



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101681956 B

(45) 授权公告日 2012. 04. 25

(21) 申请号 200880007531. 6

(22) 申请日 2008. 02. 18

(30) 优先权数据

11/683, 479 2007. 03. 08 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 09. 08

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/002041 2008. 02. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02008/112062 EN 2008. 09. 18

(73) 专利权人 伊斯曼柯达公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 K·B·卡汉

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张雪梅 王忠忠

(51) Int. Cl.

H01L 33/00(2006. 01)

H01L 27/15(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1471343 A, 2004. 01. 28, 附图 4 及说明书
相关部分.

US 2005/0051766 A1, 2005. 03. 10, 附图 4,
说明书 38 — 45 段.

US 7122446 B2, 2006. 10. 17, 全文.

WO 2006/129265 A2, 2006. 12. 07, 附图 1 及
说明书相关部分.

审查员 凌宇飞

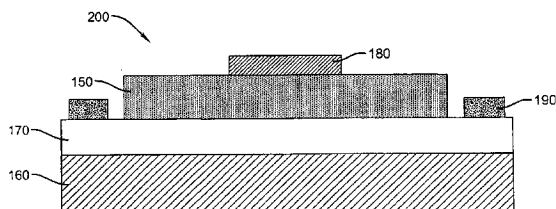
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 9 页

(54) 发明名称

量子点发光装置

(57) 摘要

一种无机发光装置包括:透明衬底(160);
第一电极(170);与该第一电极相对的第二电极
(180);在无机半导体矩阵内包括核/壳量子点的
多晶无机发光层(150),且其中该第一电极(170)
是透明的且形成于该透明衬底(160)上,该多晶
无机发光层(150)形成于该第一电极(170)上,且
该第二电极(180)形成于该发光层(150)上。



1. 一种无机发光装置,包含:透明衬底;第一电极;与该第一电极相对的第二电极;在无机半导体基体内包含核/壳量子点的多晶无机发光层,且其中该第一电极是透明的且形成于该透明衬底上,该多晶无机发光层形成于该第一电极上,且该第二电极形成于该发光层上,并且其中所述多晶无机发光层是由核/壳量子点及半导体基体无机纳米颗粒的胶状分散体的退火膜形成的。

2. 如权利要求1的无机发光装置,其中该第二电极是反射性的。

3. 如权利要求1的无机发光装置,其中该第二电极是透明的。

4. 一种无机发光装置,包含:衬底;第一电极;与该第一电极相对的第二电极;在无机半导体基体内包含核/壳量子点的多晶无机发光层,且其中该第一电极是反射性的且形成于该衬底上,该多晶无机发光层形成于该第一电极上,且该第二电极形成于该发光层上且是透明的,并且其中所述多晶无机发光层是由核/壳量子点及半导体基体无机纳米颗粒的胶状分散体的退火膜形成的。

5. 如权利要求1的无机发光装置,其中该装置为显示背光源、多色显示器、全彩色显示器、单色显示器或灯。

6. 如权利要求4的无机发光装置,其中该装置为显示背光源、多色显示器、全彩色显示器、单色显示器或灯。

7. 如权利要求1的无机发光装置,其中由该发光层发射的光是白光。

8. 如权利要求4的无机发光装置,其中由该发光层发射的光是白光。

9. 一种无机发光装置,包括多个独立受控发光元件,其中至少一个发光元件包含:第一图案化的电极;与该第一电极相对的第二电极;以及在形成于这些电极之间的半导体基体内包含核/壳量子点的多晶无机发光层,并且其中所述多晶无机发光层是由核/壳量子点及半导体基体无机纳米颗粒的胶状分散体的退火膜形成的。

10. 如权利要求9的无机发光装置,其中该图案化的第一电极由形成于该衬底上的薄膜电子组件或形成于该衬底外的驱动电路独立地控制。

11. 如权利要求9的无机发光装置,其中这些独立受控发光元件发射不同颜色的光。

12. 如权利要求10的装置,其中这些薄膜电子组件包含结晶、多晶或非晶半导体材料。

13. 如权利要求9的无机发光装置,其中该装置是显示背光源、多色显示器、全彩色显示器、单色显示器或照明装置。

14. 如权利要求9的无机发光装置,其中由该发光层发射的光是白光。

15. 如权利要求9的无机发光装置,其中每个发光元件的核/壳量子点具有选自紫外、蓝色、青色、绿色、黄色、品红色、红色或红外发射波长或其组合的发射波长。

16. 一种制造无机发光装置的方法,包含:

(a) 提供衬底;

(b) 在该衬底上形成图案化的第一电极;

(c) 在该图案化的第一电极上形成在无机半导体基体内包含核/壳量子点的多晶无机发光层;以及

(d) 在该无机发光层上形成与该第一电极相对的第二电极,

其中步骤c进一步包含:

(i) 提供这些核/壳量子点及半导体基体无机纳米颗粒的胶状分散体;

- (ii) 沉积该胶状分散体以形成膜 ; 以及
- (iii) 退火该膜以形成该多晶无机发光层。

17. 如权利要求 16 的方法, 进一步包含在该衬底上形成薄膜电子组件以用于驱动该多晶无机发光层。

量子点发光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及包括具有量子点的发光层的无机发光二极管装置。

背景技术

[0002] 自 20 世纪 60 年代早期开始已制得半导体发光二极管 (LED) 装置, 并且其在当前经制造以用于广泛范围的消费者及商业应用。构成 LED 的层是基于结晶半导体材料, 这些结晶半导体材料需要诸如分子有机化学气相沉积的超高真空技术用于其生长。另外, 这些层通常需要在接近晶格匹配的衬底上生长以形成无缺陷的层。这些基于结晶的无机 LED 具有高亮度 (归因于具有高导电性的层)、长寿命、良好环境稳定性及良好外量子效率的优点。产生所有这些优点的结晶半导体层的使用也导致许多缺点。主要缺点为高制造成本, 难于组合来自同一芯片的多色输出、需要高成本及刚性的衬底。

[0003] 在 20 世纪 80 年代中期, 发明了基于使用小分子量分子的有机发光二极管 (OLED) (Tang 等人, Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987))。在 20 世纪 90 年代早期, 发明了聚合物的 LED (Burroughes 等人, Nature 347, 539 (1990))。在随后的 15 年中, 基于有机物的 LED 显示器已进入市场, 并且在装置寿命、效率及亮度上有重大改良。举例而言, 含有磷光发射体的装置具有高达 19% 的外量子效率; 而通常报道装置寿命为数万个小时。与基于结晶的无机 LED 相比, OLED 具有降低很多的亮度 (主要由于载流子迁移率小)、较短寿命且需要昂贵封装以用于装置操作。另一方面, OLED 享有的益处为可能较低的制造成本、自同一装置发射多色的能力及允许柔性显示器 (若可解决封装问题)。

[0004] 为改良 OLED 的性能, 在 20 世纪 90 年代晚期, 引入含有有机物及量子点的混合发射体的 OLED 装置 (Matoussi 等人, J. Appl. Phys. 83, 7965 (1998))。将量子点添加至发射体层中的优点为: 可增强装置的色域; 可通过简单改变量子点颗粒尺寸而获得红色、绿色及蓝色发射; 以及可降低制造成本。由于诸如量子点在发射体层中的聚集之类的问题, 这些装置的效率与典型 OLED 装置比较相当低。当纯量子点膜用作发射体层时, 效率甚至更差 (Hikmet 等人, J. Appl. Phys. 93, 3509 (2003))。不良效率归因于量子点层的绝缘性质。之后, 在有机空穴传输层与电子传输层之间沉积单层量子点膜后增强了效率 (达到约 1.5 cd/A) (Coe 等人, Nature 420, 800 (2002))。据说, 自量子点的发光主要由于自有机分子上的激子的福斯特能量转移 (Forster energy transfer) 而发生 (电子-空穴复合在有机分子上发生)。不管未来在效率方面会有何种改良, 这些混合装置仍遭受与纯 OLED 装置相关的所有缺点。

[0005] 近期, 通过在真空沉积的 n-GaN 层与 p-GaN 层之间夹合单层厚核/壳 CdSe/ZnS 量子点层, 构造了主要为全无机的 LED (Mueller 等人, Nano Letters 5, 1039 (2005))。所得到的装置具有 0.001 至 0.01% 的不良外量子效率。该问题的一部分可与据报道在生长后出现的氧化三辛基磷 (TOPO) 及三辛基磷 (TOP) 的有机配位体相关。这些有机配位体为绝缘体且将导致至量子点上的不良电子及空穴注入。另外, 结构的其余部分制造成本高, 这是由于使用通过高真空技术生长的电子及空穴半导体层以及使用蓝宝石衬底。

[0006] 因此,构造基于量子点发射体的全无机 LED 将为高度有益的,该全无机 LED 是通过低成本沉积技术形成的且其个别层示出良好导电性能。所得到的 LED 将组合结晶 LED 与有机 LED 的许多期望属性。

发明内容

[0007] 本发明的一个目标为提供无机发光二极管装置,其发射体层是由无机量子点形成的,其中该无机发射体层同时具备导电性及发光性。另外,该二极管装置是经由低成本沉积工艺形成的。

[0008] 该目标是通过无机发光装置实现的,该无机发光装置包含:透明衬底;第一电极;与该第一电极相对的第二电极;在无机半导体基体(matrix)内包含核/壳量子点的多晶无机发光层,其中该第一电极为透明的且形成于透明衬底上,该多晶无机发光层形成于第一电极上,且该第二电极形成于发光层上。

[0009] 本发明的优点为多晶无机发光层用于自固态照明设备及灯至全彩高分辨率显示器的许多发光装置应用。有利地,该多晶无机发光层含有作为发射物质(species)的量子点,且同时具备发光性及导电性。发光层包括导电宽带隙纳米颗粒及有壳量子点发射体的复合物。热退火被用于将导电纳米颗粒彼此烧结在一起且烧结至量子点的表面上,以形成多晶层。因此,发光层的导电性得以增强,至量子点中的电子-空穴注入也得以增强。为使量子点能经受住退火步骤而不损失其荧光效率(因为使量子点钝化的有机配位体在退火工艺中蒸发),设计量子点壳以限制电子及空穴,以使其波函数不对外壳的表面态取样。

[0010] 另一优点为使电荷输送层包含导电纳米颗粒;另外,使用分离热退火步骤来增强这些层的导电性。所有纳米颗粒及量子点经化学合成且制成胶状分散体。因此,所有装置层通过诸如液滴涂布或喷墨的低成本工艺来沉积。所得到的所有无机发光二极管装置成本低,能够形成在一系列衬底上,且能够经调谐以在广泛范围的 UV、可见光及红外波长内发射。

附图说明

[0011] 图 1 示出核/壳量子点颗粒的示意图;

[0012] 图 2 示出依据本发明的无机发光层的部分的示意图;

[0013] 图 3 示出依据本发明的无机发光装置的侧视示意图;

[0014] 图 4 示出依据本发明的无机发光装置的另一实施例的侧视示意图;

[0015] 图 5 示出 ZnS 薄膜的透射率的曲线图;

[0016] 图 6 示出依据本发明的无源基体装置的实例;

[0017] 图 7 示出依据本发明的底部发射装置的像素布局;

[0018] 图 8 示出依据本发明的底部发射装置的横截面;以及

[0019] 图 9 示出依据本发明的顶部发射装置的横截面。

具体实施方式

[0020] 使用量子点作为发光二极管中的发射体赋予以下优点:发射波长能够通过改变量子点颗粒的尺寸而调谐。因而,窄谱(产生较大色域)、多色发射能够自同一衬底发生。

若量子点是通过胶体方法制备的[且并非通过高真空沉积技术生长的(S. Nakamura 等人, Electron. Lett. 34, 2435(1998))], 则衬底不再需要为昂贵的或与 LED 半导体系统晶格匹配。举例而言, 衬底可为玻璃、塑料、金属箔或 Si。使用这些技术形成量子点 LED 是高度理想的, 若使用低成本沉积技术来沉积 LED 层, 则尤其如此。

[0021] 核/壳量子点 120 发射体的示意图示于图 1 中。颗粒含有发光核 100、半导体壳 110 及有机配位体 115。因为典型量子点的尺寸大约为几纳米 (nm) 且与其固有激子的尺寸相当, 所以颗粒的吸收峰及发射峰均相对于体 (bulk) 值蓝移 (R. Rossetti 等人, J. Chem. Phys. 79, 1086(1983))。由于量子点的尺寸小, 这些点的表面电子态对点的荧光量子产额具有较大影响。发光核 100 的电子表面态能够通过将适当 (例如伯胺) 有机配位体 115 连接至其表面或通过围绕发光核 100 外延生长另一半导体 (半导体壳 110) 来钝化。生长半导体壳 110 (相对于有机钝化核) 的优点为: 空穴及电子核颗粒表面态能够同时钝化, 所得到的量子产额通常较高, 且量子点更具光稳定性及化学鲁棒性 (robust)。由于半导体壳 110 的厚度有限 (通常 1-2 个单层), 其电子表面态也需要钝化。有机配位体 115 再次成为常用选择。以 CdSe/ZnS 核/壳量子点 120 为例, 在核/壳介面处的价带及导带偏移使得所得到的电位起将空穴及电子限制于核区域的作用。因为电子通常比重空穴轻, 所以空穴主要受限于核, 而电子透入壳中且对其与金属原子相关的电子表面态取样 (R. Xie 等人, J. Am. Chem. Soc. 127, 7480(2005))。

[0022] 因此, 对于 CdSe/ZnS 核/壳量子点 120 的情况而言, 仅壳的电子表面态需要钝化; 合适的有机配位体 120 的实例将为一种伯胺, 其与表面 Zn 原子形成施主/受主键 (X. Peng 等人, J. Am. Chem. Soc. 119, 7019(1997))。总之, 典型的高发光性量子点具有核/壳结构 (较高带隙包围较低带隙) 且具有附接到壳表面的非导电有机配位体 120。

[0023] 在过去十年中, 许多工人已制造出高发光性核/壳量子点的胶状分散体 (O. Masala 及 R. Seshadri, Annu. Rev. Mater. Res. 34, 41(2004))。发光核 100 包含 IV 型 (Si)、III-V 型 (InAs) 或 II-VI 型 (CdTe) 半导体材料。对于在光谱的可见光部分中的发射而言, CdSe 为优选的核材料, 因为通过改变 CdSe 核的直径 (1.9 至 6.7nm), 发射波长能够自 465 调谐至 640nm。如本领域中所熟知的, 发射可见光的量子点能够自诸如掺杂 ZnS 的其他材料系统制造 (A. A. Bol 等人, Phys. Stat. Sol. B224, 291(2001))。发光核 100 是通过本领域中熟知的化学方法制得的。典型的合成路线为分子前体 (molecular precursor) 在高温下分解于配位溶剂 (coordinating solvent) 中、溶热法 (O. Masala 及 R. Seshadri, Annu. Rev. Mater. Res. 34, 41(2004)) 以及受抑沉淀 (arrested precipitation) (R. Rossetti 等人, J. Chem. Phys. 80, 4464(1984))。半导体壳 110 通常包含 II-VI 型半导体材料, 诸如 CdS 或 ZnSe。壳半导体通常经选择以与核材料接近晶格匹配且具有使核空穴及电子主要受限于量子点的核区域的价带及导带级。CdSe 核的优选壳材料为 $\text{ZnSe}_x\text{S}_{1-x}$, 其中 x 在 0.0 至 ~0.5 范围内变化。包围发光核 100 的半导体壳 110 的形成通常经由分子前体在高温下分解于配位溶剂中 (M. A. Hines 等人, J. Phys. Chem. 100, 468(1996)) 或反微胞 (reverse micelle) 技术 (A. R. Kortan 等人, J. Am. Chem. Soc. 112, 1327(1990)) 来完成。

[0024] 如本领域中所熟知的, 两种用于形成量子点膜的低成本方式为通过液滴涂布及旋转涂布来沉积核/壳量子点 120 的胶状分散体。用于液滴涂布量子点的常用溶剂为己烷: 辛烷的 9 : 1 混合物 (C. B. Murray 等人, Annu. Rev. Mater. Sci. 30, 545(2000))。有机配位

体 115 需要经选择以使量子点颗粒可溶于己烷中。因而,具有基于烃的尾部的有机配位体为良好选择,诸如烷基胺。使用本领域中熟知的程序,来自生长程序的配位体(例如 TOPO)可与选择的有机配位体 115 交换(C. B. Murray 等人, *Annu. Rev. Mater. Sci.* 30, 545 (2000))。当旋转涂布量子点的胶状分散体时,要求溶剂易散布于沉积表面上且溶剂在旋转工艺中以适度速率蒸发。已发现基于醇的溶剂为良好选择;例如,将诸如乙醇的低沸点醇与诸如丁醇-己醇混合物的较高沸点醇组合使得膜形成良好。相应地,配位体交换能够被用于附接尾部可溶于极性溶剂中的有机配位体(至量子点);吡啶为合适的配位体的实例。自这两种沉积工艺产生的量子点膜具备发光性但非导电性。膜具备电阻性,因为非导电有机配位体分离核/壳量子点 120 颗粒。膜具备电阻性还因为当移动电荷沿量子点传播时移动电荷由于半导体壳 110 的限制势垒而陷于核区域中。

[0025] 无机 LED 的适当操作通常需要低电阻率的 n 型及 p 型传输层,其包围导电(标称掺杂)及发光发射体层。如上文所讨论的,典型量子点膜具备发光性但为绝缘的。图 2 示意性说明提供同时具备发光性及导电性的无机发光层 150 的方式。该概念是基于连同核/壳量子点 120 共同沉积小的($< 2\text{nm}$)、导电无机纳米颗粒 140 以形成无机发光层 150。随后的惰性气体(Ar 或 N_2)退火步骤被用于将较小无机纳米颗粒 140 彼此烧结在一起且烧结至较大核/壳量子点 120 的表面上。烧结无机纳米颗粒 140 引起连续、导电半导体基体 130 的产生。经由烧结工艺,该基体也连接于核/壳量子点 120 且形成多晶无机发光层。因而,导电路径是自无机发光层 150 的边缘产生的、穿过半导体基体 130 且到达每个核/壳量子点 120,其中电子及空穴在发光核 100 中复合。也应注意,将核/壳量子点 120 封装于导电半导体基体 130 中具有附加益处,即其在环境上保护量子点免受氧及湿气的影响。

[0026] 无机纳米颗粒 140 需要包含导电半导体材料,诸如 IV 型(Si)、III-V 型(GaP)或 II-VI 型(ZnS 或 ZnSe)半导体。为易将电荷注入核/壳量子点 120 中,优选的是无机纳米颗粒 140 包含带隙与半导体壳 110 材料的带隙相当的半导体材料,更具体而言带隙在壳材料的带隙的 0.2eV 内。对于 ZnS 为核/壳量子点 120 的外壳的情况而言,则无机纳米颗粒 140 包含 ZnS 或具有低 Se 含量的 ZnSSe。无机纳米颗粒 140 通过本领域中熟知的化学方法制得。典型的合成路线为分子前体在高温下分解于配位溶剂中、溶热法(O. Masala 及 R. Seshadri, *Annu. Rev. Mater. Res.* 34, 41 (2004))及受抑沉积(R. Rossetti 等人, *J. Chem. Phys.* 80, 4464 (1984))。如本领域中所熟知的,纳米尺寸的纳米颗粒在相对于其体(bulk)对应物而言低得多的温度下熔化(A. N. Goldstein 等人, *Science* 256, 1425 (1992))。相应地,期望无机纳米颗粒 140 具有小于 2nm 的直径以便增强烧结工艺,且优选的尺寸为 1-1.5nm。关于具有 ZnS 壳的较大核/壳量子点 120,已报道 2.8nm ZnS 颗粒对高达 350°C 的退火温度而言是相对稳定的(S. B. Qadri 等人, *Phys. Rev B* 60, 9191 (1999))。组合这两个结果,退火工艺具有在 250 与 300°C 之间的优选温度和至多 60 分钟的持续时间,这将较小无机纳米颗粒 140 彼此烧结在一起且烧结至较大核/壳量子点 120 的表面上,而较大核/壳量子点 120 在形状及尺寸上保持相对稳定。

[0027] 为形成无机发光层 150,形成无机纳米颗粒 140 及核/壳量子点 120 的共同分散体。因为希望核/壳量子点 120 由无机发光层 150 中的无机纳米颗粒 140 包围,所以将无机纳米颗粒 140 与核/壳量子点 120 的比率选择为大于 1 : 1。优选的比率为 2 : 1 或 3 : 1。根据诸如旋转涂布或液滴涂布的沉积工艺,作出有机配位体 115 的适当选择。通常,相同有

机配位体 115 被用于两种类型的颗粒。为增强无机发光层 150 的导电性（及电子-空穴注入过程），优选的是附接于核/壳量子点 120 及无机纳米颗粒 140 的有机配位体 115 由于无机发光层 150 在惰性氛围中退火而蒸发。通过选择具有低沸点的有机配位体 115，能够使其在退火工艺期间从膜上蒸发（C. B. Murray 等人, *Annu. Rev. Mater. Sci.* 30, 545 (2000)）。因此，对于通过液滴涂布形成的膜而言，优选诸如己胺的较短链伯胺；对于通过旋转涂布形成的膜而言，吡啶为优选的配位体。薄膜在升高的温度下退火可能由于膜与衬底之间的热膨胀失配而使膜破裂。为避免这种问题，优选的是退火温度自 25℃ 斜线上升至退火温度且自退火温度退回室温。优选的斜线上升时间为大约 30 分钟。所得到的无机发光层 150 的厚度应在 10 与 100nm 之间。

[0028] 退火步骤后，核/壳量子点 120 将缺乏有机配位体 115 的外壳。对于 CdSe/ZnS 量子点的情况而言，不具有外部配位体壳会造成自由电子由于被壳的未钝化表面态俘获而损失（R. Xie, *J. Am. Chem. Soc.* 127, 7480 (2005)）。因此，退火的核/壳量子点 120 将示出与未退火的点相比降低的量子产额。为避免这种情况，ZnS 壳厚度需要增加至一定程度以使得核/壳量子点电子波函数不再对壳的表面态取样。使用本领域中熟知的计算技术（S. A. Ivanov 等人, *J. Phys. Chem.* 108, 10625 (2004)），ZnS 壳的厚度需要为至少 5 个单层（ML）厚以便消除电子表面态的影响。然而，多达 2ML 厚的 ZnS 壳能够直接生长在 CdSe 上，而不会由于两种半导体晶格之间的晶格失配而产生缺陷（D. V. Talapin 等人, *J. Phys. Chem.* 108, 18826 (2004)）。为避免晶格缺陷，ZnSe 的中间壳能够生长在 CdSe 核与 ZnS 外壳之间。Talapin 等人采用该方法（D. V. Talapin 等人, *J. Phys. Chem.* B108, 18826 (2004)），其中他们能够在 CdSe 核上生长出高达 8ML 厚的 ZnS 壳，且最佳的 ZnSe 壳厚度为 1.5ML。也能够采用更复杂的方法以使晶格失配差异最小化，例如以在许多单层的间距上使中间壳的半导体含量从 CdSe 平稳地变化到 ZnS（R. Xie 等人, *J. Am. Chem. Soc.* 127, 7480 (2005)）。总之，将外壳的厚度制成足够厚以使两种自由载流子均不对电子表面态取样。另外，必要时，将适当半导体含量的中间壳添加至量子点，以便避免与厚半导体壳 110 相关的缺陷的产生。

[0029] 图 3 给出了合并有无机发光层 150 的电致发光 LED 装置 200 的最简单实例。衬底 160 支撑所沉积的半导体及金属层；其唯一要求是其足够刚性以使沉积工艺能够进行且其能够经受住热退火工艺（最高温度为 ~ 285℃）。其能够为透明或不透明的。可能的衬底材料为玻璃、硅、金属箔以及一些塑料。下一沉积材料为阳极 170。对于衬底 160 为 p 型 Si 的情况而言，阳极 170 需要沉积于衬底 160 的底表面上。用于 p-Si 的合适的阳极金属为 Al。其能够通过热蒸发或溅射来沉积。其沉积后，将其在 ~ 430℃ 下退火 20 分钟。对于上文指定的所有其他衬底类型而言，阳极 170 沉积于衬底 160 的顶表面上（如图 3 中所示）且包括诸如氧化铟锡（ITO）的透明导体。ITO 能够通过溅射或本领域中的其他熟知程序进行沉积。ITO 通常在 ~ 300℃ 下退火 1 小时以改良其透明度。因为诸如 ITO 的透明导体的薄层电阻比金属的薄层电阻大得多，所以能够使用热蒸发或溅射经由阴影掩模来选择性沉积总线金属（bus metal）190 以降低从接触焊盘至实际装置的电压降。接着沉积无机发光层 150。如上文所讨论的，其能够液滴涂布或旋转涂布至透明导体（或 Si 衬底）上。诸如喷墨胶状量子点-无机纳米颗粒混合物的其他沉积技术也是可行的。沉积后，将无机发光层 150 在 250-300℃ 的优选温度下退火 15-45 分钟。最后，将阴极 180 金属沉积于无机发光层 150 上。候选阴极 180 金属为与包括无机纳米颗粒 140 的材料形成欧姆接触的金属。举

例而言,对于 ZnS 无机纳米颗粒 140 的情况而言,优选的金属为 Al。其能够通过热蒸发或溅射来沉积,接着在 285℃ 下热退火 10 分钟。本领域技术人员也能够推断层组分能被反转以使阴极 180 沉积于衬底 160 上且阳极形成于无机发光层 150 上。对于 Si 支撑物的情况而言,衬底 160 为 n 型 Si。

[0030] 另外,衬底 160 能够为刚性或柔性的且能够被加工为诸如薄片或晶圆的分离的各个块,或者被加工为连续滚筒。典型的衬底材料包括玻璃、塑料、金属、陶瓷、半导体、金属氧化物、半导体氧化物、半导体氮化物或其组合。衬底 160 能够为均匀混合材料、复合材料或多层材料。衬底 160 能够为光透射的或不透明的,这取决于发光的预计方向。

[0031] 光透射性衬底对于经由衬底观察发光而言是期望的;这些装置也通常称为底部发射装置。透明玻璃或塑料通常用于这些情况。使用图 3 作为参考,底部发射无机发光装置能够形成于透明的衬底 160 上。第一电极(阳极或阴极)沉积于衬底上且为透明的。多晶无机发光层随后形成于透明的第一电极上,并且反射性的第二电极(阴极或阳极)形成于发光层上。

[0032] 对于经由顶部电极观察发光的应用而言,底部支撑物的透射特性并不重要,因此能够是光透射的、光吸收的或光反射的。这些发光装置通常称为顶部发射装置。用于该情况的衬底包括(但不限于)玻璃、塑料、半导体材料、陶瓷以及电路板材料。再次使用图 3 作为参考,顶部发射装置能够使用任何衬底 160 来形成。反射性第一电极随后沉积于衬底上,无机发光层形成于第一电极上,且透明第二电极形成于无机发光层上。另外,通过使用透明衬底和形成由透明材料制成的两种电极,可能自显示器的两侧均有可观察的发射。

[0033] 顶部发射装置及底部发射装置均能够为无源基体或有源基体装置,因而能够视为电子显示器。术语“电子显示器”是指其中电子实体控制显示器的不同区域的强度的显示器。为使装置具有独立可控、分离的发光区域,必须图案化至少一个电极。这些图案化的电极能够由薄膜电子组件或由形成于衬底外部的(一个或多个)驱动电路来控制。图 6 说明无源基体显示器中的离板(off-panel)驱动器和一系列水平及垂直电极的实例。可选地,衬底 160 能够为具有低温多晶硅或非晶硅薄膜晶体管(TFT)的有源基体衬底。衬底 160 上的电子组件并不限于晶体管。衬底 160 能够含有其他有源电子组件,诸如包含结晶、多晶或非晶半导体材料的薄膜电子组件。这些薄膜电子组件包括(但不限于):TFT、电容器、二极管、开关以及电阻器。

[0034] 无源基体装置的一个实例说明于图 6 中。根据本发明的无极发光显示装置包括衬底 160。形成于衬底 160 的一侧上的行电极 12 及列电极 14 限定其中行及列电极重叠的无源基体像素元件 13 的行 18 及列 19。行电极 12 及列电极 14 提供数据及选择信号给无源基体像素元件 13 的阵列 16。行电极 12 及列电极 14 分别连接于电接触 44 及 45。离散数据驱动器 22 及选择驱动器 23 围绕阵列 16 的周边定位且电连接于电接触 44 及 45。离散数据驱动器 22 及选择驱动器 23 为形成于分离、离散衬底(诸如硅)上的常规集成电路。它们能够如所示与衬底 160 分离,或与行电极 12 及列电极 14 连接至衬底 160 的相同侧上。离散数据驱动器 22 及选择驱动器 23 使用无源基体控制方案来驱动像素元件 13 且对显示控制器 30 经由地址、数据及控制线 24 所提供的地址及数据控制信号做出响应。数据值能够使用常规存储器写入技术,使用地址数据及控制线而写入数据驱动器 22 中。

[0035] 再次参考图 6,无源基体像素元件 13 含有有源层,其响应于电信号而发光。因而,

把无机电致发光介质 410(未示出)放置于电极 12 与 14 之间;无机电致发光介质 410 包括多晶无机发光层。另外,无机电致发光介质 410 可包括无机电荷输送层。当发光元件经由一行 19 及一行 18 激励时,在行及列交叉处的元件受激励并且发射光。光能够经由衬底或自顶部观察,这取决于用以构造无源基体装置的材料。

[0036] 对于底部发射的有源基体装置存在许多可能的像素设计。一种使用非晶硅型 TFT 的像素 200 设计的物理布局视图示于图 7 中。诸如选择晶体管 320、储存电容器 330 及功率晶体管 340 的各种电路组件的构造可见于图 7 中。驱动电路组件是使用常规集成电路及薄膜晶体管制造技术来制造的。选择线 313 形成于第一导体层中。电源线 311 及数据线 312 形成于第二导体层中。绝缘体形成于该两个导体层之间以使其电隔离。该配置允许数据线及电源线交叉而没有电连接,进而形成像素基体。形成于不同导体层中的结构元件之间的电连接通过形成穿过设置于导体层之间的绝缘体层的接触孔(也称为通孔)来实现。术语电连接在本公开中用于指示使电流能够流动的连接。其能够为两个导电元件的直接物理连接。电连接能够具有电阻。电连接也能够经由诸如晶体管或二极管的其他电路组件间接提供。

[0037] 选择线 313 的一部分延伸以形成选择晶体管 320 的栅极。在该第一导体层上为第一绝缘体层(未示出),其也称为栅极绝缘体层。选择晶体管 320 是使用本领域中熟知的技术自第一半导体区域 321 形成的。能够为源极端子或漏极端子的第一端子由数据线 312 的一部分所形成。选择晶体管 320 的第二端子-端子 326 延伸以形成储存电容器 330 的第二电容器电极,且也经由接触孔 342 电连接于功率晶体管 340 的功率晶体管栅电极 343。诸如选择晶体管 320 的晶体管示出为底部栅极型晶体管,然而,诸如顶部栅极晶体管及双栅极晶体管的其他类型也是本领域已知的且能够加以使用。类似地,功率晶体管 340 形成于第二半导体区域 341 中。第一半导体区域 321 及第二半导体区域 341 通常形成于栅极绝缘体层上的同一半导体层中。半导体层包含多个子层,诸如本征或未掺杂子层及掺杂子层。此处该半导体层为非晶硅,但也能够为不同于硅的多晶或结晶或已知半导体材料,诸如有机半导体及金属氧化物半导体。功率晶体管 340 的功率晶体管栅电极 343 形成于第一导体层中。如所示,功率晶体管 340 的第一端子由电源线 311 的一部分形成。功率晶体管 340 的第二端子 346 形成于第二导体层中。储存电容器 330 形成于第一导体层中所形成的第一电容器电极 333 与如上所述形成端子 326 的一部分的第二电容器电极之间。栅极绝缘体层(未示出)沉积于第一电容器电极与第二电容器电极之间。第一电容器电极 333 经由接触孔 332 电连接于电源线 311。替代的配置是本领域中已知的,其中储存电容器不直接连接于电源线,而替代地提供有分离电容器线,其能够维持在相对于电源线的不同电压电平或相同电压电平。

[0038] 无机发光装置的下电极 381 由形成于第一及第二导体层上的第三导体层形成。第二绝缘体层(未示出)位于下电极 381 与第二导体层之间。无机发光装置的下电极 381 经由形成于该第二绝缘体层中的接触孔 345 而连接于功率晶体管 340。

[0039] 下电极 381 被用于提供与无机发光二极管的无机电致发光介质(未示出)的电接触。在下电极 381 的周边边缘上,也能够形成像素间绝缘体层(未示出)以覆盖电极的边缘且减少如本领域中已知的短路缺陷(shorting defect)。这些像素间绝缘体层的实例可见于美国专利 6,246,179 中。

[0040] 图 7 的装置沿线 X-X' 的横截面示意图示于图 8 中。在该横截面图中,可见绝缘衬底 160 的位置以及第一绝缘体层 401(也称为栅极绝缘体层)及第二绝缘体层 402 的位置。这些绝缘体层示出为单层,但可实际上包括不同绝缘材料的若干子层。示出非晶硅功率晶体管 340 的构造。示出第二半导体区域 341,其具有本征子层 341a 及掺杂子层 341b。

[0041] 示出在下电极 381 的边缘上放置像素间绝缘体 403。在下电极 381 上,形成无机电致发光介质 410。无机电致发光介质 410 包括在阳极与阴极之间的所有层。在图 8 中,无机电致发光介质 410 示为单层,但其通常包含多个子层,诸如多晶无机发光层及一个或多个无机电荷输送层。在无机电致发光介质 410 上方,形成上电极 420。上电极 420 在这些有源基体配置中通常很常见并且用以提供与第二电压电平的电连接。下电极 381 及上电极 420 用作隔开电极,所述隔开电极提供电流给设置于电极之间的无机电致发光介质 410。当电激励时,在下电极 381 上方、在由像素间绝缘体 403 的开口限定的区域中的无机电致发光介质 410 将发出光 450。光 450 示为离开装置的底部(穿过衬底 160)。该配置称为底部发射配置。这需要下电极 381 至少为部分透明的。因而,下电极 381 通常由诸如氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)的材料或诸如铝或银的金属的薄(小于 25nm)层或其组合来构造。上电极在该配置中通常是反射性的,其至少部分地由诸如铝、铝合金、银或银合金的反射性金属构造。相反配置在本领域中是已知的,其中光经由上电极离开,方向与衬底相反。该相反配置称为顶部发射体配置。在该配置中,上电极及下电极的光透射及反射性质分别与顶部发射体配置的这些性质相反。图 9 中的横截面图说明与本发明一致的顶部发射体配置。图 9 可在图 8 的描述的上下文中加以理解。尽管未示出,但本领域的技术人员应了解,对于非晶硅及低温多晶硅晶体管而言,额外像素布局布置可应用于当前发明。

[0042] 本发明的无机发光层能够用以形成单色、多色或全彩色显示器。术语“多色”描述能够在不同区域中发射不同色调的光的显示面板。具体而言,其用以描述能够显示不同颜色的图像的显示面板。这些区域未必邻接。术语“全彩色”通常用以描述能够至少在可见光谱的红色、绿色及蓝色区域中发射且以任何色调组合显示图像的多色显示面板。能够由给定显示器产生的全套颜色通常称为显示器的色域。红色、绿色及蓝色构成三基色,由此能够通过适当混合产生所有其他颜色。然而,使用额外颜色以扩展装置的色域或在装置的色域内使用额外颜色是可能的。另外,对在可见光范围外发射的显示器具有实际应用。因此,每个发光元件或装置的核/壳量子点能够经选择以具有适合应用的发射波长。这些波长在特性上能够是紫外、蓝色、青色、绿色、黄色、品红色、红色或红外或其任何组合。

[0043] 术语“像素”以本领域公认的用法被用以表示能够被激励以独立于其他区域进行发光的显示面板的区域。术语“发光元件”出于该讨论的目的而言与像素同义。也应注意,不应根据术语:像素或发光元件来推定物理尺寸要求。装置可由单个大发光元件、数百万个小发光元件或其间的任何实际配置组成。公认在全彩色系统中,不同颜色的若干像素将一起使用以产生广泛范围的颜色,且观察者能够将该群组称为单个像素。出于本公开的目的而言,该群组将视为若干不同发光元件或像素。

[0044] 本发明的无机发光装置能够具有宽带发射,且将视为白光发射体。宽带发射是具有处于可见光谱的多个部分(例如蓝色及绿色)中相当大成分(component)的光。宽带发射也能够包括在光谱的红色、绿色及蓝色部分中发射以产生白光的光。白光是由使用者感知为具有白色的那种光,或具有足以与彩色滤光器组合使用以产生实际全彩色显示的发射

光谱的光。如本文中所使用的术语“发白光”是指内部产生白光的装置,即使在观察之前该光的部分能够由彩色滤光器移除。因此,本发明的发白光无机发光装置能够用于照明应用,例如用作灯。在显示应用中,该发白光无机发光装置能够用作调节光以形成图像的光选通装置的显示背光源。此应用的一个实际实例将是液晶显示器(LCD)中的显示背光源。

[0045] 图4提供合并有无机发光层150的电致发光LED装置205的另一实施例。该图示出p型传输层220及n型传输层230被添加至该装置中且包围无机发光层150。如本领域中所熟知的,LED结构通常含有n型及p型掺杂的传输层。它们用于一些不同目的。若半导体被掺杂,则形成与半导体的欧姆接触较简单。因为发射体层通常是本征或轻掺杂的,所以对于形成与掺杂传输层的欧姆接触而言简单得多。由于表面等离子体效应(K. B. Kahen, Appl. Phys. Lett. 78, 1649 (2001)),使金属层邻近于发射体层导致发射体效率损失。因此,由足够厚(至少150nm)的传输层将发射体层与金属接触隔开是有利的。最终,不仅传输层将电子及空穴注入发射体层中,而且通过适当选择材料,它们能够防止载流子从发射体层中漏出。举例而言,若无机纳米颗粒140包含 $\text{ZnS}_{0.5}\text{Se}_{0.5}$ 且传输层包含ZnS,则电子及空穴将由ZnS势垒限制于发射体层。用于p型传输层的适合材料包括II-VI及III-V半导体。典型II-VI半导体为ZnSe、ZnS或ZnTe。仅ZnTe是天然p型,而ZnSe及ZnS是n型。为得到足够高的p型导电率,应将额外的p型掺杂剂添加至所有三种材料中。对于II-IV p型传输层的情况而言,可能的候选掺杂剂是锂和氮。举例而言,已在文献中示出, Li_3N 能够在约350°C下扩散至ZnSe中以产生p型ZnSe,电阻率低至0.4欧姆-厘米(S. W. Lin, Appl. Phys. Lett. 65, 2437 (1994))。

[0046] 用于n型传输层的适合材料包括II-VI及III-V半导体。典型II-VI半导体ZnSe或ZnS。至于p型传输层,为得到足够高n型导电率,应将额外的n型掺杂剂添加至半导体中。对于II-VI n型传输层的情况而言,可能的候选掺杂剂为Al、In或Ga的III型掺杂剂。如本领域中所熟知的,这些掺杂剂能够通过离子植入(接着退火)或通过扩散工艺而添加至层中(P. J. George等人, Appl. Phys. Lett. 66, 3624 [1995])。更优选的路线是在纳米颗粒的化学合成期间原位添加掺杂剂。以在十六烷基胺(HDA)/TOPO配位溶剂中形成的ZnSe颗粒(M. A. Hines等人, J. Phys. Chem. B102, 3655 [1998])为例,Zn源为己烷中的二乙基锌且Se源为溶于TOP中的Se粉末(形成TOPSe)。若ZnSe欲用Al掺杂,则将相应百分比(相对于二乙基锌浓度而言的几个百分比)的己烷中的三甲基铝添加至含有TOP、TOPSe及二乙基锌的注射器中。诸如此类的原位掺杂工艺已在通过化学浴沉积工艺生长薄膜时成功地加以论证(J. Lee等人, Thin Solid Films 431-432, 344 [2003])。关于图4应注意,二极管也能够仅在p型传输层或n型传输层添加至该结构的情况下操作。本领域的技术人员也能够推断,层组成能够被反转以使阴极180沉积于衬底160上而阳极形成于p型传输层220上。对于Si支撑物的情况而言,衬底160为n型Si。

[0047] 提供以下实例以进一步理解本发明且不欲解释为对本发明的限制。

[0048] 实例1

[0049] 根据图2的示意图形成无机发光层150。无机纳米颗粒140包含ZnS,而核/壳量子点120具有CdSe核及ZnSe/ZnS壳。ZnS颗粒是使用采用Khosravi等人报道的方法(A. A. Khosravi等人, Appl. Phys. Lett. 67, 2506 [1995])来化学合成的。Zn源为 ZnCl_2 ,硫源为双(三甲基硅烷基)硫化物 $(\text{TMS})_2\text{S}$,且表面活性剂/配位体为己胺。制备 ZnCl_2 、 $(\text{TMS})_2\text{S}$

及己胺的丁醇溶液（各为 0.02M），且将等体积的各溶液用于反应。为防止所得到的 ZnS 纳米颗粒氧化，在惰性条件下使用熟知程序执行反应。最初，在双颈烧瓶中组合 5ml 氯化锌溶液及 5ml 己胺溶液，同时有力搅拌混合物。接着，将 5ml (TMS)₂S 溶液以在 0.1-1ml/分钟之间的速率逐滴添加至烧瓶中，同时继续有力搅拌混合物。随后将所得到的三组分溶液放置于旋转蒸发器中以从溶液中蒸馏出 ~ 13ml 丁醇。添加过量甲醇之后，对溶液离心且慢慢倒出上层清液。为将沉淀物再溶解，添加 0.5ml 甲苯。再一次将过量甲醇添加至溶液中，接着离心且慢慢倒出上层清液。所得到的沉淀物可溶于各种非极性溶剂中。因为 ZnS 无机纳米颗粒 140 及 CdSe/ZnSe/ZnS 核/壳量子点 120 的胶状分散体通过液滴涂布来沉积，所以将沉积物溶于己烷：辛烷的 9：1 溶剂混合物中（C. B. Murray 等人，Annu. Rev. Mater. Sci. 30, 545[2000]）。所得到的胶状分散体是光学透明的，但在 360nm 激发下发射近 UV/ 紫外光。图 5 绘制 ZnS 纳米颗粒膜在三种不同温度下热退火 10 分钟后的透射率的曲线图。图 5 示出 ZnS 颗粒极小（< 2nm），因为自其体带隙（~ 3.6eV）的蓝移是显著的；且在约 280℃ 的温度下开始烧结在一起。如上文所讨论的，优选的是无机纳米颗粒 140 极小（< 2nm）以使得在较低温度下能够进行烧结。

[0050] 核/壳量子点 120 是按照 Talapin 等人（D. V. Talapin 等人，J. Phys. Chem. B108, 18826[2004]）的线路合成的。为形成 CdSe 核，在史兰克线（Schlenk line）及氩气流下进行“绿色”合成路线。最初，在标准脱气及干燥程序后，在三颈烧瓶中组合 8g TOPO、5g HAD 及 0.15g 十四基膦酸（TDPA）。将 2ml 1M TOPSe 溶液添加至烧瓶中且将混合物加热至 300℃。经由注射器将镉储备溶液（3ml TOP 中的 0.12g 乙酸镉）快速注射至烧瓶中，同时有力搅拌溶液。由于注入室温储备溶液的原因，反应温度立即下降 ~ 25℃。在 260℃ 下维持 7.5 分钟以便形成具有 ~ 530nm 的发射波长的发绿光核量子点。

[0051] 接着，在核 CdSe 量子点上沉积薄 ZnSe 壳（~ 1.5ML）。开始时，在三颈烧瓶中，将 3.6ml 核量子点粗制溶液（未经洗涤）与 20g TOPO 及 12g HDA（两种配位溶剂在添加至烧瓶中之前均脱气且干燥）组合。使所得到的混合物达到 190℃。在干燥箱中，用 Zn 及 Se 前体（0.3mmol 二乙基锌、0.39mmol TOPSe 及 3ml 额外 TOP）填充注射器。随后，将注射器的内含物以 5 毫升/小时的速率缓慢添加至烧瓶中，同时有力搅拌溶液。在注射 ZnSe 前体之后，立即将 ~ 5ML 的 ZnS 外壳沉积于 ZnSe 壳的量子点上。此时，用 3mmol 二乙基锌（来自于己烷溶液中的 1M 二乙基锌）、1.38ml (TMS)₂S 及 12ml TOP 填充注射器。以 8 毫升/小时的速率添加注射器内含物，其中生长温度设定至 210℃。完成 ZnS 壳生长后，将反应混合物冷却至 90℃ 且在该温度下保持 60 分钟。最终，将 11ml 丁醇添加至混合物中以防止其在 TOPO 及 HAD 的凝固点以下固化。所得到的核/壳/壳量子点轻微红移（相对于核发射）且具有黄绿色的发射颜色（~ 545nm）。所测量的量子产额超过 50%。

[0052] 无机发光层 150 包括 ZnS 无机纳米颗粒 140 及 CdSe/ZnSe/ZnS 核/壳量子点 120 的复合物。因而，CdSe/ZnSe/ZnS 核/壳量子点 120 的胶状分散体是使用 9：1 的己烷：辛烷作为溶剂而形成的，其中己胺是附接于量子点的有机配位体。因为刚合成的核/壳量子点 120 具有 TOPO/HAD 作为表面配位体，所以执行配位体交换程序（D. V. Talapin 等人，Nano Lett. 4, 207[2001]）以用己胺钝化量子点。将过量甲醇添加至配位体交换分散体中之后，对溶液离心且慢慢倒出上层清液。为将沉淀物再溶解，添加 1.0ml 甲苯。再一次将过量甲醇添加至溶液中，接着离心且慢慢倒出上层清液。将所得到的沉淀物再溶解于 9：1 的己

烷：辛烷溶剂混合物中。请注意，配位体交换及颗粒洗涤均在无空气条件下执行。ZnS 纳米颗粒及 CdSe/ZnSe/ZnS 量子点的复合胶状分散体分别是使用 2 : 1 的组分分散体的体积比而液滴涂布于衬底 (Si 或玻璃) 上。在管式炉中，在恒定 Ar 流下、在 270℃ 下，将所得到的膜退火 50 分钟 (花 35 分钟斜线上升至 270℃ 及 35 分钟斜线下降回至室温)。所得到的膜荧光在亮室内灯下是清晰可见的且又是黄绿色。这些膜在空气中看上去是稳定的，观察多个小时后荧光产额无可观察到的衰减。膜也是导电的，电阻率大约 10^5 欧姆 - 厘米。

[0053] 实例 2

[0054] 电致发光二极管是使用上述无机发光层 120 作为组件来构造的。经由阴影掩模将 ITO 溅射至清洁玻璃衬底 160 的表面上。沉积后，将 ITO 膜在 300℃ 下退火 1 小时以改良其透明度。接着，如实例 1 中所述的，将无机发光层 120 沉积于 ITO 的表面上。为确保无针孔层，将复合物 (ZnS 纳米颗粒及 CdSe/ZnSe/ZnS 核 / 壳 / 若干壳) 胶状分散体液滴涂布两次 (每次液滴涂布之后在 270℃ 下在管式炉中退火 50 分钟)。在两次液滴涂布之前，通过丙酮 / 甲醇溶剂洗涤来清洁沉积表面，接着用氮气吹干样本。

[0055] 接着，沉积 n 型传输层 230。其由 ZnSe 纳米颗粒形成。使用分子前体在配位溶剂中的高温分解来合成纳米颗粒 (在史兰克线及氩气流下进行)。更具体而言，将 7g HDA (经干燥且脱气) 放置于三颈烧瓶中且加热至 300℃。在干燥箱中，用 0.8mmol 二乙基锌 (来自于己烷溶液中的 1M 二乙基锌)、0.8mmol TOPSe 及 2.5ml 额外 TOP 填充注射器。将注射器内含物快速注射至烧瓶中，同时有力搅拌溶液。由于注入室温 Zn/Se 储备溶液的原因，反应温度立即下降 ~ 25℃。将其维持在 270℃ 下 3 分钟以形成发射近 UV/ 紫外光的 ZnSe 纳米颗粒。在冷却回室温之前，将 7ml 丁醇添加至溶液以防止 HDA 固化。因为需要用己胺液滴涂布，所以执行标准配位体交换以移除 HDA 配位体并且用己胺配位体将其置换。随后，将所得到的配位体交换的溶液放置于旋转蒸发器中以从溶液中蒸馏出任何过量丁醇及己胺。添加过量甲醇之后，对溶液离心且慢慢倒出上层清液。为将沉淀物再溶解，添加 0.25ml 甲苯。再一次将过量甲醇添加至溶液中，接着离心且慢慢倒出上层清液。将所得到的沉淀物再溶解于 9 : 1 的己烷：辛烷溶剂混合物中。为确保无针孔层，将 ZnSe 胶状分散体液滴涂布两次 (每次液滴涂布之后在 270℃ 下在管式炉中退火 50 分钟)。在两次液滴涂布之前，通过丙酮 / 甲醇溶剂洗涤来清洁沉积表面，接着用氮气吹干样本。

[0056] 随后将图案化的阴极 180 沉积于 n 型 ZnSe 传输层 230 上。铝经由阴影掩模热蒸发以形成 400nm 厚的膜。为形成与 ZnSe 的较好接触，在 285℃ 下将 Al 退火 10 分钟 (温度自 25℃ 斜线上升至 285℃ 并且下降回 25℃)。LED 经由玻璃衬底 160 在图案化的阴极 180 接触与阳极 170 (ITO) 接触的交叉处发光。交叉面积为大约 5mm^2 。LED 发射黄绿色光，其在柔和的环境照明条件下是可见的。发射需要装置两端的电压为至少 7-8V。在连续工作几分钟之后出现灾难损坏之前装置可操作高达 100mA ($2\text{A}/\text{cm}^2$) 的直流电流。

[0057] 元件列表

[0058]	12	行电极
[0059]	13	像素元件
[0060]	14	列电极
[0061]	16	阵列
[0062]	18	行

[0063]	19	列
[0064]	22	数据驱动器
[0065]	23	行选择
[0066]	24	控制线
[0067]	30	控制器
[0068]	44	电接触
[0069]	45	电接触
[0070]	100	发光核
[0071]	110	半导体壳
[0072]	115	有机配位体
[0073]	120	核 / 壳量子点
[0074]	130	半导体基体
[0075]	140	无机纳米颗粒
[0076]	150	无机发光层
[0077]	160	衬底
[0078]	170	阳极
[0079]	180	阴极
[0080]	190	总线金属
[0081]	200	无机发光装置
[0082]	205	无机发光装置
[0083]	220	p 型传输层
[0084]	230	n 型传输层
[0085]	300	像素
[0086]	311	电源线
[0087]	312	数据线
[0088]	313	选择线
[0089]	320	选择晶体管
[0090]	321	第一半导体区域
[0091]	326	端子
[0092]	330	电容器
[0093]	332	接触孔
[0094]	333	电容器电极
[0095]	340	功率晶体管
[0096]	341	第二半导体区域
[0097]	341a	本征子层
[0098]	341b	掺杂子层
[0099]	342	接触孔
[0100]	343	功率晶体管栅电极
[0101]	345	接触孔

[0102]	346	端子
[0103]	381	下电极
[0104]	401	第一绝缘层
[0105]	402	第二绝缘层
[0106]	403	像素间绝缘体
[0107]	410	无极电致发光介质
[0108]	420	上电极
[0109]	430	光

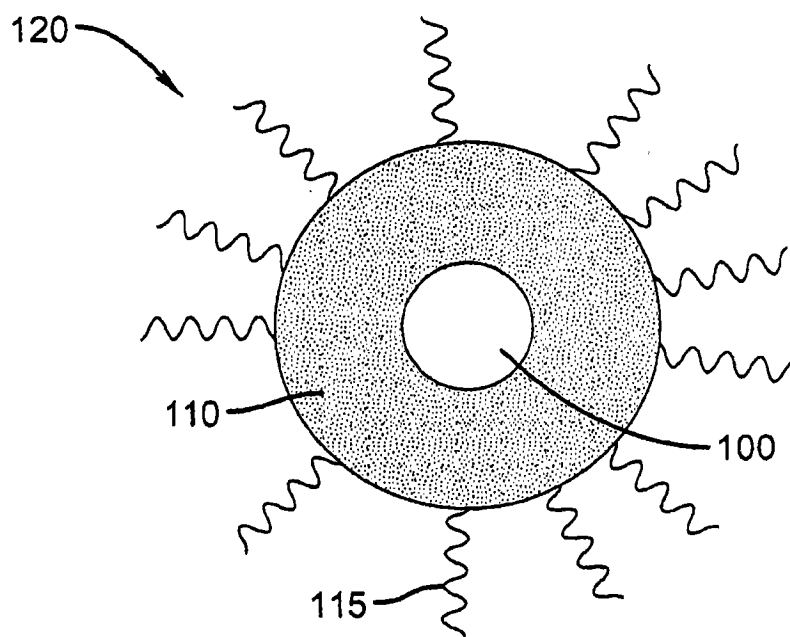


图 1

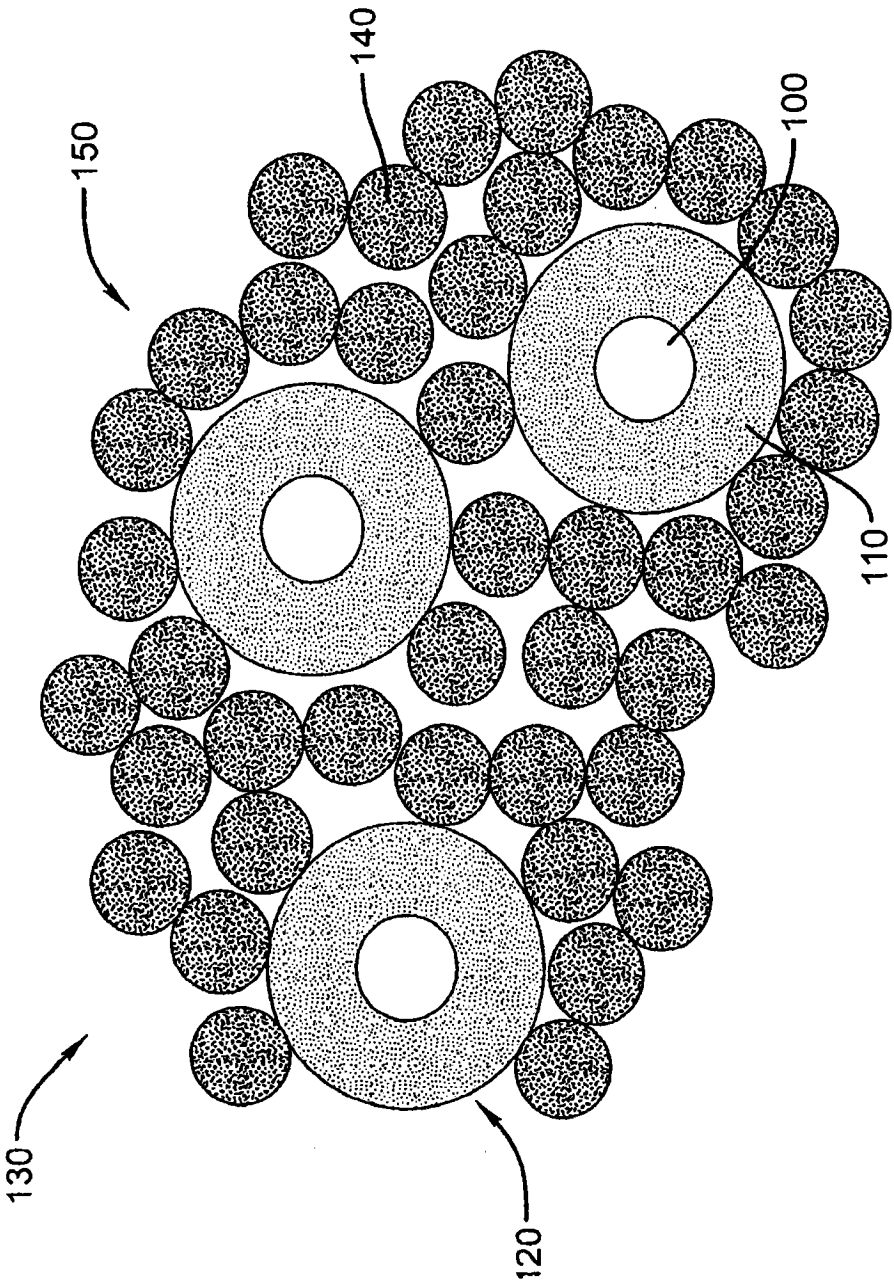


图 2

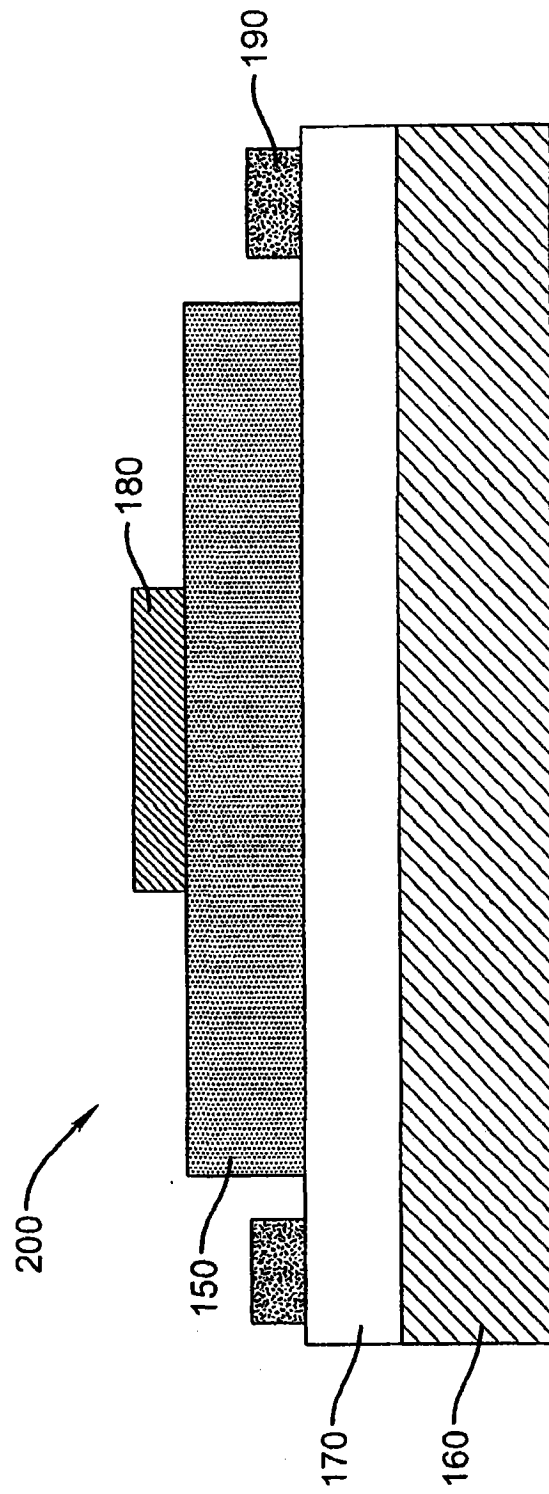


图 3

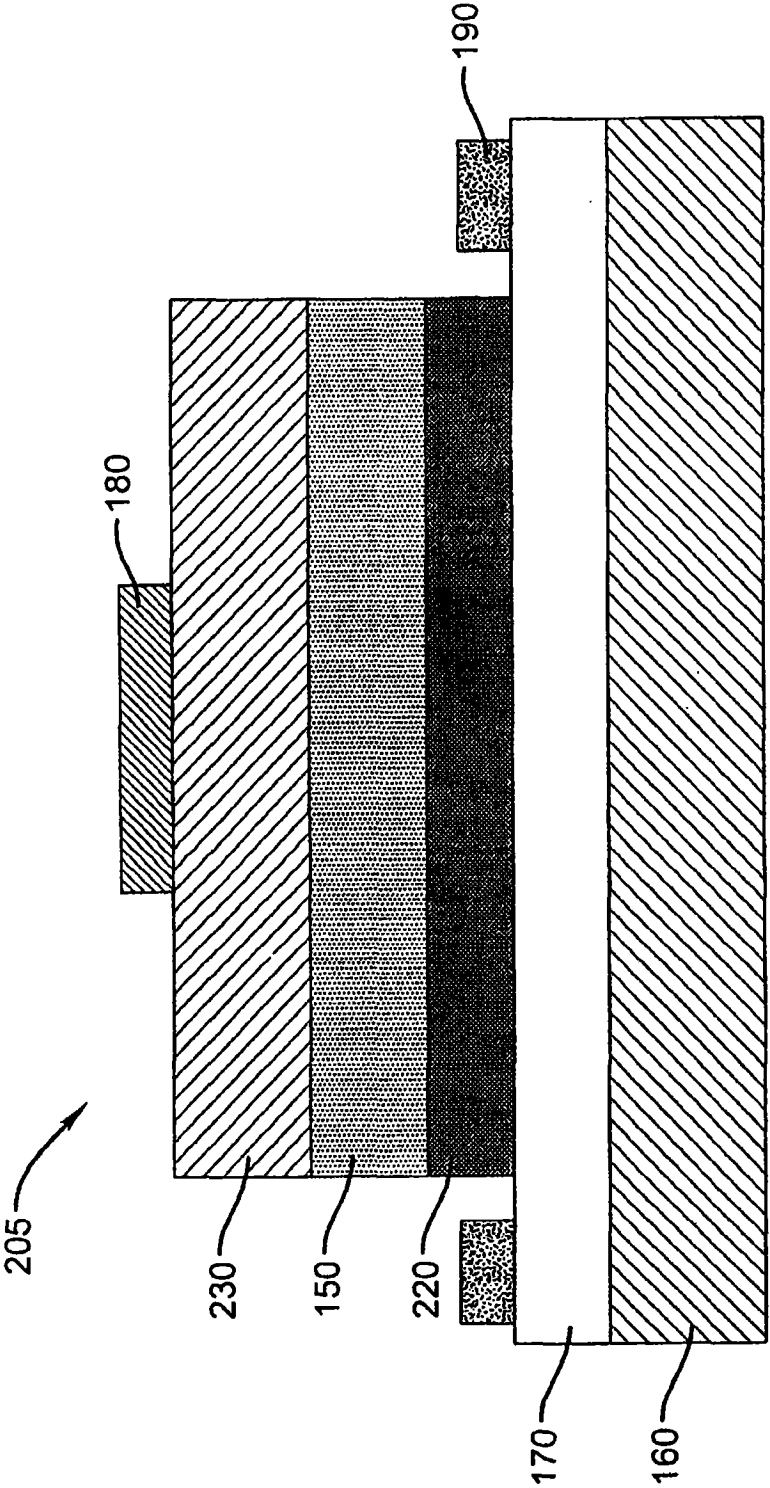


图 4

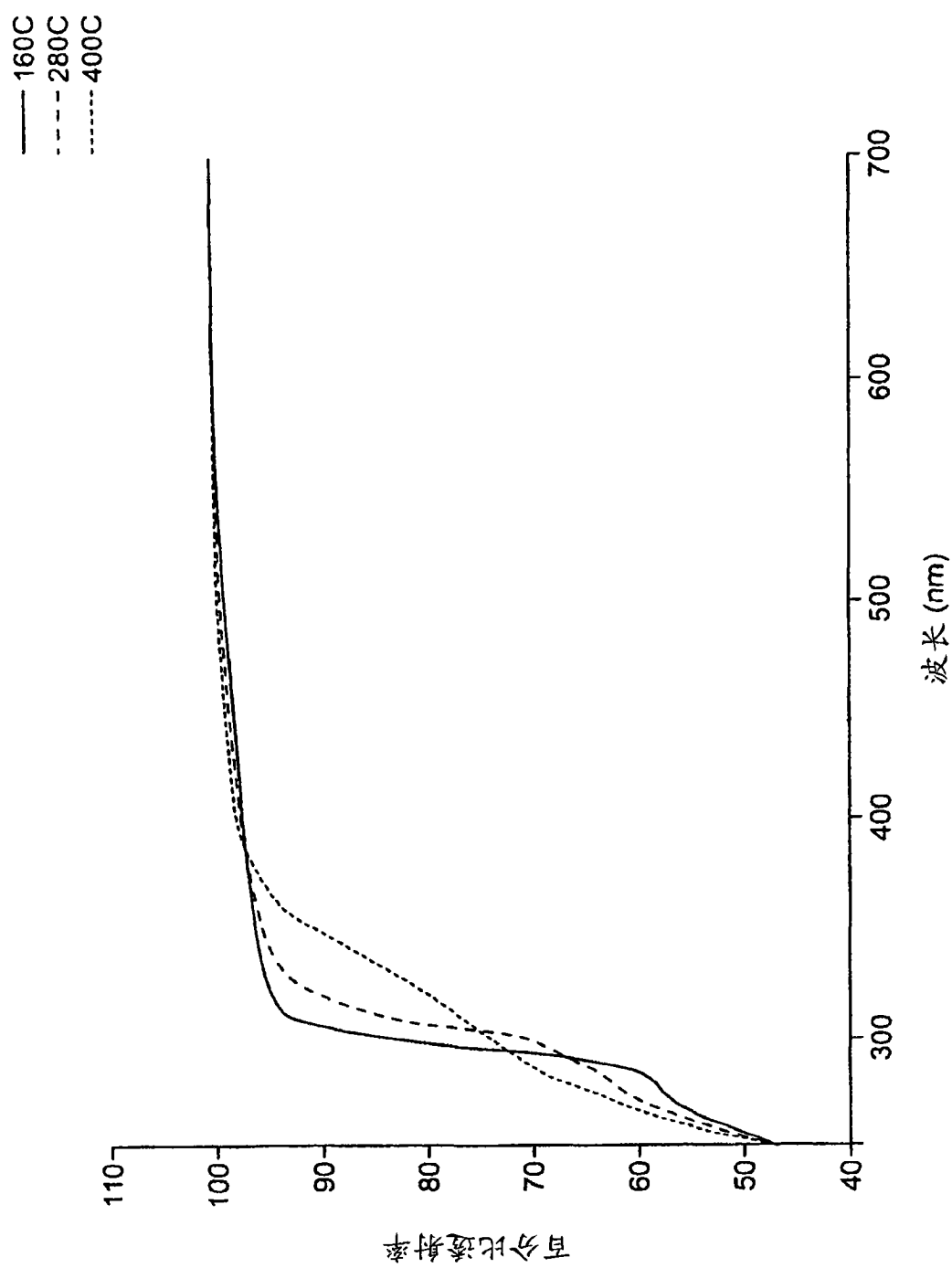


图 5

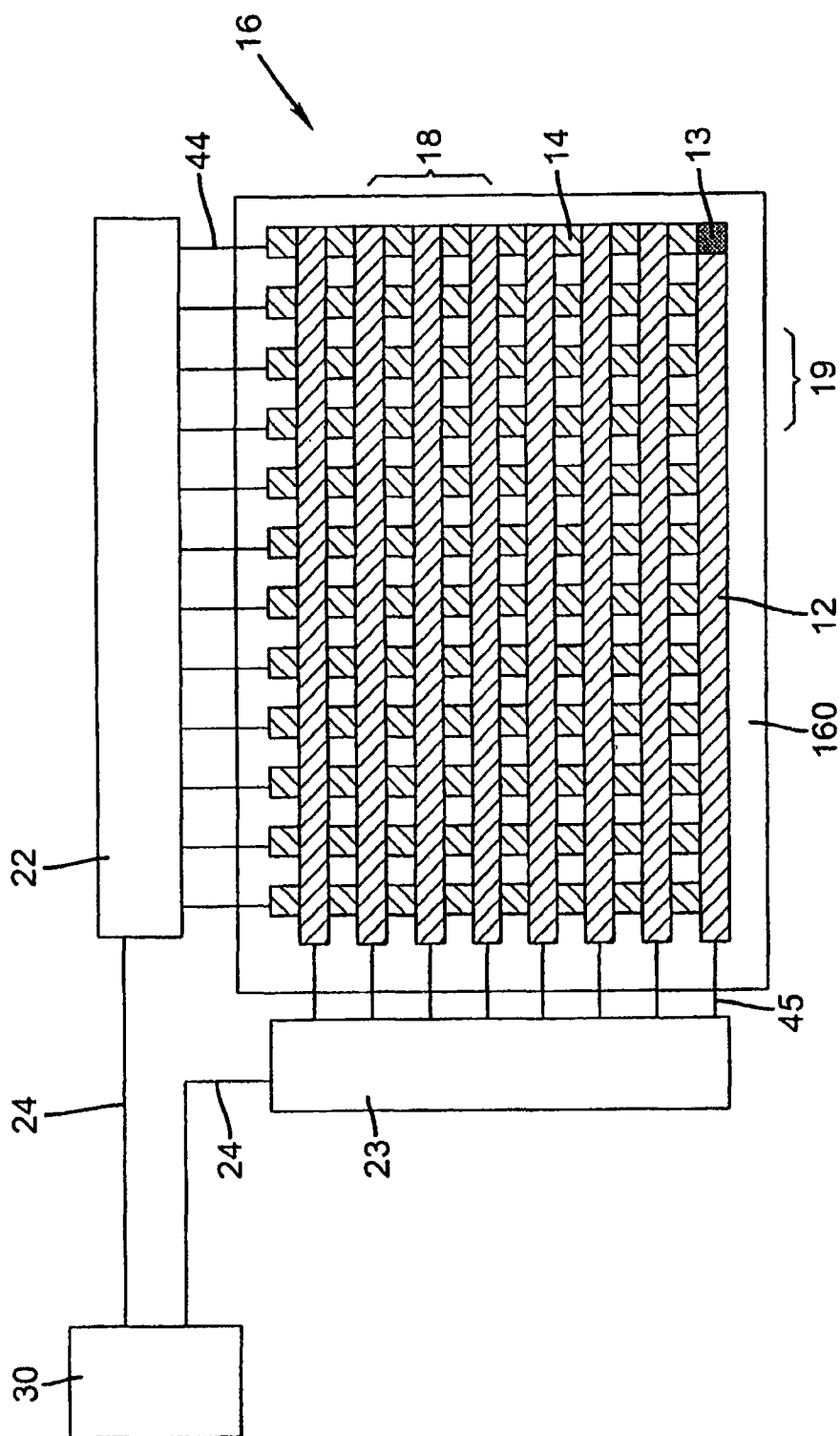


图 6

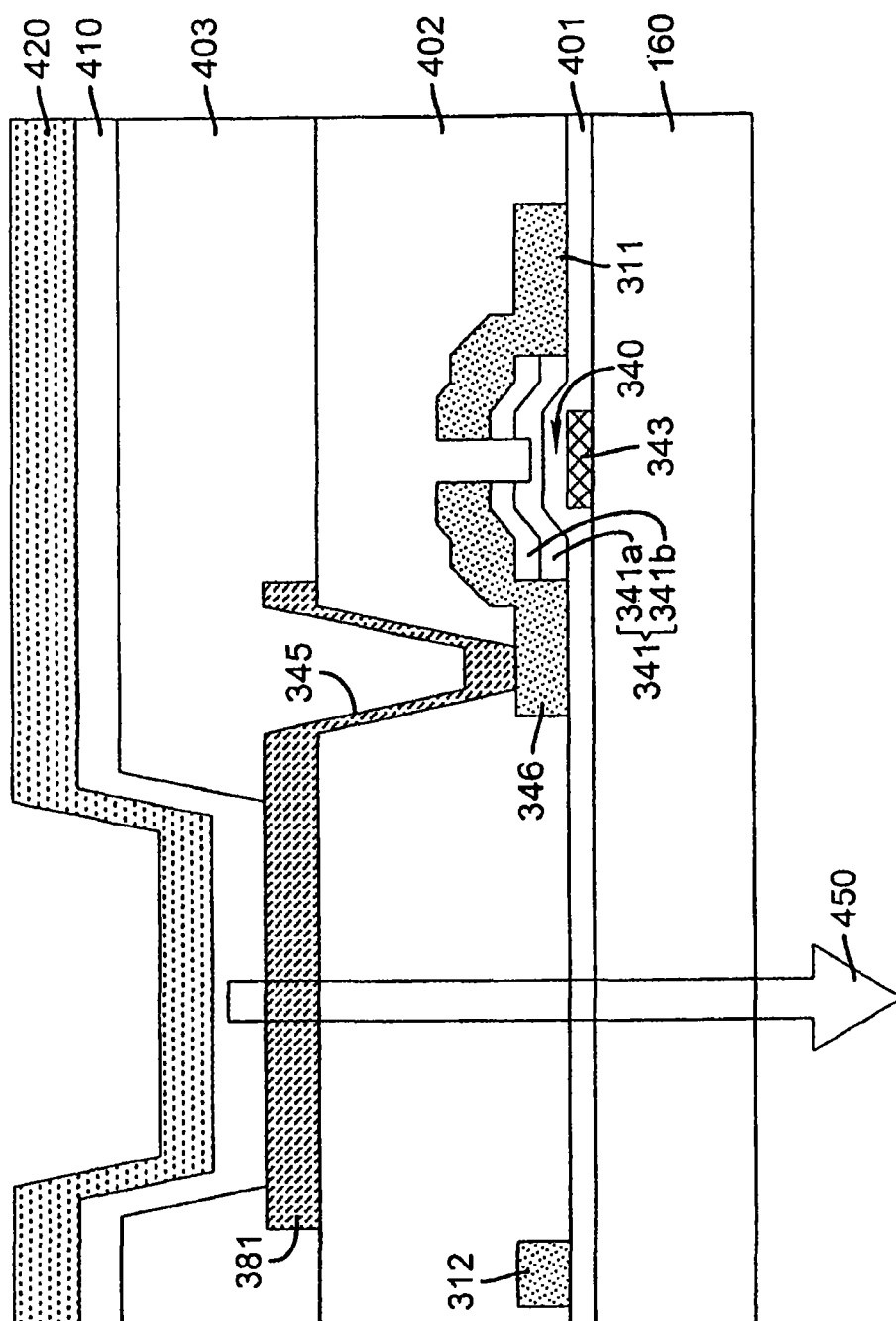


图 8

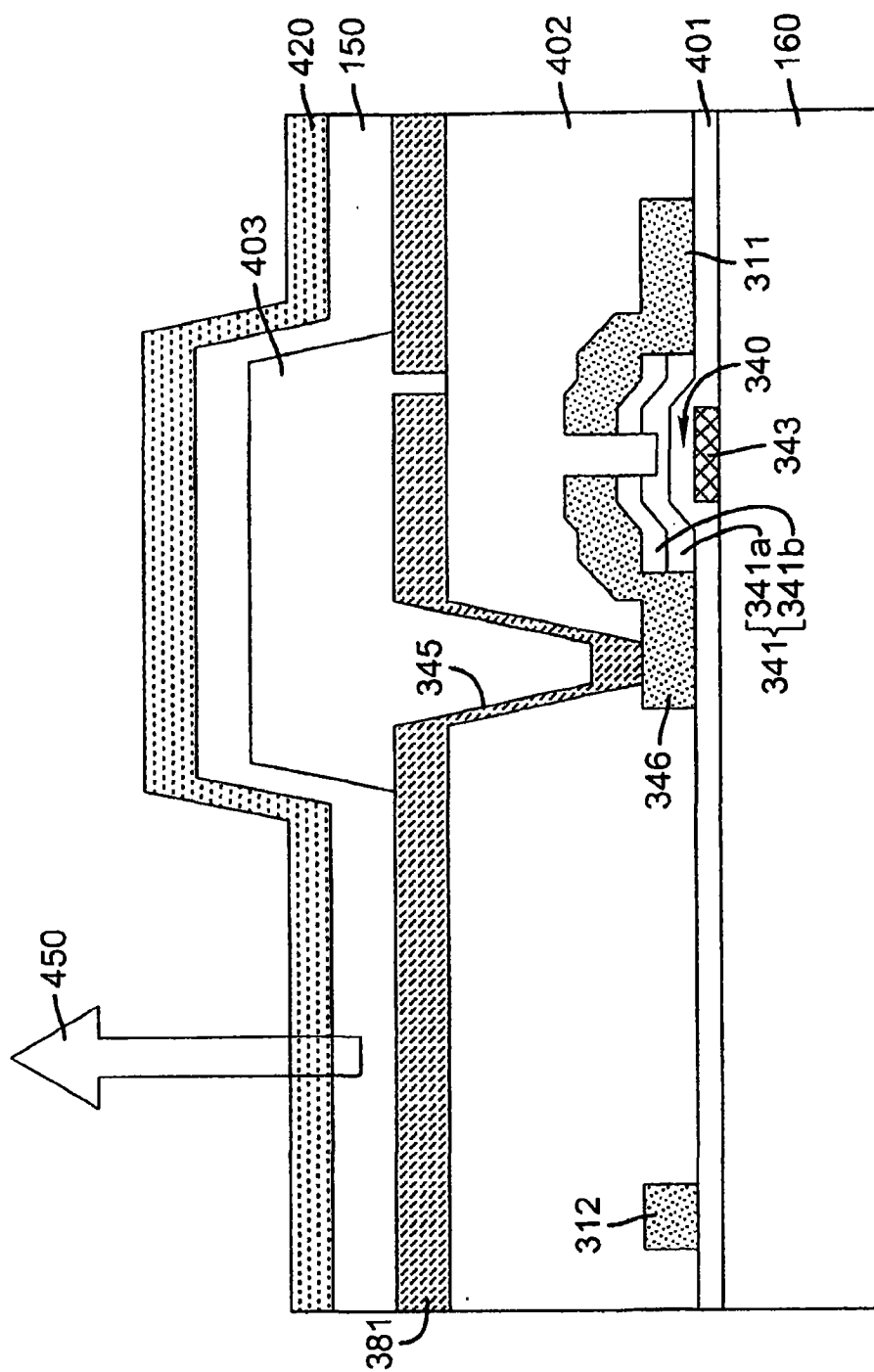


图 9