



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102725616 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 10

(21) 申请号 201080057963. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 11. 24

G01J 5/10 (2006. 01)

H01L 31/101 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/264, 071 2009. 11. 24 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 06. 19

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/058015 2010. 11. 24

(87) PCT申请的公布数据

W02011/066396 EN 2011. 06. 03

(71) 申请人 佛罗里达大学研究基金会公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 弗兰基·索 金度永

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国 钟强

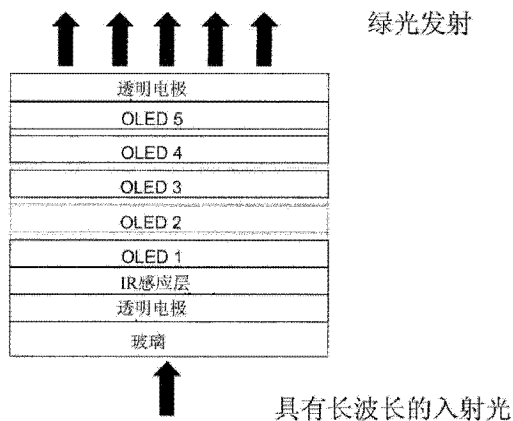
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 12 页

(54) 发明名称

用于感应红外辐射的方法和设备

(57) 摘要

本发明的实施例是关于一种用于感应红外 (IR) 辐射的方法和设备。在具体实施例中, 可通过沉积少许有机薄膜层来制造夜视装置。本发明装置的实施例可在 10 伏特至 15 伏特范围中的电压下操作, 且本发明装置的实施例具有比传统夜视装置更低的制造成本。装置的实施例可包含与有机发光装置串联的有机光电晶体管。在具体实施例中, 红外光可透过所有电极。IR 感应层可与有机发光二极管 (OLED) 合并以提供 IR 到可见色彩上转换。可通过合并不良空穴传输层材料作为 IR 感应层的一部分来实现改良的暗电流特性。



1. 一种用于感应红外 (IR) 辐射的装置, 所述装置包含:
 - 第一电极;
 - 红外 (IR) 感应层, 其中所述 IR 感应层的第一末端与所述第一电极接触;
 - 第一发光装置 (LED), 其中所述第一 LED 的第一末端与所述红外感应层的第二末端接触;
 - 第一电荷分离层, 其中所述第一电荷分离层的第一末端与所述第一 LED 的第二末端接触;
 - 第二 LED, 其中所述第二 LED 的第一末端与所述电荷分离层的所述第二末端接触;
 - 第二电极, 其中所述第二电极与所述第二 LED 的第二末端接触;其中当在所述第一电极与所述第二电极之间施加电势且所述 IR 感应层暴露于 IR 辐射时, 在所述 IR 感应层中产生感应电子和感应空穴且在所述第一电荷分离层中产生第一空穴和第一电子, 其中所述第一空穴和所述第一电子中的一个经传送到所述第一 LED, 其中在所述 IR 感应层中产生的所述感应电子和所述感应空穴中的一个经传送到所述第一 LED 中且在所述第一 LED 中分别与所述第一空穴和所述第一电子中的所述一个结合以产生第一射出光子, 其中在所述第一电荷分离层中产生的所述第一空穴和所述第一电子中的另一个经传送到所述第二 LED 且与传送到所述第二 LED 中的对应电子或空穴结合以产生第二射出光子。
2. 如权利要求 1 所述的装置, 其中所述感应电子经传送到所述第一 LED 中且与所述第一空穴结合, 其中所述第一电子经传送到所述第二 LED 中且与传送到所述第二 LED 中的所述对应空穴结合。
3. 如权利要求 1 所述的装置, 其中所述感应空穴经传送到所述第一 LED 中且与所述第一电子结合, 其中所述第一空穴经传送到所述第二 LED 中且与传送到所述第二 LED 中的所述对应电子结合。
4. 如权利要求 1 所述的装置:
 - 其中传送到所述第二 LED 中的所述对应电子或空穴从所述第二电极传送到所述第二 LED 中。
5. 如权利要求 1 所述的装置, 其中所述第一电极是至少半透明的。
6. 如权利要求 1 所述的装置, 其中所述第一电极是透明的。
7. 如权利要求 1 所述的装置, 其中所述第二电极是至少半透明的。
8. 如权利要求 1 所述的装置, 其中所述第二电极是透明的。
9. 如权利要求 8 所述的装置, 其中所述第二电极是 MgAg 膜。
10. 如权利要求 9 所述的装置, 其中所述 MgAg 膜具有 $20\ \mu\text{m}$ 或更小的厚度。
11. 如权利要求 1 所述的装置, 所述装置进一步包含至少一个额外 LED 和对应的至少一个额外电荷分离层, 其中所述至少一个额外 LED 中的每一个的第一末端与所述对应的至少一个额外电荷分离层的第二末端接触, 其中所述至少一个额外 LED 和所述对应的至少一个额外电荷分离层插入在所述第二 LED 的所述第二末端与所述第二电极之间, 以便所述第一额外电荷分离层的所述第一末端与所述第二 LED 的所述第二末端接触且所述第二电极与所述至少一个额外 LED 的最后一个的所述第二末端接触, 其中在所述第一电荷分离层中产生的所述第一空穴和所述第一电子中的另一个经传送到所述第二 LED 且与从所述第二电

荷分离层传送到所述第二 LED 中的对应电子或空穴结合,其中传送到所述第二 LED 中的所述对应电子或空穴是在所述第一额外电荷分离层中产生的第二电子或第二空穴中的一个,其中所述第二电子和所述第二空穴中的另一个经传送到所述第一额外 LED 且与从所述第二电极或第二额外电荷分离层传送到所述第一额外 LED 中的对应电子或空穴结合。

12. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述红外感应层包含不良空穴传输材料,所述不良空穴传输材料具有小于 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度。

13. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一电极包含 ITO。

14. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一 LED 和所述第二 LED 是发光二极管。

15. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一 LED 和所述第二 LED 是有机发光装置。

16. 如权利要求 14 所述的装置,其中所述第一 LED 和所述第二 LED 是有机发光二极管。

17. 如权利要求 15 所述的装置,其中所述 IR 感应层是有机 IR 感应层。

18. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一 LED 和所述第二 LED 是薄膜发光装置。

19. 如权利要求 11 所述的装置,其中所述至少一个额外 LED 包含一个至六个额外 LED 且所述对应的至少一个额外电荷分离层包含对应的一个至六个额外电荷分离层。

20. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一射出光子和所述第二射出光子是可见光子。

21. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述 IR 感应层对 $0.8\ \mu\text{m}$ 至 $2\ \mu\text{m}$ 范围中的波长敏感。

22. 如权利要求 1 所述的装置,其中所述第一射出光子和所述第二射出光子具有不同波长。

23. 如权利要求 15 所述的装置,其中所述第一有机 LED 和所述第二有机 LED 中的至少一个包含有机发射层,所述有机发射层具有发射蓝光的第一染料分子、发射绿光的第二染料分子和发射红光的第三染料分子。

24. 一种用于感应红外 (IR) 辐射的装置,所述装置包含:

IR 感应层,其中所述 IR 感应层具有小于 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度;以及

有机发光二极管 (OLED),所述有机发光二极管在所述 IR 感应层上,所述 OLED 经设置以接收在所述 IR 感应层中产生的电子。

25. 一种用于感应红外 (IR) 辐射的装置,所述装置包含:

IR 感应层,其中所述 IR 感应层具有小于 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度;以及

有机发光二极管 (OLED),所述有机发光二极管在所述 IR 感应层上,所述 OLED 经设置以接收在所述 IR 感应层中产生的空穴。

26. 如权利要求 25 所述的装置,其中所述 IR 感应层与所述 OLED 接触,所述装置进一步包含第一电极,以及不良空穴传输层,所述不良空穴传输层位于所述 IR 感应层与所述第一电极之间,其中所述不良空穴传输层具有小于 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度。

27. 如权利要求 25 所述的装置,其中所述空穴阻挡层包含 $\text{SnPc}:\text{C}_{60}$ 。

28. 如权利要求 25 所述的装置,其中所述 OLED 包含磷光发射器。

29. 如权利要求 25 所述的装置,其中所述 IR 感应层包含:

有机红外吸收材料,以及

受主材料,其中所述有机 IR 吸收材料和所述受主材料在所述 IR 感应层中混合。

30. 如权利要求 25 所述的装置,其中所述 IR 感应层包含富勒烯。
31. 如权利要求 25 所述的装置,其中所述 IR 感应层包含量子点。

用于感应红外辐射的方法和设备

[0001] 相关申请案的交叉引用

[0002] 本申请案请求于 2009 年 11 月 24 日提出申请的美国临时专利申请案第 61/264,071 号的权利,所述申请案的全部内容(包括任何数字、表格或图式)以引用的方式并入本文中。

背景技术

[0003] 现有的夜视护目镜要求极高的工作电压且花费数千美元。典型的夜视护目镜是复杂的电光装置,所述电光装置增强现有的光而不是依赖于所述电光装置自有的光源。夜视护目镜对宽频谱的光敏感,所述宽频谱的光是从可见光到红外光。在典型的配置中,传统的透镜(被称作物镜)捕捉环境光和一些近红外光。然后将聚集的光经发送到图像增强管。所述管输出高电压(通常为约 5,000 伏特)到管组件。图像增强管可使用光电阴极以将光能的光子转换成电子。当电子穿过所述管时,更多的电子可从管中的原子释放出来,使原始数目的电子增加数千倍。实现此增加的一个方法是通过使用微通道板(MCP)。MCP 位于管中以便当来自光电阴极的电子碰撞 MCP 的第一电极时,所述电子可通过高压(约 5,000 伏特)脉冲串加速进入玻璃微通道中,所述高压脉冲串在电极对的电极之间发送。当电子穿过微通道时,所述电子使用被称作级联二次发射的方法使其他电子在每一通道中释放。所述新的电子也可与其他原子碰撞,产生链式反应,所述链式反应可导致数千电子离开仅少许电子进入的通道。

[0004] 可定位图像增强管以便级联电子在管的末端处碰撞涂有磷光体的屏幕。所述电子保持与所述电子穿过的通道有关的位置。电子的能量使磷光体达到受激状态且使磷光体释放光子。所述磷光体在屏幕上产生绿色图像,所述屏幕已变得具有夜视的特性。由于电子与原始光子成同一直线,因此可产生可靠图像。可通过另一透镜观看绿色磷光体图像,所述另一透镜被称作目镜,所述目镜允许放大和聚焦图像。夜视装置可连接至电子显示器(诸如监视器),或者可直接通过目镜观看图像。

[0005] 最近,由于光上转换装置在夜视、测距和保安,以及半导体晶片检验中的潜在应用,所述光上转换装置已引起大量的研究兴趣。早期近红外(NIR)上转换装置大部分基于无机半导体的异质结结构。所述装置由串联的两个部分组成:一个部分用于光电检测且另一个部分用于发光。上转换装置主要由光电检测的方法区分。然而,最近装置的上转换效率持续为极低的。举例来说,一个 NIR 到可见光上转换装置仅表现出 0.048(4.8%)W/W 的最大外部转换效率,所述 NIR 到可见光上转换装置集成发光二极管(LED)与基于半导体的光电检测器。甚至混合有机/无机上转换装置仅展示 0.7% W/W 的外部转换效率,所述混合有机/无机上转换装置集成无机 InGaAs/InP 光电检测器与有机发光二极管(OLED)。此外,目前无机和混合上转换装置制造昂贵且用于制造所述装置的方法与大面积应用不相容。

发明内容

[0006] 本发明的实施例是关于用于感应红外(IR)辐射的方法和设备。用于感应 IR 辐射

的具体实施例提供改良的暗电流特性。实施例可包含全有机装置。在一个实施例中,提供全有机上转换装置,可通过将有机发光装置(OLED)和有机光电检测器集成在一个装置中来制造所述全有机上转换装置。根据本发明实施例的 OLED 的 IR 感应层可由不良空穴传输层形成。在某些实施例中,IR 感应层可与 OLED 合并以提供 IR 到可见色彩上转换。

[0007] 在具体实施例中,可通过沉积少许有机薄膜层来制造夜视装置。本发明装置的实施例可在 10 伏特至 15 伏特范围中的电压下操作,且本发明装置的实施例具有比传统夜视装置更低的制造成本。装置的实施例可包含与有机发光装置串联的有机光电晶体管。在具体实施例中,红外光可透过所有电极。

附图说明

[0008] 图 1 图示根据本发明实施例的红外感应上转换装置的能带图。

[0009] 图 2 图示根据本发明实施例的装置结构,所述装置结构允许电子产生多个光子。

[0010] 图 3 图示根据本发明实施例的上转换装置的操作。

[0011] 图 4 图示根据本发明实施例的另一红外感应上转换装置的能带图。

[0012] 图 5 图示图 4 的装置的结构图。

[0013] 图 6A 和图 6B 图示图 4 的装置的光-电流-电压特性,其中图 6A 图示当装置为暗时的特性,且图 6B 图示当装置暴露于红外辐射时的特性。

[0014] 图 7A 和图 7B 图示对照有机发光装置的电流效率(图 7A)和图 4 的装置的电流效率(图 7B)。

[0015] 图 8A 图示根据本发明实施例的 100nm 厚的净 SnPc 膜和 100nm 厚的 SnPc:C₆₀ 混合膜的吸光度范围。

[0016] 图 8B 图示根据本发明实施例的对照 OLED(图 7A 的插图中所示)和两个上转换装置的暗 I-V 特性,其中一个装置具有 100nm 厚的净 SnPc 膜且另一个装置具有 100nm 厚的 SnPc:C₆₀ 混合膜。

[0017] 图 9A 图示根据本发明实施例的红外到绿光上转换装置在暗辐射和光电(红外)辐射下的光-电流-电压特性。

[0018] 图 9B 图示作为用于根据本发明实施例的红外到绿光上转换装置的电流密度的函数的开/关比率的曲线。

[0019] 图 10A 和图 10B 图示图 5 的装置的光子到光子转换效率(图 11A)和本发明另一实施例的量子效率(图 11B)。

具体实施方式

[0020] 本发明的实施例是关于用于感应红外(IR)辐射的方法和设备。本发明的实施例提供全有机上转换装置,可通过将 OLED 和有机光电检测器集成在一个装置中来制造所述全有机上转换装置。由于根据本发明实施例的全有机上转换装置与轻型、坚固的或柔性塑料衬底兼容,所以所述全有机上转换装置可用于众多应用,所述应用包括(但不限于)夜视、测距、保安和半导体晶片检验。

[0021] 在具体实施例中,可通过沉积少许有机薄膜层来制造夜视装置。本发明装置的实施例可在 10 伏特至 15 伏特范围中的电压下操作,且本发明装置的实施例具有比传统夜视

装置更低的制造成本。在具体实施例中,红外光可透过所有电极。

[0022] 可通过材料选择来调整用于热成像的成像装置的波长。在特定实施例中,成像装置包括具有3层的红外吸收层,所述3层是IR敏感的。实施例可包含串联发光装置(LED),所述串联发光装置包括成堆的多个LED。在特定实施例中,一个光子进入成像装置且穿过成堆的五个LED,产生五个作为输出的光子。堆叠在一起的五个LED使用比单个的LED更高的电压,但仍然可允许装置在低电压下操作。五个堆叠的LED也可使成像装置比具有单个LED的装置更厚,且因此使成像装置对噪声的敏感度更低。

[0023] 图1图示可包含于本发明实施例中的IR感应上转换装置的能带图。

[0024] 根据本发明的IR感应装置(诸如图1所示的装置)的实施例可具有两个部分:IR感光剂,或IR感应层;以及发光装置。在实施例中,图1中所示的装置的最大量子效率为100%。在本发明的实施例中,为了提高性能,以串联结构来制造装置。

[0025] 图2图示根据本发明实施例的具有此串联结构的装置,所述装置包含IR感应层和LED。由于此结构,一个电子可产生多个光子。合并此装置架构,装置的输出可经提高以实现增益。由于装置的厚度增大,因此暗电流可经减弱且装置性能实质上得以改良。

[0026] 图3图示根据本发明的实施例的上转换装置的操作。如同所图示,具有IR波长的光可通过透明或半透明衬底(诸如玻璃或其他合适的透明或半透明材料)进入装置。然后光子可穿过第一透明(或半透明)电极且撞击IR感应层。在具体实施例中,IR感应层对 $0.8\mu\text{m}$ 至 $2\mu\text{m}$ 的范围中的波长敏感。在进一步具体实施例中,IR感应层对 700nm 至 $14\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 至 $4\mu\text{m}$ 和 $1\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ 范围中的波长敏感。然后IR感应层可产生载体(诸如电子和空穴)以便电子或空穴经传送到一堆LED。在图3中,图示有机发光装置(OLEDs)但其他发光装置可用于本发明。在特定实施例中,LED为透明或半透明的。当载体(诸如电子)从IR感应层进入第一LED(图3中的OLED)且与对应载体(诸如空穴)结合时,可产生光子且光子穿过装置。在第一LED与第二LED(图3中的OLED 1和OLED 2)之间的电荷分离层中,产生电子和空穴以便空穴可进入第一LED且与从IR感应层进入第一LED的电子结合以产生光子。此处,五个LED以串联图示,因此可对进入装置的每一个光子产生五个光子。LED可为相同的或可为不同的。如下文所论述,LED可制造成薄膜。因此,可堆叠多个LED而不产生笨重的装置。在特定实施例中,可串联堆叠三个至八个LED。在进一步实施例中,可堆叠更多的LED。因为堆叠了额外的LED,所以即使增益没那么高,仍可降低噪声。

[0027] 参看图3,在具体实施例中,可在IR辐射进入的透明电极与IR感应层之间增加空穴阻挡层(图3中未图示)。此层可阻挡空穴从透明电极传送到IR感应层及/或阻挡空穴从IR感应层传送到透明电极。包含此空穴阻挡层的具体实施例可利用ZnO纳米颗粒、 TiO_2 纳米颗粒,或所属领域已知的其他合适的材料。ZnO纳米颗粒或 TiO_2 颗粒,及/或ZnO层或 TiO_2 层可在增加IR感应层之前沉积于透明电极上。

[0028] 如图3中所示,在具体实施例中,第二透明(或半透明)电极或阴极可安置于LED堆的另一面上。在此实施例中,电极对之间的电势可驱动载体(诸如空穴)从IR感应层进入第一LED且驱动空穴从产生电子和空穴的每一电荷分离层进入朝向阴极电极的LED。同样,由阴极注入的电子经驱动进入第五LED且在电荷分离(产生)层上产生的电子经驱动进入朝向阳极的LED。

[0029] 可通过以透明材料(诸如氧化铟锡)替换反射电极材料(诸如铝)来制造透明电

极。在本发明的一个实施例中,分层 $\text{CsCO}_3(1\text{nm})/\text{Ag}(10\text{nm})/\text{ITO}(100\text{nm})$ 电极用作上电极。 CsCO_3 夹层降低阴极的功函数以匹配苯基-C61-丁酸甲酯(PCBM)的传导(LUMO)能量,所述苯基-C61-丁酸甲酯为可用作 OLED 的部分的材料。薄 Ag 层提供导电性且 ITO 层提供封装性。此薄膜堆叠的实施例具有 90% 的光透射和小于 $5\text{ohm}/\text{sq}$ 的薄层电阻,所述薄层电阻比典型 ITO 电极的薄层电阻低 70%。在具体实施例中,MgAg 薄膜或 ITO 薄膜可用作透明电极,例如,与最后一个发光装置接触的透明电极。在具体实施例中,薄膜可为 20nm 厚或更薄。

[0030] 可制造产生任何波长的可见光的 OLED。在一个实施例中,有机发射层包括分别发射蓝光、绿光和红光的三个不同的染料分子。通过控制装置中的三个染料分子的相对含量,可实现具有 > 90 的高显色指数的白光。在另一实施例中,可通过改变三个染料分子的相对含量或通过改变传输至不同分子的功率来实现不同的颜色。

[0031] 对于透明 OLED 来说,透明材料(诸如氧化铟锡)可再次用作阴极。如此一来,光子可穿过堆叠的 OLED。用于所述装置中的有机材料在可见光谱中大部分是透明的,是因为所述材料的高带隙(通常 $> 3\text{eV}$)。例外情况可包括产生所要发光的染料分子;然而,染料分子可经合并成发射层中的掺杂剂(通常掺杂浓度为 $1\text{wt}\%$ 至 $10\text{wt}\%$),所述发射层的厚度通常为 10nm 至 30nm。因此,整个 OLED 装置可实现 90% 或更高的极高透明度。

[0032] 在制造具有三重掺杂有机发射层的透明 OLED 中,可在氧化铟锡透明阴极的溅射沉积期间使对基础有机层的损害最小化。此外,可为透明电极获得低薄层电阻和高透明度,且可在电极/有机界面处实现有效率电荷注入。如上文所论述, $\text{CsCO}_3/\text{Ag}/\text{ITO}$ 复合电极也可用作 OLED 的透明电极。而且,也可在衬底表面上制造微透镜阵列以提高在所述方向的光的萃取。另外,可制造提供高质量照明的 OLED,所述高质量照明具有大于 90 的显色指数。

[0033] 在进一步实施例中,所用电极和 LED 可透射一些波长的光的且吸收其他的波长的光。

[0034] 根据某些实施例,光感应层可包含量子点,诸如 PbSe 量子点和 PbS 量子点。

[0035] 在特定实施例中,本发明上转换装置可并入夜视护目镜或其他光放大装置中。在进一步实施例中,可使用绿色 OLED 以便产生如同传统夜视护目镜产生的绿色放大图像。

[0036] 图 4 图示根据本发明实施例的另一 IR 感应上转换装置的能带图。根据实施例,不良空穴注入层和不良空穴传输层可并入 IR 感应上转换装置以改良暗电流特性。在具体实施例中,为了减弱暗电流且因此改良 SNR,可为空穴注入层和空穴传输层选择具有小于 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度的材料。在次优选实施例中,具有大于或等于 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度的材料可用于空穴注入层和空穴传输层,当施加电压时所述材料会增加空穴从电极的注入以便增加暗电流且降低 SNR。在一个实施例中,图示不良空穴注入和不良空穴传输的 $\text{SnPc}:\text{C}_{60}$ 混合层允许装置在无 IR 辐射的情况下具有低暗电流。在此实施例中,当 OLED 未暴露于 IR 辐射时,所述 OLED 本质上可以是关闭的。

[0037] 图 5 图示图 4 的装置的结构图。

[0038] 参看图 5,可通过使用锡酞菁(SnPc): C_{60} 本体异质结构层作为 NIR 感光剂且使用参(2 苯基吡啶)合铱(III)(Irppy_3) 层作为磷光发射器提供有机近红外(NIR)到可见上转换装置。通过使用磷光发射器,可使用低能量实现光产生,从而提供节能 OLED。与传统 OLED 结构的一个不同之处在于,根据本发明实施例的上转换装置包含不良空穴传输 NIR 感光层以使装置在无 IR 辐射时保持关闭状态。在光致激发下,光生空穴注入 OLED 中且与从阴极

注入的电子再结合以发出可见光。

[0039] 图 6A 和图 6B 图示图 5 的装置的光 - 电流 - 电压 (L-I-V) 特性。CuPc: $\mu h = 7 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。SnPc: $\mu h = 2 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。图 6A 图示当装置未暴露于任何红外光时的特性。开口圆为电流密度且闭合圆为发光。如图所示,在此实施例中,在无红外光辐射时,直至 13V 才观测到发光。如上文所论述,在此实施例中的高开启电压是归因于来自 SnPc:C₆₀ 层的不良空穴注入。

[0040] 图 6B 图示当装置暴露于 IR 辐射时的特性。14mW/cm² 的 830nm 激光用于辐射所述装置。如图所示,在此实施例中,在 2.7V 下以来自激光的红外照射开启 OLED。在 12.7V 下最大开 / 关比率超过 1,400。

[0041] 图 7A 和图 7B 图示对照有机发光装置的电流效率 (图 7A) 和图 4 的装置的电流效率 (图 7B)。如图所示,在此实施例中,在 IR 照射下的电流效率大于 100cd/A。更高的电流效率表明对照 OLED 仍然为电荷不平衡的且略微以电子为主。

[0042] 根据本发明的某些实施例,由于 SnPc:C₆₀ 本体异质结构层的强 IR 吸收 (如图 8A 所示) 和不良空穴传输性质 (如图 8B 所示),因此所述 SnPc:C₆₀ 本体异质结构层用于不良空穴传输 IR 感光层。图 8B 图示根据本发明实施例的对照 OLED (参见图 7A 的插图) 和具有 NIR 感光层的上转换装置的暗电流 - 电压 (I-V) 特性。净 SnPc 层的添加使开启电压从 3V 提高到约 5V 且整个测量范围内的操作电压也提高了约 2V,表明 SnPc 的不良空穴传输性质。SnPc:C₆₀ 混合膜的添加进一步使操作电压又提高了 2V。相比经对照的 OLED 装置来说,具有 SnPc:C₆₀ 混合层的上转换装置展示空穴电流的显著下降。

[0043] 图 9A 图示根据本发明的实施例的 NIR- 绿光上转换装置的发光 - 电流 - 电压 (L-I-V) 特性,所述 NIR- 绿光上转换装置具有作为不良空穴传输 NIR 感光层的 SnPc:C₆₀ 混合膜。在无红外光辐射的情况下,直至电压达到 13V 才检测到发光,展示在 15V 下的最大亮度 (1cd/m²)。高开启电压表明来自 SnPc:C₆₀ 混合层的不良空穴传输。电流可能由从阴极接点注入的电子支配。在 NIR 光辐射下,装置在 2.7V 下开启,同时绿光发射开始,展示在 15V 下亮度为 853cd/m²。因此,如图 9B 所示,IR 光的开关效应是显著的,所述图 9B 提供在不同电压下的开 / 关比率。如图所示,发光强度的最大开 / 关比率在 12.7V 下是约 1,400。

[0044] 图 10A 和图 10B 图示图 4 的装置的光子到光子转换效率 (图 10A) 和本发明另一实施例的量子效率 (QE) (图 10B)。

[0045] 从入射 IR 光光子到射出绿光光子的光子到光子转换效率 (η_{con}) 可通过以下方程式来计算:

[0046]

$$\eta_{\text{con}} = \frac{\text{\# of photon extracted}}{\text{\# of photon injected}} = \frac{\int \frac{\lambda I_{\text{photo}}(\lambda)}{fR(\lambda)hc} d\lambda}{\frac{\lambda_{\text{IR}} P_{\text{IR}}}{hc}}$$

[0047] of photon extracted: 提取光子的

[0048] of photon injected: 注入光子的

[0049] 其中 h 为普朗克常数 (Planks constant), c 为光速, λ 为光子波长, I_{photo} 为光电流, f 为到达感光层的光子的分数, R(λ) 为光电检测器的响应率, λ_{IR} 为入射红外波长,且 P_{IR} 为入射红外功率。

[0050] 再次, $14\text{mW}/\text{cm}^2$ 的 830nm 激光用于辐射装置。如图所示, 对于图 4 的装置来说, 光子到光子转换效率随着所施加电压增加而增加, 且光子到光子转换效率在 15V 下为 2.7% 。此上转换效率显著高于先前展示的使用荧光 OLED 的全有机上转换装置的效率。

[0051] 在用于测量的上转换装置结构 (如图 10B 的插图中所示) 中, 整个光电检测器未被使用。相反, IR 吸收层用作空穴注入层。因此, 从注入 IR 光到提取电荷载体未测量精确的外部量子效率。然而, 通过制造此光电检测器结构来间接测量外部量子效率。在图 10B 的插图中所示的上转换装置中, 单独使用 20nm 厚的 $\text{SnPc}:\text{C}_{60}$ 混合层, 且 $14\text{mW}/\text{cm}^2$ 的 830nm IR 激光用于 IR 光源。在同一 IR 辐射下且在同一 IR 吸收层厚度下, 获得 5% 至 20% 的外部量子效率 (EQE)。

[0052] 在文献中基于 Irppy_3 的 OLED 的 EQE 大约为 20% 。因此, 经计算的转换效率约为 1% 至 4% 且所述经计算的转换效率与实验性转换效率一致。此转换效率比红光到绿光上转换装置的转换效率高大约 10 倍。

[0053] 此说明书中对“一个实施例”、“实施例”、“实例性实施例”等等的任何提及意谓: 结合实施例所描述的特定特征、结构或特性包括于本发明的至少一个实施例中。在说明书中多处出现此类短语不一定全部指的是同一实施例。此外, 当结合任何实施例来描述特定特征、结构或特性时, 主张结合所述实施例中的其他实施例来利用或组合此特定特征、结构或特性在所属领域的技术人员的范围内。

[0054] 应理解, 为了清晰理解本发明, 已简化本发明实施例的图式和描述以说明相关的元件, 同时为清晰起见而省略为人所熟知的其他元件。所属领域的一般技术人员将认识到其他元件可能是为了实施本发明而所需的和 / 或所要求的。然而, 因为此类元件在所属领域中为人所熟知, 且因为此类元件并不利于对本发明更好的理解, 所以本文中不提供对此类元件的论述。

[0055] 从以说明方式给出的前述实例中可获得对本发明和本发明的许多优点的更好的理解。前述实例说明了本发明的方法、应用、实施例和变体中的一些。当然, 无论如何不应认为所述实例是限制本发明的。可关于本发明进行众多变更和修改。

[0056] 在不与本说明书的明确教导冲突的程度下, 本文中所提及或引用的所有专利、专利申请案、临时申请案和公开案 (包括所有图式和表格) 的全部内容以引用的方式并入本文中。

[0057] 应理解本文中所描述的实例和实施例仅出于说明的目的, 且应理解将建议所属领域的技术人员根据所述实例和实施例进行各种修改和变更, 所述修改和变更将包括于此申请案的精神和范围中。

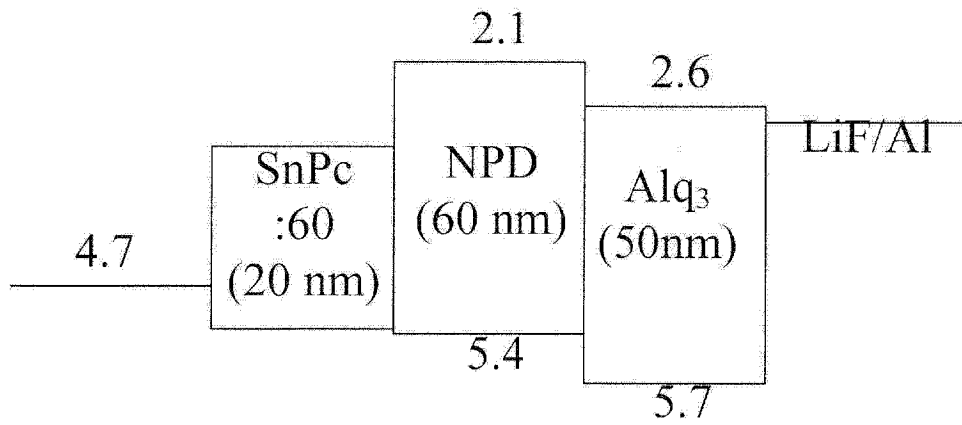


图 1

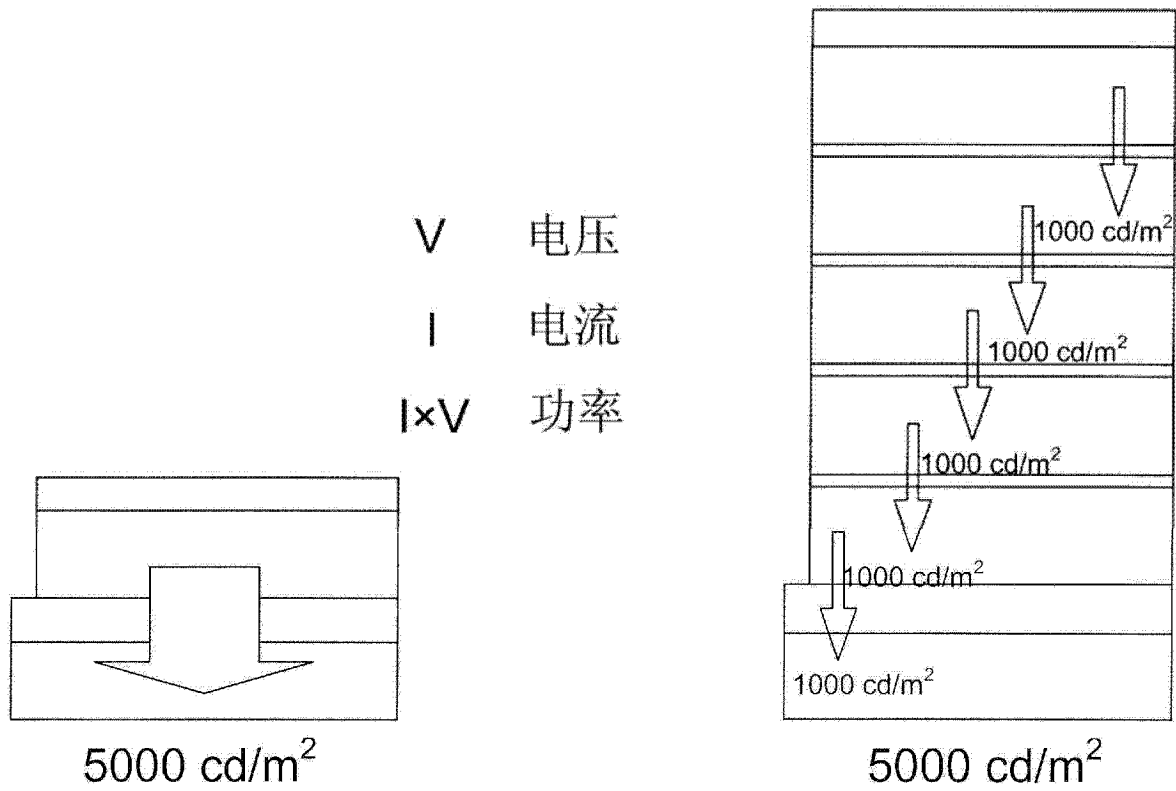


图 2

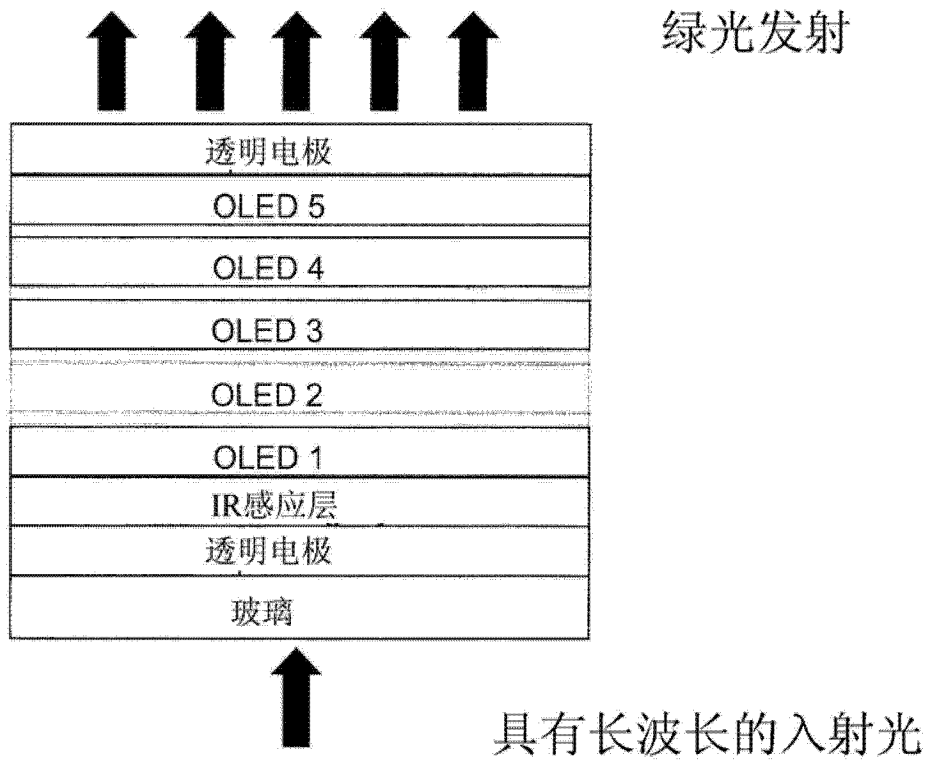


图 3

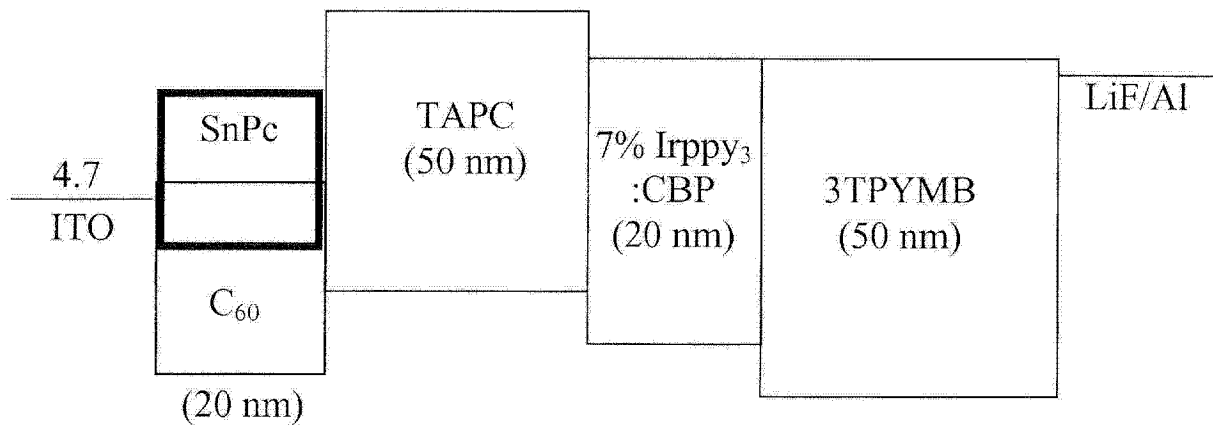


图 4

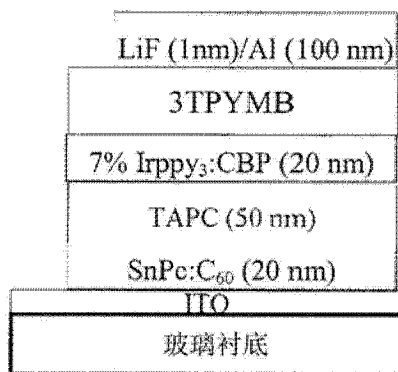


图 5

L-I-V特性

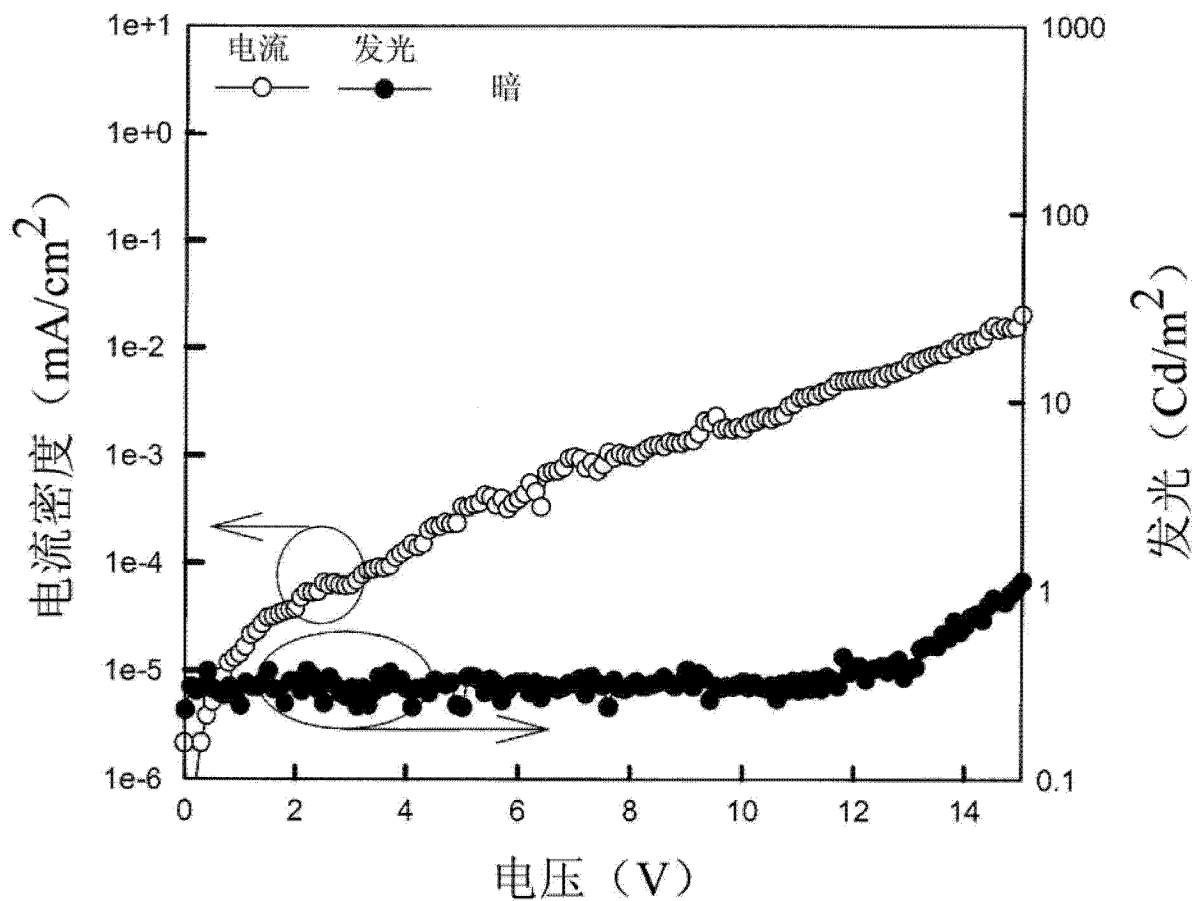


图 6A

L-I-V特性

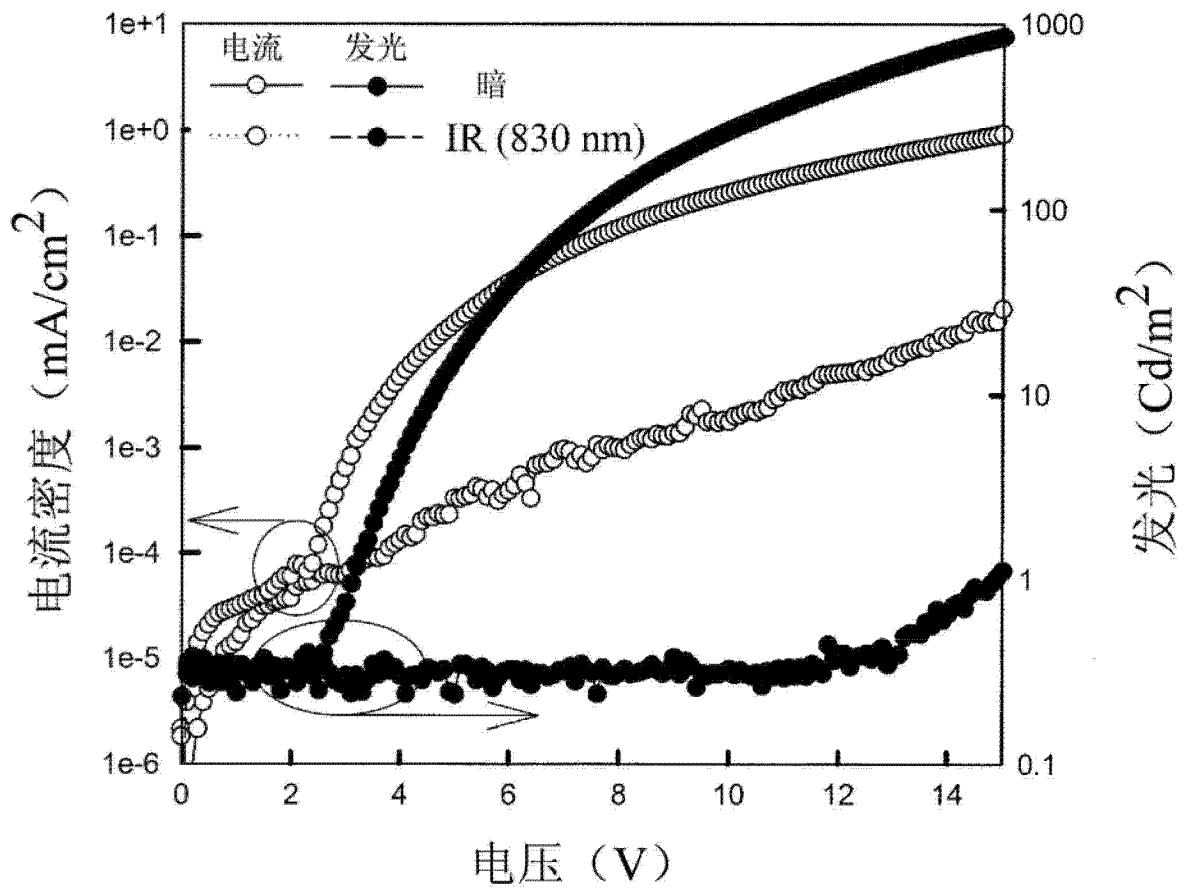


图 6B

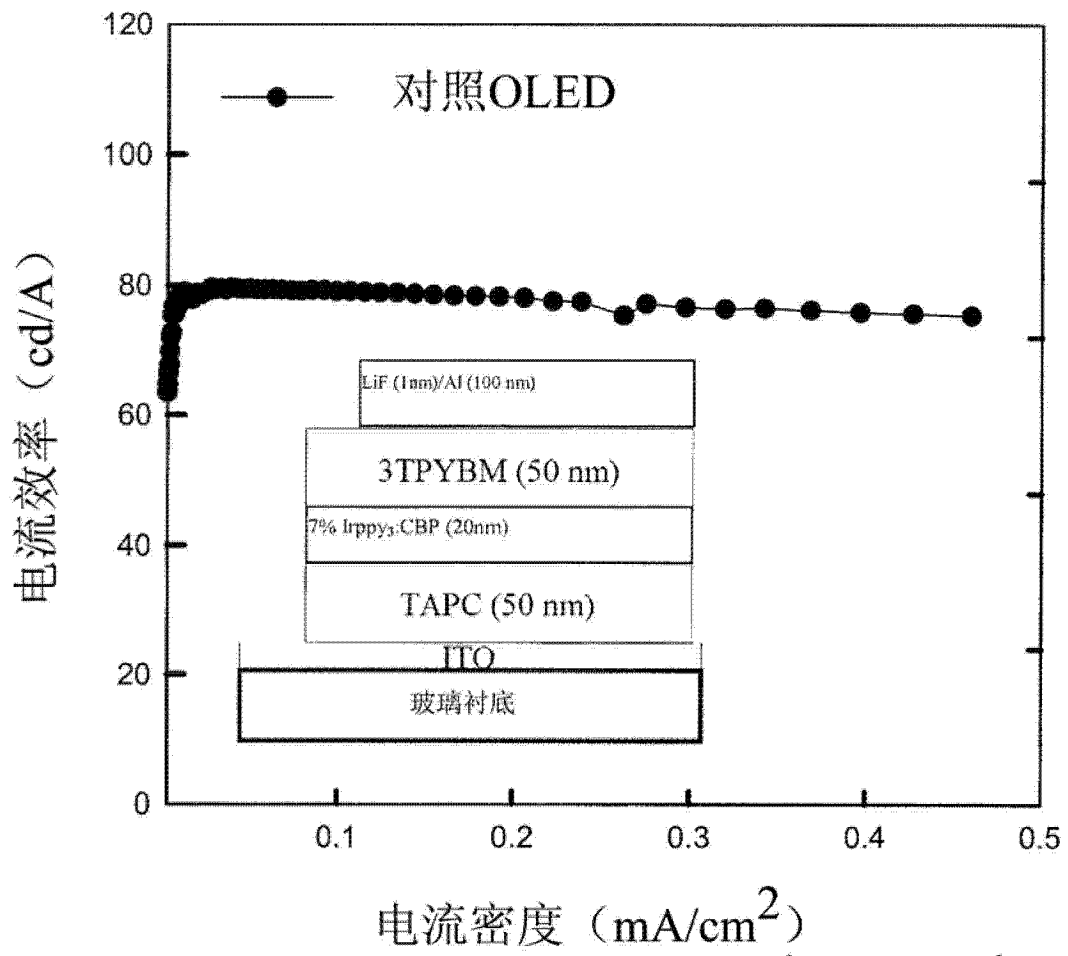


图 7A

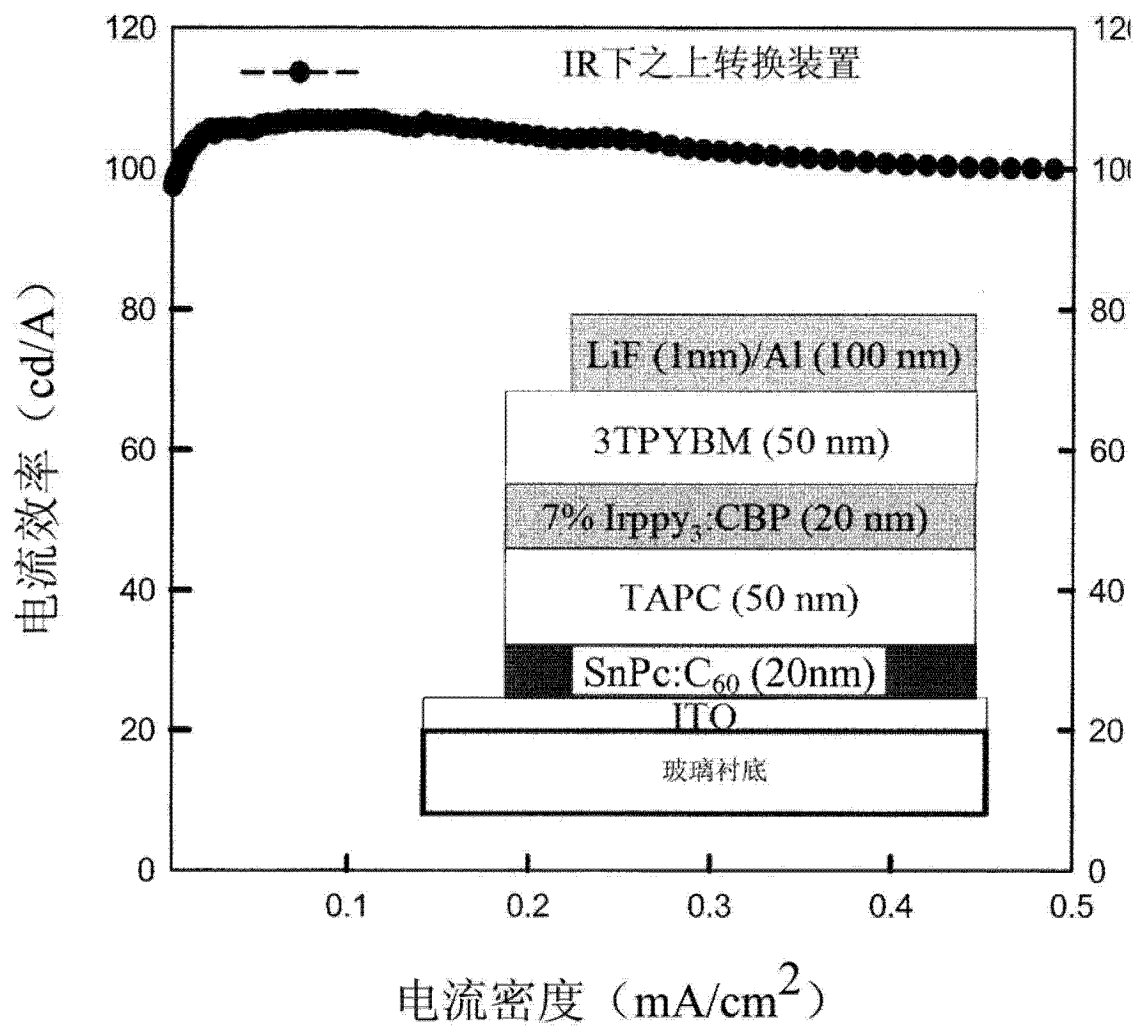


图 7B

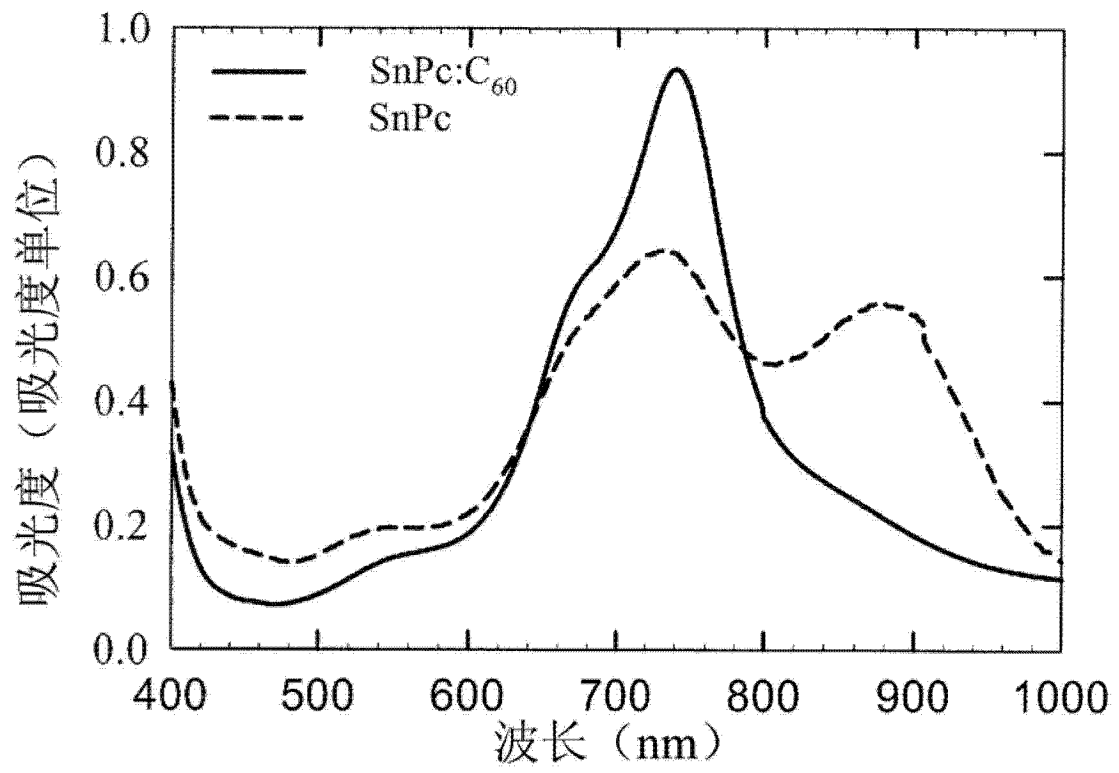


图 8A

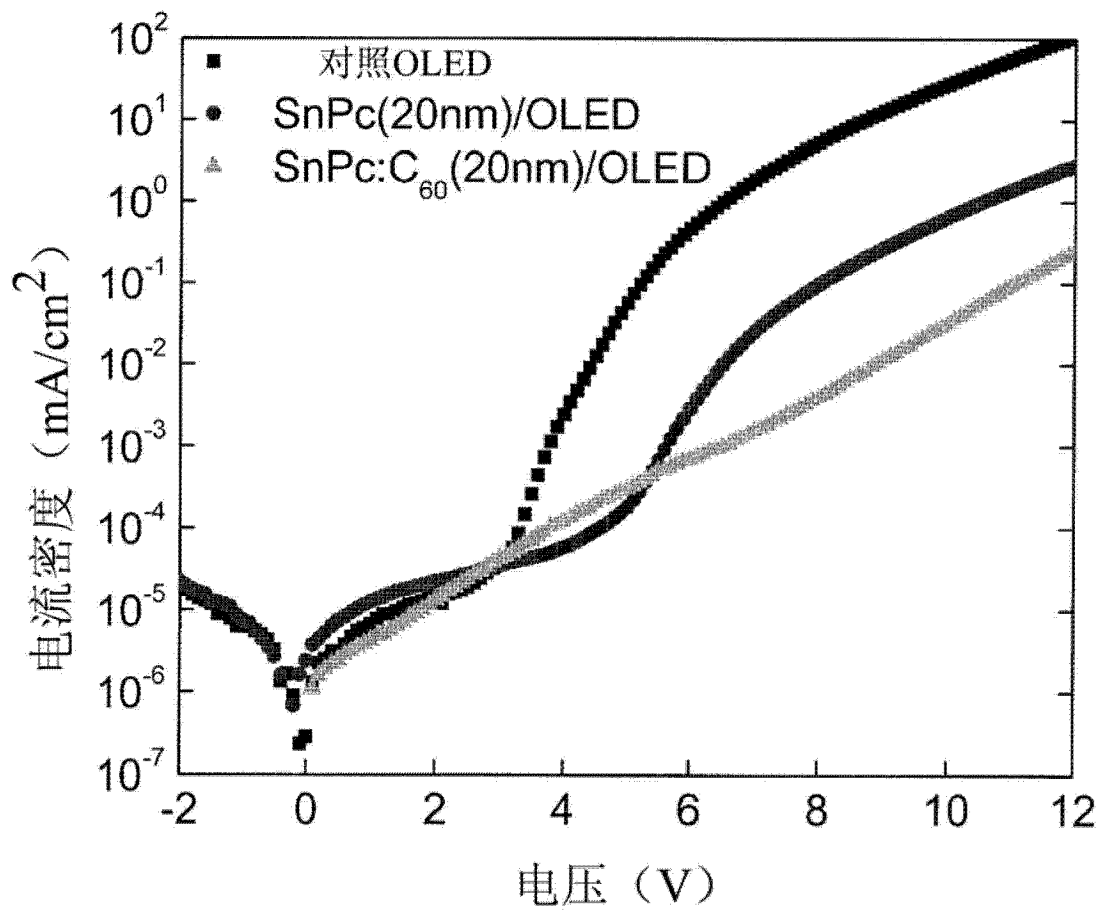


图 8B

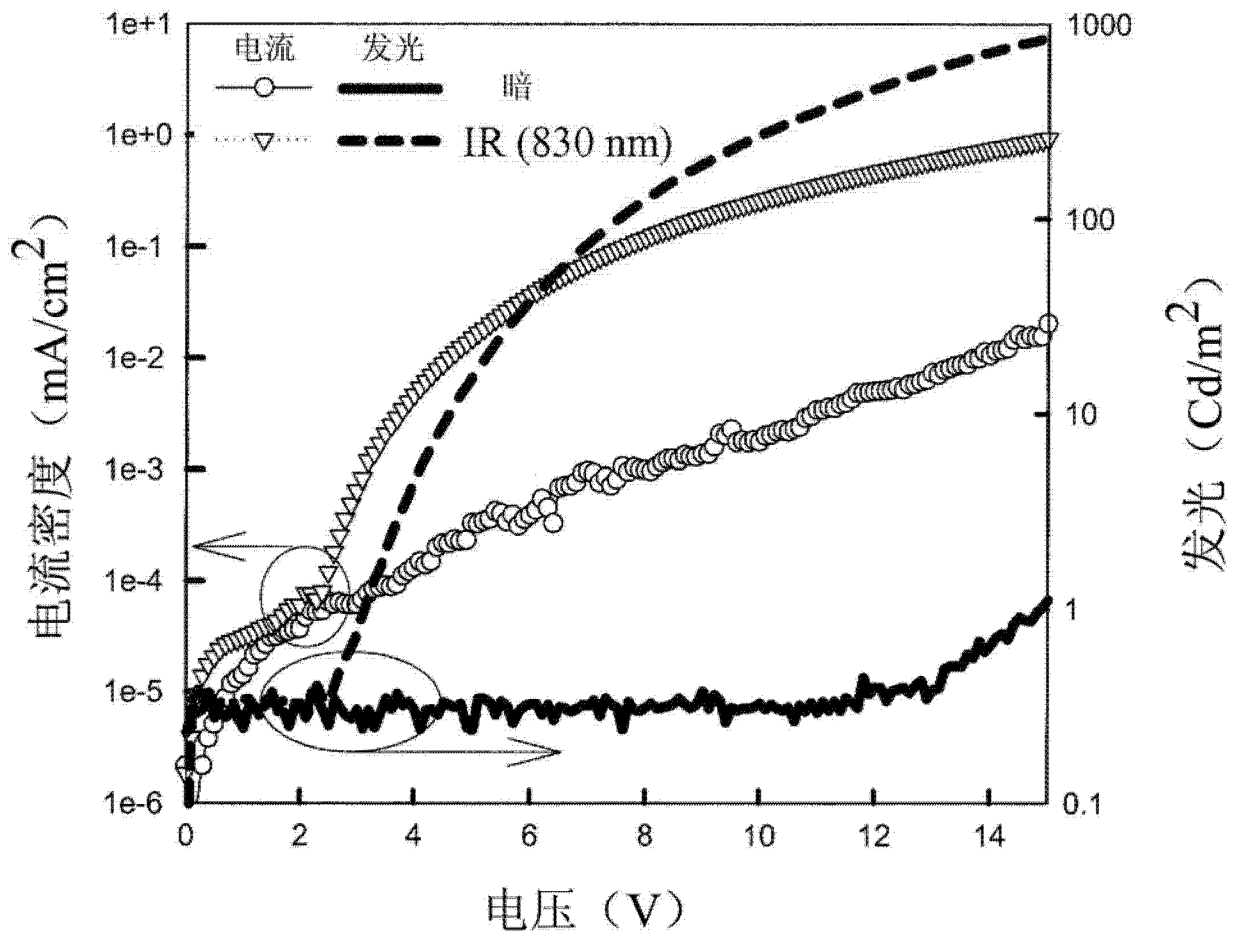


图 9A

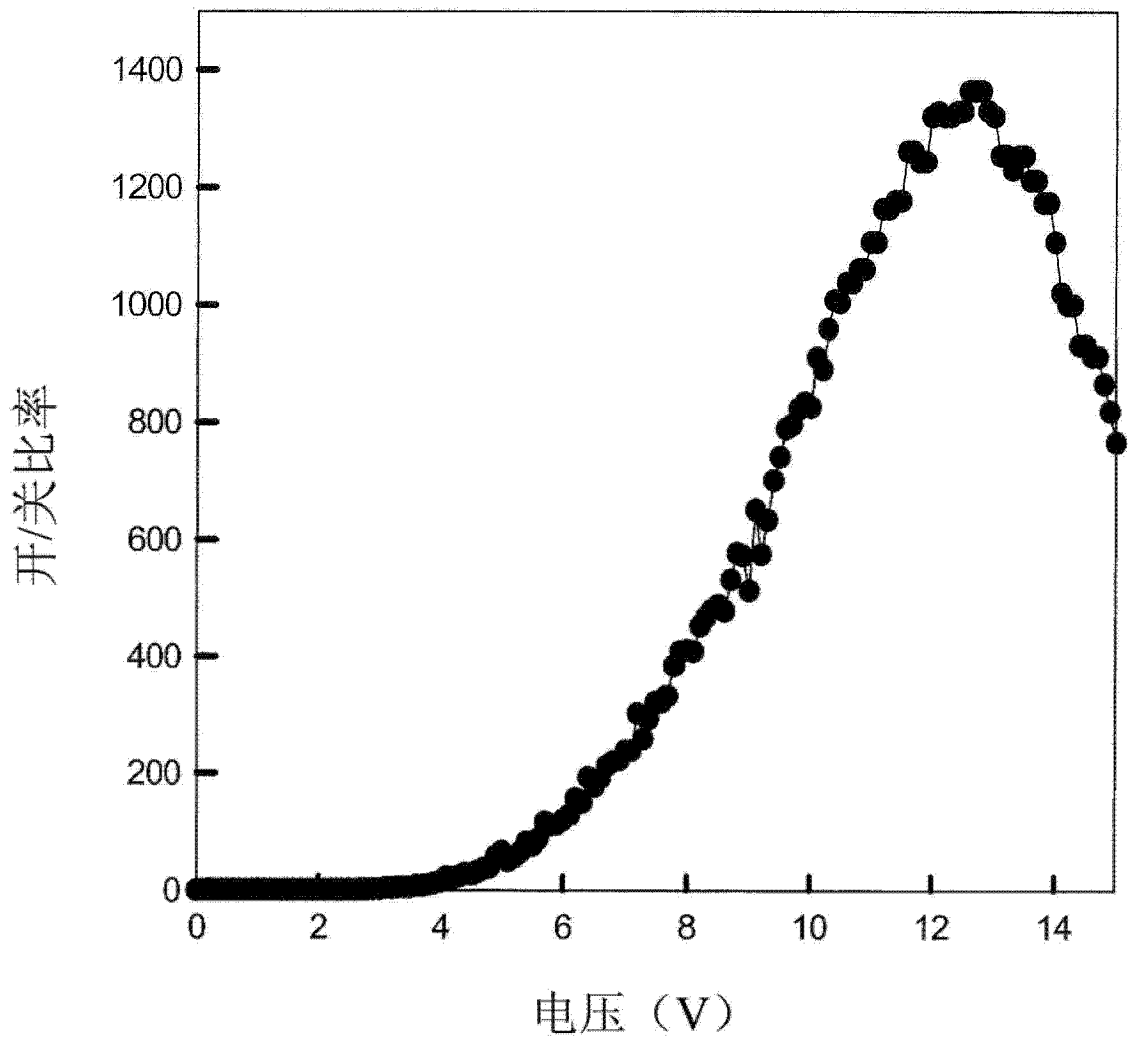


图 9B

光子（红外）到光子（绿光）转换
效率

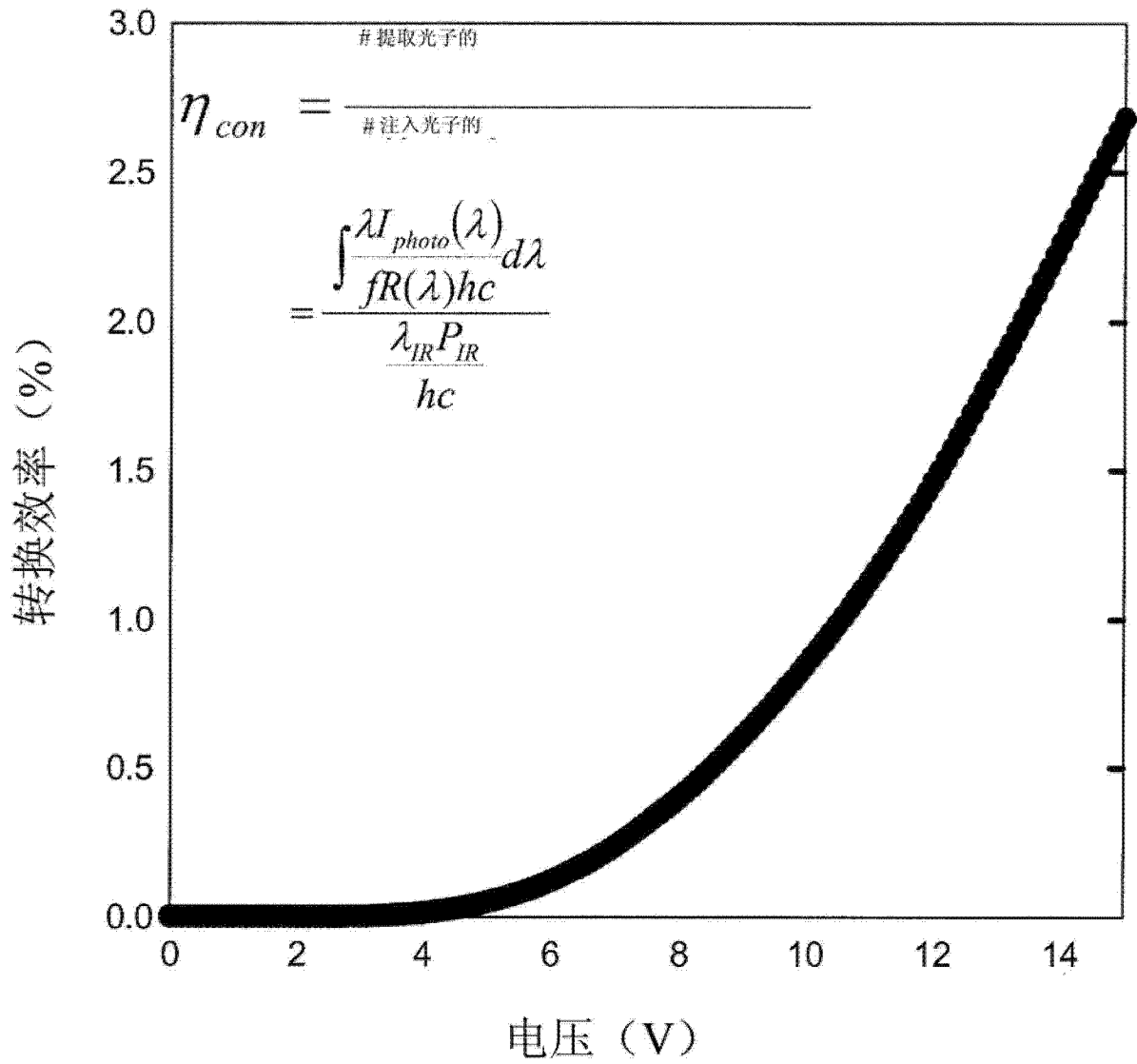


图 10A

14 mW/cm²的830nm激光

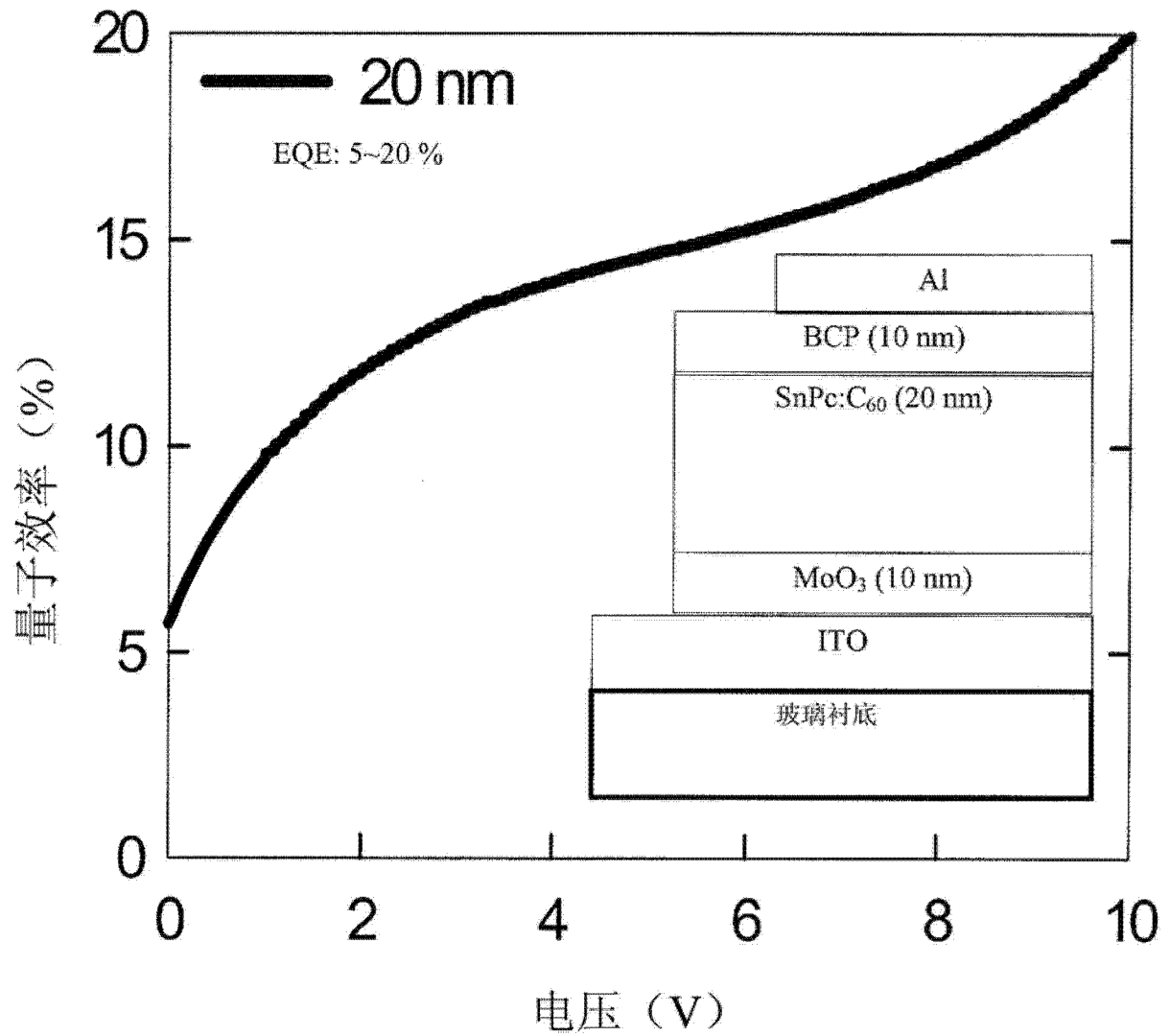


图 10B