

用荧光技术观察 CO₂ 的饱和吸收

卞淑姮 赵家铭 王长生 李素梅

(中国科学院上海光机所)

提要: 描述了用荧光技术观察 CO₂ 饱和吸收的原理、装置和结果, 测量了荧光凹陷信号幅度、宽度、相对深度与各种参量(吸收气体压力、调制幅度、调制频率、入射激光功率等)的关系, 并对实验结果进行了讨论。

CO₂ saturated absorption observed by fluorescence technique

Bian Shuheng, Zhao Jiaming, Wang Changsheng, Li Sumei

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: In this paper we describe the principle, arrangements and results of CO₂ saturated absorption observed by fluorescence technique. The dependence of signal amplitude of fluorescence dip, width, relative depth on some parameters (pressure of absorption gas, amplitude and frequency of modulation, input laser power etc) have been measured and the results are discussed.

一、简单原理及特点

近年来发展起来的饱和吸收技术用于激光器的频率稳定已取得相当成功。已发现了 SF₆、OsO₄ 等气体对 CO₂ 激光器的某些支线有较强吸收, 并已实现了对这些支线的频率稳定。为了对 CO₂ 激光器百余条振-转激光跃迁频率都能进行稳定, 以 CO₂ 分子本身作为吸收体最为合适。但是 CO₂ 分子在 9~11 微米谱线范围内的光吸收系数非常小, 约 10⁻⁴/厘米·托 (SF₆ 的吸收系数约 0.3~1.2/厘米·托, 比 CO₂ 大 10³~10⁴ 倍), 因此近年来提出了以 4.3 微米荧光的 Lamb 四陷来探测 CO₂ 饱和吸收的方法^[1]。

CO₂ 在 9~11 微米波长范围内所有的激光跃迁与 4.3 微米的自发荧光跃迁有相同的上能级——00°1 能级, 把充有 CO₂ 气体的吸收池放在 CO₂ 激光驻波场中, 它对 9~11 微米激光的饱和吸收行为也反映在 4.3 微米的自发荧光信号中, 可以通过荧光信号观察 CO₂ 饱和吸收现象。

二、实验装置

实验装置如图 1 所示, 选支激光器的输出经反射镜反射进入吸收池, 并经 M₃ 反射折回吸收池形成驻波, 在与激光垂直的方向上用 InSb 探测器观察 4.3 微米的信号。激

收稿日期: 1981 年 4 月 1 日。

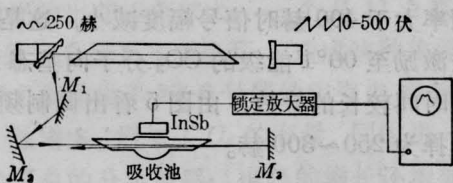


图1 实验装置示意图

光器二端反射镜及光栅都装在压电陶瓷上。一端加0~500伏锯齿波电压，周期为5秒，作为大调制用。一端加250赫的正弦电压，幅度约20伏(峰-峰值)作为小调制用。在观察荧光强度-激光频率的关系曲线时，则250赫的小调制幅度降为零，在光路中插入一个调制盘，调制频率192赫。

在实验中关键是设计一个聚光效率高的吸收池，因为CO₂吸收系数很小，所充气压很低(几十毫托)，荧光信号很弱，而且方向散乱，我们所要观察的又是荧光信号上的一个小凹陷。我们设计了两种吸收池(图2)。一种是用球面反射；一种是旋转椭球面反射。这两种结构都是可行的，尤其是椭球面成像效果更佳。

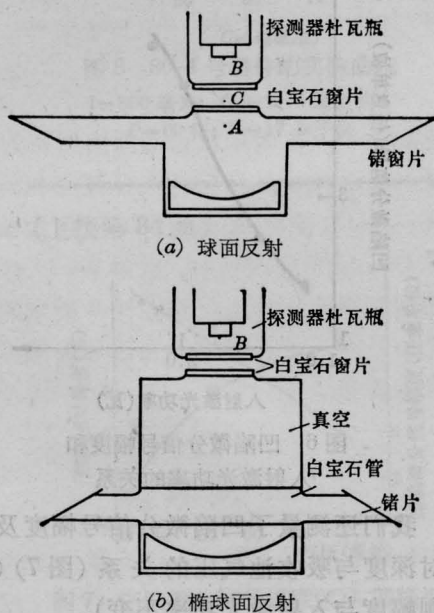


图2 吸收池结构示意图

实验时要认真进行清洗、烘烤、抽真空等工作，再充入低压的纯CO₂气并封离排

气台。

工作在液氮温度的铽化钢红外探测器是由北京十一所提供的，D*为 5.65×10^9 ，光敏面直径 $\phi 6$ 毫米。

荧光信号由FS-J₂型锁定放大器放大后在示波器上显示。

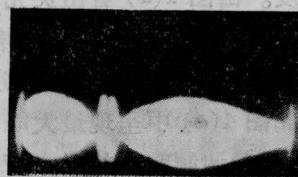
三、实验结果及讨论

吸收池充气40毫托，在光路中我们用192赫调制盘调幅，同时加0~500伏锯齿波慢扫频(周期为5秒)，观察了荧光强度-激光频率的关系曲线，在荧光强度曲线的峰值处，观察到明显的凹陷，如图3(a)所示。

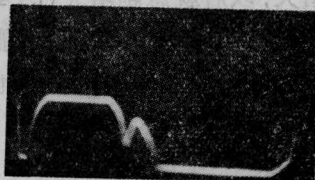
去掉192赫的调制盘，在激光器光栅一端的压电陶瓷上加250赫、峰-峰值20伏的正弦波电压作为小调制用。同时周期为5秒的0~500伏锯齿波大扫频仍然加在另一端，观察了荧光凹陷的微分信号(图3(b))及凹陷微分信号的同步积分输出(S曲线)(图3(c))。



(a) 激光频率扫过吸收线时得到的荧光凹陷信号



(b) 相应的凹陷微分信号

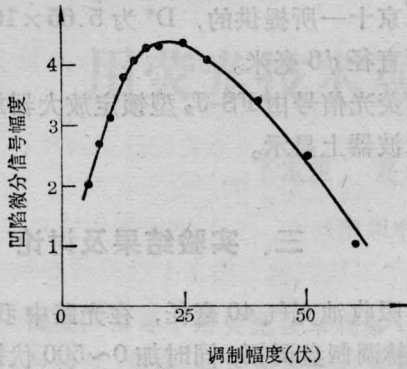


(c) 微分信号经同步积分输出的S曲线

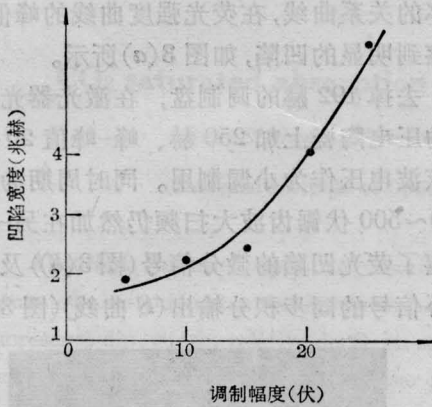
图3

在吸收池气压不变、入射激光功率不变条件下，测量了调制幅度(指250赫的小调

制)与凹陷宽度的关系及凹陷微分信号幅度与调制幅度的关系(图4)。



(a) 凹陷微分信号幅度和调制幅度的关系



(b) 凹陷宽度和调制幅度的关系

图 4

图4所示的凹陷宽度指微分最大值的两点间的宽度。由图4(a)看出荧光凹陷微分信号幅度开始随调制幅度增加而增大,继续增加调制幅度由于频偏过大,微分曲线受到畸变,因此图4(a)中呈现最大峰值的关系,与此相应,随着调制幅度的增大,凹陷宽度开始略有增大,以后就急剧增大(图4(b))。显然,合适的工作参数应该选择在能获得尽可能大的信号幅度而线宽又不明显地增大的地方,在我们实验条件下,选择调制幅度峰-峰值15伏。

当吸收池气压不变,入射激光功率不变,并将调制幅度固定在6伏时改变调制频率,观察凹陷微分信号和调制频率的关系(图5),可以看出在400赫以下信号幅度不变,调制

频率大于400赫时信号幅度减小,这是由于被激励至 00^1_1 能级的 CO_2 分子向基态跃迁的时间较长的缘故,由图5看出调制频率可选择为250~300赫。

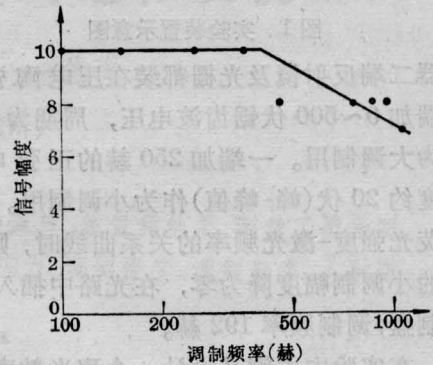


图5 凹陷微分信号幅度和调制频率的关系

此外,当吸收池压力不变,调制幅度不变时,观察了凹陷微分信号幅度与入射激光功率的关系(图6)。虽然功率增大会导致线宽加大,但为了得到较大的信号幅度,在我们实验条件下仍采用较大的入射激光功率。

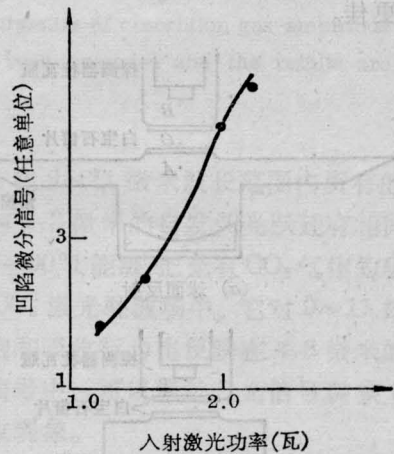


图6 凹陷微分信号幅度和入射激光功率的关系

我们还测量了凹陷微分信号幅度及凹陷相对深度与吸收池气压的关系(图7)(保持调制幅度与入射激光功率不变)。

对不同气压下的凹陷宽度也进行了测量,结果表明,即使是在较低气压(30毫托)

(下转第31页)

但激光输出却相差较大，一个是 11.5 毫焦耳，另一个是 5.8 毫焦耳。造成这种差异的原因主要是由于 80-6 号器件陶瓷电容排列的个数增多，增加了 C_a 的容量，同时进一步减小了总的分布电感；电极的增长还增加了激活体积，所以使激光输出有较大的提高。

在 80-4 号器件的实验中，电极长 800 毫米，用 45 千伏、5600 微微法的 CBY 型电容器作为储能电容，装成类似于 80-6D 号器件形式。 C_a 为 23.5 毫微法，改变 CBY 型电容的并联个数进行实验，得到图 8 的曲线，激光输出也较好，但 CBY 型电容寿命较短。

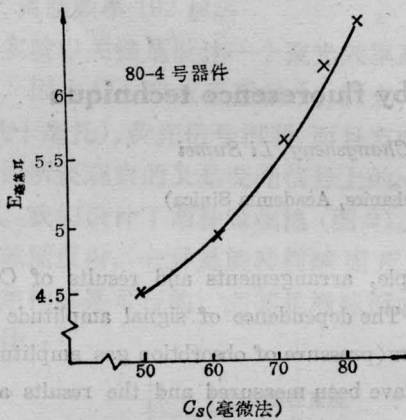


图 8 80-4 号器件的实验曲线

$l=800$ 毫米; $C_a=23.5$ 毫微法;
 $P=60$ 托; $V=17.5$ 千伏

三、结 论

Blumlein 平板传输线制作的氮激光器寿命较短。影响寿命的主要原因不是激光腔体的损坏，而是平板传输线的高压击穿。因为修理或更换平板传输线较困难，所以影响了器件的寿命。上述电容倒空式电路的器件实验，不仅在激光输出上收到较好效果，而且电容的击穿已不再是影响器件寿命的主要原因，因为很容易对损坏的电容器进行更换。用这一结构我们所已研制了 QJD-5B 型整机推广使用。

在器件实验中得到王环铭、饶德义、阎志斌、李长贵等同志的协助，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Г. А. Месяц; Формирование наносекундных импульсов высокого напряжения, «Энергия», Москва, 1970.
- [2] A. J. Schwab; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1976, QE-12, No. 3, 183~188.
- [3] 西安电力电容器研究室; «电容器的设计与计算», 1971.
- [4] M. Feldman; *Appl. Opt.*, 1978, 17, No. 5, 774~777.

(上接第 34 页)

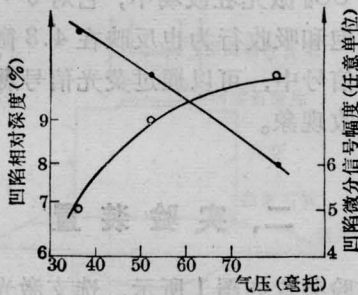


图 7 凹陷微分信号幅度(O)、凹陷相对深度(●)和吸收气体气压的关系

凹陷宽度也达 2 兆赫，比文献上报导的要宽^[2,3]，经分析认为原因是：(1) 入射激光功

率过大，引起功率加宽；(2) 线宽窄时测量的精度不够，需进一步改进。

王世尧同志协助制作了吸收池和激光器；刘玉璞、王德林等同志都给我们许多有益的帮助，谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] C. Freed, A. Javan; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, 17, No. 2, 53.
- [2] P. T. Woods et al.; *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, 1976, 9, No. 5, 395.
- [3] Ю. С. Домнин и др.; *Измерительная техника*, 1979, № 10, 18.