

## [研究简报]

## 强短脉冲供电时空心阴极灯的放电特性研究\*

弓振斌 杨芃原 林跃河 王小如 黄本立

(厦门大学化学系, 厦门, 361005)

**关键词** 空心阴极灯, 强短脉冲供电, 伏安曲线, 光谱特性

空心阴极灯是原子光谱分析中常用的线光源. 对它的光谱和放电特性的研究已有报道, 但多为针对直流供电或一般脉冲供电状态时的空心阴极灯<sup>[1~5]</sup>. 黄本立等<sup>[6, 7]</sup>报道了市售空心阴极灯在强短脉冲供电时的时间分辨光谱特性及其作为高强度离子线或原子线光源的可行性. 本文通过对 Eu 空心阴极灯在强短脉冲供电时的伏安特性, 以及对直流和强短脉冲供电时空心阴极灯发射光谱差异的研究, 探讨了强短脉冲供电时空心阴极灯的放电机制, 讨论了离子线和原子线强度增强的过程.

**1 实验部分**

1.1 仪器 1.0 m 平面光栅光谱仪(中国科学院长春应用化学研究所), 光栅刻线 1200 条/mm, 入射和出射狭缝宽度分别为 10 和 35  $\mu\text{m}$ , 一级光谱倒色散率 0.8 nm/mm; MF-1A 型脉冲发生器(南通电子仪器厂); 自制 HCL 供电电源和 Boxcar 积分器; BS-5504 型双踪示波器(40 MHz, 韩国安罗); 瞬态记录仪频率为 20 MHz(中国科技大学快电子学实验室); 1P28A 和 EMI 6265 型 PMT; LM-15 型 X-Y 记录仪; 所用 HCL 为市售商品灯.

1.2 实验装置 研究空心阴极灯(HCL)光谱特性的装置见图 1. 由脉冲发生器产生的脉冲信号通过灯电源控制 HCL, 由 HCL 发射的光经单色仪后由光电倍增管(PMT)将光信号转化为电信号, 经前置放大器以及 Boxcar 积分器或瞬态记录仪后采集并记录脉冲信号. 图 1 中 PG 为脉冲发生器, HCL Driver 为 HCL 的供电电源, MC 为单色仪, PMT 为光电倍增管,

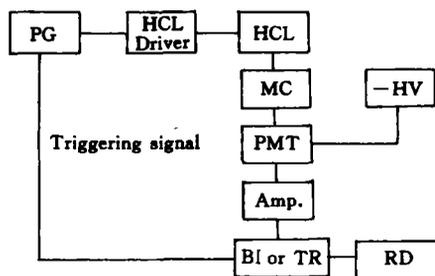


Fig. 1 Block diagram of experimental set-up for HCL spectral characteristics study

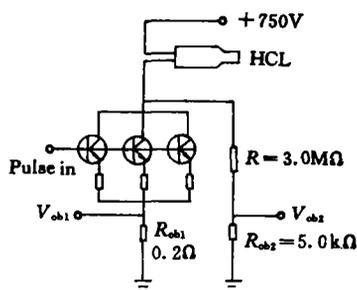


Fig. 2 Schematic diagram of measuring circuit for HCL voltage-current curve

收稿日期: 1994-06-27. 修改稿收到日期: 1994-12-05. 联系人: 黄本立. 第一作者: 弓振斌, 男, 30岁, 博士研究生.

\* 国家自然科学基金重点资助和国家教育委员会博士点基金资助课题.

-HV为负高压, AMP为前置放大器, BI为Boxcar积分器, TR瞬态记录仪, RD为记录仪.

伏安特性曲线的测量原理见图2, 测量取样电阻 $R_{ob1}$ 两端的电压信号求得HCL的电流. 通过 $R_{ob2}$ 和 $R$ 的分压比和从 $R_{ob2}$ 上观察到的电压信号, 可算出HCL的阴极电位, 它与阳极电位(+750 V)的差值则被近似为两端的电压. 对电流电压绘图则得HCL放电伏安特性曲线.

## 2 结果与讨论

2.1 强短脉冲供电时HCL的伏安特性曲线 我们对空心阴极放电区域进行了研究, 图3(a)为Eu HCL在频率220 Hz, 脉宽 $1.5 \mu s$ 供电时放电电流与电压间的关系曲线. 图3中曲线表明, 较小电流通过HCL时, 其阴、阳极间电位差较小, 即HCL所获得功率较小. 电流增加, 功率也随着增加, 电流达到一定值时, 电压达恒定值(实验中该点电流约12 A, 电压为630 V, 功率为7.6 kW左右), 伏安特性曲线出现一拐点, 此后电流虽增加, 但HCL两端电压不变, 功率的增加仅取决于电流的变化. 如改变电源电压, 可推测伏安特性曲线拐点位置将改变, 但受条件限制本工作未进行这方的实验. 图3(b)则是以放电电流对数为横坐标的伏安特性曲线.

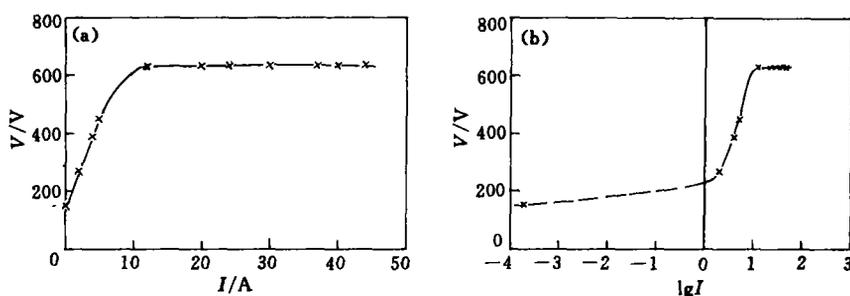
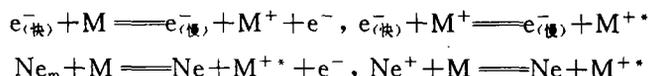


Fig. 3 Voltage-current curves for Eu HCL operated by high current and microsecond pulse power supply

2.2 脉冲频率和宽度对HCL伏安特性曲线的影响 固定脉冲宽度, 提高脉冲频率则加大HCL的平均电流, 实验中固定脉冲宽度为 $1.5 \mu s$ , 频率分别为180、320、450 Hz时的伏安特性曲线非常接近, 表明频率的增加对瞬时功率的影响不明显.

固定脉冲频率在200 Hz, 改变脉冲宽度时, 同样会使通过HCL的平均电流有变化, 实验结果与上述频率对伏安特性曲线的影响近似, 对HCL瞬时功率的影响不明显.

2.3 强短脉冲供电时的HCL的发射光谱 图4和图5分别为Eu HCL在强短脉冲供电和直流供电时的发射光谱扫描图, 二者之间差别明显, 主要表现在HCL发射的元素离子线和原子线强度在强短脉冲供电时比其在直流供电时有较大的增强幅度, 其中离子线的增强幅度更大. HCL离子线发射强度的增加与其放电时瞬时功率的增强有关, 即放电时电子、 $Ne$ 、 $Ne^+$ 及 $Ne_m$ 获得的动能增加. 以下过程将导致离子线强度的增加:



这里 $Ne$ 、 $Ne^+$ 、 $Ne_m$ 分别表示氖的原子、离子和亚稳态原子.  $M$ 、 $M^+$ 、 $M^{+*}$ 则表示发射离子线的元素的原子、离子和离子的激发态.  $e_{(快)}$ 、 $e_{(慢)}$ 分别表示快、慢电子.

强短脉冲供电时的HCL的伏安特性曲线表明, 在异常辉光放电区域可以允许较大的电流, 瞬时电流可以高达几十安培; 瞬时电流的增加使空心阴极灯发射的元素离子线和原子线的强度有较大的提高, 形成的发射光谱与直流供电时的发射光谱也有较大的区别. 对Eu

HCL 来讲, 离子和原子线强度的提高达  $10^4$  倍以上. 强短脉冲供电的 HCL 很可能成为离子和原子荧光光谱分析中的一种新的光源.

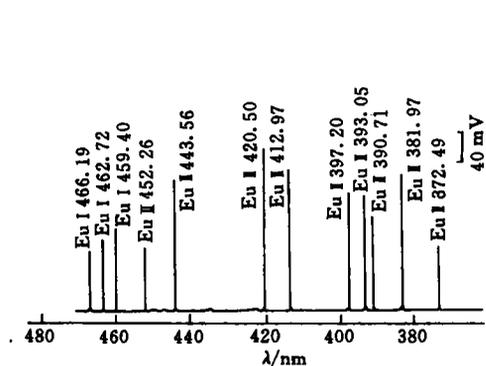


Fig. 4 The spectrum of a high current microsecond pulsed Eu HCL

Frequency; 200 Hz; pulse width; 1.5  $\mu$ s; current; 15 A; PMT load; 50  $\Omega$ ; negative voltage; 900 V.

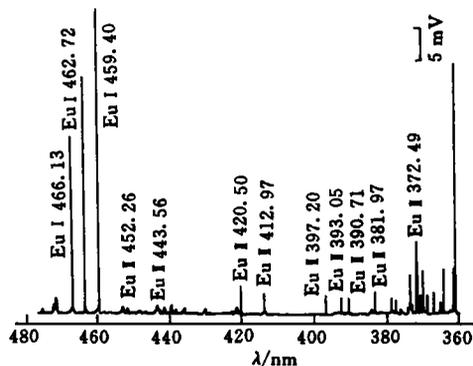


Fig. 5 The spectrum of a direct current power supply operated Eu HCL

Current; 5 mA; PMT load; 0.33 M $\Omega$ ; negative voltage; 900 V.

### 参 考 文 献

- 1 Mitchell K. B. ; J. Optical. Soc. Amer. , 1961, 51: 846
- 2 Maierhofer J. , Metz N. ; Spectrochim. Acta, 1972, 27B: 537
- 3 Piermeier E. H. , de Galan L. ; Spectrochim. Acta, 1975, 30B: 221; 263
- 4 Masamba W. R. , Smith B. W. , Krupa R. J. , et al. ; Appl. Spectrosc. , 1988, 42: 872
- 5 Pillow M. E. ; Spectrochim. Acta, 1981, 36B: 821
- 6 HUANG Ben-Li(黄本立), YANG Peng-Yuan(杨芑原), LIN Yue-He(林跃河) et al. ; Chinese J. Anal. Chem. (分析化学), 1991, 19(3): 259
- 7 LIN Yue-He(林跃河); Doctoral Dissertation, Xiamen University(厦门大学博士学位论文), 1991

## Characteristics of a High Current Microsecond Pulsed Hollow Cathode Lamp

GONG Zhen-Bin\*, YANG Peng-Yuan, LIN Yue-He, WANG Xiao-Ru, HUANG Ben-Li  
(Department of Chemistry, Xiamen University, Xiamen, 361005)

**Abstract** The voltage-current and spectral characteristics of a high current (up to tens of amperes) microsecond pulsed hollow cathode lamp has been studied. The intensities of the atomic and ionic lines emitted by the pulsed HCL are greatly enhanced as compared with those emitted by the same lamp with DC supply, and the enhancement factor is much greater for the ionic lines ( $10^4$ ) than for the atomic lines. This implies that the HCMSP HCL could be used as a convenient and inexpensive source for ionic fluorescence spectrometry.

**Keywords** Hollow cathode lamp, High current and microsecond pulse, Voltammetric curve, Spectral characteristics

(Ed. : H, S)