

盒以布儒斯特角放置时, 无卫星脉冲。用一台平面型激光能量卡计分别测量了有小孔和没有小孔时的脉冲能量, 电容器储能为 93 J。不加小孔时, 锁模序列能量为 145 mJ, 选出的单脉冲能量为 30 mJ, 加 $\phi 2.5$ mm 的小孔后, 序列能量为 24 mJ, 单脉冲能量为 6 mJ。

参 考 文 献

[1] A. N. KirKin *et al.*; *Krant. Electron* (Mosc.),

1978, 5, 2640.

[2] R. J. Dewhurst, D. Jacoby; *Opt. Commun.*, 1979, 28, 107.

[3] P. Lin, R. Yen; *Appl. Opt.*, 1979, 18, 600.

[4] G. C. Reali; *Opt. Commun.*, 1981, 35, 264.

[5] O. P. Varnavsky *et al.*; *Opt. Commun.*, 1983, 45, 342.

(中国科学院上海光机所 朱鑫铭 聂少峰)

1984 年 10 月 10 日收稿)

饱和吸收选模的可调谐单模 612 毫微米 He-Ne 激光器

Abstract: The necessary conditions under which saturated absorption of molecules inside the cavity could be used for laser mode selection are discussed. A tunable length of 1.6 meter has been achieved by means of saturated absorption mode selection in $^{129}\text{I}_2$.

一、引言

He-Ne 激光是最常用的激光之一。在可见区, 除了常用的强线 633 nm 波长(红色)外, 还有一些弱得多的激光谱线^[1], 其中较强的是 612 nm(桔黄色)和 640 nm(紫红色)波长。由于它们很弱, 发现之后十多年间很少被应用。近几年, 碘分子饱和吸收稳频的 612 nm He-Ne 激光, 呈现出诱人的应用前景, 因为它的饱和吸收峰的衬度很高(5~10%)^[2], 造成很好的频率复现性, 稳定性也很好^[3]。

为了获得较高功率的单频可调谐激光, 需要采用长激光管, 并且进行选模。常用的 Fox-Smith 选模器适用于 633 nm 激光^[4], 用于 612 nm 激光很困难, 因为 Ne 的 612 nm 跃迁增益小, 引进选模器损耗后, 激光器振荡困难。

我们利用 $^{129}\text{I}_2$ 分子的饱和吸收, 在 1.6 m 长腔较大的 He-Ne 激光器中实现了 612 nm 波长单频可调谐运转, 单输出功率输出大于 200 μW 。

二、饱和吸收用于模式选择

圆频率为 ω 的单色电磁波通过长为 l_g 的增益室和一长为 l_a 的吸收室, 经过腔长 L 的谐振腔一次往返后, 其强度为:

$$I(\omega, 2L) = I(\omega, 0) \exp[2\alpha_g(\omega)l_g - \gamma(\omega) - 2\alpha_a(\omega)l_a], \quad (1)$$

式中 $\alpha_g(\omega)$ 是激活介质的小信号增益系数, $\alpha_a(\omega)$ 是介质吸收系数; $\gamma(\omega)$ 为损耗因子, 代表所有其它损耗, 如反射镜的反射损耗(即透射)、两种介质室窗口的吸收、棱镜的吸收、孔径衍射、光路上的尘粒散射、不完整表面的散射等。激光器能够振荡的条件是

$$2\alpha_g(\omega)l_g > \gamma(\omega) + 2\alpha_a(\omega)l_a \quad (2)$$

若要求激光器仅在某一单纵模 ω_i 振荡, 则必须使其仅在此模损耗小, 而对其它所有的模损耗均大, 即满足条件:

$$\left. \begin{aligned} \omega = \omega_i & \quad 2\alpha_g(\omega_i)l_g > \gamma(\omega_i) + 2\alpha_a(\omega_i)l_a \\ \omega \neq \omega_i & \quad 2\alpha_g(\omega)l_g \leq \gamma(\omega) + 2\alpha_a(\omega)l_a \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

经过分析可以看到, 分子的腔内饱和吸收有可能用作激光纵模选择, 其必要条件是:

(1) 吸收分子的均匀线宽(即兰姆凹陷半峰宽度 r_s)应小于谐振腔的纵模间隔 ($\delta\nu = \frac{c}{2L}$)。

(2) 其兰姆凹陷应相当深, 即饱和参数 S_0 相当大。

(3) 吸收分子吸收线的多普勒宽度应超过激活介质在阈值以上的增益线宽度。

(4) 吸收系数或吸收室的长度应可以控制, 以达到在线中心频率 $\omega = \omega_{0i}$ 处:

$$\gamma(\omega_{0i}) + 2\alpha_a(\omega_{0i})l_a < 2\alpha_g(\omega_{0i})l_g \quad (4)$$

而 $\omega \neq \omega_{0i}$ 处:

$$\gamma(\omega) + 2x_a(\omega)l_a \geq 2x_g(\omega)l_g \quad (5)$$

三、实验

碘同位素分子 $^{129}\text{I}_2$ 有同 $\text{He-}^{20}\text{Ne}$ 612 nm 波长重台得很好的强吸收线 $P(110)10-2$ 跃迁^[6], 实验已观测到其 23 条超精细光谱分量。它们的特征参数很好地满足下述三个条件:

(1) 超精细分量的线宽 (功率加宽) 5.5 MHz, 远小于激光腔模间隔 (1.5 m 腔, 纵模间隔约 100 MHz);

(2) 其饱和吸收峰的衬度 (5~10%) 很高, 表示其饱和参数相当大;

(3) 碘分子在 0°C 附近的多普勒线宽约 364 MHz。 $P(110)10-2$ 的超精细分量间隔除第一、二分量子间隔 131.5 MHz 外, 各相邻分量间隔均小于 72 MHz。整个超精细光谱区覆盖约 600 MHz, 所以整个吸收线型的迭加宽度约 950 MHz。这足以超过 ^{20}Ne 在 612 nm 波长阈值以上的增益线宽 (约 700~1000 MHz)。

为了实现选模的第 4 个条件——控制碘分子的吸收系数, 采用控制单位体积内分子数——即分子密度的办法, 因为气体的吸收系数同分子密度成正比。碘吸收室设计成一个通光主管及附带一个旁通冷却小管。吸收室内的碘处于固体——蒸气平衡状态。调节冷却小管的温度, 即改变吸收室内的蒸气压力, 从而控制蒸气内的分子密度。

实验装置如图 1。激光管激活长度 1050 mm, 内径约 3.5 mm, 充 ^4He 和 ^{20}Ne , 氖气压

$$P_{\text{Ne}} = 0.15 \text{ Torr},$$

总气压 $P_T = 1.1 \text{ Torr}$ 。激光腔全长 $L = 1600 \text{ mm}$, 两腔镜均为球面, 其一曲率半径 6.3 m, 反射率 99.7%; 另一曲率半径 4 m, 反射率 99.5%。腔镜安装在压电陶瓷片堆上, 由它改变腔长而调谐激光频率, 也可进行稳频。腔内放置一个 Pellin-Brea 棱镜^[6], 用作抑制 $3.39 \mu\text{m}$ 和 633 nm 之用。 $^{129}\text{I}_2$ 吸收室通光主管长 80 mm, 直径 10 mm, 暴露于空气室温中。冷却小管长 27 mm, 直径 5 mm, 用一对珀耳帖元件控制其温度。激光器在没有插入吸收室时, 在 612 nm 波长以 7 个纵模振荡, 整个 TEM_{00} 模输出功率约 $500 \mu\text{W}$ 。插入 $^{129}\text{I}_2$ 吸收室, 调节冷却小管温度实现单纵模运转, 并可以调谐频率。单模

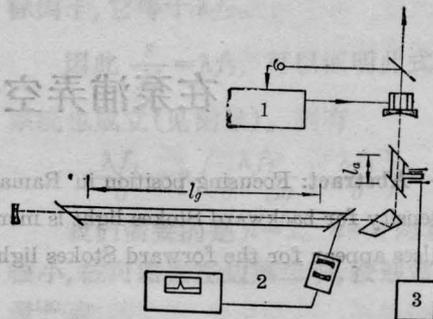


图 1 实验装置示意图

1—稳频、调频用锁定放大器等; 2—模式监视用 $P-P$ 扫描干涉仪及示波器等; 3—温度控制及冷却电源

运转温度范围与激光器参数和调整良好程度有关。实验结果是: 单模运转的小管温度区 $-15 \pm 1^\circ\text{C} \sim -11 \pm 1^\circ\text{C}$ 。单模频率可调范围约 700 MHz, 跨过 7 个模间隔。最大单模功率输出大于 $200 \mu\text{W}$ 。单模功率与整个 TEM_{00} 多模功率之比达 40%。而当小管温度在 -20°C 时, 碘分子吸收很小, 多模功率为 $250 \mu\text{W}$ 。由此可见, 单模化很高。

本工作是在西德汉堡大学第一实验物理研究所完成的。工作得到 P. Toschek 教授的支持, 特表致谢。

参 考 文 献

- [1] R. Beck *et al.*; "Table of Laser Lines in Gases and Vapors", Springer Verlag, Berlin, 1976.
- [2] S. J. Bennett, P. Cerez; *Opt. Commun.*, 1978, **25**, No. 3, 343.
- [3] P. Cerez *et al.*; *IEEE Trans. Instr. Meas.*, 1980, **IM-29**, No. 4, 352.
- [4] G. R. Hanes, C. E. Dahlstrom; *Appl Phys. Lett.*, 1969, **14**, No. 11, 362.
- [5] P. E. Ciddor, N. Brown; *Opt. Commun.*, 1980, **34**, 53. K. Dshao *et al.*; *IEEE Trans. Instr. Meas.*, 1980, **IM-29**, No. 4, 354.
- [6] E. Hecht, A. Zajac; "Optics", Addison-Wesley Pub. Comp. 1980, 131.

(中国科学院安徽光机所 郭承就

1984年10月3日收稿)