



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102655223 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 22

(21) 申请号 201210156503. 9

(22) 申请日 2008. 10. 10

(30) 优先权数据

2007-272003 2007. 10. 19 JP

(62) 分案原申请数据

200880107366. 1 2008. 10. 10

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川

(72) 发明人 下垣智子 铃木恒德 濑尾哲史

(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 刘偶

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1700829 A, 2005. 11. 23, 说明书第 4 页第 5 行 - 第 7 页第 5 行, 第 11 页第 16-28 行, 第 15 页第 6 行 - 第 17 页第 16 行, 第 21 页第 10 行 - 第

24 页第 15 行;附图 1-2.

CN 1682572 A, 2005. 10. 12, 说明书第 4 页第 20- 第 7 页第 20 行;附图 1-2.

CN 1700829 A, 2005. 11. 23, 说明书第 4 页第 5 行 - 第 7 页第 5 行, 第 11 页第 16-28 行, 第 15 页第 6 行 - 第 17 页第 16 行, 第 21 页第 10 行 - 第 24 页第 15 行;附图 1-2.

审查员 程健

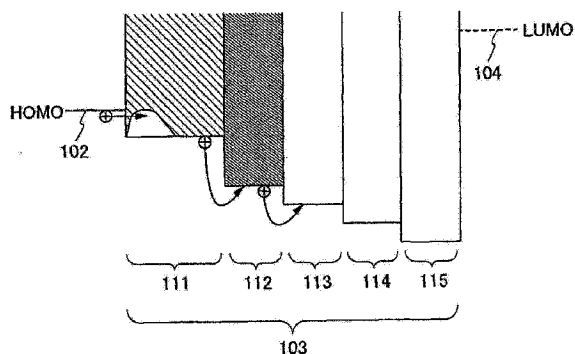
权利要求书2页 说明书35页 附图21页

(54) 发明名称

发光元件、发光设备和电子设备

(57) 摘要

在包括处在一对电极之间的 EL 层的发光元件中, 形成如下结构, 其中该 EL 层至少包括在用作阳极的电极和具有发光属性的第三层(发光层)之间的具有空穴注入属性的第一层(空穴注入层)和具有空穴输运属性的第二层(空穴输运层); 并且第二层的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)的绝对值大于第一层的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)的绝对值, 从而使从用作阳极的电极侧注入的空穴量被抑制, 并且因此增加了发光元件的发光效率。



1. 一种发光元件,包括:

阳极和阴极之间的 EL 层,

其中所述 EL 层包括具有空穴注入属性的第一层、具有空穴输运属性的第二层、具有发光属性的第三层、以及控制电子输运的第四层,

其中所述第一层和所述第二层插入在所述阳极和所述第三层之间,

其中所述第四层插入在所述阴极和所述第三层之间,

其中所述第四层包括具有电子输运属性的第一有机化合物以及具有电子俘获属性的第二有机化合物,

其中所述第四层中的所述第二有机化合物的浓度为小于 50wt%,

其中所述第三层包括发光材料,

其中所述发光材料是磷光材料,并且

其中所述第二有机化合物是红色磷光材料。

2. 一种发光元件,包括:

阳极和阴极之间的 EL 层,

其中所述 EL 层包括具有空穴注入属性的第一层、具有空穴输运属性的第二层、具有发光属性的第三层和控制电子输运的第四层,

其中所述第一层和所述第二层插入在所述阳极和所述第三层之间,

其中所述第四层插入在所述阴极和所述第三层之间,

其中所述第四层包括具有电子输运属性的第一有机化合物和具有电子俘获属性的第二有机化合物,

其中所述第二有机化合物的最低未被占用分子轨道能级的绝对值比所述第一有机化合物的最低未被占用分子轨道能级的绝对值大出大于或等于 0.3eV,

其中所述第三层包括发光材料,

其中所述发光材料是磷光材料,并且

其中所述第二有机化合物是红色磷光材料。

3. 一种发光元件,包括:

阳极和阴极之间的 EL 层,

其中所述 EL 层包括具有空穴注入属性的第一层、具有空穴输运属性的第二层、具有发光属性的第三层、具有电子输运属性的第四层,具有电子注入属性的第五层、以及用作载流子控制层的第六层,

其中所述第一层、第二层、第三层、第六层、第四层、第五层以此顺序形成,

其中所述第六层包括具有电子输运属性的第一有机化合物和具有电子俘获属性的第二有机化合物,

其中所述第三层包括发光材料,

其中所述发光材料是磷光材料,并且

其中所述第二有机化合物是红色磷光材料。

4. 如权利要求 3 所述的发光元件,其中所述第六层的厚度为大于或等于 5nm 并且小于或等于 20nm。

5. 如权利要求 1 或 3 所述的发光元件,其中所述第二有机化合物的最低未被占用分子

轨道能级的绝对值比所述第一有机化合物的最低未被占用分子轨道能级的绝对值大出大于或等于 0.3eV。

6. 如权利要求 1 所述的发光元件,其中所述第四层的厚度为大于或等于 5nm 并且小于或等于 20nm。

7. 如权利要求 1-3 中任一项所述的发光元件,其中所述发光材料的发射谱的峰值和所述第二有机化合物的发射谱的峰值之间的差在 30nm 内。

8. 如权利要求 1-3 中任一项所述的发光元件,其中所述第二层的最高被占用分子轨道能级的绝对值大于所述第一层的最高被占用分子轨道能级的绝对值。

9. 如权利要求 1-3 中任一项所述的发光元件,其中所述第一层包括复合材料,在该复合材料中在具有高的空穴输运属性的物质中包含有受主物质。

10. 一种包括如权利要求 1-3 中任一项所述的发光元件的发光设备。

11. 一种包括如权利要求 10 所述的发光设备的电子设备。

12. 一种包括如权利要求 10 所述的发光设备的照明设备。

发光元件、发光设备和电子设备

[0001] 本申请是于 2008 年 10 月 10 日提交、于 2010 年 3 月 17 日进入中国国家阶段、PCT 申请号为 PCT/JP2008/068921、国家申请号为 200880107366.1、发明名称为“发光元件、发光设备和电子设备”的申请之分案申请

技术领域

[0002] 本发明涉及一种其中发光物质被插入在一对电极之间的电流激励(current excitation)型发光元件、一种具有该发光元件的发光设备、以及一种电子设备。

背景技术

[0003] 近年来,对使用电致发光的发光元件进行了广泛的研究和开发。在该发光元件的基本结构中,包含具有发光属性的物质的层被插入在一对电极之间。通过将电压施加到该元件,可以获得来自具有发光属性的物质的发光。

[0004] 由于该发光元件具有自发光类型,因此其具有优于液晶显示器的优点,诸如像素的高可见性以及不需要背光,并且其被认为适于用作平板显示器元件。此外,该发光元件可被制造为是薄且轻的,这是极大的优点。而且,该发光元件还具有响应速度特别快的特征。

[0005] 而且,由于该发光元件可被形成膜的形式,因此通过形成大面积的元件可以容易地获得平面发光。而通过以白炽灯或 LED 为代表的点光源,或者通过以荧光灯为代表的线光源,不能容易地实现这一特征。因此,该发光元件具有作为可应用于照明等的平面光源的高的利用价值。

[0006] 根据具有发光属性的物质是有机化合物还是无机化合物,对利用电致发光的发光元件进行大致的分类。在本发明中,有机化合物用作具有发光属性的物质。在该情况中,通过将电压施加到发光元件,电子和空穴被从一对电极注入到包含具有发光属性的有机化合物的层中,从而使得电流流动。随后,通过这些载流子(电子和空穴)复合,具有发光属性的有机化合物形成激发态,并且当激发态返回基态时发射光。

[0007] 基于该机制,该发光元件被称为电流激励型发光元件。应当注意,作为有机化合物形成的激发态的类型,可以存在单重激发态和三重激发态,并且单重激发态的情况中发射的光被称为荧光,而三重激发态的情况中发射的光被称为磷光。

[0008] 在改进该发光元件的元件特性时存在取决于物质的许多问题。因此,已经进行了元件结构、物质开发等改进以解决这些问题。

[0009] 例如,在非专利文献 1(:Tetsuo TSUTSUI 和其他八位作者,Japanese Journal of Applied physics (日本应用物理杂志),Vol. 38, L1502-L1504(1999))中,通过提供空穴阻挡层,使用磷光物质的发光元件高效地发光。然而,如非专利文献 1 中所描述的,存在如下问题,即,该空穴阻挡层不具有耐久性(durability)并且发光元件的寿命是特别短的。

发明内容

[0010] 考虑到前述问题,本发明的一个目的在于:通过形成元件结构不同于传统结构的

发光元件,提供一种具有高的发光效率和比传统发光元件更长的寿命的发光元件。另一目的在于提供一种具有高的发光效率的发光设备和电子设备。

[0011] 本发明的一个特征是这样的发光元件,其包括在一对电极之间的 EL 层,其中该 EL 层至少包括具有空穴注入属性的第一层(空穴注入层)和具有空穴输运属性的第二层(空穴输运层),该第一层和第二层在具有发光属性的第三层(发光层)和用作该对电极的阳极的电极之间;并且第二层的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)的绝对值大于第一层的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)。

[0012] 应当注意,在上述结构中第二层的 HOMO 能级的绝对值比第一层的 HOMO 能级的绝对值大出大于或等于 0.1eV。

[0013] 在本发明中,具有上述结构的发光元件的形成使得可以形成第一层(空穴注入层)和第二层(空穴输运层)之间的能隙,并且可以抑制从第一层(空穴注入层)到第二层(空穴输运层)中的空穴注入量,该空穴是从用作阳极的电极侧注入的。因此,可以使发光元件的发光效率增加。

[0014] 本发明的另一特征在于,除了上述结构之外,在用作阴极的电极和第三层(发光层)之间包括控制电子输运的第四层(载流子控制层);第四层由具有电子输运属性的第一有机化合物和具有空穴输运属性的第二有机化合物形成;并且第二有机化合物的含量在质量比上小于总量的 50%。应当注意,优选的是,控制第二有机化合物的浓度以使得第二有机化合物的含量变为总量的 1wt% 至 20wt%。

[0015] 本发明的另一特征在于,在上述结构中,在使第四层(载流子控制层)发挥动力学作用的情况下,第二有机化合物的最低未被占用分子轨道能级(LUMO 能级)的绝对值相对于第一有机化合物的最低未被占用分子轨道能级(LUMO 能级)的绝对值具有小于或等于 0.3eV 的差,并且当第一有机化合物的偶极矩是 P_1 并且第二有机化合物的偶极矩是 P_2 时,满足关系 $P_1/P_2 \geq 3$ 。

[0016] 优选的是,在上述结构中,金属络合物被用于第一有机化合物并且芳族胺化合物被用于第二有机化合物。

[0017] 本发明的另一特征在于,除了上述结构之外,在使第四层(载流子控制层)发挥热力学作用时,第四层由具有电子输运属性的第一有机化合物和具有电子俘获属性的第二有机化合物形成;并且第二有机化合物的含量在质量比上小于总量的 50%。应当注意,更优选的是,控制第二有机化合物的浓度以使得第二有机化合物的含量变为总量的 0.1wt% 至 5wt%。本发明的另一特征在于,第二有机化合物的 LUMO 能级的绝对值比第一有机化合物的 LUMO 能级的绝对值高出大于或等于 0.3eV。此外,优选的是,金属络合物用于第一有机化合物并且香豆素衍生物或喹吖啶酮衍生物用于第二有机化合物。

[0018] 优选的是,在上述结构中,第四层的厚度大于或等于 5nm 并且小于或等于 20nm。

[0019] 优选的是,在每个上述结构中,第三层(发光层)包含具有电子输运属性的材料。

[0020] 本发明在其范畴中包括一种具有上述发光元件的发光设备和具有该发光设备的电子设备。本说明书中的发光设备意指图像显示设备、发光设备或者光源(包括照明系统)。此外,该发光设备在其范畴中包括任何如下模块:其中诸如柔性印刷电路(FPC)、带式自动接合(TAB)带、或者带式载体封装(TCP)的连接器附连到发光设备的模块;具有在末端处配备有印刷布线板的 TAB 带或 TCP 的模块;和具有通过玻璃上芯片(COG)方法直接安装在发

光元件上面的集成电路(IC)的模块。

[0021] 本发明使得可以抑制从第一层(空穴注入层)到第二层(空穴输运层)中的作为发光元件的载流子的空穴的注入量;因此,可以增加发光层中的复合概率并且可以增加发光元件的发光效率。而且,通过组合能够减小电子输运率(transport rate)的结构,可以获得具有高效率 and 长寿命的发光元件。而且,通过将本发明的发光元件应用于发光设备和电子设备,可以获得具有减小的功耗的发光设备和电子设备。

附图说明

[0022] 在附图中:

[0023] 图 1 是示出实施模式 1 中的发光元件的能带结构的视图;

[0024] 图 2A 和 2B 是均示出实施模式 1 中的发光元件的堆叠结构的视图;

[0025] 图 3A 至 3C 是均示出实施模式 1 中的发光元件的发射模式的视图;

[0026] 图 4 是示出实施模式 2 中的发光元件的能带结构的视图;

[0027] 图 5A 和 5B 是均示出实施模式 2 中的发光元件的堆叠结构的视图;

[0028] 图 6A 和 6B 均示出实施模式 2 中的发光元件的发射模式的视图;

[0029] 图 7 是示出实施模式 2 中的发光元件的能带结构的视图;

[0030] 图 8 是示出实施模式 3 中的发光元件的堆叠结构的视图;

[0031] 图 9A 和 9B 是示出实施模式 4 中的有源矩阵发光设备的视图;

[0032] 图 10A 和 10B 是示出实施模式 4 中的无源矩阵发光设备的视图;

[0033] 图 11A 至 11D 是示出实施模式 5 中的电子设备的视图;

[0034] 图 12 是示出使用本发明的发光设备作为背光的液晶显示设备的视图;

[0035] 图 13 是示出使用本发明的发光设备的台灯的视图;

[0036] 图 14 是示出本发明的发光设备的室内照明设备的视图;

[0037] 图 15 是示出实施例 1 中的发光元件的元件结构的视图;

[0038] 图 16A 和 16B 是均示出实施例 2 中的发光元件的元件结构的视图;

[0039] 图 17 是示出发光元件 1 至 5 的电流密度对亮度特性的曲线图;

[0040] 图 18 是示出发光元件 1 至 5 的电压对亮度特性的曲线图;

[0041] 图 19 是示出发光元件 1 至 5 的亮度对电流效率特性的曲线图;

[0042] 图 20 是示出发光元件 1 至 4 的发射谱的曲线图;

[0043] 图 21 是示出发光元件 6 至 9 的电流密度对亮度特性的曲线图;

[0044] 图 22 是示出发光元件 6 至 9 的电压对亮度特性的曲线图;

[0045] 图 23 是示出发光元件 6 至 9 的亮度对电流效率特性的曲线图;

[0046] 图 24 是示出发光元件 6 至 8 的发射谱的曲线图;

[0047] 图 25 是示出通过恒流驱动使发光元件 6 至 9 持续点亮的连续照明测试的结果的曲线图;

[0048] 图 26 是示出 YGASF 的 CV 特性的曲线图;

[0049] 图 27 是示出 YGABP 的 CV 特性的曲线图;

[0050] 图 28 是示出 o-YGA1BP 的 CV 特性的曲线图;

[0051] 图 29 是示出 m-YGA1BP 的 CV 特性的曲线图;

- [0052] 图 30 是示出 NPB 的 CV 特性的曲线图；
[0053] 图 31 是示出 Alq 的 CV 特性的曲线图；
[0054] 图 32 是示出 DPQd 的 CV 特性的曲线图；并且
[0055] 图 33 是示出 2PCAPA 的 CV 特性的曲线图。

具体实施方式

[0056] 下面将参照附图详细描述本发明的实施模式。应当注意，本发明不限于下文的描述并且可以用多种方式修改本发明的模式和细节而不偏离本发明的目的和范围。因此，本发明不应被理解为限于下面的实施方式的描述。

[实施模式 1]

[0058] 在实施模式 1 中，将描述具有能够抑制从发光元件的第一层（空穴注入层）到第二层（空穴输运层）的空穴注入量的结构的本发明的发光元件。

[0059] 实施模式 1 中的发光元件包括作为阳极的第一电极、作为阴极的第二电极和设置在第一电极和第二电极之间的 EL 层。对于 EL 层，只要从第一电极侧顺序至少堆叠空穴注入层、空穴输运层和发光层；空穴注入层由使得不管第一电极的功函数都易于注入空穴的复合材料(composite material)形成；并且空穴输运层和空穴注入层被提供为使得空穴输运层的 HOMO 能级（绝对值）变得比空穴注入层的 HOMO 能级（绝对值）深（大），即是可接受的。对其他层不存在特别限制。在将电压施加到第一电极 102 和第二电极 104，从而使第一电极 102 的电位变得高于第二电极 104 的电位时，实施模式 1 中的发光元件发光。

[0060] 将描述如图 1 中所示的情况，其中 EL 层 103 具有这样的结构：从第一电极 102 侧起，包括第一层（空穴注入层）111、第二层（空穴输运层）112、第三层（发光层）113、第四层（电子输运层）114、和第五层（电子注入层）115。

[0061] 在图 1 中示出的发光元件的 EL 层 103 中，第一层（空穴注入层）111 是使用复合材料形成的，在该复合材料中在具有高的空穴输运属性 的物质中包含具有受主属性的物质；因此，费米能级被移位并且在第一层（空穴注入层）111 和第一电极 102 之间的界面附近出现能带成头(band heading)。因此，第一电极 102 和第一层（空穴注入层）111 之间的界面附近的注入势垒变小（或者实际上消失），并且因此从第一电极 102 到第一层（空穴注入层）111 中的空穴的隧穿注入变为可能，如同形成了欧姆接触。

[0062] 第二层（空穴输运层）112 和第一层（空穴注入层）111 被提供为使得第二层（空穴输运层）112 的最高被占用分子轨道能级（HOMO 能级）（绝对值）变得比第一层（空穴注入层）111 的深（大）。该结构使得可以抑制从第一层（空穴注入层）111 到第二层（空穴输运层）112 中的空穴注入量。因此，相比于其中未提供第二层（空穴输运层）112 的能隙的情况，在该结构的情况中可以更加抑制到第三层（发光层）113 中的空穴注入量。应当注意，具体地，第二层 112 的 HOMO 能级的绝对值优选地比第一层 111 的 HOMO 能级大出大于或等于 0.1eV。

[0063] 应当注意，图 1 中示出的结构的形成使得可以抑制到第三层（发光层）113 中的空穴注入量；因此，可以实现更高效率的发光元件。

[0064] 因此，在本发明中，如上文所述，通过使用其中在具有高的空穴输运属性的物质中包含具有受主属性的物质的复合材料来形成第一层（空穴注入层）111，相比于使用其中第二层（空穴输运层）112 的最高被占用分子轨道能级（HOMO 能级）（绝对值）比第一层（空穴

注入层)111 的深(大)的简单结构来尝试增加元件效率的情况,可以使驱动电压的增加保持最小。

[0065] 图 1 中示出的本发明的该结构在第三层(发光层)113 包含具有电子输运属性的物质的情况中是特别有效的。在第三层(发光层)113 包含具有电子输运属性的物质的情况中,发光区域位于第三层(发光层)113 和第二层(空穴输运层)112 之间的界面附近。这样,如果因过多的空穴而在该界面附近生成阳离子,则由于阳离子用作淬灭剂,因此发光效率显著下降。然而,由于本发明的结构抑制了空穴的注入量,因此可以抑制第三层(发光层)113 周围的阳离子生成和发光效率的下降。因此,可以形成具有高的发光效率的发光元件。

[0066] 将参照图 2A 和 2B 描述实施模式 1 中的发光元件的结构。基板 101 用作发光元件的支撑物。例如,玻璃、石英、塑料等可用于基板 101。

[0067] 基板 101 可以保留在作为利用本发明的发光元件的产品的发光设备或电子设备中。替代的,基板 101 可以仅用作发光元件的制造工艺中的支撑物,不保留在最终产品中。

[0068] 在基板 101 上方形成的第一电极 102 优选地由均具有高的功函数(具体地,大于或等于 4.0eV 的功函数)的金属、合金、导电化合物、或其混合物等形成。具体地,给出如下示例:氧化铟锡(ITO)、包含硅或氧化硅的氧化铟锡、氧化铟锌(IZO)、包含氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO)等。此外,金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、钛(Ti)、金属材料的氮化物(例如,氮化钛)等。然而,在本发明中,由于被形成为与第一电极 102 接触的 EL 层 103 中的第一层 111 是使用使得不管第一电极 102 的功函数都易于注入空穴的复合材料形成的,因此可以使用每种已知的材料,只要该材料可以用作电极材料(例如,金属、合金、导电化合物、其混合物,以及属于元素周期表的族 1 或族 2 的元素)。

[0069] 这些材料通常通过溅射方法形成。例如,可以通过使用其中 1wt% 至 20wt% 的氧化锌混合到氧化铟中的靶的溅射方法,来形成氧化铟锌(IZO),或者,可以通过使用其中 0.5wt% 至 5wt% 的氧化钨和 0.1wt% 至 1wt% 的氧化锌混合到氧化铟中的靶的溅射方法,来形成包含氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO)。替代的,可以使用真空蒸发方法、涂覆方法、喷墨方法、或旋涂方法等。

[0070] 在第一电极 102 上方形成的 EL 层 103 可以使用已知的材料形成,并且可以使用低分子化合物或高分子化合物。应当注意,用于形成 EL 层 103 的材料不仅包括有机化合物而且还部分地包括无机化合物。

[0071] EL 层 103 通过如下方式形成,即适当地组合和堆叠包含具有高的空穴注入属性的物质的空穴注入层、包含具有高的空穴输运属性的物质的空穴输运层、由发光物质形成的发光层、包含具有高的电子输运属性的物质的电子输运层、包含具有高的电子注入属性的物质的电子注入层等。

[0072] 应当注意,在实施模式 1 中,对于 EL 层 103,需要从第一电极 102 侧起至少顺序堆叠空穴注入层、空穴输运层和发光层,空穴注入层是使用复合材料形成的,并且空穴输运层和空穴注入层被提供为使得空穴输运层的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)变得比空穴注入层的 HOMO 能级深(大)。

[0073] 参照图 2A 和 2B,将描述如下情况,其中 EL 层 103 包括通过与图 1 相似的方式从第一电极 102 侧起顺序堆叠的第一层(空穴注入层)111、第二层(空穴输运层)112、第三层(发

光层) 113、第四层(电子输运层) 114 和第五层(电子注入层) 115。

[0074] 在具有高的空穴输运属性的物质中包含受主物质的复合材料被用于本发明中的第一层(空穴注入层) 111。使用在具有高的空穴输运属性的物质中包含受主物质的复合材料,从而可以不管电极的功函数来选择用于形成电极的材料。即,不仅具有高的功函数的材料,而且具有低的功函数的材料,也可用于第一电极 102。该复合材料可以通过具有高的空穴输运属性的物质和受主物质的共同蒸发形成。应当注意,在本说明书中,术语“复合”不仅意指其中两种材料简单地混合的状态,而且还意指其中多种材料混合并且因此电荷在多种材料之间转移的状态。

[0075] 可以使用诸如芳族胺化合物、咪唑衍生物、芳烃和高分子化合物(低聚物、树状化合物、聚合物等)的多种化合物,作为用于该复合材料的有机化合物。用于该复合材料的有机化合物优选地是具有高的空穴输运属性的有机化合物。具体地,优选地使用具有大于或等于 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的空穴迁移率的物质。应当注意,可以使用其他材料,只要这些材料具有高于电子输运属性的空穴输运属性。下文将具体描述可用于该复合材料的有机化合物。

[0076] 可以给出如下示例作为可用于该复合材料的有机化合物:诸如 4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(MTDATA)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(TDATA)、4,4'-二[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(DPBA)、4,4'-二(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)联苯(DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(DPA3B)、3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(PCzPCA1)、3,6-二[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(PCzPCN1)、4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB 或 α -NPD)和 N,N'-二(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯基]-4,4'-二胺(TPD)等芳族胺化合物;和诸如 4,4'-二(N-咪唑基)联苯(CBP)、1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯(TCPB)、9-[4-(N-咪唑基)]苯基-10-苯基蒽(CzPA)和 1,4-二[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等咪唑衍生物。

[0077] 而且,可以给出诸如 2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-二(3,5-二苯基苯基)蒽(DPPA)、2-叔丁基-9,10-二(4-苯基苯基)蒽(t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(DNA);9,10-二苯基蒽(DPAnth)、2-叔丁基蒽(t-BuAnth);9,10-二(4-甲基-1-萘基)蒽(DMNA)、9,10-二[2-(1-萘基)苯基]2-叔丁基蒽、9,10-二[2-(1-萘基)苯基]蒽和 2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽等芳烃化合物。

[0078] 而且,可以给出诸如 2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,9'-联蒽、10,10'-二苯基-9,9'-联蒽、10,10'-二(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽、10,10'-二[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒽、蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、并五苯、六苯并苯、4,4'-二(2,2-二苯基乙烯基)联苯(DPVBi);和 9,10-二[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(DPVPA)等芳烃化合物。

[0079] 作为受主物质,可以给出诸如 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟 1,6-二亚甲基环己 2,5-二烯(7,7,8,8-tetracyano-2,3,5,6-tetrafluoroquinodimethane, F_4 -TCNQ)和四氯代苯对醌(chloranil)等有机化合物、过渡金属氧化物。此外,可以给出属于元素周期

表的族 4 至组 8 的金属的氧化物。具体地,由于氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱具有高的电子接受属性,因此 它们是优选的。在它们中间,由于氧化钼在空气中是稳定的、具有低的吸湿属性、并且易于加工,因此是特别优选的。

[0080] 应当注意,可以使用上述受主物质和用于第一层 111 的诸如聚(N-乙基基唑) (PVK)、聚(4-乙基基三苯胺) (PVTTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酸酰胺] (PTPDMA) 或聚[N,N'-二(4-丁基苯基)-N,N'-二(苯基)联苯胺] (聚-TPD) 等高分子化合物形成所述复合材料。

[0081] 作为空穴输运层的第二层 112 包含具有高的空穴输运属性的物质。可以使用如下示例作为具有高的空穴输运属性的物质:诸如 NPB (或 α -NPB)、TPD、4,4'-二[N-(9,9-二甲基芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(DFLDPBi)或 4,4'-二[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]-联苯(BSPB);4,4'-二(N-唑基)联苯(CBP);2,7-二(N-唑基)-螺-9,9'-联芴(SFDCz);4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(MTDATA);N-[4-(9H-唑-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-联芴-2-胺(YGASF)、N,N'-二[4-(9H-唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基乙基-4,4'-联胺(YGABP);4-(9H-唑-9-基)-2'-苯基三苯胺(o-YGA1BP);4-(9H-唑-9-基)-3'-苯基三苯胺(m-YGA1BP);4-(9H-唑-9-基)-4'-苯基三苯胺(p-YGA1BP);1,3,5-三(N-唑基)苯(TCzB)等芳族胺化合物;或者作为低分子有机化合物的 4,4',4''-三(N-唑基)三苯胺(TCTA);或者作为高分子化合物的 PVK、PVTTPA、PTPDMA 或聚-TPD。

[0082] 应当注意,上述材料均主要具有大于或等于 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 的空穴迁移率。应当注意,可以使用不同于上述材料的已知材料,只要该材料具有高于电子输运属性的空穴输运属性。

[0083] 在实施模式 1 中,尽管上述物质可以用于第一层 111 和第二层 112,但是需要对物质进行选择使得用于第二层 112 的材料最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)变得比用于第一层 111 的材料深(大)。

[0084] 应当注意,在上述材料中,NPB 的 HOMO 能级是 -5.27eV ,YGASF 的 HOMO 能级是 -5.44eV ,YGABP 的 HOMO 能级是 -5.40eV ,o-YGA1BP 的 HOMO 能级是 -5.43eV ,并且 m-YGA1BP 的 HOMO 能级是 -5.50eV 。因此,在图 1A 中示出的结构中,例如,可以采用如下组合,其中 HOMO 能级是 -5.27 的 NPB 和氧化钼的复合材料用于第一层 111 并且 HOMO 能级是 -5.44 的 YGASF 用于第二层 112。

[0085] 通过上述结构,可以抑制从第一层(空穴注入层)111 到第二层(空穴输运层)112 中的空穴注入量,而且,可以抑制到第三层(发光层)113 中的空穴注入量。因此,可以实现元件效率的增加。

[0086] 第三层 113 是包含具有高的发光属性的物质的发光层。下文描述的低分子有机化合物可用于第三层 113。

[0087] 可以给出如下物质作为呈现淡蓝色发光的发光物质:N,N'-二[4-(9H-唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-4,4'-联胺(YGA2S)、4-(9H-唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-基)三苯胺(YGAPA)等。

[0088] 可以给出如下物质作为呈现淡绿色发光的发光物质:N-(9,10-二苯基-2-基)-N,9-二苯基-9H-唑-3-胺(2PCAPA)、N-[9,10-二(1,1'-联苯-2-基)-2-基]

基]-N, 9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(2PCABPhA)、N-(9, 10-二苯基-2-蒽基)-N, N', N'-三苯基-1, 4-苯二胺(2DPAPA)、N-[9, 10-二(1, 1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N, N', N'-三苯基-1, 4-苯二胺(2DPABPhA)、9, 10-二(1, 1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(2YGABPhA)、N, N, 9-三苯基蒽-9-胺(DPhAPhA)等。

[0089] 可以给出如下物质作为呈现淡黄色发光的发光物质:红荧烯、5, 12-二(1, 1'-联苯-4-基)-6, 11-二苯基并四苯(BPT)等。可以给出如下物质作为呈现淡红色发光的发光物质:N, N, N', N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5, 11-联胺(p-mPhTD)、7, 13-二苯基-N, N, N', N'-四(4-甲基苯基)苡并[1, 2-a]荧蒽-3, 10-联胺(7, 13-diphenyl-N, N, N', N'-tetrakis(4-methylphenyl)acenaphtho[1, 2-a]fluoranthene-3, 10-diamine, p-mPhAFD)等。

[0090] 第三层 113 可以具有如下结构,其中具有高的发光属性的上述物质分散在另一物质中。应当注意,在使上述物质分散的情况中,该物质优选地被分散为使得该物质的浓度在质量比上变得小于或等于总量的 20%。尽管可以使用已知的物质作为分散具有发光属性的物质的物质,但是优选的是,使用最低未被占用分子轨道能级(LUMO 能级)(绝对值)比具有发光属性的物质的深(大)并且最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)比具有发光属性的物质的浅(小)的物质。

[0091] 具体地,可以使用如下金属络合物:三(8-羟基喹啉)铝(III)(Alq₃)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(Almq₃)、二(10-羟基苯并[h]羟基喹啉)铍(II)(BeBq₂)、或二(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(BA1q)、二(8-羟基喹啉)锌(II)(Znq)、二[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(ZnPB0)、或二[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(ZnBTZ)。

[0092] 替代的,可以使用如下杂环化合物:2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1, 3, 4-噁二唑(PBD)、1, 3-二[5-(p-叔丁基苯基)-1, 3, 4-噁二唑-2-基]苯(OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1, 2, 4-三唑(TAZ)、2, 2', 2''-(1, 3, 5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(TPBI)、向红菲咯啉(BPhen)或浴铜灵(BCP)。

[0093] 替代的,也可以使用如下稠合芳族化合物:9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(CzPA)、3, 6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(DPCzPA)、9, 10-二(3, 5-二苯基苯基)蒽(DPPA)、9, 10-二(2-萘基)蒽(DNA)、2-叔丁基-9, 10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、9, 9'-联蒽(BANT)、9, 9'-(蒽-3, 3'-二基)联菲(DPNS)、9, 9'-(蒽-4, 4'-二基)联菲(DPNS2)或 3, 3', 3''-(苯-1, 3, 5-三基)三芘(TPB3)。

[0094] 替代的,可以使用多种物质作为用于分散具有发光属性的物质的物质。例如,为了控制结晶,可以进一步添加诸如红荧烯的控制结晶的物质。而且,可以添加 NPB 或 ALq 等以便于高效地向具有发光属性的物质转移能量。利用其中具有高的发光属性的物质如此分散在另一物质中的结构,可以抑制第三层 113 的结晶。而且,还可以抑制具有高的发光属性的物质的高浓度所引起的浓度淬灭。

[0095] 而且,特别地,在上述物质当中,优选使用具有电子输运属性的物质,以使得具有发光属性的物质分散在其中以形成第三层 113。具体地,上述稠合芳族化合物中的 CzPA、DNA 和 t-BuDNA,而且,后面将给出的作为用于第四层 114 的物质的高分子化合物。

[0096] 替代的,对于第三层 113,可以使用下文给出的高分子化合物。

[0097] 可以给出如下物质作为呈现淡蓝色发光的发光物质：聚(9,9-二辛基芴-2,7-二基)(PF0)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,5-二甲氧基苯-1,4-二基)](PF-DMOP)、聚{(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-[N,N'-二-(p-丁基苯基)-1,4-二氨基苯]}(TAB-PFH)等。

[0098] 可以给出如下物质作为呈现淡绿色发光的发光物质：聚(p-亚苯基亚乙烯基)(PPV)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-交替-共聚-(苯并[2,1,3]噻二唑-4,7-二基)](PFBT)、聚[(9,9-二辛基-2,7-二亚乙烯亚芴基)-交替-共聚-(2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-亚苯基)]等。

[0099] 可以给出如下物质作为呈现淡橙色至淡红色发光范围中的发光的发光材料：聚[2-甲氧基-5-(2'-乙基己氧基)-1,4-亚苯基亚乙烯基](MEH-PPV)、聚(3-丁基噻吩-2,5-二基)(R4-PAT)、聚{[9,9-二己基-2,7-二(1-氰基亚乙烯基)亚芴基]-交替-共聚-[2,5-二(N,N'-二苯基氨基)-1,4-亚苯基]}、聚{[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-二(1-氰基亚乙烯基亚苯基)]-交替-共聚-[2,5-二(N,N'-二苯基氨基)-1,4-亚苯基]}(CN-PPV-DPD)等。

[0100] 第四层 114 是包含具有高的电子输运属性的物质的电子输运层。对于第四层 114, 例如, 可以使用诸如 Alq、Almq₃、BeBq₂、BAIq、Znq、ZnPBO 或 ZnBTZ 等的金属络合物作为低分子有机化合物。替代的, 作为金属络合物的替代, 可以使用诸如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 或 BCP 的杂环化合物。这里给出的物质主要是具有大于或等于 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的电子迁移率的物质。应当注意, 对于电子输运层可以使用不同于上述物质的任何物质, 只要该物质是电子输运属性高于空穴输运属性的物质。而且, 电子输运层不限于单个层, 而是可以具有由上述物质形成的两个或更多个层的堆叠结构。

[0101] 对于第四层 114, 还可以使用高分子化合物。例如, 可以使用聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)](PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-吡啶-6,6'-二基)](PF-BPy)等。

[0102] 第五层 115 是包含具有高的电子注入属性的物质的电子注入层。对于第五层 115, 可以使用碱金属、碱土金属、或者其化合物, 诸如氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)或氟化钙(CaF₂)。替代的, 可以使用由包含碱金属、碱土金属或其化合物的具有高的电子输运属性的物质形成的层, 具体地, 由包含镁(Mg)的 Alq 形成的层等。应当注意, 在该情况中, 可以从第二电极 104 更加高效地注入电子。

[0103] 对于第二电极 104, 可以使用具有低的功函数(具体地大于或等于 3.8eV 的功函数)的金属、合金、导电化合物、或其混合物等。作为该阴极材料的特定示例, 给出了属于元素周期表的族 1 和 2 的元素, 即, 诸如锂(Li)和铯(Cs)的碱金属, 诸如镁(Mg)、钙(Ca)和锶(Sr)的碱土金属, 包含这些金属的合金(MgAg 或 AlLi), 诸如铕(Eu)和镱(Yb)的稀土金属, 包含这些金属的合金等。

[0104] 应当注意, 在使用碱金属、碱土金属或其合金形成第二电极 104 的情况中, 可以使用真空蒸发方法或溅射方法。替代的, 在使用银浆等的情况中, 可以使用涂覆方法或喷墨方法等。

[0105] 应当注意, 通过提供第五层 115, 可以使用诸如 Al、Ag、ITO 和包含硅或氧化硅的氧化铟锡的多种导电材料中的任何导电材料形成第二电极 104, 而不管功函数是高还是低。这

些导电材料可以通过溅射方法、喷墨方法、或旋涂方法等淀积。

[0106] 作为 EL 层 103 其中第一层 111、第二层 112、第三层 113、第四层 114 和第五层 115 以此顺序堆叠的形成方法,可以使用多种方法中的任何方法,而不管该方法是干法工艺还是湿法工艺。例如,可以使用真空蒸发方法、喷墨方法、或旋涂方法等。应当注意,对于每个层可以使用不同的形成方法。

[0107] 第二电极 104 不仅可以通过诸如溅射方法或真空蒸发方法的干法工艺形成,而且还可以通过使用金属材料浆的溶胶-凝胶方法的湿法工艺形成。

[0108] 在本发明的上述发光元件中,电流因在第一电极 102 和第二电极 104 之间生成的电位差而流动,并且空穴和电子在 EL 层 103 中复合,从而发射光。然后,通过第一电极 102 和第二电极 104 之一或两者提取该发射的光。因此,第一电极 102 和第二电极 104 之一或两者是具有光透射属性的电极。

[0109] 应当注意,在仅有第一电极 102 是具有光透射属性的电极的情况中,如图 3A 中所示,通过第一电极 102 从基板 101 侧提取从 EL 层 103 发射的光。替代的,在仅有第二电极 104 是具有光透射属性的电极的情况中,如图 3B 中所示,通过第二电极 104 从基板 101 侧的相反侧提取从 EL 层 103 发射的光。另外替代的,当第一电极 102 和第二电极 104 均为具有光透射属性的电极时,如图 3C 中所示,通过第一电极 102 和第二电极 104 从基板 101 侧和相反侧提取从 EL 层 103 发射的光。

[0110] 应当注意,第一电极 102 和第二电极 104 之间提供的层的结构不限于上述结构。应当注意,可以使用不同于上述结构的任何结构,只要该结构至少包括作为空穴注入层的第一层 111、作为空穴输运层的第二层 112 和作为发光层的第三层 113,并且第一层 111 由复合材料形成,并且对物质进行选择使得用于第二层 112 的物质的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)比用于第一层 111 的物质的深(大)。

[0111] 替代的,如图 2B 中所示,可以使用如下结构,其中用作阴极的第二电极 104、EL 层 103 和用作阳极的第一电极 102 以此顺序堆叠在基板 101 上方。应当注意,在该情况中 EL 层 103 具有如下结构,其中第五层 115、第四层 114、第三层 113、第二层 112、第一层 111 和第一电极 102 以此顺序堆叠在第二电极 104 上方。

[0112] 应当注意,通过使用本发明的发光元件,可以制造无源矩阵发光设备或其中通过薄膜晶体管(TFT)控制发光元件的驱动的有源矩阵发光设备。

[0113] 应当注意,在制造有源矩阵发光设备的情况中对 TFT 的结构不存在特别的限制。例如,适当时可以使用交错(staggered)TFT 或者反向交错(inverted staggered)TFT。而且,在 TFT 基板上方形成的驱动器电路可以由 n 型 TFT 和 p 型 TFT 两者形成或者仅由 n 型 TFT 或 p 型 TFT 形成。而且,对用于 TFT 的半导体膜的结晶性不存在特别的限制。可以使用非晶半导体膜,或者可以使用晶体半导体膜。

[0114] 在该实施模式中描述的发光元件中,可以通过将第一层(空穴注入层)111 和第二层(空穴输运层)112 提供为使得第二层 112 的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)比第一层(空穴注入层)111 的深(大),可以控制从第一层(空穴注入层)111 到第二层(空穴输运层)112 中的空穴注入量。因此,可以抑制到第三层(发光层)113 的空穴注入量;从而,可以实现元件效率的增加。而且,第一层(空穴注入层)111 是使用这样的复合材料形成的,其中受主物质被包含在具有高的空穴输运属性的物质中,由此不仅可以增加元件效率,

而且还可以使驱动电压的增加保持最小。

[0115] [实施模式 2]

[0116] 在实施模式 2 中,将描述本发明的这样的发光元件,其除了控制空穴注入量的实施模式 1 中描述的结构之外还具有减小电子输运率的结构。

[0117] 实施模式 2 中的发光元件包括第一电极、第二电极和设置在第一电极和第二电极之间的 EL 层。在该 EL 层中,从第一电极侧起顺序堆叠空穴注入层、空穴输运层、发光层和载流子控制层;并且只要空穴注入层由复合材料形成,并且空穴输运层和空穴注入层被提供为使得空穴输运层的 HOMO 能级(绝对值)变得比空穴注入层的深(高),即是可接受的。对其他层不存在特别的限制。

[0118] 将描述如下情况,其中如图 4 中所示,EL 层 103 具有如下结构,其中从第一电极 102 侧起堆叠第一层(空穴注入层)111、第二层(空穴输运层)112、第三层(发光层)113、第六层(载流子控制层)116、第四层(电子输运层)114 和第五层(电子注入层)115。

[0119] 在图 4 中示出的发光元件的 EL 层 103 中,第一层(空穴注入层)111 由复合材料形成,在该复合材料中受主物质被包含在具有高的空穴输运属性的物质中;因此,费米能级被移位并且在第一层(空穴注入层)111 和第一电极 102 之间的界面附近出现能带成头。因此,第一电极 102 和第一层(空穴注入层)111 之间的界面附近的注入势垒变小(或者实际上消失),并因此从第一电极 102 到第一层(空穴注入层)111 的空穴的隧穿注入变为可能,如同形成了欧姆接触。

[0120] 第二层(空穴输运层)112 和第一层(空穴注入层)111 被提供为使得第二层(空穴输运层)112 的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)变得比第一层(空穴注入层)111 的高(大)。该结构使得可以抑制从第一层(空穴注入层)111 到第二层(空穴输运层)112 中的空穴注入量。因此,相比于其中未提供第二层(空穴输运层)112 的能隙的情况,在该结构的情况中可以更加抑制到第三层(发光层)113 中的空穴注入量。应当注意,具体地,第二层 112 的 HOMO 能级的绝对值优选地比第一层 111 的 HOMO 能级的绝对值大出大于或等于 0.1eV。

[0121] 应当注意,通过图 4 中示出的结构,可以抑制到第三层(发光层)113 中的空穴注入量。而且,通过在第二电极 104 和第三层(发光层)113 之间提供第六层(载流子控制层)116,可以减小从第二电极 104 到达第三层(发光层)113 之前的电子输运率;因此,可以改善第三层(发光层)113 中复合的载流子(电子和空穴)的平衡并且可以实现更高的元件效率。

[0122] 图 4 中示出的本发明的结构在第三层(发光层)113 包含具有电子输运属性的物质的情况中是特别有效的。在第三层(发光层)113 包含具有电子输运属性的物质的情况中,发光区域位于第三层(发光层)113 和第二层(空穴输运层)112 之间的界面附近。于是,如果因过多的空穴而在该界面附近生成阳离子,则由于阳离子作为淬灭剂,因此发光效率显著下降。然而,由于本发明的结构抑制了空穴的注入量,因此可以抑制第三层(发光层)113 周围阳离子的生成和发光效率的下降。因此,可以形成具有高的发光效率的发光元件。

[0123] 在实施模式 2 中,第一电极 102 用作阳极并且第二电极 104 用作阴极。换言之,在将电压施加到每个电极从而使第一电极 102 的电位高于第二电极 104 的电位时,可以发射光。

[0124] 下面将参照图 5A 和 5B 描述实施模式 2 中的发光元件的结构。基板 101 用作发

光元件的支撑物。应当注意,对于基板 101,可以使用实施模式 1 中描述的任何基板。

[0125] 对于在基板 101 上方形成的第一电极 102,优选地使用具有高的功函数(具体地,大于或等于 4.0eV 的功函数)的金属、合金、导电化合物、或其混合物等,并且可以使用与实施模式 1 中描述的类似的物质。

[0126] 在第一电极 102 上方形成的 EL 层 103 中,从第一电极 102 侧起第一层(空穴注入层)111、第二层(空穴输运层)112 和第三层(发光层)113 以此顺序堆叠的结构,以及对于每个层可以使用的形成方法和材料,与实施模式 1 中的类似。因此,在实施模式 2 中省略其描述。

[0127] 除了实施模式 1 中描述的结构之外,实施模式 2 还具有如下特征:在第三层(发光层)113 和第二电极 104 之间提供减小载流子(电子)输运率的第六层(在下文中该层被称为“载流子控制层”)116;然而,对于载流子控制层的结构,可以使用两种方法(用于动力学地控制载流子输运率的方法和用于热力学地控制载流子输运率的方法)。

[0128] 对于第一方法,将描述通过第六层(载流子控制层)116 动力学地减小载流子(电子)输运率的情况。图 6A 和 6B 是其概念示图。

[0129] EL 层 103 形成在第一电极 102 和第二电极 104 之间。作为 EL 层 103 中包括的多个层,从第一电极 102 侧起,第一层(空穴注入层)111、第二层(空穴输运层)112、第三层(发光层)113、第六层(载流子控制层)116、第四层(电子输运层)114 和第五层(电子注入层)115 被以此顺序形成。

[0130] 第六层(载流子控制层)116 由两种或更多种有机化合物形成。这里,描述了如图 6B 中所示的第六层(载流子控制层)116 由两种有机化合物(即第一有机化合物 201 和第二有机化合物 202)形成的情况。应当注意,具有高的电子输运属性的有机化合物(电子输运有机化合物)用作第一有机化合物 201,并且具有高的空穴输运属性的有机化合物(空穴输运有机化合物)用作第二有机化合物 202。

[0131] 用于第二有机化合物 202 和第一有机化合物 201 的有机化合物具有相互接近的 LUMO 能级。具体地,第二有机化合物 202 的最低未被占 用分子轨道能级(LUMO 能级)的绝对值和第一有机化合物 201 的 LUMO 能级的绝对值之间的差优选小于或等于 0.3eV,更优选小于或等于 0.2eV。即,优选的是,使作为载流子的电子容易地在第一有机化合物 201 和第二有机化合物 202 之间输运。

[0132] 在该情况中,由于第二有机化合物 202 具有与第一有机化合物 201 接近的 LUMO 能级,因此可以注入电子。从具有电子输运属性的第一有机化合物 201 到具有空穴输运属性的第二有机化合物 202 中的电子注入的速率(v_1)或者从第二有机化合物 202 到第一有机化合物 201 中的电子注入的速率(v_2)小于第一有机化合物 201 之间的电子注入的速率(v)。

[0133] 因此,通过利用具有电子输运属性的第一有机化合物 201 和具有空穴输运属性的第二有机化合物 202 形成第六层 116,相比于其中第六层 116 仅由第一有机化合物 201 形成的情况,可以减小第六层 116 中的电子输运率。即,通过使用第一有机化合物 201 和第二有机化合物 202 形成第六层 116,可以减小第六层 116 的载流子(电子)输运率。

[0134] 应当注意,在第六层 116 由第一有机化合物 201 和第二有机化合物 202 形成的情况中,浓度被优选地控制为使得第二有机化合物 202 的含量在质量比上小于总量的 50%。更优选地,浓度被控制为使得第二有机化合物 202 的含量大于或等于总量的 1wt% 并且小于或

等于总量的 20wt%。

[0135] 应当注意,具体地,可以使用如下物质作为第七层 117 中包含的第一有机化合物 201:诸如 Alq、Almq₃、BeBq₂、BAIq、Znq、ZnPBO 或 ZnBTZ 等金属络合物;诸如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 或 BCP 等杂环化合物;和诸如 CzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2 或 TPB3 等稠合芳族化合物。替代的,可以使用诸如聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)](PF-Py)或聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-吡啶-6,6'-二基)](PF-BPy)等高分子化合物。

[0136] 而且,对于第六层 116 中包含的第二有机化合物 202,具体地,可以使用如下物质:诸如 9,10-二苯基蒽(DPAnth)或 6,12-二甲氧基-5,11-二苯基-1,2-苯并菲等稠合芳族烃;诸如 N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(DPhPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}9H-咔唑-3-胺(PCAPBA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(2PCAPA)、NPB(或 α -NPD)、TPD、DFLDPBi 或 BSPB 等芳族胺化合物;诸如香豆素 7 或香豆素 30 等具有氨基的化合物可被使用。替代的,可以使用诸如 PVK、PVTPA、PTPDMA 或聚-TPD 的高分子化合物。

[0137] 上述材料可以相互组合以形成第六层 116,并且因此抑制从第一有机化合物 201 到第二有机化合物 202 或者从第二有机化合物 202 到第一有机化合物 201 的电子输运,从而可以抑制第六层 116 的电子输运率。而且,由于第六层 116 具有其中第二有机化合物 202 分散在第一有机化合物 201 中的结构,因此不易引发随时间的结晶和聚集。因此,上述抑制电子输运的效果不易随时间改变。结果,载流子平衡也不易随时间改变。这导致增加了发光元件的寿命,即,提高了可靠性。

[0138] 应当注意,在上述组合当中,作为第一有机化合物 201 的金属络合物和作为第二有机化合物 202 的芳族胺化合物的组合是优选的。金属络合物具有大的偶极矩以及高的电子输运属性,而芳族胺化合物具有相对小的偶极矩以及高的空穴输运属性。因此,通过组合偶极矩彼此极大不同的物质,可以进一步增加上述抑制电子输运的效果。具体地,在第一有机化合物 201 的偶极矩是 P_1 并且第二有机化合物 202 的偶极矩是 P_2 的情况下,则满足 $P_1/P_2 \geq 3$ 是优选的。

[0139] 例如,作为金属络合物的 Alq 的偶极矩是 9.40 德拜(debye),并且作为芳族胺化合物的 2PCAPA 的偶极矩是 1.15 德拜。因此,在诸如金属络合物的具有电子输运属性的有机化合物用作第一有机化合物 201 并且诸如芳族胺化合物的具有空穴输运属性的有机化合物用作第二有机化合物 202 的情况下,优选获得 $P_1/P_2 \geq 3$ 。

[0140] 第六层 116 中包含的第二有机化合物的发射颜色和第三层(发光层)113 中包含的具有高的发光属性的物质的发射颜色优选是类似的颜色。具体地,第二有机化合物 202 的发射谱的峰值和具有高的发光属性的物质的发射谱的峰值之间的差优选在 30nm 内。30nm 内的差允许第二有机化合物 202 的发射颜色和具有高的发光属性的物质的发射颜色是类似的颜色。因此,即使第二有机化合物 202 因电压改变等而发射光,仍可以抑制发射颜色的改变。

[0141] 对于第二方法,将描述通过第六层(载流子控制层)116 热力学地减小载流子(电

子) 输运率的情况。图 7 是其概念示图(能带图)。

[0142] EL 层 103 被包括在第一电极 102 和第二电极 104 之间。作为 EL 层 103 中包括的多个层,从第一电极 102 侧起,第一层(空穴注入层)111、第二层(空穴输运层)112、第三层(发光层)113、第六层(载流子控制层)116、第四层(电子输运层)114 和第五层(电子注入层)115 被以此顺序形成。

[0143] 第六层(载流子控制层)116 由两种或更多种有机化合物形成。这里,描述了这样的情况,其中第六层(载流子控制层)116 由两种有机化合物(即第一有机化合物 203 和第二有机化合物 204) 形成。应当注意,具有高的电子输运属性的有机化合物(电子输运有机化合物) 用作第一有机化合物 203,并且具有电子俘获功能的有机化合物(电子俘获有机化合物) 用作第二有机化合物 204。

[0144] 用作第一有机化合物 203 和第二有机化合物 204 的有机化合物具有相互远离的 LUMO 能级。具体地,第二有机化合物 204 的最低未被占用分子轨道能级(LUMO 能级) 的绝对值优选地比第一有机化合物 203 的 LUMO 能级的绝对值大出大于或等于 0.3eV。

[0145] 如图 7 中所示,空穴通过第一层 111 和第二层 112 从第一电极 102 注入到第三层(发光层)114。另一方面,电子通过第五层 115 和第四层 114 从第二电极 104 注入到第六层(载流子控制层)116 中。由于第六层 116 由具有电子输运属性的第一有机化合物 203 和具有电子俘获属性的第二有机化合物 204 形成,因此注入到第六层 116 中的电子进入第二有机化合物 204 的 LUMO 能级,而非第一有机化合物 203 的 LUMO 能级。因此,可以减小电子输运率。

[0146] 因此,通过利用具有电子输运属性的第一有机化合物 203 和具有电子俘获属性的第二有机化合物 204 形成第六层 116,相比于第六层 116 仅由第一有机化合物 203 形成的情况,可以减小第六层 116 中的电子输运率。即,通过使用第一有机化合物 203 和第二有机化合物 204 形成第六层 116,可以减小第六层 116 的载流子(电子) 输运率。

[0147] 应当注意,在第六层 116 由第一有机化合物 203 和第二有机化合物 204 形成的情况中,浓度被控制为使得第二有机化合物 204 的含量在质量比上小于总量的 50%。更优选地,浓度被控制为使得第二有机化合物 204 的含量大于或等于总量的 0.1wt% 并且小于或等于总量的 5wt%。

[0148] 应当注意,对于第六层 116 中包含的第一有机化合物 203,具体地,可以使用:金属络合物,诸如 Alq₃、Almq₃、BeBq₂、BA1q、Znq、BA1q、ZnPBO 或 ZnBTZ;杂环化合物,诸如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 或 BCP;或稠合芳族化合物,诸如 CzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2 或 TPB3。

[0149] 替代的,可以使用诸如聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)](PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-吡啶-6,6'-二基)](PF-BPy) 等高分子化合物。特别地,优选金属络合物相对于电子是稳定的。

[0150] 对于第六层 116 中包含的第二有机化合物 204,可以使用下文给出的任何物质。应当注意,尽管第二有机化合物 204 自身可以发射光,但是在该情况中,第三层(发光层)113 的发射颜色和第二有机化合物 204 的发射颜色优选是类似的颜色以便于保持发光元件的色纯。

[0151] 例如,在第三层 113 中包含的有机化合物是诸如 YGA2S 或 YGAPA 的呈现淡蓝色发

光的有机化合物的情况中,第二有机化合物 204 优选是诸如吡啶酮、香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D 或香豆素 30 的呈现在蓝光到蓝绿光范围中的发射的化合物。

[0152] 而且,在第三层(发光层) 113 中包含的有机化合物是诸如 2PCAPA、2PCABPhA、2DPAPA、2DPABPhA、2YGABPhA 或 DPhAPhA 的呈现淡绿色发光的有机化合物的情况中,第二有机化合物 204 优选是诸如 N,N'-二甲基喹吡啶酮(DMQd)、N,N'-二苯基喹吡啶酮(DPQd)、9,18-二氢苯并[h]苯并[7,8]喹[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(DMNQd-1)、9,18-二氢-9,18-二氢苯并[h]苯并[7,8]喹[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(DMNQd-2)、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T 或香豆素 153 等呈现蓝绿色到黄绿色范围中的发光的化合物。

[0153] 替代的,当第三层(发光层) 113 中包含的有机化合物是诸如红荧烯或 BPT 的呈现淡黄色发光的有机化合物的情况中,第二有机化合物 204 优选是诸如 DMQd 或 (2-{2-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(DCMCz)等呈现黄绿色到黄橙色范围中的发光的化合物。

[0154] 替代的,当第三层(发光层) 113 中包含的有机化合物是诸如 p-mPhTD 或 p-mPhAFD 的呈现淡红色发光的有机化合物的情况中,第二有机化合物 204 优选是诸如 2-{2-[4-(二甲基氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(DCM1)、{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(DCM2)、{2-(1,1-二甲基乙基)-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1,1,7,7-四甲基-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(DCJTb)或尼罗红(Nile red)的呈现橙色到红色范围中的发光的化合物。

[0155] 在第三层(发光层) 113 中包含的发光材料是磷光材料的情况中,第二有机化合物 204 优选也是磷光化合物。例如,当发光材料是呈现红色发光的上文给出的 Ir(btp)₂(acac) 时,第二有机化合物 204 可以是诸如(乙酰丙酮)二[2,3-二(4-氟苯基)喹啉]铱(Ir(Fdpq)₂(acac))的红色磷光材料。应当注意,这些化合物是用于发光元件的化合物当中的具有低的 LUMO 能级的化合物。因此,通过将该化合物添加到上述第一有机化合物 203,可以呈现优秀的电子俘获属性。

[0156] 对于第二有机化合物 204,在上文给出的化合物当中,优选地使用诸如 DMQd、DPQd、DMNQd-1 或 DMNQd-2 的喹吡啶酮衍生物因为其是化学稳定的。即,通过应用喹吡啶酮衍生物,特别地可以延长发光元件的寿命。而且,由于喹吡啶酮衍生物呈现淡绿色发光,因此本发明的发光元件的元件结构对于淡绿色发光元件是特别有效的。由于在制造全彩色显示器时绿色是需要最高亮度的颜色,因此存在淡绿色发光元件在一些情况中比其他颜色的发光元件更快劣化的情形。然而,通过应用本发明可以抑制该问题。

[0157] 应当注意,如上文所述,第二有机化合物 204 的 LUMO 能级的绝对值优选比第一有机化合物 203 的 LUMO 能级的绝对值大出大于或等于 0.3eV。因此,依赖于用于第二有机化合物 204 的物质的种类,可以适当地选择第一有机化合物 203 以便于满足上述条件。

[0158] 而且,第三层 113 中包含的具有高的发光属性的物质的发射颜色和第六层 116 中包含的第二有机化合物 204 的发射颜色优选是类似的颜色。因此,具有高的发光属性的物质的发射谱的峰值和第二有机化合物 204 的发射谱的峰值之间的差优选在 30nm 内。30nm 内的差允许具有高的发光属性的物质的发射颜色和第二有机化合物 204 的发射颜色是类似的颜色。因此,即使第二有机化合物因电压改变等而发射光,仍可以抑制发射颜色的改

变。

[0159] 应当注意,第二有机化合物 204 并非必需发射光。例如,在具有高的发光属性的物质具有较高的发光效率时,优选的是将第六层 116 中的第二有机化合物 204 的浓度控制为使得仅基本上获得具有高的发光属性的物质的发光(以将第二有机化合物 204 的浓度设定为略微低于具有高的发光属性的物质的浓度,从而可以抑制第二有机化合物 204 的发光)。在该情况中,具有高的发光属性的物质的发射颜色和第二有机化合物 204 的发射颜色是类似的颜色(即,它们具有基本上相同的能隙的能级)。因此,能量不易于从具有高的发光属性的物质传输到第二有机化合物 204,并且因此可以获得高的发光效率。

[0160] 应当注意,在该情况中,第二有机化合物 204 优选是香豆素衍生物,诸如香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T 或香豆素 153。由于香豆素衍生物具有相对低的电子俘获属性,因此添加到第一有机化合物 203 的香豆素衍生物的浓度可以是相对高的。即,可以容易地控制浓度,并且可以形成具有用于控制载流子运输的所需属性的层。而且,由于香豆素衍生物具有高的发光效率,因此即使第二有机化合物 204 发射光,仍可以抑制整个发光元件的效率下降。

[0161] 应当注意,本发明中的第六层 116 可以通过上述两种方法(用于动力学地控制载流子运输的方法和用于热力学地控制载流子运输的方法)形成,并且在任一结构中第六层 116 的厚度优选大于或等于 5nm 并且小于或等于 20nm。这是因为,如果该厚度是更大的,则电子运输率的过度下降导致驱动电压的增加,而如果该厚度是更小的,则可能削弱控制载流子运输的功能。

[0162] 由于本发明中的第六层 116 是用于控制电子运输率的层,因此第六层 116 可以形成在第二电极 104 和第三层(发光层) 113 之间。更优选地,第六层 116 被形成为与第三层(发光层) 113 接触。第六层 116 被提供为与第三层(发光层) 113 接触,可以直接控制到第三层(发光层) 113 中的电子注入;因此可以进一步抑制第三层(发光层) 113 中的载流子平衡随时间的改变,并且在提高元件寿命方面可以获得大的效果。

[0163] 应当注意,在第六层 116 被形成为与第三层(发光层) 113 接触的情况中,第六层 116 中包含的第一有机化合物(201 和 203)和第三层(发光层) 113 中大量包含的有机化合物优选是不同的有机化合物。特别地,在第三层(发光层) 113 包含具有高的发光属性的物质被分散在其中的物质(第三有机化合物)和所述具有高的发光属性的物质(第四有机化合物)的情况中,第三有机化合物和第一有机化合物(201 和 203)优选是不同的有机化合物。通过该结构,也抑制了第一有机化合物(201 和 203)和第三有机化合物之间的从第六层 116 到第三层(发光层) 113 的载流子(电子)运输,并且可以进一步增强通过提供第六层 116 获得的效果。

[0164] 而且,由于第六层 116 包含两种或更多种物质,因此通过控制物质的组合、其混合比、或层的厚度等,可以精确地控制载流子平衡。因此,相比于传统方式可以更加容易地控制载流子平衡。而且,由于使用有机化合物控制载流子运输,在第六层 116 中其混合比是较小的,因此相比于使用一种物质进行控制的情况,载流子平衡不易改变。因此,可以实现不易随时间改变并且具有长的寿命的发光元件。

[0165] 在 EL 层 103 中,尽管第四层(电子运输层) 114 和第五层(电子注入层) 115 以此顺序堆叠在上述第六层(载流子控制层) 116 上方,但是其结构、形成方法和可用于每个层的材

料与实施模式 1 中描述的类似。因此,实施模式 2 中省略了相关描述。

[0166] 接着,在第五层(电子注入层)115 上方形成第二电极 104。应当注意,可用于第二电极 104 的形成方法和材料也与实施模式 1 中描述的类似。因此,实施模式 2 中省略了相关描述。

[0167] 而且,在实施模式 2 中,在仅有第一电极 102 是具有光透射属性的电极的情况下,如图 3A 中所示,通过第一电极 102 从基板 101 侧提取从 EL 层 103 发射的光。替代的,在仅有第二电极 104 是具有光透射属性的电极的情况下,如图 3B 中所示,通过第二电极 104 从基板 101 侧的相反侧提取从 EL 层 103 发射的光。另外替代的,当第一电极 102 和第二电极 104 均为具有光透射属性的电极时,如图 3C 中所示,通过第一电极 102 和第二电极 104 从基板 101 侧和相反侧提取从 EL 层 103 发射的光。

[0168] 应当注意,在第一电极 102 和第二电极 104 之间提供的层的结构不限于上述结构。应当注意,可以使用不同于上述结构的任何结构,只要该结构至少包括作为空穴注入层的第一层 111、作为空穴输运层的第二层 112、作为发光层的第三层 113 和作为载流子控制层的第六层 116,并且对物质进行选择使得用于第二层 112 的物质的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)比用于第一层 111 的物质的深(大)。

[0169] 替代的,如图 5B 中所示,可以使用如下结构,其中用作阴极的第二电极 104、EL 层 103 和用作阳极的第一电极 102 以此顺序堆叠在基板 101 上方。应当注意,在该情况中 EL 层 103 具有如下结构,其中第五层 115、第四层 114、第六层 116、第三层 113、第二层 112、第一层 111 和第一电极 102 以此顺序堆叠在第二电极 104 上方。

[0170] 应当注意,通过使用本发明的发光元件,可以制造无源矩阵发光设备或其中通过薄膜晶体管(TFT)控制发光元件的驱动的有源矩阵发光设备。

[0171] 应当注意,在制造有源矩阵发光设备的情况中对 TFT 结构不存在特别的限制。例如,可以适当地使用交错 TFT 或者反向交错 TFT。而且,在 TFT 基板上方形成的驱动器电路可由 n 型 TFT 和 p 型 TFT 两者形成或者仅由 n 型 TFT 或 p 型 TFT 形成。而且,对用于 TFT 的半导体膜的结晶性不存在特别的限制。可以使用非晶半导体膜,或者可以使用晶体半导体膜。

[0172] 在实施模式 2 中描述的发光元件中,通过将第一层(空穴注入层)111 和第二层(空穴输运层)112 提供为使得第二层 112 的最高被占用分子轨道能级(HOMO 能级)(绝对值)比第一层(空穴注入层)111 的深(大),可以抑制从第一层(空穴注入层)111 到第二层(空穴输运层)112 中的空穴注入量。因此,可以抑制到第三层(发光层)113 中的空穴注入量;因此,可以增加元件效率。而且,第一层(空穴注入层)111 是使用这样的复合材料形成的,其中受主物质被包含在具有高的空穴输运属性的物质中,从而不仅可以增加元件效率,而且还可以使驱动电压的增加保持最小。

[0173] 另一方面,在第二电极 104 和第三层(发光层)113 之间提供第六层 116 以减小载流子(电子)的输运率;因此,相比于传统方式,因快的输运率目前形成在第三层(发光层)113 和第四层(空穴输运层)114 之间的界面附近的发射区域可以更加集中地形成在第三层(发光层)113 中。

[0174] 而且,提供第六层 116 以减小载流子(电子)输运率;因此,可以防止因从第三层(发光层)113 到达第二层(空穴输运层)112 的对发光没有贡献的载流子(电子)所引起的第

二层(空穴输运层) 112 的劣化。而且,通过减小载流子(电子)输运率,不仅可以控制到第三层(发光层) 113 中的载流子(电子)注入量,还可以阻止被抑制的载流子(电子)注入量随时间改变。因此,由于可以防止因平衡随时间的劣化而导致的复合概率的下降,因此还可以实现元件寿命的提高(抑制亮度随时间的劣化)。

[0175] 在该实施模式中描述的结构的情况中,由于注入到第三层 113 中的载流子(空穴或电子)被抑制,因此改进了第三层 113 中的载流子平衡并且同时增加了复合的概率;因此,可以增加发光效率。

[0176] 应当注意,实施模式 2 可以适当地与实施模式 1 中描述的任何结构组合。

[0177] [实施模式 3]

[0178] 在实施模式 3 中,将参照图 8 描述具有实施模式 1 和 2 中描述的发光元件的多个 EL 层的发光元件(在下文中,该发光元件被称为“堆叠型发光元件”)。该发光元件是在第一电极 801 和第二电极 802 之间具有多个 EL 层(第一 EL 层 803 和第二 EL 层 804)的堆叠型发光元件。应当注意,尽管实施模式 3 中描述了两个 EL 层的结构,但是可以使用具有三个或更多个 EL 层的结构。

[0179] 在实施模式 3 中,第一电极 801 用作阳极并且第二电极 802 用作阴极。应当注意,可以使第一电极 801 和第二电极 802 具有与实施模式 1 中描述的类似的结构。而且,对于多个 EL 层(第一 EL 层 803 和第二 EL 层 804),可以使用与实施模式 1 和 2 中描述的类似的结构。应当注意,第一 EL 层 803 和第二 EL 层 804 的结构可以彼此相同或不同,并且可以与实施模式 1 或 2 中描述的类似。

[0180] 而且,在多个 EL 层(第一 EL 层 803 和第二 EL 层 804)之间提供了电荷生成层 805。电荷生成层 805 具有在电压被施加到第一电极 801 和第二电极 802 时将电子注入到一个 EL 层中并且将空穴注入到另一 EL 层中的功能。在实施模式 3 中,当施加电压从而使第一电极 801 的电位高于第二电极 802 的电位时,电荷生成层 805 将电子注入到第一 EL 层 803 中并且将空穴注入到第二 EL 层 804 中。

[0181] 应当注意,就光提取效率而言,电荷生成层 805 优选具有光透射属性。而且,即使在电荷生成层 805 具有比第一电极 801 和第二电极 802 低的导电率时,电荷生成层 805 仍起作用。

[0182] 电荷生成层 805 可以具有其中受主物质被添加到具有高的空穴输运属性的物质的结构或者其中施主物质被添加到具有高的电子输运属性的物质的结构。替代的,可以堆叠这两种结构。

[0183] 在受主物质被添加到具有高的空穴输运属性的物质的结构的情况中,可以使用诸如 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB 或 α -NPD)、N,N'-二(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯基]-4,4'-联胺(TPD)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(MTDATA)或 4,4'-二[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基]-1,1'-联苯(BSPB)等的芳族胺化合物作为具有高的空穴输运属性的物质。这里给出的物质主要是具有大于或等于 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 的空穴迁移率的物质。然而,可以使用不同于上述物质的任何物质,只要该物质是空穴输运属性高于电子输运属性的物质。

[0184] 而且,可以给出 7,7,8,8,-四氰基-2,3,5,6-四氟-1,6-二亚甲基环己-2,5-二烯

(F₄-TCNQ)、四氯代苯对醌等作为受主物质。此外,可以给出过渡金属氧化物。此外,可以给出属于元素周期表中的族 4 至族 8 的金属的氧化物。具体地,由于氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铈的电子接受属性是高的,因此它们是优选的。由于氧化钼即使在空气中也是稳定的、具有低的吸湿属性并且易于加工,因此是特别优选的。

[0185] 另一方面,在施主物质被添加到具有高的电子输运属性的物质的结构的情况中,可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属络合物作为具有高的电子输运属性的物质,诸如三(8-羟基喹啉)铝(III)(Alq₃)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(Almq₃)、二(10-羟基苯并[h]-羟基喹啉)铍(II)(BeBq₂)、或二(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(BA1q)等。替代的,可以使用具有基于**噁**唑的或基于噻唑的配位体的金属络合物,诸如二[2-(2-苯并**噁**唑基)苯酚]锌(Zn(BOX)₂)、或二[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(Zn(BTZ)₂)等。而且,替代的,还可以使用 2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-**噁**二唑(PBD)、1,3-二[5-(p-叔丁基苯基)-1,3,4-**噁**二唑-2-基]苯(OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(TAZ)、向红菲咯啉(BPhen)或浴铜灵(BCP)等,而不是金属络合物。这里给出的物质主要是具有 10⁻⁶cm²/V_s或更大的电子迁移率的物质。然而,可以使用不同于上述物质的任何物质,只要该物质是电子输运属性高于空穴输运属性的物质。

[0186] 而且,对于施主物质,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属、属于元素周期表的族 13 的金属、或者其氧化物或碳酸盐。具体地,优选使用锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)、镱(Yb)、铟(In)、氧化锂、或碳酸铯等。替代的,对于施主物质可以使用诸如四硫杂并四苯(tetrathianaphthacene)的有机化合物。

[0187] 应当注意,通过利用任何上述材料形成电荷生成层 805,可以抑制堆叠 EL 层的情况中的驱动电压的增加。

[0188] 尽管实施模式 3 中描述了具有两个 EL 层的发光元件,但是本发明可以类似地应用于堆叠三个或更多个 EL 层的发光元件。如实施模式 3 的发光元件那般,多个 EL 层被配置为通过在一对电极之间的电荷生成层相互分隔,从而可以在高亮度的区域中实现具有长寿命的元件,同时电流密度保持为低的。而且,作为应用实例,在将发光元件应用于照明时,可以抑制因电极材料的电阻引起的电压下降,并且因此可以实现大面积的均匀发射。而且,可以实现可以在低电压下驱动并且具有低功耗的发光设备。

[0189] 而且,当 EL 层具有不同的发射颜色时,可以从整个发光元件获得所需的发射颜色。例如,在具有两个 EL 层的发光元件中,在使第一 EL 层的发射颜色和第二 EL 层的发射颜色是互补色时,可以获得如下发光元件,从整个该发光元件发射白色光。应当注意,互补色意指在被混合时可以产生消色差颜色的颜色。即,通过混合来自其发射颜色是互补色的物质的光,可以获得白色发光。

[0190] 而且在例如具有三个 EL 层的发光元件中,当第一 EL 层的发射颜色是红色,第二 EL 层的发射颜色是绿色并且第三 EL 层的发射颜色是蓝色时,可以类似地从整个发光元件获得白色光。

[0191] 应当注意,实施模式 3 可以适当地与实施模式 1 或 2 中描述的任何结构组合。

[0192] [实施模式 4]

[0193] 在实施模式 4 中,将参照图 9A 和 9B 描述在像素部分中具有本发明的发光元件的

发光设备。应当注意,图9A是示出发光设备的顶视图,而图9B是沿图9A的线A-A'和B-B'截取的截面视图。

[0194] 在图9A中,虚线指示的部分901是驱动器电路部分(源极侧驱动器电路);虚线指示的部分902是像素部分;并且虚线指示的部分903是驱动器电路部分(栅极侧驱动器电路)。而且,参考数字904表示密封基板;参考数字905表示密封剂;并且密封剂905包围的部分是空间907。

[0195] 应当注意,引线908是用于传送待输入到源极侧驱动器电路901和栅极侧驱动器电路903的信号的布线,并且从将成为外部输入端子的柔性印刷电路(FPC)909接收诸如视频信号、时钟信号、启动信号和重置信号的信号。应当注意,尽管这里仅示出了FPC,但是FPC可以配备有印刷布线板(PWB)。而且,本说明书中的发光设备不仅包括发光设备自身而且还包括配备有FPC或PWB的发光设备。

[0196] 接着,将参照图9B描述截面结构。尽管驱动器电路部分和像素部分是在元件基板910上方形成的,但是这里示出了像素部分902中的一个像素和作为驱动器电路部分的源极侧驱动器电路901。应当注意,作为n沟道TFT 923和p沟道TFT 924的组合的CMOS电路被形成成为源极侧驱动器电路901。而且,每个驱动器电路部分可以是多种电路中的任何电路,诸如CMOS电路、PMOS电路和NMOS电路。在该实施模式中,尽管描述了驱动器电路形成在基板上方的驱动器集成型结构,但是驱动器电路并不必需要形成在基板上方,而是可以形成在基板外部。

[0197] 而且,像素部分902由多个像素形成,每个像素包括开关TFT911、电流控制TFT 912和第一电极913,第一电极913电气连接到电流控制TFT 912的漏极。应当注意,绝缘体914被形成成为覆盖第一电极913的端部。

[0198] 而且,绝缘体914优选被形成成为具有弯曲表面,该弯曲表面具有在其上端部和下端部处的弯曲,以便于实现有利的覆盖。例如,正性光敏丙烯酸用作绝缘体914的材料,从而使绝缘体914可被形成成为具有弯曲表面,该弯曲表面仅在上端部处具有曲率半径(大于或等于 $0.2\mu\text{m}$ 并且小于或等于 $3\mu\text{m}$)。而且,通过光照射变得不溶于蚀刻剂的负性材料或者通过光照射变得可溶于蚀刻剂的正性材料可以用作绝缘体914。

[0199] EL层916和第二电极917在第一电极913上方形成。这里,可以使用多种金属、合金和导电化合物或者它们的混合物中的任何材料作为用于第一电极913的材料。应当注意,作为具体材料,可以使用实施模式1中描述的材料作为用于第一层的材料。

[0200] 而且,通过诸如使用蒸发掩模的蒸发方法、喷墨方法和旋涂方法的多种方法中的任何方法,来形成EL层916。EL层916具有实施模式1或2中描述的结构。而且,可以使用低分子化合物或高分子化合物(包括低聚物和树形化合物)作为用于EL层916的材料。而且,对于用于EL层的材料,不仅可以是有有机化合物,而且还可以使用无机化合物。

[0201] 而且,可以使用多种金属、合金和导电化合物或者它们的混合物中的任何材料作为用于第二电极917的材料。当第二电极917用作阴极时,优选的是,使用这些材料当中的具有低的功函数(小于或等于 3.8eV 的功函数)的任何金属、合金和导电化合物或者它们的混合物。例如,可以给出属于元素周期表的族1或2的元素,即诸如锂(Li)和铯(Cs)的碱金属和诸如镁(Mg)、钙(Ca)和锶(Sr)的碱土金属;或包含这些金属的合金(MgAg或AlLi)等。

[0202] 应当注意,在EL层916中生成的光透射通过第二电极917的情况中,对于第二电极917,还可以使用堆叠的具有减小的厚度的金属薄膜和透明导电膜(氧化铟锡(ITO)、包含硅或氧化硅的氧化铟锡、氧化铟锌(IZO)、或者包含氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO))。

[0203] 而且,提供了如下结构,其中使用密封剂905使密封基板904附着到元件基板910,从而在元件基板910、密封基板904和密封剂905所围绕的空间907中提供发光元件918。应当注意,空间907填充有填料。存在如下情况:空间907填充有惰性气体(氮或氩等),以及空间907填充有密封剂905。

[0204] 应当注意,基于环氧的树脂优选用于密封剂905。而且,优选的是,这些材料几乎不传送水或氧。而且,可以使用由玻璃纤维强化塑料(FRP)、聚氟乙烯(PVF)、聚酯、或丙烯酸等形成的塑料基板,而不是玻璃基板或石英基板,来作为密封基板904。

[0205] 如上文所述,可以获得具有本发明的发光元件的有源矩阵发光设备。

[0206] 而且,本发明的发光元件可以用于无源矩阵发光设备而非上述有源矩阵发光设备。图10A和10B是使用本发明的发光元件的无源矩阵发光设备的透视图和截面视图。应当注意,图10A是发光设备的透视图,而图10B是沿图10A的线X-Y截取的截面视图。

[0207] 在图10A和10B中,在基板1001上方在第一电极1002和第二电极1003之间提供EL层1004。并且第一电极的端部被绝缘层1005覆盖。此外,在绝缘层1005上方提供分隔层1006。分隔层1006的侧壁具有倾斜,以使得一个侧壁和另一侧壁之间的距离随着侧壁接近于基板表面而变窄。换言之,在分隔层1006的较短边的方向中截取的截面具有梯形形状,并且该梯形的底边(与绝缘层1005的表面平行并且与绝缘层1005接触的梯形的边)比该梯形的顶边(与绝缘层1005的表面平行并且未与绝缘层1005接触的梯形的边)短。以该方式提供分隔层1006可以防止发光元件因静电等而有缺陷。

[0208] 因此,可以获得利用本发明的发光元件的无源矩阵发光设备。

[0209] 应当注意,该实施模式中描述的任何发光设备(有源矩阵发光设备和无源矩阵发光设备)是使用具有高的发光效率的本发明的发光元件形成的,并且因此可以获得具有减小的功耗的发光设备。

[0210] 应当注意,实施模式4可以适当地与实施模式1至3中描述的任何结构组合。

[0211] [实施模式5]

[0212] 在实施模式5中,将描述包括实施模式4中描述的本发明的发光设备作为其一部分的电子设备。电子设备的示例包括相机(诸如摄像机或数字照相机)、护目镜型显示器、导航系统、音频重放设备(例如,汽车音频系统和音频系统)、计算机、游戏机、便携式信息终端(例如,移动计算机、蜂窝电话、便携式游戏机和电子书)、其中提供记录介质的图像重放设备(具体地,能够重放诸如数字多用途光盘(DVD)的记录媒体并且配备有可以显示图像的显示单元的设备)等。图11A至11D中示出了这些电子设备的具体示例。

[0213] 图11A示出了根据本发明的电视机,其包括壳体9101、支撑底座9102、显示部分9103、扬声器部分9104、视频输入端子9105等。在该电视机中,本发明的发光设备可以应用于显示部分9103。由于本发明的发光设备具有高发光效率的特征,因此通过应用本发明的发光设备可以获得具有减小的功耗的电视机。

[0214] 图11B示出了根据本发明的计算机,其包括主体9201、壳体9202、显示部分9203、键盘9204、外部连接端口9205、指向设备9206等。在该计算机中,本发明的发光设备可以

应用于显示部分 9203。由于本发明的发光设备具有高发光效率的特征,因此通过应用本发明的发光设备可以获得具有减小的功耗的计算机。

[0215] 图 11C 示出了根据本发明的蜂窝电话,其包括主体 9401、壳体 9402、显示部分 9403、音频输入部分 9404、音频输出部分 9405、操作键 9406、外部连接端口 9407、天线 9408 等。在该蜂窝电话中,本发明的发光设备可以应用于显示部分 9403。由于本发明的发光设备具有高发光效率的特征,因此通过应用本发明的发光设备可以获得具有减小的功耗的蜂窝电话。

[0216] 图 11D 示出了根据本发明的相机,其包括主体 9501、显示部分 9502、壳体 9503、外部连接端口 9504、远程控制接收器 9505、图像接收器 9506、电池 9507、音频输入部分 9508、操作键 9509、目镜部分 9510 等。在该相机中,本发明的发光设备可以应用于显示部分 9502。由于本发明的发光设备具有高发光效率的特征,因此通过应用本发明的发光设备可以获得具有减小的功耗的相机。

[0217] 如上文所述,本发明的发光设备的可应用范围是广的,从而使该发光设备可以应用到多种领域的电子设备。通过使用本发明的发光设备,可以获得具有减小的功耗的电子设备。

[0218] 而且,本发明的发光设备还可以用作照明装置。图 12 示出了使用本发明的发光设备作为背光的液晶显示设备的示例。图 12 中示出的液晶显示设备包括壳体 1201、液晶层 1202、背光 1203 和壳体 1204。液晶层 1202 连接到驱动器 IC 1205。而且,本发明的发光设备用作背光 1203,通过端子 1206 向背光 1203 提供电流。

[0219] 使用本发明的发光设备作为如上文所述的液晶显示设备的背光,可以获得具有低功耗的背光。而且,由于本发明的发光显示设备是表面发射照明装置并且可被形成为具有大的面积,因此还可以获得较大面积的背光。因此,可以获得具有低功耗的较大面积的液晶显示设备。

[0220] 图 13 示出了应用本发明的发光设备被用作作为照明装置的台灯的示例。图 13 中示出的台灯包括壳体 1301 和光源 1302,并且本发明的发光设备被用作光源 1302。本发明的发光设备具有高发光效率的发光元件并且因此可以用作具有低功耗的台灯。

[0221] 图 14 示出了应用本发明的发光设备被用作室内照明装置 3001 的示例。本发明的发光设备可被形成为具有大的面积并且因此可以用作大面积照明设备。而且,本发明的发光设备具有高发光效率的发光元件并且因此可以用作具有低功耗的照明装置。如上文所述,在应用本发明的发光设备被用作室内照明设备 1401 的房间中,安放如使用图 11A 描述的本发明的电视机 1402,并且因此可以观看公共广播和电影。

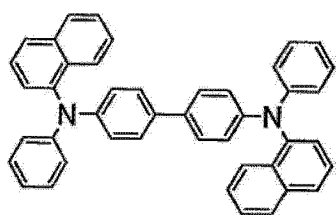
[0222] 应当注意,实施模式 5 可以适当地与实施模式 1 至 4 中描述的任何 结构组合。

[0223] [实施例 1]

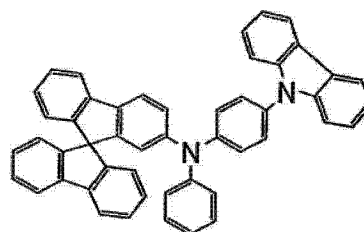
[0224] 在实施例 1 中,将描述作为本发明的发光元件的具有实施模式 1 中描述的结构 of 发光元件的制造方法,以及其元件特性的测量结果。应当注意,图 15 中示出了该实施例中 so 描述的发光元件(发光元件 1 至 4)的元件结构和将与这些发光元件比较的发光元件 5 的元件结构。而且,下文示出了实施例 1 中使用的有机化合物的结构式。

[0225] [化学式 1]

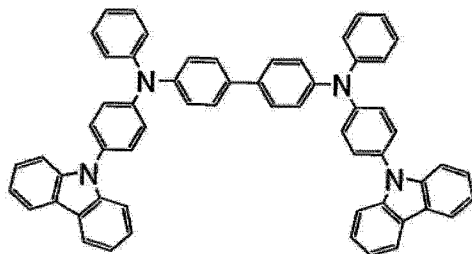
[0226]



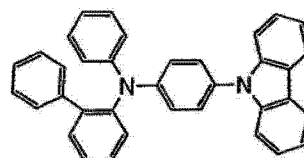
NPB



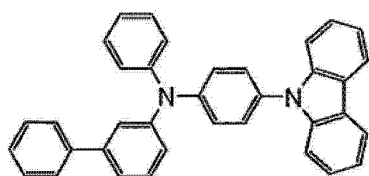
YGASF



YGABP



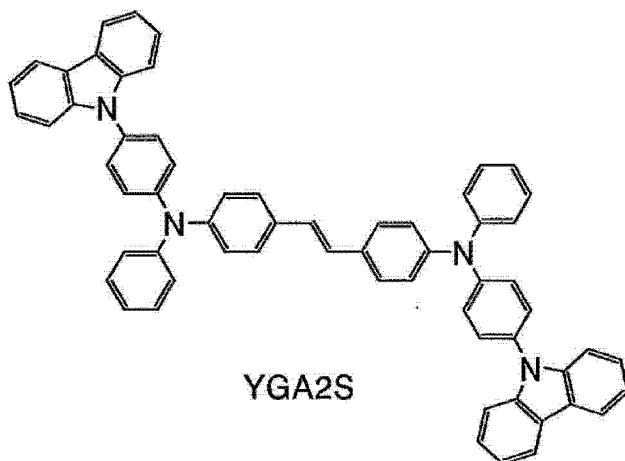
o-YGA1BP



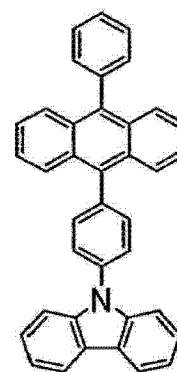
m-YGA1BP

[0227] [化学式 2]

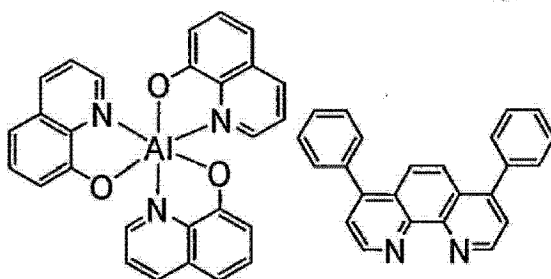
[0228]



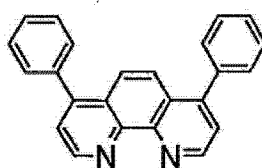
YGA2S



CzPA



Alq



BPhen

[0229] (发光元件 1 的制造)

[0230] 发光元件 1 是具有实施模式 1 中参照图 1 描述的结构发光元件。具体地,发光元件 1 是图 15 的第二层 1512 的 HOMO 能级(绝对值)比第一层 1511 和第三层 1513 的 HOMO 能级深(大)的情况中的发光元件。

[0231] 首先,通过溅射方法将包含氧化硅的氧化铟锡淀积在作为玻璃基板的基板 1501 上方,以形成第一电极 1502。应当注意,第一电极 1502 的厚度被设定为 110nm 并且其面积被设定为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0232] 接着,在第一电极 1502 上方形成其中堆叠多个层的 EL 层 1503。EL 层 1503 具有如下结构,其中作为空穴注入层的第一层 1511、作为空穴输运层的第二层 1512、作为发光层的第三层 1513、作为电子输运层的第四层 1514 和作为电子注入层的第五层 1515 被以此顺序堆叠。

[0233] 配备有第一电极 1502 的基板被固定到设置在真空蒸发装置中的基板固持器,从而使配备有第一电极 1502 的表面面向下。真空蒸发装置中的压力减小到约 10^{-4}Pa 。然后,在第一电极 1502 上方,4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)(NPB)和氧化钼(VI)被共蒸发(co-evaporate)以形成作为空穴注入层的第一层 1511。第一层 1511 的厚度被设定为 50nm,并且蒸发速率被调节为使得 NPB 对氧化钼(VI)的重量比变为 4:1 (=NPB:氧化钼)。应当注意,共蒸发方法是在一个处理腔室中同时使用多个蒸发源进行蒸发的蒸发方法。

[0234] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法在第一层 1511 上方淀积 N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-联芴-2-胺(YGASF)到 10nm 的厚度,以形成作为空穴输运层的第二层 1512。

[0235] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法在第二层 1512 上方形成作为发光层的第三层 1513。通过 9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(CzPA)和 N,N'-二[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-联胺(YGA2S)的共蒸发,形成具有 30nm 厚度的第三层 1513。这里,蒸发速率被调节为使得 CzPA 对 YGA2S 的重量比变为 1:0.04 (=CzPA:YGA2S)。

[0236] 而且,在第三层 1513 上方淀积三(8-羟基喹啉)铝(III)(Alq)到 20nm 的厚度,并且在其上方通过使用电阻加热的蒸发方法将向红菲咯啉(BPhen)淀积到 10nm 的厚度,以形成作为电子输运层的第四层 1514。

[0237] 在第四层 1514 上方淀积氟化锂(LiF)到 1nm 的厚度以形成作为电子注入层的第五层 1515。

[0238] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法淀积铝到 200nm 的厚度,以形成第二电极 1504。因此,制造了发光元件 1。

[0239] 在氮气氛围下在手套箱中执行密封,从而使得如上文所述获得的发光元件 1 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执行测量。

[0240] 图 17 中示出了发光元件 1 的电流密度对亮度特性。图 18 中示出了电压对亮度特性。图 19 中示出了亮度对电流效率特性。图 20 中示出了 1mA 电流下的发射谱。

[0241] $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下的发光元件 1 的 CIE 色度坐标是 ($x=0.16$, $y=0.16$),并且发射得

自 YGA2S 的蓝色光。此外,在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,电流效率是 $5.6\text{cd}/\text{A}$;因此,发光元件 1 具有高的效率。在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,驱动电压是 5.2V 。

[0242] (发光元件 2 的制造)

[0243] 发光元件 2 是通过与发光元件 1 类似的方式具有实施模式 1 中参照图 1 描述的结构发光元件。具体地,发光元件 2 是在图 15 的第二层 1512 的 HOMO 能级(绝对值)比第一层 1511 的 HOMO 能级深(大)的情况中的发光元件。

[0244] 发光元件 2 是通过与发光元件 1 类似的方式制造的,不同之处在于 4-(9H-咔唑-9-基)-2'-苯基三苯胺(o-YGA1BP)而非 YGASF 被用于发光元件 1 的第二层 1512。

[0245] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使得所获得的发光元件 2 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执行测量。

[0246] 图 17 中示出了发光元件 2 的电流密度对亮度特性。图 18 中示出了电压对亮度特性。图 19 中示出了亮度对电流效率特性。图 20 中示出了 1mA 电流下的发射谱。

[0247] $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下的发光元件 2 的 CIE 色度坐标是 $(x=0.16, y=0.16)$,并且发射得自 YGA2S 的蓝色光。此外,在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,电流效率是 $6.6\text{cd}/\text{A}$;因此,发光元件 2 具有高的效率。在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,驱动电压是 5.2V 。

[0248] (发光元件 3 的制造)

[0249] 与发光元件 1 和发光元件 2 类似,发光元件 3 是具有实施模式 1 中参照图 1 描述的结构发光元件。具体地,发光元件 3 是在图 15 的第二层 1512 的 HOMO 能级(绝对值)比第一层 1511 的 HOMO 能级深(大)的情况中的发光元件。

[0250] 通过与发光元件 1 类似的方式,使用 4-(9H-咔唑-9-基)-3'-苯基三苯胺(m-YGA1BP)代替用于发光元件 1 的第二层 1512 的 YGASF 来制造发光元件 3。

[0251] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使得所获得的发光元件 3 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执行测量。

[0252] 图 17 中示出了发光元件 3 的电流密度对亮度特性。图 18 中示出了电压对亮度特性。图 19 中示出了亮度对电流效率特性。图 20 中示出了 1mA 电流下的发射谱。

[0253] $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下的发光元件 3 的 CIE 色度坐标是 $(x=0.16, y=0.16)$,并且发射得自 YGA2S 的蓝色光。此外,在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,电流效率是 $6.2\text{cd}/\text{A}$;因此,发光元件 3 具有高的效率。在 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,驱动电压是 5.4V 。

[0254] (发光元件 4 的制造)

[0255] 与发光元件 1 至 3 类似,发光元件 4 是具有实施模式 1 中参照图 1 描述的结构发光元件。具体地,发光元件 4 是在图 15 的第二层 1512 的 HOMO 能级(绝对值)比第一层 1511 的 HOMO 能级深(大)的情况中的发光元件。

[0256] 通过与发光元件 1 类似的方式,使用 N,N'-二[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基乙烯基-4,4'-联胺(YGABP)代替用于发光元件 1 的第二层 1512 的 YGASF 来制造发光元件 4。

[0257] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使得所获得的发光元件 4 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执

行测量。

[0258] 图 17 中示出了发光元件 4 的电流密度对亮度特性。图 18 中示出了电压对亮度特性。图 19 中示出了亮度对电流效率特性。图 20 中示出了 1mA 电流下的发射谱。

[0259] 1000cd/m²亮度下的发光元件 4 的 CIE 色度坐标是 (x=0.16, y=0.16), 并且发射得自 YGA2S 的蓝色光。此外, 在 1000cd/m²亮度下, 电流效率是 4.9cd/A; 因此, 发光元件 4 具有高的效率。在 1000cd/m²亮度下, 驱动电压是 5.2V。

[0260] (发光元件 5 的制造)

[0261] 下面, 制造发光元件 5(这样的结构: 其中使用 NPB 形成上述发光元件 1 至 4 的第二层 1512) 作为用于比较的发光元件。具体地, 发光元件 5 是在图 15 的第二层 1512 的 HOMO 能级与第一层 1511 的 HOMO 能级相同的情况中的发光元件。下面将描述发光元件 5 的制造方法。

[0262] 首先, 通过溅射方法将包含氧化硅的氧化铟锡淀积在玻璃基板 1501 上方, 以形成第一电极 1502。应当注意, 其厚度被设定为 110nm 并且其面积被设定为 2mm×2mm。

[0263] 配备有第一电极 1502 的基板被固定到设置在真空蒸发装置中的基板固持器, 从而使配备有第一电极 1502 的表面面向下。真空蒸发装置中的压力减小到约 10⁻⁴Pa。然后, 在第一电极 1502 上方, 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)和氧化钼(VI)被共蒸发以形成作为空穴注入层的第一层 1511。第一层 1511 的厚度被设定为 30nm, 并且蒸发速率被调节为使得 NPB 对氧化钼(VI)的重量比变为 4:1 (=NPB: 氧化钼)。应当注意, 共蒸发方法意指在一个处理腔室中同时使用多个蒸发源执行蒸发的蒸发方法。

[0264] 接着, 通过使用电阻加热的蒸发方法淀积 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)到 10nm 的厚度, 以形成作为空穴输运层的第二层 1512。

[0265] 接着, 在第二层 1512 上方形成作为发光层的第三层 1513。通过 9-[4-(N-咔唑基)苯基]-10-苯基蒽(CzPA)和 N,N'-二[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-联胺(YGA2S)的共蒸发, 形成具有 30nm 厚度的第四层 1514。这里, 蒸发速率被调节为使得 CzPA 对 YGA2S 的重量比变为 1:0.04 (=CzPA:YGA2S)。

[0266] 然后, 在第三层 1513 上方淀积三(8-羟基喹啉)铝(III)(Alq)到 20nm 的厚度, 并且在其上方通过使用电阻加热的蒸发方法淀积向红菲咯啉(BPhen)到 10nm 的厚度, 以形成作为电子输运层的第四层 1514。

[0267] 接着, 在第四层 1514 上方淀积氟化锂(LiF)到 1nm 的厚度, 以形成作为电子注入层的第五层 1515。

[0268] 最后, 通过使用电阻加热的蒸发方法淀积铝到 200nm 的厚度, 以形成第二电极 1504。因此, 制造了发光元件 5。

[0269] 在氮气氛下在手套箱中执行密封, 从而使得如上文所述获得的发光元件 5 未暴露于大气, 并且随后测量发光元件 5 的工作特性。应当注意, 在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执行测量。

[0270] 图 17 中示出了发光元件 5 的电流密度对亮度特性。图 18 中示出了电压对亮度特性。图 19 中示出了亮度对电流效率特性。

[0271] 1000cd/m²亮度下的发光元件 5 的 CIE 色度坐标是 (x=0.16, y=0.16), 并且如发光元件 1 至 4 中那样, 发射得自 YGA2S 的蓝色光。而且, 发光元件 5 的电流效率是 3.0cd/A。

通过与发光元件 1 至 4 的电流效率比较发现,发光元件 5 的电流效率低于发光元件 1 至 4 的电流效率。

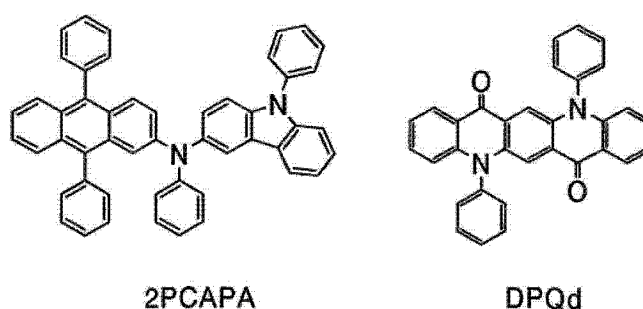
[0272] 如上文所述,发现发光元件 1 至 4 具有高于发光元件 5 的效率。从而,发现通过应用本发明可以获得具有高的效率的发光元件。

[0273] [实施例 2]

[0274] 在实施例 2 中,将描述作为本发明的发光元件的具有实施模式 2 中描述的结构 of 发光元件的制造方法以及其元件特性的测量结果。应当注意,图 16A 中示出了该示例中描述的发光元件(发光元件 1 至 4)的元件结构并且图 16B 示出了将与这些发光元件比较的发光元件 9 的元件结构。而且,下文示出了实施例 2 中使用的有机化合物的结构式。应当注意,实施例 1 中描述的有机化合物可以参考实施例 1 并且这里省略了对它的描述。

[0275] [化学式 3]

[0276]



[0277] (发光元件 6 的制造)

[0278] 发光元件 6 是具有实施模式 2 中参照图 4 描述的结构 of 发光元件。具体地,发光元件 6 是在图 16A 的第二层 1612 的 HOMO 能级比第一层 1611 的 HOMO 能级深(绝对值大)的情况中的发光元件。而且,发光元件 6 是如图 6A 和 6B 的概念图中示出的第六层动力学地控制载流子(电子)的情况中的发光元件。

[0279] 首先,通过溅射方法将包含氧化硅的氧化铟锡淀积在作为玻璃基板的基板 1601 上方,以形成第一电极 1602。应当注意,第一电极 1602 的厚度被设定为 110nm 并且其面积被设定为 2mm×2mm。

[0280] 接着,在第一电极 1602 上方形成其中堆叠多个层的 EL 层 1603。在该实施例中,EL 层 1603 具有如下结构,其中作为空穴注入层的第一层 1611、作为空穴输运层的第二层 1612、作为发光层的第三层 1613、作为用于控制电子载流子的输运的载流子控制层的第六层 1616、作为电子输运层的第四层 1614 和作为电子注入层的第五层 1615 被以此顺序堆叠。

[0281] 配备有第一电极 1602 的基板被固定到设置在真空蒸发装置中的基板固持器,从而使配备有第一电极 1602 的表面面向下。真空蒸发装置中的压力减小到约 10^{-4} Pa。然后,在第一电极 1602 上方,4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)和氧化钼(VI)被共蒸发以形成作为空穴注入层的第一层 1611。第一层 1611 的厚度被设定为 50nm,并且蒸发速率被调节为使得 NPB 与氧化钼(VI)的重量比变为 4:1(=NPB:氧化钼)。应当注意,共蒸发方法意指在一个处理腔室中同时使用多个蒸发源进行蒸发的蒸发方法。

[0282] 接着,通过用电阻加热的蒸发方法在第一层 1611 上方淀积 N-[4-(9H-吡唑-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-联芴-2-胺(YGASF)到 10nm 的厚度,以形成作为空穴输运层的第二层 1612。

[0283] 接着,在第二层 1612 上方形成作为发光层的第三层 1613。通过 9-[4-(10- 苯基 -9- 蒽基) 苯基]-9H- 咔唑(CzPA)和 N-(9, 10- 二苯基 -2- 蒽基)-N, 9- 二苯基 -9H- 咔唑-3- 胺(2PCAPA)的共蒸发,形成具有 30nm 厚度的第三层 1613。这里,蒸发速率被调节为使得 CzPA 对 2PCAPA 的重量比变为 1:0.05 (=CzPA:2PCAPA)。

[0284] 而且,在第三层 1613 上方,使三(8- 羟基喹啉)铝(III)(Alq)和 N-(9, 10- 二苯基 -2- 蒽基)-N, 9- 二苯基 -9H- 咔唑-3- 胺(2PCAPA)共蒸发,以使作为用于控制电子载流子的载流子控制层的第六层 1616 形成 10nm 的厚度。这里,蒸发速率被调节为使得 Alq 对 2PCAPA 的重量比变为 1:0.1 (=Alq:2PCAPA)。

[0285] 然后,在第六层 1616 上方通过使用电阻加热的蒸发方法淀积向红菲咯啉(BPhen)到 30nm 的厚度,以形成作为电子输运层的第四层 1614。

[0286] 在第四层 1614 上方淀积氟化锂(LiF)到 1nm 的厚度,以形成作为电子注入层的第五层 1615。

[0287] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法淀积铝到 200nm 的厚度,以形成第二电极 1604。因此,制造了发光元件 6。

[0288] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使得如上文所述获得的本发明的发光元件 6 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25° C 的大气中)执行测量。

[0289] 图 21 中示出了发光元件 6 的电流密度对亮度特性。图 22 中示出了电压对亮度特性。图 23 中示出了亮度对电流效率特性。图 24 中示出了 1mA 电流下的发射谱。而且,图 25 示出了连续照明测试的结果,其中以被设定为 5000cd/m²的初始亮度,通过恒定电流驱动,使发光元件 6 持续点亮(垂直轴指示了相对亮度,假设 5000cd/m²是 100%)。

[0290] 5000cd/m²亮度下的发光元件 6 的 CIE 色度坐标是 (x=0.30, y=0.61),并且发射得自 2PCAPA 的绿色光。此外,在 5000cd/m²亮度下,电流效率是 19cd/A;因此,发光元件 6 具有高的效率。在 5000cd/m²亮度下,驱动电压是 4.8V。

[0291] 而且,进行连续照明测试,其中以被设定为 5000cd/m²的初始亮度,通过恒定电流驱动,使发光元件 6 持续点亮。结果,即使在 100 小时后也仍保持 79% 的初始亮度。从而,发现发光元件 6 具有长的寿命。

[0292] (发光元件 7 的制造)

[0293] 发光元件 7 是具有实施模式 2 中参照图 4 描述的结构 of 的发光元件。具体地,发光元件 7 是在图 16A 的第二层 1612 的 HOMO 能级(绝对值)比第一层 1611 的 HOMO 能级深(大)的情况中的发光元件。而且,发光元件 7 是如图 7 的概念图中示出的在第六层热力学地控制载流子(电子)的情况中的发光元件。

[0294] 发光元件 7 是通过与发光元件 6 类似的方式制造的,不同之处在于使用 Alq 和 N, N' - 二苯基喹吖啶酮(DPQd)的共蒸发膜代替用于发光元件 6 的第六层 1616 的 Alq 和 2PCAPA 的共蒸发膜。这里,蒸发速率被调节为使得 Alq 对 DPQd 的重量比变为 1:0.005 (=Alq:DPQd)。

[0295] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使得所获得的本发明的发光元件 7 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25° C 的大气中)执行测量。

[0296] 图 21 中示出了发光元件 7 的电流密度对亮度特性。图 22 中示出了电压对亮度特性。图 23 中示出了亮度对电流效率特性。图 24 中示出了 1mA 电流下的发射谱。而且,图 25 示出了连续照明测试的结果,其中以被设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的初始亮度,通过恒定电流驱动,使发光元件 7 持续点亮(垂直轴指示了相对亮度,假设 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 是 100%)。

[0297] $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下的发光元件 7 的 CIE 色度坐标是 ($x=0.30, y=0.61$), 并且发射得自 2PCAPA 的绿色光。此外,在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,电流效率是 $17\text{cd}/\text{A}$; 因此,发光元件 7 具有特别高的效率。在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,驱动电压是 6.1V。

[0298] 而且,进行连续照明测试,其中以被设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的初始亮度,通过恒定电流驱动,使发光元件 7 持续点亮。结果,即使在 100 小时后也仍保持 82% 的初始亮度。从而,发现发光元件 7 具有长的寿命。

[0299] (发光元件 8 的制造)

[0300] 发光元件 8 是具有实施模式 2 中参照图 4 描述的结构发光元件。具体地,发光元件 8 是在图 16A 的第二层 1612 的 HOMO 能级(绝对值)比第一层 1611 的 HOMO 能级深(大)的情况中的发光元件。而且,发光元件 8 是如图 6A 和 6B 的概念图中示出在第六层动力学地控制载流子(电子)的情况中的发光元件。

[0301] 发光元件 8 是通过与发光元件 6 类似的方式制造的,不同之处在于使用 N, N' - 二[4-(9H- 咔唑 -9- 基) 苯基] - N, N' - 二苯基乙烯基 -4, 4' - 联胺(YGABP) 代替用于发光元件 5 的第二层 1612 的 YGASF。

[0302] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使得所获得的本发明的发光元件 8 未暴露于大气,并且随后测量该发光元件的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执行测量。

[0303] 图 21 中示出了发光元件 8 的电流密度对亮度特性。图 22 中示出了电压对亮度特性。图 23 中示出了亮度对电流效率特性。图 24 中示出了 1mA 电流下的发射谱。而且,图 25 示出了连续照明测试的结果,其中以被设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的初始亮度,通过恒定电流驱动,使发光元件 8 持续点亮(垂直轴指示了相对亮度,假设 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 是 100%)。

[0304] $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下的发光元件 8 的 CIE 色度坐标是 ($x=0.29, y=0.63$), 并且发射得自 2PCAPA 的绿色光。此外,在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,电流效率是 $20\text{cd}/\text{A}$; 因此,发光元件 8 具有高的效率。在 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 亮度下,驱动电压是 4.6V。

[0305] 而且,进行连续照明测试,其中以被设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 的初始亮度,通过恒定电流驱动,使发光元件 8 持续。结果,即使在 100 小时后也仍保持 87% 的初始亮度。因此,证明发光元件 8 具有长的寿命。

[0306] (发光元件 9 的制造)

[0307] 接着,制造具有图 16B 中示出的结构(这样的结构:其中使用 NPB 形成上述发光元件 6 至 8 的第二层 1612 并且未提供第六层 1616)的发光元件 9,作为用于比较的发光元件。下面将描述发光元件 9 的制造方法。

[0308] 首先,通过溅射方法将包含氧化硅的氧化铟锡淀积在玻璃基板 1601 上方,以形成第一电极 1602。应当注意,第一电极 1602 的厚度被设定为 110nm 并且其面积被设定为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0309] 接着,配备有第一电极 1602 的基板被固定到设置在真空蒸发装置中的基板固持

器,从而使配备有第一电极 1602 的表面面向下。真空蒸发装置中的压力减小到约 10^{-4} Pa。然后,在第一电极 1602 上方,4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)和氧化钼(VI)被共蒸发,以形成作为空穴注入层的第一层 1611。第一层 1611 的厚度被设定为 50nm,并且蒸发速率被调节为使得 NPB 对氧化钼(VI)的重量比变为 4:1(=NPB:氧化钼)。应当注意,共蒸发方法是在一个处理腔室中同时使用多个蒸发源执行蒸发的蒸发方法。

[0310] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法将 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)淀积到 10nm 的厚度,以形成作为空穴输运层的第二层 1612。

[0311] 接着,在第二层 1612 上方形成作为发光层的第三层 1613。通过 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(2PCAPA)的共蒸发,形成具有 40nm 厚度的第三层 1613。这里,蒸发速率被调节为使得 CzPA 对 2PCAPA 的重量比变为 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。

[0312] 然后,在第三层 1613 上方通过使用电阻加热的蒸发方法淀积向红菲咯啉(BPhen)到 30nm 的厚度,以形成作为电子输运层的第四层 1614。

[0313] 接着,在第四层 1614 上方淀积氟化锂(LiF)到 1nm 的厚度以形成作为电子注入层的第五层 1615。

[0314] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法淀积铝到 200nm 的厚度,以形成第二电极 1604。因此,制造了发光元件 9。

[0315] 在氮气氛下在手套箱中执行密封,从而使如上文所述获得的发光元件 9 未暴露于大气,并且随后测量发光元件 9 的工作特性。应当注意,在室温下(在保持于 25°C 的大气中)执行测量。

[0316] 图 21 中示出了发光元件 9 的电流密度对亮度特性。图 22 中示出了电压对亮度特性。图 23 中示出了亮度对电流效率特性。而且,图 25 示出了连续照明测试的结果,其中以被设定为 5000cd/m²的初始亮度,通过恒定电流驱动使发光元件 9 持续点亮(垂直轴指示了相对亮度,假设 5000cd/m²是 100%)。

[0317] 5000cd/m²亮度下的发光元件 9 的 CIE 色度坐标是 (x=0.30, y=0.62),电流效率是 16cd/A,并且如发光元件 6 至 8 中那样,发射得自 2PCAPA 的绿色光。通过与发光元件 6 至 8 的电流效率比较发现,发光元件 9 的电流效率低于发光元件 6 至 8 的电流效率。而且,进行连续照明测试,其中以被设定为 5000cd/m²的初始亮度,通过恒定电流驱动使发光元件 8 持续点亮。结果,如图 25 中所示,在 100 小时后亮度降低到初始亮度的 76%。因此,发光元件 9 呈现出比发光元件 6 至 8 短的寿命。

[0318] 如上文所述,发现发光元件 6 至 8 具有高于发光元件 9 的效率。因此,发现通过应用本发明可以获得具有高效率 and 长寿命的发光元件。

[0319] [实施例 3]

[0320] 在实施例 3 中,通过循环伏安法(CV)测量用于作为实施例 1 和实施例 2 中制造的发光元件(发光元件 1 至 4 和发光元件 6 至 8)的空穴输运层的第二层(图 15A 的第二层 1512 和图 16A 的第二层 1612)的 N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-联芴-2-胺(YGASF)、4-(9H-咔唑-9-基)-2'-苯基三苯胺(o-YGA1BP)、4-(9H-咔唑-9-基)-3'-苯基三苯胺(m-YGA1BP)、N,N'-二[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基乙烯基-4,4'-联胺(YGABP)和 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(NPB)的氧化反

应特性。

[0321] 而且,通过测量,计算 YGASF、YGABP、o-YGA1BP、m-YGA1BPm 和 NPB 的 HOMO 能级。应当注意,对于该测量,使用电化学分析仪(BAS Inc. 制造的 ALS 型号 600A 或 600C)。

[0322] 对于用于 CV 测量的溶液,使用脱水二甲基甲酰胺(DMF)(Aldrich Inc. 制造, 99.8%, Catalog No. 22705-6)作为溶剂,并且将作为支持电解质的高氯酸四-n-丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 制造, Catalog No. T0836)溶解在该溶剂中,以使得高氯酸四-n-丁基铵的浓度是 100mmol/L。而且,将测量对象也溶解在该溶剂中并且将其调节为使得其浓度变为 1mmol/L。而且,使用铂电极(BAS Inc. 制造的 PTE 铂电极)作为工作电极;使用铂电极(BAS Inc. 制造的 VC-3Pt 对电极(5cm))作为辅助电极;并且使用 Ag/Ag⁺电极(BAS Inc. 制造的 RE5 非水性溶剂参考电极)作为参考电极。应当注意,在室温下(20° C 至 25° C)进行 CV 测量。

[0323] (参考电极相对于真空能级的势能的计算)

[0324] 首先,计算实施例 3 中使用的参考电极(Ag/Ag⁺电极)相对于真空能级的势能(eV)。即,计算 Ag/Ag⁺电极的费米能级。已知相对于标准氢电极,甲醇中的二茂铁的氧化还原电势是 +0.610[V 相对(vs.) SHE] (参考文献:Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, pp. 83-96, 2002)。另一方面,在使用实施例 3 中使用的参考电极计算甲醇中的二茂铁的氧化还原电势时,结果是 +0.20V[相对 AgAg⁺]。因此,发现实施例 3 中使用的参考电极的势能比标准氢电极的势能低 0.41[eV]。

[0325] 这里,已知标准氢电极相对于真空能级的势能是 -4.44eV (参考文献:Toshihiro Ohnishi 和 Tamami Koyama, High Molecular EL Material, Kyoritsu Shuppan, pp. 64-67)。因此,实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能可被计算为 -4.44-0.41=-4.85[eV]。

[0326] (测量示例 1:YGASF)

[0327] 在测量示例 1 中,通过循环伏安法(CV)测量 YGASF 的氧化反应特性。扫描速率被设定为 0.1V/sec。图 26 示出了测量结果。应当注意,通过如下方式执行氧化反应特性的测量,即相对于参考电极,利用范围从 -0.18V 到 +0.80V 的电位,并且随后利用范围从 +0.80V 到 -0.18V 的电位,扫描工作电极。

[0328] 如图 26 所示,可以看到,氧化峰电位 E_{pa} 是 +0.63V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 +0.55V。因此,半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位)可被计算为 +0.59V。这表明通过 +0.59[V 相对 Ag/Ag⁺] 的电能使 YGASF 氧化,并且该能量对应于 HOMO 能级。这里,如上文所述,实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 -4.85[eV]。因此,YGASF 的 HOMO 能级被计算为 -4.85-(+0.59)=-5.44[eV]。

[0329] (测量示例 2:YGABP)

[0330] 在测量示例 2 中,通过循环伏安法(CV)测量 YGABP 的氧化反应特性。扫描速率被设定为 0.1V/sec。图 27 示出了测量结果。应当注意,通过如下方式执行氧化反应特性的测量,即相对于参考电极,利用范围从 -0.20V 到 +1.00V 的电位,并且随后利用范围从 +1.00V 到 -0.20V 的电位,扫描工作电极。

[0331] 如图 27 所示,可以看到,氧化峰电位 E_{pa} 是 +0.66V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 +0.50V。因此,半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位)可被计算为 +0.58V。这表明通过 +0.58[V 相对

Ag/Ag⁺ 的电能使 YGABP 氧化, 并且该能量对应于 HOMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 -4.85[eV]。因此, YGABP 的 HOMO 能级被计算为 $-4.85 - (+0.58) = -5.43$ [eV]。

[0332] (测量示例 3 :o-YGA1BP)

[0333] 在测量示例 3 中, 通过循环伏安法(CV)测量 o-YGA1BP 的氧化反应特性。扫描速率被设定为 0.1V/sec。图 28 示出了测量结果。应当注意, 通过如下方式执行氧化反应特性的测量, 即相对于参考电极, 利用范围从 -1.00V 到 +1.00V 的电位, 并且随后利用范围从 +1.00V 到 -1.00V 的电位, 扫描工作电极。

[0334] 如图 28 所示, 可以看到, 氧化峰电位 E_{pa} 是 +0.67V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 +0.51V。因此, 半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位)可被计算为 +0.58V。这表明通过 +0.58[V 相对 Ag/Ag⁺] 的电能使 o-YGA1BP 氧化, 并且该能量对应于 HOMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 -4.85[eV]。因此, o-YGA1BP 的 HOMO 能级被计算为 $-4.85 - (+0.58) = -5.43$ [eV]。

[0335] (测量示例 4 :m-YGA1BP)

[0336] 在测量示例 4 中, 通过循环伏安法(CV)测量 m-YGA1BP 的氧化反应特性。扫描速率被设定为 0.1V/sec。图 29 示出了测量结果。应当注意, 通过如下方式执行氧化反应特性的测量, 即相对于参考电极, 利用范围从 -0.50V 到 +1.00V 的电位, 并且随后利用范围从 +1.00V 到 -0.50V 的电位, 扫描工作电极。

[0337] 如图 29 所示, 可以看到, 氧化峰电位 E_{pa} 是 +0.86V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 +0.44V。因此, 半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位)可被计算为 +0.65V。这表明通过 +0.65[V 相对 Ag/Ag⁺] 的电能使 m-YGA1BP 氧化, 并且该能量对应于 HOMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 -4.85[eV]。因此, m-YGA1BP 的 HOMO 能级被计算为 $-4.85 - (+0.65) = -5.50$ [eV]。

[0338] (测量示例 5 :NPB)

[0339] 在测量示例 5 中, 通过循环伏安法(CV)测量评估 NPB 的氧化反应特性。扫描速率被设定为 0.1V/sec。图 30 示出了测量结果。应当注意, 通过如下方式执行氧化反应特性的测量, 即相对于参考电极, 利用范围从 -0.20V 到 +0.80V 的电位, 并且随后利用范围从 +0.80V 到 -0.20V 的电位, 扫描工作电极。

[0340] 如图 30 所示, 可以看到, 氧化峰电位 E_{pa} 是 +0.45V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 +0.39V。因此, 半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位)可被计算为 +0.42V。这表明通过 +0.42[V 相对 Ag/Ag⁺] 的电能使 NPB 氧化, 并且该能量对应于 HOMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 -4.85[eV]。因此, NPB 的 HOMO 能级被计算为 $-4.85 - (+0.42) = -5.27$ [eV]。

[0341] 应当注意, 通过比较以上述方式计算的 YGASF、YGABP、o-YGA1BP、m-YGA1BP 和 NPB 的 HOMO 能级, 可以发现, YGASF 的 HOMO 能级比 NPB 的低 0.17[eV], YGABP 的 HOMO 能级比 NPB 的低 0.16[eV], o-YGA1BP 的 HOMO 能级比 NPB 的低 0.16[eV], 并且 m-YGA1BP 的 HOMO 能级比 NPB 的低 0.23[eV]。

[0342] 即, 通过使用 YGASF、YGABP、o-YGA1BP 或 m-YGA1BP 形成作为空穴输运层的第二层(图 15 的第二层 1512 以及图 16A 和 16B 的第二层 1612), 可以抑制从作为空穴注入层的第

一层(图 15 的第一层 1511 以及图 16A 和 16B 的第一层 1611)到作为空穴输运层的第二层(图 15 的第二层 1512 以及图 16A 和 16B 的第二层 1612)的空穴注入量。因此,可以抑制到作为发光层的第三层(图 15 的第三层 1513 以及图 16A 和 16B 的第三层 1613)的空穴注入量;因此,可以实现元件效率的增加。

[0343] 因此,可以认为,其中 YGASF、YGABP、o-YGA1BP 或 m-YGA1BP 用于本发明的发光元件的作为空穴输运层的第二层的实施例 1 和 2 的元件结构适用于本发明。

[0344] [实施例 4]

[0345] 在该实施例中,通过循环伏安法(CV)测量用于实施例 2 中制造的发光元件(发光元件 6 至 8)中的作为用于控制电子载流子的输运的载流子控制层的第六层(图 16A 的第六层 1616)的三(8-羟基喹啉)铝(III)(Alq)、N,N'-二苯基喹吖啶酮(DPQd)和 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-吡唑-3-胺(2PCAPA)的还原反应特性。而且,通过测量,计算 Alq、DPQd 和 2PCAPA 的 LUMO 能级。应当注意,对于该测量,使用电化学分析仪(BAS Inc. 制造的 ALS 型号 600A 或 600C)。

[0346] 对于用于 CV 测量的溶液,将脱水二甲基甲酰胺(DMF)(Aldrich Inc. 制造,99.8%, Catalog No. 22705-6)用作溶剂,并且将作为支持电解质的高氯酸四-n-丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 制造, Catalog No. T0836)溶解在该溶剂中,使得高氯酸四-n-丁基铵的浓度是 100mmol/L。而且,测量对象也溶解在该溶剂中并且被调节为使得其浓度是 10mmol/L。而且,使用铂电极(BAS Inc. 制造的 PTE 铂电极)作为工作电极;使用铂电极(BAS Inc. 制造的 VC-3Pt 对电极(5cm))作为辅助电极;并且使用 Ag/Ag⁺电极(BAS Inc. 制造的 RE5 非水性溶剂参考电极)作为参考电极。应当注意,在室温下(20°C 至 25°C)进行 CV 测量。

[0347] (参考电极相对于真空能级的势能的计算)

[0348] 首先,计算实施例 4 中使用的参考电极(Ag/Ag⁺电极)相对于真空能级的势能(eV)。即,计算 Ag/Ag⁺电极的费米能级。已知相对于标准氢电极,甲醇中的二茂铁的氧化还原电势是 +0.610[V 相对 SHE] (参考文献:Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, pp. 83-96, 2002)。另一方面,在使用实施例 4 中使用的参考电极计算甲醇中的二茂铁的氧化还原电势时,结果是 +0.20V[相对 Ag/Ag⁺]。因此,发现实施例 4 中使用的参考电极的势能比标准氢电极的势能低 0.41[eV]。

[0349] 这里,已知标准氢电极相对于真空能级的势能是 -4.44eV (参考文献:Toshihiro Ohnishi 和 Tamami Koyama, High Molecular EL Material, Kyoritsu Shuppan, pp. 64-67)。因此,实施例 3 中使用的参考电极相对于真空能级的势能可被计算为 -4.44-0.41=-4.85[eV]。

[0350] (测量示例 6:Alq)

[0351] 在测量示例 6 中,通过循环伏安法(CV)测量 Alq 的还原反应特性。扫描速率被设定为 0.1V/sec。图 31 示出了测量结果。应当注意,通过如下方式执行还原反应特性的测量,即相对于参考电极,利用范围从 -0.69V 到 -2.40V 的电位,并且随后利用范围从 -2.40V 到 -0.69V 的电位,扫描工作电极。

[0352] 如图 31 所示,可以看到,氧化峰电位 E_{pa} 是 -2.12V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 -2.20V。因此,半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位)可被计算为 -2.16V。这表明通过 -2.16[V 相

对 Ag/Ag^+ 的电能使 A1q 还原, 并且该能量对应于 LUMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 4 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 $-4.85[\text{eV}]$ 。因此, A1q 的 LUMO 能级被计算为 $-4.85 - (-2.16) = -2.69[\text{eV}]$ 。

[0353] (测量示例 7 :DPQd)

[0354] 在测量示例 7 中, 通过循环伏安法(CV)测量 DPQd 的还原反应特性。扫描速率被设定为 $0.1\text{V}/\text{sec}$ 。图 32 示出了测量结果。应当注意, 通过如下方式执行还原反应特性的测量, 即相对于参考电极, 利用范围从 -0.40V 到 -2.10V 的电位, 并且随后利用范围从 -2.10V 到 -0.40V 的电位, 扫描工作电极。而且, 由于 DPQd 具有低的可溶性并且即使在溶液被调节为包含浓度为 $1\text{mmol}/\text{L}$ 的 DPQd 时仍不能完全溶解在溶剂中, 因此提取上清液而未溶解残留物被沉淀, 并且使用该上清液用于测量。

[0355] 如图 32 所示, 可以看到, 氧化峰电位 E_{pa} 是 -1.63V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 -1.69V 。因此, 半波电位 (E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位) 可被计算为 -1.66V 。这表明通过 $-1.66[\text{V}]$ 相对 Ag/Ag^+ 的电能使 DPQd 还原, 并且该能量对应于 LUMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 4 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 $-4.85[\text{eV}]$ 。因此, DPQd 的 LUMO 能级被计算为 $-4.85 - (-1.66) = -3.19[\text{eV}]$ 。

[0356] (测量示例 8 :2PCAPA)

[0357] 在测量示例 8 中, 通过循环伏安法(CV)测量 2PCAPA 的还原反应特性。扫描速率被设定为 $0.1\text{V}/\text{sec}$ 。图 33 示出了测量结果。应当注意, 通过如下方式执行还原反应特性的测量, 即相对于参考电极, 利用范围从 -0.41V 到 -2.50V 的电位, 并且随后利用范围从 -2.50V 到 -0.41V 的电位, 扫描工作电极。

[0358] 如图 33 所示, 可以看到, 氧化峰电位 E_{pa} 是 -2.14V 并且还原峰电位 E_{pc} 是 -2.21V 。因此, 半波电位 (E_{pc} 和 E_{pa} 之间的中间电位) 可被计算为 -2.18V 。这表明通过 $-2.18[\text{V}]$ 相对 Ag/Ag^+ 的电能使 2PCAPA 还原, 并且该能量对应于 LUMO 能级。这里, 如上文所述, 实施例 4 中使用的参考电极相对于真空能级的势能是 $-4.85[\text{eV}]$ 。因此, 2PCAPA 的 LUMO 能级被计算为 $-4.85 - (-2.18) = -2.67[\text{eV}]$ 。

[0359] 应当注意, 通过比较以上述方式计算的 A1q 和 DPQd 的 LUMO 能级, 可以发现 DPQd 的 LUMO 能级比 A1q 的 LUMO 能级低 $0.50[\text{eV}]$ 。这意味着通过向 A1q 添加 DPQd, DPQd 用作电子陷阱。这是实施模式 2 中描述的情况, 其中第六层热力学地控制载流子(电子)的输运, 并且由作为具有电子输运属性的材料的金属络合物(A1q)和具有电子俘获属性的喹吖啶酮衍生物(DPQd)形成。

[0360] 而且, 通过比较以上述方式计算的 A1q 和 2PCAPA 的 LUMO 能级, 可以发现 2PCAPA 和 A1q 的 LUMO 能级之间的差仅为 $0.02[\text{eV}]$ 。这意味着通过向 A1q 添加 2PCAPA, 电子可以容易地输运到 2PCAPA 并且整个层的电子输运率降低。这是实施模式 2 中描述的情况, 其中第六层动力学地控制载流子(电子)的输运, 并且由作为具有电子输运属性的材料的金属络合物(A1q)和具有空穴输运属性的芳族胺化合物(2PCAPA)形成。

[0361] 因此, 发现包括由 A1q 和 DPQd 的组合或者 A1q 和 2PCAPA 的组合形成的载流子控制层的元件结构适用于本发明。

[0362] 本申请基于在 2007 年 10 月 19 日提交日本专利局的日本专利申请 No. 2007-272003, 通过引用将其整体内容并入在此处。

[0363] 附图标记说明

[0364] 101 :基板,102 :第一电极,103 :EL 层,104 :第二电极,111 :第一层(空穴注入层),112 :第二层(空穴输运层),113 :第三层(发光层),114 :第四层(电子输运层),115 :第五层(电子注入层),116 :第六层(载流子控制层),201 :第一有机化合物,202 :第二有机化合物,203 :第一有机化合物,204 :第二有机化合物,801 :第一电极,802 :第二电极,803 :第一 EL 层,804 :第二 EL 层,805 :电荷生成层,901 :源极侧驱动器电路,902 :像素部分,903 :栅极侧驱动器电路,904 :密封基板,905 :密封剂,907 :空间,908 :布线,909 :FPC (柔性印刷电路),910 :元件基板,911 :开关 TFT,912 :电流控制 TFT,913 :第一电极,914 :绝缘体,916 :EL 层,917 :第二电极,918 :发光元件,923 :n 沟道 TFT,924 :p 沟道 TFT,1001 :基板,1002 :第一电极,1003 :第二电极,1004 :EL 层,1005 :绝缘层,1006 :分隔壁,1201 :壳体,1202 :液晶层,1203 :背光,1204 :壳体,1205 :驱动器 IC,1206 :端子,1301 :壳体,1302 :光源,1401 :照明设备,1402 :电视设备,1501 :基板,1502 :第一电极,1503 :EL 层,1504 :第二电极,1511 :第一层(空穴注入层),1512 :第二层(空穴输运层),1513 :第三层(发光层),1514 :第四层(电子输运层),1515 :第五层(电子注入层),1601 :基板,1602 :第一电极,1603 :EL 层,1604 :第二电极,1611 :第一层(空穴注入层),1612 :第二层(空穴输运层),1613 :第三层(发光层),1614 :第四层(电子输运层),1615 :第五层(电子注入层),1616 :第六层(载流子控制层),9101 :壳体,9102 :支撑底座,9103 :显示部分,9104 :扬声器部分,9105 :视频输入端子,9201 :主机体,9202 :壳体,9203 :显示部分,9204 :键盘,9205 :外部连接端口,9206 :指向设备,9401 :主机体,9402 :壳体,9403 :显示部分,9404 :音频输入部分,9405 :音频输出部分,9406 :操作键,9407 :外部连接端口,9408 :天线,9501 :主机体,9502 :显示部分,9503 :壳体,9504 :外部连接端口,9505 :远程控制接收部分,9506 :图像接收部分,9507 :电池,9508 :音频输入部分,9509 :操作键,9510 :目镜部分。

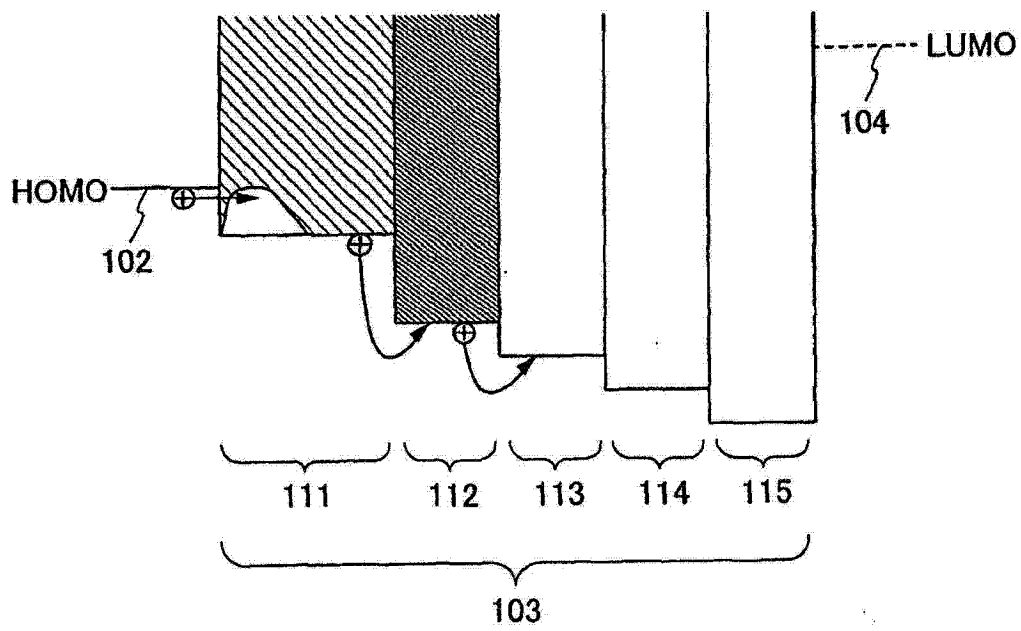


图 1

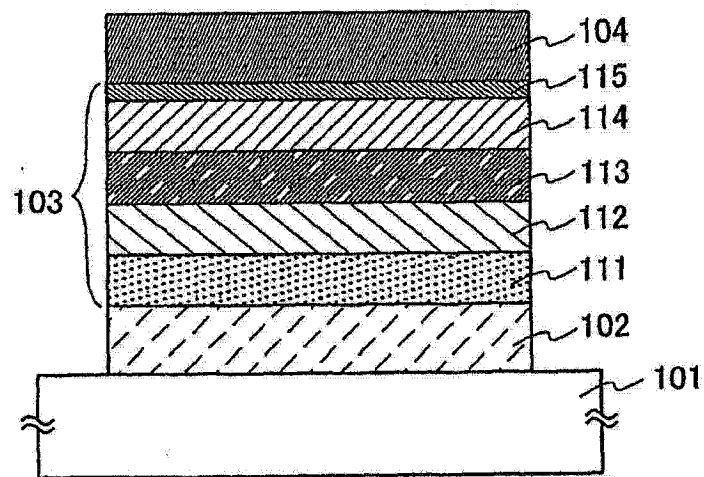


图 2A

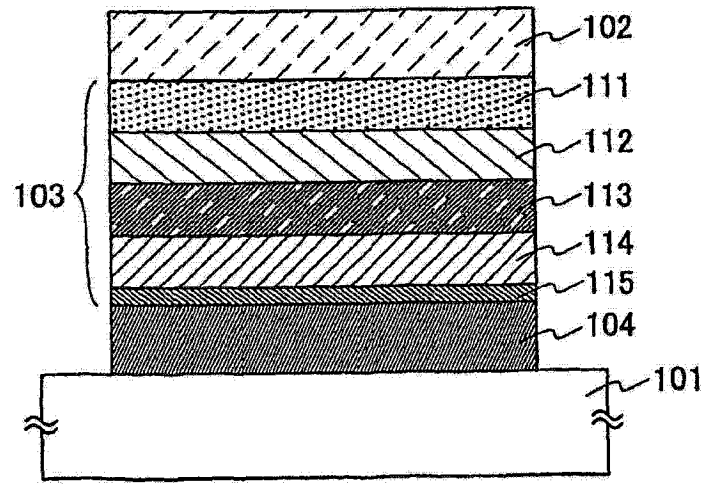


图 2B

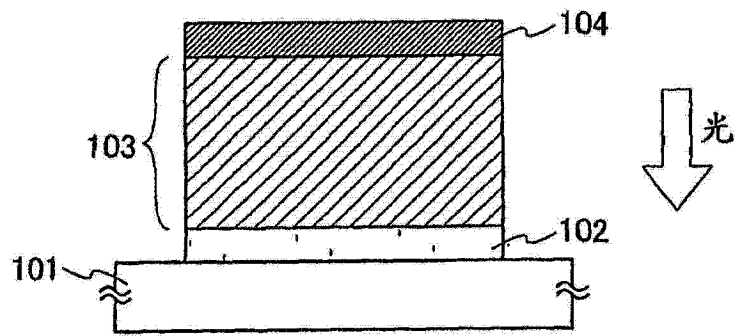


图 3A

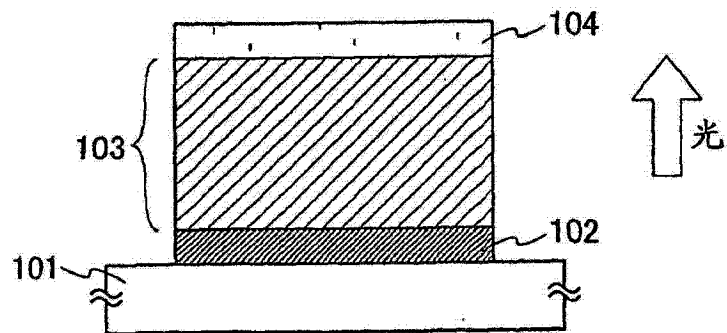


图 3B

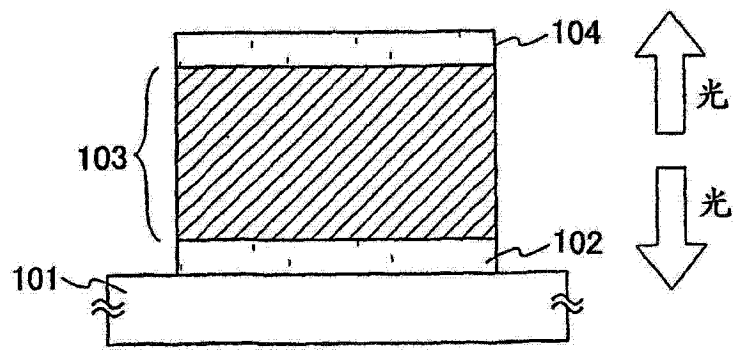


图 3C

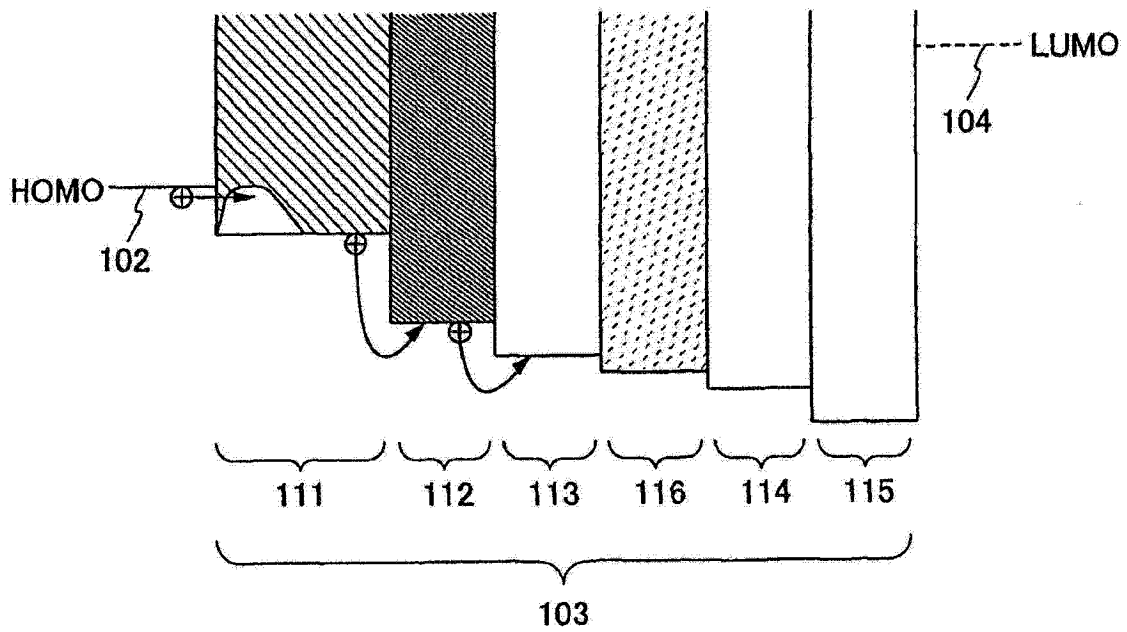


图 4

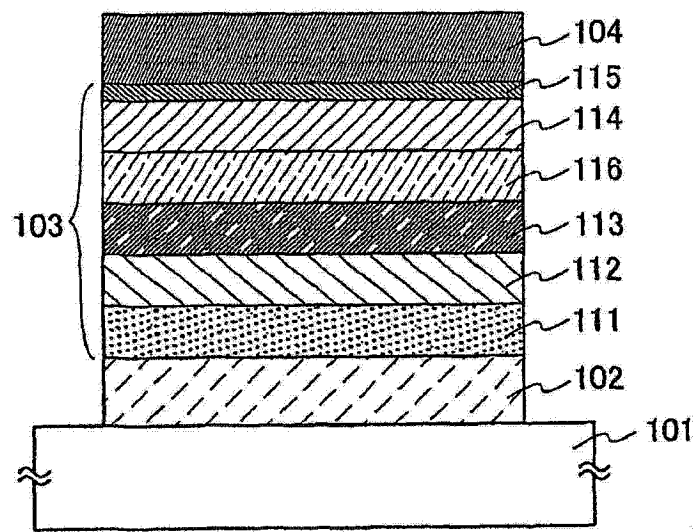


图 5A

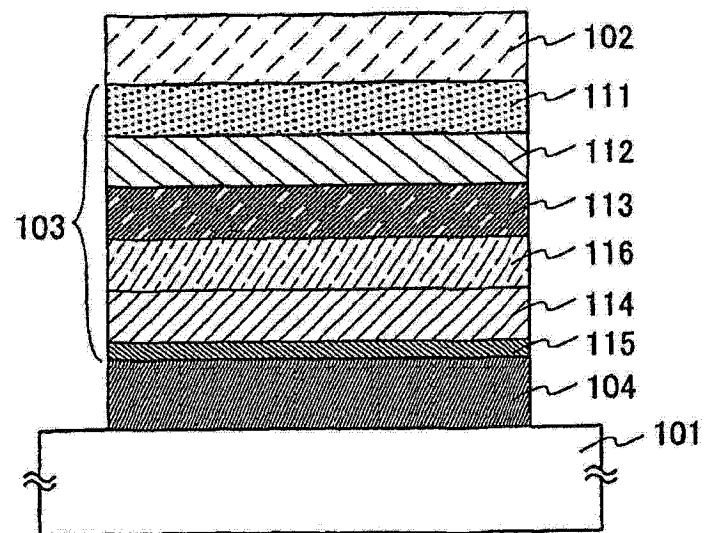


图 5B

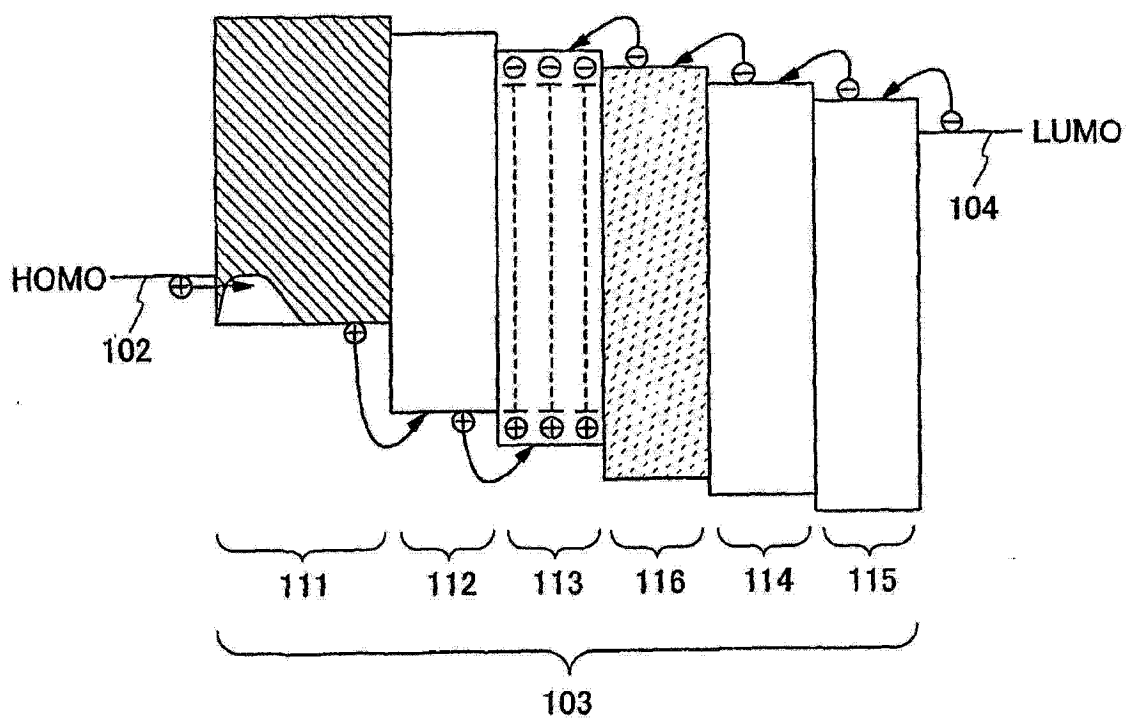


图 6A

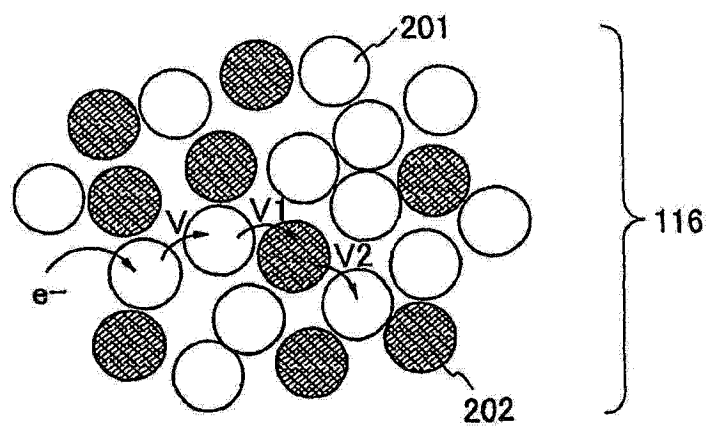


图 6B

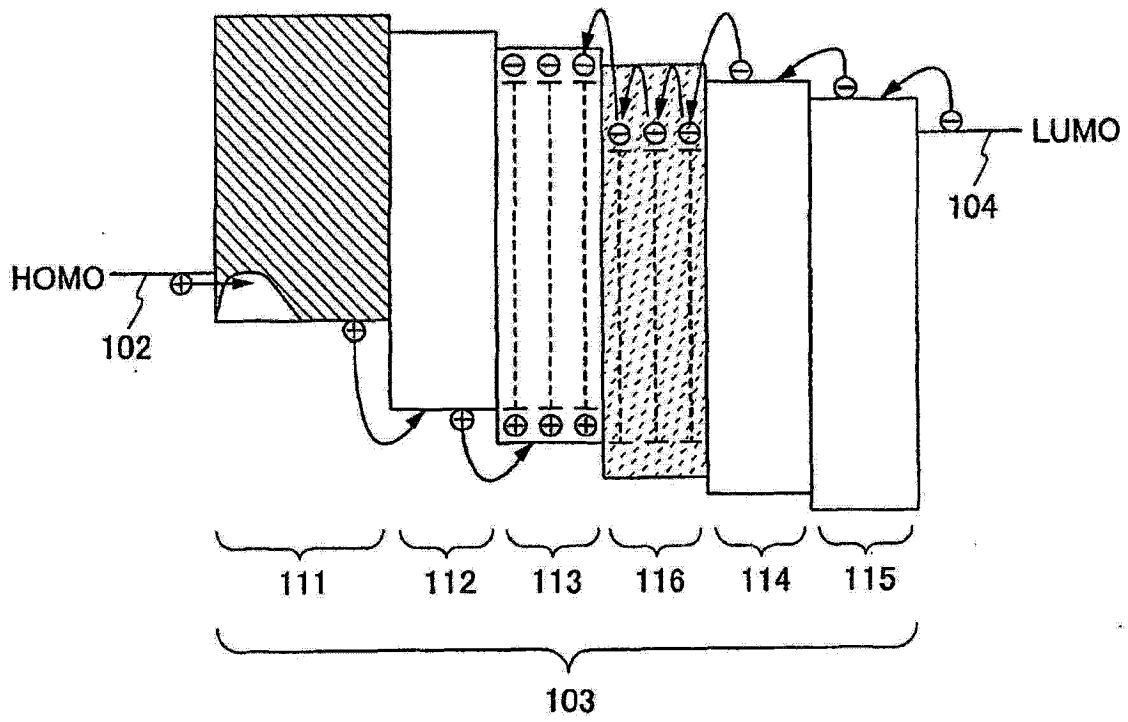


图 7

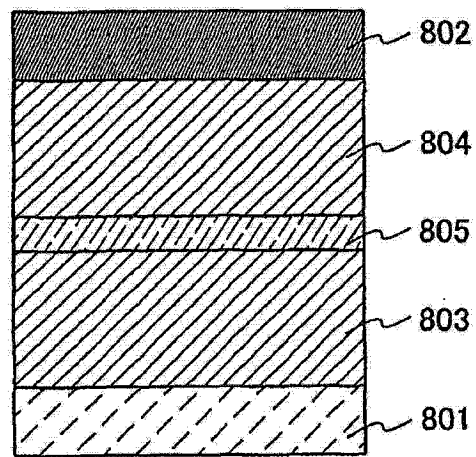


图 8

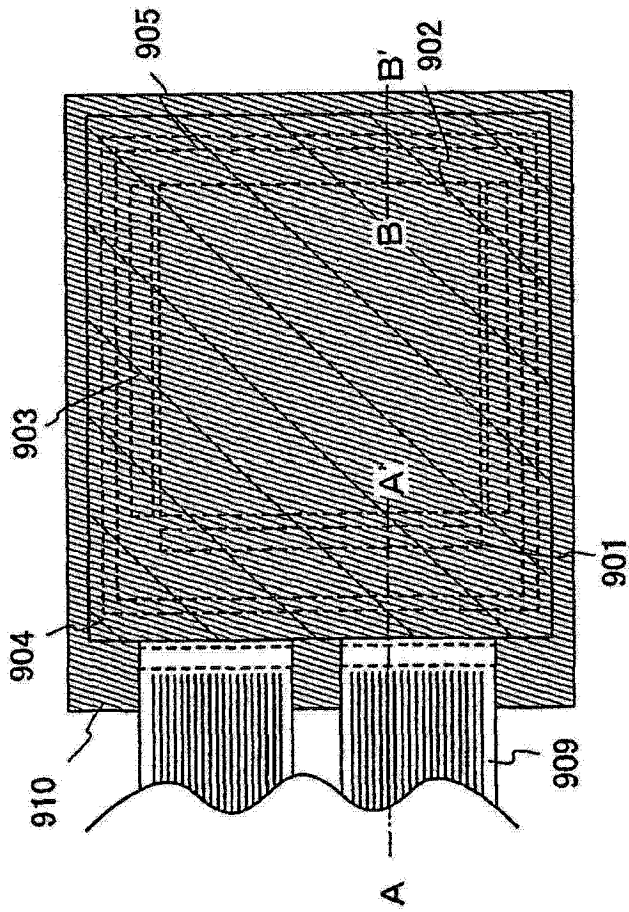


图 9A

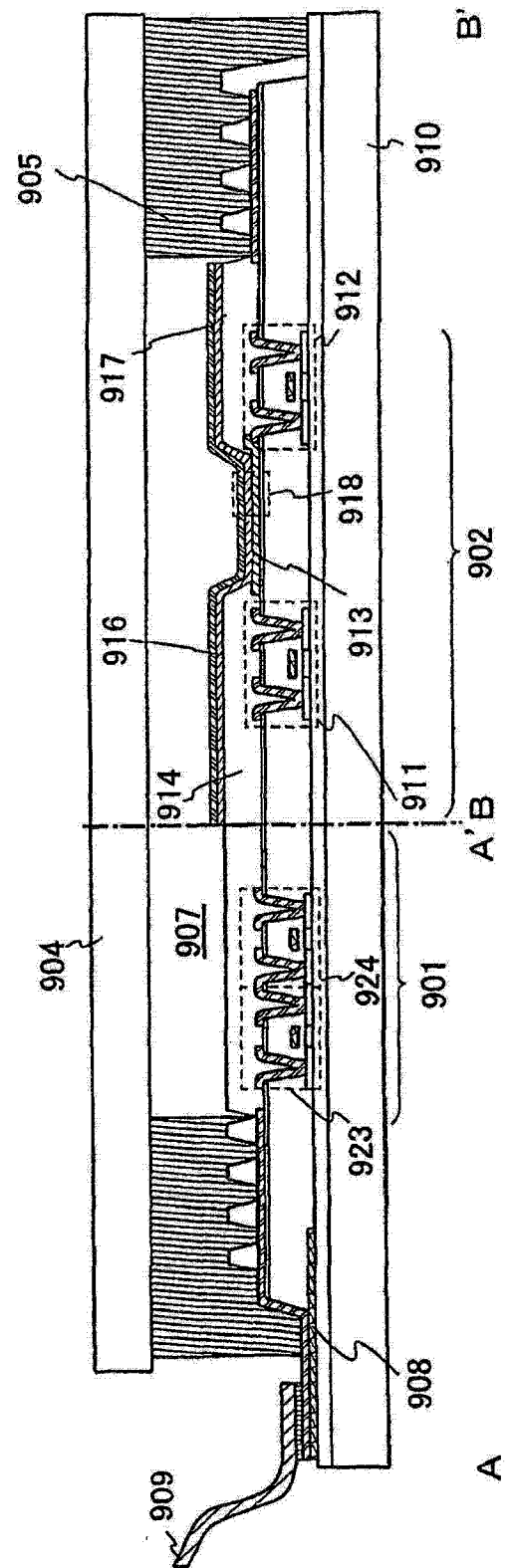


图 9B

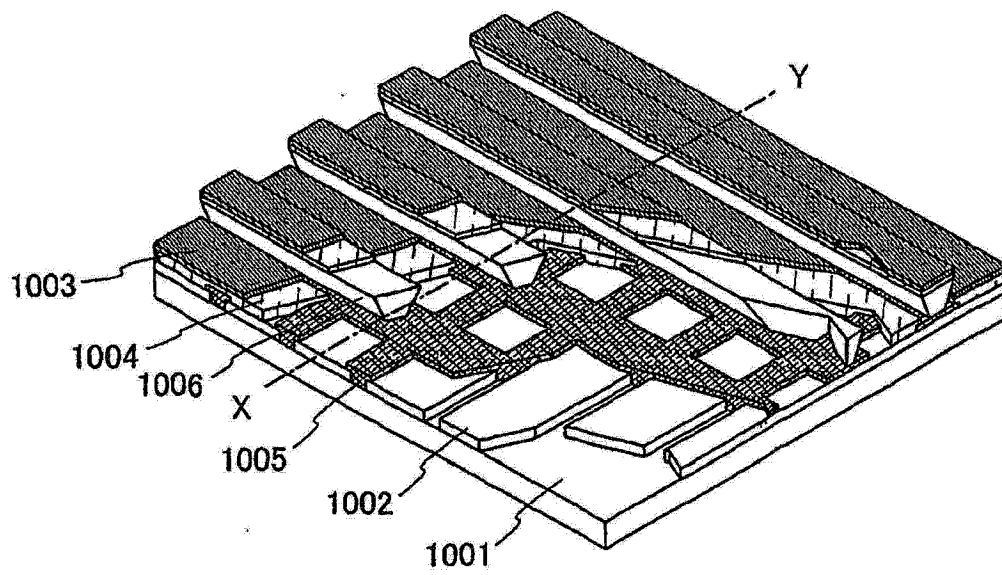


图 10A

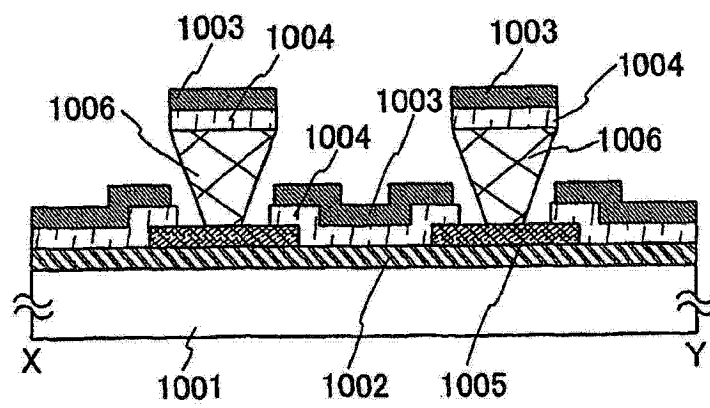


图 10B

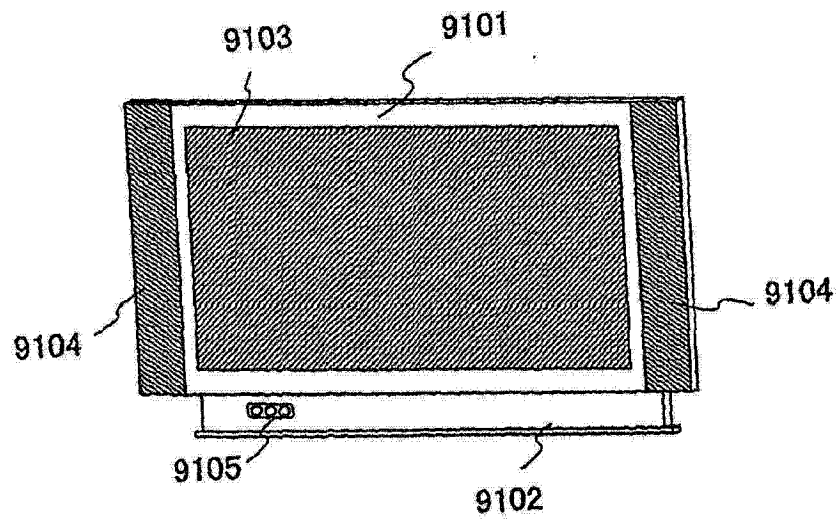


图 11A

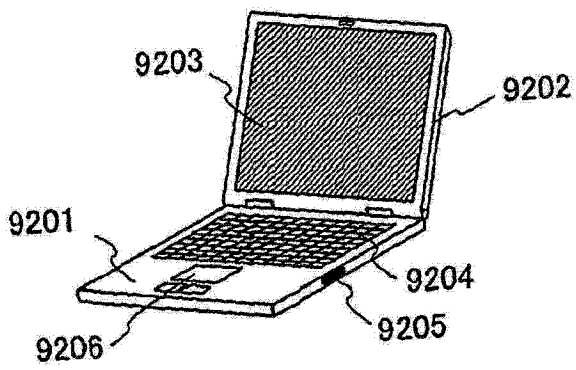


图 11B

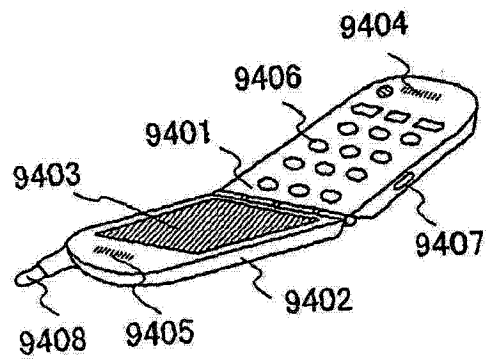


图 11C

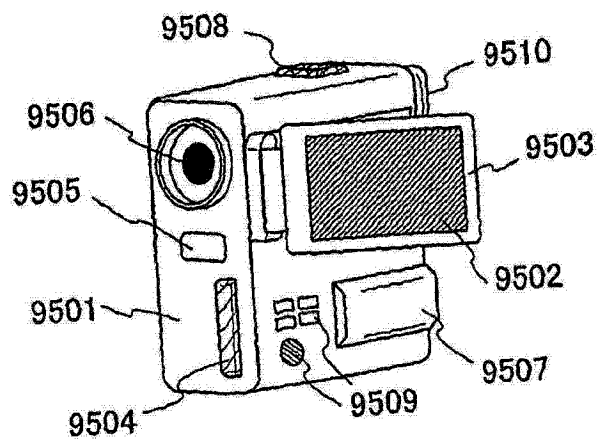


图 11D

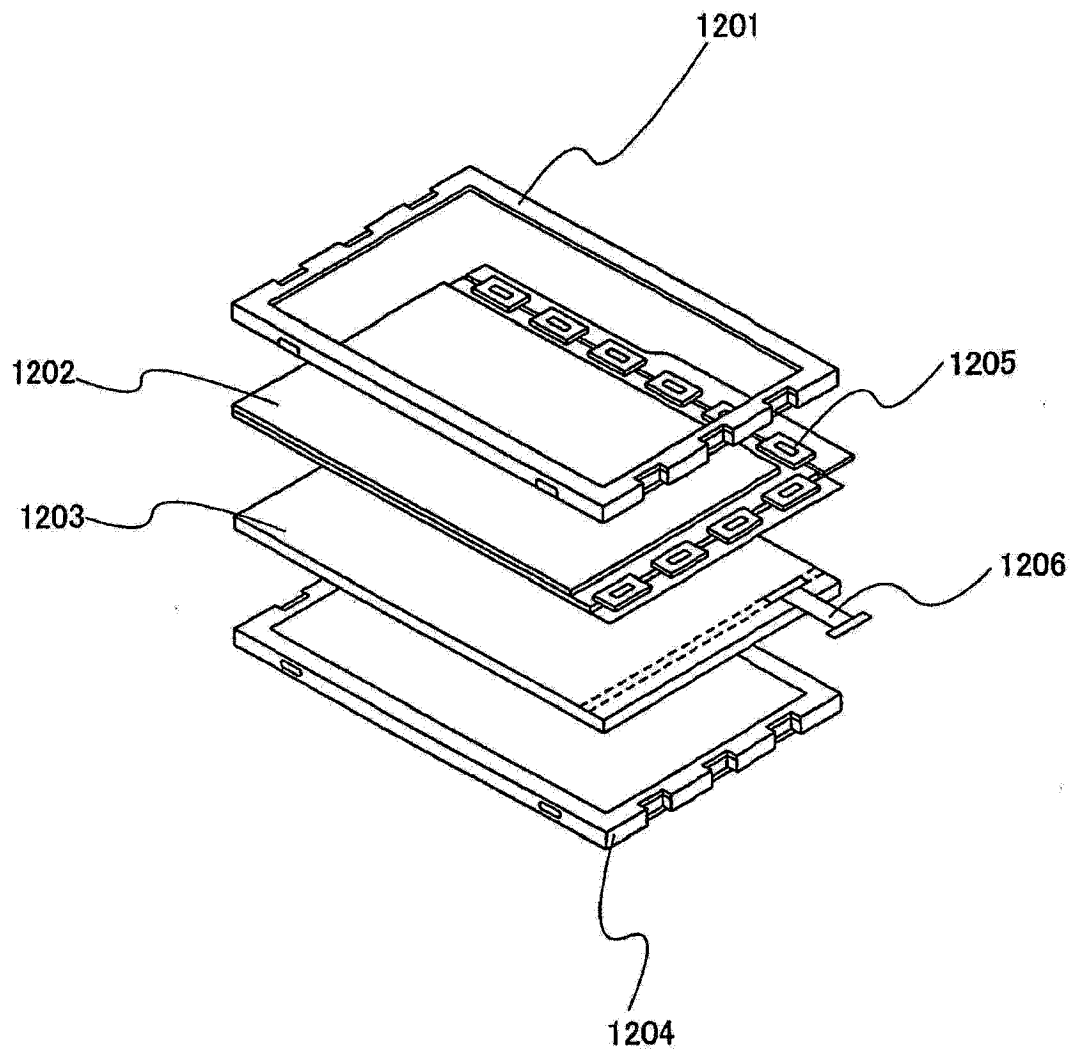


图 12

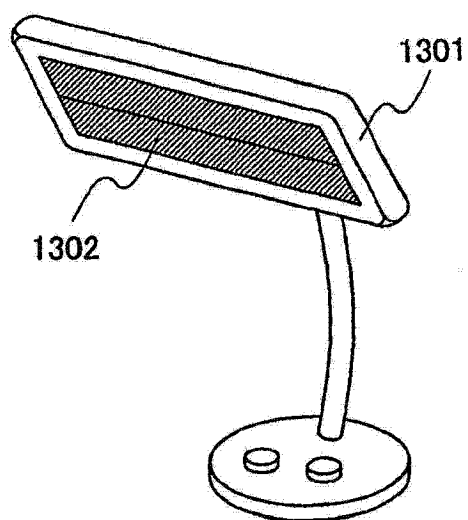


图 13

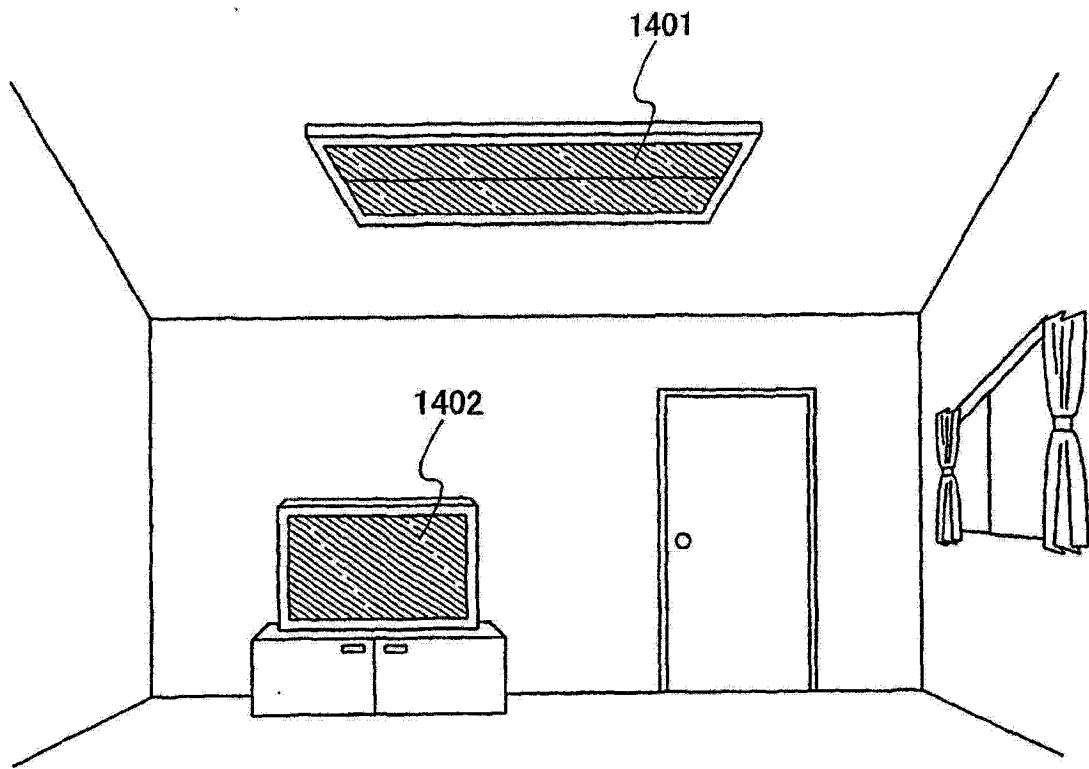


图 14

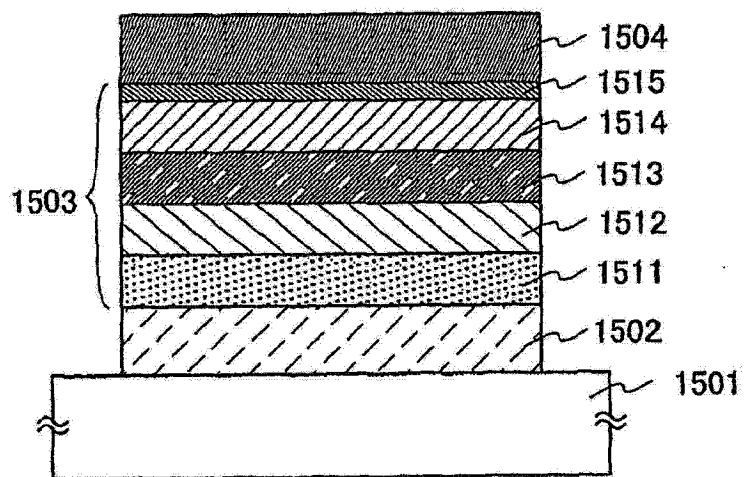


图 15

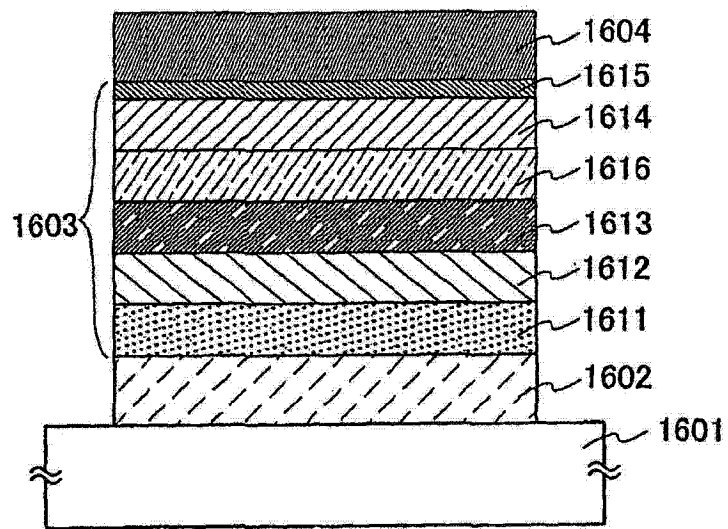


图 16A

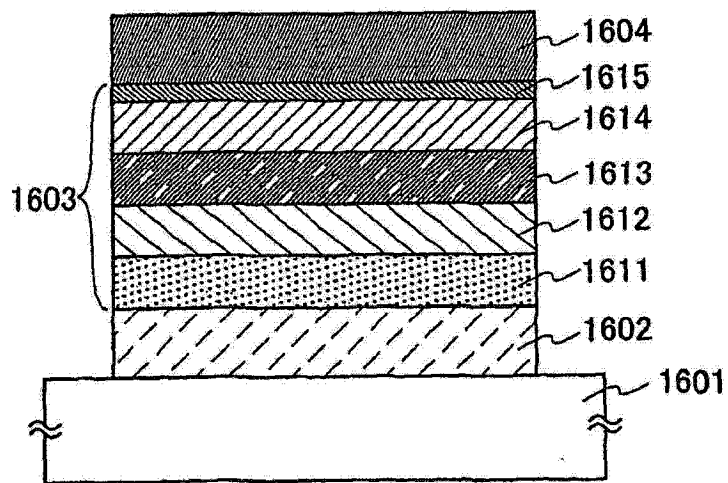


图 16B

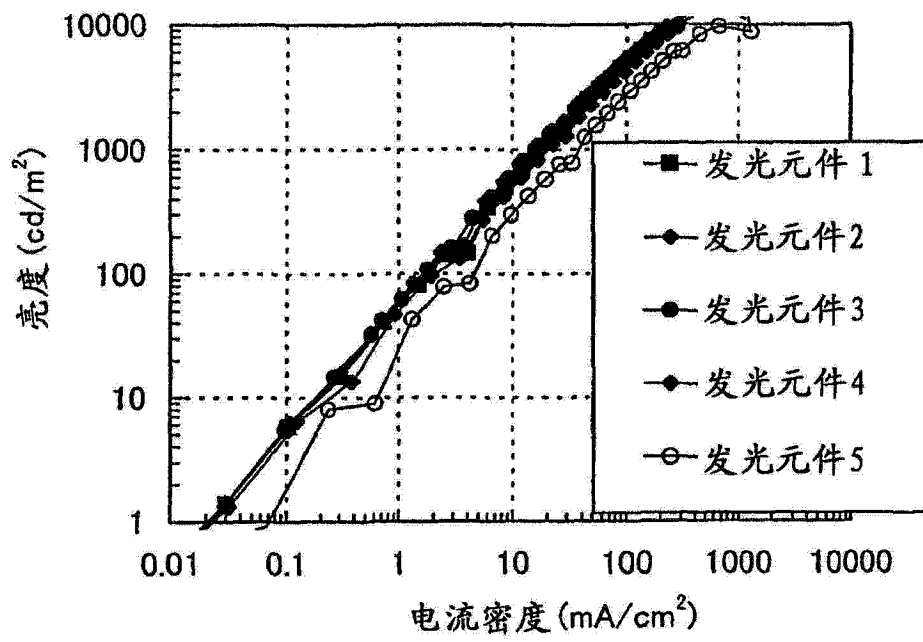


图 17

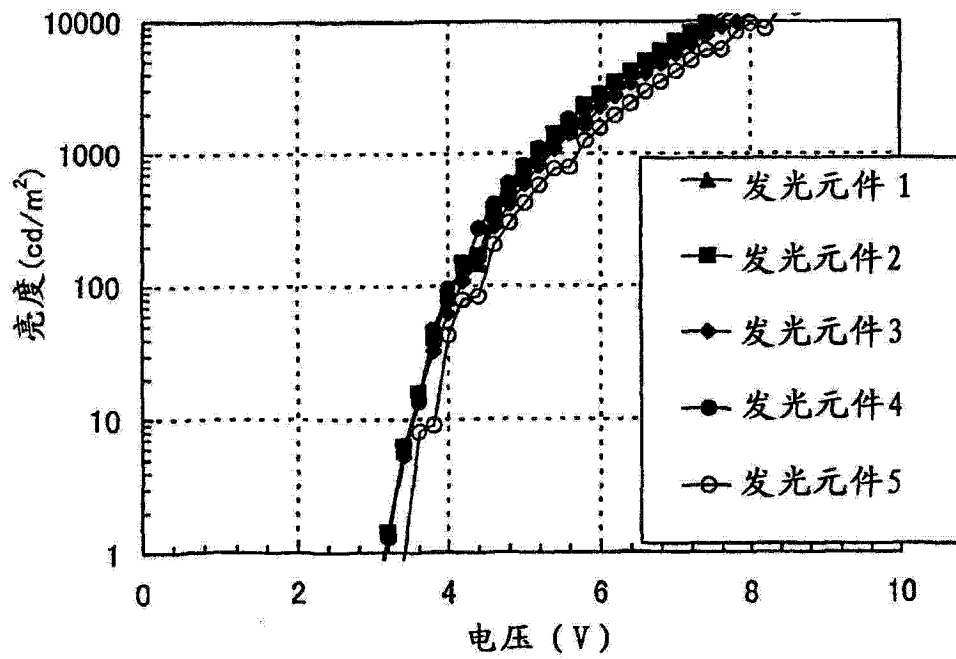


图 18

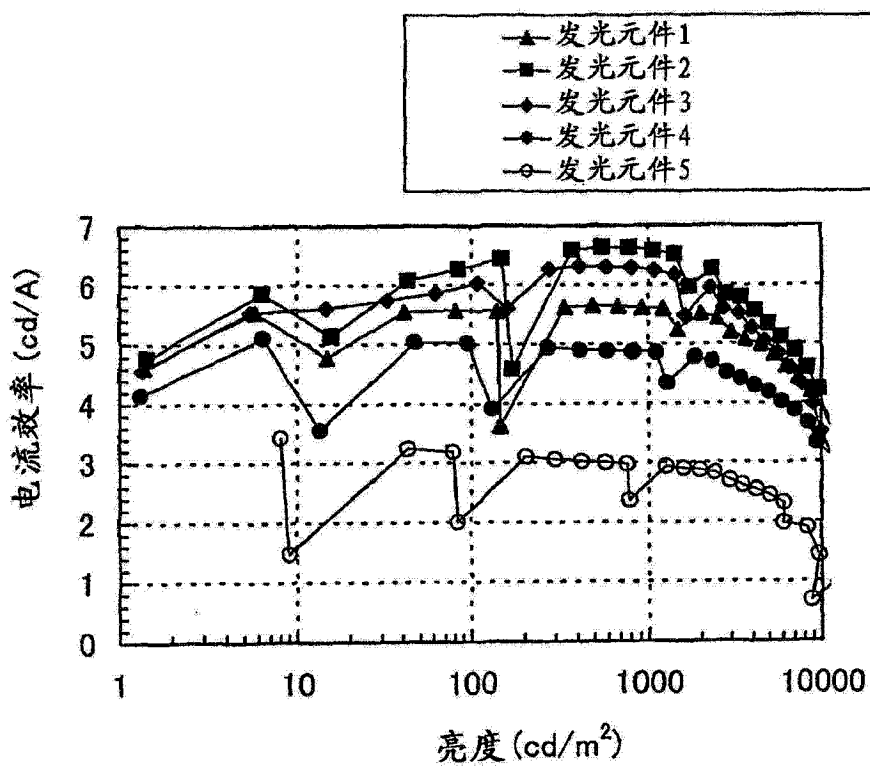


图 19

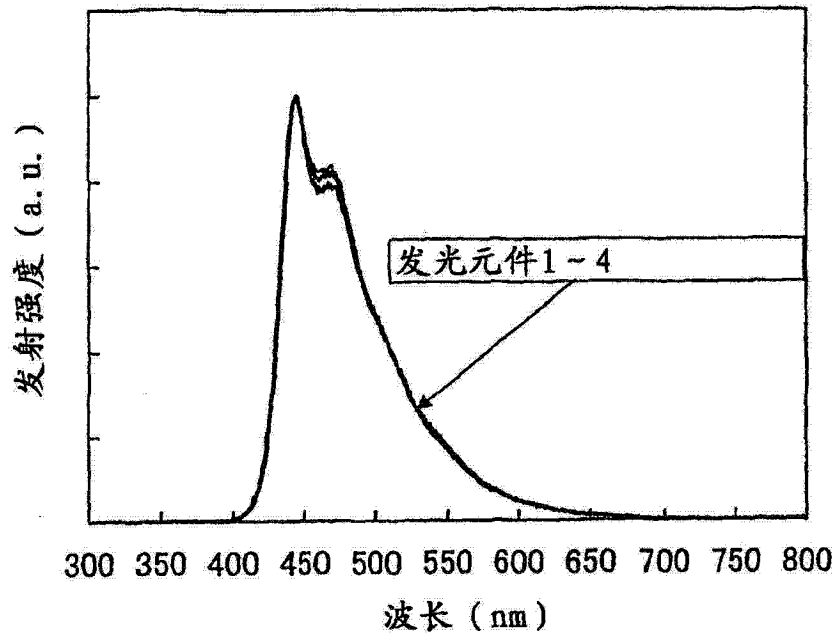


图 20

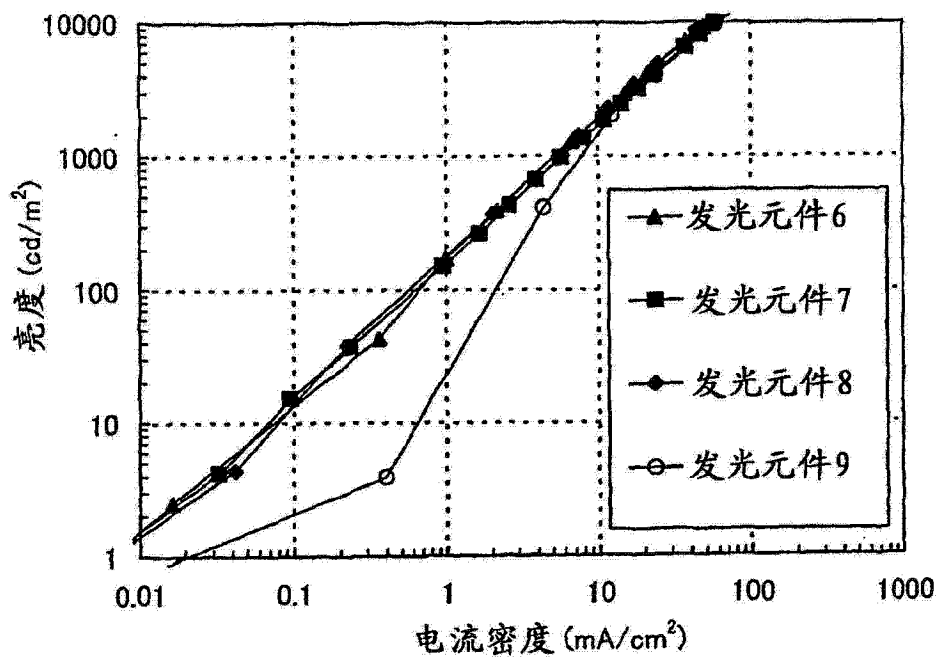


图 21

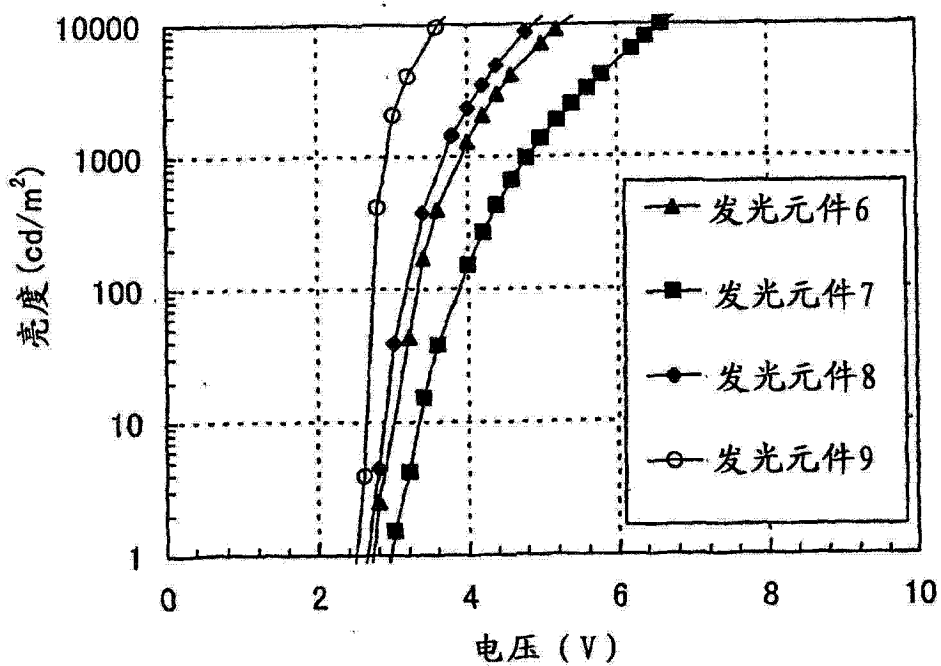


图 22

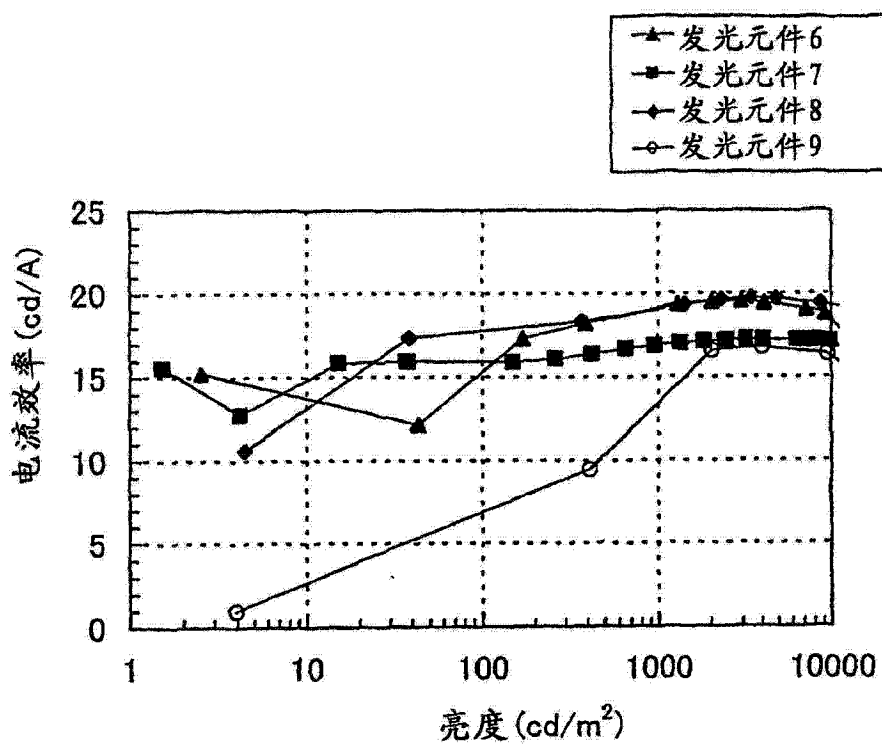


图 23

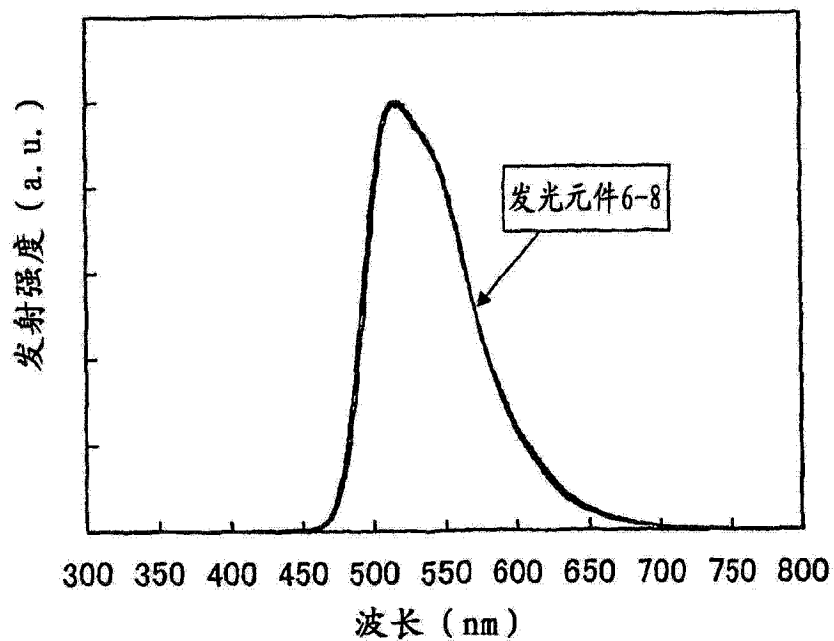


图 24

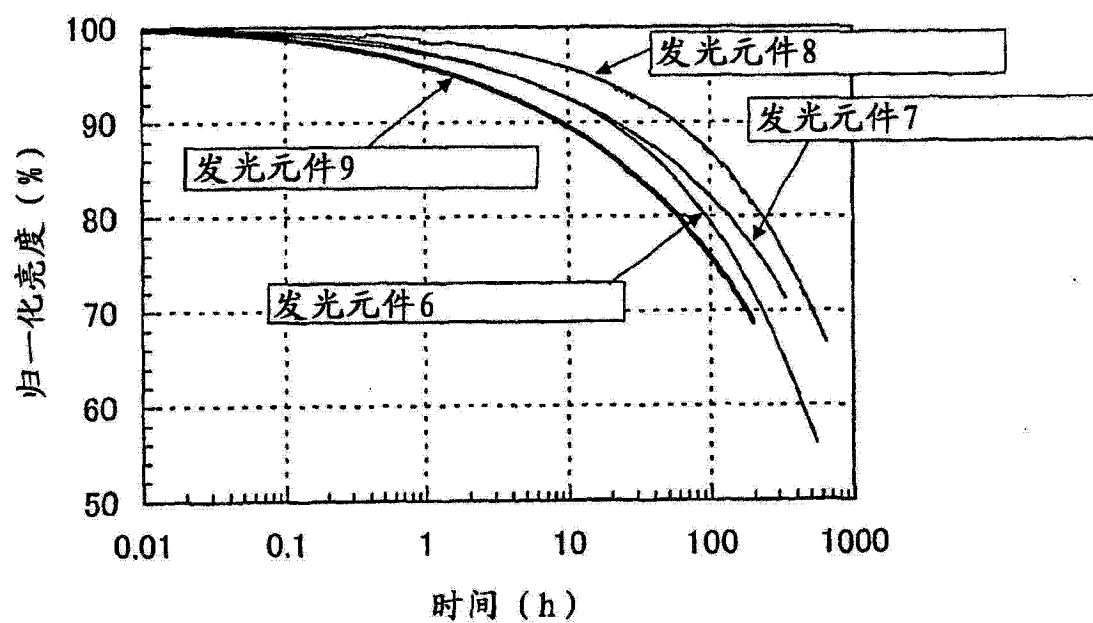


图 25

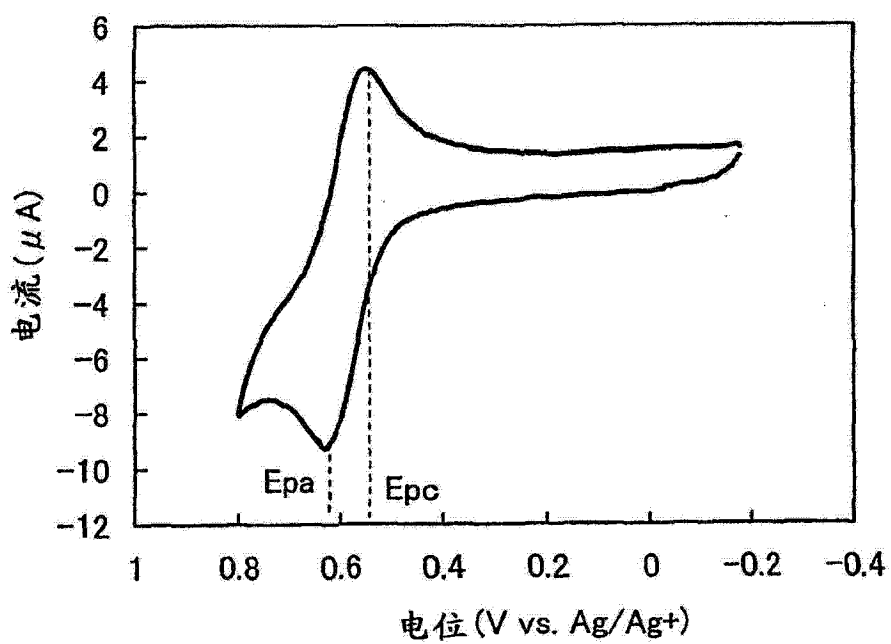


图 26

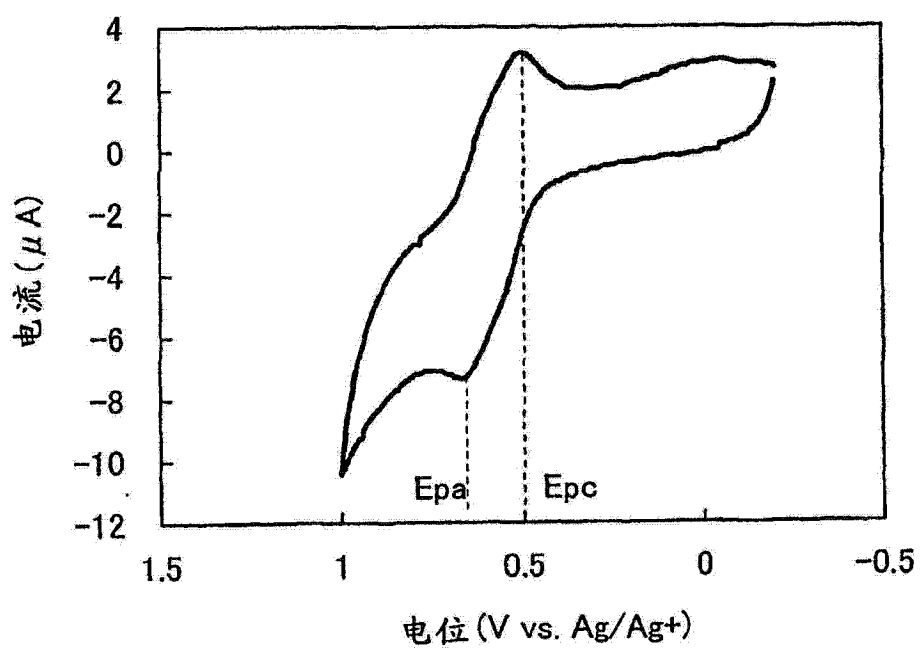


图 27

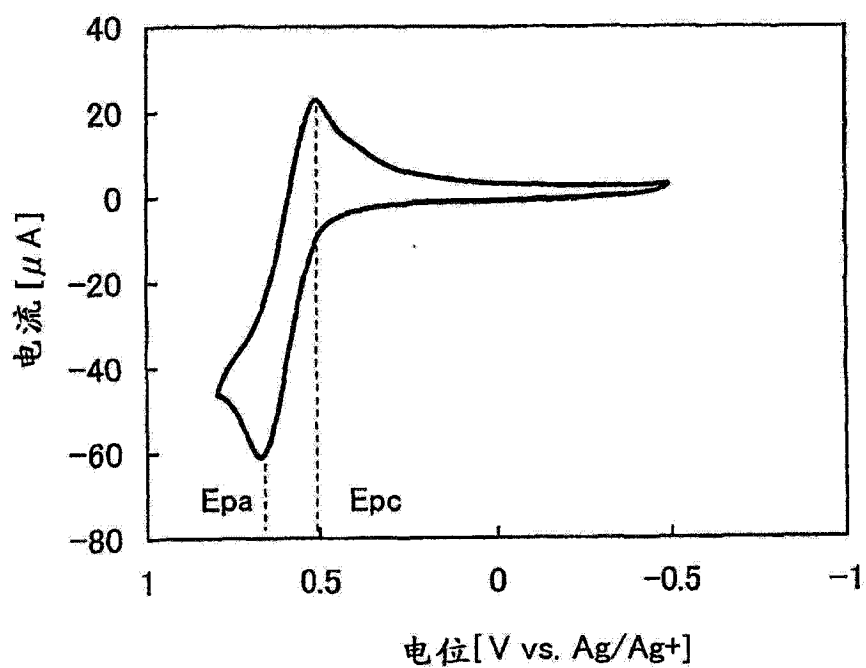


图 28

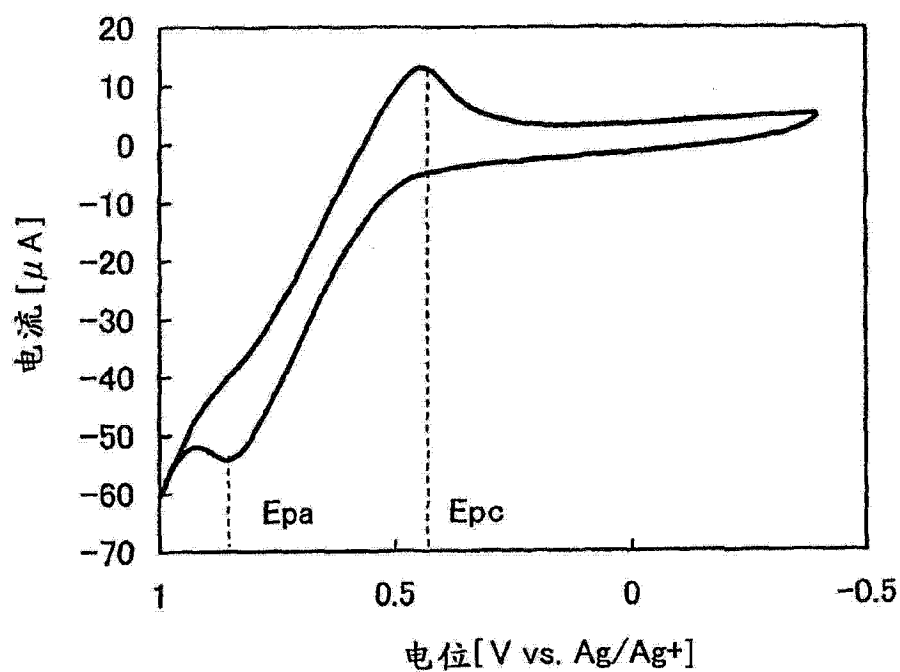


图 29

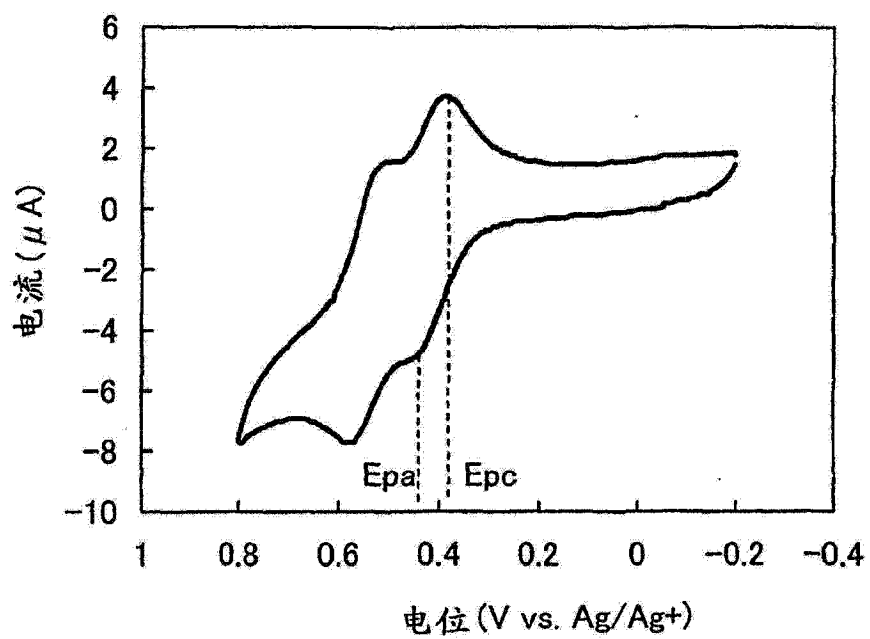


图 30

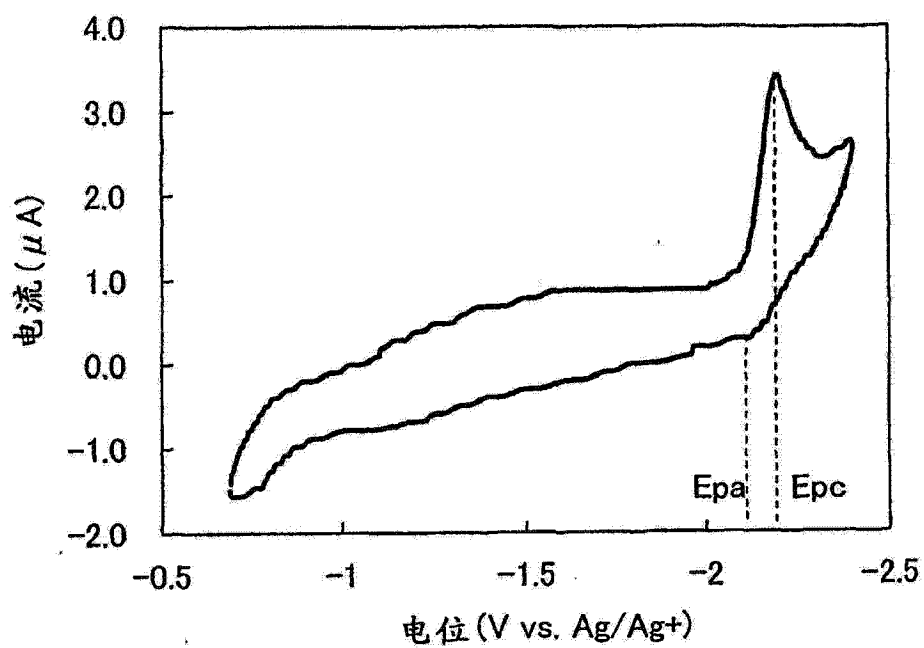


图 31

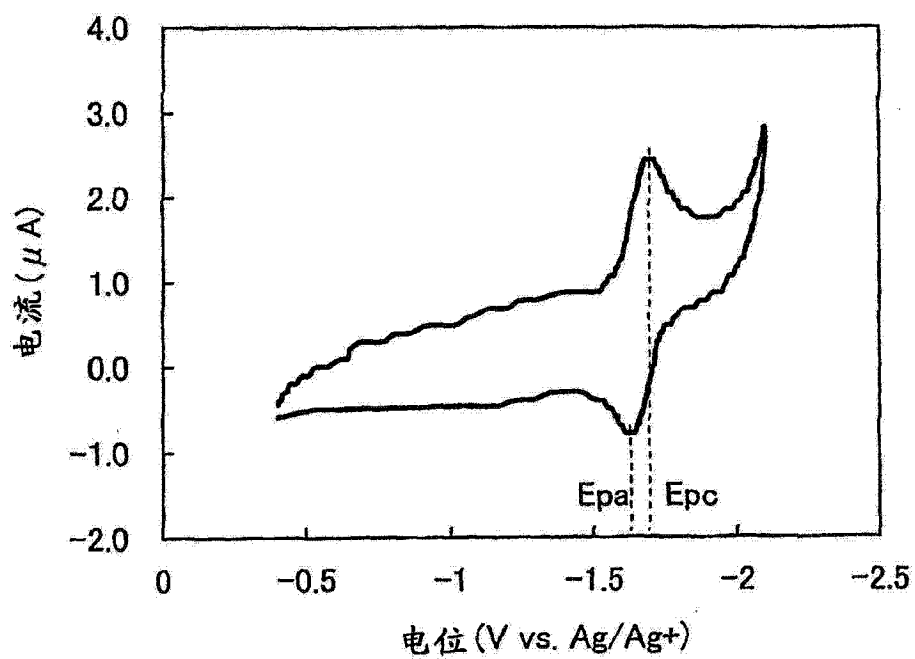


图 32

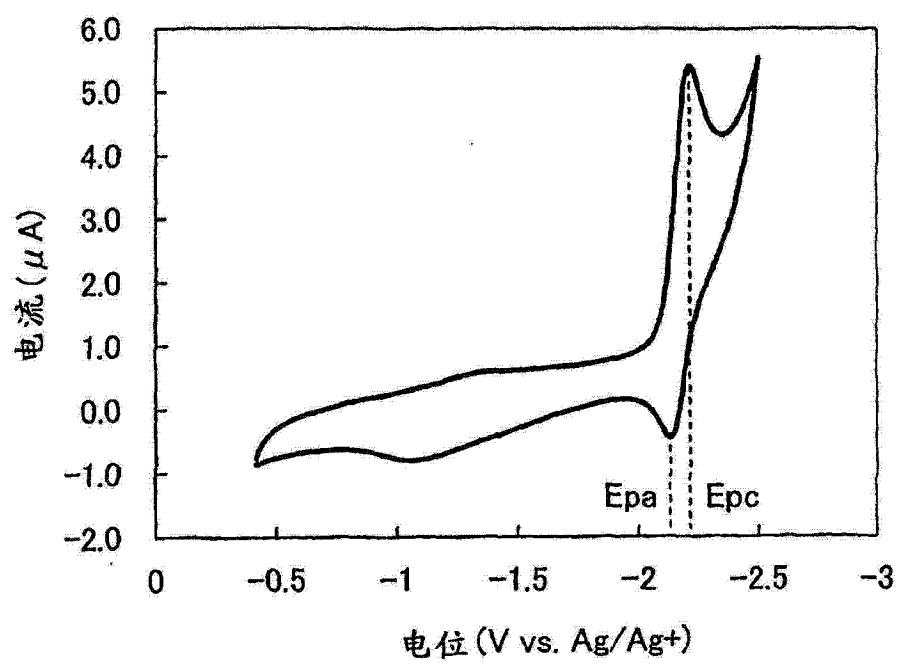


图 33