

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  $\text{LiNbO}_3$  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  $\text{LiNbO}_3$  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  $\text{LiNbO}_3$  晶体的最佳相位匹配温度。我们所用的一块  $\text{LiNbO}_3$  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  $0^\circ\text{C}$  附近,实用上不太方便。

我们测量了倍频输出和  $\text{LiNbO}_3$  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  $2.4^\circ\text{C}$ 。

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  $\text{LiNbO}_3$  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<sup>[1]</sup>。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,  $\Delta B_5$  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  $\Delta$  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。

文中还针对 Nd+Cr:YAP 棒热焦距短的特点,设计了工作在稳定区边界的平凸型谐振腔,较好地解决了热焦距短的矛盾,利用  $\phi 5.3 \times 54$  毫米的 *b* 轴 Nd+Cr:YAP 棒获得了 32.8 瓦的激光输出。

### 参 考 资 料

- [1] 中国科学院福建物质结构研究所,《激光》,1975,2, No3, 33.  
 [2] M. A. Karr; *Appl. Opt.*, 1971, 10, No4, 893.  
 [3] G. A. Massey *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, 17, No4, 213.

## 多个激活元件激光器振荡模式体积的匹配

中国科学院上海光机所 叶碧青 马忠林 凌君达

为了使多根 YAG:Nd 棒串接的高功率连续激光器的工作状态最佳化,必须研究振荡模体积的匹配问题。我们利用变换矩阵的方法,对 YAG:Nd 棒内受热聚焦制约的激光光能的分布规律进行了深入的理论分析,在这个处理中,所串接的各根激光棒的几何尺寸和热聚焦特性可以是不同的。我们认为,*n* 根不同的激光棒内振荡模体积的匹配程度可由如下的参量 *Q* 来描述:

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{\pi l_i}{3} (W_{i1}^2 + W_{i1}W_{i2} + W_{i2}^2) / \pi H W_H^2$$

其中,  $l_i$  为第 *i* 根棒的长度,  $W_{i1}$  和  $W_{i2}$  为第 *i* 根棒两端面处基横模的半径。如果第 *i* 根棒的半径为  $r_i$ , 在所有的  $\frac{W_{i1}}{r_i} \cdot \frac{W_{i2}}{r_i}$  中,其最大值为  $\frac{W_{m1}}{r_m}$  或  $\frac{W_{m2}}{r_m}$ , 则

$$W_H = W_{m1} \text{ 或 } W_{m2},$$

$$H = \sum_{i=1}^n \left( \frac{r_i}{r_m} \right)^2 l_i.$$

文中给出的电子计算机计算结果,是对于由两根端面相距 145 毫米的  $\phi 5.64 \times 137$  毫米(棒 I)和  $\phi 4.74 \times 133$  毫米(棒 II)的 YAG:Nd 棒组成的激光器所作的计算,其中包括参量 *Q*、最高阶振荡横模模数和输出光束发散角等随激光谐振腔几何结构和棒的热焦距变化的函数关系。若平面腔镜至棒 I 和棒 II 的端面的距离分别为  $d_1$  和  $d_3$ , 而棒 I 的热焦距  $f_1=212$  毫米,棒 II 的热焦距  $f_2=194$  毫米,则在  $d_3-d_1$  图上,激光棒内振荡模体积的最佳匹配区域是狭长形的,  $d_1$  在 80 至 90 毫米之间,  $d_3$  在 46 至 48 毫米之间。对于  $f_2=194$  毫米,而  $f_1$  取 330、300、212 毫米, *Q* 值与  $d_3$  呈陡变的函数关系。对于  $f_1=212$  毫米,而  $f_2$  取 305、194 毫米, *Q* 值与  $d_1$  呈缓变的函数关系。

同时,我们还对两根串接的 YAG:Nd 棒的连续振荡进行了相应的实验研究。测量了棒 I 和棒 II 的热焦距随氩灯的输入功率变化的函数关系。在给定的  $f_1$  和  $f_2$  值下,获得了输出功率随  $d_1$  和  $d_3$  变化的函数曲线,其结果与理论分析十分符合。因而表明 *Q* 值是影响激光输出功率的主要因素。在  $f_1=212$  毫米,  $f_2=194$  毫米,  $d_1=100$  毫米和  $d_3=62$  毫米的情况下,交换谐振腔的输出腔镜和全反射腔镜的位置,测得其交换前后的发散角之比为 1.18,与计算结果 1.16 也很一致。

本文讨论的激光器谐振腔是平面腔镜形式,利用振荡波型的等相位面变换关系,可以容易地把结果推广到由球面腔镜构成的谐振腔情况。

在两根串接的激光棒完全相同的对称情况下,我们的研究结果与 B. P. Кушнир 等人的结论一致。