

LD 泵浦的 Nd:YAG 陶瓷激光器³

杨成伟, 霍玉晶^{3 3}, 何淑芳, 冯立春

(清华大学电子工程系, 北京 100084)

摘要:介绍了一种新型的固体激光材料——Nd:Y₃Al₅O₁₂ (Nd:YAG) 陶瓷的光学特性,设计并研制成 LD 泵浦的 Nd:YAG 陶瓷微型激光器件。阈值泵浦功率为 48 mW,在泵浦功率为 1.5 W 时获得了 516 mW 的 1064 nm 连续激光输出,光2光转换效率为 34.4 %。

关键词:LD 泵浦; Nd:Y₃Al₅O₁₂ (Nd:YAG) 陶瓷; 阈值泵浦功率; 光2光转换效率

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 100520086(2004)0720787203

LD Pumped Nd:YAG Ceramic Laser

YANG Chengwei, HUO Yujing^{3 3}, HE Shufang, FENG Lichun

(Department of Electronics Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The optical characteristic of Nd:Y₃Al₅O₁₂ (Nd:YAG) ceramic, a new type solidstate laser material, was introduced, and LD pumped miniature laser with Nd:YAG ceramic was developed. The laser threshold is only 48 mW with R = 97 % output coupler. With 1.5 W pumping power, 516 mW CW laser output at 1064 nm has been obtained corresponding to an optical2to2optical efficiency of 34.4 %.

Key words: LD pumped; Nd:Y₃Al₅O₁₂ (Nd:YAG) ceramic; threshold pump power; optical2to2optical efficiency

1 引 言

Nd:Y₃Al₅O₁₂ (Nd:YAG) 单晶由于增益高、阈值低、光学质量好、热特性和机械特性良好等优点而成为当前最常用的固体激光材料之一^[1~3]。但是由于 YAG 单晶是用提拉法生长的,生产成本低,生长周期长,掺杂浓度低且掺杂不均匀,这些因素使得它的应用受到一定限制。最近采用新工艺制造出散射损耗小、高度透明的 Nd:YAG 多晶陶瓷,并且产生了高效的激光振荡,使得陶瓷激光介质引起人们广泛关注^[4~9]。多晶 Nd:YAG 陶瓷的热导率、吸收光谱、发射光谱及荧光寿命等都和单晶 Nd:YAG 相似。在 LD 泵浦激光器中,多晶 Nd:YAG 陶瓷具有与 Nd:YAG 单晶相当甚至更高的效率^[10~12]。由于多晶 Nd:YAG 陶瓷弥补了单晶 Nd:YAG 的很多不足,成为单晶 Nd:YAG 强有力的替代者,获得广泛的应用。

鉴于其诸多优点, Nd:YAG 陶瓷已经引起越来越

多的关注。本文对 LD 泵浦的 Nd:YAG 陶瓷激光器进行了研究,报道最新实验结果。

2 Nd:YAG 陶瓷的性质

Nd:YAG 陶瓷是用烧结方法制备的,不仅生长周期短,而且容易获得更大的尺寸,目前最大尺寸是 $\Phi 450 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ^[12];多晶 Nd:YAG 陶瓷的掺杂浓度最高可达 6.8 %at.^[13],因而可以通过提高掺杂浓度来提高材料对泵浦光的吸收;多晶 Nd:YAG 陶瓷的折射率为 1.8,热导率为 $(10.7 \pm 0.5) \text{ W/(K} \cdot \text{m)}$ ^[10]。

Baikowski 公司^[10]对该公司生产的相同掺杂浓度的 Nd:YAG 陶瓷和 Nd:YAG 单晶的光学性质进行了对比,结果显示:两者的吸收光谱几乎完全一致,其吸收峰都在 808.6 nm,两者的荧光光谱几乎完全一致,其发射峰在 1064.2 nm;掺杂浓度为 0.1 %、0.6 %、1.0 %、2.0 %和 4 %at. 的 Nd:YAG 陶瓷样品

收稿日期:2003212226 修订日期:2004204205

3 基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(50132010)

3 3 E2mail:hyj2dee@mail.tsinghua.edu.cn

的荧光寿命分别为 258、252、234、174 和 96 μs , 当掺杂浓度大于 1 %at. 时, 其荧光寿命明显缩短。对比结果表明, Nd:YAG 陶瓷与 Nd:YAG 单晶在吸收光谱、发射光谱及荧光寿命等光学性质几乎完全一致。

文献[10]还比较了相同掺杂浓度(0.6 %at.)的 Nd:YAG 陶瓷和 Nd:YAG 单晶激光的光2光转换效率, 结果表明:在 LD 泵浦的激光器系统中, Nd:YAG 陶瓷具有与 Nd:YAG 单晶相当甚至更高的效率。

3 实验装置

实验用 LD 纵向同轴泵浦 Nd:YAG 陶瓷晶体得

到 1 064 nm 近红外激光, 激光器的实验装置如图 1 所示。其中, 用波长为 808.6 nm 的 LD 作为泵浦光源, 它的发光面积为 $100\text{ }\mu\text{m} \times 1\text{ }\mu\text{m}$; 用日本 Baikows2 ki 公司生产的 $\Phi 4\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 、浓度为 1 %at. 的 Nd:YAG 陶瓷晶体棒作激光工作介质, 它的两个通光面为平行平面, 都镀有对 1 064 nm 的增透膜(剩余反射率 $R < 0.1\%$)。

用自制的焦距为 3 mm 的非球面透镜把 LD 的光束聚焦到激光晶体内部, LD 的光有 70 % 被耦合到激光晶体内部; 采用凹2凸激光稳定谐振腔, 其输入反射镜曲率半径为 100 mm, 对 808.6 nm 泵浦光是高

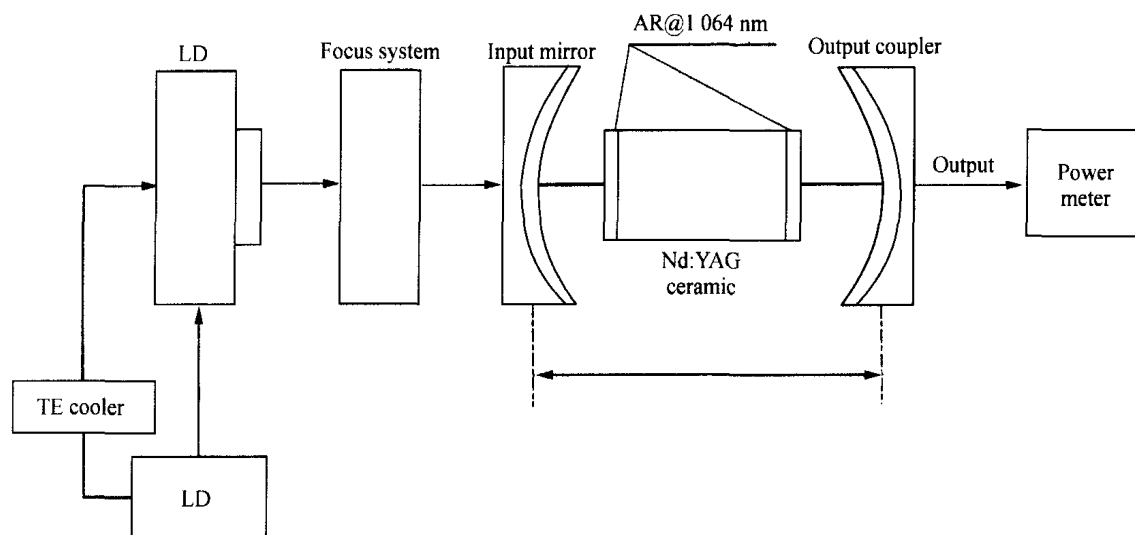


图 1 LD 泵浦的 Nd:YAG 陶瓷激光器示意图

Fig. 1 Schematic diagram of LD pumped Nd:YAG ceramic laser

透射 ($T = 99.5\%$)、对 1 064 nm 光是高反射 ($R = 99.7\%$) 的; 其输出耦合镜曲率半径为 100 mm 的介质膜反射镜, 它对 1 064 nm 光是高反射的 ($R = 97\%$), 对 808.6 nm 泵浦光的反射率 $R = 99.2\%$ 。激光器腔长为 $l = 10\text{ mm}$ 。用自制的 HH 型高稳定 LD 驱动器为 LD 提供稳定度优于 1 mA 的工作电流, 并对激光器进行温度控制。使用北京物科光电公司生产的 LP23A 型激光功率计测量输出功率。

4 实验结果

利用图 1 所示的激光器实验装置, 可获得 1 064 nm 的连续激光输出。图 2 为 1 064 nm 的连续激光输出功率随 LD 泵浦功率变化的关系曲线。LD 泵浦的阈值功率为 48 mW。在 1.5 W 的 LD 泵浦功率下, 获得 516 mW 的最大连续激光输出, 光2光效率为 34.4 %。

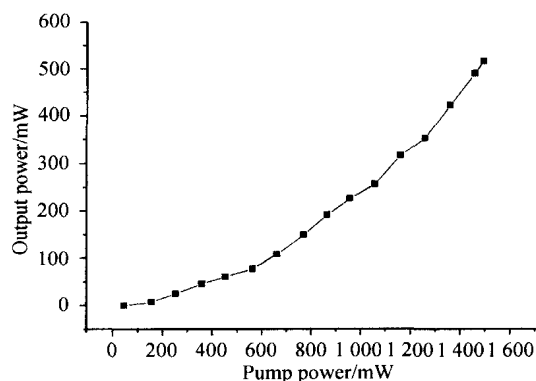


图 2 激光输出功率与 LD 泵浦功率的关系

Fig. 2 Laser output at 1 064 nm vs LD pump power

参考文献:

- [1] WEN Wu2qi, FU Ru2lian, SUN Jian2tang, et al. Active Q2 switch Nd:YAG lasers end2pumped by QCW2LD[J]. J of Optoelectronics·Laser(光电子·激光), 2002, 13(10):

9942996. (in Chinese)
- [2] WANG Zhiyong, WANG Tao, YAO Jianquan. Study on 1319 nm CW Nd:YAG laser with 43 W output power[J]. J of Optoelectronics · Laser (光电子 · 激光), 2003, **14** (11):123521236. (in Chinese)
- [3] GAO Lanlan, TAN Hui2ming, CHEN Ying2xin. Investigation on LD2pumped intracavity frequency2doubled low2noise blue lasers with two LBO crystals and polarized plate[J]. J of Optoelectronics · Laser (光电子 · 激光), 2003, **14** (3):2212224. (in Chinese)
- [4] Akio Ikesue, Kunio Yoshida. Optical properties and laser characteristics of highly Nd³⁺2doped Y₃Al₅O₁₂ ceramics [J]. Appl Phys Lett, 2000, **77** (7):9392941.
- [5] Ichiro Shoji, Sunao Kurimura, Yoichi Sato, et al. Optical properties and laser performances of highly neodymium2doped YAG ceramics[A]. In: CLEO 2000[C]. 4562457.
- [6] Lu J, Murai T, Takaichi K, et al. Highly efficient polycrystalline Nd:YAG ceramic lasers[A]. In: CLEO 2001[C]. 2001. 2062207.
- [7] Lu Jianren, Murai T, Takaichi K, et al. 72 W Nd:Y₃Al₅O₁₂ ceramic laser[J]. Appl Phys Lett, 2001, **78** (23):358623588.
- [8] Lu Jianren, Ueda Ken2ichi, Yagi Hideki, et al. Neodymium doped yttrium aluminum garnet (Y₃Al₅O₁₂) nanocrystalline ceramics—a new generation of solid state laser and optical materials[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2002, **341**:2202225.
- [9] Akio Ikesue. Polycrystalline Nd:YAG ceramics lasers[J]. Optical Materials, 2002, **19**:1832187.
- [10] Baikowski. Ceramic YAG technical datasheet[EB/OL]. <http://www.baikowski.com/components/pdf/ceramic2yag/YAG2DATA2SHEET.pdf>, 2003, 9.
- [11] Lu J, Prabhu M, Song J, et al. Optical properties and highly efficient laser oscillation of Nd:YAG ceramics[J]. Appl. Phys. B, 2000, **71**:4692473.
- [12] Lu Jianren, Prabhu Mahendra, Xu Jianqiu, et al. Highly efficient 2% Nd:yttrium aluminum garnet ceramic laser[J]. Appl Phys Lett, 2000, **77** (23):370723709.
- [13] Lupei V, Lupei A, Pavel N, et al. Comparative investigation of spectroscopic and laser emission characteristics under direct 885 nm pump of concentrated Nd:YAG ceramics and crystals[J]. Appl Phys B, 2001, **73**:7572762.

作者简介:

杨成伟 (1977 -), 男, 山东省莱阳市人, 博士研究生, 主要从事全固态激光器及测距的研究 1