

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0066-03

# 1319nm和 1338nm 单谱线 Nd:YAG 连续激光器

沈鸿元, 曾瑞荣, 张戈, 黄呈辉, 位民

(中国科学院福建物质结构研究所, 福建 福州 350002)

**摘要** YAG 晶体中,  $\text{Nd}^{3+}$  离子  ${}^4F_{3/2}$ - ${}^4I_{13/2}$  次跃迁产生 1319 nm 和 1338 nm 激光, 此两谱线跃迁截面接近, 约为  ${}^4F_{3/2}$ - ${}^4I_{11/2}$  主跃迁截面的 1/5, 为了高效地获得所需次跃迁的单谱线激光, 采用三色镜技术抑制了主跃迁和另一不要的次跃迁谱线。研制成以下次跃迁的单谱线激光: 1) 激光二极管(LD)抽运 1319 nm 或 1338 nm  $\text{TEM}_{00}$  模 Nd:YAG 连续激光器。输出功率为 200 mW, 光光转换效率为 20%; 2) 氪灯抽运 1319 nm  $\text{TEM}_{00}$  Nd:YAG 连续激光器。输出功率为 6 W, 电光转换效率为 0.12%; 3) 氪灯抽运高功率 1319 nm Nd:YAG 多模连续激光器。输出功率为 100 W, 电光转换效率为 1.67%;

**关键词** 激光二极管抽运; 氪灯抽运;  $\text{TEM}_{00}$  模; 多模

中图分类号 TN248.1

文献标识码 A

## 1319 nm and 1338 nm Nd:YAG Laser with Single Spectral Line

SHEN Hong-yuan, ZENG Rui-rong, ZHANG Ge, HUANG Cheng-hui, WEI Min

(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, The Chinese Academy of Sciences,  
Fuzhou, Fujian 350002, China)

**Abstract** 1319 nm or 1338 nm laser can be generated by secondary transition of  $\text{Nd}^{3+}$  ion from  ${}^4F_{3/2}$ - ${}^4I_{13/2}$  in YAG crystal. The stimulated emission cross sections of both spectral lines approach to each other, and are 1/5 of that of 1064 nm primary transition. In order to achieve laser of single spectral line in secondary transition with high efficiency, three-chromatic mirror technology is used to restrain spectral lines of primary transition and other transition in secondary transition, and then several lasers of single spectral line in secondary transition have developed: 1) LD pumped 1319 nm or 1338 nm  $\text{TEM}_{00}$  mode Nd:YAG CW laser. Output power 200 mW, efficiency 20%; 2) Kr lamp pumped 1319 nm  $\text{TEM}_{00}$  mode Nd:YAG CW laser. Output power 6 W, efficiency 0.12%; 3) Kr lamp pumped 1319 nm high power Nd:YAG CW laser. Output power 100 W, efficiency 1.67%.

**Key words** LD pumped; krypton pumped;  $\text{TEM}_{00}$  mode; multi-mode

## 1 引言

1300 nm 波段激光在军事、科研、医疗等领域具有较广泛的应用前景,已引起了人们兴趣。20 世纪 80 年代,在探索用于 1300 nm 波段钕激光晶体材料时,发现钕离子在铝酸钇( $\text{YAlO}_3$ )晶体中  ${}^4F_{3/2}$ - ${}^4I_{13/2}$  跃迁的截面高达  $2.2 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$ <sup>[1]</sup>,它是钕离子在 YAG 晶体中同一跃迁截面的 2.4 倍左右<sup>[2]</sup>,利用双色镜技术<sup>[3]</sup>得到了输出功率高达 195 W 的 1341 nm 连续(CW)激光<sup>[4]</sup>。在立方晶系的 YAG 晶体中,从  $\text{Nd}^{3+}$  离子  ${}^4F_{3/2}$  的  $R_2$  组态到  ${}^4I_{13/2}$  能级  $X_1$  组态和  $X_3$  组态的次跃迁产生的辐射的波长比较短,分别为 1319 nm 和 1338 nm。它们更接近 1315 nm 氧碘激光的发射波长,倍频后的红光具有更高的三基色的显色指数。本文报道了激光二极管抽运 1319 nm 或 1338 nm  $\text{TEM}_{00}$  模 Nd:YAG 连续激光器和氪灯抽运 1319 nm

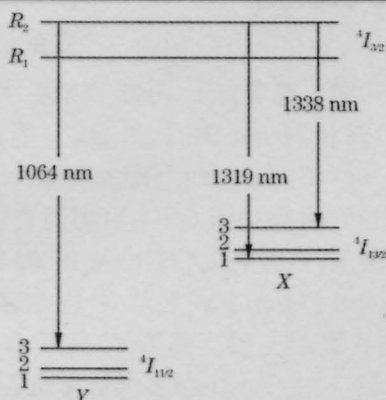
$\text{TEM}_{00}$  和多模 Nd:YAG 连续激光器。

## 2 分析

图 1 中给出了  $\text{Nd}^{3+}$  离子在立方晶系的 YAG 晶体中主跃迁 [ ${}^4F_{3/2}(R_2)$ - ${}^4I_{11/2}(Y_3)$ ] 和次跃迁 [ ${}^4F_{3/2}(R_2)$ - ${}^4I_{13/2}(X_1)$  和  ${}^4F_{3/2}(R_2)$ - ${}^4I_{13/2}(X_3)$ ] 的能级图,表 1 中给出了 YAG 晶体中  $\text{Nd}^{3+}$  离子主、次跃迁的跃迁截面值,从表中看到,次跃迁两条谱线的跃迁截面接近,分别为  $0.92 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$  和  $0.9 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$ ,它们约为  ${}^4F_{3/2}$ - ${}^4I_{11/2}$  主跃迁截面的 1/5。为了获得单谱线激光,通常可采用标准具或双折射滤光片来抑制不要的谱线,但附加元件的插入损耗将影响输出激光的效率,从而降低激光输出功率。据我们研制高功率 1341 nm Nd:YAlO<sub>3</sub> CW 激光器的经验,利用双色镜技术可以抑制强线,高效地获得所需的单谱线弱线激光。但

表 1 Nd<sup>3+</sup>离子在 YAG 晶体中的主、次跃迁的激发截面值Table 1 The values of stimulated emission cross section for primary and secondary transitions of Nd<sup>3+</sup> ion in YAG crystal

Primary transitions		Secondary transitions	
$\lambda$	$\sigma$	$\lambda$	$\sigma$
${}^4F_{3/2}(R_2) - {}^4I_{11/2}(Y_3)$	1064 nm		$4.6 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$
${}^4F_{3/2}(R_2) - {}^4I_{13/2}(X_1)$		1319 nm	$0.92 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$
${}^4F_{3/2}(R_2) - {}^4I_{13/2}(X_3)$		1338 nm	$0.90 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$

图 1 Nd<sup>3+</sup>离子在 YAG 中主次跃迁的能级图Fig.1 Diagram of energy levels of primary and secondary transition of Nd<sup>3+</sup> ion in YAG crystal

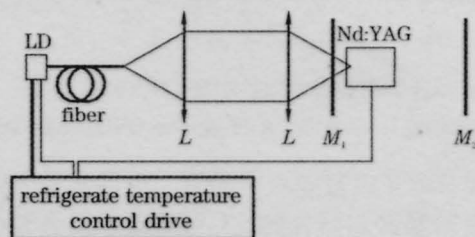
是,在 Nd:YAG 晶体中由于次跃迁中相邻的 1319 nm 和 1338 nm 两条谱线的跃迁截面非常接近,为了获得次跃迁中所需波长的单谱线激光,不仅必须抑制主跃迁谱线,还需要抑制次跃迁中另一不要的谱线,不然,次跃迁中两条谱线将同时起振,输出双波长激光。为此,采用三色镜技术同时抑制主跃迁和另一不要的次跃迁的谱线,让三色镜对主跃迁的透过率大于 60%,对不要的次跃迁的透过率大于 12%,所要的次跃迁的透过率对输出镜为 2~4%,对全反射镜为 0.2%,以此保证所要次跃迁的高效运转。

### 3 实验装置

实验中,用 44W 型光栅单色仪测定激光波长,用 LPM-100 型和 LPE-1C 型激光功率计分别测量瓦级和毫瓦级的激光功率,用两个位置上的光束扫描法测定激光光斑大小和发散度,从而确定  $M^2$  值。

激光二极管抽运的 1319 nm 或 1338 nm TEM<sub>00</sub> 模 Nd:YAG 连续激光器用最大输出功率 1.3 W 的 SDL-2370P3 半导体激光器作抽运光源,由半导体制冷器将激光二极管输出波长控制在 Nd:YAG 晶体 808 nm 的吸收峰,尾纤芯径为 100  $\mu\text{m}$  的激光二极管激光器输出的 808 nm 激光经双透镜准直聚焦在  $\phi 5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$  Nd:YAG 棒的端面上,焦点光斑大小

约 100  $\mu\text{m}$ ,该端面镀对 808 nm,1319 nm 和 1338 nm 辐射的增透膜,并安放在靠近全反射镜处。另一端面镀对 1319 nm 和 1338 nm 辐射的增透膜。Nd:YAG 晶体侧面用铟膜包裹后放在热沉内,经热敏电阻探测晶体温度后,用半导体制冷器通过控制系统控制晶体的温度。输出镜为平镜,全反射镜为平镜或曲率半径为 3 m 的凹镜。它们除了采用三色镜技术外,全反射膜对 808 nm 的透射率不小于 85%。腔长为 5 cm。图 2 中给出了激光二极管抽运的 1319 nm 或 1338 nm TEM<sub>00</sub> 模 Nd:YAG 连续激光器的装置图。

图 2 激光二极管抽运 1319 nm 或 1338 nm TEM<sub>00</sub> 模 Nd:YAG CW 激光器装置图Fig.2 Experiment setup of LD pumped 1319 nm or 1338 nm TEM<sub>00</sub> CW lasers

氩灯抽运 1319 nm TEM<sub>00</sub> 和多模 Nd:YAG 连续激光器中,用放在双椭圆分腔水冷镀金聚光腔中的两枝极间距为 100 mm 的氩灯抽运  $\phi 6 \text{ mm} \times 110 \text{ mm}$  的 Nd:YAG 晶体,晶体端面镀对 1319 nm 和 1338 nm 辐射增透的增透膜,采用平平腔,腔镜采用三色镜技术,腔长为 30~50 cm,为了获得单模激光,在靠近全反射镜处插入孔径约 1.2 mm 的光阑选模。

### 4 实验结果

1) 激光二极管抽运 1319 nm 或 1338 nm TEM<sub>00</sub> 模 Nd:YAG 连续激光器。输出功率为 200 mW,光光转换效率为 20%,1 h 内不稳定性(峰-峰):  $\leq \pm 0.15\%$ ,光束质量:  $M^2 < 2$ ,单谱线。

2) 氩灯抽运 1319 nm TEM<sub>00</sub> Nd:YAG 连续激

光器。输出功率:6 W,电光转率:0.12%,1 h内不稳定性(峰-峰): $\leq \pm 3\%$ ,光束质量: $M^2 < 3$ ,单谱线。

3) 氦灯抽运高功率 1319 nm Nd:YAG 连续激光器。输出功率:100 W,电光转效率:1.67%,1 h内不稳定性(峰-峰): $\leq \pm 5\%$ ,发散度 $< 12$  rad,单谱线。

### 参 考 文 献

1 H. Y. Shen, T. Q. Lian, R. R. Zeng *et al.*. Measurement of the Stimulated Emission Cross section for  ${}^4F_{3/2}$ - ${}^4I_{13/2}$  transition of

Nd<sup>3+</sup> in YAlO<sub>3</sub> crystal[J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1989, **25**(2): 144-146

2 H. Y. Shen, Y. P. Zhon, R. R. Zeng *et al.*. Laser action of Nd:YAlO<sub>3</sub> crystal at 1300 nm[J]. *Appl. Phys.*, 1991, **70**(30):1880-1881

3 Shen Hongyuan, Zhou Yuping, Zeng Ruirong *et al.*. High power 1.3414  $\mu\text{m}$  Nd:YAP CW laser[J]. *Scientia Sinica (Series A)*, 1986, **XXIX**(11):1224-1232

4 S. Singh, R. G. Smithand, L. G. van Uitert. Stimulated-emission cross section and fluorescent quantum efficiency of Nd<sup>3+</sup> in yttrium aluminum garnet at room temperature[J]. *Phys. Rev. B*, 1974, **10**(6):2566-2572