



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 105051154 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201480017137.6

H01J 1/63(2006.01)

(22)申请日 2014.02.24

H01J 61/44(2006.01)

H01L 33/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105051154 A

(43)申请公布日 2015.11.11

(30)优先权数据

13001499.6 2013.03.22 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.09.21

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/000479 2014.02.24

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/146748 EN 2014.09.25

(73)专利权人 默克专利有限公司

地址 德国达姆施塔特

(72)发明人 大仓央 胁本健夫 克之松井

松田宪幸

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 彭立兵 林柏楠

(51)Int.Cl.

C09K 11/77(2006.01)

(56)对比文件

US 2008/0020236 A1,2008.01.24,

CN 101595201 A,2009.12.02,

CN 101935204 A,2011.01.05,

Sung Hun Lee等.White-light-emitting

phosphor: CaMgSi2O6:Eu2+, Mn2+ and its related properties with blending.《APPLIED PHYSICS LETTERS》.2006,第89卷221916-1-221916-3.

Ling Jiang等.L uminescent properties of CaMgSiO and CaMgSiO phosphors activated by Eu , Dy and Nd.《Journal of Alloys and Compounds》.2003,193-197.

J. M. ROBERTSON等.COLOURSHIFT OF THE Ce3+ EMISSION IN MONOCRYSTALLINE EPITAXIALLY GROWN GARNET LAYERS.《Philips J. Res.》.1981,第36卷15-30.

陈小博等.沉淀法合成蓝色长余辉发光材料 Sr2MgSi2O7:Eu2+,Dy3+.《无机化学学报》.2010,第26卷79-83.

审查员 张慧慧

权利要求书2页 说明书15页 附图4页

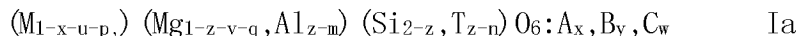
(54)发明名称

铝硅酸镁基荧光体

(57)摘要

本发明涉及共活化的铝硅酸镁基荧光体、其制备方法、这些荧光体在电子和/或电光器件,如发光二极管(LED)和太阳能电池中的用途,尤其是包含所述铝硅酸镁基荧光体的照明装置。

1. 式Ia的化合物,



其中

M是指选自Ca、Sr或Ba的至少一种碱土元素,

T是指选自Al、Ga、In或Sc的至少一种三价元素,

A和B彼此不同地是指选自 Pb^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Yb^{2+} 、 Sm^{2+} 、 Eu^{2+} 、 Dy^{2+} 或 Ho^{2+} 的二价元素,且

C是指选自 Y^{3+} 、 La^{3+} 、 Ce^{3+} 、 Pr^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Pm^{3+} 、 Sm^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Gd^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+} 、 Lu^{3+} 或 Bi^{3+} 的三价元素,条件是必须存在选自A、B或C的至少两种元素,且

$m+n+q+p=w$, 由此 $m \geq 0$, $n \geq 0$, $p \geq 0$ 且 $q \geq 0$,

$u+v=y$, 由此 $v \geq 0$, $u \geq 0$,

$0 \leq w < 0.3$,

$0 \leq x < 0.5$,

$0 \leq y < 0.5$, 由此指数w、x和y的至少两个必须大于0, 且

$0 < z < 0.5$ 。

2. 根据权利要求1的化合物, 其中T是指Al。

3. 根据权利要求1的化合物, 其中T是指Al。

4. 根据权利要求1的化合物, 其中 $w=0$ 。

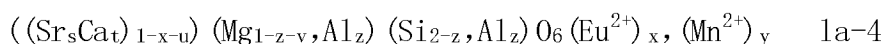
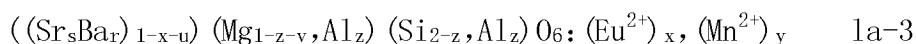
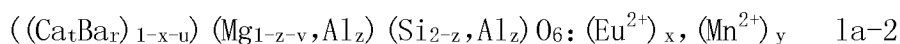
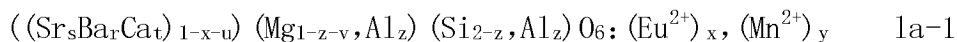
5. 根据权利要求2的化合物, 其中 $w=0$ 。

6. 根据权利要求3的化合物, 其中 $w=0$ 。

7. 根据权利要求1至6中任一项的化合物, 其中A是指 Eu^{2+} 。

8. 根据权利要求1至6中任一项的化合物, 其中B是指 Mn^{2+} 。

9. 根据权利要求1的化合物, 其选自式Ia-1至Ia-7的化合物



其中

$0 < r < 1$; $0 < s < 1$; $0 < t < 1$; 由此 $r+s+t=1$,

$u+v=y$, 由此 $v \geq 0$ 和 $u \geq 0$, 由此指数u和v的至少一个必须大于0,

$0.1 < x < 0.3$,

$0.1 < y < 0.2$, 且

$0.075 < z < 0.3$ 。

10. 制备根据权利要求1至6中任一项的化合物的方法, 其包括下列工艺步骤:

a) 在溶剂中以预定摩尔比混合含硅试剂、包含至少元素Mg、Al、M的盐和包含选自A、B或C的至少两种元素的一种或多种盐的混合物;

b) 添加沉淀剂;

- c) 在氧化气氛下,在800至1300℃的温度范围内对所述混合物进行一次热处理;和
- d) 在还原气氛下,在800至1300℃的温度范围内对所述混合物进行二次热处理。
- 11. 根据权利要求10的方法,其中步骤a)中的盐选自硝酸盐、卤化物、硫酸氢盐或碳酸盐。
- 12. 根据权利要求10或11的方法,其中步骤b)中的沉淀剂选自碳酸氢钠、氯化铵或碳酸氢铵。
- 13. 根据权利要求10或11的方法,其特征在于步骤a)中的含硅试剂是SiO₂或SiO₂的前体。
- 14. 根据权利要求12的方法,其特征在于步骤a)中的含硅试剂是SiO₂或SiO₂的前体。
- 15. 一种荧光体混合物,其包含至少一种根据权利要求1至6中任一项的化合物。
- 16. 一种照明装置,其具有至少一个具有280纳米至400纳米的发射最大值的光源,并通过根据权利要求1至9中任一项的化合物或根据权利要求15的荧光体混合物将所有或部分这种辐射转换成波长更长的辐射。
- 17. 根据权利要求16的照明装置,其中所述光源是发光氮化铟铝镓。
- 18. 至少一种根据权利要求1至9中任一项的化合物的用途,用作用于转换所有或部分UV或近UV发射的转换荧光体。
- 19. 至少一种根据权利要求1至9中任一项的化合物的用途,用作太阳能电池的波长转换材料。

铝硅酸镁基荧光体

技术领域

[0001] 本发明涉及共活化的铝硅酸镁基荧光体、这些荧光体的制备方法、这些荧光体在电子和/或电光学器件,如发光二极管(LED)和太阳能电池中的用途,尤其是包含所述荧光体的照明装置。

背景技术

[0002] 白光发光二极管(LED)表现出高效率、长寿命、较低的环境影响、无汞、短响应时间、在各种尺寸的最终产品中的适用性和许多更有利的性质。它们作为液晶显示器、笔记本电脑显示器、手机屏幕的背光源和在一般照明中获得关注。

[0003] 如专业人员所知,可通过将表现出大约560纳米的峰值发射波长的发射黄光的荧光体,如YAG:Ce添加到蓝光发光LED中来获得白光LED。相应的蓝光发光LED的峰值发射波长通常在450至470纳米范围内。因此,为获得白光LED,只能使用有限数量的荧光体,因为该荧光体需要吸收在蓝光LED的发射范围内的光。

[0004] 通过将发射红光、绿光和蓝光的荧光体与作为一次光源的通常发射280至400纳米波长的光的近UV-LED合并,可以获得与上述白光LED相比具有更好的发光强度和更优异的白色的三色白光LED。因此,明显需要可在280纳米至400纳米的波长下激发的荧光体。

[0005] 为了使用UV-LED或近UV-LED获得这样的白光LED,通常首先在合适的树脂中混合发射红光、绿光和蓝光的荧光体。然后在UV-LED芯片或近UV-LED芯片上提供所得凝胶并通过紫外线照射、退火或类似方法硬化。该树脂中的荧光体混合物应尽可能均匀分散以在从所有角度查看芯片时观察到均匀的白色。但是,由于它们的不同粒度、形状和/或它们在树脂中的密度,仍难获得不同荧光体在树脂中的均匀分布。因此,有利地使用少于三种荧光体或甚至仅一种荧光体。例如,具有两个或更多个在不同波长的主发射峰的荧光体的使用代表对上述问题的可能解决方案。

[0006] 在这方面,Sung Hun Lee、Je Hong Park、Se Mo Son和Jong Su Kima在Appl.Phys.Lett.2006,89,221916中公开了表现出在450纳米、580纳米和680纳米附近的三个发射带峰的 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 荧光体,主峰在440纳米和680纳米。由于人眼的最优选光谱范围在400至650纳米之间,在680纳米的发射峰位于该可见范围的边缘。此外,需要缺乏绿光(green-poor)的 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 和发射黄绿光的 $(\text{Ba}, \text{Sr})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 的混合物以实现具有4845至9180K的相关色温和71%至88%的显色指数的白光。

[0007] 但是,即使使用两种荧光体的混合物以利用UV或近UV-LED制造白光LED,仍难以在树脂中均匀混合具有不同粒度、粒子形状和密度的荧光体。此外,该荧光体不应被可见范围内的波长激发。例如,如果绿色荧光体的发射光谱与红色荧光体的激发光谱重叠,则颜色调节变难。另外,如果使用两种或更多种荧光体的混合物制造使用蓝光发光LED作为一次光源的白光LED,各荧光体的激发波长应有效地与LED的蓝色发射波长重叠。

[0008] Woan-Jen Yang、Liyang Luo、Teng-Ming Chen和Niann-Shia Wang在Chem.Mater.,2005,17(15),3883-3888中给出使用UV或近UV-LED作为一次光源并且使用仅

一种荧光体的白光LED的一个实例。作者描述了通式 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 的铝硅酸盐基荧光体,其表现出以425纳米为中心的主发射峰和以586纳米为中心的宽发射带。

[0009] 在US 2010/0259161 A中给出包含UV或近UV-LED一次光源和仅一种荧光体的白光LED的另一实例,其公开了基于式 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30}$ 的共活化荧光体。所述荧光体的主发射峰分别以467纳米和627纳米为中心。但是,发射范围高达800纳米,这在人眼最敏感的范围外。

[0010] 因此,仍然有改进的空间且现代发光材料优选

[0011] -表现出高显色指数,

[0012] -表现出至少两个在可见光范围内,优选在特别人眼最敏感的可见光范围内的发射带,

[0013] -可有效地被发射UV或近UV的一次光源激发,

[0014] -表现出高量子产率,

[0015] -在长期使用过程中表现出高效率,

[0016] -具有高化学稳定性,优选对湿度或水分的稳定性

[0017] -表现出更低的抗热猝灭性(thermal quenching resistivity)

[0018] -可通过必须成本有效并尤其适用于大规模生产工艺的生产方法获得。

[0019] 考虑到引用的现有技术和上文提到的对现代发光材料的要求,仍然明显需要优选没有表现出或在较低程度上表现出现有技术的可得荧光体的缺点的替代材料。

[0020] 发明公开

[0021] 令人惊讶地,本发明人已经发现,共活化的铝硅酸镁基荧光体代表现有技术的已知荧光体的优异替代物,并优选改进对现有技术的一个或多个上述要求或更优选同时满足所有上述要求。

[0022] 除其它有益性质外,本发明的荧光体还在被UV或近UV辐射激发时表现出至少两个在可见光范围内,优选在人眼最敏感的可见光范围内的主发射峰。此外,它们表现出低抗热猝灭性,具有高化学稳定性并具有高显色性质。

[0023] 因此,本发明涉及式I的化合物,

[0024] $(\text{M})(\text{Mg}_{1-z}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{T}_z)\text{O}_6:\text{A}, \text{B}, \text{C}$

[0025] 其中,

[0026] M是指选自Ca、Sr或Ba的至少一种碱土元素,

[0027] T是指选自Al、Ga、In或Sc的至少一种三价元素,

[0028] A和B各自彼此不同地是指选自 Pb^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Yb^{2+} 、 Sm^{2+} 、 Eu^{2+} 、 Dy^{2+} 或 Ho^{2+} 的二价元素,且

[0029] C是指选自 Y^{3+} 、 La^{3+} 、 Ce^{3+} 、 Pr^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Pm^{3+} 、 Sm^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Gd^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+} 、 Lu^{3+} 或 Bi^{3+} 的三价元素,条件是必须存在选自A、B或C的至少两种元素,

[0030] 且

[0031] $0 < z < 0.75$ 。

[0032] 本发明还涉及本发明的化合物的制造方法、本发明的化合物作为将所有或一部分UV或近UV辐射转换成更长波长的转换荧光体的用途、包含至少一种本发明的化合物的混合物;本发明的化合物或包含本发明的化合物的混合物在电子和/或电光器件,如发光二极管(LED)和太阳能电池中的用途,尤其是包含本发明的化合物的照明装置和LCD背光。

[0033] 附图简述

[0034] 图1显示通过如实施例1中所示的共沉淀法制成的 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}, \text{Al}_{0.15})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 的XRD谱(通过波长 $\text{CuK}\alpha$ 测得)。

[0035] 图2显示通过如实施例1中所示的共沉淀法制成的 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}, \text{Al}_{0.15})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 在被波长350纳米的辐射激发时的发射光谱。该荧光体发射具有在大约680纳米、大约580纳米和大约440纳米的主发射最大值的光。

[0036] 图3显示通过如实施例2中所示的共沉淀法制成的 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.5}, \text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7}, \text{Al}_{0.3})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 的XRD谱(通过波长 $\text{CuK}\alpha$ 测得)。

[0037] 图4显示通过如实施例2中所示的共沉淀法制成的 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.5}, \text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7}, \text{Al}_{0.3})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 在被波长350纳米的辐射激发时的发射光谱。该荧光体发射具有在大约690纳米和大约560纳米的主发射最大值的光。

[0038] 图5显示通过如实施例3中所示的微反应系统制成的 $(\text{Ca}_{0.64}, \text{Sr}_{0.16})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}\text{Al}_{0.15})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 的XRD谱(通过波长 $\text{CuK}\alpha$ 测得)。

[0039] 图6显示通过如实施例3中所示的微反应系统制成的 $(\text{Ca}_{0.64}, \text{Sr}_{0.16})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}\text{Al}_{0.15})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 在被波长350纳米的辐射激发时的发射光谱。该荧光体发射具有在大约680纳米、大约570纳米和大约440纳米的主发射最大值的光。

[0040] 图7显示 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.8})\text{Si}_2\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$; $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.65}\text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}\text{Al}_{0.15})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 和 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.5}\text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7}\text{Al}_{0.3})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 在被波长350纳米的辐射激发时的发射光谱。

[0041] 图8显示实施例1的荧光体 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}, \text{Al}_{0.15})\text{O}_6: (\text{Mn}^{2+})_{0.2}, (\text{Eu}^{2+})_{0.2}$ 的积分发射强度和与此相比, 对比例 $(\text{CaMgSi}_2\text{O}_6: \text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+})$ 的积分发射强度。

[0042] 发明详述

[0043] 在本发明的一个优选实施方案中, 式I的化合物选自式Ia的化合物

[0044] $(\text{M}_{1-x-u-p})(\text{Mg}_{1-z-v-q}, \text{Al}_z)\text{O}_6: \text{A}_x, \text{B}_y, \text{C}_w$ Ia

[0045] 其中M、T、A、B和C具有如上文在式I中提到的相同含义,

[0046] $m+n+q+p=w$, 由此 $m \geq 0, n \geq 0, p \geq 0$, 且 $q \geq 0$,

[0047] $u+v=y$, 由此 $v \geq 0$, 且 $u \geq 0$,

[0048] $0 \leq w < 0.3$,

[0049] $0 \leq x < 0.5$,

[0050] $0 \leq y < 0.5$, 其中指数w、x和y的至少两个是 > 0 , 且

[0051] $0 < z < 0.5$ 。

[0052] 式I的化合物优选选自式Ia的化合物, 其中T是指Al, 和/或 $w=0$, 和/或A是指 Eu^{2+} , 和/或B是指 Mn^{2+} 。

[0053] 本发明的化合物更优选选自式Ia-1至Ia-7的化合物,

[0054] $((\text{Sr}_s\text{Ba}_t\text{Ca}_t)_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-1

[0055] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_t)_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-2

[0056] $((\text{Sr}_s\text{Ba}_t)_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-3

[0057] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-4

[0058] $(\text{Sr}_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-5

[0059] $(\text{Ba}_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-6

- [0060] $(\text{Ca}_{1-x-u})(\text{Mg}_{1-z-v}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_x, (\text{Mn}^{2+})_y$ Ia-7,
- [0061] 其中,
- [0062] $0 < r < 1; 0 < s < 1; 0 < t < 1$; 由此 $r+s+t=1$,
- [0063] $u+v=y$, 由此 $v \geq 0, u \geq 0$, 由此指数 u 和 v 的至少一个必须大于 0,
- [0064] $0.1 < x < 0.3$,
- [0065] $0.1 < y < 0.3$, 且
- [0066] $0.05 < z < 0.4$ 。
- [0067] 尤其优选的化合物选自式 Ia-1、Ia-2、Ia-4 和 Ia-7 的化合物, 更优选选自式 Ia-2、Ia-4 和 Ia-7 的化合物, 其中 x, y 都是 0.15 至 0.2, 和/或 u 是 0。
- [0068] 特别优选的化合物选自式 Ia-2a、Ia-4a 和 Ia-7a 的化合物,
- [0069] $((\text{Ca}_t \text{Ba}_r)_{0.8})(\text{Mg}_{0.8-z}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_{0.2}, (\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-2a
- [0070] $((\text{Sr}_s \text{Ca}_t)_{0.8})(\text{Mg}_{0.8-z}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_{0.2}, (\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-4a
- [0071] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.8-z}, \text{Al}_z)(\text{Si}_{2-z}, \text{Al}_z)\text{O}_6: (\text{Eu}^{2+})_{0.2}, (\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7a
- [0072] 其中
- [0073] $0 < r < 1; 0 < s < 1; 0 < t < 1$, 优选 $0.75 < r < 1; 0 < s < 0.25; 0 < t < 0.25$,
- [0074] 条件是 $r+t=1$, 且 $s+t=1$, 且
- [0075] $0.075 < z < 0.3$ 。
- [0076] 本发明的化合物尤其适用于将一些或所有所述 UV 或近 UV 辐射转换成更长波长, 优选转换成可见光范围。
- [0077] 在本申请中, 除非明确地另行说明, 术语“UV 辐射”的含义是具有大约 100 纳米至大约 280 纳米的波长的电磁辐射。
- [0078] 另外, 除非明确地另行说明, 术语“近 UV 辐射”的含义是具有大约 280 纳米至大约 400 纳米的波长的电磁辐射。
- [0079] 此外, 除非明确地另行说明, 术语“可见光或可见光区域”的含义是具有大约 400 纳米至大约 800 纳米的波长的电磁辐射。
- [0080] 在本申请中, 术语“转换荧光体”和术语“荧光体”以相同方式使用。
- [0081] 优选地, 通常用人工或天然辐射源在优选大约 280 至大约 400 纳米的近-UV 光谱范围内激发本发明的化合物。因此, 本发明还涉及式 I 的化合物作为转换荧光体或短“荧光体”的用途。
- [0082] 人工“辐射源”或“光源”优选选自黑光、短波紫外线灯、气体放电灯、UV-LED、近 UV LED 或 UV-激光器。
- [0083] 在本申请中, 术语“天然辐射源”是指太阳辐射或太阳光。
- [0084] 辐射源的发射光谱和本发明的化合物的吸收光谱优选重叠大于 10 面积%, 优选大于 30 面积%, 更优选大于 60 面积%, 最优选大于 90 面积%。
- [0085] 术语“吸收”是指材料的吸光度, 其相当于落在材料上的辐射与穿过材料透射的辐射的对数比。
- [0086] 术语“发射”是指通过原子和分子中的电子跃迁的电磁波发射。
- [0087] 本发明的荧光体优选在被 UV 或近 UV 光激发时表现出至少两个在可见光区域中的发射峰。优选地, 第一发射峰的发射最大值优选在大约 400 纳米至大约 500 纳米之间, 更优选

在大约420纳米至大约480纳米之间,第二发射峰的发射最大值优选在大约550纳米至大约625纳米,更优选大约560纳米至大约600纳米的范围内。

[0088] 在另一优选实施方案中,本发明的荧光体在被UV或近UV光激发时表现出至少三个在可见光区域中的发射峰。分别地,第一发射峰的发射最大值在大约400纳米至大约500纳米之间,更优选在大约420纳米至大约480纳米之间,第二发射峰的发射最大值在大约550纳米至大约625纳米,更优选大约560纳米至大约600纳米的范围内,第三发射峰的发射最大值在大约625纳米至大约790纳米,更优选大约650纳米至大约720纳米的范围内。

[0089] 本发明的化合物的发射峰优选互相重叠。该重叠优选小于90面积%,更优选小于60面积%,再更优选小于30面积%。

[0090] 通过改变本发明的化合物中的Al量,尤其是关于参数z,可以控制发射最大值在大约550纳米至大约625纳米范围内的发射峰和发射最大值在大约625纳米至大约790纳米范围内的发射峰的相对强度。

[0091] 因此,可以通过改变Al含量来改变荧光体的发光颜色。通常,z的值越高,主发射最大值在大约550纳米至大约625纳米范围内的发射峰的强度越高,且主发射最大值在大约625纳米至大约790纳米范围内的发射峰的强度越低。

[0092] 因此,本发明的优选化合物优选选自下列子化学式的化合物,

[0093] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_r)_{0.8}(\text{Mg}_{0.75},\text{Al}_{0.05})(\text{Si}_{1.95},\text{Al}_{0.05})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-2aa

[0094] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_r)_{0.8}(\text{Mg}_{0.7},\text{Al}_{0.1})(\text{Si}_{1.9},\text{Al}_{0.1})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-2ab

[0095] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_r)_{0.8}(\text{Mg}_{0.65},\text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85},\text{Al}_{0.15})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-2ac

[0096] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_r)_{0.8}(\text{Mg}_{0.6},\text{Al}_{0.2})(\text{Si}_{1.8},\text{Al}_{0.2})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-2ad

[0097] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_r)_{0.8}(\text{Mg}_{0.55},\text{Al}_{0.25})(\text{Si}_{1.75},\text{Al}_{0.25})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-2ae

[0098] $((\text{Ca}_t\text{Ba}_r)_{0.8}(\text{Mg}_{0.5},\text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7},\text{Al}_{0.3})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-2af

[0099] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{0.8}(\text{Mg}_{0.75},\text{Al}_{0.05})(\text{Si}_{1.95},\text{Al}_{0.05})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-4aa

[0100] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{0.8}(\text{Mg}_{0.7},\text{Al}_{0.1})(\text{Si}_{1.9},\text{Al}_{0.1})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-4ab

[0101] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{0.8}(\text{Mg}_{0.65},\text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85},\text{Al}_{0.15})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-4ac

[0102] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{0.8}(\text{Mg}_{0.6},\text{Al}_{0.2})(\text{Si}_{1.8},\text{Al}_{0.2})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-4ad

[0103] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{0.8}(\text{Mg}_{0.55},\text{Al}_{0.25})(\text{Si}_{1.75},\text{Al}_{0.25})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-4ae

[0104] $((\text{Sr}_s\text{Ca}_t)_{0.8}(\text{Mg}_{0.5},\text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7},\text{Al}_{0.3})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2})$ Ia-4af

[0105] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.75},\text{Al}_{0.05})(\text{Si}_{1.95},\text{Al}_{0.05})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7aa

[0106] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.7},\text{Al}_{0.1})(\text{Si}_{1.9},\text{Al}_{0.1})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7ab

[0107] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.65},\text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85},\text{Al}_{0.15})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7ac

[0108] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.6},\text{Al}_{0.2})(\text{Si}_{1.8},\text{Al}_{0.2})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7ad

[0109] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.55},\text{Al}_{0.25})(\text{Si}_{1.75},\text{Al}_{0.25})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7ae

[0110] $\text{Ca}_{0.8}(\text{Mg}_{0.5},\text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7},\text{Al}_{0.3})\text{O}_6:(\text{Eu}^{2+})_{0.2},(\text{Mn}^{2+})_{0.2}$ Ia-7af

[0111] 其中 $0 < r < 1$; $0 < s < 1$; $0 < t < 1$, 优选 $0.75 < r < 1$; $0 < s < 0.25$; $0 < t < 0.25$, 由此 $r+t=1$, 且 $s+t=1$ 。

[0112] 用于制备本发明的化合物的原材料可购得,适用于制备本发明的化合物的方法可概括为两大工艺类别。首先,固态扩散法,其次,湿化学法。

[0113] 在本申请中,术语“固态扩散法”是指任何混合和烧制法或固相法,其包括以预定

摩尔比混合Mg、Al、M的氧化物和包含选自A、B或C的至少两种元素的一种或多种盐、任选研磨该混合物和任选在还原气氛下将该粉末在炉中在最多1500℃的温度下煅烧最多数天的步骤(参见Phosphor Handbook, 第二版, CRC Press, 2006, 341-354)。

[0114] 在本申请中, 术语“湿化学法”优选包含下列步骤:

[0115] a) 在溶剂中以预定摩尔比混合含硅试剂、包含至少元素Mg、Al、M的盐和包含选自A、B或C的至少两种元素的一种或多种盐的混合物;

[0116] b) 添加沉淀剂;

[0117] c) 在氧化气氛下, 优选在800至1300℃的温度范围内对该混合物进行一次热处理; 和

[0118] d) 在还原气氛下, 优选在800至1300℃的温度范围内对该混合物进行二次热处理。

[0119] 步骤c) 和/或d) 中的上述热处理优选在高于1000℃, 更优选1100℃至1300℃的温度下进行。

[0120] 术语“还原气氛”是指具有还原性质的气氛, 优选是一氧化碳、合成气体(forming gas)或氢气的气氛, 或至少真空或缺氧气氛, 优选在氮气流中, 优选在N₂/H₂流中, 特别优选在N₂/H₂ (95-80:5-20) 的流中。

[0121] 术语“氧化气氛”的含义是具有氧化性质的气氛, 优选空气或氧气气氛。

[0122] 步骤a) 优选在微反应器(具有1毫米至10毫米宽的内直径的流道的小封闭区)中进行, 其中通过所述流道混合两种或更多种溶液。在该微反应器中, 在具有低于几毫米的典型横向尺寸的封闭区中发生混合溶液的化学反应。

[0123] 可以通过波长色散x-射线光谱(WDX) 证实该荧光体的实际组成比, 并可以利用WDX的结果预定用于混合步骤a) 的含有元素Mg、Al、M、A、B和C的盐的摩尔比。

[0124] 对于步骤a) 中的混合物制备, 可以作为粉末制备一些或所有盐或组分的混合物并添加溶剂, 或直接在溶剂中逐步制备该混合物。但是, 可以在沉淀步骤前(在步骤b) 前) 的任何时刻将上述盐添加到该混合物中。

[0125] 术语“含硅试剂”包括无机硅化合物, 优选具有化学式SiO₂的硅氧化物。其除无定形式外还具有许多不同的结晶形式(多晶型物)。SiO₂应该为直径小于1微米的小粒子; 小于200纳米的直径更好。“含硅试剂”还是指任何有机硅化合物, 如原硅酸四烷基酯, 或者被称作四烷氧基硅烷, 优选四乙氧基硅烷或四甲氧基硅烷。

[0126] 元素Mg、Al、M、A、B和C的合适的盐优选选自相应的硝酸盐、卤化物、硫酸氢盐或碳酸盐, 更优选硝酸盐或卤化物, 最优选卤化物, 特别是氯化物。

[0127] 术语“溶剂”是指不必溶解该Si化合物的溶剂。水和醇, 如甲醇、乙醇等是根据本发明的优选溶剂。

[0128] 步骤b) 中的优选沉淀剂优选选自碳酸氢钠、氯化铵或碳酸氢铵, 该沉淀剂更优选是氯化铵。

[0129] 在本发明的一个优选实施方案中, 将沉淀剂添加到合适的溶剂中并优选在高于相应溶剂的熔点和低于该溶剂的沸点的温度下与该溶剂混合。更优选在最多大约70℃, 再更优选最多大约60℃的温度范围内, 优选至少1小时或更久, 更优选至少2小时或更久。

[0130] 在本发明的一个优选实施方案中, 可任选在进行步骤b) 之后和在进行步骤c) 之前进行预热处理步骤, 以从步骤b) 的混合物中蒸发溶剂。如专业人员公知, 合适的温度条件主

要取决于所用溶剂。但是,优选的温度条件为最多100℃,更优选最多90℃,再更优选最多80℃。

[0131] 合适的蒸发气氛不特别受到压力或气氛方面的任何特定条件限制。但是,优选在空气气氛下进行溶剂的蒸发,但在本申请的意义上也可以施加减压条件。

[0132] 关于步骤c),优选在氧化气氛(如氧气或空气或含氧气氛)下驱动如专业人员已知的退火炉。在本发明的另一优选实施方案中,在步骤c)中使用公知的氧化炉。

[0133] 关于步骤d),优选在还原气氛(如一氧化碳、纯氢、真空或缺氧气氛)下驱动如专业人员已知的退火炉。在本发明的另一优选实施方案中,在步骤d)中使用公知的还原炉。

[0134] 本发明的荧光体的粒度通常为50纳米至30微米,优选1微米至20微米。

[0135] 在另一优选实施方案中,粒子形式的荧光体具有由SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、ZnO、ZrO₂和/或Y₂O₃或其混合氧化物构成的连续表面涂层。这种表面涂层的优点在于,通过涂料折光指数的合适分级,可以使折光指数与环境匹配。在这种情况下,荧光体表面处的光散射降低且更大比例的光可进入荧光体并在此被吸收和转换。此外,由于全内反射降低,折光指数匹配的表面涂层能从该荧光体中耦合输出更多光。

[0136] 此外,如果该荧光体必须包囊,则连续层是有利的。为了对抗荧光体或其部分对直接环境中的扩散水或其它材料的敏感性,这可能是必要的。用封闭壳包囊的另一原因是实际荧光体与芯片中生成的热的热解耦。这种热导致荧光体的荧光产额降低并也可能影响荧光的颜色。最后,这种类型的涂层能够通过防止荧光体中发生的晶格振动传播到环境中来提高荧光体的效率。

[0137] 此外,该荧光体优选具有由SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、ZnO、ZrO₂和/或Y₂O₃或其混合氧化物或由该荧光体组合物构成的多孔表面涂层。这些多孔涂层提供进一步降低单层的折光指数的可能性。这种类型的多孔涂层可通过如WO 03/027015中所述的三种常规方法制造,其整个范围经此引用并入本申请的文本中:玻璃蚀刻(例如钠钙玻璃(参见US 4019884))、施加多孔层,以及多孔层和蚀刻操作的组合。

[0138] 在另一优选实施方案中,该荧光体粒子具有带有促进化学键合到优选由环氧或有机硅树脂构成的环境上的官能团的表面。这些官能团可以是例如经由氧基键合并能与基于环氧化物和/或有机硅的粘合剂的成分形成连接的酯或其它衍生物。这种类型的表面具有促进荧光体均匀并入粘合剂中的优点。此外,可由此将该荧光体/粘合剂体系的流变性质以及适用期调节至特定程度。由此简化该混合物的加工。

[0139] 由于施加到LED芯片上的本发明荧光体层优选由有机硅和均匀荧光体粒子的混合物构成(其通过bulk casting施加)且该有机硅具有表面张力,这种荧光体层在微观层面上不均匀或该层的厚度并非处处恒定。如果荧光体不通过bulk-casting法施加而是在所谓芯片级转换法(其中借助静电法将高浓缩的薄荧光体层直接施加到芯片表面上)中施加,情况通常也如此。

[0140] 借助上文提到的方法,可以制造荧光体粒子的任何所需外形,如球形粒子、薄片和结构化材料和陶瓷。

[0141] 作为进一步优选的实施方案,通过常规方法由相应的金属盐和/或稀土盐进行薄片形荧光体的制备。在EP 763573和DE 102006054331中详细描述了该制备方法,其整个范围经此引用并入本申请的文本中。这些薄片形荧光体可以如下制备:通过在水分散体或悬

浮液中的沉淀反应使具有极大径厚比、原子级平滑表面和可调厚度的天然或合成制备的高度稳定的载体或基底(包含例如云母、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、玻璃或 TiO_2 薄片)被荧光体层涂布。除云母、 ZrO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、玻璃或 TiO_2 或其混合物外,该薄片也可以由荧光体材料本身构成或由一种材料组成。如果该薄片本身仅充当荧光体涂层的载体,所述荧光体涂层必须由可透过LED的一次辐射或吸收该一次辐射并将这种能量传递给荧光体层的材料构成。将该薄片形荧光体分散在树脂(例如有机硅或环氧树脂)中并将这种分散体施加到LED芯片上。

[0142] 该薄片形荧光体可以在大工业规模下以50纳米至大约20微米,优选150纳米至5微米的厚度制备。直径在此为50纳米至20微米。

[0143] 其通常具有1:1至400:1,特别是3:1至100:1的径厚比(直径与粒子厚度的比率)。

[0144] 薄片尺寸(长度×宽度)取决于布置。薄片也适合作为转换层内的散射中心,特别是如果它们具有特别小的尺寸。

[0145] 可以为本发明的薄片形荧光体的朝向LED芯片的表面提供对LED芯片发出的一次辐射具有减反射作用的涂层。这导致该一次辐射的反向散射降低,从而能将一次辐射更好耦合到本发明的荧光体物体中。

[0146] 适用于此用途的是例如折光指数匹配的涂层,其必须具有下列厚度 d : $d = [\text{LED芯片的一次辐射的波长} / (4 * \text{荧光体陶瓷的折光指数})]$,参见例如Gerthsen, Physik [Physics], Springer Verlag, 第18版, 1995。这种涂层也可由光子晶体构成,其也包括薄片形荧光体表面的结构化以实现某些功能。

[0147] 与DE 102006037730 (Merck) (其整个范围经此引用并入本申请的文本中)中描述的方法类似地进行陶瓷体形式的本发明的荧光体的制造。在这种方法中,通过湿化学法如下制备荧光体:混合相应的原材料和掺杂剂,随后施以等压压制并以均匀、薄和无孔的薄片形式直接施加到芯片表面上。因此不存在该荧光体的激发和发射的位置依赖性变化,这意味着带有其的LED发射颜色一致的均匀光锥并具有高的光输出。可以在大工业规模下,例如以厚度几百纳米至大约500微米的薄片形式制造陶瓷荧光体物体。薄片尺寸(长度×宽度)取决于布置。在直接施加到芯片上的情况下,应根据芯片尺寸(大约 $100\mu\text{m} * 100\mu\text{m}$ 至几平方毫米)选择薄片尺寸,在合适的芯片布置(例如倒装芯片布置)下或相应地,尺寸超出芯片表面的大约10%至30%。如果在成品LED上安装该荧光体薄片,则所有发出的光锥都穿过该薄片。

[0148] 可用轻金属或贵金属,优选铝或银涂布该陶瓷荧光体物体的侧面。该金属涂层的作用在于光不会从该荧光体物体侧向射出。侧向射出的光会降低从LED中耦合输出的光通量。在等压压制产生杆或薄片后的工艺步骤中进行陶瓷荧光体物体的金属涂布,其中任选在金属涂布之前将该杆或薄片切至必要尺寸。为此例如用包含硝酸银和葡萄糖的溶液润湿侧面,随后在升高的温度下暴露在氨气氛中。在该方法中在侧面上形成例如银涂层。

[0149] 或者,无电金属化法也合适,参见例如Holleman-Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie [Textbook of Inorganic Chemistry], Walter de Gruyter Verlag或Ullmanns **Enzyklopädie** der chemischen Technologie [Ullmann's Encyclopaedia of Chemical Technology]。

[0150] 如果必要,该陶瓷荧光体物体可以使用水玻璃溶液固定到LED芯片的基板上。

[0151] 在另一实施方案中,该陶瓷荧光体物体在与LED芯片相反的面上具有结构化(例如

金字塔形)表面。这能从该荧光体物体中耦合输出尽可能多的光。通过使用具有结构化压板的压模进行等压压制并由此将结构压印到该表面中来制造荧光体物体上的结构化表面。如果目的是制造尽可能薄的荧光体物体或薄片,则需要结构化表面。压制条件是本领域技术人员已知的(参见J.Kriegsmann, Technische keramische Werkstoffe [Industrial Ceramic Materials], 第4章, Deutscher Wirtschaftsdienst, 1998)。重要的是, 所用压制温度为要压制的物质的熔点的2/3至5/6。

[0152] 本发明的化合物表现出高抗热猝灭性。

[0153] 术语“抗热猝灭性”是指与在25℃下的原始强度相比, 在较高温度下的发射强度降低。

[0154] 本发明的化合物表现出就分解而言对湿度或水分的高化学稳定性。

[0155] 本发明的化合物优选表现出至少80%, 更优选至少90%的量子效率。

[0156] 本发明的化合物具有良好的LED品质。在本申请中, 通过公知参数, 如显色指数(CRI)、相关色温(CCT)、流明当量或绝对流明和在CIE x和y坐标中的色点确定LED品质。

[0157] 如专业人员已知的显色指数(CRI)是比较人工光源与太阳光或灯丝光源(后两者具有100的CRI)的色彩保真度的无单位光度大小。

[0158] 如专业人员已知的相关色温(CCT)是以开尔文为单位的光度变量。该数值越高, 光的蓝色分量越大且人工光源的白光在观察者看来更冷。CCT遵循黑光蓝灯(black light blue lamp)的概念, 其色温在CIE图中描述了所谓的普朗克曲线。

[0159] 如专业人员已知的流明当量是以lm/W为单位的光度变量。流明当量描述了光源在以瓦特为单位的比radiometric辐射功率下的光度法光通量的大小。流明当量越高, 光源越有效。

[0160] 如专业人员已知的流明是描述光源的光通量的光度变量, 其衡量光源发出的在可见区域中的总辐射。该光输出越大, 该光源在观察者看来更亮。

[0161] CIE x和CIE y是CIE色度图的坐标(在此为1931标准观察者), 其描述光源的颜色。

[0162] 可由该光源的发射光谱通过专业人员已知的方法计算所有上述变量。

[0163] 本发明的荧光体可以如获得时的原样使用或与其它荧光体混合使用。因此, 本发明还涉及包含至少一种本发明的化合物的荧光体混合物。

[0164] 适用于本发明的混合物的荧光体是例如:

[0165] $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{BaSi}_2\text{O}_5:\text{Pb}^{2+}$, $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{F}_2:\text{Eu}^{2+}$, $\text{BaSrMgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$,

[0166] BaTiP_2O_7 , $(\text{Ba}, \text{Ti})_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Ti}$, $\text{Ba}_3\text{WO}_6:\text{U}$, $\text{BaY}_2\text{F}_8:\text{Er}^{3+}$, Yb^{+} , $\text{Be}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$,

[0167] $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Ce}^{3+}$, $\text{CaLa}_4\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}$, $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$,

[0168] $\text{CaAl}_4\text{O}_7:\text{Pb}^{2+}$, Mn^{2+} , $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$,

[0169] $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Br}:\text{Eu}^{2+}$,

[0170] $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Pb}^{2+}$, $\text{CaB}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Mn}^{2+}$,

[0171] $\text{CaB}_2\text{O}_4:\text{Pb}^{2+}$, $\text{CaB}_2\text{P}_2\text{O}_9:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Ca}_5\text{B}_2\text{SiO}_{10}:\text{Eu}^{3+}$,

[0172] $\text{Ca}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Al}_{12}\text{O}_{19}:\text{Ce}^{3+}$, Mn^{2+} , $\text{Ca}_2\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{CaBr}_2:\text{Eu}^{2+}$ in SiO_2 ,

[0173] $\text{CaCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ in SiO_2 , $\text{CaCl}_2:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} in SiO_2 , $\text{CaF}_2:\text{Ce}^{3+}$,

[0174] $\text{CaF}_2:\text{Ce}^{3+}$, Mn^{2+} , $\text{CaF}_2:\text{Ce}^{3+}$, Tb^{3+} , $\text{CaF}_2:\text{Eu}^{2+}$, $\text{CaF}_2:\text{Mn}^{2+}$, $\text{CaF}_2:\text{U}$,

[0175] $\text{CaGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{CaGa}_4\text{O}_7:\text{Mn}^{2+}$, $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$, $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$,

- [0176] $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Mn}^{2+}, \text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Pb}^{2+}, \text{CaGeO}_3:\text{Mn}^{2+}, \text{CaI}_2:\text{Eu}^{2+}$ in SiO_2 ,
- [0177] $\text{CaI}_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ in $\text{SiO}_2, \text{CaLaB}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{3+}, \text{CaLaB}_3\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}, \text{Mn}^{2+},$
- [0178] $\text{Ca}_2\text{La}_2\text{B}_6\text{O}_{15}:\text{Pb}^{2+}, \text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7, \text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}, \text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+},$
- [0179] $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}, \text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+},$
- [0180] $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{CaMoO}_4, \text{CaMoO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{CaO}:\text{Bi}^{3+}, \text{CaO}:\text{Cd}^{2+},$
- [0181] $\text{CaO}:\text{Cu}^+, \text{CaO}:\text{Eu}^{3+}, \text{CaO}:\text{Eu}^{3+}, \text{Na}^+, \text{CaO}:\text{Mn}^{2+}, \text{CaO}:\text{Pb}^{2+}, \text{CaO}:\text{Sb}^{3+},$
- [0182] $\text{CaO}:\text{Sm}^{3+}, \text{CaO}:\text{Tb}^{3+}, \text{CaO}:\text{Tl}, \text{CaO}:\text{Zn}^{2+}, \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+},$
- [0183] $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Ce}^{3+}, \beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Ce}^{3+}, \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}, \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Mn}^{2+},$
- [0184] $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Sb}^{3+}, \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Sn}^{2+}, \beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+},$
- [0185] $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Mn}^{2+}, \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sb}^{3+}, \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sn}^{2+}, \alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+},$
- [0186] $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{CaP}_2\text{O}_6:\text{Mn}^{2+},$
- [0187] $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Pb}^{2+}, \alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}, \beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}, \beta\text{-Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Sn}, \text{Mn},$
- [0188] $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Tr}, \text{CaS}:\text{Bi}^{3+}, \text{CaS}:\text{Bi}^{3+}, \text{Na}, \text{CaS}:\text{Ce}^{3+}, \text{CaS}:\text{Eu}^{2+},$
- [0189] $\text{CaS}:\text{Cu}^+, \text{Na}^+, \text{CaS}:\text{La}^{3+}, \text{CaS}:\text{Mn}^{2+}, \text{CaSO}_4:\text{Bi}, \text{CaSO}_4:\text{Ce}^{3+},$
- [0190] $\text{CaSO}_4:\text{Ce}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{CaSO}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{CaSO}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{CaSO}_4:\text{Pb}^{2+},$
- [0191] $\text{CaS}:\text{Pb}^{2+}, \text{CaS}:\text{Pb}^{2+}, \text{Cl}, \text{CaS}:\text{Pb}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{CaS}:\text{Pr}^{3+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Cl}, \text{CaS}:\text{Sb}^{3+},$
- [0192] $\text{CaS}:\text{Sb}^{3+}, \text{Na}, \text{CaS}:\text{Sm}^{3+}, \text{CaS}:\text{Sn}^{2+}, \text{CaS}:\text{Sn}^{2+}, \text{F}, \text{CaS}:\text{Tb}^{3+}, \text{CaS}:\text{Tb}^{3+}, \text{Cl},$
- [0193] $\text{CaS}:\text{Y}^{3+}, \text{CaS}:\text{Yb}^{2+}, \text{CaS}:\text{Yb}^{2+}, \text{Cl}, \text{CaSiO}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{Ca}_3\text{SiO}_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+},$
- [0194] $\text{Ca}_3\text{SiO}_4\text{Cl}_2:\text{Pb}^{2+}, \text{CaSiO}_3:\text{Eu}^{2+}, \text{CaSiO}_3:\text{Mn}^{2+}, \text{Pb}, \text{CaSiO}_3:\text{Pb}^{2+},$
- [0195] $\text{CaSiO}_3:\text{Pb}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{CaSiO}_3:\text{Ti}^{4+}, \text{CaSr}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Bi}^{3+},$
- [0196] $\beta\text{-(Ca, Sr)}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}\text{Mn}^{2+}, \text{CaTi}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3:\text{Bi}^{3+}, \text{CaTiO}_3:\text{Eu}^{3+}, \text{CaTiO}_3:\text{Pr}^{3+},$
- [0197] $\text{Ca}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}, \text{CaWO}_4, \text{CaWO}_4:\text{Pb}^{2+}, \text{CaWO}_4:\text{W}, \text{Ca}_3\text{WO}_6:\text{U},$
- [0198] $\text{CaYAlO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{CaYBO}_4:\text{Bi}^{3+}, \text{CaYBO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{CaYB}_{0.8}\text{O}_{3.7}:\text{Eu}^{3+},$
- [0199] $\text{CaY}_2\text{ZrO}_6:\text{Eu}^{3+}, (\text{Ca, Zn, Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}, \text{CeF}_3, (\text{Ce, Mg})\text{BaAl}_{11}\text{O}_{18}:\text{Ce},$
- [0200] $(\text{Ce, Mg})\text{SrAl}_{11}\text{O}_{18}:\text{Ce}, \text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Ce}:\text{Tb}, \text{Cd}_2\text{B}_6\text{O}_{11}:\text{Mn}^{2+}, \text{CdS}:\text{Ag}^+, \text{Cr},$
- [0201] $\text{CdS}:\text{In}, \text{CdS}:\text{In}, \text{CdS}:\text{In}, \text{Te}, \text{CdS}:\text{Te}, \text{CdWO}_4, \text{CsF}, \text{CsI}, \text{CsI}:\text{Na}^+, \text{CsI}:\text{Tl},$
- [0202] $(\text{ErCl}_3)_{0.25}(\text{BaCl}_2)_{0.75}, \text{GaN}:\text{Zn}, \text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}, \text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}, \text{Ce},$
- [0203] $\text{GdNbO}_4:\text{Bi}^{3+}, \text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}, \text{Gd}_2\text{O}_2\text{Pr}^{3+}, \text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Pr}, \text{Ce}, \text{F}, \text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}^{3+},$
- [0204] $\text{Gd}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}, \text{KAl}_{11}\text{O}_{17}:\text{Tl}^+, \text{KGa}_{11}\text{O}_{17}:\text{Mn}^{2+}, \text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}:\text{Eu}, \text{KMgF}_3:\text{Eu}^{2+},$
- [0205] $\text{KMgF}_3:\text{Mn}^{2+}, \text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}, \text{LaAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}, \text{LaAlB}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{LaAlO}_3:\text{Eu}^{3+},$
- [0206] $\text{LaAlO}_3:\text{Sm}^{3+}, \text{LaAsO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{LaBr}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{LaBO}_3:\text{Eu}^{3+},$
- [0207] $(\text{La, Ce, Tb})\text{PO}_4:\text{Ce}:\text{Tb}, \text{LaCl}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{La}_2\text{O}_3:\text{Bi}^{3+}, \text{LaOBr}:\text{Tb}^{3+}, \text{LaOBr}:\text{Tm}^{3+},$
- [0208] $\text{LaOCl}:\text{Bi}^{3+}, \text{LaOCl}:\text{Eu}^{3+}, \text{LaOF}:\text{Eu}^{3+}, \text{La}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}, \text{La}_2\text{O}_3:\text{Pr}^{3+}, \text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}^{3+},$
- [0209] $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+}, \text{LaPO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{LaSiO}_3\text{Cl}:\text{Ce}^{3+}, \text{LaSiO}_3\text{Cl}:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+},$
- [0210] $\text{LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}, \text{La}_2\text{W}_3\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}, \text{LiAlF}_4:\text{Mn}^{2+}, \text{LiAl}_5\text{O}_8:\text{Fe}^{3+}, \text{LiAlO}_2:\text{Fe}^{3+},$
- [0211] $\text{LiAlO}_2:\text{Mn}^{2+}, \text{LiAl}_5\text{O}_8:\text{Mn}^{2+}, \text{Li}_2\text{CaP}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{LiCeBa}_4\text{Si}_4\text{O}_{14}:\text{Mn}^{2+},$
- [0212] $\text{LiCeSrBa}_3\text{Si}_4\text{O}_{14}:\text{Mn}^{2+}, \text{LiInO}_2:\text{Eu}^{3+}, \text{LiInO}_2:\text{Sm}^{3+}, \text{LiLaO}_2:\text{Eu}^{3+},$
- [0213] $\text{LuAlO}_3:\text{Ce}^{3+}, (\text{Lu, Gd})_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}, \text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}, \text{Lu}_2\text{Si}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+},$
- [0214] $\text{LuTaO}_4:\text{Nb}^{5+}, \text{Lu}_{1-x}\text{Y}_x\text{AlO}_3:\text{Ce}^{3+}, \text{MgAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}, \text{MgSrAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Ce},$

- [0215] $\text{MgB}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{MgBa}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$, $\text{MgBa}_2(\text{PO}_4)_2:\text{U}$, $\text{MgBaP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$,
 [0216] $\text{MgBaP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} , $\text{MgBa}_3\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$, $\text{MgBa}(\text{SO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$,
 [0217] $\text{Mg}_3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{MgCaP}_2\text{O}_7:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Mg}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_3:\text{Eu}^{2+}$,
 [0218] $\text{Mg}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_3:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} , $\text{MgCeAl}_n\text{O}_{19}:\text{Tb}^{3+}$, $\text{Mg}_4(\text{F})\text{GeO}_6:\text{Mn}^{2+}$,
 [0219] $\text{Mg}_4(\text{F})(\text{Ge}, \text{Sn})\text{O}_6:\text{Mn}^{2+}$, $\text{MgF}_2:\text{Mn}^{2+}$, $\text{MgGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Mg}_8\text{Ge}_2\text{O}_{11}\text{F}_2:\text{Mn}^{4+}$,
 [0220] $\text{MgS}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{MgSiO}_3:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Mg}_3\text{SiO}_3\text{F}_4:\text{Ti}^{4+}$, $\text{MgSO}_4:\text{Eu}^{2+}$,
 [0221] $\text{MgSO}_4:\text{Pb}^{2+}$, $\text{MgSrBa}_2\text{Si}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, $\text{MgSrP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, $\text{MgSr}_5(\text{PO}_4)_4:\text{Sn}^{2+}$,
 [0222] $\text{MgSr}_3\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} , $\text{Mg}_2\text{Sr}(\text{SO}_4)_3:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Mg}_2\text{TiO}_4:\text{Mn}^{4+}$, MgWO_4 ,
 [0223] $\text{MgYBO}_4:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Na}_3\text{Ce}(\text{PO}_4)_2:\text{Tb}^{3+}$, $\text{NaI}:\text{Tl}$, $\text{Na}_{1.23}\text{K}_{0.42}\text{Eu}_{0.12}\text{TiSi}_4\text{O}_{11}:\text{Eu}^{3+}$,
 [0224] $\text{Na}_{1.23}\text{K}_{0.42}\text{Eu}_{0.12}\text{TiSi}_5\text{O}_{13} \cdot x\text{H}_2\text{O}:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Na}_{1.29}\text{K}_{0.46}\text{Er}_{0.08}\text{TiSi}_4\text{O}_{11}:\text{Eu}^{3+}$,
 [0225] $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}:\text{Tb}$, $\text{Na}(\text{Mg}_{2-x}\text{Mn}_x)\text{LiSi}_4\text{O}_{10}\text{F}_2:\text{Mn}$, $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}$, Yb^{3+} ,
 [0226] $\text{NaYO}_2:\text{Eu}^{3+}$, $\text{P46}(70\%) + \text{P47}(30\%)$, $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Ce}^{3+}$, Mn^{2+} , $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$,
 [0227] $\text{SrAl}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{3+}$, $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrAl}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$,
 [0228] $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}(\text{F}, \text{Cl}, \text{Br})$, $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Pb}^{2+}$, $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Pb}^{2+}$, Mn^{2+} , $\text{SrB}_8\text{O}_{13}:\text{Sm}^{2+}$,
 [0229] $\text{Sr}_x\text{Ba}_y\text{Cl}_z\text{Al}_2\text{O}_{4-z/2}:\text{Mn}^{2+}$, Ce^{3+} , $\text{SrBaSiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}(\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})_2:\text{Eu}^{2+}$ in SiO_2 ,
 [0230] $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ in SiO_2 , $\text{Sr}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3:\text{Eu}$, $\text{Sr}_w\text{F}_x\text{B}_4\text{O}_{6.5}:\text{Eu}^{2+}$,
 [0231] $\text{Sr}_w\text{F}_x\text{ByO}_z:\text{Eu}^{2+}$, Sm^{2+} , $\text{SrF}_2:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrGa}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$, $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$,
 [0232] $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Pb}^{2+}$, $\text{SrIn}_2\text{O}_4:\text{Pr}^{3+}$, Al^{3+} , $(\text{Sr}, \text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}$,
 [0233] $\text{SrMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrMoO}_4:\text{U}$,
 [0234] $\text{SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+}$, Cl , $\beta\text{-SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Pb}^{2+}$, $\beta\text{-SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Pb}^{2+}$, Mn^{2+} ,
 [0235] $\alpha\text{-SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Sm}^{2+}$, $\text{Sr}_6\text{P}_5\text{B}_{20}:\text{Eu}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$,
 [0236] $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$, Pr^{3+} , $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Sb}^{3+}$, $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$,
 [0237] $\beta\text{-Sr}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sb}^{3+}$,
 [0238] $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sb}^{3+}$, Mn^{2+} , $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sn}^{2+}$, $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Sn}^{2+}$, $\beta\text{-Sr}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$,
 [0239] $\beta\text{-Sr}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$, $\text{Mn}^{2+}(\text{Al})$, $\text{SrS}:\text{Ce}^{3+}$, $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrS}:\text{Mn}^{2+}$, $\text{SrS}:\text{Cu}^+$, Na ,
 [0240] $\text{SrSO}_4:\text{Bi}$, $\text{SrSO}_4:\text{Ce}^{3+}$, $\text{SrSO}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrSO}_4:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} , $\text{Sr}_5\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{Cl}_6:\text{Eu}^{2+}$,
 [0241] $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$, $\text{SrTiO}_3:\text{Pr}^{3+}$, $\text{SrTiO}_3:\text{Pr}^{3+}$, Al^{3+} , $\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{U}$, $\text{SrY}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$,
 [0242] $\text{ThO}_2:\text{Eu}^{3+}$, $\text{ThO}_2:\text{Pr}^{3+}$, $\text{ThO}_2:\text{Tb}^{3+}$, $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Bi}^{3+}$, $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$,
 [0243] $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, Mn , $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, Tb^{3+} , $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$,
 [0244] $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$, Cr^{3+} , $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Th}^{4+}$, Ce^{3+} , Mn^{2+} , $\text{YAlO}_3:\text{Ce}^{3+}$,
 [0245] $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$, $\text{YAlO}_3:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9:\text{Eu}^{3+}$,
 [0246] $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Mn}^{4+}$, $\text{YAlO}_3:\text{Sm}^{3+}$, $\text{YAlO}_3:\text{Tb}^{3+}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Tb}^{3+}$, $\text{YAsO}_4:\text{Eu}^{3+}$,
 [0247] $\text{YBO}_3:\text{Ce}^{3+}$, $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$, $\text{YF}_3:\text{Er}^{3+}$, Yb^{3+} , $\text{YF}_3:\text{Mn}^{2+}$, $\text{YF}_3:\text{Mn}^{2+}$, Th^{4+} ,
 [0248] $\text{YF}_3:\text{Tm}^{3+}$, Yb^{3+} , $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$, $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Tb}$, $(\text{Y}, \text{Gd})_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$,
 [0249] $\text{Y}_{1.34}\text{Gd}_{0.60}\text{O}_3(\text{Eu}, \text{Pr})$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Bi}^{3+}$, $\text{YOBr}:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Ce}$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Er}^{3+}$,
 [0250] $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}(\text{YOE})$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Ce}^{3+}$, Tb^{3+} , $\text{YOC1}:\text{Ce}^{3+}$, $\text{YOC1}:\text{Eu}^{3+}$, $\text{YOF}:\text{Eu}^{3+}$,
 [0251] $\text{YOF}:\text{Tb}^{3+}$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Ho}^{3+}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Pr}^{3+}$, $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}^{3+}$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Tb}^{3+}$,
 [0252] $\text{YPO}_4:\text{Ce}^{3+}$, $\text{YPO}_4:\text{Ce}^{3+}$, Tb^{3+} , $\text{YPO}_4:\text{Eu}^{3+}$, $\text{YPO}_4:\text{Mn}^{2+}$, Th^{4+} , $\text{YPO}_4:\text{V}^{5+}$,
 [0253] $\text{Y}(\text{P}, \text{V})\text{O}_4:\text{Eu}$, $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$, YTaO_4 , $\text{YTaO}_4:\text{Nb}^{5+}$, $\text{YVO}_4:\text{Dy}^{3+}$, $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$,

- [0254] $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{ZnB}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{ZnBa}_2\text{S}_3:\text{Mn}^{2+}$, $(\text{Zn}, \text{Be})_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$,
- [0255] $\text{Zn}_{0.4}\text{Cd}_{0.6}\text{S}:\text{Ag}$, $\text{Zn}_{0.6}\text{Cd}_{0.4}\text{S}:\text{Ag}$, $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}:\text{Ag}, \text{Cl}$, $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}:\text{Cu}$, $\text{ZnF}_2:\text{Mn}^{2+}$,
- [0256] ZnGa_2O_4 , $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{ZnGa}_2\text{S}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}^{2+}$, $(\text{Zn}, \text{Mg})\text{F}_2:\text{Mn}^{2+}$,
- [0257] $\text{ZnMg}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$, $(\text{Zn}, \text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$, $\text{ZnO}:\text{Al}^{3+}, \text{Ga}^{3+}, \text{ZnO}:\text{Bi}^{3+}$,
- [0258] $\text{ZnO}:\text{Ga}^{3+}$, $\text{ZnO}:\text{Ga}$, $\text{ZnO}-\text{CdO}:\text{Ga}$, $\text{ZnO}:\text{S}$, $\text{ZnO}:\text{Se}$, $\text{ZnO}:\text{Zn}$, $\text{ZnS}:\text{Ag}^+, \text{Cl}^-$,
- [0259] $\text{ZnS}:\text{Ag}, \text{Cu}, \text{Cl}$, $\text{ZnS}:\text{Ag}, \text{Ni}$, $\text{ZnS}:\text{Au}, \text{In}$, $\text{ZnS}-\text{CdS} (25-75)$, $\text{ZnS}-\text{CdS} (50-50)$,
- [0260] $\text{ZnS}-\text{CdS} (75-25)$, $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Ag}, \text{Br}, \text{Ni}$, $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Ag}^+, \text{Cl}$, $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Cu}, \text{Br}$,
- [0261] $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Cu}, \text{I}$, $\text{ZnS}:\text{Cl}^-$, $\text{ZnS}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{ZnS}:\text{Cu}$, $\text{ZnS}:\text{Cu}^+, \text{Al}^{3+}$, $\text{ZnS}:\text{Cu}^+, \text{Cl}^-$,
- [0262] $\text{ZnS}:\text{Cu}, \text{Sn}$, $\text{ZnS}:\text{Eu}^{2+}$, $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+}$, $\text{ZnS}:\text{Mn}, \text{Cu}$, $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+}, \text{Te}^{2+}$, $\text{ZnS}:\text{P}$,
- [0263] $\text{ZnS}:\text{P}^{3-}, \text{Cl}^-$, $\text{ZnS}:\text{Pb}^{2+}$, $\text{ZnS}:\text{Pb}^{2+}, \text{Cl}^-$, $\text{ZnS}:\text{Pb}, \text{Cu}$, $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$,
- [0264] $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}, \text{As}^{5+}$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$, Sb_2O_2 , $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}, \text{P}$,
- [0265] $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Ti}^{4+}$, $\text{ZnS}:\text{Sn}^{2+}$, $\text{ZnS}:\text{Sn}, \text{Ag}$, $\text{ZnS}:\text{Sn}^{2+}, \text{Li}^+$, $\text{ZnS}:\text{Te}, \text{Mn}$, $\text{ZnS}-$
- [0266] $\text{ZnTe}:\text{Mn}^{2+}$, $\text{ZnSe}:\text{Cu}^+, \text{Cl}$ 以及 ZnWO_4 。
- [0267] 如上所述,可以在大约280纳米至400纳米,优选300纳米至大约400纳米的宽范围内激发本发明的荧光体。
- [0268] 相应地,本发明还涉及至少一种本发明的化合物作为用于转换合适的光源发出的所有或一部分UV或近UV辐射的转换荧光体的用途。
- [0269] 因此,本发明还涉及一种照明装置,其包含至少一个具有280纳米至400纳米的发射最大值的光源,并通过如上下文中描述的本发明的化合物或相应的荧光体混合物将所有或一部分这种辐射转换成波长更长的辐射。
- [0270] 该照明装置优选包含UV或近UV LED和至少一种本发明的荧光体。这样的照明装置优选发白光,特别具有 $x=0.12-0.43$ 且 $y=0.07-0.43$,更优选 $x=0.15-0.33$ 且 $y=0.10-0.33$ 的颜色坐标。
- [0271] 还优选的是一种特别用于一般照明的照明装置,其特征在于其具有 $\text{CRI}>60$,优选 >70 ,更优选 >80 。
- [0272] 在另一实施方案中,该照明装置发射具有特定色点(colour point)的光(按需选色原理)。按需选色概念是指借助使用一种或多种荧光体的pcLED(=荧光体转换LED)产生具有特定色点的光。这一概念例如用于产生某些企业设计,例如用于被照亮的公司标记、商标等。
- [0273] 尤其为了建立特定的色彩空间,优选将该荧光体与选自具有一种或多种活化剂离子,如Ce、Eu、Mn、Cr和/或Bi的氧化物、钼酸盐、钨酸盐、钒酸盐、石榴石、硅酸盐、铝酸盐、氮化物和氮氧化物(在每种情况下独立地或为它们的混合物)的至少一种其它荧光体混合。
- [0274] 合适的发射绿光的荧光体优选选自Ce-掺杂的含镨石榴石、Eu-掺杂的硫硒化物、硫镓酸盐、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}, \text{Mn} (\text{BAM}:\text{Eu}, \text{Mn})$ 、 $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ 和/或含Ce-和/或Eu-掺杂的氮化物的荧光体和/或 $\beta\text{-SiAlON}:\text{Eu}$ 。
- [0275] 合适的发射蓝光的荧光体优选选自 $\text{BAM}:\text{Eu}$ 或 $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}$ 。
- [0276] 合适的发射黄光的荧光体优选选自石榴石荧光体(例如 $(\text{Y}, \text{Tb}, \text{Gd})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$)、原硅酸盐荧光体(例如 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}$)或Sialon荧光体(例如 $\alpha\text{-SiAlON}:\text{Eu}$)。
- [0277] 术语“发射蓝光的荧光体”是指发射具有至少一个在435纳米至507纳米之间的发

射最大值的波长的荧光体。

[0278] 术语“发射绿光的荧光体”是指发射具有至少一个在508纳米至550纳米之间的发射最大值的波长的荧光体。

[0279] 术语“发射黄光的荧光体”是指发射具有至少一个在551纳米至585纳米之间的发射最大值的波长的荧光体。

[0280] 术语“发射红光的荧光体”是指发射具有至少一个在586纳米至670纳米之间的发射最大值的波长的荧光体。

[0281] 在一个优选实施方案中,本发明的照明装置包含光源,其是特别具有式 $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ 的发光氮化镓铝镓,其中 $0 \leq i, 0 \leq j, 0 \leq k$,且 $i+j+k=1$ 。

[0282] 在本发明的照明装置的另一优选实施方案中,该光源是基于 ZnO 、 TCO (透明导电氧化物)、 ZnSe 或 SiC 的发光布置或基于有机发光层(OLED)的布置。

[0283] 在本发明的照明装置的另一优选实施方案中,该光源是表现出电致发光和/或光致发光的源。该光源也可以是等离子体或放电源。这种类型的光源的可能形式是本领域技术人员已知的。这些可以是具有各种结构的发光LED芯片。

[0284] 可以将本发明的荧光体分散在树脂(例如环氧或有机硅树脂)中,或在合适的尺寸比下,直接置于光源上,或根据用途,远离光源布置(后一种布置也包括“远程荧光体技术”)。远程荧光体技术的优点是本领域技术人员已知的并例如在下列出版物中揭示: Japanese Journal of Appl. Phys., 第44卷, No. 21 (2005), L649-L651。

[0285] 本发明的化合物也适用于将一部分具有小于大约400纳米波长的太阳辐射转换成可以更有效地被太阳能电池中的各种半导体材料利用的波长大于大约400纳米的辐射,

[0286] 因此,本发明还涉及至少一种本发明的化合物作为太阳能电池的波长转换材料的用途。

[0287] 因此,本发明还涉及通过施加例如包含本发明的荧光体的聚合物膜(由于因太阳能电池组件中的半导体材料的吸收特征而通常无法利用的太阳辐射光谱的短波部分的波长转换,其能够提高光利用效率和发电效率)来改进太阳能电池组件的方法。

[0288] 在上下文中特别参照优选实施方案描述了本发明。应该理解的是,可以对其作出各种变动和修改,而不背离本发明的精神和范围。

[0289] 上下文中提到的许多化合物或其混合物可购得。有机化合物是已知的或可通过如文献中(例如标准著作,如Houben-Weyl, Methoden der Organischen Chemie[有机化学方法], Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart中)描述的本身已知的方法,确切地说在已知并适用于所述反应的反应条件下制备。在此也可以使用本身已知但在本文中没有提到的变体。

[0290] 除非文中清楚地另行指明,如本文所用的术语的复数形式应被解释为包括单数形式,反之亦然。

[0291] 在本申请通篇中,除非明确地另行说明,所有浓度以重量百分比给出并涉及各自的整个混合物,所有温度以摄氏度($^{\circ}\text{C}$)给出,且所有温度差以摄氏度给出。

[0292] 在本说明书的描述和权利要求书的通篇中,词语“包含”和“含有”和该词语的变型是指“包括但不限于”,并且无意(并且不)排除其它组分。另一方面,词语“包含”也包括术语“由...构成”,但不限于此。

[0293] 要认识到,可以对本发明的上述实施方案作出变动,同时仍落在本发明的范围内。

除非另行说明,本说明书中公开的各特征可以被起到相同、等效或类似作用的替代特征替代。因此,除非另行说明,所公开的各特征仅是通用的一系列等效或类似特征的一个实例。

[0294] 本说明书中公开的所有特征可以以任何组合方式组合,除非在该组合中至少一些这样的特征和/或步骤相互排斥。特别地,本发明的优选特征适用于本发明的所有方面并可以任意组合使用。同样地,非基本组合中描述的特征可能单独(非组合)使用。

[0295] 要认识到,许多上述特征,特别是优选实施方案,本身是创造性的而不仅是作为本发明的一个实施方案的一部分。除了或代替目前要求保护的任何发明,可能对这些特征寻求独立的保护。

[0296] 现在参考下列实施例更详细描述本发明,它们仅是示例性的并且不限制本发明的范围。

实施例

[0297] 实施例1:

[0298] 通过共沉淀法制备 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}, \text{Al}_{0.15})\text{O}_6:\text{Mn}^{2+}_{0.2}, \text{Eu}^{2+}_{0.2}$

[0299] 将 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.0075摩尔, Merck)、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.0200摩尔, Merck)、 SiO_2 (0.0463摩尔, Merck)、 $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.0050摩尔, Auer-Remy)、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.0050摩尔, Merck) 和 $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.0163摩尔, Merck) 溶解在去离子水中。将 NH_4HCO_3 (0.5摩尔, Merck) 单独溶解在去离子水中。将这两种水溶液同时搅拌到去离子水中。将合并的溶液加热到 90°C 并蒸发至干。该残留物在氧化气氛下在 1000°C 下退火4小时。所得氧化物材料在还原气氛下在 1000°C 下退火4小时。在传统提纯步骤(用水洗涤并干燥)后,通过XRD表征所需 $(\text{Ca}_{0.8}, \text{Eu}_{0.2})(\text{Mg}_{0.65}, \text{Mn}_{0.2}, \text{Al}_{0.15})(\text{Si}_{1.85}, \text{Al}_{0.15})\text{O}_6$ (参见图1)。

[0300] 通过WDX证实该荧光体的组成比(Al/Si比)。该荧光体在350纳米下激发时发出具有在435和585纳米的两个主峰的亮红色光(参见图2)。

[0301] 在将Al添加到 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}, \text{Mn}$ 荧光体中时,680纳米(人眼对其具有低光谱敏感性)的发射强度降低。

[0302] 实施例2:

[0303] 通过共沉淀法制备 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.5}, \text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7}, \text{Al}_{0.3})\text{O}_6:\text{Mn}^{2+}_{0.2}, \text{Eu}^{2+}_{0.2}$

[0304] 将 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.0150摩尔, Merck)、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.0200摩尔, Merck)、 SiO_2 (0.0425摩尔, Merck)、 $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.0050摩尔, Auer-Remy)、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.0050摩尔, Merck) 和 $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.0125摩尔, Merck) 溶解在去离子水中。将 NH_4HCO_3 (0.5摩尔, Merck) 单独溶解在去离子水中。然后将这两种水溶液同时搅拌到去离子水中。将所得溶液加热到 90°C 并蒸发至干。将所得固体在氧化气氛下在 1000°C 下退火4小时。所得氧化物材料在还原气氛下在 1000°C 下退火4小时。在使用水和干燥进行传统提纯步骤后,获得 $(\text{Ca}_{0.8})(\text{Mg}_{0.5}, \text{Al}_{0.3})(\text{Si}_{1.7}, \text{Al}_{0.3})\text{O}_6:\text{Mn}^{2+}_{0.2}, \text{Eu}^{2+}_{0.2}$ 并通过XRD技术表征(图3)。

[0305] 通过WDX证实该荧光体的组成比(Al/Si比)。该荧光体在用350纳米的光激发时发出具有以435和585纳米为中心的两个发射峰的亮红色光(图4)。

[0306] 在将Al添加到 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}, \text{Mn}$ 荧光体中时,在680纳米波长(人眼对其具有低光谱敏感性)的发射强度降低。

[0307] 实施例3:

[0308] 通过微反应法制备 $(\text{Ca}_{0.64}, \text{Sr}_{0.16}) (\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15}) (\text{Si}_{1.85}\text{Al}_{0.15}) \text{O}_6 : \text{Mn}^{2+}_{0.2}, \text{Eu}^{2+}_{0.2}$

[0309] 通过改变管直径和流速,研究产物的影响。管直径影响活化剂分布,流速影响结晶。将 $\text{AlCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (0.0075摩尔,Merck)、 $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (0.0160摩尔,Merck)、 $\text{SrCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (0.0040摩尔,Merck)、 SiO_2 (0.0463摩尔,Merck)、 $\text{EuCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (0.0050摩尔,Auer-Remy)、 $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ (0.0050摩尔,Merck) 和 $\text{MgCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ (0.0125摩尔,Merck) 一起溶解在去离子水中。然后将 NH_4HCO_3 (0.5摩尔,Merck) 单独溶解在去离子水中。同时泵送这些溶液并在接头处驱动反应。使反应溶液在大约 60°C 下经过该管。将前体捕集在烧杯中。所得溶液在大约 90°C 下蒸发至干,并将所得固体在氧化气氛中在 1000°C 下退火4小时。所得氧化物材料在还原气氛中在 1000°C 下退火4小时。在使用水和干燥进行传统提纯步骤后,如通过XRD谱证实,形成所需 $(\text{Ca}_{0.64}, \text{Sr}_{0.16}) (\text{Mg}_{0.65}, \text{Al}_{0.15}) (\text{Si}_{1.85}\text{Al}_{0.15}) \text{O}_6 : \text{Mn}^{2+}_{0.2}, \text{Eu}^{2+}_{0.2}$ (参见图5)。通过WDX证实该荧光体的组成比 (Al/Si比)。该荧光体在350纳米光激发时发出峰值位于435和585纳米的亮红色光(图6)。

[0310] 在将Al添加到 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 : \text{Eu}, \text{Mn}$ 荧光体中时,在680纳米波长(人眼对其具有低光谱敏感性)的发射强度降低。

[0311] 实施例4:

[0312] 使用 $(\text{Ca}_{0.8}, \text{Eu}_{0.2}) (\text{Mg}_{0.5}, \text{Mn}_{0.2}, \text{Al}_{0.3}) (\text{Si}_{1.7}, \text{Al}_{0.3}) \text{O}_6$ 荧光体的具有380纳米发射的LED芯片的白光LED

[0313] 将来自实施例2的荧光体 $(\text{Ca}_{0.8}) (\text{Mg}_{0.5}, \text{Al}_{0.3}) (\text{Si}_{1.7}, \text{Al}_{0.3}) \text{O}_6 : \text{Mn}^{2+}_{0.2}, \text{Eu}^{2+}_{0.2}$ 在滚筒混合机中与有机硅树脂体系OE 6550 (Dow Corning) 混合。荧光体在有机硅中的最终浓度为8摩尔%。将该浆料施加到发射380纳米波长的InGaN基LED芯片上。

[0314] 所得照明装置发出白色的光, $\text{CIE } 1937 (x, y) = (0.28, 0.31)$ 。

[0315] 实施例5:

[0316] 热猝灭的测量

[0317] 将实施例1的荧光体置于样品支架中。

[0318] 将该支架置于在充当其TQ测量系统的热控制器(JASCO)下的FP6500(JASCO)中。

[0319] 借助FP6500依赖于在 25°C 开始并以 25°C 为增幅升至 100°C 的递增温度测量380纳米至780纳米的该荧光体的发射光谱的强度。

[0320] 使用具有350纳米激发波长的150W氙气灯作为激发光源。

[0321] 将具有式 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 : \text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ 的对比荧光体置于样品支架中并以与来自实施例1的荧光体相同的方式进行实验。

[0322] 结果,实施例1的荧光体的积分发射强度对比比例的积分发射强度高5% (参见图8)。这一结果清楚表明本发明的荧光体的抗热猝灭性的效力。

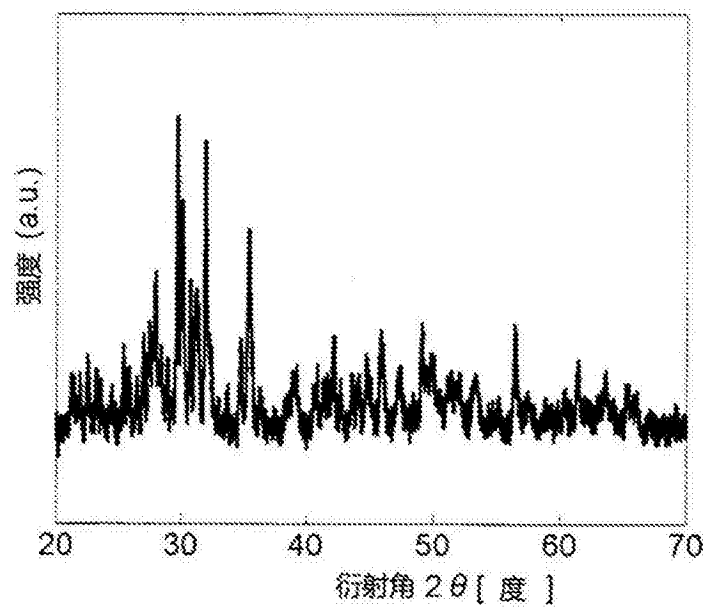


图1

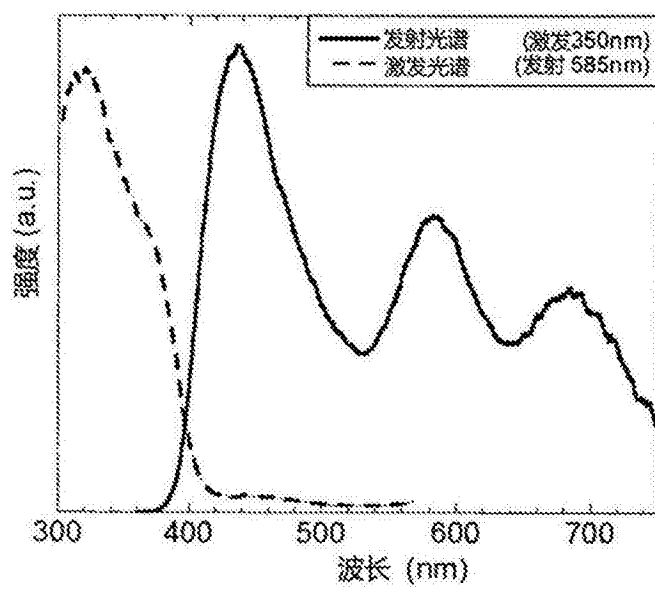


图2

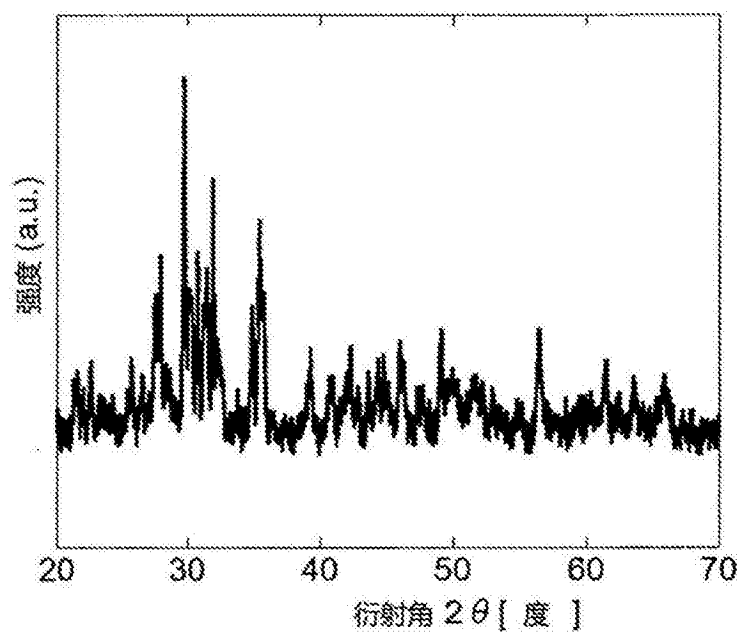


图3

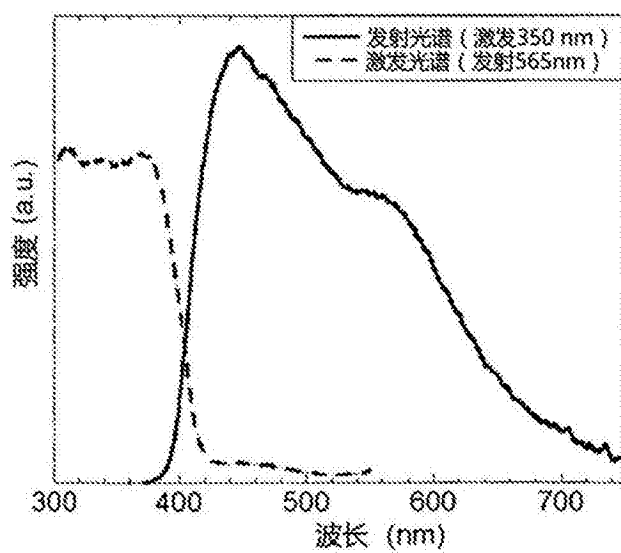


图4

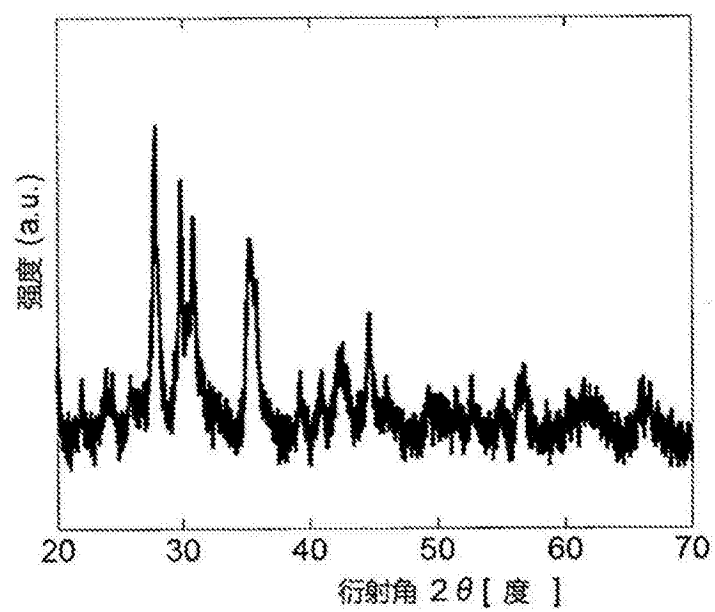


图5

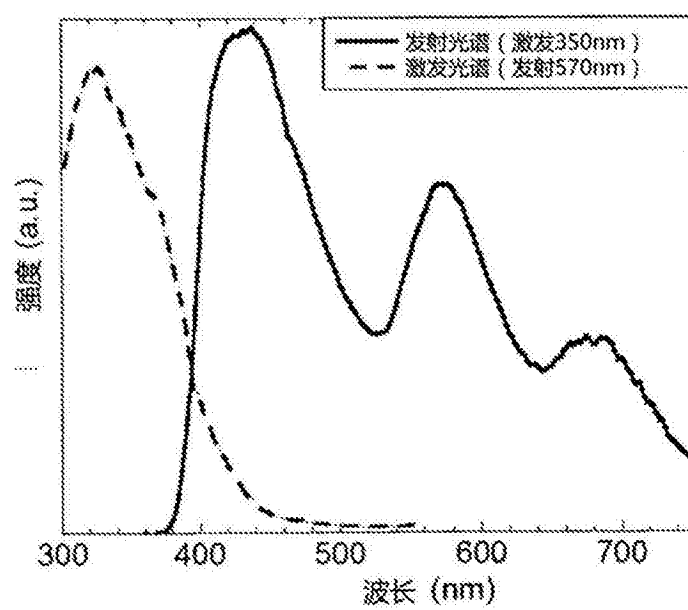


图6

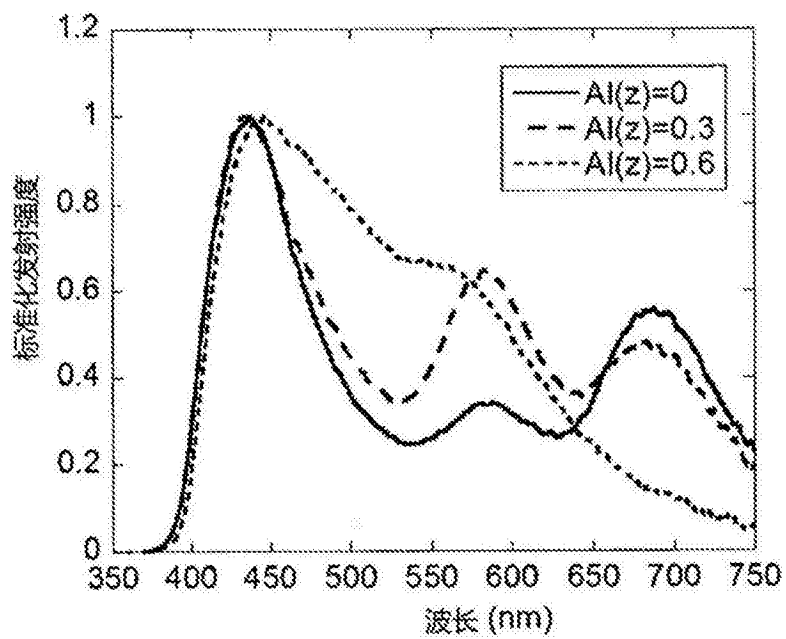


图7

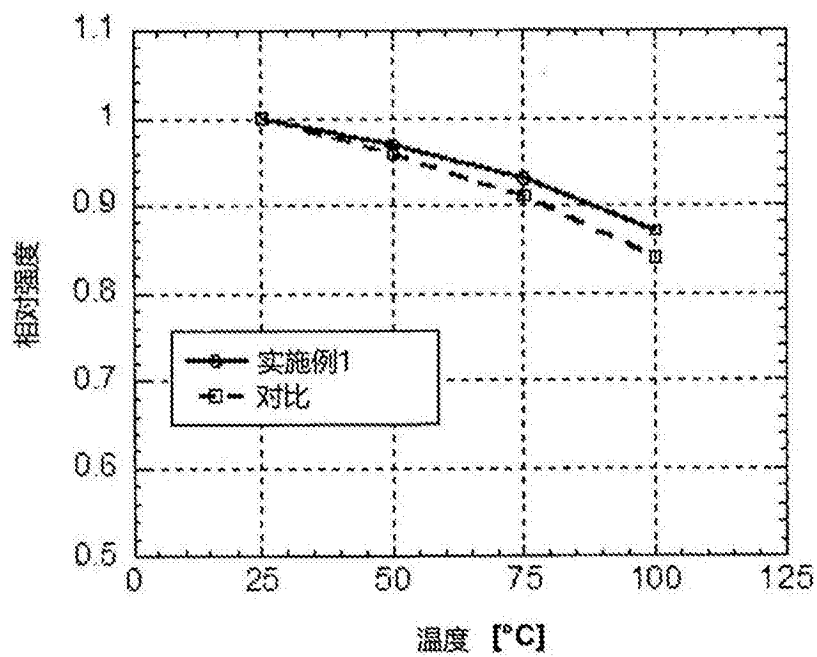


图8