

LD 抽运 Nd·YVO₄ 的平-平腔微片激光器*

马立苹¹ 胡鸿璋¹ 李增智¹ 孟宪林²

¹ 天津大学应用物理系 教育部光电子信息工程开放实验室 天津 300072

² 山东大学晶体材料研究所 济南 250100

提要 用一种简单方法实现了 LD 端面抽运 Nd·YVO₄ 的平-平腔微片激光器, 获得波长为 1.064 μm 的基横模(TEM₀₀)输出。抽运阈值为 40 mW, 斜率效率为 29.4%。简述了实验装置及结果。

关键词 微片激光器, 平-平腔, 端面抽运

1 引 言

由于激光二极管(LD)抽运的微片激光器具有体积小、效率高和应用前景广泛等特点, 成为激光器件领域中一个倍受关注的热点。在适合 LD 抽运的激光晶体中, Nd·YVO₄ 晶体与 Nd·YAG 相比, 具有相似的吸收谱和发射谱, 而吸收谱稍有加宽和增强。从而可降低对 LD 的温控要求, 并且可以提高微片激光器的输出功率。

近来文献报道的 LD 抽运 Nd·YVO₄ 的激光器中, 谐振腔大多采用球面输出反射镜。相比之下, 我们采用简单的方法, 利用晶体固有的两平行平面形成自准直平-平腔, 得到连续稳定的激光输出。

2 实验装置与测试

实验装置如图 1 所示。半导体激光二极管由中国科学院半导体所生产, 波长随温度的变化系数为 0.24 nm/°C, 利用温控装置, 将发射波长调整到 Nd·YVO₄ 的最强吸收峰(809 nm)处。利用 Nd·YVO₄ 晶体的偏振吸收特性, 仔细调整激光二极管的方位, 使抽运光相对于晶体呈 π 偏振。由于激光二极管的输出光束发散角很大且垂直于结平面和平行于结平面的光束不对称, 实验中为了充分利用抽运功率, 将激光二极管的保护窗罩去掉, 用一柱面镜贴近激光二极管发光面, 对激光二极管输出的抽运光发散较大的方向进行压缩, 使激光二极管的输出光近似保持平行。

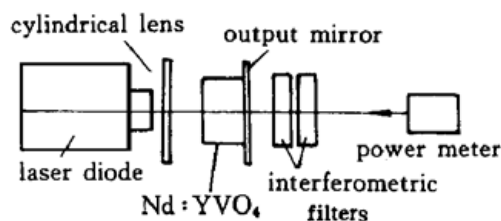


图 1 实验装置图

Fig. 1 Device of experiment

一柱面镜贴近激光二极管发光面, 对激光二极管输出的抽运光发散较大的方向进行压缩, 使激光二极管的输出光近似保持平行。

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1999-01-22; 收到修改稿日期: 1999-03-23

谐振腔反射镜一面直接镀在晶体的一侧,即 $\text{Nd} \cdot \text{YVO}_4$ 的一面镀对 809 nm 增透,对 1.064 μm 高反的双色介质膜,输出腔镜则为一对 809 nm 镀高反膜的平面镜紧贴在晶体另一面(利用纯酒精挥发导致的气压差将两片压紧),这样利用晶体固有的平行平面形成自准直的水平-平腔(不将介质膜直接镀在晶体另一面为的是还可取掉输出腔镜进一步作倍频实验)。由此,激光器腔长为 1 mm。减少腔内元件数目可以减少腔内损耗,并充分利用抽运光,使整个装置结构紧凑、稳定性增强,体积也大幅度减小。

激光器的输出经过两片对 809 nm 高反的干涉滤光片,滤掉残余的抽运光,用激光功率计测量 1.064 μm 激光的输出功率。

3 实验结果

我们用相对简单而又紧凑的水平-平腔结构实现了 1.064 μm 单模运转的微片激光器,这在国内还鲜有报道,虽然文献[1]采用了水平-平腔,利用三明治微腔结构,但其使用的激光二极管是带光纤耦合的,且输出功率比较大,晶体的通光长度是我们的 5 倍,其腔内设有控温设备。而且激光器的结构较大,这样在较大抽运功率下,虽其阈值较大,也会保持恒定温度,保持较大的斜率效率。我们采用普通小功率激光二极管,较小长度的激光晶体从而免去晶体的控温设备。当晶体工作时,热效应产生热焦距 f_T ,因为晶体很薄靠近后腔片,引起的等效曲率半径为 $R = 2f_T$ 。故晶体热透镜谐振腔可以等价于水平-凹腔^[2]。图 2 表示 1.064 μm 激光输出功率与抽运光功率关系。抽运光阈值为 40 mW,当抽运光功率为 500 mW 时,1.064 μm 连续单横模最大输出功率为 135 mW。

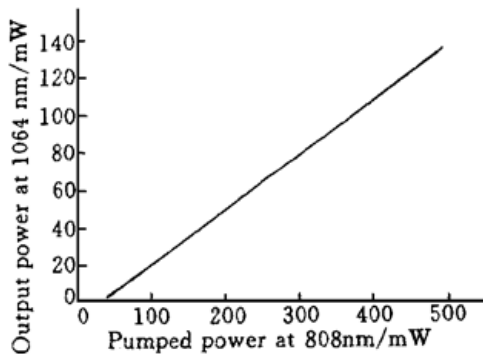


图 2 $\text{Nd} \cdot \text{YVO}_4$ 激光器的输入-输出功率关系

ig. 2 Input-output characteristics of $\text{Nd} \cdot \text{YVO}_4$ laser

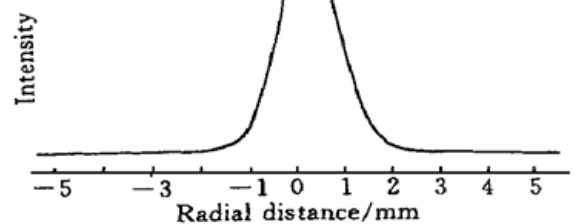


图 3 远场强度分布

Fig. 3 Intensity profile in the far-field

用针孔功率探测器,通过光斑中心分别在水平和垂直方向进行一维扫描测量。图 3 只给出了水平方向功率分布,可明显地看出输出光为基横模(TEM_{00})分布。

参 考 文 献

- 1 He Jingliang, Hou Wei, Zhang Hengli *et al.*. Sandwich resonator $\text{Nd} \cdot \text{YVO}_4$ laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1998, **A25**(3): 217~ 219 (in Chinese)
- 2 Zheng Chaosi, Hu Qiquan. Thermal effect of LD CW end pumped anisotropic solid state lasers. *Chinese J. Lasers*(中国激光), 1997, **A24**(8): 679~ 684 (in Chinese)

Nd·YVO₄ Microchip Laser with a Plano/plano Cavity End-pumped by LD

Ma Liping¹ Hu Hongzhang¹ Li Zengzhi¹ Meng Xianlin²

¹Natural Academy Applied Physics Department of Tianjin University, Open Laboratory of Photoelectronics and Information Engineering, National Education Committee, Tianjin 300072

²Institute of Crystals, Shandong University, Jinan 250100

Abstract A simple Nd·YVO₄ microchip laser with a plano/plano cavity end-pumped by LD is reported. The laser output with $\lambda = 1.064 \mu\text{m}$ is TEM₀₀ mode. Pumping threshold is 40 mW with a slope efficiency of 29.4%. The experimental set-up and results are discussed in this paper.

Key words microchip laser, plano/plano cavity, end-pump

激光二极管抽运 Er, Yb·Ca₄YO(BO₃)₃ 晶体 实现 1553 nm 激光输出*

波长为 1.55 μm 附近的激光,对人的眼睛是安全的,在光通讯上有重要应用。晶体中 Er³⁺ 离子通过 ⁴I_{13/2} → ⁴I_{15/2} 跃迁可以产生该波长的激光。但 Er³⁺ 对 1.55 μm 波长激光有较强吸收,而对 InGaAs 和 AlGaAs 激光二极管(LD)的激光则吸收很弱,因此用 LD 抽运 Er³⁺ 掺杂晶体输出 1.55 μm 激光几乎是不可能的。但是若双掺 Er³⁺, Yb³⁺, 则可解决这个问题^[1]。我们在研究 Yb·Ca₄YO(BO₃)₃(简称 Yb·YCOB)晶体及其激光器^[2]的基础上,制备了 Er, Yb·YCOB 晶体,测量了其光谱与激光特性,实现了 1553 nm 激光输出。主要结果为:

(1) 以所合成的 Ca₄Er_{0.02}Yb_{0.20}Y_{0.78}O(BO₃)₃ 多晶为原料,用中频感应加热的 Czochralski 技术成功生长出高光学质量的 Er, Yb·YCOB 晶体,尺寸达 $\phi 35 \text{ mm} \times 52 \text{ mm}$,重 139 g;

(2) Er, Yb·YCOB 晶体的最强吸收峰中心波长为 976.4 nm,吸收系数为 9.9 cm⁻¹。抽运源的发射波长应为 976.4 nm,这与 InGaAs LD 的激光发射波长相符合;

(3) 荧光光谱表明,Er, Yb·YCOB 晶体在 1.55 μm 附近有较宽的发射带,最强发射峰的波长为 1537 nm;

(4) 用 1.6 W 光纤耦合 LD 抽运厚度为 2.5 mm (y 方向)未镀膜 Er, Yb·YCOB 样品,谐振腔为平凹腔,输入平面镜镀对 976 nm 的增透膜(92%)和 1500~1600 nm 的高反膜,输出镜的曲率半径为 1 cm,对 1500~1600 nm 的透过率为 1.6%。测得抽运阈值功率约为 1 W,在 1.6 W 的抽运功率下(实际抽运到晶体上的功率为 1.47 W),连续稳定输出功率约为 2 mW,输出激光的波长为 1553 nm。

参 考 文 献

- 1 T. Schweizer, T. Jensen, E. Heumann *et al.*. Spectroscopic properties and diode pumped 1.6 μm laser performance in Yb-codoped Er·Y₃Al₅O₁₂ and Er·Y₂SiO₅. *Opt. Commun.*, 1995, **118**(5, 6): 557~ 561
- 2 H. Zhang, X. Meng, P. Wang *et al.*. Slope efficiency of up to 73% for Yb·Ca₄YO(BO₃)₃ crystal laser pumped by a laser diode. *Appl. Phys. B*, 1999, **68**(6): 1147~ 1149

¹ 山东大学晶体材料国家重点实验室,晶体材料研究所 济南 250100

²Center for Lasers and Applications, Macquarie University, Sydney, NSW2109, Australia

张怀金¹ 孟宪林¹ 祝 俐¹ Wang Pu² Judith Dawes² Jim Piper² 刘雪松¹ 董春明¹

收稿日期:2000-03-27;收到修改稿日期:2000-04-10