

N_0 ——放大棒中光脉冲通过以前的粒子反转密度(光子/厘米²),假定它是均匀的,

σ ——受激辐射截面(厘米²),

α ——单程损耗因子(厘米⁻¹)。

为了对 Nd:YAG 放大性能进行一些粗略估计,选取有关参数用微分方程的数值解法进行近似计算,得到放大器输出能量密度 E 与放大棒长度 x 的定量关系曲线,并从能量利用率公式:

$$\eta_E = \frac{\text{从放大器中带走的能量}}{\text{放大器储能}} = \frac{Z(x) - E(0)}{N_0 h \nu x}$$

可求出 η_E 与 x 的关系。对于直径为 8 毫米的 Nd:YAG 棒,其输出能量可达 1 焦耳左右,脉宽为 10 毫微秒,功率可达百兆瓦以上。从 η_E 与 x 的关系知,当 $x \geq 5$ 厘米时, η_E 就已达 85%, 以上预示了 Nd:YAG 放大器是一种高效率器件,而 x 值并不要很长。

实验结果见下表:

| Nd:YAG 尺寸 | 频率 | 输出能量(毫焦耳) | 脉冲宽度(毫微秒) |
|------------------------------|----|-----------|-----------|
| 本振级 $\phi 8 \times 86$ 毫米 | 2 | 180 | 7 |
| | 20 | 180 | 7 |
| | 40 | 180 | 7 |
| 放大级 $\phi 8 \times 92$ 毫米 | 2 | 492 | 5~6 |
| | 20 | 582 | 5~6 |
| | 40 | 624 | 5 |

重复率为 40 次/秒,连续工作 3 分钟以上,用 VP-549A 示波器观察激光输出稳定。用强流光电管接收,输出功率为 120 兆瓦以上。

卤钨灯泵浦的 Nd:YAG 连续激光器的寿命问题(II)

四机部 1934 所 肖学智

本工作的目的之一是研制一台具有一定性能的长寿命卤钨灯泵浦的 Nd:YAG 连续激光器,为激光通信实验和通信系统应用及其他方面可能的应用创造必要的条件。本文在“卤钨灯泵浦的 Nd:YAG 连续激光器的寿命问题(I)”的基础上,着重介绍第二阶段寿命试验情况。试验是在一台本所研制的便携式 Nd:YAG 连续激光器样机上进行的,选用了国内不同厂家的卤钨灯产品。结果表明:在稍低于额定功率条件下,一只灯泵浦的 Nd:YAG 连续激光器的累积运转寿命可以超过 87 小时。给出了激光输出相对值随运转时间的变化曲线。目前得到的最低激光阈值功率为 515 瓦;当输入灯功率为 1350 瓦时,获得了 1.62 瓦的激光输出。讨论了解决激光器运转寿命问题的途径。

铝酸钇倍频激光器及其应用

中国科学院上海光机所 胡企铨

掺钕铝酸钇(以下简称 YAP)是一种阈值低、效率高、性能稳定的激光晶体。由于它具有各向异性,这种晶体有它独自的应用特点。我们选用 b 轴生长的 YAP,得到 1.079 微米波长的线偏振近红外激光输出,这很适合于用最佳相位匹配的铌酸锂(LiNbO₃)晶体倍频。倍频输出的 0.54 微米绿光可满足眼科治疗要求,

眼科治疗希望激光器以长脉冲方式工作,因此如何提高长脉冲激光的倍频效率是研制工作中的关键。我们的研制工作着重于提高基波光束质量和输出以及实现 LiNbO_3 晶体的最佳相位匹配。

我们用 b 轴生长的 YAP,以平凸不稳定腔作振荡级,谐振腔参数选用:凸透镜 $R=1000$ 毫米,反射镜间距 $L_0=400$ 毫米,波前校正透镜曲率为 357 毫米。振荡输出再经一级 YAP 放大。这种平凸不稳定腔振荡-放大系统输出激光发散角比平平腔有明显改善,一般减小发散角 2~3 倍,最终达到的激光输出性能为:1.079 微米输出最大达 10 焦耳;效率达 1%;发散角小于 3 毫弧度;发光时间 400 微秒。

振荡-放大系统的输出经 a 轴生长的 LiNbO_3 晶体倍频,为了实现最佳相位匹配,尽可能地利用晶体长度,提高倍频效率,我们特地测定了几块 a 轴生长的 LiNbO_3 晶体的最佳相位匹配温度。我们所用的一块 LiNbO_3 晶体(尺寸为: $50 \times 12 \times 12$)最佳相位匹配温度 $T_{pm}=45.00^\circ\text{C}$,和文献数据相比,推知这块晶体的铌锂比大致是 1:1。这种晶体如果用于 YAP 激光器 1.064 微米输出倍频,最佳相位匹配温度在 0°C 附近,实用上不太方便。

我们测量了倍频输出和 LiNbO_3 晶体温度的关系,得出如下结果:要求倍频输出稳定到 $\pm 5\%$ 以内,最佳相位匹配温度和恒温控制精度应达到 $\pm 0.2^\circ\text{C}$;倍频输出下降一半的温度带宽约 2.4°C 。

我们测量了倍频晶体光轴方向与基波入射方向偏角对倍频输出的影响,结果表明调整精度到分的数量级对倍频输出影响不太大($\pm 1'$ 输出减小 2%)。

为了提高倍频效率,我们在倍频级采用了一种类似腔内双向倍频的结构,最终倍频效率约 1%。

为了对 LiNbO_3 晶体尽可能均匀地恒温,我们设计了一种充水的小型恒温炉,控温精度做到 $44.95 \pm 0.10^\circ\text{C}$ 。

激光器供电采用单相可控硅恒流电。

连续 Nd+Cr:YAP 激光器

中国科学院福建物质结构研究所 沈鸿元 黄小良 周玉平 黄呈辉

连续或高重复率固体激光器中,激射过程工作物质产生径向温度梯度,这种温度的径向分布,在工作物质中引起热致双折射、热致光弹性效应和热膨胀的径向变化,它们使工作物质变成平均热焦距为 f 的厚透镜,随着热焦距 f 缩短,基横模体积减小^[1]。对于偏振器件,由于热致双折射效应,使通过工作物质的偏振光产生退偏损耗。文献[2]指出,对于各向同性的 Nd:YAG 棒,这种热致退偏效应将引起显著的损耗。文献[3]曾建议使用天然双折射率大的 YAP 可以减小退偏损耗。

本文分析了连续泵浦的 b 轴 Nd+Cr:YAP 激光器中热效应对偏振输出的影响,得到热效应引起的折射率椭圆主轴的旋转角

$$\phi = \frac{\Delta B_5}{B_1 - B_3},$$

式中 $B_{1,3} = \frac{1}{n_{1,3}}$, $n_{1,3}$ 分别是不存在热效应时沿结晶 a 轴和 c 轴的折射频率, ΔB_5 是在 ac 轴平面内热应力诱导的光频解电常数的变化量,对于 b 轴 Nd+Cr:YAP 棒, $\phi < 10^{-2}$ 弧度。

此外,利用 Jones 矩阵法分析了 b 轴 Nd+Cr:YAP 棒的热致退偏效应,得到退偏度

$$\theta = \left(\frac{\Delta B_5}{B_1 - B_3} \right)^2 (e^{i\Delta} - 1)^2,$$

式中 Δ 是热应力引起的相位延迟,随着热应力变化, $(e^{i\Delta} - 1)$ 在 $0 \sim 4$ 间变化,由前面分析 $\phi^2 < 10^{-4}$,所以在连续泵浦的 b 轴 Nd+Cr:YAP 激光器中,热致退偏损耗可以忽略不计。

分析的结果用 $\phi 5.3 \times 54$ 毫米的 b 轴 Nd+Cr:YAP 棒进行验证,在双椭圆柱聚光腔内,二根氩灯上加上 4 千瓦电功率未测出折射率椭圆主轴的旋转角。此外,激光输出达 23.57 瓦时,还未观察到退偏损耗,证实了上述分析结果。