

He-Ne 绿色激光最佳增益条件的研究

黄植文 赵绥堂 狄桂英

(北京大学物理系, 北京 100871)

提要 获得了 He-Ne 543 nm 激光线小信号增益系数随放电管中氦氖气体的配比、总气压及放电电流的变化关系。找出上述三参数的最佳值, 并做了最佳激光输出验证。

关键词 绿色激光线, 粒子数差, 增益

Investigation on the optimum gain condition for the green line of He-Ne laser

HUANG Zhiwen, ZHAO Suitang, DI Guiying

(Department of Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract The dependences of the small gain coefficient for He-Ne 543 nm laser line on the total gas pressure, discharge current and pressure ratio of Helium to Neon have been investigated respectively. The optimum values of the three parameters were obtained.

Key words green laser, population difference, gain

1 引言

He-Ne 543 nm 激光线是纯正的绿色光并与视觉函数的极大值波长非常接近, 因此引起人们的兴趣。但这条激光线的增益系数是氦氖激光在可见区共 $3S_2$ 上能级的九条激光线^[1~3]中最小的一个, 比 633 nm 激光的增益系数要小几十倍。认真研究 543 nm 激光线的最佳增益条件是十分必要的。

从激光原理可知

$$G_0 \propto (N_2 - N_1 \cdot g_2/g_1) \quad (1)$$

$$N_i \propto \frac{I_{ij}\lambda_{ij}}{A_{ij}} \quad (2)$$

通过测量 He-Ne 放电管中谱线的相对自发发射强度 I_{ij} 来研究 543 nm 激光线的上下能级粒子数差随氦氖气体的配比、总气压和放电电流的变化规律, 从而找出最佳的氦氖配比、总气压和放电电流值, 获得较高的激光功率输出。

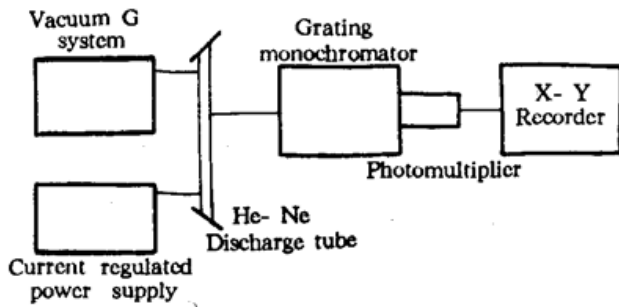


Fig. 1 Experimental setup

2 实验条件

实验装置如图 1 所示。

实验是在增益区长为 1 m 的全外腔激光器上进行的,毛细管内径为 2.2 mm,腔长 1.17 m,旁侧荧光用半米光栅单色仪分光,经光电倍增管接收谱线强度,由 $x-y$ 记录仪记录数据。

543 nm 激光线上下能级分别是 $3S_2$ 和 $2P_{10}$ 。

上能级粒子数用 633 nm 荧光,该线是 $3S_2-2P_4$ 的跃迁。下能级的粒子数分别选用 703 nm 和 724 nm 荧光,它们的能级跃迁分别是 $2P_{10}-1S_5$ 和 $2P_{10}-1S_4$ 。

首先固定一个氦氖的气压比,在排气台上使总气压从大到小逐步变化,在每个气压状态下分别测量这三条谱线的荧光强度随放电电流的变化。然后改变氦氖气压比,重复上述步骤。这三个参数的变化范围是:氦氖气体配比的变化从 5:1 到 10:1;总气压的变化从 110 Pa 到 420 Pa;放电电流的变化从 7 mA 到 35 mA。从而获得了相对粒子数差(或相对增益系数)随氦氖气体配比、总气压和放电电流的变化关系。同时测量不同状态下 543 nm 输出的激光功率。

3 实验结果

3.1 在相同的总气压条件下,543 nm 上下能级的粒子数差随氦氖气体配比的变化不敏感。配比分别在 5:1,6:1,7:1,8:1,10:1 条件下进行测量,总气压越接近最佳值时,它们之间的差别越小。总气压为 190 Pa 时,除 10:1,5:1 配比的粒子数略有减少外,其余配比的粒子数差变化的差别不显著,最佳配比为 7:1,如图 2 所示。

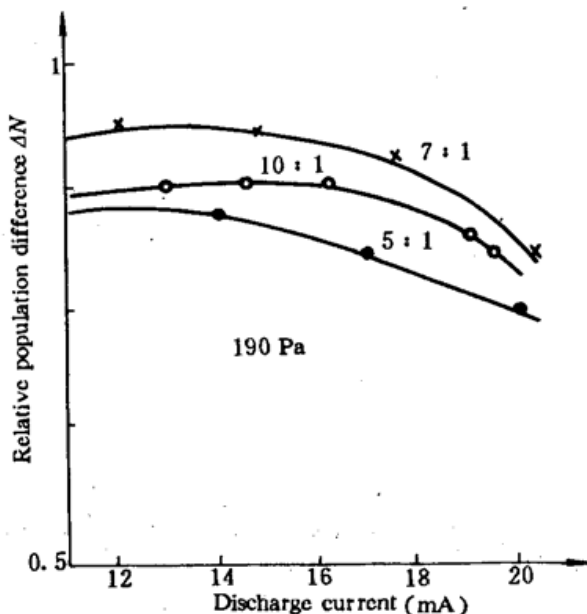


Fig. 2 The dependence of the relative population difference between upper and lower energy levels of 543 nm on the discharge current for different pressure ratio of Helium to Neon ($P_{\text{total}} = 190 \text{ Pa}$)

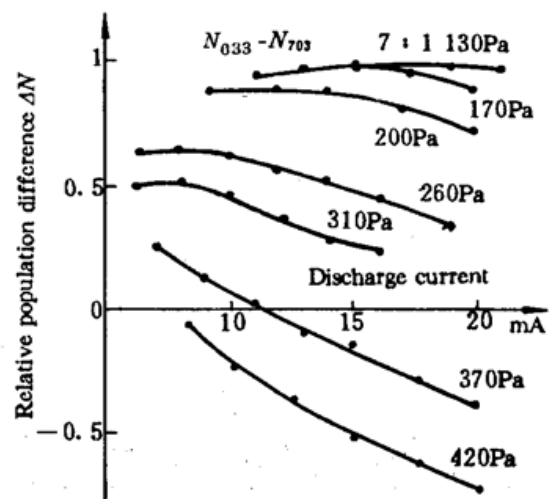


Fig. 3 The dependence of the relative population difference between upper and lower energy levels of 543 nm on the discharge current for different total pressure ($P_{\text{He}} : P_{\text{Ne}} = 7 : 1$)

3.2 543 nm 上下能级粒子数差随总气压的变化敏感,在总气压分别为 110 Pa, 140 Pa,

170 Pa, 210 Pa, 260 Pa, 310 Pa, 370 Pa 条件下进行测量, 总气压越大, 粒子数差越小, 总气压大于 370 Pa 时, 粒子数没有反转。气压在 170 Pa 附近, 粒子数差变化缓慢, 出现了极值, 最佳总气压在 170 Pa 附近, 如图 3 所示。

3.3 543 nm 上下能级粒子数差随电流变化非常敏感, 能使放电管稳定激发的电流范围随总气压的减小向高电流方向移动。放电电流从 7 mA 到 35 mA 范围变化, 粒子数差随放电电流减小呈单调上升趋势。由于受激发电源的限制, 小电流时不易维持稳定的激发。在最佳条件下, 稳定激发的最佳放电电流应小于 12 mA。

3.4 543 nm 激光输出由图 4 所示。氦氖气体配比从 5 : 1 到 10 : 1, 总气压从 110 Pa 到 250 Pa, 均获得 543 nm 激光的稳定输出。配比为 7 : 1 和 8 : 1 总气压为 260 Pa 时也获得了 543 nm 激光输出。若选用小的氦氖气体配比, 最佳输出的总气压相应也减小, 而激发电流增加。

获得最佳输出的条件为: 氦氖气体的配比是 7 : 1; 总气压是 170 Pa; 放电电流小于 12 mA。

在增益区长为 1 m, 腔长为 1.17 m, 毛细管内径为 $\phi 2.2$ mm, 腔内插入石英棱镜, 谐振腔两片反射镜曲率半径均为 3 m, 反射率高于 99.9%, 输出端透过率约为 0.02%, 放电电流为 11.5 mA 时, 测得 TEM₀₀ 模激光输出功率为 2.0 mW。

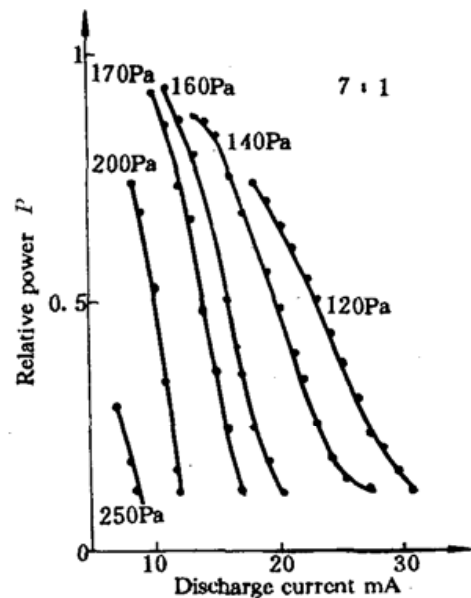


Fig. 4 The dependence of the 543 nm laser output power on the discharge current for different total pressure ($P_{He} : P_{Ne} = 7 : 1$)

参 考 文 献

- 1 W. R. Bennett *et al.*, *Physical Review*, **149**, 38(1966)
- 2 S. Inatsugn, J. R. Holmes, *Physical Review A*, **8**, 1687(1973)
- 3 游大江, 赵绥堂, *应用激光联刊*, **5**(1), 30(1985)