



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110350105 A

(43)申请公布日 2019.10.18

(21)申请号 201910599574.8

B82Y 30/00(2011.01)

(22)申请日 2019.07.02

(71)申请人 南昌航空大学

地址 330063 江西省南昌市丰和南大道696号

(72)发明人 张余宝 张文静 阳敏 张芹  
黎芳芳 杨文学 赵文天

(74)专利代理机构 南昌市平凡知识产权代理事务  
所 36122

代理人 张文杰

(51)Int.Cl.

H01L 51/52(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/56(2006.01)

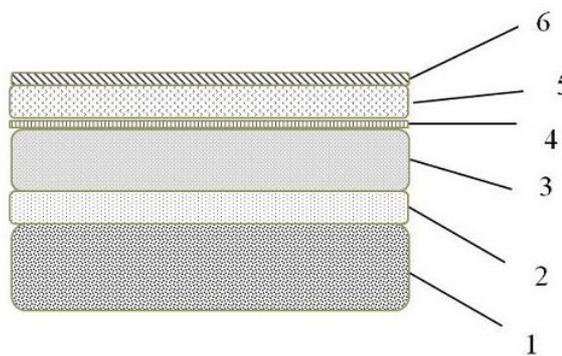
权利要求书1页 说明书9页 附图1页

## (54)发明名称

一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管及其制备方法

## (57)摘要

本发明提供了一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管及其制备方法,制备方法包括如下步骤:S1、在透明导电层表面采用溶液法沉积电子传输层;S2、制备钙钛矿量子点发光层;将钙钛矿量子点前驱材料旋涂于所述电子传输层表面,加热后制备得到钙钛矿量子点发光层;S3、制备二维钙钛矿钝化层:先将钝化材料溶解于有机溶剂制备得到钝化溶液,再将所述钝化溶液旋涂于所述钙钛矿量子点发光层表面,加热后制备得到二维钙钛矿钝化层;S4、在所述二维钙钛矿钝化层表面形成空穴传输层;S5、在所述空穴传输层表面形成金属电极层,最后将得到的基片进行封装,得到钙钛矿量子点发光二极管。



1. 一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,其特征在于:所述发光二极管包括依次层叠设置的透明导电层、电子传输层、钙钛矿量子点发光层、二维钙钛矿钝化层、空穴传输层和金属电极层。

2. 根据权利要求1所述的一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,其特征在于:所述的钙钛矿量子点发光层的厚度为10-100nm。

3. 根据权利要求1所述的一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,其特征在于:所述的二维钙钛矿钝化层的厚度为2-20nm。

4. 一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、在透明导电层表面采用溶液法沉积电子传输层;

S2、制备钙钛矿量子点发光层:将钙钛矿量子点前驱材料旋涂于所述电子传输层表面,加热后制备得到钙钛矿量子点发光层;

S3、制备二维钙钛矿钝化层:先将钝化材料溶解于有机溶剂制备得到钝化溶液,再将所述钝化溶液旋涂于所述钙钛矿量子点发光层表面,加热后制备得到二维钙钛矿钝化层;

S4、在所述二维钙钛矿钝化层表面形成空穴传输层;

S5、在所述空穴传输层表面形成金属电极层,最后将得到的基片进行封装,得到钙钛矿量子点发光二极管。

5. 根据权利要求4所述的一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于:所述的钙钛矿量子点前驱材料为CsPbBr<sub>3</sub>或CsPbI<sub>3</sub>。

6. 根据权利要求4所述的一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于:所述的钝化材料选自丁基碘化胺、苯甲基碘化胺、戊酸碘化胺、苯乙基碘化胺中的任意一种或任意几种的组合。

7. 根据权利要求4所述的一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于:所述有机溶剂选自异丙醇、丙醇、丁醇中的任意一种或任意几种的组合。

8. 根据权利要求4所述的一种二维钙钛矿钝化层及钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于:所述的钝化溶液中钝化材料的浓度为0.5-5mg/mL。

9. 根据权利要求4所述的一种二维钙钛矿钝化层及钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于:所述步骤S3中,制备二维钙钛矿钝化层的加热温度为100-150°C。

10. 根据权利要求4所述的一种二维钙钛矿钝化层及钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,其特征在于:所述步骤S3中,制备二维钙钛矿钝化层的加热时间为5-10min。

## 一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电致发光器件领域,具体涉及一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 钙钛矿是一种既能发电,还能发光的“明星”材料,具有制备成本低、荧光量子效率高、色纯度高、颜色可调等特性。钙钛矿量子点由于自身优异的光学特性和电学特性,在近几年收到了广泛关注,比如接近100%的光致发光量子产率,可控的禁带宽度和极其低的半峰宽,使得钙钛矿量子点在发光二极管、太阳电池、光电探测器等领域都有极好的应用,尤其是在发光二极管领域中的应用。目前钙钛矿LED发展存在的挑战主要是:需要进一步提高器件效率,以期超过有机发光二极管(OLED)和无机量子点LED(QLED);器件稳定性问题亟待解决。

### 发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本发明利用二维钙钛矿的钝化作用减少钙钛矿量子点发光层的晶界缺陷、空位缺陷等,从而提高钙钛矿发光二极管的发光效率及稳定性。

[0004] 本发明第一方面提供了一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,所述发光二极管包括依次层叠设置的透明导电层、电子传输层、钙钛矿量子点发光层、二维钙钛矿钝化层、空穴传输层和金属电极层。

[0005] 进一步地,所述的钙钛矿量子点发光层的厚度为10-100nm。

[0006] 优选地,所述的钙钛矿量子点发光层的厚度为20nm,30nm,40nm,50nm,60nm,70nm,80nm,90nm。

[0007] 进一步地,所述的二维钙钛矿钝化层的厚度为2-20nm。

[0008] 优选地,所述的二维钙钛矿钝化层的厚度为3nm,4nm,5nm,6nm,7nm,8nm,9nm,10nm,11nm,12nm,13nm,14nm,15nm,16nm,17nm,18nm,19nm。

[0009] 本发明第二方面提供了一种含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,包括如下步骤:

[0010] S1、在透明导电层表面采用溶液法沉积电子传输层;

[0011] S2、制备钙钛矿量子点发光层:将钙钛矿量子点前驱材料旋涂于所述电子传输层表面,加热后制备得到钙钛矿量子点发光层;

[0012] S3、制备二维钙钛矿钝化层:先将钝化材料溶解于有机溶剂制备得到钝化溶液,再将所述钝化溶液旋涂于所述钙钛矿量子点发光层表面,加热后制备得到二维钙钛矿钝化层;

[0013] S4、在所述二维钙钛矿钝化层表面形成空穴传输层;

[0014] S5、在所述空穴传输层表面形成金属电极层,最后将得到的基片进行封装,得到钙

钛矿量子点发光二极管。

[0015] 进一步地,所述的钙钛矿量子点前驱材料为 $\text{CsPbBr}_3$ 或 $\text{CsPbI}_3$ 。

[0016] 进一步地,所述的钝化材料选自丁基碘化胺、苯甲基碘化胺、戊酸碘化胺、苯乙基碘化胺中的任意一种或任意几种的组合。

[0017] 进一步地,所述有机溶剂选自异丙醇、丙醇、丁醇中的任意一种或任意几种的组合。

[0018] 进一步地,所述的钝化溶液中钝化材料的浓度为0.5-5mg/mL。

[0019] 优选地,所述的钝化溶液中钝化材料的浓度为1mg/mL,1.5mg/mL,2mg/mL,2.5mg/mL,3mg/mL,3.5mg/mL,4mg/mL,4.5mg/mL。

[0020] 进一步地,所述步骤S3中,制备二维钙钛矿钝化层的加热温度为100-150℃。

[0021] 优选地,加热温度为110℃,120℃,130℃,140℃。

[0022] 进一步地,所述步骤S3中,制备二维钙钛矿钝化层的加热时间为5-10min。

[0023] 优选地,加热时间为5.5min,6min,6.5min,7min,7.5min,8min,8.5min,9min,9.5min。

[0024] 本发明有益效果:通过采用溶液法制备二维钙钛矿钝化层,钝化层与钙钛矿量子点之间发生离子交换,实现很好的欧姆接触;此外,利用二维钙钛矿作为钙钛矿量子点发光层的钝化层,可以很好的减少量子点发光层的晶界、空位等缺陷,从而提升二极管器件发光效率;二维钙钛矿钝化层使用丁基碘化胺、苯甲基碘化胺、戊酸碘化胺、苯乙基碘化胺等具有疏水特性的有机材料,制备得到的有机阳离子二维钙钛矿可以很好的抵御水分对发光二极管的影响,从而提高钙钛矿量子点发光二极管的稳定性。此外,本发明的二维钙钛矿是一类具有带隙可调的材料,通过调整二维钙钛矿钝化层的带隙,可以实现与量子点和电荷传输层之间的能级匹配,具有较高的HOMO能级,实现更高的发光效率。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施方式中需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施方式,对应本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为本发明实施例提供的发光二极管的整体结构示意图;

[0027] 图2为现有技术提供的发光二极管的整体结构示意图;

[0028] 附图中附图标记所对应的名称为:1-透明导电层,2-电子传输层,3-钙钛矿量子点发光层,4-二维钙钛矿钝化层,5-空穴传输层,6-背电极层。

## 具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式进一步详细概述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0030] 本发明提供了一种含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,如图1所示,所述发光二极管包括依次层叠设置的透明导电层1、电子传输层2、钙钛矿量子点发光层3、二维钙钛矿钝化层4、空穴传输层5和金属电极层6。所述透明导电层1采用氧化铟锡(ITO)或氟氧化锡材料(FTO),所述电子传输层2采用氧化锌( $\text{ZnO}$ )、氧化钛( $\text{TiO}_2$ )、氧化锡( $\text{SnO}_2$ )或

者PCBM为材料。使用CsPbBr<sub>3</sub>或CsPbI<sub>3</sub>为前驱材料制备钙钛矿量子点发光层;将丁基碘化胺、苯甲基碘化胺、戊酸碘化胺、苯乙基碘化胺中的一种或多种,溶解在异丙醇、丙醇、丁醇中的一种或多种混合溶液中,形成钝化溶液,然后在钙钛矿量子点发光层表面涂覆,加热形成厚度为2-20nm的二维钙钛矿薄膜钝化层;以苯胺(poly-TPD)或1,2,4,5-四(三氟甲基)苯(TFB)为材料的空穴传输层;最后蒸镀铝或银作为金属电极层。

[0031] 实施例1

[0032] 本发明提供了一种含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,包括如下步骤:

[0033] S1、以商用ITO作为电池的导电基底,分别使用丙酮、乙醇和去离子水超声波清洗后,进行紫外臭氧处理15min,得到洁净的基底待用;

[0034] S2、在洁净的导电玻璃基底上采用溶液法沉积SnO<sub>2</sub>作为电子传输层,然后在150℃下退火30min,得到厚度为50nm的电子传输层;

[0035] S3、在电子传输层上,采用CsPbBr<sub>3</sub>量子点溶液为前驱体溶液,通过旋涂方法涂覆在电子传输层表面,加热后得到厚度为50nm的钙钛矿量子点发光层;

[0036] S4、将丁基碘化胺溶于异丙醇中,制备成浓度为2.5mg/mL的钝化溶液,在钙钛矿量子点发光层上,采用旋涂法将配置好的钝化溶液涂覆在发光层上,控制温度为120℃,加热7min制备得到厚度为10nm的二维钙钛矿钝化层。

[0037] S5、在二维钙钛矿钝化层薄膜表面制备空穴传输层;

[0038] S6、在所述空穴传输层表面热蒸镀制备银电极,制备得到钙钛矿量子点发光二极管。

[0039] 通过实施例1制备得到的含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,经测试:开启电压为3.1V,最大亮度为29000cd/m<sup>2</sup>,功率效率为13.21m/W,电流效率为10.8cd/mA,发光效率为12%。

[0040] 实施例2

[0041] 本发明提供了一种含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,包括如下步骤:

[0042] S1、以商用FTO作为电池的导电基底,分别使用丙酮、乙醇和去离子水超声波清洗后,进行紫外臭氧处理15min,得到洁净的基底待用;

[0043] S2、在洁净的导电玻璃基底上采用溶液法沉积ZnO作为电子传输层,然后在150℃下退火30min,得到厚度为45nm的电子传输层;

[0044] S3、在电子传输层上,采用CsPbI<sub>3</sub>量子点溶液为前驱体溶液,通过旋涂方法涂覆在电子传输层表面,加热后得到厚度为30nm的钙钛矿量子点发光层;

[0045] S4、将丁基碘化胺溶于异丙醇中,制备成浓度为1.5mg/mL的钝化溶液,在钙钛矿量子点发光层上,采用旋涂法将配置好的钝化溶液涂覆在发光层上,控制温度为140℃,加热5min制备得到厚度为5nm的二维钙钛矿钝化层。

[0046] S5、在二维钙钛矿钝化层薄膜表面制备空穴传输层;

[0047] S6、在所述空穴传输层表面热蒸镀制备银电极,制备得到钙钛矿量子点发光二极管。

[0048] 通过实施例2制备得到的含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,经

测试:开启电压为2.3V,最大亮度为28000cd/m<sup>2</sup>,功率效率为11.61m/W,电流效率为10.2cd/mA,发光效率为10.7%。

[0049] 实施例3

[0050] 本发明提供了一种含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,包括如下步骤:

[0051] S1、以商用ITO作为电池的导电基底,分别使用丙酮、乙醇和去离子水超声波清洗后,进行紫外臭氧处理15min,得到洁净的基底待用;

[0052] S2、在洁净的导电玻璃基底上采用溶液法沉积TiO<sub>2</sub>作为电子传输层,然后在150℃下退火20min,得到厚度为40nm的电子传输层;

[0053] S3、在电子传输层上,采用CsPbBr<sub>3</sub>量子点溶液为前驱体溶液,通过旋涂方法涂覆在电子传输层表面,加热后得到厚度为80nm的钙钛矿量子点发光层;

[0054] S4、将丁基碘化胺溶于异丙醇中,制备成浓度为3.5mg/mL的钝化溶液,在钙钛矿量子点发光层上,采用旋涂法将配置好的钝化溶液涂覆在发光层上,控制温度为110℃,加热10min制备得到厚度为15nm的二维钙钛矿钝化层。

[0055] S5、在二维钙钛矿钝化层薄膜表面制备空穴传输层;

[0056] S6、在所述空穴传输层表面热蒸镀制备铝电极,制备得到钙钛矿量子点发光二极管。

[0057] 通过实施例3制备得到的含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,经测试:开启电压为3.5V,最大亮度为28500cd/m<sup>2</sup>,功率效率为10.31m/W,电流效率为9.8cd/mA,发光效率为10%。

[0058] 实施例4

[0059] 本发明提供了一种含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管的制备方法,包括如下步骤:

[0060] S1、以商用FTO作为电池的导电基底,分别使用丙酮、乙醇和去离子水超声波清洗后,进行紫外臭氧处理15min,得到洁净的基底待用;

[0061] S2、在洁净的导电玻璃基底上采用溶液法沉积PCBM作为电子传输层,然后在150℃下退火30min,得到厚度为55nm的电子传输层;

[0062] S3、在电子传输层上,采用CsPbI<sub>3</sub>量子点溶液为前驱体溶液,通过旋涂方法涂覆在电子传输层表面,加热后得到厚度为60nm的钙钛矿量子点发光层;

[0063] S4、将丁基碘化胺溶于异丙醇中,制备成浓度为4.5mg/mL的钝化溶液,在钙钛矿量子点发光层上,采用旋涂法将配置好的钝化溶液涂覆在发光层上,控制温度为130℃,加热10min制备得到厚度为20nm的二维钙钛矿钝化层。

[0064] S5、在二维钙钛矿钝化层薄膜表面制备空穴传输层;

[0065] S6、在所述空穴传输层表面热蒸镀制备铝电极,制备得到钙钛矿量子点发光二极管。

[0066] 通过实施例4制备得到的含有二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,经测试:开启电压为3.3V,最大亮度为28800cd/m<sup>2</sup>,功率效率为11.61m/W,电流效率为10.3cd/mA,发光效率为11.9%。

[0067] 为了验证二维钙钛矿钝化层的厚度对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响,以下

以实施例1为参考,控制其他工艺及参数不变,通过调整钝化层的浓度、钝化层的制备温度及时间三者的关系得到不同厚度的钝化层,设置第一组对比试验,如表1。

[0068] 表1不同厚度的二维钙钛矿钝化层对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响

[0069]

对比试验	钝化层的厚度 (nm)	开启电压 (V)	最大亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	功率效率 (lm/W)	电流效率 (cd/mA)	发光效率 (%)
对比试验 1	0.5	2.5	26000	10.3	8	7.6
对比试验 2	1	2.5	26300	10.7	8.3	7.8
对比试验 3	1.5	2.7	26900	11	8.7	8.1
对比试验 4	2	2.8	28000	11.5	9.6	10
对比试验 5	5	2.9	28300	12	9.8	10.8
对比试验 6	10	3.1	29000	13.2	10.8	12
对比试验 7	15	3.2	28500	12.7	10.3	11.5
对比试验 8	20	3.3	28300	12.1	10	11
对比试验 9	21	3.5	26000	10.1	7.5	7
对比试验 10	22	4.3	21000	8.3	6.3	5.4

[0070] 从表1可以看出,二维钙钛矿钝化层的厚度在10-20nm时,发光二极管的开启电压,最大亮度、功率效率、电流效率和发光效率都达到了最优,因此二维钙钛矿钝化层的厚度优选10-20nm。

[0071] 为了验证不同的钝化层材料对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响,以下以实施例1为参考,控制其他工艺及参数不变,通过调整钝化层材料,设置第二组对比试验,如表2。

[0072] 表2不同的钝化层材料对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响

[0073]

对比试验	钝化层材料	开启电压 (V)	最大亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	功率效率 (lm/W)	电流效率 (cd/mA)	发光效率 (%)
对比试验 1	丁基碘化胺	3.1	29000	13.2	10.8	12
对比试验 2	苯甲基碘化胺	3	28700	12.8	10.5	11.4
对比试验 3	戊酸碘化胺	3.1	28300	12	10.1	11
对比试验 4	苯乙基碘化胺	3.1	28900	13.1	10.7	11.8

[0074] 从表2中可以看出,采用丁基碘化胺、苯甲基碘化胺、戊酸碘化胺或苯乙基碘化胺作为钝化材料,制备得到的钙钛矿量子点发光二极管性能都比较好。

[0075] 为了验证钝化溶液中钝化材料的浓度对钝化层厚度的影响,进而对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响,以下以实施例1为参考,控制其他工艺及参数不变,通过调整钝化材料的浓度,设置第三组对比试验,如表3。

[0076] 表3钝化材料的浓度对钝化层厚度及钙钛矿量子点发光二极管性能的影响

[0077]

对比试验	钝化溶液的浓度 (mg/mL)	钝化层的厚度 (nm)	开启电压 (V)	最大亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	功率效率 (lm/W)	电流效率 (cd/mA)	发光效率 (%)
对比试验 1	0.1	1	2.5	26300	10.7	8.3	7.8
对比试验 2	0.25	1.5	2.7	26900	11	8.7	8.1
对比试验 3	0.5	3	2.8	28100	11.7	9.7	10.5
对比试验 4	1	5	2.9	28300	12	9.8	10.8
对比试验 5	2	7	3	28700	12.3	10.1	11
对比试验 6	3	12	3.1	28800	12.8	10.5	11.6
对比试验 7	4	16	3.2	28400	12.3	10.2	11.2
对比试验 8	5	19	3.3	28300	12.2	10.1	11.1
对比试验 9	5.5	21	3.3	28000	9.7	7.1	6.5
对比试验 10	6	23	3.4	27800	9.4	6.7	5.9

[0078] 从表3可以看出,钝化材料的浓度在2-5mg/mL时,发光二极管的开启电压,最大亮度、功率效率、电流效率和发光效率都达到了最优,因此钝化材料的浓度优选2-5mg/mL。

[0079] 为了验证钝化层的制备温度对钝化层厚度的影响,进而对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响,以下以实施例1为参考,控制其他工艺及参数不变,通过调整钝化层的制备温度,设置第四组对比试验,如表4。

[0080] 表4钝化层的制备温度对钝化层厚度及钙钛矿量子点发光二极管性能的影响

[0081]

对比试验	温度 (°C)	钝化层的厚度 (nm)	开启电压 (V)	最大亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	功率效率 (lm/W)	电流效率 (cd/mA)	发光效率 (%)
对比试验 1	90	0.5	2.5	26000	10.3	8	7.6
对比试验 2	95	1	2.5	26300	10.7	8.3	7.8
对比试验 3	100	3	2.8	28100	11.4	9.6	10.2
对比试验 4	110	6	2.9	28300	11.9	9.9	11.1
对比试验 5	120	10	3.1	29000	13.2	10.8	12.0
对比试验 6	130	13	3.1	28700	12.9	10.5	11.7
对比试验 7	140	16	3.2	28400	12.6	10.2	11.2
对比试验 8	150	19	3.3	28300	12	9.9	10.6
对比试验 9	155	20	3.3	28300	12.1	10	11
对比试验 10	160	21	3.5	26000	10.1	7.5	7

[0082] 从表4可以看出,钝化层的制备温度在120-140°C时,发光二极管的开启电压,最大亮度、功率效率、电流效率和发光效率都达到了最优,因此钝化层的制备温度优选120-140°C。

[0083] 为了验证钝化层的制备时间对钝化层厚度的影响,进而对钙钛矿量子点发光二极管性能的影响,以下以实施例1为参考,控制其他工艺及参数不变,通过调整钝化层的制备时间,设置第五组对比试验,如表5。

[0084] 表5钝化层的制备时间对钝化层厚度及钙钛矿量子点发光二极管性能的影响

[0085]

对比试验	时间 (min)	钝化层的厚度 (nm)	开启电压 (V)	最大亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	功率效率 (lm/W)	电流效率 (cd/mA)	发光效率 (%)
对比试验 1	3	1	2.5	26000	10.1	8.0	7.5
对比试验 2	4	1.5	2.6	26300	10.7	8.3	7.8
对比试验 3	5	4	2.8	28300	11.8	9.9	11.0
对比试验 4	6	7	2.9	28700	12.6	10.3	11.5
对比试验 5	7	10	3.1	29000	13.2	10.8	12.0
对比试验 6	8	13	3.1	28600	12.6	10.4	11.6
对比试验 7	9	16	3.2	28500	12.5	10.3	11.5
对比试验 8	10	18	3.2	28400	12.3	10.1	11.1
对比试验 9	11	19	3.3	28300	12.1	9.9	10.7
对比试验 10	12	20	3.3	28300	12.1	10	11

[0086] 从表5可以看出,钝化层的制备时间在6-10min时,发光二极管的开启电压,最大亮度、功率效率、电流效率和发光效率都达到了最优,因此钝化层的制备时间优选6-10min。

[0087] 从表3-5中的数据可以看出,钝化层的浓度、钝化层的制备温度及时间三个参数之间,控制任意两个参数不变,随着钝化层的浓度变大、钝化层的制备温度升高及时间延长,钝化层的厚度逐渐变厚,但为了得到厚度为2-20nm的钝化层,必须严格控制钝化层的浓度、钝化层的制备温度及时间三者的关系。钙钛矿量子点发光二极管的性能与钝化层的浓度、钝化层的制备温度及时间三者中任意一个参数没有直接关系,而主要取决于二维钙钛矿钝化层的厚度。

[0088] 为了验证本发明提供的方法制备得到的钙钛矿量子点发光二极管的性能与现有技术中的钙钛矿量子点发光二极管的性能区别,以下将以实施例1为参考,减少步骤S4中二维钙钛矿钝化层的制备,制备得到钙钛矿量子点发光二极管,如图2所示,所述发光二极管包括依次层叠设置的透明导电层1、电子传输层2、钙钛矿量子点发光层3、空穴传输层5和金属电极层6。

[0089] 通过本方法制备得到的不含二维钙钛矿钝化层的钙钛矿量子点发光二极管,经测试:开启电压为3.3V,最大亮度为26500cd/m<sup>2</sup>,功率效率为11.2lm/W,电流效率为9.8cd/mA,发光效率为9.3%。

[0090] 以上实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都是属于本发明的保护

范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

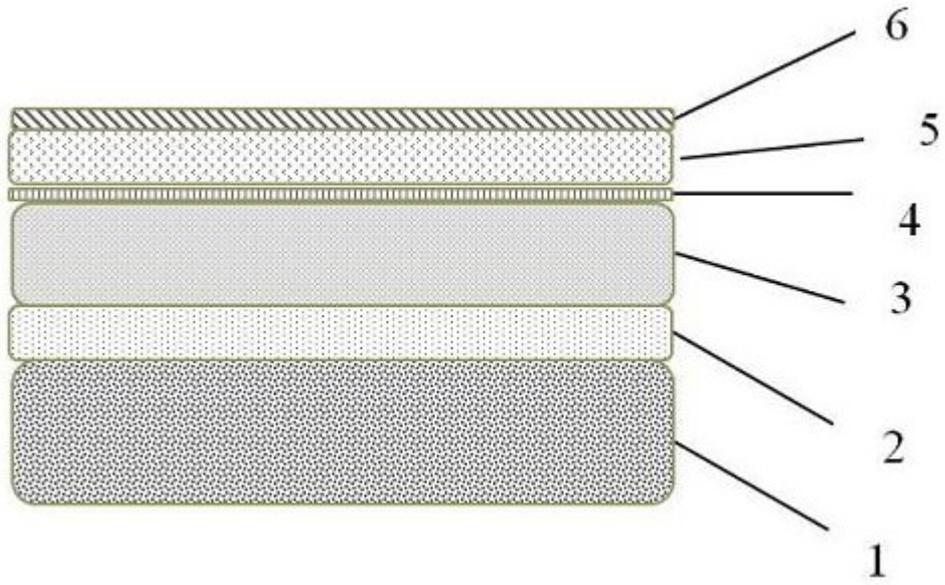


图1

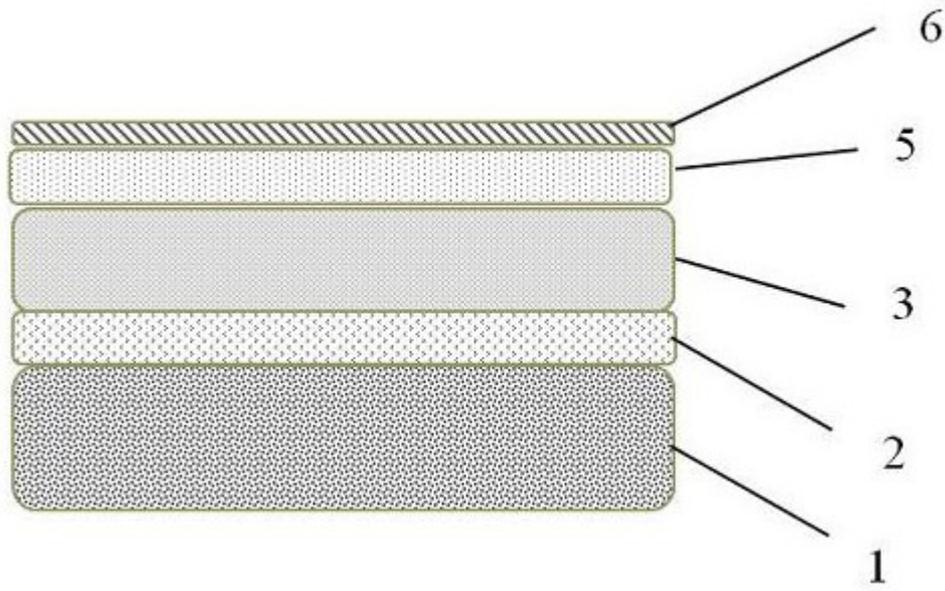


图2