

Nd:YAG 圆盘激光器

五机部二〇九所 张承铨

Nd³⁺:YAG 激光器易于在常温下实现高重复率或连续运转。但棒中固有的热畸变效应却限制着 YAG 激光器的重复频率和平均功率的进一步提高。若将 YAG 棒切成薄片再以一定方式(和光轴正交,或成布儒斯特角,或成锯齿状)排列起来,每块薄片都为流经其两表面的流体所冷却,这样构成所谓 YAG 圆盘激光器,则可合理地增大工作物质尺寸以提高 YAG 器件的脉冲输出能量和功率,并能有效地克服热畸变,在大大提高 YAG 器件的重复频率和平均功率的同时仍保持良好的光束质量。这在远距离测距、雷达、照明和行扫描系统等应用中特别吸引人。圆盘激光器能有效地克服热畸变是因其中温度梯度(因此折射率梯度)主要是轴向的,而不象棒中是径向的。因此,圆盘激光器又叫作轴向梯度激光器。虽然有许多人对圆盘激光器已作了大量研究,但大多是使用红宝石和钹玻璃的,对于 YAG 圆盘激光器则很少公开报导。

本文报导小型 YAG 圆盘激光器的初步试验结果。我们用引上法生长的 Nd³⁺:YAG 研磨成直径 1.25 厘米、厚 0.5 厘米的圆片共 12 片,借用垫片使 YAG 圆片以和光轴正交的方式平行排列,片间距 0.1 厘米,经由支架沟通,形成串并连的表面冷却通路。为降低界面损耗,每块圆片的两表面涂增透膜与冷却液折射率匹配。在用重水冷却时获得的最大不自振输出为 1.2 焦耳,斜效率为 0.8%。我们还用 2 厘米口径的 YAG 圆片 8 片获得 2.1 焦耳的最大输出。实验中我们发现正交 YAG 圆盘激光器对安装平行度和增透膜质量有较高要求。我们曾故意破坏安装平行度,当各片之间的平行度差达 4 分左右时,输出显著减弱,斜效率降至原来的 1/3。增透膜质量不好时,界面损耗增大,总损耗可高达 0.25 厘米⁻¹。当其它损耗较低时,试验的三种冷却液中,重水效果最好。这三种冷却液的相对折射率差在 2% 左右,折射率不匹配引起的剩余反射损耗几乎相同,差别主要由它们对 1.06 微米光波的吸收不同造成的。在 1.06 微米下重水的损耗比水的低一个数量级。当其它损耗过大时,这三种冷却液效果相差不大。除了 YAG 晶体及冷却液内的损耗之外,界面损耗及垫片区域不出光构成了正交 YAG 圆盘激光器的主要损耗来源。由于现装置中的损耗($\gamma \geq 0.1$ 厘米⁻¹)偏大,作放大器用为宜。为使正交 YAG 圆盘作振荡器用,必须进一步降低其损耗(改进增透膜的质量及改用 Nd:YAG 晶体作垫片)。

γ (厘米 ⁻¹)	最佳输出镜反射率 (%)	斜效率 (%)	冷却液影响 (相对值)		
			重水	乙醇	去离子水
0.10	30	0.8	1.0	0.5	—
0.25	8	0.3	1.0	0.92	0.73

连续泵浦 Nd:YAG 声光调 Q 高重复频率激光器

四机部一四一一研究所 张征祥 竺佩芳

在连续 Nd:YAG 激光器中插入声光 Q 开关是获得高重复频率 Nd:YAG 脉冲激光的有效方法。声光 Q 开关的优点是:插入损耗小,消光比高,稳定性好,重复频率高,因而适用于连续泵浦 Nd:YAG 激光器。采用声光调 Q 后激光器的峰值功率提高约三个数量级,平均功率接近连续值。

本文分四个部分:第一部分简单介绍了声光 Q 开关原理,声光调制器的设计和有关工艺。第二部分介绍

了声光调Q的实验装置和结果。第三部分重点讨论了影响声光调Q激光器峰值功率和稳定性的原因。第四部分简单介绍了利用声光调Q激光器对硅片、陶瓷片、红宝石片、氧化钽厚膜电阻、钽薄膜电阻及金属膜电阻样品的试刻情况。最后附声光调Q高频电源和连续稳流电源线路图两张。

声光调制器采用中心频率40兆周的布喇格型调制器。选用融石英做声光介质， x_0 切割石英晶体做换能器，铅橡胶做吸声材料。换能器与声光介质采用钢真空热压焊和油脂两种粘接工艺，整个声光调制器通水冷却(通光面除外)。

实验用Nd:YAG尺寸为 $\phi 7 \times 114$ 毫米，聚光腔 $2a=19.2$ 毫米， $2b=18.76$ 毫米， $c=2.04$ 毫米，谐振腔输出平面镜 $T=5\%$ ，全反射凹面镜 $R=1.5$ 米。

声光盒插入损耗约10~20%，插入声光盒后连续激光阈值为1.23千伏。当氩灯输入5.5千伏时，连续输出功率为34瓦，斜率效率为0.9%。

给出了重复频率1千周时脉冲峰值功率、脉宽与输入功率的关系曲线。脉宽随输入功率增加而变窄；峰值功率则随输入功率的增加而成线性增大。当输入功率为4.7千瓦时，脉宽140毫微秒，峰值功率35千瓦。

当输入功率为5.4千瓦时，测量了不同重复频率时的峰值功率、平均功率的变化曲线。峰值功率随重复频率降低而增加，当重复频率低至2千周以下时峰值功率饱和。平均功率随重复频率的增加而增加，重复频率18千周时，平均功率接近连续功率值，动静比高达0.98以上。

本文着重讨论了影响声光调Q高重复频率激光器峰值功率和稳定性的主要原因。在超声衍射损耗足够大，Q开关能充分关住门的情况下，影响峰值功率的主要原因是连续氩灯的泵浦速率。其次是超声高频截止后沿。虽然声光Q开关速度较慢，但并不影响激光峰值功率。实验中测量了激光脉冲建立时间 τ_B ，超声高频截止后沿 $\tau_f^{(1)}$ 和声光Q开关速度 $\tau_f^{(2)}$ (即声渡越时间 $\tau_f^{(2)} = \frac{W}{v}$)。通常 $\tau_B > 2$ 微秒， $\tau_f^{(1)} \leq 1$ 微秒， $\tau_f^{(2)} \approx 0.5$ 微秒。即： $\tau_B > \tau_f^{(1)} + \tau_f^{(2)}$ 。此时脉冲峰值功率只与氩灯泵浦速率有关。但当超声高频电源与换能器阻抗不匹配造成 $\tau_f^{(2)}$ 过大，甚至 $\tau_f^{(2)} > \tau_B$ 时， $\tau_f^{(2)}$ 就变成影响峰值功率和稳定性的主要原因。

文中分析了提高声光Q开关衍射效率的四个因素。测量了融石英对不同偏振光的衍射效率，提出了利用正交方向二块换能器，提高衍射效率三倍以上的途径。同时，指出了影响 $\tau_f^{(2)}$ 的三个原因。

影响峰-峰稳定性的原因除上面谈到的 $\tau_f^{(2)}$ 之外，还有：激光连续电源和声光高频电源的稳定性；声光Q开关关门能力和激光工作状态等四个因素。我们在采用连续稳流激光电源并注意控制其他四个条件的情况下，获得了峰-峰稳定度1%的高重复频率激光输出。

Nd:YAG 高重复频率一级放大激光器

四机部一四一一研究所 张世文 诸修章 侯志雄

本文叙述重复频率为1~40次/秒、输出功率达120兆瓦的Nd:YAG一级放大技术，一级放大激光器电源和实验结果，并对结果进行了讨论。实验表明：Nd:YAG一级放大激光器可实现40次/秒，每个脉冲输出能量600毫焦耳，脉冲半宽度约5毫微秒，峰值功率达120兆瓦，提高了器件的效率，可供中远程激光测距强光光源、高功率倍频激光器等应用。

激光脉冲在增益介质中的放大，考虑到截面较小的均匀介质的情况，可以简化为一维的分析。对于理想四能级系统，其能量密度的变化可用如下方程来描述：

$$\frac{dE}{dx} = h\nu N_0 (1 - e^{-\frac{\sigma}{h\nu} E}) - \alpha E$$

其中 x ——光脉冲传播方向放大棒的长度(厘米)，

E ——光脉冲能量密度(焦耳/厘米²)，