



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102629667 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201210122468. 9

(22) 申请日 2012. 04. 25

(73) 专利权人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路 99 号

(72) 发明人 季渊 冉峰 沈伟星 徐洪光

李诺 张积梅

(74) 专利代理机构 上海上大专利事务所(普通合伙) 31205

代理人 何文欣

(51) Int. Cl.

H01L 51/52(2006. 01)

H01L 27/32(2006. 01)

H01L 51/56(2006. 01)

G09G 3/32(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1453883 A, 2003. 11. 05, 说明书第 3 页第 5 行至第 24 页第 16 行, 说明书附图 1A, 5A-5C, 8-9B.

EP 1550899 A1, 2005. 07. 06, 说明书附图 2, 权利要求 1.

CN 101447509 A, 2009. 06. 03, 全文.

Gary B. Levy 等. An 852×600 Pixel OLED-on-Silicon Color Microdisplay Using CMOS Subthreshold-Voltage-Scaling Current Drivers. 《IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS》. 2002, 第 37 卷(第 12 期), 摘要, 第 1879 页右栏第 37 行至第 1882 页右栏第 21 行, 图 2-4.

Ihor Wacyk 等. Ultra-High Resolution AMOLED. 《Proc. of SPIE》. 2011, 第 8042 卷全文.

审查员 李晨雄

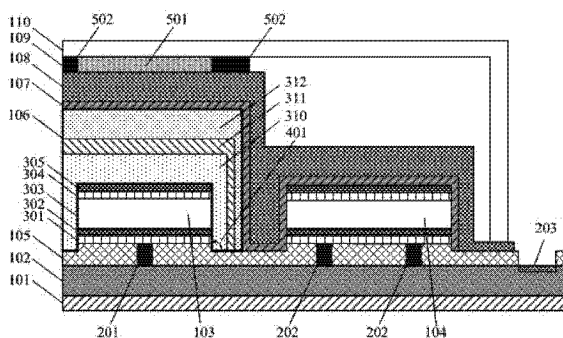
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

硅基顶发射有机发光微显示器及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种硅基顶发射有机发光微显示器及制备方法。本发明将有机发光器件制作于硅基芯片的表面上, 硅基芯片中集成了有机发光器件的驱动电路和控制电路。该微显示器的结构为(自底而上): 单晶硅基底、驱动电路、顶部通孔层和顶部通孔、像素阳极和共阴电极、有机层、透明阴极层、多层薄膜封装层、色彩过滤层、玻璃封盖。其中, 像素阳极采用钛、氮化钛、铝、钛、氮化钛的垂直五层结构; 有机层至少包含一个空穴传输层、一个多层有机发光层和一个电子传输层。该微显示器的有机发光像素单位面积小于 100 平方微米, 像素分辨率 640×480 以上。此外, 本发明的芯片切割工艺步骤在制作有机发光层和薄膜封装层之前进行, 可以利用各种掩膜版制作有机显示器件, 避免引入成本较高的激光刻蚀机。



1. 一种硅基顶发射有机发光微显示器,包括:

- 1) 一个单晶硅基底(101) 和一个驱动电路层(102)、
- 2) 一个用于生成通孔的顶部通孔层(105)、
- 3) 呈阵列排布的具有垂直五层介质结构的有机发光像素阳极(103)、
- 4) 一个或多个有机发光共阴电极(104)、
- 5) 位于像素阳极(103)之下的通孔(201)和位于共阴电极(104)之下通孔阵列(202)、
- 6) 键合区(203)、
- 7) 一个有机层(106),至少包含一个空穴传输层(310)、一个多层有机发光层(311) 和一个电子传输层(312)、
- 8) 一个透明阴极层(107)、
- 9) 一个多层薄膜封装层(108)、
- 10) 一个色彩过滤层(109) 和
- 11) 一个玻璃封盖(110);

其特征在于:所述单晶硅基底(101)为最下层;驱动电路层(102)位于单晶硅基底(101)之上;顶部通孔层(105)位于驱动电路层(102)之上;通孔(201)和通孔阵列(202)都处于顶部通孔层(105)之中;像素阳极(103)形成一个阵列,像素阳极(103)凸出于驱动电路层(102)之上,各像素阳极(103)之间形成凹槽;像素阳极(103)和共阴电极(104)位于顶部通孔层(105)之上,键合区(203)位于驱动电路层(102)表面或其中某个金属层;像素阳极(103)、共阴电极(104)和键合区(203)在硅基上方不能重合;像素阳极(103)之上为有机层(106);有机层(106)自底向上依次为空穴传输层(310)、有机发光层(311)、电子传输层(312);共阴电极(104)上不存在有机层(106);透明阴极层(107)位于有机层(106)和共阴电极(104)之上,并将两者相连;多层薄膜封装层(108)位于透明阴极层(107)之上,将除键合区(203)以外的硅基表面全部包含在内;色彩过滤层(109)位于多层薄膜封装层(108)之上;最顶层是玻璃封盖(110),形成二重水氧密封和机械保护;

硅基顶发射有机发光的电流通路为:外部电源 → 键合区(203)的正电源引脚 → 驱动电路层(102) → 通孔(201) → 像素阳极(103) → 有机层(106) → 透明阴极层(107) → 共阴电极(104) → 通孔阵列(202) → 驱动电路层(102) → 键合区(203)的负电源引脚 → 外部电源;流过单个阳极像素的电流不超过 80 纳安;

所述共阴电极(104)采用与阳极像素(103)相同的工艺并同时制作,形成五层结构,或者采用与键合区(203)相同的工艺并同时制作,形成向下凹槽;形成向下凹槽时,共阴电极的通孔阵列(202)不再存在;所述共阴电极(104)在硅基表面分布在像素阳极(103)阵列的一侧、多侧或四周;所述共阴电极(104)用于连接至所述有机发光微显示器外部的共阴电源,且在驱动电路层(102)内部通过金属相连,所述共阴电源接地、连接至正电源或负电源。

2. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器,其特征在于:所述驱动电路层(102)采用 CMOS 集成电路工艺制成,其晶体管特征尺寸为 0.13 微米至 0.35 微米,支持双电压或多电压区域,模拟电路电压范围为 -5V 至 +5V,数字电路电压为 +1V 至 +5V;所述驱动电路层(102)包含一个晶体管层、一个晶体管至金属连线层的连接孔层、一个或多个金属连线层,一个或多个金属连线层间的通孔层;所述驱动电路层(102)不包括顶层钝化层,其顶层为金属连线层。

3. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器,其特征在于:所述驱动电路层(102)包含了驱动单点像素的像素驱动电路(601)、控制整个像素驱动电路阵列的扫描控制电路(602)和电源管理模块(603);所述像素驱动电路(601)为任何基于 MOSFET 晶体管的能够输出可控电流的电路,驱动电流在一帧或一场图像内的平均幅度可以被分至 256 级及以上,以形成 256 级及以上灰度;所述扫描控制电路(602)为高速数字电路或数模混合电路,用于接受数字视频信号或者模拟视频信号,产生像素驱动电路(601)所需要的行选通信号和像素数据信号,形成灰度显示信息;所述像素驱动电路(601)的电路布局位于像素阳极(103)的下方,扫描控制电路(602)的电路布局位于像素阳极(103)所形成阵列的某一边或多边或四周;所述扫描控制电路(602)包含有图像后端处理功能,可以对输入的视频信号进行视频接口协议转换、RGB/YUV 色彩空间转换、颜色格式调整、色彩亮度和对比度调节、图像锐化、图像钝化、图像色彩抖动、图像任意长宽比缩放、图像形状校正、伽玛校正、字符或图像叠加、图像滤镜叠加等图像处理;所述电源管理模块(603)包含一个脉宽调制模块输出脉宽调制信号,用以控制硅基外部的二极管和变压器以形成直流斩波器,从而产生有机发光所需要的负电源;所述电源管理模块(603)包含一个或多个用数字方式控制的低压差线性稳压器,用以控制扫描控制电路(602)中各模块的电源开关,从而降低功耗。

4. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器,其特征在于:所述像素阳极(103)凸出于驱动电路层(102)之上,为五层结构,自底层向顶层依次为:钛层(301)、氮化钛层(302)、铝层(303)、钛层(304)、氮化钛层(305);其中,铝层(303)厚度为 100-500nm,二层钛层(301)、(304)的厚度均为 0-100nm、二层氮化钛层(302)、(305)的厚度均为 0-100nm;

所述铝层(303)采用物理气相沉积——蒸镀或溅射工艺生成,所述二层钛层(301)、(304)以及二层氮化钛层(302)、(305)均采用化学气相沉积工艺生成;所述像素阳极(103)的单位面积小于 100 平方微米,所有像素阳极(103)在硅基表面构成一个矩形条状阵列或矩形条状交错阵列或六边形阵列,三个相邻像素为一组,分别用于显示红色、绿色、蓝色,这三个像素构成一个全彩色像素,全彩色像素的分辨率达  $640 \times 480$  以上。

5. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器,其特征在于:所述顶部通孔层(105)作为金属连线层间介电质,主要成分为氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、掺杂氟的硅氧化物或上述材质的混合物,采用化学气相沉积工艺生成;所述顶部通孔层(105)位于所述像素阳极(103)下方的部分比周围部分高出一个浅台阶,所述浅台阶高度为 100-300nm;像素阳极(103)与顶部通孔层(105)形成的台阶总高度为 200-1000nm,垂直角度(401)为  $75^\circ - 100^\circ$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器,其特征在于:所述通孔(201)和通孔阵列(202)的主要材料均为金属钨,且最外面覆盖了钛层和氮化钛层,所述钨、钛和氮化钛均采用化学气相沉积工艺生成;所述通孔(201)在顶视方向上包含于阳极像素(103)之内,每个阳极像素(103)至少包含一个但不限于一个通孔(201);所述通孔阵列(202)在顶视方向上包含于共阴电极(104)之内,在工艺允许的条件下,采用尽可能多的通孔数量以减少接触电阻。

7. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器,其特征在于:所述键合区(203)用于向外引出电源和数据信号,电源包含有机发光器件正电源、有机发光器件负电

源、驱动电路正电源、驱动电路接地；数据信号包含驱动电路控制信号、视频数据信号、测试信号；除测试信号以外的键合区分布在硅基一侧或集中分布，以利于向外引线和封装，测试信号键合区分布在硅基四周，以利于测试。

8. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器，其特征在于：所述空穴传输层(310)、多层有机发光层(311)、电子传输层(312)、透明阴极层(107)，采用像素阳极(103) / 空穴传输层(310) / 有机发光层(311) / 电子传输层(312) / 透明阴极(107)的器件结构，形成有机发光器件，其加工过程为在像素阳极(103)上依次蒸镀空穴传输层(310)、多层有机发光层(311)和电子传输层(312)，并且在所述有机层(106)上蒸镀由无机材料构成的透明阴极层(107)。

9. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器，其特征在于：所述多层薄膜封装层(108)为 3-7 层结构，对有机发光器件形成致密保护，其加工过程为在透明阴极层(107)上蒸镀一层有机缓冲层，然后依次蒸镀两种分别用于隔水和隔气的薄膜材料各 1-3 层，形成保护有机发光器件免遭水氧侵袭的多层薄膜封装层(108)，从而起到延长有机发光器件寿命的作用。

10. 根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器，其特征在于：所述色彩过滤层(109)包含彩色材料过滤区(501)和黑色材料隔离区(502)；所述彩色材料过滤区(501)由三种分别仅能够通过红色、绿色和蓝色光的过滤材料构成，每个像素的形状与像素阳极(103)一致，边长为像素阳极边长的 100%-108%，从而增大可视角度；所述黑色材料隔离区(502)不透光，形成像素隔离边界。

11. 一种硅基顶发射有机发光微显示器制备方法，用于制备根据权利要求 1 所述的硅基顶发射有机发光微显示器，其特征在于制备工艺步骤如下：

1) 在单晶硅基底(101)上按照 CMOS 工艺制造驱动电路(102)；

2) 利用通孔层掩膜版，采用化学气相沉积工艺制作顶部通孔层(105)、通孔(201)和通孔阵列(202)；

3) 利用顶层金属层掩膜版制作像素阳极(103)和共阴电极(104)，该工艺过程包括清洗、脱水、镀膜、涂胶、光刻、显影、蚀刻、去胶，其中，镀膜工艺包括物理气相沉积和化学气相沉积；通过蚀刻工艺形成像素阳极之间的间隔槽，得到表面凸出于驱动电路层(102)的像素阳极(103)；共阴电极(104)向上凸出或向下凹陷；

5) 利用键合层掩膜版，对顶部通孔层进行蚀刻形成键合区(203)；

6) 切割晶圆，形成微显示的硅基芯片；

7) 利用有机层掩膜版，采用真空蒸镀工艺，在切割后的硅基芯片上制作空穴传输层(310)、有机发光层(311)、电子传输层(312)；

8) 利用共阴电极层掩膜版，采用真空蒸镀工艺制作透明阴极层(107)；

9) 利用薄膜封装层掩膜版，在发光区域内制作多层薄膜封装层(108)；

10) 利用色彩过滤层掩膜版，制作色彩过滤层(109)；

11) 利用胶水封装玻璃封盖(110)。

## 硅基顶发射有机发光微显示器及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种硅基顶发射有机发光微显示器及制备方法,特点在于硅基有机发光显示器的硅芯片结构及阳极结构。

### 背景技术

[0002] 在众多 OLED 显示器产品中,微型显示器近年来开始发展,可应用于头戴式视频播放器、头戴式家庭影院、头戴式虚拟现实模拟器、头戴式游戏机、飞行员头盔系统、单兵作战系统、红外夜视仪、头戴医用诊断系统等。OLED 微显示器的性能优于目前常见的硅基液晶(LCoS)微显示器,其主要优势为:响应速度极快( $<1\mu\text{s}$ ),低温特性优秀(工作温度范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ ),功耗低,机械性能好,抗震性强,适用于军用或高端应用场合。

[0003] 现有的 OLED 显示器大多以多晶硅或非晶硅玻璃为基板,在其上制作薄膜晶体管完成驱动电路。薄膜晶体管的生产工艺较为成熟,但是其特征尺寸相对较大,通常为几至几十微米,而微型显示器像素间距仅十微米左右,要求驱动晶体管的尺寸为微米以下,现有的薄膜晶体管工艺难以满足微型显示器的需求。目前,CMOS 工艺已经相当成熟,MOS 晶体管电路性能稳定可靠,且驱动晶体管与发光器件可以设计为立体结构,以减小显示器体积,增加发光开口率,因此,人们开始利用 CMOS 工艺来开发 OLED 微型显示器形成硅基有机发光微显示器。

[0004] 中国专利 101447509 和中国专利 101459226 公开了一种顶部发光有机显示器的生产方法及其阳极结构,但是该方法需要从 CMOS 代工厂中取出晶圆片后对有机发光的阳极材料进行二次加工,一方面在不同工艺间切换容易引入污染,另一方面需要建设新的专用生产线,投资过亿。中国专利 101393891A 公开了一种硅基有机发光显示器表面银电极的制备方法,中国专利 101697369 和中国专利 100496175C 分别公开了两种硅基有机发光微显示器器件隔离柱的制备方法,但是这些方法也同样存在二次加工引入的污染问题,批量生产有一定困难,且投资成本高,并且这些专利只涉及了像素阳极表面加工工艺,没有指出整个硅基微显示器的结构和制作流程。

### 发明内容

[0005] 针对二次加工的不足,本发明的目的在于提供一种硅基顶发射有机发光微显示器及其制备方法,有机发光微显示器的驱动电路和阳极图形都在成熟的 CMOS 工艺中完成,不需要引入新的阳极图形加工设备。

[0006] 在 CMOS 工艺中,TiN 经常被用来作为防止导电金属扩散的阻挡材料,在 TiN 之下还会制作一层金属 Ti 用于增加与导电金属的表面粘附力,导电金属被制作于两层 Ti+TiN 之中,形成 Ti/TiN/Metal/Ti/TiN 夹心层。常用的导电金属为铝和钨,铝常用于电路连线,钨常用于连接两层连线层的通孔。本发明中,驱动电路的顶层金属为 Ti/TiN/Al//Ti/TiN 夹心层,该层一方面作为有机发光的阳极,另一方面作为有机发光的反射层,在其上制作有机发光层,形成顶部发光的硅基有机微显示器。

[0007] 为达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0008] 一种硅基顶发射有机发光微显示器,其结构如图 1 所示,包括:

[0009] (1) 一个单晶硅基底 101 和一个驱动电路层 102;

[0010] (2) 一个顶部通孔层 105,用于生成通孔;

[0011] (3) 呈阵列排布的有机发光像素阳极 103,像素阳极 103 为垂直五层介质结构;

[0012] (4) 一个或多个有机发光共阴电极 104;

[0013] (5) 位于像素阳极 103 之下的通孔 201 和位于共阴电极 104 之下通孔阵列 202;

[0014] (6) 键合区 203,用于向所述硅基有机发光微显示器外部引出电源和数据信号;

[0015] (7) 一个有机层 106,至少包含一个空穴传输层 310、一个多层有机发光层 311 和一个电子传输层 312;

[0016] (8) 一个透明阴极层 107;

[0017] (9) 一个多层薄膜封装层 108;

[0018] (10) 一个色彩过滤层 109;

[0019] (11) 一个玻璃封盖 110;

[0020] 其特征在于:单晶硅基底 101 位于显示器的最下层;驱动电路层 102 位于单晶硅基底 101 之上;顶部通孔层 105 位于驱动电路层 102 之上;通孔 201 和通孔阵列 202 都处于顶部通孔层 105 之中;像素阳极 103 形成一个阵列;像素阳极 103 和共阴电极 104 位于顶部通孔层 105 之上,键合区 203 位于驱动电路层 102 表面或其中某个金属层;像素阳极 103、共阴电极 104 和键合区 203 在硅基表面不能重合;像素阳极 103 之上为有机层 106;有机层 106 自底向上依次为空穴传输层 310、有机发光层 311、电子传输层 312;共阴电极 104 上不存在有机层 106;透明阴极层 107 位于有机层 106 和共阴电极 104 之上,并将两者相连;多层薄膜封装层 108 位于透明阴极层 107 之上,将除键合区 203 以外的硅基表面全部包含在内;色彩过滤层 109 位于多层薄膜封装层 108 之上;最顶层是玻璃封盖 110,形成二重水氧密封和机械保护。

[0021] 有机发光微显示器中,有机发光的电流通路为:外部电源 → 键合区 203 的正电源引脚 → 驱动电路层 102 → 通孔 201 → 像素阳极 103 → 有机层 106 → 透明阴极层 107 → 共阴电极 104 → 通孔阵列 202 → 驱动电路层 102 → 键合区 203 的负电源引脚 → 外部电源。流过单个阳极像素的电流不超过 80 纳安。

[0022] 所述驱动电路层 102 采用 CMOS 集成电路工艺制造,其晶体管特征尺寸为 0.6 微米、0.5 微米、0.35 微米、0.25 微米、0.18 微米、0.13 微米或其他典型深亚微米工艺尺寸,支持双电压或多电压区域,模拟电路电压范围为 -5V 至 +5V,数字电路电压为 +1V 至 +5V。驱动电路层 102 包含一个晶体管层、一个晶体管至金属连线层的连接孔层、一个或多个金属连线层,一个或多个金属连线层间的通孔层,但是不包括顶层钝化层,其顶层为金属连线层。驱动电路 102 包含了驱动单点像素的像素驱动电路 601 阵列、控制整个像素驱动电路阵列的扫描控制电路 602 和电源管理模块 603,驱动电路的结构框图如图 2 所示。

[0023] 所述像素驱动电路 601 为任何基于 MOSFET 晶体管的能够输出可控电流的电路,驱动电流在一帧或一场图像内的平均幅度可以被分至 256 级及以上,以形成 256 级及以上灰度。像素驱动电路 601 的电路布局位于像素阳极 103 的下方,扫描控制电路 602 的电路布局位于像素阳极 103 所形成阵列的某一边或多边或四周。

[0024] 所述扫描控制电路 602 为高速数字电路或数模混合电路,用于接受数字视频信号或者模拟视频信号,产生像素驱动电路 601 所需要的行选通信号和像素数据信号,形成灰度显示信息。扫描控制电路 602 包含有图像后端处理功能,可以对输入的视频信号进行视频接口协议转换、RGB/YUV 色彩空间转换、颜色格式调整、色彩亮度和对比度调节、图像锐化、图像钝化、图像色彩抖动、图像任意长宽比缩放、图像形状校正、伽玛校正、字符或图像叠加、图像滤镜叠加等图像处理。

[0025] 所述电源管理模块 603 包含一个脉宽调制模块输出脉宽调制信号,用以控制硅基外部的二极管和变压器以形成直流斩波器,从而产生有机发光所需要的负电源。该电源管理模块 603 还包含了一个或多个用数字方式控制的低压差线性稳压器,用以控制扫描控制电路 602 中各模块的电源开关,从而降低功耗。

[0026] 所述像素阳极 103 为五层结构,自底层向顶层依次为:钛层 301、氮化钛层 302、铝层 303、钛层 304、氮化钛层 305。其中,铝层 303 厚度为 100-500nm,钛层 301 和 304 的厚度均为 0-100nm、氮化钛层 302 和 305 的厚度均为 0-100nm。所述铝层采用物理气相沉积(蒸镀或溅射)工艺生成,所述钛层 301 和 304 以及氮化钛层 302 和 305 均采用化学气相沉积工艺生成。所述像素阳极 103 的单位面积小于 100 平方微米,所有像素阳极 103 在硅基表面构成一个矩形条状阵列或矩形条状交错阵列或六边形阵列,三个相邻像素为一组,分别用于显示红色、绿色、蓝色,这三个像素构成一个全彩色像素,如图 3 所示,全彩色像素的分辨率达  $640 \times 480$  以上。

[0027] 所述像素共阴电极 104 既可以采用与阳极像素 103 相同的工艺并同时制作,形成五层结构,也可以采用与键合区 203 相同的工艺并同时制作,形成向下凹槽。形成向下凹槽时,共阴电极的通孔阵列 202 不再存在。共阴电极 104 在硅基表面分布在像素阳极 103 阵列的一侧、多侧或四周。共阴电极 104 用于连接至有机发光微显示器外部的共阴电源,且在驱动电路层 102 内部通过金属相连,所述共阴电源可以接地,也可以连接至正电源或负电源。

[0028] 所述顶部通孔层 105 作为金属连线层间介电质,主要成分为氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、掺杂氟的硅氧化物或上述材质的混合物,采用化学气相沉积工艺生成。部通孔层 105 位于所述像素阳极 103 下方的部分比周围部分高出一个浅台阶,所述浅台阶高度为 100-300nm;像素阳极 103 与顶部通孔层 105 形成的台阶总高度为 200-1000nm,垂直角度  $40^\circ$  为  $75^\circ - 100^\circ$ 。

[0029] 所述通孔 201 和通孔阵列 202 的主要材料均为金属钨,且最外面覆盖了钛层和氮化钛层,所述钨、钛和氮化钛均采用化学气相沉积工艺生成。通孔 201 在顶视方向上包含于阳极像素 103 之内,每个阳极像素 103 至少包含一个但不限于一个通孔 201。通孔阵列 202 在顶视方向上包含于共阴电极 104 之内,在工艺允许的条件下,采用尽可能多的通孔数量以减少接触电阻。

[0030] 所述键合区 203 用于向外引出电源和数据信号,电源包含有机发光器件正电源、有机发光器件负电源、驱动电路正电源、驱动电路接地;数据信号包含驱动电路控制信号、视频数据信号、测试信号。除测试信号以外的键合区分布在硅基一侧或集中分布,以利于向外引线和封装,测试信号键合区分布在硅基四周,以利于测试。像素阳极 103 阵列、共阴电极 104 以及键合区域 203 的布局如图 4 所示。

[0031] 所述空穴传输层 310、多层有机发光层 311、电子传输层 312、透明阴极层 107,采用

像素阳极 103 / 空穴传输层 310 / 有机发光层 311 / 电子传输层 312 / 透明阴极 107 的器件结构,形成有机发光器件,其加工过程为在像素阳极 103 上依次蒸镀空穴传输层 310、多层有机发光层 311 和电子传输层 312,并且在所述有机层 106 上蒸镀由无机材料构成的透明阴极层 107。

[0032] 所述多层薄膜封装层 108 为 3-7 层结构,对有机发光器件形成致密保护,其加工过程为在透明阴极层 107 上蒸镀一层有机缓冲层,然后依次蒸镀两种分别用于隔水和隔气的薄膜材料各 1-3 层,形成保护有机发光器件免遭水氧侵袭的多层薄膜封装层 108,从而起到延长有机发光器件寿命的作用。

[0033] 所述色彩过滤层 109 包含彩色材料过滤区 501 和黑色材料隔离区 502。彩色材料过滤区 501 由三种分别仅能够通过红色、绿色和蓝色光的过滤材料构成,每个像素的形状与像素阳极 103 一致,边长为像素阳极边长的 100%-108%,从而增大可视角度。黑色材料隔离条 502 不透光,形成像素隔离边界。

[0034] 本发明还公开了一种硅基顶发射有机发光微显示器的制造工艺流程,包括:

[0035] (1) 在单晶硅基底 101 上按照 CMOS 工艺制造驱动电路 102。

[0036] (2) 利用通孔层掩膜版,采用化学气相沉积工艺制作顶部通孔层 105、通孔 201 和通孔阵列 202。

[0037] (3) 利用顶层金属层掩膜版制作像素阳极 103 和共阴电极 104,该工艺过程包括清洗、脱水、镀膜、涂胶、光刻、显影、蚀刻、去胶,其中,镀膜工艺包括物理气相沉积和化学气相沉积。

[0038] (5) 利用键合层掩膜版,对顶部通孔层进行蚀刻形成键合区 203。

[0039] (6) 切割晶圆,形成微显示硅基芯片。

[0040] (7) 利用有机层掩膜版,采用真空蒸镀工艺,在切割后的硅基芯片上制作空穴传输层 310、有机发光层 311、电子传输层 312。

[0041] (8) 利用共阴电极层掩膜版,采用真空蒸镀工艺制作透明阴极层 107。

[0042] (9) 利用薄膜封装层掩膜版,在发光区域内制作多层薄膜封装层 108。

[0043] (10) 利用色彩过滤层掩膜版,制作色彩过滤层 109。

[0044] (11) 利用胶水封装玻璃封盖 110。

[0045] 本发明与现有技术相比较,具有如下显而易见的突出实质性特点和显著进步:

[0046] 1、在 CMOS 工艺中完成 CMOS 驱动电路和有机发光阳极层的制作,从而避免采用单独的特殊工艺对有机发光阳极层进行二次加工,简化工艺流程,减少污染,节省巨额投资成本。

[0047] 2、像素阳极采用 5 层结构,其表面材料为 TiN。TiN 作为顶发射阳极材料,具有表面光滑、硬度高、热稳定性和化学稳定性好、可阻挡金属扩散、电阻率低(21.7uΩ/cm)、量子效率高等特点;TiN 层厚度在 50Å 以下时,透明度可达 80%,因此可以应用于顶发射结构的硅基有机发光微显示器的阳极。

[0048] 3、硅基驱动电路中除了包含必备的像素驱动电路,还包含有图像数据处理电路,可以对输入的图像数据进行加工处理后再显示,从而提高系统集成度,减少体积和功耗,降低系统成本。硅基驱动电路中还有电源管理模块,进一步提高集成度。

[0049] 4、微显示器的有机发光像素单位面积小于 100 平方微米,像素阵列形成 640×480

以上的标准或高清分辨率。

[0050] 5、现有技术的芯片切割工艺步骤是在制作有机发光层和薄膜封闭层之后进行,然后再利用激光刻蚀机将键合区域刻出后进行封装;本发明的芯片切割工艺步骤在制作有机发光层和薄膜封装层之前进行,从而可以利用有机层掩膜版、共阴电极层掩膜版和薄膜封装层掩膜版制作有机显示器件,避免了引入成本较高的激光刻蚀机。

#### 附图说明

[0051] 图 1 为硅基有机发光微显示器结构图。

[0052] 图 2 为驱动电路结构框图。

[0053] 图 3 为彩色像素阳极结构图。

[0054] 图 4 为像素阳极阵列、共阴电极以及键合区域的布局图。

#### 具体实施方式

[0055] 本发明的优选实施例结合附图说明如下:

[0056] 实施例一:

[0057] 参见图 1,本硅基顶发射有机发光微显示器:有机发光器件制作于硅基芯片的表面上,硅基芯片中集成了有机发光器件的驱动电路和控制电路,有机发光器件产生的光源通过微显示器的顶部发出到外部,其结构包括:

[0058] (1) 一个单晶硅基底 101 和一个驱动电路层 102;

[0059] (2) 一个顶部通孔层 105,用于生成通孔;

[0060] (3) 呈阵列排布的有机发光像素阳极 103,像素阳极 103 为垂直五层介质结构;

[0061] (4) 一个或多个有机发光共阴电极 104;

[0062] (5) 位于像素阳极 103 之下的通孔 201 和位于共阴电极 104 之下通孔阵列 202;

[0063] (6) 键合区 203,用于向所述硅基有机发光微显示器外部引出电源和数据信号;

[0064] (7) 一个有机层 106,至少包含一个空穴传输层 310、一个多层有机发光层 311 和一个电子传输层 312;

[0065] (8) 一个透明阴极层 107;

[0066] (9) 一个多层薄膜封装层 108;

[0067] (10) 一个色彩过滤层 109;

[0068] (11) 一个玻璃封盖 110;

[0069] 其特征在于:单晶硅基底 101 位于显示器的最下层;驱动电路层 102 位于单晶硅基底 101 之上;顶部通孔层 105 位于驱动电路层 102 之上;通孔 201 和通孔阵列 202 都处于顶部通孔层 105 之中;像素阳极 103 形成一个阵列;像素阳极 103 和共阴电极 104 位于顶部通孔层 105 之上,键合区 203 位于驱动电路层 102 表面或其中某个金属层;像素阳极 103、共阴电极 104 和键合区 203 在硅基表面不能重合;像素阳极 103 之上为有机层 106;有机层 106 自底向上依次为空穴传输层 310、有机发光层 311、电子传输层 312;共阴电极 104 上不存在有机层 106;透明阴极层 107 位于有机层 106 和共阴电极 104 之上,并将两者相连;多层薄膜封装层 108 位于透明阴极层 107 之上,将除键合区 203 以外的硅基表面全部包含在内;色彩过滤层 109 位于多层薄膜封装层 108 之上;最顶层是玻璃封盖 110,形成二重水氧

密封和机械保护。

[0070] 实施例二：

[0071] 本实施例与实施例一基本相同,特别之处如下：

[0072] 有机发光的电流通路为：外部电源 → 键合区 203 的正电源引脚 → 驱动电路层 102 → 通孔 201 → 像素阳极 103 → 有机层 106 → 透明阴极层 107 → 共阴电极 104 → 通孔阵列 202 → 驱动电路层 102 → 键合区 203 的负电源引脚 → 外部电源。流过单个阳极像素的电流不超过 80 纳安。

[0073] 所述驱动电路层 102 采用 CMOS 集成电路工艺制造,其晶体管特征尺寸为 0.6 微米、0.5 微米、0.35 微米、0.25 微米、0.18 微米、0.13 微米或其他典型深亚微米工艺尺寸,支持双电压或多电压区域,模拟电路电压范围为 -5V 至 +5V,数字电路电压为 +1V 至 +5V。

[0074] 所述驱动电路层 102 包含一个晶体管层、一个晶体管至金属连线层的连接孔层、一个或多个金属连线层,一个或多个金属连线层间的通孔层；所述驱动电路层 102 不包括顶层钝化层,其顶层为金属连线层。

[0075] 所述驱动电路层 102 包含了驱动单点像素的像素驱动电路 601、控制整个像素驱动电路阵列的扫描控制电路 602 和电源管理模块 603,驱动电路的结构框图如图二所示。所述像素驱动电路 601 为任何基于 MOSFET 晶体管的能够输出可控电流的电路,驱动电流在一帧或一场图像内的平均幅度可以被分至 256 级及以上,以形成 256 级及以上灰度。所述扫描控制电路 602 为高速数字电路或数模混合电路,用于接受数字视频信号或者模拟视频信号,产生像素驱动电路 601 所需要的行选通信号和像素数据信号,形成灰度显示信息。

[0076] 所述像素驱动电路 601 的电路布局位于像素阳极 103 的下方,扫描控制电路 602 的电路布局位于像素阳极 103 所形成阵列的某一边或多边或四周。

[0077] 所述扫描控制电路 602 包含有图像后端处理功能,可以对输入的视频信号进行视频接口协议转换、RGB/YUV 色彩空间转换、颜色格式调整、色彩亮度和对比度调节、图像锐化、图像钝化、图像色彩抖动、图像任意长宽比缩放、图像形状校正、伽玛校正、字符或图像叠加、图像滤镜叠加等图像处理。

[0078] 所述电源管理模块 603 包含一个脉宽调制模块输出脉宽调制信号,用以控制硅基外部的二极管和变压器以形成直流斩波器,从而产生有机发光所需要的负电源。

[0079] 所述的驱动电路层 102,其特征在于,所述电源管理模块 603 包含一个或多个用数字方式控制的低压差线性稳压器,用以控制扫描控制电路 602 中各模块的电源开关,从而降低功耗。

[0080] 所述像素阳极 103 为五层结构,自底层向顶层依次为：钛层 301、氮化钛层 302、铝层 303、钛层 304、氮化钛层 305。其中,铝层 303 厚度为 100-500nm,钛层 301 和 304 的厚度均为 0-100nm、氮化钛层 302 和 305 的厚度均为 0-100nm。所述铝层采用物理气相沉积(蒸镀或溅射)工艺生成,所述钛层 301 和 304 以及氮化钛层 302 和 305 均采用化学气相沉积工艺生成。

[0081] 所述像素阳极 103 的单位面积小于 100 平方微米,所有像素阳极 103 在硅基表面构成一个矩形条状阵列或矩形条状交错阵列或六边形阵列,三个相邻像素为一组,分别用于显示红色、绿色、蓝色,这三个像素构成一个全彩色像素,如图三所示,全彩色像素的分辨率达 640×480 以上。

[0082] 所述像素共阴电极 104 既可以采用与阳极像素 103 相同的工艺并同时制作,形成五层结构,也可以采用与键合区 203 相同的工艺并同时制作,形成向下凹槽。形成向下凹槽时,共阴电极的通孔阵列 202 不再存在。

[0083] 所述像素共阴电极 104 在硅基表面分布在像素阳极 103 阵列的一侧、多侧或四周。

[0084] 所述像素共阴电极 104 用于连接至所述有机发光微显示器外部的共阴电源,且在驱动电路层 102 内部通过金属相连,所述共阴电源可以接地,也可以连接至正电源或负电源。

[0085] 所述顶部通孔层 105 作为金属连线层间介电质,主要成分为氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、掺杂氟的硅氧化物或上述材质的混合物,采用化学气相沉积工艺生成。

[0086] 所述顶部通孔层 105 位于所述像素阳极 103 下方的部分比周围部分高出一个浅台阶,所述浅台阶高度为 100-300nm;像素阳极 103 与顶部通孔层 105 形成的台阶总高度为 200-1000nm,垂直角度  $40^\circ$  为  $75^\circ$  - $100^\circ$ 。

[0087] 所述通孔 201 和通孔阵列 202 的主要材料均为金属钨,且最外面覆盖了钛层和氮化钛层,所述钨、钛和氮化钛均采用化学气相沉积工艺生成。

[0088] 所述通孔 201 在顶视方向上包含于阳极像素 103 之内,每个阳极像素 103 至少包含一个但不限于一个通孔 201。

[0089] 所述通孔阵列 202 在顶视方向上包含于共阴电极 104 之内,在工艺允许的条件下,采用尽可能多的通孔数量以减少接触电阻。

[0090] 所述键合区 203 用于向外引出电源和数据信号,电源包含有机发光器件正电源、有机发光器件负电源、驱动电路正电源、驱动电路接地;数据信号包含驱动电路控制信号、视频数据信号、测试信号。除测试信号以外的键合区分布在硅基一侧或集中分布,以利于向外引线 and 封装,测试信号键合区分布在硅基四周,以利于测试。像素阳极 103 阵列、共阴电极 104 以及键合区域 203 的布局如图四所示。

[0091] 所述空穴传输层 310、多层有机发光层 311、电子传输层 312、透明阴极层 107,采用像素阳极 103 / 空穴传输层 310 / 有机发光层 311 / 电子传输层 312 / 透明阴极 107 的器件结构,形成有机发光器件,其加工过程为在像素阳极 103 上依次蒸镀空穴传输层 310、多层有机发光层 311 和电子传输层 312,并且在所述有机层 106 上蒸镀由无机材料构成的透明阴极层 107。

[0092] 所述多层薄膜封装层 108 为 3-7 层结构,对有机发光器件形成致密保护,其加工过程为在透明阴极层 107 上蒸镀一层有机缓冲层,然后依次蒸镀两种分别用于隔水和隔气的薄膜材料各 1-3 层,形成保护有机发光器件免遭水氧侵袭的多层薄膜封装层 108,从而起到延长有机发光器件寿命的作用。

[0093] 所述色彩过滤层 109 包含彩色材料过滤区 501 和黑色材料隔离区 502。所述彩色材料过滤区 501 由三种分别仅能够通过红色、绿色和蓝色光的过滤材料构成,每个像素的形状与像素阳极 103 一致,边长为像素阳极边长的 100%-108%,从而增大可视角度。所述黑色材料隔离条 502 不透光,形成像素隔离边界。

[0094] 实施例三:

[0095] 本硅基顶发射有机发光微显示器制备方法的工艺流程如下:

[0096] (1) 在单晶硅基底 101 上按照 CMOS 工艺制造驱动电路 102。

[0097] (2) 利用通孔层掩膜版,采用化学气相沉积工艺制作顶部通孔层 105、通孔 201 和通孔阵列 202。

[0098] (3) 利用顶层金属层掩膜版制作像素阳极 103 和共阴电极 104,该工艺过程包括清洗、脱水、镀膜、涂胶、光刻、显影、蚀刻、去胶,其中,镀膜工艺包括物理气相沉积和化学气相沉积。

[0099] (5) 利用键合层掩膜版,对顶部通孔层进行蚀刻形成键合区 203。

[0100] (6) 切割晶圆,形成微显示的硅基芯片。

[0101] (7) 利用有机层掩膜版,采用真空蒸镀工艺,在切割后的硅基芯片上制作空穴传输层 310、有机发光层 311、电子传输层 312。

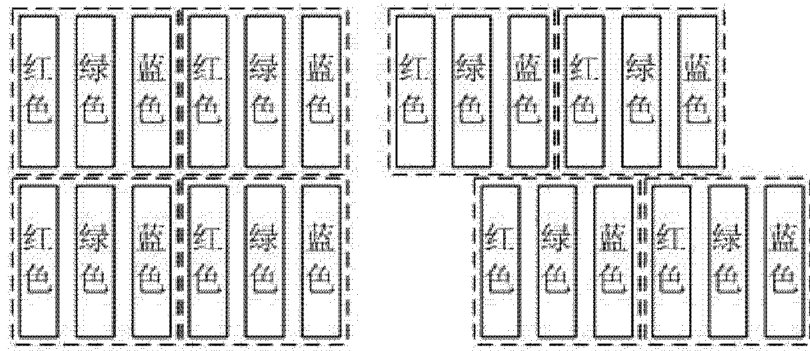
[0102] (8) 利用共阴电极层掩膜版,采用真空蒸镀工艺制作透明阴极层 107。

[0103] (9) 利用薄膜封装层掩膜版,在发光区域内制作多层薄膜封装层 108。

[0104] (10) 利用色彩过滤层掩膜版,制作色彩过滤层 109。

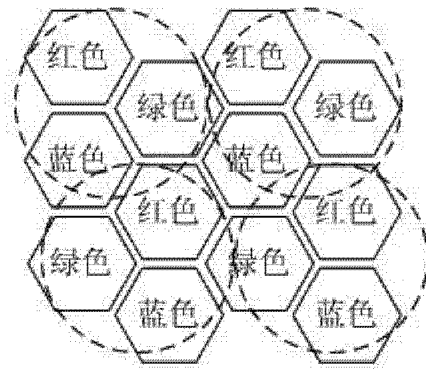
[0105] (11) 利用胶水封装玻璃封盖 110。





矩形条状阵列

矩形条状交错阵列



六边形阵列

图 3

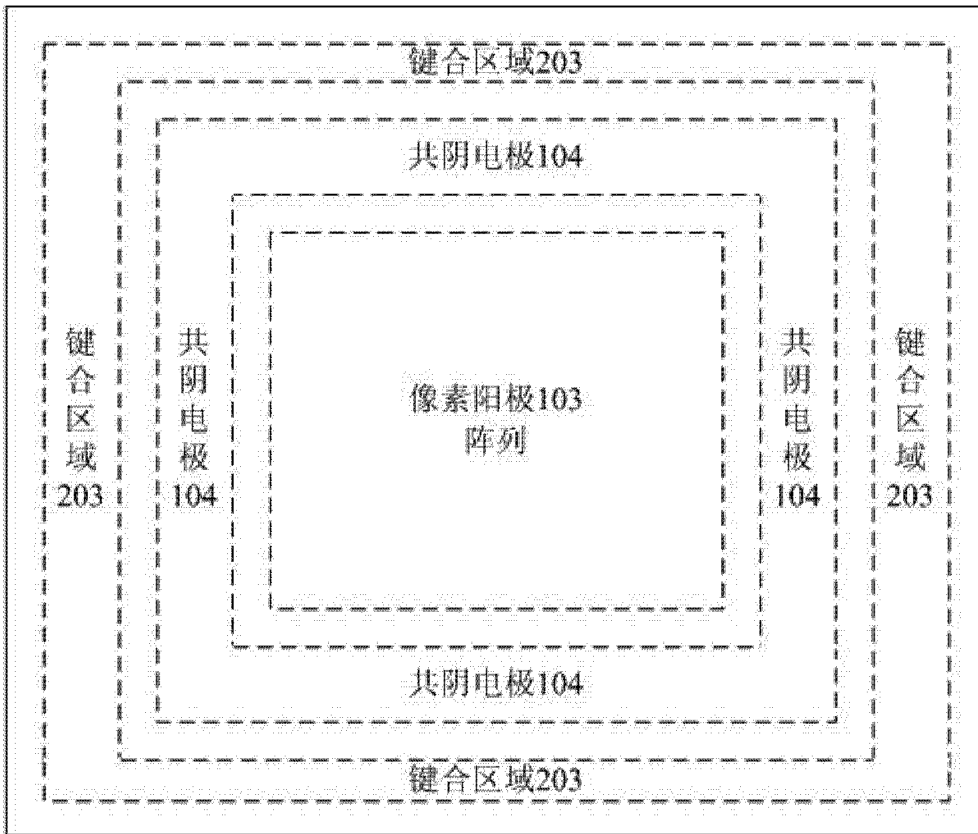


图 4

专利名称(译)	硅基顶发射有机发光微显示器及其制备方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN102629667B</a>	公开(公告)日	2015-03-25
申请号	CN201210122468.9	申请日	2012-04-25
[标]申请(专利权)人(译)	上海大学		
申请(专利权)人(译)	上海大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海大学		
[标]发明人	季渊 冉峰 沈伟星 徐洪光 李诺 张积梅		
发明人	季渊 冉峰 沈伟星 徐洪光 李诺 张积梅		
IPC分类号	H01L51/52 H01L27/32 H01L51/56 G09G3/32 G09G3/3208		
代理人(译)	何文欣		
其他公开文献	CN102629667A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明涉及一种硅基顶发射有机发光微显示器及制备方法。本发明将有机发光器件制作于硅基芯片的表面上，硅基芯片中集成了有机发光器件的驱动电路和控制电路。该微显示器的结构为（自底而上）：单晶硅基底、驱动电路、顶部通孔层和顶部通孔、像素阳极和共阴电极、有机层、透明阴极层、多层薄膜封装层、色彩过滤层、玻璃封盖。其中，像素阳极采用钛、氮化钛、铝、钛、氮化钛的垂直五层结构；有机层至少包含一个空穴传输层、一个多层有机发光层和一个电子传输层。该微显示器的有机发光像素单位面积小于100平方微米，像素分辨率640×480以上。此外，本发明的芯片切割工艺步骤在制作有机发光层和薄膜封装层之前进行，可以利用各种掩膜版制作有机显示器件，避免引入成本较高的激光刻蚀机。

