

氖瞬态光电流光谱机理的研究

赵朔嫣 张培林

(清华大学)

Research on the spectral mechanism of transient opto-electric current of neon

Zhao Suoyan, Zhang Peilin

(Qinhu University)

已有的光电流光谱机理研究只限于使用 CW 激光照射^[1,2]或相当粗糙的唯象理论(且仅研究了氖的个别谱线)^[3]。本文使用毫微秒脉冲激光照射氖空阴极放电管,研究了氖的 $1S_2-2P$ 跃迁的十七条谱线光电流信号随时间的变化,发现由亚稳态 $1S_5, 1S_3$ 激发到 $2P$ 和由短寿命态 $1S_4$ 激发到 $2P$ 的谱线时间特性不同。在全面考虑激发、辐射跃迁和电离、复合过程后,根据有关能级原子数密度的变化建立并求解放电管中电子数密度方程,从理论上对光电流时间特性作出解释,理论与实验基本符合。

染料激光器由氮激光泵浦,使用 R6G、RB 两种染料,调谐范围 $5750\sim 6550 \text{ \AA}$ 。空阴极放电管为自制,氖气压为 5 托,放电直流电流 2.5 毫安,光电流变化用示波器测量并照相记录。观测到自下能级 $1S_5, 1S_3$ 和 $1S_4$ 到上能级 $2P_2-2P_9$ 的全部谱线。其中 $1S_5-2P$ (七条谱线)和 $1S_3-2P$ (三条谱线)两组谱线的*i-t*曲线形状相似。 $1S_4-2P_k$ 有七条谱线,其中 $k=2, 3, 4, 5, 6$ 五条谱线形状彼此相似,但与以亚稳态为下能级的谱线形状不同。上能级为 $2P_7$ 和 $2P_8$ 的谱线形状有些特殊。

对于 $1S_i-2P_k$ 谱线,设光照射后引起的 $2P_k$ 能级和 $1S_j$ 能级的原子数密度为 n_k 和 n_j ,则

$$\frac{dn_k}{dt} = \sum_j \alpha_{jk} n_j - (\sum_j A_{kj} + \alpha_k) n_k + n_0 \delta(t)$$

$$\frac{dn_j}{dt} = A_{kj} n_k - (A_j + \alpha_j + \alpha_{jk}) n_j - n_0 \delta(t) \delta_{ij} \quad j=2, 3, 4, 5$$

其中 $n_0 \delta(t)$ 为 $t=0$ 时光照引起上/下能级原子数密度的增加/减少。 A_{kj} 为 $2P_k-1S_j$ 能级的辐射跃迁几率, A_j 是 $1S_j$ 寿命的倒数, α_{jk} 为电子碰撞使原子由 $1S_j$ 到 $2P_k$ 的跃迁几率, α_k, α_j 分别是 $2P_k, 1S_j$ 能级原子的电离率。

在空阴极放电的负辉区中,复合起着重要作用,因此放电管内电子密度的变化方程为

$$\frac{dn_-}{dt} + \beta n_- = \alpha_k n_k + \sum_j \alpha_j n_j$$

其中 β 是和复合过程有关的系数。光电流和电子密度变化成正比,故只要算出电子数密度即可。计算得到

$$n_- = n_0 \left[\sum_j \frac{b_{jk}}{A_{kj} + \alpha_k - \beta} e^{-\beta t} + \frac{b_{45}}{\beta - r_5} (e^{-r_5 t} - e^{-\beta t}) + \frac{b_{44}}{\beta - r_4} (e^{-r_4 t} - e^{-\beta t}) \right]$$

文章给出了理论曲线与实验结果的比较举例。

参 考 文 献

- [1] K. C. Smyth, P. K. Schenck; *Chem. Phys. Lett.*, 1978, **55**, 966.
 [2] E. F. Zalewski *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1979, **70**, 1015.
 [3] G. Erez *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1979, **QE-15**, 1328.

超高分辨率 $^{127}\text{I}_2$ 饱和吸收谱 ——多普勒交叉能级间跃迁的实验研究*

胡 企 铨

(中国科学院上海光机所)

Ultra-high resolution saturated absorption spectra of $^{127}\text{I}_2$ ——Experimental study of transitions among Doppler cross energy levels

Hu Qiquan

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

碘分子在 5000~6500 Å 可见波段有一吸收带, 它相应于碘分子 $X^1\Sigma_g^+ \rightarrow B^3\Pi_{ou}^+$ 的电子跃迁。许多人曾研究过它的精细结构, 特别是用稳频氩离子激光的 5145 Å 线来观察其振动 $V''=0 \rightarrow V'=43$ 间的 P_{13} 和 R_{15} 支线, 获得了极高分辨率的结果。由于人们用碘饱和吸收技术来研制激光频率标准的兴趣愈来愈大, 仔细研究碘分子的饱和吸收光谱就显得日益重要, 这关系到激光频率标准稳定度及复现性的提高, 也关系到对其所能达到的性能极限作出估计。作为超高分辨率 $^{127}\text{I}_2$ 饱和吸收光谱主能级间跃迁研究的继续, 我们又研究了碘多普勒交叉能级间的跃迁, 以便对碘分子可见波段的饱和吸收谱有全面了解。

本文介绍了研究超高分辨率 $^{127}\text{I}_2$ 饱和吸收谱所用的实验装置: 碘稳频的 Ar 离子激光器及由其构成的饱和吸收光谱仪; 所用的实验方法: 频率偏置技术及拍频测量; 给出了碘吸收管内气压、激光强度等参数对吸收谱线位移及线型影响的实验结果; 比较了碘分子基态和激发态之间的差别。

实验所用的碘稳频氩激光器稳定度为 5×10^{-14} (采样时间 > 10 秒), 复现性为 $\pm 1 \times 10^{-12}$ 。谱线测量精度对主跃迁线为 500 赫, 交叉能级间跃迁线为千赫量级。

* 本工作是笔者在法国国家科研中心激光物理实验室访问研究期间的部分实验结果。