

---

# *Corso di COSTRUZIONI OPTOELETTRONICHE*

-----

## *Misure su EDFA*

-----

**Guido Giuliani**

***Dipartimento di Elettronica - Università di Pavia***

***Tel.***

***0382 985.224***

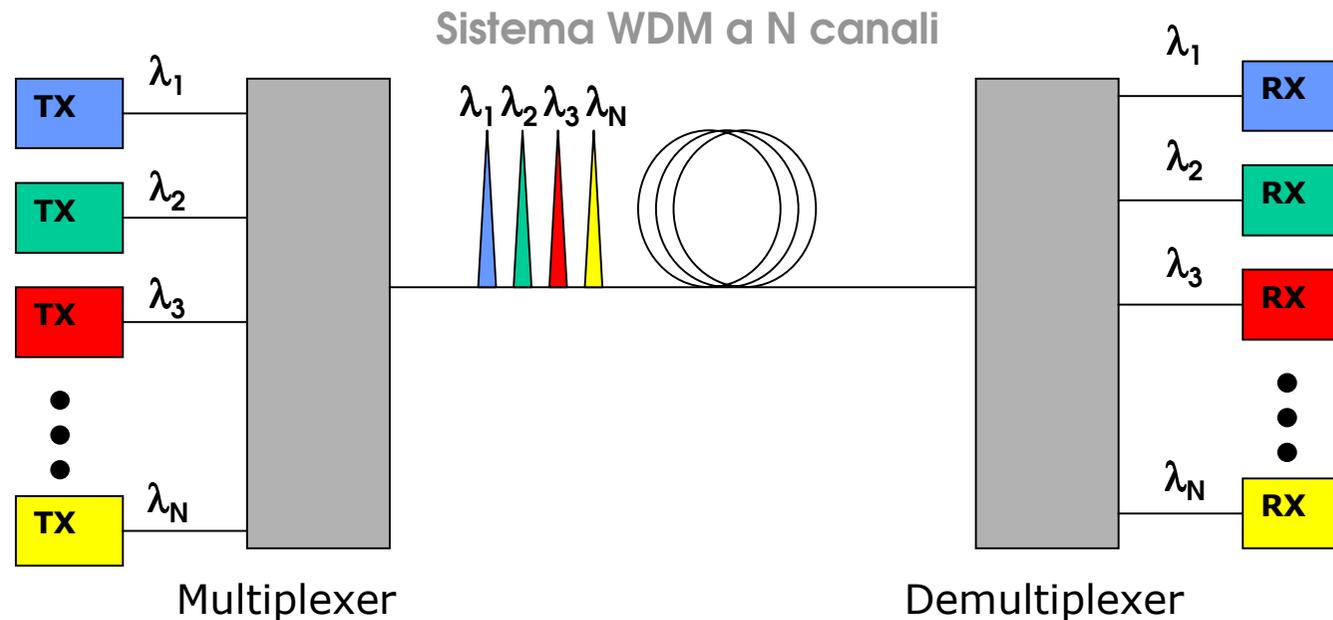
***e-mail:***

***guido.giuliani@unipv.it***

# Sistemi TLC in fibra ottica

## Sistemi WDM

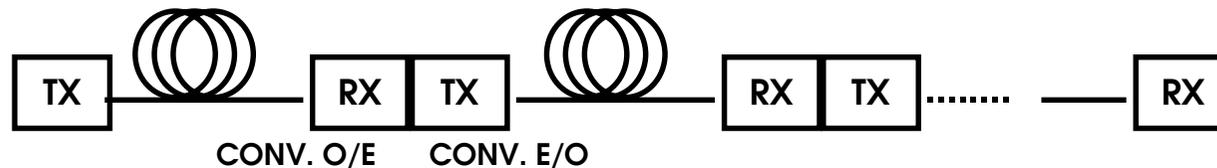
- WDM = Wavelength Division Multiplexing
- È un metodo di moltiplicazione di diversi canali trasmissivi che sfrutta portanti ottiche a frequenze diverse (cioè lunghezze d'onda diverse). È l'analogo ottico delle tecniche radio di moltiplicazione in frequenza



- Occorrono:
  - N laser a lunghezze d'onda diverse (e precise) + N fotodiodi
  - Un componente per combinare le diverse lunghezze d'onda su una singola fibra (multiplexer), ed uno per separarle e indirizzarle verso gli N ricevitori (demultiplexer)

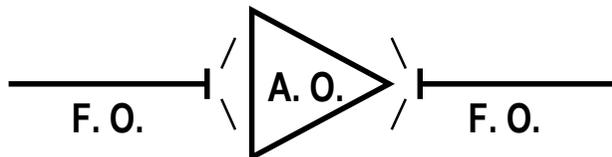
# EDFA - 1

- Sarebbe molto utile potere disporre di dispositivi per amplificare direttamente i segnali a livello ottico, senza necessità di conversione nel dominio elettrico tramite i rigeneratori elettroottici.

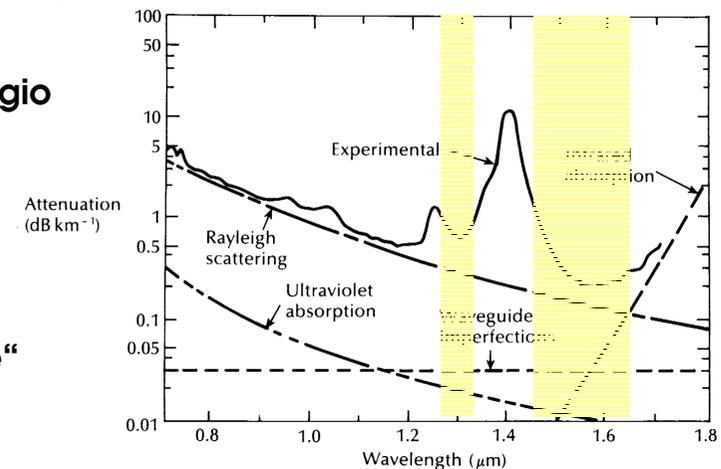


- Svantaggi dei rigeneratori elettroottici:
  - Costosi e complessi
  - Bit-rate limitato dall'elettronica
  - Il rigeneratore va progettato per funzionare correttamente ad un certo Bit-rate  
⇒ Impossibilità di effettuare l'upgrade del sistema di trasmissione (ad esempio aumentandone il Bit-rate) senza sostituire tutti i rigeneratori

- Per realizzare l'amplificatore ottico occorre:
  - Mezzo attivo a tre livelli + sistema di pompaggio
  - Compatibilità con la fibra ottica

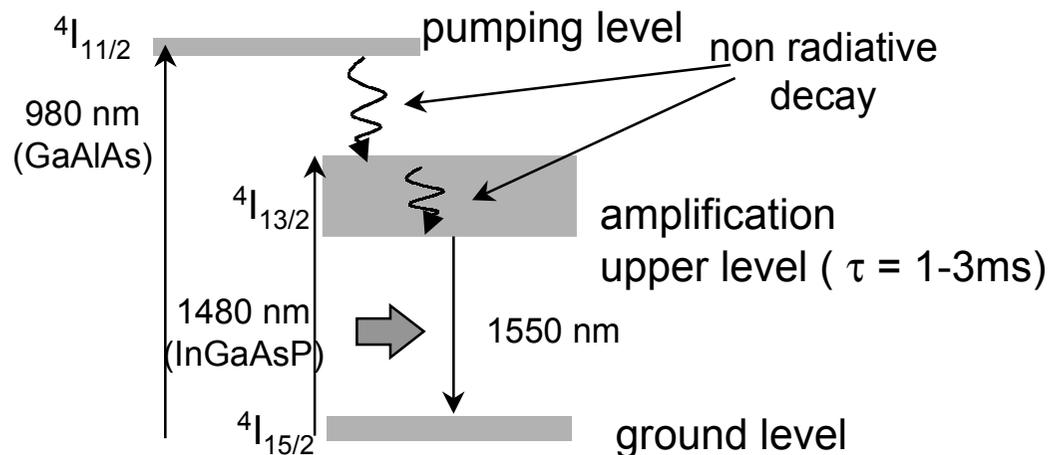


- Amplificazione alle lunghezze d'onda "giuste" (2a-3a finestra di trasparenza)



# EDFA - 2

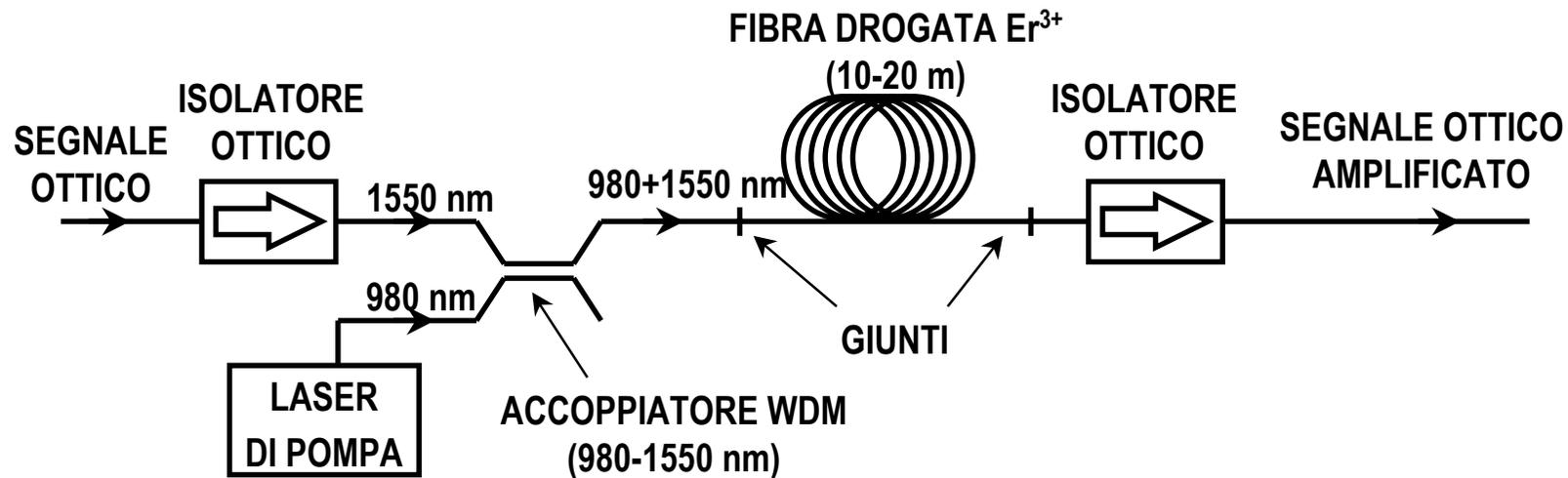
- Nel 1985, da una ricerca congiunta tra l'Università di Southampton (UK) e la Pirelli (I) (e quasi contemporaneamente presso i Bell Laboratories, USA), venne individuato un atomo assai idoneo per l'applicazione in questione (ione  $\text{Er}^{3+}$ )
- **Caratteristiche:**
  - Banda di pompaggio a 980 nm o 1480 nm (lunghezze d'onda generabili tramite laser a semiconduttore in InGaAs e InGaAsP)
  - Compatibilità con la matrice vetrosa della fibra (possibilità di fabbricare fibre ottiche di buona qualità drogate con ioni  $\text{Er}^{3+}$ )
  - Banda di guadagno ottico (emissione stimolata) centrata intorno a 1550 nm, cioè in esatta corrispondenza con la terza finestra di trasparenza delle fibre ottiche
- **EDFA - Erbium Doped Fiber Amplifier**



# EDFA - 3

## Componenti

### □ Struttura dell'EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)



### □ componenti contenuti in un EDFA:

- Fibra drogata Er<sup>3+</sup>
- Accoppiatore WDM (Wavelength Division Multiplexing)
- Isolatore ottico (per prevenire oscillazione laser)
- Laser di pompaggio a semiconduttore (deve avere altissima affidabilità)

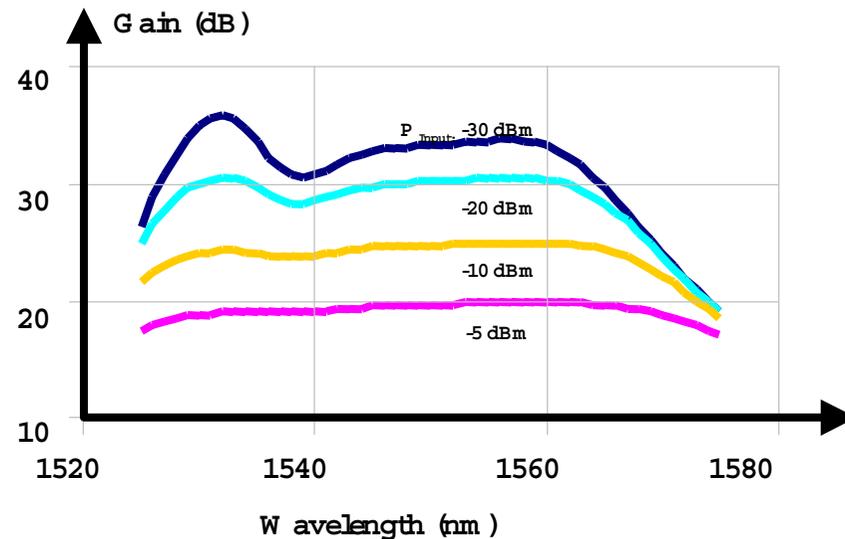
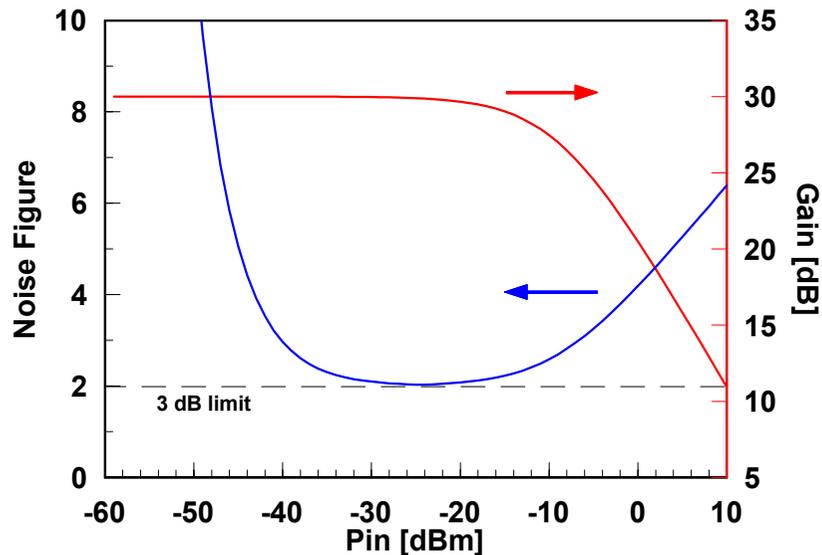
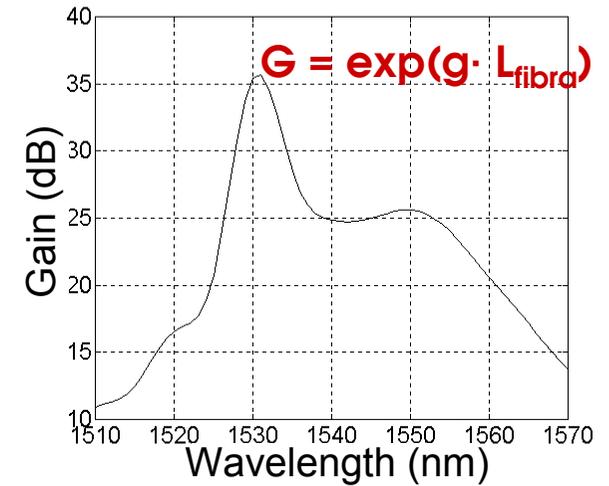
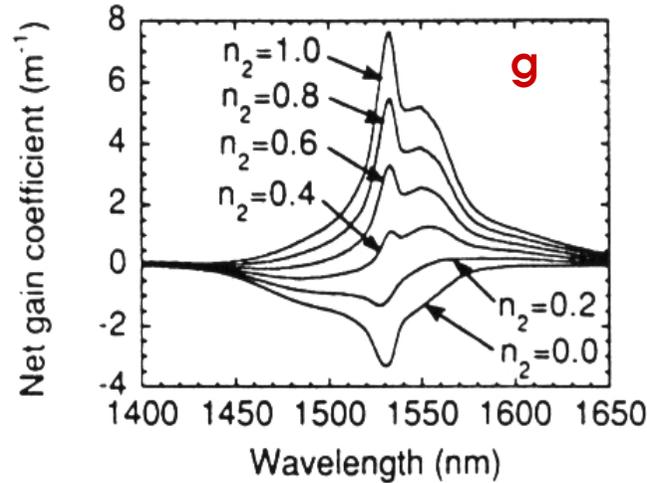
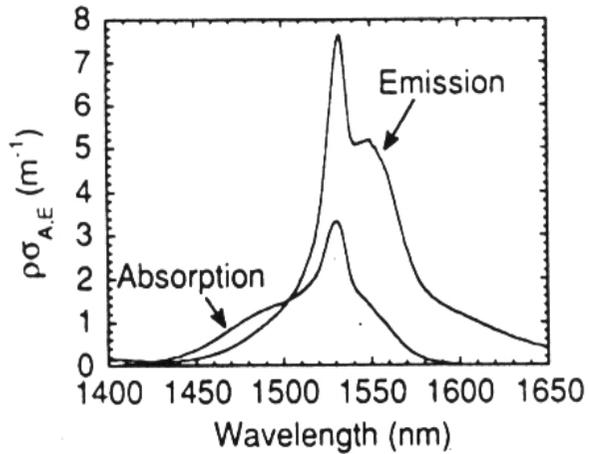
# EDFA - 4

## Guadagno

□ Guadagno:

$$G = P_{\text{out}} / P_{\text{in}}$$

$$G_{\text{dB}} = P_{\text{out,dBm}} - P_{\text{in,dBm}}$$

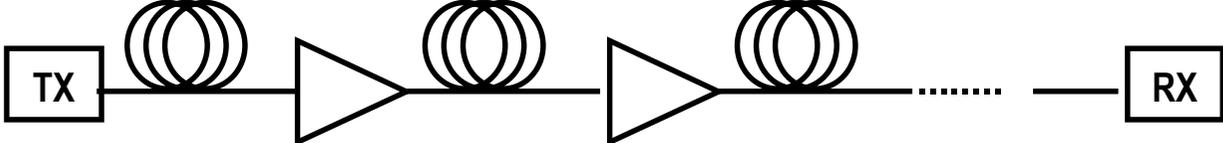
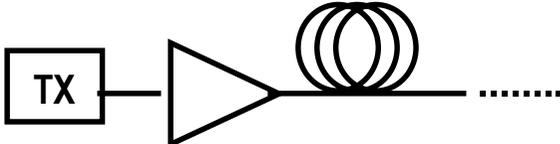
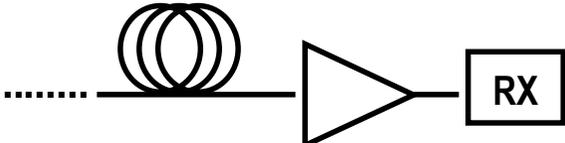
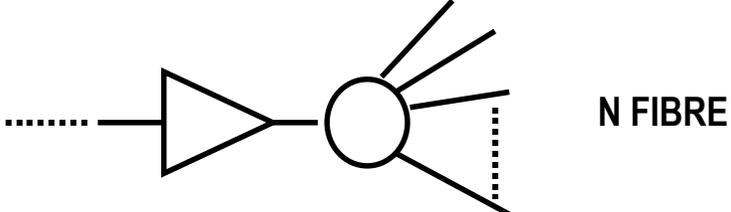


# EDFA - 5

## □ Prestazioni dell'EDFA:

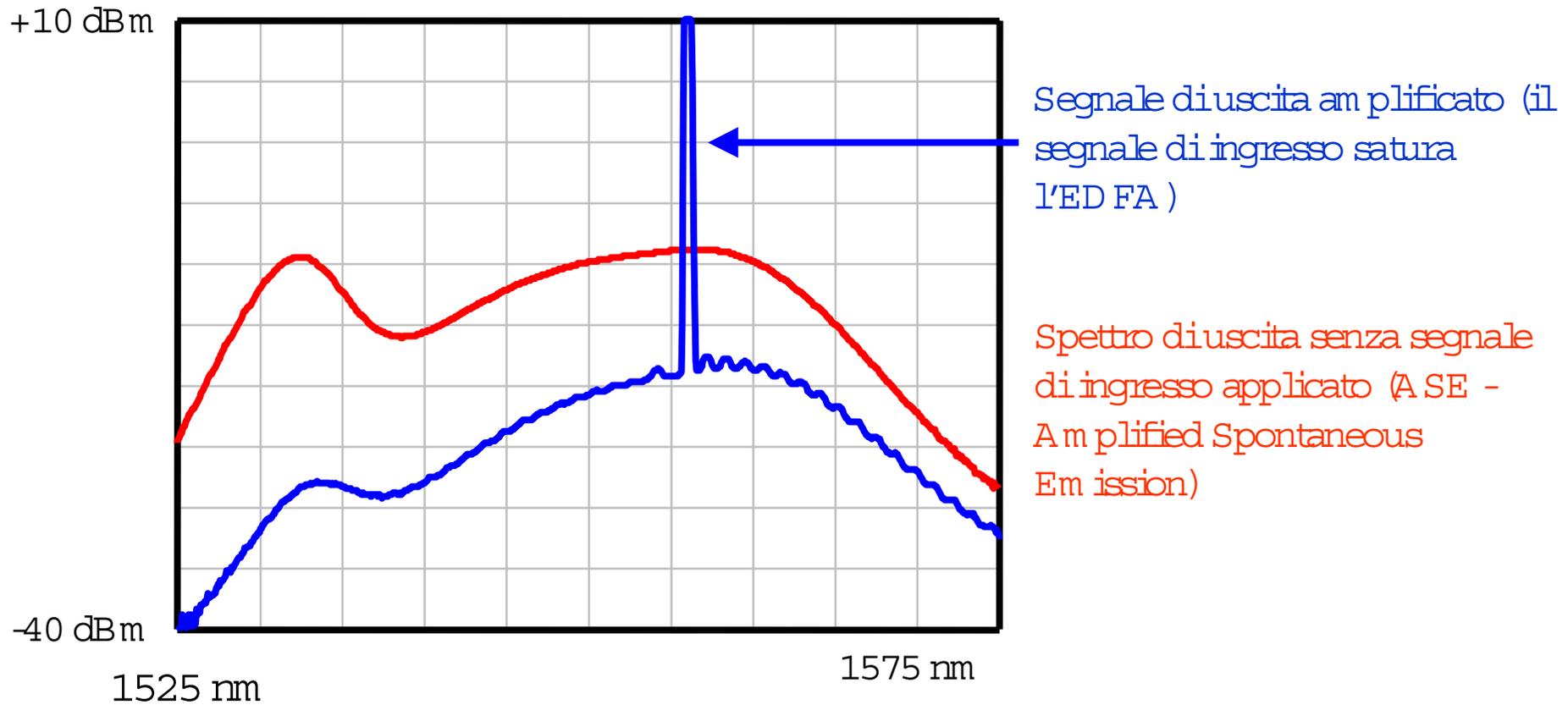
- guadagno di potenza: 30-40 dB ( $10^3$ - $10^4$ ), con  $P_{\text{pompa}} = 50$ -300mW
- potenza di uscita: +27 dBm = 500 mW
- larghezza della banda di amplificazione: in origine 40 nm, oggi 130 nm (da 1480 a 1610 nm)
- prestazioni del tutto adeguate per l'applicazione ai sistemi di telecomunicazione in fibra

## □ Schemi di utilizzo

- amplificatore di linea 
- booster (post-amplificatore) 
- preamplificatore ottico 
- Compensazione delle perdite di diramazione 

# EDFA - 6

## Spettro Ottico di Uscita



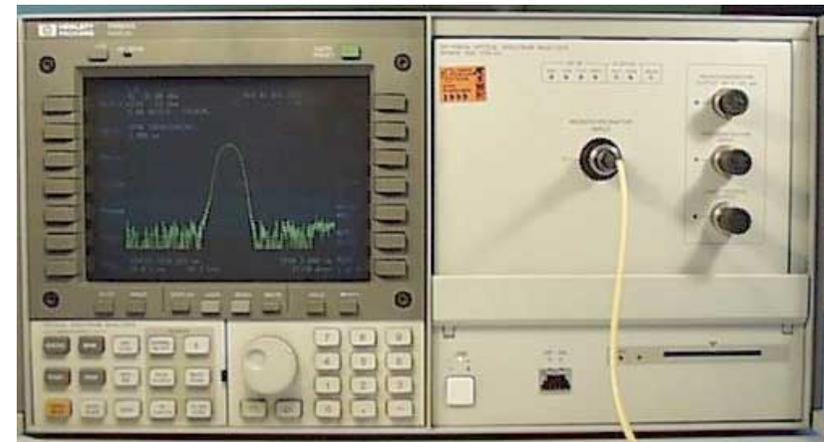
# EDFA - 7

## Misura del Guadagno

- ❑ **Strumentazione a disposizione**
  - ❑ Sorgente laser sintonizzabile (3a finestra)
  - ❑ Bretelle in fibra ottica / accoppiatori in fibra ottica
  - ❑ Giuntatrice a fusione
  - ❑ Optical Power Meter
    - Misura la potenza ottica totale (ad es., in uscita da una fibra ottica)



- ❑ **OSA (Optical Spectrum Analyzer)**
  - Misure di potenza ottica con risoluzione spettrale (= distribuzione della potenza ottica alle varie  $\lambda$ )



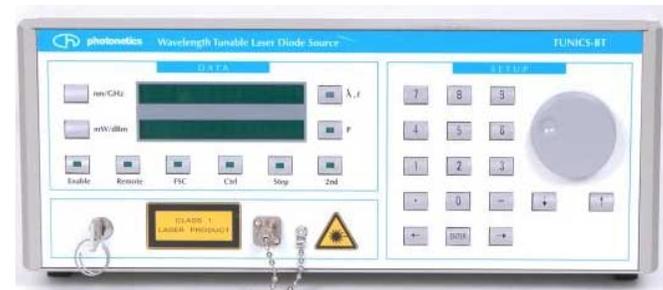
# EDFA - 8

## Misura del Guadagno

- Parametri variabili dell'EDFA:
  - Corrente del laser di pompa

- Misura del guadagno in funzione di:
  - $\lambda$
  - $P_{in}$

- Controllo automatico del laser sintonizzabile (tramite PC + Labview + GPIB)
  - Variazione di:  $\lambda_{laser}$ ,  $P_{laser}$



- Misure automatiche da Power Meter e OSA

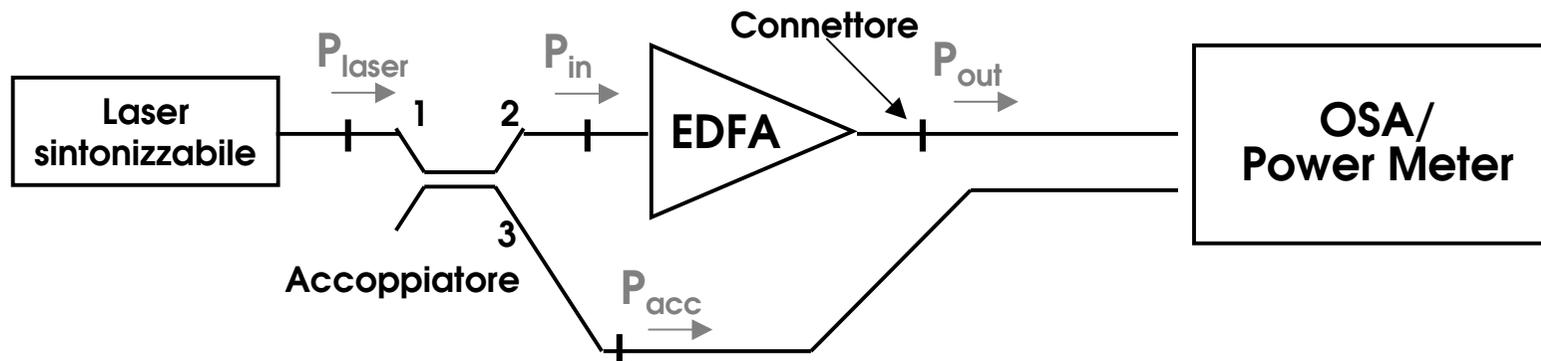
# EDFA - 9

## Misura del Guadagno

- ❑ EDFA: strumento da banco, con fibra di ingresso e fibra di uscita con connettori angolati (FC/APC)



- ❑ La ripetibilità delle perdite di inserzione dei connettori è scarsa  
→ non posso scollegare la fibra di ingresso per misurare ripetutamente  $P_{in}$



- ❑  $P_{in} = T_{12} \cdot P_{laser}$        $P_{acc} = T_{13} \cdot P_{laser}$       →       $P_{in} = P_{acc} \cdot (T_{12}/T_{13}) = P_{acc} \cdot R_{23}$

- ❑  $G = P_{out}/P_{in} = P_{out}/(P_{acc} \cdot R_{23})$

- ❑ **Attenzione:**  $R_{23} = R_{23}(\lambda)$

→ occorre una caratterizzazione preventiva dell'accoppiatore

# Compito a casa

---

- ❑ **Definire procedure dettagliate per:**
  - ❑ La caratterizzazione spettrale dell'accoppiatore -  $R_{23}(\lambda)$
  - ❑ La misura del guadagno dell'EDFA (vs.  $P_{in}$ ,  $\lambda$ )
  
  - ❑ **Grafici di interesse:**
    - $P_{out}$  vs.  $P_{in}$  (per diverse  $\lambda$ )
    - $G$  vs.  $P_{in}$  (per diverse  $\lambda$ )
    - $G$  vs.  $\lambda$  (per diverse  $P_{in}$ )
    - ...
  
- ❑ **Esempio di procedura dettagliata:**
  - ❑ collegare il connettore xy
  - ❑ regolare la potenza emessa dal laser
  - ❑ misurare la potenza all'uscita della fibra yz
  - ❑ ...