

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780028714.1

[43] 公开日 2009年7月29日

[11] 公开号 CN 101496188A

[22] 申请日 2007.7.20

[21] 申请号 200780028714.1

[30] 优先权

[32] 2006.7.28 [33] US [31] 60/820,679

[86] 国际申请 PCT/CN2007/002208 2007.7.20

[87] 国际公布 WO2008/014675 英 2008.2.7

[85] 进入国家阶段日期 2009.2.1

[71] 申请人 港大科桥有限公司

地址 中国香港薄扶林道

[72] 发明人 蔡凯威

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 张雪梅 蒋 骏

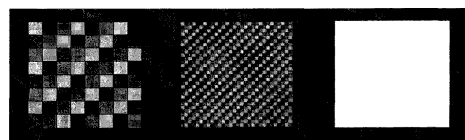
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

制作白光 LED 和颜色连续可调 LED 的方法

[57] 摘要

提出了一种包括荧光微球涂层的发光二极管。该涂层由发射绿色和红色波长的荧光的荧光微球组成，其由较短波长 LED 激励。由于球的微米级尺寸，而使得它们对于人眼是不可分辨的并且整个光输出呈现为混合色。通过改变绿色和红色荧光微球的比率以及激励源的波长，能调整光输出的颜色。如果光输出具有适当比率的蓝色、绿色和红色分量，则能实现发白光。发光二极管能分割成多个可单独工作的区域。根据所涂覆的荧光微球的类型，每个分区能以不同波长发射。通过改变偏置电压来改变蓝色、绿色和红色区域的亮度，能连续调整(改变)输出波长(颜色)。



1. 一种用于制作发白光发光二极管 (LED) 的方法, 包括:
提供具有发光表面的 LED 基体泵浦, 其发射具有大约 400nm 至大约 480nm 波长的光;
在所述 LED 基体泵浦的发光表面上淀积红色和绿色荧光微球;
将所述红色和绿色微球扩布在所述 LED 基体泵浦的发光表面上, 以生成微球层; 以及
用保护介电层或涂层固定所述微球层。
2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述介电层或涂层是通过电子束蒸发而施加的二氧化硅。
3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述 LED 基体上的所述红色和绿色微球层包括组织成六边形阵列的红色和绿色微球的几个单分子层。
4. 根据权利要求 1 所述的方法, 另外包括: 利用密封剂来密封所述发白光 LED, 以保护该发白光 LED。
5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 利用倾斜或旋转而将所述荧光微球扩布在均匀的层中。
6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述红色和绿色荧光微球在通过倾斜或旋转而涂布到所述基体 LED 基体泵浦的发光表面之前悬浮在去离子水中。
7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述红色和绿色荧光微球与密封剂混合, 然后被施加到所述 LED 基体泵浦的发光表面。
8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述密封剂是环氧树脂。
9. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述红色和绿色荧光微球位于不同的区域中以形成红色和绿色像素, 并且所述红色和绿色像素利用金金属互连层互相连接。
10. 一种用于制作混色、可调发光二极管 (LED) 的方法, 包括:
提供具有发光表面的 LED 基体泵浦光源, 其发射具有大约 400nm 至大约 480nm 的波长的光;
在所述 LED 基体泵浦的一区域上通过使用绿色荧光微球涂覆该区域而形成多个绿色像素;

在所述 LED 基体泵浦的一区域上通过使用红色荧光微球涂覆该区域而形成多个红色像素;

利用金金属薄层将所述多个绿色像素彼此连接以及将所述多个红色像素彼此连接;

允许所述发光表面的一区域保持未涂覆以形成蓝色像素;

在非有源区上淀积二氧化硅薄层以防止基体 LED 泵浦上的 p-n 结短路; 以及

在所述像素上淀积二氧化硅薄层, 以形成所述混色、可调发光二极管上的保护覆盖层。

11. 一种白色发光二极管 (LED), 包括:

LED 基体, 其发射较短波长区 (大约 400nm 至大约 480nm) 中的光, 作为所述发白光 LED 的泵浦光源;

至少一层红色和绿色荧光微球, 附着到所述 LED 基体上, 当通过所述 LED 基体发射的光来激励时, 在微米级区域中发射红色和绿色光, 使得所述微米级区域通过人肉眼不能分辨, 因而呈现为发射白光。

12. 根据权利要求 11 所述的白色发光二极管 (LED), 其中, 能改变红色和绿色微球的比率, 以产生不同的颜色。

13. 根据权利要求 11 所述的白色发光二极管 (LED), 其中, 所述至少一层红色和绿色荧光微球包括多个可单独寻址的微米级区域或像素, 发射蓝色、红色或绿色光中的一种。

14. 根据权利要求 11 所述的白色发光二极管 (LED), 其中, 所述 LED 基体发射蓝色光, 并且所述荧光微球发射红色或绿色光。

15. 根据权利要求 13 所述的白色发光二极管 (LED), 其中, 所述蓝色、绿色和红色光每个都具有可单独调节的亮度。

16. 根据权利要求 11 所述的白色发光二极管 (LED), 其中, 所述红色和绿色微球以及所述基体 LED 的输出波长是连续可调的。

17. 一种混色、颜色可调发光二极管 (LED), 包括:

LED 基体泵浦光源, 具有发光表面, 发射具有大约 400nm 至大约 480nm 的波长的光;

多个绿色像素, 通过将绿色荧光微球涂覆到所述 LED 基体泵浦的一区域上而被提供在该区域上;

多个红色像素, 通过将红色荧光微球涂覆到所述 LED 基体泵浦的一

区域上而被提供在该区域上;

多个蓝色像素, 位于所述LED基体泵浦的未涂覆的区域上;

所述绿色像素使用金金属薄层而彼此连接, 所述红色像素使用金金属薄层而彼此连接;

二氧化硅薄层, 位于所述金金属层的非有源区上, 以防止所述基体LED泵浦上的pn结短路; 和

二氧化硅薄层, 位于所述像素上, 以形成所述颜色可调发光二极管上的保护覆盖层。

制作白光 LED 和颜色连续可调 LED 的方法

相关申请的交叉引用

本申请要求基于 2006 年 7 月 28 日提交的美国临时专利申请 No. 60/820,679 的优先权，其全部内容通过引用结合于此。

技术领域

本发明涉及一种发光二极管 (LED) 器件。具体地，它包括用于波长 (颜色) 转换的荧光微球的使用和颜色可调 LED 的实现。

背景技术

发光二极管是光电器件，其通过使注入的电子和空穴辐射复合而发光。依据器件中的活性材料的带隙，LED 能发射从紫外光到红外光的宽广范围的波长。然而，主要关心的光的波长处于可见区内。以可见光谱 (通常从~400nm (紫色) 到~700nm (红色)) 发射的 LED 对于人眼是可见的，因而可用于照明目的。为了发射可见波长的光，通常使用的 III 族和 V 族元素为镓 (Ga)、铟 (In) 和氮 (N)。这些材料掺杂有来自周期表中的其他列的杂质以允许电活性，其反过来经由电子从导电态到价态的复合而产生光。

上述器件由 (In,Ga) N 材料组 (material group) 制成。由该材料系统 (material system) 制造的 LED 已得以验证。LED 是以单个谱峰和窄线宽 (~30nm) 发射的单色光源。通过改变材料系统中的铟成分，能使采用 (In,Ga) N 材料系统制造的 LED 发射范围从~380nm (近紫外光) 到~540nm (绿色) 的单色光。LED，具有其单色特性，可用于诸如光指示器的应用。

另一方面，白光是不能利用 LED 直接产生的宽带、多色光。然而，如果能使 LED 产生大量离散或连续波长的光，最后的合成光谱将是多色的并且来自这种 LED 的发射将呈现为白色。因为白光对于照明目的而言是理想的，所以这是特别有用的。作为照明光源，LED 在效率、寿命和光谱纯度方面优于诸如白炽灯和荧光管的其他技术。

存在制作宽带 LED 光源的两种主要方法。第一种方法使用磷，用于颜色下转换（color down-conversion）。在这些系统中，较短波长的单色 LED，例如以 460nm（蓝色）发射的 InGaN LED，被用作激励光源。这种光被用以激励磷发射诸如绿色和红色的较长波长的光。最后的合成光包括来自可见光谱的不同部分的分量，并且被认为是宽带光。由于磷粒子小（纳米级）且眼睛不能区分，因此，如果不同颜色的比例适当，所发射的光则呈现为白色。这种白光产生形式类似于荧光管中所采用的形式。

已经开发了使用磷用于颜色下转换的白光 LED 技术，但它的输出在输出光谱中存在尖峰。这种光谱特性会刺激人眼而使其不舒服。

制作宽带 LED 光源的另一种方法是将分立的 LED 芯片安装在单个封装中。这些通常被称为多芯片 LED，其中以基色（蓝色、绿色和红色）发射的 LED 被安装在单个封装中。然而，利用该技术并不能实现发白光。每个 LED 芯片其直径通常都在 100 微米以上，而且 LED 芯片的间隔具有相同的数量级。结果，颜色未被均匀化，并且除非远离放置（在该情况下 LED 亮度极大地下降），否则对于眼睛呈现为离散的颜色。

虽然上文提及的器件中的分立 RGB LED 能单独驱动，并且允许改变各种颜色分量的亮度，但是颜色未被混合，因而不能构成颜色可调器件。真正的颜色可调 LED 在市场上尚未出现。

发明内容

本发明提供了一种用于制作发白光发光二极管（LED）的方法。该方法包括：提供具有发光表面的 LED 基体泵浦，其发射具有大约 400nm 至大约 480nm 波长的光；在所述 LED 基体泵浦的发光表面上淀积红色和绿色散布荧光微球以生成荧光微球层；用介电层或涂层固定所述荧光微球层。

本发明还提供了一种白色发光二极管（LED），包括：LED 基体泵浦，其发射较短波长区（大约 400nm 至大约 480nm）中的光，作为所述发白光 LED 的泵浦源；至少一层红色和绿色荧光微球，其附着到所述 LED 基体上，当通过所述 LED 基体泵浦发射的光来激励时，其在微米级区域中发射红色和绿色光，使得所述微米级区域通过人肉眼不可分辨，因而呈现为发射白光。

本发明还提供了一种用于制作混色、可调发光二极管（LED）的方法，包括：提供具有发光表面的LED基体泵浦光源，其发射具有大约400nm至大约480nm的波长的光；在所述LED基体泵浦的一区域上通过使用绿色荧光微球涂覆该区域而形成多个绿色像素；在所述LED基体泵浦的一区域上通过使用红色荧光微球涂覆该区域而形成多个红色像素；利用金金属薄层而将所述多个绿色像素彼此连接以及将所述多个红色像素彼此连接；允许所述发光表面的一区域保持未涂覆以形成蓝色像素；在非有源区上淀积二氧化硅薄层以防止基体LED泵浦上的p-n结短路；以及在所述像素上淀积二氧化硅薄层，以形成所述混色、可调发光二极管上的保护覆盖层。

本发明另外还提供了一种混色、颜色可调发光二极管（LED），包括：LED基体泵浦光源，其具有发光表面，发射具有大约400nm至大约480nm的波长的光；多个绿色像素，其通过将绿色荧光微球涂覆到所述LED基体泵浦的一区域上而被提供在该区域上；多个红色像素，其通过将红色荧光微球涂覆到所述LED基体泵浦的一区域上而被提供在该区域上；多个蓝色像素，位于所述LED基体泵浦的未涂覆的区域上；所述绿色像素使用金金属薄层而彼此连接，所述红色像素使用金金属薄层而彼此连接；二氧化硅薄层，位于所述金金属层的非有源区上，以防止所述LED基体泵浦上的pn结短路；和二氧化硅薄层，位于所述像素上，以形成所述颜色可调发光二极管上的保护覆盖层。

附图说明

在审阅下面结合附图对优选实施例的详细说明时，本发明另外的特征和优点将变得明显，附图中：

图1示出了使用根据本发明的包括荧光微球的LED的颜色发射；

图2示出了将微球有序地封装成六边形阵列的（a）俯视图和（b）斜视图；

图3示出了本发明中的混色效果；

图4示出了使用本发明中所提出的制造方法的白光LED；

图5示出了使用根据本发明的制造方法而制造的白光LED的光谱；

图6示出了颜色可调LED的版图的示意图，图解了R、G和B像素使用金属线的互连方案；

图 7 示出了本发明所制造的颜色可调 LED 的显微照片；以及图 8(a) 示出了根据本发明的其中“蓝色”像素接通的颜色可调 LED，显示了像素阵列的三分之一，图 8(b) 示出了“红色”像素接通的情形。

具体实施方式

本发明产生自下述发现，即，将颜色转换方案连同微 LED 技术一起使用，使得包括白光 LED 和波长可调 LED 的多种新型器件能够得以制造，这对于使用诸如磷的现有技术是不可行或不可能的。

本发明包括两个主要部分：发明的第一部分提出了使用染成绿色和红色的荧光微球，作为用于白光 LED 中颜色转换的媒介 (agent)；而发明的第二部分提出了将微球与微发光二极管 (微 LED) 技术结合使用，用于制作颜色可调 LED。

转向第一方面，将染成红色和绿色的荧光微球的混合物涂覆到发短波长 LED 上，该发短波长 LED 的发射波长通常在 400nm (紫色) 到 480nm (蓝色) 之间。使用在蓝宝石衬底上通过 MOCVD 外延生长 GaN 材料的 LED 晶片来制造这种 LED。一系列多量子阱被嵌入该 LED 结构中，以获得期望的发射波长。

首先利用光刻法限定 LED 的台面区 (mesa region) 来制造该 LED。光致抗蚀剂层被旋涂到 LED 晶片上，并在光刻机上曝露于透过光掩模的紫外光，所述光掩模带有预先定义的图案。在光致抗蚀剂显影机中对曝光后的样片进行显影。所需图案被转印到该样片上。

随后，利用使用 Cl_2 和 BCl_3 气体的感应耦合等离子体 (ICP) 干法蚀刻，形成台面结构。以通常 500nm/min 的速率蚀刻掉 GaN 材料。另一光刻步骤限定 LED 的有源区。使用相同的 ICP 配方 (recipe) 再次干法蚀刻晶片，暴露 n 型 GaN 区的一部分，用于后续的 n 接触。

通过光刻法限定电流扩布区；通过电子束蒸发而淀积包括 5nm Au 和 5nm Ni 的电流扩布层。然后，在丙酮中剥离金属层，使得金属双层留在电流扩布区中。该层用作与器件的 p 型接触。通过光刻法限定 n 型和 p 型接触焊盘区。

通过电子束蒸发来淀积分别具有 20/200nm 厚度的 Ti/Al 金属双层。在丙酮中剥离金属层，使得金属仅留在接触焊盘区中，用作 n 型和 p 型接触焊盘。

使用晶片切割机对晶片进行划片；得到单独的 LED 芯片。将这些芯片用高导热粘合剂（Loctite 315 粘合剂和 Loctite Output 活化剂）安装到 TO-can 或具有镀银镜腔的陶瓷封装（Kyocera Corporation）上。通过引线键合建立 p 型和 n 型焊盘与封装之间的连接；为此使用楔型引线键合机采用 50 μm Al 引线。

通常，荧光微球悬浮在去离子（DI）水中。它们的直径范围从数十纳米到数十微米。所使用的微球由杜克科技公司（Duke Scientific Corporation）和默克伊斯特普尔（Merck Estapor）供应。这些微球将要被均匀地涂覆到激励 LED 光源的表面上。使用滴管（dropper）、注射器（syringe）或移液管（pipette）将微球悬浮液分布到样片上。为了使微球均匀地扩布在宽广区域上，将样片放置到旋涂机上低速旋转。为此目的通常使用 1-5 rpm 的转速。

微球也可通过倾斜而被扩布开。在将微球悬浮液施加到 LED 芯片上之后，将样片倾斜至相对于垂直方向大约 45 度的角度。微球涂层应该薄；即是说，厚度应该不超过几个单分子层。如果这得以实现，则微球自组织成六边形阵列。这成为纳米粒子的自组织有序阵列。

利用荧光微球的有序阵列，由于体光散射而使光转换效率最优。荧光微球可通过利用电子束蒸发覆盖介电层（通常为 SiO_2 ）来固定在适当位置并得到保护。将环氧型密封剂施加到涂覆有微球的芯片上，以保护 LED 免受外部环境损害。

微球涂覆的另一种方法是将微球与密封剂预先混合。将微球悬浮液放置到试管中并加热以除去水分。将密封剂添加到试管中。将试管放置到混合器上，以均匀混合。然后，可使用滴管、注射器和移液管将混合物施加到封装后的 LED。

利用用作泵浦光源的紫色或蓝色 LED，微球分别发射绿色和红色光。由于微球对于人眼是不可分辨的，所以颜色呈现为混合的而非单独可区分的。所发出的颜色包括蓝色（来自 LED 泵浦光源）、绿色和红色（来自微球）。利用内在混合效应，发光的颜色整体呈现为白色。利用该效应以用作白光 LED。

本发明的第二部分提出将微球与微发光二极管（微 LED）技术结合使用，用于制作颜色可调 LED。如前，将蓝色或紫色 LED 用作泵浦光源，用于激励荧光微球。将该 LED 分成微米级区域，每个区域均不超过

大约 50 微米×50 微米的面积，从而每个区域对于人眼都不是可分辨的。这些区域中的每一个区域都被称为像素。该器件的初始工艺流程与上述白光 LED 的初始工艺流程相似。

利用另一组光刻和蚀刻步骤来形成有源区中的微米级像素。将微米级图案从光掩模转印到涂覆有光致抗蚀剂的 LED 晶片上并显影。随后，通过使用 Cl_2 和 BCl_3 作为工艺气体的等离子体干法蚀刻而将该图案转印到 LED 材料。

分别将像素的三分之一指定为蓝色、绿色和红色像素。同一颜色的所有像素互相连接。这利用厚度为大约 200nm 的金金属互连层而得以实现。为了防止该金属层使 pn 结短路，已使用电子束蒸发和剥离的结合而将 20nm 的薄二氧化硅绝缘层淀积到非有源区上。

绿色和红色荧光微球被涂覆到它们各自的像素上，以形成发绿光和发红光像素。由于光源本身发射蓝光，所以没有涂覆蓝色像素。

为了涂覆绿色像素，需要另一掩蔽步骤。涂布光致抗蚀剂并显影，使得绿色像素的位置被暴露而没有光致抗蚀剂。然后，通过旋涂而将绿色荧光微球涂布到整个样片上。通过电子束光刻而将 20nm 的二氧化硅薄层淀积在器件的上面。该密封层将绿色荧光微球固定在绿色像素上面的适当位置。用红色荧光微球涂覆红色像素的方法与绿色像素的相似。

因为以同一颜色发光的像素通过金属互连而互相连接，所以它们能同时被寻址（接通和关断，或使得亮度）同时改变。

通过使偏置电压变化来改变蓝色、绿色和红色像素的亮度，能使混合光输出的颜色连续变化，从而制作出革命性的真正的单芯片混色、颜色可调 LED。

为了制造颜色可调 LED，所采用的颜色转换媒介不限于使用荧光微球。可使用其他的材料，包括但不限于磷，聚合物和量子点。

本发明的白光 LED 或颜色可调 LED 的制造工艺与基于 GaN 的 LED 的制造工艺相同，包括标准光刻、干法蚀刻、金属淀积、管芯分离和封装工序，这些都能以商用 III-V 制造设施容易地制作。微球涂覆的附加步骤可使用一件被称为旋涂机的设备通过旋涂来完成。这是净化间内的一件标准设备。颜色可调 LED 的微划分需要附加的掩蔽和蚀刻步骤，这些是 LED 生产中的标准工艺。

我们已经认识到，对于白光 LED 和颜色可调 LED 中的应用而言，

使用荧光微球用于颜色下转换具有很多优点。首先，微球的微米到亚微米级尺寸确保它们对于人眼不可分辨(我们的眼睛能够分辨低至大约 50 微米的特征)。当多个微球发荧光时，人眼不能够在来自单独的微球的发射之间进行区分。因此，通过混合各种染有不同颜色的荧光微球，无疑能够容易地实现均匀的颜色混合。

接下来，具有不同发射波长的染有不同颜色的微球可按照变化的比例混合，以得到具有不同“白”度的白光。即是说，不同的色温。另外，荧光微球具有高转换效率。这对于制作具有高发光效率的光电器件是重要的。

对于本领域的技术人员而言，应当清楚的是，已公开并说明了一种白光 LED 和颜色可调 LED 及其简便的生产方法，其使用廉价且容易获取的材料，包括蓝色和紫色发光二极管芯片作为基体。

在回顾前面的详细说明时，对于本领域的技术人员而言，对上述优选实施例的各种变化和修改将是显而易见的。在不背离本发明的精神或范围的情况下，可做出这种改变和修改，并且因此意图将所有这种改变和修改都囊括在所附权利要求书中阐述的本发明的定义内。

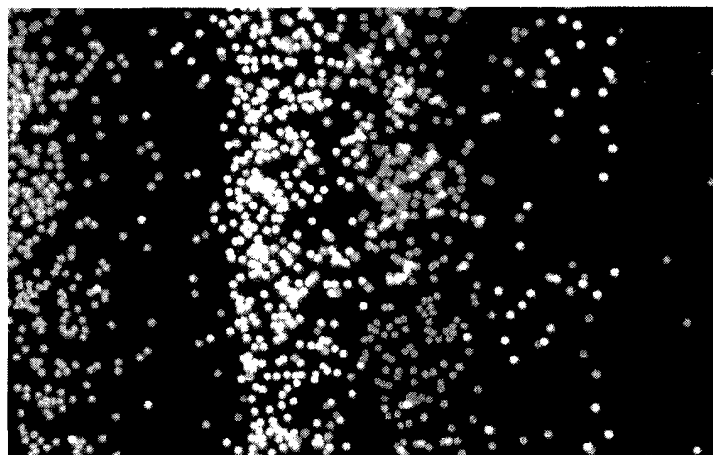


图 1

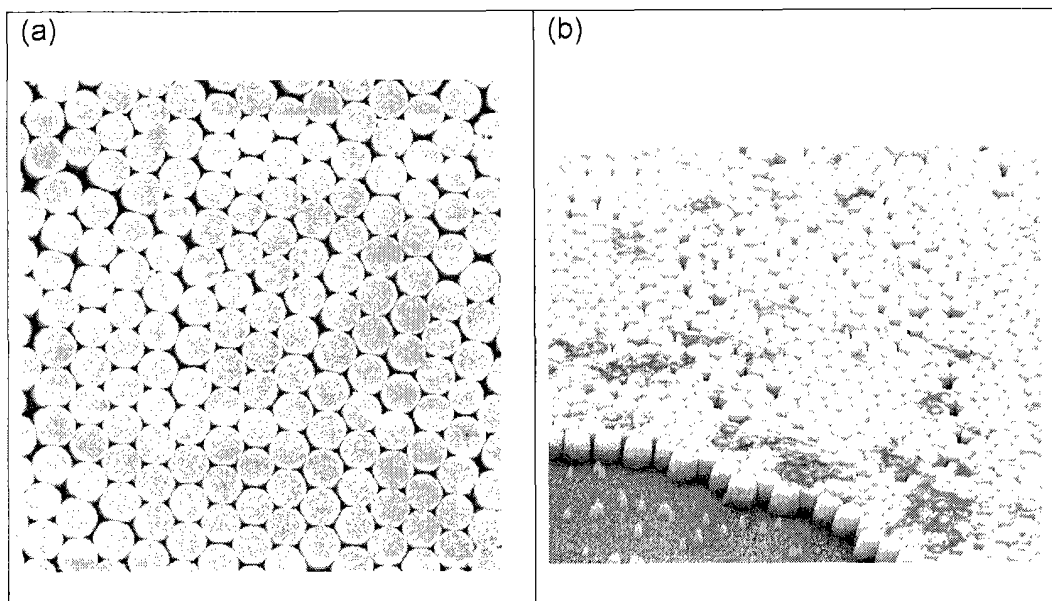


图 2

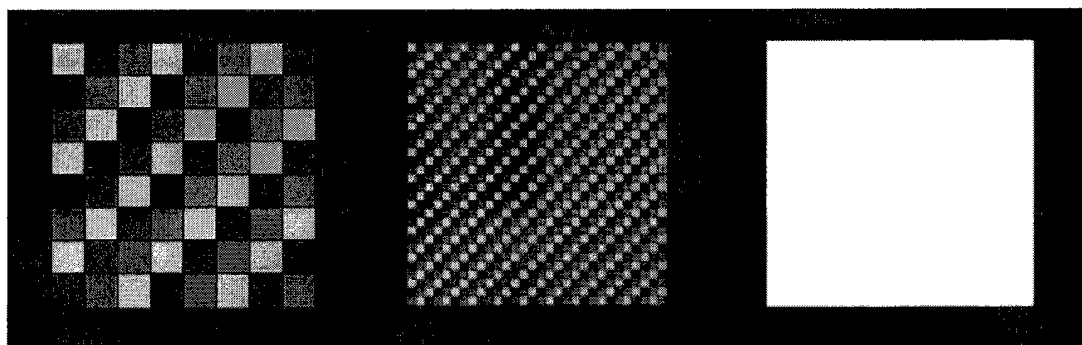


图 3

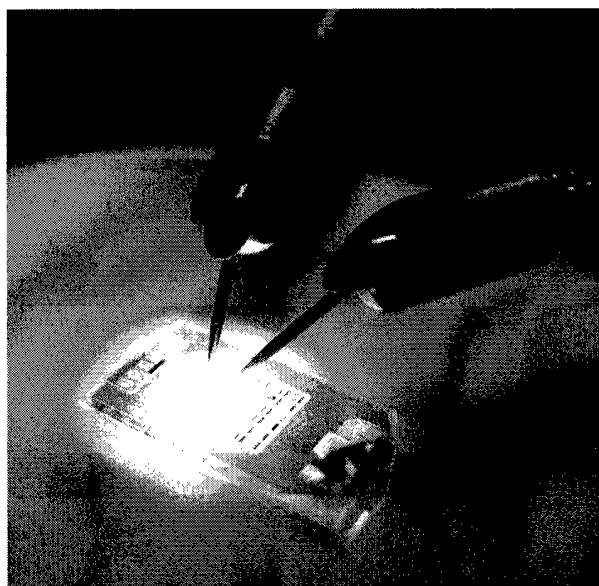


图 4

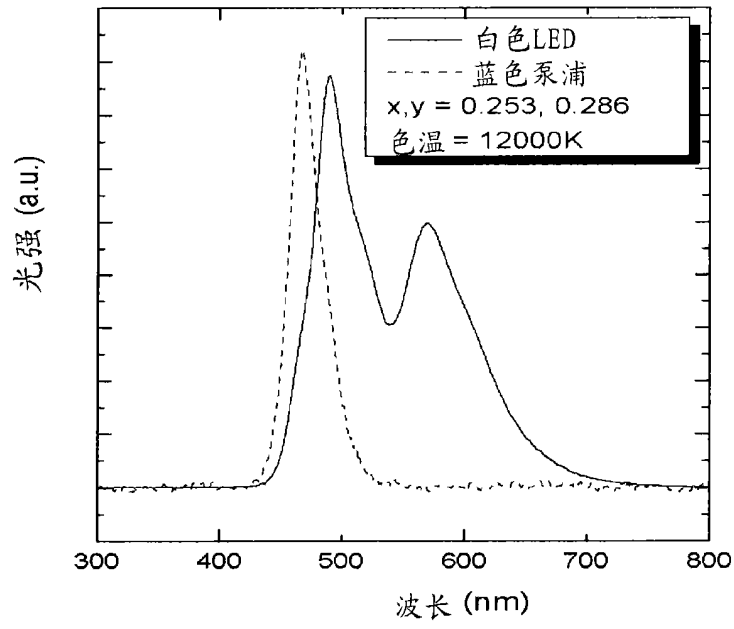


图 5

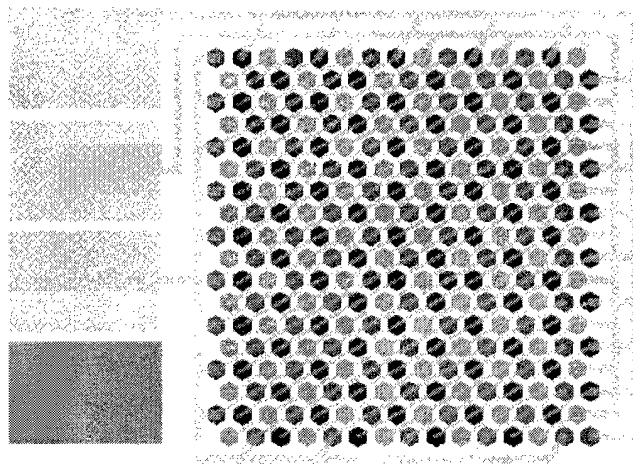


图 6

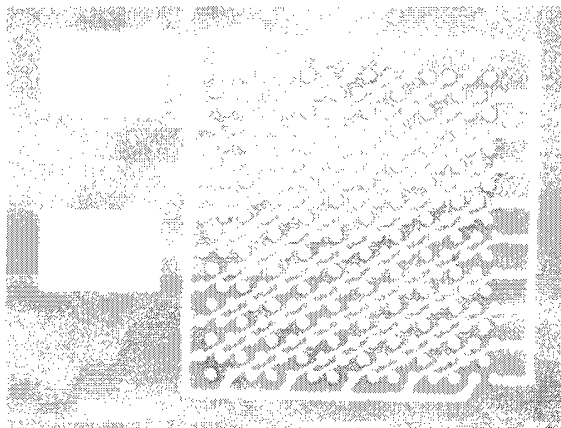


图 7

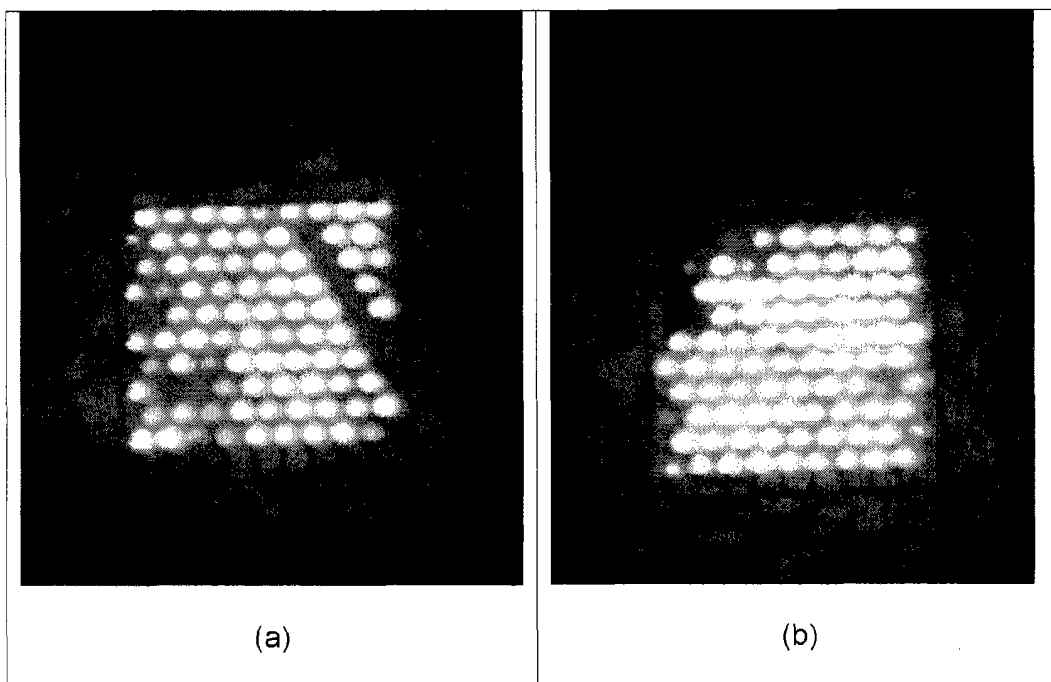


图 8