

ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

- Επανάσταση στο χώρο των ψηφιακών επικοινωνιών και των δικτύων με την εισαγωγή της οπτικής ίνας ως μέσου μετάδοσης.
- Κύρια πλεονεκτήματα αυτού του νέου μέσου μετάδοσης είναι το **εξαιρετικά μεγάλο εύρος ζώνης**, η **αντοχή στον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο**, η **μικρή εξασθένηση** του σήματος, και οι **μικρές διαστάσεις** του.
- Προστίθεται σταδιακά ως πλεονέκτημα και το **χαμηλό κόστος κατασκευής**, διότι η παραγωγή γίνεται πιο μαζική και το πυρίτιο που είναι η πρώτη ύλη για την κατασκευή οπτικών ινών είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση.

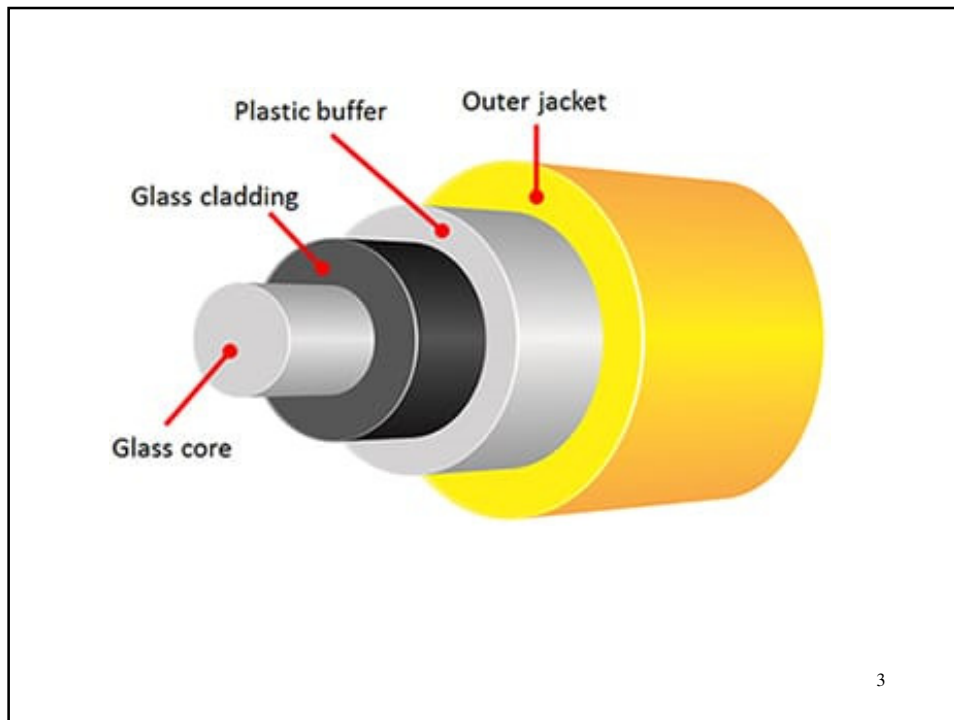
1

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Η οπτική ίνα (optical fiber) αποτελείται από τρία ομοαξονικά στρώματα υλικού:

- α) τον **πυρήνα (core)** αποτελούμενο από γυαλί, μέσα στον οποίο διαδίδεται το οπτικό σήμα,
- β) την **επίστρωση (cladding)** αποτελούμενη από γυαλί με δείκτη διάθλασης μικρότερο από αυτόν του πυρήνα
- γ) το λεπτό **πλαστικό προστατευτικό κάλυμμα (jacket)** της οπτικής ίνας.

Η ίνα περιβάλλεται από ένα παχύ εξωτερικό κάλυμμα (buffer) που είναι κατασκευασμένο από πλαστικό και χρησιμοποιείται για την πρόσθετη προστασία της.²



3

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

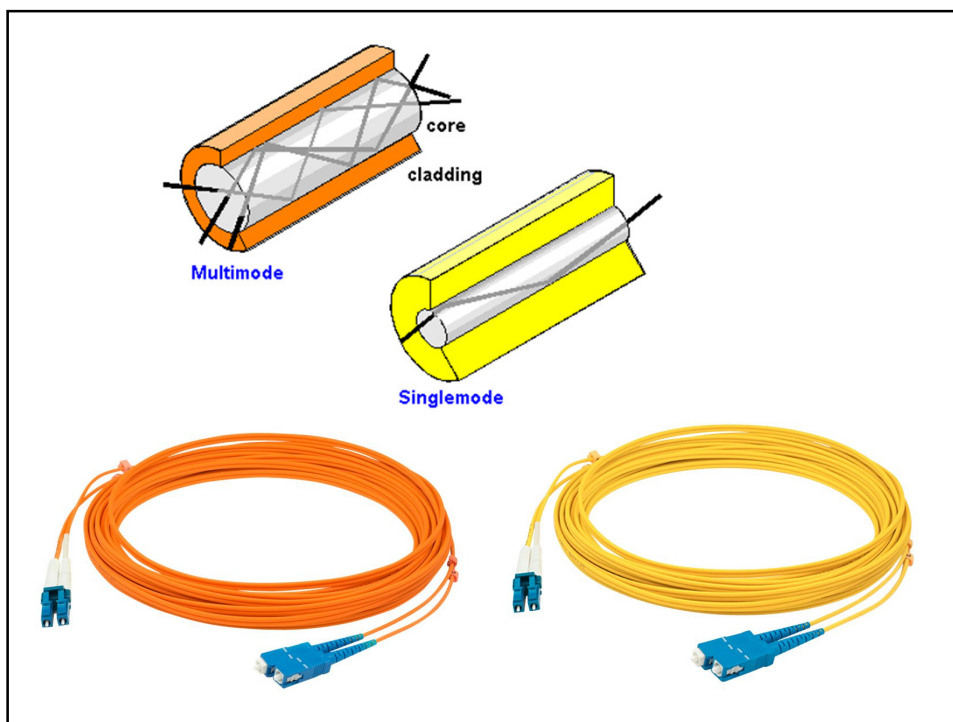
- Λόγω του ότι **ο δείκτης διάθλασης του core είναι μεγαλύτερος από αυτόν του cladding**, οι ακτίνες που προσπίπτουν στο cladding με γωνία μεγαλύτερη της ορικής ανακλώνται με γωνία ίση με τη γωνία πρόσπτωσης.
- Έτσι **το οπτικό σήμα “παγιδεύεται” μέσα στον core** και οδεύει με διαδοχικές αντανάκλασεις προς το άλλο άκρο της οπτικής ίνας.

4

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

- Διακρίνουμε δύο είδη οπτικών ινών: τις single-mode και τις multimode. Οι **single-mode** οπτικές ίνες χαρακτηρίζονται, σε ότι αφορά τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά, από διάμετρο του **core 8 έως 10 μm** και **διάμετρο του cladding 125 μm** . Οι **multimode** οπτικές ίνες χαρακτηρίζονται από διάμετρο του **core 50 μm** , ενώ η διάμετρος του cladding είναι - όπως και στις single-mode - ίση με 125 μm .
- Είναι εύκολο να ξεχωρίσουμε τα δύο είδη οπτικών ινών διότι το εξωτερικό κάλυμμα των **single-mode** οπτικών ινών είναι **κίτρινο** ενώ των **multimode** είναι **πορτοκαλί**.

5



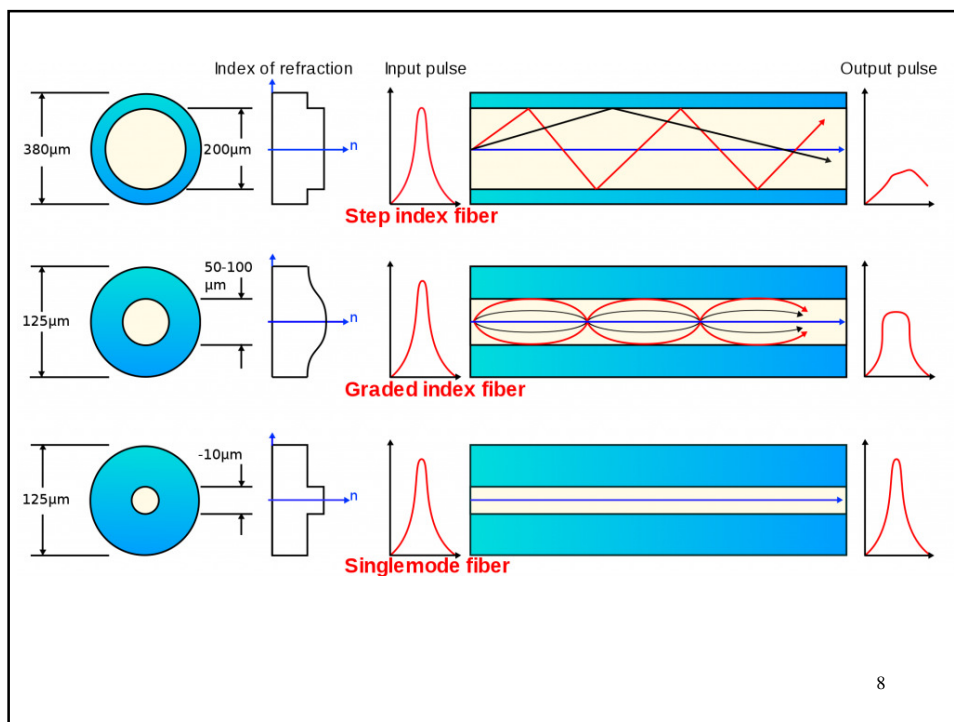
ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

• Πέρα από τις κατασκευαστικές τους διαφορές, οι single-mode και οι multimode οπτικές ίνες διαφέρουν και σε ότι αφορά τον **τρόπο διάδοσης του οπτικού σήματος**.

• Στις **multimode** οπτικές ίνες, το οπτικό σήμα ακολουθεί **πολλούς διαφορετικούς δρόμους** κατά τη διέλευσή του μέσα από την οπτική ίνα που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης του οπτικού σήματος στο cladding.

• Αντίθετα, στις **single-mode** οπτικές ίνες, όπου η διάμετρος του πυρήνα έχει μειωθεί στο επίπεδο του μήκους κύματος, το οπτικό σήμα ακολουθεί **έναν και μόνο δρόμο**.

7



8

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

- Βασικά πλεονεκτήματα των **multimode fibers** είναι η **ευκολότερη - και άρα φθηνότερη - κατασκευή τους** και η **ευκολότερη πραγματοποίηση συνδέσεων μεταξύ fibers** αυτού του είδους.
- Από την άλλη πλευρά, το γεγονός ότι το οπτικό σήμα ακολουθεί περισσότερους του ενός δρόμους κατά τη διέλευσή του από έναν multimode fiber προκαλεί την **παραμόρφωσή** του.
- Η παραμόρφωσή αυτή είναι **ανάλογη με το μήκος του fiber**, γεγονός που καθιστά αναποτελεσματική τη χρήση multimode fibers σε μεγάλες αποστάσεις.

9

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

- Μια υποκατηγορία των multimode fibers είναι οι **graded index fibers**. Χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι ο δείκτης διάθλασης του core δεν είναι σταθερός, αλλά μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από τον κεντρικό άξονα της ίνας.
- Οι ακτίνες φωτός που ταξιδεύουν κοντά στον άξονα της ίνας **διανύουν μεν μικρότερη απόσταση** σε σχέση με αυτές που ακολουθούν εξωτερική διαδρομή, αλλά - λόγω του ότι ο δείκτης διάθλασης των graded index fibers είναι μεγαλύτερος κοντά στον άξονα της ίνας - **ταξιδεύουν με μικρότερη ταχύτητα**.
- Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη **δραστική μείωση της διασποράς του οπτικού σήματος**.

10

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Η **εξασθένηση (attenuation) του οπτικού σήματος** όταν αυτό διέρχεται από μια οπτική ίνα είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη στο σχεδιασμό ενός οπτικού συστήματος επικοινωνίας.

Εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

- α) το **μήκος** της οπτικής ίνας,
- β) το **είδος του γυαλιού** που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της
- γ) το **μήκος κύματος** του μεταδιδόμενου οπτικού σήματος.

11

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

- Η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου γυαλιού αναβαθμίζεται συνεχώς και σήμερα εμπορικά διαθέσιμες οπτικές ίνες επιτυγχάνουν εξαιρετικά περιορισμένη **εξασθένηση του οπτικού σήματος, της τάξης των 0.2 dB/km** όταν η εκπομπή πραγματοποιείται σε κατάλληλα επιλεγμένο μήκος κύματος.

- Εργαστηριακά πειράματα μας δίνουν την υπόσχεση ότι οπτικές ίνες με εξασθένηση μικρότερη από 0.01 dB/km θα είναι διαθέσιμες στο μέλλον.

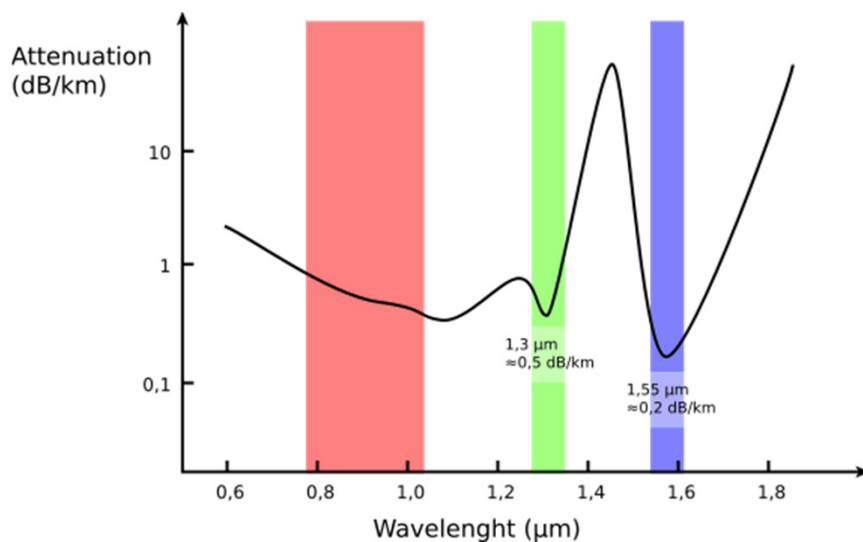
12

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

- Η **εξασθένηση** του οπτικού σήματος όταν αυτό διέρχεται από μία οπτική ίνα **εξαρτάται ισχυρά από το μήκος κύματος** του διερχόμενου σήματος.
- Υπάρχουν **δύο “παράθυρα” μηκών κύματος** (εικ. Β-3), εύρους περίπου 200 nm το καθένα, στα οποία ελαχιστοποιείται η εξασθένηση του οπτικού σήματος. Το πρώτο βρίσκεται στην περιοχή των 1.5 μm ενώ το δεύτερο στην περιοχή των 1.3 μm .

13



14

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

- Οι **φασματικές συνιστώσες** ενός οπτικού σήματος έχουν **διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης** μέσα στην οπτική ίνα.
- Εάν τα μήκη κύματος δύο οπτικών σημάτων διαφέρουν κατά $\Delta\lambda$ nm, τότε η **διασπορά δ** μεταξύ των δύο αυτών σημάτων **ορίζεται ως η διαφορά των καθυστερήσεων διάδοσης** των σημάτων αυτών.
- Το γεγονός αυτό **προκαλεί παραμόρφωση** του οπτικού σήματος, με αποτέλεσμα στο άλλο άκρο της οπτικής ίνας **οι λαμβανόμενοι φωτεινοί παλμοί να είναι πεπλατυσμένοι** σε σχέση με τη μορφή που έχουν κατά την εκπομπή τους.

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

- Αποτέλεσμα αυτού φαινομένου, που ονομάζεται διασπορά (dispersion) του οπτικού σήματος, είναι η **πρόκληση σφαλμάτων** καθώς είναι πιθανό να έχουμε **αλληλοεπικάλυψη** μεταξύ διαδοχικών παλμών.
- Η αλληλοεπικάλυψη αυτή **μπορεί να αποφευχθεί αυξάνοντας τη χρονική απόσταση ανάμεσα στους εκπεμπόμενους φωτεινούς παλμούς.**
- Ωστόσο, αυτό έχει ως άμεση συνέπεια τη μείωση του ρυθμού μετάδοσης

ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

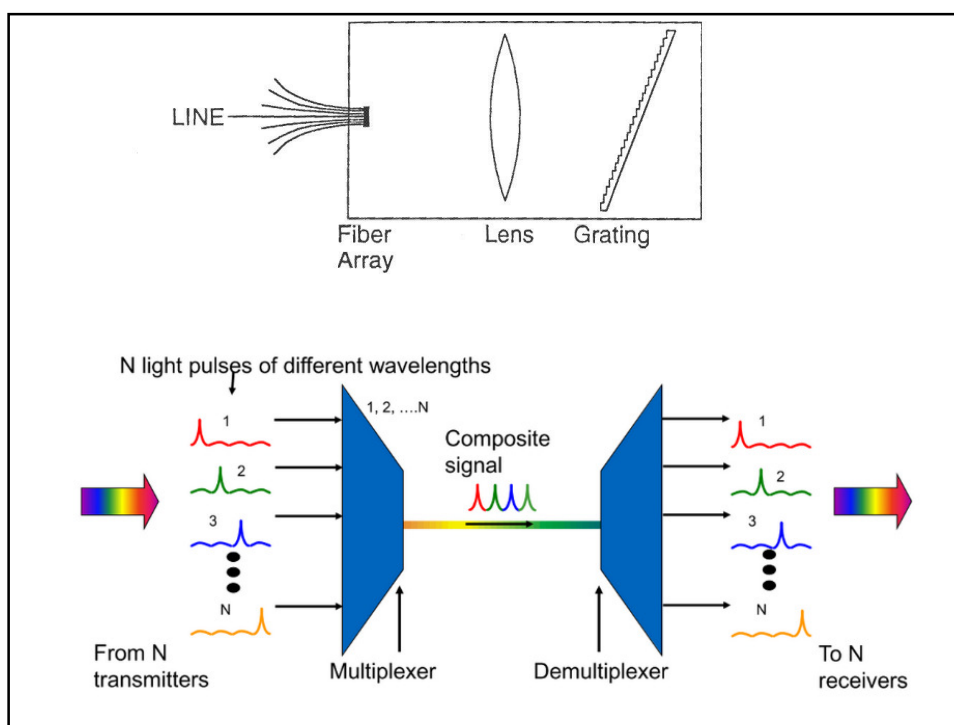
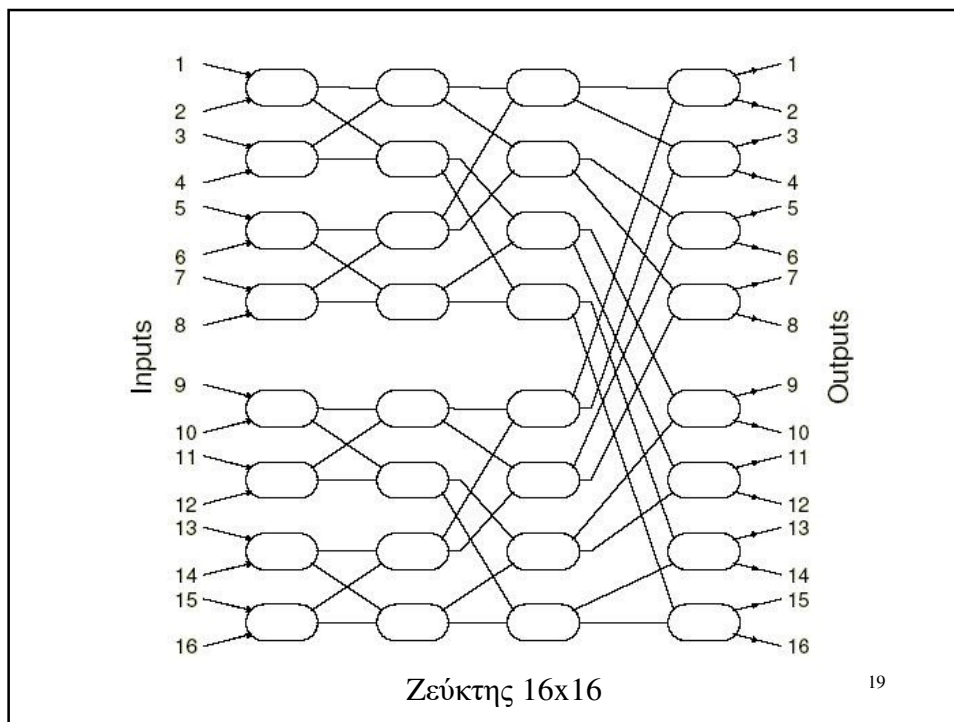
- ΖΕΥΚΤΕΣ
- ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΕΣ/ΣΥΝΔΙΑΣΤΕΣ
- ΟΠΤΙΚΟΙ ΠΟΛΥΛΕΚΤΕΣ/ΑΠΟΠΟΛΥΠΛΕΚΤΕΣ

17



Ζεύκτης 2x2

18



ΟΠΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

- Τα οπτικά φίλτρα είναι συσκευές που δέχονται στην είσοδό τους έναν αριθμό οπτικών σημάτων σε διαφορετικά μήκη κύματος και **παρέχουν στην έξοδό τους ένα υποσύνολο** των εισερχόμενων σημάτων.
- Όταν το υποσύνολο των μηκών κύματος στα οποία επιτρέπεται τη διέλευση είναι σταθερό τότε το φίλτρο ονομάζεται **σταθερό οπτικό φίλτρο**.
- Αντίθετα, ένα οπτικό φίλτρο ονομάζεται **μεταβλητό** όταν το υποσύνολο των μηκών κύματος στα οποία επιτρέπεται η διέλευση μεταβάλλεται χρονικά ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

1. Ικανότητα επιλογής από μεγάλο αριθμό μηκών κύματος.
2. Μικρός χρόνος συντονισμού.
3. Μικρή εξασθένιση του οπτικού σήματος.
4. Εύκολος και αποτελεσματικός έλεγχος του φίλτρου.
5. Μικρή αλληλεπίδραση μεταξύ των καναλιών.
6. Ανεξαρτησία από την πολικότητα του εισερχόμενου σήματος.
7. Μικρό κόστος κατασκευής.
8. Δυνατότητα ενσωμάτωσης του φίλτρου σε τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

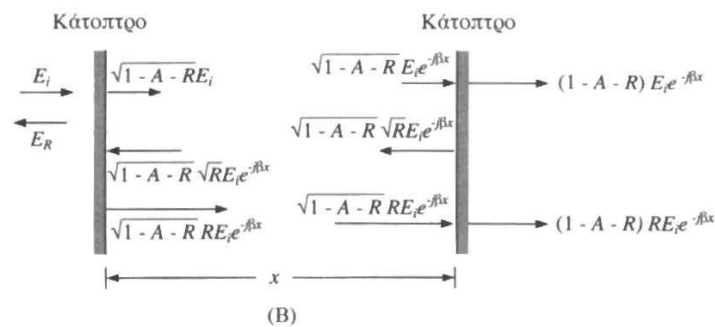
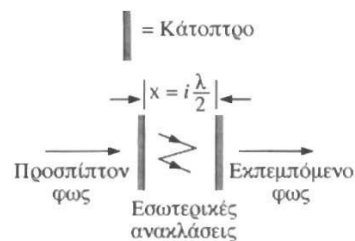
22

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

Τα μεταβλητά οπτικά φίλτρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τις αρχές λειτουργίας τους:

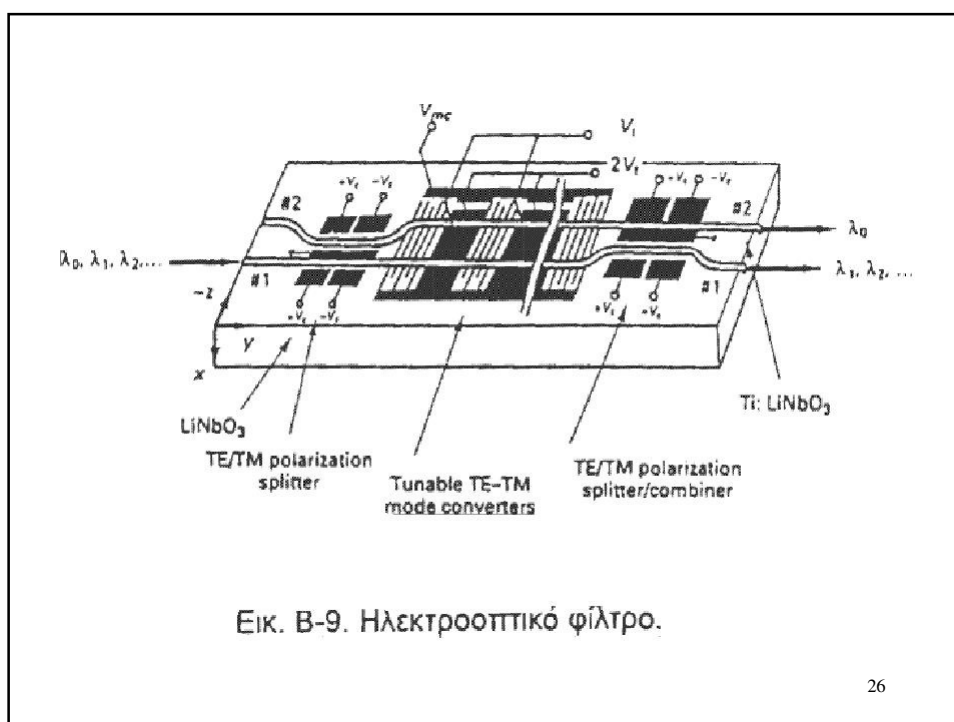
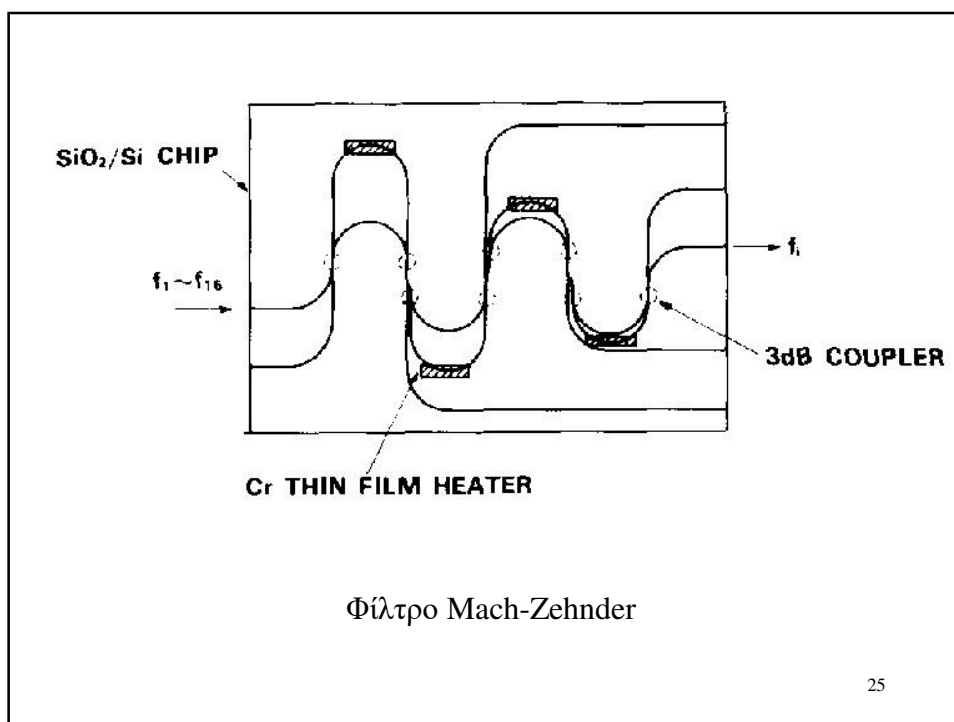
- Παθητικά φίλτρα (Fabry-Perot, Mach-Zehnder)
- Ενεργητικά φίλτρα (ηλεκτροοπτικά, ακουστοοπτικά)
- Μεταβλητοί οπτικοί ενισχυτές.

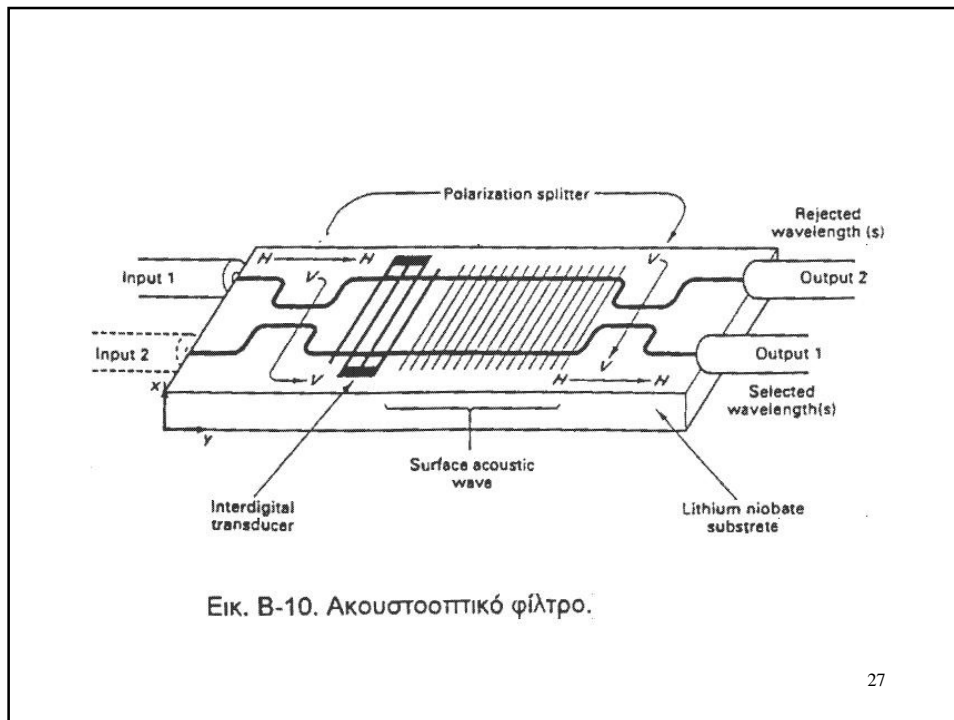
23



Φίλτρο Fabry-Perot

24





27

ΜΕΤΑΔΟΤΕΣ LASER

Υπάρχουν δύο τρόποι επανόδου του ηλεκτρονίου στην χαμηλότερη ενεργειακή στοιβάδα:

α) να μεταπέσει από μόνο του μετά από κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα εκπέμποντας ταυτόχρονα ένα φωτόνιο με **τυχαία πολικότητα και φάση** (spontaneous emission)

β) να μεταπέσει πρόωρα λόγω της σύγκρουσής του με κάποιο φωτόνιο. Στην περίπτωση αυτή εκπέμπεται ένα φωτόνιο που έχει την **ίδια πολικότητα και φάση** με αυτό που προκάλεσε τη μετάπτωση (stimulated emission).

28

ΜΕΤΑΔΟΤΕΣ LASER

- Η παραγόμενη οπτική ακτινοβολία ανακλάται διαδοχικά στα κάτοπτρα που περιβάλλουν τη δίοδο και ενισχύεται κατά τις επανειλημμένες διελεύσεις της μέσα από την ενεργό περιοχή της δίοδου.
- **Όταν η ενίσχυση** της οπτικής ακτινοβολίας κατά τη διέλευσή της από τη δίοδο **υπερβαίνει τις απώλειες** που αυτή υφίσταται αλλά **και τη διαφυγή οπτικής ακτινοβολίας μέσω των κατόπτρων** (κατώφλι lasing), τότε ο αριθμός των φωτονίων που προέρχονται από stimulated emission αυξάνεται ταχύτατα και έτσι σύντομα **το σύνολο σχεδόν της εκπεμπόμενης οπτικής ακτινοβολίας προέρχεται από stimulated emission (lasing).**

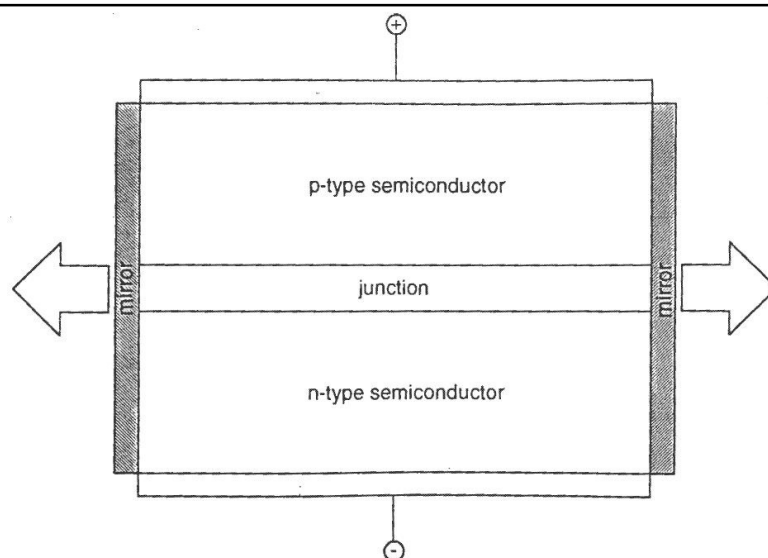
ΜΕΤΑΔΟΤΕΣ LASER

- Όπως είδαμε παραπάνω, φωτόνια που προέρχονται από **stimulated emission** έχουν την **ίδια φάση** και την **ίδια πολικότητα**, και άρα η εκπεμπόμενη οπτική ακτινοβολία laser είναι σύμφωνη (coherent).

ΜΕΤΑΔΟΤΕΣ LASER

- Τα **laser** που χρησιμοποιούνται ως **μεταδότες** στα συστήματα οπτικής επικοινωνίας ανήκουν σε μια ιδιαίτερη κατηγορία συσκευών laser και ονομάζονται **laser ημιαγωγών** ή **δίοδοι laser**.
- Τα laser αυτής της κατηγορίας (εικ. B-11) αποτελούνται από μια ημιαγωγό δίοδο κατασκευασμένη από κατάλληλο ημιαγωγό (π.χ. Gallium-Arsenide).

31



Εικ. B-11. Ημιαγωγός δίοδος laser.

32

ΜΕΤΑΔΟΤΕΣ LED

- Ένας **μεταδότης LED** δεν είναι παρά μια δίοδος p-n που έχει την ιδιότητα, όταν διαρρέεται από ρεύμα, να εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία κατά την ένωση οπών με ηλεκτρόνια στην επαφή p-n.
- **Κύρια διαφορά του LED από το laser** είναι ότι **δεν περιβάλλεται από κάτοπτρα** με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ενίσχυση της παραγόμενης ακτινοβολίας μέσω των διαδοχικών διελεύσεων από την ενεργό περιοχή της δίοδου.
- Συνεπώς, το σύνολο σχεδόν των παραγόμενων φωτονίων οφείλεται σε **spontaneous emission** και άρα η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι **ασύμφωνη** (incoherent).³³

ΣΥΓΚΡΙΣΗ LASER ΜΕ LED

Πλεονεκτήματα laser

- Έχουν μεγαλύτερη ισχύ εκπομπής.
- Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι σχεδόν μονοχρωματική.
- Εκπέμπουν στενή δέσμη φωτός με ισχυρή κατευθυντικότητα.
- Επιτυγχάνουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ LASER ΜΕ LED

Πλεονεκτήματα LED

- α) Η κατασκευή τους είναι πιο απλή, γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος παραγωγής.
- β) Έχουν μικρότερη ευαισθησία στις μεταβολές της θερμοκρασίας.
- γ) Χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και υψηλότερη αξιοπιστία.

35

ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ LASER

- Τα laser που βασίζονται στην **εξωτερική τοποθέτηση ενός οπτικού φίλτρου** προκειμένου να επιτύχουν την **επιλογή ενός μόνο μήκους κύματος** από την εκπεμπόμενη ακτινοβολία **μπορούν να γίνουν πολύ εύκολα μεταβλητά με τη χρησιμοποίηση ενός μεταβλητού οπτικού φίλτρου** για το φιλτράρισμα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.
- Συνήθως **χρησιμοποιούνται ηλεκτροοπτικά ή ακουστοοπτικά φίλτρα**, λόγω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν έναντι των άλλων κατηγοριών μεταβλητών φίλτρων.

36

ΦΩΤΟΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

- Η μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό ρεύμα αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποδιαμόρφωσή του.
- Η μετατροπή αυτή που ονομάζεται **ανίχνευση** υλοποιείται μέσω συσκευών που έχουν την ικανότητα μετατρέπουν το προσπίπτον σε αυτές φως σε ηλεκτρικό ρεύμα και ονομάζονται φωτοανιχνευτές (photodetectors).

37

ΦΩΤΟΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

- Υπάρχει ένα πλήθος συσκευών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φωτοανιχνευτές.
- Σε αυτές περιλαμβάνονται τα φωτοτρανσίστορ, οι φωτοπολλαπλασιαστές, οι φωτοδίοδοι και αρκετές ακόμη.
- Από όλες αυτές τις συσκευές **μόνο οι φωτοδίοδοι (photodiodes) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οπτικά συστήματα επικοινωνίας** διότι είναι οι μόνες που πληρούν τις προϋποθέσεις μεγέθους, κόστους, θορύβου και ταχύτητας που τίθενται από τα συστήματα αυτά.

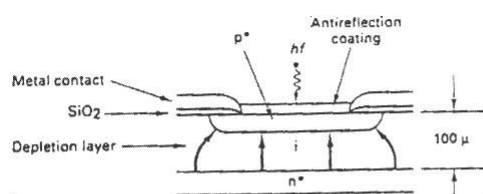
38

ΦΩΤΟΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες φωτοδιόδων:

- οι δίοδοι PN
- οι δίοδοι PIN
- οι δίοδοι APD (avalanche photodiodes).

39



Εικ. Β-14. Φωτοδίοδος PIN.

40

ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

Οι οπτικοί ενισχυτές **είναι συσκευές που αυξάνουν την ισχύ των οπτικών σημάτων που διέρχονται μέσω αυτών.**

Οι **ρόλοι** που καλείται να αναλάβει ένας οπτικός ενισχυτής **σε ένα σύστημα οπτικής επικοινωνίας** είναι οι ακόλουθοι:

α) Ο **ενισχυτής ισχύος** (power amplifier) είναι ένας οπτικός ενισχυτής που τοποθετείται στην έξοδο του μεταδότη laser προκειμένου να αυξήσει την ισχύ της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.

β) Ο **ενισχυτής γραμμής** (line amplifier). Τοποθετείται ανάμεσα στον μεταδότη και τον αποδέκτη και στόχος του είναι να αναπληρώσει τις απώλειες που υφίσταται το οπτικό σήμα κατά τη διέλευσή του μέσα από την οπτική ίνα.

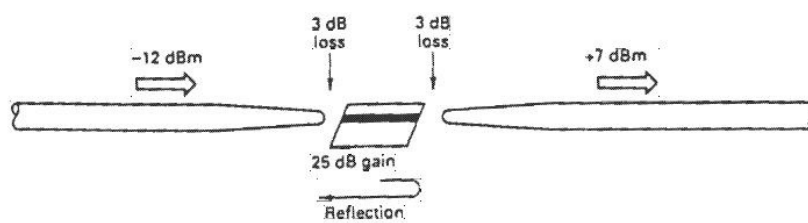
γ) Ο **προενισχυτής αποδέκτη** (receiver preamplifier) τοποθετείται στον αποδέκτη και αναλαμβάνει την ενίσχυση του οπτικού σήματος πριν από την πρόσπτωσή του στη φωτοδίοδο.

ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

Ανάλογα με τις αρχές λειτουργίας τους, οι **οπτικοί ενισχυτές** χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

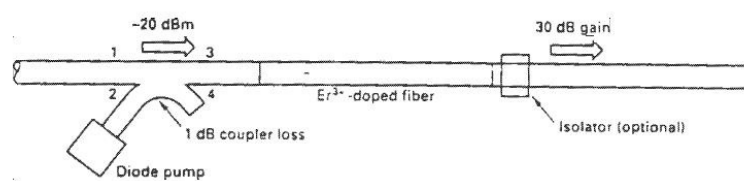
1. Ενισχυτικές δίοδοι laser. Οι ενισχυτές αυτής της κατηγορίας δεν είναι παρά δίοδοι laser που είτε επειδή η ένταση του ρεύματος που τις διαρρέει είναι χαμηλή, είτε επειδή χρησιμοποιούν κάτοπτρα χαμηλής ανακλαστικότητας (reflectivity) λειτουργούν κάτω από το κατώφλι lasing.

2. Ενισχυτές ίνας πρόσμειξης. Οι ενισχυτές αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν οπτική ίνα με πρόσμειξη Erbium (Er^{3+}). Επίσης χρησιμοποιείται μια δίοδος laser (laser pump) της οποίας η ακτινοβολία διοχετεύεται στην οπτική ίνα μαζί με την ακτινοβολία του σήματος μέσω ενός ζεύκτη 2x2.



Εικ. Β-15. Ενισχυτική δίοδος laser.

43



Εικ. Β-16. Ενισχυτής ίνας πρόσμειξης.

44

ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

Πλεονεκτήματα ενισχυτών ίνας πρόσμειξης

έναντι των ενισχυτικών διόδων laser:

- α) Επιτυγχάνουν **πολύ χαμηλότερες απώλειες** του οπτικού σήματος.
- β) Εισάγουν **μικρότερη παραμόρφωση** του οπτικού σήματος.
- γ) **Αποφεύγουν τις κατασκευαστικές δυσκολίες** που σχετίζονται με τον έλεγχο της ανακλαστικότητας των κατόπτρων των ενισχυτικών διόδων laser καθώς και το υψηλό κόστος κατασκευής που αυτές συνεπάγονται.
- δ) Η λειτουργία τους **δεν επηρεάζεται** ούτε από την **πολικότητα** του εισερχόμενου οπτικού σήματος ούτε από τη **θερμοκρασία**.

ΟΠΤΙΚΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

Μειονέκτημα ενισχυτών ίνας πρόσμειξης

- Παρουσιάζουν **δυσκαμψία σε ότι αφορά τις φασματικές τους παραμέτρους**, καθώς **μπορούν να επιτύχουν ενίσχυση του οπτικού σήματος μόνο στα μήκη κύματος περί τα 1550 nm** (από 1520 nm έως 1600 nm).
- Δηλαδή, στο μήκος κύματος που αντιστοιχεί στην ενεργειακή διαφορά ανάμεσα στην ανώτερη στην κατώτερη ενεργειακή κατάσταση των ιόντων του Erbium

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Οι παράμετροι του οπτικού σήματος που μπορούν να υποστούν διαμόρφωση ώστε να μεταφέρουν πληροφορία είναι:

- Πλάτος (η ισχύς)
- Συχνότητα
- Φάση
- Πολικότητα.

47

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

- Όταν η προς μετάδοση πληροφορία είναι **αναλογική** τότε η διαμόρφωση των παραπάνω παραμέτρων χαρακτηρίζεται ως **AM, FM, PM και PolM** αντίστοιχα.
- Όταν η μεταδιδόμενη πληροφορία είναι **ψηφιακή**, η διαμόρφωση χαρακτηρίζεται ως **ASK, FSK, PSK, PolSK**.
- Είναι προφανής η αναλογία που υπάρχει με τις μεθόδους διαμόρφωσης των ηλεκτρικών σημάτων. Θα πρέπει όμως πάντα να έχουμε κατά νουν ότι **η φύση του μεταδιδόμενου σήματος είναι εντελώς διαφορετική** και άρα οι **μέθοδοι διαμόρφωσης διαφέρουν σημαντικά**.

48

ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Ι. ΑΜΕΣΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

•Όταν η διαμόρφωση του εισερχόμενου σήματος είναι ASK, τότε μπορεί να ανιχνευθεί μέσω της άμεσης πρόσπτωσής του σε μια φωτοδίοδο PIN ή APD.

•Η πρόσπτωση του οπτικού σήματος στη φωτοδίοδο οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος εντάσεως ανάλογης με την ισχύ της προσπίπτουσας οπτικής ακτινοβολίας.

•Θέτοντας το κατάλληλο κατώφλι έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος μπορούμε να ανακτήσουμε την εκπεμπόμενη ακολουθία δυαδικών ψηφίων.

49

ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

•Η ανίχνευση αυτού του είδους ονομάζεται **άμεση ανίχνευση** (direct detection).

•Αξίζει να σημειωθεί, ότι συχνά **χρησιμοποιείται ένα οπτικός ενισχυτής αποδέκτη** (receiver preamplifier) για την ενίσχυση του οπτικού σήματος πριν από την πρόσπτωσή του στη φωτοδίοδο.

•Λόγω της απλότητάς της και της ευκολίας στην υλοποίησή της, **η άμεση ανίχνευση γνωρίζει ευρύτατη διάδοση.**

50

ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

II. ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

•Η σύμφωνη ανίχνευση (coherent detection) **στηρίζεται στη θεώρηση του οπτικού σήματος ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ημιτονοειδούς μορφής με συγκεκριμένο πλάτος, συχνότητα και φάση.**

•Χρησιμοποιεί μεθόδους ανάλογες με αυτές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των ραδιοκυμάτων.

51

ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

•Στα συστήματα σύμφωνης ανίχνευσης ο **αποδέκτης διαθέτει μια συσκευή laser** - που χρησιμοποιείται ως τοπικός ταλαντωτής (local oscillator) - **η ακτινοβολία της οποίας προσπίπτει σε μια φωτοδίοδο PIN.**

•Στην ίδια φωτοδίοδο προσπίπτει και το **εισερχόμενο οπτικό σήμα.**

•Η έξοδος της φωτοδίοδου ενισχύεται και αφού υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία **καταλήγει στην έξοδο των κυκλωμάτων ανίχνευσης ως ένα ψηφιακό ηλεκτρικό σήμα δυαδικής μορφής.**

52