

白光荧光粉 $\text{Ca}_{0.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}_{0.05}^{2+}, \text{Mn}_x^{2+}$ 的制备及其发光特性

周国雄¹, 赵韦人^{1*}, 宋恩海¹, 豆喜华¹, 易春雨², 周民康²

1. 广东工业大学物理与光电工程学院, 广东 广州 510006
2. 惠州市纯英半导体照明科技有限公司, 广东 惠州 516006

摘要 高温固相法合成了 $\text{Ca}_{0.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}_{0.05}^{2+}, \text{Mn}_x^{2+}$ ($x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ 和 0.7) 荧光粉, 研究了其相组成和荧光发射性能。结果表明, 由于样品中存在着晶体结构相似的双相, 使得 Eu^{2+} 的 $5d-4f$ 跃迁辐射出峰值分别位于 491 和 540 nm 宽谱荧光。同时由于 $\text{Eu}^{2+}-\text{Mn}^{2+}$ 之间的能量传递和 Mn^{2+} 的八配位格位的占据, 使得 Mn^{2+} 的 ${}^4\text{T}_1({}^4\text{G})-{}^6\text{A}_1({}^6\text{S})$ 跃迁产生峰值为 635 nm 红光发射。 Mn^{2+} 和 Eu^{2+} 的荧光组合获得了色坐标为 (0.333 5, 0.292 4), (0.399 9, 0.317 9) 和 (0.330 7, 0.256 4) 的白光发射。样品的激发光谱分布在 260~450 nm 的波长范围, 这种荧光粉有望在紫外或近紫外激发的白光 LED 中获得应用。

关键词 高温固相法; 荧光; 能量传递; 白光 LED; 紫外激发

中图分类号: O482.3 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)08-2058-05

引言

白光 LED 作为一种新型的光源, 具有节能、环保、体积小和寿命长等诸多优点^[1-4]。目前商业化的白光 LED 是通过 GaN 蓝光芯片与 YAG: Ce^{3+} 黄光荧光粉的组合来实现的^[5]。由于缺乏红光发射, 这种方法得到的白光色还原性差, 且易受荧光粉涂层厚度的影响。为避免这些缺陷, 研究人员开始探索采用发射 350~410 nm 的紫外或近紫外光的 InGaN 管芯来激发红、绿、蓝三基色荧光粉, 实现白光发射^[6,7], 但三基色荧光粉混合后通常会出现光的相互吸收和配比调控困难等问题, 从而影响流明效率的提高。若采用单一基质的白光发射荧光粉, 可望同时获得高的发光效率和发光稳定性, 同时使得 LED 封装工艺大大简化。因此近几年来紫外或近紫外激发的单一基质的白光荧光粉的研究十分活跃^[8]。

$\text{Eu}^{2+}/\text{Mn}^{2+}$ 共掺杂是实现单一基质白光发射的一条重要途径。作为一种常用的激活剂, Mn^{2+} 根据其所处的基质和被取代的格位不同, 其发射峰位于 500~700 nm 之间。由于

自旋禁止, 掺杂于基质中的 Mn^{2+} 直接被激发的荧光很弱, 但共掺杂的一些稀土离子(如 Ce^{3+} , Eu^{2+} 等)对 Mn^{2+} 的发光有十分显著的敏化作用^[9-11], 特别是 Eu^{2+} 的掺杂。由于 Eu^{2+} 在基质中通常发蓝光或绿光, 因此 $\text{Eu}^{2+}/\text{Mn}^{2+}$ 的共掺杂可望获得白光发射。 Eu^{2+} 对 Mn^{2+} 的敏化作用已有不少研究, 涉及的基质包括磷酸盐^[12]、硼酸盐^[13]、硅酸盐^[14]、氯硅酸盐^[15] 和铝硅酸盐^[16] 等。

本文报道一种通过 $\text{Eu}^{2+}/\text{Mn}^{2+}$ 共掺杂实现紫外光激发的单一基质白光发射的荧光粉 $\text{Ca}_{1.0}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$, 研究了其荧光发射机理, 包括 Eu^{2+} 和 Mn^{2+} 之间的能量传递过程。通过调节 Mn^{2+} 与 Eu^{2+} 的掺杂浓度比, 得到接近纯色的白色荧光发射。

1 实验过程

采用高温固相反应法制备实验样品, 理论设计的样品的分子式为 $\text{Ca}_{0.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}, x\text{Mn}^{2+}$ ($x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ 和 0.7)。实验所用的原材料为 CaCO_3 (A. R.), Na_2CO_3 (A. R.), K_2CO_3 (A. R.),

收稿日期: 2010-08-26, 修订日期: 2010-12-08

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(50001010), 广东省创新基金项目(09C26214405227)和惠州市产学研结合项目(2009B010004008)资助

作者简介: 周国雄, 1983 年生, 广东工业大学物理与光电工程学院硕士研究生 e-mail: zhouguoxiong78@163.com

* 通讯联系人 e-mail: zwren123@126.com

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (A. R.), MnCO_3 (A. R.) 和 Eu_2O_3 (99.99%)。根据理论配比, 把反应物称量后, 混合并充分研磨, 放入刚玉方舟中。在 5 : 95 (H_2/N_2) 还原气氛、1 050 °C 下烧结 5 h, 冷却后粉碎得到实验用的样品。

利用 MSAL XD-2/3 型 X 射线衍射仪测试样品的相组成和用 Hitachi F-7000 荧光分光计测试样品的激发光谱与发射光谱, 所有测量均在室温下进行。各样品的色坐标是用 CIE 色度计算软件根据样品的发射光谱计算得到的。

2 结果与讨论

2.1 相组成和晶体结构

图 1 给出了各个样品的 XRD 谱。可以看出, 所有样品的衍射谱由一些尖锐的分立衍射峰构成, 且衍射峰的分布和相对强度与 $\text{Ca}_{10}\text{Na}(\text{PO}_4)_7$ 的标准粉末衍射谱 (JCPDS45-0339 卡片) 完全相符, 说明样品结晶良好。标准的 $\text{Ca}_{10}\text{Na}(\text{PO}_4)_7$ 结晶相属于三方晶系, 具有 R-3/148 的空间群, 晶格常数为 $a=b=1.044$ nm, $c=3.730$ nm。根据图 1 的衍射谱计算得到样品的晶格常数与 Mn^{2+} 的掺杂量关系如图 2 所示。可以看出, 随着 Mn^{2+} 的掺杂量增加, 样品的晶格常数显示减小趋势, 说明 Mn^{2+} 的掺杂使晶格产生收缩。 $\text{Ca}_{10}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7$ 中存在 Ca^{2+} (0.099 nm) (括号中为离子半径, 下

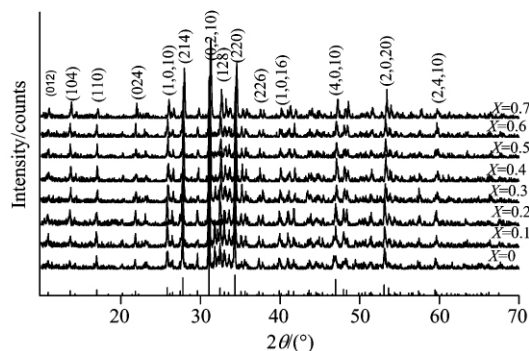


Fig 1 XRD patterns of $\text{Ca}_{9.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}, x\text{Mn}^{2+}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ and 0.7) samples at room temperature

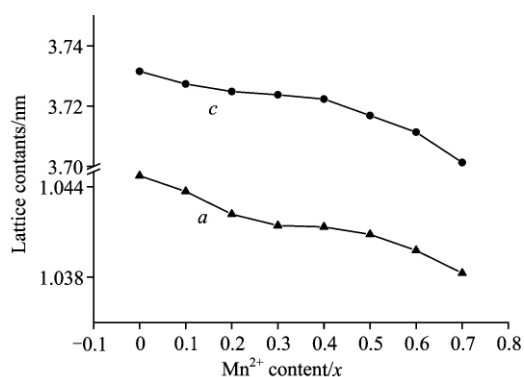


Fig 2 Lattice constants of $\text{Ca}_{9.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}, x\text{Mn}^{2+}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ and 0.7) phosphors against Mn^{2+} content x

同), K^+ (0.138 nm) 和 Na^+ (0.102 nm) 三种金属阳离子格位, 从离子化合价及有效离子半径两方面考虑, 掺杂离子 Eu^{2+} (0.120 nm) 和 Mn^{2+} (0.066 nm) 均适宜占据 Ca^{2+} 的格位。由于 Mn^{2+} 的半径显著小于 Ca^{2+} 和 Eu^{2+} , 因此 Mn^{2+} 含量的增加导致晶格收缩。

2.2 $\text{Ca}_{9.95}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}$ 的发光特性

图 3 给出了 $\text{Ca}_{9.95}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}$ 的在 360 nm 波长的光激发下的发射光谱和发射波长对应于 491 nm 的激发光谱。图中的样品激发光谱很宽, 从 260~450 nm 波长范围内的紫外光和蓝光都能够有效的激发, 激发波长最大的强度在 280 nm 附近。用 360 nm 的紫外光去激发, 发射谱是一个峰值在 491 nm 附近的不对称宽峰。此发射峰可归因属于 Eu^{2+} 的 $4d^9 5f^1 \rightarrow 4d^7 5f^0$ 的能级跃迁^[17]。值得注意的是, 在 610 nm 波长附近无 Eu^{3+} 的特征发射峰, 说明掺入的三价 Eu^{3+} 离子全部被还原为二价 Eu^{2+} 。

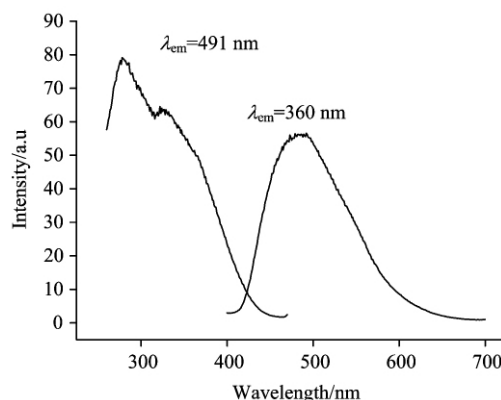


Fig 3 Excitation ($\lambda_{\text{em}} = 491$ nm) and emission ($\lambda_{\text{ex}} = 360$ nm) spectra of $\text{Ca}_{9.95}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}$

2.3 $\text{Ca}_{9.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}, x\text{Mn}^{2+}$ 的发光特性

图 4(a) 为样品 $\text{Ca}_{9.45}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : 0.05\text{Eu}^{2+}, 0.5\text{Mn}^{2+}$ 的激发光谱和发射光谱。从图 4(a) 可以看出, 相对于单掺 Eu^{2+} 的情况, 在相同的激发波长下获得的发射光谱发生了明显的变化: 出现了三个发射带, 峰值分别约为 460, 540 和 635 nm。考虑到在 $\text{Ca}_{10}\text{Na}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}^{2+}$ 中 Eu^{2+} 发射峰值波长约为 525 nm 的绿光 (如图 4(b) 所示), 而在 $\text{Ca}_{10}\text{K}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}^{2+}$ 中 Eu^{2+} 发射峰波长约为 460 nm 蓝光^[18], 因此我们的样品中可能同时存在 $\text{Ca}_{10}\text{K}(\text{PO}_4)_7$ 和 $\text{Ca}_{10}\text{Na}(\text{PO}_4)_7$ 两种基质, 使得 Eu^{2+} 的 $4d^9 5f^1 \rightarrow 4d^7 5f^0$ 跃迁同时辐射出峰值波长为 460 和 540 nm 的荧光。如果仔细考察图 1 中各个样品的衍射峰, 不难发现, 几乎所有的衍射峰都是不对称的。图 5 给出了 $x=0$ 和 $x=0.7$ 的两个样品的 (214) 和 (0, 2, 10) 晶面衍射峰的高斯拟合, 结果表明每个衍射峰都可以分解为十分靠近的两个高斯峰, 这是样品中存在两个结构相近的相的依据。由于 Na^+ 的半径比 K^+ 的小, 基质 $\text{Ca}_{10}\text{Na}(\text{PO}_4)_7$ 的晶格常数比 $\text{Ca}_{10}\text{K}(\text{PO}_4)_7$ 的小; 而样品中 Na^+ 的总含量又比 K^+ 的高, 因此 $\text{Ca}_{10}\text{Na}(\text{PO}_4)_7$ 基质的含量也应比 $\text{Ca}_{10}\text{K}(\text{PO}_4)_7$ 的多。这是为什么两个高斯峰中, 左边的峰

的强度比右边的峰强度低的原因。635 nm 附近的发射峰通常来自 Mn^{2+} 的 ${}^4T_1({}^4G) \rightarrow {}^6A_{1g}({}^6S)$ 跃迁^[20]。图 4(a) 是相应发射峰的激发光谱。不难看到, 它们的激发光谱几乎有相同的形状, 表明了 Mn^{2+} 的 635 nm 的发射峰是由 Eu^{2+} 发光中心的能量传递, 这种能量传递让自旋禁止的 Mn^{2+} 的 ${}^4T_1({}^4G) \rightarrow {}^6A_{1g}({}^6S)$ 跃迁得到增强, 而 Eu^{2+} 的蓝光发射强度下降。由于能量转移效应, Mn^{2+} 的掺入使得 Eu^{2+} 激发态的能量将有一部分通过无辐射方式转移给 Mn^{2+} , 导致 Eu^{2+} 的发射峰强度降低。 Mn^{2+} 作为激活剂, Mn^{2+} 在四面体配位中发绿光, 而占据八面体配位发红光^[19]。 $Ca_{9.45}Na_{0.75}K_{0.25}(PO_4)_7$ 结构中不存在八面体的 Ca^{2+} 格位, 进一步说明 635 nm 的红光发射来自取代 Ca^{2+} 格位的 Mn^{2+} 的发射。

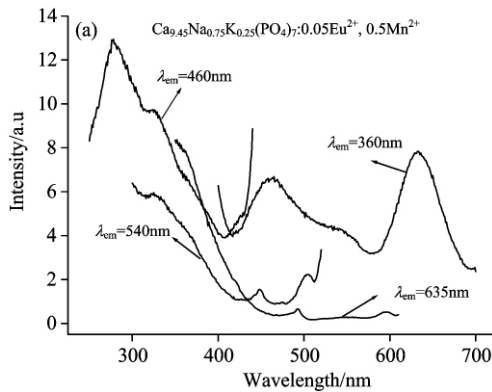


Fig 4(a) Emission spectra (excited at wavelength $\lambda_{ex} = 360$ nm) and excitation spectra (monitored at wavelength $\lambda_{em} = 460, 540,$ and 635 nm) of $Ca_{9.45}Na_{0.75}K_{0.25}(PO_4)_7 : 0.05Eu^{2+}, 0.5Mn^{2+}$

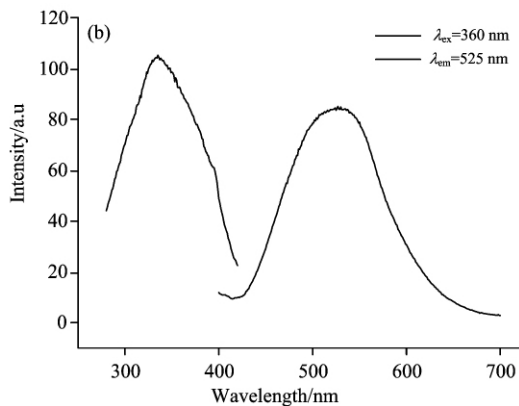


Fig 4(b) Excitation spectra monitored at wavelength $\lambda_{em} = 525$ nm and Emission spectra excited by $\lambda_{ex} = 360$ nm for $Ca_{9.98}Na(PO_4)_7 : 0.05Eu^{2+}$ phosphor

图 6(a) 是在 360 nm 紫外光激发下的所有样品的发射光谱。可以知道, 随着 Mn^{2+} 浓度的增加, 460 和 540 nm 的发射峰强度单调地降低, 而 635 nm 的发射峰强度先增加后减小, 最大强度对应的 Mn^{2+} 的浓度约为 0.5 mol。这些结果进一步说明 Eu^{2+} 和 Mn^{2+} 之间存在着能量传递。当 Mn^{2+} 掺杂浓度达到一定值时, 635 nm 处的发射强度减小是由于浓度

淬灭效应引起的。

Eu^{2+} 向 Mn^{2+} 的能量传递效率 (η_T) 可以由式 (1) 表示^[20, 21]

$$\eta_T = 1 - \frac{I_s}{I_{SO}} \quad (1)$$

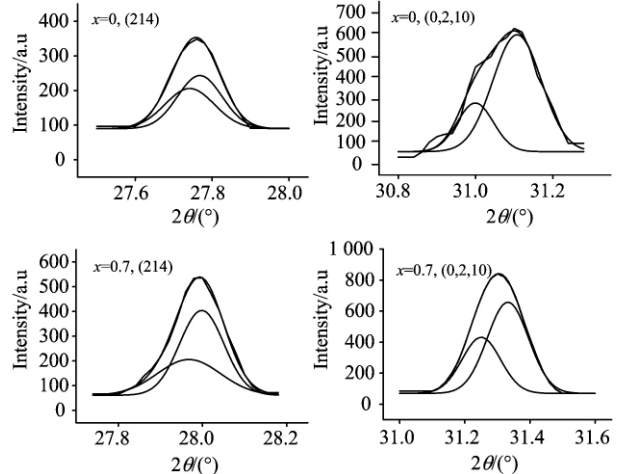


Fig 5 XRD peaks for the planes (214) and (0, 2, 10) of the samples with $x=0$ and $x=0.7$ and their Gaussian fitting

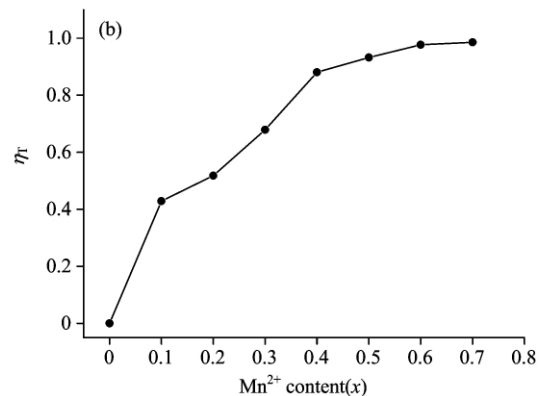
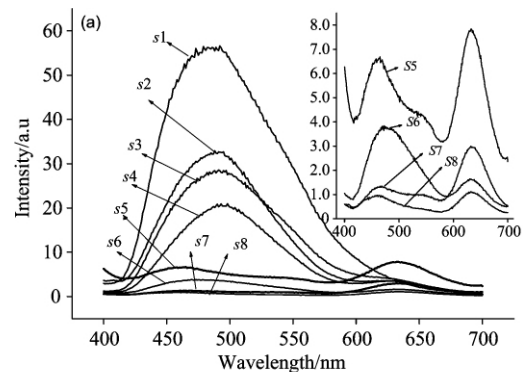


Fig 6 (a) The emission spectra of $Ca_{9.95-x}Na_{0.75}K_{0.25}(PO_4)_7 : 0.05Eu^{2+}, xMn^{2+}$ (s1: $x=0$; s2: $x=0.1$; s3: $x=0.2$; s4: $x=0.3$; s5: $x=0.4$; s6: $x=0.5$; s7: $x=0.6$; s8: $x=0.7$); (b) Energy transfer efficiency on Mn^{2+} content

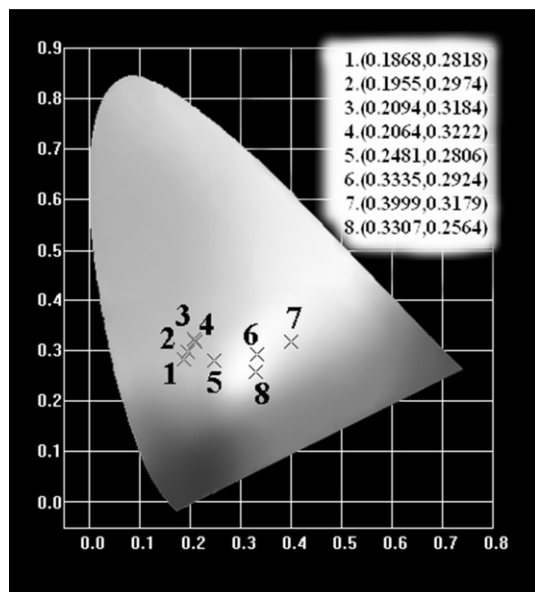


Fig 7 CIE chromaticity coordinates of $\text{Ca}_{0.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}, x\text{Mn}^{2+}$ phosphors (1: $x=0$; 2: $x=0.1$; 3: $x=0.2$; 4: $x=0.3$; 5: $x=0.4$; 6: $x=0.5$; 7: $x=0.6$; 8: $x=0.7$)

式中, I_{s0} 和 I_s 分别为无受主(单掺 Eu^{2+})和有受主(共掺 Eu^{2+} , Mn^{2+})时施主 Eu^{2+} 的发射谱的积分强度。根据图 6(a)的发射光谱, 可以算得 η_r 随 Mn^{2+} 含量 x 的变化曲线图如图 6(b)所示。显然, η_r 值随 Mn^{2+} 浓度的增加而单调地增加。

图 7 给出了样品在 360nm 紫外光激发下的色度坐标, 根据 Mn^{2+} 掺杂量的不同, 样品的色坐标分布在白光及其附近区域的一个较宽的范围内。当 Mn^{2+} 掺杂量增加时, 样品的荧光从浅蓝光发射变为白光发射。因而, $\text{Ca}_{10}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7: \text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 有可能在紫外激发的单一基质的白光 LED 用荧光粉中得到应用。

3 结 论

在 Eu^{2+} , Mn^{2+} 共掺杂的 $\text{Ca}_{0.95}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7: \text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 中, Eu^{2+} 和 Mn^{2+} 优先占据 Ca^{2+} 格位, 在紫外光激发下, Eu^{2+} 的荧光发射形成峰值在 460 nm 附近的蓝光发射带和 540 nm 绿光的发射带。由于 Eu^{2+} 和 Mn^{2+} 之间存在能量传递, 让 Mn^{2+} 产生峰值在 635 nm 红光的荧光发射。通过调节 Eu^{2+} 和 Mn^{2+} 之间的掺杂浓度, 获得了近纯色的白色荧光粉, 使得此类材料有可能在紫外激发的白光 LED 荧光粉中得到应用。

References

- [1] SU Qiang, WU Hao, PAN Yue-xiao, et al(苏 锵, 吴 昊, 潘跃晓, 等). Journal of the Chinese Rare Earth Society(中国稀土学报), 2005, 23(5): 513.
- [2] Kim J S, Jeon P E, Park Y H, et al. Appl. Phys. Lett., 2004, 85(17): 3696.
- [3] Won Y H, Jang H S, Im W B, et al. Appl. Phys. Lett., 2006, 89: 231909.
- [4] Jang H S, Jeon D Y. Appl. Phys. Lett., 2007, 90: 041906.
- [5] Nakamura S, Fasol G. The Blue Laser Diode: GaN Based Light Emitters and Lasers. Springer Berlin, 1997.
- [6] Adam Christensen, Samuel Graham. Applied Thermal Engineering, 2008, 29: 364.
- [7] Wang Z J, Li P L, Wang G, et al. Acta Phys. Sin., 2008, 57: 4575.
- [8] ZHOU Li-ya, HUANG Jun-li, YI Ling-jiang, et al(周立亚, 黄君丽, 易灵江, 等). Journal of the Chinese Rare Earth Society(中国稀土学报), 2009, 27(1): 31.
- [9] HU Jian-guo, WAN Guo-jiang, HU Xue-fang, et al(胡建国, 万国江, 胡学芳, 等). Journal of the Chinese Rare Earth Society(中国稀土学报), 2005, 23(5): 537.
- [10] Chen Y H, Shi C S, Yan W Z, et al. Appl. Phys. Lett., 2006, 88: 61906.
- [11] Ma L, Wang D J, Mao Z Y, et al. Appl. Phys. Lett., 2008, 93: 144101.
- [12] YANG Zhi-ping, YANG Guang-wei, WANG Shao-li, et al(杨志平, 杨广伟, 王少丽, 等). Acta Physica Sinica(物理学报), 2008, 57(1): 581.
- [13] WANG Zhi-jun, LI Pan-lai, WANG Ying, et al(王志军, 李盼来, 王 颖, 等). Acta Physica Sinica(物理学报), 2009, 58(2): 1257.
- [14] YANG Zhi-ping, LIU Yu-feng(杨志平, 刘玉峰). Acta Physica Sinica(物理学报), 2006, 55(9): 4946.
- [15] YANG Zhi-ping, LIU Yu-feng, WANG Li-wei, et al(杨志平, 刘玉峰, 王利伟, 等). Acta Physica Sinica(物理学报), 2007, 56(1): 546.
- [16] MA Ming-xing, ZHU Da-chuan, TU Ming-jing(马明星, 朱达川, 涂铭旌). Acta Physica Sinica(物理学报), 2009, 58(8): 5826.
- [17] Poort S, Van Kreveld J, Stomphorst R, et al. Journal of Solid State Chemistry, 1996, 122(2): 432.
- [18] Liu W R, Chiu Y C, Yeh Y T, et al. J. Electrochem. Soc., 2009, 156(7): J165.
- [19] Blasse G, Grabmaier B C. Luminescent Materials. Springer Berlin, 1994. 52.
- [20] Chang C K, Chen T M. Appl. Phys. Lett., 2007, 91: 081902.
- [21] Yang W J, Chen T M. Appl. Phys. Lett., 2007, 90: 171908.

Preparation and Luminescence Characteristics of White-Light Emitting $\text{Ca}_{0.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}_{0.05}^{2+}, \text{Mn}_x^{2+}$ Phosphors

ZHOU Guo-xiong¹, ZHAO Wei-ren^{1*}, SONG En-hai¹, DOU Xi-hua¹, YI Chun-yu², ZHOU Min-kang²

1. School of Physics & Optoelectronic Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

2. Huizhou Unihero Semiconductor Lighting Technology Co., Ltd., Huizhou 516006, China

Abstract The $\text{Ca}_{0.95-x}\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25}(\text{PO}_4)_7 : \text{Eu}_{0.05}^{2+}, \text{Mn}_x^{2+}$ ($x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ and 0.7) phosphors were synthesized by high temperature solid-state reaction, and their phase composition and fluorescence emission properties were studied. Due to the existence of double phases with similar crystal structure, the $5d-4f$ transition of Eu^{2+} ions in the phosphors emits a fluorescence of wide wavelength with peaks located at 491 nm and 540 nm respectively. The energy transfer between Eu^{2+} and Mn^{2+} , together with the occupation of Mn^{2+} ions at the eight coordination sites in the phosphors, makes the ${}^4T_1({}^4G) \rightarrow {}^6A_1({}^6S)$ transition of Mn^{2+} ions emit red emission peaked at 635 nm. The combination of fluorescence emitted by Mn^{2+} and Eu^{2+} ions results in the emission of white light with color coordinates (0.333 5, 0.292 4), (0.399 9, 0.317 9) and (0.330 7, 0.256 4). The nearly pure white light emitting makes the phosphors show great application potential in the white light-emitting LEDs.

Keywords High temperature solid-state reaction; Fluorescence; Energy transfer; White light emitting LEDs; UV excitation

(Received Aug. 26, 2010; accepted Dec. 8, 2010)

* Corresponding author

新书快讯：《傅里叶变换红外光谱分析》（第 2 版）简介

由北京大学翁诗甫教授级高工编著的《傅里叶变换红外光谱分析》（第 2 版）一书已于 2010 年 5 月由化学工业出版社出版。

本书系统地介绍了红外光谱的基本概念、傅里叶变换红外光谱学的基本原理、傅里叶变换红外光谱仪的结构、傅里叶变换红外光谱仪附件原理和使用技术、红外光谱样品制备和测试技术、红外光谱数据处理技术、红外光谱的定量分析和未知物的剖析、基团的振动频率分析以及红外光谱仪的保养和维护技术。

本书可供教学、科研、厂矿企业、分析测试部门从事红外光谱分析测试工作者学习参考。本书既可作为红外光谱培训班的教学用书，也可作为高等院校与红外光谱相关的各学科教师、研究生和本科生的教学或参考用书。

本书为大 32 开，389 页，书号 978-7-122-07638-0，定价 38 元。由化学工业出版社出版（100011 北京市东城区青年湖南街 13 号），详情可登录 www.cip.com.cn 查询。联系电话：010-64518888，64518899。