

添加 Ne, Ar 对 N₂ 激光器的影响

肖登明* 邱毓昌

(西安交通大学, 西安, 710049)

摘要: 本文描述了在汤逊脉冲实验中, 添加 Ne 或 Ar 气对 N₂ 分子激光器的影响。研究表明, 激光在阴极所释放的初始电子数 n_0 增加约 3~6 倍。但添加 Ne 气将使激光脉宽延长 10%~25%, 而添加 Ar 气激光脉宽变化甚微。

关键词: N₂ 激光器 混合气体

Effect of adding Ne or Ar on N₂ laser

Xiao Dengming, Qiu Yuchang

(Xian Jiaotong University)

Abstract: This paper described the effect of adding Ne or Ar on N₂ laser in pulsed Townsend experiment. The results show that released primary electrons by laser pulse struck on cathode will increase 3~6 times after adding Ne or Ar in N₂ laser. But the pulse duration will increase 20%~25% when adding Ne, or little change when adding Ar. So, the optimum mixed ratio of Ne and Ar to be suitable to the pulsed Townsend experiment can be experimentally fined.

Key words: N₂ laser mixtures of gases

一、引言

为了从微观上研究绝缘气体的放电特性, 用汤逊脉冲法(PT)可以测量气体的预放电参数¹。在 PT 实验中, 要求脉冲光源能在放电间隙的阴极上照射出 10^7 个左右的电子, 即要求光源具有一定的能量。另外, 为了保证电子同步释放, 以便能准确地测量绝缘气体的预放电参数, 故要求释放电子的同步性应小于 20ns ²。因为电子脉冲波形与光脉冲波形一致³, 故亦要求光脉宽小于 20ns 。这样的脉冲光源 N₂ 分子激光器基本上是满足要求的。N₂ 分子激光器价格低廉, 结构简单, 效率也高, 但输出能量较低。在 PT 实验中, 有时激发不出 10^7 个电子。为了提高其输出能量, 有人已做了添加 SF₆ 和 He 气的实验^{4,5}。本文以 Ne 和 Ar 气作为添加气体, 加到 N₂ 分子激光器, 测量其输出所释放的初始电子数 n_0 的变化, 发现 Ne 和 N₂ 在最佳混合比时,

* 现在上海交通大学工作。

激光释放的电子数 n_0 最高增加 6 倍左右,但激光脉宽(FWHM)也增加,不利于进行 PT 实验。而 Ar 和 N₂ 在最佳混合比时,激光释放的 n_0 最高增加 5 倍左右,且 FWHM 稳定,适合于 PT 实验。

二、实验结果

利用 PT 实验可求绝缘气体的预放电参数,而由测得的电子崩波形,利用反卷积方法可求出初始电子的分布,然后对其分布曲线进行积分,便可求出脉冲激光照射阴极所释放的初始电子数 n_0 。

本实验用的 N₂ 分子激光器,输出功率为 3MW, FWHM 为 10ns。PT 实验在所测的 E/P 值范围内,电子渡越间隙的时间约为 40ns,因此,激光脉宽是满足要求的。而激光要穿透两块石英玻璃(密封作用)和经过 2m 的空气距离(电磁屏蔽的要求),故能量损耗较大。由 PT 实验知, n_0 约为 10^6 数量级(在所测的 E/P 值范围内)。因为输出功率偏低,即 n_0 偏小,使得电子崩波形有时测不完全。为此,我们在纯 N₂ 中分别加入适量的 Ne 和 Ar 气,以期增加激光器的输出功率。

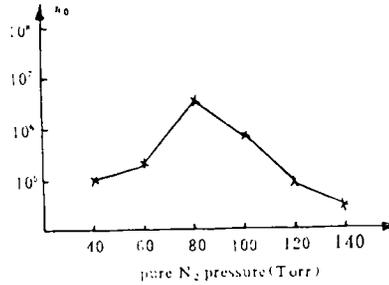


Fig. 1 Variation function of released electrons as pure N₂ pressure

1. 加入适量的 Ne 气

图 1 给出了纯 N₂ 时激光器输出所释放的 n_0 随气压 P 的变化曲线,可知最佳输出为 $P = 80$ Torr 时,输出的电子数 n_0 约为 5×10^6 个。若在纯 N₂ 中加入了 Ne 气,可以看出激光器输出所释放的 n_0 有明显的改变(图 2)。在 40Torr 的 N₂ 中,加入约 45Torr 的 Ne, n_0 将由 10^5 增到 7×10^5 个。在 60Torr 的 N₂ 中,加入 30Torr 的 Ne, n_0 由 3×10^5 增至 10^6 个。在 80Torr 的 N₂ 中,加入 20Torr 的 Ne, n_0 由 5×10^5 增至 3×10^7 个。而在 100Torr N₂ 中加入 20Torr 的 Ne, n_0 由 8×10^5 增至 2×10^6 个。可见在 N₂ 的最佳输出 80Torr 时,加入 20Torr 的 Ne,输出的 n_0 约增加 5 倍左右。而经过测量激光脉宽,发现 FWHM 亦有变化。PT 实验感兴趣的是激光最佳输出释放 n_0 时的状态,在这些总 P 值状态下测到的 FWHM 的结果见图 3。从图中可知,FWHM 约增加 10%~25%。这在 PT 实验中影响是较大的,使得所测气体的预放电参数准确性较差。

2. 加入适量的 Ar 气

以 92% 的 Ar 和 8% 的 N₂ 作为混合气体的激

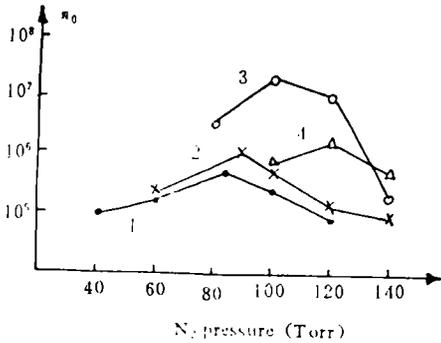


Fig. 2 Effects of Ne on released electrons at different N₂ pressures

1-40 Torr 2-60 Torr 3-80 Torr 4-100 Torr

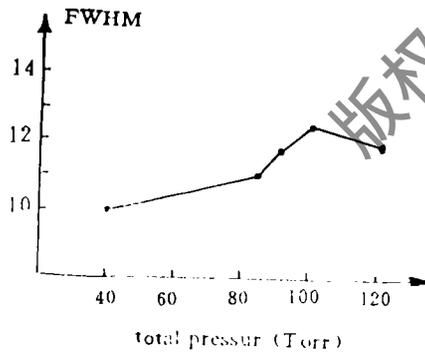


Fig. 3 Effects of Ne on laser pulse width

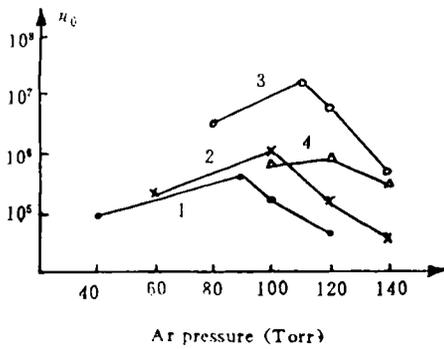


Fig. 4 Effects of Ar on released electrons at different N_2 pressures

1—40 Torr 2—60 Torr 3—80 Torr 4—100 Torr

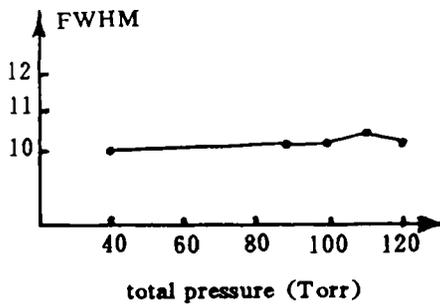
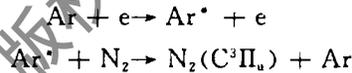


Fig. 5 Effects of Ar on laser pulse width

一定时,光子的能量 w 是常数;对于同一金属,一定频率的激光产生的光电产额 Y 也可认为是常数。故从(2)式可知,激光能量随着 n_0 的增加而成比例的增加。因此,可以认为 n_0 的提高,激光输出也相应提高。

三、结 语

从实验可知,添加适量的 Ne, Ar 气都能使 N_2 分子激光器输出能量增加。在 PT 实验中,最高可使 n_0 增加 5~6 倍。但添加 Ne 会使激光脉宽 FWHM 延长约 10%~25%,这是不利于 PT 实验的。而添加 Ar 气,FWHM 变化甚微,所以添加适量的 Ar 气以增加 N_2 分子激光器的输出在 PT 实验中是较适用的。添加 Ar 气,可以解释为由于电子碰撞氩原子,形成激发态的氩原子,通过第二类非弹性碰撞再激发 N_2 分子到 $C^3\Pi_u$ 态:



$C^3\Pi_u(v=0) \rightarrow B^3\Pi_u(v=1)$ 跃迁而使激光输出增加。

参 考 文 献

- 1 Reather H. Electron avalanches and breakdown in gases. London, Butlerworth, 1964:13
- 2 Branston D W. Nature, 1973; 244:504
- 3 Polmer A J. A P L, 1974; 25:138

光器,以前已有报导¹⁶。我们在 Ne 激光器中加入适量的 Ar 气,发现激光激发的电子数 n_0 最高可增加约 5 倍,而 FWHM 几乎不变。图 4 是添加了 Ar 气后的实验结果。在 40Torr 的 N_2 中,加入 50Torr 的 Ar 气, n_0 由 10^5 增至 6×10^5 个。在 60Torr 的 N_2 中,加入 40Torr 的 Ar 气, n_0 由 3×10^5 增至 10^6 个。在 80Torr 的 N_2 中,加入 30Torr 的 Ar 气, n_0 由 5×10^6 增至 2×10^7 个。而在 100Torr 的 N_2 中,加入 20Torr 的 Ar 气,则 n_0 几乎不变。从图 4 看出,最佳输出为 80Torr 的 N_2 与 30Torr 的 Ar 混合,激发的电子数 n_0 约增加 3 倍。图 5 为各混合比在最佳输出状态时的 FWHM 值。由图知,其值变化甚微,这在 PT 实验中是完全可接受的。

因为产生 n_0 个初始电子的光子数可由下式计算:

$$N = n_0/Y \quad (1)$$

式中, Y 为光电产额,即一个入射光子产生的光电子数。则脉冲激光能量可由下式给出:

$$J = w \cdot N = wn_0/Y \quad (2)$$

式中, w 为光子的能量,即 $w = h\nu$ 。当激光的频率 ν

版权所有 © 《激光技术》编辑部