



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109196679 B

(45) 授权公告日 2021.06.08

(21) 申请号 201680070596.X

(22) 申请日 2016.11.21

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109196679 A

(43) 申请公布日 2019.01.11

(30) 优先权数据

2015-234485 2015.12.01 JP

2016-051071 2016.03.15 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2018.06.01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2016/056990 2016.11.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02017/093843 EN 2017.06.08

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 桥本直明 铃木恒德 濑尾哲史

濑尾广美 木户裕允

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 何欣亭 张金金

(51) Int.CI.

H01L 51/50 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2015109407 A, 2015.06.11

审查员 陈凯妍

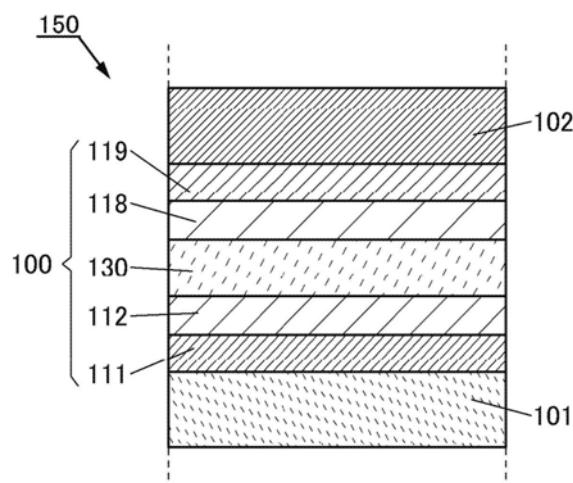
权利要求书2页 说明书47页 附图30页

(54) 发明名称

发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

(57) 摘要

提供一种包含荧光材料的发光元件中的发光效率高的发光元件。提供一种发光成分中源于TTA的延迟荧光成分的比率高的发光元件。提供一种发光效率高且功耗低的新颖的发光装置。一种发光元件包括：阳极、阴极以及EL层。EL层包括含有主体材料的发光层以及与发光层接触的含有第一材料的电子传输层。第一材料的LUMO能级比主体材料的LUMO能级低。源于TTA的延迟荧光成分的比率比EL层发射的光的10%以上。源于TTA的延迟荧光成分的比率比发光的15%以上。



1. 一种发光元件,包括:  
阳极;  
阴极;以及  
所述阳极与所述阴极之间的EL层,  
其中,所述EL层包括发光层及与所述发光层接触的电子传输层,  
所述发光层包含主体材料以及荧光材料,  
所述电子传输层包含第一材料,  
所述第一材料的LUMO能级比所述主体材料的LUMO能级低,  
源于三重态-三重态湮灭的延迟荧光成分的比率为所述EL层发射的光的整体的10%以上,  
所述第一材料是包含具有二嗪骨架或三嗪骨架的稠合杂芳环骨架的物质,  
并且,所述荧光材料包括茈骨架和氨基。
2. 根据权利要求1所述的发光元件,  
其中所述发光层发射蓝光。
3. 一种电子设备,包括:  
包括权利要求1所述的发光元件的发光装置;  
晶体管;以及  
传感器、操作按钮、扬声器或麦克风。
4. 一种发光元件,包括:  
阳极;  
阴极;以及  
所述阳极与所述阴极之间的EL层,  
其中,所述EL层包括发光层及与所述发光层接触的电子传输层,  
所述发光层包含主体材料以及荧光材料,  
所述电子传输层包含第一材料,  
所述第一材料的LUMO能级比所述主体材料的LUMO能级低0.05eV以上,  
源于三重态-三重态湮灭的延迟荧光成分的比率为所述EL层发射的光的整体的10%以上,  
所述第一材料是包含具有二嗪骨架或三嗪骨架的稠合杂芳环骨架的物质,  
并且,所述荧光材料包括茈骨架和氨基。
5. 根据权利要求1或4所述的发光元件,  
其中源于三重态-三重态湮灭的延迟荧光成分的比率为所述EL层发射的光的整体的15%以上。
6. 根据权利要求1或4所述的发光元件,  
其中所述第一材料是包含吡嗪骨架或嘧啶骨架的物质。
7. 根据权利要求1或4所述的发光元件,  
其中所述第一材料的三重态激发能比所述发光层中含有的材料中三重态激发能最高的物质的三重态激发能高0.2eV以上。
8. 根据权利要求1或4所述的发光元件,还包括与所述发光层接触的空穴传输层,

其中所述空穴传输层含有第二材料，  
并且所述第二材料的LUMO能级高于所述主体材料的LUMO能级。

9. 根据权利要求1或4所述的发光元件，还包括与所述发光层接触的空穴传输层，  
其中所述空穴传输层包含第二材料，  
并且所述第二材料的三重态激发能比所述发光层中含有的材料中三重态激发能最高的物质的三重态激发能高0.2eV以上。

10. 根据权利要求1或4所述的发光元件，  
其中所述荧光材料的三重态激发能比所述主体材料的三重态激发能高。

11. 根据权利要求1或4所述的发光元件，  
其中所述荧光材料的LUMO能级高于或等于所述主体材料的LUMO能级。

## 发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

### 技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及发光元件、显示模块、照明模块、显示装置、发光装置、电子设备及照明装置。另外，本发明的一个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方式的技术领域涉及一种物体、方法或制造方法。另外，本发明的一个方式涉及一种工序 (process)、机器 (machine)、产品 (manufacture) 或组合物 (composition of matter)。具体而言，本说明书所公开的本发明的一个方式的技术领域的例子包括：半导体装置、显示装置、液晶显示装置、发光装置、照明装置、蓄电装置、存储装置、摄像装置、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] 近年来，对利用电致发光 (Electroluminescence:EL) 的发光元件积极的研究开发。这些发光元件的基本结构是在一对电极之间夹有包含发光材料的层 (EL层) 的结构。通过将电压施加到该元件的电极间，可以获得来自发光材料的发光。

[0003] 因为上述发光元件是自发光型发光元件，所以使用该发光元件的显示装置具有如下优点：具有良好的可见度；不需要背光源；以及功耗低等。而且，该显示装置还具有如下优点：能够被制造得薄且轻；以及响应速度快等。

[0004] 当使用将有机材料用作发光性材料并在一对电极间设置有包含该发光性有机材料的EL层的发光元件 (例如，有机EL元件) 时，通过将电压施加到一对电极间，电子和空穴分别从阴极和阳极注入到发光EL层，而使电流流过。而且，被注入的电子与空穴复合而使发光有机材料成为激发态，由此可以从被激发的发光有机材料获得发光。

[0005] 作为有机材料所形成的激发态的种类，有单重激发态 ( $S^*$ ) 及三重激发态 ( $T^*$ )。来自单重激发态的发光被称为荧光，来自三重激发态的发光被称为磷光。另外，在该发光元件中， $S^*:T^*$  的统计学上的产生比例是1:3。因此，使用发射磷光的材料的发光元件可以获得比使用发射荧光的材料的发光元件高的发光效率。因此，近年来，对使用能够将三重激发态转换为发光的磷光材料的发光元件积极地进行了开发。

[0006] 在使用磷光材料的发光元件中，因为具有高三重激发能级的稳定的材料的开发是较困难的，所以发射蓝色发光的发光元件还没有实现实用化。由此，已在研发用于较稳定的荧光材料的发射蓝色发光的发光元件，寻找提高使用荧光材料的发光元件的发光效率的方法。

[0007] 作为能够将三重态激发态的一部分转换成发光的发光机理，已知三重态-三重态湮灭 (TTA: triplet-triplet annihilation)。TTA是指在两个三重态激子彼此邻接时，激发能的转移和自旋角动量的交换产生单重态激子。

[0008] 作为产生TTA的化合物，已知有蒽化合物。在非专利文献1中，报告称通过将蒽化合物用于发光元件的主体材料可以在发射蓝色光的发光元件中实现超过10%的高外部量子效率。还有报告称蒽化合物的由TTA引起的延迟荧光成分为该发光元件的发光成分的比例的10%左右。

[0009] 再者,作为由TTA引起的延迟荧光成分比例高的化合物,已知有并四苯化合物。在非专利文献2中,报告称并四苯化合物的由TTA引起的延迟荧光成分占发光成分的比例高于蒽化合物。

[0010] 另外,当TTA发生时,产生具有比在TTA不发生时得到的荧光材料的荧光寿命更长的寿命的发光(延迟荧光)。通过观察在某个时点停止载流子的不断注入之后的发光衰减,能确认到该延迟荧光。在此情况下,延迟荧光的光谱的形状与不断注入载流子时的发光光谱的形状一致。

[0011] [参考文献]

[0012] [非专利文献]

[0013] [非专利文献1]Tsunenori Suzuki and six others, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.53, 052102 (2014)

[0014] [非专利文献2]D.Y.Kondakov and three others, Journal of Applied Physics, Vol.106, 124510 (2009)

## 发明内容

[0015] 在包含荧光材料的发光元件中,为了提高发光效率,重要的是:将无助于发光的三重态激子的能量转换为发光性单重态激子的能量以及提高其转换效率。也就是说,重要的是通过TTA将三重态激子的能量转换为单重态激子的能量。为此,如何提高发光元件的发光成分中的源于TTA的延迟荧光成分的比率尤其重要。这是因为如下缘故:源于TTA的延迟荧光成分的比率高意味着发光性的单重态激子的生成比率高。

[0016] 由此,本发明的一个方式的目的之一是提供一种包含荧光材料且发光效率高的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光成分中的源于TTA的延迟荧光成分的比率高的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高且功耗得到降低的新颖的发光装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的显示装置。

[0017] 注意,上述目的的记载不妨碍其他目的的存在。此外,本发明的一个方式并不需要解决所有上述目的。其他目的从说明书等的描述中是显而易见的,并可以从所述描述中抽出。

[0018] 本发明的一个方式的发光元件包括:阳极、阴极以及夹在阳极与阴极之间的EL层。EL层包括发光层以及与发光层接触的电子传输层。发光层包含主体材料。电子传输层包含第一材料。第一材料的LUMO能级比主体材料的LUMO能级低。源于三重态-三重态湮灭的延迟荧光成分所占的比率为EL层发射的光的整体的10%以上。

[0019] 另外,本发明的另一个方式的发光元件包括:阳极、阴极以及夹在阳极与阴极之间的EL层。EL层包括发光层以及与发光层接触的电子传输层。发光层包含主体材料。电子传输层包含第一材料。第一材料的LUMO能级比主体材料的LUMO能级低0.05eV以上。源于三重态-三重态湮灭的延迟荧光成分所占的比率为EL层发射的光的整体的10%以上。

[0020] 另外,在本发明的一个方式中,源于三重态-三重态湮灭的延迟荧光成分所占的比率也可以为EL层发射的光的整体的15%以上。另外,第一材料可以是包含具有二嗪骨架或三嗪骨架的稠合杂芳环骨架的物质。另外,第一材料也可以是具有吡嗪骨架或嘧啶骨架的

物质。另外,第一材料的三重态激发能可以比包含于发光层中的材料中三重态激发能最高的物质的三重态激发能大0.2eV以上。

[0021] 另外,本发明的一个方式是包括接触于发光层的空穴传输层。空穴传输层包含第二材料。第二材料的LUMO能级比主体材料的LUMO能级大。另外,本发明的一个方式的发光元件也可以包括与发光层接触的空穴传输层,空穴传输层包含第二材料,第二材料的三重态激发能比包含于发光层中的材料中三重态激发能最高的物质的三重态激发能大0.2eV以上。

[0022] 另外,本发明的一个方式也可以是发光层还包含荧光材料的发光元件。另外,本发明的一个方式也可以是荧光材料的三重态激发能比主体材料的三重态激发能大的发光元件。另外,本发明的一个方式也可以是荧光材料的LUMO能级等于或大于主体材料的LUMO能级的发光元件。另外,本发明的一个方式也可以是发光层发射蓝光的发光元件。

[0023] 另外,本发明的一个方式是一种包括发光元件、晶体管或衬底的发光装置。再者,本发明的一个方式也可以是一种除了发光装置之外还包括传感器、操作按钮、扬声器或麦克风的电子设备。再者,本发明的一个方式也可以是一种除了发光装置之外还包括框体的照明装置。

[0024] 根据本发明的一个方式可以提供一种包含荧光材料且发光效率高的发光元件。另外,根据本发明的一个方式可以提供一种发光成分中源于TTA的延迟荧光成分的比率高的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种发光效率高且功耗得到降低的新颖的发光装置。另外,本发明的一个方式可以提供一种新颖的显示装置。

[0025] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个方式并不需要具有所有上述效果。其他效果从说明书、附图、权利要求书等的记载看果是显然的,并可以从所述描述中抽出。

## 附图说明

[0026] 图1A至图1C是说明本发明的一个方式的发光元件的截面示意图以及能量级的相关的示意图;

[0027] 图2是说明势垒与复合区域的图;

[0028] 图3A至图3C是说明跃迁偶极矩的成分的图;

[0029] 图4A和图4B是说明分子取向的测量方法的示意图;

[0030] 图5是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0031] 图6A和图6B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0032] 图7A和图7B是说明本发明的一个方式的发光元件的截面示意图以及能量级的相关的示意图;

[0033] 图8A和图8B是说明本发明的一个方式的发光元件的截面示意图以及能量级的相关的示意图;

[0034] 图9A和图9B是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图及电路图;

[0035] 图10A和图10B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的透视图;

[0036] 图11A至图11C是示出本发明的一个方式的显示装置及触摸传感器的一个例子的截面图;

- [0037] 图12A和图12B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的截面图；
- [0038] 图13A和图13B是根据本发明的一个方式的触摸传感器的方框图及时序图；
- [0039] 图14是根据本发明的一个方式的触摸传感器的电路图；
- [0040] 图15是说明本发明的一个方式的显示模块的透视图；
- [0041] 图16A至图16G是说明本发明的一个方式的电子设备的图；
- [0042] 图17是说明本发明的一个方式的照明装置的图；
- [0043] 图18是说明发光元件的图；
- [0044] 图19是发光元件1至发光元件8的相对于LUMO能级的延迟荧光成分比率；
- [0045] 图20是发光元件1至发光元件8的相对于延迟荧光成分比率的外部量子效率；
- [0046] 图21是示出发光元件4-2的电流密度-亮度特性的图；
- [0047] 图22是示出发光元件4-2的电压-亮度特性的图；
- [0048] 图23是示出发光元件4-2的亮度-电流效率特性的图；
- [0049] 图24是示出发光元件4-2的电压-电流特性的图；
- [0050] 图25是示出发光元件4-2的亮度-外部量子效率特性的图；
- [0051] 图26是示出发光元件4-2的发射光谱的图；
- [0052] 图27是示出发光元件4-2的瞬时荧光特性的衰减曲线的图；
- [0053] 图28是示出发光元件4-2的可靠性的图；
- [0054] 图29示出发光元件9的角度依存特性及计算结果。

## 具体实施方式

[0055] 以下,对本发明的实施方式进行说明。但是,所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实,就是在此所公开的方式和详细内容可以在不脱离本发明的宗旨及其范围的条件下被变换为各种各样的形式。因此,本发明不应该被解释为仅限定在本实施方式所记载的内容中。

[0056] 另外,在本说明书所说明的每一个附图中,有时为了便于说明,夸大表示阳极、EL层、中间层、阴极等的尺寸或厚度。因此,各构成要素不局限于附图所示的大小,并不局限于各构成要素之间的相对大小。

[0057] 注意,在本说明书等中,为了方便起见,附加了第一、第二、第三等序数词,而其并不表示工序顺序或上下的位置关系等。因此,例如可以将“第一”适当地替换为“第二”或“第三”等来进行说明。此外,有时本说明书等所记载的序数词与用来指定本发明的一个方式的序数词不需要一致。

[0058] 另外,在本说明书等所说明的本发明的构成中,在不同附图之间共同使用同一符号表示同一部分或具有相同功能的部分而省略其重复说明。另外,有时将同一阴影线用于具有相同功能的部分,而不特别附加附图标记表示该部分。

[0059] 在本说明书中,颜色是由色相(相当于单色光的波长)、色度(彩度,即,与白色不同的程度)及明度(亮度,即,光的强度)的三个要素规定的。在本说明书中,颜色也可以由只上述三个要素中的任一个或只任两个规定。在本说明书中,两个光的颜色的不同是指上述三个要素中至少一个的不同,也包括两个光的光谱的形状或光谱中的各峰值的相对强度的分布的不同。

[0060] 另外,根据情况或状态,可以互相调换“膜”和“层”。例如,有时可以将“导电层”调换为“导电膜”。或者,有时可以将“绝缘膜”调换为“绝缘层”。

[0061] 另外,在本说明书等中,单重激发态( $S^*$ )是指具有激发能的单重态。单重激发态中具有最低能量的激发态被称为最低单重激发态。另外,单重激发能级是指单重激发态的能级。单重激发能级中最低的激发能级被称为最低单重激发(S1)能级。此外,在本说明书等中,即使简单地表示为“单重激发态”或“单重激发态能级”也有时分别表示最低的单重激发态或S1能级。

[0062] 另外,在本说明书等中,三重激发态( $T^*$ )是指具有激发能的三重态。三重激发态中具有最低能量的激发态被称为最低三重激发态。另外,三重激发能级是指三重激发态的能级。三重激发能级中最低的激发能级被称为最低三重激发(T1)能级。另外,在本说明书等中,即使简单地表示为“三重激发态”或“三重激发态能级”也有时分别表示最低的三重激发态或T1能级。

[0063] 在本说明书等中,荧光材料是指在从单重激发态返回到基态时在可见光区域发光的材料。磷光材料是指在从三重激发态返回到基态时在室温下在可见光区域发光的材料。换言之,磷光材料是指能够将三重激发能转换为可见光的材料。

[0064] 注意,在本说明书等中,“室温”是指0℃至40℃的范围内的温度。

[0065] 在本说明书等中,蓝色的波长区域是指400nm以上且550nm以下的波长区域,且蓝色发光是指在该波长区域中具有至少一个发射光谱峰值的发光。

[0066] 实施方式1

[0067] <发光元件的结构例子>

[0068] 首先,下面将参照图1A至图1C说明本发明的一个方式的发光元件的结构。

[0069] 图1A是本发明的一个方式的发光元件150的截面示意图。

[0070] 发光元件150包括设置在一对电极(电极101及电极102)之间的EL层100。EL层100至少包括发光层130。注意,虽然在本实施方式中以一对电极中的电极101为阳极且电极102为阴极来进行说明,但是发光元件150也可以具有相反的结构。

[0071] 图1A所示的EL层100除了发光层130以外还包括功能层。功能层包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118以及电子注入层119。注意,EL层100的结构不局限于图1A所示的结构,只要包括选自空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119中的至少一个即可。或者,EL层100也可以包括具有如下功能的功能层:能够减少空穴或电子的注入势垒;能够提高空穴或电子的传输性;能够阻碍空穴或电子的传输性;或者能够抑制电极所引起的猝灭现象等。

[0072] 图1B是示出图1A所示的发光层130的一个例子的截面示意图。图1B所示的发光层130至少包括主体材料131及客体材料132。

[0073] 也就是说,主体材料131优选具有利用TTA将三重激发能转换为单重激发能的功能,由此,将在发光层130中生成的三重激发能的一部分利用主体材料131中的TTA转换为单重激发能。使由TTA生成的单重激发能能够转移到客体材料132并提取为荧光发光。为此,主体材料131的最低单重激发能级(S1能级)优选高于客体材料132的S1能级。另外,主体材料131的最低三重激发能级(T1能级)优选低于客体材料132的T1能级。

[0074] 注意,主体材料131可以由单一化合物或多个化合物构成。作为客体材料132,可以

使用发光性有机材料,作为该发光性有机材料,优选使用能够发射荧光的材料(下面,也称为荧光材料)。在下面的说明中,说明作为客体材料132使用荧光材料的结构。注意,也可以将客体材料132换称为荧光材料。

[0075] <发光元件的发光机理>

[0076] 首先,以下说明发光元件150的发光机理。

[0077] 在本发明的一个方式的发光元件150中,通过将电压施加到一对电极(电极101及电极102)间,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到EL层100,由此电流流过。并且,注入的电子及空穴复合,从而形成激子。在因载流子(电子及空穴)的复合而产生的激子中,单重激子与三重激子的比(以下,称为激子产生概率)的统计概率为1:3。在此,单重激子的产生概率为25%。

[0078] “激子”是指载流子(电子及空穴)的对。由于激子具有激发能量,所以生成激子的材料成为激发态。

[0079] 另外,经如下两种过程,在EL层100中产生单重激子,由此得到来自客体材料132的发光。

[0080] (a) 直接生成过程

[0081] (b) TTA过程

[0082] 《(a) 直接生成过程》

[0083] 以下说明在EL层100所包含的发光层130中载流子(电子或空穴)复合而形成单重激子的情况。

[0084] 当在主体材料131中载流子复合时,由于激子的生成而形成主体材料131的激发态(单重激发态或三重激发态)。此时,当所形成的主体材料131的激发态为单重激发态时,单重激发能从主体材料131的S1能级迁移到客体材料132的S1能级,由此形成客体材料132的单重激发态。注意,关于主体材料131的激发态为三重激发态时的情况将在后面的(b) TTA过程中进行说明。

[0085] 另外,当在客体材料132中载流子复合时,由于激子的生成而形成客体材料132的激发态(单重激发态或三重激发态)。

[0086] 当所形成的客体材料132的激发态为单重激发态时,可以得到来自客体材料132的单重激发态的发光。此时,为了得到高发光效率,客体材料132的荧光量子收率优选为高。

[0087] 另一方面,当客体材料132的激发态为三重激发态时,由于客体材料132为荧光材料,客体材料132的三重激发态因热失活而不作用于发光。但是,在主体材料131的T1能级低于客体材料132的T1能级的情况下,客体材料132的三重激发能从客体材料132的T1能级迁移到与客体材料132相比大量存在的主体材料131的T1能级。在此情况下,能够经后面的(b) TTA过程从三重激发能变成单重激发能。因此,为了提高TTA的发生概率,重要的是使主体材料131的T1能级低于客体材料132的T1能级。

[0088] 在主体材料131的T1能级高于客体材料132的T1能级的情况下,在客体材料132的重量比比主体材料131低时,可以降低在客体材料132中载流子复合的概率。另外,还可以降低从主体材料131的T1能级到客体材料132的T1能级的能量转移所发生的概率。具体而言,优选客体材料132与主体材料131的重量比大于0且为0.05以下。

[0089] 《(b) TTA过程》

[0090] 接下来,说明由在发光层130中载流子复合而形成的三重激子形成单重激子的情况。

[0091] 这里,说明主体材料131的T1能级低于客体材料132的T1能级的情况。图1C是示出此时的能级关系的示意图。注意,图1C中的记载及符号如如下所示。另外,主体材料131的T1能级也可以高于客体材料132的T1能级。

[0092] • Host (131) : 主体材料131

[0093] • Guest (132) : 客体材料132 (荧光材料)

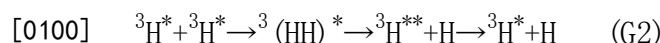
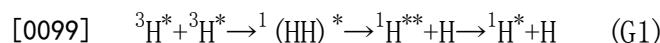
[0094] •  $S_{FH}$  : 主体材料131的S1能级

[0095] •  $T_{FH}$  : 主体材料131的T1能级

[0096] •  $S_{FG}$  : 客体材料132 (荧光材料) 的S1能级

[0097] •  $T_{FG}$  : 客体材料132 (荧光材料) 的T1能级

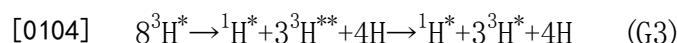
[0098] 在主体材料131中载流子复合由于激子的生成而形成主体材料131的激发态。此时,当生成的激子为三重激子时,有时会引起如下反应:所生成的两个三重激子彼此接近,其中一个被转换为具有主体材料131的S1能级 ( $S_{FH}$ ) 的能量的单重激子 (参照图1C的TTA)。该反应如如下通式 (G1) 或 (G2) 所示,三重激子的数量随着单重激子的生成而减少。



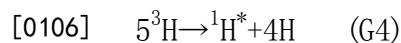
[0101] 通式 (G1) 是如下反应:在主体材料131中,自旋量子数总计为0的两个三重态激子 ( ${}^3H^*$ ) 形成自旋量子数总计为0的激子对 ( ${}^1(HH)^*$ ),通过被电子方式或振动方式激发的高次单重态激子 ( ${}^1H^{**}$ ) 生成单重态激子 ( ${}^1H^*$ )。另外,通式 (G2) 是如下反应:在主体材料131中,自旋量子数总计为1 (原子单位) 的两个三重态激子 ( ${}^3H^*$ ) 形成自旋量子数总计为1的激子对 ( ${}^3(HH)^*$ ),通过被电子方式或振动方式激发的高次三重态激子 ( ${}^3H^{**}$ ) 生成三重态激子 ( ${}^3H^*$ )。在通式 (G1) 及 (G2) 中,H表示主体材料131的基态。

[0102] 在通式 (G1) 与通式 (G2) 中,自旋量子数总计为1 (原子单位) 的三重激子对的存在量为自旋量子数总计为0的三重激子对的3倍。就是说,在从两个三重激子生成的激子中,根据统计概率重新生成的单重激子与三重激子的比例为1:3。另外,在发光层130中的三重激子的密度十分高 (例如,  $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$  以上) 的情况下,不需考虑到一个三重激子的热失活,只考虑到接近的两个三重激子之间的反应即可。

[0103] 因此,根据通式 (G1) 的一个反应及通式 (G2) 的三个反应,从八个三重激子 ( ${}^3H^*$ ) 中生成一个单重激子 ( ${}^1H^*$ ) 和三个以电子方式或振动方式激发的高次三重激子 ( ${}^3H^{**}$ )。



[0105] 在通式 (G3) 中产生的以电子方式或振动方式激发的高次三重激子 ( ${}^3H^{**}$ ) 因迅速缓和而成为三重激子 ( ${}^3H^*$ ),然后重新与其他三重激子反复引起通式 (G3) 的反应。由此,在通式 (G3) 中,在考虑到所有三重激子 ( ${}^3H^*$ ) 变成单重激子 ( ${}^1H^*$ ) 的情况下,可以认为从五个三重激子 ( ${}^3H^*$ ) 中产生一个单重激子 ( ${}^1H^*$ ) (通式 (G4))。



[0107] 另一方面,通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成的单重激子 ( ${}^1H^*$ ) 与三重激子 ( ${}^3H^*$ ) 的统计学上的产生比例为  ${}^1H^* : {}^3H^* = 1 : 3$ 。换言之,通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成单重激子的概率为25%。

[0108] 因此,通过合并通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成的单重激子与通过TTA生成的单重激子,可以从通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成的20个激子(单重激子及三重激子的总和)生成8个单重激子(通式(G5))。就是说,通过利用TTA,可以将单重激子的产生概率从现有的25%最大提高到40%(=8个/20个)。

[0109]  $5^1\text{H}^* + 15^3\text{H}^* \rightarrow 5^1\text{H}^* + (3^1\text{H}^* + 12\text{H}) \quad (\text{G5})$

[0110] 由通过上述过程生成的单重激子而形成的主体材料131的单重激发言中,能量从主体材料131的S1能级( $S_{\text{FH}}$ )迁移到其能级更低的客体材料132的S1能级( $S_{\text{FG}}$ )(参照图1C的Route A)。由此,成为单重激发言的客体材料132发射荧光。

[0111] 另外,当在客体材料132中因载流子复合生成激子而形成三重激发言时,在主体材料131的T1能级( $T_{\text{FH}}$ )低于客体材料132的T1能级( $T_{\text{FG}}$ )的情况下, $T_{\text{FG}}$ 的三重激发言不失活,使得其能量迁移到 $T_{\text{FH}}$ (参照图1C的Route B),并被利用于TTA。

[0112] 另外,在客体材料132的T1能级( $T_{\text{FG}}$ )低于主体材料131的T1能级( $T_{\text{FH}}$ )的情况下,优选客体材料132的重量百分比低于主体材料131。具体而言,优选客体材料132与主体材料131的重量比大于0且为0.05以下。由此,可以降低在客体材料132中载流子复合的概率。另外,可以降低从主体材料131的T1能级( $T_{\text{FH}}$ )到客体材料132的T1能级( $T_{\text{FG}}$ )的能量转移所发生的概率。

[0113] 如上所述,借助于TTA,在发光层130中形成的三重激子变成单重激子,由此可以高效地得到来自客体材料132的发光。

[0114] <TTA的发生概率>

[0115] 如上所述,通过利用TTA提高单重激子的产生概率,可以提高发光元件的发光效率,但是,为了获得高发光效率,重要的是提高产生TTA的概率(也称为TTA效率)。换言之,重要的是提高在发光元件所发射的发光中利用TTA的延迟荧光成分所占的比例。

[0116] 如上所述,通过TTA过程可以提高单重态激子的生成概率,加上因从一对电极注入的载流子的直接复合而生成的25%的单重态激子,可以将单重态激子的生成概率最大提高至40%。也就是说,可以将发光元件所发射的发光中源于TTA的延迟荧光成分所占的比率提高至 $(40\% - 25\%) / 40\% = 37.5\%$ 。

[0117] <由于发光的延迟荧光成分增加的发光效率的提高>

[0118] 例如,在作为主体材料包含通常使用的蒽化合物的发射蓝光的发光元件中,发光中源于TTA的延迟荧光成分所占的比率为10%左右。注意,在本说明书中延迟荧光是指在停止对发光层不断注入载流子之后也继续发光 $1 \times 10^{-6}$ sec以上的发光,该发光具有不断地注入载流子时的发光强度的0.01以上的发光强度。

[0119] 在发射蓝光的发光元件中,为了提高发光元件的发光效率需要提高发光中源于TTA的延迟荧光成分所占的比率。

[0120] 如上所述,TTA过程是由通过发光层130中载流子的复合过程中形成的三重态激子形成单重态激子的过程。但是,存在如下问题:当载流子的复合过程中形成的三重态激子因其他的过程而失活时,其无助于单重态激子的形成而导致发光元件所发射的发光中源于TTA的延迟荧光成分减少。

[0121] 有多种原因可以导致被形成的三重态激子失活,其中之一就有发光层130中的载流子电子的作用。当发光层130中形成的三重态激子与载流子电子发生相互作用时,有时会

使三重态激子失活。

[0122] 于是,在根据本发明的一个方式的发光元件中,通过适当地调整发光层130中的载流子电子的密度来减少三重态激子的失活。由于发光层130中的载流子电子主要由电子传输层118供应,因此只要适当地调整载流子电子从电子传输层118至发光层130的迁移即可。因此,使电子传输层118所使用的材料的LUMO能级与发光层130所包含的主体材料131的LUMO能级之间具有势垒即可。

[0123] 在根据本发明的一个方式的发光元件中,可以通过使电子传输层118所使用的材料的LUMO能级低于发光层130所含有的主体材料131的LUMO能级来形成抑制载流子电子的迁移的势垒。当向发光层130的载流子电子的迁移被抑制时,发光层130中的载流子的复合区域向电子传输层118一侧延伸,在复合区域中三重态激子与载流子电子的密度都被降低,而使发生三重态激子的失活的概率降低。当然,三重态激子的密度下降也可能减少TTA本身发生的可能性。但是,本发明者发现:实际上,与因三重态激子密度下降带来的不良影响相比,电子密度下降导致的三重态激子失活的抑制效果更大,上述结构反而更易发生TTA。

[0124] 图2示出电子传输层118所使用的材料的LUMO能级比发光层130所含有的主体材料131的LUMO能级高或低时的能量图。由图2可知:当电子传输层118 (ETL) 与发光层130 (EmL) 之间形成有势垒 (Energy barrier) 时,复合区域 (recombination region) 向电子传输层118 (ETL) 一侧扩展,三重态激子 (triplet exciton) 与电子 (electron) 的密度降低而使三重态激子失活 (quench) 的发生概率降低。该失活发生概率的降低可以增加通过TTA过程由三重态激子形成的单重态激子的个数,从而可以增加发光元件所发射的发光中源于TTA的延迟荧光成分。由此,通过本发明的一个方式可以提高发光元件的发光效率。

[0125] 例如,通过本发明的一个方式可以使发光元件所发射的发光中源于TTA的延迟荧光成分所占的比率为10%以上。再者,通过将具有较深LUMO能级的材料用于电子传输层118,可以使发光元件所发射的发光中源于TTA的延迟荧光成分所占的比率为15%以上。为了获得上述效果,优选电子传输层118所使用的材料的LUMO能级与发光层130所使用的主体材料131的LUMO能级之间具有适当的势垒,并且优选其能量差为0.05eV以上。

[0126] 这里,当电子传输层118所使用的材料的LUMO能级过深时,载流子电子不容易发生从电子传输层118向发光层130迁移而影响发光层130中的载流子平衡,因此有可能导致发光元件的发光效率下降。相反地,为了适当地抑制从电子传输层118向发光层130的载流子电子的迁移,需要使上述势垒充分大。因此,优选电子传输层118所使用的材料的LUMO能级与发光层130所包含的主体材料131的LUMO能级的差为0.05eV以上且0.3eV以下。

[0127] 另外,如上所述,本发明的一个方式的发光元件能够适当地抑制从电子传输层118向发光层130的载流子电子迁移。因此,在发光层130中,当比主体材料131量少的客体材料132将载流子电子俘获时,发光层130中也不易发生电子迁移而使驱动电压不必要的变高。鉴于上述情况,优选客体材料的LUMO能级高于主体材料的LUMO能级。

[0128] 在发射延迟荧光的发光元件中,产生延迟荧光的原因除了TTA以外还有从三重激发态到单重激发态的反系间窜跃的产生所引起的热活化延迟荧光。为了高效地产生反系间窜跃,S1能级与T1能级的能量差优选为0.2eV以下。换言之,在S1能级与T1能级的能量差大于0.2eV的情况下,不容易产生反系间窜跃。因此,为了高效地产生TTA,在产生TTA的化合物中,最低激发单重能级与最低激发三重能级的能量差优选大于0.2eV,更优选为0.5eV以上。

[0129] 最低激发单重能级可以从有机化合物从基态跃迁到最低激发单重态时的吸收光谱观察到。或者,也可以从有机化合物的荧光发射光谱的峰值波长估计最低激发单重能级。另外,最低激发三重能级可以从有机化合物从基态跃迁到最低激发三重态时的吸收光谱观察到,但是由于该跃迁是禁戒跃迁,所以有时难以观察到。在此情况下,也可以从有机化合物的磷光发射光谱的峰值波长估计最低激发三重能级。因此,有机化合物中的荧光发射光谱的峰值波长与磷光发射光谱的峰值波长的能量换算值差优选大于0.2eV,更优选为0.5eV以上。

[0130] <空穴传输层与发光效率的提高>

[0131] 以上为电子传输层118所包含的材料与发光效率之间的关系。接着,对空穴传输层112所包含的材料与发光效率之间的关系进行说明。

[0132] 作为空穴传输层112所包含的材料,优选其LUMO能级比主体材料131的LUMO能级高。当空穴传输层112所包含的材料与主体材料131的LUMO能级相等时,到达发光层130的载流子电子不会留在发光层130中而迁移至空穴传输层112。在该情况下,空穴传输层112中也发生载流子复合,而会导致发光层130中的载流子的复合效率下降。除非空穴传输层112中生成的激子的能量能够转移至发光层130中的发光材料上,否者将会导致发光效率下降。

[0133] 因此,优选空穴传输层112所包含的材料的LUMO能级高于主体材料131的LUMO能级。另外,更优选空穴传输层112所包含的材料的LUMO能级比主体材料131的LUMO能级高0.3eV以上。由此,可以有效地抑制载流子电子从发光层130迁移至空穴传输层112。

[0134] <抑制三重态激发能的转移>

[0135] 下面,对抑制发光层130产生的三重态激发能转移到发光层130的外部而使其留在发光层130中的方法进行说明。

[0136] 当发光层130产生的三重态激发能转移至外部时,发光层130的TTA的发生概率降低。因此,通过抑制三重态激发能的转移可以维持发光层中的TTA的高发生概率,由此可以维持发光元件的高发光效率。

[0137] 首先,为了抑制从发光层130向空穴传输层112的三重态激发能的转移,优选使空穴传输层112所包含的材料的T1能级高于发光层130所包含的主体材料131的T1能级。更优选的是,空穴传输层112所包含的材料的T1能级比发光层130所包含的主体材料131的T1能级高0.2eV以上。

[0138] 同样地,为了抑制从发光层130向电子传输层118的三重态激发能的转移,优选使电子传输层118所包含的材料的T1能级高于发光层130所包含的主体材料131的T1能级。更优选的是,电子传输层118所包含的材料的T1能级比发光层130所包含的主体材料131的T1能级高0.2eV以上。

[0139] 通过抑制三重态激发能的转移而使其留在发光层130中,除TTA以外三重态激发能不易流失,由此可以维持发光层130中的TTA的高发生概率,从而可以维持发光元件的高发光效率。

[0140] <延迟荧光成分的测定>

[0141] 对来自发光层的发光中的延迟荧光成分的评价方法的一个例子进行说明。

[0142] 在发光层被不断地注入载流子的状态下,来自发光层的发光具有包括延迟荧光成分及其他成分的强度。当以足够长的时间向发光层注入载流子时,与延迟荧光有关的发光

强度达到最大值。因此,发光中的延迟荧光成分所占的比率是指发光层被不断地注入载流子的状态下的值。

[0143] 可以通过如下方法评价发光中的延迟荧光成分所占的比率:停止对发光层注入载流子,对逐渐衰减的发光进行测定。作为从停止注入载流子到发光猝灭为止的寿命,延迟荧光为几 $\mu$ s的时间而通常的荧光发光的寿命为几ns的时间。由此,通过对在几 $\mu$ s的时间内猝灭的成分进行测定来对延迟荧光进行评价。

[0144] 可以利用条纹相机在停止对发光层注入载流子之后的几 $\mu$ s的时间内观测发光的衰减得到指数衰减曲线。停止对发光层注入载流子时的发光包含延迟荧光成分及其他成分,但是在过几ns以上后实质上只剩下延迟荧光,通过相对于该衰减曲线进行指数函数拟合,可以得到以时间为参数的衰减曲线公式。

[0145] 通过将时间0s带入该衰减曲线公式,可以估算出停止注入载流子时的延迟荧光成分的强度的值。在停止对发光层注入载流子的瞬间载流子被不断地注入,估算出的延迟荧光成分的强度为载流子被不断地注入的状态下的延迟荧光成分的强度。由载流子被不断地注入的状态下的发光层的发光强度及得到的延迟荧光成分的强度可以算出发光中延迟荧光成分所占的比率。

[0146] 另外,发光层的发光中的延迟荧光成分中除了包含源于包括分子间相互作用的TTA过程的延迟荧光之外,还可能包含源于从分子的三重态激发能级至单重态激发能级的能量转移的热活性延迟荧光(TADF: thermally activated delayed fluorescence)。但是,TADF只在能够进行从三重态激发能级至单重态激发能级的逆向能量转移的条件下才发生。只有在两者的能量级相近且两者的能隙为0.2eV以下左右的条件下才会发生TADF,而发光层所使用的分子中只有几个分子满足该条件。因此,除了发光层使用能隙小的分子的情况之外无需考虑TADF,所以可以认为该发光层发射的发光中的延迟荧光成分实质上都是源于TTA过程的延迟荧光。

[0147] 关于具体的测定方法可以参照实施例。

[0148] <分子取向与光取出效率>

[0149] 在有机EL中,载流子被供应给发光层并在发光层中进行复合而由包含于发光层中的客体材料产生发光,但是有时该发光不是各向同性的,即,发光强度具有角度依存性。该发光垂直于该客体材料的跃迁偶极矩。因此,跃迁偶极矩的取向影响发光的角度依存性。由于有机分子的跃迁偶极矩的取向受有机分子的分子取向的影响,因该客体分子的分子取向有时来自该客体材料的发光具有各向异性。

[0150] 发光层包括多个分子,客体材料分散于主体材料中。在某些发光层的制造条件下,该客体分子在该主体材料中不是无规取向而是沿某一方向取向,即,该客体分子的分子取向偏向一方。因此,当发光层中的客体材料具有易于向发光元件的外部取出光的取向性时,发光元件的光取出效率变高。具体而言,优选客体分子以其跃迁偶极矩平行于衬底面的方式取向。

[0151] 在对分子取向进行评价时,很难直接观察到实际的发光元件内的发光层的分子尤其是客体材料的跃迁偶极矩是如何取向的。因此,想到了如下方法:使从发光层取出的发光线偏振化来提取p偏振发光成分,并对得到的从可见光区域至近红外区域(440nm至956nm)的波长的p偏振发射光谱的积分强度(integrated intensity)的角度依存性进行测定,通

过利用计算(模拟)对其结果进行分析来导出发光层内的发光材料的分子取向。下面,对分子取向的导出方法进行说明。

[0152] 在此,对客体分子在主体分子中无规取向的状态进行说明。当客体分子在主体分子中无规取向时,所有的分子的跃迁偶极矩的总和在彼此正交的x方向、y方向及z方向上具有相等的成分。例如,在x方向及y方向上延伸的平面上存在层的情况下,当层中的分子各向同性地取向时,作为跃迁偶极矩,与层平行的成分具有两个次元而占整体的三分之二(67%),与层垂直的成分占整体的三分之一(33%)。

[0153] 接着,对测定进行说明。在利用测定装置对发光层的发光强度进行测定时,使光在入射到检测器之前先入射并穿过格兰-泰勒偏振器,由此,可以利用检测器仅测出特定方向的偏振成分。

[0154] 在此,发光的跃迁偶极矩由图3A至图3C所示的三种成分决定。即:A)与发光层130平行的成分中与检测器的观测方向180平行的方向上的跃迁偶极矩的成分181;B)与发光层130平行的成分中与检测器的观测方向180垂直的方向上的跃迁偶极矩的成分182;C)与发光层130垂直的方向上的跃迁偶极矩的成分183。由于B成分无法穿过检测器与发光层130之间的格兰-泰勒偏振器,所以B成分不被检测器检出。也就是说,在该测定中观测出由A及C成分构成的p偏振。

[0155] 接着,为了评价发光的角度依存性,将检测器185位于与发光层130垂直的方向上的状态设为初期位置,使发光层130逐渐倾斜。图4A示出初期状态,图4B示出使发光层130倾斜的状态(倾斜角 $\theta$ )。由于在初期状态(倾斜角 $0^\circ$ )中检测器185位于发光层130的正面方向,所以观测不到源于上述C成分的发光而观测出A成分。通过增大发光层130的倾斜角,检测器185不仅能观测到A成分对应于倾斜角还能观测到C成分。由此,可以对发光的角度依存性进行评价。

[0156] 在此,由于在被取出到元件外部的发光中垂直于发光层130的成分与平行于发光层130的成分相比强度极小,因此在该条件下很难对C成分进行评价。因此,预先调整发光元件的各个层的厚度并利用光学干涉减小与发光层130平行的成分的发光强度。也就是说,从发光元件取出的正面方向的光包括直接从发光层130取出的成分以及通过发光层130中产生的光入射到电极并被反射而取出的成分。通过调整发光元件的各个层的厚度使两者的相位反转而相互抵消。由此可以减弱A成分而促进观测到C成分。

[0157] 通过上述方法可以对来自发光层的发光的角度依存性进行测定。以从发光层130的初期状态的倾斜角为横轴并以被归一化的发射光谱的积分强度为纵轴来对测定结果进行标绘而得到的图表的形状根据发光中A成分与C成分的比率变化。在此,对应于发光中A成分与C成分的比率变化的各图表形状可以通过计算(模拟)得到。因此,可以通过反过来将由测定结果得到的图表的形状与通过计算得到的图表进行拟合来得到发光中A成分与C成分的比率。由于跃迁偶极矩的取向是分子(这里,客体材料)固有的性质,由A成分与C成分的比率可以得到与客体材料的取向有关的信息。

[0158] A成分超过67%意味着与发光层平行的跃迁偶极矩的成分变多,简单地说,A成分为100%意味着完全水平取向。由于光从垂直于跃迁偶极矩的方向射出,因此跃迁偶极矩越与发光层接近平行光的取出效率越高。即,A越接近100%元件的发光效率越高。

[0159] 另外,通过上述测定观测从根据本发明的一个方式的发光元件取出的光可知,客

体材料不是无规取向而是具有特定的取向状态,并且跃迁偶极矩大幅偏离发光层的垂直方向。当跃迁偶极矩偏离发光层的垂直方向时向发光层的垂直方向的发光变强,由此可知根据本发明的一个方式的发光元件的高发光效率与客体材料的取向状态有关。

[0160] 另外,测定及计算的详细内容可以参照实施例的记载。

[0161] <材料>

[0162] 接着,说明根据本发明的一个方式的发光元件的构成要素。

[0163] 《发光层》

[0164] 在发光层130中,主体材料131的重量比至少高于客体材料132,客体材料132(荧光材料)分散于主体材料131中。在发光层130中,作为能够用于主体材料131的材料,优选使用所发射的发光中源于三重态-三重态湮灭(TTA)的延迟荧光成分所占的比率高的有机化合物。具体而言,优选使用源于TTA的延迟荧光成分所占的比率为20%以上的有机化合物。另外,在发光层130中,主体材料131既可以由一种化合物构成,又可以由多种化合物构成。

[0165] 另外,在发光层130中,作为客体材料132没有特别的限制,但是优选使用蒽衍生物、并四苯衍生物、**䓛**(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、苝衍生物、二苯乙烯衍生物、吖啶酮衍生物、香豆素衍生物、吩恶嗪衍生物、吩噻嗪衍生物等,例如可以使用如下材料。

[0166] 具体而言,可以举出:5,6-双[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPY)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒽基)联苯-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPY)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,N'-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、茈、2,5,8,11-四(叔丁基)茈(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-亚苯基)双[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,N'-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-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]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N'-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N'-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-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-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,N'-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素6、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-[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[i,j]喹嗪-9-基)乙基]乙基}-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)苊并[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]喹嗪-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]喹嗪-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]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:BisDCJTM)、5,10,15,20-四苯基双苯并(tetraphenylbisbenzo)[5,6]茚并[1,2,3-cd:1',2',3'-1m]花等。

[0167] 或者,发光层130也可以包含主体材料131及客体材料132以外的材料。

[0168] 虽然对能够用于发光层130的材料没有特别的限制,但是例如可以举出:三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq<sub>3</sub>)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq<sub>2</sub>)、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-苯并恶唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并恶唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)等杂环化合物;4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称: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-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等芳香胺化合物。另外,可以举出蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、䓛(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]䓛(chrysene)衍生物等稠合多环芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)。具体地,可以举出9,10-二苯基蒽(简称:DPAanth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:DPhPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯䓛、N,N,N',N',N'',N'',N'''-八苯基二苯并[g,p]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙稀-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)以及1,3,5-三(1-芘基)苯(简称:TPB3)等。此外,可以从这些物质及已知的物质中选择一种或多种具有比上述客体材料132的能隙大的能隙的物质。

[0169] 发光层130也可以由两层以上的多个层形成。例如,在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层130的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。另外,

发光层130可以包括包含主体材料及客体材料的第一区域及包含主体材料的第二区域。

[0170] 下面,对图1A所示的发光元件150的其他构成要素的详细内容进行说明。

[0171] 《一对电极》

[0172] 电极101及电极102具有对发光层130注入空穴及电子的功能。电极101及电极102可以使用金属、合金、导电性化合物以及它们的混合物或叠层体等形成。金属的典型例子是铝,除此之外,可以使用银、钨、铬、钼、铜、钛等过渡金属;锂或铯等碱金属;钙或镁等第2族金属。作为过渡金属,也可以使用镱(Yb)等稀土金属。作为合金,可以使用包括上述金属的合金,例如可以举出MgAg合金、AlLi合金等。作为导电性化合物,可以举出氧化铟-氧化锡(Indium Tin Oxide)等金属氧化物。作为导电性化合物也可以使用石墨烯等无机碳类材料。如上所述,可以通过层叠多个这些材料形成电极101和电极102中的一个或两个。

[0173] 另外,从发光层130获得的发光透过电极101和电极102中的一个或两个被提取。因此,电极101和电极102中的至少一个具有使可见光透过的功能。当将金属或合金等透光性低的材料用于提取光的电极时,只要以能够使可见光透过的程度的厚度(例如,1nm至10nm的厚度)形成电极101和电极102中的一个或两个即可。

[0174] 《空穴注入层》

[0175] 空穴注入层111具有降低来自一对电极中的一个(电极101或电极102)的空穴的注入势垒促进空穴注入的功能,并例如使用过渡金属氧化物、酞菁衍生物或芳族胺等形成。作为过渡金属氧化物可以举出钼氧化物、钒氧化物、钌氧化物、钨氧化物、锰氧化物等。作为酞菁衍生物,可以举出酞菁或金属酞菁等。作为芳族胺,可以举出联苯胺衍生物或苯二胺衍生物等。也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物,典型的是:作为被自掺杂的聚噻吩的聚(亚乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)等。

[0176] 作为空穴注入层111,可以使用具有由空穴传输性材料和具有接收来自空穴传输性材料的电子的特性的材料构成的复合材料的层。或者,也可以使用包含具有接收电子的特性的材料的层与包含空穴传输性材料的层的叠层。在定态或者在存在有电场的状态下,电荷的授受可以在这些材料之间进行。作为具有接收电子的特性的材料,可以举出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮杂三亚苯衍生物等有机受体。具体而言,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F<sub>4</sub>-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂三亚苯(简称:HAT-CN)等具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物。也可以使用过渡金属氧化物、例如第4族至第8族金属的氧化物。具体而言,可以使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化铼等。特别优选使用氧化钼,因为其在大气中也稳定,吸湿性低,并且容易处理。

[0177] 作为空穴传输性材料,可以使用空穴传输性比电子传输性高的材料,优选为具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的材料。具体而言,可以使用芳族胺、咔唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0178] 作为空穴传输性高的材料的芳香胺化合物的例子可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-对苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]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)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]苯(简称:DPA3B)。

[0179] 咪唑衍生物的具体例子是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-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)。

[0180] 咪唑衍生物的其他例子是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。

[0181] 芳烃的例子是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、菲、2,5,8,11-四(叔丁基)菲等。其他例子是并五苯及晕苯。如此,更优选为具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率且碳数为14至42的芳烃。

[0182] 注意,芳烃也可以具有乙烯基骨架。具有乙烯基的芳烃的例子是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。

[0183] 另外,其他例子是聚(N-乙烯基咔唑)(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)等高分子化合物。

[0184] 《空穴传输层》

[0185] 空穴传输层112是包含空穴传输性材料的层,可以使用作为空穴注入层111的材料所例示的材料。空穴传输层112具有将注入到空穴注入层111的空穴传输到发光层130的功能,所以优选具有与空穴注入层111的最高占据分子轨道(Highest Occupied Molecular Orbital,也称为HOMO)能级相同或接近的HOMO能级。

[0186] 除了作为空穴注入层111的材料例示出的材料以外,作为上述空穴传输性材料还可以使用具有高空穴传输性的下述物质:芳香胺化合物如4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称: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',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯)-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)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)等。在此描述的材料主要是具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。但是,只要是空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述物质以外的物质。另外,包括具有高空穴传输性的物质的层不限于单层,还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0187] 另外,优选空穴传输层112所含有的空穴传输性材料比发光层的主体材料131的LUMO能级及最低激发三重态能量(T1)能级高。当空穴传输层112所包含的材料与主体材料131的LUMO能级相等时,到达发光层130的载流子电子不会留在发光层130中而迁移至空穴

传输层112中。由此,发光层130内的激子复合变少而使发光效率下降。另外,当与主体材料131的最低激发三重态能量(T1)能级相等时,发光层130中生成的三重态激子在发光层130内不会发生TTA,而使三重态能量扩散至空穴传输层112中,导致发光效率下降。

[0188] 例如,作为空穴传输层112所含有的空穴传输性材料优选使用3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)。PCPPn具有适当高的LUMO能级及最低激发三重态能量(T1)能级,而能够适当地抑制载流子电子从发光层130扩散至空穴传输层112,由此可以提高发光层130中的TTA的发生概率,从而可以提高发光元件的发光效率。

#### [0189] 《电子传输层》

[0190] 电子传输层118具有将从一对电极中的另一个(电极101或电极102)经过电子注入层119注入的电子传输到发光层130的功能。作为电子传输性材料,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料,优选为具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料。具体而言,可以举出包括喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体或噻唑配体的金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物。

[0191] 作为包含具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物,有如三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:A1q)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:A1mq<sub>3</sub>)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq<sub>2</sub>)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)。除此之外,还可以使用具有噁唑类、噻唑类配体的金属配合物如双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(II)(简称:Zn(BOX)<sub>2</sub>)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(II)(简称:Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等。除金属络合物之外,还可使用以下:2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(缩写:PBD),1,3-双[5-(对-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(缩写:0XD-7),3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(缩写:TAZ),红菲绕啉(缩写:BPhen),浴桐灵(缩写:BCP)等等。这里所述的物质主要为具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的物质。另外,电子传输层118不限于单层,还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0192] 尤其是,作为LUMO深的电子传输性材料,优选使用2,2'-(吡啶-2,6-二基)双(4,6-二苯基嘧啶)(简称:2,6(P2Pm)2Py)、2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen)、2,2'-(吡啶-2,6-二基)双(4-苯基苯并[h]喹啉)(简称:2,6(P-Bqn)2Py)等。

[0193] 另外,作为LUMO深的电子传输性材料,优选使用分子结构中包含具有二嗪骨架或三嗪骨架的稠合杂芳环骨架的物质。另外,优选使用分子结构中具有吡嗪骨架或嘧啶骨架的物质。

[0194] 优选使电子传输层118所使用的材料的LUMO能级比发光层130所包含的主体材料131的LUMO能级深,由此可以形成抑制载流子电子的迁移的势垒。该势垒抑制载流子电子向发光层130迁移而使发光层130中的载流子复合区域向电子传输层118一侧延伸,在复合区域中三重态激子与载流子电子的密度都被降低,由此可以减少因对三重态激子注入载流子电子而生成的激子的失活。

[0195] 另外,还可以在电子传输层118与发光层130之间设置控制电子载流子的移动的层。该层是对上述电子传输性高的材料添加少量的电子俘获性高的物质的层,并且该层通过抑制电子载流子的迁移可以调节载流子的平衡。这种结构对在电子穿过发光层时发生问题(如,元件寿命下降)的抑制发挥很大的效果。

#### [0196] 《电子注入层》

[0197] 电子注入层119具有降低来自电极102的电子的注入势垒促进电子注入的功能,例如可以使用第1族金属、第2族金属或它们的氧化物、卤化物、碳酸盐等。另外,也可以使用上述电子传输性材料和具有对电子传输性材料供应电子的特性的材料的复合材料。作为具有供电子特性的材料,可以举出第1族金属、第2族金属或它们的氧化物。

[0198] 另外,上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层都可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等方法形成。此外,作为上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层,除了上述材料之外,也可以使用无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物)。

#### [0199] 《衬底》

[0200] 在由玻璃、塑料等的衬底上制造发光元件150。作为在衬底上层叠的顺序,既可以从电极101一侧依次层叠又可以从电极102一侧依次层叠。

[0201] 另外,作为能够形成发光元件150的衬底,例如可以使用玻璃、石英或塑料等。或者,也可以使用柔性衬底。柔性衬底是可以弯曲的衬底,例如由聚碳酸酯、聚芳酯制成的塑料衬底等。可以使用薄膜、通过蒸镀形成的无机薄膜等。注意,只要在发光元件及光学元件的制造过程中起支撑物的作用,就可以使用其他材料。或者,只要具有保护发光元件及光学元件的功能,就可以使用其他材料。

[0202] 例如,可以使用各种衬底形成发光元件150。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子,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、包含纤维状的材料的纸或者基材薄膜等。玻璃衬底的例子包括钡硼硅酸盐玻璃衬底、铝硼硅酸盐玻璃衬底及钠钙玻璃衬底。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等的例子,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)为代表的塑料衬底。作为一个例子,可以举出丙烯酸树脂等树脂。或者,作为例子,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。或者,作为例子,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。

[0203] 另外,也可以作为衬底使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成发光元件。或者,也可以在衬底与发光元件之间设置剥离层。当剥离层上制造发光元件的一部分或全部,然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,也可以将发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。另外,作为上述剥离层,例如可以使用钨膜和氧化硅膜的无机膜的叠层结构或在衬底上形成有聚酰亚胺等树脂膜。

[0204] 也就是说,也可以使用一个衬底来形成发光元件,然后将发光元件转置到另一个衬底上。发光元件被转置的衬底的例子除了上述衬底之外,还包括玻璃纸衬底、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。通过采用这些衬底,可以制造耐用性高的发光元件、耐热性高的发光元件、轻量的发光元件或薄型的发光元件。

[0205] 可以在上述衬底上形成例如场效应晶体管(FET),并且在与FET电连接的电极上形成发光元件150。由此可以制造通过FET控制发光元件150的驱动的有源矩阵型显示装置。

[0206] 另外,在本实施方式中对本发明的一个方式进行说明。另外,在其他的实施方式中对本发明的一个方式进行说明。但是,本发明的一个方式不局限于此。例如,虽然在本发明

的一个方式中示出EL层所发射的发光中源于TTA的延迟荧光成分所占的比率为10%以上且电子传输层所包含的材料的LUMO的能级比发光层所包含的主体材料的LUMO的能级低的情况的例子,但是本发明的一个方式不局限于此。根据情况或状况,在本发明的一个方式中,例如,EL层所发射的光中延迟荧光成分所占的比率也可以不为10%以上。或者,也可以使电子传输层所包含的材料的LUMO的能级比主体材料的LUMO的能级高。另外,虽然在本发明的一个方式中示出电子传输层所包含的材料的LUMO的能级比发光层所包含的主体材料的LUMO的能级低0.05eV以上的例子,但是本发明的一个方式不局限于此。根据情况或状况,在本发明的一个方式中,例如,也可以不使电子传输层所包含的材料的LUMO的能级比发光层所包含的主体材料的LUMO的能级低0.05eV以上。

[0207] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0208] 实施方式2

[0209] 下面,参照图5至图7B对实施方式1所说明的根据本发明的一个方式的发光元件的结构例子进行说明。

[0210] <发光元件的结构例子1>

[0211] 下面,参照图5对根据本发明的一个方式的发光元件的结构例子进行说明。图5是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。

[0212] 图5所示的发光元件250是将光提取到衬底200一侧的底面发射(底部发射)型发光元件。注意,本发明的一个方式并不局限于此,也可以是将发光元件所发射的光分别提取到与衬底200相反的一侧、形成有发光元件的衬底200的上方及下方的双侧的顶面发射(顶部发射)型发光元件、双面发射(双发射)型发光元件。

[0213] 发光元件250包括衬底200上的电极101和电极102。在电极101与电极102之间设置有发光层123B、发光层123G和发光层123R。此外,还设置有空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119。

[0214] 当发光元件260a及260b都具有底部发射结构时,电极101优选具有透过光的功能,电极102优选具有反射光的功能。

[0215] 在图5A及图5B中,在被电极101和电极102夹持的区域221B、区域221G及区域221R之间分别设置有分隔壁140。分隔壁140具有绝缘性。分隔壁140覆盖电极101的端部并具有与该电极重叠的开口。通过利用分隔壁140,可以将各区域的衬底200上的电极101分别分为岛状。

[0216] 另外,发光层123B、发光层123G、发光层123R优选包含发射不同颜色的发光材料。例如,当发光层123B、发光层123G、发光层123R分别包含能够发射蓝色的发光材料、能够发射绿色的发光材料、能够发射红色的发光材料时,可以将发光元件250用于能够进行全彩色显示的显示装置。每个发光层的膜厚度既可以相同又可以不同。

[0217] 另外,如实施方式1所示,使电子传输层118所使用的材料的LUMO能级低于发光层123B所包含的主体材料的LUMO能级。由此,可以制造出发光层123B所发射的光中延迟荧光成分所占的比率较大的发光元件。

[0218] 另外,发光层123B、发光层123G、发光层123R中的任一个或多个发光层也可以是两层以上的叠层。

[0219] <发光元件的结构例子2>

[0220] 接着,参照图6A和图6B说明与图5A及图5B所示的发光元件不同的结构例子。

[0221] 图6A及图6B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图6A及图6B中,使用与图5相同的阴影线示出具有与图5相同的功能的部分,而有时省略附图标记。此外,具有相同功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0222] 图6A和图6B是在一对电极层之间隔着电荷产生层115层叠有多个发光层的串联型发光元件的结构例子。图6A所示的发光元件252具有将光提取到与衬底200相反的方向的顶面发射(顶部发射)结构,并且图6B所示的发光元件254具有向衬底200一侧提取光的底面发射(底部发射)结构。注意,本发明的一个方式并不局限于该结构,也可以具有将发光元件所发射的光提取到形成有发光元件的衬底200的上方及下方的双方的双面发射(双发射)结构。

[0223] 发光元件252及发光元件254在衬底200上包括电极101、电极102、电极103及电极104。另外,电极101与电极102之间、电极102与电极103之间、电极102与电极104之间设置有发光层160、电荷产生层115、发光层170。此外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113、电子注入层114、空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118和电子注入层119。

[0224] 另外,电极101包括导电层101a、在导电层101a上并与其接触的导电层101b。此外,电极103包括导电层103a、在导电层103a上并与其接触的导电层103b。电极104包括导电层104a、在导电层104a上并与其接触的导电层104b。

[0225] 图6A所示的发光元件252及图6B所示的发光元件254在由电极101及电极102夹持的区域222B、由电极102及电极103夹持的区域222G以及由电极102及电极104夹持的区域222R之间都包括分隔壁140。分隔壁140具有绝缘性。分隔壁140覆盖电极101、电极103以及电极104的端部,并包括与该电极重叠的开口。通过利用分隔壁140,可以将各区域的衬底200上的该电极分为岛状。

[0226] 发光元件252及发光元件254在从区域222B、区域222G及区域222R发射的光被提取的方向上具有分别设置有光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的衬底220。从各区域发射的光透过各光学元件射出到发光元件外部。也就是说,从区域222B发射的光透过光学元件224B射出,从区域222G发射的光透过光学元件224G射出,且从区域222R发射的光透过光学元件224R射出。

[0227] 光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R具有选择性地使入射光中的呈现特定颜色的光透过的功能。例如,从区域222B发射的光透过光学元件224B成为蓝色光,从区域222G发射的光透过光学元件224G成为绿色光,从区域222R发射的光透过光学元件224R成为红色光。

[0228] 在图6A及图6B中使用虚线的箭头示意性地示出透过各光学元件从各区域射出的蓝色(B)光、绿色(G)光、红色(R)光。

[0229] 在各光学元件之间包括遮光层223。遮光层223具有遮蔽从相邻的区域发射的光的功能。另外,也可以采用不设置遮光层223的结构。

[0230] 《微腔》

[0231] 并且,发光元件252及发光元件254具有微腔结构。

[0232] 从发光层160及发光层170射出的光在一对电极(例如,电极101与电极102)之间被

谐振。另外,在发光元件252及发光元件254中,通过在各区域中调整导电层(导电层101b、导电层103b及导电层104b)的厚度,可以增强发光层160及发光层170所发射的光中的所希望的波长的光。另外,在各区域中使空穴注入层111和空穴传输层112中的至少一个的厚度也可以不同,以增强从发光层160及发光层170发射的光的波长。

[0233] 例如,当在电极101至电极104中具有反射光的功能的导电材料的折射率小于发光层160或发光层170的折射率时,以电极101与电极102之间的光学距离为 $m_B \lambda_B / 2$ ( $m_B$ 表示自然数,  $\lambda_B$ 表示在区域222B中增强的光的波长)的方式调整电极101中的导电层101b的膜厚度。同样地,以电极103与电极102之间的光学距离为 $m_G \lambda_G / 2$ ( $m_G$ 表示自然数,  $\lambda_G$ 表示在区域222G中增强的光的波长)的方式调整电极103中的导电层103b的膜厚度。并且,以电极104与电极102之间的光学距离为 $m_R \lambda_R / 2$ ( $m_R$ 表示自然数,  $\lambda_R$ 表示在区域222R中增强的光的波长)的方式调整电极104中的导电层104b的膜厚度。

[0234] 如上所述,通过利用微腔结构调整各区域的一对电极之间的光学距离,可以抑制各电极附近的光的散射及光的吸收,由此可以实现高的光提取效率。另外,在上述结构中,导电层101b、导电层103b、导电层104b优选具有透过光的功能。导电层101b、导电层103b、导电层104b的材料既可以相同又可以不同。导电层101b、导电层103b、导电层104b也可以分别具有两层以上的叠层。

[0235] 由于图6A所示的发光元件252具有顶面发射结构,所以电极101所具有的导电层101a、电极103所具有的导电层103a及电极104所具有的导电层104a优选具有反射光的功能。另外,电极102优选具有透过光的功能及反射光的功能。

[0236] 另外,由于图6B所示的发光元件254具有底面发射结构,所以电极101所具有的导电层101a、电极103所具有的导电层103a及电极104所具有的导电层104a优选具有透过光的功能及反射光的功能。另外,电极102优选具有反射光的功能。

[0237] 在发光元件252及发光元件254中,导电层101a、导电层103a、或导电层104a既可以使用相同的材料,又可以使用不同的材料。当导电层101a、导电层103a、导电层104a使用相同的材料时,可以降低发光元件252及发光元件254的制造成本。另外,导电层101a、导电层103a、导电层104a也可以分别是两层以上的叠层。

[0238] 另外,如实施方式1所示,使电子传输层113所使用的材料的LUMO能级低于发光层170所包含的主体材料的LUMO能级。另外,使电子传输层118所使用的材料的LUMO能级低于发光层160所包含的主体材料的LUMO能级。由此,可以制造出发光层所发射的光中延迟荧光成分所占的比率较大的发光元件。

[0239] 例如,发光层160和发光层170可以分别具有如发光层170a及发光层170b那样层叠有两层的结构。通过作为两层的发光层分别使用两种具有发射不同的颜色的功能的发光材料(第一化合物及第二化合物),可以同时得到多种发光。尤其是,优选选择用于各发光层的发光材料,以便通过组合发光层160和发光层170所发射的光而能够得到白色发光。

[0240] 发光层160或发光层170也可以分别具有层叠有三层以上的结构,并也可以包括不具有发光材料的层。

[0241] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0242] 实施方式3

[0243] 在本实施方式中,参照图7A至图8B对与实施方式1及2所示的结构不同的结构的发

光元件及该发光元件的发光机理进行说明。

[0244] <发光元件的结构例子1>

[0245] 图7A是发光元件450的截面示意图。

[0246] 图7A所示的发光元件450在一对电极(电极401与电极402)之间具有多个发光单元(图7A中的发光单元441和发光单元442)。一个发光单元具有与图1A所示的EL层100同样的结构。就是说,图1A所示的发光元件150包括一个发光单元,发光元件450包括多个发光单元。注意,在发光元件450的以下描述中,电极401被用作阳极而电极402被用作阴极,但是在发光元件450中的功能也可以是交换的。

[0247] 另外,在图7A所示的发光元件450中,层叠有发光单元441和发光单元442,并且在发光单元441与发光单元442之间设置有电荷产生层445。另外,发光单元441和发光单元442可以具有相同结构或不同结构。例如,优选的是,将图1A所示的EL层100用于发光单元441。

[0248] 就是说,发光元件450包括发光层420和发光层430。另外,发光单元441除了发光层420之外还包括空穴注入层411、空穴传输层412、电子传输层413及电子注入层414。另外,发光单元442除了发光层430之外还包括空穴注入层416、空穴传输层417、电子传输层418及电子注入层419。

[0249] 电荷产生层445包含由有机化合物和受体物质构成的复合材料。作为该复合材料,可以使用能够用于实施方式1所示的空穴注入层111的复合材料。作为有机化合物,可以使用芳香胺化合物、咔唑化合物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等各种化合物。另外,优选使用其空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的有机化合物。但是,只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用这些以外的材料。因为由有机化合物和受体物质构成的复合材料具有良好的载流子注入性以及载流子传输性,所以可以实现低电压驱动以及低电流驱动。注意,如发光单元442所示,在发光单元的阳极一侧的表面接触于电荷产生层445时,电荷产生层445还可以具有发光单元的空穴注入层或空穴传输层的功能,所以在该发光单元中也可以不设置空穴注入层或空穴传输层。

[0250] 注意,电荷产生层445也可以具有组合包含由有机化合物和受体物质构成的复合材料的层与由其他材料构成的层的叠层结构。例如,也可以具有组合包含由有机化合物和受体物质构成的复合材料的层与包含选自具有供电子特性的物质中的一个化合物和具有高电子传输性的化合物的层的结构。另外,也可以具有组合包含由有机化合物和受体物质构成的复合材料的层与透明导电膜的结构。

[0251] 在发光单元441与发光单元442之间提供的电荷产生层445可以具有任意结构,只要在将电压施加到电极401和电极402时能够将电子注入到一侧上的发光单元且能够将空穴注入到另侧上的发光单元即可。例如,在图7A中,在以使电极401的电位高于电极402的电位的方式施加电压时,电荷产生层445将电子注入到发光单元441且将空穴注入到发光单元442。

[0252] 虽然在图7A中说明了具有两个发光单元的发光元件,但是可以同样地应用于层叠有三个以上的发光单元的发光元件。如发光元件450所示,通过在一对电极之间以由电荷产生层将其隔开的方式配置多个发光单元,可以实现在保持低电流密度的同时还可以进行高亮度发光,并且使用寿命更长的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。

[0253] 另外,发光层420包含主体材料421和客体材料422。另外,发光层430包含主体材料

431和客体材料432。主体材料431包含有机化合物431\_1和有机化合物431\_2。

[0254] 另外,在本实施方式中,发光层420具有与图1A所示的发光层130同样的结构。就是说,发光层420所具有的主体材料421和客体材料422分别相当于发光层130所具有的主体材料131和客体材料132。另外,以下对发光层430所具有的客体材料432为磷光材料的情况进行说明。注意,电极401、电极402、空穴注入层411及空穴注入层416、空穴传输层412及空穴传输层417、电子传输层413及电子传输层418、电子注入层414及电子注入层419分别相当于实施方式1所示的电极101、电极102、空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118、电子注入层119。因此,在本实施方式中省略其详细说明。

[0255] 另外,如实施方式1所示,使电子传输层413所使用的材料的LUMO能级低于发光层420所包含的主体材料的LUMO能级。另外,使电子传输层418所使用的材料的LUMO能级低于发光层430所包含的主体材料的LUMO能级。由此,可以制造出发光层所发射的光中延迟荧光成分所占的比率较大的发光元件。

[0256] 《发光层420的发光机理》

[0257] 发光层420的发光机理与图1A所示的发光层130的发光机理同样。

[0258] 《发光层430的发光机理》

[0259] 下面,对发光层430的发光机理进行说明。

[0260] 发光层430所具有的有机化合物431\_1和有机化合物431\_2形成激基复合物。在此,以有机化合物431\_1为主体材料,将有机化合物431\_2为辅助材料来进行说明。

[0261] 虽然有机化合物431\_1和有机化合物431\_2的组合只要是能够在发光层444中形成激基复合物的组合即可,但是一个有机化合物为具有空穴传输性的材料且另一个有机化合物为具有电子传输性的材料的组合是优选的。

[0262] 图7B示出发光层430中的有机化合物431\_1、有机化合物431\_2与客体材料432之间的能级关系。另外,图7B中的记载及符号表示的是如下:

[0263] Host (431\_1) : 有机化合物431\_1(主体材料) ;

[0264] Assist (431\_2) : 有机化合物431\_2(辅助材料) ;

[0265] Guest (432) : 客体材料432(磷光材料) ;

[0266] Exciplex: 激基复合物

[0267]  $S_{PH}$ : 有机化合物431\_1的单重激发态的最低能级;

[0268]  $T_{PH}$ : 有机化合物431\_1的三重激发态的最低能级;

[0269]  $T_{PG}$ : 客体材料432(磷光材料)的三重激发态的最低能级;

[0270]  $S_E$ : 激基复合物的单重激发态的最低能级;以及

[0271]  $T_E$ : 激基复合物的三重激发态的最低能级。

[0272] 由有机化合物431\_1和有机化合物431\_2形成的激基复合物的单重激发态的最低能级( $S_E$ )与激基复合物的三重激发态的最低能级( $T_E$ )彼此接近(参照图7B的Route C)。

[0273] 通过将激基复合物的 $S_E$ 和 $T_E$ 的双方的能量转移到客体材料432(磷光材料)的三重激发态的最低能级而得到发光(参照图7B的Route D)。

[0274] 注意,在本说明书等中,可以将上述Route C及Route D的过程称为激基复合物-三重态能量转移(ExTET, Exciplex-Triplet Energy Transfer)。

[0275] 另外,当有机化合物431\_1和有机化合物431\_2中的一个接收空穴,以及其中的另

一个电子,它们互相接近时,迅速形成激基复合物。或者,当一个化合物处于激发态时,其迅速与另一个化合物相互作用而形成激基复合物。因此,发光层430中的大部分的激子作为激基复合物存在。因为激基复合物的带隙比有机化合物431\_1及有机化合物431\_2窄,所以当因空穴和电子复合而形成激基复合物时,可以降低驱动电压。

[0276] 当发光层430具有上述结构,可以高效地获得来自发光层430的客体材料432(磷光材料)的发光。

[0277] 优选的是,与来自发光层430的发光相比,来自发光层420的发光的峰值更短波长一侧具有发光峰值。使用以短波长发光的磷光材料的发光元件具有亮度劣化快的趋势。于是,采用荧光以短波长发光,从而可以提供亮度劣化较小的发光元件。

[0278] 另外,通过使发光层420和发光层430发射彼此不同的发光波长的光,可以实现多色发光的元件。此时,该发光元件的发射光谱由不同的发光峰值的光合成而形成,因此该发射光谱具有至少两个峰值。

[0279] 另外,上述结构适合用来获得白色发光。通过使来自发光层420的光和来自发光层430的光处于呈现互补色的关系,可以获得白色发光。

[0280] 另外,通过将发光波长不同的多个发光材料用于发光层420和发光层430中的一方或双方时,也可以获得由三原色或四种或更多种的发光颜色构成的演色性高的白色发光。在此情况下,也可以将发光层420和发光层430中的一方或双方分割为层状并使该被分割的层的每一个也可以含有相互不同的发光材料。

[0281] <能够用于发光层的材料的例子>

[0282] 下面,对能够用于发光层420及发光层430的材料进行说明。

[0283] 《能够用于发光层420的材料》

[0284] 作为能够用于发光层420的材料,可以参照上述实施方式1所示的能够用于发光层130的材料。

[0285] 《能够用于发光层430的材料》

[0286] 在发光层430中,有机化合物431\_1(主体材料)的重量比最大,客体材料432(磷光材料)分散在有机化合物431\_1(主体材料)中。

[0287] 作为有机化合物431\_1(主体材料)的例子,包括锌或铝类金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲咯啉衍生物等。其他例子是芳族胺或咔唑衍生物等。

[0288] 作为客体材料432(磷光材料),可以举出铱、铑、铂类有机金属配合物或金属配合物,其中优选的是有机铱配合物,例如铱类邻位金属配合物。作为邻位金属化的配体,可以举出4H-三唑配体、1H-三唑配体、咪唑配体、吡啶配体、嘧啶配体、吡嗪配体或异喹啉配体等。作为金属配合物可以举出具有卟啉配体的铂配合物等。

[0289] 作为有机化合物431\_2(辅助材料),使用可以与有机化合物431\_1形成激基复合物的物质。此时,优选以激基复合物的发光峰值与客体材料432(磷光材料)的三重MLCT(从金属到配体的电荷转移: Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁的吸收带(具体而言,最长波长一侧的吸收带)重叠的方式选择有机化合物431\_1、有机化合物431\_2及客体材料432(磷光材料)。由此,可以实现一种发光效率得到显著提高的发光元件。注意,在使用热活化

延迟荧光材料代替磷光材料的情况下,最长波长一侧的吸收带优选为单重态的吸收带。

[0290] 作为包含在发光层430的发光材料,可以使用任何材料,只要是能够将三重激发态能转换为发光的材料即可。作为能够将该三重激发态能转换为发光的材料,除了磷光材料以外还可以举出热活化延迟荧光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料。因此,可以将“磷光材料”的记载看作“热活化延迟荧光材料”的记载。注意,热活化延迟荧光材料是指能够通过微小的热能量将三重激发态上转换(up-convert)为单重激发态(反系间窜越)并高效地呈现来自单重激发态的发光(荧光)的材料。可以高效地获得热活化延迟荧光的条件例如为如下:三重激发态能级与单重激态发能级的能量差大于0eV且0.2eV以下,优选大于0eV且0.1eV以下。

[0291] 另外,呈现热活化延迟荧光的材料既可是单独地通过反系间窜越由三重激发态产生单重激发态的材料又可是组合而形成激基复合物(也称为Exciplex)的两种材料。

[0292] 另外,对包含在发光层420的发光材料和包含在发光层430的发光材料的发光颜色没有限制,可以相同或不同。来自各材料的发光被混合并提取到元件的外部,因此例如当两个发光颜色处于呈现互补色的关系时,发光元件可以发射白色光。当考虑发光元件的可靠性时,包含在发光层420的发光材料的发光峰值波长优选比包含在发光层430的发光材料短。

[0293] <发光元件的结构例子2>

[0294] 以下参照图8A和图8B对与图7A和图7B所示的发光元件不同的结构例子进行说明。

[0295] 图8A是发光元件452的截面示意图。

[0296] 图8A所示的发光元件452在一对电极(电极401与电极402)之间夹有EL层400。注意,在发光元件452中,电极401被用作阳极且电极402被用作阴极。

[0297] 另外,EL层400包括发光层420和发光层430。另外,在发光元件452中,作为EL层400除了发光层420及发光层430之外还示出空穴注入层411、空穴传输层412、电子传输层418及电子注入层419,但是上述叠层结构只是一个例子,发光元件452中的EL层400的结构不局限于此。例如,也可以改变EL层400中的上述各层的叠层顺序。或者,也可以在EL层400中设置上述各层之外的功能层。该功能层例如具有注入载流子(电子或空穴)的功能、传输载流子的功能、抑制载流子的功能、产生载流子的功能即可。

[0298] 另外,发光层420包含主体材料421和客体材料422。另外,发光层430包含主体材料431和客体材料432。主体材料431包含有机化合物431\_1和有机化合物431\_2。以下,对客体材料422为荧光材料且客体材料432为磷光材料的情况进行说明。

[0299] <发光层420的发光机理>

[0300] 发光层420的发光机理与图1A所示的发光层130的发光机理同样。

[0301] <发光层430的发光机理>

[0302] 发光层430的发光机理与图7A所示的发光层430的发光机理同样。

[0303] <发光层420及发光层430的发光机理>

[0304] 上面说明了发光层420及发光层430的每一个的发光机理。如发光元件452所示,当发光层420与发光层430彼此接触时,即使在发光层420和发光层430的之间的界面发生从激基复合物到发光层420的主体材料421的能量转移(尤其是,三重激发能级的能量转移),也可以在发光层420中将上述三重激发能转换为发光。

[0305] 发光层420的主体材料421的T1能级优选比发光层430中的有机化合物431\_1及有机化合物431\_2的T1能级低。在发光层420中,优选主体材料421的S1能级比客体材料422(荧光材料)的S1能级高,而主体材料421的T1能级比客体材料422(荧光材料)的T1能级低。

[0306] 具体而言,图8B示出在发光层420中使用TTA,在发光层430中使用ExTET时的能级关系。图8B中的记载及符号表示的是如下:

[0307] Fluorescence EML (420): 荧光发光层(发光层420);

[0308] Phosphorescence EML (430): 磷光发光层(发光层430);

[0309]  $S_{FH}$ : 主体材料421的单重激发态的最低能级;

[0310]  $T_{FH}$ : 主体材料421的三重激发态的最低能级;

[0311]  $S_{FG}$ : 客体材料422(荧光材料)的单重激发态的最低能级;

[0312]  $T_{FG}$ : 客体材料422(荧光材料)的三重激发态的最低能级;

[0313]  $S_{PH}$ : 主体材料(有机化合物431\_1)的单重激发态的最低能级;

[0314]  $T_{PH}$ : 主体材料(有机化合物431\_1)的三重激发态的最低能级;

[0315]  $T_{PG}$ : 客体材料432(磷光材料)的三重激发态的最低能级;

[0316]  $S_E$ : 激基复合物的单重激发态的最低能级; 以及

[0317]  $T_E$ : 激基复合物的三重激发态的最低能级。

[0318] 如图8B所示,激基复合物只处于激发态,因此不容易产生激基复合物和激基复合物之间的激子扩散。激基复合物的激发能级( $S_E$ 、 $T_E$ )比发光层430的有机化合物431\_1(即,磷光材料的主体材料)的激发能级( $S_{PH}$ 、 $T_{PH}$ )低,因此不发生从激基复合物向有机化合物431\_1的能量扩散。同样地,也不发生从激基复合物向有机化合物431\_2的能量扩散。就是说,在磷光发光层(发光层430)中,激基复合物的激子扩散距离短,因此可以保持磷光发光层(发光层430)的发光效率。即使荧光发光层(发光层420)和磷光发光层(发光层430)之间的界面磷光发光层(发光层430)的激基复合物的三重激发能的一部分扩散到荧光发光层(发光层420)中,该扩散所引起的荧光发光层(发光层420)的三重激发能也利用TTA而转换为发光,因此可以减少能量损失。

[0319] 如上所述,在发光元件452中,通过在发光层430中利用ExTET且在发光层420中利用TTA减少能量损失,由此可以实现发光效率高的发光元件。此外,如发光元件452所示,当采用发光层420与发光层430彼此接触的结构时,可以在减少上述能量损失的情况下减少EL层400中的层的个数。因此,可以实现制造成本少的发光元件。

[0320] 另外,也可以采用发光层420不必要与发光层430接触的结构。此时,可以防止从在发光层430中生成的有机化合物431\_1、有机化合物431\_2或客体材料432(磷光材料)的激发态到发光层420中的主体材料421或客体材料422(荧光材料)的利用德克斯特(Dexter)机理的能量转移(尤其是,三重态能量转移)。因此,设置在发光层420与发光层430之间的层只要具有几nm左右的厚度即可。

[0321] 设置在发光层420与发光层430之间的层可以包含一个材料或空穴传输性材料和电子传输性材料。当上述层只包含一个材料时,也可以使用双极性材料。在此,双极性材料是指电子和空穴的迁移率比例为100以下的材料。也可以使用空穴传输性材料或电子传输性材料等。或者,其中的至少一个也可以使用与发光层430的主体材料(有机化合物431\_1或有机化合物431\_2)相同的材料形成。由此,发光元件的制造变得容易,并且可以降低驱动电

压。再者,也可以使用空穴传输性材料和电子传输性材料形成激基复合物,此时可以有效地抑制激子的扩散。具体而言,可以防止从发光层430的主体材料(有机化合物431\_1或有机化合物431\_2)或客体材料432(磷光材料)的激发态到发光层420的主体材料421或客体材料422(荧光材料)的能量转移。

[0322] 在发光元件452中,载流子的复合区域优选具有一定程度的分布。为此,在发光层420或发光层430中优选具有适当的载流子俘获性,尤其是,发光层430中的客体材料432(磷光材料)优选具有电子俘获性。另外,优选发光层420包含的客体材料422(荧光材料)具有空穴俘获性。

[0323] 另外,优选采用如下结构:与来自发光层430的发光的峰值相比,来自发光层420的发光的峰值更靠近短波长一侧。使用呈现短波长的发光的磷光材料的发光元件有亮度劣化快的趋势。于是,通过作为短波长的发光采用荧光发光可以提供一种亮度劣化小的发光元件。

[0324] 另外,通过使发光层420和发光层430发射彼此不同的发光波长的光,可以实现多色发光的元件。此时,由于合成具有不同的发光峰值的光,因此发射光谱成为具有至少两个峰值的发射光谱。

[0325] 另外,上述结构适合用来获得白色发光。通过使发光层420与发光层430的光为互补色的关系,可以获得白色发光。

[0326] 另外,通过将发光波长不同的多个发光材料用于发光层420,也可以得到由三原色或四种以上的发光颜色构成的演色性高的白色发光。在此情况下,也可以将发光层420进一步分割为层状并使该被分割的层的每一个含有不同的发光材料。

[0327] 《能够用于发光层的材料》

[0328] 下面,对可用于发光层420及发光层430的材料进行说明。

[0329] 《能够用于发光层420的材料》

[0330] 在发光层420中,主体材料421的重量比最大,客体材料422(荧光材料)分散在主体材料421中。优选主体材料421的S1能级比客体材料422(荧光材料)的S1能级高,主体材料421的T1能级比客体材料422(荧光材料)的T1能级低。

[0331] 《能够用于发光层430的材料》

[0332] 在发光层430中,主体材料(有机化合物431\_1或有机化合物431\_2)的重量比最大,客体材料432(磷光材料)分散在主体材料(有机化合物431\_1及有机化合物431\_2)中。发光层430的主体材料(有机化合物431\_1及有机化合物431\_2)的T1能级优选高于发光层420的客体材料422(荧光材料)的T1能级。

[0333] 作为主体材料(有机化合物431\_1及有机化合物431\_2)、客体材料432(磷光材料),可以使用作为图7A和图7B中的发光元件450说明的。

[0334] 另外,发光层420及发光层430可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成。

[0335] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0336] 实施方式4

[0337] 在本实施方式中,参照图9A和图9B说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置。

[0338] 注意,图9A是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图,图9B是说明本发明的一个方式的显示装置所包括的像素电路的电路图。

[0339] <关于显示装置的说明>

[0340] 图9A所示的显示装置包括:具有显示元件的像素的区域(以下称为像素部802);配置在像素部802外侧并具有用来驱动像素的电路的电路部(以下称为驱动电路部804);具有保护元件的功能的电路(以下称为保护电路806);以及端子部807。此外,也可以不设置保护电路806。

[0341] 驱动电路部804的一部分或全部优选与像素部802形成在同一衬底上。由此,可以减少构件的数量或端子的数量。当驱动电路部804的一部分或全部不与像素部802形成在同一衬底上时,驱动电路部804的一部分或全部可以通过COG或TAB(Tape Automated Bonding:卷带自动结合)安装。

[0342] 像素部802包括用来驱动配置为X行(X为2以上的自然数)Y列(Y为2以上的自然数)的多个显示元件的电路(以下称为像素电路801),驱动电路部804包括输出选择像素的信号(扫描信号)的电路(以下称为扫描线驱动电路804a)以及用来供应用于驱动像素的显示元件的信号(数据信号)的电路(以下称为信号线驱动电路804b)等驱动电路。

[0343] 扫描线驱动电路804a具有移位寄存器等。扫描线驱动电路804a通过端子部807被输入用来驱动移位寄存器的信号并输出信号。例如,扫描线驱动电路804a被输入起始脉冲信号、时钟信号等并输出脉冲信号。扫描线驱动电路804a具有控制被供应扫描信号的布线(以下称为扫描线GL\_1至GL\_X)的电位的功能。另外,也可以设置多个扫描线驱动电路804a,并通过多个扫描线驱动电路804a分别控制扫描线GL\_1至GL\_X。或者,扫描线驱动电路804a具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,扫描线驱动电路804a也可以供应其他信号。

[0344] 信号线驱动电路804b具有移位寄存器等。信号线驱动电路804b通过端子部807被输入用来驱动移位寄存器的信号和从其中得出数据信号的信号(图像信号)。信号线驱动电路804b具有根据图像信号生成写入到像素电路801的数据信号的功能。此外,信号线驱动电路804b具有响应于由于起始脉冲信号、时钟信号等的输入产生的脉冲信号而控制数据信号的输出的功能。另外,信号线驱动电路804b具有控制被供应数据信号的布线(以下称为数据线DL\_1至DL\_Y)的电位的功能。或者,信号线驱动电路804b具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,信号线驱动电路804b可以供应其他信号。

[0345] 信号线驱动电路804b例如使用多个模拟开关等来构成。信号线驱动电路804b通过依次使多个模拟开关开启而可以输出对图像信号进行时间分割所得到的信号作为数据信号。此外,信号线驱动电路804b也可以具有移位寄存器等。

[0346] 通过被供应扫描信号的多个扫描线GL之一的脉冲信号及被供应数据信号的多个数据线DL之一的数据信号被输入到多个像素电路801中的每一个。另外,多个像素电路801的每一个通过扫描线驱动电路804a来控制数据信号的写入及保持。例如,对第m行第n列的像素电路801,通过扫描线GL\_m(m是X以下的自然数)从扫描线驱动电路804a对第m行第n列的像素电路801输入脉冲信号,并根据扫描线GL\_m的电位而通过数据线DL\_n(n是Y以下的自然数)从信号线驱动电路804b输入数据信号。

[0347] 图9A所示的保护电路806例如连接于作为扫描线驱动电路804a和像素电路801之

间的布线的扫描线GL。或者,保护电路806连接于作为信号线驱动电路804b和像素电路801之间的布线的数据线DL。或者,保护电路806可以连接于扫描线驱动电路804a和端子部807之间的布线。或者,保护电路806可以连接于信号线驱动电路804b和端子部807之间的布线。此外,端子部807是指设置有用来从外部的电路对显示装置输入电源、控制信号及图像信号的端子的部分。

[0348] 保护电路806是在对与其连接的布线供应一定范围之外的电位时使该布线与其他布线之间导通的电路。

[0349] 如图9A所示,通过分别对像素部802和驱动电路部804设置保护电路806,可以提高显示装置对因ESD(Electro Static Discharge:静电放电)等而产生的过电流的耐性。但是,保护电路806的结构不局限于此,例如,也可以采用将扫描线驱动电路804a与保护电路806连接的结构或将信号线驱动电路804b与保护电路806连接的结构。或者,也可以采用将端子部807与保护电路806连接的结构。

[0350] 另外,虽然在图9A中示出由扫描线驱动电路804a和信号线驱动电路804b形成驱动电路部804的例子,但不局限于此。例如,也可以只形成扫描线驱动电路804a并安装另行准备的形成有信号线驱动电路的衬底(例如,由单晶半导体膜或多晶半导体膜形成的驱动电路衬底)。

[0351] <像素电路的结构实例>

[0352] 图9A所示的多个像素电路801例如可以采用图9B所示的结构。

[0353] 图9B所示的像素电路801包括晶体管852、854、电容器862以及发光元件872。

[0354] 晶体管852的源电极和漏电极中的一个电连接于被供应数据信号的布线(数据线DL\_n)。并且,晶体管852的栅电极电连接于被供应栅极信号的布线(扫描线GL\_m)。

[0355] 晶体管852具有控制数据信号的写入的功能。

[0356] 电容器862的一对电极中的一个电连接于被供应电位的布线(以下,称为电位供应线VL\_a),另一个电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0357] 电容器862具有作为储存被写入的数据的存储电容器的功能。

[0358] 晶体管854的源电极和漏电极中的一个电连接于电位供应线VL\_a。并且,晶体管854的栅电极电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0359] 发光元件872的阳极和阴极中的一个电连接于电位供应线VL\_b,另一个电连接于晶体管854的源电极和漏电极中的另一个。

[0360] 作为发光元件872,可以使用实施方式1至实施方式3所示的发光元件。

[0361] 此外,电位供应线VL\_a和电位供应线VL\_b中的一个被施加高电源电位VDD,另一个被施加低电源电位VSS。

[0362] 例如,在具有图9B的像素电路801的显示装置中,通过图9A所示的扫描线驱动电路804a依次选择各行的像素电路801,并使晶体管852开启而写入数据信号的数据。

[0363] 当晶体管852被关闭时,被写入数据的像素电路801成为保持状态。并且,流过晶体管854的源电极与漏电极之间的电流量根据写入的数据信号的电位被控制,发光元件872以对应于流过的电流量的亮度发光。通过按行依次进行上述步骤,可以显示图像。

[0364] 另外,本发明的一个方式的发光元件可以适用于在显示装置的像素中包括有源元件的有源矩阵方式或在显示装置的像素中没有包括有源元件的无源矩阵方式。

[0365] 在有源矩阵方式中,作为有源元件 (active element, 非线性元件) 除晶体管外还可以使用各种有源元件 (active element, 非线性元件)。例如,也可以使用MIM (Metal Insulator Metal: 金属-绝缘体-金属) 或TFD (Thin Film Diode: 薄膜二极管) 等。由于这些元件的制造工序少,因此能够降低制造成本或者提高成品率。另外,由于这些元件的尺寸小,所以可以提高开口率,从而能够实现低功耗或高亮度化。

[0366] 作为除了有源矩阵方式以外的方式,也可以采用不使用有源元件 (active element, 非线性元件) 的无源矩阵型。由于不使用有源元件 (active element, 非线性元件),所以制造工序少,从而可以降低制造成本或者提高成品率。另外,由于不使用有源元件 (非线性元件),所以可以提高开口率,从而能够实现低功耗或高亮度化等。

[0367] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0368] 实施方式5

[0369] 在本实施方式中,参照图10A至图14说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置以及在该显示装置安装输入装置的电子设备。

[0370] <关于触摸面板的说明1>

[0371] 注意,在本实施方式中,作为电子设备的一个例子,对组合显示装置与输入装置的触摸面板2000进行说明。另外,作为输入装置的一个例子,对使用触摸传感器的情况进行说明。

[0372] 图10A及图10B是触摸面板2000的透视图。另外,在图10A及图10B中,为了明确起见,示出触摸面板2000的典型的构成要素。

[0373] 触摸面板2000包括显示装置2501及触摸传感器2595 (参照图10B)。此外,触摸面板2000包括衬底2510、衬底2570以及衬底2590。另外,衬底2510、衬底2570以及衬底2590都具有柔性。注意,衬底2510、衬底2570和衬底2590中的任一个或全部可以不具有柔性。

[0374] 显示装置2501包括衬底2510上的多个像素以及能够向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导在衬底2510的外周部,其一部分构成端子2519。端子2519与FPC2509 (1) 电连接。

[0375] 衬底2590包括触摸传感器2595以及与触摸传感器2595电连接的多个布线2598。多个布线2598被引导在衬底2590的外周部,其一部分构成端子。并且,该端子与FPC2509 (2) 电连接。另外,为了明确起见,在图10B中以实线示出设置在衬底2590的背面一侧 (与衬底2510相对的面一侧) 的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0376] 作为触摸传感器2595,例如可以适用电容式触摸传感器。作为电容式,可以举出表面型电容式、投影型电容式等。

[0377] 作为投影型电容式,主要根据驱动方法的不同而分为自电容式、互电容式等。当采用互电容式时,可以同时检测出多个点,所以是优选的。

[0378] 注意,图10B所示的触摸传感器2595是采用了投影型电容式触摸传感器的结构。

[0379] 另外,触摸传感器2595可以适用可检测出手指等检测对象的接近或接触的各种传感器。

[0380] 投影型电容式触摸传感器2595包括电极2591及电极2592。电极2591电连接于多个布线2598之中的任何一个,而电极2592电连接于多个布线2598之中的任何其他一个。

[0381] 如图10A及图10B所示,电极2592具有在一个方向上配置的多个四边形的形状,其

中一个四边形的一个角部与另一个四边形的另一个角部相互连接。

[0382] 电极2591是四边形且在与电极2592延伸的方向交叉的方向上配置。

[0383] 布线2594与其间夹着电极2592的两个电极2591电连接。此时,电极2592与布线2594的交叉部面积优选为尽可能小。由此,可以减少没有设置电极的区域的面积,从而可以降低透过率的偏差。其结果,可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度偏差。

[0384] 注意,电极2591及电极2592的形状不局限于此,可以具有各种形状。例如,也可以采用如下结构:将多个电极2591配置为其间尽量没有间隙,并隔着绝缘层间隔开地设置多个电极2592,以形成不重叠于电极2591的区域。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,因为可以减少透过率不同的区域的面积。

[0385] <关于显示装置的说明>

[0386] 接着,参照图11A说明显示装置2501的详细内容。图11A是沿图10B中的点划线X1-X2所示的部分的截面图。

[0387] 显示装置2501包括多个配置为矩阵状的像素。该像素包括显示元件以及驱动该显示元件的像素电路。

[0388] 在以下说明中,示出使用发射白色光的发光元件适用于显示元件的例子,但是显示元件不局限于此。例如,可以从相邻的像素射出不同的光的方式包括发光颜色不同的EL元件。

[0389] 作为衬底2510及衬底2570,例如,可以适当地使用水蒸气透过率为 $1 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下,优选为 $1 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下的具有柔性的材料。或者,优选使用衬底2510的热膨胀率及衬底2570的热膨胀率大致相同的材料。例如,上述材料的线性膨胀系数优选为 $1 \times 10^{-3} / \text{K}$ 以下,更优选为 $5 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下,进一步优选为 $1 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下。

[0390] 注意,衬底2510是叠层体,其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2510a、柔性衬底2510b以及贴合绝缘层2510a与柔性衬底2510b的粘合层2510c。另外,衬底2570是叠层体,其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2570a、柔性衬底2570b以及贴合绝缘层2570a与柔性衬底2570b的粘合层2570c。

[0391] 粘合层2510c及粘合层2570c例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,也可以使用硅酮等具有硅氧烷键的树脂。

[0392] 此外,在衬底2510与衬底2570之间包括密封层2560。密封层2560优选具有比空气大的折射率。此外,如图11A所示,当在密封层2560一侧提取光时,密封层2560可以兼作光学接合层。

[0393] 另外,可以在密封层2560的外周部形成密封剂。通过使用该密封剂,可以在由衬底2510、衬底2570、密封层2560及密封剂围绕的区域中配置发光元件2550R。此外,也可以使用惰性气体(氮或氩等)代替密封层2560。此外,可以在该非活性气体内设置干燥剂而吸收水分等。另外,也可以使用紫外线固化树脂或热固化树脂,例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂。另外,作为上述密封剂,例如优选使用环氧类树脂或玻璃粉。此外,作为用于密封剂的材料,优选使用不使水分或氧透过的材料。

[0394] 另外,显示装置2501包括像素2502R。此外,像素2502R包括发光模块2580R。

[0395] 像素2502R包括发光元件2550R以及可以向该发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。注意,将晶体管2502t用作像素电路的一部分。此外,发光模块2580R包括发光元件2550R以及着色层2567R。

[0396] 发光元件2550R包括下部电极、上部电极以及下部电极与上部电极之间的EL层。作为发光元件2550R,例如可以使用实施方式1至实施方式4所示的发光元件。

[0397] 另外,也可以在下部电极与上部电极之间采用微腔结构,增强特定波长的光的强度。

[0398] 另外,在密封层2560被设置于提取光一侧的情况下,密封层2560接触于发光元件2550R及着色层2567R。

[0399] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的区域。由此,从发光元件2550R发射的光的一部分透过着色层2567R,而如图中的箭头所射出到发光模块2580R的外部。

[0400] 显示装置2501在提取光的一侧包括遮光层2567BM。遮光层2567BM以围绕着色层2567R的方式设置。

[0401] 着色层2567R具有使特定波长区的光透过的功能即可,例如,可以使用使红色波长区的光透过的滤色片、使绿色波长区的光透过的滤色片、使蓝色波长区的光透过的滤色片以及使黄色波长区的光透过的滤色片等。每个滤色片可以通过印刷法、喷墨法、利用光刻技术的蚀刻法等并使用各种材料形成。

[0402] 另外,在显示装置2501中设置有绝缘层2521。绝缘层2521覆盖晶体管2502t。此外,绝缘层2521具有使起因于像素电路的凹凸平坦的功能。另外,可以使绝缘层2521具有能够抑制杂质扩散的功能。由此,能够抑制由于杂质扩散而晶体管2502t等的可靠性降低。

[0403] 此外,发光元件2550R被形成于绝缘层2521上。另外,以与发光元件2550R所包括的下部电极的端部重叠的方式设置分隔壁2528。此外,可以在分隔壁2528上形成控制衬底2510与衬底2570的间隔的间隔物。

[0404] 扫描线驱动电路2503g (1) 包括晶体管2503t及电容器2503c。可以将驱动电路与像素电路经同一工序形成在同一衬底上。

[0405] 另外,在衬底2510上设置有能够供应信号的布线2511。此外,在布线2511上设置有端子2519。另外,FPC2509 (1) 电连接到端子2519。此外,FPC2509 (1) 具有供应视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等的功能。另外,FPC2509 (1) 也可以安装有印刷线路板 (PWB: Printed Wiring Board)。

[0406] 在显示装置2501中,可以使用各种结构的晶体管。图11A说明使用底栅型晶体管的例子,但本发明不局限于该例子,可以将图11B所示的顶栅型晶体管适用于显示装置2501。

[0407] 另外,对晶体管2502t及晶体管2503t的极性没有特别的限制。对这些晶体管可以使用N沟道晶体管及P沟道晶体管,或者可以使用N沟道晶体管或P沟道晶体管。此外,对用于晶体管2502t及2503t的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如,可以使用非晶半导体膜、结晶半导体膜。另外,作为半导体材料,可以使用第13族半导体(例如,含有镓的半导体)、第14族半导体(例如,含有硅的半导体)、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。通过将能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体用于晶体管2502t和晶体管2503t中的任一个或两个,能够降低晶体管的关态电流,所以是优选的。作为该氧化物半导体,可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M表示铝(A1)、镓(Ga)、钇

(Y)、锆 (Zr)、镧 (La)、铈 (Ce)、锡 (Sn)、铪 (Hf) 或钕 (Nd) 等。

[0408] <关于触摸传感器的说明>

[0409] 接着,参照图11C说明触摸传感器2595的详细内容。图11C相当于沿图10B中的点划线X3-X4所示的部分的截面图。

[0410] 触摸传感器2595包括:在衬底2590上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。

[0411] 电极2591及电极2592使用具有透光性的导电材料形成。作为具有透光性的导电材料,可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。此外,还可以使用含有石墨烯的膜。例如可以通过使包含氧化石墨烯的膜还原而形成含有石墨烯的膜。作为还原方法,可以采用进行加热的方法等。

[0412] 电极2591及电极2592通过如下方法形成:例如,通过溅射法将透光性的导电材料形成在衬底2590上,然后可以通过光刻法等各种图案形成技术去除不需要的部分。

[0413] 另外,作为用于绝缘层2593的材料,例如除了丙烯酸树脂、环氧树脂等树脂、硅酮等具有硅氧烷键的树脂之外,还可以使用氧化硅、氧氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0414] 另外,达到电极2591的开口设置在绝缘层2593中,并且布线2594与相邻的电极2591电连接。由于可以提高触摸面板的开口率,透光导电材料可以适用于布线2594。另外,由于可以减少电阻,其导电性高于电极2591及电极2592的材料可以适用于布线2594。

[0415] 电极2592在一个方向上延伸,多个电极2592设置为条纹状。此外,布线2594以与电极2592交叉的方式设置。

[0416] 夹着一个电极2592设置有一对电极2591。另外,布线2594电连接一对电极2591。

[0417] 另外,多个电极2591并不一定要设置在与一个电极2592正交的方向上,也可以设置为形成大于0°且小于90°的角。

[0418] 此外,一个布线2598与电极2591或电极2592电连接。另外,将布线2598的一部分用作端子。作为布线2598,例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等,或者包含该金属材料的合金材料。

[0419] 另外,通过设置覆盖绝缘层2593及布线2594的绝缘层,可以保护触摸传感器2595。

[0420] 此外,连接层2599电连接布线2598与FPC2509 (2)。

[0421] 作为连接层2599,可以使用各向异性导电膜 (ACF:Anisotropic Conductive Film) 或各向异性导电膏 (ACP:Anisotropic Conductive Paste) 等。

[0422] <关于触摸面板的说明2>

[0423] 接着,参照图12A说明触摸面板2000的详细内容。图12A相当于沿图10A中的点划线X5-X6所示的部分的截面图。

[0424] 在图12A所示的触摸面板2000中,图11A所说明的显示装置2501与图11C所说明的触摸传感器2595贴合在一起。

[0425] 另外,图12A所示的触摸面板2000除了图11A及图11C所说明的结构之外还包括粘合层2597及防反射层2567p。

[0426] 粘合层2597以与布线2594接触的方式设置。注意,粘合层2597以使触摸传感器2595重叠于显示装置2501的方式将衬底2590贴合到衬底2570。此外,粘合层2597优选具有透光性。另外,作为粘合层2597,可以使用热固化树脂或紫外线固化树脂。例如,可以使用丙

烯酸类树脂、氨酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂。

[0427] 防反射层2567p位于与像素重叠的区域中。作为防反射层2567p, 例如可以使用圆偏振片。

[0428] 接着, 参照图12B对与图12A所示的结构不同的结构的触摸面板进行说明。

[0429] 图12B是触摸面板2001的截面图。图12B所示的触摸面板2001与图12A所示的触摸面板2000的不同之处是相对于显示装置2501的触摸传感器2595的位置。在这里对不同的部分进行详细的说明, 而对其它同样的部分可以援用触摸面板2000的说明。

[0430] 着色层2567R位于发光元件2550R的下方。此外, 图12B所示的发光元件2550R向设置有晶体管2502t的一侧发射光。由此, 发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R, 而如图12B中的箭头所示被射出到发光模块2580R的外部。

[0431] 另外, 触摸传感器2595被设置于显示装置2501的衬底2510一侧。

[0432] 粘合层2597位于衬底2510与衬底2590之间, 并将显示装置2501和触摸传感器2595贴合在一起。

[0433] 如图12A及图12B所示, 从发光元件射出到衬底的顶面和底面中的一面或双面。

[0434] <关于触摸面板的驱动方法的说明>

[0435] 接着, 参照图13A及图13B对触摸面板的驱动方法的例子进行说明。

[0436] 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、电流检测电路2602。另外, 在图13A中, 以X1至X6的六个布线表示被施加有脉冲电压的电极2621, 并以Y1至Y6的六个布线表示检测电流的变化的电极2622。此外, 图13A示出由于使电极2621与电极2622重叠而形成的电容器2603。注意, 电极2621与电极2622的功能可以互相调换。

[0437] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到X1至X6的布线的电路。通过对X1至X6的布线施加脉冲电压, 在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。例如当该电极之间的电场被遮蔽时, 电容器2603中产生变化(互电容)。通过利用该变化可以检测出被检测体的接近或接触。

[0438] 电流检测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的Y1至Y6的布线的电流变化的电路。当没有被检测体的接近或接触时, 在布线Y1至Y6中所检测的电流值则没有变化, 另一方面, 在由于所检测的被检测体的接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, 可以将积分电路等用于电流检测。

[0439] 接着, 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, 在一个帧期间进行各行列中的被检测体的检测。另外, 在图13B中, 示出没有检测出被检测体(未触摸)的期间和检测出被检测体(触摸)的期间。此外, 图13B示出对应于Y1至Y6的布线所检测出的电流值的电压值的波形。

[0440] 依次对X1至X6的布线施加脉冲电压, Y1至Y6的布线的波形根据该脉冲电压变化。当没有被检测体的接近或接触时, Y1至Y6的波形对应于X1至X6的布线的电压变化而同样地变化。另一方面, 在有被检测体接近或接触的部位电流值减少, 因而与其相应的电压值的波形也产生变化。

[0441] 如此, 通过检测互电容的变化, 可以检测出被检测体的接近或接触。

[0442] <关于传感器电路的说明>

[0443] 另外,作为触摸传感器,图13A虽然示出在布线的交叉部只设置电容器2603的无源矩阵型触摸传感器的结构,但是也可以采用包括晶体管和电容器的有源矩阵型触摸传感器。图14示出有源矩阵型触摸传感器所包括的传感器电路的一个例子。

[0444] 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。

[0445] 对晶体管2613的栅极施加信号G2。对晶体管2613的源极和漏极中的一个施加电压VRES,并且晶体管2613的源极和漏极中的另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接,并且,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的栅极施加信号G1,晶体管2612的源极和漏极中的另一个与布线ML电连接。对电容器2603的另一个电极施加电压VSS。

[0446] 接下来,对图14所述的传感器电路的工作进行说明。首先,通过作为信号G2施加使晶体管2613成为开启状态的电位,与晶体管2611的栅极连接的节点n被施加对应于电压VRES的电位。接着,通过作为信号G2施加使晶体管2613成为关闭状态的电位,节点n的电位被保持。

[0447] 接着,由于手指等被检测体的接近或接触,电容器2603的互电容产生变化,而节点n的电位随其由VRES变化。

[0448] 在读出工作中,作为信号G1施加使晶体管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。通过检测该电流,可以检测出被检测体的接近或接触。

[0449] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613中,优选将氧化物半导体层用于形成有其沟道区的半导体层。尤其是通过将这种晶体管用于晶体管2613,能够长期间保持节点n的电位,由此可以减少对节点n再次供应VRES的工作(刷新工作)的频度。

[0450] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0451] 实施方式6

[0452] 在本实施方式中,参照图15至图16G对包括本发明的一个方式的发光元件的显示模块及电子设备进行说明。

[0453] <关于显示模块的说明>

[0454] 图15所示的显示模块8000在上盖8001与下盖8002之间包括连接于FPC8003的触摸传感器8004、连接于FPC8005的显示装置8006、框架8009、印刷电路板8010、电池8011。

[0455] 例如可以将本发明的一个方式的发光元件用于显示装置8006。

[0456] 上盖8001及下盖8002可以根据触摸传感器8004及显示装置8006的尺寸可以适当地改变形状或尺寸。

[0457] 触摸传感器8004能够是电阻膜式触摸传感器或电容式触摸传感器,并且能够被形成为与显示装置8006重叠。此外,也可以使显示装置8006的对置衬底(密封衬底)具有触摸传感器的功能。另外,也可以在显示装置8006的各像素内设置光传感器,而形成光学触摸传感器。

[0458] 框架8009除了具有保护显示装置8006的功能以外还具有用来遮断因印刷电路板8010的工作而产生的电磁波的电磁屏蔽的功能。此外,框架8009也可以具有作为散热板的功能。

[0459] 印刷电路板8010具有电源电路以及用来输出视频信号及时钟信号的信号处理电路。作为对电源电路供应电力的电源,既可以采用外部的商业电源,又可以采用另行设置的电池8011的电源。当使用商业电源时,可以省略电池8011。

[0460] 此外,在显示模块8000中还可以追加设置偏振片、相位差板、棱镜片等构件。

[0461] <关于电子设备的说明>

[0462] 图16A至图16G是示出电子设备的图。这些电子设备可以包括框体9000、显示部9001、扬声器9003、操作键9005(包括电源开关或操作开关)、连接端子9006、传感器9007(它具有测量如下因素的功能:力、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、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风9008等。

[0463] 图16A至图16G所示的电子设备可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触控传感器的功能;显示日历、日期或时间等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;进行无线通信的功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据来将其显示在显示部上的功能;等。注意,图16A至图16G所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。另外,虽然在图16A至图16G中未图示,但是电子设备可以包括多个显示部。此外,也可以在该电子设备中设置照相机等而使其具有如下功能:拍摄静态图像的功能;拍摄动态图像的功能;将所拍摄的图像储存在存储介质(外部存储介质或内置于照相机的存储介质)中的功能;将所拍摄的图像显示在显示部上的功能;等。

[0464] 下面,详细地说明图16A至图16G所示的电子设备。

[0465] 图16A是示出便携式信息终端9100的透视图。便携式信息终端9100所包括的显示部9001具有柔性。因此,可以沿着所弯曲的框体9000的弯曲面组装显示部9001。另外,显示部9001具备触摸传感器,而可以用手指或触屏笔等触摸屏幕来进行操作。例如,通过触摸显示于显示部9001上的图标,可以启动应用程序。

[0466] 图16B是示出便携式信息终端9101的透视图。便携式信息终端9101例如具有电话机、电子笔记本和信息阅读装置等中的一种或多种的功能。具体而言,可以将其用作智能手机。注意,扬声器9003、连接端子9006、传感器9007等在便携式信息终端9101中未图示,但可以设置在与图16A所示的便携式信息终端9100同样的位置上。另外,便携式信息终端9101可以将文字及图像信息显示在其多个面上。例如,可以将三个操作按钮9050(还称为操作图标或简称为图标)显示在显示部9001的一个面上。另外,可以将由虚线矩形表示的信息9051显示在显示部9001的另一个面上。此外,作为信息9051的一个例子,有提醒收到电子邮件、SNS(Social Networking Services:社交网络服务)、电话等的显示;电子邮件或SNS等的标题;电子邮件或SNS等的发送者名字;日期;时间;电池电量;天线接收强度等。或者,可以在显示有信息9051的位置上显示操作按钮9050等代替信息9051。

[0467] 图16C是示出便携式信息终端9102的透视图。便携式信息终端9102具有将信息显示在显示部9001的三个以上的面上的功能。在此,示出信息9052、信息9053、信息9054分别显示于不同的面上的例子。例如,便携式信息终端9102的使用者能够在将便携式信息终端9102放在上衣口袋里的状态下确认其显示(这里是信息9053)。具体而言,将打来电话的人

的电话号码或姓名等显示在能够从便携式信息终端9102的上方观看这些信息的位置。使用者可以确认到该显示而无需从口袋里拿出便携式信息终端9102,由此能够判断是否接电话。

[0468] 图16D是示出手表型便携式信息终端9200的透视图。便携式信息终端9200可以执行移动电话、电子邮件、文章的阅读及编辑、音乐播放、网络通信、电脑游戏等各种应用程序。此外,显示部9001的显示面被弯曲,能够在所弯曲的显示面上显示图像。另外,便携式信息终端9200可以进行被通信标准化的近距离通信。例如,通过利用便携式信息终端9200与可进行无线通信的耳麦之间相互通信,可以进行免提通话。此外,便携式信息终端9200包括连接端子9006,可以通过连接器直接与其他信息终端进行数据的交换。另外,也可以通过连接端子9006进行充电。此外,充电工作也可以利用无线供电进行,而不通过连接端子9006。

[0469] 图16E至图16G是示出能够折叠的便携式信息终端9201的透视图。另外,图16E是展开状态的便携式信息终端9201的透视图。图16F是展开状态和折叠状态的中途的便携式信息终端9201的透视图。图16G是折叠状态的便携式信息终端9201的透视图。便携式信息终端9201在折叠状态下可携带性好。在便携式信息终端9201处于展开状态时,无缝拼接的大显示区域实现高一览性。便携式信息终端9201所包括的显示部9001由铰链9055所连接的三个框体9000来支撑。通过使用铰链9055在两个框体9000之间弯折便携式信息终端9201,可以从便携式信息终端9201的展开状态可逆性地变为折叠状态。例如,可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径使便携式信息终端9201弯曲。

[0470] 本实施方式所示的电子设备包括用来显示某些信息的显示部。注意,根据本发明的一个方式的发光元件也可以应用于不包括显示部的电子设备。另外,虽然在本实施方式中示出了电子设备的显示部具有柔性且可以在所弯曲的显示面上进行显示的结构或能够使其显示部折叠的结构,但不局限于此,也可以采用不具有柔性且在平面部上进行显示的结构。

[0471] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0472] 实施方式7

[0473] 在本实施方式中,参照图17说明应用包括本发明的一个方式的发光元件的发光装置的照明装置的一个例子。

[0474] 图17是将发光元件用于室内照明装置8501的例子。另外,因为发光元件可以实现大面积化,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,也可以通过使用具有曲面的框体来形成发光区域具有曲面的照明装置8502。本实施方式所示的发光元件为薄膜状,所以框体的设计的自由度高。因此,可以形成能够对应各种设计的照明装置。并且,室内的墙面也可以设置有大型的照明装置8503。也可以在照明装置8501、照明装置8502、照明装置8503中设置触摸传感器,启动或关闭电源。

[0475] 另外,通过将发光元件用于桌子的表面一侧,可以提供具有桌子的功能的照明装置8504。此外,通过将发光元件用于其他家具的一部分,可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0476] 如上所述,可以得到应用发光元件的各种各样的照明装置。另外,这种照明装置包括在本发明的一个方式中。

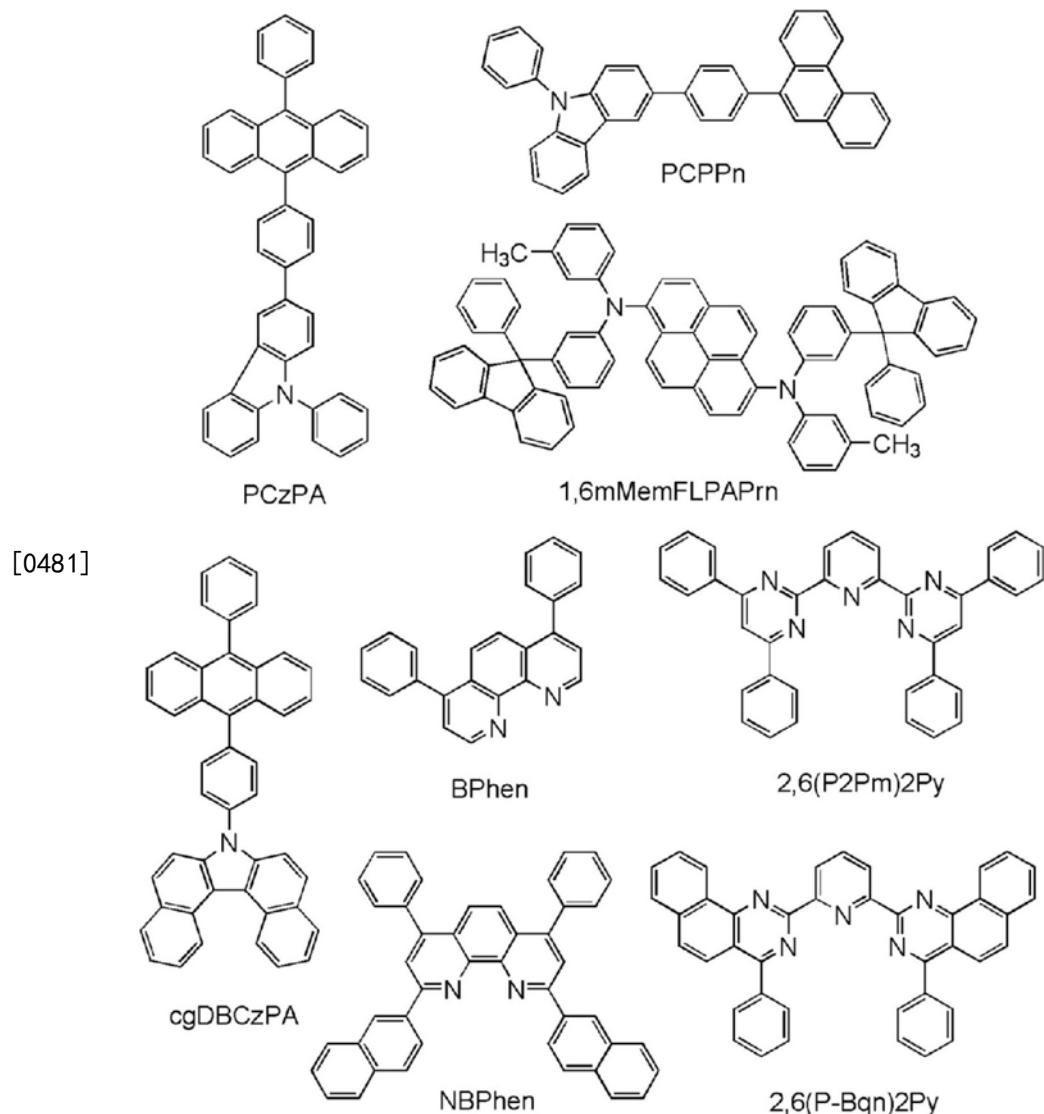
[0477] 另外,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实

施。

[0478] 实施例1

[0479] 在本实施例中,制造了元件结构互不相同的8种发光元件。该8种发光元件包括:电子传输层所使用的材料互不相同的四种发光元件;以及与上述四种发光元件相比仅空穴传输层所使用的材料不同的四种发光元件。另外,参照图18对发光元件1至发光元件8的制造进行说明。以下示出本实施例所使用的材料的化学式。

[0480] [化1]



[0482] 《发光元件1至发光元件8的制造》

[0483] 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)的膜,由此形成被用作阳极的第一电极901。另外,该第一电极的厚度为70nm,并且面积为2mm×2m。

[0484] 接着,作为用来在衬底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秒钟的UV臭氧处理。

[0485] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 $1 \times 10^{-4}$ 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,受到以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底900进行30分钟左右的冷却。

[0486] 接着,以使形成有第一电极901的基板的表面朝下的方式将衬底900固定到设置于真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,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。

[0487] 在将真空装置内减压至 $1 \times 10^{-4}$ Pa之后,在为发光元件1至发光元件4的情况下,将3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)与氧化钼以重量比为PCPPn:氧化钼=4:2的方式进行共蒸镀,并在第一电极901上形成空穴注入层911。膜厚度为10nm。另外,作为发光元件5至发光元件8,通过以重量比为PCzPA:氧化钼=4:2的共蒸镀,沉积9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)与氧化钼,在第一电极901上形成空穴注入层911。将膜厚度设定为10nm。共蒸镀是指将多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0488] 接着,在为发光元件1至发光元件4的情况下,在空穴注入层911上蒸镀30nm厚的PCPPn来形成空穴传输层912。在为发光元件5至发光元件8的情况下,在空穴注入层911上蒸镀30nm厚的PCzPA来形成空穴传输层912。

[0489] 接着,在空穴传输层912上通过以重量比为cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn=1:0.03的方式的共蒸镀,沉积7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)来形成发光层913。另外,将膜厚度设定为25nm。

[0490] 接着,在为发光元件1及发光元件5的情况下,通过蒸镀在发光层913上以厚度为25nm的方式沉积红菲绕啉(简称:BPhen)来形成电子传输层914。另外,在为发光元件2及发光元件6的情况下,通过蒸镀在发光层913上以厚度为25nm的方式沉积2,2'- (吡啶-2,6-二基)双(4,6-二苯基嘧啶)(简称:2,6(P2Pm)2Py)来形成电子传输层914。另外,在为发光元件3及发光元件7的情况下,通过蒸镀在发光层913上以厚度为25nm的方式沉积2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen)来形成电子传输层914。另外,在为发光元件4及发光元件8的情况下,通过蒸镀在发光层913上以厚度为25nm的方式沉积2,2'- (吡啶-2,6-二基)双(4-苯基苯并[h]喹唑啉)(简称:2,6(P-Bqn)2Py)来形成电子传输层914。

[0491] 并且,通过蒸镀在电子传输层914上以厚度为1nm的方式沉积氟化锂来形成电子注入层915。

[0492] 最后,通过蒸镀在电子注入层915上以厚度为200nm的方式沉积铝来形成被用作阴极的第二电极903。由此制造发光元件1至发光元件8。另外,在上述整个蒸镀过程中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0493] 表1示出通过上述步骤得到的发光元件1至发光元件8的元件结构。

[0494] [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
[0495]	发光元件1	ITO (70nm)	PCPPn :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	Bphen (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件2	ITO (70nm)	PCPPn :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	2, 6 (P2Pm) 2Py (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件3	ITO (70nm)	PCPPn :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	NBPhen (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件4	ITO (70nm)	PCPPn :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	2, 6 (P-Bqn) 2Py (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件5	ITO (70nm)	PCzPA :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	Bphen (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件6	ITO (70nm)	PCzPA :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2, 6 (P2Pm) 2Py (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件7	ITO (70nm)	PCzPA :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	NBPhen (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
	发光元件8	ITO (70nm)	PCzPA :MoO <sub>x</sub> (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2, 6 (P-Bqn) 2Py (25nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
*cgDBCzPA:1, 6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)							

[0496] 另外,将制造出的发光元件1至发光元件8以不暴露于大气的方式密封于氮气氛的手套箱内(将密封剂涂敷于元件的周围,并在密封时进行UV处理及80℃下的1小时的加热处理)。另外,为了进行如下测定将各发光元件各制造了四个。

[0497] 《发光元件1至发光元件8的特性》

[0498] 利用皮秒荧光寿命测量系统(日本滨松光子学公司制造)对制造的发光元件1至发光元件8(各四个)进行了测定。为了测量发光元件中的荧光发光的寿命,对发光元件施加矩形脉冲电压,并且使用条纹相机对在电压下降后衰减的发光进行时间分辨测量。脉冲电压以10Hz的频率施加。通过将反复测定的数据累计起来获得S/N比例高的数据。另外,在如下条件下进行了测定:室温(300K);脉冲电压为3V左右;脉冲时间宽度为100μsec;负偏压为-5V;测定时间范围为50μsec。

[0499] 利用算式(f1)拟合了的测定得到瞬时荧光的衰减曲线。

$$[0500] \quad L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad (f1)$$

[0501] 在算式 (f1) 中, L 表示归一化的发光强度, t 表示经过时间。

[0502] 可以以 n 为 1 和 2 的条件对通过测定得到拟合的衰减曲线。另外, 可知发光元件 1 至发光元件 8 不仅包含荧光成分还包含延迟荧光成分。另外, 延迟荧光成分是指关闭脉冲电压后, 即, 关闭对发光层注入载流子后测出的荧光发光。测出延迟荧光成分说明在发光元件的 EL 层中发生了三重态-三重态湮灭 (TTA)。另外, 延迟荧光成分比率是指供应脉冲电压时的发光元件的荧光发光强度与关闭脉冲电压后的发光元件的荧光发光强度的比率, 即, 不断地对发光层注入载流子时的发光元件的荧光发光强度与停止注入载流子后的发光元件的荧光发光强度的比率。下面的表 2 示出发光元件 1 至发光元件 8 的延迟荧光成分比率。

[0503] 另外, 测定发光元件 1 至发光元件 8 的发光特性并求出外部量子效率。另外, 这里求出的各发光元件的外部量子效率是通过如下方式得到的值: 将衬底旋转 -80 度至 80 度测定发光的视角依赖性并考虑了电致发光的配光特性。下述表 2 示出结果。另外, 测量在室温下 (在保持于 25°C 的气氛中) 进行。

[0504] [表 2]

[0505]

	延迟荧光成分比率 (%)	外部量子效率 (%)	脉冲电压 (V)
发光元件1	12.3	8.97	3.15
	12.5	9.04	3.10
	12.1	9.17	3.10
	10.9	9.02	3.10
发光元件2	13.7	9.12	3.10
	12.0	9.21	3.10
	13.0	9.17	3.10
	14.0	9.23	3.10
发光元件3	18.1	9.37	3.15
	16.2	9.79	3.15
	17.4	9.76	3.15
	18.2	9.72	3.15
发光元件4	20.7	9.66	3.20
	20.4	9.76	3.20
	19.5	9.55	3.20
	20.9	9.33	3.20
发光元件5	8.8	7.71	3.00
	7.7	7.83	3.00
	6.8	7.91	3.05
	6.6	7.84	2.95
发光元件6	7.3	7.83	3.00
	7.1	7.92	3.00
	8.7	8.02	3.05
	7.7	7.96	3.00
发光元件7	10.1	7.91	3.00
	10.2	8.29	3.05
	9.4	8.34	3.05
	11.1	8.23	3.05
发光元件8	12.5	8.09	3.20
	12.0	8.13	3.15
	12.4	8.09	3.20
	13.4	7.87	3.20

[0506] 另外,表3示出发光元件1至发光元件8的电子传输层所使用的材料的LUMO能级。LUMO能级是通过各材料在N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)溶剂中的循环伏安法测定估算的。

[0507] [表3]

[0508]

	电子传输层	LUMO能级 (eV)
发光元件1、5	BPhen	-2.63
发光元件2、6	2,6 (P2Pm) 2Py	-2.78
发光元件3、7	NBPhen	-2.83
发光元件4、8	2,6 (P-Bqn) 2Py	-2.92

[0509] 图19示出发光元件1至发光元件8的用于电子传输层的材料的LUMO能级(eV)(表3示出)的延迟荧光成分比率(%)。在图19中,使用相同的标绘表示将PCPPn用于空穴传输层的发光元件1至发光元件4,并使用相同的标绘表示将PCzPA用于空穴传输层的发光元件5至发光元件8。

[0510] 结果表明:虽然用于空穴传输层的各材料的比率具有不同的值,但是有用于电子传输层用的材料的LUMO能级的值越大延迟荧光成分比率越大的倾向。即,使用具有最大的

LUMO能级(-2.92eV)的2,6(P-Bqn)2Py的发光元件的延迟荧光成分比率比除了电子传输层以外元件结构相同的发光元件更大。

[0511] 另外,图20示出发光元件1至发光元件8的延迟荧光成分比率(%)与外部量子效率(%)的关系。

[0512] 结果表明,延迟荧光成分比率(%)越高外部量子效率(%)越高。

[0513] 在此,将直接生成过程中的荧光发光强度表示为 $I_p$ ,将源于TTA的延迟荧光的荧光发光强度表示为 $I_d$ ,如下算式(f2)表示延迟荧光成分比率(X)。

$$[0514] X = \frac{I_d}{I_p + I_d} \quad (f2)$$

[0515] 另外,根据外部量子效率(EQE)的定义,当 $I_d$ 为0时(X=0时)单重态激子生成比率(a)为0.25。但是,当 $I_d$ 增加时,a也对应地上升,EQE与 $I_p + I_d$ 成正比。因此,可以导出如下算式(f3)。

$$[0516] EQE \propto I_p + I_d = I_p \times \frac{1}{1-X} \quad (f3)$$

[0517] 由于X同义于图20的x轴,所以如图20所示,作为空穴传输层使用PCPPn的发光元件1至发光元件4中的延迟荧光成分比率(%)与外部量子效率(%)的关系以及作为空穴传输层使用PCzPA的发光元件5至发光元件8中的延迟荧光比率(%)与外部量子效率(%)的关系都可以适用于上述算式(f3)。这表示延迟荧光成分比率(%)与外部量子效率(%)之间存在相关关系。

[0518] 另外,对与表1所示的发光元件4具有相同元件结构的发光元件4-2进行了元件特性测定。另外,图21示出发光元件4-2的电流密度-亮度特性,图22示出电压-亮度特性,图23示出亮度-电流效率特性,图24示出电压-电流特性,图25示出亮度-外部量子效率特性。在此,图25所示的发光元件的外部量子效率是通过之前所述的方法得到的值:将衬底旋转-80度至80度测定发光的视角依赖性并考虑了EL发光的配光特性。图21至图24所示的发光元件的特性值是利用色亮度计BM-5A(Topcon Technohouse公司制造)根据正面亮度求出的。

[0519] 另外,表4示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的发光元件4-2的主要的初始特性值。

[0520] [表4]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流 效率 (cd/A)	功率 效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[0521]	发光元件 4-2	3.2	8.6 (0.14, 0.14)	1100	13	13	9.0

[0522] 另外,图26示出以12.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过发光元件4-2时的发射光谱。如图26所示,发光元件4-2的发射光谱在464nm附近具有峰值,有可能来源于发光元件4-2的发光层中用作客体材料(掺杂剂)的1,6mMemFLPAPPrn。

[0523] 另外,图27是示出发光元件4-2的瞬时荧光特性的衰减曲线。另外,在图27中,纵轴表示以持续注入载流子的状态(脉冲电压被供应时)下的发光强度归一化的强度,并且横轴表示脉冲电压下降后的经过时间。另外,利用上述算式(f1)对图27所示的衰减曲线进行了拟合,求出延迟荧光成分比率(%)为21.5%。

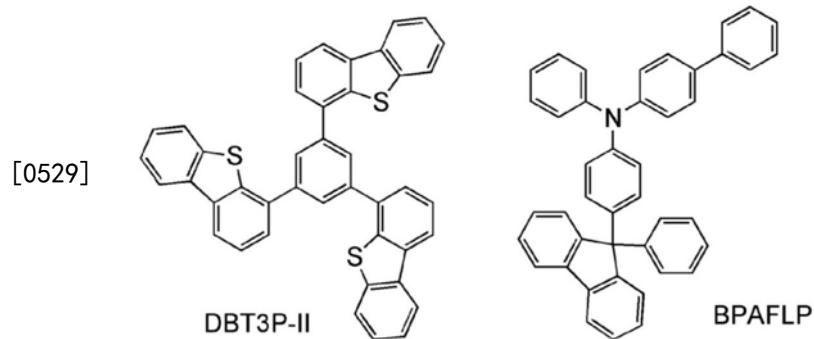
[0524] 接着,对发光元件4-2进行可靠性测试。图28示出可靠性测试的结果。在图28中,纵轴表示起始亮度为100%时的归一化亮度(%),而横轴表示元件的驱动时间(h)。另外,在可靠性测试中,在初期亮度为5000cd/m<sup>2</sup>、电流密度固定的条件下驱动发光元件4-2。

[0525] 其结果,本发明的一个方式的发光元件4-2具有高可靠性。

[0526] 实施例2

[0527] 在本实施例中,导出与发光元件的发光层所发射的光有关的分子的跃迁偶极矩的取向性。具体地,测定发光的p偏振成分的光谱强度的角度依存性并通过计算(模拟)分析结果来导出分子的跃迁偶极矩的取向性。以下示出本实施例所使用的材料中在实施例1中没有记载的材料的化学式。

[0528] [化2]



[0530] 《发光元件9的制造》

[0531] 首先,使用图18对为测定对象的发光元件9的制造进行说明。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。注意,第一电极厚度为70nm,电极面积为2mm×2mm。

[0532] 接着,作为用来在衬底900上形成发光元件的预处理,使用水对衬底表面进行洗涤,并受到以200℃进行1小时的焙烧,然后进行370秒钟的UV臭氧处理。

[0533] 然后,将衬底放入到其内部被减压到1×10<sup>-4</sup>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,然后对衬底900进行30分钟左右的冷却。

[0534] 接着,以使形成有第一电极901的基板的表面朝下的方式将衬底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。

[0535] 将真空装置内减压至1×10<sup>-4</sup>Pa之后,通过重量比为DBT3P-II:氧化钼=2:1的共蒸镀沉积1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)与氧化钼,来在第一电极901上形成空穴注入层911。将其厚度设定为10nm。另外,共蒸镀是指将多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0536] 接着,通过蒸镀在空穴注入层911上以厚度为30nm的方式沉积BPAFLP来形成空穴传输层912。

[0537] 接着,在空穴传输层912上通过以重量比为cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn=1:0.03的方式共蒸镀来沉积7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茋-1,6-二胺(简称:1,

6mMemFLPAPrn),而形成发光层913。另外,膜厚为15nm。

[0538] 接着,在发光层913上形成20nm厚的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA),并在其上蒸镀15nm厚的2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen)来形成电子传输层914。

[0539] 再者,通过蒸镀在电子传输层914上以厚度为0.1nm的方式沉积氧化锂,然后通过蒸镀以厚度为2nm的方式沉积铜酞菁(CuPc),并通过以重量比为1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)-苯(简称:DBT3P-II):氧化钼=2:1的方式共蒸镀来沉积厚度为60nm的DBT3P-II及氧化钼,而形成电子注入层915。

[0540] 最后,通过蒸镀在电子注入层915上以厚度为200nm的方式沉积铝来形成成为阴极的第二电极903。由此制造发光元件9。另外,在上述整个蒸镀过程中,利用电阻加热法进行蒸镀。

[0541] 以得到最小的发光的正面亮度的方式决定发光元件9的各层的厚度。由此可以相对地增加源于在与发光层913垂直的方向上具有成分的跃迁偶极矩的亮度,而更易于对该发光进行评价。

[0542] 《偏振测定》

[0543] 接着,对测定进行说明。作为检测器使用多通道谱仪(日本滨松光子学公司制造的PMA-12)。在从发光元件9至检测器的光路上设置Edmund Optics公司制造的偏振器,由此只有平行于观测方向的偏振成分到达检测器。穿过偏振器的光被PMA-12(多通道谱仪:日本滨松光子学公司制造)检出得到发射光谱。此时,以衬底的发光面的正面为0度,使衬底从0度旋转至80度并测定每一度的发射光谱,由此标绘出光谱的积分强度。

[0544] 《计算(模拟)》

[0545] 接着,对计算进行说明。利用日本CYBERNET SYSTEMS公司制造的有机装置模拟器setfos进行计算。作为参数分别设定了元件的叠层结构及膜厚度、各层的折射率n及消光系数k、发光位置以及发射光谱,并以发光分子的跃迁偶极矩的取向度为可变参数进行了拟合(后述参数a)。另外,发光位置假定为空穴传输层和发光层之间的界面附近。另外,各层的膜厚度根据样品制造时的蒸镀机的石英晶体振荡器(检测器)的值求出,折射率n及消光系数k根据各层薄膜的光谱椭偏仪的分析结果求出。另外,发射光谱利用薄膜的光致发光(PL)测量法。

[0546] 将表示跃迁偶极矩的取向度的参数定义为a。也就是说,a表示跃迁偶极矩的垂直于发光层的成分与平行于发光层的成分的总和中垂直成分所占的比率。a=1表示跃迁偶极矩只存在与发光层垂直的成分的状态,a=0表示跃迁偶极矩只存在与发光层平行的成分的状态。当分子的取向状态具有各向同性时,跃迁偶极矩分别在垂直的x方向、y方向及z方向上具有相等的成分,因此a=0.33。

[0547] 《测定结果与计算(模拟)的拟合》

[0548] 图29示出角度依存特性的实测标绘及计算结果,其中a=0(跃迁偶极矩为完全水平)、a=0.16、a=0.33(跃迁偶极矩为无规取向)、a=1(跃迁偶极矩为完全垂直)。通过将角度依存特性的实测标绘与计算结果进行对照可知,跃迁偶极矩的84%的成分为与发光层平行的方向的成分且16%为垂直方向的成分(a=0.16)的计算结果与实测标绘十分接近。由此可以推定:发光元件9的发光层913所含有的发光分子的跃迁偶极矩中84%的成分为与发

光层913平行的方向的成分,多数跃迁偶极矩以偏离发光层的垂直方向的状态取向。

[0549] 由上述结果可知,发光层所包含的发光分子不是无规取向而具有较强的取向性。发光分子的较强的取向性可能是本发明的一个方式的发光元件具有较高的发光效率的原因。因此,在本发明的一个方式的发光元件中,当将发光材料(本实施例中,客体材料)的跃迁偶极矩分割为与发光层平行的成分与垂直的成分时,优选平行的成分的比率为80%以上且100%以下。

[0550] 本申请基于2015年12月1日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-234485及2016年3月15日提交到日本专利局的日本专利申请No.2016-051071,通过引用将其完整内容并入在此。

[0551] 符号说明

[0552] 100:EL层;101:电极;101a:导电层;101b:导电层;102:电极;103:电极;103a:导电层;103b:导电层;104:电极;104a:导电层;104b:导电层;111:空穴注入层;112:空穴传输层;113:电子传输层;114:电子注入层;115:电荷产生层;116:空穴注入层;117:空穴传输层;118:电子传输层;119:电子注入层;123B:发光层;123G:发光层;123R:发光层;130:发光层;131:主体材料;132:客体材料;140:分隔壁;150:发光元件;160:发光层;170:发光层;170b:发光层;180:检测器的观测方向;181:跃迁偶极矩的成分;182:跃迁偶极矩的成分;183:跃迁偶极矩的成分;185:检测器;200:衬底;220:衬底;221B:区域;221G:区域;221R:区域;222B:区域;2226:区域;222R:区域;223:遮光层;224B:光学元件;224G:光学元件;224R:光学元件;250:发光元件;252:发光元件;254:发光元件;400:EL层;401:电极;402:电极;411:空穴注入层;412:空穴传输层;413:电子传输层;414:电子注入层;416:空穴注入层;417:空穴传输层;418:电子传输层;419:电子注入层;420:发光层;421:主体材料;422:客体材料;430:发光层;431:主体材料;431\_1有机化合物;431\_2有机化合物;432:客体材料;441:发光单元;442:发光单元;445:电荷产生层;450:发光元件;452:发光元件;801:像素电路;802:像素部;804:驱动电路部;804a:扫描线驱动电路;804b:信号线驱动电路;806:保护电路;807:端子部;852:晶体管;854:晶体管;862:电容元件;872:发光元件;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:触摸面板;2001:触摸面板;2501:显示装置;2502R:像素;2502t:晶体管;2503c:电容元件;2503g:扫描线驱动电路;2503t:晶体管;2509:FPC;2510:衬底;2510a:绝缘层;2510b:柔性衬底;2510c:粘合层;2511:布线;2519:端子;2521:绝缘层;2528:分隔壁;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;2570a:绝缘层;2570b:柔性衬底;2570c:粘合层;2580R:发光模块;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:粘合层;2601:脉冲电压输出电路;2602:电流检测电路;2603:容量;2611:晶体管;2612:晶体管;2613:晶体管;2621:电极;2622:电极;8000:显示模块;8001:上盖;8002:下盖;8003:FPC;8004:触摸传感器;8005:FPC;8006:显示装置;8009:框架;8010:印刷衬底;8011:电池;8501:照明装置;8502:照明装置;8503:照明装置;8504:照明装置;9000:框体;9001:显示部;9003:扬声器;9005:操作键;9006:连接端子;9007:传感器;9008:麦克风;9050:操作按钮;9051:信息;9052:信息;9053:信息;9054:信息;9055:铰链;9100:便携式信息终端;9101:便携式信息终端;9102:便携式信息终端;9200:便携式信

息终端;9201:便携式信息终端。

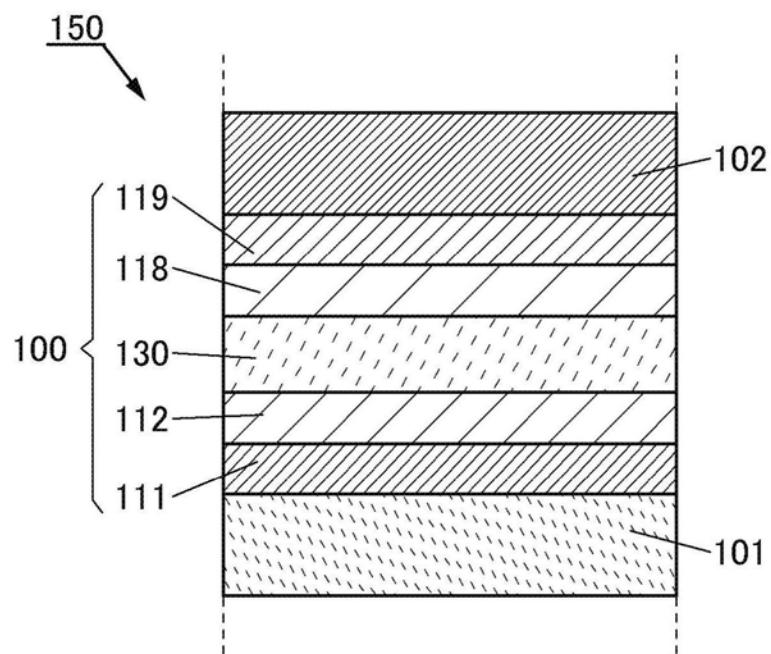


图1A

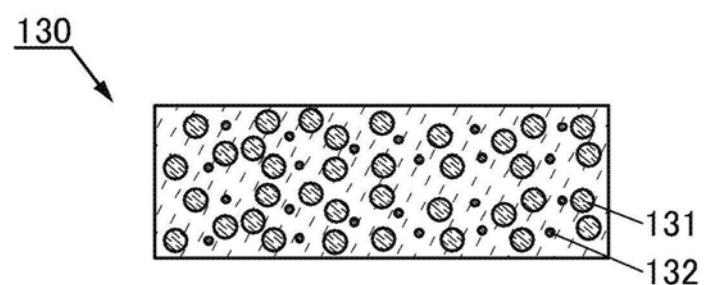


图1B

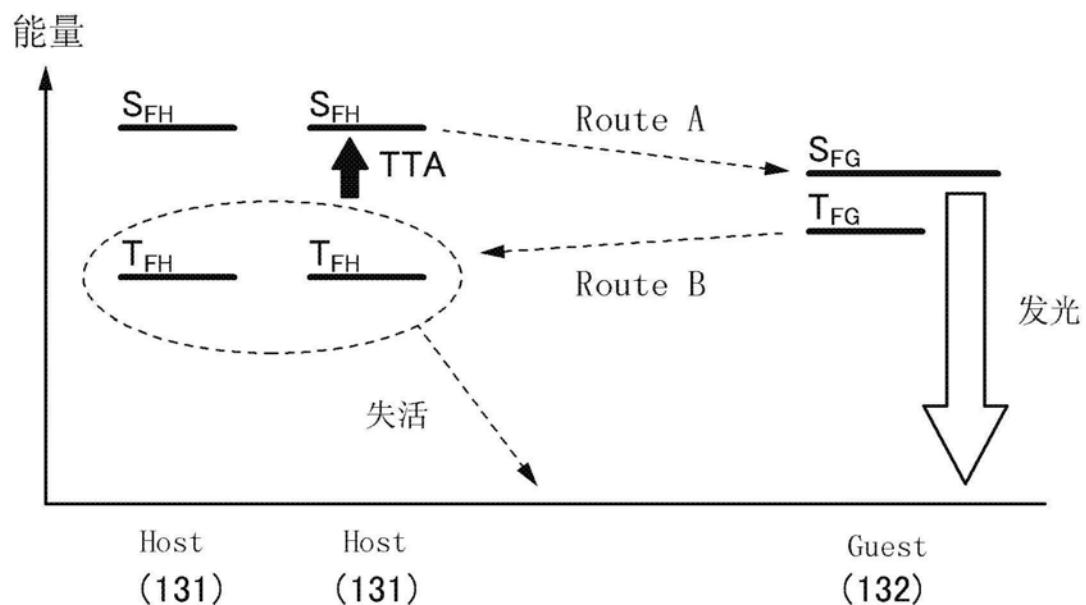


图1C

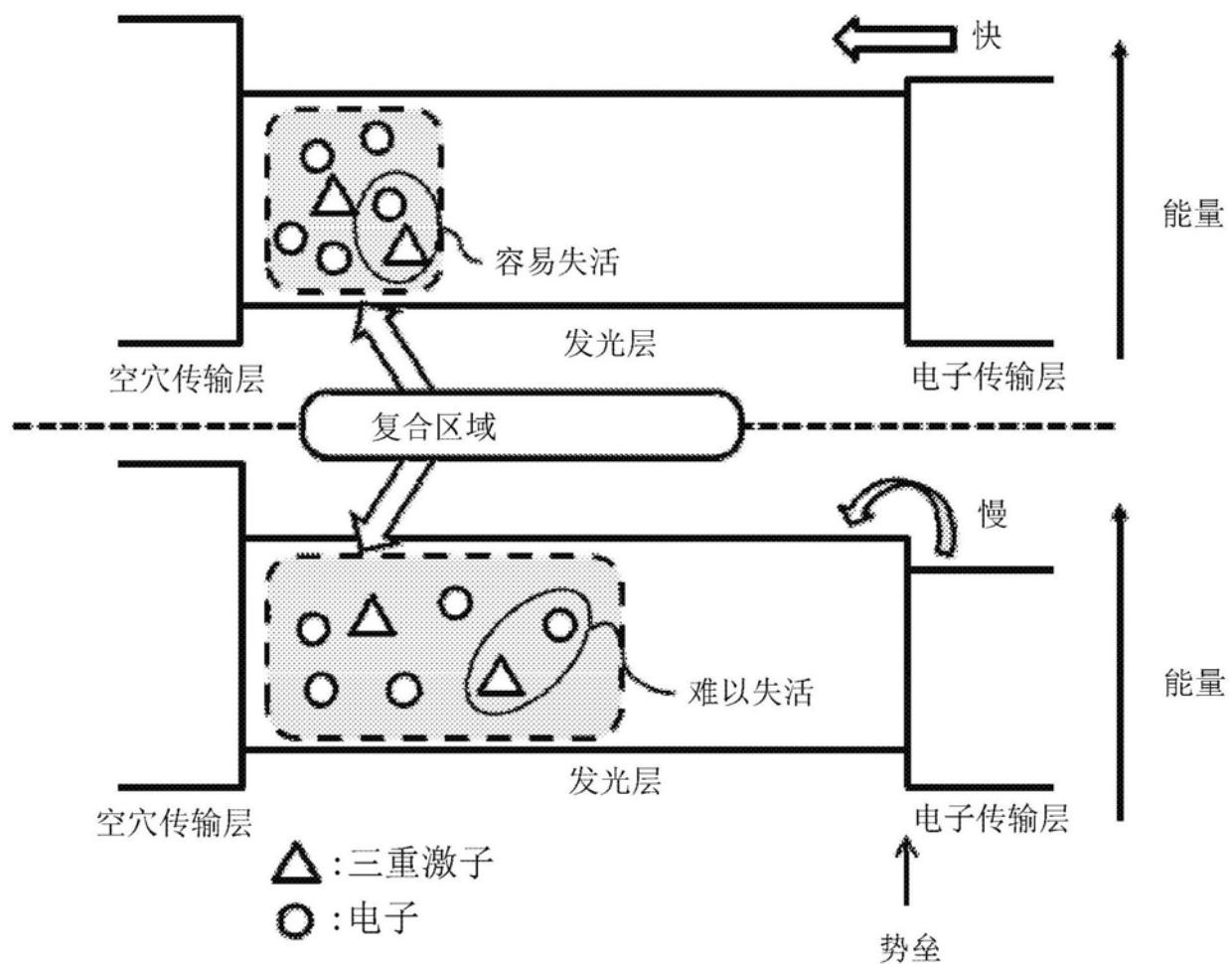


图2

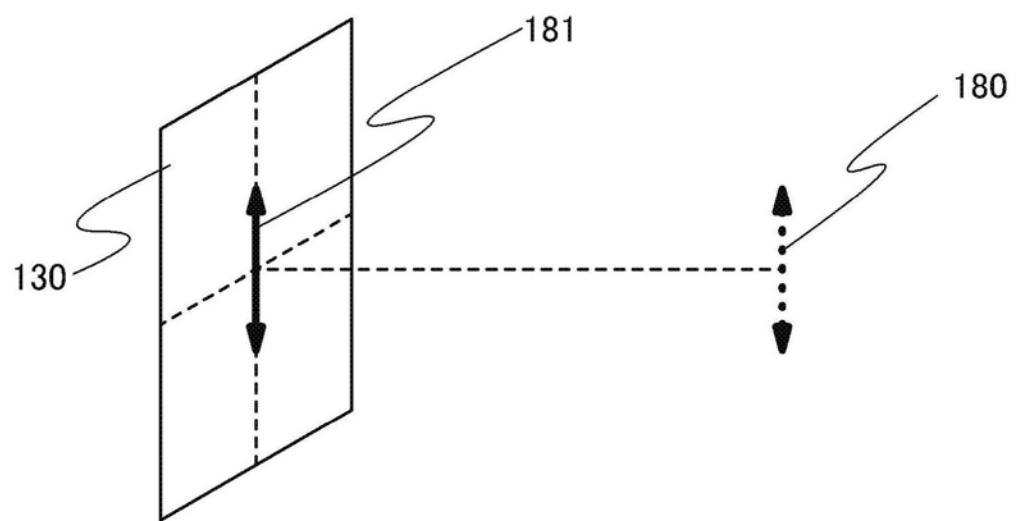


图3A

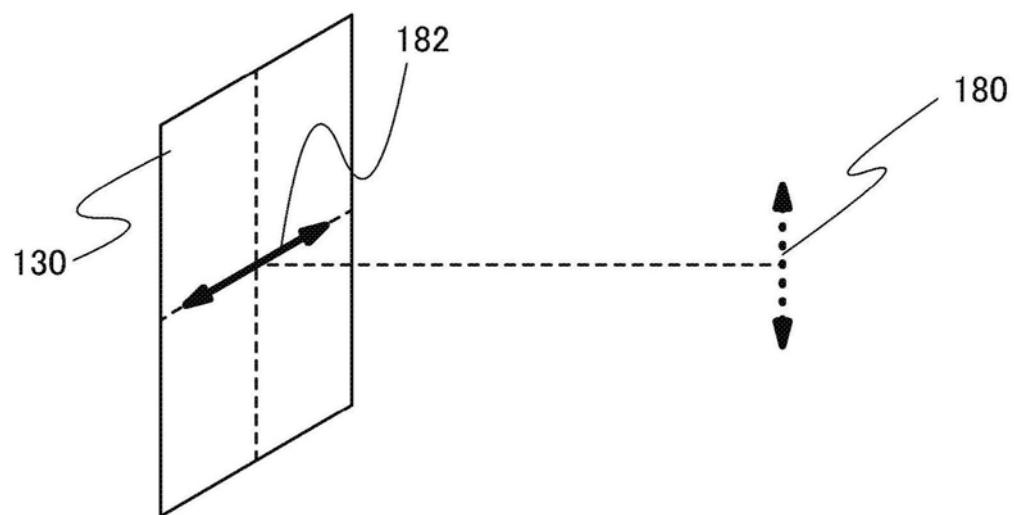


图3B

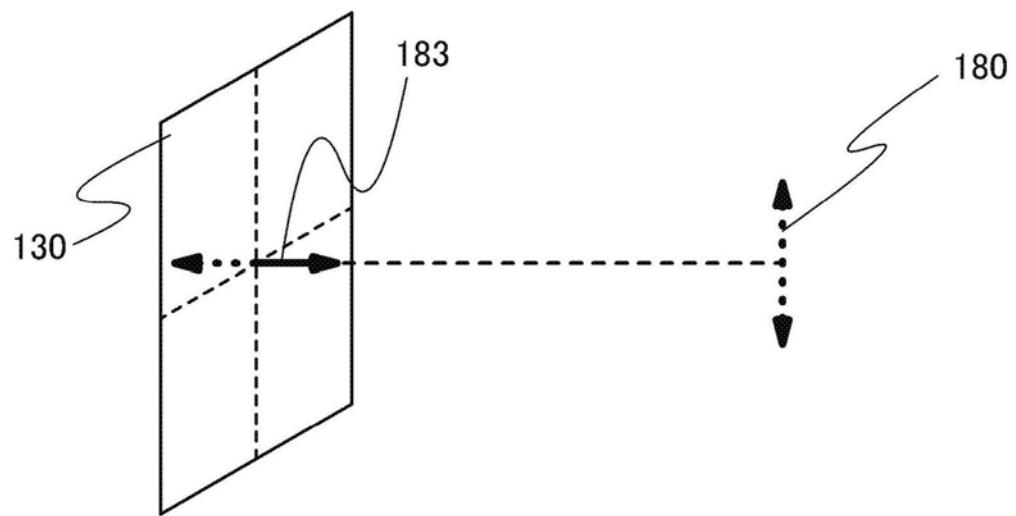


图3C

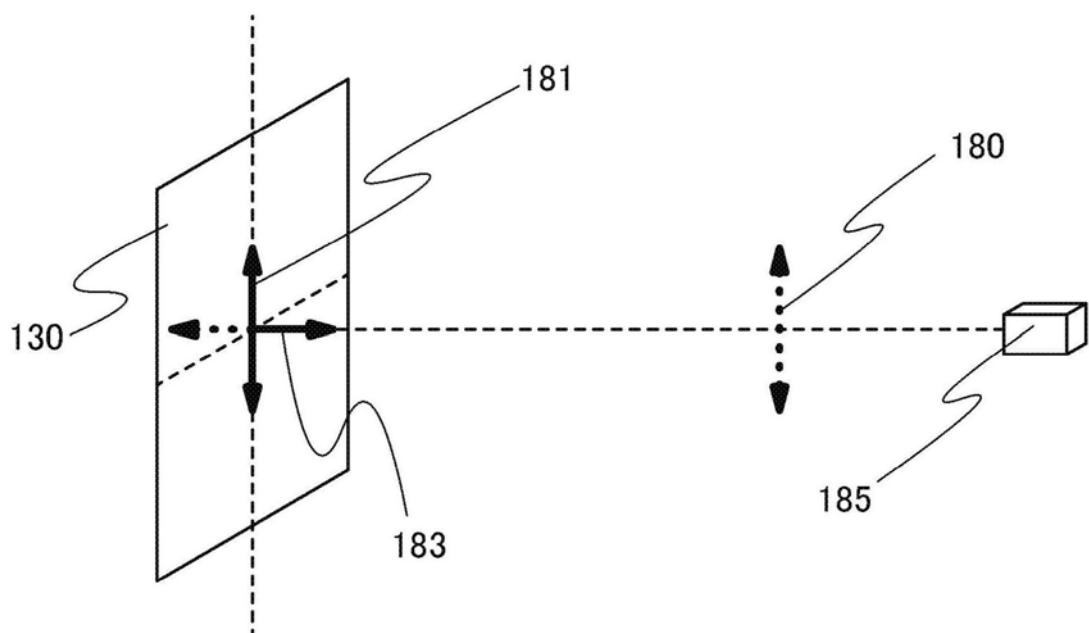


图4A

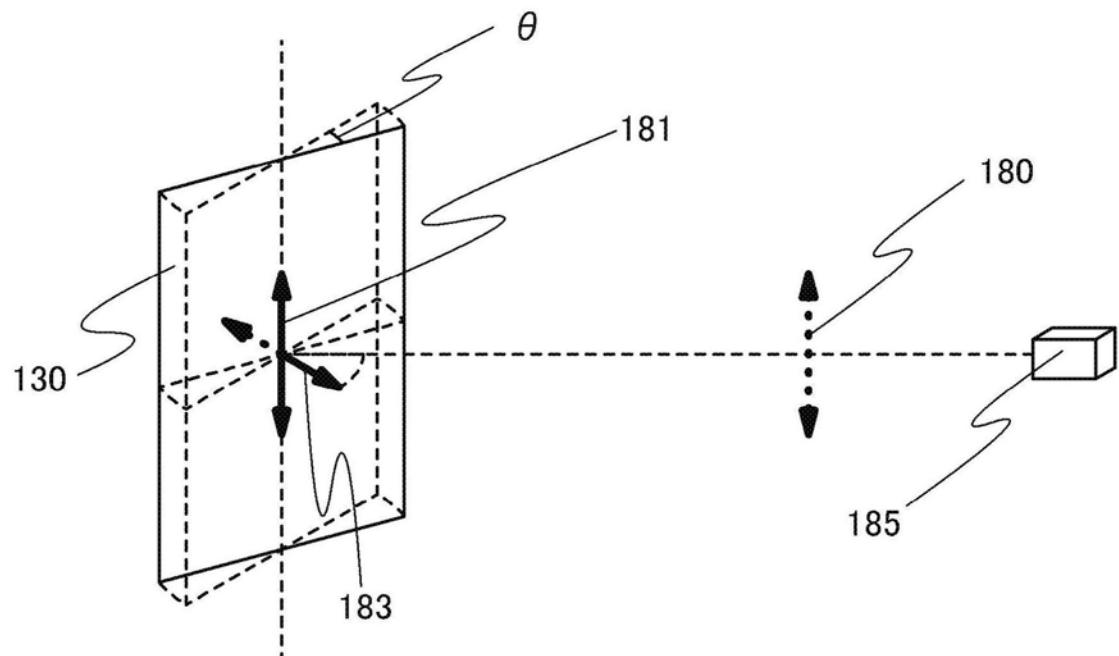


图4B

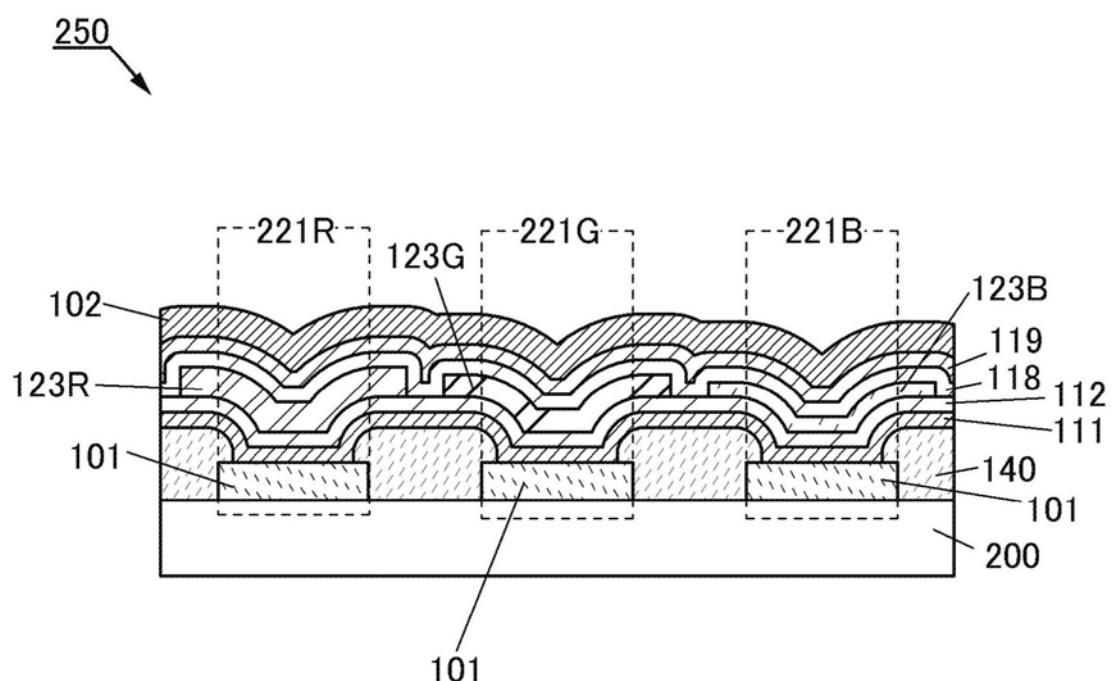


图 5

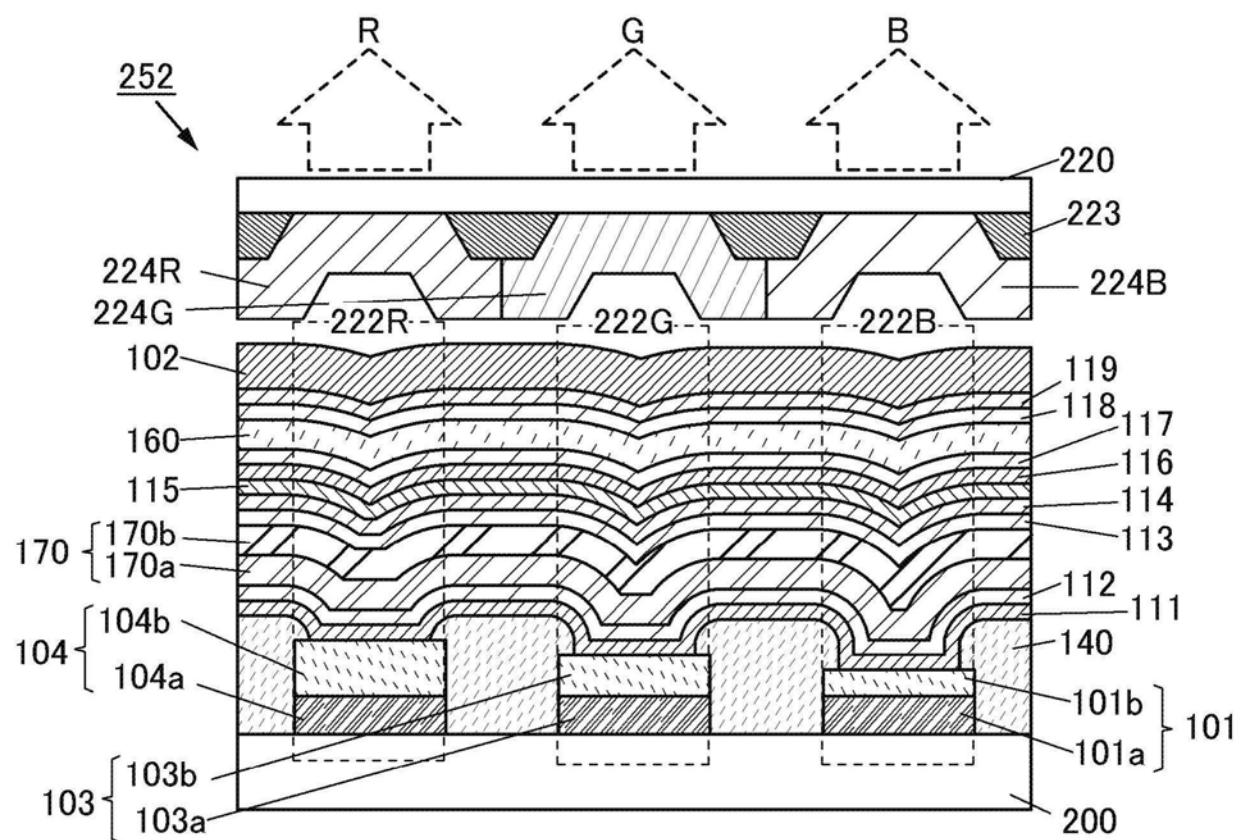


图6A

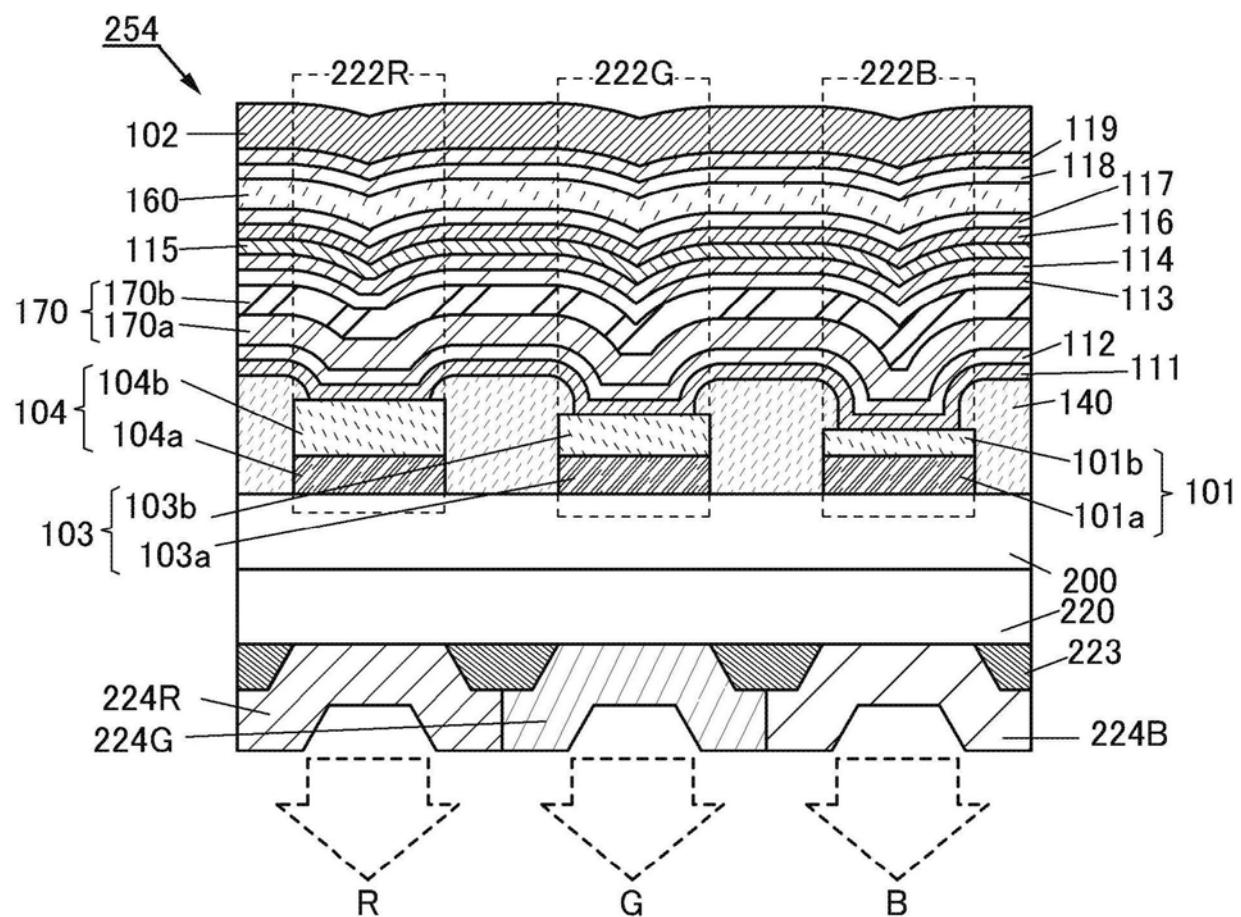


图6B

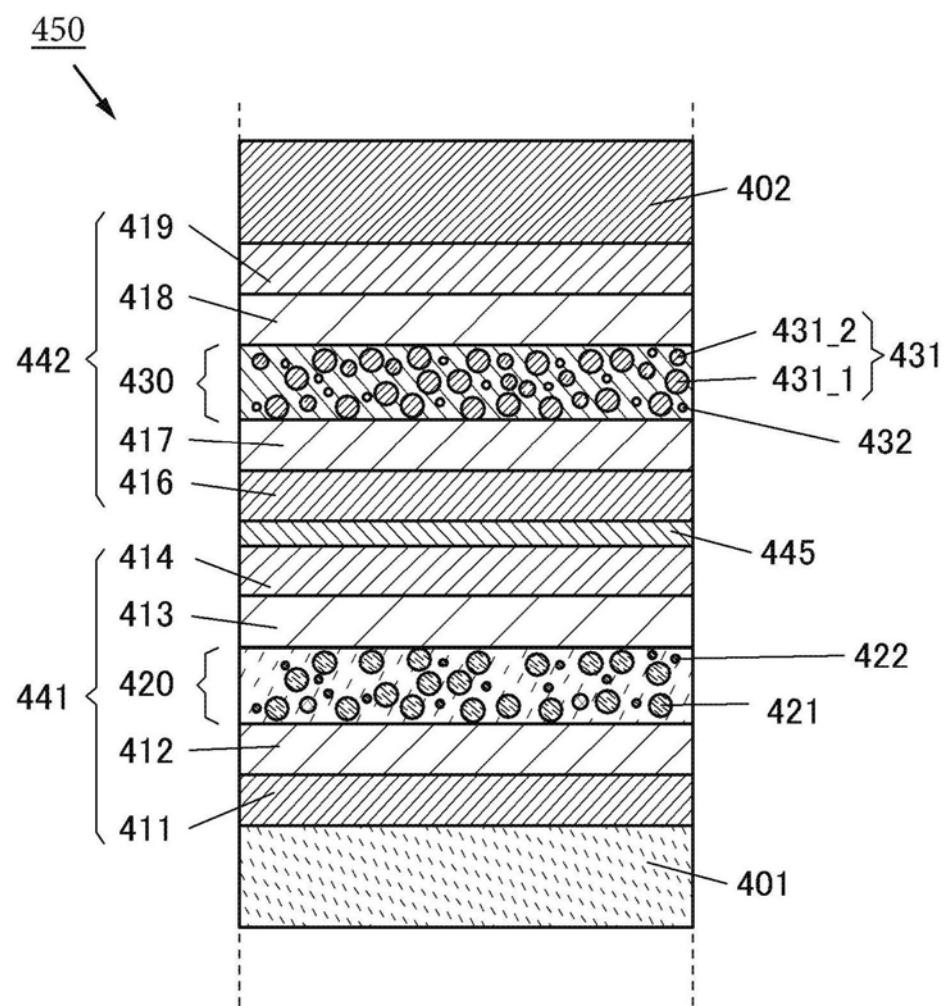


图7A

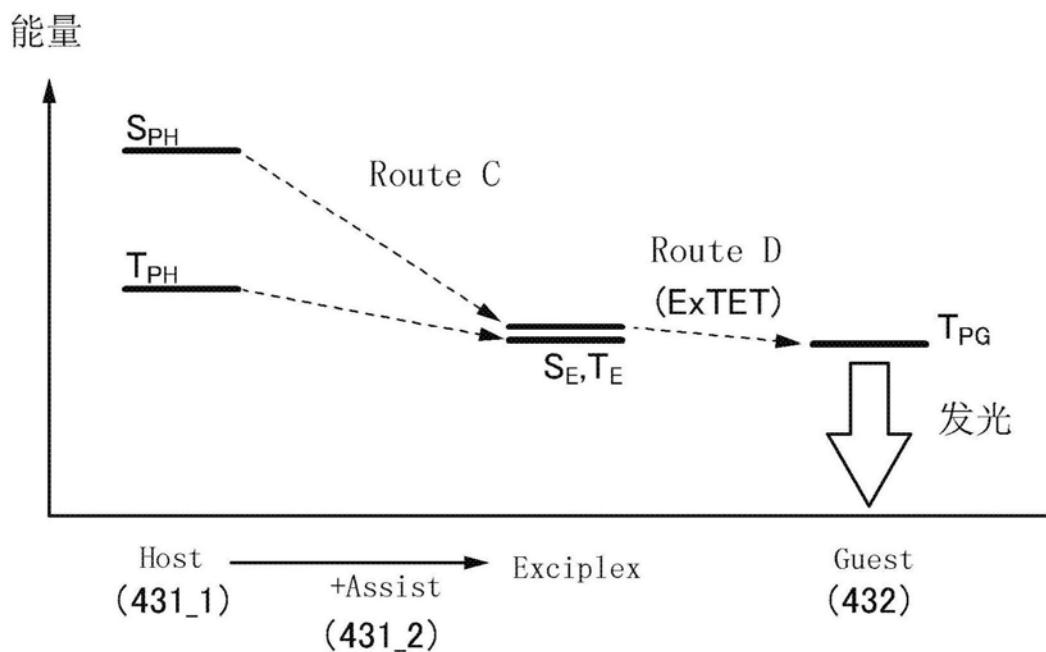


图7B

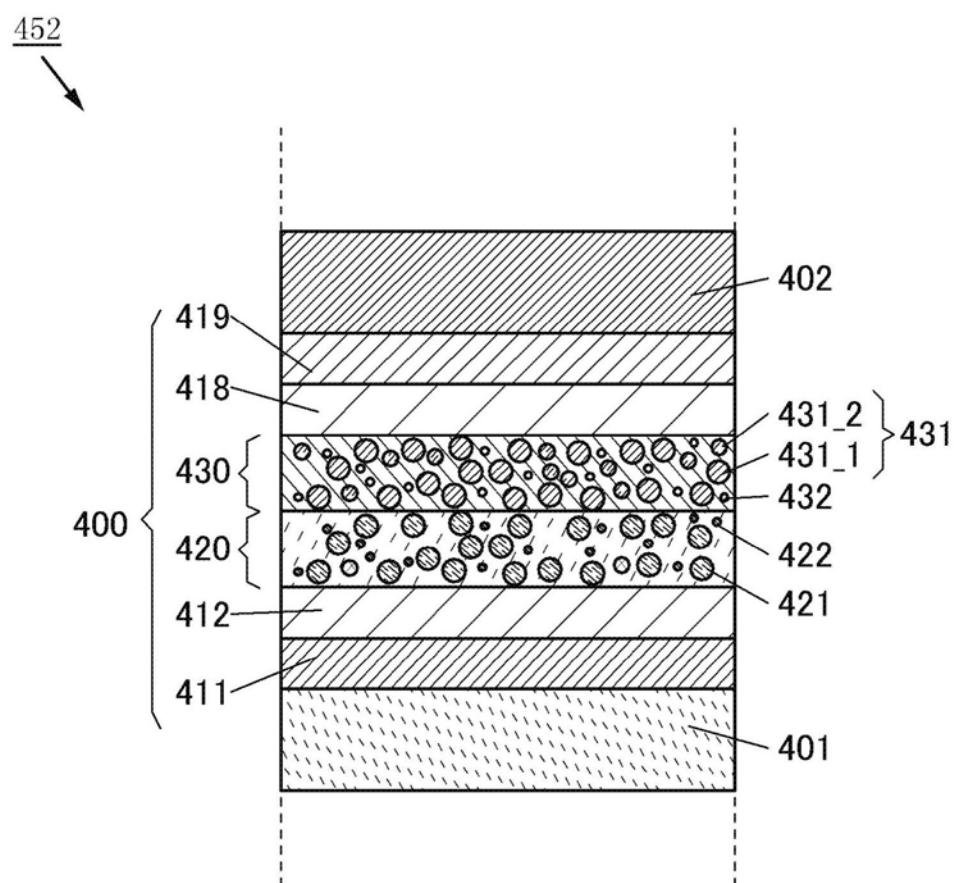


图8A

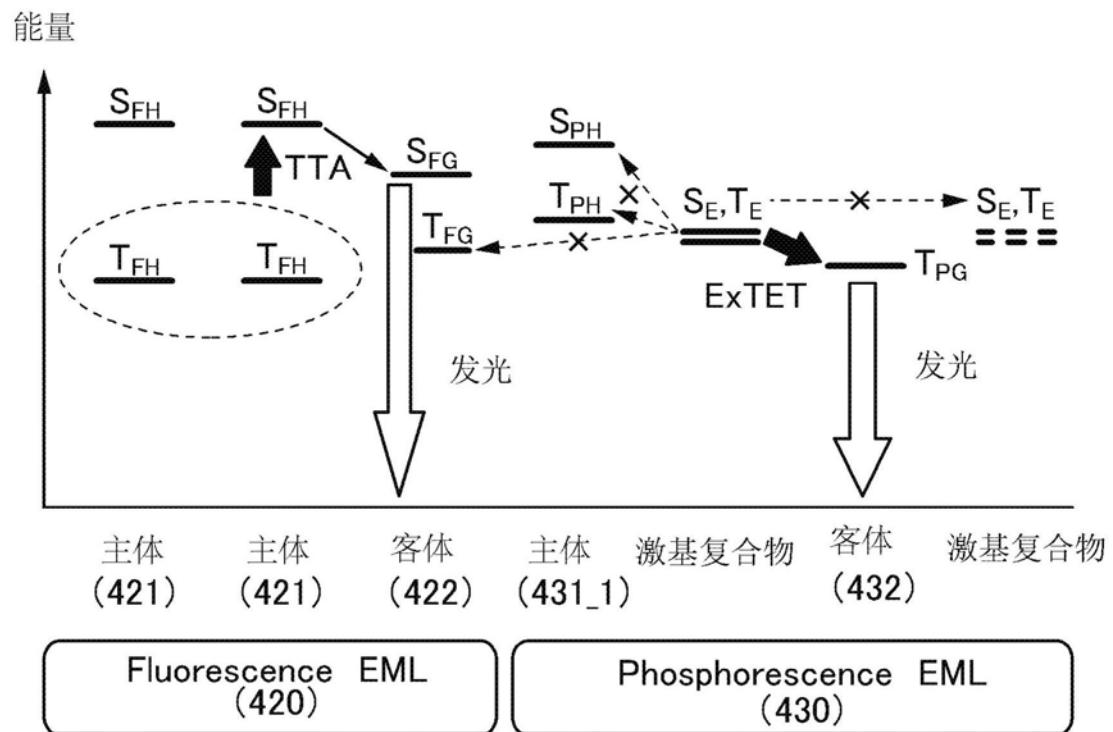


图8B

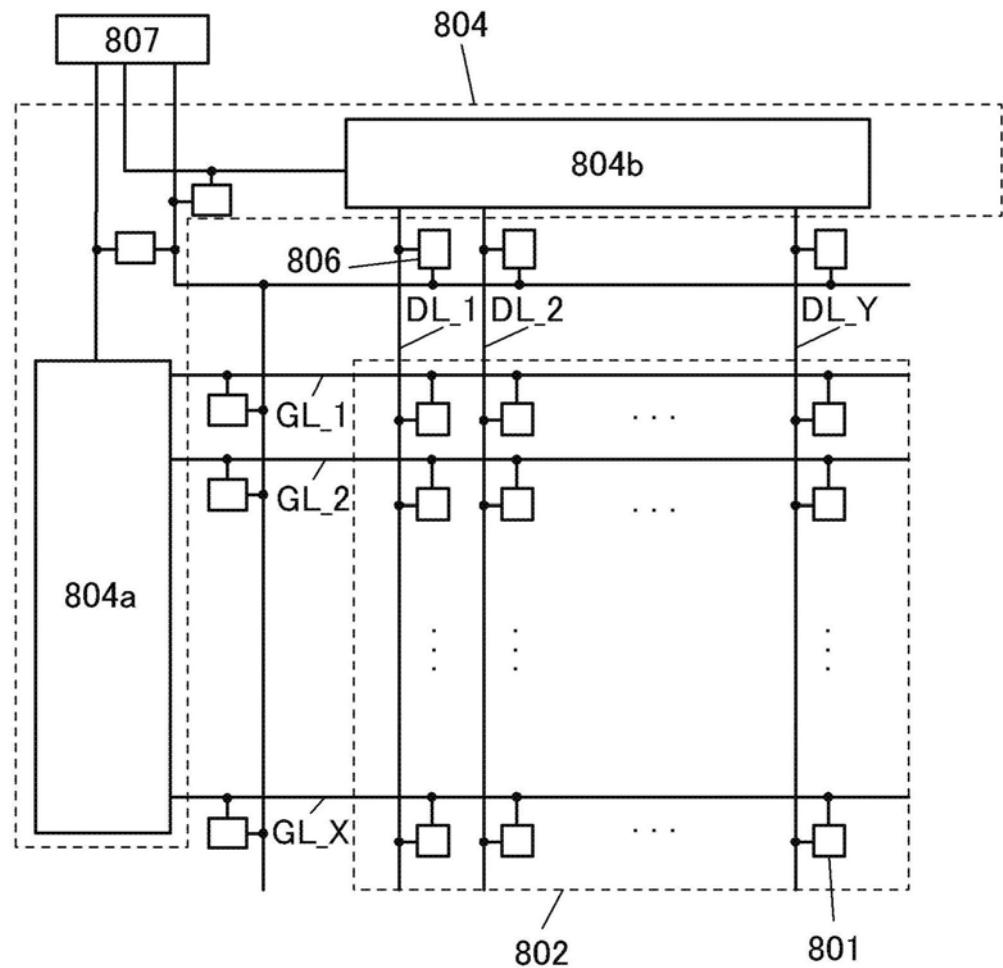


图9A

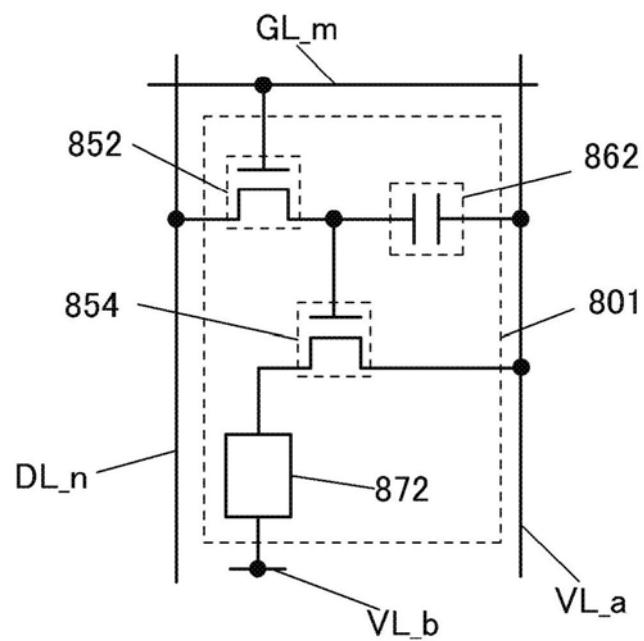


图9B

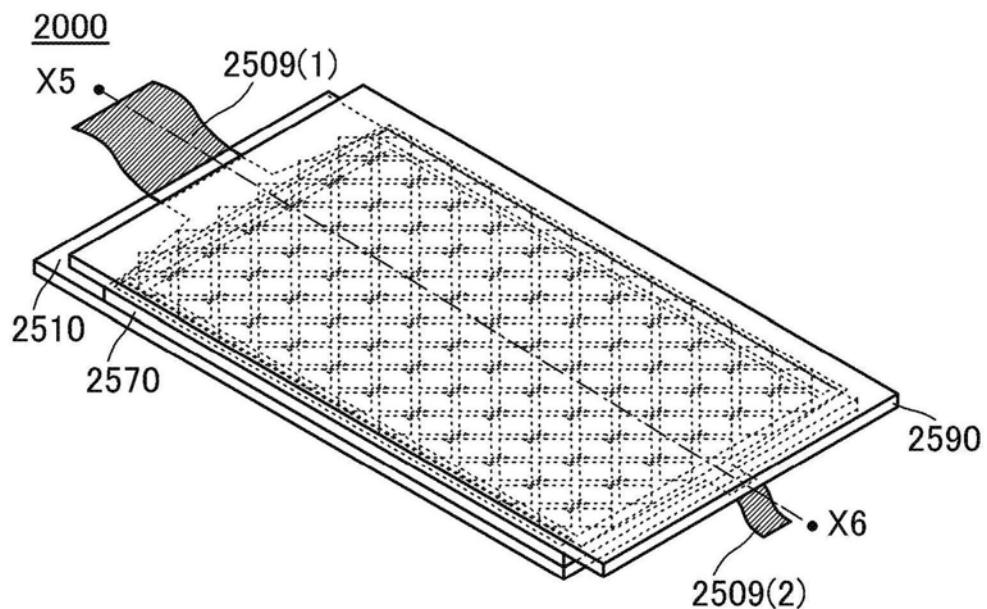


图10A

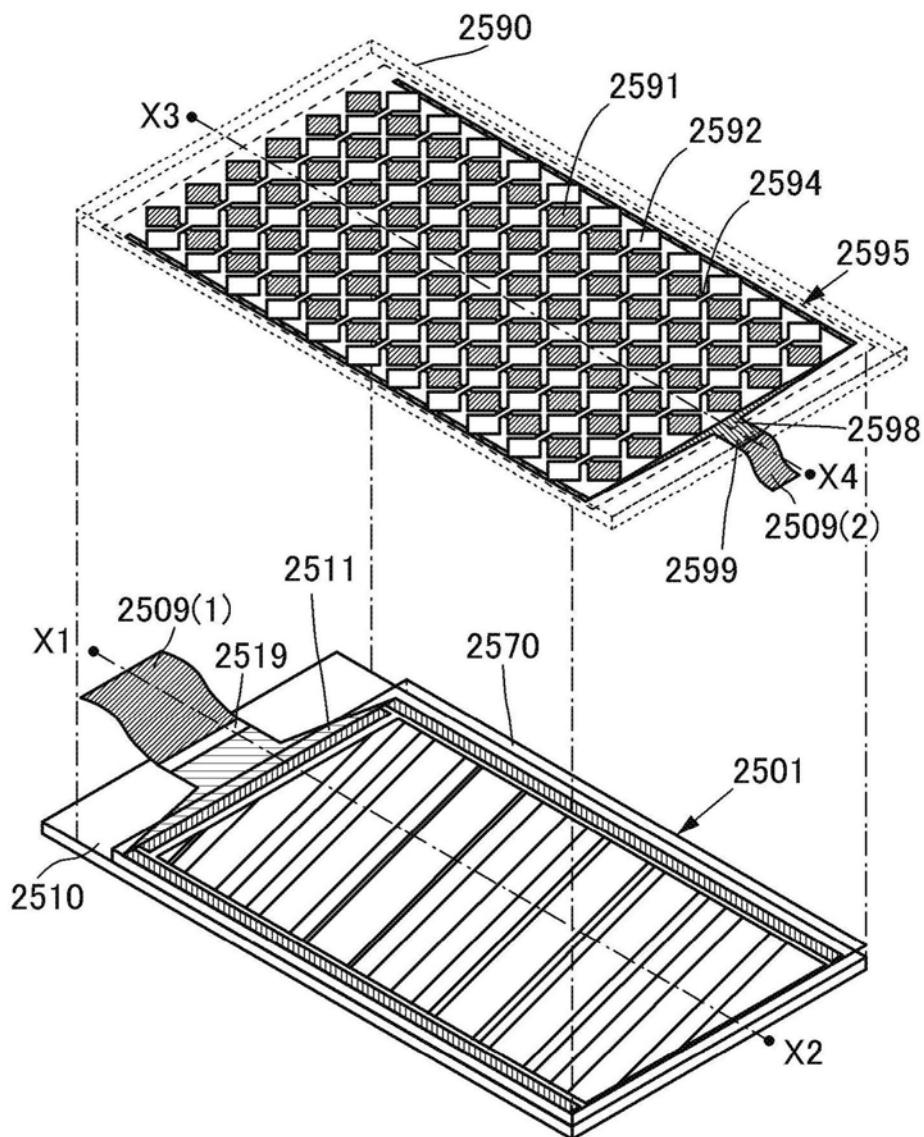


图10B

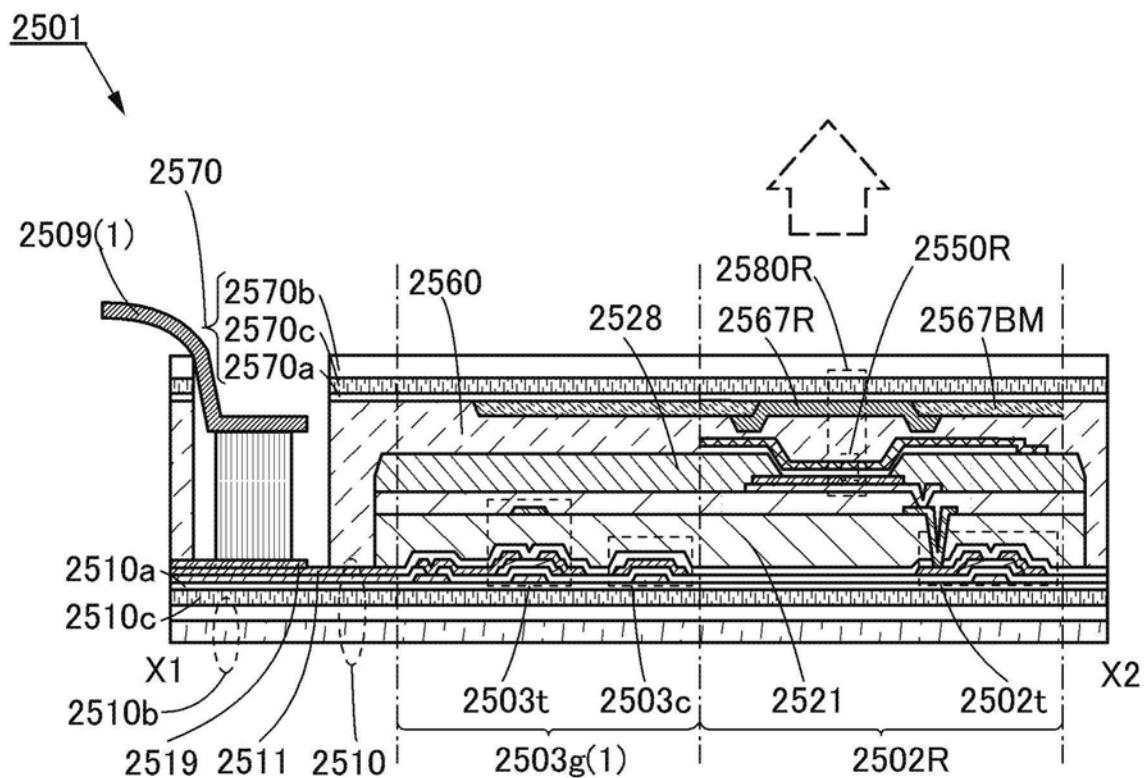


图11A

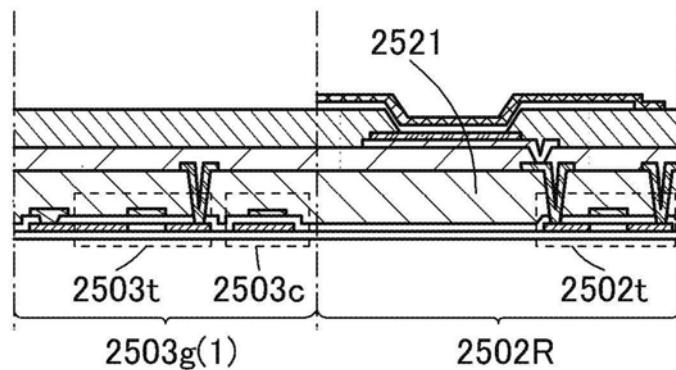


图11B

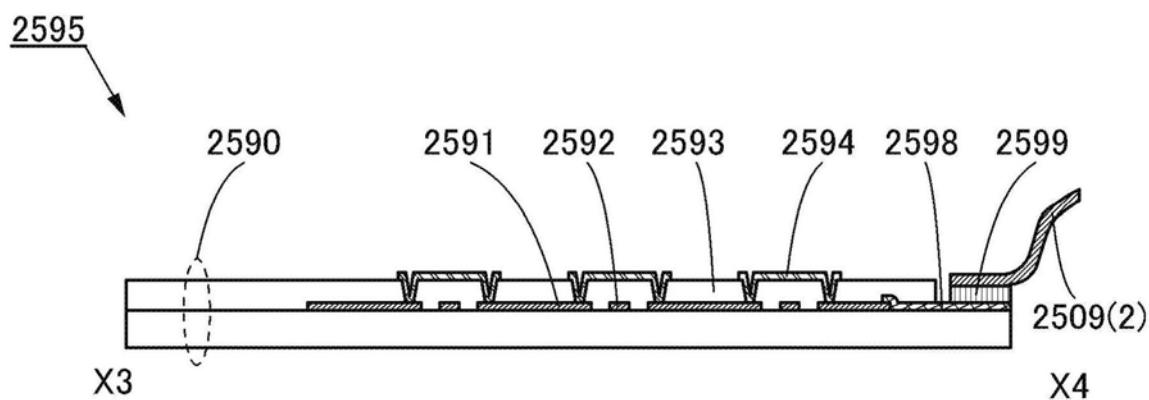


图11C

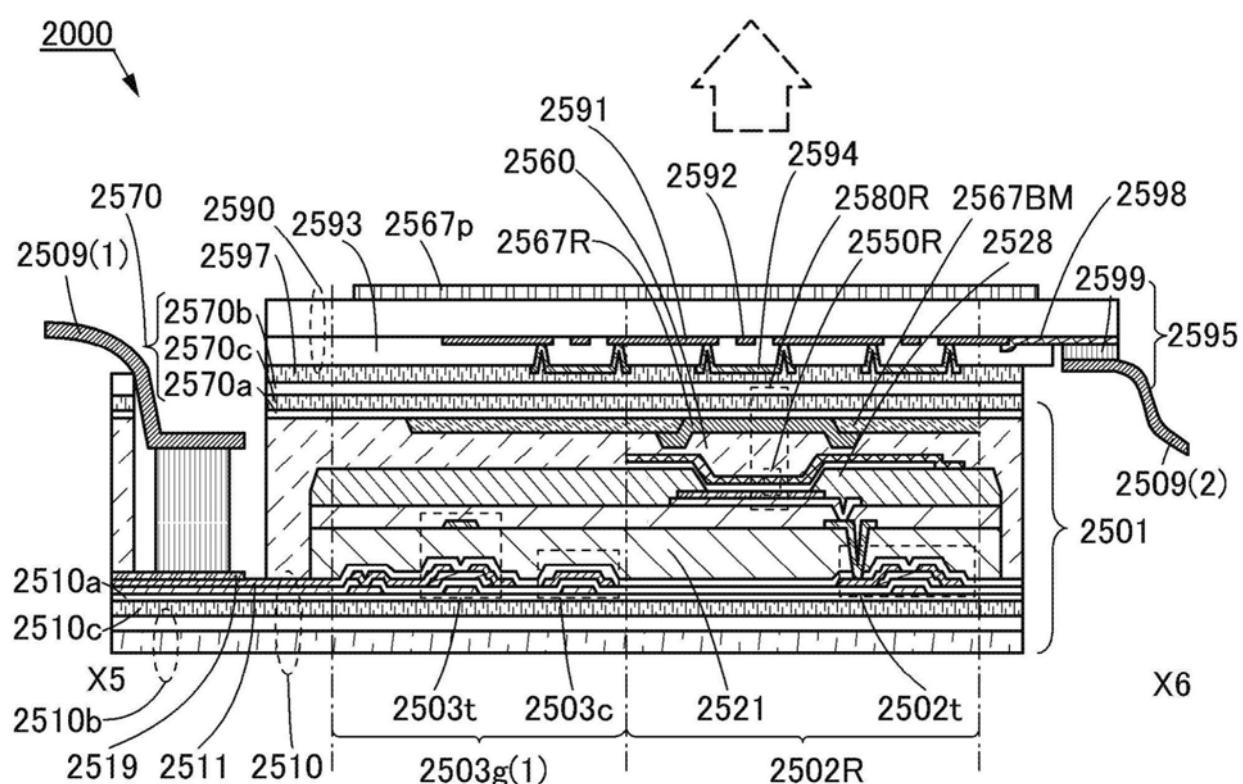


图12A

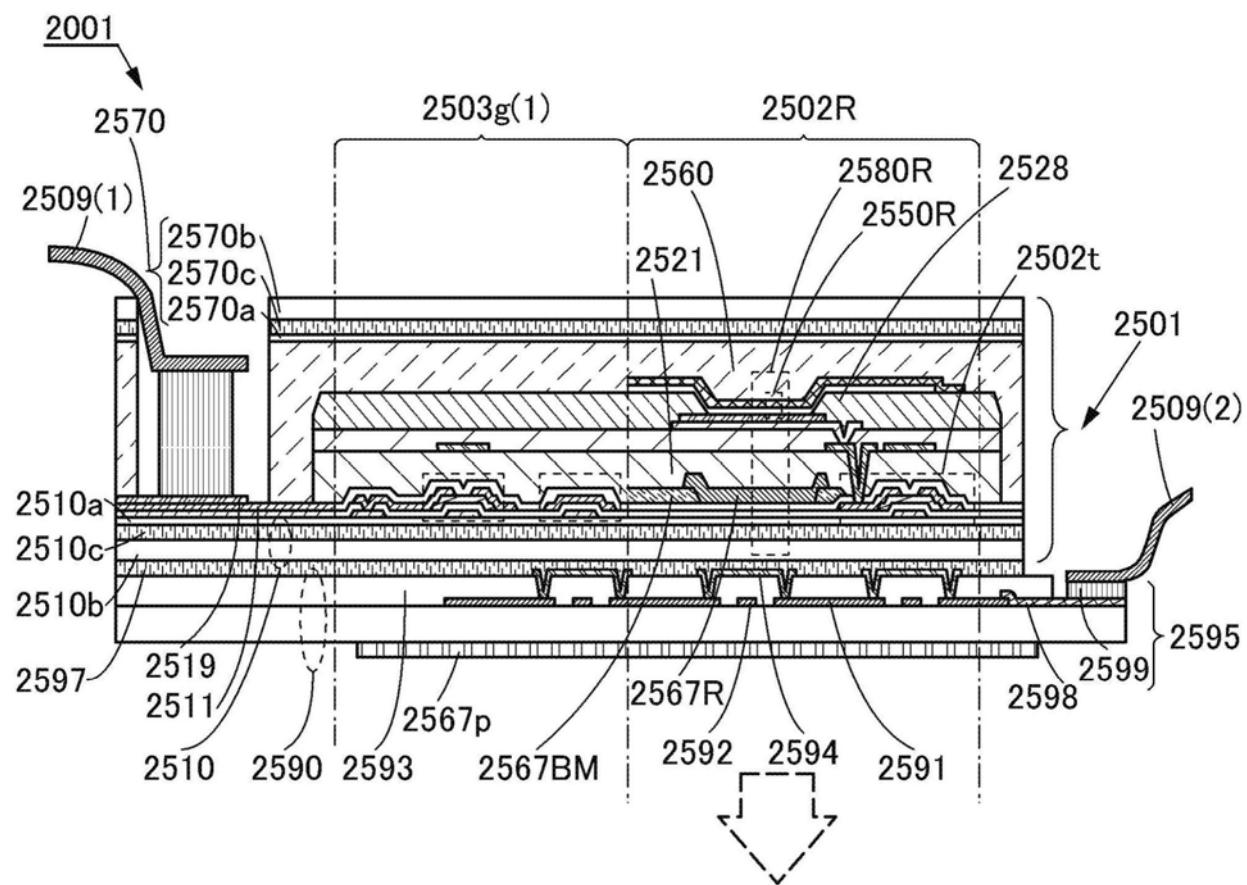


图12B

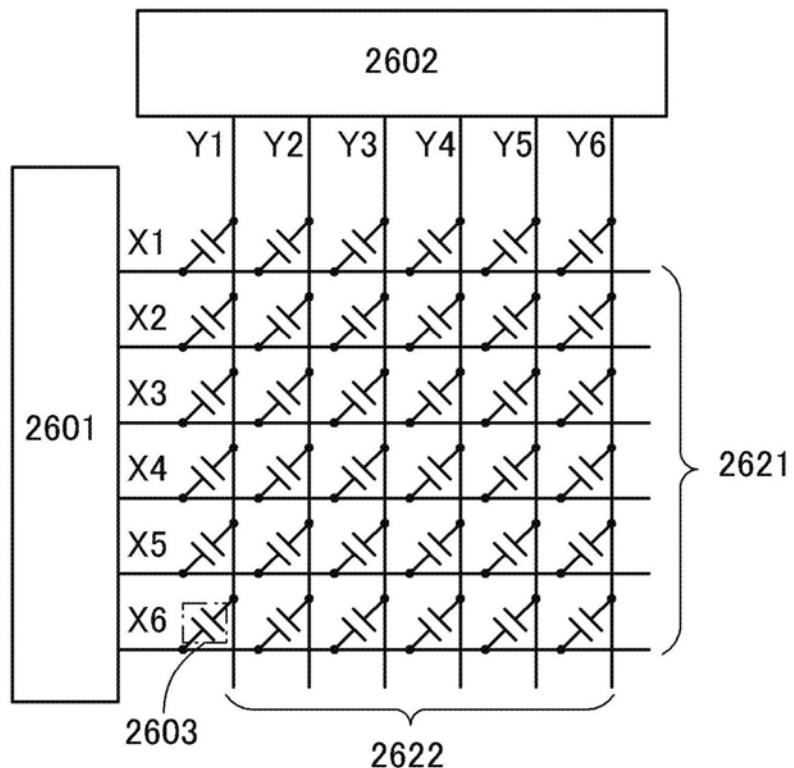


图13A

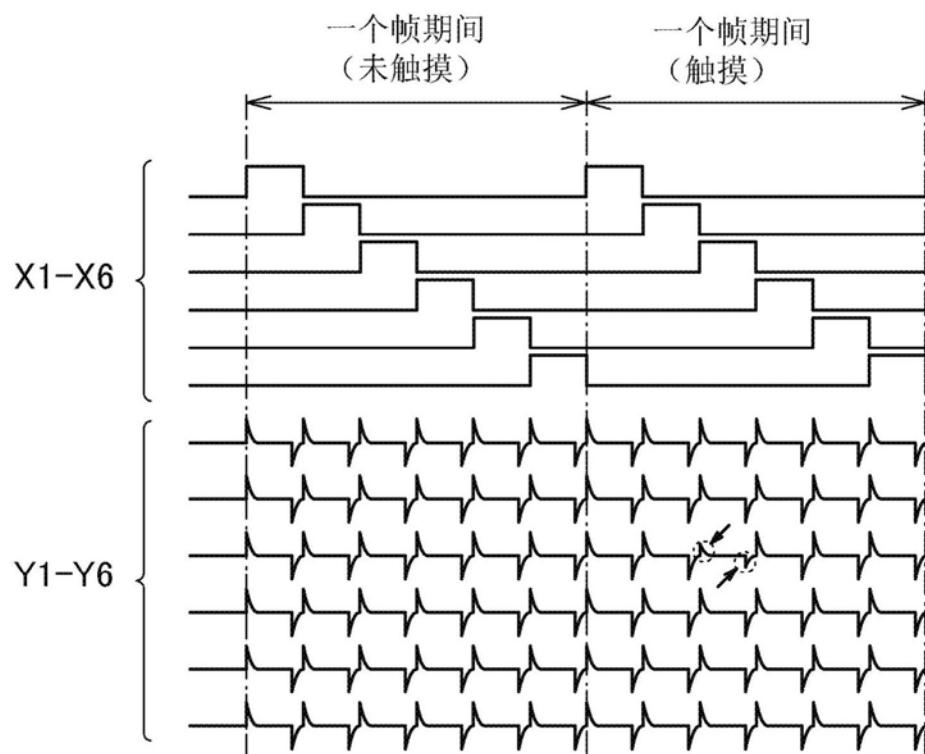


图13B

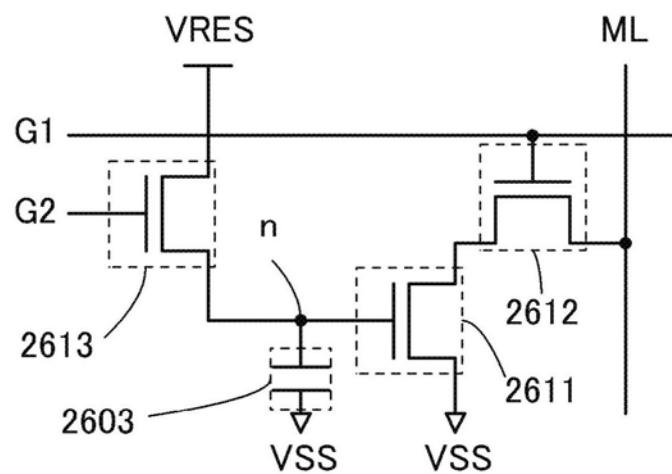


图14

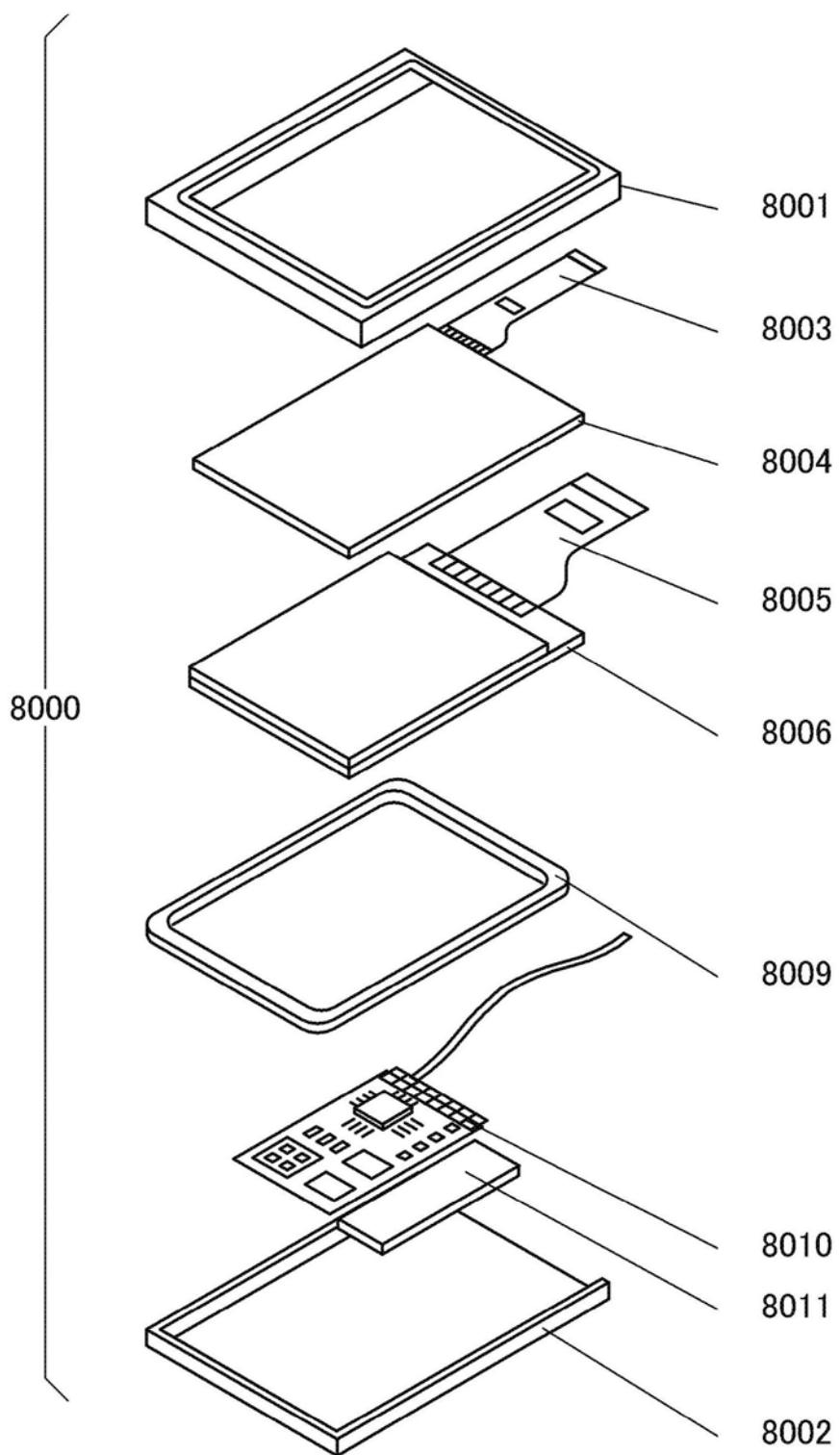


图15

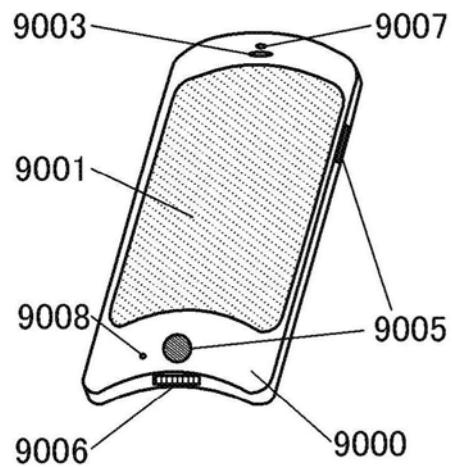
9100

图16A

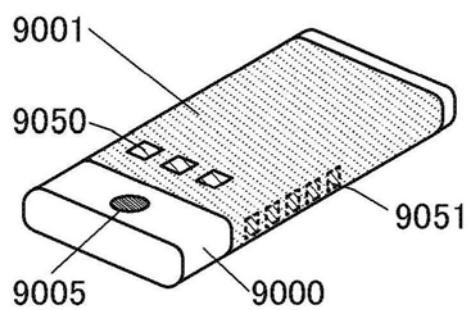
9101

图16B

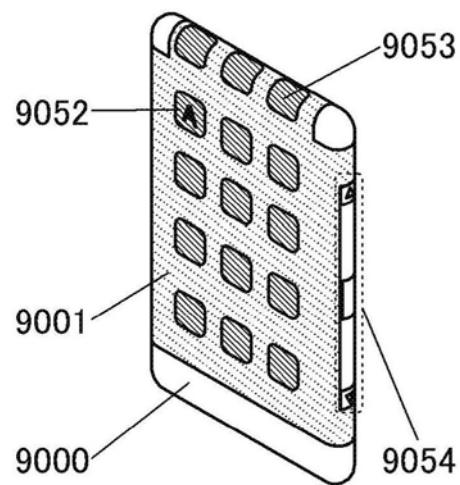
9102

图16C

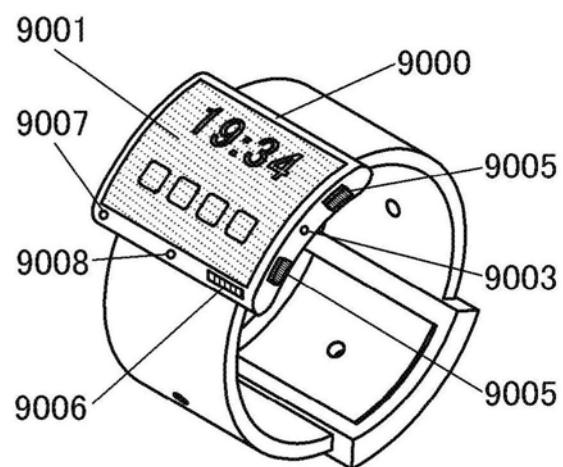
9200

图16D

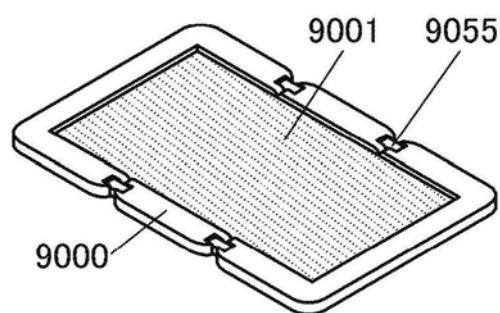
9201

图16E

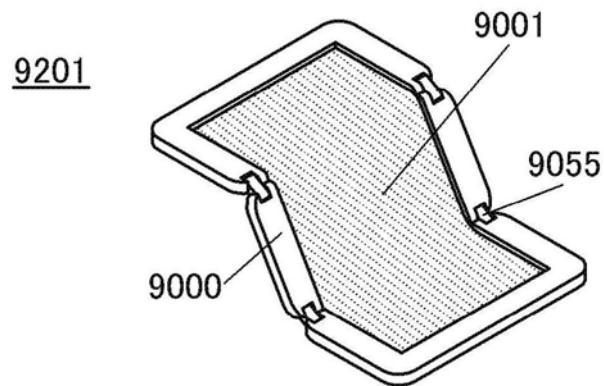


图16F

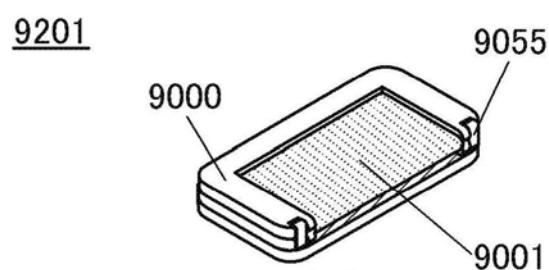


图16G

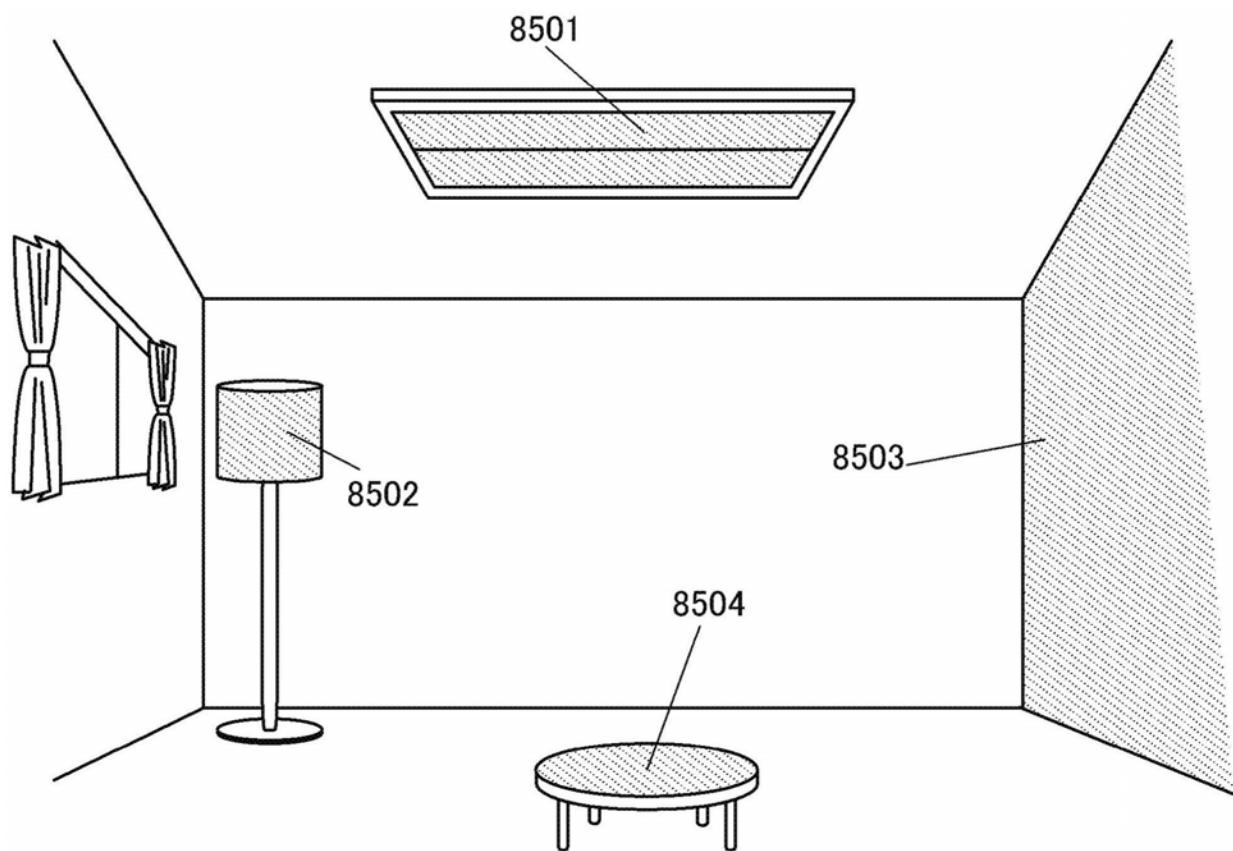


图17

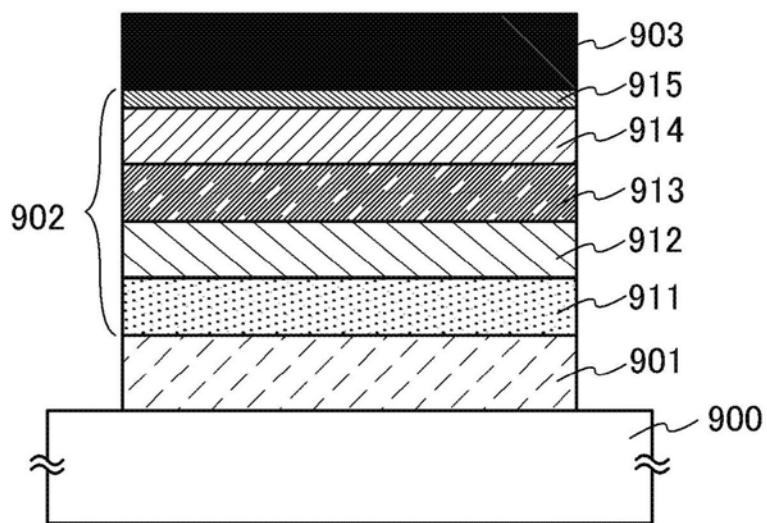


图18

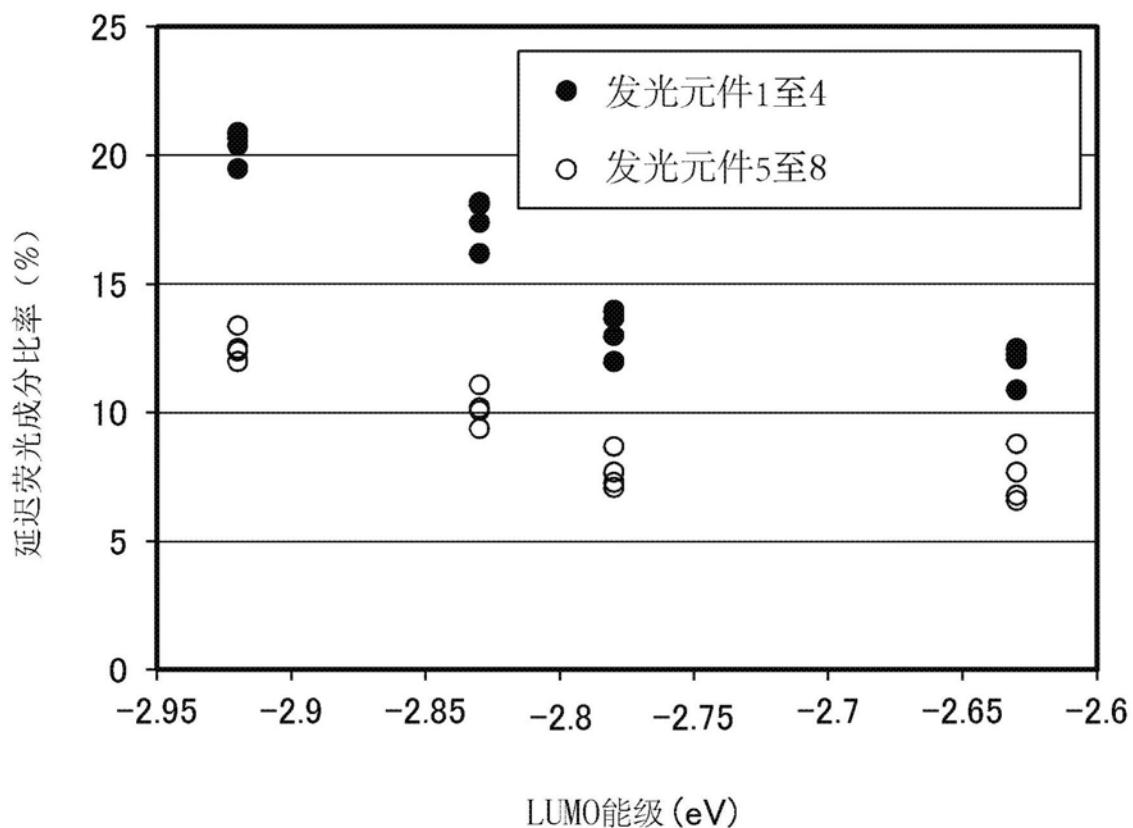


图19

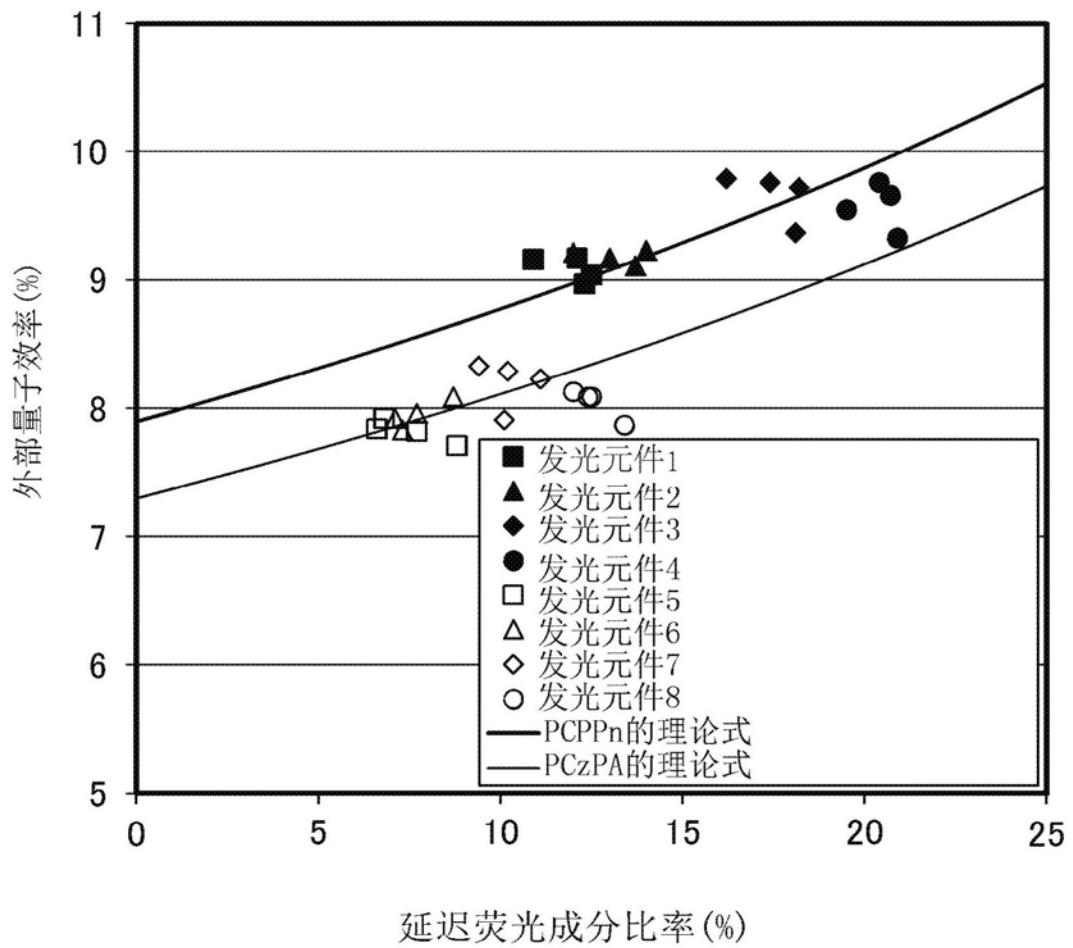


图20

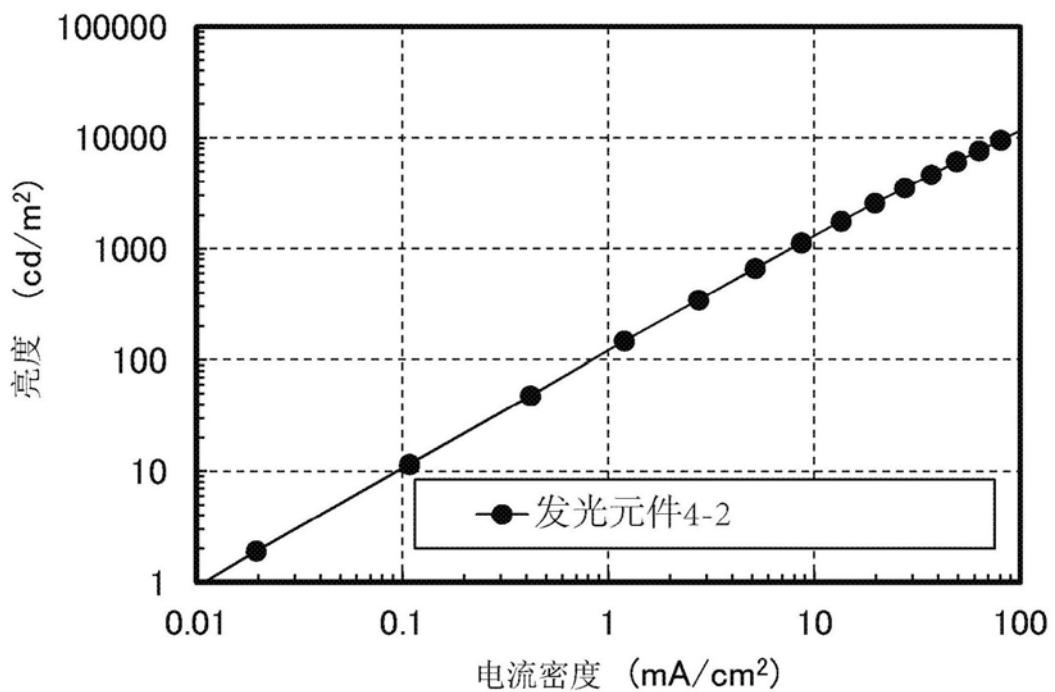


图21

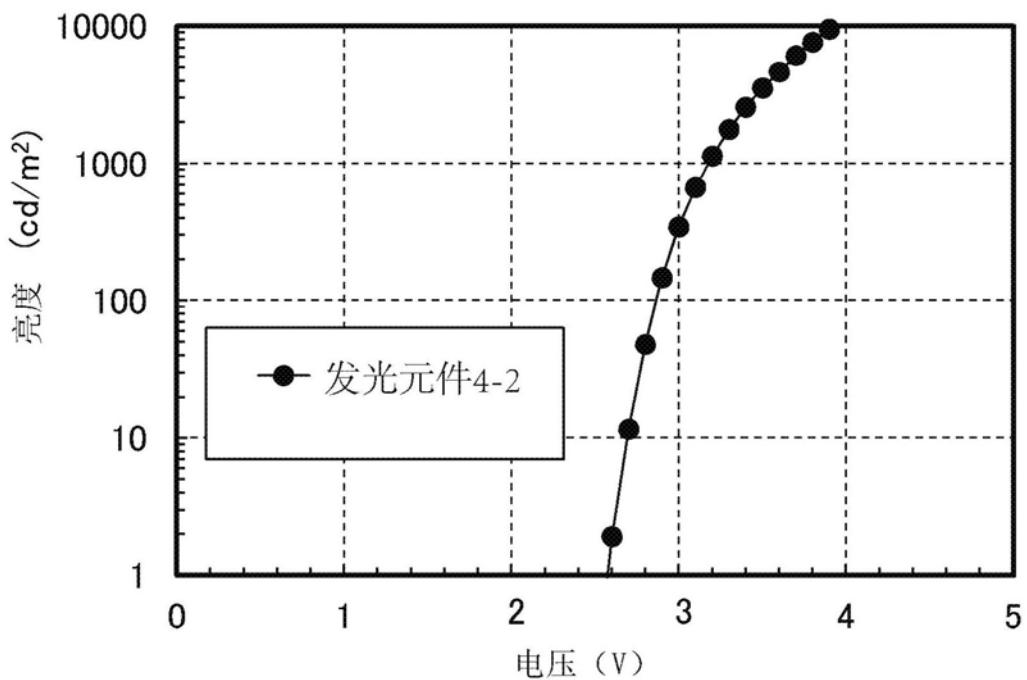


图22

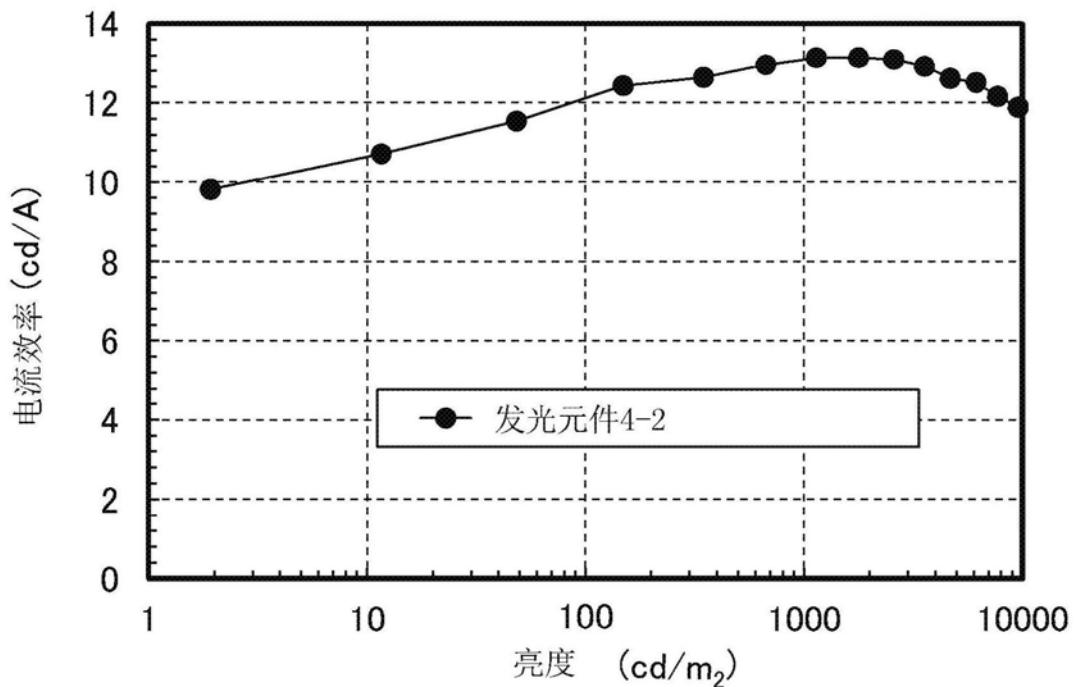


图23

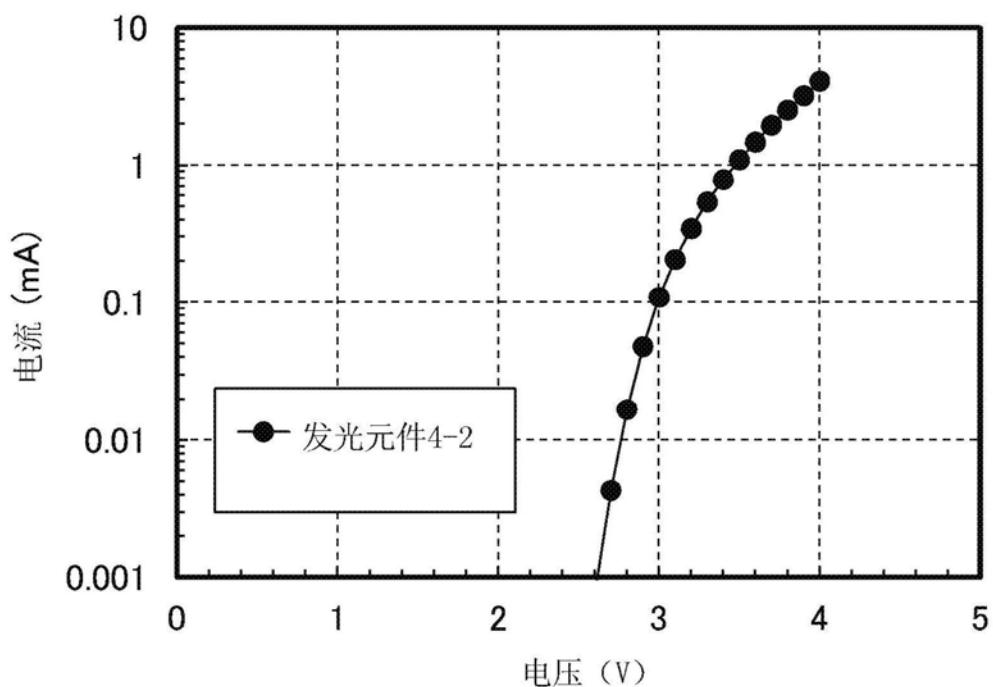


图24

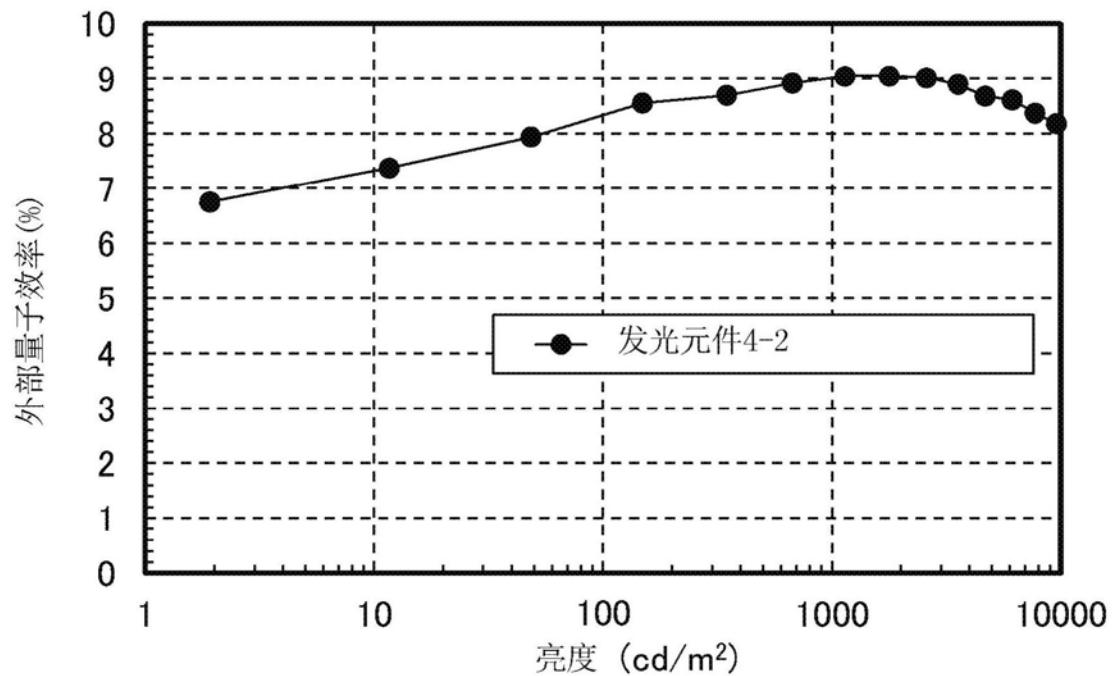


图25

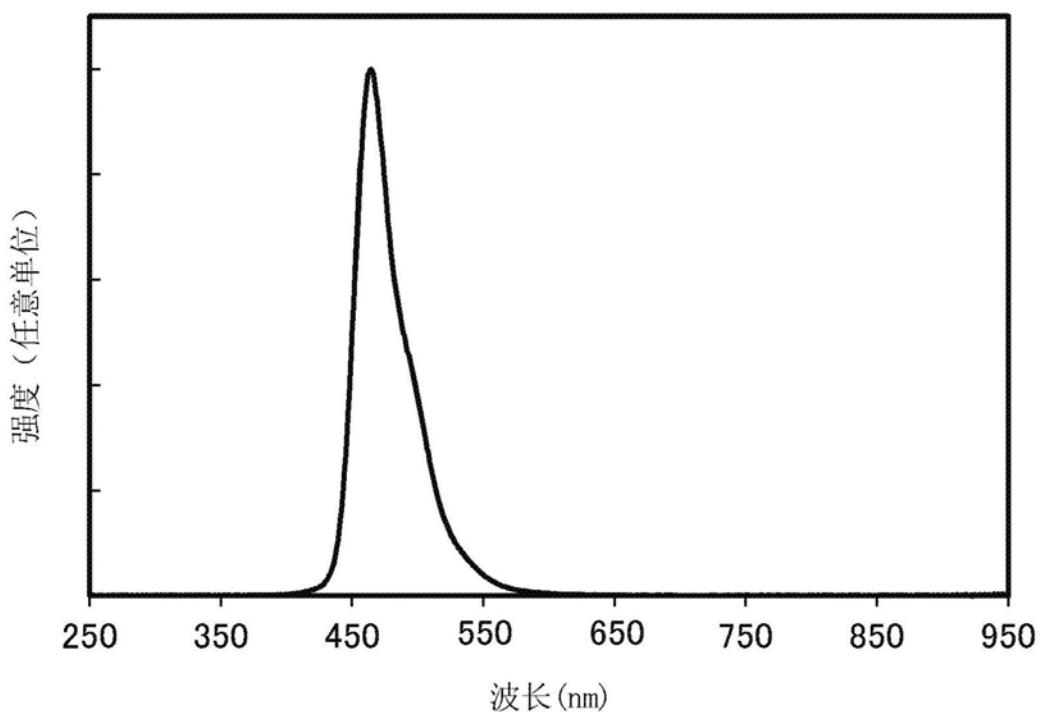


图26

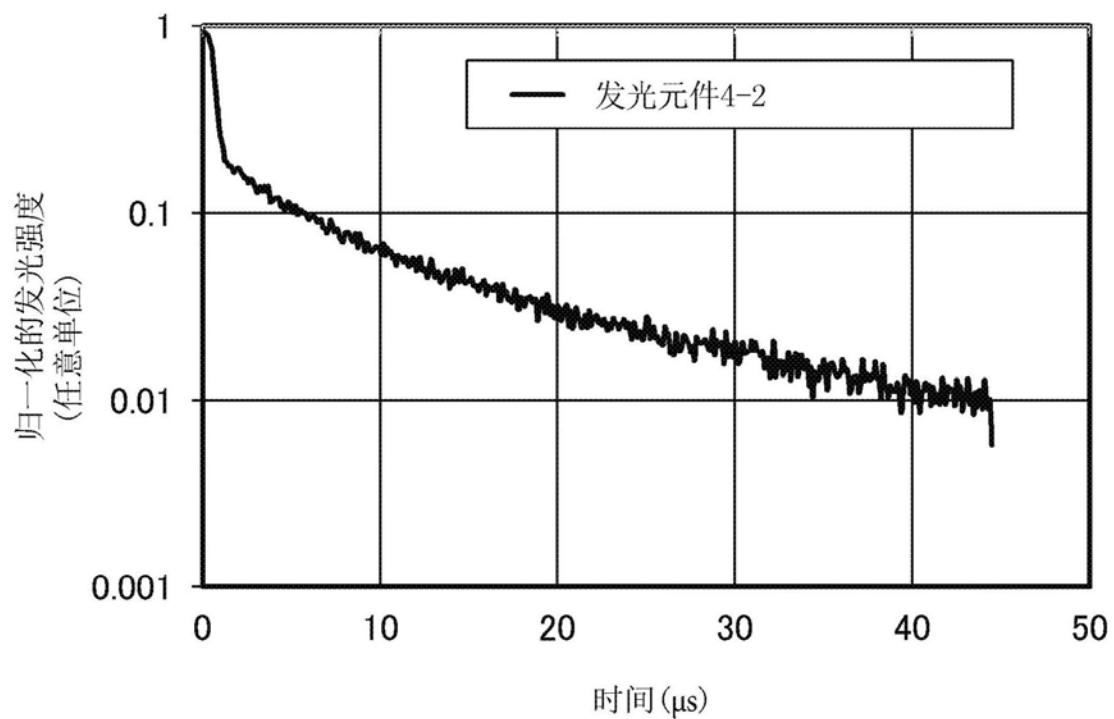


图27

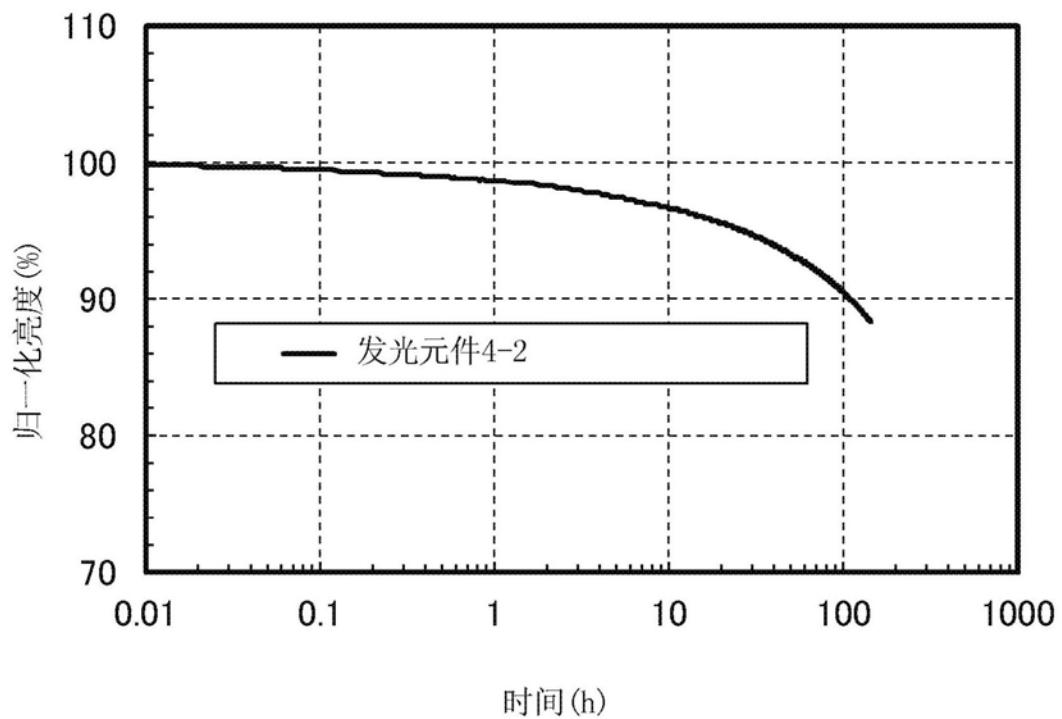


图28

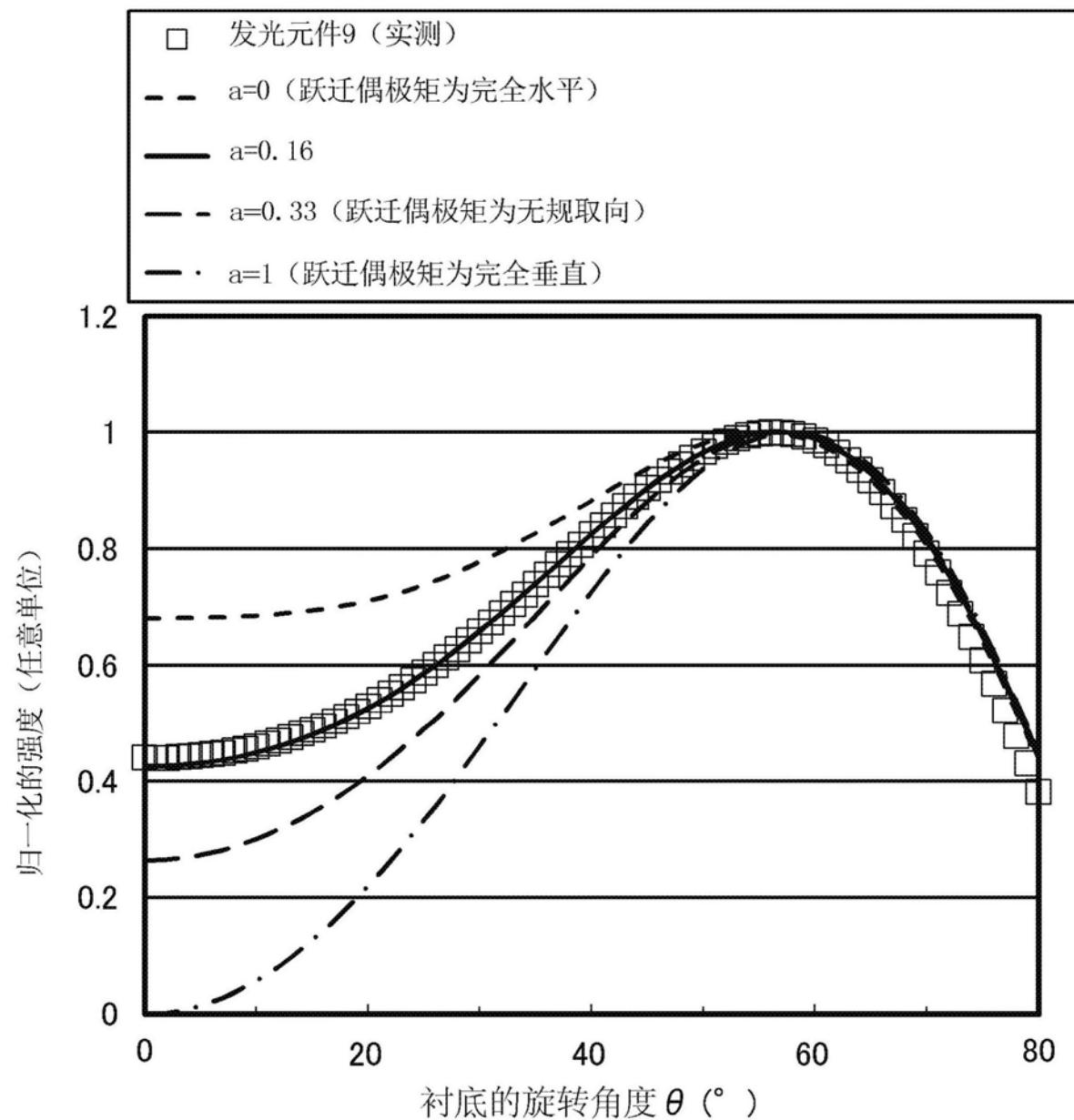


图29