

# Interferometro di Michelson

4 dicembre 2017

## To do

- Foto apparato
- immagine motorino passo passo + vite micrometrica + specchio mobile
- verificare l'effetto della luce ambientale

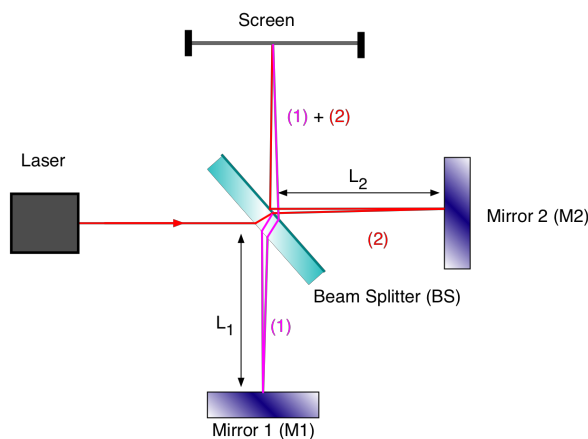
### Sommario

Misura della lunghezza d'onda di tre diversi laser.

Misura di spostamenti micrometrici: isteresi di un piezoelettrico.

Misura dell'indice di rifrazione dell'aria

## 1 Teoria



In un interferometro di Michelson come quello in figura la condizione per avere interferenza costruttiva è

$$2(L_1 - L_2)n = m\lambda$$

dove  $n$  è l'indice di rifrazione dell'aria e  $m$  è il numero di frange.

## 2 Apparato sperimentale

Abbiamo a disposizione

- Tre laser di diversa lunghezza d'onda: 633 nm (laser HeNe), 650 nm, 532 nm.
- Un interferometro di Michelson a divisione di ampiezza.
- Un motorino passo passo che mette in rotazione una vite micrometrica.
- Un rilevatore al silicio (fotodiodo) per misurare l'intensità luminosa.
- Un piezoelettrico.
- Un multimetro digitale.
- Una camera a vuoto lunga  $5 \text{ cm} \pm 50 \mu\text{m}$ .
- Una pompa a vuoto.

Il principio di funzionamento è l'interferenza a divisione di ampiezza. Per avere interferenza al finito usiamo una lente che trasforma onde piane in onde sferiche. Le frange di interferenza vengono rivelate tramite un fotodiodo il cui segnale viene letto al PC tramite un VI labVIEW, che salva anche i dati.

### 3 Misura della lunghezza d'onda

Per misurare la lunghezza d'onda del laser contiamo le frange di interferenza al variare della differenza di cammino ottico.

#### 3.1 Presa dati

Per prima cosa allineiamo il fascio laser in modo da vedere delle frange di interferenza definite sul rilevatore al silicio. Poi variamo la differenza di cammino ottico utilizzando un motorino passo passo collegato ad una vite micrometrica che muove lentamente uno degli specchi (M2). Il motorino si muove ad una velocità di 125 step/s che corrispondono ad un avanzamento della vite di circa  $0.4 \mu\text{m/s}$ ; vediamo passare circa una frangia al secondo. Al PC vediamo l'evoluzione delle frange di interferenza grazie ad un VI labVIEW, come in Figura 1.

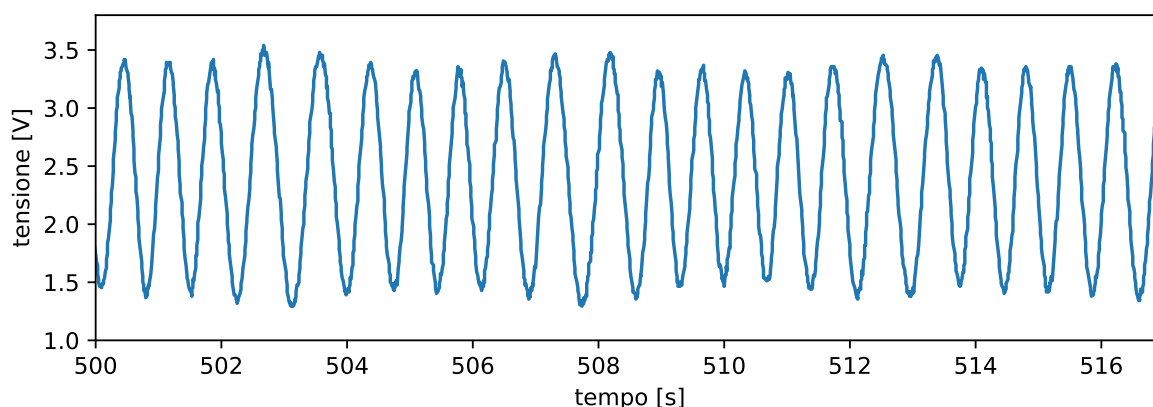


Figura 1: Esempio di acquisizione delle frange di interferenza.

Al termine dell'acquisizione il VI fornisce il numero  $m$  di picchi che usiamo per calcolare la lunghezza d'onda.

##### 3.1.1 Accorgimenti sperimentali

- Per avere un buon segnale allineiamo il fascio laser prima di inserire la lente divergente e dopo averla inserita perfezioniamo la regolazione degli specchi in modo che le frange di interferenza siano larghe in corrispondenza del rivelatore (vedi Figura 2)
- Dato che il rilevatore al silicio è sensibile ad un ampio spettro verificiamo che l'effetto della luce ambientale non disturbi il segnale.
- Stimiamo che l'errore sul conteggio dei picchi derivi soprattutto dai transienti di accensione e spegnimento del motorino e del VI, quindi li facciamo partire e fermare in contemporanea. Avviamo noi la partenza simultanea del motorino e della acquisizione, mentre per la fine impostiamo un fissato numero di step del motorino passo passo (modalità F2) e una durata corrispondente nel programma di acquisizione (tempo  $t$  in Tabella 1).

Inoltre scegliamo di impostare il massimo numero di step consentiti dal motorino (99999), questo minimizza l'errore sui transienti di accensione e spegnimento.<sup>1</sup>

- Per evitare eventuali sistematiche dovute al verso di rotazione della vite alterniamo la direzione di moto del motorino (A e B in Tabella 1).

<sup>1</sup>A parità di tempo speso in laboratorio conviene fare una simulazione lunga piuttosto che fare la media di tante brevi. Se facciamo  $k$  acquisizioni tali che la durata complessiva sia  $N$  secondi l'errore sulla media va come  $\frac{1}{\sqrt{k}}$  per l'errore su una acquisizione, che va come  $\frac{1}{N}$ . Quindi l'errore sulla media è proporzionale a  $\frac{\sqrt{k}}{N}$ . Conviene  $k = 1$ .



Figura 2: Frange di interferenza sul rivelatore.

### 3.2 Analisi dei dati

Di seguito riportiamo le misure con i relativi errori. L'errore sulla distanza è la sensibilità della vite, mentre quello sul numero di conteggi è stimato dalle differenze tra gli  $m$  misurati.<sup>2</sup>

	$m(\Delta m)$	$d(\Delta d)$ [ $\mu\text{m}$ ]	$t$ [mm:ss]	$\lambda(\Delta\lambda)$ [nm]	direzione
laser HeNe (633 nm)	1088(10)	345(1)	13:33	634(6)	A
	1094(10)	345(1)	13:43	631(6)	B
	1092(10)	345(1)	13:36	632(6)	A
laser rosso (650 nm)	1065(10)	345(1)	13:36	648(6)	A
	1054(10)	346(1)	13:32	657(7)	B
laser verde (532 nm)	1306(10)	347(1)	13:32	531(4)	A
	1293(10)	347(1)	13:32	537(4)	B

Tabella 1: Tabella con dati grezzi e calcolo della lunghezza d'onda.

### 3.3 Conclusioni

Per ogni laser abbiamo fatto la media dei valori di  $\lambda$  misurati. I risultati sono compatibili con quanto riportato nei datasheet.

laser	$\lambda$ nominale [nm]	$\lambda(\Delta\lambda)$ misurata [nm]
HeNe	632.8	632(4)
rosso	650	652(5)
verde	532	534(3)

## 4 Isteresi del piezoelettrico

## 5 Indice di rifrazione dell'aria

<sup>2</sup>Per le misure di  $m$  di ciascun laser calcoliamo la deviazione standard, poi facciamo la media quadratica delle 3.