

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102668157 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 12

(21) 申请号 201080053434. 8

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

(22) 申请日 2010. 10. 12

代理人 龙淳

(30) 优先权数据

2009-270820 2009. 11. 27 JP

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 05. 25

H05B 33/10(2006. 01)

H05B 33/12(2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/067879 2010. 10. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02011/065136 JA 2011. 06. 03

(71) 申请人 夏普株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 冈本健

权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 5 页

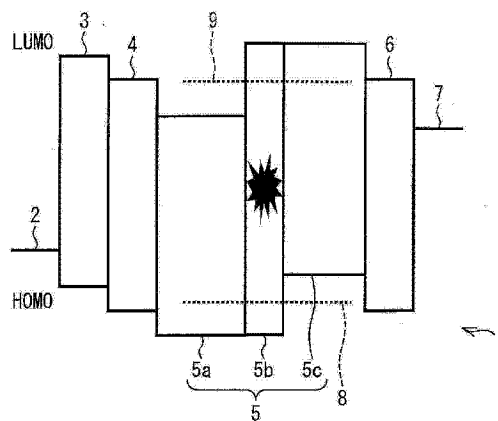
(54) 发明名称

有机电致发光元件及其制造方法、以及有机电致发光显示装置

(57) 摘要

有机 EL 元件(1)具有三层结构的发光层(5)，第一发光层(5a)包括具有比有机发光材料的最高占据能级深的最高占据能级的基质材料(| HOMO (第一发光层的基质材料) | > | HOMO (发出磷光的材料) |)。此外，第二发光层(5c)包括具有比有机发光材料的最低未占能级浅的最低未占能级的基质材料(| LUMO (第二发光层的基质材料) | < | LUMO (发出磷光的材料) |)。而且，第三发光层(5b)包括具有比有机发光材料的最高占据能级深的最高占据能级(| HOMO (第三发光层的基质材料) | > | HOMO (发出磷光的材料) |)，且具有比有机发光材料的最低未占能级浅的最低未占能级(| LUMO (第三发光层的基质材料) | < | LUMO (发出磷光的材料) |)的基质材料。

由此，能够可靠地将空穴和电子传输至第三发光层(5c)，因此，空穴与电子再结合的概率上升，能够使有机 EL 元件(1)的驱动电压下降，提高发光效率。



1. 一种有机电致发光元件,其特征在于:
 所述有机电致发光元件在基板上包括:
 阳极和阴极 ;和
 有机层,其形成于所述阳极与所述阴极之间且至少具有发光层,
 所述发光层包括:
 位于所述阳极一侧且包括第一基质材料的第一发光层 ;
 位于所述阴极一侧且包括第二基质材料的第二发光层 ;和
 位于所述第一发光层与所述第二发光层之间且包括第三基质材料的第三发光层,
 所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料各自相互不同,并且在所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料中掺杂有相同的有机发光材料,
 所述第一基质材料、所述第二基质材料、所述第三基质材料和所述有机发光材料各自的最高占据能级 HOMO 和最低未占能级 LUMO 满足下述关系式(1)和(2),
 (1) $| \text{第一基质材料的 HOMO} | > | \text{有机发光材料的 HOMO} |$, 且 $| \text{有机发光材料的 HOMO} | < | \text{第三基质材料的 HOMO} |$,
 (2) $| \text{第二基质材料的 LUMO} | < | \text{有机发光材料的 LUMO} |$, 且 $| \text{有机发光材料的 LUMO} | > | \text{第三基质材料的 LUMO} |$ 。
2. 如权利要求 1 所述的有机电致发光元件,其特征在于:
 所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述有机发光材料各自的最高占据能级 HOMO 和最低未占能级 LUMO 满足下述的关系式(3)和(4),
 (3) $| \text{第一基质材料的 LUMO} | > | \text{有机发光材料的 LUMO} |$,
 (4) $| \text{第二基质材料的 HOMO} | < | \text{有机发光材料的 HOMO} |$ 。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的有机电致发光元件,其特征在于:
 所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料具有比所述有机发光材料的激发三重态能级高的激发三重态能级。
4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在于:
 所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料各自的空穴迁移率和电子迁移率满足下述的关系式(5)和(6),
 (5) 第一基质材料的空穴迁移率 $>$ 第三基质材料的空穴迁移率,
 (6) 第二基质材料的电子迁移率 $>$ 第三基质材料的电子迁移率。
5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在于:
 所述第一发光层、所述第二发光层和所述第三发光层各自的膜厚满足下述的关系式(7)和(8),
 (7) 第一发光层的膜厚 $>$ 第三发光层的膜厚,且第三发光层的膜厚 $<$ 第二发光层的膜厚,
 (8) $5\text{\AA} < \text{第三发光层的膜厚} < 42\text{\AA}$ 。
6. 如权利要求 1 至 5 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在于:
 所述第三发光层的膜厚满足下述的关系式(9),
 (9) $10\text{\AA} < \text{第三发光层的膜厚} < 30\text{\AA}$ 。
7. 如权利要求 1 至 6 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在于:

所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述有机发光材料各自的最高占据能级 HOMO 和最低未占能级 LUMO 满足下述的关系式 (10) 和 (11) 中的至少任一个关系式,

$$(10) 0\text{eV} < (| \text{第一基质材料的 LUMO} | - | \text{有机发光材料的 LUMO} |) \leq 0.5\text{eV},$$

$$(11) 0\text{eV} < (| \text{有机发光材料的 HOMO} | - | \text{第二基质材料的 HOMO} |) \leq 0.5\text{eV}.$$

8. 如权利要求 1 至 6 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在於:

所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述有机发光材料各自的最高占据能级 HOMO 和最低未占能级 LUMO 满足下述的关系式 (12) 和 (13) 中的至少任一个关系式,

$$(12) 0.1\text{eV} \leq | \text{第一基质材料的 LUMO} | - | \text{有机发光材料的 LUMO} | \leq 0.3\text{eV},$$

$$(13) 0.1\text{eV} \leq | \text{有机发光材料的 HOMO} | - | \text{第二基质材料的 HOMO} | \leq 0.3\text{eV}.$$

9. 如权利要求 1 至 8 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在於:

所述有机层具有:

空穴注入层,其被掺杂有促进空穴从所述阳极向所述有机层注入的掺杂剂;和

电子注入层,其被掺杂有促进电子从所述阴极向所述有机层注入的掺杂剂。

10. 如权利要求 9 所述的有机电致发光元件,其特征在於:

在所述空穴注入层与所述发光层之间存在未被掺杂所述掺杂剂和所述有机发光材料的区域。

11. 如权利要求 10 所述的有机电致发光元件,其特征在於:

在所述电子注入层与所述发光层之间存在未被掺杂所述掺杂剂和所述有机发光材料的区域。

12. 如权利要求 1 至 11 中任一项所述的有机电致发光元件,其特征在於:

所述有机发光材料是发出磷光的材料。

13. 一种有机电致发光显示装置,其特征在於,包括:

在薄膜晶体管基板上形成有权利要求 1 至 12 中任一项所述的有机电致发光元件的显示单元。

14. 一种有机电致发光元件的制造方法,其特征在於:

所述有机电致发光元件在基板上包括:

阳极和阴极;和

有机层,其形成于所述阳极与所述阴极之间且至少具有发光层,

所述有机电致发光元件的制造方法包括:

在所述基板上形成所述阳极的阳极形成工序;

在所述阳极上形成从该阳极被注入空穴的空穴注入层的空穴注入层形成工序;

在所述空穴注入层上形成空穴输送层的空穴输送层形成工序,该空穴输送层输送从所述阳极被注入所述有机层的空穴;

在所述空穴输送层上,作为所述发光层形成包括第一基质材料的第一发光层的第一发光层形成工序;

在所述第一发光层上,作为所述发光层形成包括第三基质材料的第三发光层的第三发光层形成工序;

在所述第三发光层上,作为所述发光层形成包括第二基质材料的第二发光层的第二发光层形成工序;

在所述第二发光层上形成电子输送层的电子输送层形成工序,该电子输送层输送从所述阴极注入所述有机层的电子;

在所述电子输送层上形成从所述阴极被注入电子的电子注入层的电子注入层形成工序;和

在所述电子注入层上形成所述阴极的阴极形成工序,

在所述第一发光层形成工序、所述第二发光层形成工序和所述第三发光层形成工序中,作为所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料使用各自相互不同的材料,并且在所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料中掺杂相同的有机发光材料,并且使用各自具有满足下述关系式(14)和(15)的最高占据能级 HOMO 和最低未占能级 LUMO 的所述第一基质材料、所述第二基质材料、所述第三基质材料和所述有机发光材料,形成所述第一发光层、所述第二发光层和所述第三发光层,

(14) | 第一基质材料的 HOMO | > | 有机发光材料的 HOMO |, 且 | 有机发光材料的 HOMO | < | 第三基质材料的 HOMO |,

(15) | 第二基质材料的 LUMO | < | 有机发光材料的 LUMO |, 且 | 有机发光材料的 LUMO | > | 第三基质材料的 LUMO |。

15. 如权利要求 14 所述的有机电致发光元件的制造方法,其特征在于:

所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述有机发光材料各自的最高占据能级 HOMO 和最低未占能级 LUMO 满足下述的关系式(16)和(17)中的至少任一个关系式,

(16) | 第一基质材料的 LUMO | > | 有机发光材料的 LUMO |,

(17) | 第二基质材料的 HOMO | < | 有机发光材料的 HOMO |。

有机电致发光元件及其制造方法、以及有机电致发光显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及实现高亮度、高效率和长寿命的有机电致发光元件及其制造方法，以及有机电致发光显示装置。

背景技术

[0002] 虽然历来作为主流使用阴极管显示装置，但是，近年来薄型的平板面板显示器(FPD)的显示装置的需求在升高。在FPD中存在各种种类，例如已知有非自发光型的液晶显示器(LCD)、自发光型的等离子体显示器(PDP)、无机电致发光(无机EL)显示器，或有机电致发光(有机EL)显示器等。

[0003] 其中，有机EL显示器由于在显示中使用的元件(有机EL元件)为薄型轻量，并且具有低电压驱动、高亮度和自发光等的特性，因此其研究开发在被积极地进行。

[0004] 有机EL元件在基板上具有一对电极(阳极和阴极)，在该一对电极之间具有至少包括发光层的有机层。该发光层是在基质材料中掺杂有机发光材料而形成的。一般而言，在发光层与阳极之间设置有在基质材料中掺杂受主而形成的空穴注入层，在发光层与阴极之间设置有在基质材料中掺杂施主而形成的电子注入层等。

[0005] 在有机EL元件中，通过对阳极和阴极施加电压，从该阳极向有机层注入空穴，从该阴极向有机层注入电子。从两电极注入的空穴和电子通过在发光层再结合而生成激子。有机EL元件利用在该激子失活时放出的光进行发光。

[0006] 在发光层，一般使用发出磷光的材料或发出荧光的材料等的有机发光材料。利用发出磷光的材料的有机EL元件具有发光效率高且发光寿命长的优点，因此特别是最近在发光层使用发出磷光的材料的有机EL元件正在普及。此外，以有机EL元件的低电力消耗为目的，导入内部量子收获率最大为100%的发出磷光的材料的有机EL元件的开发正在进行。

[0007] 在发出红色光的有机EL元件和发出绿色光的有机EL元件，被导入内部量子收获率最大为100%的发出磷光的材料。但是，对于发出蓝色光的有机EL元件，并未导入内部量子收获率最大为100%的发出磷光的材料，而使用内部量子收获率最大为25%的发出荧光的材料。

[0008] 在有机EL元件，在发出蓝色光时，与发出红色光和发出绿色光相比需要更高的能量。进一步，如果要从激发三重态能级(T_1)得到该能量，则需要将所有 T_1 、电子和空穴封入发光层中的发出磷光的材料。因此，不仅包括构成发光层的材料而且还包括发光层的周边的材料，均需要使最高占据能级(HOMO(最高占据分子轨道)能级)与最低未占能级(LUMO(最低未占分子轨道)能级)之间的带隙(缝隙)非常大。但是，由于使发光层的HOMO能级与LUMO能级之间的带隙大，作为构成发光层的基质材料，难以使用在分子间共轭、表示相互作用、载流子的迁移率高的材料。因此，在使用发出蓝色磷光的材料的情况下，存在进行驱动时需要高电压且与此相应地发光效率下降的问题。

[0009] 使用发出蓝色磷光的发光材料的现有的有机 EL 元件 31 的具体的例子如图 8 所示。图 8 是表示构成使用发出蓝色磷光的发光材料的现有的有机 EL 元件 31 的各层的能量图的图。在该图中,作为基质材料,在空穴注入层 33 使用 NPB (HOMO 能级 =5.5eV, LUMO 能级 =2.4eV),在空穴输送层 34 使用 mCP (HOMO 能级 =5.9eV, LUMO 能级 =2.4eV),在电子输送层 36 使用 3TPYMB (HOMO 能级 =6.8eV, LUMO 能级 =3.3eV)。在发光层 35,作为发出磷光的材料使用 Fir6 (HOMO 能级 =6.1eV, LUMO 能级 =3.1eV)。为了将空穴和电子封入该 Fir6,在发光层 35,作为基质材料使用 HOMO 能级与 LUMO 能级之间的带隙大的 UGH2 (HOMO 能级 =7.2eV, LUMO 能级 =2.8eV)。但是,由于 UGH2 为宽缝,所以不能有效地从空穴输送层 34 向发光层 35 传输空穴。同样,不能有效地从输送层 36 向发光层 35 传输电子。因此,在这样使用发出蓝色磷光的材料的有机 EL 元件 31,如上所述,存在进行驱动时需要高电压且与此相应地发光效率下降的问题。

[0010] 因此,为了提高使用发出蓝色磷光的材料的有机 EL 元件的发光效率而在进行研究。例如,在非专利文献 1 中公开有将发光层设置为二层的有机 EL 元件。具体而言,公开有包括有机层的有机 EL 元件,其中,该有机层在一对电极之间依次形成有空穴注入层、第一发光层、第二发光层和电子注入层。在本文献中,作为基质材料,在空穴注入层使用 DTASi (HOMO 能级 =5.6eV, LUMO 能级 =2.2eV),在电子注入层使用 Bphen (HOMO 能级 =6.4eV, LUMO 能级 =3.0eV)。此外,在第一发光层,作为基质材料使用 4CzPBP (HOMO 能级 =6.0eV, LUMO 能级 =2.5eV),在第二发光层,作为基质材料使用 PPT (HOMO 能级 =6.6eV, LUMO 能级 =2.9eV)。在第一发光层和第二发光层,作为发出蓝色磷光的材料被掺杂有 FIrpic (HOMO 能级 =5.8eV, LUMO 能级 =2.9eV)。

[0011] 采用该结构,能够得到第一发光层和第二发光层的 HOMO 能级与 LUMO 能级之间的带隙小的有机 EL 元件。从而,在发光层也可以使用空穴和电子的迁移率升高的基质材料。这是因为,在有机蒸镀膜,空穴和电子的输送通过跳跃(跃迁)传输来进行(非专利文献 2)。为了使得电子在分子间跳跃传输,需要使得中性状态与自由基阴离子状态之间的电子状态间的波动函数的重叠大。另一方面,关于空穴,为了在分子间跳跃传输,需要使得中性状态与自由基阳离子状态之间的电子状态间的波动函数的重叠大。即,中性状态和激进阴离子状态、或中性状态和激进阴离子状态的堆叠($\pi-\pi$ 相互作用)越强,空穴和电子的迁移率越高。此外,如果堆叠强,则 HOMO 能级和 LUMO 能级的带隙变小。因此,采用本结构,能够得到 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的有机 EL 元件的驱动电压为 4.6V 那样低、发光效率为 $22\text{cd}/\text{A}$ 那样高的有机 EL 元件。

[0012] 现有技术文献

[0013] 非专利文献

[0014] 非专利文献 1: Applied Physics Letters 94, 083506, 2009

[0015] 非专利文献 2: 時任静士、安達千波矢、村田英幸共著《有機 EL ディスプレイ(有机 EL 显示器)》株式会社オーム社, 2004 年 8 月

[0016] 非专利文献 3: 渡辺正、中林誠一郎著《電子移動の化学 - 電気化学入門(电子移动的化学 - 电化学入门)》日本化学会編, 朝倉書店, 2005 年 9 月

发明内容

[0017] 发明所要解决的问题

[0018] 在上述的非专利文献 1 中公开的有机 EL 元件,当从电子注入层向第二发光层传输电子时,电子被传输至发光掺杂剂(FIrpic)。但是,在本文献中公开的有机 EL 元件,容易从发光掺杂剂向第一发光层传输电子。从而,采用该结构,在第一发光层与第二发光层的界面,空穴和电子不进行再结合,进行再结合的概率下降。即,内部量子收获率下降。

[0019] 此外,在上述非专利文献 1 中公开的有机 EL 元件,作为第一发光层和第二发光层的发出磷光的材料,使用发出淡蓝色光的 FIrpic。用于该 FIrpic 的 HOMO 能级与 LUMO 能级的带隙小,所以能够得到为低驱动电压且高发光效率的有机 EL 元件。从而,在使用发出深蓝色磷光的材料的情况下,由于这样的发出磷光的材料的 HOMO 能级与 LUMO 能级的带隙大,所以需要 HOMO 能级与 LUMO 能级的带隙大的材料。从而,依然存在进行驱动时需要高电压且与此相应地发光效率下降的问题。

[0020] 因此,本发明是鉴于上述问题而完成的,其目的在于提供能够以低电压进行驱动且发光效率高的有机 EL 元件及其制造方法。

[0021] 用于解决问题的方式

[0022] 为了解决上述问题,本发明的有机电致发光元件的特征在于:上述有机电致发光元件在基板上包括:阳极和阴极;和有机层,其形成于所述阳极与所述阴极之间且至少具有发光层,所述发光层包括:位于所述阳极一侧且包括第一基质材料的第一发光层;位于所述阴极一侧且包括第二基质材料的第二发光层;和位于所述第一发光层与所述第二发光层之间且包括第三基质材料的第三发光层,

[0023] 所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料各自相互不同,并且在所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料中掺杂有相同的有机发光材料,

[0024] 所述第一基质材料、所述第二基质材料、所述第三基质材料和所述有机发光材料各自的最高占据能级(HOMO)和最低未占能级(LUMO)满足下述关系式(1)和(2),

[0025] (1) | 第一基质材料的 HOMO | > | 有机发光材料的 HOMO |, 且 | 有机发光材料的 HOMO | < | 第三基质材料的 HOMO |,

[0026] (2) | 第二基质材料的 LUMO | < | 有机发光材料的 LUMO |, 且 | 有机发光材料的 LUMO | > | 第三基质材料的 LUMO |。

[0027] 采用上述结构,在构成第一发光层的基质材料中,使用具有比有机发光材料的最高占据能级深的最高占据能级的材料。另一方面,在构成第二发光层的基质材料中,使用具有比有机发光材料的最低未占能级浅的最低未占能级的材料。由此,有机发光材料的最高占据能级比第一发光层的基质材料的最高占据能级浅,因此被传输至第一发光层的空穴最终在第三发光层被完全传输至有机发光材料。同样,有机发光材料的最低未占能级比第二发光层的基质材料的最低未占能级深,因此被传输至第二发光层的电子最终在第三发光层被完全传输至有机发光材料。由此,在第三发光层,通过被传输至有机发光材料的空穴与电子再结合而发光。

[0028] 另外,作为构成第三发光层的基质材料使用最高占据能级与最低未占能级之间的带隙大的材料。由此,能够抑制从第一发光层传输的空穴向第二发光层移动。同样,能够抑制从第二发光层传输的电子向第一发光层移动。而且,最高占据能级与最低未占能级之间

的带隙大,因此发光层的空穴和电子的迁移率低。从而,能够将被传输至第三发光层的空穴和电子封入第三发光层内,且空穴和电子的迁移率下降,因此能够提高空穴和电子的再结合的概率。

[0029] 如上所述,在本发明的有机电致发光元件(有机 EL 元件),能够有效且可靠地将空穴和电子传输至第三发光层。而且,能够提高空穴和电子再结合的概率,因此能够降低有机 EL 元件的驱动电压。此外,在发光层空穴和电子再结合的概率升高,因此,内部量子收获率升高,因此能够提高发光效率。

[0030] 此外,为了解决上述问题,本发明的有机电致发光显示装置的特征在于,包括:在薄膜晶体管基板上形成有上述有机电致发光元件的显示单元。

[0031] 采用上述结构,由于具备为低驱动电压且发光效率高的有机 EL 元件,因此能够提供高亮度、高效率且长寿命的显示装置。

[0032] 此外,为了解决上述问题,本发明的有机电致发光元件的制造方法的特征在于:上述有机电致发光元件在基板上包括:阳极和阴极;和有机层,其形成于所述阳极与所述阴极之间且至少具有发光层,上述有机电致发光元件的制造方法包括:在所述基板上形成所述阳极的阳极形成工序;在所述阳极上形成从该阳极被注入空穴的空穴注入层的空穴注入层形成工序;在所述空穴注入层上形成空穴输送层的空穴输送层形成工序,该空穴输送层输送从所述阳极被注入所述有机层的空穴;在所述空穴输送层上,作为所述发光层形成包括第一基质材料的第一发光层的第一发光层形成工序;在所述第一发光层上,作为所述发光层形成包括第三基质材料的第三发光层的第三发光层形成工序;在所述第三发光层上,作为所述发光层形成包括第二基质材料的第二发光层的第二发光层形成工序;在所述第二发光层上形成电子输送层的电子输送层形成工序,该电子输送层输送从所述阴极注入所述有机层的电子;在所述电子输送层上形成从所述阴极被注入电子的电子注入层的电子注入层形成工序;和在所述电子注入层上形成所述阴极的阴极形成工序,

[0033] 在所述第一发光层形成工序、所述第二发光层形成工序和所述第三发光层形成工序中,作为所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料使用各自相互不同的材料,并且在所述第一基质材料、所述第二基质材料和所述第三基质材料中掺杂相同的有机发光材料,并且使用各自具有满足下述关系式(14)和(15)的最高占据能级(HOMO)和最低未占能级(LUMO)的所述第一基质材料、所述第二基质材料、所述第三基质材料和所述有机发光材料,形成所述第一发光层、所述第二发光层和所述第三发光层,

[0034] (14) | 第一基质材料的 HOMO | > | 有机发光材料的 HOMO |, 且 | 有机发光材料的 HOMO | < | 第三基质材料的 HOMO |,

[0035] (15) | 第二基质材料的 LUMO | < | 有机发光材料的 LUMO |, 且 | 有机发光材料的 LUMO | > | 第三基质材料的 LUMO |。

[0036] 采用上述方法,能够提供为低驱动电压且发光效率高的有机 EL 元件。

[0037] 本发明的其它的目的、特征和优点能够通过以下的说明而充分了解。此外,本发明的优点能够通过参照附图进行的以下的说明而明白。

[0038] 发明的效果

[0039] 在本发明的有机电致发光元件中,能够有效且可靠地将空穴和电子传输至发光层。因为能够进一步提高空穴和电子再结合的概率,所以能够降低有机 EL 元件的驱动电

压。此外,在发光层空穴和电子再结合的概率升高,因此,内部量子收获率升高,而能够提高发光效率。

附图说明

[0040] 图 1 是表示构成本发明的一个实施方式的有机电致发光元件的各层的能量图的图。

[0041] 图 2 是表示本发明的一个实施方式的有机电致发光元件的截面的图。

[0042] 图 3 是表示本发明的一个实施方式的有机电致发光元件和现有的有机电致发光元件中的、发光层的膜厚与电流效率之间的关系关系的图。

[0043] 图 4 是表示具备本发明的一个实施方式的有机电致发光元件的有机电致发光显示装置的概略的图。

[0044] 图 5 是表示具备本发明的一个实施方式的有机电致发光显示装置的移动电话的概略的图。

[0045] 图 6 是表示具备本发明的一个实施方式的有机电致发光显示装置的电视接收机的概略的图。

[0046] 图 7 是表示具备本发明的一个实施方式的有机电致发光元件的照明装置的概略的图。

[0047] 图 8 是表示构成现有的有机 EL 元件的各层的能量图的图,该现有的有机 EL 元件使用发出蓝色磷光的材料。

具体实施方式

[0048] (有机 EL 元件 1 的概要)

[0049] 本实施方式的有机电致发光元件(有机 EL 元件)包括叠层于基板上的一对电极(阳极和阴极)和有机层,该有机层位于一对电极之间且包括发光层。以下参照图 2 对更具体的结构进行说明。图 2 是表示有机 EL 元件 1 的截面的图。

[0050] 如图 2 所示,有机 EL 元件 1 在绝缘性基板 11 上以规定的间隔形成有多个薄膜晶体管(TFT),该薄膜晶体管包括栅极电极 14、漏极电极 15、源极电极 16 和栅极绝缘膜 17。此外,从绝缘性基板 11 至 TFT 形成有连接配线 18。

[0051] 在各 TFT 上配置有平坦化膜 81,在平坦化膜 81 形成有接触孔 19。TFT 的漏极电极 15 经该接触孔 19 与阳极 2 电连接。在相邻的阳极 2 之间设置有边缘覆盖部件 20,在阳极 2 的与 TFT 相反的一侧的位置形成有有机层和阴极 13,其中,该有机层包括空穴注入层 3、空穴输送层 4、发光层 5、空穴阻挡层 12、电子输送层 6 和电子注入层 7。无机密封膜 25 覆盖在阴极 13 上,通过该无机密封膜 25 密封阳极 2、有机层和阴极 13。

[0052] 另一方面,在与形成有 TFT 的绝缘性基板 11 相对的绝缘性基板 11,形成有光吸收层 21、荧光体层 22 和散射体层 23。而且,在两个绝缘性基板 11 之间形成有树脂密封膜 24。

[0053] 另外,本实施方式的有机 EL 元件 1 的发光层 5 为三层结构,包括第一发光层、第二发光层和第三发光层。特别是,构成发光层的基质材料的最高占据能级(HOMO 能级)与最低未占能级(LUMO 能级)之间的带隙小。此外,在发光层内,作为空穴与电子再结合的区域将第三发光层设置在第一发光层与第二发光层之间。由此,能够将有机层的空穴和电子的迁

移率保持得高,并且能够提高发光层的空穴与电子再结合的概率。以下对此进行详细说明。

[0054] (有机层的结构)

[0055] 参照图 1 对有机 EL 元件 1 的有机层的结构进行说明。图 1 是表示构成有机 EL 元件 1 的各层的能量图的图。

[0056] 如上所述,有机 EL 元件 1 的有机层是依次形成有空穴注入层 3、空穴输送层 4、发光层 5、电子输送层 6 和电子注入层 7 的层。发光层 5 采用三层结构,包括第一发光层 5a、第二发光层 5c 和第三发光层 5b。在第一发光层 5a、第二发光层 5c 和第三发光层 5b 掺杂有单一的发出磷光的材料(有机发光材料)。第一发光层 5a 位于阳极 2 一侧,从空穴输送层 4 接收从阳极 2 注入的空穴,并传输至第三发光层 5b。另一方面,第二发光层 5c 位于阴极(未图示)一侧,从电子输送层 6 接收从阴极注入的电子,并传输至第三发光层 5b。在位于第一发光层 5a 与第二发光层 5c 之间的第三发光层 5b,从第一发光层 5a 传输的空穴与从第二发光层 5c 传输的电子再结合,由此发出光。

[0057] 此时,在本实施方式的有机 EL 元件 1,空穴从第一发光层 5a 被可靠地传输至第三发光层 5b,电子从第二发光层 5c 被可靠地传输至第三导光层 5b。具体而言,如图 1 所示,在构成第一发光层 5a 的基质材料(第一基质材料)中使用具有比发出磷光的材料的 HOMO 能级 8 深的 HOMO 能级的材料($| \text{HOMO}(\text{第一基质材料}) | > | \text{HOMO}(\text{发出磷光的材料}) |$)。另一方面,在构成第二发光层 5c 的基质材料(第二基质材料)中使用具有比发出磷光的材料的 LUMO 能级 9 浅的 LUMO 能级的材料($| \text{LUMO}(\text{第二基质材料}) | < | \text{LUMO}(\text{发出磷光的材料}) |$)。由此,发出磷光的材料的 HOMO 能级 8 比第一发光层 5a 的基质材料的 HOMO 能级浅,因此,被传输至第一发光层 5a 的空穴最终被完全传输至在第三发光层 5b 的发出磷光的材料。同样,发出磷光的材料的 LUMO 能级 9 比第二发光层 5c 的基质材料的 LUMO 能级深,因此,被传输至第二发光层 5c 的电子最终被完全传输至在第三发光层 5b 的发出磷光的材料。由此,在第三发光层 5b,被传输至发出磷光的材料的空穴与电子再结合,由此发出光。

[0058] 另外,作为构成第三发光层 5b 的基质材料(第三基质材料),使用 HOMO 能级与 LUMO 能级的带隙大的材料。具体而言,使用如下的基质材料:该基质材料具有比发出磷光的材料的 HOMO 能级 8 深的 HOMO 能级($| \text{HOMO}(\text{第三基质材料}) | > | \text{HOMO}(\text{发出磷光的材料}) |$),并且具有比发出磷光的材料的 LUMO 能级 9 浅的 LUMO 能级($| \text{LUMO}(\text{第三基质材料}) | < | \text{LUMO}(\text{发出磷光的材料}) |$)。由此,能够抑制从第一发光层 5a 传输的空穴向第二发光层 5c 移动。同样,能够抑制从第二发光层 5c 传输的电子向第一发光层 5a 移动。而且, HOMO 能级与 LUMO 能级之间的带隙大,因此发光层 5b 的空穴和电子的迁移率低。从而,能够将传输至第三发光层 5b 的空穴和电子封入第三发光层 5b 内,并且使空穴和电子的移动性下降,因此能够提高空穴和电子的再结合的概率。

[0059] 如上所述,在本实施方式的有机 EL 元件 1,具有三层结构的发光层 5,考虑发出磷光的材料 HOMO 能级 8 和 LUMO 能级 9 决定该发光层 5 中使用的基质材料。由此,能够将阳极 2 注入的空穴可靠地传输至第三发光层 5b。同样,能够将阴极注入的电子可靠地传输至第三发光层 5b。此外,因为第三发光层 5b 的 HOMO 能级与 LUMO 的能级的带隙大,所以能够将空穴和电子封入第三发光层 5b 内。其结果是,能够提高空穴与电子再结合的概率。从而,在本实施方式的有机 EL 元件 1,能够有效地传输空穴和电子,因此能够降低有机 EL 元件 1 的驱动电压。此外,在发光层 5,能够提高空穴和电子再结合的概率,因此能够提高内部

量子收获率,提高发光效率。

[0060] 在现有的使用发出蓝色磷光的材料的有机 EL 元件,存在发光效率与所需要的高驱动电压相应地下降的问题。但是,根据本实施方式,即使在使用发出蓝色磷光的材料的情况下,也能够有效地将空穴和电子传输至第三发光层 5b。即,因为能够提高空穴和电子再结合的概率,所以能够提高有机 EL 元件 1 的内部量子收获率,提高发光效率。

[0061] (有机 EL 元件 1 的基板)

[0062] 以下对构成有机 EL 元件 1 的各部件进行说明。如上所述,有机 EL 元件 1 在形成于基板(未图示)上的阳极 2 与阴极之间具备有机层,该有机层包括空穴注入层 3、空穴输送层 4、发光层 5、电子输送层 6 和电子注入层 7。

[0063] 首先,对基板进行说明。构成有机 EL 元件 1 的基板为具有绝缘性的基板即可。作为能够作为有机 EL 元件 1 的基板使用的材料,并没有特别限定,例如能够使用周知的绝缘性的基板材料。

[0064] 例如,能够利用包括玻璃或石英等的无机材料基板,或者包括聚对苯二甲酸乙二醇酯或聚酰亚胺树脂等的塑料基板等。此外,能够利用在包括铝(Al)或铁(Fe)等的金属基板的表面涂敷有包括氧化硅或有机绝缘材料的绝缘物而得到的基板等。或者,还能够利用通过阳极氧化等方法对包括 Al 等的金属基板的表面进行绝缘化处理而得到的基板等。

[0065] 另外,在将从有机 EL 元件 1 的发光层 5 发出的光从与基板相反的一侧取出的情况下,即在顶部发光型的情况下,在基板使用不具光透过性的材料即可。例如,也可以使用硅晶片等半导体基板。相反,在将从有机 EL 元件 1 的发光层 5 发出的光从基板一侧取出的情况下,即在底部发光型的情况下,在基板使用具有光透过性的材料即可。例如,也可以使用玻璃基板或塑料基板等。

[0066] (有机 EL 元件 1 的电极)

[0067] 接着,对电极进行说明。构成有机 EL 元件 1 的电极如阳极 2 和阴极那样成对地发挥作用即可。各电极既可以为包括一个电极材料的单层结构,也可以为包括多个电极材料的叠层结构。作为能够作为有机 EL 元件 1 使用的电极材料,并无特别限定,利用能够使用周知的电极材料。

[0068] 作为阳极 2,例如能够使用金(Au)、白金(Pt)和镍(Ni)等金属,以及氧化铟锡(ITO)、氧化锡(SnO₂)、氧化铟锌(IZO)等透明电极材料等。

[0069] 另一方面,作为阴极,能够使用锂(Li)、钙(Ca)、铈(Ce)、钡(Ba)、铝(Al)等金属、或含有这些金属的镁(Mg)银:(Ag)合金、Li:Al 合金等合金等。

[0070] 另外,需要将有机 EL 元件 1 的发光层 5 发出的光从阳极 2 和阴极中的任一个电极一侧取出。在这种情况下,优选在一个电极使用透过光的电极材料,在另一个电极使用不透过光的电极材料。作为不透过光的电极材料,能够列举钽或碳等黑色电极、Al、Ag、Au、Al:Li 合金、Al:钕(Nd)合金、或 Al:硅(Si)合金等反射性金属电极等。

[0071] (有机 EL 元件 1 的有机层)

[0072] 接着,对有机层进行说明。该有机层具有空穴注入层 3、空穴输送层 4、发光层 5、电子输送层 6 和电子注入层 7

[0073] 首先对发光层 5 进行说明。如上所述,该发光层 5 采用三层结构,包括第一发光层 5a、第二发光层 5c 和第三发光层 5b,在各层掺杂有单一的发出磷光的材料(有机发光材

料)。作为能够在发光层 5 使用的发出磷光的材料,并无特别限定,例如能够使用周知的发出磷光的材料。

[0074] 例如,作为发出蓝色磷光的材料,能够列举铱(III)双(4',6'-二氟苯吡啶)四(1-吡啶基)硼酸(FIr6)(HOMO 能级 =6.1eV, LUMO 能级 =3.1eV, $T_1=2.71\text{eV}$)、合铱(III)双[(4,6-二氟苯基)-吡啶-N,C2']吡啶甲酰(FIrpic)、合铱(III)三[N-(4'-氰基苯基)-N'-甲基咪唑-2-亚基-C2,C2'](Ir(cn-pmic)₃)、三((3,5-二氟-4-氰基苯基)吡啶)铱(FCNIr),或 Ir(cnbic)₃等 Ir 络合物、白金(Pt)、铼(Re)、钌(Ru)、铜(Cu)或铱(Os)等重原子金属的络合物等。

[0075] 如上所述,在构成第一发光层 5a 的基质材料使用具有比发出磷光的材料的 HOMO 能级 8 更稳定的 HOMO 能级的材料,使得空穴从第一发光层 5a 被可靠地传输至第三发光层 5b。因此,构成第一发光层 5a 的基质材料优选具有与历来作为电子输送性材料使用的基质材料的 HOMO 能级和 LUMO 能级类似的 HOMO 能级和 LUMO 能级。由此,能够将空穴从第一发光层 5a 可靠地传输至第三发光层 5b。此外,为了将激励能封入发出磷光的材料中,优选使用具有比在发光层 5 使用的发出磷光的材料的激发三重态能级(T_1)大的 T_1 的材料。不过,即使在基质材料具有比发出磷光的材料的 T_1 小的 T_1 的情况下,只要其差为 0.1eV 左右,就难以从发出磷光的材料发生激励能的移动。从而,只要是具有比发出磷光的材料的 T_1 小 0.1eV 左右的 T_1 的基质材料,就能够适用。

[0076] 例如,作为构成第一发光层 5a 的基质材料,能够使用三(2,4,6-三甲基-3-(吡啶-3-基)苯基)硼烷(3TPYMB)(HOMO 能级 =6.8eV, LUMO 能级 =3.3eV, $T_1=2.98\text{eV}$)或 1,3,5-三(m-吡啶-3-基-苯基)苯(TmTyPB)(HOMO 能级 =6.68eV, LUMO 能级 =2.73eV, $T_1=2.78\text{eV}$)等,但是并没有特别限定。

[0077] 同样,在构成第二发光层 5c 的基质材料使用具有比发出磷光的材料的 LUMO 能级 9 更不稳定的 LUMO 能级的材料,使得空穴从第二发光层 5c 被可靠地传输至第三发光层 5b。因此,构成第二发光层 5c 的基质材料优选具有与历来作为空穴输送性材料使用的基质材料的 HOMO 能级和 LUMO 能级类似的 HOMO 能级和 LUMO 能级。由此,能够将电子从第二发光层 5c 可靠地传输至第三发光层 5b。此外,为了将激励能封入发出磷光的材料中,优选使用具有比在发光层 5 使用的发出磷光的材料 T_1 大的 T_1 的材料。不过,即使在基质材料具有比发出磷光的材料的 T_1 小的 T_1 的情况下,只要其差为 0.1eV 左右,就难以从发出磷光的材料发生激励能的移动。从而,只要是具有比发出磷光的材料的 T_1 小 0.1eV 左右的 T_1 的基质材料,就能够适用。

[0078] 例如,作为构成第二发光层 5c 的基质材料,能够使用 1,3-双(咔唑-9-基)苯(mCP)(HOMO 能级 =5.9eV, LUMO 能级 =2.4eV, $T_1=2.9\text{eV}$)或金刚烷咔唑(Ad-Cz)(HOMO 能级 =5.8eV, LUMO 能级 =2.6eV, $T_1=2.88\text{eV}$)等,但是并没有特别限定。

[0079] 如上所述,在第三发光层 5b,为了将空穴和电子封入第三发光层 5c 内,使用如下的基质材料,该基质材料具有比发出磷光的材料的 HOMO 能级 8 深的 HOMO 能级,并且具有比发出磷光的材料的 LUMO 能级 9 浅的 LUMO 能级。例如,能够使用磺化聚(2,6-二甲基-1,4-亚苯基醚(亚苯基氧化物))(SPP01)(HOMO 能级 =6.5eV, LUMO 能级 =2.7eV, $T_1=2.9\text{eV}$)或 HOMO 能级与 LUMO 能级之间的带隙大的 Si 类基质材料,或者 P 类基质材料等。所谓的 Si 类基质材料,例如是二苯基二(o-甲苯基)硅烷(UGH1)(HOMO 能级 =7.2eV, LUMO

能级 =2.6eV, $T_1=3.15\text{eV}$)、p-双(三苯基甲硅烷基)苯(UGH2)、3,5-二(N-咔唑)四苯基硅烷(SimCP)、3,5-二(9H-咔唑-9-基)四苯基硅烷(SimCP2)、或9-(4-叔丁基苯基)-3,6-双(三苯基甲硅烷基)-9H-咔唑(CzSi)(HOMO能级 =6.0eV, LUMO能级 =2.5eV, $T_1=3.02\text{eV}$)等。另一方面,所谓的P类基质材料,例如是P01、2,8-双(二苯基磷酰基)二苯并噻吩(PPT)(HOMO能级 =6.6eV, LUMO能级 =2.9eV, $T_1=3.0\text{eV}$)或4-(二苯并噻吩)-N,N-二苯并苯胺(HM-A1)等。此外还能够使用2,2-双[(4-苯甲酰氧基)苯基]丙烷(MMA1)、2,2-双(4-咔唑基苯基)-1,1-联苯(4CzPBP)、4,4'-二氯二苯甲酮(BCBP)、3,7-双[4-(N-咔唑基)苯基]苯并[1,2-b,4,5-b0]二咪喃(CZBDP)、或(4-溴苯基)-5-巯基-1,2,3,4-四唑(BPMT)等。此外,为了将激励能封入发出磷光的材料中,优选使用具有比在发光层5使用的发出磷光的材料的 T_1 大的 T_1 的材料。不过,即使在基质材料具有比发出磷光的材料的 T_1 小的 T_1 的情况下,只要其差为0.1eV左右,就难以从发出磷光的材料发生激励能的移动。从而,只要是具有比发出磷光的材料的 T_1 小0.1eV左右的 T_1 的基质材料,就能够适用。

[0080] 以上对能够适用于第一发光层5a、第二发光层5c和第三发光层5b的基质材料进行了说明,但是并不必限定于上述基质材料。例如也可以在决定有机EL元件1中使用的发出磷光的材料的基础上选择满足上述条件的适当的基质材料在各发光层使用。即,只要是满足上述条件的基质材料,就不仅限于上述罗列的基质材料。从而,考虑在有机EL元件1的各层使用的基质材料的组合、和在有机EL元件1使用发出磷光的材料等,分别决定所使用的基质材料即可。此外,所使用的基质材料并不仅限于三种,至少使用三种基质材料即可。

[0081] 接着,对空穴注入层3进行说明。作为能够在空穴注入层3使用的空穴注入性材料,并无特别限定,例如能够使用周知的空穴注入性材料。例如,能够适用4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基-胺基]联苯(α -NPD)、二-[4-(N,N-甲基-胺基)-苯基]-环己烷(TAPC)(HOMO能级 =5.5eV, LUMO能级 =1.8eV, $T_1=2.87\text{eV}$)、9,10-二苯基蒽-2-磺酸盐(DPAS)、N,N'-二苯基-N,N'-(4-(二(3-甲基)氨基)苯基)-1,1'-联苯-4,4'-二胺(DNTPD)、铱(III)三[N,N'-二苯基苯并咪唑-2-亚基-C2,C2']($\text{Ir}(\text{dpbic})_3$)、4,4',4''-三-(N-咔唑)-三苯胺(TCTA)、2,2-双(p-偏苯三氧苯基)丙酸酐(BTPD)、双[4-(p,p-二甲苯胺基)苯基]二苯基硅烷(DTASi)、或上述第二发光层5c所使用的基质材料等。

[0082] 接着,对空穴输送层4进行说明。作为能够在空穴输送层4使用的空穴输送性材料,并无特别限定,例如能够使用周知的空穴输送性材料。例如,能够适用TAPC、DPAS、DNTPD、 $\text{Ir}(\text{dpbic})_3$ 、TCTA、BTPD、DTASi、或上述第二发光层5c所使用的基质材料等。

[0083] 接着,对电子输送层6进行说明。作为能够在电子输送层6使用的电子输送性材料,并无特别限定,例如能够使用周知的电子输送性材料。例如,能够适用2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(BCP)、1,3,5-三(N-苯基苯并咪唑-2-基)苯(TPBI)、3-苯基-4(1'-萘基)-5-苯基-1,2,4-三唑(TAZ)、4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(Bphen)、Ad-Cz、二棕榈酰基磷脂酰丝氨酸(DPPS)、1,3,5-三[m-吡啶-3-基-苯基]苯(TmPyPB)、1,3,5-三[p-吡啶基-3-基-苯基]苯(TpPyPB)、或上述第一发光层5a所使用的基质材料等。

[0084] 最后,对电子注入层7进行说明。作为能够在电子注入层7使用的电子注入性材料,并无特别限定,例如能够使用周知的电子注入性材料。例如,能够适用LiF、BCP、TPBI、

TAZ、Bphen、Ad-Cz、DPPS、TmPyPB、TpPyPB、或上述第一发光层 5a 所使用的基质材料等。

[0085] (有机 EL 元件 1 的制造工序)

[0086] 对有机 EL 元件 1 的制造工序进行简单说明。如上所述,通常有机 EL 元件作为开关元件具有晶体管,但是在本实施方式中不对其制造工序进行说明。

[0087] 以下对在多个形成为岛状的基板上形成阳极 2、有机层和阴极的工序。首先,在各晶体管之上对阳极 2 进行图案形成(阳极形成工序)。而且,在所形成的阳极 2 上形成有机层的各层。另外,为了确保阳极 2 周边的绝缘性,也可以在阳极 2 周边设置有机绝缘膜(未图示)。作为有机绝缘膜,优选使用聚酰亚胺类等树脂材料等,但是并不仅限于此,例如能够使用周知的有机绝缘材料。

[0088] 然后,形成空穴注入层 3 (空穴注入层形成工序)。在阳极 2 上使空穴注入性材料蒸镀。此时,该空穴注入层 3 的膜厚优选为 45nm 左右。这样,形成空穴注入层 3。

[0089] 接着,形成空穴输送层 4 (空穴输送层形成工序)。在空穴注入层 3 上使空穴注入性材料蒸镀。此时,该空穴输送层 4 的膜厚优选 15nm 左右。这样,形成空穴输送层 4。

[0090] 接着,形成发光层 5。具体而言,在空穴输送层 4 上使第一发光层 5a 用的基质材料和发出磷光的材料一起蒸镀(第一发光层形成工序)。此时,优选在基质材料中掺杂 7.5% 左右的发出磷光的材料。这样,形成第一发光层 5a。另外,优选层的厚度为 10nm 左右。

[0091] 然后,在第一发光层 5a 上使第三发光层 5b 用的基质材料和发出磷光的材料一起蒸镀(第三发光层形成工序)。此时,优选在基质材料中掺杂 7.5% 左右的发出磷光的材料。这样,形成第三发光层 5b。另外,优选层的厚度为 0.5 ~ 4nm 左右,更优选 2nm 左右。对此,参照图 3 进行详细说明。图 3 是表示有机 EL 元件 1 和现有的有机 EL 元件中的、发光层的膜厚与电流效率之间的关系图。纵轴表示电流效率,横轴表示发光层的膜压。另外,在有机 EL 元件 1,采用第三发光层 5b 的膜厚。

[0092] 如图 3 所示,在有机 EL 元件 1 的第三发光层 5b 的膜厚为 20\AA 左右时表现出电流效率高的峰。随着第三发光层 5b 的膜厚变得比 20\AA 小电流效率下降,且随着膜厚变得比 20\AA 大电流效率下降。这是因为,如果第三发光层 5b 的膜厚厚,则第三发光层 5b 的空穴和电子的迁移率下降,空穴与电子再结合的概率下降。因此,虽然第三发光层 5b 的膜厚优选更薄的膜厚,但是如果第三发光层 5b 的膜厚薄,则从第一发光层 5a 传输来的电子移动至第二发光层 5c。同样,从第二发光层 5c 传输来的电子移动至第一发光层 5a。其结果是,如图 3 所示,第三发光层 5b 的空穴与电子再结合的概率下降。因此,第三发光层 5b 的膜厚优选为 $5\sim 42\text{\AA}$ ($0.5\sim 4.2\text{nm}$)。在上述情况下,电流效率变得比现有的有机 EL 元件(后述的比较例的情况)高。此外,进一步,期望第三发光层 5b 的膜厚为 $10\sim 30\text{\AA}$ 。此时,与现有的有机 EL 元件相比电流效率成为 1.5 倍。由此,得到高效率的有机 EL 元件 1。

[0093] 但是,有机 EL 元件 1 的电流效率受到所使用的材料和发出磷光的材料的 HOMO 能级与 LUMO 能级的差异和空穴与电子的迁移率的差异的影响。因此,在考虑它们的基础上决定最佳的第三发光层 5b 的膜厚即可,第三发光层 5b 的膜厚并不必须限定在上述范围。

[0094] 接着,在第三发光层 5b 上使第二发光层 5c 用的基质材料和发出磷光的材料一起蒸镀(第二发光层形成工序)。此时,优选在基质材料中掺杂 7.5% 左右的发出磷光的材料。这样,形成第二发光层 5c。另外,优选层的厚度为 30nm 左右。由此,形成具有第一发光层 5a、第二发光层 5c 和第三发光层 5b 的发光层 5。

[0095] 接着,形成电子输送层 6 (电子输送层形成工序)。在发光层 5 上使电子输送性材料蒸镀。此时,该电子输送层 6 的膜厚优选为 10nm 左右。这样,形成电子输送层 6。

[0096] 然后,形成电子注入层 7 (电子注入层形成工序)。在电子输送层 6 上使电子注入性材料蒸镀。这样,形成电子注入层 7。

[0097] 最后,形成阴极(阴极形成工序)。在电子注入层 7 上形成阴极图案,完成有机 EL 元件 1。

[0098] 本发明并不限于上述各实施方式,能够在权利要求所示的范围内进行各种变更,即,将在权利要求所示的范围内适当地变更而得到的技术方法进行组合而得到的实施方式也包含在本发明的技术范围内。

[0099] 例如,在上述实施方式中,对作为发出磷光的材料使用发出蓝色磷光的材料的情况进行了说明,但是也能够适用发出蓝色以外的磷光的材料或发出蓝色以外的荧光等材料等其它有机发光材料。即使在本实施方式的有机 EL 元件 1 使用发出蓝色磷光的材料以外的有机发光材料的情况下,也能够进一步实现驱动电压的降低。

[0100] 此外,也可以在空穴注入层 3 和电子注入层 7 分别掺杂掺杂剂。而且,为了促进空穴和电子的输送而分别在空穴输送层 4 和电子输送层 6 分别掺杂掺杂剂也没有问题。例如,也可以在第一发光层 5a 掺杂 p- 掺杂剂等掺杂剂,使第一发光层 5a 兼作空穴注入层 3 和空穴输送层 4。同样,也可以在第二发光层 5b 掺杂 n- 掺杂剂等掺杂剂,使第二发光层 5b 兼作电子输送层 6 和电子注入层 7。由此,能够将有机 EL 元件 1 的层结构单纯化,因此,能够使制造工艺简单。此外,能够分别省略各注入层和各输送层,因此能够将有机 EL 元件 1 的制造成本抑制得低。

[0101] 而且,还能够实现具有显示单元的有机 EL 显示装置,其中,该显示单元具备本实施方式的有机 EL 元件 1。在图 4 表示其具体例。图 4 是表示具备有机 EL 元件 1 的有机 EL 显示装置 50 的概略的图。

[0102] 如图 4 所示,具备有机 EL 元件 1 的有机 EL 显示装置 50 在基板 52 上具有像素部 43、栅极信号侧驱动电路 28、数据信号侧驱动电路 29、配线 41、电流供给线 42、密封基板 44、FPC (Flexible Printed Circuits: 挠性线路板) 26 和外部驱动电路 27。

[0103] 外部驱动电路 27,通过栅极信号侧驱动电路 28 对像素部 43 的扫描线依次进行选择,并对沿所选择的扫描线配置的各像素元件,写入数据信号侧驱动电路 29 的像素数据。即,栅极信号侧驱动电路 28 依次驱动扫描线,数据信号侧驱动电路 29 对数据线输出像素数据,由此,配置在被驱动的扫描线与输出数据的数据线交叉的位置的像素元件被驱动。

[0104] 此外,还能够实现具备上述有机 EL 显示装置的电子设备。在图 5 和图 6 表示其具体例。图 5 是表示具备有机 EL 显示装置的移动电话 60 的概略的图。图 6 是表示具备有机 EL 显示装置的电视接收机 70 的概略的图。

[0105] 如图 5 所示,能够在移动电话 60 的显示部 49 装载具备本实施方式的有机 EL 元件 1 的有机 EL 显示装置。另外,图中所示的 45 是声音输入部,46 是声音输出部,47 是主体部分,48 是天线,51 是操作开关。这些部件具有与现有的移动电话相同的功能,因此,此处省略其说明。此外,此处对移动电话 60 的具体结构也不言及。

[0106] 此外,如图 6 所示,还能够电视接收机 70 的显示部 61 装载具备本实施方式的有机 EL 元件 1 的有机 EL 显示装置。另外,图中所示的 62 是扬声器。电视接收机 70 除了在

显示部 61 具备本实施方式的有机 EL 显示装置以外,具有与现有的电视接收机 70 相同的结构,因此,此处并不言及具体的结构。

[0107] 如上所述,通过具备本实施方式的有机 EL 元件 1,能够实现发光效率高的有机 EL 显示装置,该有机 EL 显示装置能够装载在具备显示部的各种电子设备。

[0108] 另外,在上述说明中,对具有具备本实施方式的有机 EL 元件 1 的显示单元的有机 EL 显示装置进行了说明,但是有机 EL 元件 1 还能够作为照明装置的光源来利用。在图 7 表示其具体例。图 7 是表示具备有机 EL 元件 1 的照明装置 80 的概略的图。

[0109] 如图 7 所示,具备有机 EL 元件 1 的照明装置 80 具有光学薄膜 71、基板 11、阳极 2、有机 EL 层 10、阴极 13、散热片 64、密封基板 65、密封树脂 63、放热部件 66、驱动用电路 67、配线 68 和顶部件 69。

[0110] 如上所述,通过具备本实施方式的有机 EL 元件 1,能够提供发光效率高的照明装置。

[0111] (实施方式的总括)

[0112] 如上所述,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述第一基质材料、上述第二基质材料和上述有机发光材料各自的最高占据能级(HOMO)和最低未占能级(LUMO)满足下述的关系式(3)和(4)。

[0113] (3) | 第一基质材料的 LUMO | > | 有机发光材料的 LUMO |

[0114] (4) | 第二基质材料的 HOMO | < | 有机发光材料的 HOMO |

[0115] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述第一基质材料、上述第二基质材料和上述有机发光材料具有比上述有机发光材料的激发三重态能级高的激发三重态能级。

[0116] 采用上述结构,能够将激励能封入发光层中的有机发光材料中,能够防止从有机发光材料发生激励能的移动。

[0117] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述第一基质材料、上述第二基质材料和上述第三基质材料各自的空穴迁移率和电子迁移率满足下述的关系式(5)和(6)。

[0118] (5) 第一基质材料的空穴迁移率 > 第三基质材料的空穴迁移率

[0119] (6) 第二基质材料的电子迁移率 > 第三基质材料的电子迁移率

[0120] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,进一步具有如下特征:上述第一发光层、上述第二发光层和上述第三发光层各自的膜厚满足下述的关系式(7)和(8)。

[0121] (7) 第一发光层的膜厚 > 第三发光层的膜厚,且第三发光层的膜厚 < 第二发光层的膜厚

[0122] (8) $5\text{\AA} < \text{第三发光层的膜厚} < 42\text{\AA}$

[0123] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,进一步具有如下特征:上述第三发光层的膜厚满足下述的关系式(9)。

[0124] (9) $10\text{\AA} < \text{第三发光层的膜厚} < 30\text{\AA}$

[0125] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述第一基质材料、上述第二基质材料和上述有机发光材料各自的最高占据能级(HOMO)和最低未占能级(LUMO)满足下述的关系式(10)和(11)中的至少任一个关系式。

[0126] (10) $0\text{eV} < (| \text{第一基质材料的 LUMO} | - | \text{有机发光材料的 LUMO} |) \leq 0.5\text{eV}$

[0127] (11) $0\text{eV} < (| \text{有机发光材料的 HOMO} | - | \text{第二基质材料的 HOMO} |) \leq 0.5\text{eV}$

[0128] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述第一基质材料、上述第二基质材料和上述有机发光材料各自的最高占据能级(HOMO)和最低未占能级(LUMO)满足下述的关系式(12)和(13)中的至少任一个关系式。

[0129] (12) $0.1\text{eV} \leq | \text{第一基质材料的 LUMO} | - | \text{有机发光材料的 LUMO} | \leq 0.3\text{eV}$

[0130] (13) $0.1\text{eV} \leq | \text{有机发光材料的 HOMO} | - | \text{第二基质材料的 HOMO} | \leq 0.3\text{eV}$

[0131] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述有机层具有空穴注入层和电子注入层,该空穴注入层被掺杂有促进空穴从上述阳极向上述有机层注入的掺杂剂,该电子注入层被掺杂有促进电子从上述阴极向上述有机层的入的掺杂剂。

[0132] 采用上述结构,能够促进从第一电极注入的载流子向有机层注入,能够促进从第二电极注入的载流子向有机层注入。由此,能够充分地将空穴和电子传输至发光层。

[0133] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:在上述空穴注入层与上述发光层之间存在未被掺杂上述掺杂剂和上述有机发光材料的区域。

[0134] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:在上述电子注入层与上述发光层之间存在未被掺杂上述掺杂剂和上述有机发光材料的区域。

[0135] 采用上述结构,发光层与第一载流子注入层之间的未被掺杂有机发光材料和掺杂剂的区域作为载流子的阻挡层发挥作用。由此,能够防止在发光层与第一载流子注入层的界面发生由激态络合物(激发复合体)引起的能量去激活等。即,能够防止能量从发光层漏向第一载流子注入层。同样,发光层与第二载流子注入层之间的未被掺杂有机发光材料和掺杂剂的区域也能够防止能量从发光层漏向第二载流子注入层。

[0136] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述有机发光材料是发出磷光的材料。

[0137] 采用上述结构,能够得到发光效率高、发光寿命长的有机 EL 元件。

[0138] 此外,在本发明的有机电致发光元件中,还具有如下特征:上述第一基质材料、上述第二基质材料和上述有机发光材料各自的最高占据能级(HOMO)和最低未占能级(LUMO)满足下述的关系式(16)和(17)中的至少任一个关系式。

[0139] (16) $| \text{第一基质材料的 LUMO} | > | \text{有机发光材料的 LUMO} |$

[0140] (17) $| \text{第二基质材料的 HOMO} | < | \text{有机发光材料的 HOMO} |$

[0141] 发明的详细说明书的各项中被说明的具体的实施方式或实施例仅是用于使本发明的技术内容清楚的内容,不应该仅限于这样的具体例而狭义地进行解释,能够在本发明的趣旨和所记载的权利要求的范围内进行各种变更而实施。

[0142] 实施例

[0143] 以下列举实施例进一步对本发明进行详细说明,本发明只要不超出其主旨,就不限定于这些实施例。

[0144] (实施例 1)

[0145] 在玻璃基板上利用等离子体化学蒸镀(等离子体 CVD)法形成硅半导体膜,在实施结晶化处理后,形成多晶半导体膜。接着,对多晶硅薄膜进行蚀刻处理,形成多个岛状图案。接着,在多晶硅薄膜的各岛上,作为栅极绝缘膜形成氮化硅(SiN)。然后,作为栅极电极依次

形成钛(Ti)-铝(Al)-钛(Ti)的叠层膜,利用蚀刻处理进行图案形成。在该栅极电极上,使用 Ti-Al-Ti 形成源极电极和漏极电极,制作多个薄膜晶体管。

[0146] 在所形成的薄膜晶体管上形成具有通孔的层间绝缘膜并进行平坦化。然后,经由该通孔,作为阳极形成氧化铟锡(ITO)电极。在按照以聚酰亚胺树脂的单层包围 ITO 电极的周边的方式进行图案形成后,对形成有 ITO 电极的基板进行超音波清洗,在 200°C 的减压下烘焙 3 小时。

[0147] 接着,在阳极上利用真空蒸镀法以 $1\text{\AA}/\text{sec}$ 的蒸镀速度蒸镀 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基-胺基]联苯(α -NPD)。这样,在阳极上形成膜厚 45nm 的空穴注入层。

[0148] 然后,在空穴注入层上利用真空蒸镀法以 $1\text{\AA}/\text{sec}$ 的蒸镀速度蒸镀 N,N-二咔唑基-3,5-苯(mCP)。这样,在空穴注入层上形成膜厚 15nm 的空穴输送层。

[0149] 然后,在空穴输送层上利用真空蒸镀法一起蒸镀 2,8-双(二苯基磷酰基)二苯并噻吩(PPT)和铱(III)双(4',6'-二氟苯吡啶)四(1-吡啶基)硼酸(FIr6)。此时,以在 PPT 中含有 7.5% 左右 FIr6 的方式进行掺杂。这样,在空穴输送层上形成膜厚 10nm 的第一发光层。

[0150] 然后,在第一发光层上利用真空蒸镀法一起蒸镀二苯基二(o-甲苯基)硅烷(UGH1)和 FIr6。此时,以在 UGH1 中含有 7.5% 左右 FIr6 的方式进行掺杂。这样,在第一发光层上形成膜厚 2nm 的第三发光层。

[0151] 然后,在第三发光层上利用真空蒸镀法一起蒸镀 9-(4-叔丁基苯基)-3,6-双(三苯基甲硅烷基)-9H-咔唑(CzSi)和 FIr6。此时,以在 CzSi 中含有 7.5% 左右 FIr6 的方式进行掺杂。这样,在第三发光层上形成膜厚 30nm 的第二发光层。

[0152] 接着,在第二发光层上利用真空蒸镀法蒸镀 1,3,5-三(N-苯基苯并咪唑-2-基)苯(TPBI)。这样,在第二发光层上形成膜厚 10nm 的电子输送层。

[0153] 接着,在电子输送层上利用真空蒸镀法以 $1\text{\AA}/\text{sec}$ 的蒸镀速度蒸镀氟化锂(LiF),形成膜厚 0.5nm 的 LiF 膜。然后,在 LiF 膜上使用铝(Al)形成膜厚 100nm 的 Al 膜。这样,作为阴极形成 LiF 与 Al 的叠层膜,制作有机 EL 元件。

[0154] 对所得到的有机 EL 元件的 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的电流效率和寿命 T_{50} 进行测定。其结果是,电流效率为 $20\text{cd}/\text{A}$,寿命 T_{50} 表现出 3000h 的良好值。

[0155] 在上述实施例中,发光层采用多层结构,在该发光层的基质材料使用考虑了发出磷光的材料。具体而言,在本实施例中,作为第一发光层的基质材料使用具有比 FIr6 的最高占据能级(HOMO 能级)深的 HOMO 能级的 PPT。此外,作为第二发光层的基质材料使用具有比 FIr6 的最低未占能级(LUMO 能级)浅的 LUMO 能级的 CzSi。而且,作为第三发光层的基质材料使用具有比 FIr6 的 HOMO 能级深的 HOMO 能级、且具有比 FIr6 的 LUMO 能级浅的 LUMO 能级的 UGH1。由此,能够可靠地将阳极注入的空穴传输至第三发光层。同样,能够可靠地将阴极注入的电子传输至第三发光层。此外,因为第三发光层的 HOMO 能级与 LUMO 能级的带隙大,所以能够将空穴和电子封入第三发光层内。其结果是,能够提高空穴与电子再结合的概率。因此,在本实施例的有机 EL 元件,能够高效地传输空穴和电子,因此,电流效率和寿命 T_{50} 均表示良好的值。

[0156] (实施例 2)

[0157] 制作具有第二发光层的有机 EL 元件,该第二发光层代替实施例 1 的第二发光层的

基质材料 CzSi (HOMO 能级 =6.0eV, LUMO 能级 =2.5eV) 使用金刚烷咪唑(Ad-Cz) (HOMO 能级 =5.8eV, LUMO 能级 =2.6eV), 发光材料与实施例 1 同样地, 使用 FIr6 (HOMO 能级 =6.1eV, LUMO 能级 =3.1eV)。除了作为上述第二发光层的基质材料使用 Ad-Cz 这点以外, 以与实施例 1 相同的膜厚结构进行制作。

[0158] 对所得到的有机 EL 元件的 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的电流效率和驱动电压进行测定。其结果是, 电流效率为 $15\text{cd}/\text{A}$, 电压为实施例 1 的约 8 成(80%), 表现出良好的值。因此可知, 第二发光层的基质材料的 HOMO 能级与发出磷光的材料的 HOMO 能级之间的差无论是如实施例 1 那样为 0.1eV, 还是如实施例 2 那样为 0.3eV, 均表现出良好的值。

[0159] 这与有机 EL 元件的空穴和电子的输送利用跳跃传输进行有关。在进行跳跃传输时, 如果令空穴被捕获(trap)的能级与空穴跳跃的能级之间的差为 ΔE , 则空穴的迁移率以 $\exp(-\Delta E/RT)$ 下降(R: 气体常数, T: 绝对温度“K”)。根据以上说明, 优选构成第二发光层的基质材料的 HOMO 能级比发出磷光的材料的 HOMO 能级浅。

[0160] 此处, 如果令构成第二发光层的基质材料的 HOMO 能级比发出磷光的材料的 HOMO 能级之间的差大于 0.5eV, 则空穴能够热激发的概率下降。因此, 也可以说更加优选构成第二发光层的基质材料的 HOMO 能级与发出磷光的材料的 HOMO 能级之间的差为 0.5eV 以内。作为具体的例子, 电子(空穴)移动速度能够如下述式(1)那样以一般的阿伦尼乌斯方程表示。 K_{ET} 是电子(空穴)移动速度常数, A 是频率因子(与温度无关的常数)。

$$[0161] \quad K_{\text{ET}} = A \exp(-\Delta E/RT) \quad (1)$$

[0162] A 如非专利文献 3 所述那样, 在分子间的反应的情况下为 $10^{11}\text{M}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。此时, 将从式(1)计算根据 ΔE 的数值决定的速度常数的值而得到的结果表示如下。

$$[0163] \quad \Delta E = 0.1\text{eV} \text{ 的情况下, } K_{\text{ET}} = 2.0 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$$

$$[0164] \quad \Delta E = 0.2\text{eV} \text{ 的情况下, } K_{\text{ET}} = 4.1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$$

$$[0165] \quad \Delta E = 0.3\text{eV} \text{ 的情况下, } K_{\text{ET}} = 8.4 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$$

$$[0166] \quad \Delta E = 0.4\text{eV} \text{ 的情况下, } K_{\text{ET}} = 1.7 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$$

$$[0167] \quad \Delta E = 0.5\text{eV} \text{ 的情况下, } K_{\text{ET}} = 3.5 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$$

$$[0168] \quad \Delta E = 0.6\text{eV} \text{ 的情况下, } K_{\text{ET}} = 7.1 \text{ s}^{-1}$$

[0169] 根据以上说明可知, 当 ΔE 为 0.5eV 以内时, 在亚 ms (0.5eV 时, 29ms) 以内从构成第一发光层的基质材料向发出磷光的材料在分子间进行电子移动, 当超过 0.6eV 时仅以秒单位进行电子移动。即, 可以说只要电子为 0.5eV 以内的差, 则即使为上升的能差, 也能够发生电子移动。

[0170] 此外, 被电场稳定了的能量 $[f(x)]$ 能够如下述式(2)那样表示。具体而言, 在施加称为 V 的电场时的距离 x 的位置, 电子是稳定的能量。另外, q 是基本电荷(电子的电荷的绝对值)。

$$[0171] \quad f(x) = -qVx \quad (2)$$

[0172] 即, 由式(2)可知, 能够说通过施加电场使得电子(空穴)朝向相反方向的移动不易发生, 仅容易发生电子(空穴)沿着电场的梯度(倾斜)移动。即, 如果由于电场的影响而空穴一度移动, 则空穴难以从第一发光层返回空穴输送材料等阳极侧材料, 从构成第一发光层的基质材料向发出磷光的材料移动的一方取得优势。

[0173] 因此, 如果令构成第二发光层的基质材料的 HOMO 能级与发出磷光的材料的 HOMO

能级之间的差为 0.5eV,则空穴能够热激发的概率升高,能够提高空穴与电子再结合的概率。根据实施例 2 的结果,更加优选构成第二发光层的基质材料的 HOMO 能级与发出磷光的材料的 HOMO 能级之间的差为 0.3eV 以内。

[0174] 此外,优选令构成第二发光层的基质材料的 HOMO 能级与发出磷光的材料的 HOMO 能级之间的差比 0eV 大。由于关系到器件的低电压化,所以更加优选为 0.1eV 以上。

[0175] 而且,基于与上述相同的理由,构成第一发光层的基质材料的 LUMO 能级与发出磷光的材料的 LUMO 能级之间的差也优选比 0eV 大,优选为 0.5eV 以内。更加优选为 0.1eV 以上 0.3eV 以内。

[0176] (比较例 1)

[0177] 制作了从实施例 1 的有机 EL 元件取消第一发光层和第二发光层且使用宽带隙基质的 UGH1 的单一发光层有机 EL 元件。与实施例 1 同样地形成至空穴输送层,然后在空穴输送层上利用真空蒸镀法一起蒸镀 UGH1 和 FIr6。此时,以在 UGH1 中含有 7.5% 左右的 FIr6 的方式进行掺杂。这样,形成膜厚 30nm 的发光层(单一层)。

[0178] 然后,在上述发光层上,与实施例 1 同样地形成电子输送层、LiF 和 Al,制作有机 EL 元件。

[0179] 对所得到的有机 EL 元件的 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的电流效率进行了测定,结果电流效率为 $10\text{cd}/\text{A}$,为实施例 1 的一半。

[0180] (比较例 2)

[0181] 制作了具有第二发光层的有机 EL 元件,其中,该第二发光层代替实施例 1 的第二发光层的基质材料 CzSi 使用 UGH1,且发光材料与实施例 1 同样地使用 FIr6。除了作为上述第二发光层的基质材料使用 UGH1 这点以外,与实施例 1 相同膜厚结构地进行了制作。

[0182] 对所得到的有机 EL 元件的 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 的电流效率和驱动电压进行了测定。结果电流效率为 $10\text{cd}/\text{A}$,为实施例 1 的一半。此外,驱动电压为实施例 1 的约 2 倍。

[0183] 产业上的可利用性

[0184] 本发明能够应用于使用有机 EL 元件的各种器件中,例如能够应用于电视等显示装置等中。

[0185] 附图标记的说明

[0186] 1、31 有机 EL 元件

[0187] 2、32 阳极

[0188] 3、33 空穴注入层

[0189] 4、34 空穴输送层

[0190] 5、35 发光层

[0191] 5a 第一发光层

[0192] 5b 第三发光层

[0193] 5c 第二发光层

[0194] 6、36 电子输送层

[0195] 7、37 电子注入层

[0196] 8、38 发出磷光的材料的最高占据能级

[0197] 9、39 发出磷光的材料的最低未占能级

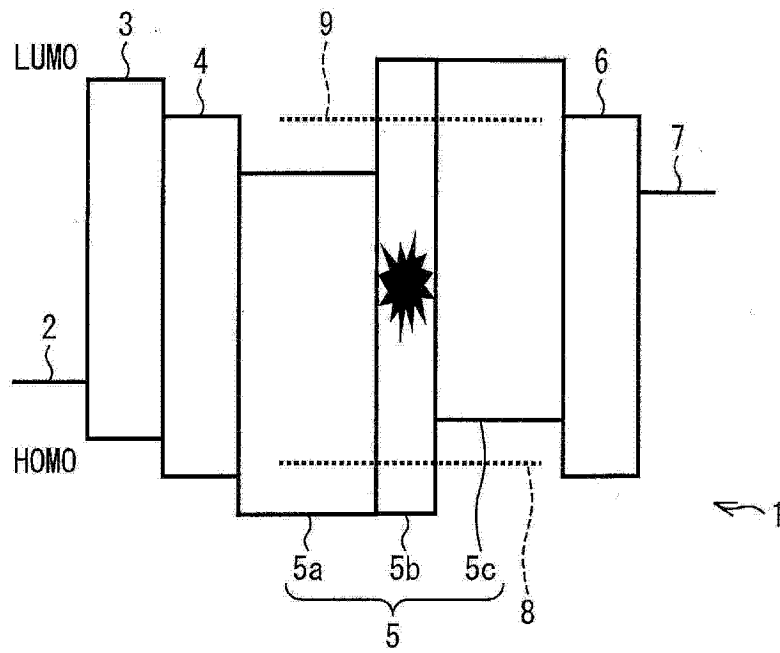


图 1

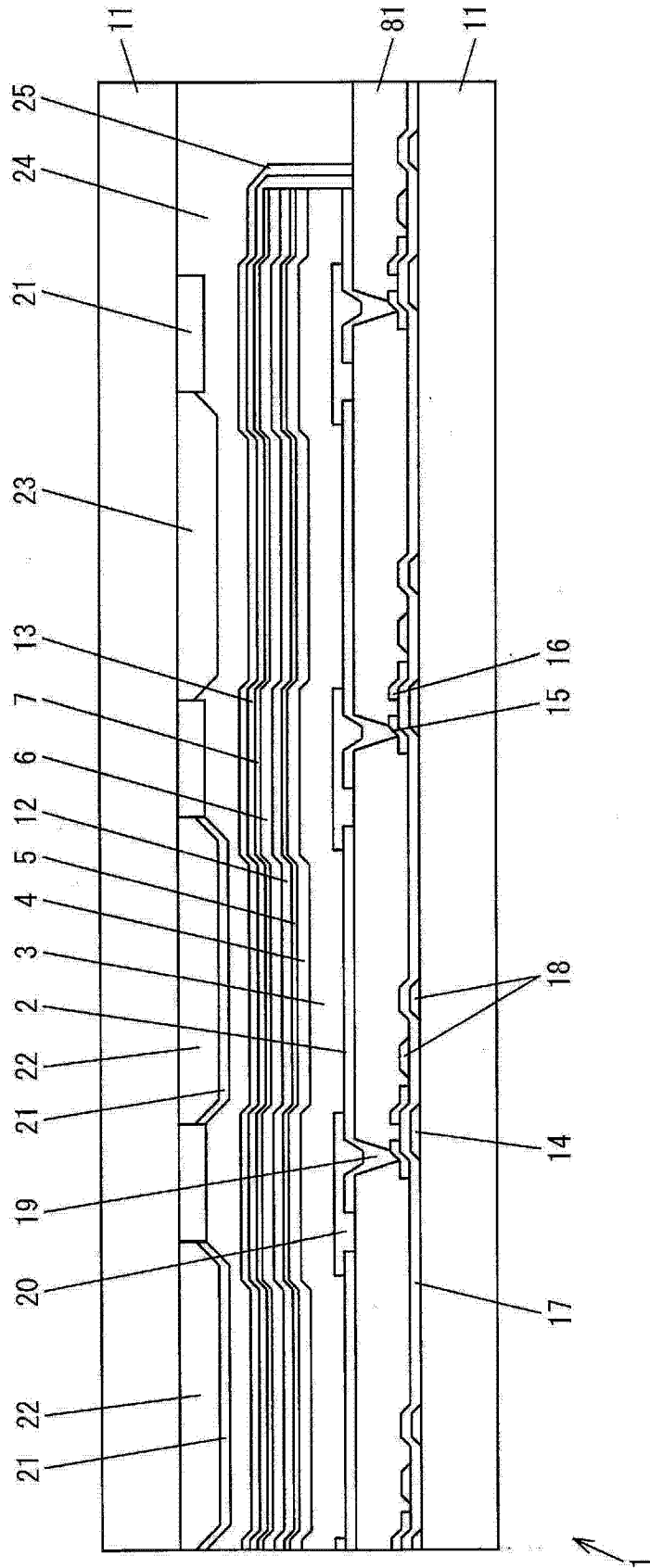


图 2

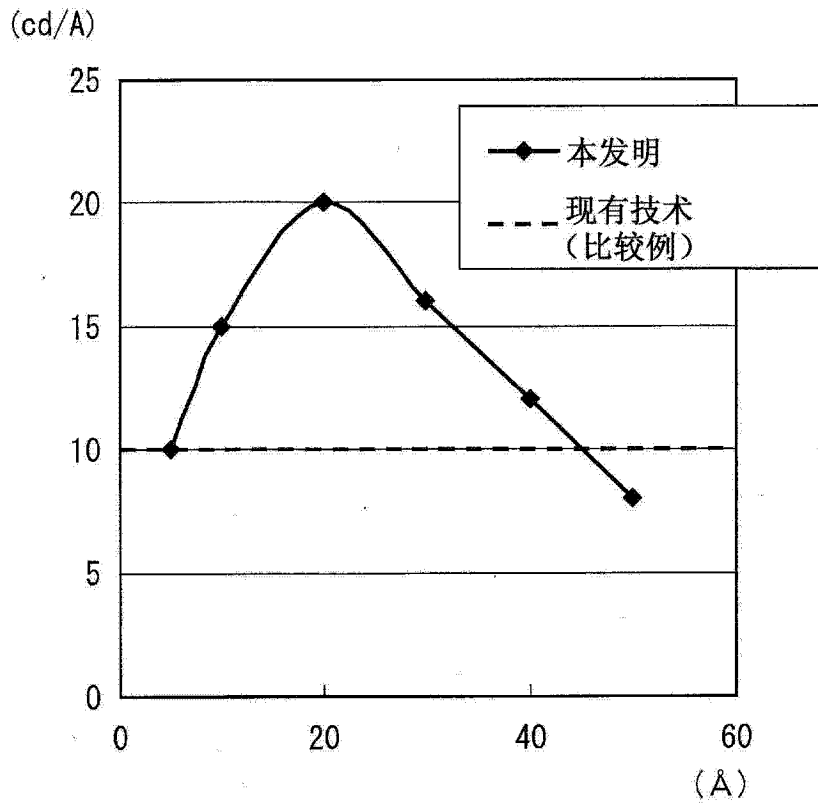


图 3

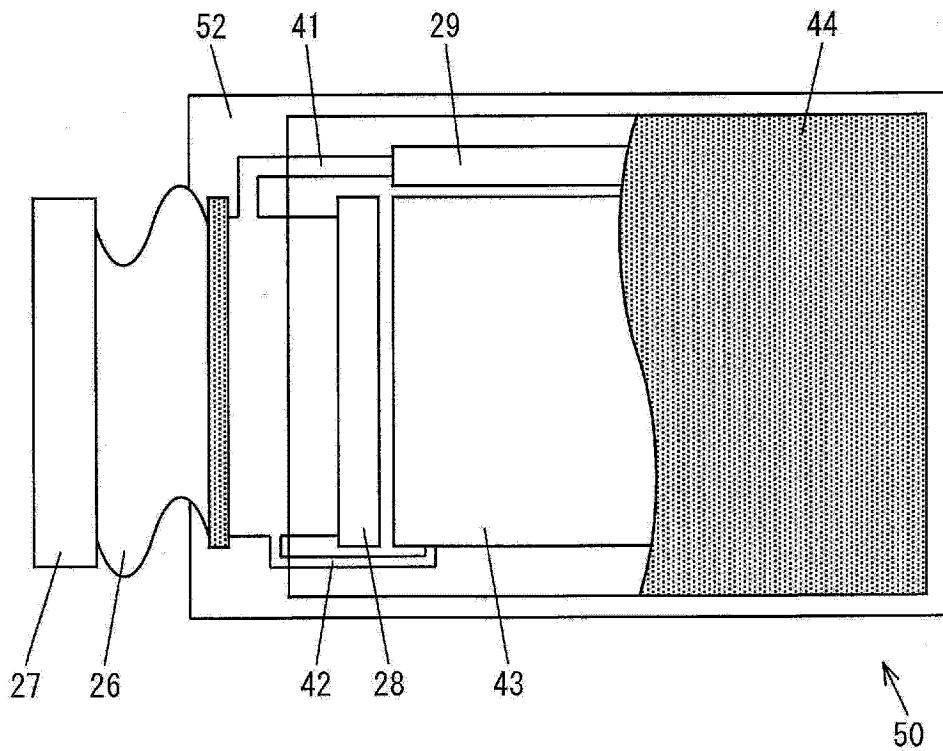


图 4

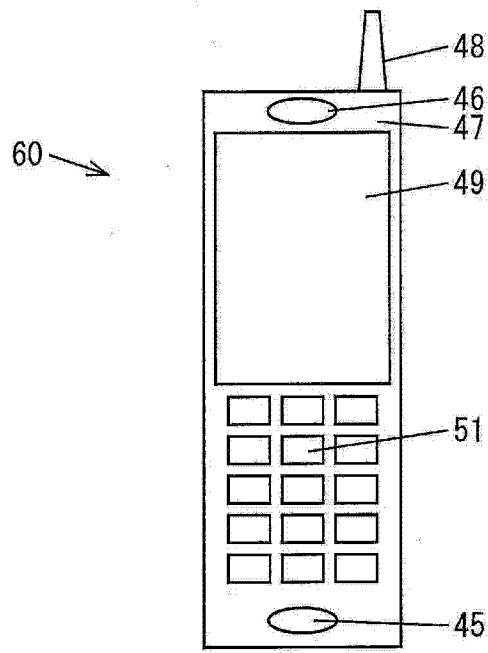


图 5

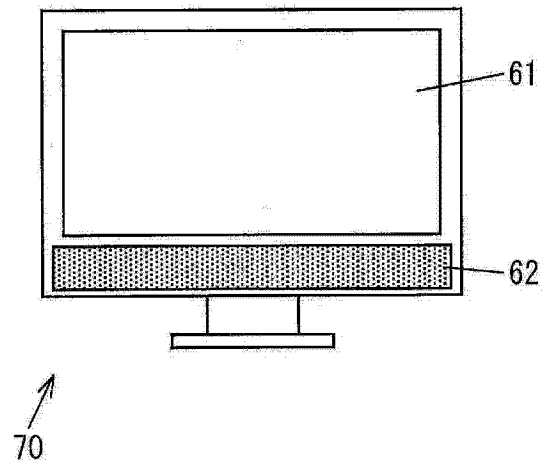


图 6

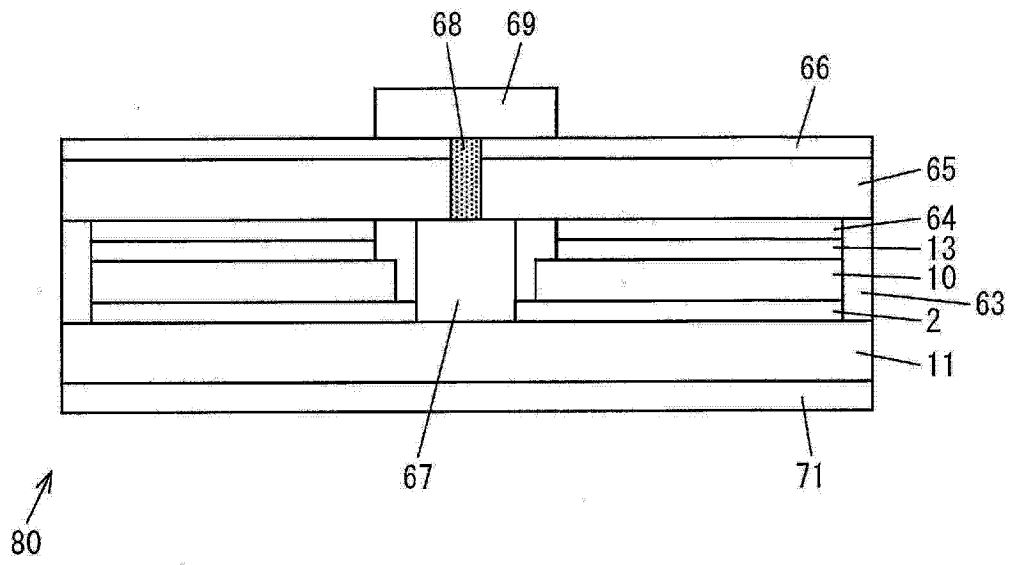


图 7

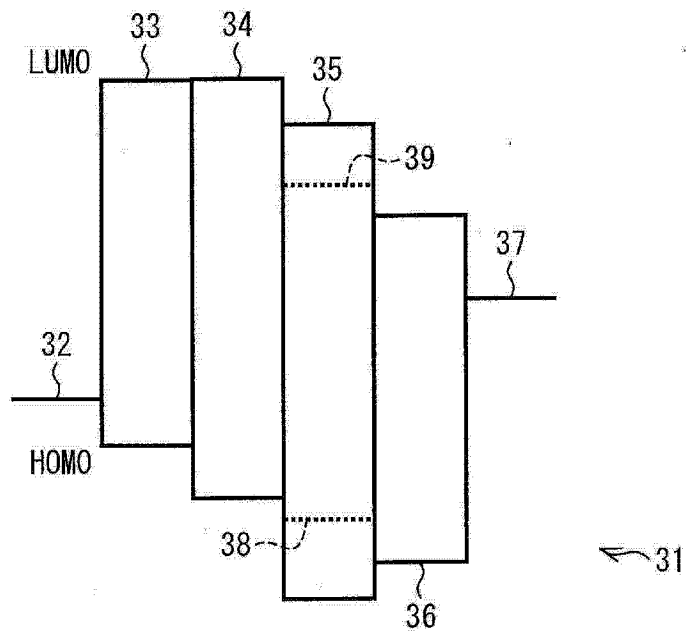


图 8

| | | | |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译) | 有机电致发光元件及其制造方法、以及有机电致发光显示装置 | | |
| 公开(公告)号 | CN102668157A | 公开(公告)日 | 2012-09-12 |
| 申请号 | CN201080053434.8 | 申请日 | 2010-10-12 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 夏普株式会社 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 夏普株式会社 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 夏普株式会社 | | |
| [标]发明人 | 冈本健 | | |
| 发明人 | 冈本健 | | |
| IPC分类号 | H01L51/50 H05B33/10 H05B33/12 | | |
| CPC分类号 | H01L51/5016 H01L51/529 H01L2251/5384 H01L2251/552 H01L2251/558 | | |
| 优先权 | 2009270820 2009-11-27 JP | | |
| 其他公开文献 | CN102668157B | | |
| 外部链接 | Espacenet SIPO | | |

摘要(译)

有机EL元件(1)具有三层结构的发光层(5)，第一发光层(5a)包括具有比有机发光材料的最高占据能级深的最高占据能级的基质材料(| HOMO (第一发光层的基质材料) | > | HOMO (发出磷光的材料) |)。此外，第二发光层(5c)包括具有比有机发光材料的最低未占能级浅的最低未占能级的基质材料(| LUMO (第二发光层的基质材料) | < | LUMO (发出磷光的材料) |)。而且，第三发光层(5b)包括具有比有机发光材料的最高占据能级深的最高占据能级(| HOMO (第三发光层的基质材料) | > | HOMO (发出磷光的材料) |)，且具有比有机发光材料的最低未占能级浅的最低未占能级(| LUMO (第三发光层的基质材料) | < | LUMO (发出磷光的材料) |)的基质材料。由此，能够可靠地将空穴和电子传输至第三发光层(5c)，因此，空穴与电子再结合的概率上升，能够使有机EL元件(1)的驱动电压下降，提高发光效率。

