



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102171847 A

(43) 申请公布日 2011.08.31

(21) 申请号 200980139766.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009.09.30

H01L 33/00(2006.01)

H01L 21/304(2006.01)

(30) 优先权数据

61/102760 2008.10.03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011.04.01

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CN2009/001113 2009.09.30

(87) PCT申请的公布数据

W02010/037274 EN 2010.04.08

(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 许冠南 王向华

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 朱海煜 王忠忠

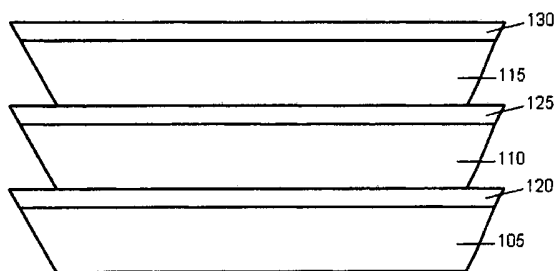
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 10 页

(54) 发明名称

半导体颜色可调谐宽带光源和全色微显示器

(57) 摘要

提供了可用于采用和制造光源装置的方法和系统。第一发光二极管发射具有第一波长的光，以及第二发光二极管以用于发射具有第二波长的光。所述第一和第二发光二极管中的每一个可包括成角小平面以便在朝向所述第一发光二极管顶端的方向上反射入射光。包括成角小平面的第二发光二极管可在朝向所述第二发光二极管顶端的方向上反射入射光。第一分布式布拉格反射器布置在所述第一发光二极管的顶端和所述第二发光二极管底端之间以便允许来自所述第一发光二极管的光通过并且反射来自所述第二发光二极管的光。



1. 一种光源装置,包括:

第一发光二极管,用于发射具有第一波长的光,所述第一发光二极管包括成角小平面以便在朝向所述第一发光二极管顶端的方向上反射入射光;

第二发光二极管,用于发射具有第二波长的光,所述第二发光二极管布置在所述第一发光二极管的顶端之上,并且所述第二发光二极管包括成角小平面以便在朝向所述第二发光二极管顶端的方向上反射入射光;以及

第一分布式布拉格反射器,布置在所述第一发光二极管的顶端和所述第二发光二极管底端之间以便允许来自所述第一发光二极管的光通过并且反射来自所述第二发光二极管的光。

2. 如权利要求 1 所述的光源装置,其中所述第一发光二极管和第二发光二极管中的至少一个基本为单片。

3. 如权利要求 1 所述的光源装置,其中所述第一波长比所述第二波长更长。

4. 如权利要求 1 所述的光源装置,还包括第三发光二极管,用于发射具有第三波长的光,所述第三发光二极管布置在所述第二发光二极管顶端之上,并且所述第三发光二极管包括成角小平面以便在朝向所述第三发光二极管顶端的方向上反射入射光。

5. 如权利要求 4 所述的光源装置,还包括第二分布式布拉格反射器,所述第二分布式布拉格反射器布置在所述第二发光二极管的顶端和所述第三发光二极管底端之间以便允许来自所述第二发光二极管的光通过并且反射来自所述第三发光二极管的光。

6. 如权利要求 4 所述的光源装置,其中所述第一、第二和第三发光二极管具有基本相同的设计和发射面积,在具有不同带隙的不同半导体材料上制作所述第一、第二和第三发光二极管。

7. 如权利要求 4 所述的光源装置,其中从所述第一发光二极管发射的光因为相应的带隙而基本无损失地通过所述第二和第三发光二极管。

8. 如权利要求 4 所述的光源装置,其中所述第一发光二极管发射红光,所述第二发光二极管发射绿光,所述第三发光二极管发射蓝光。

9. 如权利要求 8 所述的光源装置,其中所述光源装置响应于仅开启所述第一发光二极管而发射红光,所述光源装置响应于仅开启所述第二发光二极管而发射绿光,所述光源装置响应于仅开启所述第三发光二极管而发射蓝光。

10. 如权利要求 8 所述的光源装置,其中所述光源装置同时从所述第一发光二极管发射红光、从所述第二发光二极管发射绿光以及从所述第三发光二极管发射蓝光,以便产生多色光。

11. 如权利要求 10 所述的光源装置,其中所述多色光包括白光。

12. 如权利要求 11 所述的光源装置,其中产生所述白光且未使用颜色转换。

13. 如权利要求 10 所述的光源装置,其中通过改变红光、蓝光和绿光的强度或量,使得能够调谐所述光源装置的光学输出。

14. 如权利要求 4 所述的光源装置,还包括单独 LED 的成角小平面上的反射镜涂层,所述反射镜涂层包括金属层并且适于反射光以及抑制从所述第一、第二和第三发光二极管的成角小平面的光的泄漏。

15. 如权利要求 1 所述的光源装置,还包括在所述第二发光二极管上的荧光微球体层,

当被来自所述第一发光二极管或所述第二发光二极管的光激发时,所述荧光微球体层发射具有第三波长的光。

16. 如权利要求 15 所述的光源装置,其中所述第一发光二极管发射红光,所述第二发光二极管发射蓝光,所述荧光微球体层发射绿光。

17. 如权利要求 16 所述的光源装置,其中所述光源装置同时从所述第一发光二极管发射红光、从所述第二发光二极管发射蓝光以便通过所述荧光微球体层产生多色光。

18. 一种光电器件,包括单色微显示器的堆叠,所述单色微显示器的堆叠包括:
发射具有第一波长的光的第一微显示器;
发射具有第二波长的光的至少第二微显示器,所述第一波长不同于所述第二波长;以及

分布式布拉格反射器,布置在所述第一微显示器和所述至少第二微显示器之间以便允许来自所述第一微显示器的光通过并且反射来自所述至少第二微显示器的光。

19. 如权利要求 18 所述的光电器件,其中所述第一微显示器和所述至少第二微显示器包括在红色微显示器之上堆叠的绿色微显示器以及在所述绿色微显示器之上堆叠的蓝色微显示器。

20. 如权利要求 19 所述的光电器件,其中所述绿色、蓝色和红色微显示器具有基本相同的设计和尺寸。

21. 如权利要求 20 所述的光电器件,其中在具有与发射颜色相对应的带隙的不同半导体材料上制作所述绿色、蓝色和红色微显示器。

22. 如权利要求 19 所述的光电器件,其中每个单独的单色微显示器包括至少一个像素,所述像素包括矩阵可寻址的微米量级的发光二极管的二维阵列。

23. 如权利要求 22 所述的光电器件,其中将所述红色、绿色和蓝色微显示器中每一个上的单独像素堆叠在彼此之上以便形成像素堆叠。

24. 如权利要求 23 所述的光电器件,其中所述像素堆叠中的部件是单独可控的以便获得不同的发射强度。

25. 如权利要求 23 所述的光电器件,其中对像素堆叠中来自发光二极管的发射进行光学混合。

26. 如权利要求 23 所述的光电器件,其中将像素堆叠布置为发光二极管堆叠的二维阵列,所述发光二极管堆叠中的至少一个是颜色可调谐的。

27. 如权利要求 18 所述的光电器件,其中将所述第二微显示器堆叠在所述第一微显示器之上,所述光电器件还包括在所述第二微显示器上的至少一个荧光微球体层。

28. 如权利要求 27 所述的光电器件,其中所述第一微显示器是红色微显示器,所述第二微显示器是蓝色微显示器,所述至少一个荧光微球体层包括绿色荧光微球体。

29. 一种电子和光电器件的晶片切割过程,所述晶片切割过程基于激光微机械加工以便形成具有成角小平面的切割芯片,所述晶片切割过程包括:

提供在上表面上具有多个制造器件的加工过的晶片;

在晶片表面引导激光束以用于晶片切割;

将激光束反射离开激光反射镜,其中所述激光束以与垂直轴倾斜的角度入射到加工过的晶片上,通过去除半导体、金属或绝缘材料,入射光束在入射点形成槽;

平移所述加工过的晶片使得所述激光束在所述加工过的晶片上的器件的外围附近形成槽。

30. 如权利要求 29 所述的晶片切割过程,其中倾斜角度的范围是与垂直轴成大约 0 度到大约 89 度。

31. 如权利要求 29 所述的晶片切割过程,其中因为加工过的晶片上存在激光微机械加工划线道,所述加工过的晶片为分开作做好准备。

32. 如权利要求 29 所述的晶片切割过程,还包括通过消融或吸收中的至少一种将半导体、金属或绝缘材料从所述加工过的晶片上移去。

半导体颜色可调谐宽带光源和全色微显示器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2008 年 10 月 3 日提交的序列号为 61/102,760 的美国临时申请的权益,通过对其整体引用而被结合于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及发光二极管(LED)器件。

背景技术

[0004] LED是光电器件,其通过再结合注入的电子和空穴辐射发光。依赖于特定光电器件中活性物质的带隙,LED可发射从紫外到红外的宽范围波长的光。然而,主要关注的光波长在可见光区域。在可见光谱段(典型地从~400nm(紫色)到~700nm(红色))发光的LED对于人眼是可见的,并因此对照明用途有用。为了发射可见波长的光,经常使用的III族和V族元素(即分别在周期表中第三列和第五列中的元素)是镓(Ga)、铟(In)和氮(N)。经常用来自周期表中其他列的杂质对这样的材料进行掺杂以赋予电活性,再通过电子从导电态到价态的再结合而产生光。

[0005] 上述器件被称作(In,Ga)N材料族。已经采用由这种材料体系制作的LED。LED典型地包括单色光源,该单色光源发射单光谱峰值和窄线宽(例如~30nm)的光。通过改变材料系中的铟成份可使得使用(In,Ga)N材料体系制作的LED发射范围从~380nm(近UV)到~540nm(即绿色)的单色光。具有其单色特性的LED在其中仅要求单色的、例如光指示器的应用中是有用的。

[0006] 另一方面,白光是无法利用单个LED直接产生的宽带多色光。然而,如果可使得LED在许多离散的或连续的波长上产生光,则由此得到的光谱可为多色的并且来自这样的LED的发射可显示为白色。这可能是有用的,因为对于照明用途来说,白光通常是理想的。就发光效率、寿命以及光谱纯度而言,作为照明光源的LED要优于例如白炽灯和荧光管等以前的照明技术。

[0007] 有两种主要的制作宽带LED光源的常规方法。第一种方法使用磷光体以用于颜色向下转换。传统上使用暴露于某些波长的辐射时发光的磷光材料以用于发光二极管(LED)中的颜色转换。器件可发射高能光子,磷光体可吸收之,然后重发射较低能量且因此为不同颜色的光子。

[0008] 这种磷光体吸收较短波长的光子并且重发射更长波长的光子。对于白光发射,可使用绿色和红色发光磷光体。应该注意的是任何形式的颜色转换会带来能量损失。虽然绿色磷光体可具有高达90%的量子效率,但是红色磷光体的量子效率典型地被限制到40%左右。这又解释了低墙装插头(wall-plug)效率。

[0009] 在这种颜色向下转换方案中,可将例如发射460nm(蓝色)光的InGaN LED的较短波长单色LED用作激励光源。这种光可用于激励发射例如绿色和红色的较长波长的磷光体的发光。产生的光由可见光谱的不同部分的成分组成,并因此被认为是宽带光。因为磷光

体粒子小（例如在纳米量级）并且肉眼不能分辨，如果不同颜色的比例合适，发出的光显示为白色。这种白光产生的形式类似于荧光灯管采用的形式。

[0010] 但是，存在与磷光体关联的许多缺点，包括有限的寿命、斯托克斯波（Stokes-wave）能量损失、低可靠性和低发光效率。

[0011] 另一种制作宽带 LED 光源的方法是将分立的 LED 芯片安装在单个封装之上。这经常被称作多芯片 LED，其中将发射基色光（即蓝、绿和红）的 LED 安装到单个封装之上。然而，使用这种技术无法获得白光发射。每个 LED 芯片的尺寸典型地在 100 微米以上，而 LED 芯片的间隔具有相同的量级。结果颜色不均匀并因此对于肉眼呈现分立的颜色，除非将其放置在很远的距离，但此时 LED 的强度已极大下降。

发明内容

[0012] 为克服现有技术的缺陷，本发明提供了半导体颜色可调谐宽带光源和全色微显示器，以及制造半导体颜色可调谐宽带光源和全色微显示器的方法。

[0013] 按照本发明的第一方面，提供了一种光源装置，包括：第一发光二极管，用于发射具有第一波长的光，所述第一发光二极管包括成角小平面以便在朝向所述第一发光二极管顶端的方向上反射入射光；第二发光二极管，用于发射具有第二波长的光，所述第二发光二极管布置在所述第一发光二极管的顶端之上，并且所述第二发光二极管包括成角小平面以便在朝向所述第二发光二极管顶端的方向上反射入射光；以及第一分布式布拉格反射器，布置在所述第一发光二极管的顶端和所述第二发光二极管底端之间以便允许来自所述第一发光二极管的光通过并且反射来自所述第二发光二极管的光。

[0014] 按照本发明的第二方面，提供了一种光电器件，包括单色微显示器的堆叠，所述单色微显示器的堆叠包括：发射具有第一波长的光的第一微显示器；发射具有第二波长的光的至少第二微显示器，所述第一波长不同于所述第二波长；以及分布式布拉格反射器，布置在所述第一微显示器和所述至少第二微显示器之间以便允许来自所述第一微显示器的光通过并且反射来自所述至少第二微显示器的光。

[0015] 按照本发明的第三方面，提供了一种电子和光电器件的晶片切割过程，所述晶片切割过程基于激光微机械加工以便形成具有成角小平面的切割芯片，所述晶片切割过程包括：提供在上表面上具有多个制造器件的加工过的晶片；在晶片表面引导激光束以用于晶片切割；将激光束反射离开激光反射镜，其中所述激光束以与垂直轴倾斜的角度入射到加工过的晶片上，通过去除半导体、金属或绝缘材料，入射光束在入射点形成槽；平移所述加工过的晶片使得所述激光束在所述加工过的晶片上的器件的外围附近形成槽。

附图说明

[0016] 参考下列附图描述了本发明的非限制性和非穷尽的方面。除非另外说明，在各附图中，相同的附图标记指相同的部件。

[0017] 图 1 示出了根据本发明的 LED 堆叠；

[0018] 图 2 示出了根据本发明的、通过对红色 LED 器件、绿色 LED 器件和蓝色 LED 器件进行选择供电可产生不同颜色的光的一些示例；

[0019] 图 3 示出了根据本发明的、光束可在红色 LED 器件、绿色 LED 器件和蓝色 LED 器件

内传播的不同角度；

[0020] 图 4 示出了根据本发明的三 LED 堆叠的示意图；

[0021] 图 5 示出了根据本发明已装配的三 LED 堆叠的扫描电子显微镜 (SEM) 图像；

[0022] 图 6 示出了根据本发明的第一分布式布拉格反射器 (DBR) 层和第二 DBR 层的层的反射光谱；

[0023] 图 7 示出了根据本发明的、来自 LED 堆叠的单体蓝光发射以及相应的光谱；

[0024] 图 8 示出了根据本发明的、通过混合蓝色和红色发射的、来自 LED 堆叠的多色粉红色光发射连同相应的光谱；

[0025] 图 9 示出了根据本发明的、由 LED 堆叠发射的不同颜色范围连同其相应的光谱；

[0026] 图 10 示出了根据本发明的红色、绿色、蓝色三个微显示器的示意图；

[0027] 图 11 示出了根据本发明制作的蓝色单体微显示器的显微照片；

[0028] 图 12 示出了根据本发明已装配的堆叠的微显示器的正交视图；

[0029] 图 13 示出了根据本发明已装配的堆叠的微显示器的顶视图；

[0030] 图 14 示出了根据本发明的激光微机械加工系统和 X-Y-Z 平移系统,所述激光微机械加工系统可包括若干主要部件,包括高功率紫外 (UV) 激光器、光束扩展器、激光线反射镜、聚焦透镜、宽带 UV 反射镜、晶片；

[0031] 图 15 示出了根据本发明的 LED 堆叠。

具体实施方式

[0032] 这里描述的某些示范方法和系统可用于采用和制造包括发光二极管 (LED) 堆叠的固态光源。还提供了制造这种固态光源的工艺。这种固态光源能够发射分立的基色光 (即红色、蓝色和绿色),或包括白色的混合色。这种 LED 堆叠可由堆叠在绿色 LED 上的蓝色 LED 组成,该绿色 LED 可随后堆叠在红色 LED 之上。这样的堆叠策略可确保最佳的颜色混合。该三个 LED 器件可以是单独可控的。如果点亮所有三个 LED,则光学混合的输出可产生白光。可通过仅开启 LED 堆叠的单个 LED 器件来获得单色光。可通过同时开启两个或三个 LED 器件并通过调节适当的偏压来调谐其他颜色。

[0033] 器件中分立的蓝色、绿色、红色 LED 可以被单独驱动,并且可以改变各种颜色成分的强度。但是,颜色未被混合,因此无法构成颜色可调谐器件。到目前为止市场上还没有真正的颜色可调谐 LED。

[0034] 近年,已经展示了使用 LED 材料的、基于半导体的发射微显示器。但是,由于 LED 晶片的单色特性,这些微显示器只能发射单色光。虽然可使用三色像素实现全色微显示器,但是存在有若干不利之处。这些不利之处包括 (1) 如上所讨论的与磷光体关联的所有不利之处,(2) 在微米量级给单独的像素涂覆磷光体的复杂性,以及 (3) 驱动电路的复杂性。

[0035] 如这里所讨论的堆叠 LED 设计不采用颜色转换来产生白光。堆叠中的每个 LED 器件可包括透明材料以便允许光通过。通过采用正确的 LED 堆叠顺序 (也就是,蓝色 LED 器件在绿色 LED 器件之上,接着是红色 LED 器件位于底部),发射的光可穿越上面的透明器件并具有最小的吸收损失。由于 LED 器件彼此堆叠的事实,来自三个 LED 器件的光子都从相同的窗口 (也就是,经过顶部的蓝色 LED 器件) 发射的,使得输出的颜色被充分光学混合。在 LED 器件之间集成分布式布拉格发射器 (DBR) 可确保向发射窗口的方向发射光,这归因

于介质镜的波长选择反射特性。

[0036] LED 器件中的每一个可包括微机械加工的成角小平面,该成角小平面对具有涂覆的金属反射镜以便抑制单色光从 LED 小平面泄漏。这种实际应用也可消除与使用磷光体进行颜色转换有关的问题,包括有限的寿命、斯托克斯波能量损失、低可靠性和低发光效率。通过避免传统白光 LED 器件的这些不利之处,可开发 LED 的全部潜能以提供高量子效率、长寿命和高可靠性。

[0037] 还可使用类似的堆叠策略将实际应用扩展到全色微显示器。例如,可适当对准彼此堆叠三个单色微显示器以实现全色微显示器。可将蓝色微显示器堆叠在绿色微显示器之上,随后又将绿色微显示器堆叠在红色微显示器之上。三个微显示器可具有相同的设计和尺寸,使得如果堆叠在一起,单独的像素彼此交迭(例如,这可被称作“像素堆叠”)。因此,每个像素可实际包括由三个彼此堆叠其上的 LED 器件组成的器件。通过控制三个 LED 器件的强度,可控制像素的输出颜色。这样,可获得具有全色发射的任何像素尺寸和分辨率的微显示器。

[0038] 图 1 示出了本发明的 LED 堆叠 100。这种 LED 堆叠可由红色 LED 器件 105、绿色 LED 器件 110 和蓝色 LED 器件 115 组成。红色 LED 器件 105 可发射具有大约 650nm 范围波长的光,绿色 LED 器件 110 可发射具有大约 510nm 范围波长的光,而蓝色 LED 器件 115 可发射具有大约 475nm 范围波长的光。LED 堆叠 100 可包括布置在绿色 LED 器件 110 之下的红色 LED 器件 105 顶部边缘上的第一分布式布拉格反射器 (DBR) 120。第二 DBR 125 可布置在蓝色 LED 器件 115 之下的绿色 LED 器件 110 的顶部边缘上。该 DBR 可允许来自下面的 LED 的光通过并且还可反射来自布置在上面的 LED 的光。例如,来自绿色 LED 器件 110 的光可通过 DBR 125 而且任何向下反射经过蓝色 LED 器件 115 到达 DBR 125 顶部表面上的光可在朝向蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130 的方向上被反射。

[0039] 图 2 示出了根据本发明的、通过对红色 LED 器件 105、绿色 LED 器件 110 和蓝色 LED 器件 115 选择性供电可产生不同颜色的光的一些示例。在本示例中,红色 LED 105 可发射红色光束 200,其经过 DBR120、绿色 LED 110、DBR 125、蓝色 LED 115 并且经过蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130 向上传播。绿色 LED 器件 110 可发射绿色光束 205,其经过 DBR 125、蓝色 LED 115 并且经过蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130 向上传播。绿色 LED 器件还可产生第二绿色光束 210,其初始沿着朝向 DBR 120 的方向传播。但是,DBR 120 可在经过 DBR125、蓝色 LED 115 并且经过蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130 的方向上反射第二绿色光束 210。

[0040] 蓝色 LED 器件 115 可发射蓝色光束 215,其经过蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130 向上传播。蓝色 LED 器件 115 还可产生第二蓝色光束 220,其初始沿着朝向 DBR 125 的方向传播。但是,DBR 125 可在经过蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130 的方向上反射第二蓝色光束 220。

[0041] 红色 LED 器件 105、绿色 LED 器件 110 和蓝色 LED 器件 115 可共用公共阳极 230 且可由它们自身的阴极选择性供电。例如,蓝色 LED115 可采用第一阴极 235,绿色 LED 器件 110 可采用第二阴极 240,而红色 LED 器件 105 可采用第三阴极 245。

[0042] 图 3 示出了根据本发明的、光束在红色 LED 器件 105、绿色 LED 器件 110 和蓝色 LED 器件 115 内传播的各种角度。在本示例中,可对红色 LED 器件 105、绿色 LED 器件 110 和蓝色 LED 器件 115 中每一个的成角小平面或壁涂覆镜面材料,以确保光束不会从 LED 器件的

侧面逃逸,而是被向上引导经过蓝色 LED 器件 115 的顶部表面 130。在本示例中,红色 LED 器件 105 包括第一镜面 300,绿色 LED 器件 110 包括第二镜面 305,蓝色 LED 器件 115 包括第三镜面 310。任一镜面可涂覆例如铝或银的金属。

[0043] 图 4 示出了根据本发明的三 LED 堆叠的示意图。如图所示,将第一 LED 器件 400 布置在第二 LED 器件 405 和第三 LED 器件 410 之下。相对于图 1,第一 LED 器件 400 可对应于红色 LED 器件 105,第二 LED 器件 405 可对应于绿色 LED 器件 110,而第三 LED 器件可对应于蓝色 LED 器件 115。

[0044] 图 5 示出了根据本发明已装配的三 LED 堆叠的扫描电子显微镜 (SEM) 图像。如图所示,该三 LED 堆叠可包括布置在第二 LED 器件 505 和第三 LED 器件 510 之下的第一 LED 器件 500。

[0045] 图 6 示出了根据本发明的第一 DBR 层 (例如图 1 的 DBR 120) 和第二 DBR 层 (例如图 1 的 DBR 125) 的层的反射光谱。如图所示,DBR 120 的反射光谱具有位于 550nm 附近的峰值,而 DBR 125 的反射光谱具有位于 470nm 附近的峰值。

[0046] 图 7 示出了根据本发明的、来自 LED 堆叠的单色蓝光发射 700 以及相应的光谱 705。如图所示,作为峰值功率分布的光谱位于 475nm 附近。

[0047] 图 8 示出了根据本发明的、通过混合蓝光和红光发射的、来自 LED 堆叠的多色粉红光发射 800 连同其相应的光谱 805。如图所示,该光谱具有位于 475nm 和 650nm 附近的峰值功率分布。

[0048] 图 9 示出了根据本发明的 LED 堆叠发射的不同颜色的范围连同其相应的光谱。如图所示,可发射各种不同颜色的光,而且该不同颜色可由各种峰值功率分布组成。发射的各种颜色包括示例 (a) 中的青绿色、示例 (b) 中的海军蓝、示例 (c) 中的深紫色、示例 (d) 中的浅紫色、示例 (e) 中的黄色、示例 (f) 中的栗色,以及示例 (g) 中的黑色。

[0049] 图 10 示出了根据本发明的红色、绿色和蓝色三个微显示器的示意图。如图所示,可将红色微显示器 1000 布置在绿色微显示器 1005 之下,进而可将绿色微显示器 1005 布置在蓝色微显示器 1010 之下。

[0050] 图 11 示出了根据本发明制作的蓝色单色微显示器的显微照片 1100。图 12 示出了根据本发明已装配的堆叠的微显示器的正交视图。如图所示,可将红色微显示器 1200 布置在绿色微显示器 1205 之下,进而可将绿色微显示器 1205 布置在蓝色微显示器 1210 之下。图 13 示出了根据本发明已装配的堆叠的微显示器 1300 的顶视图。

[0051] 如这里所讨论的包含堆叠 LED 的器件的实际应用,可消除或基本减少与传统的涂覆磷光体的白色 LED 相关联的不利之处,开发 LED 的全部潜能以实现固态照明。首先,消除对例如磷光体的颜色转换媒介的需求实现了无损白光生成。其次,例如磷光体的颜色转换媒介的寿命限制了传统白光 LED 的寿命。但是,通过避免使用磷光体,白光 LED 的寿命只是 LED 堆叠中单独 LED 的寿命,众所周知其具有延长的寿命并且极其可靠。

[0052] 第三,可消除与颜色转换媒介关联的所有其他的缺点,例如有限的寿命,斯托克斯波能量损失、低可靠性和低发光效率。第四,通过在两个 LED 之间插入反射来自上部 LED 的光但仍允许传输来自下部 LED 的光的分布式布拉格反射器 (DBR) (例如图 1 的 DBR 120 和 125) 来解决下面的器件的光吸收问题。第五,将以另外的方式影响发射均匀性的、来自器件小平面的潜在光泄漏问题通过涂覆镜面的成角小平面的引入而得到解决,使得横向传播的

光被反射并被改变方向以用于从器件顶部表面发射。最后,该堆叠拓扑确保了光学颜色混合,提供了均匀的多色光发射。

[0053] 可使用标准 LED 加工顺序制作绿色、蓝色和红色 LED,包括光刻法、干法刻蚀和金属淀积。可使用 LED 晶片制作绿色和蓝色 LED,其中在透明蓝宝石衬底上通过 MOCVD 外延生长 InGaN 材料。在 LED 结构中嵌入一系列多量子 (multi-quantum) 阱以获得期望的发射波长 (通过微调带隙)。可使用 LED 晶片制作红色 LED,其中在非透明 GaAs 衬底上通过 MOCVD 外延生长 AlInGaP 材料。

[0054] 可通过首先利用光刻法限定 LED 的台面 (mesa) 区域来制作绿色或蓝色 LED。将光刻胶层旋转涂覆到 LED 晶片上,并将其曝露于通过掩模对准器上具有预定图案的光掩模的紫外光。曝光后的样品可在光刻胶显影剂中显影。所要求的图案被转移到样品上。随后可使用具有 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。随后以 500nm/min 的典型速率将 GaN 材料蚀刻掉。

[0055] 另一光刻步骤可限定 LED 的有源区。可再使用相同的 ICP 方法对晶片进行干法蚀刻,将 n 型 GaN 区域的一部分曝露以用于后续的 n 接触。电流扩散区域可通过光刻法来限定。通过电子束蒸发来淀积包括 5nm Au 和 5nm Ni 的电流扩散层。接着可在丙酮中起离 (lift off) 金属层,使得金属双层留在电流扩散区域中。该层可充当该器件的 p 型接触。

[0056] 可通过光刻法来限定 n 型和 p 型接触盘区域。可通过电子束蒸发来淀积厚度分别为 20/200nm 的 Ti/Al 金属双层。可在丙酮中起离金属层,使得金属仅留在接触盘区域,充当 n 型和 p 型接触盘。可使晶片的蓝宝石面变薄到大约 100 微米以改进热消散,并对其进行抛光以增强通过蓝宝石衬底的光传输。

[0057] 通过在顶部 LED 表面上淀积 Au p 型接触以及在底部 GaAs 表面上淀积 Au n 型接触来制作红色 LED。与基于 GaN 的 LED 不同,垂直电流传导是可能的,因为 GaAs 是导体。

[0058] 如果需要可在 LED 晶片之上生长 DBR。DBR 可包括波长选择反射镜,其可反射反射带 (reflectance band) 内某些波长的光并传输传输带内的其他波长的光,包括具有折射率差的交替电介质材料对。DBR 的特征取决于设计参数,包括电介质材料和它们厚度的选择。

[0059] 在红-绿-蓝 (“RGB”) 堆叠的情况下,可在绿色 LED 晶片和红色 LED 晶片之上生长 DBR 层。在绿色 LED 之上的 DBR 可反射来自上面的蓝色 LED 的蓝光,而允许分别来自绿色 LED 和红色 LED 的绿光和红光通过。在红色 LED 之上的 DBR 可反射来自上面的绿色 LED 的绿光,而允许来自红色 LED 的红光通过。

[0060] 可使用定制的激光微机械加工系统切割晶片。可获得具有期望尺寸的有成角小平面的单独的 LED 芯片。

[0061] 图 14 示出了激光微机械加工系统 1400,其可包括若干主要部件,包括高功率紫外 (UV) 激光器 1405、光束扩展器 1410、激光反射镜 1415、聚焦 UV 物镜 1420、宽带 UV 倾斜反射镜 1425、晶片 1430 以及 X-Y 平移台 1435。当聚焦的激光束照射到晶片 1430 上时,通过 X-Y 平移台 1435 可移动晶片 1430。

[0062] 在传统激光微机械加工中,聚焦透镜将激光束聚焦到小点,其入射到将要垂直微机械加工的晶片上。然而,根据这里的实际应用,将宽带 UV 反射镜插入聚焦透镜和晶片之间。以倾斜角度放置该反射镜,其目的是将光束反射离开反射镜,使得聚焦光束可以任意倾斜角度入射到晶片上。可通过转动该反射镜来调整该角度。结果,切割后的器件芯片可具

有带任意倾斜角度的成角小平面。

[0063] LED 堆叠的装配始于使用导热和导电的加银环氧树脂 (silver epoxy) 将红色 LED 芯片绑定 (chip-bind) 到 T0-can 封装。通过施加 UV 粘合剂 (例如 Norland63) 层将绿色 LED 安装到红色 LED 之上, 同时将红色 LED 的上部 p 型焊盘暴露。一旦对准了器件, 就可在 UV 照射下固化组件。

[0064] 接着在组件之上安装蓝色 LED, 确保下方器件的焊盘暴露。再次在 LED 芯片之间使用 UV 粘合剂。通过在 UV 辐射下暴露而将 LED 堆叠固定在适当的位置上。

[0065] 可以倒转 LED 堆叠, 并且通过溅射的电子束蒸发、典型地使用铝或银来涂覆金属反射镜。将在堆叠中芯片的成角小平面上涂覆金属反射镜。这种反射镜可防止光传过小平面。

[0066] 来自全部三个芯片的光发射可以发射通过顶部蓝色 LED。这是可能的, 因为顶部蓝色 LED 对绿光和红光是透明的。这遵循光吸收规则。向下的光发射, 就是, 朝向下方的 LED 的光传播可因为 DBR 层的存在而被抑制。结果, 将光损失减少到最小。依靠用来向上反射横向传播的光的涂覆反射镜的成角小平面也抑制了来自侧面小平面的光发射。

[0067] 可能需要五个丝焊来建立与芯片的电连接, 包括红色 LED 的 p 盘以及绿色和蓝色 LED 的 p 盘和 n 盘。可以利用导电的加银粘合剂来连接红色 LED 的 n 盘。可以互连这样的 n 盘以便形成公共阳极。最终, 获得包括分别用于红色、绿色和蓝色 LED 的一个公共阳极和三个阴极的 4- 端子器件。

[0068] 通过对单个阴极施加偏压, 开启单个器件而整个堆叠发射单色光。通过施加偏压到一个以上的阴极可发射多色光。通过调整相应的阴极可调谐发射颜色。通过调整红色、绿色和蓝色的适当成分 (例如相应的强度和量), 可获得白光发射。

[0069] 这可能是白光产生的无损方法, 涉及来自交迭的单色器件的光谱成分的相加 (总计)。

[0070] 可堆叠单色发射微发光二极管二维阵列以形成全色二维微显示器。可使用蓝色、绿色和红色 LED 晶片制作单色 2D 微显示器。该 LED 阵列可以是单片 LED 阵列。

[0071] X 乘 Y 阵列的设计可基于矩阵寻址方案。该阵列可包括形成阵列的基的 X 列, 和 y 数目个沿每列均匀分布的微 LED 元件 (微米尺寸)。

[0072] 所以, 列上的器件共用公共 n 型区域, 以及因此共用公共 n 型电极。可通过穿过列的金属线互连每个微 LED 之上的 p 型区域。接触盘的总数目因此是 (x+y), 比如果每个像素具有自己单独的电极的数目 (x*y) 要小很多。

[0073] 由感应耦合等离子体 (ICP) 蚀刻来形成列和微 LED 像素。调谐该加工条件以蚀刻具有与垂直方向成 30° 到 45° 倾角的侧壁的台面结构。通过电子束蒸发来淀积 40nm 的 SiO₂ 层以用于 n 和 p 掺杂区域的绝缘。

[0074] 可使用起离工艺随后将每个单独像素的顶部平面暴露以用于接触形成。使用电子束蒸发通过起离淀积 Ti/Al (20/200nm) 和 Ni/Au (30/30nm) 作为 n 型和 p 型欧姆接触。接触可在氮气环境中经受 5 分钟的 550°C 快速热退火 (RTA)。这种金属互连可覆盖微 LED 像素的侧壁以确保仅经过顶部表面发射光。

[0075] 可在绿色微显示器之上堆叠蓝色微显示器、继之堆叠在红色 LED 显示器上来装配全色微显示器。可设计红色、绿色和蓝色微显示器使得它们的像素对准, 但它们的焊盘处于

不同位置。

[0076] 可将红色微显示芯片焊接 (chip-bond) 到合适的陶瓷封装。通过施加 UV 粘合剂 (Norland63) 层而将绿色微显示器安装到红色微显示器之上, 同时将红色微显示器的焊盘暴露。一旦对准了单独的像素, 就可在 UV 照射下固化组件。

[0077] 在组件之上安装蓝色微显示器, 确保下方器件的焊盘被暴露。再次在 LED 芯片之间使用 UV 粘合剂。

[0078] 通过在 UV 辐射下暴露而将 LED 堆叠固定在适当的位置上。通过丝焊将焊盘连接到封装。可将整个器件连接到用于操作的适当的外部矩阵驱动器。可控制像素以便发射可见光谱中的任何颜色。

[0079] 图 15 示出了根据另一实施例的 LED 堆叠。参考图 15, 为了均匀, 光发射通过堆叠的器件。类似于上面讨论的三 LED 器件堆叠的 LED 设计, 在底部形成红色 LED 1505 而在顶部堆叠蓝色 LED 1510。对于图 15 提供的实施例, 省略了中间的绿色 LED 器件。取而代之, 通过使用布置在蓝色 LED 1510 上的绿色荧光微球体 1515 实现绿光的产生。在另一实施例中, 可使用磷光体或量子点 (quantum dots) 来提供可激发的绿光波长。用两个堆叠的 LED 代替三个堆叠的 LED, 装配更加容易并且可以改善热消散。另外, 顶部丝焊的数目可从 5 个顶部丝焊减少到 3 个顶部丝焊。因此, 该混合器件可能更容易装配, 具有更好的散热能力, 并且可因顶部丝焊的减少而更容易封装。一些能量损失可能会发生, 但在绿色荧光微球体下的蓝色 LED 能有效地激发绿色荧光, 使能量损失最小。

[0080] 可使用类似的策略将实际应用扩展到全色微显示器。例如, 可适当地在彼此之上堆叠对准两个单色微显示器, 其中将染色荧光微球体布置在顶部微显示器上。可将蓝色微显示器堆叠在红色微显示器之上, 可在蓝色微显示器上设置绿色荧光微球体。在将蓝色微显示器堆叠在红色微显示器之上前, 可在蓝色微显示器上设置绿色荧光微球体。这两个微显示器可具有相同的设计和尺寸, 使得如果堆叠在一起则单独的像素彼此交迭。

[0081] 根据一个实际应用, 可使用任何适当的工艺制作红色 LED 和蓝色 LED。还可在 LED 晶片的顶部表面上生长 DBR。在一个实际应用中, 在红色 LED 1505 的顶部表面上生长 DBR 1520 以反射来自上面的蓝色 LED 1510 的蓝光, 而允许来自红色 LED 1505 的红光通过。在另一个实际应用中, 还在蓝色 LED 1510 的顶部表面上生长 DBR 1530 以反射来自绿色荧光微球体的绿光。

[0082] 混合 LED 堆叠的装配可始于在将红色 LED 的顶部 p 型焊盘暴露时使用例如 UV 粘合剂层在选择的红色 LED 上安装蓝色 LED。对于其中 LED 包括成角小平面的实际应用来说, 红色 LED/ 蓝色 LED 堆叠可倒转并且可在堆叠中的芯片的成角小平面上涂覆金属反射镜。可在蓝色 LED 的顶部表面上均匀涂覆绿色荧光微球体。

[0083] 能够利用的示范荧光微球体可包括 Duke 科技公司和 Merck Estapor 提供的微球体。这些荧光微球体典型地悬浮在去离子 (DI) 水中, 并且它们的尺寸范围是直径在几十纳米到几十微米。可提供具有球体形状和尺寸均匀的微球体。

[0084] 为了在蓝色 LED 的表面均匀涂覆微球体, 使用滴管、注射器或吸液管将微球体悬浮液分配到蓝色 LED 上。

[0085] 可使用旋涂器通过旋转涂覆将微球体均匀地涂覆在蓝色 LED 上。对于该工艺可使用 1-5rpm 的转速。也可通过倾斜散开微球体。例如, 在将微球体悬浮液施加到 LED 芯片上

后,将该器件倾斜到与垂直方向成约 45 度的角度。

[0086] 可将微球体层的厚度控制为若干单层。这归因于与磷光体相比荧光微球体较大的尺寸(几百纳米到微米的直径)。通过获得薄的微球体涂层(例如不超过几个单层),微球体将其自身组织成六角形阵列。这成为纳米粒子的自装配有序阵列。

[0087] 可通过使用电子束蒸发涂覆例如 SiO_2 的电介质层来保护和适当固定荧光微球体。还可在涂覆微球体的芯片上应用环氧树脂类的密封剂以保护混合 LED 堆叠不受外部环境影响。

[0088] 微球体涂覆的另一种方法是将微球体与密封剂预先混合。将微球体悬浮液放入试管里并加热以去除水分(DI 水)。往试管里加入密封剂。将试管放在混合器上以用于均匀混合。然后可使用滴管、注射器或吸液管将混合物施加到 LED 堆叠上。

[0089] 在一个方面,可改变比例来混合具有不同发射波长的不同染色微球体以获得不同级别“白度”(whiteness),也就是不同色温。

[0090] 虽然这里使用各种方法和系统描述和显示了某些示范的技术,但是本领域技术人员应当理解,在没有背离要求保护的的主题的情况下,可进行各种其他修改,以及可用等同物进行替代。另外,在没有背离这里所描述的中心概念的情况下,可进行许多修改以使特定的情形适于要求保护的主题的教导。因此,其目的是要求保护的的主题不限于所公开的特定示例,而是这种要求保护的的主题还可包括落入所附的权利要求的保护范围及其等同物的范围内的所有实际应用。

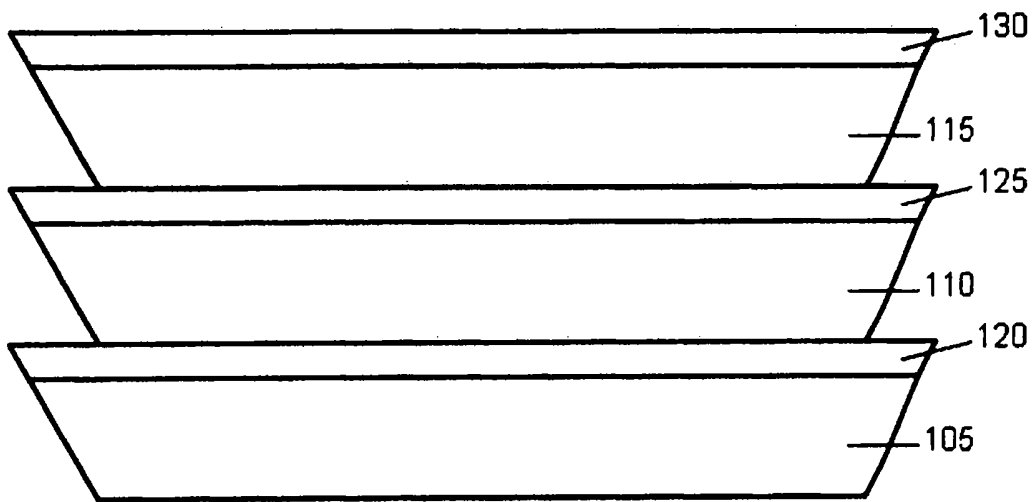


图 1

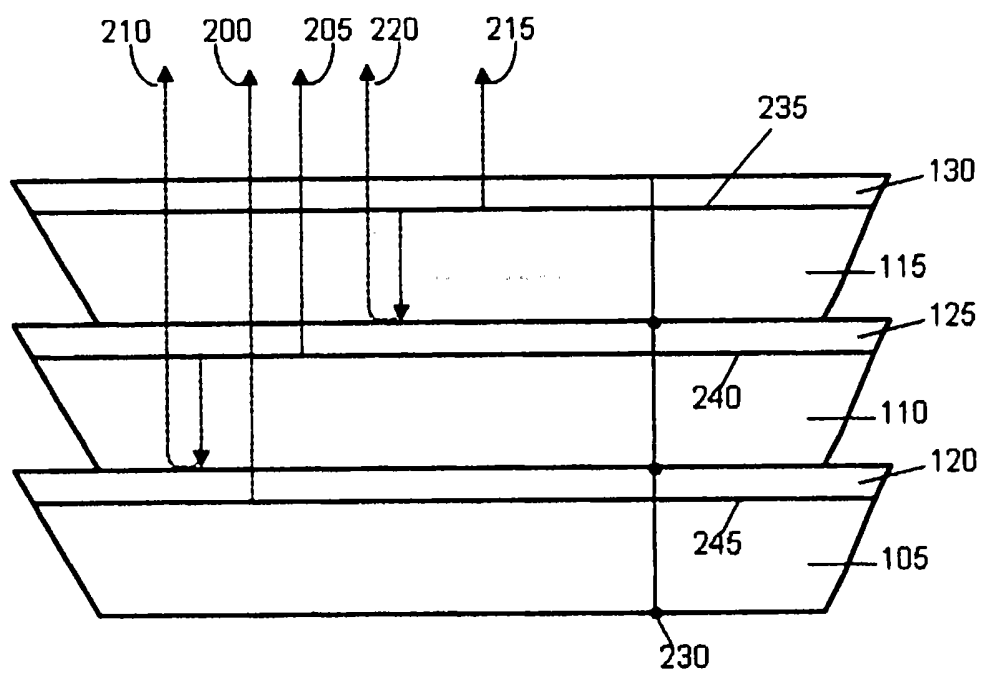


图 2

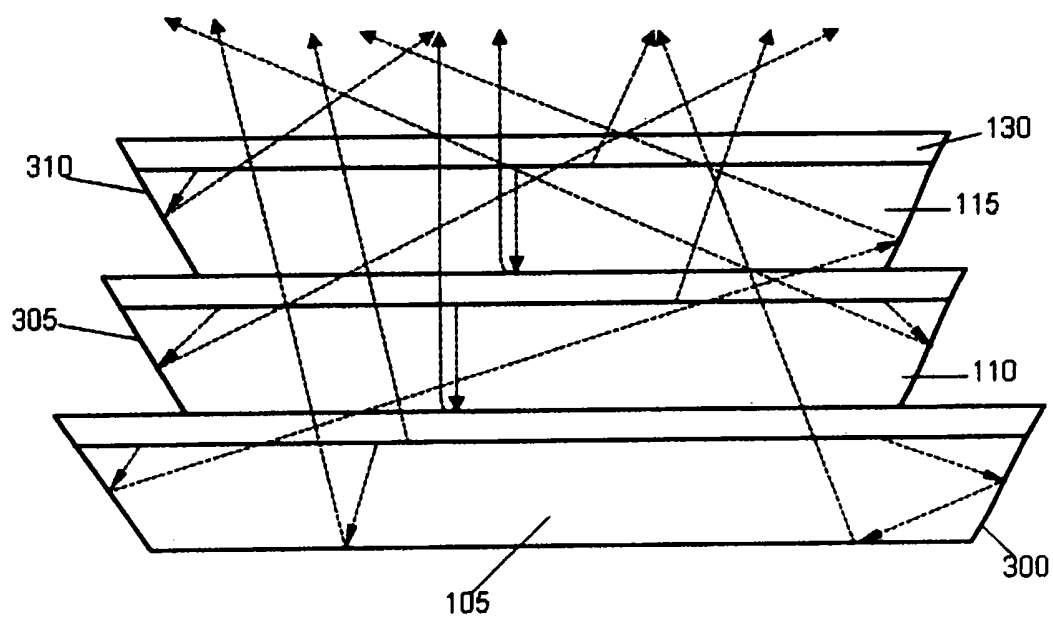


图 3

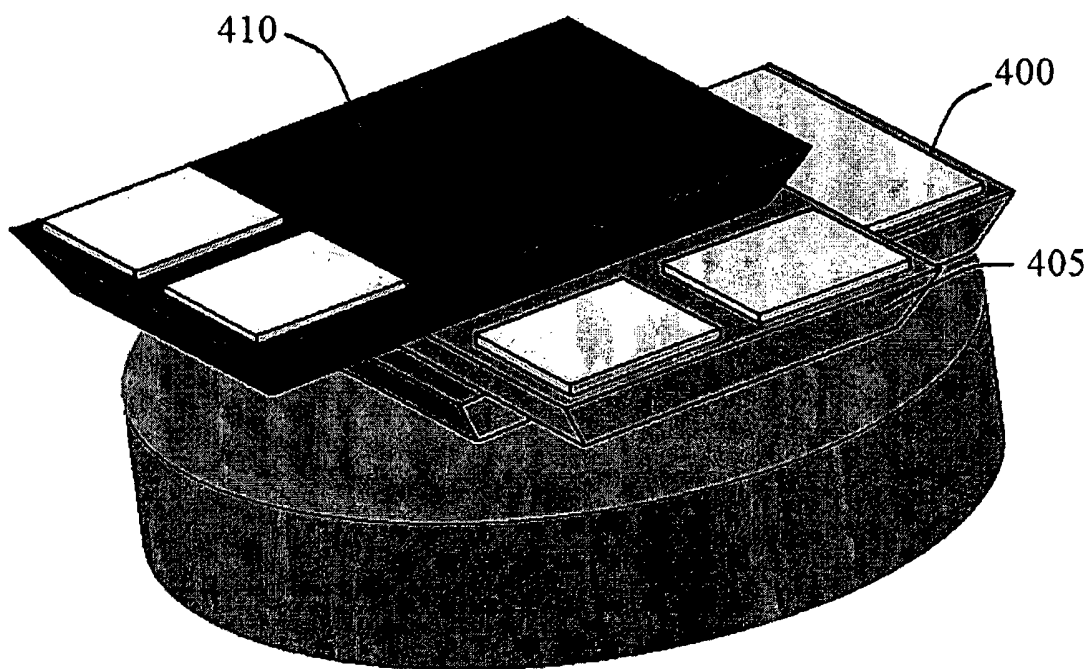


图 4

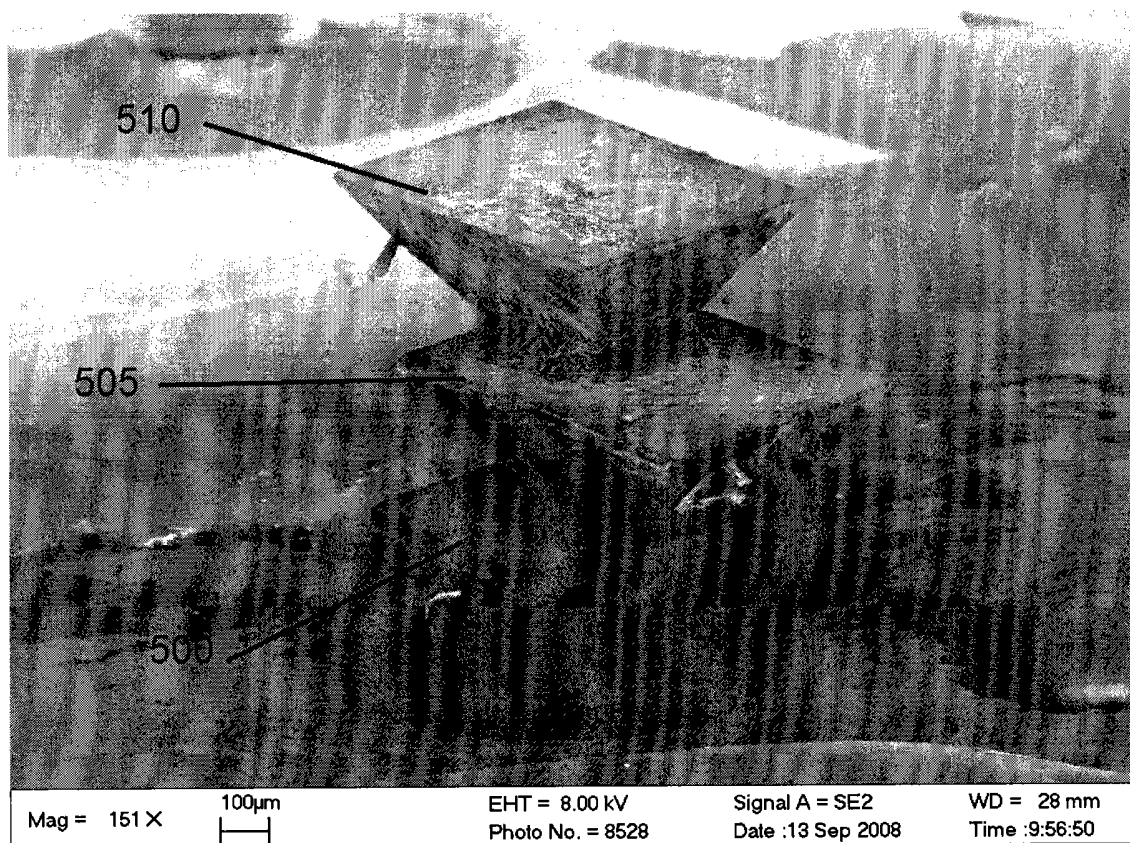


图 5

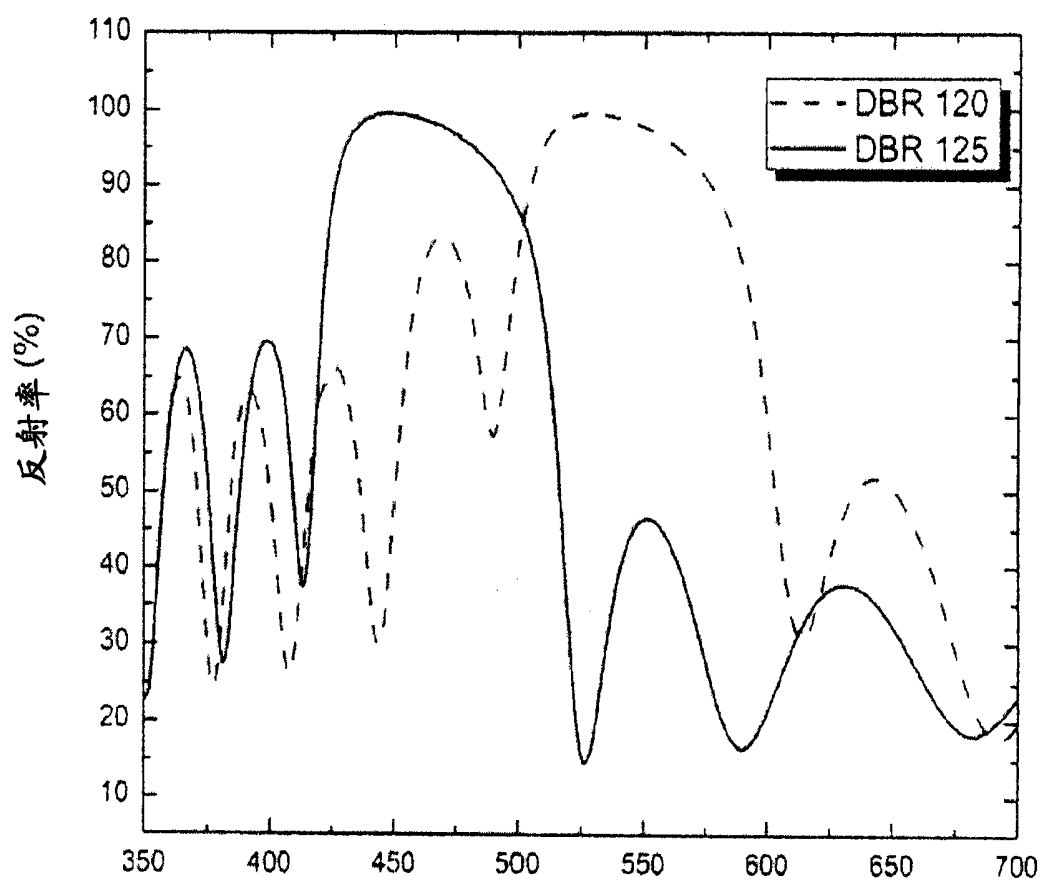


图 6

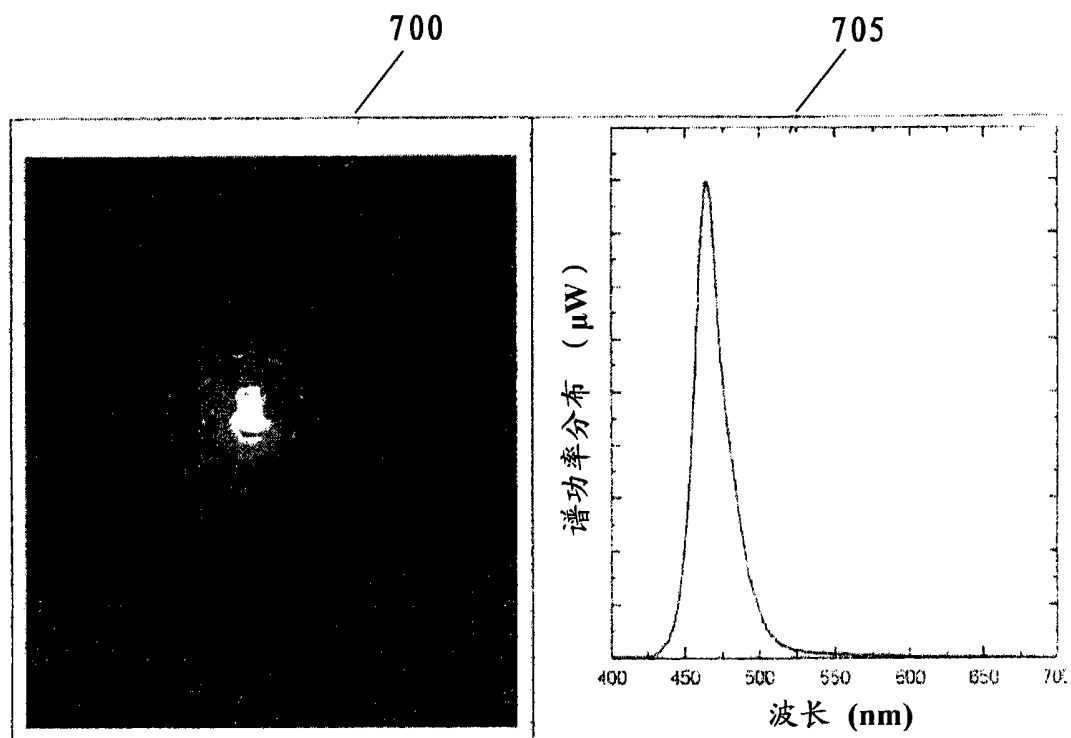


图 7

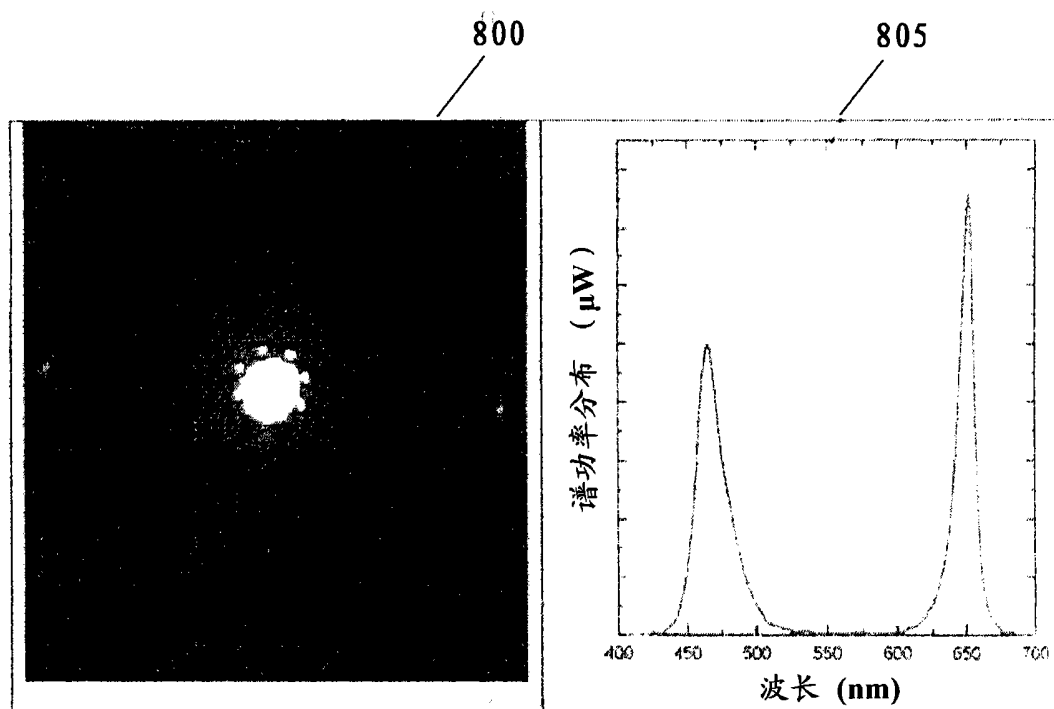


图 8

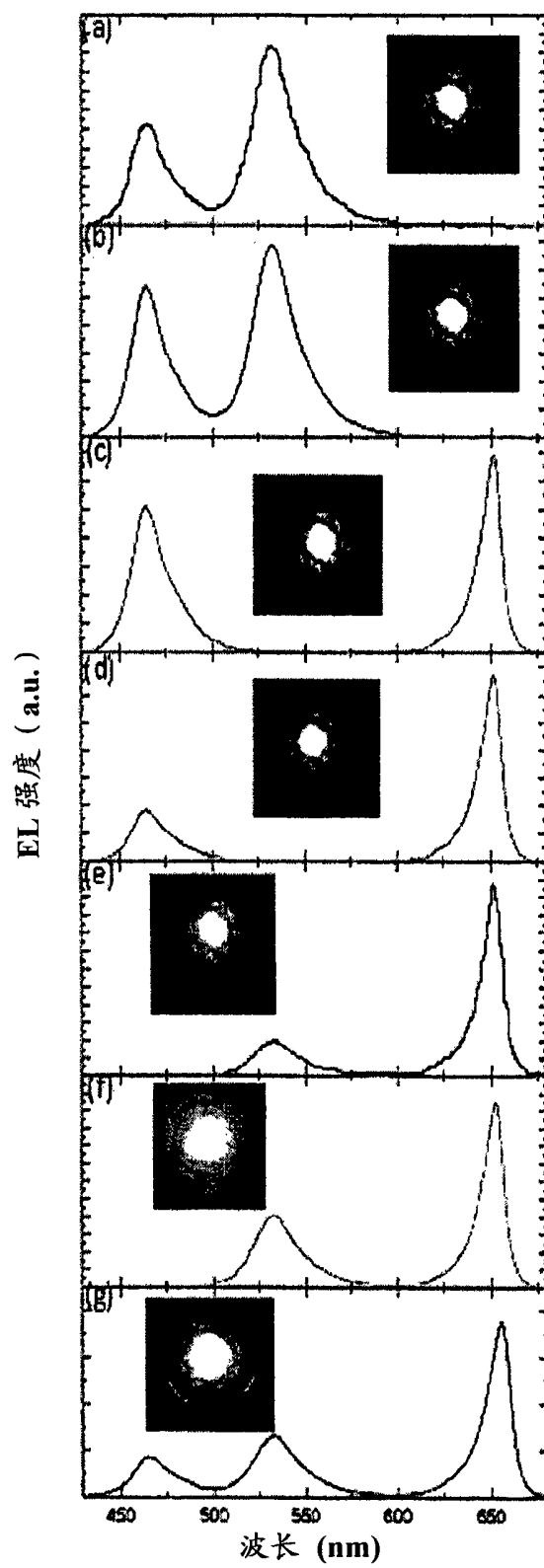


图 9

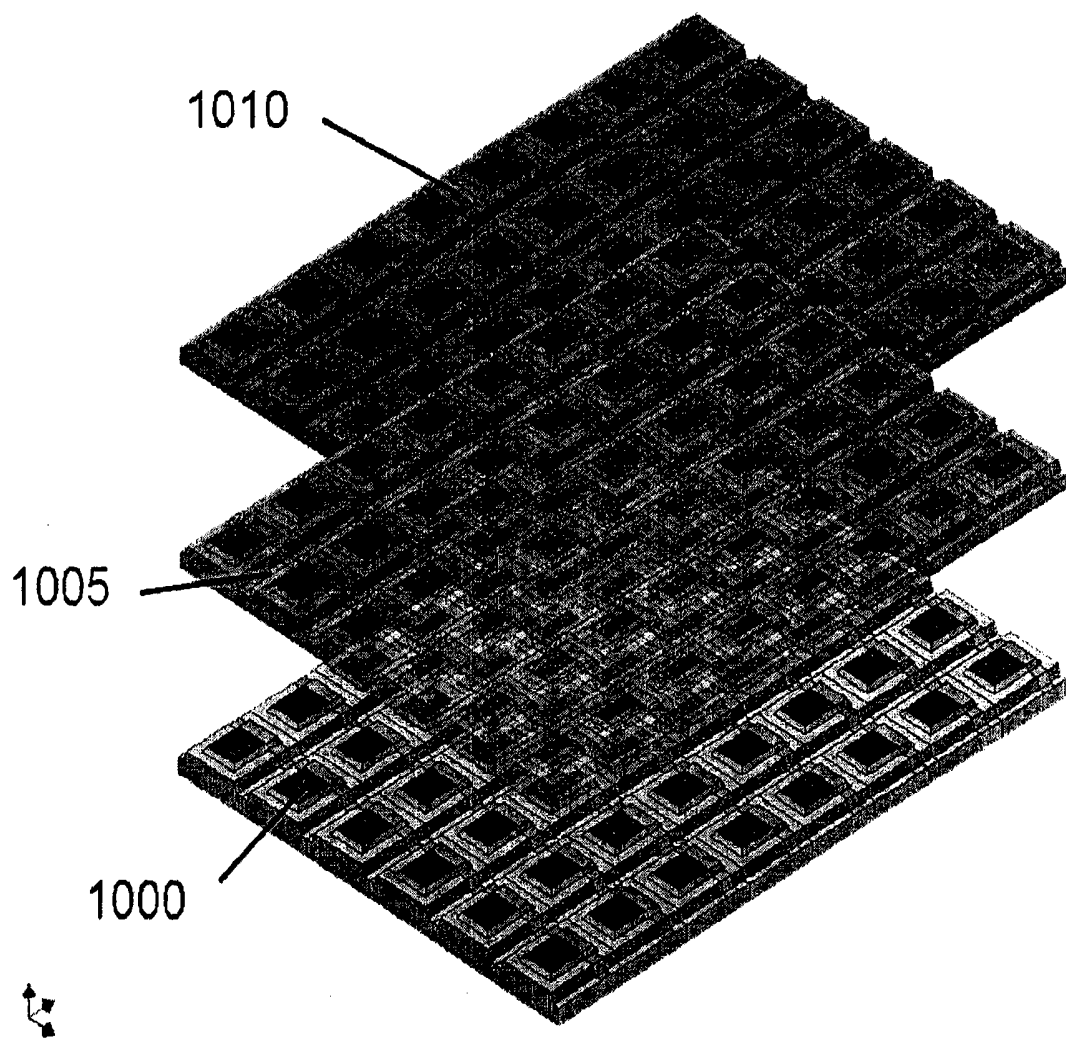


图 10

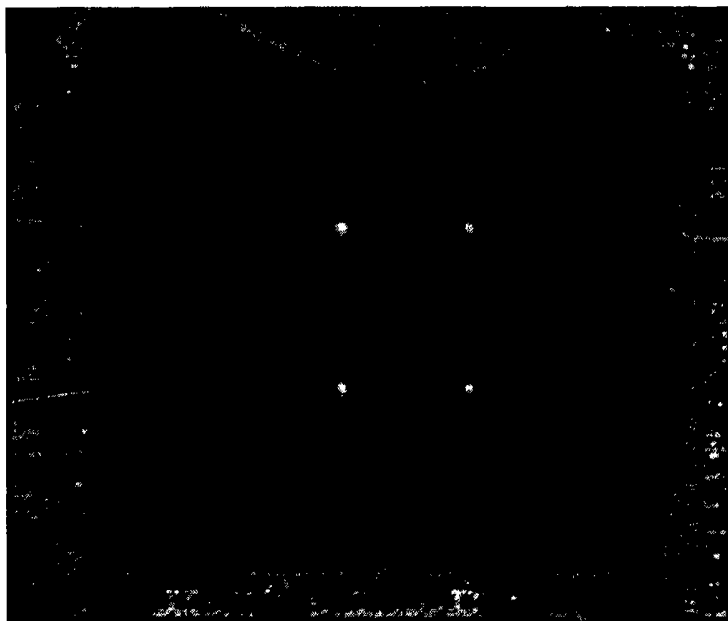


图 11

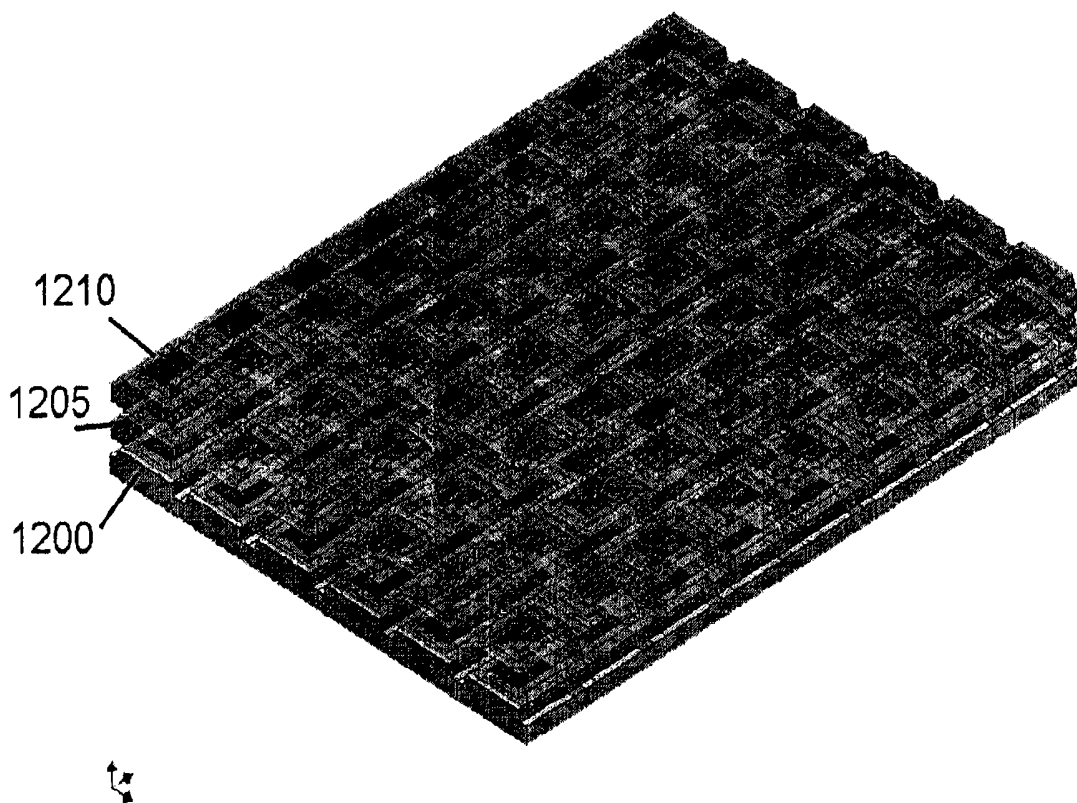


图 12

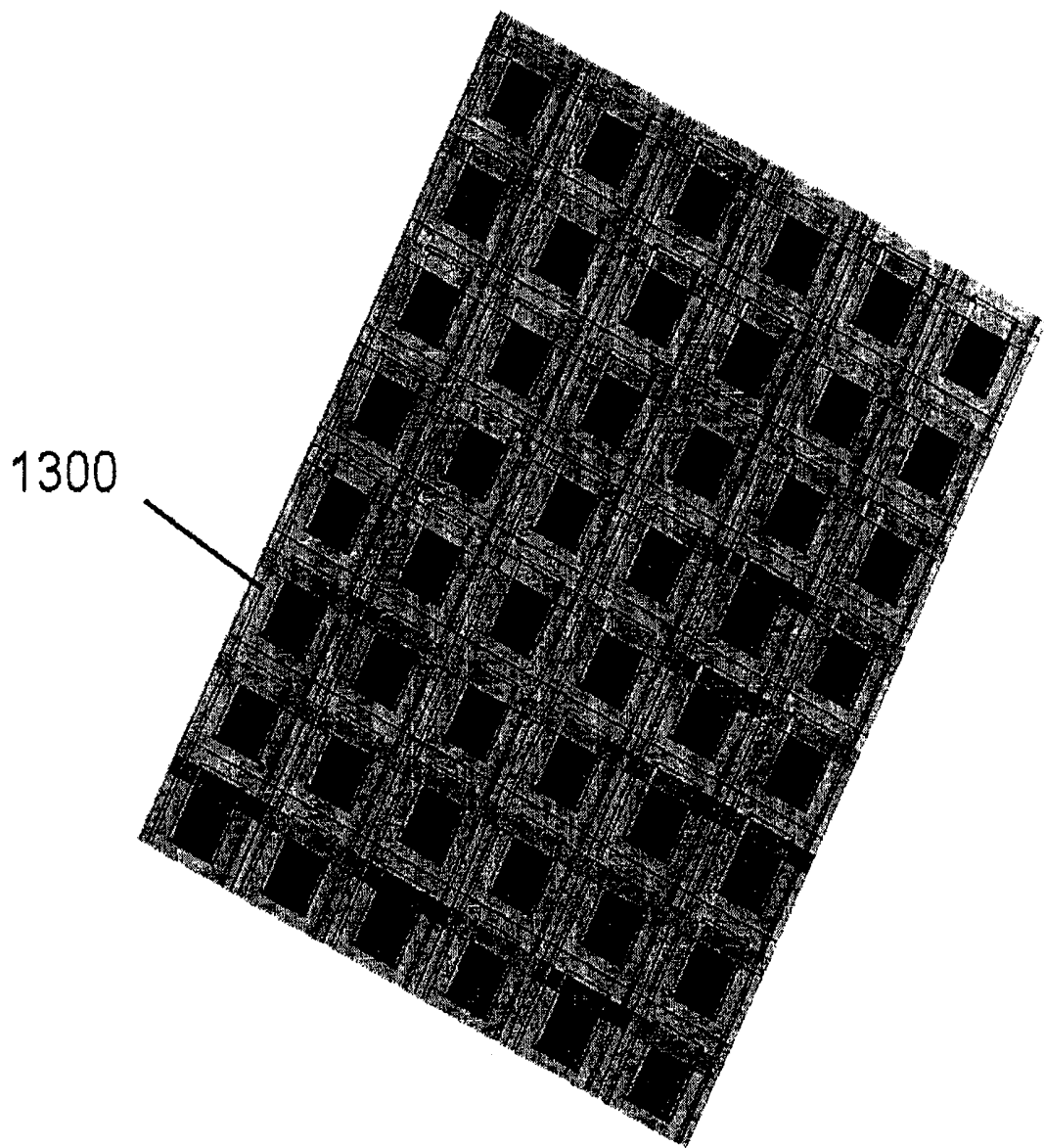


图 13

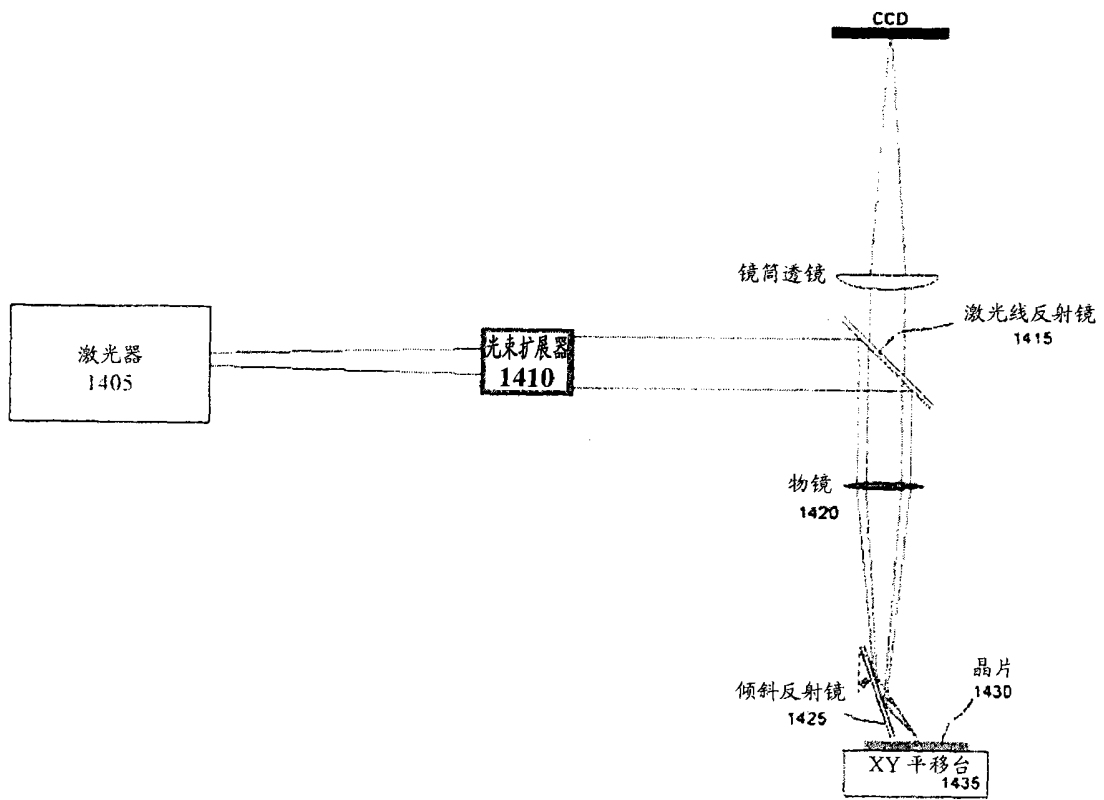


图 14

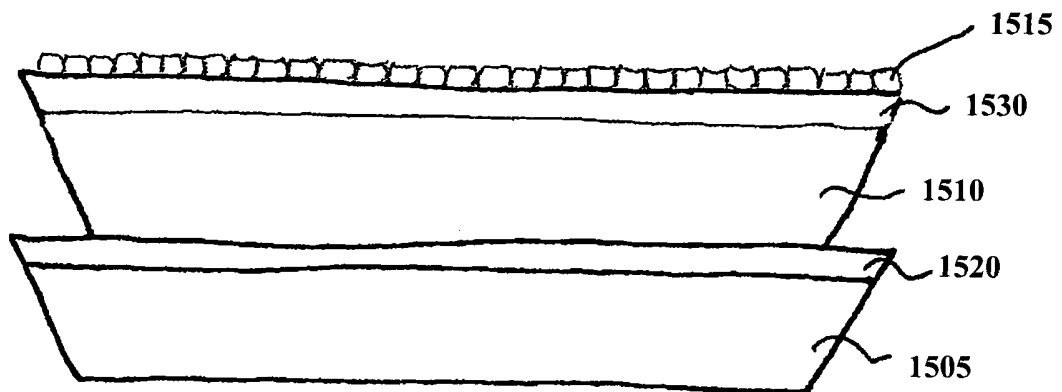


图 15