

Wzmacniacze optyczne

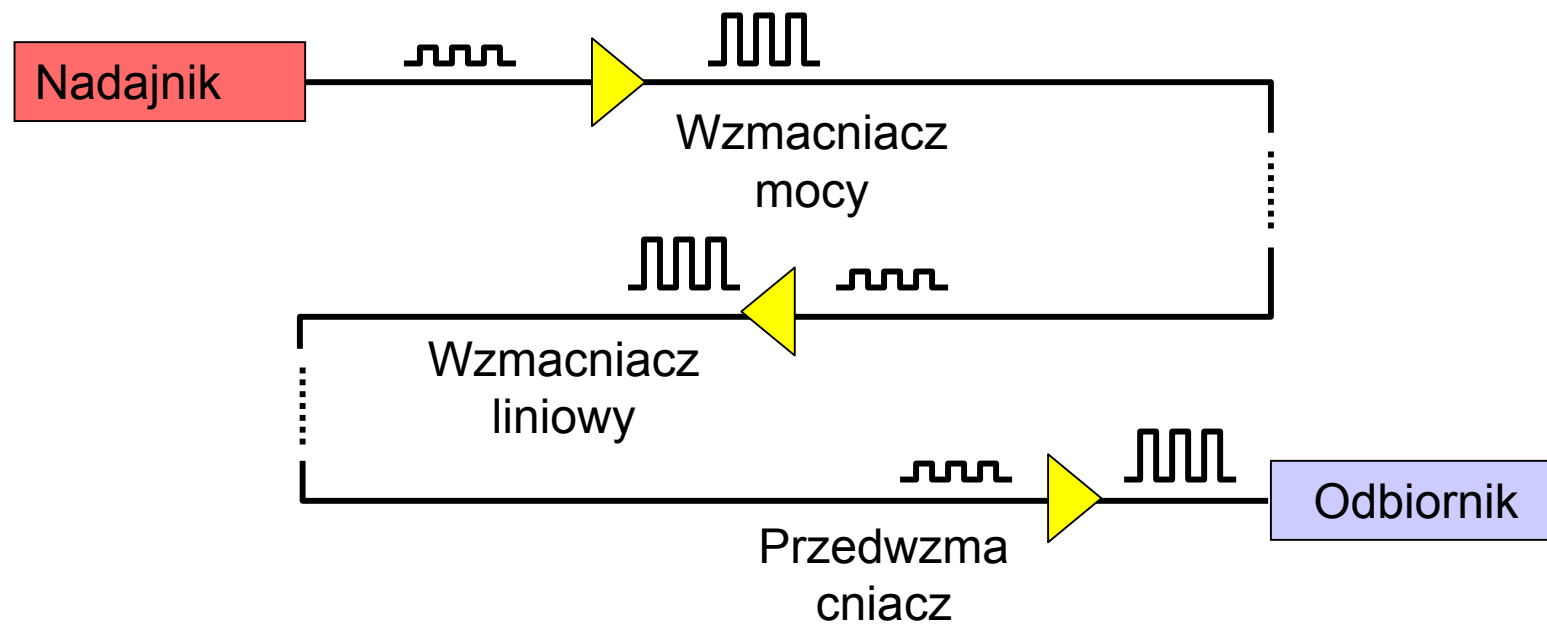
Wzmocnienie sygnału optycznego bez konwersji
na sygnał elektryczny.

Prezentacja zawiera kopie folii omawianych na wykładzie. Niniejsze opracowanie chronione jest prawem autorskim. Wykorzystanie niekomercyjne dozwolone pod warunkiem podania źródła.

© Sergiusz Patela 2005

Funkcje wzmacniaczy optycznych

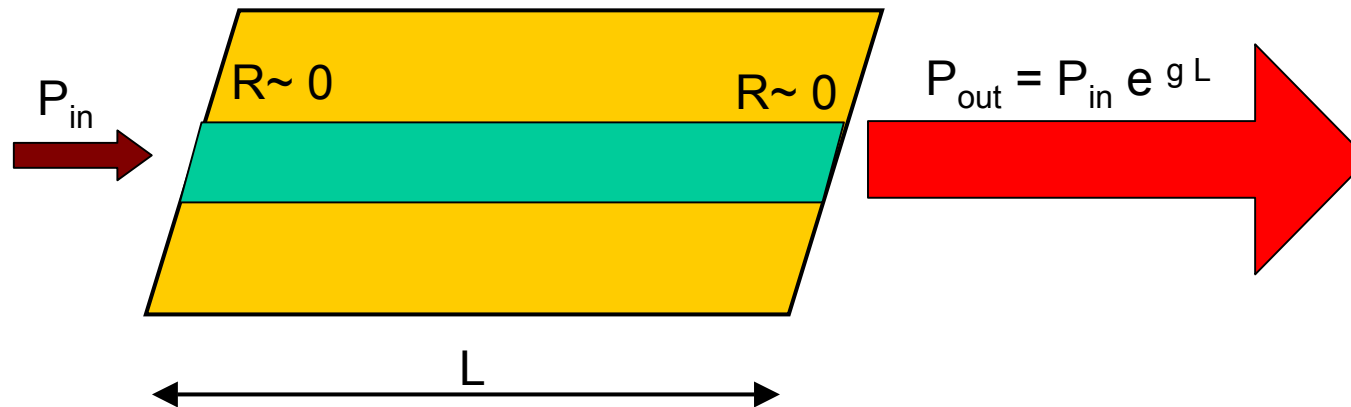
1. Wzmacniacz liniowy
2. Wzmacniacz mocy
3. Przedwzmacniacz detektora



Klasyfikacja wzmacniaczy optycznych

1. Wzmacniacze półprzewodnikowe (SOA, 400 - 2000 nm band)
2. Wzmacniacze Ramana
3. Wzmacniacze Brillouin'a
4. Wzmacniacze światłowodowe domieszkowane Erbem, *Erbium doped fiber amplifier* (EDFA, pasmo 1500-1600 nm, również planarne erbium doped waveguide amplifiers EDWA), także PDFFA(pasmo 1300 nm)

SOA



Wzmacniacz półprzewodnikowy (SOA) wytwarzany jest podobnie jak lasery półprzewodnikowe Fabry-Perota. Funkcja wzmocnienia realizowana jest poprzez wzbudzenie poziomów energetycznych (pompowanie) materiału. Konstrukcja wzmacniacza powinna eliminować pasożytnicze rezonatory, które mogą dawać efekty laserowania. Można to uzyskać poprzez zastosowanie warstw przeciwodblaskowych lub ukośnie łupanie powierzchni we/wy. SOA są pompowane elektrycznie.

Zalety wzmacniaczy SOA

1. Zwarta budowa
2. Możliwości integracji
3. Duża moc wyjściowa
4. Szerokie pasmo wzmocnienia (400-2000 nm)
5. Mała cena przy produkcji masowej.

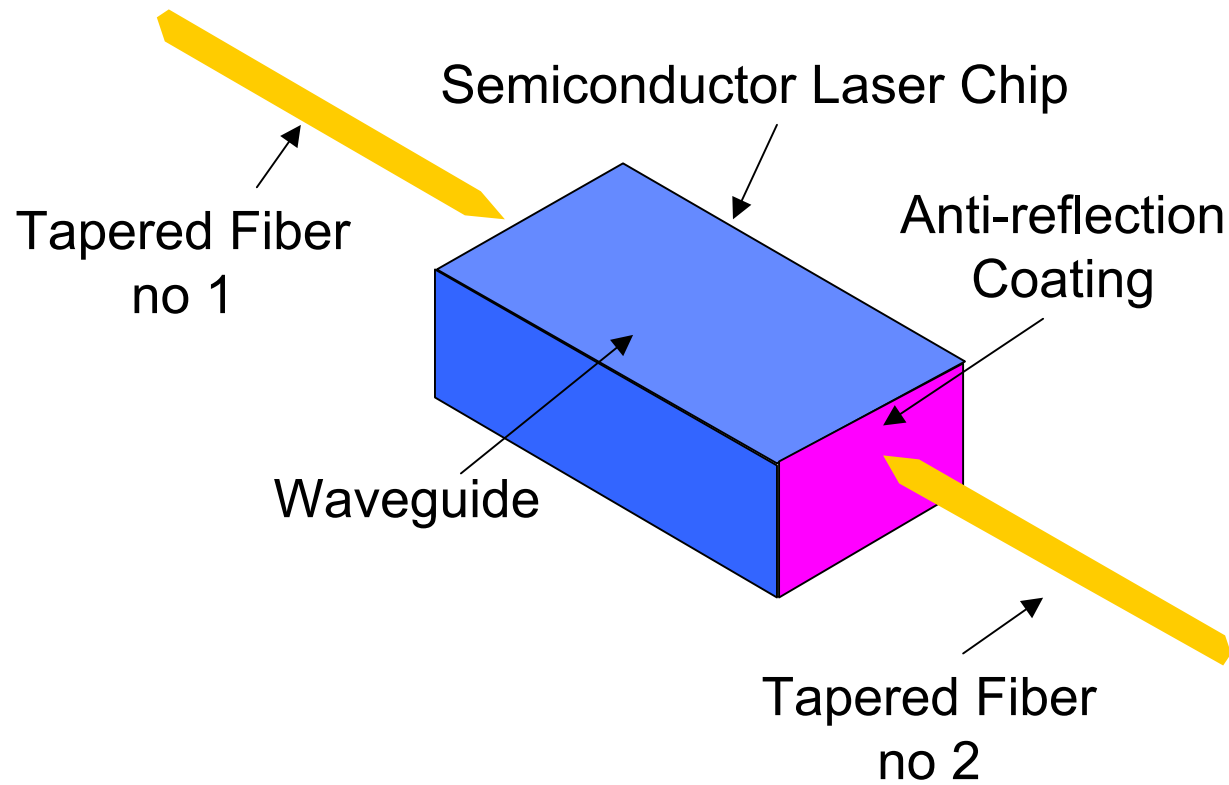
Disadvantages

1. High coupling loss
2. Polarization dependence
3. High noise figure (as compared with EDFA)

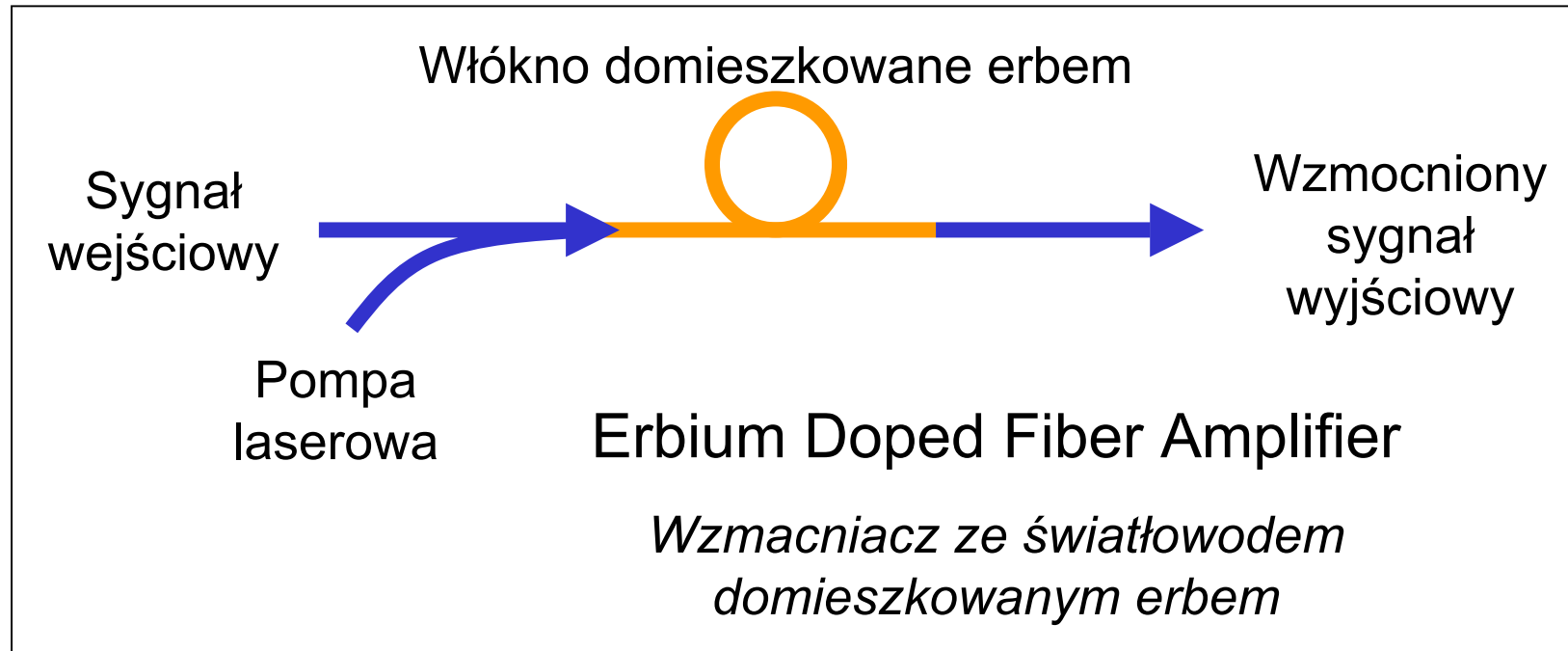
Zastosowanie wzmacniaczy SOA

1. Wzmacniacz
2. Element przełącznika optycznego
3. Konwerter długości fali

Example of SOA design



Światłowodowy wzmacniacz optyczny - EDFA



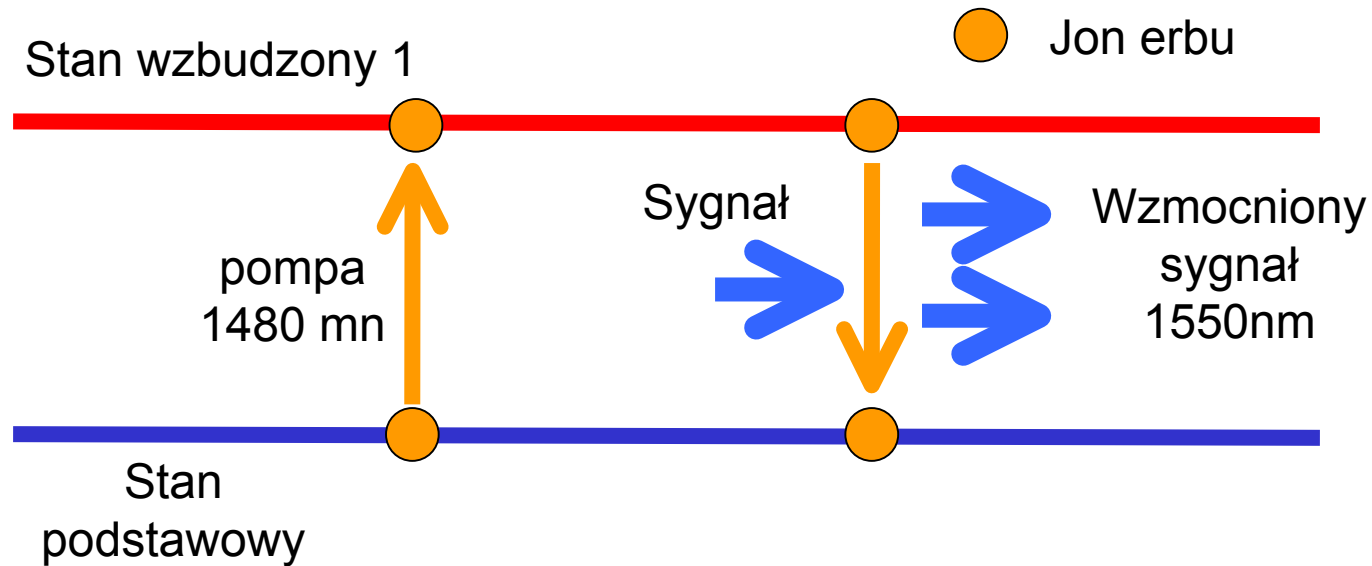
Budowa wzmacniacza EDFA

Wzmacniacz EDFA wykonany jest z krótkiego odcinka (kilka metrów) włókna optycznego domieszkowanego erbem. Pompa laserowa wzbudza jony erbu, które następnie oddają energię sygnałom optycznym przechodzącym przez włókno.

Długość wzmacnianej fali: około 1550nm

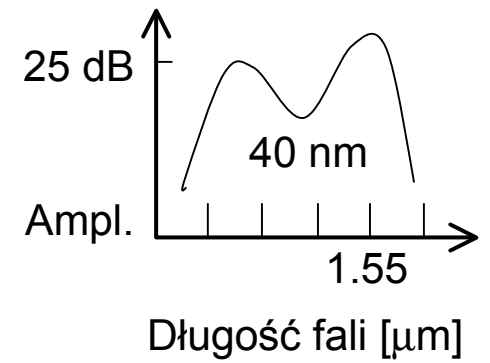
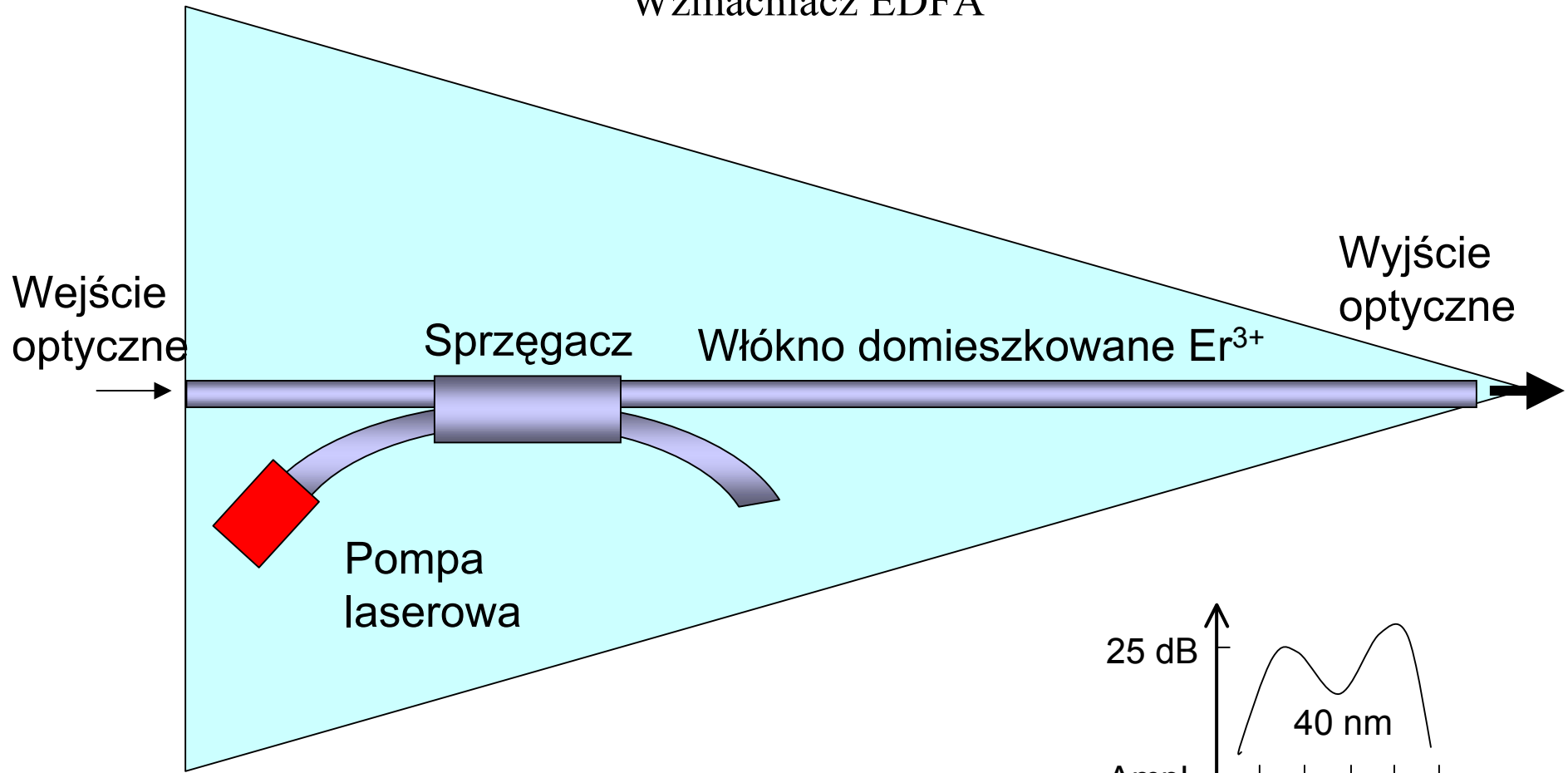
Długość fali pompy: 980 lub 1480.

Wzbudzenie i emisja jonów erbu



Fale pompy - 1480 nm lub 980 nm. Jony erbu pozostają w stanie wzbudzonym przez ponad 10 ms (dłużej dla fali 980 nm).

Wzmacniacz EDFA

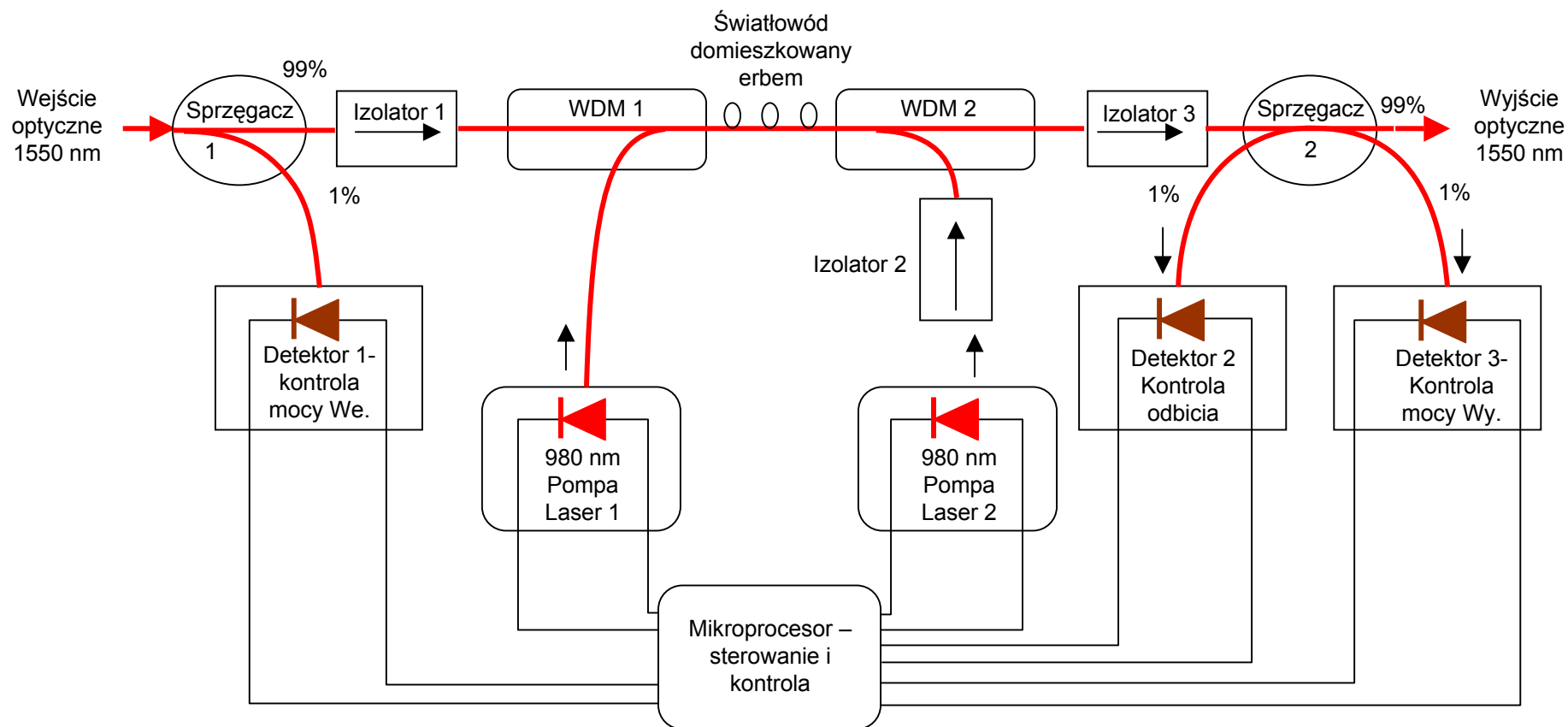


Szum ASE

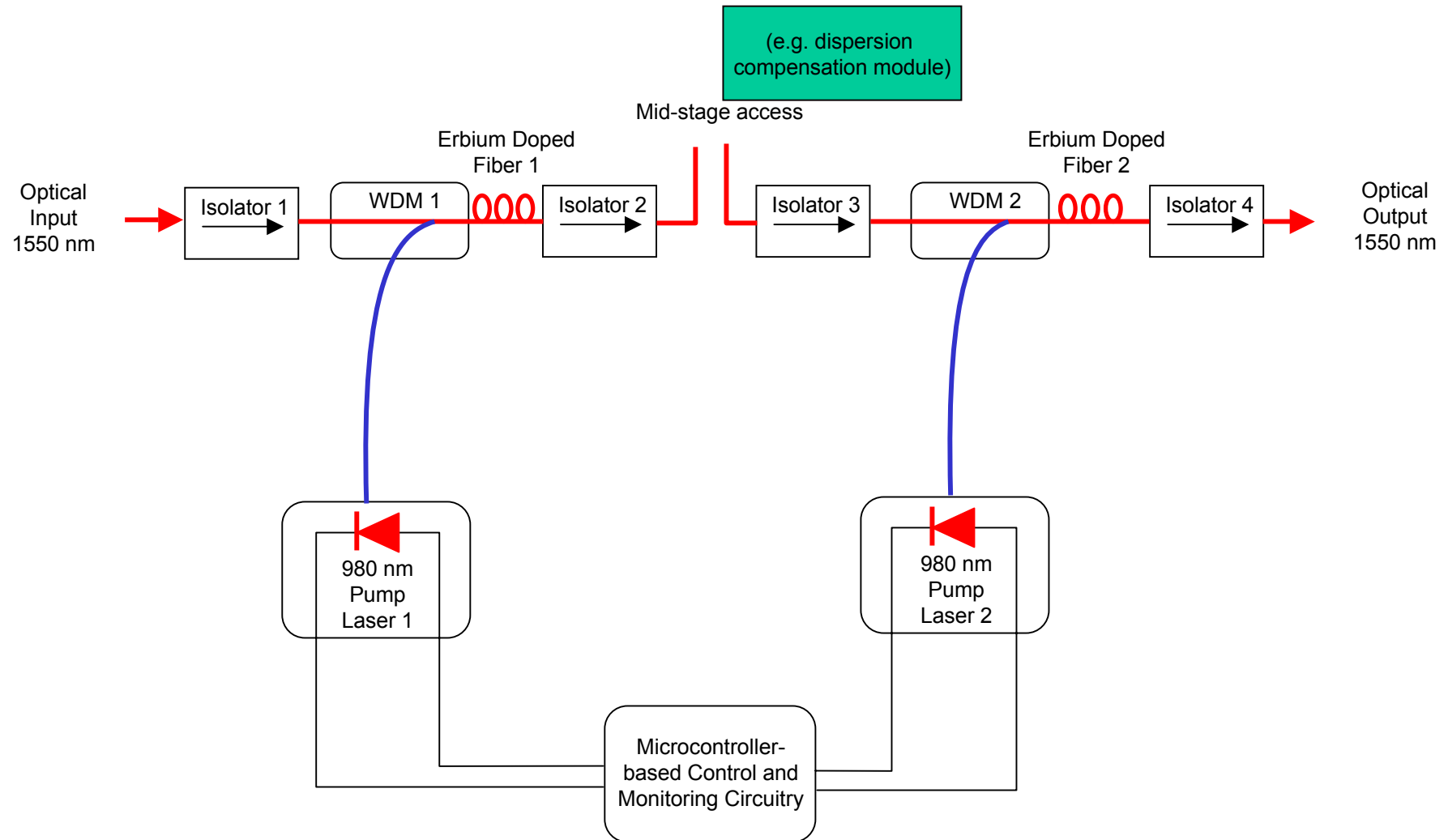
Szum wzmacnionej emisji spontanicznej *Amplified Spontaneous Emission* (ASE): Szum tła wszystkich wzmacniaczy typu EDFA. Jest głównym składnikiem liczby szumowej wzmacniacza – pogarsza stosunek sygnał-szum światłowodowej linii transmisyjnej.

Liczba szumowa (NF) = $\text{SNR}_{\text{wy}} / \text{SNR}_{\text{we}}$

Schemat blokowy wzmacniacza EDFA o złożonej konstrukcji



Two-stage EDFA with Mid-stage Access



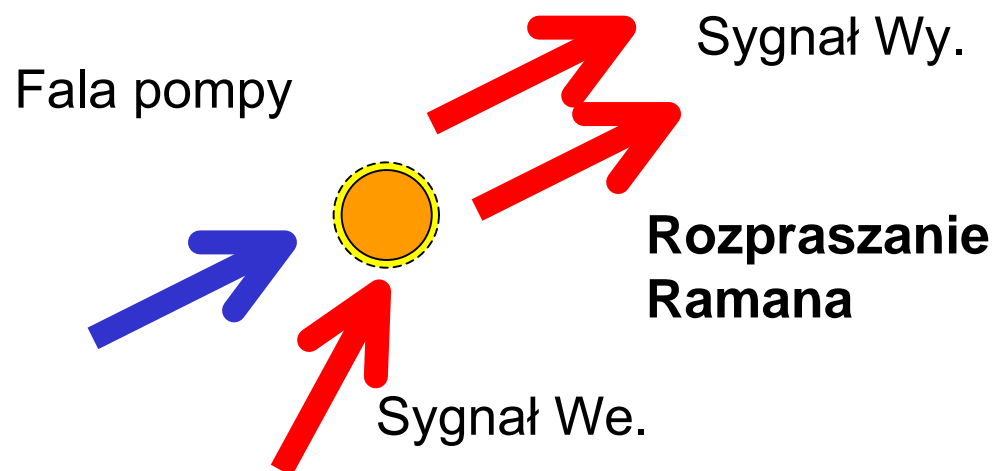
Parametry wzmacniaczy EDFA

- Szerokie pasmo - 40 nm (5000 GHz)
- Duże wzmocnienie - 30 do 40 dB
- Duża moc wyjściowa - do +20dBm (100 mW)
- Mały szum - 4 dB (liczba szumowa NF)
- Długość fali pompy - 980 or 1480 nm

Wada

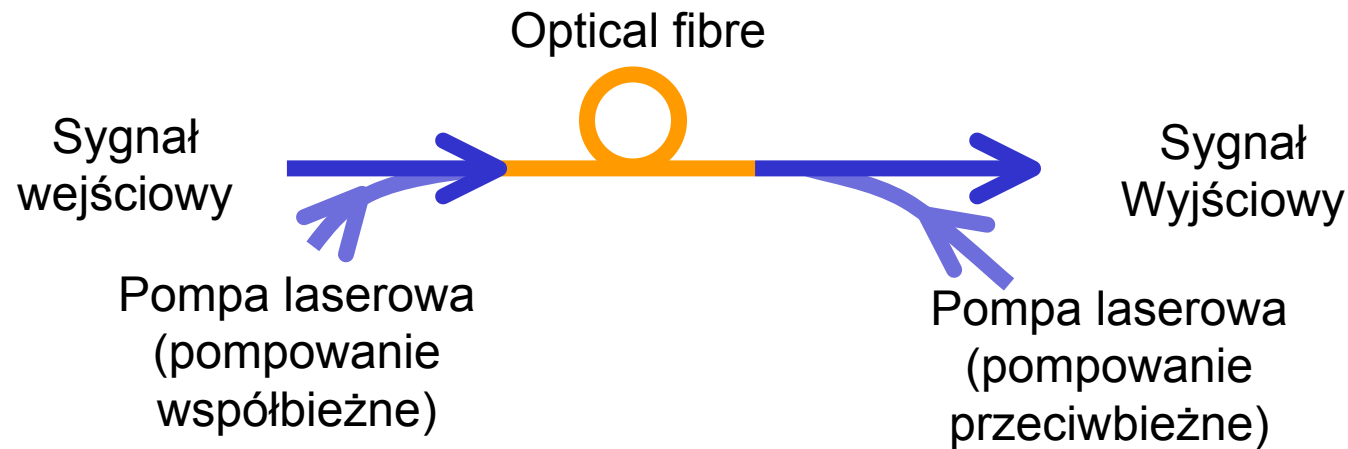
- Brak kompensacji dyspersji

Rozpraszanie Ramana



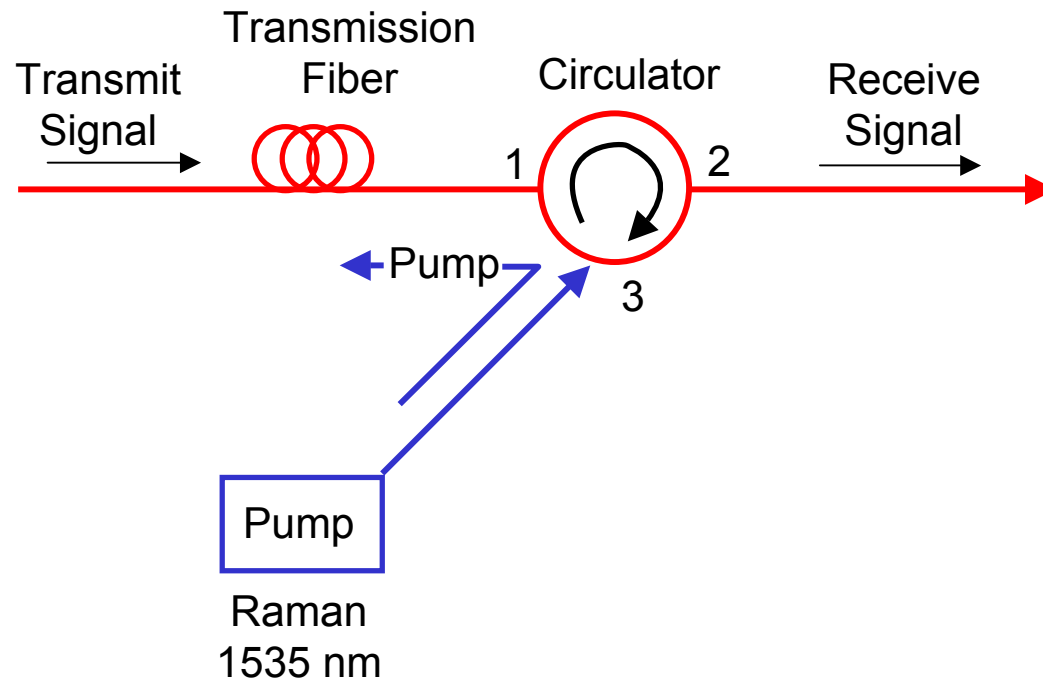
Zasada rozpraszania Ramana: fala lasera pompy o mniejszej długości rozchodząc się we włóknie razem z sygnałem, oddziałuje z atomami włókna oddając im część energii i dalej rozchodzi się z taką samą długością fali jak wiązka sygnałowa. Rozpraszanie ma charakter wymuszony – fala wymuszająca to fala sygnałowa.

Konstrukcja wzmacniacza Ramana

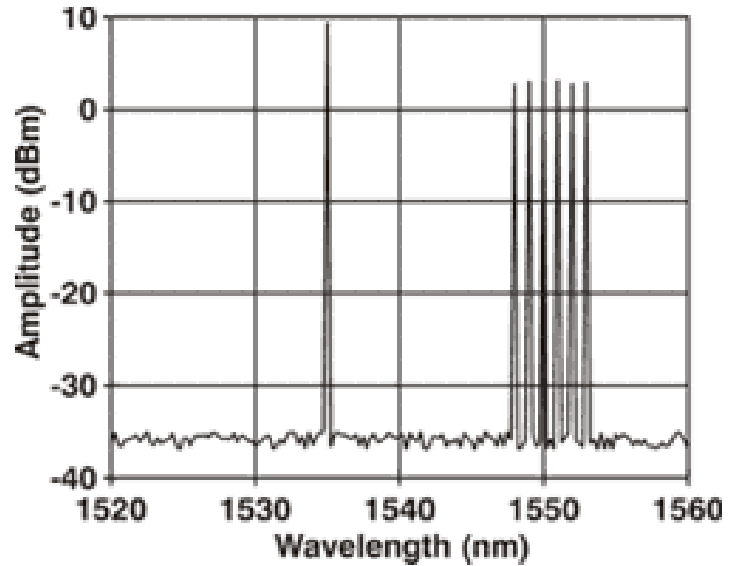


Wzmacnianie Ramana prowadzone może być prowadzone w standardowym włóknie światłowodowym. Określane jest zazwyczaj jako wzmacnianie “o stałych rozłożonych” — odbywa się na całej długości propagacji, a nie lokalnie jak we wzmacniaczu EDFA.

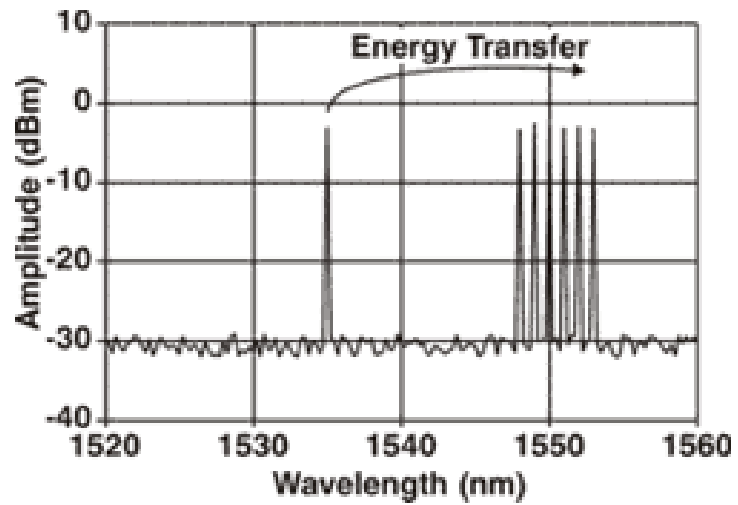
Typical Raman Amplifier Configuration



Raman amplification



Transmitted Spectrum



Received Spectrum

Pytania sprawdzające

1. Zdefiniować wzmacniacz optyczny i podać jego najważniejsze cechy (nie parametry). Wymienić rodzaje wzmacniaczy optycznych.
2. Wymienić rodzaje wzmacniaczy światłowodowych. Wymienić i porównać najważniejsze parametry
3. Który z wzmacniaczy optycznych może z zasady wzmacniać sygnał o dowolnej długości fali. Wyjaśnić dlaczego.