

I. SPETTROSCOPIA DELLA TRANSIZIONE D2 DEL RUBIDIO

Il rubidio presenta due isotopi naturali, ^{85}Rb (abbondanza 72.2%, spin nucleare $I=5/2$) e ^{87}Rb (abbondanza 27.8%, spin nucleare $I=3/2$). La transizione analizzata (detta D2 per analogia con la stessa transizione del sodio che da luogo alla riga D2 nello spettro di Fraunhofer) va dal livello fondamentale $5S_{1/2}$ al livello eccitato $5P_{3/2}$. Nello spettro allargato Doppler si distinguono 4 assorbimenti, intorno a 778 nm, dovuti ai livelli iperfini dello stato fondamentale, separati da 3036 MHz (^{85}Rb) e 6835 MHz (^{87}Rb). Lo spostamento isotopico nel livello fondamentale è di 160 MHz, per cui le due righe del ^{85}Rb si trovano all'interno delle due del ^{87}Rb . Dall'acquisizione dello spettro di assorbimento si può verificare la corrispondenza dei rapporti tra gli assorbimenti osservati con quelli attesi in base a molteplicità dei livelli e abbondanza isotopica.

Il segnale sub-Doppler di ciascuna della 4 transizioni è composto da 6 righe: tre dovute alle transizioni iperfini con $\Delta F = 0, \pm 1$ dove $F=2,3$ per il livello S del ^{85}Rb e $F=1,2$ per il livello S del ^{87}Rb , con in più tre segnali di 'cross-over'. La funzione di fit deve comprendere la somma di tre Lorentziane con la stessa larghezza e con altezze e centri diversi, più un fondo che si può simulare con la somma di una Gaussiana ed una retta. Conviene scegliere opportunamente i parametri che danno i centri delle Lorentziane in modo da tener conto che i 'cross-over' sono alle frequenze medie delle tre possibili coppie di righe, e che i parametri più rilevanti da ricavare per ciascuna transizione sono gli intervalli di struttura iperfine del livello P.

E' utile stimare un errore statistico su più misure (fatte su diverse acquisizioni) e non confidare invece sull'errore dato dalla procedura di fit (spesso sottostimato). E' bene infine sfruttare il fatto che l'intervallo centrale ($F=2-3$ per il ^{85}Rb e $F=1-2$ per il ^{87}Rb) viene stimato da ambedue le transizioni dai livelli iperfini S, per valutare la coerenza delle incertezze date.

II. PROPRIETA' SPETTRALI DI UN LASER A SEMICONDUTTORE

L'esperienza comporta:

- i) la misura della curva corrente-potenza risolta in polarizzazione
- ii) l'analisi delle frequenze modali al monocromatore, risolta in polarizzazione, la misura dell'andamento delle frequenze al variare della corrente

iii) l'analisi dello spettro delle fluttuazioni di ampiezza, con fotodiodo a valanga ed analizzatore di spettro rf

iv) l'analisi della forma di riga ottenuta tramite un auto-correlatore, ovvero un interferometro di Michelson in fibra dove la differenza di cammino ottico tra i due bracci (nel nostro caso 50m di fibra, equivalenti ad un ritardo $\tau \simeq 0.5\mu\text{s}$) è maggiore della lunghezza di coerenza.

A. Spettro delle fluttuazioni di ampiezza

Se non ci si avvicina troppo a soglia ed in regime di singolo modo e potenza lineare con le variazioni di corrente, lo spettro del rumore di ampiezza $S_P(\omega)$ può essere descritto dall'espressione

$$S_P(\omega) \propto \frac{\omega^2 + \Gamma^2}{(\omega^2 - \Omega^2)^2 + \omega^2 \Gamma^2} \quad (1)$$

dove $\omega/2\pi$ è la frequenza di analisi e i parametri Γ e Ω sono dati da

$$\Gamma = \frac{1}{\tau_c} \frac{I}{I_{th}} \quad (2)$$

$$\Omega^2 = \frac{1}{\tau_c \tau_p} \left(\frac{I}{I_{th}} - 1 \right) . \quad (3)$$

I parametri fisici che si possono ricavare sono infine i tempi di vita dei portatori di carica τ_c e della luce in cavità τ_p .

B. Spettro del rumore di frequenza, forma e larghezza di riga

La forma di riga attesa del laser è un profilo di Voigt, cioè la convoluzione di una Gaussiana ed una Lorentziana. La varianza della componente Gaussiana è data dall'integrale del rumore a bassa frequenza. La larghezza FWHM (larghezza totale a metà altezza) della Lorentziana è invece pari a S_0/π , dove S_0 è la densità spettrale della componente bianca (costante) del rumore di frequenza.

Per la larghezza Lorentziana (e quindi per S_0) ci si aspetta un andamento proporzionale all'inverso della potenza nel modo considerato. Finché l'emissione è su un singolo modo, si è soliti porre in grafico la larghezza in funzione dell'inverso della potenza P , e adattare i dati ad una retta che passa per l'origine. Si trova a volte in letteratura il fit con una retta

generica, dove il residuo nell'origine (larghezza residua per $P \rightarrow \infty$) deve essere positivo. Tuttavia, se la componente gaussiana è stata accuratamente valutata, il residuo dovrebbe essere nullo. Nell'analisi dei dati quindi, se l'eventuale residuo risulta compatibile con 0, si impone il passaggio per l'origine.

Se C è il coefficiente angolare della retta trovata nell'analisi sopra descritta, fornisce un'informazione fisicamente utile il parametro (con le dimensioni di una frequenza) $C / \left(I_{th} \frac{dP}{dI} \right)$ dove I_{th} è la corrente di soglia e $\frac{dP}{dI}$ è l'efficienza differenziale poco sopra soglia.

L'autocorrelatore non è sensibile alle fluttuazioni della frequenza che avvengono su tempi lenti rispetto a τ , quindi la componente gaussiana del profilo risulterà ridotta. Lo spettro misurato col fotodiodo a valanga all'uscita dell'autocorrelatore può essere considerato come prodotto dal battimento di due sorgenti identiche e scorrelate. Sarà quindi un picco centrato a frequenza nulla, dove la larghezza della componente Lorentziana è pari al doppio della larghezza Lorentziana del laser.