

# 汞卤化物的放电光谱及其动力学过程

俞瑶金 姜爱宝 张基林 韩绍琴

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 测量了汞卤化物( $\text{HgBr}_2$ ,  $\text{HgI}_2$ )含有 Ne、 $\text{N}_2$ 、Xe 时的放电光谱,用余辉法研究了它的动力学过程。实验结果表明:汞卤化物的( $\text{B}^3\Sigma_u^+ \rightarrow \text{X}^3\Sigma_u^+$ )态发射光谱是由电子碰撞、彭宁反应和碰撞能量转移引起的。

## Discharge spectra of mercuric halides and their kinetic processes

Yu Yaojin, Jiang Aibao, Zhang Jilin, Han Shaoqin

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

**Abstract:** Discharge spectra of mercuric halide containing Ne,  $\text{N}_2$ , Xe gases have been measured. Kinetic processes have been measured with the method of afterglow. The experimental results show that emission spectra of a mercuric halide ( $\text{B}^3\Sigma_u^+ \rightarrow \text{X}^3\Sigma_u^+$ ) result from the electron collision, Penning reaction and the transfer of the collision energy.

图1为测量汞卤化物放电光谱的实验装置。石英管光谱灯为T字形,工作气体是 $\text{HgBr}_2$ 或 $\text{HgI}_2$ ,放电管极间距离为80毫米,管子外径为 $\phi 12$ 毫米,光谱灯充气种类和气压大小由表1给出。实验时将光谱灯放置在恒温炉内,加热温度至 $150\sim 160^\circ\text{C}$ 。用一米光栅光谱仪进行测量。

表1 光谱灯填充气体和压力

1	纯 $\text{HgBr}_2$	5	纯 $\text{HgI}_2$
2	$\text{HgBr}_2 + \text{Ne}(200\text{托})$ $+ \text{N}_2(5\text{托})$	6	$\text{HgI}_2 + \text{Ne}(200\text{托})$ $+ \text{Xe}(50\text{托})$
3	$\text{HgBr}_2 + \text{Xe}(50\text{托})$	7	$\text{HgI}_2 + \text{Ne}(200\text{托})$ $+ \text{N}_2(5\text{托})$
4	$\text{HgBr}_2 + \text{Ne}(200\text{托})$	8	$\text{HgI}_2 + \text{Ne}(200\text{托})$

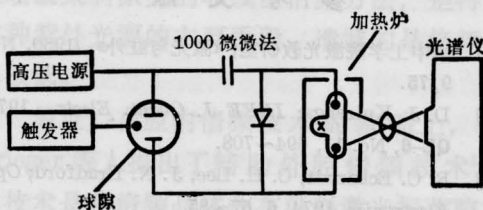


图1 放电光谱实验装置

图2和图3是根据拍谱整理后得到的 $\text{HgBr}_2$ 、 $\text{HgI}_2$ 放电光谱分布。图中可以看出 $\text{HgBr}_2$ 和 $\text{HgI}_2$ 光谱的峰值强度分别在502毫微米和443毫微米,在含有Ne、 $\text{N}_2$ 、Xe时它们的主峰变强变窄,说明 $\text{HgBr}_2$ 和 $\text{HgI}_2$ 对不同填充气体的激发原子发生碰撞

收稿日期:1982年11月22日。

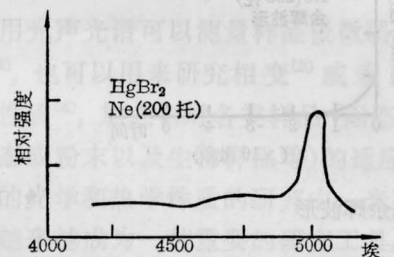
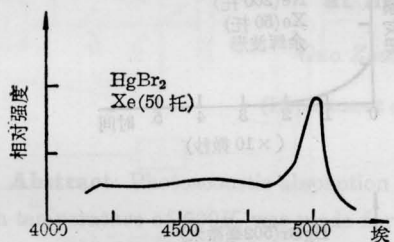
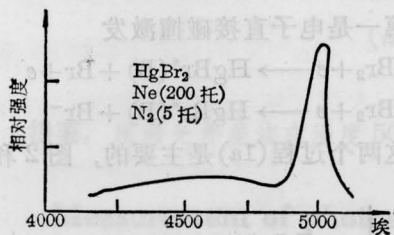
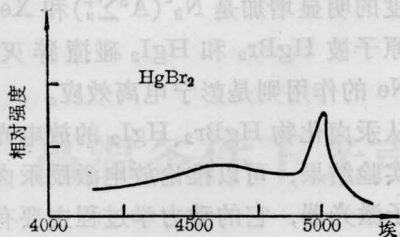


图2 HgBr<sub>2</sub> 光谱分布

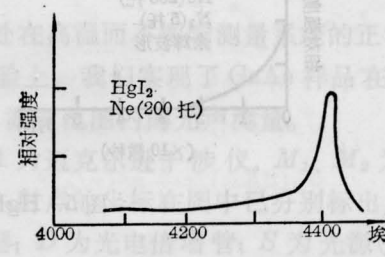
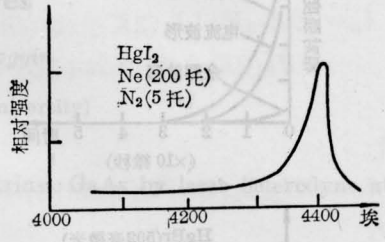
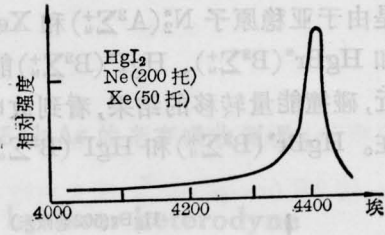
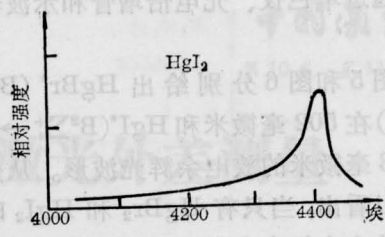


图3 HgI<sub>2</sub> 光谱分布

猝灭。在我们的实验中，HgBr<sub>2</sub> 含 N<sub>2</sub> 使光谱改善最好。而 HgI<sub>2</sub> 则含 Xe 时 443 毫米有明显提高。

为了研究碰撞动力学过程，R. S. Chang<sup>[1]</sup> 等人采用流动余辉装置观察卤化物和填充气体的碰撞反应，并获得很好的实验结果。但是这种方法不能观察电子和分子的碰撞激发以及各种碰撞反应随时间的变化。我们用放电余辉实验装置可以看到不同碰撞的动力学过程以及它们随时间的变化。

图4为放电余辉实验方框图。采用球隙

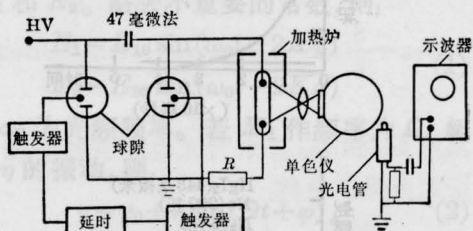


图4 放电余辉装置

延时导通线路，第一个球隙导通放电，第二个球隙延时导通，电流旁路使放电管电流急剧下降，从而观察到电流结束后余辉光的存在。

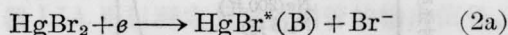
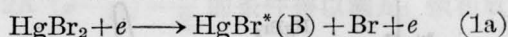
然后通过单色仪、光电倍增管和示波器进行测量。

图5和图6分别给出  $\text{HgBr}^*(B^3\Sigma_u^+ \rightarrow X^3\Sigma_u^+)$  在 502 毫微米和  $\text{HgI}^*(B^3\Sigma_u^+ \rightarrow X^3\Sigma_u^+)$  在 443 毫微米的放电余辉光波形。从余辉波形可以看出: 当只有  $\text{HgBr}_2$  和  $\text{HgI}_2$  时它们没有什么余辉光产生, 在含有 Ne、 $\text{N}_2$ 、Xe 时, 特别是由于亚稳原子  $\text{N}_2^*(A^3\Sigma_u^+)$  和  $\text{Xe}^*(^3P_2)$  能级和  $\text{HgBr}^*(B^3\Sigma_u^+)$ 、 $\text{HgI}^*(B^3\Sigma_u^+)$  能级比较靠近, 碰撞能量转移的结果, 看到放电余辉的存在。  $\text{HgBr}^*(B^3\Sigma_u^+)$  和  $\text{HgI}^*(B^3\Sigma_u^+)$  态光

谱强度的明显增加是  $\text{N}_2^*(A^3\Sigma_u^+)$  和  $\text{Xe}^*(^3P_2)$  亚稳原子被  $\text{HgBr}_2$  和  $\text{HgI}_2$  碰撞猝灭引起的。Ne 的作用则是彭宁电离效应。

从汞卤化物  $\text{HgBr}_2$ 、 $\text{HgI}_2$  的放电光谱和余辉实验结果, 可以推论放电激励汞卤化物准分子激光器, 它的动力学过程主要有以下三种。

第一是电子直接碰撞激发



这两个过程(1a)是主要的, 图2和图3

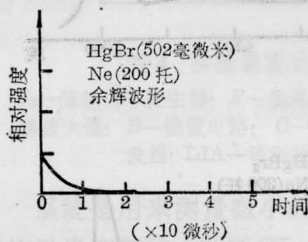
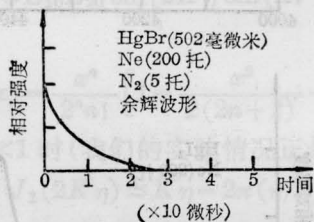
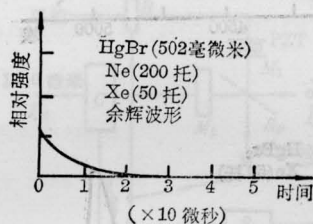
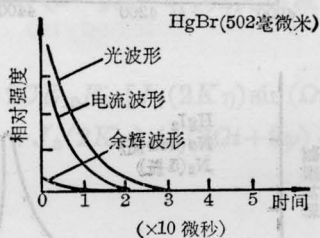


图5 HgBr(502 毫微米)放电余辉波形

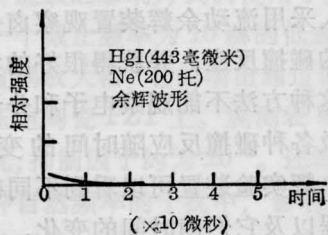
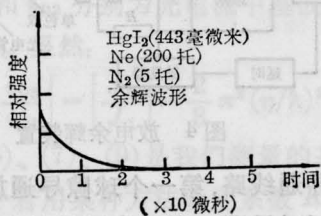
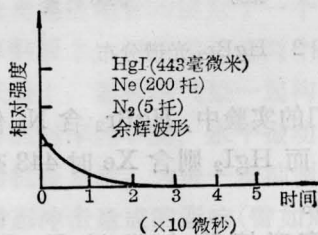
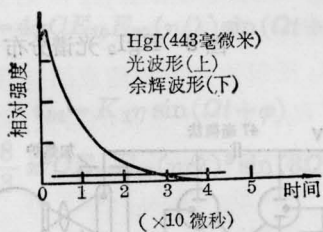
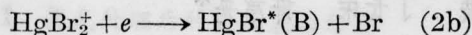
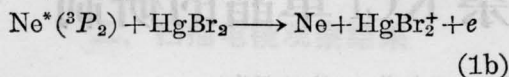


图6 HgI(443 毫微米)放电余辉波形

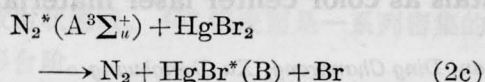
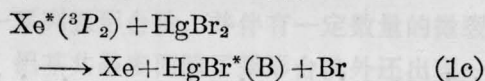
的纯HgBr<sub>2</sub>和HgI<sub>2</sub>放电光谱就是电子碰撞引起的。E. J. Schimitshek<sup>[3]</sup>认为直接电子碰撞形成HgBr\*(B)和HgI\*(B)的可能性很小,我们认为并不正确。

第二是彭宁电离反应



由于Ne\*(<sup>3</sup>P<sub>2</sub>)亚稳原子和HgBr<sub>2</sub>的碰撞截面较大,产生HgBr\*(B)态的反应超过电子碰撞,在图2和图3中含有Ne时的放电光谱比较强说明了这点。

第三是碰撞激发能量转移



N<sub>2</sub>\*(A<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>)、Xe\*(<sup>3</sup>P<sub>2</sub>)亚稳原子态和HgBr\*(B)态能级较为靠近,而且N<sub>2</sub>\*(A<sup>3</sup>Σ<sub>u</sub><sup>+</sup>)和Xe\*(<sup>3</sup>P<sub>2</sub>)的亚稳态寿命较长,分别为~2

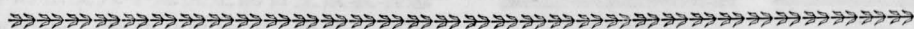
秒、~0.5~1秒。

我们在激光器实验观察到余辉激光的存在,它预示着利用这种动力学过程有可能发展成为准连续或连续激光器。

根据W. L. Nighan<sup>[3]</sup>和R. Burnhan<sup>[4]</sup>等人的计算,这三种动力学过程中碰撞激发能量转移效率最高。实验结果也说明,当HgBr<sub>2</sub>含有Ne、N<sub>2</sub>、Xe时,HgBr(B)态的激光输出能量有成倍的提高<sup>[3,4~6]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] R. S. Chang *et al.*; *Appl. Phys.*, 1980, **36**, No. 6, 397.
- [2] E. J. Schimitechek, J. E. Celto; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **36**, No. 3, 176.
- [3] W. L. Nighan; *Appl. Phys.*, 1980, **36**, No. 3, 173.
- [4] R. Burnhan *et al.*; *Laser Focus.*, 1981, **17**, No. 6, 54.
- [5] C. Roxlo, A. Mondl; *J. Chem. Phys.*, 1980, **72**, No. 2, 541.
- [6] R. Burnhan; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **33**, No. 2, 156.



(上接第769页)

~0.5毫弧度,重复频率:1~30脉冲/秒,锁模几率100%。

该器件已在实验室内累积运转了半年。用全电子化的单脉冲选择器选出单脉冲的几率可达100%,经放大级以后,获峰功率千兆瓦的单脉冲输出。

金德运和陈韬略同志参加过初期的工

作;李士英、陆雨田、茹华一等同志提供声光调制器;周复正同志帮助测量脉宽,特表感谢。

### 参 考 文 献

- [1] J. Steffen *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, **QE-8**, 239.
- [2] H. Kogelnik; *The Bell Sys. Tech. J.*, 1965, **44**, 455.
- [3] S. Kishida; *Opt. Commun.*, 1976, **18**, 19.