

Fibre ottiche

Alberto Bordin, Giulio Cappelli

20-24 Novembre 2017

Sommario

1 Teoria

2 Apparato sperimentale

3 Apertura numerica

3.1 Teoria

3.2 Presa dati

2 tabelle

3.3 Analisi dati

2 plot con interpolazione quadratica o al massimo cubica

4 Attenuazione

4.1 Teoria

In una fibra ottica si ha dissipazione dovuta allo scattering Rayleigh con le impurità della fibra. La potenza dissipata è proporzionale a λ^{-4} , scopo dell'esperienza è verificare questa legge di potenza.

L'attenuazione α , che è proporzionale alla potenza dissipata, è definita come

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \left| \frac{P_{in}}{P_{out}} \right| \quad [\text{dB/km}]$$

dove P_{in} e P_{out} sono, rispettivamente, la potenza in ingresso e la potenza in uscita ad un tratto di fibra di lunghezza L .

4.2 Apparato sperimentale

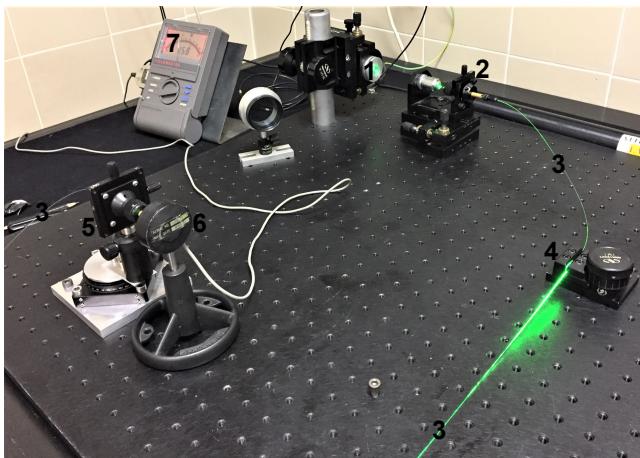
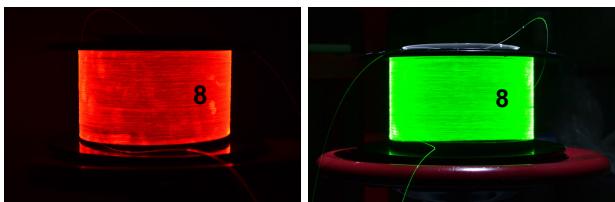


Figura 1: Apparato sperimentale per la misura di attenuazione.

1. Laser
2. Lanciatore (con obiettivo 20x)
3. Fibra ottica multimodo F-MLD
4. *Scrambler*: una sorta di piccola morsa ondulata che serve ad eliminare i modi spuri.
5. Uscita della fibra
6. Sensore del *power meter*
7. Schermo del *power meter*
8. Rotolo da ~ 300 m di fibra ottica



4.3 Presa dati

La misura è svolta in due passaggi.

1. Si lancia in fibra un fascio laser e si misura la potenza in uscita: P_{out} .
2. Si taglia la fibra a 2 metri dal lanciatore e si misura di nuovo la potenza in uscita: P_{in} .

Quindi L è la lunghezza del rotolo meno i 2 m tagliati.

λ [nm]	L [m]	P_{out} [mW]	P_{in} [mW]	α [dB/km]
633	293.5(5)?	0.598(?)	1.63(?)	
532	291.3(5)?	0.156(?)	1.47(?)	
633	289.2(5)?	0.832(?)	2.44(?)	
532	287.1(5)?	0.320(2)	2.80(3)	

Tabella 1: .

4.4 Analisi dati

4 plot: 1 normale e 1 loglog per 2 volte

5 Propagazione modo LP₀₁ in una fibra SM

5.1 Teoria

5.2 Presa dati

1 tabella

5.3 Analisi dati

1 plot

6 Propagazione modi superiori

6.1 Teoria

6.2 Presa dati

6.3 Analisi dati

7 Fibra a conservazione di polarizzazione

7.1 Teoria

7.2 Presa dati

7.3 Analisi dati

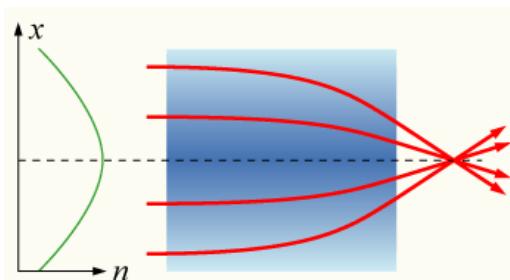
1 figura

8 Lente GRIN

8.1 Teoria

Procedura e accorgimenti

Una lente GRIN (da GRAdient-INdex) è un cilindro fatto di materiale rifrangente con indice di rifrazione variabile a seconda della distanza dall'asse.



Una lente GRIN tagliata a $\lambda/4$ focalizza assi parassiali sulla superficie e viceversa. La lente GRIN a nostra disposizione è tagliata a 0.29λ quindi focalizza onde sferiche ad una certa distanza dalla superficie.

P_{in} è la potenza in ingresso, misurata con il *power meter* a diretto contatto con la sorgente, e P_{out} è la potenza in uscita, misurata, con lo stesso *power meter*, all'uscita della fibra ottica.

P_{out} dipende dall'allineamento l'apparato, la sua misura non è quindi ripetibile a meno di non ottenere lo stesso identico allineamento. Pertanto abbiamo scelto, per convenzione, di variare l'allineamento fino a registrare il massimo valore di P_{out} , in questo modo altri studenti che utilizzino il nostro apparato e seguano la stessa procedura devono trovare il medesimo valore. Allo stesso modo P_{in} è la massima potenza registrata con la sorgente a diretto contatto con il sensore.

8.2 Coefficiente di accoppiamento

L'idea è usare la lente GRIN per lanciare luce in fibra. Misuriamo quindi il coefficiente di accoppiamento di una sorgente laser o LED a una fibra ottica multimodo attraverso una lente GRIN. Il coefficiente di accoppiamento si ottiene con la formula

$$\Gamma = 10 \log \left| \frac{P_{in}}{P_{out}} \right|$$

La corrente di alimentazione varia lentamente in funzione del tempo (effetti 1/f) quindi ci siamo assicurati che le misure di P_{in} e P_{out} avvenissero con la stessa alimentazione. La misura che richiede più pazienza è quella di P_{out} , quindi l'abbiamo misurata per prima e immediatamente dopo abbiamo misurato P_{in} , verificando che l'alimentatore fornisse la stessa corrente.

Risultati

	I_{in} [mA]	P_{out} [mW]	P_{in} [mW]	Γ [dB]
laser	78.0(1)	3.50(1)	6.19(6)	2.48(4)
LED	81.1(2)	0.00491(2)	8.21(10)	32.23(6)

Tabella 2: Coefficiente di accoppiamento. L'errore sulla corrente è la digitalizzazione, gli errori sulle potenze una nostra stima in base alle fluttuazioni delle misure.

In Tabella 2 ci sono i dati raccolti ed il coefficiente di accoppiamento ricavato:

$$\Gamma_{laser} = 2.48(4) \text{ dB}$$

$$\Gamma_{LED} = 32.23(6) \text{ dB}$$

8.3 Trasmissione di un segnale

Modulando l'intensità della luce lanciata in fibra è possibile trasmettere un segnale.

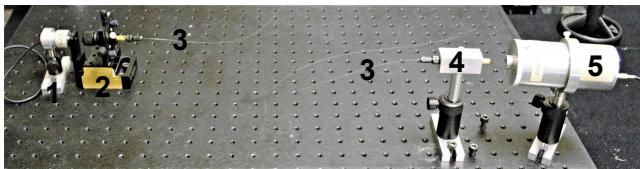


Figura 2: Apparato sperimentale per la trasmissione di un segnale.

1. Diodo laser
2. Lanciatore (con lente GRIN)
3. Fibra ottica
4. Uscita della fibra
5. Rilevatore al silicio

In Figura 2 è rappresentato l'apparato sperimentale che utilizziamo. Il diodo laser è alimentato da una corrente modulata con un piccolo segnale prodotto da un generatore di funzioni.

Il rilevatore, che trasforma il segnale ottico in una tensione, è collegato ad un amplificatore che trasforma la tensione in segnale acustico, che sentiamo ad orecchio.

Registriamo il segnale acustico grazie ad un'app gratuita per cellulare per accordare gli strumenti musicali. In Figura 3 sono riportati gli screenshot delle 3 misure effettuate:

1. Segnale dato dalla luce ambientale. La stanza è illuminata da lampade al neon, che viene eccitato al doppio della frequenza della corrente alternata, quindi circa a 100-120 Hz. Misuriamo 98 Hz.
2. Segnale del generatore di funzioni: regoliamo la frequenza fino ad intonare un la5 (880 Hz).
3. Segnale del generatore di funzioni: regoliamo la frequenza fino ad intonare un la4 (440 Hz).



Figura 3: Screenshot del cellulare che misura la frequenza, cerchiata in rosso.