



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102468414 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201010538949. 9

(22) 申请日 2010. 11. 09

(73) 专利权人 四川新力光源股份有限公司
地址 611731 四川省成都市高新区(西区)新
达路2号

(72) 发明人 张明 李东明 赵昆 杨冕
刘北斗 张立 罗文正

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理
有限公司 11129

代理人 张涛

(51) Int. Cl.

H01L 33/50(2010. 01)

F21S 2/00(2006. 01)

F21Y 101/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101208813 A, 2008. 06. 25,

EP 2015611 A1, 2009. 01. 14,
CN 1541502 A, 2004. 10. 27,
US 2010/0096977 A1, 2010. 04. 22,
CN 101809355 A, 2010. 08. 18,

审查员 张弓

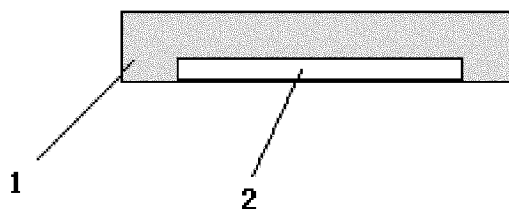
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

脉冲 LED 白光发光装置

(57) 摘要

本发明涉及一种脉冲 LED 白光发光装置, 属于白光 LED 制造技术领域。本发明 LED 白光发光装置, 包括 LED 芯片和能够在此 LED 芯片激发下发光的发光材料, 其特征在于: 所述发光材料的发光寿命是 1-100ms(优选 5-20ms), 所述 LED 芯片发出的光与发光材料发出的光的混合色为白色; 其中所述 LED 白光发光单元采用的驱动频率优选为 50-150 赫兹。本发明由于使用特定寿命的发光材料, 当电流周期变化时, 发光并不随着激发光源的消失而消失, 而会持续到下个周期开始, 从而弥补了由于脉冲电流关断时导致的 LED 芯片的发光频闪的影响, 使白光发光装置在脉冲周期的光输出保持稳定, 从而消除了脉冲频闪发光对人眼的伤害。



1. 脉冲 LED 白光发光单元,包括采用脉冲电流驱动的 LED 芯片和能够在此 LED 芯片激发下发光的发光材料,其特征在于:LED 芯片发出的光与发光材料发出的光的混合色为白色;所述脉冲电流为通断式脉冲电流,所述脉冲电流的频率为 50 赫兹,所述 LED 芯片是只包含一个发光 PN 结的 LED 芯片,所述 LED 芯片发出的光是紫外或可见光,

并且其中,

所述 LED 芯片是 254 纳米的紫外 LED 芯片,并且所述发光材料为发光寿命为 30ms 的 40wt% $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Y}^{3+}$ +60wt% $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}, \text{Ga}^{3+}$ 、发光寿命为 20ms 的 $\text{CdSiO}_3:\text{Dy}^{3+}$;或者

所述 LED 芯片是 310 纳米的紫外 LED 芯片,并且所述发光材料为发光寿命为 55ms 的 15wt% $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Tm}^{3+}$ +25wt% $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}, \text{B}^{3+}$ +40wt% $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ +20wt% $\text{Ca}_4\text{O}(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$;或者

所述 LED 芯片是 365 纳米的紫外 LED 芯片,并且所述发光材料为发光寿命为 16ms 的 15wt% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Y}^{3+}$ +25wt% $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}, \text{B}^{3+}$ +60wt% $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$;或者

所述 LED 芯片是 400 纳米的紫外 LED 芯片,并且所述发光材料为发光寿命为 5ms 的 50wt% $\text{SrMg}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Gd}^{3+}$ +50wt% $\text{CaTiO}_3:\text{Pr}^{3+}$;或者

所述 LED 芯片是 450 纳米的蓝光 LED 芯片,并且所述发光材料为发光寿命为 100ms 的 40wt% $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{B}^{3+}$ +60wt% $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Sm}^{3+}$;或者

所述 LED 芯片是 460 纳米的蓝光 LED 芯片,并且所述发光材料为发光寿命为 48ms 的 40wt% $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ +60wt% $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Mg}^{2+}, \text{Ti}^{3+}$ 。

2. 脉冲 LED 白光发光装置,其特征在于:包括脉冲驱动电路和至少一个权利要求 1 所述的脉冲 LED 白光发光单元。

3. 根据权利要求 2 所述的脉冲 LED 白光发光装置,其特征在于:LED 发光装置还包括导光覆盖层。

4. 根据权利要求 3 所述的脉冲 LED 白光发光装置,其特征在于:所述导光覆盖层中掺有粒径小于 5 微米的非发光材料颗粒。

脉冲 LED 白光发光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种脉冲 LED 白光发光装置,属于白光 LED 制造技术领域。更具体的说,涉及一种使用特定寿命的发光材料制备的脉冲 LED 白光发光装置。

背景技术

[0002] 目前,LED 用于照明、显示和背光源等领域,并以其节能、耐用、无污染等优点而引起广泛的重视。实现白光 LED 有多种方案,其中采用蓝光 LED 芯片和黄色荧光粉组合来实现白光发射,是当前制备白光 LED 最为成熟的技术方案。1967 年《Appl. Phys. Lett.》第 11 卷第 53 页报道了发光材料 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, 该材料具有黄色发光,最强发光波长在 550 纳米,寿命小于 100 纳秒。1997 年《Appl. Phys. A》第 64 期 417 页报道了利用 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ 的黄色发光和蓝光氮化镓实现了 LED 白光发射,此技术是当前制备白光 LED 最为成熟的技术方案。目前 LED 发光器件都采用恒流电流驱动,在这种模式下,LED 芯片一直处在工作状态下,会产生大量的热量,会导致整个装置的光衰和封装材料老化等一系列问题。实际上,LED 发光装置,特别是大功率装置的发光的散热问题是目前 LED 应用中的一个瓶颈。

[0003] 美国专利 US 7,489,086B2“AC LIGHT EITTING DIODE AND AC LED DRIVEMETHODS AND APPARATUS”提供了一种非恒流驱动的交流 LED 器件,该发明主要是使集成封装的 LED 器件在高于 100 赫兹的频率下工作,利用人肉眼的视觉暂留效应来弥补交流工作下 LED 器件发光的频闪。由于 LED 芯片并非一直工作,所以产生的热量较少,有利于散热。然而,虽然人眼无法区别 100 赫兹以上的发光频闪,但是发光的波动是现实存在的,会使眼睛疲劳,造成伤害。同时,集成封装的 LED 芯片在狭小的基片空间上集成还存在工艺复杂、难度大的问题。

[0004] 交流电流是大小和方向随时间做周期性变化的电流。脉冲电流是方向不变,大小随时间周期性改变的电流。即按照一定的时间规律,通电一段时间,然后又断电一段时间,又通电一段时间,然后又断电一段时间,如此反复。

[0005] 由于通、断电造成的发光频闪问题对眼睛的伤害,目前为止,未见实用性的脉冲电流驱动的 LED 白光发光装置。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种脉冲电流驱动的 LED 白光发光装置。该 LED 白光发光装置具有光衰小和发光波动小的优点。

[0007] 本发明的技术方案:本发明脉冲电流驱动芯片的 LED 白光发光装置使用特定寿命的发光材料。

[0008] 具体地,LED 白光发光单元,包括 LED 芯片和能够在此 LED 芯片激发下发光的发光材料,其特征在于:所述发光材料的发光寿命是 1-100ms(优选 5-20ms),所述 LED 芯片发出的光与发光材料发出的光的混合色为白色;其中所述 LED 白光发光单元采用的驱动频率优选为 50-150 赫兹,当频率过高时,会对半导体芯片产生一定的损害。根据发光学定义,发光

材料的发光寿命为材料发光强度降到激发时最大强度的 $1/e$ 所需的时间。

[0009] 其中, LED 芯片发出的光是紫外或可见光。紫外光的范围为 200nm-380nm, 可见光的范围为 380nm-780nm。

[0010] 本发明中, 发光材料在 LED 芯片的激发下发光, 且发出的光的整体视觉效果为白光, 或发光材料发出的光和芯片发出的光的整体视觉效果为白光。

[0011] 发光材料所述发光材料为无机发光材料、有机发光材料或它们的混合。可以是下述材料中的至少一种: CaS:Eu^{2+} ; CaS:Bi^{2+} , Tm^{3+} ; ZnS:Tb^{3+} ; $\text{CaSrS}_2:\text{Eu}^{2+}$, Dy^{3+} ; $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$; $\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$; $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}^{3+}$; $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$; $\text{YBO}_3:\text{Tb}^{3+}$; $\text{Y}(\text{V}, \text{P})\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$; $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$; $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$, Dy^{3+} , B^{3+} ; $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}$; $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}$, Dy^{3+} , B^{3+} ; $\text{BaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$; $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$; $\text{Sr}_3\text{SiO}_5:\text{Eu}^{2+}$, Dy^{3+} ; $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} ; $\text{Tb}(\text{acac})_2(\text{AA})\text{phen}$; $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$; $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Tb}^{3+}$; $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$; $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Tb}^{3+}$; $\text{Ca}_2\text{Zn}_4\text{Ti}_{15}\text{O}_{36}:\text{Pr}^{3+}$; $\text{CaTiO}_3:\text{Pr}^{3+}$; $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Tm}^{3+}$; $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, Y^{3+} ; $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, Y^{3+} ; $\text{Lu}_2\text{O}_3:\text{Tb}^{3+}$; $\text{Sr}_2\text{Al}_6\text{O}_{11}:\text{Eu}^{2+}$; $\text{Mg}_2\text{SnO}_4:\text{Mn}^{2+}$; $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Ce}^{3+}$, Tb^{3+} ; $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Tb}^{3+}$; $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F}, \text{Cl}):\text{Sb}, \text{Mn}$; $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$; $\text{Sr}_2\text{CaSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$; $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$, Ga^{3+} ; $\text{CaO}:\text{Eu}^{3+}$; $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Mg}^{2+}$, Ti^{3+} ; $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Sm}^{3+}$; $\text{SrMg}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$, Gd^{3+} ; $\text{BaMg}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$, Gd^{3+} ; $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$, As^{5+} ; $\text{CdSiO}_3:\text{Dy}^{3+}$, $\text{MgSiO}_3:\text{Eu}^{2+}$, Mn^{2+} 。

[0012] 优选材料为 $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, Y^{3+} ; $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$, Y^{3+} ; $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}^{2+}$, Dy^{3+} , B^{3+} ; $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$, Dy^{3+} , B^{3+} ; $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$, As^{5+} ; $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Tm}^{3+}$; $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$; $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Tb}^{3+}$; $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$, Ga^{3+} ; $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ 中的至少一种。

[0013] 另外, 本发明 LED 白光发光装置还包含导光覆盖层, 为非平面型导光结构。通过导光覆盖层将 LED 芯片和发光材料的发光进行反射、折射、散射并匀光最终混合导出均匀一致的光。其中, 所述导光覆盖层为透镜或其它透明覆盖层, 其中可以掺有粒径小于 5 微米的非发光材料颗粒, 从而使得芯片输出的更加光均匀散射。

[0014] 本发明的有益效果:

[0015] 现有 LED 白光发光装置以发光寿命极短的 YAG:Ce 作为发光材料, 在脉冲周期变化会导致发光频闪现象, 虽然人眼无法辨别在大于 100 赫兹的发光频闪, 但实际上这种频闪会造成视觉疲劳, 对眼睛产生伤害。本发明由于采用具有特定发光时间的发光材料, 在激发光源消失时能维持发光, 这样, 在基于本发明方案的脉冲 LED 白光发光装置中, 当电流周期变化时, 发光并不随着激发光源的消失而消失, 而会持续到下个周期开始, 从而弥补了由于脉冲电流关断时导致的 LED 芯片的发光频闪的影响, 使白光发光装置在脉冲周期的光输出保持稳定, 从而消除了脉冲频闪发光对人眼的伤害。而且, 本发明脉冲 LED 白光发光装置可使用普通的单一 PN 结的 LED 芯片, 不需要由于脉冲电流驱动而制备特殊芯片。另外, 本发明由于在脉冲周期内 LED 芯片有一段时间不工作, 使得其热效应下降, 这样有助于克服现有恒流驱动 LED 白光发光装置中芯片发热带来的系列难题。

[0016] 说明书附图

[0017] 图 1 为 LED 白光发光单元组成示意图, 1 为发光材料, 或由发光材料和透明介质组成的发光层; 2 为 LED 芯片。

[0018] 图 2 为实施例 1-8 在 CIE 1931 色度图中的色点。数字 1-8 分别对应于实施例 1-8。

[0019] 图 3 为交流电经过整流后得到的周期性脉冲波形。

[0020] 图 4 为方波构成的周期性脉冲波形。

[0021] 以下通过实施例形式的具体实施方式,对本发明的上述内容再作进一步的详细说明。但不应将此理解为本发明上述主题的范围仅限于以下的实例。凡基于本发明上述内容所实现的技术均属于本发明的范围。

具体实施方式

[0022] 实施例 1-8 采用表 1 的发光材料和市售单一 PN 结 LED 芯片,采用通用封装技术得到的方波脉冲 LED 白光发光装置,脉冲频率为 50 赫兹,也就是脉冲周期为 20ms。脉冲周期内电流接通时间为 12.5ms,关断时间为 7.5ms。以下实施例采用图 3 所述的脉冲驱动电流驱动。

[0023] 本发明驱动电流不限于图 3 或图 4 所述的脉冲驱动电流。本发明适用于方向不变,大小随时间周期性改变的电流。即按照一定的时间规律,通电一段时间,然后又断电一段时间,又通电一段时间,然后又断电一段时间,如此反复。

[0024] 实施例 1-8

[0025] 表 1

[0026]

| 实施例 | LED 芯片(发光波长) | 发光材料 | 材料整体发光寿命 (ms) |
|-----|--------------|--|---------------|
| 1 | 紫外 (254nm) | 40wt% Sr ₂ P ₂ O ₇ :Eu ²⁺ , Y ³⁺ 60wt% Zn ₃ (PO ₄) ₂ :Mn ²⁺ , Ga ³⁺ | 30 |
| 2 | 紫外(254nm) | CdSiO ₃ :Dy ³⁺ | 20 |
| 3 | 紫外 (310nm) | 15wt% Zn ₂ P ₂ O ₇ :Tm ³⁺ 25wt% Sr ₄ Al ₁₄ O ₂₅ :Eu ²⁺ , Dy ³⁺ , B ³⁺ 40wt% CaS:Eu ²⁺ 20wt% Ca ₄ O(PO ₄) ₂ :Eu ²⁺ | 55 |
| 4 | 紫外 (365nm) | 15wt% Ca ₂ P ₂ O ₇ :Eu ²⁺ , Y ³⁺ 25wt% Sr ₄ Al ₁₄ O ₂₅ :Eu ²⁺ , Dy ³⁺ , B ³⁺ 60wt% Y ₂ O ₂ S:Eu ³⁺ | 16 |
| 5 | 紫光(400nm) | 50wt% SrMg ₂ (PO ₄) ₂ :Eu ²⁺ , Gd ³⁺ 50% CaTiO ₃ :Pr ³⁺ | 5 |
| 6 | 紫光(400nm) | 35wt% Sr ₄ Al ₁₄ O ₂₅ :Eu ²⁺ 65wt% Y ₂ O ₂ S:Eu ³⁺ | 1 |
| 7 | 蓝光 (450nm) | 40wt% SrAl ₂ O ₄ :Eu ²⁺ , B ³⁺ 60wt% Y ₂ O ₂ S:Sm ³⁺ | 100 |
| 8 | 蓝光 (460nm) | 40wt% SrAl ₂ O ₄ :Eu ²⁺ 60wt% Y ₂ O ₂ S:Mg ²⁺ , Ti ³⁺ | 48 |

[0027] 试验例 1 本发明脉冲 LED 白光发光装置发光特性

[0028] 表 2 给出了实施例 1-8 所给出的脉冲 LED 白光发光装置用每秒拍 300 张照片的 Sarnoff 公司 CAM512 型高速科学级照相机拍摄的 20 毫秒内的发光亮度。参比样 1 为市售 460 纳米蓝光芯片封装上黄色发光材料 YAG:Ce (发光寿命为 100ns) 按实施例 1-8 的同一方式组成的脉冲驱动 LED 白光发光装置, 参比样 2 为市售 460 纳米蓝光芯片封装上长寿命材料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 和 $\text{Y}_2\text{O}_3\text{S}:\text{Eu}, \text{Mg}, \text{Ti}$ (发光寿命大于 1 秒) 按实施例 1-8 的同一方式组成的脉冲电流驱动 LED 白光发光装置。表 2 中亮度数据为相对亮度, 无量纲。

[0029] 表 2

[0030]

| 时间 | 3.33 毫秒 | 6.66 毫秒 | 9.99 毫秒 | 13.32 毫秒 | 16.65 毫秒 | 19.98 毫秒 |
|----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 参比样 1 亮度 | 3800 | 3800 | 3800 | 0 | 0 | 0 |
| 参比样 2 亮度 | 1008 | 1008 | 1008 | 821 | 752 | 671 |
| 实施例 1 亮度 | 3054 | 3054 | 3054 | 2541 | 2000 | 1846 |
| 实施例 2 亮度 | 3140 | 3140 | 3140 | 2884 | 2421 | 1942 |
| 实施例 3 亮度 | 2788 | 2787 | 2788 | 2124 | 1756 | 1555 |
| 实施例 4 亮度 | 2945 | 2945 | 2945 | 2234 | 2001 | 1754 |
| 实施例 5 亮度 | 2348 | 2350 | 2350 | 2001 | 1765 | 1498 |
| 实施例 6 亮度 | 2200 | 2200 | 2200 | 1520 | 1120 | 960 |
| 实施例 7 亮度 | 2321 | 2320 | 2320 | 1950 | 1745 | 1523 |
| 实施例 8 亮度 | 2412 | 2412 | 2412 | 2130 | 1932 | 1744 |

[0031] 从表 2 可以看出, 本发明在脉冲电流周期中的发光较为稳定, 电流关断时间内发光仍较好。而参比样 1 亦即使用现有市售蓝光芯片封装上发光寿命较短的传统的黄色 YAG:Ce 发光材料的脉冲 LED 白光发光装置获得的发光不稳定, 电流关断时间内发光为零。

[0032] 虽然如参比样 2 所示的、使用发光寿命过长的发光材料时该脉冲 LED 白光发光装置的发光亮度在脉冲周期内波动也较小, 但由于材料在激发光存在时获得的能量不能迅速释放, 导致其发光较弱 (见表 1), 不利于作为发光材料使用。

[0033] 表 3 是表 1 实施例的色坐标和色温 (采用美能达 CS-100A 色度计测量)

[0034] 表 3 CIE 色坐标和色温

[0035]

| 色坐标 | CIE _x | CIE _y | 相关色温 |
|-------|------------------|------------------|-------|
| 实施例 1 | 0.3076 | 0.3907 | 4348K |
| 实施例 2 | 0.3310 | 0.3214 | 5548K |
| 实施例 3 | 0.3154 | 0.4024 | 6111K |
| 实施例 4 | 0.3095 | 0.3332 | 6654K |

| | | | |
|-------|--------|--------|-------|
| 实施例 5 | 0.3280 | 0.3566 | 5694K |
| 实施例 6 | 0.3367 | 0.4002 | 5402K |
| 实施例 7 | 0.3100 | 0.3096 | 6828K |
| 实施例 8 | 0.3544 | 0.3323 | 4519K |

[0036] 从表 4 可以看出,上述实施例得到了 LED 白光发光装置的发光颜色为白光。各实施例发光在 CIE 1931 色度图中的色点位置见图 3。

[0037] 试验例 2 本发明脉冲 LED 白光发光装置的光衰

[0038] 表 4 给出了实施例 1-8 和参比样的光衰数据。参比样为将市售 460 纳米蓝光芯片封装上 YAG:Ce 的白光 LED 芯片按目前通用的直流供电方式安装的 LED 白光发光装置。测试方法如下:将实施例所述脉冲 LED 白光发光装置和参比装置通电后在一定间隔时间内测其发光亮度,结果如表 4 所示。表 4 中数据为美能达 CS-100 亮度计测试的相对亮度,以最初数据归一化。

[0039] 表 4

| 时间 | 1 小时 | 1000 小时 | 1500 小时 | 2500 小时 |
|----------|------|---------|---------|---------|
| 参比样亮度 | 100 | 98 | 97.1 | 96.3 |
| 实施例 1 亮度 | 100 | 99.8 | 99.6 | 99.5 |
| 实施例 2 亮度 | 100 | 99.5 | 99.5 | 99.4 |
| 实施例 3 亮度 | 100 | 99.6 | 99.5 | 99.2 |
| 实施例 4 亮度 | 100 | 99.4 | 99.2 | 99 |
| 实施例 5 亮度 | 100 | 99.4 | 99.4 | 99 |
| 实施例 6 亮度 | 100 | 99.5 | 99.2 | 98.5 |
| 实施例 7 亮度 | 100 | 99.5 | 99.3 | 99 |
| 实施例 8 亮度 | 100 | 99.3 | 99.1 | 98.6 |

[0041] 从表 4 的数据可以看出本发明的脉冲 LED 白光发光装置的亮度衰减要小于采用现有方式的 LED 白光发光装置。

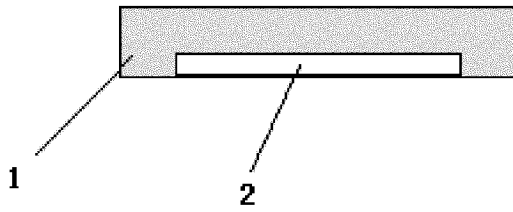


图 1

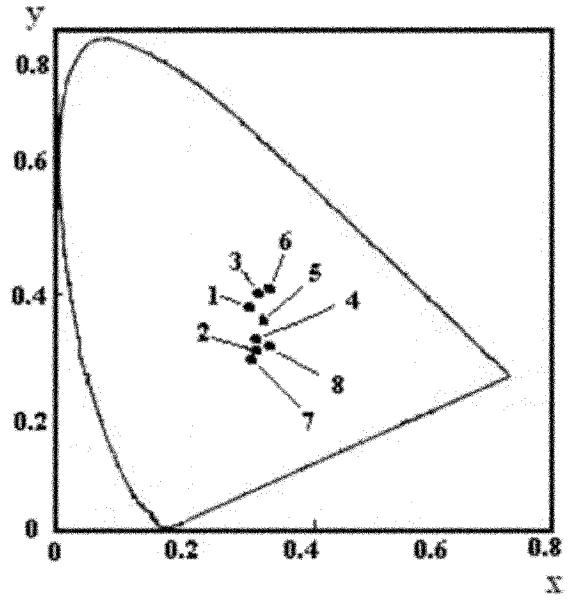


图 2

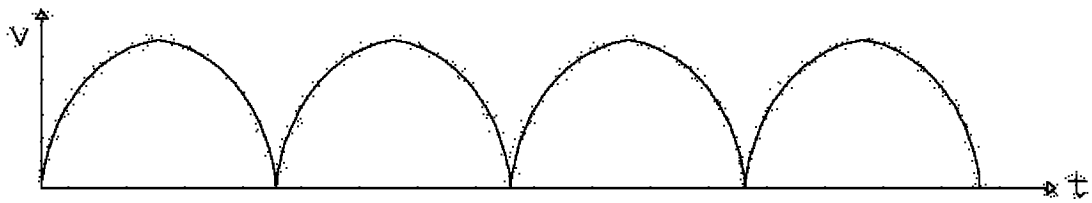


图 3

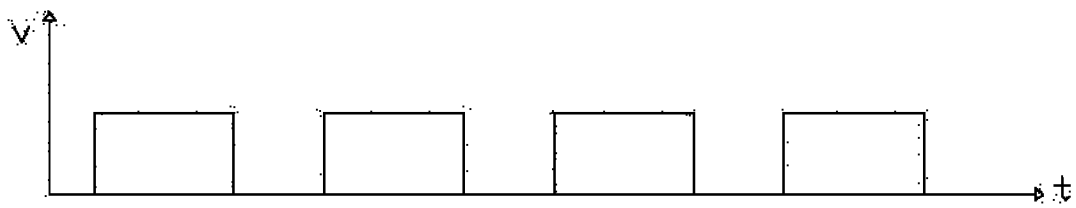


图 4