

## 二极管象散光束端面泵浦Nd:YAG激光器

巩马理 卢 希 富 真 顾颜华 王明秋

(西南技术物理研究所, 成都)

**摘要:** 研究了用象散二极管激光光束端面泵浦的 $TEM_{0m}$ ,  $TEM_{n0}$ 多模Nd:YAG激光器。文中报导了不同泵浦功率下的激光模式情况和稳定性情况, 最大CW输出功率320mW, 斜效率28%, 最高稳定CW输出功率232mW, 斜效率20%, 为进一步研究二极管泵浦的列阵器件奠定了基础。

### Astigmatic diode beam end-pumped Nd:YAG laser

Gong Mali, Lu Xi, Fu Zheng, Gu Yianhua, Wang Minqiu

(Southwest Institute of Technical Physics)

**Abstract:** The Nd:YAG laser end-pumped by astigmatic diode beam is reported, for the purpose of studying diode pumped solid-state laser array. With astigmatic beam pumping,  $TEM_{n0}$  mode and  $TEM_{0m}$  oscillations have been achieved, respectively, by meridional focal plane pumping and sagittal focal plane pumping. The  $TEM_{n0}$  mode laser has the minium threshold of 385mW, CW output power of 320mW with 28% slope efficiency, and stable 232mW CW output power with 20% slope efficiency. The CW output stability is also described.

绿色植物调节光路上的温度梯度不至于强烈地随机变化, 因此是研究激光束, 特别是强激光传输过程中与大气相互作用的理想场所, 这无论对民用和军用都有实际重要价值。它为激光技术重点实验室对外开放, 研究激光大气传输提供了一个良好基地。

### 参 考 文 献

- [1] Strohbehn J W (ed). Laser beam propagation in the atmosphere. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 1978
- [2] 张逸新, 宋正方, 光学学报, 1986; 6 (12):1111
- [3] 蓝信巨主编, 激光技术, 长沙: 湖南科技出版社, 1979 (第八章)
- [4] Clifford S F, Ochs G R, Lawrence R S. J O S A, 1974; 64:148
- [5] Zuev V E. Laser beams in the atmosphere. New York: Plenum Press, 1982

收稿日期: 1991年10月28日。

## 一、引言

二极管激光器(又称半导体激光器)泵浦固体激光器(DPL)具有高效、光束质量好,结构简单,寿命长以及冷却条件要求低等优点,近年来得到较大的发展。端面泵浦的模式匹配好,比侧面泵浦的效率,器件输出已达十余瓦,斜效率达60%<sup>[1]</sup>。由于基模体积和单个二极管激光器输出功率的限制,端面泵浦的瓦级器件多采用多只LD列阵激光并配备相应数量的LD耦合聚焦光学系统,对固体激光介质施行多端面泵浦<sup>[1,2]</sup>,导致器件结构的复杂化。或者采用高功率的1cm长LD条型器件,对板条状固体介质进行TFR(紧密折反式谐振腔)的一阵线阵端面泵浦<sup>[3]</sup>,要求固体激活介质的加工和镀膜的技术较高;也可用这种LD条型器件泵浦专门设计的椭圆高斯模谐振腔固体激光器<sup>[4]</sup>,但阈值较高。正像半导体激光列阵器件和气体激光列阵器件一样,也能研制固体激光列阵器件,并有望在较高输出功率的同时得到较好的光束质量,LD泵浦的Nd:YAG激光列阵器件,已开始于1991年的CLEO会议上有报道<sup>[5]</sup>。为了研究LD泵浦的固体激光器,我们用LD的象散光束,直接对Nd:YAG介质进行泵浦,研制了具有线阵光强分布的TEM<sub>0,m</sub>, TEM<sub>0,n</sub>多模激光器。

## 二、实验装置与器件结构

实验所用激光二极管的发光面为 $1 \times 500 \mu\text{m}^2$ , 25℃时的中心波长为806nm,带宽约3nm,波长可进行温度调谐,调谐量级为 $0.26 \text{nm}/^\circ\text{C}$ ;象散约为1mm,光束的发散角为 $\theta_x \sim 40^\circ$ ,  $\theta_y \sim 10^\circ$ 。通常为了得到端面泵浦的基模器件,需用象散校正元件对LD光束的象散进行校正。我们直接采用两个球面透镜组LD光束聚焦系统,将LD发出的光束变换成一个象散约为5mm的象散光束如图1所示,在子午焦面和弧矢焦面内光斑尺寸约为 $0.1 \text{mm} \times 1.6 \text{mm}$ 的条型,但相互垂直,在两焦面中间的光斑分布尺寸约为 $1.2 \text{mm} \times 1.2 \text{mm}$ ,大致呈矩形分布。

Nd:YAG激光介质为 $\phi 3 \text{mm} \times 10 \text{mm}$ 的小圆棒。激光谐振腔采用半共焦腔结构,输出镜为球面镜,曲率半径为100mm,透过率为26%。后腔镜直接镀在Nd:YAG棒的一个端面,其双色膜的光谱透反特性为 $T(0.809 \mu\text{m}) > 90\%$ ,  $R(1.06 \mu\text{m}) > 99.8\%$ 。全部实验装置如图2所示。

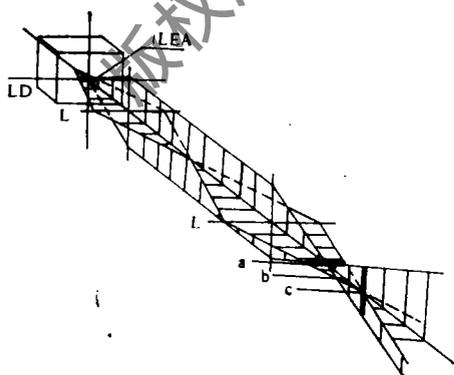


图1 象散LD光束及聚焦光学系统  
LD—激光二极管 L—透镜 LEA—  
LD发光面 a—子午焦面 b—弧矢焦面  
c—两焦面中心

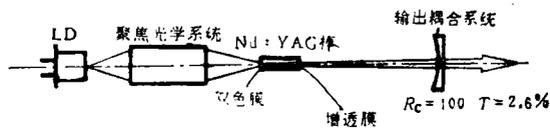


图2 象散二极管泵浦的Nd:YAG  
激光器实验装置示意图

## 三、实验结果及讨论

我们首先测量了二极管激光器经聚焦光学系统的输出,最大泵浦功率为1.65W,如图3

所示。

端面泵浦固体激光器的出光阈值,与聚焦二极管激光光束束腰(或焦点)在固体介质中的纵向位置有关<sup>[6]</sup>。使用象散二极管激光光束泵浦固体介质时,不单是振荡阈值,而且输出激光模式也与聚焦二极管光束与介质的相对位置有关。根据我们所用激光谐振腔的结构和尺寸,计算出本文的二极管泵浦Nd:YAG激光器谐振腔内的基模束腰为 $130\mu\text{m}$ ,其尺寸大于子午焦面(图1的a处)和弧矢焦面处(图1的c处)条型泵浦光斑的宽度而远小于其长度,并且远小于两焦面中心处(图1的b处)的泵浦光斑。由此我们推测激光的输出模式必然是多模,具体的模式与泵浦光束和Nd:YAG棒的位置有关。

将Nd:YAG棒的后端面置于泵浦光的子午焦面附近(即图1a处),激光输出模式为排列在子午面内的多模输出如图4a所示,其它特性与弧矢面泵浦类似,故激光输出模式为 $\text{TEM}_{n,0}$ 模。

将Nd:YAG棒后端面置于图1的c处附近,即泵浦光束的弧矢焦面附近,激光输出的模式为排列在弧矢面内多模输出如图4b所示,弧矢面发散角为 $\theta_0 \sim 18\text{mrad}$ ,子午面内的发散角为 $\theta_m \sim 5.5\text{mrad}$ 。据此推算出子午面内激光光束的束腰为 $120\mu\text{m}$ ,与计算出的基模束腰一致。仔细观察表明,在子午面内分布呈中心强,两边对称变弱的高斯分布,故激光输出模式为 $\text{TEM}_{0,m}$ 模。

当Nd:YAG后端面位于两焦面中间(图1b处)附近时,激光输出模式较复杂,初步观察表明,近场约是呈矩形分布,而远场则有明显的十字形叠加。

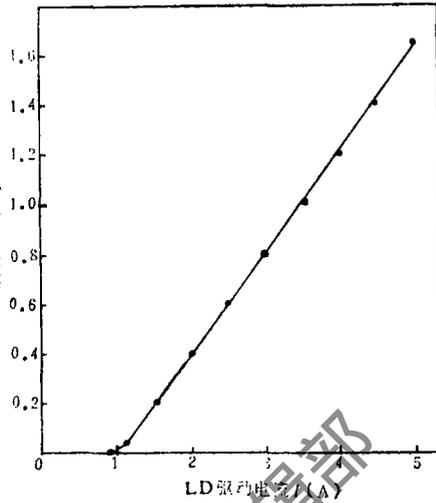
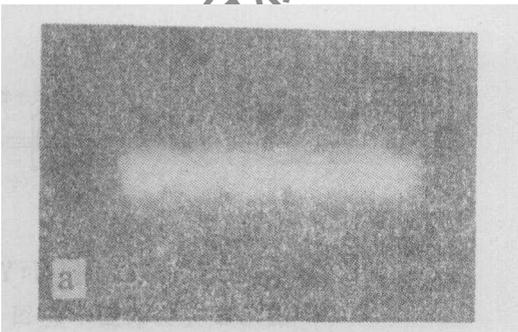


图3 经聚焦光学系统后的LD象散光束泵浦功率

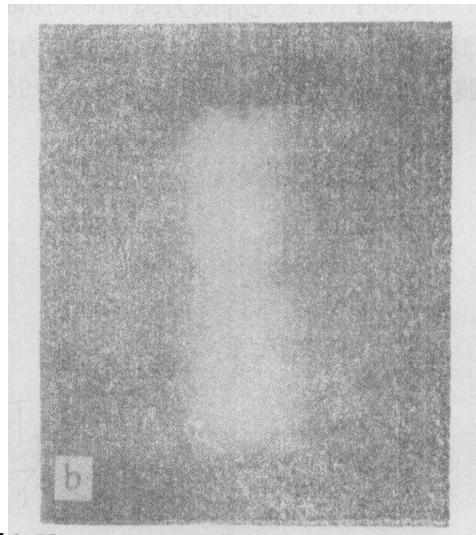


图4 象散二极管光束泵浦下的Nd:YAG激光模式

a—子午焦面泵浦下的 $\text{TEM}_{n,0}$ 模 b—弧矢焦面泵浦下的 $\text{TEM}_{0,m}$ 模

我们还比较了不同泵浦下的振荡阈值情况。在两焦面中间泵浦时的阈值最高,子午焦面泵浦的阈值最低,当子午焦线位于Nd:YAG棒内部约 $0.8\text{mm}$ 时,阈值达到极小,实测为 $380\text{mW}$ 。

子午焦面泵浦的TEM<sub>00</sub>模的激光输出特性如图5所示。输出较大时,约1.5min后达到稳定值。最大输出320mW,斜效率28%,最高稳定输出232mW,斜效率20%。

图6是输出功率变化的典型情况。输出功率随时间的增加以指数形式降低,经1.5min后趋于稳定。重复性良好。

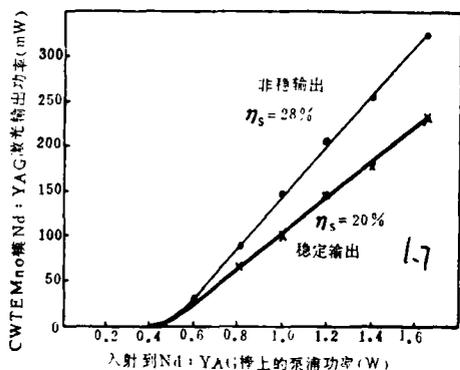


图5 象散LD泵浦CW TEM<sub>00</sub>模Nd:YAG激光的输出特性

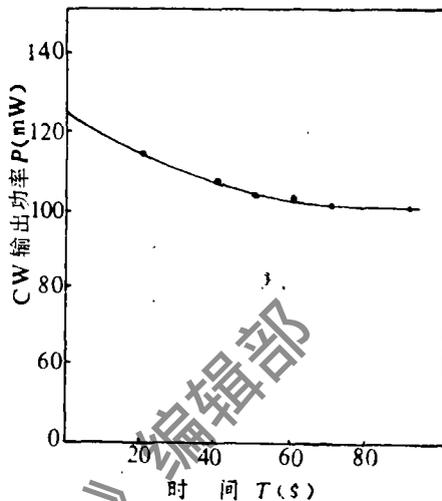


图6 TEM<sub>00</sub>模激光输出功率的稳定性

#### 四、结 束 语

我们用激光二极管的象散光束,未经任何校正直接端面泵浦Nd:YAG激光器,光学系统简单,得到了TEM<sub>00</sub>模和TEM<sub>0m</sub>模的激光输出。LD的象散光束,经过子午焦面后至弧矢焦面之间,光束继续会聚,因此,在子午焦面附近泵浦的效果好,阈值最低。这为今后研制LD泵浦的固体激光列阵选择了泵浦条件。本仪器件的输出模式和LD象散光束的详细测试,目前正在进行中,结果将近期发表。

对支持和帮助本工作的同志,作者在此一并谨表感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] Tidwell S C, Seamans J F, Hamilton *et al.* Opt Lett, 1991; 16(8): 584~586
- [2] Pfistner C, Albers P, Weber H P. IEEE J Q E, 1990; 26(5): 827~829
- [3] Baer T M, Head D F, Sakamoto M. CLEO, Washington, 1989, paper FJ5
- [4] Shannon D C, Wallace R W. Opt Lett, 1991; 16(5):318~320
- [5] Oka M. CLEO, Baltimore USA, 1991, paper CME7
- [6] Berger J, Welch D F, Streifer *et al.* Opt Lett, 1988; 13(4):306~308