

高重复频率钕玻璃激光器分析

中国科学院上海光机所 唐贵琛 范琦康 高福源 陆国贤 邱佩华

本文包括一整套的热畸变的理论和实验,包括热畸变等效球面腔及其特性的计算和分析。

计算了圆棒、片状和圆筒棒的温度分布、应力分布、折射率的分布、热透镜双焦点和热透镜的补偿。分析了等效球面腔及其振荡的稳定性。计算了激光发散度和光斑尺寸。

在实验上,测量了棒内中心的温度,从而推论出光热转换率 $\eta=0.06$ 。测量了激光工作物质所承受的热应力,讨论了玻璃棒的热炸裂结果。

测量了热畸变引起的非线性折射率 n_2 。计算近轴光线的传输矩可知,对于径向和切向偏振光来说:

$$f_r = \frac{1}{\sqrt{n_0 n_2} \cdot \sin\left(l \sqrt{\frac{n_{2r}}{n_0}}\right)} \quad (1)$$

$$f_e = \frac{1}{\sqrt{n_0 n_2} \cdot \sin\left(l \sqrt{\frac{n_{2e}}{n_0}}\right)} \quad (2)$$

$$S_r = \cos\left(l \sqrt{\frac{n_{2r}}{n_0}}\right) \cdot f_r \quad (3)$$

$$S_e = \cos\left(l \sqrt{\frac{n_{2e}}{n_0}}\right) \cdot f_e \quad (4)$$

式中 f_r 、 f_e 、 S_r 、 S_e 分别表示热焦距和热透镜焦点到棒端面的距离, n 表示折射率, l 表示工作物质的长度。由(1)~(4)式可知,只要测量焦点到端面的距离 S , 就可以求出 n_2 。

由于 n_2 对径向和切向是不同的,即存在双焦点,所以靠修磨工作物质端面,或者使用外腔补偿透镜的方法,只能是平均补偿。由光束传输的 $ABCD$ 矩阵,可以求出端面或外腔补偿透镜的曲率半径:

$$R = \frac{l(n_0 - 1)}{n_0} \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{l}{2} \sqrt{\frac{n_2}{n_0}}\right)}{l \sqrt{\frac{n_2}{n_0}}} \quad (5)$$

n_2 是 n_{2r} 和 n_{2e} 的平均值。

由光束传输矩阵,讨论了对称腔和非对称腔的稳定性条件,画了它们的稳定图。实验上,观察到了从平面腔到球面腔,再到不稳定腔的过渡过程。计算的发散角同实验也是比较一致的。

此外,还讨论了转镜调 Q 的单脉冲条件和光轴抖动问题,流动染料调 Q 的稳定性等。

本文的讨论分析,也适用于其他各向同性激活介质的高重复率和连续激光器。

本报告共分四个部分讨论:

(一)激光工作物质热效应的理论结果和实验测量。

(二)等效球面腔的理论分析及实验观察。

(三)调 Q 过程中的几个现象及其解释。

(四)存在的问题及可能解决的途径。