

Fibre Ottiche

Lo sviluppo delle fibre ottiche è stato spinto dalle telecomunicazioni che, inizialmente, ne hanno apprezzato le possibilità di trasmettere a grandi distanze con pochi amplificatori intermedi.

La miniaturizzazione dei componenti e l'estensione dei servizi multimediali a una frazione crescente della popolazione hanno fatto scendere i prezzi e spostato una parte del mercato verso sistemi meno performanti ma di facile uso.

La fisica delle particelle ha approfittato di questi sviluppi e le fibre ottiche sono ora un elemento comune nei sistemi di acquisizione dati.

PGI 2006 lect_4B 1

Vantaggi:

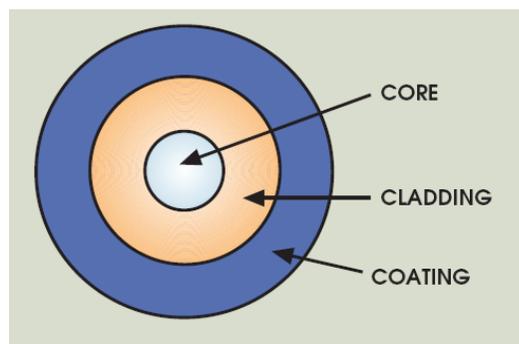
- compattezza
- costo contenuto
- immunità al rumore elettromagnetico
- assenza di *ground loops*
- bassa attenuazione
- banda passante elevatissima

Svantaggi:

- conversione del segnale da elettrico a ottico e viceversa
- precauzioni di installazione
- strumentazione di test sofisticata

PGI 2006 lect_4B 2

Una fibra ottica è una guida d'onda dielettrica di sezione circolare. Consiste di 3 elementi:

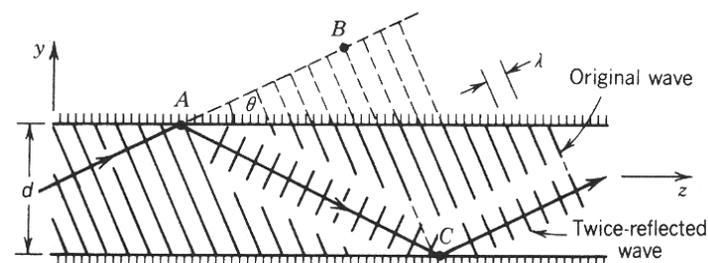


La luce si propaga nella fibra come un'onda piana.

È riflessa totalmente all'interfaccia tra *core* e *cladding*.

PGI 2006 lect_4B 3

Per certi **angoli** di riflessione, l'onda riflessa due volte interferisce positivamente coll'onda precedente alle due riflessioni e la propagazione avviene con attenuazione trascurabile.



La figura si riferisce ad una guida d'onda piana speculare!

Questi **angoli** determinano i **modi** di propagazione.

PGI 2006 lect_4B 4

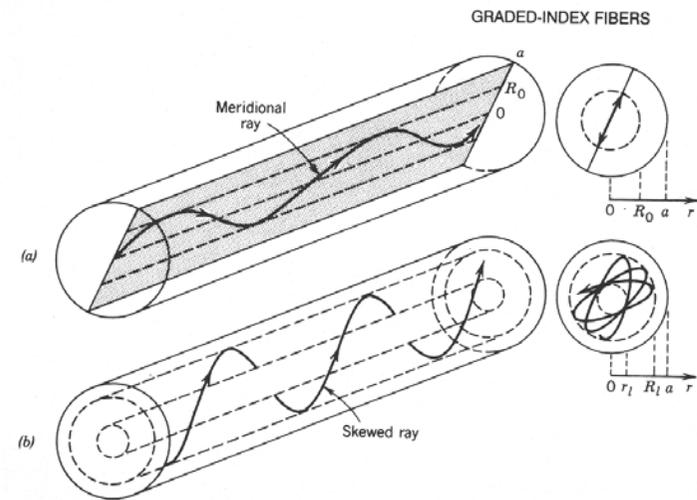
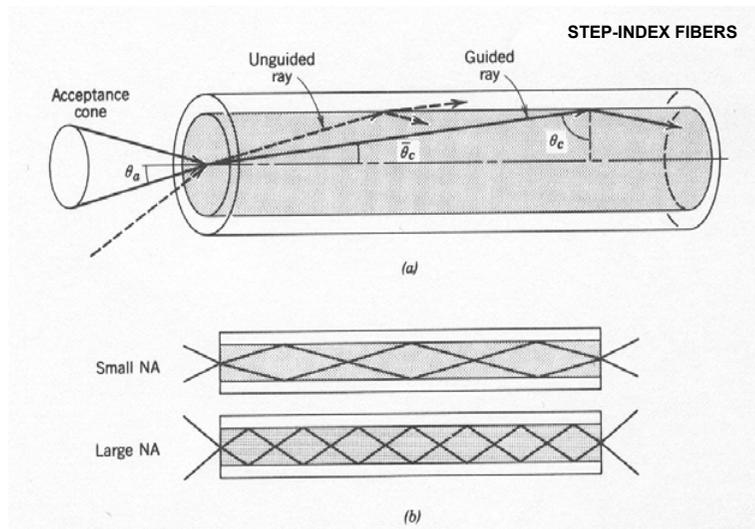
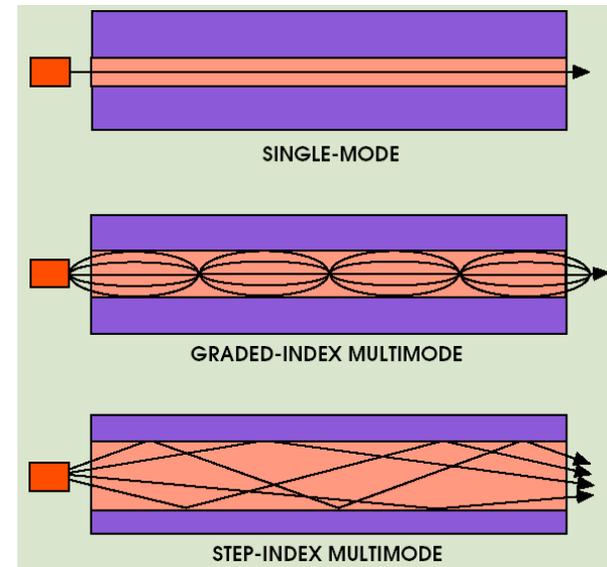
Non tutta la luce che arriva sulla faccia d'ingresso del *core* entra nella fibra:
 l'angolo massimo rispetto alla normale del cono di luce accettata determina la *numerical aperture* NA

Tre tipi di fibre:

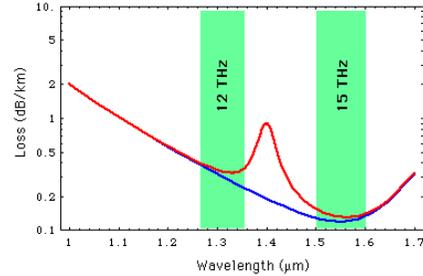
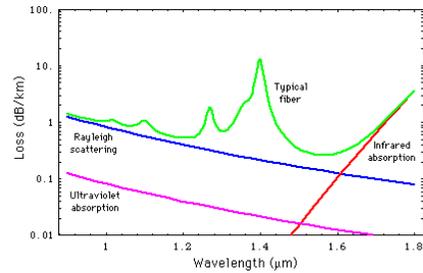
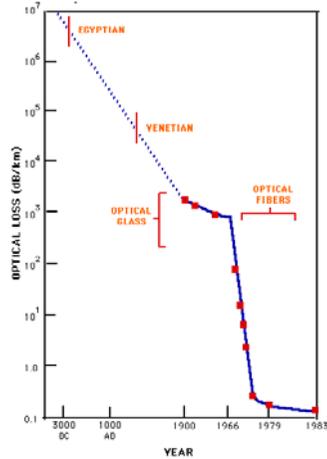
- monomodali** *single-mode*
- multimodali con indice parabolico** *graded index*
- multimodali con indice a gradino** *step index*

Core in SiO₂, eventualmente drogato

Velocità della luce in SiO₂: $c/1.46$



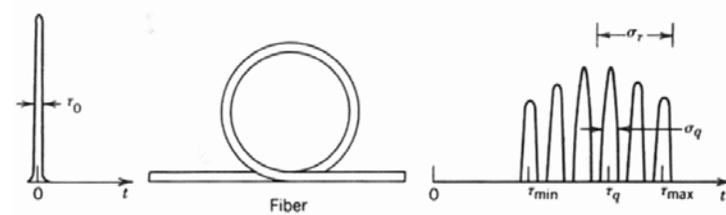
Attenuazione



PGI 2006 lect_4B 9

Un impulso si propaga in una fibra **deformandosi**:

- **dispersione modale**, la più importante nelle fibre *multimode*, poiché i differenti modi hanno percorsi di lunghezza diversa
- **dispersione intramodale**, dovuta principalmente alle velocità diverse delle varie componenti spettrali del segnale



PGI 2006 lect_4B 10

La **dispersione intramodale** nelle fibre *single-mode* ha due componenti:

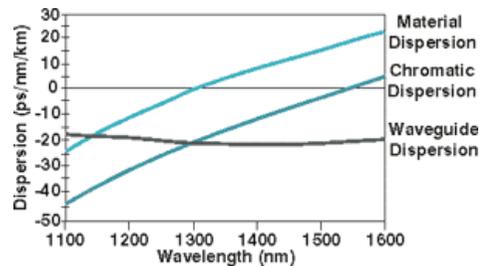
1 - dispersione cromatica, le varie lunghezze d'onda viaggiano con velocità diverse (*chromatic dispersion*); è composta da

material dispersion

dispersione dovuta alle variazioni di indice di rifrazione nel materiale secondo la lunghezza d'onda;

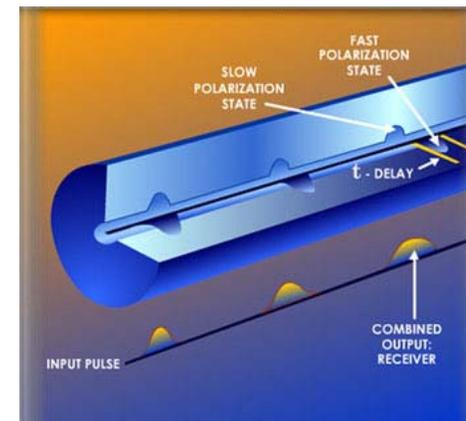
waveguide dispersion

dispersione di guida d'onda, dovuta alla differenza di profilo di luce secondo la lunghezza d'onda nel *core* (e nel *cladding*).



PGI 2006 lect_4B 11

2 - dispersione di polarizzazione, dovuta all'ellitticità del *core* o anche dalla birifrangenza indotta da tensioni meccaniche



PGI 2006 lect_4B 12

Banda passante:

single-mode	graded-index @ 1300 nm	graded-index @ 850 nm	step-index
100 GHz-km	500 MHz-km	160 MHz-km	20 MHz-km

Attenuazione in potenza: da 0.1 dB/km a 10 dB/km

Dimensioni: sono date in mm e si riferiscono al diametro di *core/cladding/coating*, es. 62.5/120/250

Dimensioni del *core*:

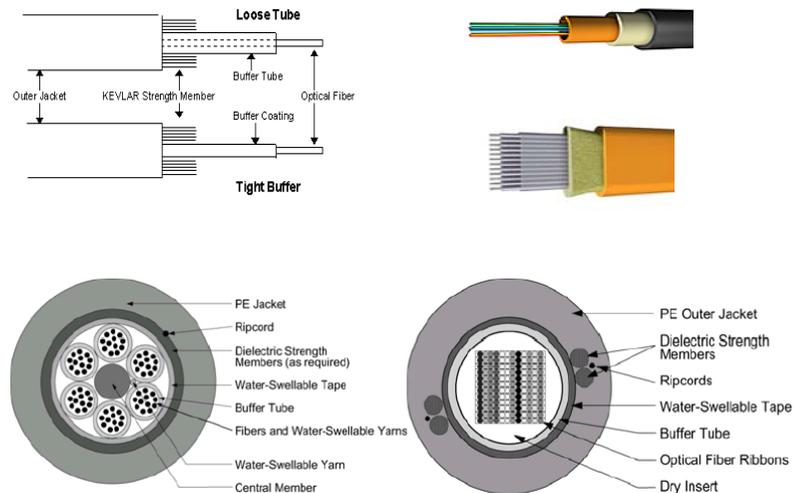
single-mode	graded index	step index
tra 3 e 10 μm	50, 62.5 o 100 μm	tra 100 e 1500 μm

PGI 2006 lect_4B 13

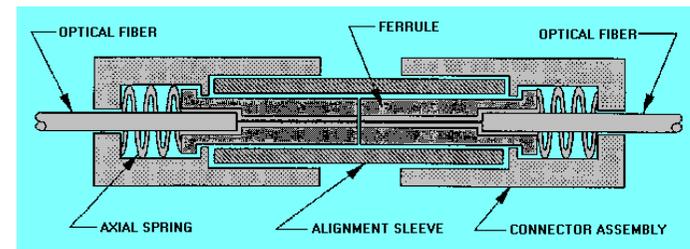
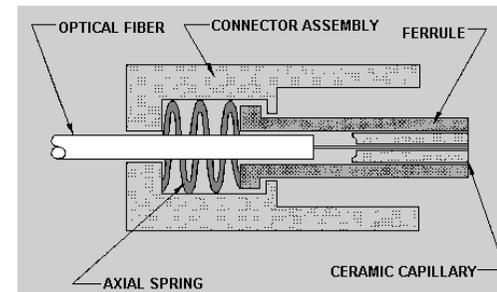
- Segnali generati da lasers o da LEDs
Ricezione dei segnali con diodi fotosensibili
- Frequenze di impulsi oltre 10 Gbit/s
- Tre "finestre" di lunghezza d'onda: 850, 1300 e 1550 nm, le due nell'infrarosso in regioni di minimo dell'attenuazione
- Molte lunghezze d'onda sulla stessa fibra:
Wavelength Division Multiplexing (WDM)
Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)
- Connettori per cavi ad una sola fibra
Connettori multipli (MT) per nastri di 4, 8 e 12 fibre

PGI 2006 lect_4B 14

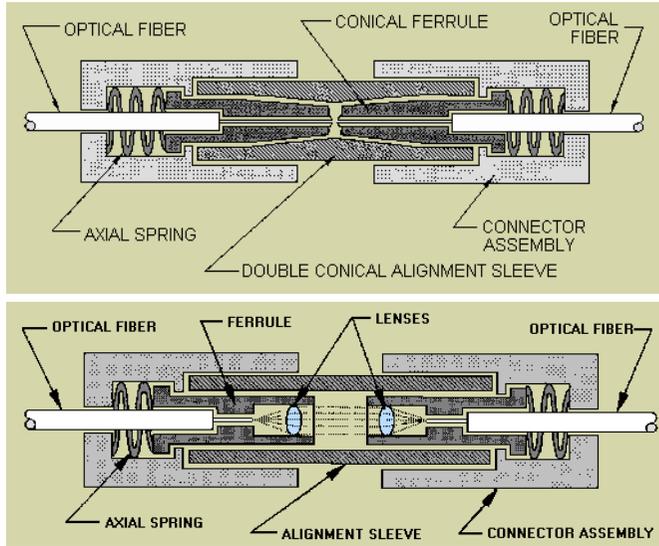
Tecnologia dei Cavi Fibre Ottiche



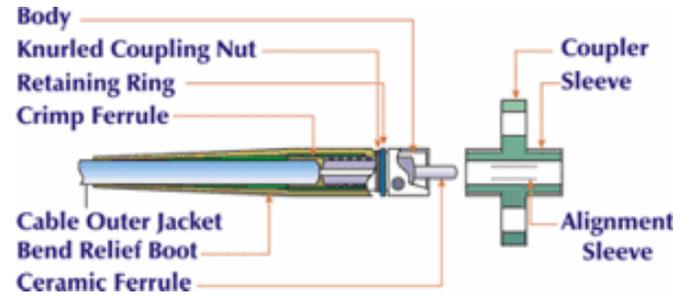
PGI 2006 lect_4B 15



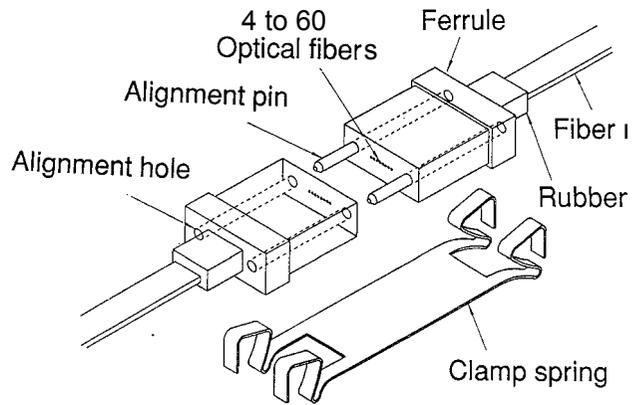
PGI 2006 lect_4B 16



PGI2006 lect_4B 17

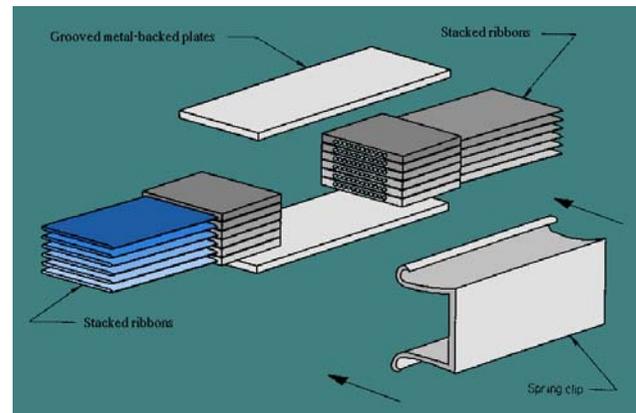


PGI2006 lect_4B 18

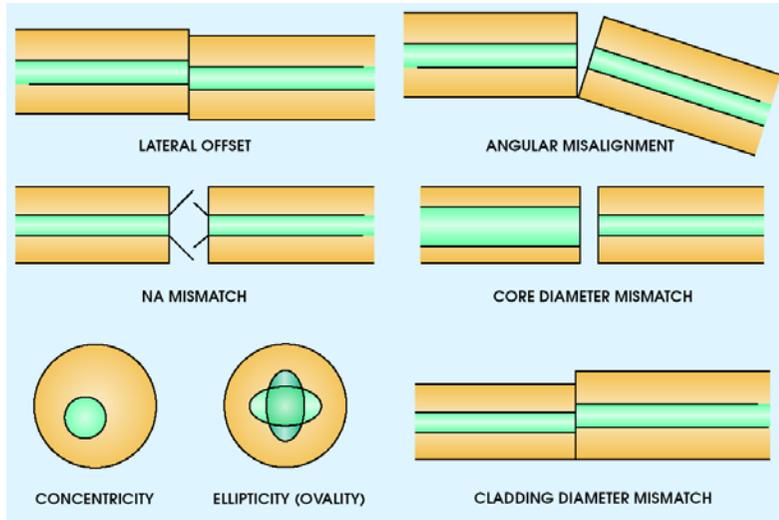


MT connector structure
(NTT MT ferrule)

PGI2006 lect_4B 19



PGI2006 lect_4B 20



PGI2006 lect_4B 21

Referenze

- B. E. Saleh and M. C. Teich, *Fundamentals of Photonics* Wiley 1991
- F. G. Smith and T. King, *Optics and Photonics: an Introduction*, Wiley 2000
- J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, **3rd edition** Wiley 1998
- Sito web di Force, Inc.:
<http://www.fiber-optics.info/sitemap.htm>
- Sito web di Lascomm:
<http://www.lascomm.com/tutorial.htm>
- Lezioni di F. Vasey in ELEC 2005, *Electronics in High Energy Physics*:
<http://humanresources.web.cern.ch/humanresources/external/training/tech/special/ELEC2005.asp#Winter>

PGI2006 lect_4B 22