

# 三明治腔结构的 Nd·YVO<sub>4</sub> 激光器\*

何京良 侯 玮 张恒利 冯宝华 许祖彦 杨国桢

(中国科学院物理研究所光物理实验室 北京 100080)

赵宗源 王建明 吴 星

(中国科学院物理研究所晶体材料生长实验室 北京 100080)

**提要** 报道了一种三明治腔结构(Sandwich-type resonator)的 Nd·YVO<sub>4</sub> 全固态激光器。用发射波长 806 nm 的光纤耦合二极管激光器(LD)泵浦 Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体,泵浦光功率为 7 W 时获得 1.064 μm 连续波(CW)TEM<sub>00</sub>模最大输出功率为 3.7 W,光学斜效率为 62%;将 KTP 放入腔内倍频,当泵光为 5.6 W 时,获得 CW 绿光输出 620 mW。光-光转换效率达 11%。

**关键词** 三明治腔, LD 泵浦, Nd·YVO<sub>4</sub> 激光器

## 1 引 言

三明治腔结构的全固态激光器是将所有的光学器件(包括增益介质、倍频晶体、或其它调制元件如被动调 Q 晶体 Cr·YAG)相互紧密接触直接耦合而形成微腔激光器。它具有体积小、结构紧凑、稳定性好、效率高等优点,因而在激光雷达、信息处理、激光彩电等诸多领域中有重要的应用价值。另外,由于它尺寸小、结构简单、造价低,在激光产业化方面有极大的市场潜力。目前,连续波输出和连续波被动调 Q 获得 200 ps 脉宽、峰值功率超过 100 kW 量级的脉冲输出微腔激光器已成为国际上激光界的热点之一<sup>[1]</sup>。用 LD 泵浦 Nd·YVO<sub>4</sub> 的微腔激光器中,用法-珀饱和吸收被动调 Q,获得脉宽为 56 ps,峰值功率为 1.1 kW 的脉冲输出<sup>[2]</sup>;还有人用 LD 泵浦 Nd·YVO<sub>4</sub>,利用三明治微腔结构,获得 1.064 μm 和 532 nm 连续波输出,1.06 μm 的转换斜效率达 60%<sup>[3]</sup>;绿光转换效率达 20%<sup>[4]</sup>;文献[5]报道了用 10 W LD 泵浦 Nd·LSB 晶体,当泵光为 5.6 W 时,KTP 晶体放入三明治腔内倍频获得 1.2 W 单横模连续波绿光输出。

本文采用一种三明治微腔结构,用 LD 泵浦 Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体,平面镜耦合输出,当泵光为 7 W 时,1.064 μm TEM<sub>00</sub>模的连续波输出功率达 3.72 W,斜效率达 62%;换用凹面镜耦合输出,将 KTP 晶体放于腔内倍频,泵光功率为 5.6 W 时,得 620 mW 连续波绿光输出,光-光转换效率达 11%。

## 2 1.064 μm 连续波激光器

三明治腔结构的 Nd·YVO<sub>4</sub> 激光器如图 1 所示。泵光光源是 SDL-3450-P5 型带光纤耦合

\* 国家科委 863 资助课题。

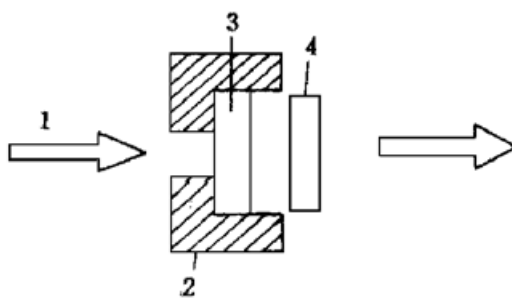


图 1 三明治腔 Nd·YVO<sub>4</sub> 激光器结构

1: LD 泵浦光; 2: 热沉;

3: Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体; 4: 输出耦合镜

Fig. 1 Configuration of the sandwich-type resonator Nd·YVO<sub>4</sub> laser

1: LD pumping; 2: copper heatsink;

3: Nd·YVO<sub>4</sub>; 4: output mirror

的二极管激光器, 在 25℃, 它的发射中心波长为 806 nm, 最大输出功率为 10 W。光束在光纤出口处的发散角是 48°(全角)。用一传输效率为 83% 的微型自聚焦棒状透镜与光纤出口固定在一起, 将泵光耦合到腔内。由于 Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体具有很高的发射截面和大的吸收系数, 在微腔激光器中常用它作增益介质。Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体大小为 3×3×5 (mm), 用它靠近泵光的一面作腔镜。镀 1.06 μm 的高反膜和 808 nm 的增透膜, 另一面镀 1.06 μm 的增透膜。输出镜选用透过率为 8% 的平面镜, 它与 Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体间距大约为 1 mm, 整个腔长约为 6 mm。将晶体装在带有冷却的紫铜块内, 保持较好的热接触。试验中, 一旦调试完毕, 随后就不再调节腔内各元件。泵光功率的变化, 没有引起输出功率不稳定现象, 这可能是由于泵光功率的增大而使 Nd·YVO<sub>4</sub> 晶体等效为一热透镜, 从而平-平腔可等效为稳定度较高的平-凹腔, 使 1.064 μm 的输出功率较为稳定。图 2 表示了 1.06 μm 激光输出功率与泵光功率的关系, 泵光阈值为 1 W, 当泵光功率为 7 W 时, 1.06 μm 连续单横模最大输出功率为 3.72 W, 光-光转换效率为 53%, 斜效率为 62%, 电-光转换效率为 8%。同时, 在输出功率为 1.8 W 时, 我们还对输出模式进行了测量。在距激光器输出镜 700 mm 处用 φ200 μm 的针孔功率探测器, 通过光斑中心分别在水平方向和垂直方向进行一维扫描。如图 3 所示(图中只给出了一维方向), 它表明激光输出在远场光斑具有 TEM<sub>00</sub> 模的一维空间分布。图 4 是对激光输出功率所做的测量曲线, 在 1 h 内测量其功率抖动的平均幅度约为 0.3%。

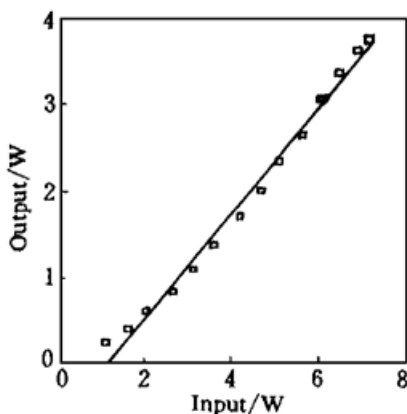


图 2 Nd·YVO<sub>4</sub> 激光器的输入-输出功率关系

Fig. 2 Input-output power characteristics of the Nd·YVO<sub>4</sub> laser

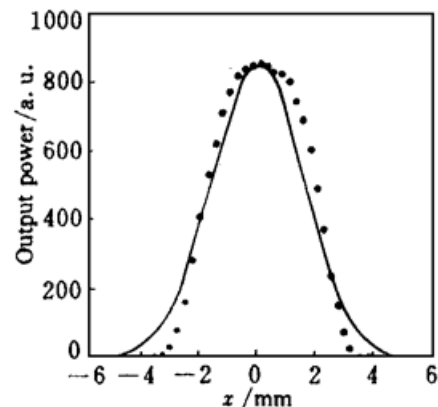


图 3 远场强度分布

Fig. 3 Far-field intensity pattern

### 3 连续波 620 mW 绿光激光器

将输出镜换成  $R = 40$  mm 的凹面镜, 它对 1.06 μm 高反和对 532 nm 高透, 腔内放入 KTP 倍频晶体。Nd·YVO<sub>4</sub>, KTP 和输出镜紧挨着放置, 整个腔长几乎就是两晶体的通光长度, 以形成紧凑的三明治腔结构。采用 II 类相位匹配, KTP 晶体两通光面均镀双色增透膜, 大小为 3×3×5 (mm)。腔内基模束腰大小为 79 μm。当泵光为 5.6 W 时, 获得连续波绿光输出

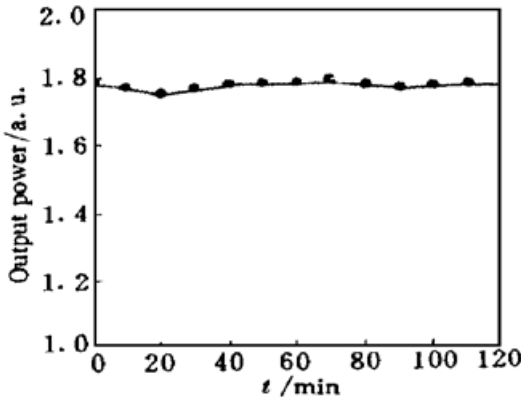


图 4 输出功率波动测量

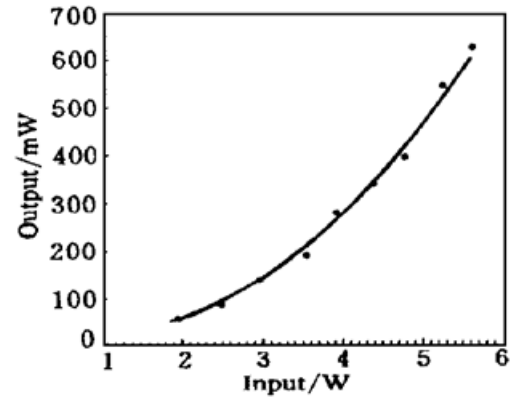
图 5 Nd·YVO<sub>4</sub> 绿光输入-输出功率关系

Fig.4 The measurement of the output power fluctuation Fig.5 Input-output power for the Nd·YVO<sub>4</sub> green laser 功率为 620 mW, 光-光转换效率为 11%。图 5 是泵光功率与绿光输出功率的关系。绿光的输出光束质量不是太好, 分析其原因, 可能是此平-凹腔的 TEM<sub>00</sub>基频光在腔内光束的大小 (< 100 μm) 远小于泵光的光斑尺寸 (~ 600 μm), 从而导致腔内存在许多高阶模产生振荡, 此时, 倍频光亦不是单横模。但大的泵光尺寸可减少激光晶体的热透镜效应, 从而获得较稳定的绿光输出。

### 参 考 文 献

- 1 John. J. Zayhowski. Microchip laser. CLEO '97, Technical Digest, CThK1, 1997, 354
- 2 B. Braun, F. X. Kartner, G. Zhang *et al.*. Passively Q-switched diode-pumped 56-ps microchip laser, CLEO '97 Technical Digest, Paper CFJ1, 1997, 499
- 3 G. Q. Gu, F. Zhou, G. Zhang *et al.*. Passively Q-switched diode-pumped single-frequency Nd·YVO<sub>4</sub> microchip laser with a GaAs output coupler. CLEO '97, Technical Digest, Paper CFJ2, 1997, 499
- 4 R. S. Conroy, A. Kemp, N. Mackinnon *et al.*. Comparison of 671/134 nm generation with 532/1064nm in Nd·YVO<sub>4</sub> microchip lasers. CLEO '97, Technical Digest, Paper CFO6, 1997, 521
- 5 V. G. Ostroumov, F. Heine, S. Kiick *et al.*. Intracavity frequency-doubled diode-pumped Nd·LaScs (BO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> lasers. *Appl. Phys.*, 1997, **B64**: 301~ 305

## Sandwich Resonator Nd·YVO<sub>4</sub> Laser

He Jingliang Hou Wei Zhang Hengli Feng Baohua Xu Zuyan Yang Guozhen

(Laboratory of Optical Physics, Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Zhao Zongyuan Wang Jianming Wu Xing

(The Research Group of Crystal Growth, Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**Abstract** A novel all-solid-state Nd·YVO<sub>4</sub> laser with a sandwich resonator was reported. Under 7 W of 806 nm fiber-coupled diode-laser pumping, 3.7 W of 1.064 μm output power was obtained in CW TEM<sub>00</sub> mode with a slope efficiency of 62%. With an intercavity frequency-doubling KTP crystal used, 620 mW of green output was achieved with an 11% optical-optical efficiency.

**Key words** sandwich resonator, LD pump, Nd·YVO<sub>4</sub> laser