

GGG 晶体板状激光器特性的研究

廖 严 何慧娟 李永春 顾圣如 赵隆兴 钱林兴
陈 翔 王之江

(中国科学院上海光学精密机械研究所激光技术实验室, 上海 201800)

提 要

测试 GGG 晶体板条的激光性能, 并在高功率泵浦下对板条的热聚焦效应进行了研究.

关键词 GGG 板条激光器, 热聚焦补偿.

具有较高掺钕浓度的 Nd:GGG (无钷钆镓石榴石 $Gd_3Ga_5O_{12}$ 简称 GGG) 和 Cr:Nd:GGG 晶体容易得到无晶核, 大尺寸的晶体, 且具有较高的(比 Nd:YAG)激光效率, 但是 GGG 的热效应大于 Nd:GGG, 不宜作为棒状激光器的介质. 国外对 GGG 材料及其板状激光器进行了较多的研究^[1~5], 日本已用尺寸为 $9.5 \times 55 \times 201$ mm 的 Nd:GGG 板条取得了平均功率为 830 W 的最高输出. 在国内, GGG 板条型激光器尚未见报道. 本文用尺寸为 6 mm \times 16 mm \times 84 mm 的 GGG 板条, 进行了激光运转的初步尝试.

实验通过改变激光腔输出镜的反射率, 测量了激光振荡阈值, 由阈值 $-\ln R$ 曲线得出实际腔的非耦合损耗率, 近似为 GGG 材料在腔内往返损耗. 图 1 给出了实测结果.

$$2\alpha L = 0.4$$

式中 α 为介质的损耗系数, L 为介质的有效长度(即介质中的之字形光路长度), 于是得:

$$\alpha = 1.9\% (\text{cm}^{-1})$$

可见由于材料的光学均匀性差, 损耗系数较大.

通常, 板状结构能够消除一阶热聚焦效应, 但在高平均功率泵浦下, 由于边缘和端面效应板状结构激光器依然存在热聚焦效应^[5~6], 且在其宽度和厚度方向, 等效热透镜的焦距是

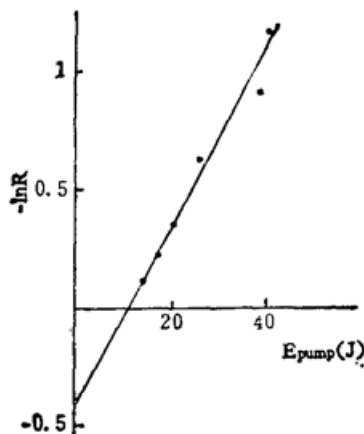


Fig. 1 Resonator round trip loss. E_{pump} is the threshold energy

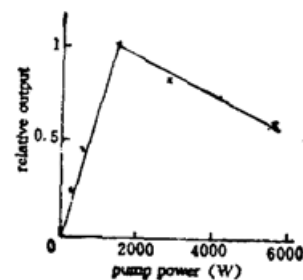


Fig. 2 Thermal diopters in slab width and height directions vs. average pump power. x—slab width, ●—slab height

不同的。由于 GGG 的热导率低于 YAG, 在同样泵浦功率下, 其热焦距也比同尺寸的 YAG 小。

当研究激光输出特性时, 出现了较严重的热聚焦效应, 导致激光输出功率随泵浦的平均功率的上升而下降, 其结果如图 2 所示, 由图 2 可知, 在平凹谐振腔内, 平均泵浦功率大于 1kW 时, 热效应影响严重, 从而输出光束质量也随之下降。

以一束平行光入射到 GGG 板中, 用测量等效热焦距的方法测量, 给出热光焦距与泵浦平均功率的关系曲线, 如图 3 所示。图中给出了 x 方向和 y 方向的测量值, 其光焦距均为负值, 且宽度方向小于厚度方向。

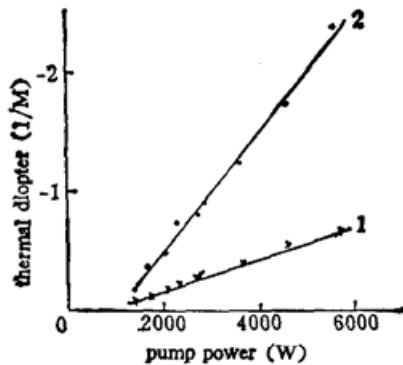


Fig. 3 Laser relative output power vs. average pump power

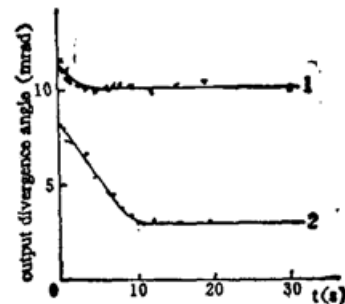


Fig. 4 The output divergence angles vs. laser operation time under 5600 W pump power.
x — slab width, ● — slab height

为对其热效应进行补偿, 在腔内插入柱面透镜, 根据图 3 选择合适的柱面镜参数。在输入泵浦平均功率 2800 W 时, 用全反 ($R=2M$) 平凹谐振腔, 插入 $f=1.5M$ 的柱面镜, 输出激光亮度提高 2 倍; 在输入泵浦平均功率 5600 W 时, $f=1.3M$ 的柱面镜, 输出激光亮度提高 4 倍, 经补偿后的激光输出功率均提高 2~4 倍。

对补偿后的激光腔, 观察其输出激光的发散角随时间的变化。图 4 给出了泵浦平均功率为 5600 W 时的结果。曲线 1 是宽度方向的分散角, 曲线 2 是厚度方向的分散角。显然宽度方向的热焦距小, 从而其热平衡的时间短。

在实验中未设计专用的聚光腔, 板条的长度仅是聚光腔长度的 $3/4$, 所以激光转换效率难以提高; 此外, GGG 板要求材料在大尺度范围内具有好的光学质量, 不然腔内损耗大, 输出功率不高。如果获得大尺寸高质量晶体, 可望获得高平均功率, 高亮度的激光运转。

感谢中国科学院物理所张乐惠、王祖仑等先生提供 GGG 材料。

参 考 文 献

- [1] H. B. Puell, U. Wöstenbrink, Lasing properties of flashlamp pumped GGG-crystals. *Proc. SPIE*, 1988, **1021**: 51~55
- [2] H. Lundt, H. Weidner, H. Fuβstetter, High laser efficiency to Cr^{3+} sensitization in $Cr:Nd:GGG$. *Proc. SPIE*, 1988, **1021**: 55~60
- [3] H. Hayakawa, H. Yoshida, N. Takeda *et al.*, High average Power Neodymium-doped Gadolinium gallium Garnet Slab Laser. *Proc. SPIE*, 1989, **1040**: 199
- [4] L. E. Zapata, K. R. Manes, D. Christie *et al.*, Performance of a 500 watt Nd:GGG zigzag slab oscillator. *Proc. SPIE*, 1990, **1223**: 259~273
- [5] Kazuki Kuba, Takashi Yamamoto, Shigenori Yagi, Improvement of slab-laser beam divergence by using

- an off-axis unstable-stable resonator. *Opt. Lett.* 1990, 15(2): 121~123
- [6] T. J. Kane, R. C. Eckardt, R. L. Byer, Reduced Thermal Focusing and Birefringence in Zig-Zag Slab Geometry Crystalline Lasers. *IEEE, J. Quant. Electron.*, 1983, QE-19(9): 1351~1354

Lasing properties of a GGG crystal slab laser

LIAO YAN HE HUIJUAN LI YONGCHUN GU SHENGRU ZHAO LONGXING
QIAN LINXING CHEN XIANG WANG ZHIJIANG

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai, 201800)

(Received 3 January 1992; revised 26 February 1992)

Abstract

The lasing properties of a $6 \times 16 \times 84$ mm GGG crystal slab were measured and its thermal lensing effect was investigated under high power pumping.

Key words GGG slab laser thermal lensing compensation.

第二届中日激光学术讨论会在日本大阪举行

第二届中日激光学术讨论会于1992年5月21日至23日在日本大阪举行。它是1990年在中国上海召开的第一届中日激光讨论会之继续。本届讨论会由日本光学学会组织和筹备,中国光学学会有关部门协助的。会议期间,学术气氛浓厚,会下交流讨论广泛而友善。参加本次会议代表62人,录用论文47篇(中国的论文19篇)。

日本光学学会主席 Shimoda 主持了会议的召开。中国科学院学部委员、中国光学学会副理事长王之江教授率16名中国代表出席这次会议。

论文反映了中日两国激光工作近二年的进展和成就。显示了近二年来在激光研究、应用以及新型激光探索等方面的概况。激光研究的主方向之一仍是提高激光输出功率。如称为最大的玻璃激光系统之一的日本 GEKKO XII 装置已经完成了升级的准备工作。升级后的系统将以350mm孔径给出倍频100kJ的激光能量。中国科学院上海光机所的神光装置将在实验演示的基础上升级,以便得到6kJ能量输出。激光研究的另一方向是短脉冲的研究和新型激光研究,如掺钛蓝宝石激光、电子束泵浦的高功率激光以及二极管泵浦的激光等都有一定数量的论文。

核聚变研究在日本仍然是高功率激光装置的一个重要应用,在日本聚变获得新能源的研究,似乎可以获得充足的经费,开展的研究课题较多,几种激光系统都从事这一研究。高功率激光用于X射线激光研究是重要的前沿课题。中国代表介绍了用高功率激光所获得的具有世界先进水平的X射线激光研究的成果,王之江教授介绍了提高X射线激光的新设计和X射线的激光全息。

东道主邀请中国代表们参观了日本最大的固体激光核聚变实验基地——大阪大学激光工程研究所的实验装置。代表们饶有兴趣地进入实验室作了认真细致的观察。不仅观察了其GEKKO XII激光系统本身,还观察了聚变用的靶室和倍频装置等。它的巨大规模、高度的自动化和良好的实验条件,给代表们留下了深刻的印象。

(欧阳斌)