

# 射频激励陶瓷——金属结构 CO<sub>2</sub> 激光器研究

曹 军

(北京光电技术研究所 100010)

**提要** 一种陶瓷—金属结构射频激励 CO<sub>2</sub> 激光器, 采用反相激励在 300mm 长的样管上获得了 12.5 瓦的输出功率, 采用同相激励获得了单环形的激光横模。

## 激光器基本结构

激光器放电管采用商品 99% 高纯氧化铝陶瓷管材。对其端面和外圆面进行机械研磨后, 使用锰—钼烧结法在瓷管外壁沿轴向制做四道均匀间隔的条形金属化薄层。各条形金属化层的宽度和间隔均为瓷管外周长的 1/8。采用真空工业中标准的陶瓷—金属封接工艺, 在一对相对的金属化层上各焊接一条金属电极, 其形状和尺寸与金属化层相同。在另两道金属化层上焊接一条 U 形金属水冷管。包括端头法兰盘和气嘴的所有部件均同时焊接完成。

由于陶瓷材料具有很高的导热率和良好的抗热冲击性, 因此虽然水冷管与陶瓷管之间为线接触, 冷却效果依然很好, 而且整个放电管冷却均匀。

激光管内径 10mm, 由平—凹镜组成的光学谐振腔的腔长 300mm, 属于近开放腔。腔内增益区长度 (即电极长) 为 270mm, 贮气体积 23.6cm<sup>3</sup>。无外加储气套。

激励电源频率采用 27.43MHz, 以与放电管内径相匹配。由于频率不高, 对放电的纵向均匀性没有很大影响。而且这种频率的电源使用广泛, 工艺成熟, 易于实用化。

## 反相激励实验结果

在采用反相进行激励时, 激光器的水冷管接地, 两条电极之一直接与电源输出端相连, 另一条电极则通过一串联电感线圈接到电源上。

电感线圈缠绕在放电管外, 所产生的高频磁场对于气体的放电击穿和等离子体的激发都有一定的作用。线圈的感抗应调整至单电极与水冷管间容抗的 2 倍, 这样两电极的对地电压相位相反, 幅度相同, 其压差为电源输出电压的两倍。

反相激励放电与直接馈电至两电极的放电方式相比, 由于前者的电源输出电压较低, 故传输过程中的损耗大大降低, 可以有效地提高效率。同时, 反相激励方式的对称性和放电的横向均匀性也优于直接馈电的放电方式。

用静电法对腔内横向电场强度分布所做的模拟计算表明, 在反相激励方式下, 腔内电场接近于线偏振, 在放电管轴心附近为近均匀场。在整个横截面上电场强度对平均值的最大偏差为  $\pm 50\%$ 。从 8mm 的输出光斑直径来看, 放电腔内气体的激发是比较均匀的, 模体积利用率较高。

实验中使用了标准的 CO<sub>2</sub> 混合气, CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、He 的分压比为 1:1:5, 另加 7% 的 Xe, 总气压 3.47kPa。在总长 300mm 的样管上获得了 12.5 瓦的最高输出功率, 单位增益长度上的输出为 0.46 瓦 / 厘米。

此样管的最高电—光转换效率为 10.1%, 此时射频激励电压 150V<sub>rms</sub>, 腔内平均电场强

(下转第 183 页)

1993 年 12 月 30 日收稿

应。实验表明：对不同规格的印章，激光能量、重复频率、雕刻速度、光束质量、焦距等参数也应作相应改变，以得到高质量的印章。

3. 实验分析了计算机专用软件在补偿局部效应(字体轮廓模糊，笔划残缺不全等)中所起的作用。实验表明：它可以大大降低激光雕刻中局部效应的影响程度。

### 结 论

原子印章 YAG 脉冲激光雕刻机的研究结果表明：

1. 将激光用于原子印章的雕刻是对现有原子印章制作技术的一次大的革新，具有良好的推广应用前景。

2. 激光和印章材料的有关特性参数对印章雕刻质量有着直接的影响，作用机理也比较复杂，仍需要作深入实验研究。

3. 计算机印章制作排版系统功能齐全，不仅能直接控制激光印章雕刻，而且还能通过打印机直接制做印章底片。另外，通过软件设计还可大大减小局部效应的影响。

### 参考文献

- [1] 蓝信巨等《激光技术》，1981
- [2] F.T. 阿雷克，E.O. 舒尔茨-杜波依斯.《激光的技术应用》，1983: 8
- [3] John, Harry.《Industrial Laser and Their Applications》. McGraw-Hill Book Company(UK) Limited, 1974
- [4] D.Bimberg, H.Rottenkolber, W.Englisch G.Seger, H.Steinbichler.《Laser in Industrie Und Technik》. Lexikaverlag, 1977
- [5] レーザ学会.《レーザハンドブック》. 1982: 216, 669

(上接第 184 页)

度为  $216V_{rms}/cm$ ，相应的电场强度一粒子数密度比  $E/N=2.59 \times 10^{-16} V_{rms} \cdot cm^2$ ，接近于使激发效率最高的  $E/N$  值： $1.5 \times 10^{-16} V_{rms} \cdot cm^2$ ，说明器件的整体参数是比较合理的。

### 同相激励实验结果

在采用同相方式进行激励时，激光器的水冷管接地，两条电极同时并接到电源输出端。气体放电主要发生在电极与水冷管之间的空间内。

这种组态相当于四电极结构。在此情况下，放电腔内横向电场强度分布是不均匀的。根据用静电法所做的模拟计算结果，腔内轴线上的电场为零，在管内壁靠近电极处电场最强，而在中心附近的区域( $\gamma < R_i/2$ ,  $R_i$  为瓷管内半径) 电场强度值的分布接近轴对称并近似与半径成正比。

气体介质的小信号增益是由放电等离子体内电子浓度和其平均能量共同决定的，而后者又取决于场强。由于扩散作用，放电管内电子浓度随着径向距离的增加而减少，在内壁上降

为零。因此，在谐振腔内横截面上小信号增益系数呈环状分布，并在某一半径上达到最大值。

在球面镜腔中，具有与上述增益分布相符的场分布的本征光场模式为高阶拉盖尔-高斯型光束： $TEM_{0l}$ ，其径向场强分布为  $E(r) \sim [l - (r - r_o)^2/\omega]$ 。式中  $\omega$  为高斯光束腰， $r_o$  是由腔结构和角向波节数  $l$  决定的最大光强半径。

在对激光器样管进行的同相激励实验中，观察到了单环形的激光模式，反映出均匀环状的增益分布。采用增益区长 200mm 的样管获得了 4.3 瓦的功率输出。这种环形模式在聚焦后能够得到质量很好的光斑。

综上所述，通过对这种外电极横向射频激励的  $CO_2$  激光器的实验研究，分别获得了 0.46 瓦/厘米的输出和单环形的激光模式，验证了这种陶瓷-金属结构的可行性和合理性。特别是在如上所述的结构和尺寸下，激光头的整体射频阻抗接近  $50\Omega$ ，比较容易实现与电源的直接匹配，因而具有一定的实用价值。