

溴化汞激光谱的研究

袁才来 上官诚 叶超 窦爱荣

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报导了用 193 毫微米 ArF 准分子激光光解 HgBr₂, 得到 HgBr(*B* → *X*) 跃迁 40 多条激光谱线的实验研究。

Study of HgBr laser spectra

Yuan Cailai, Shanguan Cheng, Ye Chao, Dou Airong

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

Abstract: Over forty laser lines from HgBr (*B* → *X*) transition by photodissociation of HgBr₂ with an ArF excimer laser at 193 nm have been observed.

一、引言

用 ArF 准分子激光光解 HgBr₂ 的实验首先由 E. J. Schimitschek 报导^[1], 他得到了 HgBr(*B*²Σ⁺ → *X*²Σ⁺) 502 毫微米和 504 毫微米两个谱带共 6 条激光谱线。W. T. Whitney^[2] 用电子束激发方式得到 HgBr (*B*²Σ⁺ → *X*²Σ⁺) 499、502 和 504 毫微米三个谱带的跃迁, 但他没有研究谱带的详细结构。我们在简讯^[3] 中曾报导了用较强的 ArF 准分子激光, 在较高的 HgBr₂ 蒸气压下不但获得了 HgBr(*B* → *X*) 502 和 504 毫微米激光, 而且还获得了 Hg 原子 4047 Å 和 4358 Å 两条激光谱线, 其中 Hg 原子 4047 Å 激光谱线未见到过文献报导。我们详细研究了 HgBr 激光的光谱特性, 得到了 499、502 和 504 毫微米三个谱带共 40 多条激光谱线。

二、实验装置

实验装置示于图 1。采用纵向光解激励方式, 其中 ArF 准分子激光器是一台紫外光预电离快放电装置, 可获得脉冲激光能量大于 200 毫焦耳, 激光波长 1933 Å。聚焦透镜用远紫外石英材料制成, 焦距 54 厘米。前反射镜也用远紫外石英材料制成, 在它的中心镀有直径 4 毫米的 4500 Å 到 5500 Å 的全反射膜。输出镜用玻璃制成, 对 1933 Å 不透过, 并镀有对 4500 Å 到 5500 Å 部分透过膜, 透过率为 10%。此两反射镜构成对 HgBr 激光的谐振腔。光解管由玻璃制成, 直径 17 毫米, 长 50 厘米。在靠近泵浦激光端的布儒斯特窗贴远紫外石英片。两端有水冷结构, 以防窗口污染。支管用于装 HgBr₂ 样品, 分别

收稿日期: 1981 年 12 月 24 日。

用两个可控温度的炉子加温。用北京第二光学仪器厂生产的 WPG-100 型一米光栅光谱仪拍摄激光谱线，使用 1200 条线/毫米的全息光栅，线分辨率为 $\sim 8 \text{ \AA}/\text{毫米}$ 。

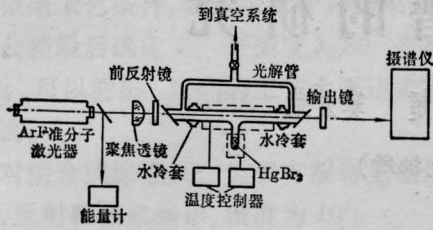


图 1 实验装置示意图

三、实验结果和讨论

首先把光解管抽高真空，然后对支管加温一段时间以除去 HgBr_2 中的杂质，再充入 250 托 He 气。实验时把样品管炉子加温到 180°C ，此时 HgBr_2 的蒸气压为 10 托，上面炉子加温到 210°C 以防止蒸气的凝结。整个光路需经过仔细调整，使得 ArF 泵浦光的光轴与 HgBr 激光的光轴在同一轴线上。用几十毫焦耳到一百毫焦耳的 ArF 激光泵浦 HgBr_2 的蒸气，可以得到 $\text{HgBr} (B\Sigma^+ \rightarrow$

$X\Sigma^+)$ 的激光跃迁。用全息光栅光谱仪摄谱，摄得的激光谱示于图 2。

波长测量精度为 0.1 \AA ，共得到 40 多条激光谱线。如按最强的 5019.8 \AA 谱线强度为 100，各条谱线的波长及其相对强度列于表 1。实验所得到的谱线还稍多些，但由于它们的强度太弱就不列入了。

表 1 $\text{HgBr} (B \rightarrow X)$ 激光波长表

谱带 ($v' \sim v''$)	波长 (\AA)	相对强度	谱带 ($v' \sim v''$)	波长 (\AA)	相对强度
0~21	4984.9	较强		5027.3	36
	4986.2	弱		5028.5	34
	4987.2	较强		5029.2	22
	4988.3	弱		5031.5	22
0~22	5011.8	8	3~26	5034.6	16
	5012.4	14		5035.0	19
	5013.0	23		5035.9	62
	5013.4	25		5036.4	60
	5013.9	27		5036.9	63
	5014.2	21		5037.3	75
	5015.0	36		5037.6	82
	5015.4	41		5038.0	86
	5016.4	70		5038.6	83
	5016.9	72		5038.9	82
	5017.4	79		5039.4	75
	5018.4	78		5040.3	66
	5019.8	100		5040.9	78
	5022.0	98		5041.4	65
	5022.6	99		5041.6	58
	5024.3	72		5041.9	38
	5025.0	76		5042.8	38
	5025.6	74		4043.1	42
	5026.2	59		5044.9	42
	5026.8	57			

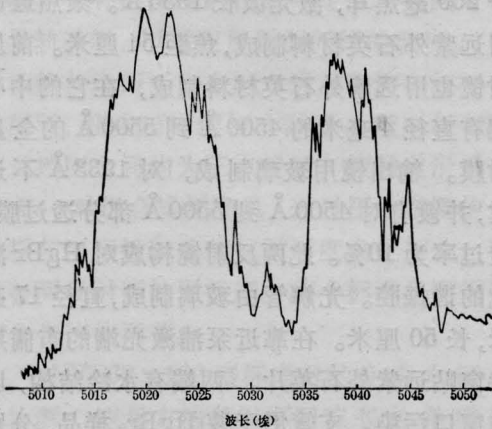
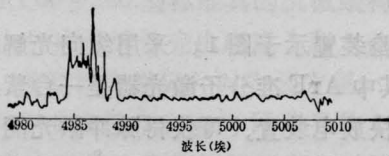
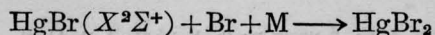
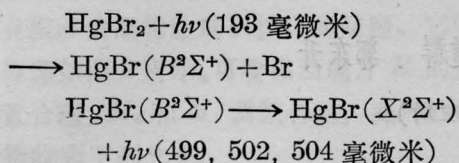


图 2 HgBr 激光辐射谱

为证明摄得的谱线是激光谱线，不是荧光谱线，有以下判据。首先我们所用摄谱仪离输出镜很远，在 2 米以上，且把摄谱仪的第一、第二聚焦镜去掉。说明光束具有良好的方向性。第二，激光谱与荧光谱有显著差别（参阅文献[3]和图 2），并且摄谱所用曝光次数小于 10 次，摄谱仪狭缝 5 微米，与荧光摄谱条件（曝光 200 次，狭缝 200 微米左右）有明显不同。第三，光束具有明显的振荡特性，

在调偏其中一个反射镜时,在上述同样实验条件下曝光100次以上,在谱板上没有看到任何谱线。

用 ArF 准分子激光光解 HgBr₂ 的离解和复合过程如下:



其中 M 代表 He 气。复合时间约为 10 微秒。HgBr₂ 的吸收峰为 198 毫微米,正好落在 ArF 的激光波段(193 毫微米),吸收截面 $\sigma_{\max} = 1.32 \times 10^{-17}$ 厘米^[4]。HgBr₂($1^1\Sigma_g^+ \rightarrow 1^1\Sigma_u^+$) 的能量间距为 208 毫微米^[4],约 6.3 电子伏,而 ArF 激光光子的能量为 6.4 电子伏,因而 ArF 准分子激光对 HgBr₂ 的光解激发是较为有效的。HgBr₂ 吸收 193 毫微米光子后激发到 HgBr₂($1^1\Sigma_u^+$) 态,进而 HgBr₂($1^1\Sigma_u^+$) 态分解为 HgBr($B^2\Sigma^+$) 态和 HgBr($X^2\Sigma^+$) 态,它们都是束缚态,其束缚能为 0.7 电子伏^[5]。[5] 已指出 Br 的两种同位素 Br⁷⁹、Br⁸¹ 的天然丰度为 50.54% 和 49.46%,同位素位移 $\sim 6 \text{ \AA}$ 。据 [6] 给出的数据,我们可以计算 HgBr 两种同位素的跃迁波长。如 HgBr⁸¹($B \rightarrow X$) 跃迁波长可以由下式计算:

$$\begin{aligned} \nu (\text{厘米}^{-1}) &= 23485 + 135.1V' - 0.275V'^2 \\ &\quad - 186.47V'' + 0.967V''^2 + 0.009V''^3 \end{aligned}$$

其中 V' 和 V'' 分别表示上能级和下能级不同的振动量子数。据上式计算可得 HgBr⁸¹($0-21$) 跃迁为 4980.3 \AA , HgBr⁸¹($0 \sim 22$) 跃迁为 5013.4 \AA , HgBr⁸¹($3-26$) 跃迁为

(上接第 702 页)

改善 A 型腔调频范围的方法比较简单,例如将图 1 中全反镜 M_1 改为全反式布儒斯特棱镜即可。

参 考 文 献

[1] M. G. Littman; *Opt. Lett.*, 1978, **3**, No. 4, 138.

5037.4 \AA 。与我们观察到的三个振动带是符合的。HgBr⁷⁹($B \rightarrow X$) 跃迁可以由类似的公式计算。这样,在不考虑同位素转动效应时,可以算得 HgBr($B \rightarrow X$) 跃迁($0-21$) 带的同位素位移约 8.7 \AA , ($0-22$) 带同位素位移约 9.2 \AA , ($3-26$) 带的同位素位移约 10 \AA 。由于没有标准的同位素谱线图,所以在目前我们不能判别某一条谱线是属于那一个同位素的,也不能确定某一条谱线的 J 值。

根据 HgBr₂ 各能级的能量以及激光光解原理,上述 HgBr₂ 被 ArF 激光光解,得到 HgBr 的激发态,进而产生激光跃迁的能级结构示意图示于图 3。

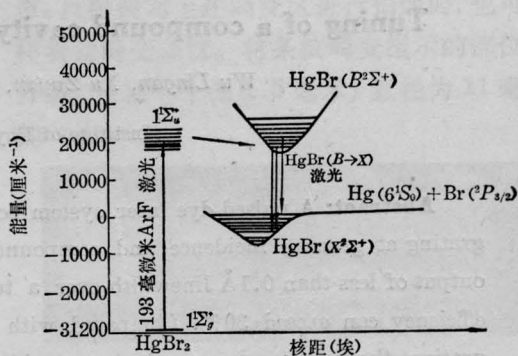


图 3 激光光解 HgBr₂ 得到 HgBr 激光的势能曲线图

参 考 文 献

[1] E. J. Schimitschek et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 9, 608.
 [2] W. T. Whitney; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**, 239.
 [3] 袁才来等;《激光》, 1981, **8**, No. 4, 62.
 [4] W. R. Wadt; *J. Chem. Phys.*, 1980, **72**, No. 4, 2469.
 [5] J. H. Parks; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, 297.
 [6] K. Wieland; *Z. Elektrochem.*, 1960, **64**, 761.
 [2] I. Shoshan, U. P. Oppenheim; *Opt. Commun.*, 1978, **25**, No. 3, 375.
 [3] S. Saikan; *Appl. Phys.*, 1978, **17**, 41~44.
 [4] M. K. Hles et al.; *Opt. Commun.*, 1980, **35**, No. 1, 133.
 [5] 许祖彦等;《物理学报》, 1981, **30**, No. 6, 820.
 [6] 何迪洁等;《激光》, 1981, **8**, No. 1, 49.