

灯泵浦的 $\text{La}_{1-x}\text{MgNd}_x\text{Al}_{11}\text{O}_{19}$ 的激光特性

张秀荣 张新民 徐 军 沈雅芳 朱汝德 包文辉 马笑山 吴光照

(中国科学院上海光机所, 201800)

提要: 本文报道了室温下灯泵浦的 $\text{La}_{1-x}\text{MgNd}_x\text{Al}_{11}\text{O}_{19}$ (LNA) 单晶的重复频率脉冲和连续激光运转的实验结果和分析。

关键词: 光谱性能, 光学性能, 热透镜效应

Laser properties of lamp pumped $\text{La}_{1-x}\text{MgNd}_x\text{Al}_{11}\text{O}_{19}$ crystals

Zhang Xiurong, Zhang Xinmin, Xu Jun, Shen Yafang, Zhu Rude,
Bao Wenhui, Ma Xiaoshan, Wu Guangzhao

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: We reported here in the experimental results of pulse repetitive and CW laser of $\text{La}_{1-x}\text{MgNd}_x\text{Al}_{11}\text{O}_{19}$ crystals at 300K.

Key words: spectral properties, optical quality, thermal lensing

我们用提拉法生长的 LNA 单晶, 做了重复频率脉冲激光和连续激光实验, 并从光谱特性、光学质量和热透镜效应等方面对实验结果进行了分析。

1. 激光特性的研究

1) 采用重复频率双灯, 氙灯尺寸为 $\phi 8 \times 100$ mm。采用单椭圆聚光筒, 平-平腔, 腔长 330 mm, 激光棒尺寸为 $\phi 6 \times 110$ mm。输出透过率 $T = 43\%$ 时, 激光阈值为 30 J, 输出能量为 2.65 J/P, 斜率效率 $\eta = 1\%$, 激光输出特性曲线如图 1 所示。激光阈值随输出透过率的减少而降低, 当透过率 $T = 29\%$ 时, 激光阈值 $P_{th} = 20$ J。

2) 采用双氙灯连续器件, 激光棒为 $\phi 6 \times 110$ mm, 输出腔镜透过率 $T = 10\%$, 输入 5000 W 时, 输出 16 W, 激光阈值偏高。对激光棒 $\phi 4 \times 64$ mm, 在同一器件上试验, 当透过率 $T = 5\%$ 时, 输入 5000 W, 输出 6 W。输入 7000 W 时, 出现热透镜效应, 激光输出马上减少, 其连续激光输出

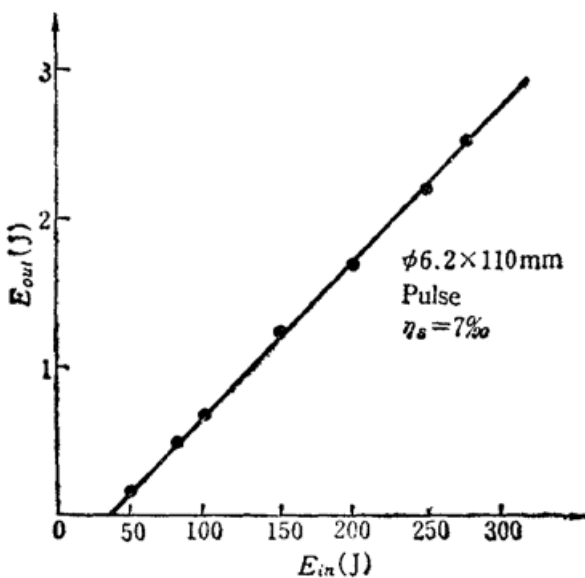


Fig. 1 Pulsed laser output characteristic curve of 6×110 mm LNA rod(300K)

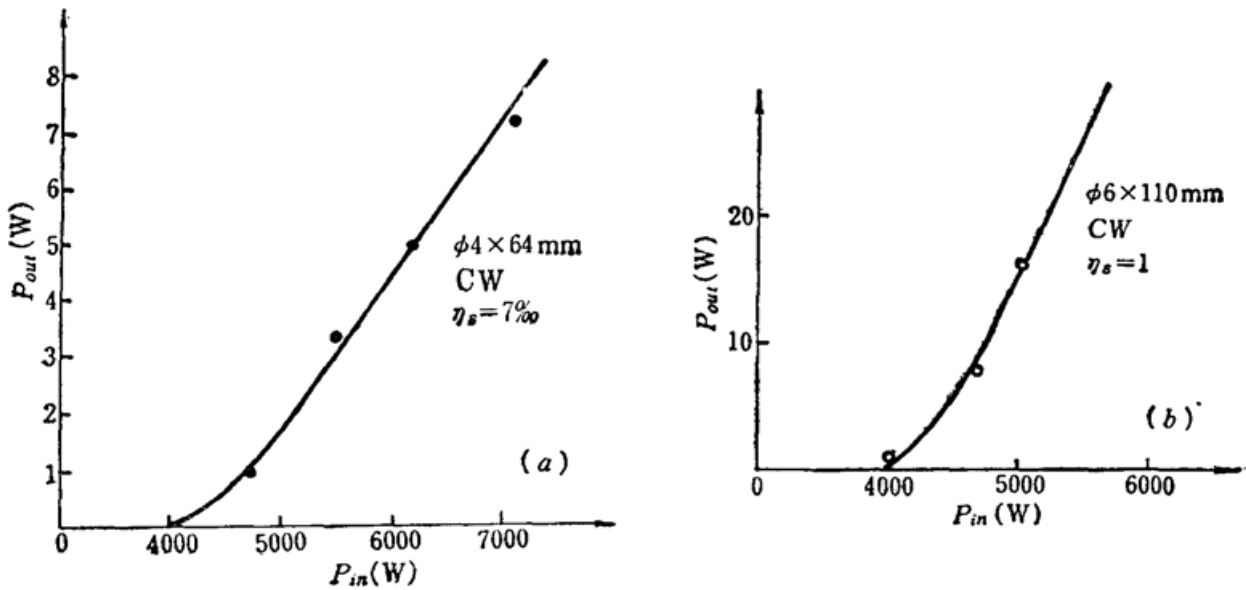


Fig. 2 (a) CW laser characteristic curve of $\phi 4 \times 64$ mm LNA rod (300 K); (b) CW laser characteristic curve of $\phi 6 \times 110$ mm LNA rod (300 K)

特性曲线如图 2 所示。

3) 激光谐振腔的耦合输出直接影响了激光阈值和激光效率。图 3 给出了 $\phi 4 \times 64$ mm LNA 脉冲激光器的耦合输出特性曲线。可以看到,最佳输出透过率 $T = 10\%$ 。

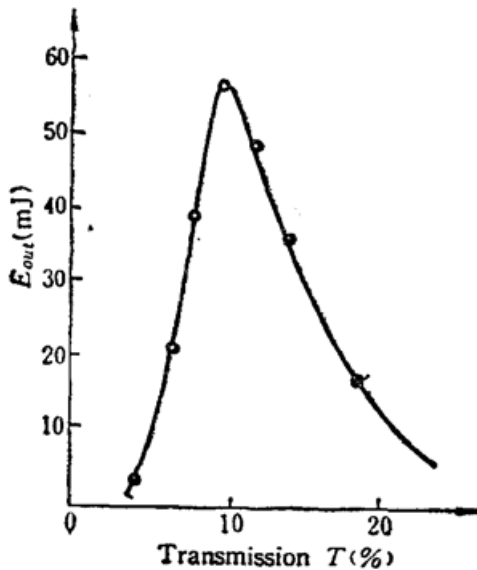


Fig. 3 Maximum coupled output transmission curve of pulse laser of $\phi 4 \times 64$ mm LNA rod (300K)

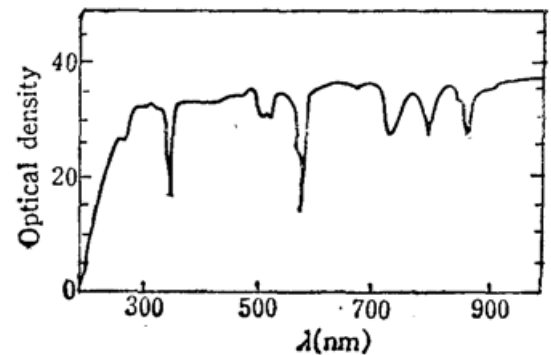


Fig. 4 Absorption spectra of Nd^{3+} ions in LNA crystals (300K)

2. 分析

1) 从 LNA 单晶的吸收谱(300K)图 4 中看出,此晶体的最强吸收峰为 584.4 nm,其吸收系数为 13cm^{-1} ,次强吸收峰为 354.6 nm,适合于灯泵浦,换句话说,用氙灯或氪灯泵浦 LNA,对泵浦光的吸收率是高的。另外,波长 750, 800 和 870 nm 吸收也较强,适合用激光二极管泵浦。

2) 比较 LNA 和 $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$ 的 ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ 跃迁的荧光谱,如图 5 所示。从图中看到 LNA 的荧光谱线宽 ($\Delta\lambda = 26\text{cm}^{-1}$, $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$ 的 $\Delta\lambda = 6.5\text{cm}^{-1}$),适合于调谐运转。荧光峰值波长在 1.054 和 1.082 μm 。LNA 单晶掺杂浓度为 1~10 at%, 荧光寿命 $\tau = 315\ \mu\text{s}$, 浓度猝

灭率低,高贮能,适合做高功率激光材料,而且 LNA 单晶光谱特性优于 YAG:Nd³⁺。

3) 从 LNA 的吸收谱中发现可用 800 nm 的激光二极管泵浦 LNA^[21,22]。

4) LNA 单晶的物理特性多数优于石榴石,但 $\partial n/\partial t = 18 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 大大超过 YAG:Nd³⁺ ($\partial n/\partial t = 9.86 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$),而且 LNA 在 *c* 轴方向热膨胀系数高于石榴石,这样,在高功率泵浦下, LNA 的热透镜效应严重,大大影响连续激光的输出。图 6 给出 $\phi 4 \times 64 \text{ mm}$ LNA 激光棒的热焦距曲线,并和理论值及 YAG:Nd³⁺ 的热焦距进行了比较。

LNA 单晶具有复杂的磁铝石结构,属于六方铝酸盐,因此,具有各向异性的特点。荧光偏振特性是 $E \parallel b$ 时,发射荧光最强,其次是 $E \parallel a$, 而 $E \parallel c$ 方向发射荧光最弱。而 LNA 的热透镜效应严重,就破坏了激光输出的偏振特性,使激光输出下降或消失,这就是 LNA 激光特性不如 YAG:Nd³⁺ 的主要原因。

5) 用提拉法生长的 LNA 单晶,直观上光学质量很好,但总有一些肉眼看不见的水波纹,细小的水波纹同样会引起激光损耗,影响激光输出特性。

6) LNA 单晶沿 [001] 轴方向有解理,虽然可通过改变生长条件消除解理,但在高重复率或高功率泵浦下,仍会出现开裂现象,破坏激光振荡。

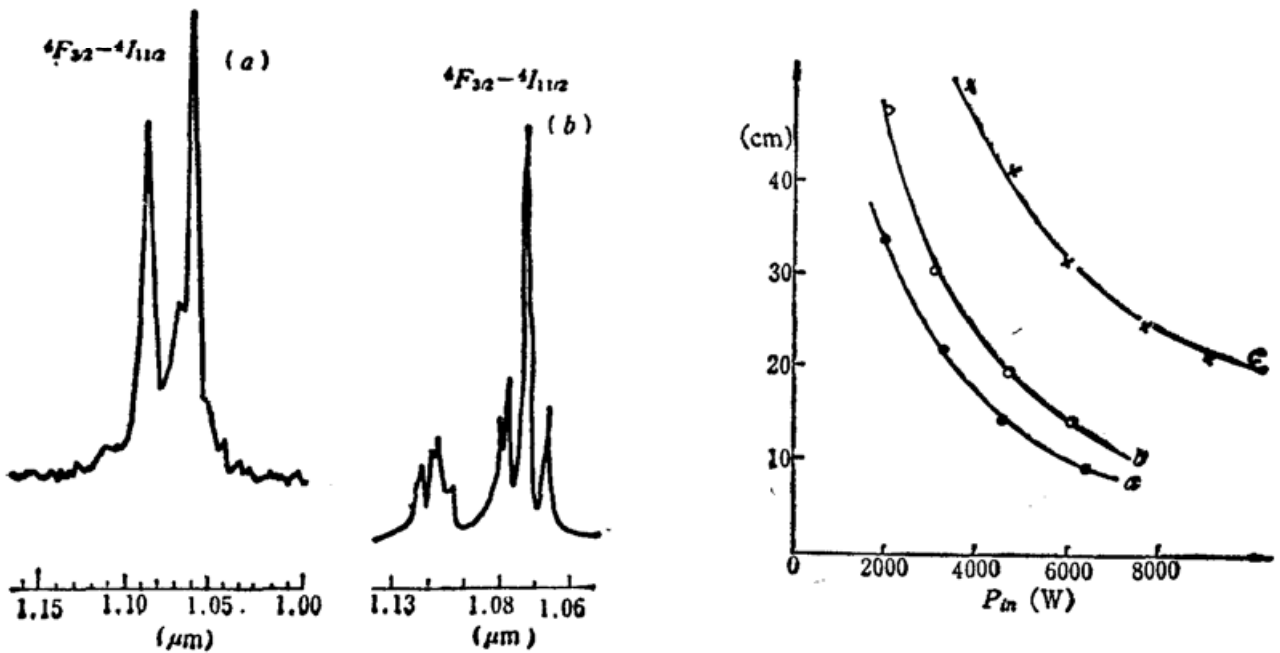


Fig. 6 (a) Hot focus curve of $\phi 4 \times 64 \text{ mm}$ LNA laser rod (300 K); (calculated) (b) Calculated hot focus curve of $\phi 4 \times 64 \text{ mm}$ LNA laser rod (experimental); (c) Hot focus curve of $\phi 3.75 \times 55 \text{ mm}$ YAG:Nd³⁺ laser rod (300 K)

Fig. 5 (a) Fluorescence spectra of Nd³⁺ ions in LNA crystals (${}^4F_{3/2} - {}^4I_{11/2}$), 300 K; (b) Fluorescence spectra of Nd³⁺ ions in YAG crystals (${}^4F_{3/2} - {}^4I_{11/2}$), 300 K

参 考 文 献

- 1 Joseph Hamel, *Opt. Commun.*, **63**(2), 114(1987)
- 2 R. E. Slecum et al., *J. Appl. Phys.*, **64**(12), 6615(1988)