



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102227016 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 17

(21) 申请号 201110119787. X

CN 1744786 A, 2006. 03. 08,

(22) 申请日 2007. 06. 01

US 2003038287 A1, 2003. 02. 27,

(30) 优先权数据

审查员 刘颖洁

2006-155159 2006. 06. 02 JP

(62) 分案原申请数据

200710106525. 3 2007. 06. 01

(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 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 贾成功

(51) Int. Cl.

H01L 51/50 (2006. 01)

H01L 51/54 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1700829 A, 2005. 11. 23,

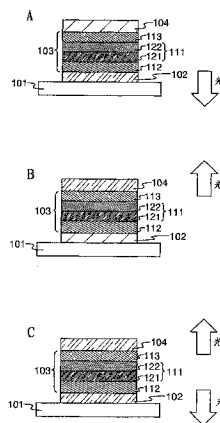
权利要求书2页 说明书20页 附图14页

(54) 发明名称

发光元件、发光器件以及电子器具

(57) 摘要

本发明的目的是提供一种使用寿命长的发光元件。此外,本发明的目的是提供一种使用寿命长的发光器件以及电子器具。本发明提供一种发光元件,包括:第一电极;第二电极;形成在第一电极和第二电极之间的第一层;以及形成在第一层和第二电极之间的第二层,其中,第一层含有发射第一光的第一有机化合物以及具有电子传输性的第二有机化合物,第二层包含发射第二光且具有电子俘获特性的第三有机化合物以及具有电子传输性的第四有机化合物。



1. 一种发光器件,包括:
第一电极;
所述第一电极上的第一发光层,所述第一发光层包含第一有机化合物和第二有机化合物;
在所述第一发光层上且与该第一发光层接触的第二发光层,所述第二发光层包含第三有机化合物和第四有机化合物;
在所述第二发光层上的电子传输层;以及
所述电子传输层上的第二电极,
其中所述第一有机化合物为发光材料,
其中所述第二有机化合物具有比空穴传输性高的电子传输性,
其中所述第三有机化合物具有比所述第四有机化合物的 LUMO 能级低的 LUMO 能级,并具有电子俘获特性,
其中所述第四有机化合物具有比空穴传输性高的电子传输性,以及
其中所述发光元件的发光只从所述第一有机化合物获得。
2. 根据权利要求 1 的发光器件,
其中所述第三有机化合物的 LUMO 能级比所述第四有机化合物的 LUMO 能级低 0.3eV 以上。
3. 根据权利要求 1 的发光器件,还包括所述第一电极和所述第一发光层之间的空穴传输层。
4. 根据权利要求 3 的发光器件,还包括所述第一电极和所述空穴传输层之间的空穴注入层。
5. 根据权利要求 4 的发光器件,
其中所述空穴注入层包括氧化钼、氧化钒、氧化钨、氧化钨或氧化锰。
6. 根据权利要求 4 的发光器件,
其中所述空穴注入层包括:
具有比电子传输性高的空穴传输性的有机化合物;以及
属于周期表第四至第八族的金属的氧化物。
7. 一种包括根据权利要求 1 的发光器件的照明装置。
8. 一种包括根据权利要求 1 的发光器件的电子器具。
9. 一种发光器件,包括:
第一电极;
所述第一电极上的第一发光单元;
所述第一发光单元上的电荷产生层,所述电荷产生层包括具有比电子传输性高的空穴传输性的有机化合物和属于周期表第四至第八族的金属的氧化物;
所述电荷产生层上的第二发光单元;以及
所述第二发光单元上的第二电极,
其中所述第一发光单元和所述第二发光单元中的至少一个包括:
包含第一有机化合物和第二有机化合物的第一发光层;
在所述第一发光层上且与该第一发光层接触的第二发光层,该第二发光层包括第三有

机化合物和第四有机化合物 ;以及

在所述第二发光层上的电子传输层,

其中所述第一有机化合物为发光材料,

其中所述第二有机化合物具有比空穴传输性高的电子传输性,

其中所述第三有机化合物具有比所述第四有机化合物的 LUMO 能级低的 LUMO 能级,并具有电子俘获特性,

其中所述第四有机化合物具有比空穴传输性高的电子传输性,以及

其中所述第一发光单元和所述第二发光单元中的所述至少一个的发光只从所述第一有机化合物获得。

10. 根据权利要求 9 的发光器件,

其中所述第三有机化合物的 LUMO 能级比所述第四有机化合物的 LUMO 能级低 0.3eV 以上。

11. 根据权利要求 9 的发光器件,

其中所述电荷产生层中的所述氧化物选自氧化钒、氧化钼或氧化钨。

12. 根据权利要求 9 的发光器件,

其中所述电荷产生层中的所述氧化物为氧化钼。

13. 根据权利要求 9 的发光器件,

其中所述第一发光单元的发光颜色和所述第二发光单元的发光颜色处于补色的关系。

14. 根据权利要求 9 的发光器件,

其中所述电荷产生层还包括 :含有具有比空穴传输性高的电子传输性的化合物以及具有电子供给性的化合物的层。

15. 一种包括根据权利要求 9 的发光器件的照明装置。

16. 一种包括根据权利要求 9 的发光器件的电子器具。

发光元件、发光器件以及电子器具

[0001] 本申请是申请日为 2007 年 6 月 1 日、申请号为 200710106525.3、名称为“发光元件、发光器件以及电子器具”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种电流激发型发光元件。而且，本发明还涉及包括发光元件的发光器件和电子器具。更详细地说，本发明涉及一种具有高颜色纯度和长使用寿命的发光器件。而且，本发明还涉及一种具有高颜色纯度和长使用寿命的发光器件以及电子器具。

背景技术

[0003] 近年来，对于利用电致发光 (Electroluminescence) 的发光元件的研究开发热火朝天。这种发光元件的基本结构是在一对电极之间夹着含有发光物质的层。通过对该元件施加电压，可以获得来自发光物质的发光。

[0004] 这种自发光型的发光元件具有如下优点：其像素的可见度高于液晶显示器并且不需要背光等。由此，被认为适合用作平板显示元件。此外，这种发光元件的重要优点是能够制造成薄型且轻量。而且，超快应答速度也是其特征之一。

[0005] 进而，这种自发光型的发光元件可以形成膜状，所以可以通过形成大面积的元件，容易获得面发光。当使用以白热灯泡或 LED 为典型的点光源或以荧光灯为典型的线光源时，该特征是很难获得的，因而，作为能够应用于照明等的面光源的利用价值也很高。

[0006] 利用电致发光的发光元件可以根据发光物质是有机化合物还是无机化合物而被大致分类。在本发明中，使用有机化合物作为发光物质。

[0007] 在此情况下，通过对发光元件施加电压，使来自一对电极的电子和空穴分别注入到包含发光有机化合物的层中，由此电流流通了。然后，这些载流子（电子和空穴）复合引起该发光有机化合物形成激发态，并且从激发态回到基态时发光。由于这样的机理，这样的发光元件被称为电流激发型发光元件。

[0008] 注意，有机化合物所形成的激发态可以是单重激发态或三重激发态。从单重激发态发射的光被称为荧光，并且从三重激发态发射的光被称为磷光。

[0009] 对于这种发光元件，在改善元件特性方面存在依赖于材料的许多问题，为了克服这些问题，进行元件结构的改进、材料的开发等。

[0010] 例如，在专利文件 1 中公开了，通过采用双层发光层并掺杂不同颜色类型的多种荧光物质来确保颜色稳定性且实现长使用寿命的有机 EL 元件。然而，由于在专利文件 1 中掺杂了不同颜色类型的多种荧光物质，所以虽然可获得颜色稳定性好的白色发光，但不能获得颜色纯度高的发光。

[0011] 另外，使用发光有机化合物的发光元件能够以比发光无机化合物的发光元件更低电压进行驱动，但也有元件的使用寿命短的问题。因此，具有更长使用寿命的发光元件被期待。

[0012] 专利文件 1 日本专利申请公开 2000-68057

发明内容

[0013] 由此,本发明的目的是提供一种在使用有机化合物作为发光物质时具有高颜色纯度和长使用寿命的发光元件。另外,本发明的目的是提供一种具有高颜色纯度和长使用寿命的发光器件以及电子器具。

[0014] 经过艰苦的研究之后,本发明人发现,通过在发光层的中心附近形成发光层,可以解决上述问题。也就是说,本发明人发现,在两个电极之间有空穴传输层和电子传输层的情况下,通过不在发光层与空穴传输层之间的界面或发光层与电子传输层之间的界面而在发光层的中心附近形成发光区域,能够解决上述问题。另外,本发明人发现,在没有空穴传输层和电子传输层的情况下,也通过不在两个电极和发光层之间的界面而在发光层的中心附近形成发光区域,能够解决上述问题。本发明是根据上述发现而开发的,而且,本发明的发光元件包括多种模式类型。

[0015] 因此,本发明的第一模式包括:在第一电极和第二电极之间的发光层,其中,所述发光层包括第一层和第二层,所述第一层含有第一有机化合物和第二有机化合物,所述第二层含有第三有机化合物和第四有机化合物,所述第一层设在所述第二层的第一电极一侧,所述第二有机化合物具有电子传输性,所述第三有机化合物具有电子俘获特性,所述第四有机化合物具有电子传输性,所述第一有机化合物的发光颜色和所述第三有机化合物的发光颜色是同类颜色,通过使所述第一电极的电位高于所述第二电极的电位地对所述第一电极和所述第二电极施加电压,来获得来自所述第一有机化合物的发光。

[0016] 此外,本发明的第二模式包括:在第一电极和第二电极之间的发光层,其中,所述发光层包括第一层和第二层,所述第一层含有第一有机化合物和第二有机化合物,所述第二层含有第三有机化合物和第四有机化合物,所述第一层设在所述第二层的第一电极一侧,所述第二有机化合物具有电子传输性,所述第三有机化合物具有比第四有机化合物的最低空分子轨道(Lowest Unoccupied Molecular Orbital, LUMO)能级低0.3eV以上的最低空分子轨道能级,所述第四有机化合物具有电子传输性,所述第一有机化合物的发光颜色和所述第三有机化合物的发光颜色是同类颜色,通过使所述第一电极的电位高于所述第二电极的电位地对所述第一电极和所述第二电极施加电压,来获得来自所述第一有机化合物的发光。

[0017] 此外,本发明的第三模式包括:在第一电极和第二电极之间的发光层,其中,所述发光层包括第一层和第二层,所述第一层含有第一有机化合物和第二有机化合物,所述第二层含有第三有机化合物和第四有机化合物,所述第一层设在所述第二层的第一电极一侧,所述第二有机化合物具有电子传输性,所述第三有机化合物具有比第四有机化合物的最低空分子轨道能级低0.3eV以上的最低空分子轨道能级,所述第四有机化合物具有电子传输性,所述第一有机化合物的发光光谱的峰值和所述第三有机化合物的发光光谱的峰值之间的差为0nm以上30nm以下,通过使所述第一电极的电位高于所述第二电极的电位地对所述第一电极和所述第二电极施加电压,来获得来自所述第一有机化合物的发光。

[0018] 此外,本发明的第四模式包括:在第一电极和第二电极之间的电子传输层和空穴传输层;在所述电子传输层和所述空穴传输层之间的第一层和第二层,其中,所述第一层含有第一有机化合物和第二有机化合物,所述第二层含有第三有机化合物和第四有机化合

物,所述第一层设在所述第二层的第一电极一侧,所述第二有机化合物具有电子传输性,所述第三有机化合物具有电子俘获特性,所述第四有机化合物具有电子传输性,所述第一有机化合物的发光颜色和所述第三有机化合物的发光颜色是同类颜色,通过使所述第一电极的电位高于所述第二电极的电位地对所述第一电极和所述第二电极施加电压,来获得来自所述第一有机化合物的发光。

[0019] 此外,本发明的第五模式包括:在第一电极和第二电极之间的电子传输层和空穴传输层;在所述电子传输层和所述空穴传输层之间的第一层和第二层,其中,所述第一层含有第一有机化合物和第二有机化合物,所述第二层含有第三有机化合物和第四有机化合物,所述第一层设在所述第二层的第一电极一侧,所述第二有机化合物具有电子传输性,所述第三有机化合物具有比第四有机化合物的最低空分子轨道能级低 0.3eV 以上的最低空分子轨道能级,所述第四有机化合物具有电子传输性,所述第一有机化合物的发光颜色和所述第三有机化合物的发光颜色是同类颜色,通过使所述第一电极的电位高于所述第二电极的电位地对所述第一电极和所述第二电极施加电压,来获得来自所述第一有机化合物的发光。

[0020] 此外,本发明的第六模式包括:在第一电极和第二电极之间的电子传输层和空穴传输层;在所述电子传输层和所述空穴传输层之间的第一层和第二层,其中,所述第一层含有第一有机化合物和第二有机化合物,所述第二层含有第三有机化合物和第四有机化合物,所述第一层设在所述第二层的第一电极一侧,所述第二有机化合物具有电子传输性,所述第三有机化合物具有比第四有机化合物的最低空分子轨道能级低 0.3eV 以上的最低空分子轨道能级,所述第四有机化合物具有电子传输性,所述第一有机化合物的发光光谱的峰值和所述第三有机化合物的发光光谱的峰值之间的差为 0nm 以上 30nm 以下,通过使所述第一电极的电位高于所述第二电极的电位地对所述第一电极和所述第二电极施加电压,来获得来自所述第一有机化合物的发光。

[0021] 优选的是,在上述多种发光元件的模式中将第一层和第二层彼此接触地设置。

[0022] 此外,本发明在其范围内也包括具有上述发光元件的发光器件。在本说明书中的发光器件包括图像显示装置、发光装置或光源(包括照明器件)等。此外,发光器件还包括如下所有的模块:在形成有发光元件的面板上安装有例如 FPC(柔性印刷电路)、TAB(带式自动键合)带或 TCP(载带封装)的连接器的模块;在 TAB 带或 TCP 端部上提供有印刷线路板的模块;或通过 COG(玻板基芯片)方式将 IC(集成电路)直接安装在发光元件上的模块等。而且,本发明的发光器件包括具有控制其自身的发光的控制单元的发光元件。

[0023] 另外,本发明的范围还包括使用本发明的发光元件作为其显示部分的电子器具。而且,本发明的电子器具的特征是具有显示部分,该显示部分具有上述发光元件和控制发光元件的发光的控制装置。

[0024] 在本发明的发光元件中,不是在发光层与空穴传输层之间的界面或发光层与电子传输层之间的界面而是在发光层的中心附近形成有发光区域,因此,可以获得不容易退化且具有长使用寿命的发光元件。此外,在没有空穴传输层和电子传输层的情况下,也通过不在两个电极和发光层之间的界面而在发光层的中心附近形成发光区域,能够获得相同的效果。

[0025] 另外,在本发明的发光元件中,第一有机化合物的发光颜色和第三有机化合物的

发光颜色是同类颜色。所以,在不仅第一有机化合物发光,第三有机化合物也发光的情形中,也可以获取颜色纯度高的发光。

[0026] 而且,通过将本发明的发光元件应用于发光器件以及电子器具中,可以获得颜色纯度高且使用寿命长的发光器件以及电子器具。

附图说明

- [0027] 图 1A 至 C 是说明本发明的发光元件的图 ;
[0028] 图 2 是说明本发明的发光元件的图 ;
[0029] 图 3 是说明本发明的发光元件的图 ;
[0030] 图 4A 至 B 是说明本发明的发光器件的图 ;
[0031] 图 5 是说明本发明的发光器件的图 ;
[0032] 图 6A 至 D 是说明本发明的电子器具的图 ;
[0033] 图 7 是说明本发明的电子器具的图 ;
[0034] 图 8 是说明本发明的照明器件的图 ;
[0035] 图 9 是说明本发明的照明器件的图 ;
[0036] 图 10 是说明实施例的发光元件的图 ;
[0037] 图 11 是表示在实施例 1 中制造的发光元件的电流密度 - 亮度特性的图 ;
[0038] 图 12 是表示在实施例 1 中制造的发光元件的电压 - 亮度特性的图 ;
[0039] 图 13 是表示在实施例 1 中制造的发光元件的亮度 - 电流效率特性的图 ;
[0040] 图 14 是表示在实施例 1 中制造的发光元件的发光光谱的图 ;
[0041] 图 15 是表示在实施例 2 中制造的发光元件的电流密度 - 亮度特性的图 ;
[0042] 图 16 是表示在实施例 2 中制造的发光元件的电压 - 亮度特性的图 ;
[0043] 图 17 是表示在实施例 2 中制造的发光元件的亮度 - 电流效率特性的图 ;
[0044] 图 18 是表示在实施例 2 中制造的发光元件的发光光谱的图 ;
[0045] 图 19 是表示 Alq 的还原反应特性的图 ;
[0046] 图 20 是表示 DPQd 的还原反应特性的图 ;
[0047] 图 21 是说明本发明的发光元件的图。

具体实施方式

[0048] 下面,关于本发明的实施方式将参照附图给予详细说明。但是,本发明不局限于以下说明的内容,其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围内可以被变换为各种各样的形式。因此,本发明不应该被解释为限定在以下所述的实施方式所记载的内容中。

[0049] 注意,在本说明书中,复合不仅是指混合多种材料,而且包括通过混合多种材料而成为能够在材料之间授受电荷的状态。

[0050] 实施方式 1

[0051] 下面参考图 1A 描述本发明的发光元件的一个模式。

[0052] 本发明的发光元件包括在一对电极之间的多个层。通过组合由具有高载流子注入性的物质制成的层和由具有高载流子传输性的物质制成的层而层叠该多个层,以便远离电极形成发光区域,也就是,以便载流子在远离电极的部分复合。

[0053] 在本实施方式中,发光元件包括第一电极 102、第二电极 104 以及设在它们之间的 EL 层 103。注意,在下面的本实施方式中,对于第一电极 102 用作阳极,而第二电极 104 用作阴极的情况进行说明。换言之,使第一电极 102 的电位高于第二电极 104 的电位地将电压施加到第一电极 102 和第二电极 104 来获得发光。

[0054] 使用衬底 101 作为发光元件的支撑体。衬底 101 可以使用例如玻璃、塑料等。另外,只要在发光元件的制造步骤中能用作支撑体,就也可以使用其它材料。

[0055] 作为第一电极 102,优选使用具有高功函数(具体地,4.0eV 或更高)的金属、合金、导电化合物、这些材料的混合物等。具体地,可以使用例如氧化铟-氧化锡(ITO:氧化铟锡)、含硅或含氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌(IZO:氧化铟锌)、含氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO)等。这些导电金属氧化膜通常通过溅射形成,然而应用溶胶-凝胶法等而制作也没有问题。例如,可以利用将 1 到 20wt% 的氧化锌加入到氧化铟中的靶通过溅射法来形成氧化铟-氧化锌(IZO)。另外,可以利用包含有 0.5 到 5wt% 的氧化钨和 0.1 到 1wt% 的氧化锌的氧化铟的靶,通过溅射法来形成含有氧化钨和氧化锌的氧化铟(IWZO)。另外,也可以使用金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、金属材料的氮化物(例如氮化钛)等。

[0056] EL 层 103 的层的叠层结构没有特别限制。可以通过适当地组合由具有高电子传输性的物质、具有高空穴传输性的物质、具有高电子注入性的物质、具有高空穴注入性的物质、具有双极性的物质(具有高电子传输性和高空穴传输性的物质)等制成的层和本实施方式所示的发光层来构成 EL 层 103。例如,可以通过适当地组合空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层和电子注入层等而构成 EL 层 103。下面具体描述构成各个层的材料。在图 1 中示出作为一个例子的依次层叠第一电极 102、空穴传输层 112、发光层 111、高电子传输层 113、第二电极 104 的结构。

[0057] 也可以在第一电极 102 和空穴传输层 112 之间设置空穴注入层。空穴注入层是包含具有高空穴注入性的物质的层。作为具有高空穴注入性的物质,可以使用氧化钼、氧化钒、氧化钨、氧化钨、氧化钨、氧化钨等。此外,也可以使用诸如酞菁(缩写:H₂Pc)和铜酞菁(CuPc)的酞菁基化合物或诸如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)的高分子等来形成空穴注入层。

[0058] 另外,作为空穴注入层,可以使用包含受体物质的具有高空穴传输性的材料的复合材料。注意,通过使用包含受体物质的具有高空穴传输性的材料,可以选择用于形成电极的材料而不用顾及电极的功函数。换句话说,除了具有高功函数的材料,也可使用具有低功函数的材料作为第一电极 102。作为受体物质,可举出 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌等。另外,可举出过渡金属氧化物。另外,可举出属于周期表第 4 至 8 族的金属的氧化物。具体地,氧化钒,氧化铌,氧化钽,氧化铬,氧化钼,氧化钨,氧化钨,氧化钨,和氧化铯是优选的,因为其电子接受性高。其中,氧化钼是尤其优选的,因为它在空气中稳定并且其吸湿性能低,这就使得它可被容易处理。

[0059] 作为用于复合材料的具有高空穴传输性的物质,可以使用各种化合物,例如芳族胺化合物、咪唑衍生物、芳烃和聚合物化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合体等)。具体地,优选使用具有 10⁻⁶cm²/Vs 或更高的空穴迁移率的物质。然而,只要其空穴传输性高于其电子传输性,还可以使用除这些之外的物质。下面具体示出了可用于复合材料的具有高空穴

传输性的有机化合物。

[0060] 例如,作为芳族胺化合物,可以举出:N,N'-双(4-甲基苯基)-N,N'-二苯基-p-亚苯基二胺(简称:DTDPPA);4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB);4,4'-双(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)联苯(简称:DNTPD);1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0061] 作为可用于复合材料的咪唑衍生物,可具体举出以下材料:3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA1);3,6-双[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA2);3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)等。

[0062] 另外,作为可用于复合材料的咪唑衍生物,也可以使用4,4'-双(N-咪唑基)联苯(简称:CBP);1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯(简称:TCPB);9-[4-(N-咪唑基)]苯基-10-苯基蒽(简称:CzPA);1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0063] 作为可用于复合材料的芳族烃,例如可举出以下材料:2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA);2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽;9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA);2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒽(简称:t-BuDBA);9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA);9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth);2-叔丁基蒽(简称:t-BuAnth);9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒽(简称:DMNA);9,10-双[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基-蒽;9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽;2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽;2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽;9,9'-联蒽;10,10'-二苯基-9,9'-联蒽;10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽;10,10'-双[(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)二萘嵌苯等。此外,也可使用并五苯、蔻等。像这样,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的空穴迁移率和具有14至42个碳原子的芳族烃。

[0064] 而且,可用于复合材料的芳族烃可具有乙烯基骨架。作为上述那样的芳族烃,例如可举出以下:4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi);9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0065] 而且,也可以使用高分子化合物诸如聚(N-乙烯基咪唑)(简称:PVK)或聚(4-乙烯基三苯基胺)(简称:PVTTPA)作为用于复合材料的材料。

[0066] 空穴传输层是包含具有高空穴传输性的物质的层。作为具有高空穴传输性的物质,例如可以使用芳族胺化合物如4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯基胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯基胺(简称:MTDATA)、或4,4'-双[N-(螺-9,9'-联苄-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)。上述材料分别为主要具有 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的空穴迁移率的物质。但也可以使用除此之外的其它材料,只要其空穴传输性高于电子传输性。此外,包含具有高空穴传输性的物质层不限于单层,也可以层叠两个或多个由前述物质制成的层。

[0067] 发光层111是包含高发光性的物质的层。在本发明的发光元件中,发光层包括第

一层 121 和第二层 122。第一层 121 包含第一有机化合物和第二有机化合物，而第二层 122 包含第三有机化合物和第四有机化合物。

[0068] 包含在第一层 121 的第一有机化合物是高发光性的物质，并可以由各种材料制成。具体而言，作为蓝色发光材料，可以举出 N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)。另外，作为绿色发光材料，可以举出 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)等。此外，作为黄色发光材料，可以举出红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)等。另外，作为红色发光材料，可以举出 N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,13-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茈并[1,2-a]蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)等。

[0069] 包含在第一层 121 的第二有机化合物是其空穴传输性高于电子传输性的物质，并且其为用于分散所述具有高发光性的物质。优选使用空穴的迁移率和电子的迁移率之间的差为 10 倍以内的所谓双极性材料。具体来说，可以举出 9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、三(8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Alq)、4,4'-(喹喔啉-2,3-二基)双(N,N-二苯基胺)(简称:TPAQn)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、N,N'-(喹喔啉-2,3-二基二-4,1-苯撑)双(N-苯基-1,1'-联苯-4-胺)(简称:BPAPQ)、4,4-(喹喔啉-2,3-二基)双{N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基胺}(简称:YGAPQ)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)等。

[0070] 包含在第二层的第三有机化合物是具有俘获电子的功能的有机化合物。因此，第三有机化合物优选具有比包含在第二层的第四有机化合物的最低空分子轨道能级(LUMO能级)低 0.3eV 以上的最低空分子轨道能级(LUMO能级)。而且，第三有机化合物可以发光，但在此情况下，优选采用同类颜色的发光颜色作为第一有机化合物的发光颜色和第三有机化合物的发光颜色，以便保持发光元件的颜色纯度。也就是说，例如，在所述第一有机化合物显示如 YGA2S 或 YGAPA 那样的蓝色发光的情况下，作为第三有机化合物优选使用显示蓝色至蓝绿色的发光的物质，比如吡啶酮、香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D、香豆素 30。另外，在所述第一有机化合物显示如 2PCAPA、2PCABPhA、2DPAPA、2DPABPhA、2YGABPhA 或 DPhAPhA 那样的绿色发光的情况下，作为第三有机化合物优选使用显示蓝绿色至黄绿色的发光的物质，比如 N,N'-二甲基喹吡啶酮(简称:DMQd)、N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)、9,18-二氢化苯[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(简称:DMNQd-1)、9,18-二甲基-9-18-二氢化苯[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮(简称:DMNQd-2)、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T、香豆素 153 等。另外，在所述第一有机化合物显示如红荧烯或 BPT 那样的黄色发光的情况下，作为第三有机化合物优选使用显示黄绿色至橙黄色的发光的物质，比如 DMQd、(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(简称:DCMCz)等。另外，在所述第一有机化合物显示如

p-mPhTD 或 p-mPhAFD 那样的红色发光的情况下,作为第三有机化合物优选使用显示橙黄色至红色的发光的物质,比如(2-[2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基]-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称: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(简称:DCM2)、{2-(1,1-二甲乙基)-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(简称:DCJTB)、尼罗红等。在用于发光元件的化合物中,所述化合物是具有低 LUMO 能级的化合物。通过将该化合物添加到下面所描述的第四有机化合物中,可以获得良好的电子俘获性。

[0071] 虽然第三有机化合物是如上所述的情形,但在上面示例的物质中,优选使用喹吡啉酮衍生物诸如 DMQd、DPQd、DMNQd-1、DMNQd2 作为第三有机化合物,因为这些物质具有稳定的化学性。具体而言,通过采用喹吡啉酮衍生物,尤其能够实现发光元件的长使用寿命化。另外,由于喹吡啉酮衍生物显示绿色的发光,所以本发明的发光元件的元件结构对绿色的发光元件特别有效。绿色是当制造显示器时最需亮度的颜色,因此绿色的退化有时比其它的颜色大。然而通过采用本发明可以改善该问题。

[0072] 包含在第二层 122 的第四有机化合物是具有电子传输性的有机化合物。亦即,是其电子传输性高于其空穴传输性的物质。具体地,可以举出三(8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Alq)、双(8-喹啉醇合)锌(II)(简称:Znq₂)、双(2-甲基-8-喹啉醇合)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等。而且,如上所述,第三有机化合物的 LUMO 能级优选比第四有机化合物的 LUMO 能级低 0.3eV 以上。从而,根据所使用的第三有机化合物的种类,可以适当地选择满足上述条件的第四有机化合物。例如,如下面的实施例描述的那样,当使用 DPQd 作为第三有机化合物时,通过使用 Alq 作为第四有机化合物,可以满足上述条件。

[0073] 另外,由于优选采用同类颜色的发光颜色作为第一有机化合物的发光颜色和第三有机化合物的发光颜色,所以第一有机化合物的发光光谱的峰值与第三有机化合物的发光光谱的峰值之间的差理想的是在 30nm 之内。当两者的差在 30nm 以内时,第一有机化合物的发光颜色和第三有机化合物的发光颜色成为同类颜色的发光颜色。因此,即使在因电压等变化而第三有机化合物发光,也可以抑制发光元件的发光颜色的变化。然而,不一定必需要使第三有机化合物发光。例如,在第一有机化合物具有比第三有机化合物更高的发光效率的情况下,优选通过调节第二层 122 中的第三有机化合物的浓度,以便实际上只获得来自第一有机化合物的发光(稍微降低第三有机化合物的浓度,以抑制其发光)。在此情况下,第一有机化合物的发光颜色和第三有机化合物的发光颜色是同类的发光颜色(换言之,第一有机化合物和第三有机化合物具有相同程度的能隙)。因此,不容易发生从第一有机化合物到第三有机化合物的能量迁移,从而能够获得高发光效率。

[0074] 电子传输层是包含具有高电子传输性的物质的层。例如,可以使用包含具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物,如三(8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉根合)铍(简称:BeBq₂)、或双(2-甲基-8-喹啉醇合)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)等的层。另外,可以使用具有噻唑基配体或噻唑基配体的金属配合物,如双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌

(II) (简称:ZnPBO) 或双 [2-(2- 苯并噻唑基) 苯酚] 锌 (II) (简称:ZnBTZ)。除了金属配合物以外,也可使用 2-(4- 联苯基)-5-(4- 叔丁基苯基)-1,3,4- 噁二唑 (简称:PBD)、1,3- 双 [5-(p- 叔丁基苯基)-1,3,4- 噁二唑-2- 基] 苯 (简称:OXD-7)、3-(4- 联苯基)-4- 苯基-5-(4- 叔丁基苯基)-1,2,4- 三唑 (简称:TAZ)、浴菲咯啉 (简称:BPhen)、浴铜灵 (简称:BCP) 等。这里所述的物质分别为主要具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的电子迁移率的物质。只要其具有高于空穴传输性的电子传输性,就可以使用除上述之外的其它物质作为电子传输层。另外,电子传输层不限于单层,也可以层叠两个或多个由前述物质制成的层。

[0075] 另外,可以在电子传输层和第二电极 104 之间提供包含高电子注入性的电子注入层。作为电子注入层,可以使用碱金属或碱土金属的化合物诸如氟化锂 (LiF)、氟化铯 (CsF) 或氟化钙 (CaF_2)。此外,可以使用其中包含碱金属或碱土金属的由具有电子传输性的材料制成的层,如包含镁的 Alq 层。通过使用其中包含碱金属或碱土金属的由具有电子传输性的材料制成的层,有效地从第二电极 104 进行电子的注入,从而这是优选的。

[0076] 作为形成第二电极 104 的物质,可以使用具有低功函数 (具体地,3.8eV 或更低) 的金属、合金、导电化合物或其混合物等。作为这样的阴极材料的具体例子,可以举出:属于周期表第 1 族或第 2 族的元素,即碱金属如锂 (Li) 或铯 (Cs);碱土金属如镁 (Mg)、钙 (Ca) 或锶 (Sr);包含这些的合金 (如镁-银、铝-锂);稀土金属如铕 (Eu)、镱 (Yb);包含这些的合金等。然而,通过在第二电极 104 与电子传输层之间提供电子注入层,可以使用各种导电材料如铝、银、ITO、硅或含有氧化硅的氧化铟-氧化锡等作为第二电极 104,而与功函数的大小无关。

[0077] 另外,作为 EL 层的形成方法,不论干式或湿式可以使用各种方法。例如,可以使用真空蒸发淀积法、喷墨法或旋涂法等。另外,每一电极或每一层可以通过不同的成膜方法而形成。

[0078] 在具有上述结构的本发明的发光元件中,由在第一电极 102 和第二电极 104 之间产生的电位差而使电流流动,且空穴和电子在 EL 层 103 中复合而发射光。更具体地,EL 层 103 中的发光层 111 具有如下结构:从第一层 121 到第一层 121 与第二层 122 之间的界面附近形成有发光区域。下面对该原理进行说明。

[0079] 图 21 示出图 1 所示的本发明的发光元件的能带图的一个实例。在图 21 中,从第一电极 102 注入的空穴穿过空穴传输层 122 而被注入到第一层 121。在此,由于构成第一层 121 的第二有机化合物为其电子传输性高于空穴传输性的物质,更优选为空穴的迁移率和电子的迁移率之间的差为 10 倍以内的所谓双极性材料,所以注入到第一层 121 的空穴的移动速度变慢。在常规的不提供第二层 122 的发光元件的情形中,发光区域被形成在空穴传输层 112 与第一层 121 之间的界面附近。在此情况下,存在由电子到达空穴传输层 112 而引起空穴传输层 112 的退化的担忧。另外,如果随着时间的推移到达空穴传输层 112 的电子量增加,则随着时间的推移复合的几率减少,而导致亮度随时间推移而退化。其结果,使元件寿命缩短。

[0080] 本发明的发光元件的特征在于在发光层 111 中进一步提供第二层 122。从第二电极 104 注入的电子穿过电子传输层 113 而被注入到第二层 122。在此,第二层 122 具有如下结构:将具有俘获电子的功能的第三有机化合物添加到具有电子传输性的第四有机化合物。从而,注入到第二层 122 的电子的移动速度变慢,并且向第一层 121 的电子注入受到控

制。结果,在本发明的发光元件中,从第一层 121 到第一层 121 与第二层 122 之间的界面附近形成发光区域,该发光区域在传统上本应在空穴传输层 112 与第一层之间的界面附近形成。从而,减少由电子到达空穴传输层 112 而引起空穴传输层 112 的退化的可能性。而且,对于空穴而言,因为第一层 121 中的第二有机化合物具有电子传输性,所以由空穴到达电子传输层 113 而引起电子传输层 113 的退化的可能性很小。

[0081] 本发明的重要特点是:在第二层 112 中,将具有俘获电子的功能的有机化合物添加到具有电子传输性的有机化合物,而代替仅适用电子迁移率低的物质。通过采用上述结构,不仅控制对第一层 121 的电子注入,而且可以抑制该被控制了了的电子注入量的随时间的变化。另外,由于第一层 121 中的第二有机化合物具有电子传输性,并且第一层 121 添加有发光物质的第一有机化合物,所以第一层 121 中的空穴量也不容易产生随时间的变化。根据上述理由,本发明的发光元件可以防止发光元件中的因随时间的载流子平衡的恶化而导致的复合几率降低的问题,从而可抑制亮度的随时间的退化,因此可以延长元件寿命。

[0082] 注意,在上述说明中,通过将存在有空穴传输层 112 及电子传输层 113 的情况作为示例,来说明如下现象:亦即,通过组合第一层和第二层,具体来说,通过组合第二有机化合物、第三有机化合物及第四有机化合物,可以防止发光元件中的因随时间的载流子平衡的恶化而导致的复合几率降低的问题,其结果,有了可抑制亮度的随时间的退化的优点。但是,不论存在或不存在空穴传输层 112 和电子传输层 113,都可获得上述优点。这是通过上述说明而能自然理解的。

[0083] 发光通过第一电极 102 和第二电极 104 中的一方或双方而被提取到外部。因此,第一电极 102 和第二电极 104 中的一方或双方为具有透光性的电极。当仅第一电极 102 为具有透光性的电极时,如图 1A 所示,发光通过第一电极 102 从衬底一侧提取。另外,当仅第二电极 104 为具有透光性的电极时,如图 1B 所示,发光通过第二电极 108 从与衬底相反的一侧提取。当第一电极 102 和第二电极 104 都是具有透光性的电极时,如图 1C 所示,发光通过第一电极 102 和第二电极 104 从衬底一侧和与衬底相反一侧提取。

[0084] 注意,被提供在第一电极 102 和第二电极 104 之间的层不限于上述结构。可以采用上述之外的结构,只要将使空穴和电子复合的发光区域提供在离开第一电极 102 和第二电极 104 的区域中以防止由发光区域和金属相互靠近而产生的淬灭,且其发光层包括第一层 121 和第二层 122。

[0085] 也就是说,对 EL 层的叠层结构没有特别限制,可以将由具有高电子传输性的物质、高空穴传输性的物质、具有高电子注入性的物质、具有高空穴注入性的物质、具有双极性的物质(具有高电子传输性和高空穴传输性的物质)等制成的层与本发明的发光层自由地组合而构成 EL 层,即可。

[0086] 图 2 所示的发光元件具有这样的结构:在衬底 301 上依次层叠有用作阴极的第二电极 304、EL 层 303、用作阳极的第一电极 302。EL 层 303 具有空穴传输层 312、发光层 311、电子传输层 313,而发光层 311 具有第一层 321 和第二层 322。第一层 321 配置在比第二层 322 更靠近用作阳极的第一电极一侧。

[0087] 在本实施方式中,在由玻璃、塑料等制成的衬底上制造发光元件。通过在一个衬底上制造多个这种发光元件,可以获得无源型发光器件。而且,例如,也可以在由玻璃、塑料等制成的衬底上形成薄膜晶体管(TFT),并且可在电连接到 TFT 的电极上制造发光元件。通过

这样,可以制造一种通过 TFT 控制发光元件驱动的有源矩阵型发光器件。注意并没有特别地限制 TFT 的结构。可以使用交错型 TFT 或反转交错型 TFT。而且,对形成在 TFT 衬底的驱动电路而言,可以采用由 N 型 TFT 和 P 型 TFT 构成的驱动电路、或由 N 型 TFT 和 P 型 TFT 中的一种构成的驱动电路。而且,没有特别地限制用于 TFT 的半导体薄膜的结晶性。可以使用非晶半导体膜或晶体半导体膜。

[0088] 在本发明的发光元件中,不是在发光层与空穴传输层之间的界面或发光层与电子传输层之间的界面,而是在发光层的中心附近形成有发光区域。由此,本发明的发光元件不受到由空穴传输层和电子传输层与发光区域彼此靠近而产生的空穴传输层和电子传输层的退化的影响。此外,可以抑制载流子平衡的随时间的变化(尤其是电子注入量的随时间的变化)。因此,可以获得不容易退化且使用寿命长的发光元件。另外,本发明的发光元件的发光层由经过多次氧化还原反应以后也具有稳定性质的化合物而形成,因此,即使多次进行电子与空穴的复合,也不容易发生退化。从而,可以获得使用寿命更长的发光元件。

[0089] 此外,在本发明的发光元件中,第一有机化合物的发光颜色和第三有机化合物的发光颜色是同类颜色的发光颜色。因此,在不仅第一有机化合物发光,第三有机化合物也发光的情形中,也可以获取颜色纯度高的发光。

[0090] 另外,本实施方式可以适当地与其它实施方式组合来实施。

[0091] 实施方式 2

[0092] 在本实施方式中,将参照图 3 说明一种发光元件(以下称为叠层元件)的模式,其中该发光元件具有层叠了多个根据本发明的发光单元的结构。该发光元件为在第一电极与第二电极之间具有多个发光单元的叠层型发光元件。作为发光单元,可以使用相同于在实施方式 1 示出的 EL 层的结构。也就是说,在实施方式 1 所示的发光元件是具有一个发光单元的发光元件,在本实施方式中,对具有多个发光单元的发光元件进行说明。

[0093] 在图 3 中,在第一电极 501 和第二电极 502 之间层叠有第一发光单元 511 和第二发光单元 512,并且,在第一发光单元 511 和第二发光单元 512 之间设置有电荷产生层 513。对第一电极 501 和第二电极 502 可以采用与实施方式 1 相同的电极。此外,第一发光单元 511 和第二发光单元 512 可以具有彼此相同的结构或者彼此不同的结构,并且其结构可以采用与实施方式 1 相同的结构。

[0094] 在电荷产生层 513 中含有有机化合物和金属氧化物的复合材料。该有机化合物和金属氧化物的复合材料是实施方式 1 所示的材料,含有有机化合物和氧化钒、氧化钼、氧化钨等的金属氧化物。作为有机化合物,可以使用芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合体等)等各种化合物。注意,作为有机化合物,优选采用作为空穴传输性有机化合物的具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更大的空穴迁移率的有机化合物。然而,只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用除此以外的物质。有机化合物和金属氧化物的复合材料优于载流子注入性及载流子传输性,所以可以实现低电压驱动及低电流驱动。

[0095] 电荷产生层 513 也可以通过组合包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层以及由其他材料构成的层来形成。例如,可以通过组合如下两个层来形成:含有有机化合物和金属氧化物的复合材料的层;以及,含有选自电子供给性物质中的一种化合物和具有高电子传输性的化合物的层。此外,还可以通过组合含有有机化合物和金属氧化物的复合材

料的层以及透明导电膜来形成。

[0096] 无论怎样,夹在第一发光单元 511 和第二发光单元 512 之间的电荷产生层 513,只要是当将电压施加到第一电极 501 和第二电极 502 时,对一方的发光单元注入电子并对另一方的发光单元注入空穴的层,即可。例如,在图 3 中,只要当使第一电极的电位高于第二电极地对第一电极和第二电极施加电压时,电荷产生层 513 向第一发光单元 511 注入电子,并向第二发光单元注入空穴,即可。

[0097] 在本实施方式中,虽然说明了具有两个发光单元的发光元件,然而,也可以相同地采用层叠有三个或更多个发光单元的发光元件。如根据本实施方式的发光元件,可以通过用电荷产生层使多个发光单元间隔并将它们配置在一对电极之间,在保持低电流密度的同时,在高亮度区域中实现长使用寿命的元件。此外,在采用照明作为应用例子时,因为可以减少由于电极材料的电阻导致的电压下降,所以可以实现大面积的均匀发光。此外,可以实现能够进行低电压驱动的低耗电量的发光器件。

[0098] 另外,通过使各发光单元的发光颜色不相同,可以在发光元件的整体上获得所希望颜色的发光。例如,在具有两个发光单元的发光元件中,通过使第一发光单元的发光颜色和第二发光单元的发光颜色处于补色的关系,可以获得在发光元件的整体上进行白色发光的发光元件。注意,补色是指一种颜色之间的关系,在该补色混合时呈现无彩色。也就是说,若将发射处于补色关系的颜色的发光的物质的发光混合,可以获得白色发光。而且,具有三个发光单元的发光元件也与上述情况类似,例如,在第一发光单元的发光颜色为红色、第二发光单元的发光颜色为绿色、第三发光单元的发光颜色为蓝色的情形中,发光元件在整体上可以获得白色发光。

[0099] 注意,本实施方式可以适当地与其他实施方式组合来实施。

[0100] 实施方式 3

[0101] 在本实施方式中,将说明包括本发明的发光元件的发光器件。

[0102] 在本实施方式中,对其像素部分包括本发明的发光元件的发光器件参考图 4 进行描述。注意,图 4A 是显示发光器件的俯视图,图 4B 是沿图 4A 的线 A-A' 和线 B-B' 切割的截面图。由虚线显示的参考数字 601 表示驱动电路部分(源侧驱动电路),602 表示像素部分,603 表示驱动电路部分(栅侧驱动电路)。而且,604 表示密封衬底,605 表示密封材料。密封材料 605 包围的内侧成为空间 607。

[0103] 引入线 608 是用于传送输入到源侧驱动电路 601 和栅侧驱动电路 603 的信号,且从作为外部输入端子的 FPC(柔性印刷电路)609 接受视频信号、时钟信号、起动信号、复位信号等的布线。注意,虽然在此仅显示 FPC,但也可以将印刷线路板(PWB)连接到 FPC 上。本说明书中的发光器件不仅包括发光器件本身,而且包括将 FPC 或 PWB 连接到发光器件上的状态。

[0104] 然后,将用图 4B 描述截面结构。在元件衬底 610 上形成有驱动电路部分和像素部分,但是在此显示作为驱动电路部分的源侧驱动电路 601 和像素部分 602 中的一个像素。

[0105] 另外,在源侧驱动电路 601 中形成组合 N 沟道型 TFT623 和 P 沟道型 TFT624 的 CMOS 电路。此外,驱动电路可使用 CMOS 电路、PMOS 电路或 NMOS 电路而形成。此外,在本实施方式中,虽然示出了将驱动电路形成在衬底上的驱动器一体形式,但驱动电路没必要一定形成在衬底上,而可以形成在衬底外部。

[0106] 另外,像素部分 602 由多个像素形成,该每个像素包含开关 TFT611、电流控制 TFT612 和电连接到电流控制 TFT612 的漏极上的第一电极 613。此外,覆盖第一电极 613 的边缘部分地形成绝缘体 614。这里,通过使用正性光敏丙烯酸树脂膜来形成绝缘体 614。

[0107] 为了提高覆盖性,将绝缘物 614 的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面。例如,当将正性光敏丙烯酸用作绝缘体 614 的材料时,优选仅绝缘物 614 的上端部具有带有曲率半径 (0.2 到 3 μm) 的曲面。此外,作为绝缘体 614,通过光照射变成在刻蚀剂中不能溶解的负性光敏材料或通过光照射变成在刻蚀剂中能溶解的正型光敏材料都可以被使用。

[0108] 在第一电极 613 上形成有 EL 层 616 和第二电极 617。在此,作为用于第一电极 613 的材料,可以使用各种金属、合金、导电化合物、或这些材料的混合物。当第一电极用作阳极时,在这些材料中优选使用具有高功函数 (功函数为 4.0eV 或更高) 的金属、合金、导电化合物、或这些材料的混合物等。例如,可以使用含有硅的氧化铟 - 氧化锡膜、氧化铟 - 氧化锌膜、氮化钛膜、铬膜、钨膜、锌膜或铂膜等的单层膜,也可使用由氮化钛膜和以铝为主要成分的膜构成的叠层、由氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜构成的三层结构等的叠层膜。另外,通过采用叠层结构,能够具有低电线电阻和有利的欧姆接触,并且可用作阳极。

[0109] EL 层 616 通过各种方法如使用蒸发淀积掩模的蒸发淀积法、喷墨法、或旋涂方法而形成。EL 层 616 包括在实施方式 1 和 2 中示出的发光层。作为构成 EL 层 616 的其他材料,可以使用低分子材料或高分子材料 (包含低聚物、树状聚合物)。此外,作为用于 EL 层的材料,不仅可以使有机化合物,而且可以使用无机化合物。

[0110] 作为用于第二电极 617 的材料,可以使用各种金属、合金、导电化合物或这些材料的混合物。当第二电极用作阴极时,在这些材料中优选使用具有低功函数 (功函数为 3.8eV 或更低) 的金属、合金、导电化合物或这些材料的混合物等。例如,可举出属于周期表第 1 或 2 族的元素,即碱金属如锂 (Li) 或铯 (Cs)、碱土金属如镁 (Mg)、钙 (Ca) 或锶 (Sr)、以及包含这些的合金 (镁 - 银、铝 - 锂) 等。另外,将在 EL 层 616 中产生的光穿过第二电极 617 的情况下,第二电极 617 可以采用厚度薄的金属薄膜与透明导电膜 (氧化铟 - 氧化锡 (ITO)、含有硅或氧化硅的氧化铟 - 氧化锡,氧化铟 - 氧化锌 (IZO)、包含氧化钨和氧化锌的氧化铟 (IWZO) 等) 的叠层结构。

[0111] 另外,通过用密封材料 605 将密封衬底 604 和元件衬底 610 贴合在一起,在元件衬底 610、密封衬底 604 和密封材料 605 所包围的空间 607 中提供发光元件 618。空间 607 填充有填充材料,可填充有惰性气体 (如氦和氩),也可填充有密封材料 605。

[0112] 另外,密封材料 605 优选使用环氧基树脂。此外,这些材料优选使得尽可能少的水分和氧渗透。作为用于密封衬底 604 的材料,除了玻璃衬底或石英衬底之外,可以使用由 FRP (纤维玻璃 - 增强塑料)、PVF (聚氟乙烯)、聚酯薄膜、聚酯或丙烯酸等制成的塑料衬底。

[0113] 这样,可以获得包括本发明的发光元件的发光器件。

[0114] 本发明的发光器件具有描述于实施方式 1 和 2 的发光元件。通过包含使用寿命长的发光元件,而可以实现使用寿命长的发光器件。另外,可以获得具有优异颜色纯度的发光器件。

[0115] 如上,在本实施方式中,描述了通过晶体管控制发光元件的驱动的有源矩阵型发光器件,但也可以采用无源矩阵型发光器件。图 5 示出通过应用本发明而制造的无源矩阵型发光器件的透视图。在图 5 中,衬底 951 上的电极 952 和电极 956 之间提供有 EL 层 955。

电极 952 的边缘部分被绝缘层 953 覆盖。另外,隔壁层 954 被提供在绝缘层 953 之上。隔壁层 954 的侧壁具有越接近于衬底表面,一方侧壁和另一方侧壁的间隔越小的坡度。换句话说,隔壁层 954 的短边方向的截面为梯形,其底边(朝与绝缘层 953 的面方向相同的方向且与绝缘层 953 接触的一边)短于上边(朝与绝缘层 953 的面方向相同的方向且不与绝缘层 953 接触的一边)。像这样,通过提供隔壁层 954,可防止静电等所造成的发光元件的故障。另外,在无源矩阵型发光器件中也通过包含使用寿命长的本发明的发光元件可实现使用寿命长的发光器件。另外,可以获得具有优良的颜色纯度的发光器件。

[0116] 实施方式 4

[0117] 在本实施方式中,将说明其一部分包括实施方式 3 所示的发光器件的本发明的电子器具。本发明的电子器具具有实施方式 1 和 2 所示的发光元件,并且具有实用寿命长的显示部分。此外,由于其中包含具有优良的颜色纯度的发光元件,所以可以获得具有良好的色彩真实度的显示部分。

[0118] 作为使用本发明的发光器件而制造的电子器具,可以举出摄像机或数字照相机等影像拍摄装置、护目镜型显示器、导航系统、音频再现装置(汽车音频系统或组合音响等)、计算机、游戏机、便携式信息终端(移动计算机、携带电话、便携式游戏机或电子书等)、提供有记录媒质的图像再现装置(具体地,再现数字化通用光盘(DVD)等记录媒质,并且具有能够显示其图像的显示器件的装置)等。图 6 示出了这些电子器具的具体例子。

[0119] 图 6A 示出了根据本发明的电视装置,其包括框体 9101、支撑台 9102、显示部分 9103、扬声器部分 9104、以及视频输入端子 9105 等。在该电视装置中,将类似于实施方式 1 和 2 描述的发光元件排列成矩阵而构成显示部分 9103。该发光元件具有长使用寿命的特征。由于由这种发光元件构成的显示部分 9103 也具有类似的特征,所以该电视装置具有长使用寿命的特征。也就是说,可以提供能够承受长时间的使用的电视装置。另外,由于其中包含具有优良的颜色纯度的发光元件,所以可以获得包含具有良好色彩真实度的显示部分的电视装置。

[0120] 图 6B 示出了根据本发明的计算机,其包括主体 9201、框体 9202、显示部分 9203、键盘 9204、外部连接端口 9205、以及指向装置 9206 等。在该计算机中,将类似于实施方式 1 和 2 描述的发光元件排列成矩阵而构成显示部分 9203。该发光元件具有长使用寿命的特征。由于由这种发光元件构成的显示部分 9203 也具有类似的特征,所以该计算机具有长使用寿命的特征。也就是说,可以提供能够承受长时间的使用的计算机。另外,由于其中包含具有优良的颜色纯度的发光元件,所以可以获得包含具有良好色彩真实度的显示部分的计算机。

[0121] 图 6C 示出了根据本发明的携带电话,其包括主体 9401、框体 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、以及天线 9408 等。在该携带电话中,将类似于实施方式 1 和 2 描述的发光元件排列成矩阵而构成显示部分 9403。该发光元件具有长使用寿命的特征。由于由这种发光元件构成的显示部分 9403 也具有类似的特征,所以该携带电话具有长使用寿命的特征。也就是说,可以提供能够承受长时间的使用的携带电话。另外,由于其中包含具有优良的颜色纯度的发光元件,所以可以获得包含具有良好色彩真实度的显示部分的携带电话。

[0122] 图 6D 示出了根据本发明的影像拍摄装置,其包括主体 9501、显示部分 9502、框体

9503、外部连接端口 9504、遥控接收部分 9505、图像接收部分 9506、电池 9507、音频输入部分 9508、操作键 9509、以及取景器 9510 等。在该影像拍摄装置中,将类似于实施方式 1 和 2 描述的发光元件排列成矩阵而构成显示部分 9502。该发光元件具有长使用寿命的特征。由于由这种发光元件构成的显示部分 9502 也具有类似的特征,所以该影像拍摄装置具有长使用寿命的特征。也就是说,可以提供能够承受长时间的使用的影像拍摄装置。另外,由于其中包含具有优良的颜色纯度的发光元件,所以可以获得包含具有良好色彩真实度的显示部分的影像拍摄装置。

[0123] 如上所述,本发明的发光器件的应用范围很广泛,该发光器件可以应用到所有领域的电子器具中。通过应用本发明的发光器件,可以提供具有能够承受长时间的使用且长使用寿命的显示部分的电子器具。另外,可以获得包含具有良好色彩真实度的显示部分的电子器具。

[0124] 此外,本发明的发光器件可以用作照明器件。将参照图 7 描述将本发明的发光元件用于照明器件的一个方式。

[0125] 图 7 示出了将本发明的发光器件用作背光的液晶显示器件的一个实例。图 7 中所示的液晶显示器件包括框体 901、液晶层 902、背光 903、以及框体 904,其中液晶层 902 连接到驱动器 IC 905。此外,作为背光 903 使用本发明的发光器件,并且电流通过端子 906 提供给背光 903。

[0126] 通过利用本发明的发光器件作为液晶显示器件的背光,可以做出具有长使用寿命的背光。由于本发明的发光器件是面发射照明器件并且可以实现大面积化,所以可以实现背光的大面积化并且还可以实现液晶显示器件的大面积化。此外,由于本发明的发光器件是薄型并且耗电量少,从而还可以减少显示器件的厚度和耗电量。

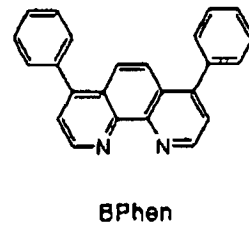
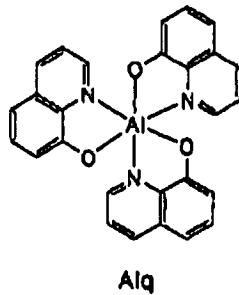
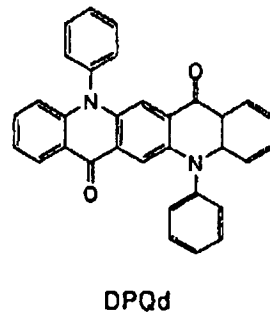
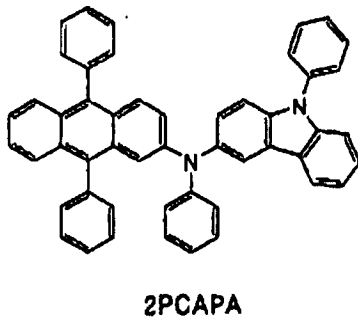
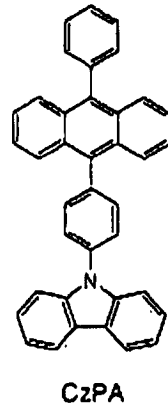
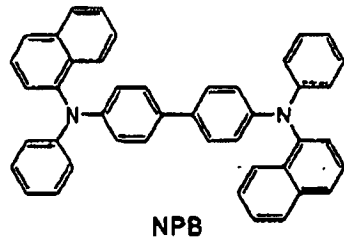
[0127] 图 8 为将利用本发明的发光器件用作作为照明器件的台灯的实例。图 8 所示的台灯具有框体 2001 和光源 2002,并且作为光源 2002 使用本发明的发光器件。本发明的发光器件具有长使用寿命,所以该台灯也具有长使用寿命。

[0128] 图 9 为将利用本发明的发光器件用作室内照明器件 3001 的实例。由于本发明的发光器件可以实现大面积化,所以可以用作大面积的照明器件。此外,本发明的发光器件因为具有长使用寿命,从而可以用作具有长使用寿命的照明器件。可以通过将图 6A 所说明的根据本发明的电视装置设置在将利用本发明的发光器件用作室内照明器件 3001 的房间内,而欣赏公共播送或电影。在此情况下,由于两个装置都具有长使用寿命,从而可以减少照明器件和电视装置的换新次数,从而可以减少对环境的负担。

[0129] 实施例 1

[0130] 在本实施例中,将用图 10 具体描述本发明的发光元件。以下示出在本实施例中使用的有机化合物的结构式。

[0131]



[0132] 发光元件 1

[0133] 首先,通过溅射法在玻璃衬底 2101 上形成包含氧化硅的氧化铟-氧化锡的膜,来形成第一电极 2102。该第一电极 2102 的厚度为 110nm 且电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0134] 然后,将形成有第一电极 2102 的衬底固定到被提供在真空蒸发淀积装置中的衬底支架上,并使形成有第一电极 2102 的表面面向下。在将压力降至约 $10\text{-}4\text{Pa}$ 之后,在第一电极 2102 上共蒸 4,4'-双 [N-(1-萘基)-N-苯基氨基] 联苯 (简称:NPB) 和氧化钼 (VI),来形成包含复合材料的层 2103。其厚度为 50nm,并且 NPB 与氧化钼 (VI) 的重量比调节为 4 : 1 (= NPB : 氧化钼)。注意,共蒸法是指在一个处理室中使用多个蒸发源同时进行蒸发淀积的方法。

[0135] 然后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 10nm 的 4,4'-二 [N-(1-萘基)-N-苯基氨基] 联苯 (简称:NPB),来形成空穴传输层 2104。

[0136] 然后,在空穴传输层 2104 上形成发光层 2105。首先,在空穴传输层 2104 上共蒸用作第二有机化合物的 9-[4-(10-苯基-9-萘基)苯基]-9H-咔唑 (简称:CzPA) 和用作

第一有机化合物的 N-(9,10-二苯基-2-萘基)-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺(简称:2PCAPA),来形成厚度为 30nm 的第一发光层 2121。在此,CzPA 与 2PCAPA 的重量比调节为 1 : 0.05(= CzPA : 2PCAPA)。而且,在第一发光层 2121 上共蒸用作第四有机化合物的三(8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Alq)和用作第三有机化合物的 N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd),来形成厚度为 10nm 的第二发光层 2122。在此,Alq 与 DPQd 的重量比调节为 1 : 0.005(= Alq : DPQd)。

[0137] 随后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法在发光层 2105 上形成厚度为 30nm 的浴菲咯啉(简称:BPhen),来形成电子传输层 2106。然后,在电子传输层 2106 上形成厚度为 1nm 的氟化锂(LiF),来形成电子注入层 2107。

[0138] 最后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 200nm 的铝,来形成第二电极 2108,这样制造出发光元件 1。

[0139] 对比发光元件 2

[0140] 首先,通过溅射法在玻璃衬底上形成包含氧化硅的氧化铟-氧化锡的膜,来形成第一电极。该第一电极的厚度为 110nm 且电极面积为 2mm×2mm。

[0141] 然后,将形成有第一电极的衬底固定到被提供在真空蒸发淀积装置中的衬底支架上,并使形成有第一电极的表面面向下。在将压力降至约 10^{-4} Pa 之后,在第一电极上共蒸 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI),来形成包含复合材料的层。其厚度为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比调节为 4 : 1(= NPB : 氧化钼)。

[0142] 然后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 10nm 的 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB),来形成空穴传输层。

[0143] 然后,在空穴传输层上形成发光层。通过共蒸 9-[4-(10-苯基-9-萘基)苯基]-9H-吡啶(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-萘基)-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺(简称:2PCAPA)来形成厚度为 40nm 的发光层。在此,CzPA 与 2PCAPA 的重量比调节为 1 : 0.05(= CzPA : 2PCAPA)。

[0144] 随后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法在发光层上形成厚度为 30nm 的浴菲咯啉(简称:BPhen),来形成电子传输层。

[0145] 在该电子传输层上形成厚度为 1nm 的氟化锂(LiF),来形成电子注入层。

[0146] 最后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 200nm 的铝,来形成第二电极,这样制造出对比发光元件 2。

[0147] 图 11 示出了发光元件 1 的电流密度-亮度特性。此外,图 12 示出了其电压-亮度特性。此外,图 13 示出了其亮度-电流效率特性。此外,图 14 示出了发光元件 1 的当 1mA 的电流流过时的发光光谱。

[0148] 在 $3000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下发光元件 1 的 CIE 色度坐标为 ($x = 0.29, y = 0.62$),并显示绿色发光。此外,在 $3000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度下,电流效率为 $10.7\text{cd}/\text{A}$,电压为 5.8V,电流密度为 $29.4\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

[0149] 当对发光元件 1 进行将初始亮度设定为 $3000\text{cd}/\text{m}^2$ 的通过恒定电流驱动连续发光测试时,发现其亮度在经过 640 小时后也处于初始亮度的 89%,从而可以得知该发光元件 1 是具有长使用寿命的发光元件。另一方面,当对对比发光元件 2 与上述同样地进行将

初始亮度设定为 $3000\text{cd}/\text{m}^2$ 的连续发光测试时,发现其亮度在经过 640 小时后处于初始亮度的 76%,从而可以得知该对比发光元件 2 具有比发光元件 1 短的使用寿命。

[0150] 由此,可以得知通过应用本发明能够获得长使用寿命的发光元件。

[0151] 实施例 2

[0152] 在本实施例中,将用图 10 具体描述本发明的发光元件。

[0153] 发光元件 3

[0154] 首先,通过溅射法在玻璃衬底 2101 上形成包含氧化硅的氧化铟-氧化锡的膜,来形成第一电极 2102。该第一电极 2102 的厚度为 110nm 且电极面积为 $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

[0155] 然后,将形成有第一电极 2102 的衬底固定到被提供在真空蒸发淀积装置中的衬底支架上,并使形成有第一电极 2102 的表面面向下。在将压力降至约 10^{-4}Pa 之后,在第一电极 2102 上共蒸 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI),来形成包含复合材料的层 2103。其厚度为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比调节为 4:1(=NPB:氧化钼)。

[0156] 然后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 10nm 的 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB),来形成空穴传输层 2104。

[0157] 然后,在空穴传输层 2104 上形成发光层 2105。首先,在空穴传输层 2104 上共蒸用作第二有机化合物的 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和用作第一有机化合物的 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA),来形成厚度为 30nm 的第一发光层 2121。在此,CzPA 与 2PCAPA 的重量比调节为 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。而且,在第一发光层 2121 上共蒸用作第四有机化合物的三(8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Alq)和用作第三有机化合物的 N,N'-二苯基喹吖啶酮(简称:DPQd),来形成厚度为 10nm 的第二发光层 2122。在此,Alq 与 DPQd 的重量比调节为 1:0.005(=Alq:DPQd)。

[0158] 随后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法在发光层 2105 上形成厚度为 30nm 的 Alq,来形成电子传输层 2106。

[0159] 而且,在电子传输层 2106 上形成厚度为 1nm 的氟化锂(LiF),来形成电子注入层 2107。

[0160] 最后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 200nm 的铝,来形成第二电极 2108,这样制造出发光元件 3。

[0161] 对比发光元件 4

[0162] 首先,通过溅射法在玻璃衬底上形成包含氧化硅的氧化铟-氧化锡的膜,来形成第一电极。该第一电极的厚度为 110nm 且电极面积为 $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

[0163] 然后,将形成有第一电极的衬底固定到被提供在真空蒸发淀积装置中的衬底支架上,并使形成有第一电极的表面面向下。在将压力降至约 10^{-4}Pa 之后,在第一电极上共蒸 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)和氧化钼(VI),来形成包含复合材料的层。其厚度为 50nm,并且 NPB 与氧化钼(VI)的重量比调节为 4:1(=NPB:氧化钼)。

[0164] 然后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 10nm 的 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB),来形成空穴传输层。

[0165] 然后,在空穴传输层上形成发光层。通过共蒸 9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)和 N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)来形成厚度为 40nm 的发光层。在此,CzPA 与 2PCAPA 的重量比调节为 1 : 0.05(= CzPA : 2PCAPA)。

[0166] 随后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法在发光层上形成厚度为 30nm 的 Alq,来形成电子传输层。

[0167] 而且,在电子传输层上形成厚度为 1nm 的氟化锂(LiF),来形成电子注入层。

[0168] 最后,通过利用电阻加热的蒸发淀积法形成厚度为 200nm 的铝,来形成第二电极,这样制造出对比发光元件 4。

[0169] 图 15 示出了发光元件 3 的电流密度-亮度特性。此外,图 16 示出了其电压-亮度特性。此外,图 17 示出了其亮度-电流效率特性。此外,图 18 示出了发光元件 3 的当 1mA 的电流流过时的发光光谱。

[0170] 在 3000cd/m² 的亮度下发光元件 3 的 CIE 色度坐标为 (x = 0.29, y = 0.62),并显示绿色发光。此外,在 3000cd/m² 的亮度下,电流效率为 11.0cd/A,电压为 8.0V,电流密度为 28.3mA/cm²。

[0171] 当对发光元件 3 进行将初始亮度设定为 3000cd/m² 的通过恒定电流驱动连续发光测试时,发现其亮度在经过 640 小时后也处于初始亮度的 90%,从而可以得知该发光元件 3 是具有长使用寿命的发光元件。另一方面,当对对比发光元件 4 与上述同样地进行将初始亮度设定为 3000cd/m² 的连续发光测试时,发现其亮度在经过 470 小时后处于初始亮度的 88%,从而可以得知该对比发光元件 4 具有比发光元件 3 短的使用寿命。

[0172] 由此,可以得知通过应用本发明能够获得长使用寿命的发光元件。

[0173] 实施例 3

[0174] 在本实施例中,通过循环伏安测量法(CV)测量三(8-喹啉醇合)铝(III)(简称:Alq)和 N,N'-二苯基喹吡啶酮(简称:DPQd)的还原反应特性,该 Alq 和 DPQd 用于实施例 1 和实施例 2 中所制造的发光元件 1 和发光元件 3 中的第二层。此外,根据该测量结果,算出 Alq 和 DPQd 的 LUMO 能级。注意,使用电化学分析器(ALS 600A 型,由 BAS Inc. 制造)进行测量。

[0175] 对于用于 CV 测量的溶液,使用脱水二甲基甲酰胺(DMF)(由 Aldrich Inc. 生产,99.8%,目录编号:22705-6)作为溶剂,将支持电解质的高氯酸盐四-n-丁基铵(n-Bu₄NClO₄)(由 Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 生产,目录编号:T0836)溶解于溶剂中,并使其浓度为 100mmol/L。此外,将测量的对象溶解,并使其浓度为 1mmol/L。另外,将铂电极(PTE 铂电极,由 BAS Inc. 生产)用作工作电极,将铂电极(VC-3 用 Pt 平衡电极(5cm),由 BAS Inc. 生产)用作辅助电极,将 Ag/Ag⁺ 电极(RE5 非水溶剂参考电极,由 BAS Inc. 生产)用作参考电极。注意,测量是在室温下进行的。

[0176] (参考电极的相对于真空能级的位能的计算)

[0177] 首先,算出在本实施例 3 中使用的参考电极(Ag/Ag⁺ 电极)的相对于真空能级的位能(eV)。也就是说,算出 Ag/Ag⁺ 电极的费密能级。已知的是,在甲醇中的二茂络铁的氧化还原电位相对于标准氢电极为 +0.610[V vs. SHE](参照文件:Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, 83-96, 2002)。另一方面,通过利用在本实施例 3 中使

用的参考电极来算出在甲醇中的二茂络铁的氧化还原电位,其结果是 +0.20V[vs. Ag/Ag⁺]。从而,可以得知在本实施例 3 中使用的参考电极的位能比标准氢电极低 0.41[eV]。

[0178] 已知的是,标准氢电极与真空能级之间的位能差是 -4.44eV(参照文件:大西敏博、小山珠美,高分子 EL 材料(共立出版),64-67 页)。综上所述,可以算出本实施例 3 所使用的参考电极的相对于真空能级的位能为 $-4.44-0.41 = -4.85$ [eV]。

[0179] (测量例:Alq)

[0180] 在本测量例中,通过循环伏安测量法(CV)测量 Alq 的还原反应特性。其中的扫描速度为 0.1V/sec。图 19 示出其测量结果。注意,通过将工作电极的电位相对于参考电极从 -0.69V 扫描到 -2.40V,然后从 -2.40V 扫描到 -0.69V,来进行还原反应特性的测量。

[0181] 从图 19 可见,还原峰值电位 E_{pc} 为 -2.20V,氧化峰值电位 E_{pa} 为 -2.12V。从而,可算出半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 的中间电位)为 -2.16V。这表示 Alq 可由 -2.16[V vs. Ag/Ag⁺] 的电位还原,并该能源相当于 LUMO 能级。在此,由于如上所述在本实施例 3 中使用的参考电极的相对于真空能级的位能为 -4.85[eV],因此可以得知 Alq 的 LUMO 能级为 $-4.85-(-2.16) = -2.69$ [eV]。

[0182] (测量例:DPQd)

[0183] 在本测量例中,通过循环伏安测量法(CV)测量 DPQd 的还原反应特性。其中的扫描速度为 0.1V/sec。图 20 示出其测量结果。注意,通过将工作电极的电位相对于参考电极从 -0.40V 扫描到 -2.10V,然后从 -2.10V 扫描到 -0.40V,来进行还原反应特性的测量。注意,由于 DPQd 的溶解性很差,当制作浓度为 1mmol/L 的溶液时产生没有溶化的 DPQd,因此在没有溶化的 DPQd 沉淀的状态下提取澄清液体而将其使用于测量。

[0184] 从图 20 可见,还原峰值电位 E_{pc} 为 -1.69V,氧化峰值电位 E_{pa} 为 -1.63V。从而,可算出半波电位(E_{pc} 和 E_{pa} 的中间电位)为 -1.66V。这表示 DPQd 可由 -1.66[V vs. Ag/Ag⁺] 的电位还原,并该能源相当于 LUMO 能级。在此,由于如上所述在本实施例 3 中使用的参考电极的相对于真空能级的位能为 -4.85[eV],因此可以得知 DPQd 的 LUMO 能级为 $-4.85-(-1.66) = -3.19$ [eV]。

[0185] 通过比较由上述过程而得到的 Alq 和 DPQd 的 LUMO 能级,可以得知 DPQd 的 LUMO 能级比 Alq 还低 0.50[eV]。这意味着,当将 DPQd 添加到 Alq 时,该 DPQd 作为电子陷阱发挥作用。因此,实施例 1 和实施例 2 所示的元件结构,即,在本发明的发光元件的第二层中使用 DPQd 作为第三有机化合物并使用 Alq 作为第四有机化合物的元件结构适合于本发明。

[0186] 本说明书根据 2006 年 6 月 2 日在日本专利局受理的日本专利申请编号 2006-155159 而制作,所述申请内容包括在本说明书中。

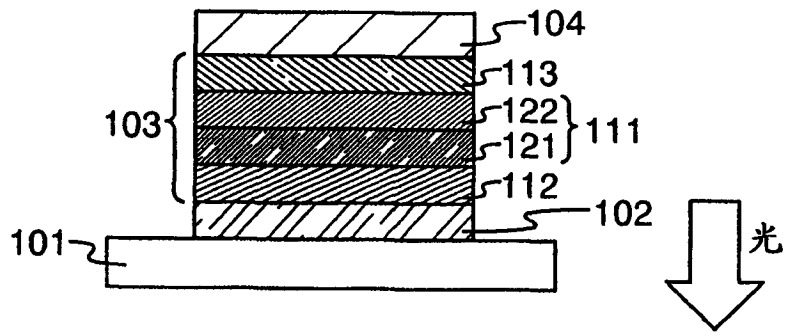


图 1A

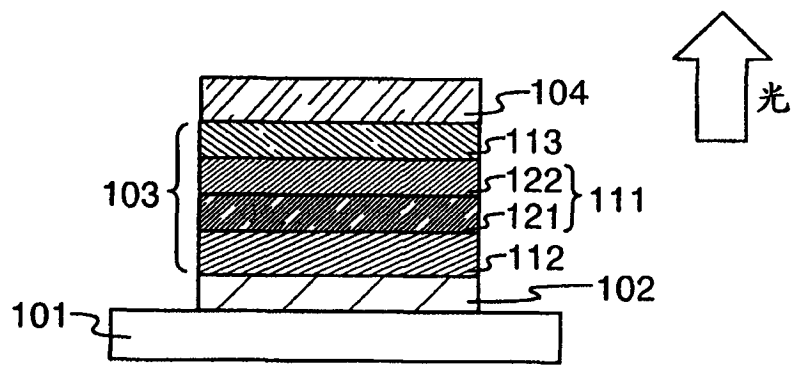


图 1B

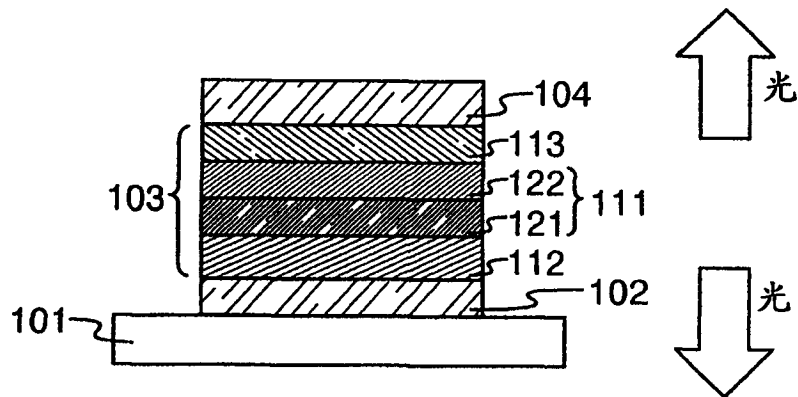


图 1C

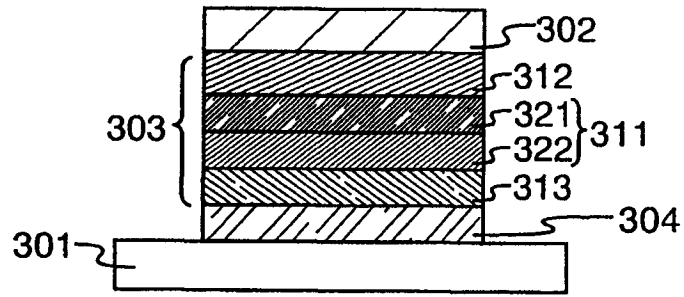


图 2

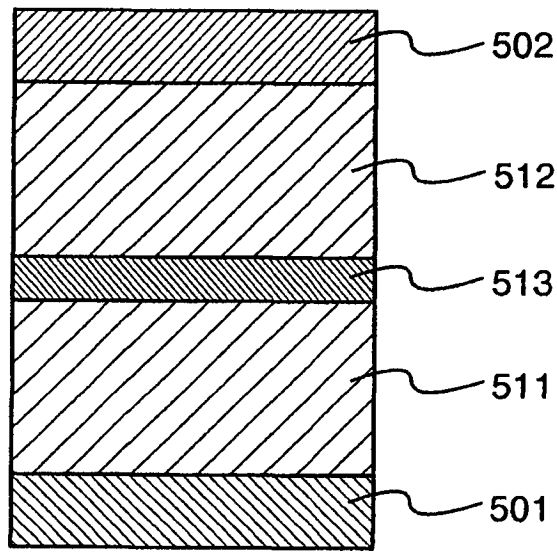


图 3

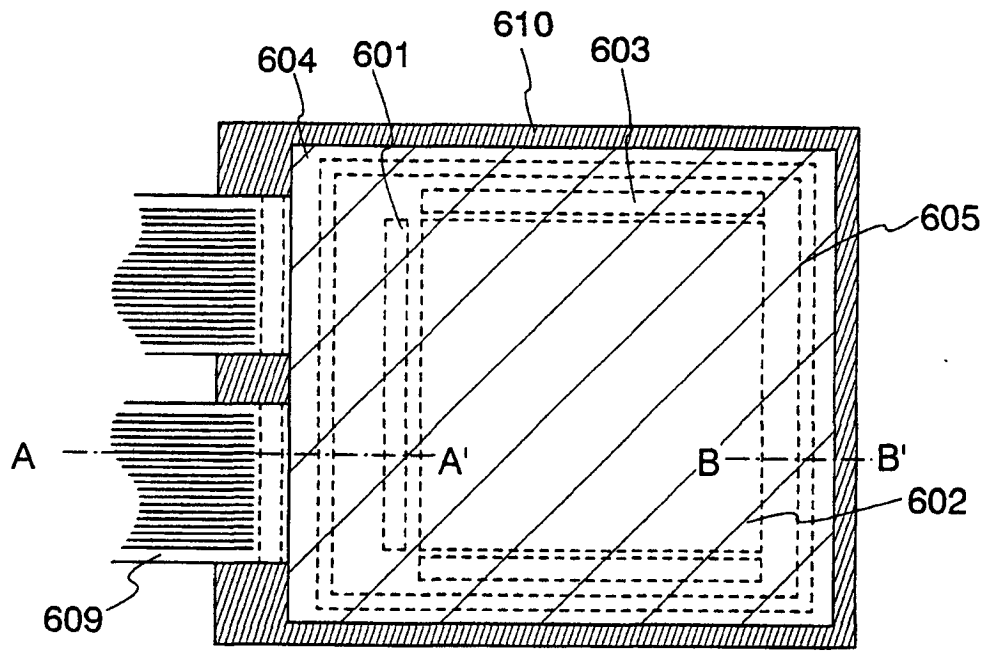


图 4A

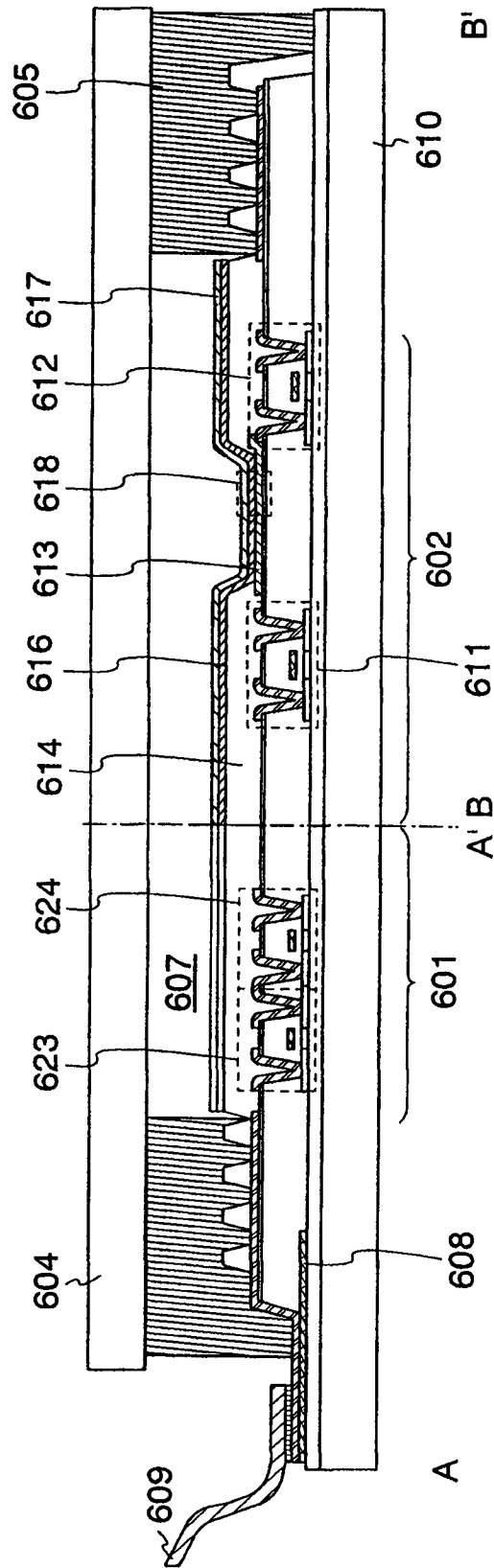


图 4B

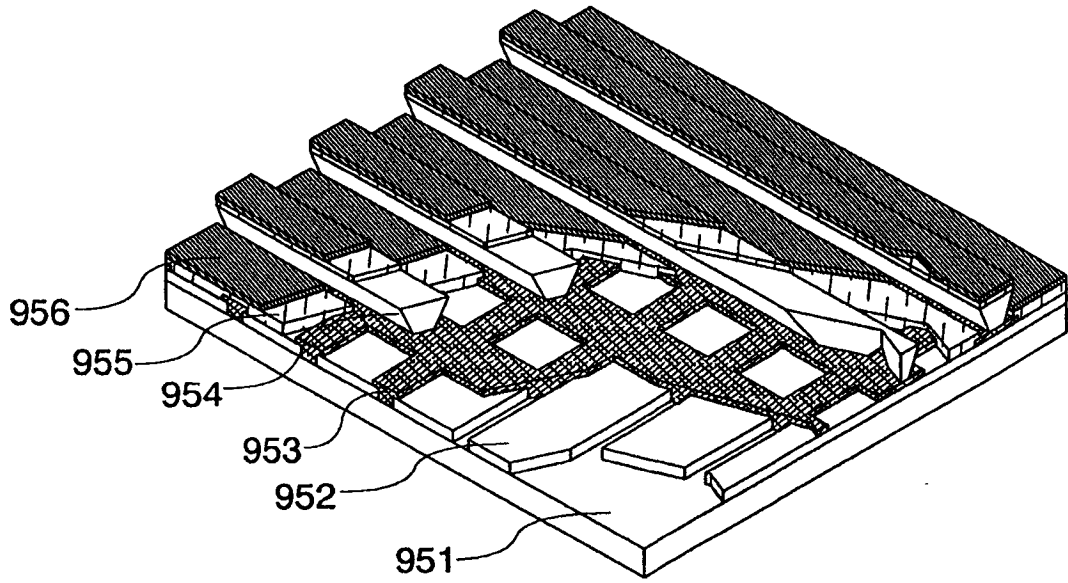


图 5

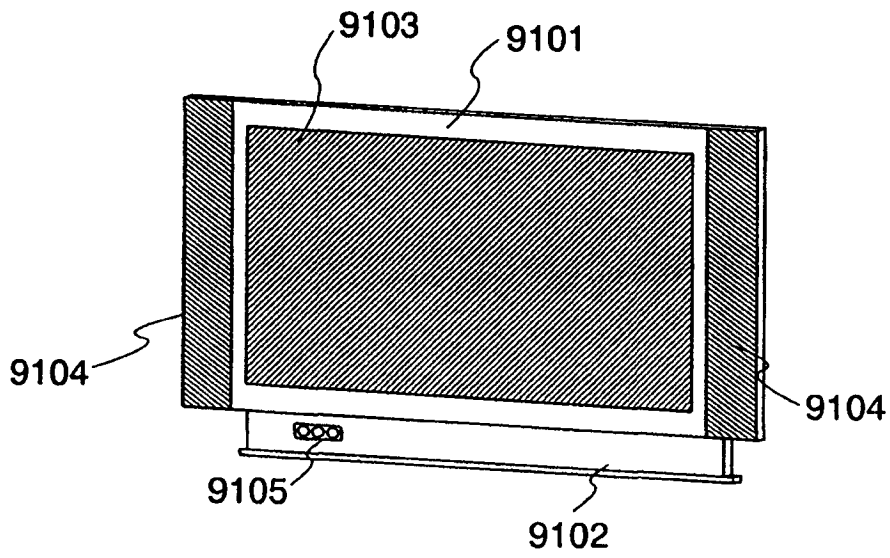


图 6A

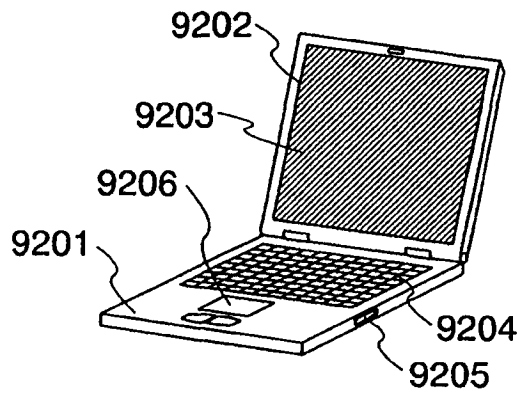


图 6B

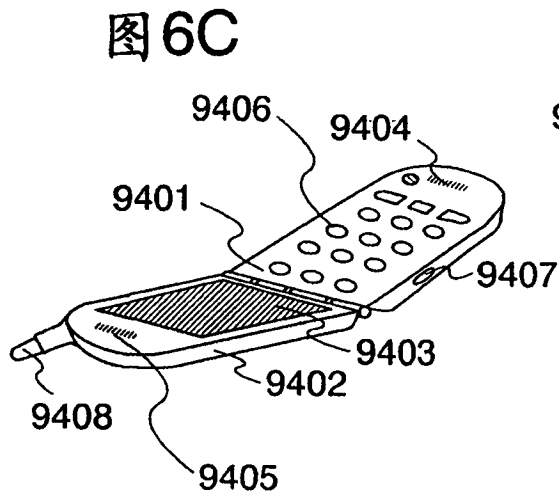


图 6C

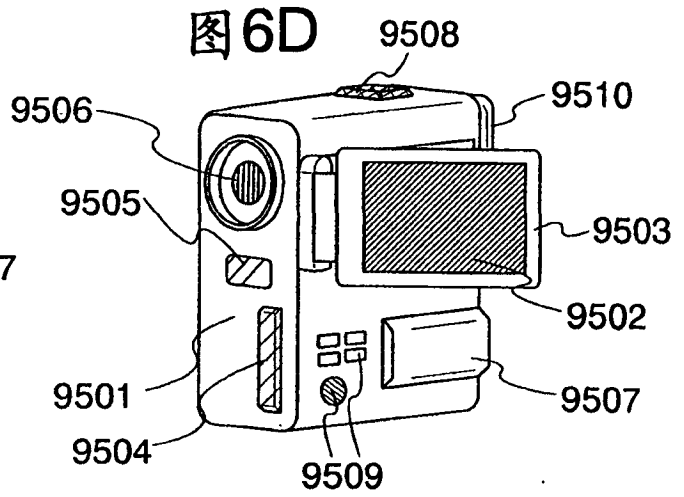


图 6D

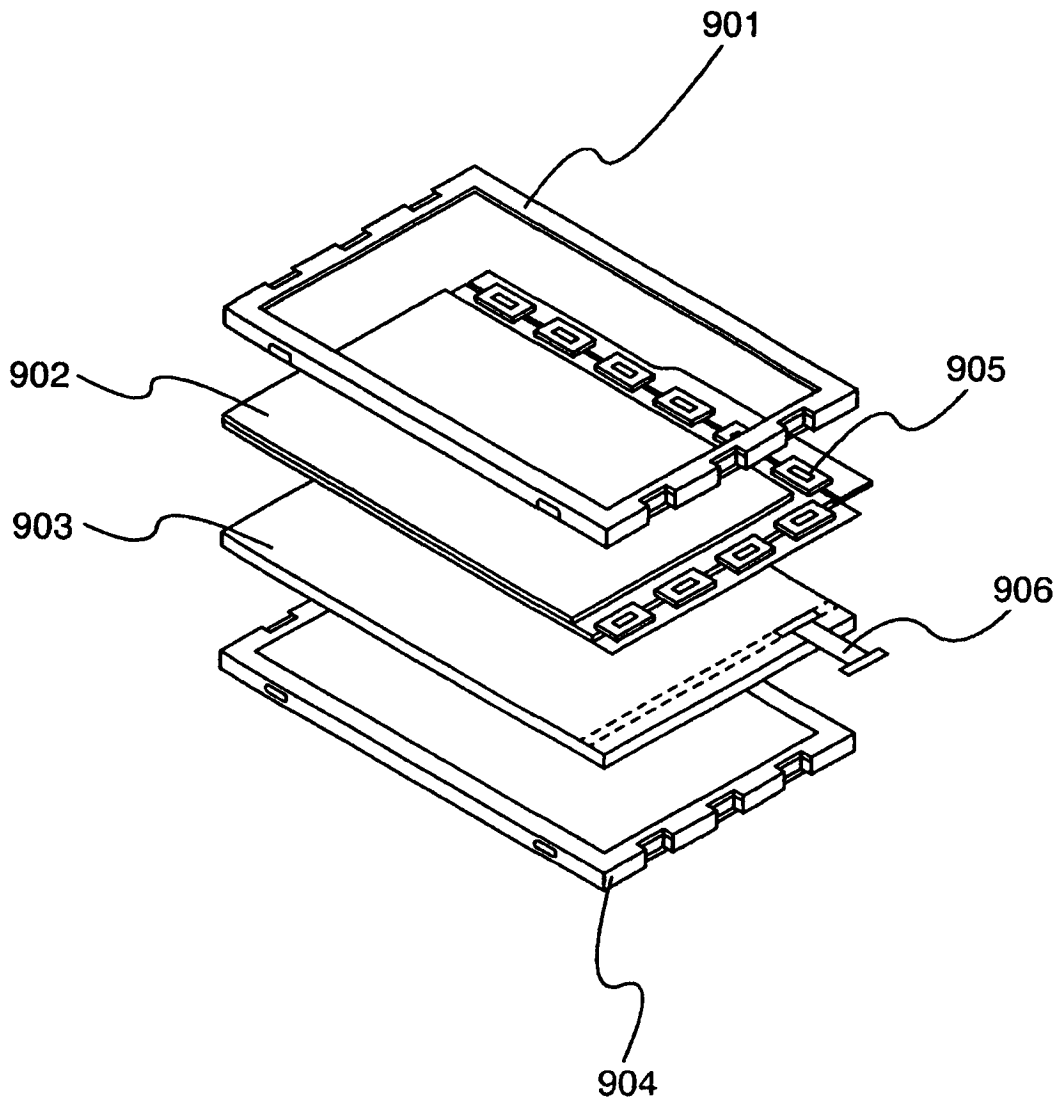


图 7

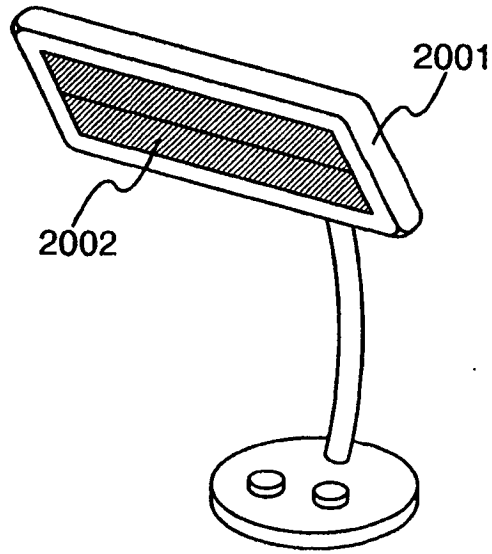


图 8

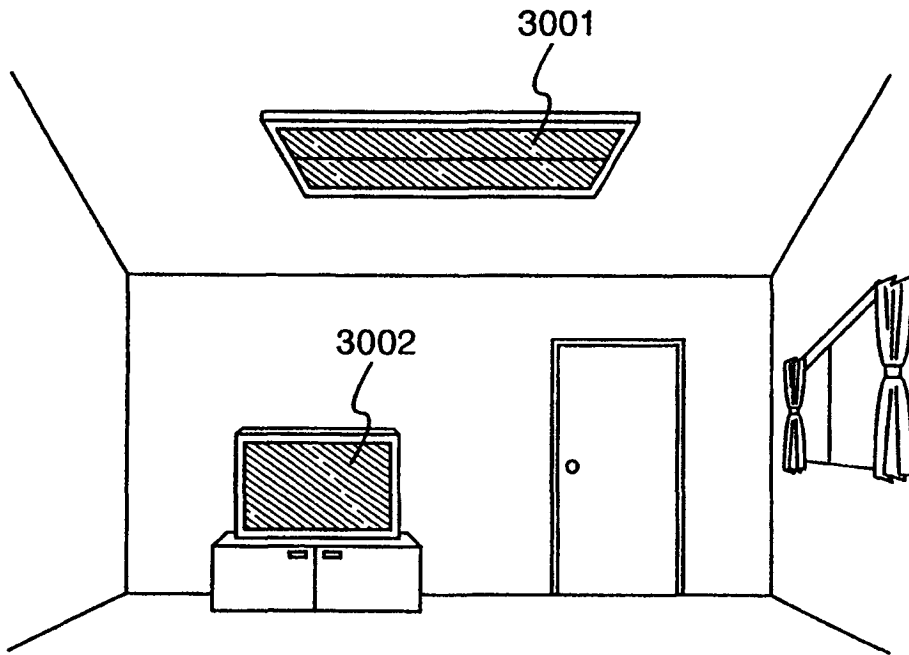


图 9

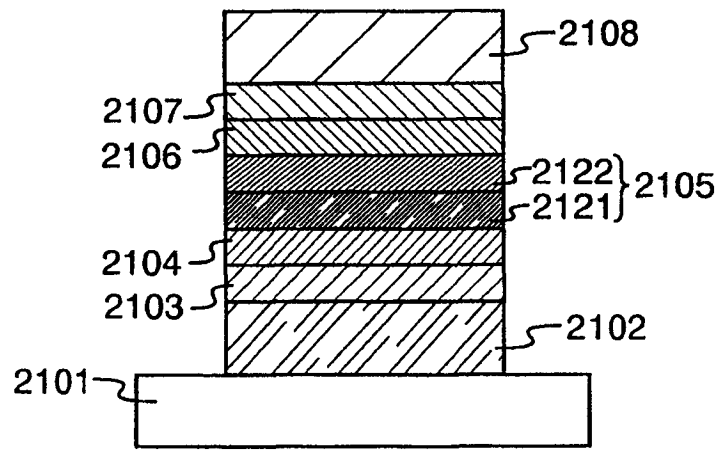


图 10

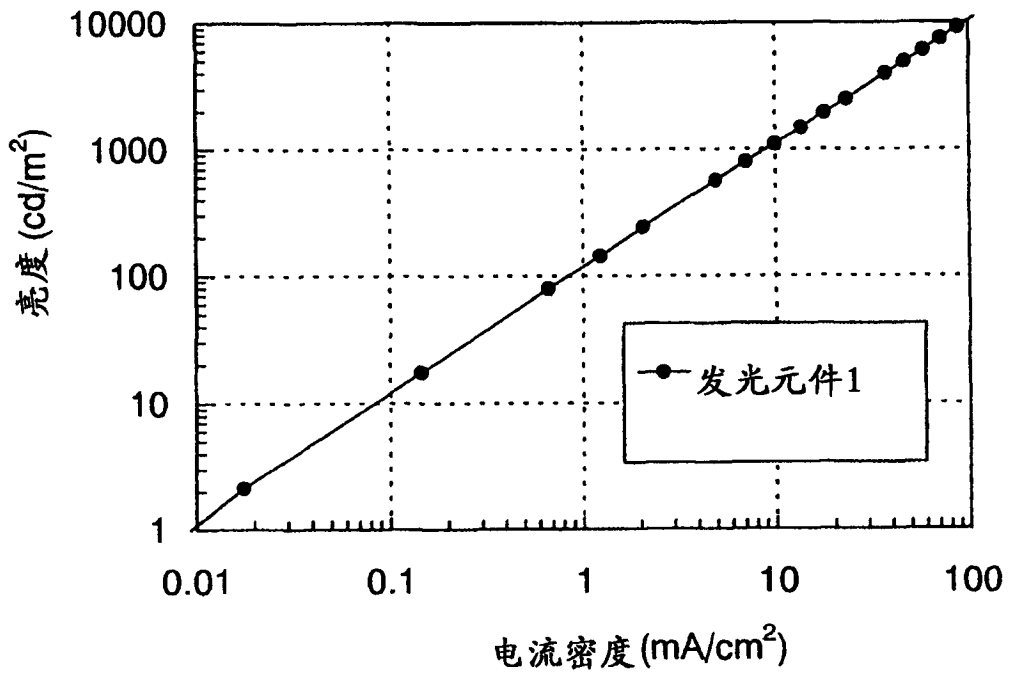


图 11

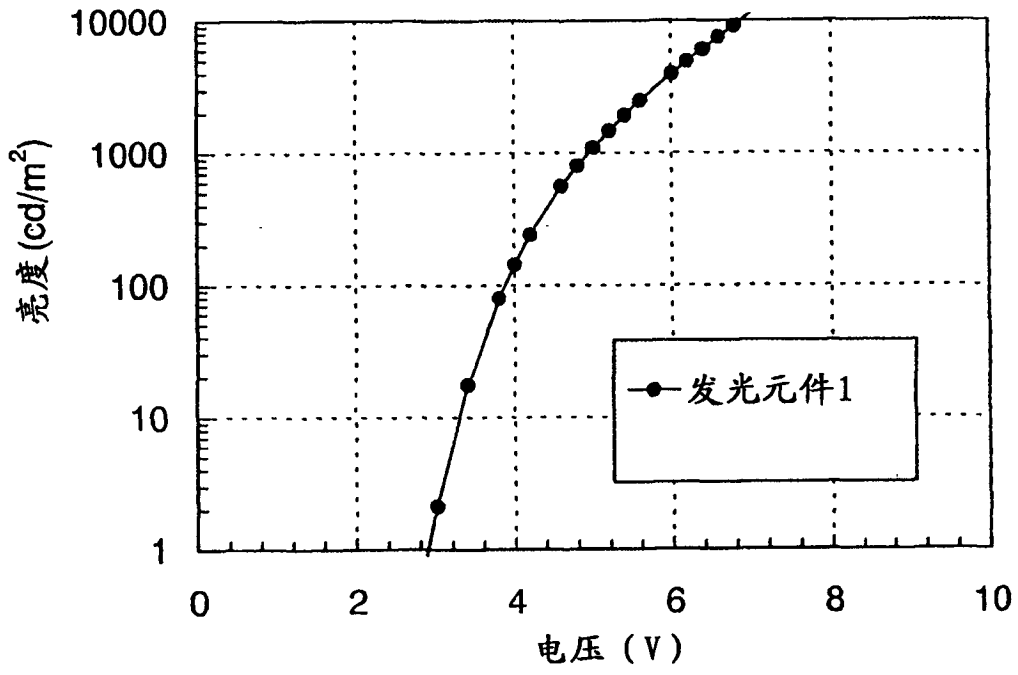


图 12

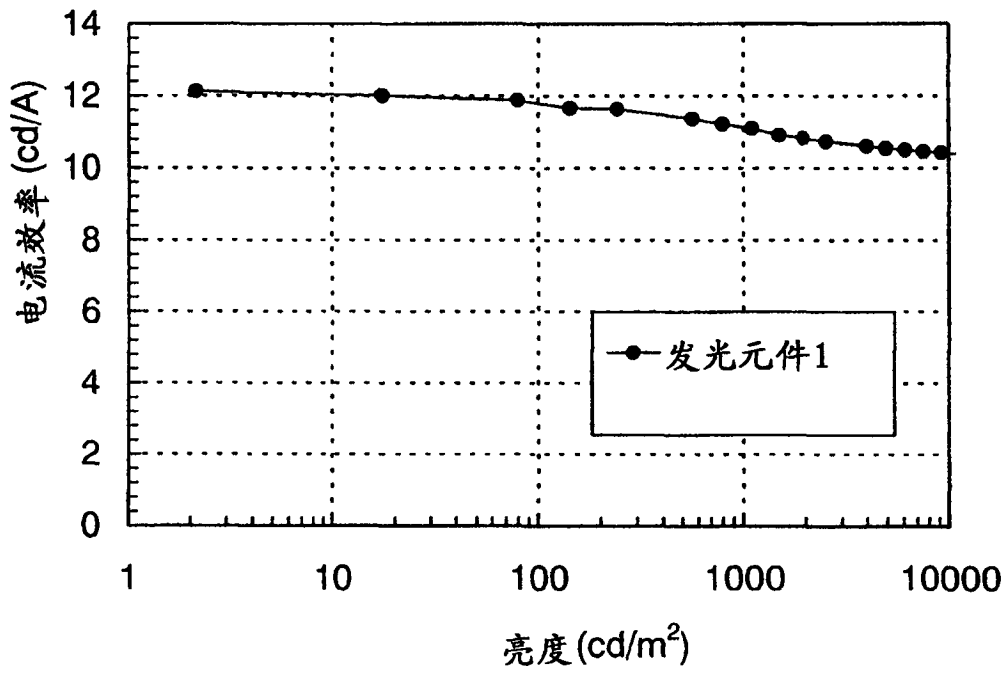


图 13

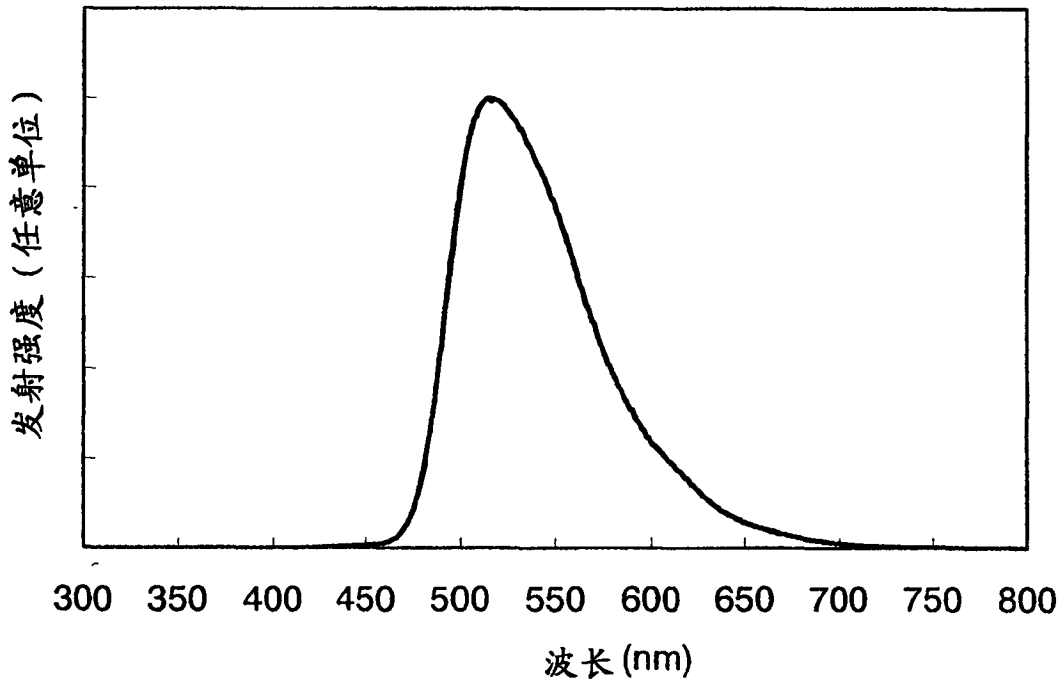


图 14

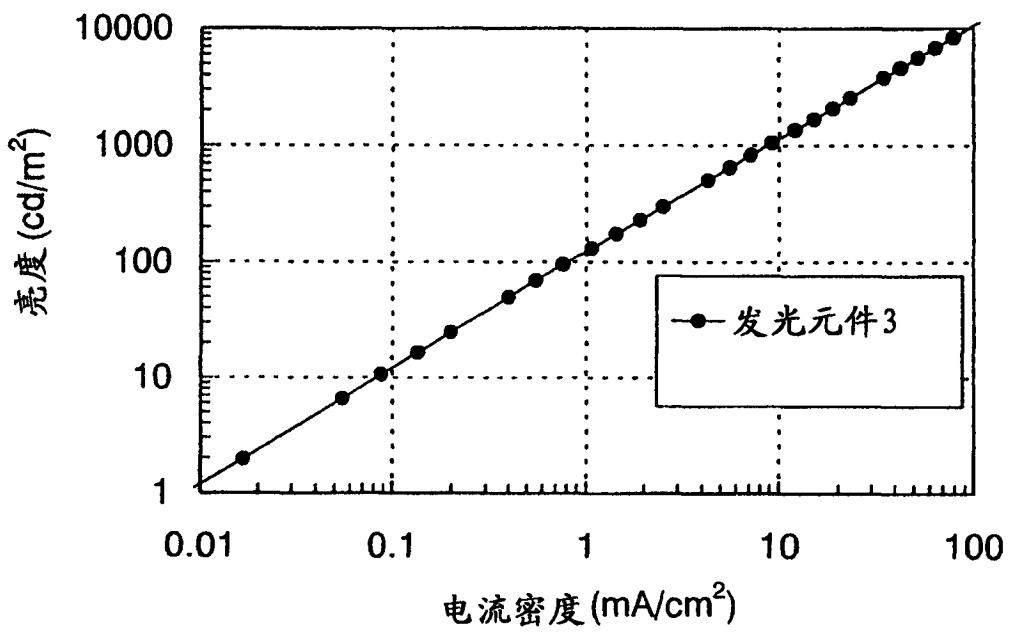


图 15

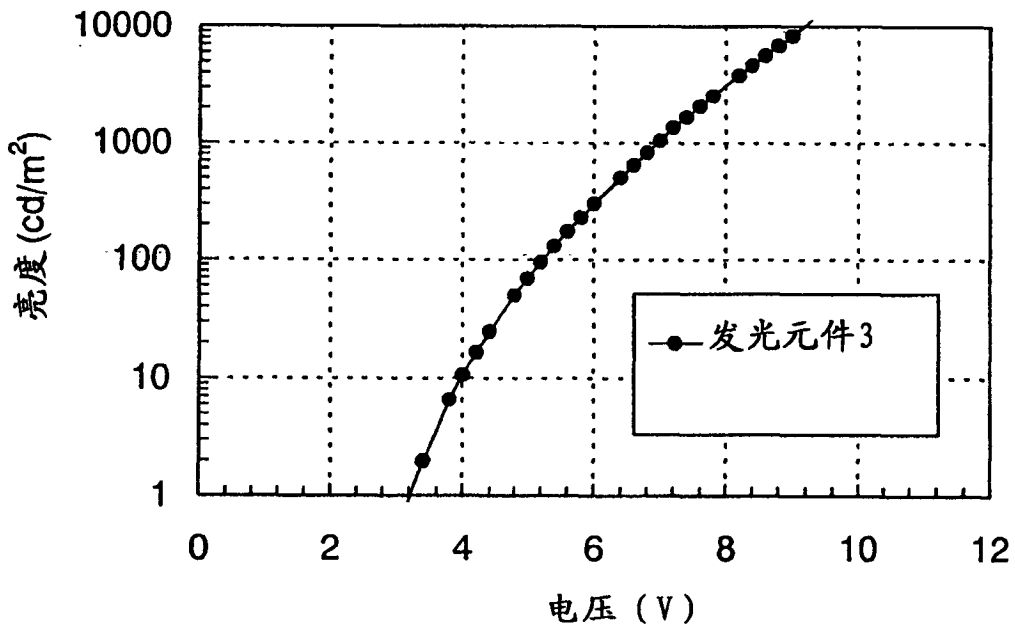


图 16

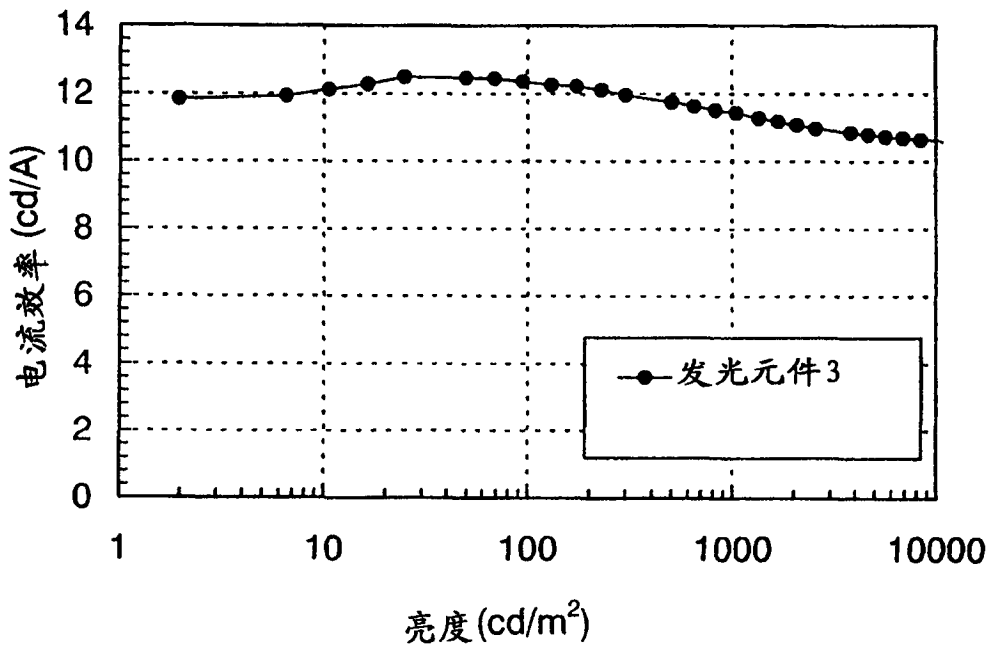


图 17

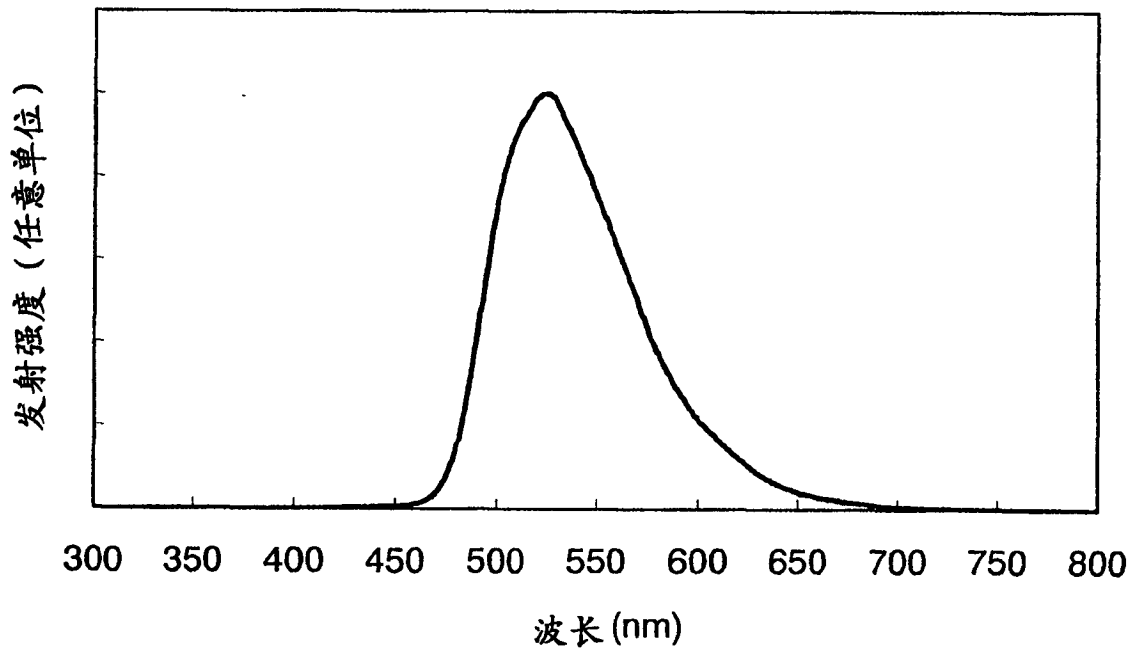


图 18

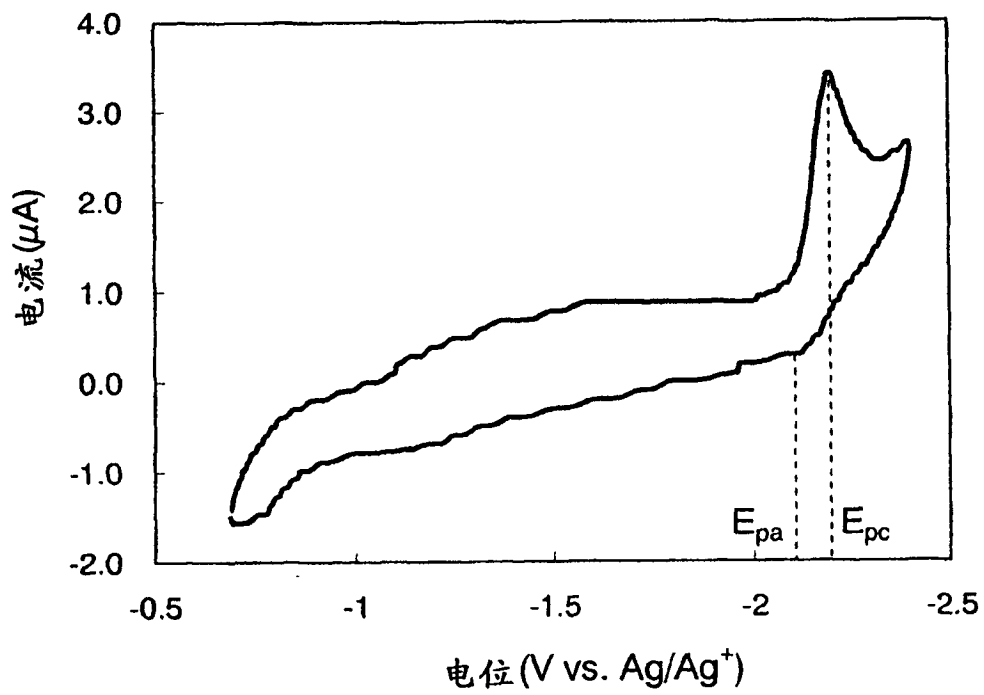


图 19

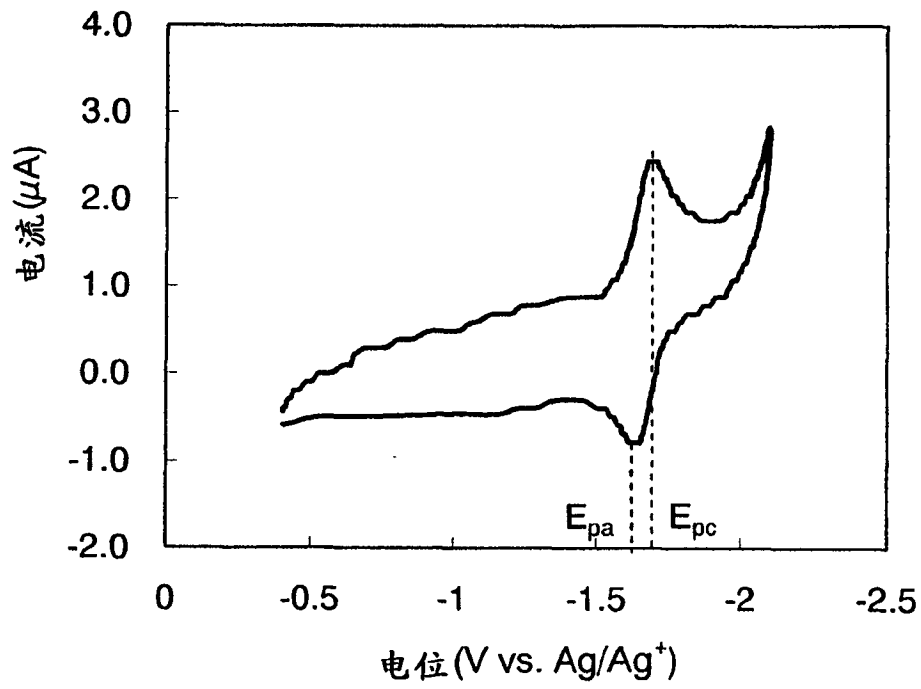


图 20

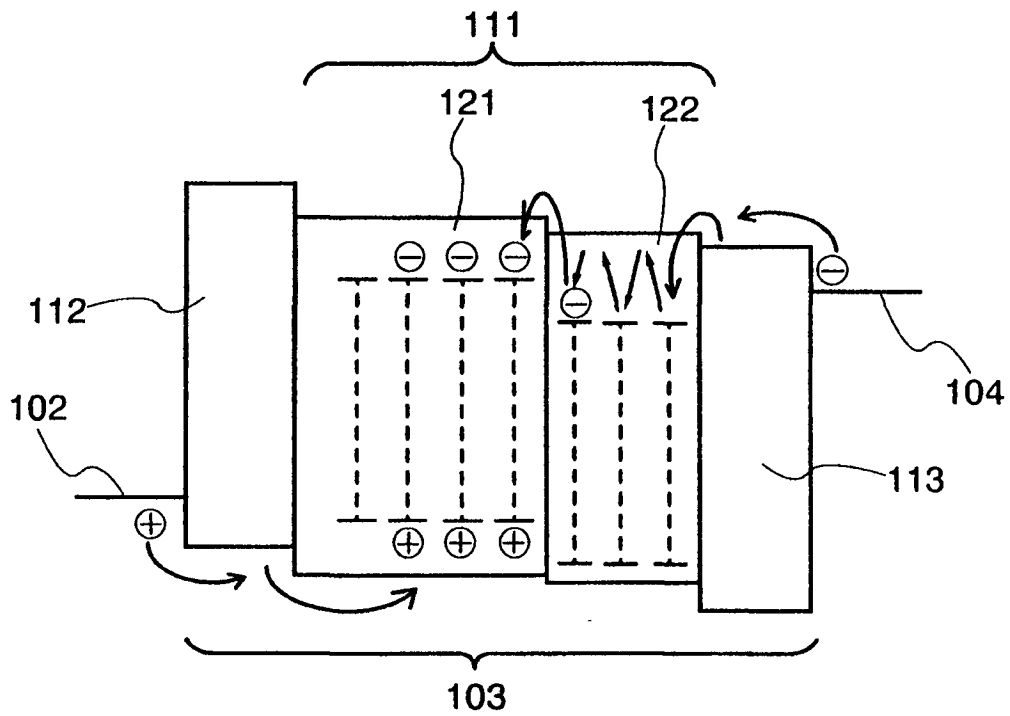


图 21