



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114656508 A

(43) 申请公布日 2022.06.24

(21) 申请号 202210335442.6

C09K 11/06 (2006.01)

(22) 申请日 2017.03.27

H01L 51/54 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01)

(30) 优先权数据

2016-074526 2016.04.01 JP

(62) 分案原申请数据

201780016509.7 2017.03.27

(71) 申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川

(72) 发明人 栗原美树 山田唯 井上英子

濑尾哲史 高桥辰义 木户裕允

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

专利代理师 贾成功

(51) Int. Cl.

C07F 15/00 (2006.01)

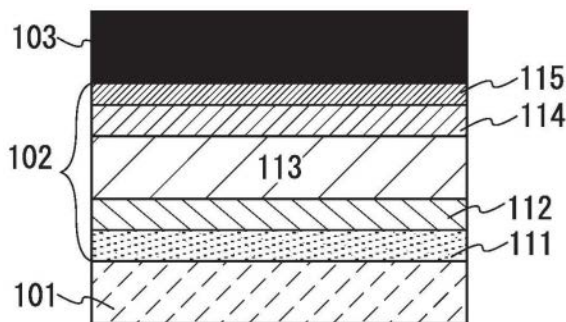
权利要求书2页 说明书56页 附图42页

(54) 发明名称

有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备
设备及照明装置

(57) 摘要

本发明提供一种新颖的有机金属配合物。该有机金属配合物由通式(G1)表示,包括中心金属、第一配体及第二配体。第一配体及第二配体是环金属化配体。第一配体和第二配体中的至少一个包括取代或未取代的芳基作为取代基。在通式(G1)中,R1至R15分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。注意,R1至R15中的至少一个表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。



1. 一种有机金属配合物,包括:
作为中心金属的铱;
包含配位于所述铱的嘧啶环的第一配体;以及
包含配位于所述铱的吡啶环的第二配体,
其中,所述第一配体和所述第二配体都是环金属化配体,以及
所述第一配体和所述第二配体中的至少一个包括取代或未取代的芳基。
2. 一种有机金属配合物,包括:
作为中心金属的铱;
包含配位于所述铱的嘧啶环的第一配体;以及
包含配位于所述铱的吡啶环的第二配体,
其中,所述嘧啶环键合与所述铱键合的第一苯基,
所述吡啶环键合与所述铱键合的第二苯基,
所述第一配体和所述第二配体都是环金属化配体,以及
所述第一配体和所述第二配体中的至少一个包括取代或未取代的芳基。
3. 一种有机金属配合物,包含:
作为中心金属的铱;
包含配位于所述铱的嘧啶环的第一配体;以及
包含配位于所述铱的吡啶环的第二配体,
其中,所述第一配体和所述第二配体都是环金属化配体,以及
所述嘧啶环键合取代或未取代的芳基。
4. 一种有机金属配合物,包括:
作为中心金属的铱;
包含配位于所述铱的嘧啶环的第一配体;以及
包含配位于所述铱的吡啶环的第二配体,
其中,所述嘧啶环键合与所述铱键合的第一苯基,
所述吡啶环键合与所述铱键合的第二苯基,
所述第一配体和所述第二配体都是环金属化配体,以及
所述嘧啶环键合取代或未取代的芳基。
5. 根据权利要求1-4中的任一项所述的有机金属配合物,其中,所述第二配体的比率为
所述第一配体的比率的两倍。
6. 一种用于发光元件的材料,包含权利要求1-4中的任一项所述的有机金属配合物。
7. 一种发光元件,包含权利要求1-4中的任一项所述的有机金属配合物。
8. 一种发光元件,包括:
在一对电极之间的发光层;以及
权利要求1-4中的任一项所述的有机金属配合物。
9. 一种发光装置,包括:
权利要求7所述的发光元件;以及
晶体管或衬底。
10. 一种电子设备,包括:

权利要求9所述的发光装置;以及
麦克风、照相机、操作按钮、外部连接部和扬声器中的至少一者。

11. 一种电子设备,包括:

权利要求9所述的发光装置;以及
外壳和触摸传感器中的至少一者。

12. 一种照明装置,包括:

权利要求9所述的发光装置;以及
外壳、覆盖物和支撑台中的至少一者。

有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

本申请是申请号为201780016509.7、发明名称为“有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置”、申请日为2017年03月27日的专利申请的分案申请。

技术领域

[0001] 本发明的一个实施方式涉及一种有机金属配合物。尤其是，本发明的一个实施方式涉及一种能够将三重激发能转换成发光的有机金属配合物。另外，本发明的一个实施方式涉及一种各包括有机金属配合物的发光元件、发光装置、电子设备及照明装置。注意，本发明的一个实施方式不局限于上述技术领域。本说明书等所公开的发明的一个实施方式的技术领域涉及一种物体、方法或制造方法。本发明的一个实施方式涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或组合物(composition of matter)。具体而言，作为本说明书所公开的本发明的一个实施方式的技术领域的其他的例子，可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置、蓄电装置、存储装置、这些装置的驱动方法以及这些装置的制造方法。

背景技术

[0002] 具有在一对电极之间设置有作为发光物质的有机化合物的结构的发光元件(也称为有机EL元件)具有薄型轻量、响应速度高及低电压驱动等的特征,包括这种发光元件的显示器作为下一代平板显示器受到关注。当对该发光元件施加电压时,从电极注入的电子和空穴重新结合,从而发光物质成为激发态,当该激发态回到基态时发光。作为激发态,可以举出单重激发态(S^*)和三重激发态(T^*)。由单重激发态的发光被称为荧光,而由三重激发态的发光被称为磷光。在发光元件中,它们的统计学上的生成比例被认为是 $S^*:T^*=1:3$ 。

[0003] 作为上述发光物质,能够将单重激发能转换成发光的化合物被称为荧光化合物(荧光材料),能够将三重激发能转换成发光的化合物被称为磷光化合物(磷光材料)。

[0004] 因此,基于上述生成比例,包含荧光材料的发光元件的内部量子效率(所产生的光子相对于所注入的载流子的比例)的理论上的极限被认为是25%,而包含磷光材料的发光元件的内部量子效率的理论上的极限被认为是75%。

[0005] 换言之,与包含荧光材料的发光元件相比,包含磷光材料的发光元件具有更高的效率。因此,近年来对各种磷光材料进行积极的研究开发。尤其是,以铱等为中心金属的有机金属配合物因其高磷光量子产率而受到关注(例如,参照专利文献1)。

[参考文献]

[专利文献]

[0006] [专利文献1]日本专利申请公开第2009-23938号公报

发明内容

[0007] 如专利文献1所公开的那样,具有优良的特性的磷光材料的开发进展,但期待具有更优良的特性的新颖的材料开发。

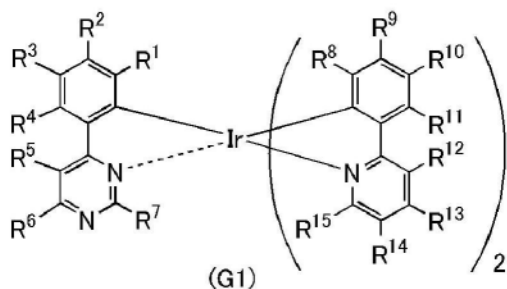
[0008] 鉴于上述情况,根据本发明的一个实施方式,提供一种新颖的有机金属配合物。根据本发明的一个实施方式,提供一种可用于发光元件的新颖的有机金属配合物。根据本发明的一个实施方式,提供一种可用于发光元件的EL层的新颖的有机金属配合物。根据本发明的一个实施方式,提供一种新颖的发光元件。根据本发明的一个实施方式,提供一种新颖的发光装置、新颖的电子设备或新颖的照明装置。注意,这些目的的记载并不妨碍其他目的的存在。在本发明的一个实施方式中,并不需要实现所有上述目的。可以从说明书、附图、权利要求书等的记载得知并抽取上述以外的目的。

[0009] 本发明的一个实施方式是一种有机金属配合物,该有机金属配合物包括中心金属、包含配位于中心金属的第一杂芳环的第一配体及包含配位于中心金属的第二杂芳环的第二配体。第一配体及第二配体都是环金属化配体。第一杂芳环和第二杂芳环互不相同。第一配体和第二配体中的至少一个包括取代或未取代的芳基作为取代基。

[0010] 注意,在上述结构中,第二配体的比率为第一配体的比率为的两倍。此时,优选的是第一杂芳环是嘧啶环且第二杂芳环是吡啶环。

[0011] 本发明的其他的实施方式是一种具有以下通式(G1)表示的结构的有机金属配合物。

[0012] [化学式1]

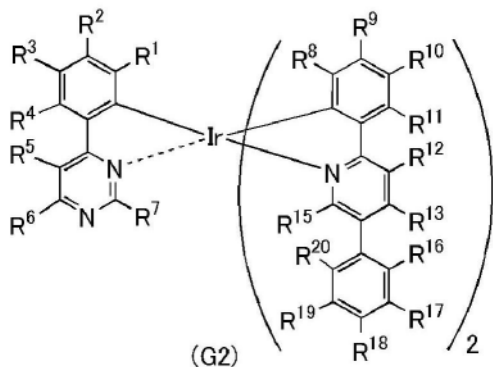


[0013] 在通式(G1)中, R^1 至 R^{15} 分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基或者取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基。注意, R^1 至 R^{15} 中的至少一个表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0014] 优选的是,在通式(G1)中, R^6 、 R^{13} 及 R^{14} 中的至少一个表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0015] 本发明的其他的实施方式是以通式(G2)表示的有机金属配合物。

[0016] [化学式2]

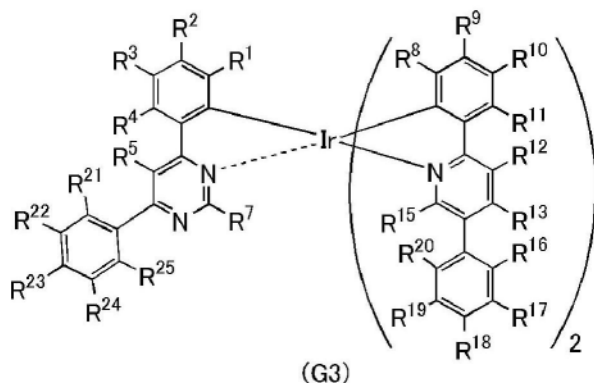


[0017] 在通式(G2)中, R^1 至 R^{13} 和 R^{15} 至 R^{20} 分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原

子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基或者取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基。

[0018] 本发明的其他的实施方式是以通式 (G3) 表示的有机金属配合物。

[0019] [化学式3]

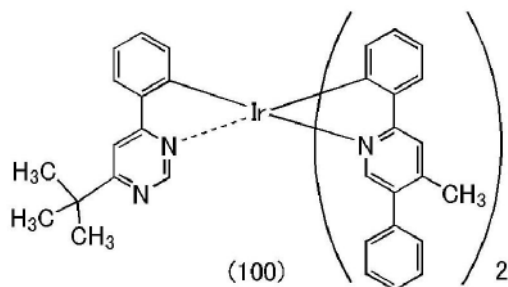


[0020] 在通式 (G3) 中, R^1 至 R^5 、 R^7 至 R^{13} 和 R^{15} 至 R^{25} 分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基或者取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基。

[0021] 本发明的一个实施方式的上述有机金属配合物是作为第二配体的苯基吡啶化合物和作为第一配体的苯基咪啶化合物的杂配物配合物 (heteroleptic complex)。该有机金属配合物包括两个主要HOMO分布的苯基吡啶化合物和一个主要LUMO分布的苯基咪啶化合物。如此, 通过在空间上分离HOMO和LUMO, 空穴注入到具有高抗空穴性的苯基吡啶配体, 电子注入到具有高抗电子性的苯基咪啶配体。所以, 该有机金属配合物可以具有高抗空穴性和高抗电子性的双方。再者, HOMO和LUMO在空间上分离意味着在激发状态下空穴和电子是分离的, 这有助于激发状态下的稳定化。另外, 该有机金属配合物具有较高的空穴注入性及电子注入性, 因此空穴传输性和电子传输性的平衡得到改善, 从而发光效率和寿命等元件特性得到提高。在此, 第一配体和第二配体中的至少包括一个芳基。该结构改善有机金属配合物的热物性、化学稳定性及电气稳定性。尤其是, 在吡啶环或咪啶环包括芳基的情况下, 杂环的电化学稳定性得到提高, 所以是优选的。在咪啶环包括芳基的情况下, LUMO变得稳定, HOMO和LUMO容易分离, 所以是更优选的。因此, 通过使用本发明的一个实施方式的有机金属配合物, 可以延长发光元件的寿命。

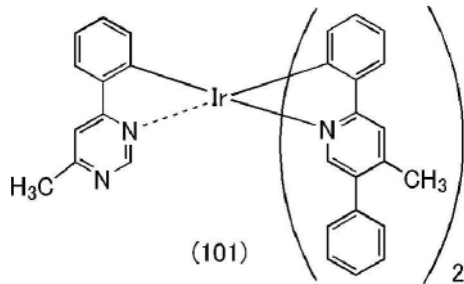
[0022] 本发明的其他的实施方式是一种以结构式 (100) 表示的有机金属配合物。

[0023] [化学式4]



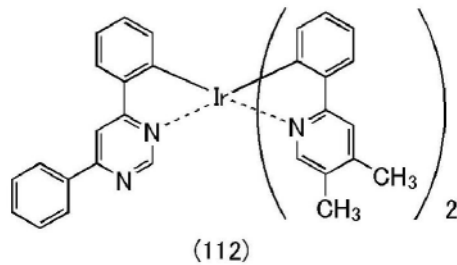
[0024] 本发明的其他的实施方式是一种以结构式 (101) 表示的有机金属配合物。

[0025] [化学式5]



[0026] 本发明的其他的实施方式是一种以结构式(112)表示的有机金属配合物。

[0027] [化学式6]



[0028] 作为本发明的一个实施方式的有机金属配合物是非常有效的,因为该有机金属配合物可以发射磷光,即能够从三重激发态得到发光并呈现发光,所以当将该有机金属配合物用于发光元件时,可以提高效率。因此,本发明的一个实施方式还包括使用本发明的一个实施方式的有机金属配合物的发光元件。

[0029] 本发明的其他的实施方式是一种包括一对电极之间的EL层的发光元件。EL层包括发光层。发光层包含上述有机金属配合物中的任一个。

[0030] 本发明的其他的实施方式是一种包括一对电极之间的EL层的发光元件。EL层包括发光层。发光层包含多个有机化合物。多个有机化合物中的一个包含上述有机金属配合物中的任一个。

[0031] 本发明的一个实施方式在其范畴内不仅包括具有发光元件的发光装置,而且包括具有发光装置的照明装置。本说明书中的发光装置是指图像显示装置和光源(照明装置等)。另外,发光装置在其范畴内包括如下所有模块:连接器诸如FPC(Flexible printed circuit:柔性印刷电路板)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装)连接于发光装置的模块;在TCP的端部上设置有印刷线路板的模块;以及IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)法直接安装在发光元件上的模块。

[0032] 根据本发明的一个实施方式,可以提供一种新颖的有机金属配合物。根据本发明的一个实施方式,可以提供一种可用于发光元件的新颖的有机金属配合物。根据本发明的一个实施方式,可以提供一种可用于发光元件的EL层的新颖的有机金属配合物。此外,可以提供一种使用新颖的有机金属配合物的新颖的发光元件。此外,可以提供一种新颖的发光装置、新颖的电子设备或新颖的照明装置。注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个实施方式并不需要实现所有上述效果。可以从说明书、附图、权利要求书等的记载得知并抽取上述以外的效果。

附图说明

[0033] 图1A和图1B示出发光元件的结构。

图2A和图2B示出发光元件的结构。

图3A至图3C示出发光装置。

图4A和图4B示出发光装置。

图5A、图5B、图5C、图5D、图5D'-1及图5D'-2示出电子设备。

图6A至图6C示出电子设备。

图7A和图7B示出汽车。

图8A至图8D示出照明装置。

图9示出照明装置。

图10A和图10B示出触摸屏的例子。

图11A和图11B示出触摸屏的例子。

图12A和图12B示出触摸屏的例子。

图13A和图13B是触摸传感器的方框图及时序图。

图14是触摸传感器的电路图。

图15A、图15B1和图15B2示出显示装置的方框图。

图16是显示装置的电路结构。

图17是显示装置的截面结构。

图18A和图18B示出发光元件。

图19是以结构式(100)表示的有机金属配合物的¹H-NMR谱。

图20示出以结构式(100)表示的有机金属配合物的紫外-可见吸收光谱及发射光谱。

图21示出以结构式(100)表示的有机金属配合物的LC-MS测定结果。

图22示出以结构式(200)表示的有机金属配合物的¹H-NMR谱。

图23示出以结构式(200)表示的有机金属配合物的紫外-可见吸收光谱及发射光谱。

图24示出以结构式(200)表示的有机金属配合物的LC-MS测定结果。

图25示出以结构式(112)表示的有机金属配合物的¹H-NMR谱。

图26示出以结构式(112)表示的有机金属配合物的紫外-可见吸收光谱及发射光谱。

图27示出发光元件。

图28示出发光元件的电流密度-亮度特性。

图29示出发光元件的电压-亮度特性。

图30示出发光元件的亮度-电流效率特性。

图31示出发光元件的电压-电流特性。

图32示出发光元件的发射光谱。

图33示出发光元件的可靠性。

图34示出以结构式(111)表示的有机金属配合物的¹H-NMR谱。

图35示出以结构式(111)表示的有机金属配合物的紫外-可见吸收光谱及发射光谱。

图36示出以结构式(114)表示的有机金属配合物的¹H-NMR谱。

图37示出以结构式(114)表示的有机金属配合物的紫外-可见吸收光谱及发射光谱。

图38示出以结构式(114)表示的有机金属配合物的LC-MS测定结果。

图39示出发光元件4的电流密度-亮度特性。

图40示出发光元件4的电压-亮度特性。

图41示出发光元件4的亮度-电流效率特性。

图42示出发光元件4的电压-电流特性。

图43示出发光元件4的发射光谱。

图44示出发光元件4的可靠性。

图45示出发光元件5的电流密度-亮度特性。

图46示出发光元件5的电压-亮度特性。

图47示出发光元件5的亮度-电流效率特性。

图48示出发光元件5的电压-电流特性。

图49示出发光元件5的发射光谱。

图50示出发光元件5的可靠性。

图51示出发光元件6的电流密度-亮度特性。

图52示出发光元件6的电压-亮度特性。

图53示出发光元件6的亮度-电流效率特性。

图54示出发光元件6的电压-电流特性。

图55示出发光元件6的发射光谱。

图56示出发光元件6的可靠性。

图57示出发光元件7的电流密度-亮度特性。

图58示出发光元件7的电压-亮度特性。

图59示出发光元件7的亮度-电流效率特性。

图60示出发光元件7的电压-电流特性。

图61示出发光元件7的发射光谱。

图62示出发光元件7的可靠性。

具体实施方式

[0034] 以下,参照附图说明本发明的实施方式。注意,本发明不局限于以下说明,其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及范围的情况下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局限在以下所示的实施方式的记载中。

[0035] 另外,根据情况或状况,可以互相调换词语“膜”和“层”。例如,有时可以将词语“导电层”变换为词语“导电膜”。此外,有时可以将词语“绝缘膜”变换为词语“绝缘层”。

[0036] (实施方式1)

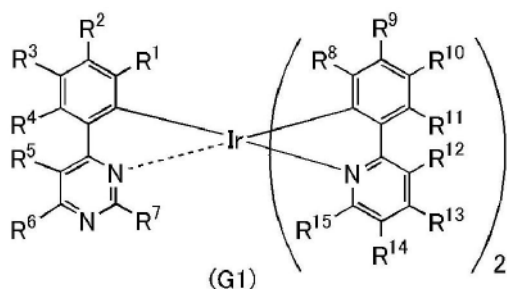
在本实施方式中,对本发明的一个实施方式的有机金属配合物进行说明。

[0037] 在本实施方式中说明的有机金属配合物包括中心金属、包含配位于中心金属的第一杂芳环的第一配体及包含配位于中心金属的第二杂芳环的第二配体。第一配体及第二配体都是环金属化配体。第一杂芳环和第二杂芳环互不相同。第一配体和第二配体中的至少

一个包括取代或未取代的芳基作为取代基。

[0038] 注意,在上述结构中,第二配体的比率为第一配体的比率的两倍。此时,优选的是第一杂芳环是嘧啶环且第二杂芳环是吡啶环。

[0039] [化学式7]



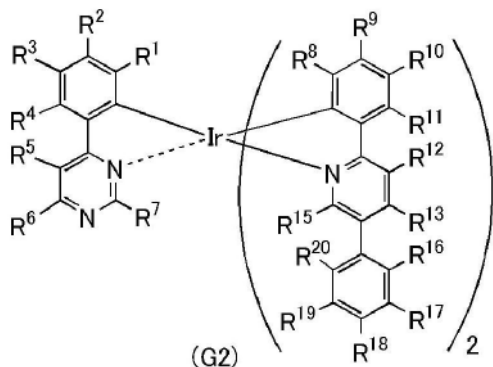
[0040] 在通式(G1)中, R^1 至 R^{15} 分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基或者取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基。注意, R^1 至 R^{15} 中的至少一个表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0041] 另外,相对于本发明的一个实施方式的有机金属配合物的上述芳基的个数优选为1。换言之,在通式(G1)中,优选 R^1 至 R^{15} 中的一个表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基,其他的表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基。该结构改善有机金属配合物的升华性,有助于发光元件的寿命的延长。

[0042] 优选的是,在通式(G1)中, R^6 、 R^{13} 及 R^{14} 中的至少一个表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0043] 在本实施方式中说明的有机金属配合物为以通式(G2)表示的有机金属配合物。

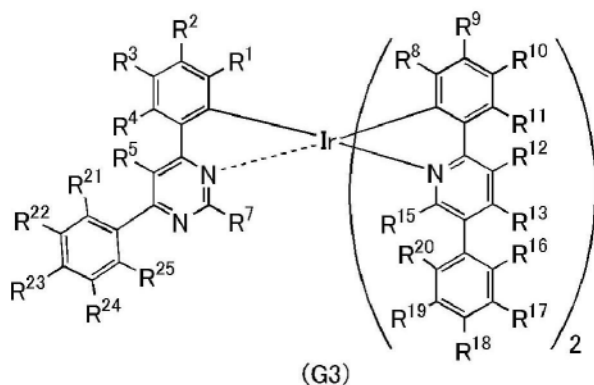
[0044] [化学式8]



[0045] 在通式(G2)中, R^1 至 R^{13} 及 R^{15} 至 R^{20} 分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基或者取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基。

[0046] 在本实施方式中说明的有机金属配合物为以通式(G3)表示的有机金属配合物。

[0047] [化学式9]



[0048] 在通式 (G3) 中, R^1 至 R^5 、 R^7 至 R^{13} 及 R^{15} 至 R^{25} 分别独立地表示氢、卤基、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。

[0049] 作为通式 (G1) 至 (G3) 中的以 R^1 至 R^{25} 中的任一个表示的碳原子数为 1 至 6 的烷基的具体例子, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基、戊基、异戊基、仲戊基、叔戊基、新戊基、己基、异己基、仲己基、叔己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基、2,3-二甲基丁基以及三氟甲基等。

[0050] 作为通式 (G1) 至 (G3) 中的以 R^1 至 R^{25} 中的任一个表示的碳原子数为 6 至 13 的芳基的具体例子, 可以举出苯基、甲苯基 (邻甲苯基、间甲苯基、对甲苯基)、萘基 (1-萘基、2-萘基)、联苯基 (联苯-2-基、联苯-3-基、联苯-4-基)、二甲苯基、戊搭烯基、茛基、苈基、菲基、茛基等。注意, 上述取代基也可以彼此键合而形成环。在此情况下, 例如以苈基的 9 位的碳具有两个苯基作为取代基并且使这些苯基彼此键合的方式形成螺苈骨架。

[0051] 作为通式 (G1) 至 (G3) 中的以 R^1 至 R^{25} 中的任一个表示的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基的具体例子, 可以举出咪唑基、吡唑基、吡啶基、哒嗪基、三唑基、苯并咪唑基、喹啉基、咪唑基、二苯并咪唑基和二苯并噻吩基等。

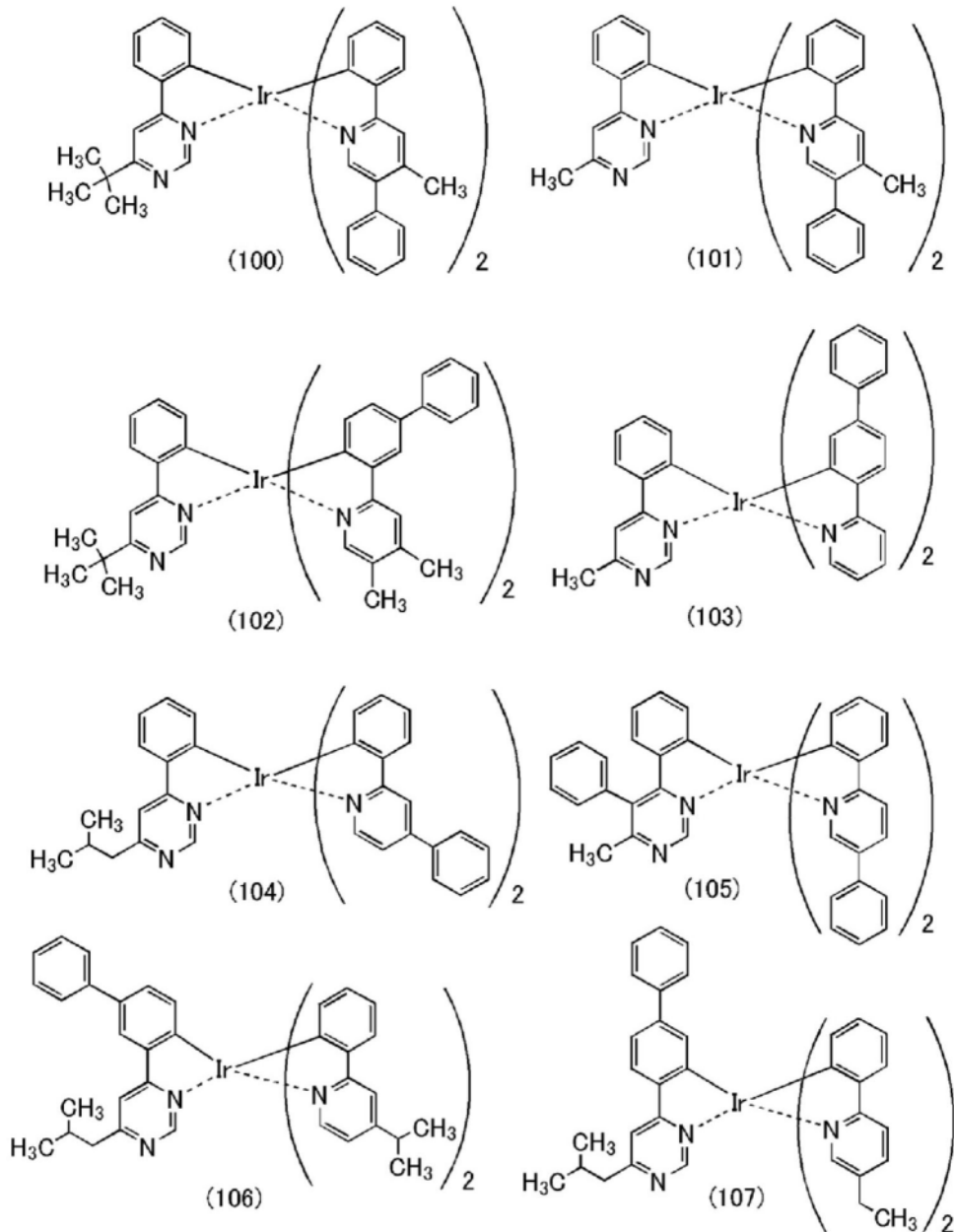
[0052] 在通式 (G1) 至 (G3) 的每一个中, 当取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个具有取代基时, 作为该取代基可以举出: 甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、仲丁基、叔丁基、戊基、己基等碳原子数为 1 至 6 的烷基; 环戊基、环己基、环庚基、1-降冰片基、2-降冰片基等碳原子数为 5 至 7 的环烷基; 苯基、联苯基等碳原子数为 6 至 12 的芳基。上述取代基也可以彼此键合而形成环。在此情况下, 例如, 以如下方式形成螺苈骨架: R^1 至 R^{25} 中的任一个是苈基, 该苈基是碳原子数为 13 的芳基, 该苈基的 9 位的碳具有两个苯基作为取代基, 这些苯基彼此键合。

[0053] 以通式 (G1)、(G2) 及 (G3) 表示的本发明的实施方式的上述各有机金属配合物是作为第二配体的苯基吡啶化合物和作为第一配体的苯基咪唑化合物的杂配物配合物。该有机金属配合物包括两个主要 HOMO 分布的苯基吡啶化合物和一个主要 LUMO 分布的苯基咪唑化合物。如此, 通过在空间上分离 HOMO 和 LUMO, 空穴注入到具有高抗空穴性的苯基吡啶配体, 电子注入到具有高抗电子性的苯基咪唑配体。所以, 该有机金属配合物可以具有高抗空穴性和高抗电子性的双方。再者, HOMO 和 LUMO 在空间上分离意味着在激发状态下空穴和电子是分离的, 这有助于激发状态下的稳定化。另外, 该有机金属配合物具有较高的空穴注入性及电子注入性, 因此空穴传输性和电子传输性的平衡得到改善, 从而发光效率和寿命等元

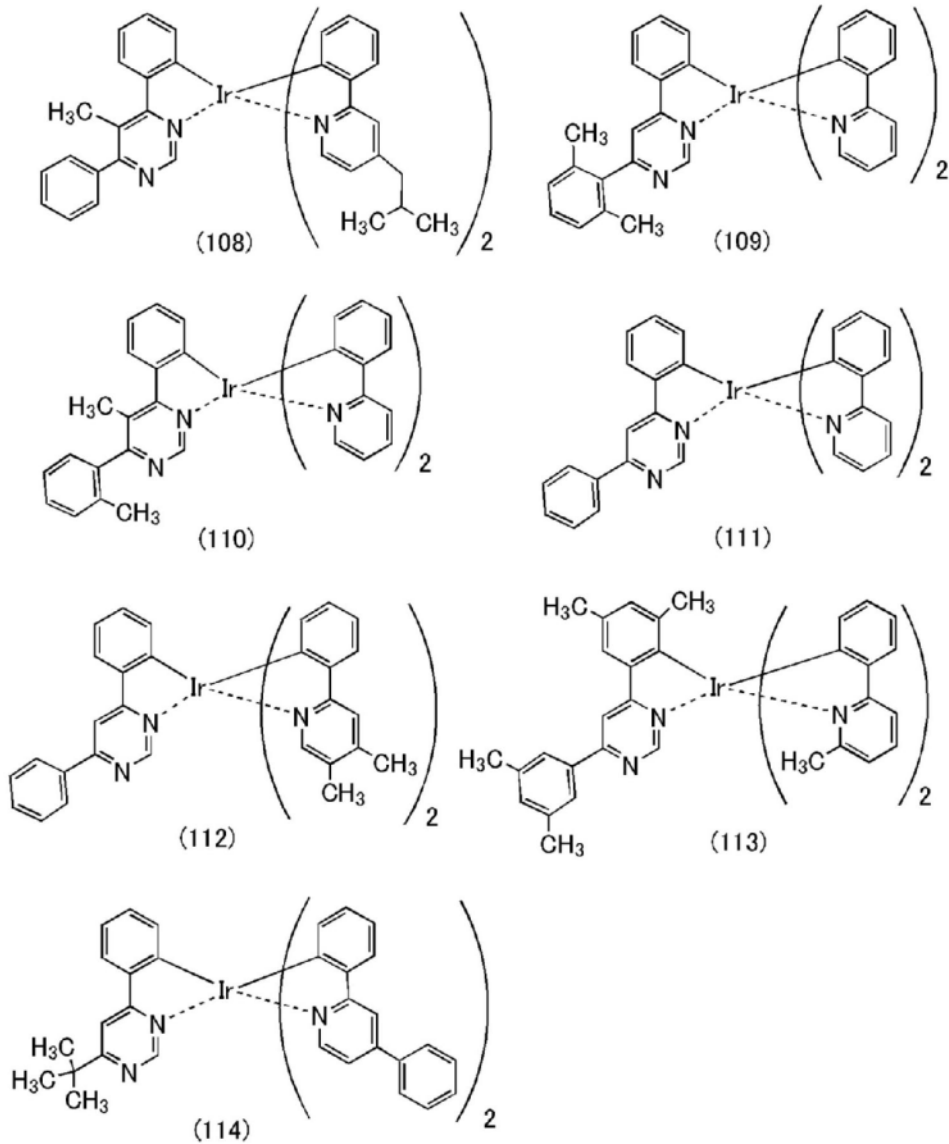
件特性得到提高。在此,第一配体和第二配体中的至少包括一个芳基。该结构改善有机金属配合物的热物性、化学稳定性及电气稳定性。尤其是,在吡啶环或嘧啶环包括芳基的情况下,杂环的电化学稳定性得到提高,所以是优选的。在嘧啶环包括芳基的情况下,LUMO变得稳定,HOMO和LUMO容易分离,所以是更优选的。因此,通过使用本发明的一个实施方式的有机金属配合物,可以延长发光元件的寿命。

[0054] 接着,以下示出上述本发明的一个实施方式的各有机金属配合物的具体结构式。注意,本发明不局限于这些结构式。

[0055] [化学式10]



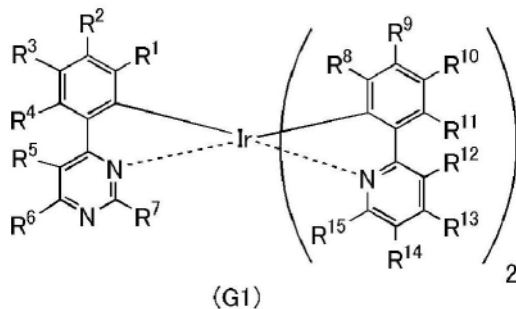
[0056] [化学式11]



[0057] 以上述结构式表示的有机金属配合物是能够发射磷光的新颖的物质。根据配体的种类有可能存在这些物质的几何异构体和立体异构体。各异构体也是本发明的一个实施方式的有机金属配合物。

[0058] 接着,说明本发明的一个实施方式的以通式(G1)表示的有机金属配合物的合成方法的例子。

[0059] [化学式12]

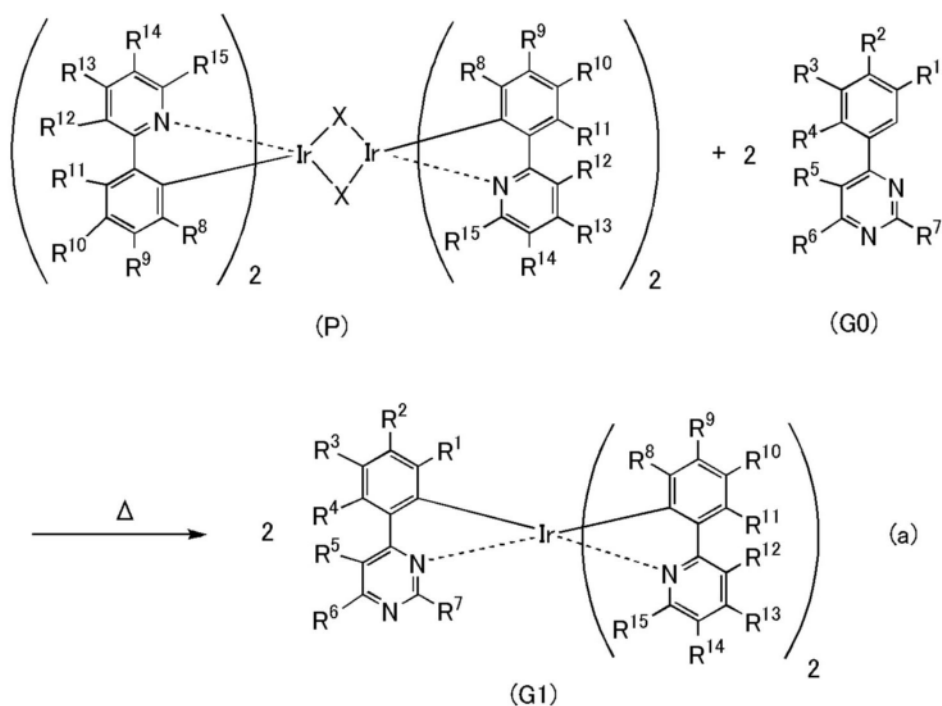


[0060] 《以通式(G1)表示的有机金属配合物的合成方法》

如合成方案(a)所示,通过在惰性气体气氛中使卤素桥接双核配合物(P)和以通式

(G0) 表示的嘧啶化合物起反应, 可以获得以通式 (G1) 表示的有机金属配合物。

[0061] [化学式13]



[0062] 在合成方案 (A) 中, X 表示卤素原子, R¹ 至 R¹⁵ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。注意, R¹ 至 R¹⁵ 中的至少一个表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基。

[0063] 此外, 也可以通过对以上述合成方案 (A) 获得的有机金属配合物照射光或热, 来获得几何异构体或光学异构体等异构体。该异构体也是以通式 (G1) 表示的有机金属配合物。另外, 也可以在使具有卤素桥接结构的双核配合物 (P) 与三氟甲磺酸银等脱氯剂起反应以使氯化银析出之后, 在惰性气体气氛中使上清液与以通式 (G0) 表示的嘧啶化合物起反应。

[0064] 在本发明中, 优选将取代基键合到嘧啶化合物的 R⁶, 以获得作为配体包含嘧啶化合物的邻位金属化配合物。作为 R⁶, 尤其优选使用取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。在此情况下, 与作为 R⁶ 使用氢的情况相比, 可以抑制卤素桥接双核金属配合物在以合成方案 (a) 表示的反应中分解, 从而收率大幅度提高。

[0065] 虽然在上说明本发明的一个实施方式的有机金属配合物的合成方法的例子, 但是本发明不局限于此, 也可以采用其他的合成方法。

[0066] 因为本发明的一个实施方式的上述有机金属配合物能够发射磷光, 所以可以将其用作发光材料或发光元件的发光物质。

[0067] 通过使用本发明的一个实施方式的有机金属配合物, 可以实现发光效率高或驱动电压低的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

[0068] 在本实施方式中, 说明本发明的一个实施方式。在其他实施方式中, 将说明本发明的其他实施方式。但是, 本发明的一个实施方式不局限于此。就是说, 在本实施方式及其他实施方式中说明各种各样的发明的实施方式, 由此本发明的一个实施方式不局限于特定的

实施方式。例如,虽然在本实施方式中说明用于发光元件的例子,但是本发明的一个实施方式不局限于此。根据状况,也可以将本发明的一个实施方式应用于发光元件以外的物体。

[0069] 在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的结构中的任一个适当地组合。

[0070] (实施方式2)

在本实施方式中,参照图1A及图1B说明本发明的一个实施方式的发光元件。

[0071] 在本实施方式中说明的发光元件中,在一对电极(第一电极(阳极)101与第二电极(阴极)103)之间设置有包括发光层113的EL层102,EL层102除了发光层113之外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114、电子注入层115等。

[0072] 当对上述发光元件施加电压时,从第一电极101一侧注入的空穴与从第二电极103一侧注入的电子在发光层113中重新结合。由于重新结合而产生的能量使发光层113所包含的有机金属配合物等发光物质发射光。

[0073] EL层102中的空穴注入层111可以对空穴传输层112或发光层113注入空穴,例如可以使用空穴传输性高的物质和具有受体性的物质形成,此时具有受体性的物质从空穴传输性高的物质抽出电子,由此产生空穴。因此,空穴从空穴注入层111经过空穴传输层112注入到发光层113。作为空穴注入层111也可以使用空穴注入性高的物质。例如,空穴注入层111还可以使用钼氧化物、钒氧化物、钽氧化物、钨氧化物或锰氧化物等。另外,也可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称: H_2Pc)、铜酞菁($CuPc$)等;芳香胺化合物如4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)等;或者高分子如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)等来形成。

[0074] 下面,说明制造在本实施方式中说明的发光元件时的优选的具体例子。

[0075] 作为第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103,可以使用金属、合金、导电性化合物及它们的混合物等。具体而言,有氧化铟-氧化锡(Indium Tin Oxide)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌(Indium Zinc Oxide)、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟、金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、钛(Ti)。此外,还可以使用属于元素周期表的第1族或第2族的元素,例如锂(Li)或铯(Cs)等碱金属、钙(Ca)或锶(Sr)等碱土金属、镁(Mg)、包含这些元素的合金(MgAg、AlLi)、铕(Eu)或镱(Yb)等稀土金属、包含这些元素的合金及石墨烯等。第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103例如可以通过溅射法、蒸镀法(包括真空蒸镀法)等形成。

[0076] 作为用于空穴注入层111及空穴传输层112的具有高空穴传输性的物质,可以使用各种有机化合物如芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等。作为用于复合材料的有机化合物,优选使用空穴传输性高的有机化合物。具体而言,优选使用空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。使用具有高空穴传输性的物质形成的层不局限于单层,也可以是两层以上的叠层。以下,具体地列举可以被用作具有高空穴传输性的物质的有机化合物。

[0077] 作为芳香胺化合物,可以举出N,N'-二(对甲苯基)-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)、DNTPD、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)、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(咪唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等。

[0078] 作为咪唑衍生物,可以具体地举出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。除此之外,还可以举出4,4'-二(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-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咪唑(简称:CzPA)、1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0079] 作为芳烃,可以举出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)、2-叔丁基-9,10-双[2-(1-萘基)苯基]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。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。尤其优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率且碳原子数为14至42的芳烃。芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,可以举出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。

[0080] 另外,也可以使用高分子化合物如聚(N-乙烯基咪唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等。

[0081] 作为用于空穴注入层111及空穴传输层112的具有受体性的物质,可以举出具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物如7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂三苯(HAT-CN)等。尤其是,HAT-CN等的吸电子基团键合于具有多个杂原子的稠合芳香环的化合物具有热稳定性,所以是优选的。可以举出属于元素周期表的第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化钨、氧化锰和氧化镧,这是因为它们具有高电子接收性。其中,特别优选使用氧化钼,因为氧化钼在大气中很稳定,吸湿性低,并且容易进行处理。

[0082] 发光层113包含发光物质。该发光物质可以为荧光物质或磷光物质。在本发明的一个实施方式的发光元件中,优选将实施方式1所示的有机金属配合物用作发光层113中的发光物质。发光层113优选包含其三重激发能比该有机金属配合物(客体材料)大的物质作为主体材料。另外,除了发光物质以外,发光层113还可以包含在发光层113中的载流子(电子及空穴)重新结合时能够形成激基复合物(也称为exciplex)的两种有机化合物(该两种有机化合物也可以为上述主体材料中的任一)。为了高效地形成激基复合物,特别优选组合容

易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料)和容易接收空穴的化合物(具有空穴传输性的材料)。如上所述,当将形成激基复合物的具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料的组合用作主体材料时,通过调节具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料的混合比例,可以容易使发光层中的空穴和电子之间的载流子平衡最优化。通过使发光层中的空穴和电子之间的载流子平衡最优化,可以防止在发光层中电子和空穴重新结合的区域偏于一侧。通过抑制电子和空穴重新结合的区域偏于一侧,可以改善发光元件的可靠性。

[0083] 作为在形成上述激基复合物时优选使用的容易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料),可以使用缺 π 电子型杂芳族化合物如含氮杂芳族化合物或金属配合物等。具体而言,可以举出:双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等;具有聚唑骨架(polyazole skelton)的杂环化合物如2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:CO11)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBI-m-II)等;具有二嗪骨架的杂环化合物如2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噁吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-III)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:6mDBTPDBq-II)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噁吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等;具有三嗪骨架的杂环化合物如2-[4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)等;以及具有吡啶骨架的杂环化合物如3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等。在上述材料中,具有二嗪骨架的杂环化合物、具有三嗪骨架的杂环化合物和具有吡啶骨架的杂环化合物具有高可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二嗪(嘧啶或吡嗪)骨架的杂环化合物及具有三嗪骨架的杂环化合物具有高电子传输性,还有助于降低驱动电压。

[0084] 作为在形成上述激基复合物时优选使用的容易接收空穴的化合物(具有空穴传输性的材料),可以适当地使用富 π 电子型杂芳族化合物(例如咔唑衍生物或吲哚衍生物)或芳香胺化合物等。具体而言,可以举出:具有芳香胺骨架的化合物如2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-联芴(简称:PCASF)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、2,7-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:DPA2SF)、N,N'-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N-(9,9-二甲基-2-二苯基氨基-9H-芴-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、2-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:DPASF)、N,N'-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基芴-

2,7-二胺(简称:YGA2F)、NPB、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'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、BSPB、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨基]-9H-芴-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、PCzPCA1、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzDPA2)、DNTPD、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzTPN2)、PCzPCA2、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联芴-2-胺(简称:PCBASF)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-咪唑-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)等;具有咪唑骨架的化合物如1,3-双(N-咪唑基)苯(简称:mCP)、CBP、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咪唑(简称:CzTP)、9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)咪唑(简称:PCCP)等;具有噻吩骨架的化合物如4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)等;以及具有咪唑骨架的化合物如4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并咪唑)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并咪唑(简称:mmDBFFLi-II)等。在上述材料中,具有芳香胺骨架的化合物以及具有咪唑骨架的化合物是优选的,因为这些化合物具有高可靠性和高空穴传输性,也有助于驱动电压的降低。

[0085] 另外,在发光层113包含上述有机金属配合物(客体材料)和主体材料的情况下,可以从发光层113得到发光效率高的磷光。

[0086] 在发光元件中,发光层113不一定必须具有图1A所示的单层结构,也可以具有如图1B所示那样的两层以上的叠层结构。此时,叠层结构中的各层发光。例如,从第一发光层113(a1)得到荧光且从层叠在第一发光层113(a1)上的第二发光层113(a2)得到磷光。注意,叠层顺序也可以与此相反。优选的是,从发射磷光的层获得由从激基复合物到掺杂剂的能量转移引起的发光。一个层的发光颜色与另一个层的发光颜色可以相同,也可以不同。在发光颜色不同的情况下,例如可以采用如下结构:从一个层获得蓝色发光且从另一个层获得橙色发光或黄色发光等的结构。各层也可以包含多种掺杂剂。

[0087] 注意,在发光层113具有叠层结构的情况下,例如可以单独或组合使用实施方式1所示的有机金属配合物、将单重激发能转换为发光的发光物质以及将三重激发能转换为发光的发光物质。此时,例如可以使用如下物质。

[0088] 作为将单重激发能转换为发光的发光物质,例如可以举出发射荧光的物质(荧光化合物)。

[0089] 作为发射荧光的物质,可以举出N,N'-双[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基

二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(简称:PCAPA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒽-9,10-二基-2,4,1-亚苯基)双[N,N',N''-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N''-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N'',N''',N''''-八苯基二苯并[g,p]蒽-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N''-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N''-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-(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-{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)、N,N,N',N''-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N''-四(4-甲基苯基)苾并[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-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:DCJTI)、2-{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-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:DCJTB)、2-(2,6-双[2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:BisDCM)、2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-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:BisDCJTM)等。

[0090] 作为将三重激发能转换为发光的发光物质,可以举出发射磷光的物质(磷光化合物)、呈现热活化延迟荧光(TADF)的热活化延迟荧光材料。注意,TADF材料所呈现的“延迟荧光”是指其光谱与一般的荧光同样且其寿命非常长的发光。该寿命为 1×10^{-6} 秒以上,优选为 1×10^{-3} 秒以上。

[0091] 作为发射磷光的物质,可以举出双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸盐(简称:[Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIr(acac))、三(2-苯基吡啶)铱(III)(简称:[Ir(ppy)₃])、双(2-苯基吡啶)铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(ppy)₂(acac)])、三(乙酰丙酮)(一菲咯啉)铱(III)(简称:[Tb(acac)₃(Phen)])、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(bzq)₂(acac)])、双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(dpo)₂(acac)])、双{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶-N,C^{2'}}铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(p-PF-ph)₂(acac)])、双(2-苯基苯并噁唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(bt)₂(acac)])、双[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(btp)₂(acac)])、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(piq)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合(quinoxalinato)]铱(III)(简称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(3,5-二甲基-

2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(mppr-iPr)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂(acac)])、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮)(一菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](一菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(TTA)₃(Phen)]等。

[0092] 作为TADF材料,例如可以举出富勒烯、其衍生物、普鲁黄素等吡啶衍生物、伊红等。此外,还可以举出含金属卟啉如包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)的卟啉等。作为含金属卟啉,可以举出原卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(简称:PtCl₂OEP)等。或者,可以使用具有富π电子型杂芳环及缺π电子型杂芳环的杂环化合物如2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶并[2,3-a]咪唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)等。另外,特别优选使用富π电子型杂芳环和缺π电子型杂芳环直接键合的物质,因为富π电子型杂芳环的施主性和缺π电子型杂芳环的受主性都强,而S1能级和T1能级的能量差变小。

[0093] 发光层113也可以使用具有独特的光学特性的量子点(QD:Quantum Dot)形成。注意,QD是指纳米尺寸的半导体结晶。具体而言,纳米尺寸的半导体结晶具有几nm至几十nm的直径。另外,通过使用具有不同尺寸的结晶,可以改变光学特性和电子特性,所以可以容易调整发光颜色等。因为量子点的发射光谱的峰较窄,所以可以获得色纯度高的发光。

[0094] 作为构成量子点的材料,可以举出元素周期表的第14族元素、元素周期表的第15族元素、元素周期表的第16族元素、由多个元素周期表的第14族元素构成的化合物、属于元素周期表的第4族至第14族的任一的元素和元素周期表的第16族元素的化合物、元素周期表的第2族元素和元素周期表的第16族元素的化合物、元素周期表的第13族元素和元素周期表的第15族元素的化合物、元素周期表的第13族元素和元素周期表的第17族元素的化合物、元素周期表的第14族元素和元素周期表的第15族元素的化合物、元素周期表的第11族元素和元素周期表的第17族元素的化合物、氧化铁类、氧化钛类、硫族化合物尖晶石类、半导体簇等。

[0095] 具体而言,可以举出硒化镉、硫化镉、碲化镉、硒化锌、氧化锌、硫化锌、碲化锌、硫化汞、硒化汞、碲化汞、砷化铟、磷化铟、砷化镓、磷化镓、氮化铟、氮化镓、铟化铟、铟化镓、磷化铝、砷化铝、铟化铝、硒化铅、碲化铅、硫化铅、硒化铟、碲化铟、硫化铟、硒化镓、硫化砷、硒化砷、碲化砷、硫化铋、硒化铋、碲化铋、硫化铋、硅、碳化硅、锗、锡、硒、碲、硼、碳、磷、氮化硼、磷化硼、砷化硼、氮化铝、硫化铝、硫化钡、硒化钡、碲化钡、硫化钙、硒化钙、碲化钙、硫化铍、硒化铍、碲化铍、硫化镁、硒化镁、硫化锗、硒化锗、碲化锗、硫化锡、硒化锡、碲化锡、氧化铅、氟化铜、氯化铜、溴化铜、碘化铜、氧化铜、硒化铜、氧化镍、氧化钴、硫化钴、氧化铁、硫化铁、氧化锰、硫化钼、氧化钒、氧化钨、氧化钽、氧化钛、氧化锆、氮化硅、氮化

锗、氧化铝、钛酸钡、硒和锌和镉的化合物、铟和砷和磷的化合物、镉和硒和硫的化合物、镉和硒和碲的化合物、铟和镓和砷的化合物、铟和镓和硒的化合物、铟和硒和硫的化合物、铜和铟和硫的化合物及它们的组合等,但是并不局限于此。此外,也可以使用以任意的比例表示组成的所谓的合金型量子点。例如,镉、硒和硫的合金型量子点是从获得蓝色发光的观点来看是有效的材料,因为可以通过改变元素的含有比例来改变发光波长。

[0096] 作为量子点的结构,有核型结构、核壳(Core Shell)型结构、核/多壳层型结构等,可以采用结构中的任何一个。另外,优选的是壳覆盖核的核壳型量子点或核/多壳层型量子点,因为使用具有比用于核的无机材料宽的带隙的无机材料来形成的壳可以降低存在于纳米晶表面的缺陷及悬空键带来的影响而可以大幅度地提高发光的量子效率。

[0097] 另外,可以将QD分散于溶液中,所以可以通过涂敷法、喷墨法、印刷法等形成发光层113。此外,QD能够发射不但明亮且鲜明的颜色的光而且波长范围宽的光,并且具有高效率 and 长寿命。所以,当QD包含在发光层113中时,可以提高元件特性。

[0098] 电子传输层114是包含电子传输性高的物质(也称为电子传输化合物)的层。电子传输层114可以使用金属配合物如三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq₃)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称:Almq₃)、BeBq₂、BA1q、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称Zn(BOX)₂)、双[2-(2-羟基苯基)-苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)等。此外,也可以使用杂芳族化合物如PBD、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噻二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、TAZ、3-(4-叔丁基苯基)-4-(4-乙基苯基)-5-(4-联苯基)-1,2,4-三唑(简称:p-EtTAZ)、红菲咯啉(简称:Bphen)、浴铜灵(简称:BCP)、4,4'-双(5-甲基苯并噻唑-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)等。另外,还可以使用高分子化合物如聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)等。在此列举的物质主要是电子迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要电子传输性比空穴传输性高,就可以将在此列举的物质之外的物质用于电子传输层114。

[0099] 电子传输层114不局限于单层,也可以为各包含上述物质中的任一的两层以上的叠层。

[0100] 电子注入层115是包含电子注入性高的物质的层。电子注入层115可以使用碱金属、碱土金属或它们的化合物如氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)、锂氧化物(LiO_x)等。此外,可以使用稀土金属化合物如氟化铒(ErF₃)等。此外,也可以将电子盐用于电子注入层115。作为电子盐,例如可以举出对氧化钙-氧化铝以高浓度添加电子的物质等。另外,也可以使用如上所述的构成电子传输层114的任一物质。

[0101] 另外,也可以将有机化合物与电子给体(供体)混合形成的复合材料用于电子注入层115。这种复合材料因为通过电子给体在有机化合物中产生电子而具有优异的电子注入性和电子传输性。在此情况下,有机化合物优选是在传输所产生的电子方面优异的材料。具体而言,例如,可以使用如上所述的构成电子传输层114的物质(金属配合物、杂芳族化合物等)。作为电子给体,也可以使用对有机化合物呈现电子供给性的物质。具体而言,优选的是碱金属、碱土金属、稀土金属,可以举出锂、铯、镁、钙、铟、镱等。另外,碱金属氧化物、碱土金属氧化物是优选的,可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外,可以使用氧化镁等路易斯碱。另外,也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0102] 注意,空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115分别可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、印刷法(例如,凸版印刷、凹版印刷、照相凹版印刷、平板印刷及孔版印刷等)、喷墨法、涂敷等方法中的任一或任一组合形成。作为上述空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115,除了上述材料之外,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0103] 在上述发光元件中,因为施加到第一电极101与第二电极103之间的电位差而电流流动,并且在EL层102中空穴和电子重新结合,由此发射光。然后,该发光穿过第一电极101和第二电极103中的一个或两个提取到外部。因此,第一电极101和第二电极103中的一个或两个为具有透光性的电极。

[0104] 因为上述发光元件可以发射来源于有机金属配合物的磷光,所以可以具有比只使用荧光化合物的发光元件高的效率。

[0105] 在本实施方式中说明的结构可以与其他实施方式所示的结构中的任一个适当地组合而使用。

[0106] (实施方式3)

在本实施方式中,对本发明的一个实施方式的具有多个EL层的发光元件(以下,称为叠层型发光元件)进行说明。

[0107] 在本实施方式中说明的发光元件是如图2A所示的在一对电极(第一电极201与第二电极204)之间包括多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))及多个EL层之间的电荷产生层205的叠层型发光元件。

[0108] 在本实施方式中,第一电极201被用作阳极,第二电极204被用作阴极。另外,第一电极201及第二电极204可以具有与实施方式2相同的结构。此外,多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))中的一个或两个也可以具有与实施方式2相同的结构。换言之,第一EL层202(1)和第二EL层202(2)的结构可以相同,也可以不同。在结构相同的情况下,可以参照实施方式2。

[0109] 在多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))之间设置的电荷产生层205具有如下功能:当在第一电极201和第二电极204之间施加电压时,将电子注入到一个EL层中,且将空穴注入到另一个EL层中。在本实施方式中,当以第一电极201的电位高于第二电极204的电位的方式施加电压时,电荷产生层205将电子注入到第一EL层202(1)中,且将空穴注入到第二EL层202(2)中。

[0110] 另外,从光提取效率的观点来看,电荷产生层205优选具有使可见光透射的性质(具体而言,电荷产生层205的可见光的透射率为40%以上)。电荷产生层205即使其导电率小于第一电极201或第二电极204也可以发挥作用。

[0111] 电荷产生层205既可以具有对空穴传输性高的有机化合物添加电子受体(受体)的结构,又可以具有对电子传输性高的有机化合物添加电子给体(供体)的结构。或者,也可以层叠有这两种结构。

[0112] 在采用对空穴传输性高的有机化合物添加电子受体的结构的情况下,作为空穴传输性高的有机化合物,可以使用在实施方式2中举出的用于空穴注入层111和空穴传输层112的空穴传输性高的物质。例如可以使用芳族胺化合物诸如NPB、TPD、TDATA、MTDATA、BSPB

等。在此列举的物质主要是空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要空穴传输性比电子传输性高,就可以使用在此列举的化合物之外的有机化合物。

[0113] 作为电子受体,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: $\text{F}_4\text{-TCNQ}$)、氯醌等。另外,可以举出属于元素周期表的第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铪,这是因为它们具有高电子接收性。其中,特别优选使用氧化钼,因为氧化钼在大气中稳定,吸湿性低,且容易进行处理。

[0114] 在采用对电子传输性高的有机化合物添加电子给体的结构的情况下,作为电子传输性高的有机化合物,可以使用在实施方式2中举出的用于电子传输层114的电子传输性高的物质。例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物诸如 Alq 、 Almq_3 、 BeBq_2 、 BAlq 等。除此之外,还可以使用具有噁唑基配体或噻唑基配体的金属配合物诸如 $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ 、 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ 等。再者,除了这种金属配合物之外,还可以使用PBD、OXD-7、TAZ、BPhen、BCP等。在此列举的物质主要是电子迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,只要电子传输性比空穴传输性高,就可以使用在此列举的化合物之外的有机化合物。

[0115] 作为电子给体,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属、属于元素周期表的第2、第13族的金属或者它们的氧化物或碳酸盐。具体而言,优选使用锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)、镱(Yb)、铟(In)、氧化锂、碳酸铯等。此外,也可以将如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)等有机化合物用作电子给体。

[0116] 另外,通过使用上述任一材料形成电荷产生层205,可以抑制层叠EL层时造成的驱动电压的增大。电荷产生层205可以使用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、印刷法(例如,凸版印刷、凹版印刷、照相凹版印刷、平板印刷、孔版印刷等)、喷墨法和涂敷等方法中的任一或任一组合形成。

[0117] 虽然在本实施方式中,对具有两个EL层的发光元件进行说明,但是,如图2B所示,本发明可以同样地应用于层叠 n 个EL层(202(1)至202(n))(n 是3以上)的发光元件。当如根据本实施方式的发光元件那样在一对电极之间具有多个EL层时,通过将电荷产生层(205(1)至205($n-1$)))设置在EL层与EL层之间,可以在保持低电流密度的同时实现高亮度区域中的发光。因为电流密度可以保持为低,所以元件可以具有长寿命。

[0118] 通过使各EL层具有不同的发光颜色,可以从发光元件整体获得所需的发光颜色。例如,在具有两个EL层的发光元件中,当第一EL层的发光颜色和第二EL层的发光颜色为补色时,发光元件整体可以发射白色光。注意,“补色”表示在混合时得到非彩色的颜色。也就是说,通过混合补色的光,可以得到白色发光。具体而言,例如可以举出从第一EL层得到蓝色发光,从第二EL层得到黄色或橙色发光的组合。此时,蓝色发光和黄色(或橙色)发光不需要都是荧光,也不需要都是磷光。例如,也可以采用蓝色发光为荧光且黄色(或橙色)发光为磷光的组合或者蓝色发光为磷光且黄色(或橙色)发光为荧光的组合。

[0119] 具有三个EL层的发光元件也与此相同。例如,当第一EL层的发光颜色是红色,第二EL层的发光颜色是绿色,第三EL层的发光颜色是蓝色时,发光元件整体可以提供白色发光。

[0120] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[0121] (实施方式4)

在本实施方式中,对本发明的一个实施方式的发光装置进行说明。

[0122] 上述发光装置可以是无源矩阵型发光装置,也可以是有源矩阵型发光装置。可以将在其他实施方式中说明的任何发光元件应用于在本实施方式中说明的发光装置。

[0123] 在本实施方式中,首先参照图3A至图3C说明有源矩阵型发光装置。

[0124] 图3A是发光装置的俯视图,图3B是沿图3A中的点划线A-A'的截面图。根据本实施方式的发光装置具有设置在元件衬底301上的像素部302、驱动电路部(源极线驱动电路)303以及驱动电路部(栅极线驱动电路)304a、304b。将像素部302、驱动电路部303以及驱动电路部304a、304b由密封剂305密封在元件衬底301与密封衬底306之间。

[0125] 此外,在元件衬底301上设置有引线307,该引线307用来连接对驱动电路部303及驱动电路部304a、304b传递来自外部的信号(例如,视频信号、时钟信号、起始信号或复位信号等)或电位的外部输入端子。在此,示出作为外部输入端子设置柔性印刷电路板(FPC)308的例子。虽然在此只图示FPC,但是该FPC也可以安装有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置在其范畴内不仅包括发光装置本身,而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0126] 接着,参照图3B说明截面结构。在元件衬底301上形成有驱动电路部及像素部,在此示出作为源极线驱动电路的驱动电路部303及像素部302。

[0127] 驱动电路部303是组合FET309和FET310的例子。注意,驱动电路部303可以由包含同一导电型的晶体管(n沟道晶体管或p沟道晶体管)的电路形成,也可以由包含n沟道晶体管及p沟道晶体管的CMOS电路形成。虽然在本实施方式中示出将驱动电路形成在衬底上的驱动器一体型,但是驱动电路不一定必须形成在衬底上,也可以形成在衬底的外部。

[0128] 像素部302包括开关用FET(未图示)及电流控制用FET312,电流控制用FET312的布线(源电极或漏电极)与发光元件317a及发光元件317b的第一电极(阳极)(313a、313b)电连接。虽然在本实施方式中像素部302包括两种FET(开关用FET及电流控制用FET312),但是本发明的一个实施方式不局限于此。例如,像素部302也可以具有三种以上的FET及电容器的组合。

[0129] 作为FET309、310、312,例如可以使用交错型晶体管或反交错型晶体管。作为可以用于FET309、310、312的半导体材料,例如可以使用第13族半导体、第14族半导体(硅等)、化合物半导体、氧化物半导体、有机半导体。此外,对该半导体材料的结晶性没有特别的限制,可以使用非晶半导体或结晶半导体。尤其是,FET309、310、311、312优选使用氧化物半导体。作为氧化物半导体,例如可以举出In-Ga氧化物和In-M-Zn氧化物(M为Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Hf或Nd)等。作为FET309、310、312,例如使用能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体,由此可以降低晶体管的关态电流(off-state current)。

[0130] 此外,用来光学调整的导电膜(320a、320b)层叠在第一电极(313a、313b)上。例如,如图3B所示,在从发光元件317a、317b提取的光的波长互不相同,导电膜320a及导电膜320b的厚度互不相同。另外,以覆盖第一电极(313a、313b)的端部的方式形成有绝缘物314。在本实施方式中,使用正型感光性丙烯酸树脂形成绝缘物314。在本实施方式中,将第一电极(313a、313b)用作阳极。

[0131] 绝缘物314优选具有其上端部或下端部具有曲率的面。由此,可以提高形成在绝缘物314上的膜的覆盖性。例如,绝缘物314可以使用负型感光性树脂或正型感光性树脂形成。绝缘物314的材料不局限于有机化合物,还可以是无机化合物诸如氧化硅、氮化硅、氮化

硅等。

[0132] 在第一电极(313a、313b)上层叠EL层315和第二电极316。EL层315至少设置有发光层。在包括第一电极(313a、313b)、EL层315和第二电极316的发光元件(317a、317b)中,EL层315的端部被第二电极316覆盖。EL层315的结构既可以与实施方式2和实施方式3所示的单层结构和叠层结构相同,又可以不同。并且,上述结构也可以根据发光元件不同。

[0133] 第一电极(313a、313b)、EL层315及第二电极316可以使用实施方式2所示的任何材料。发光元件(317a、317b)的第一电极(313a、313b)在区域321中与引线307电连接,因此通过FPC308被输入外部信号。发光元件(317a、317b)的第二电极316在区域322中与引线323电连接,通过未图示的FPC308被输入外部信号。

[0134] 虽然在图3B所示的截面图中仅示出两个发光元件(317a、317b),但是,在像素部302中多个发光元件被配置为矩阵状。具体而言,在像素部302中,可以形成发射两种颜色(例如B、Y)的光的发光元件、发射三种颜色(例如R、G、B)的光的发光元件、发射四种颜色(例如,(R、G、B、Y)或(R、G、B、W))的光的发光元件等,由此可以获得能够进行全彩色显示的发光装置。此时,也可以如下所述那样实现全彩色化:根据发光元件的发光颜色等使用不同材料形成发光层(所谓的分别涂布形成),或者多个发光元件共享使用相同材料形成的一个发光层并包括滤色片。如此,通过组合上述发射多种颜色的光的发光元件,可以获得色纯度的提高、功耗的降低等效果。再者,通过与量子点组合,也可以实现发光装置的发光效率的提高及功耗的降低。

[0135] 通过使用密封剂305将密封衬底306与元件衬底301贴合在一起,在由元件衬底301、密封衬底306和密封剂305围绕的空间318中配置发光元件317a、317b。

[0136] 在密封衬底306上设置有有色层(滤色片)324,在相邻的有色层之间设置有黑色层(黑矩阵)325。注意,可以以其一部分与黑色层(黑矩阵)325重叠的方式设置相邻的有色层(滤色片)324的一个或两个。由发光元件317a、317b得到的发光通过有色层(滤色片)324被提取。

[0137] 注意,空间318可以填充有惰性气体(如氮或氩等)或者密封剂305。当涂敷密封剂进行衬底的贴合时,优选进行UV处理及热处理等中的一个或多个。

[0138] 优选将环氧类树脂或玻璃粉用作密封剂305。这种材料优选尽量未使水分或氧透过。作为密封衬底306,可以使用玻璃衬底、石英衬底、由纤维增强塑料(Fiber-Reinforced Plastics:FRP)、聚氟乙烯(polyvinyl fluoride:PVF)、聚酯、丙烯酸树脂等形成的塑料衬底。在作为密封剂使用玻璃粉的情况下,从高粘合性的观点来看,作为元件衬底301及密封衬底306优选使用玻璃衬底。

[0139] 与发光元件电连接的FET可以在栅电极的位置上与图3B不同的结构,换言之,结构可以与图3C所示的FET326、FET327和FET328的结构相同。如图3C所示,设置在密封衬底306上的有色层(滤色片)324也可以在与黑色层(黑矩阵)325重叠的部分还与相邻的有色层(滤色片)324重叠。

[0140] 如上所述,可以得到有源矩阵型发光装置。

[0141] 本发明的一个实施方式的发光装置可以是无源矩阵型,而代替上述有源矩阵型。

[0142] 图4A和图4B示出无源矩阵型发光装置。图4A是无源矩阵型发光装置的俯视图,图4B是无源矩阵型发光装置的截面图。

[0143] 如图4A和图4B所示,在衬底401上形成有包括第一电极402、EL层(403a、403b、403c)及第二电极404的发光元件405。注意,第一电极402的形状为岛状,多个第一电极402在一个方向(图4A中的横方向)上设置为条纹状。在第一电极402的一部分上形成有绝缘膜406。在绝缘膜406上设置有使用绝缘材料形成的分隔壁407。分隔壁407的侧壁如图4B所示地具有倾斜而使两个侧壁之间的距离向衬底表面的方向逐渐变小。

[0144] 绝缘膜406在第一电极402的一部分上具有开口,因此在第一电极402上可以形成如所希望的那样分离的EL层(403a、403b、403c)及第二电极404。图4A及图4B示出采用金属掩模等掩模与绝缘膜406上的分隔壁407形成EL层(403a、403b、403c)及第二电极404的例子。其中,示出EL层403a、EL层403b、EL层403c发射不同颜色的光(例如,红色、绿色、蓝色、黄色、橙色、白色等)的例子。

[0145] 在形成EL层(403a、403b、403c)之后,形成第二电极404。因此,在EL层(403a、403b、403c)上以不与第一电极402接触的方式形成第二电极404。

[0146] 注意,关于密封,可以采用与用于有源矩阵型发光装置的方法同样的方法,在此省略其说明。

[0147] 如此,可以得到无源矩阵型发光装置。

[0148] 例如在本说明书等中,可以使用各种衬底形成晶体管或发光元件。衬底的种类不局限于某个种类。作为该衬底,例如可以使用半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状材料的纸或者基材薄膜等。作为玻璃衬底的例子,有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等,例如可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料的衬底。或者,可以举出丙烯酸等合成树脂等。或者,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯等。或者,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧、无机蒸镀沉积薄膜、纸类等。尤其是,通过使用半导体衬底、单晶衬底或SOI衬底等,可以制造特性、尺寸或形状等的不均匀性小且电流供应能力高的小尺寸晶体管。当利用上述晶体管构成电路时,可以实现电路的低功耗化或电路的高集成化。

[0149] 另外,作为衬底也可以使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成晶体管或发光元件。或者,也可以在衬底与晶体管或发光元件之间设置剥离层。当在剥离层上形成的半导体装置的一部分或全部从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,可以将晶体管或发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。作为上述剥离层,例如可以使用包括无机膜的叠层(钨膜与氧化硅膜)或形成在衬底上的聚酰亚胺等有机树脂薄膜等。

[0150] 也就是说,也可以使用一个衬底来形成晶体管或发光元件,然后将晶体管或发光元件转置到另一个衬底上。作为晶体管或发光元件被转置的衬底的例子,不仅可以使上述可以形成晶体管或发光元件的衬底,还可以使用纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过使用上述衬底,可以形成特性良好的晶体管或功耗低的晶体管,可以制造不易损坏或耐热性高的装置,或者可以实现轻量化或薄型化。

[0151] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当

地组合。

[0152] (实施方式5)

在本实施方式中,对使用本发明的一个实施方式的发光装置制造的各种电子设备及汽车的例子进行说明。

[0153] 作为包括发光装置的电子设备,例如可以举出电视装置(也称为电视或电视接收机)、用于计算机等的监视器、数码相机和数码摄像机等照相机、数码相框、移动电话机(也称为移动电话或移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、音频再现装置以及弹珠机等大型游戏机等。图5A、图5B、图5C、图5D、图5D'-1及图5D'-2以及图6A至图6C示出这些电子设备的具体例子。

[0154] 图5A示出电视装置的例子。在电视装置7100中,外壳7101中安装有显示部7103。显示部7103能够显示图像,也可以为包括触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入/输出装置)。此外,可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示部7103。另外,在此利用支架7105支撑外壳7101。

[0155] 通过利用外壳7101的操作开关或另外提供的遥控操作机7110可以进行电视装置7100的操作。通过利用遥控操作机7110的操作键7109,可以进行频道、音量的控制,并可以对在显示部7103上显示的图像进行控制。此外,也可以在遥控操作机7110中设置显示从该遥控操作机7110输出的数据的显示部7107。

[0156] 注意,电视装置7100具备接收机、调制解调器等。通过使用接收机可以接收一般的电视广播。再者,当将电视装置通过解调器连接到有线或无线方式的通信网络,可以进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者彼此之间)的信息通信。

[0157] 图5B示出计算机,该计算机包括主体7201、外壳7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。注意,该计算机可以通过将本发明的一个实施方式的发光装置用于其显示部7203来制造。显示部7203也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入/输出装置)。

[0158] 图5C示出智能手表,该智能手表包括外壳7302、显示部7304、操作按钮7311、操作按钮7312、连接端子7313、表带7321、表带扣7322等。

[0159] 安装在用作边框的外壳7302中的显示部7304具有非矩形状的显示区域。显示部7304可以显示表示时间的图标7305以及其他图标7306等。显示部7304也可以为包括触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入/输出装置)。

[0160] 图5C所示的智能手表可以具有各种功能,诸如:在显示部上显示各种信息(静态图像、运动图像、文字图像等)的功能;触摸屏功能;显示日历、日期及时间等的功能;以各种软件(程序)控制处理的功能;无线通信功能;使用无线通信功能与各种计算机网络连接的功能;使用无线通信功能发送并接收各种数据的功能;以及读取储存于存储介质内的程序或数据并且将该程序或数据显示于显示部上的功能等。

[0161] 外壳7302可以包括扬声器、传感器(具有测量力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线的功能的传感器)、麦克风等。另外,智能手表可以通过将发光装置用于显示部7304来制造。

[0162] 图5D示出移动电话机(智能手机等)的例子。移动电话机7400包括设置有显示部

7402、麦克风7406、扬声器7405、照相机7407、外部连接部7404、操作按钮7403等的外壳7401。当将本发明的一个实施方式的发光元件形成在柔性衬底来制造发光装置时,可以将该发光元件应用于如图5D所示那样的具有曲面的显示部7402。

[0163] 当用指头等触摸图5D所示的移动电话机7400的显示部7402时,可以将数据输入到移动电话机7400。此外,可以用指头等触摸显示部7402来进行打电话和写电子邮件等的操作。

[0164] 显示部7402主要有如下三种屏幕模式:第一模式是以显示图像为主的显示模式;第二模式是以输入文字等数据为主的输入模式;第三模式是混合显示模式与输入模式的两种模式的显示及输入模式。

[0165] 例如,在打电话或写电子邮件的情况下,作为显示部7402选择以输入文字为主的文字输入模式,由此可以输入显示在屏幕的文字。在此情况下,优选的是,在显示部7402的屏幕的大部分上显示键盘或号码按钮。

[0166] 通过在移动电话机7400内部设置陀螺仪传感器或加速度传感器等检测装置,判断移动电话机7400的方向(移动电话机是否纵向或横向放置以用于景观模式或肖像模式),由此可以自动切换显示部7402的屏幕显示。

[0167] 通过触摸显示部7402或用外壳7401的操作按钮7403进行操作,切换屏幕模式。屏幕模式可以根据显示在显示部7402上的图像的类型而切换。例如,当显示在显示部上的图像的信号为动态图像数据的信号时,将屏幕模式切换成显示模式。当该信号为文字数据的信号时,将屏幕模式切换成输入模式。

[0168] 另外,若在输入模式下检测显示部7402的光传感器所检测的信号并在一定时间内未进行显示部7402上的触摸输入,则也可以进行控制而将屏幕模式从输入模式切换成显示模式。

[0169] 还可以将显示部7402用作图像传感器。例如,可以通过用手掌或指头触摸显示部7402来拍摄掌纹、指纹等的图像,进行个人识别。另外,还可以通过在显示部中设置发出近红外光的背光或传感用光源,拍摄指头静脉或手掌静脉等的图像。

[0170] 发光装置也可以用于作为移动电话机(智能手机等)的其他结构的具有图5D'-1或图5D'-2所示的结构移动电话机。

[0171] 注意,在具有图5D'-1或图5D'-2所示的结构的情况下,不仅在外壳7500(1)和外壳7500(2)的第一屏幕7501(1)和第一屏幕7501(2)上,而且还在第二屏幕7502(1)和第二屏幕7502(2)上能够显示文字数据或图像数据等。借助于这种结构,使用者能够在将移动电话机收纳在上衣口袋中的状态下容易确认在第二屏幕7502(1)和第二屏幕7502(2)上显示的文字数据或图像数据等。

[0172] 作为包括发光装置的其他电子设备,可以举出图6A至图6C所示的可折叠便携式信息终端。图6A示出展开状态的便携式信息终端9310。图6B示出展开中途或折叠中途的便携式信息终端9310。图6C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携带性高。因为便携式信息终端9310具有无缝拼接的较大的显示区域所以在展开状态下显示一览性高。

[0173] 显示部9311由铰链9313所连接的三个外壳9315来支撑。此外,显示部9311也可以为包括触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入/输出装置)。通过使用铰链9313在两个外壳

9315之间的连接部使显示部9311弯折,可以使便携式信息终端9310从展开状态可逆性地变为折叠状态。可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示部9311。显示部9311中的显示区域9312是位于折叠状态的便携式信息终端9310的侧面的显示区域。在显示区域9312上可以显示信息图标以及使用频率高的应用程序或程序的快捷等,能够顺利地进行信息的确认及应用程序的开启。

[0174] 图7A和图7B示出包括发光装置的汽车。发光装置可以安装在汽车中,具体而言,可以包括在图7A所示的汽车的外侧的灯5101(包括车身后部的灯)、轮毂5102、车门5103的一部分或整体等中。发光装置还可以包括在图7B所示的汽车内侧的显示部5104、方向盘5105、变速杆5106、座位5107或倒后镜5108等或者玻璃窗的一部分中。

[0175] 如上所述,通过使用本发明的一个实施方式的发光装置,可以得到电子设备及汽车。注意,发光装置能够用于各种领域的电子设备及汽车,不局限于在本实施方式中示出的电子设备及汽车。

[0176] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[0177] (实施方式6)

在本实施方式中,参照图8A至图8D说明应用本发明的一个实施方式的发光元件而制造的照明装置的结构。

[0178] 图8A至图8D是照明装置的截面图的例子。图8A及图8B示出从衬底一侧提取光的底部发射型照明装置,而图8C及图8D示出从密封衬底一侧提取光的顶部发射型照明装置。

[0179] 图8A所示的照明装置4000在衬底4001上包括发光元件4002。另外,照明装置4000在衬底4001的外侧包括具有凹凸的衬底4003。发光元件4002包括第一电极4004、EL层4005以及第二电极4006。

[0180] 第一电极4004与电极4007电连接,第二电极4006与电极4008电连接。另外,也可以设置与第一电极4004电连接的辅助布线4009。此外,在辅助布线4009上形成有绝缘层4010。

[0181] 衬底4001与密封衬底4011由密封剂4012彼此粘合。优选在密封衬底4011与发光元件4002之间设置有干燥剂4013。由于衬底4003具有如图8A所示那样的凹凸,因此可以提高从发光元件4002发射的光的提取效率。

[0182] 如图8B所示的照明装置4100那样,也可以在衬底4001的外侧设置扩散板4015代替衬底4003。

[0183] 图8C所示的照明装置4200在衬底4201上包括发光元件4202。发光元件4202包括第一电极4204、EL层4205以及第二电极4206。

[0184] 第一电极4204与电极4207电连接,第二电极4206与电极4208电连接。另外,也可以设置与第二电极4206电连接的辅助布线4209。另外,也可以在辅助布线4209下设置绝缘层4210。

[0185] 衬底4201与具有凹凸的密封衬底4211由密封剂4212彼此粘合。另外,也可以在密封衬底4211与发光元件4202之间设置阻挡膜4213及平坦化膜4214。由于密封衬底4211具有如图8C所示那样的凹凸,因此可以提高从发光元件4202发射的光的提取效率。

[0186] 另外,如图8D所示的照明装置4300那样,也可以在发光元件4202上设置扩散板4215代替密封衬底4211。

[0187] 此外,本实施方式中的EL层4005及4205可以包括本发明的一个实施方式的有机金属配合物。此时,可以提供功耗低的照明装置。

[0188] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[0189] (实施方式7)

在本实施方式中,参照图9对应用本发明的一个实施方式的发光装置的照明装置的例子进行说明。

[0190] 图9示出将发光装置用作室内照明装置8001的例子。因为发光装置可以具有大面积,所以也可以用于具有大面积的照明装置。此外,通过使用具有曲面的外壳,也可以获得发光区域具有曲面的照明装置8002。包括在本实施方式中说明的发光装置中的发光元件为薄膜状,所以外壳的设计自由度高。因此,能够以各种方式精巧地设计照明装置。再者,室内的墙面也可以设置有照明装置8003。

[0191] 除了上述例子以外,当将发光装置用作室内家具的一部分时,可以获得具有家具的功能的照明装置。

[0192] 如上所述,可以得到包括发光装置的各种照明装置。另外,这种照明装置也是本发明的实施方式。

[0193] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[0194] (实施方式8)

在本实施方式中,参照图10A和图10B、图11A和图11B、图12A和图12B、图13A和图13B以及图14对包括本发明的一个实施方式的发光元件或本发明的一个实施方式的发光装置的触摸屏进行说明。

[0195] 图10A和图10B是触摸屏2000的立体图。注意,在图10A和图10B中,为了容易理解,只示出触摸屏2000的主要构成要素。

[0196] 触摸屏2000包括显示面板2501及触摸传感器2595(参照图10B)。触摸屏2000包括衬底2510、衬底2570以及衬底2590。

[0197] 显示面板2501在衬底2510上包括多个像素以及向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导到衬底2510的外周部,多个布线2511的一部分形成端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接。

[0198] 衬底2590包括触摸传感器2595以及多个与触摸传感器2595电连接的布线2598。多个布线2598被引导到衬底2590的外周部,多个布线2598的一部分形成端子2599。端子2599与FPC2509(2)电连接。另外,为了容易理解,在图10B中由实线示出设置在衬底2590的背面一侧(与衬底2510相对的一侧)的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0199] 作为触摸传感器2595,例如可以使用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器,可以举出表面电容式触摸传感器和投影电容式触摸传感器等。

[0200] 作为投影电容式触摸传感器,可以举出自电容式触摸传感器和互电容式触摸传感器等,其主要不同之处在于驱动方式。互电容式可以同时多点感测,所以是优选的。

[0201] 首先,以下参照图10B对采用投影电容式触摸传感器的例子进行说明。注意,在是投影电容式触摸传感器的情况下,可以应用能够感测出指头等感测对象的靠近或触摸的各

种传感器。

[0202] 投影电容式触摸传感器2595具有电极2591及电极2592。电极2591与多个布线2598中的任一布线电连接,电极2592与其他布线2598中的任一布线电连接。如图10A和图10B所示,电极2592各具有在一个方向上配置的多个四边形的一个角通过布线2594连接于其他四边形的一个角的形状。同样地,电极2591各具有多个四边形的一个角连接于其他四边形的一个角的形状,但是电极2591的连接方向与电极2592的连接方向交叉。注意,电极2591的连接方向与电极2592的连接方向不一定必须彼此垂直,电极2591也可以以大于0度且小于90度的角度与电极2592交叉。

[0203] 优选尽量减小电极2592与布线2594的交叉面积。由此,可以减小没有设置电极的区域的面积,从而可以降低透射率的偏差。其结果是,可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度偏差。

[0204] 另外,电极2591及电极2592的形状不局限于此,可以为各种形状。例如,也可以以尽量没有电极2591之间的间隙的方式配置多个电极2591,并且在电极2591与电极2592之间隔着绝缘层设置多个电极2592。此时,优选在相邻的两个电极2592之间设置与这些电极电绝缘的虚拟电极,因为可以减小透射率不同的区域的面积。

[0205] 接着,参照图11A和图11B对触摸屏2000进行详细说明。图11A和图11B相当于沿着图10A所示的点划线X1-X2的截面图。

[0206] 触摸屏2000包括触摸传感器2595及显示面板2501。

[0207] 触摸传感器2595包括与衬底2590接触地配置为交错形状的电极2591及电极2592、覆盖电极2591及电极2592的绝缘层2593以及使相邻的电极2591电连接的布线2594。在相邻的电极2591之间设置有电极2592。

[0208] 电极2591及电极2592可以使用透光导电材料形成。作为透光导电材料,可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌或添加有镓的氧化锌等导电氧化物。另外,也可以使用石墨烯化合物。当使用石墨烯化合物时,例如可以通过使氧化石墨烯膜还原来形成。作为还原方法,可以采用进行加热的方法或照射激光的方法等。

[0209] 例如在通过溅射法在衬底2590上沉积透光导电材料之后,可以通过光刻法等各种图案化技术去除不需要的部分来形成电极2591及电极2592。

[0210] 作为用于绝缘层2593的材料,例如,可以举出丙烯酸树脂或环氧树脂等树脂、具有硅氧烷键的树脂以及氧化硅、氮化硅或氧化铝等无机绝缘材料。

[0211] 形成在绝缘层2593的一部分的布线2594使相邻的电极2591彼此电连接。另外,为了降低电阻,用于布线2594的材料优选具有比用于电极2591及电极2592的材料高的导电性。

[0212] 布线2598电连接到电极2591和电极2592中的任一。布线2598的一部分被用作端子。布线2598例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钨等或者包含这些金属材料的任一的合金材料。

[0213] 通过端子2599使布线2598与FPC2509 (2) 彼此电连接。端子2599可以使用各种各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)和各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等的任一形成。

[0214] 以与布线2594接触的方式设置有粘合层2597。换言之,触摸传感器2595以隔着粘

合层2597与显示面板2501重叠的方式贴合到显示面板2501。此外,图11A所示的衬底2570也可以设置在与粘合层2597接触的显示面板2501的表面上,但衬底2570不是必须的。

[0215] 粘合层2597具有透光性。例如,可以使用热固化树脂、紫外线固化树脂,具体而言,可以使用丙烯酸类树脂、聚氨酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂等树脂。

[0216] 图11A所示的显示面板2501在衬底2510与衬底2570之间包括配置为矩阵状的多个像素及驱动电路。各像素包括发光元件及驱动该发光元件的像素电路。

[0217] 在图11A中作为显示面板2501的像素的例子示出像素2502R,作为驱动电路的例子示出扫描线驱动电路2503g。

[0218] 像素2502R具备发光元件2550R以及能够向发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。

[0219] 绝缘层2521覆盖晶体管2502t。绝缘层2521具有通过覆盖起因于已形成的晶体管等的凹凸来提供平坦表面的功能。此外,也可以将绝缘层2521用作抑制杂质扩散的层。此时,能够抑制因杂质的扩散而导致的晶体管等的可靠性下降,所以是优选的。

[0220] 发光元件2550R通过布线与晶体管2502t电连接。发光元件2550R的一个电极是与该布线直接连接的。发光元件2550R的一个电极的端部由绝缘体2528覆盖。

[0221] 发光元件2550R在一对电极之间包括EL层。在与发光元件2550R重叠的方式设置有着色层2567R,发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R而在附图中的箭头所示的方向上被提取。在着色层的端部设置有遮光层2567BM,在发光元件2550R与着色层2567R之间设置有密封层2560。

[0222] 注意,当在提取来自发光元件2550R的光一侧设置有密封层2560时,密封层2560优选具有透光性。密封层2560的折射率优选高于空气的折射率。

[0223] 扫描线驱动电路2503g包括晶体管2503t以及电容器2503c。此外,驱动电路与像素电路可以通过相同的制造工序形成在相同的衬底上。因此,与像素电路的晶体管2502t同样地,驱动电路(扫描线驱动电路2503g)的晶体管2503t也由绝缘层2521覆盖。

[0224] 此外,设置有能够向晶体管2503t供应信号的布线2511。以与布线2511接触的方式设置有端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接,FPC2509(1)具有供应图像信号及同步信号等信号的功能。注意,印刷电路板(PWB)也可以贴合到FPC2509(1)。

[0225] 虽然说明图11A所示的显示面板2501包括底栅型晶体管的情况,但是晶体管的结构不局限于此,也可以使用各种结构的晶体管。在图11A所示的晶体管2502t及晶体管2503t的每一个中可以使用包含氧化物半导体的半导体层作为沟道区域。或者,也可以使用包含非晶硅的半导体层、包含通过激光退火等结晶化处理而得到的多晶硅的半导体层作为沟道区域。

[0226] 图11B示出包括顶栅型晶体管代替图11A所示的底栅型晶体管的显示面板2501的结构。能够用于沟道区域的半导体层的种类不依赖于晶体管的结构。

[0227] 在图11A所示的触摸屏2000中,如图11A所示,优选在触摸屏的提取来自像素的光一侧的表面上设置至少与像素重叠的防反射层2567p。作为防反射层2567p,可以使用圆偏振片等。

[0228] 作为图11A所示的衬底2510、衬底2570及衬底2590,例如可以适当地使用水蒸气透过率为 $1 \times 10^{-5} \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以下,优选为 $1 \times 10^{-6} \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以下的柔性材料。另外,优选使用

使这些衬底具有大致相同的热膨胀率的材料。例如,可以举出线性膨胀系数为 $1 \times 10^{-3}/K$ 以下,优选为 $5 \times 10^{-5}/K$ 以下,更优选为 $1 \times 10^{-5}/K$ 以下的材料。

[0229] 接着,参照图12A和图12B对具有与图11A和图11B所示的触摸屏2000的结构不同的结构的触摸屏2000'进行说明。可以将触摸屏2000'与触摸屏2000同样地用作触摸屏。

[0230] 图12A和图12B是触摸屏2000'的截面图。图12A和图12B所示的触摸屏2000'的与图11A和图11B所示的触摸屏2000不同之处为相对于显示面板2501的触摸传感器2595的位置。下面,只对不同结构进行说明,关于其他同样的结构,可以援用上述触摸屏2000的说明。

[0231] 着色层2567R与发光元件2550R重叠。图12A所示的来自发光元件2550R的光向设置有晶体管2502t一侧发射。就是说,来自发光元件2550R的光(的一部分)透过着色层2567R,而在图12A中的箭头所示的方向上被提取。此外,在着色层2567R的端部设置有遮光层2567BM。

[0232] 触摸传感器2595设置在显示面板2501的晶体管2502t一侧(离发光元件2550R远的一侧)(参照图12A)。

[0233] 粘合层2597与显示面板2501的衬底2510接触,在图12A所示的结构中,使显示面板2501与触摸传感器2595彼此贴合。衬底2510不一定必须设置在使用粘合层2597彼此贴合的显示面板2501与触摸传感器2595之间。

[0234] 与触摸屏2000同样地,在触摸屏2000'中可以对显示面板2501应用各种结构的晶体管。在图12A中应用底栅型晶体管,但如图12B所示,也可以应用顶栅型晶体管。

[0235] 参照图13A和图13B对触摸屏的驱动方法的例子进行说明。

[0236] 图13A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。在图13A中,示出脉冲电压输出电路2601及电流感测电路2602。另外,在图13A中,以6个布线X1至X6表示被施加脉冲电压的电极2621,并以6个布线Y1至Y6表示检测电流的变化的电极2622。此外,图13A示出在电极2621与电极2622彼此重叠的各区域中形成的电容器2603。注意,可以调换电极2621与电极2622的功能。

[0237] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到布线X1至X6的电路。当对布线X1至X6施加脉冲电压时,在电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。当在该电极之间产生的电场被遮蔽时,例如产生电容器2603(互电容)的变化。通过利用该变化,可以感测出感测对象的靠近或接触。

[0238] 电流感测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的布线Y1至Y6的电流变化的电路。在布线Y1至Y6中,在没有检测对象的靠近或接触时,所感测的电流值没有变化,另一方面,在由于感测对象的靠近或接触而互电容减少的情况下,检测到电流值的减少。另外,通过使用积分电路等感测电流值。

[0239] 图13B示出图13A所示的互电容式触摸传感器中的输入/输出波形的时序图。在图13B中,在一个帧期间中进行所有行及列中的感测对象的感测。在图13B中,示出没有感测出感测对象(未触摸)的期间和感测出感测对象(触摸)的期间。作为电压值的波形表示布线Y1至Y6的所感测出的电流值。

[0240] 依次对布线X1至X6施加脉冲电压,布线Y1至Y6的波形根据该脉冲电压而变化。当没有感测对象的靠近或接触时,布线Y1至Y6的波形根据布线X1至X6的电压变化而一样变化。在有感测对象的靠近或接触的部分电流值减少,因而电压值的波形变化。如此,通过检

测互电容的变化,可以感测出感测对象的靠近或接触。

[0241] 虽然图13A示出作为触摸传感器仅在布线的交叉部设置电容器2603的无源型触摸传感器,但是也可以采用具备晶体管和电容器的有源型触摸传感器。图14示出包括在有源型触摸传感器中的传感器电路的例子。

[0242] 图14所示的传感器电路包括电容器2603、晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613。

[0243] 对晶体管2613的栅极输入信号G2,对晶体管2613的源极和漏极中的一个施加电压VRES,并且电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接于晶体管2613的源极和漏极中的另一个。晶体管2611的源极和漏极中的一个电连接于晶体管2612的源极和漏极中的一个,对晶体管2611的源极和漏极中的另一个施加电压VSS。对晶体管2612的栅极供应信号G1,布线ML电连接于晶体管2612的源极和漏极中的另一个。对电容器2603的另一个电极施加电压VSS。

[0244] 接着,对图14所示的传感器电路的工作进行说明。首先,通过作为信号G2供应使晶体管2613成为开启状态的电位,对应于电压VRES的电位被供应到与晶体管2611的栅极连接的节点n。接着,通过作为信号G2供应使晶体管2613成为关闭状态的电位,节点n的电位得到保持。接着,由于指头等感测对象的靠近或接触,电容器2603的互电容产生变化,所以节点n的电位从VRES变化。

[0245] 在读出工作中,作为信号G1供应使晶体管2612成为开启状态的电位。流过晶体管2611的电流,即流过布线ML的电流根据节点n的电位而产生变化。通过感测该电流,可以感测出感测对象的靠近或接触。

[0246] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613的每一个中,优选将氧化物半导体层用作形成有沟道区域的半导体层。尤其是通过将这种晶体管用作晶体管2613,能够长期间保持节点n的电位,而可以减少对节点n再次供应VRES的工作(刷新工作)的频度。

[0247] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[0248] (实施方式9)

在本实施方式中,作为具有本发明的一个实施方式的发光元件的显示装置,参照图15A、图15B1和图15B2、图16以及图17对具有反射型液晶元件和发光元件且能够进行透过模式和反射模式这两种显示的显示装置进行说明。这种显示装置还被称为发光OLED和反射型LC混合型显示器(Emissive OLED and Reflective LC Hybrid display)(ER混合型显示器(ER-hybrid display))

[0249] 在本实施方式中说明的显示装置可以在室外等明亮的地方利用使用反射模式的显示以极低的功耗驱动。另一方面,可以在夜间或室内等较暗的地方利用透过模式的显示以最合适的亮度显示图像。因此,通过组合这些模式,显示装置可以以其功耗比现有的显示面板低且其对比度比现有的显示面板高的方式显示图像。

[0250] 作为本实施方式的显示装置的例子,说明层叠有包括反射电极的液晶元件和发光元件并在与发光元件重叠的位置形成有反射电极的开口的显示装置。在反射模式中使反射电极反射可见光,在透过模式中通过反射电极的开口发射来自发光元件的光。此外,用来驱动这些元件(液晶元件及发光元件)的晶体管优选配置在同一平面上。液晶元件与发光元件优选隔着绝缘层层叠。

[0251] 图15A是示出本实施方式所说明的显示装置的方框图。显示装置500包括电路(G) 501、电路(S) 502及显示部503。在显示部503中,多个像素504在R方向及C方向上配置为矩阵状。多个布线G1、多个布线G2、多个布线AN0及多个布线CSCOM电连接于电路(G) 501。这些布线还与在R方向上配置的多个像素504电连接。多个布线S1及多个布线S2电连接于电路(S) 502,并且,这些布线还与在C方向上配置的多个像素504电连接。

[0252] 多个像素504各包括液晶元件和发光元件。液晶元件和发光元件包括彼此重叠的部分。

[0253] 图15B1示出被用作像素504所包括的液晶元件的反射电极的导电膜505的形状。另外,开口507设置在位置506中,该位置506为导电膜505的一部分并与发光元件重叠。就是说,来自发光元件的光经过该开口507发射出。

[0254] 图15B1所示的像素504配置以使在R方向上相邻的像素504呈现不同的颜色。并且,开口507被设置以不在R方向上配置为一列。这种配置具有抑制相邻的像素504的发光元件之间的串扰的效果。

[0255] 开口507例如可以具有多角形状、四角形状、椭圆形状、圆形状、十字形状、条纹形状或狭缝形状等。

[0256] 图15B2示出导电膜505的配置的其他例子。

[0257] 开口507对导电膜505的总面积(不包括开口507)的比例给显示装置的显示带来影响。就是说,发生如下问题:在开口507的面积大时,使用液晶元件的显示变暗,而在开口507的面积小时,使用发光元件的显示变暗。另外,除了上述开口的比例的问题之外,在开口507的面积本身小时,从发光元件发射的光的提取效率也下降。从保持组合液晶元件及发光元件时的显示质量的观点来看,开口507对导电膜505的总面积(不包括开口507)的比例优选为5%以上且60%以下。

[0258] 接着,参照图16对像素504的电路结构的例子进行说明。图16示出相邻的两个像素504。

[0259] 像素504包括晶体管SW1、电容器C1、液晶元件510、晶体管SW2、晶体管M、电容器C2及发光元件511等。这些构成要素在像素504中与布线G1、布线G2、布线AN0、布线CSCOM、布线S1和布线S2中的任一电连接。液晶元件510及发光元件511分别与布线VCOM1及布线VCOM2电连接。

[0260] 晶体管SW1的栅极与布线G1连接。晶体管SW1的源极和漏极中的一个与布线S1连接,源极和漏极中的另一个与电容器C1的一个电极及液晶元件510的一个电极连接。电容器C1的另一个电极与布线CSCOM连接。液晶元件510的另一个电极与布线VCOM1连接。

[0261] 晶体管SW2的栅极与布线G2连接。晶体管SW2的源极和漏极中的一个与布线S2连接。源极和漏极中的另一个与电容器C2的一个电极及晶体管M的栅极连接。电容器C2的另一个电极与晶体管M的源极和漏极中的一个及布线AN0连接。晶体管M的源极和漏极中的另一个与发光元件511的一个电极连接。另外,发光元件511的另一个电极与布线VCOM2连接。

[0262] 注意,晶体管M包括夹持半导体的两个栅极,这两个栅极彼此电连接。通过采用这种结构,可以增大流过晶体管M的电流。

[0263] 晶体管SW1的导通/非导通状态由来自布线G1的信号控制。从布线VCOM1供应规定的电位。此外,可以由来自布线S1的信号控制液晶元件510的液晶的取向。从布线CSCOM供应

规定的电位。

[0264] 晶体管SW2的导通/非导通状态由来自布线G2的信号控制。通过利用从布线VCOM2及布线ANO施加的电位之间的电位差,可以使发光元件511发光。此外,通过利用来自布线S2的信号,可以控制晶体管M的导通状态。

[0265] 因此,在本实施方式的结构中,在采用反射模式的情况下,通过由从布线G1及布线S1供应的信号控制液晶元件510并利用光学调制,可以进行显示。在采用透过模式的情况下,当从布线G2及布线S2供应信号时,可以使发光元件511发光。在同时进行两个模式的情况下,可以根据来自布线G1、布线G2、布线S1及布线S2的信号进行所希望的驱动。

[0266] 接着,参照示意性地示出显示装置500的截面的图17对本实施方式的显示装置500进行详细说明。

[0267] 显示装置500在衬底521与衬底522之间包括发光元件523及液晶元件524。另外,发光元件523及液晶元件524隔着绝缘层525形成。就是说,发光元件523位于衬底521与绝缘层525之间,液晶元件524位于衬底522与绝缘层525之间。

[0268] 在绝缘层525与发光元件523之间设置有晶体管515、晶体管516、晶体管517及着色层528等。

[0269] 在衬底521与发光元件523之间设置有粘合层529。发光元件523包括依次层叠在绝缘层525上的被用作一个电极的导电层530、EL层531、被用作另一个电极的导电层532。在作为底部发射型发光元件的发光元件523中,导电层532和导电层530分别包含反射可见光的材料和使可见光透射的材料。发光元件523所发射的光透过着色层528及绝缘层525,然后经过开口533而透过液晶元件524,然后发射到衬底522的外部。

[0270] 在绝缘层525与衬底522之间,除了液晶元件524之外,还设置有着色层534、遮光层535、绝缘层546及结构体536等。液晶元件524包括被用作一个电极的导电层537、液晶538、被用作另一个电极的导电层539及取向膜540、541等。注意,液晶元件524是反射型液晶元件,导电层539被用作反射电极,所以导电层539使用反射率高的材料形成。另外,导电层537被用作透明电极,所以使用使可见光透射的材料形成。取向膜540、541也可以分别设置在导电层537及导电层539上并与液晶538接触。绝缘层546以覆盖着色层534及遮光层535的方式设置,被用作保护层。此外,不一定必须设置取向膜540、541。

[0271] 在导电层539的一部分中设置有开口533。以与导电层539接触的方式设置有导电层543。由于导电层543具有透光性,所以作为导电层543使用使可见光透射的材料。

[0272] 结构体536被用作防止衬底522太靠近绝缘层525的间隔物。不一定必须设置结构体536。

[0273] 晶体管515的源极和漏极中的一个与发光元件523的导电层530电连接。例如,晶体管515对应于图16所示的晶体管M。

[0274] 晶体管516的源极和漏极中的一个通过端子部518与液晶元件524的导电层539及导电层543电连接。换言之,端子部518具有将设置在绝缘层525的两个面的导电层电连接的功能。晶体管516对应于图16所示的晶体管SW1。

[0275] 在衬底521与衬底522彼此不重叠的区域中,设置有端子部519。与端子部518同样,端子部519将设置在绝缘层525的两个面的导电层电连接。端子部519电连接于对与导电层543相同的导电膜进行加工而得到的导电层。由此,可以将端子部519与FPC544通过连接层

545彼此电连接。

[0276] 在设置粘合层542的区域的一部分中,设置有连接部547。在连接部547中,对与导电层543相同的导电膜进行加工而得到的导电层通过连接体548电连接于导电层537的一部分。因此,可以将从FPC544输入的信号或电位通过连接体548供应到导电层537。

[0277] 在导电层537与导电层543之间设置有结构体536。结构体536具有保持液晶元件524的单元间隙的功能。

[0278] 作为导电层543,优选使用金属氧化物、金属氮化物或其电阻被降低的氧化物半导体等氧化物。在使用氧化物半导体的情况下,作为导电层543,使用氢、硼、磷、氮和其他杂质的浓度及氧空位数中的至少一个比晶体管的半导体层高的材料。

[0279] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[0280] (实施方式10)

在本实施方式中,对本发明的一个实施方式的发光元件进行说明。在本实施方式中说明的发光元件具有与在实施方式2中说明的发光元件不同的结构。参照图18A和图18B对元件结构及发光元件的制造方法进行说明。但是,关于与在实施方式2中说明的发光元件相同的部分,可以参照实施方式2中的说明,所以省略其说明。

[0281] 在本实施方式中说明的发光元件具有包含发光层3213的EL层3202夹在形成于基板3200上的一对电极(阴极3201和阳极3203)之间的结构。此外,EL层3202可以与在实施方式2中说明的EL层相同地通过层叠发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子注入层、电子传输层等来形成。

[0282] 在本实施方式中,如图18A所示,对具有如下结构的发光元件进行说明:阴极3201形成在基板3200上,依次层叠电子注入层3214、发光层3213、空穴传输层3215及空穴注入层3216而成的EL层3202形成在阴极3201上,阳极3203形成在空穴注入层3216上。这里,虽然没有设置电子传输层,但是也可以使用电子传输性高的材料将电子注入层3214用作电子传输层。

[0283] 在上述发光元件中,因施加到阴极3201和阳极3203之间的电位差而电流流过,并且因在EL层3202中空穴和电子重新结合而发光。然后,该发光穿过阴极3201和阳极3203中的任一者或两者而被提取到外部。因此,阴极3201和阳极3203中的任一者或两者为具有透光性的电极,由此可以穿过具有透光性的电极提取光。

[0284] 如图18A所示,在本实施方式所示的发光元件中,阴极3201的端部被绝缘物3217覆盖。此外,如图18B所示,以填埋相邻的阴极3201(例如,3201a和3201b)之间的空间的方式形成绝缘物3217。

[0285] 作为绝缘物3217,可以使用具有绝缘性的有机化合物或无机化合物。作为有机化合物,可以使用感光树脂(光阻材料等),例如可以使用丙烯酸树脂、聚酰亚胺树脂、氟类树脂等。作为无机化合物,例如可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮化硅等。注意,绝缘物3217的表面优选具有拒水性。作为其处理方法,可以采用等离子体处理或化学处理(使用碱性溶液或有机溶剂)等。

[0286] 在本实施方式中,形成在阴极3201上的电子注入层3214使用高分子化合物形成。优选使用不易溶解于非水溶剂中且电子传输性高的高分子化合物。具体而言,电子注入层

3214适当地组合使用在实施方式2中作为可用于电子注入层115及电子传输层114的材料举出的材料(除了高分子化合物以外,还包含碱金属、碱土金属或它们的化合物)形成。上述材料溶解于极性溶剂,并且,上述层利用涂敷法形成。

[0287] 在此,作为极性溶剂,可以举出甲醇、乙醇、丙醇、异丙醇、丁醇、乙二醇、甘油等。

[0288] 在电子注入层3214上形成有发光层3213。发光层3213通过沉积(或涂敷)油墨来形成,其中,对在实施方式2中作为可用于发光层113的材料(发光物质)举出的材料进行适当组合,并利用湿法(喷墨法或印刷法)将其溶解于(或分散于)非极性溶剂中。虽然电子注入层3214被发光颜色不同的发光元件共享,但为发光层3213选择对应于发光颜色的材料。作为非极性溶剂,可以使用甲苯或二甲苯等芳族溶剂或者吡啶等杂芳族溶剂。此外,也可以使用己烷、2-甲基己烷、环己烷、氯仿等溶剂。

[0289] 如图18B所示,从用来涂敷溶液的装置(以下,称为溶液涂敷装置)的头部3300涂敷用来形成发光层3213的墨水。此外,头部3300包括多个具有喷射墨水功能的喷射部3301a至喷射部3301c,喷射部3301a至喷射部3301c设置有压电元件(piezoelectric element)3302a至压电元件3302c。此外,喷射部3301a至喷射部3301c分别填充有包含呈现不同发光颜色的发光物质的墨水3303a至墨水3303c。

[0290] 墨水3303a至墨水3303c从喷射部3301a至喷射部3301c被喷射出,由此形成发光颜色互不相同的发光层3213a至3213c。

[0291] 在发光层3213上形成有空穴传输层3215。空穴传输层3215可以适当地组合使用在实施方式2中作为可用于空穴传输层112的材料举出的材料来形成。空穴传输层3215可以使用真空蒸镀法或涂敷法形成。在采用涂敷法的情况下,将溶解于溶剂中的材料涂敷在发光层3213及绝缘物3217上。作为涂敷法,可以使用喷墨法、旋涂法、印刷法等。

[0292] 另外,在空穴传输层3215上形成有空穴注入层3216。在空穴注入层3216上形成有阳极3203。此外,它们可以适当地组合使用实施方式2所示的材料利用真空蒸镀法形成。

[0293] 通过上述步骤,可以形成发光元件。此外,当在发光层中使用本发明的一个实施方式的有机金属配合物时,可以得到基于有机金属配合物的磷光。因此,相比于只使用荧光化合物的发光元件,可以实现高效率的发光元件。

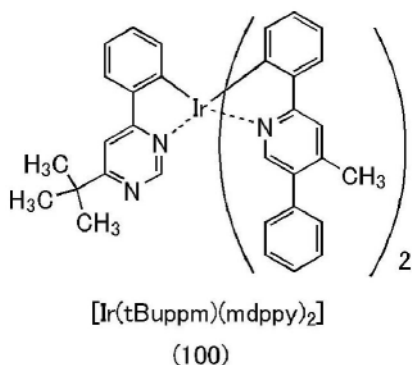
[0294] 注意,在本实施方式中说明的结构可以与在其他实施方式中说明的任何结构适当地组合。

[实施例1]

[0295] 《合成实例1》

在本实施例中,对以实施方式1的结构式(100)表示的有机金属配合物{2-[6-(1,1-二甲基乙基)-4-嘧啶基- κN^3]苯基- κC]双[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基- κN)苯基- κC]铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)(mdppy)₂])的合成方法进行说明。以下示出[Ir(tBuppm)(mdppy)₂]的结构。

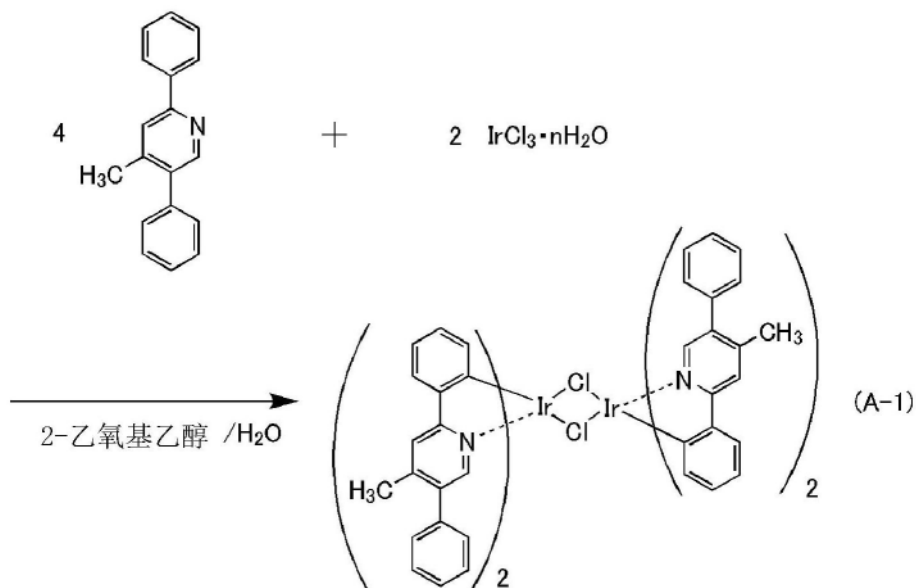
[0296] [化学式14]



[0297] <步骤1:二-μ-氯-四[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]二铱(III)(简称:[Ir(mdppy)₂Cl]₂)的合成>

首先,将3.0g的4-甲基-2,5-二苯基吡啶(简称:Hmdppy)、1.8g的氯化铱(III)水合物、30mL的2-乙氧基乙醇及10mL的水放入具备回流管的圆底烧瓶,在用氩进行鼓泡的同时照射微波(2.45GHz,100W)2小时。将所得到的混合物过滤,用甲醇和己烷进行洗涤,获得2.9g的目的物(收率65%,暗黄色固体)。以下(A-1)示出步骤1的合成方案。

[0298] [化学式15]

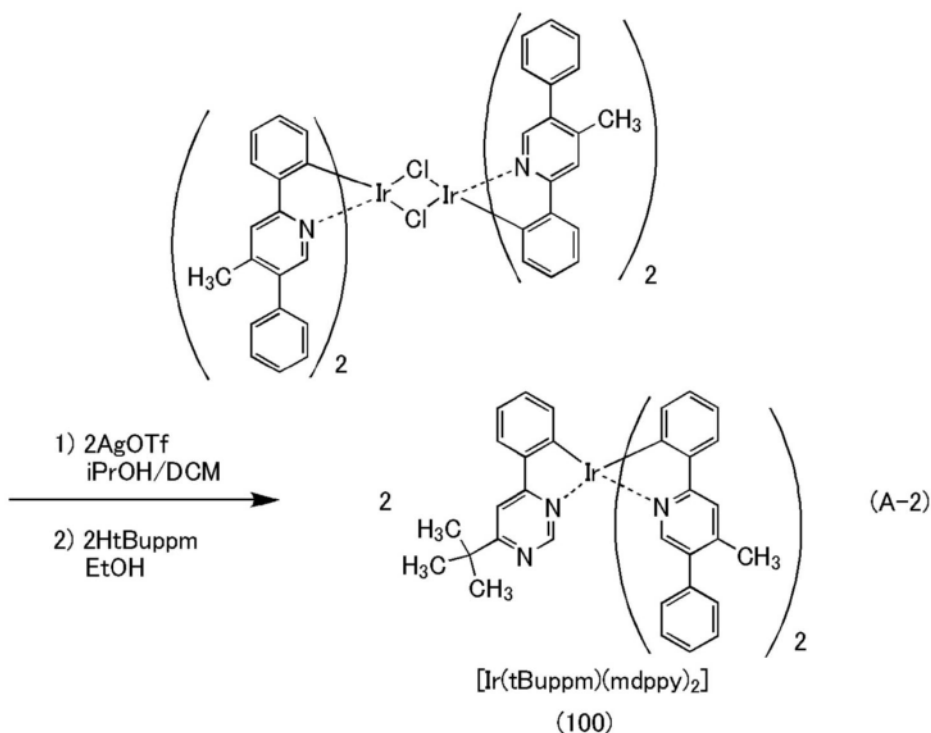


[0299] <步骤2: {2-[6-(1,1-二甲基乙基)-4-嘧啶基-κN³]苯基-κC}双[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)(mdppy)₂])的合成>

接着,将2.9g的[Ir(mdppy)₂Cl]₂和430mL的二氯甲烷放入三口烧瓶,将烧瓶内的气氛置换成氮。将1.0g的三氟甲磺酸银和53mL的2-丙醇的混合溶液滴下到烧瓶,在室温下进行搅拌18小时。在将所得到的混合物通过硅藻土过滤之后,对残渣进行浓缩,获得固体。接着,对该固体添加2.3g的HtBuppm(简称)和40mL的乙醇,在氮气氛围下对混合物进行回流18小时。将所得到的混合物过滤,通过硅胶柱层析法使用1:5乙酸乙酯-己烷混合溶液作为展开溶剂对滤渣进行纯化。在进行纯化时,逐渐降低己烷的比率,最终将乙酸乙酯和己烷的比例为1:2。再者,通过快速柱层析法使用1:2二氯甲烷-己烷混合溶液作为展开溶剂进行纯化。浓缩所得到的溶液,用二氯甲烷和己烷的混合溶剂进行再结晶,获得有机金属配合物[Ir(tBuppm)(mdppy)₂]作为橙色固体(收率:29%)。

[0300] 通过梯度升华法对0.90g的所得到的橙色固体进行纯化。纯化条件为压力2.7Pa，氩流量为5mL/min，260℃。在升华纯化之后，以88%的收率获得目的物的橙色固体。以下(A-2)示出步骤2的合成方案。

[0301] [化学式16]



[0302] 以下示出通过上述步骤2得到的目的物(橙色固体)的核磁共振($^1\text{H-NMR}$)分析结果。图19示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。从该结果可知,在本合成实例中,获得以结构式(100)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 。

[0303] $^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 1.30 (s, 9H), 2.32 (s, 3H), 2.37 (s, 3H), 6.83-6.97 (m, 9H), 6.99-7.01 (m, 2H), 7.13 (d, 2H), 7.28-7.36 (m, 7H), 7.45 (s, 1H), 7.64-7.68 (m, 2H), 7.70 (s, 1H), 7.74 (d, 3H), 8.21 (s, 1H) .

[0304] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 的二氯甲烷脱氧溶液的紫外-可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(由JASCO Corporation制造的V550型),将二氯甲烷溶液(0.011mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,当测量发射光谱时,利用绝对PL量子产率测量装置(由Hamamatsu Photonics K.K.制造的C11347-01),在手套箱(由Bright Co.,Ltd.制造的LABstar M13(1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.011mmol/L)密封在石英皿中,在室温下进行测量。图20示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图20中示出两个实线,其中细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图20所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.011mmol/L)放在石英皿中而测量的吸光度减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸光度来得到的结果。

[0305] 如图20所示,有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 在572nm具有发光峰值,从二氯甲烷溶液中观察到橙色发光。

[0306] 接着,利用液相色谱-质谱联用(Liquid Chromatography Mass Spectrometry:

LC/MS) 对在本实施例中获得的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 进行质谱 (MS) 分析。

[0307] 在 LC/MS 分析中, 利用由 Waters Corporation 制造的 ACQUITY UPLC (注册商标) 进行液相色谱 (LC) 分离, 并利用由 Waters Corporation 制造的 Xevo G2 ToF MS 进行质谱 (MS)。在 LC 分离中使用的色谱柱为 ACQUITY UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$), 将柱温设定为 40°C 。作为流动相 A 使用乙腈, 作为流动相 B 使用 0.1% 甲酸水溶液。另外, 以任意浓度将 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 溶解于氯仿中, 并且利用乙腈稀释该混合物来调制样品。注入量为 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0308] 在 MS 分析中, 通过电喷射离子化法 (ESI: Electrospray Ionization) 进行离子化。此时, 将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为 3.0kV 及 30V , 并且以正模式进行检测。在碰撞室内将以上述条件离子化了的 $m/z = 893.32$ 的成分与氦气体碰撞来使其解离为子离子。将与氦碰撞时的能量 (碰撞能量) 设定为 70eV 。将测定质量范围设定为 $m/z = 100$ 至 1200 。图 21 示出利用飞行时间 (TOF) 型 MS 检测解离的子离子的结果。

[0309] 图 21 示出 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 的子离子主要在 $m/z = 681$ 、 648 、 640 、 632 、 618 、 510 、 399 、 387 、 246 附近被检测。因为图 21 的结果示出来源于 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 的特征, 所以可以说这是用于识别包含在混合物中的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 的重要的数据。

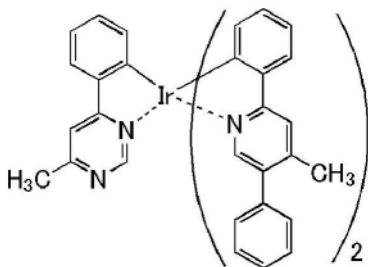
[0310] $m/z = 681$ 附近的子离子可推测是 HtBuppm (简称) 从 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。这表示 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 包含 HtBuppm。另外, $m/z = 648$ 附近的子离子可推测是 4-甲基-2,5-二苯基吡啶 (简称: Hmdppy) 从 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。 $m/z = 399$ 附近的子离子可推测是来源于两个 Hmdppy 从 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。这表示 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 包含两个 Hmdppy。另外, $m/z = 632$ 附近的子离子可推测是来源于甲基从 $m/z = 648$ 附近的子离子脱离的状态的阳离子。 $m/z = 618$ 附近的子离子可推测是来源于甲基从 $m/z = 632$ 附近的子离子脱离的状态的阳离子。另外, $m/z = 387$ 附近的子离子可推测是来源于甲基从 $m/z = 399$ 附近的子离子脱离的状态的阳离子。另外, $m/z = 246$ 附近的子离子可推测是 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 中的 Hmdppy 的阳离子。这表示 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 包含 Hmdppy。

[实施例2]

[0311] 《合成实例2》

在本实施例中, 对以实施方式 1 的结构式 (101) 表示的有机金属配合物 [2-(6-甲基-4-嘧啶基- κN^3) 苯基- κC] 双 [2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基- κN) 苯基- κC] 铱 (III) (简称: $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$) 的合成方法进行说明。以下示出 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ 的结构。

[0312] [化学式17]



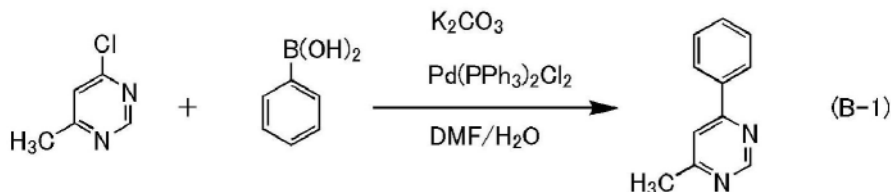
$[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$
(101)

[0313] <步骤1:4-甲基-6-苯基嘧啶(简称:Hmppm)的合成>

首先,将1.5g的4-氯-6-甲基嘧啶、1.6g的苯硼酸、3.2g的碳酸钾、60mL的DMF、12mL的水及0.82g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)放入具备回流管的三口烧瓶,在用氩进行鼓泡的同时照射微波(2.45GHz,100W)2小时。

[0314] 用乙酸乙酯从所得到的溶液抽出有机层,用饱和食盐水对萃取液进行洗涤。添加硫酸镁,对混合物进行过滤。对滤液的溶剂进行蒸馏,通过硅胶柱层析法使用1:5乙酸乙酯-己烷作为展开溶剂对所得到的残渣进行纯化,获得2.0g的包含目的物的油状物。以下(B-1)示出步骤1的合成方案。

[0315] [化学式18]

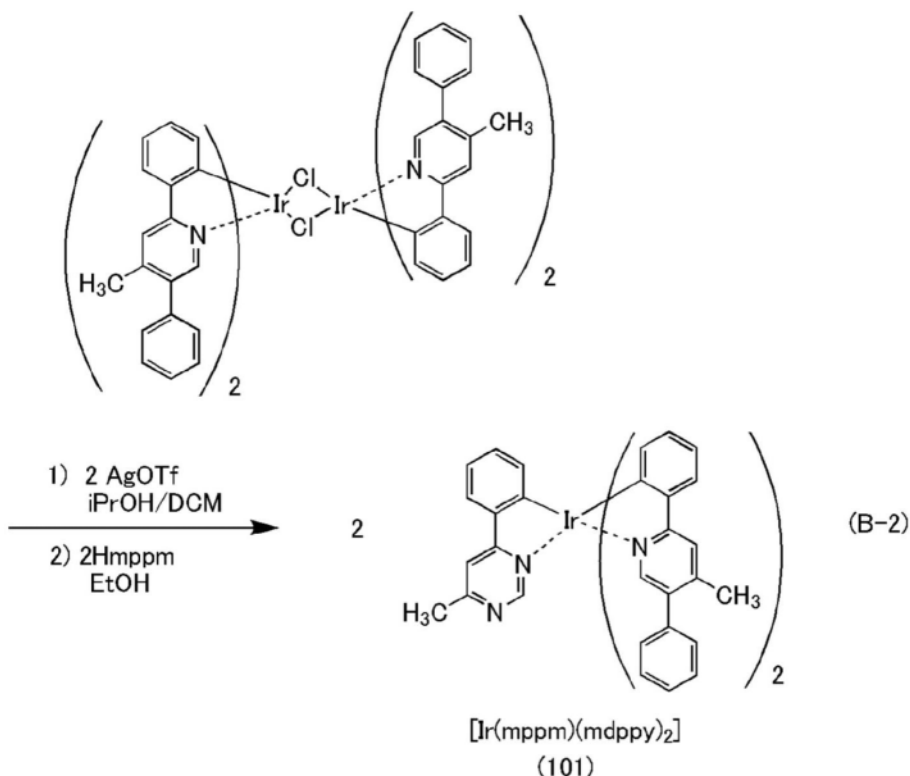


[0316] <步骤2:[2-(6-甲基-4-嘧啶基-κN³)苯基-κC]双[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]铱(III)(简称:[Ir(mppm)(mdppy)₂])的合成>

接着,将3.2g的通过合成实例1的步骤1所示的方法得到的[Ir(mdppy)₂Cl]₂及300mL的二氯甲烷放入三口烧瓶,将烧瓶内的气氛置换成氮。对该混合物滴下1.7g的三氟甲磺酸银和56mL的2-丙醇的混合溶液,在室温下对混合物进行搅拌18小时。通过硅藻土过滤所得到的混合物,将所得到的滤液浓缩,获得固体。对该固体添加2.0g的Hmppm(简称)及80mL的乙醇,在氮气氛下对混合物进行回流18小时。将所得到的混合物过滤,通过硅胶柱层析法使用1:1二氯甲烷-己烷混合溶剂对所得到的滤渣进行纯化。在进行纯化时,逐渐降低己烷的比率,最终只使用二氯甲烷作为展开溶剂。浓缩所得到的溶液,用二氯甲烷和甲醇进行再结晶,由此获得有机金属配合物[Ir(mppm)(mdppy)₂]作为橙色固体(收率:6.8%)。

[0317] 通过梯度升华法对0.22g的所得到的橙色固体进行纯化。纯化条件为压力2.9Pa,氩流量为5mL/min,250℃。在升华纯化之后,以81%的收率获得目的物的橙色固体。以下(B-2)示出步骤2的合成方案。

[0318] [化学式19]



[0319] 以下示出通过上述步骤2得到的目的物(橙色固体)的核磁共振(¹H-NMR)分析结果。图22示出¹H-NMR谱。从该结果可知,在本合成实例中,获得以结构式(101)表示的有机金属配合物[Ir(mppm)(mdppy)₂]。

[0320] ¹H-NMR. δ(CDCl₃): 2.27 (s, 3H), 2.37 (s, 3H), 2.52 (s, 3H), 6.74 (d, 1H), 6.82-6.85 (t, 1H), 6.87-6.95 (m, 7H), 6.99-7.01 (m, 2H), 7.14 (d, 2H), 7.32-7.38 (m, 6H), 7.47 (s, 1H), 7.50 (s, 1H), 7.56 (s, 1H), 7.64-7.67 (t, 2H), 7.69-7.71 (m, 2H), 7.75 (s, 1H), 8.06 (s, 1H) .

[0321] 接着,测量[Ir(mppm)(mdppy)₂]的二氯甲烷脱氧溶液的紫外-可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(由JASCO Corporation制造的V550型),将二氯甲烷溶液(0.0099mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,当测量发射光谱时,利用绝对PL量子产率测量装置(由Hamamatsu Photonics K.K.制造的C11347-01),在手套箱(由Bright Co.,Ltd.制造的LABstar M13(1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.0099mmol/L)密封在石英皿中,在室温下进行测量。图23示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图23中示出两个实线,其中细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图23所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.0099mmol/L)放在石英皿中而测量的吸光度减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸光度来得到的结果。

[0322] 如图23所示,有机金属配合物[Ir(mppm)(mdppy)₂]在573nm具有发光峰值,从二氯甲烷溶液中观察到橙色发光。

[0323] 接着,利用液相色谱-质谱联用(LC/MS)对在本实施例中获得的[Ir(mppm)(mdppy)₂]进行质谱(MS)分析。

[0324] 在LC/MS分析中,利用由Waters Corporation制造的ACQUITY UPLC进行液相色谱(LC)分离,并利用由Waters Corporation制造的Xevo G2 Tof MS进行质谱(MS)。在LC分离

中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8 (2.1×100mm, 1.7μm), 将柱温设定为40℃。作为流动相A使用乙腈, 作为流动相B使用0.1%甲酸水溶液。另外, 以任意浓度将 $[\text{Ir}(\text{mppy})_2(\text{mdppy})_2]$ 溶解于氯仿中, 并且利用乙腈稀释该混合物来调制样品。注入量为5.0μL。

[0325] 在MS分析中, 通过电喷射离子化法(ESI)进行离子化。此时, 将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为3.0kV及30V, 并且以正模式进行检测。在碰撞室内将以上述条件离子化了的 $m/z=851.27$ 的成分与氩气体碰撞来使其解离为子离子。将与氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为70eV。将测定质量范围设定为 $m/z=100$ 至1200。图24示出利用飞行时间(TOF)型MS检测解离的子离子的结果。

[0326] 图24示出 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 的子离子主要在 $m/z=679$ 、606、573、548、446及434附近被检测。因为图24的结果示出来源于 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 的特征, 所以可以说这是用于识别包含在混合物中的 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 的重要的数据。

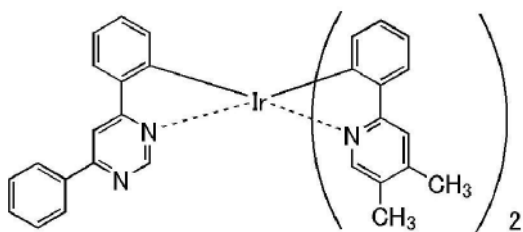
[0327] 另外, $m/z=679$ 附近的子离子可推测是来源于Hmppm从 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。 $m/z=606$ 附近的子离子可推测是4-甲基-2,5-二苯基吡啶(简称:Hmdppy)从 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。 $m/z=434$ 附近的子离子可推测是来源于Hmppm和Hmdppy从 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。这表示 $[\text{Ir}(\text{mppy})(\text{mdppy})_2]$ 包含Hmppm及Hmdppy。

[实施例3]

[0328] 《合成实例3》

在本实施例中, 对以实施方式1的结构式(112)表示的有机金属配合物双[2-(4,5-二甲基-2-吡啶基-κN)苯基-κC][2-(6-苯基-4-嘧啶基-κN³)苯基-κC]铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$)的合成方法进行说明。以下示出 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ 的结构。

[0329] [化学式20]



$[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$

(112)

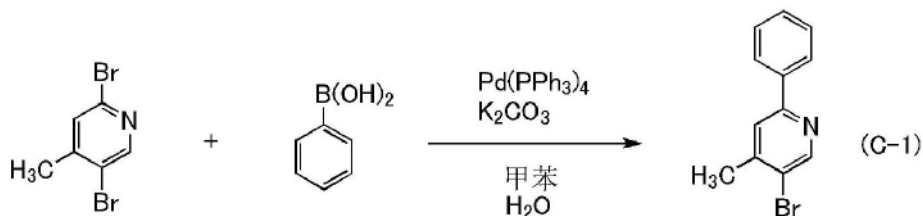
[0330] <步骤1:5-溴-4-甲基-2-苯基吡啶的合成>

首先, 将15g (60mmol)的2,5-二溴-4-甲基-2-苯基吡啶、7.3g (60mmol)的苯硼酸、3.0g (22mmol)的碳酸钾、380mL的甲苯及38mL的水放入1000mL三口烧瓶。然后, 将烧瓶内的气氛置换成氮, 在对烧瓶内进行减压的同时对混合物进行搅拌以脱气。在脱气后, 将烧瓶内的气氛置换成氮, 添加3.5g (3.0mmol)的四(三苯基膦)钯(0), 在氮气流下以110℃对该混合物进行搅拌16小时。

[0331] 对所得到的反应溶液添加水, 将该溶液分为有机层和水层, 用甲苯对水层进行萃取。将有机层和所得到的抽出溶液合并, 用饱和食盐水进行洗涤。然后, 对该溶液添加无水硫酸镁, 进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 将滤液浓缩, 获得油状物。通过硅胶柱

层析法对所得到的油状物进行纯化。作为展开溶剂使用12:1己烷-乙酸乙酯混合溶液。将所得到的馏分浓缩,获得13g的无色油状物。所得到的油状物是目的物与作为原料的2,5-二溴-4-甲基-2-苯基吡啶的混合物。所以,再进行反应两次,以42%的收率获得6.2g的无色油状目的物。通过核磁共振法(NMR)识别所得到的无色油状物是5-溴-4-甲基-2-苯基吡啶。以下(C-1)示出步骤1的合成方案。

[0332] [化学式21]

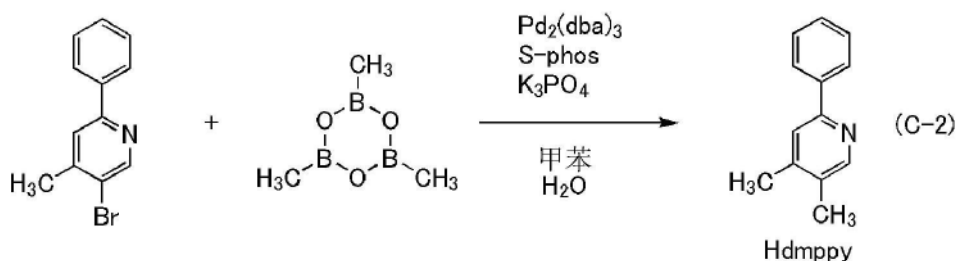


[0333] <步骤2:4,5-二甲基-2-苯基吡啶(简称:Hdmppy)的合成>

接着,将6.2g (25mmol)的步骤1中合成的5-溴-4-甲基-2-苯基吡啶、5.2g (41mmol)的三甲基环三硼氧烷、1.0g (2.5mmol)的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos)、8.0g (38mmol)的磷酸三钾、180mL的甲苯及18mL的水放入500mL三口烧瓶。然后,将烧瓶内的气氛置换成氮,在对烧瓶内进行减压的同时对混合物进行搅拌以脱气。在脱气后,将烧瓶内的气氛置换成氮,添加0.46g (0.5mmol)的三(二亚苄基丙酮)二钯(0),在氮气流下以110℃对混合物进行搅拌23小时。

[0334] 对所得到的反应溶液添加水,将该溶液分为有机层和水层,用甲苯对水层进行萃取。将有机层和所得到的抽出溶液合并,用饱和食盐水进行洗涤。然后,对该有机层添加无水硫酸镁,进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,将滤液浓缩,获得油状物。通过硅胶柱层析法对所得到的油状物进行纯化。作为展开溶剂使用20:1己烷-乙酸乙酯混合溶液。将所得到的馏分浓缩,以98%的收率获得4.5g的黄色油状物。通过核磁共振法(NMR)识别所得到的黄色油状物是4,5-二甲基-2-苯基吡啶(简称:Hdmppy)。以下(C-2)示出步骤2的合成方案。

[0335] [化学式22]



[0336] <步骤3:双[2-(4,5-二甲基-2-吡啶基-κN²)苯基-κC][2-(6-苯基-4-嘧啶基-κN³)苯基-κC]铱(III)(简称:[Ir(dppm)(dmppy)₂])的合成>

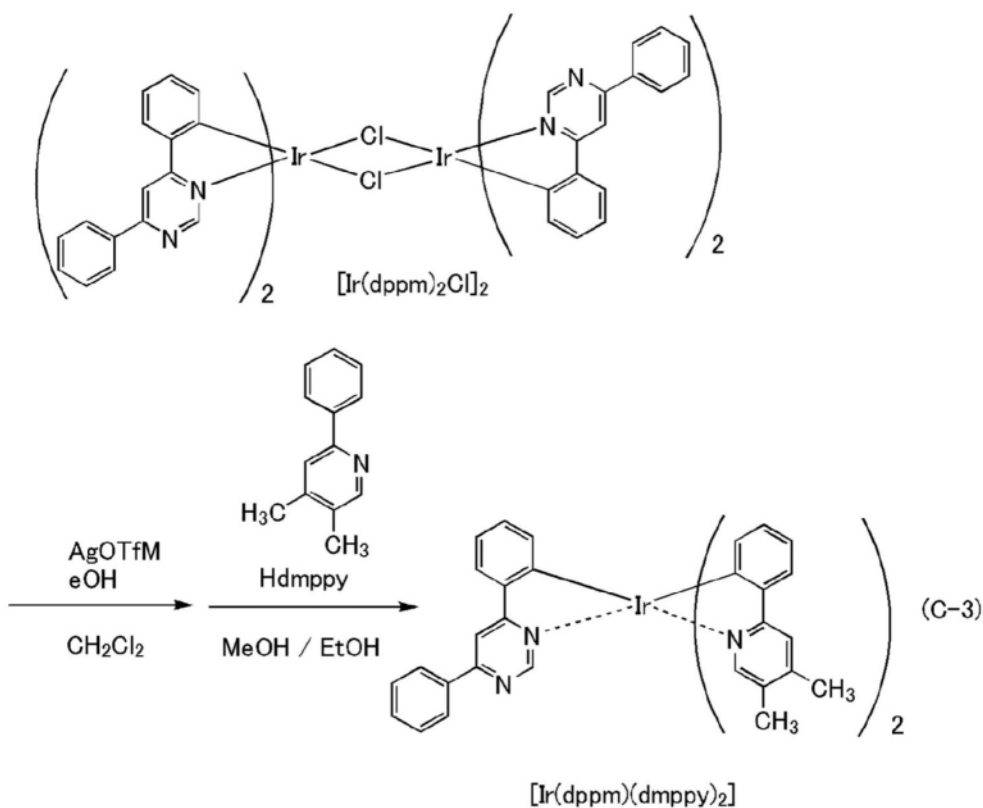
接着,将2.1g (1.5mmol)的二-μ-氯-四[2-(6-苯基-4-嘧啶基-κN³)苯基-κC]二铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂Cl]₂)及300mL的二氯甲烷放入1000mL三口烧瓶,在氮气流下进行搅拌。对该混合溶液滴下1.2g (4.5mmol)的三氟甲磺酸银及150mL的甲醇的混合溶液,在较暗的环境下对该混合溶液进行搅拌16小时。

[0337] 在指定时间的反应之后,通过硅藻土对反应混合物进行过滤。浓缩所得到的滤液,

获得2.8g的红褐色固体。然后,将2.8g的所得到的固体、30mL的乙醇、30mL的甲醇及1.1g (6.0mmol)的通过步骤2合成的4,5-二甲基-2-苯基吡啶(简称:Hdmpy)放入500mL茄形烧瓶,在氮气流下进行加热及回流32小时。在指定时间的反应之后,浓缩反应混合物,获得固体。对所得到的固体添加二氯甲烷,将混合物通过依次层叠硅藻土、中性硅胶及硅藻土的助滤剂进行过滤。

[0338] 浓缩所得到的滤液,通过硅胶柱层析法对所得到的油状物进行纯化。作为展开溶剂,使用2:1己烷-二氯甲烷混合溶剂。浓缩所得到的馏分,获得固体。用乙酸乙酯/己烷使该固体再结晶,以8%的收率获得0.18g的红色固体。通过梯度升华法对0.18g的所得到的固体进行纯化。作为纯化在压力为2.6Pa且氩流量为5.0mL/min的条件下以280°C进行加热21小时。在升华纯化之后,以56%的回收率获得0.10g的目的物的红色固体。以下(C-3)示出步骤3的合成方案。

[0339] [化学式23]



[0340] 以下示出通过步骤3得到的目的物(红色固体)的核磁共振($^1\text{H-NMR}$)分析结果。图25示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。从该结果可知,在本合成实例中,获得以结构式(112)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ 。

[0341] $^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 2.01 (s, 3H), 2.03 (s, 3H), 2.32 (s, 3H), 2.33 (s, 3H), 6.72 (d, 1H), 6.79-6.96 (m, 8H), 7.27 (s, 1H), 7.36 (s, 1H), 7.47-7.53 (m, 3H), 7.60-7.66 (m, 4H), 7.85 (d, 1H), 8.07 (d, 2H), 8.16 (d, 1H), 8.25 (d, 1H) .

[0342] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ 的二氯甲烷溶液的紫外-可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(由JASCO Corporation制造的V550型),将二氯甲烷溶液(0.0152mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,当测量发射光谱时,利用绝对PL量子产率测量装置(由Hamamatsu

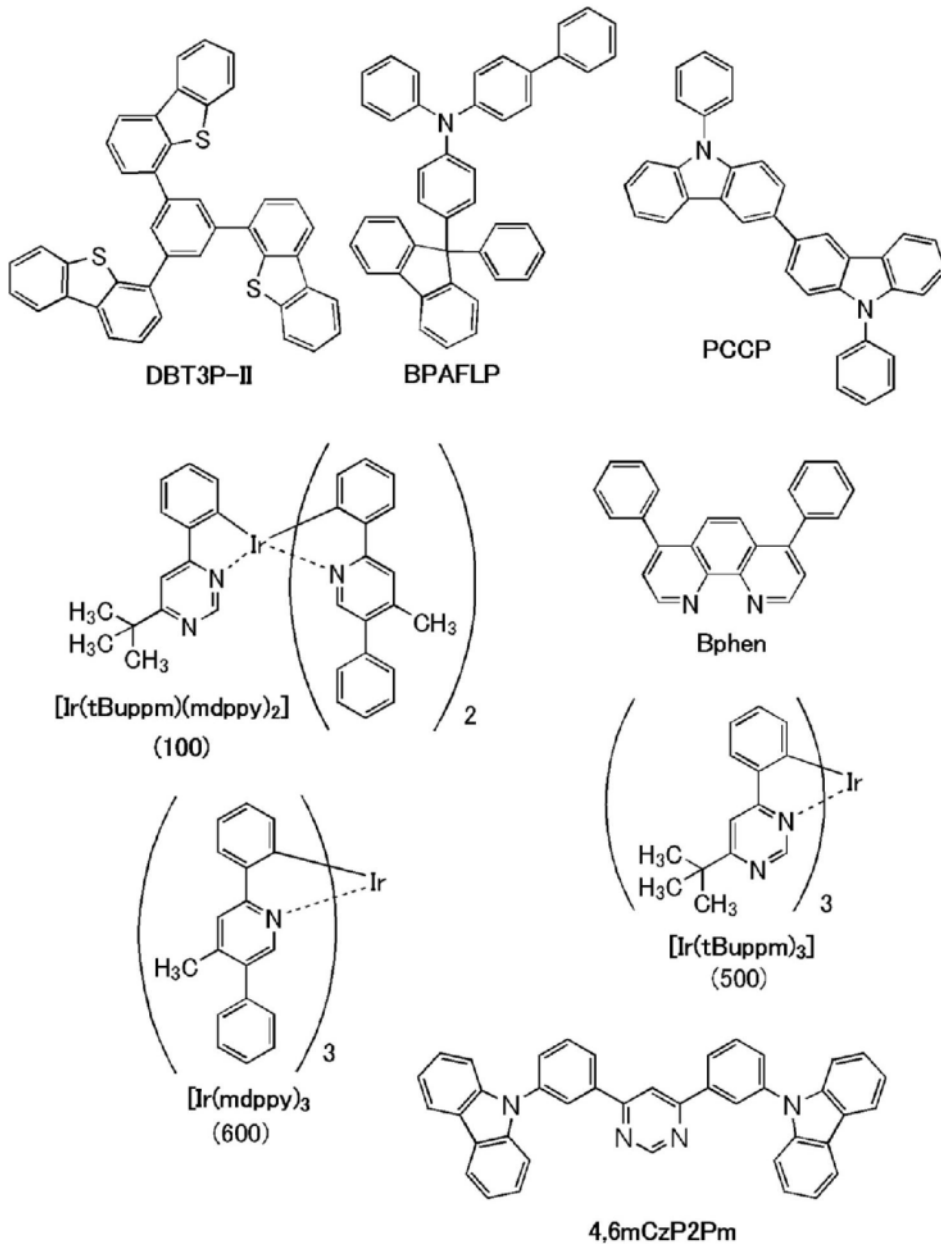
Photonics K.K.制造的C11347-01),在手套箱(由Bright Co.,Ltd.制造的LABstarM13(1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.0152mmol/L)密封在石英皿中,在室温下进行测量。图26示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图26中示出两个实线,其中细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图26所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.0152mmol/L)放在石英皿中而测量的吸光度减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸光度来得到的结果。

[0343] 如图26所示,有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ 在629nm具有发光峰值,从二氯甲烷中观察到红色发光。

[实施例4]

[0344] 在本实施例中,制造包括本发明的一个实施方式的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ (结构式(100))的发光元件1、包括三{2-[6-(1,1-二甲基乙基)-4-嘧啶基- κN^3]苯基- κC }铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$)(结构式(500))的比较发光元件2及包括三[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基- κN)苯基- κC]铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]$)(结构式(600))的比较发光元件3。参照图27对这些发光元件的制造进行说明。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0345] [化学式24]



[0346] 《发光元件的制造》

首先,在玻璃衬底900上通过溅射法沉积包含氧化硅的铟锡氧化物(ITO),由此形成被用作阳极的第一电极901。另外,将其厚度设定为110nm,并且将其电极面积设定为2mm×2mm。

[0347] 接着,作为用来在玻璃衬底900上形成发光元件的预处理,使用水对衬底表面进行洗涤,并以200℃进行1小时的焙烧,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0348] 然后,将衬底传送到其内部被减压到 1×10^{-4} Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,以170℃进行30分钟的真空焙烧。然后对玻璃衬底900进行30分钟左右的冷却。

[0349] 接着,以使形成有第一电极901的面朝下的方式将玻璃衬底900固定到设置于真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,说明通过真空蒸镀法依次形成包括在EL层902中的空穴注入层911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914及电子注入层915的情况。

[0350] 在将真空蒸镀装置的内部减压到 1×10^{-4} Pa之后,通过共蒸镀沉积1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)及氧化钼并使质量比为DBT3P-II:氧化钼=4:2,从而在第一电极901上形成空穴注入层911。将空穴注入层911的厚度设定为60nm。注意,共蒸镀是指使多个不同的物质从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0351] 接着,以厚度为20nm的方式通过蒸镀沉积9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)吡啶(简称:PCCP)来形成空穴传输层912。

[0352] 接着,在空穴传输层912上形成发光层913。

[0353] 在制造发光元件1时,以厚度为20nm的方式通过共蒸镀沉积9,9'-(嘧啶-4,6-二基-3,1-亚苯基)双(9H-吡啶)(简称:4,6mCzP2Pm)、PCCP及 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 并使质量比为4,6mCzP2Pm:PCCP: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]=0.5:0.5:0.075$ 。再者,以厚度为20nm的方式通过共蒸镀沉积4,6mCzP2Pm、PCCP及 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ 并使其质量比为4,6mCzP2Pm:PCCP: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]=0.8:0.2:0.075$ 。通过上述步骤,以厚度为40nm的方式形成发光元件1的发光层913。

[0354] 在制造比较发光元件2时,以厚度为20nm的方式通过共蒸镀沉积4,6mCzP2Pm、PCCP及 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$ 并使质量比为4,6mCzP2Pm:PCCP: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]=0.5:0.5:0.075$ 。再者,以厚度为20nm的方式通过共蒸镀沉积4,6mCzP2Pm、PCCP及 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$ 并使其质量比为4,6mCzP2Pm:PCCP: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]=0.8:0.2:0.075$ 。通过上述步骤,以厚度为40nm的方式形成比较发光元件2的发光层913。

[0355] 在制造比较发光元件3时,以厚度为20nm的方式通过共蒸镀沉积4,6mCzP2Pm、PCCP及 $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]$ 并使质量比为4,6mCzP2Pm:PCCP: $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]=0.5:0.5:0.075$ 。再者,以厚度为20nm的方式通过共蒸镀沉积4,6mCzP2Pm、PCCP及 $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]$ 并使其质量比为4,6mCzP2Pm:PCCP: $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]=0.8:0.2:0.075$ 。通过上述步骤,以厚度为40nm的方式形成比较发光元件3的发光层913。

[0356] 接着,在各发光元件的发光层913上以厚度为20nm的方式通过蒸镀沉积4,6mCzP2Pm,然后以厚度为10nm的方式通过蒸镀沉积Bphen来形成电子传输层914。

[0357] 并且,在电子传输层914上以厚度为1nm的方式通过蒸镀沉积氟化锂来形成电子注入层915。

[0358] 最后,在电子注入层915上以厚度为200nm的方式通过蒸镀沉积铝来形成被用作阴极的第二电极903。由此得到各发光元件。注意,在上述蒸镀过程中,蒸镀都利用电阻加热法进行。

[0359] 表1示出通过上述方法制造的各发光元件的元件结构。

[0360] [表1]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件1	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	*	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比较发光 元件2	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	**	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比较发光 元件3	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	***	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)(mdppy)₂](0.5:0.5:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

**4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)₃](0.5:0.5:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

***4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(mdppy)₃](0.5:0.5:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

[0361] 此外,以使不暴露于大气的方式在氮气氛的手套箱中密封所制造的发光元件(具体而言,将密封剂涂敷于元件的周围,在密封时先进行UV处理再以80℃进行1小时的热处理)。

[0362] 《发光元件的工作特性》

对发光元件的工作特性进行测量。测量在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0363] 图28、图29、图30和图31分别示出发光元件1、比较发光元件2及比较发光元件3的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性和电压-电流特性。

[0364] 表2示出1000cd/m²附近的各发光元件的主要初始特性值。

[0365] [表2]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件1	2.9	0.055	1.4	(0.48, 0.52)	980	71	77	22
比较发光 元件2	2.9	0.049	1.2	(0.39, 0.59)	1100	91	99	25
比较发光 元件3	3.3	0.043	1.1	(0.38, 0.60)	890	83	79	23

[0366] 图32示出以25mA/cm²的电流密度施加电流时的发光元件1、比较发光元件2及比较发光元件3的发射光谱。如图32所示,发光元件1呈现绿色发光,该绿色发光在559nm附近具有来源于本发明的一个实施方式的有机金属配合物[Ir(tBuppm)(mdppy)₂]的发射光谱峰,相对于此,比较发光元件2和比较发光元件3在530nm附近具有发射光谱峰。

[0367] 接着,进行各发光元件的可靠性测试。图33示出可靠性测试的结果。在图33中,纵轴表示起始亮度为100%时的归一化亮度(%),而横轴表示元件的驱动时间(h)。在可靠性测试中,在将初始亮度设定为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下,驱动发光元件。

[0368] 从图33所示的结果可知,包括本发明的一个实施方式的有机金属配合物的发光元件1的可靠性比比较发光元件2和比较发光元件3高。这可能是因为在本发明的一个实施方式的有机金属配合物中,HOMO和LUMO分别分布在不同的配体而在空间上分离,所以整体上HOMO较浅,LUMO较深。换言之,在发光元件1中用作发光材料的有机金属配合物中,在传输载流子时及在激发态下,空穴分布在具有高抗空穴性的配体(HOMO容易分布的第二配体),电子分布在具有高抗电子性的配体(LUMO容易分布的第一配体)。由此,在传输载流子时及在激发态下稳定性可以增大,可以制造长寿命的发光元件。

[0369] 另外,通过使这种HOMO和LUMO的分离,有机金属配合物本身可以传输两种载流子。由于[Ir(tBuppm)₃]的HOMO及LUMO较深,所以包括[Ir(tBuppm)₃]的元件的空穴注入性和空穴传输性较差,另外,由于[Ir(mdppy)₃]的HOMO及LUMO较浅,所以包括[Ir(mdppy)₃]的元件的电子注入性和电子传输性较差。本发明的一个实施方式的有机金属配合物包括两个主要HOMO分布的苯基嘧啶化合物及一个主要LUMO分布的苯基嘧啶化合物作为配体。因此,该有机金属配合物的空穴注入性及电子注入性都得到改善/变得良好,空穴传输性及电子传输性的平衡变得良好。所以,包括上述有机金属配合物的元件的发光区域也不容易变窄,从而元件的可靠性得到提高。这也是包括本发明的一个实施方式的有机金属配合物的发光元件的寿命延长的原因之一。

[0370] 在比较发光元件2中使用的化合物(结构式500)包括三个tBuppm配体,在比较发光元件3中使用的化合物(结构式600)包括三个mdppy配体。然而,使用包括具有嘧啶环的tBuppm配体及具有吡啶环的mdppy配体的双方的本发明的一个实施方式的有机金属配合物的发光元件1的寿命比较发光元件2、3长。从此可知,本发明的一个实施方式的有机金属配合物中的两种配体不仅是功能的组合,而呈现延长寿命的新功能。这是让人吃惊的现象。该效果可能是因LUMO及HOMO分别分布在作为嘧啶配体的tBuppm及作为吡啶配体的mdppy而获得的。

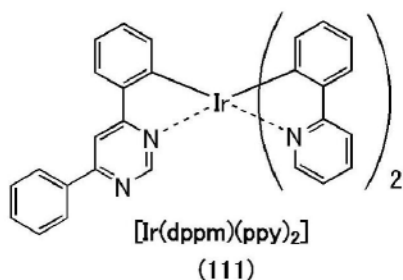
[0371] 尤其是,HOMO分布的两个配体及LUMO分布的一个配体的存在是从长寿命化的观点来看是重要的。换言之,当能够接收空穴的配体增加时,有机金属配合物变得更稳定,但是,当只包括能够接收空穴的配体时,寿命缩短。

[实施例5]

[0372] 《合成实例4》

在本实施例中,对以实施方式1的结构式(111)表示的有机金属配合物[2-(6-苯基-4-嘧啶基-κN³)苯基-κC]双[2-(2-吡啶基-κN)苯基-κC]铱(III)(简称:[Ir(dppm)(ppy)₂])的合成方法进行说明。以下示出[Ir(dppm)(ppy)₂]的结构。

[0373] [化学式25]

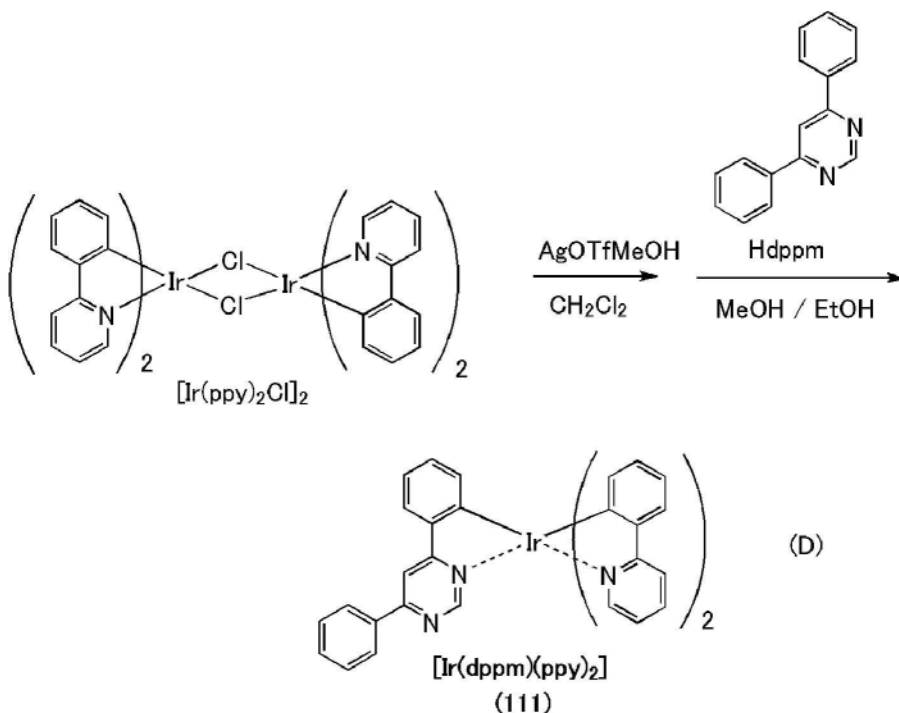


[0374] <步骤1: [2-(6-苯基-4-嘧啶基- κN^3)苯基- κC]双[2-(2-吡啶基- κN)苯基- κC]铱(III) (简称: $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$)的合成>

首先,将3.0g (2.8mmol)的二- μ -氯-四[2-(2-吡啶基- κN)苯基- κC]二铱(III) (简称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2\text{Cl}]_2$)及560mL的二氯甲烷放入1000mL三口烧瓶,在氮气流下对混合物进行搅拌.对该混合物滴下2.2g (8.4mmol)的三氟甲磺酸银及150mL的甲醇的混合溶液,在较暗的环境下对该混合物进行搅拌22小时.在指定时间的反应之后,通过硅藻土对反应混合物进行过滤。

[0375] 浓缩所得到的滤液,获得4.6g的红褐色固体.接着,将4.6g的所得到的固体、50mL的乙醇、2.6g (11mmol)的4,6-二苯基嘧啶(简称:Hdppm)放入1000mL茄形烧瓶,在氮气流下加热回流12.5小时.在指定时间的反应之后,浓缩反应混合物,获得固体.对所得到的固体添加二氯甲烷,将混合物通过依次层叠硅藻土、中性硅胶及硅藻土的助滤剂进行过滤.浓缩所得到的滤液,通过硅胶柱层析法对所得到的油状物进行纯化.作为展开溶剂,使用2:1己烷-二氯甲烷混合溶剂.浓缩所得到的馏分,获得固体.用二氯甲烷/甲醇使所得到的固体再结晶,以9%的收率获得0.35g的橙色固体.以下(D)示出上述合成方法的合成方案。

[0376] [化学式26]



[0377] 以下示出通过上述步骤1得到的目的物(橙色固体)的核磁共振($^1\text{H-NMR}$)分析结果.图34示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱.从该结果可知,在本合成实例中,获得以结构式(111)表示的有机金

属配合物 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ 。

[0378] $^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 6.79 (d, 1H), 6.84-6.98 (m, 10H), 7.47-7.53 (m, 3H), 7.56 (d, 1H), 7.59-7.65 (m, 2H), 7.68 (t, 2H), 7.71 (d, 1H), 7.86 (d, 1H), 7.91 (t, 2H), 8.07 (d, 2H), 8.17 (s, 1H), 8.23 (s, 1H) .

[0379] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ 的二氯甲烷溶液的紫外-可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(由JASCO Corporation制造的V550型),将二氯甲烷溶液(0.0102mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,当测量发射光谱时,利用绝对PL量子产率测量装置(由Hamamatsu Photonics K.K.制造的C11347-01),在手套箱(由Bright Co.,Ltd.制造的LABstarM13(1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.0102mmol/L)密封在石英皿中,在室温下进行测量。图35示出吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。图35所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.0102mmol/L)放在石英皿中而测量的吸光度减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸光度来得到的结果。

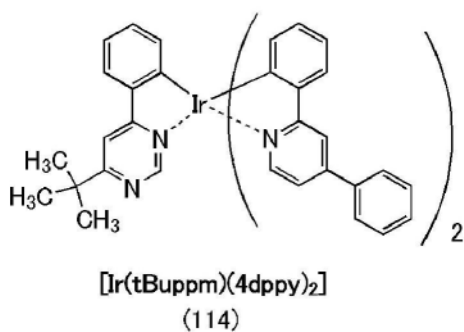
[0380] 如图35所示,有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ 在625nm具有发光峰值,从二氯甲烷中观察到红色发光。

[实施例6]

[0381] 《合成实例5》

在本实施例中,对以实施方式1的结构式(114)表示的有机金属配合物{2-[6-(1,1-二甲基乙基)-4-嘧啶基- κN^3]苯基- κC]双[2-(4-苯基-2-吡啶基- κN)苯基- κC]铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$)的合成方法进行说明。以下示出 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 的结构。

[0382] [化学式27]

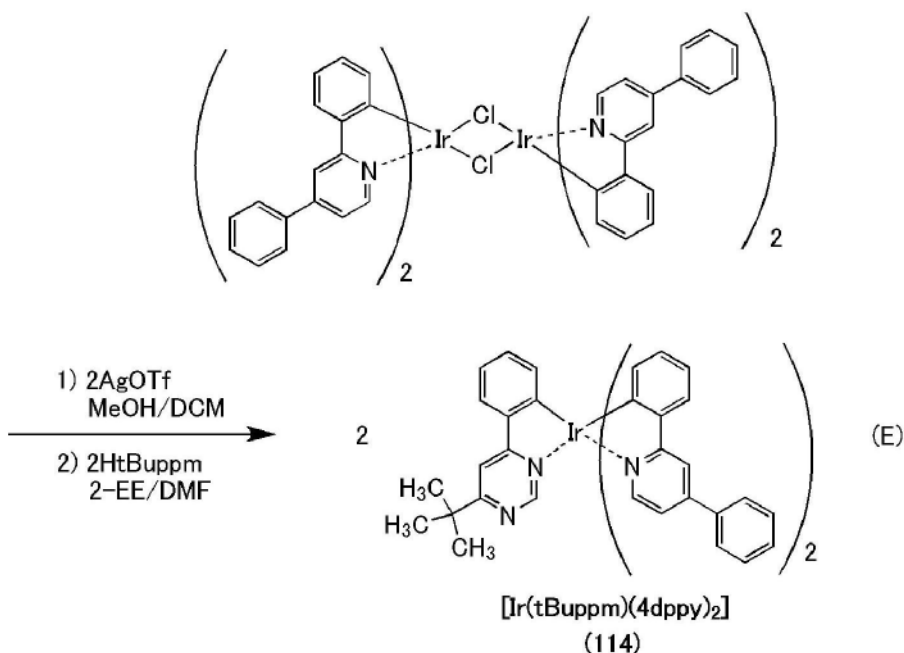


[0383] 首先,将3.5g的 $[\text{Ir}(4\text{dppy})_2\text{Cl}]_2$ (简称)及250mL的二氯甲烷放入三口烧瓶,将烧瓶内的气氛置换成氮。将2.0g的三氟甲磺酸银及30mL的甲醇的混合溶液滴下到烧瓶,在室温下进行搅拌20小时。对所得到的反应物通过硅藻土进行过滤。浓缩滤液,获得固体。然后,对该固体添加2.9g的HtBuppm(简称)、50mL的2-乙氧基乙醇及50mL的N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF),并且,在氮气氛下进行回流15小时。

[0384] 浓缩所得到的混合物,获得固体。通过中性硅胶柱层析法使用2:3氯仿-己烷混合溶液作为展开溶剂对所得到的固体进行纯化。再者,通过中性硅胶柱层析法使用1:1二氯甲烷-己烷混合溶液作为展开溶剂对被纯化的溶液进一步进行纯化。浓缩所得到的溶液,用二氯甲烷和甲醇进行再结晶,获得有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ (简称)作为橙色固体(收率:27%)。

[0385] 通过梯度升华法对0.12g的所得到的橙色固体进行纯化。纯化条件为压力2.7Pa，氩流量为5mL/min, 305℃。在升华纯化之后，以59%的收率获得目的物的橙色固体。以下(E)示出上述合成方法的合成方案。

[0386] [化学式28]



[0387] 以下示出通过上述合成方法得到的橙色固体的核磁共振($^1\text{H-NMR}$)分析结果。图36示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。从该结果可知,在本合成实例中,获得以结构式(114)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 。

[0388] $^1\text{H-NMR}$. δ (CDCl_3): 1.38 (s, 9H), 6.84 (d, 1H), 6.87-6.97 (m, 8H), 7.07 (dd, 1H), 7.16 (dd, 1H), 7.42-7.51 (m, 6H), 7.60 (d, 2H), 7.66-7.67 (m, 4H), 7.76-7.80 (m, 4H), 8.05 (ds, 1H), 8.10 (ds, 1H), 8.26 (ds, 1H)。注意, 5.29附近的峰值来源于二氯甲烷。

[0389] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 的二氯甲烷脱氧溶液的紫外-可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(由JASCO Corporation制造的V550型),将二氯甲烷溶液(0.019mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,当测量发射光谱时,利用绝对PL量子产率测量装置(由Hamamatsu Photonics K.K.制造的C11347-01),在手套箱(由Bright Co., Ltd.制造的LABstarM13 (1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.019mmol/L)密封在石英皿中,在室温下进行测量。

[0390] 图37示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图37中示出两个实线,其中细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图37所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.019mmol/L)放在石英皿中而测量的吸光度减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸光度来得到的结果。

[0391] 如图37所示,有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 在563nm具有发光峰值,从二氯甲烷溶液中观察到黄色发光。

[0392] 接着,利用液相色谱-质谱联用(LC/MS)对在本实施例中获得的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 进行质谱(MS)分析。

[0393] 在LC/MS分析中,利用由Thermo Fisher Scientific K.K.制造的UltiMate3000进行液相色谱(LC)分离,并且利用由Thermo Fisher Scientific K.K.制造的Q Exactive进行MS(质谱)分析。

[0394] 在LC分离中,使用任意的柱,柱温为40℃,在进行输液时,适当地选择溶剂,将任意浓度的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 溶解于有机溶剂中调制样品,注入量为5.0 μL 。

[0395] 通过靶向 MS^2 法对来源于 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 的离子的 $m/z=864.28$ 的成分进行分析。在靶向 MS^2 分析中,将靶离子的质量范围设定为 $m/z=864.28\pm 2.0$,以正模式进行检测。将使靶离子加速的能量(NCE:normalized collision energy)设定为40而进行测量。图38示出所得到的MS谱。

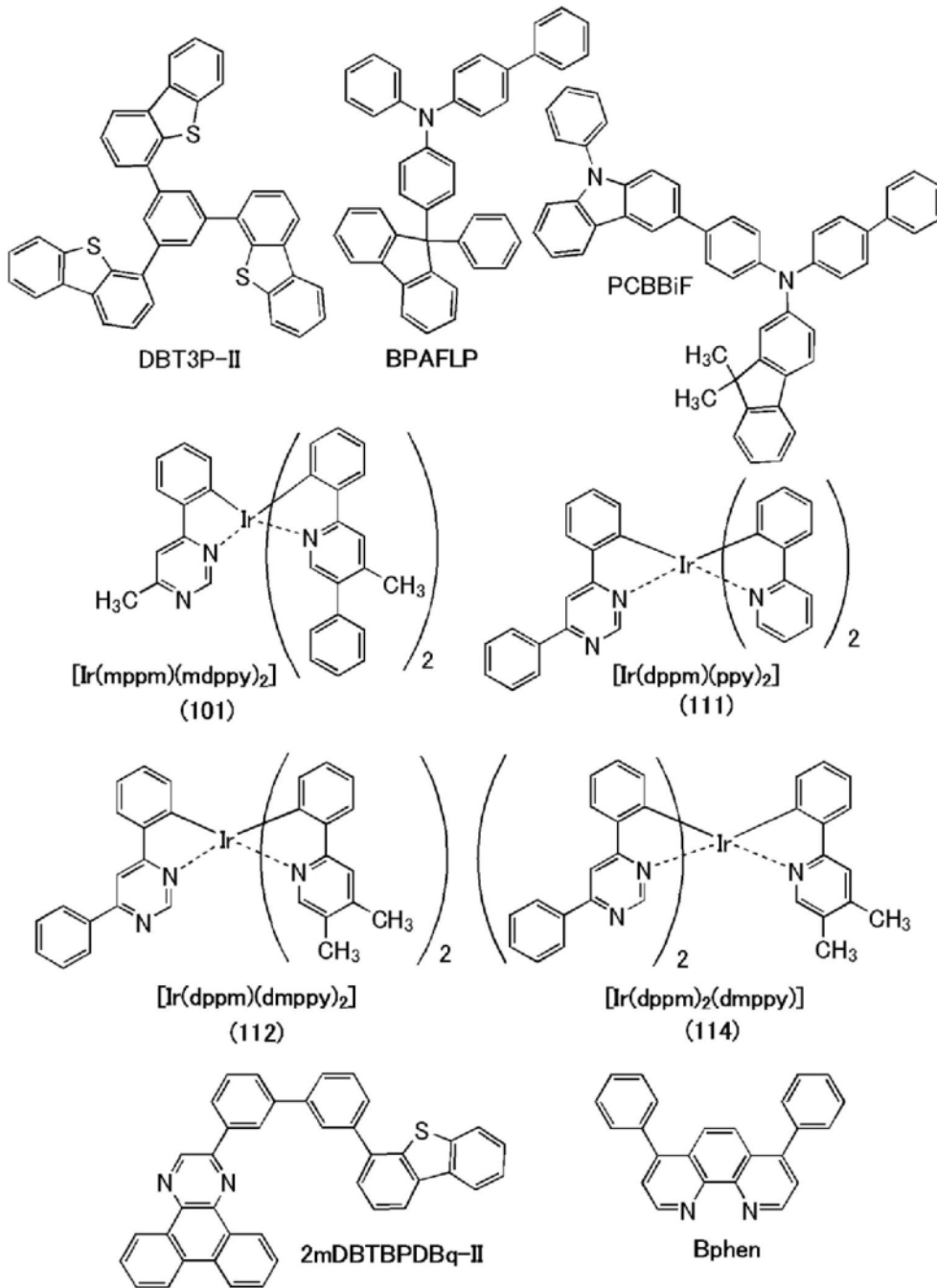
[0396] 图38示出 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 主要在 $m/z=653$ 及 634 附近检测出子离子。因为图38的结果示出来源于 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 的重要的数据。

[0397] $m/z=653$ 附近的子离子可推测是tBuppm(简称)从 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 脱离的状态的阳离子。这表示 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 包含HtBuppm(简称)。另外, $m/z=634$ 附近的子离子可推测是4dppy(简称)从 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ (简称)脱离的状态的阳离子。这表示 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 包含H4dppy(简称)。

[实施例7]

[0398] 在本实施例中,制造在发光层中包括在实施例2中示出其合成方法的 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ (结构式101)的发光元件4、在发光层中包括在实施例5中示出其合成方法的 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ (结构式111)的发光元件5、在发光层中包括在实施例3中示出其合成方法的 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ (结构式112)的发光元件6以及在发光层中包括在实施例6中示出其合成方法的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ (结构式114)的发光元件7作为本发明的实施方式的发光元件。示出这些发光元件的特性的测定结果。另外,本实施例中的发光元件4至7的制造方法除了有的材料以外与实施例4相同,所以省略其说明。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0399] [化学式29]



[0400] 《各发光元件的制造》

表3示出在本实施例中制造的发光元件4至7的元件结构。

[0401] [表3]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件4	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件5	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件6	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件7	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (1:0.5 60nm)	BPAFLP (20nm)	****	2mDBTBPDBq-II (7.8nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(mppm)(mdppy)₂](0.7:0.3:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

**2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)(ppy)₂](0.7:0.3:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

***2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)(dmppy)₂](0.7:0.3:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

****2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)(4dppy)₂](0.7:0.3:0.075(20nm)\0.8:0.2:0.075(20nm))

[0402] 《各发光元件的工作特性》

接着,对各发光元件的工作特性进行测定。另外,测定在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0403] 图39、图40、图41和图42分别示出发光元件4的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性及电压-电流特性。另外,图45、图46、图47和图48分别示出发光元件5的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性及电压-电流特性。另外,图51、图52、图53和图54分别示出发光元件6的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性及电压-电流特性。另外,图57、图58、图59和图60分别示出发光元件7的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性及电压-电流特性。

[0404] 表4示出1000cd/m²附近的各发光元件的主要初始特性值。

[0405] [表4]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
发光元件4	2.7	0.050	1.2	(0.46, 0.53)	860	69	80	21
发光元件5	3.4	0.090	2.2	(0.58, 0.42)	770	34	32	17
发光元件6	2.8	0.140	3.4	(0.62, 0.38)	930	27	30	18
发光元件7	2.8	0.060	1.5	(0.45, 0.54)	940	62	70	18

[0406] 图43、图49、图55和图61分别示出以2.5mA/cm²的电流密度供应电流时的发光元件4、5、6和7的发射光谱。发光元件4、5、6和7的发射光谱分别在558nm、597nm、611nm及556nm附近具有峰值。由此可知,发光元件4发射来源于用于EL层的有机化合物[Ir(mppm)(mdppy)₂]的发光,发光元件5发射来源于用于EL层的有机化合物[Ir(dppm)(ppy)₂]的发光,发光元件6发射来源于用于EL层的有机化合物[Ir(dppm)(dmppy)₂]的发光,发光元件7发射来源于用于EL层的有机化合物[Ir(tBuppm)(4dppy)₂]的发光。

[0407] 接着,对各发光元件进行可靠性测试。图44示出发光元件4的可靠性测试的结果。图50示出发光元件5的可靠性测试的结果。图56示出发光元件6的可靠性测试的结果。图62示出发光元件7的可靠性测试的结果。在这些附图中,纵轴表示以初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。另外,作为可靠性测试,以2mA下的恒定电流进行驱动测试。

[0408] 从图44、图50、图56和图62所示的可靠性测试的结果可知,包括本发明的一个实施方式的有机金属配合物的各发光元件的可靠性高。这可能是因为在该有机金属配合物中,HOMO和LUMO分别分布在不同的配体而在空间上分离,所以整体上HOMO较浅,LUMO较深。换言之,在本实施例的发光元件中用作发光材料的各有机金属配合物中,在传输载流子时及在激发态下,空穴分布在具有高抗空穴性的配体(HOMO容易分布的第二配体),电子分布在具有高抗电子性的配体(LUMO容易分布的第一配体)。由此,在传输载流子时及在激发态下稳定性可以增大,可以制造长寿命的发光元件。

符号说明

[0409] 101:第一电极,102:EL层,103:第二电极,111:空穴注入层,112:空穴传输层,113:发光层,114:电子传输层,115:电子注入层,201:第一电极,202(1):第一EL层,202(2):第二EL层,202(n-1):第(n-1)EL层,202(n):第(n)EL层,204:第二电极,205:电荷产生层,205(1):第一电荷产生层,205(2):第二电荷产生层,205(n-2):第(n-2)的电荷产生层,205(n-1):第(n-1)的电荷产生层,301:元件衬底,302:像素部,303:驱动电路部(源极线驱动电路),304a、304b:驱动电路部(栅极线驱动电路),305:密封剂,306:密封衬底,307:布线,308:FPC(柔性印刷电路板),309:FET,310:FET,312:电流控制用FET,313a、313b:第一电极(阳极),314:绝缘物,315:EL层,316:第二电极(阴极),317a、317b:发光元件,318:空间,

320a、320b:导电膜,321、322:区域,323:引线,324:有色层(滤色片),325:黑色层(黑矩阵),326、327、328:FET,401:衬底,402:第一电极,403a、403b、403c:EL层,404:第二电极,405:发光元件,406:绝缘膜,407:隔壁,500:显示装置,503:显示部,504:像素,505:导电膜,506:位置,507:开口,510:液晶元件,511:发光元件,515:晶体管,516:晶体管,517:晶体管,518:端子部,519:端子部,521:衬底,522:衬底,523:发光元件,524:液晶元件,525:绝缘层,528:着色层,529:粘合层,530:导电层,531:EL层,532:导电层,533:开口,534:着色层,535:遮光层,536:结构体,537:导电层,538:液晶,539:导电层,540:取向膜,541:取向膜,542:粘合层,543:导电层,544:FPC,545:连接层,546:绝缘层,547:连接部,548:连接体,900:衬底,901:第一电极,902:EL层,903:第二电极,911:空穴注入层,912:空穴传输层,913:发光层,914:电子传输层,915:电子注入层,2000:触摸屏,2000':触摸屏,2501:显示面板,2502R:像素,2502t:晶体管,2503c:电容器,2503g:扫描线驱动电路,2503t:晶体管,2509:FPC,2510:衬底,2511:布线,2519:端子,2521:绝缘层,2528:绝缘体,2550R:发光元件,2560:密封层,2567BM:遮光层,2567p:防反射层,2567R:着色层,2570:衬底,2590:衬底,2591:电极,2592:电极,2593:绝缘层,2594:布线,2595:触摸传感器,2597:粘合层,2598:布线,2599:端子,2601:脉冲电压输出电路,2602:电流感测电路,2603:电容器,2611:晶体管,2612:晶体管,2613:晶体管,2621:电极,2622:电极,3200:衬底,3201:阴极,3202:EL层,3203:阳极,3213:发光层,3214:电子注入层,3215:空穴传输层,3216:空穴注入层,3217:绝缘物,3300:头部,3301a:喷射部,3301c:喷射部,3302a:压电元件,3302c:压电元件,3303a:墨水,3303c:墨水,4000:照明装置,4001:衬底,4002:发光元件,4003:衬底,4004:电极,4005:EL层,4006:电极,4007:电极,4008:电极,4009:辅助布线,4010:绝缘层,4011:密封衬底,4012:密封剂,4013:干燥剂,4015:扩散板,4100:照明装置,4200:照明装置,4201:衬底,4202:发光元件,4204:电极,4205:EL层,4206:电极,4207:电极,4208:电极,4209:辅助布线,4210:绝缘层,4211:密封衬底,4212:密封剂,4213:阻挡膜,4214:平坦化膜,4215:扩散板,4300:照明装置,5101:灯,5102:轮毂,5103:车门,5104:显示部,5105:方向盘,5106:变速杆,5107:座位,5108:倒后镜,7100:电视装置,7101:外壳,7103:显示部,7105:支架,7107:显示部,7109:操作键,7110:遥控操作机,7201:主体,7202:外壳,7203:显示部,7204:键盘,7205:外部连接端口,7206:指向装置,7302:外壳,7304:显示部,7305:表示时间的图标,7306:其他的图标,7311:操作按钮,7312:操作按钮,7313:连接端子,7321:表带,7322:表带扣,7400:移动电话机,7401:外壳,7402:显示部,7403:操作按钮,7404:外部连接部,7405:扬声器,7406:麦克风,7407:照相机,7500(1)、7500(2):外壳,7501(1)、7501(2):第一屏幕,7502(1)、7502(2):第二屏幕,8001:照明装置,8002:照明装置,8003:照明装置,9310:便携式信息终端,9311:显示部,9312:显示区域,9313:铰链,9315:外壳。

本申请基于2016年4月1日提交到日本专利局的日本专利申请No.2016-074526,通过引用将其完整内容并入在此。

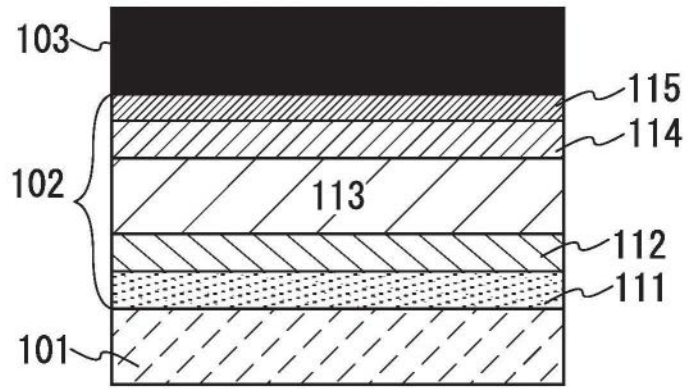


图1A

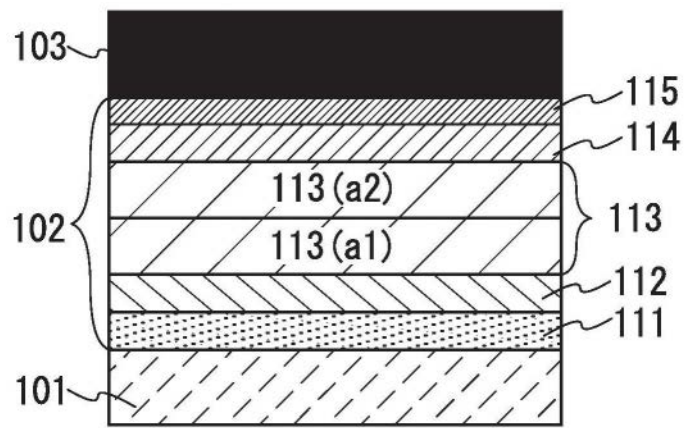


图1B

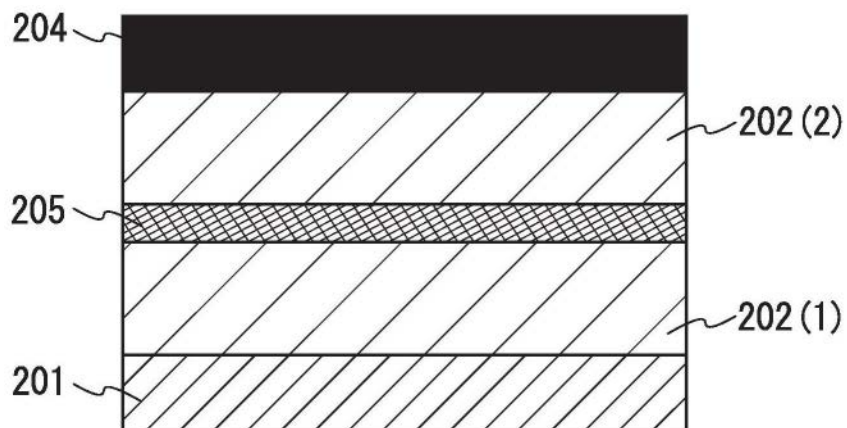


图2A

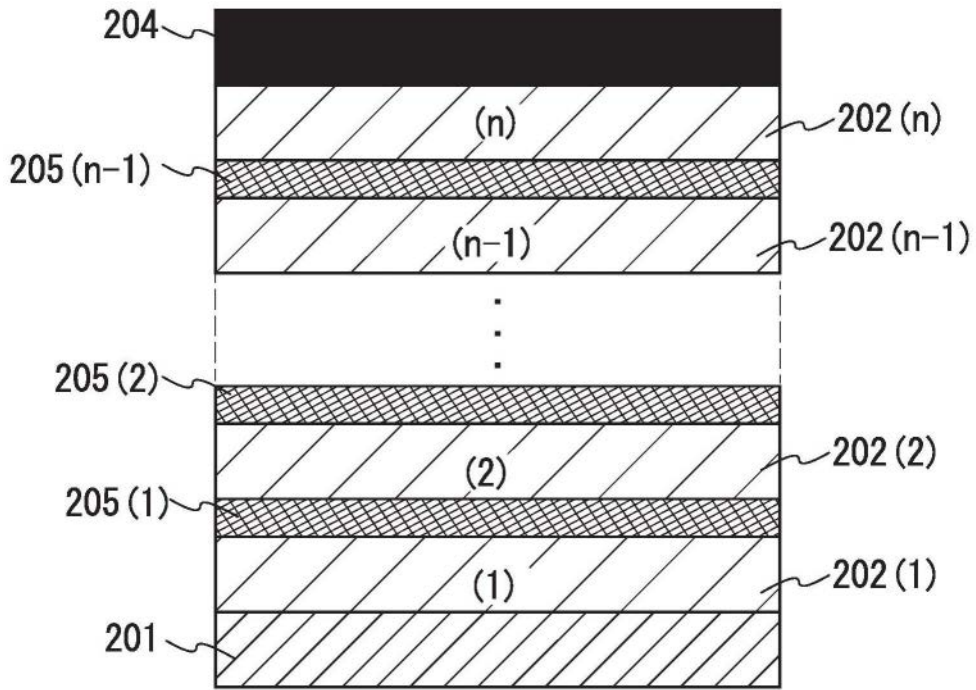


图2B

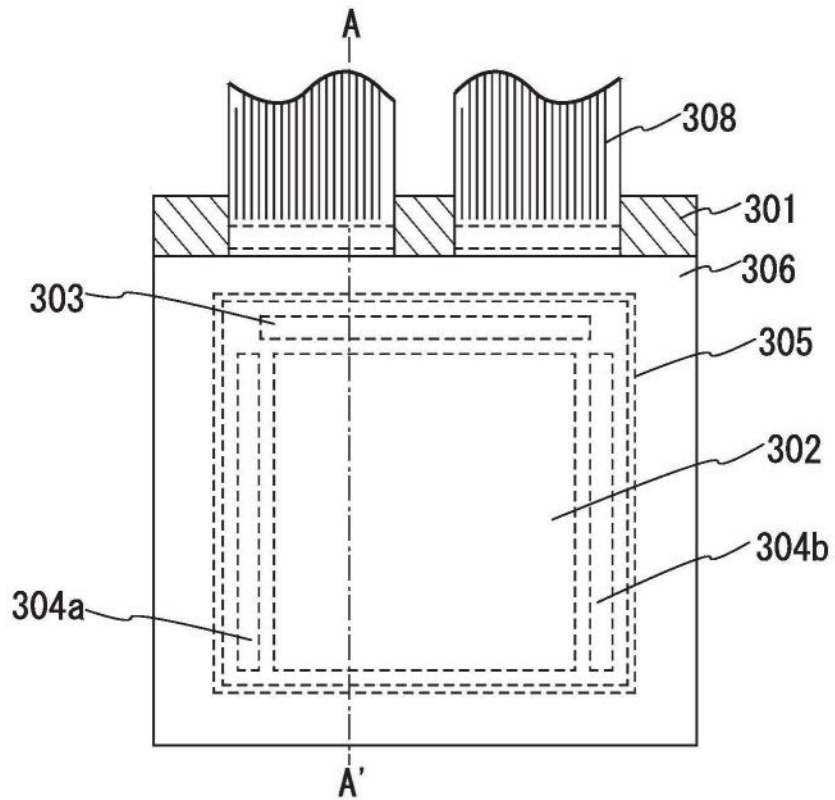


图3A

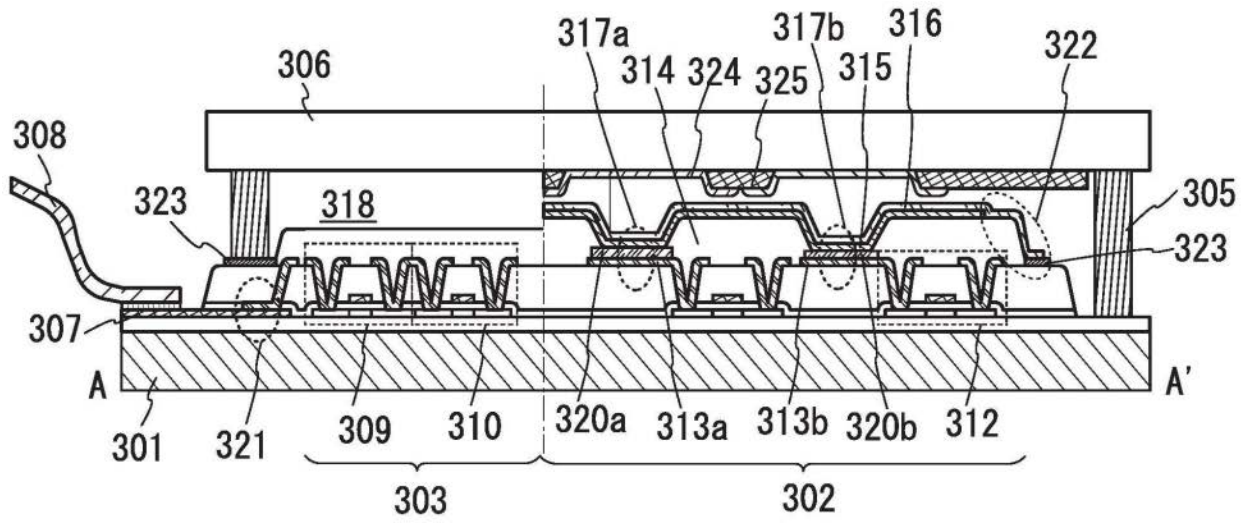


图3B

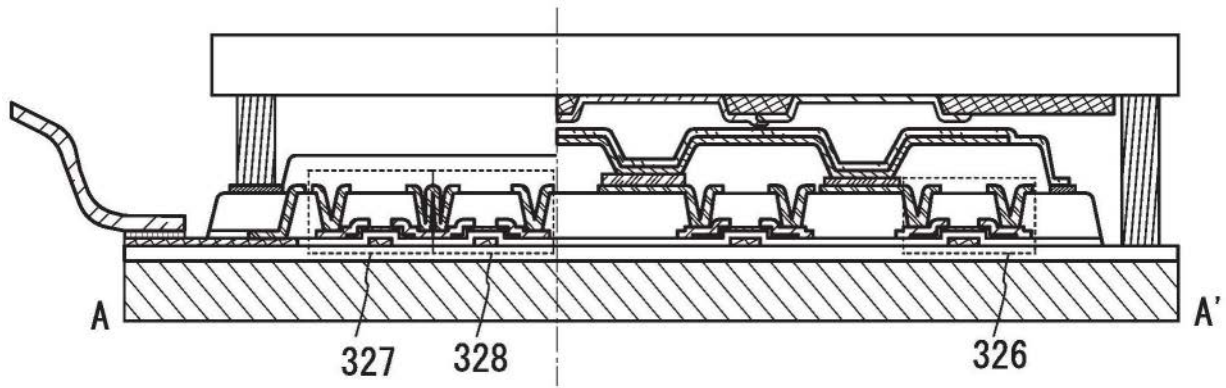


图3C

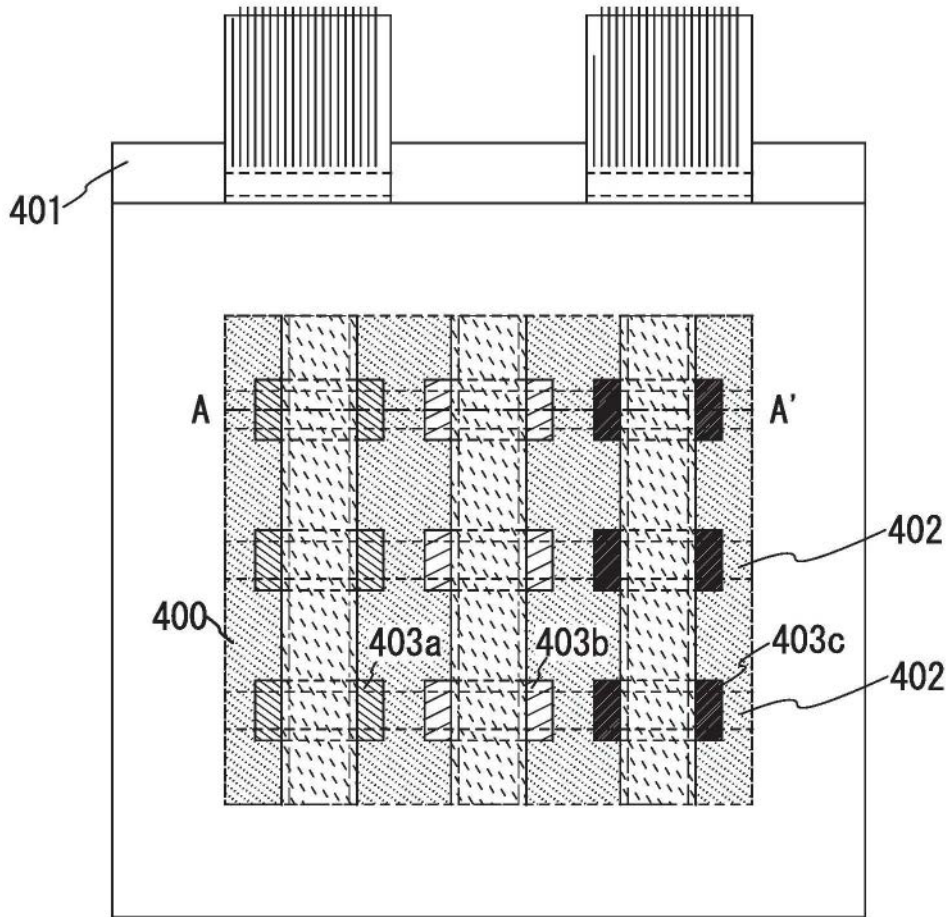


图4A

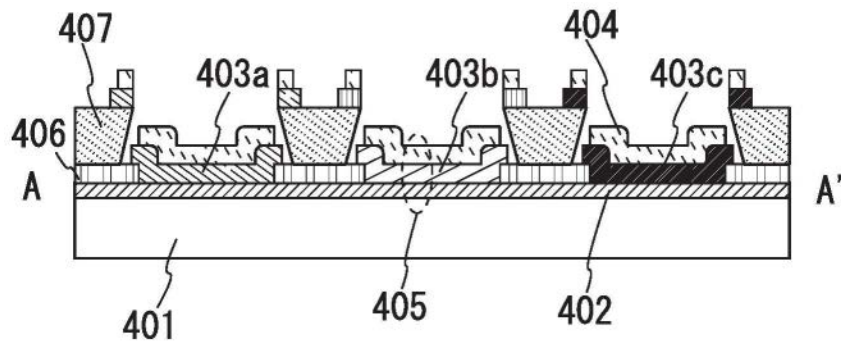


图4B

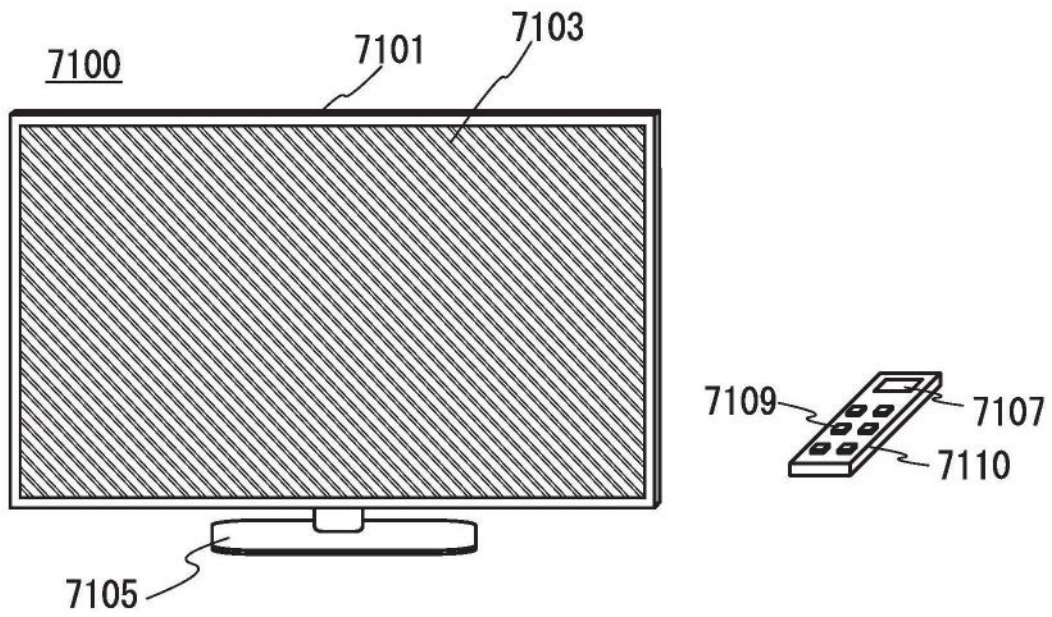


图5A

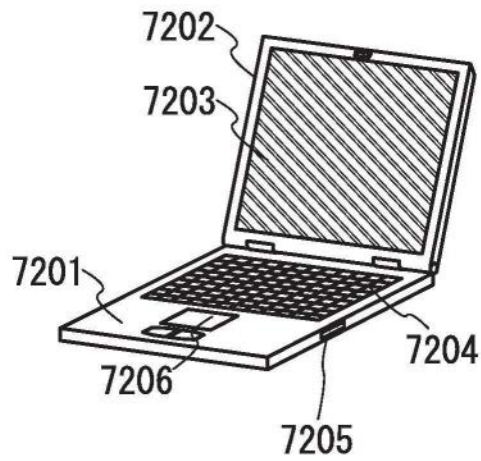


图5B

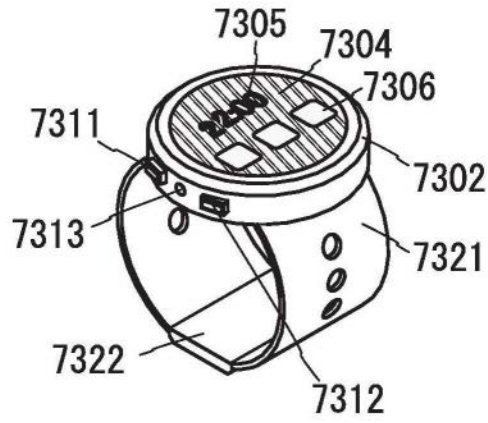


图5C

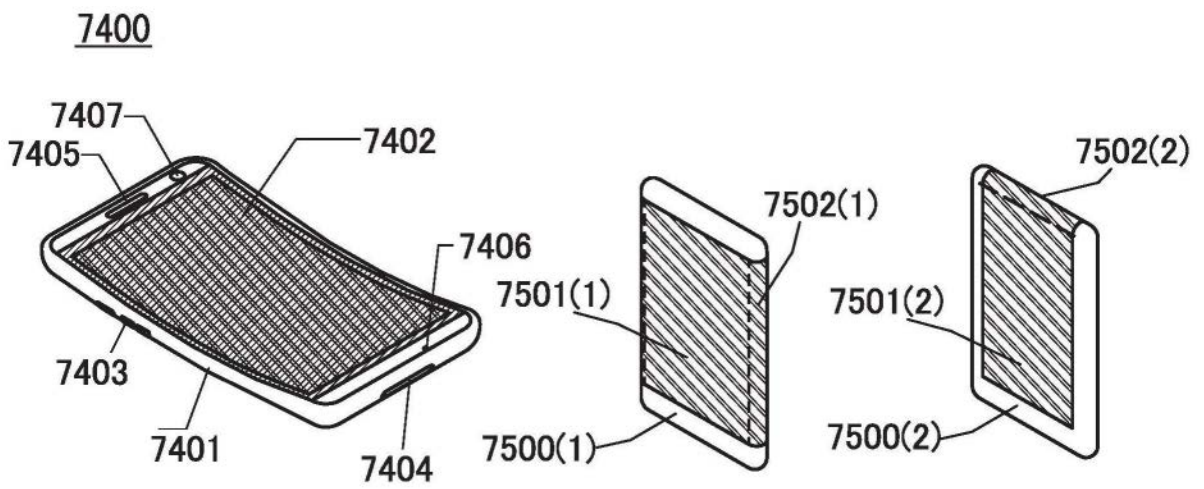


图5D

图5D'-1

图5D'-2

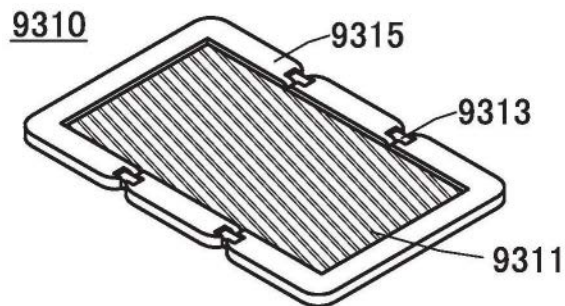


图6A

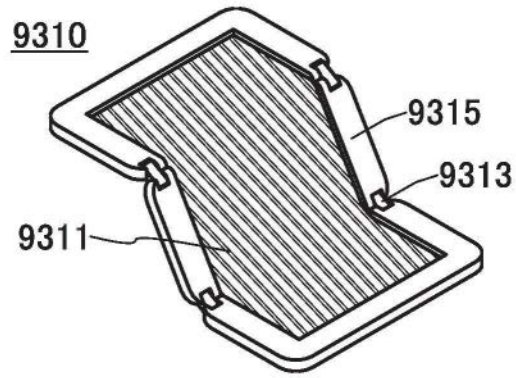


图6B

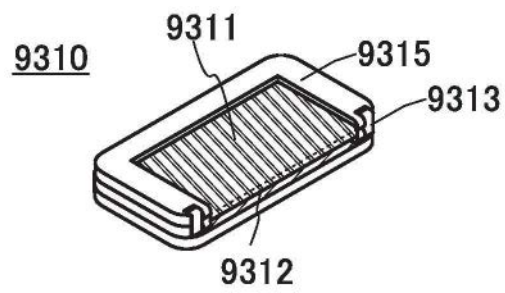


图6C

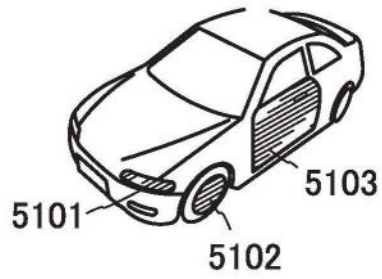


图7A

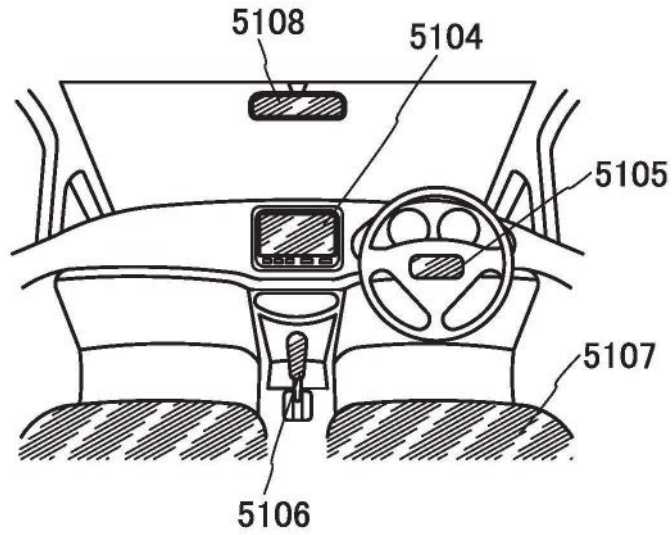


图7B

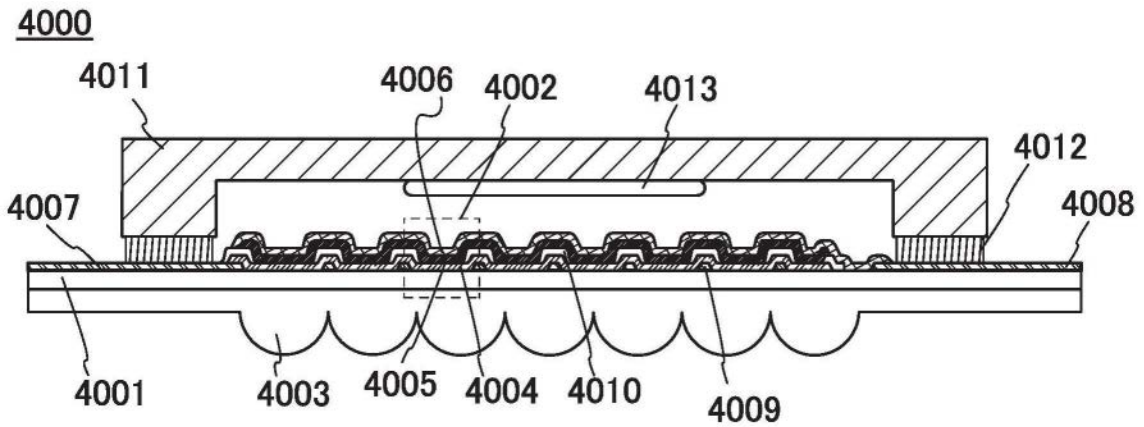


图8A

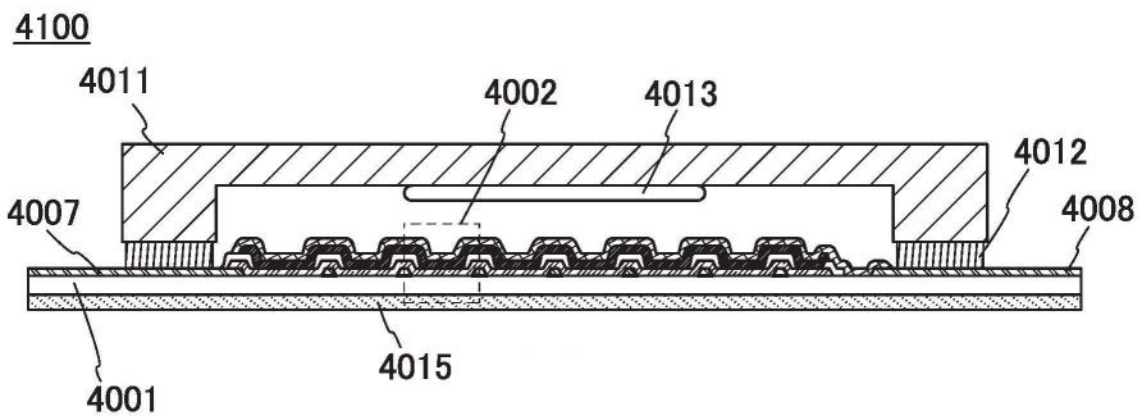


图8B

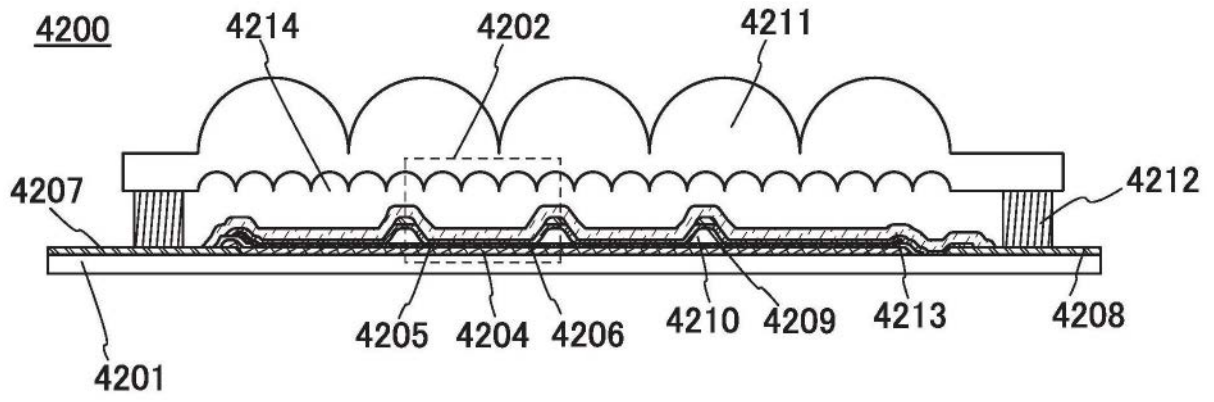


图8C

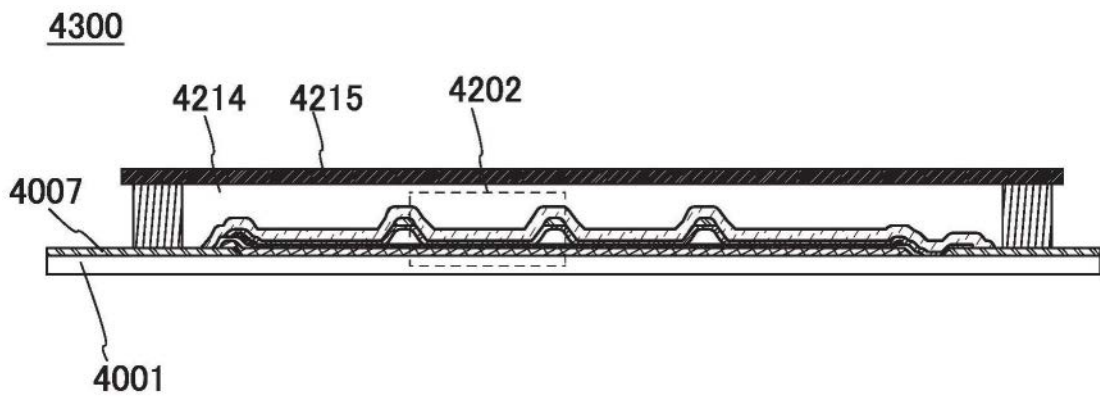


图8D

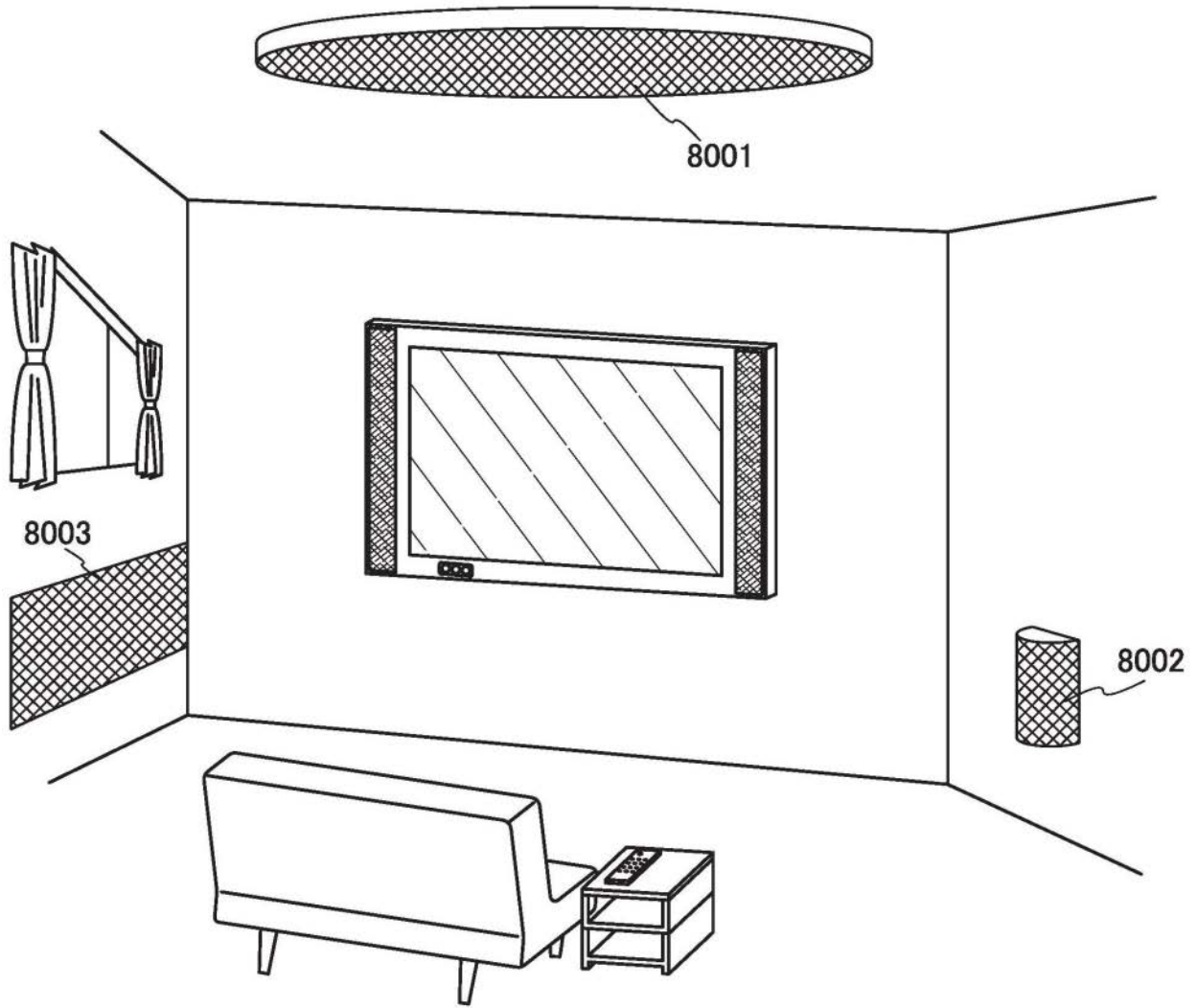


图9

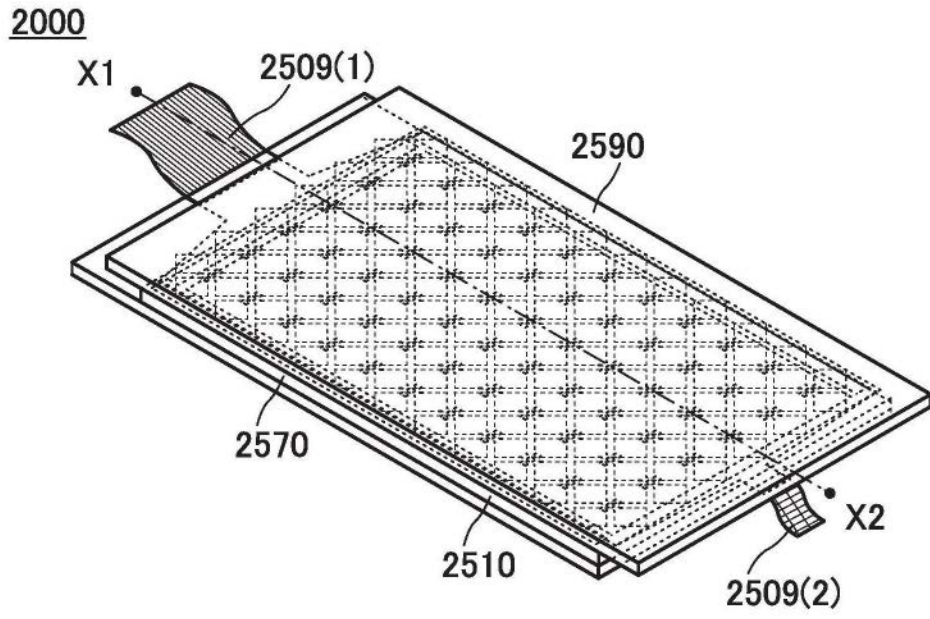


图10A

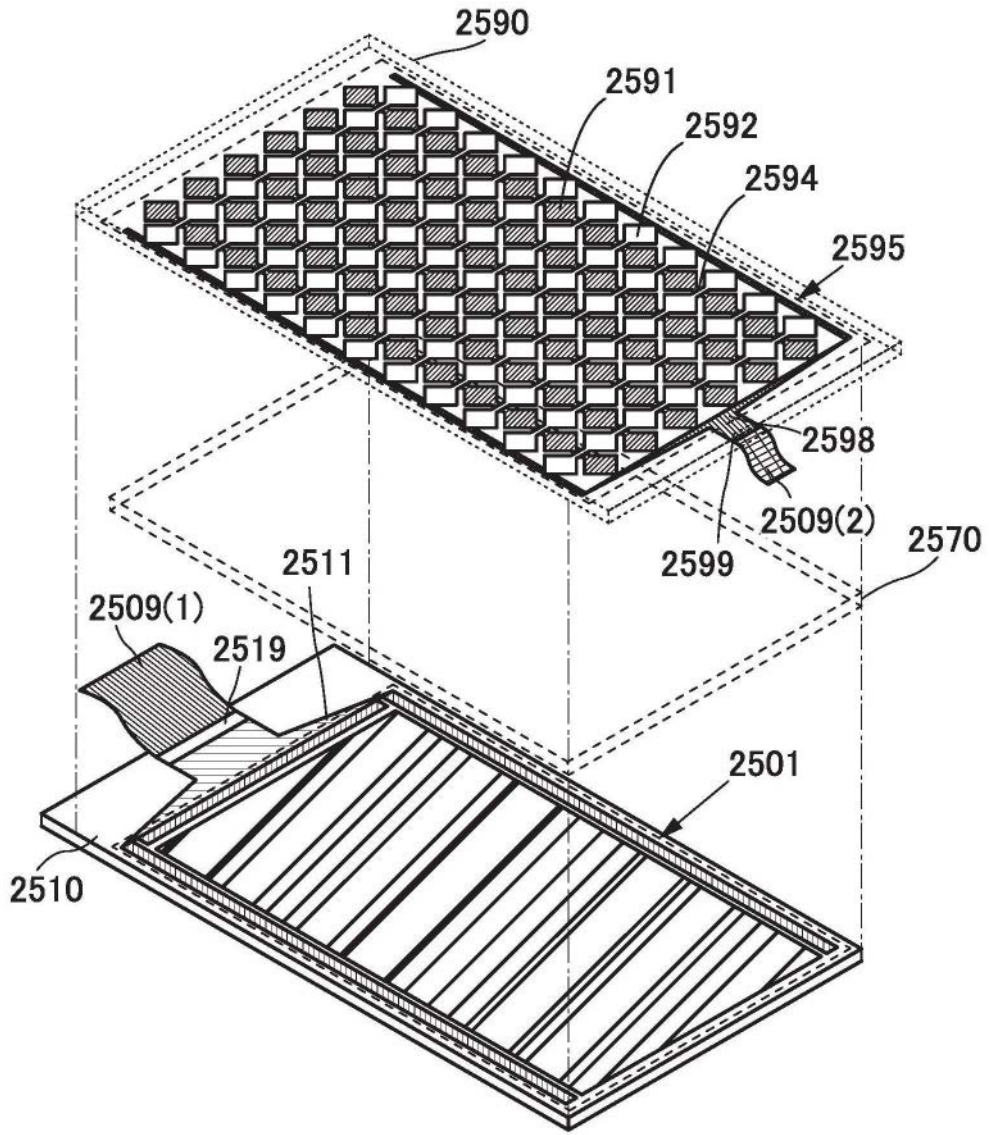


图10B

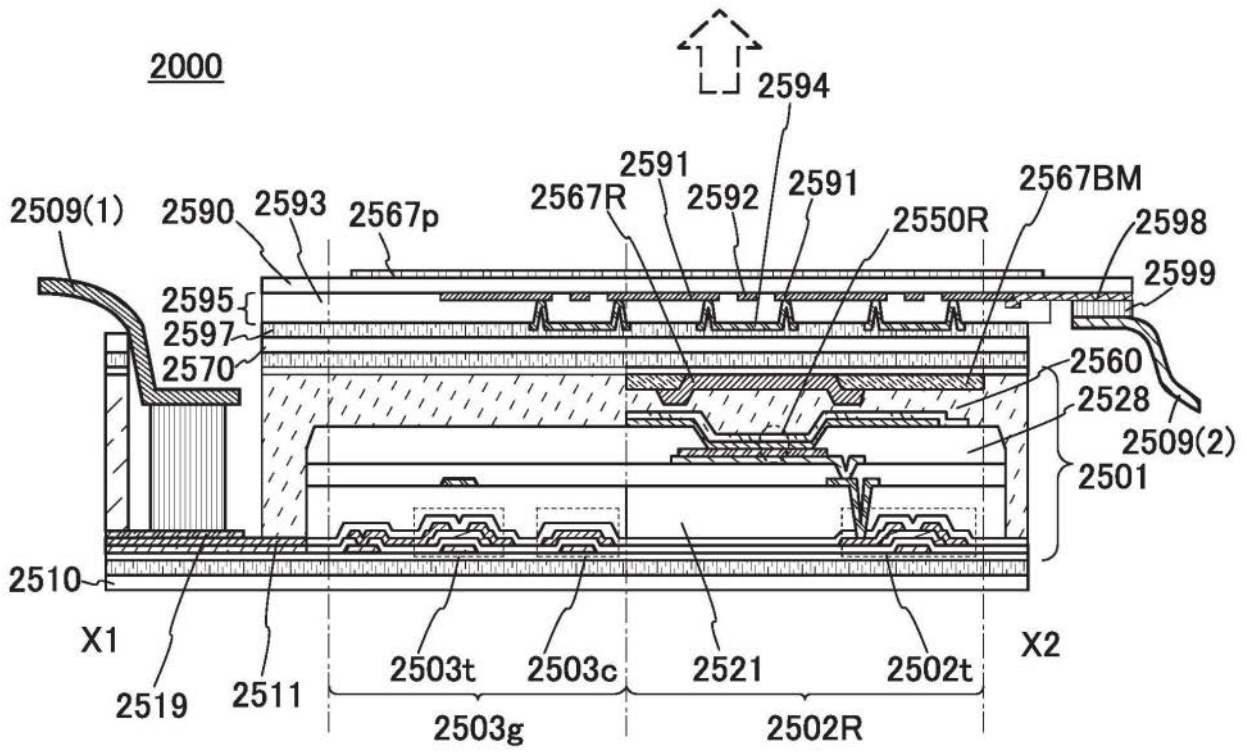


图11A

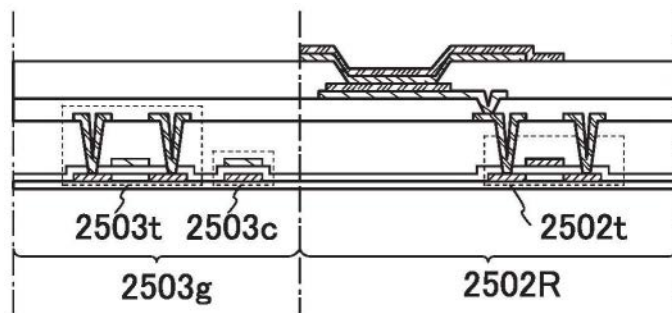


图11B

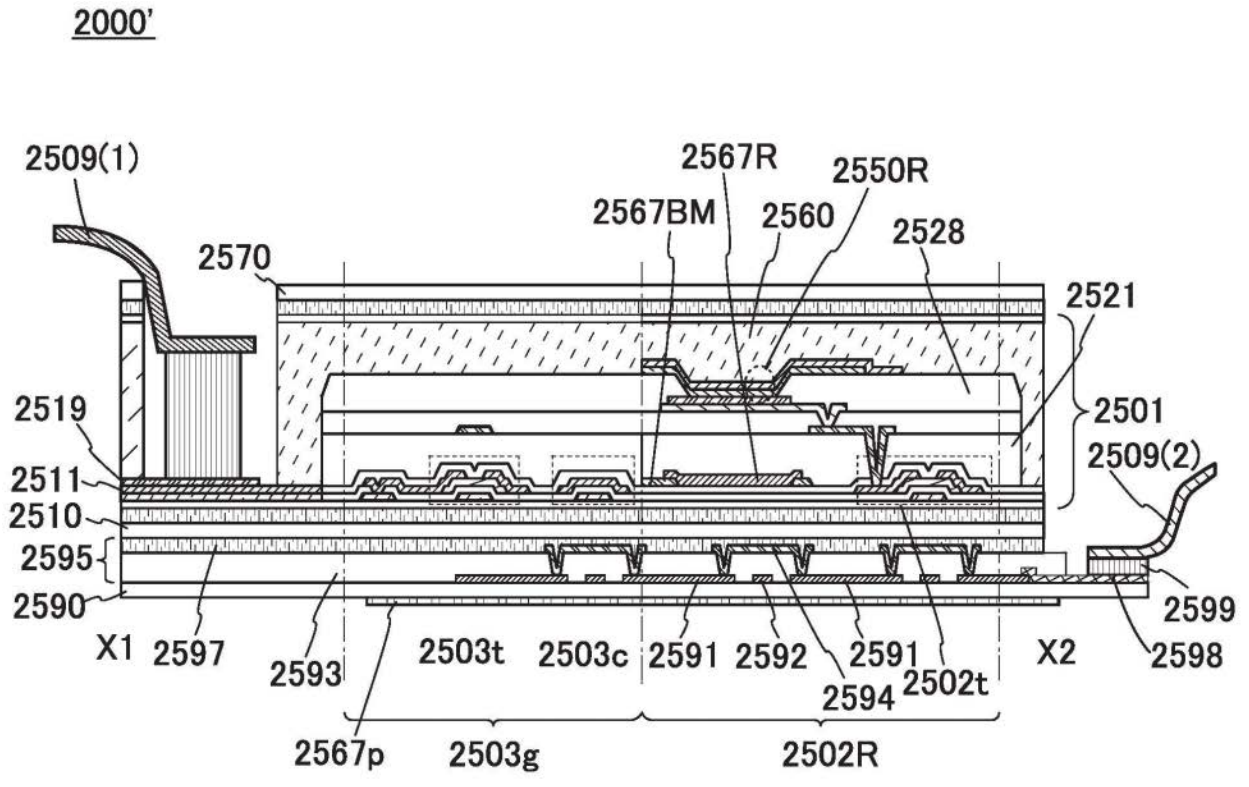


图12A

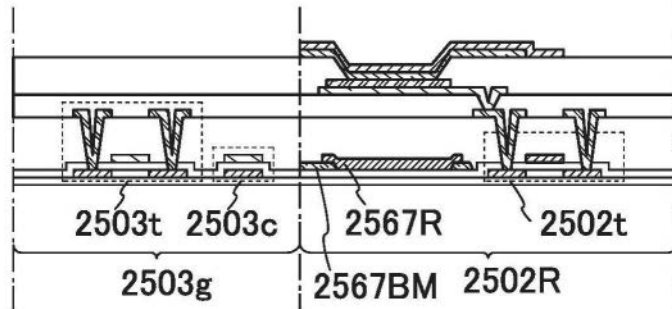


图12B

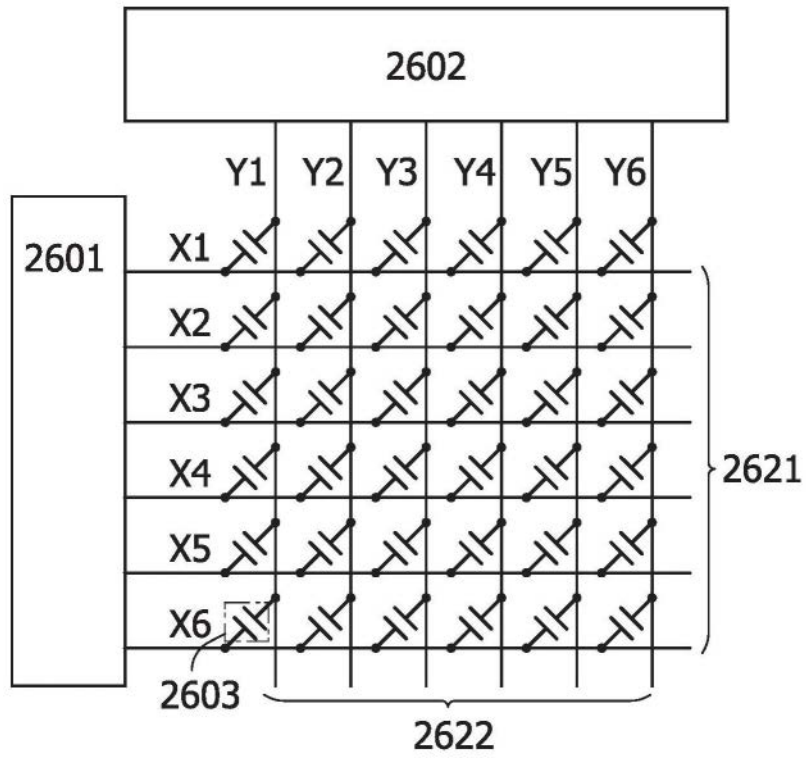


图13A

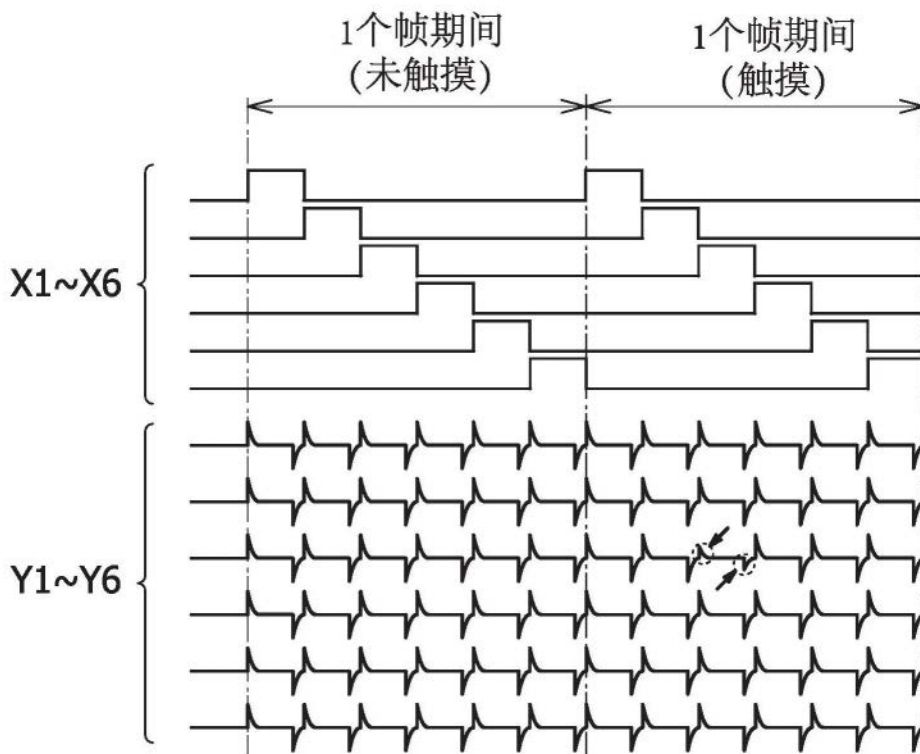


图13B

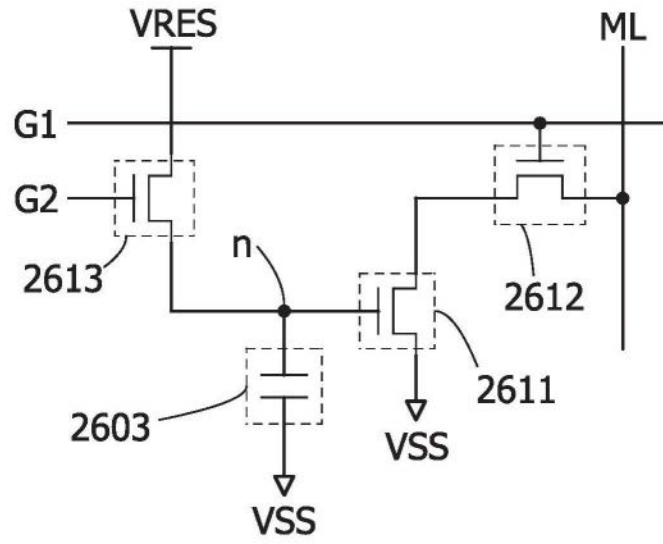


图14

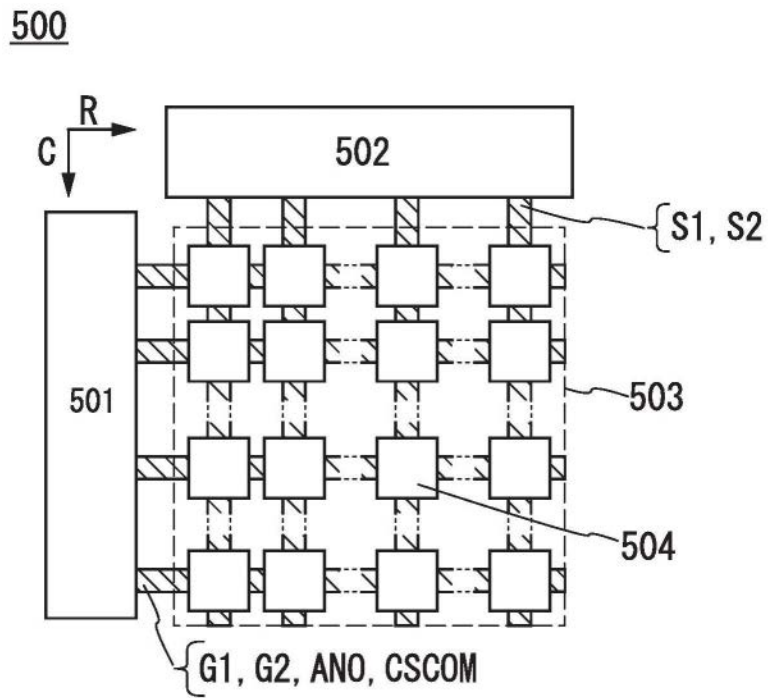


图15A

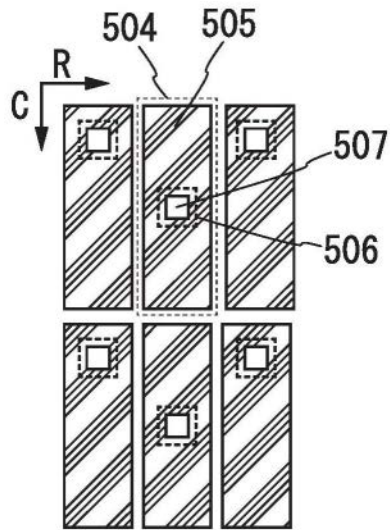


图15B1

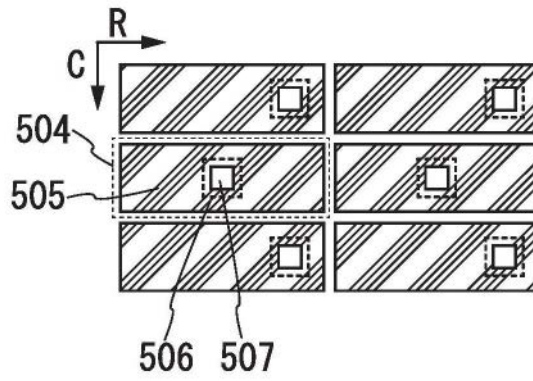


图15B2

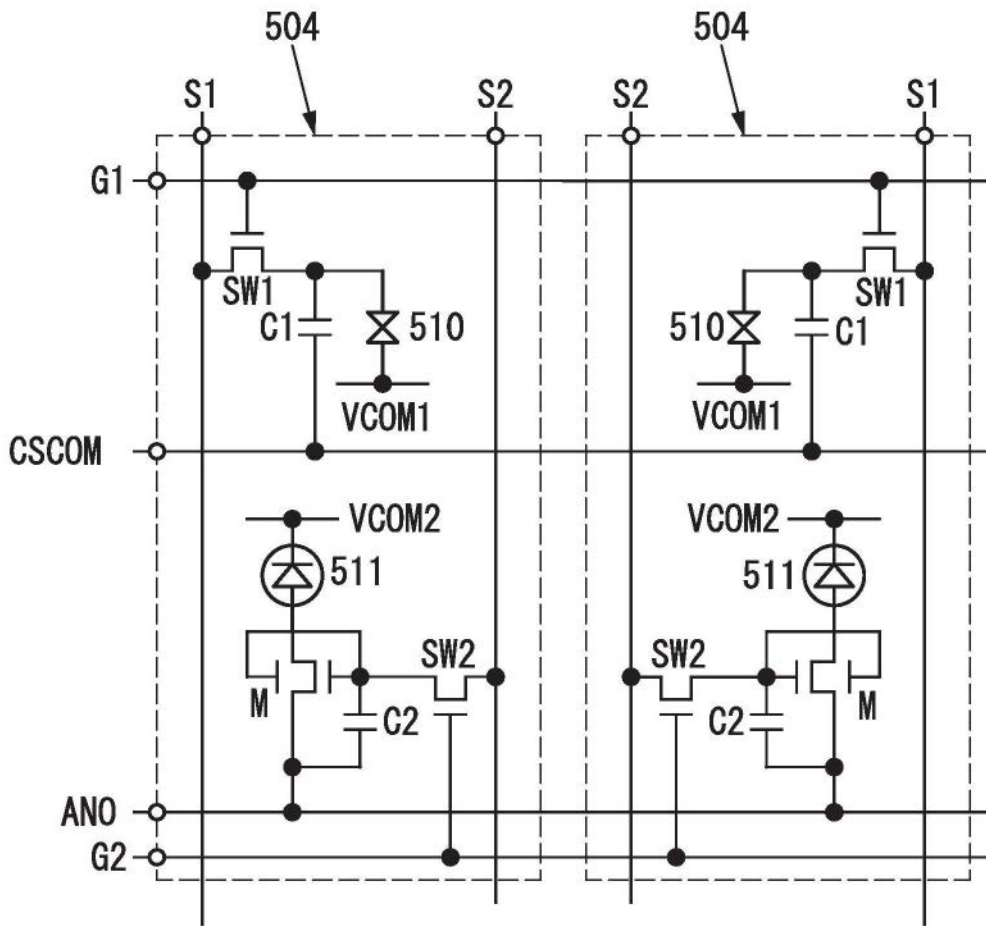


图16

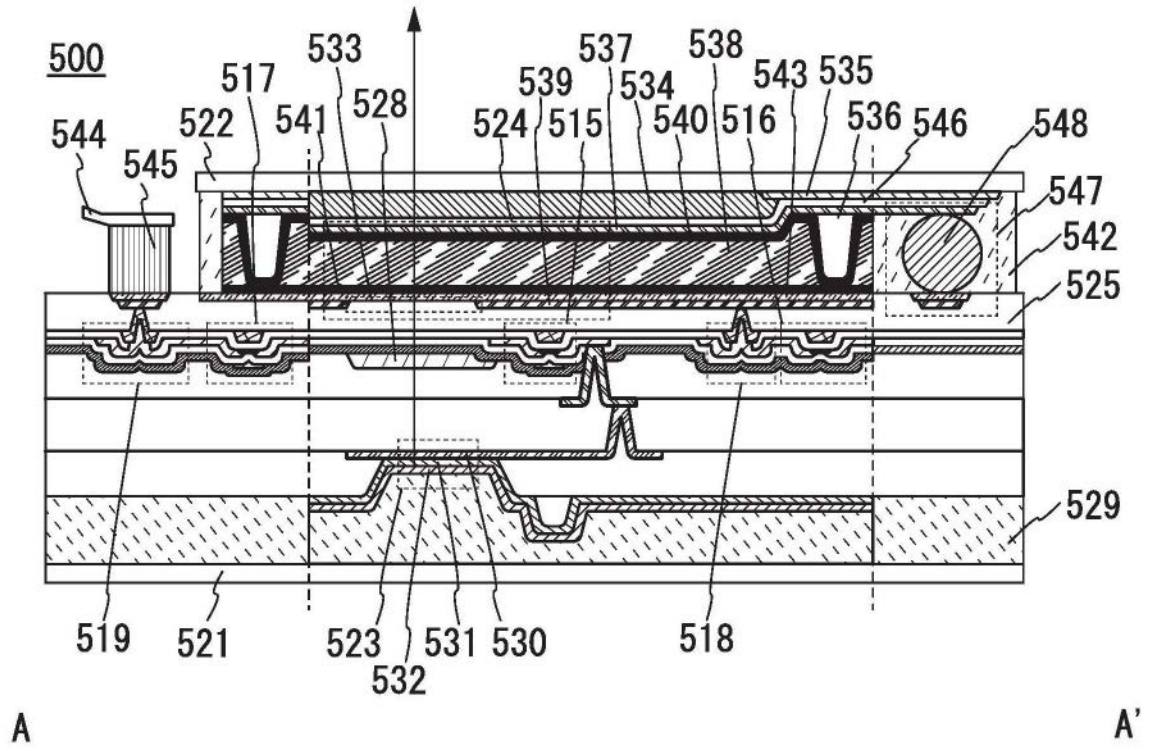


图17

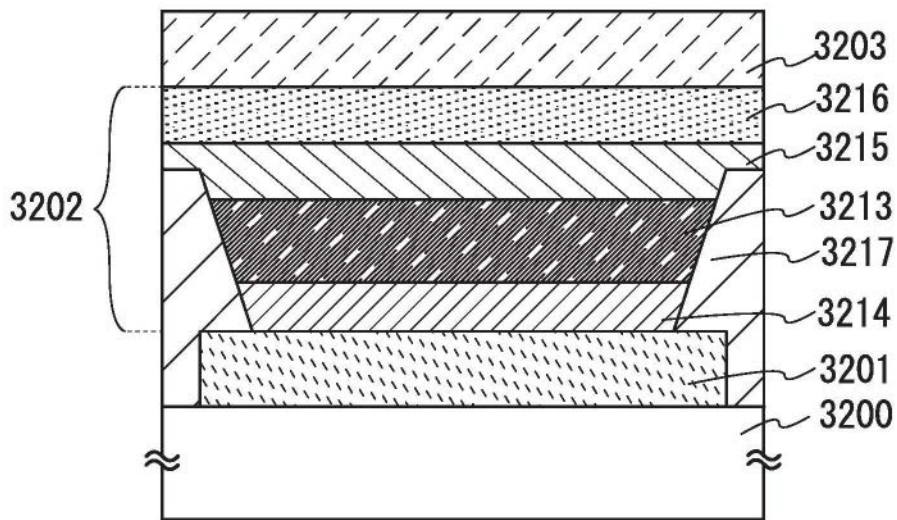


图18A

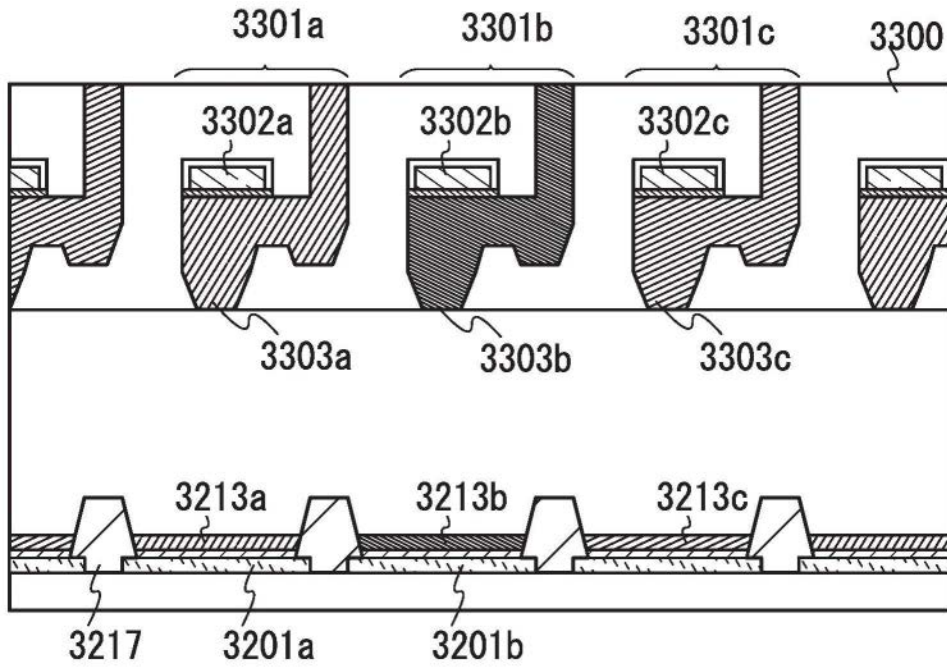


图18B

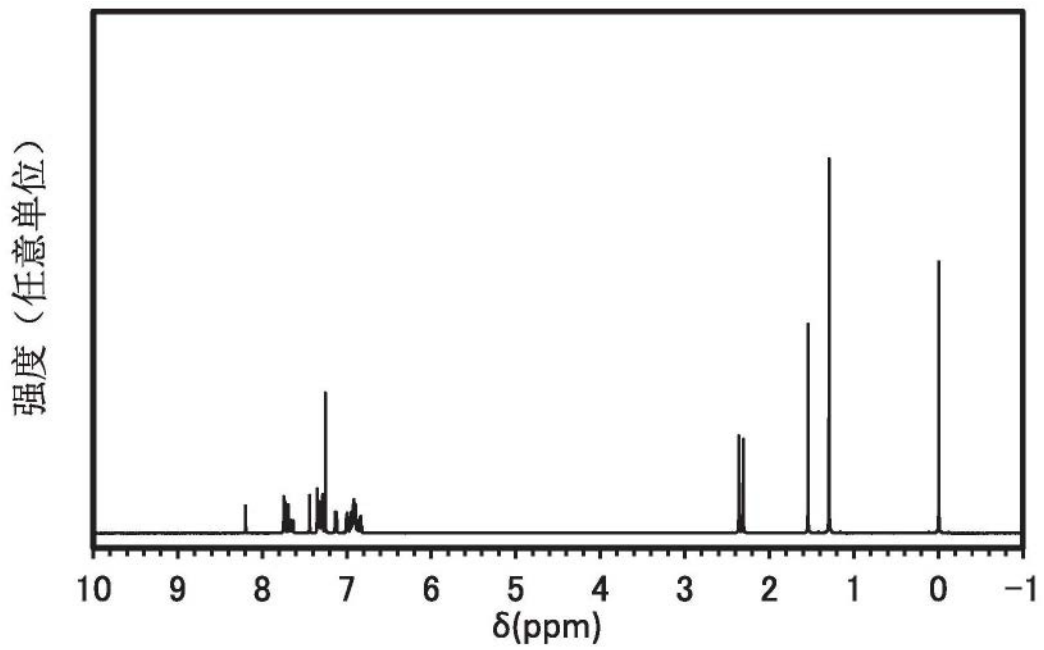


图19

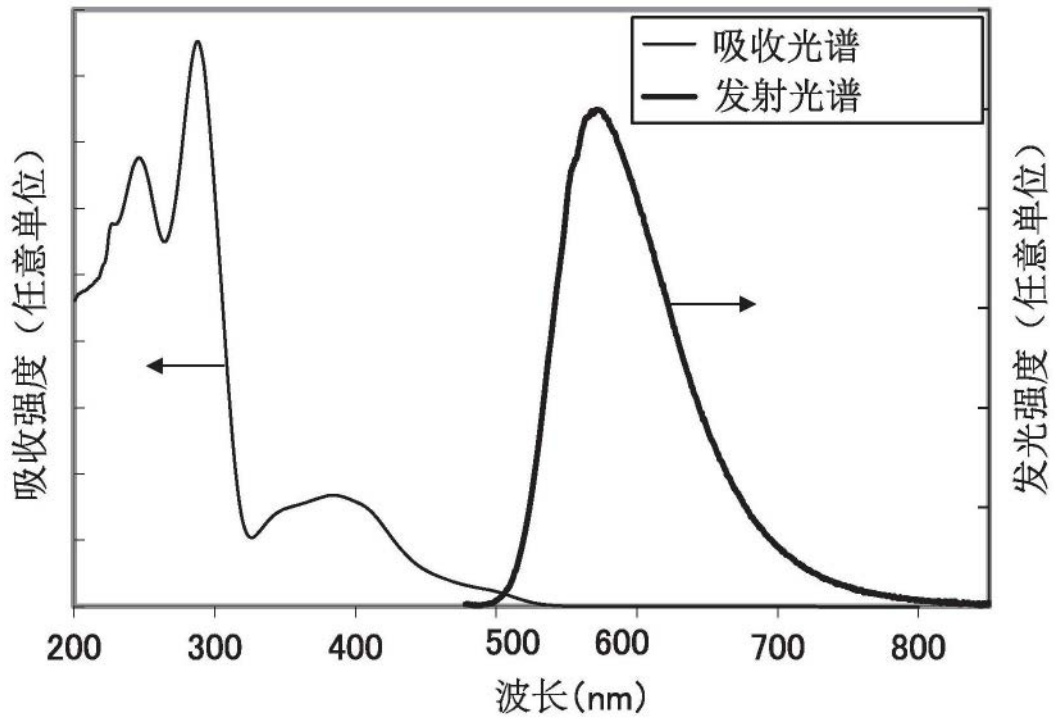


图20

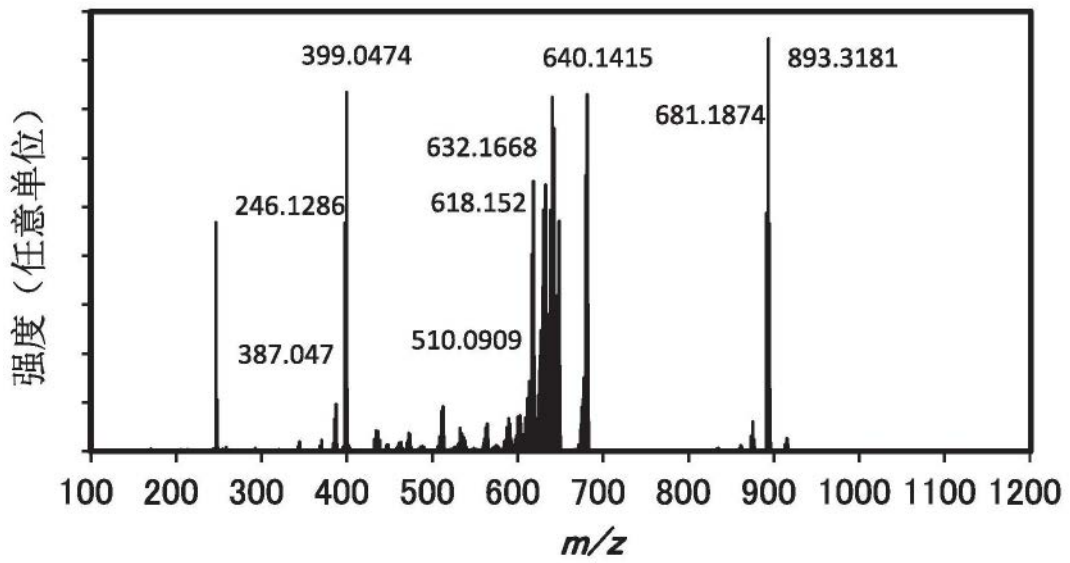


图21

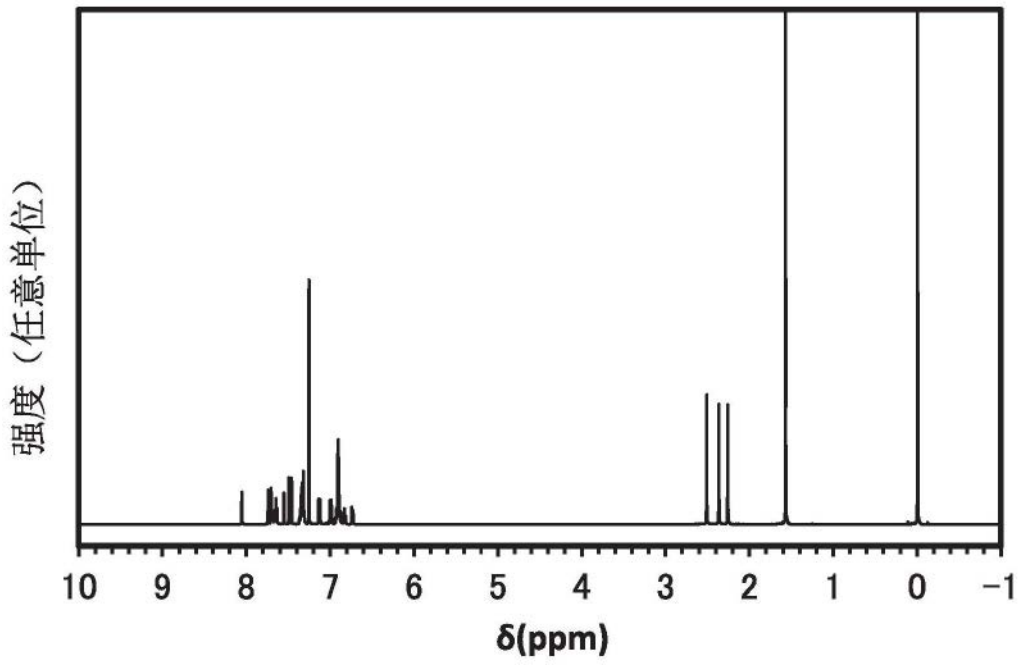


图22

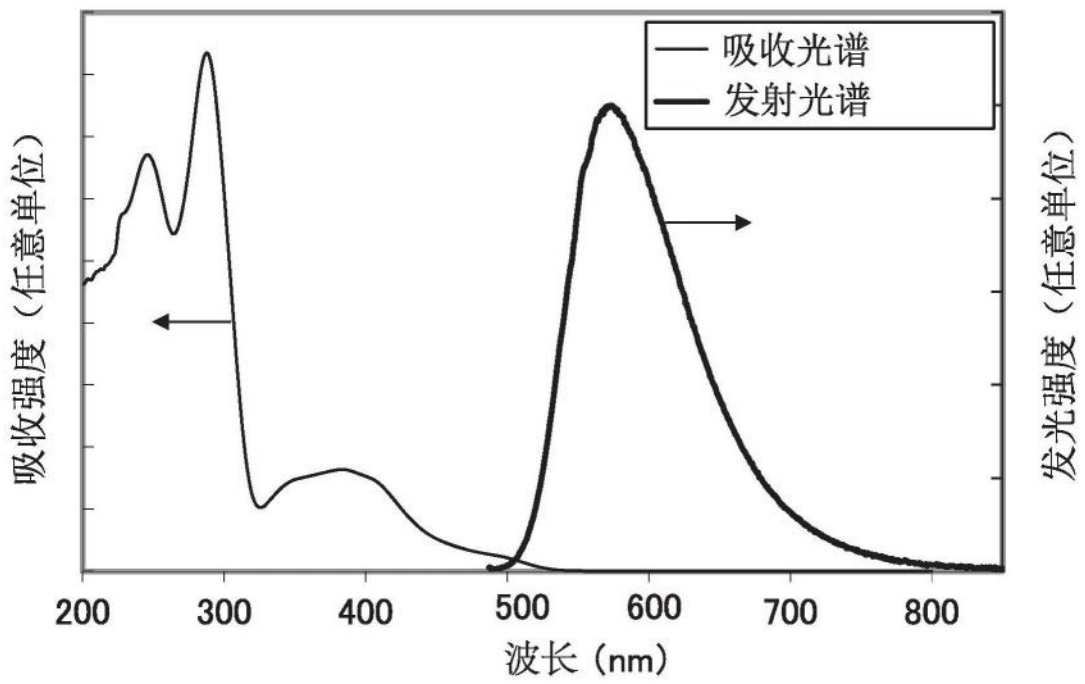


图23

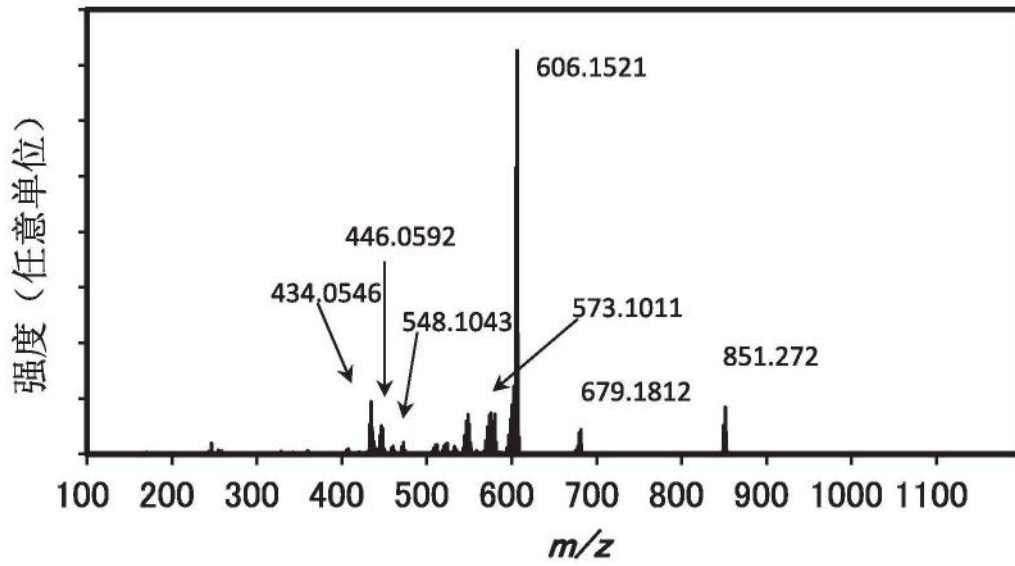


图24

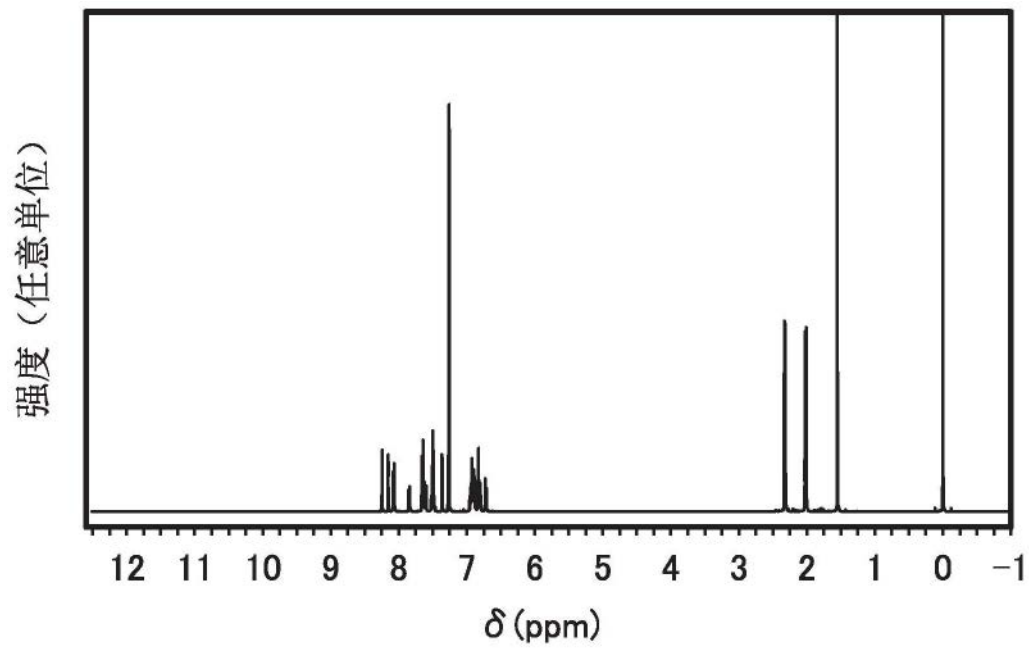


图25

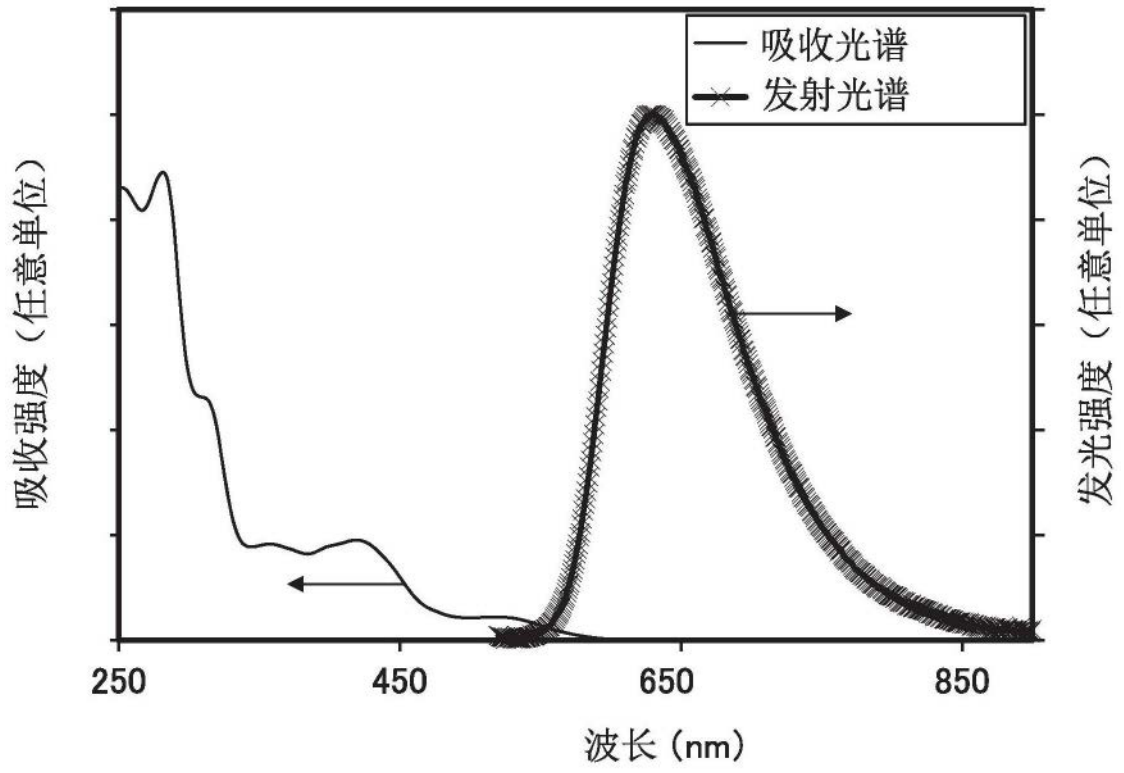


图26

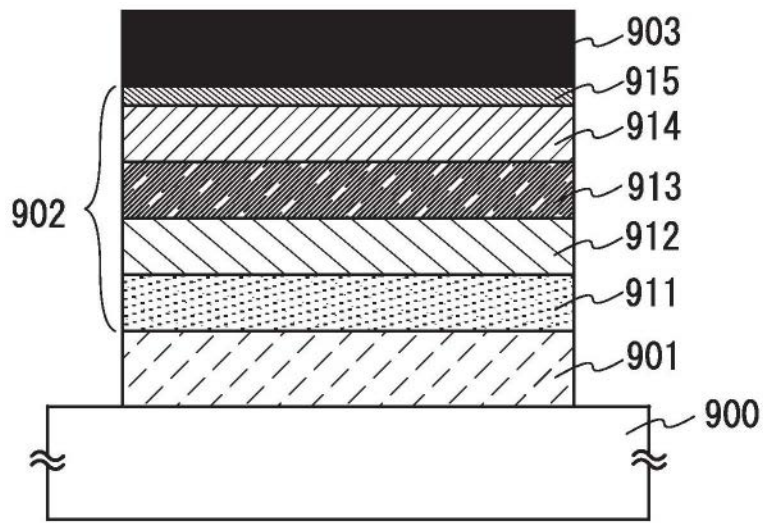


图27

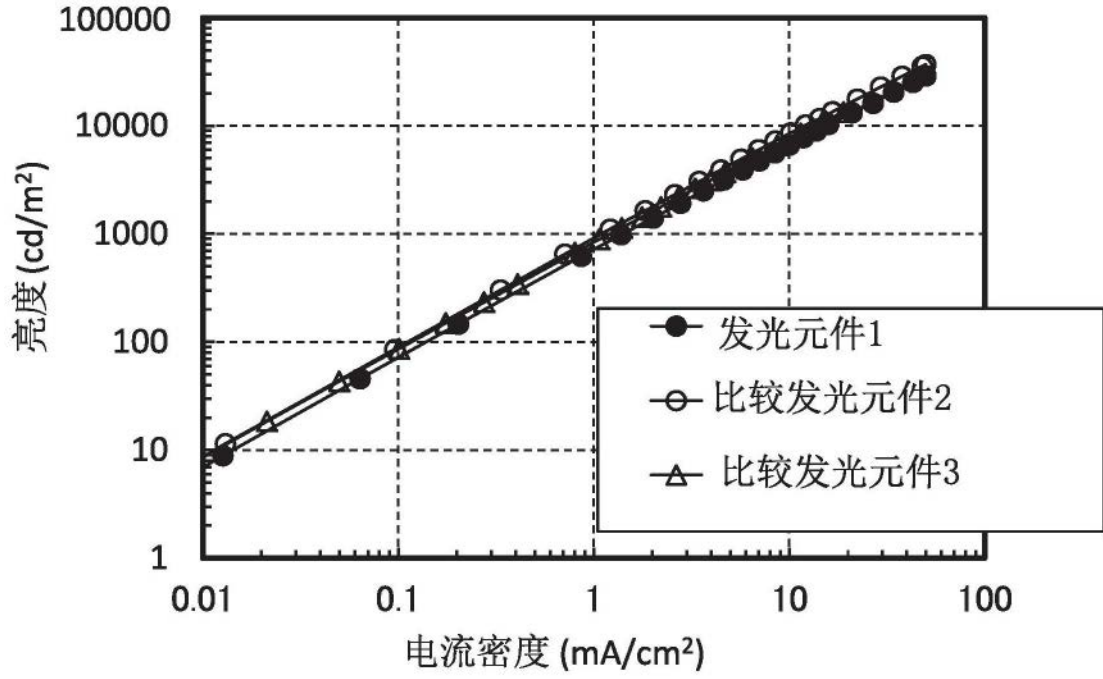


图28

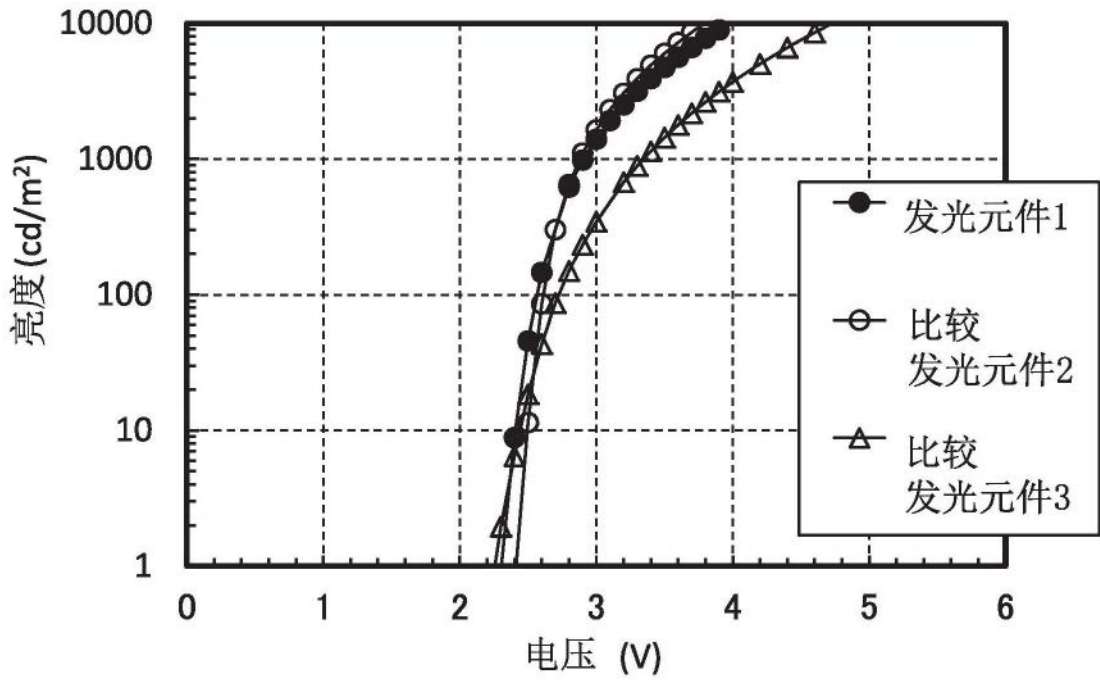


图29

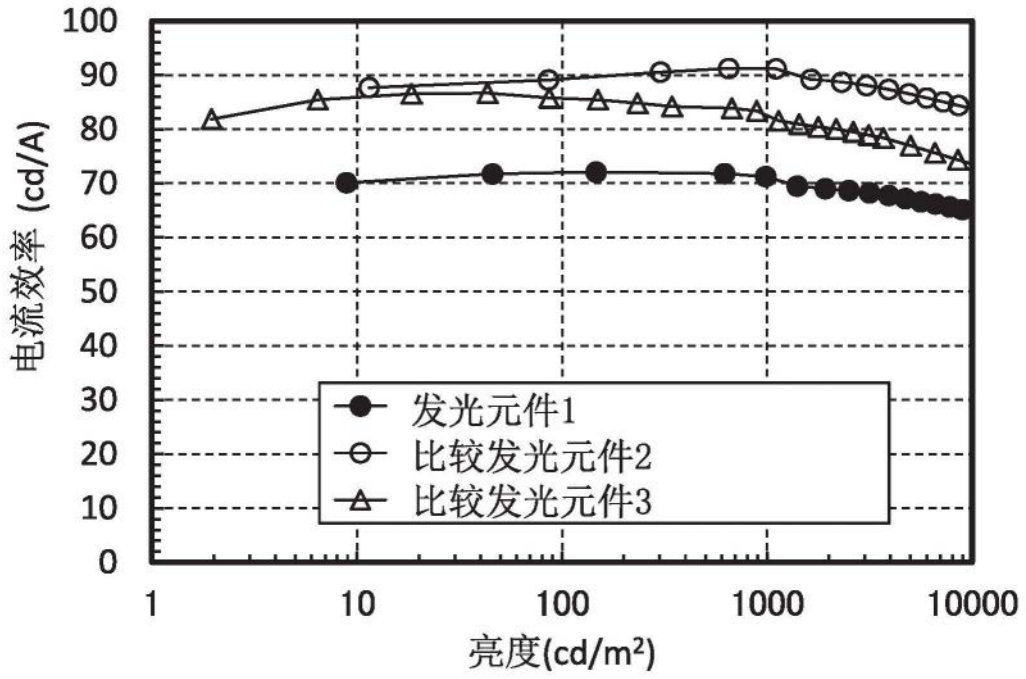


图30

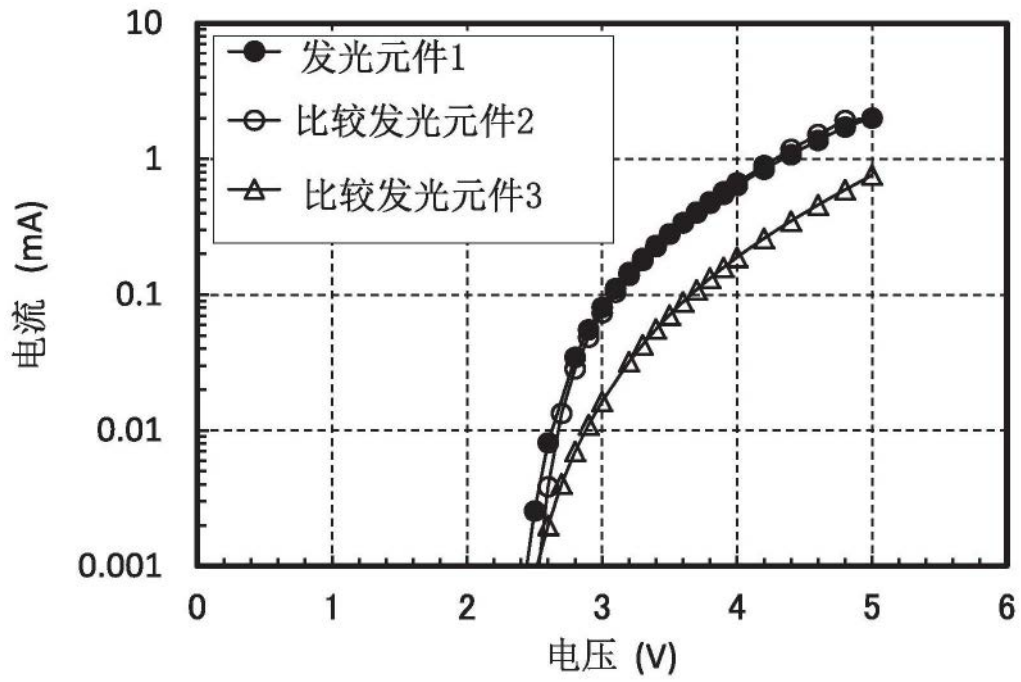


图31

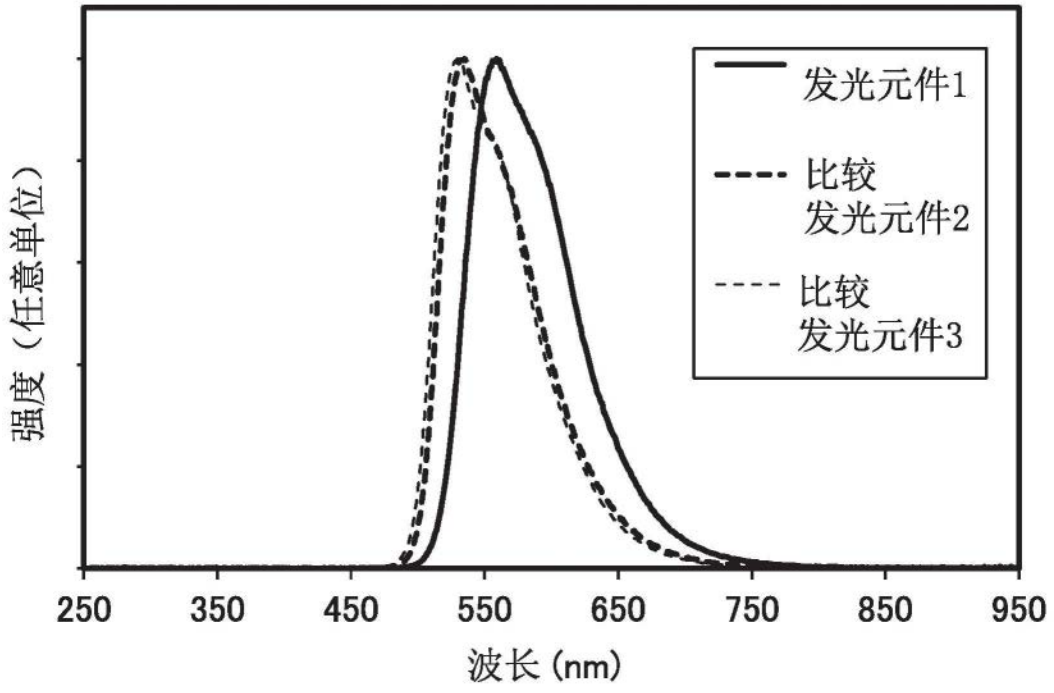


图32

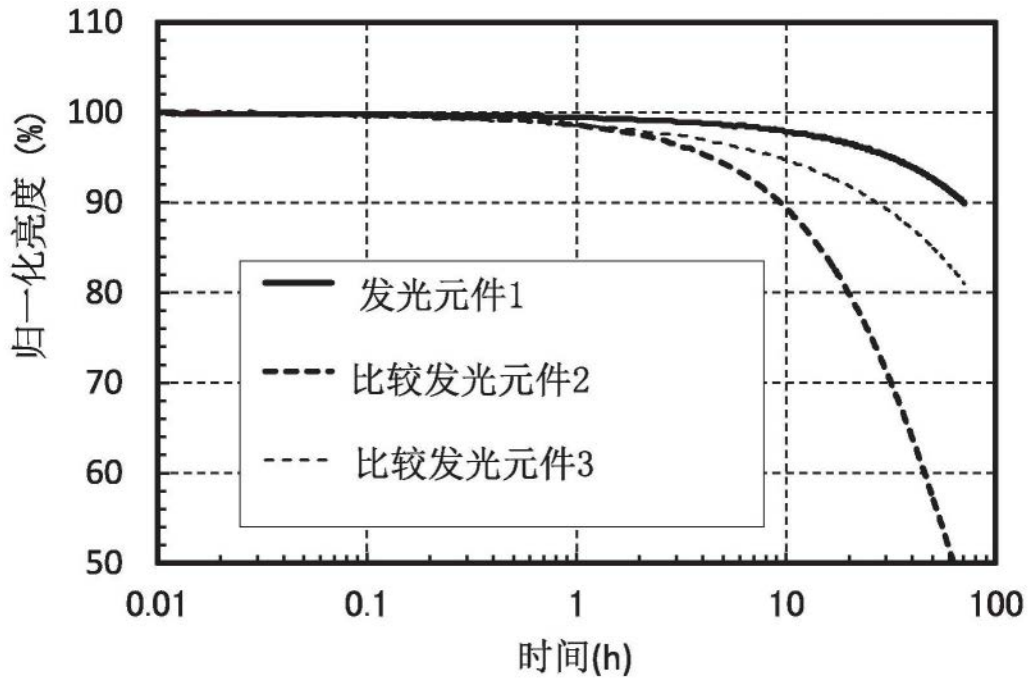


图33

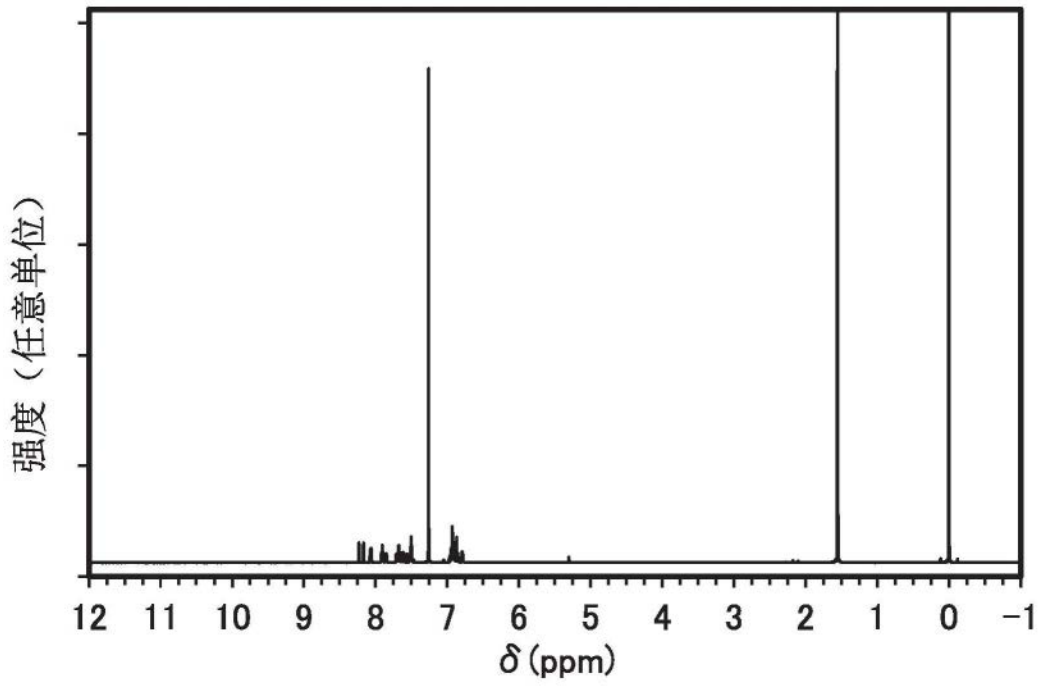


图34

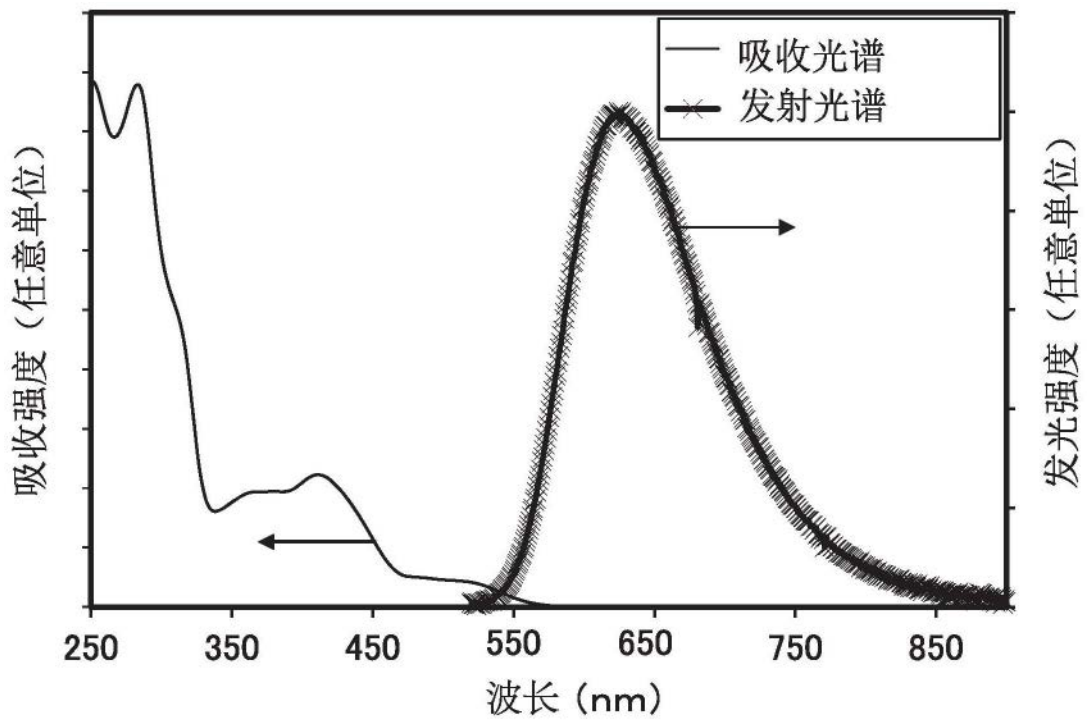


图35

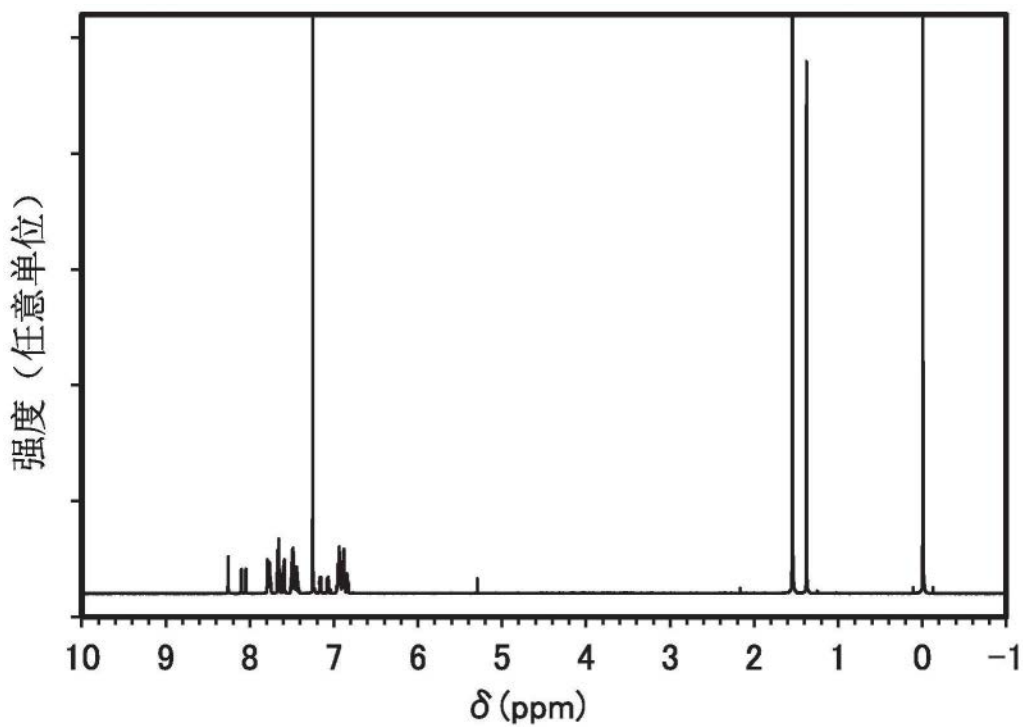


图36

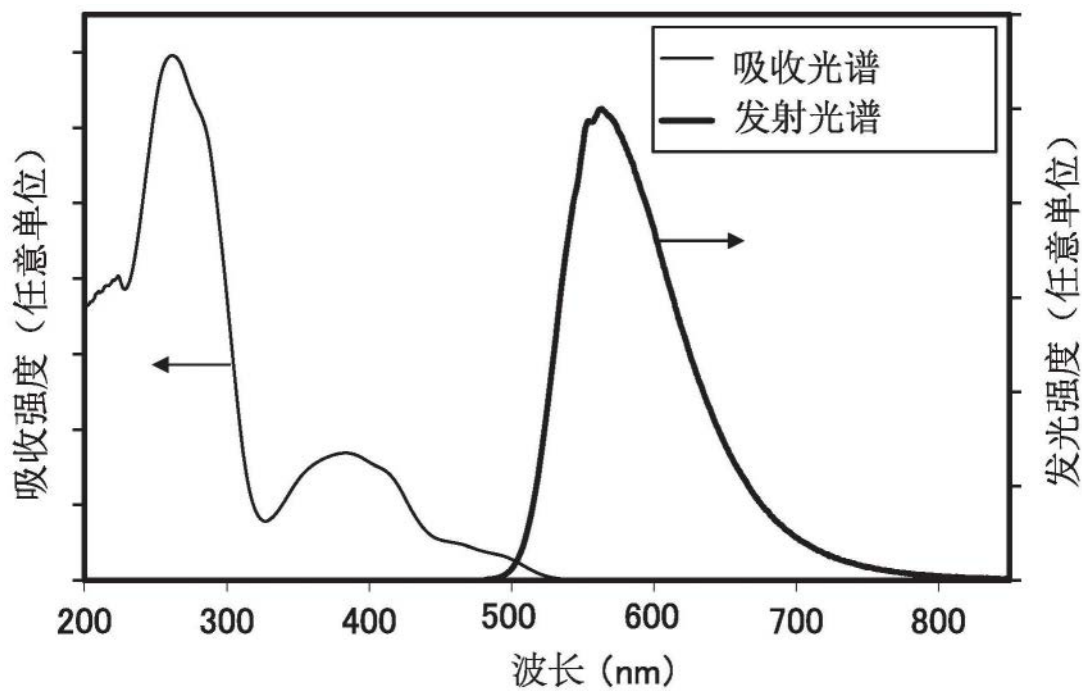


图37

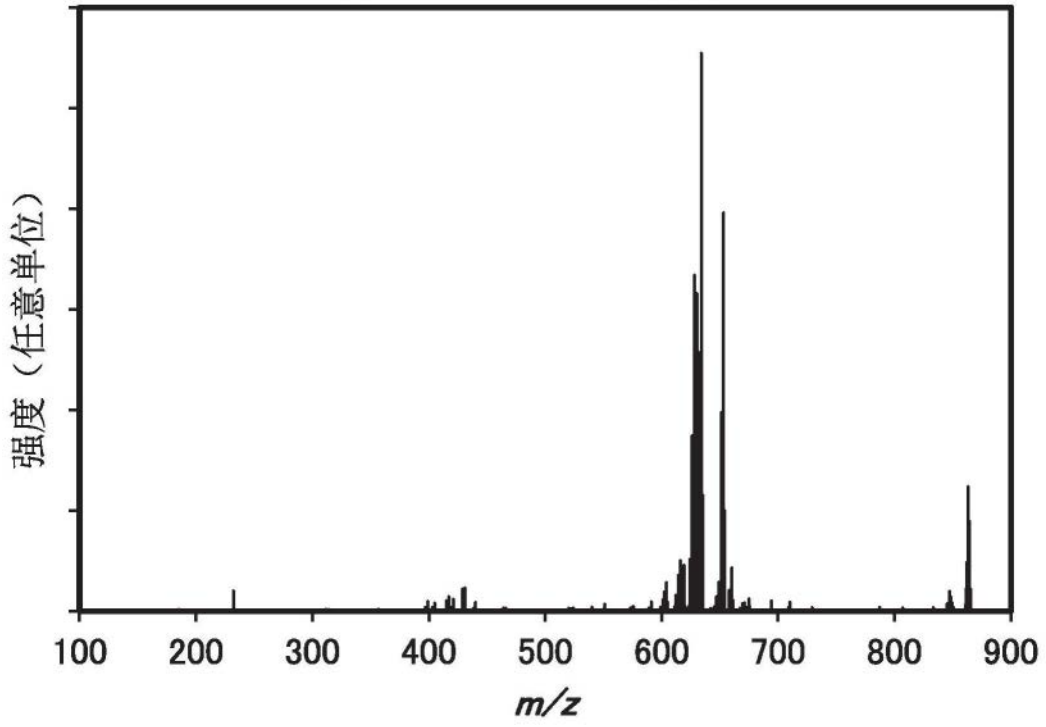


图38

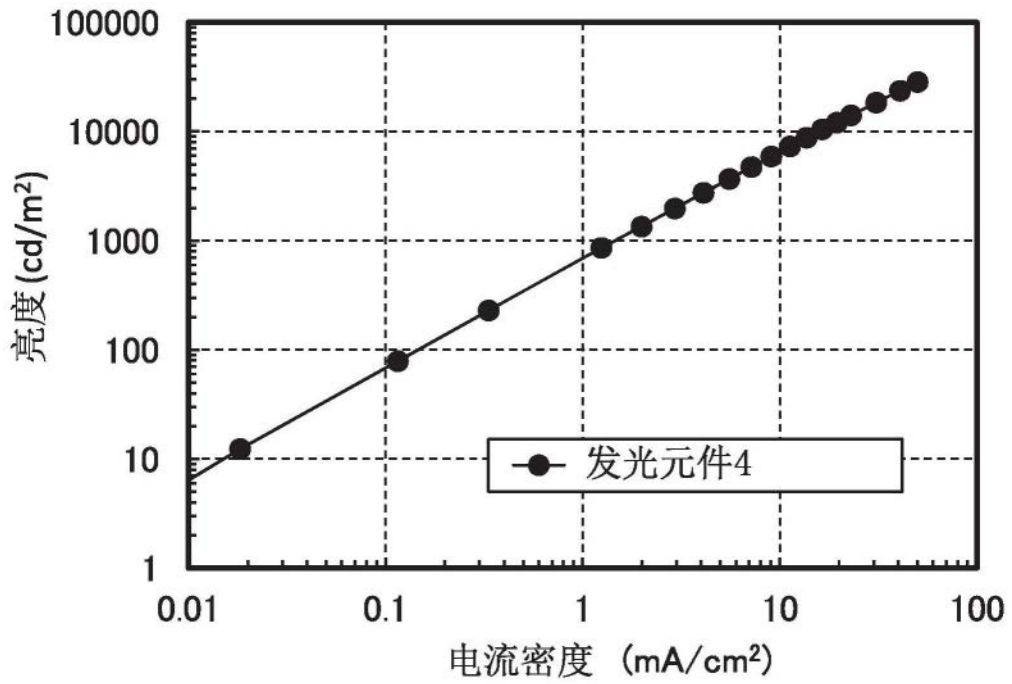


图39

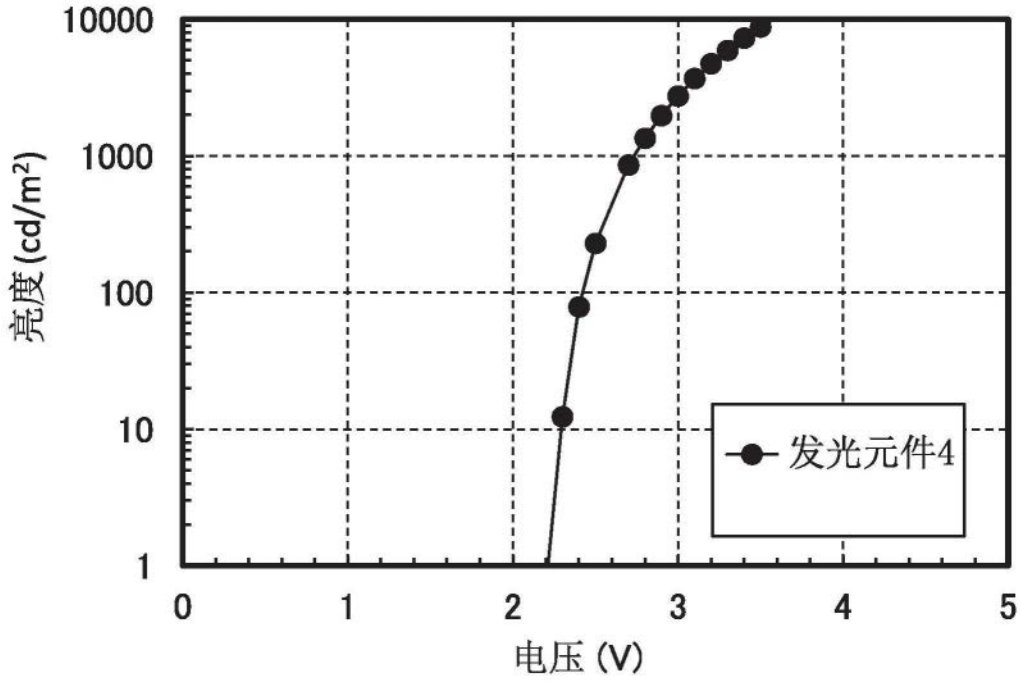


图40

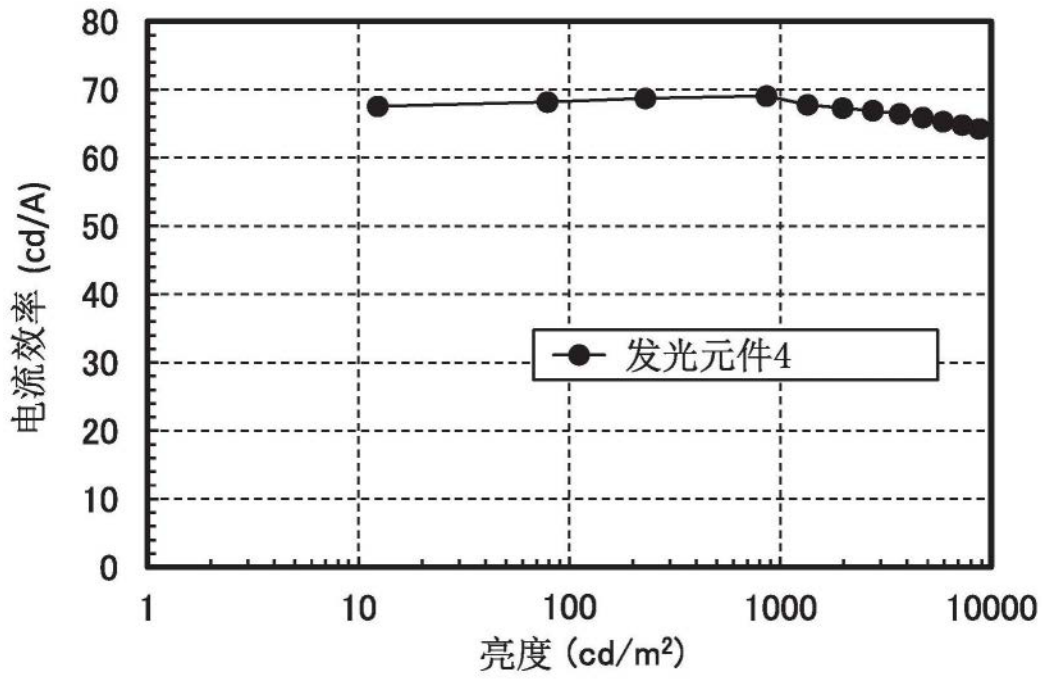


图41

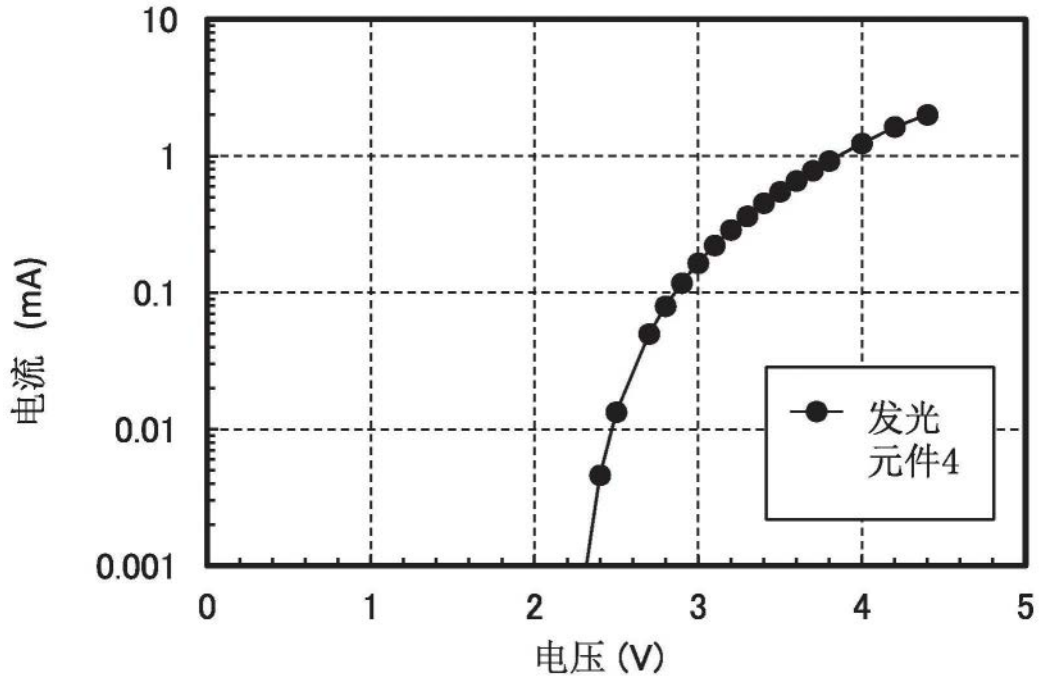


图42

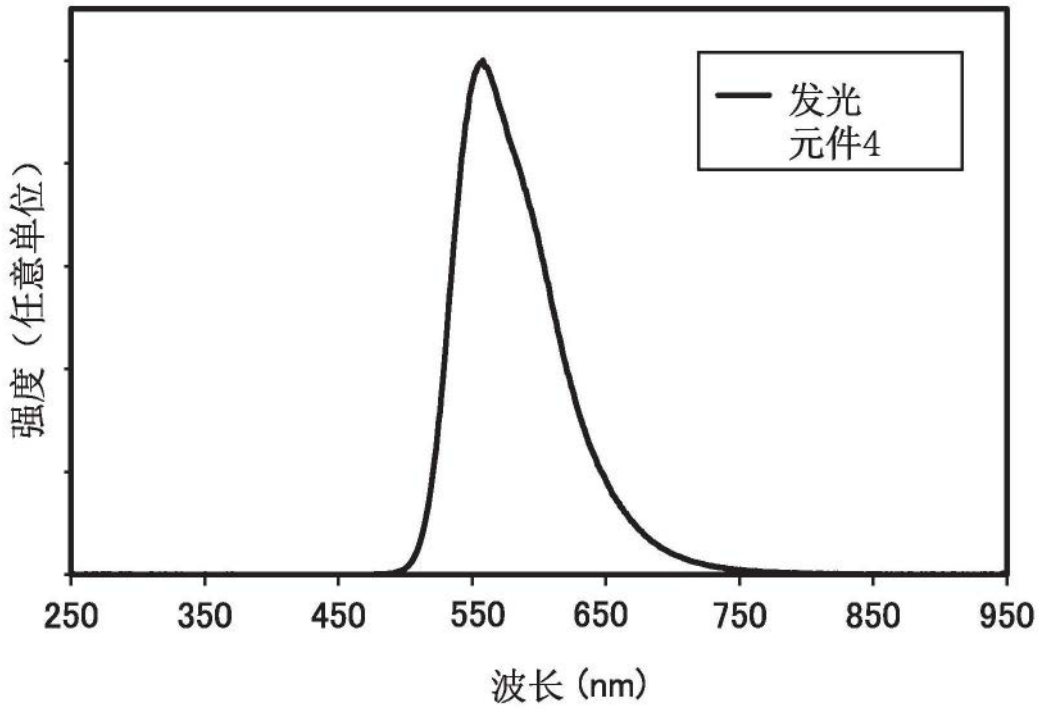


图43

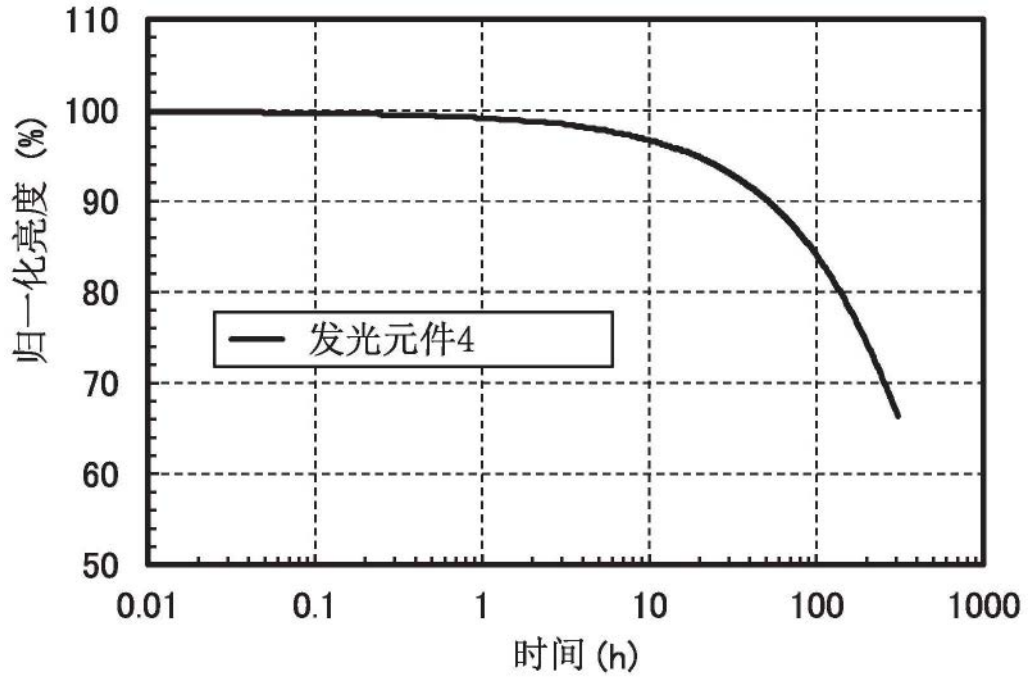


图44

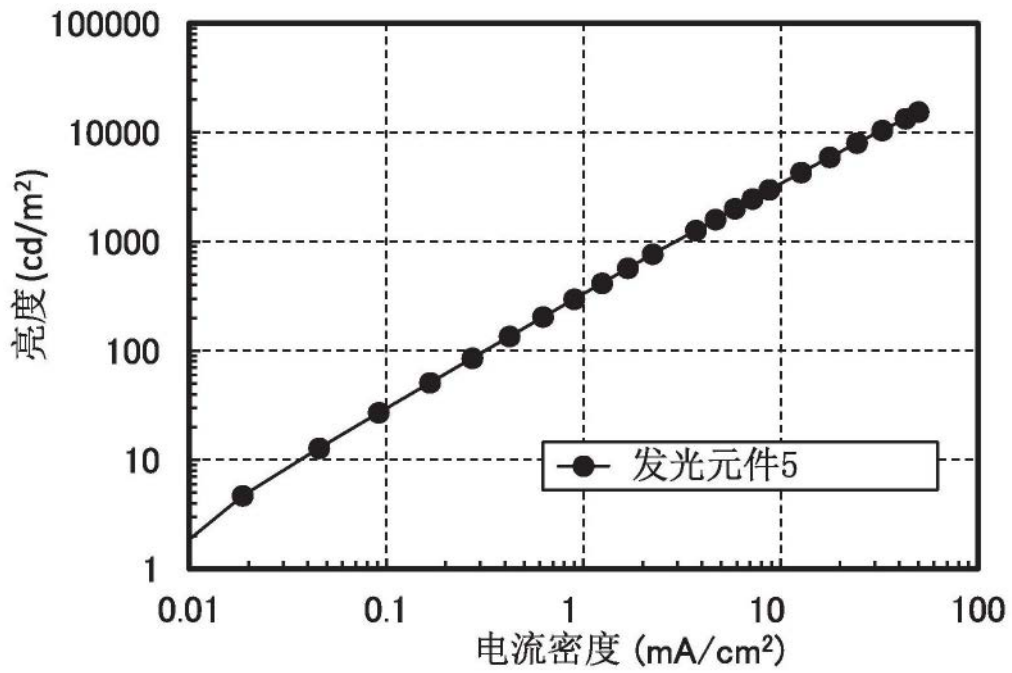


图45

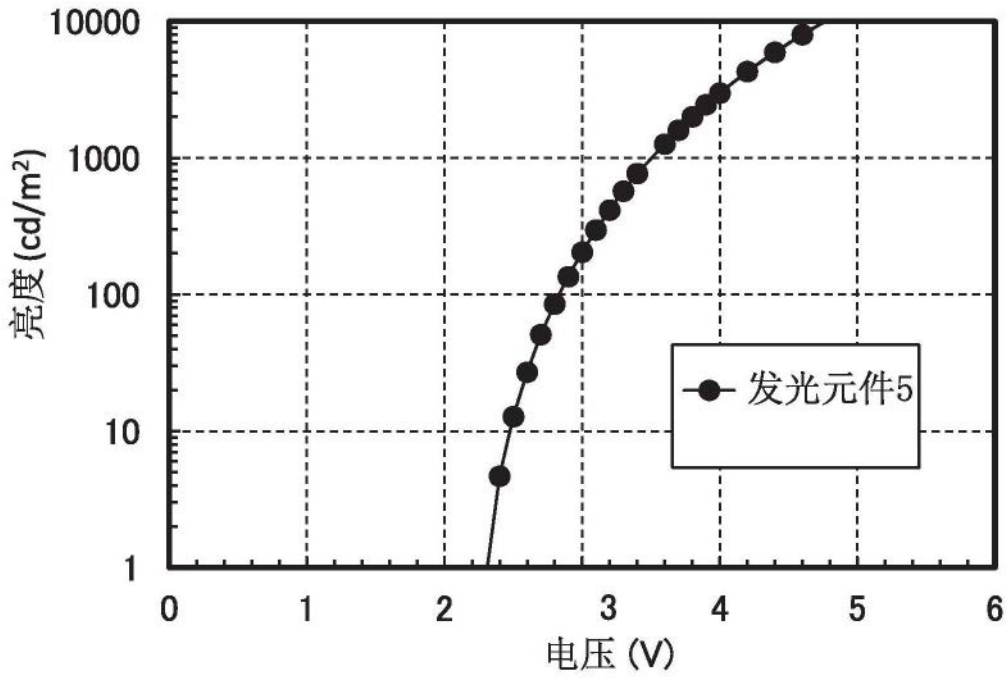


图46

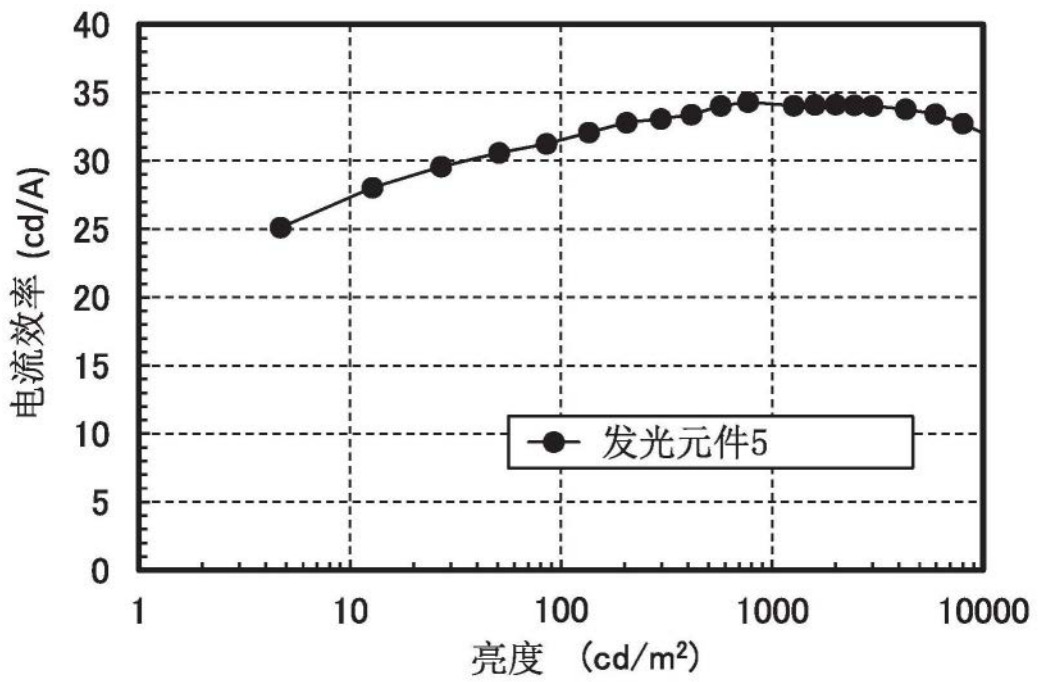


图47

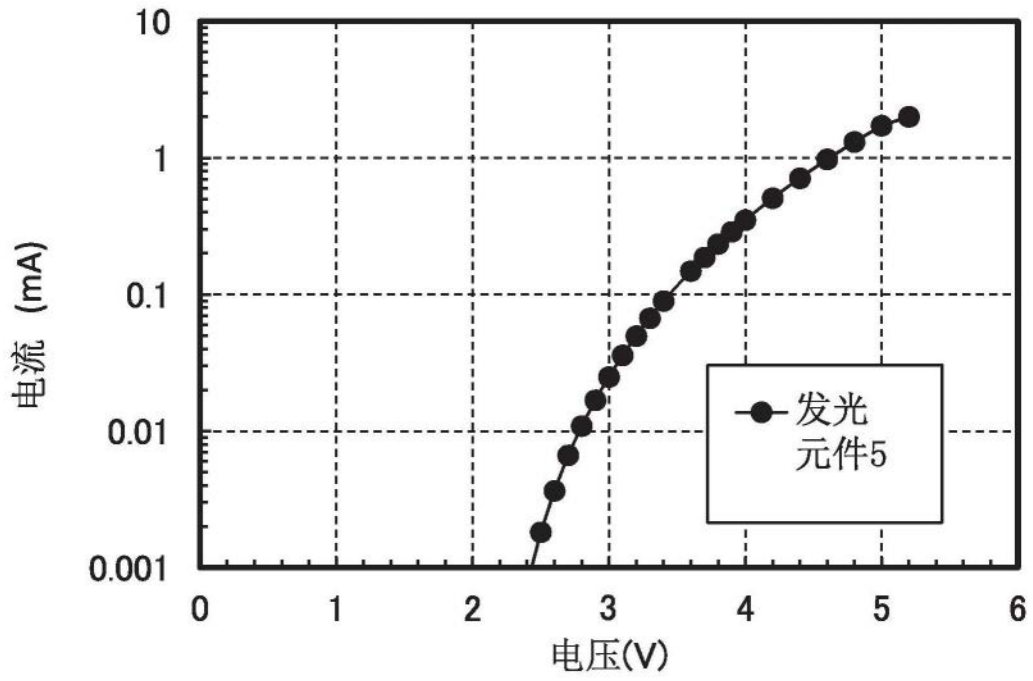


图48

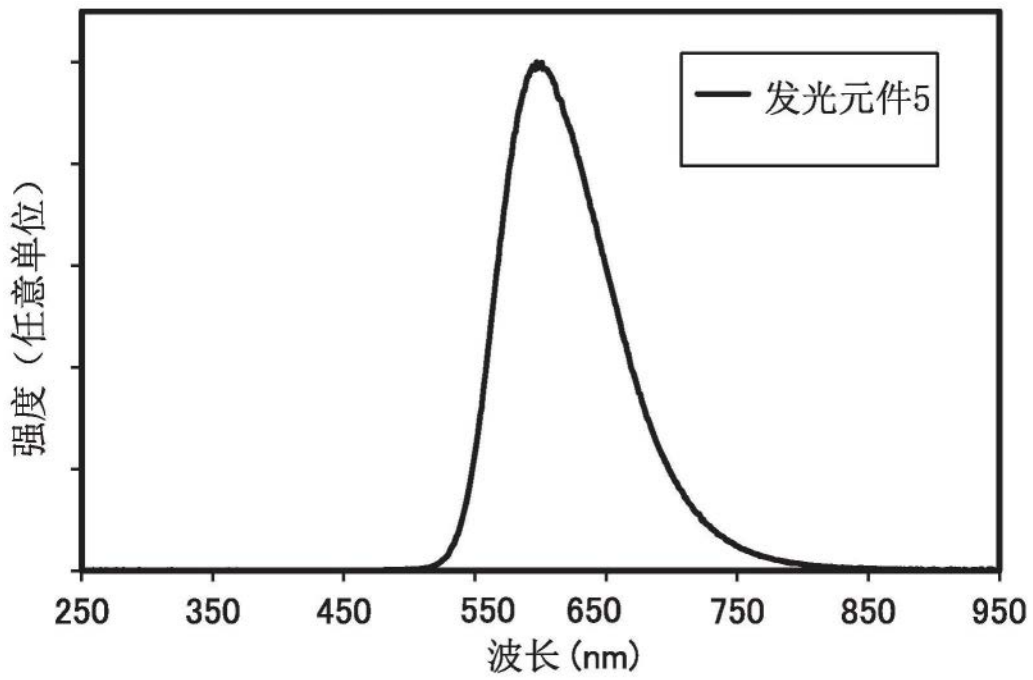


图49

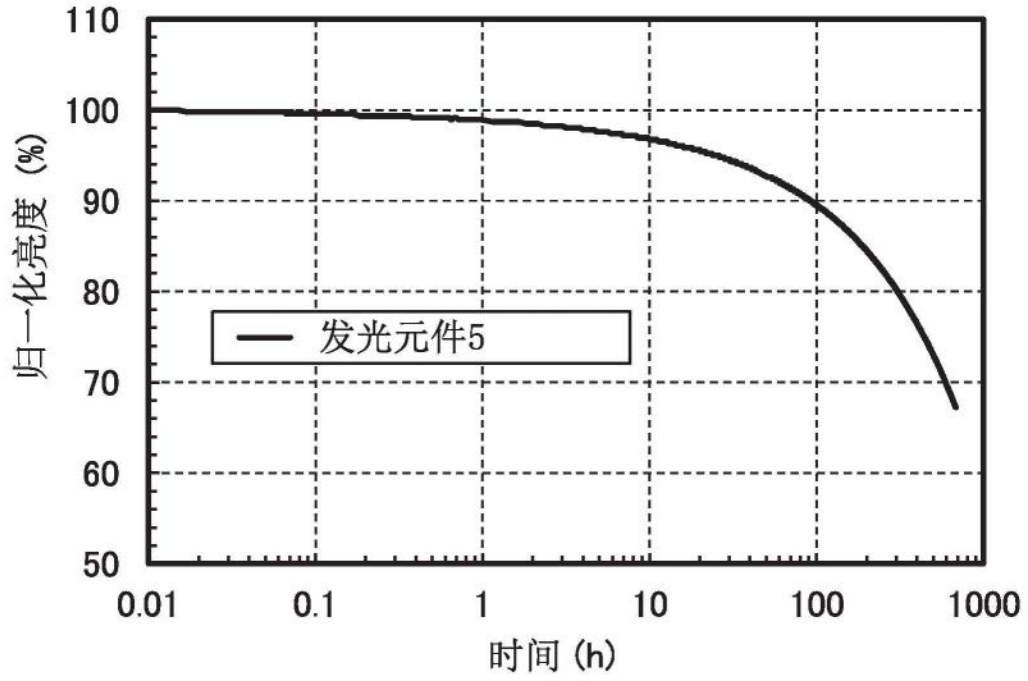


图50

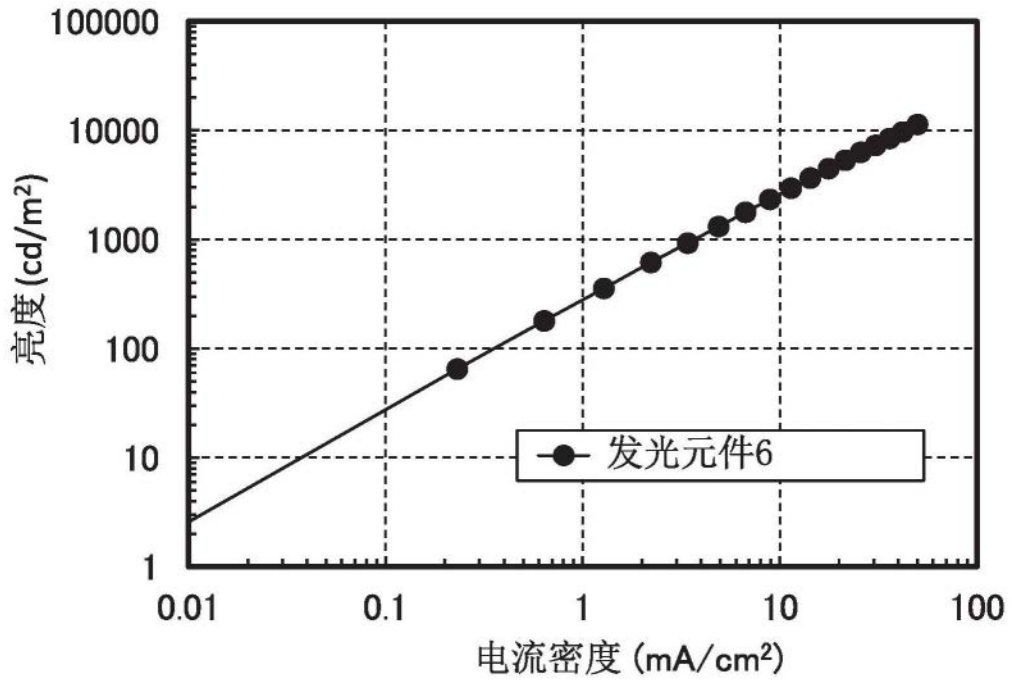


图51

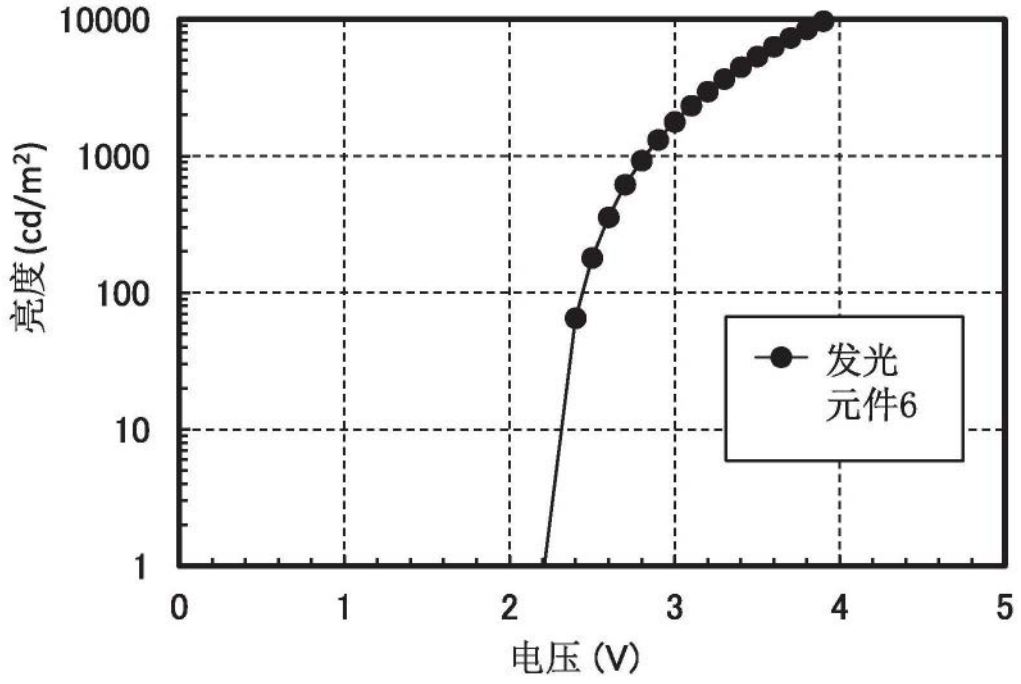


图52

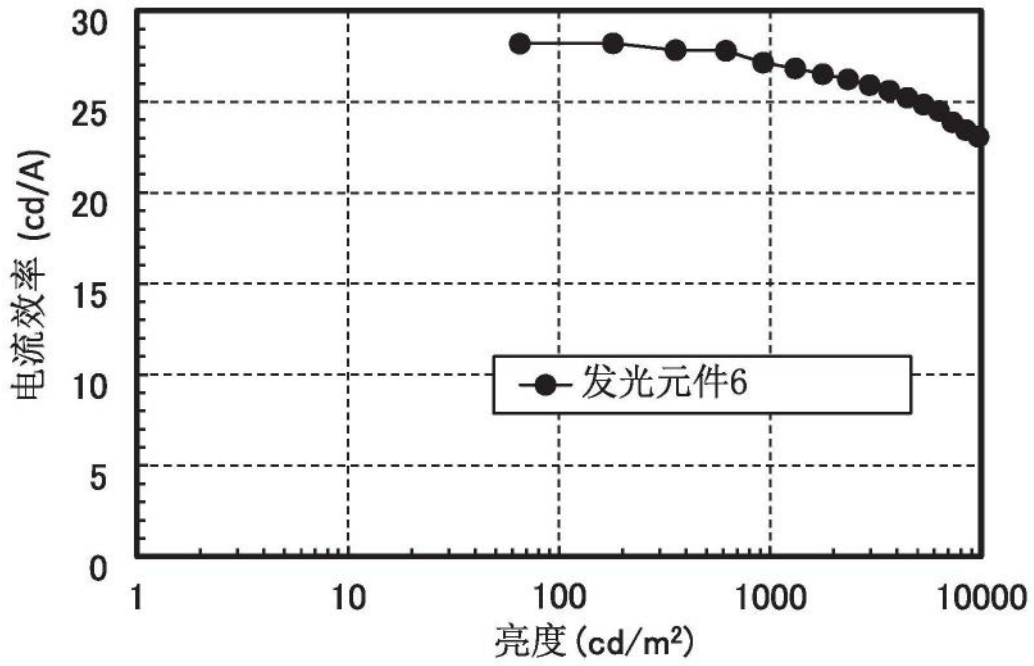


图53

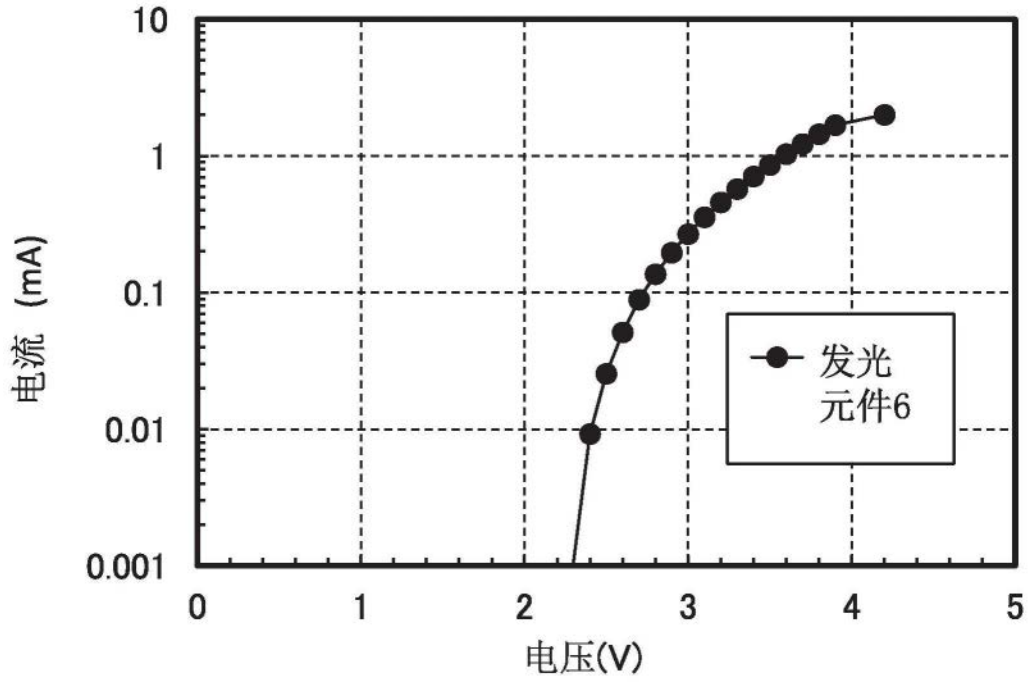


图54

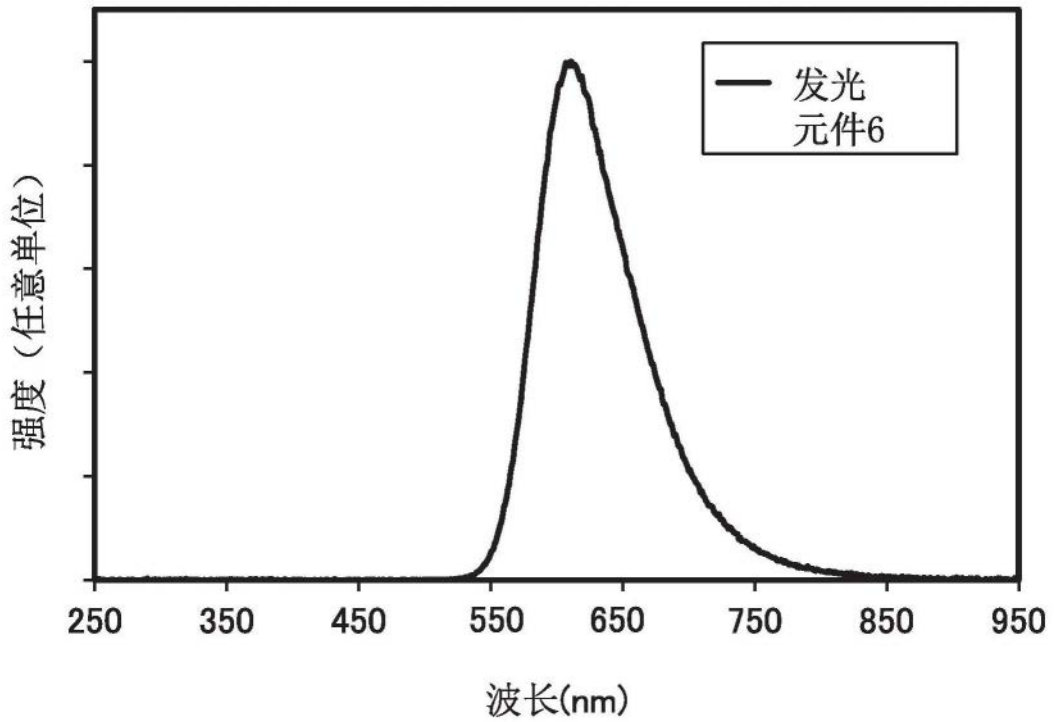


图55

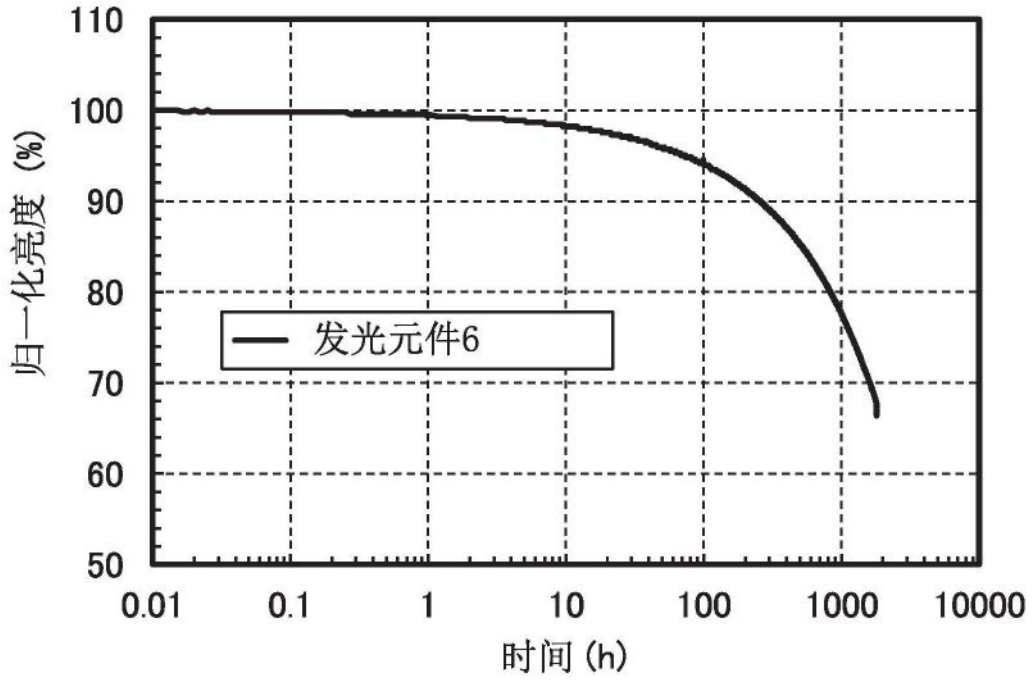


图56

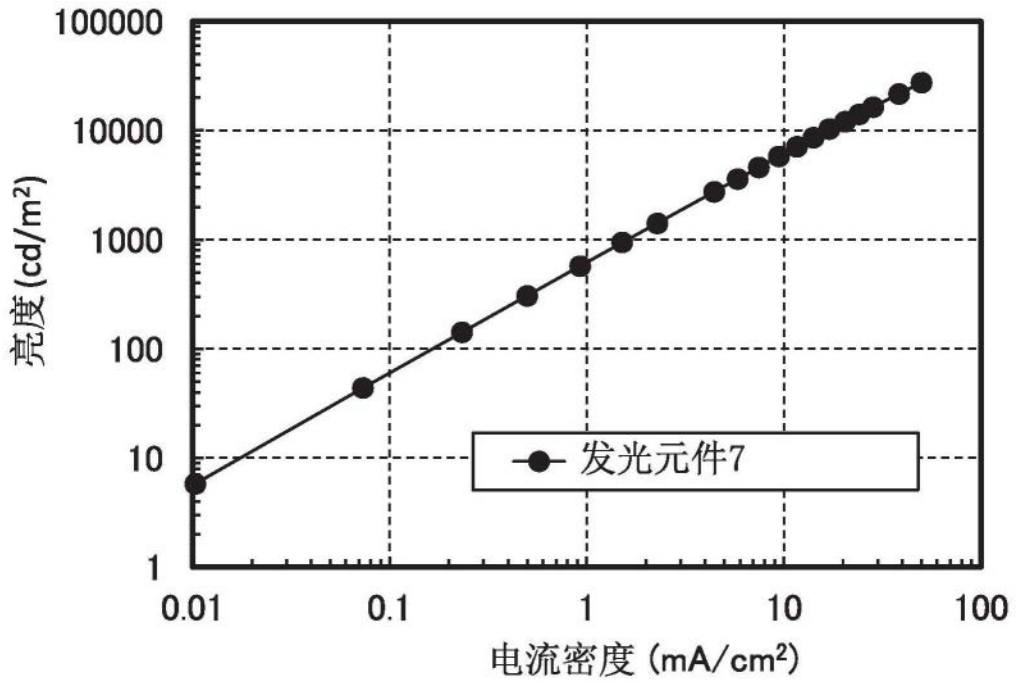


图57

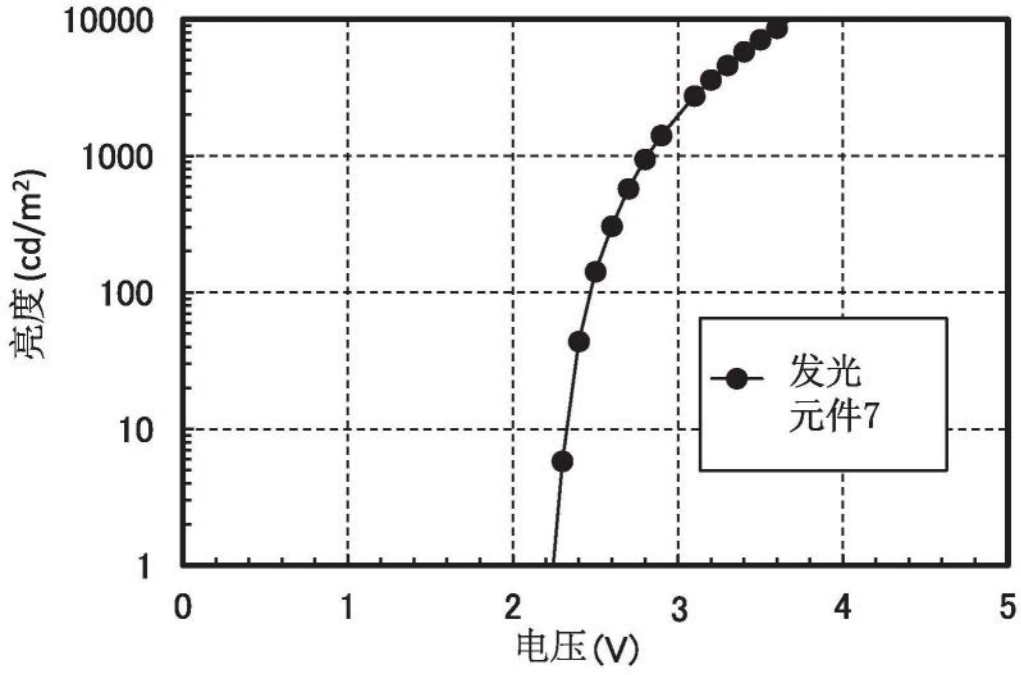


图58

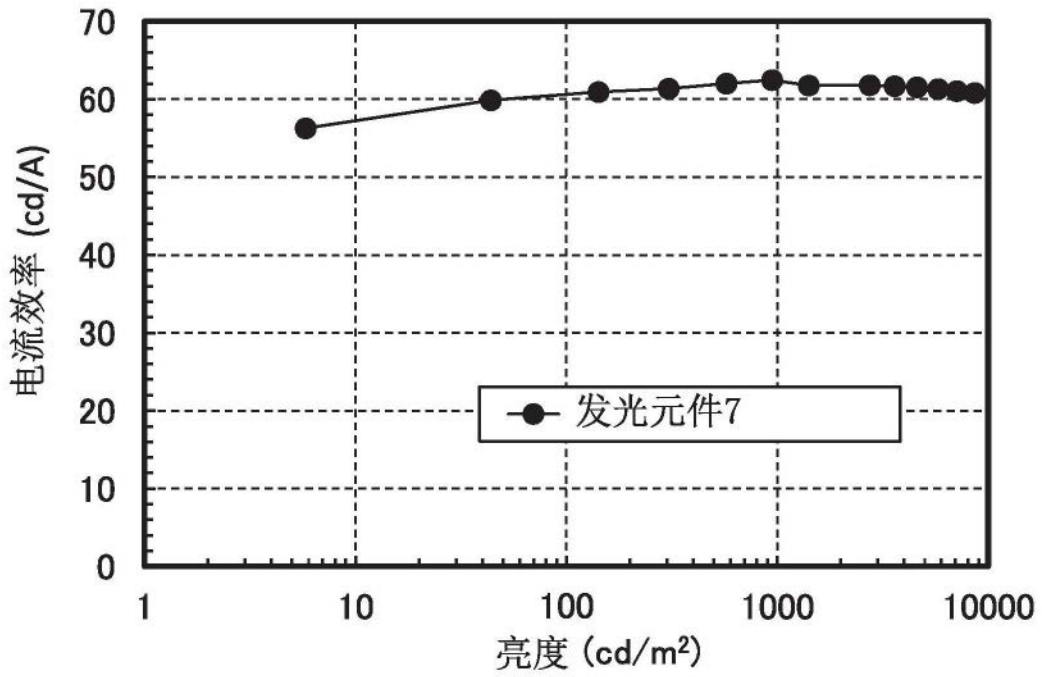


图59

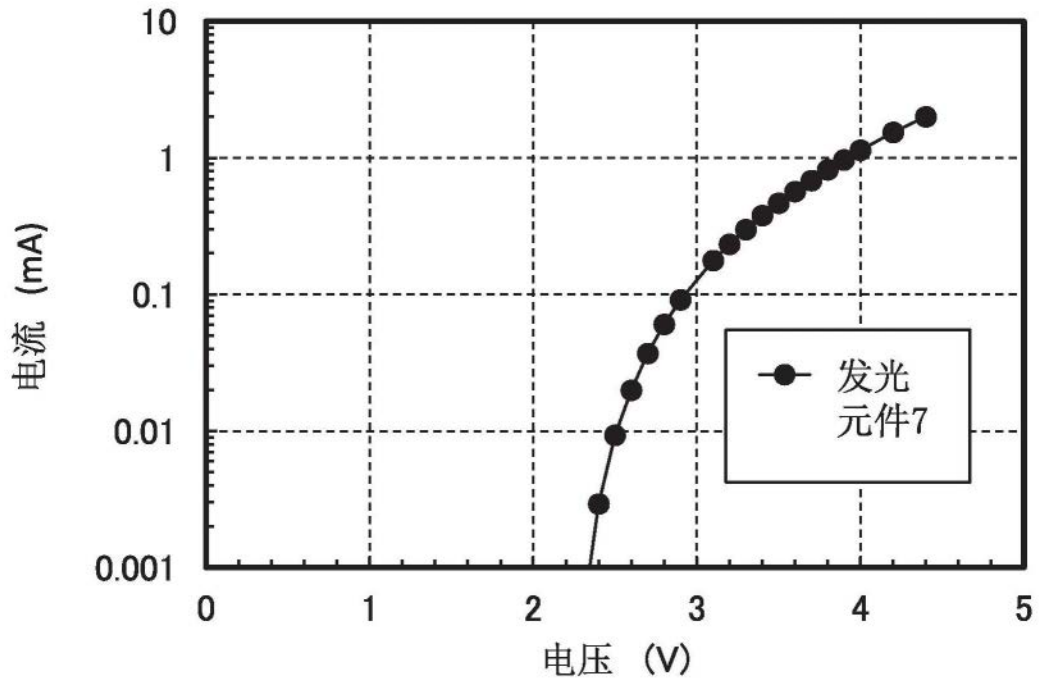


图60

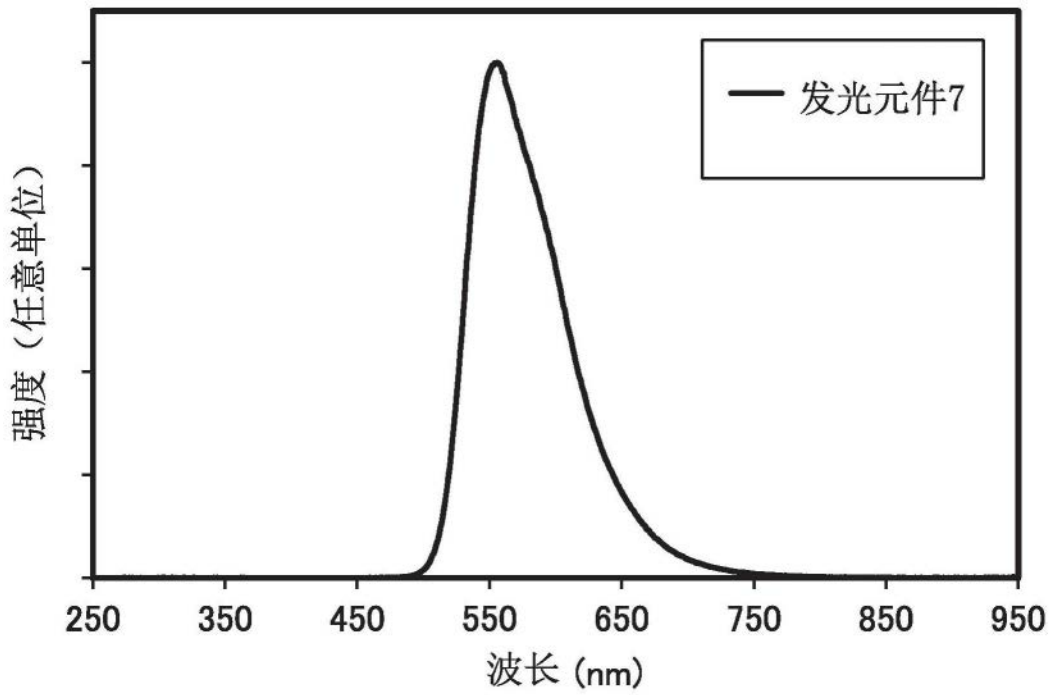


图61

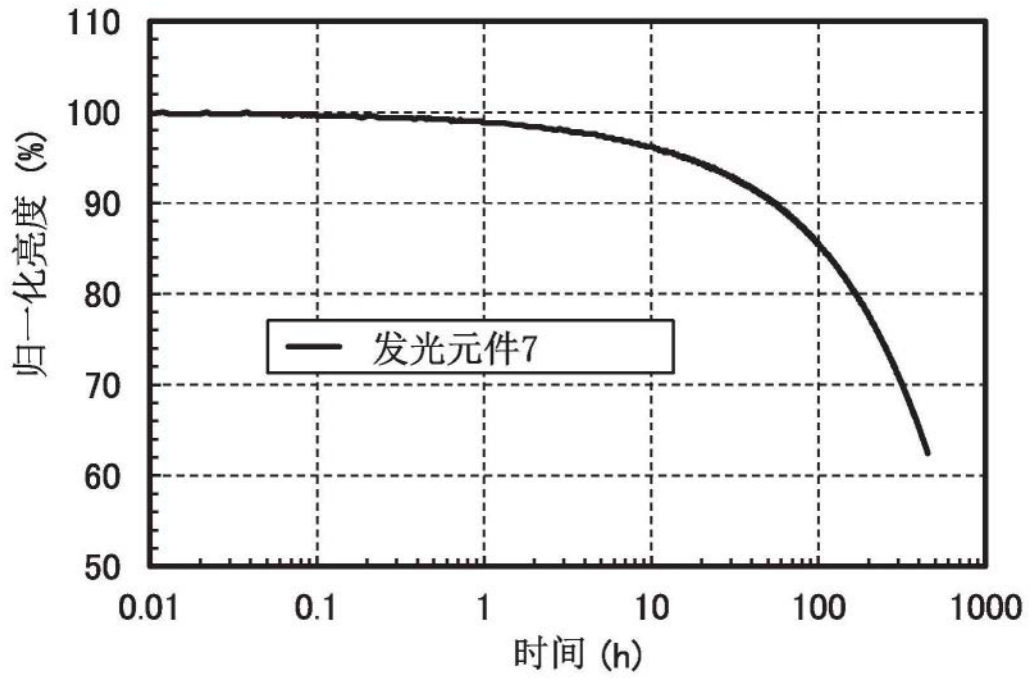


图62