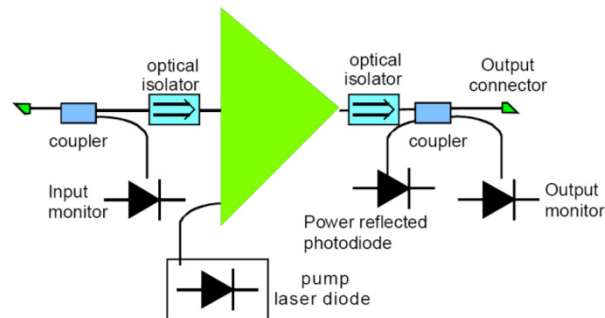


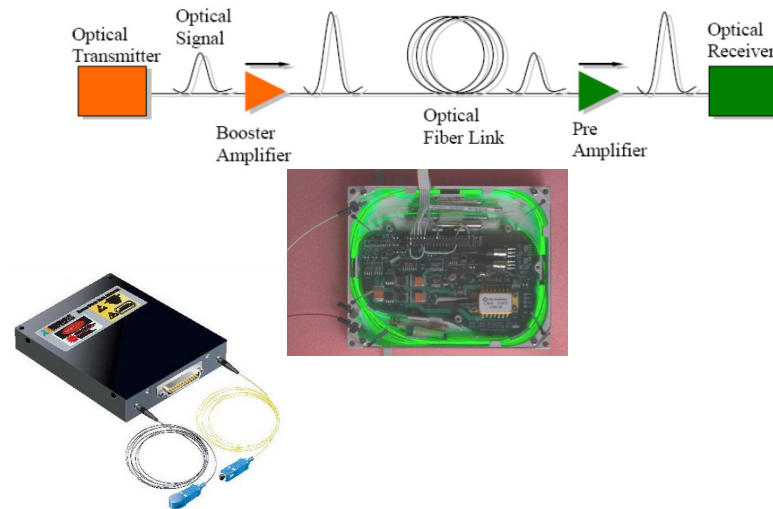
Komponenty sieci światłowodowych



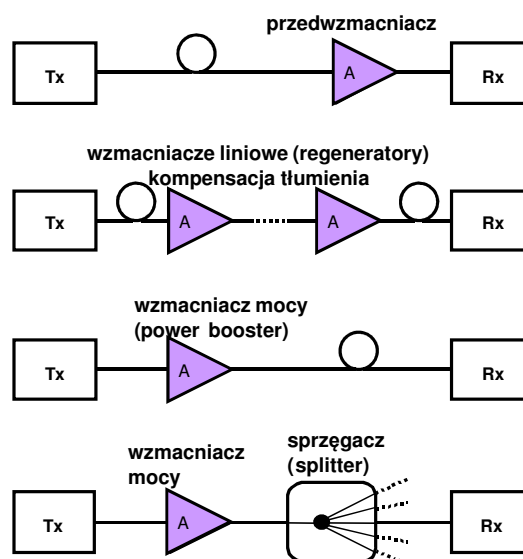
Program wykładu

- ***Wzmacniacze EDFA***
- ***Sprzęgacze światłowodowe***
 - *kierunkowe*
 - *WDM*
- ***Izolator optyczny, cyrkulator***
- ***Filtry optyczne (cienkowarstwowe, z siatką Bragga)***

Wzmacniacze optyczne



Wzmacniacze sygnałów optycznych - zastosowania



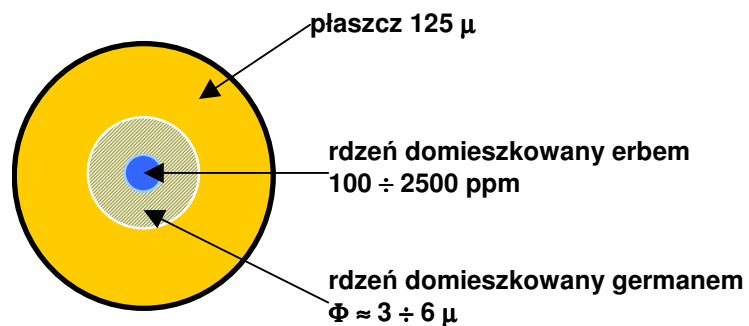
Rodzaje wzmacniacze optycznych

- półprzewodnikowe (SLA, SOA, LOA)
- światłowodowe
 - wykorzystujące nieliniowe efekty we włóknie:
 - wymuszone rozpraszanie Ramana (SRS)
 - wymuszone rozpraszanie Brillouina (SBS)
 - domieszkowane:
 - EDFA (III okno)
 - PDFA (II okno)

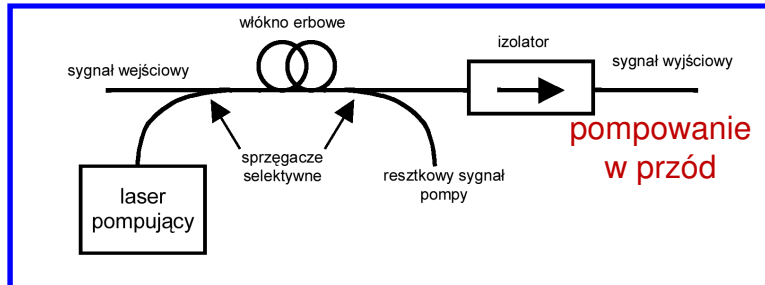
Wzmacniacze EDFA

Erbium Dopped Fibre Amplifier

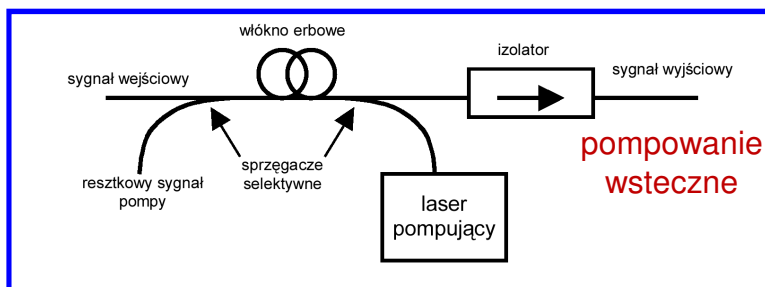
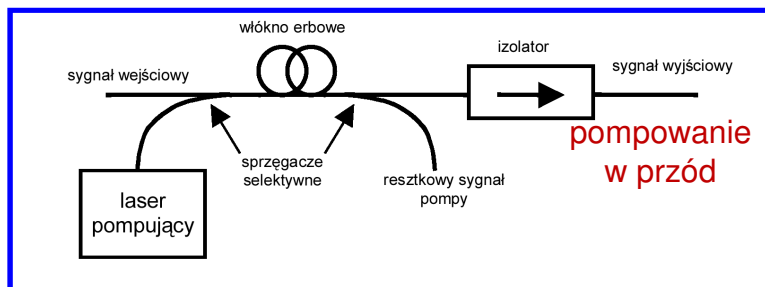
Światłowód domieszkowany erbem



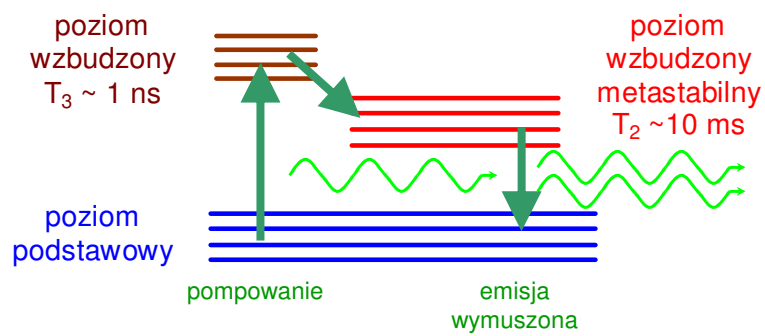
Budowa EDFA



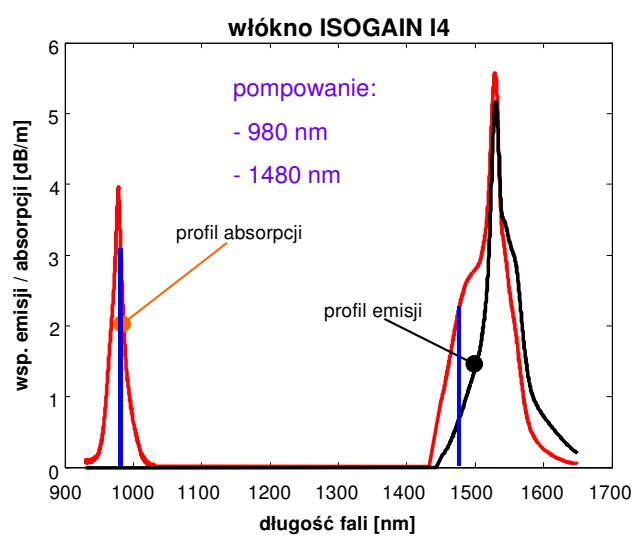
Budowa EDFA



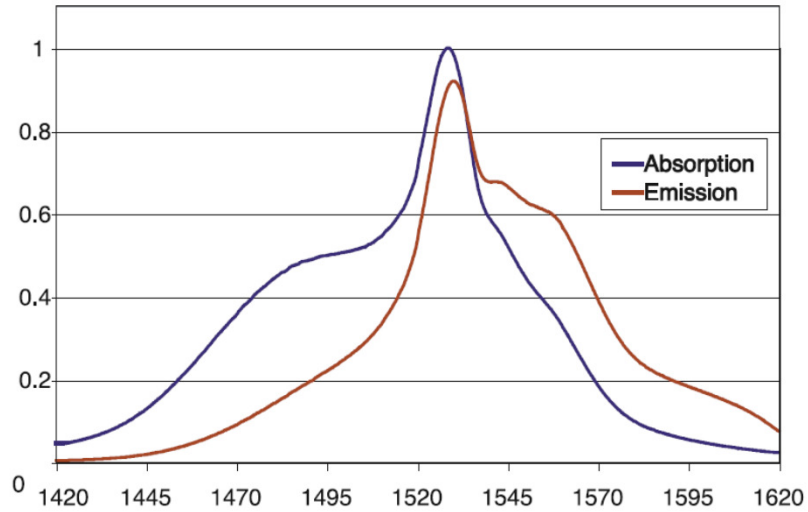
Zasada działania wzmacniacza światłowodowego



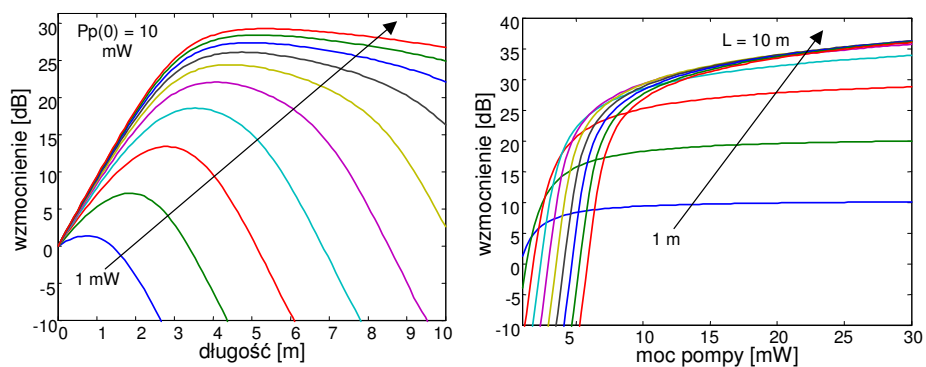
Charakterystyka absorpcyjno-emisyjna włókna erbowego



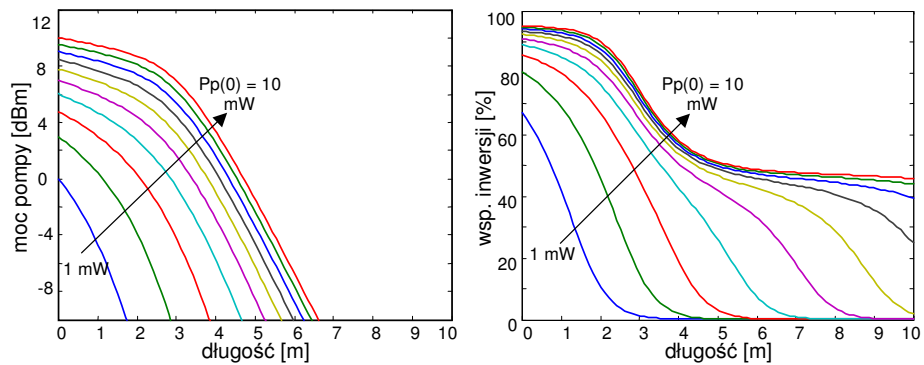
Profil emisji/absorpcji



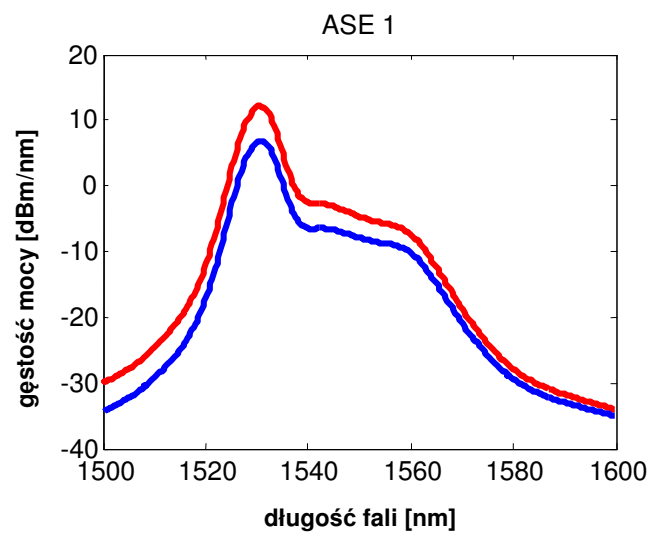
Podstawowe charakterystyki wzmacniacza EDFA



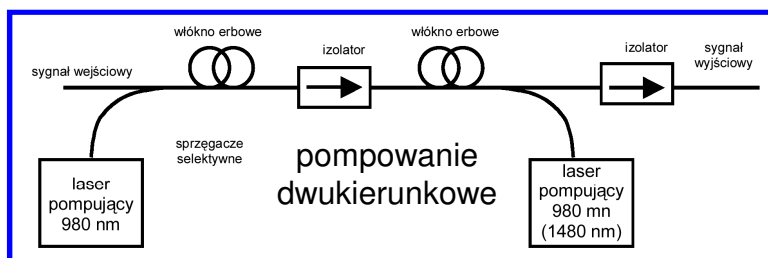
Podstawowe charakterystyki wzmacniacza EDFA



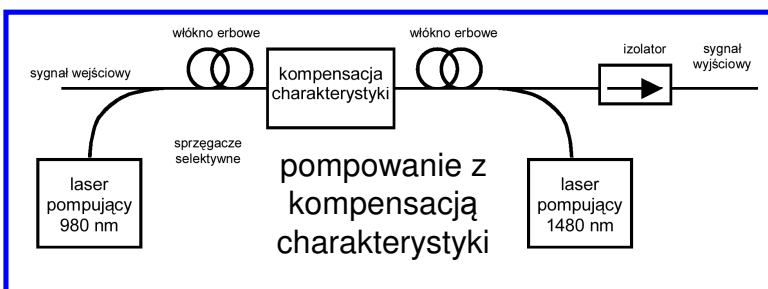
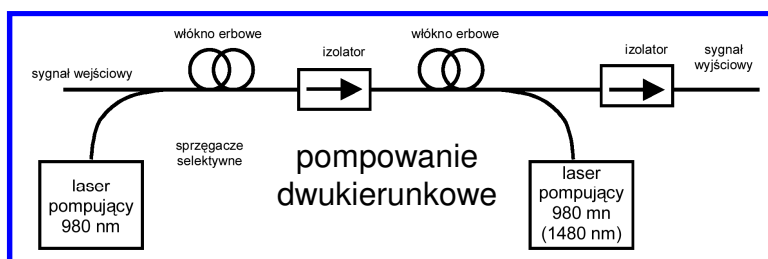
Szumy wzmacniacza EDFA - ASE



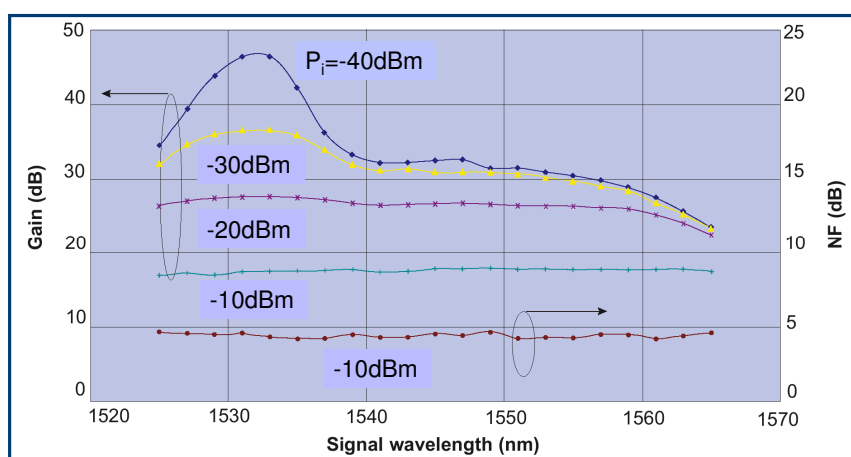
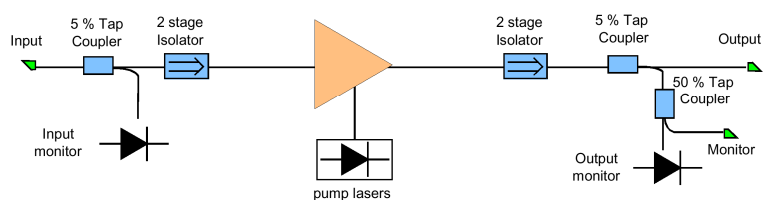
Układy „udoskonalone”



Układy „udoskonalone”



Parameter	Booster	Pre-amp	Units
Wavelength	1529 - 1561		nm
Total input power	- 20 to + 4.5	- 26 to - 4	dBm
Total Gain (flat gain operation) ¹	18	18	dB
Saturated output power	> 23	> 14	dBm
Total gain flatness	0.8 (typ)	0.9 (typ)	dB
Total Noise Figure	< 6.5	5.0 (typ)	dB
PDL	< 0.3		dB
Return loss	> 40		dB
PMD	< 0.5		ps
Supply voltage	5 (typ)		V
Supply current IEOL 65°C T case ²	< 10	< 10	A
Power dissipation at 65°C T case I EOL	< 30	< 20	W
Transient response time (6 dB add/drop)	< 100		μs
Operating case temperature	- 5 to + 65		°C
Mechanical dimensions (without heat sink) ³	150 x 125 x 25.4		mm
Optical connectors ⁴	SC, FC		



**Wzmocnienie zależy od
średniego poziomu mocy
sygnału wzmacnianego**

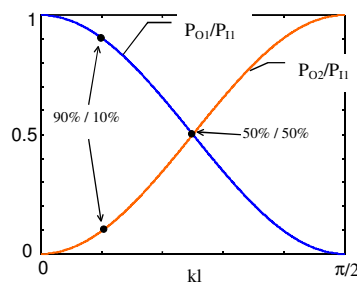
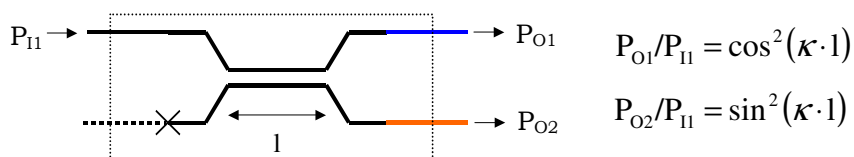
Do budowy wzmacniacza EDFA potrzeba kilku pasywnych komponentów światłowodowych:

- sprzęgacz kierunkowy (do pomiaru mocy);
- sprzęgacz WDM (pompa + sygnał);
- izolator optyczny.

Poza tymi elementami jest używanych jeszcze wiele innych:

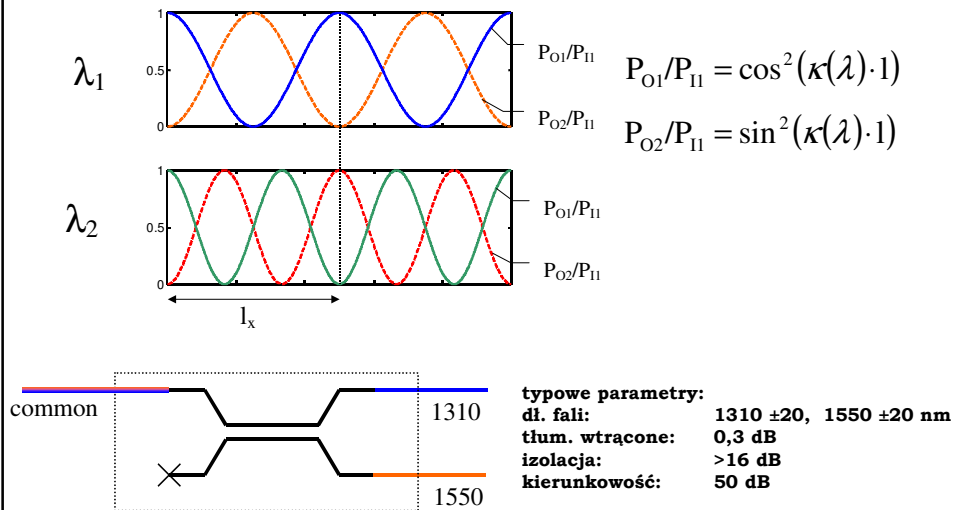
- filtry optyczne;
- siatki Bragga;
- cyrkulatory;
- tłumiki;
- przełączniki optyczne....

Sprzęgacz kierunkowy (directional coupler)



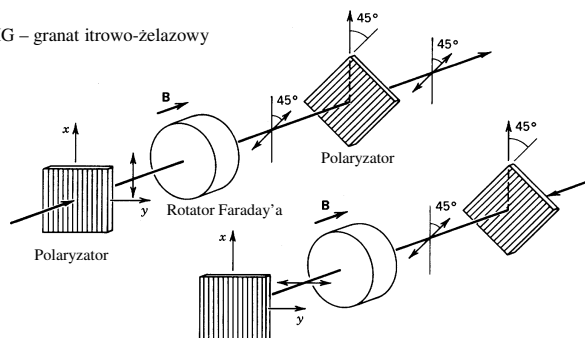
typowe parametry:
wsp. podziału: 1/99 – 50/50
tłum. wtracone: 0,2 dB
kierunkowość: 50 dB
dł. fali: 1310 ±40, lub 1550 ±40 nm

Sprzęgacz WDM (WDM coupler)

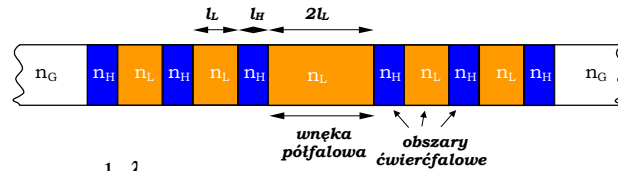


Izolator optyczny

YIG – granat itrowo-żelazowy



Cienkowarstwowe filtry dielektryczne



$$l_L = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{n_L}, \quad l_H = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{n_H}$$

typowo: $n_G = 1,52$, $n_L = 1,46$ (SiO_2), $n_H = 2,3$ (TiO_2)

strukturę filtra można zapisać:

GHLHLHLLHLHLHG

lub krócej:

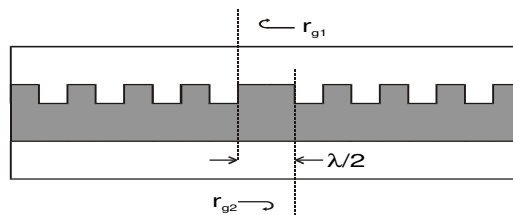
$G(\text{HL})^2\text{HLL}(\text{HL})^2\text{HG}$

ogólnie:

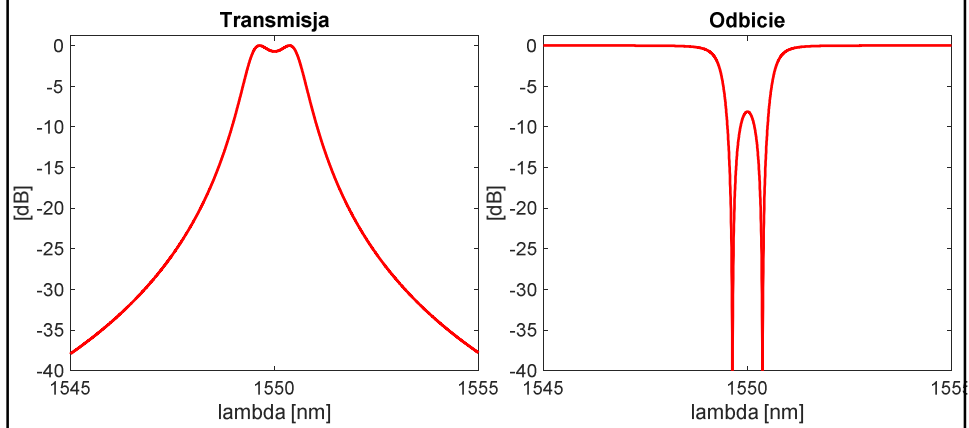
$G(\text{HL})^{N1}\text{HLL}(\text{HL})^{N2}\text{HLL}(\text{HL})^{N3}\text{HLL}(\text{HL})^{N4} \dots \text{HG}$

Analogia: rezonator lasera DFB

Laser DFB z przesunięciem fazy o $\lambda/4$

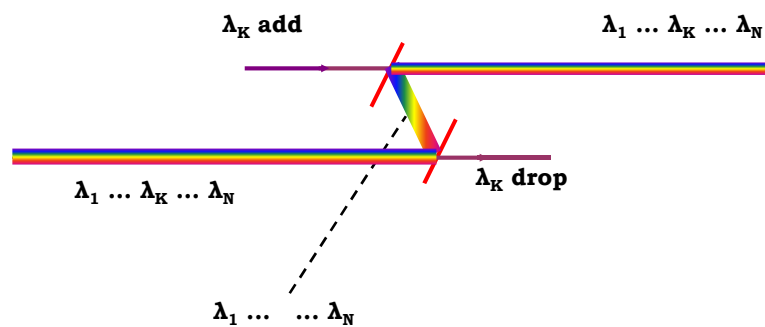


przykład: struktura $G(HL)^6HLL(HL)^{12}HLL(HL)^6HG$

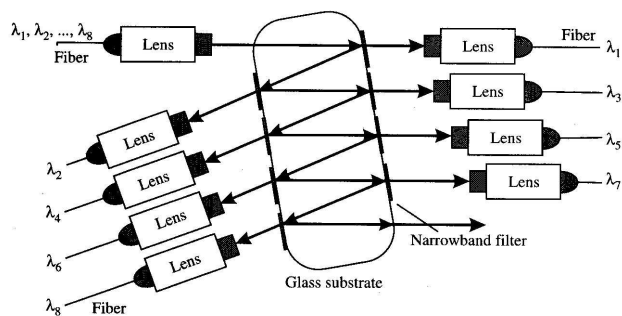


Zastosowania filtra cienkowarstwowego

Optyczny Add Drop Multiplexer (OADM):



Multiplekser/demultiplekser WDM:



Parametry multiplekserów/demultiplekserów cienkowarstwowych:

DWDM:

ODLEGŁ. KANAŁÓW 100GHz (ok. 0,8 nm)

PASMO PRZENOSZENIA 0,2 nm (-0,5 dB)

TŁUMIENIE WTRĄCONE 3,5 dB dla 8 kan., 5,5 dB dla 16 kan.

SEPARACJA >25 dB dla sąsiedniego kan., >45dB dla pozost.

ODBICIE < - 45 dB

Parametry multiplekserów/demultiplekserów cienkowarstwowych:

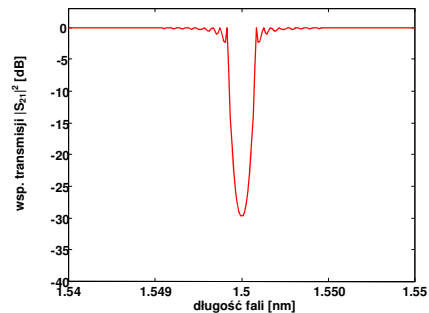
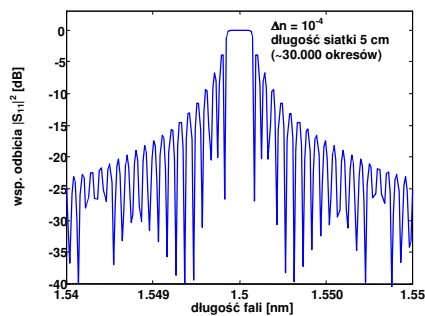
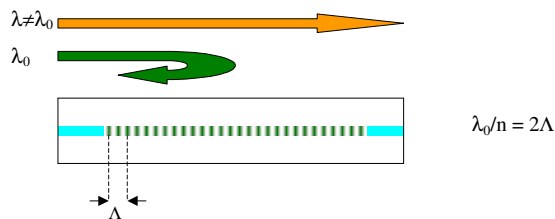
DWDM:

ODLEGŁ. KANAŁÓW 100GHz (ok. 0,8 nm)
 PASMO PRZENOSZENIA 0,2 nm (-0,5 dB)
 TŁUMIENIE WTRĄCONE 3,5 dB dla 8 kan., 5,5 dB dla 16 kan.
 SEPARACJA >25 dB dla sąsiedniego kan., >45dB dla pozost.
 ODBICIE < - 45 dB

CWDM:

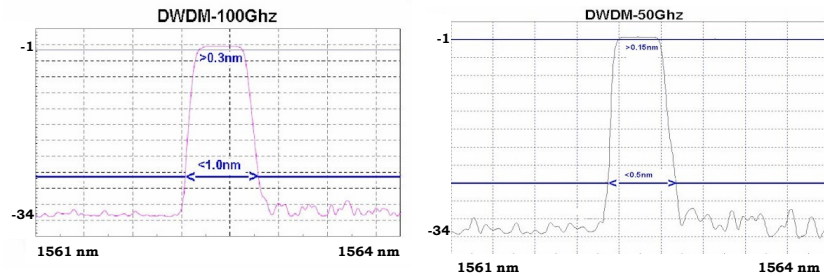
ODLEGŁ. KANAŁÓW 20 nm
 PASMO PRZENOSZENIA 12 nm (-0,5 dB)
 TŁUMIENIE WTRĄCONE 2 dB dla 4 kan., 3,5 dB dla 8 kan.
 SEPARACJA >30 dB dla sąsiedniego kan., >50dB dla pozost.
 ODBICIE < - 45 dB

Światłowodowe siatki Bragga

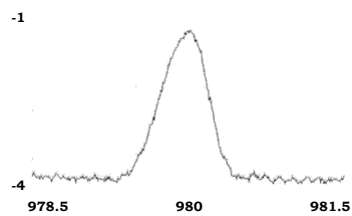


Włókna z siatką Bragg'a

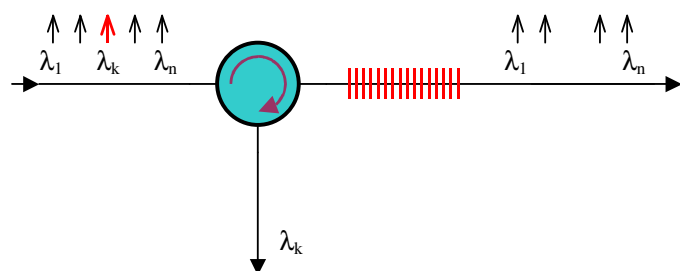
DWDM



stabilizacja długości fali (wavelength locker)



Filtr z włóknem z siatką Bragg'a:



dokładność λ_0 $\pm 0,05$ nm
 tłumienie wtr. 0,1 dB
 tłumienie sąsied. kan. $> 30 - 40$ dB
 współcz. term. $0,012$ nm/ $^{\circ}$ C
 współcz. term. z komp. $0,0007$ nm/ $^{\circ}$ C

Kompensator dyspersji z włóknem z siatką Bragg'a:

