



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110073511 A

(43)申请公布日 2019.07.30

(21)申请号 201780077274.2

(22)申请日 2017.12.19

(30)优先权数据

2016-253548 2016.12.27 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.06.13

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2017/058090 2017.12.19

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/122677 EN 2018.07.05

(71)申请人 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 渡部刚吉 濑尾哲史 N.小松

山冈凉平 尾坂晴惠 铃木邦彦

细海俊介

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 童春媛 李志强

(51)Int.Cl.

H01L 51/50(2006.01)

C09K 11/06(2006.01)

权利要求书2页 说明书53页 附图35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

提供一种具有高发光效率的可靠性高的发光元件。发光元件包括含有第一有机化合物及客体材料的发光层。上述第一有机化合物具有取代或未取代的咪唑骨架。在上述发光层中,上述第一有机化合物中的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的烃基取代物的相对于第一有机化合物的重量比大于0且为0.1以下。

	35DzPPy	Me-35DzPPy
T1的最稳定结构		
激发能(eV)	2.81	2.80
T1的亚稳结构		
激发能(eV)	2.94	2.89

1. 一种发光元件,包括:
 一对电极之间的EL层,
 其中,所述EL层包含发光层,
 所述发光层含有第一有机化合物及烃基取代物,
 所述第一有机化合物具有取代或未取代的咪唑骨架,
 所述烃基取代物具有所述第一有机化合物的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的结构,

并且,所述烃基取代物的相对于所述第一有机化合物的重量比大于0且为0.1以下。

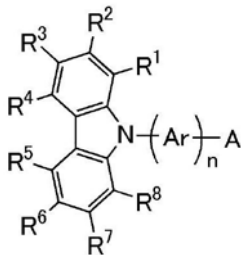
2. 根据权利要求1所述的发光元件,
 其中所述烃基取代物为所述第一有机化合物的所述咪唑骨架的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的化合物。

3. 根据权利要求1所述的发光元件,
 其中所述烃基取代物为所述第一有机化合物的所述咪唑骨架的一个、两个或三个氢原子被所述碳原子数为1至6的烃基取代的化合物。

4. 根据权利要求1所述的发光元件,
 其中所述烃基取代物在所述咪唑骨架的2位至少包括所述碳原子数为1至6的烃基。

5. 根据权利要求1所述的发光元件,
 其中所述碳原子数为1至6的烃基是甲基。

6. 一种发光元件,包括:
 一对电极之间的EL层,
 其中:
 所述EL层包含发光层,
 所述发光层含有第一有机化合物及烃基取代物,
 所述第一有机化合物由下述通式(G1)表示。



A表示取代或未取代的碳原子数为1至25的含氮杂芳环,

Ar表示碳原子数为6至13的亚芳基,

n表示0或1,

R¹至R⁸分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烃基、碳原子数为3至6的环式烃基和取代或未取代的碳原子数为6至25的芳烃基中的任一个,

所述烃基取代物具有所述第一有机化合物的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的结构,以及

所述烃基取代物的相对于所述第一有机化合物的重量比大于0且为0.1以下。

7. 一种发光元件, 包括:

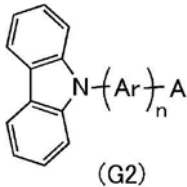
一对电极之间的EL层,

其中:

所述EL层包含发光层,

所述发光层含有第一有机化合物及烃基取代物,

所述第一有机化合物由下述通式 (G2) 表示。



A表示取代或未取代的碳原子数为1至25的含氮杂芳环,

Ar表示碳原子数为6至13的亚芳基,

n表示0或1,

所述烃基取代物具有所述第一有机化合物的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的结构, 以及

所述烃基取代物的相对于所述第一有机化合物的重量比大于0且为0.1以下。

8. 根据权利要求1、6和7中任一项所述的发光元件,

其中所述烃基取代物的相对于所述第一有机化合物的重量比大于0且为0.05以下。

9. 根据权利要求1、6和7中任一项所述的发光元件,

其中所述发光层还包含客体材料,

并且所述客体材料将三重激发能量转换为发光。

10. 根据权利要求9所述的发光元件,

其中所述客体材料呈现450nm以上且530nm以下的发光峰值。

发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

技术领域

[0001] 本发明的一个实施方式涉及一种新颖的发光元件。本发明的另一个实施方式涉及一种指定杂质被减少的发光元件。本发明的另一个实施方式涉及一种各自包括该发光元件的发光装置、电子设备及照明装置。

[0002] 注意,本发明的一个实施方式不局限于上述技术领域。本发明的一个实施方式涉及一种物体、方法或制造方法。本发明的一个实施方式涉及一种工艺、机器、产品或组成物。尤其是,本发明的一个实施方式涉及一种半导体装置、发光装置、显示装置、照明装置、发光元件或它们的制造方法。

背景技术

[0003] 包括有机化合物并利用电致发光(EL)的发光元件(有机EL元件)的实用化非常活跃。在这种发光元件的基本结构中,在一对电极之间夹有包含发光材料的有机化合物层(EL层)。通过对该元件施加电压来注入载流子,并且利用该载流子的复合能量,可以从发光材料获得发光。

[0004] 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:良好的可见度;不需要背光源;以及低功耗等。并且,该发光元件还具有如下优点:能够被制造得薄且轻;以及高响应速度。

[0005] 在是有机EL元件(OLED)的情况下,使用各种有机化合物制造发光元件。因此,各有机化合物的品质很重要,因为有机化合物中的杂质可能影响到发光元件的特性。尤其是,元件的可靠性容易受到杂质的影响。

[0006] 因此,为了得到特性良好的发光元件,尤其是具有高可靠性的发光元件,减少杂质是重要的。专利文献1及专利文献2各自公开了通过将包含有机化合物的EL层中的卤素化合物的浓度降低到一定程度以下来提高可靠性的发光元件。

[参考文献]

[专利文献]

[0007] [专利文献1]国际公开第WO 00/41443号公报

[专利文献2]日本专利申请公开第2012-174901号公报

发明内容

[0008] 已知:有的杂质使发光元件的特性恶化,而有的杂质没有影响到发光元件的特性。因此,重要的是,确定使发光元件的特性恶化的杂质种类。此外,重要的是,确定影响到发光元件的杂质浓度。另外,使发光元件的特性恶化的机理还几乎不明确。

[0009] 鉴于以上所述,本发明的一个实施方式的目的是提供一种新颖的发光元件。尤其是,目的是提供一种具有高可靠性的发光元件。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种发光效率良好的发光元件。

[0010] 本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种功耗低的发光元件。本发明的一个

实施方式的另一目的是提供一种新颖的发光装置。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种各自具有高可靠性的发光元件、发光装置及电子设备。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种各自的功耗低的发光元件、发光装置及电子设备。

[0011] 此外,这些目的的记载不妨碍其他目的的存在。本发明的一个实施方式并不需要实现所有上述目的。另外,从说明书、附图、权利要求书等的记载中可明显看出这些目的以外的目的,而可以从说明书、附图、权利要求书等的记载中抽取这些目的以外的目的。

[0012] 本发明的一个实施方式是在一对电极之间包含EL层的发光元件。EL层至少包含发光层。发光层含有第一有机化合物及烃基取代物。第一有机化合物具有取代或未取代的咪唑骨架。烃基取代物具有第一有机化合物的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的结构。该烃基取代物的相对于第一有机化合物的重量比大于0且为0.1以下。

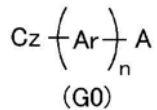
[0013] 在上述结构中,烃基取代物优选为第一有机化合物的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的化合物。更优选的是,烃基取代物是第一有机化合物的咪唑骨架的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的化合物。进一步优选的是,烃基取代物为第一有机化合物的咪唑骨架的2位的氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的化合物。

[0014] 在上述结构各自中,第一有机化合物优选具有取代或未取代的含氮杂芳环。

[0015] 在上述结构各自中,发光层也可以包括具有取代或未取代的含氮杂芳环的第二有机化合物。

[0016] 在上述结构各自中,第一有机化合物优选为由下述通式(G0)表示的有机化合物。

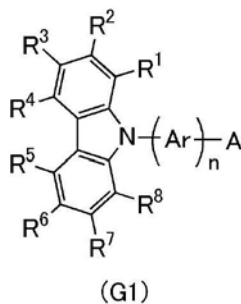
[0017] [化学式1]



[0018] 注意,在通式(G0)中,A表示取代或未取代的碳原子数为1至25的含氮杂芳环,Ar表示碳原子数为6至13的亚芳基,n表示0或1,Cz表示取代或未取代的咪唑骨架。

[0019] 在上述结构各自中,第一有机化合物优选为由下述通式(G1)表示的有机化合物。

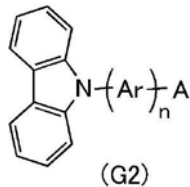
[0020] [化学式2]



[0021] 注意,在通式(G1)中,A表示取代或未取代的碳原子数为1至25的含氮杂芳环,Ar表示碳原子数为6至13的亚芳基,n表示0或1,R¹至R⁸分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烃基、碳原子数为3至6的环式烃基和取代或未取代的碳原子数为6至25的芳烃基中的任一个。

[0022] 在上述结构各自中,第一有机化合物优选为由下述通式(G2)表示的有机化合物。

[0023] [化学式3]



[0024] 注意,在通式(G2)中,A表示取代或未取代的碳原子数为1至25的含氮杂芳环,Ar表示碳原子数为6至13的亚芳基,n表示0或1。

[0025] 在上述结构各自中,在发光层中,烃基取代物的相对于第一有机化合物的重量比优选大于0且为0.05以下,更优选大于0且为0.025以下。

[0026] 在上述结构各自中,客体材料优选被构成为将三重激发能量转换为发光。此外,客体材料优选包含铱。

[0027] 本发明的一个实施方式是一种显示装置,该显示装置包括:具有上述各结构的任一个的发光元件;以及滤色片和晶体管中的至少一个。本发明的另一个实施方式是一种电子设备,该电子设备包括:上述显示装置;以及框体和触摸传感器中的至少一个。本发明的另一个实施方式是一种照明装置,该照明装置包括:具有上述各结构的任一个的发光元件;以及框体和触摸传感器中的至少一个。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,还包括具有发光装置的电子设备。因此,本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(包括照明装置)。如下显示模块也是本发明的一个实施方式:柔性电路板(FPC)或载带封装(TCP)连接到发光元件的显示模块;在TCP端部上设置有印刷线路板的显示模块;以及集成电路(IC)通过玻璃上芯片(COG)方式直接安装到发光元件的显示模块。

[0028] 本发明的一个实施方式可以提供一种新颖的发光元件,尤其是具有高可靠性的发光元件。本发明的一个实施方式可以提供一种发光效率高的发光元件。本发明的一个实施方式可以提供一种功耗低的发光元件。本发明的一个实施方式可以提供一种新颖的发光元件。本发明的一个实施方式可以提供一种新颖的发光装置。本发明的一个实施方式可以提供一种新颖的显示装置。

[0029] 注意,上述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。从说明书、附图、权利要求书等的记载中可明显得知并抽取上述以外的效果。

附图说明

[0030] 图1A和图1B是本发明的一个实施方式的发光元件的示意图。

图2示出本发明的一个实施方式的材料的自旋密度分布。

图3示出本发明的一个实施方式的反应。

图4A和图4B是示出本发明的一个实施方式的发光元件的截面示意图,图4C是示出发光层的能级的相关的图表。

图5A和图5B是本发明的一个实施方式的有源矩阵型发光装置的概念图。

图6A和图6B是各自示出本发明的一个实施方式的有源矩阵型发光装置的概念图。

图7是示出本发明的一个实施方式的有源矩阵型发光装置的概念图。

图8A、图8B1和图8B2是示出本发明的一个实施方式的显示装置的示意图。

图9是本发明的一个实施方式的显示装置的电路图。

图10A和图10B是本发明的一个实施方式的显示装置的电路图。
图11是示出本发明的一个实施方式的显示装置的示意图。
图12是示出本发明的一个实施方式的电子设备的示意图。
图13A和图13B是示出本发明的一个实施方式的显示装置的示意图。
图14A至图14G是示出本发明的一个实施方式的电子设备的图。
图15A至图15C是各自示出本发明的一个实施方式的电子设备的图。
图16A至图16E是各自示出本发明的一个实施方式的电子设备的图。
图17A至图17E是示出本发明的一个实施方式的电子设备的图。
图18A至图18D是示出本发明的一个实施方式的电子设备的图。
图19A和图19B是示出本发明的一个实施方式的电子设备的图。
图20A至图20C是示出本发明的一个实施方式的照明装置的图。
图21A至图21D是各自示出本发明的一个实施方式的照明装置的图。
图22A至图22C是示出本发明的一个实施方式的照明装置的图。
图23是示出本发明的一个实施方式的照明装置的图。
图24A和图24B示出实施例的化合物的NMR谱。
图25示出实施例的MS光谱。
图26示出实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱。
图27示出实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱。
图28是示出实施例的发光元件的示意图。
图29示出实施例的发光元件的电流效率-亮度特性。
图30示出实施例的发光元件的亮度-电压特性。
图31示出实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性。
图32示出实施例的发光元件的电致发射光谱。
图33示出实施例的发光元件的可靠性测试的结果。

具体实施方式

[0031] 以下,参照附图详细地说明本发明的实施方式及实施例。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其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仅局限在以下所示的实施方式及实施例所记载的内容中。

[0032] 为了便于理解,有时在附图等中示出的各结构的位置、大小及范围等并不表示其实际的位置、大小及范围等。因此,所公开的发明不一定局限于附图等所公开的位置、大小、范围等。

[0033] 此外,在本说明书等中,为了方便起见,附加了“第一”、“第二”等序数词,而其有时并不表示工序顺序或叠层顺序。因此,例如可以将“第一”适当地置换为“第二”或“第三”等而进行说明。此外,本说明书等中所记载的序数词与用于指定本发明的一个实施方式的序数词有时不一致。

[0034] 在本说明书等中,当利用附图说明本发明的构成要素时,有时在不同的附图中使用表示相同的部分的符号。

[0035] 在本说明书等中,可以将“膜”和“层”相互调换。例如,有时可以将“导电层”换称为“导电膜”。此外,有时可以将“绝缘膜”换称为“绝缘层”。

[0036] 在本说明书等中,单重激发态(S*)是指具有激发能的单重态。S1能级是指单重激发能级的最低能级,其是指最低单重激发态(S1状态)的激发能级。三重激发态(T*)是指具有激发能的三重态。另外,T1能级是三重激发能级的最低能级,其是指最低三重激发态(T1状态)的激发能级。另外,在本说明书等中,即使简单地表示为“单重激发态”及“单重激发能级”也有时分别表示S1状态及S1能级。另外,即使表示为“三重激发态”及“三重激发能级”也有时分别表示T1状态及T1能级。

[0037] 在本说明书等中,荧光化合物是指在从单重激发态返回到基态时在可见光区域发光的物质。磷光化合物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物质。换言之,磷光化合物是指能够将三重激发能量转换为可见光的物质。

[0038] 另外,在本说明书等中,室温是指0℃以上且40℃以下的温度。

[0039] 在本说明书等中,蓝色的波长范围是指400nm以上且小于500nm的波长范围,蓝色光在该范围具有至少一个发射光谱峰。绿色的波长范围是指500nm以上且小于580nm的波长范围,绿色光在该范围具有至少一个发射光谱峰。红色的波长范围是指580nm以上且680nm以下的波长范围,红色光在该范围具有至少一个发射光谱峰。

[0040] (实施方式1)

在本实施方式中,参照图1A、图1B、图2和图3说明本发明的一个实施方式的发光元件。

[0041] <发光元件的结构实例>

首先,将参照图1A和图1B说明本发明的一个实施方式的发光元件的结构。

[0042] 图1A是本发明的一个实施方式的发光元件150的截面示意图。

[0043] 发光元件150包括一对电极(电极101及电极102)以及该一对电极之间的EL层100。EL层100至少包括发光层130。

[0044] 图1A所示的EL层100除了发光层130以外还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119等功能层。

[0045] 虽然在本实施方式中以一对电极中的电极101为阳极且以电极102为阴极来进行说明,但是发光元件150的结构并不局限于此。也就是说,也可以将电极101用作阴极且将电极102用作阳极,并且,可以倒序地层叠该电极之间的各层。换言之,也可以从阳极一侧依次层叠空穴注入层111、空穴传输层112、发光层130、电子传输层118及电子注入层119。

[0046] 注意,EL层100的结构不局限于图1A所示的结构,EL层100至少包括发光层130,不需要包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119。或者,EL层100也可以包括具有如下功能的功能层:降低空穴或电子的注入势垒的功能;提高空穴或电子的传输性的功能;降低空穴或电子的传输性的功能;抑制电极所引起的猝灭现象的功能;或者抑制激子扩散的功能等。功能层各自可以是单层或叠层。

[0047] 图1B是示出图1A所示的发光层130的例子的截面示意图。图1B所示的发光层130包含主体材料131及客体材料132。

[0048] 主体材料131至少含有有机化合物131_1。有机化合物131_1优选为具有传输电子的功能(电子传输性)的化合物,更优选为具有含氮杂芳骨架的化合物,进一步优选为具有含氮六元杂芳骨架的化合物。含氮六元杂芳骨架是优选的,这是因为其高电子传输性及稳

定性。

[0049] 优选的是,主体材料131还含有有机化合物131_2。有机化合物131_2优选为具有传输空穴的功能(空穴传输性)的化合物。

[0050] 当有机化合物131_1与有机化合物131_2的组合是具有电子传输性的化合物与具有空穴传输性的化合物的组合时,能够根据混合比而容易地控制载流子的平衡。具体而言,具有电子传输性的化合物与具有空穴传输性的化合物的重量比优选在1:9至9:1的范围内。通过具有该结构,可以容易地控制载流子的平衡或者载流子复合区域(激子产生区域)。

[0051] 客体材料132可以为发光有机化合物,并且该发光有机化合物优选为能够发射荧光的物质(下面,也称为荧光化合物)或者能够发射磷光的物质(下面,也称为磷光化合物)。以下,说明作为客体材料132使用荧光化合物或磷光化合物的结构。

[0052] 发光元件150被要求的特性是高发光效率。另外,还被要求长期保存或长时间驱动时的发光效率下降少,即,长使用寿命或高可靠性。为了使发光元件150具有高发光效率及高可靠性,EL层100,尤其是发光层130优选包括杂质含量低的有机化合物。作为杂质,例如可以举出有机材料的氢原子被烷基或卤素取代的杂质。特别优选的是,EL层100所包括的有机化合物的卤化物含量低。

[0053] 为了制造杂质含量低的发光元件,优选使用于发光元件的有机化合物的纯度高。因此,优选使用杂质少的试剂或具有高纯度的溶剂合成该有机化合物。这是因为合成中使用的试剂所包含的杂质有可能包括在目的的有机化合物中。作为该有机化合物的纯化,一般进行升华纯化。通过升华纯化,可以去除合成后残留的溶剂或者微量的卤化物等杂质。

[0054] 但是,例如,在有机化合物的纯化工艺中,由于其分子结构与EL层100所包括的有机化合物的分子结构相似等原因,而难以去除某些杂质。因此,有机化合物有时包含这样的难以降低其含量的杂质。在制造发光元件时有时混入杂质,使发光元件包含杂质。例如,有时在进行真空蒸镀时因有机化合物的分解而生成的物质作为杂质混入发光元件中。另外,例如,当采用涂敷法、喷墨法或印刷法等使用溶剂的制造方法时,有时溶剂或溶剂中的杂质混入发光元件中。另外,在驱动发光元件时因有机化合物的分解而生成的物质有可能作为杂质混入发光元件中。因此,很难去除发光元件中的所有杂质。

[0055] 如上所述,以不包括杂质的方式形成EL层100是困难的,本发明者等发现,其浓度为一定程度以下的杂质没有影响到发光元件的特性。具体而言,在本发明的一个实施方式的发光元件中,发光层130包含客体材料以及具有咪唑骨架的有机化合物作为主体材料。在发光元件中,烷基取代物的相对于主体材料的重量比大于0且为0.1以下,该烷基取代物被用作杂质并具有发光层130所包含的该主体材料的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烷基取代的结构。

[0056] 注意,当烷基取代物为甲基取代物时,该甲基取代物具有由主体材料的 $m/z+14n$ (n 是自然数)表示的 m/z 。

[0057] 烷基取代物的相对于主体材料的重量比优选大于0且为0.05以下,更优选大于0且0.025以下。

[0058] 因其高T1能级及高载流子传输性而具有咪唑骨架的有机化合物适合用于发光元件。

[0059] 有时被用作用于发光元件的具有咪唑骨架的有机化合物的原料的咪唑衍生物包

括其中咪唑骨架的氢原子被碳原子数为1至6的烃基(在很多情况下,碳原子数为1至4的烷基,尤其是甲基)取代的烃基取代物作为杂质。这是因为烃基取代物的物性与目的物质(具有咪唑骨架的有机化合物或者被用作有机化合物的原料的咪唑衍生物)的物性相似,因此难以进行纯化并去除烃基取代物。

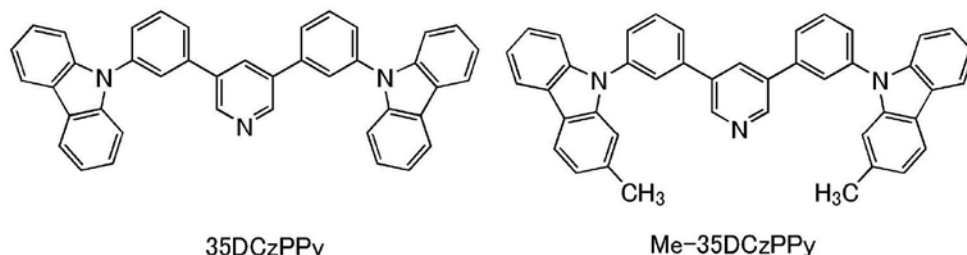
[0060] 如上所述,具有咪唑骨架的有机化合物作为杂质有时包括烃基取代物,这有可能给发光元件的特性带来负面影响。

[0061] <利用量子化学计算的杂质的影响的分析>

在此,使用量子化学计算说明具有咪唑骨架的有机化合物的烃基取代物给发光元件带来的影响的分析。

[0062] 以下,示出用于分析的各自具有咪唑骨架的有机化合物以及其名称。

[0063] [化学式4]



[0064] 在发光元件中,35DCzPPy被用作电子传输层或发光层的材料。Me-35DCzPPy是被认为包含在35DCzPPy中的杂质的物质,并可以说35DCzPPy的甲基取代物。

[0065] 关于35DCzPPy和Me-35DCzPPy各自的三重激发态(T1),进行T1能级最低的最稳定结构以及亚稳结构各自的振荡(自旋密度)分析。利用密度泛函法(DFT)进行计算。图2示出其结果。在DFT中,以势能、电子间静电能、电子的运动能、包括所有的电子间的复杂互相作用的交换相关能的总和表示总能量。另外,在DFT中,由于使用以电子密度表示的一个电子势的泛函数(其他函数的函数)来近似交换相关作用,所以能够进行高速计算。在此,利用作为混合泛函的B3LYP来规定有关交换相关能的各参数的权重。作为基底函数使用6-311G(d,p)。将Gaussian 09用作计算程序。

[0066] 在图2中,分子中的有阴影的部分示出T1激发态下存在的自旋的位置。35DCzPPy与Me-35DCzPPy的T1的最稳定结构的自旋密度分布没有明显的差异,由此可知自旋容易延伸到吡啶环及亚苯基。另一方面,可知35DCzPPy和Me-35DCzPPy各自的T1的亚稳结构的自旋主要延伸到咪唑环,在Me-35DCzPPy中,自旋延伸到甲基。注意,甲基的自旋密度是物质整体的3%左右。注意,从各原子的自旋密度的绝对值之总和计算出自旋密度的比例。

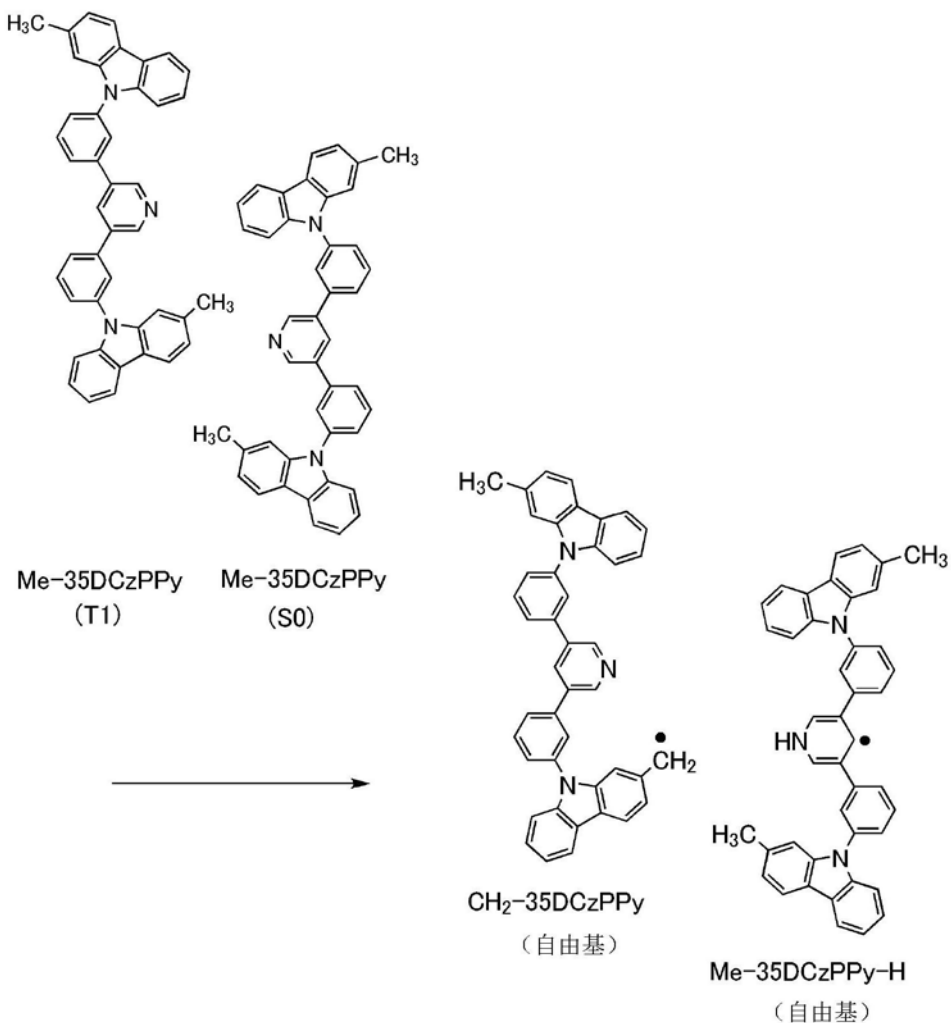
[0067] 注意,计算步骤为如下:将基态(S0状态)的最稳定结构看作初始结构,通过T1的最稳定结构的再计算获得T1的亚稳结构。通过以吡啶环及亚苯基中容易存在T1激发态的自旋的电子的方式设定初始结构,得到T1的最稳定结构。激发能各自是S0状态的最稳定结构的能量与T1的最稳定结构和T1的亚稳结构的每一个的能量之差。注意,在以T1的最稳定结构为初始结构而进行S0状态的最稳定结构的再计算的情况下,结构和能量值与上述计算的S0状态的最稳定结构相同。

[0068] 换言之,可以说,考虑到激发所引起的Me-35DCzPPy的从基态(S0状态)到T1激发态的结构变化,与基态和T1的亚稳结构之间的结构变化相比,基态和T1的最稳定结构之间的

结构变化更少发生,因为分子的基态和T1的最稳定结构之间的结构变化中的分子扭曲比基态和T1的亚稳结构之间的结构变化中的分子扭曲大。此外,可以说,与T1激发态的35DCzPPy相比,T1激发态的Me-35DCzPPy更容易具有T1的亚稳结构,因为T1的最稳定结构与T1的亚稳结构之间能量差小,即为0.09eV。如上所述,具有T1的亚稳结构的Me-35DCzPPy中的自旋延伸到甲基,因此有时发生以甲基为起点的反应。

[0069] 接着,利用量子化学计算,对氢原子迁移反应进行分析,在该反应中,由于Me-35DCzPPy的两个分子中的甲基和吡啶环的互相作用,而甲基的氢原子迁移到吡啶环,生成CH₂-35DCzPPy和Me-35DCzPPy-H。以下,示出用于分析的反应式和用于分析的有机化合物的名称。

[0070] [化学式5]



[0071] 图3示出通过最低三重激发态中的氢原子迁移反应的分析得到的反应路径及能量图。

[0072] 在图3中,T1状态的Me-35DCzPPy及基态(S0状态)的Me-35DCzPPy以无限远离解状态的能量为基准。使甲基的氢原子迁移到吡啶环的反应的活化能为0.54eV,在室温下就能发生反应。并且,在氢原子迁移后的终态,CH₂-35DCzPPy与Me-35DCzPPy-H都处于自由基状态,终态的能量比初始状态的能量低且稳定,该反应为放热反应。由此可知,在驱动发光元件的状态下的发光层中(激发态),在是产生Me-35DCzPPy的两个分子的甲基和吡啶环的互

相作用的分子配置的状态下,有可能发生氢原子的迁移反应。

[0073] 在驱动发光元件时,所生成的自由基状态的CH₂-35DCzPPy及自由基状态的Me-35DCzPPy-H接收电子或空穴,并处于单重基态。表1示出,因接收电子而处于阴离子状态的CH₂-35DCzPPy的T1能级、因接收空穴而处于阳离子状态的Me-35DCzPPy-H的T1能级的计算值。还示出Me-35DCzPPy的T1能级的实测值。

[0074] 注意,通过与Me-35DCzPPy的T1能级的计算相同的方法进行计算。

[0075] [表1]

物质的名称	T1能级 (eV)
Me-35DCzPPy	2.75 (实测值)
阴离子状态的CH ₂ -35DCzPPy	0.50 (计算值)
阳离子状态的Me-35DCzPPy-H	1.41 (计算值)

[0076] 如表1所示,因氢原子迁移反应而产生的阴离子状态的CH₂-35DCzPPy的T1能级及阳离子状态的Me-35DCzPPy-H的T1能级非常低。因此,这可能导致发光元件中的失活。换言之,激发能从激发态的客体材料或主体材料转移到阴离子状态的CH₂-35DCzPPy及阳离子状态的Me-35DCzPPy-H。因此,不能得到从客体材料的发光,而发光元件的发光效率降低。

[0077] 如上所述,当驱动包含咪唑骨架的氢原子被甲基取代的化合物的发光元件时,有时在发光元件中生成有可能导致失活的物质,因此有可能给可靠性带来负面影响。因此,咪唑骨架的氢原子被甲基取代的化合物的含量优选低。如上所述,T1状态的Me-35DCzPPy的甲基的自旋密度为物质整体的3%左右,预测在有可能导致失活的物质的含量与客体材料大致相同时,物质给发光元件带来负面影响。因此,有可能导致失活的物质的相对于主体材料的重量比优选大于0且为0.1以下,更优选大于0且0.05以下,进一步优选大于0且0.025以下。

[0078] 注意,在咪唑骨架的取代基为甲基的情况下进行计算,但是,上述反应不局限于甲基。在取代基为烷基,至少为脂肪族烷基的情况下,发生上述同样的反应。

[0079] 注意,对与吡啶骨架的氮的反应进行计算,但是上述反应不局限于吡啶骨架。预测到在是含氮杂芳环化合物的情况下也发生上述同样的反应。至少在是具有含氮六元杂芳环的化合物的情况下,发生上述同样的反应。就是说,在是具有吡啶环、哒嗪环、嘧啶环、吡嗪环或三嗪环的化合物的情况下,发生上述同样的反应。换言之,这是在具有非共用电子对的杂芳族化合物的情况下发生的现象。

[0080] 当烷基取代物具有至少发光层的主体材料的氢原子被烷基取代的结构时,发生上述反应。

[0081] 因此,本发明的一个实施方式是一种包括含有具有取代或未取代的咪唑骨架的第一有机化合物的发光层的发光元件。该第一有机化合物是具有含氮六元杂芳环的化合物或者具有非共用电子对的杂芳族化合物。或者,发光元件包括不但含有第一有机化合物而且含有第二有机化合物的发光层。该第二有机化合物是具有含氮六元杂芳环的化合物或者具有非共用电子对的杂芳族化合物。

[0082] 注意,对在本计算中生成的自由基分子接收电子或空穴而处于单重基态的情况进行分析,但是在发光元件中生成的自由基因为一般具有高反应性所以与其他有机材料(主体材料及客体材料等)起反应,有时导致恶化。自由基本身具有低激发能,有可能容易成为

猝灭因子。

[0083] 注意,在上述计算中,对Me-35DCzPPy的两个分子之间的氢原子迁移反应进行量子化学计算,但是,假设在激发态,即T1状态或S1状态的Me-35DCzPPy与基态(S0状态)的35DCzPPy之间发生上述同样的反应,而进行量子化学计算,此时可以得到与上述计算结果相同的结果。这是因为上述反应是键合到咪唑骨架的甲基与吡啶骨架的氮之间的反应。

[0084] 上述氢原子迁移反应会发生在不同物质的两个分子之间。咪唑骨架的至少一个氢原子被碳原子数为1至6的烃基取代的有机化合物以及具有含氮杂芳环的有机化合物同时存在于发光层中的情况下,有时发生氢原子迁移反应。

[0085] 作为上述计算,进行有关键合到咪唑骨架的甲基的反应的量子化学计算,但是上述反应不局限于咪唑骨架的取代基。在作为自旋延伸的骨架的取代基包括烃基的情况下,预测发生上述同样的反应。

[0086] 以上,对氢原子迁移反应进行量子化学计算,但是,如上所述,自旋延伸到T1状态的Me-35DCzPPy的甲基。因此,有时还发生氢原子迁移反应以外的以甲基为起点的反应。此时,与氢原子迁移反应相同,Me-35DCzPPy被转换为自由基分子,该自由基分子可能是猝灭因子,而导致发光元件的恶化。因此,咪唑骨架的氢原子被甲基取代的化合物的含量优选低,咪唑骨架的氢原子被甲基取代的化合物的相对于主体材料的重量比大于0且为0.1以下,更优选大于0且为0.05以下,进一步优选大于0且为0.025以下。

[0087] <材料>

接着,详细说明本发明的一个实施方式的发光元件的构成要素。

[0088] 《发光层》

发光层130至少包含主体材料131,优选还包含客体材料132。主体材料131也可以包含有机化合物131_1及有机化合物131_2。在发光层130中,主体材料131以最大的重量比存在,客体材料132分散于主体材料131中。当客体材料132为荧光化合物时,发光层130的主体材料131(有机化合物131_1及有机化合物131_2)的S1能级优选高于发光层130的客体材料(客体材料132)的S1能级。当客体材料132是磷光化合物时,发光层130的主体材料131(有机化合物131_1及有机化合物131_2)的T1能级优选高于发光层130的客体材料(客体材料132)的T1能级。

[0089] 主体材料131优选为具有咪唑骨架的化合物。咪唑衍生物的具体例子包括: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)、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)、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)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒎基)三苯胺(简称:DPhPA)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒎基)三苯胺(简称:YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(简称:PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]苯基}-9H-咪唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCAPA)、9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑(简称:PCzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑(简称:

DPCzPA)。

[0090] 当主体材料131包含有机化合物131_1及有机化合物131_2时,有机化合物131_1具有咪唑骨架,优选还具有含氮六元杂芳骨架。含氮六元杂芳骨架的具体例子包括具有吡啶骨架、二嗪骨架(吡嗪骨架、嘧啶骨架及哒嗪骨架)及三嗪骨架中的任意骨架的化合物。作为这些具有含氮杂芳骨架的碱性化合物,可以举出吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、菲咯啉衍生物、嘌呤衍生物等化合物。作为有机化合物131_1,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料(电子传输性材料),优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料。注意,可以将这些材料还适用于主体材料131,即发光层的主体材料包含一种以上的材料的情况。

[0091] 具体而言,例如,可以使用2-[3-(3,9'-联-9H-咪唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzCzPDBq)、4,6-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等具有二嗪骨架的杂环化合物、2-{4-[3-(N-苯基-9H-咪唑-3-基)-9H-咪唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)等三嗪骨架的杂环化合物、3,5-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)等具有吡啶骨架的杂环化合物。在上述杂环化合物中,优选使用具有三嗪骨架、二嗪(嘧啶、吡嗪、哒嗪)骨架或吡啶骨架的杂环化合物,因为具有高可靠性且稳定。此外,具有该骨架的杂环化合物具有高电子传输性,也有助于降低驱动电压。

[0092] 作为有机化合物131_1,除了上述杂芳环化合物以外还可以使用以下的杂芳环化合物。

[0093] 可以举出红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)等具有吡啶骨架的杂环化合物、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咪唑-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-咪唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噻吩-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-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等具有二嗪骨架的杂环化合物。此外,还可以使用聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-co-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-co-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)等高分子化合物。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。但是,只要是电子传输性高于空穴传输性的物质,就可以使用上述物质以外的任意的物质。

[0094] 有机化合物131_2可以是具有含氮五元杂环骨架或叔胺骨架的化合物,优选具有含氮五元杂环骨架。具体地,可以举出吡咯骨架或芳香胺骨架。具体而言,可以举出吡咯衍生物、咪唑衍生物、三芳基胺衍生物等。含氮五元杂环骨架的例子包括咪唑骨架、三唑骨架及四唑骨架。作为有机化合物131_2,可以使用空穴传输性比电子传输性高的材料(空穴传输性材料),优选的是具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的材料。此外,上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。在上述具有咪唑骨架的化合物中,还可以适当地使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的化合物。

[0095] 能够被用作空穴传输性高的材料的芳香胺化合物的例子包括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)等。

[0096] 其他例子是聚(N-乙烯基吡啶)(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。

[0097] 空穴传输性高的材料的例子是:4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯氨基]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(吡啶-9-基)三苯胺(简称:TCTA)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、4,4',4''-三(N,N-二苯氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联苄-2-基)-N-苯氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基苄-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基苄-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-苄-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-苄-2-基)氨基]-9H-苄-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯氨基-9H-苄-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、2-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联苄(简称:DPASF)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)胺(简称:PCA1BP)、N,N'-双(9-苯基吡啶-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基吡啶-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-苄-2-基)-9-苯基-9H-吡啶-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-苄-2-胺(简称:PCBBiF)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]苄-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]螺-9,9'-联苄-2-胺(简称:PCBASF)、2-[N-(9-苯基吡啶-3-基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联苄(简称:PCASF)、2,7-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-螺-9,9'-联苄(简称:DPA2SF)、N-[4-(9H-吡啶-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(简称:YGA1BP)、N,N'-双[4-(吡啶-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基苄-2,7-二胺(简称:YGA2F)等芳香胺化合物。其他例子是:3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-吡啶(简称:PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-吡啶(简称:PCPPn)、3,3'-双(9-苯基-9H-吡啶)(简称:PCCP)、1,3-双(N-吡啶基)苯(简称:mCP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基吡啶(简称:CzTP)、3,6-二(9H-吡啶-9-基)-9-苯基-9H-吡啶(简称:PhCzGI)、2,8-二(9H-吡啶-9-基)-二苯并噻吩(简称:Cz2DBT)等胺化合物、吡啶化合物、噻吩化合物、咪唑化合物、苄化合物、三亚苯化合物、菲化合物等。在上述化合物中,具有吡咯骨架或芳香胺骨架的化合物是优选的,因为其高稳定性及高可靠性。另外,具有上述骨架的化合物具有高空穴传输性,也有助于降低驱动电压。

[0098] 作为有机化合物131_2,可以使用具有如咪唑骨架、三唑骨架或四唑骨架等含氮五元杂环骨架的化合物。具体地,例如可以使用3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、9-[4-(4,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑-3-基)苯基]-9H-吡啶(简称:

CzTAZ1)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)等。

[0099] 对发光层130中的客体材料132没有特别的限制,作为荧光化合物优选使用蒽衍生物、并四苯衍生物、蒽(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、二萘嵌苯衍生物、二苯乙烯衍生物、吡啶酮衍生物、香豆素衍生物、吩恶嗪衍生物、吩噻嗪衍生物等,例如可以使用如下物质中的任意物质。

[0100] 其例子包括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]芘-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]芘-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-双(4-叔丁基)芘-1,6-二胺(简称:1,6tBu-FLPAPrn)、N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]N,N'-二苯基-3,8-二环己基芘-1,6-二胺(简称:ch-1,6FLPAPrn)、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,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、芘、2,5,8,11-四(叔丁基)芘(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-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-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'',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽(chrysene)-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-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-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,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素6、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吡酮(简称:DPQd)、红荧烯、2,8-二叔丁基-5,11-双(4-叔丁基)-6,12-二苯基并四苯(简称:TBRb)、尼罗红、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[i,j]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)茚并[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[i,j]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[i,j]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[i,j]喹啉-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'-lm]芘。

[0101] 注意,如表1所示,第一有机化合物所包含的烷基取代物导致T1能级的降低。因此,在客体材料具有将三重激发能量转换为发光的功能的情况下,本发明的一个实施方式更有效。作为具有将三重激发能量转换为发光的功能的材料,可以举出磷光材料及热活化延迟荧光(TADF)材料,以下进行该材料的说明。注意,在这些客体材料的T1能级高的情况下,具体而言,在这些客体材料呈现450nm以上且530nm以下的发光峰值的情况下,本发明的一个实施方式特别有效。

[0102] 作为客体材料132(磷光化合物),可以使用铱类、铈类、铂类有机金属配合物或者这金属配合物,尤其是,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。

[0103] 在蓝色或绿色波长范围内具有发光峰值的物质的例子包括三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ N2]苯基- κ C}铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmp)₃)、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Mptz)₃)、三[4-(3-联苯)-5-异丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPrptz-3b)₃)、三[3-(5-联苯)-5-异丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPr5btz)₃)等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(Mptz1-mp)₃)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Prptz1-Me)₃)等具有1H-三唑骨架的有机金属铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:Ir(iPrpmi)₃)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶根(phenanthridinato)]铱(III)(简称:Ir(dmpimpt-Me)₃)等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称:FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸盐(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸盐(简称:Ir(CF₃ppy)₂(pic))、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIr(acac))等以具有吸电子基团的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱配合物。在以上举出的材料中,由于具有4H-三唑骨架、1H-三唑骨架或咪唑骨架等含氮五元杂环骨架的有机金属铱配合物具有高三重激发能量、高可靠性及高发光效率,所以是特别优选的。

[0104] 在绿色或黄色的波长范围内具有发光峰值的物质的例子包括三(4-甲基-6-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(mppm)₃)、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)₃)、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(mppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双[4-(2-降苄基)-6-苯基嘧啶]铱(III)(简称:Ir(nbppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶]铱(III)(简称:Ir(mppppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基- κ N3]苯基- κ C}铱(III)(简称:Ir(dmppm-dmp)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(dppm)₂(acac))等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(mppr-Me)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(mppr-iPr)₂(acac))等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(2-苯基吡啶-N,C^{2'})铱(III)(简称:Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(ppy)₂(acac))、双(苯并[h]

喹啉) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (bzq)₂(acac))、三(苯并[h]喹啉) 铱(III) (简称: Ir (bzq)₃)、三(2-苯基喹啉-N,C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir (pq)₃)、双(2-苯基喹啉-N,C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (pq)₂(acac)) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 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)) 等有机金属铱配合物; 三(乙酰丙酮根)(单菲咯啉) 铽(III) (简称: Tb (acac)₃(Phen)) 等稀土金属配合物。在以上举出的材料中, 由于具有吡啶骨架的有机金属铱配合物具有显著高的可靠性及发光效率, 所以是尤其优选的。

[0105] 在黄色或红色的波长范围内具有发光峰值的物质的例子包括(二异丁酰甲烷根) 双[4,6-双(3-甲基苯基) 嘧啶根] 铱(III) (简称: Ir (5mdpmm)₂(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基) 嘧啶根](二新戊酰基甲烷根) 铱(III) (简称: Ir (5mdpmm)₂(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基) 嘧啶根](二新戊酰基甲烷根) 铱(III) (简称: Ir (d1nmp)₂(dpm)) 等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物; (乙酰丙酮根) 双(2,3,5-三苯基吡嗪根) 铱(III) (简称: Ir (tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根) 铱(III) (简称: Ir (tppr)₂(dpm))、(乙酰丙酮根) 双[2,3-双(4-氟苯基) 喹喔啉] 合铱(III) (简称: Ir (Fdpq)₂(acac)) 等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物; 三(1-苯基异喹啉-N,C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir (piq)₃)、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (piq)₂(acac)) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II) (简称: PtOEP) 等铂配合物; 以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲罗啉) 铕(III) (简称: Eu (DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲罗啉) 铕(III) (简称: Eu (TTA)₃(Phen)) 等稀土金属配合物。在以上举出的材料中, 由于具有吡啶骨架的有机金属铱配合物也具有显著高的可靠性及发光效率, 所以是尤其优选的。另外, 具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以提供色度良好的红色光。

[0106] 作为发光层130所包含的发光材料, 只要能够将三重激发能量转换为发光的材料就可以使用任何材料。作为该能够将三重激发能转换为发光的材料, 除了磷光材料之外, 还可以举出热活化延迟荧光(TADF)材料。因此, 可以将用“热活化延迟荧光材料”调换说明书中的“磷光材料”。注意, 热活化延迟荧光材料是指三重激发能级与单重激发能级的差较小且具有通过反系间窜越将三重激发能量转换为单重激发能量的功能的功能的材料。因此, TADF材料能够使用微小的热能量将三重激发态上转换(up-convert)为单重激发态(即, 反系间窜越)并能够高效地呈现来自单重激发态的发光(荧光)。在三重激发能级与单重激发能级的能量差优选大于0eV且为0.2eV以下, 更优选大于0eV且为0.1eV以下的状态下, 可以高效地获得TADF。

[0107] 当热活化延迟荧光材料由一种材料构成时, 例如可以使用如下材料中的任意材料。

[0108] 首先, 可以举出富勒烯或其衍生物、原黄素等吡啶衍生物、曙红(eosin)等。此外, 可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金属卟啉。作为该含金属卟啉的例子, 也可以举出原卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(OEP))、初卟

啉-氟化锡配合物(SnF₂(Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl₂(OEP))等。

[0109] 作为由一种材料构成的热活化延迟荧光材料,还可以使用具有富 π 电子型杂芳环及缺 π 电子型杂芳环的杂环化合物。具体而言,可以使用2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、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)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吡啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶)苯基]砷(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10' H-螺[吡啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)。该杂环化合物具有富 π 电子型杂芳环及缺 π 电子型杂芳环,因此电子传输性及空穴传输性高,所以是优选的。在具有缺 π 电子型杂芳环的骨架中,二嗪骨架(咪唑骨架、吡嗪骨架、哒嗪骨架)及三嗪骨架具有高稳定性及高可靠性,所以是尤其优选的。在具有富 π 电子型杂芳环的骨架中,吡啶骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架、咪唑骨架及吡咯骨架具有高稳定性及高可靠性,所以优选包括这些骨架中的一个或多个。作为吡咯骨架,特别优选的是吡啶骨架、咔唑骨架或3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑骨架。注意,富 π 电子型杂芳环与缺 π 电子型杂芳环直接键合的物质是特别优选的,因为富 π 电子型杂芳环的供体性和缺 π 电子型杂芳环的受体性都得到增加,而单重激发能级和三重激发能级之间的差异变小。

[0110] 发光层130也可以包括主体材料131及客体材料132以外的材料。

[0111] 能够用于发光层130的材料的例子是蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、蒽衍生物、二苯并[g,p]蒽衍生物等的缩合多环芳香化合物,但是不局限于此。缩合多环芳香化合物的具体例子包括9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯基蒽、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'-(二苯乙烯-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)、1,3,5-三(1-芘)苯(简称:TPB3)等。可以从上述物质及公知物质中选择一种或多种具有比上述客体材料132的激发能级高的单重激发能级或三重激发能级的物质。

[0112] 例如,可以将如噁二唑衍生物等具有杂芳骨架的化合物用于发光层130。作为其具体例子,可以举出2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(p-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、4,4'-双(5-甲基苯并噁唑-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)等杂环化合物。

[0113] 另外,例如可以将具有杂环的金属配合物(例如,锌类或铝类金属配合物)等用于发光层130。作为例子,可以举出具有喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体或噻唑配体的金属配合物。其具体例子包括具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等,例如三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq₃)、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)等。另外,可以使用如双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)或双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有噁唑基类或噻唑基类配体的金属配合物等。

[0114] 发光层130可以具有层叠有两个以上的层的结构。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,将空穴传输性物质用作主体材料来形成第一发光层,并且将电子传输性物质用作主体材料来形成第二发光层。第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以相同或不同。另外,该材料既可以具有呈现相同颜色的光的功能,也可以具有呈现不同颜色的光的功能。通过将具有呈现彼此不同颜色的光的功能的发光材料用于两个发光层,可以同时得到多个发光颜色的光。尤其是,优选选择各发光层的发光材料,以便通过组合两个发光层所发射的光而能够得到白色光。

[0115] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等形成发光层130。除了上述材料以外,也可以使用量子点等无机化合物或者高分子化合物(例如,低聚物、树枝状聚合物、聚合物)。

[0116] 《空穴注入层》

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、酞菁衍生物或芳香胺等形成。作为过渡金属氧化物,可以举出钼氧化物、钒氧化物、钽氧化物、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。作为芳香胺,可以举出联苯胺衍生物或苯二胺衍生物等。另外,也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物,其典型例子是:作为被自掺杂的聚噻吩的聚(乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)。

[0117] 作为空穴注入层111,可以使用包含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的例子,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:F₄-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。此外,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、氧化镱等。尤其是,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。

[0118] 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,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的材料。具体而言,可以使用作为能够用于发光层130的空穴传输性材料而举出的芳香胺、咪唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。此外,上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0119] 作为空穴传输性材料的其他例子,可以举出芳烃,例如,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。其他例子是并五苯、晕苯等。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的芳烃是特别优选的。

[0120] 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。

[0121] 其他例子是4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBI-II)、4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(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)、4-[3-(三亚苯-2-基)苯基]二苯并噻吩(简称:mDBTPTp-II)等的噻吩化合物、呋喃化合物、芴化合物、三亚苯化合物、菲化合物等。在上述化合物中,具有吡咯骨架、呋喃骨架、噻吩骨架、芳香胺骨架的化合物具有高稳定性及高可靠性,所以是优选的。此外,具有上述骨架的化合物具有高空穴传输性,也有助于降低驱动电压。

[0122] 《空穴传输层》

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的材料所例示的任意的空穴传输性材料而形成。为了使空穴传输层112可以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,优选空穴传输层112的最高占据分子轨道(HOMO)能级与空穴注入层111的HOMO能级相同或接近。

[0123] 作为空穴传输性物质,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。注意,只要空穴传输性高于电子传输性,就可以使用上述物质以外的任何物质。包括空穴传输性高的物质的层不限于单层,还可以层叠两层以上的包含上述物质的层。

[0124] 《电子传输层》

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。可以将电子传输性比空穴传输性高的材料用作电子传输性材料,并且具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料是优选的。作为容易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料),可以使用含氮杂芳族化合物等缺 π 电子型杂芳族化合物或金属配合物等。具体地,可以举出作为可用于发光层130的电子传输性材料举出的吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、菲咯啉衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、噁二唑衍生物等。优选是具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的物质。注意,除了这些物质以外,还可以将电子传输性高于空穴传输性的任意物质用于电子传输层。电子传输层118不限于单层,还可以包括层叠的两层以上的包含上述物质的层。

[0125] 另外,作为具有杂环的金属配合物,例如,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。其具体例子包括具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等,例如三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq₃)、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)等。另外,可以使用如双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有噁唑基类或噻唑基类配体的金属配合物等。

[0126] 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迁移的层。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而成的层,通过抑制电子载流子的迁移可以调节载流子平衡。这种结构对电子传输性材料的电子传输性比空穴传输性材料的空穴传输性高得多的情况下发生的问题(例如元件寿命的下降)的抑制发挥很大的效果。

[0127] 《电子注入层》

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族金属或这些金属的氧化物、卤化物、碳酸盐等而形成。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族金属或这些金属的氧化物等。具体而言,可以使用碱金属、碱土金属或这些金属的化合物,诸如氟化锂(LiF)、氟化钠(NaF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)或锂氧化物(LiO_x)。另外,可以使用氟化铒(ErF₃)等稀土金属化合物。另外,也可以将电子盐用于电子注入层119。作为该电子盐的例子,可以举出对钙氧化物-铝氧化物以高浓度添加电子的物质。可以将能够用于电子传输层118的物质用于电子注入层119。

[0128] 另外,也可以将混合有有机化合物与电子给体(供体)的复合材料用于电子注入层119。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性能优异的材料。具体而言,例如,可以使用如上所述的构成电子传输层118的物质(例如,金属配合物、杂芳族化合物)。作为电子给体,可以使用对有机化合物呈现电子供给性的物质。具体而言,优选使用碱金属、碱土金属和稀土金属,可以举出锂、钠、铯、镁、钙、铟、镱。另外,优选使用碱金属氧化物或碱土金属氧化物,可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物。此外,还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。

[0129] 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、凹版印刷等形成。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,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(例如,低聚物、树枝状聚合物、聚合物)。

[0130] 《量子点》

量子点是其尺寸为几nm至几十nm的半导体纳米晶,并包括 1×10^3 个至 1×10^6 个左右的原子。量子点的能量转移依赖于其尺寸,因此,由相同的物质形成的量子点根据尺寸发射其发光波长互不相同的光。所以,通过改变所使用的量子点的尺寸,可以容易调整发光波长。

[0131] 量子点的发射光谱的峰宽窄,因此,可以得到色纯度高的发光。再者,量子点的理论上的内部量子效率被认为大约是100%,即,大幅度地超过荧光有机化合物的25%,且与磷光有机化合物相等。因此,通过将量子点用作发光材料,可以获得发光效率高的发光元件。而且,作为无机材料的量子点在实质稳定性上也是优异的,因此,可以获得寿命长的发光元件。

[0132] 量子点的材料包括第14族元素、第15族元素、第16族元素、包含多个第14族元素的化合物、第4族至第14族的元素和第16族元素的化合物、第2族元素和第16族元素的化合物、第13族元素和第15族元素的化合物、第13族元素和第17族元素的化合物、第14族元素和第15族元素的化合物、第11族元素和第17族元素的化合物、氧化铁、氧化钛、硫系尖晶石

(spinel chalcogenide)、各种半导体簇等。

[0133] 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、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、氧化钽、氮化硅、氮化锗、氧化铝、钛酸钡、硒锌镉的化合物、铟砷磷的化合物、镉硒硫的化合物、镉硒碲的化合物、铟镓砷的化合物、铟镓硒的化合物、铟硒硫化物、铜铟硫的化合物以及它们的组合等,但是不局限于此。此外,也可以使用以任意数表示组成的所谓的合金型量子点。例如,因为镉硒硫的合金型量子点可以通过改变元素的含量比来改变发光波长,所以镉硒硫的合金型量子点是有效于得到蓝色光的手段之一。

[0134] 作为量子点,可以使用核型量子点、核壳(Core Shell)型量子点、核多壳(Core Multishell)型量子点等中的任一个。当由具有更宽的带隙的其他无机材料覆盖核时,可以减少存在于纳米晶表面上的缺陷或悬空键的影响。由于这种结构可以大幅度地提高发光的量子效率,因此优选使用核壳型或核多壳型的量子点。壳的材料例子包括硫化锌及氧化锌。

[0135] 量子点由于表面原子的比例高,因此反应性高而容易发生聚集。因此,量子点的表面优选附着有保护剂或设置有保护基。由此可以防止聚集并提高对溶剂的溶解性。此外,还可以通过降低反应性来提高电稳定性。作为保护剂(或保护基),例如可以举出:月桂醇聚氧乙烯醚、聚氧乙烯硬脂酸酯(polyoxyethylene stearyl ether)、聚氧乙烯月桂醚(polyoxyethylene oleyl ether)等聚氧乙烷基醚类;三丙基膦、三丁基膦、三己基膦、三辛基膦等三烷基膦类;聚氧乙烷n-辛基苯基醚、聚氧乙烷n-壬基苯基醚等聚氧乙烷基苯基醚类;三(n-己基)胺、三(n-辛基)胺、三(n-癸基)胺等叔胺类;三丙基氧化膦、三丁基氧化膦、三己基氧化膦、三辛基氧化膦、三癸基氧化膦等有机磷化合物;聚乙二醇二月桂酸酯、聚乙二醇二硬脂酸酯等聚乙二醇二酯类;吡啶、卢惕啶、可力丁、喹啉类等含氮芳香化合物等有机氮化合物;己基胺、辛基胺、癸基胺、十二烷基胺、十四烷基胺、十六烷基胺、十八烷基胺等氨基链烷类;二丁基硫醚等二烷基硫醚类;二甲亚砷、二丁亚砷等二烷基亚砷类;噻吩等含硫芳香化合物等有机硫化合物;棕榈酸、硬脂酸、油酸等高级脂肪酸;乙醇类;失水山梨醇脂肪酸酯类;脂肪酸改性聚酯类;叔胺类改性聚氨酯类;聚乙烯亚胺类等。

[0136] 量子点其尺寸越小带隙越大,因此适当地调节其尺寸以获得所希望的波长的光。结晶尺寸越小,量子点的发光越向蓝色一侧(即,高能量一侧)迁移,因此,通过改变量子点的尺寸,可以将量子点的发光波长调节为紫外区域、可见光区域和红外区域的光谱的波长范围。通常使用的量子点的尺寸(直径)为0.5nm至20nm,优选为1nm至10nm。另外,量子点其尺寸分布越小发射光谱越窄,因此可以获得色纯度高的发光。另外,对量子点的形状没有特别的限制,可以为球状、棒状、圆形状等。另外,作为棒状量子点的量子杆具有呈现具有指向性的光的功能,所以通过将量子杆用作发光材料,可以得到外部量子效率更高的发光元件。

[0137] 在大部分的有机EL元件中,通过将发光材料分散在主体材料中来抑制发光材料的浓度猝灭,而提高发光效率。主体材料需要具有发光材料以上的单重激发能级或三重激发能级。特别是,在将蓝色磷光材料用作发光材料时,具有蓝色磷光材料以上的三重激发能级且使用寿命长的主体材料的开发是极困难的。即使在由量子点构成而不使用主体材料来形成发光层的情况下,量子点也可以确保发光效率,因此可以得到使用寿命长的发光元件。在由量子点构成发光层时,量子点优选具有核壳型结构(包括核多壳型结构)。

[0138] 在将量子点用作发光层的发光材料的情况下,该发光层的厚度为3nm至100nm,优选为10nm至100nm,发光层的量子点含量为1vol.%至100vol.%。注意,优选由量子点构成发光层。另外,在形成将该量子点作为发光材料分散在主体材料中的发光层时,可以将量子点分散在主体材料中或将主体材料和量子点溶解或分散在适当的液体介质中,并且使用湿式法(旋涂法、浇铸法、染料涂布法、刮涂法、辊涂法、喷墨法、印刷法、喷涂法、帘式涂布法、朗缪尔-布罗基特(Langmuir Blodgett)法等)形成。包含磷光材料的发光层除了上述湿式法之外,可以适当地采用真空蒸镀法。

[0139] 作为用于湿式法的液体介质,例如可以使用如下有机溶剂: 甲乙酮、环己酮等酮类; 乙酸乙酯等脂肪酸酯类; 二氯苯等卤化烃类; 甲苯、二甲苯、均三甲苯、环己基苯等芳烃类; 环己烷、十氢化萘、十二烷等脂肪族烃类; 二甲基甲酰胺(DMF)、二甲亚砜(DMSO)等。

[0140] 《一对电极》

电极101及电极102被用作各发光元件的阳极及阴极。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。

[0141] 电极101和电极102中的一个优选使用具有反射光的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料的例子,可以举出铝(Al)或包含Al的合金等。作为包含Al的合金的例子,可以举出包含Al及L(L表示钛(Ti)、钕(Nd)、镍(Ni)和镧(La)中的一个或多个)的合金,例如为包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金。铝具有低电阻率和高光反射率。由于铝在地壳中大量地含有且不昂贵,所以使用铝可以降低发光元件的制造成本。此外,也可以使用Ag、银(Ag)和N的合金(N表示钇(Y)、Nd、镁(Mg)、镱(Yb)、Al、Ti、镓(Ga)、锌(Zn)、铟(In)、钨(W)、锰(Mn)、锡(Sn)、铁(Fe)、Ni、铜(Cu)、钯(Pd)、铱(Ir)和金(Au)中的一个或多个)等。作为包含银的合金的例子,可以举出如下合金: 包含银、钯及铜的合金; 包含银及铜的合金; 包含银及镁的合金; 包含银及镍的合金; 包含银及金的合金; 以及包含银及镱的合金等。此外,可以使用钨、铬(Cr)、钼(Mo)、铜或钛等过渡金属。

[0142] 从发光层发射的光透过电极101和/或电极102被提取。由此,电极101和电极102中的至少一个优选使用具有使光透过的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以使用可见光的透过率为40%以上且100%以下,优选为60%以上且100%以下,且电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的导电性材料。

[0143] 电极101及电极102也可以使用具有使光透过的功能及反射光的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以使用可见光的反射率为20%以上且80%以下,优选为40%以上且70%以下,且电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的导电性材料。例如,可以使用导电性金属、合金和导电性化合物中的一种或多种。具体而言,可以使用铟锡氧化物(indium tin oxide,以下称为ITO)、包含硅或氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)、氧化铟-氧化锌(indium zinc oxide)、含有钛的氧化铟-锡氧化物、铟钛氧化物、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟等金属氧

化物。可以使用具有透过光的程度的厚度(优选为1nm以上且30nm以下的厚度)的金属膜。作为金属,可以使用Ag、Ag及Al的合金、Ag及Mg的合金、Ag及Au的合金以及Ag及Yb的合金等。

[0144] 在本说明书等中,作为使光透过的材料,使用使可见光透过且具有导电性的材料,例如有上述以ITO为代表的氧化物导电体、氧化物半导体或包含有机物的有机导电体。作为包含有机物的有机导电体的例子,可以举出包含混合有有机化合物与电子给体(供体)的复合材料、包含混合有有机化合物与电子受体(受体)的复合材料等。另外,也可以使用石墨烯等无机碳类材料。该材料的电阻率优选为 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下,更优选为 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下。

[0145] 另外,可以通过层叠多个上述材料形成电极101和/或电极102。

[0146] 为了提高光提取效率,也可以与具有使光透过的功能的电极接触地形成其折射率比该电极高的材料。作为这种材料,只要具有使可见光透过的功能,就可以是导电性材料,也可以是非导电性材料。例如,除了上述氧化物导电体以外,还可以举出氧化物半导体、有机物作为该材料的例子。作为有机物的例子,可以举出用于发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层或电子注入层的材料。另外,可以使用无机碳类材料或具有使光透过的程度的厚度的薄膜金属。另外,也可以使用具有几nm至几十nm厚的叠层。

[0147] 当电极101或电极102被用作阴极时,该电极优选包含功函数小(3.8eV以下)的材料。例如,可以使用属于元素周期表中的第1族或第2族的元素(例如,锂、钠及铯等碱金属、钙或锶等碱土金属、镁等)、包含上述元素的合金(例如,Ag-Mg或Al-Li)、铕(Eu)或Yb等稀土金属、包含上述稀土金属的合金、包含铝、银的合金等。

[0148] 当电极101或电极102被用作阳极时,优选使用功函数大(4.0eV以上)的材料。

[0149] 电极101及电极102也可以为具有反射光的功能的导电性材料及具有使光透过的功能的导电性材料的叠层。在此情况下,电极101及电极102可以具有调整光学距离的功能以便使来自各发光层的所希望的波长的光谐振而增强该波长的光,所以是优选的。

[0150] 作为电极101及电极102的形成方法,可以适当地使用溅射法、蒸镀法、印刷法、涂敷法、分子束外延(molecular beam epitaxy:MBE)法、CVD法、脉冲激光沉积法、原子层沉积(atomic layer deposition:ALD)法等。

[0151] 《衬底》

本发明的一个实施方式的发光元件可以在玻璃、塑料等的衬底上形成。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。

[0152] 作为能够形成本发明的一个实施方式的发光元件的衬底,例如可以使用玻璃、石英或塑料等。或者,可以使用柔性衬底。柔性衬底是指可以弯曲的衬底,例如由聚碳酸酯、聚芳酯制成的塑料衬底等。另外,可以使用薄膜、无机蒸镀薄膜等。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或者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。

[0153] 在本说明书等中,例如可以使用各种衬底形成发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子,可以举出半导体衬底(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

砷(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料衬底。作为其他例子,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。作为其他例子,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。

[0154] 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。当将形成在剥离层上的发光元件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的结构。

[0155] 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。作为发光元件被转置的衬底的例子,除了上述衬底之外,还可以举出玻璃纸衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(例如,丝、棉、麻)、合成纤维(例如,尼龙、聚氨酯、聚酯)、再生纤维(例如,醋酸纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过采用这些衬底,可以形成不易损坏的发光元件、耐热性高的发光元件、实现轻量化的发光元件或实现薄型化的发光元件。

[0156] 另外,也可以在上述衬底上例如形成场效应晶体管(FET),并且在与FET电连接的电极上制造发光元件150。由此,可以制造由FET控制发光元件150的驱动的有源矩阵型显示装置。

[0157] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任何结构适当地组合。

[0158] (实施方式2)

在本实施方式中,参照图4A至图4C对具有与实施方式1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。在图4A至图4C中使用相同的阴影线示出具有与图1A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。

[0159] 〈发光元件的结构实例1〉

图4A是发光元件252的截面示意图。

[0160] 图4A所示的发光元件252在一对电极(电极101及电极102)之间具有多个发光单元(图4A中的发光单元106和发光单元110)。至少一个发光单元具有与EL层100同样的结构。另外,发光单元106与发光单元110既可以是相同的结构又可以是不同的结构。

[0161] 另外,在图4A所示的发光元件252中,层叠有发光单元106和发光单元110,并且在发光单元106与发光单元110之间设置有电荷产生层115。例如,优选将与EL层100相同的结构用于发光单元106。

[0162] 发光元件252包括发光层140和发光层170。发光单元106除了发光层170之外还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114。发光单元110除了发光层140之外还包括空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118及电子注入层119。

[0163] 电荷产生层115可以具有对空穴传输性材料添加有作为电子受体的受体性物质的结构,又可以具有对电子传输性材料添加有作为电子给体的供体性物质的结构。另外,也可以层叠这两种结构。

[0164] 当电荷产生层115包含有机化合物与受体性物质的复合材料时,作为该复合材料使用可以用于实施方式1所示的空穴注入层111的复合材料即可。作为有机化合物,可以使

用芳香胺化合物、咪唑化合物、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。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,就可以使用任何其他物质。因为有机化合物和受体性物质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或者低电流驱动。注意,在发光单元的阳极一侧的表面接触于电荷产生层115时,电荷产生层115还可以具有该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包括空穴注入层或空穴传输层。注意,在发光单元的阴极一侧的表面接触于电荷产生层115时,电荷产生层115还可以具有该发光单元的电子注入层或电子传输层的功能,所以在该发光单元中也可以不包括电子注入层或电子传输层。

[0165] 电荷产生层115也可以是包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含其他材料的层的叠层结构。例如,电荷产生层115也可以使用组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含选自供电子性物质中的一个化合物和高电子传输性的化合物的层而形成。另外,电荷产生层115也可以使用组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含透明导电材料的层而形成。

[0166] 设置在发光单元106与发光单元108之间的电荷产生层115只要具有在将电压施加到电极101和电极102之间时能够将电子注入到一个发光单元且将空穴注入到另一个发光单元的结构即可。例如,在图6A中,在以使电极101的电位高于电极102的电位的方式施加电压时,电荷产生层115将电子注入到发光单元106且将空穴注入到发光单元108。

[0167] 从光提取效率的观点来看,电荷产生层115优选具有可见光透光率(具体而言,40%以上的可见光透光率)。电荷产生层115即使其导电率小于一对电极(电极101及102)也发挥作用。

[0168] 通过使用上述材料中的任意材料形成电荷产生层115,可以抑制在层叠发光层时的驱动电压的增大。

[0169] 在图4A中说明了具有两个发光单元的发光元件,但是可以将同样的结构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252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,可以提供在保持低电流密度的同时进行高亮度发光并且使用寿命更长的发光元件。另外,可以实现功耗低的发光元件。

[0170] 另外,通过将实施方式1所示的结构用于多个单元中的至少一个单元,可以提供一种发光效率高的发光元件以及一种可靠性高的发光元件。

[0171] 发光单元110的发光层优选包含磷光化合物。就是说,优选的是,发光单元110所包括的发光层140包含磷光化合物,发光单元106所包括的发光层170具有实施方式1所示的发光层130的结构。下面说明此时的发光元件252的结构实例。

[0172] 如图4B所示,发光单元110所包括的发光层140包含主体材料141和客体材料142。主体材料141包含有机化合物141_1以及有机化合物141_2。下面以发光层140所包含的客体材料142作为磷光化合物进行说明。

[0173] 《发光层140的发光机理》

接着,下面将对发光层140的发光机理进行说明。

[0174] 发光层140中的有机化合物141_1与有机化合物141_2优选形成激基复合物。

[0175] 作为有机化合物141_1与有机化合物141_2的组合,只要是能够形成激基复合物的

组合即可,优选的是,其中一个是具有空穴传输性的化合物,另一个是具有电子传输性的化合物。

[0176] 图4C示出发光层140中的有机化合物141_1、有机化合物141_2及客体材料142的能级相关。另外,下面示出图4C中的用词及附图标记:

主体(141_1):有机化合物141_1(主体材料);

主体(141_2):有机化合物141_2(主体材料);

客体(142):客体材料142(磷光化合物);

S_{PH1}:有机化合物141_1(主体材料)的S1能级;

T_{PH1}:有机化合物141_1(主体材料)的T1能级;

S_{PH2}:有机化合物141_2(主体材料)的S1能级;

T_{PH2}:有机化合物141_2(主体材料)的T1能级;

T_{PG}:客体材料142(磷光化合物)的T1能级;

S_{PE}:激基复合物的S1能级;以及

T_{PE}:激基复合物的T1能级。

[0177] 通过有机化合物141_1和有机化合物141_2中的一个接收空穴,另一个接收电子,迅速地形成激基复合物(参照图4C的路径E₁)。或者,当有机化合物中的一个成为激发态时,通过与另一个有机化合物起相互作用来迅速地形成激基复合物。激基复合物的激发能级(S_{PE}或T_{PE})比形成激基复合物的主体材料(有机化合物141_1及有机化合物141_2)的S1能级(S_{PH1}及S_{PH2})低,所以可以以更低的激发能量形成主体材料141的激发态。由此,可以降低发光元件的驱动电压。

[0178] 然后,通过将激基复合物的S_{PE}及T_{PE}的能量转移到客体材料142(磷光化合物)的T1能级,由此得到发光(参照图4C的路径E₂、E₃)。

[0179] 激基复合物的T1能级(T_{PE})优选比客体材料142的T1能级(T_{PG})高且为形成激基复合物的各有机化合物(有机化合物141_1及有机化合物141_2)的T1能级(T_{PH1}及T_{PH2})以下。由此,可以将所形成的激基复合物的单重激发能及三重激发能从激基复合物的S1能级(S_{PE})及T1能级(T_{PE})转移到客体材料142的T1能级(T_{PG})。

[0180] 为了使有机化合物141_1与有机化合物141_2高效地形成激基复合物,优选满足如下:有机化合物141_1及有机化合物141_2中的一个的HOMO能级高于另一个的HOMO能级,有机化合物141_1及有机化合物141_2中的一个的LUMO能级高于另一个的LUMO能级。

[0181] 在有机化合物141_1与有机化合物141_2的组合是具有空穴传输性的化合物与具有电子传输性的化合物的组合时,通过根据其混合比而容易地控制载流子平衡。具体而言,优选具有空穴传输性的化合物:具有电子传输性的化合物在1:9至9:1(重量比)的范围内。另外,当具有该结构时,可以容易地控制载流子平衡,由此也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0182] 注意,在本说明书等中,有时将上述路径E₁至E₃的过程称为ExTET(Exciplex-Triplet Energy Transfer:激基复合物-三重态能量转移)。换言之,在发光层140中,激发能量从激基复合物供应到客体材料142。在此情况下,不一定必须使从T_{PE}向S_{PE}的反系间窜跃的效率及由S_{PE}的发光量子产率高,因此可以选择的材料更多。

[0183] 当利用ExTET时,可以得到具有高发光效率的高可靠性发光元件。

[0184] 注意,发光层170可以具有实施方式1所示的发光层130的结构和发光层140的结构中的任意结构。

[0185] 注意,在上述各结构中,用于发光单元106及发光单元110的客体材料的发光颜色可以相同或不同。当发光单元106和发光单元110使用呈现相同颜色的相同客体材料时,发光元件252可以以小电流值呈现高发光亮度,所以是优选的。当将发射不同颜色的光的客体材料用于发光单元106和发光单元110时,发光元件252能够呈现多色发光,所以是优选的。此时,当在发光层140和发光层170中的一个或两个中使用发光波长不同的多个发光材料时,具有不同的发光峰值的光合成来自发光元件252的发光。换言之,发光元件252的发射光谱具有至少两个极大值。

[0186] 上述结构适合用来获得白色发光。通过使发光层140与发光层170的光为互补色的关系,可以获得白色发光。尤其优选以实现演色性高的白色发光或至少具有红色、绿色、蓝色发光的方式选择客体材料。

[0187] 此外,也可以将发光层140、发光层170中的至少一个进一步分割为层状,并且使该被分割的层含有不同的发光材料。也就是说,发光层140、发光层170中的至少一个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的情况下,第一发光层使用具有空穴传输性的材料作为主体材料而形成,并且第二发光层使用具有电子传输性的材料作为主体材料而形成。在此情况下,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。另外,上述材料既可以具有呈现相同颜色的发光的功能,又可以具有呈现不同颜色的发光的功能。通过采用呈现不同颜色的发光的多个发光材料,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。

[0188] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0189] (实施方式3)

本实施方式中参照图5A及图5B对使用实施方式1及实施方式2中说明的发光元件的发光装置进行说明。

[0190] 图5A是发光装置的俯视图,图5B是沿图5A中的线A-B以及线C-D切割的截面图。该发光装置包括以虚线表示的用来控制发光元件的发光的驱动电路部(源极一侧驱动电路)601、像素部602以及驱动电路部(栅极一侧驱动电路)603。另外,附图标记604是密封衬底,附图标记625是干燥剂,附图标记605是密封剂。由密封剂605围绕的部分是空间607。

[0191] 注意,引导布线608是用来传送输入到源极一侧驱动电路601及栅极一侧驱动电路603的信号的布线,并且从用作外部输入端子的柔性印刷电路(FPC)609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。虽然在此只图示FPC,但是该FPC也可以安装有印刷电路板(PWB)。本说明书中的发光装置在其范畴内不仅包括发光装置主体,并且还包含安装有FPC或PWB的发光装置。

[0192] 接下来,参照图5B说明上述发光装置的截面结构。在元件衬底610上形成有驱动电路部及像素部。在此示出作为驱动电路部的源极一侧驱动电路601及像素部602中的一个像素。

[0193] 在源极一侧驱动电路601中,形成组合有n沟道型TFT623和p沟道型TFT624的CMOS电路。驱动电路也可以使用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路形成。虽然在本实施方式中

示出将驱动电路形成于衬底上的驱动器一体型,但不需要必须将驱动电路形成于衬底上,也可以形成于衬底外部。

[0194] 像素部602具有包括开关用TFT611、电流控制用TFT612、电连接于该电流控制用TFT612的漏极的第一电极613的多个像素。注意,以覆盖第一电极613的端部的方式形成有绝缘物614。绝缘物614可以使用正型光敏树脂膜来形成。

[0195] 为了提高形成于绝缘物614上的膜的覆盖率,将绝缘物614的上端部或下端部形成具有曲率的曲面。例如,在作为绝缘物614的材料使用光敏丙烯酸树脂的情况下,优选仅使绝缘物614的上端部具有曲面。该曲面的曲率半径优选为 $0.2\mu\text{m}$ 以上且 $0.3\mu\text{m}$ 以下。作为绝缘物614,可以使用负型光敏材料或正型光敏材料。

[0196] 在第一电极613上形成有EL层616及第二电极617。作为用作阳极的第一电极613的材料优选使用功函数大的材料。例如,除了ITO膜、包含硅的铟锡氧化物膜、包含2wt%以上且20wt%以下的氧化锌的氧化铟膜、氮化钛膜、铬膜、钨膜、Zn膜、Pt膜等的单层膜以外,还可以使用包括氮化钛膜和以铝为主要成分的膜的叠层膜以及包括氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜的三层结构膜等。当采用叠层结构时,布线电阻也低,可以得到良好的欧姆接触,并且可以将其用作阳极。

[0197] EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋涂法等各种任何方法形成。作为包含于EL层616中的其他材料,也可以使用低分子化合物、或者高分子化合物(包含低聚物或树枝状聚合物)。

[0198] 作为形成在EL层616上并用作阴极的第二电极617的材料,优选使用功函数小的材料(Al、Mg、Li、Ca、或它们的合金及化合物、MgAg、MgIn、AlLi等)。当使产生在EL层616中的光透过第二电极617时,作为第二电极617优选使用包括较薄的金属膜和透明导电膜(ITO、包含2wt%以上且20wt%以下的氧化锌的氧化铟、包含硅的铟锡氧化物、氧化锌(ZnO)等)的叠层。

[0199] 注意,发光元件618由第一电极613、EL层616及第二电极617形成。该发光元件618优选具有实施方式1及实施方式2所示的结构。在本实施方式的发光装置中,包括多个发光元件的像素部也可以包括具有实施方式1及实施方式2所说明的结构的发光元件和具有不同的结构的发光元件的双方。

[0200] 通过利用密封剂605将密封衬底604与元件衬底610贴合在一起,在由元件衬底610、密封衬底604及密封剂605围绕的空间607中设置有发光元件618。在空间607中填充有填充剂。该填充剂也可以为惰性气体(氮、氩等)或者树脂及/或干燥剂。

[0201] 作为密封剂605,优选使用环氧类树脂或玻璃粉。这些材料优选是尽量不使水分或氧透过的材料。作为密封衬底604,可以使用玻璃衬底、石英衬底或者由纤维增强塑料(FRP)、聚氟乙烯(PVF)、聚酯或丙烯酸树脂等形成的塑料衬底。

[0202] 通过上述方法可以得到包括实施方式1及实施方式2中说明的发光元件的发光装置。

[0203] <发光装置的结构实例2>

图6A和图6B各自示出包括呈现白色发光的发光元件及着色层(滤色片)的显示装置的例子。

[0204] 图6A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、

第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁1026、EL层1028、发光元件的第二电极1029、密封衬底1031、密封剂1032等。

[0205] 在图6A、图6B中将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)设置于透明基材1033上。另外,还可以设置黑色层(黑矩阵)1035。对设置有着色层及黑色层的透明基材1033进行对准将其固定在衬底1001上。注意,着色层及黑色层由覆盖层1036覆盖。在图5A中,从有的发光层发射的光不穿过着色层,而从其他发光层发射的光穿过着色层。由于不透过着色层的光为白色且透过着色层中的任一个的光为红色、蓝色、绿色,因此能够以四个颜色的像素呈现图像。

[0206] 图6B示出将红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B形成在栅极绝缘膜1003与第一层间绝缘膜1020之间的例子。如图6B所示,也可以将着色层设置在衬底1001与密封衬底1031之间。

[0207] 虽然上述说明的发光装置具有从形成有TFT的衬底1001一侧取出光的结构(底部发射结构),但是也可以具有从密封衬底1031一侧取出光的结构(顶部发射结构)。

[0208] <发光装置的结构实例3>

图7是具有顶部发射结构的发光装置的截面图。在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。直到制造连接TFT与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与具有底部发射结构的发光装置同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该绝缘膜也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘膜1037可以使用与第二层间绝缘膜1021相同的材料或其他各种材料形成。

[0209] 虽然发光元件的下部电极1025W、1025R、1025G、1025B在这里都为阳极,但是也可以为阴极。另外,在图7所示的具有顶部发射结构的发光装置中,优选下部电极1025W、1025R、1025G、1025B为反射电极。注意,优选第二电极1029具有发射光及使光透过的功能。优选在第二电极1029与下部电极1025W、1025R、1025G、1025B间采用微腔结构,由此可以放大特定波长的光。EL层1028以具有与实施方式2所说明的结构相同的方式形成,并且能够得到白色发光。

[0210] 在图6A、图6B和图7中,通过使用多个发光层或者使用多个发光单元等来实现能够得到白色发光的EL层的结构,即可。注意,获得白色发光的结构不局限于此。

[0211] 在采用如图7所示的顶部发射结构的情况下,可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素与像素之间的黑色层(黑矩阵)1035。着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)、黑色层(黑矩阵)1035也可以由覆盖层覆盖。注意,作为密封衬底1031使用透光性衬底。

[0212] 虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色的四个颜色进行全彩色显示的例子,但并不局限于此,也可以以红色、绿色、蓝色的三个颜色或者以红色、绿色、蓝色和黄色的四个颜色进行全彩色显示。

[0213] 通过上述方法可以得到包括实施方式3及实施方式4中说明的发光元件的发光装置。

[0214] 本实施方式可以与其他任何实施方式适当地组合。

[0215] (实施方式4)

在本实施方式中对包括实施方式1及实施方式2说明的发光元件的显示装置的具体例子进行说明。以下所述的显示装置包括反射型液晶元件及发光元件的两种元件。该显示装置能够以透射模式和反射模式进行显示。作为发光元件,优选采用实施方式1及实施方式2说明的发光元件。

[0216] <显示装置的结构实例1>

图8A是示出显示装置400的结构的一个例子的方框图。显示装置400包括在显示部362中排列为矩阵状的多个像素410。显示装置400也包括电路GD及电路SD。另外,显示装置400包括与在方向R上排列的多个像素410及电路GD电连接的多个布线G1、多个布线G2、多个布线AN0及多个布线CSCOM。另外,显示装置400包括与在方向C上排列的多个像素410及电路SD电连接的多个布线S1及多个布线S2。

[0217] 像素410包括反射型液晶元件及发光元件。在像素410中,液晶元件及发光元件部分地彼此重叠。

[0218] 图8B1示出像素410所包括的电极311b的结构实例。电极311b被用作像素410中的液晶元件的反射电极。电极311b具有开口451。

[0219] 在图8B1中,以虚线示出位于与电极311b重叠的区域中的发光元件360。发光元件360与电极311b所包括的开口451重叠。由此,发光元件360所发射出的光通过开口451射出到显示面一侧。

[0220] 在图8B1中,在方向R上相邻的像素410对应于不同的颜色。如图8B1所示,优选在方向R上相邻的两个像素中开口451以不设置在一列上的方式设置于电极311b的不同位置上。由此,可以将两个发光元件360分开地配置,从而可以抑制发光元件360所发射出的光入射到相邻的像素410中的着色层(这种现象也称为串扰)。另外,由于可以将相邻的两个发光元件360分开地配置,因此即使利用荫罩等分别制造发光元件360的EL层,也可以实现高分辨率的显示装置。

[0221] 另外,也可以采用图8B2所示的排列。

[0222] 当开口451的总面积相对于开口以外的总面积的比例过大时,使用液晶元件的显示会变暗。当开口451的总面积相对于开口以外的总面积的比例过小时,使用发光元件360的显示会变暗。

[0223] 当被用作反射电极的电极311b中的开口451的面积过小时,发光元件360所发射的光的提取效率变低。

[0224] 开口451可以具有多角形、四角形、椭圆形、圆形、十字状、条状、狭缝状或方格状的形状。可以以靠近相邻的像素的方式配置开口451。优选的是,将开口451配置为靠近显示相同的颜色的其他像素,由此可以抑制产生串扰。

[0225] [电路结构实例]

图9是示出像素410的结构实例的电路图。图9示出相邻的两个像素410。

[0226] 像素410包括开关SW1、电容器C1、液晶元件340、开关SW2、晶体管M、电容器C2以及发光元件360等。像素410与布线G1、布线G2、布线AN0、布线CSCOM、布线S1及布线S2电连接。图12还示出与液晶元件340电连接的布线VCOM1以及与发光元件360电连接的布线VCOM2。

[0227] 图9示出将晶体管用于开关SW1及开关SW2时的例子。

[0228] 开关SW1的栅极与布线G1连接。开关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340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340的另一个电极与布线VCOM1连接。

[0229] 开关SW2的栅极与布线G2连接。开关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360的一个电极连接。发光元件360的另一个电极与布线VCOM2连接。

[0230] 图10A示出晶体管M包括夹着半导体的两个互相连接着的栅极的例子。该结构可以增高晶体管M能够流过的电流之量。

[0231] 可以对布线G1供应切换开关SW1的开启/关闭状态的信号。可以对布线VCOM1供应规定的电位。可以对布线S1供应控制液晶元件340所具有的液晶的取向状态的信号。可以对布线CSCOM供应规定的电位。

[0232] 可以对布线G2供应切换开关SW2的开启/关闭状态的信号。可以对布线VCOM2及布线AN0供应产生用来使发光元件360发光的电位差的电位。可以对布线S2供应切换晶体管M的导通状态的信号。

[0233] 在图10A和图10B所示的像素410中,例如在以反射模式进行显示时,可以利用供应给布线G1及布线S1的信号驱动,并利用液晶元件340的光学调制而进行显示。在以透射模式进行显示时,可以利用供应给布线G2及布线S2的信号驱动,并使发光元件360发光而进行显示。在同时进行两个模式时,可以利用供应给布线G1、布线G2、布线S1及布线S2的信号而驱动。

[0234] 虽然图9示出一个像素410中设置有一个液晶元件340及一个发光元件360的例子,但是本发明的一个实施方式不局限于此。图10A示出一个像素410中设置有一个液晶元件340及四个发光元件360(发光元件360r、360g、360b、360w)的例子。与图9不同,图10A所示的像素410可以利用一个像素进行全彩色显示。

[0235] 除了图9的例子之外,图10A中的像素410与布线G3及布线S3连接。

[0236] 在图10A所示的例子中,例如作为四个发光元件360,可以使用分别呈现红色(R)、绿色(G)、蓝色(B)及白色(W)的发光元件。另外,作为液晶元件340可以使用发射白色光的反射型液晶元件。由此,在以反射模式进行显示时,可以进行高反射率的白色显示。在以透射模式进行显示时,可以以低功耗进行高演色性的显示。

[0237] 图10B示出像素410的结构实例。像素410包括与电极311中的开口重叠的发光元件360w、配置在电极311周围的发光元件360r、发光元件360g及发光元件360b。发光元件360r、发光元件360g及发光元件360b优选具有几乎相同的发光面积。

[0238] <显示装置的结构实例4>

图11是本发明的一个实施方式的显示装置300的透视示意图。在显示装置300中,将衬底351与衬底361贴合在一起。在图11中,以虚线表示衬底361。

[0239] 显示装置300包括显示部362、电路部364、布线365、电路部366、布线367等。衬底351例如设置有电路部364、布线365、电路部366、布线367以及被用作像素电极的电极311b等。在图11中,在衬底351上安装有IC373、FPC372、IC375及FPC374。因此,也可以将图11所示的结构称为包括显示装置300、IC373、FPC372、IC375及FPC374的显示模块。

[0240] 作为电路部364,例如可以使用用作扫描线驱动电路的电路。

[0241] 布线365具有对显示部及电路部364供应信号及电力的功能。该信号及电力从外部经由FPC372或者从IC373输入到布线365。

[0242] 图11示出利用玻璃覆晶封装(COG)方式等对衬底351设置IC373的例子。作为IC373,例如可以使用具有扫描线驱动电路或信号线驱动电路等功能的IC。注意,当显示装置300具有用作扫描线驱动电路或信号线驱动电路的电路时、以及当将用作扫描线驱动电路或信号线驱动电路的电路设置在外部且通过FPC372输入用来驱动显示装置300的信号等时,也可以不设置IC373。另外,也可以利用薄膜覆晶封装(COF)方式等将IC373安装于FPC372。

[0243] 图12示出显示部362的一部分的放大图。在显示部362中以矩阵状配置有多个显示元件所包括的电极311b。电极311b具有反射可见光的功能且被用作如下所述的液晶元件340的反射电极。

[0244] 如图12所示,电极311b具有开口。在比电极311b近于衬底351一侧设置有发光元件360。从发光元件360发射的光经过电极311b的开口发射到衬底361一侧。

[0245] 图12示出将图11所示的显示装置中的包括FPC372的区域的一部分、包括电路部364的区域的一部分、包括显示部362的区域的一部分、包括电路部366的区域的一部分以及包括FPC374的区域的一部分的截面的一个例子。

[0246] 图12所示的显示装置具有层叠有显示面板700及显示面板800的结构。显示面板700包括树脂层701及树脂层702。显示面板800包括树脂层201及树脂层202。树脂层702与树脂层201由粘合层50粘合。树脂层701由粘合层51与衬底351粘合。树脂层202由粘合层52与衬底361粘合。

[0247] [显示面板700]

显示面板700包括树脂层701、绝缘层478、多个晶体管、电容器405、绝缘层411、绝缘层412、绝缘层413、绝缘层414、绝缘层415、发光元件360、间隔物416、粘合层417、着色层425、遮光层426、绝缘层476及树脂层702。

[0248] 电路部364包括晶体管401。显示部362包括晶体管402及晶体管403。

[0249] 各晶体管包括栅极、绝缘层411、半导体层、源极及漏极。栅极与半导体层隔着绝缘层411彼此重叠。绝缘层411的一部分被用作栅极绝缘层,绝缘层411的其他一部分被用作电容器405的电介质。用作晶体管402的源极或漏极的导电层还被用作电容器405的一个电极。

[0250] 图12所示的晶体管具有底栅结构。在电路部364和显示部362中,晶体管结构也可以彼此不同。电路部364和显示部362也可以分别包括多种晶体管。

[0251] 电容器405包括一对电极以及它们之间的电介质。电容器405包括利用与晶体管的栅极相同的材料和相同的工序形成的导电层以及利用与晶体管的源极及漏极相同的材料和相同的工序形成的导电层。

[0252] 绝缘层412、绝缘层413及绝缘层414分别以覆盖晶体管等的方式设置。对覆盖晶体管等的绝缘层的数量没有特别的限制。绝缘层414被用作平坦化层。优选的是绝缘层412、绝缘层413和绝缘层414中的至少一个使用水及氢等杂质不容易扩散的材料形成。可以有效地抑制来自外部的杂质扩散到晶体管中,从而可以提高显示装置的可靠性。

[0253] 在作为绝缘层414使用有机材料的情况下,有水分等杂质从显示装置的外部经过

露出于显示装置的端部的绝缘层414侵入发光元件360等的担忧。因杂质侵入导致的发光元件360的劣化会引起显示装置的劣化。因此,如图12所示,绝缘层414优选不位于显示装置的端部。在图12的结构中,由于使用有机材料形成的绝缘层不位于显示装置的端部,所以可以抑制杂质侵入到发光元件360中。

[0254] 发光元件360包括电极421、EL层422及电极423。发光元件360也可以包括光学调整层424。发光元件360具有向着色层425一侧发射光的顶部发射结构。

[0255] 通过与发光元件360的发光区域重叠的方式配置晶体管、电容器及布线等,可以提高显示部362的开口率。

[0256] 电极421和电极423中的一个被用作阳极,另一个被用作阴极。当对电极421与电极423之间施加高于发光元件360的阈值电压的电压时,空穴从阳极一侧而电子从阴极一侧注入EL层422中。被注入的电子和空穴在EL层422中重新结合,且包含在EL层422中的发光物质发光。

[0257] 电极421直接或者通过导电层电连接到晶体管403的源极或漏极。电极421被用作像素电极,并设置在每个发光元件360中。相邻的两个电极421由绝缘层415电绝缘。

[0258] 被用作公共电极的电极423由多个发光元件360共同使用。电极423被供应恒定电位。

[0259] 发光元件360隔着粘合层417与着色层425重叠。间隔物416隔着粘合层417与遮光层426重叠。虽然图12示出在电极423与遮光层426之间有间隙的情况,但是电极423与遮光层426也可以彼此接触。虽然在图12所示的结构中将间隔物416设置在衬底351一侧,但是间隔物416也可以设置在衬底361一侧(例如,比遮光层426更靠近衬底361的一侧)。

[0260] 通过利用滤色片(着色层425)与微腔结构(光学调整层424)的组合,可以从显示装置取出色纯度高的光。根据各像素的颜色改变光学调整层424的厚度。

[0261] 着色层425是使特定波长区域的光透过的有色层。例如,可以使用使红色、绿色、蓝色或黄色的波长范围的光透过的滤色片。

[0262] 注意,本发明的一个实施方式不局限于滤色片方式,也可以采用独立显色方式、颜色转换方法及量子点方式等。

[0263] 遮光层426设置在相邻的着色层425之间。遮光层426遮挡相邻的发光元件360所发出的光,从而抑制相邻的发光元件360之间的混色。这里,通过以其端部与遮光层426重叠的方式设置着色层425,可以抑制漏光。作为遮光层426,可以使用遮挡发光元件360所发出的光的材料。注意,通过将遮光层426设置于电路部364等显示部362之外的区域中,可以抑制起因于波导光等的非意图的漏光,所以是优选的。

[0264] 在树脂层701的一个表面上形成有绝缘层478。在树脂层702的一个表面上形成有绝缘层476。作为绝缘层476及绝缘层478,优选使用防湿性高的膜。通过将发光元件360及晶体管等配置于一对防湿性高的绝缘层之间,可以抑制水等杂质侵入这些元件,从而可以提高显示装置的可靠性,所以是优选的。

[0265] 作为防湿性高的绝缘膜,可以举出含有氮与硅的膜(例如,氮化硅膜及氮氧化硅膜)以及含有氮与铝的膜(例如,氮化铝膜)。另外,也可以使用氧化硅膜、氧氮化硅膜、氧化铝膜等。

[0266] 例如,防湿性高的绝缘膜的水蒸气透过率为 1×10^{-5} [g/(m² · day)] 以下,优选为1

$\times 10^{-6}$ [g/(m²·day)] 以下,更优选为 1×10^{-7} [g/(m²·day)] 以下,进一步优选为 1×10^{-8} [g/(m²·day)] 以下。

[0267] 连接部406包括布线365。布线365可以使用与晶体管的源极及漏极相同的材料和相同的工序形成。连接部406与将来自外部的信号及电位传达给电路部364的外部输入端子电连接。在此示出作为外部输入端子设置FPC372的例子。FPC372与连接部406通过连接层419电连接。

[0268] 连接层419可以使用各种各向异性导电膜(ACF)及各向异性导电膏(ACP)等形成。

[0269] 以上是对显示面板700的说明。

[0270] [显示面板800]

显示面板800是采用垂直电场方式的反射型液晶显示装置。

[0271] 显示面板800包括树脂层201、绝缘层578、多个晶体管、电容器505、布线367、绝缘层511、绝缘层512、绝缘层513、绝缘层514、液晶元件529、取向膜564a、取向膜564b、粘合层517、绝缘层576及树脂层202。

[0272] 树脂层201与树脂层202由粘合层517贴合在一起。在由树脂层201、树脂层202及粘合层517围绕的区域中密封有液晶563。偏振片599位于衬底361外侧的面上。

[0273] 液晶元件529包括电极311b、电极562及液晶563。电极311b被用作像素电极。电极562被用作公共电极。通过利用在电极311b与电极562之间产生的电场,可以控制液晶563的取向。在液晶563与电极311b之间设置有取向膜564a。在液晶563与电极562之间设置有取向膜564b。

[0274] 在树脂层202上,设置有绝缘层576、电极562及取向膜564b等。

[0275] 在树脂层201上,设置有电极311b、取向膜564a、晶体管501、晶体管503、电容器505、连接部506及布线367等。

[0276] 在树脂层201上,设置有绝缘层511、绝缘层512、绝缘层513、绝缘层514等绝缘层。

[0277] 注意,被用作晶体管503的源极或漏极的不与电极311b电连接的导电层的一部分也可以被用作信号线的一部分。用作晶体管503的栅极的导电层也可以被用作扫描线的一部分。

[0278] 图12示出设置有晶体管501的电路部366的例子。

[0279] 覆盖各晶体管的绝缘层512和绝缘层513中的至少一个优选使用水及氢等杂质不容易扩散的材料。

[0280] 在绝缘层514上设置有电极311b。电极311b通过形成在绝缘层514、绝缘层513、绝缘层512等中的开口与晶体管503的源极和漏极中的一个电连接。电极311b与电容器505的一个电极电连接。

[0281] 由于显示面板800为反射型液晶显示装置,所以将反射可见光的导电材料用于电极311b,并且将透射可见光的导电材料用于电极562。

[0282] 作为透射可见光的导电材料,例如优选使用包含选自铟(In)、锌(Zn)、锡(Sn)中的一种的材料。具体而言,可以举出氧化铟、铟锡氧化物(ITO)、铟锌氧化物、包含氧化钨的铟氧化物、包含氧化钨的铟锌氧化物、包含氧化钛的铟氧化物、包含氧化钛的铟锡氧化物、包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)、氧化锌、包含镓的氧化锌等。注意,也可以使用包含石墨烯的膜。包含石墨烯的膜例如可以通过还原包含氧化石墨烯的膜而形成。

[0283] 反射可见光的导电材料的例子包括铝、银或包含这些金属材料中的任意金属材料的合金等。另外,可以使用金、铂、镍、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等金属材料或包含这些金属材料中的任意金属材料的合金。另外,也可以在上述金属材料或合金中添加有镧、钆或锆等。另外,也可以使用铝和钛的合金、铝和镍的合金、铝和钆的合金、铝、镍和镧的合金 (Al-Ni-La) 等包含铝的合金 (铝合金)、银和铜的合金、银、钯和铜的合金 (Ag-Pd-Cu, 也记为APC) 或者银和镁的合金等包含银的合金。

[0284] 作为偏振片599可以使用直线偏振片,也可以使用圆偏振片。作为圆偏振片,例如可以使用包括直线偏振片和四分之一波相位差板的层叠。这种结构可以抑制外光的反射。通过根据偏振片599的种类调整用于液晶元件529的液晶元件的单元间隙、取向及驱动电压等,来实现所希望的对比度。

[0285] 电极562在树脂层202的端部附近通过连接体543与设置在树脂层201一侧的导电层电连接。由此,可以从配置在树脂层201一侧的FPC374或IC等向电极562供应电位或信号。

[0286] 作为连接体543,例如可以使用导电粒子。作为导电粒子,可以使用其表面被金属材料覆盖的有机树脂或二氧化硅等的粒子。作为金属材料,优选使用镍或金,因为其可以降低接触电阻。另外,优选使用如在镍上还覆盖有金等以层状覆盖有两种以上的金属材料的粒子。作为连接体543,优选采用能够弹性变形或塑性变形的材料。此时,有时导电粒子的连接体543成为图12所示那样的在纵向上被压扁的形状。通过具有被压扁的形状,可以增大连接体543与电连接于连接体543的导电层之间的接触面积,从而可以降低接触电阻并抑制接触不良等问题发生。

[0287] 连接体543优选以由粘合层517覆盖的方式配置。例如,可以将连接体543预先分散在被固化之前的粘合层517中。

[0288] 在树脂层201的端部附近的区域中设置有连接部506。连接部506通过连接层519与FPC374电连接。

[0289] 以上是对显示面板800的说明。

[0290] [显示元件]

作为位于显示面一侧的第一像素所包括的显示元件,可以使用反射外光来进行显示的元件。因为这种元件不包括光源,所以可以使显示时的功耗为极小。作为第一像素所包括的显示元件,可以典型地使用反射型液晶元件。或者,作为第一像素所包括的显示元件,不仅可以使使用快门方式的微电子机械系统 (MEMS) 元件、光干涉方式的MEMS元件,而且还可以使使用应用微囊方式、电泳方式、电润湿方式、电子粉流体 (注册商标) 方式等的元件。

[0291] 作为位于与显示面相反一侧的第二像素所包括的显示元件,可以使用包括光源且利用来自该光源的光来进行显示的元件。由于这种像素所发射的光的亮度及色度不受到外光的影响,因此这种像素可以进行色彩再现性高 (色域宽) 且对比度高的显示,即可以进行鲜明的显示。作为第二像素所包括的显示元件,例如可以使用有机发光二极管 (OLED)、发光二极管 (LED)、量子点发光二极管 (QLED) 等自发光性发光元件。或者,作为第二像素所包括的显示元件,也可以组合作为光源的背光源和控制来自背光源的光的透光量的透射型液晶元件而使用。

[0292] [液晶元件]

作为液晶元件,可以采用使用垂直取向 (VA) 模式的元件。作为垂直取向模式,可以使用

多象限垂直取向 (MVA) 模式、垂直取向构型 (PVA) 模式、高级超视觉 (ASV) 模式等。

[0293] 作为液晶元件,可以采用各种模式。例如,可以使用采用扭曲向列 (TN) 模式、平面切换 (IPS) 模式、边缘电场转换 (FFS) 模式;轴对称排列微单元 (ASM) 模式、光学补偿弯曲 (OCB) 模式、铁电性液晶 (FLC) 模式、反铁电液晶 (AFLC) 模式等代替VA模式的液晶元件。

[0294] 液晶元件利用液晶的光学调制作用而控制光的透过或非透过。液晶的光学调制作用由施加到液晶的电场(包括横向电场、纵向电场或倾斜方向电场)控制。作为用于液晶元件的液晶可以使用热致液晶、低分子液晶、高分子液晶、高分子分散型液晶 (PDLC)、铁电液晶、反铁电液晶或宾主液晶等。这些液晶材料根据条件呈现出胆甾相、近晶相、立方相、手向列相、各向同性相等。

[0295] 作为液晶材料,可以使用正型液晶和负型液晶中的任一种,根据所适用的模式或设计可以采用适当的液晶材料。

[0296] 为了控制液晶的取向,可以设置取向膜。在采用横向电场方式的情况下,也可以使用不使用取向膜的呈现蓝相的液晶。蓝相是液晶相的一种,是指当使胆甾液晶的温度上升时即将从胆甾相转变到均质相之前出现的相。因为蓝相只在窄的温度范围内出现,所以将其中混合了几wt%以上的手征试剂的液晶组合物用于液晶层,以扩大温度范围。包含呈现蓝相的液晶和手征试剂的液晶组成物的响应速度快,并且其具有光学各向同性。另外,包含呈现蓝相的液晶和手征试剂的液晶组成物不需要取向处理,并且视角依赖性小。由于不需要设置取向膜而不需要摩擦处理,因此可以防止由于摩擦处理而引起的静电破坏,并可以降低制造工序中的液晶显示装置的不良及破损。

[0297] 当采用反射型液晶元件时,将偏振片设置在显示面一侧。此外,当在显示面一侧另外设置光扩散板时,可以提高可见度,所以是优选的。

[0298] [发光元件]

发光元件可以使用能够进行自发光的元件,并且在发光元件的范畴内包括由电流或电压控制亮度的元件。例如,可以使用LED、QLED、有机EL元件或无机EL元件,但是优选使用实施方式1及实施方式2说明的任何发光元件。

[0299] 在本实施方式中,尤其是,发光元件优选具有顶部发射结构。作为提取光一侧的电极使用透射可见光的导电膜。作为不提取光一侧的电极优选使用反射可见光的导电膜。发光元件可以是包括一个EL层的单元或隔着电荷产生层层叠有多个EL层的串联元件。

[0300] EL层至少包括发光层。除了发光层以外,EL层可以还包括包含空穴注入性高的物质、空穴传输性高的物质、空穴阻挡材料、电子传输性高的物质、电子注入性高的物质或双极性物质(电子传输性及空穴传输性高的物质)等中的任何一个的一个层或多个层。

[0301] EL层可以使用实施方式1中举出的低分子化合物、高分子化合物、无机化合物。包括在EL层中的层分别可以通过如下方法的任一个形成:蒸镀法(包括真空蒸镀法)、转印法、印刷法、喷墨法、涂敷法等。

[0302] [粘合层]

作为粘合层,可以使用紫外线固化粘合剂等光固化粘合剂、反应固化粘合剂、热固化粘合剂、厌氧粘合剂等各种固化粘合剂。作为这些粘合剂,可以举出环氧树脂、丙烯酸树脂、硅酮树脂、酚醛树脂、聚酰亚胺树脂、酰亚胺树脂、聚氯乙烯(PVC)树脂、聚乙烯醇缩丁醛(PVB)树脂、乙烯-醋酸乙烯酯(EVA)树脂等。尤其是,优选使用环氧树脂等透湿性低的材料。另外,

也可以使用两液混合型树脂。另外,也可以使用粘合薄片等。

[0303] 另外,在上述树脂中也可以包含干燥剂。例如,可以使用碱土金属的氧化物(氧化钙或氧化钡等)那样的通过化学吸附吸附水分的物质。或者,也可以使用沸石或硅胶等通过物理吸附来吸附水分的物质。当在树脂中包含干燥剂时,能够抑制水分等杂质进入元件,从而提高显示面板的可靠性,所以是优选的。

[0304] 另外,通过在上述树脂中混合折射率高的填料或光散射构件,可以提高光提取效率。例如,可以使用氧化钛、氧化钡、沸石、锆等。

[0305] [连接层]

作为连接层,可以使用各向异性导电膜(ACF)、各向异性导电膏(ACP)等。

[0306] [着色层]

作为能够用于着色层的材料,可以举出金属材料、树脂材料、包含颜料或染料的树脂材料等。

[0307] [遮光层]

作为能够用于遮光层的材料,可以举出碳黑、钛黑、金属、金属氧化物及包含多个金属氧化物的固溶体的复合氧化物等。遮光层也可以为包含树脂材料的膜或包含金属等无机材料的薄膜。另外,也可以对遮光层使用包含着色层的材料的膜的叠层膜。例如,可以采用包含用于使某个颜色的光透过的着色层的材料的膜与包含用于使其他颜色的光透过的着色层的材料的膜的叠层结构。通过使着色层与遮光层的材料相同,除了可以使用相同的设备以外,还可以实现工序简化,因此是优选的。

[0308] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任何结构适当地组合。

[0309] (实施方式5)

在本实施方式中,说明各自包括实施方式1及实施方式2所示的发光元件的电子设备。实施方式1及实施方式2所记载的发光元件具有本发明的一个实施方式的发光元件,因此具有高发光效率以及高可靠性,其结果是,本实施方式所记载的电子设备可以各自包括耗电量得到降低且具有高可靠性的显示部。

[0310] <显示模块>

[0311] 在图13A所示的显示模块6000中,在上盖6001与下盖6002之间设置有连接于FPC6005的显示面板6006、框架6009、印刷电路板6010及电池6011。

[0312] 例如,可以将上述使用本发明的一个实施方式制造的显示装置用于显示面板6006。由此,可以以高成品率制造显示模块。

[0313] 可以根据显示面板6006的尺寸适当地改变上盖6001及下盖6002的形状及尺寸。

[0314] 此外,也可以以与显示面板6006重叠的方式设置触摸面板。触摸面板可以是电阻膜式触摸面板或静电电容式触摸面板,并且能够以与显示面板6006重叠的方式被形成。此外,也可以使显示面板6006具有触摸面板的功能代替设置触摸面板。

[0315] 框架6009保护显示面板6006并且被用作遮断因印刷电路板6010的工作而产生的电磁波的电磁屏蔽。框架6009也可以被用作散热板。

[0316] 印刷电路板6010包括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,可以使用外部的商业电源或者另行设置的电池6011。当使用商业电源时,可以省略电池6011。

[0317] 在显示模块6000中还可以设置偏振片、相位差板、棱镜片等构件。

[0318] 图13B是包括光学触摸传感器的显示模块6000的截面示意图。

[0319] 显示模块6000包括设置在印刷电路板6010上的发光部6015及受光部6016。一对导光部(导光部6017a、导光部6017b)设置在由上盖6001及下盖6002围绕的区域中。

[0320] 上盖6001及下盖6002例如可以使用塑料等。上盖6001及下盖6002分别可以薄(例如0.5mm以上且5mm以下)。此时,可以使显示模块6000的重量极轻。此外,由于可以以较少的材料制造上盖6001及下盖6002,所以可以降低制造成本。

[0321] 显示面板6006隔着框架6009与印刷电路板6010及电池6011重叠。显示面板6006及框架6009固定于导光部6017a、导光部6017b。

[0322] 从发光部6015发射的光6018通过导光部6017a经过显示面板6006的上部,且通过导光部6017b到达受光部6016。例如,当光6018被手指或触屏笔等检测对象遮蔽时,可以将其检测为触摸操作。

[0323] 多个发光部6015例如沿着显示面板6006的相邻的两个边设置。多个受光部6016以夹着显示面板6006与发光部6015对置的方式配置。由此,可以取得触摸操作的位置的信息。

[0324] 作为发光部6015例如可以使用LED元件等光源。尤其是,作为发光部6015,优选使用发射不被使用者看到且对使用者无害的红外线的来源。

[0325] 作为受光部6016可以使用接收发光部6015所发射的光且将其转换为电信号的光电元件。优选使用能够接收红外线的光电二极管。

[0326] 作为导光部6017a、导光部6017b可以使用至少透射光6018的构件。通过使用导光部6017a及导光部6017b,可以将发光部6015及受光部6016配置在显示面板6006之下,可以抑制外光到达受光部6016而导致触摸传感器的错误工作。尤其优选使用吸收可见光且透射红外线的树脂。由此,更有效地抑制触摸传感器的错误工作。

[0327] 可以将本发明的一个实施方式至少用于显示面板6006。

[0328] <电子设备>

图14A至图14G示出电子设备。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(具有测量或检测如下因素的功能的传感器: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。另外,传感器9007可以如脉冲传感器及指纹传感器等那样具有测量生物信息的功能。

[0329] 图14A至图14G所示的电子设备可以具有各种功能。图14A至图14G所示的电子设备例如可以具有如下功能:将各种数据(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触控传感器功能;显示日历、日期及时间等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;无线通信功能;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和接收的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据来将程序或数据显示在显示部上的功能;等。注意,图14A至图14G所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能,而该电子设备可以具有各种功能。虽然在图14A至图14G中未图示,但是电子设备可以包括多个显示部。该电子设备也可以具有照相机等及如下功能: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。

[0330] 下面,详细地说明图14A至图14G所示的电子设备。

[0331] 图14A是便携式信息终端9100的立体图。便携式信息终端9100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。

[0332] 图14B是便携式信息终端9101的立体图。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系统等中的一种或多种的功能。具体而言,可以将该便携式信息终端用作智能手机。注意,在图14B中未图示的扬声器9003、连接端子9006、传感器9007等可以与图14A所示的便携式信息终端9100同样地位于便携式信息终端9101中。便携式信息终端9101可以将文字和图像信息显示在其多个面上。例如,可以将三个操作按钮9050(还称为操作图标或只称为图标)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。信息9051的例子包括表示电子邮件、社交网络服务(SNS)消息及电话等的接收的显示;电子邮件和SNS消息的标题和发送者姓名;日期;时间;电池余量;以及表示电波等信号的接收强度的显示等。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。

[0333] 作为框体9000的材料,例如可以使用合金、塑料、陶瓷等。作为塑料,还可以使用增强塑料。增强塑料之一的碳纤维增强复合材料(CFRP)具有轻量且不腐蚀的优点。作为增强塑料的其他例子,举出包括玻璃纤维的增强塑料及包括芳族聚酰胺纤维的增强塑料。合金是优选的,因为与合金相比,在受到强烈的冲击时,纤维从树脂剥离的可能性更高。作为合金,可以举出铝合金及镁合金。包含锆、铜、镍、钛的非晶合金(也称为金属玻璃)特别具有高弹性强度。该非晶合金在室温下具有玻璃迁移区域,也称为块体凝固非晶合金,实质上具有非晶原子结构。通过利用凝固铸造法,将合金材料浇铸到框体的至少一部分的铸模中并凝固,使用块体凝固非晶合金形成框体的一部分。非晶合金除了锆、铜、镍、钛以外还可以包含铍、硅、铌、硼、镓、钼、钨、锰、铁、钴、钇、钒、磷、碳等。非晶合金也可以利用真空蒸镀法、溅射法、电镀法、无电镀法等形成,而代替凝固铸造法。非晶合金只要在整体上保持没有长程有序(周期结构)的状态,就可以包含微晶或纳米晶。注意,词语合金是指具有单一固相结构的完全固溶体合金及具有两个以上的相的部分溶体的双方。使用非晶合金的框体9000可以具有高弹性强度。通过在框体9000中包含非晶合金,即使便携式信息终端9101摔落而冲击引起暂时变形,也能够恢复到原来的形状,所以可以提高便携式信息终端9101的耐冲击性。

[0334] 图14C是便携式信息终端9102的立体图。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,信息9052、信息9053、信息9054显示于不同的面上。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放在上他/她的衣口袋里的状态下确认其显示(这里,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的上方观看的位置。因此,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,并且能够判断是否接电话。

[0335] 图14D是手表型便携式信息终端9200的立体图。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。显示部9001的显示面被弯曲,图像能够在所弯曲的显示面上进行显示。便携式信息终端9200

可以采用作为基于现行通信标准的通信方法的近场通信。在此情况下,例如,可以进行便携式信息终端与可进行无线通信的耳麦之间的相互通信,由此可以进行免提通话。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发送和接收。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,而不使用连接端子9006。

[0336] 图14E、图14F及图14G是能够折叠的便携式信息终端9201的立体图。图14E是示出展开的便携式信息终端9201的立体图。图14F是示出展开或折叠中途的便携式信息终端9201的立体图。图14G是示出折叠的便携式信息终端9201的立体图。便携式信息终端9201在折叠时可携带性高,在展开便携式信息终端9201时,无缝拼接的较大的显示区域的一览性强。便携式信息终端9201的显示部9001由铰链9055所连接在一起的三个框体9000来支撑。通过铰链9055在两个框体9000之间的连接部弯折便携式信息终端9201,便携式信息终端9201的形状可以从展开状态可逆性地变为折叠状态。例如,便携式信息终端9201可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径弯曲。

[0337] 电子设备的例子是:电视装置(也称为电视或电视接收机);计算机等的显示屏;数码相机或数码摄像机等相机;数码相框;移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置);护目镜型显示装置(可穿戴显示器);便携式游戏机;便携式信息终端;声音再现装置;弹珠机等大型游戏机等。

[0338] 另外,本发明的一个实施方式的电子设备可以包括二次电池。优选能够通过非接触电力传送对二次电池充电。

[0339] 二次电池的例子包括使用凝胶电解质的锂聚合物电池(锂离子聚合物电池)等锂离子二次电池、锂离子电池、镍氢电池、镍镉电池、有机自由基电池、铅蓄电池、空气二次电池、镍锌电池、银锌电池等。

[0340] 本发明的一个实施方式的电子设备也可以包括天线。通过由天线接收信号,可以在显示部上显示图像或数据等。在电子设备包括二次电池时,可以将天线用于非接触电力传送。

[0341] 图15A至图15C示出能够折叠的电子设备。

[0342] 图15A所示的电子设备900包括框体901a、框体901b、铰链903、显示部902等。显示部902安装在框体901a及框体901b中。

[0343] 框体901a与框体901b以能够旋转的方式由铰链903连接。电子设备900可以变形为框体901a和框体901b合上的状态以及如图15A所示那样打开的状态。由此,电子设备的携带时的可携带性好,并且由于具有大显示区域,所以使用时的可见度高。

[0344] 为了避免在框体901a和框体901b打开时框体901a和框体901b所形成的角度超过预定角度,铰链903优选具有锁定机构。例如,锁定角度(不再继续打开)优选为 90° 以上且小于 180° ,典型的是,可以为 90° 、 120° 、 135° 、 150° 或 175° 等。由此,可以提高方便性、安全性和可靠性。

[0345] 显示部902被用作触摸面板,可以用手指或触屏笔等进行操作。

[0346] 框体901a和框体901b中的一个设置有无线通信模块,可以通过因特网、局域网(LAN)、Wi-Fi(注册商标)等计算机网络进行数据收发。

[0347] 显示部902优选使用一个柔性显示器形成,此时,可以跨着框体901a和框体901b连

续地显示图像。注意,框体901a和框体901b各自可以设置有显示器。

[0348] 图15B示出被用作携带型游戏机的电子设备910。电子设备910包括框体911a、框体911b、显示部912、铰链913、操作按钮914a、操作按钮914b等。

[0349] 可以对框体911b插入盒子915。在盒子915中例如储存有游戏等应用软件,通过交换盒子915,可以利用电子设备910执行各种应用。

[0350] 图15B示出显示部912的与框体911a重叠的部分的尺寸和显示部912的与框体911b重叠的部分的尺寸互不相同的例子。具体而言,框体911a中的显示部912的一部分比与设置有操作按钮914a及操作按钮914b的框体911b重叠的显示部912的一部分大。例如,可以通过将显示部912的框体911a一侧用作主屏幕且将显示部912的框体911b一侧用作操作屏幕进行显示,将显示部用于不同目的。

[0351] 在图15C所示的电子设备920中,跨着由铰链923连接的框体921a和框体921b设置有柔性显示部922。

[0352] 在图15C示出一个实施方式,其中在框体921a和框体921b露出时,显示部922以大曲率展开。例如,可以以曲率半径为1mm以上且50mm以下,优选为5mm以上且30mm以下的状态保持显示部922。显示部922的一部分跨着框体921a和框体921b连续地配置有像素,从而能够进行曲面显示。

[0353] 铰链923具有上述锁定机构,因此过大力量不施加到显示部922,从而可以防止显示部922的损坏。由此,可以实现可靠性高的电子设备。

[0354] 图16A示出一种摄像机,包括框体7701、框体7702、显示部7703、操作键7704、镜头7705、连接部7706等。操作键7704及镜头7705被设置在框体7701中,显示部7703被设置在框体7702中。框体7701和框体7702由连接部7706彼此连接,框体7701和框体7702之间的角度可以由连接部7706改变。显示部7703所显示的图像也可以根据框体7701和框体7702之间的连接部7706的角度切换。

[0355] 图16B示出笔记本型个人计算机,该笔记本型个人计算机包括框体7121、显示部7122、键盘7123及指向装置7124等。另外,因为显示部7122具有高像素密度及高清晰度,所以虽然显示部7122是中小型的,但可以进行8k显示,而可以得到非常清晰的图像。

[0356] 图16C是头戴显示器7200的外观。

[0357] 头戴显示器7200包括安装部7201、透镜7202、主体7203、显示部7204以及电缆7205等。安装部7201包括电池7206。

[0358] 通过电缆7205,将电力从电池7206供应到主体7203。主体7203具备无线接收器等以接收图像数据等的视频数据,并且将其显示到显示部7204上。通过利用主体7203中的相机捕捉使用者的眼球及眼睑的动作,然后使用该捕捉的数据算出使用者的视点的坐标,以利用使用者的视点作为输入单元。

[0359] 安装部7201也可以与使用者接触的方式包括多个电极。主体7203也可以具有通过检测出根据使用者的眼球的动作而流过电极的电流,来识别他或她的视线的功能。主体7203也可以具有通过检测出流过该电极的电流来监视使用者的脉搏的功能。安装部7201可以具有温度传感器、压力传感器、加速度传感器等传感器,由此可以将使用者的生物信息显示在显示部7204上。主体7203也可以检测出使用者的头部的动作等以与使用者的头部的动作等同步地使显示在显示部7204上的图像移动。

[0360] 图16D是照相机7300的外观。照相机7300包括框体7301、显示部7302、操作按钮7303、快门按钮7304以及连接部7305等。镜头7306也可以放在照相机7300上。

[0361] 连接部7305包括与后面说明的取景器7400或闪光灯装置等连接的电极。

[0362] 虽然在此照相机7300的镜头7306能够从框体7301拆卸下而交换,镜头7306也可以包括在框体7301中。

[0363] 通过按下快门按钮7304,可以拍摄图像。另外,也可以通过包括触摸传感器的显示部7302的操作拍摄摄像。

[0364] 在显示部7302中,可以适用本发明的一个实施方式的显示装置或触摸传感器。

[0365] 图16E示出与取景器7400连接的照相机7300。

[0366] 取景器7400包括框体7401、显示部7402以及按钮7403等。

[0367] 框体7401包括嵌合到照相机7300的连接部7305的连接部,因此可以将取景器7400连接到照相机7300。该连接部包括电极,可以将从照相机7300经过该电极接收的图像等显示到显示部7402上。

[0368] 按钮7403被用作电源按钮。通过利用按钮7403,可以切换显示部7402的显示/非显示。

[0369] 在图16D和图16E中,照相机7300与取景器7400是分开且可拆卸的电子设备,但是照相机7300的框体7301也可以具备具有本发明的一个实施方式的显示装置或触摸传感器的取景器。

[0370] 图17A至图17E是头戴显示器7500及7510的外观图。

[0371] 头戴显示器7500包括框体7501、两个显示部7502、操作按钮7503及固定带7504。

[0372] 头戴显示器7500具有上述头戴显示器7200的功能,还包括两个显示部。

[0373] 通过包括两个显示部7502,使用者能够由一个眼睛看到一个显示部,由另一个眼睛看到另一个显示部。由此,在进行利用视差的三维显示等的情况下也可以显示高分辨率的图像。显示部7502弯曲为大致以使用者的眼睛为中心的圆弧状。因此,使用者的眼睛和显示部的显示面之间的距离为一定,所以使用者可以看到更自然的图像。即使在来自显示部的光的亮度或色度根据使用者观看的角度而改变时,因为使用者的眼睛位于显示部的显示面的法线方向上且可以实质上忽略变化的影响,从而也可以显示更有现实感的图像。

[0374] 操作按钮7503具有电源按钮等的功能。此外,还可以包括除操作按钮7503外的按钮。

[0375] 头戴显示器7510包括框体7501、显示部7502、固定带7504及一对透镜7505。

[0376] 使用者可以通过透镜7505看到显示部7502上的显示。优选的是,弯曲显示部7502。通过弯曲配置显示部7502,使用者可以感受图像的高真实感。

[0377] 可以将本发明的一个实施方式的显示装置适用于显示部7502。因为本发明的一个实施方式的显示装置可以具有高分辨率,所以即使如图17E所示那样地使用透镜7505放大图像,也不使使用者看到像素而可以显示现实感更高的图像。

[0378] 图18A示出电视装置的一个例子。在电视装置9300中,显示部9001组装于框体9000中。在此,利用支架9301支撑框体9000。

[0379] 可以通过利用框体9000的操作开关或遥控操作机9311进行图18A所示的电视装置9300的操作。显示部9001也可以具备触摸传感器。通过用手指等触摸显示部9001可以进行

电视装置9300的操作。遥控操作机9311也可以具备显示从该遥控操作机9311输出的数据的显示部。通过利用遥控操作机9311的操作键或触摸面板,可以进行频道或音量的控制,并可以对显示在显示部9001上的图像进行控制。

[0380] 电视装置9300具备接收机或调制解调器等。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。此外,通过调制解调器将电视装置连接到有线或无线的通信网络,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之间)的信息通信。

[0381] 由于本发明的一个实施方式的电子设备或照明装置具有柔性,因此也可以将该电子设备或照明装置沿着房屋或高楼的内壁/外壁的曲面、汽车的内部装饰/外部装饰的曲面组装。

[0382] 图18B是汽车9700的外观。图18C示出汽车9700的驾驶座位。汽车9700包括车体9701、车轮9702、仪表盘9703、灯9704等。本发明的一个实施方式的显示装置或发光装置等可用于汽车9700的显示部等。例如,本发明的一个实施方式的显示装置或发光装置等可用于图18C所示的显示部9710至显示部9715。

[0383] 显示部9710和显示部9711是设置在汽车的挡风玻璃中的显示装置。通过将透光导电材料用于其电极和布线,可以使本发明的一个实施方式的显示装置或发光装置等为能看到相反一侧的透明显示装置。这种透明显示部9710或透明显示部9711在驾驶汽车9700时不会障碍驾驶者的视野。因此,可以将本发明的一个实施方式的显示装置或发光装置等设置在汽车9700的挡风玻璃中。另外,当设置用来驱动显示装置或发光装置等的晶体管等时,优选采用使用有机半导体材料的有机晶体管、使用氧化物半导体的晶体管等具有透光性的晶体管。

[0384] 显示部9712是设置在立柱部分的显示装置。例如,通过将设置在车体中的摄像手段所拍摄的图像显示在显示部9712上,可以补充被立柱部分遮挡的视野。显示部9713是设置在仪表盘上的显示装置。例如,通过将设置在车体中的摄像手段所拍摄的图像显示在显示部9713上,可以补充被仪表盘遮挡的视野。也就是说,通过显示设置在汽车外侧的摄像手段所拍摄的图像,可以补充死角,而可以提高安全性。通过显示补充驾驶者看不到的部分的图像,可以容易、舒适地使驾驶者确认安全。

[0385] 图18D示出采用长座椅作为驾驶座位及副驾驶座位的汽车内。显示部9721是设置在车门部分的显示装置。例如,通过将设置在车体中的摄像手段所拍摄的图像显示在显示部9721上,可以补充被车门遮挡的视野。显示部9722是设置在方向盘中的显示装置。显示部9723是设置在长座椅的坐面的中央部的显示装置。另外,通过将显示装置设置在坐面或靠背部分,并且通过以该显示装置的发热为发热源,也可以将该显示装置用作座椅取暖器。

[0386] 显示部9714、显示部9715和显示部9722可以显示导航数据、速度计、转速计、里程、油量表、排档指示灯、空调的设定等各种信息。使用者可以适当地改变显示部所显示的内容或布局等。显示部9710至显示部9713、显示部9721及显示部9723也可以显示上述信息。显示部9710至显示部9715、显示部9721至显示部9723还可以被用作照明装置。显示部9710至显示部9715、显示部9721至显示部9723还可以被用作加热装置。

[0387] 图19A和图19B所示的显示装置9500包括多个显示面板9501、轴部9511、轴承部9512。多个显示面板9501都包括显示区域9502、透光区域9503。

[0388] 多个显示面板9501的每一个具有柔性。以其一部分互相重叠的方式设置两个相邻

的显示面板9501。例如,可以互相重叠两个相邻的显示面板9501的透光区域9503。通过使用多个显示面板9501,可以得到具有大屏幕的显示装置。根据其使用可以卷绕显示面板9501,所以显示装置的通用性高。

[0389] 另外,在图19A和图19B中,相邻的显示面板9501的显示区域9502彼此分开,但是不局限于此结构,例如,也可以通过没有间隙地彼此重叠相邻的显示面板9501的显示区域9502,得到连续的显示区域9502。

[0390] 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,本发明的一个实施方式的发光元件也可以应用于不包括显示部的电子设备。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弯曲的显示面上进行显示的结构或能够使电子设备的显示部折叠的结构,但该结构不局限于此,也可以采用不具有柔性且在平面部上进行显示的电子设备的显示部的结构。

[0391] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任何结构适当地组合而使用。

[0392] (实施方式6)

在本实施方式中,参照图20A至图20C、图21A至图21D对包括本发明的一个实施方式的发光元件的发光装置进行说明。

[0393] <发光装置>

图20A是本实施方式所示的发光装置3000的立体图,图20B是沿着图20A所示的点划线E-F切断的截面图。注意,在图20A中,为了避免繁杂而以虚线表示构成要素的一部分。

[0394] 图20A及图20B所示的发光装置3000包括衬底3001、衬底3001上的发光元件3005、设置于发光元件3005的外周的第一密封区域3007以及设置于第一密封区域3007的外周的第二密封区域3009。

[0395] 来自发光元件3005的发光从衬底3001和衬底3003中的一个或两个射出。在图20A及图20B中,说明来自发光元件3005的发光射出到下方一侧(衬底3001一侧)的结构。

[0396] 如图20A及图20B所示,发光装置3000具有发光元件3005被第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的双密封结构。通过采用双密封结构,能够适当地抑制从外部侵入发光元件3005一侧的杂质(例如,水、氧等)。但是,并不一定必须要设置第一密封区域3007及第二密封区域3009。例如,可以只设置第一密封区域3007。

[0397] 注意,在图20B中,第一密封区域3007及第二密封区域3009以与衬底3001及衬底3003接触的方式设置。但是,不局限于该结构,例如,第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与设置在衬底3001的上方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。或者,第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与设置在衬底3003的下方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。

[0398] 衬底3001及衬底3003分别可以具有与上述实施方式所记载的衬底200及衬底220同样的结构。发光元件3005可以具有与上述实施方式所记载的发光元件同样的结构。

[0399] 作为第一密封区域3007,可以使用包含玻璃的材料(例如,玻璃粉、玻璃带等)。作为第二密封区域3009,可以使用包含树脂的材料。通过将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007,可以提高生产率及密封性。此外,通过将包含树脂的材料用于第二密封区域3009,可以提高抗冲击性及耐热性。但是,用于第一密封区域3007及第二密封区域3009的材料不局限于此,第一密封区域3007可以使用包含树脂的材料形成,第二密封区域3009可以使用

包含玻璃的材料形成。

[0400] 上述玻璃粉例如可以包含氧化镁、氧化钙、氧化锶、氧化钡、氧化铯、氧化钠、氧化钾、氧化硼、氧化钒、氧化锌、氧化碲、氧化铝、二氧化硅、氧化铅、氧化锡、氧化磷、氧化钨、氧化铈、氧化铁、氧化铜、二氧化锰、氧化钼、氧化铌、氧化钛、氧化钨、氧化铋、氧化锆、氧化锂、氧化锑、硼酸铅玻璃、磷酸锡玻璃、钒酸盐玻璃或硼硅酸盐玻璃。为了吸收红外光，玻璃粉优选包含一种以上的过渡金属。

[0401] 作为上述玻璃粉，例如，在衬底上涂敷玻璃粉浆料并对其进行加热或照射激光等。玻璃粉浆料包含上述玻璃粉及使用有机溶剂稀释的树脂（也称为粘合剂）。此外，也可以在玻璃粉中添加吸收激光束的波长的光的吸收剂。例如，作为激光，优选使用Nd:YAG激光或半导体激光等。激光束形状可以为圆形或四角形。

[0402] 作为上述包含树脂的材料，例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺（例如，尼龙或芳族聚酰胺）、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0403] 注意，当作为第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个使用包含玻璃的材料时，该包含玻璃的材料的热膨胀率优选近于衬底3001的热膨胀率。通过采用上述结构，可以抑制由于热应力而在包含玻璃的材料或衬底3001中产生裂缝。

[0404] 例如，在将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007并将包含树脂的材料用于第二密封区域3009的情况下，可以获得如下优异的效果。

[0405] 第二密封区域3009被设置得比第一密封区域3007更靠近发光装置3000的外周部一侧。在发光装置3000中，越接近外周部，起因于外力等的应变越大。因此，使用包含树脂的材料对产生更大的应变的发光装置3000的外周部一侧，即为第二密封区域3009进行密封，并且使用包含玻璃的材料对设置于第二密封区域3009的内侧的第一密封区域3007进行密封，由此，即便发生起因于外力等的应变，发光装置3000也不容易损坏。

[0406] 另外，如图20B所示，第一区域3011相当于被衬底3001、衬底3003、第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的区域。第二区域3013相当于被衬底3001、衬底3003、发光元件3005及第一密封区域3007包围的区域。

[0407] 第一区域3011及第二区域3013例如优选填充有稀有气体或氮气体等惰性气体。或者，第一区域3011及第二区域3013优选使用丙烯酸树脂或环氧树脂等树脂填充。注意，作为第一区域3011及第二区域3013，与大气压状态相比，更优选为减压状态。

[0408] 图20C示出图20B所示的结构的变形例。图20C是示出发光装置3000的变形例的截面图。

[0409] 图20C示出衬底3003的一部分设置有凹部，并且，该凹部设置有干燥剂3018的结构。其他结构与图20B所示的结构相同。

[0410] 作为干燥剂3018，可以使用通过化学吸附来吸附水分等的物质或者通过物理吸附来吸附水分等的物质。作为可用作干燥剂3018的物质的例子，可以举出碱金属的氧化物、碱土金属的氧化物（例如，氧化钙及氧化钡）、硫酸盐、金属卤化物、高氯酸盐、沸石或硅胶等。

[0411] 接着，参照图21A至图21D对图20B所示的发光装置3000的变形实例进行说明。注意，图21A至图21D是说明图20B所示的发光装置3000的变形实例的截面图。

[0412] 在图21A至图21D所示的发光装置中，不设置第二密封区域3009，而只设置第一密

封区域3007。此外,在图21A至图21D所示的发光装置中,设置有区域3014代替图20B所示的第二区域3013。

[0413] 作为区域3014,例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(例如,尼龙、芳族聚酰胺)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0414] 当上述材料用于区域3014时,可以实现所谓的固体密封的发光装置。

[0415] 在图21B所示的发光装置中,在图21A所示的发光装置的衬底3001一侧设置衬底3015。

[0416] 如图21B所示,衬底3015具有凹凸。通过将具有凹凸的衬底3015设置于发光元件3005的提取光一侧,可以提高来自发光元件3005的光的光提取效率。此外,可以设置具有扩散板的功能的衬底代替图21B所示的具有凹凸的结构。

[0417] 在图21A所示的发光装置中,通过衬底3001一侧提取光,另一方面,在图21C所示的发光装置中,通过衬底3003一侧提取光。

[0418] 图21C所示的发光装置在衬底3003一侧包括衬底3015。其他结构是与图21B所示的发光装置同样的结构。

[0419] 在图21D所示的发光装置中,不设置图21C所示的发光装置的衬底3003、衬底3015,而设置衬底3016。

[0420] 衬底3016包括位于离发光元件3005近的一侧的第一凹凸以及位于离发光元件3005远的一侧的第二凹凸。通过采用图21D所示的结构,可以进一步提高来自发光元件3005的光的光提取效率。

[0421] 因此,通过使用本实施方式所示的结构,能够提供由于水分或氧等杂质而导致的发光元件的劣化得到抑制的发光装置。或者,通过使用本实施方式所示的结构,能够实现光提取效率高的发光装置。

[0422] 注意,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任何结构适当地组合。

[0423] (实施方式7)

在本实施方式中,参照图22A至图22C及图23说明将本发明的一个实施方式的发光元件用于各种照明装置及电子设备的情况的例子。

[0424] 通过将本发明的一个实施方式的发光元件制造在具有柔性的衬底上,能够实现包括具有曲面的发光区域的电子设备或照明装置。

[0425] 此外,还可以将应用了本发明的一个实施方式的发光元件的发光装置适用于汽车的照明,例如该照明被设置于仪表盘、挡风玻璃、天花板等。

[0426] 图22A是示出多功能终端3500的一个面的立体图,图22B是示出多功能终端3500的另一个面的立体图。在多功能终端3500的框体3502中组装有显示部3504、照相机3506、照明3508等。可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于照明3508。

[0427] 将包括本发明的一个实施方式的发光装置的照明3508用作面光源。因此,不同于以LED为代表的点光源,照明3508能够提供指向性低的发光。例如,在将照明3508和照相机3506组合使用的情况下,可以在使照明3508点亮或闪烁的同时使用照相机3506来进行拍摄。因为照明3508具有面光源的功能,可以获得仿佛在自然光下拍摄般的照片。

[0428] 注意,图22A及图22B所示的多功能终端3500与图14A至图14G所示的电子设备同样

地可以具有各种各样的功能。

[0429] 框体3502可以包括扬声器、传感器(该传感器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)、麦克风等。当在多功能终端3500内部设置具有陀螺仪传感器或加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置时,可以判断多功能终端3500的方向(该多功能终端在水平方向上配置还是在垂直方向上配置)而自动切换显示部3504的屏面显示。

[0430] 另外,也可以将显示部3504用作图像传感器。例如,通过当用手掌或手指触摸显示部3504时拍摄掌纹、指纹等,由此能够进行个人识别。另外,通过在显示部3504中设置发射近红外光的背光或感测光源,也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。注意,可以将本发明的一个实施方式的发光装置适用于显示部3504。

[0431] 图22C是安全灯3600的立体图。安全灯3600在框体3602的外侧包括照明3608,并且,框体3602组装有扬声器3610等。可以将本发明的一个实施方式的发光元件用于照明3608。

[0432] 安全灯3600例如在抓住或握住照明3608时发光。可以在框体3602的内部设置有能够控制安全灯3600的发光方式的电子电路。该电子电路例如可以为能够实现一次或间歇多次的发光的电路或通过控制发光的电流值能够调整发光的光量的电路。此外,也可以组装在照明3608发光的同时从扬声器3610发出很大的警报音的电路。

[0433] 安全灯3600能够向所有方向发射光,所以可以发射光或发出光和声音来恐吓歹徒等。另外,安全灯3600可以包括具有摄像功能的数码静态相机等照相机。

[0434] 图23示出将发光元件用于室内照明装置8501的例子。因为发光元件可以具有大面积,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,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。另外,也可以在照明装置8501、8502、8503中设置触摸传感器,启动/关闭电源。

[0435] 另外,当将发光元件用于桌子的表面一侧时,可以实现具有桌子的功能的照明装置8504。当将发光元件用于其他家具的一部分时,可以实现具有家具的功能的照明装置。

[0436] 如上所述,通过应用本发明的一个实施方式的发光装置,能够得到照明装置及电子设备。注意,不局限于本实施方式所示的照明装置及电子设备,该发光装置可以应用于各种领域的电子设备。

[0437] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任何结构适当地组合。

[实施例1]

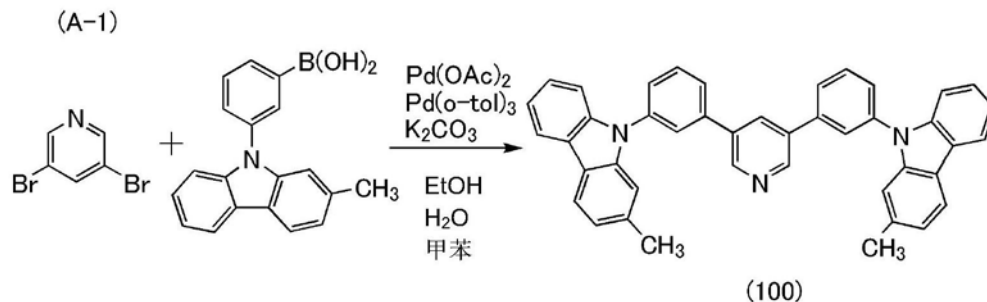
[0438] 在本实施例中,说明本发明的一个实施方式的有机化合物之一的3,5-双[3-(9H-2-甲基咪唑-9-基)苯基]吡啶(简称:Me-35DCzPPy)(结构式(100))的合成方法以及化合物的物性。

[0439] <合成例子1>

将3,5-二溴吡啶1.5g(6.4mmol)、3-(2-甲基-9H-咪唑-9-基)苯基硼酸4.3g(14mmol)、三(邻甲苯基)膦0.39g(1.3mmol)、碳酸钾3.5g(26mmol)、甲苯60mL、乙醇12mL以及水6.0mL

放在200mL三口烧瓶中。通过在减压下搅拌来脱气该混合物，用氮气替换烧瓶内的空气。对该混合物加入醋酸钯(II) 58mg (0.26mmol)，在氮气流下，以80℃对所得到的混合物进行搅拌44小时。经过指定时间之后，利用甲苯进行萃取，通过硅胶柱层析法(展开溶剂:甲苯)进行纯化，得到黄色粉末。利用乙酸乙酯使该黄色粉末重结晶，以54%的收率得到2.0g的目的物的白色粉末。以下的(A-1)示出合成方案。

[0440] [化学式6]



[0441] 通过梯度升华法，使所得到的白色粉末2.0g升华纯化。在升华纯化中，在压力为2.2Pa且氩流量为10ml/min的条件下以310℃进行加热。升华纯化后，以60%的回收率得到目的物的白色固体1.2g。

[0442] 对所得到的固体进行核磁共振光谱法(¹H NMR)，下面示出其结果。

¹H NMR(氯仿-d, 300MHz): δ=8.94(d, J=2.0Hz, 2H)、8.14(t, J=1.9Hz, 1H)、8.08-8.12(m, 2H)、8.02(d, J=7.8Hz, 2H)、7.83-7.86(m, 2H)、7.72-7.77(m, 4H)、7.60-7.67(m, 2H)、7.33-7.44(m, 4H)、7.27-7.31(m, 2H)、7.20-7.24(m, 2H)、7.10-7.14(m, 2H)。

[0443] 图24A及图24B示出所得到的固体的¹H NMR谱。注意，图24B是示出图24A中的7.0ppm至9.0ppm的范围的放大部分的谱图。测量结果表明，得到目的物的Me-35DCzPPy。

[0444] <Me-35DCzPPy的特性>

接着，对本实施例中得到的Me-35DCzPPy进行液相色谱-质谱分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, LC-MS分析)。

[0445] 在LC-MS分析中，利用ACQUITY UPLC(沃特世公司制造)进行液相层析法(LC)分离，并利用Xevo G2Tof MS(沃特世公司制造)进行质谱(MS)分析。将ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm, 1.7μm)用作LC分离中使用的色谱柱，柱温为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Me-35DCzPPy溶解于甲苯中，并且利用乙腈稀释混合物来准备样品。注入量为5.0μL。

[0446] 在LC分离中，采用改变流动相的组成的梯度法。测量开始后0分钟至1分钟的流动相A与流动相B的比例为65:35，然后改变组成，测量开始后10分钟的流动相A与流动相B的比例为95:5。线性地改变组成。

[0447] 在MS分析中，通过电喷雾电离(简称:ESI)法进行离子化。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成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。与氩碰撞时的能量(碰撞能量)为70eV。测量时的质量范围是m/z=100至1200。图25示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0448] 图25的结果示出，主要在m/z=574附近、m/z=409附近、m/z=180附近检测出Me-

35DCzPPy的子离子。图25所示的结果示出来源于Me-35DCzPPy的特征,因此可以视为用于包含在混合物中的Me-35DCzPPy的识别的重要数据。

[0449] 注意,可推测 $m/z=574$ 附近的子离子为由 $C_{42}H_{28}N_3^{•+}$ ($•+$ 表示自由基正离子)表示的甲基从Me-35DCzPPy脱离的状态的自由基正离子。可推测 $m/z=409$ 附近的子离子为由 $C_{30}H_{21}N_2^{•+}$ 表示的2-甲基咪唑从Me-35DCzPPy脱离的状态的自由基正离子。可推测 $m/z=180$ 附近的子离子为由 $C_{13}H_{10}N^{•+}$ 表示的2-甲基咪唑从Me-35DCzPPy脱离的状态的自由基正离子。这表示Me-35DCzPPy具有2-甲基咪唑骨架。注意,有可能上述 m/z 的 ± 1 值被检测为加质子作用或子离子的脱离体。

[0450] 接着,图26示出甲苯溶液中的Me-35DCzPPy的吸收光谱和发射光谱。图27示出Me-35DCzPPy的薄膜的吸收光谱和发射光谱。利用真空蒸镀法在石英衬底上形成固体薄膜。甲苯溶液的吸收光谱的测量使用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造,V550型)。图26所示的甲苯溶液中的Me-35DCzPPy的吸收光谱是通过如下方法获得的:从甲苯溶液中的Me-35DCzPPy的吸收光谱减去仅将甲苯放入石英皿中测得的甲苯的吸收光谱。使用分光光度计(日立高新技术(Hitachi High-Technologies Corporation)制造的分光光度计U4100)测量薄膜的吸收光谱。使用荧光分光光度计(由日本滨松光子学株式会社制造,FS920)测量发射光谱。

[0451] 由图26可知,甲苯溶液中的Me-35DCzPPy在323nm、338nm附近具有吸收峰值并在373nm(激发波长:333nm)具有发光波长的峰值。如图27所示,Me-35DCzPPy的薄膜在210nm、243nm、295nm、326nm、338nm附近具有吸收峰值并在350nm、382nm(激发波长:300nm)附近具有发光波长的峰值。因为上述本发明的一个实施方式的Me-35DCzPPy发射光,所以也可以将其用作发光材料。

[0452] 对Me-35DCzPPy的薄膜的磷光光谱进行测量,计算出其T1能级。在该测量中,利用PL显微镜的LabRAM HR-PL(由日本堀场制作所制造),作为激发的He-Cd激光(325nm)以及CCD检测器,测量温度为10K。该磷光的短波长一侧的第一峰值是451nm(2.75eV)。这表示Me-35DCzPPy具有高T1能级,并适合用作发射蓝色磷光的发光中心物质的主体。

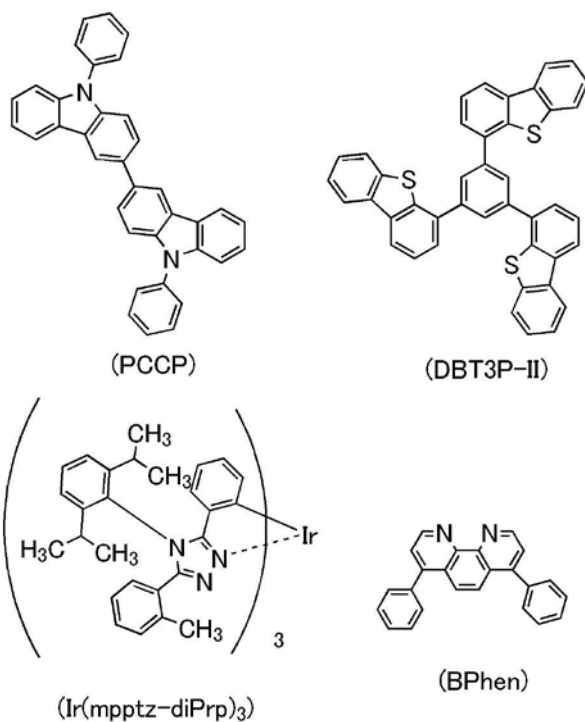
[实施例2]

[0453] 在本实施例中,说明各自包含本发明的一个实施方式的有机化合物的发光元件的制造例子以及该发光元件的特性。图28是示出在本实施例中制造的各元件的结构的截面图。表2及表3表示元件结构的详细。此外,以下示出这里使用的化合物的结构以及简称。注意,关于其他有机化合物,可以参照实施例1及实施方式1。

[0454] 在本实施例中,制造发光元件1至发光元件6。在发光元件1中,只有35DCzPPy被用作发光层的主体材料及电子传输层。在发光元件2至发光元件6的每一个中,35DCzPPy和Me-35DCzPPy被用作发光层的主体材料及电子传输层的材料的蒸镀源。表2及表3示出各元件中的35DCzPPy和Me-35DCzPPy的混合比例。

[0455] 表4示出被用作主体材料及电子传输层的材料的35DCzPPy和Me-35DCzPPy的物性值。35DCzPPy和Me-35DCzPPy的物性值之间的差异只是HOMO能级之间的很小的差异。

[0456] [化学式7]



[0457] [表2]

	层	符号	厚度 (nm)	材料	重量比
发光元件 1-6	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy:Me-35DCzPPy	(1-x):x
	发光层	160(2)	10	35DCzPPy:Me-35DCzPPy :Ir (mpptz-diPrp) ₃	(1-x):x:0.06
		160(1)	30	PCCP:35DCzPPy: Me-35DCzPPy:Ir (mpptz-diPrp) ₃	1:0.3×(1-x):0.3x:0.06
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
电极	101	70	ITO	-	

[0458] [表3]

	x
发光元件1	0

发光元件2	0.025
发光元件3	0.05
发光元件4	0.1
发光元件5	0.25
发光元件6	1

[0459] [表4]

材料的名称	HOMO能级 (eV)	LUMO能级 (eV)	T1能级 (eV)
35DCzPPy	-5.90	-2.39	2.75
Me-35DCzPPy	-5.84	-2.39	2.75

[0460] <发光元件的制造>

《发光元件1至发光元件6的制造》

作为电极101,在玻璃衬底上形成厚度为70nm的ITO膜。将电极101的电极面积设定为 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)。

[0461] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上,以DBT3P-II:MoO₃=1:0.5的重量比通过共蒸镀沉积1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)以及MoO₃,厚度为20nm。

[0462] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上,通过蒸镀沉积9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)咔唑(简称:PCCP),厚度为20nm。

[0463] 接着,作为发光层160(1),在空穴传输层112上,以PCCP:35DCzPPy:Me-35DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp)₃=1:0.3×(1-x):0.3x:0.06的重量比通过共蒸镀沉积PCCP、35DCzPPy、Me-35DCzPPy以及三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-diPrp)₃),厚度为30nm,然后,作为发光层160(2),以35DCzPPy:Me-35DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp)₃=1-x:x:0.06的重量比通过共蒸镀沉积35DCzPPy、Me-35DCzPPy以及Ir(mpptz-diPrp)₃,厚度为10nm。注意,在发光层160(1)及发光层160(2)的每一个中,Ir(mpptz-diPrp)₃是发射磷光的客体材料。注意,x值依赖于发光元件,表3示出各发光元件中的x值。

[0464] 接着,作为第一电子传输层118(1),在发光层160(2)上,以35DCzPPy:Me-35DCzPPy=1-x:x的重量比通过共蒸镀沉积35DCzPPy以及Me-35DCzPPy,厚度为10nm。然后,作为第二电子传输层118(2),在第一电子传输层118(1)上,通过蒸镀沉积红菲绕啉(简称:BPhen),厚度为15nm。注意,x值依赖于各发光元件,表3示出各发光元件中的x值。

[0465] 接着,作为电子注入层119,在第二电子传输层118(2)上,通过蒸镀沉积氟化锂(LiF),厚度为1nm。

[0466] 接着,作为电极102,在电子注入层119上沉积铝(Al),厚度为200nm。

[0467] 接着,在含氮气氛的手套箱中,使用有机EL装置用密封剂将用来密封的玻璃衬底固定于沉积有机材料的玻璃衬底,由此密封发光元件1至6。具体而言,将密封剂涂敷到沉积有机材料的玻璃衬底上的有机材料的周围,贴合该衬底和用来密封的玻璃衬底,然后以6J/cm²照射波长为365nm的紫外光,并且以80℃进行1小时的加热处理。通过以上的步骤,得到发光元件1至发光元件6。

[0468] <发光元件的特性>

接着,测定所制造的发光元件1至6的特性。在亮度及CIE色度的测定中,利用色亮度计

(由TOPCON TECHNOHOUSE公司制造的BM-5A)。在电致发射光谱的测定中,利用多通道光谱分析仪(由日本滨松光子学株式会社制造的PMA-11)。

[0469] 图29示出发光元件1至6的电流效率-亮度特性。图30示出亮度-电压特性。图31示出外部量子效率-亮度特性。在室温下(在保持为23℃的气氛下)进行各发光元件的测量。

[0470] 表5示出1000cd/m²附近的发光元件1至6的元件特性。

[0471] [表5]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 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	4.60	1.71	(0.184, 0.423)	1120	65.2	44.6	27.5
发光元件 2	4.40	1.33	(0.182, 0.415)	830	62.3	44.5	26.7
发光元件 3	4.40	1.33	(0.182, 0.415)	830	62.3	44.5	26.7
发光元件 4	4.40	1.27	(0.182, 0.413)	790	62.4	44.5	26.8
发光元件 5	4.60	1.79	(0.181, 0.414)	1120	62.2	42.5	26.7
发光元件 6	4.60	1.79	(0.181, 0.414)	1120	62.2	42.5	26.7

[0472] 图32示出在以2.5mA/cm²的电流密度将电流供应到发光元件1至6时的电致发射光谱。

[0473] 如图29、图30、图31、图32及表3所示,发光元件1至6各自的外部量子效率的最大值为26%以上。因此,发光元件1至6都具有极高的外部量子效率。其中,Me-35DCzPPy的含量为0的发光元件1的外部量子效率特别高。

[0474] 在表5中,发光元件1至6各自的1000cd/m²附近的驱动电压为4.6V以下,这是作为发射蓝色磷光的发光元件较低的值,发光元件1至6各自具有良好的功率效率。没有基于35DCzPPy和Me-35DCzPPy的混合比例的差异的驱动电压的很大的差异。

[0475] 如图32所示,发光元件1至6各自的电致发光光谱在474nm及501nm附近具有峰值,半峰全宽为68nm左右,因此发光元件1至6发射淡蓝色光。没有基于35DCzPPy和Me-35DCzPPy的混合比例的差异的电致发光光谱的很大的差异。

[0476] <发光元件的可靠性>

接着,对发光元件1至6进行恒流为2.5mA/cm²时的驱动测试。图33示出其结果。如图33所示,发光元件1至4的劣化曲线彼此类似,发光元件1至4的亮度半衰期都是500小时左右,这意味着高可靠性。另一方面,发光元件6具有比发光元件5短的亮度半衰期,该发光元件6中的相对于35DCzPPy的Me-35DCzPPy比例比发光元件5高。发光元件5及6都具有比发光元件1至发光元件4短的亮度半衰期。就是说,当发光元件中的相对于35DCzPPy含量的Me-

35DCzPPy含量的百分比为10%以下时,可靠性没有很大的差异,但是,当发光元件中的相对于35DCzPPy含量的Me-35DCzPPy含量的百分比大于10%时,发光元件的可靠性受到负面影响。这有可能是因为上述氢原子的迁移反应的影响给相对于35DCzPPy含量的Me-35DCzPPy含量的百分比大于10%时的浓度带来影响。

[0477] 这表示,优选的是,为了得到具有高可靠性的发光元件,咔唑骨架的氢原子被烷基取代的有机化合物的含量低于主体材料的10%。

符号说明

[0478] 50:粘合层,51:粘合层,52:粘合层,100:EL层,101:电极,102:电极,106:发光单元,108:发光单元,110:发光单元,111:空穴注入层,112:空穴传输层,113:电子传输层,114:电子注入层,114-a:电子注入层,114-b: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,130:发光层,131:主体材料,131_1:有机化合物,131_2:有机化合物,132:客体材料,140:发光层,141:主体材料,141_1:有机化合物,141_2:有机化合物,142:客体材料,150:发光元件,160:发光层,170:发光层,200:衬底,201:树脂层,202:树脂层,220:衬底,252:发光元件,300:显示装置,311:电极,311b:电极,340:液晶元件,351:衬底,360:发光元件,360b:发光元件,360g:发光元件,360r:发光元件,360w:发光元件,361:衬底,362:显示部,364:电路部,365:布线,366:电路部,367:布线,372:FPC,373:IC,374:FPC,375:IC,400:显示装置,401:晶体管,402:晶体管,403:晶体管,404:发光元件,405:电容器,406:连接部,410:像素,411:绝缘层,412:绝缘层,413:绝缘层,414:绝缘层,415:绝缘层,416:间隔物,417:粘合层,419:连接层,421:电极,422:EL层,423:电极,424:光学调整层,425:着色层,426:遮光层,451:开口,471:衬底,472:衬底,476:绝缘层,478:绝缘层,501:晶体管,503:晶体管,505:电容器,506:连接部,511:绝缘层,512:绝缘层,513:绝缘层,514:绝缘层,517:粘合层,519:连接层,529:液晶元件,543:连接体,545T:香豆素,562:电极,563:液晶,564a:取向膜,564b:取向膜,572:衬底,576:绝缘层,578:绝缘层,599:偏振片,600A:ALS模型,601:源极一侧驱动电路,602:像素部,603:栅极一侧驱动电路,604:密封衬底,605:密封剂,607:空间,608:布线,610:元件衬底,611:开关用TFT,613:电极,614:绝缘物,616:EL层,617:电极,618:发光元件,623:n沟道型TFT,624:p沟道型TFT,700:显示面板,701:树脂层,702:树脂层,800:显示面板,900:电子设备,901:框体,901a:框体,901b:框体,902:显示部,903:铰链部,910:电子设备,911a:框体,911b:框体,912:显示部,913:铰链部,914a:操作按钮,914b:操作按钮,915:盒子,920:电子设备,921a:框体,921b:框体,922:显示部,923:铰链部,1001:衬底,1002:基底绝缘膜,1003:栅极绝缘膜,1006:栅电极,1007:栅电极,1008:栅电极,1020:层间绝缘膜,1021:层间绝缘膜,1022:电极,1024B:电极,1024G:电极,1024R:电极,1025B:下部电极,1025G:下部电极,1025R:下部电极,1026:分隔壁,1028:EL层,1029:电极,1031:密封衬底,1032:密封剂,1033:基材,1034B:着色层,1034G:着色层,1034R:着色层,1036:覆盖层,1037:层间绝缘膜,1040:像素部,1041:驱动电路部,1042:周边部,3000:发光装置,3001:衬底,3003:衬底,3005:发光元件,3007:密封区域,3009:密封区域,3011:区域,3013:区域,3014:区域,3015:衬底,3016:衬底,3018:干燥剂,3054:显示部,3500:多功能终端,3502:框体,3504:显示部,3506:照相机,3508:照明,3600:灯,3602:框体,3608:照明,3610:扬声器,6000:显示模块,6001:上盖,6002:下盖,6005:FPC,6006:显示面板,6009:框架,6010:印刷电路板,6011:电

池,6015:发光部,6016:受光部,6017a:导光部,6017b:导光部,6018:光,7121:框体,7122:显示部,7123:键盘,7124:指向装置,7200:头戴显示器,7201:安装部,7202:透镜,7203:主体,7204:显示部,7205:电缆,7206:电池,7300:照相机,7301:框体,7302:显示部,7303:操作按钮,7304:快门按钮,7305:连接部,7306:镜头,7400:取景器,7401:框体,7402:显示部,7403:按钮,7500:头戴显示器,7501:框体,7502:显示部,7503:操作按钮,7504:固定带,7505:透镜,7510:头戴显示器,7701:框体,7702:框体,7703:显示部,7704:操作键,7705:镜头,7706:连接部,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:铰链部,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,9300:电视装置,9301:支架,9311:遥控操作机,9500:显示装置,9501:显示面板,9502:显示区域,9503:区域,9511:轴部,9512:轴承部,9700:汽车,9701:车体,9702:车轮,9703:仪表盘,9704:灯,9710:显示部,9711:显示部,9712:显示部,9713:显示部,9714:显示部,9715:显示部,9721:显示部,9722:显示部,9723:显示部。

本申请基于2016年12月27日提交到日本专利局的日本专利申请第2016-253548号,通过引用将其完整内容并入在此。

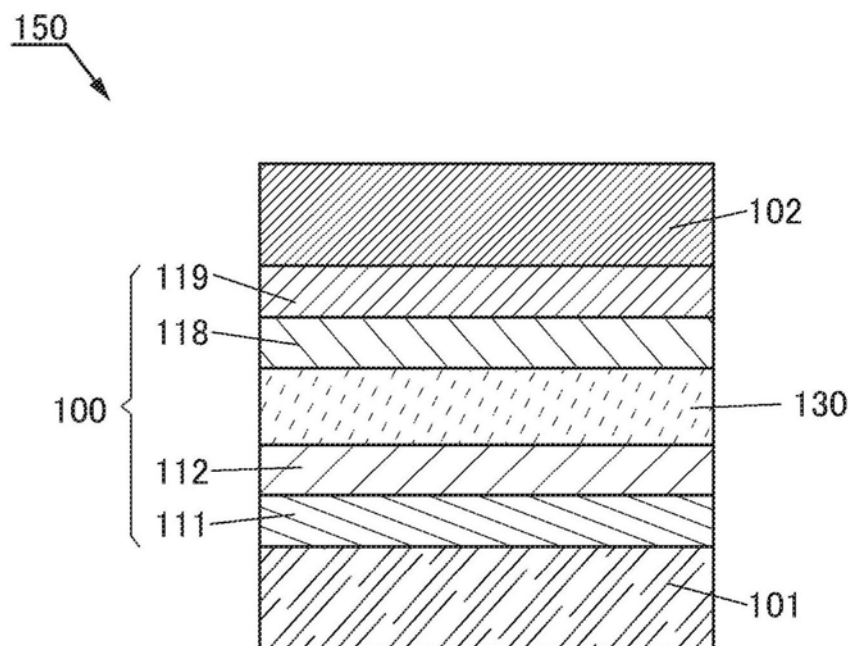


图1A

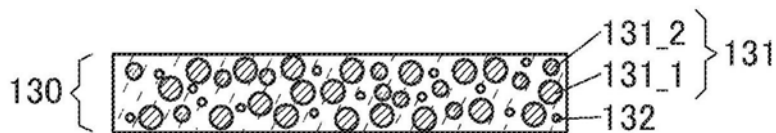


图1B

	35DCzPPy	Me-35DCzPPy
T1的最稳定结构		
激发能 (eV)	2.81	2.80
T1的亚稳结构		
激发能 (eV)	2.94	2.89

图2

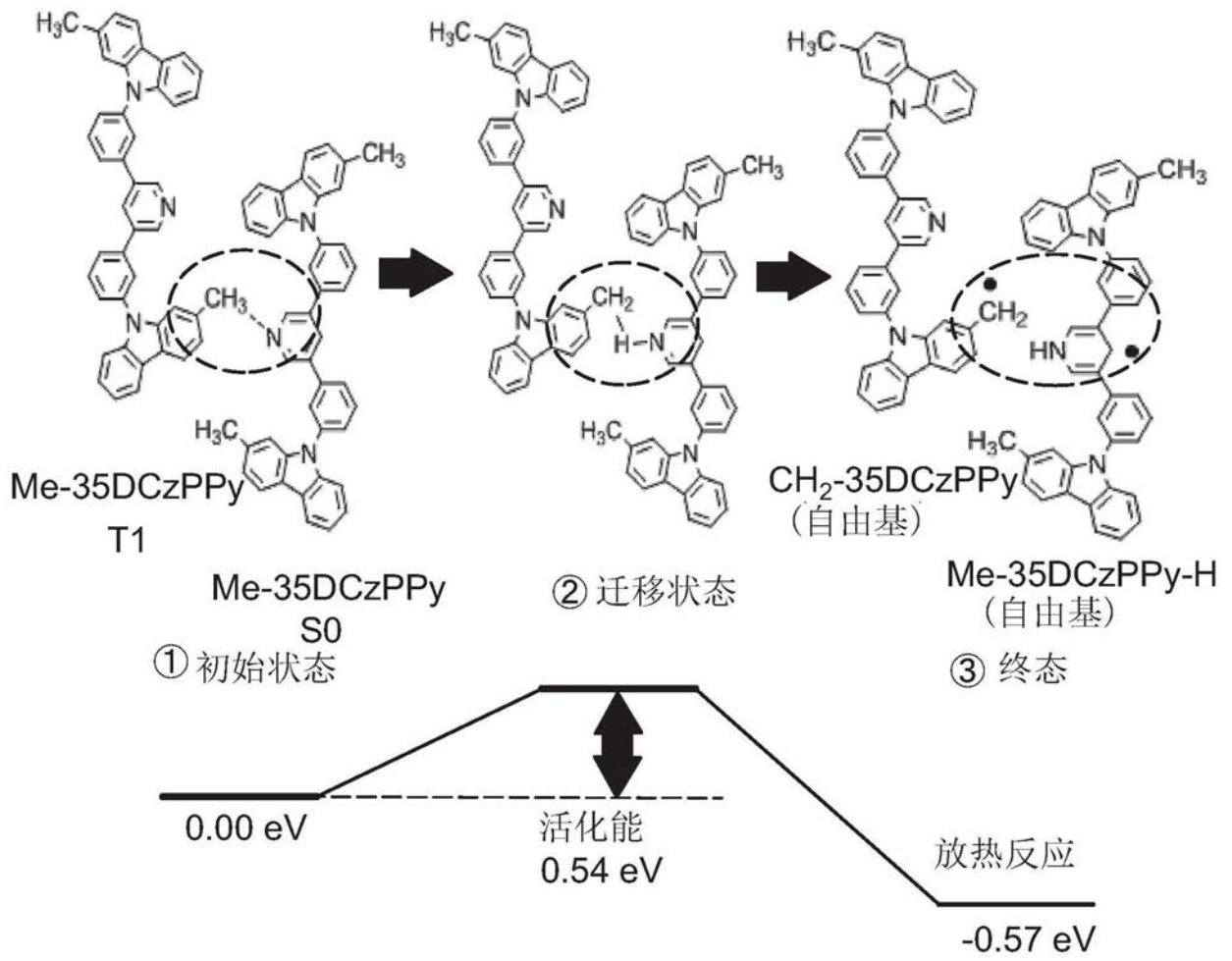


图3

252

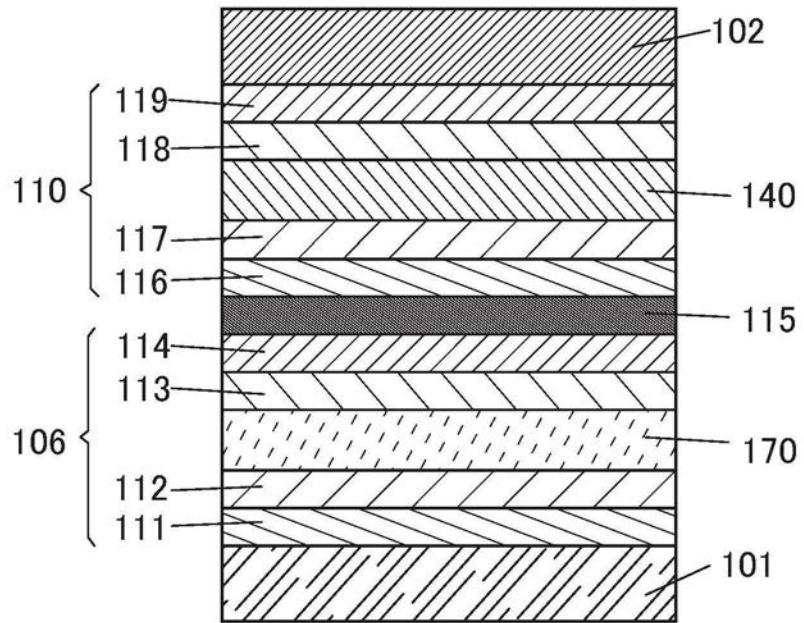


图4A

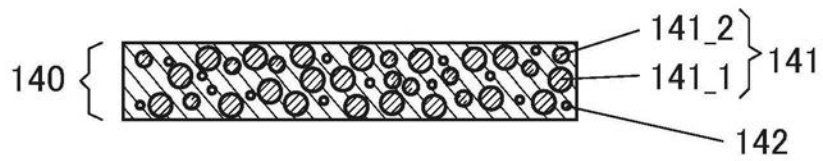


图4B

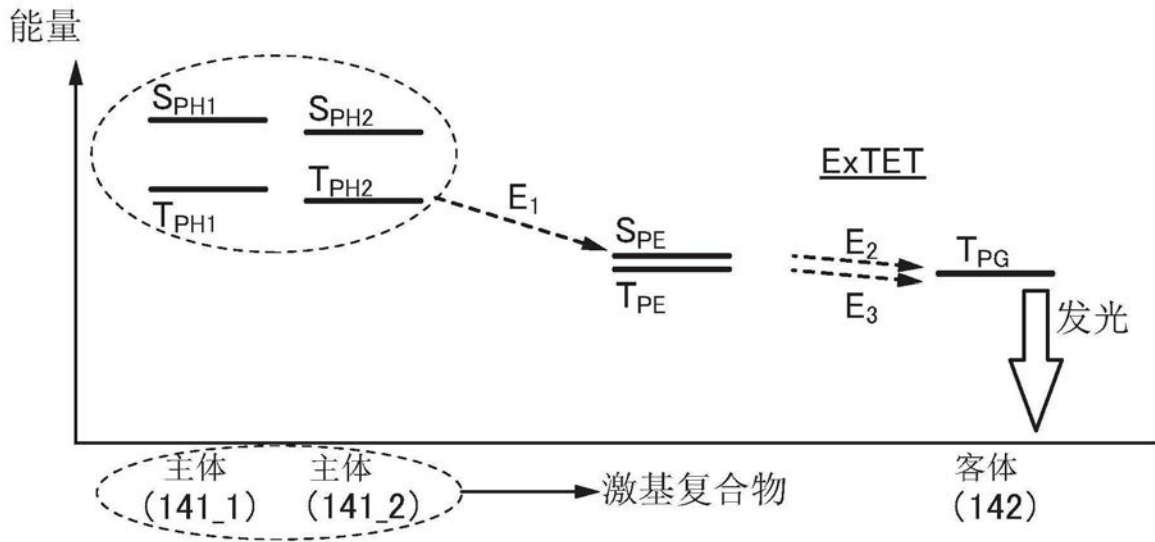


图4C

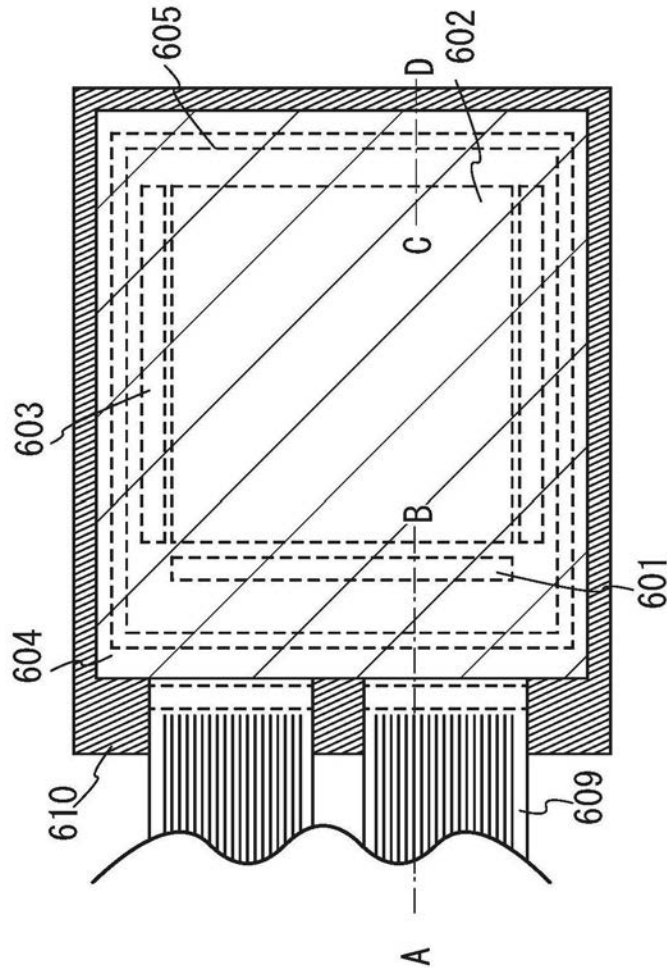


图5A

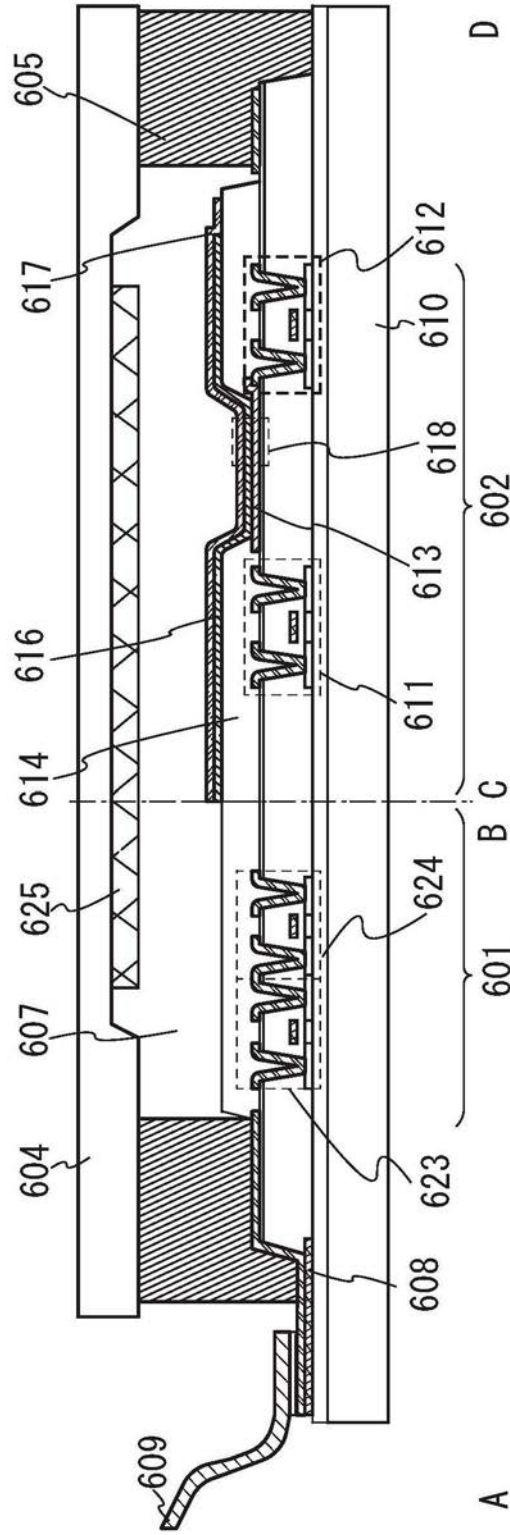


图5B

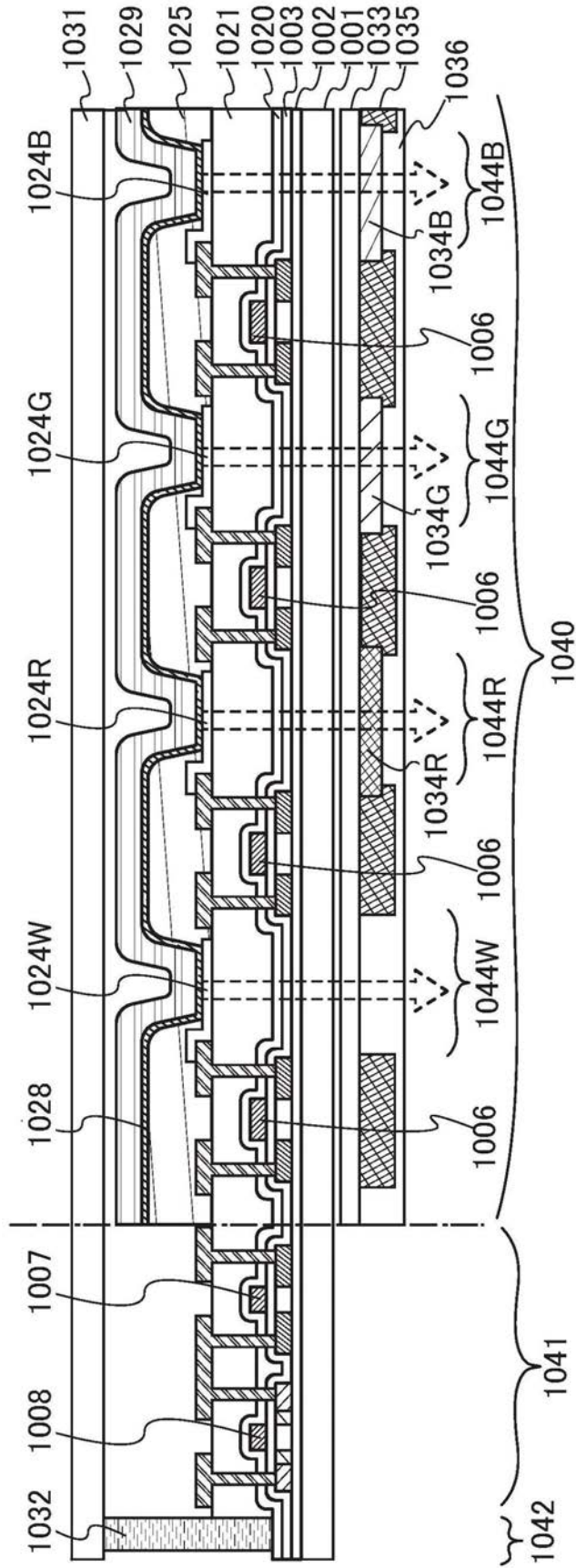


图6A

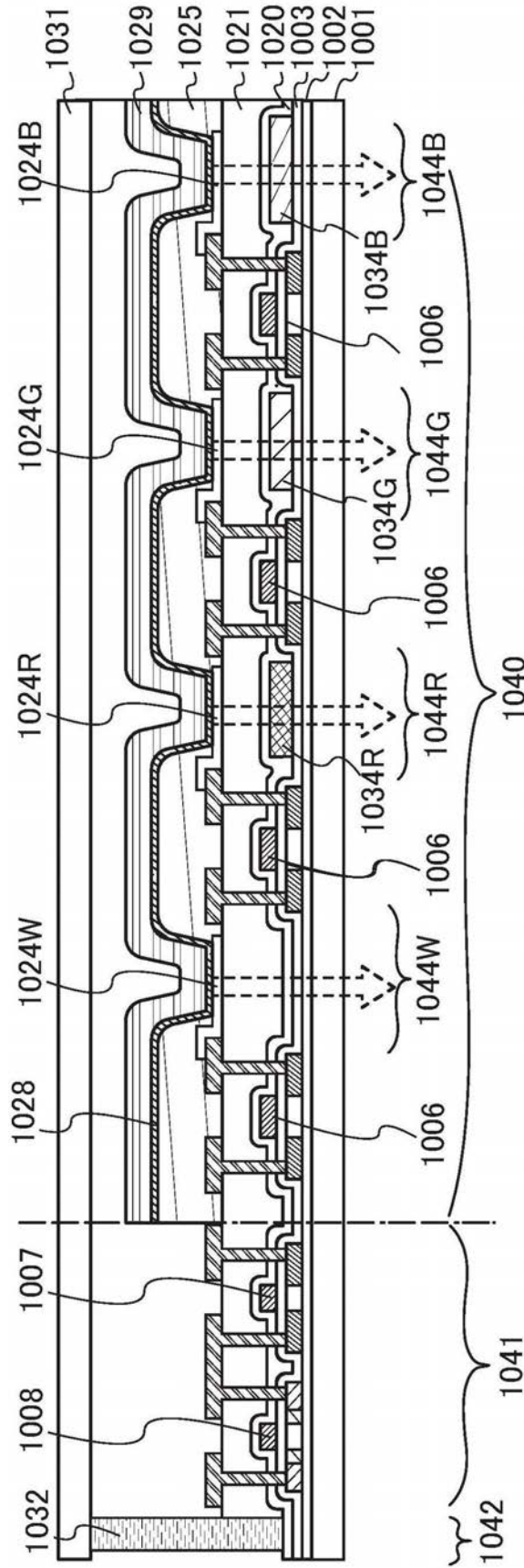


图6B

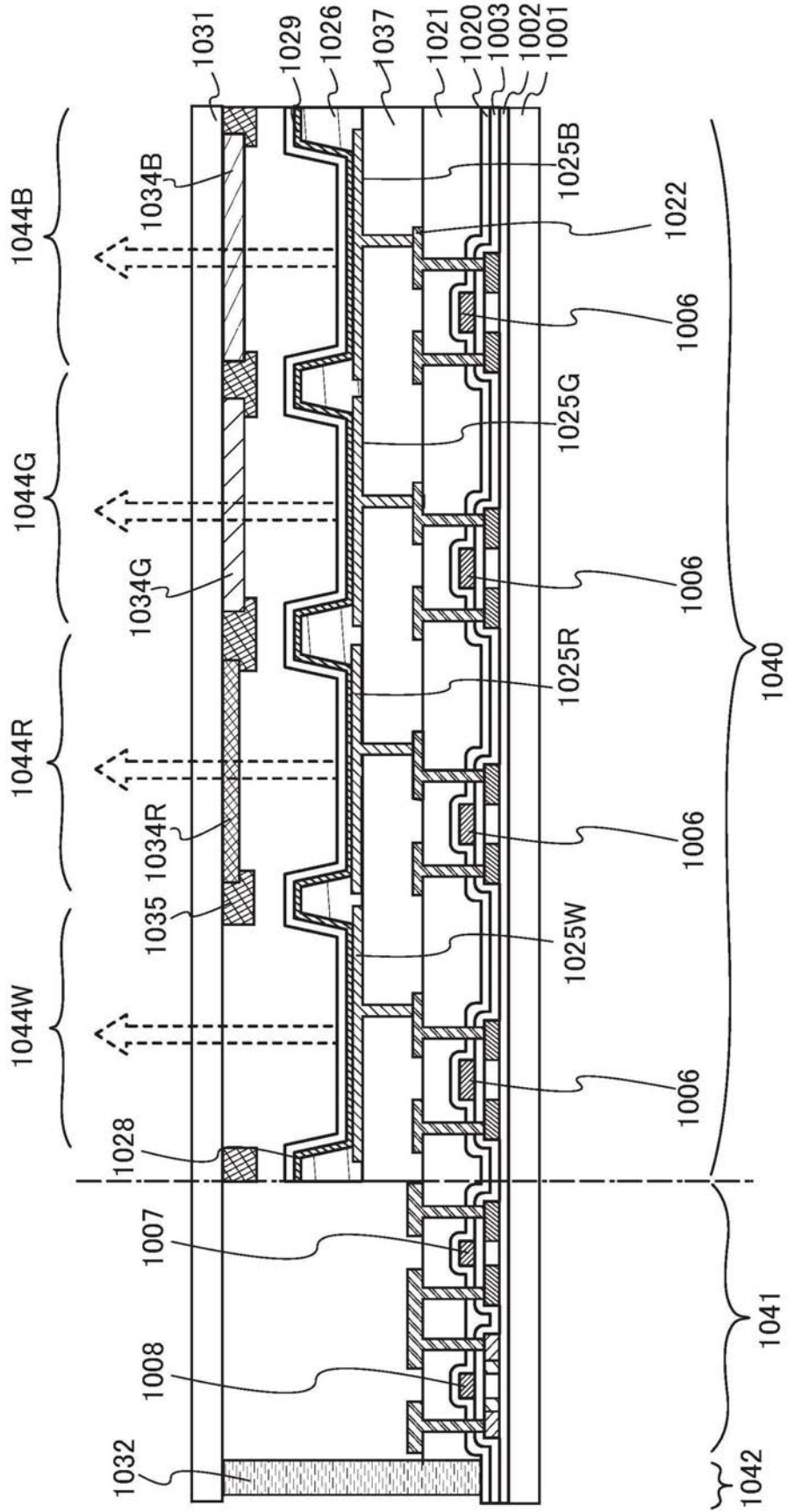


图7

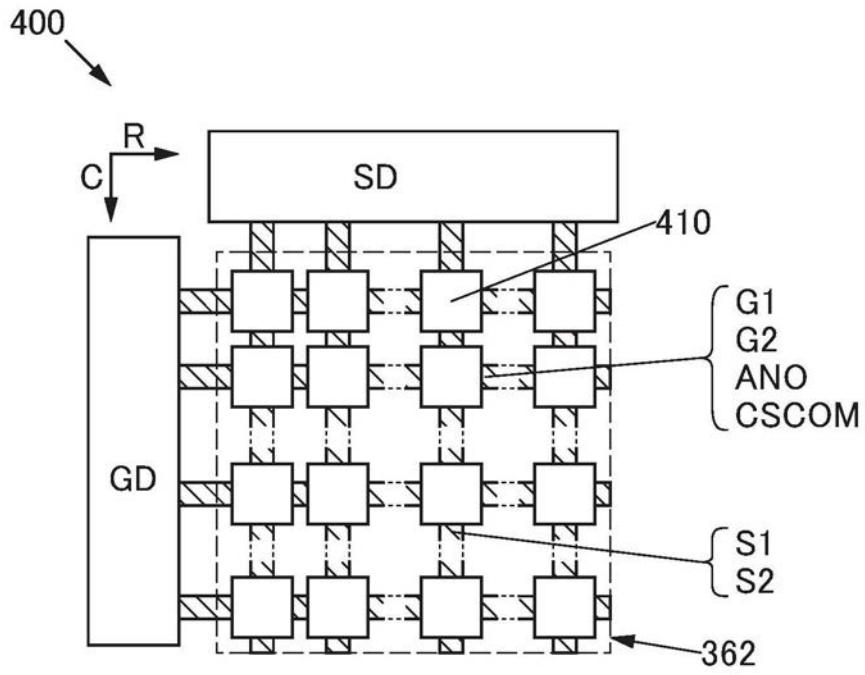


图8A

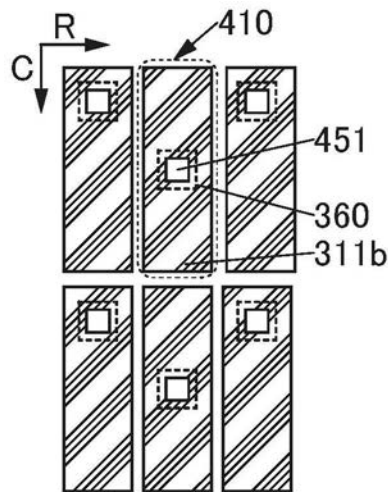


图8B1

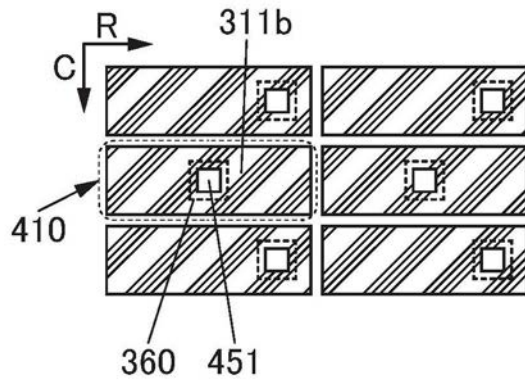


图8B2

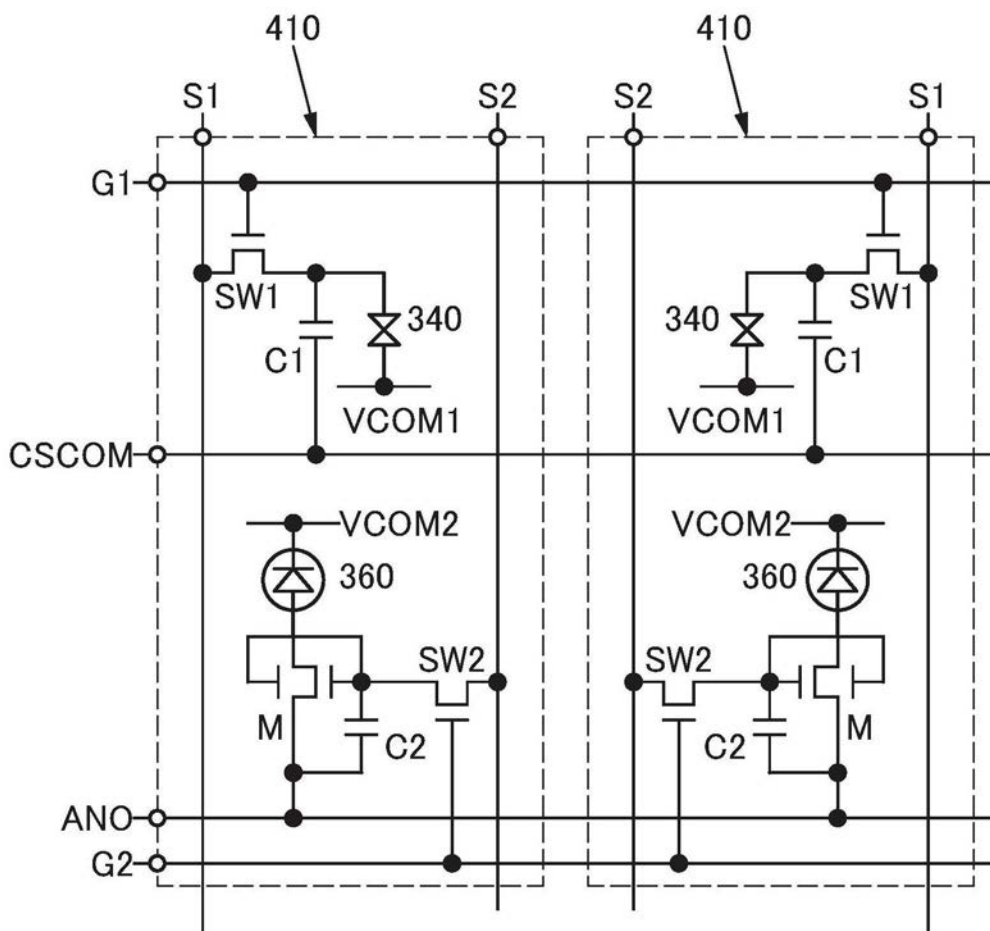


图9

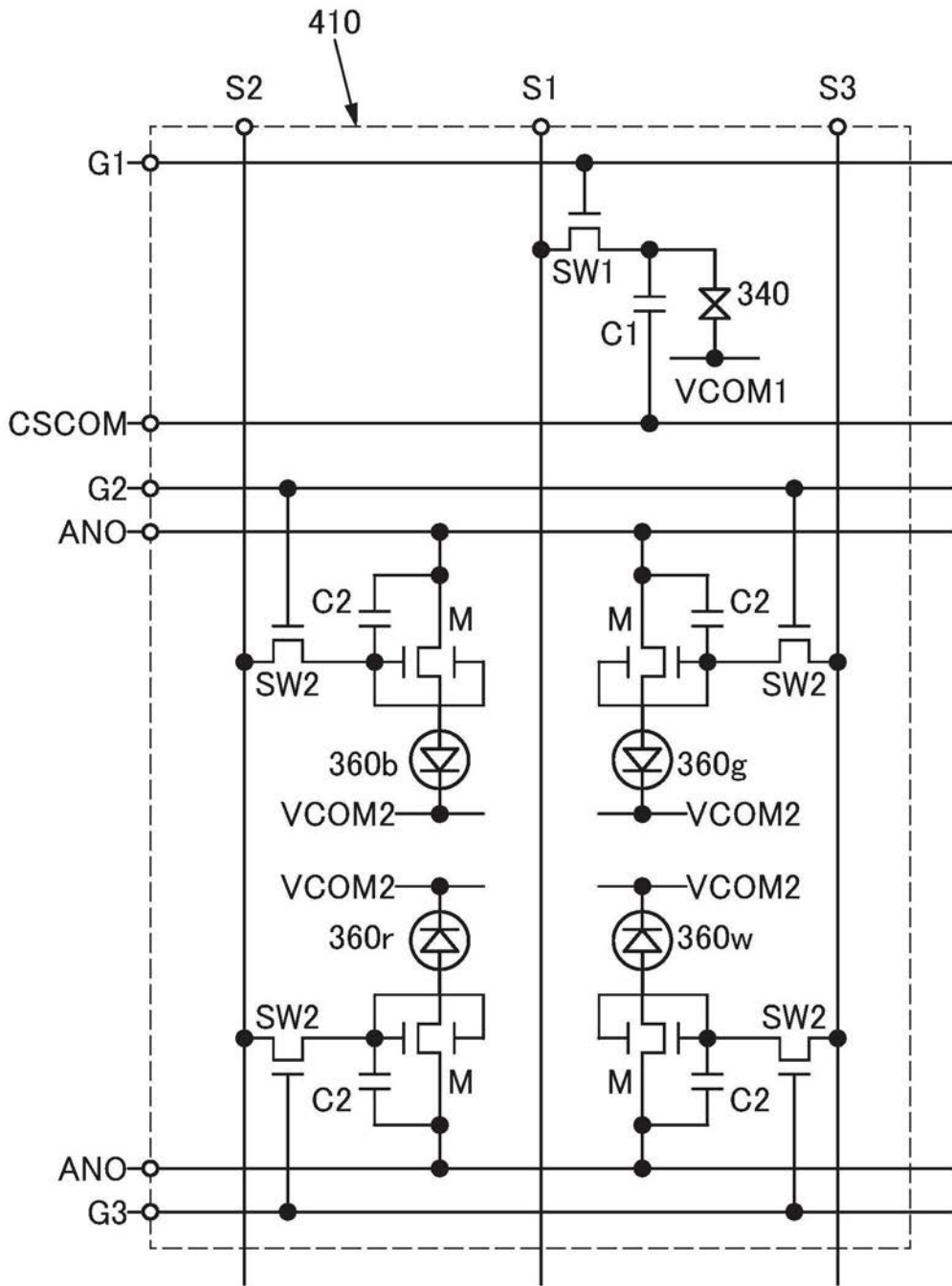


图10A

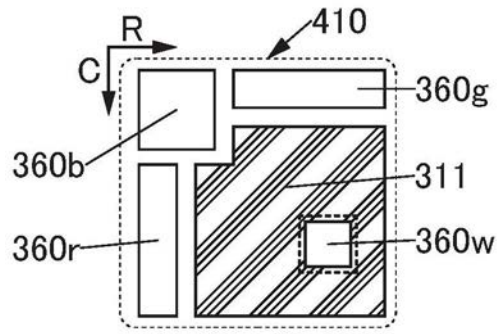


图10B

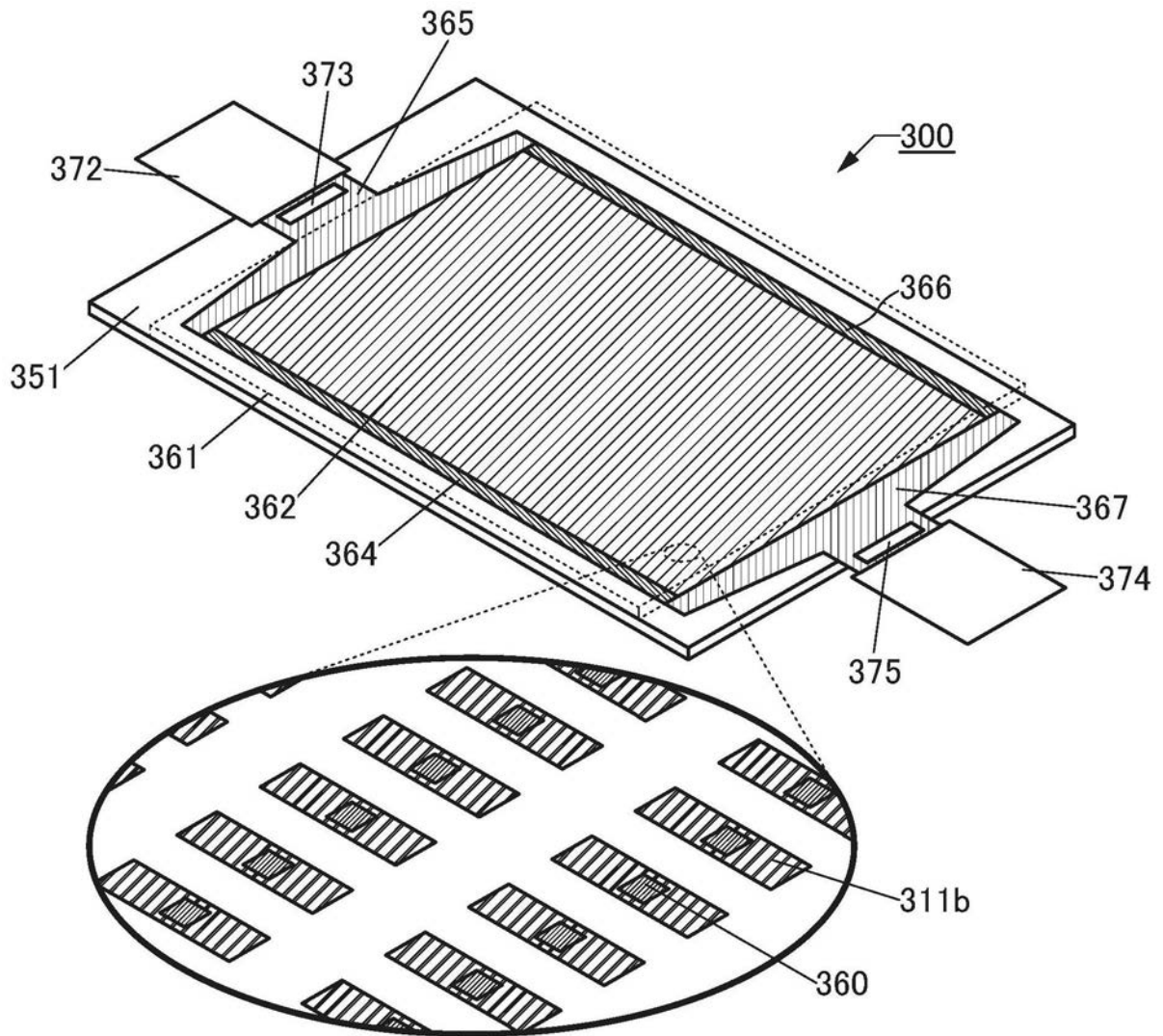


图11

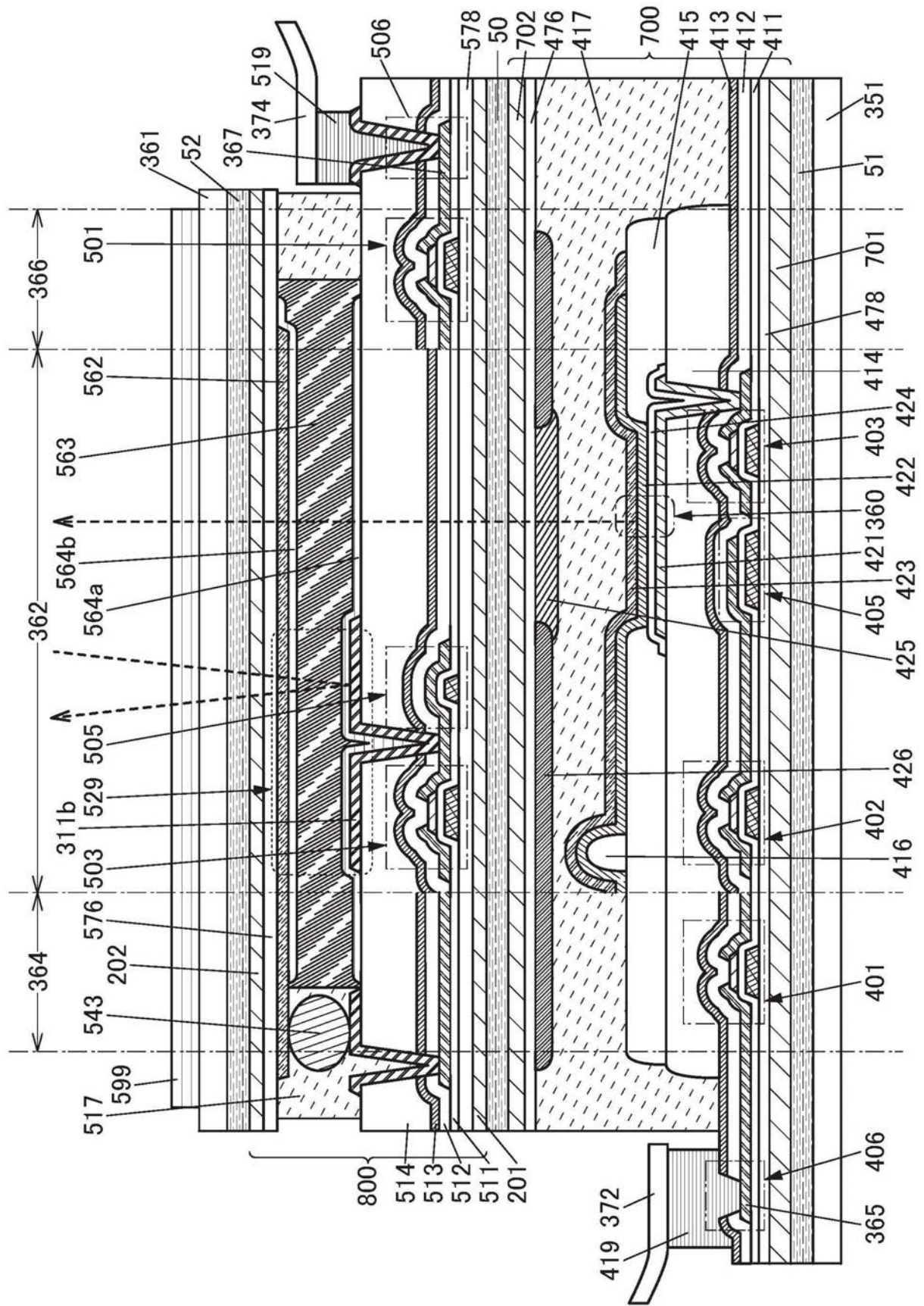


图12

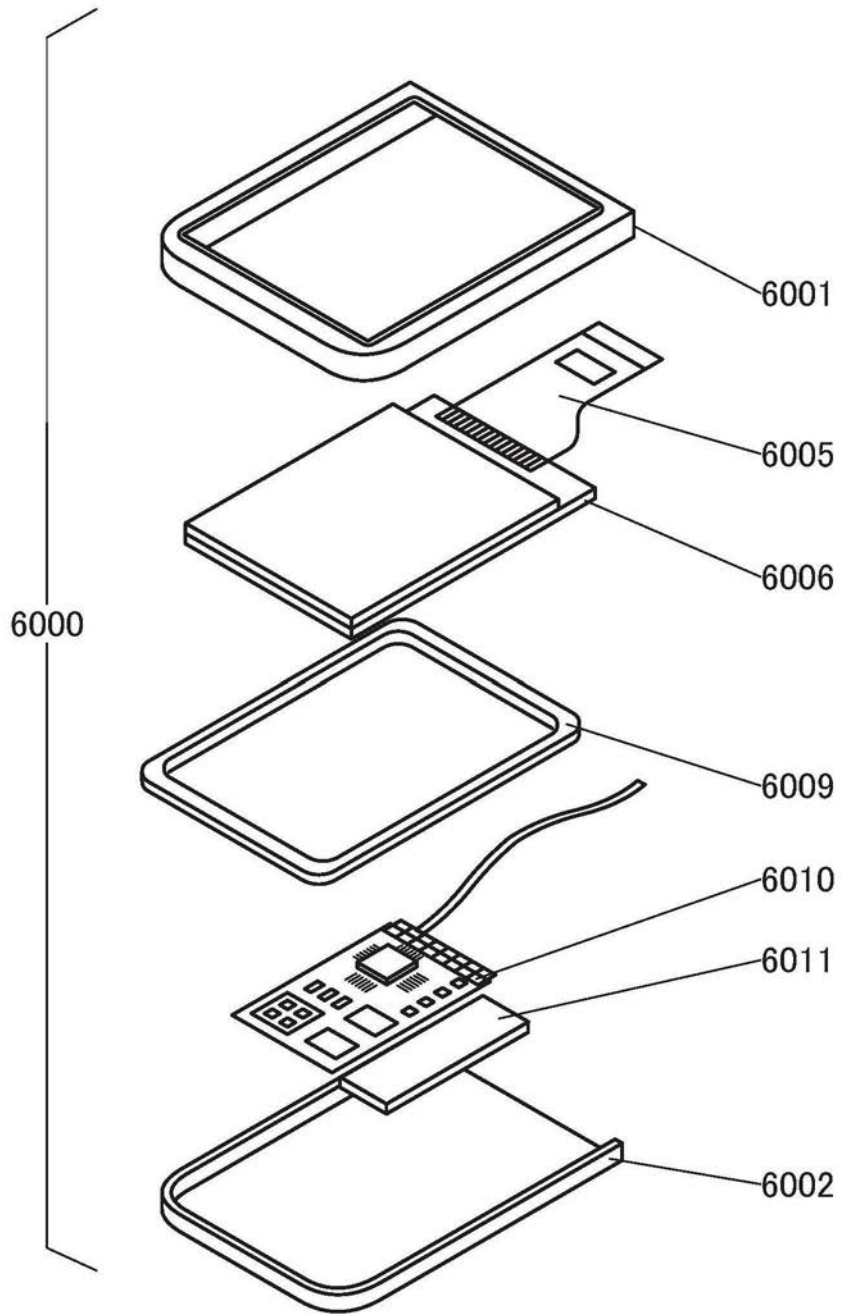


图13A

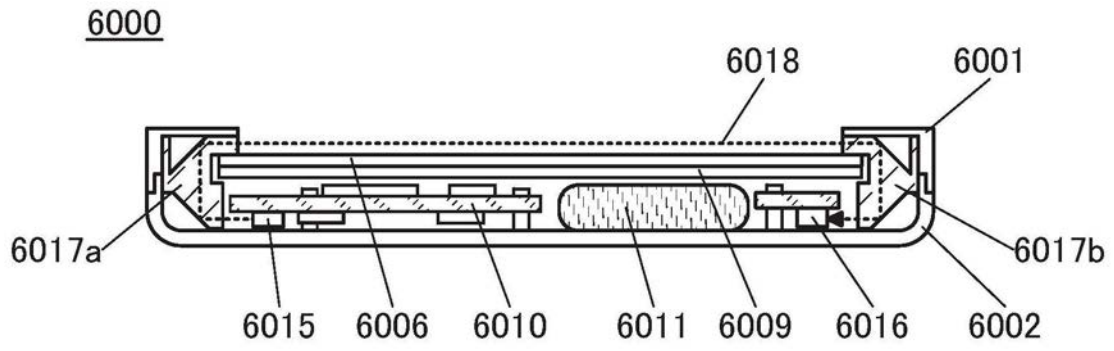


图13B

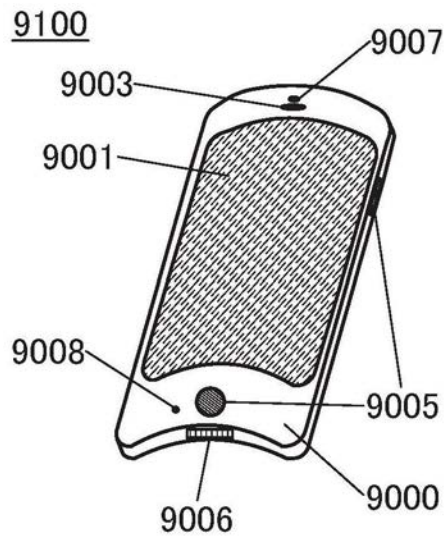


图14A

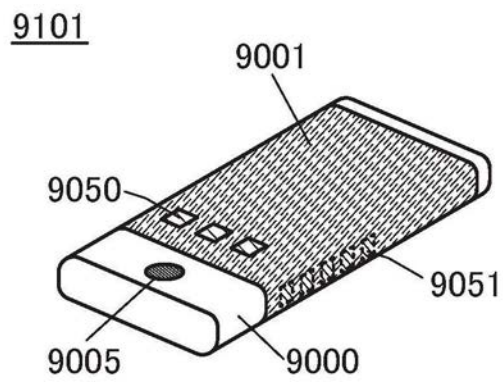


图14B

9102

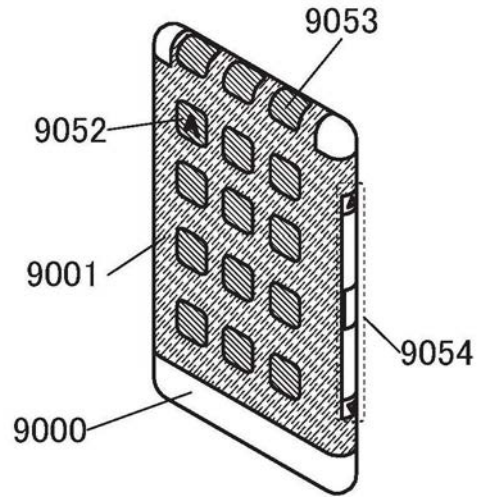


图14C

9200

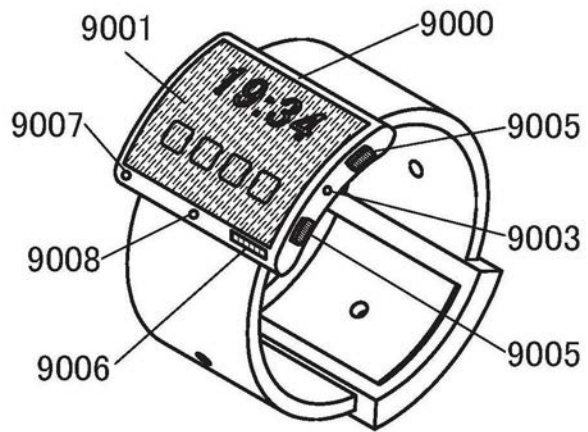


图14D

9201

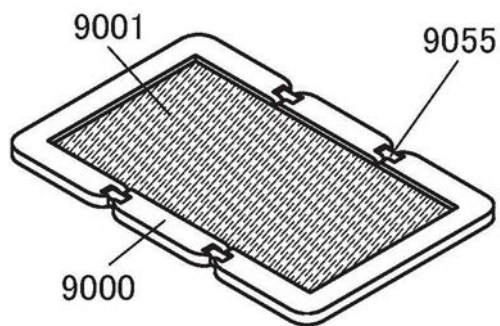


图14E

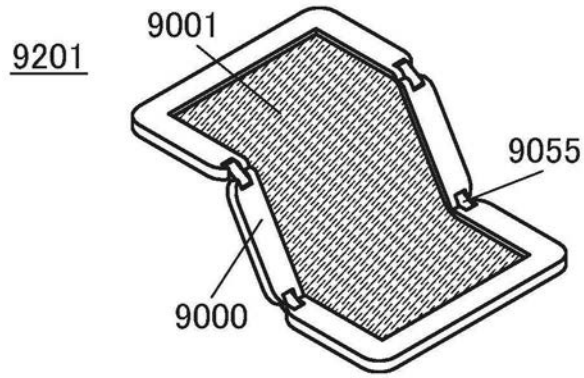


图14F

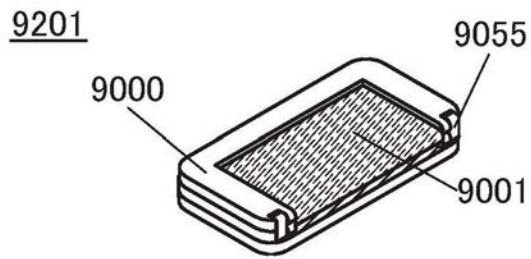


图14G

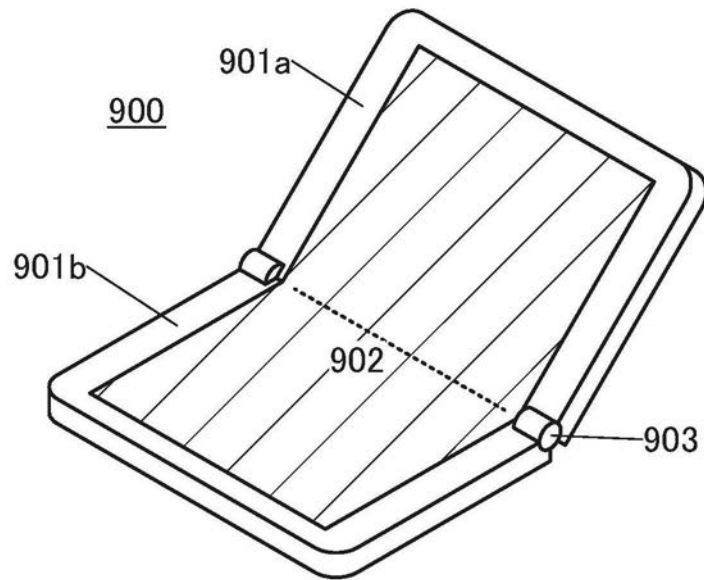


图15A

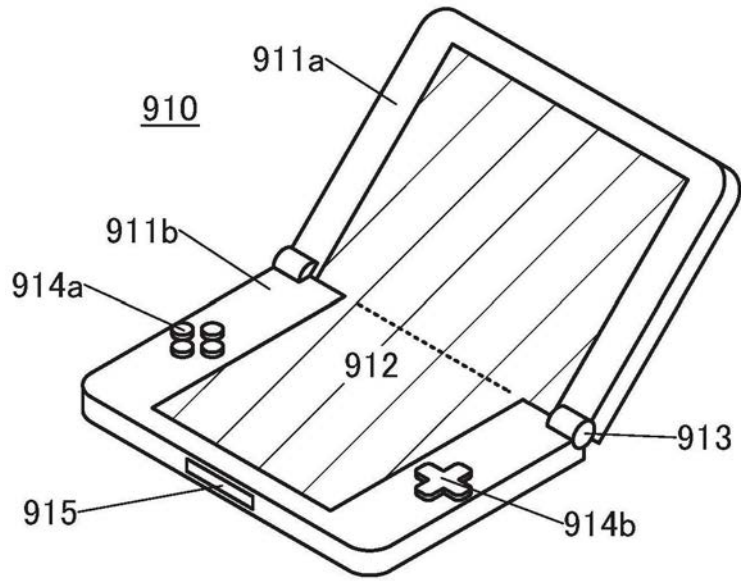


图15B

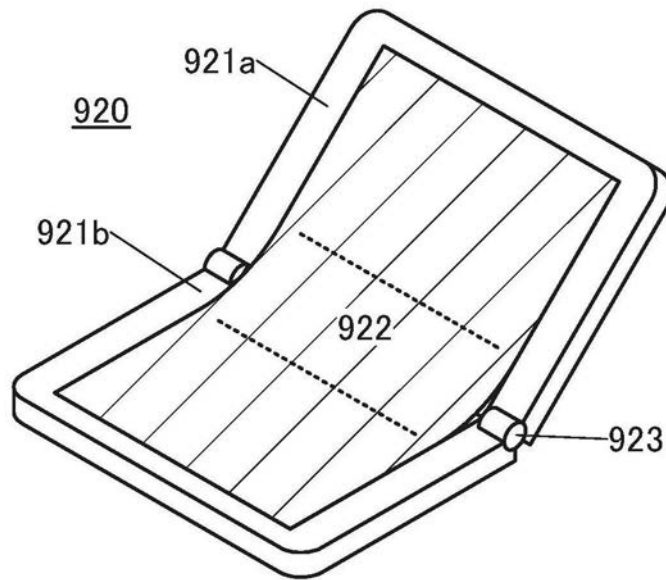


图15C

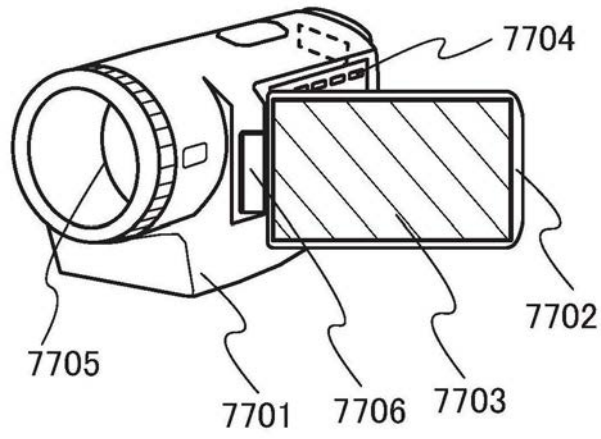


图16A

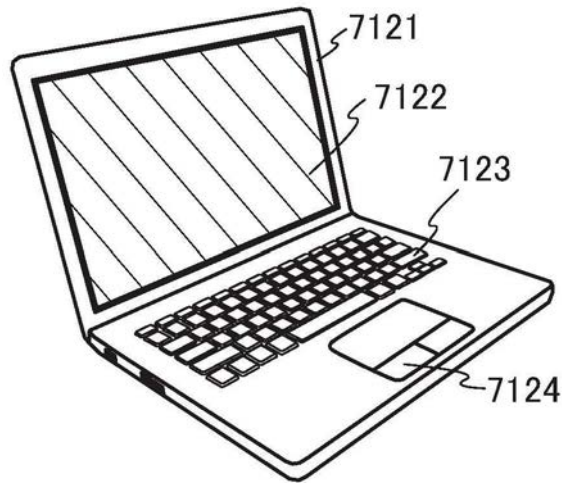


图16B

7200

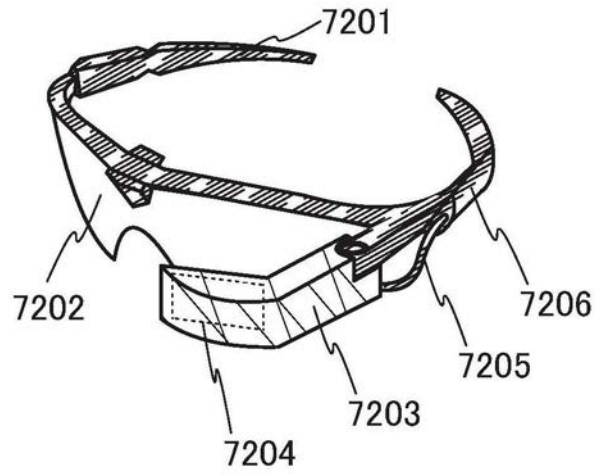


图16C

7300

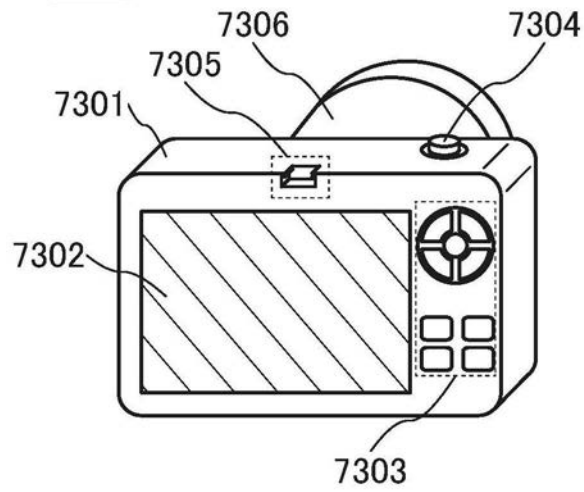


图16D

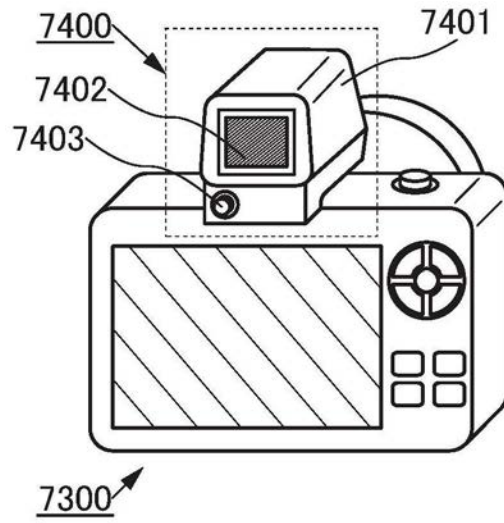


图16E

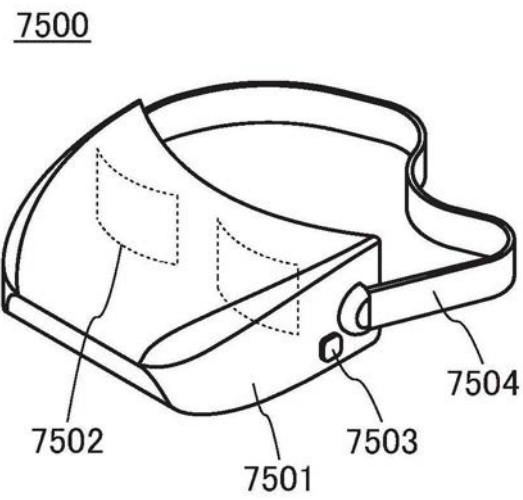


图17A

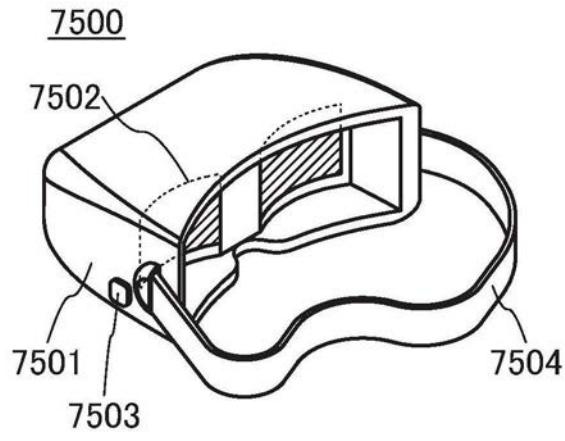


图17B

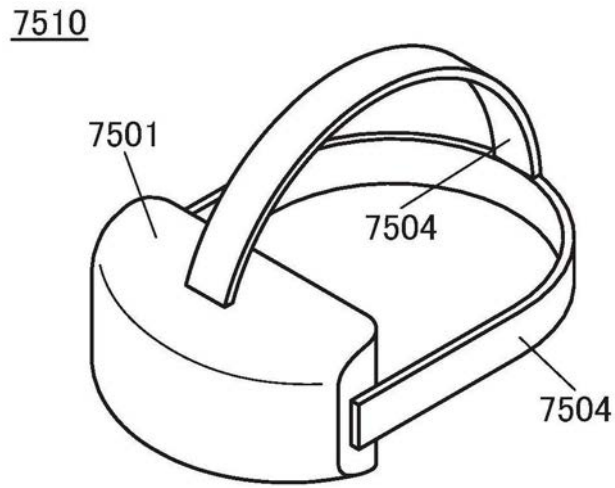


图17C

7510

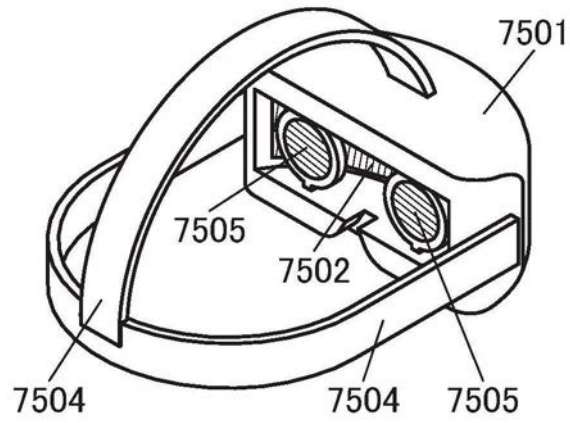


图17D

7510

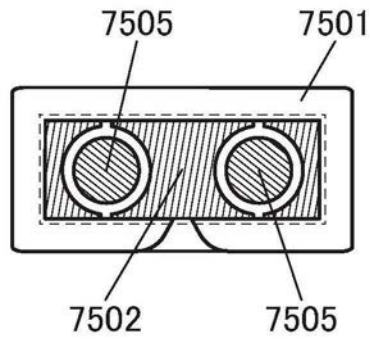


图17E

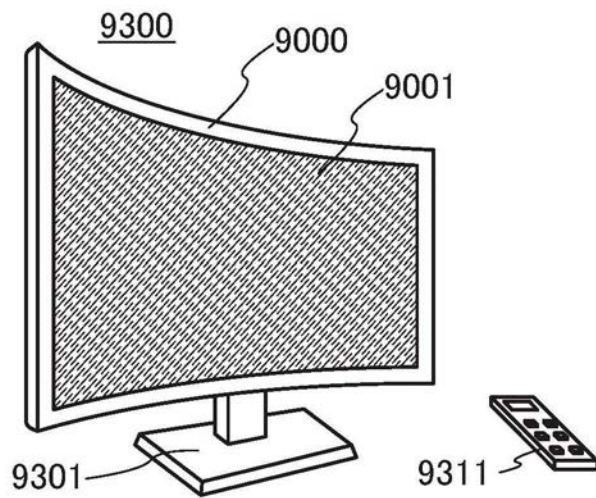


图18A

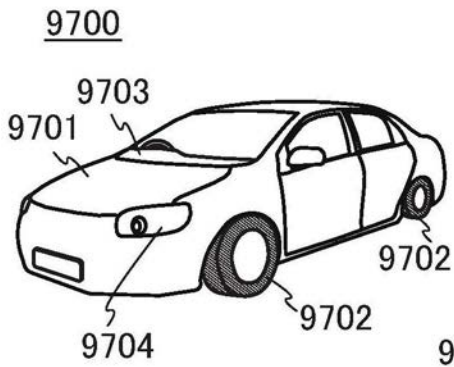


图18B

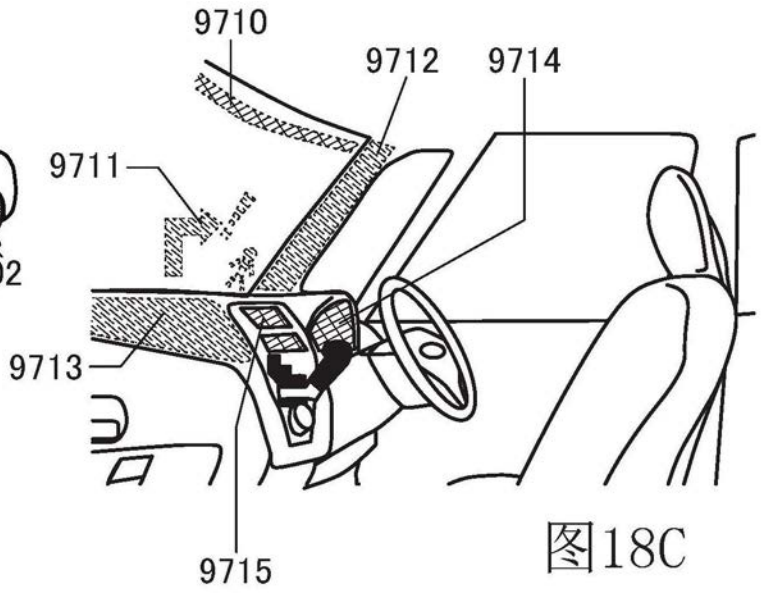


图18C

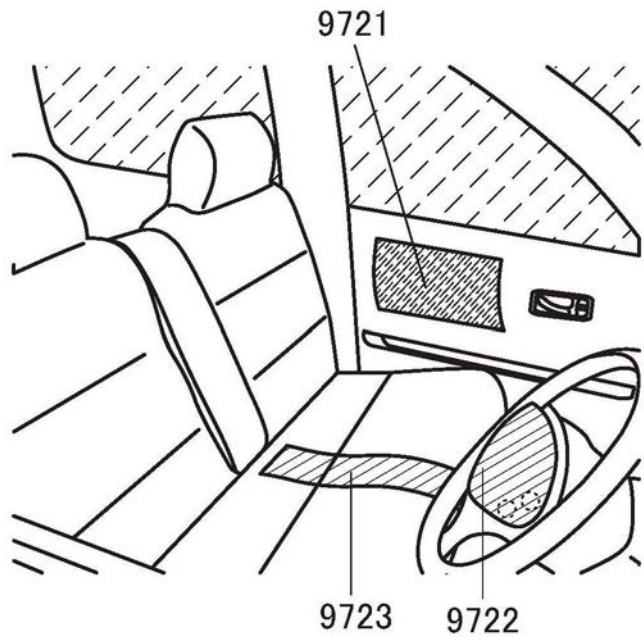


图18D

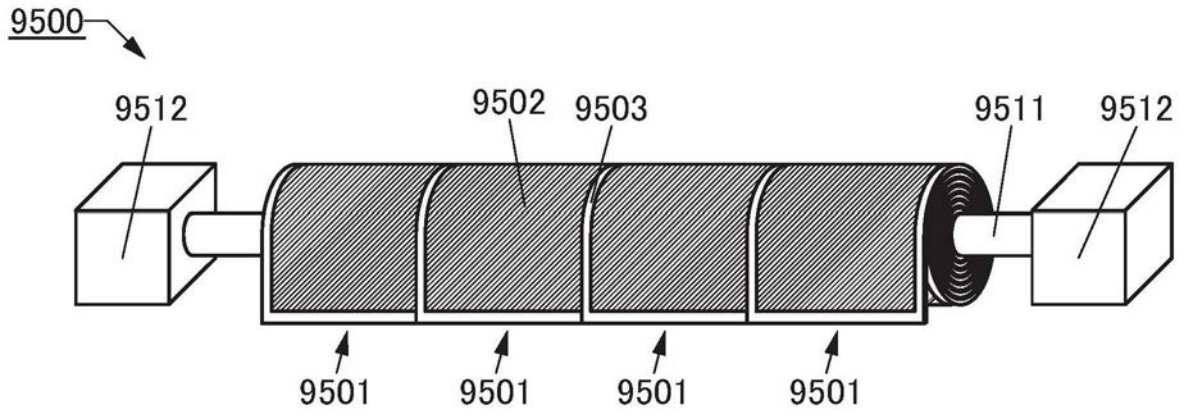


图19A

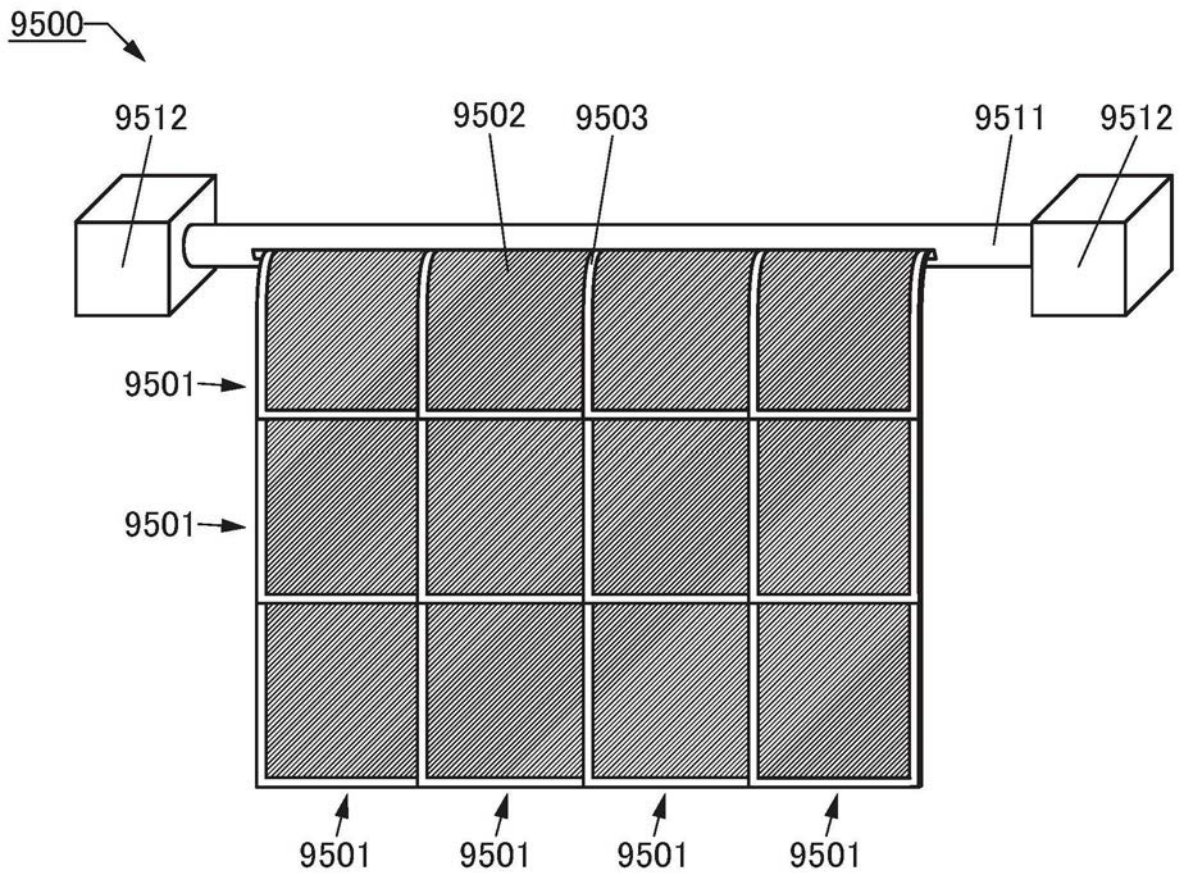


图19B

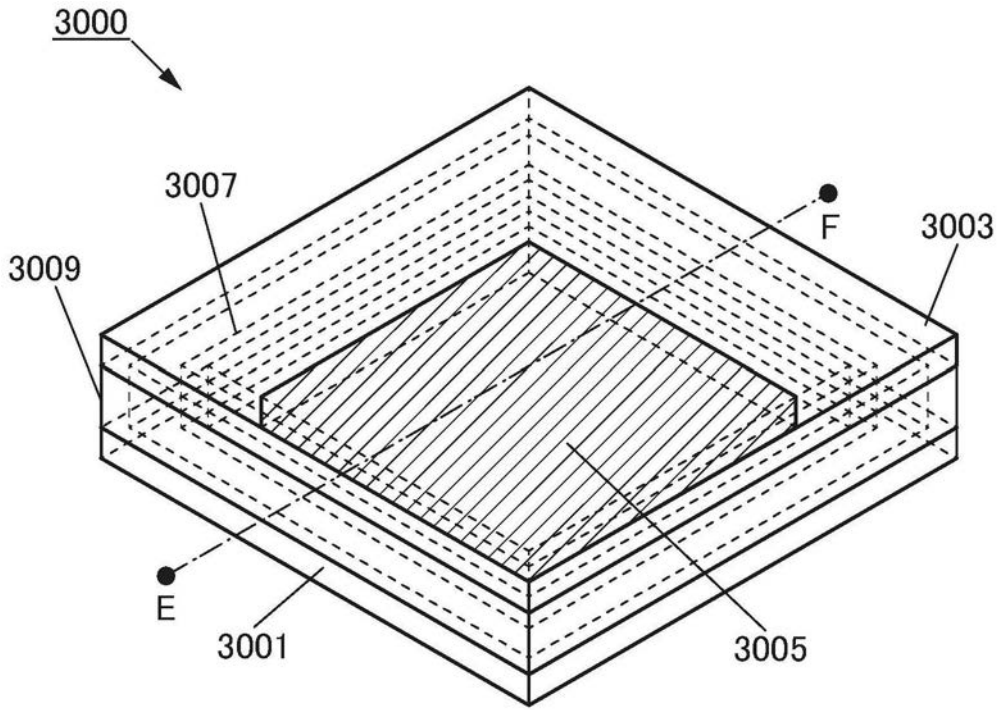


图20A

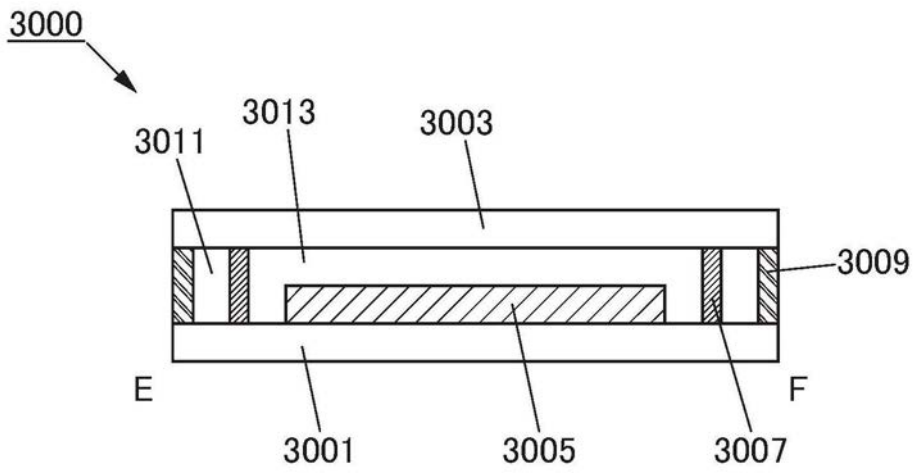


图20B

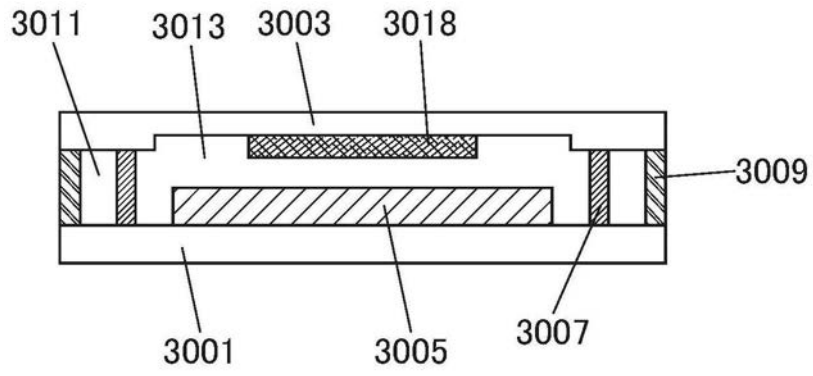


图20C

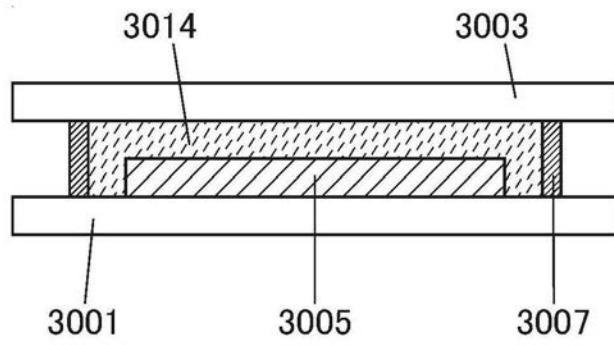


图21A

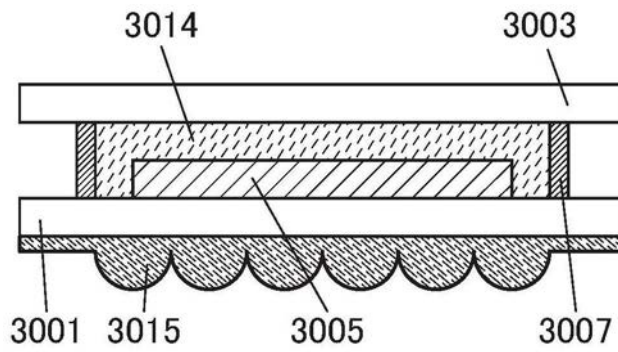


图21B

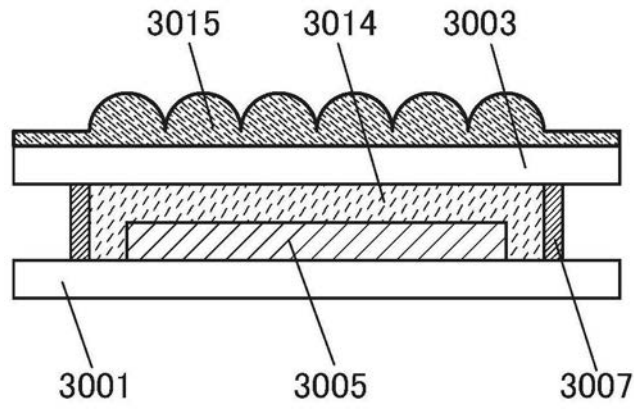


图21C

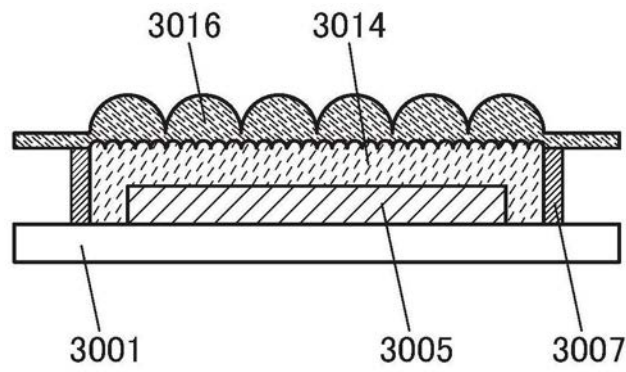


图21D

3500

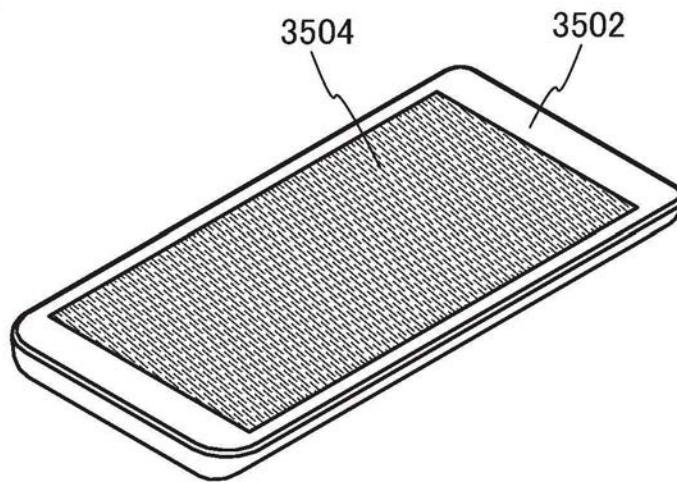


图22A

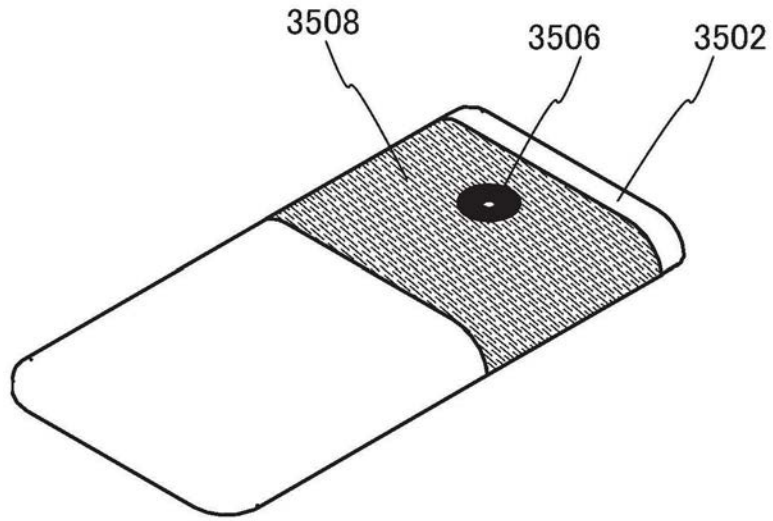


图22B

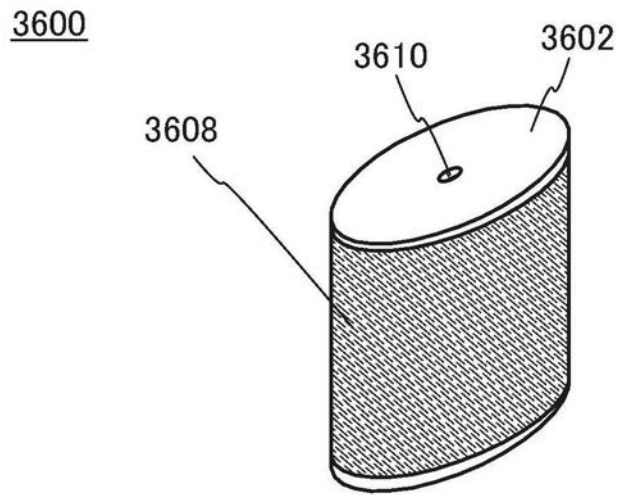


图22C

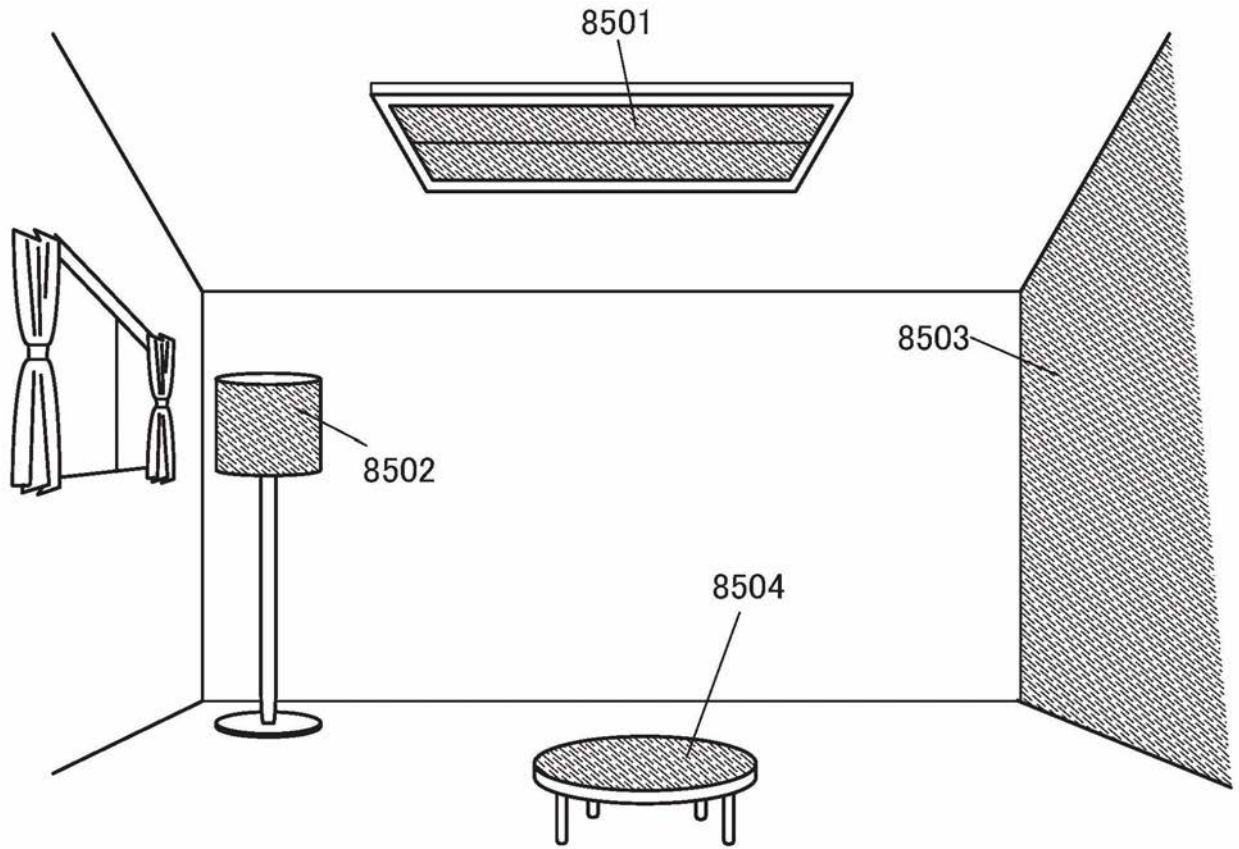


图23

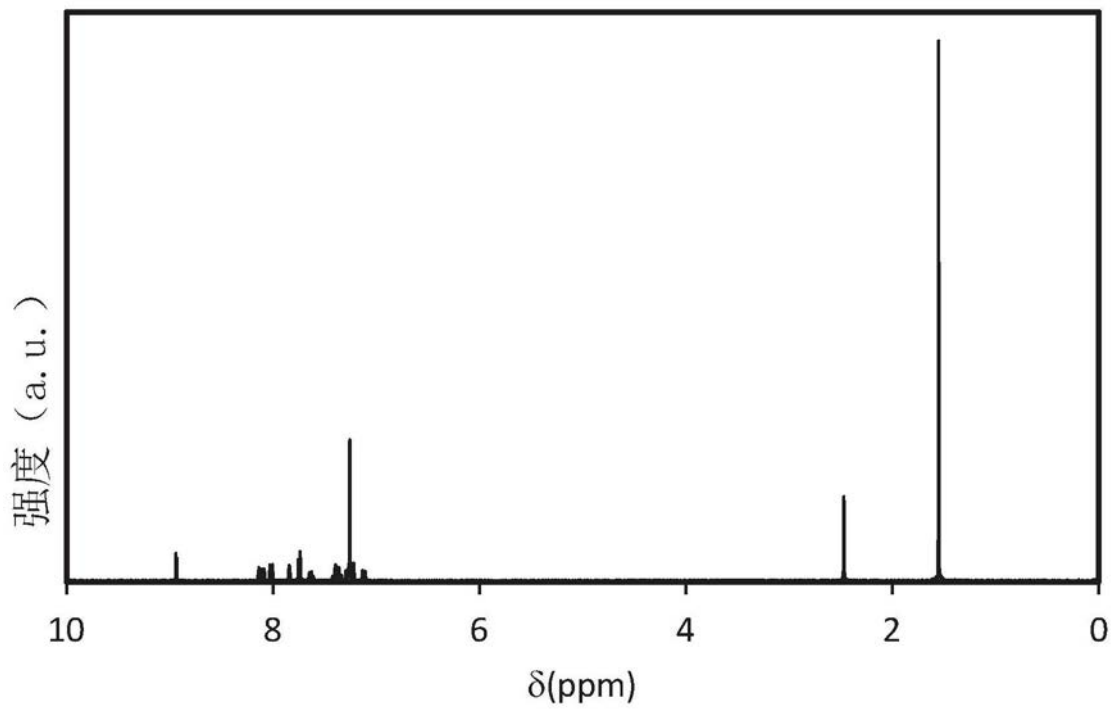


图24A

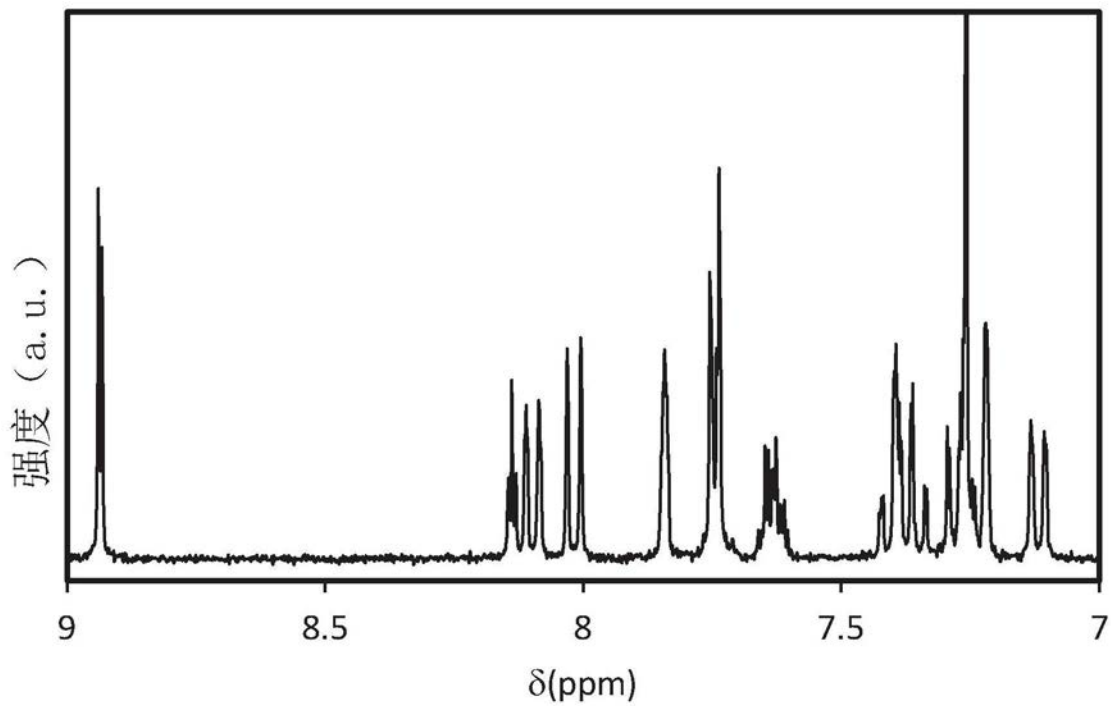


图24B

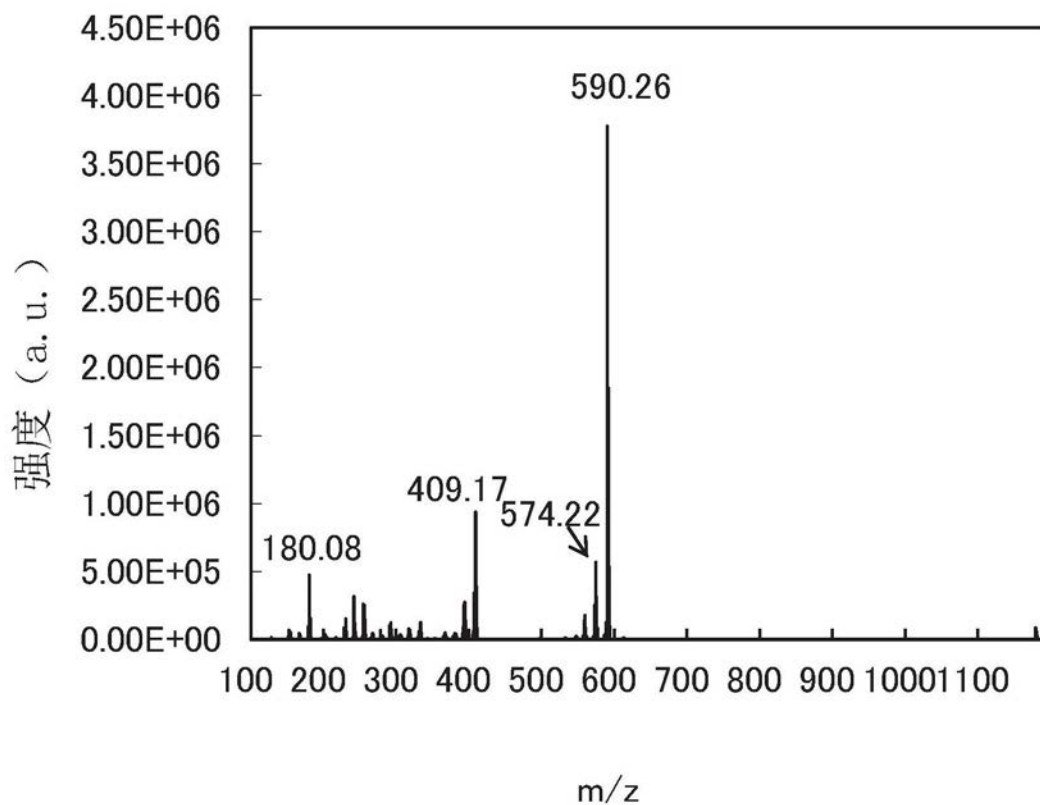


图25

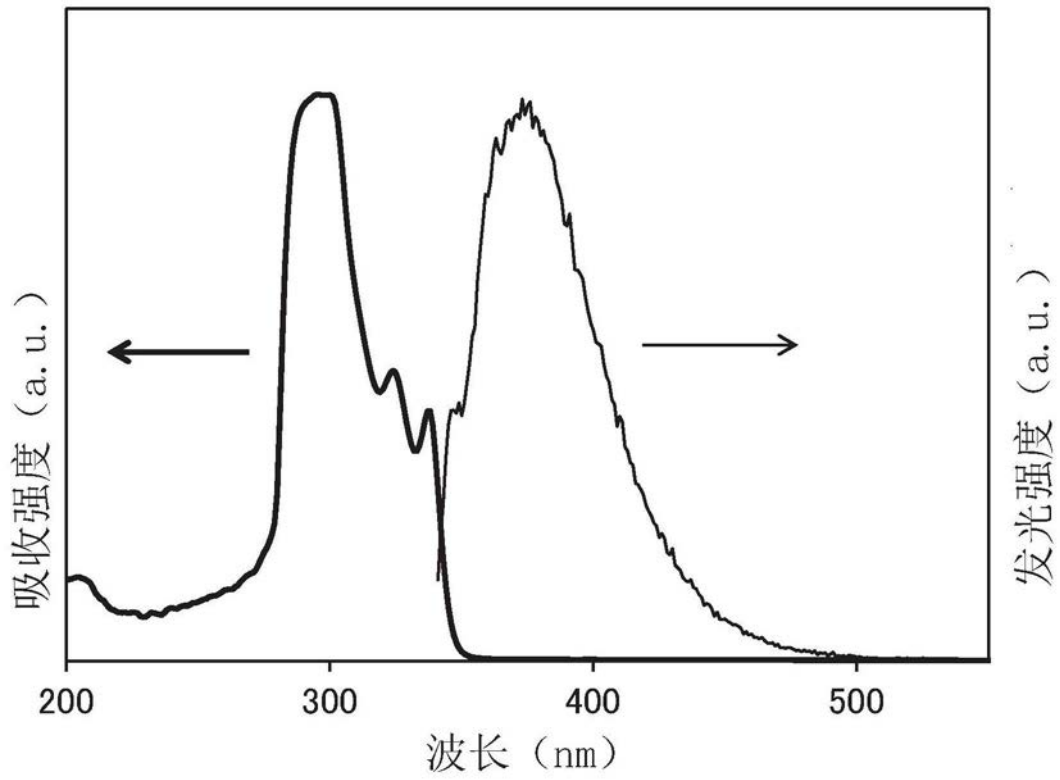


图26

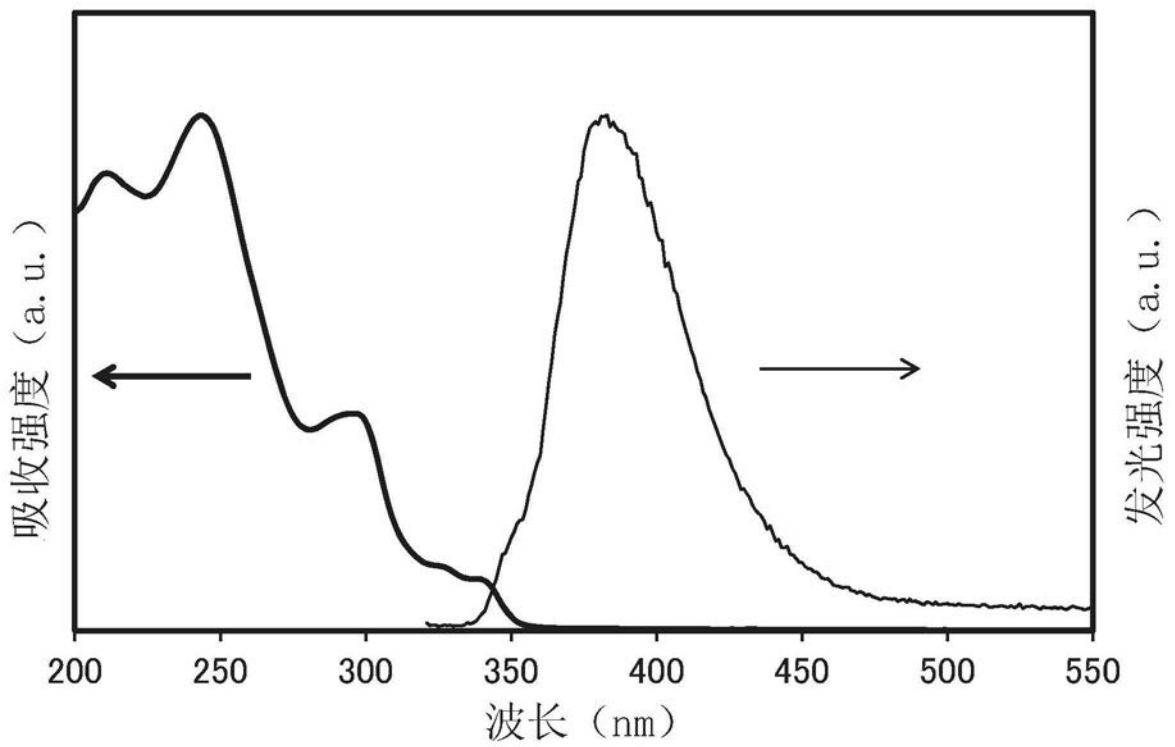


图27

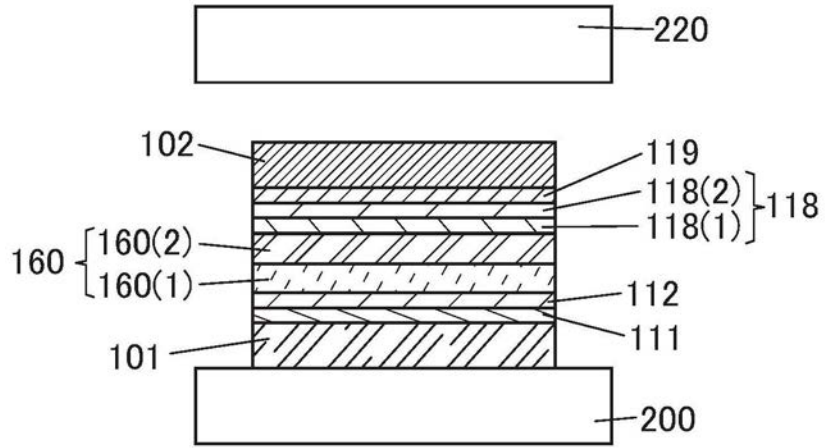


图28

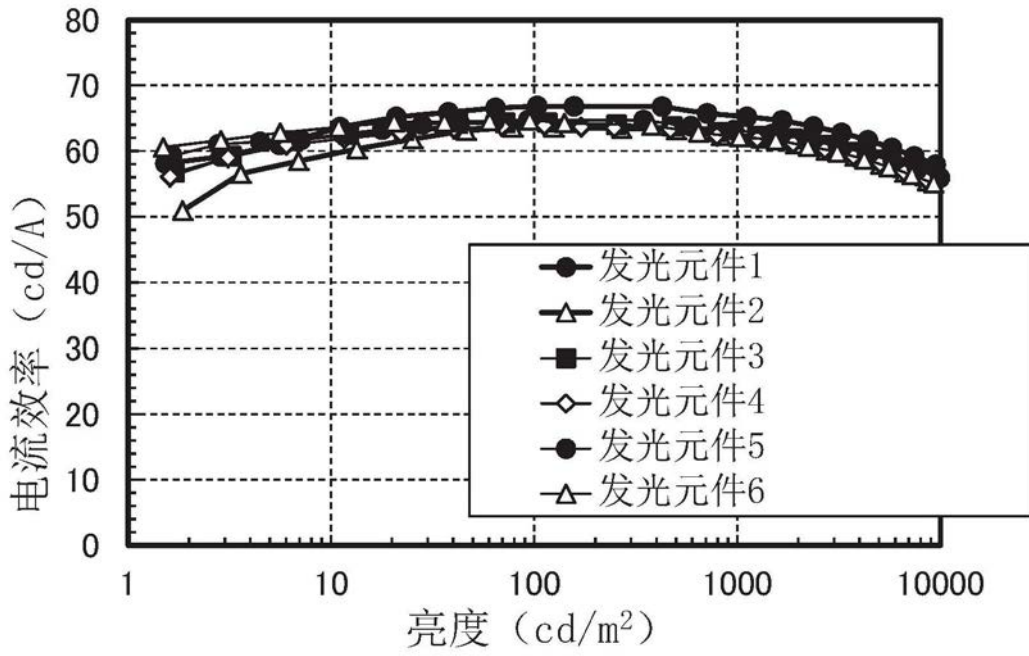


图29

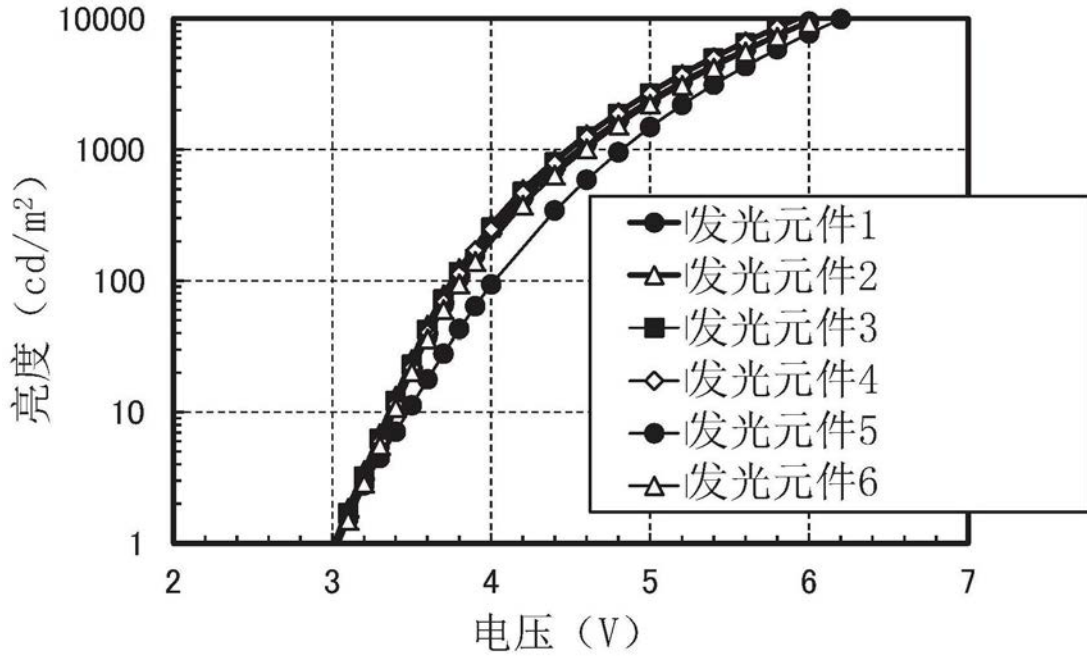


图30

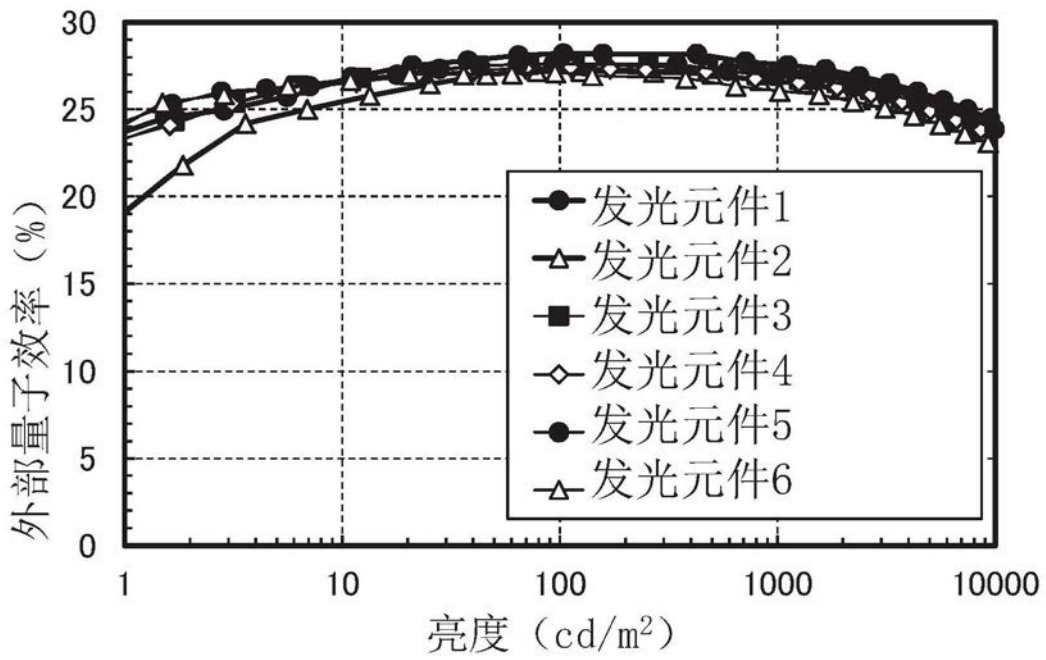


图31

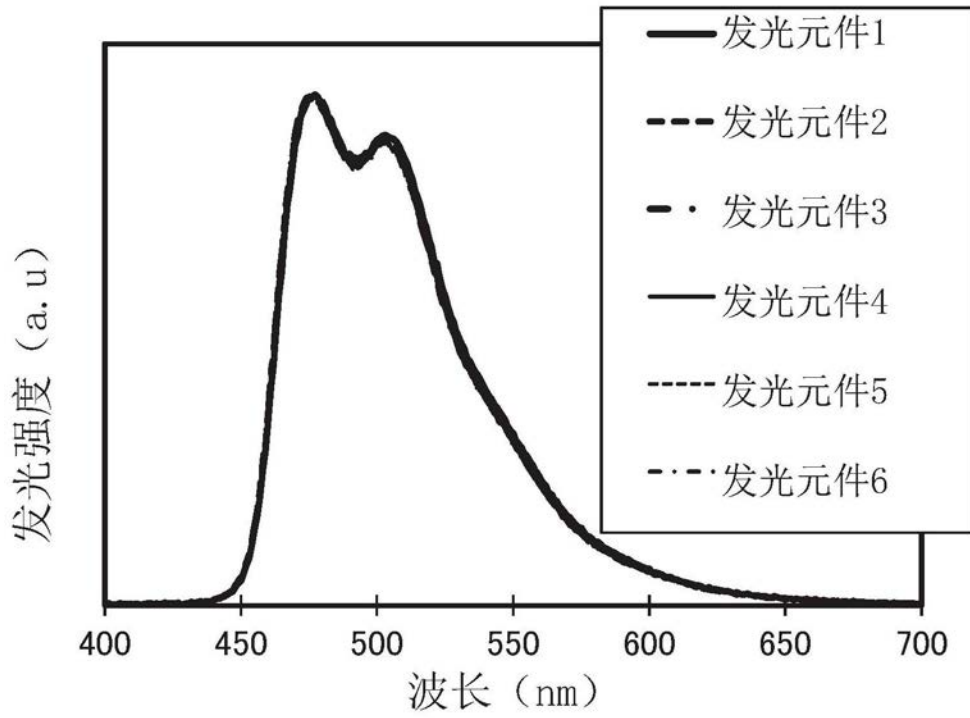


图32

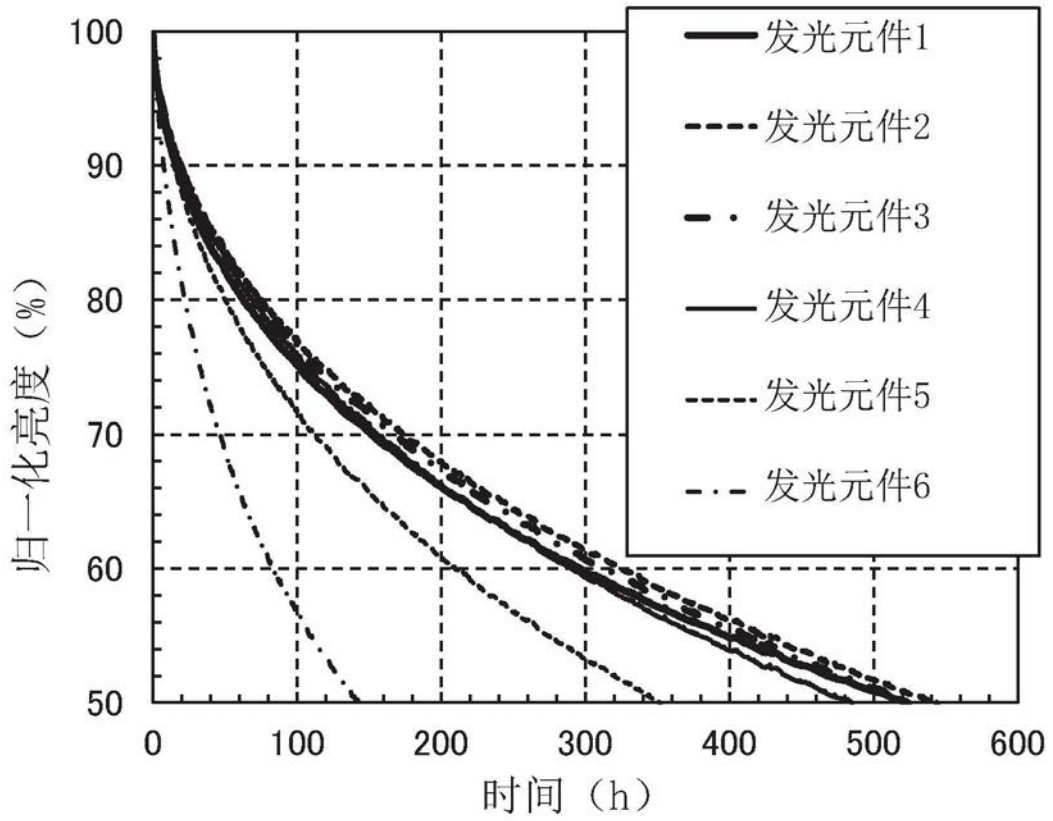


图33