

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0119-02

LD 抽运百瓦级 Nd:YAG 激光器的实验研究

周寿桓 姜东升 赵 鸿 王建军 赵海霞

(信息部电子第 11 研究所, 北京 100015)

提要 报道了二极管抽运高平均功率 Nd:YAG 激光器的实验研究结果。全部采用国产元件, 声光 Q 开关, 1064 nm 输出 130 W, $M^2 \sim 10$, 光-光转换效率 26%, 连续工作 8 h, 输出功率不稳定性小于 3%。

关键词 二极管抽运, 高平均功率, 声光 Q 开关, 增益分布

中图分类号 TN248.1⁺3 **文献标识码** A

LD Pumped Hectowatt Nd:YAG Laser

ZHOU Shou-huan JIANG Dong-sheng ZHAO Hong WANG Jian-jun ZHAO Hai-xia
(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015)

Abstract In this paper, high average power Nd:YAG laser have been investigated experimentally. The components (LD, Q-switch etc.) are all made in our country. With AO Q-switch, the output average powers of as much as 130 W, optical-to-optical conversion efficiency 26% and M^2 parameter of 10 were obtained. The power change less than 3% after the laser running 8 hours.

Key words LD pumping, high average power, AO Q-switch, gain distribution

1 LD 的装配误差

由 LD 条组装成高功率 LD 堆积时, 可能出现一些装配误差。常出现的装配误差有: 由于装配应力, 使得 LD 条发生弯曲; LD 条之间不平行、间隔不均匀、错位等。这样的堆积很难用一个整体微透镜进行校正; 已装配微透镜的 LD 条构成具有较大装配误差的堆积, 其输出光束也很难用光学系统校正。结果是抽运光学系统效率降低, 对抽运光束的整形度降低, 抽运强度和均匀性变差, 最终影响激光器的效率和输出光束质量。

2 抽运结构

采用国产 LD 时的一个关键问题就是如何设计抽运结构, 以获得高的抽运功率密度、高的抽运均匀性和高的抽运效率。我们建立了一套计算机模拟系统, 并根据它进行抽运系统的设计, 获得了良好的结果^[1]。

单个 LD 输出光强可表示为

$$I(x, y, z) = I_0 \exp \left[-\frac{2x^2}{w_x^2(z)} - \frac{2y^2}{w_y^2(z)} \right] \quad (1)$$

其中, z 为光束传播方向, $w_x(z)$ 、 $w_y(z)$ 分别为光束沿 x 、 y 轴的半宽

$$w_x(z) = \frac{\lambda_p z}{\pi w_{0x}} \quad (2)$$

$$w_y(z) = \frac{\lambda_p z}{\pi w_{0y}} \quad (3)$$

其中, λ_p 为 LD 的发射波长, w_{0x} 、 w_{0y} 分别为激光束 LD 输出端面上的 x 、 y 方向上的半宽。

对于通常的抽运结构, 工作介质的长度沿 y 轴方向放置, LD 条(由沿 y 方向排列成一直线的二极管构成)或堆积(由 LD 条堆积而成)发射的抽运光经光学系统聚焦到工作介质内。可以认为沿工作介质长度上各横截面内的抽运光分布都相同, 因此只要计算工作介质一个横截面内的抽运光强分布, 就可以知道整个工作介质内的光强分布。

将工作介质横截面划分为微小的面积元, 例如 $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 。将抽运光看成是由若干条携带一定能量的“光线”组成, 这些“光线”通过工作介质时其携带的能量将被吸收。每个面积元, 每条抽运“光线”都具有相对确定的坐标(图 1)。元工作介质对某条抽运“光线”的吸收功率为

$$P_{ab} = P_{in}[1 - \exp(-\alpha l)] \quad (4)$$

其中, P_{in} 为入射的抽运光线的功率, α 为工作介质的吸收系数, l 为抽运光线穿过元工作介质的长度。

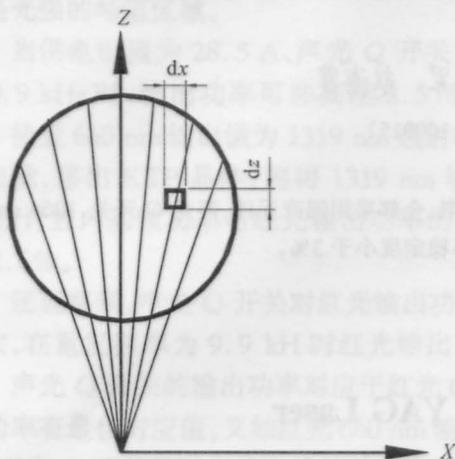


图1 微分工作介质对抽运光吸收图

Fig. 1 Schematic drawing of absorbing pumping light in differential medium

最后, 每个元面积都对所有 LD 的全部抽运“光线”求积分, 从而获得工作介质内吸收的抽运光的强度分布, 显然, 也就是工作介质内的增益分布。

利用这种方法模拟了几种抽运结构。全部采用国产元件, 通过改变 LD 的聚焦参数, LD 与工作介质间的距离, LD 相对于工作介质的分布等, 可以获得理想的均匀增益分布, 进而获得 Q 开关工作和非 Q 开关工作时的 TEM₀₀ 模激光输出(图2、图3)。在输出百瓦级的高平均输出功率时, 同样也能达到均匀的增益分布。

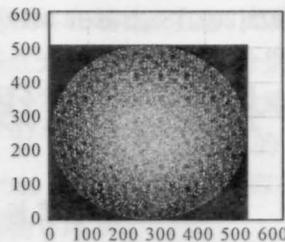


图2 合理设计时在工作介质内形成均匀的增益分布
Fig. 2 With reasonable design, the homogeneous gain distribution in the medium has been made

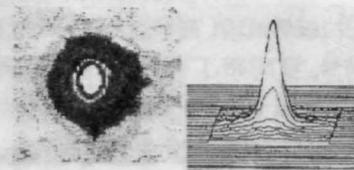


图3 Q 开关 TEM₀₀ 模激光输出

Fig. 3 Laser output of Q-switched TEM₀₀ mode

本文报道的 130 W 激光器的设计中, 还考虑到其他一些技术要求, 例如, 较高的效率, 紧凑的结构等。这些要与对模式的要求作适当的折衷。

3 结 论

实验证明, 合理地设计, 可以获得满意的结果。我们首先用计算机进行模拟, 然后精选结构设计, 全部采用国产元件(LD, 声光 Q 开关, 晶体等), 获得声光 Q 开关 1064 nm 输出 130 W, $M^2 \sim 10$, 光-光转换效率 26%, 连续工作 8 h, 输出功率不稳定性小于 3%。

... (faded text) ...

... (faded text) ...

$$(1) \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right) - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \right] \rho \omega d = G(x, y, z)$$