



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103468253 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201310373532. 5

H01L 33/48 (2010. 01)

(22) 申请日 2010. 10. 19

H01L 33/50 (2010. 01)

(30) 优先权数据

10-2010-0048585 2010. 05. 25 KR

(62) 分案原申请数据

201080053687. 5 2010. 10. 19

(71) 申请人 爱尔林新材料有限公司

地址 韩国大田广域市

(72) 发明人 元昌焕 元馨一 元馨石

哈伊克·涅尔西相

(74) 专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理

有限公司 11291

代理人 杨黎峰

(51) Int. Cl.

C09K 11/61 (2006. 01)

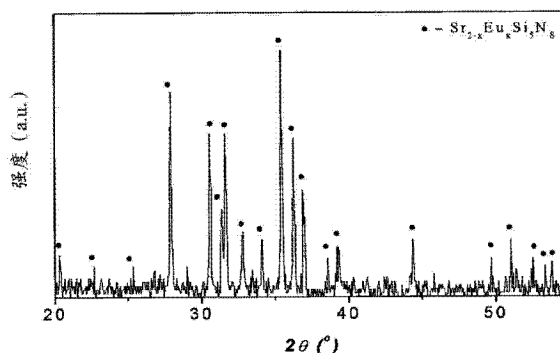
权利要求书2页 说明书10页 附图11页

(54) 发明名称

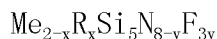
氮化物荧光体、反应混合物及制造方法和含
其的发光装置

(57) 摘要

本发明提供一种在室温下几秒内制备具有组成 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_8$ ($0 < x < 1.0$) 的掺稀土的碱土氮化硅荧光体的方法;使用该方法所制备的氮化物荧光体;以及包括该荧光体的发光装置。这种具有小的粒径、大的表面区域和改进的化学特性的基于氮化硅的荧光体可以强烈吸收 UV 和蓝光,并有效地将其转化为橙红光,从而可将该荧光体用作在 LED 封装件中形成无沉淀的平滑层的有效的荧光体,且作为光源和显示器。尤其对于将细小粒子应用于 LED 封装件,可以实现关于重量比的成本降低。



1. 一种通过如下化学式所表示的氮化物荧光体：



其中, Me 代表碱土金属, R 代表稀土金属, Si 代表硅元素, N 代表氮元素, F 代表氟元素, x 和 y 为满足 $0 < x < 1$ 和 $0 < y < 0.5$ 的数字。

2. 如权利要求 1 所述的氮化物荧光体, 其中, 数字 x 满足 $0 < x < 1.0$ 。

3. 如权利要求 1 所述的氮化物荧光体, 其中, 数字 y 满足 $0 < y < 0.5$ 。

4. 如权利要求 1 所述的氮化物荧光体, 其中, 数字 x 和 y 满足 $0 < x < 0.5$ 且 $0 < y < 0.3$ 。

5. 一种组成为 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_{8-y}\text{F}_{3y}$ ($0 < x < 1, 0 < y < 0.5$) 的氮化物荧光体的制备方法, 该方法包括：

a) 提供包括稀土金属化合物(RC)、碱土金属盐(MX_2)、碱金属叠氮化物(AN_3)、硅源(Si)、氮(N)和包含无机氟化盐的氟源(FS)的反应混合物；

b) 在氮气环境下在高压反应器中进行所述反应混合物的自动燃烧过程；

c) 分离通过所述燃烧过程所产生的氮化物荧光体, 并清洗所述氮化物荧光体。

6. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述碱土金属盐(MX_2)选自 MgF_2 、 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、 MgCl_2 、 CaCl_2 、 BaCl_2 、 SrCl_2 、 MgBr_2 、 CaBr_2 、 BaBr_2 、 SrBr_2 、 MgI_2 、 CaI_2 、 BaI_2 和 SrI_2 。

7. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述碱土金属盐(MX_2)与所述硅源(Si)的摩尔比的范围为从 2 到 3.5。

8. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述碱金属叠氮化物(AN_3)选自 NaN_3 、 KN_3 和 LiN_3 。

9. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述碱土金属盐(MX_2)与所述碱金属叠氮化物(AN_3)的摩尔比的范围为从 2:4 到 3.5:7。

10. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 包含无机氟化盐的氟源(FS)为至少一种从元素周期表的第 1 主族、第 2 主族和第 3 主族中所选择的元素的氟化物, 或选自 NaF 、 Na_2SiF_6 、 CaF_2 、 NH_4F 和 AlF_3 。

11. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述稀土金属化合物(RC)选自 Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er 和 Lu。

12. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述稀土金属化合物(RC)与所述碱土金属盐(MX_2)的摩尔比的范围为从 0.02 到 1。

13. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 所述硅源(Si)为具有 $0.5 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 的粒径的粉末的形式。

14. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 在反应阶段期间氮气压力的范围为从 0.5MPa 到 10MPa。

15. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 在阶段 b) 的燃烧过程中, 所述反应混合物形成为小球, 然后利用金属线的电阻从热源点燃小球以开始所述燃烧过程。

16. 如权利要求 5 所述的氮化物荧光体的制备方法, 其中, 在 1 ~ 30 秒的反应期间中, 在 $1000^\circ\text{C} \sim 2000^\circ\text{C}$ 的温度下进行阶段 b) 的燃烧过程。

17. 一种发光装置, 包括如权利要求 1 到 4 中任一项所述的氮化物荧光体。

18. 一种 LED 封装件, 包括如权利要求 1 到 4 中任一项所述的氮化物荧光体。

19. 如权利要求 18 所述的 LED 封装件,其中,所述 LED 封装件包括在蓝色芯片上的黄色荧光体和如权利要求 1 到 4 中任一项所述的红色氮化物荧光体。

氮化物荧光体、反应混合物及制造方法和含其的发光装置

[0001] 本申请是申请日为2010年10月19日、申请号为201080053687.5、发明名称为“氮化物荧光体、反应混合物及制造方法和含其的发光装置”的中国专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及在室温下几秒内制备具有组成 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_8$ ($0 < x < 1.0$) 的掺稀土元素的碱土金属氮化硅荧光体的方法, 且涉及使用该方法所制备的荧光体。

[0003] 在这种制备掺稀土元素的碱土金属氮化硅荧光体的方法中, 可以将包含少量无机氟化盐的氟源(FS)注入反应混合物中, 从而可以获得注入氟的掺稀土元素的碱土金属氮化硅荧光体 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_{8-y}\text{F}_{3y}$ ($0 < x < 1.0, 0 < y < 0.5$), 且该荧光体具有改进的物理和光学特性。

[0004] 这种根据本发明所制备的具有小的粒径、大的表面区域和改进的化学特性的基于氮化物的荧光体可以强烈吸收UV和蓝光, 并有效地将其转换为橙红光, 因此可将这种荧光体用作为在LED封装件中形成无沉淀的平滑层的有效的荧光体, 且作为光源和显示器。尤其对于将细小粒子应用于LED封装件, 可以实现关于重量比的成本降低。

[0005] 此外, 本发明涉及具有改进光学特性的发光装置, 该发光装置包括上述荧光体。

背景技术

[0006] 高度期望白光LED作为最有前景的环保光源之一, 相比传统的光源具有非常少的能量损耗。在大多数白光LED装置中, 掺入稀土元素(例如 $\text{Ce}^{+3}/\text{Eu}^{+2}$) 的荧光体受蓝光-InGaN的LED芯片激发, 并发射较长波长的光, 且在原则上混合光导致白光的发射。

[0007] 尽管在市场中, 蓝光-InGaN的LED芯片和黄色荧光体 $(\text{Y}, \text{Ce})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 的组合已经是最受欢迎的白光源, 但是对于手机和平板显示器(FPD)中的LCD的普通照明、背后照明的高的显色指数和好的色彩再现性, 红色荧光体的份额稳步递增。

[0008] 对此, 最近开发了许多新颖的三元或更复杂的氮化物荧光体作为已知荧光体的替代物, 例如硅酸盐、磷、铝酸盐、硼酸、硫化物和硫氧化物荧光体。特别地, 最近所开发的基于氮化硅的多组分的氮的化合物显示出和荧光体一样的高性能。

[0009] 在EP1104799A1中, 公开了一种制备发射红光的 $\text{M}_2\text{Si}_5\text{N}_8$ ($\text{M}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) 氮化物荧光体。根据该方法, 首先通过在管炉中 $550 \sim 800^\circ\text{C}$ 下, 在氮气环境下直接将金属氮化 $8 \sim 16$ 小时, 制备碱土金属氮化物和铕氮化物。然后将碱土金属氮化物与 $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ 和 EuN_x 混合, 且将混合物注入钼坩埚并在 $90\%\text{N}_2$ 和 $10\%\text{H}_2$ 的流动环境下进行热处理, 在 $12 \sim 16$ 小时的反应持续时间内保持 $1300 \sim 1400^\circ\text{C}$ 的温度条件, 以产生多晶的 $\text{M}_{2x}\text{Eu}_x\text{Si}_5\text{N}_8$ (对于 $\text{M}=\text{Ca}$ 而言, $0 \leq x \leq 0.2$; 对于 $\text{M}=\text{Sr}, \text{Ba}$ 而言, $0 \leq x \leq 2.0$) 荧光体。

[0010] 然而由于在制备过程中的困难和所述氮化物的高成本, 因此EP1104799A1所公开的首先制备碱土金属氮化物和稀土氮化物的方法是有缺点的。此外, 本方法涉及来自空气或湿气的原材料的存储问题。另外, 通过所述方法获得荧光体的效率是不令人满意的, 从而需要改进。

[0011] 日本专利公开号2003-515665公开了通过通式 $\text{M}_x\text{Si}_y\text{N}_z:\text{Eu}^{+2}$ (其中, M为从包括

Ca, Sr 和 Ba 的组中所选择的一种或多种碱土金属元素, x , y 和 z 为满足 $z=2/3x+4/3y$ 的数字) 表示的荧光体。通过氮化碱土金属, 然后将获得的碱土氮化物与氮化硅混合, 或者如原材料一样, 通过在氮气或氩气环境下加热碱土酰亚胺和硅酰亚胺, 来合成这种发射红光的氮化物荧光体。这种方法也涉及在 EP1104799A1 中所描述的方法的缺点。

[0012] 美国专利公开号 2007/0040152 描述了具有组成 $M_2Si_5N_8$ 、 MSi_7N_{10} 、 $MSiN_2$ 或 $MeAlSiN_3$ (其中, M 为 Mg、Ca、Sr、Ba 等) 的荧光体, 基本上没有氧元素。然而, 因为该方法使用碱土金属和稀土金属的氮化物作为原料, 涉及在制备过程中的困难、高生产成本和不稳定处理, 所以这些荧光体是有缺点的。

[0013] 这些因素一起造成基于氮化硅的荧光体难以在工业上进行生产。认识到“商用的基于氮化硅的荧光体具有如下问题: (1) 由于存在杂质氧所导致的低纯度, (2) 低纯度所导致的荧光体的低材料性能; (3) 高生产成本”。因此, 那些化合物被报道为具有差的光学特性。

[0014] 此外, 在上面的文献中所描述的氮化物荧光体的原材料被报道为在呈粉末状时具有低活性。因此, 必须在高温 ($1200 \sim 1600^\circ\text{C}$) 下加热原材料一段很长的时间 (至少 10 小时), 以便促进原材料的粒子间的固态反应。

[0015] 结果, 合成的荧光体包括大块的很大尺寸的颗粒 ($3 \sim 15 \mu\text{m}$)。应当将这种块状粉末研磨成分离的粒子, 以便形成适合于其作为荧光体的目的的形状。

[0016] 为了达到上述目的, 需要长时间的碾磨, 但这会导致发光强度的严重恶化。

[0017] Xianqing Piao 等人在 [Journal of Luminescence 130 (2010) 812] 上报导了通过采用乙酸铈作为碱土材料和还原剂制备包含 Eu^{2+} 的荧光体的方法。

[0018] 采用 (1:1) 化学计量的 SrCO_3 和 $\text{Sr}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$; 将 Si_3N_4 和 Eu_2O_3 混合到 SrCO_3 和 $\text{Sr}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ 中, 并将形成的混合物注入 ZrB_2 加热器中, 然后在熔炉中在 $8.0 \sim 9.5\text{kHz}$ 的无线频率范围内在氮气环境下进行加热, 以提供荧光体。

[0019] 然后在 $300^\circ\text{C}/\text{min}$ 的加热速率下将温度快速升高到 $1500 \sim 1600^\circ\text{C}$, 且保持该温度 6 小时以形成目标荧光体。然而, 该方法不能产生无氧的氮化物荧光体, 从而导致发光强度的严重恶化。此外, 因为低效率, 所以该技术不具有商业适用性。

[0020] Rong-Jun Xie 等人在 (Chem. Mater., 2006, 18, 5578-5583) 上报导了从包含 SrCO_3 、 Si_3N_4 和 Eu_2O_3 的混合物合成基于 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ 的红色荧光体。

[0021] 在 1600°C 下且在 0.5MPa 的 N_2 环境下制备这些原材料的混合物 2 小时。因此所生产的最终产品包含三种主要组分: $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8$ 、a- Sr_2SiO_4 和 b- Sr_2SiO_4 。该文章未描述纯铈-氮化硅荧光体。

[0022] Xianqing Piao 最近报道了基于在氮气环境下 $\text{SrO}+\text{Si}_3\text{N}_4+\text{Eu}_2\text{O}_3+\text{C}$ 混合物的高温煅烧以产生 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{+2}$ 荧光体的碳热还原氮化 (CRN) 方法。

[0023] 该方法不能除去荧光体中的残余碳, 从而显著降低其吸收和发射特性。此外, 即使在这样的高温环境下, 通过 C 完全减少 SrO (从热力学角度来说, SrO 非常稳定) 是不太现实的。

[0024] 由于上述原因, 在实际中迫切需要生产基于氮化硅的荧光体的新颖的和改进的方法。

[0025] 美国专利号 5110768 教导了生产具有形式 TB_0 的材料 (例如氮化锆 (ZrN)) 的燃烧

方法,该方法包括混合具有形式 TX_n 的第一盐,例如四氯化锆($ZrCl_4$),和具有形式 A_mB 的第二盐,例如氮化三锂(Li_3N),以及后续的燃烧。

[0026] 据报道,该方法可以通过燃烧第一盐($ZrCl_4$)和第二盐(Li_3N)产生氮化锆(ZrN),但额外形成 nAX 和 $(n/m-o)B$,分别例如 $4LiCl$ 和 $(1/6)N_2$ 。

[0027] 根据说明书,从包括过渡金属(例如锆)和第四族元素化物(例如碳、硅、锡和铅)的组中选择 T ;从卤化物组中选择 X ;从碱金属(例如锂、钠和钾)和碱土金属(例如钙、镁、锶和钡)中选择 A ;从包括磷族元素化物(例如氮、磷、砷和锑)和第四族元素化物(例如碳、硅、锆和锡)的组中选择 B ;且 m 和 n 为合适的整数。然而,该文件未描述氮化硅或碱土金属氮化物,没有提及任何包含碱土金属的基于氮化物的荧光体。

[0028] 美国专利号 4944930 教导了制备 α -氮化硅的燃烧方法。 α -氮化硅的制备包括步骤:将硅粉与碱金属叠氮化物(例如叠氮化钠(NaN_3))混合,将混合物形成为任意期望形状,并将该混合物装入石英坩埚,然后在氮气下的燃烧室中通过使用点燃的小球燃烧该混合物。

[0029] 特别地,在上述方法中,将硅粉(Si)或二氧化硅(SiO_2)与金属或金属氧化物混合,额外注入少量的碱金属叠氮化物,例如叠氮化钠(NaN_3),并将反应混合物转移到燃烧室中。在给具有氮气的燃烧室加压之后,点燃该反应混合物以执行燃烧过程。然后分离出 α -氮化硅作为反应产物。然而,现有技术未描述包含硅的氮化物荧光体,也未描述包含碱土金属的氮化物荧光体。

[0030] 上述专利的发明人未研究通过氧化法来制备包含碱土和/或氮化铝和氮化硅的荧光体的合成方法,但是一些发明人已研究自蔓延高温合成技术(SHS)。

[0031] 在这些方法中,可以在氩气环境下通过电弧熔化技术从前体制备 $Ba_{2-x}Eu_xSi_5$ 和 $Ca_{1-x}Eu_xAlSi$ 合金粉末。然后可以在 $1450 \sim 1550^\circ C$ 的温度下且在氮气环境中热处理该合金粉末以产生如粉末的氮化物荧光体。然而,可以看出,所描述的方法为固态反应,但不能作为通过燃烧过程合成荧光体的方法。

发明内容

[0032] 技术问题

[0033] 因此,本发明的第一目标是解决上述问题并通过将氟注入荧光体提供高度结晶的荧光体。

[0034] 本发明的第二目标是通过使用具有高成本效率和容易处理的反应混合物,提供不需要任何外部热源地稳定地制备荧光体的方法。

[0035] 本发明的第三目标是提供制备基于高度结晶的氮化硅的包含碱土金属的具有小粒径的的荧光体粉末的快速方法。

[0036] 本发明的第四目标是提供包括根据本发明的荧光体的发光装置(LED)。

[0037] 解决技术问题的技术方案

[0038] 本发明涉及在室温下几秒内制备掺稀土的碱土金属氮化硅荧光体粉末的方法,因此而制备的荧光体,以及包括该荧光体的发光装置。

[0039] 本发明尤其涉及具有如下化学式的氮化物荧光体:

[0040] $Me_{2-x}R_xSi_5N_{8-y}F_{3y}$

[0041] 其中, Me 代表碱土金属, R 代表稀土金属, Si 代表硅元素, N 代表氮元素, x 和 y 为满足 $0 < x < 1$ 和 $0 \leq y < 0.5$ 的数字。

[0042] 优选地, 数字 x 和 y 满足 $0 < x < 1.0$ 和 $0 < y < 0.5$ 。

[0043] 更优选地, 数字 x 和 y 满足 $0 < x < 0.5$ 和 $0 < y < 0.3$ 。

[0044] 氮化物荧光体粉末的特征是粒径不大于 $3 \mu\text{m}$, 优选地, 不大于 $2.5 \mu\text{m}$ 。

[0045] 制备根据本发明的氮化物荧光体的方法包括:

[0046] a) 提供包括稀土金属化合物(RC)、碱土金属盐(MX_2)、碱金属叠氮化物(AN_3)、硅源(Si)和氮(N)的反应混合物;

[0047] b) 在氮气环境下的高压反应器中进行反应混合物的燃烧过程;

[0048] c) 分离通过燃烧过程所产生的氮化物荧光体, 并清洗该氮化物荧光体。

[0049] 可以通过使用酸(例如 HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4 和 HF) 进行清洗。

[0050] 在第一阶段, 选择反应物原材料。第一反应物材料为由碱土金属和卤素离子构成的碱土金属盐(MX_2)。优选地, 卤素离子为氯离子。优选地, 碱土金属盐(MX_2)选自 MgF_2 、 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、 MgCl_2 、 CaCl_2 、 BaCl_2 、 SrCl_2 、 MgBr_2 、 CaBr_2 、 BaBr_2 、 SrBr_2 、 MgI_2 、 CaI_2 、 BaI_2 和 SrI_2 。碱土金属盐(MX_2)与硅源(Si)的摩尔比例可以为 $2 \sim 3.5$ 。通常, 相比碱土金属氮化物, 碱土金属盐是商用的、相对易于处理的且便宜的。

[0051] 至于普遍可用的氯化锶, 可能需要脱水阶段, 例如由于氯化锶包含结晶水($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。通过在 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 加热包含结晶水的氯化锶($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 几小时进行脱水。

[0052] 在反应混合物中, 第二组分为碱金属叠氮化物(AN_3), 具有两个重要功能: 第一, 作为碱土金属盐的还原剂; 第二, 在燃烧过程中作为氮原子的供体。

[0053] 优选地, 从 NaN_3 、 KN_3 和 LiN_3 中选择碱金属叠氮化物(AN_3), 且碱土金属盐(MX_2)与碱金属叠氮化物(AN_3)的摩尔比例可以从 $2:4$ 到 $3.5:7$ 。

[0054] 在反应混合物中, 第三组分为用作硅粉的硅源(Si)。粒径可以为 $0.5 \sim 100 \mu\text{m}$, 优选地 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ 。

[0055] 相比使用氮化硅的传统方法(包括上述专利), 使用硅粉的方法从成本方面产生经济价值。

[0056] 硅的氮化是大量放热的, 且该阶段所产生的反应热是根据本发明在室温下在自我维持的燃烧模式中进行制备基于氮化硅的荧光体的方法的关键。

[0057] 在反应混合物中, 第四组分为稀土化合物(RC), 所述稀土化合物可以为稀土金属盐。优选地, 所述稀土金属盐可以为包含选自 Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er 和 Lu 中的金属的稀土金属盐; 更优选地, 所述稀土金属盐为铕盐。作为包含铕的稀土金属盐, 优选 EuCl_3 、 EuF_3 或 Eu_2O_3 。基于碱土金属, 将要使用的稀土化合物(RC)的量可以为 $0.02 \sim 1$ 摩尔。

[0058] 在反应混合物中, 第五组分为氟源(FS)。

[0059] 在提供反应混合物的过程中, 另外并入包含无机氟化盐的氟源以产生含氟的氮化物荧光体, 该氮化物荧光体具有组成 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_{8-y}\text{F}_{3y}$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 0.5$), 示出改善的光学特性。

[0060] 更优选地, 含氟的氮化物荧光体的组成为 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_{8-y}\text{F}_{3y}$ ($0 < x < 0.5$, $0 < y < 0.3$)。

[0061] 包含无机氟化盐的氟源(FS)可以为具有从元素周期表的第 1 族、第 2 族和第 3 族中所选择的一种或多种元素的氟化物;可以选自 NaF、Na₂SiF₆、CaF₂、NH₄F 和 AlF₃。基于 5 摩尔硅(Si),包含无机氟化盐的氟源(FS)的量可以为 0.01 ~ 0.3 摩尔。

[0062] 用于本发明的所有原材料都是商用的,是易于处理的且合算的,从而根据本发明的方法提供了经济价值。由于根据本发明的方法在燃烧过程中是放热的,所以是有优势的,在合成氮化物荧光体期间不需要外部热源。

[0063] 制备根据本发明的氮化物荧光体的方法的第二阶段包括:将反应混合物注入反应杯中;将反应杯放入高压反应器中;在反应器中在氮气环境下进行燃烧过程。在本阶段中,准备期望形状(例如圆柱形或矩形)的反应杯,以便通过燃烧过程制备氮化物荧光体,且将反应混合物注入反应杯中并经受在室温下和氮气气压下的燃烧过程。在反应容器中氮气的压力条件可以为 0.5 ~ 10MPa,优选地 2.0 ~ 5.0MPa。

[0064] 可以通过简单的混合反应混合物的粉末制备根据本发明的反应混合物。可以进行任意类型的传统使用的混合,但是对于深入且快速的混合,通过球磨机的混合是优选的。使用聚合物瓶和陶瓷球的球磨机可以提供原材料的快速且深入的混合。使用 200 ~ 500 μm 尺寸的金属筛网,可以很容易地将反应混合物与陶瓷球分离开来。

[0065] 在将反应混合物注入圆柱形或矩形杯之后,通过球磨机等的混合所获得的反应混合物可以形成为小球。该杯可由不同材料(例如纸、金属、石英等)形成。小球的密度可以为 0.7 ~ 2.0g/cm³,优选地 0.9 ~ 1.2g/cm³。

[0066] 可以通过热源点燃由反应混合物组成的小球(由于金属线的电阻)以开始燃烧过程。小球的密度可以为 0.7 ~ 2.0g/cm³,优选地 0.9 ~ 1.2g/cm³。

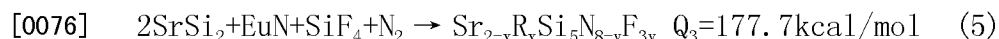
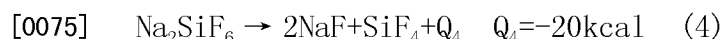
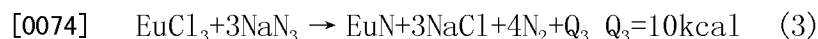
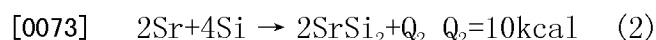
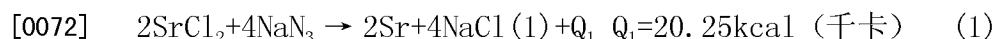
[0067] 可以在 1 ~ 30 秒的反应期间内,在 1000 ~ 2000℃(优选地 1100 ~ 1700℃)的温度下进行第二阶段中的燃烧过程。

[0068] 由于在高压条件下进行本发明的燃烧过程,因此需要高压反应器。必须在氮气环境下进行该反应。根据本发明的氮气的反应压力为 0.5 ~ 10MPa,优选地 2.0 ~ 5.0MPa。

[0069] 在将反应杯转移到高压反应器中之后进行典型的燃烧过程,且用热源(例如镍铬灯丝系统)点燃反应杯。

[0070] 由于燃烧过程是自我维持的,因此一旦通过点火发起该反应,则不需要另外的热源,且该反应以 0.1 ~ 0.5cm/秒的速度沿反应材料传播。

[0071] 当在根据本发明的燃烧过程中观察反应热时,可以从如下方程式推断来自反应混合物(SrCl₂-NaN₃-Si-EuCl₃-Na₂SiF₆-N₂)的反应热:



[0077] 上面所给出的化学式清晰地表明燃烧过程放热,且快速地将原材料转化为氮化物荧光体。还在此过程中,同样地形成足量的熔融态的 NaCl (约 4 摩尔) ($T_{\text{熔化,NaCl}} = 810^\circ\text{C}$)。

[0078] 制备根据本发明的氮化物荧光体的方法的第三阶段是清洗阶段,在此阶段中,清洗通过燃烧过程所产生的氮化物荧光体。该阶段始于除去包含从燃烧过程所获得的产品的

小球的表层和磨碎剩余的小球以便提纯。该清洗阶段可使用酸处理的蒸馏水进行冲洗。可利用选自 HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4 和 HF 中的任一种酸进行酸处理。

[0079] 首先,在燃烧过程之后,将小球冷却到室温,从反应器中移出。除去未完全反应的表层(厚度 $1\text{mm} \sim 2\text{mm}$)以防止杂质。然后,磨碎剩余的小球,并转移到 1 升的烧杯中以清理掉任何副产物或杂质。

[0080] 通过使用热蒸馏水进行燃烧产物的初步提纯,以清除 NaCl (副产物)。然后,通过使用稀释的 $\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}(1:5)$ 溶液清洗大约 1 小时,可以进一步除去其它杂质(例如未反应的碱土金属)。可以添加少量的碱溶液(例如 NaOH 、 KOH 、 NH_4OH) 以中和最终的溶液。

[0081] 然后将氮化物荧光体的湿粉转移到聚合物瓶中,并使用氧化锆球与蒸馏水一起研磨 $30 \sim 60$ 分钟。

[0082] 氮化物粉末和球的重量比为 $1:(2 \sim 5)$,优选地,约 $1:3$ 。研磨之后,可以使用 $20 \sim 200 \mu\text{m}$ 的金属筛网将荧光体粉末和球分离。

[0083] 最后,过滤如上所分离的荧光体,使用蒸馏水清洗几分钟,在 $70 \sim 90^\circ\text{C}$ 下干燥几小时。

[0084] 此外,本发明可提供根据本发明的方法所制备的具有粒径不大于 $2.5 \mu\text{m}$ 的组成为 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_8$ ($0 < x < 1$) 或粒径不大于 $2.5 \mu\text{m}$ 的组成为 $\text{Me}_{2-x}\text{R}_x\text{Si}_5\text{N}_{8-y}\text{F}_{3y}$ ($0 < x < 1, 0 < y < 0.5$) 的氮化物荧光体。

[0085] 根据本发明所制备的氮化物荧光体具有不大于 $2.5 \mu\text{m}$ 的粒径,优选地 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 。该荧光体具有高度结晶的粒子,高度结晶的粒子具有优秀的稳定的光学特性。

[0086] 在将通过上述方法所获得的氮化物荧光体与适当数量的聚合树脂混合之后(为了确保 LED 的特性),可以与蓝光的 InGaN 型材料一起使用以形成发光装置。在这种情况下,可根据本发明的荧光体封装在包括 UV- 蓝色光源的发光装置的表面。

[0087] 由于 LED (发光装置) 可包括选自铈活化钇 - 铝氧化物和铈活化钇 - 钆 - 铝氧化物的荧光体,因此可以将根据本发明的荧光体应用于 LED 或显示装置。特别地,可以形成包括通过 InGaN 型材料放电的蓝光和根据本发明所制备的红光荧光体的 LED。

[0088] 在图 17 中示出使用传统的发射红光的氮化物荧光体(BR-101)和使用本发明所制备的红色荧光体的 LED 封装件的测试结果。在 LED 封装件中 BR-101 粉末的浓度为 $0.5\text{wt}\%$, 而本发明所制备的荧光体的浓度为两倍低 ($0.25\text{wt}\%$)。这里, x 和 y 为色度坐标, CRI 为显色指数, Cd 为发光强度(坎德拉)。可以看出,使用 BR-101 和本发明所制备的发射红光的荧光体的 LED 封装件的色度坐标(x 和 y)是同样级别的。但是使用本发明所制备的红色荧光体的 LED 封装件的发光效率(Cd) (6461)比传统的 LED 封装件(6342)的发光效率高 $3.5 \sim 4\text{wt}\%$ 。

[0089] 认识到,根据本发明的荧光体的这种良好特性不仅来自于燃烧过程,而且来自于所包含的氟离子。特别地,认为氟离子在燃烧过程中提供了多个功能,如下:

[0090] (1) 氟离子诱发气体运输反应,以从易挥发的中间产物氟化硅(SiF_4 、 SiF_2 等)中提供高度结晶的荧光体粒子。

[0091] (2) 氟离子形成热力学稳定的碱土金属氟化物,例如氟化锶(SrF_2 , $T_{\text{熔化}}=1470^\circ\text{C}$), 所述碱土金属氟化物可在荧光体粒子的表面上提供薄膜,以提高光学特性。

[0092] (3) 根据本发明所制备的氟化物(NaF 、 SrF_2) 的熔融盐作为助熔剂,以提高燃烧过

程的转化速率。

[0093] (4) 氟离子可以扩散到荧光体的晶格中,且部分地取代 N^{3-} 离子,从而改善荧光体的光学特性。

[0094] 同时,当粒子为细小的(不大于 $2.5\mu m$) (远小于传统法所制备的不小于 $7\sim 8\mu m$ 的荧光体的粒径),因为如下原因,明显地改善了光学特性:

[0095] (1) 由于增加的特定表面区域,在粒子表面上的 Eu (活性剂) 的浓度增加(相比粗粒子),以导致更高的发光强度;以及

[0096] (2) 相比粗粒子,表观比重相对减少,从而当应用于 LED 时不会发生沉淀,以导致更高的发光效率(两倍低的量提供较相似的或更高的发光强度)。

[0097] 根据本发明所制备的氮化物荧光体显示出红光源的特性,且可以和发射蓝光的荧光体组合使用。本发明的荧光体适用于具有高效率的发光装置。由于制备根据本发明的荧光体的方法采用低价的商用原材料,因此本发明比传统方法有经济价值。尤其在通过使用微粉化的粒子应用于 LED 封装件时,可以降低关于重量的生产成本。此外,由于小尺寸的粒子,根据本发明的红色荧光体利用两倍低的浓度提供较相似的或更高的发光强度。

[0098] 针对在电子行业中发射红光的荧光体的日益增长的需求,将含氟的氮化物荧光体确立为有用的替代物。

附图说明

[0099] 从以下结合附图所给出的优选实施方式的描述中,本发明的以上和其它目标、特征及优势将变得明显,附图中:

[0100] 图 1 示出根据示例 1 所制备的 $Sr_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_8$ 荧光体的 XRD 图;

[0101] 图 2 示出根据示例 1 所制备的 $Sr_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_8$ 荧光体的 SEM 显微图;

[0102] 图 3 示出根据示例 2 所制备的 $Sr_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 XRD 图;

[0103] 图 4 示出根据示例 2 所制备的 $Sr_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 SEM 显微图;

[0104] 图 5 示出根据示例 3 所制备的 $Sr_{1.92}Eu_{0.08}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 XRD 图;

[0105] 图 6 示出根据示例 3 所制备的 $Sr_{1.92}Eu_{0.08}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 SEM 显微图;

[0106] 图 7 示出根据示例 4 所制备的 $Sr_{1.8}Eu_{0.2}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 XRD 图;

[0107] 图 8 示出根据示例 4 所制备的 $Sr_{1.8}Eu_{0.2}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 SEM 显微图;

[0108] 图 9 示出根据示例 5 所制备的 $Ca_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 XRD 图;

[0109] 图 10 示出根据示例 5 所制备的 $Ca_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 SEM 显微图;

[0110] 图 11 示出根据示例 6 所制备的 $Ba_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 XRD 图;

[0111] 图 12 示出根据示例 6 所制备的 $Ba_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ 荧光体的 SEM 显微图;

[0112] 图 13 示出根据示例 1~4 所制备的红色荧光体的 LED PKG (LED 封装件) 光谱;

[0113] 图 14 示出根据示例 1~4 所制备的红色荧光体的激发光谱;

[0114] 图 15 示出标准化的辐射通量相对于波长(芯片: $452.5\sim 455.0nm$) 的图: 5% 荧光体 ($Sr_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ YF 为改进的荧光体-树脂复合物; BR101A-YF 和 BR102C-YF 为参考荧光体-树脂复合物);

[0115] 图 16 示出标准化的辐射通量相对于波长(芯片: $452.5\sim 455.0nm$) 的图: 10% 荧光体 ($Sr_{1.95}Eu_{0.05}Si_5N_{7.95}F_{0.15}$ YF 为改进的荧光体-树脂复合物; BR101A-YF 和 BR102C-YF 为参

考荧光体-树脂复合物)；

[0116] 图 17 示出在将黄色 YAG 和红色荧光体($\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$)应用于蓝色芯片(450 ~ 452.5nm)上的 LED PKG 时的发光特性的比较结果。[比较样本(BR102C), SY-LESI3:00902:BR-101;10:10:2.8:0.125, $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$, SY-LESI3:00902:SS N-47;10:10:2.8:0.06]。

具体实施方式

[0117] 下文将参照示例详细描述制备根据本发明的氮化物荧光体的方法以及该荧光体在发光装置中的应用,给出这些示例用以说明,而不通过任何方式用以限制。

[0118] 通过使用具有 Cu K α 射线的 X 射线衍射仪(西门子 D5000, 德国)和扫描电子显微镜(SEM;JSM5410, JEOL, 日本)确定荧光体的晶体结构和表面形态。通过使用根据激光粒径分析(LPSA)的 Malvern M7UK 粒径分析仪确定荧光体的粒径。

[0119] 通过在将混合有树脂的 5-10% 的荧光体粉末沉积在 InGaN 层上之后的 LED 的特性来评估荧光体粉末的光致发光(PL)测试。

[0120] 使用具有 450nm 的激发波长的氙灯在荧光分光光度计(F-7000, Hitachi, 日本)上记录荧光光谱。

[0121] 使用具有 450nm 的激发波长的氙灯在荧光分光光度计(F-7000, Hitachi, 日本)上记录荧光体粉末的光致发光(PL)光谱。

[0122] 使用 SEA5120 荧光 X 射线元素监控仪器(精工电子有限公司)测量荧光体粉末中的氟浓度(wt%)。表 1 示出所制备的荧光体的具体特性。

[0123] [示例 1]

[0124] 在包含氧化锆球的聚合物瓶中,以一转速($\omega=150$ 转/分)将 52.8g 氯化锶(SrCl_2)、47.6g 叠氮化钠(NaN_3)、18.6g 硅粉(Si)和 1.2g 三氧化二铕(Eu_2O_3)混合 2 小时。

[0125] 然后将反应混合物注入直径为 4.0cm 的纸杯中以形成小球。该小球的实验密度为 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0126] 通过在 2.0MPa 的气压下的高纯度的氮气中加热镍-钼线圈来实现燃烧过程的点燃。当完成该燃烧过程时,将反应混合物冷却到室温。

[0127] 除去反应产物的表层(厚度 2mm),并磨碎小球的剩余部分,然后倒入 500ml 的烧杯中,以便消除反应副产物且提高产物的纯度。

[0128] 为了提纯,用热蒸馏水清洗因此所获的荧光体,以洗掉作为副产物的 NaCl。然后使用(用 $\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}$ (w/w)=1:5 的比例所稀释的)酸化的蒸馏水清洗荧光体两次。为了除去酸性组分,向烧杯中加入少量 NaOH 溶液,从而中和溶液。

[0129] 然后使用蒸馏水清洗氮化物荧光体几次,并在 70 ~ 90°C 下干燥 10 小时或更长时间。

[0130] 使用具有 Cu K α 射线的 X 射线衍射仪(西门子 D5000, 德国)和扫描电子显微镜(SEM;JSM5410, JEOL, 日本)来表征 $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_8$ 荧光体的晶体结构和形态。使用激发波长为 355nm 的氙灯在荧光分光光度计(F-7000, Hitachi, 日本)上进行荧光体的光致发光(PL)测试。

[0131] 已证实荧光体的组成为纯的 $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_8$, 且荧光体的粒径不大于 $10.0\mu\text{m}$ (图

2)。LED PKG 的发光强度为 102%，略高于表 1 中所示出的比较样本(BR102C)。

[0132] [示例 2]

[0133] 进行如示例 1 中所描述的同样的过程，但是通过使用 52.8g 氯化锶(SrCl_2)、47.6g 叠氮化钠(NaN_3)、18.6g 硅粉(Si)、1.2g 三氧化二铕(Eu_2O_3)和 2.25g 的 Na_2SiF_6 制备反应混合物。

[0134] 已证实生成的含氟的荧光体具有组成 $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$ (图 3)，且荧光体的粒径不大于 $1.0\ \mu\text{m}$ (图 4)。可以看出，在反应期间添加氟离子会导致最终的荧光体的尺寸减小。LED PKG 的发光强度为 117%，高于在表 1 中所示出的比较样本(BR102C)。

[0135] [示例 3]

[0136] 进行如示例 1 中所描述的同样的过程，但是使用 52.8g 氯化锶(SrCl_2)、47.6g 叠氮化钠(NaN_3)、18.6g 硅粉(Si)、2.0g 三氧化二铕(Eu_2O_3)和 2.2g 的 AlF_3 制备反应混合物。

[0137] 已证实生成的含氟的荧光体具有化合物 $\text{Sr}_{1.92}\text{Eu}_{0.08}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$ (图 5)，且荧光体的粒径不大于 $1.0\ \mu\text{m}$ (图 6)。可以看出，在反应期间添加氟离子会导致最终的荧光体的尺寸减小。LED PKG 的发光强度为 115%，高于在表 1 中所示出的比较样本(BR102C)。

[0138] [示例 4]

[0139] 进行如示例 1 中所描述的同样的过程，但是使用 52.8g 氯化锶(SrCl_2)、47.6g 叠氮化钠(NaN_3)、18.6g 硅粉(Si)、4.8g 三氧化二铕(Eu_2O_3)和 2.25g 的 Na_2SiF_6 制备反应混合物。

[0140] 已证实生成的含氟的荧光体具有组成 $\text{Sr}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$ (图 7)，且荧光体的粒径不大于 $1.0\ \mu\text{m}$ (图 8)。可以看出，在反应期间添加氟离子会导致最终的荧光体的尺寸减小。LED PKG 的发光强度为 105%，略高于在表 1 中所示出的比较样本(BR102C)。

[0141] [示例 5]

[0142] 进行如示例 1 中所描述的同样的过程，但是使用 44.5g 氯化钙(CaCl_2)、52g 叠氮化钠(NaN_3)、27.5g 硅粉(Si)、1.35g 三氧化二铕(Eu_2O_3)和 1.9g 的 Na_2SiF_6 制备反应混合物。

[0143] 已证实生成的含氟的荧光体具有化合物 $\text{Ca}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$ (图 9)，且荧光体的粒径不大于 $1.0\ \mu\text{m}$ (图 10)。也可以看出，在反应期间添加氟离子会导致最终的荧光体的尺寸减小。LED PKG 的发光强度为 93%，相比比较样本(BR102C)有点下降。

[0144] [示例 6]

[0145] 进行在示例 1 中所描述的同样的过程，但是使用 52.05g 氯化钡(BaCl_2)、35.7g 叠氮化钠(NaN_3)、14.0g 硅粉(Si)、0.9g 三氧化二铕(Eu_2O_3)和 1.9g AlF_3 制备反应混合物。

[0146] 已证实生成的含氟的荧光体具有化合物 $\text{Ba}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$ (图 11)，且荧光体的粒径不大于 $1.0\ \mu\text{m}$ (图 12)。也可以看出，在反应期间添加氟离子会导致最终的荧光体的尺寸减小。LED PKG 的发光强度为 80%，相比比较样本(BR102C)下降。

[0147] [示例 7]

[0148] 将特定数量的根据示例 2 中所描述的同样的过程所制备的红色荧光体封装在蓝色芯片(波长: $452.5 \sim 455.0\text{nm}$)上，且将标准辐射通量和波长与参考样本(BR101A-YF 和 BR102C-YF)进行比较。在图 15 (所添加的红色荧光体的量: 5%)和图 16 (所添加的红色荧光体的量: 10%)中示出结果。如图可见，相比参考样本，本发明的产物示出至少 10 倍(或者至多几十倍)的发光强度，且为高效的并适用于 LED。

[0149] [示例 8]

[0150] 为了 LED 应用(BLU:背光单元)的目的,将根据示例 2 中所描述的过程所制备的红色荧光体封装在蓝色芯片(波长:450 ~ 452.5nm)上,且将发光特性与在图 17 中所列的参考样本(BR102C)进行比较。主要组分、固化剂、黄色荧光体 YAG 和红色荧光体 $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$ 的组成比例如下:(比较的样本 BR102C), SY-LESI3:00902:BR-101;10:10:2.8:0.125,(发明的产物 $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.95}\text{F}_{0.15}$), SY-LESI3:00902:SSN-47;10:10:2.8:0.06。如图可见,当只以在比较样本的基础上 48% 的量添加根据本发明的红色荧光体(参考样品:发明产物为 0.125:0.06),且保持同样的主要组分、固化剂、黄色荧光体 YAG 的组成比例(10:10:2.8)时,可以实现等效的色度坐标和斜度,且 LED 产品的发光强度增大约 4%。因此,注意到,在大规模生产中该产品带来关于重量的显著的成本降低。

[0151] [表 1] 氮化硅荧光体的光学特性

[0152]

名称	Int.(%)	DWL	BAND-W	CIE-x	CIE-y	D(mm)	F,wt%
参考 (BR102C)	100	619	76	0.618	0.376	8.2	0
示例 1	102	613	75	0.611	0.373	2.0	0
示例 2	117	613	72	0.612	0.369	2.0	0.7
示例 3	115	619	77	0.618	0.375	2.0	0.8
示例 4	105	627	84	0.625	0.380	2.0	0.75

[0153] Int. (%) 为与参考样品(BR102C)相比较的 $\text{Sr}_{1.95}\text{Eu}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_8$ 荧光体的相对发光强度;

[0154] DWL 为主波长;

[0155] BAND-W 为发射频带带宽;

[0156] CIE-x 和 CIE-y 为色度坐标;

[0157] D 是粒子直径;

[0158] F 是氟的重量浓度。

[0159] 尽管已参照具体实施方式描述了本发明,但是很明显,本领域的技术人员可以进行各种改变和变型,而不脱离以下权利要求所定义的本发明的精神和范围。

[0160] 根据本发明的具有小的粒径、大的表面区域和改进的化学特性的基于氮化硅的荧光体可以强烈吸收 UV 和蓝光,并有效地将其转化为橙红光,从而可将该荧光体用作有效的荧光体以在 LED 封装件中形成无沉淀的平滑层,且作为光源和显示器。

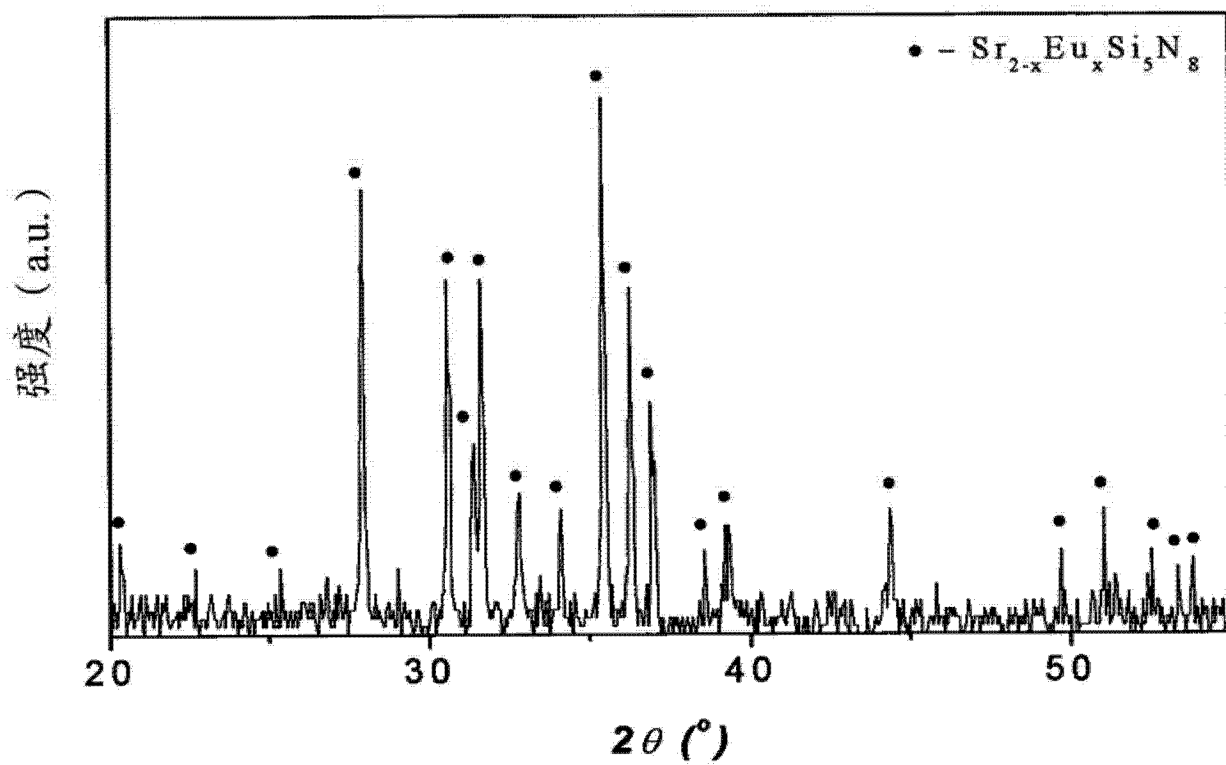


图 1

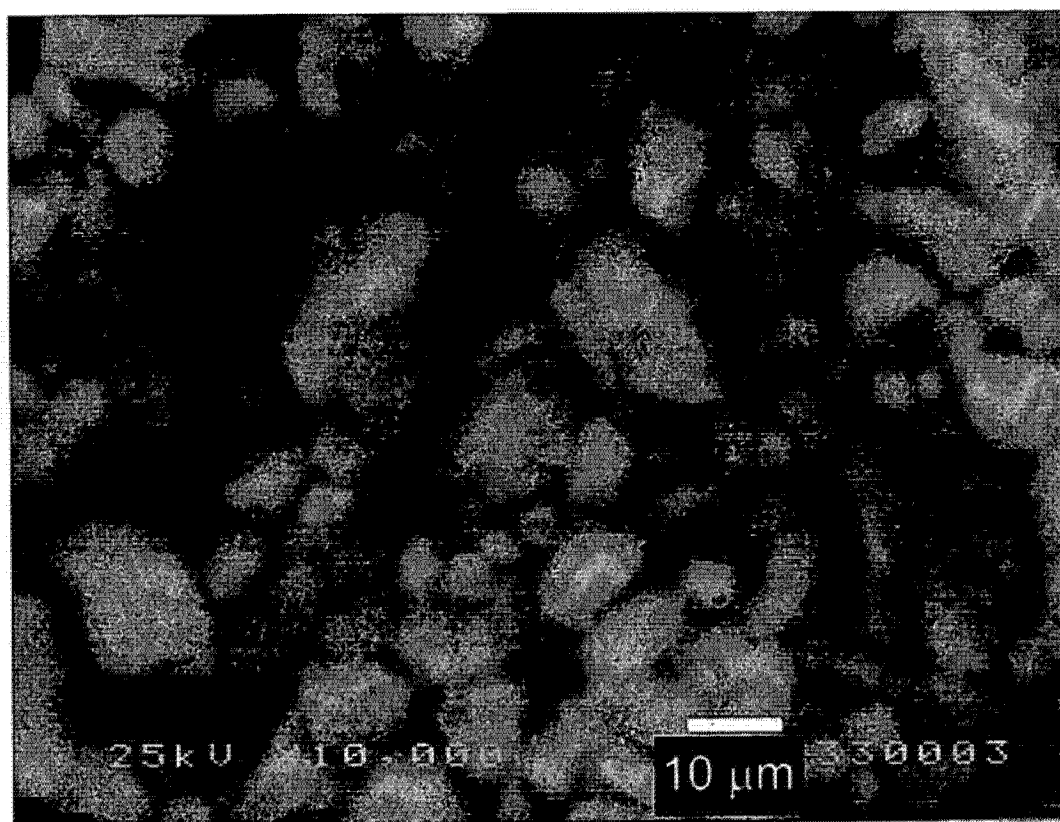


图 2

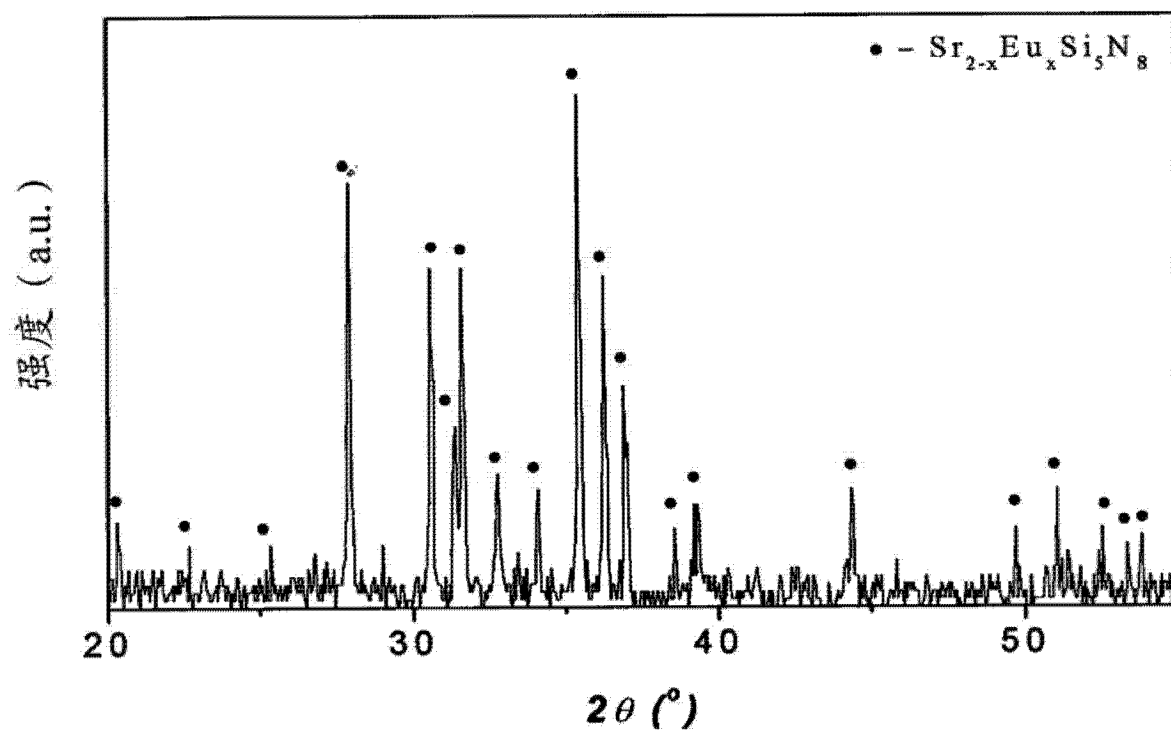


图 3

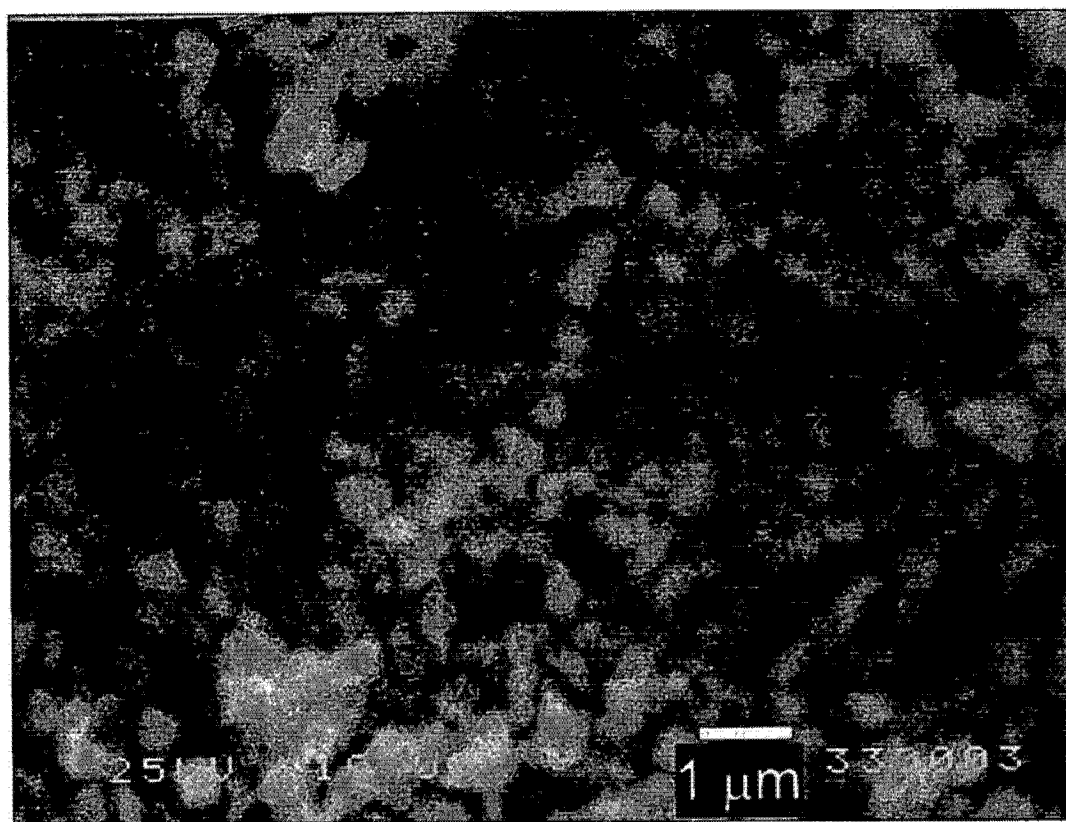


图 4

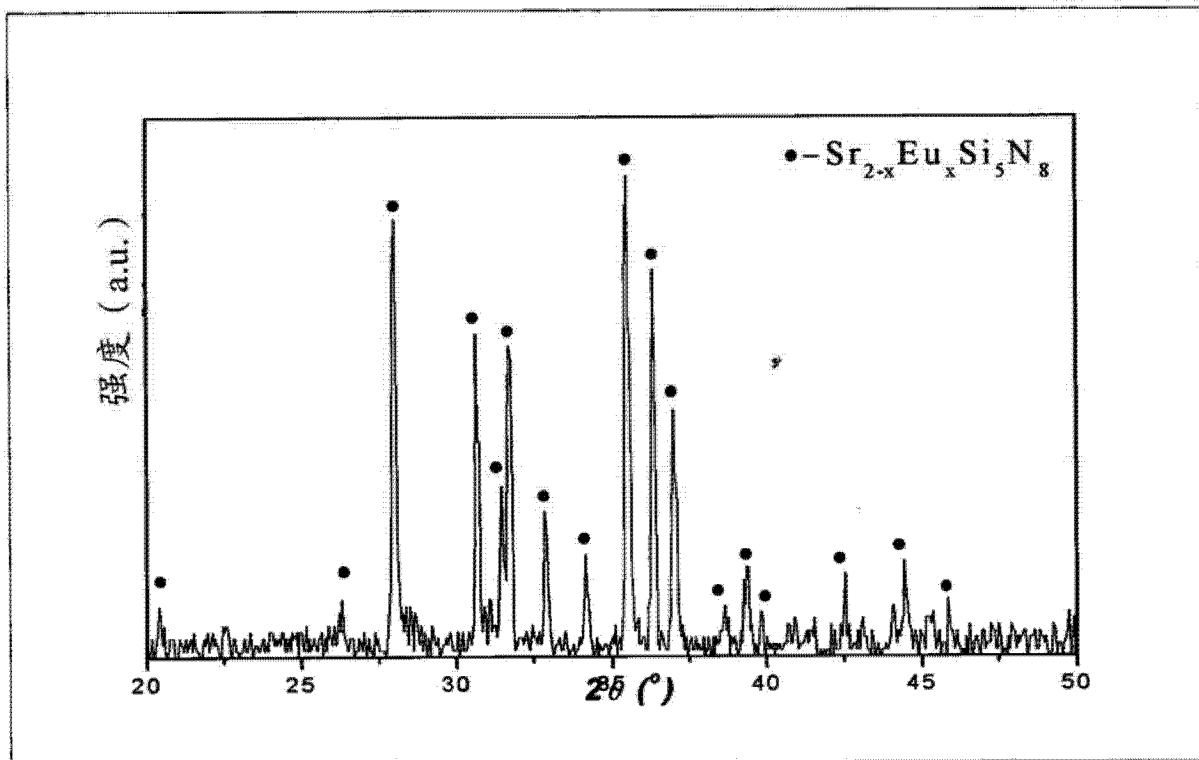


图 5

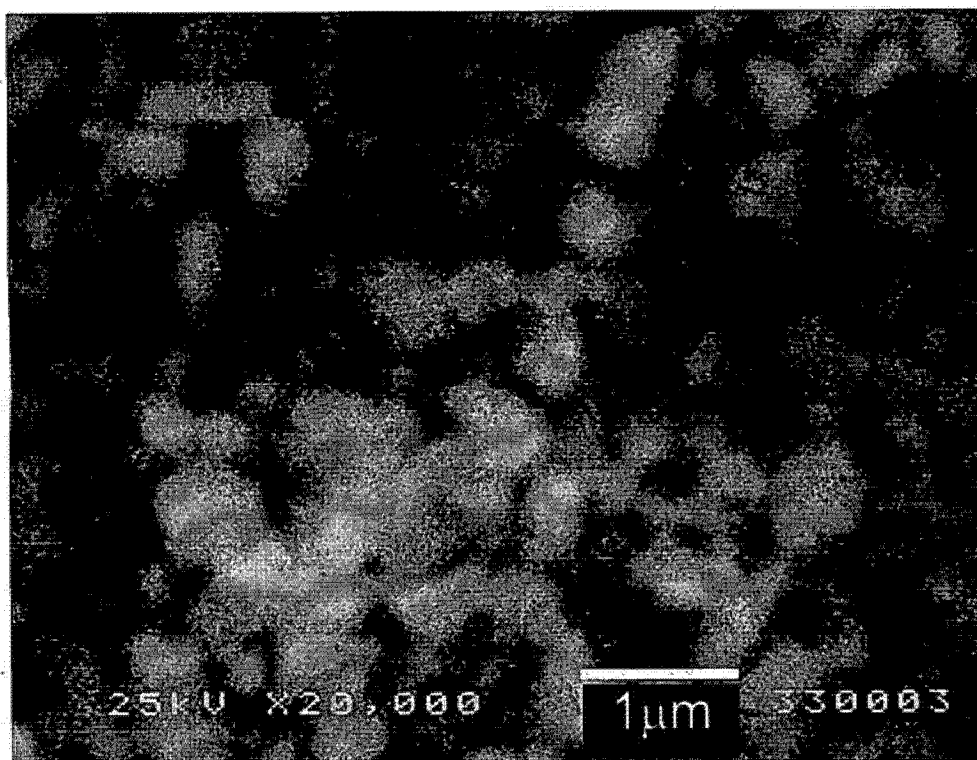


图 6

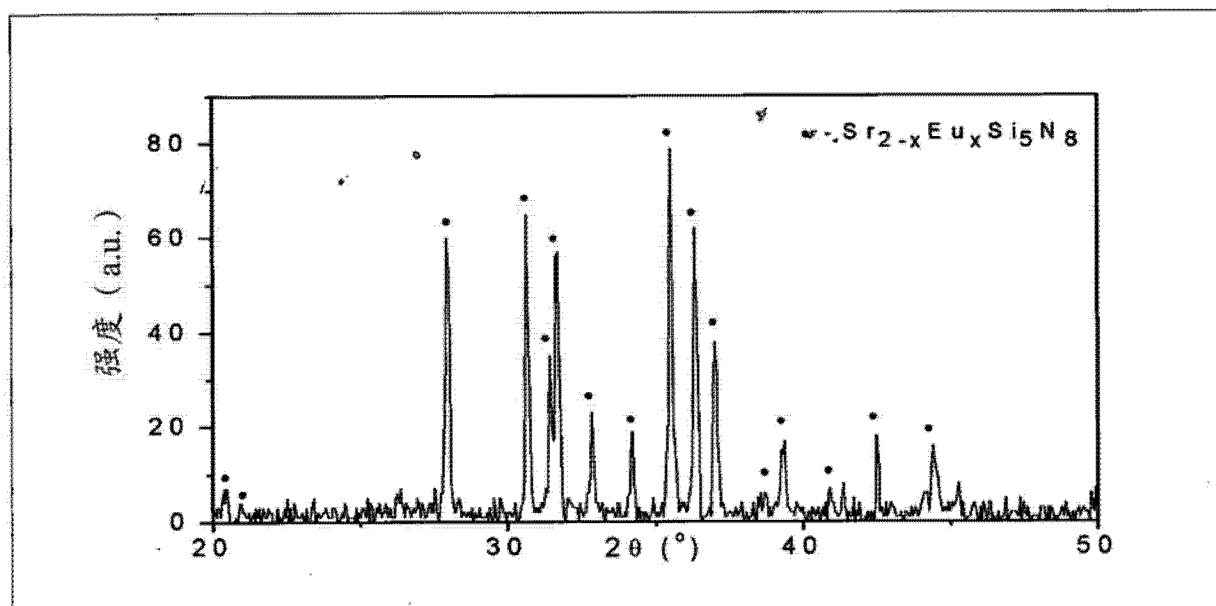


图 7

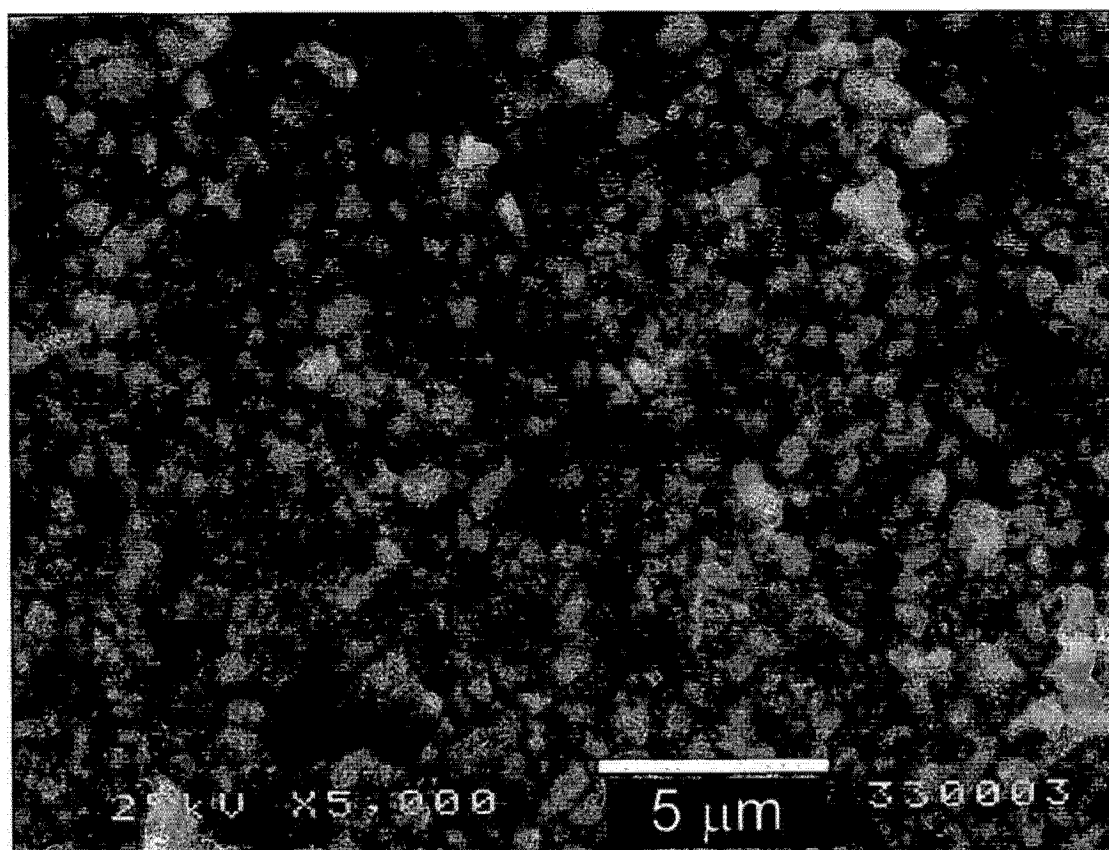


图 8

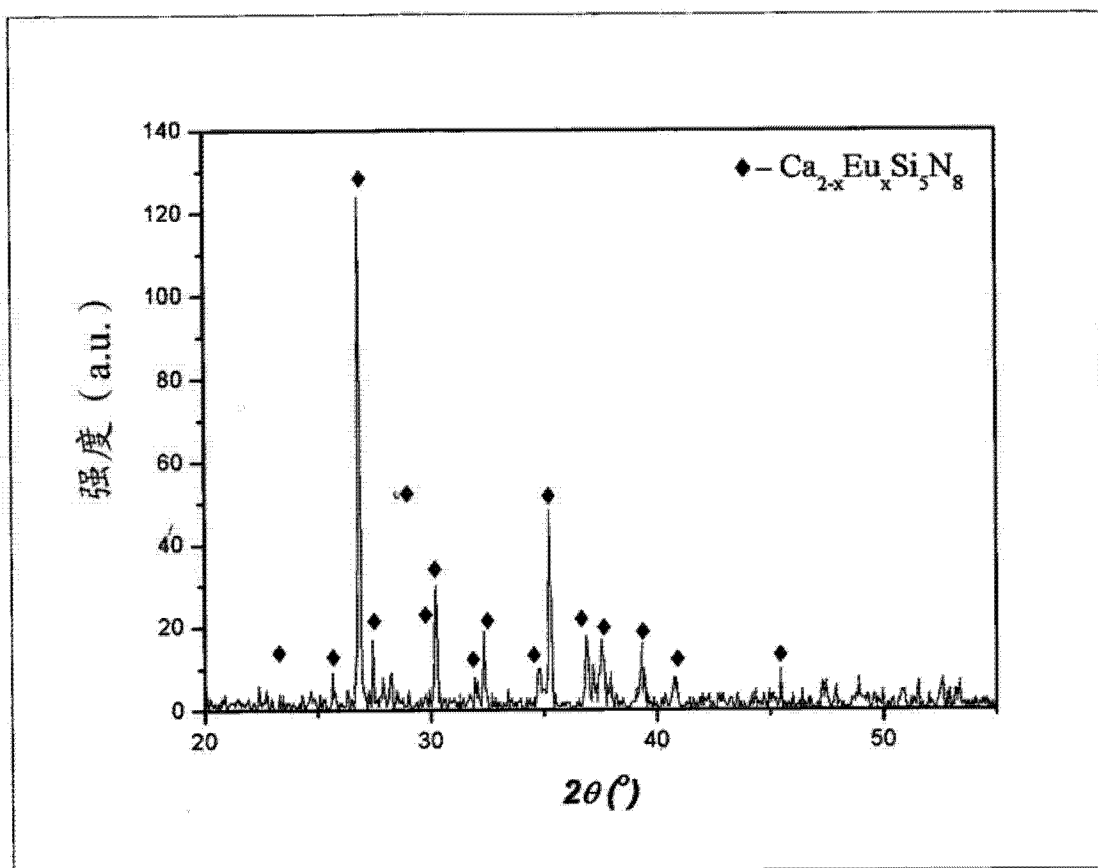


图 9

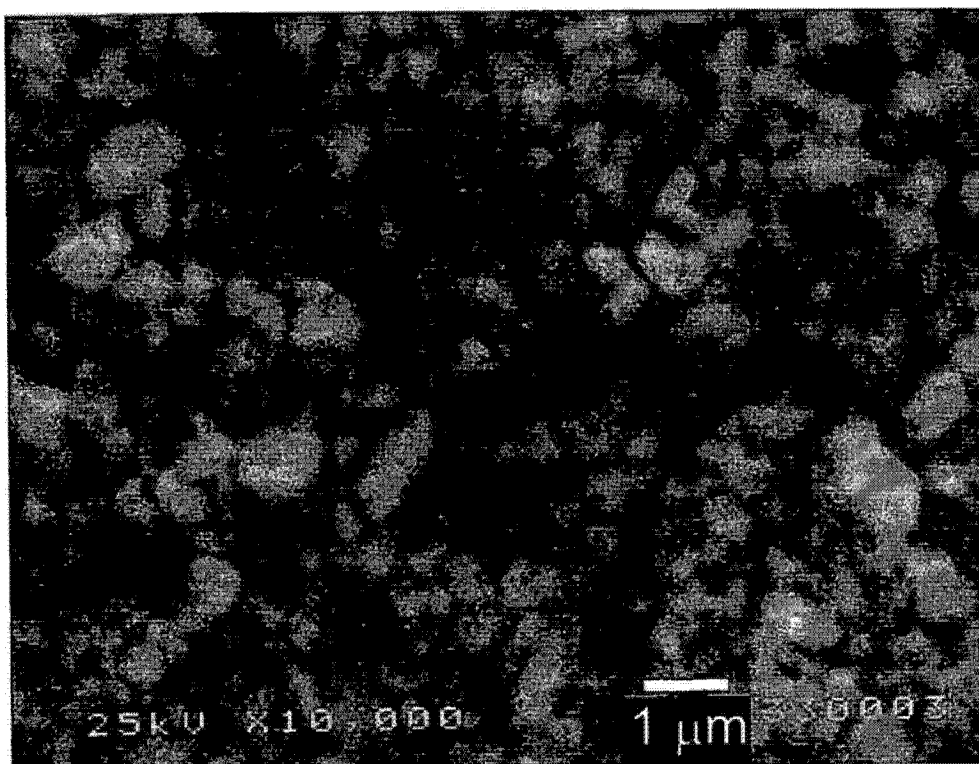


图 10

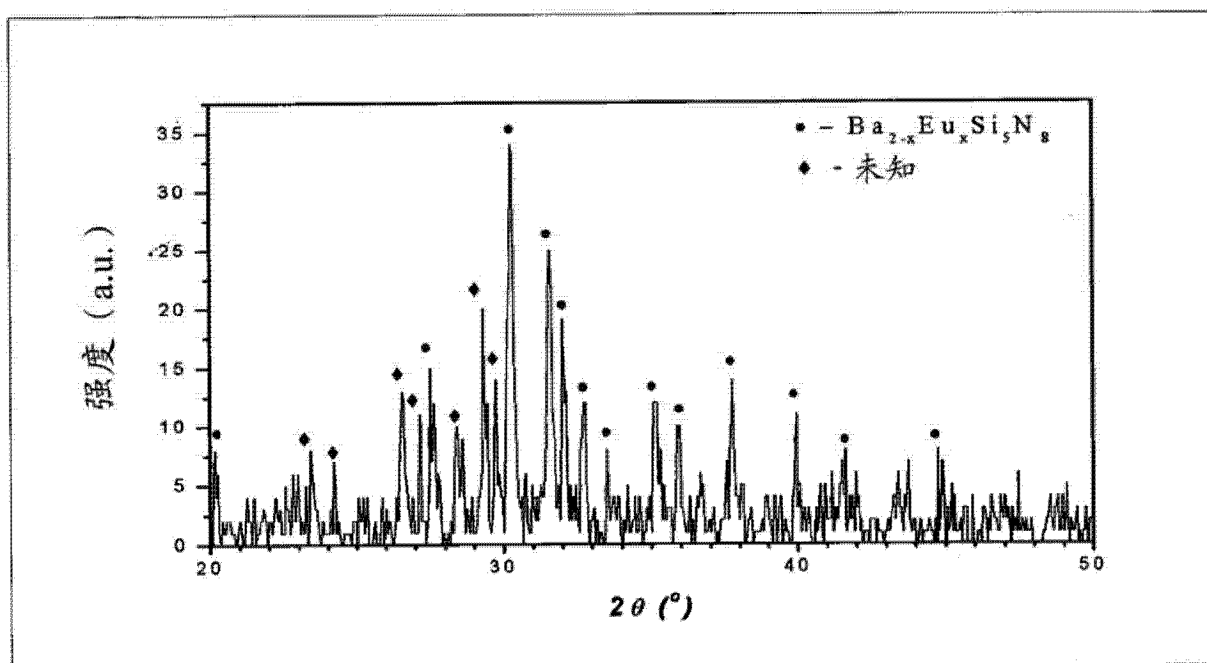


图 11

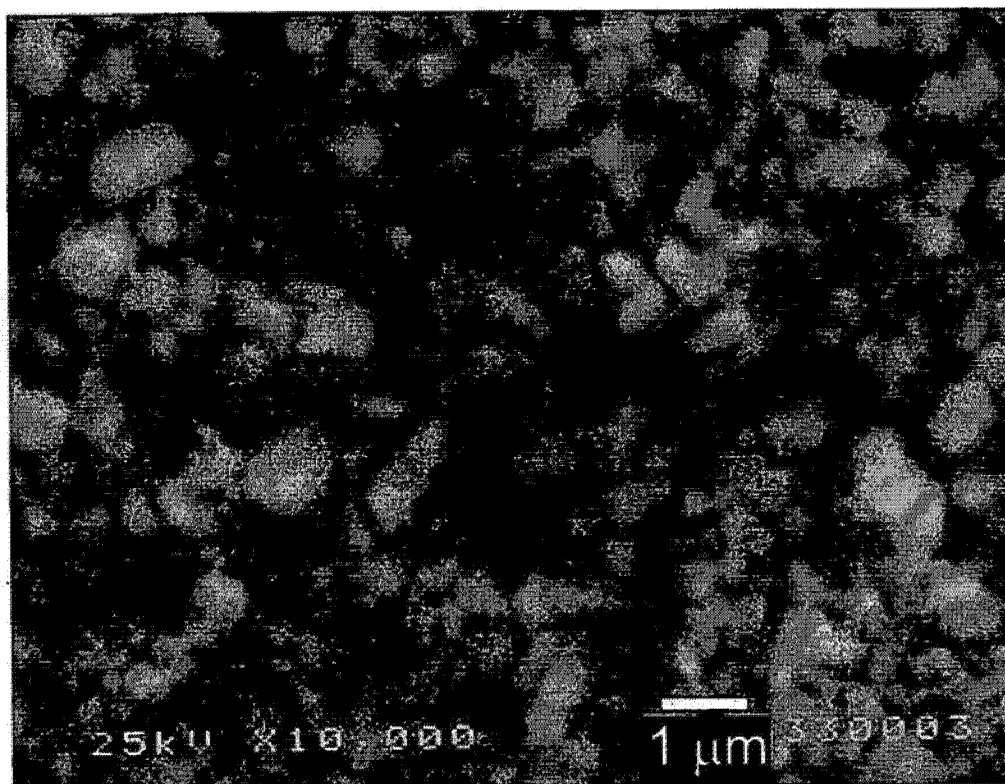


图 12

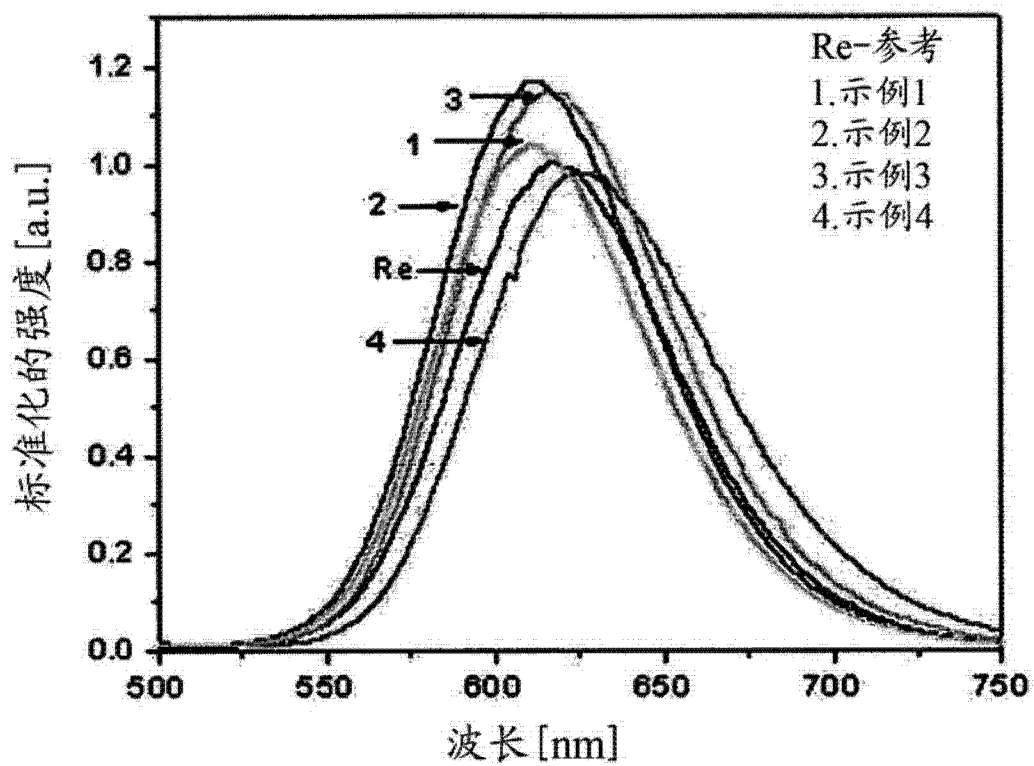


图 13

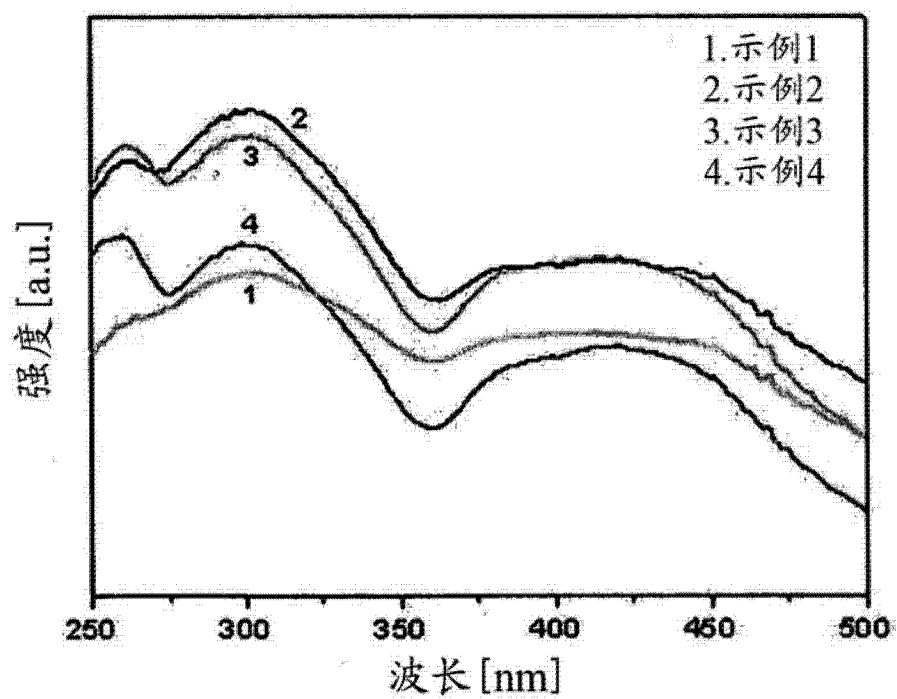


图 14

■ 红色荧光体的标准化的数据_5%

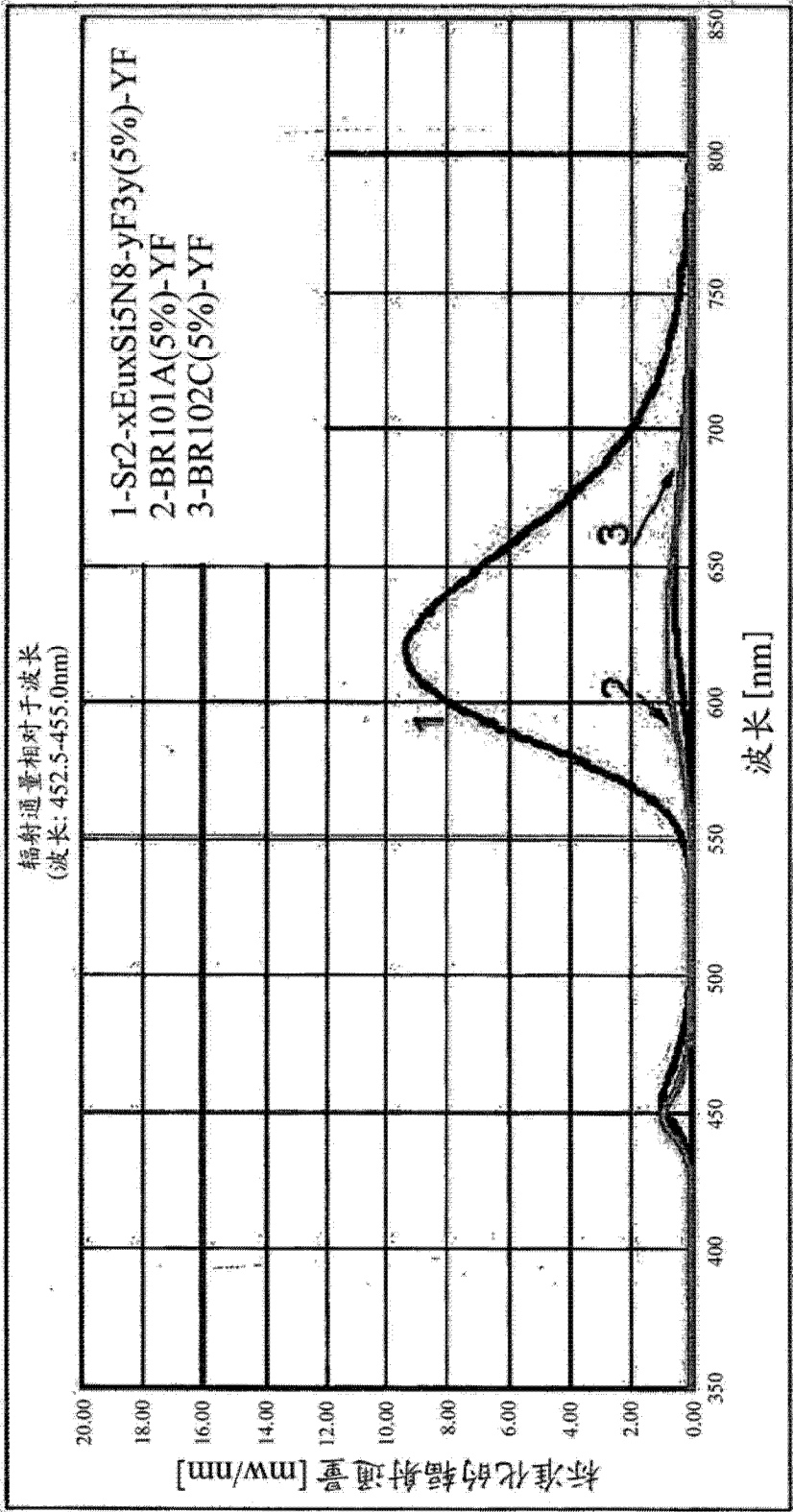


图 15

●红色荧光体的标准化的数据_10%

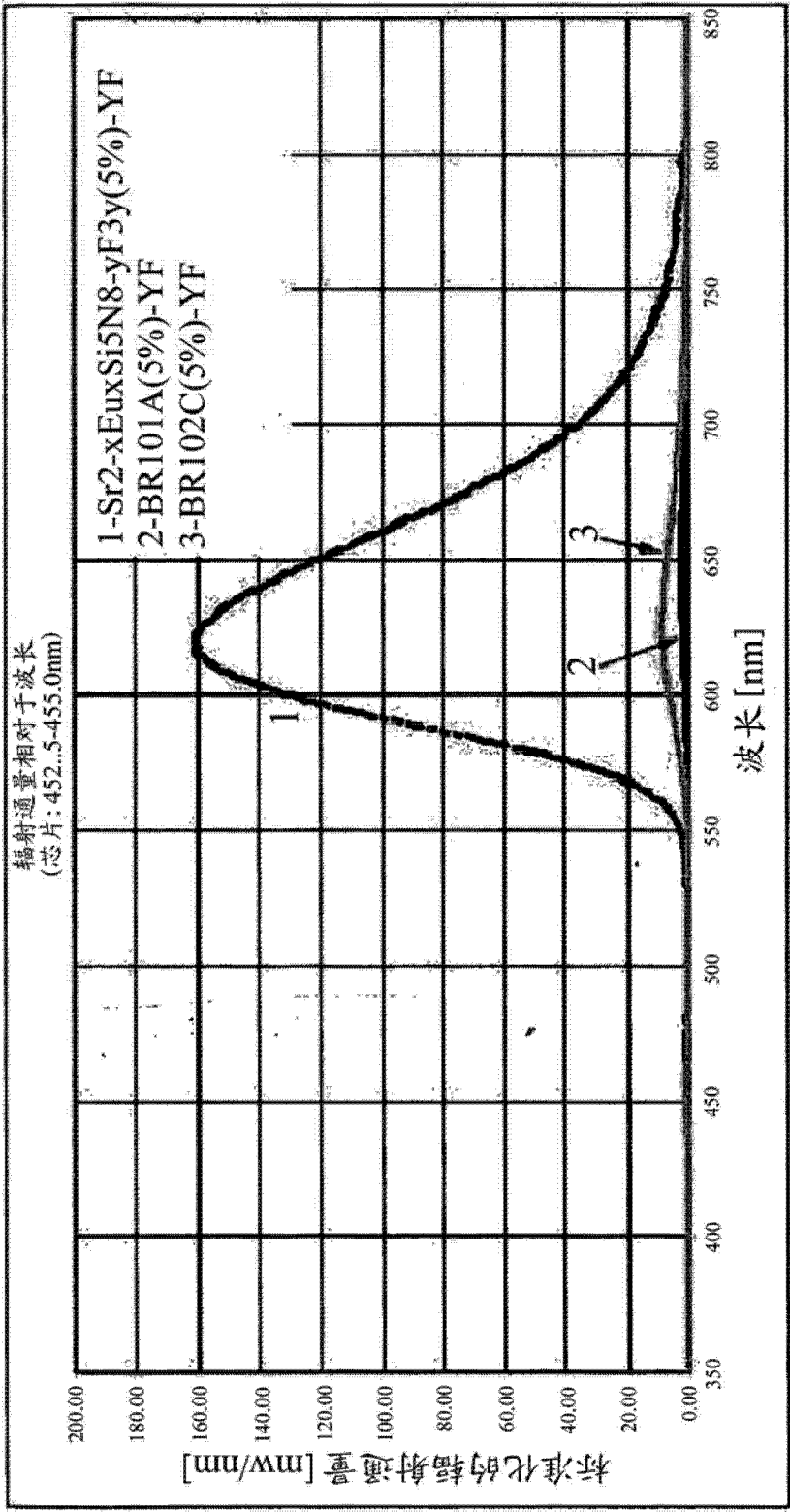


图 16

红色荧光体 (本发明)

编号	Chrom x	Chrom y	Color Tem [K]	Gen CRI	Cd [cd]
1	0.3488	0.3711	4,935	64.1	6604
2	0.3453	0.3651	5,038	64.0	6526
3	0.3485	0.3691	4,936	63.4	6582
4	0.3478	0.3686	4,960	63.9	6539
5	0.3471	0.3670	4,979	64.2	6501
6	0.3450	0.3638	5,043	64.8	6556
7	0.3487	0.3699	4,932	63.5	6572
8	0.3489	0.3711	4,931	63.4	6537
9	0.3489	0.3705	4,929	63.9	6634
10	0.3518	0.3745	4,846	63.3	6585
11	0.3468	0.3680	4,992	63.7	6593
12	0.3447	0.3650	5,057	64.0	6508
13	0.3496	0.3716	4,909	62.9	6632
14	0.3460	0.3674	5,018	63.9	6542
15	0.3429	0.3603	5,110	64.6	6461
平均值	0.3474	0.3682	4,974	63.9	6,558

红色荧光体 (传统)

编号	Chrom x	Chrom y	Color Tem [K]	Gen CRI	Cd [cd]
1	0.3454	0.3602	5,018	66.4	6240
2	0.3468	0.3633	4,978	66.9	6407
3	0.3503	0.3676	4,870	65.1	6393
4	0.3450	0.3599	5,031	66.6	6309
5	0.3510	0.3702	4,858	65.7	6348
6	0.3487	0.3646	4,914	65.8	6258
7	0.3464	0.3620	4,987	66.6	6359
8	0.3489	0.3645	4,906	65.6	6256
9	0.3440	0.3588	5,065	67.2	6272
10	0.3506	0.3676	4,858	65.6	6369
11	0.3487	0.3647	4,916	65.1	6295
12	0.3448	0.3588	5,035	67.0	6269
13	0.3481	0.3637	4,932	66.0	6295
14	0.3472	0.3639	4,965	66.1	6300
15	0.3491	0.3648	4,900	65.4	6342
平均值	0.3477	0.3637	4,949	66.1	6,314

图 17