

$$\left(\frac{N}{S}\right)_{\text{非均匀加宽}} = \frac{I_s T}{2(T+f)^2} \frac{2g_{10} g_0 \left| \sin \frac{kL}{2} \right|}{k P_s} \quad (3)$$

式中 I_s 为饱和参量, T 为耦合透过率, f 为损耗, P_s 为激光功率, L 为放电毛细管长度。

(2)式和(3)式解释了实验曲线,以上采用单色行走辉纹波,对频谱很广的行走辉纹波有同样的结果。另外,以上论证中并不限定是氩-镉激光,其他气体激光放电噪音阈值附近也有此特性。

离子激光器理论

上海市激光技术研究所 邱明新

以前建立在 Schöttky 正柱理论或 Tonks-Langmuir 正柱理论基础上的离子激光器理论不能解决轴向磁场下的离子激光特性,而离子激光器一般需在轴向磁场下工作。本文考虑了扩散又考虑了自由落体边界条件,得到了一个适于讨论轴向磁场影响的正柱公式:

$$\frac{Z_i R^2}{2D_a} = \ln \left(1 + \frac{R S_0}{2D_a} \sqrt{\frac{2kT_e}{m_i}} \right) \quad (1)$$

式中 Z_i 为单个电子单位时间内的电离次数, D_a 为双极扩散系数, R 为管径, T_e 为电子温度, k 为玻氏常数, m_i 为离子质量。

式(1)在低气压下近似,可得到 Tonks-Langmuir 正柱公式。

在轴向磁场中双极扩散系数与磁场有如下的关系:

$$D_a^H = \frac{D_a^0}{1 + \frac{\gamma^2 H^2}{P}} \quad (2)$$

式中 D_a^0 为零磁场下的扩散系数, H 为磁场强度, P 为充气气压, γ 为与电子、离子和中性原子之间的碰撞频率有关的系数。本文得到了在零磁场下离子激光器满足相似性定律,在非零磁场下偏离相似性定律的结论。这个结论在理论上尚未被人论证过。

放电等离子体中的电子温度、电子浓度和轴向电场是由正柱方程(1)、欧姆定律和能量守恒定律三个方程联合求解得到的,从而可进一步求得激光增益、阈值电流和输出功率公式。由于电子浓度沿径向是高斯分布,可得到未饱和增益系数也是高斯分布

$$g_0(r) = g_0(0) e^{-\frac{z_i r^2}{D_a}} \quad (3)$$

数值计算表明当轴向磁场增加时,电子浓度上升,而电子温度和轴向电场强度下降,解释了最佳磁场的存在。最佳磁场下激光输出功率极大。利用本文得到的输出功率公式,令管径为 3.5 毫米,毛细管长为 60 厘米,反射镜透过率为 5%,来回一次腔内损耗为 5%,零磁场时输出功率为 0.8 瓦,750 高斯时输出功率为 3.1 瓦。