

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0096-03

LD 抽运 Nd:YAG 板状激光器介质温度特性的 实验研究*

方爱平 楼祺洪 董景星 魏运荣 李铁军 黄峰 章琳

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘要 对研究了 LD 抽运 Nd:YAG 板状激光器介质的温度特性。利用热像仪测量, 给出了板状激光介质在不同抽运电流下温度分布的热像图和定性分析。指出热像仪测量是一种可行的测量实际冷却效果的方法。

关键词 Nd:YAG 板状激光器, LD 抽运, 温度特性

中图分类号 TN248.1⁺3 **文献标识码** A

Experimental Study on the Temperature Characteristics of LD Pumped Nd:YAG Laser Slab

FANG Ai-ping LOU Qi-hong DONG Jing-xing WEI Yun-rong
LI Tie-jun HUANG Feng ZHANG Lin

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract The temperature characteristics of LD pumped Nd:YAG laser slab are investigated through experiment. The temperature distribution photograph of YAG slab are taken by an IR camera under different LD pump current. A primary qualitative analysis is given to explain experimental results. It demonstrates that using an IR camera is a liable method to reflect the actual cooling effect.

Key words Nd:YAG slab laser, LD pumped, temperature characteristics

1 引 言

激光器运转时, 介质会吸收一部分抽运光能量而发热。同时又因外部冷却使热扩散, 在介质内形成一定的温度梯度^[1]。这种非均匀温度场及相应的热聚焦作用, 会因为可能导致冷腔状态下的处于稳区的谐振腔失稳等原因, 而影响激光光束质量和激光平均功率的提高, 成为实现大功率化时的最终限制因素之一。而激光介质中的能量分布越均匀, 温度分布越均匀, 热焦距就越长, 热透镜的影响就越小^[2]。于是为了获得最佳的激光输出, 需要控制激光介质的温度在最佳状态, 采取有效的冷却手段, 首先就要了解激光介质内的温度特性。1984 年, Eggleston 等人^[3]曾讨论氙灯抽运下, 板状激光器中 YAG 晶体无限长时的理想温度分布, 给出了一般的关系式。1987 年, 刘亚钢, 何慧娟等^[4]具体解出同

样情况下温度 T 的分布。而 LD 抽运与氙灯抽运相比, 具有总效率高, 寿命长, 能损低, 稳定性高, 重量较轻, 体积较小等优点, 讨论 LD 抽运时板状激光介质的温度特性就很有实际意义。

对于 LD 侧向抽运 Nd:YAG 板状激光器, 利用热像仪精细测量其介质的温度分布在国内还未见报道。本文对此条件下 Nd:YAG 介质内的相对温度分布进行了热像测量, 给出了实际等温图, 定性分析了温度分布的情况。

2 实验及结果分析

2.1 实验装置

如图 1 所示, 本测量装置采用 LD 侧向抽运 Nd:YAG 板的方式, 抽运光源位于激光介质板一侧面的中部, 紧贴介质。谐振腔为平凹腔, 腔长 450 mm, 凹镜 $R = 500$ mm, 激光从平镜输出, $T = 6\%$ 。测温时不加谐振腔。实验时在除抽运面的三个侧面上包上

* 国家自然科学基金(19984002)资助课题。

铜块热沉,并采用循环水冷却。以抽运侧面为坐标系的 $x=0$ 面,以激光出射方向为 z 轴,坐标系原点取在激光出射截面上抽运源一侧的棱的中点处。热像仪型号为 prismDS FSI(USA),放在 YAG 板 z 向轴线

上距其约 1 m 处进行观测摄像。分别摄得抽运电流 I 为 16 A 到 23A 时(间隔 1 A)板 x - y 平面上的温度图像,所加每个电流值的持续时间大约为 2 min。所测激光介质板平面的尺寸为 $3\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 。

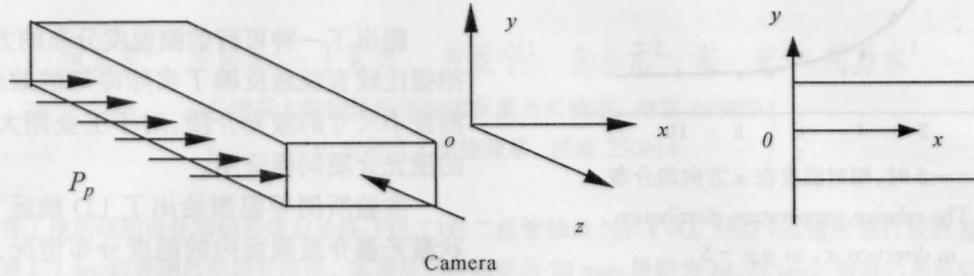


图 1 实验装置示意图

Fig.1 The experimental setup

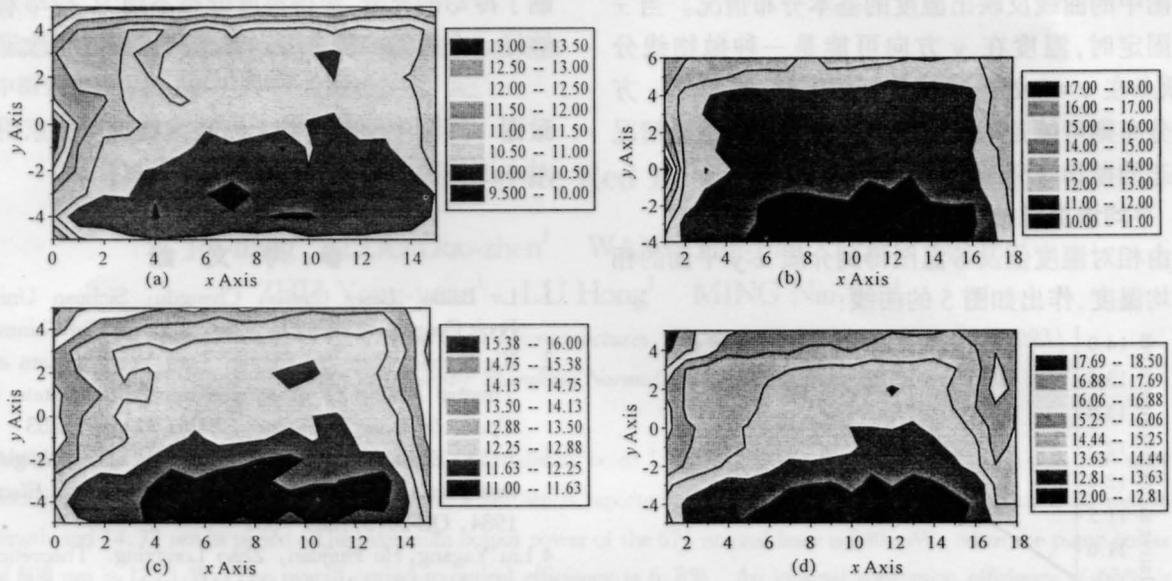


图 2 Nd:YAG 板 x - y 平面等温图. (a) $I=16\text{ A}$; (b) $I=18\text{ A}$; (c) $I=20\text{ A}$; (d) $I=23\text{ A}$

Fig.2 The temperature contour in x - y plane of Nd:YAG slab. (a) $I=16\text{ A}$; (b) $I=18\text{ A}$; (c) $I=20\text{ A}$; (d) $I=23\text{ A}$

2.2 介质板内的温度分布

将热像仪所摄得的温度分布图片进行处理,得到平面内各点的相对温度值。相对温度值指实际温度与某一热常数(与介质有关)的比值,热像仪图片直接显示此值。为方便,作图时使用相对温度值。将介质板均分成 x 方向 18 份, y 方向 11 份,图中 x , y 的位置均指相对于坐标原点的份数值。根据所得数据作出每种情况下的等温图,分布规律大致相同。

由图可见,平面内温度以抽运光源的位置为中心成辐射状分布,中心处温度最高。而距中心越远温度越低,图中出现的偏差主要是因为实际冷却的不均匀。在本实验中,介质板底部热沉块厚,冷却的较彻底,而介质板顶部和非抽运面的一侧冷却不够充分。另外,介质本身的不均匀性也有影响。

以 $I=20\text{ A}$ 为例,再分别作出某固定 x , y 位置时,温度在 y , x 方向的分布情况,如图 3,4。

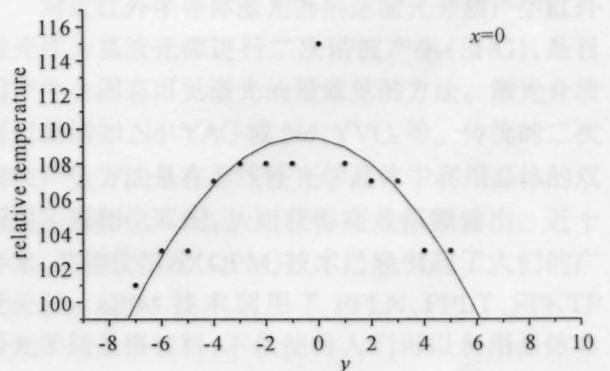


图 3 $x=0$ 时,相对温度在 y 方向的分布
Fig.3 The relative temperature distribution in direction y , at $x=0$

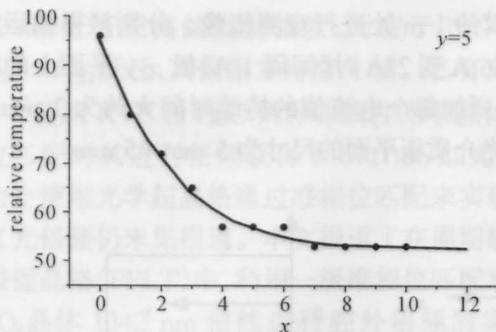


图4 $y = -5$ 时, 相对温度在 x 方向的分布

Fig.4 The relative temperature distribution in direction x , at $y = -5$

此时可以合理地去掉介质板外侧由于冷却不均匀而畸变的点。

图中的曲线反映出温度的基本分布情况。当 x 位置固定时, 温度在 y 方向可能是一种抛物线分布, 顶点在 $y=0$ 处。当 y 位置固定时, 温度在 x 方向的分布则可能是一种双曲线。这与均匀抽运情况下稳态的抛物线分布^[4]相类似。

2.3 平均温度随抽运电流的变化

由相对温度值及等温图得到介质 x - y 平面的相对平均温度, 作出如图 5 的曲线:

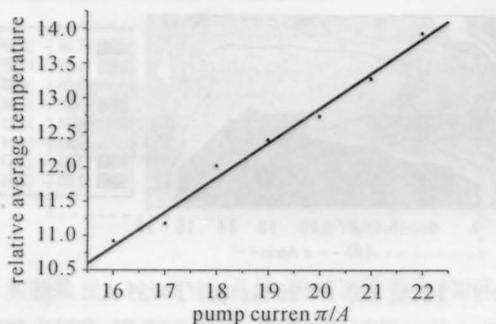


图5 相对平均温度-抽运电流关系曲线

Fig.5 Curve of relative average temperature and pump current

曲线基本上呈线性变化。抽运电流越高, 介质的温度越高, 于是对冷却程度的要求也不同。

3 结 论

提出了一种可行的测温度分布的方法。热像仪拍摄比较直观地反映了实际冷却的效果, 不仅可以测量小尺寸的激光介质, 对于工业用大功率大尺寸的激光介质同样适用。

实验所测等温图给出了 LD 抽运 Nd:YAG 板状激光器介质截面内的温度分布情况, 指出其温度的辐射状分布规律。本装置中, 由于所选介质板的长宽比不够大, 以及介质周围热沉块的大小不均, 限制了冷却的充分, 使得温度分布不均匀, 冷却效果不够好。今后的实验中可以对这两点再进行改进。

致谢 感谢中国科学院上海技术物理所施家明老师对本工作热像测量方面的帮助。

参 考 文 献

- 1 Lv Baida. *Laser Optics*. Chengdu: Sichuan University Book Concern, 1992. 276~291, 361~363 (in Chinese)
- 2 Xie Wenjie, Tam Siu-Chung, Lam Yee-Loy Lam *et al.*. Thermal lensing of diode side-pumped solid-state lasers. *Optics & Laser Technology*, 2000, **32**: 199~203
- 3 J. M. Eggleston, T. J. Kane *et al.*. The slab geometry laser-part I: theory. *IEEE J. of Quant. Electron.*, 1984, **QE-20**(3): 289~301
- 4 Liu Yagang, He Huijuan, Zhao Longxing. Theoretical and experimental study of a Nd:YAG slab laser. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1987, **7**(7): 577~583 (in Chinese)
- 5 Xie Wenjie, Tam Siu-Chung, Lam Yee-Loy Lam *et al.*. Thermal and optical properties of diode side-pumped solid state laser rods. *Optics & Laser Technology*, 2000, **32**: 193~198