

多波长 $\text{Er}^{3+}:\text{YAIO}_3$  激光的偏振特性

于桂芳 沈鸿元 周玉平 黄呈辉

曾瑞荣 曾政东 施真珠 吴锦华

(中国科学院福建物质结构研究所)

**摘要:** 本文从实验上研究了掺杂10at% $\text{Er}^{3+}$ 离子a轴 $\text{Er}^{3+}:\text{YAIO}_3$ ( $\text{Er}:\text{YAP}$ )激光器同时起振的2.7110 $\mu\text{m}$ , 2.7299 $\mu\text{m}$ 和2.7950 $\mu\text{m}$ 三条谱线的偏振特性,发现2.7110 $\mu\text{m}$ 和2.7950 $\mu\text{m}$ 激光为线偏振光,其偏振方向平行结晶的b轴方向。2.7299 $\mu\text{m}$ 激光为部分偏振光,椭圆的长轴沿结晶的c轴方向。文中给出了三者的输出特性。

Polarization characteristics of multiwavelengths  $\text{Er}^{3+}:\text{YAIO}_3$  laser

Yu Guifang, Shen Hongyuan, Zhou Yuping, Huang Chenghui,  
Zeng Ruirong, Zeng Zhengdong, Shi Zhenzhu, Wu Jinghua  
(Fujian Institute of Material Structure, Academia Sinica)

**Abstract:** The polarization characteristics of 2.7110 $\mu\text{m}$ , 2.7299 $\mu\text{m}$ , and 2.7950 $\mu\text{m}$  laser emissions oscillated simultaneously in 10 at%  $\text{Er}^{3+}$  ion doped a axis  $\text{YAIO}_3$  laser have been investigated experimentally. It has been found that the 2.7110 $\mu\text{m}$  and 2.7950 $\mu\text{m}$  laser emissions are polarized with its E vector parallel to crystallographic b axis. While 2.7299 $\mu\text{m}$  laser emission is partially polarized with the long axis of ellipse parallel to crystallographic c axis. The output characteristics of these laser emissions are also given in this paper.

## 一、引言

3 $\mu\text{m}$  $\text{Er}^{3+}$ 激光由于能用于精细外科手术而受到人们的重视<sup>[1]</sup>。高掺杂 $\text{Er}^{3+}$ 的YAP晶体由于相邻 $\text{Er}^{3+}$ 离子间能量的交叉驰豫( $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{13/2} = ^4\text{I}_{15/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ ,  $^4\text{I}_{15/2} \rightarrow ^4\text{I}_{13/2} = ^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ 以及 $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2} = ^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ ),使得 $^4\text{S}_{3/2}$ 激发态退激发,破坏了相应于1.66 $\mu\text{m}$ 波段的 $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ 激光跃迁。另一方面粒子数富集的 $^4\text{I}_{9/2}$ 能级又通过多声子

无辐射跃迁使 ${}^4I_{11/2}$ 能级粒子数积聚,而下能级 ${}^4I_{13/2}$ 由于交叉弛豫不仅退集居而且增加了上能级的粒子数,从而造成了由 ${}^4I_{11/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$ 跃迁的激光。 $\text{Er}^{3+}:\text{YAP}$ 晶体的 ${}^4I_{11/2}$ 和 ${}^4I_{13/2}$ 能级各有六条和七条斯塔克子能级,其相应的12个跃迁的荧光波长从26255 Å 延伸到29205 Å<sup>[2]</sup>。迄今利用a轴 $\text{Er}^{3+}:\text{YAP}$ 棒已有七条谱线实现激光运转<sup>[3]</sup>,但没有得到2.7110 μm这一谱线。我们利用掺10at%和20at% $\text{Er}^{3+}$ 离子的a轴棒已实现了2.7118 μm, 2.7307 μm和2.7957 μm三条谱线的同时振荡。

本文介绍2.7118 μm, 2.7307 μm和2.7957 μm同时振荡的 $\text{Er}^{3+}:\text{YAP}$ 激光器的偏振特性。

## 二、实 验

掺杂10at%和20at% $\text{Er}^{3+}$ 离子的a轴YAP棒是从提拉法生长的 $\phi 20 \times 120\text{mm}$ 的晶体毛坯中切出,激光棒尺寸为 $\phi 6.25 \times 78\text{mm}$ ,棒端面未镀增透膜,棒置于单椭圆聚光腔内,用 $\phi 7 \times 70\text{mm}$ 脉冲氙灯激励,重复率1pps。系统用冷却水冷却并用滤紫外玻璃管滤去氙灯的紫外辐射。由于一般玻璃在波长为2.5 μm之后存在严重的吸收,我们利用YAP晶体作输出镜的基片材料,为了防止沿结晶轴偏振激光径双折射YAP晶片的退偏作用,围绕光轴转动YAP晶片使其折射率椭圆长、短轴与 $\text{Er}^{3+}:\text{YAP}$ 结晶的b、c轴重合。输出镜对2.7106 μm、2.7294 μm和2.7950 μm的透过率分别为8%、6.3%和6.8%。激光用格林-汤姆逊棱镜检偏,激光波长用44W型平面光栅单色仪确定,所用光栅为300线/mm,其线色散率的倒数为64 Å/mm,平面光栅单色仪的波长用1.3414 μm Nd:YAP激光校正<sup>[4]</sup>。用焦距为6cm的YAG透镜将激光聚焦在

单色仪的入射窄缝上,输出信号用PbS光敏电阻接收并在ST-22型双线示波器上显示。激光输出用RJ-7100型激光能量计测量。实验装置见图1。

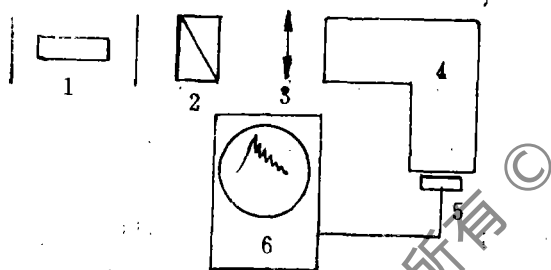


图1 实验装置

- 1— $\text{Er}^{3+}:\text{YAP}$ 激光器 2—格兰-汤姆逊棱镜 3—YAG透镜 4—44W型平面光栅单色仪 5—PbS光敏电阻 6—ST-22型双线示波器

## 三、实验结果

实验中发现激光同时有三条谱线起振,其波长分别为2.7110 μm、2.7299 μm和2.7950 μm,为了确定这三条谱线的偏振状态和输出能量与输入灯能量的关系,用格兰-汤姆逊棱镜对激光检偏,并将RJ-7100型激光能量计放在平面光栅单色仪的出口窄缝处分别测量这三条谱线的能量,为了防止焦距为6cm的YAG透镜聚焦的激光损坏入射窄缝的刀口,将入射和出射窄缝刀口宽度均开到1mm。

表1给出了三条谱线偏振输出能量与输入灯能量的关系。为了便于比较,表中也给出了三条谱线未经检偏前的总能量与输入灯能量的关系。从表1看到谱线2.7110 μm和2.7950 μm是线偏振光,其偏振方向平行于YAP结晶的b轴方向,波长2.7299 μm的谱线是部分偏振光,椭圆的长轴平行于YAP晶体的c轴。在目前的实验安排中(YAP棒的b轴与灯在同一平面内),偏振方向平行于YAP结晶b轴的2.7110 μm谱线和平行于YAP结晶c轴的2.7299 μm谱线的阈值相当,但当输入能量增加到60.5J时,前者输出能量逐渐下降。偏振方向平行于

YAP 结晶b轴的2.7950 $\mu\text{m}$ 谱线尽管阈值高达76J,但在输入能量提高时,输出能量迅速增长,当输入能量为128J时,输出能量将近占总输出能量的2/3。

表 1 Er:YAP 激光不同谱线偏振输出能量与输入灯能量的关系

输入灯能量 (J)		20.5	21	24.5	32	40.5	46	50	60.5	72	76	84.5	98	112.5	128
三条谱线同时输出总能量(mJ)		阈值		0.74	3.24	7.34		13.5	21.9	32.2		44.2	61.5	79.7	98.9
2.7110 $\mu\text{m}$ 谱线输出能量(mJ)	偏振器平行于b轴		阈值	0.10	0.51	0.99		1.19	1.27	1.23		0.93	0.77	0.85	0.60
	偏振器平行于c轴	0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0
2.7299 $\mu\text{m}$ 谱线输出能量(mJ)	偏振器平行于b轴						阈值	0.03	0.06	0.12		0.19	0.31	0.79	0.75
	偏振器平行于c轴		阈值	0.02	0.08	0.23		0.51	0.92	1.41		2.08	2.44	2.87	3.04
2.7950 $\mu\text{m}$ 谱线输出能量(mJ)	偏振器平行于b轴										阈值	0.47	2.50	5.34	9.07
	偏振器平行于c轴	0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0

#### 四、小 结

本文从实验上研究了掺杂10at%Er<sup>3+</sup>离子的a轴Er:YAP激光器同时起振的2.7110 $\mu\text{m}$ 、2.7299 $\mu\text{m}$ 和2.7950 $\mu\text{m}$ 三条谱线的偏振特性。实验表明,2.7110 $\mu\text{m}$ 和2.7950 $\mu\text{m}$ 谱线是沿结晶b轴方向的线偏振光,2.7299 $\mu\text{m}$ 谱线是部分偏振光,椭圆的长轴平行于结晶的c轴方向。三条谱线输出特性的研究表明,前二条谱线阈值相近,波长最短的谱线在输入能量超过60.5J时,输出能量略有下降,波长最长的谱线尽管阈值高达76J,但其输出能量增长迅速,在输入能量为128J时,此谱线的输出能量约占总输出能量的2/3。上述工作表明掺杂10at%Er<sup>3+</sup>的YAP晶体是一种较好的能获得中红外辐射的偏振激光晶体。

#### 参 考 文 献

- [1] IEEE J.Q.E., 1984, Vol.20, P.1427.
- [2] Soviet.Phys.Dokt., 1982, Vol.27, P.1039.
- [3] Opt.Lett., 1987, Vol.12, No.8, P.602.
- [4] Scientia Sinica (Series A), 1986, Vol.21, No.11, P.1224,

收稿日期:1989年4月2日。