



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104953035 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201410116594. 2

(22) 申请日 2014. 03. 26

(71) 申请人 群创光电股份有限公司

地址 中国台湾新竹科学工业园区苗栗县

(72) 发明人 李育豪 林文章 黄建勋 王舜熙
张建平

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 任岩

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

H01L 27/32(2006. 01)

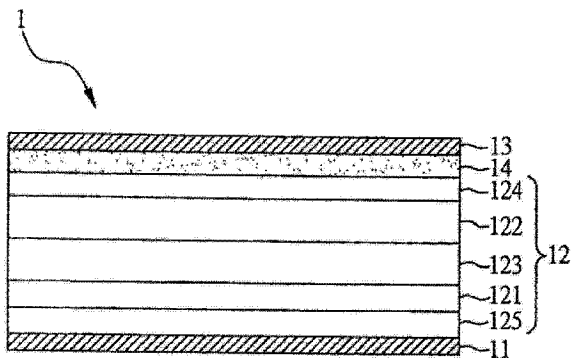
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

有机发光二极管及使用其的显示面板

(57) 摘要

本发明是有关于一种有机发光二极管,包括:
一第一电极;一有机材料层,该有机材料层包括
一电洞传输层、一电子传输层、以及一发光层,其
中,该电洞传输层夹置于该第一电极与该发光层
之间,该发光层夹置于该电洞传输层及该电子传
输层之间;一第二电极,设于该有机材料层上;以
及一载子转换层,夹设于该第一电极与该电洞传
输层之间或夹设于该第二电极与该电子传输层
之间;其中,该载子转换层的厚度可为10nm至
200nm。



1. 一种有机发光二极管,包括:

—第一电极;

—有机材料层,该有机材料层包括一电洞传输层、一电子传输层、以及一发光层,其中,该电洞传输层夹置于该第一电极与该发光层之间,该发光层夹置于该电洞传输层及该电子传输层之间;

—第二电极,设于该有机材料层上;以及

—载子转换层,夹设于该第一电极与该电洞传输层之间或夹设于该第二电极与该电子传输层之间;

其中,该载子转换层的厚度为 10nm 至 200nm。

2. 如权利要求 1 所述的有机发光二极管,其中,该载子转换层夹设于该第二电极与该电子传输层之间,该载子转换层为一 P 型掺杂载子传输层。

3. 如权利要求 1 所述的有机发光二极管,其中,该载子转换层夹设于该第一电极与该电洞传输层之间,该载子转换层为一 N 型掺杂载子传输层。

4. 如权利要求 2 所述的有机发光二极管,其中,该 P 型掺杂载子传输层的材料包括 N, N' - 双(萘-1-基)-N, N' - 双(苯基)-联苯胺(N, N' -Bis(naphthalen-1-yl)-N, N' -bis(phenyl)-benzidine), NPB)、4,4',4''-三(N-3-甲基苯基-N-苯基氨基)三苯胺(4,4',4''-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenylamino)triphenylamine, m-MTDATA)、酞菁铜(Copper(II)phthalocyanine, CuPc)、二吡嗪[2,3-f:2',3'-h]喹喔啉-2,3,6,7,10,11-六氮杂苯并菲(Dipyrzino[2,3-f:2',3'-h]quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarbonitrile, HATCN)、2,3,5,6-四氟-7,7,8,8-四氰二甲基对苯醌(2,3,5,6-Tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyano-quinodimethane, F4-TCNQ)、或上述材料的两种以上的组合。

5. 如权利要求 3 所述的有机发光二极管,其中,该 N 型掺杂载子传输层的材料包括 4,7-二苯基-1,10-菲罗啉(4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline, Bphen)、2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲(2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline, BCP)、三(8-羟基喹啉)铝(Tris(8-hydroxy-quinolinato)aluminium, Alq3)、富勒烯(Fullerene, C60)、8-羟基喹啉-锂(8-Hydroxyquinolinolato-lithium, Liq)、或上述材料的两种以上的组合。

6. 如权利要求 1 所述的有机发光二极管,其中,该载子转换层直接接触该第一电极或该第二电极。

7. 如权利要求 1 所述的有机发光二极管,其中,该载子转换层的厚度为 30nm 至 200nm。

8. 如权利要求 2 所述的有机发光二极管,其中,该第二电极的功函数为 4.2eV 至 5.5eV。

9. 如权利要求 2 所述的有机发光二极管,其中,该第二电极为一透明导电氧化物膜。

10. 一种显示面板,其包括:

—基板;以及

如权利要求 1 至 9 任一项所述的有机发光二极管,其设置于该基板上。

有机发光二极管及使用其的显示面板

技术领域

[0001] 本发明是关于一种有机发光二极管及使用其的显示面板,尤指一种具有载子转换层的有机发光二极管及使用其的显示面板。

背景技术

[0002] 有机发光二极管 (organic light emitting diode, OLED) 为一种自发光的装置,其具有广视角、高对比度、反应速度快、高亮度等优点,且根据所使用的有机材料,可提供各种颜色的光。

[0003] 典型有机发光二极管的基本结构是包括阴极、有机材料层、及阳极,其是依序堆叠于一基板上。当电子及电洞分别经由阴极及阳极进入有机材料层并于有机材料层中再结合,即可发射光线。为了能将载子有效地自电极注入有机材料层中,特别是将电子自阴极注入有机材料层,一般而言会利用低功函数的金属修饰阴极与有机材料层的接面,进而改善电子注入效率。然而,此种方式有降低元件透光率且其载子注入效率随装置运作时间而逐渐降低致使产品使用寿命减少的缺点。再者,考虑电子注入效率,一般是尽可能选择功函数低的材料作为电极,使得电极的选择受到限制,而有不易整合有机发光二极管及其他驱动电路元件(例如:晶体管)的问题。

[0004] 据此,发展一产品使用寿命长且易与其他元件整合并具有优异载子注入功效的有机发光二极管,实有其所需。

发明内容

[0005] 本发明的主要目的是在提供一种有机发光二极管,其能通过设置一载子转换层的方式提高载子注入效率,并同时达到改善产品使用寿命及易与其他元件整合的目的。

[0006] 为达成上述目的,本发明提供一种有机发光二极管,包括:一第一电极;一有机材料层,该有机材料层可包括一电洞传输层、一电子传输层、以及一发光层,其中,该电洞传输层可夹置于该第一电极与该发光层之间,该发光层可夹置于该电洞传输层及该电子传输层之间;一第二电极,设于该有机材料层上;以及一载子转换层,可夹设于该第一电极与该电洞传输层之间或夹设于该第二电极与该电子传输层之间;其中,该载子转换层的厚度可为 10nm 至 200nm。更佳地,于另一实施态样中,该该载子转换层的厚度可为 30nm 至 200nm。

[0007] 于一实施态样中,当该载子转换层夹设于该第二电极与该电子传输层之间时,该载子转换层可为一 P 型掺杂载子传输层。

[0008] 于一实施态样中,当该载子转换层夹设于该第一电极与该电洞传输层之间时,该载子转换层可为一 N 型掺杂载子传输层。

[0009] 于一实施态样中,该 P 型掺杂载子传输层的材料可包括 N,N'-双(蔡-1-基)-N,N'-双(苯基)-联苯胺(N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine), NPB)、4,4',4''-三(N-3-甲基苯基-N-苯基氨基)三苯胺(4,4',4''-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenylamino)triphenylamine, m-MTDATA)、酞菁铜(Copper(II)

phthalocyanine, CuPc)、二吡嗪 [2,3-f:2',3'-h] 喹啉啉-2,3,6,7,10,11-六氮杂苯并菲 (Dipyrzino[2,3-f:2',3'-h]quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarboni trile, HATCN)、2,3,5,6-四氟-7,7,8,8-四氰二甲基对苯醌 (2,3,5,6-Tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyano-quinodimethane, F4-TCNQ)、或上述材料的两种以上的组合。

[0010] 于一实施态样中,该N型掺杂载子传输层的材料可包括4,7-二苯基-1,10-菲罗啉 (4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline, Bphen)、2,9-二甲基-4,7-联苯-1,10-邻二氮杂菲 (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline, BCP)、三(8-羟基喹啉)铝 (Tris(8hydroxy-quinolinato)aluminium, Alq3)、富勒烯 (Fullerene, C60)、8-羟基喹啉锂 (8-Hydroxyquinolinolato-lithium, Liq)、或上述材料的两种以上的组合。

[0011] 于一实施态样中,该载子转换层可直接接触该第一电极或该第二电极。

[0012] 于一实施态样中,该载子转换层夹设于该第二电极与该电子传输层之间,该有机材料层可还包括一电子注入层,其可夹设于该载子转换层及该电子传输层之间。

[0013] 于一实施态样中,该载子转换层夹设于该第二电极与该电子传输层之间,该有机材料层可还包括一电洞注入层,其可夹设于该第一电极及该电洞传输层之间。

[0014] 于一实施态样中,该载子转换层夹设于该第二电极与该电子传输层之间,该第二电极的功函数可为4.2eV至5.5eV。

[0015] 于一实施态样中,该载子转换层夹设于该第二电极与该电子传输层之间时,该第二电极可为一透明导电氧化物膜。更具体地,于另一实施态样中,该第一电极亦可为一透明导电氧化物膜。

[0016] 此外,本发明更提供一种包含上述有机发光二极管的显示面板,其包括:一基板;以及上述有机发光二极管,其可设置于该基板上,其中,根据所选用的有机发光二极管的类型,该基板可为一透明基板(例如:玻璃基板、塑料基板)或一不透明基板,本发明并不特别以此为限。

[0017] 据此,通过包含上述具有载子转换层的有机发光二极管,本发明即可制得具有产品使用寿命长且易于制备的显示面板。

附图说明

[0018] 为进一步说明本发明的具体技术内容,以下结合实施例及附图详细说明如后,其中:

[0019] 图1是本发明实施例1的有机发光二极管1的结构示意图。

[0020] 图2是本发明实施例11的有机发光二极管2的结构示意图。

[0021] 图3是本发明实施例12的显示面板3的结构示意图。

[0022] 图4是本发明试验例2的光谱结果图。

[0023] 图5是本发明试验例3的电压电流密度结果图。

具体实施方式

[0024] 于已知技术中,为改善电荷自电极注入效率,一般可采用较低功率的金属或其合金修饰阴极接触有机材料层的接口。然而,此种方式往往容易导致电极劣化,进而缩短产品使用寿命,且已知方式仍有不易将有机发光二极管与其他元件(例如驱动电路)整合的

缺陷。是以,为同时改善上述缺点并确保有机发光二极管的发光效率,本发明通过设置一P型掺杂或N型掺杂的载子转换层于电极与有机材料层之间,使得有机发光二极管具有PINP或NPIN的结构,达到改善上述缺点的目的。具体而言,通过设置此一载子转换层,本发明有机发光二极管的电极不需选择特定的已知电极材料,例如不需选择低功函数的电极材料作为阴极或使用低功函数的材料修饰阴极与有机材料层接触的接口。由于本发明有机发光二极管的电极材料不受到已知技术的限制,本领域技术人员可依据其整合元件的需求,选择合适的电极材料,从而达到解决上述元件整合不易的问题。更佳地,不同于已知技术,可选择功函数较高的材料作为本发明有机发光二极管的阴极材料,进而改善产品使用寿命并解决元件整合不易的问题。再者,依据所制备的有机发光二极管的类型,本领域技术人员可选择具有高功函数的透明导电氧化物(例如氧化铟锡(Indium Tin Oxide,ITO)、氧化铟锌(indium zinc oxide,IZO)等)或具有高功函数的金属电极作为该第一电极或该第二电极,从而制备出上发光式、下发光式、或穿透式有机发光二极管。

[0025] 于本发明中,只要能达到改善有机发光二极管载子注入效率并同时解决上述有机发光二极管与其他元件整合的问题,该载子转换层的材料并不特别受限。较佳地,如上所述,依据该载子转换层所设置的位置,该载子转换层可由P型掺杂材料或N型掺杂材料所制成。更佳地,该P型掺杂材料或N型掺杂材料可仅由有机材料所组成。换言之,本发明与已知技术不同,不需通过沉积低功函数金属与有机材料,即可达到电荷转换的功效。具体而言,于本发明实施例中,该载子转换层可使用P型掺杂的电洞传输层材料或N型掺杂的电子传输层材料以达到电荷转换的功效。

[0026] 于本发明中,由于本发明较佳可使用具有高功函数的电极材料且电极与有机材料层接触的界面不需经过修饰,是以“该载子转换层直接接触该第一电极或第二电极”是指该载子转换层可直接接触具有高功函数的电极材料。

[0027] 此外,只要能用于制备有机发光二极管的有机材料层,各种有机材料层的材料皆可使用,本发明并不特别以此为限。类似地,在不悖离本发明的精神下,本领域技术人员亦可依据其需求增加或修饰有机发光二极管的结构,本发明亦不特别以此为限。再者,本领域技术人员亦可依据所制备的有机发光二极管的种类、各功能层的材料种类等特性,选择适当的制备方法,本发明亦不特别以此为限。

[0028] 是以,由于本发明有机发光二极管具有由有机材料所制成的载子转换层,本领域技术人员可依据元件整合的需求选择高功函数的材料制备电极,从而达到同时改善载子注入效率及产品使用寿命的功效,并具有易与其他元件整合的优点。

[0029] 以下通过具体实施例说明本发明的实施方式,熟习此技术的人士可由本说明书所揭示的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。此外,本发明亦可通过其他不同具体实施例加以施行或应用,在不悖离本发明的精神下进行各种修饰与变更。

[0030] 实施例 1

[0031] 请参考图 1,是实施例 1 的有机发光二极管 1 的结构示意图,其包括:一第一电极 11;一有机材料层 12,该有机材料层 12 包括一电洞传输层 121、一电子传输层 122、以及一发光层 123,其中,该电洞传输层 121 夹置于该第一电极 11 与该发光层 123 之间,该发光层 123 夹置于该电洞传输层 121 及该电子传输层 122 之间;一第二电极 13,设于该有机材料层 12 上;以及一载子转换层 14,夹设于该第二电极 13 与该电子传输层 122 之间;其中,该载子

转换层 14 为一 P 型掺杂的载子转换层,且其厚度为 55nm。此外,为更提高电子由该载子转换层 14 注入电子传输层 122 的效率及电洞由第一电极 11 注入电洞传输层 121 的效率,实施例 1 的有机发光二极管 1 的有机材料层 12 还包括一设于该载子转换层 14 及该电子传输层 122 间的电子注入层 124 及一设于该第一电极 11 及该电洞传输层 121 间的电洞注入层 125。

[0032] 于实施例 1 中,该第一电极 11 为由 ITO 组成的透明导电氧化物膜,且该第二电极 13 为由 IZO 组成的透明导电氧化物膜。于实施例 1 中,该有机材料层 12 的电洞传输层 121、电子传输层 122、发光层 123、电子注入层 124、及电洞注入层 125 可各自独立选自其的已知材料,本发明并不特别以此为限,至于该载子转换层 14 则可以电洞传输材料(如:NPB 或 m-MTDATA)与 P 型参杂材料(如:F4-TCNQ)混合组成。于实施例 1 中,电洞传输层 121 与该电洞注入层 125 的总厚度是为 135nm。

[0033] 于实施例 1 中,该有机发光二极管 1 的各功能层的制备方法是采用已知的制备方法,在此并不赘述,本领域技术人员可依据所使用的材料,选择合适的制备方法,并根据需求调整工艺参数,本发明并不以此为限。

[0034] 是以,依据本发明,实施例 1 即可制备出具有载子转换层且为上发光式的有机发光二极管 1。

[0035] 实施例 2

[0036] 实施例 2 与实施例 1 大致类似,所不同处在于实施例 2 的电洞注入层及电洞传输层的总厚度是为 35nm,且其载子转换层厚度为 20nm。

[0037] 实施例 3 至 5

[0038] 实施例 3 至 5 与实施例 2 大致类似,所不同处在于载子转换层的厚度不同,其中,实施例 3 的载子转换层厚度为 60nm,实施例 4 的载子转换层的厚度为 80nm,以及实施例 5 的载子转换层的厚度为 100nm。据此,即可制备出具有不同载子转换层厚度的有机发光二极管。

[0039] 实施例 6 及 7

[0040] 实施例 6 及 7 与实施例 2 大致类似,所不同处仅在于实施例 6 的第二电极是由银(Ag)所组成,而实施例 7 的第二电极是由铝(Al)所组成。

[0041] 实施例 8 至 10

[0042] 实施例 8 至 10 分别与实施例 2、实施例 6 及实施例 7 大致类似,所不同处在于其有机发光二极管的第二电极与有机材料层间的接面是经低功函数材料修饰。具体而言,实施例 8 的第二电极是为 MgAg/IZO,实施例 9 的第二电极是为 MgAg/Ag,而实施例 10 的第二电极是为 LiF/Al。

[0043] 实施例 11

[0044] 请参考图 2,是实施例 11 的有机发光二极管 2 的结构示意图,其包括:一第一电极 21;一有机材料层 22,该有机材料层 22 包括一电洞传输层 221、一电子传输层 222、以及一发光层 223,其中,该电洞传输层 221 夹置于该第一电极 21 与该发光层 223 之间,该发光层 223 夹置于该电洞传输层 221 及该电子传输层 222 之间;一第二电极 23,设于该有机材料层 22 上;以及一载子转换层 24,夹设于该第一电极 21 与该电洞传输层 221 之间;其中,该载子转换层 24 为一 N 型掺杂的载子转换层。是以,如实施例 11 所述,本发明亦可制备出具有 N

型掺杂载子转换层且为上发光式的有机发光二极管 2。

[0045] 实施例 12

[0046] 请参考图 3, 是为本实施例 12 的显示面板 3 的结构示意图。如图 3 所示, 本实施例 12 的显示面板 3 包括: 一基板 32; 及一有机发光二极管 10, 其是设于该基板 32 上。

[0047] 于本实施例 12 中, 有机发光二极管 10 可为实施例 1 或实施例 11 所述的有机发光二极管, 故在此不再赘述。实施例 1 或实施例 11 所述的有机发光二极管均为上发光的有机发光二极管, 在此是以非出光面的一侧, 即以第一电极的一侧设于基板 32 上。再者, 本实施例的显示面板 3 还包括: 一透光基板 31、多个间隔元件 351、多个彩色滤光元件 352、及密封元件 34。其中, 间隔元件 351 是设置在两相邻的彩色滤光元件 352 间, 以防止通过彩色滤光元件 352 所发出的光相互干扰; 而有机发光二极管 10 则设置在透光基板 31 与基板 32 间, 并以密封元件 34 加以密封。在此, 是以白光 OLED 作为例子, 其他实施例可为不需使用彩色滤光元件 352 的红、绿、或蓝光 OLED。此外, 所谓的间隔元件 351 可为已知常用的黑色矩阵。

[0048] 此外, 于显示面板的出光面的一侧, 即相对于设置间隔元件 351 及彩色滤光元件 352 的透光基板 31 的另一侧, 可选择性的设有一偏光元件 33, 以降低环境光反射并增加对比度。然而, 本实施例 13 的显示面板 3 亦可无须设置此偏光元件 33。

[0049] 比较例 1

[0050] 比较例 1 与实施例 1 大致类似, 所不同处在于比较例 1 是以一低功函数金属层取代该载子转换层 14。换言之, 比较例 1 的有机发光二极管是为一通过低功函数金属改善电子自阴极注入电子传输层的已知有机发光二极管。

[0051] 比较例 2

[0052] 比较例 2 与实施例 2 大致类似, 所不同处在于比较例 2 是以一低功函数金属层取代该载子转换层。换言之, 比较例 2 的有机发光二极管亦为一通过低功函数金属改善电子自阴极注入电子传输层的已知有机发光二极管。

[0053] 试验例 1

[0054] 请参考表 1, 是实施例 1 与比较例 1 的有机发光二极管的功效测试结果。如表 1 所示, 在提供相同的电流密度进行测试的情况下, 实施例 1 的发光效率及功率效率皆高于比较例 1, 且由 T90 (亮度衰减至初始透光率的 90% 所需时间) 及 T80 (亮度衰减至初始透光率的 80% 所需时间) 的比较结果可知, 实施例 1 所需时间约为比较例 1 所需时间的 3 倍。是以, 由表 1 的测试结果可知, 相较于比较例 1 的有机发光二极管, 实施例 1 的有机发光二极管 1 具有较佳的功效且产品使用寿命较长。

[0055] 表 1

[0056]

	电压 (V)	亮度 (cd/m ²)	电流密度 (mA/cm ²)	发光效率 (cd/A)	功率效率 (lm/A)	T90 (%)	T80 (%)
比较例 1	4.10	363.03	10	3.63	2.82	100	100
实施例 1	4.25	548.27	10	5.48	4.05	310	350

[0057] 试验例 2

[0058] 请参考表 2,是实施例 2 至 5 及比较例 2 的有机发光二极管的功效测试结果。由表 2 结果可知,随着载子转换层厚度的增加,本发明有机发光二极管的功效(亮度、发光效率、及功率效率)并无受到显著影响。请继续参阅表 2 并一并参考图 4,其中,图 4 是对应表 2 的光谱结果图。如图 4 所示,随着载子转换层厚度的增加,各实施例所制备的有机发光二极管所发射的光线波长有蓝移的现象,显示本发明可通过载子转换层的厚度调控所制备的有机发光二极管的光色,且厚度调控范围较大,可提高工艺容忍度,使整体厚度均匀性提高。

[0059] 表 2

[0060]

	电压 (V)	亮度 (cd/m ²)	电流密度 (mA/cm ²)	发光效率 (cd/A)	功率效率 (lm/A)	CIE x	CIE y
比较例 2	3.82	668.1	10	6.68	5.50	0.141	0.176
实施例 2	4.09	745.3	10	7.45	5.72	0.148	0.236
实施例 3	4.17	652.2	10	6.52	4.91	0.154	0.212
实施例 4	4.31	567.8	10	5.68	4.14	0.151	0.188
实施例 5	4.32	507.5	10	5.08	3.69	0.148	0.174

[0061]

[0062] 试验例 3

[0063] 请参考图 5,是实施例 2、实施例 6 至 10 的有机发光二极管的电压电流密度结果图。如图 5 所示,各种电极材料皆可使用作为本发明有机发光二极管的第二电极,且在相同的电流密度下,比较相同的电极材料(银、铝或 IZO),实施例 2、实施例 6 及实施例 7 的有机发光二极管较实施例 8 至 10 的有机发光二极管分别具有较低的电压,显示第二电极未经低功函数材料(MgAg 或 LiF)修饰的有机发光二极管所需的驱动电压较低。据此,由试验例 3 的结果可知,当载子转换层夹设于第二电极与有机材料层之间时,本领域技术人员可依据装置设计需求选择本发明有机发光二极管的电极材料,较佳是选择功函数较高且不经任何低功函数材料修饰的电极材料,从而制备出具有优异载子注入效率及产品使用寿命的功效,并具有易与其他元件整合等优点的有机发光二极管。

[0064] 上述实施例仅是为了方便说明而举例而已,本发明所主张的权利范围自应以权利要求范围所述为准,而非仅限于上述实施例。

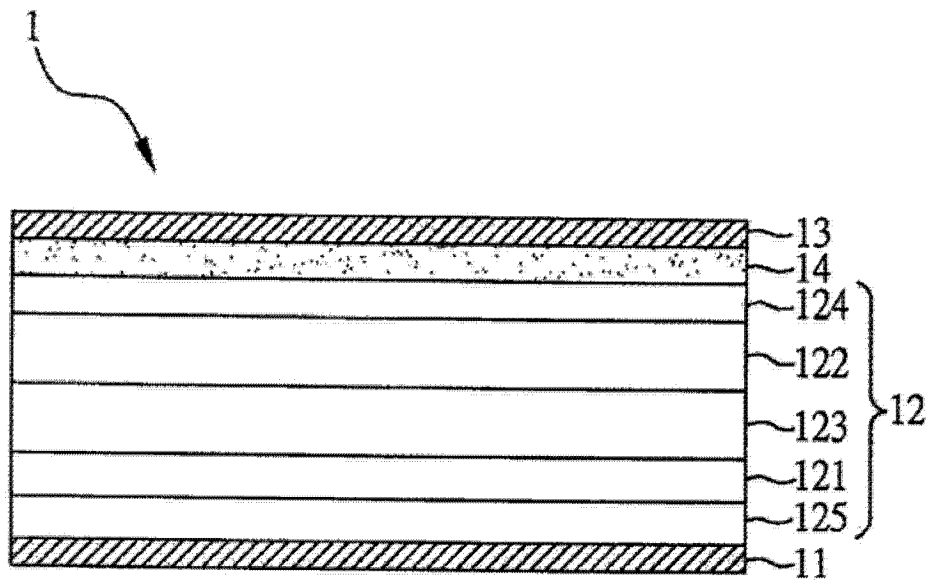


图 1

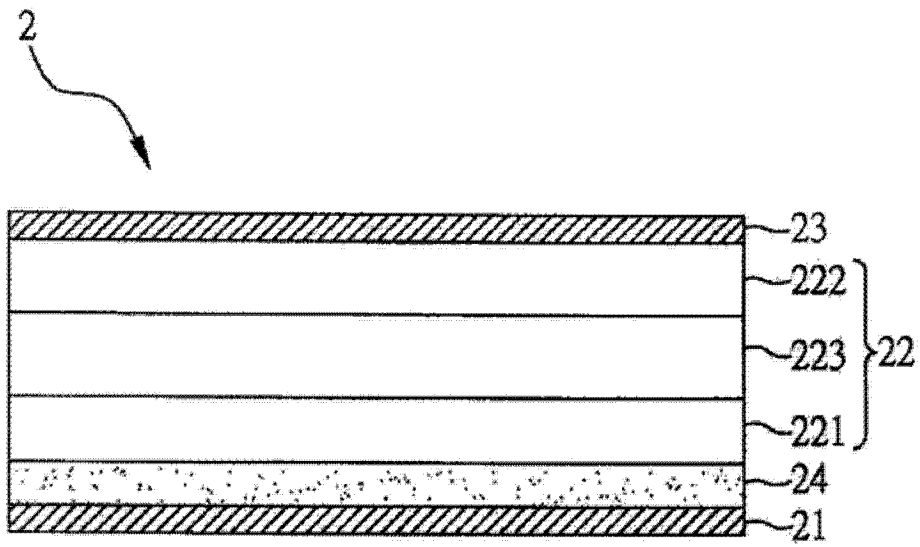


图 2

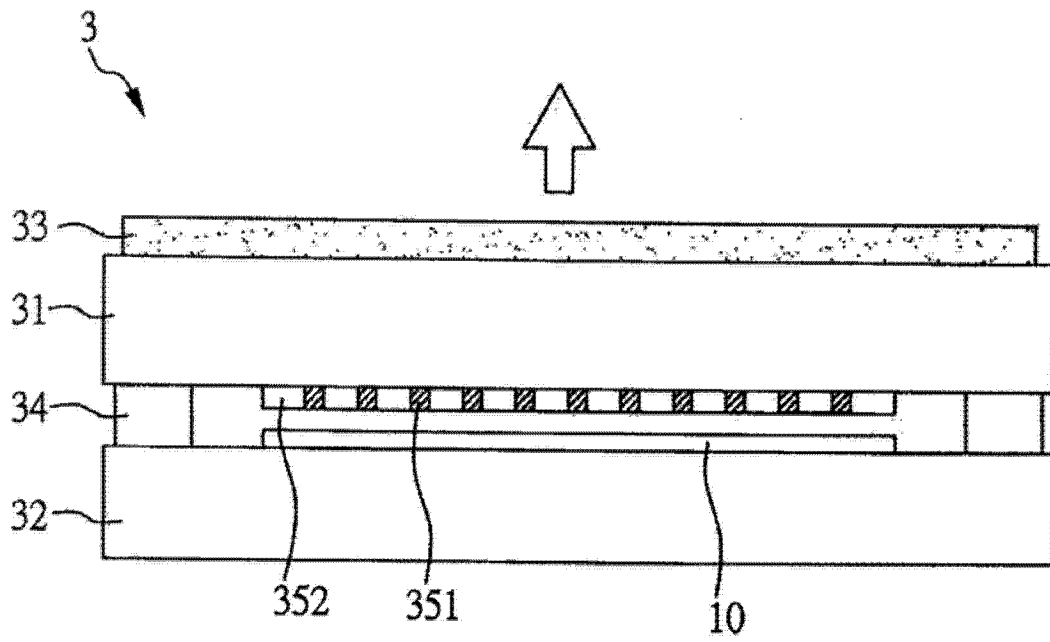


图 3

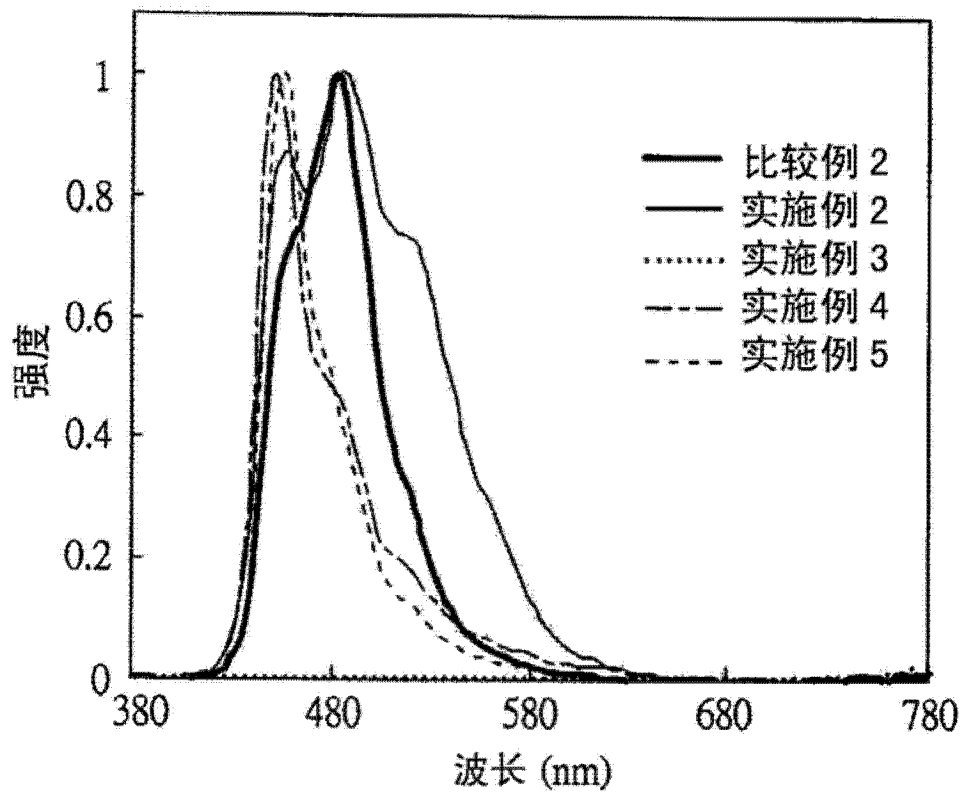


图 4

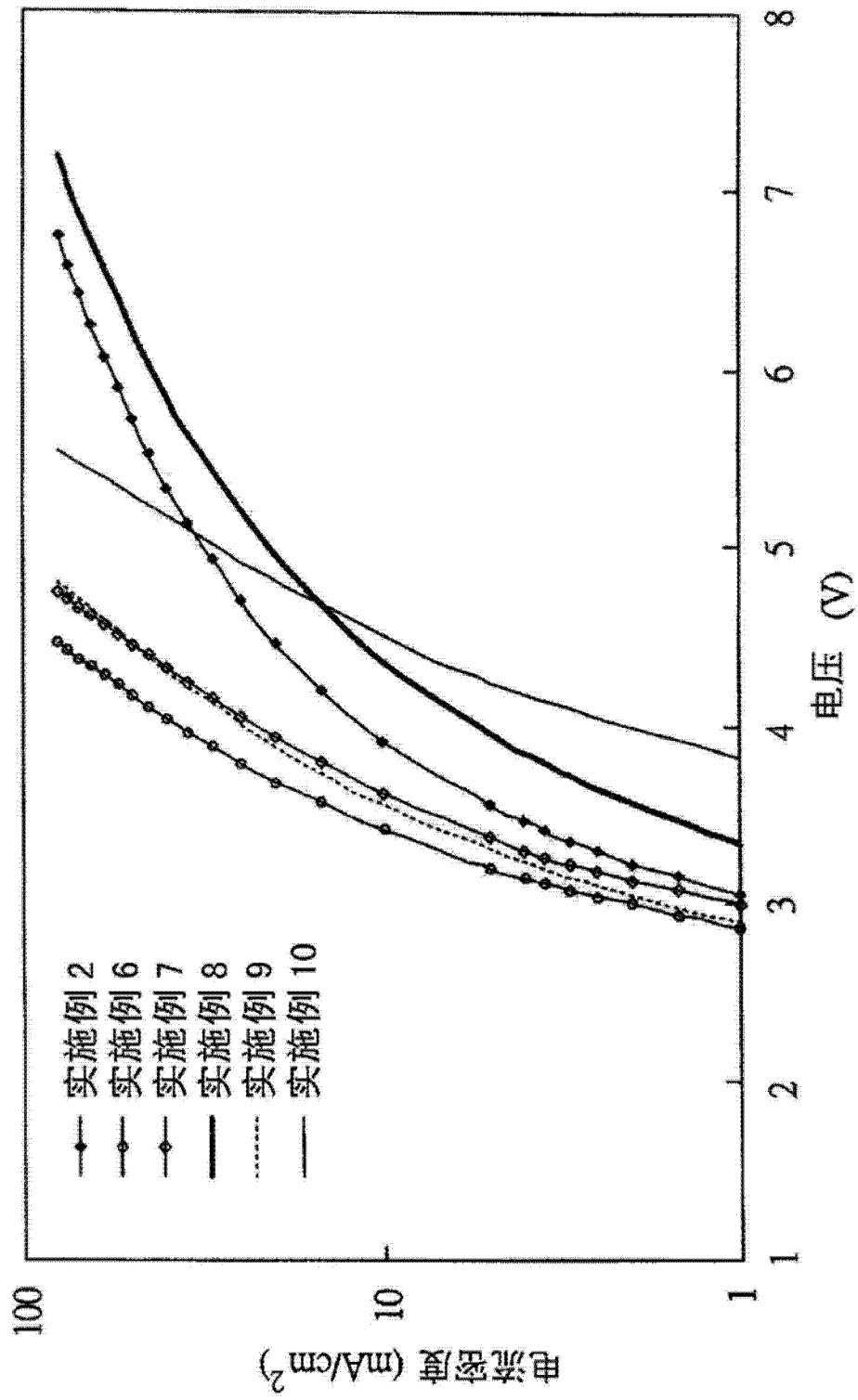


图 5

专利名称(译)	有机发光二极管及使用其的显示面板		
公开(公告)号	CN104953035A	公开(公告)日	2015-09-30
申请号	CN201410116594.2	申请日	2014-03-26
[标]申请(专利权)人(译)	群创光电股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	群创光电股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	群创光电股份有限公司		
[标]发明人	李育豪 林文章 黄建勋 王舜熙 张建平		
发明人	李育豪 林文章 黄建勋 王舜熙 张建平		
IPC分类号	H01L51/50 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5008 H01L27/3241 H01L51/50		
代理人(译)	任岩		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明是有关于一种有机发光二极管，包括：一第一电极；一有机材料层，该有机材料层包括一电洞传输层、一电子传输层、以及一发光层，其中，该电洞传输层夹置于该第一电极与该发光层之间，该发光层夹置于该电洞传输层及该电子传输层之间；一第二电极，设于该有机材料层上；以及一载子转换层，夹设于该第一电极与该电洞传输层之间或夹设于该第二电极与该电子传输层之间；其中，该载子转换层的厚度可为10nm至200nm。

