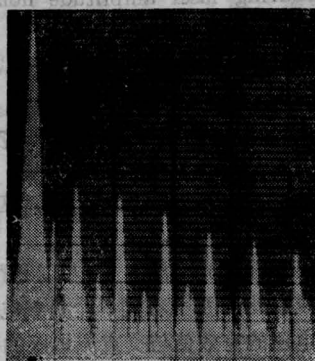


(a)



(b)

横坐标: 130 Hz/div
纵坐标: 10 dB/div

图2 普通 He-Ne 激光管噪声变化及其低频频谱 (因噪声被放大且未标定, 分贝值只有相对意义, 与 (6) 式所示的分贝值意义不相同)

声有效值。这样, 在记录仪上记录下激光噪声的有效值和激光功率的平均值, 就可用公式(5)计算出噪

声值。若用激光功率计标定记录的平均电压值, 那么就可以换算出激光噪声功率值 W_N :

$$W_N = N\beta V'_0$$

式中 β 为电压功率换算系数, V'_0 为记录仪上的实际平均电压值。10 μ V 大约相当于 0.2 μ W。

三、测量结果及特性分析

图 2(a)、(b) 是用这种方法测量在使用不同的激光电源时产生的噪声, 结果与文献[3]一致。

本装置也可用于 He-Cd, Ar⁺ 及半导体激光器 etc 等低频(1MHz 以下)振幅噪声的测量; 若改换其他波段的光探测器可以用于更广范围的噪声测量。

本工作得到董孝义同志的帮助和支持, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] K.G.Hernqvist; *RCA Review*, 1969, 30, No. 3, 429~434.
- [2] Taizo Oikado et al.; *NEC Research & Development*, 1977, No. 44, 10~15.
- [3] 徐顺潮等;《应用激光》, 1984, No. 1, 33~35.
- [4] T. Svzniki et al.; *Japanese J. Appl. Phys.*, 1971, 10, No. 9, 1238~1243.
- [5] A. Waksberg et al.; *Rev. Scient. Instrum.*, 1969, 40, No. 10, 1306~1313.
- [6] 吕可诚等;《中国激光》, 1983, 10, No 10, 709~710.

(南开大学现代光学研究所 刘志国 巴恩旭

吕可诚 王立军 刘立新

1985年10月16日收稿)

磁调制氦-氖激光器的研究

Abstract. By changing the shape of the middle part of a He-Ne laser rectangular capillary tube, the discharge plasma can be partly bended under the action of alternative magnetic field. Thus a new type of magnetically modulated laser can be obtained. The glow shrinking effect is studied and some experimental results are presented.

为了利用磁场强度变化改变激光增益区长度而进行调制的激光器, 需在毛细管加粗的情况下, 得到不再充满整个光学通道的低气压、小电流收缩正柱。而在现有的 He-Ne 激光管中这是不可能的。为此, 我们将普通同轴式 200 mm He-Ne 激光管放电通道改为圆形、矩形组合的通道, 即中部为扁窄矩形, 两头为

圆形的通道。矩形通道尺寸为高 1.5 mm, 宽 8 mm。圆通道内径为 1.5 mm。其结构如图 1 所示。

改进后正柱区不因放电空间扩大而充满整个通道, 而是处于收缩状态, 放电情况保持与普通 He-Ne 管相同, 输出功率基本上也不受影响。功率稳定情况如图 2 所示。

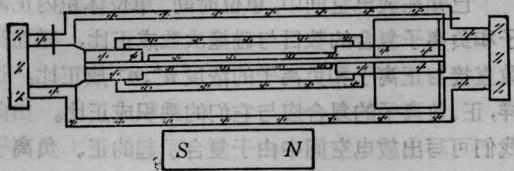


图 1

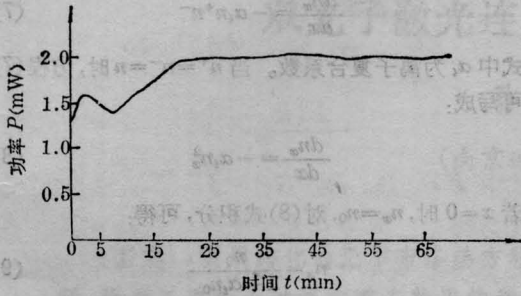
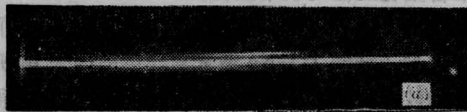


图 2

当激光管正常工作时，由外部提供一个变化磁场，在磁场作用下运动电荷受到一定的侧向力。取某一特定位置后，矩形区域内辉光带就会随磁场的变化而产生不同的偏移。偏移情况参看图 3。



(a) 未加磁场



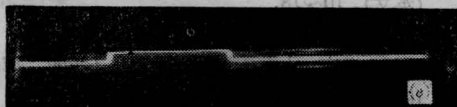
(b) $B=50 \text{ Gs}$



(c) $B=100 \text{ Gs}$



(d) $50 \text{ Gs } B=1$



(e) $B=200 \text{ Gs}$

图 3

随着磁场强度的改变，造成参与激光振荡的激光粒子数也相应发生变化，输出激光强度也发生改变。实验测得输出激光功率与矩形通道辉光偏移量的关系曲线如图 4 所示。

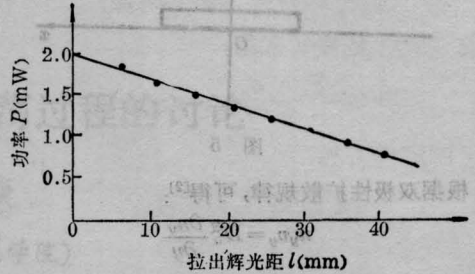


图 4

从图 4 可看到二者存在较好的线性关系。下面，我们试对产生低气压、小电流辉光收缩正柱的原因进行分析。

已知在无外力作用时，等离子体中带电粒子的扩散密度为^[1]：

$$j = \frac{\Delta^2}{2\tau} \frac{\partial n}{\partial x} = D_0^{\pm} \frac{\partial n}{\partial x} \quad (1)$$

式中 $\Delta = \sqrt{(\Delta x)^2}$ 是带电粒子群在某一短时间 τ 内的均方位移。 $n = n_e = n^+$ 代表电子或正离子密度。 D_0^{\pm} 是无外力作用时，根据电中性要求导出的双极扩散系数。

爱因斯坦在研究粒子布朗运动时证实，观察单一粒子的运动路线和测定大量同样粒子的迁移量在统计上是等权的。设垂直辉光放电二维 x, y 方向上不存在外力，可写出：

$$\Delta = \sqrt{(\Delta x)^2} = \sqrt{(\Delta y)^2} = \sqrt{2D_0^{\pm}\tau} \quad (2)$$

式(2)表示在一短时间 τ 内，带电粒子在 x 与 y 方向上的统计扩散位移量彼此相等。

在普通毛细管放电通道中，放电空间在各方向条件一样，产生的管壁损耗和体积复合作用在空间上是等同的，且管壁损耗比体积复合大得多。因而在毛细管的约束作用下，由于受管壁效应的影响，辉光带均匀地充满整个毛细管。但在扁窄通道情况下，复合作用随方向发生了新的变化。这时，虽然在 x, y 方向上带电粒子的统计位移量相同，但在两个方向上的复合情况则有所不同。设坐标系如图 5 所示。在 y 方向上，由于受上下两块相互靠得很近的平行面的约束，带电粒子的复合主要受管壁效应影响，体积复合作用可不考虑。这时，带电粒子以双极性扩散形式跑上平板。设单位时间内在 y 轴方向通过单位截面的带电粒子数为 $n_y v_y$ ，这里 n_y 是 y 方向带电粒子浓度， v_y 是带电粒子沿 y 方向的平均速

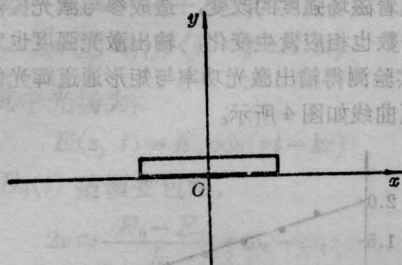


图 5

度, 根据双极性扩散规律, 可得^[2]:

$$n_y v_y = D_0^x \frac{\partial n_y}{\partial y} \quad (3)$$

将上式微分, 并考虑到 v_y 不随 y 而变化, 最后可得:

$$\frac{\partial n_y}{\partial t} = D_0^x \frac{\partial^2 n_y}{\partial y^2} \quad (4)$$

求解(6)式偏微分方程可得:

$$n_y = n_0 e^{-\alpha y} \sin \beta y \quad (5)$$

式中 α, β 为积分常数, 它们由起始条件及边界条件决定。 n_0 表示 $t=0$ 时, y 方向中心处的电荷浓度。 设 $y=0$ 和 $y=l$, $n_y=0$ (l 为 y 方向上两平板间距), 可得 $\beta = \pi/l$ 。 令 $\alpha = \frac{1}{\Delta t}$ (Δt 称消电离时间常数), 可得:

$$n_y = n_0 e^{-y/\Delta t} \sin \frac{\pi}{l} y \quad (6)$$

从(6)式可知, 在 y 方向上, 电荷浓度在管内随位置按正弦函数分布, 随时间改变按指数规律衰减, 其复合几率很高。

而在 x 轴方向, 由于无管壁限制, 情况就与 y 方向不同。 此时, 放电通道中心处温度最高, 从中心向外, 温度逐渐降低, 即此方向上等离子体中各类粒子不再分别处于等温态。 此时电荷浓度的空间分布单一地受体积复合作用的影响, 其几率随温度而变化。 因电子与离子间相对运动速度较快, 故电子-正离子的复合几率很小, 故只要考虑离子的复合情况。

(上接第 48 页)

迄今有关铜蒸气激光的振荡-放大系统的工作虽有一些报道^[3,4], 但对放大器的效率是否比振荡器高的结论还不一致, 可能是实验条件、工作参数相差较大的缘故。

感谢杨天立、江永禄、冯玉荣等同志在激光器电源上的协助和金庭臻同志在激光器安装上的帮助。

已知在放电空间中, 单位时间、单位体积内正离子和负离子复合的数目与碰撞次数成正比, 碰撞次数直接与正离子和负离子的浓度 n^+, n^- 成正比。 这样, 正、负离子的复合应与它们的乘积成正比。 由此我们可写出放电空间中由于复合引起的正、负离子随位置 x 变化的减少量为:

$$\frac{dn_x}{dx} = -\alpha_i n^+ n^- \quad (7)$$

式中 α_i 为离子复合系数。 当 $n^+ = n^- = n$ 时, 方程(7)可写成:

$$\frac{dn_x}{dx} = -\alpha_i n^2 \quad (8)$$

若 $x=0$ 时, $n_x = n_0$, 对(8)式积分, 可得:

$$n_x = \frac{n_0}{1 + \alpha_i n_0 x} \quad (9)$$

可见, 在同一辉光放电正柱区中, 因受扁窄放电通道的限制, 在不同方向上带电粒子按不同的方式和量值进行消激发。 由于管壁复合较体积复合有效, 可以认为大量带电粒子的消激发主要通过管壁效应进行。 这就决定了在这种矩形通道内, 我们可得到一种准管壁稳定性的收缩正柱。

根据上述理论分析和一系列的实验, 使我们获得了一种磁调制 He-Ne 激光管。 目前因采用机械旋转磁铁进行调制, 故调制频率较低。 为了获得较高的调制信号, 应采用电调制法, 这有待于下一步改进。

参 考 文 献

- [1] В. Г. Левизу; "Курс теорет. физики", 1962, Том 1, ст. 538.
- [2] 王竹溪; "热力学简程", 人民教育出版社, 1984 年, p. 95.

(新天光学仪器研究所 程祖珍 王曙光
1985 年 11 月 4 日收稿)

参 考 文 献

- [1] 美国洛伦兹·利弗莫尔国家实验室 1980 年度报告 (英文), 10~18.
- [2] Г. Г. Петрау; УФН, 1971, 105, No. 4, 645.
- [3] M. M. Kalugin et al.; Sov. J. Quant. Electr., 1981, 11, 644.
- [4] R. S. Hargrove et al.; IEEE J. Quant. Electr., 1979, QE-15, 1228.