



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102468446 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 23

(21) 申请号 201010549151. 4

C01G 23/047(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 11. 18

(71) 申请人 海洋王照明科技股份有限公司

地址 518052 广东省深圳市南山区南海大道
海王大厦 A 座 22 层

申请人 深圳市海洋王照明技术有限公司

(72) 发明人 周明杰 王平 黄辉 冯小明

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

H01L 51/54(2006. 01)

H01L 51/56(2006. 01)

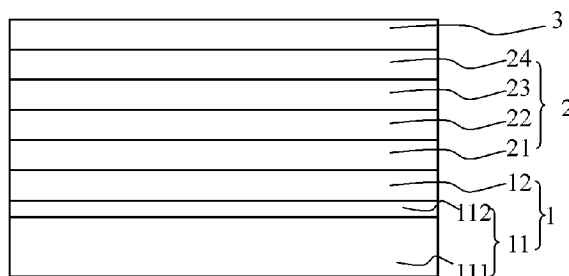
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种阴极注入材料及其制备方法与应用

(57) 摘要

本发明公开了一种阴极注入材料及其制备方法与应用,该阴极注入材料包括互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐。其制备方法包括如下步骤:分别配制纳米二氧化钛溶液、铯盐溶液;将所述纳米二氧化钛溶液分散体系与铯盐溶液混合,得到混合液;将混合液旋涂在导电基底上,加热干燥,得到所述阴极注入材料。本发明阴极注入材料成本低、能有效提高电荷的输入和传输,将其应用到有机电致发光器件中时,使其阴极的 LUMO 能级得到了提高,与有机电致发光结构的能级互相匹配,降低了两者之间的势垒,更适合电子的注入,使电子注入效率得到加强,优选提高了有机电致发光器件光提取能力强,发光亮度高,寿命长。该阴极注入材料制备方法工序简单,生产效率高。



1. 一种阴极注入材料,包括互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐。
2. 根据权利要求1所述的阴极注入材料,其特征在于:所述纳米二氧化钛是粒径为20 ~ 200nm的纳米锐钛矿型二氧化钛。
3. 根据权利要求1所述的阴极注入材料,其特征在于:所述铯盐为碳酸铯、叠氮化铯、氯化铯、溴化铯、碘化铯中的至少一种。
4. 根据权利要求1任一所述的阴极注入材料,其特征在于:所述纳米二氧化钛与铯盐的质量比为1 : 0.1 ~ 1。
5. 一种阴极注入材料的制备方法,包括如下步骤:
制备纳米二氧化钛溶液,将纳米二氧化钛与醇溶剂或 / 和二次蒸馏水混合,配制质量浓度为0.1 ~ 2%的纳米二氧化钛溶液;
制备铯盐溶液,将铯盐与醇或醚溶剂混合,配制质量浓度为0.1 ~ 2%的铯盐溶液;
将所述纳米二氧化钛溶液与铯盐溶液混合,得到混合液;
将混合液旋涂到导电基底上,加热干燥,得到阴极注入材料。
6. 根据权利要求5所述的阴极注入材料制备方法,其特征在于:所述纳米二氧化钛溶液分散体系中的二氧化钛与铯盐溶液中的铯盐质量比为1 : 0.1 ~ 1混合。
7. 根据权利要求5所述的阴极注入材料制备方法,其特征在于,所述导电基底包括铟锡氧化物玻璃、掺氟的氧化锡玻璃、掺铝的氧化锌玻璃或者掺铟的氧化锌玻璃中的一种。
8. 根据权利要求5所述的阴极注入材料制备方法,其特征在于:所述制备方法进一步包括对导电基底进行氧等离子处理,所述氧等离子处理的时间为5-15min,功率为10-50W。
9. 根据权利要求5所述的阴极注入材料制备方法,其特征在于:所述加热干燥的温度为100 ~ 200℃,加热时间为15 ~ 60min。
10. 根据权利要求1 ~ 4任一项所述的阴极注入材料在有机电致发光器件中的应用。

一种阴极注入材料及其制备方法与应用

技术领域

[0001] 本发明属于电光源技术领域,具体的说是涉及一种阴极注入材料及其制备方法与应用。

背景技术

[0002] 电光源行业一直是世界各国竞相研究的热点,在世界经济中占据着非常重要的地位。目前广泛使用的光源为气体放电光源,这种光源的原理是将灯的内部经抽真空后充入含汞的混合气体,利用气体放电发光或气体放电产生的紫外光激发荧光粉发光。然而,气体放电光源的脉冲光闪容易导致人视觉疲劳,而且汞污染环境,随着社会和科技的进步,研究开发节能又环保的绿色光源来替代传统光源,成为各国竞相研究的重要课题。

[0003] 有机电致发光器件是电光源中的一种。1987年,美国 Eastman Kodak 公司的 C. W. Tang 和 VanSlyke 报道了有机电致发光研究中的突破性进展。利用超薄薄膜技术制备出了高亮度,高效率的双层小分子有机电致发光器件 (Organic Light-Emitting Device, OLED)。在该双层结构的器件中,10V 下亮度达到 $1000\text{cd}/\text{m}^2$,其发光效率为 $1.51\text{lm}/\text{W}$ 、寿命大于 100 小时。

[0004] OLED 的发光原理是在外加电场的作用下,电子从阴极注入到有机物的最低未占有分子轨道 (Lower Unoccupied Molecular Orbital LUMO),而空穴从阳极注入到有机物的最高占有轨道 (Highest Occupied Molecular Orbital HOMO)。电子和空穴在发光层相遇、复合、形成激子,激子在电场作用下迁移,将能量传递给发光材料,并激发电子从基态跃迁到激发态,激发态能量通过辐射失活,产生光子,释放光能。由于空穴和电子的传输速率不一致,往往导致了电子-空穴的复合几率偏低,器件的亮度与效率得不到提高,因此为了有效的提高电子和空穴的复合几率,需要改进载流子的注入效率和传输速率,平衡载流子,控制复合区域,从而获得理想的发光亮度和发光效率。通常在器件中加入载流子注入层来改善载流子的注入效率,这种器件结构不但保证了有机功能层与导电基底间的良好附着性,而且还使得来自阳极和金属阴极的载流子更容易的注入到有机功能薄膜中。但是,这种方法由于增加了功能层而使器件的加工工艺变得复杂,而且这些注入材料合成复杂,产率较低,不利于未来的工业化生产。因此,开发注入效率高,材料来源简单的阴极是降低器件成本,是目前急需解决的问题之一。目前常用的一些阴极(如 Al, Ag 或 Au 等)材料的功函都比较高,电子注入困难,另外,这些阴极还存在一些其它缺点,如成本高,在水氧环境下比较敏感等不足。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的上述不足,提供一种能有效提高电荷的输入和传输的阴极注入材料及其制备方法。

[0006] 以及,提供上述阴极注入材料在有机电致发光器件中的应用。

[0007] 为了实现上述发明目的,本发明的技术方案如下:

- [0008] 一种阴极注入材料,包括互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐。
- [0009] 以及,上述阴极注入材料制备方法,包括如下步骤:
- [0010] 制备纳米二氧化钛溶液,将纳米二氧化钛与醇溶剂或 / 和二次蒸馏水混合,配制浓度为 0.1 ~ 2% 的纳米二氧化钛溶液;
- [0011] 制备铯盐溶液,将铯盐与醇或醚溶剂混合,配制浓度为 0.1 ~ 2% 的铯盐溶液;
- [0012] 将所述纳米二氧化钛溶液与铯盐溶液混合,得到混合液;
- [0013] 将混合液旋涂到导电基底上,加热干燥,得到阴极注入材料。
- [0014] 以及,上述阴极注入材料在有机电致发光器件中的应用。
- [0015] 本发明与现有技术相比,至少具有以下优点:
- [0016] 1. 本发明阴极注入材料包含互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐,该纳米二氧化钛 HOMO 能级低,当将其应用到有机电致发光器件中时,有效的把空穴限制在有机电致发光器件的有机电致发光结构中,并与电子进行复合,起到空穴阻挡的作用,有效的避免了没有经过复合的空穴直接到达阴极所形成的漏电流;同时该二氧化钛为纳米级,一方面有利于电荷的注入与传输,另一方面可使光在该纳米二氧化钛晶粒间进行多次反射,减少了光的损耗。铯盐的 LUMO 能级较高,掺杂后可有效的改进电子的注入,且性质稳定,不易与氧气发生反应。
- [0017] 2. 将该纳米二氧化钛和铯盐互相掺杂后并应用到有机电致发光器件中时,使得有机电致发光器件阴极的 LUMO 能级得到了提高,与有机电致发光结构的能级互相匹配,降低了两者之间的势垒,更适合电子的注入,使电子注入效率得到加强,同时,铯盐具有良好的稳定性,不会凝聚成块,有效抑制了有机电致发光器件阴极表面的收缩开裂,对提高有机电致发光器件的寿命起到了的积极作用。
- [0018] 3. 该纳米二氧化钛和铯盐成本低,易获取,因此,本发明阴极注入材料经济成本低。
- [0019] 4. 本发明阴极注入材料的制备只需将该纳米二氧化钛和铯盐混合,涂覆到导电基底上,经加热干燥即可,其制备方法工序简单,提高了生产效率,降低了生产成本,适于工业化生产。
- [0020] 5. 本发明有机电致发光器件由于含有上述阴极注入材料,使得本发明有机电致发光器件光提取能力强,发光亮度高,寿命长。

附图说明

- [0021] 图 1 是本发明实施例阴极注入材料制备方法的流程示意图;
- [0022] 图 2 是本发明实施例的有机电致发光器件一种结构示意图;
- [0023] 图 3 是本发明实施例的有机电致发光器件另一种结构示意图;
- [0024] 图 4 是本发明实施例 1 的有机电致发光器件的能级示意图;
- [0025] 图 5 是本发明实施例 1 制备的有机电致发光器件(其结构为:ITO 基底 /TiO₂ 与 Cs₂CO₃ 掺杂的阴极注入层 /PBD/AlQ₃/TPD/MoO₃/Au)与现有的未设有 TiO₂ 与 Cs₂CO₃ 掺杂的阴极注入层的有机电致发光器件(其结构为:ITO 基底 /Al/PBD/AlQ₃/TPD/MoO₃/Au)的电流密度与电压关系图。

具体实施方式

[0026] 为了使本发明要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0027] 本发明实施例提供一种阴极注入材料,包括互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐。这样本发明阴极注入材料包含互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐,该纳米二氧化钛 HOMO 能级低,约为 -7.6eV ,有效的把空穴限制在有机电致发光器件的有机电致发光结构中,并与电子进行复合,起到空穴阻挡的作用,有效的避免了没有经过复合的空穴直接到达阴极所形成的漏电流;同时该纳米二氧化钛具有孔隙率高、比表面积大的结构特点,一方面有利于电荷的注入与传输,另一方面可使光在该纳米二氧化钛晶粒间进行多次反射,减少了光的损耗。铯盐的 LUMO 能级较高,掺杂后可有效的改进电子的注入,且性质稳定,不易与氧气发生反应。

[0028] 具体地,上述纳米是粒径为 $20 \sim 200\text{nm}$ 的锐钛矿型二氧化钛。该锐钛矿型二氧化钛具有孔隙率高、比表面积大的结构特点,这种结构和粒径的纳米二氧化钛更有利于电荷的注入与传输,以及有利于光在纳米二氧化钛晶粒间进行反射,减少了光的损耗。

[0029] 上述铯盐优选为碳酸铯 (Cs_2CO_3)、叠氮化铯 (CsN_3)、氯化铯 (CsCl)、溴化铯 (CsBr) 或碘化铯 (CsI) 中的至少一种。该铯盐的 LUMO 能级较高可更有效的改进电子的注入,且性质稳定,不易与氧气发生反应。

[0030] 上述纳米二氧化钛与铯盐的质量比优选为 $1 : 0.1 \sim 1$,更优选为 $1 : 1$ 。适当调整该纳米二氧化钛和铯盐的质量比,能有效的改善阴极注入材料的性能。该优选质量比的互相掺杂的该纳米二氧化钛和铯盐使得该阴极注入材料的 LUMO 能级得到了进一步的提高,与有机电致发光结构的能级互相匹配,进一步降低了两者之间的势垒,使电子注入效率得到了进一步加强。

[0031] 本发明实施例还提供所述阴极注入材料制备方法,如图 1 所示,该方法包括如下步骤:

[0032] S1:制备纳米二氧化钛溶液,将纳米二氧化钛与醇溶剂或 / 和二次蒸馏水混合,配制质量浓度为 $0.1 \sim 2\%$ 的纳米二氧化钛溶液;

[0033] S2:制备铯盐溶液,将铯盐与醇或醚溶剂混合,配制质量浓度为 $0.1 \sim 2\%$ 的铯盐溶液;

[0034] S3:将所述纳米二氧化钛溶液与铯盐溶液混合,得到混合液;

[0035] S4:将混合液旋涂到导电基底上,加热干燥,得到阴极注入材料。

[0036] 上述阴极注入材料制备方法只需将该纳米二氧化钛和铯盐混合,涂覆到基底上,经加热干燥即可,其制备方法工序简单,提高了生产效率,降低了生产成本,适于工业化生产。

[0037] 具体地,上述阴极注入材料的制备方法 S1 步骤中,该纳米二氧化钛溶液配制方法优选为将该纳米二氧化钛边研磨边滴加醇溶剂或 / 和二次蒸馏水。这样配制的纳米二氧化钛分散体系能更加均匀。该醇溶剂能使纳米二氧化钛很好的分散,并能使纳米二氧化钛形成均一的溶液分散体系。其中,纳米二氧化钛溶液分散体系的醇溶剂优选为乙醇、正丁醇、异丙醇、松油醇中至少一种。

[0038] 上述阴极注入材料的制备方法 S2 步骤中, 铯盐溶液的醇溶剂优选为乙醇、甘油醇、正丁醇、异丙醇、甲醇、乙二醇乙醚中至少一种, 当然, 铯盐溶液的醇溶剂也可以用常用的醚溶剂替代。

[0039] 上述阴极注入材料的制备方法 S3 步骤中, 纳米二氧化钛溶液分散体系中的二氧化钛与铯盐溶液中的铯盐质量比为 1 : 0.1 ~ 1 混合, 并充分搅拌使两者混合均匀, 搅拌的时间优选为 15 ~ 60min。为了达到更佳的掺杂效果, 混合时优选以相同质量分数等体积的纳米二氧化钛溶液与铯盐溶液进行混合。

[0040] 上述阴极注入材料的制备方法 S4 步骤中, 采用旋涂的方式将纳米二氧化钛溶液与铯盐溶液的混合液涂覆到导电基底表面, 这是因为旋涂能有效的保证有机电致发光器件中的有机层不被破坏。当然, 只要是能保证有机电致发光器件种的有机层不被破坏的涂覆方式, 均是本发明旋涂方式的等同替换。旋涂到表面的混合液需要干燥, 同时该混合液中含有醇等杂质, 因此需要将杂质除去。又由于该杂质主要是醇等有机溶剂, 因此优选采取加热的方式除去杂质, 让杂质挥发。加热的方式采用本领域常用的方式即可。加热干燥的温度优选为 100 ~ 200℃, 加热时间优选为 15 ~ 60min。

[0041] 该导电基底优选为铟锡氧化物玻璃、掺氟的氧化锡玻璃、掺铝的氧化锌玻璃或者掺铟的氧化锌玻璃中的一种。在其表面旋涂该混合液之前, 优选将导电基底进行氧等离子处理, 该氧等离子处理的时间优选为 5-15min, 功率优选为 10-50W。

[0042] 正是由于阴极注入材料具有上述的优点, 因此, 该阴极注入材料可在有机电致发光器件中应用。具体应用方式至少可以如下:

[0043] 如图 2 所示。有机电致发光器件包括阴极 1, 和与所述阴极 1 依次结合的有机电致发光结构 2、阳极 3。其中, 阴极 1 包括一导电基底 11, 以及结合在导电基底 11 表面阴极注入层 12, 该阴极注入层 12 由上述的阴极注入材料通过旋涂的方式涂覆到导电基底 11 表面并经过干燥制备而成。这样, 由于该有机电致发光器件的阴极 1 含有上述的阴极注入材料, 使得该阴极 1 的 LUMO 能级得到了提高, 与有机电致发光结构 2 的能级互相匹配, 降低了两者之间的势垒, 更适合电子的注入, 使电子注入效率得到加强, 同时, 铯盐具有良好的稳定性, 不会凝聚成块, 有效抑制了阴极 1 表面的收缩开裂, 对提高有机电致发光器件的寿命起到了积极作用, 另外, 该纳米二氧化钛和铯盐成本低, 易获取, 因此, 降低了有机电致发光器件生物经济成本。

[0044] 上述阴极注入层 12 的厚度优选为 20 ~ 80nm。该厚度的阴极注入层 12 能使电子注入效率得到进一步加强, 同时, 更能光在该阴极注入层 12 进行良好的反射, 减少了光的损耗, 提高有机电致发光器件的光提取能力。

[0045] 上述导电基底 11 优选为铟锡氧化物玻璃 (ITO 玻璃)、掺氟的氧化锡玻璃 (FTO 玻璃)、掺铝的氧化锌玻璃 (AZO 玻璃) 或掺铟的氧化锌玻璃 (IZO 玻璃) 中的一种。具体地, 上述导电基底 11 包括透光衬底 111 和结合于透光衬底 111 表面的导电层 112。其中, 该导电层 112 的厚度优选为 100 ~ 200nm, 其材质优选为铟锡氧化物 (ITO)、掺氟氧化锡 (FTO)、镁-铟氧化物 (IZO) 或掺铝的氧化锌 (AZO)。透光衬底 111 的材质可以为透光玻璃。

[0046] 上述透光衬底 111 在与导电层 112 结合之前, 优选将透光衬底 111 优选进行前置处理, 如清洗处理和氧等离子处理。其中, 清洗方式优选为依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min, 以彻底清除透光衬底 111 表面的异物, 使透光衬底 111 表面最

大程度的清洁;透光衬底 111 经清洗处理后,再进行氧等离子处理,该氧等离子处理的时间优选为 5-15min,功率优选为 10-50W,其主要作用是减小透光衬底 111 表面的粗糙度和接触角,以利于改善导电玻璃表面的湿润性和吸附性,而且通过表面处理后能够进一步去除其表面的有机污染物。

[0047] 该结构的导电基底 11 能有效增强该有机电致发光器件的机械强度,有效隔绝空气,且具有良好的导电性能。该导电基底 11 在此还作为透光面,因此,导电基底 1 应该为透明或半透明状,优选透明状,以更好的使有机电致发光器件发出的光射出。

[0048] 阳极 3 的材质优选为金 (Au)、银 (Ag)、铂 (Pt) 或铝 (Al),其厚度为本技术领域常用的厚度即可,但优选为 100 ~ 150nm。

[0049] 上述有机电致发光结构 2 包括发光层 22;该发光层 22 与阳极 3 之间具有空穴传输层 23、空穴注入层 24 中的至少一种,和 / 或发光层 22 与有机电致发光器件阴极 1 之间具有电子传输层 21。这样,有机电致发光结构 2 至少具有以下几种结构,当然,除了以下罗列的几种结构之外,凡是是本有机电致发光结构 2 结构框架之内的有机电致发光结构 2,均在本发明技术方案之内:

[0050] 第一种结构:其结构如图 2 所述,同时参见图 1,该有机电致发光结构 2 包含依次结合的电子传输层 21、发光层 22、空穴传输层 23 和空穴注入层 24。其中,电子传输层 21 结合在有机电致发光器件阴极 1 的阴极注入层 12 的与导电基底 11 相对的表面上,空穴注入层 24 与阳极结合。

[0051] 第二种结构:该有机电致发光结构 2 包含依次结合的发光层 22、空穴传输层 23 和空穴注入层 24。其中,发光层 22 结合在有机电致发光器件阴极 1 的阴极注入层 12 的与导电基底 11 相对的表面上,空穴注入层 24 与阳极结合。

[0052] 第三种结构:该有机电致发光结构 2 包含依次结合的电子传输层 21、发光层 22 和空穴注入层 24。其中,电子传输层 21 结合在有机电致发光器件阴极 1 的阴极注入层 12 的与导电基底 11 相对的表面上,空穴注入层 24 与阳极结合。

[0053] 第四种结构:其结构如图 3 所述,同时参见图 1,该有机电致发光结构 2 由发光层 22 构成,该发光层 22 结合在有机电致发光器件阴极 1 与阳极 3 之间。

[0054] 由于上述有机电致发光器件在发光过程中,空穴和电子的传输速率不一致,往往导致了电子-空穴的复合几率偏低,有机电致发光器件的亮度与效率得不到提高。因此,该发光层 22,和 / 或空穴注入层 24、空穴传输层 23、电子传输层 21 设置,有效的调节电子和空穴的注入和传输速率,平衡载流子,控制复合区域,以获得理想的发光亮度和发光效率,同时,还使得本发明实施例有机电致发光器件不但保证了有机功能层与有机电致发光器件阴极 1 和阳极 3 间的良好附着性,而且还使得来自阳极 3 和有机电致发光器件阴极 1 的载流子更容易的注入到有机功能薄膜中。例如,空穴注入层 24 优选为过渡金属氧化物,这种材料与有机空穴传输层 23 能级比较匹配,使得阳极 3 的空穴注入得到了明显的加强,有效的调节电子和空穴的注入和传输速率,平衡载流子,控制复合区域,使本发明实施例有机电致发光器件获得了理想的发光亮度和发光效率。

[0055] 进一步的,所述空穴注入层 24 的厚度优选为 20 ~ 80nm,其材质优选为过渡金属氧化物,更优选为 MoO_3 、 WO_3 、 VO_x 或 WO_x 。空穴传输层 23 厚度优选为 20 ~ 80nm,其材质优选为空穴传输层采用的是 N, N' - 二 (3- 甲基苯基) - N, N' - 二苯基 - 4, 4' - 联苯二胺 (TPD)、

N, N'-(1-萘基)-N, N'-二苯基-4,4'-联苯二胺 (TPD)、1,3,5-三苯基苯 (TDAPB)、酞菁铜 CuPc 中的至少一种。发光层 22 的厚度优选为 20 ~ 80nm, 其材质优选为四-叔丁基二萘嵌苯 (TBP)、4-(二蒽甲基)-2-丁基-6-(1,1,7,7-四甲基久洛呢啶-9-乙烯基)-4H-吡喃 (DCJTb)、9,10-二-β-亚萘基蒽 (AND)、二(2-甲基-8-羟基喹啉)-(4-联苯酚)铝 (BALQ)、4-(二蒽甲烯基)-2-异丙基-6-(1,1,7,7-四甲基久洛呢啶-9-乙烯基)-4H-吡喃 (DCJTI)、二甲基喹吖啶酮 (DMQA)、8-羟基喹啉铝 (Alq₃) 中的至少一种。电子传输层 21 的厚度优选为 20 ~ 80nm, 其材质优选为 2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基)苯基-1,3,4-噁二唑 (PBD)、8-羟基喹啉铝 (Alq₃)、2,5-二(1-萘基)-1,3,4-二唑 (BND)、1,2,4-三唑衍生物 (如 TAZ)、N-芳基苯并咪唑 (TPBI)、喹啉衍生物 (TPQ) 中的至少一种。

[0056] 上述发光层 22, 和 / 或空穴注入层 24、空穴传输层 23、电子传输层 21 之间的结合方式可以采用蒸镀、溅射、喷镀或化学沉积等方式。

[0057] 具体地, 该有机电致发光器件的制备方法采用本领域常用的制备方法即可, 有机电致发光器件阴极 1、有机电致发光结构 2 和阳极 3 的结合方式可以采用蒸镀、溅射、旋涂或喷镀等方式。

[0058] 现结合具体实例, 对本发明进行进一步详细说明。

[0059] 实施例 1

[0060] 本实施例的有机电致发光器件结构如图 2 所示, 该有机电致发光器件包括有机电致发光器件阴极 1, 以及与有机电致发光器件阴极 1 依次结合的电子传输层 21、发光层 22、空穴传输层 23、空穴注入层 24 和阳极 3。其中, 有机电致发光器件阴极 1 包括导电基底 11 和结合在导电基底 11 表面阴极注入层 12。

[0061] 上述导电基底 11 的为铟锡氧化物玻璃 (ITO 玻璃), 阴极注入层 12 的厚度为 50nm, 电子传输层 21 为 50nm 厚的 PBD 层、发光层 22 为 70nm 厚的 Alq₃ 层、空穴传输层 23 为 40nm 厚的 TPD 层、空穴注入层 24 10nm 厚的 MoO₃ 层和阳极 3 为 150nm 的 Au。

[0062] 有机电致发光器件制备方法如下:

[0063] (1) 将 ITO 玻璃进行光刻处理, 剪裁成所需要的发光面积, 然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min, 清洗干净后对其进行氧等离子处理, 氧等离子处理时间为 15min, 功率为 10W, 以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角, 改善其表面的湿润性和吸附性, 去除导电玻璃表面的有机污染物, 制得导电基底 11;

[0064] (2) 阴极注入材料的制备:

[0065] (21) 将市售的粒径为 100nm 的 TiO₂ 颗粒与无水乙醇配置成质量分数为 0.8% 的 TiO₂ 溶液分散体系, 配制时边研磨边逐滴加入溶剂, 让 TiO₂ 颗粒均匀的分散在醇溶剂中;

[0066] (22) 将 Cs₂CO₃ 无机物与乙二醇乙醚配置成质量分数为 0.8% 的溶液, 搅拌 1h 待用;

[0067] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO₂ 溶液和 (22) Cs₂CO₃ 溶液按体积比为 1 : 1 的比例进行混合, 充分搅拌 15min 备用;

[0068] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 2000rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面, 然后加热至 150℃ 进行干燥 40min, 从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料, 该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0069] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 PBD 层 21、Alq₃ 层 22、TPD 层 23 和

MoO₃ 层 24；

[0070] (4) 在 MoO₃ 层 24 外表面蒸镀一层金属 Au 层, 作为阳极 3, 从而得到所述的有机电致发光器件。

[0071] 本实施例制备的有机电致发光器件能级图如图 4 所述, 由图 4 可知, 有机电致发光器件阴极 1 的 LUMO 能级得到提高, 使得有机电致发光器件阴极 1 与有机电致发光结构 2 间的势垒变小, 使电子可以更有效的跃迁到有机电致发光结构 2 中进行电荷传输, 并且, 这种材料的 HOMO 能级比较低, 能有效的阻挡空穴, 抑制空穴到达阴极所形成不利于发光效率的漏电流。

[0072] 本实施例制备的有机电致发光器件 (其结构为: ITO 玻璃/TiO₂-Cs₂CO₃ 掺杂的阴极注入层/PBD/AlQ₃/TPD/MoO₃/Au) 与现有未设 TiO₂ 与 Cs₂CO₃ 掺杂的阴极注入层并以 Al 作为阴极的有机电致发光器件 (其结构为: ITO 玻璃/Al/PBD/AlQ₃/TPD/MoO₃/Au) 的电流密度与电压关系图见图 5 所示。

[0073] 从图 5 可以看到, 本实施例制备有机电致发光器件的开启电压与电流密度都得到了明显提高。在电压在 7V 以后, 本实施例制备有机电致发光器件的电流密度相对现有未设 TiO₂ 与 Cs₂CO₃ 掺杂的阴极注入层并以 Al 作为阴极的有机电致发光器件的电流密度得到了显著的提高。由此也可以得出, 本实施例制备有机电致发光器件的发光亮度和效率高得到了明显的提高。

[0074] 实施例 2

[0075] 本实施例的有机电致发光器件结构如同实施例 1 和图 2 所示。其制备方法如下:

[0076] (1) 将 ITO 玻璃进行光刻处理, 剪裁成所需要的发光面积, 然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min, 清洗干净后对其进行氧等离子处理, 氧等离子处理时间为 5min, 功率为 50W, 以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角, 改善其表面的湿润性和吸附性, 去除导电玻璃表面的有机污染物, 制得导电基底 11;

[0077] (2) 阴极注入材料的制备:

[0078] (21) 将市售的粒径为 20nm 的 TiO₂ 颗粒与无水乙醇配置成质量分数为 0.2% 的溶液, 配制时边研磨边逐滴加入溶剂, 让 TiO₂ 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0079] (22) 将 Cs₂CO₃ 无机物与乙二醇乙醚配置成质量分数为 0.2% 的溶液, 搅拌 2h 待用;

[0080] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO₂ 溶液和 (22)Cs₂CO₃ 溶液按体积比为 1:1 的比例进行混合, 充分搅拌 30min 备用;

[0081] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 2000rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面, 然后加热至 100℃ 进行干燥 60min, 从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料, 该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0082] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 20nm 厚的 BND 层 21、20nm 厚的 TBP 层 22、20nm 厚的 CuPc 层 23 和 20nm 厚的 MoO₃ 层 24;

[0083] (4) 在 MoO₃ 层 24 外表面蒸镀一层金属 100nm 厚的 Au 层, 作为阳极 3, 从而得到所述的有机电致发光器件。

[0084] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0085] 实施例 3

[0086] 本实施例的有机电致发光器件结构如同实施例 1 和图 2 所示。其制备方法如下：

[0087] (1) 将 ITO 玻璃进行光刻处理,剪裁成所需要的发光面积,然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min,清洗干净后对其进行氧等离子处理,氧等离子处理时间为 10min,功率为 30W,以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角,改善其表面的湿润性和吸附性,去除导电玻璃表面的有机污染物,制得导电基底 11；

[0088] (2) 阴极注入材料的制备：

[0089] (21) 将市售的粒径为 150nm 的 TiO_2 颗粒与正丁醇配置成质量分数为 0.5% 的溶液,配制时边研磨边逐滴加入溶剂,让 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中；

[0090] (22) 将 Cs_2CO_3 无机物与乙二醇乙醚配置成质量分数为 0.5% 的溶液,搅拌 2h 待用；

[0091] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22) Cs_2CO_3 溶液按体积比为 1 : 1 的比例进行混合,充分搅拌 15min 备用；

[0092] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 500rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面,然后加热至 150℃ 进行干燥 30min,从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料,该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12；

[0093] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 20nm 厚的 AlQ_3 层 21、20nm 厚的 DCJTb 层 22、20nm 厚的 TDAPB 层 23 和 20nm 厚的 VO_x 层 24；

[0094] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 150nm 厚的 Au 层,作为阳极 3,从而得到所述的有机电致发光器件。

[0095] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0096] 实施例 4

[0097] 本实施例的有机电致发光器件结构如同实施例 1 和图 3 所示。其制备方法如下：

[0098] (1) 将 ITO 玻璃进行光刻处理,剪裁成所需要的发光面积,然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min,清洗干净后对其进行氧等离子处理,氧等离子处理时间为 10min,功率为 30W,以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角,改善其表面的湿润性和吸附性,去除导电玻璃表面的有机污染物,制得导电基底 11；

[0099] (2) 阴极注入材料的制备：

[0100] (21) 将市售的粒径为 200nm 的 TiO_2 颗粒与正丁醇配置成质量分数为 1% 的溶液,配制时边研磨边逐滴加入溶剂,让 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中；

[0101] (22) 将 Cs_2CO_3 无机物与乙二醇乙醚配置成质量分数为 1% 的溶液,搅拌 5h 待用；

[0102] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22) Cs_2CO_3 溶液按体积比为 1 : 1 的比例进行混合,充分搅拌 20min 备用；

[0103] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 1000rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面,然后加热至 150℃ 进行干燥 30min,从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料,该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12；

[0104] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 80nm 厚的 AlQ_3 层 21、60nm 厚的 BALQ 层 22、80nm 厚的 TDAPB 层 23 和 50nm 厚的 VO_x 层 24；

[0105] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 150nm 厚的 Al 层, 作为阳极 3, 从而得到所述的有机电致发光器件。

[0106] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0107] 实施例 5

[0108] 本实施例的有机电致发光器件结构如同实施例 1 和图 3 所示。其制备方法如下:

[0109] (1) 将 AZO 玻璃进行光刻处理, 剪裁成所需要的发光面积, 然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min, 清洗干净后对其进行氧等离子处理, 氧等离子处理时间为 10min, 功率为 30W, 以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角, 改善其表面的湿润性和吸附性, 去除导电玻璃表面的有机污染物, 制得导电基底 11;

[0110] (2) 阴极注入材料的制备:

[0111] (21) 将市售的粒径为 200nm 的 TiO_2 颗粒与二次蒸馏水配置成质量分数为 0.8% 的溶液, 配制时边研磨边逐滴加入溶剂, 让 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0112] (22) 将 Cs_2CO_3 无机物与乙二醇乙醚配置成质量分数为 0.8% 的溶液, 搅拌 5h 待用;

[0113] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22) Cs_2CO_3 溶液按体积比为 1 : 1 的比例进行混合, 充分搅拌 60min 备用;

[0114] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 4000rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面, 然后加热至 200℃ 进行干燥 20min, 从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料, 该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0115] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 40nm 厚的 AlQ_3 层 21、60nm 厚的 BALQ 层 22、40nm 厚的 TDAPB 层 23 和 80nm 厚的 VO_x 层 24;

[0116] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 200nm 厚的 Al 层, 作为阳极 3, 从而得到所述的有机电致发光器件。

[0117] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0118] 实施例 6

[0119] 本实施例的有机电致发光器件结构如同实施例 1 和图 1 所示。其制备方法如下:

[0120] (1) 将 AZO 玻璃进行光刻处理, 剪裁成所需要的发光面积, 然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min, 清洗干净后对其进行氧等离子处理, 氧等离子处理时间为 10min, 功率为 30W, 以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角, 改善其表面的湿润性和吸附性, 去除导电玻璃表面的有机污染物, 制得导电基底 11;

[0121] (2) 阴极注入材料的制备:

[0122] (21) 将市售的粒径为 20nm 的 TiO_2 颗粒与异丙醇配置成质量分数为 0.4% 的溶液, 配制时边研磨边逐滴加入溶剂, 让 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0123] (22) 将 CsCl 无机物与乙醇配置成质量分数为 0.4% 的溶液, 搅拌 10h 待用;

[0124] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22) CsCl 溶液按 TiO_2 与 CsCl 的质量比为 1 : 0.1 的比例进行混合, 充分搅拌 60min 备用;

[0125] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 3000rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面, 然

后加热至 200℃进行干燥 20min,从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料,该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0126] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 40nm 厚的 AlQ₃ 层 21、60nm 厚的 BALQ 层 22、40nm 厚的 TDAPB 层 23 和 80nm 厚的 VO_x 层 24;

[0127] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 200nm 厚的 Ag 层,作为阳极 3,从而得到所述的有机电致发光器件。

[0128] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0129] 实施例 7

[0130] 本实施例的有机电致发光器件结构如同实施例 1 和图 1 所示。其制备方法如下:

[0131] (1) 将 IZO 玻璃进行光刻处理,剪裁成所需要的发光面积,然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min,清洗干净后对其进行氧等离子处理,氧等离子处理时间为 10min,功率为 30W,以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角,改善其表面的湿润性和吸附性,去除导电玻璃表面的有机污染物,制得导电基底 11;

[0132] (2) 阴极注入材料的制备:

[0133] (21) 将市售的粒径为 180nm 的 TiO₂ 颗粒与异丙醇配置成质量分数为 0.1% 的溶液,配制时边研磨边逐滴加入溶剂,让 TiO₂ 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0134] (22) 将 CsN₃ 与松油醇配置成质量分数为 0.1% 的溶液,搅拌 10h 待用;

[0135] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO₂ 溶液和 (22)CsN₃ 溶液按 TiO₂ 与 CsN₃ 的质量比为 1 : 0.8 的比例进行混合,充分搅拌 60min 备用;

[0136] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 2500rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面,然后加热至 120℃进行干燥 50min,从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料,该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0137] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 40nm 厚的质量比为 1 : 1 的 TPQ 层 21、60nm 厚的 BALQ 层 22、40nm 厚的 TDAPB 层 23 和 80nm 厚的 VO_x 层 24;

[0138] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 100nm 厚的 Pt 层,作为阳极 3,从而得到所述的有机电致发光器件。

[0139] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0140] 实施例 8

[0141] 本实施例的有机电致发光器件结构如图 1、图 4 所示,该有机电致发光器件包括有机电致发光器件阴极 1,以及与有机电致发光器件阴极 1 依次结合的发光层 22 和阳极 3。其中,有机电致发光器件阴极 1 包括导电基底 11 和结合在导电基底 11 表面阴极注入层 12。

[0142] 该有机电致发光器件制备方法如下:

[0143] (1) 将 FTO 玻璃进行光刻处理,剪裁成所需要的发光面积,然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min,清洗干净后对其进行氧等离子处理,氧等离子处理时间为 10min,功率为 30W,以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角,改善其表面的湿润性和吸附性,去除导电玻璃表面的有机污染物,制得导电基底 11;

[0144] (2) 阴极注入材料的制备:

[0145] (21) 将市售的粒径为 140nm 的 TiO_2 颗粒与异丙醇配置成质量分数为 2% 的溶液, 配制时边研磨边逐滴加入溶剂, 让 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0146] (22) 将 CsI 与乙醇配置成质量分数为 2% 的溶液, 搅拌 10h 待用;

[0147] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22) CsI 溶液按 TiO_2 与 CsI 的体积比为 1 : 1 的比例进行混合, 充分搅拌 60min 备用;

[0148] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 2500rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面, 然后加热至 120℃ 进行干燥 50min, 从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料, 该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0149] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀镀上 60nm 厚的 AlQ_3 层 22;

[0150] (4) 在 AlQ_3 层 22 外表面蒸镀一层金属 150nm 厚的 Pt 层, 作为阳极 3, 从而得到所述的有机电致发光器件。

[0151] 实施例 9

[0152] 本实施例的有机电致发光器件结构参见图 3 所示, 该有机电致发光器件包括有机电致发光器件阴极 1, 以及与有机电致发光器件阴极 1 依次结合的发光层 22、空穴传输层 23、空穴注入层 24 和阳极 3。其中, 有机电致发光器件阴极 1 包括导电基底 11 和结合在导电基底 11 表面阴极注入层 12。

[0153] 有机电致发光器件制备方法如下:

[0154] (1) 将 FTO 玻璃进行光刻处理, 剪裁成所需要的发光面积, 然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min, 清洗干净后对其进行氧等离子处理, 氧等离子处理时间为 10min, 功率为 30W, 以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角, 改善其表面的湿润性和吸附性, 去除导电玻璃表面的有机污染物, 制得导电基底 11;

[0155] (2) 阴极注入材料的制备:

[0156] (21) 将市售的粒径为 20nm 的 TiO_2 颗粒与异丙醇配置成质量分数为 1% 的溶液, 充分搅拌, 使 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0157] (22) 将 CsBr 与甘油醇配置成质量分数为 1% 的溶液, 搅拌 10h 待用;

[0158] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22) CsBr 溶液按体积比为 1 : 1 的比例进行混合, 充分搅拌 60min 备用;

[0159] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 500rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面, 然后加热至 120℃ 进行干燥 50min, 从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料, 该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0160] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 60nm 厚的 BALQ 层 22、40nm 厚的 TDAPB 层 23 和 80nm 厚的 VO_x 层 24;

[0161] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 150nm 厚的 Pt 层, 作为阳极 3, 从而得到所述的有机电致发光器件。

[0162] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0163] 实施例 10

[0164] 本实施例的有机电致发光器件结构参见图 3 所示, 该有机电致发光器件包括有机电致发光器件阴极 1, 以及与有机电致发光器件阴极 1 依次结合的电子传输层 21、发光层

22、空穴注入层 24 和阳极 3。其中,有机电致发光器件阴极 1 包括导电基底 11 和结合在导电基底 11 表面阴极注入层 12。

[0165] 有机电致发光器件制备方法如下:

[0166] (1) 将 FTO 玻璃进行光刻处理,剪裁成所需要的发光面积,然后依次用洗洁精、去离子水、丙酮、乙醇、异丙醇各超声 15min,清洗干净后对其进行氧等离子处理,氧等离子处理时间为 10min,功率为 30W,以减小导电玻璃表面的粗糙度和接触角,改善其表面的湿润性和吸附性,去除导电玻璃表面的有机污染物,制得导电基底 11;

[0167] (2) 阴极注入材料的制备:

[0168] (21) 将市售的粒径为 20nm 的 TiO_2 颗粒与异丙醇配置成质量分数为 1.5% 的溶液,充分搅拌,使 TiO_2 颗粒均匀的分散在溶液中;

[0169] (22) 将 CsBr 与甘油醇配置成质量分数为 1.5% 的溶液,搅拌 10h 待用;

[0170] (23) 将步骤 (21) 配制的 TiO_2 溶液和 (22)CsBr 溶液按体积比为 1 : 1 的比例进行混合,充分搅拌 60min 备用;

[0171] (24) 将步骤 (23) 配制的混合液以 500rpm 的转速旋涂到导电基底 11 的表面,然后加热至 120℃ 进行干燥 50min,从而在导电基底 11 表面形成阴极注入材料,该阴极注入材料也即构成阴极注入层 12;

[0172] (3) 在阴极注入层 12 外表面采用蒸镀依次镀上 70nm 厚的 TPQ 层 21、60nm 厚的 BALQ 层 22 和 80nm 厚的 VO_x 层 24;

[0173] (4) 在 VO_x 层 24 外表面蒸镀一层金属 150nm 厚的 Pt 层,作为阳极 3,从而得到所述的有机电致发光器件。

[0174] 测试本实施例制备的有机电致发光器件性能类似于实施例 1 制备的有机电致发光器件性能。

[0175] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

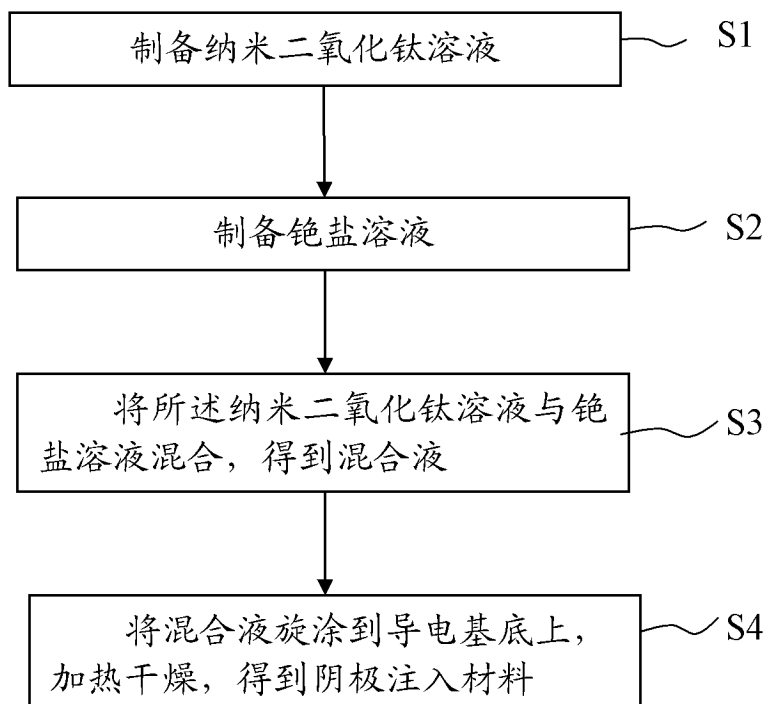


图 1

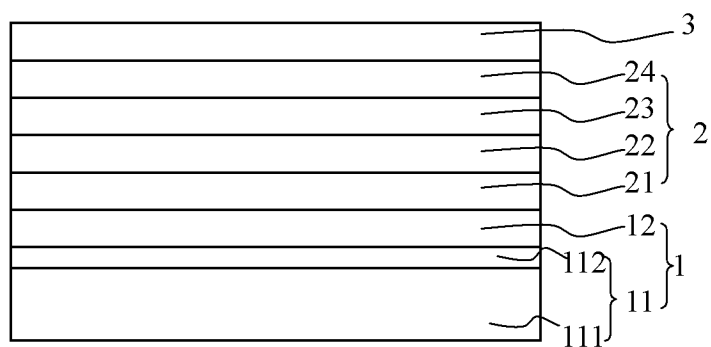


图 2

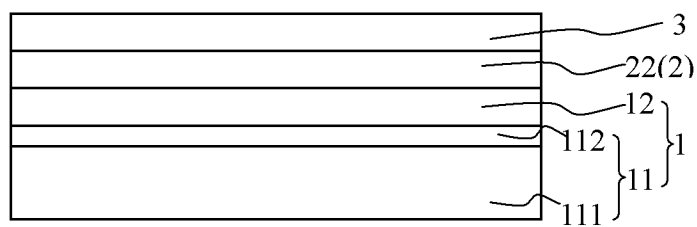


图 3

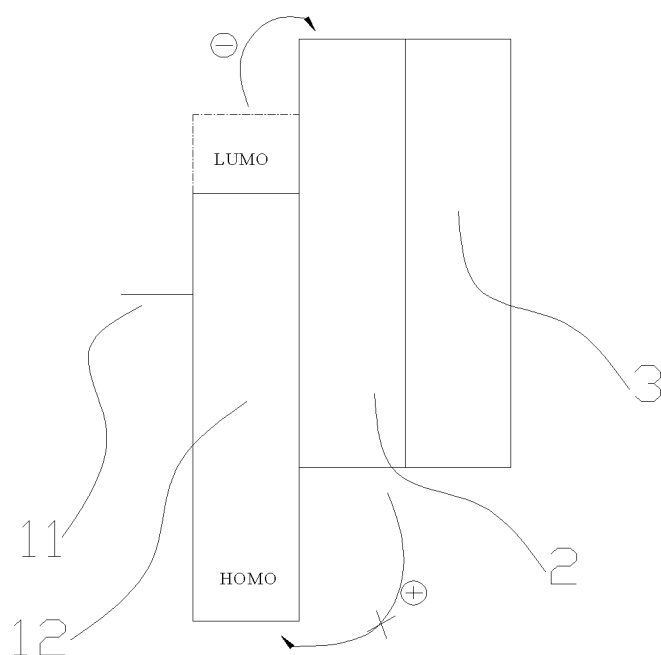


图 4

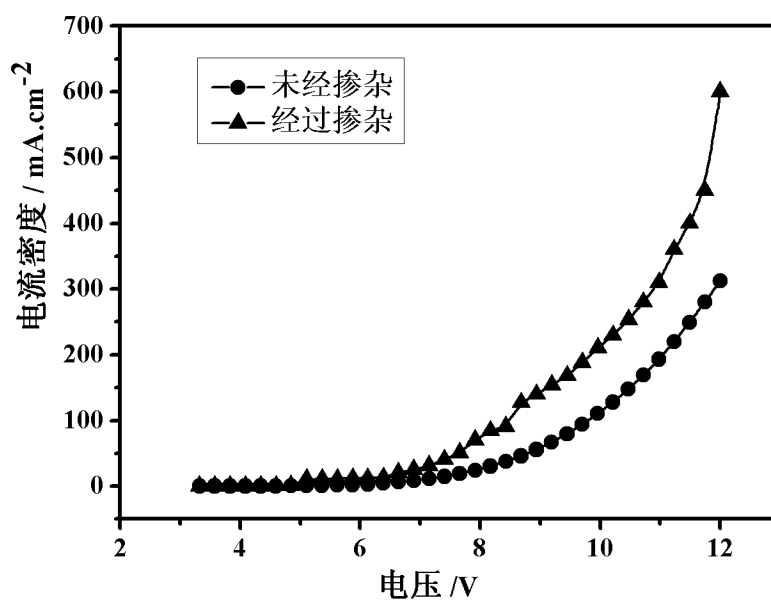


图 5

专利名称(译)	一种阴极注入材料及其制备方法与应用		
公开(公告)号	CN102468446A	公开(公告)日	2012-05-23
申请号	CN201010549151.4	申请日	2010-11-18
[标]申请(专利权)人(译)	海洋王照明科技股份有限公司 深圳市海洋王照明工程有限公司		
申请(专利权)人(译)	海洋王照明科技股份有限公司 深圳市海洋王照明技术有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	海洋王照明科技股份有限公司 深圳市海洋王照明技术有限公司		
[标]发明人	周明杰 王平 黄辉 冯小明		
发明人	周明杰 王平 黄辉 冯小明		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/54 H01L51/56 C01G23/047		
代理人(译)	张全文		
其他公开文献	CN102468446B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种阴极注入材料及其制备方法与应用，该阴极注入材料包括互相掺杂的纳米二氧化钛和铯盐。其制备方法包括如下步骤：分别配制纳米二氧化钛溶液、铯盐溶液；将所述纳米二氧化钛溶液分散体系与铯盐溶液混合，得到混合液；将混合液旋涂在导电基底上，加热干燥，得到所述阴极注入材料。本发明阴极注入材料成本低、能有效提高电荷的输入和传输，将其应用到有机电致发光器件中时，使其阴极的LUMO能级得到了提高，与有机电致发光结构的能级互相匹配，降低了两者之间的势垒，更适合电子的注入，使电子注入效率得到加强，优选提高了有机电致发光器件光提取能力强，发光亮度高，寿命长。该阴极注入材料制备方法工序简单，生产效率高。

