

文章编号: 1001-3806(2002)01-0023-03

二极管激光器运行特性的研究

王海林 黄维玲 周卓尤 曹红兵

(华中科技大学激光技术与工程研究院, 武汉, 430074)

摘要: 对输出功率为 50W 的激光二极管的运行特性进行了测试, 研究了冷却水温对激光二极管输出功率的影响, 以及工作电流和冷却水温对激光二极管中心波长漂移的影响, 为二极管泵浦固体激光器的设计提供有益参考。

关键词: 激光二极管阵列; 运行特性; 输出功率; 中心波长

中图分类号: TN248.5 文献标识码: A

Operating characteristics of laser diode arrays

Wang Hailin, Huang Weiling, Zhou Zhuoyou, Cao Hongbing

(Institute of Laser Technology & Engineering, HUST, Wuhan, 430074)

Abstract: The operating performances of a 50W laser diode arrays have been tested. The output power fluctuation of the laser diode arrays caused by the temperature variation of the cooling water has been measured. The center wavelength shift of the laser diode arrays caused by the current variation and the temperature variation of the cooling water has been studied. The operating performance is important for the design of a diode pumped solid state Nd: YAG laser.

Key words: laser diode arrays; operating performance; output power; center wavelength

引言

近两年来, 随着半导体技术的日益发展和成熟, 激光二极管在功率、转换效率、波长扩展和运行寿命等方面已经有很大提高, 这使得激光二极管泵浦固体激光器得以迅速发展, 并逐渐成为一种趋势。用激光二极管作泵浦光源主要优点有: (1) 可靠性高。泵浦灯使用寿命短, 一般只有 400h 左右, 日常维护量大。尤其在生产线上由于换灯而造成的损失是很大的, 厂家难以承受。而激光二极管阵列的使用寿命很长, 一般都在 2×10^4 h 以上, 因此, 用二极管阵列代替泵浦灯可以使激光设备的维护工作大为减少。(2) 转换效率高。图 1 是 Nd: YAG 棒的吸收光谱、泵浦灯和激光二极管的发光谱线。从图中可以看出, Nd: YAG 只在几条特定光谱内有较强的吸收, 而且吸收带宽很窄。它在 808nm 处的吸收谱, 其线宽 $\Delta\lambda = 5.5\text{nm}^{[1]}$ 。而泵浦灯的发光谱线很宽, 大部分未被 Nd: YAG 所吸收的光能转化成热能, 对激光器产生不利影响, 导致灯泵浦固体激光器的总体效率低(通常为 3% 左右)。激光二极管的发光谱线

窄, 中心波长在 808nm 附近, 对应着 Nd: YAG 的一个主要吸收峰, 所以, 用激光二极管阵列作泵浦源可以显著提高固体激光器的转换效率。端面泵浦固体激光器的光电转换效率可达 60%, 总体效率在 20% 以上^[2], 侧面泵浦的总体效率在 10% 以上^[3]。

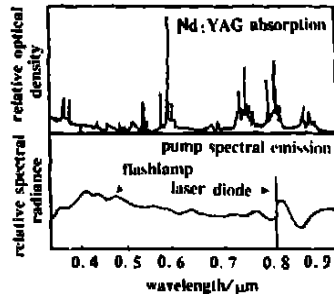


Fig. 1 Absorption spectrum of Nd: YAG rod, emission spectrum of flashlamp and laser diode

(3) 光束质量好。由于二极管激光泵浦区域可以和谐振腔的基模体积很好地匹配, 因此, 端面泵浦固体激光器基本上是基模输出。另外, 侧面泵浦固体激光器, 可

得到 45W 输出功率、1.3 倍衍射极限的基模输出。

在设计激光二极管泵浦固体激光器之前, 通常需对激光二极管的运行特性有所了解, 以便设计出来的激光器能够运行在最佳状态。为此, 我们对激光二极管的运行特性, 如输出功率、发光谱线进行了测试, 研究了冷却水温对输出功率及发光谱线中心波长的影响。

本文中, 测试对象是 Thomson-CSF 公司的 TH-C1725-R2 型激光二极管, 该激光二极管由两个 25W

作者简介: 王海林, 男, 1971 年 10 月出生。博士研究生。目前主要从事固体激光器件的研究。

收稿日期: 2000-10-23; 收到修改稿日期: 2001-05-08

的线阵激光二极管串接而成, 参数为: 波长(808±3)nm, 谱线宽度≤3nm, 输出功率50W, 发光区域24mm×0.001mm, 光束发射角10°×35°。

1 输出功率

由于激光二极管阵列的光束发散角很大, 在两个方向上为10°×35°, 加之发光区域为24mm×0.001mm, 而激光功率计的接收面只有f16mm, 无法直接接收阵列所发出的激光功率, 因此, 将一石英柱面镜放在激光二极管阵列前, 把二极管激光会聚到功率计(型号为OPHIR, 精度为0.1W)的接收面上, 分别测量两个线阵激光二极管的输出功率, 从而得出二极管激光功率。

当冷却水进口温度为25℃、进口压力为1.5×10⁵Pa时, 激光二极管阵列的输出功率与工作电流的关系曲线见图2。由图可知, 二极管阵列的输出功率与驱动电流成线性关系, 斜率效率为1.75W/A, 在电流为35A时测得的功率为43.4W。

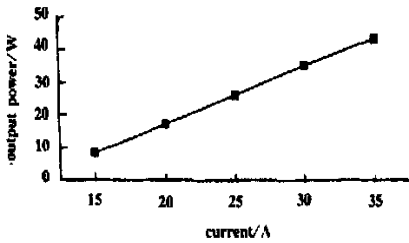


Fig. 2 The relationship between the output power and current

在运行条件不变的情况下, 在功率计记录仪上得到的激光二极管阵列输出功率很平稳。但是, 当冷却水温改变时, 阵列的输出功率就会发生变化。图3给出了工作电流分别为30A、33A和35A时, 冷却水温由20℃升高到30℃, 在激光二极管阵列中, 一个线阵的输出功率的变化趋势, 从图中可以看出, 在相同的工作电流情况下, 冷却水温的升高会导致阵列输出功率的微小变化。

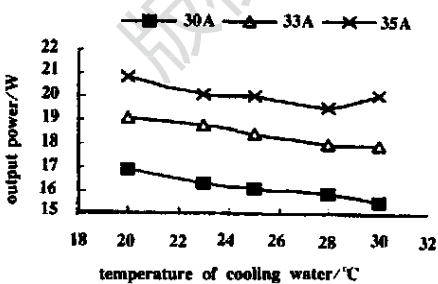


Fig. 3 Effects of the cooling water temperature on the output power of laser diode

为了进一步研究冷却水温的变化对输出功率的影响, 我们分别测量了不同工作电流情况下, 冷却水

温在20℃和30℃时的功率值, 并求出相应的输出功率相对变化量, 如图4所示。由图可知, 工作电流较小时, 水温变化对输出功率的影响较大, 如当电流为15A, 水温从20℃升到30℃, 输出功率下降达14.3%; 而当工作电流较大时, 水温变化对输出功率的影响则较小, 如当电流为35A, 输出功率只下降3.8%。

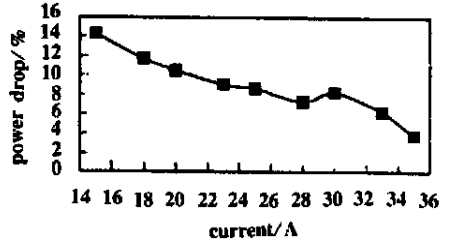


Fig. 4 Power relative variation of the laser diode versus operating current

2 谱线特性

Nd:YAG对泵浦光的吸收系数的大小取决于泵浦光中心波长和谱线宽度, 如果忽略其它衰减因子, 则泵浦光在Nd:YAG内被吸收的光强I可近似表示为: $I = I_0(1 - e^{-\alpha l})$ (1) 式中, I₀为初始光强, l为泵浦光在Nd:YAG棒内通过的距离, α为Nd:YAG对泵浦光的吸收系数。

从图1可以看出, 在808nm波长处, Nd:YAG的吸收系数比较大, 表现为一尖峰。而当泵浦光波长偏离808nm时, Nd:YAG对泵浦光的吸收很快减小。因此, 当激光二极管阵列的中心波长偏离808nm, Nd:YAG吸收的泵浦光将减少, 使得固体激光器的转换效率降低。

实验中, 采用光谱分析仪(SM-240)测量激光二极管的发光谱线, 图5给出了工作电流35A(满功率)、冷却水温25℃时, 阵列的发光谱线, 中心波长约为807.5nm。从图5可知, 激光二极管阵列的谱线宽度约为4nm, 表明阵列的单色性很好。

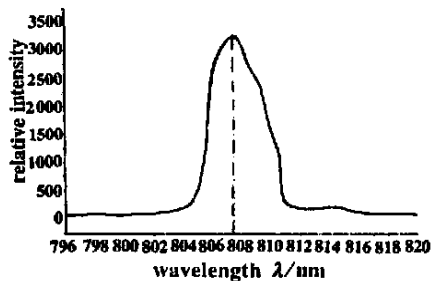


Fig. 5 Emission spectrum of laser diode

在实际运行中, 随着工作状况的改变, 阵列的中心波长会有一些漂移, 中心波长的漂移量是激光二极管阵列p-n结温度的函数^[4,5], 而影响p-n结温度的主要因素有: 运行功率(工作电流)、冷却水温以及

冷却水流量。

在实验中,还测量了在保持冷却水流量不变的情况下,冷却水温分别为 20℃, 23℃, 25℃, 28℃ 时,阵列在不同工作电流下的中心波长,测量结果如图 6 所示。

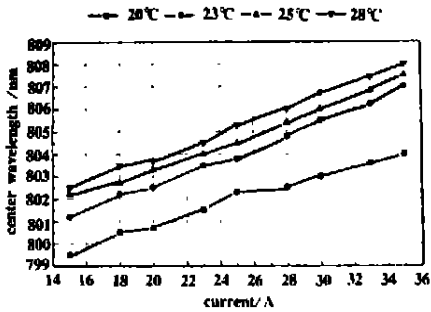


Fig. 6 The relationship between the center wavelength and the current

从图 6 中可以看出: (1) 工作电流(输出功率)与冷却水温的变化会对激光二极管阵列的 p-n 结温度有较大影响,从而使得发光的中心谱线产生漂移; (2) 当冷却水温恒定不变时,激光二极管阵列的中心波长随着工作电流(输出功率)的升高而线性向长波方向漂移,如冷却水温 28℃,工作电流由 15A 升到 35A,中心波长则从 802.5nm 漂移到 808nm,中心波长随工作电流的漂移量大小约为 0.275nm/A; (3) 当工作电流(输出功率)不变时,水温升高,阵列的中心波长则随之向长波方向漂移,如工作电流 35A,冷却水温由 20℃上升到 28℃,中心波长则从 804nm 漂移到 808nm,中心波长随工作电流的漂移量大小约为 0.4nm/℃; (4) 只有在某些特定运行条件下,如工作电流为 35A,冷却水温为 28℃,激光二极管阵列的中心波长才会在 808nm。

(上接第 16 页)

期间,花样迅速扩大、变亮。两个脉冲之间,花样又向内收缩为一个确定的花样,这与介质中的热传导有关。

3 结 论

(1) 我们对位于正交偏振器的 Nd³⁺:YAG 棒的退偏效应编制了计算程序,运用该程序,能对不同泵浦能量下的退偏花样进行模拟。计算结果表明,随着泵浦能量升高,对应于延迟全波数的暗环数也相应增加。计算所得退偏图案与实验所得退偏图案一致。(2) 我们设计的实验方案,能测量出不同泵浦能量下激光棒的热透镜焦距;能准确测量出不同泵浦能量和重复频率下激光棒对线偏振光的退偏图案。

3 结束语

我们详细地介绍了激光二极管阵列的输出功率,发光谱线特性,并测试了冷却水温对输出功率及中心波长的影响。

根据激光二极管阵列的运行特性,在设计激光二极管泵浦固体激光器时应注意几点: (1) 因为中心波长与运行功率有关,应根据泵浦功率的需要,合理选择相应功率的激光二极管阵列; (2) 对端面泵浦用激光二极管,其中心波长应在 (808 ± 3) nm 的范围内,这样可以通过调节冷却水温,使得中心波长为 808nm; (3) 对侧面泵浦用激光二极管阵列,除满足中心波长为 (808 ± 3) nm 外,还要求几个阵列之间的中心波长偏差在 ±1nm 以内; (4) 要按照技术要求把冷却水温控制在最佳温度,偏差为 ±0.1℃,以保证高效运行。

参 考 文 献

- [1] 戴特力. 半导体二极管泵浦固体激光器. 成都: 四川大学出版社, 1993: 48~ 50.
- [2] Liu J H, Li G M, Wang Ch Q *et al.* Thermal lens stabilized flat-flat resonator 15W CW Nd:YVO₄ laser end-pumped by a diode laser array. 1999 International Conference on Industrial Lasers (IL' 99), Wuhan, China, 1999. SPIE-The international Society for Optical Engineering, 1999: 267~ 269.
- [3] Golla D, Kroke S, Schone W *et al.* Opt Lett, 1995, 20(10): 1148~ 1150.
- [4] Beach R, Mundinger D, Benett W *et al.* Appl Phys, 1990, 56(21): 2065~ 2067.
- [5] Buydens L, Demeester P, Achere M *et al.* Electron Lett, 1991, 27: 618~ 620.

(3) 我们在计算温度分布时,曾假设棒长远大于棒半径,视为无限长,并假设泵浦光是均匀的,进而忽略了激光棒切向和轴向的温度变化,将棒表面温度视为恒定值。但在某些情况下,必须考虑激光介质的有限尺寸、泵浦光的不均匀性。对实际激光系统,由于泵浦光的不均匀性、激光介质有限尺寸,问题要复杂得多。它的温度分布及其热效应的解决,是下一步的工作,相关研究正在进行当中,将另文报道。

参 考 文 献

- [1] 张 华, 黄国松, 徐世祥 *et al.* 中国激光, 1997, 24(12): 1061~ 1067.
- [2] Bikmatov R G, Chemyak V M, Hunt J T *et al.* SPIE, 1997, 3047: 171~ 177.
- [3] [西德] 克希奈尔 W. 固体激光工程. 北京: 科学出版社. 1983.