



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105087003 B

(45)授权公告日 2017.05.17

(21)申请号 201510556027.3

H01L 33/50(2010.01)

(22)申请日 2015.09.02

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105087003 A

CN 101818065 A, 2010.09.01,
CN 104498031 A, 2015.04.08,
CN 103773372 A, 2014.05.07,

(43)申请公布日 2015.11.25

周国雄,等.Ca10K(P04)7:Eu3+红色荧光粉的制备及其发光性质.《化工新型材料》.2012,第40卷(第2期),第46-48页.

(73)专利权人 中国科学院长春应用化学研究所
地址 130022 吉林省长春市人民大街5625号

Chien-Hao Huang, et al..Near UV-pumped yellow-emitting Sr8MgSc(P04)7:Eu2+ phosphor for white-light LEDs with excellent color rendering index.《J. Mater. Chem.》.2011,第21卷第5645-5649页.

(72)发明人 李成宇 孙文芝 庞然 姜丽宏
张粟

审查员 邹少瑜

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 赵青朵

(51)Int.Cl.

C09K 11/71(2006.01)

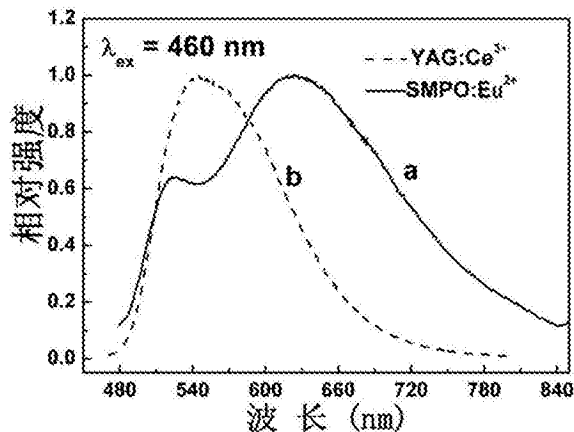
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

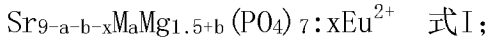
一种橙黄光LED荧光粉、其制备方法及其应用

(57)摘要

本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉、其制备方法及其应用,该LED荧光粉具有式I所示通式: Sr_{9-a-b-x}M_aMg_{1.5+b}(PO₄)₇:xEu²⁺式I;式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;0.001≤x≤0.9,0≤a≤1.0,0≤b≤2.3。该LED荧光粉以磷酸盐为基质,以Eu²⁺离子为激活离子,化学性质稳定;其激发带较宽,发射光谱中含有丰富的红光组分,将其与蓝光氮化镓芯片封装成LED能够发射暖白光;该荧光粉无放射性,不会对环境产生危害。实验结果表明:该荧光粉可被250~500nm波段的光有效激发,发射470~850nm的宽峰,主发射峰位于523nm和620nm附近。该制备方法简单;生产成本较低,易于工业化生产。



1. 一种橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式:



式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;

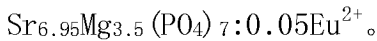
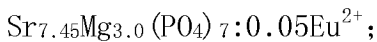
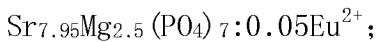
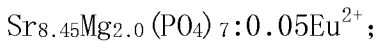
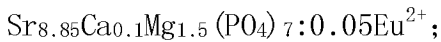
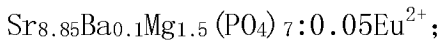
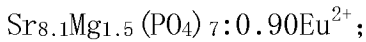
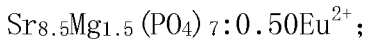
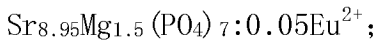
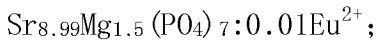
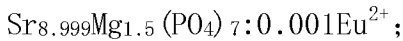
$$0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3。$$

2. 根据权利要求1所述的橙黄光LED荧光粉,其特征在于,所述x为0.001、0.01、0.05、0.5或0.9。

3. 根据权利要求1所述的橙黄光LED荧光粉,其特征在于,所述a为0或0.1;

所述b为0、0.5、1、1.5或2.0。

4. 根据权利要求1所述的橙黄光LED荧光粉,其特征在于,所述橙黄光LED荧光粉具体为:

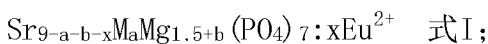


5. 一种橙黄光LED荧光粉的制备方法,包括以下步骤:

将含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物混合,得到混合物;

将所述混合物进行烧结,得到橙黄光LED荧光粉;

所述橙黄光LED荧光粉具有式I所示通式:



其中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;

$$0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3。$$

6. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物的摩尔比为(4.8~8.999):(0~1.0):(1.5~3.8):7:(0.001~0.9)。

7. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述烧结的温度为800℃~1500℃;

所述烧结的时间为2~9小时。

8. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述含Sr化合物包括含锶的碳酸盐和/或含锶的氧化物;

所述含M化合物包括含M的碳酸盐和/或含M的氧化物;

所述含Eu化合物包括铕的氧化物和/或草酸铕;

所述含Mg化合物包括氧化镁、碳酸镁和碱式碳酸镁中的一种或多种;

所述含P化合物包括磷酸二氢铵和/或磷酸氢二铵。

9. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述烧结的气氛为还原气氛;
所述还原气氛包括一氧化碳、 H_2 或 N_2-H_2 混合气。
10. 一种权利要求1~4任意一项所述的橙黄光LED荧光粉或权利要求5~9任意一项所述制备方法制备的橙黄光LED荧光粉在发光器件中的应用。

一种橙黄光LED荧光粉、其制备方法及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及发光材料领域,特别涉及一种橙黄光LED荧光粉、其制备方法及其应用。

背景技术

[0002] 发光二极管LED (Light Emitting Diode) 是一种新型的半导体照明光源,以其节能、环保、长寿命、高光效等优点成为近年来研究的热点,在显示器、照明灯、指示灯和信号灯等领域有广泛的应用。白光LED用荧光粉可分为三类:可被蓝光LED芯片激发的黄光荧光粉;可被近紫外光激发的红、绿、蓝三基色荧光粉;可被近紫外光激发的单一基质白光荧光粉。其中,近紫外芯片涂覆红、绿、蓝三基色荧光粉存在颜色再吸收和配比调控困难等问题;单一基质白光荧光粉虽然有很多新体系被发现和报道,如 $\text{CaIn}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Ca}_9\text{Y}(\text{PO}_4)_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 等,但其发光效率仍然较低。

[0003] 以蓝光氮化镓为激发光源的白光LED因其具有低能耗、长寿命、体积小、重量轻、结构紧凑、无污染、稳定性好等优点引起了人们的广泛关注。目前,白光可以通过用蓝光氮化镓为激发光源激发黄光荧光粉 $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ 所得的蓝黄混合光来实现。氮化镓发射的蓝光部分被荧光粉吸收转化为长波长的黄光发射,未被吸收的蓝光和荧光粉发射的黄光复合而得到白光。但该方法合成的白光因光谱中缺少红光组分,导致显色指数较低、色温较高,是一种冷白光,不适合用于室内照明等领域。

[0004] 为实现暖白光发射,一般的方法是在该系统中添加含硫的红光荧光粉如 $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$ 和氮化物红光荧光粉如 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ 。但是含硫的红光荧光粉稳定性差,易分解;氮化物的制备过程复杂,制备环境苛刻,产品成本高。因此不利于大规模工业生产,从而限制了白光LED的应用。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种橙黄光LED荧光粉、其制备方法及其应用,本发明提供的橙黄光LED荧光粉稳定性较好,且与蓝光氮化镓芯片封装成LED能够发射暖白光。

[0006] 本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式:

[0007] $\text{Sr}_{9-a-b-x}\text{M}_a\text{Mg}_{1.5+b}(\text{PO}_4)_7:\text{xEu}^{2+}$ 式I;

[0008] 式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;

[0009] $0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3$ 。

[0010] 优选地,所述x为0.001、0.01、0.05、0.5或0.9。

[0011] 优选地,所述a为0或0.1;

[0012] 所述b为0、0.5、1、1.5或2.0。

[0013] 优选地,所述橙黄光LED荧光粉具体为:

[0014] $\text{Sr}_{8.999}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.001\text{Eu}^{2+}$;

[0015] $\text{Sr}_{8.99}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.01\text{Eu}^{2+}$;

[0016] $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0017] $\text{Sr}_{8.5}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.50\text{Eu}^{2+}$;

[0018] $\text{Sr}_{8.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.90\text{Eu}^{2+}$;

[0019] $\text{Sr}_{8.85}\text{Ba}_{0.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0020] $\text{Sr}_{8.85}\text{Ca}_{0.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0021] $\text{Sr}_{8.45}\text{Mg}_{2.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0022] $\text{Sr}_{7.95}\text{Mg}_{2.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0023] $\text{Sr}_{7.45}\text{Mg}_{3.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0024] $\text{Sr}_{6.95}\text{Mg}_{3.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。

[0025] 本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉的制备方法,包括以下步骤:

[0026] 将含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物混合,得到混合物;

[0027] 将所述混合物进行烧结,得到橙黄光LED荧光粉;

[0028] 所述橙黄光LED荧光粉具有式I所示通式:

[0029] $\text{Sr}_{9-a-b-x}\text{M}_a\text{Mg}_{1.5+b}(\text{PO}_4)_7:x\text{Eu}^{2+}$ 式I;

[0030] 其中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;

[0031] $0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3$ 。

[0032] 优选地,所述含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物的摩尔比为(4.8~8.999):(0~1.0):(1.5~3.8):7:(0.001~0.9)。

[0033] 优选地,所述烧结的温度为800℃~1500℃;

[0034] 所述烧结的时间为2~9小时。

[0035] 优选地,所述含Sr化合物包括含锶的碳酸盐和/或含锶的氧化物;

[0036] 所述含M化合物包括含M的碳酸盐和/或含M的氧化物;

[0037] 所述含Eu化合物包括铕的氧化物和/或草酸铕;

[0038] 所述含Mg化合物包括氧化镁、碳酸镁和碱式碳酸镁中的一种或多种;

[0039] 所述含P化合物包括磷酸二氢铵和/或磷酸氢二铵。

[0040] 优选地,所述烧结的气氛为还原气氛;

[0041] 所述还原气氛包括一氧化碳、 H_2 或 $\text{N}_2\text{-H}_2$ 混合气。

[0042] 本发明提供了一种上述技术方案所述橙黄光LED荧光粉或上述技术方案所述制备方法制备的橙黄光LED荧光粉在发光器件中的应用。

[0043] 本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式: $\text{Sr}_{9-a-b-x}\text{M}_a\text{Mg}_{1.5+b}(\text{PO}_4)_7:x\text{Eu}^{2+}$ 式I;式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种; $0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3$ 。本发明提供的橙黄光LED荧光粉以磷酸盐为基质,以 Eu^{2+} 离子为激活离子,化学性质稳定;其激发带较宽,发射光谱中含有丰富的红光组分,将其与蓝光氮化镓芯片封装成LED能够发射暖白光;该橙黄光荧光粉无放射性,不会对环境产生危害。实验结果表明:本发明提供的橙黄光LED荧光粉可被250~500nm波段的光有效激发,发射470nm~850nm的宽峰,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0044] 与现有技术相比,本发明提供的橙黄光LED荧光粉含有丰富的红光组分,将其与蓝

光氮化镓芯片封装成LED,可在无需额外添加红光荧光粉的条件下直接发射暖白光,因此本发明提供的新型橙黄光LED荧光粉可应用于室内照明。另外,本发明的发射光谱中含有丰富的红光组分,还能够应用于植物照明等领域。

[0045] 本发明提供的制备方法工艺简单,成本较低,易于工业化生产。

附图说明

[0046] 图1为本发明实施例1、4、7、9和12制备的新型橙黄光LED荧光粉的XRD衍射谱图及标准卡片;

[0047] 图2为本发明制备的含Eu²⁺新型橙黄光LED荧光粉监测523nm和620nm时的激发光谱图;

[0048] 图3为本发明制备的含Eu²⁺新型橙黄光LED荧光粉和商品黄粉YAG:Ce³⁺在460nm蓝光激发下的发射光谱图。

具体实施方式

[0049] 本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式:

[0050] $\text{Sr}_{9-a-b-x}\text{M}_a\text{Mg}_{1.5+b}(\text{PO}_4)_7:x\text{Eu}^{2+}$ 式I;

[0051] 式I中,M为Ca和Ba中的一种或两种;

[0052] $0.001 \leq x \leq 0.90, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3$ 。

[0053] 本发明提供的橙黄光LED荧光粉的化学性质稳定;且与蓝光氮化镓芯片封装成LED能够发射暖白光。

[0054] 在本发明中,所述x为摩尔系数, $0.001 \leq x \leq 0.9$;在本发明的具体实施例中,所述x具体为0.001、0.01、0.05、0.5或0.9;

[0055] 所述a为摩尔系数, $0 \leq a \leq 1.0$;在本发明的具体实施例中,所述a具体为0或0.1;

[0056] 所述b为摩尔系数, $0 \leq b \leq 2.3$;在本发明的具体实施例中,所述b具体为0、0.5、1、1.5或2.0。

[0057] 在本发明中,所述橙黄光LED荧光粉优选具体为:

[0058] $\text{Sr}_{8.999}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.001\text{Eu}^{2+}$;

[0059] $\text{Sr}_{8.99}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.01\text{Eu}^{2+}$;

[0060] $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0061] $\text{Sr}_{8.5}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.50\text{Eu}^{2+}$;

[0062] $\text{Sr}_{8.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.90\text{Eu}^{2+}$;

[0063] $\text{Sr}_{8.85}\text{Ba}_{0.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0064] $\text{Sr}_{8.85}\text{Ca}_{0.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0065] $\text{Sr}_{8.45}\text{Mg}_{2.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0066] $\text{Sr}_{7.95}\text{Mg}_{2.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0067] $\text{Sr}_{7.45}\text{Mg}_{3.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$;

[0068] $\text{Sr}_{6.95}\text{Mg}_{3.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。

[0069] 本发明提供的荧光粉能够发射橙黄光。本发明提供的荧光粉与蓝光氮化镓芯片封装成LED,可发射暖白光,因此本发明提供的橙黄光LED荧光粉可应用于室内照明。另外,本

发明提供的LED荧光粉的发射光谱中含有丰富的红光组分,红光组分可促进叶绿素A和叶绿素B进行光合作用,有促进植物茎段生根、叶绿素形成和碳水化合物积累的作用;含红光组分的植物生长灯除了能在缺光时间里给植物补光外,还能在植物生长过程中促进芽的分化和多发侧枝,加快根茎叶生长,加快植物碳水化合物的合成和维生素的合成,从而缩短植物的生长周期,因此,本发明提供的橙黄光LED荧光粉能够应用于植物照明等领域。

[0070] 本发明还提供了一种橙黄光LED荧光粉的制备方法,包括以下步骤:

[0071] 将含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物混合,得到混合物;

[0072] 将所述混合物烧结,得到橙黄光LED荧光粉;

[0073] 所述橙黄光LED荧光粉具有式I所示通式:

[0074] $Sr_{9-a-b-x}M_aMg_{1.5+b}(PO_4)_7:xEu^{2+}$ 式I;

[0075] 其中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;

[0076] $0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3$ 。

[0077] 与现有技术相比,本发明提供的制备方法工艺简单,成本较低,易于工业化生产。

[0078] 本发明将含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物混合,得到混合物。

[0079] 在本发明中,所述含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物的摩尔比优选为(4.8~8.999):(0~1.0):(1.5~3.8):7:(0.001~0.9)。

[0080] 在本发明中,所述含Sr化合物优选包括含锶的碳酸盐和/或含锶的氧化物,在本发明实施例中,所述含Sr化合物具体为SrCO₃。

[0081] 在本发明中,所述含M化合物优选包括含M的碳酸盐和/或含M的氧化物;在本发明实施例中,所述含M化合物具体为BaCO₃或CaCO₃。

[0082] 所述含Eu化合物优选包括铕的氧化物和/或草酸铕;在本发明实施例中,所述含Eu化合物具体为Eu₂O₃。

[0083] 在本发明中,所述含Mg化合物优选包括氧化镁、碳酸镁和碱式碳酸镁中的一种或多种;在本发明具体实施例中,所述含Mg化合物具体为Mg(OH)₂·4MgCO₃·6H₂O或MgO。

[0084] 所述含P化合物优选包括磷酸二氢铵和/或磷酸氢二铵。

[0085] 本发明对含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物的来源没有特殊的限制,采用本领域技术人员熟知的含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物即可,如可以采用其市售商品。

[0086] 本发明优选将含Sr化合物、含M化合物、含Mg化合物、含P化合物和含Eu化合物进行研磨,得到混合物。本发明优选在本领域技术人员熟知的玛瑙研钵中进行研磨。

[0087] 得到混合物后,本发明将所述混合物进行烧结,得到橙黄光LED荧光粉;

[0088] 所述橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式:

[0089] $Sr_{9-a-b-x}M_aMg_{1.5+b}(PO_4)_7:xEu^{2+}$ 式I;

[0090] 式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种;

[0091] $0.001 \leq x \leq 0.9, 0 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 2.3$ 。

[0092] 在本发明中,所述烧结的温度优选为800℃~1500℃,更优选为1100℃~1450℃;所述烧结的时间优选为2~9小时,更优选为2~8小时。

[0093] 在本发明中,所述烧结的气氛为还原气氛;所述还原气氛包括一氧化碳、 H_2 或 N_2-H_2 混合气。

[0094] 本发明优选将混合物置于本领域技术人员熟知的刚玉坩埚中进行烧结。在本发明的具体实施例中,本发明优选将混合物置于小刚玉坩埚中,再将其放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,进行烧结。本发明优选采用本领域技术人员熟知的高温炉进行烧结。本发明优选将烧结产物冷却,得到冷却产物。本发明对冷却的方法没有特殊的限制,采用本领域技术人员熟知的冷却技术方案自行冷却即可。在本发明中,所述冷却的方式优选为自然冷却。

[0095] 本发明优选将冷却产物进行研磨,得到LED荧光粉。本发明对所述研磨的方法没有特殊的限制,采用本领域技术人员熟知的研磨技术方案即可。在本发明中,所述橙黄光LED荧光粉的粒度优选为500~600目。本发明得到的LED荧光粉外观为淡黄色粉末。

[0096] 本发明提供了一种上述技术方案所述橙黄光LED荧光粉或上述技术方案所述制备方法制备的橙黄光LED荧光粉在发光器件中的应用。

[0097] 本发明将上述橙黄光LED荧光粉应用在发光器件中,所述发光器件优选为发光二极管。本发明优选将橙黄光LED荧光粉与蓝光氮化镓芯片封装成LED。本发明对封装的方法没有特殊的限制,采用本领域技术人员熟知的荧光粉与蓝光氮化镓芯片封装的技术方案自行封装即可。组成的LED可在无需额外添加红光荧光粉的条件下直接发射暖白光,可应用于室内照明。另外,本发明的发射光谱中含有丰富的红光组分,还能够应用于植物照明等领域。

[0098] 本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式: $Sr_{9-a-b-x}MaMg_{1.5+b}(PO_4)_7:xEu^{2+}$ 式I;式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种; $0.001 \leq x \leq 0.9$, $0 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 2.3$ 。本发明提供的橙黄光LED荧光粉以磷酸盐为基质,以 Eu^{2+} 离子为激活离子,化学性质稳定;其激发带较宽,发射光谱中含有丰富的红光组分,将其与蓝光氮化镓芯片封装成LED能够发射暖白光;该荧光粉无放射性,不会对环境产生危害。实验结果表明:本发明提供的橙黄光LED荧光粉可被250~500nm波段的光有效激发,发射470nm~850nm的宽峰,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0099] 与现有技术相比,本发明提供的橙黄光LED荧光粉含有丰富的红光组分,将其与蓝光氮化镓芯片封装成LED,可在无需额外添加红光荧光粉的条件下直接发射暖白光,因此本发明提供的新型橙黄光LED荧光粉可应用于室内照明。另外,本发明的发射光谱中含有丰富的红光组分,还能够应用于植物照明等领域。

[0100] 为了进一步说明本发明,下面结合实施例对本发明提供的一种橙黄光LED荧光粉及其制备方法进行详细地描述,但不能将它们理解为对本发明保护范围的限定。

[0101] 实施例1

[0102] 将 $SrCO_3$ (分析纯)、 $Mg(OH)_2 \cdot 4MgCO_3 \cdot 6H_2O$ (分析纯)、 $NH_4H_2PO_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.999:0.3:7:0.0005,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $Sr_{8.999}Mg_{1.5}(PO_4)_7:0.001Eu^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0103] 本发明对实施例1得到的样品进行X射线衍射分析,所用仪器为德国Bruker/D8-FOCUS X-Ray Diffractometer,辐照源为Cu K α 1 ($\lambda=1.5405\text{nm}$),扫描范围: $2\theta=10^\circ\sim 80^\circ$,扫描速度 $8^\circ/\text{分钟}$ 。图1为本发明实施例1、4、7、9和12制备的新型橙黄光LED荧光粉的XRD衍射谱图及标准卡片,其中,曲线a为本实施例1制得的 $\text{Sr}_{8.999}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.001\text{Eu}^{2+}$ 的XRD衍射曲线图。由图1中曲线a可以看出,本发明实施例1制备的橙黄光荧光粉为 $\text{Sr}_9\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7$ 晶相,与标准卡片($\text{Sr}_{18}\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_{14}$ PDF#51-0427)一致。

[0104] 实施例2

[0105] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.99:0.3:7:0.005,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于 1300°C 焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.99}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.01\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0106] 实施例3

[0107] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于 1300°C 焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0108] 室温下在HITACHI F-7000Spectrofluorometer上测定激发和发射光谱,激发光源为150W的Xe灯,检测结果见图2和图3。图2为本发明制备的含 Eu^{2+} 新型橙黄光LED荧光粉监测523nm和620nm时的激发光谱图;图2中曲线a为本发明制备的橙黄光LED荧光粉监测523nm发射峰时的激发光谱;曲线b为本发明制备的橙黄光LED荧光粉监测620nm发射峰时的激发光谱,从图2中可以看出,本发明提供的荧光粉的激发谱为宽带,覆盖紫外到蓝光区(250~500nm),主激发峰位于460nm附近。本发明的激发峰与近紫外光芯片、紫光芯片和蓝光氮化镓芯片的发射峰重合均较好,且谱峰高,说明本发明可以被近紫外、紫光和蓝光LED光源有效激发。

[0109] 图3为本发明制备的含 Eu^{2+} LED荧光粉和商品黄粉 $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ (购买于四川新力光源股份有限公司)在460nm蓝光激发下的发射光谱图,其中,曲线a为本发明制备的含 Eu^{2+} 新型橙黄光LED荧光粉在460nm蓝光激发下的发射光谱图;曲线b为商品黄粉 $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ 在460nm蓝光激发下的发射光谱。从图3中可以看出,本发明提供的橙黄光荧光粉的发射光谱为覆盖470nm~850nm的宽峰,主发射峰位于523nm和620nm附近;并且从图3中曲线a和曲线b的对比可以看出,本发明提供的橙黄光荧光粉能够弥补传统黄光荧光粉 $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ 光谱中红光组分不足的缺点,因此将该荧光粉与蓝光氮化镓芯片封装成LED,可实现暖白光发射。

[0110] 实施例4

[0111] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3

(99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.5:0.3:7:0.25,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.5}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.50\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0112] 图1为本发明实施例1、4、7、9和12制备的新型橙黄光LED荧光粉的XRD衍射谱图及标准卡片,其中,曲线b为本实施例4制得的 $\text{Sr}_{8.5}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.50\text{Eu}^{2+}$ 的XRD衍射谱图。由图1中曲线b可以看出,本发明实施例4制备的橙黄色荧光粉为 $\text{Sr}_9\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7$ 晶相,与标准卡片($\text{Sr}_{18}\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_{14}$ PDF#51-0427)一致。

[0113] 实施例5

[0114] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.1:0.3:7:0.45,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.90\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0115] 实施例6

[0116] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1100℃焙烧8小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0117] 实施例7

[0118] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1250℃焙烧6小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0119] 图1为本发明实施例1、4、7、9和12制备的新型橙黄光LED荧光粉的XRD衍射谱图及标准卡片,其中曲线c为本实施例7制得的 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 的XRD衍射谱图。由图1中曲线c可以看出,本发明实施例7制备的橙黄光荧光粉为 $\text{Sr}_9\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7$ 晶相,与标准卡片($\text{Sr}_{18}\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_{14}$ PDF#51-0427)一致。

[0120] 实施例8

[0121] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1450℃焙烧3小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0122] 实施例9

[0123] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,在管式炉中于 $\text{N}_2\text{-H}_2$ 混合气下于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0124] 图1为本发明实施例1、4、7、9和12制备的新型橙黄光LED荧光粉的XRD衍射谱图及标准卡片,曲线d为本实施例9制得的 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 的XRD衍射谱图。由图1中曲线d可以看出,本发明实施例9制备的橙黄光荧光粉为 $\text{Sr}_9\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7$ 晶相,与标准卡片($\text{Sr}_{18}\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_{14}$ PDF#51-0427)一致。

[0125] 实施例10

[0126] 将 SrCO_3 (分析纯)、 BaCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.85:0.1:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.85}\text{Ba}_{0.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0127] 实施例11

[0128] 将 SrCO_3 (分析纯)、 CaCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.85:0.1:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.85}\text{Ca}_{0.1}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0129] 实施例12

[0130] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.45:0.4:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1200℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成

为 $\text{Sr}_{8.45}\text{Mg}_{2.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0131] 图1为本发明实施例1、4、7、9和12制备的新型橙黄光LED荧光粉的XRD衍射谱图及标准卡片,其中,曲线e为本实施例12制得的 $\text{Sr}_{8.45}\text{Mg}_{2.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 的XRD衍射谱图。由图1中曲线e可以看出,本发明实施例12制备的橙黄光荧光粉为 $\text{Sr}_9\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7$ 晶相,与标准卡片($\text{Sr}_{18}\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_{14}$ PDF#51-0427)一致。

[0132] 实施例13

[0133] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为7.95:0.5:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1150℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{7.95}\text{Mg}_{2.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0134] 实施例14

[0135] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为7.45:0.6:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1100℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{7.45}\text{Mg}_{3.0}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0136] 实施例15

[0137] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为6.95:0.7:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1100℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{6.95}\text{Mg}_{3.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0138] 实施例16

[0139] 将 SrCO_3 (分析纯)、 MgO (分析纯)、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (分析纯)和 Eu_2O_3 (99.99%)作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:1.5:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于1300℃焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0140] 实施例17

[0141] 将 SrCO_3 (分析纯)、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:0.3:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于 1300°C 焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0142] 实施例18

[0143] 将 SrCO_3 (分析纯)、 MgO (分析纯)、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (分析纯) 和 Eu_2O_3 (99.99%) 作为原料,它们之间的摩尔比为8.95:1.5:7:0.025,准确称取以上物质,并在玛瑙研钵中充分研磨均匀,放入刚玉坩埚中,再放入大刚玉坩埚中,周围填充碳棒,在高温炉中于 1300°C 焙烧5小时,自然冷却到室温,然后进行研磨,即得淡黄色粉末样品,其化学组成为 $\text{Sr}_{8.95}\text{Mg}_{1.5}(\text{PO}_4)_7:0.05\text{Eu}^{2+}$ 。其化学性质稳定,无放射性,不会对环境造成危害;其激发带较宽,可被250~500nm波段的光有效激发;其发射谱为宽带,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0144] 由以上实施例可知,本发明提供了一种橙黄光LED荧光粉,具有式I所示通式: $\text{Sr}_{9-a-b-x}\text{M}_a\text{Mg}_{1.5+b}(\text{PO}_4)_7:x\text{Eu}^{2+}$ 式I;式I中,所述M为Ca和Ba中的一种或两种; $0.001 \leq x \leq 0.9$, $0 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 2.3$ 。本发明提供的橙黄光LED荧光粉以磷酸盐为基质,以 Eu^{2+} 离子为激活离子,化学性质稳定;其激发带较宽,发射光谱中含有丰富的红光组分,将其与蓝光氮化镓芯片封装成LED能够发射暖白光;该荧光粉无放射性,不会对环境产生危害。实验结果表明:本发明提供的橙黄光LED荧光粉可被250~500nm波段的光有效激发,发射470nm~850nm的宽峰,主发射峰位于523nm和620nm附近。

[0145] 与现有技术相比,本发明提供的橙黄光LED荧光粉含有丰富的红光组分,将其与蓝光氮化镓芯片封装成LED,可在无需额外添加红光荧光粉的条件下直接发射暖白光,因此本发明提供的新型橙黄光LED荧光粉可应用于室内照明。另外,本发明的发射光谱中含有丰富的红光组分,还能够应用于植物照明等领域。

[0146] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

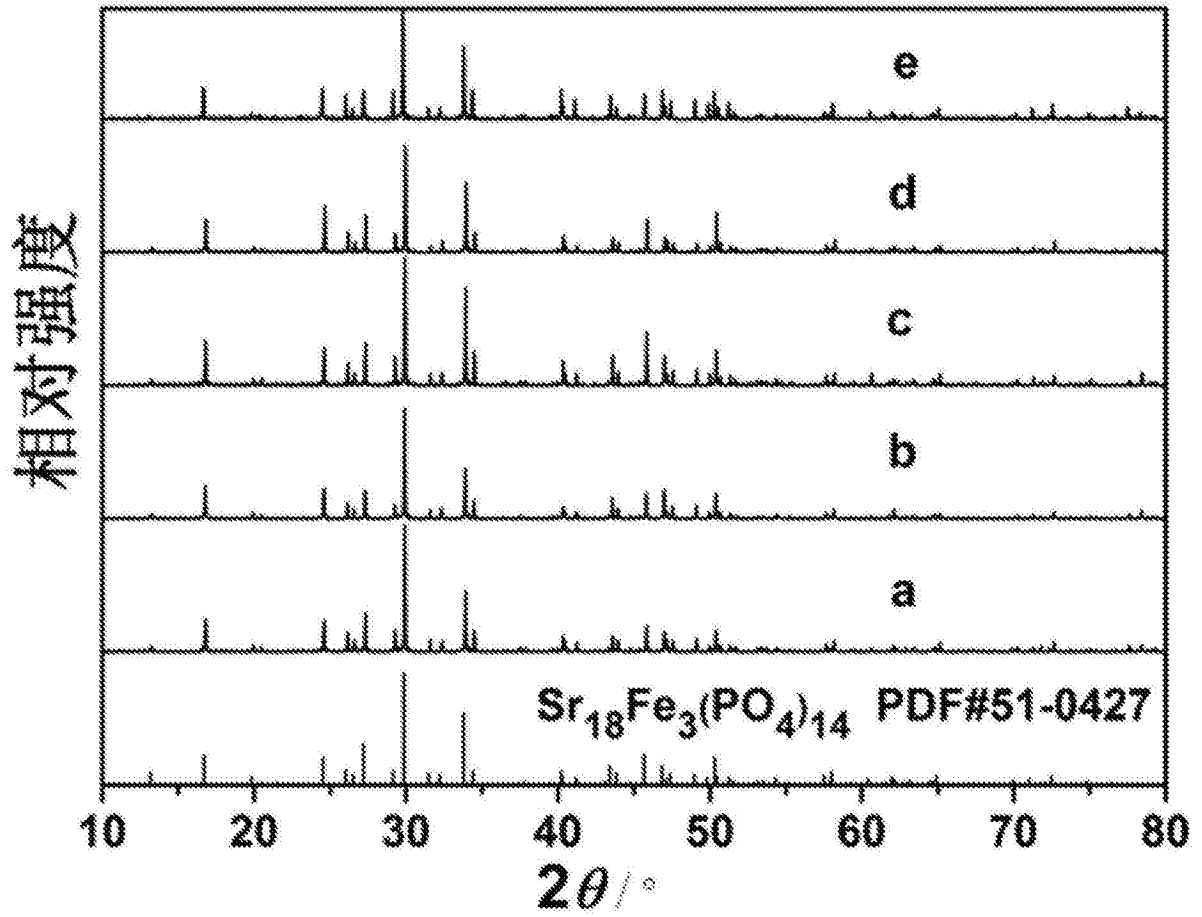


图1

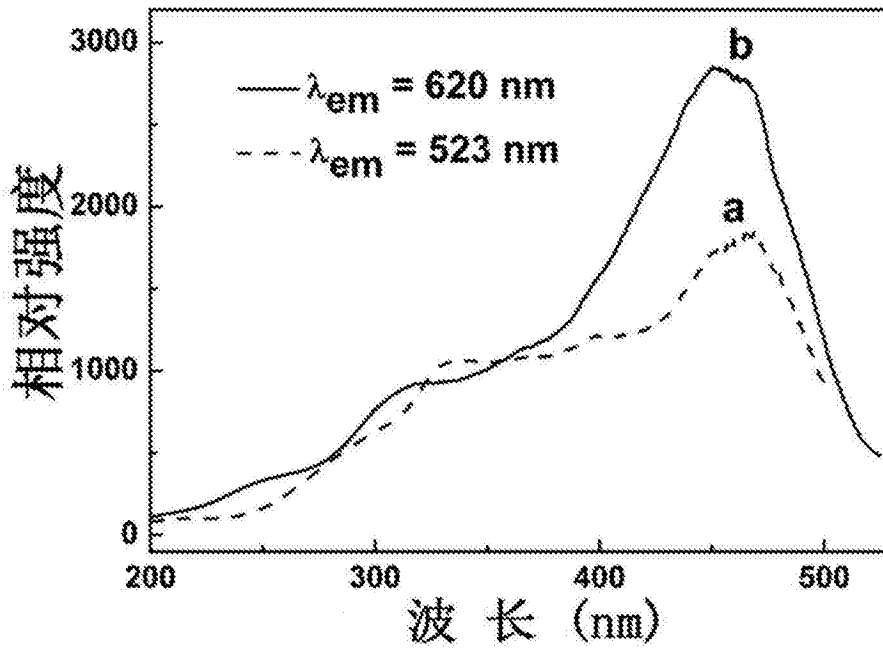


图2

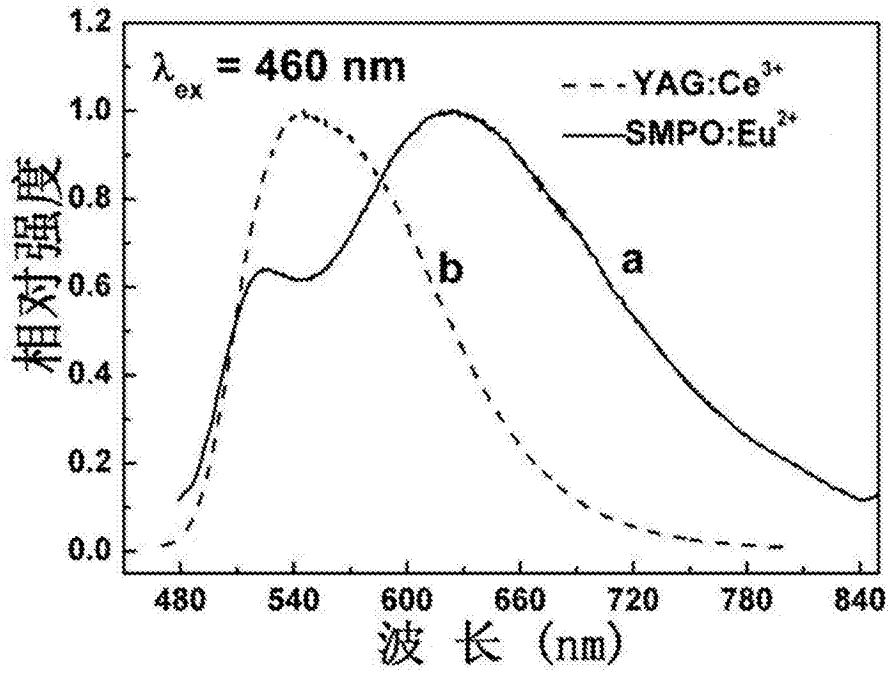


图3