

在 HBr 和 HI 的气体放电中的紅外激光振蕩

S. M. Jarrett, J. Nunez, G. Gould

在氢的卤化物 HBr 和 HI 的气体放电中, 我们观察到连续波紅外激光振蕩。所观察到的振蕩是 2.2 到 3.5 微米之间的六个波长。其中 HBr 和 HI 各三个。这些振蕩分别属于 Br 和 I 原子的 $4d \rightarrow 5P$ 和 $5d \rightarrow 6P$ 跃迁。其实, HI 放电中三个跃迁中的两个是里格登 (Rigden) 和怀特 (White)^[1] 在 I_2 的射频放电中首先观察到的。博卡斯頓 (Bockasten)^[2] 认为这些振蕩属于 I 原子的 $(^3P_2)5d[2]_{5/2} \rightarrow (^3P_2)6P[1]_{3/2}$ 和 $(^3P_2)5d[4]_{7/2} \rightarrow (^3P_2)6P[3]_{5/2}$ 跃迁。 Cl_2 ^[3] 的射频放电产生的振蕩也可归结为 Cl 原子的 $3d \rightarrow 4P$ 跃迁。在 A-Br₂ 中也观察到振蕩, 但这个验证是不确实的^[4]。我们的测量结果和验证列于表 1。

表 1 氢的卤化物放电中振蕩的分类

所观察到的 空气中的波长* (微米)	跃 迁	计算出的空气 中的波长** (微米)	差 值 (10^{-4} 微米)	备 注
HBr	Br			
2.2854	$(^3P_2)4d[3]_{7/2} \rightarrow (^3P_2)5P[2]_{5/2}$	2.2856	-12	用 Au 反射镜获得振蕩
2.3511	$(^3P_2)4d[3]_{5/2} \rightarrow (^3P_2)5P[2]_{3/2}$	2.3513	- 2	弱, 只在其他线不振蕩时它才振蕩
2.8375	$(^3P_2)4d[3]_{7/2} \rightarrow (^3P_2)5P[3]_{7/2}$	2.8377	- 2	需要多层介质膜反射镜才振蕩
HI	I			
2.7571	$(^1D_2)5d[2]_{5/2} \rightarrow (^1D_2)6P[1]_{3/2}$	2.7572	- 1	需要多层介质膜反射镜才振蕩
3.2359	$(^3P_2)5d[2]_{5/2} \rightarrow (^3P_2)6P[1]_{3/2}$	3.2363	- 4	里格登和怀特观察到。用 Au 反射镜获得振蕩
3.4305	$(^3P_2)5d[4]_{7/2} \rightarrow (^3P_2)6P[3]_{5/2}$	3.4296	+ 9	„

* 波长测量的精度 $\frac{1}{6000}$

** 根据参考文献 5 和 6 绘出的项值计算得到的。

此实验是在內径 12 毫米、长 1.82 米的派来克斯 (Pyrex) 管中完成的。其放电长度是 1.74 米。管端采用具有布儒斯特角的 BaF_2 窗。谐振腔由一个曲率半径为 2 米或 3 米的球面鏡 和一个平面鏡组成。这些反射鏡涂以不透明的 Au 膜或在 2.8 微米处的反射率为 99% 的多层介质膜。用一个与激光腔的光轴成 45° 取向的 BaF_2 平板将能量从腔中耦合出来。对 2 微米 波长用珀肯-埃耳默 98-G 单色仪 (每毫米刻 300 条刻痕的光栅)、而对 4 微米波长用甲雷-爱希 82-000 型单色仪 (每毫米刻 150 条刻痕的光栅) 进行波长的测量。对于紅外辐射的检测采用 n 型或液氮冷却的 P 型 PbS 光电池。在线频处, 用交流激励放电。內电极是两个同样的铂箔冷阴极。激光运转的典型工作电流为 20 至 30 毫安。阴极材料选用铂是由于它与氢的卤化物

不起作用。气压的测量采用道-康宁 FS-1265 型油压力计。

大部分实验是在 HBr 上完成的，我们首先观察到它的振荡，HBr 的气压为 0.33 托，放电电流为 30 毫安，振荡建立前的延迟时间为 5 秒。在振荡过程中放电是蓝白色的。大约 10 分钟后，振荡便熄灭。那时的放电发现有清晰的粉红色。当激光管附有干冰丙酮冷阱时，压力降到一半。将干冰丙酮冷阱去掉后，压力下降，但运转 10 分钟后，振荡仍然熄灭。对于键很强的氢的卤化物 HCl，没产生那样的结果，也没有振荡发生。对于键较弱的氢的卤化物 HI，产生了类似的结果，并观察到振荡。然而，发生振荡所需要的延迟时间小于 1 秒。在 HBr 放电管中，振荡时观察到的三个显著的接近于 H_2 的红的自发发射线。当振荡熄灭，而 H_2 线增强时，这些线就消失了。据我们鉴定，这些线是 Br 中的 6,544.57 埃、6,582.17 埃和 6631.62 埃谱线。最近，特克(Tech)^[5] (他列出了到 2.41 微米的谱线) 对 Br 光谱的广泛研究，揭示出两个 $4d \rightarrow 5P$ 跃迁接近于在 HBr 中所观察到的三个振荡中的两个。利用 4d 和 5P 组态已知的项值，验证了第三个振荡是在最长波长处。HI 放电管中的三个振荡中的两个，以前在 I_2 中已观察到，并证明属于 I 中的 $5d \rightarrow 6P$ 跃迁。第三个振荡可以通过对原子 I^[6] 的已知项值求得。

图 1 给出了 Br 的有关能级。我们所有的观察都与 HBr 分子的解离机构以及经电子碰撞从基态 4P 直接激励电子到 4d 态相一致。振荡中的二个属于 $\Delta J = \Delta K = \Delta l = -1$ 的跃迁。第三个振荡属于 $\Delta J = \Delta K = 0, \Delta l = -1$ 的跃迁。强的跃迁与较低的 5P 激光能级到 5S 能级相联系。所有这些态属于正常的 3P_2 源离子。只有 2.2854 微米线振荡用 Au 反射镜。峰值在 2.8 微米的多层介质膜反射镜的采用，对该线引进了约 65% 的附加损失，因此没有振荡。2.8375 微米线振荡用了这些反射镜。在这个振荡熄灭

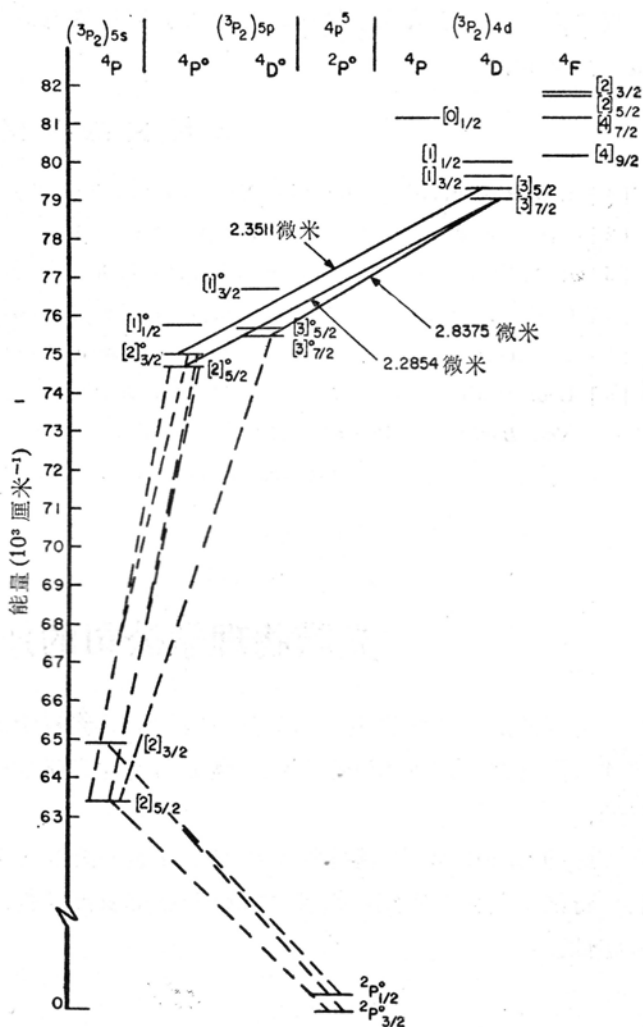


图 1 与激光振荡有关的中性 Br 原子的能级。所有的能级都属于 3P_2 源离子。实线表示振荡。虚线指出参考文献 5 中所观察到的强光谱线。项值的单位是 10^3 厘米^{-1} 。

后, 2.3511 微米线开始振荡。在 2.35 微米以下, 反射镜的反射率很快地下降。因为 2.2854 微米和 2.8375 微米线有一个共同的上能级, 要得到另一个振荡必须要猝灭 2.2854 微米线。2.3511 微米线没有与其他二线共同的能级。我们没有关于放电条件的足够的知识来阐明它的行为。然而, 我们注意到在 2.8375 微米和 2.3511 微米谱线的激光上能级之间的分裂仅有 216 厘米^{-1} 。

I 的所有跃迁都属于 $\Delta J = \Delta K = \Delta l = -1$ 的跃迁。与 Br 不同, I 中的一个振荡包括了属于 1D_2 源离子的能态之间的一个跃迁。3.2359 微米和 3.4305 微米线的振荡都采用 Au 膜反射镜。为获得 2.7571 微米的振荡须用多层介质膜反射镜。在 I 的情况下, 三种振荡没有共同的能级。已知在 Bt 和 I 中存在大量的 4d 和 5p 态, 从而使人想到可能在其他波长上获得其他振荡。当电流大于目前工作中可能使用的电流时, 对于 HCl 放电中的 Cl, 这种情况也是可能的。

参 考 文 献 与 附 注

- [1] J. D. Rigden, and A. D. White, *Nature*, **198**, 774 (1963).
- [2] Kjell Bockasten, *Appl. Phys. Letters*, **4**, 118 (1964).
- [3] R. A. Paananen, C. L. Tang, and F. A. Horrihan, *Appl. Phys. Letters*, **3**, 154 (1963).
- [4] C. K. N. Patel, R. A. McFarlane, and W. L. Faust, *Phys. Rev.*, **133**, A1244 (1964).
- [5] J. L. Tech, *J. Research Natl. Bur. Standards*, **A67**, 505 (1963).
- [6] Lennart Minnhagen, *Arkiv Fysik*, **21**, 415 (1962). 本工作以 C. C. Kiess, and C. H. Corliss, *J. Research Natl. Bur. Standards* **A63**, 1 (1959) 的观察为基础。

原载 *Appl. Phys. Lett.*, 1965, 7, №11, 294~296 (李逸峰译 范琦康校)

光谱物理学公司的连续激光器

美国西部电子学展览会与会议将“带步人”奖授予光谱物理学公司今年发展出的 125 型氦氛连续激光器。这种 125 型高性能激光器是为光学数据处理、跟踪、测距和通讯等用途而设计的。

此种装置在 6,328 埃处的单相连续波输出功率大于 50 毫瓦。加以调谐, 可以选择任何波长。将活动共振腔固定, 并使共振腔与全部发热元件所产生的热隔离, 这样就能改进输出的稳定性。

陈加华译自 *Laser Letter*, 1965, 2, №4, 4