求出以某位置(如镜片)为参考面的光束，在腔内作一次振荡后，它所通过的元件组成的光学系统的[$ABCD$]矩阵的矩阵元，即可知道以此为参考面的光束传播特性。依此方法可求出整个腔内光束参数的分布，即可求出各种腔片组合成稳定腔时的腔片上光斑尺寸 W_i，对应的波面曲率半径 r_{ij}，束腰 W_{i0} 及位置 T_i 等参数，进而对几百组这样的稳定腔的数据进行分析比较。

计算结果表明，多折迭激光器的腔片曲率半径的选取是很重要的，某一腔片曲率半径选取不同数值，往往会影响整个腔参数的分布，从而大大影响输出光斑和功率。

计算结果表明，三折迭"N"型激光腔约分为六类"等效腔"，对六类腔的光束分布特性分析比较，看出第五、第六两类腔对得到单模高功率激光是有利的，这两类腔的形式为平凹平凹和平凹凹平结构，其中两凹面反射镜的曲率半径相同，因而这是两种既好又简单的结构。

对六类腔进行了有限组数激光试验，结果表明第五、第六类的激光腔高于其它类激光腔的输出功率。在这两类腔中采用某些腔匹配，可得到全单一基模激光束的输出(即各折单独放电和多折同时放电时激光束都是单一基模)。而其它类型的激光腔，就难得到全单基模激光束输出。

实验也对用同一组腔片组成的稳定腔和非稳定腔进行了比较试验，得到的结果很不相同，稳定腔可得到基模高功率，而非稳定腔则是多高次模且功率很小。

这些试验结果都表明谐振腔的光束参数的计算与实际情况较为接近，从而表明计算提供了选择较好腔匹配的依据。

计算和试验的结果，使我们得到较佳的腔匹配结构，在总放电长度为 2.4 米的折迭式 CO_2 激光器中，得到功率 135 瓦以上的小光斑单一基模输出，功率连续可调。折合得到稳定输出的单基模功率是每米56瓦。

行走辉纹与气体激光噪音

上海市激光技术研究所　邱明新　傅　蕾　汪文信
邵美珍　张惠芬　金国江

在研究和测量氦-镉激光放电噪音时，发现一个尚未报导过的现象，即信噪比在激光阈值附近的特性。当激光运用在远高于阈值时，信噪比随激光功率变化不大，而在阈值附近信噪比反比于激光功率迅速增大。这一现象指出，在气体激光阈值附近 $\frac{N}{S}$ 有很大的值。

本文对以上实验现象作了理论解释，气体激光放电噪音是由行走辉纹引起的，行走辉纹是放电正柱中一种特殊波动，称为正离子波。从正柱方程，利用 Drayvestein 电子速度分布，可导出正离子波波动方程。由于行走辉纹存在，激光增益分为两项，前一项为不随时间变化的正常增益，后一项为行走辉纹引起的时间扰动增益

$$g=g_0+g_{10}\sin\left(kz-\omega t-\frac{\pi}{2}\right) \tag{1}$$

式中 k 为行走辉纹波矢量，ω 为行走辉纹圆频率，g_{10} 为增益系数随时间变化的幅值，g_0 为不随时间变化的增益系数。

分别在均匀加宽与非均匀加宽情形下求得了 $\frac{N}{S}$ 与激光功率成反比关系

$$\left(\frac{N}{S}\right)_{\text{均匀加宽}}=\frac{I_S T}{2(T+f)}\,\frac{g_{10}\left|\sin\frac{kL}{2}\right|}{P_S} \tag{2}$$

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

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氦-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:

$$\frac{Z_i R^2}{2D_a}=\ln\left(1+\frac{RS_0}{2D_a}\sqrt{\frac{2kT_e}{m_i}}\right) \tag{1}$$

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:

$$D_a^H=\frac{D_a^0}{1+\frac{\gamma^2 H^2}{P}} \tag{2}$$

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

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

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。