

氖的光电压效应

刘炳模 鲍琢玉

钟旭滨

(中国科学院武汉物理研究所, 430071)

(华南师范大学物理系)

提要: 本文报道氖放电气体在分别受到连续和脉冲激光微扰时产生光电压效应的实验结果, 并讨论了光电压效应的产生机制。

关键词: 光电压效应, 欧姆电极

Opto-voltaic effect in neon discharge

Liu Bingmo, Bao Zhuoyu

(Wuhan Institute of Physics, Academia Sinica, Wuhan)

Zhong Xubin

(Department of Physics, South China Normal University, Guangzhou)

Abstract: We report and analyze the experimental results of opto-voltaic effect in neon discharge excited by either CW laser or pulsed lasers. Discussions on the possible mechanisms of these phenomena are presented.

Key words: opto-voltaic effect, ohmic electrode

1987年 J. R. Brandenberger^[1] 首次报道光电压效应, 但仅限于描述氖原子放电体 $1s_3 \rightarrow 2p_3$ 跃迁一条谱线的光电压信号线型的主要特征。

本文报道氖放电气体分别在连续和脉冲两种共振激光作用下产生光电压信号的研究结果, 并对结果进行了初步讨论。

一、实验方法

适于探测光电压信号的实验装置类似文献 [2] 研究光电流效应的射频耦合无极放电系统。放电泡为 $\phi 15 \times 60$ mm 的玻璃泡, 内充 1 Torr 氖气。泡内两端嵌入一对欧姆电极, 与文献 [1] 不同的是, 欧姆电极改用圆形薄镍片, 以增大激发态原子与电极的碰撞面积。放电泡的激励采用固定频率 (30 MHz) 的射频振荡器, 输出功率连续可调。激光束与放电泡轴线垂直入射。连续激光采用氩离子激光器泵浦的 380 D 染料激光, 线宽 200 MHz; 脉冲激光采用 YAG 激光器泵浦的脉冲染料激光, 脉宽约 7 ns。实验方框图如图 1 所示, 为与光电流信号探测比较, 图中同时标出光电流信号输出接口。

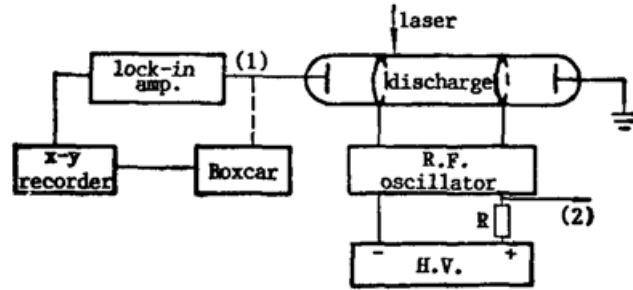


Fig. 1 Schematic diagram of the apparatus
(1) output for opto-voltaic signal; (2) output for optogalvanic signal

二、实验结果

1. 连续光电压效应

采用 R6G 染料, 重点研究了氖原子 588.1 nm ($1s_5 \rightarrow 2p_2$)、585.2 nm ($1s_2 \rightarrow 2p_1$) 以及 576.4 nm ($2p_9 \rightarrow 4d_4$) 三条谱线的光电压信号特征。588.1 nm 是从亚稳态 $1s_5$ 跃迁的谱线, 光电压信号的大小, 在射频电平较低时 (10~50 mA), 随放电电流线性变化; 当激光束从欧姆电极向泡中心扫描时, 光电压信号发生强度和极性变化, 靠近欧姆电极时, 信号最强; 通过泡中心时, 信号最弱; 过中心后, 信号由弱变强, 且信号极性相反, 与文献 [1] 描述的氖原子亚稳态跃迁 $1s_3 \rightarrow 2p_3$ 的谱线的结果一致。585.2 nm 和 576.4 nm 均为从非亚稳态跃迁的谱线, 在弱放电状态下, 观察不到光电压信号; 在强放电状态 (60~100 mA) 下, 其光电压信号与亚稳态跃迁比较, 在光束入射位置相同处, 信号极性相反 (见图 2)。且 585.2 nm 和 576.4 nm 的信号比较, 前者较强, 后者的信号只能在放电电流更大时才观察到。

2. 脉冲光电压效应

文献 [1] 只报道用连续激光研究氖原子一条亚稳态跃迁的光电压信号特征。我们还采用脉冲激光研究了氖放电体光电压信号特征。结果表明, 亚稳态跃迁 ($1s_3, 1s_5 \rightarrow 2p_n$) 和非亚稳

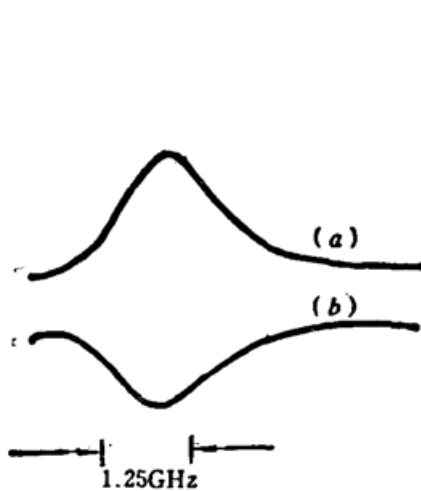


Fig. 2 Typical optovoltic lineshapes of neon transitions induced by CW laser

- (a) $1s_5 \rightarrow 2p_2$, $I=40$ mA;
(b) $1s_2 \rightarrow 2p_1$, $I=70$ mA

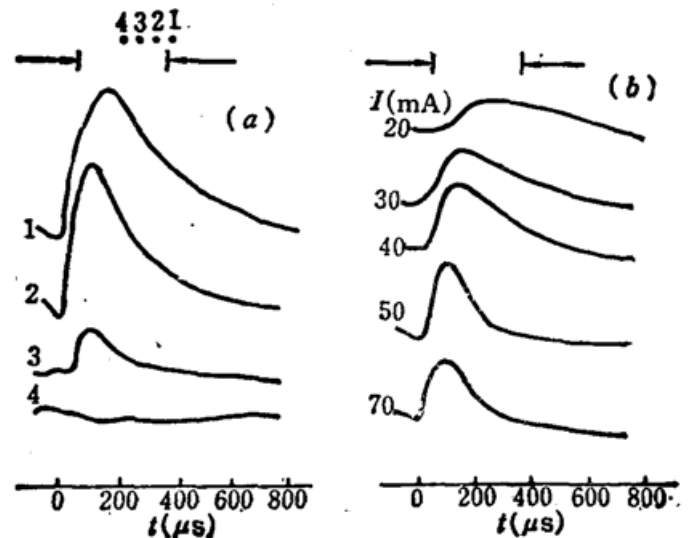


Fig. 3 Temporal behaviour of the optovoltic signal of neon

- (a) for several different laser-beam locations;
and (b) for various values of RF current

态跃迁($1s_2, 1s_4 \rightarrow 2p_n$)的光电压信号极性相反,且从 $1s_2$ 态跃迁的谱线的信号强度明显弱于从 $1s_3, 1s_4$ 和 $1s_5$ 态跃迁的信号。光电压信号的时域特性见图3,其中,图3(a)为信号强度随光作用位置变化的特性,当光作用区愈接近放电泡中心时,信号的时域宽度愈小,且时域快分量极点的电位愈低;图3(b)为信号随放电电流变化的特征,放电电流愈大时,信号的时域宽度愈小,而信号的幅度愈大;与同时检测到的射频光电流信号比较,其时域宽度约大10倍,且灵敏度和信噪比高一个量级以上。

三、结果讨论

文献[1]提出的光电压信号产生机理是亚稳态共振激发导致放电气体亚稳态集居数密度减少,而亚稳态原子与电极碰撞产生退激活,结果离电极近的光作用区电势高,因而两电极间形成电位差,即产生光电压信号。然而,这种机制无法解释我们实验中观测到的非亚稳态跃迁的光电压信号,更无法解释脉冲光电压信号时域快分量的来源。

我们认为,光电压效应的产生,还与另外一个过程有关,即共振光作用还将导致作用区电离状态的改变。对非亚稳态 $1s_2$ 跃迁,共振光作用使该能级上的集居数向高激发态转移,从而产生明显的电离增强,同时,导致亚稳态集居数密度增大,这两种因素作用的结果,产生的光电压信号与亚稳态跃迁的信号极性相反;对非亚稳态 $2p_0$ 跃迁,因与亚稳态无关联,光电压信号主要因电离增强而产生,因而仅当放电电流更大时才能观察到信号。

同理可以解释脉冲光电压信号特征。对亚稳态跃迁,由于共振光作用,使光作用区电离过程减弱,而电子先于离子扩散到电极,因而在电极产生一等效外向电动势,对应信号的快分量;随后到达电极的离子由于抵消电子的贡献,产生一内向电动势,对应信号的慢分量,且极性与快分量相反。若光作用区离电极足够远,则电子和离子作偶极扩散,信号的快分量消失;放电很弱时,由于亚稳态的变化不会明显地改变电离强度,所以,信号的快分量也很小;对非亚稳态跃迁,由于共振光作用导致电离增强,从而光电压信号的极性与亚稳态跃迁的信号相反。

参 考 文 献

- 1 J. R. Brandenberger, *Phys. Rev.*, **36**, 76(1987)
- 2 钟旭滨,刘炳模 *et al.*, 中国激光, **15**(8), 440(1988)