



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102760820 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 31

(21) 申请号 201210237235. 3

(22) 申请日 2012. 07. 10

(71) 申请人 江苏博睿光电有限公司

地址 211100 江苏省南京市江宁区上坊镇科
学园醴泉路 69 号

(72) 发明人 梁超 何锦华 符义兵

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任
公司 32112

代理人 黄明哲 王清义

(51) Int. Cl.

H01L 33/50 (2010. 01)

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种白光 LED 光源

(57) 摘要

本发明涉及一种白光 LED 光源,包括碗杯、设置在碗杯底部的蓝光 LED 芯片以及置于蓝光 LED 芯片上方的黄绿色荧光粉和红色荧光粉,其中黄绿色荧光粉置于红色荧光粉的上方。本发明选用高光效的稀土铝酸盐基质的黄绿色荧光粉、硅酸盐黄绿色荧光粉与硅基氮化物红粉进行组合,配合蓝光 LED 芯片,通过合理的设计不同体系荧光粉在 LED 内部的空间布置,可以有效克服氮化物红色荧光粉对黄绿光的二次吸收,在显著提升显色指数的同时,也可获得较高的出光效率。本发明的发光系统可通过调节具有不同发射光谱的荧光粉配比实现高光效高显色指数的白光,满足通用照明的技术要求。

1. 一种白光 LED 光源,包括碗杯、设置在碗杯底部的蓝光 LED 芯片以及置于蓝光 LED 芯片上方的黄绿色荧光粉和红色荧光粉;

其特征在于,黄绿色荧光粉置于红色荧光粉的上方;

黄绿色荧光粉选自下面两种荧光粉中的一种:

(1) $(\text{Lu}_{1-c-(a+b)/3}\text{A}'_c)_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}_a, \text{A}''_b, \text{A}'$ 为 La、Y、Gd 或 Tb 中的至少一种, A'' 为 Pr、Dy 或 Sm 中的至少一种, $0.0005 \leq c < 1, 0.005 \leq a \leq 0.15, 0 \leq b \leq 0.08$;

(2) $\text{Ba}_{(2-e-h-f)}\text{Sr}_e\text{B}'_f\text{Si}_g\text{O}_{(2+2g)} : \text{Eu}_h, \text{B}'$ 为 Sc、Y、La、Cr 或 Er 中的至少一种; $0 < e \leq 0.75$; $0.001 < h \leq 0.09$; $0 \leq f \leq 0.05$; $0.75 \leq g \leq 1.5$;

红色荧光粉选自下面两种荧光粉中的一种:

(1) $\text{Ca}_{1-j-k-q-r}\text{Y}_j\text{C}'_k\text{X}_{1-m}\text{P}_m\text{C}''_n\text{N}_p : \text{Eu}_q, \text{C}^0_r$, 其中, C' 为 Sr、Ba、Sc、Li、Na 或 K 中的至少一种, X 为 B、Al 或 Ga 中的至少一种, 其中 Al 是必须的, C'' 为 Si、V 或 Nb 中的至少一种, 其中 Si 是必须的, C^0 为 Dy、Er、Tm 或 Lu 中的至少一种, 其中 Dy 是必须的, $0 \leq j \leq 0.2$, $0.001 \leq k \leq 0.2$, $0.5 \leq l \leq 1.5$, $0.5 \leq n \leq 1.5$, $0 \leq m \leq 0.1$, $2 \leq p \leq 4$, $0.01 \leq q \leq 0.2$, $0 \leq r \leq 0.3$;

(2) $\text{D}'_x\text{D}''_y\text{N}_z : \text{Eu}_t, \text{D}^0_s$, 式中 D' 为 Ca、Sr 或 Ba 中的至少一种, 其中 Sr 是必须的, D'' 为 C、Si 或 Ge 中的至少一种, 其中 Si 是必须的, D^0 为 Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Yb 中的至少一种, $0.01 \leq x \leq 3$, $4 \leq y \leq 6$, $z = (2/3)x + (4/3)y$, $0.001 \leq t \leq 0.2$, $0 \leq s \leq 0.01$;

所述黄绿色荧光粉发射主峰为 526 ~ 575nm, 红色荧光粉的发射主峰为 600 ~ 660nm; 黄绿色荧光粉与红色荧光粉的质量比为 60:40~95:5。

2. 如权利要求 1 所述的白光 LED 光源, 其特征在于, 黄绿色荧光粉置于红色荧光粉上方的实现方式是: 先将红色荧光粉和黄绿色荧光粉分别分散在封装胶中, 制成红色荧光粉胶和黄绿色荧光粉胶, 将红色荧光粉胶涂覆在蓝光 LED 芯片上, 待其干燥后, 再将黄绿色荧光粉胶涂覆在其上方。

3. 如权利要求 2 所述的白光 LED 光源, 其特征在于, 所述封装胶为硅胶或环氧树脂。

4. 如权利要求 1 所述的白光 LED 光源, 其特征在于, 黄绿色荧光粉置于红色荧光粉上方的实现方式是: 在碗杯内蓝光 LED 芯片的上方设置由透明材料制成的透明层, 将红色荧光粉均匀的固定在透明层上, 再将黄绿色荧光粉固定到红色荧光粉层的表面, 或者是在透明层的上面固定黄绿色荧光粉层, 在透明层的下方固定红色荧光粉层。

5. 如权利要求 4 所述的白光 LED 光源, 其特征在于, 所述的透明层为平面的或弧面的。

6. 如权利要求 1 所述的白光 LED 光源, 其特征在于, 黄绿色荧光粉置于红色荧光粉上方的实现方式是: 分别将红色荧光粉和黄绿色荧光粉与透明材料混合制成红色荧光粉饼和黄绿色荧光粉饼, 再将两种荧光粉饼按红色荧光粉饼在下黄绿色荧光粉饼在上固定在一起, 置于芯片上方。

7. 如权利要求 4 或 5 或 6 所述的白光 LED 光源, 其特征在于, 所述的透明材料选自玻璃、陶瓷、石英、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚乙烯、聚酯树脂、聚酰氨树脂、有机硅或环氧树脂。

一种白光 LED 光源

技术领域

[0001] 本发明涉及一种白光 LED 光源。

背景技术

[0002] 二十世纪九十年代,日本日亚公司研制成功高效蓝光 LED,并报道了以 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ (YAG:Ce)黄光发射荧光作为光转换材料,与 GaN 蓝光 LED 组合而成的白光 LED,由于其具有小型化、长寿命、无汞以及节能等优点,因而被誉为将超越白炽灯、荧光灯和 HID 灯的新型无污染绿色固态照明光源。

[0003] 以 GaN 蓝光 LED 和 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ (YAG:Ce)黄光发射荧光粉作为光转换材料实现的白光的技术方案已成为当前白光 LED 的主流,并且日益受到世界各国研究人员的关注,并且获得了广泛的应用。但是在用于普通照明领域或是对色彩还原要求很高的场合,该中技术方案仍存在明显不足。由于该种白光光源的光谱构成中缺少红色光而导致显色性较低,显色指数(CRI)为 70~75,尤其是低色温(低于 5000K)时,CRI 只能达到 65 左右,难以满足实际使用要求,严重制约了白光 LED 在普通照明领域的推广和应用。

[0004] 为了解决这个问题,通过向 YAG 荧光粉中加入红色荧光粉的方法是提高显色指数(Ra)的有效方法,或者采用绿色和红色荧光粉进行组合也可获得高显色白光。其中红色荧光粉的性能直接决定了高显色白光的光效。目前,可供选择的红色荧光粉有硫化物、钼酸盐、钨酸盐、铝酸盐以及氮化物体系。综合化学稳定性、发光效率以及温度猝灭等性能,氮化物体系的红色荧光粉是目前的首选,该种荧光粉发光效率高,化学稳定性较高。但是由于该体系荧光粉的激发光谱几乎覆盖了整个黄绿光波段,其对黄绿光的再吸收会导致白光 LED 光源光效显著下降,下降幅度达 30%以上。

发明内容

[0005] 针对现有高显色白光 LED 光源在光效方面存在的不足,本发明提供了一种高光效高显色白光 LED 光源。

[0006] 本发明的白光 LED 光源,以蓝光 LED 芯片作为激发源,结合黄绿色荧光粉和红色荧光粉的光谱特性,通过对黄绿光荧光粉和红色荧光粉在空间上的合理布局,设计开发了新型光源,可有效避免再吸收,从而获得更高的出光效率。

[0007] 本发明的白光 LED 光源,包括碗杯、设置在碗杯底部的蓝光 LED 芯片以及置于蓝光 LED 芯片上方的黄绿色荧光粉和红色荧光粉;

[0008] 其特征在于,黄绿色荧光粉置于红色荧光粉的上方;

[0009] 黄绿色荧光粉选自下面两种荧光粉中的一种:

[0010] (1) $(Lu_{1-c-(a+b)/3}A'_c)_3Al_5O_{12}:Ce_a,A''_b,A'_c$ 为 La、Y、Gd 或 Tb 中的至少一种, A'' 为 Pr、Dy 或 Sm 中的至少一种, $0.0005 \leq c < 1, 0.005 \leq a \leq 0.15, 0 \leq b \leq 0.08$;

[0011] (2) $Ba_{(2-e-h-f)}Sr_eB'_fSi_gO_{(2+2g)}:Eu_h$, B' 为 Sc、Y、La、Cr 或 Er 中的至少一种; $0 < e \leq 0.75; 0.001 < h \leq 0.09; 0 \leq f \leq 0.05; 0.75 \leq g \leq 1.5$;

[0012] 红色荧光粉选自下面两种荧光粉中的一种：

[0013] (1) $\text{Ca}_{1-j-k-q-r}\text{Y}_j\text{C}'_k\text{X}_{1-m}\text{P}_m\text{C}''_n\text{N}_p:\text{Eu}_q, \text{C}^0_r$, 其中, C' 为 Sr、Ba、Sc、Li、Na 或 K 中的至少一种, X 为 B、Al 或 Ga 中的至少一种, 其中 Al 是必须的, C'' 为 Si、V 或 Nb 中的至少一种, 其中 Si 是必须的, C^0 为 Dy、Er、Tm 或 Lu 中的至少一种, 其中 Dy 是必须的, $0 \leq j \leq 0.2$, $0.001 \leq k \leq 0.2$, $0.5 \leq l \leq 1.5$, $0.5 \leq n \leq 1.5$, $0 \leq m \leq 0.1$, $2 \leq p \leq 4$, $0.01 \leq q \leq 0.2$, $0 \leq r \leq 0.3$;

[0014] (2) $\text{D}'_x\text{D}''_y\text{N}_z:\text{Eu}_t, \text{D}^0_s$, 式中 D' 为 Ca、Sr 和 Ba 中的至少一种, 其中 Sr 是必须的, D'' 为 C、Si 或 Ge 中的至少一种, 其中 Si 是必须的, D^0 为 Ce、Pr、Nd、Sm、Dy、Yb 中的至少一种, $0.01 \leq x \leq 3$, $4 \leq y \leq 6$, $z = (2/3)x + (4/3)y$, $0.001 \leq t \leq 0.2$, $0 \leq s \leq 0.01$;

[0015] 所述黄绿色荧光粉发射主峰为 526 ~ 575nm, 红色荧光粉的发射主峰为 600 ~ 660nm; 黄绿色荧光粉与红色荧光粉的质量比为 60:40~95:5, 质量比控制在这个范围内能保证得到的是白光, 通过调节两种荧光粉的质量比可调节出不同色调的白光, 通常所谓的正白光是指色温在 5000~8000K 范围内的白光, 暖白光是指色温在 2500~4500K 范围内的白光。所述蓝光 LED 芯片的发射主峰为 440 ~ 470nm。

[0016] 本发明中, 黄绿色荧光粉置于红色荧光粉上方的实现方式有以下几种: ①将红色荧光粉和黄绿色荧光粉分别分散在封装胶中, 制成红色荧光粉胶和黄绿色荧光粉胶, 先将红色荧光粉胶涂覆在蓝光 LED 芯片上, 待其干燥后, 再将黄绿色荧光粉胶涂覆在其上方; 所述封装胶为硅胶或环氧树脂; ②在碗杯内蓝光 LED 芯片的上方设置由透明材料制成的透明层, 将红色荧光粉均匀的固定在透明层上, 再将黄绿色荧光粉固定到红色荧光粉层的表面; ③在透明层的上面固定黄绿色荧光粉层, 在透明层的下方固定红色荧光粉层; ④分别将红色荧光粉和黄绿色荧光粉与透明材料混合制成红色荧光粉饼和黄绿色荧光粉饼, 再将两种荧光粉饼按红色荧光粉饼在下黄绿色荧光粉饼在上固定在一起, 置于芯片上方。上述方案中, 透明层可根据需要设置为平面的或弧面的; 所述的透明材料选自玻璃、陶瓷、石英、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、聚碳酸酯 (PC)、聚乙烯 (PE)、聚酯树脂 (PET)、聚酰胺树脂 (PA)、有机硅、环氧树脂等。

[0017] 所述黄绿色荧光粉和红色荧光粉均是采用本领域公知的高温固相法制备而成, 通常包括以下步骤:

[0018] (1) 选取化学结构式中所含的元素的氧化物、碳酸盐、硝酸盐或其他化合物作为原料;

[0019] (2) 将所需各种原料混合均匀后, 置于高温炉中进行焙烧, 加热温度范围为 1100~1600°C, 保温时间为 2~20h。

[0020] (3) 将出炉的烧成产物进行破碎、过筛分级、洗涤、表面改性、干燥等工艺处理后, 最终得到所需的荧光粉。

[0021] 与现有技术相比, 本发明具有如下优点:

[0022] (1) 选用高光效的稀土铝酸盐基质的黄绿光发射荧光粉、硅酸盐绿粉与硅基氮化物红粉进行组合, 配合蓝光 LED 芯片, 通过设计不同体系荧光粉在 LED 内部的空间布置, 可以有效克服氮化物红色荧光粉对黄绿光的二次吸收, 可以在显著提升显色指数的同时, 也可获得较高的出光效率。

[0023] (2) 采用本发明提供的方案, 可以明显改善光斑, 提升白光 LED 的出光均匀度, 从

而可以避免使用混光的二次光学透镜,减少了二次光效透镜造成的光效损失。

[0024] (3)蓝光 LED 芯片-YAG 体系的另一个缺点是,LED 的颜色输出(光谱分布及峰值波长)会随 LED 活性层的带隙宽度和加在 LED 上的功率而变化。目前 LED 芯片在生产期间,总会有一定比例的 LED 是用实际带隙宽度大于和小于所需宽度的活性层制作的,因此 LED 的颜色输出存在一定的波动范围,这也会引起最终白光 LED 的光色变化。本发明由于采用了双组分荧光粉配合蓝光芯片,可在一定程度上降低最终白光的色彩波动幅度,有利于提升生产白光 LED 生产的良率。

附图说明

[0025] 图 1 现有技术中白光 LED 光源发光原理示意图。

[0026] 图 2 本发明实施例 1 的白光 LED 光源的截面结构示意图。

[0027] 图 3 本发明实施例 2 的白光 LED 光源的截面结构示意图。

[0028] 图 4 本发明实施例 3 的白光 LED 光源的截面结构示意图。

[0029] 图 5 本发明实施例 4 的白光 LED 光源的截面结构示意图。

[0030] 图 6 本发明实施例 5 的白光 LED 光源的截面结构示意图。

[0031] 图 7 为本发明实施例 1 的白光 LED 光源的光谱图。

[0032] 图 8 为本发明实施例 5 的白光 LED 光源的光谱图。

具体实施方式

[0033] 对比例 1

[0034] 选用发射主峰处于 455 ~ 460nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.95}Al_5O_{12}:Ce_{0.05}$,其发射主峰为 568.4nm,采用的红色荧光粉成分为 $Ca_{0.85}Sr_{0.1}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 643nm,将两种荧光粉按照 90.2 :9.8 的质量比混合加入硅胶中调成荧光粉胶,覆盖在芯片表面,其发光原理示意图如图 1 所示。该光源的白光光学数据见表 1。

[0035] 如图 1 所示,蓝光 LED 芯片 1 发出的蓝光,一部分蓝光 2 激发芯片上方的混合荧光粉 4,混合荧光粉受激发后发出由黄绿光 5 和红光 6 组成的混合光,这部分混合光与透射的部分蓝光 3 混合,最终获得肉眼所能感知到的白光 7。

[0036] 对比例 2

[0037] 选用发射主峰处于 450 ~ 455nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.87}Gd_{0.05}Al_5O_{12}:Ce_{0.08}$,其发射主峰为 571.4nm,采用的红色荧光粉成分为 $Ca_{0.87}Sr_{0.08}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 645nm,将两种荧光粉按照 88.4 :11.6 的质量比混合,再加入到硅胶中制成荧光粉胶,然后填充到碗杯中。其发光原理示意图如图 1 所示。该光源的白光光学数据见表 2。

[0038] 实施例 1

[0039] 选用发射主峰处于 445 ~ 450nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.95}Al_5O_{12}:Ce_{0.05}$,其发射主峰为 568.4nm,采用的红色荧光粉成分为 $Ca_{0.85}Sr_{0.1}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 643nm,这两种荧光粉的质量比为 90.3 :9.7,将红色荧光粉和黄绿色荧光粉分别分散在硅胶中,制成红色荧光粉胶和黄绿色荧光粉胶,先将红色

荧光粉胶涂覆在蓝光 LED 芯片上,待其干燥后,再将黄绿色荧光粉胶涂覆在其上方。其截面结构示意图如图 2 所示。该光源的白光光学数据见表 1。

[0040] 如图 2 所示,蓝光 LED 芯片 1 发出的蓝光透过封装胶 5,一部分首先激发下方的红色荧光粉 2 发出的红光,另一部分从荧光粉颗粒的间隙中透射出去,激发处于上方的黄绿色荧光粉 3 发出黄绿光,最后一部分透射的蓝光与红光、黄绿光再次混合得到白光。

[0041] 实施例 2

[0042] 选用发射主峰处于 452 ~ 457nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.95}Al_5O_{12}:Ce_{0.05}$,其发射主峰为 568.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.85}Sr_{0.1}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 643nm,这两种荧光粉的质量比为 90.3:9.7。首先将红色荧光粉均匀涂覆在用聚碳酸酯(PC)制成的透明层上,再将黄绿色荧光粉涂覆在红色荧光粉层的表面,将固定有荧光粉的透明层置于碗杯内蓝光 LED 芯片上方。其截面结构示意图如图 3 所示。该光源的白光光学数据见表 1。

[0043] 如图 3 所示,蓝光 LED 芯片 1 发出的蓝光一部分首先激发透明层 4 上的红色荧光粉 2 发出的红光,另一部分从从红色荧光粉 2 间隙中透射出去,激发处于红色荧光粉 2 上方的黄绿色荧光粉 3 发出黄绿光,最后一部分透射的蓝光与红光、黄绿光再次混合得到白光。

[0044] 实施例 3

[0045] 选用发射主峰处于 450 ~ 455nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.95}Al_5O_{12}:Ce_{0.05}$,其发射主峰为 568.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.85}Sr_{0.1}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 643nm,这两种荧光粉的总量比为 91.6:8.4。分别将红色荧光粉和绿色荧光粉与聚乙烯(PE)混合制成红色荧光粉饼和黄绿色荧光粉饼,再将两种荧光粉饼按照红色在下黄绿色在上固定在一起,置于碗杯内蓝光 LED 芯片上方,其截面结构示意图如图 4 所示。该光源的白光光学数据见表 1。

[0046] 如图 4 所示,蓝光 LED 芯片 1 发出的蓝光一部分首先激发下层的红色荧光粉 2 发出红光,另一部分从从红色荧光粉 2 间隙中透射出去,激发处于表层的黄绿色荧光粉 3 发出黄绿光,最后一部分透射的蓝光与红光、黄绿光再次混合得到白光

[0047] 实施例 4

[0048] 选用发射主峰处于 460 ~ 465nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.95}Al_5O_{12}:Ce_{0.05}$,其发射主峰为 568.4nm,红色荧光粉成分为 $Ca_{0.85}Sr_{0.1}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 643nm,这两种荧光粉的质量比为 90.5:9.5。将黄绿色荧光粉固定在由聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)制成的透明层上面,再将红色荧光粉固定在透明层下面,然后将该两面均固定有荧光粉层的透明层置于碗杯内蓝光 LED 芯片上方。其截面结构示意图如图 5 所示。该光源的白光光学数据见表 1。

[0049] 如图 5 所示,蓝光 LED 芯片 1 发出的蓝光一部分首先激发透明层 3 下层的红色荧光粉 2 发出红光,另一部分从从红色荧光粉 2 间隙中透射出去,激发处于表层的黄绿色荧光粉 5 发出黄绿光,最后一部分透射的蓝光与红光、黄绿光再次混合得到白光。

[0050] 实施例 5

[0051] 选用发射主峰处于 455 ~ 457.5nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.95}Al_5O_{12}:Ce_{0.05}$,其发射主峰为 568.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.85}Sr_{0.1}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 643nm,这两种荧光粉的质量比为 90.6:9.4。首先将红色荧光粉均匀涂覆在由

石英制成的弧面状透明层上,再将黄绿粉涂覆在红色荧光粉层的表面,将固定有荧光粉的透明层置于碗杯内蓝光 LED 芯片上方。其截面结构示意图如图 6 所示。该光源的白光光学数据见表 1。

[0052] 如图 6 所示,蓝光 LED 芯片 1 发出的蓝光一部分首先激发弧面状透明层 5 下层的红色荧光粉 2 发出红光,另一部分从从红色荧光粉间隙中透射出去,激发处于表层的黄绿色荧光粉 3 发出黄绿光,最后一部分透射的蓝光与红光、黄绿光再次混合得到白光。

[0053] 实施例 6

[0054] 选用发射主峰处于 455 ~ 460nm 的氮化镓蓝光芯片,采用黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.87}Gd_{0.05}Al_5O_{12}:Ce_{0.08}$,其发射主峰为 571.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.87}Sr_{0.08}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 645nm,按照 88.7:11.3 的质量比称取两种荧光粉,分别加入到环氧树脂中调成荧光粉胶。先将红色荧光粉胶涂覆在蓝光 LED 芯片表面,固化干燥后,再将黄绿色荧光粉胶涂覆在红色荧光粉胶上层。其截面结构示意图如图 2 所示。该光源的白光光学数据见表 2。

[0055] 实施例 7

[0056] 选用发射主峰处于 455 ~ 450nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.87}Gd_{0.05}Al_5O_{12}:Ce_{0.08}$,其发射主峰为 571.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.87}Sr_{0.08}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 645nm,两种荧光粉质量比为 89.3:10.7。制作方法与实施例 3 同,其中透明材料采用有机硅。该光源的白光光学数据见表 2。

[0057] 实施例 8

[0058] 选用发射主峰处于 455 ~ 457.5nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.87}Gd_{0.05}Al_5O_{12}:Ce_{0.08}$,其发射主峰为 571.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.87}Sr_{0.08}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 645nm,两种荧光粉为 88.7:11.3。制作方法与实施例 4 相同,其中透明材料采用陶瓷。该光源的白光光学数据见表 2。

[0059] 实施例 9

[0060] 选用发射主峰处于 450 ~ 452.5nm 的氮化镓蓝光芯片,采用的黄绿色荧光粉的成分为 $Y_{2.87}Gd_{0.05}Al_5O_{12}:Ce_{0.08}$,其发射主峰为 571.4nm,红色荧光粉的成分为 $Ca_{0.87}Sr_{0.08}AlSiN_3:Eu_{0.05}$,发射波长为 645nm,两种荧光粉的质量比为 90.7:9.3。制作方法与实施例 4 相同。该光源的白光光学数据见表 2。

[0061] 实施例 10~13

编号	荧光粉	质量比	制作方法
实施例 10	黄绿色荧光粉:	73.3:26.7	与实施例 1 同
[0062] 实施例 11	$Ba_{1.81}Sr_{0.15}SiO_4:Eu_{0.04}$	74.2:25.8	与实施例 2 同
实施例 12	红色荧光粉:	74.5:25.5	与实施例 3 同
实施例 13	$Sr_{1.98}Si_5N_{7.99}:Eu_{0.02}$	74.6:25.4	与实施例 4 同

[0063] 实施例 15~18

编号	荧光粉	质量比	制作方法
[0064]	实施例 15	64.2:35.8	与实施例 1 同
	实施例 16		
	实施例 17	65.5:34.5	与实施例 2 同
	实施例 18		
	黄色荧光粉: $\text{Lu}_{2.91}\text{La}_{0.05}\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}_{0.04}$	65.6:34.4	与实施例 3 同
	红色荧光粉: $\text{Sr}_{1.9}\text{Ca}_{0.05}\text{Si}_5\text{N}_{7.94}:\text{Eu}_{0.05}$	66.2:33.8	与实施例 4 同

[0065] 表 1 正白光光学性能指标对比

编号	色温	色坐标		显色指数 (CRI)	光效 (Lm/W)
		x	y		
对比例 1	5431	0.3341	0.3531	82.4	85.3
[0066]	实施例 1	0.3321	0.3501	83	90.2
	实施例 2	0.3315	0.3482	82.1	91.2
	实施例 3	0.3313	0.3476	81.2	92.4
	实施例 4	0.3328	0.3524	82.3	92.3
	实施例 5	0.3334	0.3525	84	93.5

[0067] 从表中数据可以看出,在色温为 5500K 左右时,在显色指数相当的情况下,Ra 为 82 左右,实施例 1~5 较对比例 1 的光效均有显著提升,提升幅度达到 8% 以上。

[0068] 表 2 暖白光光学性能指标对比

编号	色温	色坐标		显色指数 (CRI)	光效 (Lm/W)
		x	y		
对比例 2	3420	0.4193	0.4176	82	74.5
[0069]	实施例 6	0.4179	0.4139	82.3	82.3
	实施例 7	0.4167	0.4119	81.5	84.5
	实施例 8	0.3954	0.3867	83	83.9
	实施例 9	0.3979	0.3949	83	84.3

[0070] 从表中数据可以看出,在色温为 3500K 左右时,在显色指数相当的情况下,Ra 为 82 左右,实施例 6~9 较对比例 2 的光效均有显著提升,提升幅度达到 12% 以上。

[0071] 表 3 暖白光光学性能指标对比

编号	色温	色坐标		显色指数 (CRI)	光效 (Lm/W)
		x	y		
对比例 1	3420	0.4193	0.4176	82	74.5
[0072]	实施例 10	0.4218	0.4178	88	74.6
	实施例 11	0.4143	0.4169	87.5	75.3
	实施例 12	0.4222	0.4152	87.3	76.9
	实施例 13	0.4211	0.4275	89	76.3

[0073] 从表中数据可以看出,在色温为 3500K 左右时,实施例 7~12 较对比例 1 在相当的光效时,显色指数均有大幅提升。

[0074] 综合表 1、表 2 和表 3 的测试结果可以看出,本发明的白光 LED 光源在显著提升显色指数的同时,也可获得较高的出光效率。

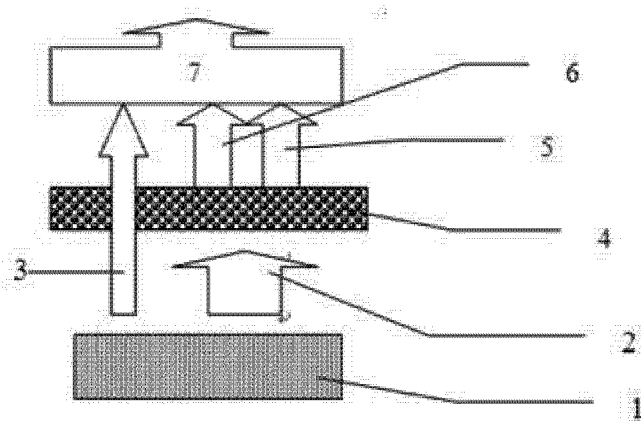


图 1

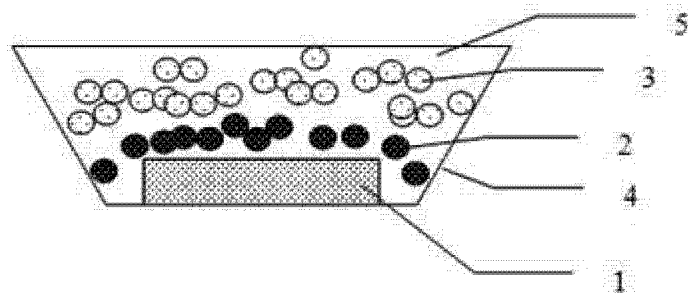


图 2

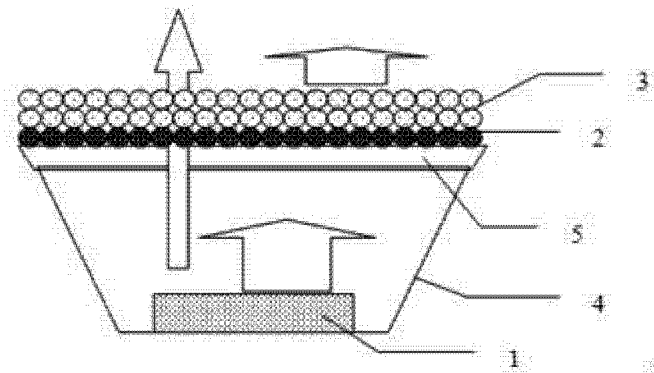


图 3

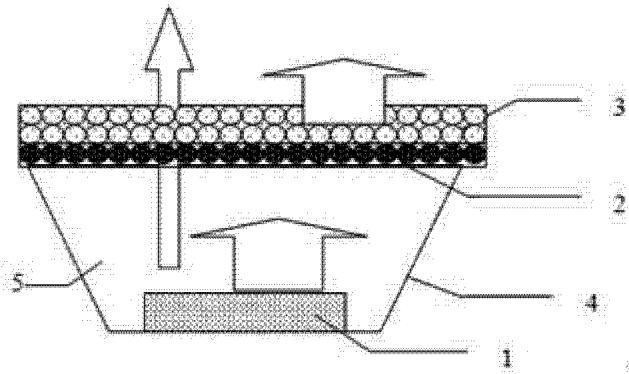


图 4

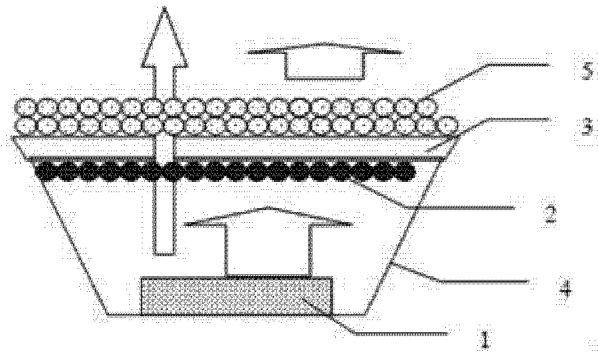


图 5

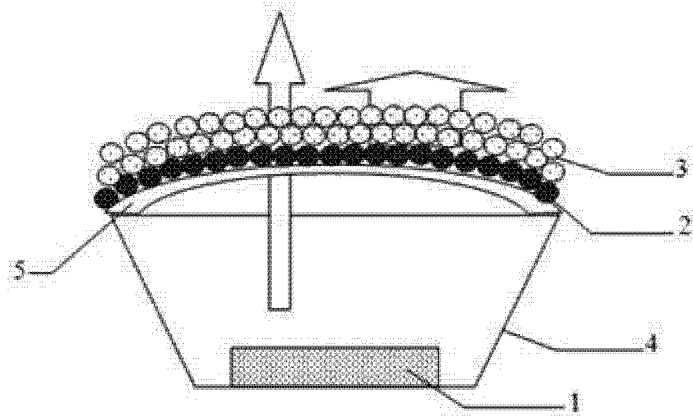


图 6

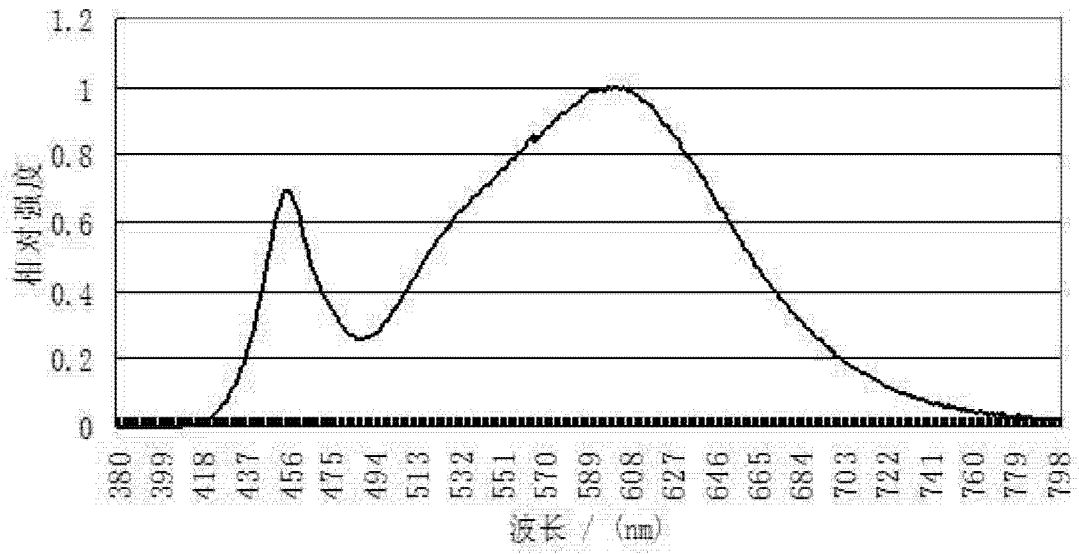


图 7

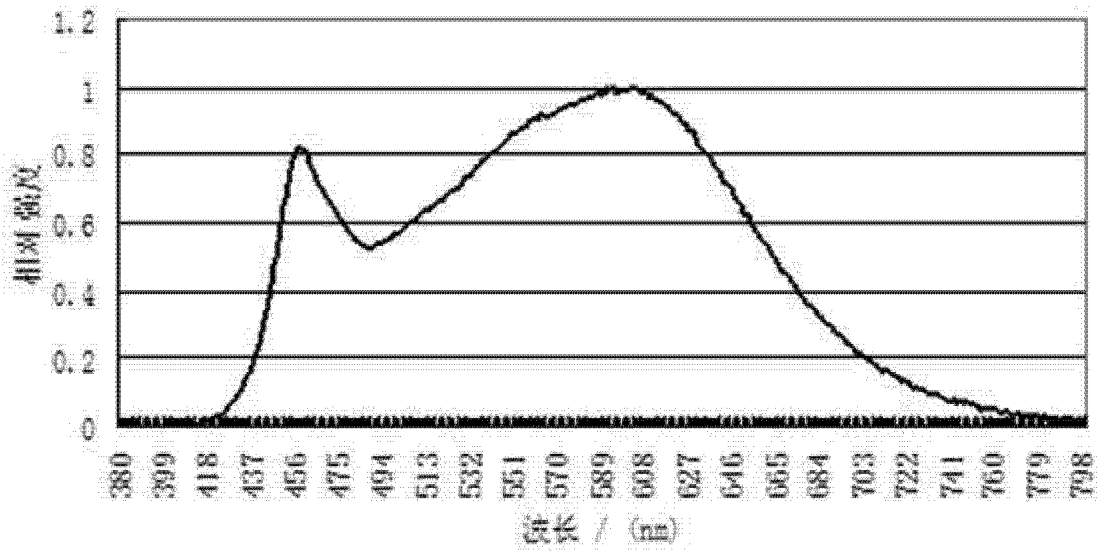


图 8