

文章编号: 0258-7025(2002)05-0444-03

# Nd:KGW 多波长激光晶体生长与光谱特性

李艳红, 李建利, 洪元佳, 张 亮, 孙 晶, 刘景和, 洪广言

(长春光学精密机械学院材料与化工分院, 吉林长春 130022)

**摘要** 采用顶部籽晶熔盐法(TSSG)生长出掺钕钨酸钾钼 Nd:KGd(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(Nd:KGW)多波长激光晶体。XRD 分析了晶体结构,通过 X 射线荧光分析,检测到晶体中含有 W, K, Gd 和 Nd 元素。测试了晶体的红外、拉曼和紫外可见吸收光谱,计算了晶体中 Nd<sup>3+</sup>离子的吸收截面积。

**关键词** 顶部籽晶熔盐法(TSSG),多波长激光晶体,吸收光谱

中图分类号 O 78 文献标识码 A

## Growth and Spectral Characteristics of Nd:KGW Multi-wavelength Laser Crystal

LI Yan-hong, LI Jian-li, HONG Yuan-jia, ZHANG Liang,  
SUN Jing, LIU Jing-he, HONG Guang-yan

(Academy of Material and Chemistry, Changchun Institute of Optics and  
Fine Mechanics, Changchun 130022)

**Abstract** In this paper, Nd:KGW multi-wavelength laser crystal has been grown by mean of the top seeded solution method (TSSG). The structure of crystal was analyzed using X-ray diffraction. XFA shows the existence of element of W, K, Gd, and Nd. The spectra of IR, Raman and absorption were measured, the absorption cross sections of Nd<sup>3+</sup> were calculated.

**Key words** top seeded solution method (TSSG), multi-wavelength laser crystal, absorption spectrum

掺钕钨酸钾钼(Nd:KGW)激光晶体,无论是自由运转<sup>[1,2]</sup>,重复率调 Q<sup>[2]</sup>,还是激光 LD 抽运<sup>[3,4]</sup>,都显示了高效率的特点。尤其是在调 Q 运转时,1.067 μm 激光在晶体中产生很强的 Stocks 和反 Stocks 激光,经倍频后成为可见波段的多波长激光光源<sup>[2]</sup>,具有广泛的应用价值。本文报道了 Nd:KGW 多波长激光晶体生长及光谱特性的研究。

## 1 实 验

### 1.1 晶体生长

按照 Nd<sub>x</sub>KGd<sub>1-x</sub>(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 分子式(x = 0.05)化学计量比进行配料,以 K<sub>2</sub>W<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 为助熔剂。配制好的原料置于 φ 50 mm × 30 mm 铂金坩锅中,加热使其熔融成均匀透明的熔体。采用 TSSG 方法生长出 β-

Nd:KGW 晶体;生长温度为 960 C 左右,转速 5.5 r/min,拉速 4 mm/24 h,降温速率 0.1 C/h。

### 1.2 晶体结构与光谱

采用 X-ray 衍射仪(日本理学 D/max- II B 型),辐射源为 CuKα 线(λ=0.15405 nm),对晶体结构进行 XRD 分析。

用荷兰飞利浦公司 PW1404/10 型 X 射线荧光光谱仪,工作电压为 50 kV,电流为 50 mA,分析了样品的化学组成。用 BIO-RAD 公司 FTS135 傅里叶变换红外光谱仪和美国 Renishaw 公司的 MKI=1000 型拉曼光谱仪测试了样品的红外和拉曼光谱。将生长的 Nd:KGW 晶体切片抛光后,在室温下,用日本岛津 UV360 型分光光度计,以 Xe 灯为光源,测定了 300~900 nm 范围内的吸收光谱。

收稿日期:2001-01-18;收到修改稿日期:2001-07-24

作者简介:李艳红(1967—),女,黑龙江人,长春光学精密机械学院材料与化工分院讲师,硕士,主要从事晶体生长与性能应用的研究。

## 2 结果与讨论

### 2.1 XRD 分析

该晶体粉末衍射图谱如图 1 所示。Nd:KGW 晶体有两种结构类型:单斜晶系的  $\beta$  型(高温相)和四方晶系的  $\alpha$  型(低温相)。从 XRD 分析中得到的衍射图谱和纯 KGW 一样,也属于单斜晶系,  $C2/c$  空间群,这表明所生长的晶体为高温相  $\beta$ -Nd:KGW。

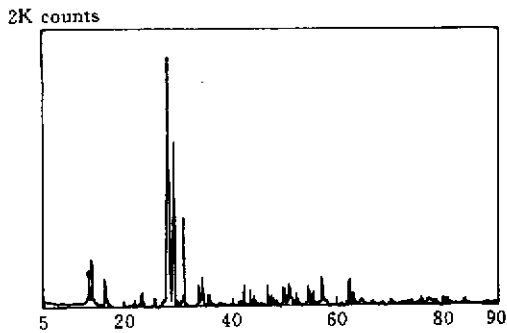


图 1 Nd:KGW 晶体的 X-ray 衍射

Fig.1 X-ray diffraction patterns of the Nd:KGW crystal

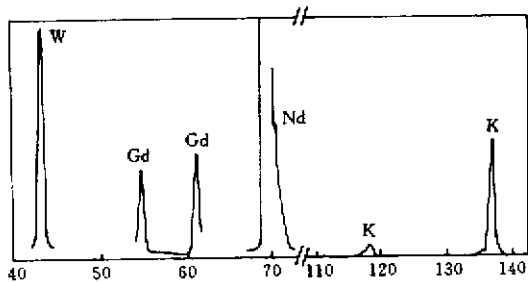


图2 Nd:KGW 晶体 X 射线荧光分析

Fig.2 X-ray fluorescence spectra of Nd:KGW crystal

### 2.2 X 射线荧光分析

X 射线荧光测试结果如图 2 所示,发现了 W, K,Gd,Nd 元素的存在。对图中谱线的强度进行比较,发现含量最多的是 W,其次是 K,Gd 则较少,Nd 最少。测试结果表明,晶体成分基本符合原料配比时量的要求。

### 2.3 红外光谱分析

测试结果如图 3 所示。原子基团  $WO_4$  的振动频率范围是:伸缩振动为  $900\sim 750\text{ cm}^{-1}$ ;弯曲振动为  $420\sim 300\text{ cm}^{-1}$ 。从图中可以看出,样品在  $923\text{ cm}^{-1}$ ,  $889\text{ cm}^{-1}$ ,  $835\text{ cm}^{-1}$ ,  $771\text{ cm}^{-1}$ ,  $745\text{ cm}^{-1}$  处出现的红外吸收峰,是  $WO_4$  原子基团伸缩振动的表现。在  $435\text{ cm}^{-1}$  处所出现的红外吸收峰,反映了  $WO_4$  原子

基团的弯曲振动。

### 2.4 拉曼光谱分析

图 4 为 Nd:KGW 晶体的拉曼光谱图。从图中可以发现晶体有较强的拉曼谱带存在,这说明了晶体含有高度共价的多重键。根据谱带的数目、位置、强度及线形,并结合相关图谱,判断该晶体为钨的化合物。

### 2.5 吸收光谱

在  $330\sim 878\text{ nm}$  波长范围内对晶体的吸收光

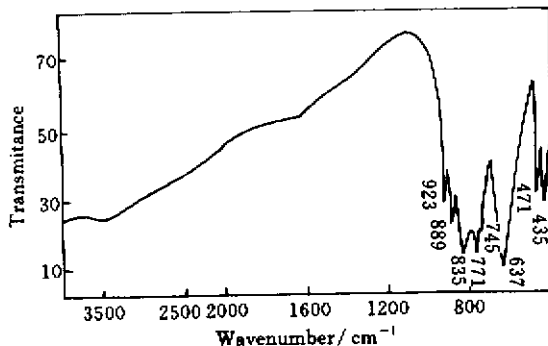


图 3 Nd:KGW 晶体的红外光谱图

Fig.3 Infrared spectra of Nd:KGW crystal

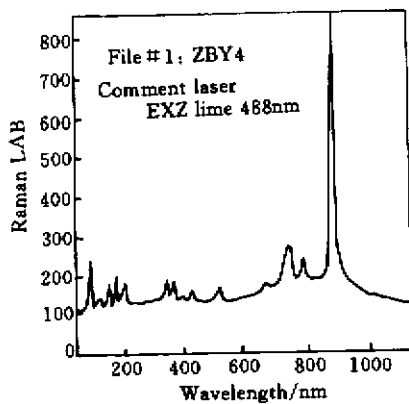


图4 Nd:KGW 晶体的拉曼光谱图

Fig.4 Raman spectra of Nd:KGW crystal

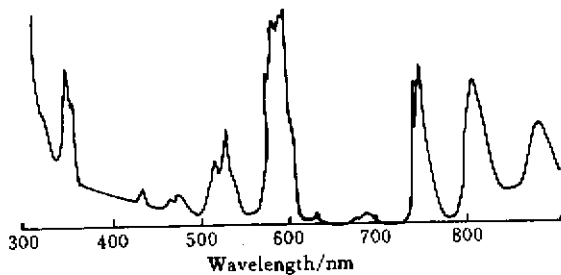


图5 晶体的吸收光谱

Fig.5 Absorption spectra of Nd:KGW crystal

谱进行了测试,如图 5 所示。在该范围内晶体共有 6

组较强的吸收带,相应的吸收峰分别位于 345~361 nm, 516~540 nm, 578~598 nm, 743~757 nm, 是 Nd<sup>3+</sup> 离子从基态到上能级 <sup>4</sup>D<sub>3/2</sub>, <sup>4</sup>D<sub>1/2</sub>, <sup>4</sup>G<sub>7/2</sub>, <sup>4</sup>G<sub>9/2</sub>, <sup>4</sup>G<sub>5/2</sub>, <sup>2</sup>G<sub>7/2</sub>, <sup>4</sup>F<sub>7/2</sub>, <sup>4</sup>S<sub>3/2</sub> 的跃迁。其中位于 598 nm 和 748 nm 的两个吸收带较强, Nd:KGW (Nd 5 at.-%) 在 808 nm 处也有强吸收, 对应于 Nd<sup>3+</sup> (<sup>4</sup>I<sub>9/2</sub>-<sup>4</sup>F<sub>3/2</sub>) 跃迁, 这与 LD 发射的波长相匹

配, 有利于 LD 抽运。根据所测得的吸收光谱, 峰值吸收截面

$$\delta(\nu) = [\ln I_0(\nu)/I(\nu)]/NL = 2.3D/NL$$

式中,  $N$  为 Nd 离子的浓度 (Nd<sup>3+</sup> 离子数/cm<sup>3</sup>),  $L$  为样品的厚度 (cm),  $D$  为光密度,  $I_0(\nu)$  为入射光的强度,  $I(\nu)$  为透射光的强度。计算结果列于表 1。

表 1 Nd:KGW 晶体的主要吸收峰位值

Table 1 Main absorption peak date of Nd:KGW crystal

Transition	<sup>2</sup> L <sub>17/2</sub> <sup>4</sup> D <sub>7/2</sub>	<sup>4</sup> D <sub>1/2</sub> <sup>4</sup> D <sub>3/2</sub> <sup>4</sup> D <sub>5/9</sub> <sup>2</sup> I <sub>11/2</sub> <sup>2</sup> L <sub>15/2</sub>	<sup>2</sup> P <sub>1/2</sub> <sup>2</sup> D <sub>5/2</sub>	<sup>7</sup> G <sub>9/2</sub> <sup>7</sup> G <sub>11/2</sub> <sup>2</sup> D <sub>3/2</sub> <sup>2</sup> K <sub>15/2</sub>	<sup>4</sup> G <sub>7/2</sub> <sup>4</sup> G <sub>9/2</sub> <sup>2</sup> K <sub>13/2</sub>	<sup>4</sup> G <sub>5/2</sub> <sup>2</sup> G <sub>7/2</sub>	<sup>2</sup> H <sub>11/2</sub>	<sup>7</sup> F <sub>9/2</sub>	<sup>7</sup> F <sub>7/2</sub> <sup>4</sup> S <sub>3/2</sub>	<sup>7</sup> F <sub>5/2</sub> <sup>2</sup> H <sub>9/2</sub>	<sup>7</sup> F <sub>3/2</sub>
Wavelength/nm	330	354~ 361	433~ 435	465~ 476	516~ 540	578~ 598	626~ 630	690	743~ 757	808	878
Wavenumber ×10 <sup>3</sup> cm <sup>-1</sup>	30.30	28.5~ 27.70	23.09~ 22.99	21.51~ 21.01	19.38~ 18.52	17.30~ 16.72	15.97~ 15.87	14.49	13.46~ 13.21	12.38	11.39
Absorption cross section	0.000	1.380	0.350	0.294	1.597	5.160	0.102	0.073	2.176	0.680	0.437

### 3 结 论

通过对已制备 Nd:KGW 晶体进行系列光谱的研究及理论计算, 认为 Nd<sup>3+</sup> 离子的特征吸收峰在 808 nm 处有强吸收, 与传统的 Nd:YAG 晶体相比, 能与 LD 的发射波长更好地匹配。本项工作将为 Nd:KGW 晶体生长与应用提供必要的依据。

致谢 本项工作得到中国科学院长春应用化学研究所于亚琴教授的大力帮助, 在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- 1 V. Kushawaha, A. Banerjee, L. Major. High-efficiency flashlamp-pumped Nd:KGW laser [J]. *Appl. Phys. B*, 1993, **56**(4):239~242
- 2 K. A. Stankov, G. Marowsky. High-efficiency multi-colour Q-switched Nd<sup>3+</sup>:KGd(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> laser [J]. *Appl. Phys. B*, 1995, **61**(2):213~215
- 3 J. M. Esmeria Jr., H. Ishii, M. Sato *et al.*. Efficient continuous-wave operation of Nd:KGd(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> at 1.067 μm with diode and Ti:sapphire laser pumping [J]. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(14):1538~1540
- 4 Zhao Ting-jie, Tu Chao-yang, Luo Zun-du. Experimental study of Nd<sup>3+</sup>:KGd(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> laser pumped by laser diode [J]. *Chin. Phys. Lett.*, 1996, **13**(3):178~181