

文章编号: 1000-7032(2011)10-0983-05

# 白光 LED 用荧光材料 $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$ 的制备及发光性能

王 荣<sup>1</sup>, 徐 进<sup>1</sup>, 陈 朝<sup>2,3\*</sup>

(1. 厦门大学 材料学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 能源研究院, 福建 厦门 361005;  
3. 厦门大学 物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 采用高温固相法合成了可用于白光 LED 的  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  荧光粉。研究了煅烧时间、稀土  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量等条件对材料发光性能的影响。结果表明: 适量掺入  $\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  之后, 基质的晶格结构未发生变化; 稀土  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂摩尔分数为 6%, 煅烧时间为 3 h 时最佳; 作为电荷补偿剂的  $\text{Na}^+$  的引入, 较大地提高了荧光粉发光强度。该荧光粉可被 394 nm 近紫外光激发, 在 615 nm 处红光发射最强, 是一种潜在的近紫外白光 LED 用荧光材料。

**关键词:**  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$ ; 高温固相法; 红色荧光粉; 白光 LED

中图分类号: O482.31

PACS: 78.55.Hx

PACC: 7855H

文献标识码: A

DOI: 10.3788/fjxb20113210.0983

## 1 引 言

GaN 基 LED 芯片与稀土发光材料结合获得的白光固体照明光源, 具有能耗低、亮度高、寿命长、体积小、方向性好、发光效率高、无污染等优点, 被称为新一代照明光源<sup>[1-6]</sup>。目前已商业化使用的白光 LED 主要是采用 GaN 基蓝光 LED 芯片与 YAG 黄色荧光粉组合, 利用蓝光芯片激发 YAG:  $\text{Ce}^{3+}$  产生的黄光与剩余蓝光混合获得白光。但此种方式得到的白光不够均匀、色温较高、显色指数较低<sup>[7-8]</sup>。为了克服这些缺点, 采用近紫外 LED 芯片来激发红绿蓝 (RGB) 三基色荧光粉来实现白光的方法应运而生<sup>[9]</sup>。因为这种方式产生的白光 LED 是由紫外光激发 RGB 三基色荧光粉而产生的, 荧光粉的配比灵活, 所以能够获得一个较高显色指数、较低色温的均匀白光。但是, 制备深紫外 LED 所需要的 AlGaIn/GaN 外延生长比较困难, 而近紫外 LED 只需要 InGaIn/GaN 材料就可以了, 较容易制备。所以, 研发在 400 nm 左右近紫外波长激发的三基色荧光粉更具吸引力<sup>[10]</sup>。稀土具有特殊的物理和化学性能, 因其具

有独特的 4f 层电子结构, 4f 电子在不同能级之间跃迁, 产生大量的吸收和荧光光谱的信息, 所以稀土元素作为荧光材料中的激活剂得到越来越多的研究者的青睐<sup>[11]</sup>。目前, 应用于近紫外芯片上的三基色荧光粉主要是传统的荧光粉, 如: 蓝粉  $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$ , 绿粉  $\text{ZnS}:\text{Cu}^+, \text{Al}^{3+}$ , 红粉  $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$  等。但这些传统荧光粉在近紫外区激发时的发光效率低, 且硫化物基质稳定性差, 容易对环境造成污染。

稀土掺杂硼酸盐类发光材料具有很高的紫外透明性、非线性特性、良好的稳定性及光学性能等, 有望成为一种极具潜力的三基色荧光材料, 吸引了越来越多国内外学者的研究<sup>[12-19]</sup>。本文采用高温固相反应法合成  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂硼酸盐基质红光荧光材料, 研究了煅烧时间、 $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量及  $\text{Na}^+$  电荷补偿对该荧光材料发光强度的影响。在室温下, 该荧光粉在 394 nm 左右的近紫外光激发下, 能够发出波长为 615 nm 的红光, 是一种极具潜力的可用于近紫外光激发的白光 LED 用荧光材料。

收稿日期: 2011-06-14; 修订日期: 2011-07-21

作者简介: 王荣(1984-), 男, 江西新余人, 主要从事稀土发光材料的研究。

E-mail: wangrong080@163.com

\*: 通讯联系人; E-mail: cchen@xmu.edu.cn, Tel: (0592)2182458

## 2 实 验

### 2.1 样品的制备

采用  $\text{SrCO}_3$  分析纯 (AR)、 $\text{H}_3\text{BO}_3$  分析纯 (AR) 及  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  (4N) 为原料, 通过高温固相反应获得  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}$  样品。由于  $\text{Eu}^{3+}$  取代了基质晶格中  $\text{Sr}^{2+}$  的格位, 为了使电荷达到平衡, 我们使用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  以引入  $\text{Na}^+$  作为电荷补偿。按适宜的化学计量比称量原料, 将混合物置于烧杯中混合均匀, 然后在玛瑙研钵磨细混匀, 将混合物置于刚玉坩埚内, 首先在空气中于  $400\text{ }^\circ\text{C}$  下保温 1 h, 然后在空气中于  $1\ 200\text{ }^\circ\text{C}$  下分别煅烧 1, 2, 3, 4, 5 h, 最后将所得样品自然冷却、研磨, 得到粉末样品。

### 2.2 粉末结构及光学性能测试

采用粉末 X 射线衍射仪 (Panalytical X-pert, 荷兰) 来获得样品的 XRD 图谱; 样品的激发和发射光谱使用 Hitachi F-7000 型荧光分光光度计来测定, 氙灯作为激发光源。

## 3 结果与讨论

### 3.1 粉末样品的 XRD 分析

图 1 所示为在  $1\ 200\text{ }^\circ\text{C}$  下煅烧所获得的不同粉末样品的 XRD 图谱。由图中可以看出, 所有粉末样品的 XRD 衍射峰与  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$  标准图谱 JCPDS No. 31-1343 完全一致, 没有杂相衍射峰出现。这说明适量的激活剂离子  $\text{Eu}^{3+}$  及  $\text{Na}^+$  的掺入未对基质晶体结构产生明显影响。 $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$  属于斜方六面体晶体结构, 晶胞常数  $a = 0.904\ 6\ \text{nm}$ ,  $b = 0.904\ 6\ \text{nm}$ ,  $c = 1.256\ 6\ \text{nm}$ 。因  $\text{Eu}^{3+}$  离子半径 ( $r = 0.109\ \text{nm}$ ) 与  $\text{Sr}^{2+}$  离子半径 ( $r = 0.121\ \text{nm}$ ) 相近, 所以掺入的  $\text{Eu}^{3+}$  将占据  $\text{Sr}^{2+}$  格位。

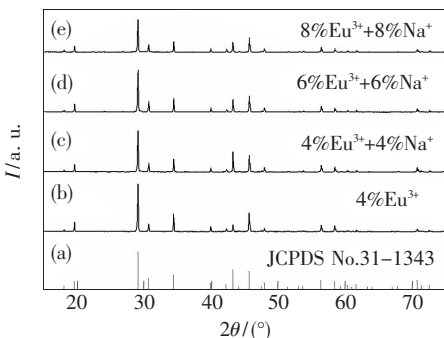


图 1 粉末样品的 XRD 谱

Fig. 1 XRD patterns of powder samples

### 3.2 样品的光谱分析

图 2 所示为  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  的激发光谱图。从图中可看出,  $220\sim 330\ \text{nm}$  处的宽激发带归属于  $\text{O}^{2-}\rightarrow\text{Eu}^{3+}$  的电荷转移跃迁<sup>[10,17,19]</sup>。在  $361, 381, 394, 411, 464\ \text{nm}$  等处有多个尖锐的激发峰, 分别归属于  $\text{Eu}^{3+}$  的  ${}^7\text{F}_0\rightarrow{}^5\text{D}_4, {}^7\text{F}_0\rightarrow{}^5\text{L}_7, {}^7\text{F}_0\rightarrow{}^5\text{L}_6, {}^7\text{F}_0\rightarrow{}^5\text{D}_3, {}^7\text{F}_0\rightarrow{}^5\text{D}_2$  等吸收跃迁。图 3 所示为  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  的发射光谱图。由图可知, 在  $577, 595, 615, 655\ \text{nm}$  等处有多个窄的发射峰, 分别属于  $\text{Eu}^{3+}$  的  ${}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_0, {}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_1, {}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_2, {}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_3$  等跃迁。一般来说, 可以根据  ${}^7\text{F}_j$  的能级劈裂数和  ${}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_j$  的跃迁数等光谱结构数据来判定  $\text{Eu}^{3+}$  所处环境的点群对称性。当  $\text{Eu}^{3+}$  处于偏离反演对称中心的格位时, 常以  ${}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_2$  受迫电偶极跃迁为主; 而当  $\text{Eu}^{3+}$  占据反演对称中心格位时, 主要以  ${}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_1$  磁偶极跃迁为主<sup>[9,16,20]</sup>。从图 3 还可看出,  $\text{Eu}^{3+}$  在  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$  中应处于偏离反演对称中心的格位, 产生了超灵敏的  ${}^5\text{D}_0\rightarrow{}^7\text{F}_2$  受迫电偶极跃迁的特征发射。

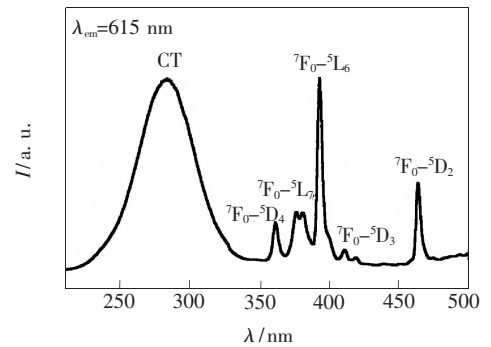


图 2  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  的激发光谱

Fig. 2 The excitation spectrum of  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$

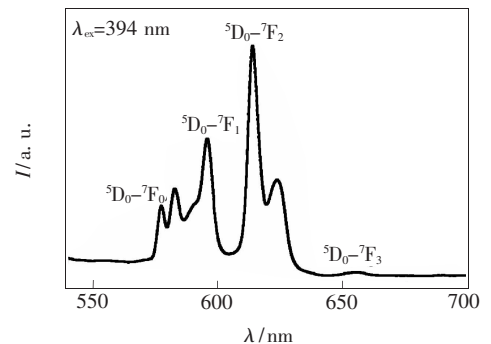


图 3  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  的发射光谱

Fig. 3 The emission spectrum of  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$

### 3.3 $\text{Eu}^{3+}$ 掺杂量对 $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$ 发光强度的影响

激活剂的掺杂量对荧光粉发光强度有很大影

响,为了获得最佳发光强度,我们在  $1\ 200\ ^\circ\text{C}$  下煅烧 3 h 制备了一系列不同  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量的样品,研究  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量对  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$  发光性能的影响。图 4 所示为不同  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量的荧光粉样品在  $394\ \text{nm}$  近紫外光激发下的发射光谱的变化。从图中可看出,不同  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量的样品发射光谱形状基本没变,但样品的发光强度发生明显变化。样品的发光强度随着  $\text{Eu}^{3+}$  摩尔分数的增大而逐渐增强,当  $x = 6\%$  时达到最强;之后随着  $\text{Eu}^{3+}$  摩尔分数进一步增大,其发光强度明显减弱,这是  $\text{Eu}^{3+}$  的浓度猝灭所致。

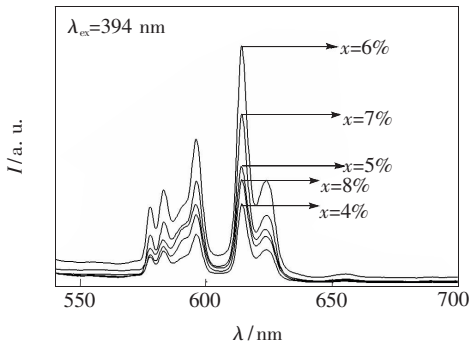


图 4  $\text{Eu}^{3+}$  摩尔分数对  $\text{Sr}_{3-2x}\text{B}_2\text{O}_6:\text{xEu}^{3+}, \text{xNa}^+$  发光强度的影响

Fig. 4 Effect of  $\text{Eu}^{3+}$  doping mole fraction on luminescence intensity of  $\text{Sr}_{3-2x}\text{B}_2\text{O}_6:\text{xEu}^{3+}, \text{xNa}^+$

### 3.4 煅烧时间对 $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$ 发光强度的影响

在  $1\ 200\ ^\circ\text{C}$  下,不同煅烧时间对  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$  的发光强度的影响如图 5 所示。从图中可以看出,样品发射光谱的形状基本不变,不受煅烧时间影响;但发光强度随着煅烧时间的延长迅速增强。当煅烧时间  $t = 3\ \text{h}$  时,发光强度达到

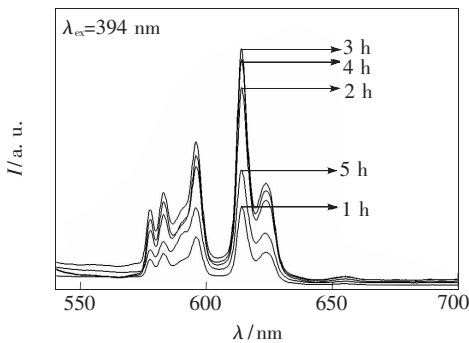


图 5 煅烧时间对  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:0.06\text{Eu}^{3+}, 0.06\text{Na}^+$  发光强度的影响

Fig. 5 Dependence of luminescence intensity of  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:0.06\text{Eu}^{3+}, 0.06\text{Na}^+$  on calcination time

最大;进一步延长煅烧时间,发光强度明显减弱。出现这种情况可能是由于在短时间内煅烧时晶体结晶不够完整,存在大量缺陷,致使荧光粉发光强度较低;随着煅烧时间的延长,晶体结晶越来越完整,缺陷也越来越少,所以荧光粉发光强度也越强。但煅烧时间过长,晶体颗粒不断长大,甚至出现团聚现象,反而降低荧光粉发光强度。

### 3.5 电荷补偿剂 $\text{Na}^+$ 对 $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}$ 发光强度的影响

为了研究电荷补偿  $\text{Na}^+$  对  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}$  发光强度的影响,我们制备了一系列  $\text{Sr}_{3-2x}\text{B}_2\text{O}_6:\text{xEu}^{3+}, \text{xNa}^+$  和  $\text{Sr}_{3-x}\text{B}_2\text{O}_6:\text{xEu}^{3+}$  样品。图 6 为样品在  $394\ \text{nm}$  近紫外光激发下的发射光谱图。从图中可以明显地看出,  $\text{Na}^+$  的掺入明显地提高了样品的发光强度。在  $\text{Sr}_{3-x}\text{B}_2\text{O}_6:\text{xEu}^{3+}$  晶体中,如果一个  $\text{Eu}^{3+}$  取代一个  $\text{Sr}^{2+}$  格位,就很难保持电荷平衡,所以  $\text{Eu}^{3+}$  不可能完全取代  $\text{Sr}^{2+}$  格位。在此我们使用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  以引入  $\text{Na}^+$  作为电荷补偿。从图中可以发现,  $\text{Na}^+$  的引入较大地提高了样品的发光强度,这主要是由于  $\text{Na}^+$  的引入导致了  $\text{Eu}^{3+}$  中心离子取代格位周围晶场的变化,使得  $\text{Eu}^{3+}$  处于远离反演对称中心的格位<sup>[21]</sup>。我们知道,当未引入电荷补偿剂时,中心离子  $\text{Eu}^{3+}$  进入晶体内将占据着  $\text{Sr}^{2+}$  的格位,由于价态的不同,会产生带正电的  $\text{Eu}'_{\text{Sr}}$  缺陷。  $\text{Eu}^{3+}$  占据不同格位处的  $\text{Sr}^{2+}$  所产生的带正电的  $\text{Eu}'_{\text{Sr}}$  缺陷之间由于静电作用相互排斥,将导致晶体内应力扩张,致使晶格匹配失效严重,这可能是荧光粉发光强度较低的原因。当引入电荷补偿剂  $\text{Na}^+$  时,  $\text{Na}^+$  进入晶体内也将占据  $\text{Sr}^{2+}$  的格位,同样由于价态的不同,将产生带负电的  $\text{Na}'_{\text{Sr}}$  缺陷,这样在晶体内就可达到电荷平衡,

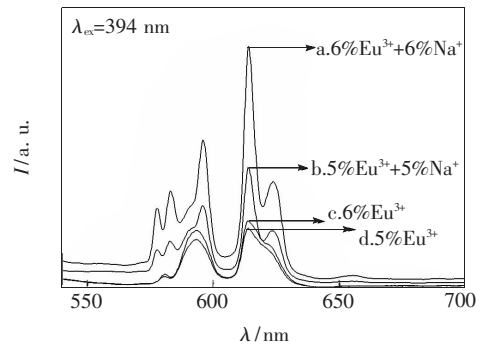


图 6 电荷补偿剂  $\text{Na}^+$  对  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}$  发光强度的影响

Fig. 6 Effect of charge compensator  $\text{Na}^+$  on  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}$  luminescence intensity

应力扩张减弱,晶格匹配更好,晶体完整性更高。所以电荷补偿剂的引入较大地提高了荧光粉的发光强度。D. van der Voort 和 G. Blasse 等人<sup>[22-23]</sup> 研究报道了在  $\text{Eu}^{3+}$  激活的钙与锆的化合物中,  $\text{Eu}^{3+}$  能携带一个正有效电荷:  $\text{Eu}_{\text{Ca}}^{\cdot}$  或  $\text{Eu}_{\text{Zr}}^{\cdot}$ 。而对于  $\text{Eu}^{3+}$  在电荷迁移激发态上的发射量子效率,正有效电荷是不利的。本文中,未引入电荷补偿剂时,  $\text{Eu}^{3+}$  占据  $\text{Sr}^{2+}$  格位也携带了一个正有效电荷  $\text{Eu}_{\text{Sr}}^{\cdot}$ ,这也可能是导致荧光粉的发光强度较低的原因。

## 4 结 论

采用高温固相法合成了  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  荧光材料,研究了  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂量、煅烧时间对荧光粉发光性能的影响。研究结果表明:激活剂  $\text{Eu}^{3+}$  掺杂摩尔分数为 6%、煅烧时间为 3 h 时,荧光粉的发光强度最大。电荷补偿剂  $\text{Na}^+$  的引入较大幅度地提高了荧光粉发光强度。 $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$  荧光材料能被近紫外光高效激发,在 615 nm 处红光发射最强,是一种较好的可用于近紫外芯片白光 LED 的荧光材料。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] Gu Mingbo, Wang Kaitao, Qin Chuanxiang, *et al.* Preparation and luminescence properties of  $\text{La}_6\text{WO}_{12}:\text{Eu}^{3+}/\text{PVA}$  nanofibers by Pechini/electrospinning process [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2011, **32**(6):555-560 (in Chinese).
- [ 2 ] Zhang Kai, Liu Hezhou, Hu Wenbin. Progress in the preparation of phosphor for white light-emitting diode [J]. *Materials Review* (材料导报), 2005, **19**(9):50-53 (in Chinese).
- [ 3 ] Yi Linghong, He Xipu, Zhou Liya, *et al.* A potential red phosphor  $\text{LiGd}(\text{MoO}_4)_2:\text{Eu}^{3+}$  for light-emitting diode application [J]. *J. Lumin.*, 2010, **130**(6):1113-1117.
- [ 4 ] Wang Deliu, Fu Renli, He Hong, *et al.* Research and development of phosphors for white light-emitting diode [J]. *Materials Review* (材料导报), 2007, **19**(9):50-53 (in Chinese).
- [ 5 ] Sang Shiyun, Wang Xifeng, Xia Wei, *et al.* Preparation and encapsulation characteristics of silicate-based phosphor for white light-emitting LED [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2009, **30**(4):503-508 (in Chinese).
- [ 6 ] Su Qiang, Wu Ha, Pan Yuexia, *et al.* Rare earth luminescent materials for white LED solid state lighting [J]. *J. Chin. Rare Earth Soc.* (中国稀土学报), 2005, **23**(5):513-517 (in Chinese).
- [ 7 ] Kong Li, Gan Shucui, Hong Guangyan, *et al.* Luminescence properties of  $\text{YAG}:\text{Ce}$  co-doped with  $\text{Pr}^{3+}$  or  $\text{Sm}^{3+}$  [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2007, **28**(3):393-396 (in Chinese).
- [ 8 ] Pan Y X, Wang W, Liu G K, *et al.* Correlation between structure variation and luminescence red shift in  $\text{YAG}:\text{Ce}$  [J]. *J. Alloy. Compd.*, 2009, **488**(2):638-642.
- [ 9 ] Guan Li, Wang Ying, Chen Wenhao, *et al.* Fabrication and luminescent properties of red phosphor  $M_3\text{BO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ( $M = \text{La}, \text{Y}$ ) [J]. *J. Rare Earths*, 2010, **28**(9):295-297.
- [ 10 ] Xie Nuan, Huang Yanlin, Qiao Xuebin, *et al.* A red-emitting phosphor of fully concentrated  $\text{Eu}^{3+}$ -based molybdenum borate  $\text{Eu}_2\text{MoB}_2\text{O}_9$  [J]. *Mater. Lett.*, 2010, **64**(8):1000-1002.
- [ 11 ] Yuan Qiuhua, Li Youfen, Yang Ru, *et al.* Study on the luminescent mechanism of rare earth activator in luminescent materials [J]. *Chin. Rare Earths* (稀土), 2005, **26**(3):73-75.
- [ 12 ] Yang Zhiping, Zhao Fangliang, Li Xiaoning, *et al.* Luminescent properties of  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Tb}^{3+}, \text{Li}^+$  green phosphor [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2008, **29**(6):941-944 (in English).
- [ 13 ] Kim Kyoungun, Moon YoungMin, Choi Sungho, *et al.* Luminescent properties of a novel green-emitting gallium borate phosphor under vacuum ultraviolet excitation [J]. *Mater. Lett.*, 2008, **62**(24):3925-3927.
- [ 14 ] Ding Xu, Xu Yan, Guo Chongfeng. Luminescence characteristics of  $\text{Sr}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$  phosphors for white LED [J]. *Acta Phys. Sin.* (物理学报), 2010, **59**(9):6632-6636 (in Chinese).
- [ 15 ] Song Wooseuk, Kim Yongseog, Yang Heesun. Yellow-emitting phosphor of  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}$  for application to white light-emitting diodes [J]. *Materials Chemistry and Physics*, 2009, **117**(2-3):500-503.
- [ 16 ] Yang Yuming, Ren Zhouyun, Tao Yanchun, *et al.*  $\text{Eu}^{3+}$  emission in  $\text{SrAl}_2\text{B}_2\text{O}_7$  based phosphors [J]. *Curr. Appl. Phys.*, 2009, **9**(3):618-621.

- [17] Lakshmanan A, Bhaskar R S, Thomas P C, *et al.* A red phosphor for nUV LED based on  $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}^{3+}$  [J]. *Mater. Lett.*, 2010, **64**(16):1809-1812.
- [18] Zhou Liya, Huang Junli, Yi Linghong, *et al.* Luminescent properties of  $\text{Ba}_3\text{Gd}(\text{BO}_3)_3:\text{Eu}^{3+}$  phosphor for white LED applications [J]. *J. Chin. Rare Earth Soc.* (中国稀土学报), 2009, **27**(1):31-35 (in Chinese).
- [19] Xiao Quanlan, Liu Guanxi, Zou Shaoyu, *et al.* Synthesis and luminescent properties of  $\text{Na}_2\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$  red-emitting phosphor [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2011, **32**(4):332-336 (in Chinese).
- [20] Bai Xiaoyan, Zhang Guochun, Fu Peizhen. Photoluminescence properties of a novel phosphor,  $\text{Na}_3\text{La}_9\text{O}_3(\text{BO}_3)_8:\text{RE}^{3+}$  ( $\text{RE} = \text{Eu}, \text{Tb}$ ) [J]. *J. Solid State Chem.*, 2007, **180**(5):1792-1795.
- [21] Zhou Liya, Wei Jianshe, Wu Jingrong, *et al.* Potential red-emitting phosphor for white LED solid-state lighting [J]. *J. Alloy. Compd.*, 2009, **476**(1-2):390-392.
- [22] Van der Voort D, Blasse G. Luminescence of the  $\text{Eu}^{3+}$  ion in  $\text{Zr}^{4+}$  compounds [J]. *Chem. Mater.*, 1991, **3**(6):1041-1045.
- [23] Van der Voort D, de Rijk J M E, Blasse G, *et al.* Luminescence of rare-earth ions in  $\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$  [J]. *Materials Chemistry and Physics*, 1992, **31**(4):333-339.

## Fabrication and Luminescent Properties of $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$ Phosphor for White LED Applications

WANG Rong<sup>1</sup>, XU Jin<sup>1</sup>, CHEN Chao<sup>2</sup>

(1. School of Materials, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. School of Energy Research, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. School of Physics and Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** A series of  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$  phosphors were synthesized at 1 200 °C by conventional solid state reaction method and their luminescent properties were investigated. Structural characterization of the luminescent materials was carried out with X-ray powder diffraction (XRD) analysis. XRD results showed that no apparently structure transformation of the  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6$  matrix was observed after doping appropriate amount of  $\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$ . Photoluminescence spectra indicated that the phosphor can be efficiently excited by 394 nm near-UV light and exhibited an intense red luminescence corresponding to the electric dipole transition  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$  at 615 nm. It was found that the optimal conditions to obtain the red emitting phosphor are 6% mole fraction of  $\text{Eu}^{3+}$ , 3 h of the calcination time. In addition, the introduction of charge compensator  $\text{Na}^+$  can lead to the strongly enhanced emission intensity of  $\text{Eu}^{3+}$ . Therefore, the material could be a promising red phosphor for possible applications in the white LED.

**Key words:**  $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+$ ; solid-state reaction method; red emitting phosphor; white-LED

**CLC number:** O482.31      **PACS:** 78.55.Hx      **PACC:** 7855H      **Document code:** A

**DOI:** 10.3788/fgxb20113210.0983