

空心阴极 He-Cd⁺ 白光激光器内 光电流效应的实验研究

张延平 殷立峰 林福成

(中国科学院上海光机所)

提要: 对笛型空心阴极 He-Cd⁺ 白光激光器三色光的内光电流效应进行实验研究,对机理进行了初步探讨。实验研究表明,内光电流效应可用于测量多阳极结构的空心阴极放电管中金属蒸气浓度的均匀性和稳定性。

Experimental study of opto-galvanic effect in the He-Cd⁺ hollow cathode discharge tube

Zhang Yanping, Yin Lifeng, Lin Fucheng

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

Abstract: Opto-galvanic effect in the He-Cd⁺ hollow cathode discharge tube was experimentally studied. The dependence of the opto-galvanic signal (OGS) on the laser power, the discharge current and the position along the laser tube are presented. The possible mechanisms of OGS are discussed. It is found that OGS could be used in measuring the homogeneity and stability of the Cd⁺ concentration along the laser tube.

一、引言

自从 1976 年有人把光电流效应用于激光光谱学研究以来^[1],人们测量了不少金属蒸气及气体放电等离子体的光电流光谱,并对光电流效应的特性做了深入研究^[2,3]。但对于气体激光放电本身产生的内光电流效应的测量和研究却很少报道^[4],本文报道我们在这方面的实验研究结果。

二、实验装置及测量方法

如图 1,所用的笛型空心阴极 He-Cd⁺ 白光激光器是上海激光所研制的 C₃-1 型产品,放电区长度 900 mm。我们用光二极管测量腔内 Brewster 窗反射(由于非严格成 Brewster 角引起)的激光功率。根据光二极管的频率响应特性曲线,可以测出腔内各单

收稿日期:1984年1月23日。

表 1 平均光子数相同的三色光的光电流信号(任意单位)*
(放电电流 110 mA/电极)

波长(Å)	输出功率(W)	电 极 号		
		1	2	3
4416	9	23.0	27.0	44.0
5337, 5378	23.4	1.0	1.0	3.0
6355, 6360	38	10.0	13.4	28.0

* 是根据光电二极管的响应曲线在保持平均光子数相同时换算出的相对功率值。

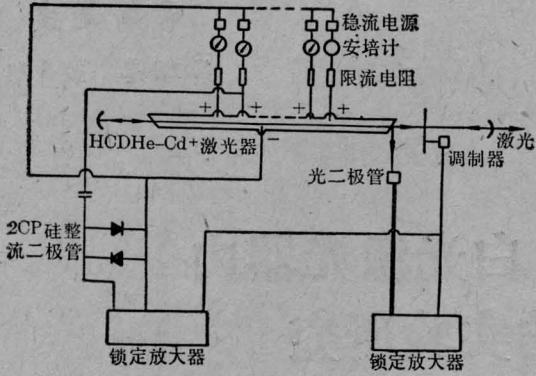


图 1

色光的相对光子数。在测量内光电流效应时,发现放电管有振荡现象,振荡幅度为伏数量级,振荡频率大约为几十 kHz,影响信号测量。我们对腔内激光加 125 Hz 的调制,用锁相放大器测量信号,从而有效地抑制了噪声,在测量各单色光的内光电流信号时,把宽带白光输出镜换成相应的单色光输出镜,通过改变腔损耗来改变激光功率,测量电流一定时光电流信号随激光功率的变化关系。在测量光电流信号随放电电流变化的关系时,利用改变稳流值改变电流,通过改变腔损耗保持激光功率不变。

三、实验结果及讨论

1. 光电流信号与三色光的关系

保持三色光的腔内平均光子数相同,放电电流为 110 mA/电极,实验测出几支阳极上红光(6355, 6360 Å)、绿光(6337, 6380 Å)、蓝光(4416 Å)的光电流信号值(表 1)。表中各值是多次测量的平均结果。由表可见:绿光的光电流信号很小,红光和蓝光的光电流信号均有一定数量。虽然每个电极上的绝对值不同,但三者之间的比值接近于不变。

由于红光上能级(6g²G)态最接近 Cd²⁺基态,绿光上能级(4f²F)态,蓝光上能级(5s²D_{5/2})态距离 Cd²⁺基态较远。按一般光电流效应的机理,光电流信号的大小将是红

光的最大,绿光其次,蓝光最弱,这与前述实验结果不符。实际上可能存在着另外的机理,因为在 He-Cd⁺ 空阴极激光放电中,电荷交换碰撞把大量粒子激发到高能态,再由这些高能态通过级联跃迁使得 Cd⁺ 的一组较高能态都有相当数量的粒子集居^[5]。由于在红光上能级附近的一组能级(7f²F, 6g²G, 6f²F)上,只需要波长短于 8000 Å 的光子就能实现单光子光电离,这就可能存在着光电离产生光电流效应。另外,在这些能级之下还有一组能级(7d²D, 5f²F)也有不少粒子集居,而这些粒子则需要波长短于 5500 Å 的光子才能实现单光子光电离。这样看来,光电离对光电流效应的贡献是蓝、绿光较大,而红光较小。但是,如果在 Cd⁺ 电离中存在自电离态,这种贡献关系也可能发生改变,这还有待进一步从实验上用非共振光照射 He-Cd⁺ 激光放电,证实光电离效应的贡献大小。表 1 给出的光电流信号关系很可能是以上两种机理综合贡献的结果。

2. 光电流信号与激光功率及放电电流的关系

在红光激光单独输出并保持放电电流为 110 mA/电极时,测量(14)号和(8)号电极的光电流效应随激光本身功率变化的关系(见图 2)。由图 2 可见光电流信号是随激光功率增加而增加的,这样的关系和一般光电流效应的功率关系相一致^[2]。

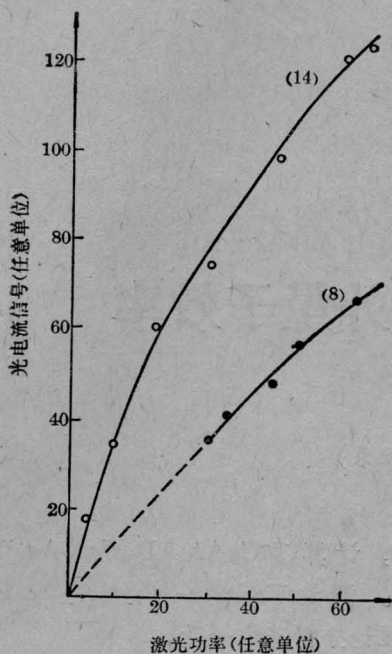


图 2

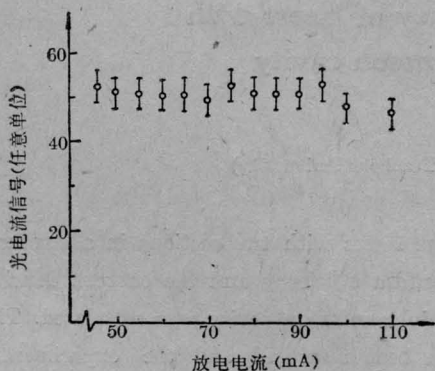


图 3

保持蓝光激光功率不变, 测量某一支阳极的光电流信号随放电电流的变化关系(见图3)。由图3可见, 在电极的放电电流增加时, 光电流信号幅值几乎不变。

3. 在各阳极上光电流信号的分布

在保持各单色光的激光功率稳定输出、每支阳极电流为 110 mA 时, 测量沿激光管各阳极上的光电流信号, 结果列在表 2 中。

光电流信号的大小应和 Cd 蒸气浓度有关, 实验中可以明显地观察到光电流信号大的电极附近, 浅蓝色的 Cd 蒸气浓度大。由表 2 可见, 各电极间红、蓝光信号幅值分布的

表 2 光电流信号随阳极电极的变化(任意单位)*
(放电电流 110 mA/电极, 误差 ± 0.1)

输出功率 (W)		9	24
波 长 (\AA)		4416	6355, 6360
电 极 号	1	23.0	6.6
	2	27.0	15.6
	3	44.4	9.0
	4	12.5	7.6
	5	30.8	13.0
	6	2.8	3.0
	7	8.5	8.5
	8	14.8	56.0
	9	30.0	28.0
	10	14.0	70.0
	11	6.0	9.2
	12	11.4	14.3
	13	38.6	51.0
	14	14.8	85.0

* 稳定输出功率下一次测得的结果(功率单位任意)

某些不一致性, 是由于 Cd 蒸气浓度分布还存在随时间变化的不稳定性造成。实验中我们只在一个阳极上看到这种缓慢变化。如果用类似的方法对所有各阳极同时测量光电流信号, 将能给出在多阳极结构的空阴极放电管中金属蒸气浓度分布和随时间的变化。

四、结 论

实验研究表明, 内光电流效应是产生于某些高能态具有较多粒子集居的放电介质, 这一特殊性质使得碰撞电离引起的光电流信号与通常不同, 而且可能存在着一光电流信号对信号的贡献。实验还给出了内光电流信号在激光管各阳极上的分布, 提供了一种能给出多阳极结构的空心阴极放电管中金属蒸气浓度分布和随时间变化的方法。

参 考 文 献

- [1] R. B. Greens *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, No. 11, 727.
- [2] W. B. Bridges; *JOSA*, 1978, **68**, No. 3, 352.
- [3] R. A. Keller *et al.*; *JOSA*, 1979, **69**, No. 2, 738.
- [4] C. Schiffer *et al.*; *Proc. IEEE*, 1965, **53**, 1657.
- [5] 林福成;《光学学报》, 1984, **4**, No. 3, 193.