



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA

INTRODUZIONE
STABILIZZAZIONE E TUNING
INTERFEROMETRO FABRY-PEROT
SPETTROSCOPIA IN SATURAZIONE
BIBLIOGRAFIA

Alcuni modi di utilizzo dei diodi laser nel laboratorio di spettroscopia atomica e molecolare

Alessandro Lucchesini

ISTITUTO NAZIONALE DI OTTICA - CNR - U.O.S. DI PISA

Seminario del 29 Novembre 2013
per il Corso di Ottica Quantistica
(seconda parte)



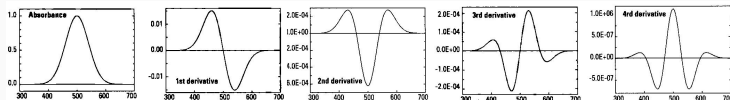
La tunabilità dei laser a semiconduttore li rende utili per la spettroscopia sia atomica che molecolare.

A differenza di altri sistemi tunabili come i *vibronic solid state lasers* (titanio-zaffiro: $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}^+$), gli oscillatori parametrici (OPO) o lasers a coloranti (*dye lasers*, per es.: rodamina) sono meno potenti, ma meno costosi.

Il vantaggio viene anche dalla loro maggior stabilità nell'emissione e dalla velocità di modulazione (VCSEL fino a ≈ 10 GHz), che permettono l'utilizzo di sistemi di riduzione del rumore, come la rivelazione in fase tramite amplificatori Lock-in.



Stabilizzazione della lunghezza d'onda d'emissione

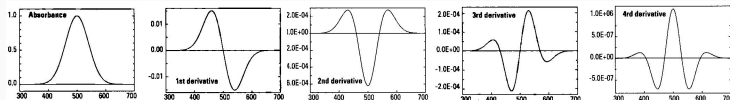


Locking su una riga di riferimento (derivata di ordine dispari) e retroazione con un feed-back sulla corrente d'iniezione, ma con alcuni inconvenienti:

- necessità di un'elettronica sufficientemente veloce ed a basso rumore
- A.M. noise.



Stabilizzazione della lunghezza d'onda d'emissione



Locking su una riga di riferimento (derivata di ordine dispari) e retroazione con un feed-back sulla corrente d'iniezione, ma con alcuni inconvenienti:

- necessità di un'elettronica sufficientemente veloce ed a basso rumore
- A.M. noise.



Cavità a Q più elevato di quella del diodo

- feedback ottico ottenuto accoppiando il DL ad una cavità F.-P. ad alto Q: Strong feedback
- utilizzo di una cavità esterna o pseudo tale; in quest'ultimo caso si possono ottenere larghezze di riga di un paio di ordini di grandezza più piccole di quelle nominali e tuning di qualche nm.

$$\delta_\nu = c/(2d) * (1 - R)/(\pi\sqrt{R})$$



Cavità a Q più elevato di quella del diodo

- feedback ottico ottenuto accoppiando il DL ad una cavità F.-P. ad alto Q: Strong feedback
- utilizzo di una cavità esterna o pseudo tale; in quest'ultimo caso si possono ottenere larghezze di riga di un paio di ordini di grandezza più piccole di quelle nominali e tuning di qualche nm.

$$\delta_\nu = c/(2d) * (1 - R)/(\pi\sqrt{R})$$

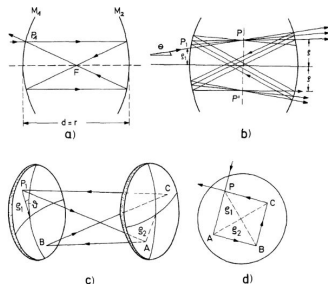
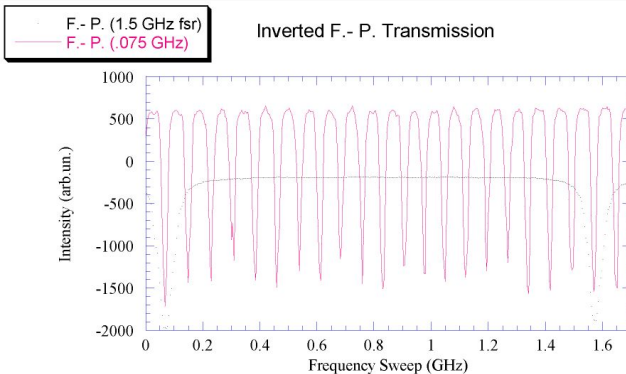


Fig. 4.48a-d. Trajectories of rays in a confocal FPI: (a) incident beam parallel to the FPI axis; (b) inclined incident beam; (c) perspective view for illustrating the skew angle; (d) projection of the skewed rays onto the mirror surfaces

L'interferometro di Fabry - Perot confocale



La relativa trasmissione con due differenti f.s.r. (δ_ν):

$$\delta_\nu = \frac{c}{4r + \rho^4/r^3}$$



Spettroscopia in saturazione

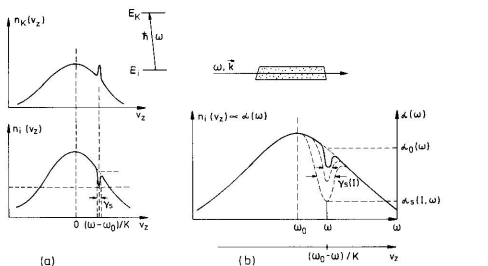
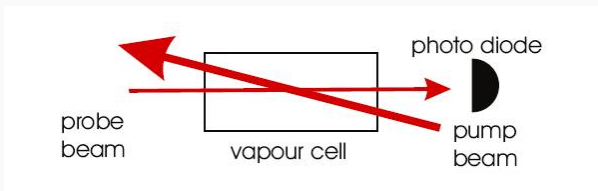


Fig.10.17. (a) "Hole burning" in the lower level population distribution $n_I(v_z)$ of an absorbing transition and generation of a corresponding population peak in the upper level. (b) Increase of Bennett hole width with increasing saturating intensity

La spettroscopia in saturazione si basa sulla saturazione di un assorbimento ottico allargato Doppler tramite pompaggio ottico da sorgente monocromatica.

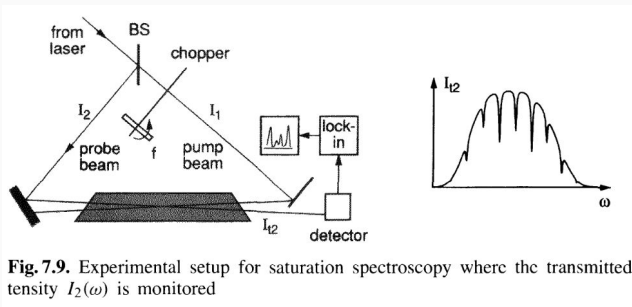


Pump-Probe



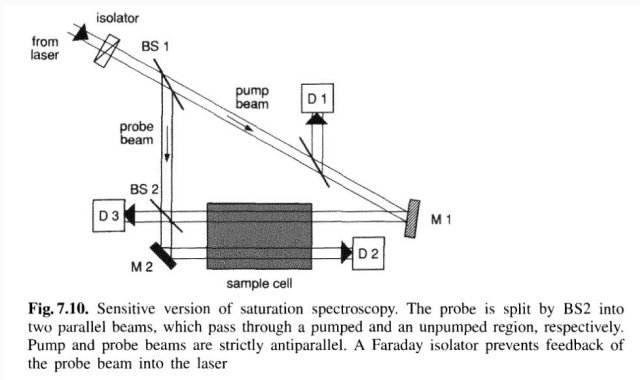
Tipico schema sperimentale adottato nella spettroscopia in saturazione: un intenso fascio laser di pompa ed un debole fascio di “lettura”.

Lock-in





Riferimento Doppler



Un esempio un po' più sofisticato.



Risultato sperimentale (Theodor Hänsch, 1971)

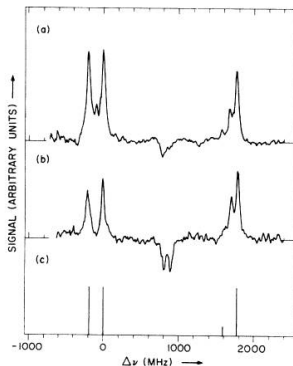


FIG. 2. (a) Saturation spectrum of the Na D line without delay. (b) Like (a), but with a probe delay of 56 nsec. (c) D_1 hyperfine transitions with relative oscillator strengths.



Bibliografia



W. Demtröder

Laser Spectroscopy. Basic Concepts and Instrumentation
Third Ed., Springer Verlag, 2003



C.E. Wieman, L. Hollberg

Using Diode Lasers for Atomic Physics
Rev. Sci. Instrum. 62, p. 1-20 (1991)



G.M. Tino, M. De Angelis, F. Marin, and M. Inguscio

Semiconductor Diode Lasers in Atomic Spectroscopy
Solid State Lasers: New Developments and Applications, Plenum
Press, N.Y., p. 287-312 (1993)