

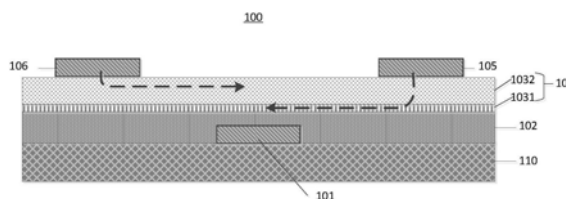


(43)申请公布日 2019.11.05

H01L 27/32(2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

一种有机发光晶体管及其制造方法、显示面板及电子装置,该有机发光晶体管包括栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极,有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发光层,该异质结为异型异质结。该有机发光晶体管通过采用二维半导体材料层形成异质结,可以使该异质结的界面更加平整,降低界面的粗糙度和缺陷态密度,从而提高载流子迁移率,进而提高器件的性能。



1. 一种有机发光晶体管,包括栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极,
其中,所述有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发光层,所述异质结为异型异质结。
2. 如权利要求1所述的有机发光晶体管,其中,所述异质结为范德华异质结。
3. 如权利要求1所述的有机发光晶体管,其中,所述有源层还包括辅助有机层,
其中,所述辅助有机层设置于所述有机发光层远离所述二维半导体材料层的一侧。
4. 如权利要求1所述的有机发光晶体管,其中,所述二维半导体材料层的材料包括硫化钼、硫化钨或氮化硼。
5. 如权利要求1-4任一所述的有机发光晶体管,其中,所述栅极为导体化的硅衬底,所述栅极绝缘层和所述有源层依次形成于所述硅衬底上。
6. 如权利要求5所述的有机发光晶体管,其中,所述栅极绝缘层的材料为二氧化硅。
7. 如权利要求6所述的有机发光晶体管,还包括辅助电极层,其中,所述辅助电极层位于所述硅衬底远离所述栅极绝缘层的一侧,所述辅助电极层与所述硅衬底形成欧姆接触。
8. 如权利要求5所述的有机发光晶体管,其中,所述源极/漏极设置于所述栅极绝缘层和所述有源层之间,或者,所述有源层设置于所述源极/漏极与所述栅极绝缘层之间。
9. 如权利要求1-4任一所述的有机发光晶体管,还包括衬底,其中,所述有机发光晶体管为顶栅结构,所述有源层设置于所述栅极与所述衬底之间。
10. 如权利要求9所述的有机发光晶体管,其中,所述源极/漏极设置于所述栅极绝缘层和所述有源层之间,或者,所述有源层设置于所述源极/漏极与所述栅极绝缘层之间,或者,所述源极/漏极与所述栅极同层设置。
11. 一种显示面板,包括阵列分布的多个像素单元,其中,每个像素单元包括如权利要求1-10任一所述的有机发光晶体管。
12. 一种电子装置,包括如权利要求1-10任一所述的有机发光晶体管或包括如权利要求11所述的显示面板。
13. 一种有机发光晶体管的制造方法,包括:
形成栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极,
其中,所述有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发光层,所述异质结为异型异质结。
14. 如权利要求13所述的制造方法,其中,所述有机发光层形成于所述二维半导体材料层之后,在所述二维半导体材料层上外延形成所述有机发光层。
15. 如权利要求13所述的制造方法,其中,所述二维半导体材料层的材料包括硫化钼、硫化钨或氮化硼。
16. 如权利要求13所述的制造方法,其中,形成所述栅极包括:
形成硅衬底;
对所述硅衬底进行导体化处理,以使得所述硅衬底充当所述栅极,所述栅极绝缘层和所述有源层依次形成于所述硅衬底上。
17. 如权利要求16所述的制造方法,其中,形成所述栅极绝缘层包括在所述硅衬底上热生长形成二氧化硅。
18. 如权利要求13所述的制造方法,还包括:提供衬底且在所述衬底上依次形成所述有

源层、所述栅极绝缘层和所述栅极。

19. 如权利要求13所述的制造方法,其中,所述有机发光层形成于所述二维半导体材料层之前,通过转印的方式在所述有机发光层上形成所述二维半导体材料层。

20. 如权利要求13-19任一所述的制造方法,其中,形成所述有源层还包括:在所述有机发光层远离所述二维半导体材料层的一侧形成辅助有机层。

有机发光晶体管及其制造方法、显示面板及电子装置

技术领域

[0001] 本公开的实施例涉及一种有机发光晶体管及其制造方法、显示面板及电子装置。

背景技术

[0002] 有机发光晶体管 (organic light-emitting transistor, OLET) 因同时具备有机场效应晶体管 (organic field-effect transistor, OFET) 的电路调制功能和有机发光二极管 (organic light-emitting diode, OLED) 的发光功能而在平板显示、光通讯、固体照明以及电泵浦有机激光器等领域存在潜在的巨大应用价值。如何提高有机发光晶体管的载流子迁移率、器件工作稳定性等器件性能成为备受关注的问题。

发明内容

[0003] 本公开的至少一个实施例提供一种有机发光晶体管, 包括栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极, 所述有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发光层, 所述异质结为异型异质结。

[0004] 例如, 所述异质结为范德华异质结。

[0005] 例如, 所述有源层还包括辅助有机层, 所述辅助有机层设置于所述有机发光层远离所述二维半导体材料层的一侧。

[0006] 例如, 所述二维半导体材料层的材料包括硫化钼、硫化钨或氮化硼。

[0007] 例如, 所述栅极为导体化的硅衬底, 所述栅极绝缘层和所述有源层依次形成于所述硅衬底上。

[0008] 例如, 所述栅极绝缘层的材料为二氧化硅。

[0009] 例如, 所述有机发光晶体管还包括辅助电极层, 所述辅助电极层位于所述硅衬底远离所述栅极绝缘层的一侧, 所述辅助电极层与所述硅衬底形成欧姆接触。

[0010] 例如, 所述源极/漏极设置于所述栅极绝缘层和所述有源层之间, 或者, 所述有源层设置于所述源极/漏极与所述栅极绝缘层之间。

[0011] 例如, 所述有机发光晶体管还包括衬底, 所述有机发光晶体管为顶栅结构, 所述有源层设置于所述栅极与所述衬底之间。

[0012] 例如, 所述源极/漏极设置于所述栅极绝缘层和所述有源层之间, 或者, 所述有源层设置于所述源极/漏极与所述栅极绝缘层之间, 或者, 所述源极/漏极与所述栅极同层设置。

[0013] 本公开实施例还提供一种显示面板, 包括阵列分布的多个像素单元, 每个像素单元包括上述有机发光晶体管。

[0014] 本公开实施例还提供一种电子装置, 包括上述有机发光晶体管或包括上述显示面板。

[0015] 本公开实施例还提供一种有机发光晶体管的制造方法, 包括: 形成栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极, 所述有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发

光层,所述异质结为异型异质结。

[0016] 例如,所述有机发光层形成于所述二维半导体材料层之后,在所述二维半导体材料层上外延形成所述有机发光层。

[0017] 例如,所述二维半导体材料层的材料包括硫化钼、硫化钨或氮化硼。

[0018] 例如,形成所述栅极包括:对所述硅衬底进行导体化处理,以使得所述硅衬底充当所述栅极,所述栅极绝缘层和所述有源层依次形成于所述硅衬底上。

[0019] 例如,形成所述栅极绝缘层包括在所述硅衬底上热生长形成二氧化硅。

[0020] 例如,所述制造方法还包括:提供衬底且在所述衬底上依次形成所述有源层、所述栅极绝缘层和所述栅极。

[0021] 例如,所述有机发光层形成于所述二维半导体材料层之前,通过转印的方式在所述有机发光层上形成所述二维半导体材料层。

[0022] 例如,形成所述有源层还包括:在所述有机发光层远离所述二维半导体材料层的一侧形成辅助有机层。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,下面将对实施例的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅涉及本公开的一些实施例,而非对本公开的限制。

[0024] 图1为本公开一实施例提供的有机发光晶体管的剖面结构示意图;

[0025] 图2为本公开实施例一变更实施例提供的机发光晶体管的剖面结构示意图;

[0026] 图3是本公开实施例另一变更实施例提供的机发光晶体管的剖面结构示意图;

[0027] 图4-图7是本公开实施例提供的具有不同结构的机发光晶体管的剖面结构示意图;

[0028] 图8是本公开实施例提供的显示面板的平面示意图;

[0029] 图9为本公开实施例提供的像素电路示意图;

[0030] 图10为本公开另一实施例提供的像素电路示意图;

[0031] 图11为本公开实施例提供的电子装置的示意图;以及

[0032] 图12为本公开实施例提供的有机发光晶体管的制造方法流程示意图。

具体实施方式

[0033] 为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本公开实施例的附图,对本公开实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本公开的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例,本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本公开保护的范围。

[0034] 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公开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。同样,“一个”、“一”或者“所述”等类似词语也不表示数量限制,而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现所述词前面的元件或者物件涵盖出现在所述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,则相对位置关系也可能相应地改变。

[0035] 双极型有机发光晶体管是有机发光晶体管的一种类型,其利用提供空穴的P型材料和电子的N型材料构成异型异质结,从而同时实现电子传输和空穴传输。然而,N型有机材料多存在载流子迁移率低、材料稳定性差的问题。

[0036] 二维(2D)材料是指电子仅可在两个维度的非纳米尺度(1-100nm)上自由运动(平面运动)的材料。二维材料层之间仅依靠弱的范德华力结合在一起。将二维材料层与其它材料通过范德华作用力形成的PN结称为范德华异质结。二维半导体材料层表面范德华力的存在可以使得异质结的界面更加平整,降低界面的粗糙度和缺陷态密度,提高了载流子的迁移率,进而提高了器件的性能。

[0037] 图1为本公开一实施例提供的有机发光晶体管100的剖面结构示意图。有机发光晶体管元件100包括依次设置于衬底110上的栅极101、栅极绝缘层102、有源层103、源极105及漏极106。有源层103包括二维半导体材料层1031和有机发光层1032,二维半导体材料层1031和有机发光层1032构成异型异质结。例如,二维半导体材料层1031为N型材料,有机发光层1032为P型材料,所述异质结为范德华异质结。

[0038] 该有机发光晶体管的工作原理包括:在栅极101外加电压和源漏电压的作用下,电子和空穴分别从源极105和漏极106注入到有源层103中。此时,二维半导体材料层1031起到电子传输层的作用,电子在二维半导体材料层1031中传输并向漏极106运动;在示例中,有机发光层1032还可以起到空穴传输层的作用,空穴在有机发光层1032中传输并向源极105运动。在电子和空穴相遇处,电子容易从电子传输层材料的HOMO(highest occupied monocular orbit)能级进入空穴传输层材料中的HOMO能级与空穴形成激子并最终跃迁辐射发光。

[0039] 在该异质结中,通过采用二维半导体材料层1031作为电子传输层,使得异质结的界面更加平整,降低界面的粗糙度和缺陷态密度,从而提高载流子的迁移率,进而提高器件的性能。在本实施例中,二维半导体材料层1031更靠近栅极绝缘层102,然而,本公开对有源层103中二维半导体材料层1031和有机发光层1032的层叠次序不作限制,即也可以是有机发光层1032更靠近栅极绝缘层102。

[0040] 例如,该二维半导体材料层的材料包括硫化钼(MoS₂)、硫化钨(WS₂)或氮化硼(BN)等二维半导体材料。

[0041] 例如,该有机发光层的材料包括聚(9,9'-二辛基芴-交替-苯并噻二唑)(F8BT)、并四苯、并五苯(Pentacene)或Alq₃:DCM2等有机发光材料。

[0042] 例如,该衬底110的材料为玻璃、石英、蓝宝石或具有柔性的有机衬底(例如PET衬底)上。在该衬底为石英或蓝宝石的情形下,由于蓝宝石和石英具有单晶结构,其上生长的材料层可以外延生长而具有良好的取向性。

[0043] 例如,该栅极材料可以包括金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铝(Al)、钼(Mo)、镁(Mg)或者以上金属组合而成的合金材料。

[0044] 例如,该栅极绝缘层材料还可以包括氮化硅、硅氮氧化物、氧化铝等无机绝缘材料或者丙烯酸、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等有机绝缘材料。

[0045] 例如,该源极和漏极的材料可以包括金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铝(Al)、钼(Mo)、镁(Mg)以及以上金属组合而成的合金材料。例如,该源极和漏极的材料还可以包括导电金属氧化物,例如氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)、氧化锌(ZnO)、氧化锌铝(AZO)等。

[0046] 例如,该源极和漏极可以为相同的材料以便于简化工艺。

[0047] 例如,该源极和漏极可以为不同的材料。由于该源极和漏极分别配置为注入电子和空穴,可以选择功函数不同的导电材料作为该源极和漏极的材料,从而获得更高的载流子电流密度。例如,采用功函数较低的材料作为该源极的材料,采用功函数较高的材料作为该漏极的材料。例如,采用铝或镁作为该源极材料,采用金或者ITO作为该漏极材料。

[0048] 需要说明的是,在本公开实施例中,有机发光晶体管用于注入电子的一极被称作源极,用于注入空穴的一极被称作漏极。在其它实施例中,根据习惯,该称呼可以互换,即将用于注入电子的一极称作漏极,用于注入空穴的一极称作源极。本公开实施例对此不作限制。

[0049] 在一个变更实施例中,如图2所示,该栅极101和衬底110可以为一体,例如,该衬底110为经导体化的硅衬底,该硅衬底同时充当该有机发光晶体管的栅极101。例如,该硅衬底为硅片(硅晶圆)或绝缘体上硅(SOI)衬底等。例如,该导体化的硅衬底为N型重掺杂硅片。例如,所述N型重掺杂硅片为掺有P(磷)元素杂质的单晶硅,其中P元素的浓度大于 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。也即,该重掺杂硅片兼做该有机发光晶体管的衬底和栅极101,栅极绝缘层102、有源层103、源极105和漏极106依次形成于该重掺杂硅片上。例如,为了增加硅片表面的平整度,该硅片用于形成该有机发光晶体管结构的表面是经过抛光的,该抛光工艺例如为化学抛光或机械抛光。这样,该有机发光晶体管的制作工艺可与硅基工艺兼容,有助于实现更高的分辨率(PPI)。

[0050] 例如,在该硅衬底充当该栅极的情形下,该栅极绝缘层可以是直接在该硅衬底表面通过热生长形成的二氧化硅。该栅极绝缘层也可以通过其它工艺和材料形成,例如可以通过化学气相淀积(CVD)形成氮化硅层以形成该栅极绝缘层。

[0051] 例如,如图2所示,在该硅衬底充当该栅极的情形下,该有机发光晶体管还可以进一步包括辅助电极层107,以降低栅极电阻。辅助电极层107设置于该重掺杂硅片远离栅极绝缘层102的一侧。辅助电极层107与该重掺杂硅片形成欧姆接触。例如,该辅助电极层的材料为铝、铝合金、铜、铜合金、镁等。

[0052] 在另一变更实施例中,如图3所示,该有机发光晶体管还包括辅助有机层1033,辅助有机层1033设置于有机发光层1032远离二维半导体材料层1031的一侧。在本实施例中,辅助有机层1033设置于有机发光层1032与源极105及漏极106之间,并与源极105和漏极106电接触。

[0053] 该辅助有机层例如为空穴传输层,通过单独设置该空穴传输层,将载流子的传输与复合发光过程分离开,可以提高该有机发光晶体管的发光效率。在本实施例中,该辅助有机层还可以使有机发光层1032远离源漏电极,可以有效降低金属电极引发的激子的淬灭以及激子-载流子的淬灭,进一步提高器件的发光效率。在该有机发光晶体管工作时,空穴和电子可大量注入各自的传输层,在源漏电压的作用下相向运动,在中间的发光层相遇形成激子并跃迁辐射发光。

[0054] 例如,该辅助有机层1033的材料包括DH4T、Pentacene或Rubrene等具有空穴传输

功能的材料。

[0055] 在本实施例及其变更实施例中,有机发光晶体管100为底栅顶接触型,有源层103设置于栅极101和衬底110之间,该有源层设置于该源极/漏极和该栅极绝缘层之间。然而,本公开对有机发光晶体管100的结构不作限制。例如,该有机发光晶体管还可以是底栅底接触结构,底栅底接触结构和底栅顶接触结构的区别在于,该源极/漏极设置于该有源层和该栅极绝缘层之间。例如,该有机发光晶体管还可以是顶栅底接触型和顶栅顶接触型等其它结构。本领域技术人员应当理解,只要有发光晶体管的有源层包括构成异型异质结的二维半导体材料,均落入本公开的保护范围之内。以下将结合附图4-7对本公开实施例提供的其它结构的有机发光晶体管作示例性说明。

[0056] 图4为本公开一实施例提供的顶栅顶接触型结构的有机发光晶体管。如图所示,有机发光晶体管100的有源层103、栅极绝缘层102及栅极101、源极105、漏极106依次层叠设置于衬底110上,该有源层相较于该栅极更靠近该衬底。该有源层包括层叠以构成异型异质结的二维半导体材料层1031与有机发光层1032。

[0057] 例如,该衬底为透明或半透明材料,有机发光晶体管100为底发光结构;例如,该衬底材料为蓝宝石或石英。

[0058] 例如,栅极101可为透明或半透明材料,有机发光晶体管100可为顶发光结构;例如,栅极101为透明导电氧化物材料,例如氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)、氧化锌(ZnO)、氧化锌铝(AZO)等。

[0059] 例如,该衬底材料为蓝宝石或石英等具有单晶结构的衬底,由于该单晶结构的衬底具有良好的取向性,其上生长的材料可以外延生长而具有较佳的晶格结构与较少的缺陷。

[0060] 例如,在该衬底材料为蓝宝石或石英等具有单晶结构的衬底时,该二维半导体材料层可以直接设置于该衬底上,即与该衬底直接接触,从而获得较好的取向性。

[0061] 在本实施例中,栅极101、源极105、漏极106可以同层设置,即由同一导电材料在一道工艺中沉积而成,并通过同一道构图工艺形成。在其它实施例中,例如在顶栅顶接触结构中,该源极/漏极可以设置于该栅极绝缘层和该有源层之间,或者,在顶栅底接触结构中,该有源层可以设置于该源极/漏极与该栅极绝缘层之间,

[0062] 图5为本公开另一实施例提供的有机发光晶体管的结构示意图。如图所示,源极105和漏极106设置于有机发光层1032靠近栅极101的一侧;同时,为了提高二维半导体材料层1031与栅极绝缘层102之间界面的平整度,将二维半导体材料层1031设置于源极105和漏极106之间。在这种结构中,源极105与二维半导体材料层1031直接接触,漏极106与有机发光层1032直接接触,这样可以使得电子和空穴分别从源极和漏极直接注入电子传输层和空穴传输层(有机发光层),从而减小沟道区的长度,降低驱动电压,提高驱动电流。

[0063] 图6为本公开又一实施例提供的有机发光晶体管100的剖面结构示意图。如图所示,该有机发光晶体管的源极和漏极分别设置于电子传输层和有机发光层远离彼此的一侧,源极105和漏极106分别与二维半导体材料层1031及有机发光层1032直接接触,这样可以使得电子和空穴分别从源极和漏极直接注入电子传输层和发光层(空穴传输层),从而减小沟道区的长度,降低驱动电压,提高驱动电流。

[0064] 在另一实施例中,如图7所示,为了提高二维半导体材料层1031与栅极绝缘层102

界面之间的平整度,源极105可以设置于栅极绝缘层102中的凹槽111内。

[0065] 该有机发光晶体管作为场效应晶体管和有机发光二极管的结合,具有多种应用。

[0066] 本公开实施例还提供一种显示面板,包括上述有机发光晶体管100。以下以该显示面板为有机发光二极管显示面板为例进行详细说明。

[0067] 图8为本公开实施例提供的显示面板200的平面示意图。显示面板200包括多条栅线71、多条数据线61以及阵列排布的多个像素单元201,多条栅线71和多条数据线61彼此交叉定义出多个像素区,多个像素单元201一一对应分布于多个像素区内,每个像素单元201包括至少一个有机发光晶体管100及与该有机发光晶体管连接的像素电路,该有机发光晶体管在像素电路的驱动下发光。

[0068] 例如,如图8所示,该显示面板200还可以包括数据驱动电路6和栅极驱动电路7,该数据驱动电路用于提供数据信号(例如信号Vdata),该栅极驱动电路用于提供扫描信号(例如信号Vscan),还可以进一步用于提供各种控制信号。该数据驱动电路和栅极驱动电路分别通过数据线61和栅线71与像素单元201连接。

[0069] 以下将结合具体实施例对该像素电路进行说明。值得注意的是,由于场效应晶体管的源极和漏极在物理结构上具有对称性,因此以下涉及到的场效应晶体管(如薄膜晶体管)的源极和漏极可以互换。

[0070] 图9为本公开一实施例提供的像素电路示意图。如图所示,每个像素单元201包括第一薄膜晶体管210、电容230和有机发光晶体管100。第一薄膜晶体管210的源极连接到数据线以接收数据信号Vdata,栅极连接到栅线以接收扫描信号Vscan,漏极连接到有机发光晶体管100的栅极和电容230的一端以保持电压。电容230的另一端连接至第一电源端Vss(低压端,例如接地)。有机发光晶体管100的源极也连接至第一电源端Vss,其漏极连接至第二电源端Vdd(高压端)。

[0071] 该像素电路的工作过程如下。当第一薄膜晶体管210在扫描信号Vscan的作用下开启时,数据信号Vdata传输至第一薄膜晶体管210的漏极并转化为电信号存储在电容230中。由于电容230具有自举效应,即使第一薄膜晶体管210断开,在存储于电容230中的电信号的作用下,有机发光晶体管100栅极可以继续接收一定的电压信号。同时,由于第一电源端Vss和第二电源端Vdd的作用,有机发光晶体管100的源极和漏极产生电连接,有机发光晶体管100发光。

[0072] 图10为本公开另一实施例提供的像素电路示意图。与图9所示的实施例不同的是,本实施例的像素电路还包括第二薄膜晶体管220。第二薄膜晶体管220连接在第一薄膜晶体管210和有机发光晶体管100之间。具体地,第二薄膜晶体管220的栅极与第一薄膜晶体管210的漏极以及电容230的一端连接,第二薄膜晶体管220的漏极与有机发光晶体管100的栅极连接,第二薄膜晶体管220的源极与数据线连接以接收数据信号Vdata。第一薄膜晶体管210与一开关信号线连接以接收开关信号Vs。这种结构可以降低电容230中存储电荷的衰减对有机发光晶体管100所接收的数据信号的影响。

[0073] 该像素电路的工作过程如下。当第一薄膜晶体管210在扫描信号Vscan的作用下开启时,开关信号Vs传输至第一薄膜晶体管210的漏极并转化为电荷存储在电容230中。由于电容230具有自举效应,即使第一薄膜晶体管210断开,在存储于电容230中的电信号的作用下,有机发光晶体管100栅极可以继续接收一定的电压信号而保持开启。因此,数据信号

Vdata传输至第二薄膜晶体管220的漏极,也即有机发光晶体管100的栅极,同时,由于第一电源端Vss和第二电源端Vdd的作用,有机发光晶体管100的源极和漏极产生电连接,有机发光晶体管100发光。在该电路中,只要电容230中存储的电信号可以使第二薄膜晶体管220保持开启,数据信号Vdata就可以直接传输至有机发光晶体管100的栅极,而不受电容中存储的电信号衰减的影响。

[0074] 本公开实施例还提供一种电子装置,该电子装置包括上述有机发光晶体管或上述显示面板。如图11所示,该电子装置300包括上述有机发光晶体管100。该电子装置例如可以是显示装置、光通讯装置、固体照明装置以及电泵浦有机激光器等多种应用有机发光晶体管的电子装置。

[0075] 本公开的另一实施例还提供上述有机发光晶体管的制造方法,该方法至少包括:形成栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极,所述有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发光层,所述异质结为异型异质结。

[0076] 例如,根据该栅极、该有源层、该源极、该漏极形成的次序不同,可以形成底栅顶接触型、底栅底接触型、顶栅底接触型和顶栅顶接触型等不同结构的有机发光晶体管。

[0077] 例如,该栅极可以由导体化的硅衬底充当;例如,该硅衬底为硅片(硅晶圆)或绝缘体上硅(SOI)衬底等。也即,该导体化的硅衬底兼做该有机发光晶体管的衬底和栅极,该栅极绝缘层、有源层、源极/漏极形成于该重掺杂硅片上。这样,该有机发光晶体管的制作工艺可与硅基工艺兼容,有助于实现更高的分辨率(PPI)。

[0078] 例如,该有机发光晶体管也可以形成于玻璃、石英、蓝宝石或具有柔性的有机衬底(例如PET衬底)上。

[0079] 以下将以导体化的硅片充当该栅极为例、并结合附图2和附图12,对该有机发光晶体管的制造方法进行示例性说明。

[0080] 步骤S11:形成栅极101。

[0081] 在本实施例中,对硅片进行导体化处理以形成该有机发光晶体管的栅极101。在其它实施例中,该栅极也可以通过直接在硅片上沉积导电材料形成,例如,该导电材料包括金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铝(Al)、钼(Mo)、镁(Mg)以及以上金属组合而成的合金材料。

[0082] 例如,为了增加硅片表面的平整度,可以对硅片用于形成有机发光晶体管结构的表面进行单面抛光。当然,该硅片也可以是双面抛光,本公开实施例对此不作限制。例如,可以通过化学机械抛光方法来进行该抛光工艺。

[0083] 例如,该导体化处理包括对该硅片进行N型重掺杂。例如,该掺杂步骤可以包括通过离子注入工艺对该硅片进行P元素掺杂,其中P元素的浓度大于 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。该掺杂步骤还可以包括退火工艺,以修复离子注入引起的晶格损伤。例如,该退火在450摄氏度氮气保护条件下进行。

[0084] 例如,为了降低栅极的电阻,在该硅片的另一侧表面,即未抛光的表面形成辅助电极层107。该辅助电极层107与该硅片形成欧姆接触。例如,形成辅助电极层107的步骤包括在该硅片的另一侧表面制备重掺杂区以使得辅助电极层107与该硅片形成欧姆接触。例如,该掺杂步骤可以包括通过离子注入工艺对该硅片进行P元素掺杂,其中P元素的浓度大于 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 。该掺杂步骤还可以包括退火工艺,以修复离子注入引起的晶格损伤。例如,该退火在450摄氏度氮气保护条件下进行。例如,该辅助电极层107通过蒸镀或者溅射工艺形成。

例如,该辅助电极层的材料为铝。

[0085] 步骤S12:形成栅极绝缘层102。

[0086] 例如,通过热生长法在该硅片的抛光面上生长一层二氧化硅作为该栅极绝缘层102。

[0087] 例如该热生长法包括将该硅片放置于热氧化装置,加热到一定温度并通入氧气或水汽,该硅片的抛光面上发生化学反应生成二氧化硅。

[0088] 例如,该栅极绝缘层材料还可以为氮化硅、硅氮氧化物、氧化铝等无机绝缘材料或者丙烯酸、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 等有机绝缘材料。该栅极绝缘层的形成方法还可以包括化学气相淀积 (如形成无机绝缘层)、旋涂法 (如形成有机绝缘层) 等其它工艺方法。

[0089] 步骤S13:形成有源层103,该有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层1031和有机发光层1032,该异质结为异型异质结。

[0090] 例如,采用磁控溅射法或化学气相淀积 (CVD) 形成二维半导体材料层103。

[0091] 例如,该二维半导体材料层的材料包括硫化钼 (MoS₂)、硫化钨 (WS₂) 及氮化硼 (BN) 等二维半导体材料。例如,该二维半导体材料层为N型材料。

[0092] 以采用硫化钼作为该二维半导体材料层的材料为例,可以采用磁控溅射法或者离子插层法形成二维硫化钼层。例如,该磁控溅射法包括先溅射形成一超薄层金属钼层,然后再进行高温硫化形成该二维硫化钼层。例如,该磁控溅射法包括直接以硫化钼为靶材溅射形成该二维硫化钼层。

[0093] 例如,离子插层法包括如下操作。在超声条件下,利用溶剂的表面张力对硫化钼进行剥离,使单层硫化钼分散于溶剂中,离心干燥后获得二维硫化钼材料。

[0094] 例如,一种锂离子插层法包括如下操作。将硫化钼粉体加入正丁基锂的正己烷溶液中,此时,锂离子插入到硫化钼块体中,再通过正丁基锂与水或其他质子性溶剂反应,产生气体增大硫化钼的层间距,从而得到多层或单层硫化钼材料。之后,将分散有单层硫化钼的溶剂施加至上述硅片上,干燥后得到所需的二维硫化钼层。

[0095] 例如,通过蒸镀形成该有机发光层1032。

[0096] 例如,该有机发光层的材料包括聚 (9,9'-二辛基芴-交替-苯并噻二唑) (F8BT)、并五苯 (Pentacene) 或Alq₃:DCM₂等有机发光材料。

[0097] 在本实施例中,先形成二维半导体材料层1031,然后在二维半导体材料层1031表面形成有机发光层1032。由于该二维半导体材料层1031的表面存在范德华力,其上形成的有机发光层材料在该范德华力的作用下沿着该二维半导体材料层的晶向外延生长,从而使得异质结的界面更加平整,降低界面的粗糙度和缺陷态密度,从而提高载流子的迁移率,进而提高了器件的性能。然而,本公开实施例对二维半导体材料层1031和有机发光层1032的形成顺序不作限制。

[0098] 例如,也可以先形成有机发光层1032,再在有机发光层1032的表面形成二维半导体材料层1031。例如,为了避免形成二维半导体材料层1031的温度条件对在先形成的有机发光层1032造成不利影响,也为了获得高质量的二维半导体材料层,可以先在蓝宝石、石英或者硅片等耐高温的具有单晶结构的衬底上形成该二维半导体材料层1031,然后通过转印的方式将该二维半导体材料层1031。由于该单晶结构的衬底具有良好的取向性,其上生长的二维半导体材料层1031可以获得较佳的晶格结构和较少的缺陷。例如,可以在硅片上生

长一层氧化硅层,然后在该氧化硅层上形成该二维半导体材料层1031,接着用氢氟酸对该硅片进行处理,由于氢氟酸对氧化硅层有腐蚀作用,该二维半导体材料层1031得以从该硅片脱落,最后将该二维半导体材料层1031转移至有机发光层1032上。

[0099] 步骤S14:形成源极105和漏极106。

[0100] 例如,该源极和漏极的材料可以包括金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铝(Al)、钼(Mo)、镁(Mg)以及以上组合而成的合金材料。例如,该源极和漏极的材料还可以包括导电金属氧化物,例如氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)、氧化锌(ZnO)、氧化锌铝(AZO)等。

[0101] 例如,该源极和漏极可以为相同的材料以在一道构图工艺中形成,从而简化工艺。

[0102] 例如,该源极和漏极可以为不同的材料。例如,采用功函数较低的材料作为该源极的材料,采用功函数较高的材料作为该漏极的材料。例如,采用铝或镁作为该源极材料,采用金或者ITO作为该漏极材料。

[0103] 在另一实施例中,该制造方法还包括在该有机发光层远离该二维半导体材料层的因此而形成辅助有机层。该辅助有机层例如为空穴传输层,通过单独设置该空穴传输层,将载流子的传输与复合发光过程分离开,可以提高该有机发光晶体管的发光效率。例如,在本实施例中,在该有机发光层与该源极/漏极之间形成该辅助有机层,该辅助有机层还可以使有机发光层1032远离源漏电极,从而有效降低金属电极引发的激子的淬灭以及激子-载流子的淬灭,进一步提高器件的发光效率。在该有机发光晶体管工作时,空穴和电子科大量注入各自的传输层,在源漏电压的作用下相向运动,在中间的发光层相遇形成激子并跃迁辐射发光。

[0104] 例如,该辅助有机层的材料包括DH4T、Pentacene或Rubrene等具有空穴传输功能的材料。

[0105] 例如,上述步骤S11、S12、S13和S14的顺序可以适当进行调整,从而获得其它结构的有机发光晶体管。例如,在衬底上依次形成该有源层、该有机发光层、该栅极绝缘层和该栅极,即形成如图4所示的顶栅型有机发光晶体管。例如,在该实施例中,可以采用蓝宝石或石英等半透明或透明材料作为衬底,从而形成底发光型的有机发光晶体管。

[0106] 显然,本领域的技术人员可以对本公开的实施例进行各种改动、变型、组合而不脱离本公开的精神和范围。这样,倘若本公开的实施例的这些修改、变型、组合属于本公开权利要求及其等同技术的范围之内,则本公开也意图包含这些改动和变型在内。

[0107] 以上所述仅是本公开的示范性实施方式,而非用于限制本公开的保护范围,本公开的保护范围由所附的权利要求确定。

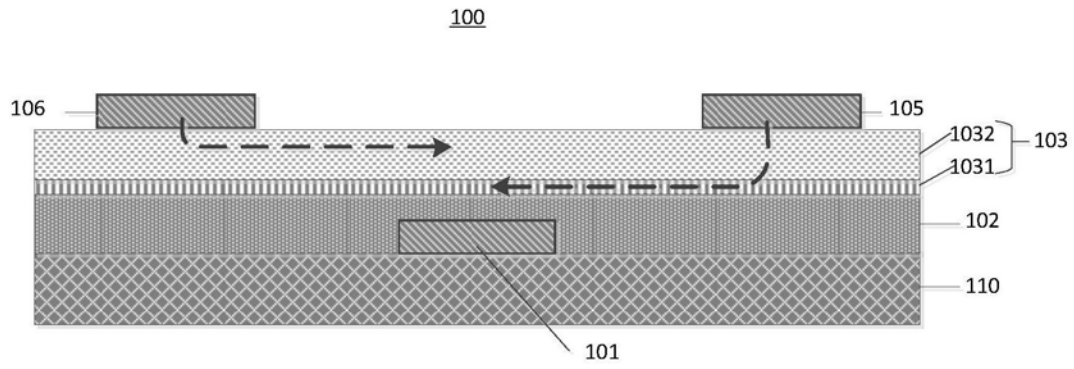


图1

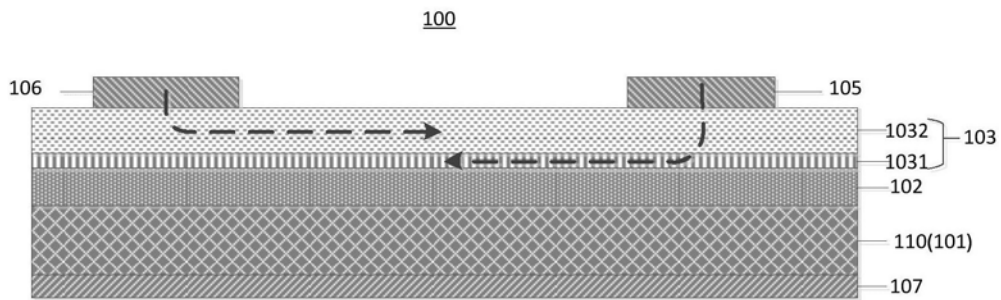


图2

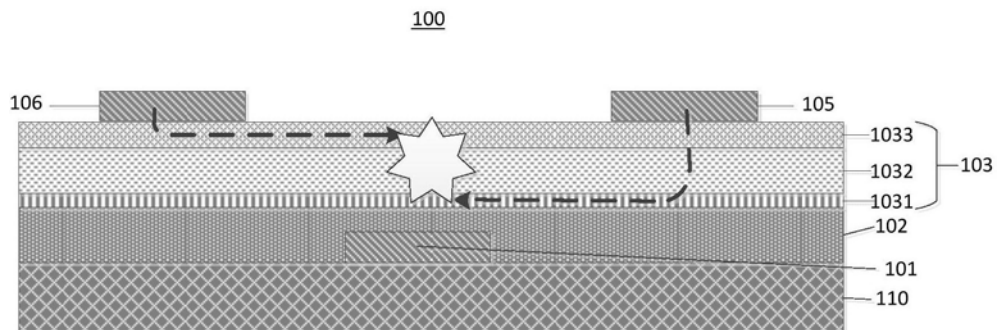


图3

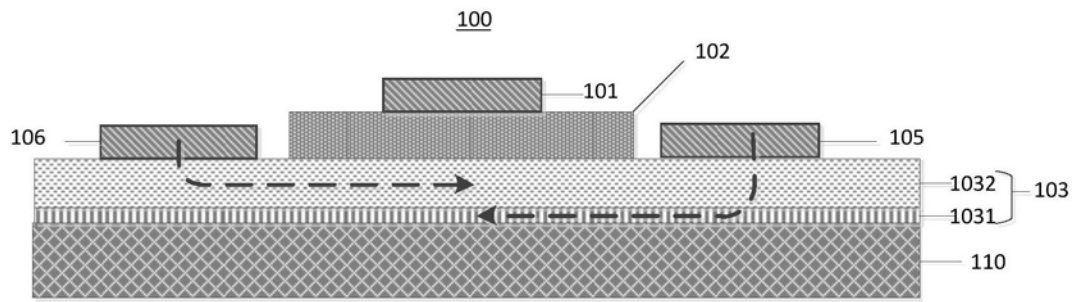


图4

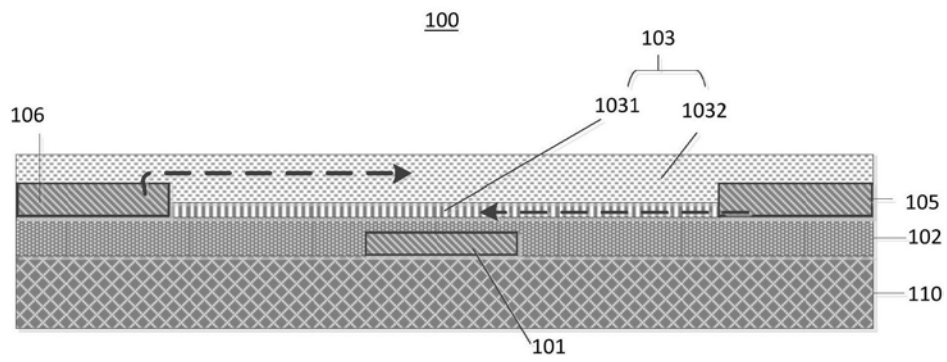


图5

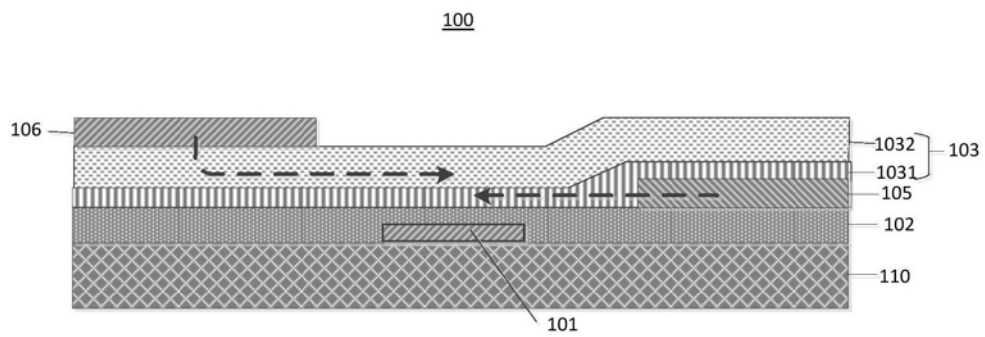


图6

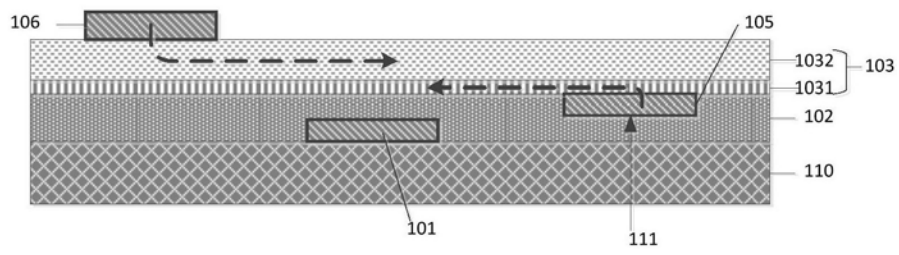
100

图7

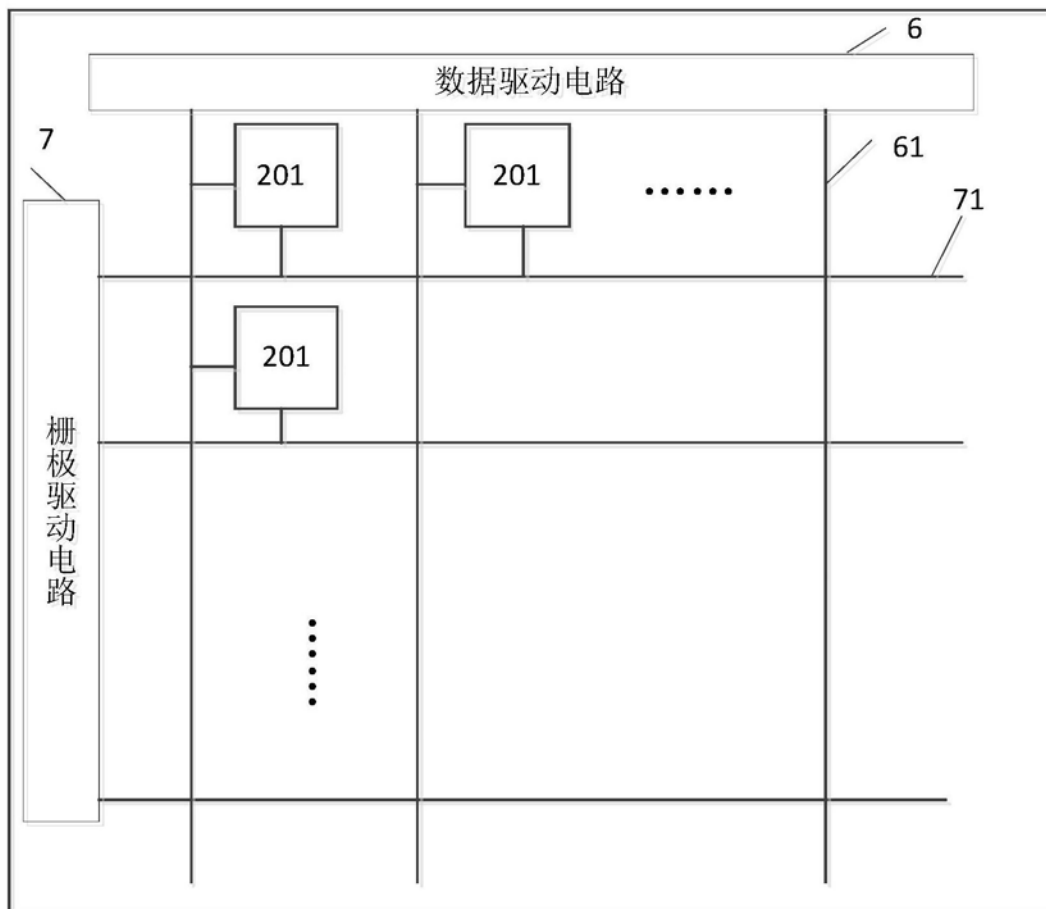
200

图8

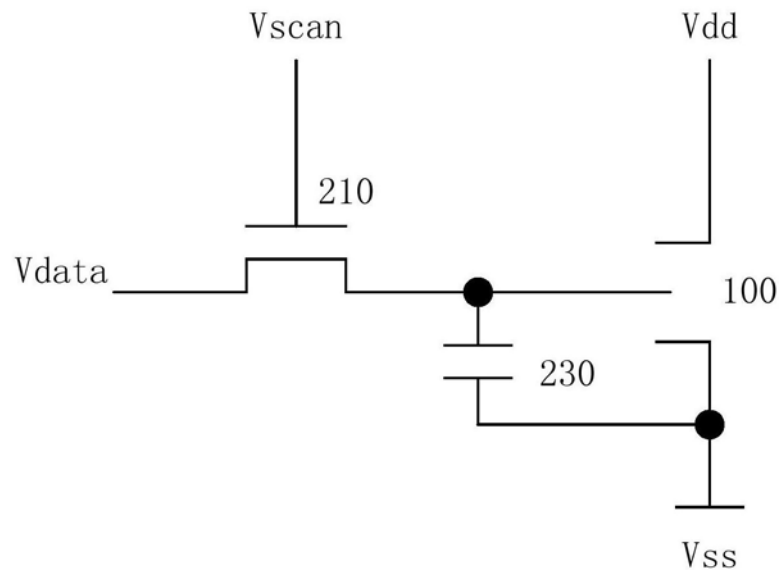


图9

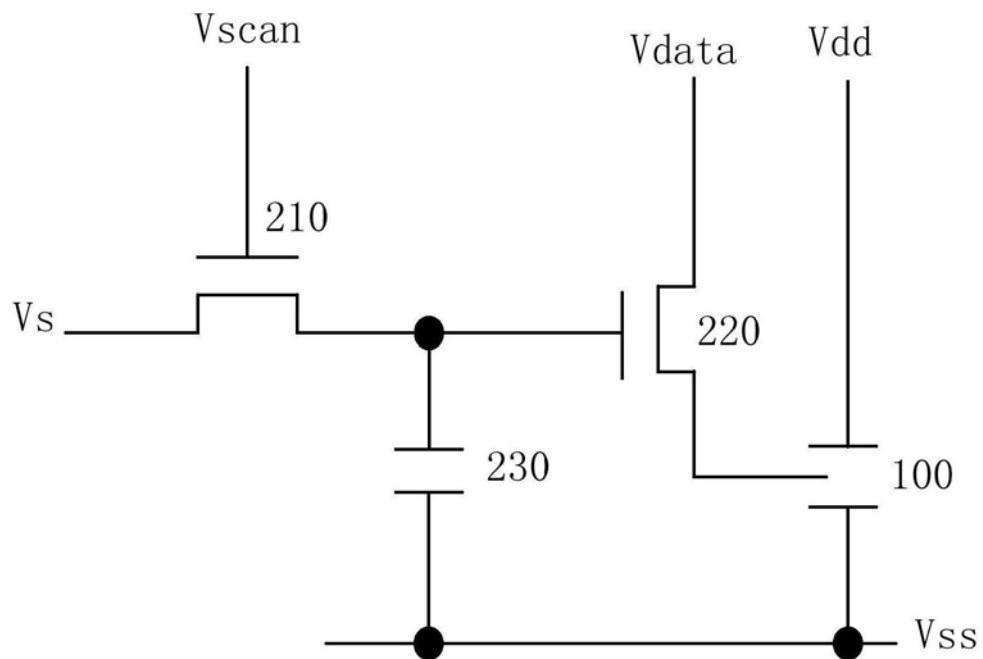


图10

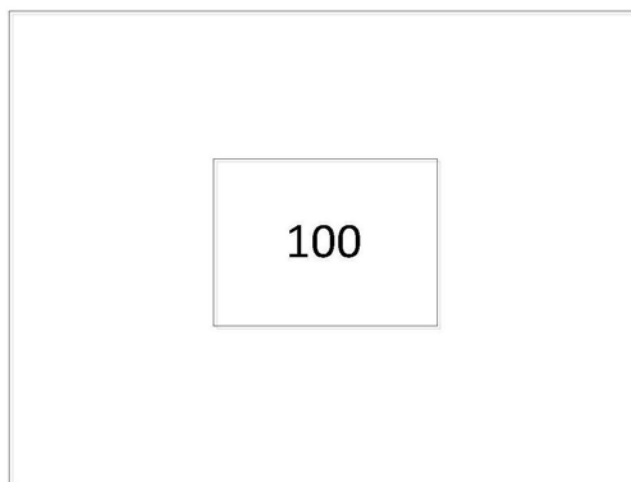
300

图11

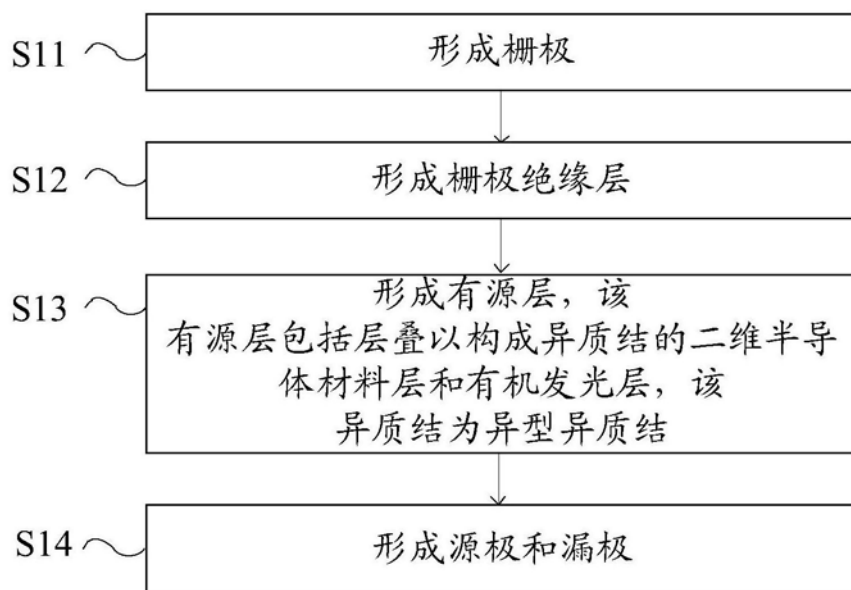


图12

专利名称(译)	有机发光晶体管及其制造方法、显示面板及电子装置		
公开(公告)号	CN110416427A	公开(公告)日	2019-11-05
申请号	CN201810388274.0	申请日	2018-04-26
[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	陈亮 王磊 陈小川 玄明花 刘冬妮 肖丽 杨明 赵德涛		
发明人	陈亮 王磊 陈小川 玄明花 刘冬妮 肖丽 杨明 赵德涛		
IPC分类号	H01L51/52 H01L51/56 H01L27/32		
CPC分类号	H01L27/3244 H01L51/5296 H01L51/56 H01L27/32 H01L51/52		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种有机发光晶体管及其制造方法、显示面板及电子装置，该有机发光晶体管包括栅极、栅极绝缘层、有源层、源极和漏极，有源层包括层叠以构成异质结的二维半导体材料层和有机发光层，该异质结为异型异质结。该有机发光晶体管通过采用二维半导体材料层形成异质结，可以使该异质结的界面更加平整，降低界面的粗糙度和缺陷态密度，从而提高载流子迁移率，进而提高器件的性能。

