

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0159-02

列阵半导体激光侧面抽运研究

金光勇 宁国斌 阎晓媛 任重 梁柱
(长春光机学院科技开发中心, 长春 130022)

提要 报道了双 LD 列阵侧面垂直径向入射抽运 Nd:YAG 固体激光器的实验结果, 光光转换效率达 30% 左右, 在抽运能量为 96 mJ 时, 得到脉冲能量 30 mJ 的 1064 nm 激光输出, 重复频率达 1000 Hz。

关键词 径向抽运, 侧面抽运, 高重复率激光二极管

中图分类号 TN248.1⁺3 **文献标识码** A

Study on LD Side-pumped Solid-state Lasers

JIN Guang-yong NING Guo-bin YAN Xiao-yuan REN Zhong LIANG Zhu
(Changchun Institute of Optics and Fine Mechantics, Changchun 130022)

Abstract The experimental results of a Nd:YAG laser side-pumped by two laser diodes are reported. The "light-to-light" conversion efficiency is about 30%. A pulse energy of 30 mJ at the wavelength of 1064 nm under a pump pulse energy of 96 mJ is obtained. The maximum pulse repetition rate is 1000 Hz.

Key words radial pumped, side-pumped, high repetition rate LD

1 引言

半导体激光抽运的固体激光器由于兼有了激光二极管和固体激光器的双重优点, 近年来得到迅速发展, 在军事、医疗、加工和科研中得到广泛的应用。目前国内外在半导体抽运激光器中有许多种抽运几何方案, 按抽运光入射方向可分为端面抽运和侧面抽运两种, 而激光二极管侧面抽运方式相对端面抽运模式具有光学耦合简单、结构紧凑且均匀, 适合高功率线阵和面阵的 LD 抽运, 可获得高功率激光输出。侧面抽运又有三管沿晶体棒外圆成 120° 角均布, 多管沿晶体棒外圆四周均布等多种方案, 其光学耦合系统有微棱镜线阵聚光^[1]、偏振双光束耦合^[2]、柱透镜聚光^[3]和光纤直接耦合等方法, 这些抽运方案虽成像较好, 但结构复杂、成本高, 带来的抽运效率却无明显提高因此本文采用双 LD 阵列侧面垂直径向入射抽运方案。

2 实验装置

实验装置如图 1 所示, 两个抽运源为美国制造的准连续列阵半导体激光二极管, 激光二极管长 4 cm, 发射线宽 1 μm, 垂直结方向发散角近似 40°, 平行于结方向发散角接近 10°, 单管峰值功率为 240 W, 单管平均抽运能量为 48 mJ, 重复频率为 1000 Hz, 中心波长在室温时为 808 nm, 光学耦合系统为两块平凸柱面镜, 曲率半径为 21 mm, 尺寸为 50 mm × 20 mm, 激光介质是 Nd:YAG 激光晶体棒, 钕掺杂浓度为 1 at.-%, 尺寸为 φ4 mm × 50 mm, 聚光腔为外径 φ10 mm、内径 φ8 mm、长 80 mm 的圆柱玻璃管, 其表面镀有对 808 nm 抽运光高透和全反介质膜。

在该双 LD 侧面垂直径向入射抽运方案中, 光学耦合系统的设计十分关键, 为了使激光二极管发射出的抽运光沿 Nd:YAG 激光晶体棒径向并垂直 Nd:YAG 激光晶体棒的中心轴入射, 即垂直径向入射到 Nd:YAG 激光晶体棒上。抽运光经过光学耦合系统后, 平行于结方向的抽运光必须变成平行光, 而垂直结方向的抽运光必须以 90° 会聚并成像于一条线上。根据 Nd:YAG 激光晶体棒和聚光腔的实际尺寸, 考虑到激光二极管与光学耦合系统之间的距离和光学耦合系统与 Nd:YAG 激光晶体棒之间的距离, 并充分利用激光二极管 40° 的发散角, 整个光学耦合系统采用了比较简单的平凸柱面镜, 根据下面公式和给定的参数可算出平凸柱面镜的曲率半

径。

$$\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2}{n} \frac{d}{r_1 r_2} \quad (1)$$

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'} \quad (2)$$

$$l = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \theta} \quad (3)$$

$$l' = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \phi} \quad (4)$$

式中 f' 为平面柱透镜的焦距, r_1 、 r_2 分别为平凸柱面镜的平面和凸面曲率半径, n 为制造平凸柱面镜所用特种玻璃材料的折射率, d 为平面柱透镜的厚度, l 为平凸柱面镜到激光二极管发射面的距离, l' 为平凸柱面镜到 Nd:YAG 激光晶体棒中心轴的距离, D 为平凸柱面镜的口径宽度, θ 为激光二极管垂直结方向发散角, ϕ 为抽运光的会聚角。

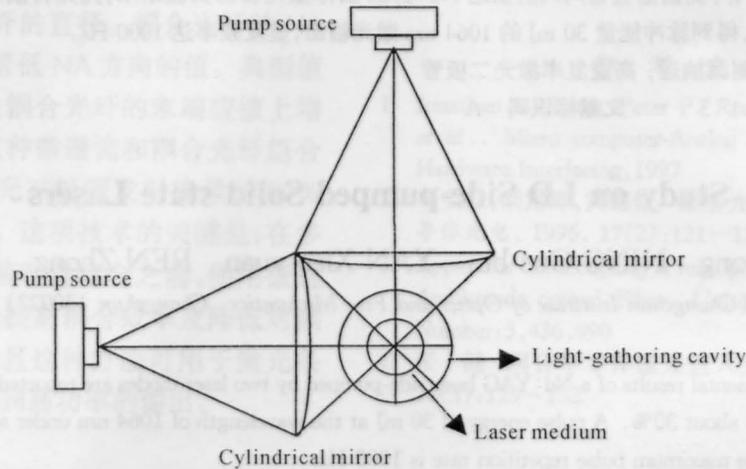


图1 实验装置示意图

Fig.1 Experimental setup

如图1激光二极管发射出的抽运光经平凸柱面镜后,垂直于结方向发出的抽运光以 90° 会聚沿径向入射到 Nd:YAG 激光晶体棒上,由于本文所采用的聚光腔为圆柱腔体,入射抽运光沿 Nd:YAG 激光晶体棒径向传播到激光晶体棒另一侧,经聚光器反射后的抽运光入射到激光晶体棒上,再沿激光晶体棒同一径向传播。经聚光器反射后的抽运光,称之为回程抽运光,由于入射抽运光和回程抽运光都是沿 Nd:YAG 激光晶体棒向入射,降低了激光晶体棒表面反射损耗。两个 LD 列阵和柱面镜沿 Nd:YAG 激光晶体棒成 90° 角垂直放置,因此在晶体内沿每一径向都有抽运光通过,抽运光在晶体内分布比较均匀,并充满了整个晶体。同时在聚光器表面镀有对 808 nm 抽运光高透和全反介质膜,增加了入射抽运光透射率和回程抽运光反射率。因此整个装置结构简单,损耗小,成本低,抽运效率高。

3 结 论

经实验测试,在该双 LD 侧面垂直径向入射抽运方案中,光学耦合系统传递效率达 90%。当抽运能量为 96 mJ 时,得到脉冲能量 30 mJ 的 1064 nm 激光输出,重复频率达 1000 Hz,输出低阶模。可看出该列阵半导体激光侧面垂直抽运体积和模体积交叠较好,整个激光器具有结构紧凑,体积小,抽运效率高等优点,该侧面抽运方式具有良好的应用前景。

参 考 文 献

- 1 James R. Leger, William C. Goltsov. Geometrical transformation of linear diode-laser arrays for longitudinal pumping of solid-state lasers. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1992, 28(4):1088~1100
- 2 Hamid Hemmati. 07- μm CW diode-laser-pumped Tm, Ho:YLiF₄ room-temperature laser. *Opt. Lett.*, 1989, 14(9):435~437