

629nm 处碘分子的超精细光谱

邬承就

(中国科学院安徽光机所)

J. Bialas

(西德汉堡大学第一实验物理所)

提要: 用特殊的饱和吸收方法, 在 He-²²Ne 激光 629 nm 处观测到碘分子-振转跃迁的超精细光谱。

Hyperfine spectra in iodine at 629 nm

Wu Chengjiu

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

J. Bialas

(I. Institute für Experimental Physik, Universität Hamburg, F. R. Germany)

Abstract: Hyperfine spectrum of a ro-vibrational line of the iodine molecule at 629nm of He-²²Ne laser has been observed by a specific saturated-absorption spectroscopy.

实 验

碘分子在 He-Ne 激光三个较强波长 (633 nm、612 nm 和 640 nm) 处的超精细光谱已经研究得很多 (参见 [1] 汇总表)。利用它们的超精细分量进行激光稳频, 制造了多种波长的稳频激光器。

在 ³He-²²Ne 激光 629 nm 波长 ($3s^2-2p^5$ 跃迁) 处, 我们观测到碘分子的超精细光谱 (图 1), 约 14 个分量, 其中可能包含相距很近的双线。它们不是一个振转跃迁的完整分量, 有些分量在激光可调谐线宽范围之外。

实验采用的是饱和吸收光谱方法。吸收分子处于三镜激光系统的主振腔之外, 整个

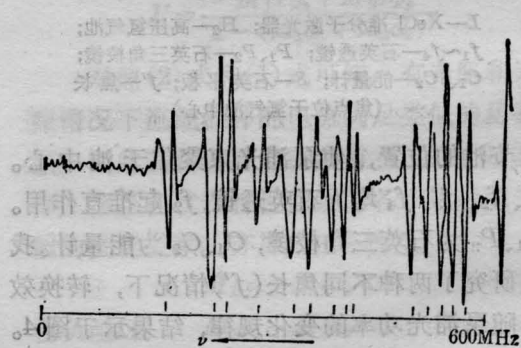


图 1 在 He-²²Ne 激光 629 nm 处碘分子的超精细光谱 (碘吸收池含 ¹²⁹I₂ (13% ¹²⁷I₂), 总压 16 Pa)

系统之内。此方法原理在文献 [2] 已作过介绍, 图 2 是其工作原理图。[3] 曾用这种方法进行过研究, 这里实验用的 ³He-²²Ne 激光器激光管长 1050 mm, 内径约 3.5 mm, 充

收稿日期: 1985 年 4 月 16 日。

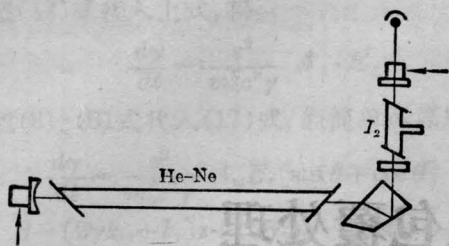


图2 “半内腔”饱和吸收法示意图

气压力 $P(\text{Ne}^{22}) = 0.15 \text{ Torr}$, $P'(\text{He} + \text{Ne}) = 1.1 \text{ Torr}$ 。主振腔长 1450 mm, F-P 腔长 170 mm。一端反射镜曲率半径 2 m, 反射率 99.7%; 输出平面镜反射率 99.5%。在此条件下增益很低的 629 nm 谱线也能够振荡, 在腔内安放 Pellin-Broca 棱镜作色散元件, 使弱线能够同优势强线隔离, 避免了增益竞争, 而且调整方便。结果, 我们已很方便地分别调整出 640 nm、633 nm、629 nm、612 nm、605 nm 等谱线的激光振荡。激光波长由袖珍光栅光谱仪监测。

激光系统由包含激光管的长主振腔和包含吸收池的短辅助腔组成。辅助腔又起 F-P 选模器的作用。两腔共用的中间透反平面镜的反射率是这样选择的, 使得主振腔不能自振形成多模, 但整个系统能够振荡, 因受 F-P 腔限制而单纵模运转。170 mm 长的 F-P 腔的自由光谱范围约 900 MHz。实际单频调谐扫描范围为 600 MHz。

观测超精细光谱的装置与一般方法类同。用压电陶瓷片堆使端镜移动, 造成腔长变化, 实现激光在 Doppler 线宽内扫描调谐, 同时由一自动伺服系统使在 F-P 腔的输出镜跟踪运动, 保持稳定地单频运转。碘吸收池充同位素 $^{129}\text{I}_2$ (13% $^{127}\text{I}_2$), 池长 80 mm, 冷臂温度实验范围 10~18°C。

结果分析

^{20}Ne 的 $3s^2 - 2p^5$ 跃迁的激光波长^[4]是 629.548 nm, 相当于波数 $15884.412 \text{ cm}^{-1}$ 。计及同位素频移, ^{22}Ne 的 $3s^2 - 2p^5$ 激光谱线

中心波数约为 $15884.442 \text{ cm}^{-1}$ 。我们利用 P. Luc^[5] 的精确的碘分子常数, 经过同位素校正^[6], 计算了在这个波数附近三种碘同位素分子 $^{127}\text{I}_2$ 、 $^{129}\text{I}_2$ 和 $^{127}\text{I}^{129}\text{I}$ 的可能跃迁 ($J \leq 200$, $v' \leq 20$, $v'' \leq 9$), 结果示于图 3。由图 3 可见, 在观测波段范围内, 存在三个不同碘分子的可能跃迁: $^{127}\text{I}_2$ 分子的 $P(190)6-1$ 、 $^{129}\text{I}_2$ 分子的 $P(128)10-4$ 和混合分子 $^{127}\text{I}^{129}\text{I}$ 的 $R(108)20-9$ 跃迁。

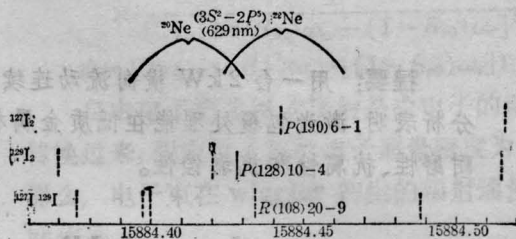


图3 在 Ne 的 629nm ($3s^2 - 2p^5$)

附近碘分子的振转跃迁

我们曾用同样的实验装置, 在同样实验条件下, 用 $^{127}\text{I}_2$ 吸收池替换上述吸收池进行实验, 在冷臂温度 12~20°C 范围内, 反复实验均未观测到碘分子的超精细光谱。这表明, $^{127}\text{I}_2$ 分子的 $P(190)6-1$ 的实际跃迁很少。其原因可能是转动量子数 ($J=190$) 很大, 上能态粒子数很少之故。

同样, $^{127}\text{I}^{129}\text{I}$ 的可能跃迁 $R(108)20-9$, 其振动量子数 ($v'=20$, $v''=9$) 也较大, 上能态的粒子数也必然很少, 实际跃迁也很少。

同位素分子 $^{129}\text{I}_2$ 的 $P(128)10-4$ 跃迁很可能是我们观测到的超精细光谱振转跃迁。

作者非常感谢 P. E. Toschek 教授的支持, 感谢 E. Paefh 的技术帮助。

参考文献

- [1] 郭承就;《量子电子学》, 1984, 1, 100.
- [2] 郭承就;第七届全国激光学术报告会, 1984.
- [3] Wu Chengjiu et al.; *Metrologia*, 1985, 21, 1~5.
- [4] R. Beck et al.; "Table of Laser Lines in Gases and Vapors", Springer Verlag, Berlin, 1976.
- [5] P. Luc; *J. Mol. Spect.*, 1980, 80, 41.
- [6] 郭承就;《量子电子学》, 1985, 2, 295~299.