



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104835914 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201510095055. X

H01L 51/52(2006. 01)

(22) 申请日 2007. 12. 28

H01L 51/54(2006. 01)

(30) 优先权数据

60/877, 696 2006. 12. 28 US

60/900, 624 2007. 02. 08 US

(62) 分案原申请数据

200780050827. 1 2007. 12. 28

(71) 申请人 通用显示公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 V·阿德莫维奇 M·S·韦弗

B·丹德拉德

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 宁家成

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

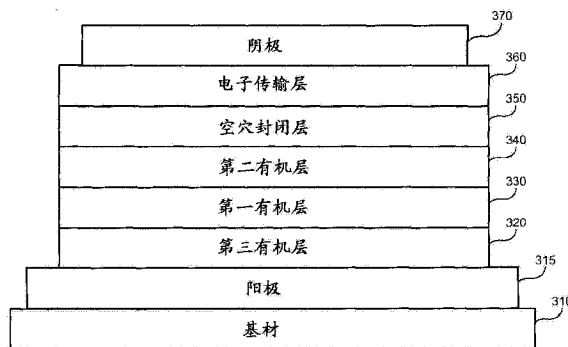
权利要求书2页 说明书31页 附图44页

(54) 发明名称

长寿命磷光有机发光器件 (OLED) 结构

(57) 摘要

本发明提供了具有带内界面的发射层的有机发光器件。第二有机层中第二磷光材料的浓度与第一有机层中第一磷光材料的浓度不同,产生所述界面。第一和第二有机层中的材料可以相同或不同。除了在发射层内的这个界面之外,所述器件还具有一个或多个设计用来减轻损伤机制的特征,所述损伤机制可以与电子或激子从阴极通过发射层而损伤发射层阳极侧的有机层相关。此外,本发明还提供了具有上面所述的在发射层内的界面和在所述界面的至少一侧的低能量发射材料的器件。



1. 一种有机发光器件,它包含:  
阳极;  
阴极;和  
布置在阳极和阴极之间的发射层,该发射层进一步包含:  
包含第一磷光材料和第一非发射材料的第一有机层,其中第一有机层中第一磷光材料的浓度为 10-90wt%;并且第一有机层中第一非发射材料的浓度为 10-90wt%;  
包含第二磷光材料和第二非发射材料的第二有机层,其中所述第二层中第二磷光材料的浓度为 3-25wt%;并且第二有机层中第二非发射材料的浓度为 75-97wt%;和  
布置在第一有机层和阳极之间的第三有机层;  
其中第二有机层中第二磷光材料的浓度低于第一有机层中第一磷光材料的浓度;  
其中所述第一非发射材料和所述第二非发射材料是相同的材料,并且所述第一磷光材料和所述第二磷光材料是相同的材料;  
其中在发射层和阳极间的所有有机层不包含任何含有选自三芳基胺、萘基、三(N-咪唑基)三苯基胺、四芳基胺和咪唑的基团的材料。
2. 权利要求 1 的器件,其中所述第三有机层基本上由所述第一磷光材料组成,并且所述第三有机层直接与所述第一有机层和所述阳极接触。
3. 权利要求 1 的器件,其中在发射层和阳极间的所有有机层基本上由金属有机化合物组成。
4. 权利要求 1 的器件,其中所述第一有机层、所述第二有机层或二者进一步包含低能量的发射材料,其中该低能量的发射材料的浓度为 0.1-12wt%。
5. 权利要求 1 的器件,其中所述第一有机层基本上由第一磷光材料和第一非发射材料组成,并且所述第二有机层基本上由第二磷光材料和第二非发射材料组成。
6. 权利要求 1 的器件,其中该器件包括不多于三种不同的有机材料。
7. 权利要求 1 的器件,其中该器件包括不多于四种不同的有机材料,并且所述有机材料之一是在该器件中仅存在于发射层和阴极之间的电子传输材料。
8. 权利要求 1 的器件,它进一步包含布置在所述第二有机层和所述阴极之间的第四有机层,其中该第四有机层基本上由三重态能量比所述第二磷光材料的三重态能量大至少 0.1eV 的材料组成;而且其中该第四有机层与所述第二有机层直接接触。
9. 权利要求 1 的器件,其中所述第一非发射材料选自含有选自下组的基团的材料:苯并[9,10]菲,咪唑,二苯并噻吩和与咪唑偶联的二苯并噻吩。
10. 权利要求 1 的器件,其中第二有机层中第二磷光材料的浓度比第一有机层中第一磷光材料的浓度低至少 5wt%。
11. 权利要求 1 的器件,其中第二有机层中第二磷光材料的浓度比第一有机层中第一磷光材料的浓度低至少 10wt%。
12. 权利要求 1 的器件,其中所述第一和第二有机层的总厚度是至少 **400Å**,而且其中所述第一有机层的厚度是至少 **50Å**,和所述第二有机层的厚度是至少 **50Å**。
13. 权利要求 1 的器件,其中所述第一磷光材料的最高已占分子轨道比所述第一非发射材料的最高已占分子轨道高至少 0.3eV,并且所述第二磷光材料的最高已占分子轨道比

所述第一非发射材料的第二已占分子轨道高至少 0.3eV。

14. 权利要求 1 的器件,其中在所述第一有机层和所述阳极之间的所有有机层都具有空穴迁移率和电子迁移率,以致空穴迁移率是电子迁移率的至少两倍。

15. 权利要求 1 的器件,其中在所述第一有机层和所述阳极之间的所有有机层都具有空穴迁移率和电子迁移率,以致空穴迁移率是电子迁移率的至少十倍。

16. 权利要求 1 的器件,其中在所述第一有机层和所述阳极之间的所有有机层都具有空穴迁移率和电子迁移率,以致空穴迁移率是电子迁移率的至少一百倍。

17. 权利要求 1 的器件,其中在所述第一有机层和所述阳极间的所有有机层具有足够大的空穴电导率,使得该层中另外的 10nm 厚度在  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  的电流下导致 0.1V 或更小的电压上升。

## 长寿命磷光有机发光器件 (OLED) 结构

[0001] 本申请是申请日为2007年12月28日,申请号为200780050827.1,发明名称为“长寿命磷光有机发光器件 (OLED) 结构”的中国专利申请 (PCT/IB2007/004687) 的分案申请。

[0002] 本申请要求2006年12月28日提交的美国临时申请60/877,696和2007年2月8日提交的美国临时申请60/900,624的优先权,所述临时申请通过引用整体结合到本申请中。

[0003] 所要求保护的本发明代表一个或多个如下联合的大学公司研究协议当事人和/或与这些当事人相关而完成的:密西根大学、普林斯顿大学、南加州大学和 the Universal Display Corporation 的董事。所述协议在所要求保护的本发明完成日和之前是有效的,并且所要求保护的发明是作为在所述协议的范围内采取行动的结果而完成的。

### 发明领域

[0004] 本发明涉及有机发光器件 (OLEDs)。更具体地说,本发明涉及具有可提高寿命的特定结构的 OLEDs。

[0005] 发明背景

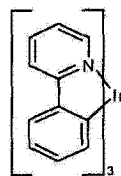
[0006] 利用有机材料的光电器件由于许多原因越来越为人们所需求。用来制造此类器件的许多材料是相对便宜的,因此有机光电器件具有在成本上比无机器件有优势的可能。此外,有机材料的固有性能如它们的柔性可能使得它们非常适合于特殊应用,如在柔性基材上制造。有机光电器件的实例包括有机发光器件 (OLEDs)、有机光敏晶体管、有机光伏太阳能电池和有机光检测器。对于 OLEDs,有机材料可能比常规材料有性能优势。例如,有机发射层发光的波长一般可能容易地用合适的掺杂剂调节。

[0007] OLEDs 利用薄的有机膜,当对器件施加电压时所述有机膜会发光。OLEDs 正在成为人们越来越感兴趣的技术,用于诸如平板显示器、照明和逆光照明之类的应用中。几种 OLED 材料和结构已被描述在美国专利 5,844,363、6,303,238 和 5,707,745 中,它们的全部内容通过引用结合在本文中。

[0008] 磷光发射分子的一种应用是全色显示器。这样的显示器的工业标准需要适合发射被称为“饱和”色的特定色光的像素。特别地,这些标准需要饱和的红、绿和蓝像素。可应用本领域熟知的 CIE 坐标测定颜色。

[0009] 发射绿光的分子的一个实例是表示为  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$  的三(2-苯基吡啶)合铱,它具有式 I 的结构:

[0010]



[0011] 在该式和本文后面的图中,我们以直线描述从氮到金属(在这里是 Ir)的配价键。

[0012] 在本文中使用的术语“有机的”包括可用来制造有机光电器件的聚合物材料和小

分子有机材料。“小分子”指不是聚合物的任何有机材料,并且“小分子”实际上可以是相当大的。在一些情况下小分子可包括重复单元。例如,使用长链烷基作为取代基不会将一个分子从“小分子”类型中排除。小分子也可以被引入聚合物中,例如作为聚合物骨架上的侧基或作为骨架的一部分。小分子还可以作为树状分子的芯结构部分,该树状分子由在芯结构部分上构建的一系列化学壳组成。树状分子的芯结构部分可以是荧光或磷光小分子发射体。树状分子可以是“小分子”,并且据信目前在 OLED 领域中使用的所有树状分子都是小分子。

[0013] 在本文中使用的“顶部”指最远离基材,而“底部”指最接近基材。当第一层被描述为“布置在”第二层上,所述第一层远离基材来设置。在所述第一和第二层之间可以有其它层,除非规定所述第一层与所述第二层“接触”。例如,阴极可以被描述为“布置在”阳极上,即使在两者之间有各种有机层。

[0014] 在本文中使用的“可溶液处理的”是指能够在液体介质中溶解、分散或输送和 / 或从液体介质中沉积,无论呈溶液或悬浮液的形式。

[0015] 当据信配位体对发射材料的光活性性能有贡献时,该配位体被称为“光活性的”。

[0016] 如果在常规能级图中第一能级更低,则第一能级 (HOMO 或 LUMO) 被认为“小于”或“低于”第二能级,这意味着第一能级将具有比第二能级更负的值。如果在常规能级图中第一能级更高,则第一能级 (HOMO 或 LUMO) 被认为“高于”第二能级,这意味着第一能级将具有不如第二能级负的值。例如, CBP 的 HOMO 为  $-5.32\text{eV}$ , TPBI 的 HOMO 为  $-5.70\text{eV}$ , 因此 CBP 的 HOMO 比 TPBI 的 HOMO 高  $0.38\text{eV}$ 。类似地, mCP 的 LUMO 是  $-0.77\text{eV}$ , CBP 的 LUMO 的是  $-1.23\text{eV}$ , 因此 mCP 的 LUMO 比 CBP 的 LUMO 高  $0.46\text{eV}$ 。上述值使用可得自 Irvine, Calif. 的 Wavefunction 公司的 Spartan 02 软件包在 B3LYP/6-31G\* 水平进行的密度函数计算确定。赝势选项 (pseudo potential option) 可以被用于含有重金属的物质如  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 。文献中已证实密度函数算法能定性地预测有机和无机化合物的能量。

[0017] 有关 OLEDs 的更多细节和上述定义可见于美国专利 7, 279, 704 号, 该专利的全文通过引用结合到本文中。

[0018] 在本文中使用的术语“基本上由”应用于有机发光器件中的某层的一种或多种材料“组成”意味着除了所列举的那些材料外还可以有材料存在,但是任何这样的另外的材料仅以少量存在(如杂质)并且不显著影响器件的电性能或发射性能,即,它们不显著贡献于空穴或电子的传输或捕获,它们不会导致重组位置的改变,并且它们不显著贡献于或参与激子衰变、发射等。

[0019] 除非另外指明,本文所描述的各层内的有机化合物的百分数都是重量百分数。

[0020] 以下两篇包括 Samuel 作为合著者的文献描述了具有与 ITO 直接接触的掺杂的发射层的可溶液处理的磷光 OLEDs。E. E. Namdas, T. D. Anthopoulos, I. D. W. Samuel, Applied physics letters (应用物理通讯) 86, 161104 (2005)。T. D. Anthopoulos, M. J. Frampton, E. B. Namdas, P. L. Burn, I. D. W. Samuel, Adv. Mater. (材料进展) 2004, 16, No. 6, March 18, pp557-560。

[0021] 发明概述

[0022] 在第一方面,本发明提供了一种在发射层内有界面的有机发光器件。该器件具有阳极、阴极和布置在阳极和阴极之间的发射层。该发射层包括第一有机层,它包括第一磷光

材料和第一非发射材料。所述第一有机层中第一磷光材料的浓度为10-90wt%，且第一有机层中第一非发射材料的浓度为10-90wt%。所述发射层还包括第二有机层，它包括第二磷光材料和第二非发射材料。所述第二层内第二磷光材料的浓度为3-25wt%，且第二有机层中第二非发射材料的浓度为75-97wt%。所述第二有机层中第二磷光材料的浓度比第一有机层中第一磷光材料的浓度低，优选低至少5wt%，更优选低至少10wt%。所述第一非发射材料和所述第二非发射材料可以是相同的材料或不同的材料，并且所述第一磷光材料和所述第二磷光材料可以是相同的材料或不同的材料。因此，有四种组合：(1) 第一和第二有机层中的磷光材料相同，并且第一和第二有机层中的非发射材料相同；(2) 第一和第二有机层中的磷光材料不同，并且第一和第二有机层中的非发射材料相同；(3) 第一和第二有机层中的磷光材料相同，并且第一和第二有机层中的非发射材料不同；(4) 第一和第二有机层中的磷光材料不同，并且第一和第二有机层中的非发射材料不同。每种组合都有优点。第一有机层可以基本上由第一磷光材料和第一非发射材料组成，而且第二有机层可以基本上由第一有机层中的第一磷光材料和第一非发射材料组成。本发明还提供了减轻器件中的损伤和延长器件寿命的器件结构，单独地或组合地与第一方面一起使用。

[0023] 所述第一有机层、所述第二有机层或二者可以任选地进一步包括低能量的发射材料，其中该低能量的发射材料的浓度为0.1-12wt%。

[0024] 在第二方面，本发明提供了一种减轻损伤的结构。在所述第一有机层和阳极之间的所有有机层都具有空穴迁移率和电子迁移率，使得空穴迁移率是电子迁移率的至少两倍，优选至少十倍，更优选至少100倍。

[0025] 在第三方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。在所述第一有机层和阳极之间的所有有机层不包括任何含有选自下组的基团的材料：三芳基胺、萘基、三(N-咔唑基(carbazoyl))三苯基胺、四芳基胺和咔唑。

[0026] 在第四方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。在所述第一有机层和阳极之间无有机层。

[0027] 在第五方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。提供了布置在所述第一有机层和阳极之间的第三有机层。该第三有机层基本上由第一磷光材料组成。该第三有机层直接与所述第一有机层和阳极接触，这样它是在所述第一有机层和阳极之间唯一的层。

[0028] 在第六方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。所述器件包括不多于三种不同的有机材料，将受损伤的材料数目最小化。

[0029] 在第七方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。所述器件包括不多于四种不同的有机材料，其中所述有机材料之一是仅存在于器件的发射层和阴极之间的电子传输材料。对材料数目的限制将受损伤的材料数目最小化。

[0030] 在第八方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。在所述第一有机层和阳极之间的所有有机层基本上由有机金属材料组成。

[0031] 在第九方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。在所述第一有机层和阳极之间的所有有机层具有足够大的空穴传导率，使得该层增加10nm厚度导致在10mA/cm<sup>2</sup>的电流密度下0.1V或更小的电压升高。

[0032] 在第十方面，本发明提供了减轻损伤的另一种结构。所述第一非发射材料具有2.7eV或更大的三重态能量。

[0033] 在第十一方面,本发明提供了一种低能量发射材料,其可以与采用或不采用所述各种损伤减轻结构的第一方面一起使用。所述低能量发射材料可以是荧光发射材料或者磷光发射材料,或者当存在多种低能量发射材料时是这两种材料的组合。所述低能量发射材料的浓度可以是 0.1-12wt%,并且低能量发射材料可以仅存在于所述第一有机层中,仅存在于所述第二有机层中,或在两层内都存在。包括低能量发射材料的有机层可以基本上由磷光材料、非发射材料和低能量发射材料组成。

[0034] 在第十二方面,本发明提供了与第一方面的器件类似的器件,但是其中第二有机层中磷光材料的浓度比第一有机层中磷光材料的浓度更高,而不是更低。第一有机层中第一磷光材料的浓度为 3-25wt%,而且第一有机层中第一非发射材料的浓度为 75-97wt%。第二有机层中磷光材料的浓度为 10-90wt%,而且第二有机层中非发射材料的浓度为 10-90wt%。前述各其它方面可以与第十二方面结合使用。

[0035] 在各方面中,所述第一有机层可以基本上由第一磷光材料和第一非发射材料组成,并且所述第二有机层可以基本上由第一有机层的第二磷光材料和第二非发射材料组成。

[0036] 在各方面中,所述第一和第二有机层的总厚度优选为至少 **400 Å**。所述第一有机层的厚度优选为至少 **50 Å**,并且所述第二有机层的厚度优选为至少 **50 Å**。

[0037] 在各方面中,第一磷光材料优选具有比第一非发射材料的最高已占分子轨道高至少 0.3eV 的最高已占分子轨道,并且第二磷光材料优选具有比第一非发射材料的第二已占分子轨道高至少 0.3eV 的最高已占分子轨道。

[0038] 在各方面中,可以提供布置在第二有机层和阴极之间的第四有机层。第四有机层基本上由第二非发射材料组成,并且与第二有机层直接接触。

[0039] 在各方面中,可以提供布置在第二有机层和阴极之间的第四有机层。第四有机层基本上由三重态能量比第二磷光材料的三重态能量大至少 0.1eV 的材料组成,并且第四有机层与第二有机层直接接触。

[0040] 在各方面中,第一非发射材料可以选自含有选自下组的基团的材料:苯并[9,10]菲、咪唑、二苯并噻吩以及与咪唑偶联的二苯并噻吩。

[0041] 在各方面中,第一有机层可以与第二有机层直接接触。

[0042] 附图简要说明

[0043] 图 1 显示了一种有机发光器件。

[0044] 图 2 显示了一种没有单独的电子传输层的颠倒的有机发光器件。

[0045] 图 3 显示了一种有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层,以及位于第一有机层和阳极之间的、具有特定载流子迁移率特性的有机层。

[0046] 图 4 显示了一种有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层,且在所述第一有机层和所述阳极之间没有有机层。

[0047] 图 5 显示了一种仅有三种有机材料的有机发光器件。

[0048] 图 6 显示了一种与图 3 的有机发光器件类似的有机发光器件,但包括多种磷光材料。

[0049] 图 7 显示了一种有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第

一和第二有机层,以及位于第一有机层和阴极之间的、具有特定载流子迁移率特性的有机层。

[0050] 图 8 显示了一种通用的磷光 OLED 结构。

[0051] 图 9 显示了一种已被制造和测试的特定的有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。

[0052] 图 10 显示了一种已被制造和测试的特定的有机发光器件。

[0053] 图 11 显示了图 10 的器件的电流密度对电压的图。

[0054] 图 12 显示了图 10 的器件的外量子效率 (EQE) 对电流密度的图。

[0055] 图 13 显示了图 10 的器件的归一化强度 (任意单位) 对时间的图。

[0056] 图 14 显示了图 10 的器件的归一化场致发光强度对波长的图。

[0057] 图 15 显示了一种已被制造和测试的特定的有机发光器件。

[0058] 图 16 显示了图 15 的器件的电流密度对电压的图。

[0059] 图 17 显示了图 15 的器件的外量子效率 (EQE) 对电流密度的图。

[0060] 图 18 显示了图 15 的器件的归一化强度 (任意单位) 对时间的图。

[0061] 图 19 显示了图 15 的器件的归一化场致发光强度对波长的图。

[0062] 图 20 显示了不同器件结构的归一化发光度对时间的图。

[0063] 图 21 显示了采用表 2 中的参数制造的有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。

[0064] 图 22 显示了采用表 4 中的参数制造的有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。

[0065] 图 23 显示了采用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的归一化场致发光强度对波长的图。

[0066] 图 24 显示了采用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的发光效率对发光度的图。

[0067] 图 25 显示了采用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的外量子效率对发光度的图。

[0068] 图 26 显示了采用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的电流密度对电压的图。

[0069] 图 27 显示了采用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的发光度对电压的图。

[0070] 图 28 显示了采用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的归一化发光度对时间的图。

[0071] 图 29 显示了采用表 6 的参数制造的有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层,一些器件有 NPD 层,一些则没有 NPD 层。

[0072] 图 30 显示了没有 NPD 层的有机发光器件。

[0073] 图 31 显示了有 NPD 层的有机发光器件。

[0074] 图 32 显示了图 30 和图 31 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0075] 图 33 显示了图 30 和图 31 的器件的功率效率 (power efficacy) 对发光度的图。

[0076] 图 34 显示了图 30 和图 31 的器件的发光度对电压的图。

[0077] 图 35 显示了图 30 和图 31 的器件的场致发光强度对波长的图。

[0078] 图 36 显示了图 30 的器件在不同的初始发光度下归一化发光度对时间的图。

[0079] 图 37 显示了图 31 的器件在不同的初始发光度下归一化发光度对时间的图。

[0080] 图 38 显示了具有来自 NPD 和 BA1q 的发射的有机发光器件。

[0081] 图 39 显示了图 38 的器件的外量子效率对发光度的图。



- [0082] 图 40 显示了图 38 的器件的功率对发光度的图。
- [0083] 图 41 显示了图 38 的器件的发光度对电压的图。
- [0084] 图 42 显示了图 38 的器件的场致发光强度（任意单位）对波长的图。
- [0085] 图 43 显示了图 38 的器件的归一化发光度对时间的图。
- [0086] 图 44 显示了具有仅来自 Alq 的发射的有机发光器件。
- [0087] 图 45 显示了图 44 的器件的外量子效率对发光度的图。
- [0088] 图 46 显示了图 44 的器件的功率对发光度的图。
- [0089] 图 47 显示了图 44 的器件的发光度对电压的图。
- [0090] 图 48 显示了图 44 的器件的场致发光强度（任意单位）对波长的图。
- [0091] 图 49 显示了图 44 的器件的归一化发光度对时间的图。
- [0092] 图 50 显示了一种有机发光器件，它在发射层和阳极之间仅具有有高空穴传导率的层，并且具有与用作发射层中的非发射主体相同的材料的空穴封闭层。
- [0093] 图 51 显示了图 50 的器件的归一化发光度对时间的图。
- [0094] 图 52 显示了图 50 的器件的外量子效率对发光度的图。
- [0095] 图 53 显示了图 50 的器件的功率对发光度的图。
- [0096] 图 54 显示了图 50 的器件的发光度对电压的图。
- [0097] 图 55 显示了图 50 的器件的场致发光强度对波长的图。
- [0098] 图 56 显示了一种有机发光器件，它在发射层和阳极之间仅具有有高空穴传导率的层，并且具有与用作发射层中的非发射主体相同的材料的空穴封闭层以及具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层的发射层，其中第二有机层中磷光材料的浓度是可变的。
- [0099] 图 57 显示了图 56 的器件的归一化发光度对时间的图。
- [0100] 图 58 显示了图 56 的器件的外量子效率对发光度的图。
- [0101] 图 59 显示了图 56 的器件的功率对发光度的图。
- [0102] 图 60 显示了图 56 的器件的发光度对电压的图。
- [0103] 图 61 显示了图 56 的器件的场致发光强度对波长的图。
- [0104] 图 62 显示了一种有机发光器件，它在发射层和阳极之间仅具有有高空穴传导率的层，并且具有与用作发射层中的非发射主体相同的材料的空穴封闭层以及在第一和第二有机发射层中含有不同磷光材料的具有第一和第二有机层的发射层，其中第二有机层中磷光材料的浓度是可变的。
- [0105] 图 63 显示了图 62 的器件的外量子效率对发光度的图。
- [0106] 图 64 显示了图 62 的器件的功率对发光度的图。
- [0107] 图 65 显示了图 62 的器件的发光度对电压的图。
- [0108] 图 66 显示了图 62 的器件的场致发光强度对波长的图。
- [0109] 发明详述
- [0110] 一般地，OLED 包括布置在阳极和阴极之间并且电连接到阳极和阴极上的至少一个有机层。当施加电流时，阳极注入空穴和阴极注入电子到所述有机层中。注入的空穴和电子各自向着带相反电荷的电极迁移。当电子和空穴定域在同一分子上时，形成了“激子”，所述激子是具有激发能态的定域的电子-空穴对。当激子通过光发射机理松弛时，光被发射。

在一些情况下,所述激子可以定域在受激准分子或激态复合物上。非辐射机理如热弛豫也可能发生,但一般被认为是不希望的。

[0111] 采用从发射分子的单线态发光(“荧光”)的发射分子的初始 OLED 被公开在例如美国专利 4,769,292 中,该专利全部内容通过引用结合到本文中。荧光发射通常在小于 10 毫微秒的时间范围内发生。

[0112] 最近,已经证实了具有从三重态发光(“磷光”)的发射材料的 OLED。Baldo 等人,“Highly Efficient Phosphorescent Emission from Organic Electroluminescent Devices”, Nature(自然),395 卷,151-154,1998(“Baldo-I”); 和 Baldo 等人,“Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence”, Appl. Phys. Lett. (应用物理通讯),75 卷, No. 3,4-6(1999) (“Baldo-II”),它们的全部内容通过引用结合在本文中。磷光被更详细地描述在美国专利 7,279,704 的 5-6 栏中,所述内容通过引用结合在本文中。

[0113] 图 1 显示了有机发光器件 100。这些图不一定按比例画出。器件 100 可包括基材 110,阳极 115,空穴注入层 120,空穴传输层 125,电子封闭层 130,发射层 135,空穴封闭层 140,电子传输层 145,电子注入层 150,保护层 155,和阴极 160。阴极 160 是具有第一导电层 162 和第二导电层 164 的复合阴极。器件 100 可以通过按照顺序沉积所述层来制造的。这些不同层的性质和功能以及示例材料被更详细地描述在 US 7,279,704 的 6-10 栏中,所述内容通过引用结合在本文中。

[0114] 对于这些层的每一层来说都有更多实例可以获得。例如,柔性和透明的基材-阳极组合被公开在美国专利 5,844,363 中,其全部内容通过引用结合在本文中。p-掺杂的空穴传输层的一个实例是按照 50:1 的摩尔比用 F<sub>4</sub>-TCNQ 掺杂的 m-MTDATA,公开于美国专利申请公开号 2003/0230980 中,其全部内容通过引用结合在本文中。发射材料和主体材料的实例被公开在授予 Thompson 等人的美国专利 6,303,238 中,其全部内容通过引用结合在本文中。n-掺杂的电子传输层的一个实例是按照 1:1 的摩尔比用 Li 掺杂的 BPhen,公开于美国专利申请公开号 2003/0230980 中,其全部内容通过引用结合在本文中。美国专利 5,703,436 和 5,707,745(它们的全部内容通过引用结合在本文中)公开了包括复合阴极在内的阴极的实例,所述复合阴极具有金属如 Mg:Ag 的薄层,在所述金属薄层上具有层叠的透明的、导电的、溅射沉积的 ITO 层。封闭层的理论和使用更详细地描述在美国专利 6,097,147 和美国专利申请公开号 2003/0230980 中,它们的全部内容通过引用结合在本文中。美国专利申请公开号 2004/0174116 提供了注入层的实例,其全部内容通过引用结合在本文中。保护层的描述可见于美国专利申请公开号 2004/0174116 中,其全部内容通过引用结合在本文中。

[0115] 图 2 显示了颠倒的 OLED 200。该器件包括基材 210,阴极 215,发射层 220,空穴传输层 225,和阳极 230。器件 200 可以通过按照顺序沉积所述层来制造。因为最常见的 OLED 构型具有布置在阳极上的阴极,并且器件 200 具有布置在阳极 230 下的阴极 215,因此器件 200 可以被称为“颠倒的”OLED。与讨论器件 100 时所描述的那些材料类似的材料可以被用于器件 200 的相应层中。图 2 提供了如何从器件 100 的结构中省略掉一些层的一个实例。

[0116] 在图 1 和 2 中示出的简单层状结构是作为非限制性例子提供的,并且可以理解,本发明的实施方案可以与各种其它结构相结合使用。所述的特定材料和结构是举例性质的,

并且其它材料和结构可以被使用。功能化的 OLED 可以通过以不同的方式组合所述的各种层来实现,或者某些层可以被完全省略,基于设计、性能和成本因素。没有具体描述的其它层也可以被包括。可以使用除了具体描述的那些材料之外的材料。虽然在这里提供的许多实施例将各种层描述为包括单一一种材料,但是可以理解,可以使用材料的组合,如主体和掺杂剂的混合物,或更一般地混合物。同时,这些层可具有各种亚层。在这里给予各种层的名称并不是意图严格限制的。例如,在器件 200 中,空穴传输层 225 传输空穴并将空穴注入到发射层 220 中,因此可以被描述为空穴传输层或空穴注入层。在一个实施方案中,OLED 可以被描述为具有设置在阴极和阳极之间的“有机层”。该有机层可以包括单个层,或者可以进一步包括例如讨论图 1 和 2 时所述的不同有机材料的多个层。

[0117] 没有具体描述的结构和材料也可以使用,例如由聚合物材料组成的 OLED (PLED),如公开在美国专利 5,247,190 (Friend 等人) 中的 PLED,该专利的全部内容通过引用结合在本文中。作为另一个例子,可以使用具有单个有机层的 OLED。OLED 可以堆叠,例如如在美国专利 5,707,745 (Forrest 等人) 中所述,该专利的全部内容通过引用结合在本文中。OLED 结构可以背离在图 1 和 2 中图示说明的简单层状结构。例如,基材可以包括有角度的反射面以改进外偶联,如在 Forrest 等人的美国专利 6,091,195 中所述的台式结构,和 / 或在 Bulovic 等人的美国专利 5,834,893 中描述的坑形结构,所述专利的全部内容通过引用结合在本文中。

[0118] 除非另作说明,各种实施方案的这些层中的任何一层可以通过任何合适的方法沉积。对于有机层,优选的方法包括热蒸发,墨喷(如在美国专利 6,013,982 和 6,087,196 中所述的,所述专利的全部内容通过引用结合在本文中),有机气相沉积 (OVPD) (如在美国专利 6,337,102 中所述的,该专利的全部内容通过引用结合在本文中),和通过有机蒸气喷印 (OVJP) 的沉积(如在美国专利申请序列号 10/233,470 中所述的,该专利申请的全部内容通过引用结合在本文中)。其它合适的沉积方法包括旋涂和其它溶液型工艺。溶液型工艺优选在氮或惰性气氛中进行。对于其它层,优选的方法包括热蒸发。优选的图案化方法包括通过掩模的沉积,冷焊(如在美国专利 6,294,398 和 6,468,819 中描述的方法,所述专利的全部内容通过引用结合在本文中),和与某些沉积方法如墨喷和 OVJD 联合的图案化。其它方法也可以使用。被沉积的材料可以被改性,以使得它们与具体的沉积方法相容。例如,取代基如支化或未支化的并优选含有至少 3 个碳的烷基和芳基可以用于小分子中,以提高它们经历溶液加工的能力。可以使用具有 20 个碳或更多个碳的取代基,而 3-20 个碳是优选的范围。具有不对称结构的材料可以比具有对称结构的那些材料有更好的溶液加工性,因为不对称材料可以有更低的重结晶倾向。树状分子取代基可用来提高小分子经历溶液加工的能力。

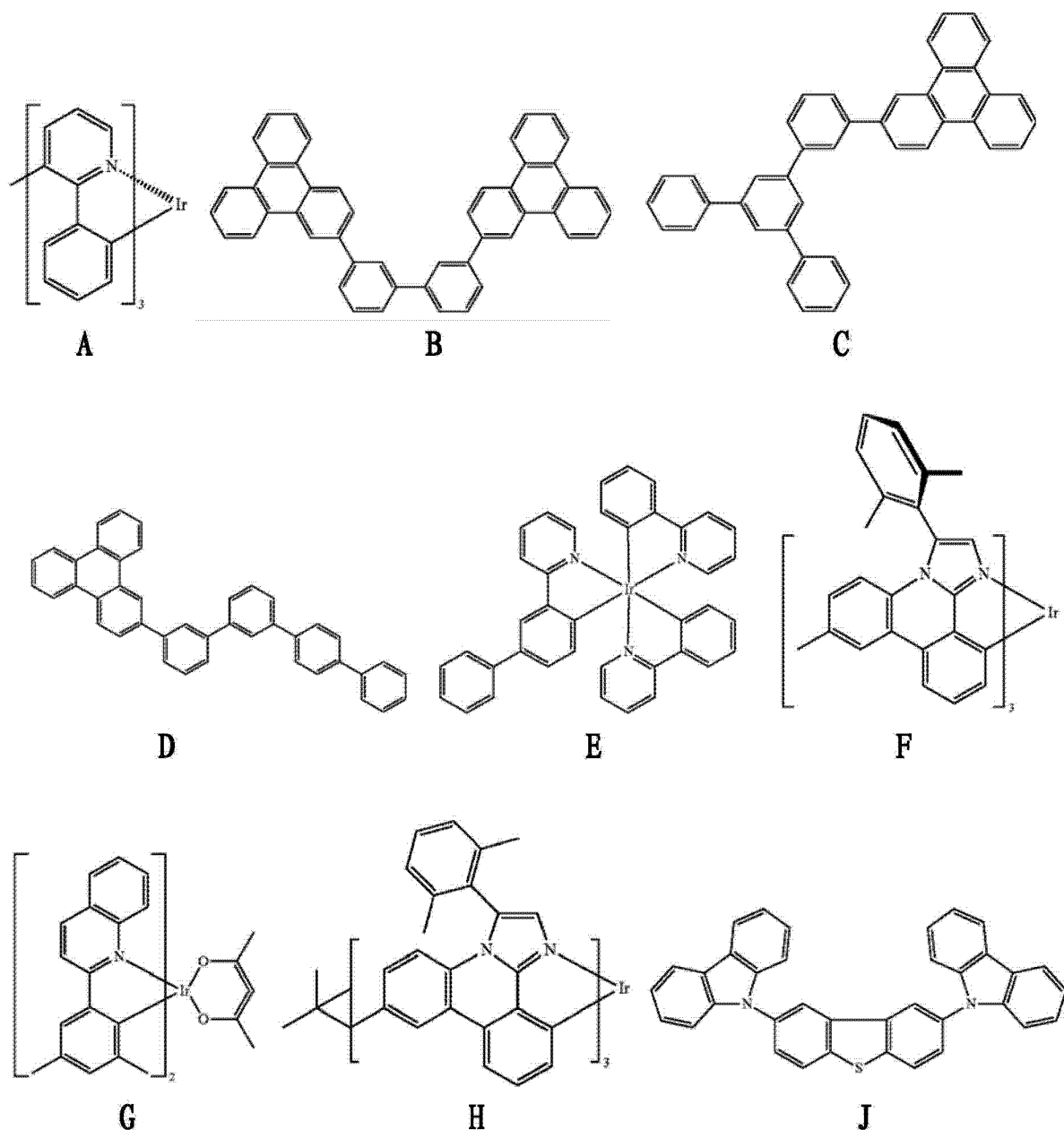
[0119] 按照本发明的实施方案制造的器件可以结合到各种各样的消费产品中,包括平板显示器,计算机显示器,电视,广告牌,内部或外部照明和 / 或发信号的光源,平视显示器 (heads up display),全透明显示器,柔性显示器,激光打印机,电话,移动电话,个人数字助理 (PDA),膝上型计算机,数字式摄像相机,摄像放像机,取景器,微型显示器,车辆,大面积幕墙,戏院或露天运动场屏幕,或标牌。各种控制机构可用来控制按照本发明制造的器件,包括无源矩阵和有源矩阵。许多的器件预计在人感觉舒适的温度范围如 18°C 到 30°C 的范围中使用,更优选在室温 (20-25°C) 使用。

[0120] 本文描述的材料和结构可以应用在不同于 OLED 的器件中。例如,其它 光电器件如有机太阳能电池和有机光检测器可以使用所述材料和结构。更一般地,有机器件如有机晶体管可以使用所述材料和结构。

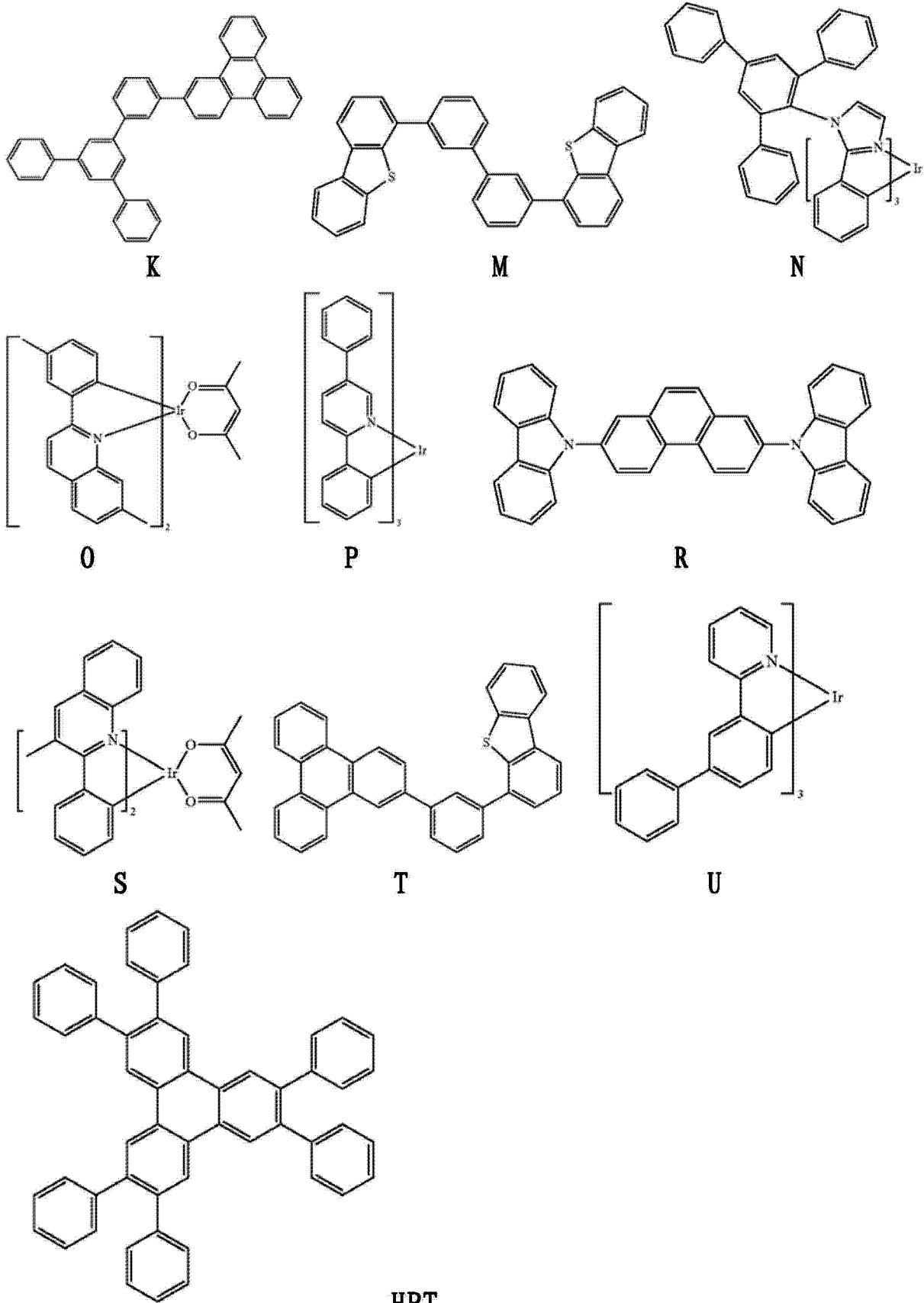
[0121] 术语卤代, 卤素, 烷基, 环烷基, 链烯基, 炔基, 芳烷基, 杂环基, 芳基, 芳族基和杂芳基是本领域已知的, 并且被定义在 US7, 279, 704 的 31-32 栏中, 所述内容通过引用结合在本文中。

[0122] 在本文中使用时, 下列化合物具有下列结构:

[0123]



[0124]



[0125] 图8显示了一种通用的磷光OLED结构。在某些方面,本发明公开了用于磷光OLED的新结构。图9显示了一种简化的器件结构,它包括在空穴注入层(HIL)和封闭层(BL)之间的一个厚的发射层(EML)。已证实,当磷光OLED中的NPD HTL被化合物B:化合物A掺

杂的层代替时,这导致新的绿色磷光 OLED 的特别长的寿命。已证实具有 **600 Å** 化合物 B: 化合物 A 15% EML 的绿色器件在 1000 尼特下具有 44cd/A 的效率和 65,000 小时的 80% 寿命,见表 2,将实施例 1 与对比实施例 2 相比。在此器件中,所述 **600 Å** 化合物 B: 化合物 A 层提供了电子和空穴传输能力。化合物 B 提供了非常稳定的基质。提供化合物 A 作为传输空穴的掺杂剂,因为化合物 B 具有优先的电子传输特性。所述掺杂的化合物 B: 化合物 A 层也可用作红色和蓝色结构的 HTL。化合物 B: 化合物 A 是说明掺杂的 HTL 概念的一个实例。化合物 A 也可用作空穴注入层,并且化合物 B 可以用作在发射层和电子传输层(如果存在的话)和后续的阴极之间的层。

[0126] 本文公开的一些特征使得磷光 OLED 稳定性能够显著改善。这包括材料(化合物 B) 的利用,最初设计该材料是用作主体,但现在已证实它是有效的 BL(封闭层)和 HTL(空穴传输层)。

[0127] 以下文献的全文通过引用结合在本文中:Vadim Adamovich, Novel materials and techniques of fabrication for Organic light emitting diodes(制造有机发光二极管的新材料和技术), PhD, Thesis(博士论文), 11. 25. 2003 公布;Peter Mackenzie, Vadim Adamovich, Yeh Tung, Michael S. Weaver. EML ON ITO OLED DEVICES, 临时申请 #60/763, 189;美国专利 7, 022, 421;美国专利 7, 078, 113;美国专利公开号 2006/0280965。

[0128] CBP 主体、HPT 封闭层 (BL) 和 NPD 空穴传输层 (HTL) 材料的低稳定性是实现稳定和长寿命的绿色磷光 OLED 的重大障碍。更稳定的材料如化合物 B 在绿色磷光 OLED 中在发射层、BL 和 HTL 中的使用允许绿色磷光 OLED 的寿命改善约 10 倍。对于绿色器件来说,用化合物 A 掺杂的化合物 B 的层代替 NPD HTL 大大改善器件寿命。该概念也适用于蓝色器件。

[0129] 化合物 B 是非常稳定的主体材料。本发明公开了具有化合物 B 的绿色结构和性能,该化合物 B 作为主体、封闭层和空穴传输层的组分用在器件内的各层中。表 1 显示了有关改善绿色磷光 OLED 稳定性的器件数据。图 8 显示了一种通用的器件结构,其显示了表 1 的各层的结构。

[0130] 表 1:由于器件结构中的新材料导致的绿色磷光 OLED 性能的进展

[0131]

结构	1	2	3	4	5	6
HIL100Å	化合物 A	化合物 A	化合物 A	化合物 A	化合物 A	CuPc
HIL300Å	NPD	NPD	NPD	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 30%	化合物 B: 化合物 A 15%
EML 300Å	CBP: 化合物 A10%	化合物 B: 化 合物 A 10%	化合物 B: 化 合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 15%
BL	HPT 50Å	HPT 50Å	化合物 B 100Å	化合物 B 100Å	化合物 B 100Å	化合物 B 100Å
ETL	Alq 450Å	Alq 450Å	Alq 400Å	Alq 400Å	Alq 400Å	Alq 400Å
在 1000 尼特 的电压 [V]	5.8	5.7	6.4	7.6	6.4	8.8
在 1000 尼特 的发光效率 [cd/A]	61	59	54.7	44.2	51.8	25.6
在 1000 尼特 的 BQE [%]	17.7	16.3	15.3	12.3	14.4	6.9
在 40mA/cm <sup>2</sup> 的 初始发光度 [cd/m <sup>2</sup> ]	16155	16840	17300	13714	15666	8229
在 40mA/cm <sup>2</sup> 的 T <sub>80%</sub> [h]	80	160	185	870	~ 900	2000
在 1000 尼特 的 T <sub>50%</sub> [h]*	25,000	55,000	75,000	280,000	>500,000	>600,000

[0132] \*由加速的 LT 预测的

[0133] 如从表 1 可以看出的,将化合物 B 稳定材料作为各种层引入所述器件显著改善了该器件的寿命。尽管不想受理论的限制,但 HTL 替代改善了所述器件。据信这对于绿色器件来说可能是尤其重要的。NPD 在绿色器件中不如在其它器件如红色器件中稳定。再次地,不想受理论的限制,但据信 NPD 可以被漏过发射层的电子和(或)被磷光激子劣化。如表 1 中所示,更稳定的化合物 B: 化合物 A 层代替 NPD HTL 将器件寿命提高至四倍。在包括化合物 A 和化合物 B 二者的层内,化合物 B 传输电子,而化合物 A 掺杂剂传输空穴。替代 NPD 使绿色器件的寿命与红色器件的寿命类似(>100,000h)。掺杂的 HTL 的相同概念可以利用其它材料来使用,并且可以被应用于红色和蓝色磷光 OLEDs。

[0134] 可以考虑的其它器件结构包括梯度结构(graded structure),其中 HIL 是 100% 的 p-型掺杂剂如化合物 A,然后引入主体材料如化合物 B 作为远离阳极的材料。在阳极和 BL 或 ETL 之间也可以采用不同浓度(0-100%)的掺杂剂和主体的多个层。

[0135] 化合物 B 也可以用作红色和蓝-绿色发射体的主体。

[0136] 化合物 B 也可以用作红绿色、蓝色或白色或任何其它颜色的器件中的 BL。

[0137] 具有**600 Å**的化合物 B: 化合物 A 层和作为封闭物 (blocker) 的化合物 B 的器件在不同的 HIL (CuPc、化合物 A 和没有 HIL) 上形成。

[0138] 具有化合物 B: 化合物 A 掺杂的 HTL 的特定器件实例归纳于表 2 中。图 21 提供了表 2 中所述器件的结构。

[0139] 表 2: 当器件中的 NDP HTL 被替代时器件性能比较

[0140]

参数	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	对比实施例
HIL100Å	化合物 A	CuPc	无	化合物 A	化合物 A	化合物 A
HTL300Å	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 30%	化合物 B: 化合物 A 15%	NPD
EML300Å	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 A: 化合物 B 15%	化合物 B: 化合物 A 15%	化合物 B: 化合物 A 15%	CBP: 化合物 A 10%	化合物 B: 化合物 A 15%
CIE[x, y]	0.38 0.59	0.36 0.61	0.36 0.60	0.37 0.60	0.37 0.60	0.38 0.59
1000 尼特时的电压 [V]	7.6	8.8	8.6	6.4	7.8	6.4
1000 尼特时的发光效率 [cd/A]	44.2	25.6	34	51.8	45.8	54.7
1000 尼特时的 EQE [%]	12.3	6.9	9.3	14.39	12.78	15.3
70℃ 1000 尼特时的 T <sub>90%</sub> [h]	625	900	482	-	-	293
40mA/cm <sup>2</sup> 时的	13714	8229	9434	15666	13697	17300

[0141]

初始发光度 [cd/m <sup>2</sup> ]						
40mA/cm <sup>2</sup> 时的 T <sub>80%</sub> [h]	870	2000	1200	~ 900	~ 460	185
1000 尼特时的 T <sub>80%</sub> [h]*	65,000	140,000	>150,000	98,000		>15,000
1000 尼特时的 T <sub>50%</sub> [h]*	280,000	>600,000	>500,000	>400,000		>75,000

[0142] \*由加速的 LT 预测的

[0143] 用稳定的掺杂的 HTL (化合物 B: 化合物 A) 替代 NPD 导致绿色器件寿命的显著提高。试验结果示于表 1 和 2 和相关附图中。具有**600Å**的化合物 B: 化合物 A 15%层 (由



于材料的混合物而具有电子传输和空穴传输两种能力)的器件在不同的 HIL(CuPc、化合物 A 和没有 HIL)上形成(分别为表 2 中的实施例 2、1 和 3)。显示了具有  $300\text{\AA}$  的 NPD HTL 和  $300\text{\AA}$  的化合物 B: 化合物 A15% EML 的相同器件结构作为对比实施例。没有 NPD 的器件比有 NPD HTL 的器件稳定得多。在该器件中,化合物 B 主体(基质)和化合物 A(空穴传输和发射掺杂剂)被用在一个层内。

[0144] 在表 2 中显示的特定试验中测得的器件的优越性能和最佳性能(其是长寿命与高器件效率和低操作电压的组合)是表 2 中的实施例 5。图 9 中显示了实施例 5 的结构。这个器件仅有三种有机材料。该器件的 HIL、EML 和 BL 可以被认为具有从邻接 ITO(空穴注入界面)的 100%化合物 A 至邻接 Alq ETL(电子注入界面)的 100%化合物 B 的梯度浓度的化合物 A: 化合物 B 层。

[0145] 表 1 和 2 的器件说明了与优越的器件性能相关的以下几点。

[0146] ○掺杂的 HTL(稳定的基质(不必是空穴传输性的)和空穴传输掺杂剂)(也可能 ETL)的利用

[0147] ○相同材料(主体和掺杂剂)用于 HTL 和发射层的利用

[0148] ○相同材料(例如化合物 A)作为绿色磷光发射掺杂剂和空穴传输掺杂剂和空穴注入层的利用

[0149] ○相同材料(例如化合物 B)作为 EML 中的主体、HTL 中的基质、器件中的封闭层(纯的)的利用

[0150] ○器件中仅有三种材料(例如化合物 A、化合物 B、Alq)

[0151] ○高稳定性的绿色磷光结构(在 1000 尼特下超过 300,000 小时的寿命)

[0152] 另外,公开了具有以下优选结构的器件结构,它们可单独或组合使用:

[0153] 稳定的主体,如苯并 [9, 10] 菲化合物,例如化合物 B 的利用

[0154] 1. 作为 PHOLEDs 的主体的苯并 [9, 10] 菲化合物

[0155] 2. 作为 PHOLEDs 中的封闭或阻抗层的苯并 [9, 10] 菲化合物

[0156] 3. 作为同一 OLED 中的主体和封闭层的苯并 [9, 10] 菲化合物

[0157] 4. 作为同一 OLED 中的主体和 HTL 组分的苯并 [9, 10] 菲化合物

[0158] 5. 作为同一 OLED 中的 HTL 的组分和封闭层的苯并 [9, 10] 菲化合物

[0159] 6. 作为同一器件如三组分器件中的 HTL 的组分、主体和封闭层的苯并 [9, 10] 菲化合物

[0160] 7. 有或没有电子传输层的结构 1-6。

[0161] 8. 使用化合物 B 作为具体的苯并 [9, 10] 菲化合物的结构 1-7。

[0162] 9. 上述结构 1-7,但使用咪唑化合物代替苯并 [9, 10] 菲化合物作为稳定的主体。

[0163] 10. 使用 mCBP 或化合物 R 作为具体的咪唑化合物的结构 9。

[0164] 器件可以使用稳定的主体材料即苯并 [9, 10] 菲化合物或咪唑化合物制造。所述器件可以包括仅 3 种或仅 2 种有机组分,并且可以包括具有不同浓度的相同材料的多个层。表 3 显示了这样的器件的实例。图 8 中显示了表 3 的器件的结构。图 8 中关于 HTL 和 ETL 的命名在一定程度上是可变通的,因为据信这两层在许多结构,特别是其中 HTL 和 ETL 具有相同材料但浓度不同的那些结构中都发射。表 3 的器件 1 和 2 实际上已被制造,而器件 3

和 4 没有被制造,但为了说明的目的将器件 3 和 4 包括在表 3 中。据信化合物 S 是可以在发射层中传输电子的磷光分子的一个实例。

[0165] 表 3 :基于在不同层内的不同浓度的相同材料的“3 组分”和“2 组分”磷光 OLED 结构的实例

[0166]

层 结构	HIL	HTL	EML	BL	ETL
1	A	B: A (30%)	B: A (15%)	B	Alq (如果有)
2	A	CBP: A (30%)	CBP: A (10%)	B	Alq (如果有)
3	A	R: A (30%)	R: A (10%)	R	Alq (如果有)
4	NPD	NPD	NPD: S (15%)	S	Alq (如果有)

[0167] 所述器件可以应用在平板显示器和照明中。所述已证实的优越的器件具有能在高效磷光 OLEDs 中实现更长寿命的优点。无需专门的制造设备,而且可以通过本领域已知的方法制造器件。可以考虑荫罩,取决于常见的层是否能用在并列 RGB 应用的情况中。

[0168] 图 3 显示了一种有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层,以及在第一有机层和阳极之间的具有特殊载流子迁移率特性的有机层。如所示的,图 3 的器件包括基材 310、阳极 315、第三有机层 320、具有第一有机层 330 和第二有机层 340 的发射层、空穴封闭层 350、电子传输层 360 和阴极 370。空穴封闭层 350 和电子传输层 360 是任选的。图 3 的器件和本文中显示的各种其它器件被显示为具有与基材邻接的阳极,如许多器件中常见的那样,但所述器件也可以具有与基材邻接的阴极。

[0169] 第一有机层 330 布置在阴极和阳极之间,并且包括磷光材料和非发射材料。第一有机层中磷光材料的浓度为 10-90wt%。第一有机层中非发射材料的浓度为 10-90wt%。第二有机层 340 布置在第一有机层和阴极之间。第二有机层 340 优选直接与第一有机层 330 接触,但是在第一和第二有机层 330 和 340 之间也可以有能传输电子和空穴的薄的有机层。第二有机层也包括磷光材料和非发射材料。所述第二层内磷光材料的浓度为 3-25wt%。第二有机层中非发射材料的浓度为 75-97wt%。第二有机层中磷光材料的浓度比第一有机层中磷光材料的浓度低。由于第一和第二有机层 330 和 340 中磷光材料的不同浓度,在这些层间存在界面。在一个方面,第一和第二有机层 330 和 340 仅包括磷光材料和非发射材料。这是有利的,因为将材料的数目最小化简化了制造,并且避免了可能与另外的材料相关的故障机理。

[0170] 图 3 和其它附图显示了包括“磷光”材料和“非发射”材料的有机层。

[0171] 在本文中使用的“磷光”材料是能够在室温,例如在约 18-25 摄氏度下从三重激发态发射光的材料。然而,任何给定的磷光材料在特定的层或在特定的器件中可以发光或不发光。在本文中公开的许多结构中,所述磷光材料发射光。然而,在其它结构中,磷光材料不发射光,而是向可以是磷光性或荧光性的其它分子传输激子,然后所述其它分子发射光。在这些器件中材料的磷光性质仍然发挥作用,因为在室温下从三重激发态发光的能力与其它性质如系间窜跃 (intersystem crossing) 和强自旋轨道耦合有关,所述其它性质允许三

重态在分子上有效形成并传输给其它分子,尽管它可能不发射光。另外,许多磷光材料也是好的空穴传输体。本申请中定义的术语“磷光”的定义据信大体上与其在本领域中的使用一致,但是不想推广到该术语可能以不同的方式使用的其它用途。

[0172] 在本文中使用的“非发射”材料在所述器件中不发射光,因此该材料被描述为“非发射的”。然而,非发射材料在所述器件中不必然是电惰性的,并且可能经常涉及电荷传输,最经常涉及电子传输。该材料在其它情况中可能是发射性的,例如在溶液中或在其它器件中。通常,如果“非发射”材料在除了它作为非发射材料被包括在其中的器件外的情况中能够发射光,则在该特定器件中固体状态方面的原因导致该材料在所述器件中不发射光。例如,“非发射”材料可以用三重态能量比非发射材料的三重态能量低至少 0.1eV 的磷光材料掺杂,使得在所述非发射材料上形成的任何三重态转移到所述磷光材料而不是发射光。

[0173] 关于本发明的各方面如何发挥作用不受任何理论限制,据信,在许多磷光 OLED 中,重组发生在器件中某处的界面或界面附近,因为在界面的任何一侧电子和空穴迁移率可能是不同的,并且因为电子和空穴穿过界面可能有困难。如果发射层不包括任何内界面,重组可能发生在发射层与非发射层的界面或界面附近。因此,激子和两种类型的载流子以显著的浓度定位于所述非发射层附近。如果非发射层易受来自激子和 / 或载流子的损伤,器件寿命可能被不利地影响。另外,非发射层与重组区接近可以为激子提供非发射衰变路线,这不利地影响器件效率。

[0174] 还据信,在许多磷光器件中磷光材料负责在发射层中空穴的传输,并且非发射主体材料负责电子的传输。据信,第一有机层 330 和第二有机层 340 之间磷光材料浓度的变化可引起第一有机层 330 中电子的迁移率比第二有机层 340 中电子的迁移率高,并且第二有机层 340 中空穴的迁移率比第一有机层 330 中空穴的迁移率高。结果,电子和空穴的重组可以发生在第一有机层 330 和第二有机层 340 之间的界面或界面附近。第二有机层 340 中磷光材料的浓度优选比第一有机层 330 中的浓度低至少 5wt%, 更优选低至少 10wt%。第一有机层 330 和第二有机层 340 一起可以形成所述器件的发射层。因为重组发生在第一和第二有机层 330 和 340 之间的界面或界面附近,即在发射层内的界面处,所以可以避免在与非发射层的界面附近由重组引起的问题。这些段落中描述的推理适用于本文中描述的各种器件,所述器件具有有内界面,即在第一和第二有机层之间的界面的发射层。

[0175] 第一有机层 330 和第二有机层 340 的磷光材料可以是相同的材料,或者可以是不同的磷光材料。第一有机层 330 和第二有机层 340 的非发射材料可以是相同的材料或不同的材料。因此,存在四种组合:(1) 第一和第二两个有机层内的磷光材料相同,而且第一和第二两个有机层内的非发射材料相同;(2) 第一和第二有机层中的磷光材料不同,而第一和第二两个有机层内的非发射材料相同;(3) 第一和第二两个有机层内的磷光材料相同,而且第一和第二有机层中的非发射材料不同;和(4) 第一和第二有机层中的磷光材料不同,而且第一和第二有机层中的非发射材料不同。每种组合都有优点。

[0176] 在第一有机层 330 和第二有机层 340 中使用相同的非发射材料通过减少该器件中材料的数目而简化了制造。另外,由于每种新材料可能引入新的故障机制,因此在多个层内使用相同的材料可以减少故障机制。使用相同的非发射材料也可以有助于扩大所述器件的重组区域,这也有助于实现更高的器件寿命,同时通过调整界面处非发射材料的浓度仍允许重组在第一有机层 330 和第二有机层 340 之间的界面附近发生。

[0177] 然而,在第一有机层 330 和第二有机层 340 中使用不同的非发射材料也有优点。不同的材料可以具有不同的电荷传输性质。如果非发射材料主要负责特定载流子(最经常是电子)的传输,在第一有机层 330 和第二有机层 340 中使用不同的非发射材料可以使得控制在器件中发生重组的位置更容易。具体地说,通过为第一有机层 330 和第二有机层 340 选择不同的非发射材料,在第一有机层 330 和第二有机层 340 之间的界面附近产生载流子梯度可以更容易,因为除了非发射材料的浓度之外,非发射材料的不同也可以用于实现此目的。

[0178] 在第一有机层 330 和第二有机层 340 中以不同浓度使用相同的磷光材料,具有许多上面关于使用相同的非发射材料所描述的同样的优点。材料种类越少可能意味着故障机制越少。不同的浓度可以允许重组被控制在第一有机层 330 和第二有机层 340 之间的界面附近发生,而使用相同的磷光材料允许重组区域相对宽。

[0179] 在第一有机层 330 和第二有机层 340 中以不同的浓度使用不同的磷光材料,具有许多上面关于使用不同的非发射材料所描述的同样的优点。不同材料的使用可以增加用来控制重组发生位置的额外的参数。

[0180] 另外,磷光材料在器件中可以发射或不发射光。在希望高效的饱和发射(可能用于要求饱和发射的显示器)的情况下,在第一有机层 330 和第二有机层 340 中使用相同的磷光材料作为发射材料可能是优选的。在其中磷光材料传输电荷但不发光的构型中,被称作“低能量”材料的另外的材料可以被加到第一有机层 330 和第二有机层 340 中并发射光。所谓“低能量”是指该低能量发射材料的发射光谱的峰比同一层内的磷光材料的发射光谱的峰高至少 20nm。较高的波长对应于较低的能量。激子可以通过许多机理存在存在所述低能量发射材料上,并且不意图限制激子到达所述低能量发射材料的方式。例如,激子可以在所述磷光材料上形成并转移到所述低能量发射材料,或者激子可以直接在所述低能量发射材料上形成。在一种构型中,所述低能量发射材料可以是接受来自磷光材料的激子,包括在磷光材料上作为三重态形成的激子的荧光材料。

[0181] 然而,在希望较不饱和的发射(可能是用于一般照明目的的白光)的情况下,在同一个器件中有多分子发射可能是希望的。为此,可将不同的磷光材料用在第一和第二有机层 330 和 340 中作为那些层中的发射体,这样在所述器件中有多发射材料。也可以将被称作“低能量”材料的另外一种或多种材料加到第一和第二有机层 330 和 340 之一或两者内。如果希望从多种材料发射,可以将不同的低能量发射材料用在第一和第二有机层 330 和 340 两者内,或者可以将低能量发射材料用在第一和第二有机层 330 和 340 之一内,而磷光材料从第一和第二有机层 330 和 340 中的另一层发射。

[0182] 然而,具有含第一和第二有机层的发射层的、在第一和第二有机层之间有界面的器件仍可能经历短的使用寿命。据信,在许多磷光有机发光器件中最主要的故障机制涉及电子从阴极穿过发射层到达发射层的阳极侧的有机层。据信,用在 OLEDs 的阳极侧的许多有机材料易受来自这些电子的损伤。附图 44-50 和相关内容显示了常见空穴传输材料 NPD 在缩短器件寿命中的作用。具有第一和第二有机层 330 和 340 的发射层的使用有利地允许重组在发射层内的界面处发生。结果,到达非发射层的激子的数目和穿过整个发射层到达另一侧的载流子(即到达发射层的阳极侧的电子和到达发射层的阴极侧的空穴)的数目可以被减少。然而,有利的是具有展开的重组区(这可以通过本文所述的器件结构实现),这样激

子和 / 或载流子可以到达和损伤非发射层,不利地影响器件寿命。据信一种常见的故障机制涉及电子穿过发射层到达发射层的阳极侧,并损伤相邻的非发射层。

[0183] 避免由电子损伤发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短的器件寿命的一种方法,是在发射层的阳极侧仅使用空穴迁移率大大高于电子迁移率的材料。该差别应该足够大,使得在该层中大部分的载流子同属一种类型。参考图 3,第三有机层 320 位于发射层,即第一和 / 或第二有机层 330 和 340 的阳极侧。在被第三有机层 320 占据的位置可以有多个层的有机层。在发射层和阳极之间的每一有机层可以包括一种有机材料或多种有机材料。对于单种材料的多层来说,这意味着每层的材料的空穴迁移率大大高于该层的电子迁移率。对于包括多种材料的层来说,这意味着该层的空穴迁移率大大高于该层的电子迁移率。某“层”的空穴迁移率与该层内主要负责在该层内传输空穴的材料的空穴迁移率密切相关,尤其当所述材料以显著的量存在时。电子和空穴迁移率可以通过多种方法测量,包括飞行时间、暗电流注入和导纳谱法。所谓“大大高于”是指空穴迁移率是电子迁移率的至少两倍,优选是电子迁移率的至少十倍,最优选是电子迁移率的至少 100 倍。

[0184] 传统上 NPD 用作空穴传输层 (HTL),并且其经常与 EML 接触。然而,So 等人报道 NPD 具有类似于它的空穴迁移率 ( $\sim 5 \times 10^{-4} \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) 的电子迁移率。见 So 等人,‘在用于 OLED 的有机小分子中的双极载流子传输’,*Proceedings of the Society for Information Display*, 38, 1497 (2007)。这表明在常规结构中电子可以容易地被 NPD 传输。这使得两种可能的不希望的情况发生。首先,电子和空穴可以在 NPD 中重组。NPD 可以是稳定的空穴传输层,但是预期表现出 NPD 发射的器件不是操作上稳定的,因为所述发射是低效的,并且因此器件不包括 NPD。例如,图 38 中显示了具有 NPD 和 BA1q 发射的器件。当器件以  $20 \text{mA}/\text{cm}^2$  的恒定电流驱动时,图 43 中显示的该器件的寿命 (LT50) 小于 300 小时。作为比较,仅具有 Alq 发射的类似器件 (见图 44) 具有长得多的寿命。以  $40 \text{mA}/\text{cm}^2$  的连续驱动电流驱动 300 小时后,所述 Alq 发射器件的发光度降到其初始值的约 86% (见图 49)。其次,NPD 可能固有地对电子不稳定。有充分的证据使得可以相信,NPD 在仅有空穴的器件中是稳定的;然而,没有证实它对电子的稳定性。

[0185] 在一个优选的方面,第三有机层 320 是布置在第一有机层 330 和阳极 315 之间的单一有机层,即,第三有机层 320 与第一有机层 330 和阳极 315 直接接触。还在此优选的方面,第三有机层 320 仅包括第一有机层 330 的磷光材料。通常,电子存在于器件的发射层内,并且器件的发射材料暴露于在发射层中的电子。结果,在具有相当长寿命的器件中所使用的大部分磷光发射分子耐受来自电子的损伤。因此,以另外的角色使用第一和第二有机层 330 和 340 的磷光材料作为在第一有机层 330 和阳极 315 之间仅有的有机材料,即作为空穴传输分子,可以导致避免了与电子对发射层阳极侧的有机层损伤相关的故障机制的器件。

[0186] 避免由电子损伤在发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短寿命的另一种方法,是在发射层的阳极侧避免使用易受来自电子的损伤的材料种类。据信在发射层的阳极侧通常使用的许多材料易受这样的损害。NPD 是这类材料的一个实例。更一般地说,在发射层的阳极侧可以被有利地避免的材料包括具有来自如下名单的基团的分子:三芳基胺,萘基,三 (N- 咔唑基) 三苯胺,四芳基胺和咔唑。

[0187] 避免由电子损伤在发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短寿命的另一种方法,是在发射层的阳极侧使用具有高空穴传导率的材料。高空穴传导率可以允许空穴以足

以使到达发射层阳极侧的电子的数目减至最少的速率注入发射层。在一个 OLED 中,某层的电导率的一种实用量度是由制造更厚的特定层在器件中引起的电压升高。具体地说,可以制造除了一个方面的不同—这些器件中电导率正在被测量的特定层在不同的器件中有不同的厚度—外其它方面相同的数个器件。因为所述器件其它方面相同,所以由特定层厚度的增大引起的电压差可以与因各种界面和电导率正在被测量的层之外的各层引起的电压差分离开。具体地说,空穴电导率可以通过在器件中进行这样的测量来测定,在所述器件中不同厚度的所述层位于器件中基于该器件中的其它层电子不能大量到达而空穴在其中是主要的载流子的位置。参数如影响电导率的载流子迁移率可能是电流的函数,尽管据信所述函数关系不强。为了控制这个因素,测量可以在特定的电流密度下进行。 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ 是用于本文所描述的测量的合适的电流密度。已经以该方法测定了 NPD 的空穴电导率,并且已证实,在  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  的电流下,NPD 的厚度每增加  $10\text{nm}$  器件两端的电压增大  $0.6\text{V}$ 。以类似的方法测定了 LG101™(可得自韩国的 LG) 的空穴电导率,并且已证实,在  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  的电流下, LG101 的厚度每增加  $10\text{nm}$  器件两端的电压增加小于  $0.5\text{V}$ 。这些测量结果在很多种器件结构上是可重复的。在发射层和阳极之间仅具有层厚度每增加  $10\text{nm}$  器件两端的电压升高  $0.1\text{V}$  或更小的层的器件,可以有利地将对发射层阳极侧的有机层的损伤减到最小。LG101 的层是这样的层的一个实例。

[0188] 避免由电子损伤发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短寿命的另一种方法,是在发射层的阳极侧仅使用有机金属材料。据信,有机金属材料,尤其是用作有机发光器件中的磷光发射体的那些已知的有机金属材料,一般比常用在空穴传输层内的某些材料如 NPD 更耐来自电子的损伤。确实,用作发射体的有机金属材料暴露在器件的发射层中电子相对富集的环境中。在器件的电子相对贫乏的阳极侧使用这样的材料应该不会导致大的电子损伤。另外,在有机发光器件中用作发射体的许多有机金属材料是好的空穴传输体,并且据信其在许多情况下负责有机发光器件的发射层中的空穴传输。

[0189] 避免由电子损伤在发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短的寿命的另一种方法,是将高三重态能量的材料用于第一非发射材料(即第一有机层的非发射材料),如第一有机层 330。据信,降低器件寿命的一种损伤机制可能涉及到达发射层的阳极侧并损伤在发射层阳极侧的有机材料的三重态。在具有在发射层内的界面的器件结构中,据信重组(即激子形成,包括三重态形成)发生在该界面或该界面附近。取决于发射层内各种材料的相对三重态能量,三重态可以存在非发射材料和磷光材料上。通过选择高三重态能量的材料作为第一有机层的非发射材料,能够在非发射材料上形成和/或能够从其它材料转移到非发射材料上的三重态的数目可以被减少。另外,在该非发射材料上存在的任何三重态转移到发射层中具有更低三重态能量的其它分子上将是能量上有利的。因为第一有机层在发射层内但在阳极侧,磷光材料的浓度比第二有机层中磷光材料的浓度高,这提供了三重态可以从第一有机层的非发射材料转移到其上的更多位点。因此,使用高三重态能量的材料作为第一非发射材料可以减少到达发射层阳极侧的激子的数目。在本文中,“高”三重态能量的材料是指三重态能量为  $2.7\text{eV}$  或更大的材料。

[0190] 实现高器件寿命的另一种方法是使用含有选自苯并 [9, 10] 菲, 咔唑, 金属酞醇化物 (metal quinolate), 二苯并噻吩和与咔唑偶联的二苯并噻吩的基团的材料作为第一有机层的非发射材料。当与避免由电子损伤发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短寿命

的其它方法组合使用时,这些材料是最有用的。

[0191] 器件寿命对于发蓝光的磷光器件,即具有发射光谱在 440nm 和 500nm 之间的波长处具有峰值的磷光材料的器件是一个特别重要的问题。这是因为蓝色光子是可见光谱中能量最高的光子,这样发蓝光的有机分子通常相应地具有更高的三重态和 / 或单线态能量。结果,在发蓝光的器件中的许多材料可能暴露于比其它器件更高能量的激子和 / 或载流子。还有,用于蓝色器件的可获得材料的选择可能受限于对与最高已占分子轨道、最低未占分子轨道、带隙等相关的特定性质的约束,以确保器件中适当的电荷传输,而对发射较低能量的光子的器件的约束可以更松。因为用于蓝色器件的材料的选择受到限制,所以用于发绿光或红光的器件的一些更理想的材料对于发蓝光的器件来说可能不是可行的选择。器件寿命对于发绿光的器件(即具有峰值在 500nm 和 530nm 之间的波长处的发射光谱的磷光材料的器件)也是重要的。关于蓝色器件所描述的一些相同的问题适用于绿色器件,但程度上更小。因此,本文描述的许多特征对于用在具有这些波长(尤其是蓝色)的器件是特别希望的。然而,所述特征可以用在发射任何颜色光的器件中。

[0192] 优选地,第一有机层 330 和第二有机层 340 的总厚度为至少 **400Å**, 并且第一有机层 330 的厚度为至少 **50 Å**, 和第二有机层 340 的厚度是至少 **50 Å**。在这些厚度下,第一和第二有机层 330 和 340 的总厚度足够大,从而允许宽的重组区存在。而且,每层的最小厚度意味着第一和第二有机层 330 和 340 之间的界面(在该界面或其附近大部分重组可以发生)离可以包含其它材料的其它层至少 **50 Å** 远。结果,由这样的其它材料引起的任何器件寿命问题可以被减少。

[0193] 优选地,磷光材料的最高已占分子轨道比非发射材料的最高已占分子轨道高至少 0.3eV。结果,在第一和第二有机层 330 和 340 中的空穴传输很可能主要发生在磷光材料上。结果,第一和第二层 330 和 340 间磷光材料浓度的差别很可能导致这两层的空穴传输性能的显著差异,使得重组发生在这两层间的界面或界面附近。

[0194] 当空穴封闭层 350 存在时,对于该层有数种优选的材料选择。关于本发明的各方面为什么发挥作用不想受任何理论的限制,空穴封闭层 350 的目的是防止空穴从第二有机层 340 迁移进入空穴封闭层 350。空穴封闭层 350 布置在第二有机层 340 和阴极 360 之间,并与第二有机层 340 直接接触。层 350 也可以被称为“第四”有机层。

[0195] 防止空穴迁移进入空穴封闭层 350 的一种方法是将第一和第二有机层 330 和 340 的非发射材料用于空穴封闭层 350。因为第一和第二有机层 330 和 340 的磷光材料不存在于空穴封闭层 350 中,并且该材料负责第一和第二有机层 330 和 340 中的空穴传输,空穴不能进入空穴封闭层 350。在如前所述磷光材料的最高已占分子轨道比非发射材料的最高已占分子轨道高至少 0.3eV 的情况下尤其如此。在空穴封闭层 350 中使用这种特定的非发射材料因数个理由而是希望的。第一,该材料已经存在于第一和第二有机层 330 和 340 中,所以这种材料在空穴封闭层 350 中的使用应该不会向器件中引入任何另外的与材料相关的故障机制。第二,据信在许多器件中,发射层的非发射材料主要负责发射层中的电子传输,这样应该没有任何由使用这种材料从发射层的阴极侧传输电子并将电子注入发射层所引起的问题。另外,通过保持不同材料的数目最小,简化了制造。优选地,空穴封闭层仅包括第一和第二有机层 330 和 340 的非发射材料,可能含有不影响器件性质的少量杂质。然

而,其它材料也可以用于空穴封闭层 350,例如最高已占分子轨道比第二有机层 340 的磷光材料的最高已占分子轨道高至少 0.3eV 的材料。

[0196] 层 350 也可以用于阻碍激子离开第二有机层 340。优选地,层 350 仅包括三重态能量比发射掺杂剂的三重态能量高至少 0.1eV 的材料。

[0197] 避免由电子损伤在发射层阳极侧的有机材料引起的损伤和较短寿命的另一种方法,是简单地避免在发射层的阳极侧使用任何有机材料。图 4 显示了一种有机发光器件,该器件的发射层具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层,并且在所述第一有机层和所述阳极之间没有有机层。如所图示的,图 4 的器件包括基材 410,阳极 415,具有第一有机层 430 和第二有机层 440 的发射层,空穴封闭层 450,电子传输层 460,以及阴极 470。空穴封闭层 450 和电子传输层 460 是任选的。

[0198] 第一有机层 430 布置在阳极和阴极之间,并且包括磷光材料和非发射材料。第一有机层中磷光材料的浓度为 10-90wt%。第一有机层中非发射材料的浓度为 10-90wt%。第二有机层 440 布置在第一有机层和阴极之间,并与第一有机层 430 直接接触。第二有机层包括第一有机层的磷光材料和非发射材料。第二有机层中磷光材料的浓度为 3-25wt%。第二有机层中非发射材料的浓度为 75-97wt%。第二有机层中磷光材料的浓度比第一有机层中磷光材料的浓度低。在一个方面,第一和第二有机层 430 和 440 仅包括磷光材料和非发射材料。

[0199] 图 4 的器件依赖特征的结合来实现长寿命的器件。由于由阳极-发射层界面引起的问题,特别是由在该界面或该界面附近的重组引起的问题,简单避免在阳极和发射层之间使用任何有机层很可能不能导致好的器件。然而,图 4 的器件还包括含不同浓度的磷光发射掺杂剂的不同层。如同图 3 的器件一样,据信导致发射层内界面的第一有机层 430 和第二有机层 440 间磷光材料浓度的改变可以使第一有机层 430 中电子的迁移率比第二有机层 440 中电子的迁移率高,并且第二有机层 440 中空穴的迁移率比第一有机层 430 中空穴的迁移率高。结果,电子和空穴的重组可以发生在第一有机层 430 和第二有机层 440 之间的界面或界面附近。因此,图 4 的器件避免了可能存在于具有与阳极接触的发射层的现有器件中的问题。图 4 的器件还避免了可能存在于现有器件中的、由电子对在发射层和阳极之间的有机材料的损伤引起的问题,因为图 4 的器件没有任何可被电子损伤的这样的有机材料。

[0200] 图 5 显示了仅有三种有机材料的有机发光器件。如所图示的,图 5 的器件包括基材 510,阳极 515,第三有机层 520,具有第一有机层 530 和第二有机层 540 的发射层,空穴封闭层 550,电子传输层 560 和阴极 570。

[0201] 第一有机层 530 布置在阳极和阴极之间,并包括磷光材料和非发射材料。第一有机层中磷光材料的浓度为 10-90wt%。第一有机层中非发射材料的浓度为 10-90wt%。第二有机层 540 布置在第一有机层和阴极之间,并与第一有机层 530 直接接触。第二有机层包括第一有机层的磷光材料和非发射材料。第二有机层中磷光材料的浓度为 3-25wt%。第二有机层中非发射材料的浓度为 75-97wt%。第二有机层中磷光材料的浓度比第一有机层中磷光材料的浓度低。第一和第二有机层 530 和 540 仅包括所述磷光材料和所述非发射材料。

[0202] 第三有机层 520 仅包括第一有机层 530 的磷光材料,并与第一有机层 530 直接接



触。在第三有机层 520 中,所述磷光材料可能实际上不发光,而是可用于从阳极 515 传输空穴并将空穴注入第一有机层 530 中。

[0203] 空穴封闭层 550 仅包括第一有机层 530 的非发射材料。关于本发明的各方面如何发挥作用不受任何理论的限制,据信第一和第二有机层 530 和 540 中的空穴传输发生在磷光材料上,而且这种传输不发生 在非发射材料上。结果,空穴封闭层 550 不能从第二有机层 540 传输空穴,并且起空穴封闭层的作用。

[0204] 这样,仅有两种有机材料用在第三有机层 520、第一有机层 530、第二有机层 540 和第三有机层 550 之间。图 5 的器件中的第三种有机材料是作为电子传输层 560 中的唯一材料存在的电子传输材料。

[0205] 尽管本文中图示说明的许多器件具有在实施的本发明各方面中可以存在或不存在的各种层,但是图 5 中所图示的特定器件意图恰好具有所显示的各层,无添加也无省略,并且意图仅包括三种有机材料。结果,可以避免与额外的层和额外的有机材料相关的损伤机制。所述磷光材料是器件的发射材料。

[0206] 在一个不同的方面,可以以限制的方式改变图 5 的器件,以包括第四有机材料,这样所述器件仅包括四种有机材料,并且所述有机材料之一是所述器件中仅在发射层和阴极之间存在的电子传输材料。这个方面允许在所述器件的发射层以及存在于所述器件中的任何空穴传输、空穴注入和 / 或封闭层中存在三种有机材料。例如,所述器件可以包括在发射层中的两种不同的磷光材料和一种非发射材料,在发射层中的一种磷光材料和两种不同的非发射材料,或者一种磷光材料、一种非发射材料和一种低能量的发射材料。

[0207] 图 6 显示了与图 3 的器件类似但包括多种磷光材料的有机发光器件。如所图示的,图 6 的器件包括基材 610,阳极 615,第三有机层 620,具有第一有机层 630 和第二有机层 640 的发射层,空穴封闭层 650,电子传输层 660 和阴极 670。第三有机层 620、空穴封闭层 650 和电子传输层 660 是任选的。

[0208] 第一有机层 630 布置在阳极和阴极之间,并包括第一磷光材料和非发射材料。第一有机层中第一磷光材料的浓度为 3-50wt%。第一有机层中非发射材料的浓度为 10-97wt%。第二有机层 640 布置在第一有机层 630 和阴极之间,且与第一有机层 630 直接接触。第二有机层 640 包括第一有机层的第一磷光材料和非发射材料。第二层中第一磷光材料的浓度为 3-25wt%。第二有机层中非发射材料的浓度为 10-90 wt%。第二有机层中第一磷光材料的浓度比第一有机层中所述磷光材料的浓度低。

[0209] 第一有机层 630、第二有机层 640 或二者包括低能量的发射材料,其以 0.1-12wt% 的浓度存在。该低能量的发射材料可以是荧光发射材料。在所述低能量的发射材料是荧光物质的情况下,所述器件可以显示磷光敏化的荧光发射,即能量可以从第一磷光材料的三重态转移到荧光发射材料。

[0210] 第一有机层 630 和第二有机层 640 都可以包括所述以 0.1-12wt% 的浓度存在的低能量的发射材料。或者,仅第一有机层 630 可以包括所述以 0.1-12wt% 的浓度存在的低能量的发射材料,而第二有机层 640 不包括所述低能量的发射材料。或者,仅第二有机层 640 可以包括所述以 0.1-12wt% 的浓度存在的低能量的发射材料,而第一有机层 630 不包括所述低能量的发射材料。

[0211] 在一个方面,第一有机层 630 仅包括第一磷光材料和非发射材料,并且第二有机

层 640 仅包括第一磷光材料、非发射材料和低能量的发射材料。在这个特定的方面,因为在任何给定的层内所有材料的百分数加起来为 100%,第一有机层中非发射材料的浓度为 50-97wt%,并且第二有机层中非发射材料的浓度为 63-90wt%。

[0212] 在图 6 的器件中,所述第一磷光材料和所述低能量的发射材料都可以发光。例如,如果所述第一磷光材料是存在于第一有机层 630 中的仅有的发射材料,它可以从该层发光。如果所述第一磷光材料和所述低能量的发射材料都存在于第二有机层 640 中,并且该低能量的发射材料是具有比第一磷光材料低的三重态能量的磷光材料,则在第二有机层 640 中从第二磷光材料发光可能是优先的。然而,取决于第二有机层 640 中第一和第二磷光材料的浓度,仍然可以有一些来自第二有机层 640 中第一磷光材料的发射。在任何情况下,第一磷光材料都可以从第一有机层 630 发光。结果,图 6 的器件可以具有多种具有不同发射光谱的发射材料,以至于该器件可以实现宽的总发射。这样的发射光谱对于某些应用是希望的,如普通照明。

[0213] 图 7 显示了具有发射层以及位于第一有机层和阴极之间的、具有特殊载流子迁移率特性的有机层的有机发光器件,所述发射层具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。图 7 的器件使用了与对图 3 所描述的那些概念类似但用于其中磷光材料主要负责发射层中的电子传输而不是空穴传输的器件的概念。虽然最常见的磷光器件不包括其中电子在磷光材料上传输的发射层,但据信化合物 S 是在发射层中传输电子的磷光分子的一个实例。如所图示的,图 7 的器件包括基材 710、阳极 715、第三有机层 720、第一有机层 730、第二有机层 740、空穴封闭层 750、电子传输层 760 和阴极 770。第三有机层 720、空穴封闭层 750 和电子传输层 760 是任选的。

[0214] 第一有机层 730 布置在阳极和阴极之间,并包括磷光材料和非发射材料。第一有机层中磷光材料的浓度为 3-25wt%。第一有机层中非发射材料的浓度为 75-97wt%。第二有机层 740 布置在第一有机层和阴极之间,并与第一有机层 730 直接接触。第二有机层 740 包括第一有机层的磷光材料和非发射材料。第二有机层中磷光材料的浓度为 10-90wt%。第二有机层中非发射材料的浓度为 10-90wt%。第二有机层中磷光材料的浓度比第一有机层中磷光材料的浓度高。

[0215] 图 7 的器件按与图 3 的器件类似的原理操作,不同之处在于其意图用于其中磷光发射掺杂剂负责电子传输而不是空穴传输的材料组合。因此,比第一有机层 730 更靠近阴极 770 的第二有机层 740,具有比第一有机层 730 更高浓度的传输电子的磷光材料。因此,第一有机层 730 的电子迁移率相对于第二有机层 740 的电子迁移率应降低,以致重组可以发生在第一有机层 730 和第二有机层 740 间的界面或界面附近。

[0216] 图 8 显示了使用表 1 和 3 中的参数制造的有机发光器件。

[0217] 图 9 显示了已制造和测试过的一种特定的有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。

[0218] 图 10 显示了已制造和测试过的一种特定的有机发光器件。图 10 的器件仅包括四种有机材料:化合物 A,化合物 F,mCBP 和 Alq。具体地说,图 10 的器件按顺序包括:ITO 阳极,10nm 厚的化合物 A 的空穴注入层,60nm 厚用 15% 化合物 F 掺杂的 mCBP 的发射层,5nm 厚的 mCBP 的空穴封闭层,20nm 厚的 Alq 的电子传输层,0.5nm 厚的 LiF 的无机电子注入层和 100nm 厚的 Al 阴极。

- [0219] 图 11 显示了图 10 的器件的电流密度对电压的图。
- [0220] 图 12 显示了图 10 的器件的外量子效率 (EQE) 对电流密度的图。
- [0221] 图 13 显示了图 10 的器件的归一化强度 (任意单位) 对时间的图。
- [0222] 图 14 显示了图 10 的器件的归一化场致发光强度对波长的图。
- [0223] 图 15 显示了已制造和测试过的一种特定的有机发光器件。图 15 的器件仅包括三种有机材料: 化合物 F、mCBP 和 Alq。具体地说, 图 15 的器件按顺序包括: ITO 阳极, 10nm 厚的化合物 F 的空穴注入层, 60nm 厚的用 15% 化合物 F 掺杂的 mCBP 的发射层, 5nm 厚的 mCBP 的空穴封闭层, 20nm 厚的 Alq 的电子传输层, 0.5nm 厚的 LiF 的无机电子注入层和 100nm 厚的 Al 阴极。图 15 的器件与图 10 的器件类似, 除了将化合物 F 代替化合物 A 用于空穴注入层。值得注意的是, 化合物 F 也是图 15 的器件的发射材料。
- [0224] 图 16 显示了图 15 的器件的电流密度对电压的图。
- [0225] 图 17 显示了图 15 的器件的外量子效率 (EQE) 对电流密度的图。
- [0226] 图 18 显示了图 15 的器件的归一化强度 (任意单位) 对时间的图。
- [0227] 图 19 显示了图 15 的器件的归一化场致发光强度对波长的图。
- [0228] 图 20 显示了不同器件结构的归一化发光度对时间的图。
- [0229] 图 15 的器件和图 16-19 中绘制的实验结果显示, 图 15 的器件的测量结果与图 10 的类似。这是化合物 F 是类似于化合物 A 的好的空穴传输体的证据。如果化合物 F 不具有与化合物 A 的空穴传输性质相当的空穴传输性质, 预计图 15 的器件将因化合物 F 较差地传输空穴而显示比图 10 器件的性能差的性能。
- [0230] 图 21 显示了使用表 2 的参数制造的有机发光器件, 它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。
- [0231] 图 22 显示了使用表 4 的参数制造的有机发光器件, 它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。表 5 显示了表 4 的器件的器件性能。
- [0232] 表 4
- [0233]

	HIL1	HIL2	HTL	EML	BL100Å
实施例 6	化合物 A	无	化合物 D: 化合物 E 30% 300Å	化合物 D: 化合物 E 10% 300Å	化合物 D
实施例 7	化合物 A	无	化合物 C: 化合物 A 30% 300Å	化合物 C: 化合物 A 10% Å	化合物 C
实施例 8	LG-101	化合物 A	BA1q: 化合物 A 30%: 化合物 G3% 300Å	BA1q: 化合物 A 10%: 化合物 T3% Å	BA1q
实施例 9	化合物 A	无	BA1q: 化合物 A 30%: 化合物 G3% 300Å	BA1q: 化合物 A 10%: 化合物 G3% Å	BA1q
对比实施 例 2	化合物 A	无	NPD 400Å	BA1q: 化合物 G 12%	无

[0234] 表 5

[0235]

	CIE		在 1000 尼特			在 40mA/cm <sup>2</sup>	
	x	y	电压 [V]	LE [cd/A]	EQE [%]	Lo [尼特]	T80% [h]
实施例 6	0.34	0.62	8.5	42.9	11.8	13815	1,700
实施例 7	0.36	0.61	7.4	52.6	14.5	16380	1,200
实施例 8	0.66	0.34	7.3	20.2	16.7	7359	~ 3,500
实施例 9	0.66	0.34	7.7	19.1	15.8	6343	~ 3,500
对比实施 例 2	0.67	0.33	7.8	18.8	18.1	6382	963

[0236] 图 23 显示了使用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的归一化场致发光强度对波长的图。

[0237] 图 24 显示了使用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的发光效率对发光度的图。

[0238] 图 25 显示了使用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的外量子效率对发光度的图。

[0239] 图 26 显示了使用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的电流密度对电压的图。

[0240] 图 27 显示了使用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的发光度对电压的图。

[0241] 图 28 显示了使用表 4 的参数按照图 22 制造的器件的归一化发光度对时间的图。

[0242] 图 29 显示了使用表 6 的参数制造的有机发光器件,它具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层。一些器件有 NPD 层,另一些则没有 NPD 层。表 6 中的数据显示,在空穴注入层和发射层之间引入 **100Å** 的 NPD 层降低了发红光的器件的寿命。

[0243] 表 6

[0244]

HIL 层(每层 100Å)			CIE		在 1,000 尼特				在 40mA/cm <sup>2</sup>		
			x	y	电压 [V]	L. E. [cd/A]	BQE [%]	P. E. [lm/ W]	LT 50% [h]	Lo [尼特]	LT 80% [h]
LG -101	化合 物 A	NPD	0.659	0.339	7.5	22.5	18.8	9.4	195,000	8,170	2,800
LG -101	化合 物 A	-	0.658	0.340	7.3	20.2	16.7	8.7	346,000	7,359	4,000
-	化合 物 A	NPD	0.658	0.340	7.7	24.3	20.2	9.9		8,490	2,200
-	化合 物 A	-	0.657	0.341	7.7	19.1	15.8	7.8	285,000	6,343	4,000

[0245] 图 30 显示了没有 NPD 层的有机发光器件。

[0246] 图 31 显示了有 NPD 层的有机发光器件。

[0247] 图 32 显示了图 30 和图 31 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0248] 图 33 显示了图 30 和图 31 的器件的功率效率对发光度的图。

[0249] 图 34 显示了图 30 和图 31 的器件的发光度对电压的图。

[0250] 图 35 显示了图 30 和图 31 的器件的场致发光强度对波长的图。

[0251] 图 36 显示了图 30 的器件在不同初始发光度下的归一化发光度对时间的图。

[0252] 图 37 显示了图 31 的器件在不同初始发光度下的归一化发光度对时间的图。

[0253] 图 38 显示了具有来自 NPD 和 BA1q 的发射的有机发光器件。

[0254] 图 39 显示了图 38 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0255] 图 40 显示了图 38 的器件的功率效率对发光度的图。

[0256] 图 41 显示了图 38 的器件的发光度对电压的图。

[0257] 图 42 显示了图 38 的器件的场致发光强度(任意单位)对波长的图。

[0258] 图 43 显示了图 38 的器件的归一化发光度对时间的图。

[0259] 图 44 显示了具有仅来自 A1q 的发射的有机发光器件。

[0260] 图 45 显示了图 44 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0261] 图 46 显示了图 44 的器件的功率效率对发光度的图。

[0262] 图 47 显示了图 44 的器件的发光度对电压的图。

[0263] 图 48 显示了图 44 的器件的场致发光强度(任意单位)对波长的图。

[0264] 图 49 显示了图 44 的器件的归一化发光度对时间的图。

[0265] 图 50 显示了一种有机发光器件,它在发射层和阳极之间仅具有一个具有高空穴

传导率的层,并且具有用作发射层内非发射主体的相同材料的空穴封闭层。图 50 的器件包括 10nm 厚的 LG101 的空穴注入层,60nm 厚的用 15wt% 化合物 H 掺杂的化合物 J 的第一有机发射层,25nm 厚的化合物 J 的空穴封闭层,20nm 厚的 Alq 的电子传输层和 LiF/Al 阴极。

[0266] 图 51 显示了图 50 的器件的归一化发光度对时间的图。

[0267] 图 52 显示了图 50 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0268] 图 53 显示了图 50 的器件的功率对发光度的图。

[0269] 图 54 显示了图 50 的器件的发光度对电压的图。

[0270] 图 55 显示了图 50 的器件的场致发光强度对波长的图。

[0271] 图 56 显示了一种有机发光器件,它具有在发射层和阳极之间仅有的具有高空穴传导率的层,用作发射层内非发射主体的相同材料的空穴封闭层,以及具有含不同浓度的磷光材料和非发射材料的第一和第二有机层的发射层,其中第二有机层中磷光材料的浓度是可变的。图 56 的器件包括 10nm 厚的 LG101 的空穴注入层,30nm 厚的用 30wt% 化合物 H 掺杂的化合物 J 的第一有机发射层,30nm 厚的用 X wt% 化合物 H 掺杂的化合物 J 的第二有机发射层,25nm 厚的化合物 J 的空穴封闭层,20nm 厚的 Alq 的电子传输层,以及 LiF/Al 阴极。在制造的器件中 X 从 10wt% 变化到 18wt%,其中 X = 10、14 和 18wt% 的器件在图 57 的图例中指明。图 56 的器件与图 50 的器件很相似,不同的是图 56 的器件中掺杂剂 H 的浓度存在梯度差,但是在图 50 的器件中不存在。

[0272] 图 57 显示了图 56 的器件的归一化发光度对时间的图。

[0273] 图 58 显示了图 56 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0274] 图 59 显示了图 56 的器件的功率对发光度的图。

[0275] 图 60 显示了图 56 的器件的发光度对电压的图。

[0276] 图 61 显示了图 56 的器件的场致发光强度对波长的图。

[0277] 图 56 的器件可以与图 50 的器件相比较。就器件结构而言,除了发射层外所述器件是类似的,图 56 的器件在化合物 H 的浓度上存在梯度,而图 50 的器件不存在。这两个器件的测量结果表明,图 56 的器件具有更低的操作电压,这是通过掺杂剂浓度的梯度实现的。与图 50 的器件相比,图 56 的器件还具有更好的蓝色 CIE 坐标。据信所述更好的 CIE 坐标是由于图 56 的器件中更靠近阴极的重组导致的光学效应,图 56 的器件中更靠近阴极的重组是由于用 30% 化合物 H 掺杂的层内增大的空穴传导率。与图 50 的器件相比,图 56 的器件还显示更高的外量子效率。据信图 56 的器件中更高的效率是由于掺杂剂浓度的梯度引起的更展开的重组,以及在重组位置电子和空穴更好的平衡。另外,重组经常发生在界面,并且图 56 的器件因浓度梯度而具有三个涉及能发光的层的界面,而图 50 的器件仅有两个这样的界面。

[0278] 图 62 显示了一种有机发光器件,它具有在发射层和阳极之间仅有的具有高空穴传导率的层,用作发射层中非发射主体的相同材料的空穴封闭层,以及具有第一和第二有机层的发射层,在第一和第二有机发射层中具有不同的磷光材料,其中在第二有机发射层中磷光材料的浓度是可变的。图 62 的器件包括 10nm 厚的 LG101 的空穴注入层,30nm 厚的用 30wt% 化合物 A 掺杂的化合物 J 的第一有机发射层,30nm 厚的用 X wt% 化合物 H 掺杂的化合物 J 的第二有机发射层,25nm 厚的化合物 J 的空穴封闭层,20nm 厚的 Alq 的电子传输层,以及 LiF/Al 阴极。在制造的器件中 X 从 10wt% 变化到 18wt%,其中 X = 10、14 和 18

的器件在图 57 的图例中指明。图 62 的器件与图 56 的器件很相似,不同之处在于图 62 的器件在第一和第二有机发射层中使用不同的磷光发射材料,而图 56 的器件在这两层中使用相同的磷光材料。与图 62 的器件相比,图 56 的器件中磷光材料的浓度是相同的。

[0279] 图 63 显示了图 62 的器件的外量子效率对发光度的图。

[0280] 图 64 显示了图 62 的器件的功率对发光度的图。

[0281] 图 65 显示了图 62 的器件的发光度对电压的图。

[0282] 图 66 显示了图 62 的器件的场致发光强度对波长的图。

[0283] 图 62 的器件可以与图 56 的器件相比较。就器件结构而言,除了发射层外所述器件是类似的,其中图 62 的器件具有用磷光发射体化合物 A 掺杂的发射层和掺杂磷光发射体化合物 H 的另一发射层,而图 56 的器件仅具有磷光发射体化合物 H。两个器件都具有掺杂剂浓度梯度,并且甚至在实际掺杂剂不同的层内浓度也类似。通过比较这两个器件的结构可以理解以下几点。第一,图 62 的器件显示了宽的发射光谱,该发射光谱是来自化合物 A 和化合物 H 二者的发射的组合。结果,可以推断图 56 的器件是从用 30% 化合物 H 掺杂的层和用更低浓度的化合物 H 掺杂的层两者发光。比较图 58 和图 63,可以看到图 62 的器件具有比图 56 的器件更好的电荷平衡,这可以由图 62 的器件在三个数量级范围内具有相对平坦的外量子效率而图 56 的器件在两个数量级范围内具有相对平坦的外量子效率证实。

[0284] 制造了许多具有两个不同的掺杂的发射层的器件,其中这些器件不包括使用材料如 NPD 的空穴传输层。表 7 显示了这些器件的结构。表 8 显示了对这些器件测得的实验结果。通常,所述器件具有 ITO 阳极, LG101 的空穴注入层,和具有在二者间有界面的第一有机层和第二有机层的发射层。所述器件中的一些具有空穴封闭层。所有器件都具有 LG201 (可从与 LG101 相同的来源获得) 的电子传输层和 LiF/Al 阴极。器件 1、2 和 4 在第一和第二有机层中包括相同的非发射材料,但不同的磷光材料。器件 5-8 具有含不同的非发射材料和不同的磷光材料的第一和第二有机层。器件 9、11 和 12 具有含不同的非发射材料和不同的磷光材料的第一和第二有机层,其中所述第一有机层另外包括发射材料。器件 13-22 具有含相同的非发射材料和不同的磷光材料的第一和第二有机层,其中所述第一有机层另外包括低能量的发射材料。器件 1、2、4、5-8、9、11、12 和 13-22 都包括发射层,该发射层具有第一和第二有机层,在二者间有界面。在这些器件的大部分中,在第一有机层(更靠近阳极)中磷光材料的浓度更高。然而,在器件 8 和 9 中,在第二有机层中磷光材料的浓度更高。器件 3 的发射层不包括各自具有非发射材料和磷光材料且在两者之间有界面的第一和第二有机层。器件 10 的发射层也没有所述两个有机层,因为在器件 10 中化合物 B 是非发射的,并且器件 10 不包括各自具有非发射材料和磷光材料的第一和第二有机层。

[0285] 表 7

[0286] 器件

[0287]

---

1	ITO [80nm]	LG101 [10nm]	D: P30% [15nm]	D: N12% [15nm]	D [20nm]	LG201 [20nm]	LiF/A1 [100nm]
2	ITO [80nm]	LG101 [10nm]	D: P30% [15nm]	D: N12% [15nm]	D [20nm]	LG201 [20nm]	LiF/A1 [100nm]
3	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	C: N12% [30nm]	HPT [5nm]		LG201 [40nm]	LiF/A1 [100nm]
4	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	C: P30% [30nm]	C: N12% [30nm]	HPT [5nm]	LG201 [40nm]	LiF/A1 [100nm]
5	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	B: P30% [30nm]	mCBP: N9% [25nm]	mCBP [5nm]	LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
6	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	B: P30% [30nm]	mCBP: N9% [25nm]		LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
7	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	mCBP: N9% [25nm]	B: P30% [30nm]	B [5nm]	LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
8	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	mCBP: N9% [25nm]	B: P30% [30nm]		LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
9	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	B: P: O30%: 1% [30nm]	mCBP: N12% [25nm]		LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
10	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	B: P: O30%: 1% [30nm]	B [1.5nm]	mCBP: N12% [25nm]	LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
11	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	B: P: O30%: 0.5% [30nm]	mCBP: N12% [30nm]		LG201 [45nm]	LiF/A1 [100nm]
12	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	B: P: O30%: 0.5% [30nm]	mCBP: N12% [30nm]		LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
13	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	J: P: O30%: 0.5% [30nm]	J: N12% [25nm]		LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]

[0288]

---

14	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	J: P: O30%: 0.5% [30nm]	J: N6% [25nm]		LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
15	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [30nm]	M: N18% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
16	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [30nm]	M: N18% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
17	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [30nm]	M: N24% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
18	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [30nm]	M: N24% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
19	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [30nm]	M: N18% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
20	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [30nm]	M: N12% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
21	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [20nm]	M: N18% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]
22	ITO [120nm]	LG101 [10nm]	M: P: O30%: 0.5% [20nm]	M: N18% [25nm]	M [5nm]	LG201 [30nm]	LiF/A1 [100nm]

[0289] 表 8

[0290]



器件	1,000 尼特的数据				在 10mA/cm <sup>2</sup>		来自 1,000 尼特	
	V	cd/A	EQE (%)	PE (lm/W)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	LT70	LT50
1	7.5	17.1	5.1	7.2	0.439	0.545		
2	6.0	15.4	4.6	8.0	0.439	0.545		
3	6.2	6.4	2.1	3.3	0.258	0.569		
4	6.7	28.4	9.1	13.4	0.464	0.521		
5	10.0	30.2	9.8	9.5	0.444	0.517		
6	9.0	32.9	10.4	11.4	0.442	0.523		
7	9.8	7.6	2.3	2.4	0.401	0.552		
8	9.2	7.1	2.2	2.4	0.361	0.560		
9	7.7	23.6	13.2	9.6	0.516	0.424	1,000	5,000
10	8.3	21.9	12.8	8.3	0.543	0.413	1,500	5,000
11	8.9	24.6	13.5	8.7	0.533	0.424	12,000	35,000
12	7.4	27.4	14.5	11.6	0.524	0.426	26,000	50,000
13	6.3	21.3	11.1	10.6	0.501	0.431		
14	6.5	22.2	12.0	10.7	0.542	0.422		
15	6.1	23.7	10.9	12.3	0.467	0.457		
16	6.2	31.7	15.1	16.1	0.500	0.445		
17	6.2	14.9	6.9	7.5	0.467	0.457		
18	6.1	29.5	13.5	15.2	0.456	0.460	100,000	2,000,000
19	6.3	32.4	15.3	16.1	0.437	1.451		
20	7.0	33.2	16.3	15.0	0.505	0.439		
21	6.4	29.0	13.9	14.3	0.472	0.449		
22	6.2	29.4	14.2	14.9	0.467	0.448		

[0291] 表 9 显示了一些器件的器件结构和测得的实验结果,所述器件具有在第一有机层和第二有机层之间有界面的发射层,其中主体和掺杂剂,即非发射材料在两层中是相同的材料,并且磷光材料在两层中是相同的材料,但是浓度不同。表 9 中的所有器件都具有 **100Å** 的化合物 A 的空穴注入层, **100Å** 的不同材料(取决于具体器件)的空穴封闭层(“BL”), **400Å** 的电子传输层和 LiF/Al 阴极。发射层包括第一有机层和第二有机层,这两层间有界面,其中第一有机层是 **300Å** 的浓度为 70wt% 的非发射材料(表 9 中的“主体”)和浓度为 30wt% 的磷光材料(表 9 中的“掺杂剂”),第二有机层是 **300Å** 的浓度为 90wt% 的相同的非发射材料(表 9 中的“主体”)和浓度为 10wt% 的相同的磷光材料(表 9 中的“掺杂剂”)。在表 9 中标出了每个器件的具体的主体和掺杂剂。因此,表 9 的器件的通用器件结构是:ITO (**1200Å**)/化合物 A (**100Å**)/主体(70wt%):掺杂剂(30wt%) (**300Å**)/主体(90wt%):掺杂剂(10wt%) (**300Å**)/BL (**100Å**)/Alq<sup>3</sup> (**400Å**)/LiF/Al。

[0292] 表 9

[0293]

实例				CIE		在 1,000 尼特				在 40mA/cm <sup>2</sup>	
	主体	掺杂剂	BL	X	Y	电压 [V]	L. E. [cd/A]	EQE [%]	P. E. [lm/W]	Lo [尼特]	LT80% [h]
A	T	A	T	0.36	0.61	6.4	57.5	15.9	28.2	17,225	1060
B	T	A	HPT	0.36	0.61	5.8	60.4	16.6	32.7	16,732	1000
C	T	U	T	0.34	0.62	8.4	46.4	12.5	17.3	15,184	2100
D	T	U	HPT	0.35	0.62	7.8	54.7	14.8	22.0	15,904	1350

[0294] 应该明白,本文描述的各种实施方案仅是作为实例,并且不意图限制本发明的范围。例如,本文描述的许多材料和结构可以用其它材料和结构取代而不会偏离本发明的精神。因此所要求保护的本发明可以包括这里所描述的具体实施例和优选实施方案的变化形式,这些变化形式对于本领域技术人员来说是显而易见的。应该明白,关于本发明为什么发挥作用的各理论不意图是限制性的。

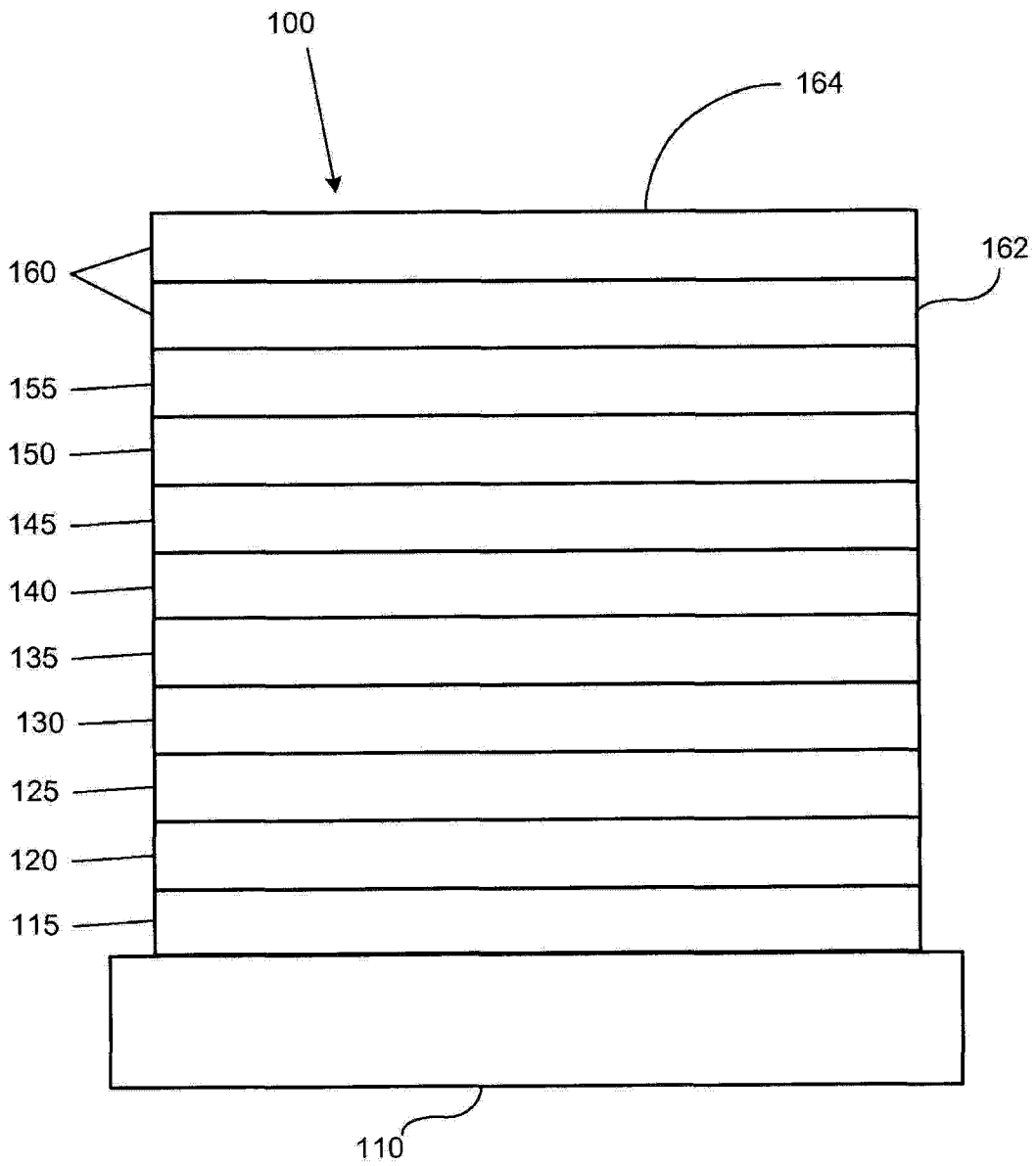


图 1

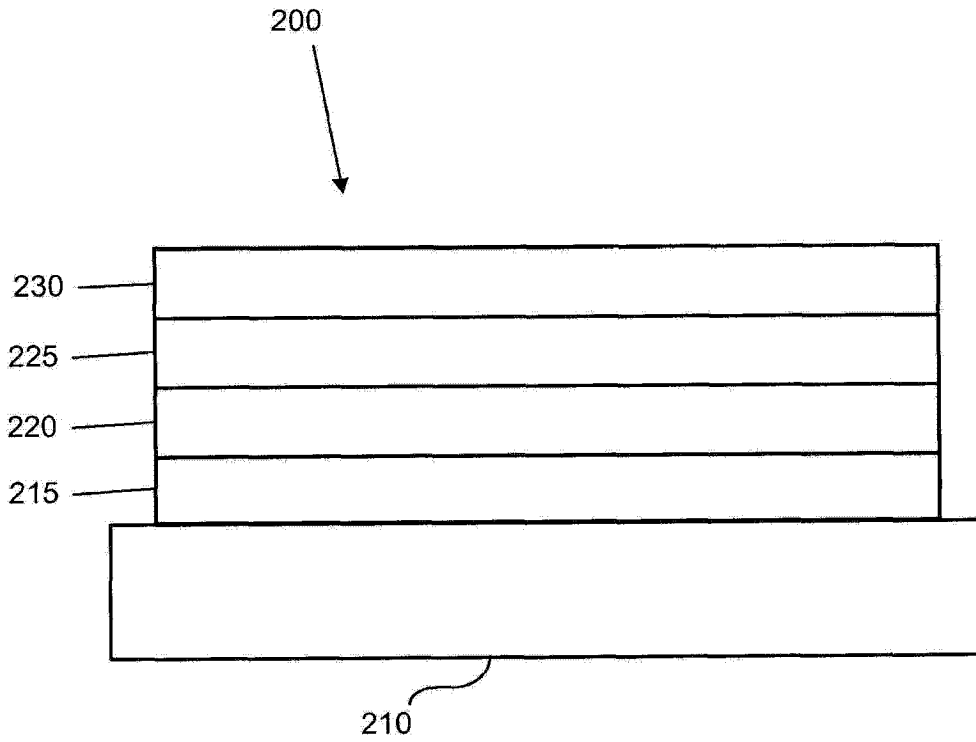


图 2

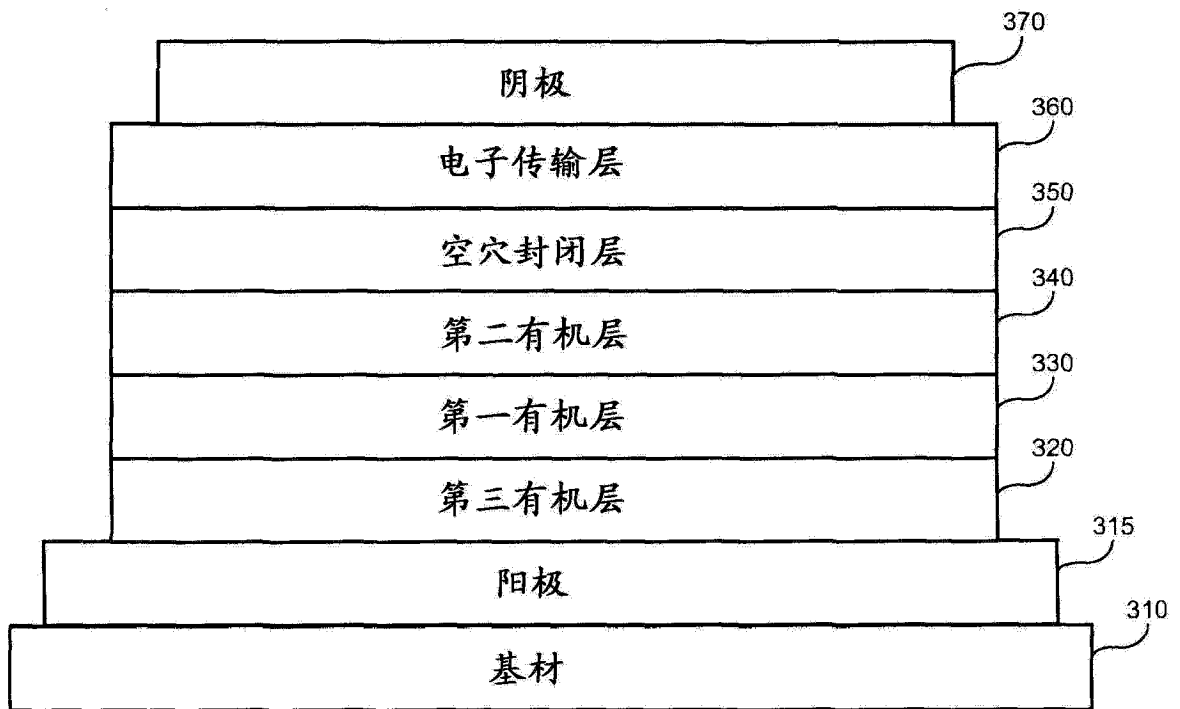


图 3

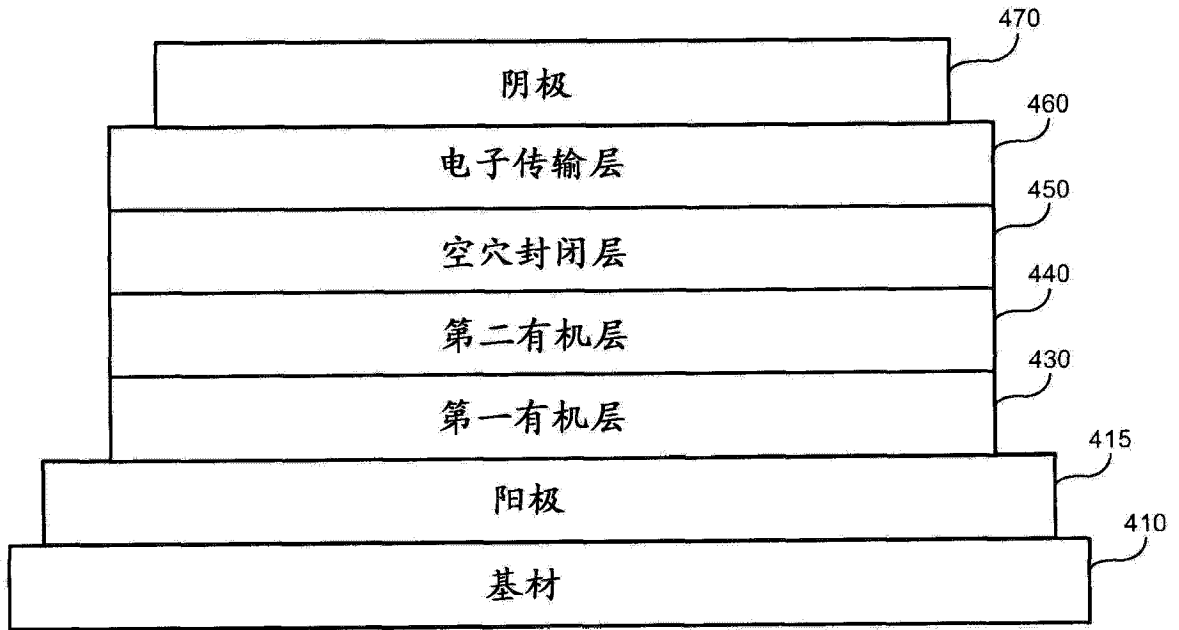


图 4

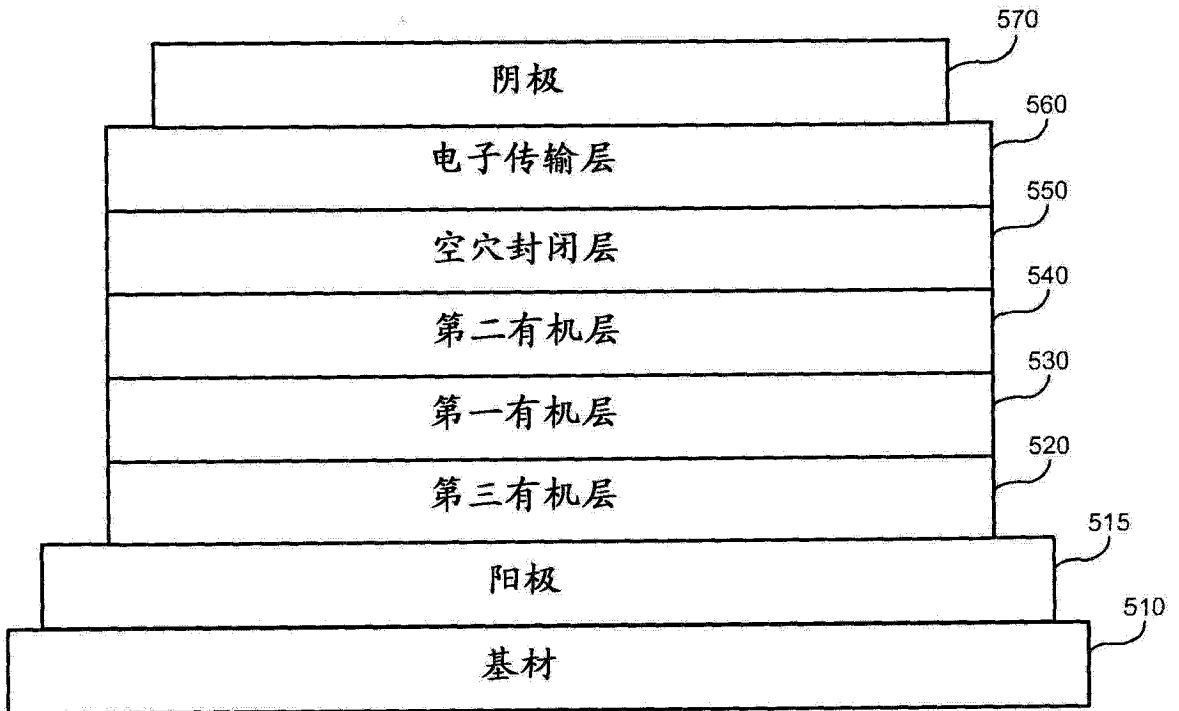


图 5

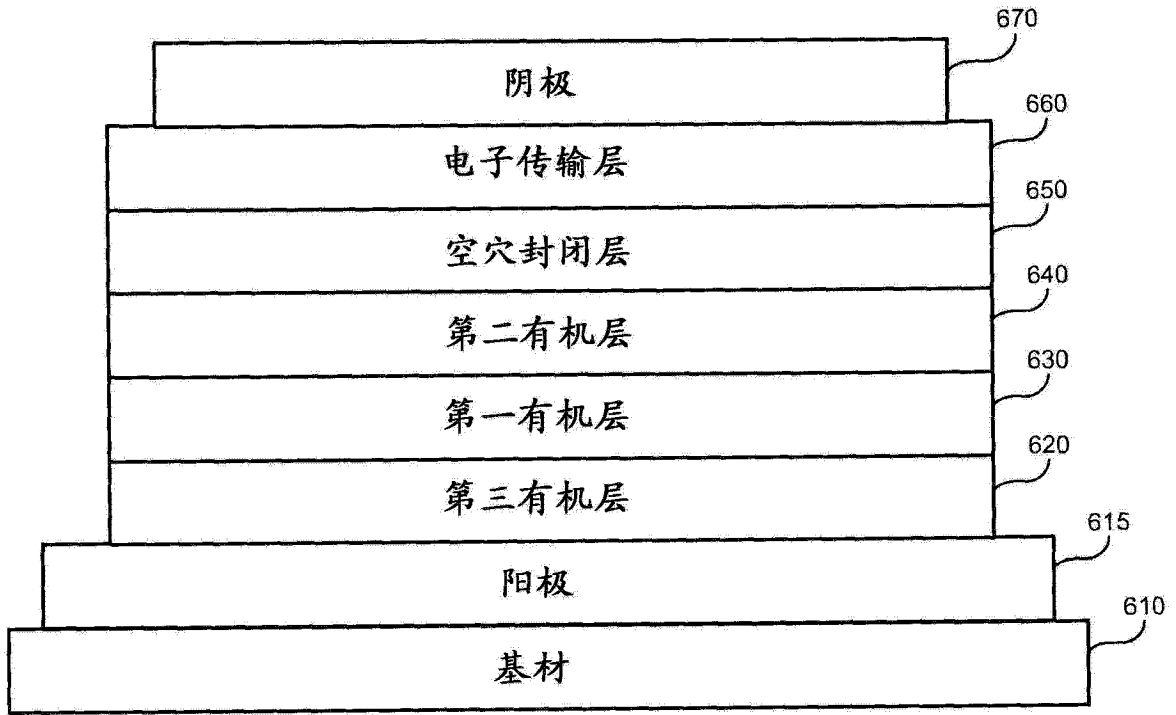


图 6

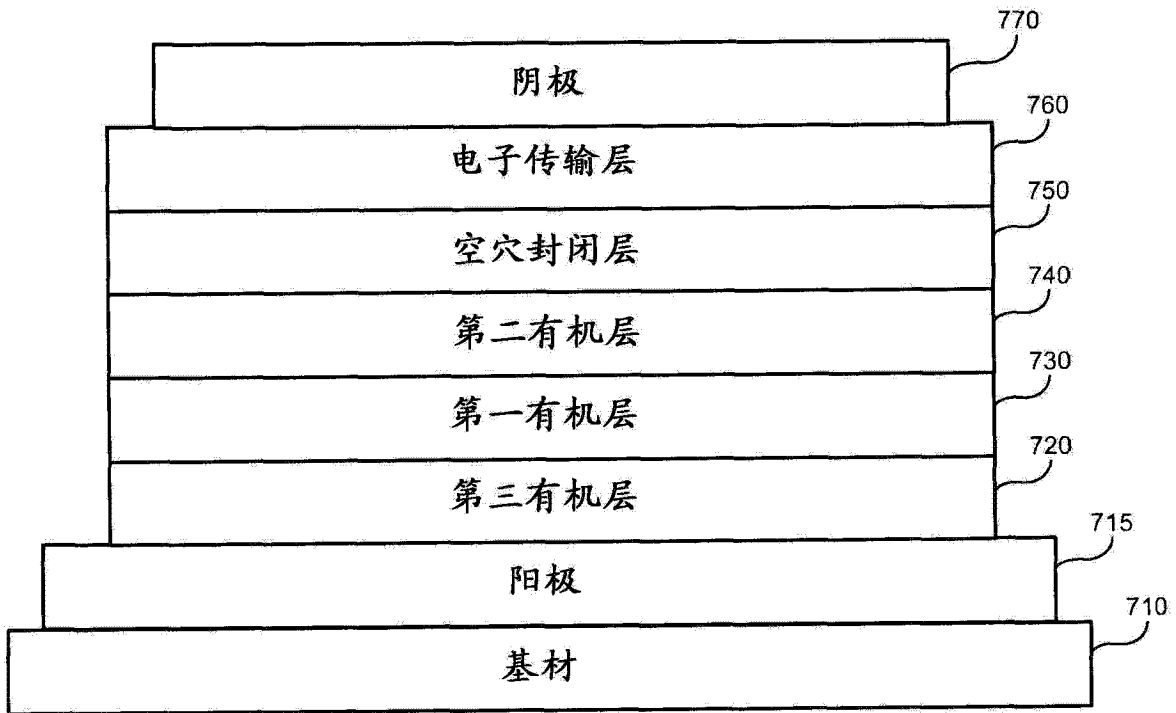


图 7

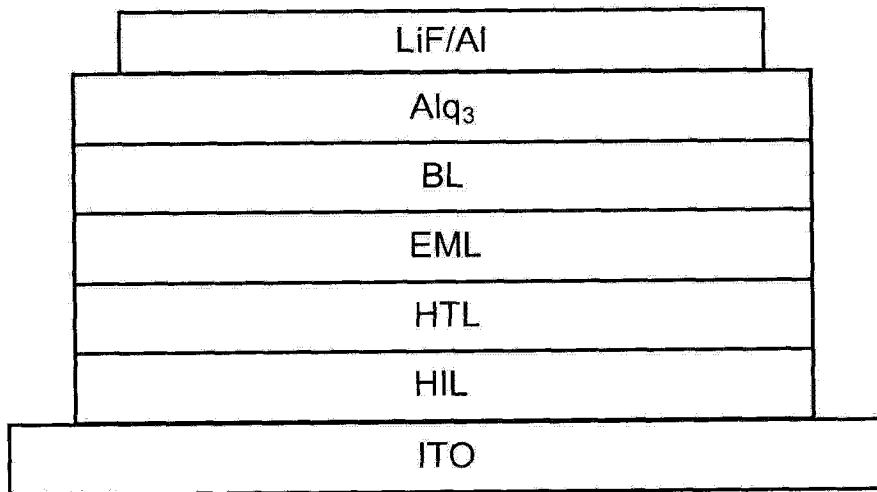


图 8

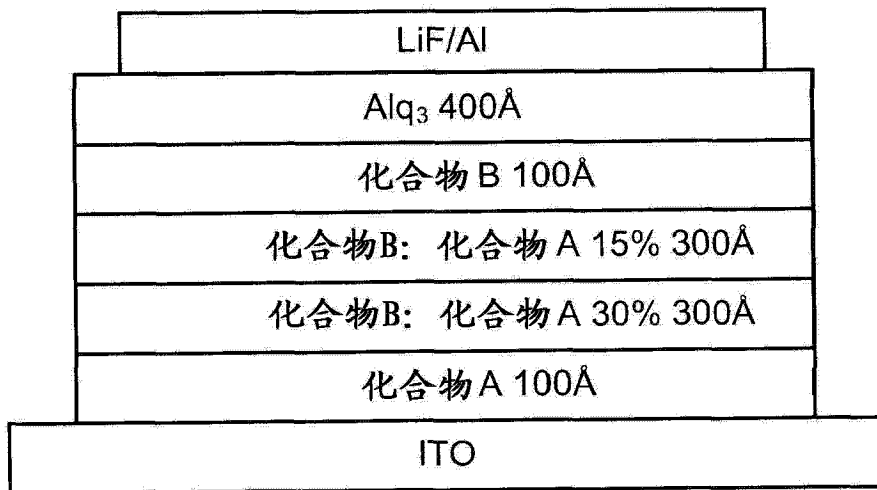


图 9

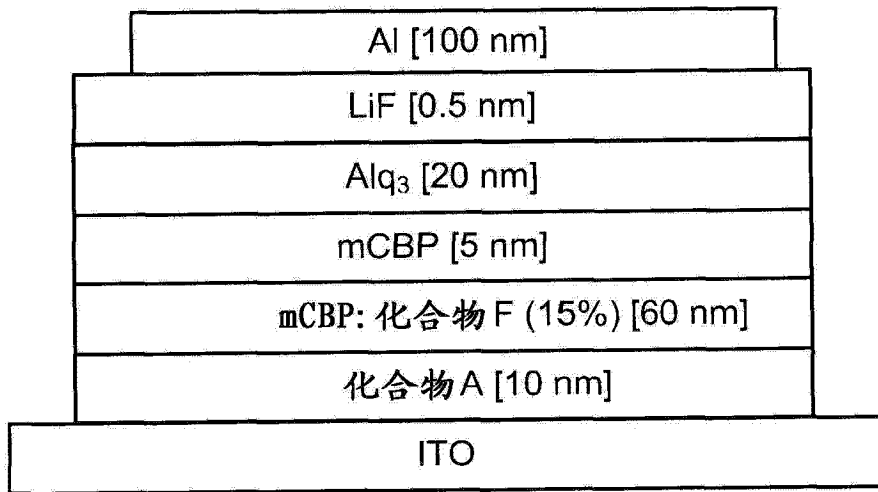


图 10

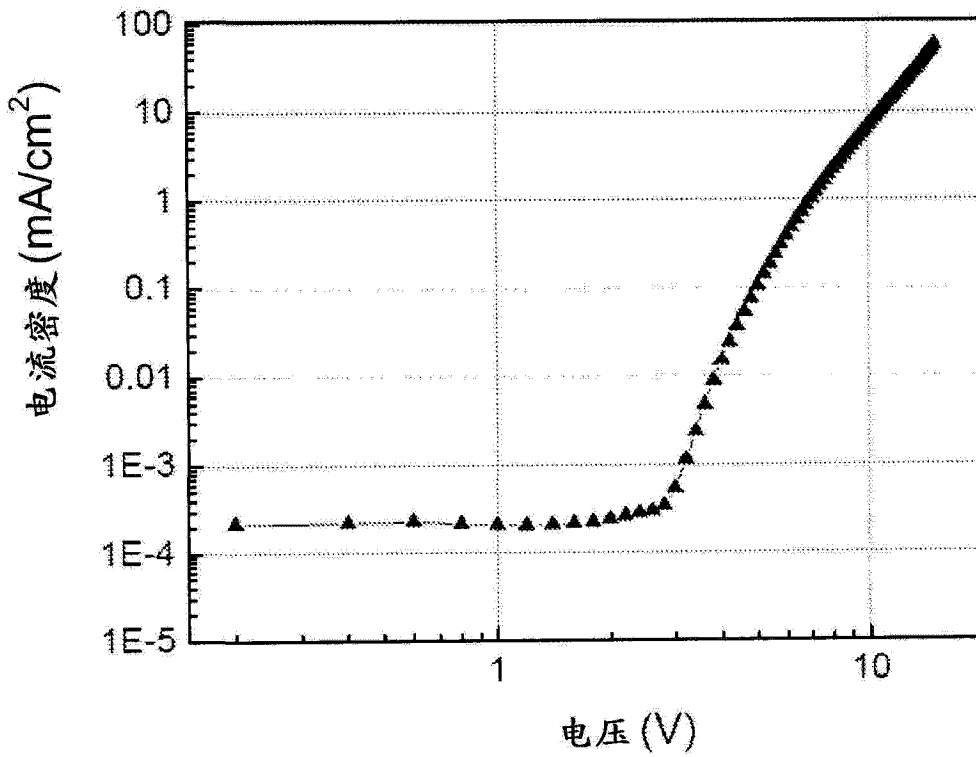


图 11



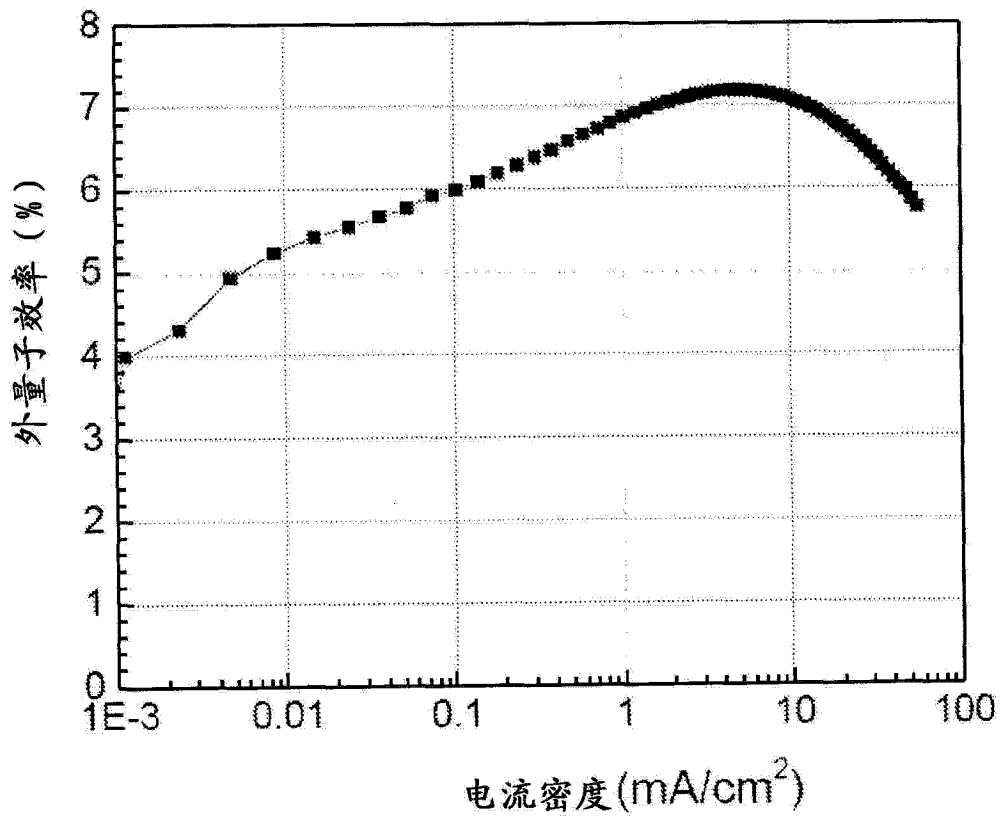


图 12

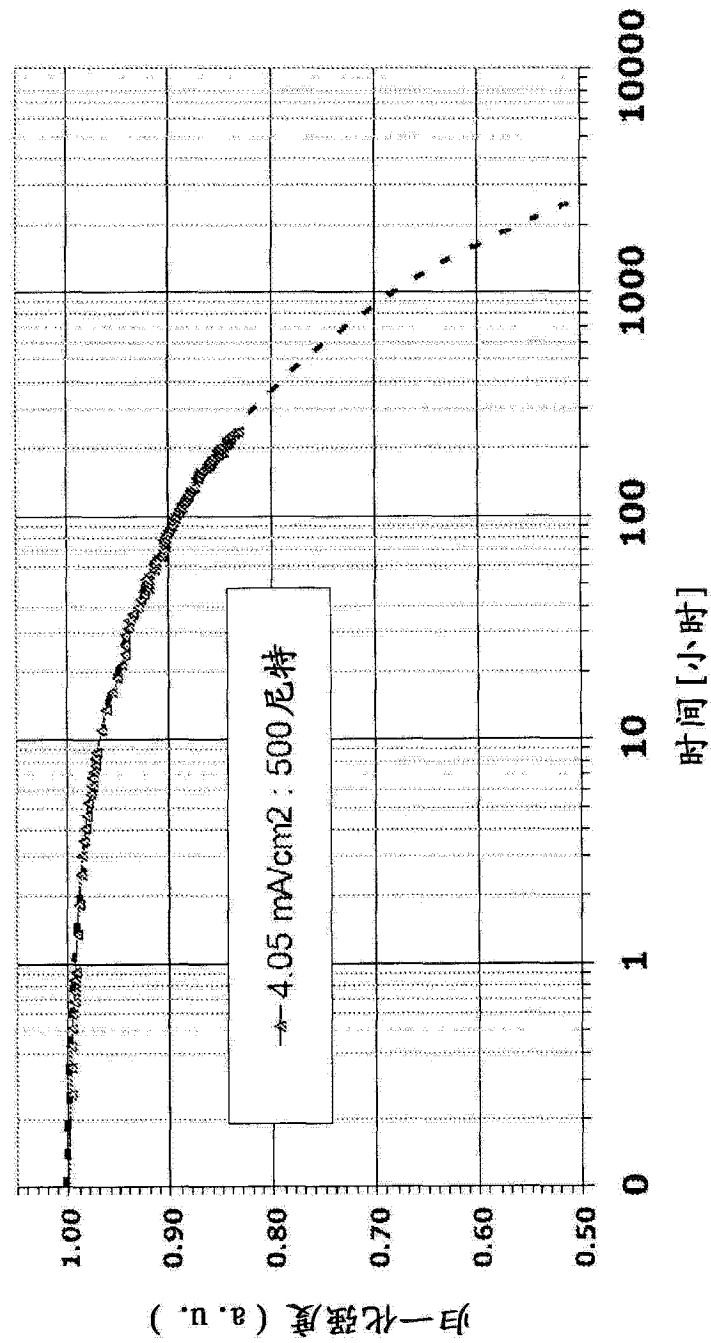


图 13

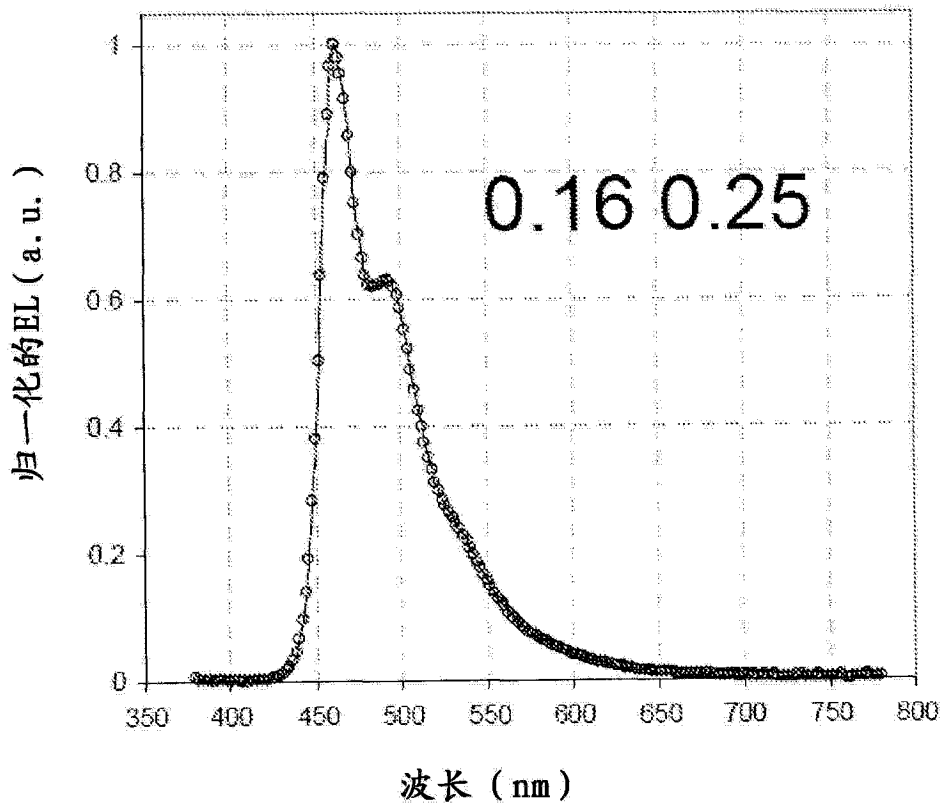


图 14

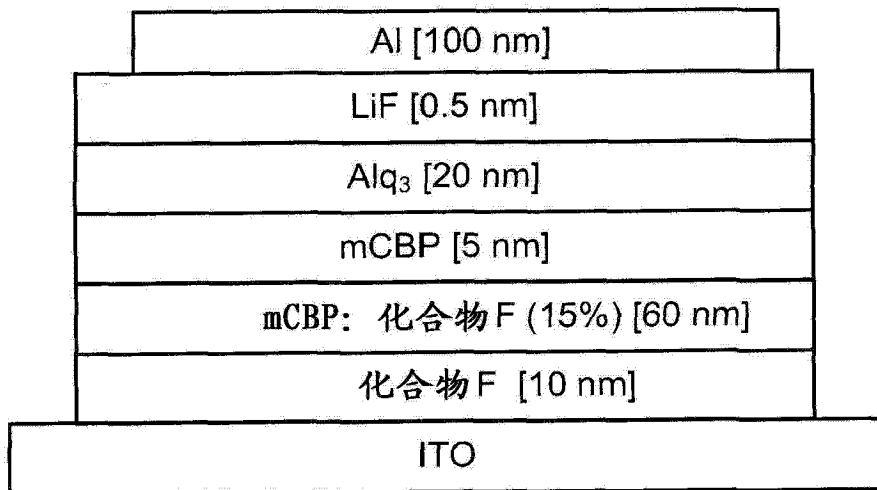


图 15

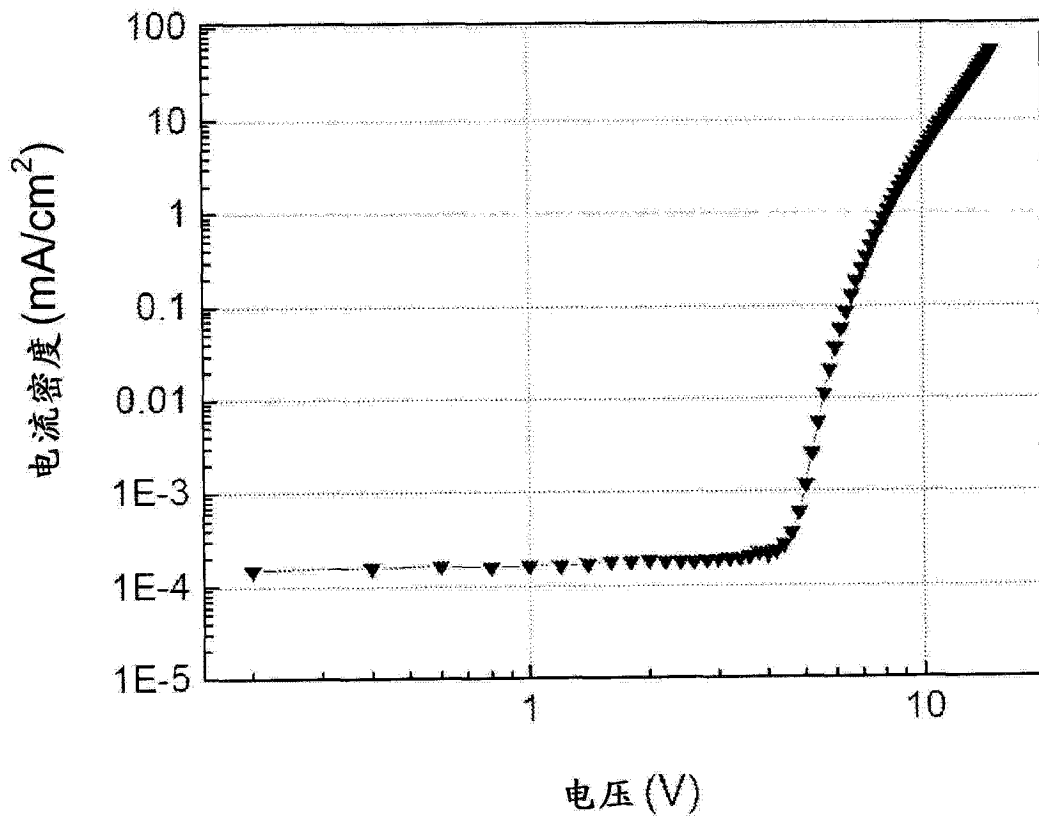


图 16

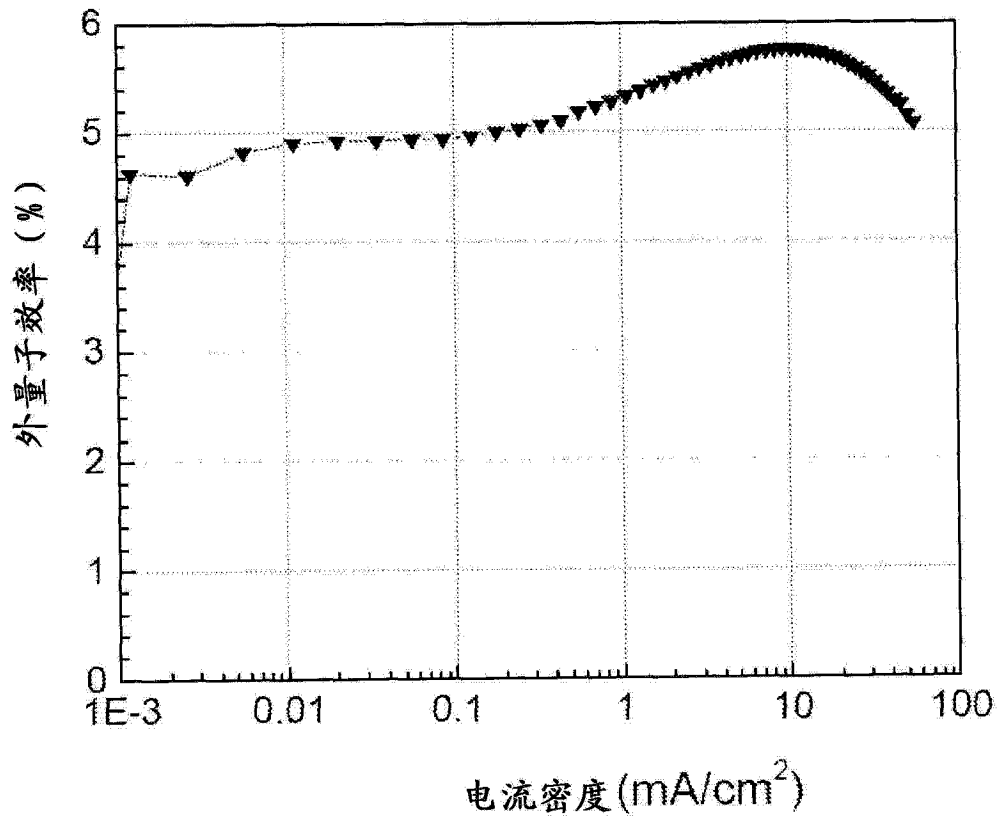


图 17

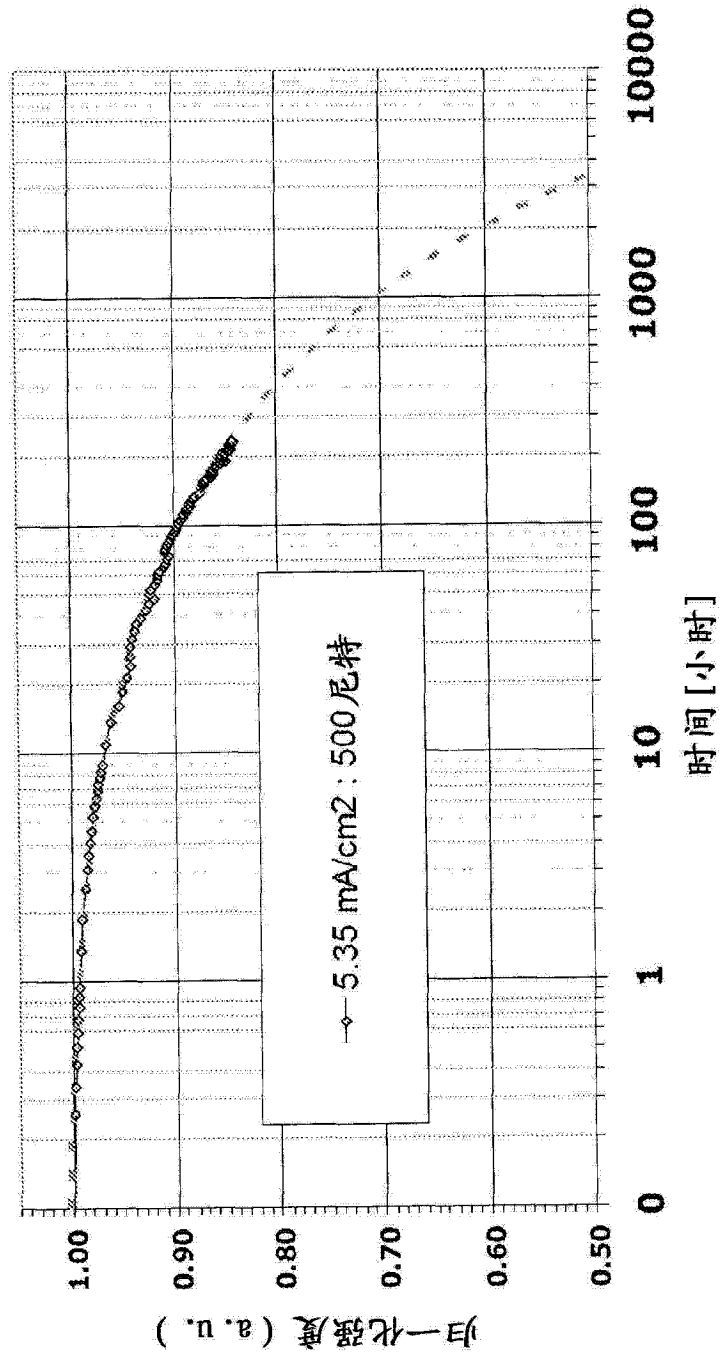


图 18

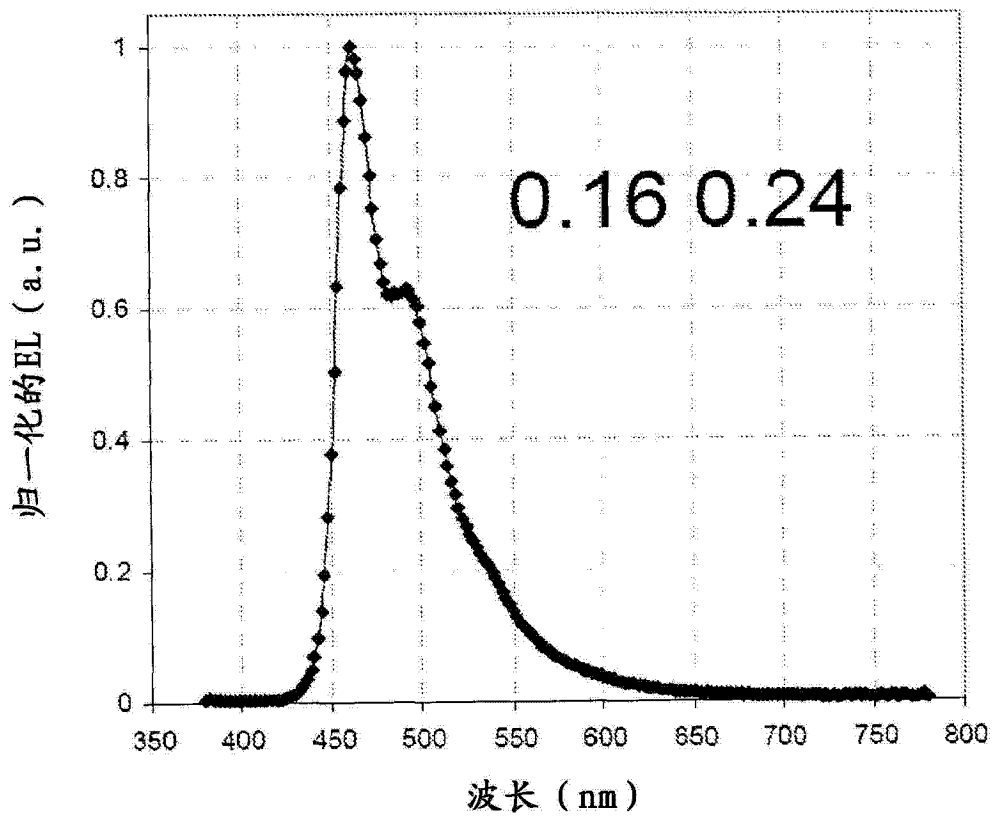


图 19

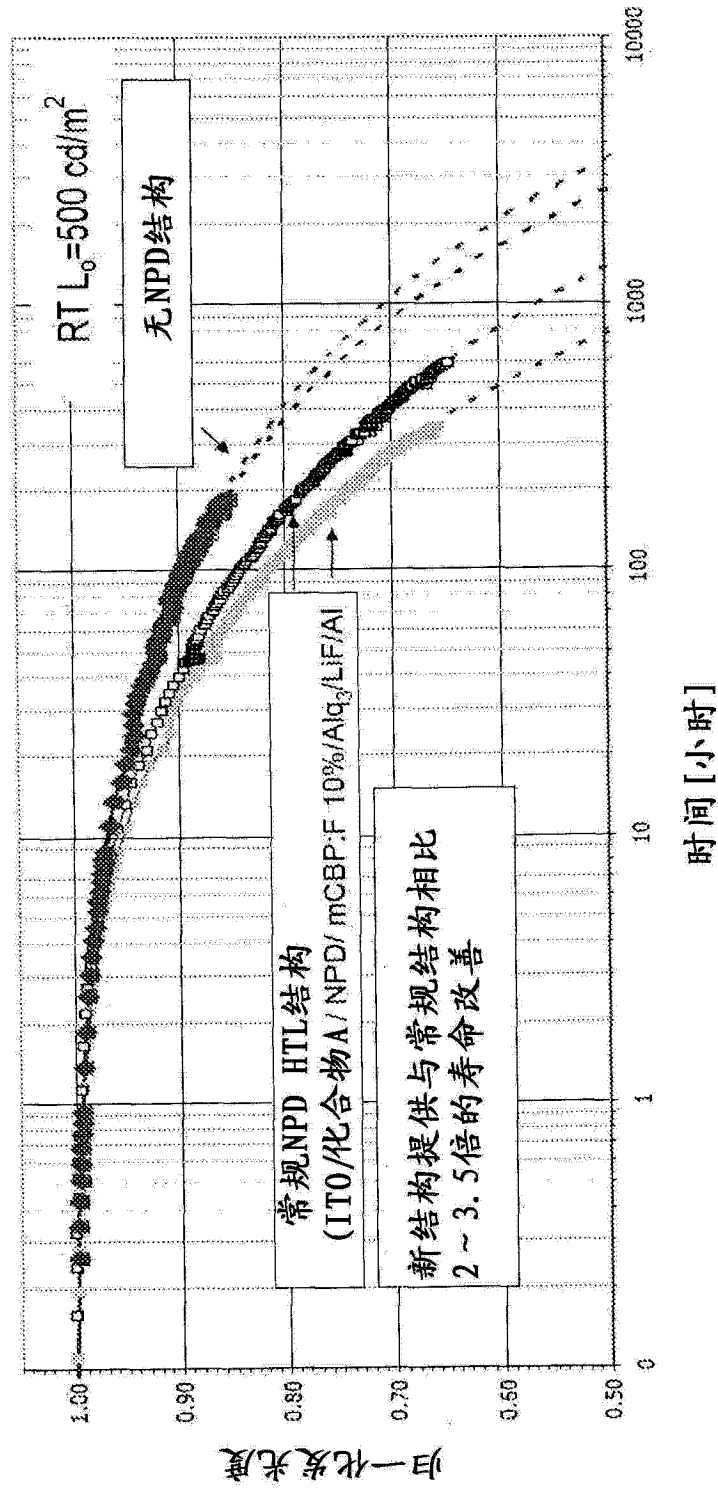


图 20



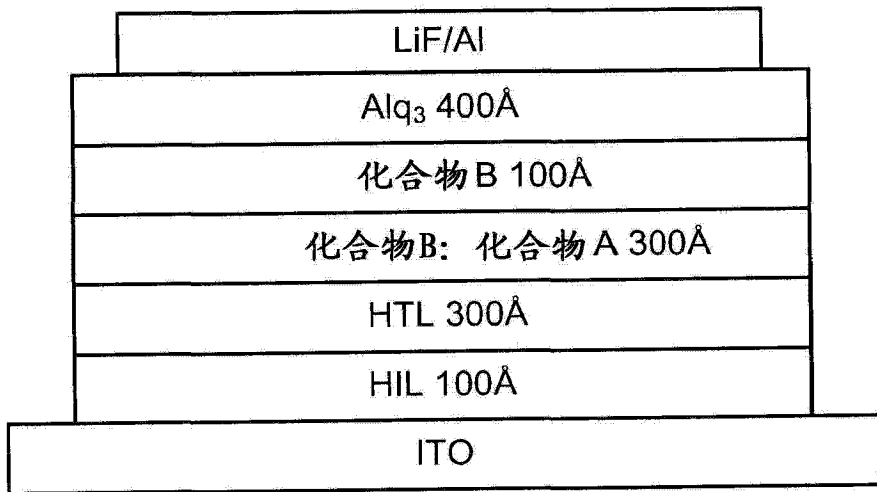


图 21

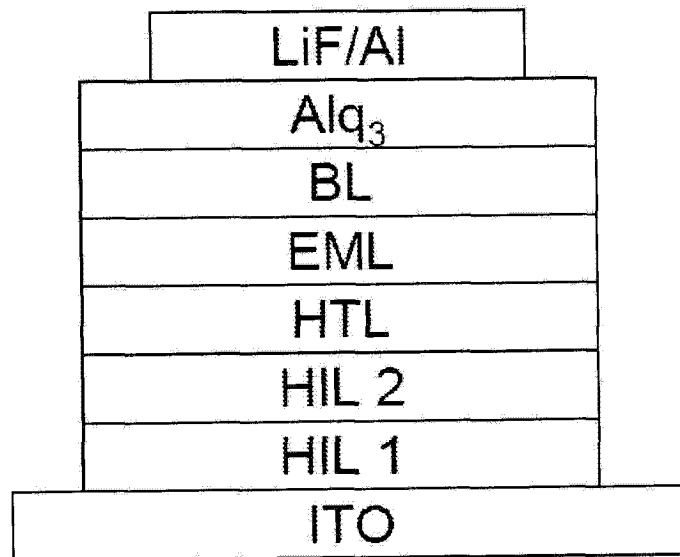


图 22

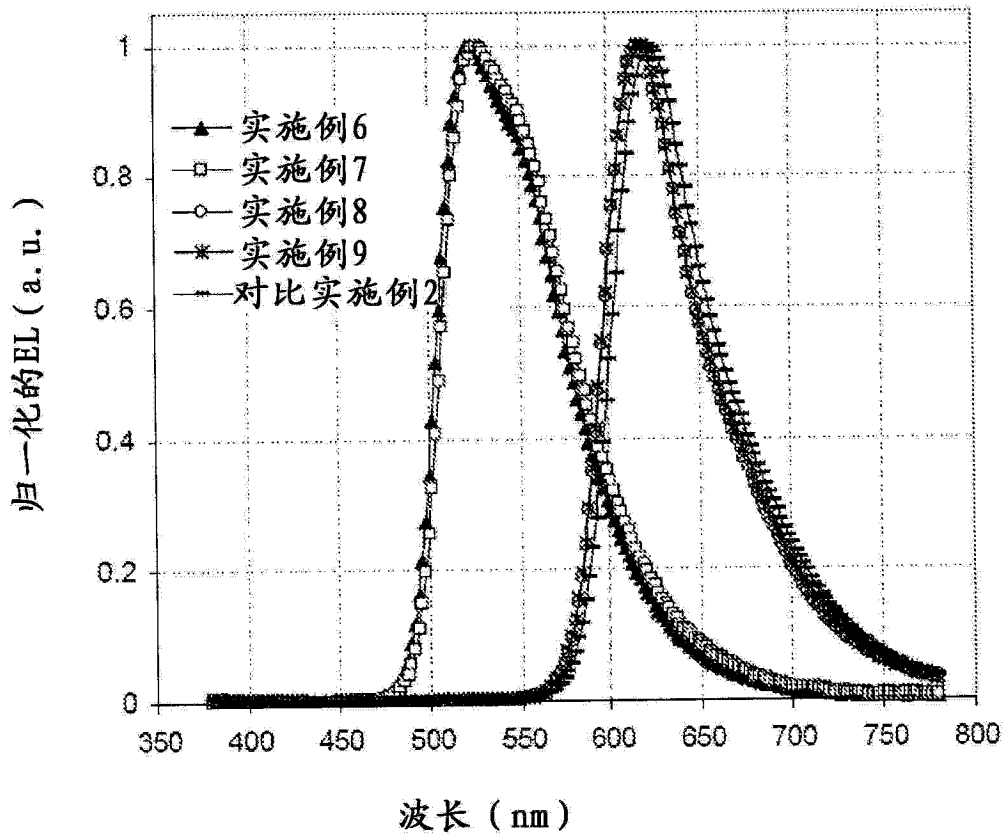


图 23

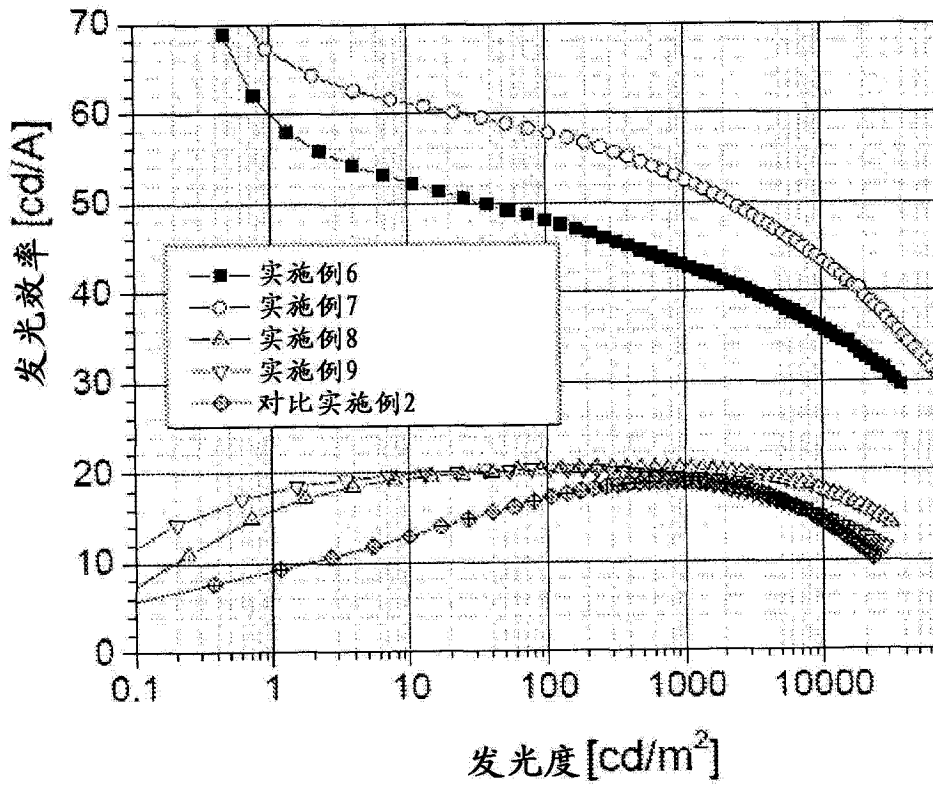


图 24

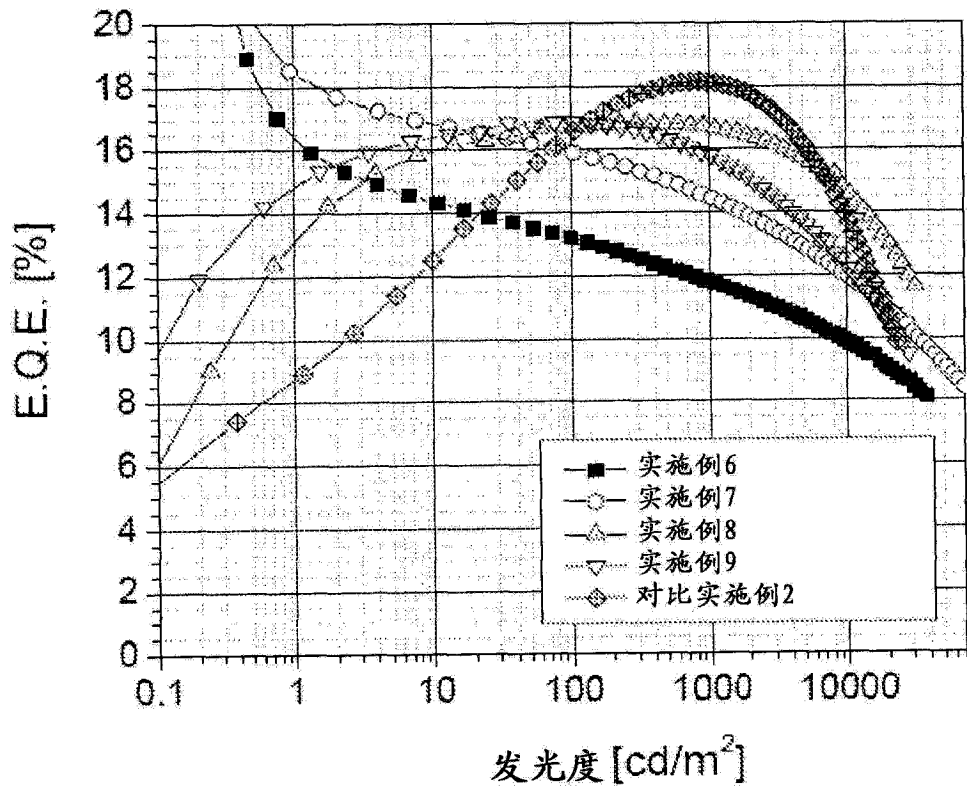


图 25

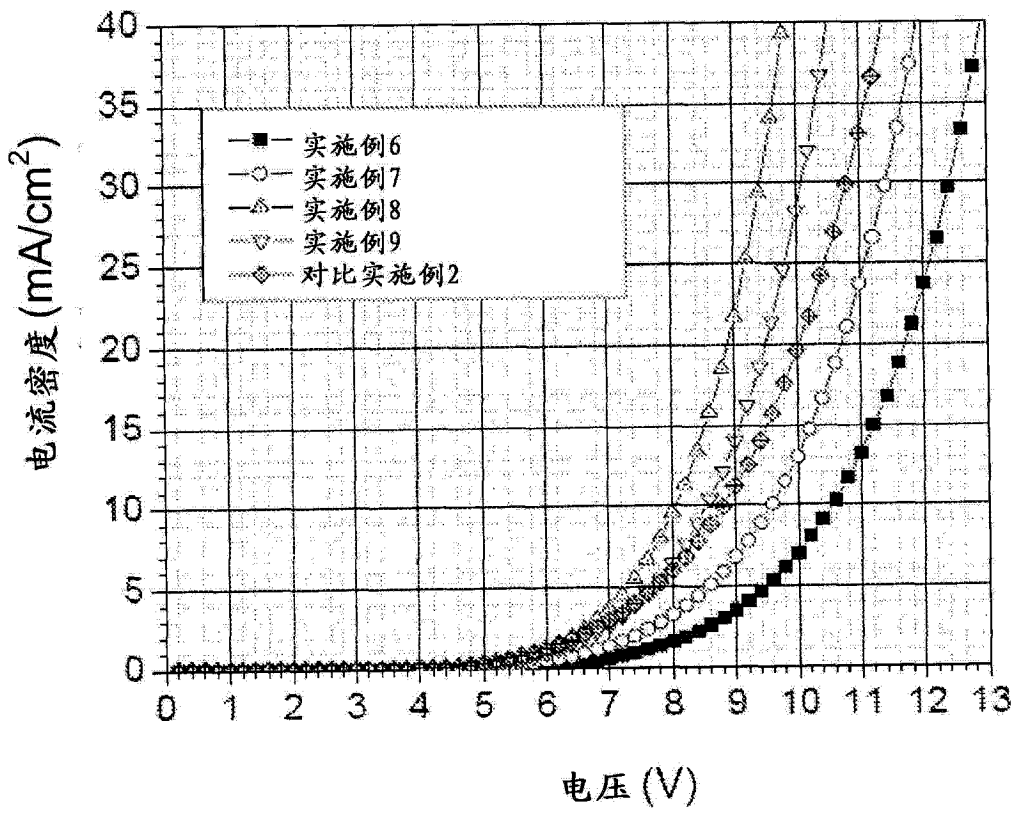


图 26

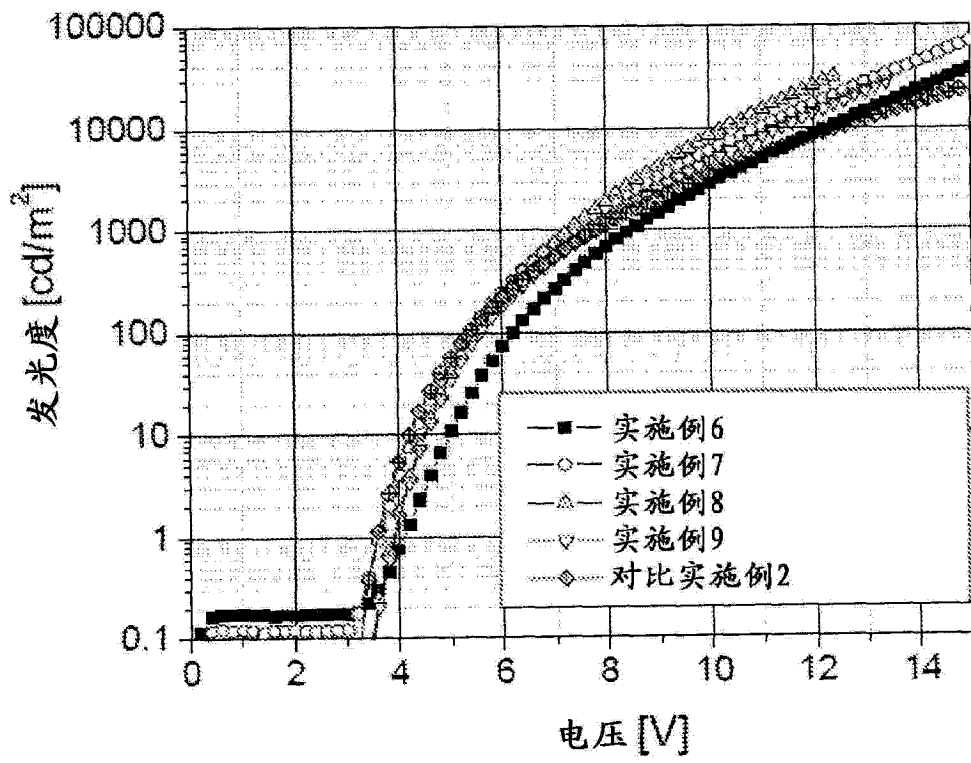


图 27

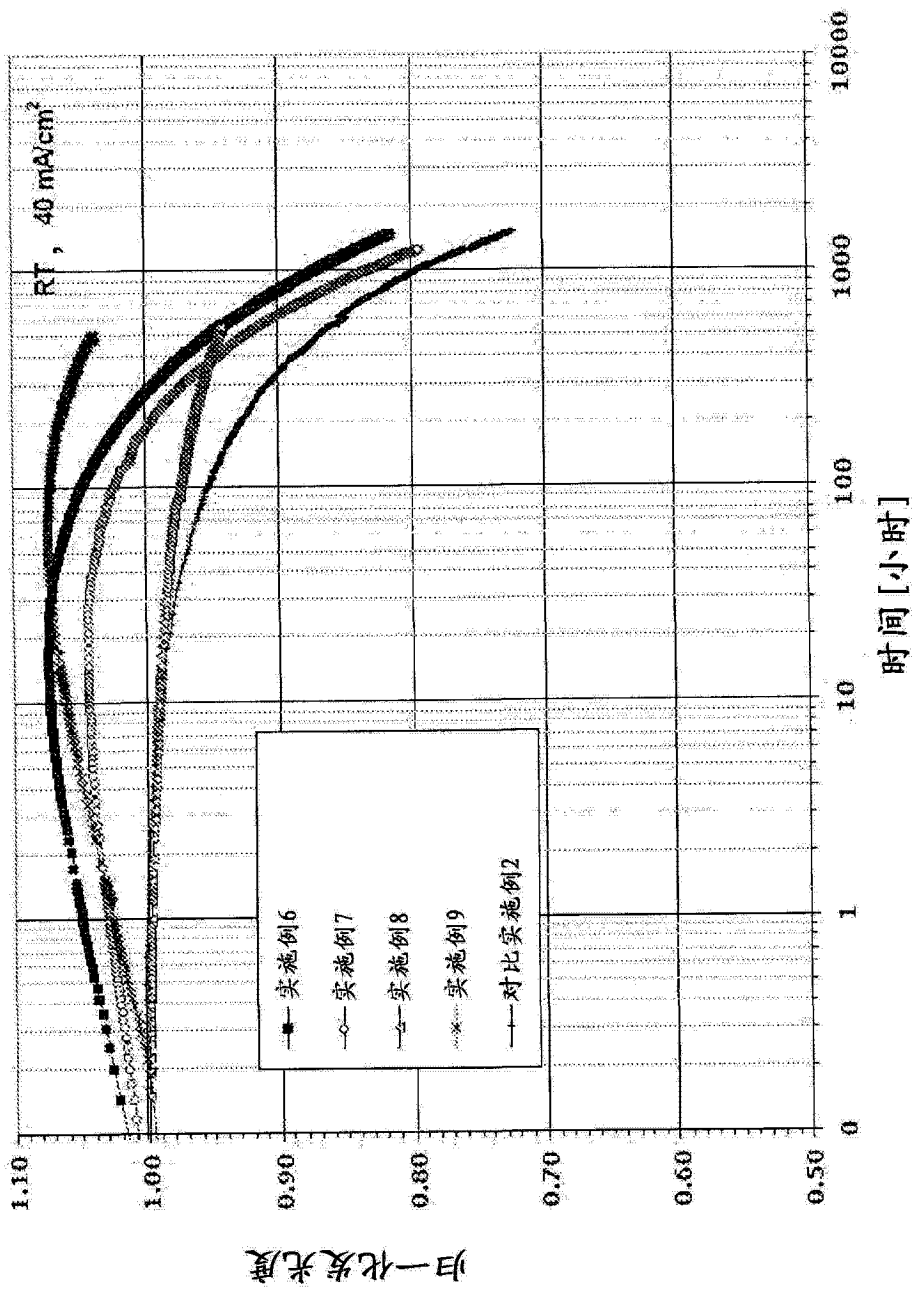


图 28

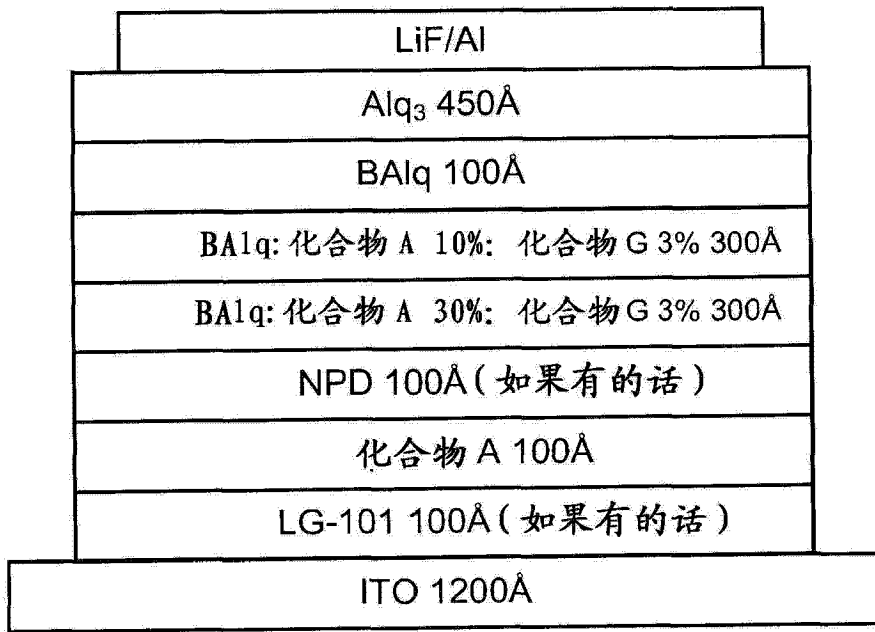


图 29

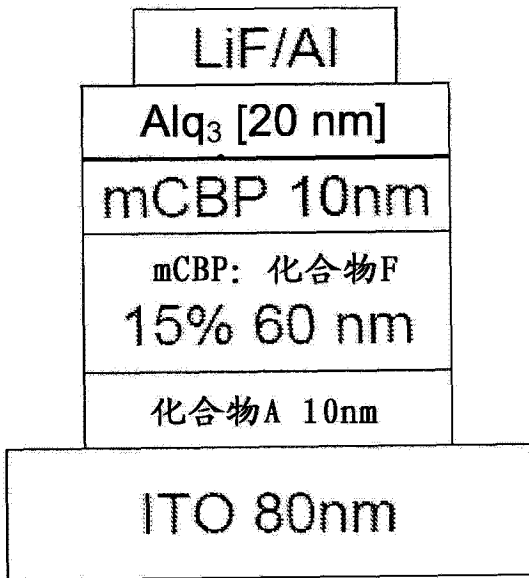


图 30

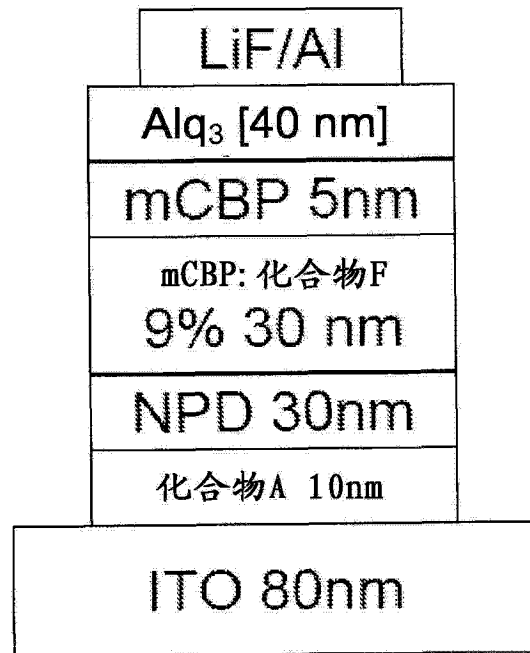


图 31

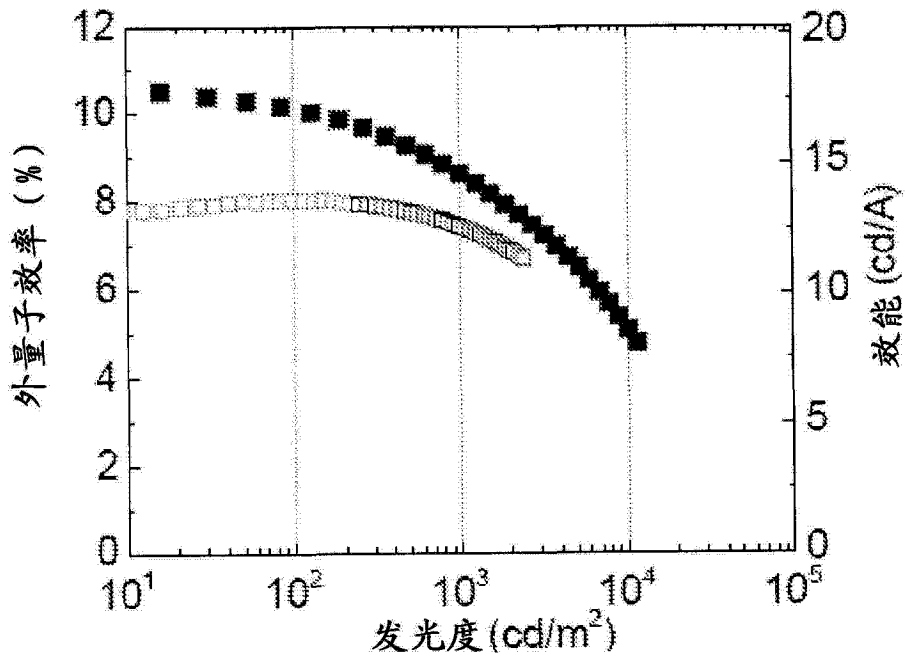


图 32

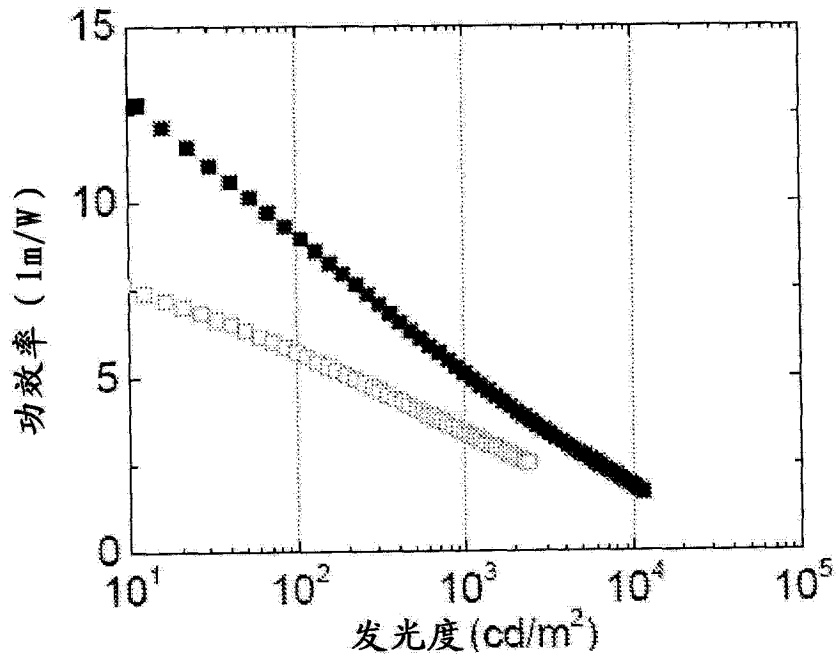


图 33



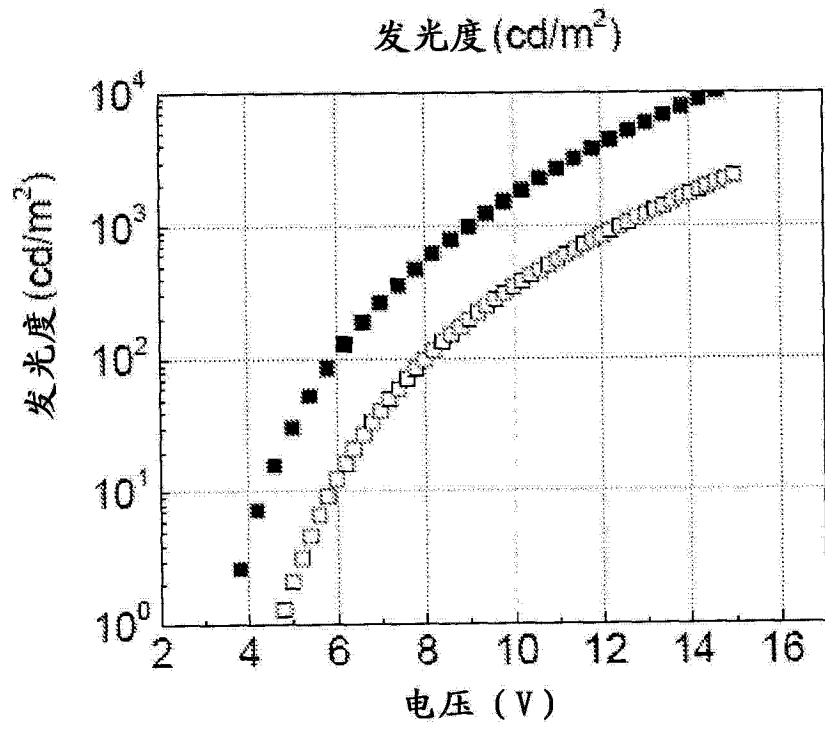


图 34

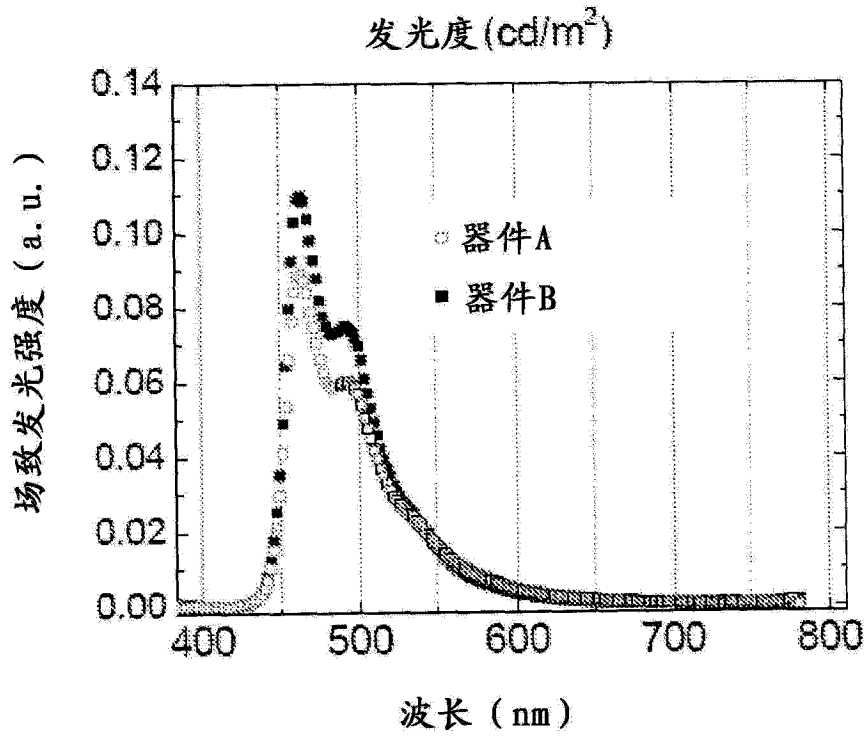


图 35

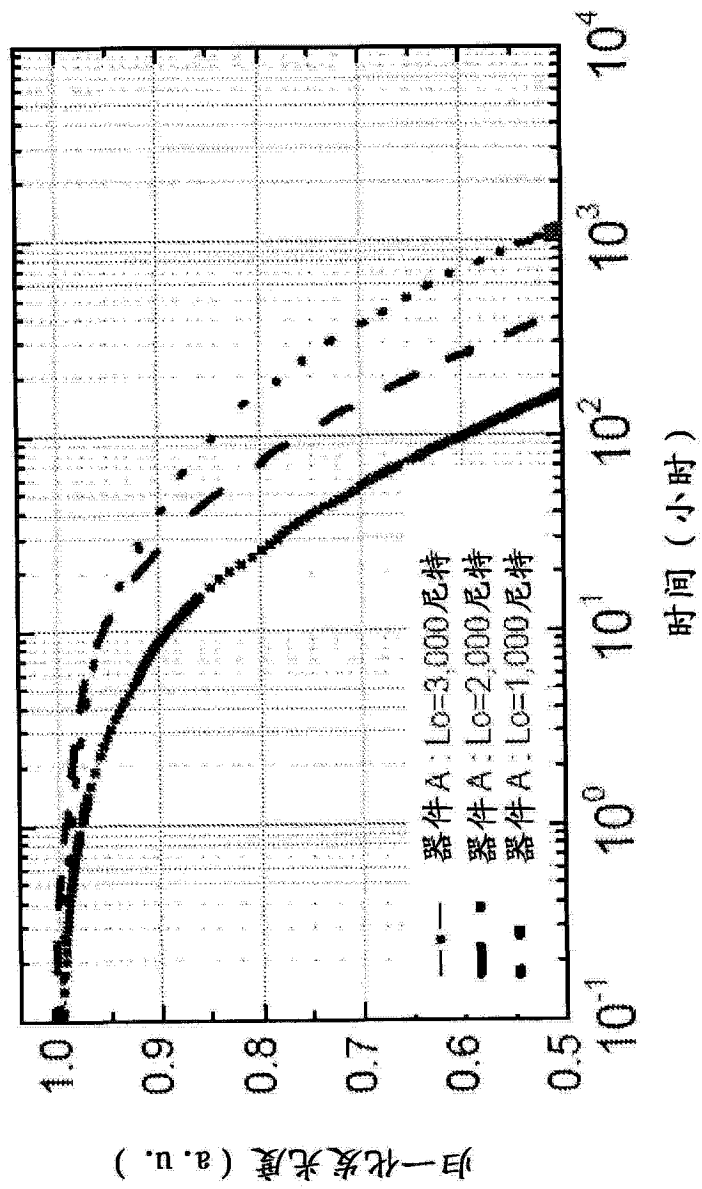


图 36

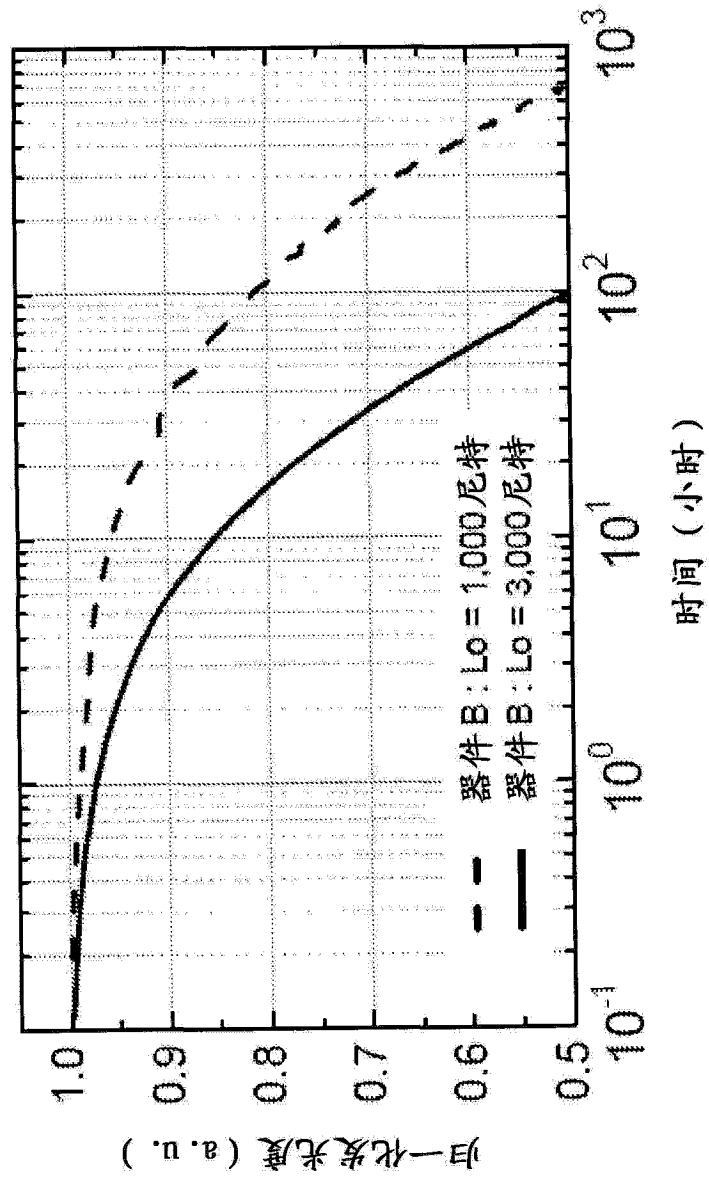


图 37

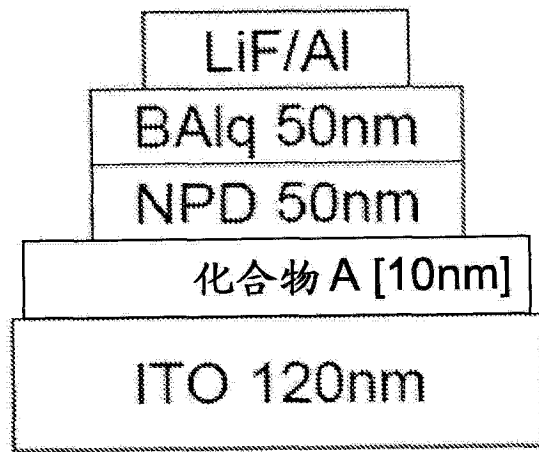


图 38

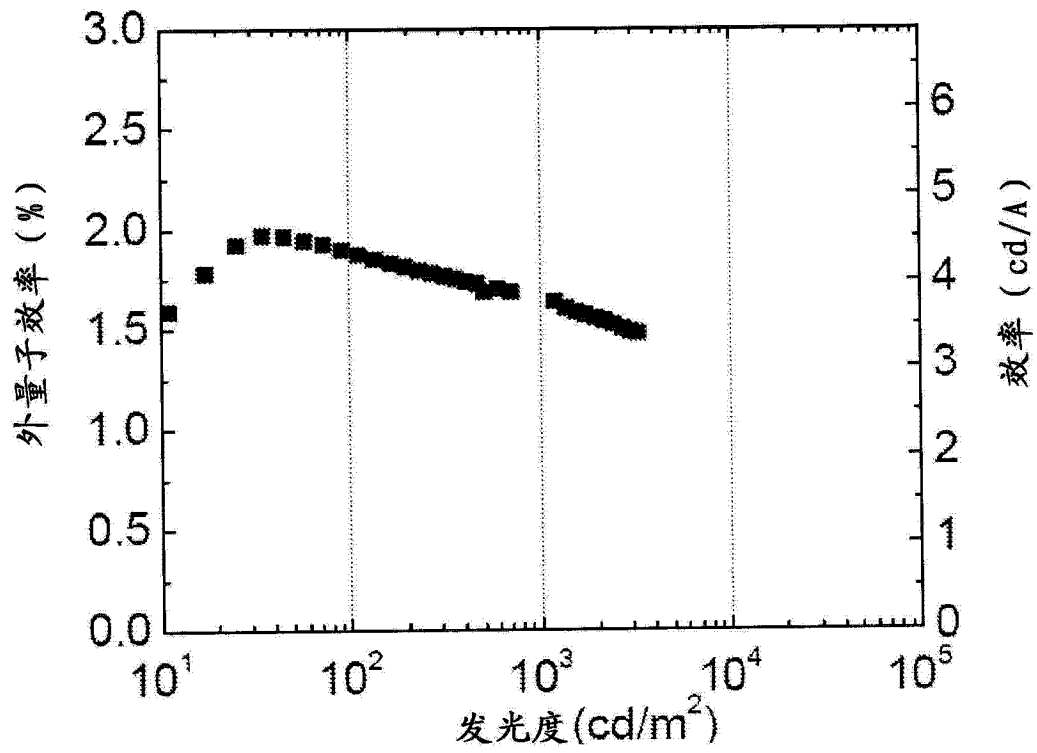


图 39

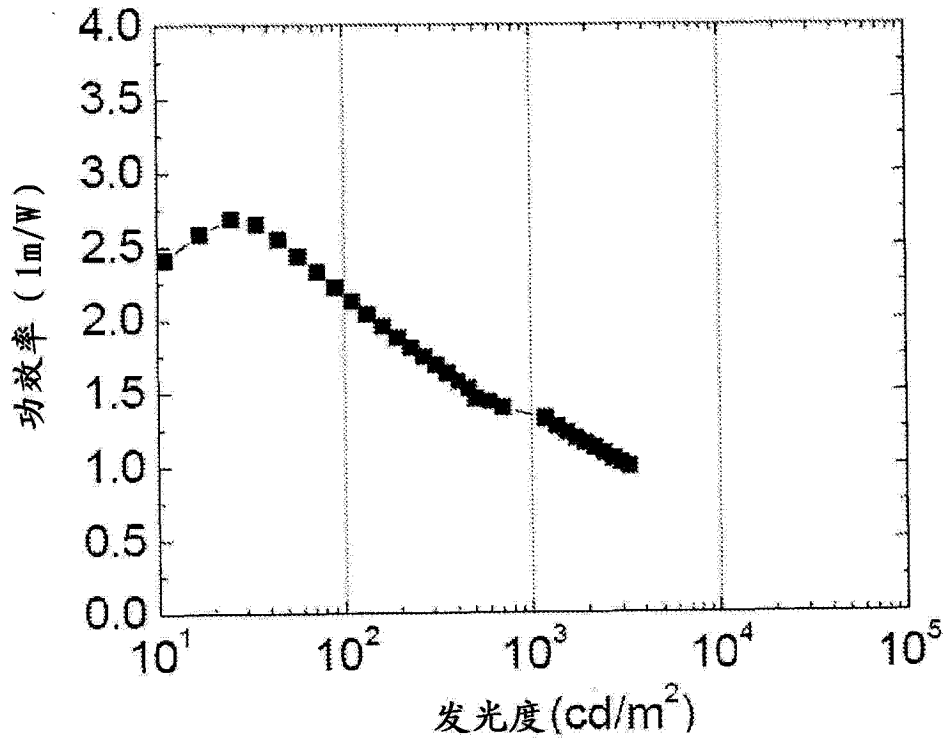


图 40

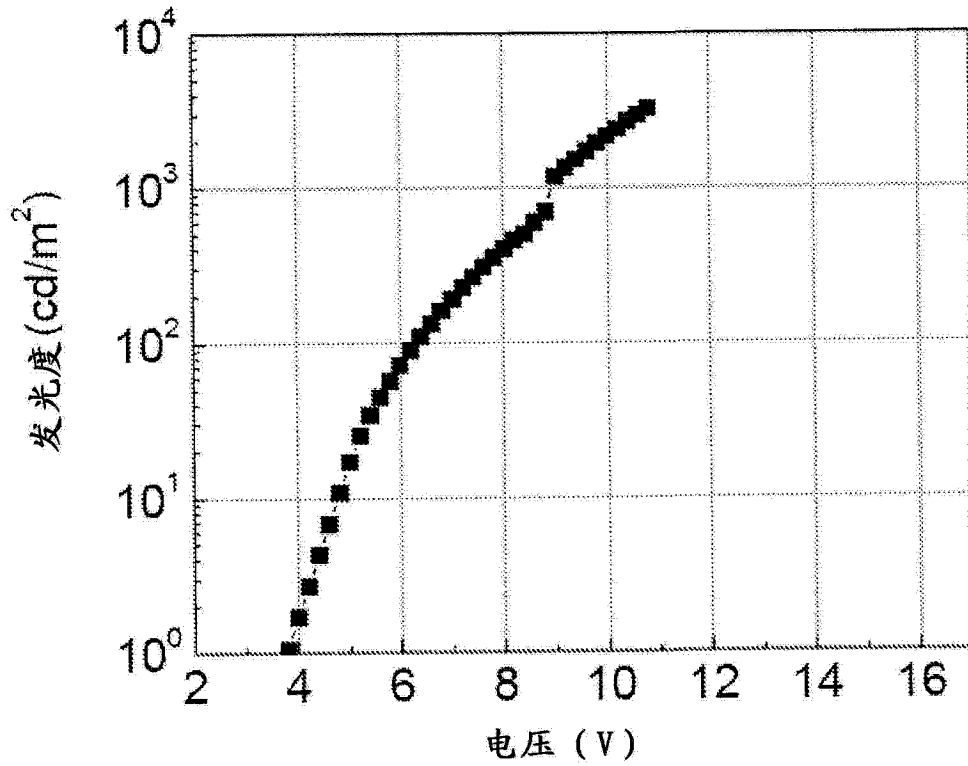


图 41

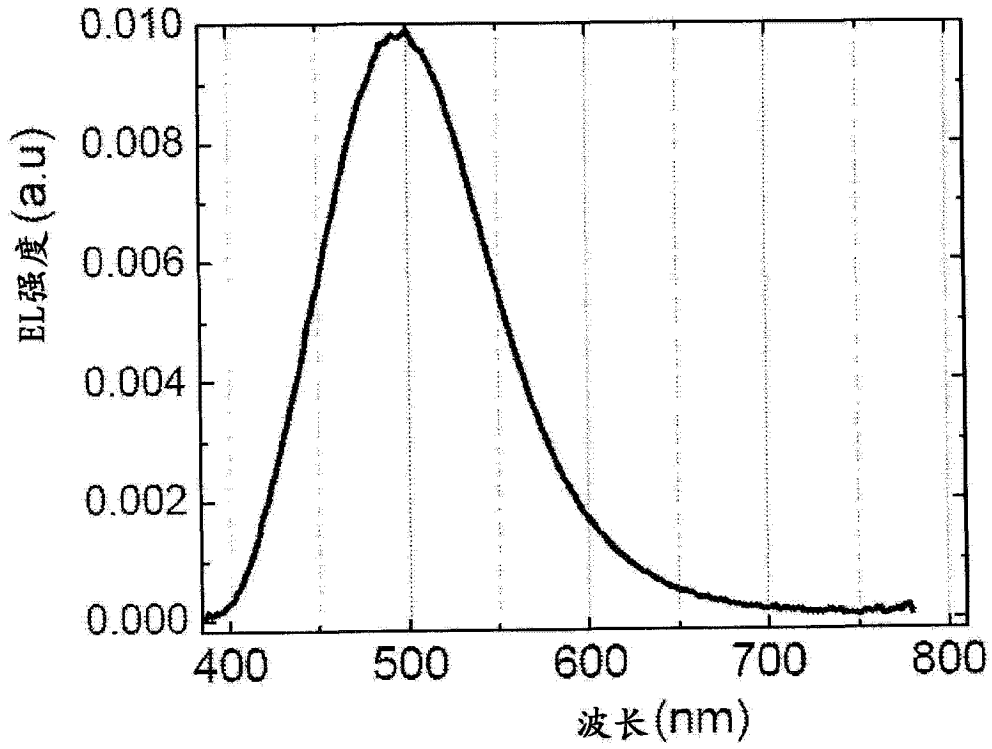


图 42

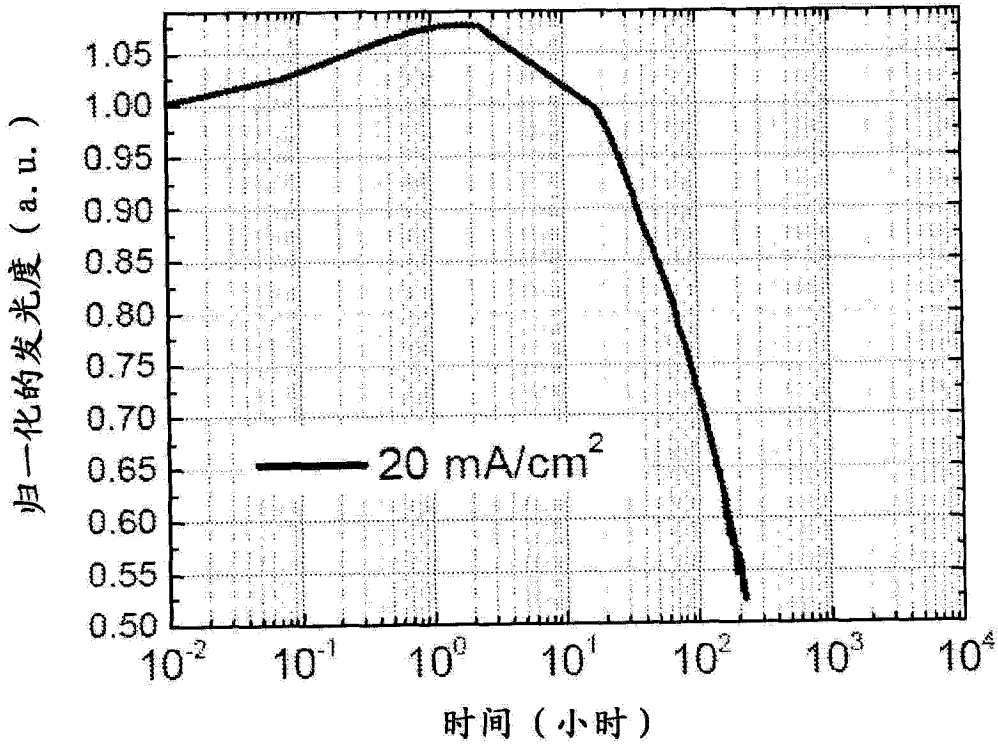


图 43

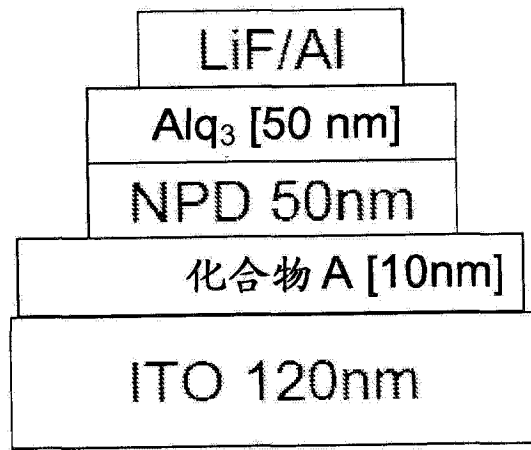


图 44

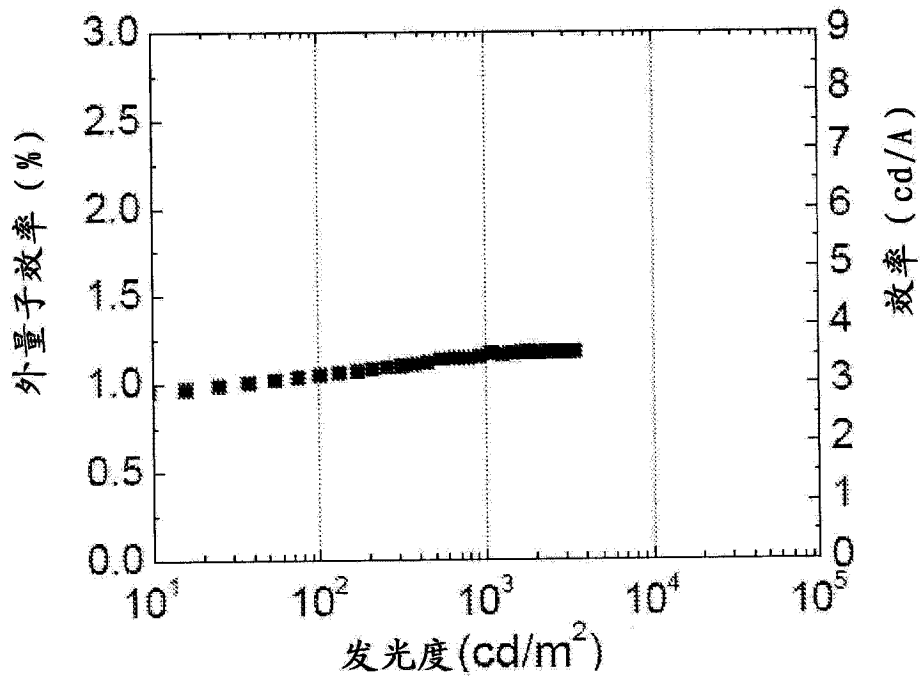


图 45

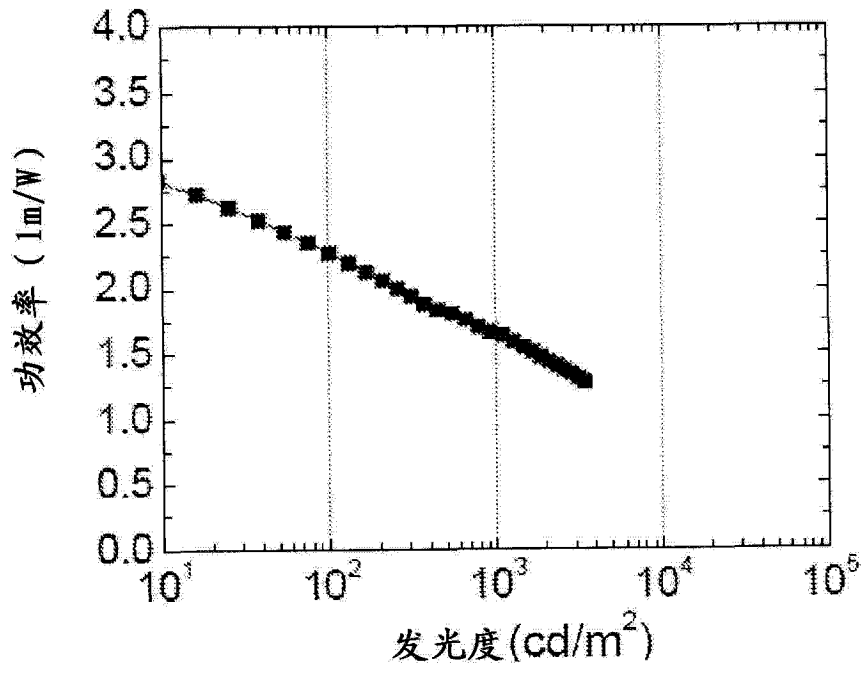


图 46

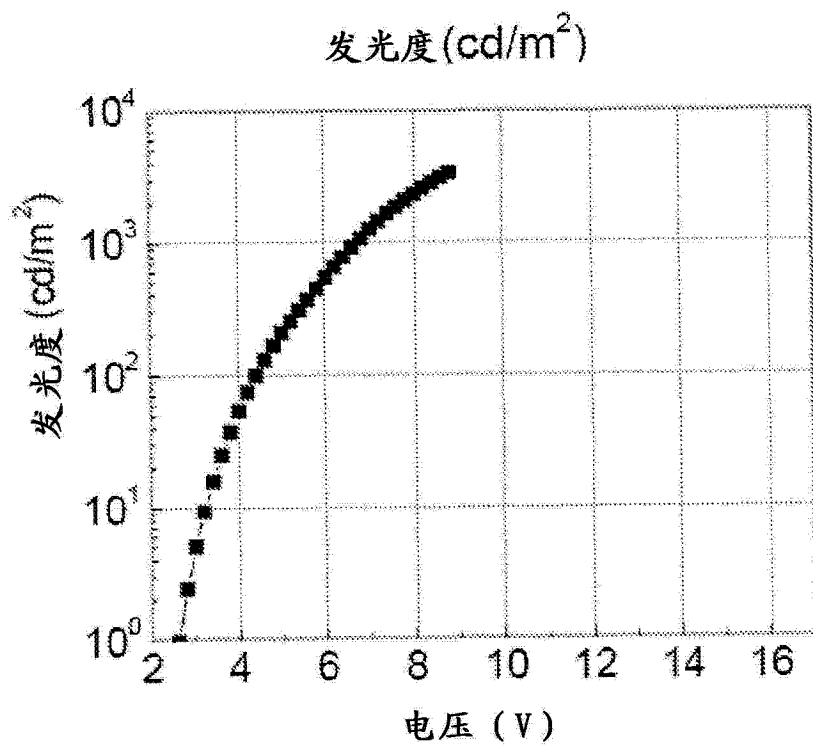


图 47



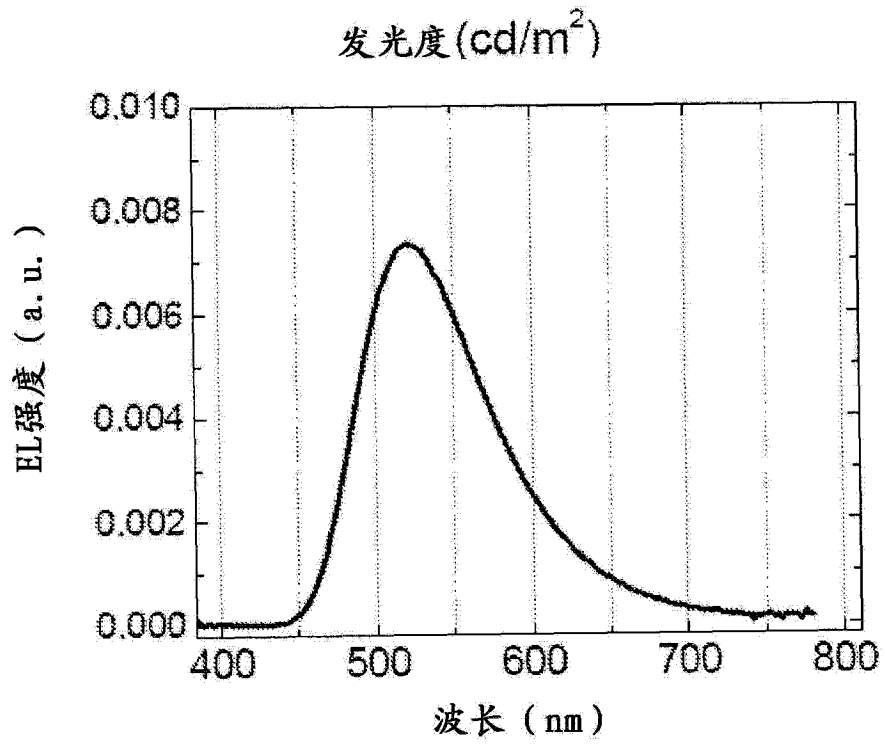


图 48

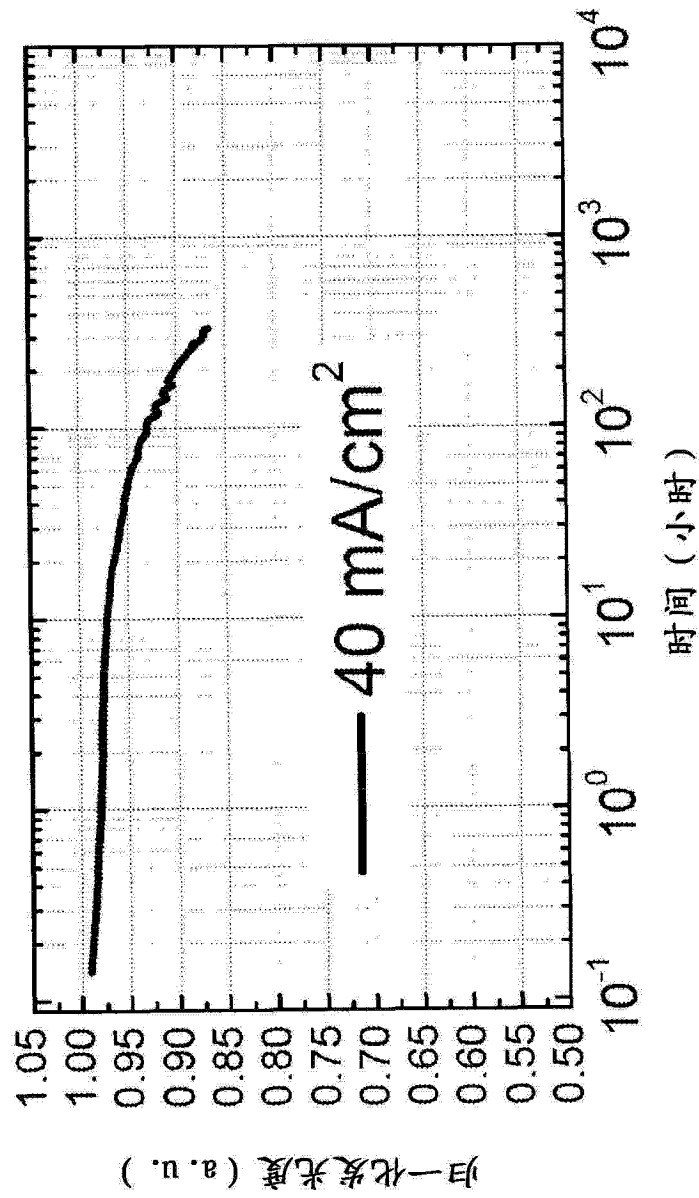


图 49

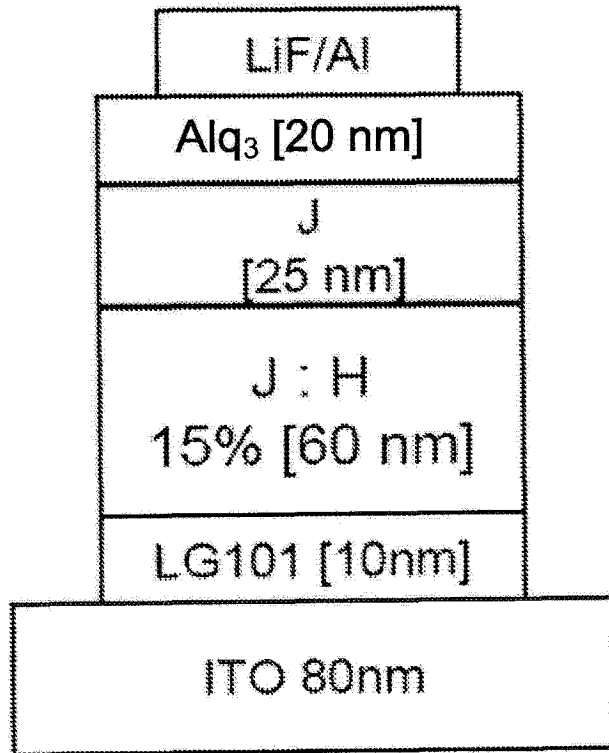


图 50

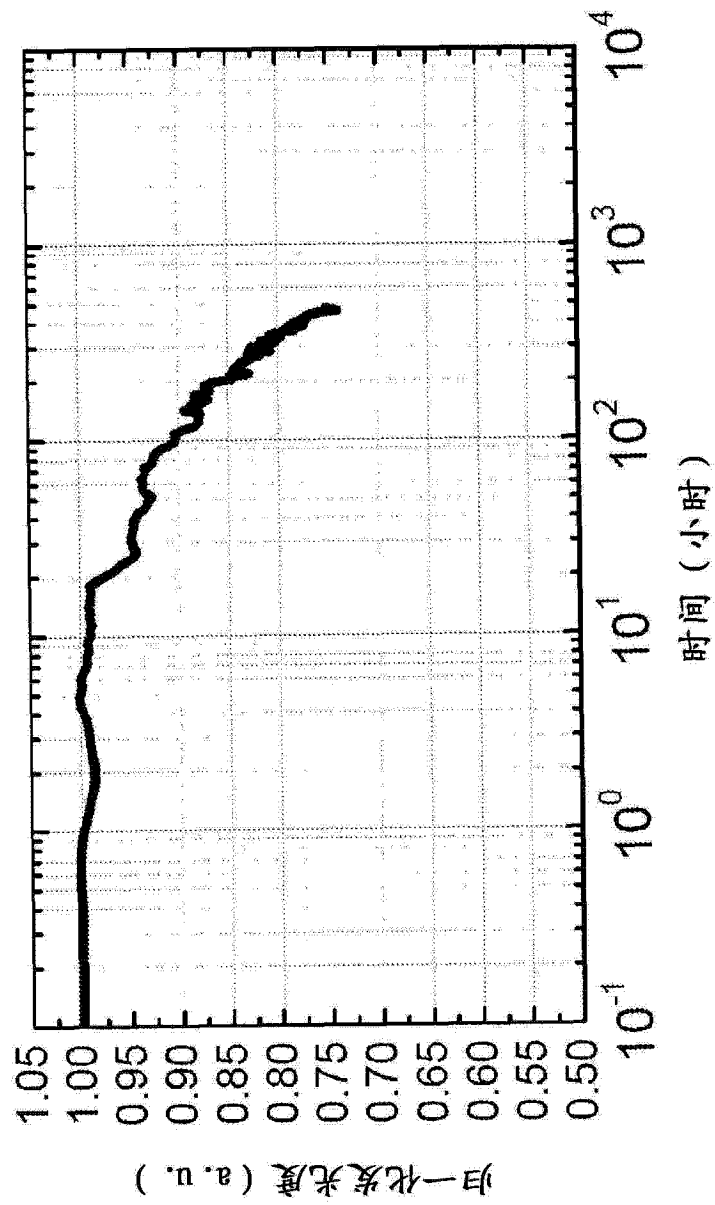


图 51

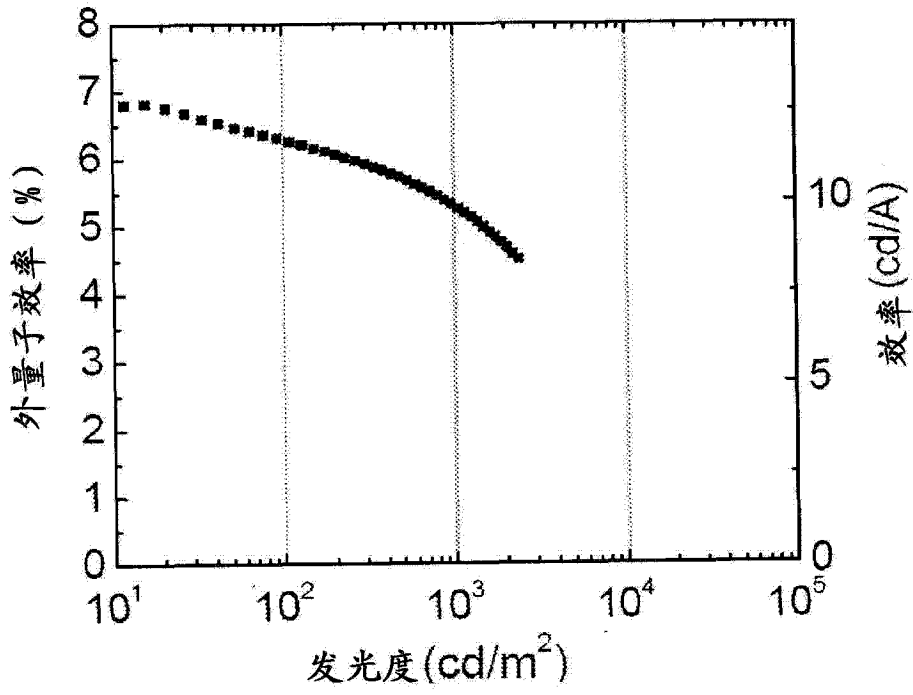


图 52

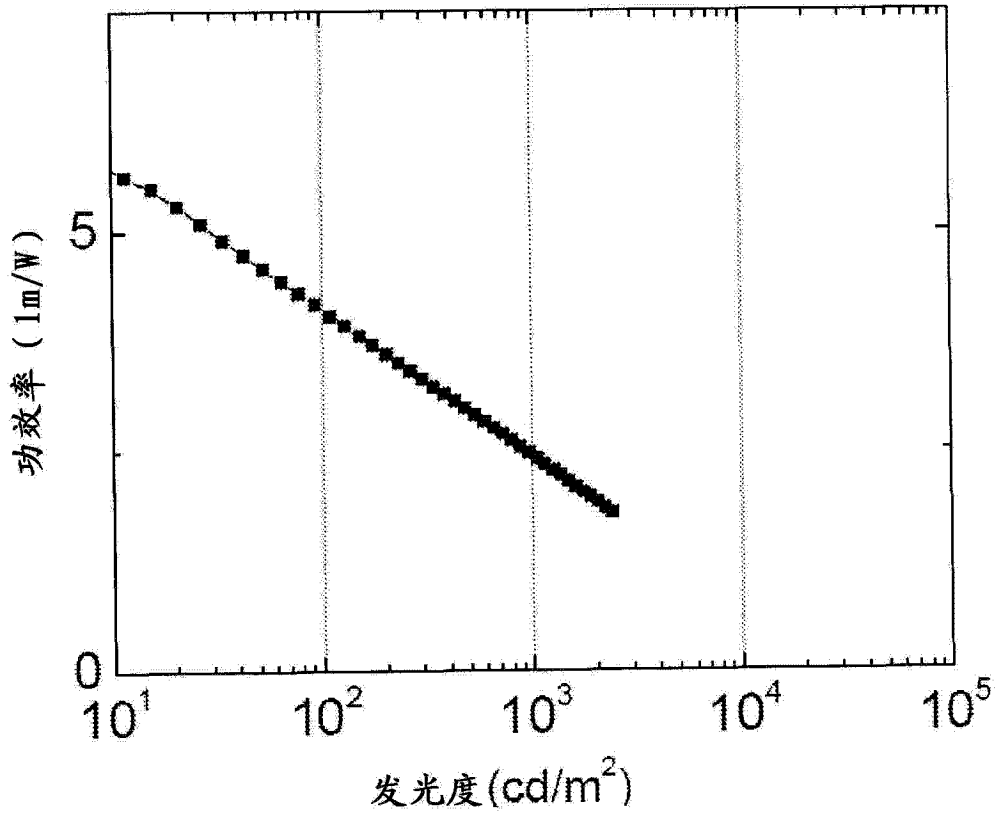


图 53

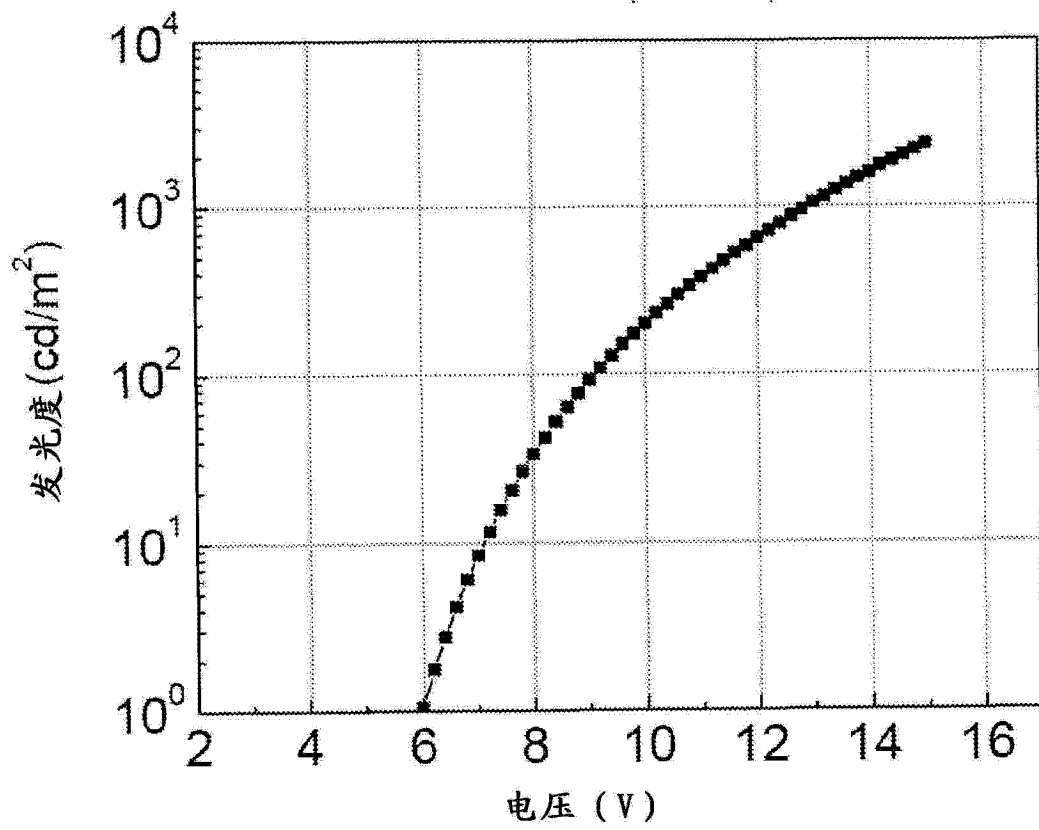


图 54

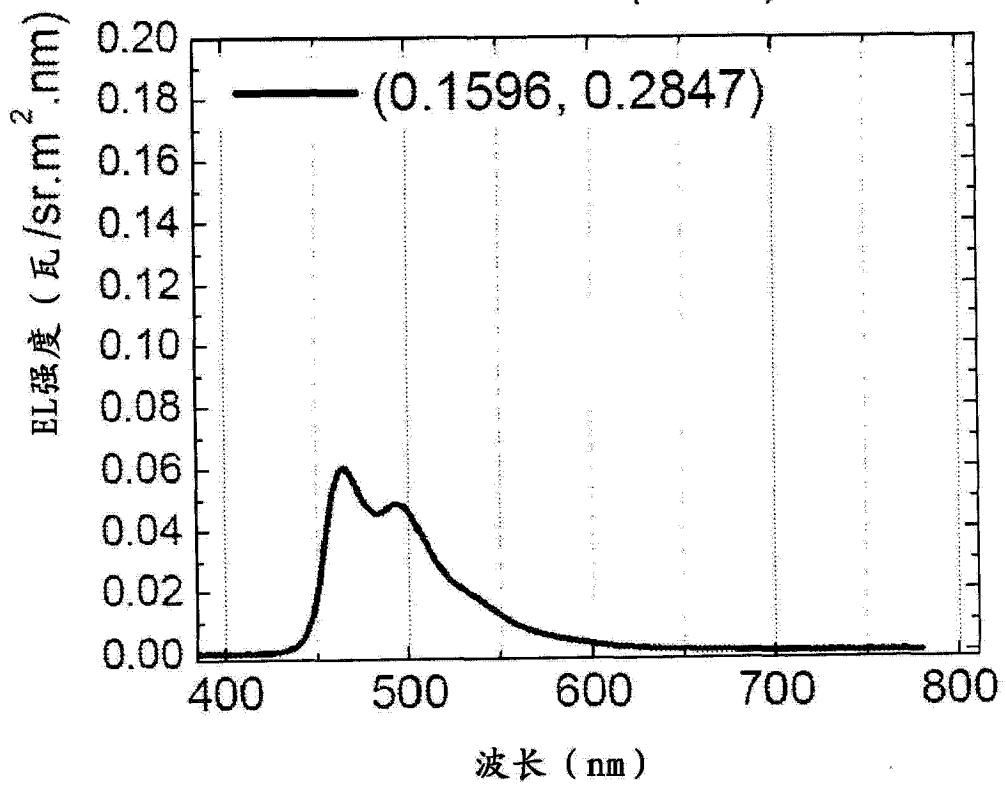


图 55

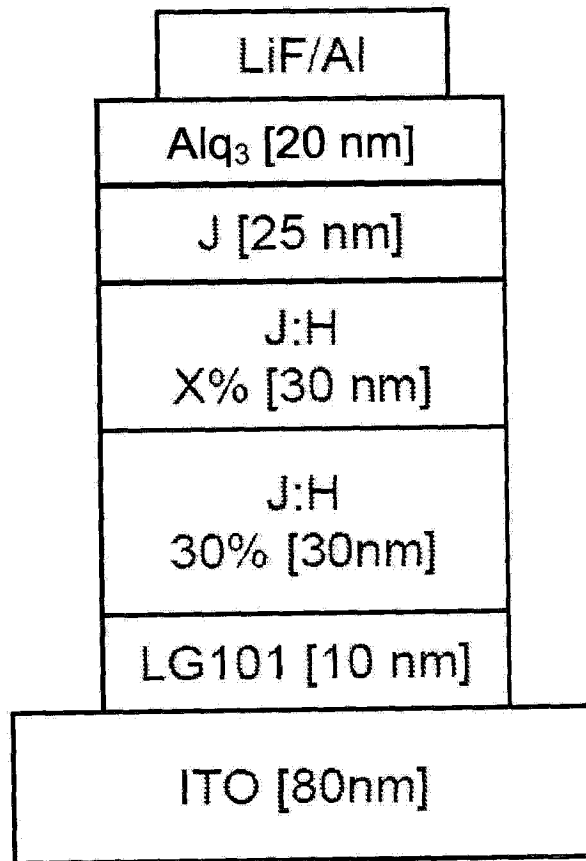


图 56



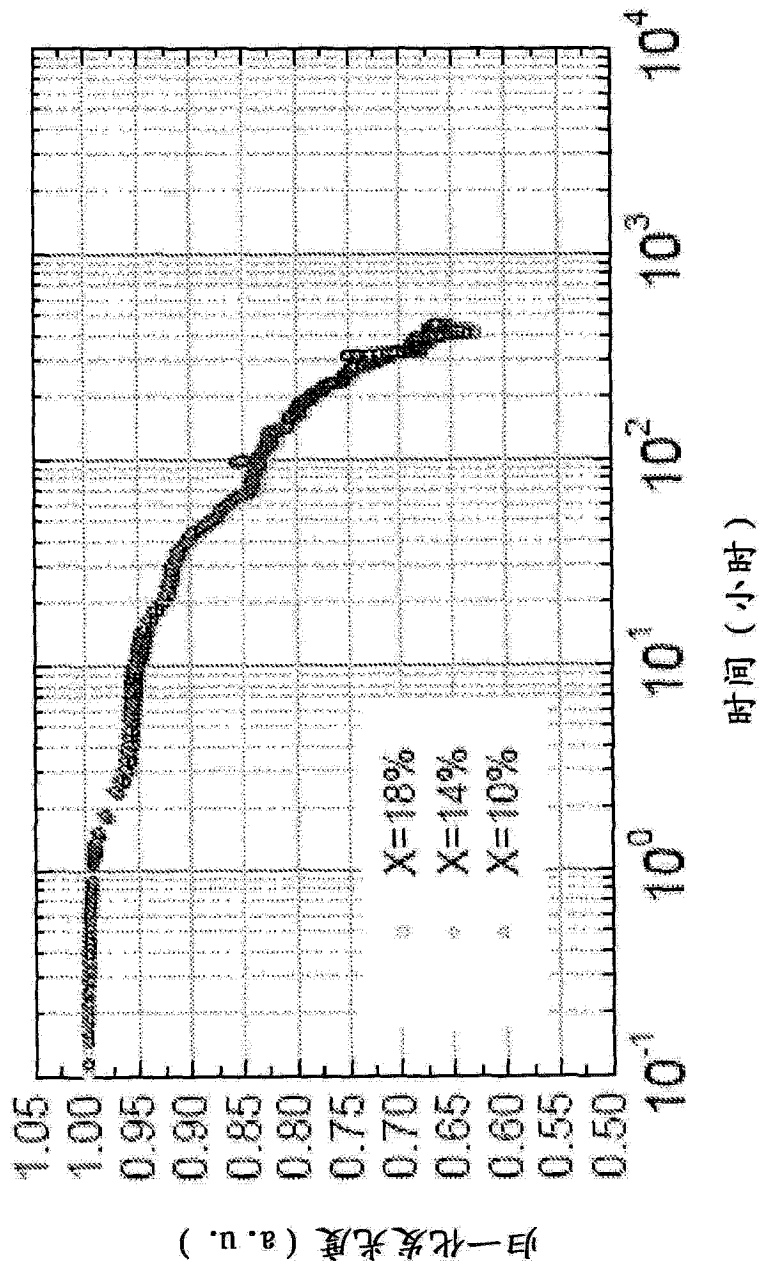


图 57

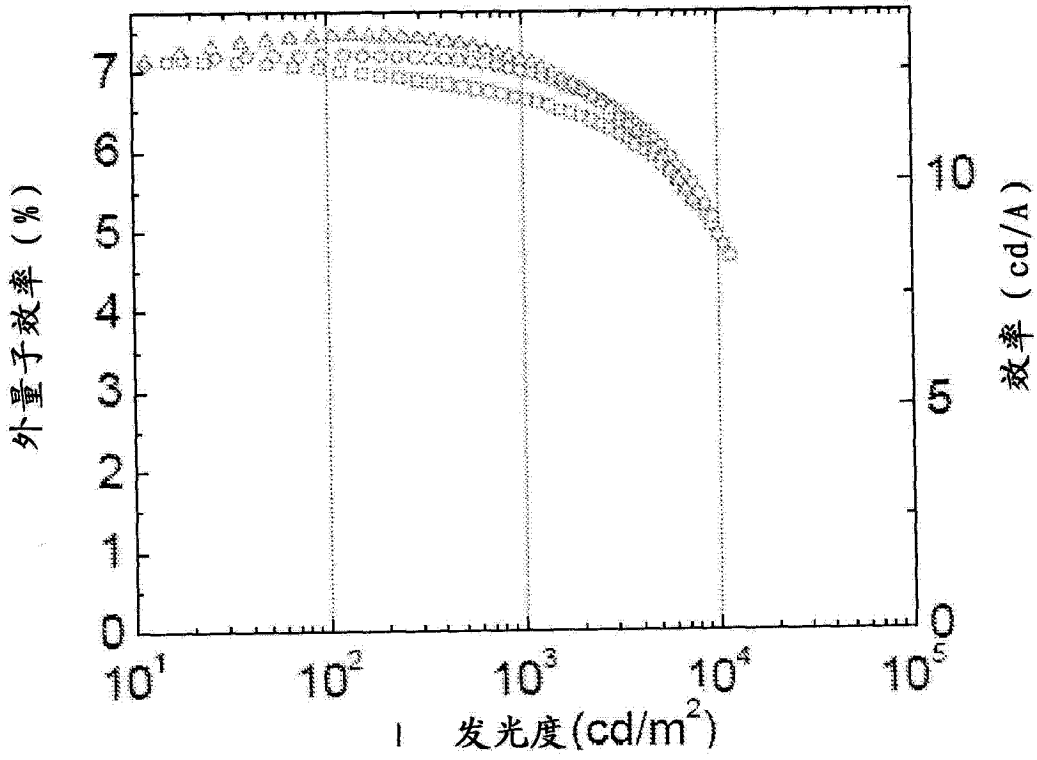


图 58

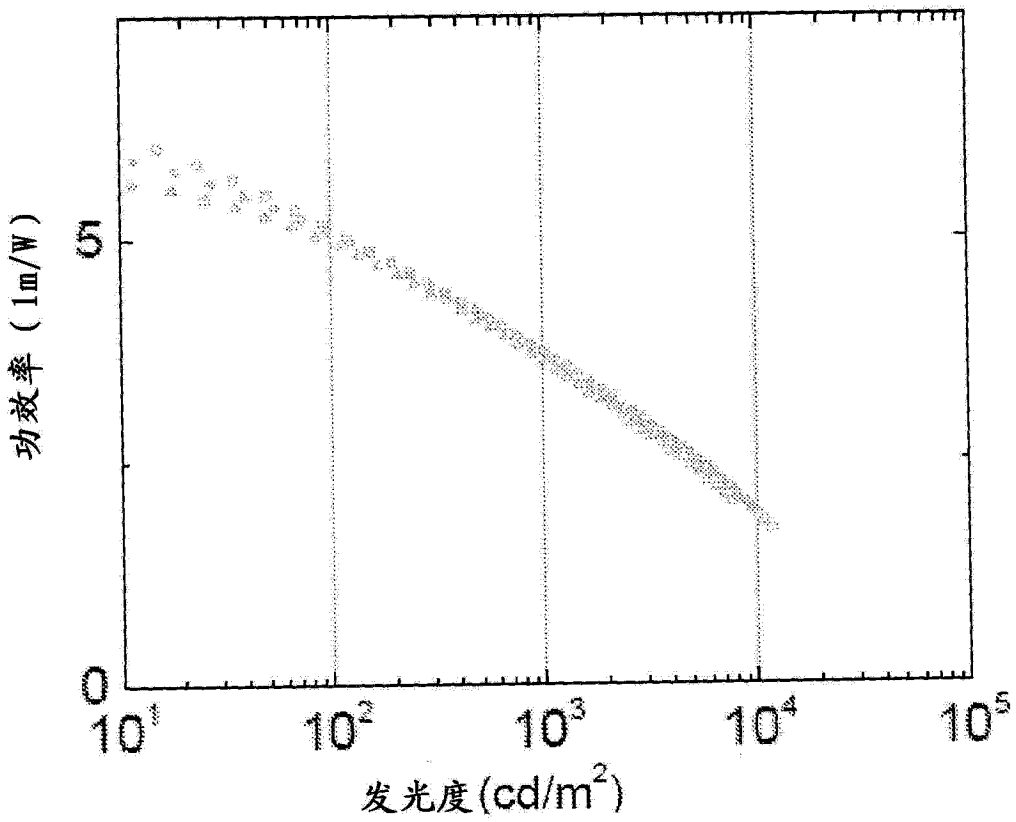


图 59

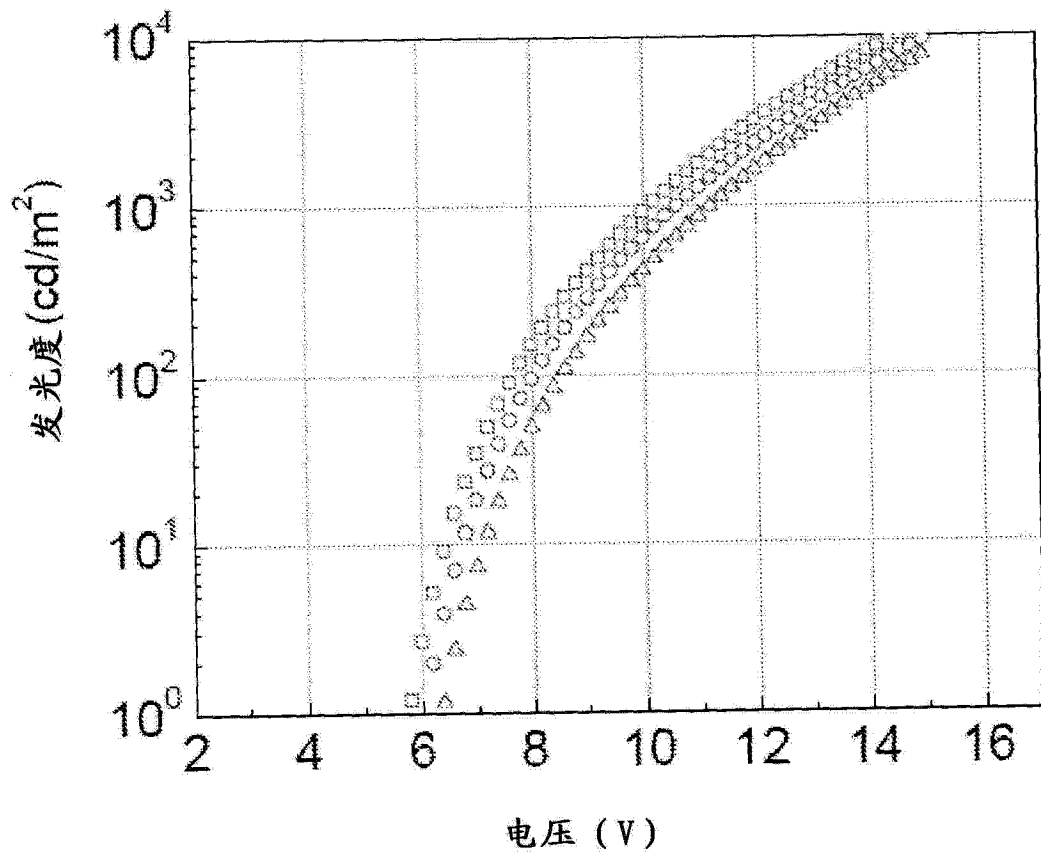


图 60

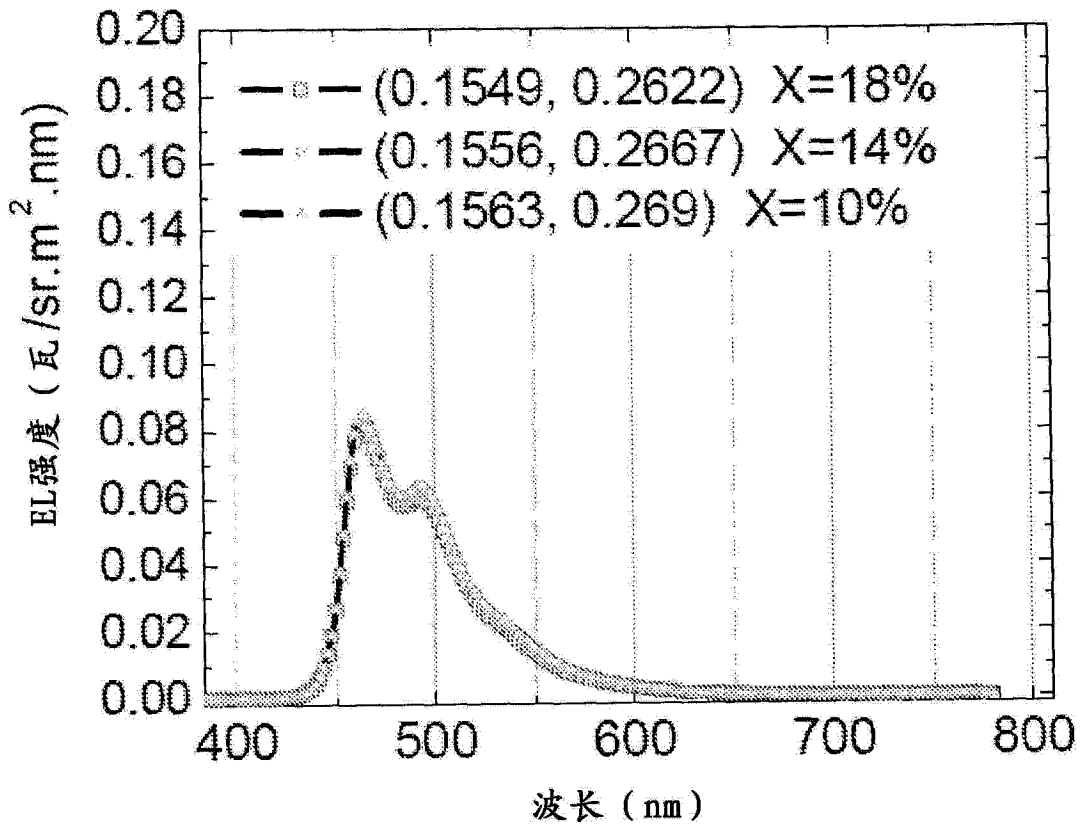


图 61

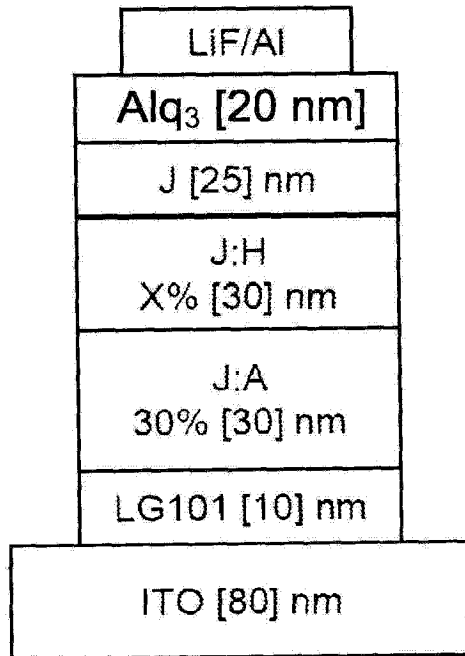


图 62

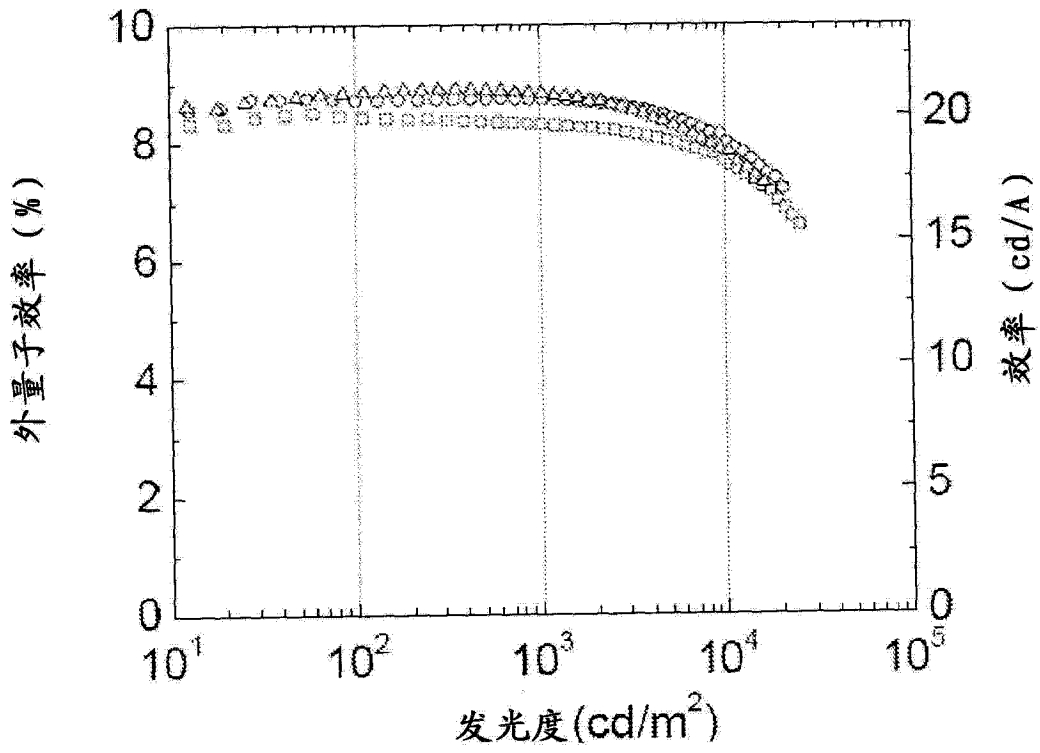


图 63

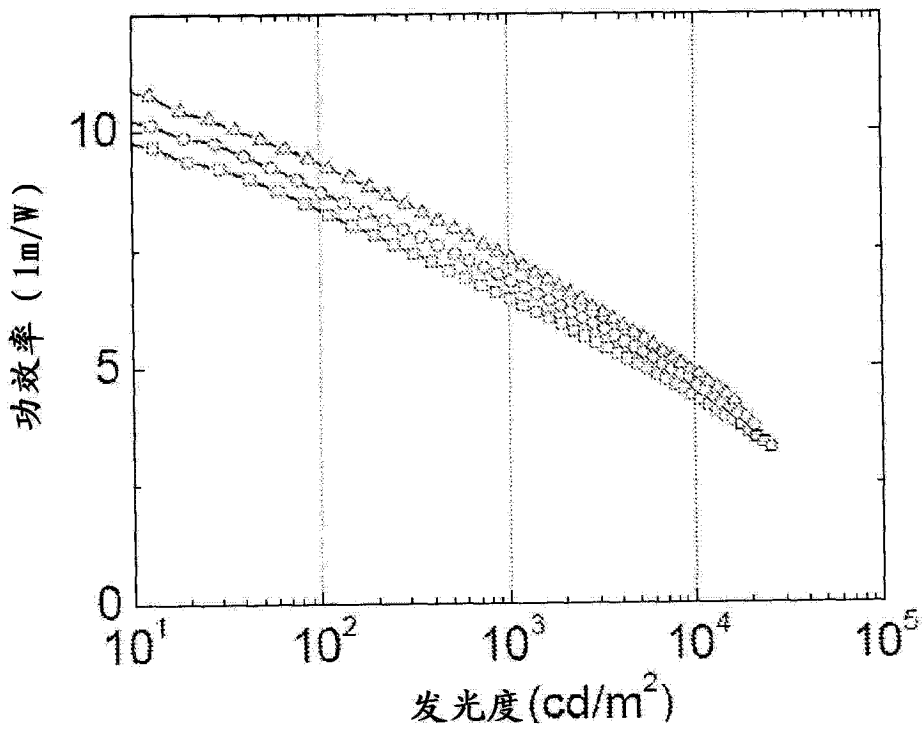


图 64

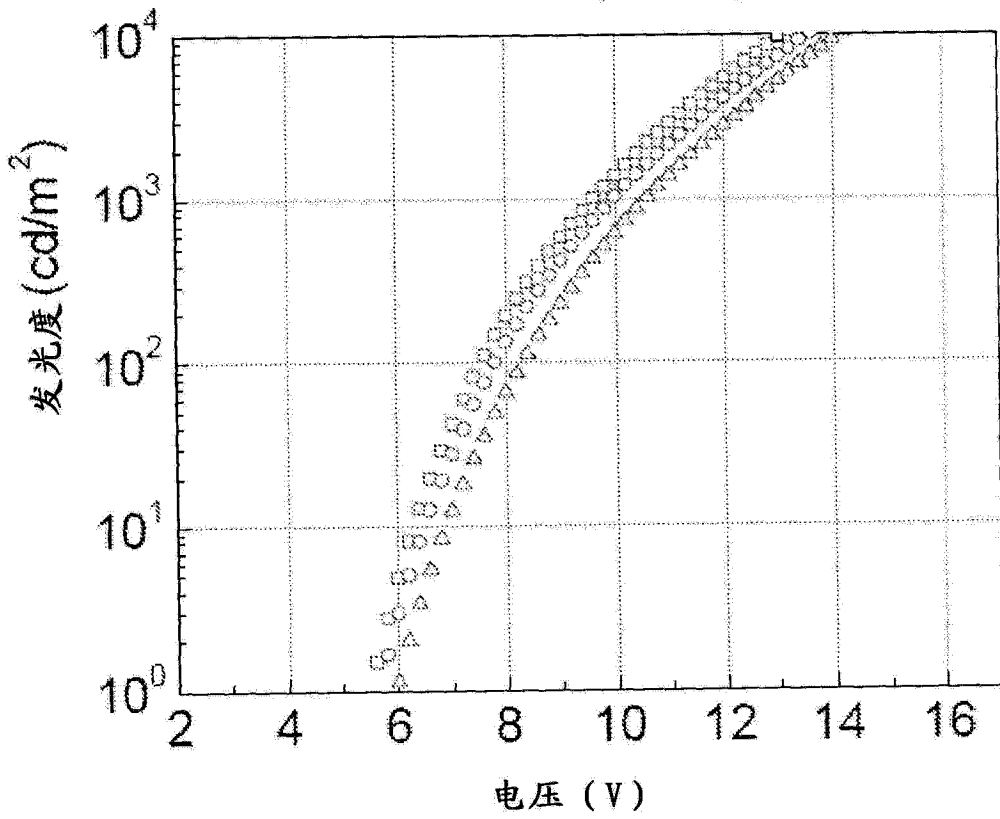


图 65

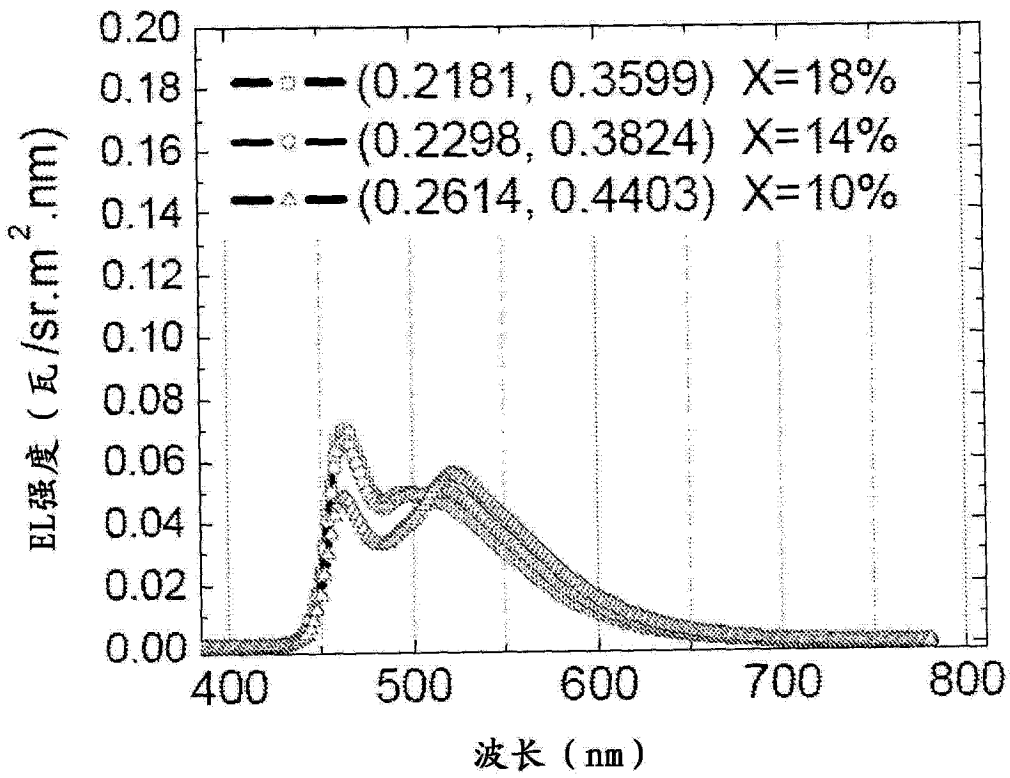


图 66