



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108878674 A

(43)申请公布日 2018.11.23

(21)申请号 201710329599.7

(22)申请日 2017.05.11

(71)申请人 京东方科技集团股份有限公司  
地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路10号

(72)发明人 鲍里斯·克里斯塔尔

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 刘伟 张博

(51)Int.Cl.

H01L 51/52(2006.01)

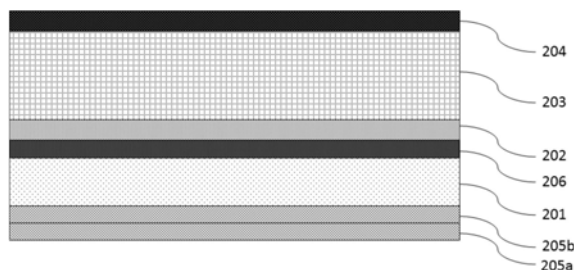
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

## (54)发明名称

显示基板及其制作方法、显示装置

## (57)摘要

本发明提供了一种显示基板及其制作方法、显示装置,属于显示技术领域。其中,显示基板,包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,所述显示基板还包括:位于所述阵列基板和所述阳极之间的折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。本发明的技术方案能够解决OLED显示装置的外量子效率低的问题。



1. 一种显示基板,包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,其特征在于,所述显示基板还包括:

位于所述阵列基板和所述阳极之间的折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。

2. 根据权利要求1所述的显示基板,其特征在于,所述显示器件为OLED器件,所述阴极为金属电极。

3. 根据权利要求2所述的显示基板,其特征在于,所述折射薄膜至少包括第一折射层和第二折射层,所述第二折射层位于所述第一折射层和所述阳极之间,所述第一折射层的折射率小于所述第二折射层的折射率。

4. 根据权利要求3所述的显示基板,其特征在于,所述第一折射层的折射率为1.6-1.7,所述第二折射层的折射率为1.7~1.9。

5. 根据权利要求2所述的显示基板,其特征在于,所述折射薄膜采用折射率大于阈值的聚合物材料制成;或由掺杂有TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的硅制成。

6. 根据权利要求2所述的显示基板,其特征在于,所述显示基板还包括:

位于所述阵列基板背向所述阳极一侧的二氧化硅薄膜,所述二氧化硅薄膜远离所述阵列基板的部分的折射率小于所述二氧化硅薄膜靠近所述阵列基板的部分的折射率。

7. 根据权利要求6所述的显示基板,其特征在于,所述二氧化硅薄膜至少包括第一二氧化硅层和第二二氧化硅层,所述第二二氧化硅层位于所述第一二氧化硅层和所述阵列基板之间,所述第一二氧化硅层的折射率小于所述第二二氧化硅层的折射率。

8. 根据权利要求7所述的显示基板,其特征在于,所述第一二氧化硅层的折射率为1.1~1.2,所述第二二氧化硅层的折射率为1.3~1.4。

9. 根据权利要求6所述的显示基板,其特征在于,从靠近所述阵列基板的一侧到远离所述阵列基板的一侧的方向上,所述二氧化硅薄膜的折射率逐渐减低。

10. 一种显示装置,其特征在于,包括如权利要求1-9中任一项所述的显示基板。

11. 一种显示基板的制作方法,所述显示基板包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,其特征在于,所述制作方法包括:

在所述阵列基板和所述阳极之间制备折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。

12. 根据权利要求11所述的显示基板的制作方法,其特征在于,所述制作方法还包括:

在所述阵列基板背向所述阳极的一侧沉积二氧化硅薄膜,其中,沉积所述二氧化硅薄膜远离所述阵列基板的部分时的倾斜角度大于沉积所述二氧化硅薄膜靠近所述阵列基板的部分时的倾斜角度,所述倾斜角度为沉积方向与垂直于阵列基板的法线之间的夹角。

## 显示基板及其制作方法、显示装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及显示技术领域,特别是指一种显示基板及其制作方法、显示装置。

### 背景技术

[0002] 有机发光二极管(Organic Light-Emitting Device,简称“OLED”)显示器件具备主动发光、温度特性好、功耗小、响应快、可弯曲、超轻薄和成本低等优点,已广泛应用于显示设备中。

[0003] OLED显示器件按照出光方向可以分为三种:底发射OLED、顶发射OLED与双面发射OLED。在底发射OLED中光从背板方向射出,在顶发射OLED中光从器件顶部方向射出,在双面发射OLED中光同时从基板和器件顶部射出。

[0004] 研究表明,底发射OLED的光线输出效率低(即外量子效率低),通常最高仅为20%,影响光取出的因素大致可以分为四种:波导效应、基板效应、表面等离子体效应、吸收效应。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种显示基板及其制作方法、显示装置,能够解决OLED显示装置的外量子效率低的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明的实施例提供技术方案如下:

[0007] 一方面,提供一种显示基板,包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,所述显示基板还包括:

[0008] 位于所述阵列基板和所述阳极之间的折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。

[0009] 进一步地,所述显示器件为OLED器件,所述阴极为金属电极。

[0010] 进一步地,所述折射薄膜至少包括第一折射层和第二折射层,所述第二折射层位于所述第一折射层和所述阳极之间,所述第一折射层的折射率小于所述第二折射层的折射率。

[0011] 进一步地,所述第一折射层的折射率为1.6-1.7,所述第二折射层的折射率为1.7~1.9。

[0012] 进一步地,所述折射薄膜采用折射率大于阈值的聚合物材料制成;或由掺杂有TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的硅制成。

[0013] 进一步地,所述显示基板还包括:

[0014] 位于所述阵列基板背向所述阳极一侧的二氧化硅薄膜,所述二氧化硅薄膜远离所述阵列基板的部分的折射率小于所述二氧化硅薄膜靠近所述阵列基板的部分的折射率。

[0015] 进一步地,所述二氧化硅薄膜至少包括第一二氧化硅层和第二二氧化硅层,所述第二二氧化硅层位于所述第一二氧化硅层和所述阵列基板之间,所述第一二氧化硅层的折射率小于所述第二二氧化硅层的折射率。

[0016] 进一步地,所述第一二氧化硅层的折射率为1.1~1.2,所述第二二氧化硅层的折射率为1.3~1.4。

[0017] 进一步地,从靠近所述阵列基板的一侧到远离所述阵列基板的一侧的方向上,所述二氧化硅薄膜的折射率逐渐减低。

[0018] 本发明实施例还提供了一种显示装置,包括如上所述的显示基板。

[0019] 本发明实施例还提供了一种显示基板的制作方法,所述显示基板包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,所述制作方法包括:

[0020] 在所述阵列基板和所述阳极之间制备折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。

[0021] 进一步地,所述制作方法还包括:

[0022] 在所述阵列基板背向所述阳极的一侧沉积二氧化硅薄膜,其中,沉积所述二氧化硅薄膜远离所述阵列基板的部分时的倾斜角度大于沉积所述二氧化硅薄膜靠近所述阵列基板的部分时的倾斜角度,所述倾斜角度为沉积方向与垂直于阵列基板的法线之间的夹角。

[0023] 本发明的实施例具有以下有益效果:

[0024] 上述方案中,本发明实施例提供的OLED显示基板,在阵列基板和阳极之间设置高折射率的折射薄膜,这样有机发光层出射的光线在阳极和折射薄膜的交界处发生折射时,由于折射薄膜的折射率比较大,故绝大部分光线将折射射出,不会发生全反射,而这些光线照射在阵列基板和折射薄膜的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

## 附图说明

[0025] 图1为现有OLED显示基板的结构示意图;

[0026] 图2为本发明一具体实施例显示基板的结构示意图;

[0027] 图3为包含有纳米TiO<sub>2</sub>的复合薄膜的折射率与TiO<sub>2</sub>的重量百分率之间的关系曲线图;

[0028] 图4为本发明另一具体实施例显示基板的结构示意图;

[0029] 图5为沉积二氧化硅薄膜的倾斜角度与二氧化硅薄膜的折射率之间的关系曲线图;

[0030] 图6为本发明再一具体实施例显示基板的结构示意图;

[0031] 图7为现有OLED显示基板的出光示意图;

[0032] 图8-图9为本发明实施例显示基板的出光示意图;

[0033] 图10为显示基板的透光率曲线示意图。

[0034] 附图标记

[0035] 201衬底基板 202透明电极 203有机发光层

[0036] 204反射电极 205二氧化硅薄膜 206折射薄膜

[0037] 205a第一二氧化硅层 205b第二二氧化硅层

[0038] 206a第一折射层 206b第二折射层

- [0039] 210电极 211发射偶极子
- [0040] 221直接出射的光线
- [0041] 222在空气和衬底基板之间的界面发生反射的光线
- [0042] 223在透明电极与衬底基板之间的界面发生反射的光线
- [0043] S1具有渐变折射率的基板的透光率曲线
- [0044] S2玻璃基板的透光率曲线

### 具体实施方式

[0045] 为使本发明的实施例要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0046] 本发明的实施例针对现有技术中底发射OLED的光线输出效率低的问题,提供一种显示基板及其制作方法、显示装置,能够解决OLED显示装置的外量子效率低的问题。

[0047] 本发明的实施例提供一种显示基板,包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,所述显示基板还包括:

[0048] 位于所述阵列基板和所述阳极之间的折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。

[0049] 本发明实施例提供的OLED显示基板,在阵列基板和阳极之间设置高折射率的折射薄膜,这样有机发光层出射的光线在阳极和折射薄膜的交界处发生折射时,由于折射薄膜的折射率比较大,故绝大部分光线将折射射出,不会发生全反射,而这些光线照射在阵列基板和折射薄膜的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

[0050] 具体地,阳极为透明阳极,阴极为金属阴极,OLED显示基板为底发射器件。

[0051] 图1为现有OLED显示基板的结构示意图,OLED显示基板包括衬底基板201,位于衬底基板201上的透明电极202(即阳极),有机发光层203和反射电极204(即金属阴极),其中,衬底基板201可以采用玻璃、聚对苯二甲酸乙二醇酯等,透明电极202可以采用氧化铟锡、铟锌氧化物等,有机发光层203由空穴注入层、空穴传输层、电子阻挡层、量子点发光层、空穴阻挡层、电子传输层、电子注入层等组成,反射电极204可以采用铝、镁、银、钴、铜等。

[0052] 与现有技术不同,如图2所示,本实施例的显示基板在阵列基板和阳极202之间设置折射薄膜206,折射薄膜206的折射率大于阈值,能够使所述有机发光层203出射的光线在所述阳极202和所述折射薄膜206的交界处发生折射。

[0053] 具体地,所述折射薄膜206采用折射率大于阈值的聚合物材料制成,比如聚酰亚胺或其他复合材料;或由掺杂有TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的硅制成,TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的尺寸一般小于5nm,光学硅的折射率在1.4-1.5之间,通过在光学硅中掺杂TiO<sub>2</sub>纳米颗粒可以提高折射率,在TiO<sub>2</sub>纳米颗粒在复合材料中的重量百分比达到5%时,掺杂有TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的硅的折射率可以达到1.9,如图3所示,通过控制TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的重量百分比可以使得折射薄膜的折射率在1.4和1.9之间的范围内变化。

[0054] 如图4所示,一具体实施例中,折射薄膜至少包括第一折射层206a和第二折射层206b,所述第二折射层206b位于所述第一折射层206a和所述阳极202之间,所述第一折射层

206a的折射率小于所述第二折射层206b的折射率,同时,第一折射层206a的折射率大于衬底基板201的折射率,这样在有机发光层出射的光线照射在第一折射层206a和第二折射层206b之间的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

[0055] 衬底基板201的折射率一般为1.5,第一折射层206a和第二折射层206b的折射率需要大于衬底基板201折射率,具体地,所述第一折射层206a的折射率可以为1.6-1.7,所述第二折射层206b的折射率可以为1.7~1.9。第二折射层206b可以由高折射率的聚合物材料制得,比如二硅氧烷、聚萘二甲酸乙二醇酯等,或者可以通过调节TiO<sub>2</sub>纳米颗粒的浓度来使得第二折射层206b的折射率为1.7~1.9。

[0056] 进一步地,如图4所示,所述显示基板还包括:

[0057] 位于所述阵列基板背向所述阳极202一侧的二氧化硅薄膜205,所述二氧化硅薄膜205远离所述阵列基板的部分的折射率小于所述二氧化硅薄膜205靠近所述阵列基板的部分的折射率,这样在有机发光层出射的光线照射在二氧化硅薄膜和阵列基板之间的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

[0058] 如图5所示为沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度与二氧化硅薄膜205的折射率之间的关系示意图,由图5可以看出,随着沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度的增大,二氧化硅薄膜205的孔隙度增加,二氧化硅薄膜205的折射率越低;沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度越小,二氧化硅薄膜205的折射率越大。因此,可以通过控制沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度来控制二氧化硅薄膜205的折射率,倾斜角度为沉积方向与垂直于阵列基板的法线之间的夹角。

[0059] 一具体实施例中,从靠近所述阵列基板的一侧到远离所述阵列基板的一侧的方向上,所述二氧化硅薄膜205的折射率逐渐减低,即在阵列基板上沉积二氧化硅薄膜205的过程中,倾斜角度逐渐增大,使得二氧化硅薄膜205具有连续的折射率梯度。

[0060] 一具体实施例中,如图2所示,所述二氧化硅薄膜至少包括第一二氧化硅层205a和第二二氧化硅层205b,所述第二二氧化硅层205b位于所述第一二氧化硅层205a和所述阵列基板之间,所述第一二氧化硅层205a的折射率小于所述第二二氧化硅层205b的折射率,这样在有机发光层出射的光线照射在第一二氧化硅层205a和第二二氧化硅层205b之间的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

[0061] 具体地,所述第一二氧化硅层205a的折射率可以为1.1~1.2,沉积第一二氧化硅层205a时的倾斜角度为78°,所述第二二氧化硅层205b的折射率为1.3~1.4,沉积第二二氧化硅层205b时的倾斜角度为54°。

[0062] 另一具体实施例中,如图6所示,显示基板包括衬底基板201、透明电极202、有机发光层203和反射电极204,在透明电极202和衬底基板201之间设置有第一折射层206a和第二折射层206b,第一折射层206a的折射率小于所述第二折射层206b的折射率,同时,第一折射层206a的折射率大于衬底基板201的折射率,这样在有机发光层出射的光线照射在第一折射层206a和第二折射层206b之间的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度;在衬底基板201背向透明电极202的一

侧设置有第一二氧化硅层205a和第二二氧化硅层205b,第一二氧化硅层205a的折射率小于所述第二二氧化硅层205b的折射率,这样在有机发光层出射的光线照射在第一二氧化硅层205a和第二二氧化硅层205b之间的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

[0063] 图7为现有OLED显示基板的出光示意图,由图7可以看出,显示基板的发射堆栈包括电极210和发射偶极子211,有机发光层发出的光一部分直接出射(221),一部分在空气和衬底基板201之间的界面发生反射(222),另一部分在透明电极与衬底基板201之间的界面发生反射(223),很大一部分光发生了反射。

[0064] 图8为本发明实施例显示基板的出光示意图,由图8可以看出,在设置二氧化硅薄膜205后,能够将原有的在空气和衬底基板201之间的界面发生反射的光线转为直接出射,提高了显示基板的光提取率。

[0065] 图9为本发明实施例显示基板的出光示意图,由图9可以看出,在设置折射薄膜206后,能够将原有的在透明电极与衬底基板201之间的界面发生反射的光线转为直接出射,提高了显示基板的光提取率。

[0066] 图10为显示基板的透光率曲线示意图,其中,S1为具有渐变折射率的基板的透光率曲线,S2为玻璃基板的透光率曲线,可以看出,具有渐变折射率的基板的透光率优于具有一定值折射率的玻璃基板的透光率,因此,还可以将显示基板的衬底基板设置有具有渐变折射率的衬底基板。

[0067] 本发明实施例还提供了一种显示装置,包括如上所述的显示基板。所述显示装置可以为:电视、显示器、数码相框、手机、平板电脑等任何具有显示功能的产品或部件,其中,所述显示装置还包括柔性电路板、印刷电路板和背板。

[0068] 本发明实施例还提供了一种显示基板的制作方法,所述显示基板包括:阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件,所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括:透明的阳极,有机发光层和阴极,所述制作方法包括:

[0069] 在所述阵列基板和所述阳极之间制备折射薄膜,所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。

[0070] 本发明实施例在阵列基板和阳极之间设置高折射率的折射薄膜,这样有机发光层出射的光线在阳极和折射薄膜的交界处发生折射时,由于折射薄膜的折射率比较大,故绝大部分光线将折射射出,不会发生全反射,而这些光线照射在阵列基板和折射薄膜的交界处时,也会尽量少的发生全反射现象,大多数光线都被折射出去,进而提高OLED显示基板的出光强度。

[0071] 进一步地,所述制作方法还包括:

[0072] 在所述阵列基板背向所述阳极的一侧沉积二氧化硅薄膜,其中,沉积所述二氧化硅薄膜远离所述阵列基板的部分时的倾斜角度大于沉积所述二氧化硅薄膜靠近所述阵列基板的部分时的倾斜角度,所述倾斜角度为沉积方向与垂直于阵列基板的法线之间的夹角。

[0073] 如图5所示为沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度与二氧化硅薄膜205的折射率之间的关系示意图,由图5可以看出,随着沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度的增大,二氧化硅薄膜205的孔隙度增加,二氧化硅薄膜205的折射率越低;沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜

角度越小,二氧化硅薄膜205的折射率越大。因此,可以通过控制沉积二氧化硅薄膜205时的倾斜角度来控制二氧化硅薄膜205的折射率,倾斜角度为沉积方向与垂直于阵列基板的法线之间的夹角。

[0074] 一具体实施例中,从靠近所述阵列基板的一侧到远离所述阵列基板的一侧的方向上,所述二氧化硅薄膜205的折射率逐渐减低,即在阵列基板上沉积二氧化硅薄膜205的过程中,倾斜角度逐渐增大,使得二氧化硅薄膜205具有连续的折射率梯度。

[0075] 另一具体实施例中,如图2所示,所述二氧化硅薄膜至少包括第一二氧化硅层205a和第二二氧化硅层205b,所述第二二氧化硅层205b位于所述第一二氧化硅层205a和所述阵列基板之间,所述第一二氧化硅层205a的折射率小于所述第二二氧化硅层205b的折射率,即沉积第一二氧化硅层205a时的倾斜角度大于沉积第二二氧化硅层205b时的倾斜角度,具体地,所述第一二氧化硅层205a的折射率可以为1.1~1.2,沉积第一二氧化硅层205a时的倾斜角度为 $78^{\circ}$ ,所述第二二氧化硅层205b的折射率为1.3~1.4,沉积第二二氧化硅层205b时的倾斜角度为 $54^{\circ}$ 。

[0076] 除非另外定义,本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同,而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系,当被描述对象的绝对位置改变后,则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0077] 可以理解,当诸如层、膜、区域或基板之类的元件被称作位于另一元件“上”或“下”时,该元件可以“直接”位于另一元件“上”或“下”,或者可以存在中间元件。

[0078] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

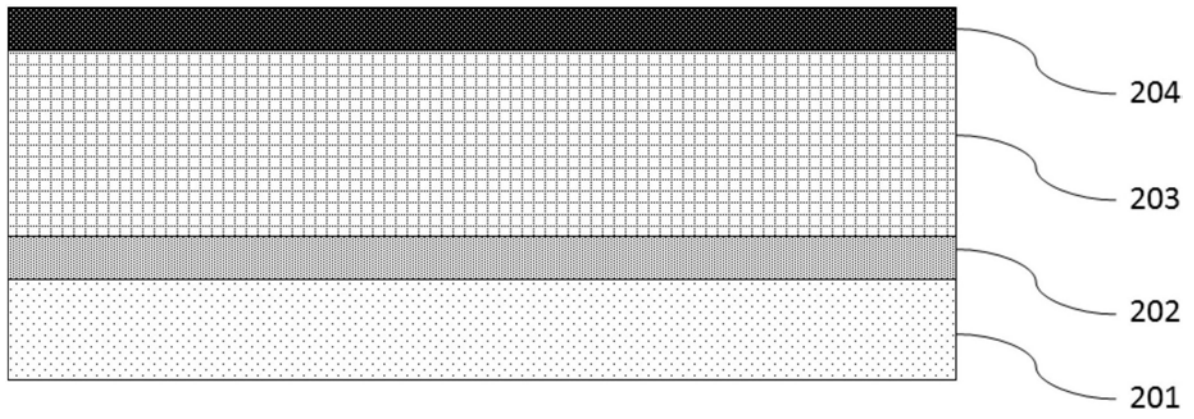


图1

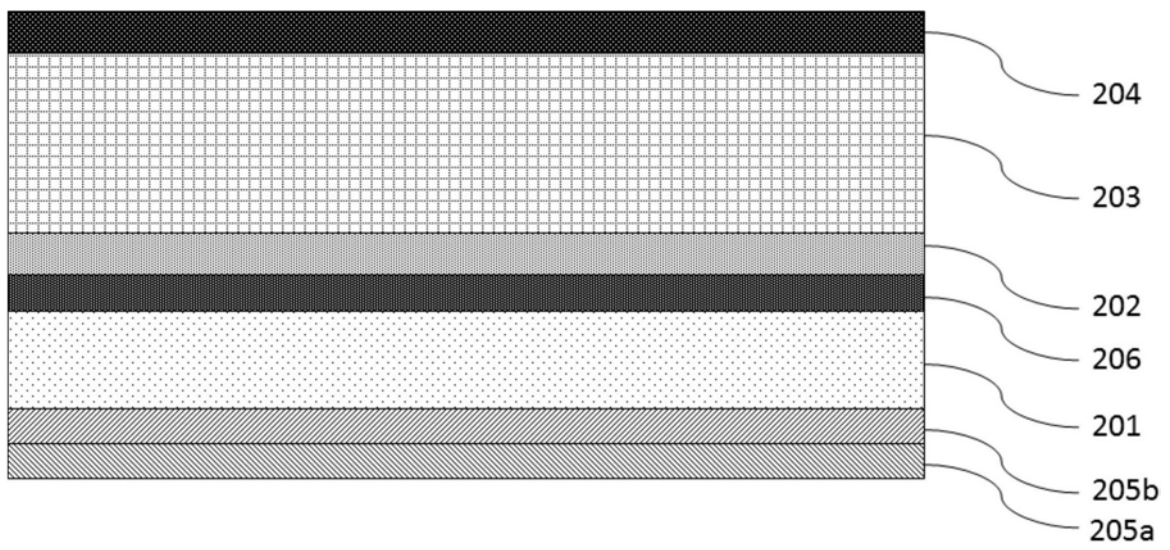


图2

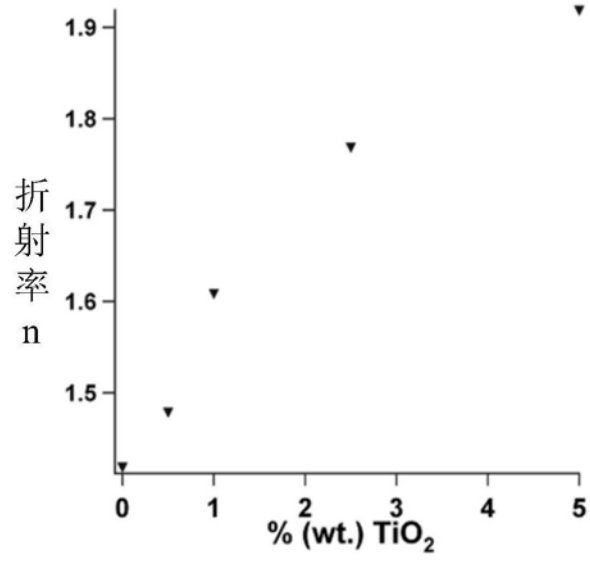


图3

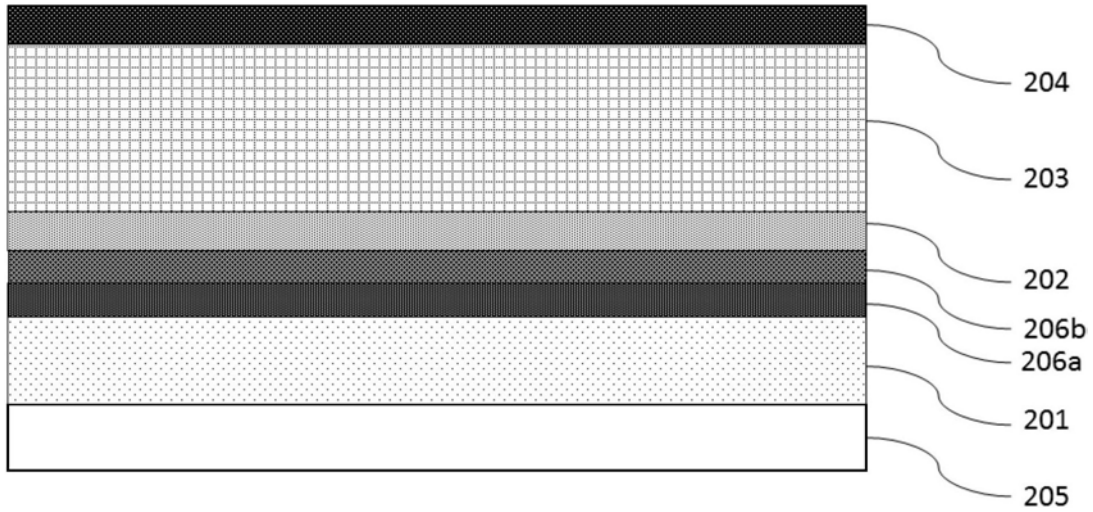


图4

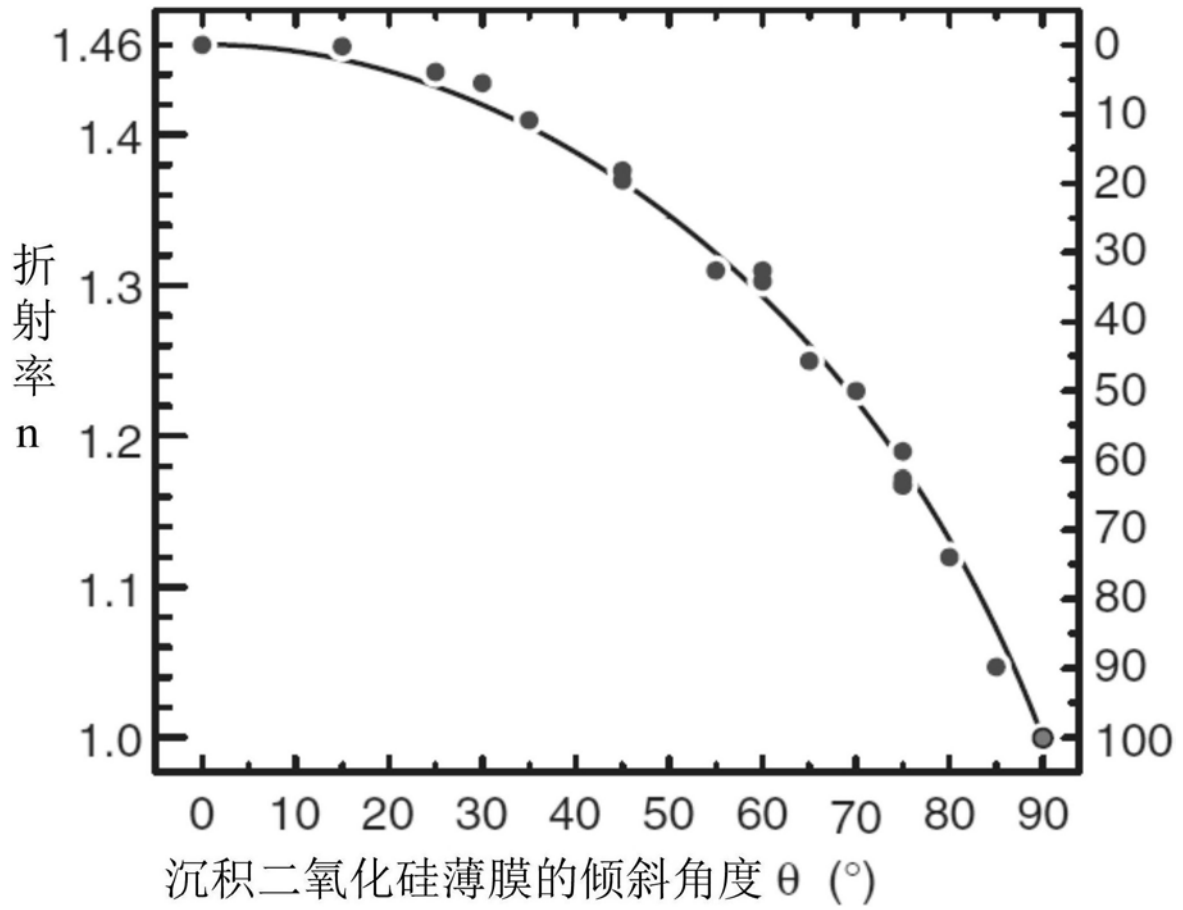


图5

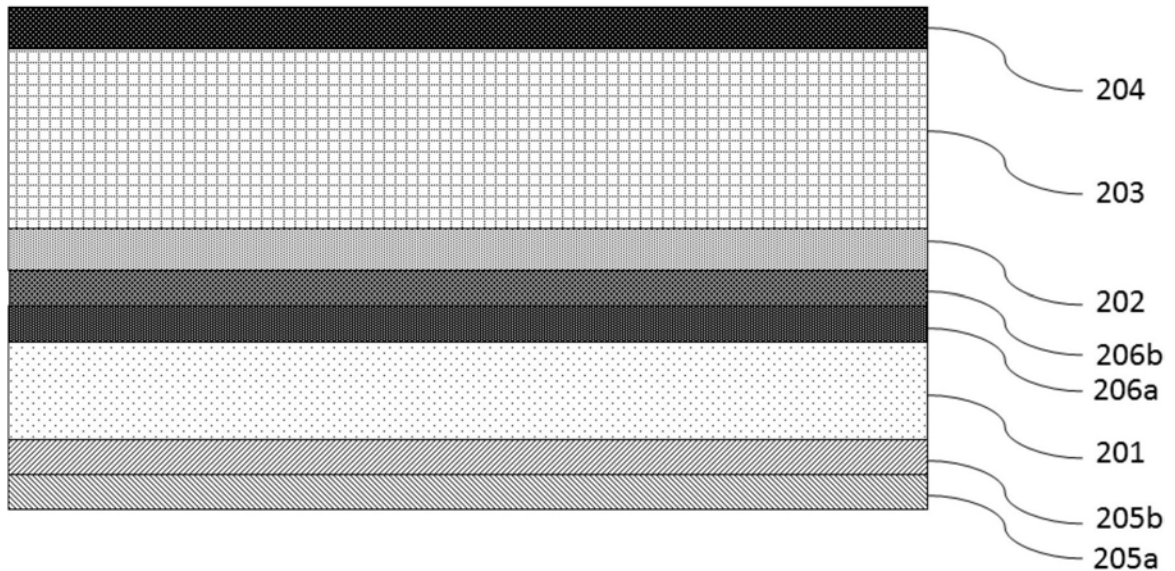


图6

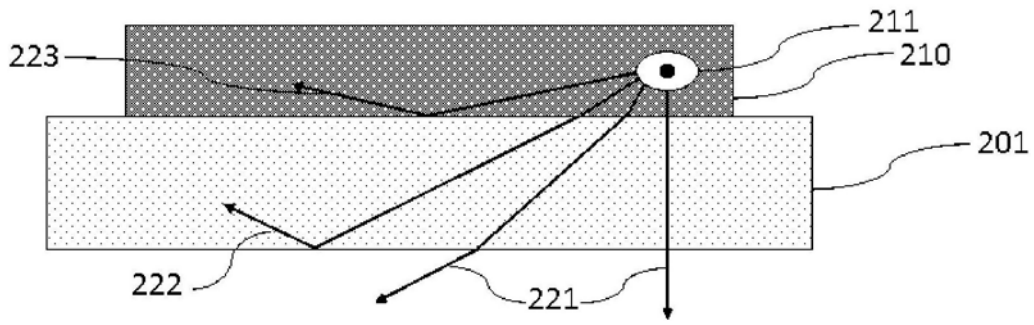


图7

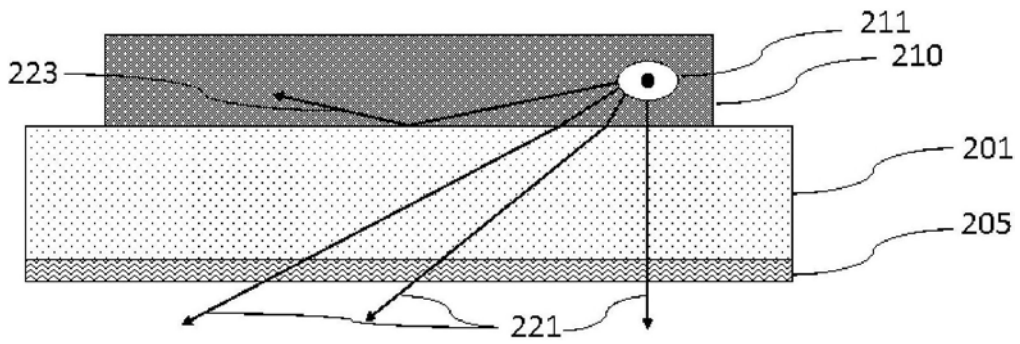


图8

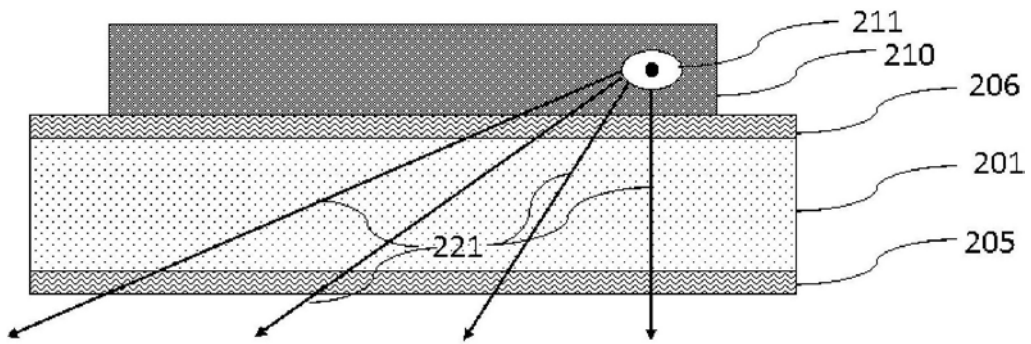


图9

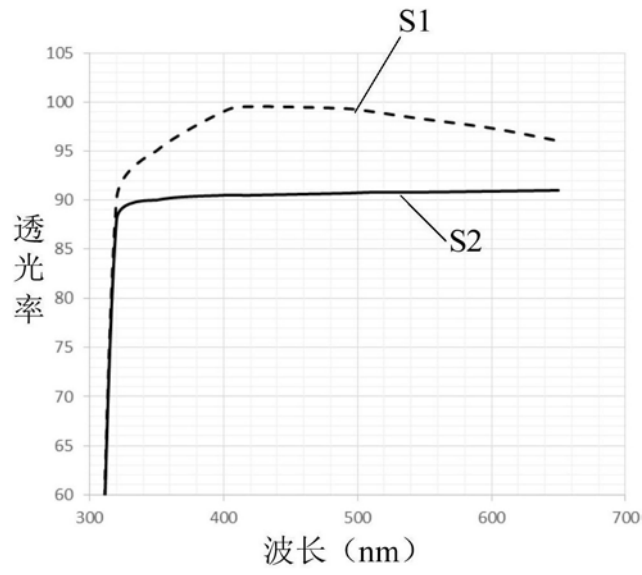


图10

专利名称(译)	显示基板及其制作方法、显示装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN108878674A</a>	公开(公告)日	2018-11-23
申请号	CN2017110329599.7	申请日	2017-05-11
[标]申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
[标]发明人	鲍里斯克里斯塔尔		
发明人	鲍里斯·克里斯塔尔		
IPC分类号	H01L51/52		
CPC分类号	H01L51/5275 H01L2251/5307 H01L2251/5369 H01L51/52		
代理人(译)	刘伟 张博		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>	<a href="#">SIPO</a>	

摘要(译)

本发明提供了一种显示基板及其制作方法、显示装置，属于显示技术领域。其中，显示基板，包括：阵列基板、设置在所述阵列基板上的显示器件，所述显示器件沿远离所述阵列基板的方向依次包括：透明的阳极，有机发光层和阴极，所述显示基板还包括：位于所述阵列基板和所述阳极之间的折射薄膜，所述折射薄膜能够使所述有机发光层出射的光线在所述阳极和所述折射薄膜的交界处发生折射。本发明的技术方案能够解决OLED显示装置的外量子效率低的问题。

