

文章编号: 1000-7032(2009)02-0167-07

Yb³⁺ 离子摩尔分数对 Yb: GAB 晶体辐射陷阱的影响

廖金生¹, 黄艺东², 林炎富², 陈雨金², 罗遵度²

(1. 江西理工大学 材料与化学工程学院, 江西 赣州 341000;
2. 中国科学院 福建物质结构研究所, 福建 福州 350002)

摘要: 测量了一系列 Yb³⁺ 摩尔分数(0.125…1)在 Yb³⁺:GdAl₃(BO₃)₄ 晶体(Yb: GAB)的室温偏振吸收光谱、发射光谱。为了揭示和消除辐射陷阱对 Yb³⁺ 光谱性质的影响, 分别测量了块状、粉末和稀释粉末样品的发射光谱。为了比较不同摩尔分数和不同方式辐射陷阱的影响, 采用倒易法(RM)和 Fuchtbauer-Ladenburg 公式(FL)来计算发射截面。实验结果表明: 随着 Yb³⁺ 离子摩尔分数的增加, 辐射陷阱效应对发射光谱的影响越来越严重。在发射光谱中, 随着 Yb³⁺ 离子摩尔分数的增加, 短波段发射变弱, 长波段发射变强, 因此, 提出了 Yb: GAB 晶体中发射光谱的重心波长移动 $\Delta\lambda$ 与 Yb³⁺ 离子摩尔分数之间的经验关系来定量分析 Yb³⁺ 离子摩尔分数变化对辐射陷阱的影响; 采用稀释法能够很好消除辐射陷阱对发射光谱的影响, 而粉末法对于低 Yb³⁺ 浓度的样品能够比较好地消除辐射陷阱的影响, 块状样品直接测量很难消除辐射陷阱的影响。

关键词: Yb: GAB 晶体; 辐射陷阱; Yb³⁺ 离子

中图分类号: O482.31

PACS: 78.55. Hx

PACC: 3250F; 7855

文献标识码: A

1 引言

由于 Yb³⁺ 离子的准三能级性质, Yb³⁺ 激光材料的各种光谱和激光性质均不可避免地受到辐射陷阱效应的影响^[1,2]。辐射陷阱是这样一个过程: 由于材料中光吸收和发射都来源于相同的能级对, Yb³⁺ 离子之间发生辐射能量传递, 部分从 Yb³⁺ 离子上能级辐射跃迁到基态发射的光子被介质中处于基态的其它 Yb³⁺ 离子所吸收, Yb³⁺ 离子重发射, 再被其它 Yb³⁺ 离子吸收, 出现这种再吸收和再发射的一系列过程^[1]。而且, 由于介质的折射率一般大于空气的折射率, 因此还有一部分到达介质内表面的光被反射返回介质中, 增加再吸收的几率, 从而进一步加重辐射陷阱效应。这种现象^[1,3,4] 在 Cr³⁺ 离子的 $^2E \rightarrow ^4A_2$ (694 nm)、Er³⁺ 离子的 $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ (1.5 μm)、Ho³⁺ 离子的 $^4I_7 \rightarrow ^4I_8$ (2.1 μm) 以及 Tm³⁺ 离子的 $^3F_4 \rightarrow ^3H_6$ (2.0 μm) 等以第一激发态为上能级的荧光发射中也存在。

辐射陷阱效应将导致 Yb³⁺ 激光材料的发射

光谱变形。在发射光谱的短波段处, 发射光谱和吸收光谱之间的重叠比长波段处更严重。因此, 具有较短发射波长的光子, 比如波长为 976 nm 的发射光子, 将比具有较长发射波长的光子更容易被基态粒子所吸收。这些基态粒子吸收光子后失去一部分能量, 然后在长波段处发射, 导致测量的发射光谱强度在短波段处变弱, 长波段处变强。Sumida 和 Fan 通过实验已经证明了辐射陷阱效应会随样品尺寸, 样品折射率以及发射光谱和吸收光谱重叠度的增大而变得更加严重^[1]。人们一般采用前表面激发技术(front-surface-exciting technique)来测量低 Yb³⁺ 浓度固体样品的发射光谱^[2, 5~7]。通过比较其测量光谱和倒易法计算发射光谱的谱形发现, 测量光谱的变形仍然比较严重。这表明这种方法很难消除辐射陷阱效应的影响^[2]。Sumida 等人^[1] 采用三明治结构(sandwich structure)来消除 Yb: YAG 晶体的辐射陷阱效应对荧光寿命测量的影响。Yb: YAG 晶体夹在两块未掺杂的 YAG 基质晶体中以消除晶体与空间间的界面反射。结果表明对 Yb³⁺ 掺杂摩尔分数高

收稿日期: 2008-08-25; 修订日期: 2008-11-24

基金项目: 赣州市有色金属技术创新公共服务平台(PT08006)资助项目

作者简介: 廖金生(1973-), 男, 江西宁都人, 博士, 主要从事稀土发光材料的研究。

E-mail: ljs@fjirsm.ac.cn, Tel: (0797)8312204

于0.1的晶体,三明治结构也无法很好地消除辐射陷阱的影响。同样为了消除界面反射,Hehlen^[8]将切成立方体的1.0% Yb: YAG 和5.0% Er: YLiF₄样品放在玻璃球体中,并注入折射率匹配液,目的是更好抑制全反射和重吸收,从而达到消除辐射陷阱作用。与三明治结构测量1.0% Yb: YAG 晶体的发光寿命(0.951 ms)^[1]相比,测量得到的发光寿命(0.948 9 ms)相差不大。对于三明治结构的测量方法,由于测量荧光寿命的装置比较复杂,后来就很少采用。

Pujol 等^[2]采用粉末法测量发光寿命。把25~60 μm 颗粒度的 KYb(WO₄)₂(n~2)粉末装入石英小玻璃管中,并加入乙二醇(ethylene glycol 简写EG)(n=1.52)作为折射率匹配液,通过比较稀释到不同Yb³⁺浓度样品的测量结果发现,在稀释到0.52%(质量分数)以下时,测量到的Yb³⁺发光寿命保持在200 μs 不变,即基本消除了辐射陷阱效应。这种方法也被用来测量 LiYb(MO₄)₂晶体^[9]和Yb₃Sb₅O₁₂晶体^[10]的荧光寿命。这种方法的一个缺点是:由于液体的密度一般较小,如乙二醇的密度为1.113 5 g/cm³,而固体样品的密度一般较大,如 KYb(WO₄)₂ 晶体密度为7.61 g/cm³^[11],液体中的固体粉末将有不同程度的沉淀现象,从而影响测量的效果。

本文将以一系列掺杂不同摩尔分数的Yb: GAB 晶体来揭示Yb³⁺离子摩尔分数对辐射陷阱的影响,并采用稀释法来消除辐射陷阱效应对发射光谱的影响,这对于高浓度Yb³⁺激活材料作为微片激光器具有一定指导意义。

2 实验

由于GAB 晶体属于不同成分熔融,采用顶部籽晶法^[12]生长一系列不同Yb 摩尔分数的Yb: GAB 晶体($x_{\text{Yb}} = 0.125, 0.33, 0.509, 0.74, 1.00$),助熔剂是K₂O-MoO₃-B₂O₃。晶体中Yb³⁺离子摩尔分数的测量采用电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)法。采用Perkin-Elmer公司的Lambda 900型分光光度计测量晶体样品的室温偏振吸收光谱。为了分析辐射陷阱效应对发光谱的影响,我们除了测量不同浓度块状晶体偏振光谱外,还采用粉末法来减弱样品与空气界面的反射(界面反射使辐射陷阱效应变得更加严重),测量Yb: GAB 晶体粉末样品的非偏振光谱。样品

制备过程为:将块状的晶体样品用玛瑙研钵研磨后,得到40~75 μm 大小的颗粒,然后将粉末颗粒装入小玻璃试管中,再加入一氯化苯(monochlorobenzene, 折射率 n=1.524 0)充当折射率匹配液以减小反射效应(这种方法为粉末法)。为了作对比,不同激活浓度Yb: GAB 粉末样品用纯GAB 晶体粉末稀释到相同的摩尔分数0.005,然后装入小玻璃管并加入一氯化苯(这种方法为稀释法)。激发光源采用美国光谱物理公司(Spectra-Physics)的Model-3900s型可调谐钛宝石激光器,调谐波长为700~1 000 nm。光信号经过分光光度计(Triax550, Jobin-Yvon)分光后由冷却的Ge探测器(DSS-G025T, Jobin-Yvon)接收。在此过程中,光信号还须经过锁相放大器(R928, Stanford)调制以提高测量的信噪比。

3 结果与讨论

3.1 吸收光谱

Yb: GAB 晶体的偏振吸收光谱如图1所示,Yb: GAB 晶体也有940, 976, 985, 1 024 nm 四个吸收峰。从吸收光谱还可以看到:相同激活浓度下,σ 偏振方向的吸收比 π 偏振方向的吸收强,这说明Yb: GAB 晶体的各向异性比较明显。图1 还显

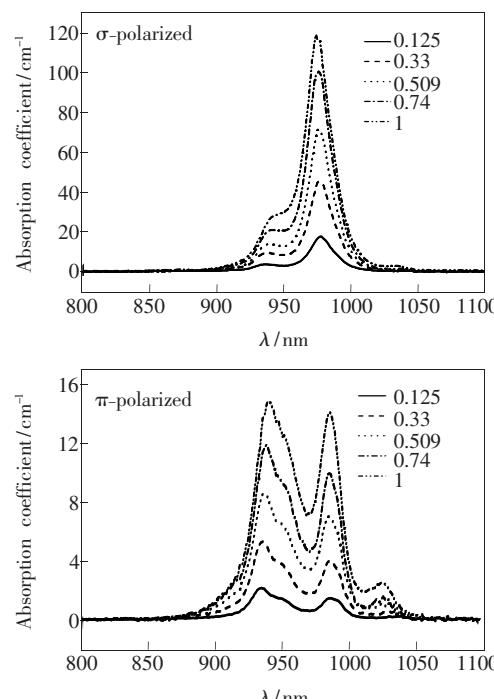


图1 掺杂不同摩尔分数Yb: GAB 晶体偏振吸收谱
Fig. 1 Polarized absorption spectra of Yb: GAB crystals doped with different mol fraction of Yb

示晶体样品在976 nm附近有一个宽而强的吸收带, 这说明Yb: GAB晶体能够被发射波长980 nm附近的InGaAs激光二极管有效泵浦。偏振吸收截面 $\sigma_{\text{abs}}^{\sigma, \pi}(\lambda)$ 的计算

$$\sigma_{\text{abs}}^{\sigma, \pi}(\lambda) = \frac{\kappa^{\sigma, \pi}(\lambda)}{N_{\text{Yb}}} \quad (1)$$

其中 $\kappa^{\sigma}(\lambda)$ 和 $\kappa^{\pi}(\lambda)$ 分别是在波长 λ 处 σ 和 π 偏振吸收系数, N_{Yb} 是Yb³⁺在晶体中格位浓度(ion/cm^3)。不同Yb³⁺摩尔分数的Yb: GAB晶体通过方程(1)计算得到吸收截面积相对偏差小于 $\pm 6\%$, 这表明Yb: GAB晶体中Yb³⁺离子周围结构并没有随Yb³⁺离子摩尔分数的不同而发生变化。

3.2 发射光谱

为了避免辐射陷阱影响, 采用倒易法(RM)计算Yb³⁺离子受激发射截面^[13]

$$\sigma_{\text{em}}^{\text{RM}, \sigma, \pi}(\lambda) = \sigma_{\text{abs}}^{\sigma, \pi}(\lambda) = \frac{Z_1}{Z_u} \exp[(E_{\text{z1}} - hc/\lambda)/kT] \quad (2)$$

其中 Z_1 和 Z_u 是下多重态和上多重态的配分函数; E_{z1} 是零声子线能量, h 是普朗克常数; c 是光速, k 是玻尔兹曼常数; T 是绝对温度。倒易法由于只是通过室温吸收谱计算得到受激发射截面, 因此可以有效地避免辐射陷阱的影响, 被普遍认为真实的。由于掺杂不同摩尔分数的Yb: GAB晶体吸收截面的相似使得通过方程(2)计算得到发射截面也是相似的。

图2显示, Yb³⁺离子摩尔分数是0.33时的Yb: GAB晶体偏振吸收光谱与发射光谱。从图中可以发现, σ 偏振吸收和发射交叠面积是 π 偏振的7倍。由于辐射陷阱效应会随样品尺寸、样品折射率以及发射光谱和吸收光谱重叠度的增大而变得更加严重^[1], 可以预期该类晶体中常规实验测量 σ 偏振发射光谱受到辐射陷阱影响而导致的变形比 π 偏振的更严重。

为了进一步分析辐射陷阱对不同掺杂浓度Yb: GAB发射光谱的影响, 同时也可以用Fuchtbauer-Ladenburg(F-L)公式^[14]计算发射截面:

$$\sigma_{\text{em}}^{\text{FL}, \sigma, \pi} = \frac{\lambda^5 A_r^{\sigma, \pi} I^{\sigma, \pi}(\lambda)}{8\pi c n_{\sigma, \pi}^2 \int \lambda I^{\sigma, \pi}(\lambda) d\lambda} \quad (3)$$

$$A_r^{\sigma, \pi} = \frac{8\pi c n_{\sigma, \pi}^2 \int \sigma_{\text{em}}^{\text{RM}, \sigma, \pi}(\lambda) d\lambda}{\int \lambda^4 g^{\sigma, \pi}(\lambda) d\lambda} \quad (4)$$

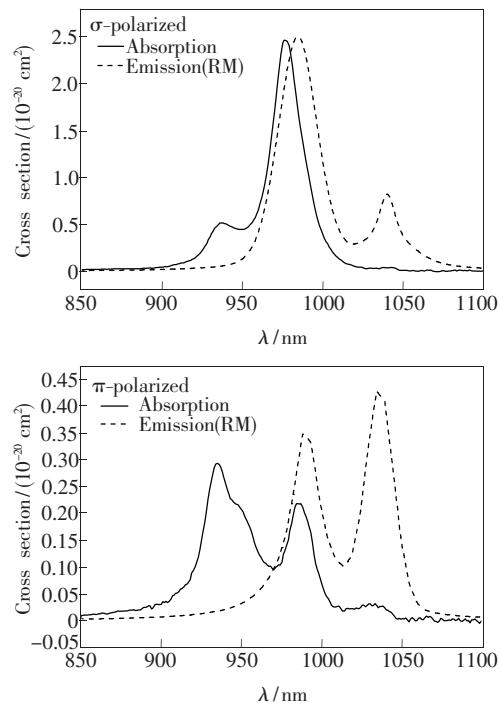


图2 0.33Yb³⁺时, Yb: GAB晶体偏振吸收与发射截面谱(RM)

Fig. 2 Polarized absorption and emission section spectra (RM) of Yb: GAB crystal doped with 0.33Yb³⁺

其中 $I^{\sigma}(\lambda)$ 和 $I^{\pi}(\lambda)$ 分别是测量 σ 和 π 偏振相对发射强度, n_{σ} 和 n_{π} 分别是单轴晶寻常光和非寻常光折射率^[15], $g^{\sigma}(\lambda)$ 和 $g^{\pi}(\lambda)$ 分别是 σ 和 π 偏振发射光谱归一化线型函数。图3给出了33.0% Yb: GAB块状晶体用两种方法计算的发射光谱(RM和FL)。从图上可以看到 σ 偏振发射比 π 偏振发射强, 测量得到发射截面(FL)在短波段强度减少, 在长波段强度增加。二者之间的不同主要是由于辐射陷阱效应的影响。图2显示吸收与发射光谱在短波长处交叠非常严重, 因此在短波段处发射光子比长波段处更容易重吸收, 这样净的结果导致发射光谱的变形。

辐射陷阱效应和测量得到发射光谱普遍会随块状样品激发和探测的位置变化而变化, 因此不同浓度Yb: GAB晶体的非偏振发射光谱采用粉末法来测量并采用FL公式计算。而本征非偏振发射截面的计算为^[16]

$$\sigma_{\text{em}}^{\text{unpol}} = (2\sigma_{\text{em}}^{\sigma} + \sigma_{\text{em}}^{\pi})/3 \quad (5)$$

其中 $\sigma_{\text{em}}^{\sigma}$ 和 σ_{em}^{π} 分别是 σ 和 π 偏振发射截面(RM)。从图4中很清楚看到: 尽管折射率匹配液在粉末法中可以减少颗粒间反射, 但是测量发射光谱或多或少受到辐射陷阱影响。粉末法很难

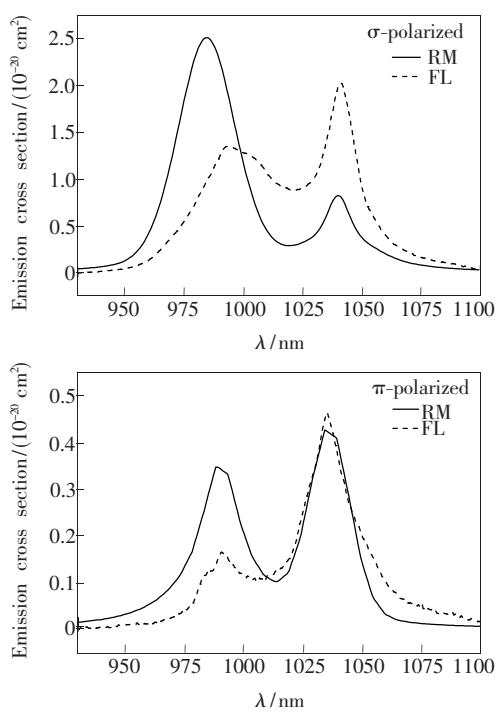


图3 0.33 Yb³⁺掺杂的Yb: GAB块状晶体偏振发射光谱(RM和FL)

Fig. 3 Polarized emission spectra of Yb: GAB crystal doped with 0.33 Yb³⁺ in bulk sample (RM and FL)

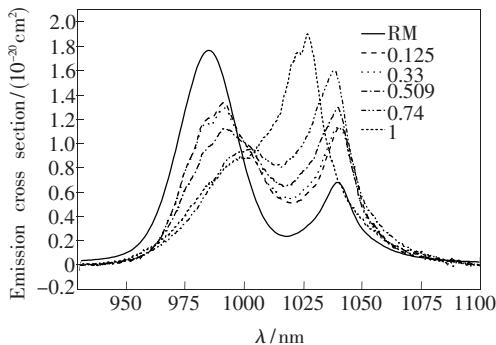


图4 不同摩尔分数掺杂Yb: GAB晶体粉末的非偏振发射光谱

Fig. 4 Unpolarized emission spectra of Yb: GAB crystals doped with different Yb³⁺ concentrations in powder samples

消除高摩尔分数掺杂Yb: GAB晶体的辐射陷阱效应。

从图4中可以看到:随着Yb³⁺离子摩尔分数的增加,第一个峰(左边)的发射截面减小并发生红移,第二个峰(右边)的发射截面增加。因此,可以采用测量与真实发射光谱重心波长移动($\Delta\lambda = \bar{\lambda}_2 - \bar{\lambda}_1$)来作为辐射陷阱效应的评价标准。其中 $\bar{\lambda}_2$ 和 $\bar{\lambda}_1$ 分别是测量(FL)和真实(RM)发射

光谱的重心波长。Yb: GAB晶体重心波长变化与浓度的数据显示在表1。很显然,随着Yb³⁺离子摩尔分数的增加, $\Delta\lambda$ 值也是增加。这与Yb³⁺离子摩尔分数的增加辐射陷阱效应增强是一致的。通过表1的数据 $\Delta\lambda$ 与 x_{Yb} 之间得到经验关系: $\Delta\lambda = 45.0 [1 - \exp(-x_{\text{Yb}}/0.548)]$, 图5表明实验与计算的结果基本上一致。

表1 Yb: GAB晶体发射光谱重心波长变化与Yb³⁺离子摩尔分数的数据

Table 1 Variation of the barycentric wavelength of emission spectra for Yb: CAB crystal and the doping mole fraction data of Yb³⁺

x_{Yb}	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_1$	$\Delta\bar{\lambda}_2 - \bar{\lambda}_1$
0.125	1 005	988	17
0.33	1 006	988	18
0.509	1 012	988	24
0.74	1 022	988	34
1	1 028	989	39

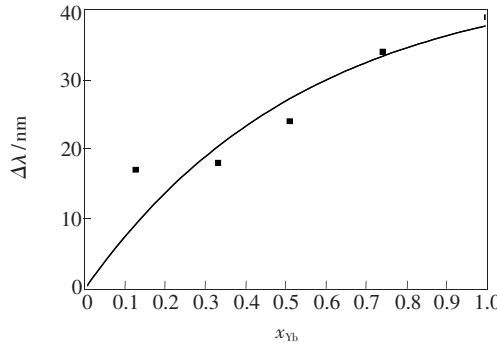


图5 Yb: GAB晶体发射光谱重心波长的变化与Yb³⁺掺杂摩尔分数关系

Fig. 5 Shift of the barycentric wavelength of the measured emission spectra from those of the intrinsic vs. Yb³⁺ mole fraction x_{Yb} . The points represent the experimental data and the solid curve is the fitting result from $\Delta\lambda = 45.0 [1 - \exp(-x_{\text{Yb}}/0.548)]$.

在图4中的测量发射光谱显示:尤其高浓度激活晶体,粉末法不能消除辐射陷阱对光谱影响。因此稀释法被采用来测量发射光谱。所有Yb: GAB晶体粉末样品都用相同颗粒大小纯GAB晶体粉末稀释到0.005。发现Yb: GAB晶体粉末稀释到0.005(稀释法)得到所有发射光谱是相似的。图6给出了平均非偏振发射光谱(FL)。为了比较不同方法对辐射陷阱的消除情况,图6还给出了以不同方式获得的0.33Yb: GAB晶体非

偏振发射光谱的比较。从图中可以看到稀释到0.005粉末样品的发射光谱(FL)与真实发射光谱(RM)非常相似,这个结果显示稀释法能很好地消除辐射陷阱,块状样品受到辐射陷阱的影响最

严重,其次是粉末法不能很好消除辐射陷阱。

4 结 论

通过测量不同摩尔分数激活的Yb: GAB晶体,采用块状、粉末和稀释粉末三种形式样品的发射光谱。比较测量的发射光谱与通过倒易法得到的真实发射光谱发现:相同Yb³⁺摩尔分数的块状样品,σ偏振发射光谱受辐射陷阱效应的影响比π偏振的严重;块状和粉末样品的辐射陷阱效应均随Yb³⁺摩尔分数增加而增强;在三种方法中,稀释法可以有效地消除辐射陷阱效应对发射光谱数据测量的影响,对于低Yb³⁺摩尔分数的样品,粉末法也能比较好消除辐射陷阱效应的影响,块状样品受辐射陷阱效应的影响最严重。因此,Yb: GAB晶体中准确的光谱参数的测定必须充分考虑辐射陷阱效应的影响,才能为进一步的激光性能研究提供可靠光谱数据。

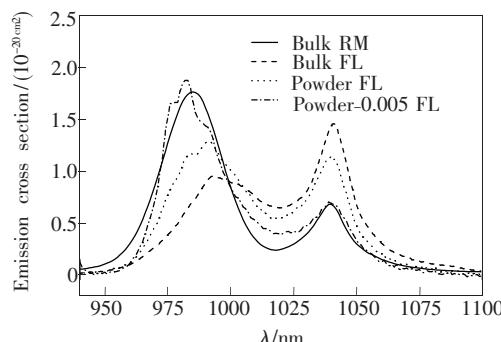


图6 0.33Yb³⁺时Yb: GAB晶体不同方式得到发射光谱

Fig. 6 Unpolarized emission spectra of Yb: GAB crystal doped with 0.33Yb³⁺ in the samples of bulk, powder, and 0.005Yb³⁺ diluted powder.

参 考 文 献:

- [1] Sumida D S, Fan T Y. Effect of radiation trapping on fluorescence lifetime and emission cross section measurement in solid-state laser media [J]. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(17):1343-1345.
- [2] Pujol M C, Bursukova M A, Guell F, et al. Growth, optical characterization, and laser operation of a stoichiometric crystal KYb(WO₄)₂ [J]. *Phys. Rev. B*, 2002, **65**(16):165121-165131.
- [3] Laversenne L, Goutaudier C, Guyot Y, et al. Growth of rare earth (RE) doped concentration gradient crystal fibers and analysis of dynamical processes of laser resonant transitions in RE-doped Y₂O₃ (RE = Yb³⁺, Er³⁺, Ho³⁺) [J]. *J. Alloys Compd.*, 2002, **341**(1-2):214-219.
- [4] Zhang D L, Pun E Y B. Accurate measurement of 1.5 mm lifetime of Er³⁺ in LiNbO₃ crystals and waveguides [J]. *J. Appl. Phys.*, 2003, **94**(3):1339-1345.
- [5] Takebe H, Murata T, Morinage K. Compositional dependence of absorption and fluorescence of Yb³⁺ in oxide glasses [J]. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1996, **79**(3):681-687.
- [6] Zou X, Toratani H. Evaluation of spectroscopic properties of Yb³⁺-doped glasses [J]. *Phys. Rev. B*, 1995, **52**(22):15889-15897.
- [7] Chen Y J, Huang Y D, Luo Z D. Spectroscopic properties of Yb³⁺ in bismuth borate glasses [J]. *Chem. Phys. Lett.*, 2003, **382**(3-4):481-488.
- [8] Hehlen M P. Reabsorption artifacts in measured excited-state lifetimes of solids [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 1997, **14**(6):1312-1318.
- [9] Volkov V, Cascales C, Kling A, et al. Growth, structure, and evaluation of laser properties of LiYb(MO₄)₂ single crystal [J]. *Chem. Mater.*, 2005, **17**(2):291-300.
- [10] Cascales C, Zaldo C, Puche R S. Preparation and optical characterization of Yb₃Sb₅O₁₂: discussion of its suitability for laser operation [J]. *Chem. Mater.*, 2005, **17**(8):2052-2058.
- [11] Pujol M C, Mateos X, Sole R, et al. Structure, crystal growth and physical anisotropy of KYb(WO₄)₂, a new laser matrix [J]. *J. Appl. Cryst.*, 2002, **35**(1):108-112.
- [12] Liao J S, Lin Y F, Chen Y J, et al. Growth and optical properties of Yb_xGd_{1-x}Al₃(BO₃)₄ single crystals with different Yb³⁺ concentration [J]. *J. Alloys Comp.*, 2005, **397**(1-2):211-215.

- [13] McCumber D E. Einstein relations connecting broadband emission and absorption spectra [J]. *Phys. Rev.*, 1964, **136**(4A): A954-A957.
- [14] Aull B F, Janssen H P. Vibronic interaction in Nd: YAG resulting in nonreciprocity of absorption and stimulated emission cross sections [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1982, **18**(5): 925-930.
- [15] Tu C Y, Qiu M W, Huang Y, et al. The study of a self-frequency-doubling laser crystal Nd³⁺: GdAl₃(BO₃)₄ [J]. *J. Cryst. Growth.*, 2000, **208**(1-4): 487-492.
- [16] Marshall C D, Payne S A, Smith L K, et al. 1.047 mm Yb: Sr₅(PO₄)₃F energy storage optical amplifier [J]. *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, 1995, **1**(1): 67-77.

Influence of Yb³⁺ Mole Fraction on Radiative Trapping of Yb: GdAl₃(BO₃)₄ Crystals

LIAO Jin-sheng¹, HUANG Yi-dong², LIN Yan-fu², CHEN Yu-jin², LUO Zun-du²

(1. Faculty of Materials Science and Chemistry Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China;

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

Abstract: Microchip lasers are miniature diode-pumped solid-state lasers with a sufficiently short thickness of gain media, so only a single longitudinal mode falls under the gain profile. In order to absorb the pump light fully, especially, for the Yb³⁺ ions with smaller absorption cross section than the Nd³⁺, quite high concentration of active ions in the laser material is necessary. The Yb³⁺ ions can be doped into the GAB host as high as 100% *i.e.* YbAl₃(BO₃)₄, while keeps the R32 structure due to the radius of the Yb³⁺ ion is close to that of the Gd³⁺. This character displays that Yb³⁺ mole fraction may be adjusted freely in the GAB crystal without the distortion of the crystal structure. This is very important for a microchip laser medium since the concentration of active ions is generally modified with the thickness of the microchip for absorbing adequate pump power and making the laser operates effectively. So the Yb: GAB crystal with changeable Yb³⁺ mole fraction could be a good candidate for microchip laser medium.

The polarized absorption spectra, emission spectra of Yb³⁺-doped GdAl₃(BO₃)₄ (Yb: GAB) crystals with a series of Yb³⁺ mole fraction from 0.125 ~ 1.000 were measured at room temperature.

From the polarized absorption spectra of Yb: GAB crystals at room temperature, it can be found that the σ -polarized ($E \perp c$) absorption coefficient is larger than that of the π -polarized ($E \parallel c$) at the same Yb³⁺ mole fraction. The 976 nm peak is the strongest absorption peak in the σ -polarized, which can match the emission wavelength of InGaAs laser diode (LD). It means this kind of crystal is suitable for LD pumping.

Samples of powder and diluted powder of all the Yb: GAB crystals were also used in the spectral experiments to reveal and eliminate the effect of radiation trapping on the measured emission spectra. The emission cross sections of the Yb: GAB crystals obtained by means of the reciprocity method (RM) and the Fuchtbauer-Ladenburg formula were compared in order to study the radiative trapping effect on the emission spectra. The influence of Yb³⁺ mole fractions on the effect of radiation trapping was analyzed on the basis of the experimental results. It can also be found from the emission spectra of Yb: GAB crystals with different Yb³⁺ mole fraction that, with the increment of Yb³⁺ mole fraction, the cross section of the first emission peak (left, in Fig. 2) decreases and the peak red shifts but the cross section of the second emission peak (right) increases. The effect of radiative trapping increases with the Yb³⁺ mole fraction increasing. Therefore, the shift between the bary-

centers of the measured and the intrinsic emission spectra, $\Delta\lambda$, was proposed as an appraisement of the radiation trapping effect and an empirical relation between $\Delta\lambda$ and Yb³⁺ mole fraction in the Yb: GAB crystals was deduced. The diluted method can effectively eliminate the effect of radiative trapping on the emission spectra, whereas the powder method can omitting do it at low doping mole fractions. It is impossible to eliminate the effect of radiation trapping on the emission spectra of bulk samples by directly measuring.

Key words: Yb: GAB crystal; radiative trapping; Yb³⁺ ions

CLC number: O482.31

PACS: 78.55. Hx

PACC: 3250F; 7855

Document Code: A

Received date: 2008-08-25

欢迎订阅《光机电信息》(月刊)

本刊由中国光学学会、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办,科学出版社出版。

本刊征集光学和应用光学、光电子学和激光、微纳科技、材料科学、电磁学和电子学、机械、信息科学和技术等几大领域如下形式的文章:

1. 研究信息快报

本栏目主要报道最新研究成果、阶段新结果、片段新结果的介绍或说明,不要求是纯学术论文。目的是为那些尚未能形成正式研究论文,但希望把已有的最新研究成果、阶段或片段新结果抢先发表的科研工作者提供一个平台,保护广大科研人员的知识产权。主要内容包括研究背景简介、研究过程或实验过程简述、观察到的结果、数据及相关信息说明、评论等,附图表数据等,也可附参考文献(一般不要求)。本栏目发表的论文数据不影响在正式发表论文时使用。

本栏目出版周期:收稿日期为每月5日之后、25日之前收到,下月即出版发表。如为当月5号之前收到,当月发表。

2. 研究快报

本栏目主要征集研究新成果的快速报道,要求同其他刊物的研究快报。要求具有如下内容:摘要、关键词、研究背景(引言)、研究过程或实验过程、研究结果、参考文献。

3. 研究评论

对当前最新研究成果或研究动态的评论和展望,或基于他人研究结果的二次开发或更深层次的研究结果报道。

4. 综述文章

(1)综述本领域或本学科的研究成果和进展、发展动态和趋势;(2)作者本研究群体的研究工作综述。

5. 研究论文

征集研究新结果的学术论文。

6. 应用开发类论文

接受各类大学、研究所、企业自主研发的新产品性能报道和新应用报道;新型器件在系统应用结果方面的报道等。这类论文是反映企业研发创新和对自身产品的再认识的能力、并能够让用户更好地了解产品性能、拓展应用范围的手段。本栏目论文具有产品推广广告作用。

7. 成果信息和研发信息

本栏目主要为大学、研究所等研发部门发布研究成果信息或项目工程研发信息;企业需要开发或攻关的项目信息等。目的是为研发部门和企业之间架起沟通桥梁。

8. 各类形式的企业宣传、广告,具体来电来函商谈,本刊做各类宣传、广告,费用低廉。

“好酒也怕巷子深”——您的产品多一份广告就会多一份收益,低廉的费用可以节约销售人员的出差费用,而效费比高,广告范围广。

在我们这里刊登的广告哪怕只为您带来一个客户——您就收回了广告成本,同时也给您带来了久远的影响和效益。纸版的广告+电子版的广告——更值得客户信赖,更能为您培养潜在的中、远期客户。

网上投稿: E-mail: gjdxxw@gmail.com, xxfw@ciomp.ac.cn

学报地址: 长春市东南湖大路3888号 邮编: 130033