

इरिसेट



IRISET

टी.सी.टी. 4

ओएफसी सिस्टम



भारतीय रेल सिग्नल इंजीनियरी और दूरसंचार संस्थान
सिकंदराबाद-500017

टी.सी.टी. 4

ओएफसी सिस्टम

दर्शन : इरिसेट को अंतर्राष्ट्रीय प्रसिद्धि का संस्थान बनाना, जो कि अपने मानक व निर्देशचिह्न स्वयं तय करे.

लक्ष्य : प्रशिक्षण के माध्यम से सिगनल एवं दूरसंचार कर्मियों की गुणवत्ता में सुधार तथा उनकी उत्पादक क्षमता में वृद्धि लाना.

इस इरिसेट नोट्स में उपलब्ध की गई सामग्री केवल मार्गदर्शन के लिए प्रस्तुत की गयी है. इस नियमावली या रेलवे बोर्ड के अनुदेशों में निहित प्रावधानों को निकालना या परिवर्तित करना मना है.



भारतीय रेल सिगनल इंजीनियरी और दूरसंचार संस्थान
सिकंदराबाद - 500 017

टी.सी.टी. 4

ओएफसी सिस्टम

विषय - सूची

अनु. क्र.	अध्याय का नाम	पृष्ठ संख्या
1.	ओ.एफ.सी. व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता	1
2.	प्रसारण "मोड" और ऑप्टीकल फाइबर वर्गीकरण	13
3.	ऑप्टिकल फाइबर केबल में अटेन्युएशन	19
4.	फाइबर मानक व निर्माणात्मक विशेषताएँ	27
5.	ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां	41
6.	ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ना और समापन	53
7.	मापन और प्रणाली की जांच	73
8.	ऑप्टिकल स्रोत और डिटेक्टर	91
9.	बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क घटक और अंतरापृष्ठ	110
10.	ऑप्टीकल लिंक इंजीनियरी	142
11.	एस.डी.एच पर इथरनेट GFP, VCAT और LCAS	154
12.	संदर्भ	163

- पृष्ठों की संख्या - 84
- जारी करने की तारीख - मई 2016
- हिंदी और अंग्रेजी संस्करण में कोई विसंगति/विरोधाभास होने पर अंग्रेजी संस्करण ही मान्य होगा।

© IRISET

“यह केवल भारतीय रेलों के प्रयोगार्थ बौद्धिक संपत्ति है। इस प्रकाशन के किसी भी भाग को इरिसेट, सिकंदराबाद, भारत के पूर्व करार और लिखित अनुमति के बिना न केवल फोटो कॉपी, फोटो ग्रॉफ, मेरेनेटिक, ऑप्टिकल या अन्य रिकार्ड तक सीमित नहीं, बल्कि पुनः प्राप्त की जाने वाली प्रणाली में संग्रहित, प्रसारित या प्रतिकृति तैयार नहीं किया जाए।”

अध्याय 1

ओ.एफ.सी. व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता

- 1.1 भूमिका
- 1.2 ऑप्टिकल इंजीनियरी की मूल शब्दावली
- 1.3 ओ.एफ.सी. संचार के लाभ
- 1.4 ओ.एफ.सी. की सीमाएं
- 1.5 सिग्नल व दूरसंचार में अनुप्रयोग (अप्लिकेशन्स)

1.1 भूमिका

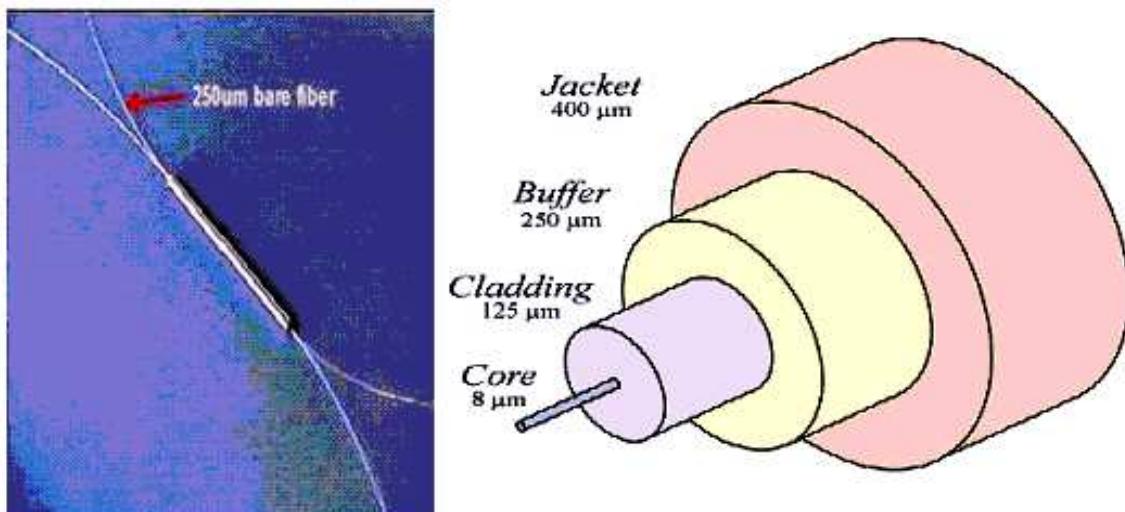
ट्रांसमिशन (ट्रांसमिशन) नेटवर्कों पर बैंड विड्थ ग्राफिकों की मांग तेज़ी से बढ़ रही है क्योंकि वीडियो और ग्राफिकल से भरपूर विषय वस्तुओं का विनिमय, कॉर्पोरेट नेटवर्क या इंटरनेट के माध्यम से किया जा रहा है। कॉर्पोरेट नेटवर्क के आधार पर **गीगाबिट इथरनेट** (gigabit Ethernet) सामान्यतः प्रयुक्त किया जाता है और निकट भविष्य में 10 गीगाबिट इथरनेट (gigabit Ethernet) अपनाया जाएगा। इस बीच **घरेलू** उपयोग में ब्रॉड-बैंड **की** पहुंच उदाहरणार्थ CATV, XDSL और FTTH के व्यापक प्रसार के कारण उच्च गति नेटवर्क लोकप्रिय बन रहा है। इन आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए उच्च बिट रेट सिग्नल ट्रांसमिशन की क्षमतावाले ट्रांसमिशन माध्यम (**ट्रांसमिशन मीडियम**) की आवश्यकता है।

दूरसंचार वाहन तकनीक, तांबा आधारित नेटवर्क से ऑप्टिकल फाइबर, टाइम स्लॉट आधारित ट्रांसपोर्ट से वेवलैंथ में परिवर्तित हो रही हैं और सभी ऑप्टिकल आधारित नेटवर्क, ऑप्टिकल नेटवर्क के नए युग में प्रवेश कर रहे हैं।

1.2 ऑप्टिकल इंजीनियरी की मूल भौतिकी

1.2.1 ऑप्टिकल फाइबर केबल

ओ.एफ.सी. में लंबे फाइबर होते हैं। इसमें शुद्ध कांच के मानव केश के लगभग व्यास वाले बारीक स्ट्रैंड्स होते हैं। ओ.एफ.सी. में कोर, क्लेडिंग, बफर और जैकेट होते हैं जैसा कि चित्र 1.1 में दिखाया गया है।



चित्र 1.1 बेयर फाइबर और ओ.एफ.सी. केबल

1.2.2 एक रंग प्रकाश या एकल रंगीन प्रकाश (Monochromatic Light on Single Color Light)

प्रकाश या दृश्य प्रकाश, वेवलैंथ का वैयुत चुंबकीय विकिरण (electromagnetic radiation) है जो मनुष्य की आँख (लगभग 400 से 700 nm) से दिखाई देता है। प्रकाश (light) शब्द कभी-कभी संपूर्ण वैयुत चुंबकीय स्पेक्ट्रम (electromagnetic spectrum) के लिए प्रयुक्त होता है। प्रकाश, फोटोन नामक प्राथमिक कणों से गठित होता है। प्रकाश के तीन प्राथमिक गुण हैं:-

- तीव्रता (intensity) या चमक (brightness)
- आवृत्ति (frequency) या वेवलैंथ और
- धृतीकरण (polarization) या तरंग दोलन दिशा (direction of wave oscillation)

प्रकाश, तरंगों और कणों दोनों ही के गुण प्रदर्शित कर सकता है। इस गुण को तरंग-कण ड्यूअलिटी (wave particle duality) कहा जाता है। प्रकाश का अध्ययन ऑप्टिक्स कहलाता है।

खाली स्थान में, प्रकाश (सभी वेवलैंथों का) सीधे मार्ग पर और सतत (constant) अधिकतम गति से चलता है तथापि जब प्रकाश किसी माध्यम से गुजरता है तब उसकी गति में परिवर्तन होता है किंतु यह परिवर्तन सभी माध्यमों या सभी वेवलैंथ के लिए समान नहीं होता है। खाली स्थान से तात्पर्य है वह स्थान जो पदार्थ (matter) से रिक्त (निर्वात) हो और/या वैयुत चुंबकीय क्षेत्रों से मुक्त हो।

इस प्रकार रिक्त स्थान में प्रकाश की गति आइंस्टाइन के सूत्र से परिभाषित की जाती है।

$$E=mc^2$$

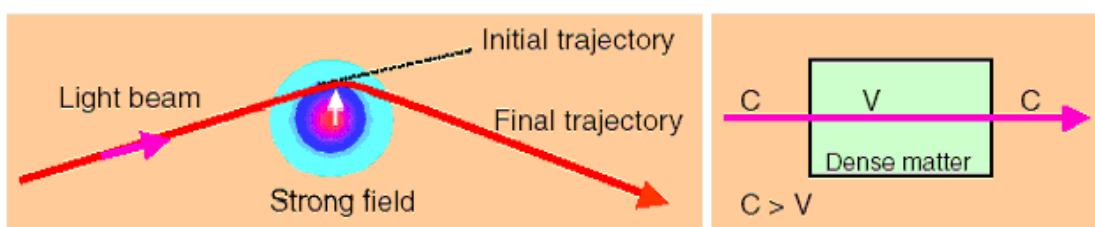
आवृत्ति v , रिक्त स्थान में प्रकाश की गति c और वेवलैंथ λ , सभी निम्न प्रकार से अंतः संबंधित हैं।

$$v=c/f$$

ऊर्जा (energy) संबंध से $E=mc^2-hv$ अंतिम दिलचस्प संबंध प्राप्त होता है फोटोन का समतुल्य पिंड (mass)

$$m=hv/c^2$$

जब प्रकाश शक्तिशाली वैयुत चुंबकीय क्षेत्र के सन्निकट होता है वह उससे अन्योन्य क्रिया (interact) करता है। इस अन्योन्य क्रिया और अन्य प्रभावों से प्रक्षेप पथ (trajectory) चित्र 1.2 में दर्शाए प्रकार से अपनी दिशा बदल देता है।



चित्र 1.2 शक्तिशाली क्षेत्र में प्रकाश का प्रवाह

1.2.3 आपाती किरण (Incident Ray), परावर्तित किरण (Reflected Ray) और अपवर्तित किरण (Refracted Ray)

ओएफसी व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता

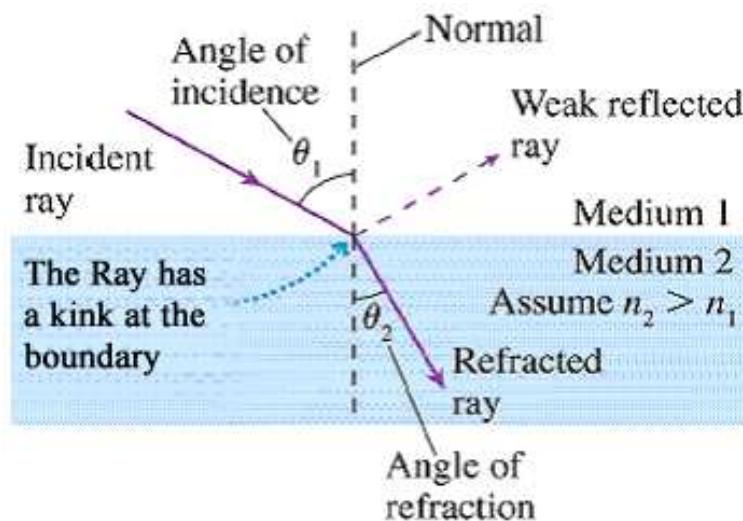
आपाती किरण (Incident Ray), प्रकाश की वह किरण है जो किसी सतह से टकराती है। इस किरण और लंब (perpendicular) या सामान्य सतह के बीच का कोण आपाती कोण (angle of incidence) है।

परावर्तन (reflection), **तरंग-अग्नि** (wave front) का दो विभिन्न माध्यमों के बीच के अंतरापृष्ठ (interface) पर दिशा का परिवर्तन है ताकि तरंग-अग्निस माध्यम को लौट जाए जहां से उसका उद्गम हुआ था। प्रकाश, ध्वनि और जल किरणों का परावर्तन **इसके** सामान्य उदाहरण हैं।

दी गई आपाती किरण से संबंधित परावर्तित किरण (Reflected Ray) सतह से परावर्तित प्रकाश की किरण होती है। सतह पर सामान्य और परावर्तित किरण के बीच का कोण परावर्तन कोण (angle of reflection) कहलाता है। परावर्तन नियम कहता है कि दर्षण से (Secular) (न बिखरने वाली) सतह के लिए परावर्तन कोण (angle of reflection) सदैव आपाती कोण (angle of Incidence) के बराबर होता है।

किसी दी गई आपाती किरण (Incident Ray) से संबंधित अपवर्तित किरण (Refracted Ray) या पारेषित किरण(Transmitted ray), सतह से पारेषत प्रकाश की सूचक होती है। इस किरण और सामान्य **सतह** के बीच का कोण, अपवर्तक कोण (angle of refraction) कहलाता है और यह 'स्नेल नियम' (Snell's law) द्वारा निर्धारित किया जाता है।

चित्र 1.3 में आपाती किरण, परावर्तित किरण, अपवर्तित किरण, आपाती कोण और अपवर्तन कोण (angle of Incidence and angle of refraction) दर्शाए गए हैं।



चित्र 1.3 प्रकाश किरणों और उनके कोण

1.2.4 अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index)

अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) पदार्थ में प्रकाश की गति (v) से विभाजित निर्वात में ($c=299,792.458 \text{ कि.मी./सेकंड}$) प्रकाश की गति है। अपवर्तक सूचकांक यह नापता है कि पदार्थ में कितने प्रकार का अपवर्तन होता है। पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक जिसका संकेताक्षर ' n ' है ($n=c/v$) के रूप में परिभाषित किया जाता है। हवा के माध्यम से जब यह पारेषित करता है तब भौतिक माध्यम में प्रकाश धीरे-धीरे यात्रा करता है।

अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) (n): पदार्थ की आणविक संरचना (molecular structure), प्रकाश आवृत्ति (Optical Frequency) का कार्य है जो प्रत्येक वेवलैंथ (λ) के प्रकाश प्रसारण गुण (optical propagation properties) निर्धारित करता है। यह सभी दिशाओं में समान रूप से विपरीत नहीं हो सकती। यह बाह्य तापमान, दाब और क्षेत्र से प्रभावित होता है।

किसी भी माध्यम का अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) यह नापता है कि **किसी** माध्यम के अंदर प्रकाश की गति कितनी कम हो जाती है। **उदाहरणार्थ** विशिष्ट कांच का अपवर्तक सूचकांक 1.5 होता है जिसका अर्थ है कि प्रकाश, वायु या निर्वात की तुलना में $1/1.5=0.67$ गुणा गति से चलता है।

कांच और अन्य पारदर्शी पदार्थों के दो सामान्य गुण उनके अपवर्तक सूचकांक से सीधे संबंधित होते हैं। पहला, प्रकाश की किरणें जब वायु से पदार्थ के **अंतर पृष्ठ** (interface) को क्रॉस करती हैं दिशा बदल लेती हैं। दूसरा, प्रकाश ऐसी सतहों से **गुजरता** है, जिनका अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) उनके परिवेश (surroundings) से भिन्न होता है, आंशिक रूप से परावर्तित (reflects) होता है।

विभिन्न माध्यमों के अपवर्तन सूचकांक (indices of refraction) **नीचे** दी गई सारणी में दिखाए गए हैं:-

माध्यम	अपवर्तन सूचकांक
निर्वात	1.00
वायु (वास्तविक)	1.0003
वायु	1.00
जल	1.33
एथिल अल्कोहल	1.36
तेल	1.46
कांच	1.50
पॉलिस्टीरीन प्लास्टिक	1.59
ज़िरकॉन	1.96
हीरा	2.41
सिलीकॉन	3.50

1.2.5 स्नेल नियम (Snell's Law)

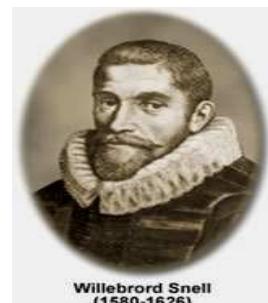
विलेब्रोर्ड स्नेल नामक डच भौतिकविद ने सन् 1621 में एक पारदर्शी माध्यम से अन्य माध्यम में गुजरने वाले प्रकाश के विभिन्न कोणों के बीच संबंधों को खोज निकाला। जब प्रकाश एक पारदर्शी पदार्थ से अन्य **पदार्थों से होकर गुजरता** है तब स्नेल नियम के अनुसार, यह प्रकाश **थोड़ा मुड़ जाता** है जिसे निम्न प्रकार से परिभाषित किया जाता है।

$$n_1 \sin(\Phi_1) = n_2 \sin(\Phi_2)$$

जहां,

n_1 , उस माध्यम का अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) है जिसे प्रकाश छोड़ता है।

Φ_1 , प्रकाश पुंज (beam) और नॉर्मल के बीच आपाती कोण (incidence angle) है (नॉर्मल दो पदार्थों के बीच अंतरापृष्ठ (interface) 90° है।



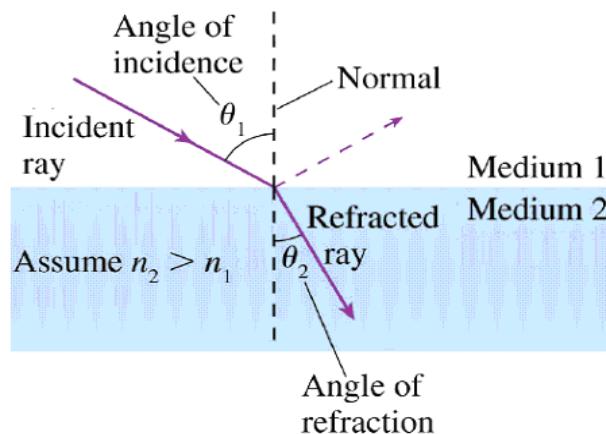
Willebrord Snell
(1580-1626)

ओएफसी व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता

n_2 , उस पदार्थ का अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) है जिसमें प्रकाश प्रवेश करता है.

Φ_2 , प्रकाश किरण और नॉर्मल के बीच का अपवर्तक कोण है.

स्नेल नियम (देखें चित्र 1.4) आपाती कोण (incidence angle) और अपवर्तक कोण (angle of refraction) के बीच संबंध सूचित करता है.



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

चित्र 1.4 स्नेल नियम

$\Phi_1 = 0^\circ$ (अर्थात् अंतरापृष्ठ (interface) के लंब (perpendicular) हल है $\Phi_2 = 0^\circ$ चाहे n_1 और n_2 का मान कुछ भी क्यों न हो. इसका अर्थ यह है कि सतह के लंब माध्यम (perpendicular) में प्रवेश करनेवाली किरण कभी नहीं मुड़ती.

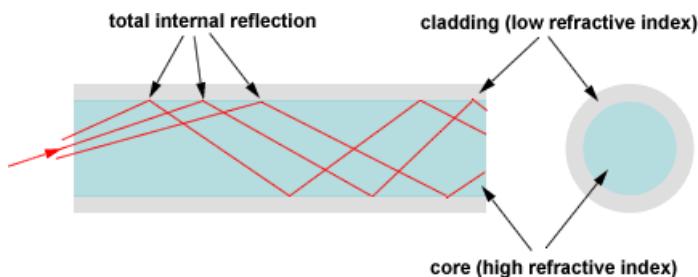
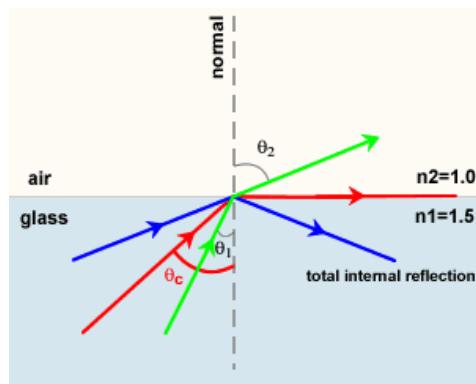
उपर्युक्त **नियम, अधिक सघन** (उच्चतर n) से कम सघन (निम्न n) पदार्थ में जानेवाले प्रकाश के लिए भी वैध है तथा स्नेल नियम की symmetry यह दर्शाता है कि विपरीत दिशा में भी वही किरण पथ लागू होंगे.

1.2.6 संपूर्ण आंतरिक परावर्तन (TOTAL INTERNAL REFLECTION)

जब कोई प्रकाश किरण अंतरापृष्ठ (interface) से गुजरकर उच्चतर अपवर्तन सूचकांक (Higher Refractive Index) वाले माध्यम में प्रवेश करती है वह नॉर्मल की ओर झुकती है. इसके विपरीत, उच्चतर अपवर्तन सूचकांक (Higher Refractive Index) से गुजरनेवाली किरण नॉर्मल से दूर मुड़ती है.

इसका रोचक निहितार्थ है: किसी कोण पर, जिसे क्रांतिक कोण (critical angle) Φ_c कहा जाता है. उच्चतर अपवर्तक सूचकांक (Higher Refractive Index) माध्यम से निचले अपवर्तक सूचकांक (Lower Refractive Index) वाले माध्यम में जानेवाली किरण 90° पर अपवर्ति (Refractions) होगी अर्थात् अंतरापृष्ठ (interface) से अपवर्ति (Refraction) होगी.

यदि अंतरापृष्ठ (interface) पर इस क्रांतिक कोण (critical angle) से बड़े किसी कोण पर टकराएगा तो वह दूसरे माध्यम से नहीं गुजरेगा बल्कि वह पूरा का पूरा पहले माध्यम में परावर्तित (reflect) होगा. इस प्रक्रिया को संपूर्ण आंतरिक परावर्तन (TOTAL INTERNAL REFLECTION) कहा जाता है.



चित्र 1.5 संपूर्ण अंतरिक परावर्तन (TOTAL INTERNAL REFLECTION)

स्नेल नियम (Snell's Law) द्वारा, क्रांतिक कोण (critical angle) की गणना की जा सकती है। इसके लिए अपवर्तित किरण (Refracted Ray) Φ_2 को 90^0 कोण पर रखा जाए। यह Φ_1 देगा:-

$$\Phi_1 = \arcsin[n_2/n_1] * \sin(\Phi_2)$$

$$\text{चूंकि } \Phi_2 = 90^0$$

$$\text{अतः } \sin \Phi_2 = 1$$

$$\text{तब } \Phi_c = \Phi_1 \arcsin[n_2/n_1]$$

उदाहरणार्थः कांच $n_1=1.5$ से निकलकर वायु ($n_2=1$) में जानेवाले प्रकाश का क्रांतिक कोण (critical angle) \arcsin है ($1/1.5$) या 41.8^0 .

क्रांतिक कोण (critical angle) से बड़े किसी भी आपाती कोण (incidence angle) के लिए स्नेल नियम (Snell's Law) अपवर्तक कोण (angle of refraction) का हल नहीं कर सकता क्योंकि वह अपवर्तित कोण (Refracted angle) का sine, 1 से बड़ा बताएगा जो संभव नहीं है ऐसे मामले में परावर्तन नियम (Law of reflections) का अनुपालन करते हुए प्रकाश पूरी तरह से अंतरापृष्ठ (interface) से परावर्तित (reflect) होगा।

1.2.7 ऑप्टीकल फाइबर माध्यम (Optical fiber mode)

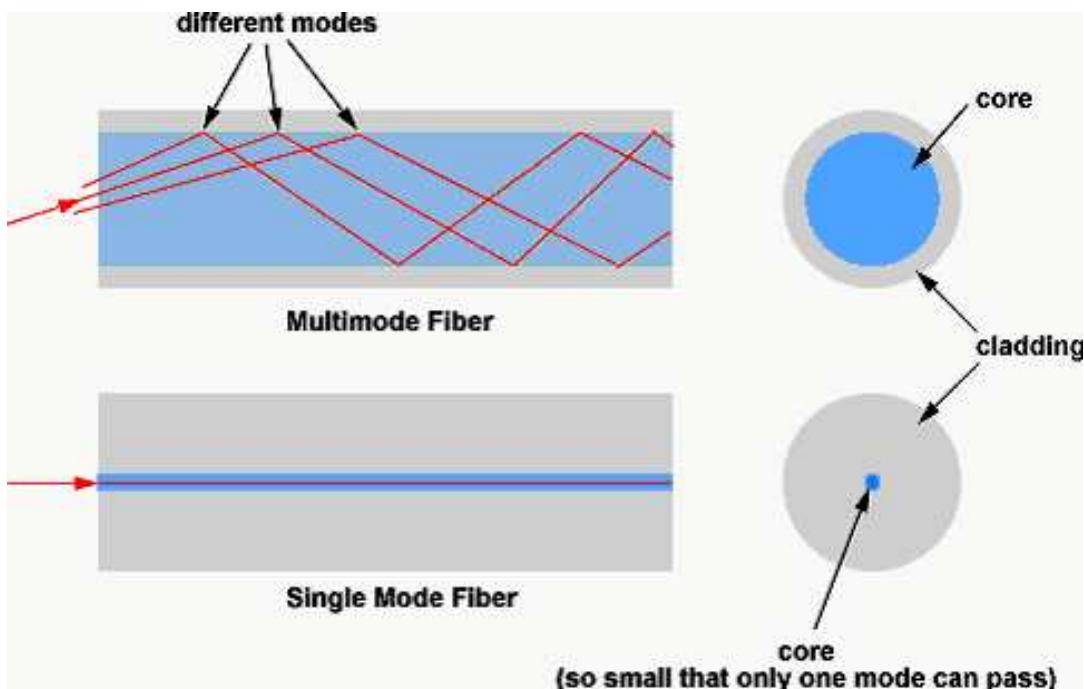
ऑप्टीकल फाइबर, प्रकाश तरंगों को विभिन्न **नमूनों** (patterns) जिन्हें मोड़्स कहते हैं, संचालित करती है। 'मोड' फाइबर के आरपार प्रकाश ऊर्जा वितरण का ब्यौरा देते हैं। सूक्ष्म नमूने संप्रेषित प्रकाश वेवलैंस और अपवर्तन सूचकांक (Higher Refractive Index) पर जिससे **कोर** आकार लेती है, आधारित होते हैं। सार रूप में यह कहा जा सकता है कि अपवर्तन सूचकांक (Higher Refractive Index) की **उतार-चढ़ाव** सीमा की स्थितियाँ बनाती हैं जो यह निर्धारित करती है कि फाइबर से प्रकाश किस प्रकार गुजरेगा जैसे कि सुरंग की दीवारों का प्रभाव सुरंग के अंदर प्रतिध्वनि पर किस प्रकार होते हैं।

ओएफसी व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता

हम large core step index पर एक बार नज़र डाल सकते हैं। प्रकाश की किरणें फाइबर में कई कोणों से प्रवेश करती हैं और किरणें विभिन्न कोणों पर फाइबर की पूरी लंबाई पर स्थिरता (stable) से चलती हैं जब तक कि वे कोर क्लेडिंग अंतरापृष्ठ (core cladding interface) से क्रांतिक कोण (critical angle) से बड़े कोण से नहीं टकराती। ये किरणें विभिन्न 'मोड' हैं।

फाइबर, जो विशिष्ट प्रकाश लैंथ पर एक से अधिक 'मोड' वहन करते हैं, मल्टी'मोड' फाइबर कहलाते हैं। कुछ फाइबरों में छोटे व्यास की कोर होती है जो एक ही 'मोड' का वहन करते हैं।

जो प्रकाश, कोर के केंद्र में सीधी रेखा में चलता है, ऐसे फाइबर एकल 'मोड' फाइबर हैं। यह आगामी चित्र में निरूपित किया गया है।

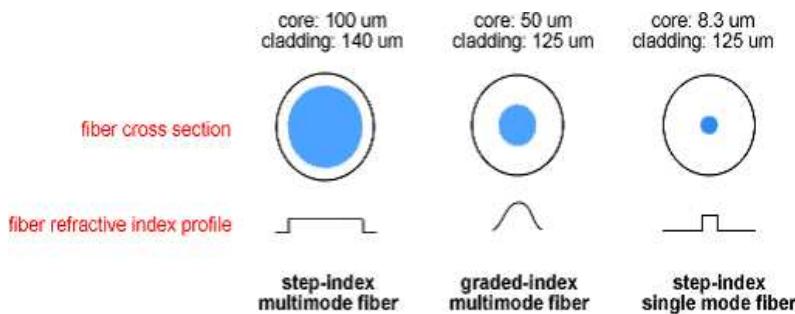


चित्र 1.6 ऑप्टीकल फाइबर 'मोड'

1.2.8 ऑप्टीकल फाइबर इंडेक्स प्रोफाइल

इंडेक्स प्रोफाइल (देखें चित्र 1.7) कोर के आर-पार और फाइबर क्लेडिंग पर अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) वितरण है। कुछ ऑप्टीकल फाइबर में 'स्टेप इंडेक्स' प्रोफाइल होते हैं जिसमें कोर में एक समान रूप से वितरित इंडेक्स होता है और क्लेडिंग में समान रूप से वितरित निचला इंडेक्स होता है। अन्य ऑप्टीकल फाइबर में क्रमिक (ग्रेडेड) इंडेक्स प्रोफाइल होता है जिसमें अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) फाइबर के केंद्र से रेडियल दूरी के कार्य के रूप में धीरे-धीरे परिवर्तित होता है। ग्रेडेड इंडेक्स प्रोफाइल में पॉवर लॉ इंडेक्स प्रोफाइल और पैराबोलिक इंडेक्स प्रोफाइल शामिल होते हैं। नीचे दिया गया चित्र सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' फाइबरों के सामान्य प्रकार के कुछ इंडेक्स प्रोफाइल दर्शाता है।

ओएफसी व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता



चित्र 1.7 ऑप्टीकल फाइबर इंडेक्स प्रोफाइल

1.2.9 ऑप्टीकल फाइबर न्यूमरिकल अपर्चर (एन.ए.)

मल्टी 'मोड' ऑप्टीकल फाइबर केवल उसी प्रकाश को प्रसारित करेगा जो किसी **निश्चित कोण** पर फाइबर में प्रवेश करता है। इस **कोण** को फाइबर स्वीकरण कोण (acceptance angle) कहा जाता है। इस कोण का आधा कोण स्वीकरण कोण (acceptance angle) Φ_{\max} कहलाता है (देखें चित्र 1.8) स्टेप सूचकांक (step index) मल्टी 'मोड' फाइबर के लिए स्वीकरण कोण (acceptance angle) का निर्धारण केवल अपवर्तक सूचकांकों (indices of refraction) से किया जाता है।

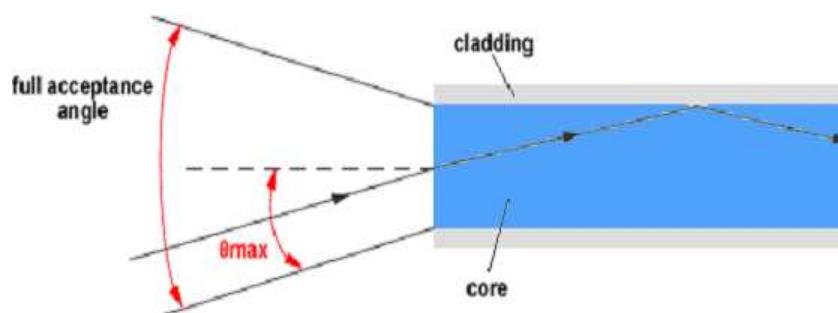
$$NA = n \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_f^2 - n_c^2}$$

जहां

n उस माध्यम का अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) है जिसमें फाइबर में प्रवेश करने से पहले प्रकाश चलता है।

n_f फाइबर कोर का अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) है।

n_c क्लैडिंग का अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) है।



चित्र 1.8 "मोड" फील्ड व्यास

1.2.10 फाइबर में 'मोड' की संख्या (Number of modes in a fiber)

फाइबर को कभी-कभी **मोड्स** की संख्या से पहचाना जाता है। एकल 'मोड' फाइबर में निम्नतर क्रम (lowest order) 'मोड' होता है जिसे 0 संख्या निर्धारित की गई है। मल्टी'मोड' फाइबरों में उच्च क्रम (higher order) 'मोड' होते हैं। एक फाइबर में कितने 'मोड' संचरण (propagate) कर सकते हैं यह फाइबर के संख्यात्मक रंध (numerical aperture) (या स्वीकरण कोण) के साथ-साथ उसके कोर के व्यास और प्रकाश की वेवलैंथ पर निर्भर होता है। **स्टेप इंडेक्स मल्टी'मोड'** (step index) फाइबर में ऐसे **मोड्स** की संख्या N_m

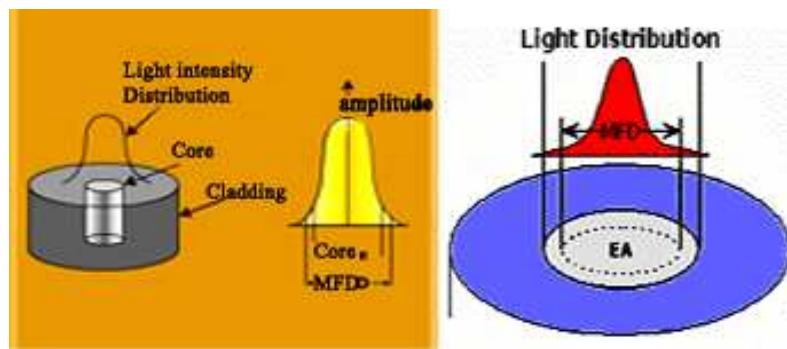
$$Nm = 0.5 \left(\frac{\pi D \times NA}{\lambda} \right)^2$$

जहां D कोर का व्यास है, λ परिचालन वेव-लैंथ है

NA संख्यात्मक रंग (numerical aperture) (या स्वीकरण कोण) (or acceptance angle)

1.2.11 "मोड" फील्ड व्यास (Mode field diameter)

सभी प्रकाश, फाइबर कोर से होकर नहीं गुजरता बल्कि कोर और क्लैडिंग दोनों के माध्यम से वितरित होता है. फाइबर विशेष से कोर और क्लैडिंग के माध्यम से प्रकाश का वितरण "मोड" फील्ड (Mode field) कहलाता है. (देखें चित्र 1.9) "मोड" फील्ड व्यास (Mode field diameter) (MFD) पॉवर वितरण का नाप परिभाषित करता है. जब प्रकाश फाइबरों में या उससे बाहर जोड़ा जाता है तब कपलिंग "मोड" फील्ड का व्यास (Mode field diameter) (MFD) 'प्रकाश' की हानि समझने में महत्वपूर्ण होता है.



चित्र 1.9 "मोड" फील्ड व्यास (Mode field diameter)

1.3 ऑप्टिकल फाइबर संचार के लाभ (Advantage of O.E.F.S.C. Communication)

- अधिक सूचना वहन करने की क्षमता

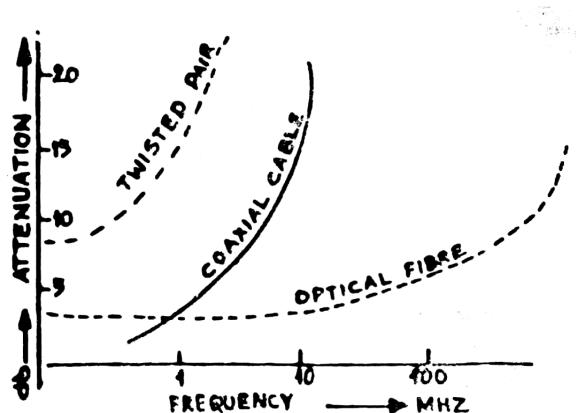
फाइबर, तांबे की तुलना में उच्चतर डाटा दर संभाल सकते हैं. एक सेकंड में अधिक सूचना भेजी जा सकती है.

विभिन्न माध्यमों की सूचना वहन क्षमताएं निम्न प्रकार हैं:

माध्यम/लिंक (Medium/Link)	वाहक (Carrier)	सूचना क्षमता (Information capacity)
तांबे का केबल (कम दूरी)	1 MHz	1 Mbps (ADSL modem)
को-एक्सियल केबल (प्रत्येक 4.5 किमी पर रिपीटर)	100 MHz	140 Mbps (BSNL)
यू.एच.एफ. लिंक	2 GHz	8 Mbps (BSNL), 2 Mbps (Rly)
माइक्रो वेव लिंक (प्रत्येक 40 किमी पर रिपीटर)	7 GHz	140 Mbps (BSNL), 34 Mbps (Rly)
ओ.एफ.सी.	1550 nm	2.5 Gbps (STM-16-Rly), 10 Gbps (STM-64-Rly), 1.28 Tbps (128 Ch. DWDM), 20 Tbps (Possible)

ओएफसी व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता

- वैद्युत-चुंबकीय (electromagnetic) और **इलेक्ट्रो-स्टैटिक** इंटरफ़ियरेंस बाधाओं से मुक्त इन्स्युलेटर होने के कारण भी विद्युत धारा फाइबर से प्रवाहित नहीं होती और इसी कारण फाइबर न तो विकिरण करते हैं और न ही विद्युत चुंबकीय विकिरण (electro magnetic radiation) लेते हैं। अतः WPC **विकिरण** आवश्यक नहीं है।
- निम्न (लो) **एटेन्यूएशन**: 1550nm पर 0.25 dB/km
ट्रिविस्टेड पेयर (twisted pair) और **को-एक्सियल** केबल में फ्रीक्वेंसी के साथ हानि बढ़ती है जहां ऑप्टिकल फाइबर केबल में फ्रीक्वेंसी के व्यापक रेंज में **भी यह हानि** एक **समान रहती** है (देखें चित्र 1.10)



चित्र 1.10 विभिन्न प्रकार के केबलों में फ्रीक्वेंसी बनाम एटेन्यूएशन

- WDM का उपयोग - ऑप्टिकल सिग्नल स्तर पर स्विचिंग/रूटिंग
- NMS नियंत्रण के अंतर्गत '**सेल्फ हीलिंग रिंग**' (self healing ring)
- छोटा आकार फाइबर केबल को हल्का बनाता है। अतः इसे आसानी से संभाला जा सकता है।

ऑप्टिकल फाइबर केबल का भार (अनुमानित) 500 किग्रा/किमी

तांबे केबल का भार (अनुमानित) 1000 किग्रा/किमी

- विद्युत प्रवाहों और जंग लगाने वाले रसायनों से फाइबर प्रवाहित नहीं

इसका कारण यह है कि फाइबर में प्रकाश के फोटोन एक दूसरे से प्रभावित नहीं होते चूंकि उनमें **इलेक्ट्रिक चार्ज** नहीं होता और वे फाइबर में 'स्ट्रे फोटोन' से भी प्रभावित नहीं होते। लेकिन तांबे के मामले में इलेक्ट्रॉन केबल के माध्यम से चलते हैं और ये परस्पर प्रभावित होते हैं।

- संरक्षा**

केबल क्षतिग्रस्त (damage) होने पर भी ऑप्टिकल फाइबर में विद्युत प्रवाहित नहीं होती या **शॉट-सर्किट** होने पर कोई चिंगारी या आग लगाने का खतरा नहीं रहता।

- सिग्नल सुरक्षा (Signal Security)**

चूंकि फाइबर ऊर्जा का विकिरण नहीं करता अतः किसी भी निकटतम एंटीना या अन्य डिटेक्टर (detector) से उसका पता नहीं लगाया जा सकता। चूंकि फाइबर से संपर्क स्थापित करना कठिन है अतः यह सुरक्षा के लिए अति उत्तम है।

ओएफसी व प्रकाश तरंग साधन की आवश्यकता

- क्रॉस टॉक नहीं (No cross talk)

सिग्नल ट्रांसमिशन डिजिटल मॉड्यूलेशन से होता है अतः चैनलों के बीच क्रॉस टॉक की कोई संभावना नहीं है।

- चोरी की कम संभावना (less prone to theft)

चूंके बाजार में फाइबर का कोई पुनर्विक्रय (resale) मूल्य नहीं है।

- प्रणाली उन्नयन में फ्लेक्सिबिलिटी

एक बार केबल बिछाने के बाद कभी भी प्रणाली क्षमता कुछ अतिरिक्त टर्मिनल और पुनरावर्तक उपस्कर (repeater equipment) जोड़कर बढ़ाई जा सकती है।

- रासायनिक प्रभावों और तापमान परिवर्तन के प्रति उच्च प्रतिरोध

1.4 ओ.एफ.सी. की सीमाएं (Limitations of O.F.S.C.)

- जोड़ने (स्प्लाइसिंग) की कठिनाइयां
- अनुरक्षण के लिए उच्च कुशलता धारक कर्मचारियों की आवश्यकता
- अति सटीक (precision) और मंहगे उपकरणों की आवश्यकता
- आपात स्थिति में संपर्क स्थापित करने (tapping) और फाटक संचार में कठिनाई
- कम उपयोगी होने पर मंहगे
- ब्लॉक संचालन (working) के लिए विशेष अंतरापृष्ठ (interface) उपस्करों की आवश्यकता
- एक ध्रुवीय (unipolar) कोड स्वीकृति अर्थात् शून्य कोड पर वापसी (RTZ or return to RTZ codes only)

1.5 सिग्नल और दूरसंचार में अनुप्रयोग (Application in signal and telecommunications)

- प्रशासनिक शाखा और डाटा ट्रांसमिशन सर्किटों के लिए **लंबी दूरी के सर्किट** (long haul circuit)
- टेलीफोन एक्सचेंजों को जोड़ने (linking) के लिए **कम दूरी के सर्किट** (short haul circuit)
- सुरक्षित खराबी ट्रांसमिशन के लिए नियंत्रण संचार और सिग्नल अनुप्रयोग
- इलेक्ट्रॉनिक इंटरलॉकिंग प्रणाली संस्थापनाएं

वस्तुनिष्ठ

1. ऑप्टिकल फाइबर केवल सिगनलों को स्वीकार करता है.
क) बार्डपोलार ख) यूनीपोलार ग) कोई पोलारटी नहीं घ) कुछ नहीं
2. संचार माध्यम के रूप में ऑप्टिकल फाइबर की मुख्य कमी फाइबर पर उपलब्ध किया जा सकता है.
क) टैपिंग ख) टैपिंग नहीं ग) कुछ नहीं
3. 1550 nm के वेवलैंथ पर ऑप्टिकल फाइबर का ट्रांसमिशन लगभग dB/Km है.
क) 2.5 ख) 0.25 ग) 0.025 घ) 25
4. 1310nm के वेवलैंथ पर ऑप्टिकल फाइबर ट्रांसमिशन लगभग dB/Km है.
क) 0.35 ख) 1.5 से 3.0 ग) 2.5 से 3.0 घ) 3 से 3.5
5. 850 nm के वेवलैंथ पर ऑप्टिकल फाइबर ट्रांसमिशन लगभग dB/Km है.
क) 1.5 से 2.5 ख) 3.5 ग) 2.5 घ) 0.25
6. स्टेप इंडेक्स फाइबर में रिफ्रैक्टिव इंडेक्स पूरे कोर में निरंतर रहता है और कोर क्लैडिंग इंटरफेस पर कुछ मात्रा तक घटता है तथा फिर पूरे क्लैडिंग स्थिर रहता है.
(सही/गलत)
7. ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर में कोर का रिफ्रैक्टिव इंडेक्स, पैराबॉलिक नियम का पालन करते हुये, कोर क्लैडिंग इंटरफेस तक बदलते रहता है और फिर पूरे क्लैडिंग में स्थिर रहता है. (सही/गलत)
8. फाइबर में मोड़ों की संख्या न्यूमरिकल अपर्चर, कोर डायामीटर तथा प्रकाश की वेवलैंथ के कार्य को प्रोपगेट कर सकता है. (सही/गलत)
9. जब प्रकाश किरण (लाइट रे) 90° के कोण से किसी माध्यम में प्रवेश करता है, तो किरण कभी भी नहीं झुकती. (सही/गलत)

विषयनिष्ठ:

1. तांबे केबलों की तुलना में ऑप्टिकल फाइबर केबलों के क्या लाभ है?
2. ऑप्टिकल फाइबर केबलों में ट्रांसमिशन का मूल सिद्धांत क्या है?
3. रिफ्रैक्शन और रिफ्लेक्शन के बीच क्या अंतर है?
4. ओ.एफ.सी. मीडिया के मामले में डब्ल्यू.पी.सी. क्लियरेंस की आवश्यकता क्यों नहीं होती?
5. इलेक्ट्रो मैग्नेटिक और इलेक्ट्रो स्टैटिक इंडक्शनों से ओ.एफ.सी. मुक्त है. संक्षिप्त में कारणों की चर्चा करें.
6. न्यूमरिकल अपर्चर और स्वीकरण कोण परिभाषित करें.

अध्याय 2

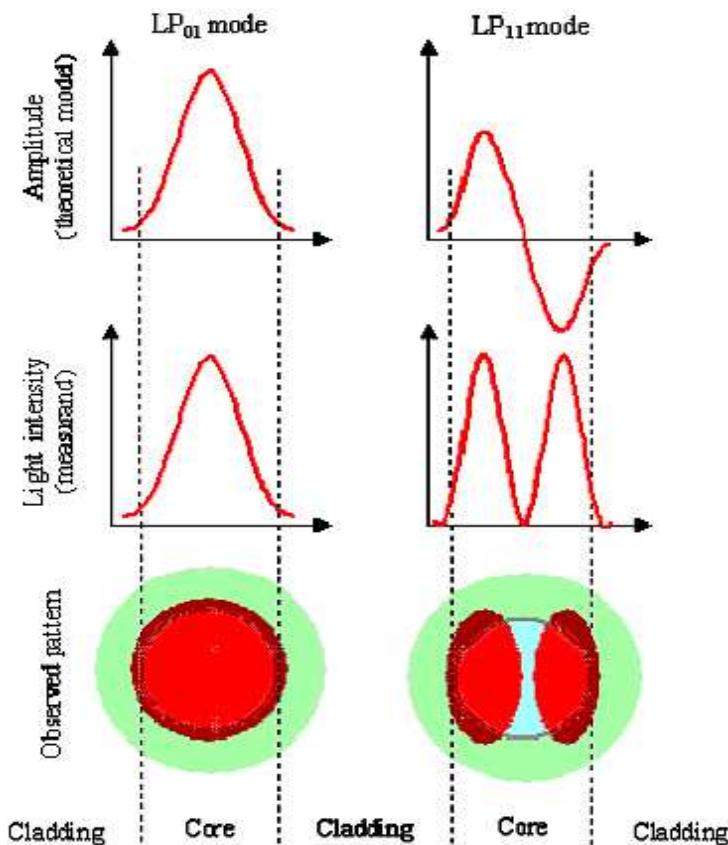
प्रसारण "मोड" और ऑप्टिकल फाइबर वर्गीकरण

- 2.1 "मोड" प्रसारण की संकल्पना Propagation mode concept
- 2.2 मल्टी 'मोड' फाइबर (Multi mode fiber)
- 2.3 मल्टी 'मोड' स्टेप इंडेक्स (MMSI) फाइबर के माध्यम से प्रसारण
- 2.4 मल्टी 'मोड' स्टेप इंडेक्स (MMSI) फाइबर की समस्याएं और समाधान
- 2.5 मल्टी 'मोड' ग्रेडेड इंडेक्स (MMGI) के माध्यम से प्रसारण
- 2.6 सिंगल 'मोड' स्टेप इंडेक्स (SMSI) फाइबर से प्रसारण
- 2.7 सिंगल 'मोड' (SM) फाइबर के महत्वपूर्ण पैरामीटर

2.1 "मोड" प्रसारण की संकल्पना Propagation mode concept

2.1.1 'मोड'

"मोड", प्रकाश प्रसारण की दिशा के लिए तिरछे समतल में उपलब्ध विद्युत चुंबकीय वितरण है. प्रत्येक 'मोड' (देखें चित्र 2.2.1) फ्रीकवैसी, पोलाराइजेशन, विद्युत क्षेत्र शक्ति और चुंबकीय क्षेत्र शक्ति (EMF) से पहचाना जाता है. उपलब्ध नमूने मैक्सवेल समीकरणों और सीमा स्थितियों के आधार पर निर्धारित किए गए हैं.



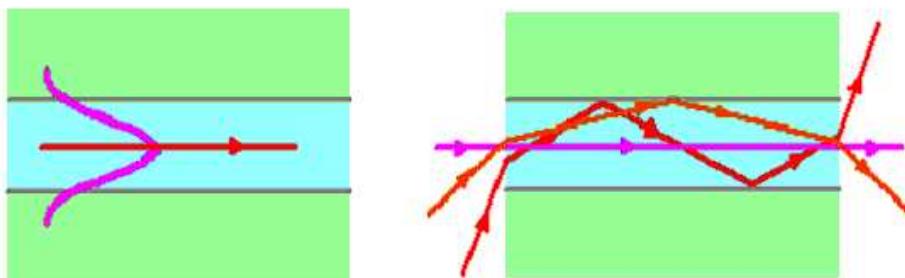
चित्र 2.1 ऑप्टिकल फाइबर केबल में 'मोड'

2.1.2 रैखिकीय धुवीकृत 'मोड' (linearly polarized mode {LP Mode})

एक "मोड" जिसके लिए प्रसारण की दिशा में क्षेत्र घटक उस दिशा के प्रति पर्पेन्डिक्युलर घटकों की तुलना में छोटे होते हैं। ऑप्टिकल फाइबर केबल मिन्न क्षेत्र पैटर्न, जिन्हें रैखिकीय धुवीकृत (linearly polarized) या LPMode कहा जाता है, संभालता है। (देखें चित्र 2.2)

- वैद्युत चुंबकीय (EM) तरंग को जिसका प्रसारण ऑप्टिकल फाइबर के अंदर होता है, सीमा स्थित (boundary condition) आवश्यकता को पूरा करना है।
- वैद्युत चुंबकीय तरंगे जो आवश्यकताओं को पूरा करती हैं वे ही स्थायी पैटर्न या 'मोड' के रूप में विद्यमान रहीं।
- प्रसारण कोण के अंदर की प्रकाश किरणों ही प्रसारित की जाएंगी जो उपर्युक्त शर्तों की संतुष्टी करता है।
- प्रक्षेपित प्रकाश की शक्ति (पॉवर) फाइबर के अंदर अलग 'मोड' से दिया जाता है। कुल आउटपुट पॉवर, विभिन्न 'मोड' द्वारा ले जाए गए पॉवर का जमा होना है।

Single-mode fiber guides only fundamental mode LP₀₁: Multimode fiber guides fundamental mode and higher order modes:



चित्र 2.2 एस.एम. और एम.एम. फाइबर में बुनियादी 'मोड'

छोटी दूरियों की ट्रांसमिशन (short transmission distances) के लिए मल्टी'मोड' फाइबर उत्तम है। यह LAN प्रणालियों और वीडियो निगरनी में उपयोग के लिए उपर्युक्त होता है। सिंगल 'मोड' फाइबर लंबी ट्रांसमिशन दूरियों के लिए उत्तम होता है। यह लंबी दूरी टेलीफोनी और मल्टी (मल्टी) चैनल टेलीविजन प्रसारण प्रणालियों के लिए उपर्युक्त है।

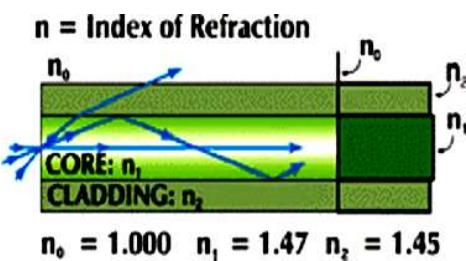
2.2 मल्टी 'मोड' फाइबर (Multi mode fiber)

मल्टी'मोड' फाइबर, प्रथमतः निर्मित और वाणिज्यिक, साधारण रूप से तथ्य की ओर इंगित करते हैं कि कई 'मोड' या प्रकाश किरणें एक साथ वेवगाइड के माध्यम से वहन की जाती हैं। मोड्स परिणाम इस तथ्य से होता है कि प्रकाश केवल फाइबर कोर में स्वीकरण शंकु (cone of acceptance) के अंतर्गत विभाजक कोण (discrete angle) पर प्रसारित होता है। मल्टी 'मोड' फाइबर प्रकार में, सिंगल 'मोड' फाइबर की तुलना में अधिक बड़ा कोर व्यास होता है जिससे अधिक संख्या में 'मोड' होते हैं और उन्हें सिंगल 'मोड' ऑप्टिकल फाइबर की तुलना में जोड़ना आसान होता है।

मल्टी'मोड' फाइबर को आगे मल्टी 'मोड' स्टेप इंडेक्स और मल्टी 'मोड' ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर को वर्गीकृति किया जाता है।

2.3 मल्टी'मोड' स्टेप इंडेक्स फाइबर के माध्यम से प्रसारण

चित्र 2.3 संपूर्ण आंतरिक रिफ्लेक्शन सिद्धांत दिखाता है जो मल्टी'मोड' स्टेप इंडेक्स फाइबर पर लागू होता है। चूंकि कोर का रिफ्रैक्शन इंडेक्स क्लैडिंग के रिफ्रैक्शन इंडेक्स से अधिक होता है अतः प्रकाश, जो क्रिटिकल एंगल से कम पर प्रवेश करता है फाइबर के मार्ग दर्शन पर ही चलता है।



चित्र 2.3 मल्टी'मोड' स्टेप इंडेक्स फाइबर में संपूर्ण आंतरिक परावर्तन

तीन विभिन्न प्रकाश तरंगो फाइबर में प्रवाहित होती हैं। एक 'मोड' कोर के मध्य से सीधे चलता है। दूसरा 'मोड' स्टीप एंगल पर चलता है और संपूर्ण आंतरिक परावर्तन (reflection) से आगे और पीछे बाँड़स (bounces back and forth) करता है। तीसरा 'मोड' क्रिटिकल एंगल से बढ़ जाता है और क्लैडिंग में रिफ्रेक्ट होता है। अतः यह देखा जा सकता है कि दूसरा 'मोड' पहले 'मोड' की अपेक्षा अधिक दूरी तक चलता है जिसके परिणाम स्वरूप दो 'मोड' अलग-अलग समय पर पहुंचते हैं।

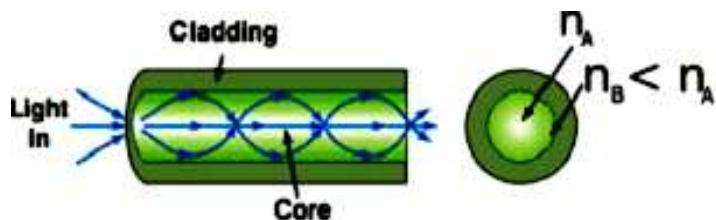
2.4 मल्टी 'मोड' स्टेप इंडेक्स (MMSI) फाइबर की समस्याएं और समाधान

विभिन्न प्रकाश किरणों के आगमन समय के बीच असमानता को 'डिसपर्शन' कहते हैं, और परिणाम स्वरूप ग्राही सिरे (receiving end) पर मिश्रित (muddled) सिग्नल प्राप्त होते हैं। यह ध्यान देना आवश्यक है कि उच्च डिसपर्शन मल्टी'मोड' स्टेप इंडेक्स फाइबर का एक अपरिहार्य लक्षण (unavoidable characteristic) है। इसका समाधान या तो प्रयोग किए जाने वाला ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर है या सिंगल 'मोड' फाइबर है।

2.5 मल्टी 'मोड' ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर माध्यम से प्रसारण

मल्टी'मोड' ग्रेडेड-इंडेक्स इस बात को दर्शाता है कि कोर का रिफ्रैक्टिव इंडेक्स धीरे-धीरे कोर के मध्य की दूरी से कम होता जाता है। कोर के मध्य में बढ़ा हुआ रिफ्रैक्टिव इंडेक्स कुछ प्रकाश किरणों की गति को कम कर देता है, जिससे सभी प्रकाश किरणें ग्रहण करने वाले सिरे पर लगभग उसी समय पहुंचती हैं और इस प्रकार डिसपर्शन कम हो जाता है।

चित्र 2.4 में मल्टी'मोड' ग्रेडेड-इंडेक्स फाइबर में प्रसारण सिद्धांत को दिखाया गया है। कोर का सेंट्रल रिफ्रैक्टिव इंडेक्स (n_A) बाहरी कोर के रिफ्रैक्टिव इंडेक्स (n_B) से अधिक है।

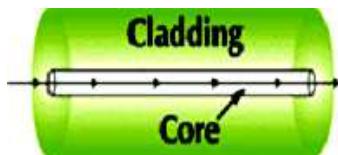


चित्र 2.4 मल्टी'मोड' ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर

चित्र 2.4 ms स्पष्ट होता है कि प्रकाश किरणें अह सीधी लाइन में नहीं बल्कि सर्पिले (serpentine) पथ पर चल रही हैं और लगातार कम होते हुए रिफ्रैक्टिव इंडेक्स के कारण मध्य की र वापस झुक जाती हैं। इससे आगमन के समय का अंतर कम हो जाता है क्योंकि सभी 'मोड' लगभग एक ही समय में पहुंचते हैं। सीधी रेखा में चलने वाले हर 'मोड' का रिफ्रैक्टिव इंडेक्स अधिक होता है। अतः सर्पिले (serpentine) 'मोड' की तुलना में वे धीमी गति पर चलते हैं। ये अधिक दूर तक चलते हैं और बाहरी कोर क्षेत्र के कम रिफ्रैक्टिव इंडेक्स के कारण अधिक गति से भी चलते हैं।

2.6 सिंगल मोड स्टेप इंडेक्स फाइबर माध्यम से प्रसारण

सिंगल 'मोड' फाइबर एक छोटा कोर है जो कोर के माध्यम से प्रसारण करने हेतु प्रकाश के केवल एक 'मोड' को एक समय पर अनुमत करता है। चित्र 2.5 में सिंगल 'मोड' फाइबर को दर्शाया गया है।



चित्र 2.5 सिंगल मोड स्टेप इंडेक्स फाइबर माध्यम से प्रसारण

सिंगल 'मोड' फाइबर, मल्टीपल 'मोड' द्वारा उत्पन्न किसी भी डिसपर्शन को प्रदर्शित नहीं करता है। सिंगल 'मोड' फाइबर मल्टी'मोड' की अपेक्षा न्यूनतम फाइबर अटेन्युएशन प्रदान करता है। अतः समय की प्रति यूनिट अधिकाधिक संप्रेषित जानकारी भेजी जा सकती है क्योंकि लंबी दूरी पर प्रत्येक प्रकाश पल्स की विश्वस्तता (फिडिलिटी) को बनाए रखा जा सकता है।

मल्टी'मोड' फाइबर की तरह ही पूर्ववर्ती सिंगल 'मोड' फाइब सामान्यतः स्टेप इंडेक्स फाइबर की भाँति देखे जाते थे अर्थात् फाइबर कोर का रिफ्रैक्टिव इंडेक्स, क्लैडिंग के रिफ्रैक्टिव इंडेक्स से एक स्टेप ऊपर होता है न कि अंशाकृत (graduated) जैसा कि ग्रेड इंडेक्स फाइबर में होता है। आधुनिक सिंगल 'मोड' फाइबरों ने सुमेल (matched) क्लैड, अवनमित (depressed) क्लैड और अन्य अनोखी (exotic) संरचनाएं विकसित कर ली हैं।

2.6.1 एकल 'मोड' फाइबर असुविधाएं (Single mode fiber disadvantages)

कोर व्यास के छोटा होने से कोर में कपलिंग लाइट का प्रवेश अधिक कठिन हो जाता है। सिंगल 'मोड' संकनेक्टरों (connectors) और स्प्लाइसों (splices) के लिए क्षमता (tolerances) की मांग अत्यधिक आवश्यकता होती है।

2.7 एकल 'मोड' फाइबर के महत्वपूर्ण आयाम (Important parameters of Single mode fibers)

आयाम/Parameter	विवरण/Description	विशिष्ट मान/ Typical value
तनूकरण (attenuation)	सिग्नल शक्ति हानि	1310nm पर 0.35dB/km 1550nm पर 0.25dB/km
कोर व्यास	कोर का व्यास	8 से 10 माइक्रोमीटर
क्लैडिंग व्यास	क्लैडिंग का व्यास	125 माइक्रोमीटर
कोर-क्लैडिंग RI अनुपात	कोर के RI का क्लैडिंग से अनुपात	0.37% से कम

कट-ऑफ वेवलैंथ	न्यूनतम वेवलैंथ जिस पर फाइबर एक ही वेवलैंथ को संभालता है	1260nm से अधिक
न्यूमरिकल अपर्चर	आप्टिकल फाइबर की क्षमता कुल आंतरिक रिफ्लेक्शन से उसके भीतर सोर्स और गाइड से प्रकाश को जमा करता है।	0.10 से 0.17 तक
"मोड' फ़िल्ड' व्यास	<p>चूंकि कोर का व्यास बड़ा होता है मल्टी 'मोड' फाइबर प्रकाश ऊर्जा कोर के माध्यम से वहन करता है।</p> <p>किंतु एकल 'मोड' फाइबर 80% प्रकाश ऊर्जा कोर के माध्यम से और 20% क्लैडिंग के माध्यम से चूंकि कोर का व्यास छोटा होता है।</p> <p>"मोड' फ़िल्ड' व्यास (MFD) प्रसारण के लिए उपलब्ध प्रभावी व्यास है।</p> <p>MFD, वेवलैंथ पर निर्भर है - यह वेवलैंथ को कम करती है। वेवलैंथ जितनी भी छोटी होती है प्रकाश पुंज अधिक फोकस होता है तथा कोर पुंज (बीम) का अधिक सीमित होती है। अतः MFD कम होती है।</p> <p>जब दो फाइबर जोड़े जाते हैं, उनके न केवल कोर-क्लैडिंग व्यास की बराबरी करें बल्कि MFD की भी बराबरी करें।</p>	8.3 माइक्रोमीटर व्यास के लिए 9.3 माइक्रोमीटर

2.8 कट-ऑफ वेवलैंथ

कट-ऑफ वेवलैंथ वह वेवलैंथ है जिस पर सिंगल 'मोड' फाइबर के प्रकाश के केवल एक 'मोड' को संभालता और प्रसारित करता है। दूसरे शब्दों में आप्टिकल फाइबर सिंगल 'मोड' वेवलैंथ विशेष पर सिंगल 'मोड' होता है उसके कट-ऑफ वेवलैंथ से निचली वेवलैंथों पर दो या अधिक 'मोड' हो सकते हैं। फाइबर की प्रभावी कट-ऑफ वेवलैंथ फाइबर की लंबाई और उसके नियोजन (deployment) पर निर्भर है। फाइबर जितना लंबा होगा कट-ऑफ वेवलैंथ उतनी ही कम होगी। फाइबर के लूप का बैंड-रेडियस (bend radius) जितना छोटा होगा प्रभावी कट-ऑफ वेवलैंथ उतनी ही कम होगी। यदि फाइबर को लूप में मोड़ा जाता है प्रभावी कट-ऑफ वेवलैंथ कम हो जाती है।

वस्तुनिष्ठ

1. 'मोड' प्रकाश प्रसारण की दिशा के लिए में उपलब्ध विद्युत चुंबकीय फील्ड वितरण है।
 (क) प्लेन ट्रांसवर्स (ख) प्लेन लॉन्गिट्यूड (ग) दोनों ट्रांसवर्स और लॉन्गिट्यूड
2. एक 'मोड' जिसके लिए प्रसारण की दिशा में फील्ड कॉम्पोनेंट उस दिशा के प्रति पर्सन्डिक्युलर कॉम्पोनेंटों की तुलना में छोटे होते हैं, कहलाता है।
 (क) सक्युलर्ली पोलाराइज़ेशन 'मोड' (ख) लीनियर्ली पोलाराइज़ेशन 'मोड'
 (ग) टी.ई.एम. 'मोड' (घ) टी.एम. 'मोड'
3. सिंगल 'मोड' फाइबर ट्रांसमिशन दूरियों के लिए उत्तम होता है।
 (क) लॉगर (ख) शॉर्टर (ग) मीडियम (घ) वेरी शॉर्ट
4. मल्टी'मोड' फाइबर ट्रांसमिशन दूरियों के लिए उत्तम होता है।
 (क) लॉगर (ख) शॉर्टर (ग) मीडियम (घ) वेरी शॉर्ट
5. फाइबर के माध्यम से ट्रैवेल करते समय, फाइबर के आउटपुट पर विभिन्न प्रकाश किरणों के आगमन समय के बीच की असमानता को डिसपर्शन कहते हैं। (सही/गलत)
6. ग्रेडेड इंडेक्स में फाइबर के कोर में रिफ्रैक्टिंग इंडेक्स के बदलाव के कारण डिसपर्शन कम होता है। (सही/गलत)
7. कोर के RI का क्लैइडिंग से अनुपात 'मोड' 0.37% से कम है। (सही/गलत)
8. एसएम फाइबर की कट-ऑफ वेवलैंथ 1260 nm से अधिक है। (सही/गलत)
9. फाइबर की प्रभावी कट-ऑफ वेवलैंथ फाइबर की लंबाई का ही एक कार्य है। (सही/गलत)
10. फाइबर जितना लंबा होगा, कट-ऑफ वेवलैंथ उतनी ही कम होगी। (सही/गलत)
11. फाइबर के लूप का बैंड-रेडियस (bend radius) जितना छोटा होगा प्रभावी कट-ऑफ वेवलैंथ उतनी ही कम होगी। (सही/गलत)
12. एसएम फाइबर का न्यूमरिकल अपर्चर लगभग 0.10 से 0.17 तक है। (सही/गलत)

वस्तुनिष्ठ

1. मल्टी 'मोड' और सिंगल 'मोड' फाइबर में क्या अंतर है?
2. मल्टी 'मोड' फाइबर की विभिन्न कोटियां कौन-कौन सी हैं?
3. सिंगल 'मोड' फाइबर में कौन सी असुविधाएं हैं?
4. ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर में विक्षेपण (dispersion) किस प्रकार कम किया जा सकता है?
5. कट-ऑफ वेवलैंथ का महत्व क्या है?

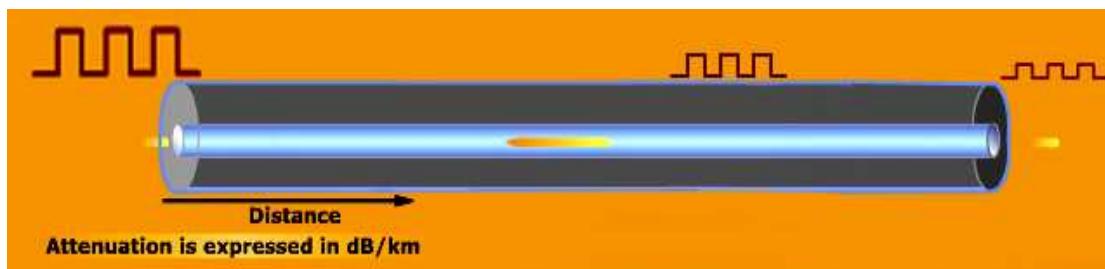
अध्याय 3

ऑप्टिकल फाइबर केबल में अटेन्युएशन

- 3.1 फाइबर में सिग्नल अटेन्युएशन
- 3.2 विक्षेपण (scattering)
- 3.3 अवशोषण (absorption)
- 3.4 माक्रो बैंडिंग हानि (macro bending loss)
- 3.5 माइक्रो बैंडिंग हानि (micro bending loss)
- 3.6 विक्षेपण (dispersion)
- 3.7 ऑप्टिकल प्रभाव क्षेत्र (optical domain)

3.1 फाइबर में सिग्नल अटेन्युएशन (Introduction to signal attenuation in fiber)

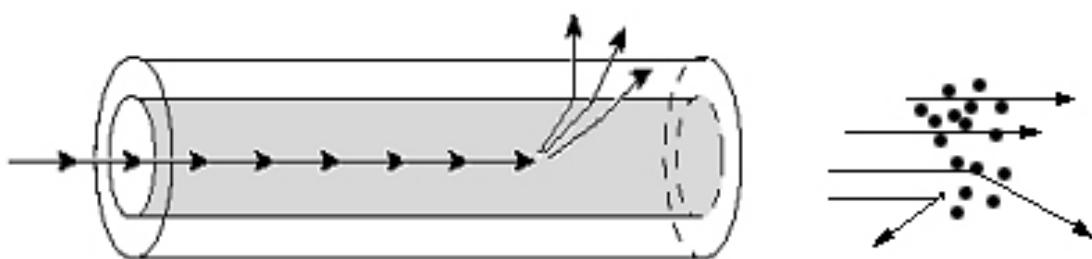
ऑप्टिकल फाइबर में तांबे की अपेक्षा कई **लाभ** हैं। तथापि इसमें निम्नीकरण (degradations) की समस्याएं हैं जिनकी उपेक्षा नहीं की जा सकती हैं। इनमें से पहली है हानि या अटेन्युएशन (देखें चित्र 3.1). अटेन्युएशन विशेषतः दो उप लक्षणों (sub properties) का परिणाम है। वे हैं स्कैटरिंग और अवशोषण। दोनों के ही संचयी (cumulative) प्रभाव होते हैं। दूसरा है डिसपर्शन जो कि संप्रेषित सिग्नल का फैलाना है और यह शॉर्स (noise) के अनुरूप (analogous) होता है।



चित्र 3.1 अटेन्युएशन

3.2 विक्षेपण (scattering)

विक्षेपण (scattering), फाइबर के भौतिक निर्माण में होनेवाली अशुद्धियों या अनियमितताओं के कारण होता है। विक्षेपण (scattering) का सुविजात रूप रेलीग विक्षेपण (scattering) है। यह सिलिका मेट्रिक्स में धातु आयन के कारण होता है और परिणाम स्वरूप प्रकाश किरणें विभिन्न दिशाओं में विक्षेपण (scattering) होती हैं।

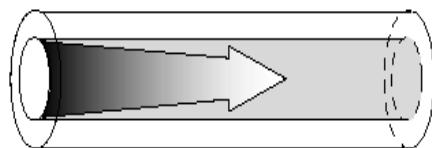


चित्र 3.2 विक्षेपण (scattering)

विक्षेपण (scattering) के कारण 800nm से नीचे की वेवलैंथ का उपयोग सीमित हो जाता है। विक्षेपण (scattering) के कारण लंबी वेवलैंथ की अपेक्षा छोटी वेवलैंथ अधिक प्रभावित होती हैं। रेतीग विक्षेपण (scattering) के कारण ही आकाश के नीले होने का आभास होता है (छोटी वेवलैंथ)। प्रकाश की छोटी (नीली) वेवलैंथ, प्रकाश की लंबी वेवलैंथों की तुलना में अधिक विक्षेपण (scattering) होती हैं।

3.3 अवशोषण (absorption)

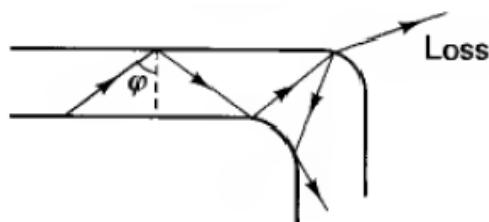
अवशोषण (absorption) (देखें चित्र 3.3) तीन तथ्यों के कारण होता है। वे हैं सिलिका में हाईड्रोक्सीलियोन्स (OH⁻water), सिलिका में अशुद्धियां और निर्माण प्रक्रिया से अंधूरा अवशिष्ट (residue)। इन अशुद्धियों से संप्रेषित सिगनल ऊर्जा का अवशोषण होता है और ऊर्जा में बदल जाती है। परिणामस्वरूप सिगनल समग्र रूप से कमजोर हो जाते हैं। Hydroxyl अवशोषण (absorption) 1.25 और 1.39 माइक्रो पर होता है। सिलिका ही 1.7 माइक्रो पर ऊर्जा अवशोषण (absorption) आरंभ कर देता है क्योंकि इसमें सिलिकॉन डायाक्साइड का प्राकृतिक अनुनाद (natural resonance) होता है।



चित्र 3.3 अवशोषण (absorption)

3.4 माक्रो बैंडिंग हानि (macro bending loss)

यह हानि (देखें चित्र 3.4) संपूर्ण फाइबर एक्सिस को मोड़ने से होती है। मोड़ने का अर्ध व्यास (radius) '30d' से अधिक नहीं होता चाहिए जहां 'd' केबल का व्यास है। '30d' से अधिक सिंगल 'मोड' से 0.5dB की हानि हो सकती हैं। यदि यह मोड अधिक रहे तो फाइबर टूट जाता है।



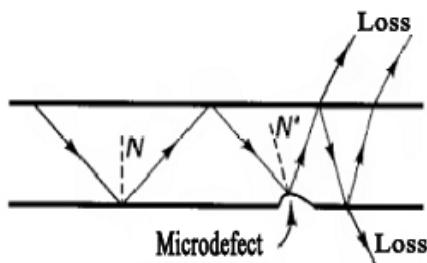
चित्र 3.4 फाइबर में माक्रो बैंड

3.5 माइक्रो बैंडिंग हानि (micro bending loss)

माइक्रो बैंडिंग हानि (micro bending loss) (देखें चित्र 3.5) फाइबर एक्सिस के माइक्रो डिफॉर्मेशन के कारण होता है जिसके कारण संपूर्ण आंतरिक परावर्तन (total internal reflection) स्थितियां प्राप्त करने में असफल होती हैं। माइक्रो बैंड फाइबर एक्सिस के साथ लघु क्षोभ (small scale perturbations) होते हैं जिसका आयाम (amplitude) माइक्रोन्स के क्रम पर होता है। इन विरूपणों (distortion) से प्रकाश का फाइबर से बाहर क्षरण (leak) होता है।

ऑप्टिकल फाइबर केबल में अटेन्युएशन

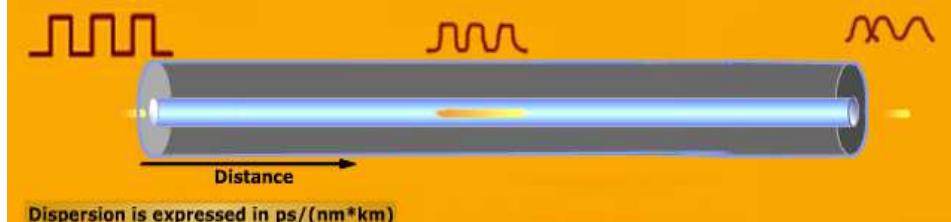
माइक्रो बैंडिंग शीत तापमानों पर प्रेरित होता है चूंकि कांच का ताप प्रसार गुणांक कोटिंग और केबलिंग सामग्री से भिन्न होता है। कम तापमान पर कोटिंग और केबल अधिक कड़े (rigid) बन जाते हैं तथा कांच से अधिक सिकुड़ (contract) सकते हैं। परिणामस्वरूप कांच पर अधिक भार पड़ सकता है जिसके कारण माइक्रो बैंड हो जाते हैं। लेप (coating) सामग्री का चयन निर्माताओं द्वारा माइक्रो बैंड हानि न्यूनतम रखने के लिए किया जाता है। लेप (coating) सामग्री का रेखीय ताप प्रसार गुणांक (linear thermal expansion coefficient) फाइबर के गुणांक से मेल योग्य होना चाहिए।



चित्र 3.5 फाइबर में माइक्रो बैंड

3.6 विक्षेपण (dispersion)

फाइबर में संप्रेषणों के फैलाव के लिए ऑप्टिकल शब्द है। यह वेव-विड्थ सीमन तथ्य (hand width limiting phenomenon) है जो दो रूपों में मिलता है। मल्टी'मोड' विक्षेपण (dispersion) और वर्णिक (chromatic) विक्षेपण (dispersion). वर्णिक विक्षेपण (dispersion) को आगे सामग्री विक्षेपण (dispersion) तथा वेवगाइड विक्षेपण (dispersion) में बांटा जाता है।



चित्र 3.6 विक्षेपण (dispersion) का सिद्धांत

3.6.1 ऑप्टिकल फाइबर में विक्षेपण तथ्य (dispersion phenomenon in optical fiber)

विक्षेपण ऑप्टिकल सिग्नल का समय विरूपण (distortion) है जो उस सिग्नल के विभिन्न घटकों (components) के यात्रा समय के भिन्न होने के कारण होता है और परिणामस्वरूप स्पंद फैलाव (pulse broadening) होता है। जब सिग्नल द्वारा की गई यात्रा की दूरी अधिक होती है स्पंद फैलाव भी उतना अधिक होता है।

डिजीटल ट्रांसमिशन में विक्षेपण (dispersion) अधिकतम डाटा दर और अधिकतम दूरी को सीमित कर देता है अर्थात् फाइबर लिंक की सूचना वहन क्षमता सीमित होती जाती है। अगले अंतराल में पल्स के फैलाव द्वारा उत्पन्न हुए अवरोध से रिसीवर पर प्राप्त सिग्नलों का गलत अर्थ नहीं निकलना चाहिए।

3.6.2 विक्षेपण (dispersion) के प्रकार

विक्षेपण (dispersion) के दो प्रकार हैं। ये हैं अंतर मॉडलीय विक्षेपण (inter modal dispersion) और वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion).

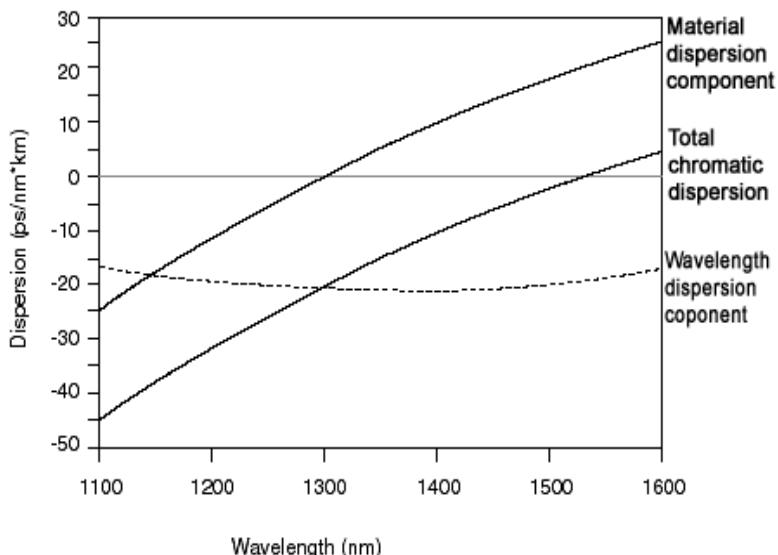
3.6.3 मल्टी मोड स्टेप इंडेक्स फाइबर में अंतर मोडल विक्षेपण (dispersion) (inter modal dispersion in multi mode step index fiber)

विभिन्न 'मोडों' के आगमन समय में असमानता को अंतर मोडल विक्षेपण (inter modal dispersion) कहा जाता है। चूंकि पल्स पॉवर, फाइबर में अलग-अलग दूरी पर चलनेवाले अलग-अलग मोड्स द्वारा भेजे जाते हैं। सिरे पर पहुंचने वाले पॉवर के अंश मिलकर स्पंद फैलाव का कारण होते हैं। मॉडल विक्षेपण (modal dispersion) की समस्या का समाधान ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर या सिंगल 'मोड' फाइबर का उपयोग करके किया जा सकता है।

3.6.4 वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion)

एकल 'मोड' (individual mode) में भिन्न वेवलैंथ होते हैं जिनमें से प्रत्येक 'मोड' फाइबर के साथ अलग-अलग वेग से चलते हैं जिनके परिणामस्वरूप विक्षेपण (dispersion) होता है। यह वर्णिक (chromatic) विक्षेपण (dispersion) कहलाता है। इसमें दो घटक होते हैं। वे हैं सामग्री विक्षेपण (material dispersion) और वेवगाइड विक्षेपण (dispersion) सामग्री विक्षेपण (material dispersion) सामग्री के विक्षेपण लक्षणों के कारण होता है। परिणामस्वरूप पल्स का फैलाव (pulse spread) होता है। वेवगाइड विक्षेपण (dispersion) 'कोर' और आंतरिक क्लैडिंग कांच में विद्युत तरंगों के कुछ विभिन्न गति से चलने के कारण होता है।

वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion) घटकों सहित 'विक्षेपण विस्थापित फाइबर' (dispersion shifted dispersion) के लिए वेवलैंथ से अंकित होता है। (देखें चित्र 3.7)



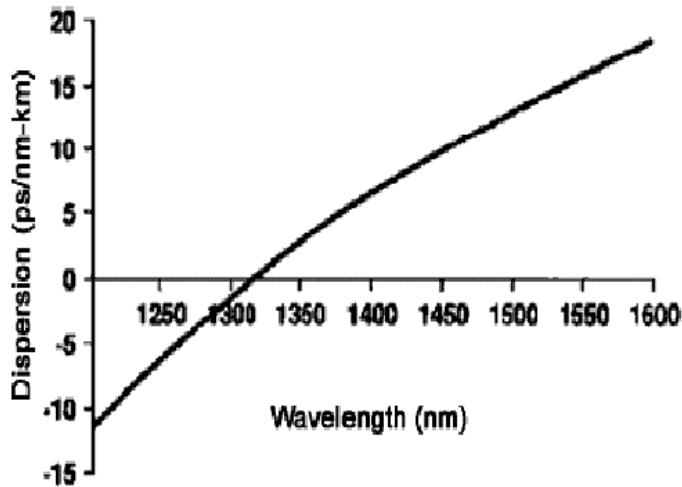
चित्र 3.7 वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion)

3.6.5 मल्टी 'मोड' और सिंगल 'मोड' फाइबर में वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion in MM and SM fiber)

मल्टी 'मोड' फाइबर में वेवगाइड विक्षेपण (dispersion) ना के बराबर होता है। मटेरियल डिस्पर्शन विद्यमान रहता है। मल्टी 'मोड' फाइबर में कुल विक्षेपण (dispersion) निम्न प्रकार से होगा।

$$[(\text{modal dispersion})^2 + (\text{material dispersion})^2]^{1/2}$$

सिंगल 'मोड' फाइबर में 'मोडल' विक्षेपण (dispersion) नहीं होता. किंतु वर्णिक विक्षेपण (dispersion) विचमान रहता है. वेवलैंथ जिसपर, विक्षेपण (dispersion) शून्य के बराबर है, फाइबर की सूचना वहन क्षमता (information carrying capacity) अधिकतम होती है. मानक सिंगल 'मोड' फाइबर में यह 1310nm के करीब रहती है. (देखें चित्र 3.8)



चित्र 3.8 - प्रतीकात्मक विक्षेपण बनाम वेवलैंथ वक्र

3.6.6 पोलराइजेशन 'मोड' विक्षेपण (polarization mode dispersion)

बहुत से सिंगल 'मोड' फाइबर दो पर्पेन्डिक्युलर पोलराइजेशन 'मोड' को संभालते हैं. इनमें से एक खड़ा (vertical) और एक आड़ा (horizontal) होता है. चूंकि ये पोलराइजेशन स्थितियां निरंतर नहीं रखी जाती अतः पल्स के बीच अंतः क्रिया होती है और **परिणाम स्वरूप सिग्नल-स्मियरिंग** होती है.

पोलराइजेशन 'मोड' विक्षेपण (polarization mode dispersion) (PMD) फाइबर आकार के अंडाकार होने के कारण होता है जो निर्माण प्रक्रिया या बाहरी प्रतिबलकारकों (stresses) के परिणाम होता है. चूंकि प्रतिबल समय के साथ-साथ बदल सकता है. PMD भी समय के साथ-साथ बदल जाता है जैसा कि वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion) में नहीं होता. OC-192(9953.28 Mbps) से कम की गति पर PMD सामान्यतः कोई समस्या नहीं है.

3.6.7 अन्य आरेखीय प्रभाव (Other nonlinear effects)

पोलराइजेशन 'मोड' विक्षेपण (polarization mode dispersion) (PMD) के अलावा अन्य आरेखीय प्रभाव भी होते हैं. चूंकि ऑप्टिकल पॉवर बहुत अधिक होने पर आरेखीय प्रभाव स्वयं स्पष्ट (manifest themselves) होते हैं. अतः वे DWDM में महत्वपूर्ण हो जाते हैं. अटेन्युएशन और विक्षेपण (dispersion) जैसे रेखीय प्रभावों की पूर्ति भी की जा सकती है किंतु आरेखीय प्रभाव जमा होते रहते हैं.

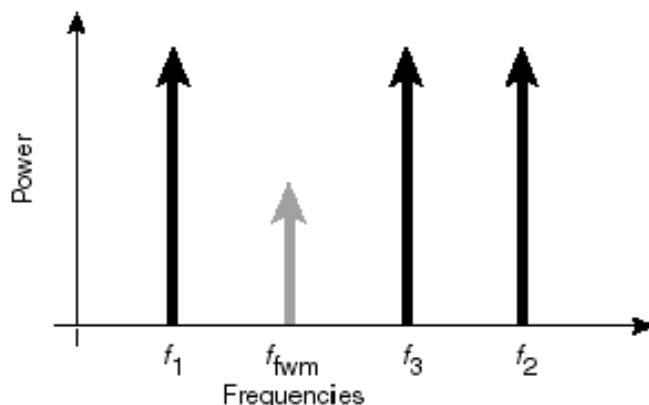
यह ऑप्टिकल फाइबर में डाटा ट्रांसमिशन की मात्रा को सीमित रखने के लिए बुनियादी तंत्र है. आरेखीय प्रभावों के अति महत्वपूर्ण प्रकार हैं.

स्टम्यूलेटेड ब्रिलोयुइन स्कॉटरिंग, स्टम्यूलेटेड रामन स्कॉटरिंग सेल्फ फेज मॉड्यूलेशन और **फोर-वेव मिक्सिंग** हैं. DWDM में **फोर-वेव मिक्सिंग** इन प्रकारों में अत्यंत क्रांतिक (Critical) प्रकार है.

ऑप्टिकल फाइबर केबल में अटेन्युएशन

ऑप्टिकल फाइबर के अपवर्तक सूचकांक (Refractive Index) की आरेखीय प्रकृति के कारण **फोर-वेव मिश्रण** होती है। विभिन्न DWDM आरेखीय अंतःक्रिया चैनल साइड बैंड्स का सृजन करते हैं जिनके कारण अंतर चैनल बाधा हो सकती है।

चित्र 3.9 में देखा जा सकता है कि तीन आवृत्तियों की अंतः क्रिया से चौथी आवृत्ति उत्पन्न होती है जिसका परिणाम मिश्रित वार्ता और सिग्नल से ध्वनि निम्नीकरण होता है।



चित्र 3.9 चार तरंग मिश्रण (four wave mixing)

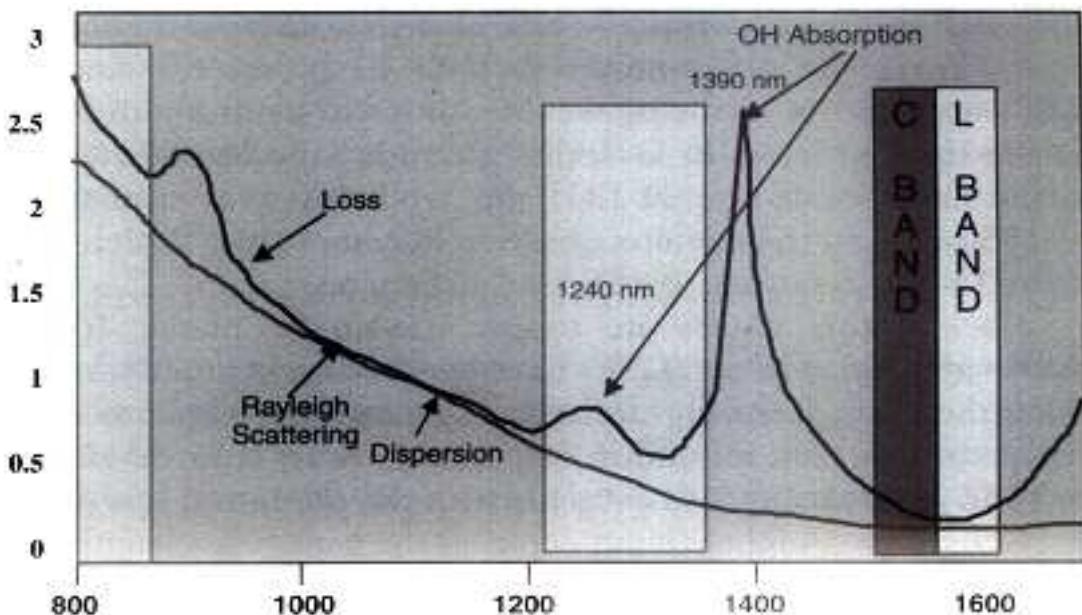
चार तरंग मिश्रण (four wave mixing) का प्रभाव DWDM प्रणाली की चैनल क्षमता को सीमित करना है। चार तरंग मिश्रण (four wave mixing) प्रकाशकीय (optically) ढंग से फिल्टर नहीं किए जा सकते और वह फाइबर की लंबाई के साथ-साथ बढ़ता है।

चार तरंग मिश्रण (four wave mixing) की अपनी प्रवृत्ति (propensity) के कारण **डिस्पर्शन शिफ्टेड फाइबर, वेव-लैंथ डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग** अनुप्रयोगों के लिए **अनुप्युक्त** है। इससे प्रेरित होकर **नॉन जीरो-डिस्पर्शन शिफ्टेड फाइबर अविष्कार** किया गया, जो **ऐसे** तथ्य का लाभ उठाता है कि वर्णिक विक्षेपण (chromatic dispersion) का उपयोग चार तरंग मिश्रण (four wave mixing) को कम करने के लिए किया जाता है।

3.7 ऑप्टिकल प्रभाव क्षेत्र (optical domain)

यह जानकर कि कहां अटेन्युएशन और विक्षेपण (dispersion) समस्या होती है ऑप्टिकल डिजाइन इंजीनियर दूरी, फाइबर के प्रकार, संप्रेषित सिग्नल की अखंडता (integrity) को बहुत अधिक प्रभावित करने वाले अन्य तथ्यों को ध्यान में रखकर बेहतर वेवलैंथ का निर्धारण करते हैं जिनसे सूचना संप्रेषित की जा सकती है। चित्र 3.10 में दिखाया गया ग्राफ ऑप्टिकल ट्रांसमिशन डोमेन के साथ-साथ उन क्षेत्रों को भी दर्शाता है जहां समस्याएं उत्पन्न होती हैं। वेवलैंथ (nm) X-एक्सिस और अटेन्युएशन (dB/km) Y-एक्सिस पर दिखाया गया है।

चित्र 3.10 में चार ट्रांसमिशन खिड़कियां (transmission windows) दिखाई देती हैं। पहली 850 nm, दूसरी 1310 nm, तीसरी 1550 nm और चौथी 1625 nm के आस-पास हैं। अंतिम * दो को क्रमशः 'C' और 'L' बैंड के रूप में दर्शाया गया हैं।



चित्र 3.10 ऑप्टिकल प्रभाव क्षेत्र (optical domain)

850 nm वह वेवलैंथ है जिसपर मूल LED प्रोयोगिकी (टेक्नोलॉजी) परिचालित की जाती है। 1310nm पर दूसरी खिड़की का निम्न प्रकीर्णन (low dispersion) होता है। 1550nm जिसे 'C' बैंड कहा जाता है, लंबी दूर संचार प्रणाली के लिए आदर्श वेवलैंथ है।

नेटवर्क इंजीनियर, जहां **रेलै-स्कॉटरिंग** होती है वहाँ 1000 nm और जहां पानी से अवशोषण (hydroxyl absorption) होता है **वहाँ पर** 1240 और 1390 nm पर सिगनलों के ट्रांसमिशन से बचते हैं ताकि उच्च डिग्री हानि न होने पाएं।

लो-डिस्पर्शन वेवलैंथ (low dispersion wave length) रखने के लिए ऑप्टिकल फाइबर का निर्माण 1550 nm के क्षेत्र में भी किया जा सकता है। यह भी एक विशेषता है जिससे सिलिका आधारित फाइबर में पारंपरिक न्यूनतम एटेन्युएशन होता है। इन फाइबरों को डिस्पर्शन शिफ्टेड फाइबर कहा जाता है और उच्च बिट दर के साथ लंबी दूरी अनुप्रयोगों में इनका उपयोग किया जाता है। ऐसे अनुप्रयोगों के लिए जिसमें मल्टीपल जीरो-डिस्पर्शन(Zero dispersion point) रखना वांछनीय नहीं है।

वस्तु निष्ठ

विषय निष्ठ

1. ओ.एफ.सी. में सिग्नल एटेन्यूएशन क्यों होता है?
 2. स्कॉटरिंग और एब्शॉर्प्शन में क्या अंतर है?
 3. डिस्पर्शन की घटना की व्याख्या कीजिए और उसके प्रकार बताइए?
 4. ऑप्टिकल डोमेन फील्ड में कितनी ट्रांसमिशन खिड़कियां होती हैं? सची दें.

अध्याय 4

फाइबर मानक व निर्माणात्मक विशेषताएँ

- 4.1 ऑप्टिक फाइबर केबल वर्गीकरण
- 4.2 मानक और कमर्शियल फाइबर
- 4.3 ऑप्टिक फाइबर केबल तकनीकी आवश्यकताएं
- 4.4 ऑप्टिक फाइबर केबल का निर्माण व्योरा

4.1 ऑप्टिक फाइबर केबल वर्गीकरण

केबल में उपलब्ध फाइबर के प्रकारों पर आधारित वर्गीकरण को तीन कोटियों में बांटा जा सकता है.

4.1.1 सिंगल 'मोड' फाइबर ऑप्टिक केबल

सिंगल 'मोड' फाइबर की डिजाइनों को कई दशकों में विकसित किया गया है. तीन प्रमुख प्रकार और उनकी ITU-T विशिष्टियां (specifications) निम्न प्रकार हैं.

- नॉन डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर (NDSF) G.652

आरंभिक प्रस्तरण प्रकार (initially deployed type) जिसका उपयोग 1310nm के लिए किया जाता है. इस फाइबर में 1550nm पर उच्च विक्षेपण (high dispersion) होता है. अतः यह 1550nm प्रणालियों के लिए उपयुक्त नहीं है. NDSF फाइबर की कमी को दूर करने के लिए फाइबर निर्माताओं ने डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर (DSF) का विकास किया.

- डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर (DSF) G.653

यह ज़ीरो डिसपर्शन पॉइंट को 1550nm क्षेत्र में स्थानांतरित करता है.

- नॉन ज़ीरो डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर (NZ-DSF) G.655

हालांकि DSF ने सिंगल 1550nm वेवलैंथ पर अच्छी तरह काम किया है, **जब मल्टीपल और 1550nm में निकट अंतराल वाली वेवलैंथ को DWDM प्रणाली में ट्रांसमिट किया जाता है तब यह फाइबर गंभीर नॉन-लीनियर गुण दर्शाता है.**

इस **नॉन-लीनियर प्रभाव** की समस्या को दूर करने हेतु निर्माताओं द्वारा नॉन ज़ीरो डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर (NZ-DSF) डिज़ाइन किए गए. यह फाइबर **पॉजिटिव और निगेटिव विक्षेपण (dispersion)** दोनों ही प्रकार में उपलब्ध हैं और नए फाइबर नियोजनों में शीघ्रता से पसंद बनता जा रहा है.

4.1.2 मल्टी 'मोड' फाइबर ऑप्टिक केबल

केबल के सभी फाइबर मल्टी'मोड' फाइबर होते हैं.

4.1.3 हाइब्रिड/कंपोजिट केबल

सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' दोनों ही फाइबर एक ही केबल में पैक किये जाते हैं जैसे कि 4 मल्टी 'मोड' फाइबर और 4 सिंगल 'मोड' फाइबर एक सिंगल केबल में.

अनुप्रयोग के आधार पर चार कोटियों में वर्गीकृत किया जाता है। वे हैं:-

4.1.4 भीतरी केबल (indoor cables)

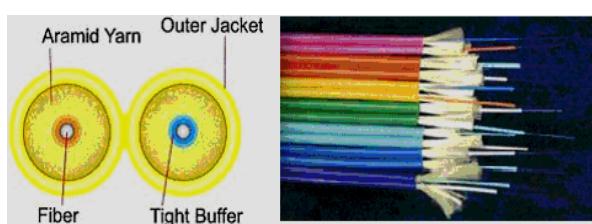
सिंगल फाइबर सहित सिंगल संरचना (देखें चित्र 4.1) सिंप्लेक्स केबल विविधताओं में 1.6 मिमी और 3 मिमी जॅकेट साइज़ों सम्मिलित हैं। भीतरी केबलों के चयन में **आग से सुरक्षा** सबसे पहला तथ्य है। विशेषतः **उन ठसाठस भरी** जगहों (plenum spaces) पर जहाँ से ये गुजरते हैं। भीतरी केबलों को ज्वाला अवरोधक (flame retardant) और धुआं शोषक (smoke inhibitor) मानकों को पास करना अनिवार्य है।



चित्र 4.1 भीतरी केबल (indoor cables)

4.1.5 डुप्लेक्स फाइबर ऑप्टिक केबल

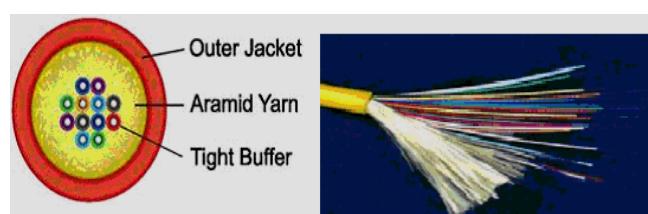
डुप्लेक्स ज़िप, (देखें जित्र 4.2) इस केबल में एक सिंगल केबल में दो ऑप्टिकल फाइबर होते हैं। प्रकाश दो फाइबरों के बीच युग्मित (couple) नहीं होती, विशेषतः एक फाइबर का उपयोग एक दिशा में **सिग्नलों** के ट्रांसमिशन (transmit) के लिए किया जाता है और दूसरा **रिसीव** करता है।



चित्र 4.2 डुप्लेक्स फाइबर ऑप्टिक केबल

4.1.6 वितरण फाइबर केबल

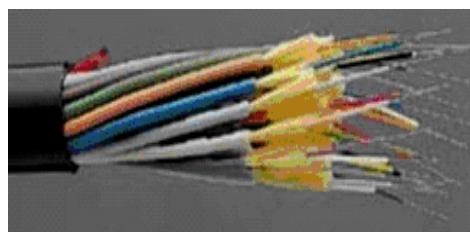
इस compact केबल में अकेले (individual) 900 μm बफर फाइबर होते हैं। (देखें चित्र 4.3) जो टूटने वाले (break out) केबलों से आकार में छोटे और कम लागत के होते हैं।



चित्र 4.3 वितरण फाइबर केबल

4.1.7 ब्रेक ऑउट फाइबर केबल

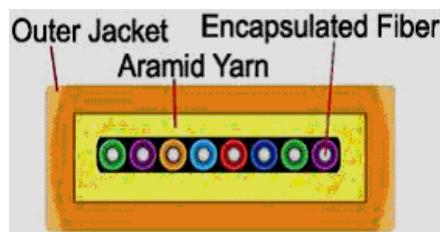
ब्रेक ऑउट फाइबर केबलों को फैन आउट केबल भी कहा जाता है। टाइट बफर केबलों में प्रत्येक 900 μm टाइट बफर फाइबर होता है। किंतु ब्रेक आउट केबलों में प्रत्येक फाइबर स्वयं उप केबल होता है। प्रत्येक फाइबर की 2-3 मिमी की जैकेट होती है। इसके बाद बाहरी जैकेट इन उप केबलों, **अरामिड** यार्न रिपकॉर्ड को भीतर ढक देती है। इस डिज़ाइन से उपयोक्ताओं को केवल विभाजित करने में सुविधा होती है ताकि वे अलग-अलग फाइबर से उपयोक्ताओं की सेवा कर सकें।



चित्र 4.4 ब्रेक ऑउट फाइबर केबल

4.1.8 रिबन फाइबर केबल

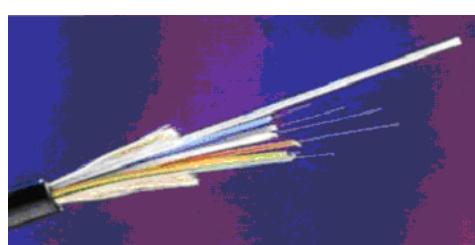
रिबन फाइबर केबल में 12 तक फाइबर एक ही जैकेट में नज़दीक होते हैं। इनका अधिकतर उपयोग नेटवर्क अनुप्रयोगों और डाटा केंद्रों में किया जाता है।



चित्र 4.5 रिबन फाइबर केबल

4.1.9 LSZH फाइबर केबल

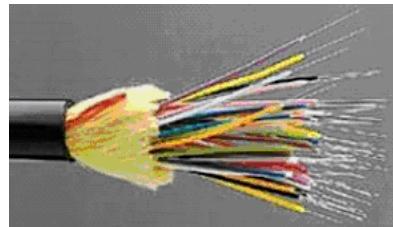
हेलोजेन मुक्त अनुप्रयोगों के विकल्प के रूप में लो स्मोक जीरो हेलोजेन केबल (देखें चित्र 4.6) प्रस्तावित किए जाते हैं। कम **टॉक्सिक** और धीरे सुलगने वाले होने के कारण कई आंतरिक संस्थापनाओं के लिए वे अच्छी पसंद हैं। वे **सिंप्लेक्स**, **डुप्लेक्स** और 1.6 मिमी डिज़ाइनों में उपलब्ध हैं। यह केबल, **राइजर्स** (risers) से सीधे सुविधाजनक नेटवर्क या अंतर संयोजन (inter connection) के लिए स्प्लाइसिंग क्लोजेट में चला जाता है।



चित्र 4.6 LSZH केबल

4.1.10 बाहरी फाइबर केबल

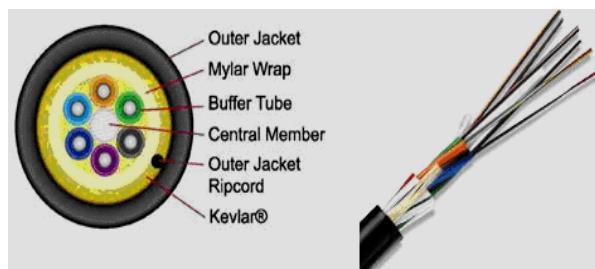
आंतरिक/बाहरी टाइट बफर केबलों में **राइजर्स (risers)** और **प्लेनम (plenum)** दोनों होते हैं। यह केबल **लचीली** होती हैं, आसानी से संभाले जा सकते हैं और सरलता से स्थापित किये जा सकते हैं। चूंकि इनमें जैल का उपयोग नहीं किया जाता कनेक्टर सीधे 900 μm फाइबर पर 'डिफिकल्ट-टू-यूज किट' के बिना ही समाप्त किए जा सकते हैं। यह आसान और **कुल मिलाकर** कम खर्च में अधिष्ठापित करना, उपलब्ध करता है।



चित्र 4.7 आंतरिक/बाहरी टाइट बफर ऑप्टिक केबल

4.1.11 बाहरी लूज ट्यूब फाइबर ऑप्टिक केबल

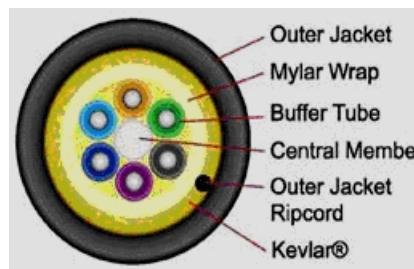
ट्यूब में मल्टी कोटेड फाइबर (देखें चित्र 4.8) होते हैं जो केबल को नमी और बाहरी पर्यावरण से रक्षा करने वाले 'जैल-कंपाऊंड' से घिरे होते हैं। यह केबल **सिर्फ़** आंतरिक उपयोग के लिए सीमित है और इसके लिए 50 फीट से अधिक अनुमति नहीं होती। बाहरी पर्यावरण केबलों के लिए सामग्री के चयन में नमी प्रतिरोध (moisture resistance) और तापमान टोलेरेन्स होना प्रमुख तथ्य है। उन्हें अल्ट्रावैलेट प्रतिरोधी होना भी आवश्यक है।



चित्र 4.8 आंतरिक/बाहरी टाइट बफर ऑप्टिक केबल

4.1.12 आंतरिक/बाहरी ड्राई लूज ट्यूब फाइबर ऑप्टिक केबल

यह केबल आंतरिक और बाहरी दोनों ही अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त है। इस केबल का एक लाभ यह भी है कि यह बाहरी और आंतरिक पर्यावरण के बीच केबल परिवर्तन-स्थल (transition point) पर **स्प्लाइसिंग** या **कनेक्टर** की आवश्यकता समाप्त कर देता है।



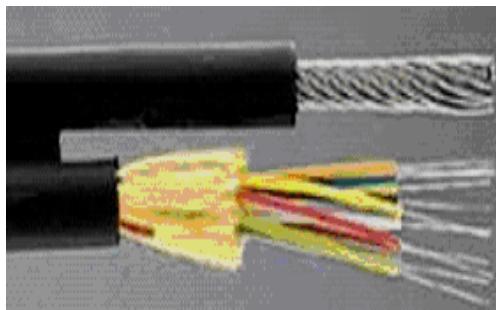
चित्र 4.9 आंतरिक/ बाहरी ड्राई लूज ट्यूब फाइबर ऑप्टिक केबल

4.1.13 चित्र 8 फाइबर ऑप्टिक केबल (वायवीय/स्व आश्रित फाइबर केबल)

इन केबलों को खंभों पर लटकाने के लिए डिज़ाइन किया जाता है और अधिकतर भूमिगत डक्ट्स में लगाए जाते हैं। उनमें इस्पात के आंतरिक प्रतिबल घटक (internal stress members) या **आरामिड** यार्न होता है जो फाइबर को प्रतिबल (stress) से बचाता है।

एरियल केबलों को सूर्य की गर्मी से लेकर बर्फ जमने तक के चरम तापमानों को सहने योग्य होना चाहिए। उन्हें तेज हवाओं के प्रहारों से भी बचे रहना होता है।

एरियल केबल से संस्थापन में आसानी होती है और समय और लागत में भी बचत होती है। चित्र 8, केबल को फाइबर और मेसेंजर के बीच आसानी से अलग किया जा सकता है। तापमान रेज -55 से +85⁰ सेंग्रेड तक।



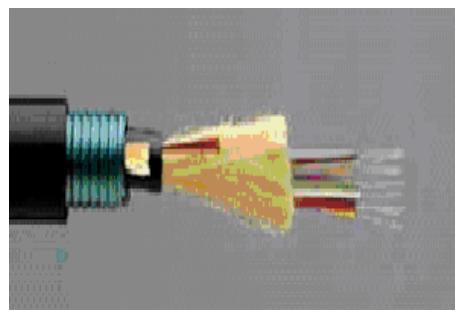
चित्र 4.10 एरियल फाइबर ऑप्टिक केबल

4.1.14 सीधे गड़े (आर्मर्ड फाइबर ऑप्टिक केबल)

आर्मर्ड केबल (देखें चित्र 4.11) बाहरी केबलों के समान ही होते हैं किंतु इनमें यांत्रिक रक्षा और हानि से रोकथाम के लिए आर्मर की परत होती है।

इन्हें डक्ट्स में या खंभों पर **लटकाकर** संस्थापित किया जा सकता है या सीधे **जमीन** के नीच गाड़ा जा सकता है। आर्मर के चारों ओर पोलीथीन जैकेट ढाई जाती है।

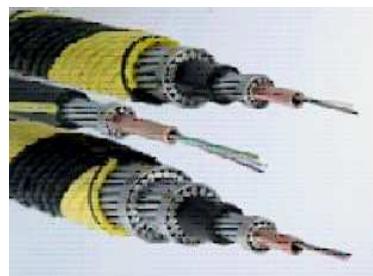
आर्मर्ड केबल का उपयोग सीधे गाड़ने में, यदि आवश्यक, हो **रोडेंट** रक्षा के लिए किया जा सकता है। इस केबल में जैल भरा नहीं होता और इसका **खंभों पर लटका कर** भी उपयोग किया जा सकता है। आर्मर को हटाने पर केवल आंतरिक केबल रह जाता है जो आंतरिक / बाहरी किसी भी प्रकार के उपयोग के लिए उपयुक्त होता है। तापमान का मान -40 से +85⁰ सेंग्रेड है।



चित्र 4.11 आर्मर्ड फाइबर ऑप्टिक केबल

4.1.15 आंतरिक फाइबर ऑप्टिक केबल (समुद्रगत फाइबर ऑप्टिक केबल)

अंतः समुद्री केबल, **साफ पानी** या लवणीय जल में प्रयुक्त किए जा सकते हैं। उन्हें मछुवा नावों (fish trawlers) और नावों के लंगरों से होने वाली हानि से बचाने के लिए उन पर व्यापक रूप से संरचनाएं और आर्मर बनाए जाते हैं। लंबी दूरी केबलों की विशेषत: जटिल डिज़ाइन होती है।



चित्र 4.12 अंतः समुद्री फाइबर ऑप्टिक केबल (समुद्रगत फाइबर ऑप्टिक केबल)

4.2 मानक और कर्मशीयल फाइबर

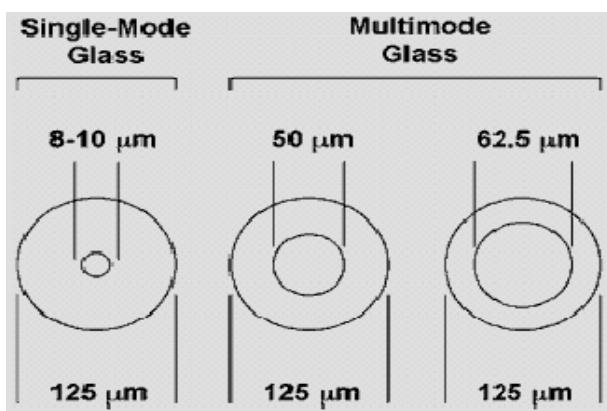
कोर और क्लैडिंग के भौतिक आयामों के आधार पर इसका मानकीकरण किया गया है ताकि **स्प्लाइस** और **कनेक्टरों** की सुसंगतता सुनिश्चित की जा सके।

4.2.1 सिंगल 'मोड' फाइबर के अंतर्राष्ट्रीय मानक हैं-

क्लैडिंग व्यास :	125 माइक्रोन (माइक्रो मीटर)
क्लैडिंग+कोटिंग :	245 माइक्रोन(माइक्रो मीटर)
कोर व्यास :	8 से 10 (माइक्रो मीटर)

4.2.2 मल्टी 'मोड' फाइबर के अंतर्राष्ट्रीय मानक हैं -

क्लैडिंग व्यास :	125 माइक्रोन (माइक्रो मीटर)
क्लैडिंग+कोटिंग :	245 माइक्रोन(माइक्रो मीटर)
कोर व्यास :	50 से 10 माइक्रो मीटर



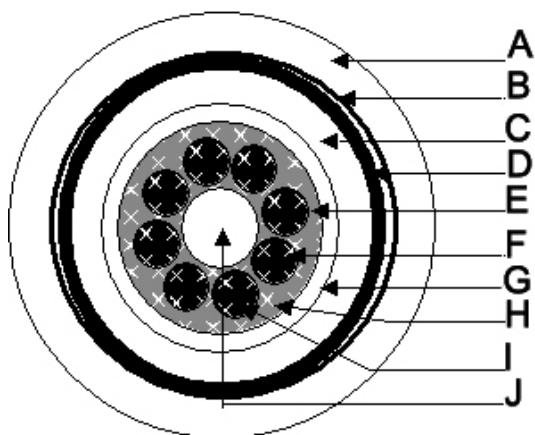
चित्र 4.13 सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' कोर और क्लैडिंग व्यास दर्शाता है

4.2.3 निम्नलिखित सारणी विभिन्न प्रकार के केबलों ITU-T सिफारिशों और उनके अनुप्रयोग दर्शाता है।

क्रम सं.	प्रकार	ITU-T सिफारिशें	विवरण	आंतरिक/ बाहरी	अनुप्रयोग
1	MM50	G.651	मल्टी 'मोड' फाइबर, 50 माइक्रो मीटर कोर व्यास सहित	बाहरी	कार्यालयों और परिसरों में LAN के लिए कम दूरी ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
2	MM62.5	G.651	मल्टी 'मोड' फाइबर, 62.5 माइक्रो मीटर कोर व्यास सहित	बाहरी	कार्यालयों और परिसरों में LAN के लिए कम दूरी ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
3	MM10G	G.651	मल्टी 'मोड' फाइबर, 50 माइक्रो मीटर कोर व्यास सहित	बाहरी	कार्यालयों और परिसरों में LAN के लिए 10 गीगाबिट ईथरनेट ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
4	SM	G.652B	सिंगल 'मोड' फाइबर	बाहरी	1550nm विंडोज में अत्यधिक क्षमता और कम हानि ट्रांसमिशन
5	LWP	G.652D	लो-वॉटर-पीक सिंगल 'मोड' फाइबर	बाहरी	महानगर नेटवर्क के लिए WDM ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
6	SR15	G.652B	Bending insensitive bending proof लघु उच्च विश्वसनीयता लो-वॉटर -पीक सिंगल 'मोड' फाइबर	आंतरिक	FTTH/LAN परिसर के लिए ऑप्टिकल कॉर्ड और केबल
7	SR 15E	G.652D	Bending insensitive bending proof लघु उच्च विश्वसनीयता लो-वॉटर -पीक सिंगल 'मोड' फाइबर	बाहरी	1550nm विंडोज में लंबी दूरी ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
8	DS	G.653	डिसपर्शन शिफ्टेड सिंगल 'मोड' फाइबर	बाहरी	1550nm विंडोज में लंबी दूरी ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
9	LA	G.655	बहुत प्रभावी क्षेत्र (large effective area) NZ-DSF	बाहरी	C और L बैंडों में लंबी दूरी DWDM ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
10	SS	G.656	स्माल डिसपर्शन स्लोप NZ-DSF	बाहरी	C और L बैंडों में लंबी दूरी DWDM ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
11	ULA	G.655	अति प्रभावी क्षेत्र (ultra effective area) NZ-DSF	बाहरी	S-, C- और L- बैंडों का उपयोग करते हुए लंबी दूरी DWDM ऑप्टिकल ट्रांसमिशन
12	USS	G.656	अति लघु डिसपर्शन प्रवणता (ultra small dispersion slope) NZ-DSF	बाहरी	मेट्रो नेटवर्क के लिए S-, C- और L- बैंडों का उपयोग करते हुए DWDM ऑप्टिकल ट्रांसमिशन

4.3 ऑप्टिक फाइबर केबल का निर्माण

4.3.1 ऑप्टिक फाइबर केबल के प्रमुख भाग चित्र 4.14 में आर्मड लूज ट्यूब फाइबर केबल के अनुप्रस्थ क्रॉस सेक्शन में दर्शाए गए हैं।



संकेत वाक्य LEGEND

- A HDPE outer jacket 2.0 mm thickness minimum
- B Corrugated stainless steel armour (.6mm mini.)
- C Inner PE Sheath of 1.00 mm mini thickness
- D Secondary coating tube nylon/PBTP of 2.5 mm
- E Primary coated fiber of 125 micro mm max dia
- F Central strength member of FRP to comply with 2w of specification
- G Wrapping aramid yarn
- H Water blocking jelly thixotropic
- I Water blocking thixotropic jelly
- J Rip card mini. two

चित्र 4.14 ऑप्टिक फाइबर केबल के भाग

- **कोर:**

कोर बहुत महीन ट्यूब आकार (लगभग 8um) का केबल का केंद्रीय भाग है जो कांच बना होता है और **लाइट-सिग्नलों** को ट्रांसमिटर से रिसीवर में ले जाता है।

- **क्लैडिंग:**

यह कोर को बेलनाकार (cylindrically) धेर लेता है और कोर की तुलना में इसका रिफ्रैक्टिव इंडेक्स कम होता है।

- **बफर:**

(क) प्राइमरी कोटिंग: एक्रिलेट, सिलिकॉन रबर या **लँक्यूअर** प्राइमरी कोटिंग के रूप में लगाया जाता है।

यह यांत्रिक रक्षा के रूप में कार्य करता है।

(ख) सेकंडरी कोटिंग: अतिरिक्त बफर (सेकंडरी कोटिंग) भी निर्माण प्रक्रिया में लगाई जाती है। यह तीन प्रकार की होती हैं जैसे लूज बफर, टाइट बफर और ओपन चैनल।

- **लूज बफर**

एक सिंगल प्लास्टिक ट्यूब में एक से अधिक फाइबर निविष्ट (insert) किये जा सकते हैं। (प्राइमरी कोटिंग) के बाद ट्यूब का व्यास (dia) फाइबर के व्यास से कई गुना अधिक होता है। यह व्यवस्था फाइबर को यांत्रिक बलों (mechanical forces) से बचाती है। यह फाइबर की माइक्रो बैंडिंग का निराकरण करता है। इसकी **लूज-ट्यूब** सामान्यतः जैली से **भरी जाती** है ताकि नमी से रक्षा हो सके और **मुझे** हुये फाइबर एक सिरे से दूसरे सिरे तक घर्षण रहित चलते हैं।

- **टाइट बफर**

इस मामले में प्लास्टिक कोटिंग सीधे प्राइमरी कोटिंग के ऊपर लगाई जाती है। इस व्यवस्था से **कुचलने** (crush) और टकराने की स्थिति से भली-भांति बचा जा सकता है किंतु स्ट्रेस से **माइक्रो-बैंड** उत्पन्न हो सकते हैं। इस प्रकार के बफर तापमान परिवर्तनों, प्लास्टिक के फैलने और सिकुड़ने, जो कांच से भिन्न हैं से भी प्रभावित हो सकते हैं।

इनका उपयोग मुख्यतः आंतरिक केबलों जैसे जम्पर कॉर्ड, पिगेटेल व पैच कार्ड के रूप में किया जाता है।

- **ओपन चैनल**

इस प्रकार के केबलों में सेंट्रल स्ट्रैथ मैंबर में फाइबर, खांचे (groove) के रूप में देखे जा सकते हैं। इस प्रकार में फाइबर केबल के अंदर मुक्त संचलन (free to move) कर सकते हैं ताकि लूँग ट्यूब की भांति **टेंसाइल-स्ट्रेस** से बचा जा सके। फाइबर को नमी से बचाने के लिए केबल को जैली या इसी प्रकार के यौगिक से भरा जाता है।

स्ट्रैथ मैंबर

ऑप्टिक फाइबरों को स्ट्रैथ मैंबर के चारों ओर हैलिकल रूप में संजोया जाता है। स्ट्रैथ मैंबर, केबल को कम तनाव से पकड़ता है और यांत्रिक शक्ति प्रदान करता है। स्ट्रैथ मैंबर सामान्यतः निम्न प्रकार के होते हैं:

- इस्पात के तार
- प्लास्टिक सामग्री
- टेक्सटाइल फाइबर
- फाइबर ग्लास एपक्सी रॉड
- फिलर

फिलर कोटेड फाइबरों और विसंवाहित संचालकों (insulated conductors), यदि हों, के बीच अंतराल बनाए रखने के लिए लगाए जाते हैं ताकि केबल को आकार देने के लिए कुशन की व्यवस्था कर सकें। विशिष्ट सामग्री हैं पीवीसी, पॉलीथीन, अल्प घनत्व (low density), सेलुलोज़ पेपर, स्पन बॉडेड पॉलिस्टर। केबल को सामान्यतः ब्लॉकिंग या फिलिंग मिश्रण से भरा जाता है ताकि नमी प्रवेश न कर सके अर्थात् परिसंचालिता (circulatory) उपलब्ध रहे।

- **कोर आवेष्टन (core wrap)**

यह एक **टेप** के रूप में होता है और फाइबर, फिलर के संयोजन (assembly) को पकड़ कर रखता है तथा बाहरी आवरण (outer sheath) की निष्कासन (extrusion) प्रक्रिया में फाइबर की तापरोधी (heat barrier) की व्यवस्था करता है। इसमें सेलुलोज़ पेपर आदि जैसी सामग्री का उपयोग किया जाता है।

- **केबल आवरण (cable sheath)**

यह केबल को पर्यावरण से होनेवाली क्षति से बचाता है। यह केबल को नमी, रासायनिक और अग्निरोधी बनाता है। sheath सामग्री उच्च-घनत्व (high density) पॉलिथीन हो सकती है। आंतरिक अनुप्रयोगों के लिए सामान्यतः पीवीसी के **आवरण** (sheath) का उपयोग किया जाता है।

- **आर्मर**

जब भी केबलों को सीधे ज़मीन में गाड़ा जाता है, रोडेंट के हमले से बचाने के लिए आर्मिंग अनिवार्य होता है। आर्मर स्टेनलेस स्टील के तार या इस्पात के टेप के हो सकते हैं।

आर्मर लगाने से अतिरिक्त शक्ति मिलती है और आसानी से संभालने के लिए नम्यता में वृद्धि होती है। रेल विद्युतीकृत क्षेत्रों में प्रेरित **हाई-वॉल्टेज** की समस्या को आवधिक अंतराल पर आर्मर के विसंवाहन (insulation) से कम किया जा सकता है। छोटे या सामान्य अंतर को एपोक्सी रेजिन लगाकर भरा जा सकता है।

- **जैकेटिंग**

सामान्यतः बाह्यतम आवरण, जिसे जैकेटिंग कहा जाता है, रसायनों, अम्लों (acid), क्षारों(alkalis), विलायकों (solvent) आदि से रक्षा करता है।

उच्च-घनत्व (high density) पॉलिथीन का दीमक रोधी यौगिक, पॉलिथीन, पीवीसी, नाइलॉन आदि सामग्री का उपयोग किया जाता है।

4.3.2 ऑप्टिकल फाइबर की शक्ति

ऑप्टिकल फाइबर के संबंध में सामान्यतः यह गलत धारणा है कि यह कांच का बना होने के कारण नाजुक होगा। ऑप्टिकल फाइबर का अतिशुद्ध कांच उच्च **टैंसाइल** शक्ति और अति मज़बूती दर्शाता है। इसकी टैंसाइल शक्ति 44000 से 60000 किलो ग्राम प्रति वर्ग सेंटीमीटर होती है। ताबे की **टैंसाइल** शक्ति केवल 7500 किग्रा प्रति वर्ग सेंटीमीटर होती है।

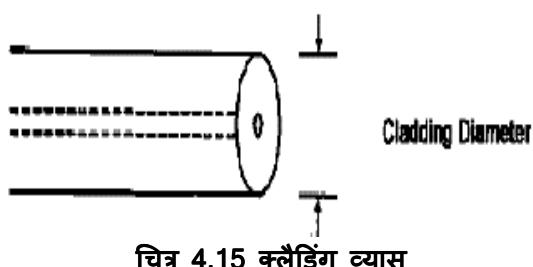
4.3.3 बंकन पैरामीटर

ऑप्टिकल फाइबर और केबल हल्के, आकार में छोटे और लचीले होने के कारण आसानी से लगाए जा सकते हैं। लेकिन कसे हुये मोड़ (tight bend) को टालने के लिए सावधानी रखने की आवश्यता है अन्यथा प्रकाश की हानि और समयपूर्व फाइबर खराबी हो सकती है। बंकन त्रिज्या (bending radius) $30d$ से अधिक होना चाहिए। जहां d इस केबल का व्यास है।

स्प्लाइसिंग ट्रे (splice tray) और अन्य फाइबर संधारण (handling) उपस्कर इस प्रकार बनाए जाते हैं कि फाइबर संस्थापन (installation) में होने वाली हानि रोकी जा सके।

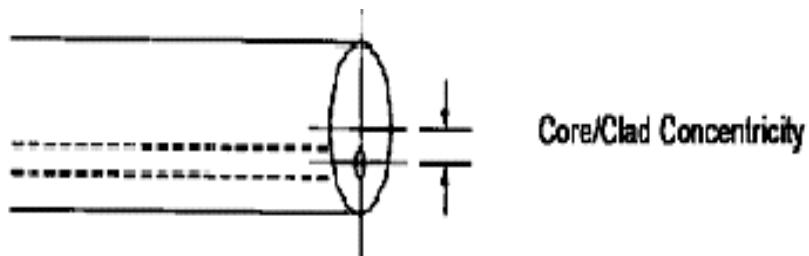
4.3.4 फाइबर पर क्लैडिंग व्यास नियंत्रण

क्लैडिंग व्यास गुंजाइश फाइबर के बाहरी व्यास को नियंत्रित करती है। कसी गुंजाइश (tighter tolerances) सुनिश्चित करती है कि फाइबर ठीक उसी आकार के हैं। स्प्लाइसिंग के दौरान परिवर्तन (inconsistent) क्लैडिंग व्यास से फाइबर जोड़ पर कोर का **अयोग्य मेल** हो सकता है जिसके कारण उच्चतर स्प्लाइसिंग (splice) हानि हो सकती है।



4.3.5 फाइबर पर कोर/क्लैड संकेद्रण शीलता (concentricity) नियंत्रण

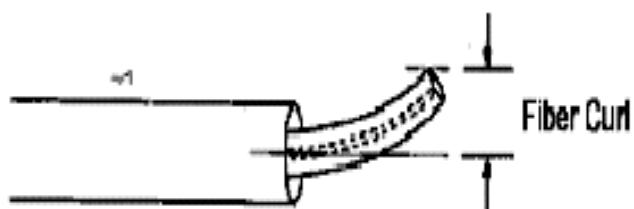
कसी हुई कोर/क्लैड की **केंद्रीयता** यह सुनिश्चित करने में सहायक होती है कि क्लैडिंग की तुलना में फाइबर कोर के केंद्र में है। यह दो फाइबरों के गुंथे होने पर कोर के सूक्ष्मता से मैच करने के अवसर देता है। कोर/क्लैड की **केंद्रीयता**, निर्माण प्रक्रिया के पहले चरणों में निर्धारित की जाती है।



चित्र 4.16 कोर/क्लैड संकेद्रण शीलता (concentricity)

4.3.6 फाइबर कुंचन (curl)

फाइबर कुंचन, ऑप्टिकल फाइबर की विशिष्ट लंबाई के साथ **अनुवांशिक** वक्रता (inherent curvature) है जो सभी फाइबरों द्वारा कुछ हद तक दिखाई जाती है। यह नर्माण प्रक्रिया के दौरान होने वाले ताप प्रतिबल (thermal stress) का परिणाम है। कसे फाइबर कुंचन, (tighter fiber curl) स्प्लाइसिंग(splicing) के दौरान फाइबर कोर के **अयोग्य मेल** की संभावना कम करती है।



चित्र 4.17 फाइबर कुंचन (curl)

4.4 भारतीय रेलों पर ऑप्टिक फाइबर केबल की विशिष्टियां

भारतीय रेलों पर अनुसंधान, अभिकल्प व मानक संगठन विशिष्ट IRS:TC55-2006 के अनुसार 24 फाइबर **आर्म्ड** ऑप्टिक फाइबर केबल का उपयोग किया जाता है।

4.4.1 केबल की सामान्य आवश्यकताएं

केबल में 24 मोनो-'मोड' फाइबर होते हैं और सीधे **जमीन में गड़ाने** के साथ-साथ नलिकाओं में यांत्रिक रूप से बिछाने के लिए उपयुक्त होंगे।

4.4.2 सेवा शर्तें

ऑप्टिक फाइबर केबल को निम्नलिखित पर्यावरण स्थितियां सहन करने योग्य होना चाहिए:-

परिवेशी तापमान	0 से +55 ⁰ से.
भंडारण तापमान	-20 ⁰ से+70 ⁰ से.

4.4.3 तकनीकी आवश्यकताएं

तकनीकी आवश्यकताएं नीचे सारणी में दी गई हैं -

कट-ऑफ वेव लैंथ	2m फाइबर सेक्शन के लिए कट-ऑफ वेव लैंथ 1320nm होगी
1310 nm पर एटेन्युएशन	$\leq 0.36\text{dB/km}$
1285 से 1330 nm के बीच	$\leq 0.36\text{dB/km}$
1550 nm पर	$< 0.23\text{dB/km}$
कोर का नाम मात्र व्यास	सुमेल क्लैड फाइबर के लिए 8.8 μm -9.8 μm
क्लैडिंग का नाम मात्र व्यास	125 $\mu\text{m} \pm 1.0 \mu\text{m}$
क्लैडिंग की गोलाई हीनता	$\leq 1\%$
'मोड' फील्ड संकेन्द्रीकरण शीलता त्रुटि	$\leq 0.8 \mu\text{m}$
प्राथमिक लेप	सामग्री UV उपचार योग्य एक्रिलेट, व्यास $245 \pm 10 \mu\text{m}$. क्लैडिंग या केबल सामग्री से इसकी कोई प्रतिक्रिया नहीं होनी चाहिए.
वर्णिक प्रकीर्णन	
धुवीकरण 'मोड' प्रकीर्णन	फाइबर के लिए केबल युक्त फाइबर के लिए
फाइबर कुंचन	वक्रता घेरे का $\geq 4\text{m}$
1550 nm पर फाइबर मार्क्सो बैंड	$\leq 0.5\text{dB}$

4.4.4 केबल पर अंकन

केबल की बाहरी जैकेट पर अमिट लंबाई अंकित की जाती है जो **1 मीटर (± 0.1)** से अधिक दूरी पर नहीं होती.

बाहरी जैकेट काले रंग का होता है और अंकन सफेद रंग से किया जाता है.

क्रमिक लंबाई अंकन सामान्य संस्थापन के दौरान मिटने न पाए. केबल पर अंकन निम्न प्रकार किया जाता है.

"निर्माता/कंपनी का ट्रेड मार्क, IR चिन्ह, टेलीफोन मार्क, लेसर प्रतीक, केबल का प्रकार, फाइबरों की संख्या, निर्माण महीना, वर्ष और ड्रम नंबर".

4.4.5 समग्र व्यास

केबल का समग्र व्यास **20 मि.मीटर** से अधिक नहीं होगा और आरंभ से अंत तक की पूरी लंबाई में समान रहेगा.

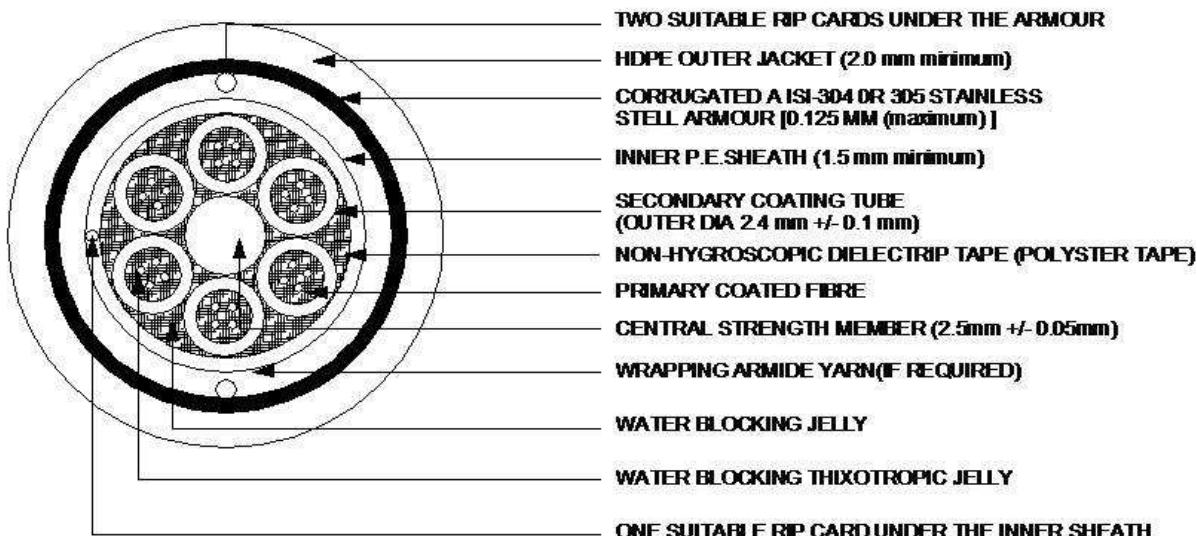
4.4.6 फाइबर और इकाई पहचान

फाइबरों को आसानी से भेद करने योग्य टिकाऊ रंगों से रंगा जाता है. एक ट्यूब में चार फाइबर होने के मामले में रंग नीला, नारंगी, हरा और प्राकृतिक **रंग** के क्रम में होंगे. 6 खुले ट्यूबों के रंग निम्न प्रकार होंगे.

फाइबर मानक व निर्माणात्मक लक्षण

- 1 नीला
- 2 नारंगी
- 3 हरा
- 4 भूरा
- 5 स्लेट
- 6 सफेद

भारतीय रेलों पर प्रयुक्त 24 फाइबर केबल का अनुप्रस्थ क्रॉस वश्य, चित्र 4.18 में दिखाया गया है।



चित्र 4.18 - भारतीय रेलों पर प्रयुक्त 24 फाइबर केबल का अनुप्रस्थ क्रॉस वश्य

वस्तुनिष्ठ

- ITU-T संस्तुत जी.652 के गुणों का वर्णन करता है.
क) डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर
ग) नॉन जीरो डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर
 - ITU-T संस्तुत जी.653 के गुणों का वर्णन करता है.
क) डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर
ग) नॉन जीरो डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर
 - ITU-T संस्तुत जी.655 के गुणों का वर्णन करता है.
क) डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर
ग) नॉन जीरो डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर
 - 1550 nm पर उच्च डिसपर्शन होता है.
क) जी.652 (ख) जी.653 (ग) जी.655 (घ) कुछ नहीं
 - 1550 nm पर उच्च डिसपर्शन होता है.
क) जी.652 (ख) जी.653 (ग) जी.655 (घ) कुछ नहीं
 - फाइबर सिंगल वेवलैंथ के लिए बहुत उपयुक्त होता है किंतु डीडब्ल्यूडीएम सिस्टम के लिए उपयुक्त नहीं होता है.
क) डी.एस.एफ. (ख) एन.ज़ेड.डी.एस.एफ. (ग) कुछ नहीं
 - डीडब्ल्यूडीएम सिस्टम ऑपरेट करने हेतु एनज़ेड-डीएसएफ फाइबर बहुत उपयुक्त है. (सही/गलत)
 - डिस्ट्रिब्यूशन फाइबर केबल में एकल 900- μm बफर्ड फाइबरों के फाइबरों की संख्या होती हैं. (सही/गलत)
 - ब्रेक आउट केबल 900- μm फाइबर होता है किंतु प्रत्येक फाइबर स्वतः सब-केबल है. (सही/गलत)
 - सिंगल जैकेट में **एक दूसरे के बगल** में, 12 फाइबरों के रिबन फाइबर केबल होता है. (सही/गलत)
 - नेटवर्क अप्लिकेशनों के लिए सामान्यतया रिबन फाइबर केबल होते हैं. (सही/गलत)
 - लूज ट्यूब बफर, नमी और बाहरी वातावरण से **कंपाऊंड** को प्रोटेक्ट करते हुए फाइबर के चारों ओर बहु लेपित (multiple coated) फाइबर से घिरे होते हैं. (सही/गलत)
 - बाहरी वातावरण** के लिए केबलों की सामग्रियों को चुनते हैं तो नमी प्रतिरोध और तापमान **टॉलरेंस**, उनमें प्रमुख कारक होते हैं. (सही/गलत)

विषयनिष्ठ

- विभिन्न प्रकार के ऑप्टिकल फाइबर केबलों की सूची दें और उनके अनुप्रयोगों का वर्णन करें।
 - सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' फाइबरों के अंतर्राष्ट्रीय मानक लिखें।
 - ITU-T द्वारा संस्तुत विभिन्न प्रकार के केबलों और अनुप्रयोग लिखें। (कम से कम 5 संस्तुत प्रकार)
 - फाइबरों और लूज ट्यूबों की पहचान आप कैसे करेंगे? रंग योजना **के** नाम लिखें।
 - ऑप्टिकल फाइबर केबल निर्माण के संबंध में संक्षेप में समझाइएं।
 - फाइबर कुंचन से आपका क्या अर्थ है?
 - ऑप्टिकल फाइबर केबल में कुंचन किस प्रकार उत्पन्न होते हैं?

अध्याय 5

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

5.1 भूमिगत ऑप्टिकल फाइबर केबल के प्रकार

5.2 केबल ड्रम जांच

5.3 स्थल सर्वेक्षण और प्राक्कलन

5.4 ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाना

5.1 भूमिगत ऑप्टिकल फाइबर केबल के प्रकार

5.1.1 24 फाइबर आर्मर्ड केबल: 24 एफ आर्मर केबलों का उपयोग भूमिगत बिछाने के लिए किया जाता है। इसमें 6 लूज-ट्यूब होते हैं। उन्हें अलग-अलग रंग के कोड दिये जाते हैं जो निम्न प्रकार हैं - नीला, नारंगी, प्राकृतिक रंग-1, प्राकृतिक रंग-2, प्राकृतिक रंग-3 और प्राकृतिक रंग-4। प्रत्येक लूज-ट्यूब में चार फाइबर होते हैं। फाइबरों का रंग कोड नीला, नारंगी, हरा और प्राकृतिक हैं।

5.1.2 12 फाइबर आर्मर्ड केबल: 12 एफ आर्मर्ड केबल भूमिगत और वायवीय (aerial) के लिए उपयोग किये जाते हैं। इसमें 12 सिंगल लूज-ट्यूब होते हैं। उन्हें रंग कोड निम्न प्रकार हैं -

F1	नीला	F2	नारंगी	F3	हरा	F4	भूरा
F5	स्लेट	F6	सफेद	F7	लाल	F8	काला
F9	पीला	F10	बैंगनी	F11	गुलाबी	F12	नील-हरित (एक्वा)

48 एफ, 96 एफ आर्मर्ड और 6 एफ आर्मर्ड तथा आर्मर्ड रहित केबल भी बाज़ार में उपलब्ध हैं।

5.2 केबल ड्रम जांच: बिछाने से पहले प्रत्येक केबव ड्रम की जांच की जानी चाहिए। ड्रम की सामान्य लंबाई लगभग 3 कि.मी. होती है। ड्रम नंबर, केबल की लंबाई और रनिंग मीटर नोट किये जायें। सभी फाइबर ओ.टी.डी.आर. से जांचे जाएं और दिखय गये चिन्ह (traces) जमा किये जायें। यदि कोई खराबी या टूट-फूट देखी जाए तो केबल बिछाना टाल दिया जाए।

5.3 स्थल सर्वेक्षण और प्राक्कलन: स्थल सर्वेक्षण अत्यंत महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। प्राक्कलन तैयार करने से पहले सर्वेक्षण किया जाना चाहिए। सर्वेक्षण तीन चरणों में किया जाए। सर्वेक्षण के दौरान इंजीनियरों द्वारा निम्नलिखित प्रेक्षण (observation) दर्ज किये जाने चाहिए।

आरंभिक या प्रथम सर्वेक्षण

- इंजीनियरी आरेख के साथ रेलगाड़ी द्वारा आरंभिक/प्रथम सर्वेक्षण।
- पुलियों, पुलों, समपार फाटकों(level crossing) की जांच करें।
- भूमि की प्रकृति पर ध्यान दें अर्थात रेत, काली, कपास मिट्टी, लाल मिट्टी, मुरम या चट्टानी।
- कच्चा प्राक्कलन बनाने के लिए अनुसूचि मर्दों का चार्ट तैयार करें।

दूसरा सर्वेक्षण

- दूसरा सर्वेक्षण संबंधित रेलपथ निरीक्षक और सिगनल व दूरसंचार कर्मचारियों के साथ ट्रॉली से कम से कम एक ब्लॉक के लिए किया जाए।

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

- सेक्शन प्रति दिन
- रेलवे सीमा से संरेखण (alignment) लें.
- ऑफ सेट और मार्ग के वियमान केबल नोट करें.
- ऐसे स्थान नोट करें जहां केबल के लिए GI पाइप RCC पाइप से रक्षण की आवश्यकता है.

तीसरा सर्वेक्षण

- तीसरा सर्वेक्षण पैदल पर्यास मज़दूरों सहित.
- प्रत्येक 20 मीटर पर जांच गड्ढा (test pit) करें और मिट्टी की प्रकृति नोट करें.
- एक ब्लॉक सेक्शन के लिए प्राक्कलन तैयार करें और 10-15% अधिक मात्रा रखें.
- प्रस्तावित केबल मार्ग आरेख तैयार करें.
- आरेखों में स्टेशन यार्ड, स्थल निर्धारण बक्स, सिगनल खंभों, पुलियों और समापार फाटकों को दिखाना सुनिश्चित करें.
- आरेश अनुमोदन के लिए इंजीनियरी विभाग में प्रस्तुत करें.

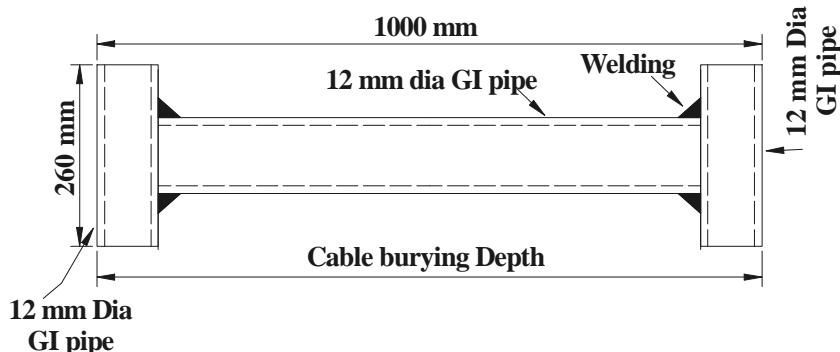
5.4 ट्रैचेस में ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाना

5.4.1 खुदाई कार्य (Excavation)

ट्रैच बनाने के लिए **खुदाई कार्य** हाथों से (manually) या यांत्रिक साधनों दोनों से ही **किया जा** सकता है.

खुदाई हाथों से (manual Excavation)

ट्रैच की गहराई आरेख सं. RDSO/TCDO/COP-11 के अनुसार पाइपों से बने मापक (rule), जो नीचे चित्रित है, से की जा सकती है.



चित्र 5.1 आरेख सं. RDSO/TCDO/COP-11 के अनुसार पाइपों में ट्रैच की गहराई

ट्रैच खोदने की जगह यदि भूमि ढलवां या असमान हो तो गहराई निचले किनारे से नापी जाए.

यांत्रिक खुदाई (Mechanical Excavation)

ट्रैच की खुदाई यांत्रिक रूप से भी की जा सकती है. यह खुदाई लोडर बैकहो (एस्कॉर्ट 710x या उसी प्रकार) से, जो खुदाई बकट, सफाई बकट, बैक फिलिंग ब्लेड और लिफ्टिंग टैकल युक्त हो, की जा सकती है.

विनिर्दिष्ट गहराई तक खुदाई के बाद निकले हुए पत्थरों और अवरोधों आदि को हटाकर तल (bottom) को समतल बनाया जाएगा.

5.4.2 केबल बिछाना

ऑप्टिकल फाइबर केबल के संधारण (handling) में निम्नलिखित सावधानियां बरतनी चाहिए.

केबल सामान्यतः हाथ से ढीला किया जाए (payed out), जब चरखी (winch) का उपयोग किया जाए तब केबल के तनाव पर 'टैशन- मीटर' से निगरानी रखी जाए.

मज	मान
कर्षण तनाव (pulling tension)	1-1XW ग्राम
बंकन त्रिज्या(bending radius)	30XD
कर्षण गति (pulling speed)	अधिकतम 15 मीटर/मिनट
W → केबल का भार प्रति कि.मी.	किलोग्राम में
D → केबल का बाहरी व्यास	

केबल, विनिर्दिष्ट कर्षण तनाव (pulling tension) बैंडिंग रेडियस (bending radius) और कर्षण गति (pulling speed) जो नीचे दिखाई गई हैं, के अनुसार बिछाए जाएं.

केबल को प्रभावी और सुरक्षित रूप से बिछाने के लिए निम्नलिखित स्थलों पर **पोर्टबल वी.एच.एफ.** सेटों का उपयोग करते हुए संचार व्यवस्था की जानी चाहिए.

- केबल ड्रम सिरा
- कोई भी मध्यवर्ती मेनहोल/विपथन (diversion)/ रेलपथ क्रॉसिंग जिसमें से होकर केबल लिया जाएगा.
- चरखी (winch)/ट्रक परिचालक
- केबल बिछाने का प्रभारी

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाना आरंभ करने से पहले निम्नलिखित आवश्यक औजारों की जांच की जानी चाहिए -

क्रम सं.	औजार का नाम	क्रम सं.	औजार का नाम	क्रम सं.	औजार का नाम
1	केबल जैक	12	फ्लैक्सिबल केबल	23	लोहे की प्लेट
2	केबल ग्रिप	13	पुलिंग रोप	24	ड्रिलिंग के लिए लोडर बैकहो
3	रिओपनिंग डिवाइज़	14	ब्रुश	25	वर्निंग टेप
4	फ्री हुड हुक	15	मंडरेल	26	केटरपिलर ट्रैक्टर
5	शैकल फ्री हैड हुक	16	जंजीर	27	फॉर्क लिफ्टर
6	ग्राउलिंग हुक	17	स्ट्रेन गेज के लिए मापन कॉर्ड	28	वाहन वैन प्रकार का
7	पुलिंग बोल्ट	18	स्लिप विंच	29	टैकोमीटर
8	टैशन मीटर	19	वायर रोप	30	पोर्टबल जनरेटर
9	पुली	20	पोर्टबल VHF सेट	31	छाता
10	एंटी ट्रिस्ट डिवाइस	21	मापन टेप	32	स्प्लाइसिंग मशीन के लिए ब्लैंक डार्क कलर का कपड़ा
11	रोलर	22	फावड़ा		

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

केबल बिछाने के दौरान यह सावधानी रखी जाए कि केबल किसी भी दिशा में ऐंठने (twist) न पाए. इस प्रयोजन के लिए पुलिंग लाइन और केबल सिरे की ओर की पुलिंग आई के बीच सर्वाइवल (रोटेटिंग हुक) जोड़ा जाए ताकि केबल खींचने और बिछाने के दौरान कोई भी संभावित ऐंठन (twist) को टाला जा सके.

जब कभी केबल को नलिका (duct) (HDPE पाइप या RCC पाइप) में बिछाना हो केबल पर उपयुक्त **लुब्रिकेंट** का उपयोग किया जाए ताकि घर्षण कम हो और परिणाम स्वरूप केबल पर तनाव न हो.

स्टेशन यार्ड में जहां केबल टेढ़े मेढ़े मार्ग में बिछाना हो तो छोटी लंबाई के केबल इमों का उपयोग अनिवार्य है.

ओवर-हेड सब-स्टेशनों (overhead substations) के निकट स्प्लिट RCC पाइप का उपयोग किया जाए.

5.4.3 केबल देने के लिए तैयारी

- इम नंबर और केबल की लंबाई की जांच करें.
- एटेन्युएशन के लिए फाइबरों की ओ.टी.डी.आर. से जांच करने के बाद और यह सुनिश्चित करने के बाद फाइबर पर कोई यांत्रिक क्षति नहीं है केबल इम ठेकेदार को सौंपा जाए.
- समतल पृष्ठ पर केबल इम को सहारा देने के लिए केबल जैक लगाया जाए.
- केबल इम के आर-पार स्पिन्डल रखें और केबल जैकों का समंजन (adjust) करें ताकि इम भूमि से 3-5 सेंटी मीटर ऊपर रहे और स्पिन्डल आड़ा हो जाए. इम के पाए छड़ या अन्य साधन से सावधानी से हटा दें ताकि केबल को क्षति से बचाया जा सके.
- सुरक्षित परिचालन के लिए पायों से कीलें निकाल दें या उन्हें 'मोड' दें.
- सामान्यतः केबल के दोनों सिरों पर केबल ग्रिप और पुलिंग आई लगाई जाती है. यदि पहले से ही न लगाई गई हो केबल ग्रिप/पुलिंग आई सर्वाइवल पर फिट की जाए शैकल के माध्यम से तार खींचे जाएं.

5.4.4 चरखी (winch) से केबल बिछाना

- ट्रैच में 2-3 मीटर के अंतराल पर रोलर स्थिर स्थिति में रखें. लंबे रोलरों का सहारा भाग केबल खींचने की दिशा के सम्मुख रखा जाए.
- कर्व पर, रोलर बाहरी की ओर झुके हुए रखे जाएं ताकि परिचालन के दौरान टूट-फूट न सकें.
- खींच रस्सी के रोलरों पर घसीटे और उसका एक सिरा चरखी (winch) पर लगा दें.
- 2-3 टन चरखी (winch) का उपयोग करें और उसे खोटी गई ट्रैच के निकट रखें. चरखी (winch) को पीछे से तार के माध्यम से भूमि में गड़े खूटे से बांध दे ताकि परिचालन के दौरान कर्षण तनाव (pulling tension) के परिणामस्वरूप अपने स्थान से हिल न सके.
- चरखी (winch), केबल, इम और ट्रैच में कामगार नियुक्त करें और संचार का उपयोग करते हुए चरखी (winch) के माध्यम से केबल को धीरे से ट्रैच में खींचे.

5.4.5 हाथ से केबल बिछाना

कामगार, चरखी (winch) और रोलरों की सहायता के बिना केबल खींचे. रस्सा 2 या 3 व्यक्तियों द्वारा खींचा जाए और अन्य केबल के 2 से 3 मीटर के अंतराल पर केबल के भार के आधार पर पकड़े रहें.

जब केबल कंधों पर रखा जाता है सुस्पष्ट बंकन (sharp bend) की रोकथाम के लिए उपयुक्त रक्षा करने की आवश्यकता है.

5.4.6 स्थल पर आर्मेड ऑप्टिकल फाइबर बिछाने की प्रक्रिया

- केबल केवल अनुभवी और कुशल कर्मचारियों द्वारा बिछाया जाए.
- केबल बिछाने के लिए ड्रम को स्थल पर पे-ऑफ स्टैंड पर रखें.
- रिप कॉर्ड की सहायता से फाडने के लिए बाहरी आवरण (outer sheath), कवच (armouring) और आंतरिक आवरण (inner sheath) पर चाकू से छोटा सा कट बनाएं.
- आवरण और जैकेट फाडने के लिए रिप कॉर्ड को कट पर रखें और उसे प्लायर से खींचें.
- ड्रम को उस पर अंकित चिन्ह के अनुसार घुमाएं.
- न्यूनतम 3-4 व्यक्ति केबल अधिकतम 10 मीटर प्रति मिनट की गते से खींचें.
- केबल पर कर्षण तनाव/बल 2670 न्यूटन लगभग 275 कि.ग्रा. से अधिक न हो.
- सुनिश्चित करें कि ट्रैच में या ज़मीन में बिछाते समय केबल ऐंठने न पाएं.
- स्थल पर उचित संचार के लिए बेतार, झांडी आदि हों.
- केबल को मोड़ने/लपेटने के समय बंकन त्रिज्या (bending radius) 200मिमी से कम न हो.
- एटेन्युएशन और स्प्लाइसिंग हानि (splice loss) ओ.टी.डी.आर. से नापी जाए.
- पूर्ति (सप्लाई) ब्यौरा के साथ पैरामीटरों की जांच की जाए.

5.4.7 ऑप्टिकल फाइबर बिछाने के बाद

ऑप्टिकल फाइबर बिछाने के बाद निम्नलिखित मर्दों की जांच करें:-

- पुष्टि करें कि दोनों सिरों पर यथा अपेक्षित अतिरिक्त जोड़ लंबाई है.
- यदि केबल क्षति ग्रस्त हो, दोष दूर करने के लिए आवश्यक निवारक और सुधारात्मक उपाय करें.
- यदि केबल टेढ़ा-मेढ़ा या उठा हुआ हो, सीधा कर दें.
- ट्रैच का आंतरिक जांच करें और यदि कोई पत्थर, कंकड़ आदि हों उन्हें हटा दें.
- सीवर पाइप जैसे ट्रैच में निकलनेवाली वस्तुओं से बचाव के उपाय करें.
- केबल का एक टुकड़ा बिछाते समय जब अगले दिन तक काम रोक रखना हो, शेष भाग ड्रम पर लपटा रहने दें. केबल की बंकन त्रिज्या सामान्य सुरक्षा को ध्यान में रखते हुए ड्रम को बिछे हुए केबल के यथा संभव निकट रखें. सुनिश्चित करें कि ड्रम लुढ़कने या चल निकलने न पाए. बिछे हुए केबल को पूरी तरह से ढक दें ताकि बाहरी बाधा न हो.

5.4.8 केबल मार्कर

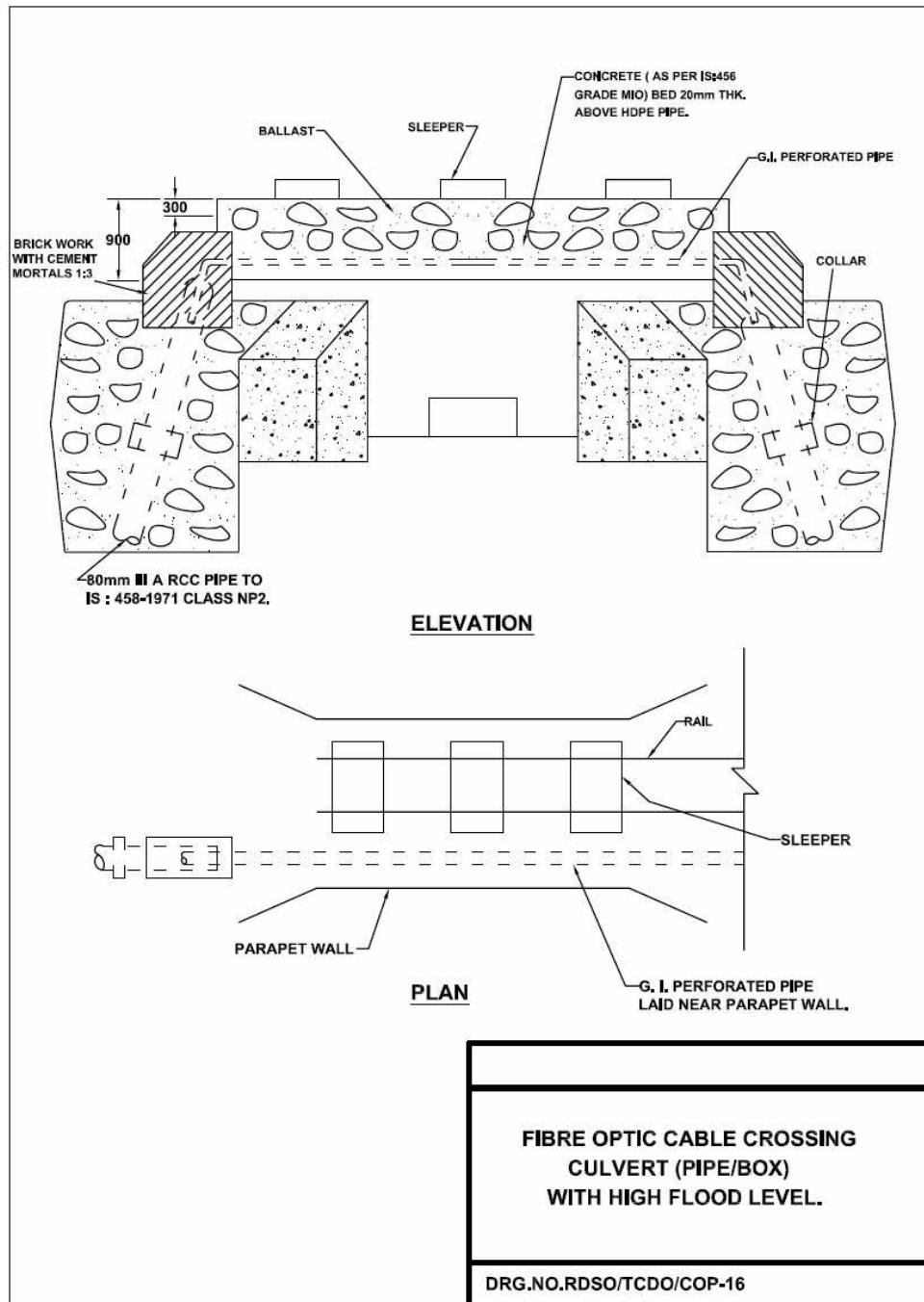
केबल मार्कर केबल मार्ग पर सामान्यतः प्रत्येक 50 मीटर की दूरी पर और ऐसे स्थानों या कोनों पर लगाए जाएं जहां केबल मार्ग बदलता हो. सभी प्रकार के केबल जोड़ों पर जोड़ सूचन लगाए जाते हैं.

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

5.4.9 विभिन्न स्थानों पर ऑप्टिकल फाइबर केबल की रक्षा

पुलों/पुलियों से गुजरने वाले केबल की रक्षा

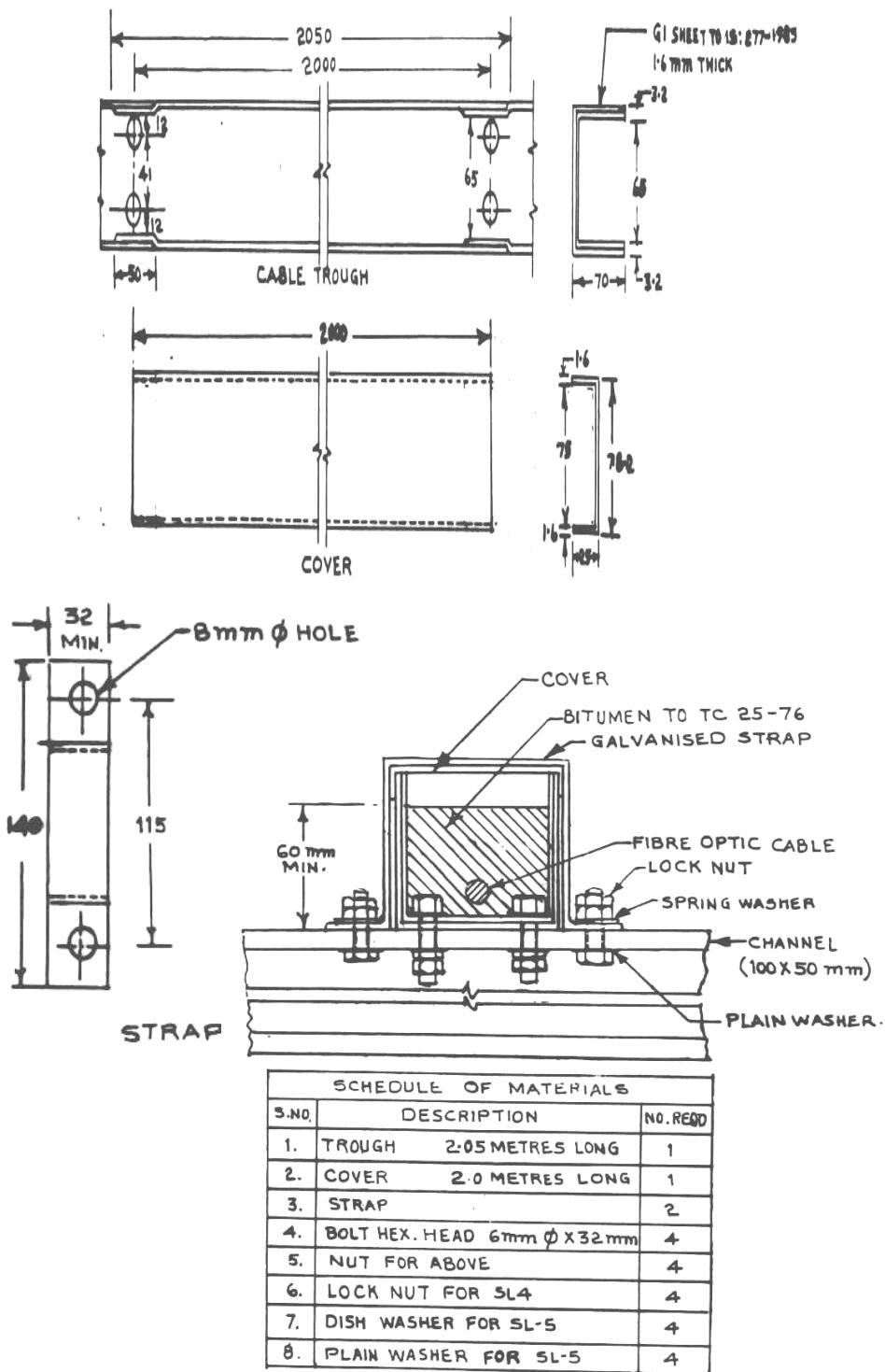
उच्च बाढ़ स्तर सहित पुलियों से गुजरने वाले केबलों का रक्षा आरेख (HFL) RDSO/TCDO/COP-16 के अनुसार नीचे दर्शायी गयी है:-



चित्र 5.2 RDSO/TCDO/COP-16 के अनुसार उच्च बाढ़ स्तर सहित
पुलियों से गुजरने वाले केबलों का रक्षा आरेख

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

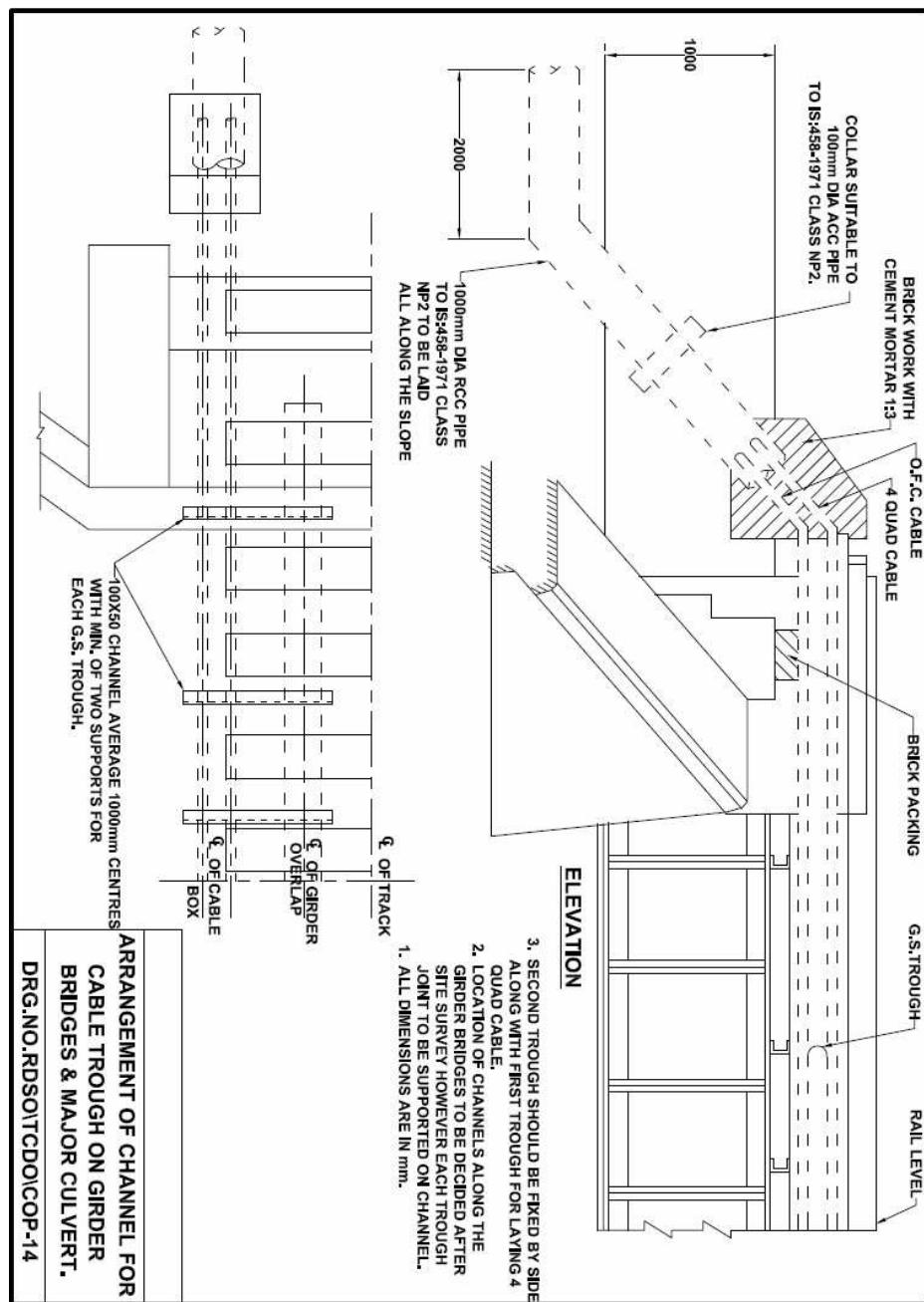
RDSO/TCDO/COP-12 के अनुसार गर्डर पुलों और प्रमुख पुलियों के लिए केबल ट्रफस (cable troughs) और चैनल व्यवस्था नीचे दर्शायी गयी हैं:



चित्र 5.3 - RDSO/TCDO/COP-12 के अनुसार गर्डर पुलों और
प्रमुख पुलियों के लिए केबल ट्रॉफस (cable troughs) और चैनल व्यवस्था

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

RDSO/TCDO/COP-14 के अनुसार प्रमुख पुलियाओं (उच्च बाढ़ स्तर और सामान्यतः जल अवरुद्ध और प्रमुख पुलों की पटरी स्तर पर क्रॉसिंग का आरेख नीचे दर्शाया गया है:-



चित्र 5.4 - RDSO/TCDO/COP-14 के अनुसार प्रमुख **पुलियों** (उच्च बाढ़ स्तर और सामान्यतः जल अवरुद्ध) और प्रमुख पुलों की पटरी स्तर पर क्रॉसिंग का आरेख

स्टील-ट्रफ्स की चोरी रोकने के उपाय

- RDSO/TCDO/COP-12 के अनुसार प्रमुख **पुलियों** और गर्डर पुलों पर **स्टील-ट्रफ्स** (steel troughs) चैनलों पर लगाई जानी चाहिए.
- ऑप्टिकल फाइबर केबल सहित **स्टील-ट्रफ्स** (steel troughs) की चोरी रोकने के लिए इनमें बिट्युमन कंपाउंड भरा जाना चाहिए.
- बिट्युमन भरने के कार्य का पर्यवेक्षण वरिष्ठ सेक्शन इंजीनियर द्वारा किया जाए.

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

- केबल का तापमान 55^0 सें. से अधिक न होने पाए इसलिए बिट्युमन दिन के आरंभिक/अंतिम समय भरा जाए जब परिवेशी तापमान 18^0 सें या इससे कम हो.
- गरम बिट्युमन उंडेलते समय पूरे पुल के **स्टील-ट्रफ्स** (steel troughs) के ढक्कन हटा दिए जाएं ताकि यह तेजी से ठंडा हो सके.
- उंडेलने से पहले बिट्युमन कंपाउंड का तापमान सही-सही नापना चाहिए. उंडेलने के समय यह सुनिश्चित किया जाए कि बिट्युमन का तापमान 140^0 सें. से अधिक न हो.
- बिट्युमन कंपाउंड लगभग 60 मिमी की ऊँचाई तक भरा जाए.

पुलियाओं पर व्यवस्था

- सामान्यतः कई पुलियाँ सूखी रहती हैं. अतः RDSO/TCDO/COP-16 में दर्शाई गई व्यवस्था का अनुपालन किया जा सकती है.
- ऐसी पुलियाओं के लिए जो सामान्यतः पानी भरी होती हैं या जिनमें उच्च बाढ़ स्तर होता है RDSO/TCDO/COP-16 व्यवस्था अपनाई जा सकती है.

गर्डर पुलों पर ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की व्यवस्था

- 12 मीटर स्पैन लंबाई के गर्डर पुल
- 6 मीटर स्पैन तक के गर्डर पुल RDSO/TCDO/COP-15 के अनुसार छिद्रित GI पाइप से क्रॉस किए जा सकते हैं.
- यही व्यवस्था 6 से 12 मीटर के स्पैन लंबाई के गर्डर पुलों के लिए अपनाई जा सकती है जहां GI पाइप के लिए मध्यवर्ती सहारा लगाया जाए.
- 12 मीटर से अधिक स्पैन लंबाई के गर्डर पुल.
- 12 मीटर लंबाई से अधिक के गर्डर पुलों की क्रॉसिंग RDSO/TCDO/COP-14 दर्शायी गयी व्यवस्था के अनुसार की जानी चाहिए.
- बिट्युमन कंपाउंड भरने की कार्यविधि का वर्णन उपर्युक्त पैरा 4.1.2 में किया गया है.
- 4 क्वाड केबल बिछाने के लिए अलग **ट्रफ्स** का उपयोग किया जाए.

केबल मार्ग पर रक्षा व्यवस्था

विभिन्न स्थितियों में केबल ट्रैचों के विशिष्ट आरेखों का वर्णन पहले किया गया है. इन आरेखों में केबल मार्ग पर ईंटों से की गई रक्षा व्यवस्था भी सम्मिलित है. इन रक्षा व्यवस्था का सार नीचे दिया गया है:-

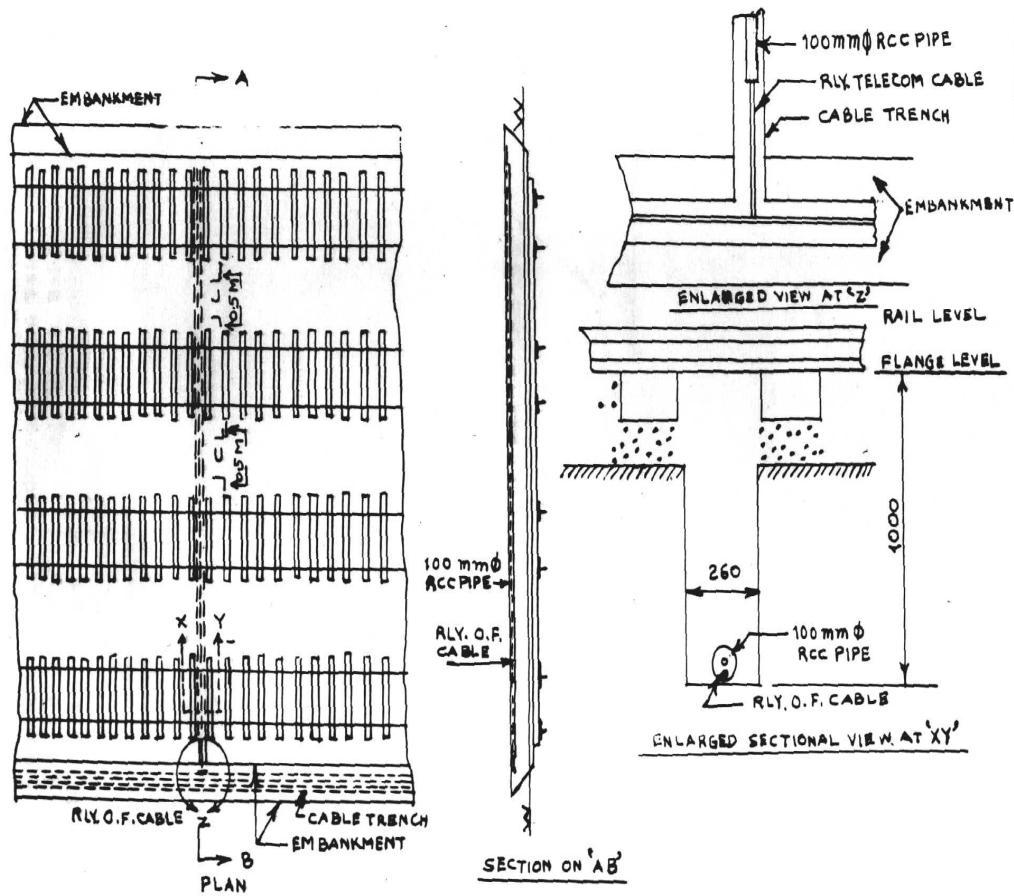
- स्टेशन यार्डों और तटबंधों (embankment) पर बिछाए गए केबलों के आर्मड ऑप्टिकल फाइबर केबल को छनी हुई मिट्टी (riddled earth) से ढकने के बाद B श्रेणी की ईंटें स्टेशन यार्ड/ तटबंधों (embankment) पर बिछाए गए केबलों पर आरंभ से अंत तक आड़ी बिछाई जाएं.
- केबल मार्कर सामान्यतः केबल मार्ग पर प्रत्येक 50 मीटर की दूरी और केबल जोड़ों पर लगाई जाएं.

रेलपथों और समपार फाटकों (level crossing) के क्रॉस करनेवाले केबल

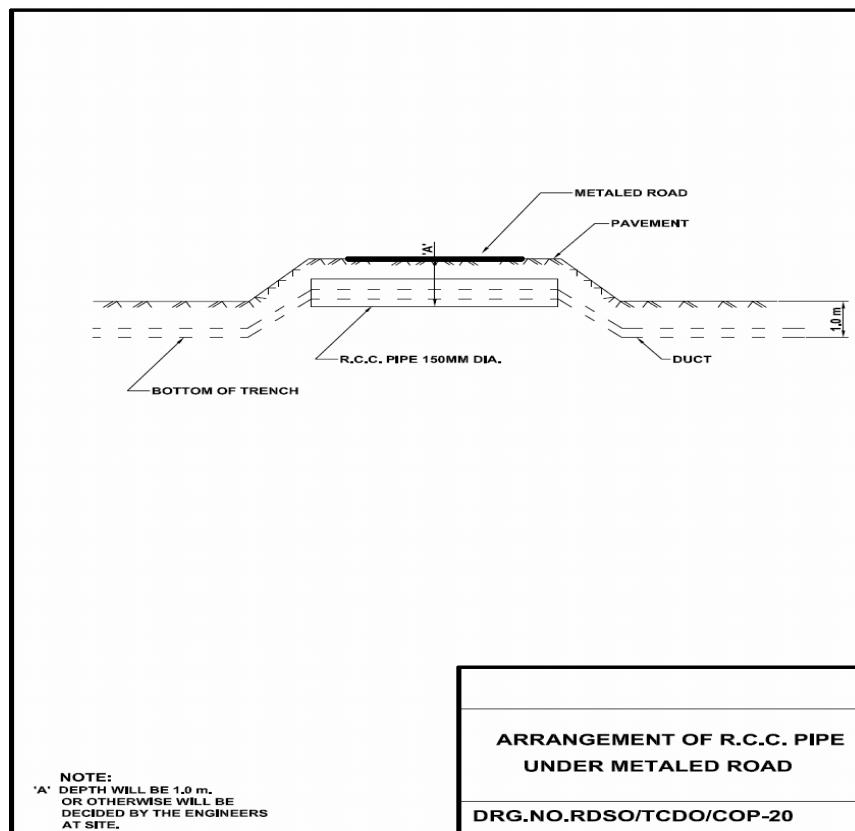
- ऐसे मामलों में केबल HDPE पाइप में बिछाए जाएं और गहराई वही रखी जाए जो सामान्य मार्गों पर रखी जाती है.
- समपार फाटकों(level crossing) को क्रॉस करनेवाले केबलों के मामले में HDPE पाइप सड़क पर बिछाए जाएं और सड़क के दोनों ओर से कम से कम 2 मीटर की दूरी पर रखा जाए.

ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने की पद्धतियां

- किसी भी रेलपथ क्रॉसिंग पर RCC/इस्पात/HDPE पाइप के मामले में गहराई 1.0 मीटर से कम न हो. रेलपथ को क्रॉस करने वाले केबल के मामले में यह सुनिश्चित किया जाए कि केबल 600 मिमी के रेडियस से कम न मुड़े HDPE पाइप के साथ उपयुक्त जुड़नार (fixture) की व्यवस्था यह सुनिश्चित करने के लिए की जाए कि दोनों सिरों पर उचित बंधन रेडियस रहता है.
- RDSO/TCDO/COP-19 के अनुसार रेलपथ क्रॉसिंग, सड़क क्रॉसिंग प्लेट फॉर्म पर का आरेख नीचे दर्शाया गया है.



चित्र 5.5 RDSO/TCDO/COP-19 के अनुसार रेलपथ क्रॉसिंग, सड़क क्रॉसिंग प्लेट फॉर्म पर का आरेख



चित्र 5.6 RDSO/TCDO/COP-20 के अनुसार

5.4.10 ट्रैक्चेस को भरना

ट्रैक्चेस को भरने के लिए निम्नलिखित सावधानियां बरती जायें-

- अंतिम केबल पृष्ठ (surface) से कम से कम 120मिमी केबल को छनी हुई मिट्टी (riddled earth) से ढका जाए. इस भाग की मिट्टी को अच्छी तरह कूटा जाए ताकि मिट्टी ढीली न रहने पाए. यह रोडेंट और अन्य कीड़ों के प्रवेश को भी रोकेगा.
- ट्रैक के अन्य भागों को ढकने के लिए खोटी गई मिट्टी का उपयोग किया जा सकता है. तथापि ट्रैक भरने के बाद कूटकर मिट्टी जमाई जाए.
- ट्रैक को भरने और कूटने के कार्य का पर्यवेक्षण जिम्मेदार पर्यवेक्षक और सेक्षन के कुछ विनिर्दिष्ट प्रतिशत तक अधिकारी स्तर पर भी किया जाए.
- यह सुनिश्चित किया जाए कि मानसून आरंभ होने से पहले सभी खुली ट्रैकेस ठीक तरह से भर दी जाती हैं ताकि ट्रैक में पानी जमा न होने पाए.

वस्तुनिष्ठ

1. सामान्य ऑप्टिकल फाइबर केबल ड्रम की लंबाई है.
क) 2 किमी. (ख) 3 किमी. (ग) 1 किमी. (घ) 4 किमी.
2. बिछाने के लिए 12-आर्मर्ड ऑप्टिकल फाइबर केबल का प्रयोग किया जाता है.
क) भूमिगत एवं एरियल(ख) केवल भूमिगत (ग) केवल भूमिगत (घ) केवल एरियल
3. 12-आर्मर्ड ऑप्टिकल फाइबर केबल में होते हैं.
क) 2 लूँज ट्यूब (ख) 3 लूँज ट्यूब (ग) 12 सिंगल लूँज ट्यूब (घ) 4 लूँज ट्यूब
4. केबल रूट पर प्रत्येक मीटरों में सामान्यतया मार्कर उपलब्ध किये जाते हैं.
क) 5 (ख) 10 (ग) 150 (घ) 50
5. केबल पृष्ठ (surface) से कम से कम केबल को छनी हुई मिट्टी (riddled earth) से ढका जाए.
क) 1200 (ख) 12000 (ग) 120 (घ) 1120
6. ऑप्टिकल फाइबर केबल के लिए किसी भी क्रॉसिंग पर ट्रैच की न्यूनतम गहराई एक मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिए. (सही/गलत)
7. समपार फाटकों(level crossing) को क्रॉस करनेवाले केबलों के मामले में HDPE पाइप सड़क पर बिछाए जाए और सड़क के दोनों ओर से कम से कम 2 मीटर की दूरी पर रखा जाए. (सही/गलत)
8. रेलपथ को क्रॉस करने वाले ऑप्टिकल फाइबर केबल के मामले में, यह सुनिश्चित किया जाए कि केबल 600 मिमी के रेडियस से कम न मुड़े. (सही/गलत)

विषयनिष्ठ:

1. 24एफ और 12एफ आर्मर्ड केबल पर लघु टिप्पणी लिखें.
2. क्या केबल मार्ग सर्वेक्षण आवश्यक है? अपने उत्तर का औचित्य बताएं.
3. सर्वेक्षण के विभिन्न चरण कौन-से हैं? आप प्रत्येक चरण में क्या करेंगे. समझाइएं.
4. ऑप्टिकल फाइबर केबल बिछाने के बाद के **जांच-बिंदू** लिखें.

अध्याय 6

ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ना और समापन

- 6.1 ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ने की पद्धतियां
- 6.2 ऑप्टिकल फाइबर केबल का सीधा जोड़
- 6.3 फाइबर की स्प्लाइसिंग (splicing)
- 6.4 ऑप्टिकल केबल के समापन जोड़ के सामान्य चरण
- 6.5 फाइबर ऑप्टिकल संकेतरों (connections) के मूल भाग और लक्षण
- 6.6 संकेतरों के प्रकार
- 6.7 फाइबर से कनेक्टर (connection) लगाने की कार्यविधि

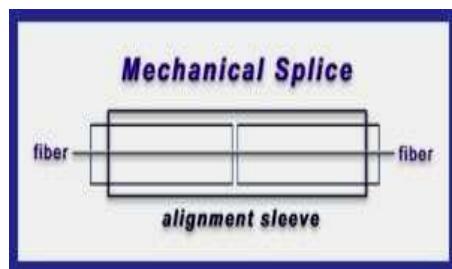
6.1 ऑप्टिकल फाइबर केबल का सीधा जोड़

ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ने की दो पद्धतियां हैं। वे हैं स्प्लाइसिंग या **कनेक्टरों** का उपयोग। स्प्लाइसिंग को आगे दो पद्धतियें में विभाजित किया गया है। ये हैं यांत्रिक स्प्लाइसिंग (mechanical splicing) और फ्यूसन स्प्लाइसिंग स्प्लाइसिंग। दो खुले फाइबरों को कनेक्टरों के बिना सीधे जोड़ने की कार्यविधि है। दोनों ही पद्धतियें में फाइबर **कनेक्टरों** की तुलना में निवेशन हानि (insertion loss) काफी कम होता है।

- फाइबर यांत्रिक स्प्लाइसिंग (mechanical splicing) - निवेशन हानि (insertion loss) < 0.5dB.
- फाइबर ऑप्टिकल केबल फ्यूसन स्प्लाइसिंग -) < 0.1dB.

6.1.1 यांत्रिक स्प्लाइसिंग (mechanical splicing)

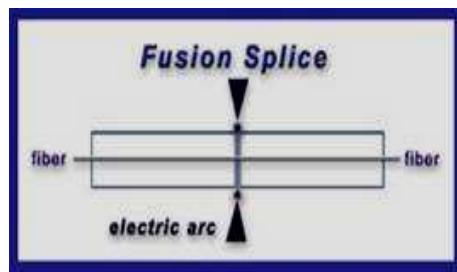
यह जोड़े जाने वाले दो फाइबरों का एक्सेस का संरेखण (aligns) करता है। (देखें चित्र 6.1) यांत्रिक स्प्लाइसिंग (mechanical splicing) का उपयोग फाइबरों के अस्थाई स्प्लाइसिंग के लिए या जहां फ्यूसन स्प्लाइसिंग संभव या वांछित न होने पर किया जाता है।



चित्र 6.1 ऑप्टिकल फाइबर केबल में यांत्रिक स्प्लाइसिंग (mechanical splicing)

6.1.2 फ्यूसन स्प्लाइसिंग

यह कार्य स्थानीय तापन (अर्थात् विद्युत आर्क या ज्वाला) से दो सपाट जोड़, पूर्व संरेखित फाइबर सिरों के अंतःपृष्ठ पर किया जाता है जिससे वे नरम पड़ जाते हैं और एक साथ फ्यूज हो जाता है। (देखें चित्र 6.2) आरंभिक संस्थापन के दौरान फ्यूसन स्प्लाइसिंग फाइबर ऑप्टिकल केबल के सभी स्थलों पर अपनाया जाना चाहिए।



चित्र 6.2 फ्यूसन स्प्लाइसिंग

6.2 ऑप्टिकल फाइबर केबल का सीधा जोड़

बाजार में विभिन्न प्रकार के जोड़ एनक्लोज़र उपलब्ध हैं। जॉइंट एनक्लोज़र की असेंबली का वर्णन सीधे जॉइंट क्लोज़र के साथ सप्लाई किए गए संस्थापन नियमावली में वर्णन किया गया है।

- जॉइंट एनक्लोज़र किट के अंदर सामग्री
- अपेक्षित संस्थापन औजार
- केबल जोड़ने की विस्तृत कार्यविधि
- क्लोज़र फिट से खोलने की कार्यविधि

तथापि केबल जोड़ने के लिए सामान्यतः निम्नलिखित कदम उठाए जाते हैं:-

- जोड़ने के लिए केबल की तैयारी
- केबल आवरण हटाना/काटना
- स्प्लाइसिंग के लिए केबल और जोड़ की तैयारी
- फाइबर के आवरण हटाना/विभाजित करना
- फाइबर स्प्लाइसिंग
- फाइबरों को व्यवस्थित करना और जोड़ों को अंतिम रूप देना
- जॉइंट क्लोज़र को सील करना
- जोड़ गड्ढे में रखना
- जोड़ को फिर से खोलना

अधिकतम प्रकार के जॉइंट क्लोज़र के लिए कुछ सामान्य चरणों पर चर्चा आगे की गई है।

6.2.1 जोड़ों के लिए केबल की तैयारी

- संस्थापन के दौरान केबल के प्रत्येक सिरे के कम से कम 10 मीटर केबल की जोड़ गड्ढे में कॉइल बनाई जाती है ताकि सुविधाजनक स्थान पर जोड़ने का कार्य किया जा सके साथ ही साथ खराबी होने के मामले में भविष्य में उपयोग के लिए भी केबल उपलब्ध रहे।
- गड्ढे का आकार सावधानी पूर्वक चुना जाए ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि जिस दीवार पर जोड़ चढ़ाना है वह क्लोज़र की लंबाई से अधिक और केबल के न्यूनतम बंकन रेडियस से दुगुनी हो। अधिकतर केबलों और जोड़ क्लोज़र के लिए एक मीटर लंबाई पर्याप्त होती है। केबल कॉइल को सहारा देने के लिए ब्रैकेट भी गड्ढे की दीवार पर लगाए जाते हैं।
- तब गड्ढे की दीवार पर केबल की कॉइल उसी स्थिति में बनाई जाती है जैसा कि जोड़ पूरा करने के बाद अपेक्षित हो। सभी लूपों पर चिन्ह लगाया जाता है ताकि बाद में संस्थापन करते समय आसानी रहे।

ऑन्टिकल फाइबर केबल जोड़ना और समापन

- अंतिम केंद्र से केबल के अंत तक दूरी कम से कम 1.8 मीटर होनी चाहिए. जोड़ की तैयारी के लिए अनावरण (stripping) की यह न्यूनतम दूरी है.
- जोड़ने के वाहन एनक्लोज़र तक प्रत्येक सिरे से पर्याप्त केबल की कॉइल जोड़ने के लिए गड्ढे , अनकॉइल करनी चाहिए.

6.2.2 केबल का stripping/काटना

- केबल का उनके बाहरी और आंतरिक परत से स्ट्रिप किया जाता है और प्रत्येक परत (sheath) अपने ऊपर के एक परत के लगभग 10मिमी अलग रखा जाता है.
- आंतरिक परत हटाते समय यह सुनिश्चित करने के लिए उचित सावधानी रखनी चाहिए कि फाइबर पर स्ट्रिपिंग नाइफ या औजार से कोई खरोंच या कट न लगने पाए. इसकी रोकथाम के लिए यह उत्तम उपाय है कि आंतरिक परत पर केबल की विपरीत दिशाओं से लकीर या कटाव लगाएं न कि पूरी तरह से कटें. केबल के दोनों ओर के लकीरी कटाव चिन्ह से तब आंतरिक परत काफी आसानी से हटाया जा सकता है.
- फाइबरों के तब केबल से एक-एक करके हटाया जाता है और जैली हटाने के लिए केरोसीन से साफ किया जाता है.

6.2.3 स्प्लाइसिंग (splicing) के लिए केबल जॉइंट क्लोज़र की तैयारी

स्प्लाइसिंग (splicing) से पहले केबल द्वारा किया गया तैयारी का प्रकार प्रयुक्त जॉइंट क्लोज़र और फाइबर आर्गनाइज़र के प्रकार के कारण अलग-असग होता है. फिर भी सामान्यतः निम्नलिखित कदम उठाये जाते हैं.

- प्रत्येक केबल के स्ट्रेथ मैमर को आपस में या जॉइंट क्लोज़र के सेंट्रल फ्रेम से जोड़ा जाता है.
- जॉइंट क्लोज़र को केबल के ऊपर से पूरी तरह (एसेंबल) किया जाता है.
- सीलिंग कंपाउंड या हीट श्रिंक स्लीव केबलों या क्लोज़रपर लगाया जाता है या स्प्लाइसिंग (splicing) पूरा होने के बाद लगाने के लिए तैयार किया जाता है.
- केबल कोर से फाइबर आर्गनाइज़र ट्रे की दूरी की फाइबरों की रक्षा सामान्यतः प्लास्टिक ट्यूब द्वारा की जाती है विशेषतः तब, जब केबल रचना स्लाटेड कोर प्रकार की होती है.
- टैग, जिनसे फाइबर नंबर की पहचान होती है, फाइबर पर उपयुक्त स्थान पर लगाए जाते हैं.
- स्प्लाइस प्रोटेक्टर्स प्रत्येक फाइबर पर खिसकाए जाते हैं, जो स्प्लाइसिंग (splicing) के बाद बेयर फाइबर पर रखने के लिए तैयार रखे जाते हैं.

6.2.4 फाइबर की स्ट्रिपिंग और क्लीविंग

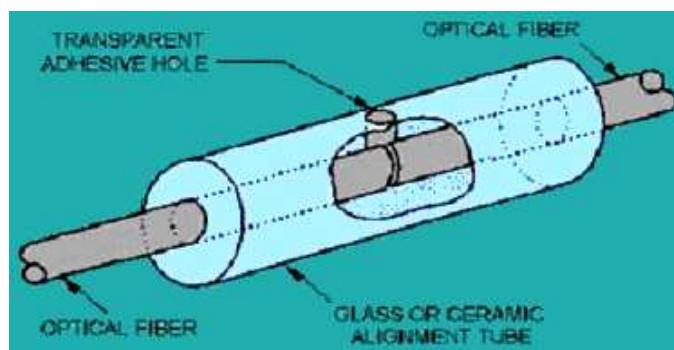
- स्प्लाइसिंग (splicing) से पहले प्रत्येक फाइबर पर से उसकी रक्षात्मक VV उपचारित प्राथमिक कोटिंग लगभग 50मिमी हटा देनी चाहिए. फाइबर स्ट्रिपर का उपयोग करके कि फाइन टॉलेरेंस से बना होता है, कांच के फाइबर से संपर्क किये बिना कोटिंग को कांच के फाइबर से संपर्क किये बिना केवल कोटिंग को score लगाया जाता है.
- उसके बाद बेयर फाइबर को आईसोप्रोपाइल अल्कोहल से भीगे लिंट फ्री टिश्यू से पोंछा जाता है.
- तब फाइबर की क्लीविंग इस प्रकार की जाए वह लगभग 900 कोण को प्राप्त हो सके.

6.3 फाइबर की स्प्लाइसिंग

जैसे कि ऊपर चर्चा की गई है स्प्लाइसिंग पद्धतियां दो हैं, जिन्हें फाइबर स्प्लाइसिंग के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है। दोनों ही प्रकारों की कुछ बुनियादी बातों पर आगे चर्चा की गई है।

6.3.1 फाइबर की यांत्रिक स्प्लाइसिंग

इसमें दो प्रकार की स्प्लाइसिंग प्रणालियां हैं। एक है V खांचे (groove) में फाइबर का सुनिश्चित संरेखण (precision alignment) और फाइबर के सिरे इंडेक्स मैचिंग फ्लूइड यो आसंजक (adhesive) से सील कर दिए जाते हैं। (देखें चित्र 6.3) दूसरी प्रणाली में संरेखण आदि के अलावा ऑप्टिकल आसंजक (adhesive) का उपचार करने के लिए अल्ट्रासोनिक लाइट सोर्स का उपयोग किया जाता है।



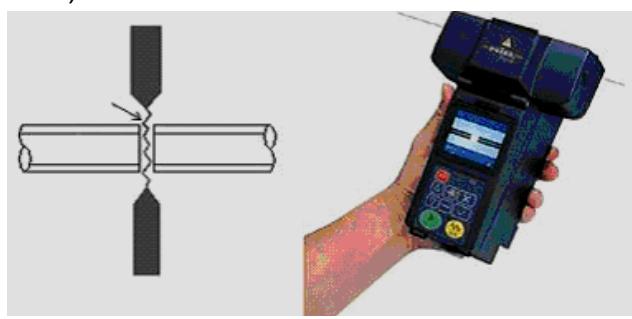
चित्र 6.3 यांत्रिक स्प्लाइस तकनीक

उपर्युक्त के लिए साधारणतः निम्नलिखित कदम अपनाए जाते हैं -

- फाइबरों की स्ट्रिपिंग और क्लीविंग का कार्य पूर्वक प्रकार से किया जाता है।
- यांत्रिक स्प्लाइसिंग से प्रोटेक्टिव एंड कैप हटाएं और वैंट ट्यूब को खींचें।
- स्प्लाइस में सप्लायर द्वारा विनिर्दिष्ट प्रकार आसंजक (adhesive) इंजेक्ट करें।
- फाइबर को तब तक इनसर्ट करें जब तक वह पहले से संथान में बंधे फाइबर सिरे से सपात जोड़ (butt) नहीं बना लेता।
- आसंजक (adhesive) का अल्ट्रा वॉयलेट लाइट से उपचार करें। ऐसे करते समय आपूर्तिकर्ता द्वारा निर्दिष्ट एक्सपोशर समय का अनुपालन करें।
- सभी फाइबरों के लिए यही कार्यविधि दोहराएं।

6.3.2 फाइबर की फ्यूशन स्प्लाइसिंग

पूर्णतः स्वचालित माइक्रोप्रोसेस नियंत्रण स्प्लाइसिंग मशीन से स्प्लाइसिंग के सामान्य चरणों पर आगे चर्चा की गई है। (देखें चित्र 6.4)



चित्र 6.4 फ्यूशन स्प्लाइसिंग तकनीक

ऑन्टेक्स फाइबर केबल जोड़ना और समापन

- इस कार्यविधि को आरंभ करने से पहले हाथों को अच्छी तरह धो लें.
- स्वच्छ बेयर फाइबर को अल्ट्रासोनिक क्लीवर के एथाइल अल्कोहल के बीकर में डुबोएं. अल्ट्रासोनिक क्लीवर की स्वच्छ 5-10 सेकंड तक ऑन करें. (कुछ निर्माता उपर्युक्त सफाई निर्धारित नहीं करते)
- स्प्लाइसिंग मशीन का क्लैप हैंडल खोलकर उसके V ग्रूव में बेयर फाइबर इस प्रकार इनसर्ट करें कि फाइबर का सिरा इलेक्ट्रोड्स की ओर V ग्रूव के सिरे से लगभग 1 मिमी ऊपर रहे.
- दूसरे फाइबर के लिए भी यही कार्यविधि दोहराएं. तथापि पहले हीट श्रिंक स्प्लाइस प्रोटेक्टर निविष्ट (insert) करें.
- स्प्लाइस कंट्रोल पर लगी स्टार्ट बटन दबाएं.
- मशीन प्री फ्यूज करेगी. X और Y दोनों दिशाओं का संरेखण (align) करें और तब अंत में फाइबर फ्यूज करें.
- यदि फ्यूजन स्प्लाइसिंग मशीन पर मॉनिटर हो तो स्प्लाइस का निरीक्षण करें और यह आश्वस्त हों कि नुकीलापन या फुलाव नहीं है तथा कोर पर्यास रूप से संरेखित (aligned) हैं. यदि देखने पर स्प्लाइस अच्छी नहीं दिखाई देती, उपर्युक्त कार्यविधि दोहराएं.
- हीट श्रिंक प्रोटेक्टर को स्प्लाइस पर सरकाएं और ट्यूब हीटर में रखें. जब नरम आंतरिक परत प्रोटेक्टर की बाहरी परत के सिरों से बाहर निकती (oozing out) दिखाई दे तब समझें कि ताप पूरा हो गया है.
- सभी फाइबरों के लिए यही कार्यविधि दोहराएं.

6.3.3 फाइबर व्यवस्थित करना और जोड़ों को अंतिम रूप देना

- प्रत्येक फाइबर के स्प्लाइसिंग के बाद फाइबर हैंडलिंग से पहले हीट श्रिंक प्रेटेक्शन स्लीव को बेयर फाइबर पर सरकाया जाए चूंके लेप रहित फाइबर बहुत रेडियस मोड़ों को सह नहीं सकते.
- इसके बाद फाइबर को उसकी ट्रे में व्यवस्थित किया जाता है और यह सुनिश्चित करते हुए कि फाइबर कॉइल लिए अधिकतम रेडियस प्राप्त हो पूरी ट्रे साइड का उपयोग करते हुए प्रोटेक्शन स्लीव के दोनों ओर कॉइल बनाई जाए.
- तब ट्रे स्थिति में रखी जाती है.
- सभी स्प्लाइस के लिए ओ.टी.डी.आर. रीडिंग ली जाती है और उसे जांच पत्रक (test sheet) में दर्ज किया जाता है ताकि यह पुष्टि की जा सके कि सभी फाइबरों का एटेन्युएशन स्प्लाइस्ड लिमिट में ही है. यह ओ.टी.डी.आर. जांच पुष्टि करती है कि फाइबरों की व्यवस्था करते समय उन पर अधिक बल तो नहीं दिया गया.
- इसके बाद जोड़ को आवश्यक सीलिंग आदि से बंद करके गड्ढे में रखने के लिए **तैयार** किया जाता है.

6.3.4 पूरे किए गए जोड़ को गड्ढे में स्थित करना

- जोड़ को वाहन से निकालकर गड्ढे के निकट रखी गई तिरपाल पर रखा जाए.
- केबल को जमीन पर बिछाया जाए, केबल का लूप उस प्रकार बनाया जाए कि केबल पर पहले लगाए गए पेक मार्क लाइन में रहें. इन लूपों को एक साथ कॉइल के शीर्ष पर टेप लगाएं.
- अब जोड़ को हीट श्रिंकेबल स्लीव आदि से गरम करके स्थाई रूप से बंद और सील किया जाए.
- अब जॉइंड क्लोज़र गड्ढे की दीवार पर लगे ब्रैकेट पर लगाया जाए और गड्ढे को बंद कर दिया जाए.

6.3.5 जोड़ को फिर से खोलना

आवश्यकता होने पर दोष दूर करने के लिए निर्माता जोड़ खोलने के लिए विशेष किट और अनुपालन के क्रम स्प्लाई करते हैं।

- उपयुक्त चाकू का उपयोग करते हुए हीट श्रिंक स्लीव को पूरी लंबाई में काटें।
- जोड़ों के सिरों पर छोटे हीट श्रिंक स्लीव को पूरी लंबाई में काटें।
- स्लीव काटने के लिए तब तक गर्म करें जब तक वह अलग होना आरंभ न कर दें।
- जोड़ से कटी हुई स्लीव को धीरे से अलग करें। अब जोड़ खोला जा सकता है।
- दोष आदि दूर करने के लिए प्रोटेक्टिव स्लीव कवर हटाया जा सकता है।

6.4 फाइबर ऑप्टिकल केबल के टर्मिनेशन जॉइंट के सामान्य कदम

केबल हट में दोनों ओर के केबलों के टर्मिनेशन के लिए जोड़ लगाया जाता है। फाइबरों के माध्यम से स्प्लाइसिंग ऑप्टिकल लाइन टर्मिनेशन उपस्कर से जोड़ने के लिए फाइबरों को पिगेटेल से जोड़ना।

टर्मिनेशन जॉइंट बॉक्स संस्थापन की कार्यविधि जॉइंट एनक्लोज़र के प्रकार पर निर्भर होती है। संस्थापन नियमावली में संस्थापन की कदम-दर-कदम कार्यविधि दी गई है। फिर भी सामान्य कदम निम्न प्रकार हैं।

- केबल अंकन
- केबल स्ट्रिपिंग/काटना
- शीथ/क्लैप में केबल पकड़ना
- टेंशन मैम्बर का उपचार
- फाइबर स्प्लाइसिंग
- फाइबर एन्क्लोज़िंग
- स्ट्रैथ मैम्बर फिक्स करना
- ढक्कन बंद करना
- टर्मिनेशन बक्स फिक्स करना
- केबल फिक्स करना

6.4.1 केबल अंकन

टर्मिनेल बक्स के प्रस्तावित स्थल तक की केबल लंबाई निर्धारित करें। यह भी सुनिश्चित किया जाए कि कम से कम 10 मीटर की कॉइल केबल गड्ढे में बनाई जाए। कटिंग पॉइंट निर्धारित करके केबल पर चिन्ह बनाएं। शीथ पीलिंग पॉइंट की लंबाई निर्धारित करके केबल पर चिन्ह लगाएं।

6.4.2 केबल काटना/स्ट्रिप हटाना

चिन्ह के अनुसार केबल काटें। केबल के सिरों से स्ट्रिप हटाएं। स्ट्रिप हटाते समय यह सावधानी रखी जाए कि फाइबरों को कोई क्षति न होने पाए।

विभिन्न स्ट्रिप काटने और उसके स्ट्रिप का अनुपालन नियमावली में दिए गए अनुदेशों के अनुसार किया जाए।

6.4.3 केबल ग्रिपिंग

PVC टेप को केबल के चारों ओर स्ट्रिप के सिरे से ठीक निकट से लपेटें। केवल शीथ को लगभग 25मिमी काटकर बुश को शीथ के भीतर इन्सर्ट करें। शीथ ग्रिप (निचला आधा और ऊपरी आधा) रखें और torque wrench की सहायता से करें।

6.4.4 टैंशन मैम्बर फिक्स करना

टैंशन मैम्बर पर निर्धारित लंबाई के लिए चिन्ह लगाएं और कार्ट। टैंशन मैम्बर अल्कोहल और सूती कपड़े से भली भांति साफ करें। टैंशन मैम्बर होल्डर को तैयार आसंजक (instant adhesive) से टैंशन मैम्बर के सिरे पर लगा दें।

6.4.5 फाइबर एन्क्लोज़िंग

फाइबर कैसेट को आधार पर सेट करें। फाइबर की अतिरिक्त लंबाई को आठ को दोहरा रूप दें। गूंथे हुए फाइबर और उसकी अतिरिक्त लंबाई का सावधानी से घेरा बनाएं। दूसरे फाइबरों के लिए भी यही कार्यविधि दोहराएं।

6.4.6 टर्मिनेशन बक्स चढ़ाना

टर्मिनेशन बक्स दीवार या उपस्कर रैक पर लगाया जा सकता है। लगाने के छिद्रों का स्थान दीवार/ब्रैकेट/फ्रेम पर अंकित करें। टर्मिनेशन बक्स को छिद्रों पर रख कर बेस बक्स के अंदर नटों से कस दें।

6.4.7 केबल फिक्स करना

टर्मिनेशन बक्स से एक मीटर की दूरी के अंदर केबलों को दीवार/फ्रेम पर बांध दें ताकि केबल टर्मिनेशन बक्स में सीधी प्रवेश कर सके।

6.4.8 अपेक्षित औजार और उनके कार्य

शीथ हटाने के लिए आवश्यक औजार नीचे दी गई सारणी में दर्शाए गए हैं:-

क्रम सं.	औजार का नाम	कार्य
1	केबल कटर	पूरे केबल काटने के लिए
2	जैकेट रिमूवर	बाहरी जैकेट हटाने के लिए
3	युटिलिटी नाइफ	बाहरी जैकेट को वृत्ताकार कार्ट
4	कैंची	रिप कॉर्ड, आरामिड यार्न
5	डायगनल कटिंग प्लायर	सेंट्रल मैम्बरों, फिलर आदि काटने के लिए
6	शीथ रिपर	पॉलीथीन बाइंडर काटने के लिए
7	विनाइल इंसुलेशन टेप	केबल के उचित अंकन के लिए
8	जेल ऑफ पेपर	जैली साफ करने के लिए
9	टॉवेल क्लॉथ	केबल के उचित अंकन के लिए
10	नंबर बुक	केबल और बफर ट्यूब
11	मेजरिंग टेप	विभिन्न लंबाई नापने के लिए
12	बफर स्ट्रिपर	बफर ट्यूब अनावरण के लिए
13	पेंट मार्कर	केबल पर T चिन्ह

6.4.9 फ्यूजन स्प्लाइसिंग के लिए अपेक्षित औजार

क्रम सं.	औजार का नाम	कार्य
1	फाइबर स्ट्रिपर	फाइबर को प्लास्टिक कवर कोटिंग हटाने के लिए
2	फाइबर क्लीवर	फाइबर सिरे को एक्सिस की पर्फिडिक्युलर में काटने के लिए
3	टिश्यु पेपर	अनावरण के बाद फाइबर को साफ करने के लिए
4	क्लीनिंग लिक्विड	फाइबर और स्प्लाइसिंग मशीन के लैंस, V ग्रूव आदि साफ करने के लिए
5	ज्वेलर्स स्क्रू	फ्यूजन स्प्लाइसिंग मशीन के विभवमापी (potentio meter) के समायोजन के लिए
6	कॉटन स्वाव	फाइबर और स्प्लाइसिंग मशीन के लैंस, V ग्रूव आदि साफ करने के लिए
7	NO-NIK Tool	टाइट बफर ट्यूब की सफेद रंग की कोटिंग हटाने के लिए
8	फ्लैश लाइट	पिग टेल्स (टाइट बफर ट्यूब की जांच के लिए)

6.4.10 स्प्लाइसिंग क्लोज़र तैयार करने के लिए अपेक्षित औजार नीचे सारणी में दर्शाए गए हैं -

क्रम सं.	औजार का नाम	कार्य
1	टेंशनिंग टूल	क्लैपिंग बैंड की कैप्स क्लैपिंग बार आदि कसने के लिए
2	ओपनिंग हुक	क्लोज़र खोलने के लिए (टेंशनिंग टूल के साथ उपयोग) करने के लिए
3	स्क्रू ड्राइवर	स्क्रू नटों आदि कसने ढीला करने के लिए
4	एडजेस्टबल रेच	सपोर्टिंग बार के नट बोल्ट कसने के लिए
5	हेमर	क्लैपिंग बार खोलने और बंद करने के लिए
6	टाइ रैप	स्प्लाइस ट्रे में बफर ट्यूब बांधने के लिए
7	टाइ रैप फासनर	स्प्लाइस ट्रे में बफर ट्यूब बांधने के लिए
8	RTV सीलेंट	टाइ रैप कसने के लिए
9	स्पेटुला	स्प्लाइस ट्रे ऑर्गानाइज़र में फाइबर स्प्लाइसेस सेट करने के लिए
10	ट्वीज़र	फाइबर को उठाने और पकड़ने के लिए
11	क्रोकस कपड़ा	केबल की बाहरी जैकट साफ करने के लिए
12	क्रिंपिंग प्लायर्स	स्प्लाइस ट्रे में बफर ट्यूब फिक्स करने के लिए
13	पैंट मार्कर	केबल पर T चिन्ह

6.5 फाइबर ऑप्टिकल संकनेक्टरों (connections) के मूल भाग और लक्षण

विभिन्न निर्माताओं द्वारा 1980 से एक दर्जन से अधिक फाइबर ऑप्टिकल **कनेक्टर** विकसित किए गए हैं। यद्यपि विभिन्न प्रकार के **कनेक्टरों** की यांत्रिक डिज़ाइन में काफी अंतर होता है फाइबर कनेक्टरों के अधिकतर समान तत्वों, उनके पुर्जों और लक्षणों को सार रूप में नीचे दर्शाया गया है।

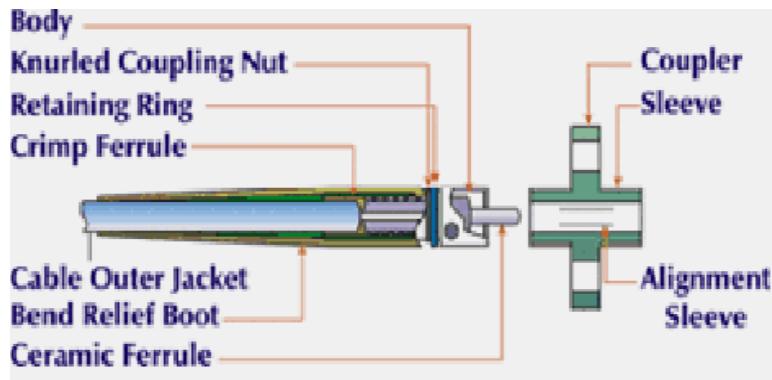
6.5.1 कनेक्टरों के संबंध में बुनियादी बातें

फाइबर ऑप्टिक सुविधाएं re-metatable कनेक्शन वियोजन (disconnections) या पुनर्योजन (reconnection) कनेक्टरों के कनेक्टर्स को निम्नलिखित अनुप्रयोगों (applications) में प्रयोग किया जाता है।

ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ना और समाप्तन

- ऑप्टिकल सिग्नल रूटिंग में नम्यता (flexibility) की आवश्यकता होती है.
- **सोर्स से, रिसीवर में** सिग्नल कपलिंग करने के लिए
- जहां भी आवश्यक हो पुनः संरूपण (reconfiguration) होता है.
- टर्मिनेशन केबल की आवश्यकता होती है.

कनेक्टर में निम्नलिखित पुर्जे होते हैं (देखें चित्र 6.5)



चित्र 6.5 कनेक्टर्स के पुर्जे और व्योरा

• फेर्ल

फाइबर को एक लंबे, पतले सिलेंडर फेर्ल में ढाया जाता है जो फाइबर एलाइनमेंट मैकैनिजम के रूप में कार्य करता है। फेर्ल के मध्य में एक छिद्र बनाया जाता है जिसका व्यास फाइबर क्लैडिंग के व्यास से थोड़ा सा बड़ा होता है। फाइबर का सिरा फेर्ल के सिरे पर रखा जाता है। फेर्ल धातु या सिरेमिक या प्लास्टिक के बने होते हैं।

• कनेक्टर हाउसिंग बॉडी

कनेक्टर ढांचा फेर्ल को धारण करता है। यह सामान्यतः धातु या प्लास्टिक का बना होता है और इसमें एक या अधिक असंब्ल्ड टुकड़े होते हैं जो फाइबर को स्थान पर पकड़े रहते हैं। इन कनेक्टर ढांचा संयोजनों के विवरण कनेक्टरों में अलग-अलग होते हैं। किंतु बैंडिंग और क्रिंपिंग को स्ट्रेथ मैम्बर और केबल जैकेट को कनेक्टर बॉडी से जोड़ने के लिए किया जाता है। फेर्ल कनेक्टर बॉडी से आगे निकलकर कपलिंग डिवाइस में चला जाता है।

• केबल

केबल को कनेक्टर बॉडी से जोड़ा जाता है। यह फाइबर के लिए प्रवेश पॉइंट के रूप में कार्य करता है। जंक्शन पर केबल और कनेक्टर बॉडी के बीच अतिरिक्त शक्ति प्रदान करने के लिए स्ट्रेन रिलीफ बूट भी लगाया जाता है।

• कपलिंग डिवाइस

अधिकतर फाइबर कनेक्टर मेल-फीमेल कॉन्फिगरेशन का उपयोग इलेक्ट्रॉनिक कनेक्टर के रूप में नहीं करते। इसके बजाय अलाइनमेंट स्लीव जैसी डिवाइस का उपयोग कनेक्टरों को जोड़ने के लिए किया जाता है। इसी प्रकार का डिवास ट्रांसमीटरों और रिसीवर्स में लगाई जा सकती है ताकि इन डिवाइसों को कनेक्टर के माध्यम से मिलाया जा सके। इन डिवाइसों को फीडथ्रू बल्कहैंड अडेप्टर भी कहा जाता है।

6.5.2 कनेक्टरों के अभिलक्षण (Characteristics)

- इन्सर्शन लॉस

इन्सर्शन लॉस कनेक्टरों के उपयोग के कारण होती है जो अपरिहार्य है। निर्माता टिपिकल वैल्यू विनिर्दिष्ट करते हैं। इन्सर्शन लॉस को जंक्शन पर केबल और कनेक्टर बॉडी के बीच स्ट्रेन रिलीफ बूट का उपयोग करके न्यूनतम रखा जा सकता है और कनेक्टर बॉडी तथा स्ट्रेथ मैम्बर को कनेक्टर से जोड़कर इन्सर्शन लॉस न्यूनतम किया जा सकता है।

- रिपीटबलिटी

कनेक्टर का उपयोग 500 बार तक किया जा सकता है। लॉस में वृद्धि रिपीटबलिटी योग्यता लॉस से कम होगी।

- उपयुक्तता

इस अभिलक्षण (Characteristics) से यह विनिश्चिय किया जा सकता है कि कनेक्टर सिंगल 'मोड' फाइबर के लिए उपयुक्त है या मल्टी'मोड' फाइबर के लिए।

- रिटर्न लॉस: सिंगल 'मोड' फाइबरों के लिए यह महत्वपूर्ण तथ्य है। यह 60dB से अधिक होना चाहिए।

6.6 विभिन्न प्रकार के कनेक्टर्स

6.6.1 एफ.सी. कनेक्टर

एफ.सी. कनेक्टर (देखें चित्र 6.6) फिलासों में 2.5 मिमी फेरुल सिरेमिक (zirconia) या स्टेन्लेस आलॉय का बना होता है। यह विशेष तौर पर दूरसंचार अनुप्रयोगों के लिए डिज़ाइन किया गया है और नॉन ऑप्टिकल डिस्कनेक्ट निष्पादन व्यवस्था करता है। टिकाऊ कनेक्शनों के लिए थ्रेडेड कपलिंग बनाए जाते हैं। यह सिंगल 'मोड' कनेक्टर के लड़ कई वर्षों तक लोकप्रिय रहा है। केवल सिम्प्लेक्स स्क्रू ऑन मैकेनिज़म 1 सिंगल और मल्टी'मोड' में उपलब्ध है।



चित्र 6.6. एफ.सी. कनेक्टर

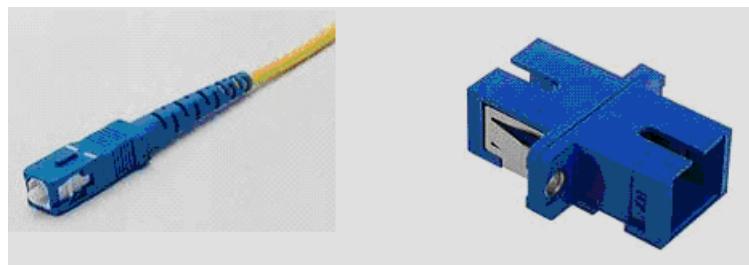
एफ.सी. कनेक्टर के अभिलक्षण

इन्सर्शन लॉस	पुनरावृति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.5 से 1.0 dB	.02dB	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	एनडब्ल्यू ट्रांसमिशन

तथापि अब इन्हें क्रमशः SC और LC कनेक्टरों से बदला जा रहा है।

6.6.2 एससी कनेक्टर

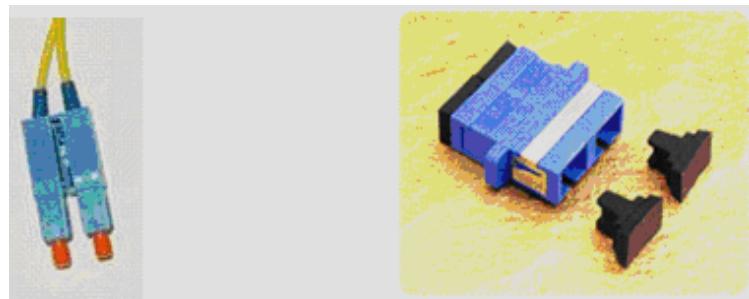
जापान की एनटीटी द्वारा एससी विकसित किया गया था। इसका उपयोग सिंगल 'मोड' अनुप्रयोगों में उसके उत्तम निष्पादन के लिए किया जाता है। एससी कनेक्टर नॉन ऑप्टिकल डिस्कनेक्ट कनेक्टर है जिसका **प्री-रेडियम जिंकोनिक** या स्टेनलेस अलॉय फेरल 2.5 मिमी होता है। इसमें स्नैप इन (पुश-पुल) कनेक्शन डिजाइन होती है ताकि केबल की रैक या वॉल माउंट में शीघ्र पैचिंग की जा सके। दो सिमम्प्लेक्स एससी कनेक्टर पुनःउपयोगी डुप्लेक्स होल्डिंग क्लिप से एक साथ क्लिप किए जा सकते हैं ताकि डुप्लेक्स एससी कनेक्टर बनाया जा सके। सिमम्प्लेक्स (देखें चित्र 6.7) और डुप्लेक्स(देखें चित्र 6.8) में स्नैप-इन मैकेनिज़िम सिंगल 'मोड' और मल्टी'मोड' एससी कनेक्टरों में उपलब्ध हैं।



चित्र 6.7. एससी कनेक्टर और अडेप्टर सिम्प्लेक्स

सिमम्प्लेक्स एससी कनेक्टर के अभिलक्षण

इन्सर्शन लॉस	पुनरावृत्ति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.2 से 0.45 dB	0.10dB	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	ट्रांसमिशन एनडब्ल्यू



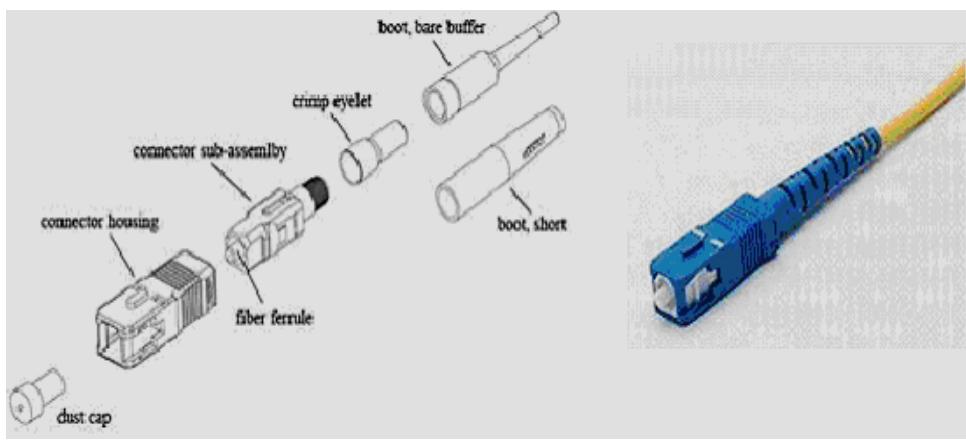
चित्र 6.8. एससी कनेक्टर और अडेप्टर सिम्प्लेक्स

डुप्लेक्स एससी कनेक्टर के अभिलक्षण

इन्सर्शन लॉस	पुनरावृत्ति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.2 से 0.45 dB	0.10dB	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	ट्रांसमिशन एनडब्ल्यू

- एससी कनेक्टर के एलिमेंट्स

एससी कनेक्टर के एलिमेंट्स की विस्तृत चर्चा की गई है (देखें चित्र 6.9)



चित्र 6.9 कनेक्टर पुर्जे

एससी कनेक्टर 2.5मिमी डयामीटर के सिलिंडरिकल फेरुल के चारों ओर बना होता है (देखें चित्र 6.10). यह सिरामिक (ज़िरकोनिया) या धातु (स्टेनलेस अलॉय) का बना होता है. फेरुल के बीचों-बीच 124-127 माइक्रोमीटर डयामीटर का उच्च परिशद्धता (high precision) होल ड्रिल किया जाता है जहां स्ट्रप्पड बेर फाइबर को आर-पार निविष्ट किया जाता है और सामान्यतः एपॉक्सी या एड्हेसिव से बांधा जाता है. फाइबर का सिरा फेरुल के सिरे पर होता है जहां उस पर विशिष्टतः चिकनी पॉलिश की जाती है.



चित्र 6.10 फाइबर फेरुल

- **कनेक्टर सब-एसेंबली बॉडी**

फेरुल को तब एससी सब-एसेंबली बॉडी में संयोजित किया जाता है जिसमें केबल और फाइबर को स्थान पर पकड़े रहने का मैकेनिज़म होता है. फेरुल का सिरा सब-एसेंबली बॉडी से बाहर निकलता है ताकि वह मेटिंग स्लीव (अडाप्टर या कपलर भी कहा जाता है) के अंदर अन्य एससी कनेक्टर से मिल सके और कनेक्टर को स्थान पर रख सके.

- **फाइबर केबल**

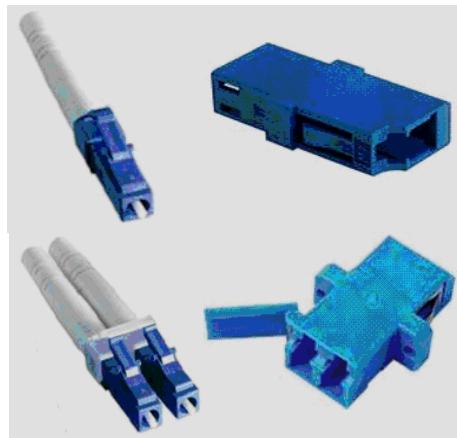
फाइबर केबल और स्ट्रेथ मैंबर (अरामिड यार्न या केवलर) को कनेक्टर सब-एसेंबली बॉडी पर क्रिम्प से लपेट दिया जाता है. इससे कनेक्टर के यांत्रिक हैंडलिंग के लिए बल मिलता है और फाइबर पर कोई बल नहीं पड़ता.

- **स्टेस रिलीफ बूट**

स्टेस रिलीफ बूट कनेक्टर बॉडी फाइबर केबल के बीच के जोड़ को ढकता है और फाइबर केबल को यांत्रिक क्षति से बचाता है. स्टेस रिलीफ बूटों की डिज़ाइनें 900 μm टाइट बफर फाइबर और 1.6 मिमी -3 मिमी फाइबर केबल के लिए अलग-अलग होता है.

6.6.3 एलसी (लूसेंट) कनेक्टर

बाहरी तौर पर एलसी कनेक्टर मानक RJ45 टेलीफोन जैक जैसे दिखाई देते हैं। आंतरिक रूप से वे एससी कनेक्टर के लघु रूप जैसे दिखाई देते हैं। एलसी कनेक्टर 2.5मिमी फेरुल के बजाय 1.25 मिमी सिरेमिक (जिरकोनिया) फेरुल का उपयोग करते हैं। एलसी कनेक्टर **लूसेंट** (Lucent) द्वारा **लाइसेंस** (licensed) हैं और पुश एंड लैच डिज़ाइन समाहित करते हैं जिससे सिस्टम रैक माउंट में पुल-प्रूफ स्थायित्व प्रदान करते हैं। बाज़ार में सिम्प्लेक्स और डुप्लेक्स कनेक्टर उपलब्ध हैं। यह सिंगल 'मोड' अनुप्रयोगों के ले अत्यधिक उपयोगी है।



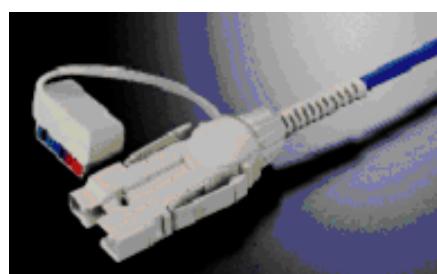
चित्र 6.11 एलसी कनेक्टर और अडेप्टर - सिम्प्लेक्स और डुप्लेक्स

एफ.सी. कनेक्टर के अभिलक्षण

इन्सर्शन लॉस	पुनरावृति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.15 dB(SM)	.02dB	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	उच्च घनत्व
0.10 dB(MM)			अंतर योजन(Inter connection)

6.6.4 एफ.डी.डी.आई. कनेक्टर

एफ.डी.डी.आई. कनेक्टर (देखें चित्र 6.12) हो 2.5मिमी फेरुल का उपयोग करता है। एफ.डी.डी.आई. कनेक्टर में निर्मित फिक्स आवरण (shroud) से फेरुल की हिफाजत होती है। एफ.डी.डी.आई. कनेक्टर ANSI द्वारा डिज़ाइन किया गया डुप्लेक्स मल्टी'मोड' कनेक्टर है और इनका उपयोग एफ.डी.डी.आई. नेटवर्क में किया जाता है। एफ.डी.डी.आई. कनेक्टरों का उपयोग सामान्यतः दीवार आउटलेट से किया जाता है। किंतु शेष नेटवर्क में ST या SC कनेक्टर होते हैं।



चित्र 6.12 एफ.डी.डी.आई. कनेक्टर

इन्सर्शन लॉस	पुनरावृति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.2 से 0.7dB	0.02dB	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	एफ.डी.डी.आई. एल.ए.एन.

6.6.5 एसटी कनेक्टर

यह कनेक्टर सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' में उपलब्ध होता है। केवल सिंप्लेक्स है और ट्रिविस्ट ऑन मैकेनिज़म पर उपयोग किया जाता है। यह मल्टी 'मोड' फाइबर ऑप्टिकल लैन अनुप्रयोग के लिए अत्यंत प्रसिद्ध है। यह 2.5मिमी डायामीटर फेरुल है, जो सिरेमिक (जिरकोनिया), स्टैनलेस स्टील एलॉय या प्लास्टिक से बना होता है। इंटर कनेक्शन एडाप्टर से मेट होता है और एंगेज किया हुआ एक स्प्रिंग लोडेड बायोनेट सॉकेट द्वारा निर्धारित स्थान पर लैच होता है।



चित्र 6.13 (एसटी कनेक्टर और एडाप्टर (मेटिंग स्लीव))

एसटी कनेक्टर अभिलक्षण

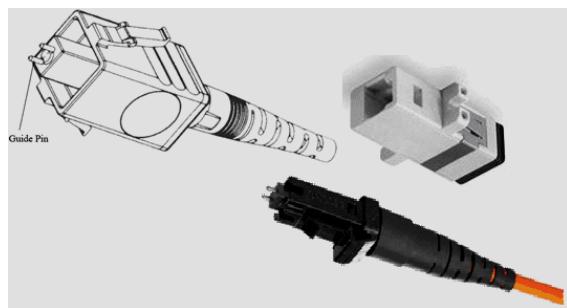
इन्सर्शन लॉस	पुनरावृति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.40 (SM) 0.50 dB(MM)	0.40 (SM) 0.20 dB(MM)	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	इंटर/इंटरा बिल्डिंग

6.6.6 एम.टी. अरे कनेक्टर

एम.टी. अरे कनेक्टर (देखें चित्र 6.14) केवल डुप्लेक्स, केवल मल्टी'मोड' (1.25 मिमी फेरुल नहीं बल्कि दो फाइबर फेरुल डिज़ाइन एम.टी. से प्राप्त। समग्र आकार लगभग आरजे 45 कनेक्टर के समान ही होता है।

एम.टी.- आरजे कनेक्टर एमटी फेरुल डिज़ाइन से प्राप्त होता है। इसमें दो लघु फाइबर फेरुल होते हैं और इनके साथ दो गाइड पिन फाइबरों के समानांतर बाहर की ओर होते हैं। दो एमटी- आरजे कनेक्टरों से मिलते समय गाइड पिन का संरेखण फेरुलों के साथ होता है। एमटी-आरजे कनेक्टर मेल-फीमेल पोलारिटी के साथ बनाए जाते हैं जिसका अर्थ है मेल एम.टी.- आरजे कनेक्टर में दो गाइड पिन होते हैं और फीमेल एमटी- आरजे कनेक्टर में दो छिद्र होते हैं।

एम.टी.- आरजे कनेक्टरों का उपयोग इंटरा बिल्डिंग संचार प्रणाली में किया जाता है। चूंकि उन्हें आरजे-45 टेलीफोन के समान प्लग और जैक्स के रूप में डिज़ाइन किया गया है एडाप्टर्स को कुछ डिज़ाइनों के साथ उपयोग किया जा सकता है किंतु ये सभी के लिए आवश्यक नहीं होते।



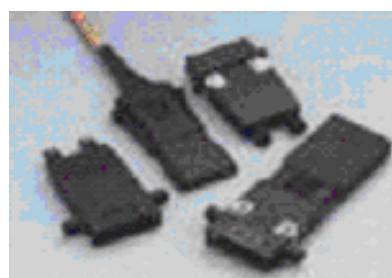
चित्र 6.14 एमटी-आरजे कनेक्टर और एडप्टर

ए.टी. अरे कनेक्टर के अभिलक्षण

इन्सर्शन लॉस	पुनरावृत्ति योग्यता (repeatability)	फाइबर प्रकार	अनुप्रयोग
0.25 से 1.0dB	.25 dB	सिंगल 'मोड'/मल्टी 'मोड'	रिबन फाइबर केबल

6.6.7 एस्कॉन कनेक्टर

एस्कॉन कनेक्टर (देखें चित्र 6.15) का नाम उनके मूल अनुप्रयोग मेनफ्रेम कंप्यूटरों के लिए IBM के एंटरप्राइज सिस्टम कनेक्शन (एस्कॉन) से लिया गया है। एस्कॉन कनेक्टर एफ.डी.डी.आई. कनेक्टरों के जैसे ही होते हैं किंतु इनमें फिक्स shroud के स्थान पर रिट्रैक्टबल साउड होते हैं। एस्कॉन कनेक्टरों में दो 2.55 मिमी सिरेमिक फेरुल होते हैं और मज़बूत स्ट्रेन रिलीफ डिज़ाइन के होते हैं।



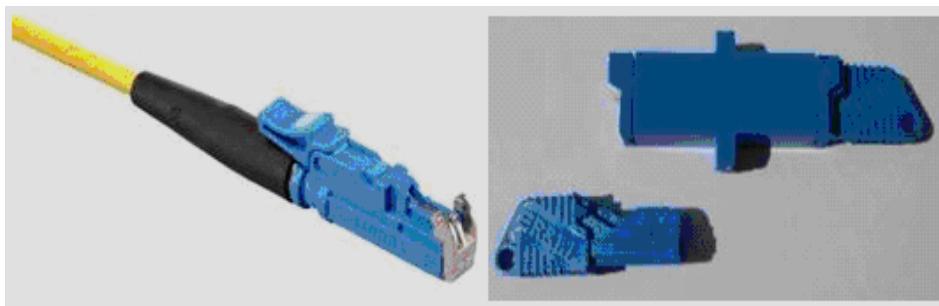
चित्र 6.15 एस्कॉन कनेक्टर

6.6.8 ई 2000 कनेक्टर

ई 2000 कनेक्टर में 1.25मिमी फेरुल, स्नैप एन मैकेनिज्म होता है। इन्हें एल.एक्स. 5 कनेक्टर भी कहा जाता है। यह सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' में उपलब्ध हैं।

ई 2000 कनेक्टर (देखें चित्र 6.16) बाहर से लघु एस.सी. कनेक्टर जैसे दिखाई देते हैं। यह कनेक्टर लगाने में अत्यंत सरल होते हैं। इनमें पुश पुल लैचिंग मैकेनिज्म होता है जो पूरी तरह लगाने पर किलक होता है। इसमें स्प्रिंग लगा शटर होता है जो फेरुल को धूल और खरांचों से पूरी तरह सुरक्षित रखता है। जब कनेक्टर को अलग किया जाता है शटर अपने आप बंद हो जाता है। इससे बाद में नेटवर्क खराबी जैसी अशुद्धियां बाहर रह जाती हैं और हानिकारक लेसर किरणें भी बंद हो जाती हैं। जब यह एडप्टर में लगाया जाता है अपने-आप खुल जाता है।

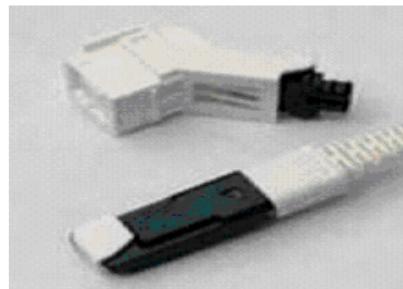
ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ना और समाप्तन



चित्र 6.16 ई 2000 कनेक्टर एडप्टर

6.6.9 वी.एफ.-45 कनेक्टर

वी.एफ.-45 कनेक्टर (3एम वॉलिशन), केवल डुप्लेक्स है। इसमें एक भी फेरुल नहीं होता। प्लग और जैक प्रकार का होता है। वी.एफ.-45 कनेक्टर (3एम वॉलिशन) 3एम से डिज़ाइन किया गया है। वी.एफ.-45 में प्लग और जैक डिज़ाइन होती है और एडप्टर की आवश्यकता नहीं होती। वी.एफ.-45 प्लग को सॉकेट (जैक) में 45 डिग्री के कोण पर लगाया जाता है जो सॉकेट के अंदर वी-ग्रूव में फाइबर जोड़ी को दबाते हैं। इस डिज़ाइन से फेरुलों की आवश्यकता नहीं होती इससे कनेक्टर की लागत कम हो जाती है।



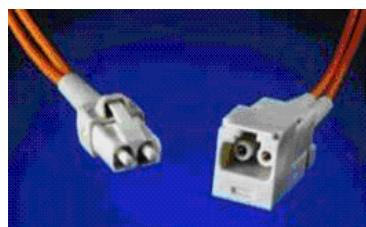
चित्र 6.17 वी.एफ.-45 कनेक्टर

6.6.10 ऑप्टिक जैक कनेक्टर

ऑप्टिक जैक कनेक्टर (देखें चित्र 6.18) केवल डुप्लेक्स 2.5 मिमी फेरुल। प्लग और जैक वर्शन।

ऑप्टिक जैक कनेक्टर Panduit corporation का फाइबर जैक कनेक्टर डिज़ाइन वर्शन है जो स्नैप-लॉक प्लग और फाइबर केबल जोड़ी के लिए सॉकेट की व्यवस्था करता है। इससे आरजे-45 कनेक्टर की तरही ही फाइबरों को शीघ्र प्लग किया और निकाला जा सकता है। इसमें दो एसटी प्रकार के 2.5मिमी फेरुल आरजे-45 साइज़ के पैकेज में होते हैं।

फाइबर जैक टीआईए (एफओसीआई) द्वारा मानकीकृत डुप्लेक्स फाइबर ऑप्टिक कनेक्टर है। टीआईए का अर्थ है टेलीकम्यूनिकेशन इंडस्ट्री एसोसियेशन। फाइबर जैक से दो फाइबर स्नैप लॉक प्रकार के प्लग और आरजे-45 कनेक्टर जैसी साइज और सुविधा में जुड़ जाते हैं।



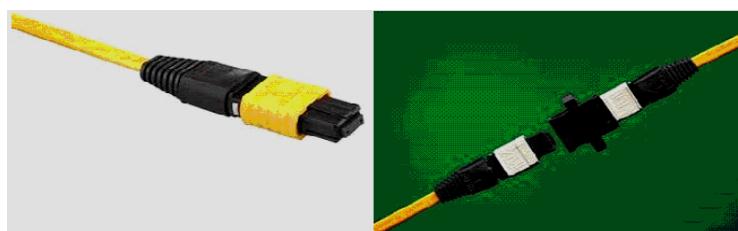
चित्र 6.18 ऑप्टिक जैक कनेक्टर और एडप्टर

6.6.11 एम.टी.पी. और एम.पी.ओ. कनेक्टर

एम.टी.पी. और एम.पी.ओ. कनेक्टर 12 फाइबरों तक शीघ्र और विश्वसनीय कनेक्शन अनुमत करनेवाले एमटी फेरुल आधारित अनुकूल रिबन फाइबर कनेक्टर हैं। ये सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' में उपलब्ध हैं। इन्हें ऐसे संस्थापनों के लिए बनाया गया है जिन्हें कई फाइबर कनेक्शनों की आवश्यकता होती है। रिबन में 12 फाइबर तक लगाकर 123 μm क्लैइंग में स्ट्रिप किए जाते हैं और <50 μm के समानान्तर ग्रूवों में निविष्ट किए जाते हैं।

फेरुल में दो 0.7 मिमी डियामीटर के छिद्र भी होते हैं जो फेरुल के बाहरी ओर फाइबरों के समानान्तर चलते हैं। ये दो छिद्र सूक्ष्म मेटल गाइड पिन धारण करते हैं जो फाइबरों का अलाइनमेंट टाइट टोलरेस के साथ करती हैं।

एम.टी.पी. और एम.पी.ओ. कनेक्टरों (देखें चित्र 6.19) फेरुल मेल और फीमेल कनेक्टर डिज़ाइन के होते हैं। मेल कनेक्टर में दो गाइड पिन होते हैं और फीमेल कनेक्टर में नहीं होते। दोनों प्रकार के कनेक्टरों में एक एडप्टर की आवश्यकता होती है ताकि मेल और फीमेल कनेक्टर की जोड़ी बनाई जा सके।



चित्र 6.19 एम.टी.पी. और एम.पी.ओ. कनेक्टर

चूंके एम.टी.पी. और एम.पी.ओ. कनेक्टर कई फाइबरों का एक साथ अलाइन करने की कोशिश करते हैं उनकी कपलिंग हानि सिंग फाइबर कनेक्टर की अपेक्षा अधिक होती है।

6.6.12 एस.एम.ए. 905 और एस.एम.ए. 906 कनेक्टर

एस.एम.ए. 905 और एस.एम.ए. 906 कनेक्टरों में थ्रेडेड कनेक्शनों का उपयोग किया जाता है और ये सैनिक उपयोगों के लिए आदर्श होते हैं चूंके वे कम लागत के मल्टी'मोड' कपलिंग होते हैं।

एस.एम.ए. 905 और एस.एम.ए. 906 कनेक्टर स्टेनलैस अलॉय या स्टेनलैस स्टील फेरुल के साथ उपलब्ध हैं। स्टेनलैस अलॉय फेरुल में 125 μm से लेकर 1550 μm तक का छिद्र बनाया जा सकता है ताकि वे विभिन्न साइजों के फाइबर ग्रहण कर सकें।

एस.एम.ए. 906 फेरुल में स्ट्रिप होता है (देखें चित्र 6.20) जिसे एस.एम.ए. 906 कनेक्टर को एस.एम.ए. 905 मेटिंग स्लीव के साथ जोड़ते समय आधा स्लीव की आवश्यकता होती है।

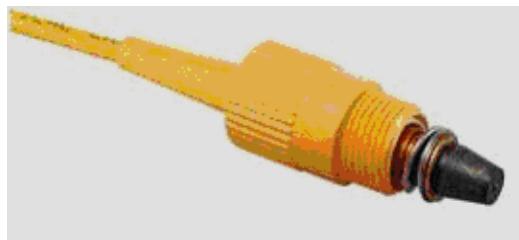


चित्र 6.20 एस.एम.ए. कनेक्टर और एडाप्टर

6.6.13 बिकोनिक कनेक्टर

केवल सिम्प्लेक्स सिंगल 'मोड' और मल्टी'मोड' उपलब्ध हैं।

बिकोनिक कनेक्टर (देखें चित्र 6.21) शंकु के आकार का फेरुल प्रदर्शित करता है जो ऑप्टिकल फाइबर को कनेक्शन इंटरफेस पर संरेखण करने में सहायता करता है। बिकोनिक कनेक्टरों की मजबूत डिज़ाइन उन्हें सैनिक फाइबर ऑप्टिक अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त बनाती है। फाइबर कनेक्शन, बिकोनिक कनेक्टरों को सिंगल 'मोड' या मल्टी'मोड' फाइबर ऑप्टिक केबल पर टर्मिनेट करता है। फेरुल या तो पोलीमर या धातु से बनाया जा सकता है।



चित्र 6.21 बिकोनिक कनेक्टर

बिकोनिक कनेक्टर के अनुप्रयोगों में एलएएन और परिसर नेटवर्क, डाटा प्रोसेसिंग सिस्टम, मेडिकल इंस्ट्रुमेंटेशन, रिमोट सेंसिंग, टेली ट्री और केबल टेलीविजन शामिल हैं।

6.6.14 डी-4 कनेक्टर

डी-4 कनेक्टर (देखें चित्र 6.22) में 2.5 मिमी फेरुल होता है। यह केवल स्क्रू ऑन सिम्प्लेक्स है।

डी-4 कनेक्टर मजबूती के लिए 2.5 मिमी डायामीटर के सिरेमिक (जिरकोनिया) फेरुल के बने होते हैं। इनमें उच्च निष्पादन श्रेडिंग माउंटिंग सिस्टम और पुनरावृत्ति योग्यता और इंटरमेटाबिलिटी के लिए चाबी युक्त बॉडी होती है।



चित्र 6.22 डी-4 कनेक्टर

6.7 फाइबर से कनेक्टरों को जोड़ने की कार्यविधि

6.7.1 फाइबर से कनेक्टरों को जोड़ने में करणीय (Dos) और अकरणीय (Donts)

केबल को अपेक्षित तैयार लंबाई से एक इंच अधिक काटना चाहिए।

फाइबर की बाहरी जैकेट को 'no nick' फाइबर स्ट्रिप से सावधानी से स्ट्रिप करें। खुले स्ट्रेथ मैंबर को काटें और फाइबर कोटिंग को हटाएं। दो तरीकों से फाइबर कोटिंग हटाई जा सकती है। वे हैं - फाइबर को दो मिनट पैट थिनर में सोक करें और फाइबर को मुलायम लिंट फ्री कपड़े से साफ करें या फाइबर को फाइबर स्ट्रिप से सावधानीपूर्वक स्ट्रिप करें।

ऑप्टिकल फाइबर केबल जोड़ना और समापन

स्ट्रिपिंग के लिए धातु तार स्ट्रिपर का उपयोग न करें इनसे फाइबर क्षतिग्रस्त हो सकते हैं और हानि बढ़ती है। केबल फाइबर के साथ उपयोग किए जानेवाली स्ट्रिपर्स का उपयोग ही सुनिश्चित करें।

बेर फाइबर को मुलायम लिंट फ्री कपड़े पर आइसोप्रोपाइल अल्कोहाल डालकर भली भांति साफ करें। फाइबर को सूखे टिश्यू से कभी भी साफ न करें। औद्योगिक ग्रेड (90% आइसोप्रोपाइल अल्कोहाल का ही उपयोग किया जाए।

व्यावसायिक तौर पर उपलब्ध आइसोप्रोपाइल अल्कोहाल चिकित्सीय उपयोग के लिए होती है। इसे पानी और हल्के खनिज तेल से पतला किया जाता है।

कनेक्टर को एपोक्सी या क्रिम्पिंग लगाकर कनेक्ट किया जाए। यदि एपोक्सी का उपयोग किया जा है तो कनेक्टर की टिप पर एपोक्सी का छोटा दाना बन सके।

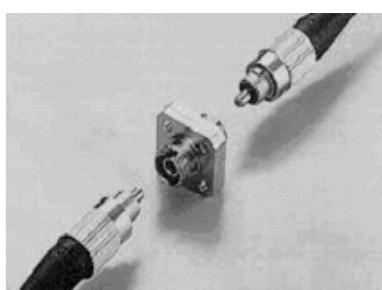
साफ स्ट्रिप वाला फाइबर को कनेक्टर में इन्सर्ट करें और एपोक्सी निर्माताओं द्वारा दिए गए अनुदेशों का अनुपालन करके उसे भरें।

केबल स्ट्रेंथ मेम्बर को कनेक्टर बॉडी पर बांध दें। इससे फाइबर पर सीधा प्रवेश रुक जाता है। कनेक्टर का पिछला सिरा जहां भी आवश्यक हो स्थान पर सरकाएं।

फाइबर सिरे को क्लीविंग और पालिश करके तैयार करें ताकि उत्तम ऑप्टिकल फिनिश प्राप्त हो सके। कनेक्शन करने से पहले प्रत्येक फाइबर का सिरा चिकना बना दिया गया हो जो हैंकल, लिप्स और फ्रेक्चरों जैसे दोषों से मुक्त हो। इन दोनों के साथ-साथ अन्य अशुद्धियां और धूल, प्रकाश के geometrical propagation pattern को बदल देते हैं जिसके परिणास्वरूप स्कैटरिंग होता है।

6.7.2 फाइबर ऑप्टिक कनेक्टर मेट तकनीक

अधिकतर फाइबर ऑप्टिक कनेक्टर में इलेक्ट्रॉनिक कनेक्टरों जैसे जैक और प्लग डिज़ाइन नहीं होते। इसके बजाय फाइबर मेटिंग स्लीव (अडप्टर या कपलर) दो कनेक्टरों के बीच बैठता है। अडप्टर के केंद्र में सिरेमिक (जिरकोनिया) या फॉस्फर ब्रांज से बनी सिलिंडरिकल स्लीव होती है। फेरुल, स्लीव में सरकते हैं और परस्पर मेट होते हैं। अडप्टर बॉडी में कनेक्टर बॉडी को पकड़ने की व्यवस्था जैसे स्नैप इन लैच, ट्रिविस्ट ऑन या स्क्रूड ऑन होती है। स्क्रूड ऑन मेकेनिजम सहित एफ.सी. कनेक्टर उदाहरण स्वरूप दिखाए गए हैं। (देखें चित्र 6.23)



चित्र 6.23 फाइबर ऑप्टिक कनेक्टर मेट तकनीक

वस्तनिष्ठ

विषयनिष्ठ

1. ओ.एफ.सी. जोड़ने की कितनी पद्धतियां उपलब्ध हैं? वे कौन-कौन सी हैं.
 2. **फ्यूजन स्प्लाइसिंग, मेक्सिकल स्प्लाइसिंग** से श्रेष्ठ है. इस कथन का औचित्य बताएं.
 3. **फ्यूजन स्प्लाइसिंग** के लिए अपेक्षित विभिन्न औजार और उनके कार्य लिखे.
 4. क्या दो फाइबरों को कनेक्टरों से जोड़ना संभव है?
 5. एक इंजीनियर को कनेक्टरों के कौन से अभिलक्षण जात होने चाहिए. व्याख्या करें.
 6. बाजार में उपलब्ध विभिन्न प्रकार के कनेक्टरों की सूची लिखें.
 7. एस.सी., एफ.सी., एस.टी. और एफ.डी.डी.आइ. के अभिलक्षण और उनके अनुप्रयोग लिखें.
 8. फाइबर कनेक्टर जोड़ने के Do's और Don't's लिखें.

अध्याय 7

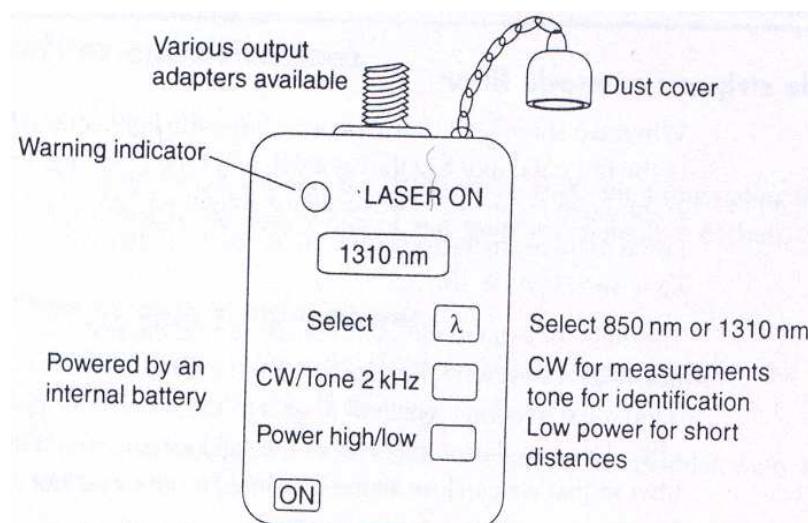
मापन और प्रणाली की जांच

- 7.1 प्रकाश स्रोत
- 7.2 पॉवर मीटर
- 7.3 साधारण मापन
- 7.4 **ऑप्टिकल टाइम डोमेन रिफ्लेक्टो मीटर (ओ.टी.डी.आर.)**
- 7.5 मापन और **ओ.टी.डी.आर.** से प्रणाली जांच
- 7.6 दोष स्थान निर्धारक (fault location)

7.1 प्रकाश स्रोत

प्रकाश स्रोत (देखें चित्र 7.1) एक हाथ में पकड़े जाना वाला उपकरण है जो एक या अधिक मानक विंडोज़: दृश्य, 850 nm, 1300nm और 1550nm में LED या लेसर **लाइट सोर्स** का उपयोग करके **लाइट आउट-पुट** की व्यवस्था कर सकता है। वे अक्सर एक से अधिक वेवलैंथ पर **आउट-पुट** देते हैं। **चूंकि** संस्थापन संविदाएं (installation contracts) सामान्यतः दो भिन्न वेवलैंथों पर मापन की अपेक्षा करते हैं और लोकप्रिय पसंद है 850nm और 1300nm.

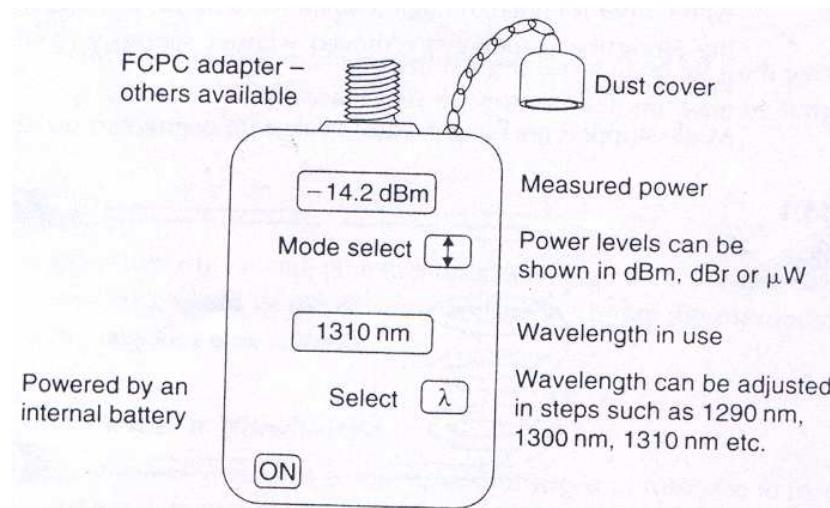
विश्वसनीय परिणामों के लिए प्रकाश का पॉवर, आउटपुट जांच की अवधि में स्थायी रहना चाहिए अर्थात् एक घंटे तक 0.1dh से कम 1 आउटपुट को 2kHz या 270Hz या 10kHz टेस्ट टोन के बीच बदला जा सकता है और निरंतर आउटपुट को CW (कंटीन्यूअस वेव) कहा जाता है। टेस्ट टोन की पसंद से जांच के अधीन फाइबरों की पहचान आसानी से की जा सकती है।



चित्र 7.1 प्रकाश स्रोत (लाइट सोर्स)

7.2 पॉवर मीटर

पॉवर मीटर पहली नज़र में प्रकाश स्रोत के समान ही दिखाई देता है। प्रकाश स्रोत (देखें चित्र 7.1) और पॉवर मीटर(देखें चित्र 7.2) की तुलना करें। **बहुधा** इन्हें सुमेल जोड़ी के रूप में बेचा जाता है बशर्ते कि वे सुसंगत(compatible) हों।



चित्र 7.2 पॉवर मीटर

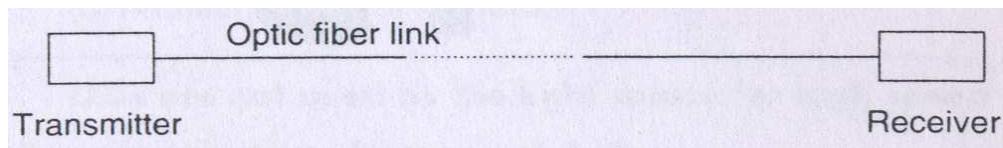
वेवलैंथ तीन विंडोज़ में समंजनीय (adjustable) हैं और कुछ लघु वृद्धियों से बढ़ाने या **घटाने** की सुविधा उपलब्ध करवाती हैं। इससे फाइबर, अभिलक्षण का किसी भी अपेक्षित वेवलैंथ पर सुमेल हो सकती है।

पॉवर लेवल μw या डेसीबल में dBm एक मिलीवॉट से संबद्ध या पहले से नोट किए गए मान से संबद्ध dBr के रूप में दिखाया जा सकता है।

पॉवर मीटर आंतरिक स्मृति जिसमें दिनभर के काम को स्टोर किया जा सकता है और हार्ड कॉपी के लिए प्रिंटर के साथ भी उपलब्ध हैं।

7.3 सरल मापन (A Simple measurement)

चित्र 7.3 में दर्शाए गए प्रकार से विशिष्ट लिंक में होने वाली हानि के माप के लिए हम लगभग 20 मीटर लंबाई के पैच कार्ड का चयन करेंगे। यदि संभव हो तो यह उसी प्रकार के फाइबर से बना और उसमें कनेक्टर भी ऐसे ही फिट किए गए हों, जैसे कि जांच की जाने वाली लिंक में उपयुक्त हों। ऐसे मामलों में जहां यह संभव न हो अंतिम परिणाम परिशुद्ध नहीं हो सकता, इसे नजरअंदाज किया जाना चाहिए। पैच कार्ड और प्रयुक्त उपकरणों का रिकार्ड रखा जाए, ताकि **किसी प्रकार की आशंका** होने पर किसी अन्य दिन मापन कार्य दोहराया जा सके।

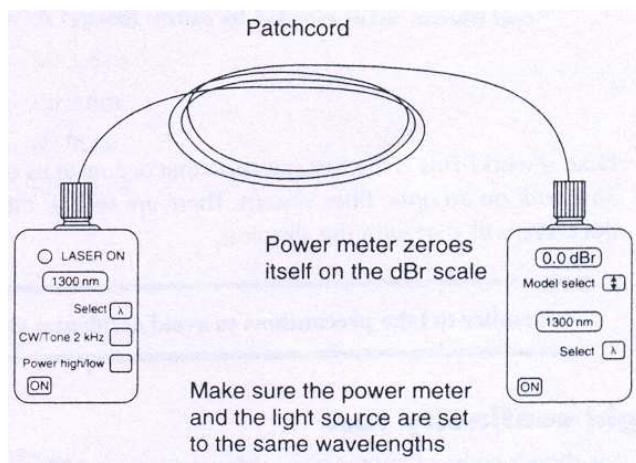


चित्र 7.3 जांच किया जाने वाला ऑप्टीकल फाइबर

मापन कार्यविधि चरण बद्ध तरीके से समझाई गई है ताकि आसानी से समझा जा सके।

चरण-1: प्रकाश स्रोत और पॉवर मीटर स्थापित करना

मीटरों को चित्र 7.4 में दर्शाए गए प्रकार से पैच कार्ड का उपयोग करते हुए संयोजित करें अपेक्षित वेब लैंथ का चयन करके पॉवर मीटर ऑन करें और dBr 'मोड' के लिए स्विच करें।



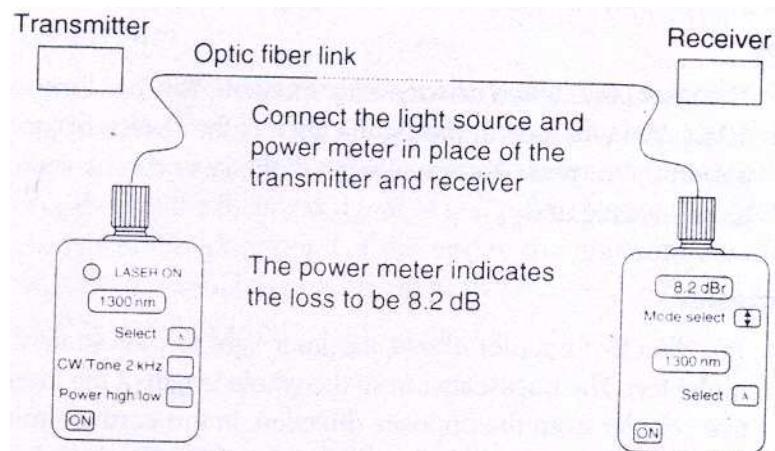
चित्र 7.4 प्रकाश स्रोत से पॉवर मापन

पठनांक (Reading) स्थिर होने तक प्रतीक्षा करें। इस स्टेज पर पॉवर मीटर आवक (incoming) पॉवर लेवल dBm में सूचित करता है। पॉवर मीटर dBm के लिए सेट करें और यह आवक प्रकाश स्तर संदर्भ स्तर (reference level) के रूप में स्वीकार करेंगे। अब पठनांक (reading) 0 dBm में बदल जाएगा। प्रकाश स्रोत और पॉवर मीटर दोनों ही अब स्थिर आँन रखे जाएं, जब तक कि सभी मापन (measurement) पूरे हो जाएं। यह प्रकाश स्रोत को सतत प्रकाश स्तर बनाए रखने के लिए उत्तम अवसर प्रदान करता है, ताकि आंतरिक तापमान (internal temperatures) और बैटरी वोल्टता स्थिर रहेंगी। पॉवर मीटर को 'आँन' रखना आवश्यक है, ताकि यह याद रखा जा सके कि लेवल 0 dBm के रूप में सेट किया गया है।

पैच कार्ड को वियोजित (disconnect) कर दें।

चरण-2 उन्हें प्रणाली से संयोजित (connect) करें (देखें चित्र 7.5)

जांच किए जाने वाले फाइबर को प्रेषित (ट्रांसमीटर) से वियोजित (disconnect) करें और प्रकाश स्रोत को प्लग इन करें। पॉवर मीटर को दूरस्थ सिरे पर संयोजित करें। पॉवर मीटर तुरंत एक नया अंक 8.2 dBm दिखाएगा। यह प्रणाली पर हानि है। हमने वास्तव में पैच कार्ड हानि (लगभग) 0.05dB मान ली थी, जो बहुत कम है, जिसे नकारा जा सकता है।



चित्र 7.5 ऑप्टिकल फाइबर लिंक में हानि मापन

माप और प्रणाली जांच

कुछ **सामान्य** मीटर में dBr लक्षण नहीं होता. यदि मापन के लिए इनका उपयोग भी करते हैं तब परिणाम निम्नप्रकार होगा.

चरण-1 प्रकाश स्रोत पॉवर आउट

उपर्युक्त प्रणाली में ऐसे मीटर का उपयोग करते हुए हमने प्रकाश स्रोत (light source) पॉवर आउट dBm में पढ़ा है- मान लें कि यह -10 dBm है.

चरण-2 लिंक से पॉवर आउट The power out from the link

मीटरों को चालू (स्विच ऑन) रखते हुए, उन्हें ऑप्टिक फाइबर लिंक से जोड़े. अब पॉवर मीटर दिखाएगा- 18.2 dBm

चरण -3 अंतिम परिणाम उपर्युक्त मीटर संकेतों (indications) के बीच का अंतर है.

ऑप्टिकल फाइबर लिंक में हानि दो मापनों के बीच का अंतर है.

$$(-10.0 - (-18.2)) = 8.2 \text{ dB}$$
 जैसा कि पूर्ववर्ती मामले में था .

प्रकाश स्रोत और पॉवर मीटर पद्धतियों की सीमाएं

मान लें कि ऑप्टिक फाइबर लिंक अविश्वसनीय हो गई है. मीटर प्रणाली की समग्र हानि के लिए परिशुद्ध परिणाम देंगे, जो यह पुष्टि करेंगे कि अतिरिक्त हानि हुई है. हालांकि वे यह सूचित नहीं कर सकते कि प्रणाली (system) का **कौन सा** भाग अतिरिक्त हानि के लिए जिम्मेदार है.

पॉवर मीटर/प्रकाश स्रोत (light source) मेल कम दूरी डाटा कम्यूनिकेशन लिंक की अभिग्राही जांच (acceptance testing) **की** सबसे त्वरित और सबसे सस्ती पद्धति है चूंकि वे प्रकाश हानि (Light Loss) स्पष्ट और असंदिग्ध पठनांक देते हैं. उपभोक्ता यह निर्णय ले सकता है कि वह परिणाम स्वीकार्य है या नहीं. यदि वहां कोई खराबी होगी **तो** पॉवर मीटर /प्रकाश स्रोत इसे सूचित करेगा. किन्तु वह यह नहीं बता सकता कि खराबी क्या और कहां है. यहां पर ऑप्टिकल टाइम डोमेन रिफ्लेक्टो मीटर (ओ.टी.डी.आर.) का उपयोग किया जाता है.

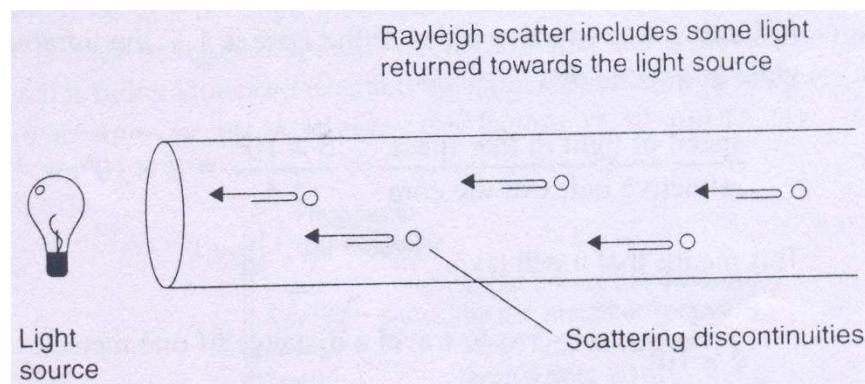
7.4 ऑप्टीकल टाइम डोमेन रिप्लेक्टोमीटर (ओ.टी.डी.आर.) का परिचय

7.4.1 ओ.टी.डी.आर. की हानि मापन तकनीक

यह **उपकरण** 250 कि.मी. तक के फाइबर ऑप्टिक प्रणाली के एक सिरे पर जोड़ा जाता है. कुछ ही सेकंडों में हम समग्र हानि या प्रणाली के किसी भाग की हानि फाइबर की समग्र लंबाई और लिंक के किन्हीं दो बिन्दुओं के बीच की दूरी की हानि का मापन कर सकते हैं.

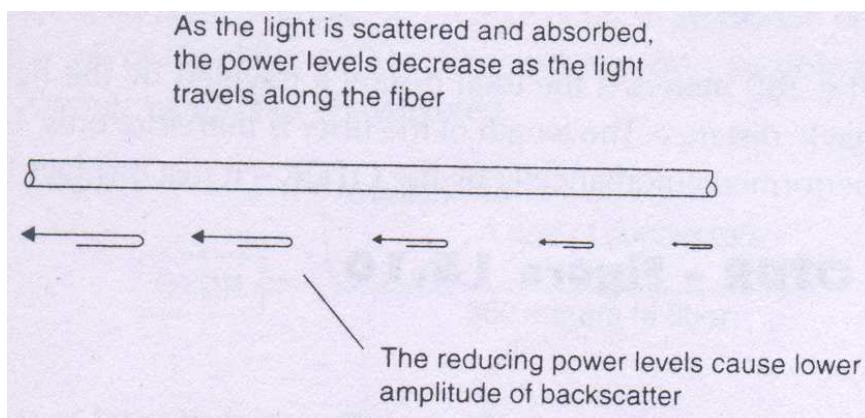
जैसे प्रकाश फाइबर के साथ चलती है, उसके कुछ भागों का रेलीघ स्केटिंग से हास हो जाता है. चूंकि प्रकाश का प्रकीर्णन (Scattering) सभी दिशाओं में होता है, उसमें से कुछ प्रकाश स्रोत की ओर फाइबर पर लौट आता है. यह लौटा हुआ प्रकाश 'बैक स्केटर' कहलाता है.

'रेलै-स्केटर' में प्रकाश स्रोत की ओर लौटा हुआ कुछ प्रकाश भी शामिल है.



चित्र 7.6 रेलै प्रकीर्णन Rayleigh scattering

बैक स्केटर पॉवर आवक (incoming) पॉवर का नियत अनुपात है. चूंकि प्रकाश का प्रकीर्णन (scattering) और अवशोषण (absorption) होता है. प्रकाश के फाइबर के साथ चलने पर पॉवर स्तर कम होता है. लौटा हुआ लाइट- पॉवर भी कम होता है. जैसा कि चित्र 7.7 में दर्शाया गया है.

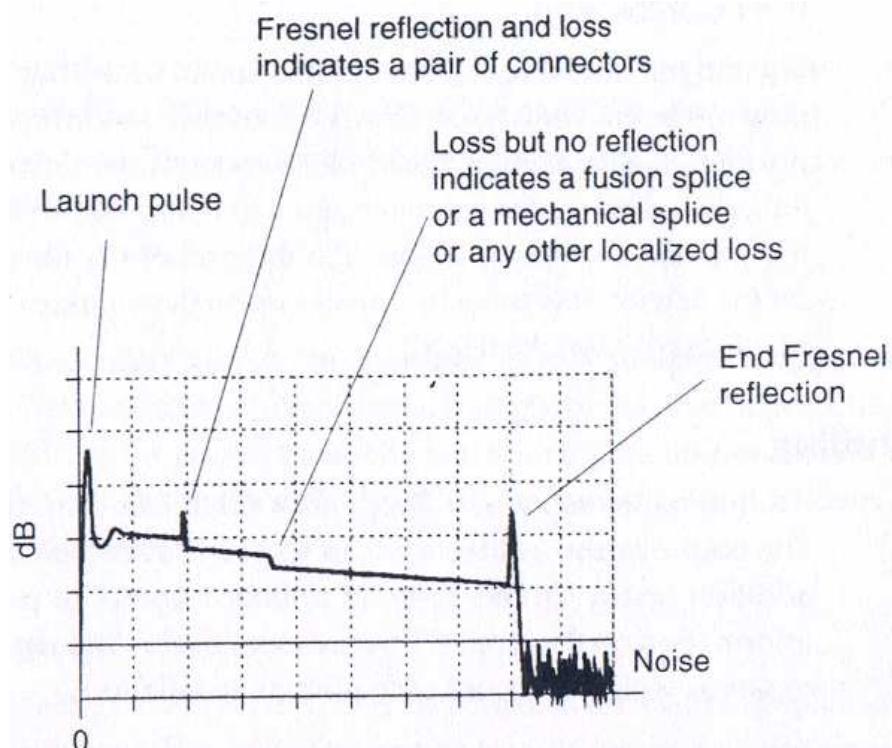


चित्र 7.7 बैक-स्कैटर कमजोर हो जाता है

ओ.टी.डी.आर. लौटे हुए पॉवर लेवल को निरंतर माप सकता है. अतः फाइबर लिंक की हानि दर्शाता है. कनेक्टरों (connectors) और फ्यूजन सप्लाइसेस जैसे अतिरिक्त हानि से फाइबर पर संप्रेषित (Transmitted) पॉवर को तुरंत कम करता है और परिणामस्वरूप बैक स्केटर पॉवर में तदनुरूपी परिवर्तन होता है. हानि की स्थिति और डिग्री डिस्प्ले पर देखी जा सकती है .

7.4.2 विशिष्ट प्रणाली का ओ.टी.डी.आर. डिस्प्ले

ओ.टी.डी.आर. फ्रेसनल परावर्तन (reflection) और हानि देख सकता है. इस सूचना से ओ.टी.डी.आर. ट्रेस पर विभिन्न घटनाओं को देख सकते हैं, जैसा कि चित्र 7.8 में देखा जा सकता है.



चित्र 7.8 विशिष्ट ओ.टी.डी.आर. संकेत

- **संयोजक (कनेक्टर)**

फाइबर की पॉलिश किए गए सिरे के कारण संकनेक्टरों (कनेक्टरों) की जोड़ी से पॉवर हानि और फ्रेसनल परावर्तन (Reflection) भी होता है।

- **फ्यूजन स्प्लाइस**

फ्यूजन स्प्लाइसेस से फ्रेसल परावर्तन नहीं होते चूंकि फाइबर के विदलित (cleaved) सिरों को अब फाइबर के एक ही टुकड़े में फ्यूज कर दिया जाता है। तथापि वे पॉवर हानि नहीं दर्शाते। उत्तम गुणवत्ता की फ्यूजन स्प्लाइस का पता लगाना न्यून हानियों के कारण कठिन होता है। फ्रेसनल परावर्तन कोई भी चिन्ह घटिया फ्यूजन स्प्लाइस का निश्चित संकेत होता है।

- **यांत्रिक स्प्लाइस**

यांत्रिक स्प्लाइस न्यून स्तर की फ्यूजन स्प्लाइस जैसी ही होती हैं। फाइबर में विदलित (cleaved) सिरे तो होते हैं किंतु स्प्लाइस में इंडेक्स मैचिंग जैल का उपयोग करके फ्रेसनल परावर्तन का निवारण किया जाता है। संभावित हानि भी न्यूनतम स्वीकार्य फ्यूजन स्प्लाइस जैसी ही होती है।

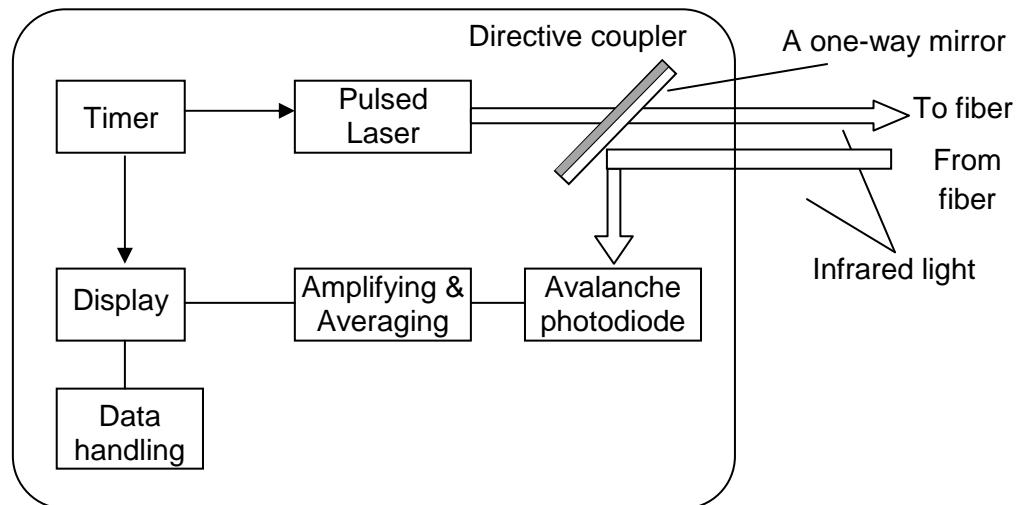
- **बैंड हानि (Band Loss)**

यह बैंड (Band) क्षेत्र में पॉवर की हानि है यदि हानि बहुत स्थानीकृत (Localized) हो तो फ्यूजन या यांत्रिक स्प्लाइस से परिणाम का भेद नहीं किया जा सकता।

7.4.3 ओ.टी.डी.आर. का सरल ब्लॉक आरेख

टाइमर

टाइमर, **वोल्टेज पल्स** (voltage pulse) उत्पन्न करता है, जिसका उपयोग डिस्प्ले में समय प्रक्रिया (Timing process) आरंभ करने के लिए किया जाता है. यह 'लेसर' के सक्रिय होने के साथ ही होता है.



चित्र 7.9 ओ.टी.डी.आर. का ब्लॉक आरेख

पल्स लेसर

लेसर को कुछ क्षणों के लिए चालू (Switch on) किया जाता है. 'ऑन' समय $1\mu\text{s}$ और $10\mu\text{s}$ होता है. 'ऑन' समय का चुनाव या पल्स विड्थ ऑप्टिकल संचार प्रणाली में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है. लेसर की वेव लैंथ को परीक्षण की जाने वाली फाइबर के योग्य स्विच किया जा सकता है.

डायरेक्टिव कपलर

डायरेक्टिव कपलर, परीक्षणाधीन फाइबर में लेसर प्रकाश को सीधे गुजरने देता है. फाइबर की पूरी लंबाई से बैक-स्कॅटर विपरीत दिशा से **डायरेक्टिव कपलर** में पहुंचता है. इस मामले में दर्पण की सतह प्रकाश को 'अवलांची फोटो-डायोड' (APD) में परावर्तित करती है. अब प्रकाश विद्युत संकेत (electrical signal) में बदल जाता है.

प्रवर्धन और औसत निकालना

आवलांची फोटो-डायोड(APD) से विद्युत संकेत बहुत कमजोर होता है और उसे प्रदर्शन से पहले प्रवर्धित करने की आवश्यकता होती है.

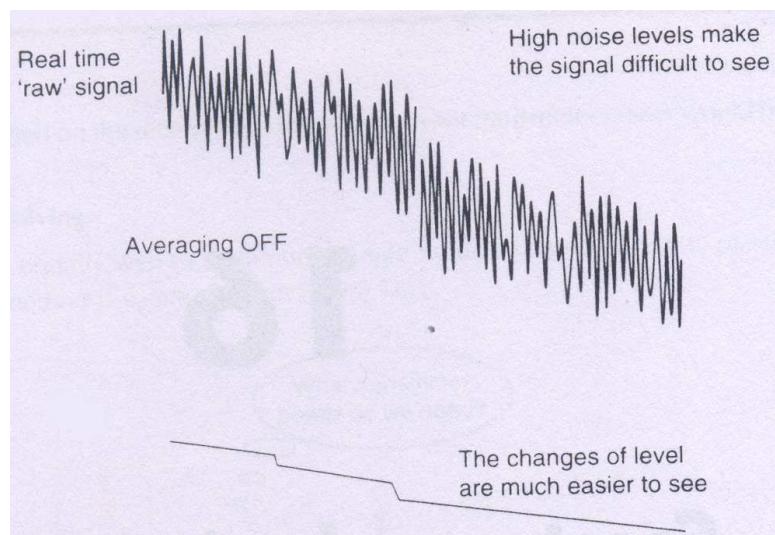
औसत निकालने का लक्षण (averaging features) बहुत उपयोगी होता है और आवक संकेत (incoming signal) डिस्प्ले (Display) से पहले प्रभावी किया जाता है.

फाइबर से लौटने वाले 'बैक स्केटर' का मान बहुत कमजोर होता है और उसमें उच्च ध्वनि स्तर होता है, जिससे वापसी (Return) सिग्नल ढक सकता है.

माप और प्रणाली जांच

चूंकि ध्वनि अनियमित (random) होती है. उसके आयाम (amplitude) का औसत कुछ समय के लिए शून्य दर्शाएगा. एवरेजिंग सर्किट के पीछे यही विचार है. आबक सिग्नलों को जमा करके उन्हें प्रदर्शित करने से पहले औसत निकाला जाता है (averaged). जितने अधिक सिग्नलों को average किया जाएगा अंतिम परिणाम उतना ही स्पष्ट होगा किंतु परीक्षण के दौरान होने वाले परिवर्तन के प्रति अनुक्रिया (Response) धीमी होगी. इस प्रभाव को निष्पादित करने वाली गणितीय प्रक्रिया को "लीस्ट सीक्वेंस एवरेजिंग" या LSA कहा जाता है.

चित्र 7.10 ध्वनि प्रभाव को कम करने के लिए औसत (averaging) नियोजित करने के प्रचुर लाभ प्रदर्शित करता है. कभी-कभी फाइबर से वास्तविक समय सिग्नल (real time signal) देखने के लिए एवरेजिंग स्विच ऑफ करना भी उपयोगी होता है. ताकि संकनेक्टरों (connectors) आदि के लिए समायोजन (adjustment) करने का प्रभाव देखा जा सके. यह कनेक्टरों, यांत्रिक स्प्लाइसों, बैंड आदि को इष्टतम (optimize) बनाने की सरलतम विधि है. केवल उससे सेलों और ओटीडीआर. पर्द (screen) पर देखें.

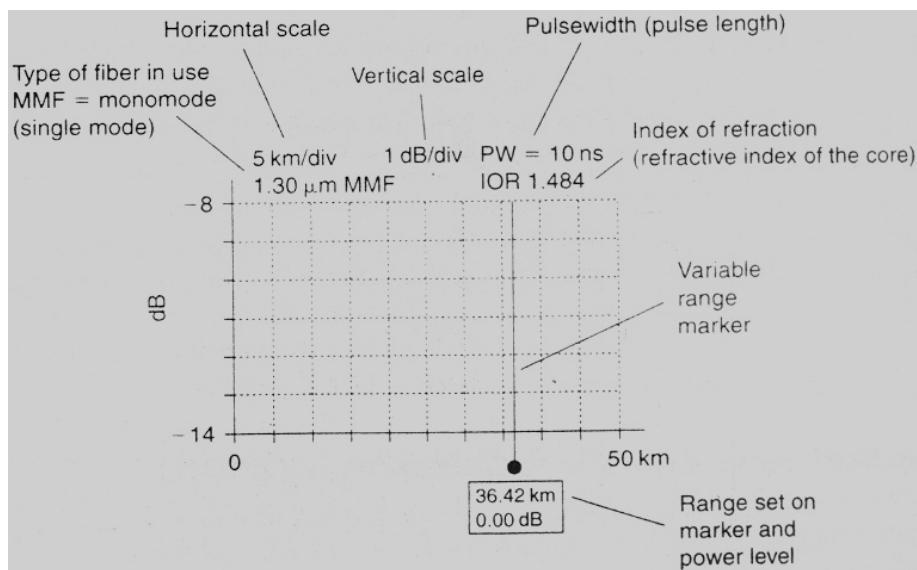


चित्र सं. 7.10 एवरेजिंग के लाभ

डिस्प्ले

प्रवर्धित (amplified) सिग्नलों को डिस्प्ले में भेजा जाता है. डिस्प्ले या तो कैथोड रे ट्यूब (CRT)ऑसिलोस्कोप जैसा या कंप्यूटर मॉनिटर या कैल्कुलेटर और लैपटॉप कंप्यूटरों में पाए जाने वाले लिकिवड क्रिस्टल जैसा होता है. वे वापस किए सिग्नलों को XY प्लॉट पर प्रदर्शित करते जिनका रेज X एक्सिस होता है और पॉवर स्तर Y एक्सिस पर डेसिबल में दिखाया जाता है.

चित्र सं. 7.11 में विशिष्ट डिस्प्ले दिखाया गया है. धारा (current) स्थिरिंग तुरंत ग्रिड पर दिखाई जाती हैं. उन्हें लिए जाने वाले माप (measurement) के अनुकूल संशोधित किया जा सकता है. प्रदर्शित रेज स्केल फाइबर की 50 कि.मी. लंबाई दर्शाता है. इस मामले में यह 0 से 50 कि.मी. है. किन्तु यह 50 कि.मी. का कोई भी टुकड़ा हो सकता है, उदाहरणार्थ 20 कि.मी. से 70 कि.मी.



चित्र 7.11 ओ.टी.डी.आर. डिस्पले-सिगनल नहीं

फाइबर की छोटी लंबाई जैसे कि 0.5 मीटर या 25-30 मीटर का विस्तृत दृश्य दिखाने के लिए इसका विस्तार भी किया जा सकता है।

रेंज आड़े (horizontal) स्केल पर पढ़े जा सकते हैं। किन्तु अधिक परिशुद्धता (precision) के लिए परिवर्तनीय (variable) रेंज मार्कर का उपयोग किया जाता है। यह एक चाल (movable) लाइन है, जिसे स्विच ऑन करके ट्रेस पर कहीं भी स्थित किया जा सकता है। इसका रेंज स्क्रीन पर उस पॉइंट पर प्राप्त सिग्नल का पॉवर लेवल भी दिखाता है। फाइबर की लंबाई जानने के लिए मार्कर को फाइबर के सिरे पर स्थित किया जाता है और दूरी को स्क्रीन पर पढ़ा जा सकता है। सामान्यतः पांच मार्कर लगाए जाते हैं ताकि कई बिन्दुओं को एक साथ नापा जा सके।

डाटा संधारण (Data handling)

आंतरिक स्मृति या फलौपी डिस्क ड्राइव में डाटा एकत्र (store) किया जा सकता है ताकि बाद में विश्लेषण किया जा सके। कंप्यूटर में डाउन लोड करने के लिए RS 232 लिंक के माध्यम से आउटपुट उपलब्ध है। इसके अलावा कई ओ.टी.डी.आर. में स्क्रीन पर दिखाई देने वाली सूचना की हाई कॉपी उपलब्ध कराने के लिए 'ऑन बोर्ड' प्रिंटर भी होता है। इससे दोष निवारण (Fault repairs) और आरंभिक संस्थापन के रिकार्ड के लिए पहले और बाद के चित्र (images) उपलब्ध होते हैं।

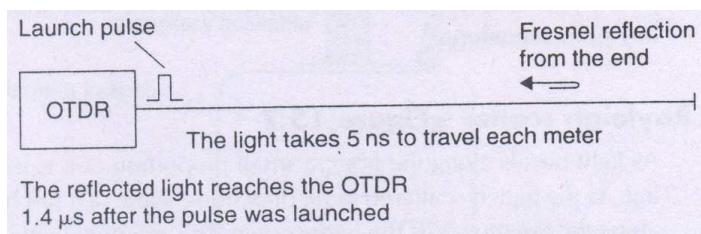
शेष अध्याय में ओ.टी.डी.आर. से मापन और प्रणाली (system) की जांच उदाहरण सहित समझाई गई है।

7.5 ओ.टी.डी.आर. से मापन और प्रणाली की जांच

7.5.1 फाइबर लंबाई मापन

ओ.टी.डी.आर. राडार सेट जैसी प्रणाली का उपयोग करता है। यह **लाइट-पल्स** भेजता है। फाइबर से परावर्तित प्रकाश पर कार्य करता है।

यदि हम प्रकाश की गति जानते हैं और फाइबर के साथ यात्रा करने के लिए प्रकाश द्वारा लिया गया समय माप सकते हैं तो फाइबर की लंबाई जानना आसान है।



चित्र 7.11a फाइबर की लंबाई जात करना

मान ले कि 'कोर' का आवर्तक सूचकांक (Refractive index) 1.5 है. कांच में आवरक प्रकाश (इन्फ्रा-रेड लाइट) की चलने की गति होगी.

(खुली जगह में प्रकाश की गति/ कोर का अपवर्तक सूचकांक)

(Speed of light in free space/ Refractive index of the core)

$$= (3 \times 10^8)/1.5 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

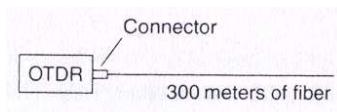
मीटर प्रति सेकंड

इसका अर्थ है एक मीटर की दूरी तय करने के लिए $[1/(2 \times 10^8)]$ 5 or ns समय लेगा. अगर ओ.टी.डी.आर. 1.4 Ms टाइम डिले को मापता है, तो प्रकाश द्वारा तय की गई दूरी $[1.4 \times 10^{-6}]/(5 \times 10^{-9})$ = 280 मीटर

प्रकाश द्वारा तय की गई कुल दूरी 280 मीटर है और यह वहां और वापस There and back दूरी है. अतः फाइबर की लंबाई केवल 140 मीटर है. ओ.टी.डी.आर. द्वारा समंजन स्वतः किया जाता है और वह अंतिम परिणाम 140 मीटर प्रदर्शित करता है.

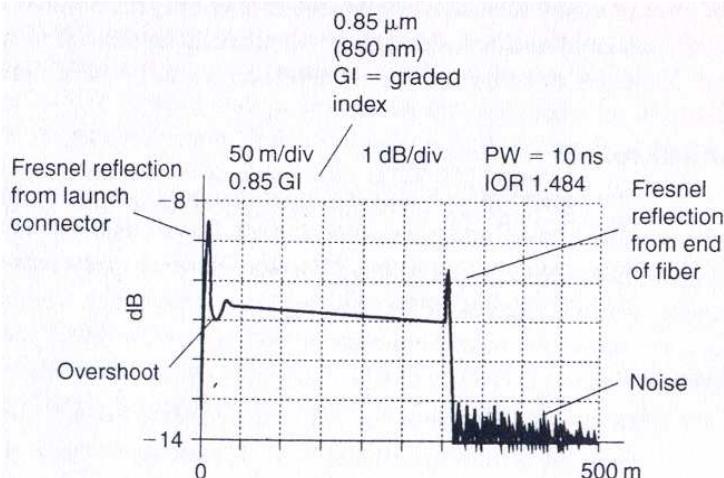
7.5.2 ओ.टी.डी.आर. से सरल मापन

लगभग 300 मीटर लंबाई का फाइबर ओ.टी.डी.आर. से जोड़े, जैसा कि चित्र 7.12 में दिखाया गया है.



चित्र 7.12 ओ.टी.डी.आर. से सरल मापन

परिणाम अर्थात् ओ.टी.डी.आर. स्क्रीन डिस्प्ले पर ट्रेस जैसा कि चित्र 7.13 में देखा जा सकता है.



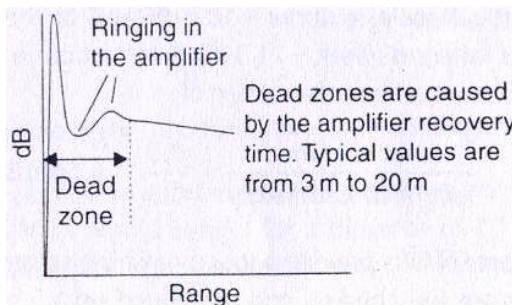
चित्र 7.13 300 मीटर फाइबर के लिए ओ.टी.डी.आर. ट्रेस

माप और प्रणाली जांच

जब भी प्रकाश फाइबर के विदारित सिरे (cleared end) से गुजरता है, फ्रेसनल परावर्तन होता है। यह फाइबर के दूरस्थ सिरे (far end) पर दिखाई देता है और **लॉन्च कनेक्टर** पर भी **दिखाई देता** है। वास्तव में सामान्यतः फाइबर के सिरे से फ्रेसनल परावर्तन (reflection) विदाहरण बिना (without cleaving) प्राप्त किया जाता है। सामान्यतः फाइबर तोड़ना ही काफ़ी होता है। लॉन्च कनेक्टर पर फ्रेसनल ओ.टी.डी.आर. के फ्रंट पैनल पर होता है। चूंकि इस बिन्दु पर 'लेसर पॉवर' उच्च होता है, परावर्तन भी उच्च होता है। इसका परिणाम अभिग्राही एम्प्लीफायर (receiver amplifier) के माध्यम से तुलनात्मक दृष्टि से उच्च स्पंद ऊर्जा (high pulse of energy) का गुजरना है। एम्प्लीफायर (amplifier) **आउट-पुट वोल्टेज** वास्तविक स्तर से ऊपर और नीचे झूलती है। रिसीवर सिग्नल स्तर के आकस्मिक परिवर्तन से संभालने के लिए कुछ ही 'नेनो-सेकंड' लेता है।

निष्क्रिय जोन (Dead Zones)

फ्रेसनल परावर्तन (reflection) और बाद के एम्प्लीफायर पूर्व स्थिति प्राप्ति समय (amplifier recovery time)) का परिणाम होता है कि थोड़े से समय के लिए आगे कोई इनपुट सिग्नल के प्रति एम्प्लीफायर (amplifier) की कोई अनुक्रिया नहीं होती। इस समयावधि को निष्क्रिय (dead) जोन कहा जाता है। कुछ हद तक यह तब होता है, जब सिग्नल एम्प्लीट्रूड में आकस्मिक परिवर्तन होता है। फाइबर के आरंभ पर जहां से सिग्नल 'लॉन्च' होता है, **लॉन्च डेड-जोन** और दूसरों को 'ईवेंट डेड-जोन' या 'डेड-जोन' कहा जाता है। (देखें चित्र 7.13 और 7.21)



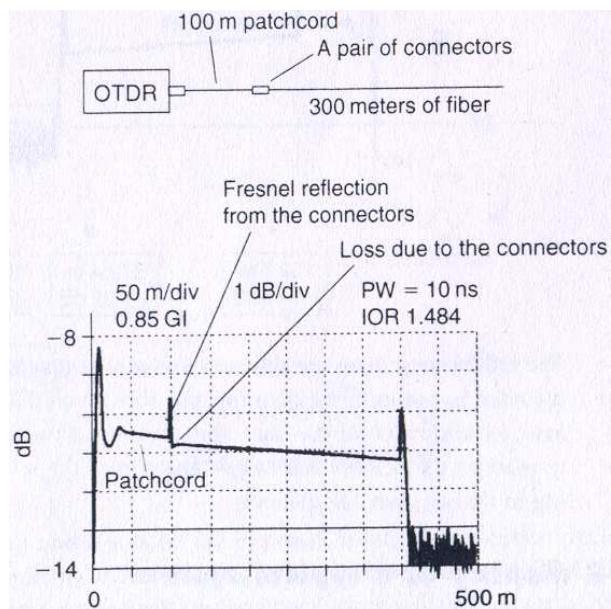
चित्र 7.13a निष्क्रिय जोन (चित्र 7.21 भी देखें)

लॉन्च निष्क्रिय (डैड) जोन का हल (Solution to the launch dead zone)

एक लॉन्च डैड जोन 20 मीटर या इसके लगभग दूरी घेरता है। इसका अर्थ है कि यदि 300 मीटर फाइबर की जांच का कार्य दिया जाता है तो हम उसमें से केवल 280 मीटर तक की ही जांच कर सकते हैं। अतः 300 मीटर फाइबर की जांच करने का हमारा प्रयोजन सिद्ध नहीं होता। इस समस्या का हल ओ.टी.डी.आर. और जांच किए जाने वाले फाइबर के बीच पैच कार्ड को उपयोग करना है।

यदि हम प्रणाली के आरंभ में 100 मीटर का पैच कार्ड जोड़ते हैं तो यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि जांच किए जाने वाले फाइबर पर पहुंचने से पहले सभी 'लॉन्च डैड जोन' समस्याएं हल हो गई हैं।

पैच कार्ड, **कनेक्टर** के माध्यम से मुख्य प्रणाली से जोड़ा जाता है, जो ओ.टी.डी.आर. पर छोटे से फ्रेसनल परावर्तन और पॉवर हानि के रूप में दिखाई देगा। पॉवर हानि का संकेत ओ.टी.डी.आर. ट्रेस पर पॉवर स्तर के आकस्मिक गिरने से मिलेगा।



चित्र 7.14 पैच कॉर्ड से डैड-जोन समस्या का समाधान हो जाता है

फाइबर लंबाई और तनुकरण

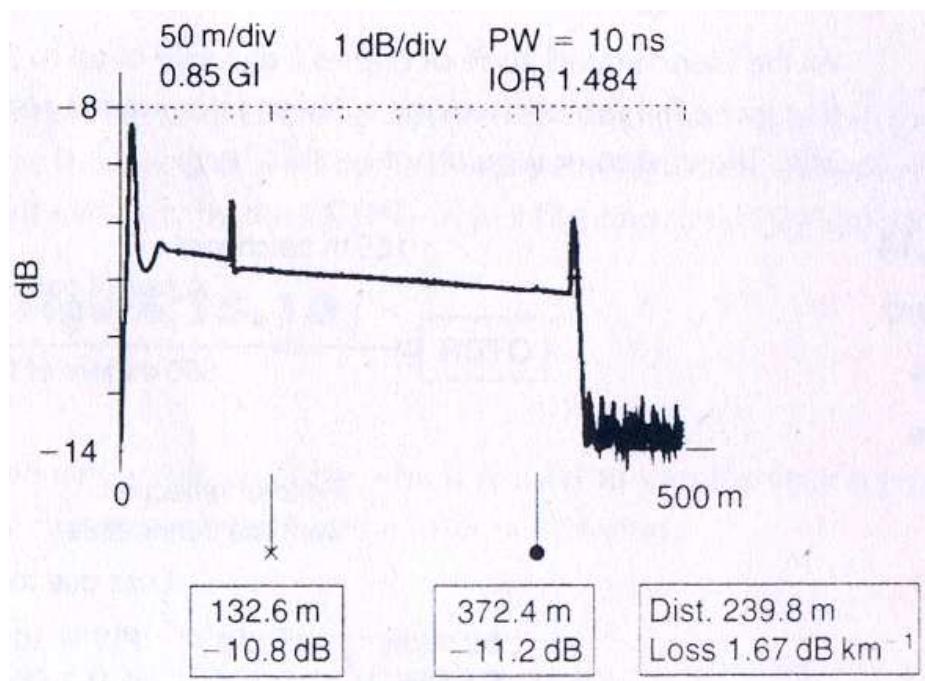
क्षैतिज (horizontal) स्केल पर फाइबर का सिरा 400 मीटर प्रतीत होता है. किन्तु पैच कार्ड के कारण 100 मीटर घटा देना चाहिए. इससे जांच किए जाने वाले फाइबर की लंबाई 300 मीटर प्राप्त होगी.

पैच कार्ड फ्रेसनल परावर्तन (reflection) के फौरन बाद वर्टिकल स्केल पर पॉवर स्तर लगभग -10.8 dB दिखाई देगा और 300 मीटर लंबाई की समाप्ति पर पॉवर गिरकर लगभग -11.3 dB हो जाता है. 300 मीटर की दूरी में पॉवर स्तर में 0.5 dB की कमी फाइबर तनुकरण (attenuation) दिखाती है.

$$= (\text{तनुकरण})/\text{लंबाई किलोमीटर में} = (0.5)/(0.3) = 1.66 \text{ dB प्रति किलोमीटर}$$

अधिकतम ओ.टी.डी.आर. में दो मार्करों का उपयोग करके हानि मापन प्रणाली (loss measuring system) की व्यवस्था की जाती है. दोनों मार्करों को स्विच ऑन करके फाइबर की ऐसी लंबाई पर स्थित किया जाता है, जिसमें कोई अन्य घटना जैसे संयोजक (कनेक्टर) या अन्य शामिल न हो जैसा कि चित्र 7.15 में दिखाया गया है.

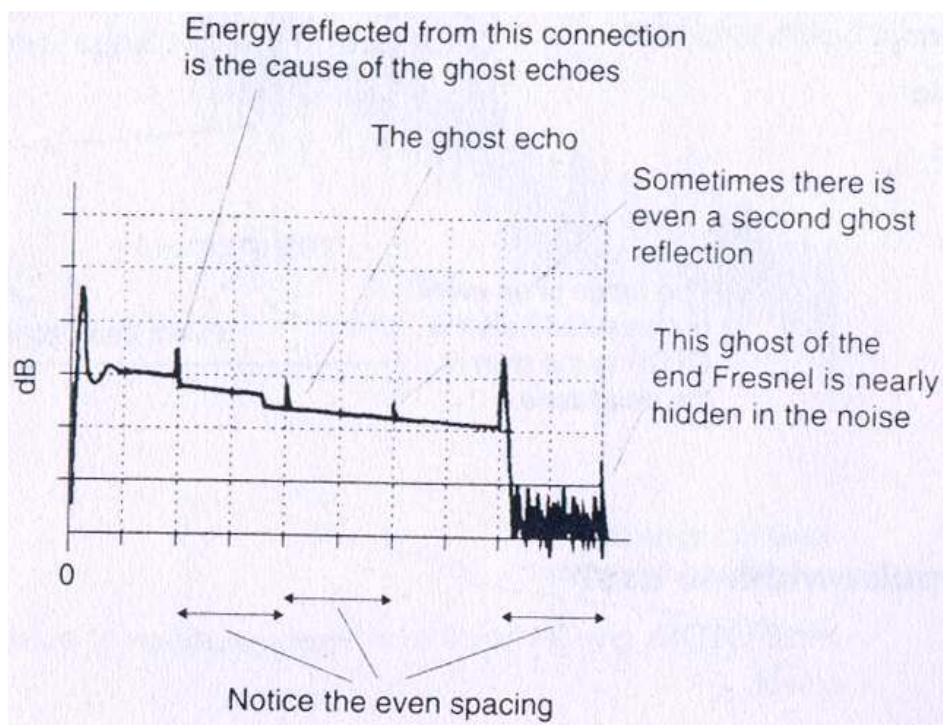
ओ.टी.डी.आर. तब दो स्थलों पर पॉवर स्तर का अंतर पढ़ता है और उनके बीच की दूरी बताता है. उपर्युक्त गणना करके फाइबर के लिए प्रति किलोमीटर हानि दर्शाता है. यह स्केल पर 'डेसीबल और रेज मान' डिस्प्ले पर पढ़ने और अपने आप गणना करने की अपेक्षा अधिक परिशुद्ध परिणाम उपलब्ध कराता है.



चित्र 7.15 हानि मापन के लिए दो मार्करों का उपयोग

आभासी प्रति ध्वनि (मिथ्या परावर्तन)

चित्र 7.16 में 100 मीटर रेंज पर पैच कार्ड के सिरे पर स्थित कनेक्टरों से कुछ लॉन्च एनर्जी परावर्तित होती है. यह प्रकाश लौटाकर ओ.टी.डी.आर. फ्रंट पैनल पर लॉन्च फाइबर के पॉलिश मुख पृष्ठ से टकराता है. इसमें से कुछ ऊर्जा फिर परावर्तित होकर फाइबर के साथ-साथ पुनः लॉन्च होती है. इससे पैच कार्ड के सिरे से मिथ्या (false) या आभासी (Ghost) संकेत मिलता है. साथ ही 200 मीटर रेंज पर फ्रेसनल परावर्तन (reflection) 500 मीटर पर फाइबर के लिए **मिथ्या सिरा** (false end) प्राप्त होता है.



चित्र 7.16 आभास

माप और प्रणाली जांच

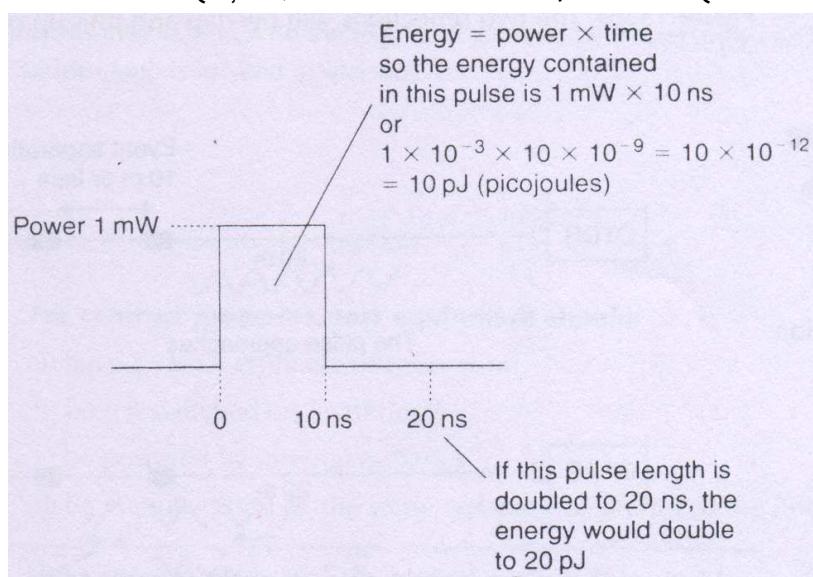
चूंकि पैच कॉर्ड के दोनों सिरों पर पॉलिश होती है सिद्धान्ततः यह संभव है कि प्रकाश फाइबर की इस लंबाई से आगे-पीछे पलटती है जिससे आभासी परावर्तन (Ghost reflection) की पूर्ण ऊर्जा होती है. चित्र 7.16 में दूसरा परावर्तन (reflection) 300 मीटर रेंज पर दिखाई देता है.

यह बहुत कम होता है कि आगे परावर्तन (reflection) दिखाई दें. हमने यह पहले देखा गया है कि आवक सिग्नल का फ्रेसनल परावर्तन (reflection) का अधिकतम प्रचुरता (maximum amplitude) 4% है, जो सामान्यतः बहुत कम है. एक क्षम के लिए यदि हम गणता को देखें और यह भी मान लें कि बदतर परावर्तन (worst reflection) प्रत्यावर्तित ऊर्जा (returned energy), 'लॉन्च' ऊर्जा की 4% या 0.04 होती है. पुनः लॉन्च ऊर्जा (relaunched energy) दूसरे परावर्तन के परिणाम 4% का 4% या 0.042 की होती है = $(0.0016) \times$ इनपुट ऊर्जा. यह दिखाता है कि आभासी परावर्तन (Ghost reflection) होने के लिए हमें बहुत सी एनपुट ऊर्जा की आवश्यकता होगी. दूसरे आभास (Ghost) के लिए और दो परावर्तनों (reflections) की आवश्यकता होगी, जिससे लॉन्च ऊर्जा (energy) का 0.00000256 का ही सिग्नल प्राप्त होगा. बाद के परावर्तन शीघ्र समाप्त (die out) हो जाते हैं.

आभासी परावर्तन (Ghost reflection) को **उनके** समान अंतराल से पहचाना जाता है. यदि हमें एक परावर्तन 387 मीटर और दूसरा 774 मीटर पर प्राप्त होता है, तब हमें आश्वर्यजनक संयोग या Ghost मिलेगा. आभासी परावर्तनों (Ghost reflections) में फ्रेसनल परावर्तन तो होता है, किंतु कोई हानि दिखाई नहीं देती. हानि सिग्नल वास्तव में बहुत ही कम ऊर्जा स्तर होता है, जो 'डिस्प्ले' पर दिखाई दे सके. यदि परावर्तन फाइबर सिरे के बाद ऊपर दिखाई दे तो वह एक **आभास** होगा.

परिवर्तनशील पल्स विड्थ के प्रभाव (Effects of changing pulse width)

अधिकतम रेंज, जिसे नापा जा सकता है, का निर्धारण लेसर प्रकाश के पल्स (pulse) के अंदर प्राप्त होने वाली ऊर्जा से किया जाता है. प्रकाश को फाइबर की पूरी लंबाई तक चलने, परावर्तित होने और ओ.टी.डी.आर. तक लौटने योग्य होना चाहिए और तब भी पृष्ठभूमि नायस (back ground noise) से अधिक प्रचुरता (larger amplitude) होनी चाहिए. अब स्पंद (pulse) में जो ऊर्जा होगी वह स्पंद (pulse) की लंबाई के अनुपात में होगी और इस प्रकार सर्वाधिक रेंज प्राप्त करने हेतु सबसे लंबी पल्स विड्थ का उपयोग किया जाना चाहिए, जैसा कि चित्र 7.17 में दिखाया गया है.

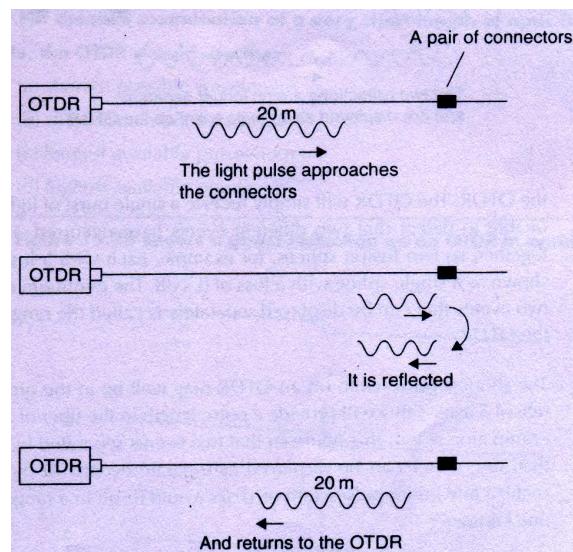


चित्र 7.17 अधिक लंबी पल्स में अधिक ऊर्जा होती है

माप और प्रणाली जांच

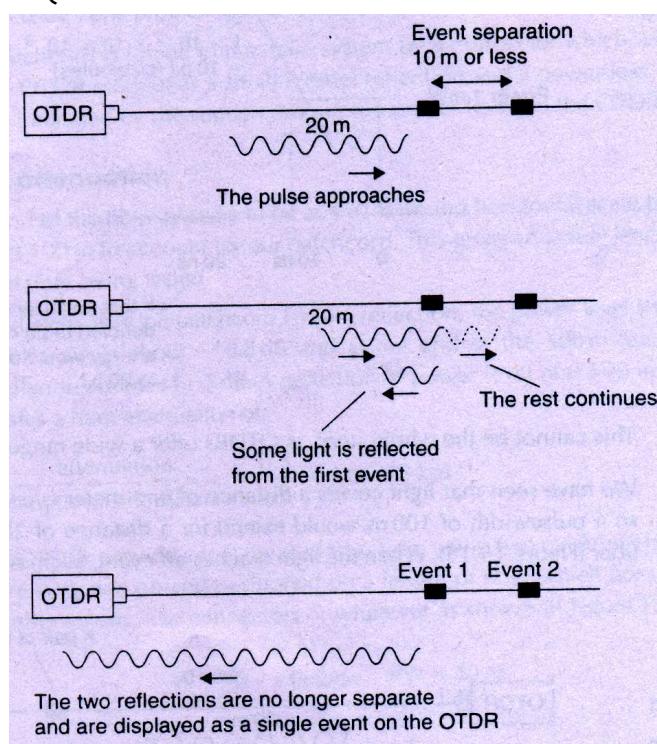
यह संपूर्ण कहानी नहीं हो सकती चूंकि ओटीडीआर. में पल्स विड्थ की विस्तृत 'रेंज' होती है.

हमने यह देखा है कि प्रकाश प्रति पांच 'नेनो सेकंड' में एक मीटर की दूरी तय करता है. अतः 100 नेनो सेकंड की पल्स विड्थ फाइबर के 20 मीटर की दूरी तय करेगी. (चित्र 7.18) जब प्रकाश किसी कनेक्टर जैसे किसी ईवेंट पर पहुंचता है, वहां परावर्तन होता और पॉवर लेवल में अकस्मात गिरावट आती है. परावर्तन निर्गम स्पंद (outgoing pulse) के पूरे 20 मीटर पर होता है. अतः ओटीडीआर. पर लौटते समय 20 मीटर परावर्तन (reflection) होता है. फाइबर प्रणाली का प्रत्येक 'ईवेंट' भी 20 मीटर पल्स को ओटीडीआर. की ओर वापस परावर्तित करेगा .



चित्र 7.18 100 μ s पल्स से 20 मीटर परावर्तन होता है

अब यह कल्पना कीजिए कि ऐसे दो 'ईवेंटों' के बीच 10 मीटर या कम दूरी का अंतराल है, जैसा कि चित्र 7.19 में दिखाया गया है.



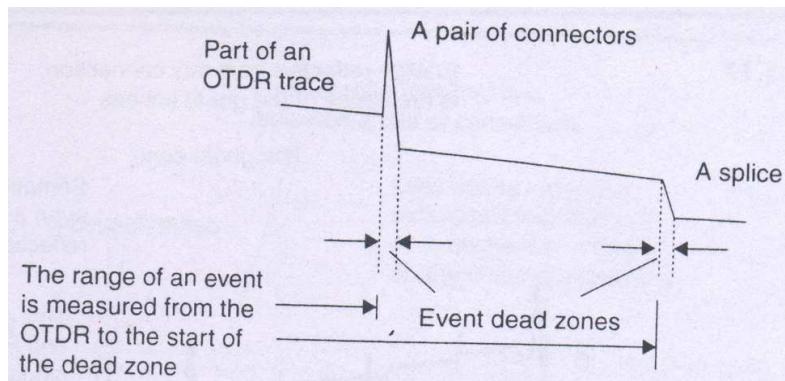
चित्र 7.19 पल्स लंबाई रेंज भेद निर्धारित करती है

माप और प्रणाली जांच

ओ.टी.डी.आर. केवल प्रकाश का सिग्नल प्रस्फोट ग्रहण करेगा और यह जान नहीं सकेगा कि दो अलग-अलग 'ईवेंट' हुए हैं। हानियां जुड़ जाएंगी। अतः दो फ्यूजन स्प्लाइस उदाहरणार्थ 0.2 dB की दो अलग-अलग हानि को 0.4 dB की एक ही स्प्लाइस के रूप में दिखाया जाएगा। दो 'ईवेंट' को अलग करने वाली न्यूनतम दूरी, जिसे अलग से प्रदर्शित किया जा सकता है। ओ.टी.डी.आर. का रेंज विभेद (discrimination) कहा जाता है।

ओ.टी.डी.आर. पर लघुतम (Shortest) पल्स विड्थ 10 नेनोसेकंड की हो सकती है। अतः 5 नेनोसेकंड प्रति मिनट की दर से यह 2 मीटर फाइबर में स्पंद लंबाई (pulse length) उपलब्ध कराएगी। रेंज विभेद इस संख्या का आधा होगा ताकि एक मीटर से अधिक की दूरी से अलग किए गए दो 'ईवेंट' अलग-अलग 'ईवेंटों' के रूप में प्रदर्शित किए जा सकें। स्केल के दूसरे सिरे पर 100 μs की अधिकतम पल्स विड्थ के परिणामस्वरूप 'रेंज डिस्क्रिमिनेशन' एक किलोमीटर होगा।

पल्स विड्थ परिवर्तन का दूसरा प्रभाव निष्क्रिय जोन (Dead Zones) पर होता है। पल्स में ऊर्जा बढ़ाने से दीर्घतर फ्रेसनल परावर्तन होगा। इसका अर्थ है कि एम्प्लीफायर (amplifier) संभालने में अधिक समय लेगा। अतः ईवेंट डैड जोन बड़े हो जाएंगे, जैसा कि चित्र 7.20 में दिखाया गया है।



चित्र 7.20 ईवेंट डैड जोन और दूरियां

पल्स विड्थ चयन

अधिकतर ओ.टी.डी.आर. कम से कम 5 मिन्न पल्स लंबाइयों की पल्स उपलब्ध करता है, जिसमें से चयन करना होता है।

'लो पल्स विड्थ' का अर्थ है 'ईवेंट्स' का अच्छा अलगाव किंतु पल्स में कम ऊर्जा होती है। 10 नेनो सेकंड की पल्स विड्थ एक किलोमीटर का अधिकतम रेंज उपलब्ध करा सकता है और इसमें रेंज डिस्क्रिमिनेशन एक मीटर का होता है।

पल्स का जितना अधिक विस्तार होगा रेंज की लंबाई उतनी अधिक होगी किंतु रेंज विभेद (discrimination) उतना ही खराब होगा। 1μs का पल्स विड्थ में 40 किलोमीटर का रेंज होगा, किन्तु 100 मीटर से निकट रहने वाले 'ईवेंट्स' को अलग नहीं कर सकती।

सामान्य मार्गदर्शन के रूप में लघुतम पल्स से अपेक्षित रेंज उपलब्ध होगा।

डायनमिक रेज

जब लॉन्च फ्रेसनल जैसा क्लोज रेज रिफ्लेक्शन होता है परावर्तित ऊर्जा (Reflecting Energy) बहुत अधिक नहीं होनी चाहिए। अन्यथा ओ.टी.डी.आर. ग्राही परिपथ (receiving circuit) क्षतिग्रस्त हो सकता है। जैसे-जैसे प्रकाश फाइबर के साथ चलता है, पॉवर स्तर घट जाता है और तब परावर्तन स्तर रव (noise) के समान ही होता है और आगे उनका उपयोग नहीं किया जा सकता।

इनपुट पॉवर के उच्चतम सुरक्षित मान (highest safe value) और न्यूनतम संसूचित पॉवर (minimum detectable power) के बीच के अंतर, ओ.टी.डी.आर. का डायनमिक रेज कहलाता है और पल्स विड्युत तथा फाइबर की हानि **उपस्कर** का उपयोगी रेज निर्धारित होता है। यदि ओ.टी.डी.आर. में 36 dB का डायनमिक रेज प्रदर्शित होता है वह 18 किलोमीटर लंबाई 2 dB प्रति किलो मीटर हानि के साथ या विकल्पतः 0.5 dB प्रति किलोमीटर हानि के साथ फाइबर की 72 किलोमीटर लंबाई या कोई अन्य संयोजन (combination) जो 36 dB में से गुणा किया जा सकता हो।

7.6 दोष निर्धारक

इन युक्तियों (devices) का उपयोग शीघ्रता और सरलता से दोषों का निर्धारण करने के लिए किया जाता है न कि प्रणाली का विस्तृत विश्लेषण उपलब्ध कराने के लिए। अतः नए संस्थापनों (new installation) की अपेक्षा मरम्मत परिवेश में मिलने की संभावना अधिक होती है।

इनके दो प्रकार हैं। पहला प्रकार सरल प्रकाश स्रोत जांच (**सिंपल लाइट सोर्स टेस्ट**) जैसा ही है।

इस युक्ति (device) से 670 nm पर चालित लेसर का उपयोग करते हुए, जो दृश्य लाल प्रकार है, 5 किलोमीटर तक सरल प्रकाश स्रोत से जांच की जा सकती है। यह 2 KHz 'टेस्ट टोन' भी उपलब्ध कराती है, जिसे जीवंत फाइबर संसूचकों (live fiber detection) द्वारा ग्रहण किया जा सकता है और इससे परीक्षणाधीन फाइबर को आसानी से पहचाना जा सकता है।

यदि निरंतरता (continuity) जांच असफल होती है, यह कभी-कभी हमें यह बता देता है कि भंग (break) कहां हुआ है। भंग (break) के स्थान पर प्रकाश बिखरा होता है। इससे यह माना जा सकता है कि लाल प्रकाश फाइबर के बाहरी आवरण (covering) को भेद सकता है।

अन्य युक्ति (device) सिद्धान्ततः ओ.टी.डी.आर. के समान ही होती है। इसे हाथ में पकड़ा जा सकता है और इसका परिचालन आंतरिक बैटरियों से होता है। यह **इन्फ्रा-रेड लाइट-पल्स**, फाइबर के साथ संप्रेषित करती है और 0.25 dB, 0.5dB या जो भी मान फ्रंट पैनल कंट्रोल पर चुना हो उससे अधिक किसी भी आकस्मिक हानि को सुनती (listen out) है। कम के ईवेंट उपेक्षित रहते हैं।

वास्तव में यह हमें ओ.टी.डी.आर. प्रकार का पूर्ण डिस्प्ले उपलब्ध नहीं कराती, लेकिन उसके बजाय परिणाम 'लिक्विड क्रिस्टल डिस्प्ले' पर दिखाया जाता है, जो फाइबर की पूरी लंबाई के साथ उन रेजों की सूची मात्र होती है, जहां हानि चुने गए (magnitude) से अधिक हुई है। इस सूचना और अपेक्षित मानों (values) की तुलना करने पर कोई भी विसंगति और कोई भी गंभीर **दोष** (serious fault) का पता सेकंडों में लगाया जा सकता है।

वस्तुनिष्ठ

1. सही परिणाम के लिए लाइट सोर्स का _____ प्रति घंटे में स्थिर होना जरूरी है, तभी टेस्ट के दौरान **सही जाँच** संभव है।
(क) 0.01df (ख) 0.001dB (ग) 0.1 dB (घ) 1.0 dB
2. लाइट **सोर्स** से लाइट आउट-पुट को _____ टोस्ट टोन **और कंटीन्युअस** वेव के बीच स्विच कर सकते हैं।
(क) 270 KHz या 2KHz या 10 KHz (ख) 270 Hz या 2 Hz या 10 Hz
(ग) 270 KHz या 2 MHz या 10 MHz (घ) 270 Hz या 2KHz या 10KMz
3. ऑप्टिकल पॉवर मीटर में ऑप्टिकल पॉवर डिसप्ले करने की सुविधा है।
(क) dBm या MW (ख) dBm मात्र (ग) MW मात्र (घ) dBm या PW
4. ऑप्टिकल फाइबर में लाइट सोर्स और पॉवर मीटर से हानि को मापा जा सकता है **(सही/गलत)**
5. ओ.टी.डी.आर., **बैक-स्कॉटरिंग आफ लाइट** सिद्धांत पर काम करता है **(सही/गलत)**
6. अच्छी गुणवत्ता वाली फ्यूजन स्प्लाइस को खोजना ओ.टी.डी.आर. में कम हानि के साथ मुश्किल है।
(सही/गलत)
7. ओ.टी.डी.आर. में फ्रेसनल रिफ्लेक्शन सही साबित करता है कि बहुत कमज़ोर फ्यूजन स्प्लाइस है।
(सही/गलत)
8. मैकानिकल स्प्लाइस की केस में फ्रेसनल रिफ्लेक्शन को इंडेक्स मैंचिंग जेल का इस्तेमाल कर बचाया जा सकता है।
(सही/गलत)

विषयनिष्ठ

1. लाइट सोर्स और पॉवर मीटर को देखें और टेक्निकल कार्मेंट लिखें।
2. ओ.टी.डी.आर. में एवरेजिंग टेक्नीक का महत्व लिखें।
3. डेड-जोन को लिखें, क्यों होता है? उसका उपाय क्या है।
4. ओ.टी.डी.आर. ट्रेस में फाल्स रिफ्लेक्शन को चित्र द्वारा विस्तार में समझायें।
5. लेसर लाइट में पल्स विड्थ में बदलाव के प्रभाव को लिखें।
6. ओ.टी.डी.आर. के डायनमिक रेंज को लिखें।
7. फाल्ट लोकेटर के बारे में लिखें।
8. इस अध्याय के बारे में सारांश में लिखें।

अध्याय 8

ऑप्टिकल स्रोत और डिटेक्टर

- 8.1 ऑप्टिकल स्रोतों का परिचय
 - 8.2 ऑप्टिकल स्रोत
 - 8.3 ऑप्टिकल संसूचकों (Detectors) का परिचय
 - 8.4 ऑप्टिकल डिटेक्टर
 - 8.5 मूल्यांकन

8.1 ऑप्टिकल स्रोतों का परिचय

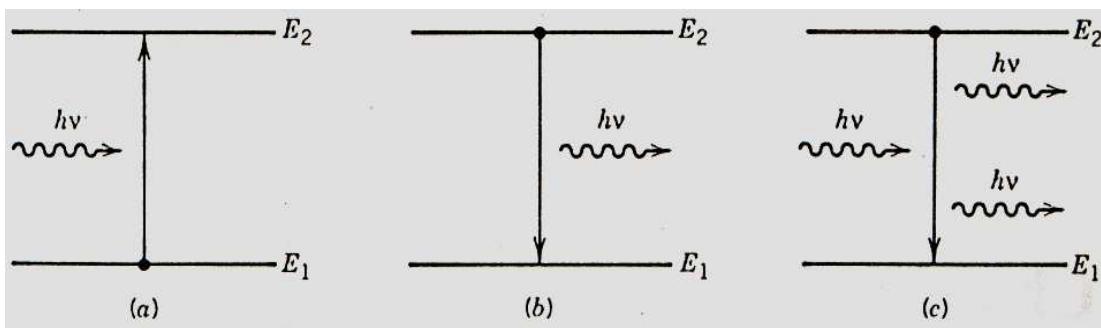
8.1.1 परिचय

ऑप्टिकल स्रोत, ऑप्टिकल ट्रांसमिरों का प्रमुख धटक है। फाइबर ऑप्टिक संचार प्रणालियों में बहुधा सेमी-कंडक्टर ऑप्टिकल स्रोत जैसे प्रकाश उत्सर्जक डायोड सेमी-कंडक्टर लेसर का उपयोग किया जाता है। इसके कछ लाभ हैं:

- आकार में सुसंहत (compact)
 - उच्च दक्षता (efficiency)
 - उत्तम विश्वसनीयता
 - सही वेव लैंथ रेज
 - फाइबर कोर आयामों (dimensions) के साथ संगत उत्सर्जन क्षेत्र
 - तलनात्मक रूप से उच्च फ्रीकवेंसी पर सीधी प्रतिस्पर्धा (direct emulation) की संभावना

8.1.2 प्रकाश उत्सर्जन तकनीक

सामान्य परिवेश में सभी **सामग्रियाँ** प्रकाश का अवशोषण (absorption) करती हैं। अवशोषण प्रक्रिया चित्र 8.1(a) देखकर समझी जा सकती है, जहाँ ऊर्जा स्तर E और E₂ अवशोषण माध्यम के परमाणुओं (atoms) क्रमशः बुनियादी स्थिति (ground state) और उत्प्रेरित स्थिति (excited state) हैं।



चित्र 8.1(क)

(ख) स्वतः उत्सर्जन

(ग) प्रेरित उत्सर्जन अवशोषण

यदि (V) फ्रीक्वेंसी को आपाती प्रकाश (incident Light) की फोटोन ऊर्जा (energy), ऊर्जा अंतर $E_g = E_2 - E_1$ के बराबर ही है, फोटोन का अवशोषण परमाणुओं द्वारा किया जाता है, जो उत्प्रेरित स्थित है। माध्यम में ऐसे कई अवशोषण होने के परिणामस्वरूप आपाती प्रकाश (incident light) का तन्नूकरण (attenuation) होता है।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

उत्प्रेरित परमाणु (excited items) अंततः अपनी सामान्य 'ग्राउंड' स्थिति में लौटते हैं और इस प्रक्रिया में प्रकाश उत्सर्जित करते हैं।

प्रकाश का **उत्सर्जन** दो मूल (fundamentals) प्रक्रियाओं द्वारा हो सकता है। वो हैं :

- **स्वतः उत्सर्जन (spontaneous emission)**

स्वतः उत्सर्जन (देखें चित्र 8.1(ख)) में फोटोन या **विभिन्न दिशाओं** में उत्सर्जित (emit) किए जाते हैं और उनमें कोई फेज संबंध नहीं होता। प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED) प्रकाश का उत्सर्जन स्वतः उत्सर्जन प्रक्रिया द्वारा करते हैं और असंबद्ध (incoherent) प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं।

- **प्रेरित उत्सर्जन (stimulated emission)**

प्रेरित उत्सर्जन (stimulated emission) (देखें चित्र 8.1ग) विद्यमान फोटोन द्वारा आरंभ किया जाता है। प्रेरित उत्सर्जन का उल्लेखनीय लक्षण है कि उत्सर्जित फोटोन न केवल ऊर्जा में मूल फोटोनों के समान होते हैं, बल्कि अन्य लक्षणों जैसे प्रसारण दिशा (Propagation direction) में भी समान होते हैं।

सभी लेसर प्रेरित उत्सर्जन (stimulated) की प्रक्रिया से ही प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं और संबद्ध प्रकाश (coherent Light) का उत्सर्जन करते हैं।

8.1.3 अर्ध चालक सामग्री (Semiconductor materials)

ऑप्टो इलेक्ट्रॉनिक युक्ति (devices) के लिए सामान्यतः निम्नलिखित सामग्री का उपयोग किया जाता है।

- **गेलियम - अल्युमिनियम - आर्सनाइड**

गेलियम - अल्युमिनियम - आर्सनाइड सामग्री 800 nm और 900 nm के बीच की वेवलैंथ के रेंज में प्रकाश उत्सर्जित करते हैं।

- **इंडियन- गेलियम - आर्सनाइड फोस्फाइड**

इंडियन- गेलियम - आर्सनाइड फोस्फाइड सामग्री 1000 nm से 600 nm के बीच की वेवलैंथ की रेंज में प्रकाश उत्सर्जन (emit light) कर सकती हैं। इन सामग्रियों को **कंपाउंड सेमी-कंडक्टर** कहते हैं।

इन **कंपाउंड सेमी-कंडक्टरों** का महत्वपूर्ण लक्षण हैं। उच्च इलेक्ट्रॉनिक **गतिशील** दक्षता (radiative efficiency)।

8.1.4 ऑप्टिकल स्रोतों की आवश्यकताएं

- **आउट-पुट वेवलैंथ**

उत्सर्जन वेवलैंथ को फाइबर के **न्यून** हानि क्षेत्र (low loss region) में रहना चाहिए। उत्पन्न प्रकाश यथा संभव लगभग **एक रंग** का होना चाहिए।

- **आउट-पुट पाँवर**

ऑप्टिकल उत्सर्जित पाँवर (optically emitted power) यथा संभव उच्च होना चाहिए। यह संक्षण तापन (heating) और निष्पादन अवनति (performance degradation) की रोकथाम के लिए उच्चतम परिवर्तन दक्षता (highest conversion efficiency) के साथ प्राप्त करने योग्य होना चाहिए।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

- **आउटपुट अनुदिशित्व (directivity)**

ऑप्टिकल आउट-पुट, प्रकाश आउट-पुट को फोकस करने के लिए उच्च दिशीय होना चाहिए ताकि उच्च स्रोत फाइबर युग्मन दक्षता (high source fiber coupling efficiency) प्राप्त की जा सके.

- **स्पेक्ट्रम चौड़ाई (spectrum width)**

ऑप्टिकल आउटपुट यथा संभव एकवर्णी (monochromatic) होना चाहिए ताकि फाइबर में विभिन्न वोर्गों से संचरण करने वाली विभिन्न वेवलैंथों के परिणामस्वरूप होने वाले प्रकीर्णन (dispersion) को कम किया जा सके.

- **रेखिकता (Linearity)**

रेखिक (linear) इनपुट-आउट-पुट प्राप्त करने के लिए सरल और सीधी मॉड्यूलेशन संभव होना चाहिए.

- **विश्वसनीयता (Reliability)**

इसे लंबा जीवन और उत्तम परिचालन स्थायित्व का होना चाहिए.

- **भौतिक आकार (physical size)**

छोटा और सुसंहत (compact) होने के साथ-साथ वाणिज्यिक रूप से उपलब्ध फाइबर व्यास (diameter) अनुकूल होना चाहिए.

- **लागत (Cost)**

स्रोत (source) लागत किफायती होनी चाहिए ताकि कुल ट्रांसमीटर लागत कम की जा सके.

ऑप्टिकल फाइबर से जोड़ा जाता है. उत्सर्जित प्रकाश सापेक्ष रूप से विस्तृत स्पेक्ट्रल विड्यू (30-0 nm) असंलग्न (incoherent) होती है और उसका सापेक्ष रूप से विस्तृत कोणीय विस्तार (large angular spread) होता है.

8.1.5 ऑप्टिकल सोर्स की दक्षता

- **इंटर्नल क्वांटम दक्षता (IQE)**

• जेनरेटेड प्रोटोन और पार करने वाली कैरियर के अनुपात को इंटर्नल क्वांटम दक्षता कहा जाता है. यह जंक्शन के बनावट पर निर्भर करता है, अशुद्धता किस किस्म की है, अशुद्धता के लेवल और **सेमी-कंडक्टर** के ऊपर निर्भर करता है.

- **बाहरी क्वांटम दक्षता (EGE)**

जंक्शन को पार करने वाली कैरियर और **फोटोन** के एमिट होने की संख्या का अनुपात को बाहरी क्वांटम दक्षता कहा जाता है.

• सेमी-कंडक्टर के **ऊपरी** सतह की तरफ आने वाली एमिटेड प्रकाश ही लाभ दायक है.

• सिर्फ वही प्रकाश जिसका इंसिडेंस कोण, क्रिटिकल कोण से कम हो वही प्रकाश बाहर आकर ऑप्टिकल फाइबर के साथ जुड़ता है.

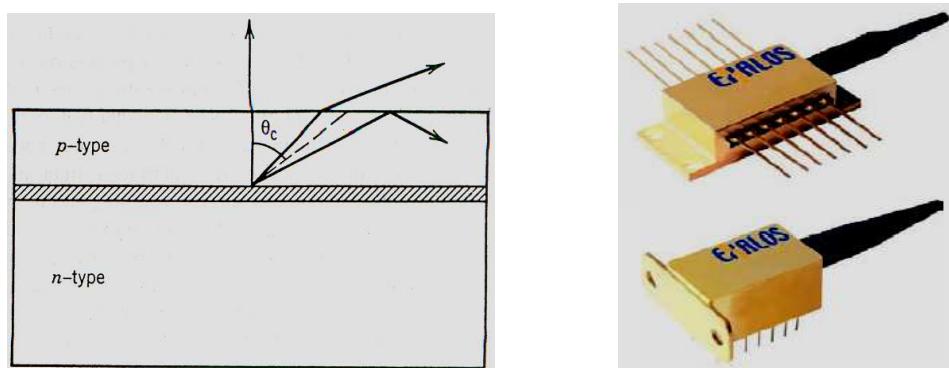
• प्रकाश, **सेमी-कंडक्टर ऊपरी** सतह से टकराकर रिफ्लेक्ट होती है.

• जेनरेशन पॉइंट और एमिटिंग सतह के बीच एबजार्ब होता है.

8.2 ऑप्टिकल सोर्सेस

- **लाईट एमिटिंग टेक्नीक LED में**

P-N जंक्शन में फारवर्ड बयास करने से प्रकाश उत्पन्न होता है, जिसे **इलेक्ट्रो-लुमिनेसेंस** कहते हैं, LED फारवर्ड बयास P-N जंक्शन है। **इलेक्ट्रॉन** के आपस में रिकम्बाइन होना होल पेयर के साथ जिससे उस क्षेत्र में प्रकाश उत्पन्न होता है। यह प्रकाश (Oc) कोण में प्रकाशित होता है, जो सेमी-कंडक्टर और एयर इंटरफेस के लिए मुश्किल कोण है, इसमें थोड़ा प्रकाश उपकरण से बाहर निकल कर ऑप्टिकल फाइबर से जुड़ सकता है।



चित्र 8.2 एलईडी के आउटपुट फेसेट पर कुल आंतरिक परावर्तन व बटरफ्लाई में एलईडी और

पॉवर धारा अभिलक्षण (Power Current Characteristic)

लाइट एमिटिंग डायोड (LEDs) का आउटपुट पॉवर 10 माइक्रोवॉट या कम होता है। यद्यपि आंतरिक पॉवर 10 मिली वॉट से आसानी से बढ़ सकता है। यह आंतरिक अवशोषण और **सेमी-कंडक्टर** एयर इंटरफेस पर कुल आंतरिक परावर्तन के कारण होता है। आंतरिक अवशोषण, हीट्रोस्ट्रक्चर LEDs का उपयोग करके टाला जा सकता है, जिसके सक्रिय परत (Active Layer) को घेरने वाला वेलिंग परत उत्पन्न विकीरण (Radiation) के लिए पारदर्शी होते हैं।

आगे और भी हानि होती है, जब उत्सर्जित प्रकाश ऑप्टिकल फाइबर से जुड़ता है। उत्सर्जित प्रकाश की असंलग्न (Incoherent) प्रकार के कारण LED लैंबरटियन (Lambertian) स्रोत के रूप में कार्य करता है। इस तथ्य की दृष्टि से कि ऑप्टिकल फाइबर के लिए **न्यूमरिकल अपर्चर** 0.1 से 0.3 के रेंज में होता है। उत्सर्जित पॉवर का कुछ प्रतिशत ही फाइबर में युग्मित (coupled) होता है।

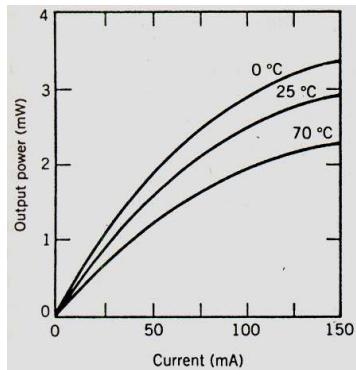
LED के निष्पादन का माप कुल प्रमात्रा दक्षता (Total quantum efficiency) है, जिसे अनुप्रयुक्त विद्युत पॉवर (applied electrical power) के अनुपात में उत्सर्जित ऑप्टिकल पॉवर के रूप में परिभाषित किया जाता है। कुल प्रमात्रा दक्षता को पॉवर परिवर्तन दक्षता (Power conversion efficiency) या **वॉल-प्लग** दक्षता (wall-plug efficiency) भी कहा जाता है, जो युक्ति (device) के समग्र निष्पादन का माप है।

क्रियात्मक अभिलक्षण (Responsivity characteristic)

LED के निष्पादन का विश्लेषण करने के लिए क्रियात्मक अभिलक्षण (Responsivity characteristic) का भी उपयोग किया जाता है। यह उत्सर्जित (emitted) धारा (current) का उपयोग है। विशिष्टमान (typical values) लगभग 0.01 वॉट/एम्पियर है।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

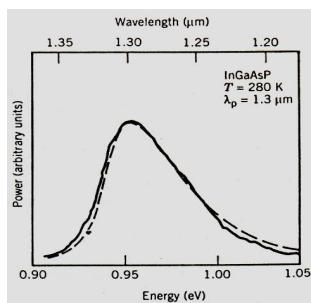
जब तक उत्सर्जित पॉवर और **करेंट** के बीच रैखिक संबंध (linear relation) बनाए रखा जाता है, तब तक क्रियात्मकता (Responsivity) स्थिर रहती है। रैखिक संबंध (linear relation) सीमित करेंट रेज पर ही बनाए रखा जा सकता है, यह 80 mA से **हाई करेंट** पर कम होता है, जिसका कारण है। P-1 वक्र (curve) की अरैखिकता (non-linearity), (देखें चित्र 8.3).



चित्र 8.3 विभिन्न तापमानों पर धारा वक्र

लाइट एमिटिंग डायोड स्पैक्ट्रम (LED Spectrum)

प्रकाश स्रोत का स्पैक्ट्रम (देखें चित्र 8.4) फाइबर प्रकीर्णन (dispersion) के माध्यम से ऑप्टिकल संचार प्रणाली के निष्पादन को प्रभावित करता है। जब ऑप्टिकल संचार प्रणाली में LEDs का उपयोग किया जाता है। लगभग 50 से 60 nm की बड़ी स्पैक्ट्रल चौड़ाई के कारण 'बिट' दर-दूरस्थ उत्पाद (distance product) फाइबर प्रकीर्णन के कारण काफ़ी सीमित हो जाता है। **लाइट एमिटिंग डायोड** (LED) 10-100 Mlits/सेकंड और कुछ किलोमीटर की ट्रांसमिशन दूरियों के लिए लोकल एरिया नेटवर्क अनुप्रयोगों के लिए उपर्युक्त होते हैं।



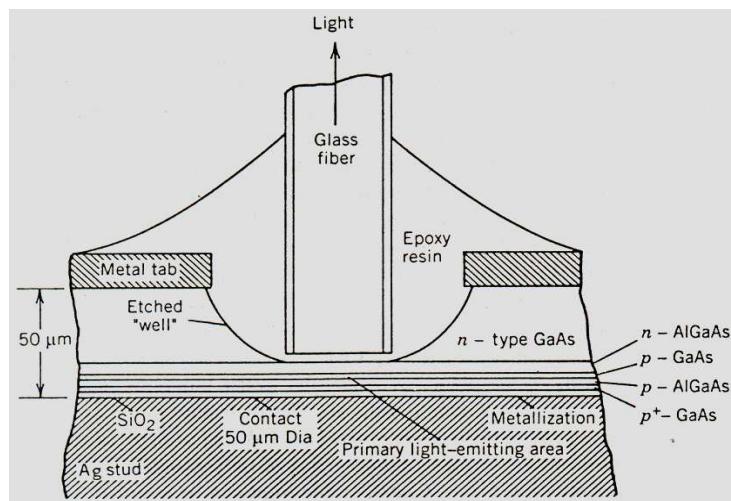
चित्र 8.4 1.3μm प्रकाश उत्सर्जक डायोड के लिए उत्सर्जित प्रकाश का स्पैक्ट्रम- बिन्दुकित रेखा सैद्धांतिक स्पैक्ट्रम

लाइट एमिटिंग डायोड का मॉड्युलेशन रिस्पॉन्स (Modulation Response of LEDs)

लाइट एमिटिंग डायोड का मॉड्युलेशन रिस्पॉन्स 'कैरियर डायानामिक्स' पर निर्भर होता है और कैरियर लाइफ टाइम द्वारा सीमित है। InGaAsP **लाइट एमिटिंग डायोड** में चार्ज कैरियर 2 से 5 ns के रेज में होता है। तदनुरूपी LED मॉड्युलेशन बैंडविड्थ 50 से 140 MHz के रेज में होता है।

लाइट एमिटिंग डायोड की संरचना (LED Structure)

प्रकाश उत्सर्जक डायोड संरचनाओं को सतह उत्सर्जक (surface-emitting) या सिरा-उत्सर्जक (edge-emitting) के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। यह इस पर आधारित होता है कि LED प्रकाश सतह से अर्थात् जंक्शन प्लेन के सामानांतर या जंक्शन क्षेत्र के सिरे से उत्सर्जित करता है। दोनों ही प्रकार के LED या तो P - n प्रकार की क्लैडिंग परतों से धिरा रहता है। हीट्रोस्ट्रक्चर डिज़ाइन से श्रेष्ठतर निष्पादन प्राप्त होता है, चूंकि यह उत्सर्जन क्षेत्र (emissive area) पर नियंत्रण उपलब्ध करवाता है और पारदर्शी क्लैडिंग परतों के कारण आंतरिक अवशोषण (internal absorption) उन्मूलन करता है।



चित्र 8.5 सतह उत्सर्जक लाइट एमिटिंग डायोड

युक्ति (device) उत्सर्जन क्षेत्र, छोटे से क्षेत्र तक सीमित होता है, जिसमें पार्श्विक आयाम (lateral dimension) की तुलना फाइबर कोर व्यास से की जा सकती है। स्वर्ण 'स्टड' के उपयोग से पिछली सतह (back surface) से पॉवर की हानि नहीं होती। 'वैल' उत्कीर्ण करने और फाइबर को उत्सर्जन क्षेत्र के निकट लाने से **कपलिंग** की दक्षता (coupling efficiency) में वृद्धि होती है।

फाइबर से युग्मित पॉवर कई पैरामीटरों पर आधारित होता है, जैसे फाइबर का न्युमरिकल अपर्चर और फाइबर तथा LED के बीच की दूरी। फाइबर के सिरे में बने **उकेरे हुये आकार** में एपोक्सी जोड़ने से बाह्य प्रमात्रा दक्षता (external quantum efficiency) में वृद्धि होती है चूंकि यह आपवर्तन सूचकांक बेमेल (Refractive index mismatch) में कमी होती है।

कई **सामान्य** डिज़ाइनों विद्यमान हैं, उनमें से एक पद्धति है, फाइबर में प्रकाश युग्मन (couple light) के लिए प्रयुक्त **उकेरे हुये आकार** के अन्दर निर्मित छोटा किया गया गोलाकार माइक्रोलेन्स (truncated spherical micro lens)। दूसरी डिज़ाइन में फाइबर सिरे को ही गोलाकार लैन्स का रूप दिया जाता है। उचित डिज़ाइन में फाइबर सिरे को ही गोलाकार लैन्स का रूप दिया जाता है। उचित डिज़ाइन के साथ सतह उत्सर्जक (surface emitting) LED, ऑप्टिकल फाइबर में आंतरिक उत्पादित पॉवर का 1% तक युग्मित (couple) कर सकते हैं।

सिरा उत्सर्जक (edge emitting) प्रकाश उत्सर्जक डायोड स्ट्राइप जियोमेट्री सेमी-कंडक्टर लेसर्स के लिए सामान्य रूप से प्रयुक्त डिज़ाइन का उपयोग करते हैं। वास्तव में, सेमी-कंडक्टर लेसर के आउटपुट फेसेट पर 'लैंसिंग एक्शन' को दबाने के लिए प्रति परावर्तन (anti reflection) परत लगाकर LED में परिवर्तित किया जाता है।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

न्यून संख्यात्मक छिद्र (Low numerical aperture) (0.3 से कम) होने पर भी फाइबर में पर्यास प्रकाश युग्मित (couple) किया जा सकता है। चूंकि उत्सर्जक सतह (Emitting facts) पर न्यूनीकृत अपसारिता (Reduced divergence) और उच्च दीसि (High Radiance) होता है। सिरा उत्सर्जक LED की मॉड्युलेशन बैंड विड्थ सतह उत्सर्जक (surface emitting) LED की तुलना में अधिक (लगभग) 200 MHz) होती है। चूंकि उसी अनुप्रयुक्ति करेंट पर (applied current) पर न्यूनीकृत 'कैरियर लाइफ टाइम' होता है।

8.2.2 सेमी-कंडक्टर लेसर (Semiconductor Lasers)

सेमी-कंडक्टर लेसर प्रेरित उत्सर्जन (stimulated emission) के माध्यम से प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं। स्वतः (spontaneous) और प्रेरित (stimulated) उत्सर्जन के बीच के नियादी अंतर के कारण यो उच्च पॉवर ($\sim 100\text{mw}$) और संलग्न (coherents) प्रकाश उत्सर्जन में सक्षम होते हैं। सिंगल 'मोड' फाइबर में LED की तुलना में संकीर्ण कोणादि विस्तार (narrow angular spreads) के आउटपुट बीम होने से उच्च युग्मन दक्षता (high coupling efficiency) ($\sim 50\%$) को सिंगल मेड में बदलती है। उत्सर्जित प्रकाश की संकीर्ण स्पेक्ट्रम विड्थ से उच्च बिट दर ($\sim 10\text{Gb/s}$) पर परिचालन अनुमत होता है।

सेमी-कंडक्टर लेसर, संक्षिप्त संयोजन समय (short recombination time) के साथ-साथ प्रेरित उत्सर्जन (stimulated emission) होने के कारण, सीधे उच्च फ्रीक्वेंसी (10 Ghz) तक मॉड्युलेटर किए जा सकते हैं। अधिकतर फाइबर ऑप्टिक संचार प्रणालियों में ऑप्टिकल स्रोत के रूप में **सेमी-कंडक्टर** लेसर का उपयोग किया जाता है। चूंकि उनका निष्पादन प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED) की तुलना में श्रेष्ठ होता है।

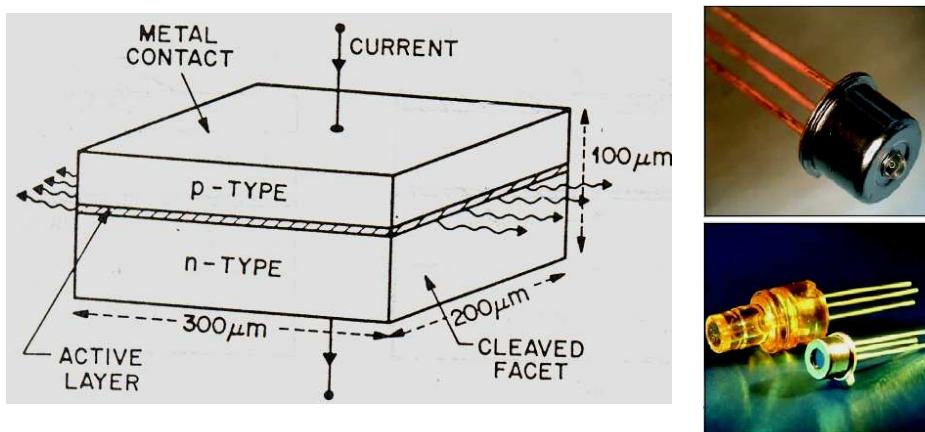
8.2.2.1 सीमांत धारा और उसका महत्व (Threshold current and its importance)

सीमांत धारा, (**Threshold current**) धारा का वह न्यूनतम मान है जिस पर लेसर प्रकाश का उत्सर्जन करता है। सीमांत को न्यूनतम होना चाहिए ताकि जंक्शन तापमानों को कम रखा जा सके, जिसके परिणामस्वरूप लेसर की विश्वसनीयता बढ़े और आवाज कम हो।

8.2.2.2 भौतिक संरचनाओं पर आधारित लेसरों का वर्गीकरण (Classification of Lasers based on physical structures)

ब्रॉड एरिया सेमी-कंडक्टर लेसर

सेमी-कंडक्टर की सरलतम संरचना में पतली सक्रिय परत (मोटाई: ~ 0.1 माइक्रोमीटर) की होती है, जो अन्य सेमी-कंडक्टर की P- प्रकार और n- प्रकार क्लैंडिंग परतों के बीच दबी होती है और इसका उच्च बैंड गैप होता है। परिणाम P-n हीट्रोजंक्शन धात्विक संपर्कों (metallic contacts) के माध्यम से आगे की ओर झुका रहता है। ऐसे लेसर ब्रॉड एरिया सेमी-कंडक्टर लेसर (देखें चित्र 8.6) कहलाते हैं, चूंकि करेंट तुलनात्मक रूप से विस्तृत क्षेत्र में, जिसके अंतर्गत लेसरचिप की संपूर्ण चोड़ाई (-100 माइक्रोमीटर) आ जाती है, निविष्ट (inject) किया जाता है। ऑप्टिकल फाइबर की भाँति ही मोडों की कुछ संख्या को जिन्हें ट्रांसवर्स 'मोड' कहा जाता है, यह सहायता प्रदान करता है। व्यवहार में सक्रिय परत (active layer) काफ़ी पतली (~ 0.1 माइक्रोमीटर) होती है, जो कि प्लानर वेवगाइड, सिंगल ट्रांसवर्स 'मोड' को सहायता देती है। तथापि जंक्शन प्लेन के समानान्तर पार्श्विक दिशा (lateral direction) में ऐसा प्रकाश परिरोध नहीं है।



चित्र 8.6 ब्रॉड एरिया सेमी-कंडक्टर लेसर

उत्पन्न प्रकाश (Light generated) लेसर की संपूर्ण चैडाई पर फैलता है। इसकी प्रमुख खमियां उच्च सीमांत धारा (high threshold current) और उच्च दीर्घवृत्ताकार आकाशीय स्वरूप (high elliptical spatial pattern) हैं, जो ऑप्टिकल संचार प्रणालियों को प्रभावित करते हैं। दीर्घवृत्ताकार स्वरूप को धारा के साथ अनियंत्रणीय प्रकार से परिवर्तित करते हैं। इन समस्याओं का हल पार्श्विक दिशा (Lateral direction) में प्रकाश परिसीमन (light confinement) यंत्र रचना लागू करके किया जा सकता है।

गेन गाइडेड सेमीकंडक्टर लेसर

प्रकाश परिसीमन (light confinement) समस्या सकरी पट्टी पर करेंट जंक्शन को सीमित करके हल किया जा सकता है। ऐसे लेसर स्ट्रिप जियोमेट्री सेमी-कंडक्टर लेसरों में दो स्ट्रिप जियोमेट्री लेसर संरचनाओं का उपयोग किया जाता है। वे हैं 'आक्साइड स्ट्रिप' और 'जंक्शन स्ट्रिप'। सीमांत धारा रेज लगभग 50 से 100 mA और प्रकाश का ऊत्सर्जन $\sim 1 \times 5 \mu\text{m}$ दीर्घवृत्ताकार स्थल (elliptical spot) के रूप में होता है। इसमें **असिवुधा** यह है कि स्थल आकार (spot sizes) का लेसर पॉवर वृद्धि पर स्थिर न रहना। इस प्रकार के लेसर **स्थिरता** की समस्या के कारण ऑप्टिकल संचार प्रणाली को प्रभावित करते हैं।

इंडेक्स गाइडेड सेमी-कंडक्टर लेसर

प्रकाश स्थल आकार (elliptic pattern Light spot sizes) की समस्या का समाधान पार्श्विक दिशा (lateral direction) में इंडेक्स स्ट्रिप को समाविष्ट करके किया जा सकता है, ताकि हीट्रोस्ट्रक्चर डिजाइन से बनी अनुप्रस्थ दिशा (transverse directions) वेवगाइड के अनुरूप ही वेवगाइड बने।

इन लेसरों को फिर 'रिज वेव गाइड' स्ट्रक्चर के साथ 'वीक इंडेक्स गाइडेड' और '**ऐच्ड मिसा बरीड हेट्रो स्ट्रक्चर**' के साथ 'स्ट्रॉन्ग इंडेक्स गाइडेड' के रूप में वर्गीकृत किया जाता है।

स्पॉट, दीर्घवृत्ताकार आकार (elliptical shape) का होता है, जिसका आयाम $2 \times \mu\text{m}^2$ होता है। इलेक्ट्रिकल स्पॉट साइज़ और बड़ा विचलन कोण (large divergence angle) अधिकतर ऑप्टिकल ट्रांसमिटरों के लिए युग्मन दक्षता (coupling efficiency) 30-50 % तक सीमित करते हैं। युग्मन दक्षता में सुधार के लिए स्पाट साइज़ कनवर्टर का उपयोग किया जाता है।

8.2.2.3 लॉगिट्यूडिनल 'मोड' का नियंत्रण

लेसर कई लॉगिट्यूडिनल मोड्स में एक साथ **ऑसिलेट** करते हैं, चूंकि FP (फ्रेब्री पेरोट) केविटी के निकटवर्ती मोड़ों के बीच कम प्राप्त (less gain) ($\sim 0.1 \text{ cm}^{-1}$) होता है। परिणामस्वरूप स्पेक्ट्रल विड्युथ (2.4लस), 1Ghp5 बिट दर पर $1.3\mu\text{m}$ के निकट परिचालित प्रकाश तरंग प्रणाली (Light Wave System) के लिए स्वीकार्य है। फिर भी उच्च बिट दर $1.55 \mu\text{m}$ के निकट परिचालन के लिए डिज़ाइन किए जाएं ताकि वे एकल लॉगिट्यूडिनल 'मोड' में प्रकाश का उत्सर्जन कर सकें।

SLM लेसरों के निष्पादन का वर्णन, कोड दमन अनुपात (mode suppression ratio) से किया जाता है, जो मेन 'मोड' पॉवर और थिप्रबलदिशा 'मोड' (most dominant side mode) के पॉवर का अपात है। 'मोड' दमन अनुपात (MSR) उत्तम SLM लेसर के लिए 1000 (या 30 dB) से अधिक होना चाहिए।

इस आवश्यकता से विभिन्न डिज़ाइन के लेन्सों का निर्माण किया जाता है। वे डिस्ट्रिब्यूटेड फीड बैक लेसर जो सेमी-कंडक्टर लेसर, ट्यूनेबल सेमी-कंडक्टर लेसर और वर्टीकल केवेटी सर्फेस एमिटिंग लेसर से युग्मित (coupled) होता है। इनका उपयोग विद्यमान वेवलैंथ डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग सिस्टम में किया जाता है।

8.2.2.4 लेसरों द्वारा उत्पन्न शोर (Noise generated by lasers)

^१ सापेक्ष प्रबलता शोर का प्रभाव Effect of Relative intensity noise

सेमी-कंडक्टर लेसर का आउटपुट प्रबलता (intensity) फेज और फ्रीक्वेंसी में उतार-चढ़ाव दर्शाता है। यह तब भी होता है जब न के बराबर करेंट के उतार-चढ़ाव के साथ लेसर के स्थिर करेंट की ओर झुकाव होने पर भी होता है। दो बुनियादी रव मैकेनिजम हैं। स्वतः प्रवर्तित उत्सर्जन (spontaneous emission) और इलेक्ट्रॉन-होल पुनर्संयोजन (recombination) सेमी-कंडक्टर सामग्री में **नॉइज़** (noise) स्वतः प्रवर्तित उत्सर्जित द्वारा हावी होता है। प्रत्येक स्वतः प्रवर्तित उत्सर्जित फोटोन स्थिर उत्सर्जन द्वारा स्थापित समनुगत क्षेत्र (coherent field) में एक लघु क्षेत्र घटक (small field component) फेज यादृच्छिक होता है, वृद्धि करते हैं। परिणाम स्वरूप एम्पलीट्यूड और फेज दोनों में यादृच्छिक (random) रूप से उतार-चढ़ाव (fluctuation) गहनता के परिणामस्वरूप सीमित सिगनल से रव अनुपात (signal to noise ratio) (SNR) होता है, जबकि फेज घट बढ़ने से सेमी-कंडक्टर लेसरों के स्थिर करेंट (constant current) पर परिचालित होने पर **सीमित** (finites) 'स्पेक्ट्रल विड्युथ' होती है। ऐसी उतार-चढ़ाव से ऑप्टिकल संचार प्रणालियां प्रभावित होती हैं।

'मोड' विभाजन रव का प्रभाव (Effect of Mode Partition noise)

लेसर के सिंगल लॉगिट्यूडिनल 'मोड' में दोलन (oscillate) करने के लिए माने जाते हैं, लेकिन एक या अधिक साइड 'मोड' भी विद्यमान रहते हैं। यद्यपि साइड मोड़ों को औसत पॉवर के आधार पर 20 dB से अधिक होने पर दबा दिया जाता है। तथापि उनकी उपस्थिति सापेक्ष प्रबलता रव (Relative intensity noise) (RIN) को प्रभावित करती है। विशेषतः मुख्य (Mains) और साइड 'मोड' में इस प्रकार उतार-चढ़ाव हो सकती है कि एकल 'मोड' दीर्घ गहनता **उतार-चढ़ाव** (large intensity fluctuation) प्रदर्शित करते हैं। इसे 'मोड' विभाजन रव (mode partition noise) (MPN) कहते हैं। यह मेन और साइड मोड़ों के बीच प्रति सह संबंध (anti correlation) के कारण होता है।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

फाइबर प्रकीर्णन (fiber dispersion) के अभाव में 'मोड' विभाजन रव (MPN) ऑप्टिकल संचार प्रणाली को प्रभावित नहीं करता चूंकि ट्रांसमिशन (Transmission) और संसूचन (Detection) सभी 'मोड' समकालिक (synchronize) होते हैं।

फिर भी वास्तव में सभी 'मोड' एक साथ रिसीवर पर नहीं पहुंचते चूंकि वे थोड़ी सी विभिन्न गतियों पर चलते हैं। ऐसा समकालिक न होना (non-synchronization) प्राप्त सिग्नल के न केवल सिग्नल से रव अनुपात (SNR) को कम करते हैं बल्कि अंतर प्रतीक हस्तक्षेप (inter signal interference) उत्पन्न करते हैं।

8.2.2.5 लेसर सुरक्षा (Laser safety)

विजीबल लाइट और इनफ्रा-रेड लाइट, आँखों को तुरंत स्थायी रूप से क्षति कर सकता है। छोटी वेवलैंथ से रेटिना को क्षति होती है और लंबी वेवलैंथ से 'कॉरोना' प्रभावित होता है। एक बार क्षतिग्रस्त होने पर चिकित्सा विज्ञान इसका कोई उपचार नहीं कर सकता। आँखों की दृश्यता की स्थायी हानि प्रकाश को एक सेकंड से कम देखने पर भी हो सकती है। हम देख भी नहीं सकते।

अतः यह अति महत्वपूर्ण है कि हम लेसर स्रोतों पर काम करते समय सावधानी बरतें। हमें कभी भी निम्नलिखित नहीं देखना चाहिए।

- जीवंत लेसर स्रोत
- अज्ञात प्रकाश स्रोत
- कोई भी फाइबर जब तक आप सुनिश्चित करें कि वह सुरक्षित है। आप अपने विश्वसनीय सहयोगियों से यह कहे जाने पर भी कि "मैंने अभी जांच की है और यह ठीक है" आप स्वयं जांच करें। हो सकता है वे किसी अन्य फाइबर के बारे में बात कर रहे हों या उन्होंने कोई गलती कर दी हो।
- उपकरणों (instruments) द्वारा प्रकाश के संकेंद्रण (concentrating) से सावधान रहें, जैसे कि यह विदलन (cleave) या संयोजक (connector) की सिरा स्थिति (end condition) की माइक्रोस्कोप से जांच करते समय हो सकता है।

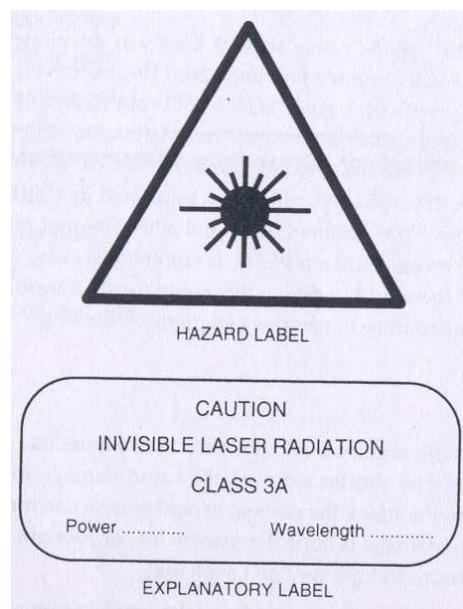
8.2.2.6 लेसर वर्गीकरण के अंतर्राष्ट्रीय मानक (International standards of Laser classification)

लेसर वर्गीकरण अंतर्राष्ट्रीय मानकों पर आधारित हैं, जिन्हें लेसर उत्पादकों की विकिरण सुरक्षा (Radiation safety of Laser Products), उपस्कर वर्गीकरण (equipment classification), आवश्यकताएं और उपयोक्ता मार्गदर्शिका (Requirements and users guide) कहा जाता है। प्रत्येक देश में अतिरिक्त राष्ट्रीय मानक लागू किए जाते हैं। यूरोपियन यूनियन में उन्हें EN 60825 के रूप में प्रकाशित किया जाता है या अधिक स्पष्ट रूप से

EN 60825-1 लेसर उत्पादकों की सुरक्षा भाग-I उपस्कर वर्गीकरण, आवश्यकताएं और उपयोक्ता मार्गदर्शिका।

EN 60825 -2 लेसर उत्पादकों की सुरक्षा भाग-2 ऑप्टिकल फाइबर संचार प्रणाली की सुरक्षा (ओ.एफ.सी.सी.)

IEC 60825 वर्गीकरण ने सुगम उत्सर्जन प्रकाश (Accessible Emission Light (AEL)) के आधार पर चार वर्गों का उपयोग किया है। प्रत्येक लेसर पर लेसर के वर्ग का चेतावनी लेबल लगा होना चाहिए जैसा कि चित्र 8.7 में दिखाया गया है।



चित्र 8.7 लेसर चेतावनी लेबल

लेसर का वर्गीकरण निर्धारित करना निर्माता का उत्तरदायित्व है। वे वेवलैंथ, आउटपुट पॉवर और **पल्सिंग** अभिलक्षणों को माप कर वर्गीकरण करते हैं।

IEC वर्गीकरण है

वर्ग 1	परिचालन की उचित रूप से पहले से देखी जाने वाली स्थितियों में सुरक्षित। कृपया ध्यान दें कि यहां यह नहीं कहा गया 'सभी स्थितियों में सुरक्षित'
वर्ग 2	दृश्य लेसर जिनका प्रकाश आउटपुट 400-700 nm के द्य स्पेक्ट्रम में होयह माना , जाता है कि टिमटिमाहट प्रतिक्रिया(Blink Reflex) से आँखें एक सेकंड से भी कम समय में बंद हो जाती हैं। अतः सुरक्षा उपलब्ध करती हैं। लंबी अवधि तक खुले रहने से क्षति हो सकती है।
वर्ग 3	उपकरणों की सहायता बिना दृश्य प्रकाश (visible Light) या अवरक्त प्रकाश (infra red) देखना सुरक्षित किंतु उपकरणों के साथ देखना संभवतः असुरक्षित।
वर्ग छ 3	सीधे देखना जोखिम भरा लेकिन परावर्तित (reflected) प्रकाश सामान्य ठीक O.K उपकरणों के साथ न देखें।
वर्ग 4	अत्यंत खतरनाक। परावर्तन भी खतरनाक और सीधा प्रकाश पुंज (beam) से आग लग सकती है या त्वचा (skin) को क्षति पहुंच सकती है।

नियंत्रण उपाय (Control Measures)

वर्ग 2,3 और 4 के लिए **अंतर्पाश चाबियां** (interlocks keys), लेसर 'ऑन' चेतावनी बत्ती, दूरवर्ती स्विचिंग (Remote switching), चलने के मार्ग (walk way) पर परावर्तनों की रोकथाम। सावधानियां स्थिति, लेसर पॉवर के उपयोग पर निर्भर होती हैं।

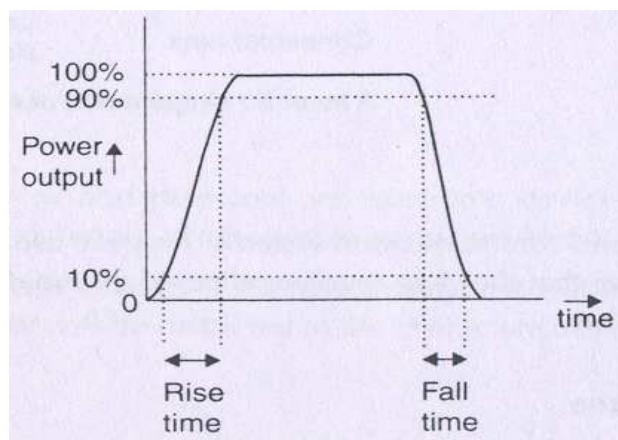
8.2.2.7 लेसर विशिष्टियाँ Laser Specifications

- वेवलैंथ

उद्धृत वेवलैंथ **सिर्फ़ एक** प्रतीकात्मक मान (Typical Value) है। अतः यदि हम 1320 nm विंडो का लेसर खरीदना चाहते हैं तो, जो हमें दिखाया जाएगा उस पर 1285 -1320 nm उद्धृत होगा और वास्तविक वेवलैंथ इन सीमाओं के बीच कहीं होगी। कभी-कभी यह बाजार में 1300 nm के रूप में उपलब्ध **रहता है**.

उत्थान और पतन समय (Rise and fall time)

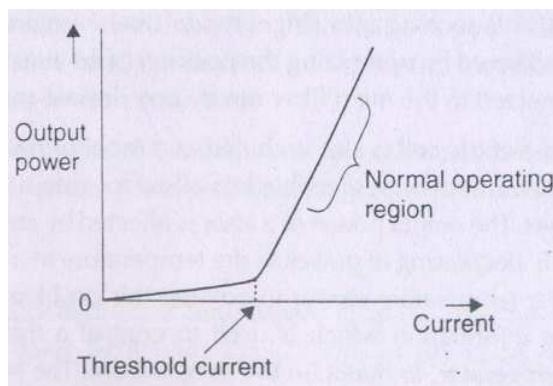
यह लेसर कितनी जल्दी स्विच ऑन या ऑफ किया जा सकता है, उसका माप है। अधिकतम आउटपुट लेवल का 10-90% (देखें चित्र 8.8) प्रतीकात्मक मान (0.3ns) है।



चित्र 8.8 उत्थान और पतन समय

सीमांत धारा (Threshold current)

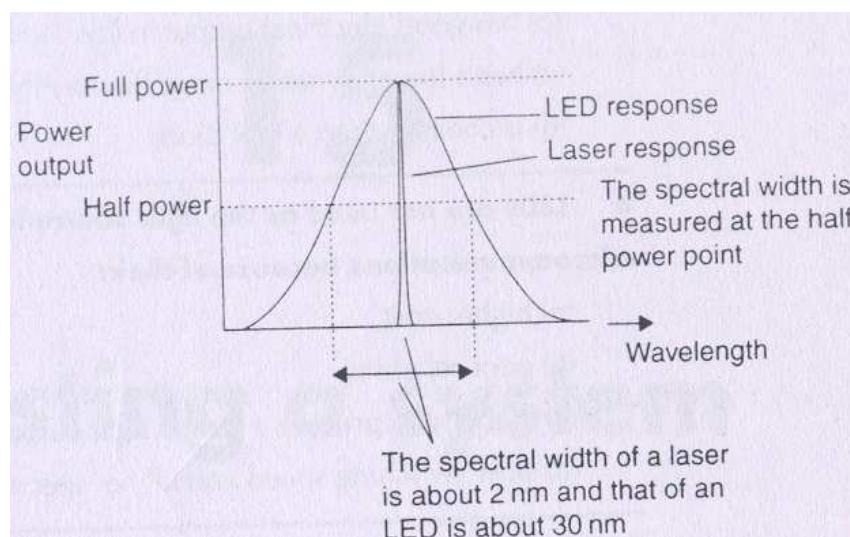
यह वह धारा है जिस पर लेसर परिचालित होता है (चित्र 8.9) प्रतीकात्मक मान (typical value) 50mA है और सामान्य परिचालन धारा 70 mA के लगभग होगा।



चित्र 8.9: प्रतीकात्मक मान

- स्पेक्ट्रल विड्थ

यह उत्सर्जित प्रकाश की बैंड विड्थ है। प्रतीकात्मक स्पेक्ट्रल विड्थ (देखें चित्र 8.10) 1 nm और 5 nm के बीच होती है। 1310 nm आउटपुट और 4 nm स्पेक्ट्रल विड्थ का लेसर 1308 nm और 1312 nm इनफ्रारेड लाइट का उत्सर्जन करेगा।



चित्र 8.10 प्रकाश उत्सर्जक डायोड और लेसरों की स्पेक्ट्रल विद्युत

- परिचालन तापमान Operating temperature

प्रतीकात्मक मान (typical value) -10^0 से से $+65$ से हैं। अतः ये फाइबर के तापमान से मेल खाते हैं। विल्टेज और करेंट

विशिष्टियों (specifications) में, ऑपरेटिंग वोल्टेज और मॉनिटर डिटेक्टर (Monitor detector), **कूलिंग** करेंट, थर्मिस्टर **रेजिस्ट्रेस** आदि की सूची दी जाती है।

यह मान उपस्कर डिज़ाइनर और इंजीनियरों के लिए बहुत **आवश्यक होता है**।

- आउटपुट पॉवर

आउटपुट पॉवर, **वॉट** या dBm में उद्धत किया जाता है।

8.3 ऑप्टिकल डिटेक्टर (Optical Detectors)

8.3.1 ऑप्टीकल संसूचकों का परिचय:

ऑप्टीकल रिसीवर का कार्य ऑप्टीकल सिग्नल को फिर से **इलेक्ट्रिकल** सिग्नल में बदलना और ऑप्टीकल फाइबर संचार प्रणाली के माध्यम से संप्रेषित डाटा प्राप्त करना है। इसका महत्वपूर्ण घटक, फोटो **डिटेक्टर** है, जो प्रकाश को फोटो इलेक्ट्रिक प्रभाव के माध्यम से विद्युत में परिवर्तित करता है। कुछ लाभ इस प्रकार हैं।

- उच्च संवेदनशीलता
- तीव्र अनुक्रिया
- धीमी आवाज
- कम लागत
- उच्च विश्वसनीयता

8.3.2 प्रकाश अवशेषण तकनीक:

फोटो डिटेक्शन प्रक्रिया का मुख्य साधन ऑप्टीकल अवशेषण है। यदि आपाती फोटोन की ऊर्जा बैंडगैप ऊर्जा से बढ़ जाती है तो सेमी-कंडक्टर द्वारा फोटोन अवशेषण के प्रत्येक समय एक इलेक्ट्रॉन होल जोड़ी उत्पन्न होती है। अनुप्रयुक्त वोल्टेज द्वारा स्थापित विद्युत क्षेत्र के प्रभाव के अंतर्गत सेमीकंडक्टर पर से इलेक्ट्रॉन और छिद्र गुजारने के परिणामस्वरूप विद्युत वोल्टेज करेंट प्रवाह होता है।

फोटो करेंट (I_p) आपाती ऑप्टीकल पॉवर (pin) के सीधे अनुपात में होता है।

$$I_p = R \cdot Pin \quad \text{जहां 'R' फोटो डिटेक्टर की अनुक्रियात्मकता है।}$$

8.3.3 ऑप्टीकल संसूचकों के महत्वपूर्ण अभिलक्षण:

- वेवलैंथ:

फोटो डिटेक्टर की वेवलैंथ इस बात पर निर्भर होती है कि सेमी कंडक्टर किस सामग्री से बना है।

- अनुक्रियात्मकता

यह फोटो करेंट और फोटो डिटेक्टर पर ऑप्टिकल पॉवर आयतन का अनुपात है। यूनिट है फोटो करेंट प्रति यूनिट ऑप्टिकल पॉवर इंसीडेन्ट (A/W)

इसकी गणना इस प्रकार की जा सकती है

$$R = n/e/nv \quad \text{जहां } n - \text{प्रमात्रा दक्षता, } e - \text{प्राथमिक आवेश, } nv - \text{फोटोन ऊर्जा}$$

- प्रमात्रा दक्षता (Quantum efficiency (n))

इसे फोटोन के खंड (Fraction) के रूप में परिभाजित किया जा सकता है, जो बाह्य फोटो करेंट को योगदान करते हैं। यह इलेक्ट्रॉन उत्पादन दर और फोटोन आयतन दर का अनुपात है। फोटो-डायोडकी प्रमात्रा दक्षता (Quantum efficiency) अत्यंत अधिक हो सकती है - कुछ मामलों में तो 95% से भी अधिक - किन्तु वेवलैंथ के साथ परिवर्तित होती है। उत्तम आंतरिक दक्षता के अलावा उत्तम प्रमात्रा दक्षता को परावर्तनों (reflections) के उत्तम दमन की आवश्यकता भी होती है।

उदाहरणार्थ : परावर्तन रोधी लेप (anti reflection coating)

- डार्क करेंट

डार्क करेंट वह **करेंट** है, जो फोटो डिटेक्टर में ऑप्टिकल सिग्नल की अनुपस्थित में उत्पन्न होता है। यह 'स्ट्रेलाइट' या ताप उत्पन्न इलेक्ट्रॉन होल जोड़ी से विकसित होता है। उत्तम फोटो डिटेक्टर के लिए 'डार्क करेंट' नगण्य होना चाहिए।

- उत्थान समय (Rise Time)

यह वह समय है, जिसमें धारा अपने अंतिम मान (Final Value) के 10 से 90% तक बढ़ती है, जब आपाती (Incident) ऑप्टिकल पॉवर अक्समात बदलता है। यह उत्थान समय (Rise Time) इलेक्ट्रॉन और छिद्रों (holes) द्वारा विद्युत संपर्कों पर यात्रा करने के समय पर निर्भर होता है। यह फोटो करेंट संसाधन के लिए अनुक्रिया समय पर भी निर्भर होता है। फोटो डिटेक्टर की वैंडविड्थ और अनुक्रिया (गति Vs संवेदनशीलता) के बीच हमेशा अदला-बदली होती है।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

■ बैंडविड्थ

गति, अर्थात् बैंडविड्थ जो उत्थान (Rise) और पतन (fall) समय से संबंधित है, बहुधा संधारण से प्रभावित होता है। **फोटो-डायोड** की गति (बैंडविड्थ) विद्युत पैरामीटरों संधारण और बाह्य प्रतिरोधक या उत्पादित वाहकों की सीमित गति जैसे आंतरिक प्रभावों द्वारा सीमित होती है।

कई दसों गीगार्हटज की उच्चतम बैंड-विड्थ सामान्यतः लघु सक्रिया क्षेत्रों (1 मिली मीटर से कम व्यास) के **तथा** छोटे अवशेषण आयतनों से प्राप्त किये जा सकते हैं। ऐसे लघु सक्रिय क्षेत्र अभी भी फाइबर युग्मित युक्तियों के लिए व्यवहार्य हैं, लेकिन वे प्राप्त फोटो-करेंट को, जो 1 mA या कम जो 2 mw के ऑप्टिकल पॉवर के अनुरूप होते हैं, सीमित रखते हैं। उच्चतर फोटोकरेंट वास्तव में 'शॉट नॉइज' और 'थर्मल नॉइज' के दमन के लिए वांछनीय हैं।

बड़े सक्रिय क्षेत्र (1 सेंटीमीटर से अधिक व्यास के) बड़े प्रकाश पुजों और अधिक उच्च फोटोकरेंट का संधारण (handing) अनुमत करते हैं किन्तु अधिक कम गति के मूल्य पर।

उच्च बैंडविड्थ (ten of GHz) और उच्च फोटोकरेंट (tens of ina) का संयोजन '**वेलॉसिटी मैच्ड फोटो डिटेक्टरों**' में प्राप्त किया जाता है। इनमें कई लघु क्षेत्र (small area) फोटो-डिटेक्टर होते हैं, जो ऑप्टिकल वेवगाइड से कमजोरी से युग्मित होते हैं और अपने फोटो-करेंट, साधारण RF वेवगाइड संरचना में पहुंचाते हैं।

8.3.4 अर्थचालक सामग्री Semiconductor materials

विशिष्ट फोटो-डायोड सामग्री हैं

सामग्री का नाम	परिचालन अधिलक्षण
सिलिकॉन (si)	निम्न डार्क करेंट, उच्च गति, उत्तम संवेदनशीलता लगभग 400 nm और 1000 nm के बीच (सर्वोत्तम 800-900nm के आसपास)
जर्मेनियम (Ge)	उच्च डार्क करेंट, दीर्घ परजीवी क्षमता के कारण धीमी गति, उत्तम संवेदनशीलता लगभग 600nm से 1800 nm के बीच (सर्वोत्तम 1400 से 1500 nm के आसपास)
इंडियम मेलियम आर्सनाइड (In GaAs)	मंहगे, निम्न डार्क करेंट, उच्च गति, उत्तम संवेदनशीलता लगभग 800 nm और 1900nm के बीच (सर्वोत्तम 1300-1600nm के आसपास)

8.3.1 फोटो डिटेक्टरों के प्रकार (Types of Photodetectors)

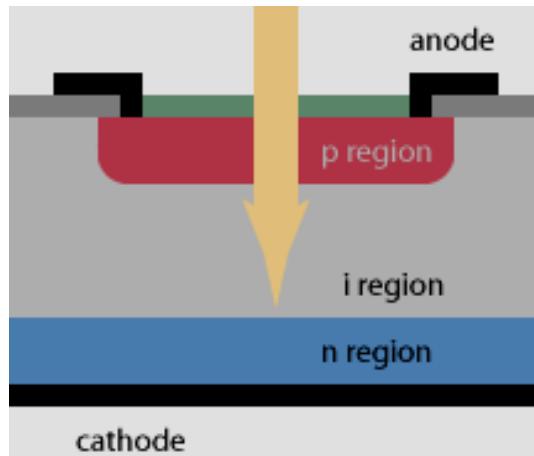
- P-i-n फोटो-डायोड
- एवलांची (avalanche) फोटो-डायोड
- मेटल - सेंमी कंडक्टर - मेटल (MSM)
- P-i-n फोटो-डायोड

p.i.n फोटो-डायोड PIN फोटो-डायोड भी कहलाता है। यह फोटो-डायोड आंतरिक (i) (.i.e undoped region) जो n - और p doped क्षेत्र के बीच होता है। अधिकतर फोटोन आंतरिक क्षेत्र में अवशोषित होते हैं और वहां उत्पन्न वाहक दक्षता से फोटोकरेंट को योगदान करते हैं। चित्र -1 में इलक्ट्रॉड काले रंग में

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

दिखाए गए हैं. कैथोड, चपटे (slat) इलक्ट्रॉड है वहीं एनोड वल्ड (ring) के आकार का होता है (जिसके दो सम्मुख भाग क्रॉस सेक्शन में दिखाए गए हैं) अभिनत वोल्टता का धन ध्रुव कैथोड से जोड़ा जाता है. p क्षेत्र के शीर्ष पर परावर्तनरोधी लेप (anti reflection coating) किया जाता है.

साधारण p - n **फोटो-डायोड** की तुलना में p-i-n फोटो-डायोड में कोटा अवक्षय क्षेत्र होता है, जिससे वाहकों को अधिक दक्षता से एकत्रित किया जा सकता है और इस प्रकार अधिक प्रमाण दक्षता प्राप्त होती है. इससे निम्न संधारण होता है और इस प्रकार उच्चतर संसूचन बैंडविड्थ प्राप्त होती है.



चित्र 8.11 क्षेत्रों सहित PIN डायोड

अधिकतर सर्वमान्य p-i-n डायोड सिलिकॉन पर आधारित होते हैं. वे संपूर्ण दृश्य में संवेदनशील होते हैं. 1mm के लगभग अवरक्व में भी. बड़ी वेवलैंथों में अवशेषण दक्षता और इस प्रकार अनुक्रियात्मकता (respooinity) तेजी से गिरती है. किन्तु इस कट-ऑफ के पैरामीटर i- क्षेत्र की मोटाई पर निर्भर होते हैं. -1.7 um तक की लंबी वेवलैंथों (या 2.6 um तक की विस्तारित स्पेक्ट्रल अनुक्रिया के लिए InGaAs p-i-n डायोड उपलब्ध हैं. यद्यपि उनका मूल्य काफी अधिक होता है. (विशेषत: बड़े सक्रिय क्षेत्रों के लिए. इनका विकल्प जर्मेनियम p-i-n डायोड हो सकते हैं.

तीव्रतम p-i-n फोटो-डायोड में दसियों GH2 की बैंडविड्थ होती है. उनके सक्रिय क्षेत्र का व्यास केवल कुछ सौ माइक्रोन होता है. उनमें से कुछ फाइबर - युग्मित रूप में उपलब्ध हैं और इनका उपयोग ऑप्टिकल फाइबर संचार में रिसीवरों के रूप में किया जाता है.

सिलिकॉन, जर्मेनियम, इंडियम गेलियम आर्सनाइड से बने p-i-n फोटो-डायोड के परिचालन अभिलक्षण पैरामीटरों को भली-भांति समझने के लिए नीचे सारणी में दिए गए हैं.

पैरामीटर	प्रतीक	यूनिट	सिलिकॉन	जर्मेनियम	इंडियम गेलियम आर्सनाइड
वेवलैंथ	λ	μm	0.4-1.1	0.8-1.8	1.0-1.7
अनुक्रिया	R	A/W	0.4-0.6	0.5-0.7	0.6-0.9
प्रमाण दक्षता	η	%	75.90	50-55	60-70
डार्क कर्रेंट	I_d	nA	1-10	50-500	1-20
उत्थान समय	T_r	ns	0.5-1	0.1-0.5	0.02-0.5
बैंडविड्थ	Δf	GHz	0.3-0.6	0.5-3	1-10
एकांगी वोल्टता	V_b	volts	50-100	6-10	5-6

ऑन्टिकल स्रोत और संसूचक

■ अवलांची (Avalanche) फोटो-डायोड

अवलांची फोटो-डायोड सेमीकंडक्टर आधारित फोटो डिटेक्टर (फोटो-डायोड) है, जो सापेक्षतः उच्च विपरीत वोल्टता (विशेषतः दसियों या सैकड़ों वोल्ट) के साथ परिचालित किए जाते हैं। कभी-कभी ब्रेकडाउन से ठीक नीचे। इस प्रणाली में वाहक इलक्ट्रॉन और छिद्र जो अवशेषित फोटोन द्वारा उत्प्रेरित होते हैं, मजबूत आंतरिक विद्युत क्षेत्र में त्वरण होते हैं ताकि वे द्वितीयक वाहक उत्पन्न कर सकें जैसा कि फोटो मल्टीप्लायर्स में भी होता है। अवलांची प्रक्रिया फोटोकरेंट को महत्वपूर्ण घटकों द्वारा प्रभावी रूप से प्रवर्धित करता है। इस प्रकार अवलांची फोटोडायोडों का उपयोग अतिसंवेदनशील संसूचकों में किया जा सकता है, जिसके लिए कम इलेक्ट्रॉनिक सिग्नल प्रवर्धन की आवश्यकता होती है और इस प्रकार ये इलेक्ट्रॉनिक रव (noise) के प्रति कम संवेदनशील होते हैं। पिछर भी अवलांची प्रक्रिया स्वयं प्रमात्रा रव (Quantum noise) और प्रवर्धन रव (amplification noise) के अधीन होती है, जो उल्लिखित सुविधा का प्रतिकार कर सकती है। उनका रव निष्पादन की बेहतर तुलना उच्च गति प्रणाली में साधारण p-i-n फोटोडायोडों से की जा सकती है, लेकिन निम्न संसूचन बैंडविड्थ के लिए सिलिकॉन आधारित अवलांची (फोटो-डायोड) 450 से 1000 nm वेवलैंथ क्षेत्र में संवेदनशील होते हैं, जिनकी अधिकतम अनुक्रिया 600-800nm अर्थात् सिलिकॉन p-i-n डायोडों की तुलना में कुछ छोटी वेवलैंथ पर होती है।

सिलिकॉन, जर्मेनियम, इंडियम गेलियम आर्सनाइड से बने अवलांची फोटोडायोडों के परिचालन अभिलक्षण पैरामीटरों को बेहतर समझने के परिचालन अभिलक्षण पैरामीटरों को बेहतर समझने के लिए नीचे सारणी में सूचीबद्ध किए हैं।

पैरामीटर	प्रतीक	यूनिट	सिलिकॉन	जर्मेनियम	इंडियम गेलियम आर्सनाइड
वेवलैंथ	λ	μm	0-4-1-1	0.8-1.8	1.0-1.7
अनुक्रिया	R_{APD}	A/W	80-130	3-30	5-20
APD प्राप्ति	M	--	100-500	50-200	10-40
K फैक्टर	k_A	--	0.02-0.05	0.7-1.0	0.5-0.7
डार्क करेंट	I_d	nA	0.1-1	50-500	1-7
उत्थान समय (Rise Time)	T_r	ns	0.1-2	0.5-0.8	0.1-0.5
बैंडविड्थ	Δf	GHz	0.2-1	0.4-0.7	1-10
अधिनियंत्रित वोल्टता (Bias Voltage)	V_b	volt	200-500	20-40	20-30

■ मेटल सेमी-कंडक्टर (MSM)

ये मेटल सेमी-कंडक्टर, संपर्कों पर आधारित फोटो डिटेक्टर युक्तियां (devices) हैं।

धातु अर्धचालक धातु (MSM) एक ऐसी फोटो डिटेक्टर युक्ति है, जिसमें दो संपर्क होते हैं अर्थात् **सेमी-कंडक्टर** सामग्री पर दो **मेटल इलेक्ट्रोड** होते हैं, जो फोटो-डायोड में पाए जाने वाले p-n जंक्शन के विपरीत हैं। परिचालन के दौरान इलेक्ट्रोड में कुछ **इलेक्ट्रिक वोल्टेज दिया जाता है**। जब प्रकाश इलेक्ट्रोड के बीच सेमी-कंडक्टर से टकराता है तब यह विद्युत-वाहक (इलेक्ट्रॉन और छिद्र) उत्पन्न करते हैं, जो विद्युत क्षेत्र द्वारा एकत्रित किए जाते हैं और फोटो करेंट पैदा कर सकते हैं।

ऑप्टिकल स्रोत और संसूचक

MSM डिटेक्टरों को फोटो-डायोडों की तुलना में तेज बनाया जा सकता है। उनकी संसूचन (detection) बैंडविड्थ सैकड़ों GHz तक पहुंच सकती हैं, जो उन्हें अति उच्च गति ऑप्टिकल फाइबर संचार प्रणाली के लिए उपयुक्त बनाते हैं।

8.3.2 ऑप्टिकल डिटेक्टर **विशिष्टियां** (optical detectors opecifications)

- वेवलैंथ :

इसका उल्लेख एक रेंज के रूप में उदाहरणार्थ 1000 nm से 1600 nm के रूप में या उस फ्रीक्वेंसी के रूप में किया जाता है जो उच्चतम आउट-पुट देता है। उदाहरणार्थ अधिकतम **पीक** वेवलैंथ है 850 nm.

- गतिक (Dynamic) रेंज या इनपुट ऑप्टिकल पॉवर

गतिक (Dynamic) रेंज न्यूनतम और अधिकतम इनपुट पॉवर का अनुपात है। इसे डेसीबल में उद्धृत किया जाता है उदाहरणार्थ : 21dB.

विशिष्ट इनपुट पॉवर वही सूचना है, जिसे 'वॉट्स' में व्यक्त किया जाता है उदाहरणार्थ **1μW** से **125μw**.

- अनुक्रियात्कर्ता (Responsivity)

यह माप है, जिससे यह मापा जाता है कि इनपुट प्रकाश के प्रत्येक वॉट के लिए कितना आउट-पुट करेंट प्राप्त होता है। उदाहरणार्थ : 0.8 A/W. इसका अर्थ है कि प्रत्येक बढ़ाए गए प्रकाश पॉवर के वॉट के लिए 0.8 एम्पीयर करेंट की वृद्धि होगी।

- अनुक्रियात्मक समय (Responsive Time)

यह उत्थान (Rise) और पतन (fall) समय है, जो डिटेक्टर की तीव्रतम स्विचिंग गति निर्धारित करता है। अतः अधिकतम संप्रेषा दर को सीमित करता है। उदाहरणार्थ t_r से t_f है 3.5 ns.

- बिट दर या डाटा दर या बैंडविड्थ

यह सभी आवक सिग्नलों की अनुक्रिया (respose) की अधिकतम गति के माप हैं और इनका निर्धारण अनुक्रिया समय (Responce Time) द्वारा किया जाता है।

वस्तुनिष्ठ:

1. गैलियम - अल्यूमिनियम - अर्सनाइड मेटेरियल और वेवलैंथ के बीच प्रकाश उत्पन्न करता है।
(a) 800-900nm (b) 800-900um (c) 800-900m (d) 800-900cm
2. इंडियम - गैलियम - अर्सनाइड - कास्फाईड मेटिरियस और वेवलैंथ के बीच प्रकाश उत्पन्न करता है।
(a) 1000-1600um (b) 1000-16000nm (c) 1000-1800 nm (d) 1200-1600nm
3. कम्पाउन्ड सेमी-कंडक्टर एलिमेंट **पीरियॉडिक टेबल** के विभिन्न कॉलम से बनते हैं।
(a) Group III or Group IV or Group V (b) Group III & V only (c) Group IV or V
(d) Group III & V and Group IV & V
4. बाहरी क्वाटम दक्षता हमेशा भीतरी क्वाटम दक्षता से होती है।
(a) ज्यादा (b) बराबर (c) कम
5. LED सोर्स लोकल नेटवर्क अपलिकेशन के लिए बिट रेट के साथ सही होता है।
(a) 10-100 bps (b) 10-100 kbps (c) 10-100 mbps (d) 10-100 G&ps
6. साधारणता एक LED ऑप्टीकल फाईबर में **इंटरनली जेनेरेटड पॉवर** के के साथ जुड़ता है।
7. लेसर सोर्स का नार्मल आपरेटिंग करेंट है।
(a) 70uA (b) 70 nA (c) 70 mA (d) 70A
8. लेसर **की** स्पेक्टरल **चौड़ाई** करीब होती है।
(a) 1-5 uM (b) 1-5 nm (c) 1-5mm (d) 1-5 m

विषयनिष्ठ:

1. दो मौलिक विधियां जिससे प्रकाश निकलती है, चित्र के साथ जानकारी दें और LED पर टिप्पणि लिखें।
2. चित्र 8.3 को देखें और अपना विचार रखें। जैसे विभिन्न तापक्रम पर पॉवर करेंट कर्वस ?
3. सेमी-कंडक्टर लेसर्स, LED की तुलना में अच्छी ऑप्टीकल सोर्स है, इसे साबित करें।
4. ऑप्टीकल सोर्स के साथ कार्य करते वक्त सुरक्षा का पालन जरूरी है, है तो क्यों ?
5. मुख्य सावधानियां समझायें।
6. राइज टाइम, फॉल टाइम और थ्रेशोल्ड करेंट की विशेषताएं लिखें।
7. कितने तरह के फोटो डिटेक्टर्स होते हैं, प्रत्येक पर टिप्पणी करें।
8. डार्क करेंट क्या होता है ? यह फोटो डिटेक्टर में कैसे जेनेरेट होता है?

अध्याय 9

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क घटक और अंतरापृष्ठ

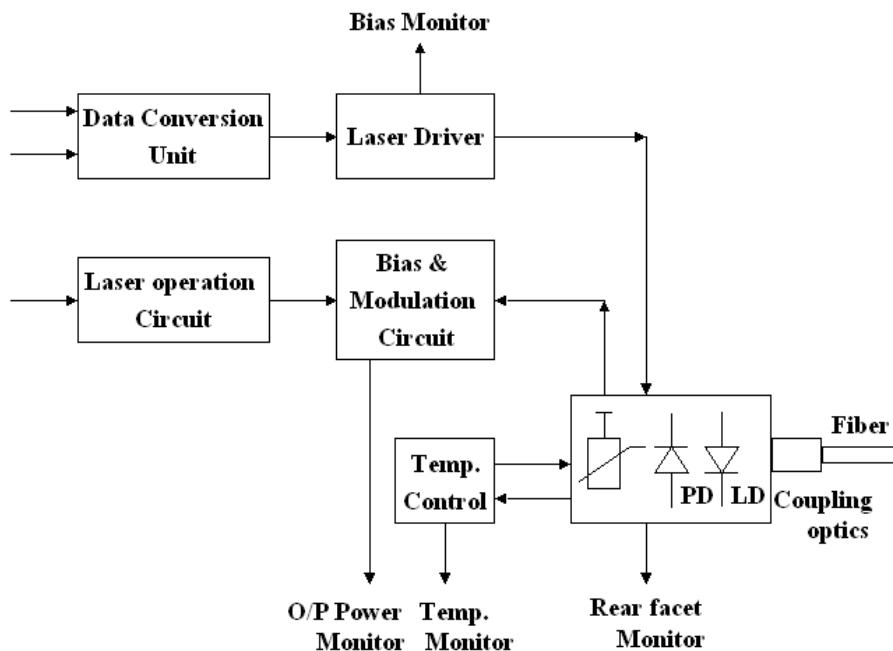
- 9.1 ऑप्टिकल **ट्रांसमीटर्स**
- 9.2 ऑप्टिकल **रिसीवर्स**
- 9.3 ऑप्टिकल **एम्प्लीफार्यर्स**
- 9.4 मल्टीप्लेक्सर
- 9.5 ऑप्टिकल स्विच
- 9.6 ऑप्टिकल रूटर
- 9.7 **ऐसिव फाइबर ऑप्टिकल घटक**
- 9.8 **एस.टी.एम.**उपस्कर के लिए ऑप्टिकल अंतरापृष्ठ
- 9.9 मूल्यांकन

9.1.1 ऑप्टिकल ट्रांसमीटर्स:

ऑप्टिकल **ट्रांसमीटर्स** में दो उपभाग होते हैं. वे प्रकाश स्रोत (प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED) और लेसर) तथा मॉड्यूलेटर हैं. हम कुछ क्षण स्रोतों को याद करें.

प्रकाश उत्सर्जक स्रोतों (LEDs) के विभिन्न प्रकार हैं. वे हैं सतह उत्सर्जक LED और कोर उत्सर्जक इसी प्रकार लेसर स्रोतों के भी दो प्रकार हैं. वे हैं फेब्री - पेरट और DEB.

ट्रांसमीटर के दो प्रकार हैं. वे हैं आंतरिक मॉड्यूलेटर्स या इंटेंसिटी मॉड्यूलेटर सहित ट्रांसमीटर्स. इनमें रेडियेटर पॉवर की तीव्रता अधिकतम और न्यूनतम मानों के बीच परिवर्तित होती है. आंतरिक मॉड्यूलेटर सहित ट्रांसमीटर्स और विभिन्न उप पुर्जों का ब्लॉक आरेख चित्र 9.1 में दिखाया गया है.



चित्र 9.1 आंतरिक मॉड्यूलेटर सहित ट्रांसमीटर्स का ब्लॉक आरेख

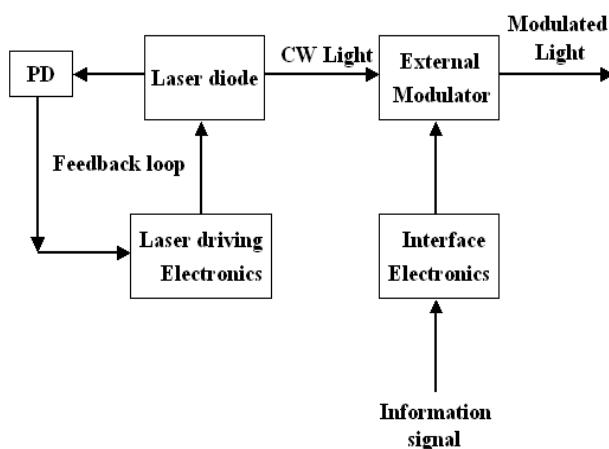
बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

आंतरिक मॉड्यूलेटर सहित ट्रांसमीटर्स का उपयोग निम्नलिखित असुविधाओं के कारण बहुत कम किया जाता है.

9.1.1. असुविधाएं :

बैंडविड्थ LD की रिलक्जेशन फ्रीक्वेंसी से प्रतिबंधित होती है. पल्स के अनुसार LD की **विकिरण** फ्रीक्वेंसी या **मॉड्यूलेटिंग** करेंट के तेजी से परिवर्तन के परिणाम स्वरूप पल्स विस्तार होती है. जिसे 'chirp' कहते हैं. यह उच्च गति सीमाओं को गंभीरता से सीमित करता है. अंततः उच्च चालन धारा जिसकी आवश्यकता लंबी दूरी ऑप्टिकल लिंक के फाइबर में उच्च पॉवर **भेजने में** होती है.

अन्य प्रकार का ट्रांसमीटर्स बाह्य मॉड्यूलेटर सहित होता है. इस प्रकार में लेसर डायोड निरंतर प्रकाश विकिरित करता है, जबकि पॉवर में परिवर्तन लेसर डायोड के बाहर होता है. (देखें चित्र 9.2)



चित्र 9.2 बाह्य मॉड्यूलेटर सहित ट्रांसमीटर्स के कार्यात्मक ब्लॉक

9.1.2 बाह्य मॉड्यूलेटर की सुविधाएं :

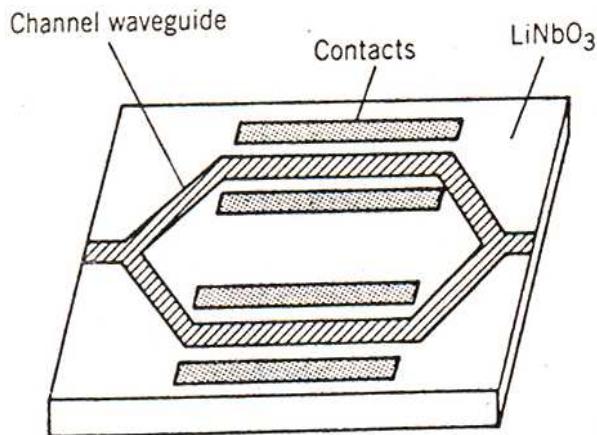
LD परिपथ पर मॉड्यूलेशन का अतिरिक्त कार्य नहीं डाला जाता. फोटो डायोड का उपयोग करने वाला फीडबैक लूप LD द्वारा विकिरित पॉवर का अति स्थिर स्तर उपलब्ध कराता है. इससे "chirp" टल जाता है.

दो प्रकार के बाह्य मॉड्यूलेटर होते हैं. वे हैं मैक-जैंडर बाह्य मॉड्यूलेटर और इलक्ट्रो एबसॉर्प्शन मॉड्यूलेटर (EA).

9.1.3 मैक जैंडर बाह्य मॉड्यूलेटर का परिचालन

ऑप्टिकल वेव-गाइड लिथ्यूमिनियोबेट का बना होता है और इसे LD और फाइबर के बीच डाला जाता है. LD से प्रकाश जब वेव-गाइड में प्रवेश करता है तब वह समान रूप से विभाजित हो जाती है. जब कोई मॉड्यूलेटिंग वोल्टेज प्रयुक्त नहीं की जाती तब प्रकाश पुंज के दोनों अर्धभाग समान होते हैं और रचनात्मक रूप से जु़ङते हैं.

लिथ्यूमिनियोबेट का अपवर्तन सूचकांक उसमें विद्युत वोल्टता अनुप्रयुक्त करने पर परिवर्तित होता है. जब **मॉड्यूलेटिंग वोल्टेज** एक प्रकाश पुंज फेज + 90° से **शिफ्ट** किया जाता है, तब (वेव-गाइड के उस भाग की RI के परिवर्तन के कारण) अन्य प्रकाश पुंज - 90° **शिफ्ट** होता है. व्यवहार में कोई भी वांछित **शिफ्ट** प्राप्त किया जा सकता है.



चित्र 9.3 एम डी एम मॉड्यूलेटर

9.1.4. MDM की असुविधाएँ

इन्सर्शन हानि लगभग 5dB है. यह उच्च पॉवर LD आउटपुट को मोड्यूलेटर से जोड़ती है. इसे ठीक से कार्य करने के लिए **y-फेड बैलेंस ब्रिज मॉड्यूलेटर** की आवश्यकता होती है.

9.1.5. इलेक्ट्रो एबसॉर्प्शन मॉड्यूलेटर:

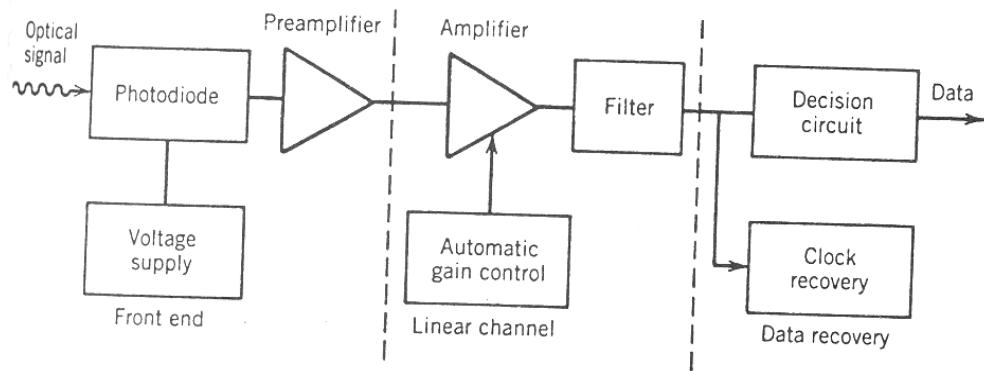
एक DBF लेसर निरंतर तरंग प्रकाश विकिरित करता है, जो सेमी-कंडक्टर सामग्री से निर्मित 'वेवगाइड' के माध्यम से पहुंचाया जाता है. जब कोई मॉड्यूलेशन **वोल्टेज प्रयुक्ति** नहीं किया जाता, वेव-गाइड पहुंचाए गए प्रकाश के लिए पारदर्शी होती है. चूंकि इसकी कट-ऑफ वेवलैंथ आपाती प्रकाश से कम होती है, जब मॉड्यूलेशन **वोल्टेज** प्रयुक्ति की जाती है, 'वेव-गाइड' की बैंड गैप ऊर्जा कम हो जाती है. (फ्रांज - केल्डिंश प्रभाव) ऐसा होने पर बैंड गैप ऊर्जा कम होती है, कट-ऑफ वेवलैंथ बढ़ती है और वेव-गाइड आपाती प्रकाश अवशोषित करती है.

9.1.6 इलेक्ट्रो अवशोषण माइयूलेटर की सुविधाएँ :

इस मॉड्यूलेटर DFB लेसर के रूप में 'सब स्ट्रेट' पर संरचित किया जाता है. इसका संधारण आसानी से किया जा सकता है क्योंकि ऑप्टिकली पॉवर आउटपुट odBm है. मॉड्यूलेटर ड्राइव **वोल्टेज** कम होता है (अर्थात् 2v). यह 10Gbps (STM-64) डाटा दर आसानी से संभाल सकती है. यह WDM **अनुप्रयोगों** के लिए बहुत उपयुक्त है.

9.2 ऑप्टिकल अभिग्राही :

डिजिटल ऑप्टिकल रिसीवर में तीन प्रमुख सेक्षण होते हैं. (देखें चित्र 9.4) तीन प्रमुख सेक्षण हैं अगला सिरा, लाइनर चैनल और **डिसीज़न** सर्किट.



चित्र 9.4 पुर्जों और सेक्षणों सहित डिजिटल ऑप्टिकल अभिग्राही

आइये हम रिसीवर के प्रत्येक प्रमुख सेक्षण के कार्यों की संक्षिप्त **चर्चा करें.**

9.2.1. अगला सिरा :

रिसीवर के अगले सिरे में फोटो-डायोड और उसके बाद पूर्व एम्प्लीफायर होता है। ऑप्टिकल सिग्नल को फोटो-डायोड पर जोड़ा जाता है। फोटो-डायोड ऑप्टिकल बिट स्ट्रीम को विद्युत समय परिवर्तनीय सिग्नल में बदल देता है। पूर्व एम्प्लीफायर का कार्य **इलेक्ट्रिकल सिग्नल** को आगे की प्रक्रिया के लिए प्रवर्धित करना है। अगले सिरे की डिज़ाइन में गति और संवेदनशीलता की अदला-बदली की आवश्यकता होती है।

9.2.2. लाइनर चैनल :

ऑप्टीकल रिसीवरों के लाइन चैनल में **हाई गेन** एम्प्लीफायर और लो पास **फिल्टर** होता है। अगले सिरे की सीमित बैंडविड्थ को सही करने के लिए एम्प्लीफायर से पहले समकारी जोड़ा जाता है। वोल्टता के औसत आउटपुट को नियत स्तर पर सीमित रखने के लिए, चाहे रिसीवर पर आपाती औसत ऑप्टिकल पॉवर कितना ही क्यों न हो, एम्प्लीफायर प्राप्ति स्वतः नियंत्रित किया जाता है।

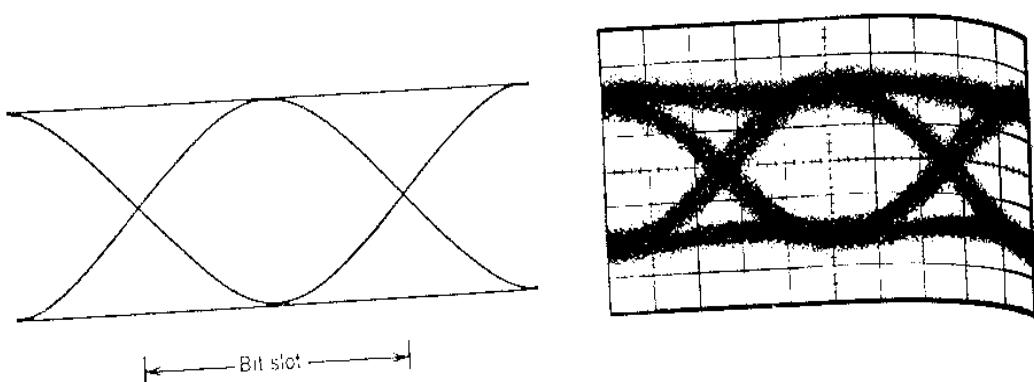
'लो पास फिल्टर' वोल्टेज पल्स को आकार देता है। इसका उद्देश्य आंतर प्रतीक अंतरापृष्ठ को लागू किए बिना रव (noise) कम करना है।

9.2.3. डिसीजन सर्किट :

ऑप्टीकल रिसीवर के डाटा रिकवरी सेक्षण में एक 'डिसीजन सर्किट' और एक क्लॉक रिकवरी सर्किट होता है। क्लॉक रिकवरी सर्किट का कार्य प्राप्त सिग्नल से फ्रीक्वेंसी के बिट दर LB के समान होने पर स्पेक्ट्रल घटक को पृथक करना है। यह पुर्जा बिट स्लॉट (T/B - 1/B) से संबंधित सूचना डिसीजन सर्किट को देता है और डिसीजन प्रक्रिया को समकालिक करने में सहायता करता है।

क्लॉक रिकवरी सर्किट द्वारा निर्धारित प्रतिचयन समय पर डिसीजन सर्किट लाइन चैनल की **थ्रेशोल्ड** लेवल से तुलना करता है और निर्णय करता है कि सिग्नल बिट¹ से संबंधित है या बिट⁰ से।

सर्वोत्तम प्रतिचयन समय उस स्थिति के अनुरूप होता है, जिसमें सिग्नल लेवल का अंतर ¹ और ⁰ बिट का अधिकतम होता है। यह 'आइ' डायग्राम द्वारा निर्धारित किया जाता है। (देखें चित्र 9.5) जो बिट स्ट्रीम में 2 - 3 बिट लंबे विद्युत अनुक्रम को परस्पर अधिरोपित करके किया जाता है। परिणामी पैटर्न अपने रूप के कारण आइ डायग्राम कहा जाता है।



चित्र 9.5 NRZ फार्मेट के लिए आदर्श और निम्नकृत 'आई पैटर्न'

'आई पैटर्न' से रिसीवर के निष्पादन पर निगरानी रखने की वृश्य रीति है। उपर्युक्त चित्र 9.5 में आदर्श 'आई पैटर्न' के साथ निम्नीकृत भी दर्शाया गया है, जिसमें रव और टाइमिंग जिटर से आंशिक रूप से ऑख बंद हो जाती है। सर्वोत्तम प्रतिचयन समय अधिकतम ऑख खुलने के अनुरूप होती है। ऑख बंद होने का संकेत है कि रिसीवर उचित रूप से काम नहीं कर रहा है।

किसी भी रिसीवर में रव के अंतर्निहित होने के कारण इसकी सीमित संभाव्यता होती है कि डिसीजन सर्किट द्वारा बिट को गलत पहचान की गई है। डिजिटल रिसीवरों को इस प्रकार डिज़ाइन किया जाता है कि उनके परिचालन में त्रुटि संभाव्यता काफी कम हो। (10^{-9} से कम).

9.3 ऑप्टिकल एम्प्लीफायर्स :

फाइबर, निष्क्रिय घटकों और विभिन्न पोर्टों के कारण ऑप्टिकल सिग्नल का **अटेन्यूएशन** होता है। सिग्नल शक्ति को रीजनरेटरों या ऑप्टिकल **एम्प्लीफायर** का उपयोग करके सुधारा जा सकता है। **अटेन्यूएशन** के कारण सीमाएं होती हैं कि फाइबर खंड कितनी देर तक संपूर्णता के सिग्नलों का प्रसारण रीजनरेशन से पहले करते हैं। ऑप्टिकल **एम्प्लीफायर** को आरंभ करने से पहले प्रत्येक संप्रेषित सिग्नल के लिए एक 'रिपीटर' की आवश्यकता होती थी। ऑप्टिकल **एम्प्लीफायर** ने सभी वेवलैंथ को तत्काल और ऑप्टिकल-विद्युत-ऑप्टिकल परिवर्तन के प्रवर्धित करना संभव बना दिया। ऑप्टिकल **एम्प्लीफायर** 'मल्टीप्लेक्सिंग' के बाद या 'डी मल्टीप्लेक्सिंग' से पहले, जो दोनों प्रणाली में हानि प्रदान कर सकते हैं, सिग्नल पाँवर बढ़ाने के लिए प्रयुक्त किए जा सकते हैं।

रीजनरेटर, बिट रेट और मॉड्यूलेशन फार्मेट के लिए विशिष्ट होते हैं। प्रणाली के उन्नयन के लिए 'रजिनरेटरों' को बदलने की आवश्यकता होती है। WDM की प्रत्येक वेवलैंथ के लिए अलग 'रजिनरेटर' की आवश्यकता होती है। यह 'जिटर' का भी स्रोत है। सुविधा यह है कि यह 'रीजनरेशन' के प्रत्येक स्तर पर रव का निराकरण करता है।

किन्तु ऑप्टिकल **एम्प्लीफायर** 'बिट रेट' और मॉड्यूलेशन फार्मेट से स्वतंत्र होते हैं। प्रणाली उन्नयन के लिए **एम्प्लीफायर** बदलने की आवश्यकता नहीं होती। इनमें बड़ी प्राप्ति और बैंडविड्थ होती है। अतः ये विभिन्न वेवलैंथों के एक साथ प्रवर्धित कर सकती हैं। यह 'जिटर' टालती है किन्तु सिग्नल में रव आरंभ कर देती है।

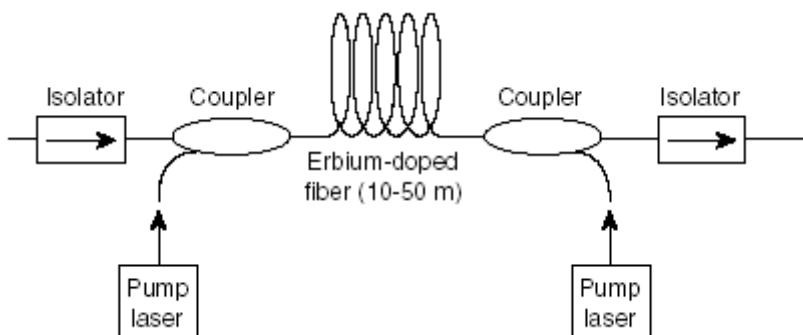
प्रवर्धकों को उनके संचालन सिद्धांत के आधार पर तीन विभिन्न प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है।

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

वे हैं 'एरबियम डोप्ड फाइबर एम्प्लीफायर', 'रमन एम्प्लीफायर' और सेमी-कंडक्टर ऑप्टिकल एम्प्लीफायर। **एरबियम डोप्ड फाइबर एम्प्लीफायर** की संक्षिप्त चर्चा की जा रही है क्योंकि इसमें अन्य दो प्रकारों की तुलना में अधिक सुविधाएं हैं।

9.3.1 एरबियम डोप्ड फाइबर एम्प्लीफायर :

एरबियम दुर्लभ-भूमि तत्व है, जो उत्प्रेरित करने पर लगभग 1.54 माइक्रोमीटर प्रकाश उत्सर्जित करता है - DWDM में प्रयुक्त ऑप्टिकल फाइबरों के लिए निम्न हानि वेवलैंथ, चित्र 9.6 EDFA का सरलीकृत आरेख दर्शाता है। एरबियम डोप्ड फाइबर में कमज़ोर सिग्नल प्रवेश करता है, जिसमें पम्प लेसर का उपयोग करके 980 nm या 1480nm प्रकाश निविष्ट किया जाता है। यह निविष्ट प्रकाश एरबियम अणुओं को उत्तेजित करता है ताकि वे एकत्रित ऊर्जा का अतिरिक्त 1550 nm प्रकाश के रूप में निर्मुक्त करें। ऐसे यह प्रक्रिया फाइबर पर चलती है, सिग्नल शक्तिशाली होता जाता है। EDFA में उत्सर्जन से सिग्नल में रव भी होता है। यह EDFA की रव आकृति निर्धारित करता है।



चित्र 9.6 एरबियम डोप्ड फाइबर एम्प्लीफायर डिजाइन

ऑप्टिकल एम्प्लीफायर के मुख्य निष्पादन पैरामीटर गेन, गेन फ्लैटनैस, **नॉइज-लेवल** और आउटपुट पॉवर हैं। EDFA विशिष्ट रूप से 30dB gain या अधिक और + 17dB या अधिक आउटपुट पॉवर के योग्य होते हैं। EDFA का चयन करते समय लक्ष्य पैरामीटर निम्न रव और फ्लैट गेन हैं। **रिसीवर गेन** सदैव समान होने चाहिए क्योंकि सभी सिग्नलों को समान रूप से प्रवर्धित किया जाना चाहिए। EDFA प्रौद्योगिकी के साथ उपलब्ध कराए गए 'गेन' सिग्नल वेवलैंथ पर **निर्भर** होते हैं। इसे गेन फ्लैटनिंग **फिल्टरों** से सुधारा जा सकता है। आधुनिक EDFA में ऐसे फिल्टर बहुधा बनाए जाते हैं। निम्न रव एक आवश्यकता है चूंकि रव सिग्नल के साथ प्रवर्धित किया जाता है। यह प्रभाव संचयी होता है और **फिल्टर** नहीं किया जा सकता। सिग्नल के साथ प्रवर्धित किया जाता है। चूंकि यह प्रभाव संचयी होता है और **फिल्टर** नहीं किया जा सकता। सिग्नल से रव अनुपात चरम सीमन घटक जो कि शृंखलाबद्ध किया जा सकता है। अतः सिग्नल फाबर लिंक व्यवहार में सिग्नल प्रवर्धकों के बीच 120 कि.मी. तक यात्रा कर सकती है। 600 से 1000 कि.मी. लंबी दूरियों के लिए सिग्नलों के लिए 'रजिनरेट' किया जाना चाहिए। क्योंकि यह ऑप्टिकल एम्प्लीफायर केवल सिग्नलों को प्रवर्चित करते हैं और 3R कार्य (**री-शेप**, **री-टाइम**, **री-ट्रांसमिट**) नहीं करते। EDFA 'C' बैंड और 'L' बैंड में उपलब्ध हैं।

ऑप्टिकल प्रवर्धकों को स्पष्टत: समझने के लिए EDFA प्रौद्योगिकी अभिलक्षणों पर आधारित विशिष्ट ऑप्टिकल एम्प्लीफायर (देखें। चित्र 9.7) की सूची नीचे दी गई है।



चित्र 9.6a ऑप्टिकली एम्प्लीफायर मॉड्यूल

EDFA, DWDM मॉडल विशेष रूप से सघन WDM ऑप्टिकल नेटवर्क अनुप्रयोगों के लिए डिज़ाइन और निर्मित किए गए हैं। C बैंड वेवलैंथ पर 16, 32 और 64 चैनलों उच्च पॉवर, उच्च गेन और निम्न रव प्रवर्धन होता है। इस वर्ग के अंतर्गत तीन उप प्रकार उपलब्ध कराए जाते हैं ताकि DWDM नेटवर्क के विभिन्न सेगमेंटों की प्रवर्धन आवश्यकताओं को पूरा किया जा सके।

प्रकार - 1 : इन लाइन एम्प्लीफायर - इसमें मध्यम इनपुट पॉवर, उच्च आउटपुट पॉवर, उच्च ऑप्टिकल गेन और निम्न रव लक्षण होते हैं। यह प्रकार मुख्य ऑप्टिकल लिंक पर दो नेटवर्क नोड के बीच ऑप्टिकल प्रवर्धन के लिए डिज़ाइन किए जाते हैं।

प्रकार - 2 : बूस्टर एम्प्लीफायर

इसकी विशेषताएं हैं उच्च इनपुट पॉवर, उच्च आउटपुट पॉवर, मध्यम ऑप्टिकल गेन। यह प्रकार उच्च समग्र इनपुट ऑप्टिकल पॉवर के प्रवर्धन के लिए डिज़ाइन किया गया है।

प्रकार - 3: टू-स्टेज एम्प्लीफायर

इसकी विशेषताएं हैं, मध्यम इनपुट पॉवर, उच्च आउटपुट पॉवर, उच्च ऑप्टिकल गेन और मध्यम स्तर डिज़ाइन मध्य स्तर में 11 dB तक हानि बर्दाश्त कर सकता है। मध्य स्तर में DCM ऑप्टिकल फिल्टर add/drop मॉड्यूल आदि का उपयोग संभव बनाती है।

लक्षण :

उत्तम गेन फ्लैटनैस, निम्न रव आकृति, व्यापक ऑपरेटिंग वेवलैंथ रेंज और उत्तम नेटवर्क नियंत्रण अंतरापृष्ठ।

■ **अनुप्रयोग :**

डिजिटल ऑप्टिकल संचार नेटवर्क DWDM नेटवर्क और उच्च पॉवर ऑप्टिकली प्रवर्धन।

9.3.2 विशिष्टियां

- साधारण विशिष्टियां

पैरामीटर	स्थिति	न्यूनतम	अधिकतम	यूनिट	टिप्पणी
परिचालन तापमान		-5	55	°C	
अधिकतम आवरण तापमान			70	°C	
परिचालन आर्द्रता	असंघननीद	5	90	%RH	
सिग्नल वेवलैंथ रेज	निर्वात	1529.55	1561.42	nm	
अस्थायी अनुक्रिया समय	6dB Add/Drop		100	μS	@<2μS प्रस्थान समय चरण कार्य @ मॉड्यूलेटेड फ्रीक्वेंसी 279HZ
अस्थायी अतिलंघन	6bd Add/Drop		± 1	dB	@<2μS उत्थान समय चरण कार्य @ मॉड्यूलेटेड फ्रीक्वेंसी=270Hz
इनपुट/आउटपुट रिटर्न हानि			-25	dB	चालू पम्पों से नापे गए और अन्य पोर्टों पर खराब आवरण परावर्तन
इनपुट/आउटपुट पम्प लीकेज			-25	dBm	
PDG			0.5	dB	संतृप्त स्थितियों में एम्प्लीफायर की बैंड-विड्थ पर ध्रुवीकरण की सभी स्थितियों में छोटे सिग्नल प्रोब द्वारा मापित
PMD			0.6	PS	वेवलैंथ स्वीप पद्धति

- इन लाइन एम्प्लीफायर

पैरामीटर	स्थिति	न्यूनतम	अधिकतम	यूनिट	टिप्पणी
रेटेंडगेन	22	25	28	dB	
इनपुट सिग्नल पॉवर (Pइन)	-19 -22		0 -3	dBm dBm	@ गेन = 22dB @ गेन = 25dB
कुल आउटपुट पॉवर (pआउट)		22	22.3	dBm	@ गेन रेज 22dB से 28dB APC "मोड" पर आउटपुट पॉवर को सेट किया जा सकता है और उत्तम प्रकार से कार्य करता है। वास्तविक गेन रेज 22~28 dB
रव परीक्षण		5.5	6.0	dB	@ Pin=(-25~0dBm)

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

एम्प्लीफायर गेन रिप्लि	-	1.0	2.0	dB	@ गेन रेंज 22dB से 28dB @ -5~55°C
आउटपुट पॉवर स्थायित्व	-0.15		0.15	dB	-25dBm <Pin<0dBm
तापमान पर आउटपुट पॉवर स्थायित्व	-0.35		0.35	dB	-25dBm <Pin<0dBm

पॉवर बूस्टर एम्प्लीफायर

पैरामीटर	स्थिति	न्यूनतम	अधिकतम	यूनिट	टिप्पणी
रेटेङ	14	17	20	dB	
इनपुट सिग्नल पॉवर	-11 -14 -17		8 5 2	dBm dBm dBm	@ गेन =14dB @ गेन =17dB @ मेन =20dB
कुल आउटपुट पॉवर		22	22.3	dBm	@ 14dB से 20dB गेन रेंज @ APC "मोड" पर आउटपुट पॉवर को सेट किया जा सकता है और वास्तविक गेन रेंज 14~20dB पर अच्छी प्रकार कार्य कर सकता है.
रव परिमाण		6.5	9	dB	@ Pin=-17~8dBm
एम्प्लीफायर गेन रिप्लि		1.0	2.0	dB	@ गेन रेंज 14dB 20dB @ -5~55°C
आउटपुट पॉवर स्थायित्व	-0.15		0.15	dB	-17 dBm <Pin<2dBm
तापमान पर आउटपुट पॉवर स्थायित्व	-0.35		0.35	dB	-17 dBm <Pin<2dBm

टू-स्टेज एम्प्लीफायर

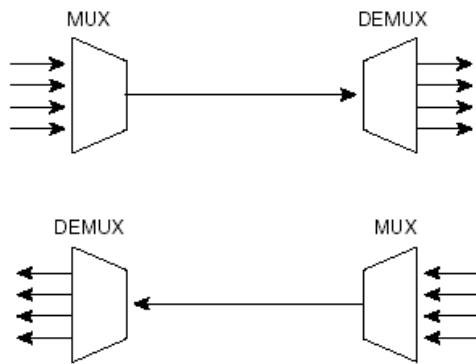
पैरामीटर	स्थिति	न्यूनतम	अधिकतम	यूनिट	टिप्पणी
रेटेङ गेन	22	25	28	dB	
रेटेङ मिड स्टेज हानि			11	dB	गेन रेंज 22dB से 28 dB
इनपुट सिग्नल पॉवर	-19 -22 -25		0 -3 -6	dBm dBm dBm	@ गेन=22 dB @ गेन= 25dB @ गेन= 28 dB
कुल आउटपुट पॉवर		22	22.3	dBm	@ गेन रेंज 22dB से 28dB APC 'मोड' पर आउटपुट पॉवर सेट किया जा सकता है और यह वास्तविक गेन रेंज 22~28 dB में अच्छी तरह काम करेगा.

प्री-एम्प आउटपुट पॉवर (वैनल)			3.0	dBm	कनेक्टर सहित @ गेप रेंज 22dB से 28dB
रव परिमाण			7.5	dB	@ मिड स्टेज हानि=10dB @ Pin + -25-dBm
एम्प्लीफायर गेन रिप्ल		1.0	2.0	dB	@ गेन रेंज 22dB 28 dB @ - 5 - 55 से
आउटपुट पॉवर स्थायित्व	-0.15		0.15	dB	-25dBm <Pin<0dBm
तापमान पर आउटपुट पॉवर स्थायित्व	-0.35		0.35	dB	-25dBm <Pin<0dBm

9.4. वेव डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (WDM) सिद्धांत:

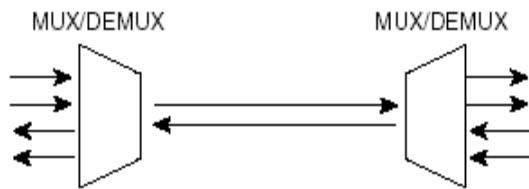
WDM प्रणालियां एक ही फाइबर पर विभिन्न वेवलैंथों पर कई स्रोतों से बहुत कम अंतराल पर सिग्नल भेजती हैं। एक मल्टीप्लेक्सर जो मल्टीप्ल फाइबर से ऑप्टिकल वेवलैंथों को लेता है और उन्हें एक पुंज में परिवर्तित करता है। अभिग्रहण सिरे पर प्रणाली को विद्युत घटकों को अलग-अलग करने की क्षमता होनी चाहिए ताकि वे विवेकी संसूचना कर सकें। **डी-मल्टीप्लेक्सर** यह कार्य प्राप्त पुंज को वेवलैंथ घटकों में अलग करके और उन्हें अलग-अलग फाइबरों में युग्मित करके करते हैं। **डी-मल्टीप्लेक्सिंग** प्रकाश के संसूचना से पहले किया जाना चाहिए क्योंकि फोटो डिटेक्टर अंतर्निहित ब्रॉडबैंड युक्तियां हैं और चुनकर सिंगल वेवलैंथ का संसूचना नहीं कर सकता।

एक दिशीय (unidirectional) प्रणाली में प्रेषण सिरे पर मल्टीप्लेक्सर और अभिग्रहण सिरे पर डी-मल्टीप्लेक्सर होता है। द्विदिशीय संचार के लिए प्रत्येक सिरे पर दो प्रणालियाँ और दो अलग फाइबरों की आवश्यक होगी। (देखें चित्र 9.7)



चित्र 9.7 एक दिशीय मल्टीप्लेक्सर प्रणाली

द्विदिशीय प्रणाली में प्रत्येक सिरे पर मल्टी प्लेक्सर/डीमल्टी प्लेक्सर होते हैं और संचार एक फाइबर जोड़ी पर होता है। (चित्र 9.9 देखें)

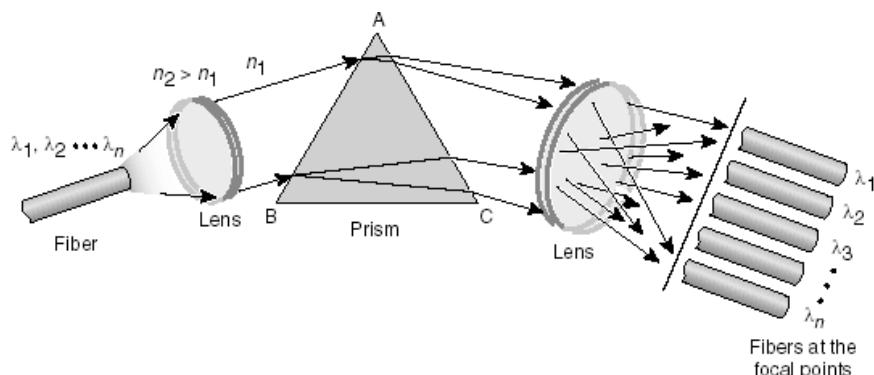


चित्र 9.8 द्विदिशीय मल्टी प्लेक्सर/डीमल्टीप्लेक्सर प्रणाली

मल्टी प्लेक्सर और डीमल्टी प्लेक्सर **पैसिव या एक्टिव** डिजाइन के हो सकते हैं। पैसिव डिजाइन प्रिज्म, डिफ्रेक्शन ग्रेसिंग या फिल्टरों पर आधारित होते हैं जबकि एक्टिव डिजाइनों में **पैसिव** युक्तियां ट्यूनेबल फिल्टर के साथ होते हैं। इस उपकरण का मुख्य काम चैनल को अधिक मात्रा में अलग करना और क्रास-टॉक को कम करना है। क्रास-टॉक इसका माप है कि चैनल किस तरह अलग-अलग हैं जबकि चैनल **विभाजन** प्रत्येक वेवलैंथ को पृथक करने की योग्यता से संदर्भित है।

9.4.1. मल्टीप्लेक्सिंग और डी-मल्टीप्लेक्सिंग तकनीक :

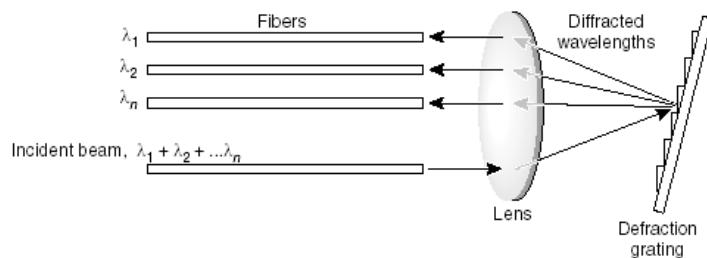
प्रकाश के मल्टी प्लेक्सिंग और डी-मल्टीप्लेक्सिंग का सरल रूप प्रिज्म का उपयोग करके देखा जा सकता है। चित्र 9.9 डी-मल्टीप्लेक्सिंग मामला प्रदर्शित करता है। बहुरंगी प्रकाश का समानान्तर पुंज प्रिज्म की सतह से टकराते हैं, प्रत्येक घटक वेवलैंथों का अलग-अलग अपवर्तन होता है। वह इन्द्रधनुषी प्रभाव है। आउट पुट प्रकाश में प्रत्येक वेवलैंथ अगले कोण से अलग की जाती है। इसके बाद एक लैंस प्रत्येक वेवलैंथ को उस बिन्दु पर फोकस करता है, जहां उसे फाइबर में प्रवेश करने की आवश्यकता होती है। विभिन्न वेवलैंथ को एक ही फाइबर में देने के लिए इन्हीं तत्वों को **उलट** कर उपयोग किया जा सकता है।



चित्र 9.9 प्रिज्म के साथ डीमल्टी प्लेक्सिंग तकनीक

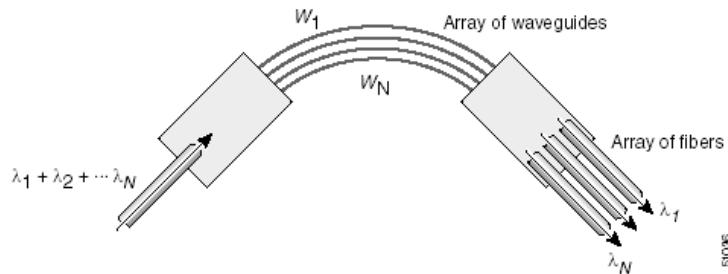
अन्य और प्रौद्योगिकी ऑप्टीकल **इंटरफेरेंस** तथा विवर्तनीय सिद्धांतों पर आधारित हैं। जब बहुवर्णी प्रकाश स्रोत किसी विवर्तन ग्रेटिंग से टकराता है। (देखें चित्र 9.10) प्रत्येक वेवलैंथ का विवर्तन भिन्न कोण पर होता है। अतः आकाश में विभिन्न बिन्दुओं पर होता है। लैंस का उपयोग करके इन वेवलैंथों को अलग-अलग फाइबरों पर फोकस किया जा सकता है।

बुनियादी ऑप्टिकल मेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ



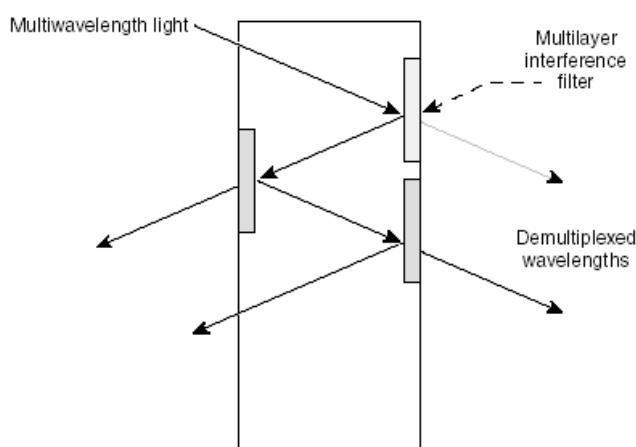
चित्र 9.10 विवर्तन और ऑप्टिकल हस्तक्षेप के सिद्धांत

'एरे वेवगाइड ग्रेटिंग' भी विवर्तन सिद्धांतों पर भी आधारित हैं। AWG डिवाइस कभी-कभी ऑप्टिकल वेवगाइड रूटर या वेवगाइड ग्रेटिंग रूटर कहलाता है, वक्र चैनल वेवगाइड का क्रम विन्यास होता है और उसके समीपस्थ चैनलों के बीच की मार्ग दूरी पर नियत अंतर होता है। (देखें चित्र 9.11) वेवगाइडों इनपुट और आउटपुट छिद्रों से जोड़ा जाता है। जब प्रकाश इनपुट गुहा में प्रवेश करता है, वह विवर्तित होकर वेवगाइड क्रम विन्यास में प्रवेश करता है। प्रत्येक वेवगाइड का ऑप्टिकल दूरी अंतर आउटपुट छिद्र में फेज डिले आरंभ होता है जहां फाइबर क्रम विन्यास युग्मित होता है। प्रक्रिया का परिणाम विभिन्न स्थलों पर विभिन्न वेवलैंथों पर अधिकतम इंटरफ़ेरेंस होता है, जो आउटपुट पोर्ट से संगत होता है।



चित्र 9.11 AWG सिद्धांत

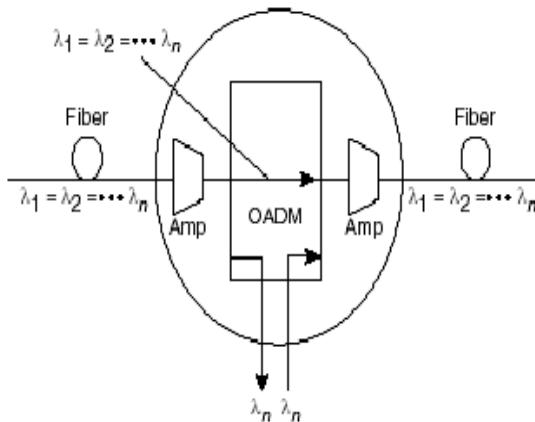
अन्य प्रौद्योगिकी थिन फिल्म फिल्टर या मल्टीलेयर इंटर फेरेंस फिल्टर नामक युक्तियों में इन्टर फेरेन्स फिल्टरों का उपयोग किया जाता है। फिल्टरों को जिनमें पतली फिल्म होती है, ऑप्टिकल मार्ग में रखने से वेवलैंथ की शॉर्टिंग की जा सकती है। प्रत्येक फिल्टर के गुण यह होते हैं कि वह एक वेवलैंथ को संप्रेषित करती है और अन्य को परावर्तित (reflect) करती है। इन उपकरणों को एक साथ करने से वेवलैंथों को डी-मल्टीप्लेक्स किया जा सकता है। (देखें चित्र 9.12)



चित्र 9.12 फिल्टर सहित मल्टीप्लेक्स/डीमल्टी प्लेक्स

9.4.2 एड-ड्रॉप मल्टीप्लेक्सर

इन डिजाइनों में AWG और थिन फिल्म इन्टरफ़ेरेन्स फिल्टरों को प्रमुखता मिल रही है। फिल्टर उत्तम स्थायित्व और सामान्य लागत पर चैनलों के बीच पृथक्करण प्रदान करते हैं किन्तु उच्च **इंसर्शन लॉस** के साथ। AWG धुवीकरण - आश्रित होते हैं। (जिनकी क्षतिपूर्ति की जा सकती है।) और वे फ्लैट स्पैक्ट्रल रेसपॉन्स और निम्न **इंसर्शन लॉस** दर्शाते हैं। इनकी अंतर्थूत कमी यह है कि ये तापमान संवेदनशील होते हैं और सभी प्रकार के पर्यावरणों में व्यवहार्य नहीं हो सकते। इनका बड़ा लाभ यह है कि उन्हें एक साथ मल्टी प्लेक्सिंग और डीमल्टी प्लेक्सिंग संचालनों के लिए बनाया जा सकता है। जहां कास्केड थिन फिल्म फिल्टरों का उपयोग व्यवहार्य न हो वहां 'लार्ज चैनल काउंट' के लिए AWG भी बेहतर होते हैं।



चित्र 9.13 ऑप्टिकल स्विचेस मोड्यूल

OADMs दो तरह के होते हैं। पहला जेनेरेशन फिक्सड उपकरण है, जो भौतिक रूप से कनफिगर किया हुआ है, और अन्य वेव-लैंथ के साथ जुड़ते वक्त **विशिष्ट पूर्व निर्धारित** वेव-लैंथ को ड्राप करते हैं। दूसरा जेनेरेशन रिकनफेगरेबल है, जिसकी क्षमता है कि किस वेवलैंथ को जोड़ना है, या ड्राप करना है, यह सेलेक्ट कर सकता है। कम लागत और स्थिरता की वजह से अभी के मेट्रोपॉलिटन सिस्टम में OADM की चुनाव हेतु पतला फिल्म फिल्टर के लिए बनाया गया है। दूसरे जेनेरेशन में OADMs के लिए दूसरे तरह के टेक्नोलॉजी जैसे ट्यूनेबल फाइबर **ग्रेटिंग** और सर्कुलेटर्स का प्रयोग किया जाता है।

9.5 ऑप्टिकल स्विचेस: ऑप्टिकल क्रॉस कनेक्ट में ऑप्टिकल स्विचों का उपयोग किया जाता है। इनपुट सिग्नल को आउटपुट पोर्ट में बिखराने के लिए स्विच, मैक्निकल या थर्मो-ऑप्टिक, या इलेक्ट्रो-ऑप्टिक या सभी ऑप्टिकल तकनीकों का प्रयोग करता है।

मैकानिकल स्विच बहुत सामान्य है। साधारण मिरर को ही स्विच जैसा उपयोग किया जाता है, यदि आउटपुट दिशा को मिरर झुका कर बदला जाय। बहुत सारे शीशों का प्रयोग संभव नहीं है, क्योंकि ऑप्टिकल क्रास कनेक्ट के लिए बहुत ज्यादा **स्विचेस की आवश्यकता** पड़ती है, इसी वजह से (MEMS) माइक्रो इलेक्ट्रो मैकानिकल सिस्टम का प्रयोग किया जाता है, यह MEMS स्विच, 'फ्री रोटेटिंग माइक्रो मिरर' के दो डाइमेंशनल एरे का उपयोग करता है।

दूसरे कई तरनीक जैसे लिक्विड क्रिस्टल, बुलबुले और इलेक्ट्रो होलोग्राफी का उपयोग ऑप्टिकल सिग्नल को स्विच **ऑन** के लिए होता है, लिक्विड क्रिस्टल्स, पोलराईजर्स के साथ मिलकर इलेक्ट्रिक वोल्टेज के ऊपर आधारित इन्सडेट लाईट को या तो अब्जार्ब करता है या रिफ्लेक्ट करता है, अतः ऑप्टिकल स्विच जैसा काम करता है, यह तुलनात्मक रूप से धीमा है, जिससे ऑप्टिकल कम्पोनेंट्स और फिक्सड इनपुट पोलराईजेशन के साथ जुड़ना मुश्किल है।

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

ऑप्टिकल स्विचिंग मे पूर्ण इंटरनल रिफ्लेक्शन के लिए बबल टेक्नोलॉजी का प्रयोग किया जाता है, दो दिशा वाले ऑप्टिकल वेबगार्ड ऐरे को इस तरह से बनाया गया कि वे लिक्विड फ़िल्ड चैनल को इंटरसेक्ट कर सके। पोराइज़ेड लिक्विड की वजह से इंटरसेक्शन वाले जगह पर जब एयर बूल को भेजा जाता है, तो टोटल इंटरनल रिफ्लेक्शन की वजह से प्रकाश दूसरे वेबगार्ड में रिफ्लेक्ट होता है। यह टेक्निक एप्रोच साधारण दिखता है, लेकिन बहुत सर्तकता के साथ डिजाईन करने की जरूरत है, ताकि **क्रॉस-टॉक** और **इंसर्शन लॉस** को कम किया जा सके।

इलेक्ट्रो-ग्राफिक स्विचेस 2-D MEMS की तरह ही होती है, लेकिन स्विचिंग के लिए रोटेटिंग मिरर की जगह LING03 क्रिस्टल को प्रयोग में लिया गया है। इंसिडेंट लाईट **कहीं** भी स्विच कर सकते हैं, 2-D 'ऐरे' के अंतर्गत इन क्रिस्टल में इसके लिए लोकेशन में इलेक्ट्रिक फ़िल्ड और ब्रॉग ग्रेटिंग को तैयार करना पड़ता है। लेकिन एक ही वेवलैंथ को स्विच कर सकते हैं।

1x2 फाईबर ऑप्टिकल स्विच की **विशेषता**, उपयोग और स्पेसिफिकेशन नीचे टेबल में दर्शाया गया है।

1. विशेषतया छोटो आकार/फुटप्रिंट, कम **इंसर्शन लॉस**, तेज **स्विचिंग** गति, **हाई** रिलायबिलिटी सिंगल मोड/मल्टीमोड **मोड्यूल** और कम PDC.
2. उपयोगिता: ऑप्टिकल नेटवर्क की सुरक्षा और रिस्टरेसन, रिकनफिगरेबल **एड/ड्राप** मल्टीप्लेक्सर्स, ऑप्टिकल नेटवर्क मॉनिटरिंग, वेवलैंथ राउटर, ट्रांसमिशन उपकरण की सुरक्षा और आर. एंड डी. लैब उपयोगिता है।



चित्र 9.14 स्थैतिक रूटर सिद्धांत

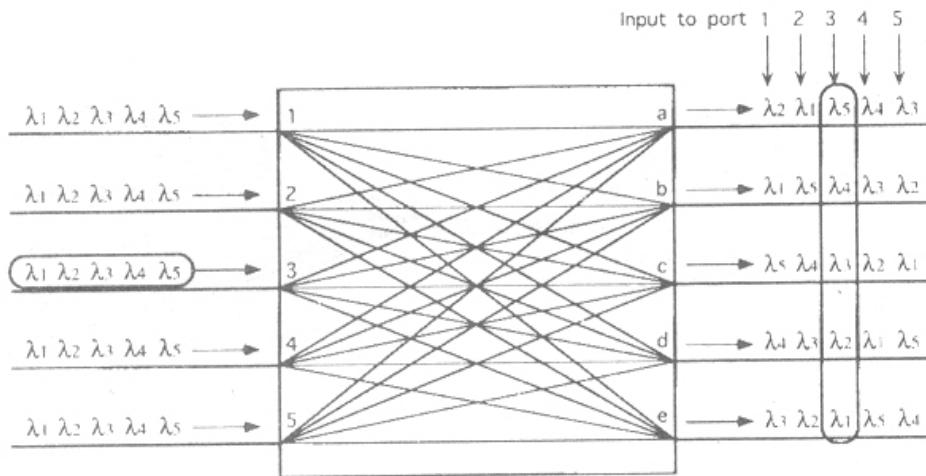
विशिष्टियां :

पैरामीटर	सिंगल 'मोड'	मल्टी 'मोड'
वेवलैंथ रेंज	1280~1340 1520~1625	850 या 1300
निवेशन हानि (dB विशिष्टियां)	≤ 0.6	≤ 0.5
निवेशन हानि (dB अधिकतम)	≤ 1.0	≤ 0.8
वापसी हानि (dB)	≤ - 45	--
PDL (dB)	≤ 0.1	--
WDL (dB)	≤ 0.3	--
क्रॉस-टॉक (dB)	≤-80	
स्विचिंग समय (ms)	≤ 5	≤ 10
पुनरावृत्ति योग्यता (dB)	≤ 0.1	
कुंडली प्रतिरोध	125(±10%)	
ऑपरेटिंग करेट (ma, typ)	4 (±10%)	
ऑपरेटिंग वोल्टेज (v, typ)	5.0	
ऑपरेटिंग वोल्टेज रेंज (v)	4.5 ~ 5.5	
विद्युत उपभोग (mw, typ)	200(±10%)	
ऑपरेटिंग तापमान (सें)	-5~70	-20~75
भंडारण तापमान (सें)	-40~70	
आर्द्रता	5~85%RH	
स्थायित्व (चक्र)	>10 ⁷	
आयाम (mm, Hxwxl)	8.8X11X30	
भार (ग्राम)	<20	

9.6 ऑप्टिकल रूटर :

9.6.1 स्टैटिक रूटर :

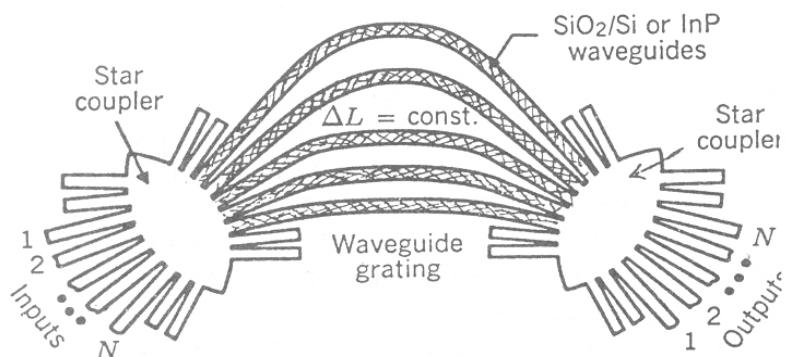
NXN वेवलैंथ रूटर एक महत्वपूर्ण WDM घटक है. यह वह युक्ति है, जो एक स्टार कपलर की कार्यात्मकता को मल्टी-प्लेक्सिंग और डीमल्टी प्लेक्सिंग के साथ संयोजित करती है. चित्र 9.13 N=5 के लिए ऐसे वेवलैंथ रूटर का परिचालन आरेखीय रूप से दर्शाती है. WDM सिग्नल जो N पोर्ट से प्रवेश करते हैं. अलग-अलग चैनलों डीमल्टी प्लेक्स होते हैं और रूटर के N आउटपुट पोर्टों में इस प्रकार भेजे जाते हैं कि प्रत्येक पोर्ट पर WDM सिग्नल विभिन्न इनपुट पोर्टों पर प्रवेश करने वाले चैनलों के बने होते हैं. इसके परिणामस्वरूप डी-मल्टीप्लेक्सिंग का चक्रीय रूप बनता है. ऐसी युक्ति पैसिव रूटर का उदाहरण है चूंकि इसके उपयोग में विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता वाले किसी भी एक्टिव तत्व की आवश्यकता नहीं होती. इसे स्टैटिक रूटर भी कहा जाता है, क्योंकि रूटिंग टोपोलॉजी डायनामिक रूप से री-कॉन्फिग करने लायक नहीं है.



चित्र 9.15 स्टैक रूटर सिद्धांत

9.6.2 वेवगाइड ग्रेटिंग रूटर :

इसमें दो NXN स्टार कपलर इस प्रकार होते हैं कि एक स्टार कपलर का M आउटपुट पोर्ट दूसरे स्टार कपलर के M इनपुट पोर्ट से M वेवगाइडों के विन्यास के माध्यम से जुड़ा होता है, जो 'एरेड वेवगाइड ग्रेटिंग' (AWG) के रूप में कार्य करता है। WQR का संचालन सिद्धांत स्टार कपलरों के अंदर मुक्त प्रसारण क्षेत्र के माध्यम से डिफ्रेक्ट होकर विभिन्न वेवलैंथ सिग्नलों के फेज में परिवर्तन और वेवगाइड विन्यास के माध्यम से प्रसारण है।



चित्र 9.16 वेव गईड ग्रेटिंग रूटर इम्प्लमेंटेशन

क्रॉस-टॉक को कम करने और **कपलिंग** क्षमता को अधिकतम बनाने के लिए WGR को इष्टतम हेतु कई डिजाइन पैरामीटरों के सुस्पष्ट **नियंत्रण** की आवश्यकता होती है।

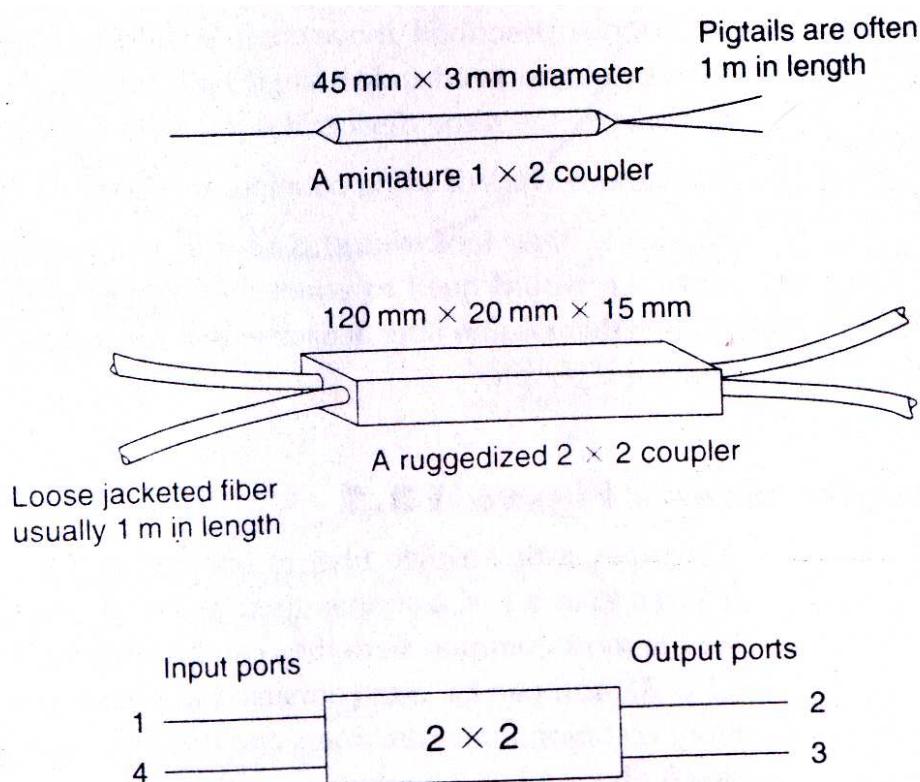
9.7 निष्क्रिय फाइबर ऑप्टिक घटक

9.7.1 कपलर :

संचार प्रणाली में इनपुट सिग्नल को **दो भागों** में विभाजन करने की (विभाजक Splitter) और दो सिग्नलों को संयोजित की आवश्यकता होती है। यह **कपलर** के माध्यम से प्राप्त किया जा सकता है। कपलर, सिग्नलों का दोनों दिशाओं में **ट्रांसमिट** कर सकते हैं। (द्विदिशीय)।

9.7.1.1. कपलर के आकार:

एक कपलर, जिसमें एक सिरे पर एक और दूसरे सिरे पर दो होते हैं, उसे LX2 कपलर (एक बटा दो पढ़ा जाता है) 1×2 और 2×2 सर्वाधिक सामान्य आकार हैं। (देखें चित्र 9.15) के विस्तृत रेज में उपलब्ध हैं।



चित्र 9.17 कपलर और उसके पोर्ट

9.7.1.2 विभाजन अनुपात या कपलर अनुपात :

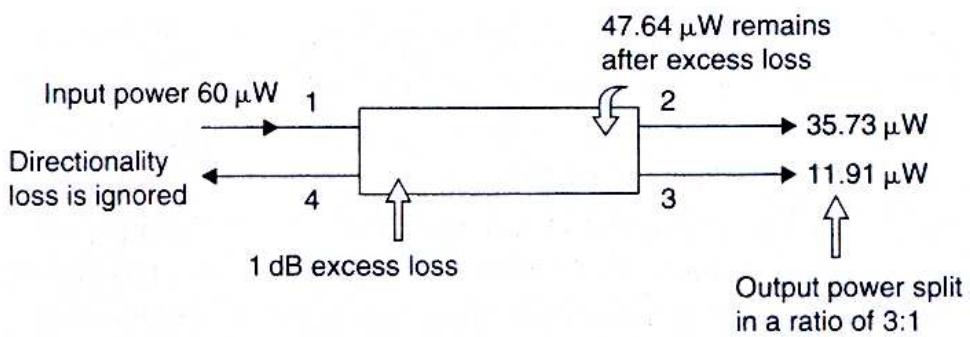
प्रत्येक आउटपुट पर इनपुट पॉवर का अनुपात विभाजन अनुपात या कपलर अनुपात कहलाता है। 1×2 कपलर में इनपुट सिग्नल को दो आउट पुट के बीच वांछित अनुपात में विभाजित किए जा सकते हैं। व्यवहार में सामान्यतः 90:10 और 50:50 हैं। इन्हें 9:1 और 1:1 भी कहा जाता है।

ऐसे मामलों में जहां विभाजन अनुपात 1:1 नहीं है, जो पोर्ट उच्च पॉवर वहन करता है वह 'थू-पुट पोर्ट' कहलाता है और अन्य 'टैप पोर्ट' कहलाते हैं।

9.7.1.3 हानियां :

अधिक हानि :

विद्युत ऊर्जा कपलर के अंदर ही प्रकीर्ण या अवशोषित हो जाती है और आउट पुट पर उपलब्ध नहीं होती। पोर्ट 2 और 3 के जोड़ के बराबर आउट-पुट पॉवर होता है।



चित्र 9.18 विभिन्न पोर्टों पर पॉवर लेवल

$$\text{अधिक हानि} = 10 \log\{(p_2+p_3)/p_1\} \text{dB}$$

जहां p_1 , p_2 और p_3 संबंधित पोर्टों पर पॉवर लेवल हैं।

- दिशात्मक हानि या क्रॉस-टॉक या अनुदिशत्व

कपलर में बैक-स्कॅटर होने के कारण कुछ ऊर्जा परावर्तित होती है और पोर्ट 4 पर दिखाई देती है। यह दिशात्मक हानि या क्रॉस-टॉक कहलाती है।

- दिशात्मक हानि = $10 \log\{p_4/p_1\} \text{dB}$

इंसर्शन लॉस या पोर्ट से पोर्ट हानि या थ्रू-पुट हानि या टैप हानि

यह अलग-अलग पोर्टों पर ऑप्टिकल पॉवर आउटपुट और ऑप्टिकल इनपुट पॉवर का अनुपात है।

इंसर्शन लॉस

- कपलर हानि :

जब भी कपलर का उपयोग किया जाता है। इसे शेष परिपथ से जोड़ा जाना चाहिए। इसमें कनेक्टरों की दो जोड़ियां और प्रत्येक सिरे पर एक स्प्लाइस होता है। इन कनेक्टरों या स्प्लाइसों के कारण जो कपलर से होने वाली हानि से जोड़ी जानी चाहिए।

9.7.1.4 टी-कपलर

यह एक साधारण $1\times$ कपलर है जिसका उपयोग एकल सिग्नल को कई विभिन्न वर्क स्टेशनों को भेजने के लिए किया जाता है। यह 9.1 के उच्च विभाजन अनुपात या उसी प्रकार का उपयोग इनकमिंग सिग्नल से पॉवर अपवहन रोकने के लिए किया जाता है।

प्रमुख सुविधा सरलता है। कपलर सुगमता से उपलब्ध होते हैं। आवश्यकता होने पर पहले से फिट किए गए कनेक्टरों के साथ सप्लाई किए जा सकते हैं। नेटवर्क का Tee - Couplers के साथ आसानी से विस्तार किया जा सकता है।

असुविधा, प्रत्येक वर्क स्टेशन पर उपलब्ध पॉवर में तेजी से कमी होना है। चूंकि हम नेटवर्क से अधिक से अधिक टर्मिनल जोड़ते हैं। जैसे जैसे पॉवर कम होता है। डाटा एरर की संख्या बढ़ती है और आउट पुट अविश्वसनीय होता जाता है। इसका हल इनपुट पॉवर बढ़ाना है।

टी नेटवर्क में पॉवर लेवल हैं

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

इनकमिंग पॉवर = 1mW

प्रत्येक कपलर विभाजन अनुपात = 9:1

प्रत्येक कपलर की अधिक हानि = 0.3dB कप्लरों को प्रत्येक को 0.2dB निवेशन हानि के साथ कनेक्टरों से जोड़ा जाता है।

9.7.1.5. स्टार कपलर:

यह टी कपलर का वैकल्पिक हल है जब कोई टर्मिनल नेटवर्क से जोड़ जाते हैं। स्टार कपलर इनपुट सिग्नल को केन्द्रीय स्थल लेता है और उसे कई आउटपुट में विभाजित करता है। 4X4 या 1X32 या 32X32 उपलब्ध हैं।

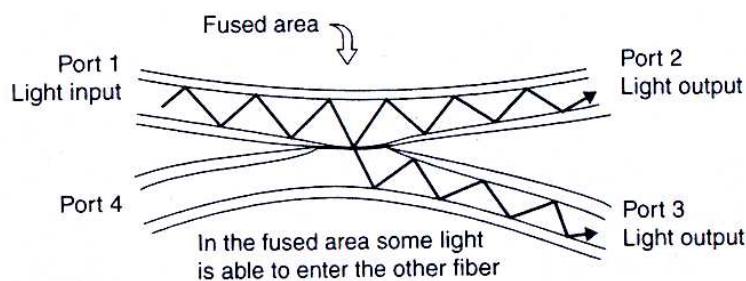
स्टार कप्लरों के उपयोग करने की प्रमुख सुविधा यह है कि तीन या चार टर्मिनलों से अधिक के नेटवर्क के लिए टी - कपलर की अपेक्षा हानि कम होती है।

असुविधा यह है कि स्टार कप्लरों के लिए टर्मिनलों को जोड़ने हेतु लंबे केबलों की आवश्यकता होती है, चूंकि कपलर केन्द्रीय स्थान (Central Place) पर स्थित होता है। प्रत्येक टर्मिनल से अलग केबल जोड़ा जाता है। स्टार कपलर प्रयोग करने का लाभ यह है कि लॉस कम होता है। इससे हानि यह है कि स्टार कपलर के लिए लम्बा केबल, टर्मिनल को जोड़ने के लिए आवश्यक है क्योंकि कपलर सेंट्रल जगह में रहता है और अलग केबल को प्रत्येक टर्मिनल से जोड़ा जाता है।

9.7.1.6 निर्मिती के आधार पर कपलरों का वर्गीकरण

■ फ्यूज्ड कपलर

फाइबरों को नजदीक लाया जाता है और तब चित्र 9.17 में दिखाए गए प्रकार से जोड़ा जाता है। संगलित क्षेत्र के दूरस्थ सिरे पर प्रकाश, बाहर जाने वाले प्रत्येक फाइबर में प्रवेश करता है।



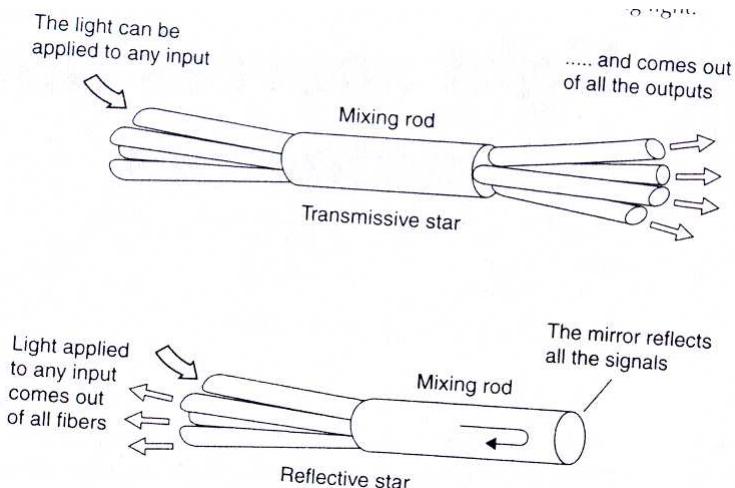
चित्र 9.19 संगलित कपलर में प्रकाश साझेदारी

मिक्सिंग रॉड कपलर:

यदि कई फाइबर छोटे व्यास के फाइबर से, जिसे मिक्सिंग रॉड कहा जाता है, जोड़े जाते हैं (देखें चित्र 9.18) आवक प्रकाश को फैलाता है जब तक कि वह फाइबर के पूरे व्यास को व्याप्त नहीं कर लेता। यदि अधिक फाइबर दूरस्थ सिरे पर जोड़े जाते हैं, प्रत्येक फाइबर कुछ प्रकाश ग्रहण कर लेते हैं।

बुनियादी ऑप्टिकल मेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

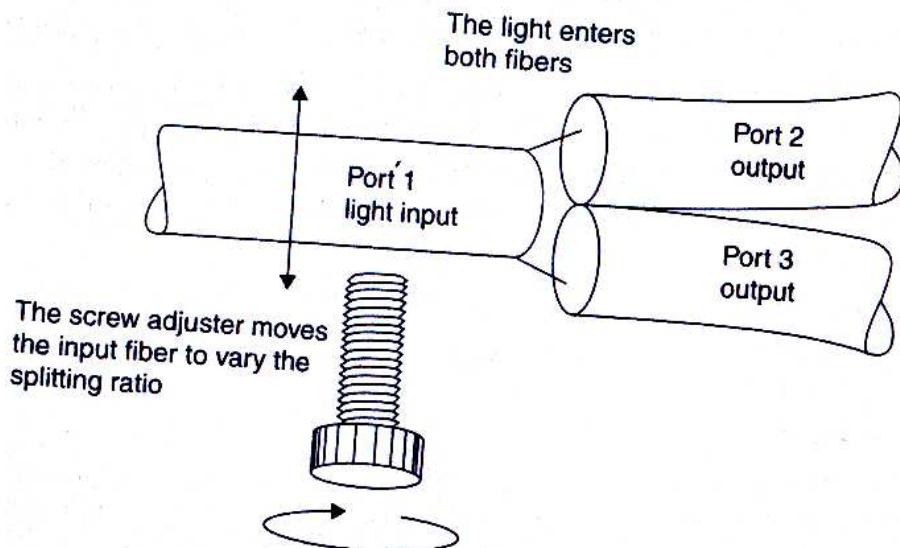
अभिग्रहण कपलर मिक्सिंग रॉड के सिरे पर दर्पण रखकर बनाया जा सकता है। मिक्सिंग रॉड के साथ चलने वाला प्रकाश सिरे के दर्पण से परावर्तित होता है और जुड़े हुए सभी फाइबर आवक प्रकाश का समान भाग प्राप्त करते हैं।



चित्र 9.20 मिक्सिंग रॉड से तारक कपलर

▪ वेरिएबल कपलर

वर्नियर समंजन इनकमिंग फाइबर की स्थिति सुनिश्चित करता है ताकि प्रकाश दो आउटपुट फाइबरों में परिशुद्धता से विभाजित हो सके, जिससे अपेक्षित विभाजन अनुपात मिल सके। इस प्रकार का परिवर्तनीय कपलर सिंगल 'मोड' और मल्टी 'मोड' प्लास्टिक तथा कांच के फाइबरों के रूप में उपलब्ध है।



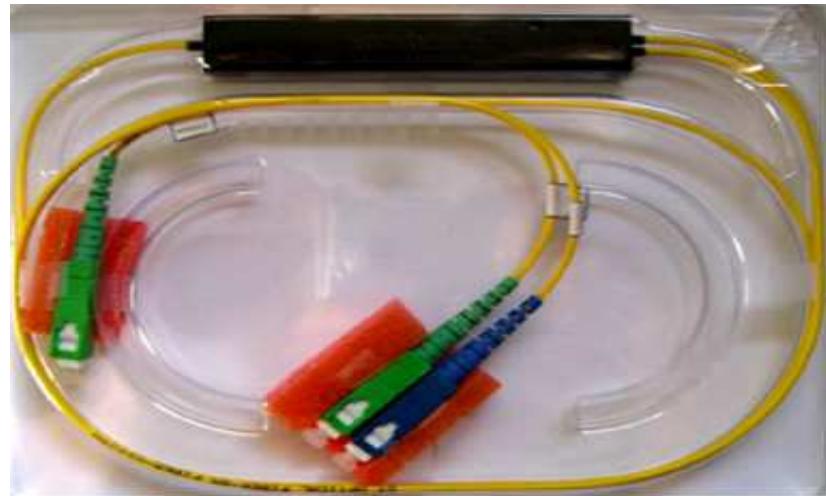
चित्र 9.21 परिवर्तनीय कपलर

9.7.1.7 A1 X 2 WDM कपलर

1 X 2 ड्रिप्लेक्सर WDM कपलर (देखें चित्र 9.20) ट्रिपल प्ले फाइबर के लिए घरेलू (FTTH) प्रणालियों के लिए डिजाइन किए गए हैं। इनका उपयोग तीन वेवलैंथों 1310 nm, 1490 nm और 1550nm जो ध्वनि, वीडियो और डाटा सेवाओं का वहन करते हैं, मक्स/डी-मक्स करने के लिए किया जा सकता है।

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

इस युक्ति में 1 से 2 पोर्ट संरूपण होता है। सभी तीनों वेवलैंथों को युक्ति में समान इनपुट पोर्ट के माध्यम से भेजा जाता है। एक वेवलैंथ एक आउटपुट पोर्ट से परावर्तित होता है और अन्य दो वेवलैंथ अन्य आउटपुट पोर्ट पर युक्ति में से गुजरते हैं।



चित्र 9.22 FTTH के लिए 1 X 2 ट्रिप्लेक्सर WDM कपलर

- विशिष्टियां

पैरामीटर	यूनिट	मान
सेन्ट्रल वेवलैंथ	nm	1310, 1490, 1550
पासिंग बैंड	nm	1310 ± 50, 1490±10, 1550±10
गुजरनेवाली/परावर्तन वेवलैंथ	nm	ग्राहक के अनुरोध पर
पासिंग बैंड इन्सर्शन लॉस	dB	≥ 0.8 (0.6 विशिष्ट)
परावर्तन बैंड निवेशन हानि	dB	≤ 0.6 (0.4 विशिष्ट)
पास बैंड पृथक्करण	dB	≥ 30
परावर्तन बैंड पृथक्करण	dB	≥ 15
दिशात्मकता	dB	≥ 55
वापसी हानि	dB	≥ 50
पी. डी. एल.	dB	≤ 0.1
वेवलैंथ थर्मल स्टॉबिलिटी	nm/Oc	≤ 0.003
इन्सर्शन लॉस थर्मल स्टॉबिलिटी	dB/Oc	≤ 0.005
पॉवर हैंडलिंग	mw	≤ 500
परिचालन तापमान	Oc	- 40 ~ + 85
भंडारण तापमान	Oc	- 40 ~ + 85
आयाम	mm	Φ5.5 X L34

- अभिलक्षण :

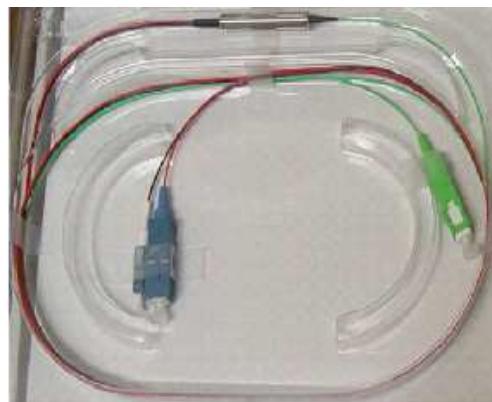
चौड़े पासिंग बैंड, चैनलों के बीच उच्च पृथक्करण, कम इन्सर्शन लॉस, उच्च स्थायित्व और विश्वसनीयता।

बुनियादी ऑप्टिकल मेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

■ अनुप्रयोग :

FTTH (FTTx) ड्रिपल प्ले प्रणालियां और जांच उपकरण

उच्च पृथक्करण WDM कपलर 1310nm/1550nm और (WDM/add/drop मॉड्यूल क्रमशः चित्र 9.23 और 9.24 में दिखाए गए हैं ताकि विविध **कपकरों** को भली भांति देखा जा सके.



चित्र 9.23 उच्च पृथक्करण WDM कपलर 1310nm/1550nm.



चित्र 9.24 3-पोर्ट WDM एड/ड्रॉप मॉड्यूल

9.7.2 अटॅन्युएटर

यह एक पैसिव डिवाइस है जिसका उपयोग 'वेवफार्म' को **बिगड़े बिना** ऑप्टिकल सिग्नल के **एम्प्लीट्यूड** को कम करने के लिए किया जाता है. (देखे चित्र 9.23)



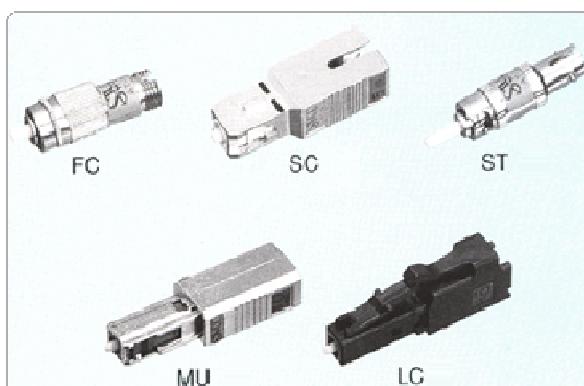
चित्र 9.25 - फाइबर ऑप्टिकल अटॅन्युएटर

बाजार में कई प्रकार के **अटॅन्युएटर** उपलब्ध हैं. निम्नलिखित सारणी में स्थिर और परिवर्तनीय तनूकारकों के चित्र दिखाए गए हैं.

बुनियादी ऑप्टिकल मेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

	स्थिर ऑप्टिकल अटॅन्युएटर		स्थिर ऑप्टिकल अटॅन्युएटर एडप्टर प्रकार का
	हस्तधारित परिवर्तनीय ऑप्टिकल अटॅन्युएटर		लाइन में स्थिर ऑप्टिकल अटॅन्युएटर
	परिवर्तनीय ऑप्टिकल अटॅन्युएटर		परिवर्तनीय ऑप्टिकल अटॅन्युएटर - बैचटॉप
	परिवर्तनीय ऑप्टिकल अटॅन्युएटर कॉलिनेंटर प्रकार		परिवर्तनीय ऑप्टिकल अटॅन्युएटर एडप्टर प्रकार

प्लग प्रकार के सिंगल 'मोड' **अटॅन्युएटर** (देखें चित्र 9.24) का उपयोग सीधे फाइबर ऑप्टिक कनेक्टरों के साथ किया जा सकता है और ये ऑप्टिकल **अटॅन्युएशन** का नियत स्तर उपलब्ध **कराते** हैं। इसमें **न्यूनतम 'रिटर्न लॉस'** होता है और 1310nm तथा 1550nm दोनों ही वेवलैंथ रेंज पर काम करते हैं। PC और APC पॉलिश सहित FC और SC प्रकार के कनेक्टरों के साथ-साथ ST और LC प्रकार के अटॅन्युएटर उपलब्ध हैं।



चित्र 9.26 विभिन्न प्रकार के कनेक्टरों सहित अटॅन्युएटर

▪ अभिलक्षण

उत्तम पुनरावृति योग्यता, उच्च परिशुद्धता, उच्च प्रत्यावर्तन हानि, छोटा आकार, उत्तम दिशात्मकता, FC और SC प्रकार उपलब्ध।

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

- अनुप्रयोग:

फाइबर संचार, फाइबर CATV, LAN और जांच प्रकार

विशिष्टियां :

पैरामीटर/ग्रेड	P	A
प्रकार	FC/UPC, FC/APC, SC/UPC, SC/APC आदि	
वेवलैंथ (nm)	1310/1550 ± 50nm	
अटॅन्युएशन रेंज (dB)	50dB ' 40dB	
अटॅन्युएशन सुस्पष्टता(dB)	± 0.5 dB(तनुकरना <10 dB) ± 10% (तनुकरना >< (0 dB)	± 1.0dB (तनुकरना <10dB) ± 10% (तनुकरना >10dB)
प्रत्यावर्तन हानि (dB)	≥ 45	≥ 40
PDL (dB)	≤ 0.1	
पुनरावृति योग्यता (dB)	≤ 0.1	
परिचालन तापमान	~40 ' 85	
भंडारण तापमान	~40 ' 85	

9.7.3 पृथक्कर्ता (आइसोलेटर्स):

ऑप्टिकल फाइबर आइसोलेटर का प्रमुख कार्य ऑप्टिकल लिंक के अगले खंड से परावर्तन को पिछले चरणों में प्रवेश करने से रोकना है। यह ऑप्टिकल फाइबर में प्रकाश का एक दिशीय ट्रांसमिशन सुनिश्चित करता है। एकल चरण या द्विचरण पृथक्करक ऑप्टिकल पृथक्करण के विभिन्न कोण उपलब्ध करवाता है। एक ही प्रकार के दो पृथक्करक या एक WDM कपलर और एक पृथक्करक को एकल पैकेज में पढ़ा जा सकता है। जो लघु आकार घटक और अधिक विश्वसनीय निष्पादन उपलब्ध करवाता है। मल्टी'मोड' पृथक्करक मल्टी'मोड' फाइबर नेटवर्क के साथ उपयोगी होते हैं। चौडे बैंड पृथक्करक, जो S, C और L बैंड समाहित करते हैं। DWDM ऑप्टिकल एम्प्लीफायर डिजाइन में प्रयुक्त किए जा सकते हैं। हम विशेष वेवलैंथों या पृथक्करकों का अनुरक्षण करने वाले ध्रुवीकरण पर पृथक्करक लगा सकते हैं। विभिन्न प्रकार के पृथक्करकों की सूची चित्र सहित नीचे सारणी में दी गई है।

बुनियादी ऑप्टिकल मेटवर्क पुर्जे और अंतरापूर्स्त

	फाइबर ऑप्टिक फराडे दर्पण		ऑप्टिकल फाइबर पृथक्कारक द्विचरण
	ऑप्टिकल फाइबर पृथक्कारक द्विचरण 2 in 1		Optical Fiber Isolators - Single Stage
	ऑप्टिकल फाइबर पृथक्कारक एक चरण 2 in 1		ऑप्टिकल पृथक्कारक - मल्टी'मोड' 1310 nm या 1550 nm
	ऑप्टिकल पृथक्कारक चौड़ा (वाइड) बैंड (S + C + L बैंड)		Optical Isolator at 1480nm or 1064nm
	ऑप्टिकल पृथक्कारक हाईब्रिड WDM कपलर सहित		ऑप्टिकल पृथक्कारक (PMD प्रतिपूरित)
	ऑप्टिकल पृथक्कारक ड्युल विंडो 1310 व 1550 nm		ध्रुवीकरण अनुरक्षक पृथक्कारक 1064 nm
	ध्रुवीकरण अनुरक्षक पृथक्कारक 1310 1480 1550 nm + C + L बैंड		

अभिलक्षण

निम्न निवेशन हानि, इनपुट SOP स्वतंत्र, संहत आकार और पर्यावरण स्थायित्व

अनुप्रयोग

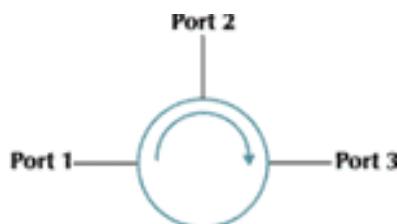
फाइबर लेसर, ऑप्टिकल उपकरण, WDM और CATV प्रणालियां

- विशिष्टियां :

पैरामीटर	यूनिट	ग्रेड 'A'
वेवलैंथ रेंज	nm	+/-15
मध्य वेवलैंथ	Nm	1310, 1550
इंसर्शन लॉस	Max	dB 0.70 (0.5 विशिष्ट)
फँराडे रोटेशन एंगल	डिग्री	90
फँराडे रोटेशन टॉलरेंस	डिग्री	+/-1
PDL	Max	dB 0.5
फाइबर प्रकार		SMF-28e (ग्राहक अनुकूल बनाया जा सकता है)
फाइबर लंबाई	M	1.0±0.1
ऑप्टिकल पॉवर	MW	300
परिचालन तापमान	°C	-5 से 70
भंडारण तापमान	°C	-40 से 80

9.7.4 सर्क्यूलेटर:

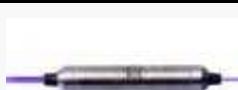
ये निष्क्रिय तीन - पोर्ट युक्तियां हैं, जो पोर्ट 1 से 2 और पोर्ट 2 से 3 प्रकाश कपल करती हैं और अन्य दिशाओं में उच्च पृथक्करण रखते हैं। (देखें चित्र 9.25)



चित्र 9.27 '3' पोर्ट सहित सर्क्यूलेटर

ऑप्टिकल परिसंचारकों में विशेष रूप से तीन पोर्ट होते हैं - इन पुट, कॉमन पोर्ट और एक आउटपुट। इनपुट पोर्ट से प्रकाश कॉमन पोर्ट पर जाती है, जबकि कॉमन पोर्ट से दिया गया प्रकाश आउटपुट पोर्ट से ही उत्सर्जित हो सकती है। ऑप्टिकल परिसंचारकों का उपयोग एकल ऑप्टिकल फाइबर में विपरीत दिशाओं में संप्रेषित प्रकाश को अलग करने के लिए किया जा सकता है। उनका मल्टी प्लेक्यूलेटर या सेंसरिंग प्रणालियों, द्वि-दिशीय संचारों और ऑप्टिकल फिल्टर में फाइबर ग्रेटिंग घटकों के रूप में किया जाता है। **न्यूनतम इंसर्शन लॉस**, उच्च पृथक्करण और ध्रुवीकरण असंवेदी निष्पादन 3 पोर्ट सर्क्यूलेटर, उन्नत मॉडलों में 4 पोर्ट, चौड़े बैंड LC और L बैंड और पोलराइजेशन मैटेनिंग सर्क्यूलेटर्स होते हैं। विभिन्न कपलरों के चित्र निम्नलिखित सारणी में दिए गए हैं।

चार पोर्ट ऑप्टिकल सर्क्यूलेटर विशेष प्रकार के सर्क्यूलेटर होते हैं, जिनमें एक इनपुट (पोर्ट-1) एक आउटपुट (पोर्ट-4) और दो कॉमन पोर्ट (पोर्ट 2 व 3) होते हैं। प्रकाश पोर्ट-1 से गुजरकर पोर्ट-2 में जाता है। पोर्ट-2 में कोई भी आनेवाला प्रकाश आउटपुट के रूप में पोर्ट - 3 में भेजा जाता है, जबकि पोर्ट - 3 से सभी इनपुट, आउटपुट के रूप में पोर्ट - 4 में भेजे जाते हैं।

 Optical Fiber Circulator - Polarization Insensitive	 ऑप्टिकल फाइबर सकर्यूलेटर - वाइडबैंड (C + L बैंड)
 ऑप्टिकल फाइबर सकर्यूलेटर - 4 पोर्ट	 ऑप्टिकल फाइबर सकर्यूलेटर - 4 पोर्ट वाइडबैंड (C + L बैंड)
 ध्रुवीकरण अनुरक्षक ऑप्टिकल सकर्यूलेटर	

वाइड-बैंड चार पोर्ट सकर्यूलेटर जो पूरे C और L बैंडों को समाहित करते हैं। 1520nm से 1625nm तक भी उपलब्ध हैं। यह ऑप्टिकल फाइबर संवेदन प्रणालियों, उच्च निष्पादन ऑप्टिकल संचार नेटवर्क (मक्स/डी-मक्स, एड/ड्रॉप मॉड्यूल, विकिरण क्षतिपूरण माड्यूल, ऑप्टिकल फिल्टर आदि सहित) के लिए आदर्श घटक हैं।

विशेषताएँ :

पैरामीटर	मान
पोर्ट	पोर्ट 1 से पोर्ट 2 से पोर्ट 3 से पोर्ट 4
परिचालन वेवलैंथ (nm)	150~1625
इन्सर्शन (विशिष्ट dB)	0.8 (ग्रेड P) 1.0 (ग्रेड A)
इन्सर्शन लॉस (अधिकतम dB)	0.0 (ग्रेड P) 1.2 (ग्रेड A)
चैनल पृथक्करण (विशिष्ट dB)	50
चैनल पृथक्करण (न्यूनतमा dB)	40
दिशात्मकता (dB)	>50
PDL (dB)	<0.15
PMD (ps)	<0.1
प्रत्यावर्तन हानि (dB)	<50
पॉवर संधारण mw	≤ 300
परिचालन तापमान (oC)	0~+70
भंडारण तापमान (oC)	-40~-+85
पैकेज आयाम (mm)	φ5.5*L60 या L63

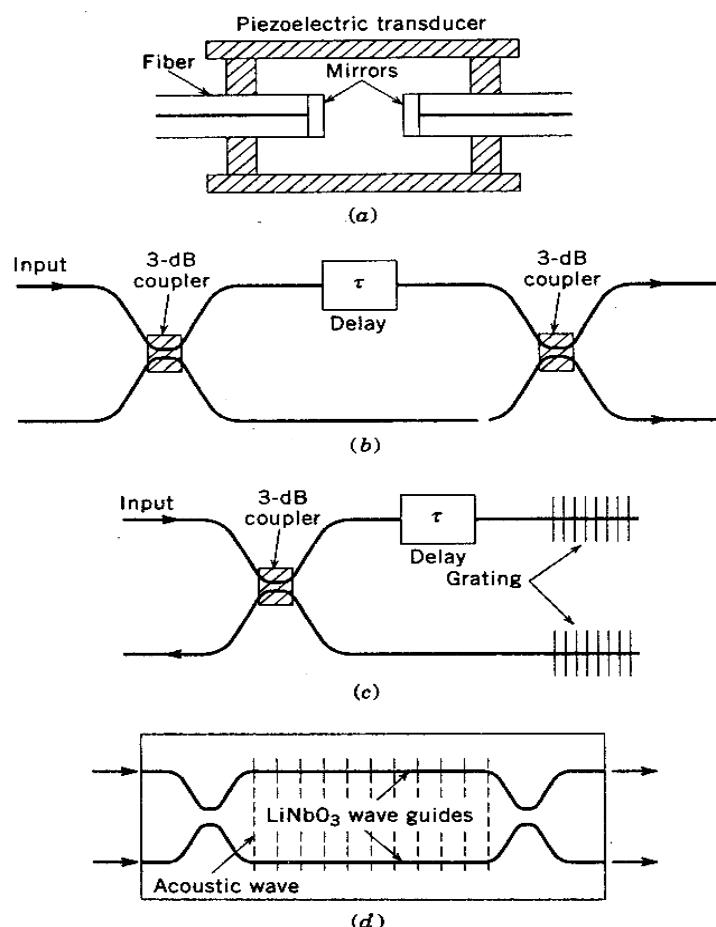
9.7.5 WDM फ़िल्टर:

ऑप्टीकल संचार प्रणाली में ऑप्टिकल पिफल्टरों का काम रिसीवर पर वांछित चैनल का चयन करना है। फ़िल्टर की बैंडविड्थ, वांछित चैनल को संप्रेषित करने के लिए काफी बड़ी होनी चाहिए किन्तु उसी समय निकटवर्ती चैनलों को रोक दे।

ऑप्टिकल फाइबरों के वांछनीय गुण हैं।

- चयन किए जानेवाले चैनलों की संख्या, अधिकतम करने के लिए वाइड **ट्यूनिंग** रेज
- निकटवर्ती चैनलों से होने वाली बाधा से बचने के लिए **न्यूनतम क्रॉस-टॉक**
- अभिगम समय न्यूनतम रखने हेतु फास्ट ट्यूनिंग गति
- कम **इंसर्शन लॉस**
- **धृविकरण (पोलराइजेशन) असंवेदनशीलता**
- पर्यावरण परिवर्तनों (आर्द्रता, तापमान और कंपन आदि) के प्रति स्थायित्व
- कम लागत

ऑप्टिकल फिल्टरों को उनकी कार्यचालन बनावट के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है। कार्यचालन बनावट है। ऑप्टिकल बाधाएं और डिफ्रेक्शन सामान्यतः प्रयुक्त ऑप्टिकल फिल्टर हैं :- **फेब्री-पेरट, मैक-जैंडर, ग्रेटिंग आधारित माइकलसन और ध्वानिक ऑप्टिक**, जिन्हें क्रमशः चित्र 9.26 में क, ख, ग और घ में दिखाया गया है।



चित्र 9.28 ऑप्टिकल फ़िल्टर

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

9.8 एस.टी.एम. उपस्कर के लिए ऑप्टिकल अंतरापृष्ठ :

ऑप्टिकल संचार उपस्कर शब्दावली में ITU - T द्वारा कुछ मानक परिभाषित हैं, जो निम्न प्रकार हैं.

सामान्यतः अंतरापृष्ठ (Interfacers) 'X Y Z' के रूप में नामित किए जाते हैं जहां
X वहन की लंबाई के लिए हैं, वे हैं

कूट	विवरण	लंबाई
I	अंतर स्टेशन	2 कि.मी.
S	छोटा वहन (शॉर्ट-हॉउल)	15 कि.मी.
L	लंबा वहन (लॉन्ग हॉउल) @ 1310 nm	40 कि.मी.
L	लंबा वहन @ 1550 nm	80 कि.मी.
V	बहुत लंबा वहन @ 1310 nm	60 कि.मी.
V	बहुत लंबा वहन @ 1550 nm	120 कि.मी.
U	अति लंबा वहन @ 1550 nm	160 कि.मी.

उदाहरण: अंतर स्टेशन : स्टेशन परिसर में जैसे यार्ड मास्टर, चालक दल (क्रू) नियंत्रक
छोटा वहन: स्टेशन से स्टेशन

लंबा वहन: महत्वपूर्ण जंकशनों के बीच

बहुत लंबा वहन: महत्वपूर्ण नगरों के बीच

अति लंबा वहन: बेसबैंड पुनरावर्तकों के बीच

'Y' STM के स्तर के लिए हैं जो हैं

कूट	विवरण
1	STM - 1
2	STM - 4
3	STM - 16
4	STM - 64

'Z' फाइबर प्रकार के लिए हैं

कूट	विवरण	वेवलैंथ	मानक
1	NDSF - नॉन डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर	1310 nm	G 652
2	NDSF - नॉन डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर	1550 nm	G 652
3	DSF - डिसपर्शन शिफ्टेड फाइबर	1550 nm	G 563
4
5	NZDSF - नॉन जीरो डिसपर्शन शिफ्टेड	1550 nm	G 655

STM -1, STM-4, STM-16 और STM-64 के लिए ऑप्टिकल अंतरापृष्ठ नाम के कुछ उदाहरण निम्नलिखित सारणी में सूचीबद्ध किए गए हैं.

बुनियादी ऑप्टिकल नेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

9.8.1 ओ.एफ.सी. अंतरापृष्ठ के कुछ उदाहरण :

कूट	विवरण	मानक
I. 16.1	1310 nm फाइबर पर अंतर स्टेशन STM.16 लिंक	G 652
S 16.2	1550 nm फाइबर पर छोटा वहन STM 16 लिंक	G 652 व G 653
L 16.2	1550 nm फाइबर पर लंबा वहन STM - 16 लिंक	G 652 व G 653
L 16.3	1550 nm फाइबर पर लंबा वहन STM - 16 लिंक	G 652 व G 653
V 16.2	1550 nm फाइबर पर अति लंबा वहन STM - 16 लिंक	G 652 व G 653
V 16.3	1550 nm फाइबर पर अति लंबा वहन STM- 16 लिंक	G 652 व G 653
U.16.2	1550 nm फाइबर पर अत्यधिक लंबा वहन	G 652 व G 653
U 16.3	1550 nm फाइबर पर अत्यधिक लंबा वहन	G 652 व G 653
S.04.1	1310 nm फाइबर पर छोटा वहन STM - 4 लिंक	...
L.04.01	1310 nm फाइबर पर लंबा वहन STM - 4 लिंक (80कि.मी.)	...
L.04.02	1550 nm फाइबर पर लंबा वहन STM- 4 लिंक (80कि.मी.)	G 652 व G 653
L.04.03	1550 nm फाइबर पर लंबा वहन STM-4 लिंक (80कि.मी.)	G 652 व G 653
S.01.1	1310nm फाइबर पर छोटा वहन STM-1 लिंक
L.01.1	1310 nm फाइबर पर लंबा वहन STM-1 लिंक (40कि.मी.)

9.8.2 STM - 1 के साथ ओ.एफ.सी. अंतरापृष्ठ के कुछ उदाहरण :

कूट	1 (nm)	फाइबर	संप्रेषित ट्रांसमिटर	प्रकीर्णन
I.1.1	1310	G.652	LED/MLM	18/25
S.1.1	1310	G.652	MLM	96
S.1.2	1550	G.652	MLM/SLM	296/NA
L.1.1	1310	G.652	MLM/SLM	246/NA
L.1.2	1550	G.652	SLM	NA
L.1.3	1550	G.652	MLM/SLM	296/NA

9.8.3 STM - 4 के साथ ओ.एफ.सी. अंतरापृष्ठ के कुछ उदाहरण :

कूट	1 (nm)	फाइबर	संप्रेषित ट्रांसमिटर	प्रकीर्णन
I..4.1	1310	G.652	LED/MLM	14/13
S.4.1	1310	G.652	MLM	74
S.4.2	1310	G.652	SLM	NA
L.4.1	1310	G.652	MLM/SLM	109/NA
L.4.2	1550	G.652	SLM	अध्ययन चल रहा है
L.4.3	1550	G.652	SLM	NA
V.4.1	1310	G.652	SLM	200
V.4.2	1550	G.652	SLM	2400
V.4.3	1550	G.652	SLM	400
U.4.2	1550	G.652	SLM	3200
U.4.3	1550	G.652	SLM	530

बुनियादी ऑप्टिकल मेटवर्क पुर्जे और अंतरापृष्ठ

9.8.4 STM - 16 के साथ ओ.एफ.सी. अंतरापृष्ठ के कुछ उदाहरण :

कूट	λ (nm)	फाइबर	संप्रेषित ट्रांसमिटर	प्रकीर्णन
I..16.1	1310	G.652	MLM	12
S.16.1	1310	G.652	MLM	NA
S.16.2	1310	G.652	SLM	अध्ययन चल रहा है
L.16.1	1310	G.652	MLM	NA
L.16.2	1550	G.652	SLM	1600
L.16.3	1550	G.652	SLM	अध्ययन चल रहा है
V.16.2	1550	G.652	SLM	2400
V.16.3	1550	G.652	SLM	400
U.16.2	1550	G.652	SLM	3200
U.16.3	1550	G.652	SLM	530

9.8.4 STM - 64 के साथ ओ.एफ.सी. अंतरापृष्ठ के कुछ उदाहरण :

कूट	λ (nm)	फाइबर	संप्रेषित ट्रांसमिटर	प्रकीर्णन
I..64.1	1310	G.652	MLM	6.6
I..64.2	1550	G.652	MLM	500
I..64.3	1550	G.652	MLM	80
I..64.5	1550	G.655	MLM	अध्ययन चल रहा है
S.64.1	1310	G.653	MLM	70
S.64.2	1550	G.652	MLM	800
S.64.3	1550	G.653	MLM	130
S.64.5	1550	G.655	MLM	130
L.64.2	1550	G.652	SLM	260
L.64.3	1550	G.653	SLM	अध्ययन चल रहा है
V.64.2	1550	G.652	SLM	400
V.64.3	1550	G.653	SLM	अध्ययन चल रहा है

वस्तुनिष्ठ:

- 1) लेसर **डायोड** में **रिलेक्सेशन** फ्रिक्वेंसी की वजह **ऑप्टीकल ट्रांसमीटर** की वैडविंथ आन्तरिक मोड्यूलेटर के साथ सीमित है। **(सही/गलत)**
- 2) **ऑप्टिकल ट्रांसमीटर**, बाहरी 'मोड'यूलेटर के साथ फ़िड बैक लूप फोटो डायड के इस्तेमाल से स्थिर पवर रेडिंग होता है। **(सही/गलत)**
- 3) **ऑप्टिकल फाईबर कम्यूनिकेशन** में **ऑप्टिकल एम्पलिफयर** लगाने के बाद सारे वेवलैंथ को एक साथ एम्पलीफाई करना आसान हो गया है बिना **ऑप्टीकल - इलेक्ट्रिकल** कनवर्सन के। **(सही/गलत)**
- 4) **ऑप्टीकल फाईबर** लिंक में रिजेनेरेटर, विशिष्ट बिट रेट और 'मोड'यूलेशन फार्मेट के लिए लगता है। **(सही/गलत)**
- 5) **ऑप्टीकल कम्यूनिकेशन** में **ऑप्टीकल एम्पलीफायर** बिट रेट और 'मोड'यूलेशन फार्मेट से स्वतंत्र है। **(सही/गलत)**
- 6) **ऑप्टीकल फाईबर** लिंक में सिस्टम अपग्रेडेशन में एम्लीफायर की बदलाव की जरूरत नहीं है। **(सही/गलत)**
- 7) सिस्टम अप ग्रेडेशन में **ऑप्टीकल फाईबर** लिंक में रिजेनेरेटर की बदलाव की जरूरत है। **(सही/गलत)**
- 8) EDFA में 30 dB गेन इनपुट **ऑप्टीकल सिगनल** को प्रदान करने की क्षमता है। **(सही/गलत)**
- 9) WDM सिस्टम विभिन्न स्रोतों से प्राप्त सिगनल को सिंगल फाईबर में विभिन्न वेवलैंथ में भेजता है। **(सही/गलत)**
- 10) WDM सिस्टम में मल्टीप्लेक्सर और डीमल्टीप्लेक्सर पैसिव या एक्टिव हो सकता है। **(सही/गलत)**
- 11) OADM's में सिगनल **ऑप्टीकल** से **इलेक्ट्रिकल** में नहीं बदलता है **(सही/गलत)**
- 12) OADM's में वेवलैंथ का डायनमिक चुनाव जोड़ने या अलग करने में किया जाता है। **(सही/गलत)**
- 14) **ऑप्टीकल नेटवर्क** OXC एक **ऑप्टीकल स्विच** है। **(सही/गलत)**
- 15) वह उपकरण जो स्टार कपलर के साथ **ऑप्टीकल सिगनल** का मल्टीप्लेक्सिंग और डि मल्टीप्लेक्सिंग करता है। उसे अप्टीकल राउटर कहते हैं। **(सही/गलत)**
- 16) **ऑप्टीकल नेटवर्क** जहां रूटिंग टोपोलॉजी डायनमिकली रिकनफिगर नहीं किया जा सकता उसे स्टेटिक रूटर कहते हैं। **(सही/गलत)**
- 17) **ऑप्टीकल कपलर** वह उपकरण है, जो इनपुट सिगनल को एक कर देता है। **(सही/गलत)**
- 18) **ऑप्टीकल कपलर** एक पैसिव उपकरण है। **(सही/गलत)**
- 19) **ऑप्टीकल कपलर** हाइ डायरेक्शनल उपकरण है। **(सही/गलत)**
- 20) IX2 **ऑप्टीकल कपलर** में इनपुट सिगनल को दो आउटपुट सिगनल के बीच बॉटा जा सकता है। **(सही/गलत)**

विषयनिष्ठ:

- 1) सामान्य ट्रांसमीटर ब्लॉक के नामों की सूची बनाएं।
- 2) **ऑप्टीकल रिसीवर** के मुख्य भाग के कार्यप्रणाली का वर्णन करें।
- 3) **ऑप्टीकल एम्पलीफायर** के बारे में विस्तृत वर्णन करें।
- 4) **ऑप्टीकल मल्टीप्लेक्सिंग तकनीक** के बारे में सक्षिष्ट में लिखें।
- 5) पैसिव फाईबर **ऑप्टिक कम्पोनेंट** को अलग - अलग लिखें और प्रत्येक भाग का विवरण दें।
- 6) **ऑप्टीकल इंटरफेस** के नामों को उदाहरण सहित विस्तार से लिखें।

अध्याय 10

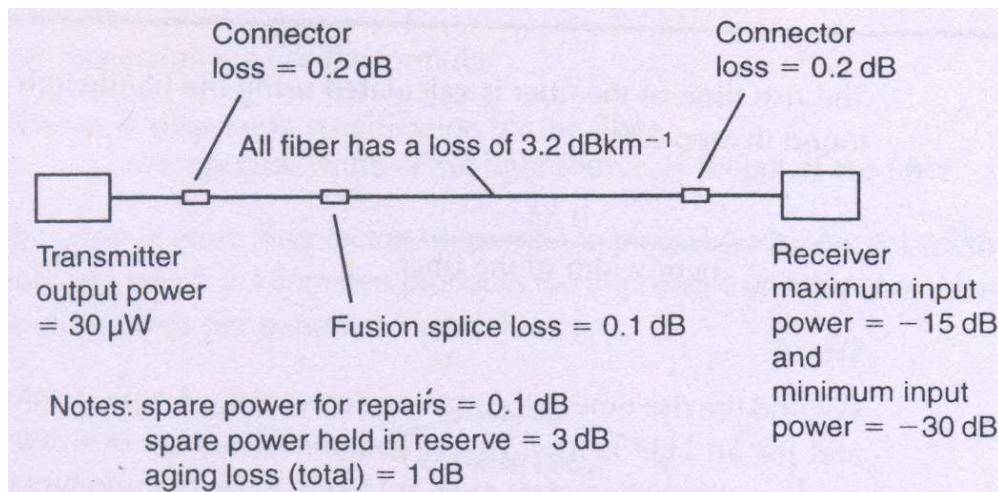
ऑप्टीकल लिंक इंजीनियरी

- 10.1 एक ऑप्टीकल लिंक
- 10.2 ऑप्टीकल लिंक डिजाइन में विचारणीय तथ्य
- 10.3 लिंक पॉवर बजट
- 10.4 उत्थान समय बजट
- 10.5 मूल्यांकन जांच

10.1 एक ऑप्टीकल लिंक

ऑप्टीकल ट्रांसमिशन प्रणाली के बुनियादी रूप में निम्नलिखित घटक होते हैं। (देखें चित्र 10.1)

- एक ऑप्टीकल स्रोत जैसे कि प्रकाश उत्सर्जक डायोड या लेसर डायोड
- एक ऑप्टीकल लिंक जिसमें केबल के एक या अधिक खंड (जिन्हें कनेक्टरों से एक साथ रखा जाता है)
- ऑप्टीकल एम्प्लीफायर
- ऑप्टीकल रिसीवर जिसमें अवलांची जैसा फोटो डिटेक्टर (फोटोन गणक) हो।
- फोटो-डायोड या पिन फोटो-डायोड के साथ एम्प्लीफायर, निर्णय परिपथ और समकारी जैसे अन्य सिग्नल प्रोसेसिंग हार्डवेयर



चित्र 10.1 ओ.एफ.सी. सिस्टम के सामान्य घटक और उनके द्वारा होने वाले लॉस

10.1 ओ.एफ.सी. प्रणाली के बुनियादी घटक तथा उनसे होने वाली हानियां

ऑप्टीकल लिंक की डिजाइन मूलतः दी गई त्रुटि संभाव्यता और ट्रांसमीटर्स तथा अभिग्राही के बीच की दूरी के लिए 'बिट रेट' सुनिश्चित करने के लिए अपेक्षित युक्तियों के चयन से युक्त होती हो। त्रुटि संभाव्यता, मॉड्यूलेशन तकनीक, प्राप्त पॉवर और चैनल रव का कार्य है। अतः दी गई मॉड्यूलेशन योजना के लिए त्रुटि संभाव्यता प्राप्त करना सुनिश्चित करने हेतु केबल में भेजे गए पॉवर के साथ-साथ प्राप्तियां, हानियाँ, संप्रेषित और अभिग्राही के बीच रव पर विचार करते हुए बजट लिंक विकसित करने की आवश्यकता होती है।

दूसरी ओर ऑप्टिकल लिंक समर्थित अधिकतम 'बिट रेट' फाइबर में प्रकाश के प्रकीर्णन के साथ-साथ ट्रांसमीटर्स और **रिसीवर** के उत्थान समय द्वारा सीमित रखा जाता है। हमें अधिकतम बिट रेट, जो लिंक समर्थित करती हो, की गणना के लिए उत्थान समय बजट परिकलन निष्पादन करने की आवश्यकता है।

शेष अध्याय में हम ऑप्टिकल नेटवर्क, लिंक बजट, '**राइज़ टाइम बजट**' की डिजाइन के लिए विचारणीय तथ्यों की उदाहरण सहित चर्चा करेंगे।

10.2 ऑप्टिकल लिंक डिजाइन में विचारणीय तथ्य:

- लिंक की **टोपोलॉजी** :

साधारण ट्रांसमिशन लिंक, पॉइंट से पॉइंट लिंक होती है, जिसमें एक सिरे पर ट्रांसमीटर और दूसरे सिरे पर रिसीवर होता है।

इस प्रकार की लिंक अधिक जटिल प्रणाली स्थापत्य का आधार बनाती है। नेटवर्क स्थापत्य के जटिल प्रकार वितरित, स्थानीय और विस्तृत क्षेत्र नेटवर्क हैं। ऑप्टिकल लिंक की डिजाइन में अंतःसंबंधित 'घर' फाइबर, स्रोत, फोटो डिटेक्टर में होते हैं ताकि वास्तविक लिंक डिजाइन और विश्लेषण को अंतिम रूप देने से पहले कई पुनरावृत्ति की आवश्यकता होती है।

- प्रणाली निष्पादन सिद्धांत :

प्रणाली निष्पादन सिद्धांत वांछित ट्रांसमिशन दूरी, **डाटा रेट** (चैनल बैंडविड्थ) और **बिट-एरर दर** (BER) पर आधारित होता है। प्रणाली निष्पादन, संभावित प्रणाली जीवन अवधि में सुनिश्चित की जानी चाहिए।

- घटकों का चयन

पहले परिचालन की वेवलैंथ उदाहरणार्थ अल्प दूरी 800-900nm और लंबी दूरी 1300-1500 nm का विनिश्चय करना चाहिए। एक बार वेवलैंथ का विनिश्चय हो जाने पर प्रणाली निष्पादन तीन प्रमुख घटकों पर आधारित होता है। वे हैं अभिग्राही ट्रांसमीटर्स और फाइबर। सामान्यतः इन तत्वों में से दो के अभिलक्षणों का चयन किया जाता है और तब प्रणाली निष्पादन आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए तीसरे का संगणन किया जाता है।

पहला घटक ऑप्टिकल अभिग्राही है। उदा. पिन या 'अवलांची फोटो-डायोड डिटेक्टर' की अनुक्रियात्मकता परिचालन वेवलैंथ, गति और संवेदनशीलता का **आवश्यकतानुसार** विनिश्चय डिजाइन द्वारा किया जाए।

सामान्यतः: उपयुक्त फोटो डिटेक्टर चुना जाता है, जो उच्चतम परिचालन गति पर ऑप्टिकल सिग्नलों को संसूचित कर सके। इसके बाद उपयुक्त ऑप्टिकल स्रोत को चुना जाता है, जो ट्रांसमिशन गति के अनुकूल हो।

फाइबर विशेष का उपयोग करके ऑप्टिकल पॉवर स्तर का प्राक्कलन किया जाता है। इस चरण पर बूस्टर एम्प्लीफायर समाविष्ट करने की परीक्षा की जानी चाहिए।

विनिर्दिष्ट डाटा दर पर BER आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए न्यूनतम ऑप्टीकल पॉवर स्तर को फोटो डिटेक्टर पर गिरना चाहिए। जब हम APD से पिन फोटो-डायोड की तुलना करते हैं, अभिग्राही डिजाइन की जटिलता बहुत सरल, तापमान परिवर्तन सहित अधिक स्थिर और APD से कम खर्चीली

होती है. पिन फोटो-डायोड की बायस-वोल्टेज सामान्यतः 5V से कम और APD बायस **वोल्टेज की** रेंज 40V से कई सौ वोल्ट होता है. APD निम्न ऑप्टिकल पॉवर स्तरों के लिए अधिक संवेदनशील होते हैं.

दूसरा घटक ऑप्टिकल स्रोत है. उदाहरणार्थ LED या लेसर. डिजाइन द्वारा उत्सर्जन वेवलैंथ, स्पेक्ट्रल लाइन विड्थ, आउटपुट पॉवर, प्रभावी विकिरण क्षेत्र, उत्सर्जन पद्धति, स्रोतों के उत्सर्जन माध्यमों की संख्या पर विचार किया जाना चाहिए.

डिजाइन इंजीनियर को इसके बाद ऑप्टिकल स्रोतों की तुलना करनी चाहिए (LED बनाम लेसर डायोड) LED और लेसर डायोड के बीच प्रणाली पैरामीटर हैं. सिग्नल प्रकीर्णन डाटा दर, ट्रांसमिशन दूरी और लागत.

800-900nm क्षेत्र में LED स्रोत डाटा दर पर कम कर सकते हैं - दूरी 150 Mbps - कि.मी. LD स्रोत के साथ सिंगल 'मोड' फाइबर चरम बिट दर, डाटा दर दूरी उत्पाद 500 Gbps कि.मी. 1550 nm उपलब्ध करा सकता है.

लेसर डायोड, LED की तुलना में फाइबर में 10-15dB अधिक ऑप्टिकल पॉवर युग्मित करने की क्षमता होती है. LD में असुविधाएं हैं. उसकी लागत और उसके ट्रांसमीटर्स परिपथ की जटिलता. अंततः है, फाइबर का चयन, मल्टी'मोड' या सिंगल 'मोड' फाइबर दोनों में से एक को चुनना होगा. चयन इस बात पर आधारित होता है कि प्रकाश का स्रोत किस प्रकार है और कितना प्रकीर्णन सहन किया जा सकता है. डिजाइनर द्वारा फाइबर के कोर का आकार कोर परावर्तन सूचकांक प्रोफाइल, बैंडविड्थ, प्रकीर्णन, **अटेन्यूएशन** या "मोड" फील्ड व्यास का विनिश्चय किया जाना चाहिए.

मल्टी'मोड' फाइबरों सहित LED (सिरा उत्सर्जन प्रकार) से 500 Mbps की 'डाटा रेट' संभव है.

10.3 लिंक पॉवर बजट :

यदि प्रणाली के दूर के सिरे पर पहंचने पर सिग्नल पर्याप्त कमजोर होता है, तो **डाटा को 'नॉइज'** से अलग करना मुश्किल होगा. तब प्राप्त 'डाटा बिट्स' में त्रुटियों की संख्या में वृद्धि होगी. यदि प्रत्येक हजार मिलियन बिट्स में त्रुटि (Error) एक बार होगा तो यह कहा जाएगा कि उसमें **बिट एरर रेट (BER)** 10^{-9} की है और यह इसकी स्वीकृति की निचली सीमा है.

प्राप्त पॉवर की सीमाएं हैं कि BER का मान Value कम (Low) रखने के लिए प्राप्त पॉवर काफी उच्च होना चाहिए और **रिसीवर** को क्षति न होने पाए इसलिए प्राप्त पॉवर **स्वीकृत सीमा** में होना चाहिए.

इसी प्रकार संप्रेषित पॉवर, लागत और सुरक्षा आधार पर हैं. यह बेहतर होगा कि संप्रेषित पॉवर को न्यूनतम स्वीकार्य योग्य मान पर रखा जाए.

हम **निम्नलिखित** स्थितियों को ध्यान में रखते हुए लिंक पॉवर बजट पर चर्चा करेंगे.

परिदृश्य-1 : अभिग्राही और ऑप्टिक फाइबर प्रणाली का विनिश्चय कर लिया गया है, तब कौन से संप्रेषित न्यूनतम पॉवर की आवश्यकता होगी.

परिदृश्य-2 : न्यूनतम हानि स्थितियों में अधिकतम रिसीवर पॉवर.

परिदृश्य-3 : विद्यमान प्रणाली में **ट्रांस-रिसीवर** को बदले बिना फाइबर को कितना लंबा कर सकते हैं और फिर भी अभिग्राही (रिसीवर) की न्यूनतम पॉवर अपेक्षाओं को पूरा कर सकते हैं.

अब हम क्रमशः आगे बढ़ें और उपर्युक्त स्थितियों से संगत उदाहरण पर काम करें।

परिदृश्य-1 : अभिग्राही और ऑप्टिक फाइबर प्रणाली का विनिश्चय कर लिया गया है, तब कौन से ट्रांसमीटर्स में न्यूनतम पॉवर की आवश्यकता होगी।

चरण-1 निम्नलिखित कारणों से होने वाली न्यूनतम पॉवर हानि का पता लगाएं।

1. फाइबर
2. कनेक्टर और
3. स्प्लाइस

ये आंकड़े सूचीपत्र से प्राप्त किए जाते हैं।

चरण - 2 संभावित अधिकतम हानियों का पता लगाएं। जिसमें सम्मिलित होगा।

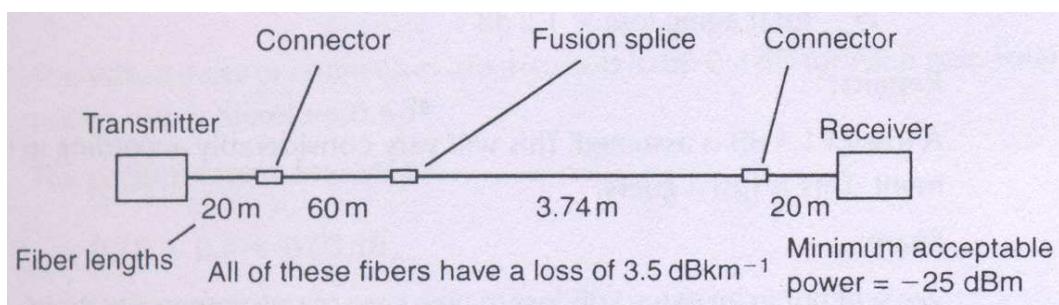
1. ऊपर गणना की गई न्यूनतम हानियां
2. कालावधि हानियां। प्रणाली के कई घटक उनकी कालावधि में खराब होते जाते हैं और यह जानना महत्वपूर्ण होता है कि इस खराबी को कहां तक अनुमत किया जाए अन्यथा भविष्य में प्रणाली एक दम विफल हो जाएगी। कालावधि हानियां फाइबर में बहुत कम होती हैं किन्तु ट्रांसमीटर्स और कनेक्टरों, मेकेनिकल स्प्लाइस, कपलरों आदि में इसका ध्यान रखना होगा। निर्माता इसका डाटा देंगे।
3. मरम्मत- यह चरण वास्तव में अनुभव और सलाह के आधार पर अनुमान आधारित है।
4. अतिरिक्त मार्जिन 3dB हानि अतिरिक्त जोड़े जाते हैं।

चरण - 3 पर्याप्त पॉवर सहित संप्रेशित प्रकाश स्रोत का चयन और रिसीवर का अधिकतम रिसीविंग पॉवर।

पर्याप्त पॉवर सहित ट्रांसमीटर्स प्रकाश स्रोत का चयन करें ताकि बुरी से बुरी स्थिति में प्रणाली का उपर्युक्त हानियों सहित परिचालन किया जा सके। तब यह जांच करें कि क्या न्यूनतम हानि की स्थिति में अभिग्राही (रिसीवर) क्षतिग्रस्त होगा।

- **स्थिति: 1 का उदाहरण :**

चित्र 10.2 में दिखाई गई प्रणाली में आवश्यक न्यूनतम 'ट्रांसमिटर्ड' पॉवर की गणना करें।



चित्र 10.2 न्यूनतम ट्रांसमीटर्स पॉवर के लिए ऑप्टिकल लिंक

चरण - 1 न्यूनतम पॉवर हानि

1. फाइबर

फाइबर की कुल लंबाई है = 20 मी. + 60 मी. + 3.7 कि.मी. = 3.84 कि.मी.

$$\begin{aligned} \text{कुल हानि} &= \text{कुल लंबाई} \times \text{प्रति यूनिट लंबाई हानि} \\ &= 3.84 \times 3.5 = 13.44 \text{ dB} \end{aligned}$$

2. कनेक्टर :

सूचीपत्र (Catlog) के अनुसार 1dB प्रति जोड़ी (mated pair) के लिए प्रयुक्त कनेक्टर के प्रकार के लिए हानि. यहां दो जोड़ियाँ (mated pairs) का उपयोग किया गया है अतः

$$\text{कुल हानि है} = 2 \times 1 = 2 \text{ dB}$$

3. ग्रन्थन (स्प्लाइस) :

फ्यूजन स्प्लाइस का मान 0.2dB माना जाएगा. कुल पॉवर हानि : पॉवर हानि का न्यूनतम मान अर्थात् उपर्युक्त हानियों का योग

$$= 13.44 + 2 + 0.2 = 15.64 \text{ dB}$$

चरण - 2 अधिकतम पॉवर हानि का पता लगाना

न्यूनतम पॉवर हानि है 15.64dB जिसमें कालावधि और मरम्मत के कारण होने वाली हानियों को अधिकतम पॉवर हानि जानने के लिए जोड़ा जाए.

कालावधि :

इस परिदृश्य में उपयोग की गई कालावधि हानियाँ हैं :

फाइबर कालावधि के कारण होने वाली हानि नगण्य है.

कनेक्टरों के कारण होने वाली हानि = 0.1dB प्रति कनेक्टर जोड़ी

अतः दो जोड़ियों के लिए = 0.2 dB

स्प्लाइस लॉस = नगण्य

ट्रांसमीटर्स हानि = 1dB

कुल कालावधि हानि = 1.2 dB

मरम्मत :

यह हानि 1.5 मान ली जाती है. यह पर्यावरण के अनुसार पर्याप्त रूप से बदल सकती है. यह अनुभव आधारित अनुमान है.

सीमान्त (मार्जिन):

अप्रत्याशित स्थितियों को संभालने के लिए 3dB हानि अधिकतम पॉवर हानि है = (न्यूनतम हानि + कालावधि के कारण हानि + मरम्मत के कारण हानि + सीमान्त (मार्जिन))

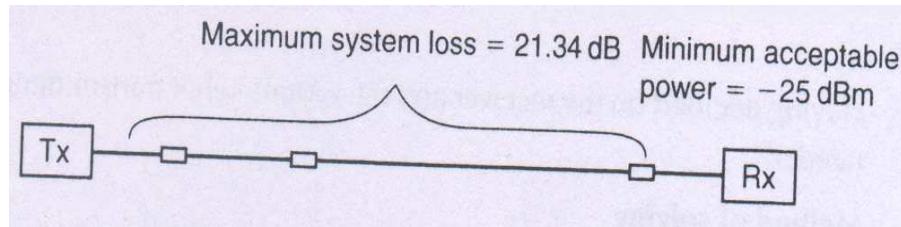
$$= 15.64 + 1.2 + 1.5 + 3 = 34 \text{ dB}$$

चरण -3 पर्याप्त पॉवर सहित ट्रांसमीटर्स प्रकाश स्रोत का चयन और रिसीवर के अधिकतम रिसीवर पॉवर की जांच करना.

ट्रांसमीटर्स, हानियों के खराब-से खराब मामलों में काबू पाने के लिए पर्याप्त पॉवर की सप्लाई और **रिसीवर** की न्यूनतम पॉवर आवश्यकताओं को पूरा करें.

अधिकतम प्रणाली हानि = 21.34 dB

न्यूनतम स्वीकार्य पॉवर = %% 25 dBm



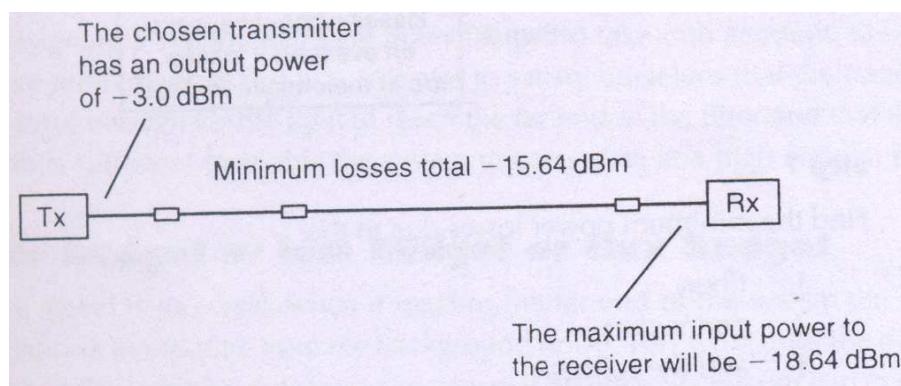
चित्र 10.3 अभिग्राही की न्यूनतम पॉवर आवश्यकताएं.

न्यूनतम ट्रांसमीटर पॉवर = $-25 + 21.34 = -3.66 \text{ dBm}$ या 430.5 mw देखें चित्र 10.3 (ए) अभिग्राही न्यूनतम पॉवर स्तर (-25 dBm) डेसीबल की ऋणात्मक संख्या बहुत अधिक है. इसका अर्थ है कि पॉवर स्तर बहुत कम है. ट्रांसमीटर इससे बड़ा होना चाहिए और अतः पॉवर का संख्यात्मक मान कम ऋणात्मक (-3.66 dBm) होना चाहिए.

प्रकाश स्रोत, आउटपुट पॉवर का निकटतम मान सहित 500 mw (-3.0 dBm) है.

परिदृश्य - 2 न्यूनतम हानि स्थितियों में अधिकतम **रिसीवर** पॉवर

अभिग्राही के लिए अधिकतम इनपुट पॉवर होता है, जब प्रणाली हानियां अपने न्यूनतम स्तर पर चित्र 10.4 में दर्शाए प्रकार से होती हैं.



चित्र 10.4 अभिग्राही को अतिभारित किए बिना अधिकतम इनपुट पॉवर

चुने गए **ट्रांसमीटरों** का आउटपुट पॉवर -3.0 dBm होता है.

कुल न्यूनतम हानि का योग -15.64 dBm

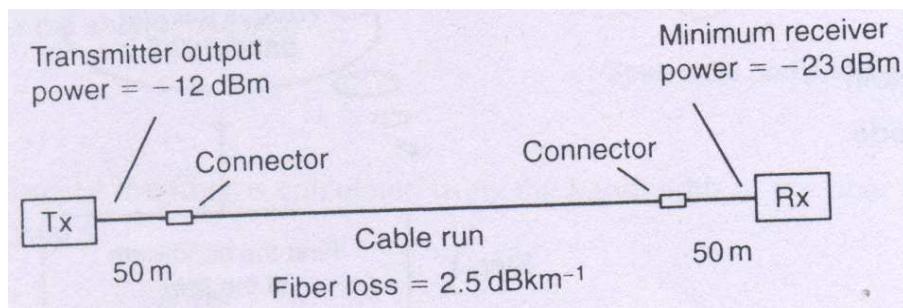
रिसीवर के लिए अधिकतम इनपुट पॉवर -18.64 dBm होगा.

अतः अधिकतम अभिग्राही पॉवर (-18.64 dBm) जो अभिग्राही के न्यूनतम स्वीकार्य पॉवर स्तर (-25 dBm) से उच्च न हो. अतः अभिग्राही निश्चित ही अतिभारित नहीं है.

सहनशील प्रणाली बनाए रखने के लिए अटॅन्युएटर का उपयोग किया जा सकता है ताकि अधिक पॉवर के कारण होने वाली क्षति से बचा जा सके.

परिदृश्य - 3 विद्यमान प्रणाली में संप्रेषित अभिग्राही को बदले बिना हम फाइबर को कितना लंबा कर सकते हैं और फिर भी अभिग्राही की न्यूनतम पॉवर आवश्यकता को पूरा कर सकते हैं.

विद्यमान ओ.एफ.सी. प्रणाली चित्र 10.5 में दर्शाई गई है.



चित्र 10.5 विद्यमान ओ.एफ.सी. प्रणाली

चरण - 1 विद्यमान प्रणाली की कुल हानि का पता लगाओ.

$$\text{पैच कॉर्ड की कुल लंबाई} = 100 \text{ मीटर}$$

मान लो कि प्रयुक्त फाइबर की हानि 2.5dB/ कि.मी. है,

इसलिये, फाइबर हानि = 0.2 dB

एक कनेक्टर की हानि = 0.2 प्रति कनेक्टर

$$\text{कुल कनेक्टरों की हानि} = 0.2 \times 2 = 0.4 \text{ dB}$$

$$\text{अतः विद्यमान हानि} = (0.25 + 0.4) = 0.65 \text{ dB}$$

चरण - 2 प्रस्तावित प्रणाली की बेहद खराब स्थितियों में हानियों का पता लगाओ

कालावधि हानि

$$\text{कपलर हानि} (0.1 \text{ dB प्रति जोड़ी}) = 0.2 \text{ dB}$$

$$\text{ट्रांसमीटर हानि} = 0.2 \text{ dB}$$

$$\text{मरम्मत हानि} (\text{मैटिनेंस लॉस}) = 2 \text{ dB अनुमानित}$$

$$\text{सुरक्षित सीमा (सेफ मार्जिन)} = 3 \text{ dB (अभ्यास अनुसार)}$$

$$\begin{aligned} \text{कुल हानि} (\text{विद्यमान हानि} + \text{कालावधि हानि} + \text{मरम्मत हानि} + \text{सुरक्षित सीमा}) &= 0.65 + 1.2 + 2.0 \\ &+ 3.0 = 6.85 \text{ dB} \end{aligned}$$

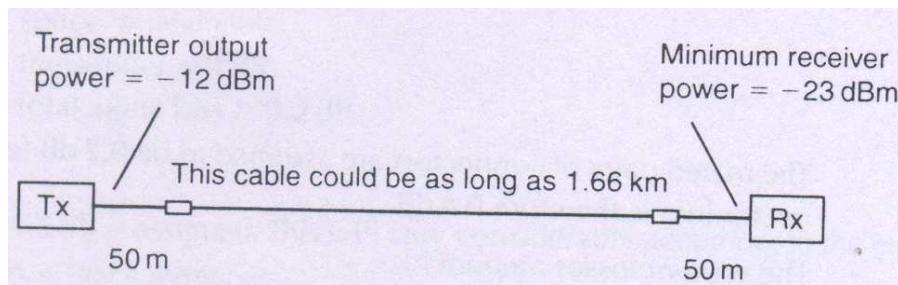
चरण - 3 अपेक्षित केबल के लिए उपलब्ध पॉवर का पता लगाओ.

ट्रांसमीटर्स आउट पुट पॉवर 9 - 12 dBm है और न्यूनतम अभिग्राही इनपुट पॉवर (- 23 dBm) है. अतः पूरी प्रणाली के लिए 11 dB उपलब्ध है. उपलब्ध पॉवर (11 dB) में से हमने कुल हानियों के लिए 6.85 dB की गणना कर ली है. (देखें चरण - 2)

$$\text{लिंक के लिए बचा पॉवर} = 11 - 6.85 = 4.15 \text{ dB}$$

चरण - 4 प्रयुक्त फाइबर की हानि 2.5dB/ कि.मी. है,

$$\text{अतः विद्यमान प्रणाली में केवल की अधिकतम लंबाई हो सकती है} = (\text{बचा हुआ पॉवर}) / (\text{फाइबर हानि}) = (4.15 / 2.5) = 1.66 \text{ कि.मी.}; \text{जैसा कि चित्र 10.6 में दर्शाया गया है.}$$



चित्र 10.6 केबल की अधिकतम लंबाई सहित विद्यमान ओ.एफ.सी. प्रणाली

10.4 उत्थान समय बजट :

ऑप्टिकल फाइबर प्रणाली का निष्पादन डाटा **ट्रांसफर रेट** पर भी निर्भर करता है, जिसका अर्थ है मांग पर पर्याप्त **बैंडविड्थ होना**. मल्टी'मोड' ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर में 100 MHz से 1 GHz तक की बैंडविड्थ होती है. सिंगल 'मोड' फाइबर भी और बेहतर होता है, जिसमें बैंडविड्थ 500 MHz से 10 GHz तक होती है.

लेकिन प्रकीर्णन तत्व डाटा **ट्रांसफर रेट** को सीमित करते हैं. केबल की लंबाई के साथ प्रकीर्णन समस्या के परिमाण में वृद्धि होती है और ट्रांसमिशन दर भी बढ़ती है. अतः फाइबर की लंबाई के साथ बैंडविड्थ घटती है.

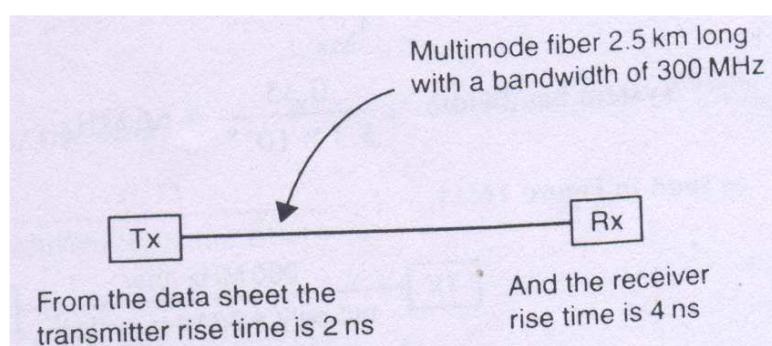
वास्तविक ओ.एफ.सी. प्रणाली विकसित करने हेतु हमें प्रकाश स्रोत और एक अभिग्राही की भी आवश्यकता होती है. इन दोनों में सात स्विचिंग गति होती हैं और ट्रांसमिशन गति को सीमित करते हैं. 10 GHz बैंडविड्थ देने वाले फाइबर का उपयोग अर्थहीन है, यदि दूसरे सिरे पर **रिसीवर** केवल 5MHz स्विचिंग कर सकता हो.

यह स्पष्ट है कि हम प्रणाली बैंडविड्थ में ही रुचि रखते हैं न कि फाइबर बैंडविड्थ में. अतः प्रकीर्णन प्रभाव तथा ट्रांसमीटर और रिसीवर की स्विचिंग गति की पड़ताल करने की आवश्यकता है.

मल्टी'मोड' और सिंगल 'मोड' फाइबर की अनुक्रिया भिन्न प्रकार की होती है. हम मल्टी'मोड' और सिंगल 'मोड' फाइबरों के उत्थान समय बजट का अलग-अलग अध्ययन करेंगे.

10.4.1 मल्टी'मोड' फाइबर के साथ उत्थान समय बजट :

आइए हम उदाहरण के साथ अध्ययन करें. हमारा उद्देश्य चित्र 10.7 में दिखाए गए प्रकार से **फाइबर ऑप्टिक** प्रणाली में उपयोग योग्य बैंडविड्थ का पता लगाना है.



10.7 बैंडविड्थ का पता लगाने हेतु मल्टी'मोड' फाइबर सहित ओ.एफ.सी. प्रणाली

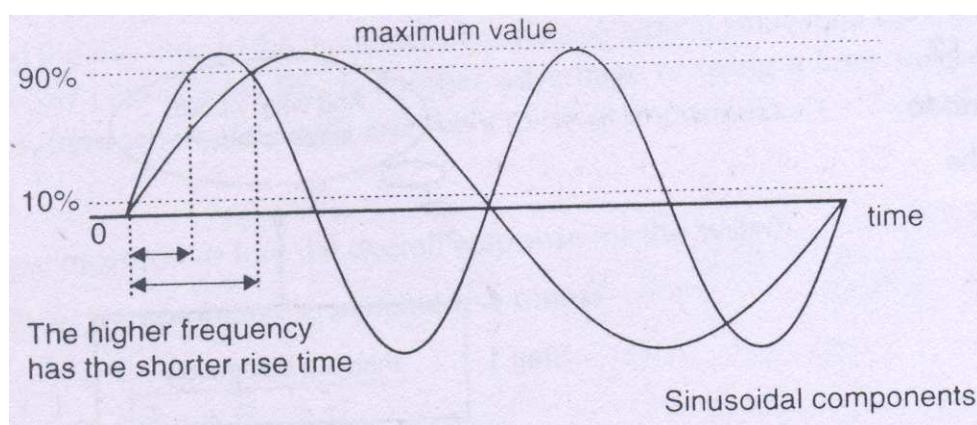
चरण-1 -फाइबर की बैंडविड्थ का पता लगाओ :

हम फाइबर बैंडविड्थ डाटा शीट या सूचीपत्र से प्राप्त कर सकते हैं। विशिष्टियां 300 MHz कि.मी. दिखाई देगा। यूनिट देखें (MHz कि.मी.) इसका अर्थ है कि बैंडविड्थ गुणा किलोमीटर दूरी का परिणाम 300 मेगा हर्ट्ज है। अतः इस फाइबर विशेष की बैंडविड्थ 150 मेगा हर्ट्ज (MHz) है, यदि लंबाई 2 किलोमीटर हो। जब हम 10 किलोमीटर लंबे केबल का उपयोग करते हैं तब बैंडविड्थ कम होकर 30 मेगा हर्ट्ज (MHz) हो जाती है। देखें कि बैंडविड्थ में परिवर्तन केवल की लंबाई की वृद्धि के साथ होता है।

$$\text{अतः फाइबर बैंडविड्थ} = (\text{उद्धत बैंडविड्थ}) (\text{लंबाई कि.मी. में}) = (300 \times 10^6) / 2.5 = 120 \text{ मेगा हर्ट्ज MHz}$$

चरण-2 फाइबर 'राइज टाईम' का पता लगाएं

प्रकाश के 10% से 90% तक बढ़ने के लिए उसके अन्तिममान का उत्थान समय लिया गया। वेवफार्म की बारंबारता जितनी उच्चतर होगी उत्थान समय उतना ही छोटा होगा जैसा चित्र 10.8 में दिखाया गया है। यह बैंडविड्थ से लिंक है चूंकि यह फाइबर के साथ संप्रेषित संकेत में उच्चतम बारंबारता घटक है।



चित्र 10.8 विभिन्न उत्थान समयों के साथ संकेत

$$\text{फाइबर का उत्थान समय} = (0.35 / \text{फाइबर की बैंडविड्थ})$$

$$\text{अतः उत्थान समय (tr)} \text{ फाइबर} = (0.35) / (120 \times 10^6) = 2.9 \text{ ns}$$

चरण - 3 डाटा शीट से प्रकाश स्रोत और अभिग्राही के उत्थान समय का पता लगाओ

देखें चित्र 10.7 ट्रांसमीटर और रिसीवर का उत्थान समय क्रमशः 2 ns और 4 ns हैं।

चरण - 4 प्रणाली 'राइज टाईम' और तब पूरी प्रणाली की बैंडविड्थ का पता लगाएं।

हमारे तीन भिन्न घटक हैं- प्रकाश स्रोत, फाइबर और रिसीवर और तीनों की ही अपनी स्विचिंग गति होती है।

जब प्रकाश स्रोत में इलेक्ट्रॉनिक संपर्द प्रयुक्त किया जाता है वह प्रकाश आउटपुट पॉवर में वृद्धि करने लगेगा। फाइबर अपनी ही गति का अनुपालन करेगा और अंततः अभिग्राही (रिसीवर) विद्युत आउटपुट बढ़ना आरंभ होगा।

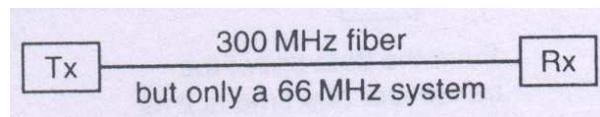
अतः प्रणाली का कुल उत्थान समय :

(tr) प्रणाली

प्रणाली बैंडविड्थ = (0.35/प्रणाली का उत्थान समय)

$$= 0.35/(5.3 \times 10^{-9}) = 66 \text{ मेगा हर्टज (MHz)}$$

यह समझने में स्पष्ट है कि प्रणाली की कुल बैंडविड्थ 66 मेगाहर्टज है यद्यपि फाइबर चित्र 10.9 में दिखाए गए प्रकार से 300 मेगाहर्टज (MHz) संभालता है।

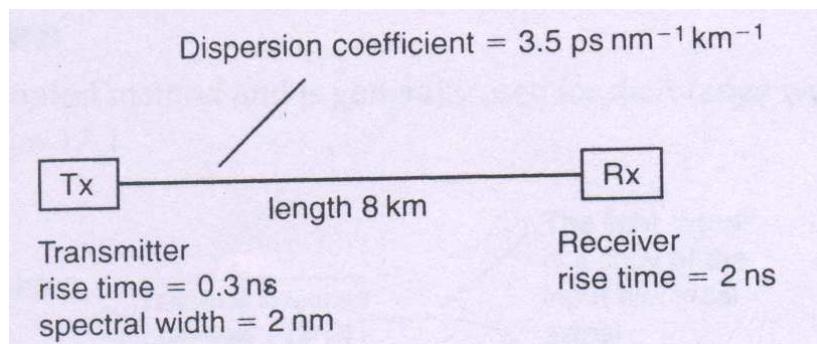


चित्र 10.9 ओ.एफ.सी. प्रणाली बैंडविड्थ सहित

10.4.2 सिंगल 'मोड' फाइबर सहित उत्थान समय बजट :

डाटा शीट बैंडविड्थ के बजाय प्रकीर्णन अभिलक्षण मान देता है, इससे हम बैंडविड्थ की गणना करेंगे। चूंकि प्रकीर्णन प्रकाश स्रोत की स्पेक्ट्रल विड्थ और फाइबर की लंबाई पर आधारित होती है।

आइए हम उदाहरण सहित अध्ययन करें। हमारा उद्देश्य चित्र 10.10 में दिखाए गए अनुसार फाइबर ऑप्टिकल प्रणाली की उपयोग योग्य बैंडविड्थ ज्ञात करना है।



चित्र 10.10 सिंगल 'मोड' फाइबर सहित ऑप्टिकल फाइबर प्रणाली

चरण - 1 प्रकीर्णन (**डिस्पर्शन**) ज्ञात करो।

प्रकीर्णन (**डिस्पर्शन**), फाइबर की प्रकीर्णन विशिष्टियाँ, प्रकाश स्रोत की स्पेक्ट्रल विड्थ और फाइबर लंबाई पर आधारित होती हैं।

$$\begin{aligned} \text{प्रकीर्णन} &= (\text{फाइबर की प्रकीर्णन विशिष्टि}) \times (\text{फाइबर की लंबाई}) \times (\text{प्रकाश स्रोत की स्पेक्ट्रल विड्थ}) \\ &= 3.5 \times 8 \times 2 = 56 \text{ psnm}^{-1} \text{ km}^{-1} \end{aligned}$$

चरण - 2 फाइबर की बैंडविड्थ ज्ञात करो

$$\begin{aligned} \text{फाइबर बैंडविड्थ} &= (0.44)/(\text{प्रकीर्णन संख्या}) \\ &= (0.44)/(56 \times 10^{-12}) = 7.86 \text{ GHz} \end{aligned}$$

चरण - 3 'राइज टाईम' (tr) प्रति फाइबर है = $(0.35)/$ फाइबर की बैंडविड्थ

$$\text{इस प्रकार उत्थान समय } (tr) \ (0.35)/ (7.86 \times 10^9) = 44.53 \text{ ps}$$

चरण - 4 डाटा शीट से प्रकाश स्रोत और अभिग्राही (रिसीवर) का उत्थान समय ज्ञात करो.

चित्र 10.10 देखें। ट्रांसमीटर्स और अभिग्राही का उत्थान समय क्रमशः 0.3ns और 2ns है.

चरण - 5 प्रणाली उत्थान समय और उसके बाद संपूर्ण प्रणाली की बैंडविड्थ ज्ञात करो.

हमारे पास तीन भिन्न-भिन्न घटक हैं - प्रकाश स्रोत फाइबर और अभिग्राही (रिसीवर) और इनमें से प्रत्येक की अपनी स्विचन गति है। जब प्रकाश स्रोत में इलेक्ट्रॉनिक स्पंद प्रयुक्ति की जाती है। यहां उसके प्रकाश आउटपुट पॉवर में वृद्धि आरंभ करती है। फाइबर अपनी ही दर का अनुपालन करता है और अंततः अभिग्राही विद्युत आउटपुट बढ़ना आरंभ होता है।

इस प्रकार का कुल उत्थान समय :

(tr) प्रणाली

प्रणाली बैंडविड्थ = $(0.35/\text{प्रणाली का उत्थान समय})$

$$= 0.35/(2.02 \times 10^{-9}) = 173.3 \text{ मेगाहर्ट्ज (MHz)}$$

जरा प्रणाली उत्थान समय सूत्र को देखें, अभिग्राही अनुक्रिया समय (2ns) ट्रांसमीटर के (0.3ns) और फाइबर के (0.0445ns) उत्थान समय से अधिक है। 1ns उत्थान समय वाले रिसीवर से बदलना बेहतर होगा, जिससे प्रणाली बैंडविड्थ बढ़कर 335 मेगाहर्ट्ज (MHz) हो जाएगी।

वस्तुनिष्ठः

- 1) पिन फोटो डायोड में ऑप्टीकल रिसीवर का डिजाइन साधारण है। (सही/गलत)
- 2) ऑप्टीकल रिसीवर में उपयोग में लाने वाले APD'S ऑप्टीकल पॉवर इनपुट लेवल को सेंस करता है। (सही/गलत)
- 3) पिन फोटो **डायोड** तापक्रम बदलाव में स्थिर रहता है। (सही/गलत)
- 4) लेसर **डायोड** ऑप्टीकल पॉवर को फाईबर में 10-15 dB- ज्यादा कप्लिंग करने की श्रमता रखता है। (सही/गलत)
- 5) LED की तुलना में APD, तापक्रम बदलाव में ज्यादा सैसिटिव रहता है। (सही/गलत)
- 6) लेज़र **डायोड** के मामलों में ट्रांसमीटर की जटिलता ज्यादा होती है। (सही/गलत)
- 7) **रिसीवर** ऑप्टीकल पॉवर BER को कम वेल्यू रखने के लिए काफी मात्रा में ज्यादा होने की जरूरत है। (सही/गलत)
- 8) ऑप्टीकल रिसीवर **पॉवर** काफी कम होना चाहिए ताकि रिसीवर को खराब होने से बचाया जा सके। (सही/गलत)

विषयनिष्ठः

- 1) चित्र 10.1 को फिर से बनाये और विस्तृत विवरण लिखें।
- 2) ऑप्टीकल लिंक डिजाइन में आने वाले घटकों को अलग - अलग कर लिखें।
- 3) ऑप्टीकल लिंक डिजाइन में लिंक पॉवर और राईस टाईम बजट का अंदाज करना क्यों जरूरी है?
- 4) राईस टाईम बजट को **मल्टीमोड** और **सिंगल मोड** फाईबर की प्राकलन विधि में क्या अंतर है ?
- 5) इस अध्याय के लिए सारांश लिखें।

अध्याय 11

डैंस वेवलैंथ डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग (DWDM)

डैंस वेवलैंथ डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग (DWDM), फाइबर ऑप्टिक ट्रांसमिशन की एक तकनीक है जो प्रकाश वेवलैंथ को पैरेलल-बाय-बिट या सीरियल-बाय-कैरेक्टर के रूप में डाटा ट्रांसमिट करना नियुक्त करता है। WDM एक ऐसा विचार है, जो वीडियो और वॉइस दोनों के लिए अलग-अलग डाटा के कॉम्बिनेशन को एक ही फाइबर ऑप्टिक केबल से कई अलग-अलग प्रकाश की वेवलैंथ का प्रयोग कर, जिनमें अलग-अलग फ्रीकवेंसी विभिन्न तरह के डाटा को लेकर जाती हैं, उसका विश्लेषण करता है।

11.1 DWDM का उद्गम (इवोल्युशन)

- पहले के WDM (80 के दशक के अंत में)
 - दो अलग-अलग वेवलैंथ (1310 nm, 1550nm)
- "दूसरा जनरेशन" WDM (90 के दशक के आरंभ में)
 - 1550nm विंडो के आठ चैनल में दो
 - स्पेसिंग 400 GHz
- DWDM सिस्टम (90 के दशक के बीच)
 - 1550nm विंडो में 16 से 40 चैनल
 - 100 से 200GHz स्पेसिंग
- नई पीढ़ी का (नेक्स्ट जनरेशन) DWDM सिस्टम
 - 64 से 160 चैनल 1550nm विंडो में
 - 50 और 25 GHz स्पेसिंग

11.2 वर्तमान समय में सिस्टम की समस्याएं.

वेवलैंथ के लिए उपभोक्ता के होने वाली कमी को दूर करने के लिए चैनल की क्षमता TDM और WDM से बढ़ाई जा सकती है, जैसे स्टैटिस्टिकल मल्टिप्लेक्सिंग, मल्टिप्ल फाइबर ऑप्टिक TDM सिस्टम, मक्स-डी-मक्स के बिट रेट लिमिटेशन के ऊपर आधारित है। यह बिट रेट निर्धारित करता है कि कितने कम समय स्लॉट में कितनी तेजी से हम जा सकते हैं। इन समस्याओं की वजह से ऑप्टिकल फाइबर और नैरो-बैंड लेजर की उन्नति ने ही WDM को जन्म दिया है।

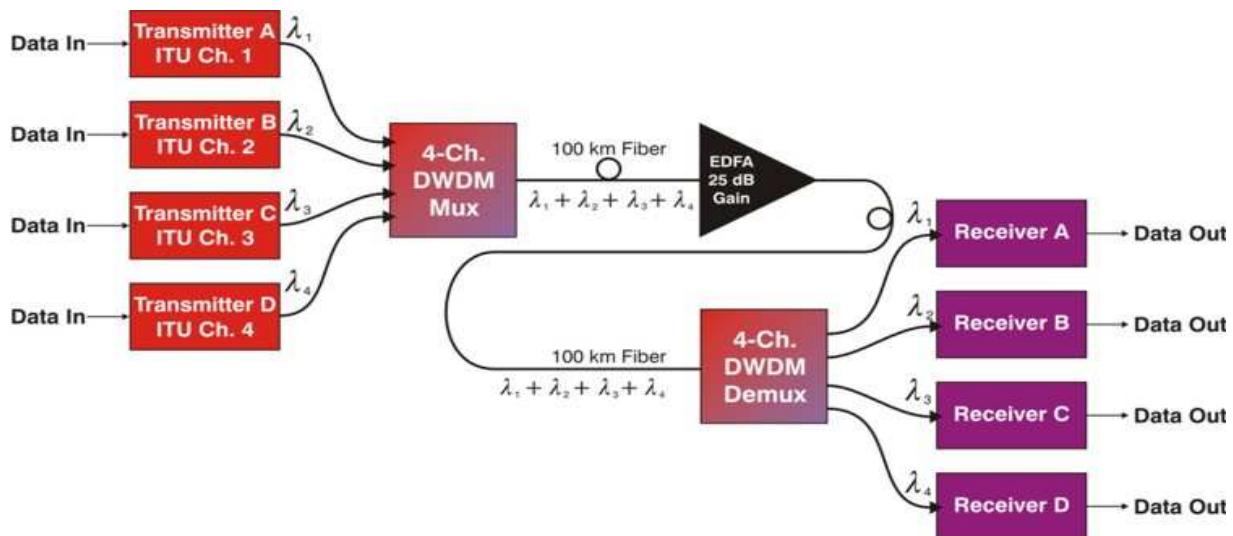
11.3 TDM की तुलना में DWDM की उपयोगिता

- क) फाइबर का सही प्रयोग
- ख) इंटरमीडिएट स्टेशन में स्पेस पॉवर सेविंग
- ग) क्षमता को आसानी से बढ़ाया जा सकता है।
- घ) लागत आधारित ट्रांसमिशन
- ङ) O-E-O कनवर्शन की तरह कोई डिटेक्शन या डिले नहीं।
- च) बैंडविड्थ लीसिंग की जगह वेवलैंथ लीसिंग
- छ) मेट्रोपॉलिटन क्षेत्र और एंटरप्राइसेस नेवर्क में डार्क फाइबर का भी उपयोग किया जा सकता है।

11.4 मौलिक तत्व और ऑपरेशन

ट्रांसमीटिंग साइड

- स्थाई वेबलैंथ के साथ लेसर, ऑप्टिकल मल्टीप्लेक्सर लिंक में
- ऑप्टिकल फाइबर, ऑप्टिकल एम्प्लीफायर, OADM (ऑप्टिकल एड/ड्रॉप फिल्टर) रिसीविंग साइड
- फोटो डिटेक्टर, ऑप्टिकल मल्टीप्लेक्सर/ ऑप्टिकल व एड/ड्रॉप मल्टीप्लेक्सर



चित्र 11.1 मौलिक DWDM सिस्टम

11.5 WDM का वर्गीकरण

WDM का वर्गीकरण दो वेबलैंथ के बीच के स्पेसिंग पर आधारित होता है।

चैनल स्पेसिंग > 200 GHz को CWDM कहते हैं।

चैनल स्पेसिंग > 100 GHz को WDM कहते हैं।

चैनल स्पेसिंग < 100 GHz को DWDM कहते हैं।

चैनल स्पेसिंग < 25 GHz को UDWDM कहते हैं।

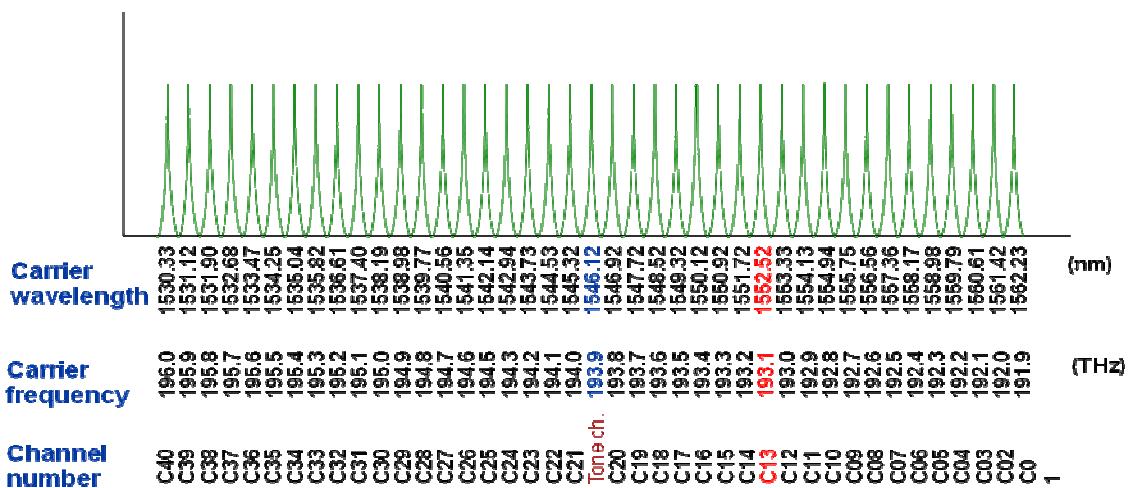
11.6 इन्फ्रा-रेड स्पेक्ट्रम

O-Band	E-Band	S-Band	C-Band	L-Band
1260-1360nm	1360-1460nm	1460-1530nm	1530-1565nm	1565-1625nm
CWDM	CWDM	Future DWDM	DWDM	DWDM

चित्र 11.2 इन्फ्रा-रेड स्पेक्ट्रम

11.7 DWDM के लिए वेवलैंथ की स्थिति

C-Band (1530-1562nm) को 1550 बैंड या कनेक्शन बैंड भी कहते हैं। L-Band (1574-1608nm) को 1580nm बैंड या लंबी वेवलैंथ बैंड भी कहते हैं। चैनल के सेंट्रल फ्रीक्वेंसी को फ्रीक्वेंसी स्पेसिंग के समान स्थिति दी जाती है जैसे 100GHz या 0.1 THz सभी चैनल सेंट्रल फ्रीक्वेंसी को 193.1 THz में रखा जाता है। चैनल सेंट्रल वेवलैंथ रिफरेंस फ्रीक्वेंसी 1552.52nm के साथ होता है।

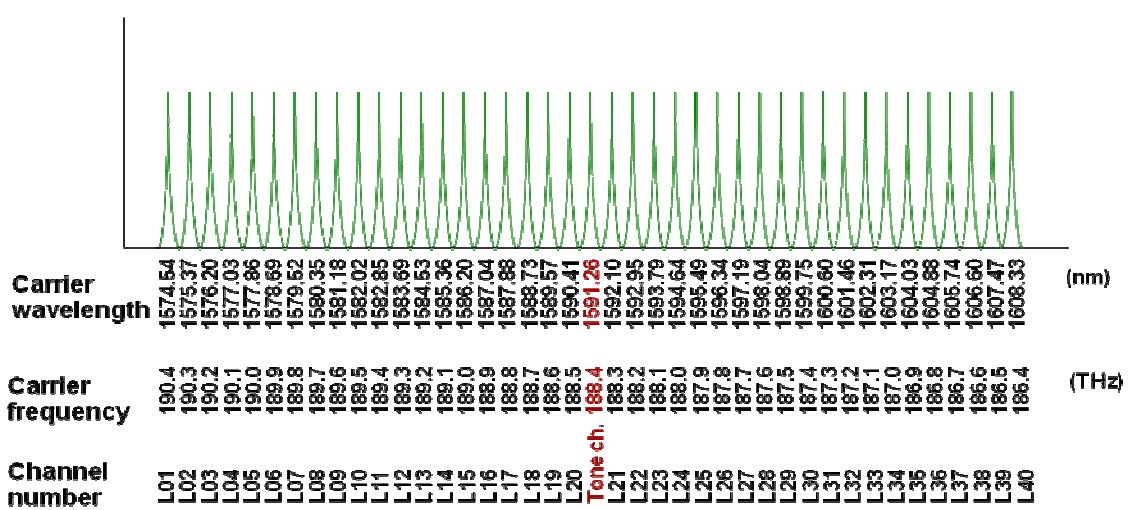


Note 1: Optical carriers are allocated on ITU-T 100 GHz (0.1 THz) grid in Rec. G. 692.

2: Tone channel is dedicated for operation & maintenance support.

3. C13 is the Centre Wavelength

चित्र 11.3 C-Band की वेवलैंथ की स्थिति



Note 1: Optical carriers are allocated on ITU-T 100 GHz (0.1 THz) grid in Rec. G. 692.

2: Tone channel is dedicated for operation & maintenance support.

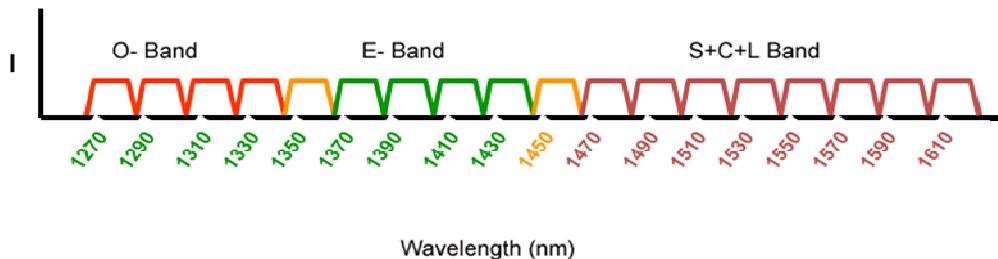
चित्र 11.4 L-Band की वेवलैंथ की स्थिति

11.8 CWDM और DWDM तकनीक की तुलना

विशेषता	CWDM	मेट्रो DWDM
प्रत्येक फाइबर की वेवलैंथ	8-6 (O,E,5,C बैंड)	40-80 C, C बैंड
वेवलैंथ स्पेसिंग	250 GHz (20 nm)	100 GHz (0.8 nm)
वेवलैंथ क्षमता	2.5 GpS के साथ	10 GpS तक
ओसत फाइबर क्षमता	बिना शीतलता के DFB	शीतलता के साथ DFB तक
फिल्टर तकनीक	पतला फिल्म	पतला फिल्म, AWG ब्राग ग्रेटिंग
ट्रांसमिशन दूरी	70 कि.मी.तक	900 कि.मी.तक
कुल लागत	बहुत कम	मध्यम
अप्लिकेशन	एंटरप्राइज, मेट्रो एक्सेस	एक्सेस, मेट्रो कोर, रीजनल

टेबल नं.1 : CWDM और DWDM तकनीक की तुलना

11.9 CWDM चैनल ग्रिड (आईटीयू-टी जी.694.2)



चित्र सं. 11.5 CWDM चैनल ग्रिड

11.10 DWDM में मुख्य तत्व

1. ट्रांस-पॉन्डर
2. ओमक्स/ऑडमक्स
3. ऑप्टिकल एम्प्लीफायर
4. OADM
5. री-जनरेटर

1. ट्रांसपॉन्डर : वह उपकरण जो ऑप्टिकल सिग्नल को लेता है, और इलेक्ट्रिकल 3 आर, रिजनरेशन और रिट्रांसमीट सिग्नल को ऑप्टिकल फार्म में वेवलैंथ ग्रिड में G.192 के आधार पर बदल देता है.

प्रत्येक इनपुट वेवलैंथ के लिए एक ट्रांसपॉन्डेट की आवश्यकता है. यह वेवलैंथ लीसिंग के लिए उपयोगी है क्योंकि कोई भी वेवलैंथ अंगीजी जा सकती है.

2. OMUX/ODMUX - विभिन्न ट्रांसपॉन्डेट आउटपुट को MUX में इनपुट की तरह दिया जाता है. प्रत्येक इनपुट वेवलैंथ के चयनित फिल्टर के साथ दिया जाता है. इस फिल्टर के आउटपुट को सिंगल 'मोड' फाइबर के साथ जोड़ा जाता है.

3. ऑप्टिकल एम्प्लीफायर

- क) बूस्टर पोस्ट एम्प्लीफायर: यह ट्रांसमीटर छोर में सिग्नल को बूस्ट करता है ताकि लेसर ट्रांसमीटर के कम आउटपुट को कॉम्पनसेट कर सके.
- ख) लाइन एम्प्लीफायर: फाइबर ट्रांसमिशन कमी को कॉम्पनसेट करने के लिए समान अंतराल में इसका प्रयोग करते हैं.
- ग) प्री एम्प्लीफायर: **रिसीवर** सेंट्रिविटी को बढ़ाने के लिए ऑप्टिकल डिटेक्टर के सिग्नल को बूस्ट करता है।
 - फाइबर में ऑप्टिकल पॉवर को बूस्ट करने के लिए बूस्टर एम्प्लीफायर का उपयोग करते हैं.
 - रिसीवर एम्प्लीफायर को बढ़ाने के लिए प्री एम्प्लीफायर का प्रयोग करते हैं.
 - लाइन एम्प्लीफायर में होने वाली पीरियॉडिक कमी को कॉम्पेन्सेट करने के लिए
 - क्रॉस कनेक्ट की वजह से होने वाली कमी को दूर करने के लिए.

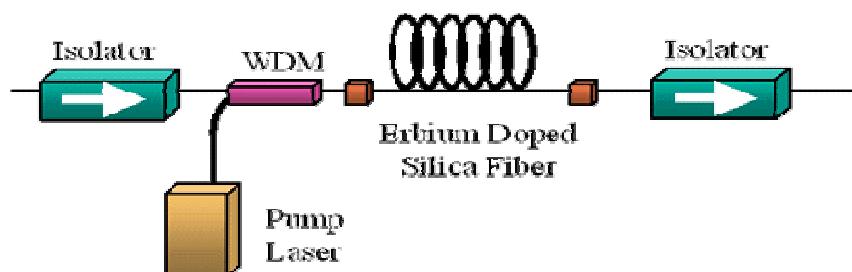
11.11 ऑप्टिकल एम्प्लीफायर के प्रकार

दो प्रकार के ऑप्टिकल एम्प्लीफायर उपलब्ध हैं -

1. सॉलिड स्टेट ऑप्टिकल एम्प्लीफायर
 - सेमी-कंडक्टर ऑप्टिकल एम्प्लीफायर
2. फाइबर ऑप्टिकल एम्प्लीफायर
 - इरबियम डोपड फाइबर **एम्प्लीफायर** (EDFAs)
 - रामन एम्प्लीफिकेशन (RA)

इरबियम डोपड फाइबर एम्प्लीफायर

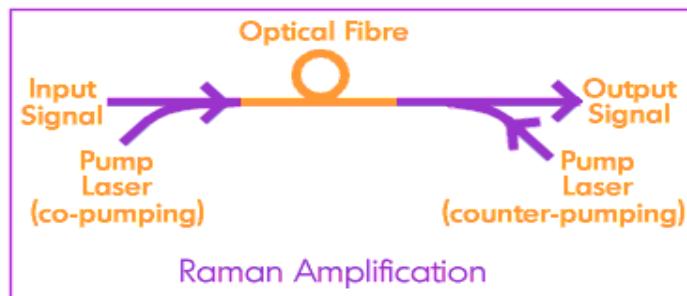
- यह छोटी लंबाई वाले ऑप्टिकल फाइबर से जुड़े होते हैं जिनमें भू-तत्व 'इरबियम' के साथ डोप किया जाता है.
- यह तत्व पंप सिग्नल के उपस्थिति में एम्प्लीफिकेशन विधि में मदद करता है.
- ऑपरेशन सिद्धांत और लेसर सिद्धांत एक समान है.
- 980nm लेसर के साथ पंप करना 1480nm पंपिंग से ज्यादा प्रभावी है.
- साधारणतया सबमरीन सिस्टम में प्रयोग किया जाता है और ज़मीन पर ज्यादा उपयोग करते हैं.
- 1550nm के आसपास सभी वेवलैंथ का एम्प्लीफिकेशन संभव है.
- गेन प्रोफाइल EDFA से सपाट नहीं होता है, और सपाट करने के लिए मेकेनिज़म की ज़रूरत है.



चित्र 11.6 EDFA का कॉन्फिगरेशन

रामन फाइबर एम्प्लिकेशन

- रामन फाइबर एम्प्लिफिकेशन मुख्य सिद्धांत स्टिम्यूलेटेड रामन स्केटरिंग (SRS)
- जब मजबूत ऑप्टिकल पंप माध्यम से मिलता है, तो नया सिग्नल (स्ट्रोक वेव) उसी दिशा में पैदा करता है।
- नई** उत्पन्न फ्रीक्वेंसी, पंप फ्रीक्वेंसी से 13.2 THz कम होती है।
- साधारण फाइबर में, यह प्रभाव बहुत **ही कम** होता है और महत्वपूर्ण एप्लिकेशन के लिए ज्यादा फाइबर लंबाई लेता है।



चित्र 11.7 रामन एम्प्लिकेशन

11.12 6 EDFA की तुलना में रामन एम्प्लीफायर की उपयोगिता

कम नॉइस का बनना, साधारण डिजाइन और ऑप्टिकल फाइबर में सीधे एम्प्लीफिकेशन किया जा सकता है और कोई भी स्पेशल ट्रांसमिशन माध्यम की आवश्यकता नहीं है।

सिग्नल फ्रीक्वेंसी का असाइनमेंट अच्छी तरह से हो पाना जैसे **रामन गेन**, पंप वेवलैंथ पर आधारित होता है, न कि वेवलैंथ **मटेरियल** पैरामीटर पर जैसे कि क्रॉस सेक्शन ऑफ डोपेंट का एमीशन।

खास तौर से लॉन्च किया गया पंप वेव ही नहीं, बल्कि WDM के कुछ चैनल भी पॉवर प्रदान करते हैं, जो दूसरे चैनल को एम्प्लीफाइ करते हैं, जिससे क्रॉस टॉक में भी कमी होती है।

डीग्रेडिंग प्रभाव, जैसे रामन स्केटरिंग और बैकवर्ड रेलै स्केटरिंग **भी कार्य कुशलता** पर प्रभाव डालते हैं।

11.13 लिमिटेशन्स

सबसे ज्यादा असुविधाजनक है डिस्पर्शन, जैसे क्रोमेटिक डिस्पर्शन होना, पोलाराइजेशन 'मोड' डिस्पर्शन, अटेन्यूएशन व इंट्रिसिक, स्केटरिंग अब्सॉर्प्शन और एक्सट्रिनसिक मैनुफैक्चरिंग स्ट्रेस, वातावरण आदि। ऑप्टिकल फाइबर के रिफ्रेक्टिव इंडेक्स में नॉन-लीनियर **स्वभाव** की वजह से DWDM सिस्टम में चैनल की क्षमता कम हो जाती है।

भारतीय रेलों में DWDM सिस्टम

11.14 परिचय

रेल-टेल ने पूरे देश में आधुनिक कटिंग ऐड्ज **तकनीक** का उपयोग कर बैक-बोन ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट नेटवर्क को बनाया है। पूरे देश में 400 शहरों में करीब 37,000 रूट कि.मी. में STM-16 कनेक्टिविटी से जुड़ा हुआ है। इसके अलावा उच्च अल्ट्रा क्षमता वाले DWDM नेटवर्क से 10,000 **रूट** कि.मी. में

400Gbps प्रदान किया गया है, जिसे आगे चलकर 800 Gbps तक PAN इंडिया DWDM नेटवर्क में किया जा सकता है। **पूरे** नेटवर्क को केंद्रीय नेटवर्क मेनेजमेंट से नियंत्रित किया जाता है, जो नई दिल्ली में स्थित हैं। जिसकी बैक अप सुविधा मुंबई, कोलकाता और सिंकंदराबाद में है।

रेल-टेल **ने** ADVA FSP 3000 के साथ उच्च अल्ट्रा क्षमता वाले DWDM का भी प्रयोग शुरू किया है और ऑप्टिकल नेटवर्किंग, उपकरण मल्टीप्लेक्सिंग में लचीलापन, ट्रांसपोर्टिंग और उच्च स्पीड डाटा की सुरक्षा और वीडियो एप्लिकेशन भी प्रदान करता है।

11.15 ADVA FSP 3000

FSP 3000 WDM ट्रांसपोर्ट सोल्यूशन है जो खासकर सर्विस प्रोवाइडर के लिए बनाई गई है और बड़ी-बड़ी कंपनियां जो कि मल्टीप्लेक्सिंग में, ट्रांसपोर्टिंग में, हाई-स्पीड डाटा की सुरक्षा तथा वीडियो एप्लीकेशनों को चलाने के लिये लचीलापन और कम लागत चाहती हैं।

FSP 3000, मेट्रो और लंबी दूरी के नेटवर्क, बैक-हॉल तथा नेटवर्क से जुड़ने आदि में ज्यादा बैंड-विड्थ एवं सर्विस फ्लेक्सिबिलिटी की सुविधा प्रदान करते हैं। FSP 3000 का मॉड्युलर आर्किटेक्चर की आवश्यकता को पूरा करता है। यह DWDM और CWDM को सपोर्ट करता है। फाइबर की एक जोड़ी में 120 वेबलैंथ तथा पूर्ण रूप से एकत्रित ट्रांस-पॉन्डरों की विशाल रेज उपयोग कर सकने के पर्याय की वजह से ट्रांसमिशन फाइबर में स्पेक्ट्रल क्षमता बढ़ा देते हैं, फाइबर अक्षमता को दूर कर देते हैं और कम पॉवर तथा कम जगह में उपयोग किये जा सकते हैं।

11.16 ADVA FSP 3000 सिस्टम की विशेषताएं **और** लाभ

1. यह सिस्टम, , लम्बी दूरी के नेटवर्क, मेट्रो और एक्सेस एप्लिकेशन फिक्स या रिकॉन्फिगरेबल ऑप्टिकल लेयर है और DWDM, CWDM, WDM-PON को सपोर्ट करता है।
2. मल्टीसर्विस क्षमता जो कि एथरनेट, OTN, SONET/SDH, स्टोरेज और वीडियो को 100 Gbit/s तक सपोर्ट करता है।
3. 2000 कि.मी. से ऊपर और 50dB के सिंगल स्पैन लॉस के लिए नॉन रीजनरेटेड ट्रांसमिशन के लिए एरबियम और रामन एम्प्लीफिकेशन की सुविधा का पर्याय है।
4. छोटा फुटप्रिंट के लिए उच्च घनता वाली डिजाईन, और सबसे कम पॉवर खपत, जिसके परिणाम स्वरूप ऑपरेशनल लागत बचाई जा सकती है।
5. नेटवर्क फ्लेक्सिबिलिटी: ये स्टेटिक और कॉन्फिगरेबल फोटॉनिक तत्व को सपोर्ट करने के साथ साथ ट्यूनेबल लेसर और मल्टी डिग्री RDODM टेक्नॉलॉजी जिसमें कलरलेस, दिशाविहीन और बिना कंटेन्शन के वेबलैंथ रूटिंग को सपोर्ट करता है। इसका फ्लेक्सिबल रिमोट नोड कंसेप्ट, नेटवर्क ऑपरेटरों को WDM-पैसिव ऑप्टिकल नेटवर्क एक्स्टेंशन नियुक्त करने की अनुमति देता है, जो कि यूनिफाइ एक्सेस और बैक-हॉल आर्किटेक्चर को क्रियान्वित करते हैं।
6. नेटवर्क ऑटोमेशन: FSP नेटवर्क मैनेजर और FSP सर्विस मैनेजर, रिमोट सिस्टम ऑपरेशन तथा सर्विस केंद्रित प्रावधान के द्वारा ऑपरेट किए जाते हैं। इसी में समाहित 'ए' कंट्रोल और GMPLS कंट्रोल प्लेन, ऑटोमेटेड ऑन-डिमांड डिलीवरी और मैनेजमेंट की किसी भी सर्विस मिश्रण को सक्षम बनाते हैं। इसिलिए नेटवर्क ऑपरेशन को सरल बना देता है और नेटवर्क के लचीलेपन में सुधार लाता है। सर्विस प्रदाताओं और अन्य इम्टरप्राइजेस द्वारा नये स्तर की क्षमताओं को बढ़ावा देते हुये ऑप्टिकल ट्रान्सपोर्ट नेटवर्क के ऑपरेशन के सक्षम बनाता है।

7. FSP 3000, दूरी बढ़ाने में ऑप्टिकल एम्प्लीफायर के छोर की मदद से प्रदान करता है. यह 103कि.मी. रुट तक सपोर्ट करता है. यह मान लिया गया है कि नियम ऐसे लागू हो कि 4Gig कार्ड कम दूरी से लगाया जा सके.

11.17 1 U चेसिस (स्लिम लाइन 1U चेसिस) सहित ADVA FSP 3000 सिस्टम



चित्र 11.8 ADVA FSP 3000 सिस्टम (1 U)

स्लिम लाइन 1U चेसिस की विशेषता

1. 1U में डबल कार्ड स्लॉट क्षमता है. यह फिल्टर के बिना फिल्टर (अधिकतम 1 वेवलैंथ) या अतिरिक्त 1U पैसिव शेल्फ सहित **चलाया** जा सकता है.
2. उपकरण में स्लिम लाइन 14 चेसिस 100 कि.मी. तक रुट दूरी को कवर करता है.
3. उपकरण आवरण 1 Gig सर्विस के लिए आदर्श है.
4. इसकी क्षमता 12 चैनल तक है और क्षमता को 32 ऑप्टिकल चैनल तक बढ़ाया जा सकता है.
5. भविष्य में मिड पॉइंट एम्प्स और रिंग्स तथा **चैनलों** को बढ़ाया जा सकता है.

11.18 ADVA FSP 3000 7 U चेसिस



चित्र 11.19 ADVA FSP 3000 (7 U)

1. इसकी विशेषता हाई क्षमता चेसिस जो एक्सटेंसिव रेज के लचीलेपन को बनाए रखता है.
2. इसमें 16 स्लॉट होते हैं, जिसमें सभी कार्ड जैसे **ट्रांसपॉन्डर**, फिल्टर प्रोटेक्शन कार्ड और ऑप्टिकल **सुपरवाइजरी** कार्ड **लगाये** जा सकते हैं.
3. इसमें 12 चैनल की क्षमता होती है और इसकी क्षमता बढ़ाकर 32 ऑप्टिकल चैनल **की** जा सकती है.
4. भविष्य में इसकी उन्नति मिड-पॉइंट एम्प्स और रिंग्स और चेन्स भी हो सकती है.

संदर्भ के लिए ITU-T सिफारिश

सिफारिश ITU-T.G.709

ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट नेटवर्क के लिए इंटरफेस के साथ काम करता है

यह ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट नेटवर्क में डाटा कम्यूनिकेट करने का साधन है। यह पारदर्शी ट्रांसपोर्ट करने की एक मानक विधि है। इसे ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट हायरैर्की स्टैंडर्ड भी कहा जाता है।

ITU-T G.709/Y.1331 में रिकमंडेशन के तहत ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट नेटवर्क के लिए निम्नलिखित चीजों का ध्यान देना होगा:-

- ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट हायरार्की (OTH)
- मल्टी वेवलैंथ ऑप्टिकल नेटवर्क की सहायता से ओवरहेड की फंकशनालिटी
- फ्रेम बनाबट
- बिट रेट
- क्लाइंट सिग्नल को मैपिंग करने हेतु फॉर्मेट

इसमें बताये गये इंटरफेस को यूसर टु नेटवर्क में भी एप्लाई किया जा सकता है और नेटवर्क नोड इंटरफेस, ऑप्टिकल ट्रांसपोर्ट नेटवर्क में भी हो सकता है। इसे ऑप्टिकल सब नेटवर्क में उपयोग करने के लिए जाना जाता है। इंटरफेस का एसपेक्ट टेक्नॉलॉजी में उन्नति और ऑप्टिकल तकनीक पर आधारित है। इसलिए ऑप्टिकल तकनीक पर आधारित एसपेक्ट को अच्छी तरह इस इंटरफेस के लिए डिफाइन नहीं किया गया है। ऑप्टिकल सब नेटवर्क में ओवरहेड फंकशनालिटी के लिए ऑपरेशन और मैनेजमेंट की आवश्यकता को दर्शाया गया है। टेंडम कनेक्शन मॉनिटरिंग (TCM), एंड टु एंड परफॉर्मेंस मॉनिटरिंग, कनेक्टिविटी मॉनिटरिंग, सिग्नल क्वालिटी सुपरविजन और साधारण कम्यूनिकेशन चैनल (CGC) जैसे G.709 एडवांस OAM&P की क्षमता उपलब्ध कराता है।

ITU-T G.694.1 सिफारिश G.694.1

यह WDM के लिए स्पेक्ट्रल ग्रिड के साथ डील करता है: DWDM फ्रीक्वेंसी ग्रिड

इस सिफारिश का उद्देश्य है कि, फ्रीक्वेंसी ग्रिड डैस वेवलैंथ डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग (DWDM) एप्लिकेशनों को सपोर्ट करने हेतु उपलब्ध करता है।

फ्रीक्वेंसी ग्रिड: बताए गए एप्लिकेशन में उपयोग में आने वाली नॉमिनल सेंट्रल फ्रीक्वेंसी कितनी लेना है, यह मात्रा फ्रीक्वेंसी ग्रिड तय करता है।

फ्रीक्वेंसी स्लॉट: एक स्लॉट के लिए फ्रीक्वेंसी रेज को एलोकेट किया जाता है, जो दूसरे स्लॉट को उसके नॉमिनल न हो। एक फ्रीक्वेंसी स्लॉट को उसके नॉमिनल सेंट्रल फ्रीक्वेंसी और उस स्लॉट की चौड़ाई से निर्धारित किया जाता है।

इस सिफारिश में बताया गया फ्रीक्वेंसी ग्रिड विभिन्न प्रकार के स्थाई चैनल जिनकी स्पेसिंग 12.5GHz से 100GHz या और चौड़ा फ्लेक्सिबल ग्रिड जितना चौड़ा है वहां तक सहायता कर सकता है। स्थाई ग्रिड में असमान स्पेसिंग वाले चैनल को भी लिया जाता है। स्थाई ग्रिड में चैनल स्पेसिंग को बांटकर जैसे पहले 100GHz ग्रिड को 2 के फैक्टर में बांटकर ऐतिहासिक कदम उठाया गया है।

संदर्भ

ब्रिटिश पुस्कालय में फाईबर ऑप्टीक्स के विषय में किताबें.

- 1) इरिसेट PPP फाईल्स : पी.वि.श्रीकांत फ्रोफेसर/इरिसेट.
- 2) मैनेटनेंस हैंड बुक ओ.एफ.सी. के बारे में : कैमटेक.
- 3) प्लास्टिक ऑप्टीकल फाईबर, प्रैक्टिकल अप्लिकेशन : जीन मारकॉन.
- 4) फाईबर ऑप्टिक्स की भूमिका : जॉन क्रिस्प.
- 5) ऑप्टीकल नेटवर्किंग कोर्स(क्रेरा) : स्टिवेन रोपर्ड.
- 6) WDM टेक्नॉलॉजिस : ऑप्टीकल नेटवर्क : अच्युत के दत्ता और दूसरे.
- 7) फाईबर ऑप्टिक कम्यूनिकेशन सिस्टम : गोविंद पी अग्रवाल.
- 8) आप्टो इलेक्ट्रानिक्स और फाईबर : रे ट्रिकर.

वेबसाईट जो ऑप्टीकल फाईबर सिस्टम से संबंधित हैं।

1. <http://www.hsc.csu.edu.au>
2. <http://www.aoe-expo.com/english>
3. <http://www.cbi.co.za>
4. http://www.fe.up.pt/si/web_page.inicial
5. <http://www.connectworld.net>
6. <http://optical-components.globalspec.com>
7. <http://www.science.org.au>
8. <http://portal.acm.org/portal.cfm>
9. <http://www.nationmaster.com/index.php>
10. eeclass.stanford.edu
11. <http://www.visionscopetechnologies.co.uk>
12. <http://www.bikudo.com>
13. <http://www.j-fiber.com>
14. <http://www.lanutil.com>
15. <http://misgroup2.blogspot.com>
16. <http://www.howstuffworks.com>
17. <http://networks.cs.ucdavis.edu>
18. fiber-optics-cable.blogspot.com
19. <http://www.lucidos.co.uk>
20. <http://www.lascomm.com>
21. <http://www.cisco.com>