



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113292572 A

(43) 申请公布日 2021.08.24

(21) 申请号 202110491019.0

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2016.08.24

C07D 491/048 (2006.01)

C07D 495/04 (2006.01)

(30) 优先权数据

C09K 11/06 (2006.01)

2015-174830 2015.09.04 JP

H01L 51/50 (2006.01)

2016-084974 2016.04.21 JP

H01L 51/54 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

H01L 27/32 (2006.01)

201680051014.3 2016.08.24

(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 金元美树 渡部刚吉 井上英子

濑尾哲史 光森智美 高桥辰义

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 李志强 林毅斌

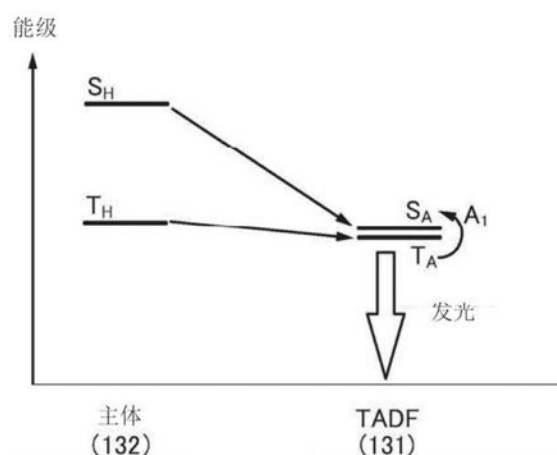
权利要求书1页 说明书126页 附图70页

(54) 发明名称

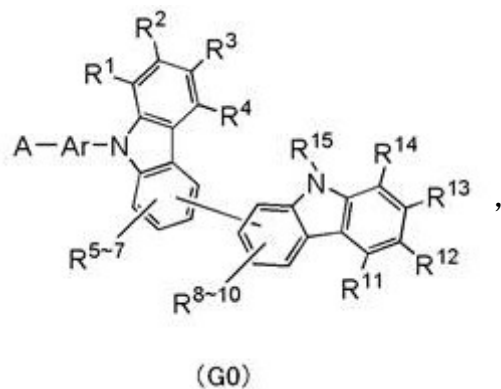
化合物、发光元件、显示装置、电子设备及照明装置

(57) 摘要

本发明提供一种新颖的化合物或一种发光效率高的发光元件。所提供的新颖的化合物具有联吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架。所提供的发光元件包含该化合物。



1. 一种以通式 (G0) 表示的化合物：



其中：

A表示取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶骨或者取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架；

R¹至R¹⁵分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个；且

Ar表示取代或未取代的碳原子数为6至25的亚芳基或单键。

化合物、发光元件、显示装置、电子设备及照明装置

本申请是原案申请日为2016年8月24日、申请号为201680051014.3 (国际申请号为PCT/IB2016/055036)、发明名称为“化合物、发光元件、显示装置、电子设备及照明装置”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种具有联吡唑骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。本发明的一个方式涉及一种包含该化合物的发光元件、包括该发光元件的显示装置、包括该发光元件的电子设备及包括该发光元件的照明装置。

[0002] 注意,本发明的一个方式不局限于上述技术领域。本说明书等所公开的发明的一个方式的技术领域涉及一种物体、方法或制造方法。另外,本发明的一个方式涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或组合物(composition of matter)。因此,更具体而言,作为本说明书所公开的本发明的一个方式的技术领域的例子,可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置、发光装置、照明装置、蓄电装置、存储装置、这些装置的驱动方法或制造方法。

背景技术

[0003] 近年来,对利用电致发光(Electroluminescence:EL)的发光元件的研究开发日益火热。这些发光元件的基本结构是在一对电极之间夹有包含发光材料的层(EL层)的结构。通过将电压施加到该元件的电极间,可以获得来自发光材料的发光。

[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:具有良好的可见度;不需要背光源;以及功耗低等。并且,该显示装置还具有如下优点:能够被制造得薄且轻;以及响应速度快等。

[0005] 当使用将有机材料用作发光性材料并在一对电极间设置有包含该发光性有机材料的EL层的发光元件(例如,有机EL元件)时,通过将电压施加到一对电极间,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到具有发光特性的EL层,而使电流流过。而且,注入的电子与空穴复合而使发光性有机材料成为激发态,而可以获得发光。

[0006] 注意,作为有机材料所形成的激发态的种类,有单重激发态(S^*)或三重激发态(T^*)。来自单重激发态的发光被称为荧光,来自三重激发态的发光被称为磷光。另外,在该发光元件中, S^* 与 T^* 的产生比例是1:3。换言之,与使用发射荧光的化合物(荧光化合物)的发光元件相比,使用发射磷光的化合物(磷光化合物)的发光元件的发光效率更高。因此,近年来,对使用能够将三重激发态转换为发光的磷光材料的发光元件积极地进行了开发(例如,参照专利文献1)。

[0007] 在使用磷光材料的发光元件中,因为具有高三重激发能级的稳定的材料的开发是较困难的,所以发射蓝色光的发光元件还没有实现实用化。因此,对于用于发射蓝色光的发光元件的更稳定的荧光材料进行开发,提高使用荧光材料的发光元件的发光效率的方法正在被寻求。

[0008] 作为能够将三重激发态的能量的一部分转换为发光的材料,已知有热活化延迟荧光(Thermally Activated Delayed Fluorescence:TADF)材料。在热活化延迟荧光材料中,通过反系间窜越由三重激发态产生单重激发态,并且单重激发态被转换为发光。在专利文献2及专利文献3中,公开了发射热活化延迟荧光的材料。

[0009] 专利文献4已提出了如下方法:在包含热活化延迟荧光材料和荧光材料的发光元件中,将热活化延迟荧光材料的单重激发能转移到荧光材料,并从荧光材料获得发光。

[参考]

[专利文献]

[0010] [专利文献1]日本专利申请公开第2010-182699号公报

[专利文献2]日本专利申请公开第2004-241374号公报

[专利文献3]日本专利申请公开第2006-24830号公报

[专利文献4]日本专利申请公开第2014-45179号公报

发明内容

[0011] 为了提高使用热活化延迟荧光材料的发光元件的发光效率,不但在热活化延迟荧光材料中由三重激发态高效地生成单重激发态,而且由单重激发态高效地获得发光,即高光量子产率是重要的。发射蓝色光等能量高且发光波长短的光的热活化延迟荧光材料需要具有高单重激发能级及高三重激发能级。

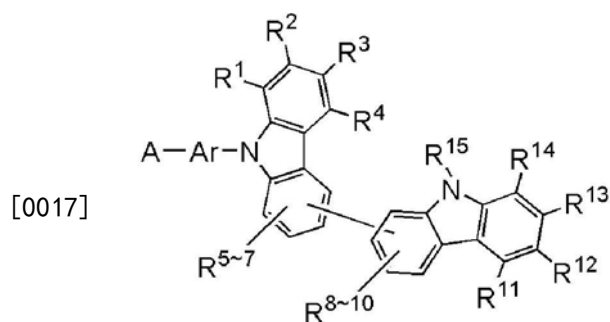
[0012] 在包含热活化延迟荧光材料和荧光材料的发光元件中,为了提高发光效率或降低驱动电压,需要高效地在热活化延迟荧光材料中使载流子复合。另外,在热活化延迟荧光材料中生成的激发能高效地转移到荧光材料的单重激发态是重要的。

[0013] 因此,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发射蓝色荧光的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种三重激发能级高的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种具有高载流子传输性的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种包含新颖的化合物的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发射荧光的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发射蓝色荧光的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种驱动电压低的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高且功耗得到降低的新颖的发光装置。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的显示装置。

[0014] 注意,上述目的的记载不妨碍其他目的的存在。本发明的一个方式并不一定需要实现所有上述目的。此外,可以从说明书等的记载得知并抽取上述目的以外的目的。

[0015] 本发明的一个方式是一种具有联吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。本发明的一个方式是一种包含具有联吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的发光元件。

[0016] 因此,本发明的一个方式是一种以下面通式(G0)表示的化合物。

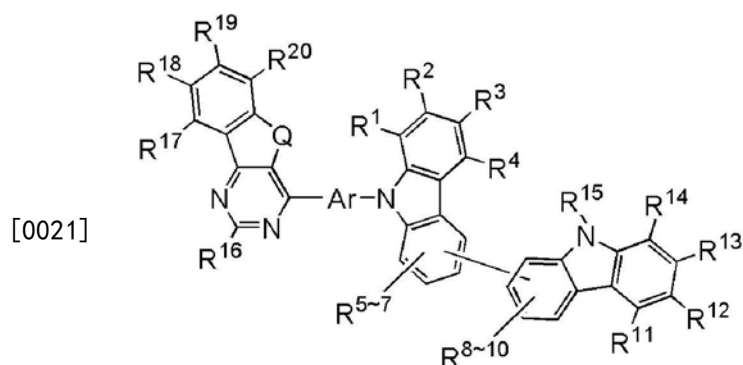


(G0)

[0018] 在通式 (G0) 中, A 表示取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶骨架或者取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架, R^1 至 R^{15} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基和取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基中的任一个, Ar 表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。

[0019] 在上述结构中, 优选的是, 苯并呋喃并嘧啶骨架是苯并呋喃并 [3,2-d] 吡啶骨架。此外, 优选的是, 苯并噻吩并嘧啶骨架是苯并噻吩并 [3,2-d] 吡啶骨架。

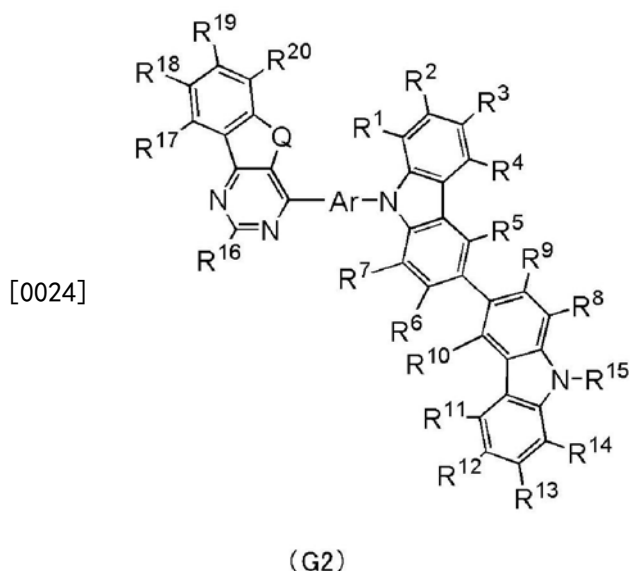
[0020] 本发明的其他方式是一种以下面通式 (G1) 表示的化合物。



(G1)

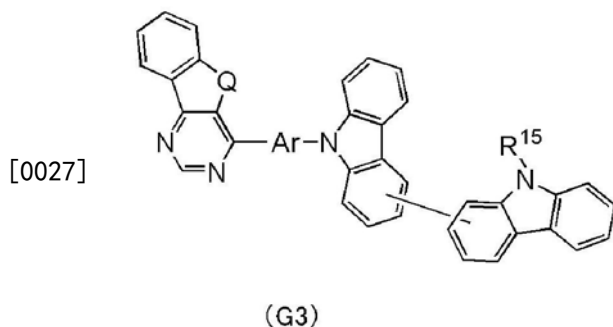
[0022] 在通式 (G1) 中, Q 表示氧或硫, R^1 至 R^{20} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基和取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基中的任一个, Ar 表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。

[0023] 本发明的其他方式是一种以下面通式 (G2) 表示的化合物。



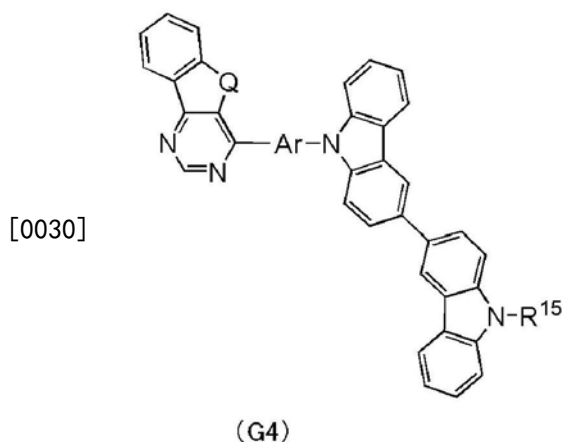
[0025] 在通式 (G2) 中, Q 表示氧或硫, R^1 至 R^{20} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基, Ar 表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。

[0026] 本发明的其他方式是一种以下面通式 (G3) 表示的化合物。



[0028] 在通式 (G3) 中, Q 表示氧或硫, R^{15} 表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基, Ar 表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。

[0029] 本发明的其他方式是一种以下面通式 (G4) 表示的化合物。



[0031] 在通式 (G4) 中, Q 表示氧或硫, R^{15} 表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基,

Ar表示取代或未取代的碳原子数为6至25的亚芳基或单键。

[0032] 本发明的其他方式是一种包含上述任一结构的化合物的发光元件。

[0033] 在上述任一结构中,发光元件优选具有发射包含延迟荧光的发光的功能。发光元件优选还包含磷光材料。发光元件优选具有发射蓝色光的功能。

[0034] 本发明的其他方式是一种显示装置,包括:上述各结构中的任一个的发光元件;以及滤色片和晶体管中的至少一个。本发明的其他方式是一种电子设备,包括:上述显示装置;以及框体和触摸传感器中的至少一个。本发明的其他方式是一种照明装置,包括:上述各结构中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。本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(例如,照明装置)。如下模块也有时包括发光装置:在发光装置中安装有连接器诸如FPC(Flexible Printed Circuit:柔性电路板)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装)的模块;在TCP端部中设置有印刷线路板的模块;或者IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)方式直接安装在发光元件上的模块。

[0035] 根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖新颖的化合物。根据本发明的一个方式,可以提供一种发射蓝色荧光的新颖的化合物。根据本发明的一个方式,可以提供一种三重激发能级高的新颖的化合物。根据本发明的一个方式,可以提供一种具有高载流子传输性的新颖的化合物。根据本发明的一个方式,可以提供一种包含新颖的化合物的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种发光效率高的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种发光效率高的发射荧光的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种发光效率高的发射蓝色荧光的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种驱动电压低的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种发光效率高且功耗得到降低的新颖的发光装置。根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖的显示装置。

[0036] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个方式并不一定需要实现所有上述效果。另外,可以从说明书、附图、权利要求书等的记载得知并抽取上述效果以外的效果。

附图说明

[0037] 图1A及图1B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图,图1C是说明发光层中的能级相关的示意图;

图2A是本发明的一个方式的发光元件的发光层的截面示意图,图2B是说明能级相关的示意图;

图3A是本发明的一个方式的发光元件的发光层的截面示意图,图3B是说明能级相关的示意图;

图4A及图4B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图,图4C是说明发光层中的能级相关的示意图;

图5A是本发明的一个方式的发光元件的发光层的截面示意图,图5B是说明能级相关的示意图;

图6A及图6B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图,图6C是说明发光层中的能级相关的示意图;

图7A及图7B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图,图7C是说明发光层中的能级相关的示意图;

图8A及图8B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

图9A及图9B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

图10A至图10C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面示意图;

图11A至图11C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面示意图;

图12是本发明的一个方式的半导体元件的截面示意图;

图13A及图13B是说明本发明的一个方式的显示装置的俯视图及截面示意图;

图14A及图14B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图15是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图16A及图16B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图17A及图17B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图18是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图19A及图19B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图20是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图21A及图21B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图;

图22A及图22B是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图及电路图;

图23A及图23B是说明本发明的一个方式的显示装置的像素电路的电路图;

图24A及图24B是说明本发明的一个方式的显示装置的像素电路的电路图;

图25A及图25B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的透视图;

图26A至图26C是示出本发明的一个方式的显示装置及触摸传感器的一个例子的截面图;

图27A及图27B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的截面图;

图28A及图28B是本发明的一个方式的触摸传感器的方框图及时序图;

图29是本发明的一个方式的触摸传感器的电路图;

图30是说明本发明的一个方式的显示模块的透视图;

图31A至图31G是说明本发明的一个方式的电子设备的图;

图32A至图32F是说明本发明的一个方式的电子设备的图;

图33A至图33D是说明本发明的一个方式的电子设备的图;

图34A及图34B是说明本发明的一个方式的显示装置的透视图;

图35A至图35C是说明本发明的一个方式的发光装置的透视图及截面图;

图36A至图36D是说明本发明的一个方式的发光装置的截面图;

图37A至图37C是说明本发明的一个方式的照明装置及电子设备的图;

图38是说明本发明的一个方式的照明装置的图;

图39是说明实施例的化合物的NMR图;

图40是说明实施例的化合物的MS光谱的图;

图41是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图;

图42是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图;

图43是说明实施例的化合物的NMR图;

图44是说明实施例的化合物的MS光谱的图；
图45是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图46是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图47是说明实施例的发光元件的截面示意图；
图48是说明实施例的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
图49是说明实施例的发光元件的亮度-电压特性的图；
图50是说明实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
图51是说明实施例的发光元件的电致发射光谱的图；
图52A及图52B是说明实施例的薄膜的过渡荧光特性的图；
图53是说明实施例的化合物的发射光谱的图；
图54是说明实施例的化合物的发射光谱的图；
图55是说明实施例的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
图56是说明实施例的发光元件的亮度-电压特性的图；
图57是说明实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
图58是说明实施例的发光元件的电致发射光谱的图；
图59是说明实施例的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
图60是说明实施例的发光元件的亮度-电压特性的图；
图61是说明实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
图62是说明实施例的发光元件的电致发射光谱的图；
图63是说明实施例的化合物的NMR图；
图64是说明实施例的化合物的MS光谱的图；
图65是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图66是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图67是说明实施例的化合物的NMR图；
图68是说明实施例的化合物的MS光谱的图；
图69是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图70是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图71是说明实施例的化合物的NMR图；
图72是说明实施例的化合物的MS光谱的图；
图73是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图74是说明实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
图75是说明实施例的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
图76是说明实施例的发光元件的亮度-电压特性的图；
图77是说明实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
图78是说明实施例的发光元件的电致发射光谱的图；
图79是说明实施例的化合物的发射光谱的图；
图80是说明实施例的化合物的发射光谱的图；
图81是说明实施例的化合物的发射光谱的图；
图82A至图82C是参考实例的有机金属配合物的热物性的图。

具体实施方式

[0038] 以下,参照附图详细地说明本发明的实施方式。注意,本发明不局限于以下说明,其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及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所记载的内容中。

[0039] 注意,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。

[0040] 注意,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方式的序数词有时不一致。

[0041] 在本说明书等中,当利用附图说明发明的结构时,有时在不同的附图中共同使用表示相同的部分的符号。

[0042] 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”。

[0043] 在本说明书等中,单重激发态(S^*)是指具有激发能量的单重态。 S_1 能级是单重激发能级的最低能级,其是指最低单重激发态的激发能级。三重激发态(T^*)是指具有激发能量的三重态。 T_1 能级是三重激发能级的最低能级,其是指最低三重激发态的激发能级。注意,在本说明书等中,即使简单地表示为“单重激发态”或“单重激发态能级”也有时分别表示最低的单重激发态或 S_1 能级。另外,即使简单地表示为“三重激发态”或“三重激发态能级”也有时分别表示最低的三重激发态或 T_1 能级。

[0044] 在本说明书等中,荧光材料是指在从单重激发态返回到基态时在可见光区域发光的材料。磷光材料是指在从三重激发态返回到基态时在室温下在可见光区域发光的材料。换言之,磷光材料是指能够将三重激发能量转换为可见光的材料之一。

[0045] 磷光发光能量或三重激发态能可以从磷光发光的最短波长一侧的发光峰值(包括肩峰)或上升的波长导出。注意,通过在低温(例如10K)环境下的时间分辨光致发光谱可以观察到上述磷光发光。热活化延迟荧光的发光能量可以从热活化延迟荧光的最短波长一侧的发光峰值(包括肩峰)或上升的波长导出。

[0046] 注意,在本说明书等中,“室温”是指 0°C 以上且 40°C 以下的温度。

[0047] 在本说明书等中,蓝色的波长区域是指400nm以上且小于500nm的波长区域,蓝色的发光是在该区域具有至少一个发射光谱峰的发光。绿色的波长区域是指500nm以上且小于580nm的波长区域,绿色的发光是在该区域具有至少一个发射光谱峰的发光。红色的波长区域是指580nm以上且740nm以下的波长区域,红色的发光是在该区域具有至少一个发射光谱峰的发光。

[0048] 实施方式1

在本实施方式中,例如以下对能够用于本发明的一个方式的发光元件的化合物进行说明。

[0049] 本发明的一个方式的化合物是至少具有联吡唑骨架且具有苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。由于该化合物的带隙宽,所以具有该化合物的发光元件

可以具有高发光效率。由于该化合物具有高载流子传输性,所以具有该化合物的发光元件可以具有低驱动电压。由于该化合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以具有该化合物的发光元件可以具有高可靠性。就是说,具有该化合物的发光元件是具有优良的发光特性的高性能的发光元件。

[0050] 该化合物具有富 π 电子型芳杂环(联吡啶骨架)及缺 π 电子型芳杂环(苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架)。因此,在分子中容易形成供体-受体型的激发态。再者,通过富 π 电子型芳杂环(联吡啶骨架)与缺 π 电子型芳杂环(苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架)直接或通过亚芳基键合,可以增强供体性及受体性。通过增强分子中的供体性及受体性,可以在化合物中缩小HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital,也称为最高占据分子轨道)的分子轨道分布的区域与LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital,也称为最低空分子轨道)的分子轨道分布的区域重叠的部分,而可以减少化合物的单重激发能级与三重激发能级的激发能量差。此外,可以使化合物的三重激发能级保持为高能量。注意,“分子轨道”是指分子中的电子的空间分布,可以示出找到电子的概率。此外,可以由分子轨道详细地描述分子的电子配置(电子的空间上分布及能量)。

[0051] 在单重激发能级与三重激发能级的能量差小时,可以使用100℃以下,优选为室温程度的微小的热能量通过反系间窜越将三重激发能上转换为单重激发能。就是说,本发明的一个方式的化合物适合用作具有将三重激发能转换为单重激发能的功能的化合物或者具有将三重激发能转换为单重激发能后将其转换为发光的功能的化合物。为了高效地发生反系间窜越,单重激发能级与三重激发能级的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。

[0052] 注意,在HOMO的分子轨道分布的区域与LUMO的分子轨道分布的区域重叠,HOMO能级与LUMO能级之间的跃迁偶极矩大于0时,能够从与HOMO能级及LUMO能级有关的激发态(例如最低单重激发态)得到发光。如上所述,本发明的一个方式的化合物适合用作具有将三重激发能转换为单重激发能的功能的发光材料,即该化合物适合用作热活化延迟荧光材料。

[0053] 本发明的一个方式的化合物由于具有高激发能量及高载流子传输性,所以该化合物适合用作发光材料的主体材料。如上所述,本发明的一个方式的化合物由于可以具有高单重激发能级(S1能级)及三重激发能级(T1能级),所以该化合物适合用作作为发光材料具有荧光材料或磷光材料的发光元件。

[0054] 作为具有缺 π 电子型芳杂环的骨架,二嗪骨架具有高激发能量,所以是优选的。在二嗪骨架中,具有二嗪骨架的缩合杂环骨架因为更稳定且具有良好的可靠性所以是优选的,尤其是苯并呋喃并嘧啶骨架及苯并噻吩并嘧啶骨架因为具有强受体性所以是优选的。作为苯并呋喃并嘧啶骨架,例如可以举出苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架。作为苯并噻吩并嘧啶骨架,例如可以举出苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架。

[0055] 作为具有富 π 电子型芳杂环的骨架,吡咯骨架具有高激发能量,所以是优选的。吡咯骨架中的呋喃骨架更稳定且可靠性良好所以是优选的,联吡啶骨架,尤其是呋喃基的2位至4位中的任何一个与另一个呋喃基的2位至4位中的任何一个键合的联吡啶骨架具有强供体性,所以是优选的。作为该联吡啶骨架,例如可以举出2,2'-联-9H-呋喃骨架、3,3'-联-9H-呋喃骨架、4,4'-联-9H-呋喃骨架、2,3'-联-9H-呋喃骨架、2,4'-联-9H-呋喃骨架、3,4'-联-9H-呋喃骨架等。

[0056] 在该联咔唑骨架与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架直接键合的情况下,形成分子量较低的化合物,因此实现适用于真空蒸镀(可以以较低的温度进行真空蒸镀)的结构,所以是优选的。一般而言,如果分子量低则成膜之后的耐热性变低。但是苯并呋喃并嘧啶骨架、苯并噻吩并嘧啶骨架及联咔唑骨架具有刚性骨架,所以具有该骨架的化合物即使分子量较低也可以具有充分的耐热性。在该结构中,带隙变大且激发能级变高,所以是优选的。

[0057] 在联咔唑骨架与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架通过亚芳基键合且该亚芳基的碳原子数为6至25,优选为6至13的情况下,可以实现分子量较低的化合物,所以实现适用于真空蒸镀(可以以较低的温度进行真空蒸镀)的结构。

[0058] 联咔唑骨架直接或通过亚芳基与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架键合,更优选与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架的4位或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的4位键合,由此该化合物具有高载流子传输性。因此,使用该化合物的发光元件可以以低电压驱动。

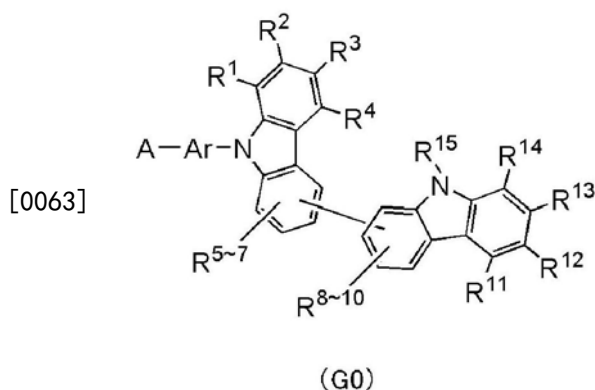
[0059] 换言之,上述化合物也可以说是苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架与联咔唑骨架键合的苯并呋喃并嘧啶化合物或苯并噻吩并嘧啶化合物。因为容易以高纯度合成该化合物,所以可以抑制由杂质导致的劣化。从发光元件的元件特性的稳定性及可靠性的观点来看,与苯并呋喃并嘧啶骨架、苯并噻吩并嘧啶骨架或联咔唑骨架键合的芳基中的碳原子数优选为6至13。此时,该化合物可以以较低的温度进行真空蒸镀,所以不容易引起蒸镀时的热分解等劣化。联咔唑骨架直接或通过亚芳基与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架的4位或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的4位键合的结构具有高电化学稳定性及高载流子传输性,所以是优选的。

[0060] 在该联咔唑骨架的两个咔唑基中的一个的9位中直接或通过亚芳基与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架键合的化合物具有较宽的带隙,因此尤其是可以被适用于发射蓝色等能量高的光的发光元件。从使带隙更宽且使三重激发能量更高的观点来看,优选使用该联咔唑骨架的两个咔唑基中的一个的9位与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架直接键合的化合物。注意,在该联咔唑骨架通过亚芳基与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架键合的情况下,为了保持宽带隙及高三重激发能的双方,优选通过亚苯基或联苯二基等亚芳基键合。

[0061] 由于上述原因,尤其优选的是在2位至4位的任一个两个咔唑基彼此键合的联咔唑骨架中的一个的咔唑基的9位直接或通过亚芳基与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架的4位或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的4位键合的化合物。从化合物的稳定性及发光元件的稳定性的观点来看,苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架与该联咔唑骨架键合的亚芳基的碳原子数优选为6至25,更优选为6至13。该化合物除了具有上述易蒸镀性、电化学稳定性以及载流子传输性以外,还因该联咔唑骨架与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的影响而具有带隙宽且三重激发能级高的特性。因此,该化合物适合于发光元件中的发光层的发光材料或主体材料。其中,该化合物尤其是适合于蓝色发光元件。

[0062] <化合物的例子1>

如上所示的本发明的一个方式的化合物是以下述通式(G0)表示的化合物。



[0064] 在上述通式 (G0) 中, A 表示取代或未取代的苯并咪唑并嘧啶骨架或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架。在该苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架具有取代基的情况下, 作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

[0065] 此外, R^1 至 R^{15} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基和取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

[0066] 另外, Ar 表示碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。该亚芳基可以具有一个以上的取代基, 该取代基可以彼此键合而形成环。例如, 在茚基的 9 位的碳原子具有两个苯基作为取代基的情况下, 该苯基相互键合而形成螺茚骨架。作为碳原子数为 6 至 25 的亚芳基, 具体地说, 可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及茚二基等。在该亚芳基具有取代基的情况下, 作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

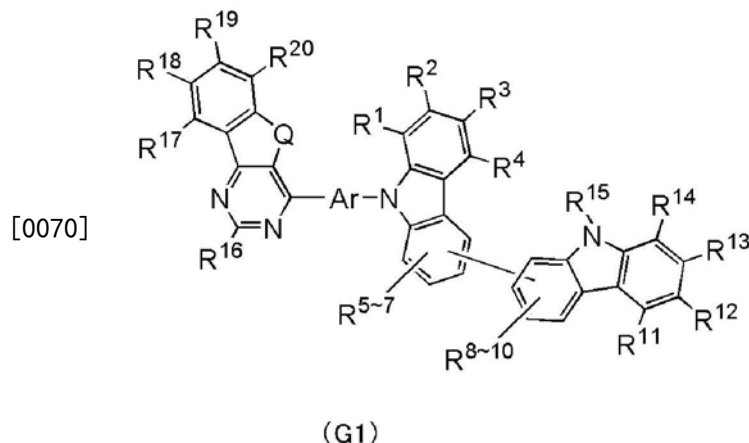
[0067] 在本实施方式的化合物中, 苯并咪唑并嘧啶骨架优选为苯并咪唑并 [3, 2-d] 嘧啶骨架。

[0068] 在本实施方式的化合物中, 苯并噻吩并嘧啶骨架优选为苯并噻吩并 [3, 2-d] 嘧啶

骨架。

[0069] <化合物的例子2>

在本实施方式的化合物中,在具有联咔唑骨架中的一个咔唑基的9位直接或通过亚芳基与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的4位键合的结构的化合物中,同时增强供体性及受体性,并具有较宽的带隙,因此可以被适用于呈现蓝色等能量高的发光的发光元件,所以是优选的。上述化合物是以下述通式(G1)表示的化合物。



[0071] 在上述通式(G1)中,Q表示氧或硫。

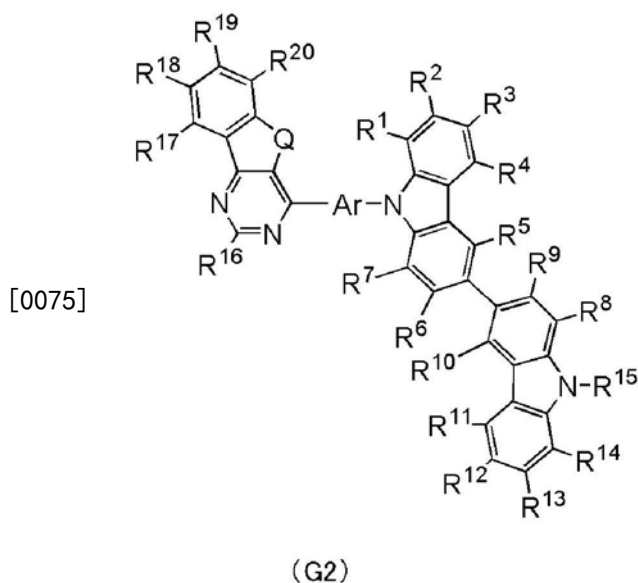
[0072] 此外, R^1 至 R^{20} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有一个以上的取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。

[0073] 另外,Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基或单键。该亚芳基可以具有一个以上的取代基,该取代基可以彼此键合而形成环。例如,在苊基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基的情况下,该苯基相互键合而形成螺苊骨架。作为碳原子数为6至25的亚芳基,具体地说,可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及苊二基等。在该亚芳基具有取代基的情况下,作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。

[0074] <化合物的例子3>

在本实施方式中的化合物中,联咔唑骨架是3,3'-联-9H-咔唑骨架,该联咔唑骨架

的两个咪唑基中的一个的9位直接或通过亚芳基与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的4位键合。该化合物具有高载流子传输性,且使用该化合物的发光元件可以以低电压驱动,所以该化合物的结构是优选的。上述化合物是以下述通式(G2)表示的化合物。



[0076] 在上述通式(G2)中,Q表示氧或硫。

[0077] 此外, R^1 至 R^{20} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有一个以上的取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

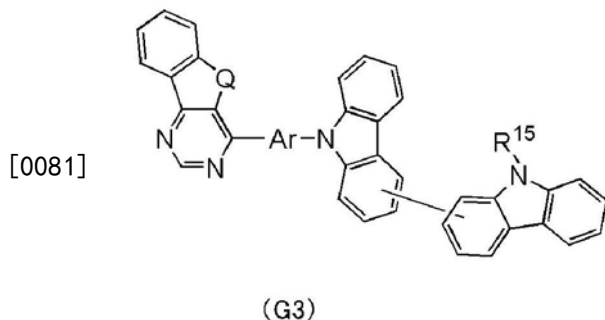
[0078] 另外,Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基或单键。该亚芳基可以具有一个以上的取代基,该取代基可以彼此键合而形成环。例如,在茚基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基的情况下,该苯基相互键合而形成螺茚骨架。作为碳原子数为6至13的亚芳基,具体地说,可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及茚二基等。在该亚芳基具有取代基的情况下,作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

[0079] 在本实施方式的化合物中联咪唑骨架与苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶

骨架直接键合的情况下,该化合物具有更宽的带隙,并且可以以高纯度合成,所以是优选的。因为该化合物具有优良的载流子传输性,所以使用该化合物的发光元件可以以低电压驱动。

[0080] <化合物的例子4>

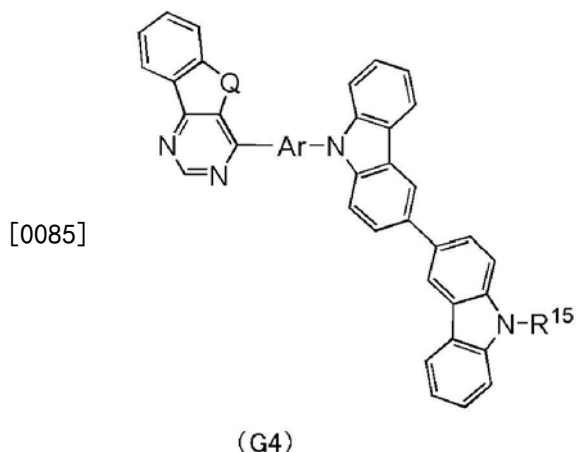
在上述通式 (G1) 或 (G2) 中 R^1 至 R^{14} 及 R^{16} 至 R^{20} 都是氢的情况下,则在易合成性或原料价格的方面有利,并且,成为分子量较低的化合物,因此实现适用于真空蒸镀的结构,所以尤其是优选的。该化合物是以下述通式 (G3) 或通式 (G4) 表示的化合物。



[0082] 在上述通式 (G3) 中, Q 表示氧或硫。

[0083] 此外, R^{15} 表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基和取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有一个以上的取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。

[0084] 另外, Ar 表示碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。该亚芳基可以具有一个以上的取代基,该取代基可以彼此键合而形成环。例如,在苊基的 9 位的碳原子具有两个苯基作为取代基的情况下,该苯基相互键合而形成螺苊骨架。作为碳原子数为 6 至 25 的亚芳基,具体地说,可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及苊二基等。在该亚芳基具有取代基的情况下,作为该取代基,可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。



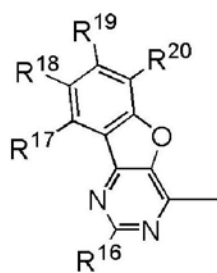
[0086] 在上述通式 (G4) 中, Q 表示氧或硫。

[0087] 此外, R^{15} 表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 7 的环烷基和取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有一个以上的取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。

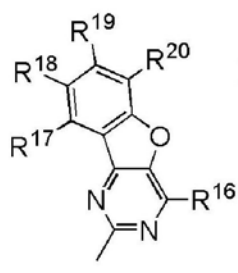
[0088] 另外, Ar 表示碳原子数为 6 至 25 的亚芳基或单键。该亚芳基可以具有一个以上的取代基, 该取代基可以彼此键合而形成环。例如, 在苊基的 9 位的碳原子具有两个苯基作为取代基的情况下, 该苯基相互键合而形成螺苊骨架。作为碳原子数为 6 至 25 的亚芳基, 具体地说, 可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及苊二基等。在该亚芳基具有取代基的情况下, 作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 7 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 7 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苊基等。

[0089] <取代基的例子>

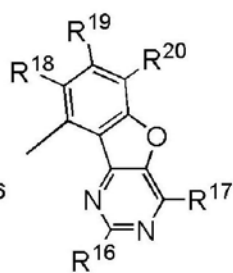
在通式 (G0) 中, 作为以 A 表示的苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架, 例如可以使用以下述结构式 (Ht-1) 至 (Ht-24) 表示的任一结构。注意, 可以用于 A 的结构不局限于此。



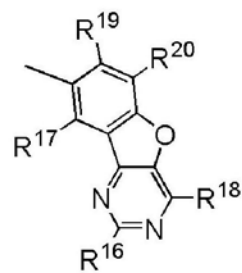
(Ht-1)



(Ht-2)

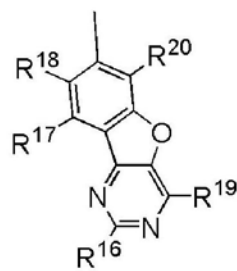


(Ht-3)

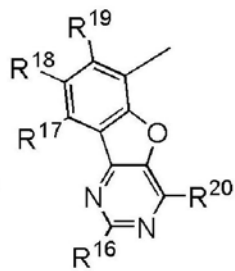


(Ht-4)

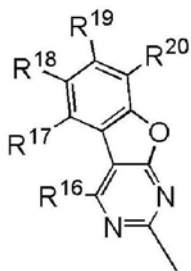
[0090]



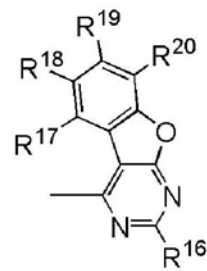
(Ht-5)



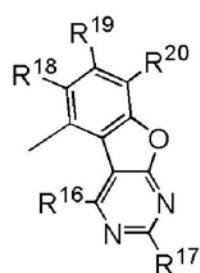
(Ht-6)



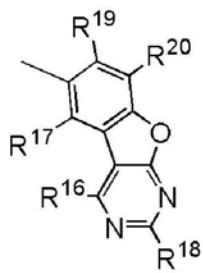
(Ht-7)



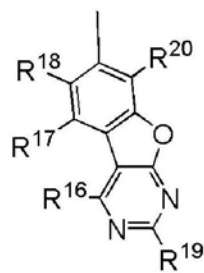
(Ht-8)



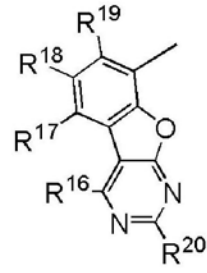
(Ht-9)



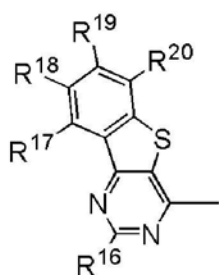
(Ht-10)



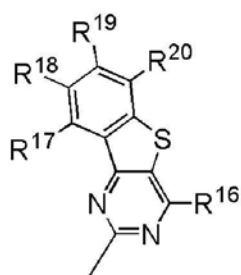
(Ht-11)



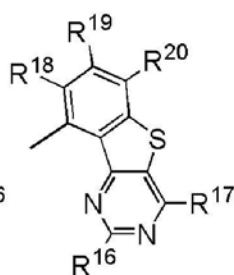
(Ht-12)



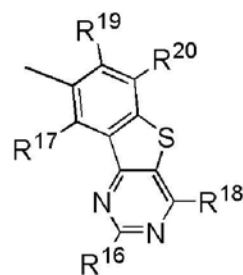
(Ht-13)



(Ht-14)

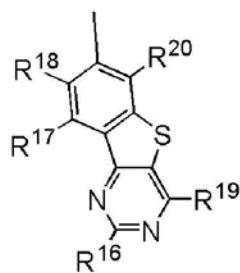


(Ht-15)

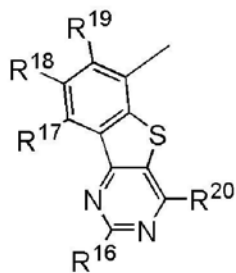


(Ht-16)

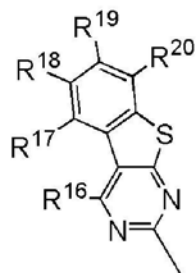
[0091]



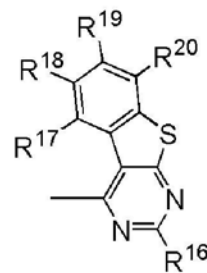
(Ht-17)



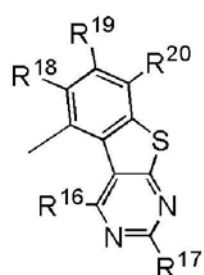
(Ht-18)



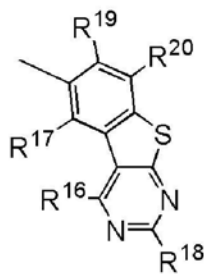
(Ht-19)



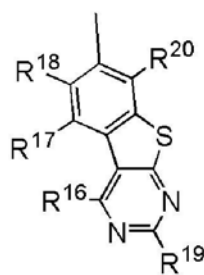
(Ht-20)



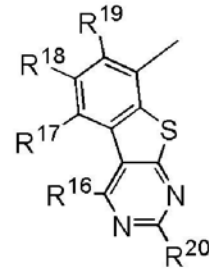
(Ht-21)



(Ht-22)



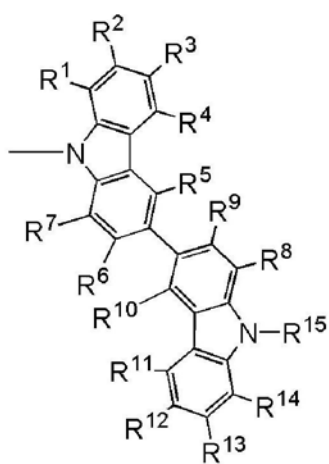
(Ht-23)



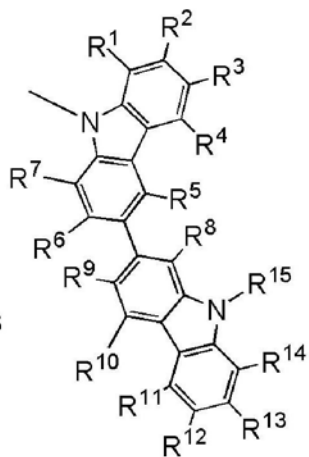
(Ht-24)

[0092] 在上述结构式 (Ht-1) 至 (Ht-24) 中, R^{16} 至 R^{20} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有一个以上的取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

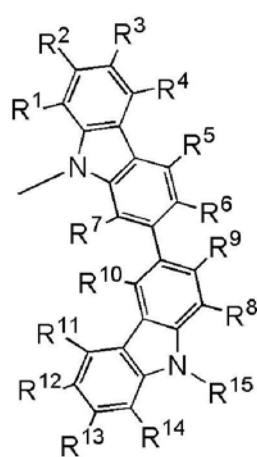
[0093] 例如,在通式 (G0) 及 (G1) 中,作为可以用作联咪唑骨架的结构,可以使用以下述结构式 (Cz-1) 至 (Cz-9) 表示的结构。注意,联咪唑骨架的结构不局限于此。



(Cz-1)

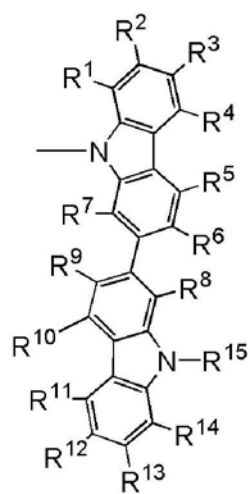


(Cz-2)

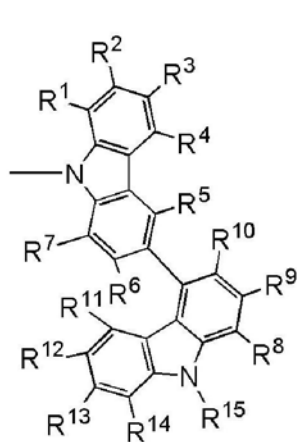


(Cz-3)

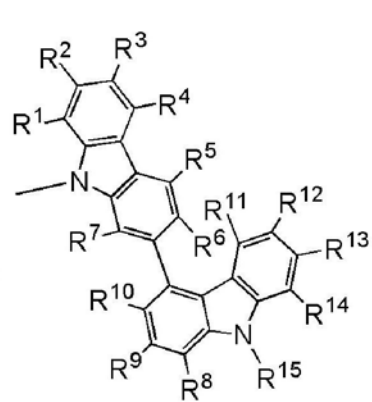
[0094]



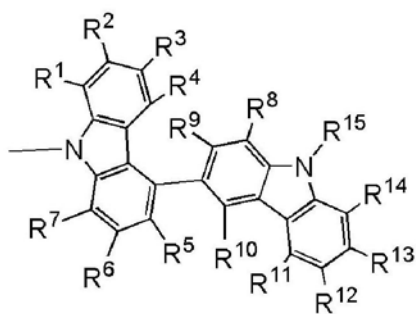
(Cz-4)



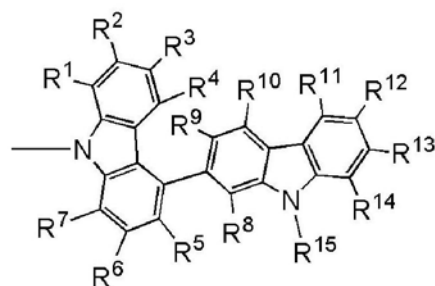
(Cz-5)



(Cz-6)

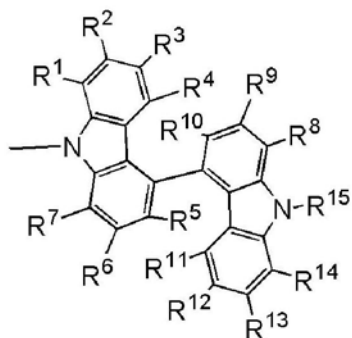


(Cz-7)



(Cz-8)

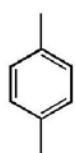
[0095]



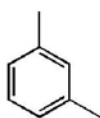
(Cz-9)

[0096] 在上述结构式 (Cz-1) 至 (Cz-9) 中, R^1 至 R^{15} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有一个以上的取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

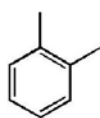
[0097] 在上述通式 (G0) 至 (G4) 中, 作为以Ar表示的亚芳基, 例如可以使用以下述结构式 (Ar-1) 至 (Ar-27) 表示的任一基。注意, 可以用作Ar的基不局限于此, 也可以具有取代基。



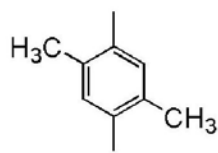
(Ar-1)



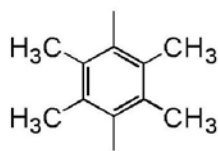
(Ar-2)



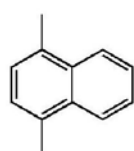
(Ar-3)



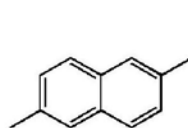
(Ar-4)



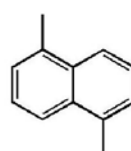
(Ar-5)



(Ar-6)

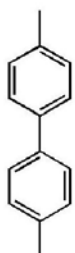


(Ar-7)

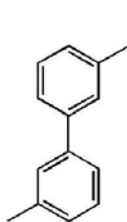


(Ar-8)

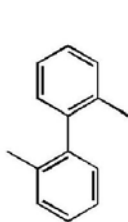
[0098]



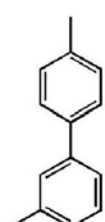
(Ar-9)



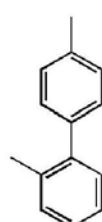
(Ar-10)



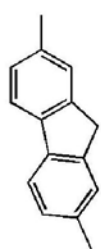
(Ar-11)



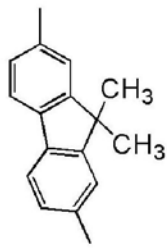
(Ar-12)



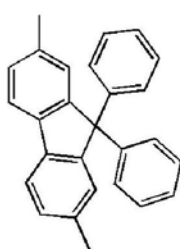
(Ar-13)



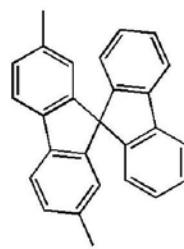
(Ar-14)



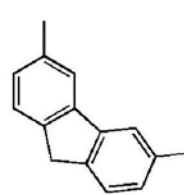
(Ar-15)



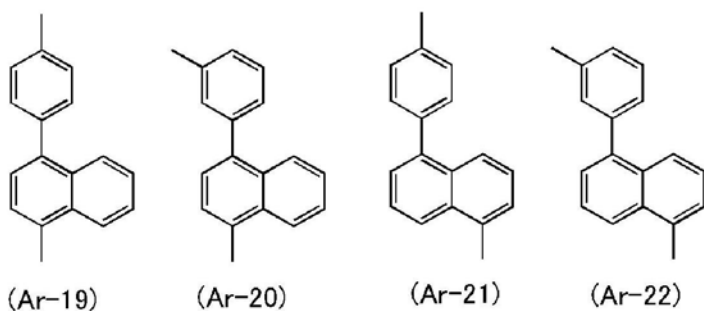
(Ar-16)



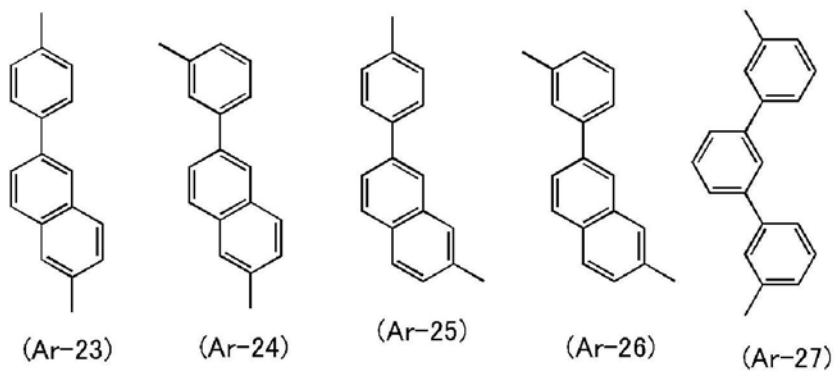
(Ar-17)



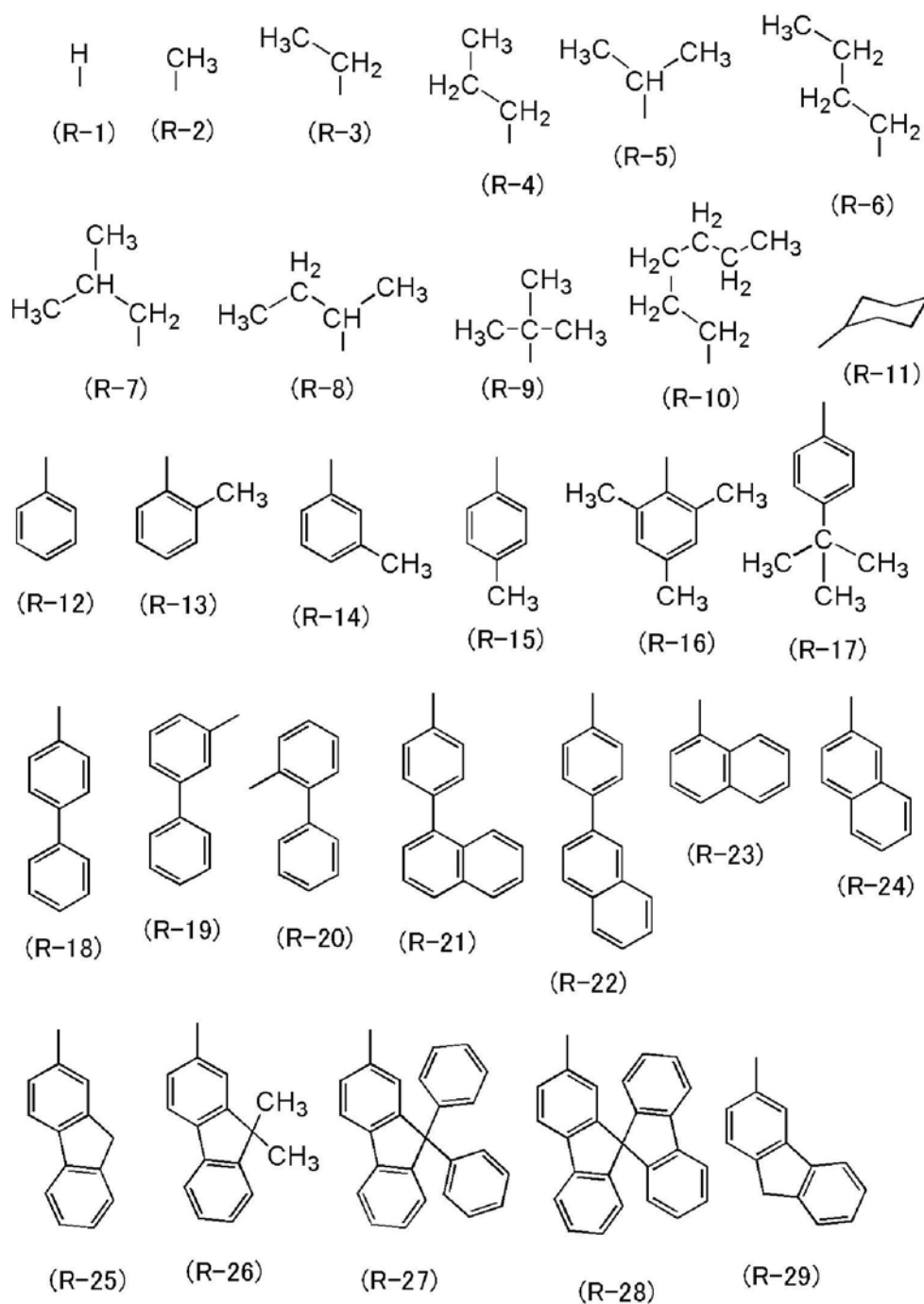
(Ar-18)



[0099]



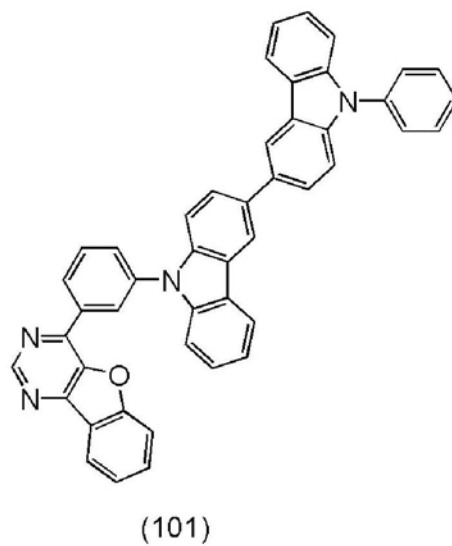
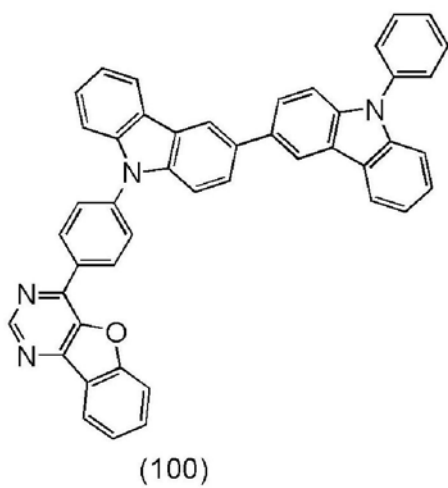
[0100] 例如,作为以上述通式 (G1) 及 (G2) 中的 R^1 至 R^{20} 、通式 (G0) 中的 R^1 至 R^{15} 、通式 (G3) 及 (G4) 中的 R^{15} 表示的烷基、环烷基或芳基,可以使用以下述结构式 (R-1) 至 (R-29) 表示的任一基。注意,可以用作烷基、环烷基或芳基的基不局限于此,也可以具有取代基。



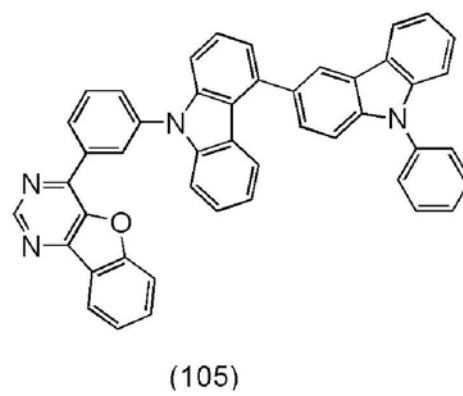
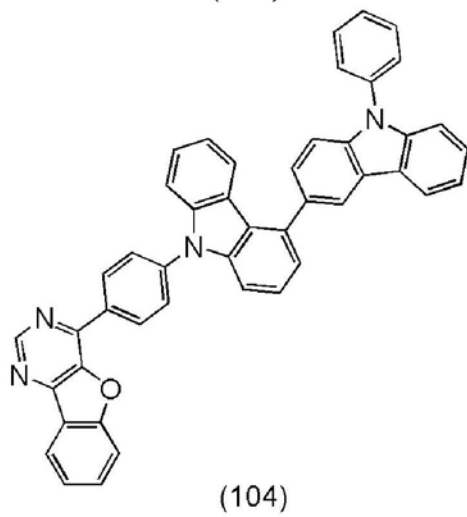
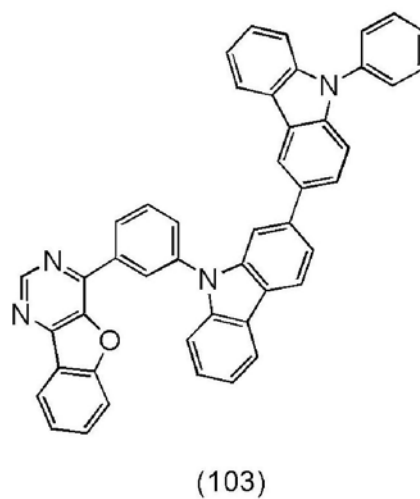
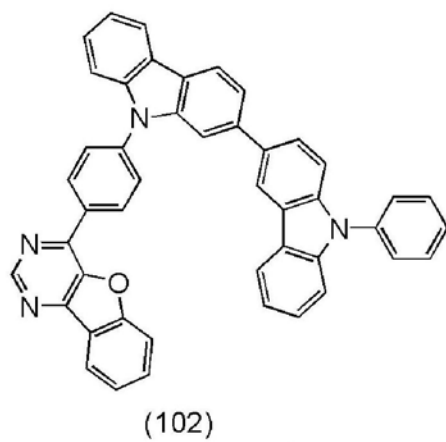
[0101]

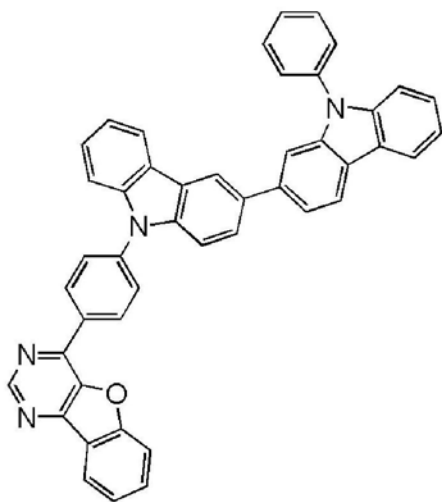
[0102] <化合物的具体例子>

作为以上述通式 (G0) 至 (G4) 表示的化合物的具体结构, 可以举出以下述结构式 (100) 至 (147) 表示的化合物等。注意, 以通式 (G0) 至 (G4) 表示的化合物不局限于下述例子。

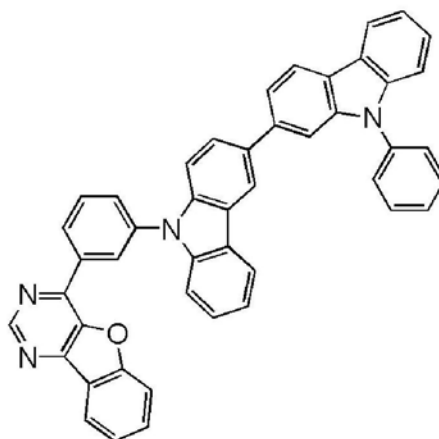


[0103]



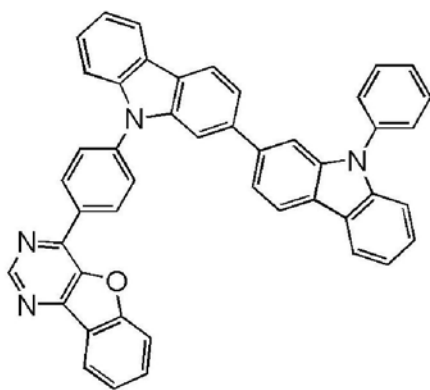


(106)

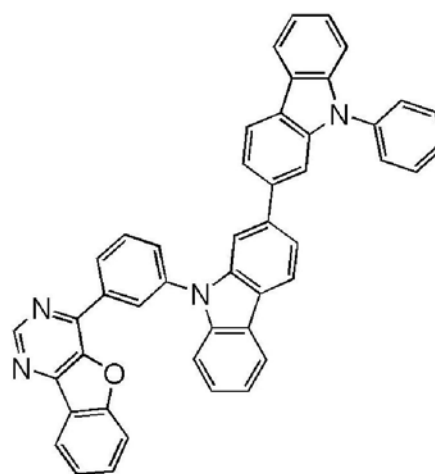


(107)

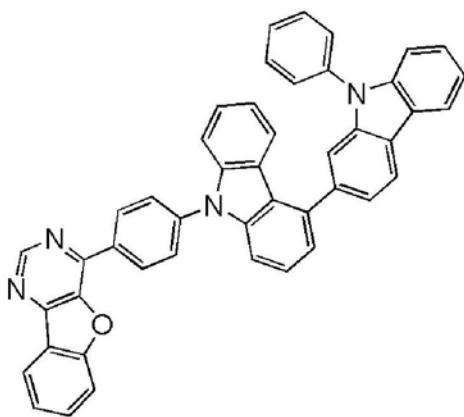
[0104]



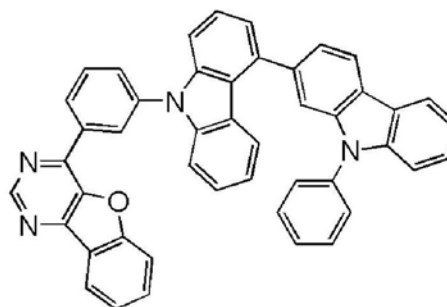
(108)



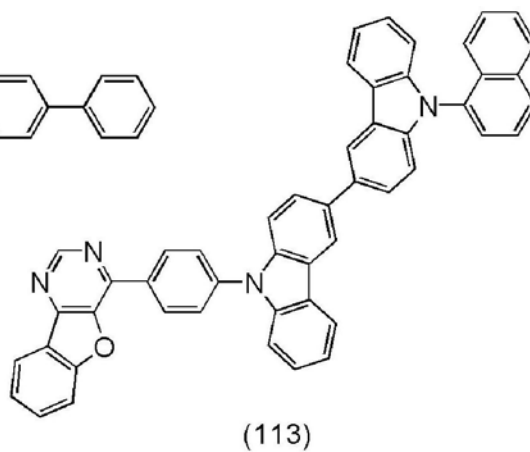
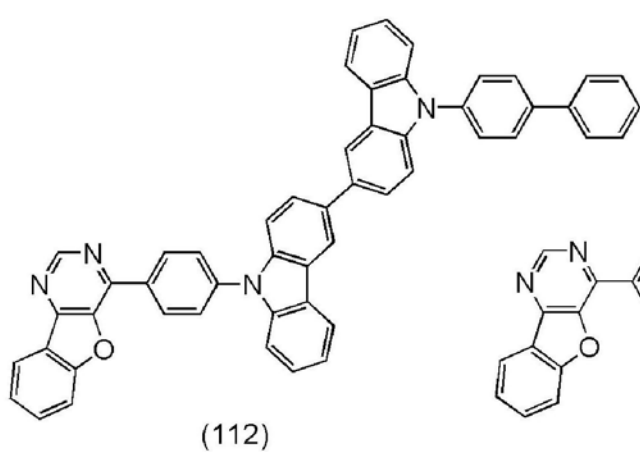
(109)



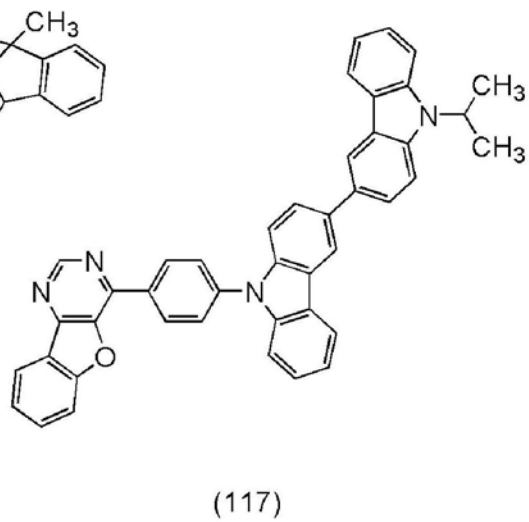
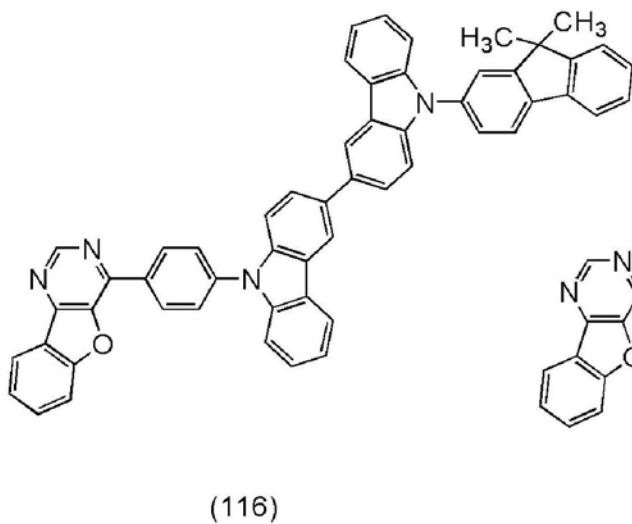
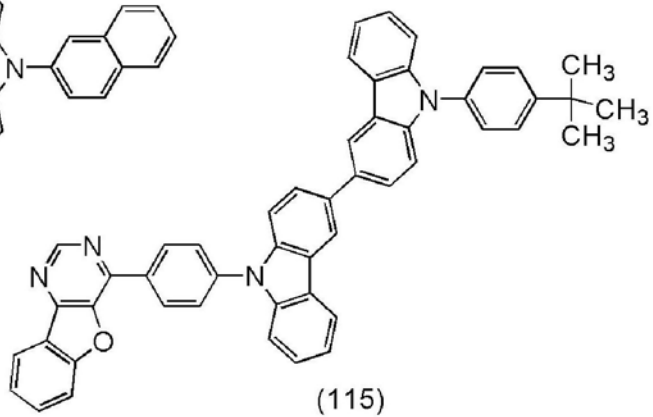
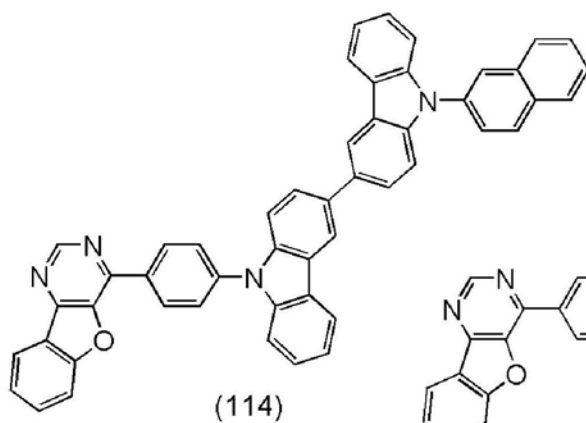
(110)

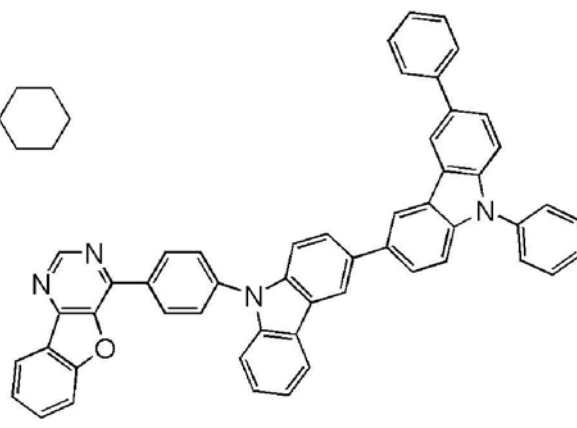
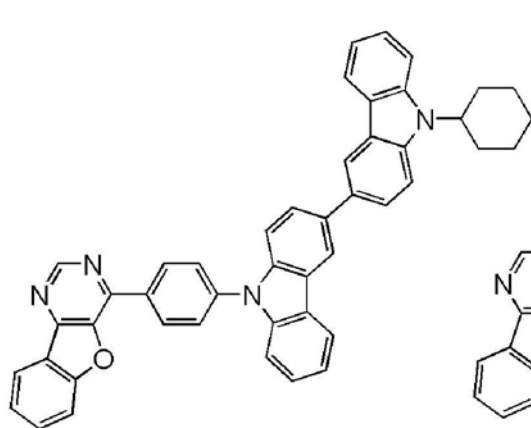


(111)

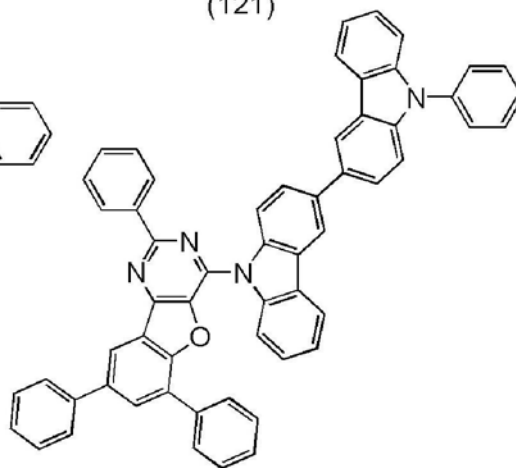
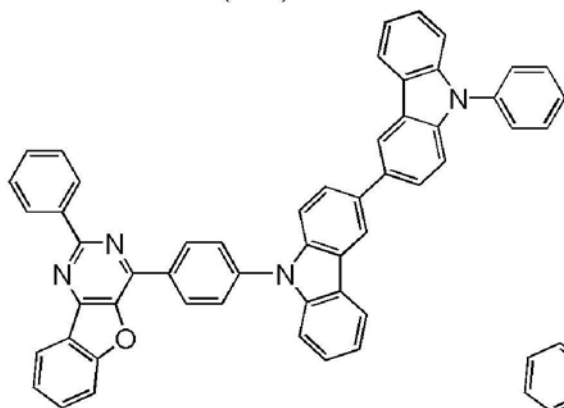
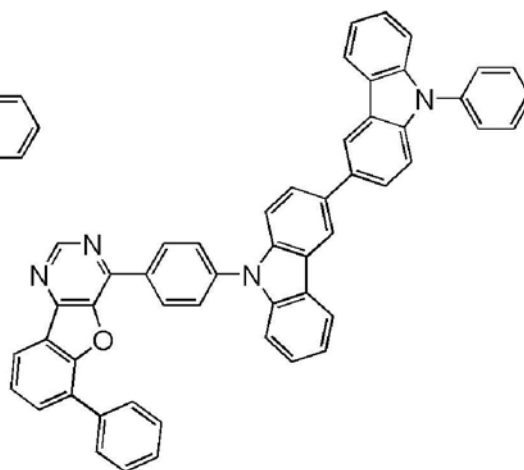
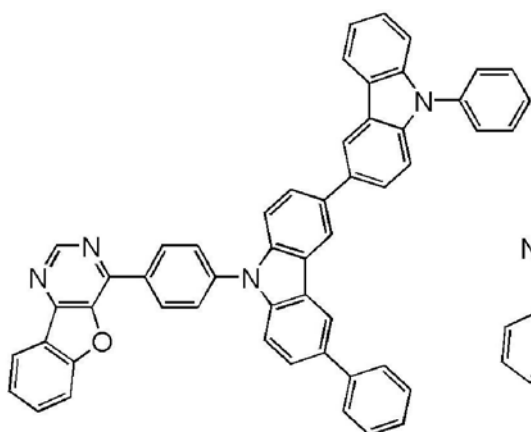


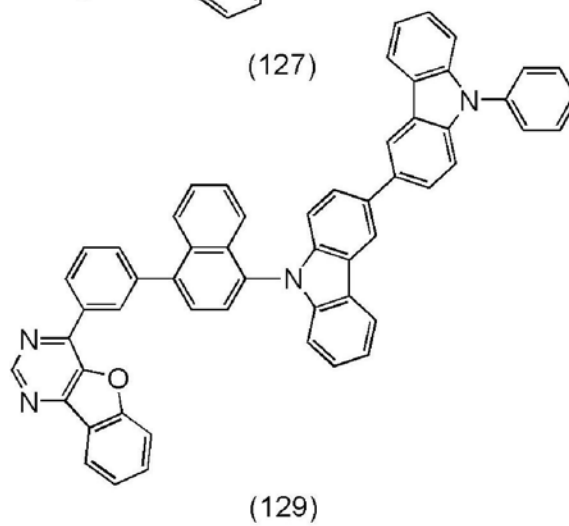
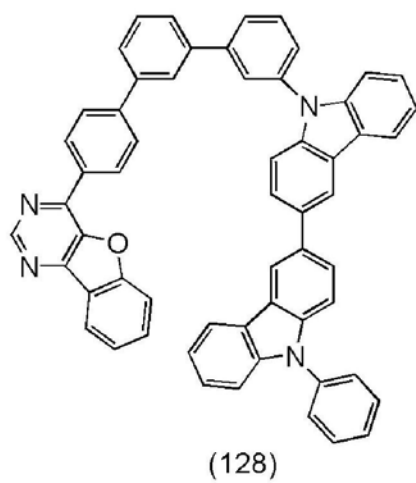
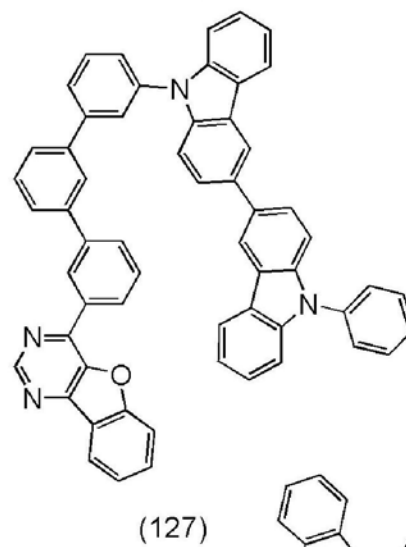
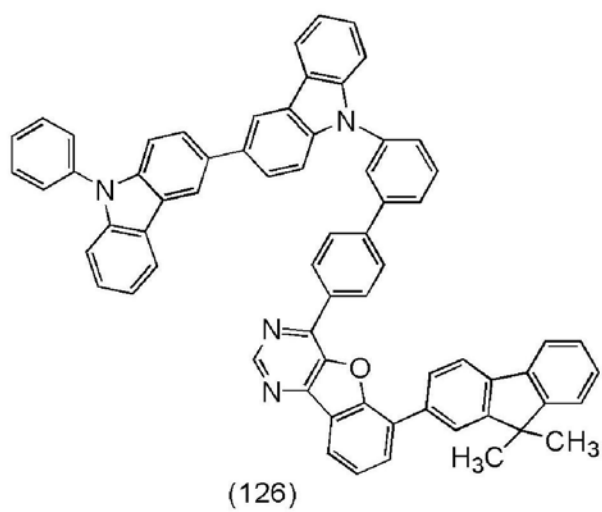
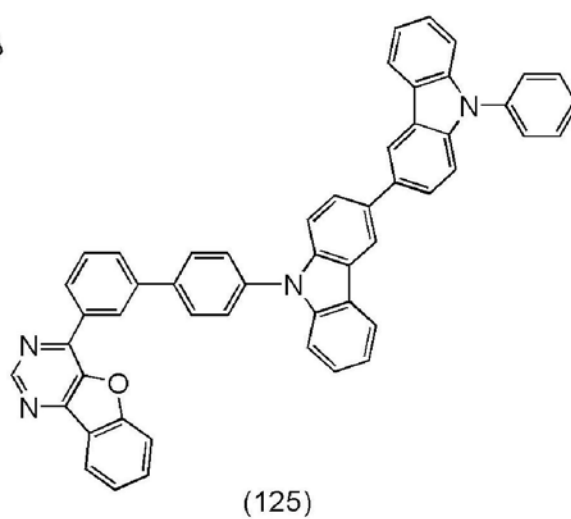
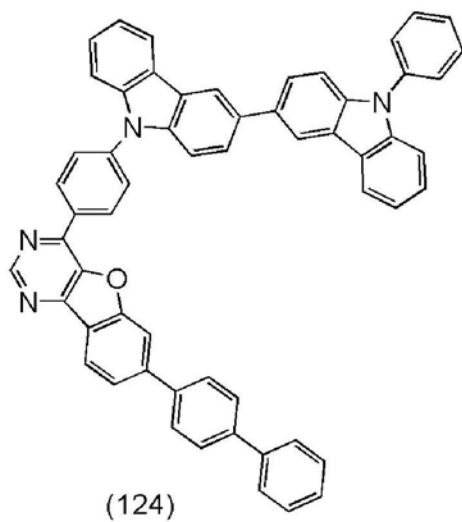
[0105]



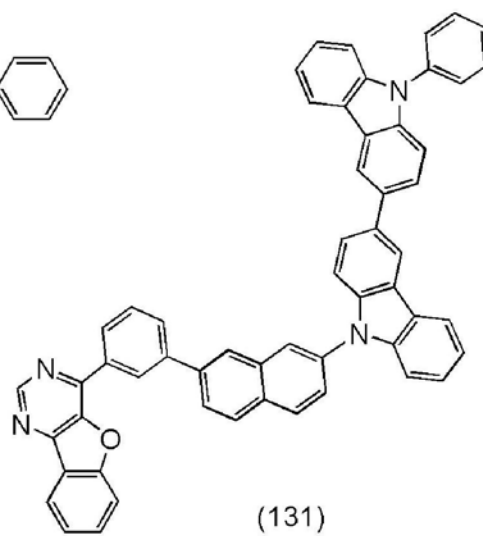
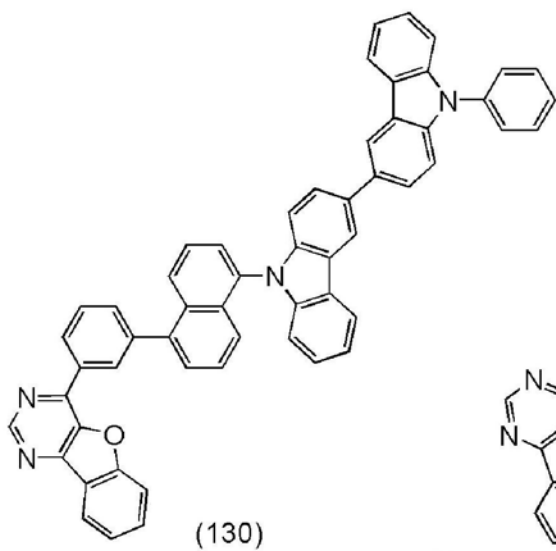


[0106]

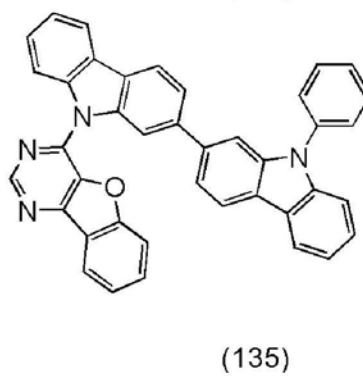
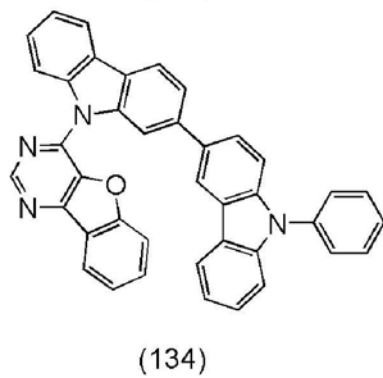
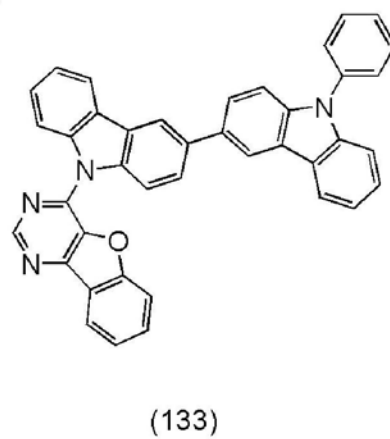
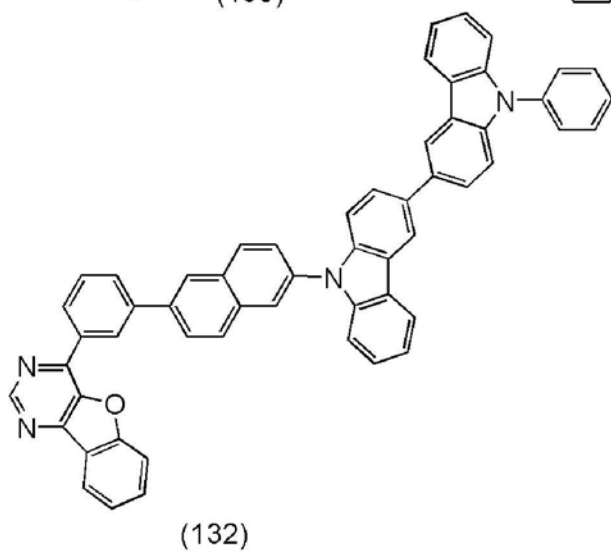


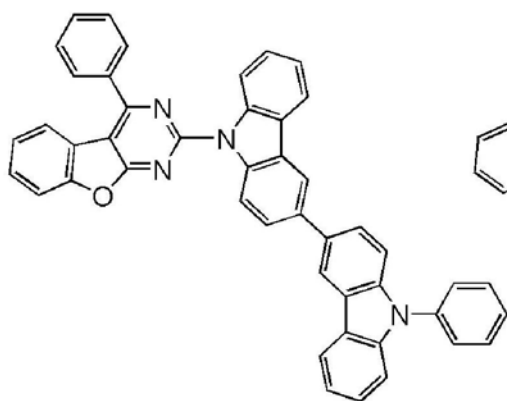


[0107]

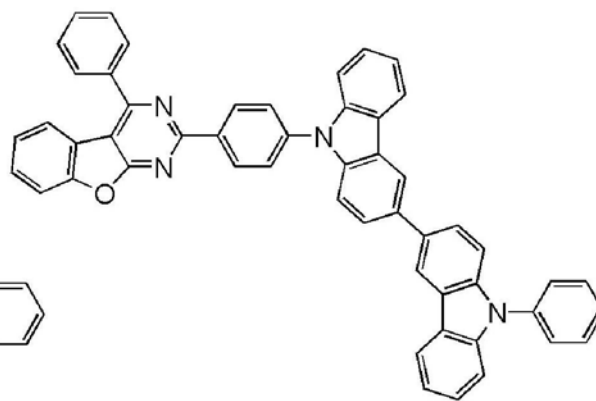


[0108]



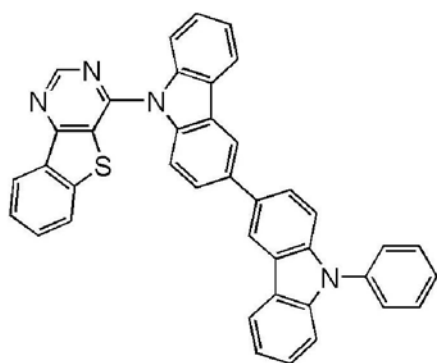


(136)

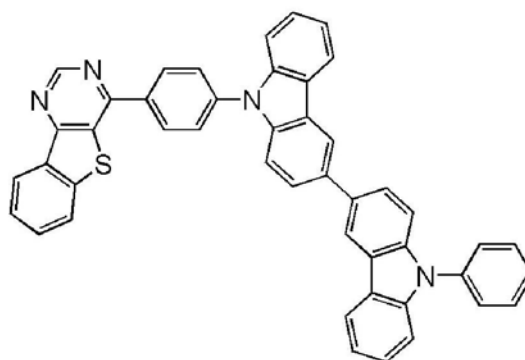


(137)

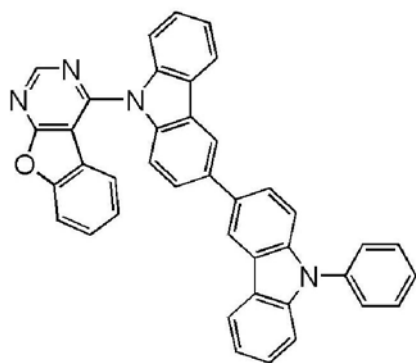
[0109]



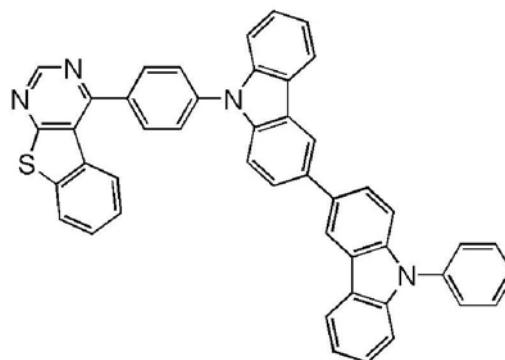
(138)



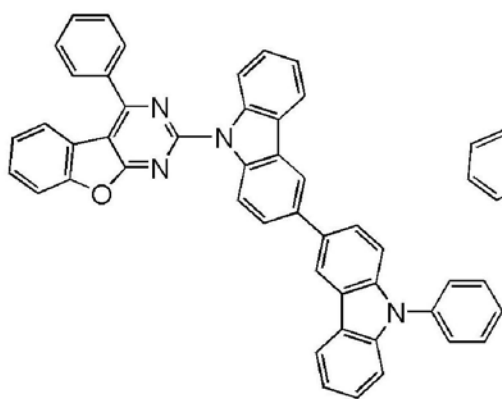
(139)



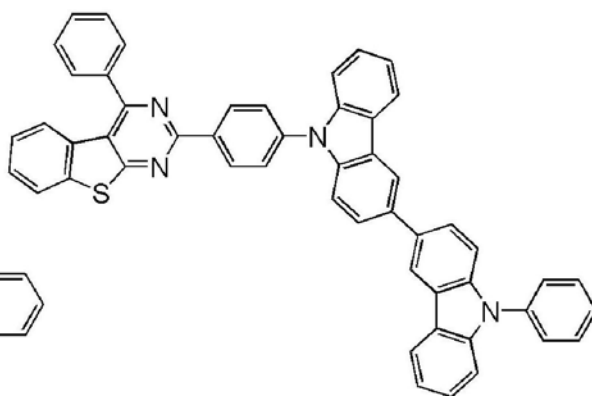
(140)



(141)

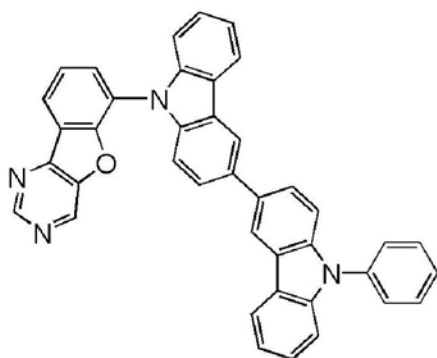


(142)

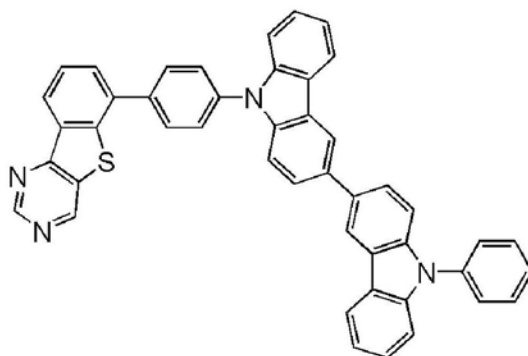


(143)

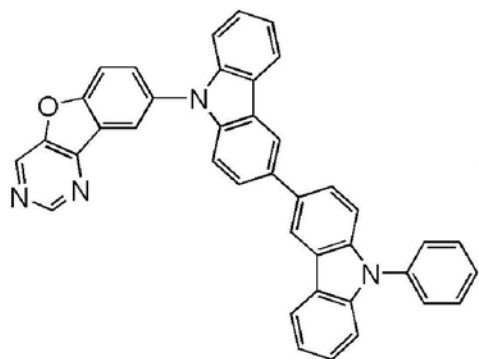
[0110]



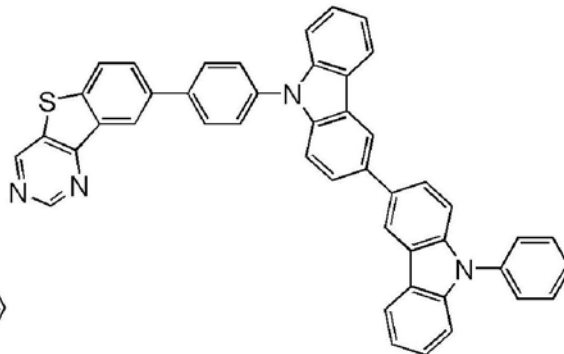
(144)



(145)



(146)



(147)

[0111] 如上所述,由于本实施方式的化合物的供体性及受体性都强,所以优选适合用作热活化延迟荧光材料。因此,可以制造发光效率高的发光元件。本实施方式的化合物由于具有宽带隙,所以尤其是适合用作蓝色发光元件的发光材料、主体材料及载流子传输材料。由此,可以制造发光效率高的蓝色发光元件。此外,本实施方式的化合物由于具有高载流子传输性,所以适合用作发光元件的主体材料或载流子传输材料。由此,可以制造驱动电压低的发光元件。此外,由于本实施方式的化合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以通过将该化合物用于发光元件,可以制造驱动寿命长的发光元件。如上所述,本实施方式的化合物是适合用作发光元件的材料。

[0112] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形

成本发明的一个方式的化合物的膜。

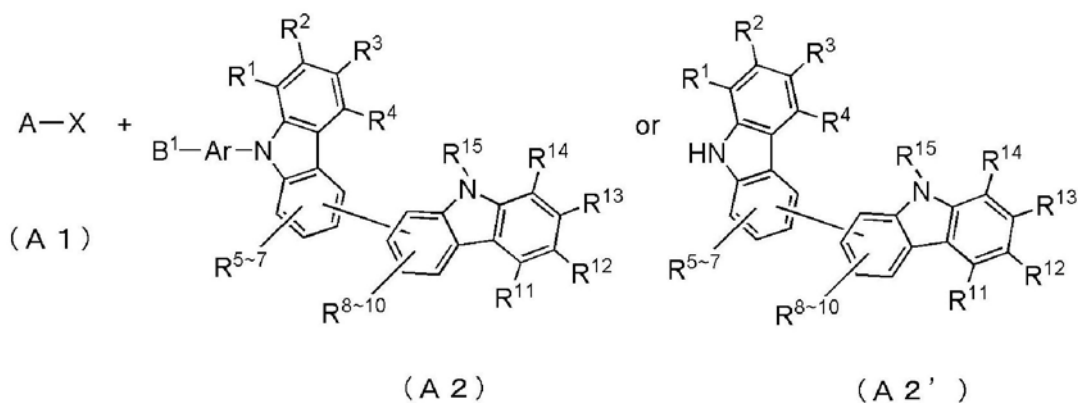
[0113] 本实施方式所示的化合物可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而使用。

[0114] 实施方式2

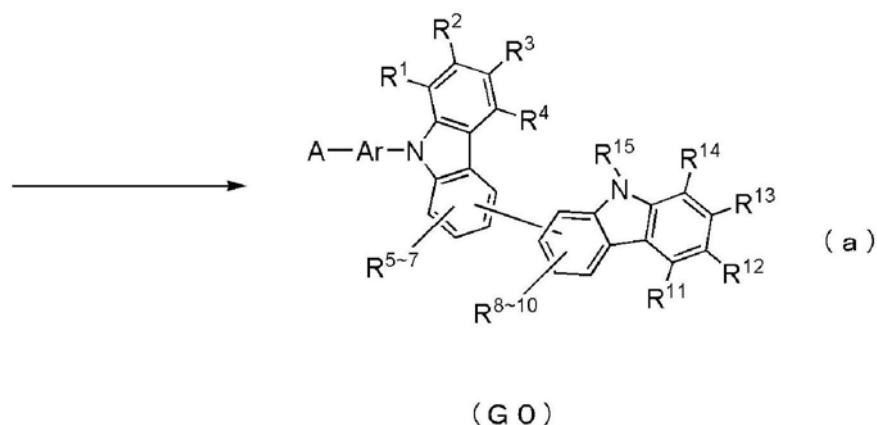
在本实施方式中,说明以通式 (G0) 表示的化合物的合成方法。作为该化合物的合成方法,可以采用各种反应。例如,通过进行以下示出的合成反应可以合成以通式 (G0) 表示的化合物。注意,本发明的一个方式的化合物的合成方法不局限于下述合成方法。

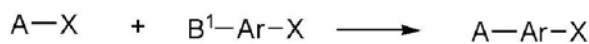
[0115] 以通式 (G0) 表示的化合物可以通过如下简单的合成方案合成。例如,如下述合成方案 (a) 所示那样,可以通过使取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶的卤素化合物或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶的卤素化合物 (A1) 与联吡唑衍生物的芳基硼酸化合物 (A2) 或联吡唑衍生物 (A2') 起反应制得。

[0116] 以通式 (G0) 表示的化合物可以由如下方法得到:如下述合成方案 (b) 所示,也可以通过与被卤素取代的芳基硼酸化合物 (B1) 的反应得到中间体 (B2),然后使其与联吡唑衍生物的硼酸化合物 (B3) 起反应。



[0117]



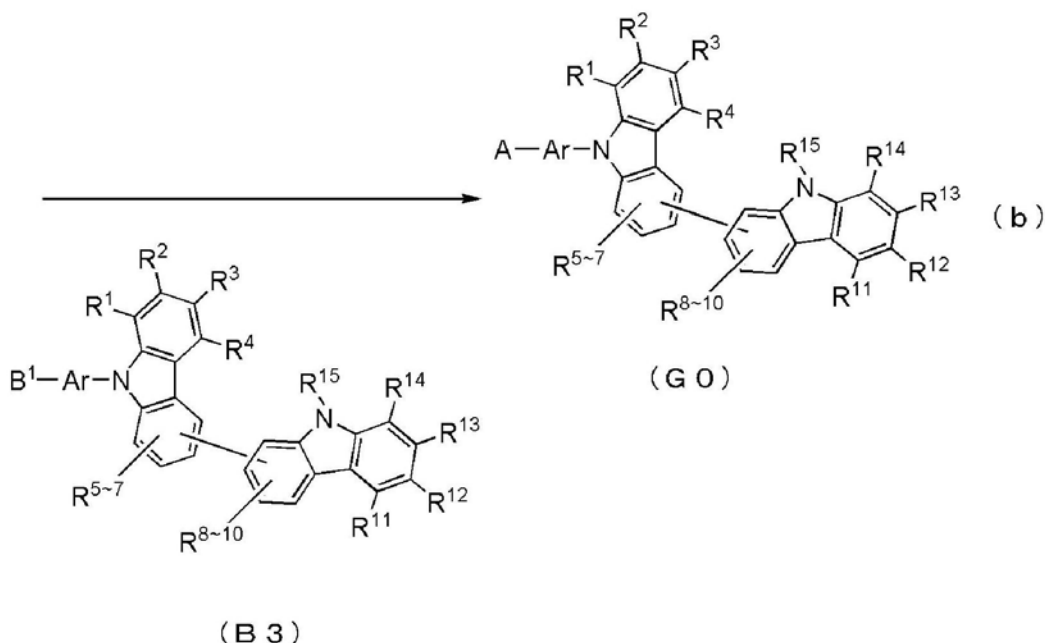


(A 1)

(B 1)

(B 2)

[0118]



[0119] 在合成方案(a)及(b)中,A表示取代或未取代的苯并咪唑并嘧啶骨架或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架, R^1 至 R^{15} 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个,Ar表示取代或未取代的碳原子数为6至25的亚芳基或单键。

[0120] 此外,X表示卤素元素。 B^1 表示硼酸、硼酸酯或环状三醇硼酸盐等。作为环状三醇硼酸盐,除了锂盐之外还可以使用钾盐或钠盐。

[0121] 注意,也可以使取代或未取代的苯并咪唑并嘧啶的硼酸化合物或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶的硼酸化合物与联吡啶衍生物的卤素化合物起反应,也可以与被卤素取代的芳基硼酸化合物(B1)起反应。

[0122] 上述的化合物(A1)、(A2)、(A2')、(B1)、(B2)、(B3)在市场上销售的种类很多或能够合成,所以可以合成多种的以通式(G0)表示的化合物。因此,本发明的一个方式的化合物具有种类丰富的特征。

[0123] 以上说明了本发明的一个方式的化合物的合成方法的例子,但是本发明不局限于此,也可以通过任何其他的合成方法合成。

[0124] 注意,本实施方式所示的化合物可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而使用。

[0125] 实施方式3

在本实施方式中,参照图1A至图1C、图2A及图2B以及图3A及图3B说明使用具有在本实施方式1中说明的联吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的发光元件的结构实例。

[0126] 首先,下面将参照图1A至图1C说明本发明的一个方式的发光元件的结构实例。

[0127] 图1A是本发明的一个方式的发光元件150的截面示意图。

[0128] 发光元件150包括一对电极(电极101及电极102)及该一对电极间的EL层100。EL层100至少包括发光层130。

[0129] 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。

[0130] 虽然在本实施方式中以一对电极中的电极101及电极102分别为阳极及阴极来进行说明,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,倒序地层叠该电极间的各层。换言之,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即可。

[0131] EL层100的结构不局限于图1A所示的结构,除了发光层130以外,只要包括选自空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119中的至少一个即可。或者,EL层100也可以包括具有如下功能的功能层:能够降低空穴或电子的注入势垒;能够提高空穴或电子的传输性;能够阻碍空穴或电子的传输性;或者能够抑制电极所引起的猝灭现象等。注意,功能层可以是单层或叠层。

[0132] 图1A中的发光元件150是在EL层100中的任一层中使用在实施方式1中说明的化合物的发光元件。

[0133] 在实施方式1中说明的化合物由于具有联吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架,所以可以增强供体性及受体性。因此,由于可以使单重激发能级与三重激发能级的能量差变小,所以在实施方式1中说明的化合物可以具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能以及将该单重激发能转换为发光的功能。就是说,在实施方式1中说明的化合物适合用作热活化延迟荧光材料。因此,通过将该化合物用于发光元件150的发光层130作为发光材料,发光元件150可以具有高发光效率。

[0134] 该化合物由于具有宽带隙,所以尤其是适合用作蓝色发光元件的主体材料及载流子传输材料。由此,通过使用本实施方式的结构,可以制造发光效率高的发射蓝色光的发光元件。

[0135] 该化合物由于具有优异的载流子传输性,所以适合用作发光元件的主体材料或载流子传输材料。由此,通过使用本实施方式的结构,可以制造驱动电压低的发光元件。

[0136] 由于该化合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以通过使用本实施方式的结构,可以制造驱动寿命长的发光元件。

[0137] <发光元件的结构实例1>

图1B是示出图1A所示的发光层130的一个例子的截面示意图。图1B所示的发光层130包括材料131及主体材料132。

[0138] 作为材料131,使用发光性有机材料即可,作为该发光性有机材料,优选使用能够发射荧光材料(下面,也称为荧光材料)。

[0139] 在本发明的一个方式的发光元件150中,通过将电压施加到一对电极(电极101及电极102)间,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到EL层100,而使电流流过。并且,注入的电子及空穴复合,从而形成激子。在因载流子(电子及空穴)的复合而产生的激子中,单重激子与三重激子的比(以下,称为激子产生概率)的统计概率为1:3。因此,在使用荧光材料的发

光元件中,产生有助于发光的单重激子的比率为25%,产生无助于发光的三重激子的比率为75%。因此,为了提高发光元件的发光效率,将无助于发光的三重激子转换为有助于发光的单重激子是重要的。

[0140] 由此,材料131优选具有通过反系间窜越将三重激子转换为单重激子的功能。因此,材料131优选具有在室温下发射热活化延迟荧光的功能。或者,材料131优选为热活化延迟荧光材料。就是说,优选将在实施方式1中说明的具有联吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本发明的一个方式的化合物用作材料131。

[0141] 注意,“激子”是指载流子(电子及空穴)的对。由于激子具有能量,所以生成激子的材料成为激发态。

[0142] 材料131的单重激发能级与三重激发能级的差值优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。

[0143] 在此,图1C示出发光层130中的材料131及主体材料132的能级相关。图1C中的记载及符号表示的是如下:

TADF (131):材料131;

Host (132):主体材料132;

S_A :材料131的S1能级;

T_A :材料131的T1能级;

S_H :主体材料132的S1能级;以及

T_H :主体材料132的T1能级。

[0144] 在发光层130中载流子复合,在主体材料132中产生单重激发态及三重激发态时,所产生的单重激发态的能量从主体材料132的S1能级(S_H)转移到材料131的S1能级(S_A),三重激发态的能量从主体材料132的T1能级(T_H)转移到材料131的T1能级(T_A),由此形成材料131的单重激发态及三重激发态。

[0145] 或者,在材料131中载流子复合,分别产生具有相当于S1能级(S_A)的激发能量的单重激发态及具有相当于T1能级(T_A)的激发能量的三重激发态。

[0146] 在任何情况下,通过载流子的复合,会产生材料131的单重激发态及三重激发态。

[0147] 在本发明的一个方式的发光元件150中,发光层130所包含的材料131的S1能级(S_A)及T1能级(T_A)为互相相邻的能级。

[0148] 由于材料131的S1能级(S_A)及T1能级(T_A)为互相相邻的能级,所以材料131具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能(参照图1C的路径 A_1)。因此,在发光层130中产生的三重激发能的一部分因材料131而转换为单重激发能。为此,材料131的S1能级(S_A)与T1能级(T_A)的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下。从成为单重激发态的材料131获得荧光发光。

[0149] 在材料131所呈现的荧光发光中,来自因载流子复合直接而生成的单重激发态的发光(包括初始发光成分)与来自通过反系间窜越从三重激发态产生的单重激发态的发光(包括延迟荧光成分)之间产生发光寿命差异。因此,材料131具有发射具有初始发光成分及延迟荧光成分的至少两种发光寿命成分的光的功能。换言之,材料131具有发射迟延荧光的功能。该迟延荧光由于基于室温等下的热能所促进的反系间窜越,也称为热活化延迟荧光。就是说,材料131具有发射热活化延迟荧光的功能。

[0150] 为了高效地从材料131的单重激发态获得发光,材料131的荧光量子产率优选高,具体而言,优选为50%以上,更优选为70%以上,进一步优选为90%以上。

[0151] 为了在材料131中高效地产生反系间窜越,材料131的T₁能级(T_A)优选比主体材料132的T₁能级(T_H)低。由此,不容易产生因主体材料132导致的材料131的三重激发能的猝灭,可以在材料131中高效地产生反系间窜越。为了在材料131中高效地获得发光,材料131的S₁能级(S_A)优选比主体材料132的S₁能级(S_H)低。由此,可以抑制将单重激发能从材料131转移到主体材料132。

[0152] 在材料131具有联吡唑骨架这种供体性强的骨架时,注入到发光层130的空穴容易注入到材料131而被传输,所以是优选的。此外,在材料131具有苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架这种受体性强的骨架时,注入到发光层130的电子容易注入到材料131而被传输,所以是优选的。此时,主体材料132优选包括其供体性比材料131中的供体性骨架弱的供体性骨架、以及其受体性比材料131中的受体性骨架弱的受体性骨架。由此,可以抑制由材料131与主体材料132形成激基复合物的反应。

[0153] 例如,在材料131的HOMO能级比主体材料132的HOMO能级高,且材料131的LUMO能级比主体材料132的LUMO能级低时,注入到发光层130的作为载流子的电子及空穴都容易注入到材料131而被传输。由此,在材料131中容易产生载流子复合,所以是优选的。

[0154] 在材料131与主体材料132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,能够通过调整其混合比而容易地控制载流子平衡。具体而言,具有空穴传输性的化合物:具有电子传输性的化合物优选在1:9至9:1(重量比)的范围内。通过具有该结构,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。

[0155] 注意,在发光层130中,若材料131能够单独控制载流子平衡,发光层130则也可以不具有主体材料132。或者,为了控制载流子平衡,发光层130也可以具有材料131及材料132以外的材料。

[0156] 如上所述,当高效地产生上述路径A₁的反系间窜越过程时,由于材料131的三重激发能高效地转换为单重激发能,所以发光元件150能够以高发光效率发光。

[0157] 当使发光层130具有上述结构时,可以高效地获得来自发光层130的材料131的发光。

[0158] <发光元件的结构实例2>

接着,参照图2A及图2B说明具有与上述结构不同的结构的发光元件。

[0159] 图2A是示出图1A所示的发光层130的一个例子的截面示意图。图2A所示的发光层130至少包含材料131及客体材料133。

[0160] 作为客体材料133,使用发光性有机材料即可,该发光性有机材料优选为荧光材料。在下面的说明中,说明作为客体材料133使用荧光材料的结构。注意,也可以将客体材料133换称为荧光材料。

[0161] 材料131优选为通过反系间窜越由三重激发态产生单重激发态的材料。或者,材料131可以具有能够在室温下呈现热活化延迟荧光的功能。换言之,作为材料131优选使用热活化延迟荧光材料。此外,优选在实施方式1中说明的具有联吡唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本发明的一个方式的化合物用作材料131。

[0162] 材料131的单重激发能级与三重激发能级的差值优选大于0eV且为0.3eV以下,更

优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。注意,材料131具有将三重激发能转换为单重激发能的功能即可,也可以不发射热活化延迟荧光。

[0163] 图2B示出发光层130中的材料131及客体材料133的能级相关。图2B中的记载及符号表示的是如下:

TADF (131):材料131;

Guest (133):客体材料133(荧光材料);

S_A :材料131的S1能级;

T_A :材料131的T1能级;

S_G :客体材料133(荧光材料)的S1能级;以及

T_G :客体材料133(荧光材料)的T1能级。

[0164] 在发光层130中载流子复合且形成材料131的单重激发态及三重激发态时,可以将所产生的单重激发态的能量从材料131的S1能级(S_A)转移到客体材料133的S1能级(S_G)。

[0165] 在本发明的一个方式的发光元件150中,材料131的S1能级(S_A)及T1能级(T_A)为互相相邻的能级。

[0166] 由于材料131的S1能级(S_A)及T1能级(T_A)为互相相邻的能级,所以材料131具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能(参照图2B的路径 A_1)。因此,在发光层130中产生的三重激发能的一部分因材料131而转换为单重激发能。为此,材料131的S1能级(S_A)与T1能级(T_A)的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下。从成为单重激发态的材料131获得荧光发光。

[0167] 材料131的S1能级(S_A)优选高于客体材料133的S1能级(S_G)。由此,在S1能级的关系为如上时,可以将材料131所具有的单重激发能从材料131的S1能级(S_A)转移到客体材料133的S1能级(S_G)。其结果,客体材料133成为单重激发态而发射荧光(参照图2B的路径 E_1)。

[0168] 为了高效地从客体材料133的单重激发态获得发光,客体材料133的荧光量子产率优选高,具体而言,优选为50%以上,更优选为70%以上,进一步优选为90%以上。在本结构实例所示的发光元件中,客体材料133不需要具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能。因此,本结构实例具有容易实现使客体材料的荧光量子产率高的设计的优点。

[0169] 为了高效地产生反系间窜越,材料131的T1能级(T_A)优选比客体材料133的T1能级(T_G)高。由此,不容易产生因客体材料133导致的材料131的三重激发能的猝灭,可以高效地产生反系间窜越。

[0170] 在材料131具有联吡啶骨架这种供体性强的骨架时,注入到发光层130的空穴容易注入到材料131而被传输。此外,在材料131具有苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架这种受体性强的骨架时,注入到发光层130的电子容易注入到材料131而被传输。此时,客体材料133优选包含具有其供体性比材料131弱的供体性骨架。或者,客体材料133优选包含具有其受体性比材料131弱的受体性骨架。

[0171] 注意,由于客体材料133中的单重基态到三重激发态的直接跃迁为禁戒跃迁,因此从材料131的S1能级(S_A)到客体材料133的T1能级(T_G)的能量转移不容易被用作主要的能量转移过程。

[0172] 在发生从材料131的T1能级(T_A)到客体材料133的T1能级(T_G)的三重激发能的转移

时,三重激发能失活(参照图2B的路径 E_2)。因此,在途径 E_2 的能量转移少时,可以降低客体材料133的三重激子的生成效率,可以减少三重激发能的热失活,所以是优选的。为此,相对于材料131的客体材料133的重量比优选为低,具体而言,优选为0.001以上且0.05以下,更优选为0.001以上且0.03以下,进一步优选为0.001以上且0.01以下即可。

[0173] 注意,在客体材料133中的载流子的直接复合过程占优势时,在客体材料133中产生多个三重激子,该三重激子的三重激发能热失活,而导致发光元件的发光效率下降。因此,优选在材料131中载流子复合经由材料131的激发能量转移过程(图2B的路径 A_1 及 E_1)的比例高于客体材料133中的载流子直接复合的过程的比例,这是因为可以降低客体材料133的三重激子的产生效率并抑制三重激发能的热失活。为此,相对于材料131的客体材料133的重量比优选为低,具体而言,优选为0.001以上且0.05以下,更优选为0.001以上且0.03以下,进一步优选为0.001以上且0.01以下。

[0174] 如上所述,在上述路径 A_1 及 E_1 的能量转移过程全部高效地发生时,材料131的单重激发能及三重激发能的双方都高效地被转换为客体材料133的单重激发态,所以可以高效地获得来自客体材料133的发光。因此,发光元件150能够以高发光效率发光。

[0175] <能量转移机理>

下面,对材料131与客体材料133的分子间的能量转移过程的控制因素进行说明。作为分子间的能量转移的机理,提出了福斯特(Förster)机理(偶极-偶极相互作用)和德克斯特(Dexter)机理(电子交换相互作用)的两个机理。虽然在此对材料131与客体材料133的分子间的能量转移过程进行说明。

[0176] 《福斯特机理》

在福斯特机理中,能量转移不需要分子间的直接接触,通过材料131与客体材料133间的偶极振荡的共振现象发生能量转移。通过偶极振荡的共振现象,材料131给客体材料133供应能量,激发态的材料131成为基态,基态的客体材料133成为激发态。注意,算式1示出福斯特机理的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[0177] [算式1]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad (1)$$

[0178] 在算式1中, ν 表示振荡数, $f'_h(\nu)$ 表示主体材料131的归一化发射光谱(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光光谱,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光光谱), $\epsilon_g(\nu)$ 表示客体材料133的摩尔吸光系数, N 表示阿伏伽德罗数, n 表示介质的折射率, R 表示材料131与客体材料133的分子间距, τ 表示所测量的激发态的寿命(荧光寿命或磷光寿命), c 表示光速, ϕ 表示发光量子产率(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光量子产率,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光量子产率), K^2 表示材料131和客体材料133的跃迁偶极矩的取向的系数(0至4)。注意,在无规取向中, $K^2=2/3$ 。

[0179] 《德克斯特机理》

在德克斯特机理中,材料131和客体材料133接近于产生轨道的重叠的接触有效距离,通过交换激发态的材料131的电子和基态的客体材料133的电子,发生能量转移。注意,算式2示出德克斯特机理的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[0180] [算式2]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L}\right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad (2)$$

[0181] 在算式2中, h 表示普朗克常数, K 表示具有能量维数(energy dimension)的常数, ν 表示振荡数, $f'_h(\nu)$ 表示主体材料131的归一化发射光谱(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光光谱,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光光谱), $\varepsilon'_g(\nu)$ 表示客体材料133的归一化吸收光谱, L 表示有效分子半径, R 表示主体材料131与客体材料133的分子间距。

[0182] 在此,从材料131转移到客体材料133的能量的效率(能量转移效率 ϕ_{ET})以算式3表示。在算式中, k_r 表示材料131的发光过程(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光)的速度常数, k_n 表示材料131的非发光过程(热失活或系间窜越)的速度常数, τ 表示所测量的材料131的激发态的寿命。

[0183] [算式3]

$$\phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad (3)$$

[0184] 从算式3可知,为了提高能量转移效率 ϕ_{ET} ,增大能量转移的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$,其他竞争的速度常数 $k_r + k_n (=1/\tau)$ 相对变小,即可。

[0185] 《用来提高能量转移的概念》

首先,考虑基于福斯特机理的能量转移。当将算式1代入到算式3时,可以消去 τ 。因此,在福斯特机理中,能量转移效率 ϕ_{ET} 不取决于材料131的激发态的寿命 τ 。另外,当发光量子产率 ϕ (因为是关于来自单重激发态的能量转移的说明,所以这里指荧光量子产率) 高时,可以说能量转移效率 ϕ_{ET} 较高。一般而言,来自有机化合物的三重激发态的发光量子产率在室温下非常低。因此,当材料131为三重激发态时,可以忽视基于福斯特机理的能量转移过程,只需考虑材料131为单重激发态的情况。

[0186] 另外,材料131的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱)与客体材料133的吸收光谱(相当于从单重基态到单重激发态的迁移的吸收)的重叠优选为大。再者,客体材料133的摩尔吸光系数优选为高。这意味着材料131的发射光谱与呈现在客体材料133的最长波长一侧的吸收带重叠。由于客体材料133中的从单重基态到三重激发态的直接跃迁为禁戒跃迁,因此在客体材料133中,三重激发态下的摩尔吸光系数少到可以忽视的程度。由此,可以忽视基于福斯特机理的客体材料133的到三重激发态的能量转移过程,只需考虑客体材料133的到单重激发态的能量转移过程。也就是说,在福斯特机理中,考虑从材料131的单重激发态到客体材料133的单重激发态的能量转移过程即可。

[0187] 接着,考虑基于德克斯特机理的能量转移。从算式2可知,为了增大速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$,材料131的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱)与客体材料133的吸收光谱(相当于从单重基态到单重激发态的迁移的吸收)的重叠优选为大。因此,能量转移效率的最优化可以通过使材料131的发射光谱与呈现在客体材料133的最长波长一侧的

吸收带重叠而实现。

[0188] 当将算式2代入到算式3时,可知德克斯特机理中的能量转移效率 ϕ_{ET} 取决于 τ 。因为德克斯特机理是基于电子交换的能量转移过程,所以与从材料131的单重激发态到客体材料133的单重激发态的能量转移同样地,还产生从材料131的三重激发态到客体材料133的三重激发态的能量转移。

[0189] 在客体材料133为荧光材料时,客体材料133的三重激发态的能量转移效率优选为低。也就是说,从材料131到客体材料133的基于德克斯特机理的能量转移效率优选为低,而从材料131到客体材料133的基于福斯特机理的能量转移效率优选为高。

[0190] 如上所述,基于福斯特机理的能量转移效率不取决于材料131的激发态的寿命。另一方面,基于德克斯特机理的能量转移效率取决于材料131的激发态的寿命。由此,为了降低基于德克斯特机理的能量转移效率,材料131的激发态的寿命 τ 优选为短。

[0191] 另外,在从材料131发射的光中,热活化延迟荧光成分的荧光寿命优选为短,具体而言,为10ns以上且50 μ s以下,更优选为10ns以上且30 μ s以下。

[0192] 在从材料131发射的光中,热活化延迟荧光成分所占的比例优选为高。具体而言,在从材料131发射的光中,热活化延迟荧光成分所占的比率优选为5%以上,更优选为10%以上。

[0193] <发光元件的结构实例3>

接着,参照图3A及图3B说明具有与上述结构不同的结构的发光元件。在本结构实例中,与上述构成要素相同的结构的详细内容可以参照上述结构实例。

[0194] 图3A是示出图1A所示的发光层130的一个例子的截面示意图。图3A所示的发光层130至少包括材料131、主体材料132、客体材料133。

[0195] 在发光层130中,材料131或主体材料132在重量比中最多,客体材料133分散在材料131及主体材料132中。这里,说明将荧光材料用于客体材料133的结构。

[0196] 为了对材料131、主体材料132及客体材料133的能量转移过程进行说明,图3B示出说明能级相关的示意图。图3B中的记载及符号表示的是如下,其他记载及符号是与图2B同样的。

Host (132): 主体材料132

S_H : 主体材料132的S1能级

T_H : 主体材料132的T1能级

[0197] 在发光层130中载流子复合,在主体材料132中产生单重激发态及三重激发态时,所产生的单重激发态的能量从主体材料132的S1能级(S_H)转移到材料131的S1能级(S_A),三重激发态的能量可以从主体材料132的T1能级(T_H)转移到材料131的T1能级(T_A)。

[0198] 当通过来自主体材料132的能量转移或材料131中的载流子复合产生材料131的单重激发态及三重激发态时,与图2B中的说明内容同样,通过图3B中的路径 A_1 及路径 E_1 ,材料131的单重激发能及三重激发能的双方都转移到客体材料133的S1能级(S_G),客体材料133成为单重激发态。从成为单重激发态的客体材料133获得荧光发光。

[0199] 为了高效地将三重激发能从材料131的T1能级(T_A)转移到客体材料133的S1能级(S_G),材料131的S1能级(S_A)与T1能级(T_A)优选为互相相邻的能级,材料131优选为具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能的材料。换言之,作为材料131优选使用

热活化延迟荧光材料。优选在实施方式1中说明的具有联吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本发明的一个方式的化合物被用作材料131。

[0200] 材料131的S1能级与T1能级的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。注意,材料131具有将三重激发能转换为单重激发能的功能即可,也可以不发射热活化延迟荧光。

[0201] 优选的是,主体材料132的S1能级(S_H)为材料131的S1能级(S_A)以上,主体材料132的T1能级(T_H)为材料131的T1能级(T_A)以上。由此,不容易产生因主体材料132导致材料131的单重激发能及三重激发能的猝灭,高效地将能量从材料131转移到客体材料133。

[0202] 材料131的T1能级(T_A)优选比客体材料133的T1能级(T_G)高。由此,不容易产生因客体材料133导致材料131的三重激发能的猝灭,可以高效地产生反系间窜越。

[0203] 注意,由于客体材料133中的单重基态到三重激发态的直接跃迁为禁戒跃迁,因此从主体材料132的S1能级(S_H)到客体材料133的T1能级(T_G)的能量转移不容易成为主要的能量转移过程。

[0204] 在发生从主体材料132的T1能级(T_H)到客体材料133的T1能级(T_G)的三重激发能的转移时,三重激发能失活(参照图3B的路径 E_3)。因此,在途径 E_3 所示的能量转移少时,可以降低客体材料133的三重激子的生成效率,可以减少热失活,所以是优选的。为此,相对于(材料131及主体材料132)的客体材料133的重量比最低,具体而言,优选为0.001以上且0.05以下,更优选为0.001以上且0.03以下,进一步优选为0.001以上且0.01以下即可。

[0205] 在主体材料132与材料131的组合是具有传输空穴的功能的材料与具有传输电子的功能的材料的组合时,能够通过调整其混合比而容易地控制载流子平衡。具体而言,具有传输空穴的功能的材料:具有传输电子的功能的材料的重量比优选在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平衡,由此也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0206] 当使发光层130具有上述结构时,可以高效地获得来自发光层130的客体材料133的发光。

[0207] <材料>

接着,下面对本发明的一个方式的发光元件的构成要素的详细内容进行说明。

[0208] 《发光层》

下面对能够用于发光层130的材料进行说明。

[0209] 《材料131》

材料131的S1能级与T1能级的能量差优选为小。具体而言,S1能级与T1能级的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。作为这种材料可以举出热活化延迟荧光材料。作为热活化延迟荧光材料适合使用实施方式1所示的化合物。

[0210] 注意,只要材料131的S1能级与T1能级的能量差小,就可以不具有发射热活化延迟荧光的功能。

[0211] 《客体材料133》

作为客体材料133没有特别的限制,但是优选使用蒽衍生物、并四苯衍生物、蒽(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、茈衍生物、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,例如可以使用如下材料中的任一个。

[0212] 作为该材料,可以举出5,6-双[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒎基)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]苊-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]苊-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-叔丁苯基)苊-1,6-二胺(简称:1,6tBu-FLPAPrn)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-3,8-二环己基苊-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-蒎基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒎基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒎基)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-蒎基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒎-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-蒎基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒎基)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]苊(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒎基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-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-蒎基]-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-苯基蒎-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒎-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素6、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、2,8-二叔丁基-5,11-双(4-叔丁苯基)-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-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)苊并[1,2-a]荧蒎-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTI)、2-{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTB)、2-(2,6-双{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:BisDCM)、2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:BisDCJTM)、5,10,15,20-四苯基双苯并(tetraphenylbisbenzo)[5,6]茛并[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]芘等。

[0213] 如上所述,从材料131向客体材料133(荧光材料)的基于德克斯特机理的能量转移效率优选低。德克斯特机理的速度常数与两个分子间的距离的指数函数成反比。一般而言,当两个分子间的距离为1nm以下时德克斯特机理占优势,当两个分子间的距离为1nm以上时福斯特机理占优势。因此,为了降低基于德克斯特机理的能量转移效率,优选增大材料131

与客体材料133 (荧光材料) 之间的距离, 具体而言, 其距离优选为0.7nm以上, 更优选为0.9nm以上, 进一步优选为1nm以上。从上述观点来看, 客体材料133 (荧光材料) 优选具有阻碍主体材料131的接近的取代基。作为该取代基优选使用脂肪烃, 更优选使用烷基, 进一步优选使用具有支链的烷基。具体而言, 客体材料133优选包括至少两个碳原子数为2以上的烷基。或者, 客体材料133优选包括至少两个碳原子数为3以上且10以下的具有支链的烷基。或者, 客体材料133 (荧光材料) 优选包括至少两个碳原子数为3以上且10以下的具有环烷基。

[0214] 优选以材料131的发光峰值与客体材料133 (荧光材料) 的最长波长一侧 (低能量一侧) 的吸收带重叠的方式选择材料131及客体材料133 (荧光材料)。由此, 可以实现一种发光效率得到显著提高的发光元件。

[0215] 《主体材料132》

对能够用于主体材料132的化合物没有特别的限制, 除了锌、铝类金属配合物以外还可以举出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲咯啉衍生物等。作为其他例子, 可以举出芳香胺或唑衍生物等。

[0216] 另外, 作为主体材料132可以使用如下空穴传输性材料及电子传输性材料中的一个。

[0217] 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, 可以使用芳香胺、唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0218] 作为空穴传输性高的材料, 例如, 可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-对苯二胺 (简称: DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]联苯 (简称: DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺 (简称: DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]苯 (简称: DPA3B) 等。

[0219] 作为唑衍生物, 具体而言, 可以举出3-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑 (简称: PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑 (简称: PCzDPA2)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咪唑 (简称: PCzTPN2)、3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑 (简称: PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑 (简称: PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑 (简称: PCzPCN1) 等。

[0220] 作为咪唑衍生物, 还可以举出4,4'-二(N-咪唑基)联苯 (简称: CBP)、1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯 (简称: TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咪唑 (简称: CzPA)、1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0221] 作为芳烃, 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、花、2,5,8,11-四(叔丁基)花等。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。如此,更优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率且碳原子数为14至42的芳烃。

[0222] 芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如,可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0223] 另外,也可以使用聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酸酰胺](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。

[0224] 作为空穴传输性高的材料,例如,可以使用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(咔唑-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-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)胺(简称:PCA1BP)、N,N'-双(9-苯基咔唑-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-苯基咔唑-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-咔唑-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-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-咔唑-3-基)苯基]苄-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联苄-2-胺(简称:PCBASF)、2-[N-(9-苯基咔唑-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-咔唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(简称:YGA1BP)、N,N'-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基苄-2,7-二胺(简称:YGA2F)等芳香族胺化合物等。另外,可以使用3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)、1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、3,6-二(9H-咔唑-9-基)-9-苯基-9H-咔唑(简称:PhCzGI)、2,8-二(9H-咔唑-9-基)-二苯并噻吩(简称:Cz2DBT)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-苄-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-苄-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-(三苯基-2-基)苯基]二苯并噻吩(简称:mDBTTP-II)等胺化合物、咪唑化合物、噻吩化合物、呋喃化合物、茚化合物、三苯基化合物、菲化合物等。在此所述的物质主要是空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。但是,只要是空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述物质以外的任何物质。

[0225] 作为电子传输性材料,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料。作为容易接收电子的材料(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 电子型杂芳族或金属配合物等。具体而言,可以举出包括喹啉配体、苯并喹啉配体、噻唑配体或噻唑配体的金属配合物、噻二唑衍生物、三唑衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物等。

[0226] 例如,可以使用包含具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等的层,如有三(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,除此之外,还可以使用如双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有噻唑基类、噻唑类配体的金属配合物等。再者,除了金属配合物以外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基)-1,3,4-噻二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基)-1,3,4-噻二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噻二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基)-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-咔唑(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:mDBTBI-II)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)等杂环化合物;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-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-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)、2-[3-[3-(3,9'-联-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzCzPDBq)、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)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等具有二噻骨架的杂环化合物;PCCzPTzn等具有三噻骨架的杂环化合物;3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)等具有吡啶骨架的杂环化合物;4,4'-双(5-甲基苯并噻唑基-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)等杂芳族化合物。在上述杂环化合物中,具有二噻(嘧啶、吡嗪、哒嗪)骨架或吡啶骨架的杂环化合物稳定且可靠性良好,所以是优选的。尤其是,具有上述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。另外,还可以使用高分子化合物诸如聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)。在此所述的物质主要是电子迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要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物

质。

[0227] 发光层130也可以由两层以上的多个层形成。例如,在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层130的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。

[0228] 在发光层130中也可以包括材料131、主体材料132及客体材料133以外的材料。

[0229] 注意,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光层130。除了上述材料以外,发光层130也可以包含量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0230] 作为构成量子点的材料,可以举出第十四族元素、第十五族元素、第十六族元素、包含多个第十四族元素的化合物、第四族至第十四族的元素和第十六族元素的化合物、第二族元素和第十六族元素的化合物、第十三族元素和第十五族元素的化合物、第十三族元素和第十七族元素的化合物、第十四族元素和第十五族元素的化合物、第十一族元素和第十七族元素的化合物、氧化铁类、氧化钛类、硫系尖晶石(spinel chalcogenide)类、各种半导体簇等。

[0231] 具体而言,可以举出硒化镉(CdSe)、硫化镉(CdS)、碲化镉(CdTe)、硒化锌(ZnSe)、氧化锌(ZnO)、硫化锌(ZnS)、碲化锌(ZnTe)、硫化汞(HgS)、硒化汞(HgSe)、碲化汞(HgTe)、砷化铟(InAs)、磷化铟(InP)、砷化镓(GaAs)、磷化镓(GaP)、氮化铟(InN)、氮化镓(GaN)、铋化铟(InSb)、铋化镓(GaSb)、磷化铝(AlP)、砷化铝(AlAs)、铋化铝(AlSb)、硒化铅(II)(PbSe)、碲化铅(II)(PbTe)、硫化铅(II)(PbS)、硒化铟(In₂Se₃)、碲化铟(In₂Te₃)、硫化铟(In₂S₃)、硒化镓(Ga₂Se₃)、硫化砷(III)(As₂S₃)、硒化砷(III)(As₂Se₃)、碲化砷(III)(As₂Te₃)、硫化铋(III)(Sb₂S₃)、硒化铋(III)(Sb₂Se₃)、碲化铋(III)(Sb₂Te₃)、硫化铋(III)(Bi₂S₃)、硒化铋(III)(Bi₂Se₃)、碲化铋(III)(Bi₂Te₃)、硅(Si)、碳化硅(SiC)、锗(Ge)、锡(Sn)、硒(Se)、碲(Te)、硼(B)、碳(C)、磷(P)、氮化硼(BN)、磷化硼(BP)、砷化硼(BAs)、氮化铝(AlN)、硫化铝(Al₂S₃)、硫化钡(BaS)、硒化钡(BaSe)、碲化钡(BaTe)、硫化钙(CaS)、硒化钙(CaSe)、碲化钙(CaTe)、硫化铍(BeS)、硒化铍(BeSe)、碲化铍(BeTe)、硫化镁(MgS)、硒化镁(MgSe)、硫化锗(GeS)、硒化锗(GeSe)、碲化锗(GeTe)、硫化锡(IV)(SnS₂)、硫化锡(II)(SnS)、硒化锡(II)(SnSe)、碲化锡(II)(SnTe)、氧化铅(II)(PbO)、氟化铜(I)(CuF)、氯化铜(I)(CuCl)、溴化铜(I)(CuBr)、碘化铜(I)(CuI)、氧化铜(I)(Cu₂O)、硒化铜(I)(Cu₂Se)、氧化镍(II)(NiO)、氧化钴(II)(CoO)、硫化钴(II)(CoS)、四氧化三铁(Fe₃O₄)、硫化铁(II)(FeS)、氧化锰(II)(MnO)、硫化钼(IV)(MoS₂)、氧化钒(II)(VO)、氧化钒(IV)(VO₂)、氧化钨(IV)(WO₂)、氧化钽(V)(Ta₂O₅)、氧化钛(TiO₂、Ti₂O₅、Ti₂O₃、Ti₅O₉等)、氧化锆(ZrO₂)、氮化硅(Si₃N₄)、氮化锗(Ge₃N₄)、氧化铝(Al₂O₃)、钛酸钡(BaTiO₃)、硒化镉的化合物(CdZnSe)、铟砷磷的化合物(InAsP)、碲化镉的化合物(CdSeS)、碲化镉的化合物(CdSeTe)、铟镓砷的化合物(InGaAs)、铟镓硒的化合物(InGaSe)、铟硒硫化物(InSeS)、铜铟硫的化合物(例如,CuInS₂)以及它们的组合等,但是不局限于此。此外,也可以使用以任意比率表示组成的所谓的合金型量子点。例如,因为由CdS_xSe_{1-x}(x为0至1的任意数)表示的合金型量子点可以通过改变x的比率来改变发光波长,所以合金型量子点是有效于得到蓝色发光的手段之一。

[0232] 作为量子点的结构,有核型量子点、核壳(Core Shell)型量子点、核多壳(Core Multishell)型量子点等中的任一个。注意,当通过使用覆盖核且具有更宽的带隙的其他无

机材料来形成壳时,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,所以优选使用核壳型量子点或核多壳型量子点。作为壳的材料例子,可以举出硫化锌(ZnS)或氧化锌(ZnO)。

[0233] 由于在量子点中表面原子的比例高,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、聚氧乙烯硬脂基醚、聚氧乙烯硬脂基醚等的聚氧乙烷基醚类;三丙基膦、三丁基膦、三己基膦、三辛基膦等的三烷基膦类;聚氧乙烯n-辛基苯基醚、聚氧乙烯n-壬基苯基醚等的聚氧乙烷基苯基醚类;三(n-己基)胺、三(n-辛基)胺、三(n-癸基)胺等的叔胺类;三丙基氧化膦、三丁基氧化膦、三己基氧化膦、三辛基氧化膦、三癸基氧化膦等的有机磷化合物;聚乙二醇二月桂酸酯、聚乙二醇二硬脂酸酯等的聚乙二醇二酯类;吡啶、卢惕啶、紫堇定酚、喹啉类等的含氮芳香化合物等的有机氮化合物;己基胺、辛基胺、癸基胺、十二烷基胺、十四烷基胺、十六烷基胺、十八烷基胺等的氨基链烷类;二丁基硫醚等的二烷基硫醚类;二甲亚砜、二丁亚砜等的二烷亚砜类;噻吩等的含硫芳香化合物等的有机硫化合物;棕榈酸、硬脂酸、油酸等的高级脂肪酸;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。

[0234] 量子点也可以是棒状的量子点的量子杆。因为量子杆呈现向c轴方向偏振的具有指向性的光,所以通过将量子杆用作发光材料,可以得到具有高外部量子效率的发光元件。

[0235] 在作为发光层的发光材料使用量子点的情况下,该发光层的厚度为3nm至100nm,优选为10nm至100nm,发光层所包含的量子点的比率为1vol.%至100vol.%。注意,优选只由量子点形成发光层。在形成将该量子点用作发光材料而将其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。

[0236] 作为用于湿式法的液体介质,例如可以使用:甲乙酮、环己酮等的酮类;乙酸乙酯等的甘油脂肪酸酯类;二氯苯等的卤化芳烃类;甲苯、二甲苯、均三甲苯、环己基苯等的芳烃类;环己烷、十氢化萘、十二烷等的脂肪族芳烃类;二甲基甲酰胺(DMF)、二甲亚砜(DMSO)等的有机溶剂。

[0237] 《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亚苯基二胺衍生物等。另外,也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物,典型的是:作为被自掺杂的聚噻吩的聚(乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)等。

[0238] 作为空穴注入层111,也可以使用具有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,可以举出酞二甲

烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮杂苯并菲衍生物等有机受体。具体而言,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: F_4 -TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(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、氧化铪等。特别优选使用氧化钼,因为其在大气中也稳定,吸湿性低,并且容易处理。

[0239] 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、二苯乙烯衍生物等中的任一个。此外,上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0240] 《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的材料所例示的空穴传输性材料中的任一个。空穴传输层112具有将注入到空穴注入层111的空穴传输到发光层130的功能,所以优选具有与空穴注入层111的HOMO能级相同或接近的HOMO能级。

[0241] 作为空穴传输性材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。但是,只要是空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述物质以外的任何物质。另外,包括具有高空穴传输性的物质的层不限于单层,还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0242] 《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。作为电子传输性材料,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料。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。具体而言,可以举出作为可用于发光层130的电子传输性材料而举出的包括喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体或噻唑配体的金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物等。另外,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,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何物质。电子传输层118不限于单层,还可以层叠两层以上的包含上述物质的层。

[0243] 另外,还可以在电子传输层118与发光层130之间设置控制电子载流子的移动的层。该控制电子载流子的移动的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移动,可以调节载流子平衡。这种结构对抑制因电子穿过发光层而引起的问题(例如元件寿命的下降)发挥很大的效果。

[0244] 此外,也可以使用n型化合物半导体,例如可以使用氧化钛(TiO_2)、氧化锌(ZnO)、氧化硅(SiO_2)、氧化锡(SnO_2)、氧化钨(WO_3)、氧化钽(Ta_2O_3)、钛酸钡(BaTiO_3)、锆酸钡(BaZrO_3)、氧化锆(ZrO_2)、氧化铪(HfO_2)、氧化铝(Al_2O_3)、氧化钇(Y_2O_3)、硅酸锆(ZrSiO_4)等的氧化物;氮化硅(Si_3N_4)等的氮化物;硫化镉(CdS) ;硒化锌(ZnSe) ;及硫化锌(ZnS)等。

[0245] 《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族金属或这些金属中的任一个的氧化物、卤化物、碳酸盐等。另外,也可以使用上述电子传输性材料和具有对电子传输性材料供应电子的特性的材料的复合材料。作为具有供电子特性的材料,可以举出第1族金属、第2族金属或这些金属中的任一个的氧化物等。具体而言,可以使用氟化锂(LiF)、氟化钠(NaF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF_2)及锂氧化物(LiO_x)等碱金属、碱土金属或这些金属的化合物。另外,可以使用氟化铒(ErF_3)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,例如可以举出对钙和铝的混合氧化物以高浓度添加电子的物质等。另外,也可以将能够用于电子传输层118的物质用于电子注入层119。

[0246] 另外,也可以将有机化合物与电子给体(供体)混合形成的复合材料用于电子注入层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(金属配合物、杂芳族化合物等)。作为电子给体,只要是对有机化合物呈现电子供给性的物质即可。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、钇、镱等。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、钡氧化物等。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。

[0247] 注意,上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层都可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等方法形成。此外,作为上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层,除了上述材料之外,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0248] 《一对电极》

电极101及电极102被用作发光元件的阳极或阴极。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。

[0249] 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,可以举出包含铝(Al)或包含Al的合金等。作为包含Al的合金,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)的合金等,例如为包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金等。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,也可以使用银(Ag)、包含Ag、N(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)的合金等。作为包含银的合金,例如可以举出如下合金: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。除了上述材料以外,可以使用钨、铬(Cr)、钼(Mo)、铜及钛等的过渡金属。

[0250] 从发光层发射的光透过电极101和电极102中的一个或两个被提取。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,可以举出可见光的透过率为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。

[0251] 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,可以举出可见光的反射率为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,可以使用具有导电性的金属、合金和导电性化合物中的一种或多种。具体而言,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(简称: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。另外,可以使用具有透过光的程度(优选为1nm以上且30nm以下的厚度)的厚度的金属膜。作为金属,例如可以使用Ag、Ag及Al、Ag及Mg、Ag及Au以及Ag及Yb等的合金等。

[0252] 在本说明书等中,作为具有透光的功能的材料,使用具有使可见光透过的功能且具有导电性的材料即可。例如有上述以ITO(Indium Tin Oxide)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,例如可以举出包含混合有机化合物与电子给体(供体)而成的复合材料、包含混合有机化合物与电子受体(受体)而成的复合材料等。另外,也可以使用石墨烯等无机碳类材料。另外,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。

[0253] 另外,可以通过层叠多个上述材料形成电极101和/或电极102。

[0254] 此外,为了提高光提取效率,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,可以为具有导电性的材料或不具有导电性的材料。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。作为有机物,例如可以举出作为发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层或电子注入层例示出的材料。另外,也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,也可以使用上述折射率高的材料并层叠多个具有几nm至几十nm厚的层。

[0255] 当电极101或电极102被用作阴极时,优选使用功函数低(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)、包含上述元素中的任一个的合金(例如,Ag及Mg或Al及Li)、铕(Eu)或Yb等稀土金属、包含上述稀土金属中的任一个的合金、包含铝、银的合金等。

[0256] 当电极101或电极102被用作阳极时,优选使用功函数高(4.0eV以上)的材料。

[0257] 此外,电极101及电极102也可以采用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光谐振而增强该波长的光,所以是优选的。

[0258] 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、MBE(Molecular Beam Epitaxy:分子束外延)法、CVD法、脉冲激光沉积法、ALD(Atomic Layer Deposition:原子层沉积)法等。

[0259] 《衬底》

本发明的一个方式的发光元件可以在玻璃、塑料等的衬底上制造。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。

[0260] 作为在其上能够形成本发明的一个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,也可以使用柔性衬底。柔性衬底是可以弯曲的衬底,例如由聚碳酸酯、聚芳酯制成的塑料衬底等。另外,可以使用薄膜、无机蒸镀薄膜等。只要在发光元件或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或光学元件的功能,就可以使用

其他材料。

[0261] 例如,在本发明等中,可以使用各种衬底中的任一个形成发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子,例如可以使用半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状的材料纸或者基材薄膜等。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,可以举出如下例子。例如,可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料。或者,作为例子,可以举出丙烯酸树脂等树脂等。或者,作为例子,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。或者,作为例子,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。

[0262] 另外,也可以作为衬底使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成发光元件。或者,也可以在衬底与发光元件之间设置剥离层。当剥离层上制造发光元件的一部分或全部,然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,也可以将发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。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等。

[0263] 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(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(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。当采用这些衬底时,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。

[0264] 另外,也可以在上述衬底中的任一个上例如形成场效应晶体管(FET),并且在与FET电连接的电极上形成发光元件150。由此,可以制造通过FET控制发光元件150的驱动的有源矩阵型显示装置。

[0265] 在实施方式3中,描述了本发明的一个方式。另外,在实施方式1、2以及4至13中,将描述本发明的一个方式。但是,本发明的一个方式不局限于此。就是说,在实施方式1至13中记载各种各样的发明的方式,由此本发明的一个方式不局限于特定的方式。虽然示出了将本发明的一个方式用于发光元件的例子,但是本发明的一个方式不局限于此。例如,根据情况或状况,也可以不将本发明的一个方式用于发光元件。例如,虽然在本发明的一个方式中示出具有联咔唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物为热活化延迟荧光材料的情况,但是本发明的一个方式不局限于此。根据情况或状况,在本发明的一个方式中,例如该化合物也可以不是热活化延迟荧光材料。例如,虽然在本发明的一个方式中示出具有联咔唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物中的S1能级与T1能级的能量差大于0eV且为0.3eV以下的情况,但是本发明的一个方式不局限于此。根据情况或状况,在本发明的一个方式中,例如该化合物的S1能级与T1能级的能量差也可以大于0.3eV。例如,虽然在本发明的一个方式中示出EL层包含具有联咔唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的情况,但是本发明的一个方式不局限于此。根据情况或状况,在本发明的一个方式中,例如EL层也可以不包含具有联咔唑骨架以及

苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。或者, EL层包含不具有联吡唑骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。

[0266] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

[0267] 实施方式4

在本实施方式中, 参照图4A至图4C、图5A及图5B对具有与实施方式3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。注意, 在图4A中使用与图1A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, 具有与图1A所示的功能相同的功能的部分由相同的附图标记表示, 有时省略其详细说明。

[0268] <发光元件的结构实例1>

图4A是本发明的一个方式的发光元件152的截面示意图。

[0269] 发光元件152包括一对电极(电极101及电极102)以及该一对电极间的EL层100。EL层100至少包括发光层135。

[0270] 注意, 假设在发光元件152中电极101被用作阳极且电极102被用作阴极来下面将进行说明, 但是发光元件152的结构也可以为与此相反的结构。

[0271] 图4B是示出图4A所示的发光层135的一个例子的截面示意图。图4B所示的发光层135包括材料131及客体材料134。

[0272] 作为客体材料134, 使用发光性有机材料即可, 作为该发光性有机材料, 优选使用能够发射磷光的材料(下面, 也称为磷光材料)。在下面的说明中, 说明作为客体材料134使用磷光材料的结构。此外, 也可以将客体材料134换称为磷光材料。

[0273] 图4C示出材料131及客体材料134的能级相关。图4C中的记载及符号表示的是如下:

TADF (131): 材料131;

Guest (134): 客体材料134 (磷光材料);

S_A : 材料131的S1能级;

T_A : 材料131的T1能级; 以及

T_{PG} : 客体材料134 (磷光材料) 的T1能级。

[0274] 在发光层130中载流子复合, 在材料131中产生单重激发态及三重激发态。

[0275] 通过将材料131的单重激发能及三重激发能的双方转移到客体材料134 (磷光材料) 的T1能级(T_{PG}), 可以从客体材料134获得发光(参照图4C的路径 E_1 及 E_2)。

[0276] 材料131的T1能级(T_A) 优选比客体材料134的T1能级(T_{PG}) 高。由此, 在T1能级的关系为如上时, 可以将材料131的单重激发能及三重激发能从材料131的S1能级(S_A) 及T1能级(T_A) 转移到客体材料134的T1能级(T_{PG})。

[0277] 当使发光层130具有上述结构时, 可以高效地获得来自发光层130中的客体材料134 (磷光材料) 的发光。

[0278] 注意, 当在材料131中产生载流子复合时, 为了降低发光元件152的驱动电压, 优选使材料131的S1能级与T1能级的能量差小。因此, 优选在上述实施方式1中说明的具有联吡唑骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本发明的一个方式的化合物用作材料131。在本实施方式中, 材料131不一定必须使从 T_A 向 S_A 的反系间窜越效率及来自 S_A 的发光量子产率高, 因此也可以不发射热活化延迟荧光。

[0279] 此外,作为材料131与客体材料134的分子间的能量转移过程的机理,与实施方式3同样地可以用福斯特机理(偶极-偶极相互作用)和德克斯特机理(电子交换相互作用)的两个机理进行说明。关于福斯特机理和德克斯特机理,可以参照实施方式3。

[0280] 《用来提高能量转移的概念》

在基于福斯特机理的能量转移中,作为能量转移效率 ϕ_{ET} ,发光量子产率 ϕ (在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光量子产率)优选高。另外,材料131的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱)与客体材料134的吸收光谱(相当于从单重基态到三重激发态的迁移的吸收)的重叠优选大。再者,客体材料134的摩尔吸光系数优选高。这意味着材料131的发射光谱与呈现在客体材料134的最长波长一侧的吸收带重叠。

[0281] 在基于德克斯特机理的能量转移中,为了增大速度常数 $k_{h\rightarrow g}$,材料131的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱)与客体材料134的吸收光谱(相当于从单重基态到三重激发态的迁移的吸收)的重叠优选大。因此,能量转移效率的最优化可以通过使材料131的发射光谱与呈现在客体材料134的最长波长一侧的吸收带重叠而实现。

[0282] <发光元件的结构实例2>

接着,参照图5A及图5B说明具有与上述结构不同的结构的发光元件。在本结构实例中,与上述构成要素相同的结构的详细内容可以参照上述结构实例。

[0283] 图5A是示出图4A所示的发光层135的一个例子的截面示意图。图5A所示的发光层135至少包括材料131、主体材料132、客体材料134。

[0284] 在发光层135中,材料131或主体材料132在重量比中最多,客体材料134分散在材料131及主体材料132中。这里,说明将磷光材料用作客体材料134的结构。

[0285] 为了对材料131、主体材料132及客体材料134的能量转移过程进行说明,图5B示出说明能级相关的示意图。图5B中的记载及符号表示的是如下。图5B中的其他记载及符号是与图4C同样。

Host (132): 主体材料132

S_H : 主体材料132的S1能级

T_H : 主体材料132的T1能级

[0286] 在发光层135中载流子复合,在主体材料132中产生单重激发态及三重激发态时,所产生的单重激发态的能量可以从主体材料132的S1能级(S_H)转移到材料131的S1能级(S_A),三重激发态的能量可以从主体材料132的T1能级(T_H)转移到材料131的T1能级(T_A)。

[0287] 当通过来自主体材料132的能量转移或材料131中的载流子复合产生材料131的单重激发态及三重激发态时,与图4C中的说明内容同样,通过图5B中的路径 E_1 及路径 E_2 ,材料131的单重激发能及三重激发能的双方都转移到客体材料134的T1能级(T_{PG}),客体材料134成为三重激发态。从成为三重激发态的客体材料134获得磷光发光。

[0288] 注意,当在材料131中产生载流子复合时,为了降低发光元件152的驱动电压,优选使材料131的S1能级与T1能级的能量差小。因此,优选在上述实施方式1中说明的具有联咔唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本发明的一个方式的化合物用作材料131。在本结构实例中,材料131不一定必须使从 T_A 向 S_A 的反系间窜越效率及来自 S_A 的发光量子产率高,因此材料131也可以不发射热活化延迟荧光。

[0289] 优选的是,主体材料132的S1能级(S_H)为材料131的S1能级(S_A)以上,主体材料132

的T1能级 (T_H) 为材料131的T1能级 (T_A) 以上。由此,不容易产生因主体材料132导致的材料131的单重激发能及三重激发能的猝灭,高效地将能量转移到客体材料134。

[0290] 材料131的T1能级 (T_A) 优选比客体材料134的T1能级 (T_{pg}) 高。由此,不容易产生因客体材料134导致的材料131的三重激发能的猝灭,可以高效地产生反系间窜越。

[0291] 在主体材料132与材料131的组合是具有传输空穴的功能的材料与具有传输电子的功能的材料的组合时,能够通过调整其混合比而容易地控制载流子平衡。具体而言,具有传输空穴的功能的材料:具有传输电子的功能的材料的重量比优选在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平衡,由此也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0292] 当使发光层130具有上述结构时,可以高效地获得来自发光层130的客体材料134的发光。

[0293] <可用于发光层的材料例子>

下面对能够用于发光层135的材料进行说明。

[0294] 材料131的S1能级与T1能级的能量差优选为小。具体而言,S1能级与T1能级的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。作为该能量差小的材料可以举出热活化延迟荧光材料。作为热活化延迟荧光材料优选使用实施方式1所示的化合物。

[0295] 注意,只要材料131的S1能级与T1能级的能量差小,就可以不具有发射热活化延迟荧光的功能。

[0296] 对主体材料132没有特别的限制,可以使用锌或铝类金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲罗啉衍生物等杂芳族化合物或者芳香胺、唑衍生物等实施方式3所示的电子传输性材料及空穴传输性材料。

[0297] 《客体材料134》

作为客体材料134,可以举出铱、铈、铂类有机金属配合物或金属配合物,其中优选的是有机铱配合物,例如铱类邻位金属配合物。作为邻位金属化的配体,可以举出4H-三唑配体、1H-三唑配体、咪唑配体、吡啶配体、嘧啶配体、吡嗪配体或异喹啉配体等。作为金属配合物可以举出具有卟啉配体的铂配合物等。

[0298] 作为在蓝色或绿色处具有发射峰的物质,例如可以举出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN_2]苯基- κC }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]菲啉根(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。在上述金属配合物中,由于具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物具有高可靠性及高发光效率,所以是特别优选的。

[0299] 作为在绿色或黄色处具有发射峰的物质,例如可以举出三(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-降苈基)-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(mpppm)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-κN3]苯基-κC}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)(单菲罗啉)铽(III)(简称:Tb(acac)₃(Phen))等稀土金属配合物。在上述金属配合物中,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有高可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

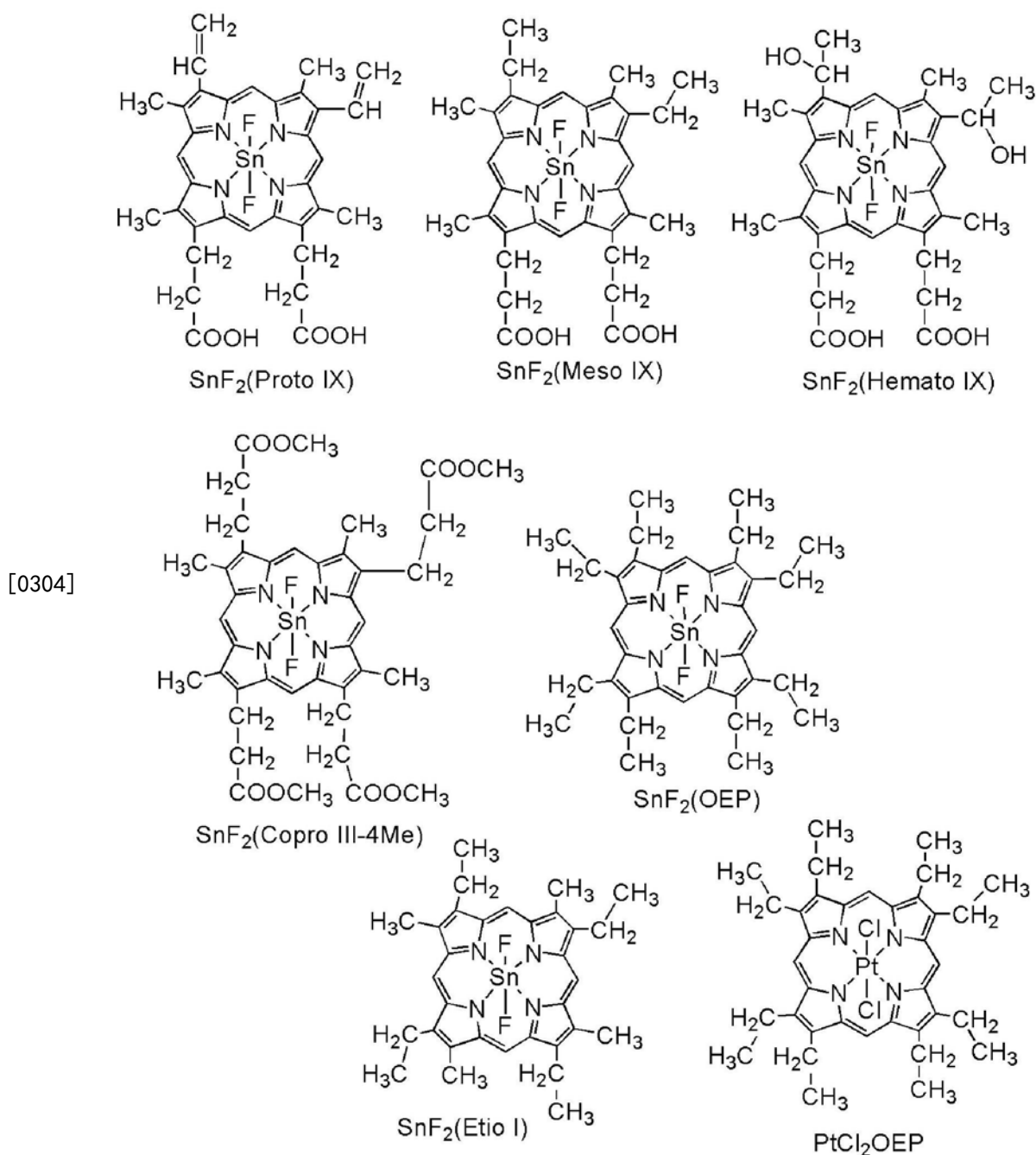
[0300] 作为在黄色或红色处具有发射峰的物质,例如可以举出(二异丁酰甲烷根)双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(dlnpm)₂(dpm))等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(2,3,5-三苯基吡嗪根)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(dpm))、(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。在上述金属配合物中,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有高可靠性

及发光效率,所以是特别优选的。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发光。

[0301] 作为发光层130所包含的发光材料,可以使用能够将三重激发能转换为发光的材料中的任一个。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,可以举出热活化延迟荧光材料。因此,可以将有关磷光材料的记载看作有关热活化延迟荧光材料的记载。热活化延迟荧光材料是指S1能级与T1能级的能量差较小且具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能的材料。因此,能够通过微小的热能量将三重激发态上转换(up-convert)为单重激发态(反系间窜越)并能够高效地呈现来自单重激发态的发光(荧光)。可以高效地获得热活化延迟荧光的条件为如下:S1能级与T1能级的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下,进一步优选大于0eV且为0.1eV以下。

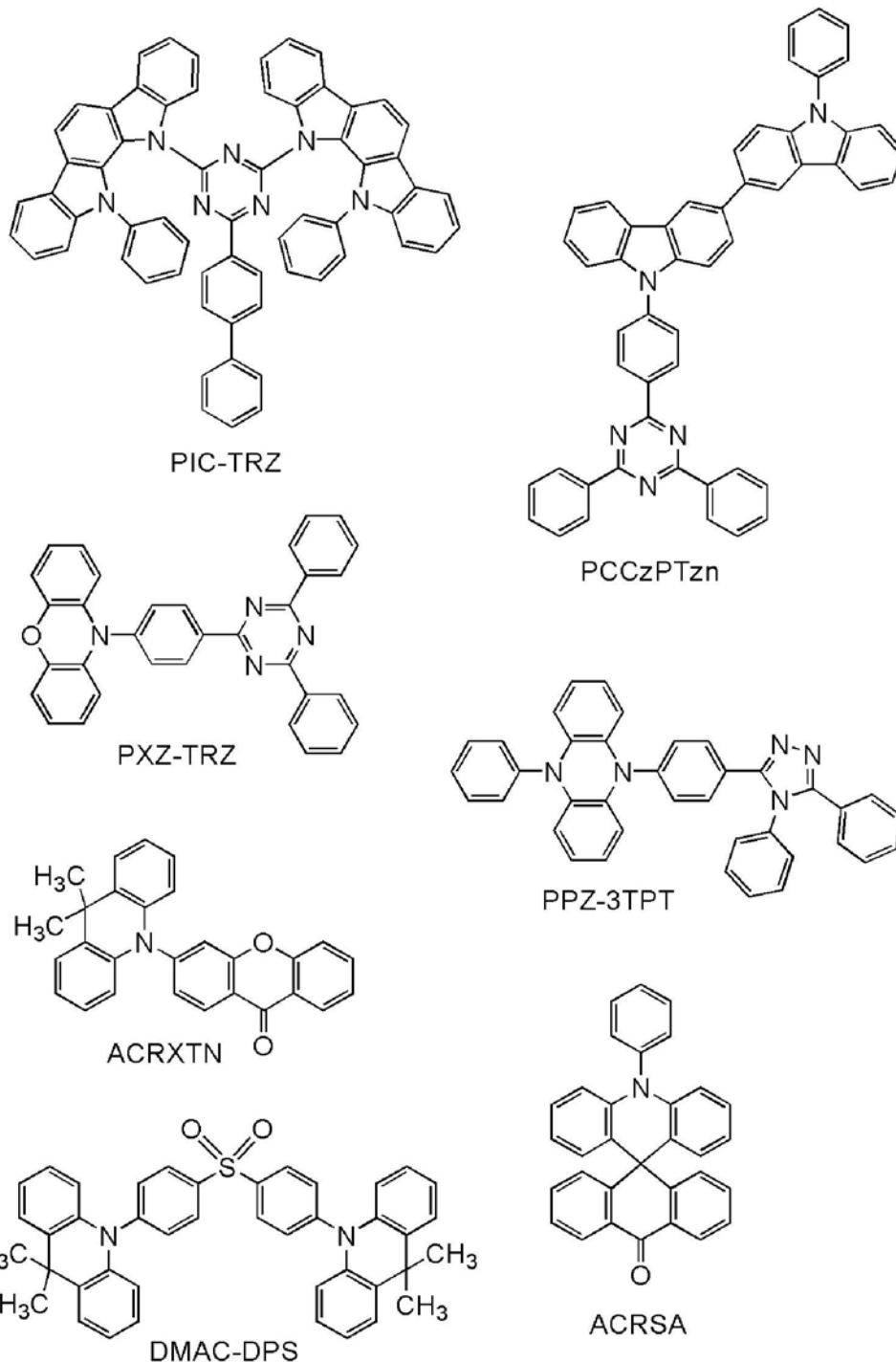
[0302] 当热活化延迟荧光材料由一种材料构成时,例如可以使用如下材料中的任一个。

[0303] 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,例如也可以举出原卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(SnF_2 (Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl_2 (OEP))等。



[0305] 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 电子型芳杂环及缺 π 电子型芳杂环的杂环化合物。具体而言,可以举出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-吡啶-3-基)-9H-吡啶-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-5,10-二氢吩恶嗪-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]硫砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'-H-螺[吡啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)等。该杂环化合物具有富 π 电子型芳杂环及缺 π 电子型芳杂环,因此电子传输性及空穴传输性高,所以是优选的。尤其是,在具有缺 π 电子型芳杂环的骨架中,二嗪骨架(嘧啶骨架、吡嗪骨架、哒嗪骨架)或三嗪骨架稳定且可靠性良好,所以是优选的。在具有富 π 电子型芳杂环的骨架中,吡啶

骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架、呋喃骨架、噻吩骨架及吡咯骨架稳定且可靠性良好,所以具有选自该骨架中的一个或多个是优选的。作为吡咯骨架,特别优选使用吲哚骨架、咔唑骨架及9-苯基-3,3'-联-9H-咔唑骨架。注意,在富 π 电子型芳杂环和缺 π 电子型芳杂环直接键合的物质中,富 π 电子型芳杂环的供体性和缺 π 电子型芳杂环的受体性都强,单重激发能级与三重激发能级的差值变小,所以是尤其优选的。



[0307] 优选以材料131的发光峰值与客体材料134(磷光材料)的三重MLCT(从金属到配体的电荷转移: Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁的吸收带(更具体而言,最长波长一侧的吸收带)重叠的方式选择材料131及客体材料134(磷光材料)。由此,可以实现一种发光效率得到显著提高的发光元件。注意,在使用热活化延迟荧光材料代替磷光材料的情况下,

最长波长一侧的吸收带优选为单重态的吸收带。

[0308] 发光层135也可以具有层叠两层以上的结构。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135的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。

[0309] 发光层135可以包括材料131、主体材料132及客体材料134以外的材料。

[0310] 注意,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光层135。此外,除了上述材料以外,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0311] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

[0312] 实施方式5

在本实施方式中,参照图6A至图6C及图7A至图7C对具有与实施方式3及实施方式4所示的发光元件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6A图6C及图7A至图7C中使用与图1A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,具有与图1A相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0313] <发光元件的结构实例1>

图6A是发光元件250的截面示意图。

[0314] 图6A所示的发光元件250在一对电极(电极101与电极102)之间具有多个发光单元(图6A中的发光单元106和发光单元108)。多个发光单元中的一个优选具有与EL层100同样的结构。也就是说,图1A至图1C至图5A及图5B所示的发光元件150及发光元件152优选具有一个发光单元,而发光元件250优选具有多个发光单元。注意,在发光元件250中,虽然对电极101为阳极且电极102为阴极时的情况进行说明,但是作为发光元件250的结构也可以采用与此相反的结构。

[0315] 在图6A所示的发光元件250中,层叠有发光单元106和发光单元108,并且在发光单元106与发光单元108之间设置有电荷产生层115。注意,发光单元106和发光单元108可以具有相同结构或不同结构。例如,优选将EL层100用于发光单元106。

[0316] 发光元件250包括发光层120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108除了发光层120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。

[0317] 电荷产生层115既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。

[0318] 当电荷产生层115包含由有机化合物与受体性物质构成的复合材料时,作为该复合材料使用可以用于实施方式3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。作为有机化合物,优选使用其空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。但是,只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用这些以外的任何物质。因为由有机化合物和受体性物质构成的复合材料具有良好的载流子注入性以及载流子传输性,所以可以实现低电压驱动以及低电流驱动。注意,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。或者,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。

[0319] 电荷产生层115也可以具有组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与由其他材料构成的层的叠层结构。例如,也可以使用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的组合形成。另外,电荷产生层115也可以使用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膜的组合形成。

[0320] 夹在发光单元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,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任何结构即可。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。

[0321] 注意,从光提取效率的观点来看,电荷产生层115优选具有可见光透射性(具体而言,电荷产生层115具有40%以上的可见光透射率)。电荷产生层115即使其导电率小于一对电极(电极101及电极102)也发挥作用。

[0322] 注意,通过使用上述材料中的任一个形成电荷产生层115,可以抑制在层叠发光层时的驱动电压的增大。

[0323] 虽然在图6A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250所示,通过在一对电极之间以由电荷产生层将其隔开的方式配置多个发光单元,可以实现在保持低电流密度的同时还可以进行高亮度发光,并且使用寿命更长的发光元件。另外,还可以实现功耗低的发光元件。

[0324] 当将具有实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物的结构用于多个单元中的至少一个单元时,可以提供一种发光效率高的发光元件。

[0325] 发光单元106所包括的发光层170优选具有实施方式3及实施方式4所示的发光层130或发光层135的结构。由此,发光元件250具有高发光效率。

[0326] 如图6B所示,发光单元106所包括的发光层120包含主体材料121和客体材料122。注意,下面以荧光材料作为客体材料122进行说明。

[0327] 《发光层120的发光机理》

下面对发光层120的发光机理进行说明。

[0328] 从一对电极(电极101及电极102)或电荷产生层注入的电子及空穴在发光层120中复合,由此生成激子。由于主体材料121所存在的量大于客体材料122,所以因激子的生成而形成主体材料121的激发态。

[0329] 当所形成的主体材料121的激发态是单重激发态时,单重激发能从主体材料121的S1能级转移到客体材料122的S1能级,由此形成客体材料122的单重激发态。

[0330] 由于客体材料122是荧光材料,所以当在客体材料122中形成单重激发态时,客体材料122会迅速地发光。此时,为了得到高发光效率,客体材料122优选具有高荧光量子产率。这在客体材料122中的载流子复合而生成的激发态为单重激发态的情况下也是同样的。

[0331] 接着,对因载流子的复合而形成主体材料121的三重激发态的情况进行说明。图6C

示出此时的主体材料121与客体材料122的能级相关。下面示出图6C中的记载及附图标记。注意,由于主体材料121的T1能级优选低于客体材料122的T1能级,所以在图6C中示出此时的情况。但是主体材料121的T1能级也可以高于客体材料122的T1能级。

[0332] Host (121): 主体材料121;

Guest (122): 客体材料122 (荧光材料);

S_{FH} : 主体材料121的S1能级;

T_{FH} : 主体材料121的T1能级;

S_{FG} : 客体材料122 (荧光材料) 的S1能级; 以及

T_{FG} : 客体材料122 (荧光材料) 的T1能级。

[0333] 如图6C所示,通过三重态-三重态湮灭(TTA: triplet-triplet annihilation)由于载流子的复合生成的三重态激子互相作用,进行激发能的供应以及自旋角动量的交换,由此产生变换为具有主体材料121的S1能级(S_{FH})的能量的单重激子的反应(参照图6C的TTA)。主体材料121的单重激发能从 S_{FH} 转移到能量比其低的客体材料122的S1能级(S_{FG}) (参照图6C的路径 E_5),形成客体材料122的单重激发态,由此客体材料122发光。

[0334] 注意,当发光层120中的三重态激子的密度充分高(例如为 $1 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ 以上)时,可以忽视单个三重态激子的失活,而仅考虑两个接近的三重态激子的反应。

[0335] 当在客体材料122中载流子复合而形成三重激发态时,由于客体材料122的三重激发态热失活,所以难以将其用于发光。然而,当主体材料121的T1能级(T_{FH})低于客体材料122的T1能级(T_{FG})时,客体材料122的三重激发态能够从客体材料122的T1能级(T_{FG})转移到主体材料121的T1能级(T_{FH}) (参照图6C的路径 E_6),然后被用于TTA。

[0336] 也就是说,主体材料121优选具有利用TTA将三重激发态转换为单重激发态的功能,由此,将在发光层120中生成的三重激发态的一部分利用主体材料121中的TTA转换为单重激发态。使该单重激发态转移到客体材料122,由此能够提取荧光发光。为此,主体材料121的S1能级(S_{FH})优选高于客体材料122的S1能级(S_{FG})。另外,主体材料121的T1能级(T_{FH})优选低于客体材料122的T1能级(T_{FG})。

[0337] 注意,尤其是当客体材料122的T1能级(T_{FG})低于主体材料121的T1能级(T_{FH})时,优选在主体材料121与客体材料122的重量比中客体材料122所占比例较低。具体而言,相对于主体材料121的客体材料122的重量比优选大于0且为0.05以下。由此,可以降低载流子在客体材料122中复合的概率。此外,还可以降低从主体材料121的T1能级(T_{FH})到客体材料122的T1能级(T_{FG})的能量转移所发生的概率。

[0338] 注意,主体材料121可以由单一的化合物或多个化合物构成。

[0339] 当发光单元106及发光单元108分别具有其发光颜色不同的客体材料时,与由发光层170的发光相比,由发光层120的发光优选具有更靠近短波长一侧的发光峰值。由于使用具有高三重激发能级的材料的发光元件有亮度劣化快的趋势,所以通过将TTA用于呈现短波长的发光的发光层,可以提供亮度劣化小的发光元件。

[0340] <发光元件的结构实例2>

图7A是发光元件252的截面示意图。

[0341] 与上述发光元件250同样地,图7A所示的发光元件252在一对电极(电极101与电极102)之间包括多个发光单元(在图7A中为发光单元106及发光单元110)。至少一个发光单元

具有与图1A所示的EL层100同样的结构。注意,发光单元106与发光单元110可以是相同的结构或不同的结构。

[0342] 在图7A所示的发光元件252中层叠有发光单元106及发光单元110,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EL层100适用于发光单元106。

[0343] 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。

[0344] 当将具有实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物的结构应用于多个单元中的至少一个单元时,可以提供一种发光效率高的发光元件。

[0345] 发光单元110的发光层优选包含磷光材料。优选的是,发光单元110所包括的发光层140包含磷光材料,发光单元106所包括的发光层170包含实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物。换言之,发光单元110所包括的发光层170优选具有实施方式3及实施方式4所示的发光层130或发光层135的结构。下面说明此时的发光元件252的结构实例。

[0346] 如图7B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。下面以磷光材料作为发光层140所包含的客体材料142进行说明。

[0347] 《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。

[0348] 发光层140所包含的有机化合物141_1及有机化合物141_2形成激基复合物。

[0349] 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。

[0350] 图7C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。下面示出图7C中的记载及附图标记:

Host (141_1):有机化合物141_1(主体材料);

Host (141_2):有机化合物141_2(主体材料);

Guest (142):客体材料142(磷光材料);

S_{PH} :有机化合物141_1(主体材料)的S1能级;

T_{PH} :有机化合物141_1(主体材料)的T1能级;

T_{PG} :客体材料142(磷光材料)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。

[0351] 有机化合物141_1与有机化合物141_2形成激基复合物,该激基复合物的S1能级(S_{PE})及T1能级(T_{PE})成为互相相邻的能级(参照图7C的路径 E_7)。

[0352] 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。或者,当有机化合物中的一个成为激发态时,通过与另一个起相互作用来迅速地形成激基复合物。由此,发光层140中的大部分的激子都作为激基复合物存在。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。

[0353] 通过将激基复合物(S_{PE})及(T_{PE})的双方的能量转移到客体材料142(磷光材料)的T1能级而得到发光(参照图7C的路径 E_8 、 E_9)。

[0354] 此外,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。在T1能级的关系为如上时,可以将所产生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})。

[0355] 注意,为了使激发能高效地从激基复合物转移到客体材料142,激基复合物的T1能级(T_{PE})优选低于或等于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})。由此,不容易产生各有机化合物(有机化合物141_1及有机化合物141_2)所导致的激基复合物的三重激发能的猝灭,而高效地发生从激基复合物向客体材料142的能量转移。

[0356] 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,能够通过调整其混合比而容易地控制载流子平衡。具体而言,具有空穴传输性的化合物:具有电子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平衡,由此也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0357] 此外,作为主体材料141(激基复合物)与客体材料142的分子间的能量转移过程的机理,与实施方式4同样地可以用福斯特机理(偶极-偶极相互作用)和德克斯特机理(电子交换相互作用)的两个机理进行说明。关于福斯特机理和德克斯特机理,可以参照实施方式3。

[0358] 为了使从主体材料(激基复合物)的单重激发态到客体材料142的三重激发态的能量转移容易产生,优选的是,该激基复合物的发射光谱与客体材料142的在最长波长一侧(低能量一侧)的吸收带重叠。由此,可以提高客体材料142的三重激发态的产生效率。

[0359] 当使发光层140具有上述结构时,可以高效地获得来自发光层140的客体材料142(磷光材料)的发光。

[0360] 注意,在本说明书等中,有时将上述路径 E_7 、 E_8 及 E_9 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,产生从激基复合物到客体材料142的激发能的供应。在此情况下,不一定必须使从 T_{PE} 向 S_{PE} 的反系间窜越的效率及由 S_{PE} 的发光量子产率高,因此可以选择的材料更多。

[0361] 注意,优选的是,与来自发光层140的发光相比,来自发光层170的发光在更短波长一侧具有发光峰值。由于使用呈现短波长的发光的磷光材料的发光元件有亮度劣化快的趋势,所以通过作为短波长的发光采用荧光发光可以提供一种亮度劣化小的发光元件。

[0362] 注意,在上述各结构中,用于发光单元106及发光单元108或发光单元106及发光单元110的客体材料所呈现的发光颜色既可以相同又可以不同。当发光单元106及发光单元108或发光单元106及发光单元110包含具有呈现相同颜色的功能的客体材料时,发光元件250及发光元件252成为以小电流值呈现高发光亮度的发光元件,所以是优选的。当发光单元106及发光单元108或发光单元106及发光单元110包含具有呈现彼此不同颜色的发光的功能的客体材料时,发光元件250及发光元件252成为呈现多色发光的发光元件,所以是优选的。此时,由于当作为发光层120和发光层170中的一个或两个或者发光层140和发光层

170中的一个或两个使用发光波长不同的多个发光材料时,具有不同发光峰值的光合成从发光元件250及发光元件252发射的光。因此发光元件250及发光元件252所呈现的发射光谱具有至少两个极大值。

[0363] 上述结构适合用来获得白色发光。当使发光层120与发光层170或发光层140与发光层170的光为互补色的关系时,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、蓝色的发光的方式选择客体材料。

[0364] 此外,也可以将发光层120、发光层140、发光层170中的至少一个进一步分割为层状并使该被分割的层的每一个都含有不同的发光材料。也就是说,发光层120、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,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。在此情况下,第一发光层所包含的发光材料可以与第二发光层所包含的发光材料相同或不同。另外,该材料可以具有发射相同颜色的光或不同颜色的光的功能。通过采用具有呈现彼此不同颜色的发光的功能的多个发光材料的结构,也可以得到由三原色或四种以上的发光颜色构成的演色性高的白色发光。

[0365] <可用于发光层的材料例子>

下面,对可用于发光层120、发光层140及发光层170的材料进行说明。

[0366] 《可用于发光层120的材料》

在发光层120中,主体材料121的重量比最大,客体材料122(荧光材料)分散在主体材料121中。优选主体材料121的S1能级比客体材料122(荧光材料)的S1能级高,且主体材料121的T1能级比客体材料122(荧光材料)的T1能级低。

[0367] 在发光层120中,虽然对客体材料122没有特别限制,但是例如可以使用在实施方式3中作为客体材料133所例示的材料中的任一个。

[0368] 虽然对能够用于发光层120中的主体材料121的材料没有特别的限制,但是例如可以使用如下材料中的任一个: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)、双[2-(2-苯并恶唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)等杂环化合物;4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB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'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等芳香胺化合物。另外,可以举出蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、蒽(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]蒽(chrysene)衍生物等缩合多环芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)。具体地,可以举出9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:DPhPA)、4-(9H-咔

唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯基-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)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙稀-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)以及1,3,5-三(1-萘基)苯(简称:TPB3)等。从这些物质及已知的物质中选择一种或多种具有比上述客体材料122的能隙大的能隙的物质即可。此外,可以使用实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物。

[0369] 发光层120也可以具有两层以上的多个层的结构。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120的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用于第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用于第二发光层的主体材料。

[0370] 在发光层120中,主体材料121既可以由一种化合物构成,又可以由多个化合物构成。或者,发光层120也可以包含主体材料121及客体材料122以外的材料。

[0371] 《可用于发光层140的材料》

在发光层140中,主体材料141的重量比最大,客体材料142(磷光材料)分散于主体材料141中。发光层140的主体材料141(有机化合物141_1和有机化合物141_2)的T1能级优选高于客体材料142的T1能级。

[0372] 作为有机化合物141_1,除了锌、铝类金属配合物以外还可以举出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲罗啉衍生物等。作为其他例子,可以举出芳香胺或咔唑衍生物等。具体而言,可以使用实施方式3所示的电子传输性材料及空穴传输性材料。

[0373] 作为有机化合物141_2,优选使用可以与有机化合物141_1组合形成激基复合物的材料。具体而言,可以使用实施方式3所示的电子传输性材料及空穴传输性材料。此时,优选以有机化合物141_1与有机化合物141_2所形成的激基复合物的发光峰值与客体材料142(磷光材料)的三重MLCT(从金属到配体的电荷转移: Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁的吸收带(具体为最长波长一侧的吸收带)重叠的方式选择有机化合物141_1、有机化合物141_2及客体材料142(磷光材料)。由此,可以实现一种发光效率得到显著提高的发光元件。注意,在使用热活化延迟荧光材料代替磷光材料的情况下,最长波长一侧的吸收带优选为单重态的吸收带。实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物由于具有供体性强的骨架及受体性强的骨架,所以适合用作有机化合物141_1和有机化合物141_2中的一个。

[0374] 作为客体材料142(磷光材料),可以举出铱、铕、铂类有机金属配合物或金属配合物,其中优选的是有机铱配合物,例如铱类邻位金属配合物。作为邻位金属化的配体,可以举出4H-三唑配体、1H-三唑配体、咪唑配体、吡啶配体、嘧啶配体、吡嗪配体或异喹啉配体等。作为金属配合物可以举出具有卟啉配体的铂配合物等。具体而言,可以使用在实施方式4中作为客体材料134所例示的材料。

[0375] 作为发光层140所包含的发光材料,使用能够将三重激发能转换为发光的任何材料即可。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,可以举出热活化延迟荧光材料。因此,可以将有关磷光材料的记载看作有关热活化延迟荧光材料的记载。

[0376] 另外,显示热活化延迟荧光的材料既可以是能够单独从三重激发态通过反系间窜越生成单重激发态的材料,又可以由形成激基复合物(也称为Exciplex)的多个材料构成。

[0377] 当热活化延迟荧光材料由一种材料构成时,具体而言,可以使用实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物和实施方式4所示的热活化延迟荧光材料中的任一个。

[0378] 当作为主体材料使用热活化延迟荧光材料时,优选组合形成激基复合物的两种化合物而使用。此时,特别优选使用上述容易接收电子的化合物及容易接收空穴的化合物的组合,该组合形成激基复合物。

[0379] 《可用于发光层170的材料》

作为能够用于发光层170的材料,援用能够用于上述实施方式3或上述实施方式4所示的发光层的材料,或者使用实施方式1所示的本发明的一个方式的化合物即可。由此,可以制造发光效率高的发光元件。

[0380] 对包含在发光层120、发光层140及发光层170的发光材料的发光颜色没有限制,它们可以分别相同或不同。来自各材料的发光被混合并提取到元件的外部,因此例如当两个发光颜色处于呈现互补色的关系时,发光元件可以发射白色光。

[0381] 注意,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光单元106、发光单元108、发光单元110及电荷产生层115。

[0382] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

[0383] 实施方式6

在本实施方式中,参照图8A及图8B、图9A及图9B、图10A至图10C以及图11A至图11C说明具有与实施方式3至实施方式5所示的结构不同的结构的发光元件的例子。

[0384] <发光元件的结构实例1>

图8A及图8B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图8A及图8B中使用与图1A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,具有与图1A所示的功能相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0385] 图8A及图8B所示的发光元件260a及发光元件260b既可以是经过衬底200提取光的底部发射型发光元件,也可以是将光提取到与衬底200相反的方向的顶部发射型发光元件。注意,本发明的一个方式并不局限于此,也可以是将发光元件所发射的光提取到衬底200的上方及下方的双方的双发射(dual-emission)型发光元件。

[0386] 当发光元件260a及发光元件260b是底部发射型发光元件时,电极101优选具有透过光的功能且电极102优选具有反射光的功能。或者,当发光元件260a及发光元件260b是顶部发射型发光元件时,电极101优选具有反射光的功能且电极102优选具有透过光的功能。

[0387] 发光元件260a及发光元件260b在衬底200上包括电极101及电极102。在电极101与电极102之间包括发光层123B、发光层123G及发光层123R。另外,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。

[0388] 作为电极101的结构的一部分,发光元件260b包括导电层101a、导电层101a上的导电层101b、导电层101a下的导电层101c。也就是说,发光元件260b包括具有导电层101a被导

电层101b与导电层101c夹持的结构的电极101。

[0389] 在发光元件260b中,导电层101b与导电层101c既可以由不同的材料形成,又可以由相同的材料形成。当电极101具有导电层101a被相同的导电性材料夹持的结构时,容易通过电极101的形成过程中的蚀刻工序进行图案形成,所以是优选的。

[0390] 在发光元件260b中,也可以包括导电层101b和导电层101c中的一个。

[0391] 电极101所包括的导电层101a、101b、101c都可以使用与实施方式3所示的电极101或电极102同样的结构及材料。

[0392] 在图8A及图8B中,在被电极101与电极102夹持的区域221B、区域221G与区域221R之间分别具有分隔壁145。分隔壁145具有绝缘性。分隔壁145覆盖电极101的端部,并具有与该电极重叠的开口部。通过设置分隔壁145,可以将各区域的衬底200上的电极101分别分为岛状。

[0393] 注意,发光层123B与发光层123G可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。发光层123G与发光层123R可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。发光层123R与发光层123B可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。

[0394] 分隔壁145只要具有绝缘性即可,使用无机材料或有机材料形成。作为该无机材料,可以举出氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等。作为该有机材料,例如可以举出丙烯酸树脂或聚酰亚胺树脂等感光树脂材料。

[0395] 注意,氧氮化硅膜是指其组成中氧含量多于氮含量的膜。氧氮化硅膜优选在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的范围内分别包含氧、氮、硅和氢。氮氧化硅膜是指其组成中氮含量多于氧含量的膜。氮氧化硅膜优选在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的范围内分别包含氮、氧、硅和氢。

[0396] 发光层123R、发光层123G及发光层123B优选分别包含能够发射不同颜色的发光材料。例如,当发光层123R包含能够发射红色的发光材料时,区域221R发射红色光。当发光层123G包含能够发射绿色的发光材料时,区域221G发射绿色光。当发光层123B包含能够发射蓝色的发光材料时,区域221B发射蓝色光。通过将具有这种结构的发光元件260a或发光元件260b用于显示装置的像素,可以制造能够进行全彩色显示的显示装置。每个发光层的膜厚度既可以相同又可以不同。

[0397] 发光层123B、发光层123G及发光层123R中的一个或多个发光层优选具有实施方式3所示的发光层130及实施方式4所示的发光层135中的至少一个的结构。由此,可以制造发光效率高的发光元件。

[0398] 发光层123B、发光层123G、发光层123R中的一个或多个发光层也可以是两层以上的叠层。

[0399] 如上所述,当使至少一个发光层具有实施方式3及实施方式4所示的发光层的结构,并且将包括该发光层的发光元件260a或发光元件260b用于显示装置的像素时,可以制造发光效率高的显示装置。包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置可以减少功耗。

[0400] 通过在提取光的电极的提取光的方向上设置光学元件(例如,滤色片、偏振片、反射防止膜),可以提高发光元件260a及发光元件260b的色纯度。因此,可以提高包括发光元

件260a或发光元件260b的显示装置的色纯度。另外,可以减少发光元件260a及发光元件260b的外光反射。因此,可以提高包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置的对比度。

[0401] 关于发光元件260a及发光元件260b中的其他结构,参照实施方式3至实施方式5中的发光元件的结构即可。

[0402] <发光元件的结构实例2>

下面,参照图9A及图9B说明与图8A及图8B所示的发光元件不同的结构实例。

[0403] 图9A及图9B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图9A及图9B中使用与图8A及图8B相同的阴影线示出具有与图8A及图8B相同的功能的的部分,而有时省略附图标记。此外,具有与图8A及图8B所示的功能相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0404] 图9A及图9B是在一对电极之间具有发光层的发光元件的结构实例。图9A所示的发光元件262a具有将光提取到与衬底200相反的方向的顶部发射型的结构,并且图9B所示的发光元件262b具有经过衬底200提取光的底部发射型的结构。注意,本发明的一个方式并不局限于此,也可以是将发光元件所发射的光提取到形成有发光元件的衬底200的上方及下方的双方的双发射型发光元件。

[0405] 发光元件262a及发光元件262b在衬底200上包括电极101、电极102、电极103、电极104。在电极101与电极102之间、在电极102与电极103之间以及在电极102与电极104之间至少包括发光层170、发光层190及电荷产生层115。此外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113、电子注入层114、空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118及电子注入层119。

[0406] 电极101包括导电层101a以及在导电层101a上并与其接触的导电层101b。电极103包括导电层103a以及在导电层103a上并与其接触的导电层103b。电极104包括导电层104a以及在导电层104a上并与其接触的导电层104b。

[0407] 图9A所示的发光元件262a及图9B所示的发光元件262b在由电极101及电极102夹持的区域222B与由电极102及电极103夹持的区域222G与由电极102及电极104夹持的区域222R之间都包括分隔壁145。分隔壁145具有绝缘性。分隔壁145覆盖电极101、电极103及电极104的端部,并包括与该电极重叠的开口部。通过设置分隔壁145,可以将各区域的衬底200上的该电极分为岛状。

[0408] 通过使用对空穴传输性材料添加电子受体(受体)的材料或对电子传输性材料添加电子给体(供体)的材料,可以形成电荷产生层115。注意,当电荷产生层115的导电率与一对电极大致同样高时,由于因电荷产生层115而产生的载流子流过相邻的像素,所以有时相邻的像素会产生发光。为了抑制相邻的像素不正常地产生发光,电荷产生层115优选由导电率低于一对电极的材料形成。

[0409] 发光元件262a及发光元件262b在从区域222B、区域222G及区域222R发射的光被提取的方向上具有分别包括光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的衬底220。从各区域发射的光透过各光学元件射出到发光元件外部。也就是说,从区域222B发射的光透过光学元件224B射出,从区域222G发射的光透过光学元件224G射出,且从区域222R发射的光透过光学元件224R射出。

[0410] 光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R具有选择性地使入射光中的呈现特

定颜色的光透过的功能。例如,从区域222B发射的光透过光学元件224B成为蓝色光,从区域222G发射的光透过光学元件224G成为绿色光,从区域222R发射的光透过光学元件224R成为红色光。

[0411] 作为光学元件224R、光学元件224G、光学元件224B,例如可以采用着色层(也称为滤色片)、带通滤光片、多层膜滤光片等。此外,可以将颜色转换元件应用于光学元件。颜色转换元件是将入射光转换为其波长比该入射光长的光的光学元件。作为颜色转换元件,优选使用利用量子点的元件。通过利用量子点,可以提高显示装置的色彩再现性。

[0412] 另外,也可以在光学元件224R、光学元件224G及光学元件224B上重叠地设置一个或多个其他光学元件。作为其他光学元件,例如可以设置圆偏振片或防反射膜等。通过将圆偏振片设置在显示装置中的发光元件所发射的光被提取的一侧,可以防止从显示装置的外部入射的光在显示装置的内部被反射而射出到外部的现象。通过设置防反射膜,可以减弱在显示装置的表面被反射的外光。由此,可以清晰地观察显示装置所发射的光。

[0413] 注意,在图9A及图9B中使用虚线的箭头示意性地示出透过各光学元件从各区域射出的蓝色(B)光、绿色(G)光、红色(R)光。

[0414] 在各光学元件之间包括遮光层223。遮光层223具有遮蔽从相邻的区域发射的光的功能。注意,也可以采用不设置遮光层223的结构。

[0415] 遮光层223具有抑制外光的反射的功能。遮光层223具有防止从相邻的发光元件发射出的光混合的功能。遮光层223可以使用金属、包含黑色颜料的树脂、碳黑、金属氧化物、包含多种金属氧化物的固溶体的复合氧化物等。

[0416] 注意,光学元件224B与光学元件224G也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外,光学元件224G与光学元件224R也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外,光学元件224R与光学元件224B也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。

[0417] 关于衬底200及具有光学元件的衬底220,参照实施方式3即可。

[0418] 并且,发光元件262a及发光元件262b具有微腔结构。

[0419] 《微腔结构》

从发光层170及发光层190射出的光在一对电极(例如,电极101与电极102)之间被谐振。发光层170及发光层190形成在所射出的光中的所希望的波长的光得到增强的位置。例如,通过调整从电极101的反射区域到发光层170的发光区域的光学距离以及从电极102的反射区域到发光层170的发光区域的光学距离,可以增强从发光层170射出的光中的所希望的波长的光。通过调整从电极101的反射区域到发光层190的发光区域的光学距离以及从电极102的反射区域到发光层190的发光区域的光学距离,可以增强从发光层190射出的光中的所希望的波长的光。当采用层叠多个发光层(在此为发光层170及发光层190)的发光元件时,优选分别将发光层170及发光层190的光学距离最优化。

[0420] 在发光元件262a及发光元件262b中,通过在各区域中调整导电层(导电层101b、导电层103b及导电层104b)的厚度,可以增强发光层170及发光层190所发射的光中的所希望的波长的光。注意,通过在各区域中使空穴注入层111和空穴传输层112中的至少一个或电子注入层119和电子传输层118中的至少一个的厚度不同,也可以增强从发光层170及发光层190发射的光。

[0421] 例如,在电极101至电极104中,当能够反射光的导电性材料的折射率小于发光层170或发光层190的折射率时,以电极101与电极102之间的光学距离为 $m_B\lambda_B/2$ (m_B 表示自然数, λ_B 表示在区域222B中增强的光的波长)的方式调整电极101中的导电层101b的厚度。同样地,以电极103与电极102之间的光学距离为 $m_G\lambda_G/2$ (m_G 表示自然数, λ_G 表示在区域222G中增强的光的波长)的方式调整电极103中的导电层103b的厚度。并且,以电极104与电极102之间的光学距离为 $m_R\lambda_R/2$ (m_R 表示自然数, λ_R 表示在区域222R中增强的光的波长)的方式调整电极104中的导电层104b的厚度。

[0422] 在难以严密地决定电极101至电极104的反射区域的情况下,通过假定将电极101至电极104的任意区域设定为反射区域,可以导出增强从发光层170或发光层190射出的光的光学距离。在难以严密地决定发光层170及发光层190的发光区域的情况下,通过假定将发光层170及发光层190的任意区域设定为发光区域,可以导出增强从发光层170及发光层190射出的光的光学距离。

[0423] 如上所述,通过设置微腔结构调整各区域的一对电极之间的光学距离,可以抑制各电极附近的光的散射及光的吸收,由此可以实现高的光提取效率。

[0424] 在上述结构中,导电层101b、导电层103b、导电层104b优选具有透过光的功能。导电层101b、导电层103b、导电层104b的材料既可以相同又可以不同。当使用相同材料形成导电层101b、导电层103b、导电层104b时,使通过电极101、电极103及电极104的形成过程中的蚀刻工序的图案的形成变得容易,所以是优选的。另外,导电层101b、导电层103b、导电层104b也可以具有两层以上的叠层结构。

[0425] 由于图9A所示的发光元件262a是顶部发射型发光元件,所以导电层101a、导电层103a及导电层104a优选具有反射光的功能。另外,电极102优选具有透过光的功能及反射光的功能。

[0426] 由于图9B所示的发光元件262b是底面部发射型发光元件,所以导电层101a、导电层103a及导电层104a优选具有透过光的功能及反射光的功能。另外,电极102优选具有反射光的功能。

[0427] 在发光元件262a及发光元件262b中,导电层101a、导电层103a或导电层104a既可以使用相同的材料,又可以使用不同的材料。当导电层101a、导电层103a、导电层104a使用相同的材料时,可以降低发光元件262a及发光元件262b的制造成本。注意,导电层101a、导电层103a、导电层104a也可以具有两层以上的叠层结构。

[0428] 发光元件262a及发光元件262b中的发光层170和发光层190中的至少一个优选具有实施方式3至实施方式5所示的结构中的至少一个。由此,可以制造发光效率高的发光元件。

[0429] 例如,发光层170及发光层190可以具有如发光层190a及发光层190b那样在其中一个或两个中层叠有两层的结构。通过作为两层的发光层分别使用两种具有发射不同颜色的功能的发光材料(第一化合物及第二化合物),可以同时得到多种发光。尤其是,优选选择用于各发光层的发光材料,以便通过组合发光层170和发光层190所发射的光而能够得到白色发光。

[0430] 发光层170和发光层190中的一个或两个也可以具有层叠有三层以上的结构,并也可以包括不具有发光材料的层。

[0431] 如上所述,通过将具有实施方式3至实施方式5所示的发光层的结构中的至少一个的发光元件262a或发光元件262b用于显示装置的像素,可以制造发光效率高的显示装置。也就是说,包括发光元件262a或发光元件262b的显示装置可以减少功耗。

[0432] 关于发光元件262a及发光元件262b中的其他结构,参照发光元件260a或发光元件260b或者实施方式3至实施方式5所示的发光元件的结构即可。

[0433] <发光元件的制造方法>

接着,参照图10A至图10C以及图11A至图11C对本发明的一个方式的发光元件的制造方法进行说明。在此,对图9A所示的发光元件262a的制造方法进行说明。

[0434] 图10A至图10C以及图11A至图11C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面图。

[0435] 将下面说明的发光元件262a的制造方法包括第一步骤至第七步骤的七个步骤。

[0436] 《第一步骤》

在第一步骤中,将发光元件的电极(具体为构成电极101的导电层101a、构成电极103的导电层103a以及构成电极104的导电层104a)形成在衬底200上(参照图10A)。

[0437] 在本实施方式中,在衬底200上形成具有反射光的功能的导电层,将该导电层加工为所希望的形状,由此形成导电层101a、导电层103a及导电层104a。作为上述具有反射光的功能的导电层,使用银、钯及铜的合金膜(也称为Ag-Pd-Cu膜或APC)。如此,通过经过对同一导电层进行加工的工序形成导电层101a、导电层103a、及导电层104a,可以降低制造成本,所以是优选的。

[0438] 注意,也可以在第一步骤之前在衬底200上形成多个晶体管。上述多个晶体管可以与导电层101a、导电层103a及导电层104a分别电连接。

[0439] 《第二步骤》

在第二步骤中,在电极101的导电层101a上形成具有透过光的功能的导电层101b;在电极103的导电层103a上形成具有透过光的功能的导电层103b;以及在电极104的导电层104a上形成具有透过光的功能的导电层104b(参照图10B)。

[0440] 在本实施方式中,在具有反射光的功能的导电层101a、103a及104a上分别形成具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b,由此形成电极101、电极103及电极104。作为上述导电层101b、103b及104b使用ITO膜。

[0441] 具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b也可以分为多次来形成。当分为多次形成具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b时,可以在各区域中实现适当的微腔结构的膜厚度来形成导电层101b、103b及104b。

[0442] 《第三步骤》

在第三步骤中,形成覆盖发光元件的各电极的端部的分隔壁145(参照图10C)。

[0443] 分隔壁145包括与电极重叠的开口部。由于该开口部而露出的导电膜被用作发光元件的阳极。在本实施方式中,作为分隔壁145使用聚酰亚胺树脂。

[0444] 在第一步骤至第三步骤中没有损伤EL层(包含有机化合物的层)的可能性,由此可以使用各种各样的成膜方法及微细加工技术。在本实施方式中,利用溅射法形成反射导电层,利用光刻法在该导电层上形成图案,然后利用干蚀刻法或湿蚀刻法将该导电层加工为岛状,来形成电极101的导电层101a、电极103的导电层103a以及电极104的导电层104a。然

后,利用溅射法形成具有透明性的导电膜,利用光刻法在该具有透明性的导电膜上形成图案,然后利用湿蚀刻法将该透明导电膜加工为岛状,来形成电极101、电极103以及电极104。

[0445] 《第四步骤》

在第四步骤中,形成空穴注入层111、空穴传输层112、发光层190、电子传输层113、电子注入层114及电荷产生层115(参照图11A)。

[0446] 通过共蒸镀空穴传输性材料和包含受体性物质的材料,可以形成空穴注入层111。注意,共蒸镀是指使多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。通过蒸镀空穴传输性材料,可以形成空穴传输层112。

[0447] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少一个的光的客体材料,可以形成发光层190。作为客体材料,可以使用发射荧光或磷光的发光性有机材料。另外,优选使用实施方式3至实施方式5所示的发光层的结构中的任一个。发光层190也可以是双层结构。此时,两个发光层优选具有彼此发射不同颜色的发光材料。

[0448] 通过蒸镀电子传输性高的物质,可以形成电子传输层113。通过蒸镀电子注入性高的物质,可以形成电子注入层114。

[0449] 通过蒸镀对空穴传输性材料添加有电子受体(受体)的材料或对电子传输性材料添加有电子给体(供体)的材料,可以形成电荷产生层115。

[0450] 《第五步骤》

在第五步骤中,形成空穴注入层116、空穴传输层117、发光层170、电子传输层118、电子注入层119以及电极102(参照图11B)。

[0451] 通过利用与上面所示的空穴注入层111相同的材料及方法,可以形成空穴注入层116。通过利用与上面所示的空穴传输层112相同的材料及方法,可以形成空穴传输层117。

[0452] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少一个的光的客体材料,可以形成发光层170。客体材料可以使用呈现荧光或磷光的发光有机化合物。此外,优选使用实施方式3至实施方式5所示的发光层的结构中的任一个。注意,发光层170和发光层190中的至少一个优选具有实施方式3或实施方式4所示的发光层的结构。发光层170及发光层190优选包含具有呈现彼此不同的发光的功能的发光有机化合物。

[0453] 作为电子传输层118,可以利用与上述电子传输层113同样的材料及同样的方法形成。作为电子注入层119,可以利用与上述电子注入层114同样的材料及同样的方法形成。

[0454] 通过层叠具有反射性的导电膜与具有透光性的导电膜,可以形成电极102。电极102可以采用单层结构或叠层结构。

[0455] 通过上述工序,在衬底200上形成发光元件,该发光元件在电极101、电极103及电极104上分别包括区域222B、区域222G及区域222R。

[0456] 《第六步骤》

在第六步骤中,在衬底220上形成遮光层223、光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R(参照图11C)。

[0457] 将包含黑色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中,来形成遮光层223。然后,在衬底220及遮光层223上形成光学元件224B、光学元件224G、光学元件224R。将包含蓝色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中,来形成光学元件224B。将包含绿色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中,来形成光学元件224G。将包含红色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中,来

形成光学元件224R。

[0458] 《第七步骤》

在第七步骤中,将形成在衬底200上的发光元件、形成在衬底220上的遮光层223、光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R贴合,并使用密封剂来密封(未图示)。

[0459] 通过上述工序,可以形成图9A所示的发光元件262a。

[0460] 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一结构适当地组合而实施。

[0461] 实施方式7

在本实施方式中,例示出将实施方式1所记载的化合物用于有机半导体元件之一的纵型晶体管(静电感应晶体管:SIT)的活性层的方式。

[0462] 在元件结构中,如图12所示,包含具有实施方式1所记载的联咔唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的薄膜状活性层330被夹在源电极301及漏电极302之间,并且栅电极303被埋入在活性层330中。栅电极303电连接于用来施加栅电压的单元,且源电极301及漏电极302电连接于用来控制源电极与漏电极之间的电压的单元。注意,源电极与漏电极的功能可以互相调换。

[0463] 在这种元件结构中,当在不对栅电极303施加电压的状态下对源电极与漏电极之间施加电压时,电流流过(元件成为ON状态)。并且,当在该状态下对栅电极303施加电压时,在栅电极303周围产生耗尽层,电流不流过(元件成为OFF状态)。通过上述机理,有机半导体元件300用作晶体管。

[0464] 在纵型晶体管中,与发光元件同样,作为活性层的材料需要兼备高载流子传输性和良好的膜质的材料。在实施方式1中记载的化合物充分满足该条件,所以可以适合用作活性层的材料。

[0465] 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一结构适当地组合而使用。

[0466] 实施方式8

在本实施方式中,参照图13A及图13B、图14A及图14B、图15、图16A及图16B、图17A及图17B、图18、图19A及图19B、图20以及图21A及图21B说明本发明的一个方式的显示装置。

[0467] <显示装置的结构实例1>

图13A是示出显示装置600的俯视图,图13B是沿图13A中的点划线A-B、点划线C-D的截面图。显示装置600包括驱动电路部(信号线驱动电路部601、扫描线驱动电路部603)以及像素部602。注意,信号线驱动电路部601、扫描线驱动电路部603、像素部602具有控制发光元件的发光的功能。

[0468] 显示装置600还包括元件衬底610、密封衬底604、密封剂605、由密封剂605围绕的区域607、引绕布线608以及FPC609。

[0469] 注意,引绕布线608是用来传送输入到信号线驱动电路部601及扫描线驱动电路部603的信号的布线,并且从用作外部输入端子的FPC609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。虽然在此只图示出FPC609,但是FPC609还可以安装有印刷线路板(PWB: Printed Wiring Board)。

[0470] 作为信号线驱动电路部601,形成组合n沟道型晶体管623和p沟道型晶体管624的

CMOS电路。作为信号线驱动电路部601或扫描线驱动电路部603可以利用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路。虽然在本实施方式中示出在衬底的同一表面上设置在衬底上形成有驱动电路部的驱动器和像素的显示装置,但是驱动电路部也可以形成在外部,而不需要形成在衬底上。

[0471] 像素部602包括开关晶体管611、电流控制晶体管612以及与电流控制晶体管612的漏极电连接的下部电极613。注意,以覆盖下部电极613的端部的方式形成有分隔壁614。作为分隔壁614可以使用正型感光丙烯酸树脂膜。

[0472] 将分隔壁614的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面,以获得良好的覆盖性。例如,在使用正型感光丙烯酸作为分隔壁614的材料的情况下,优选只使分隔壁614的上端部包括具有曲率半径(0.2 μm 以上且3 μm 以下)的曲面。作为分隔壁614,可以使用负型感光树脂或者正型感光树脂。

[0473] 注意,对晶体管(晶体管611、612、623、624)的结构没有特别的限制。例如,作为晶体管也可以使用交错型晶体管。另外,对晶体管的极性也没有特别的限制。作为这些晶体管也可以采用包括n沟道型晶体管及p沟道型晶体管的结构或者只具有n沟道型晶体管和p沟道型晶体管中的一个的结构。此外,对用于晶体管的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如,可以使用非晶半导体膜或结晶性半导体膜。作为半导体材料,可以使用第14族(硅等)半导体、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。作为晶体管,例如使用能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体,由此可以降低晶体管的关态电流(off-state current),所以是优选的。作为该氧化物半导体,例如可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M表示铝(Al)、镓(Ga)、钇(Y)、锆(Zr)、镧(La)、铈(Ce)、锡(Sn)、铪(Hf)或钕(Nd))等。

[0474] 在下部电极613上形成有EL层616及上部电极617。在此,将下部电极613用作阳极,将上部电极617用作阴极。

[0475] 另外,EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋转涂敷法等各种方法中的任一个形成。作为构成EL层616的其他材料,也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包括低聚物或树枝状聚合物)。

[0476] 注意,由下部电极613、EL层616及上部电极617形成发光元件618。发光元件618优选具有实施方式3至实施方式6的结构中的任一个。当像素部包括多个发光元件时,也可以包括实施方式3至实施方式6中记载的发光元件中的任一个以及具有其他结构的发光元件。

[0477] 当使用密封剂605将密封衬底604贴合到元件衬底610时,形成如下结构,即发光元件618安装在由元件衬底610、密封衬底604以及密封剂605围绕的区域607中。在区域607中填充有填料。除了填充有惰性气体(氮或氩等)的情况以外,也有填充有可用于密封剂605的紫外线固化树脂或热固化树脂的情况。例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂。通过在密封衬底中形成凹部且在其中设置干燥剂,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0478] 在密封衬底604的下方以与发光元件618重叠的方式设置光学元件621。在密封衬底604的下方还设置遮光层622。作为光学元件621及遮光层622都可以采用与实施方式6所示的光学元件及遮光层同样的结构。

[0479] 另外,优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封剂605。这些材料优选为尽可能地不容易使水或氧透过的材料。作为用于密封衬底604的材料,除了可以使用玻璃衬底或石英衬底以外,还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics;玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸等构成的塑料衬底。

[0480] 通过上述步骤,可以得到包括实施方式3至实施方式6所记载的发光元件及光学元件中的任一个的显示装置。

[0481] <显示装置的结构实例2>

下面,参照图14A和图14B及图15对显示装置的其他例子进行说明。注意,图14A和图14B及图15是本发明的一个方式的显示装置的截面图。

[0482] 图14A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、发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的上部电极1026、密封层1029、密封衬底1031以及密封剂1032等。

[0483] 在图14A中,作为光学元件的一个例子,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。另外,还可以设置遮光层1035。对设置有着色层及遮光层的透明基材1033进行对准而将其固定到衬底1001上。注意,着色层及遮光层被覆盖层1036覆盖。在图14A中,透过着色层的光成为红色光、绿色光、蓝色光,因此能够以三种颜色的像素呈现图像。

[0484] 图14B示出作为光学元件的一个例子将着色层(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和第一层间绝缘膜1020之间的例子。如上述那样,也可以将着色层设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0485] 在图15中,作为光学元件的一个例子,示出着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在第一层间绝缘膜1020和第二层间绝缘膜1021之间的例子。如此,着色层也可以设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0486] 虽然以上说明了具有经过形成有晶体管的衬底1001提取光的结构(底部发射型)的显示装置,但是也可以采用具有经过密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0487] <显示装置的结构实例3>

图16A和图16B示出顶部发射型显示装置的截面图的一个例子。注意,图16A和图16B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面图,省略图14A和图14B及图15所示的驱动电路部1041、周边部1042等。

[0488] 在此情况下,作为衬底1001可以使用不使光透过的衬底。到形成连接晶体管与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与底部发射型显示装置同样地进行。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相同的材料或其他各种材料中的任一个形成。

[0489] 虽然在此发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B都是阳极,但是也可以是阴极。另外,在采用如图16A和图16B所示那样的顶部发射型显示装置的情况下,下部电极1024R、1024G、1024B优选具有反射光的功能。在EL层1028上设置有上部电极1026。优选的是,通过上部电极1026具有反射光且使光透过的功能,在下部电极1024R、1024G、1024B和上部电极

1026之间采用微腔结构,增强特定波长的光的强度。

[0490] 在采用图16A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及蓝色着色层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和像素之间的遮光层1035。注意,作为密封衬底1031,优选使用具有透光性的衬底。

[0491] 在图16A中,例示出设置多个发光元件并在该多个发光元件的每一个上设置着色层的结构,但是不局限于此。例如,如图16B所示,也可以以设置红色着色层1034R及蓝色着色层1034B而不设置绿色着色层的方式以红色、绿色、蓝色的三种颜色进行全彩色显示。如图16A所示,当设置发光元件并在该发光元件的每一个上设置着色层时,发挥可以抑制外光反射的效果。另一方面,如图16B所示,当对发光元件设置红色着色层以及蓝色着色层而不设置绿色着色层时,绿色发光元件所发射出的光的能量损失少,因此发挥可以减少功耗的效果。

[0492] <显示装置的结构实例4>

虽然上述显示装置包括三种颜色(红色、绿色及蓝色)的子像素,但是也可以包括四种颜色(红色、绿色、蓝色及黄色或者红色、绿色、蓝色、白色)的子像素。图17A及图17B、图18以及图19A及图19B示出包括下部电极1024R、1024G、1024B及1024Y的显示装置的结构。图17A、图17B及图18示出经过形成有晶体管的衬底1001提取光的结构(底部发射型)的显示装置,图19A及图19B示出经过密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0493] 图17A示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)设置于透明的基材1033的显示装置的例子。图17B示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)形成在第一层间绝缘膜1020与栅极绝缘膜1003之间的显示装置的例子。图18示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)形成在第一层间绝缘膜1020与第二层间绝缘膜1021之间的显示装置的例子。

[0494] 着色层1034R具有透过红色光的功能,着色层1034G具有透过绿色光的功能,着色层1034B具有透过蓝色光的功能。着色层1034Y具有透过黄色光的功能或者透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光的功能。当着色层1034Y具有透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光的功能时,透过着色层1034Y的光也可以是白色。发射黄色或白色的光的发光元件的发光效率高,因此包括着色层1034Y的显示装置可以降低功耗。

[0495] 在图19A及图19B所示的顶部发射型显示装置中,在包括下部电极1024Y的发光元件中也与图16A的显示装置同样地优选在下部电极1024Y与上部电极1026之间具有微腔结构。在图19A的显示装置中,可以利用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B及黄色着色层1034Y)的密封衬底1031进行密封。

[0496] 透过微腔及黄色着色层1034Y发射的光是在黄色的区域具有发射光谱的光。由于黄色的视觉灵敏度(luminosity factor)高,所以发射黄色光的发光元件的发光效率高。也就是说,具有图19A的结构的显示装置可以降低功耗。

[0497] 在图19A中,例示出设置多个发光元件并在该多个发光元件的每一个上设置着色层的结构,但是不局限于此。例如,如图19B所示,也可以以设置红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B而不设置黄色着色层的方式以红色、绿色、蓝色、黄色的四种颜色或红色、绿色、蓝色、白色的四种颜色进行全彩色显示。如图19A所示,当设置发光元件并

在该发光元件的每一个上设置着色层时,发挥可以抑制外光反射的效果。另一方面,如图19B所示,当设置发光元件及红色着色层、绿色着色层及蓝色着色层而不设置黄色着色层时,黄色或白色的发光元件所发射出的光的能量损失少,因此发挥可以减少功耗的效果。

[0498] <显示装置的结构实例5>

接着,参照图20说明本发明的其他一个方式的显示装置。图20是以图13A的点划线A-B、点划线C-D切断的截面图。注意,在图20中,具有与图13B所示的功能同样的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0499] 图20所示的显示装置600在由元件衬底610、密封衬底604及密封剂605围绕的区域607中包括密封层607a、密封层607b及密封层607c。密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或多个例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂等树脂。另外,可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等无机材料。通过形成密封层607a、密封层607b及密封层607c,可以抑制水等杂质所引起的发光元件618的劣化,所以是优选的。当形成密封层607a、密封层607b及密封层607c时,可以不设置密封剂605。

[0500] 另外,既可以形成密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或两个,又可以形成四个以上的密封层。当使密封层具有多层时,可以高效地防止水等杂质从显示装置600的外部进入显示装置内部的发光元件618,所以是优选的。当密封层采用多层时,优选的是,其中层叠树脂和无机材料。

[0501] <显示装置的结构实例6>

虽然本实施方式中的结构实例1至结构实例4所示的显示装置包括光学元件,但是本发明的一个方式也可以不包括光学元件。

[0502] 图21A及图21B所示的显示装置是经过密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。图21A是包括发光层1028R、发光层1028G及发光层1028B的显示装置的一个例子。图21B是包括发光层1028R、发光层1028G、发光层1028B及发光层1028Y的显示装置的一个例子。

[0503] 发光层1028R具有发射红色的光的功能,发光层1028G具有发射绿色的光的功能,发光层1028B具有发射蓝色的光的功能。发光层1028Y具有发射黄色的光的功能或发射选自蓝色、绿色和红色中的多个光的功能。发光层1028Y所发射的光也可以为白色的光。发射黄色或白色的光的发光元件的发光效率高,因此包括发光层1028Y的显示装置可以降低功耗。

[0504] 图21A及图21B所示的显示装置在子像素中包括发射不同颜色的光的EL层,由此不需要设置被用作光学元件的着色层。

[0505] 密封层1029例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂等树脂。另外,可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等无机材料。通过形成密封层1029,可以抑制水等杂质所引起的发光元件的劣化,所以是优选的。

[0506] 另外,既可以形成单层或叠层的密封层1029,又可以形成四个以上的密封层1029。当使密封层具有多层时,可以高效地防止水等杂质从显示装置的外部进入显示装置内部,所以是优选的。当密封层采用多层时,优选的是,其中层叠树脂和无机材料。

[0507] 注意,密封衬底1031具有保护发光元件的功能即可。由此,密封衬底1031使用具有柔性的衬底或薄膜。

[0508] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式或本实施方式中的其他的任一结构适当地组合。

[0509] 实施方式9

在本实施方式中,参照图22A及图22B、图23A及图23B以及图24A及图24B说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置。

[0510] 图22A是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图,图22B是说明本发明的一个方式的显示装置所包括的像素电路的电路图。

[0511] <关于显示装置的说明>

图22A所示的显示装置包括:具有显示元件的像素的区域(以下称为像素部802);配置在像素部802外侧并具有用来驱动像素的电路的电路部(以下称为驱动电路部804);具有保护元件的功能的电路(以下称为保护电路806);以及端子部807。注意,也可以不设置保护电路806。

[0512] 驱动电路部804的一部分或全部优选与像素部802形成在同一衬底上。由此,可以减少构件的数量或端子的数量。当驱动电路部804的一部分或全部不与像素部802形成在同一衬底上时,驱动电路部804的一部分或全部可以通过COG或TAB(Tape Automated Bonding:卷带自动结合)安装。

[0513] 像素部802包括用来驱动配置为X行(X为2以上的自然数)Y列(Y为2以上的自然数)的多个显示元件的电路(以下称为像素电路801)。驱动电路部804包括输出选择像素的信号(扫描信号)的电路(以下称为扫描线驱动电路804a)以及用来供应于驱动像素的显示元件的信号(数据信号)的电路(以下称为信号线驱动电路804b)等驱动电路。

[0514] 扫描线驱动电路804a具有移位寄存器等。扫描线驱动电路804a通过端子部807接收用来驱动移位寄存器的信号并输出信号。例如,扫描线驱动电路804a接收起始脉冲信号、时钟信号等并输出脉冲信号。扫描线驱动电路804a具有控制被供应扫描信号的布线(以下称为扫描线GL_1至GL_X)的电位的功能。注意,也可以设置多个扫描线驱动电路804a,并通过多个扫描线驱动电路804a分别控制扫描线GL_1至GL_X。或者,扫描线驱动电路804a具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,扫描线驱动电路804a也可以供应其他信号。

[0515] 信号线驱动电路804b具有移位寄存器等。信号线驱动电路804b通过端子部807来接收用来驱动移位寄存器的信号和从其中得出数据信号的信号(图像信号)。信号线驱动电路804b具有根据图像信号生成写入到像素电路801的数据信号的功能。此外,信号线驱动电路804b具有响应于由于起始脉冲信号、时钟信号等的输入产生的脉冲信号而控制数据信号的输出的功能。另外,信号线驱动电路804b具有控制被供应数据信号的布线(以下称为数据线DL_1至DL_Y)的电位的功能。或者,信号线驱动电路804b具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,信号线驱动电路804b可以供应其他信号。

[0516] 信号线驱动电路804b例如包括多个模拟开关等。信号线驱动电路804b通过依次使多个模拟开关开启而可以输出对图像信号进行时间分割所得到的信号作为数据信号。信号线驱动电路804b也可以包括移位寄存器等。

[0517] 脉冲信号及数据信号分别通过被供应扫描信号的多个扫描线GL之一及被供应数据信号的多个数据线DL之一被输入到多个像素电路801中的每一个。多个像素电路801的每一个通过扫描线驱动电路804a来控制数据信号的写入及保持。例如,通过扫描线GL_m(m是X以下的自然数)从扫描线驱动电路804a对第m行第n列的像素电路801输入脉冲信号,并根据扫描线GL_m的电位而通过数据线DL_n(n是Y以下的自然数)从信号线驱动电路804b对第m行第n列的像素电路801输入数据信号。

[0518] 图22A所示的保护电路806例如连接于作为扫描线驱动电路804a和像素电路801之间的布线的扫描线GL。或者,保护电路806连接于作为信号线驱动电路804b和像素电路801之间的布线的数据线DL。或者,保护电路806可以连接于扫描线驱动电路804a和端子部807之间的布线。或者,保护电路806可以连接于信号线驱动电路804b和端子部807之间的布线。注意,端子部807是指设置有用从外部的电路对显示装置输入电源、控制信号及图像信号的端子的部分。

[0519] 保护电路806是在对与保护电路连接的布线供应一定范围之外的电位时使该布线与其他布线之间导通的电路。

[0520] 如图22A所示,通过对像素部802和驱动电路部804分别设置保护电路806,可以提高显示装置对因ESD(Electro Static Discharge:静电放电)等而产生的过电流的耐性。但是,保护电路806的结构不局限于此,例如,也可以采用将扫描线驱动电路804a与保护电路806连接的结构或将信号线驱动电路804b与保护电路806连接的结构。或者,也可以采用将端子部807与保护电路806连接的结构。

[0521] 虽然在图22A中示出驱动电路部804包括扫描线驱动电路804a和信号线驱动电路804b的例子,但不局限于此。例如,也可以只形成扫描线驱动电路804a并安装另外准备的形成有信号线驱动电路的衬底(例如,由单晶半导体膜或多晶半导体膜形成的驱动电路衬底)。

[0522] <像素电路的结构实例>

图22A所示的多个像素电路801例如可以采用图22B所示的结构。

[0523] 图22B所示的像素电路801包括晶体管852、854、电容器862以及发光元件872。

[0524] 晶体管852的源电极和漏电极中的一个电连接于被供应数据信号的布线(数据线DL_n)。并且,晶体管852的栅电极电连接于被供应栅极信号的布线(扫描线GL_m)。

[0525] 晶体管852具有控制数据信号的写入的功能。

[0526] 电容器862的一对电极中的一个电连接于被供应电位的布线(以下,称为电位供应线VL_a),另一个电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0527] 电容器862具有作为储存被写入的数据的存储电容器的功能。

[0528] 晶体管854的源电极和漏电极中的一个电连接于电位供应线VL_a。并且,晶体管854的栅电极电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0529] 发光元件872的阳极和阴极中的一个电连接于电位供应线VL_b,另一个电连接于晶体管854的源电极和漏电极中的另一个。

[0530] 作为发光元件872,可以使用实施方式3至实施方式6所示的发光元件中的任一个。

[0531] 注意,电位供应线VL_a和电位供应线VL_b中的一个被施加高电源电位VDD,另一个被施加低电源电位VSS。

[0532] 例如,在具有图22B的像素电路801的显示装置中,通过图22A所示的扫描线驱动电路804a依次选择各行的像素电路801,并使晶体管852开启而写入数据信号的数据。

[0533] 当晶体管852被关闭时,被写入数据的像素电路801成为保持状态。并且,流过晶体管854的源电极与漏电极之间的电流量根据写入的数据信号的电位被控制。发光元件872以对应于流过的电流量的亮度发光。通过按行依次进行上述步骤,可以显示图像。

[0534] 另外,可以使像素电路具有校正晶体管的阈值电压等的变动的影响的功能。图23A及图23B和图24A及图24B示出像素电路的一个例子。

[0535] 图23A所示的像素电路包括六个晶体管(晶体管303_1至303_6)、电容器304以及发光元件305。布线301_1至301v5、布线302_1及布线302_2电连接到图23A所示的像素电路。注意,作为晶体管303_1至303_6,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0536] 图23B所示的像素电路具有对图23A所示的像素电路追加晶体管303_7的结构。布线301_6及布线301_7电连接到图23B所示的像素电路。布线301_5与布线301_6可以相互电连接。注意,作为晶体管303_7,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0537] 图24A所示的像素电路包括六个晶体管(晶体管308_1至308_6)、电容器304以及发光元件305。布线306_1至306_3及布线307_1至307_3电连接到图24A所示的像素电路。布线306_1与布线306_3可以相互电连接。注意,作为晶体管308_1至308_6,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0538] 图24B所示的像素电路包括两个晶体管(晶体管309_1及晶体管309_2)、两个电容器(电容器304_1及电容器304_2)以及发光元件305。布线311_1至布线311_3、布线312_1及布线312_2电连接到图24B所示的像素电路。通过采用图24B所示的像素电路的结构,例如可以利用电压输入电流驱动方式(也称为CVCC方式)驱动像素电路。注意,作为晶体管309_1及309_2,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0539] 本发明的一个方式的发光元件可以适用于在显示装置的像素中包括有源元件的有源矩阵方式或在显示装置的像素中没有包括有源元件的无源矩阵方式。

[0540] 在有源矩阵方式中,作为有源元件(非线性元件)除晶体管外还可以使用各种有源元件(非线性元件)。例如,也可以使用MIM(Metal Insulator Metal:金属-绝缘体-金属)或TFD(Thin Film Diode:薄膜二极管)等。由于这些元件的制造工序少,因此能够降低制造成本或者提高成品率。另外,由于这些元件的尺寸小,所以可以提高开口率,从而能够实现低功耗或高亮度化。

[0541] 作为除了有源矩阵方式以外的方式,也可以采用不使用有源元件(非线性元件)的无源矩阵型。由于不使用有源元件(非线性元件),所以制造工序少,从而可以降低制造成本或者提高成品率。另外,由于不使用有源元件(非线性元件),所以可以提高开口率,从而能够实现低功耗或高亮度化等。

[0542] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

[0543] 实施方式10

在本实施方式中,参照图25A及图25B、图26A至图26C、图27A及图27B、图28A及图28B以及图29说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置以及在该显示装置安装输入装置的电子设备。

[0544] <关于触摸面板的说明1>

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

[0545] 图25A及图25B是触摸面板2000的透视图。注意,在图25A及图25B中,为了明确起见,示出触摸面板2000的典型的构成要素。

[0546] 触摸面板2000包括显示装置2501及触摸传感器2595(参照图25B)。触摸面板2000还包括衬底2510、衬底2570以及衬底2590。衬底2510、衬底2570以及衬底2590都具有柔性。注意,衬底2510、衬底2570和衬底2590中的一个或全部可以不具有柔性。

[0547] 显示装置2501包括衬底2510上的多个像素以及能够向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导在衬底2510的外周部,多个布线2511的一部分形成端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接。多个布线2511可以将来自信号线驱动电路2503s(1)的信号供应到多个像素。

[0548] 衬底2590包括触摸传感器2595以及与触摸传感器2595电连接的多个布线2598。多个布线2598被引导在衬底2590的外周部,多个布线2598的一部分形成端子。该端子与FPC2509(2)电连接。注意,为了明确起见,在图25B中以实线示出设置在衬底2590的背面一侧(与衬底2510相对的面一侧)的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0549] 作为触摸传感器2595,例如可以适用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器,可以举出表面型电容式触摸传感器、投影型电容式触摸传感器等。

[0550] 作为投影型电容式触摸传感器,主要根据驱动方法的不同而分为自电容式触摸传感器、互电容式触摸传感器等。当采用互电容式时,可以同时检测出多个点,所以是优选的。

[0551] 注意,图25B所示的触摸传感器2595是采用了投影型电容式触摸传感器的结构。

[0552] 注意,触摸传感器2595可以适用可检测出手指等检测对象的接近或接触的各种传感器。

[0553] 投影型电容式触摸传感器2595包括电极2591及电极2592。电极2591电连接于多个布线2598之中的任一个,而电极2592电连接于多个布线2598之中的任何其他一个。

[0554] 如图25A及图25B所示,电极2592具有在一个方向上配置的多个四边形在角部相互连接的形状。

[0555] 电极2591是四边形且在与电极2592延伸的方向交叉的方向上反复地配置。

[0556] 布线2594与其间夹着电极2592的两个电极2591电连接。电极2592与布线2594的交叉部面积优选为尽可能小。由此,可以减少没有设置电极的区域的面积,从而可以降低透过率的偏差。其结果,可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度偏差。

[0557] 注意,电极2591及电极2592的形状不局限于此,可以具有各种形状。例如,也可以采用如下结构:将多个电极2591配置为其间尽量没有间隙,并隔着绝缘层间隔开地设置多个电极2592,以具有不重叠于电极2591的区域。此时,通过在相邻的两个电极2592之间设置与这些电极电绝缘的虚拟电极,可以减少透过率不同的区域的面积,所以是优选的。

[0558] <关于显示装置的说明>

接着,参照图26A说明显示装置2501的详细内容。图26A是沿图25B中的点划线X1-X2的截面图。

[0559] 显示装置2501包括多个配置为矩阵状的像素。该像素包括显示元件以及驱动该显示元件的像素电路。

[0560] 在以下说明中,说明将发射白色光的发光元件适用于显示元件的例子,但是显示元件不局限于这种元件。例如,也可以包括发光颜色不同的发光元件,以使各相邻的像素的发光颜色不同。

[0561] 作为衬底2510及衬底2570,例如,可以适当地使用水蒸气透过率为 $1 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下,优选为 $1 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下的具有柔性的材料。或者,优选将其热膨胀率大致相同的材料用于衬底2510及衬底2570。例如,上述材料的线性膨胀系数优选为 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 以下,更优选为 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下,进一步优选为 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下。

[0562] 注意,衬底2510是叠层体,其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2510a、柔性衬底2510b以及贴合绝缘层2510a与柔性衬底2510b的粘合层2510c。衬底2570是叠层体,其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2570a、柔性衬底2570b以及贴合绝缘层2570a与柔性衬底2570b的粘合层2570c。

[0563] 粘合层2510c及粘合层2570c例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0564] 在衬底2510与衬底2570之间包括密封层2560。密封层2560优选具有比空气大的折射率。如图26A所示,当经过密封层2560提取光时,密封层2560可以兼作光学接合层。

[0565] 另外,可以在密封层2560的外周部形成密封剂。通过使用该密封剂,可以在由衬底2510、衬底2570、密封层2560及密封剂围绕的区域中配置发光元件2550R。注意,作为密封层2560,可以填充惰性气体(氮或氩等)。此外,可以在该惰性气体内设置干燥剂而吸收水分等。或者,可以使用丙烯酸树脂或环氧树脂等树脂填充。作为上述密封剂,例如优选使用环氧类树脂或玻璃粉。作为用于密封剂的材料,优选使用不使水分或氧透过的材料。

[0566] 显示装置2501包括像素2502R。像素2502R包括发光模块2580R。

[0567] 像素2502R包括发光元件2550R以及可以向该发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。注意,将晶体管2502t用作像素电路的一部分。发光模块2580R包括发光元件2550R以及着色层2567R。

[0568] 发光元件2550R包括下部电极、上部电极以及下部电极与上部电极之间的EL层。作为发光元件2550R,例如可以使用实施方式3至实施方式6所示的发光元件中的任一个。

[0569] 另外,也可以在下部电极与上部电极之间采用微腔结构,增强特定波长的光的强度。

[0570] 在密封层2560被设置于提取光一侧的情况下,密封层2560接触于发光元件2550R及着色层2567R。

[0571] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。由此,发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R,而向附图中的箭头所示的方向被射出到发光模块2580R的外部。

[0572] 在显示装置2501中,在发射光的方向上设置遮光层2567BM。遮光层2567BM以围绕着色层2567R的方式设置。

[0573] 着色层2567R具有使特定波长区域的光透过的功能即可。例如,可以使用使红色波长区域的光透过的滤色片、使绿色波长区域的光透过的滤色片、使蓝色波长区域的光透过的滤色片以及使黄色波长区域的光透过的滤色片等。每个滤色片可以通过印刷法、喷墨法、

利用光刻技术的蚀刻法等并使用各种材料形成。

[0574] 在显示装置2501中设置有绝缘层2521。绝缘层2521覆盖晶体管2502t。注意,绝缘层2521具有使起因于像素电路的凹凸平坦的功能。另外,可以使绝缘层2521具有能够抑制杂质扩散的功能。由此,能够防止由于杂质扩散而晶体管2502t等的可靠性降低。

[0575] 发光元件2550R被形成于绝缘层2521的上方。以与发光元件2550R所包括的下部电极的端部重叠的方式设置分隔壁2528。注意,可以在分隔壁2528上形成控制衬底2510与衬底2570的间隔的间隔物。

[0576] 扫描线驱动电路2503g (1) 包括晶体管2503t及电容器2503c。注意,可以将驱动电路与像素电路经同一工序形成在同一衬底上。

[0577] 在衬底2510上设置有能够供应信号的布线2511。在布线2511上设置有端子2519。FPC2509 (1) 电连接到端子2519。FPC2509 (1) 具有供应视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等的功能。注意,FPC2509 (1) 也可以安装有印刷线路板 (PWB)。

[0578] 在显示装置2501中,可以使用具有各种结构中的任一个的晶体管。在图26A中,虽然示出了使用底栅型晶体管的情况,但不局限于此,例如可以将图26B所示的顶栅型晶体管适用于显示装置2501。

[0579] 另外,对晶体管2502t及晶体管2503t的极性没有特别的限制。例如,可以使用n沟道晶体管及p沟道晶体管,或者可以使用n沟道晶体管或p沟道晶体管。此外,对于晶体管2502t及2503t的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如,可以使用非晶半导体膜或结晶半导体膜。作为半导体材料,可以使用第14族半导体 (例如,含有硅的半导体)、化合物半导体 (包括氧化物半导体)、有机半导体等。通过将能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体用于晶体管2502t和晶体管2503t中的任一个或两个,能够降低晶体管的关态电流,所以是优选的。作为该氧化物半导体,可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物 (M表示Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Sn、Hf或Nd) 等。

[0580] <关于触摸传感器的说明>

接着,参照图26C说明触摸传感器2595的详细内容。图26C是沿图25B中的点划线X3-X4的截面图。

[0581] 触摸传感器2595包括:在衬底2590上配置为交错形状的电极2591及电极2592;覆盖电极2591及电极2592的绝缘层2593;以及使相邻的电极2591电连接的布线2594。

[0582] 电极2591及电极2592使用具有透光性的导电材料形成。作为具有透光性的导电材料,可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。注意,还可以使用含有石墨烯的膜。含有石墨烯的膜例如可以通过使包含氧化石墨烯的膜还原而形成。作为还原方法,可以举出进行加热的方法等。

[0583] 例如,在通过溅射法将具有透光性的导电材料形成在衬底2590上之后,可以通过光刻法等各种图案中的任一个形成技术去除不需要的部分来形成电极2591及电极2592。

[0584] 作为用于绝缘层2593的材料,例如除了丙烯酸树脂、环氧树脂等树脂、硅酮树脂等具有硅氧烷键合的树脂之外,还可以使用氧化硅、氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0585] 达到电极2591的开口设置在绝缘层2593中,并且布线2594与相邻的电极2591电连接。由于透光导电材料可以提高触摸面板的开口率,因此可以适用于布线2594。另外,因为其导电性高于电极2591及电极2592的材料可以减少电阻,所以可以适用于布线2594。

[0586] 电极2592延在一个方向上,多个电极2592设置为条纹状。布线2594以与电极2592交叉的方式设置。

[0587] 夹着一个电极2592设置有一对电极2591。布线2594电连接一对电极2591。

[0588] 注意,多个电极2591并不一定要设置在与一个电极2592正交的方向上,也可以设置为形成大于 0° 且小于 90° 的角。

[0589] 布线2598与电极2591和电极2592中的任一个电连接。将布线2598的一部分用作端子。作为布线2598,例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等或者包含该金属材料中的任一个的合金材料。

[0590] 注意,通过设置覆盖绝缘层2593及布线2594的绝缘层,可以保护触摸传感器2595。

[0591] 连接层2599电连接布线2598与FPC2509(2)。

[0592] 作为连接层2599,可以使用各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)或各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等中的任一个。

[0593] <关于触摸面板的说明2>

接着,参照图27A说明触摸面板2000的详细内容。图27A是沿图25A中的点划线X5-X6的截面图。

[0594] 在图27A所示的触摸面板2000中将图26A所说明的显示装置2501与图26C所说明的触摸传感器2595贴合在一起。

[0595] 图27A所示的触摸面板2000除了图26A及图26C所说明的结构之外还包括粘合层2597及防反射层2567p。

[0596] 粘合层2597以与布线2594接触的方式设置。注意,粘合层2597以使触摸传感器2595重叠于显示装置2501的方式将衬底2590贴合到衬底2570。粘合层2597优选具有透光性。作为粘合层2597,可以使用热固化树脂或紫外线固化树脂。例如,可以使用丙烯酸类树脂、氨基酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂。

[0597] 防反射层2567p设置在重叠于像素的位置上。作为防反射层2567p,例如可以使用圆偏振片。

[0598] 接着,参照图27B对与图27A所示的结构不同的结构的触摸面板进行说明。

[0599] 图27B是触摸面板2001的截面图。图27B所示的触摸面板2001与图27A所示的触摸面板2000的不同之处是相对于显示装置2501的触摸传感器2595的位置。在这里对不同的结构进行详细的说明,而对可以使用同样的结构的部分援用触摸面板2000的说明。

[0600] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。图27B所示的发光元件2550R将光射出到设置有晶体管2502t的一侧。由此,发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R,而向图27B中的箭头所示的方向被射出到发光模块2580R的外部。

[0601] 触摸传感器2595被设置于显示装置2501的衬底2510一侧。

[0602] 粘合层2597位于衬底2510与衬底2590之间,并将显示装置2501和触摸传感器2595贴合在一起。

[0603] 如图27A及图27B所示,从发光元件射出的光可以经过衬底2510和衬底2570中的一个或两个射出。

[0604] <关于触摸面板的驱动方法的说明>

接着,参照图28A及图28B对触摸面板的驱动方法的一个例子进行说明。

[0605] 图28A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。在图28A中,示出脉冲电压输出电路2601及电流检测电路2602。另外,在图28A中,以X1至X6的六个布线表示被施加有脉冲电压的电极2621,并以Y1至Y6的六个布线表示检测电流的变化的电极2622。图28A示出由于使电极2621与电极2622重叠而形成的电容器2603。注意,电极2621与电极2622的功能可以互相调换。

[0606] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到X1至X6的布线的电路。通过对X1至X6的布线施加脉冲电压,在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。例如,当电极之间的电场被遮蔽时,使电容器2603的互电容产生变化。通过利用该变化可以检测出被检测体的接近或接触。

[0607] 电流检测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的Y1至Y6的布线的电流变化的电路。在Y1至Y6的布线中,如果没有被检测体的接近或接触,所检测的电流值则没有变化,而另一方面,在由于所检测的被检测体的接近或接触而互电容减少的情况下,检测到电流值减少的变化。注意,通过积分电路等检测电流即可。

[0608] 图28B示出图28A所示的互电容式触摸传感器中的输入/输出波形的时序图。在图28B中,在一个帧期间进行各行列中的被检测体的检测。图28B示出没有检测出被检测体(未触摸)和检测出被检测体(触摸)的期间。图28B示出对应于Y1至Y6的布线所检测出的电流值的电压值的波形。

[0609] 依次对X1至X6的布线施加脉冲电压,Y1至Y6的布线的波形根据该脉冲电压变化。当没有被检测体的接近或接触时,Y1至Y6的波形根据X1至X6的布线的电压变化产生变化。在有被检测体接近或接触的部位电流值减少,因而与其相应的电压值的波形也产生变化。

[0610] 如此,通过检测互电容的变化,可以检测出被检测体的接近或接触。

[0611] <关于传感器电路的说明>

作为触摸传感器,图28A虽然示出在布线的交叉部只设置电容器2603的无源矩阵型触摸传感器的结构,但是也可以采用包括晶体管和电容器的有源矩阵型触摸传感器。图29示出有源矩阵型触摸传感器所包括的传感器电路的一个例子。

[0612] 图29所示的传感器电路包括电容器2603、晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613。

[0613] 对晶体管2613的栅极施加信号G2。对晶体管2613的源极和漏极中的一个施加电压VRES,并且另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接,另一个被施加电压VSS。对晶体管2612的栅极施加信号G1,晶体管2612的源极和漏极中的另一个与布线ML电连接。对电容器2603的另一个电极施加电压VSS。

[0614] 接下来,对图29所示的传感器电路的工作进行说明。首先,通过作为信号G2施加使晶体管2613成为开启状态的电位,与晶体管2611的栅极连接的节点n被施加对应于电压VRES的电位。接着,通过作为信号G2施加使晶体管2613成为关闭状态的电位,节点n的电位被保持。

[0615] 接着,由于手指等被检测体的接近或接触,电容器2603的互电容产生变化,而节点n的电位随其由VRES变化。

[0616] 在读出工作中,作为信号G1施加使晶体管2612成为开启状态的电位。流过晶体管2611的电流,即流过布线ML的电流根据节点n的电位而产生变化。通过检测该电流,可以检

测出被检测体的接近或接触。

[0617] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613中,优选将氧化物半导体层用于形成有其沟道区的半导体层。尤其是通过将这种晶体管用于晶体管2613,能够长期间保持节点n的电位,由此可以减少对节点n再次供应VRES的工作(刷新工作)的频度。

[0618] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

[0619] 实施方式11

在本实施方式中,参照图30、图31A至图31G、图32A至图32F、图33A至图33D以及图34A及图34B对包括本发明的一个方式的发光元件的显示模块及电子设备进行说明。

[0620] <显示模块>

在图30所示的显示模块8000中在上盖8001与下盖8002之间设置连接于FPC8003的触摸传感器8004、连接于FPC8005的显示装置8006、框架8009、印刷衬底8010以及电池8011。

[0621] 例如可以将本发明的一个方式的发光元件用于显示装置8006。

[0622] 上盖8001及下盖8002可以根据触摸传感器8004及显示装置8006的尺寸可以适当地改变形状或尺寸。

[0623] 触摸传感器8004能够是电阻膜式触摸传感器或电容式触摸传感器,并且能够与显示装置8006重叠。此外,也可以使显示装置8006的对置衬底(密封衬底)具有触摸传感器的功能。另外,也可以在显示装置8006的各像素内设置光传感器,而形成光学触摸传感器。

[0624] 框架8009除了具有保护显示装置8006的功能以外还具有用来遮断因印刷衬底8010的工作而产生的电磁波的电磁屏蔽的功能。框架8009也可以具有作为散热板的功能。

[0625] 印刷衬底8010具有电源电路以及用来输出视频信号及时钟信号的信号处理电路。作为对电源电路供应电力的电源,可以采用外部的商业电源或另行设置的电池8011。当使用商业电源时,可以省略电池8011。

[0626] 在显示模块8000中还可以设置偏振片、相位差板、棱镜片等构件。

[0627] <电子设备>

图31A至图31G是示出电子设备的图。这些电子设备可以包括框体9000、显示部9001、扬声器9003、操作键9005(包括电源开关或操作开关)、连接端子9006、传感器9007(它具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风9008等。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。

[0628] 图31A至图31G所示的电子设备可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触控传感器的功能;显示日历、日期或时间等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;进行无线通信的功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据来将其显示在显示部上的功能;等。注意,图31A至图31G所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。虽然在图31A至图31G中未图示,但是电子设备可以包括多个显示部。此外,也可以在该电子设备中设置照相机等而使其具有如下功能:拍摄静态图像的功能;拍摄动态图像的功能;将所拍摄的图像储存在存储介质(外部存储介质或内置于照相机的存储

介质)中的功能;将所拍摄的图像显示在显示部上的功能;等。

[0629] 下面,详细地说明图31A至图31G所示的电子设备。

[0630] 图31A是示出便携式信息终端9100的透视图。便携式信息终端9100所包括的显示部9001具有柔性。因此,可以沿着所弯曲的框体9000的弯曲面组装显示部9001。另外,显示部9001具备触摸传感器,而可以用手指或触屏笔等触摸屏幕来进行操作。例如,通过触摸显示于显示部9001上的图标,可以启动应用程序。

[0631] 图31B是示出便携式信息终端9101的透视图。便携式信息终端9101例如具有电话机、电子笔记本和信息阅读装置等中的一种或多种的功能。具体而言,可以将其用作智能手机。注意,扬声器9003、连接端子9006、传感器9007等在便携式信息终端9101中未图示,但可以设置在与图31A所示的便携式信息终端9100同样的位置上。便携式信息终端9101可以将文字或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。作为信息9051的例子,可以举出提示收到来自电子邮件、SNS(Social Networking Services:社交网络服务)或电话等的信息的显示;电子邮件或SNS等的标题;电子邮件或SNS等的发送者姓名;日期;时间;电量;以及电波等信号的接收强度的显示等。或者,可以在显示有信息9051的位置上显示操作按钮9050等代替信息9051。

[0632] 作为框体9000的材料,可以使用包含合金、塑料、陶瓷、碳纤维的材料。作为包含碳纤维的材料的碳纤维增强复合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastics:CFRP)具有轻量且耐腐蚀的优点,但是其颜色是黑色,由此对外观或设计有限制。CFRP也可以说是增强塑料之一,作为增强塑料可以使用玻璃纤维或芳族聚酰胺纤维。由于在受到强烈的冲击时有纤维从树脂剥离的担忧,所以优选使用合金。作为合金,可以举出铝合金或镁合金。其中,包含锆、铜、镍、钛的非晶合金(也称为金属玻璃)从弹性强度的方面来看很优越。该非晶合金是在室温下具有玻璃迁移区域的非晶合金,也称为块体凝固非晶合金(bulk-solidifying amorphous alloy),实质上为具有非晶原子结构的合金。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。非晶合金的形成方法不局限于凝固铸造法,也可以利用真空蒸镀法、溅射法、电镀法、无电镀法等。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,合金包括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。通过使用非晶合金形成框体9000,可以实现具有高弹性的框体。当框体9000包含非晶合金时,即使便携式信息终端9101摔落并因冲击暂时变形,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。

[0633] 图31C是示出便携式信息终端9102的透视图。便携式信息终端9102具有将信息显示在显示部9001的三个以上的面上的功能。在此,示出信息9052、信息9053、信息9054分别显示于不同的面上的例子。例如,便携式信息终端9102的使用者能够在将便携式信息终端9102放在上衣口袋里的状态下确认其显示(这里是信息9053)。具体而言,将打来电话的人的电话号码或姓名等显示在能够从便携式信息终端9102的上方观看这些信息的位置。使用者可以确认到该显示而无需从口袋里拿出便携式信息终端9102,由此能够判断是否接电话。

[0634] 图31D是示出手表型便携式信息终端9200的透视图。便携式信息终端9200可以执行移动电话、电子邮件、文章的阅读及编辑、音乐播放、网络通信、电脑游戏等各种应用程序。显示部9001的显示面被弯曲,能够在所弯曲的显示面上进行显示。便携式信息终端9200可以进行被通信标准化的近距离无线通信。例如,通过与可进行无线通信的耳麦相互通信,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交换。另外,也可以通过连接端子9006进行充电。注意,充电工作也可以利用无线供电进行,而不通过连接端子9006。

[0635] 图31E、图31F及图31G是示出能够折叠的便携式信息终端9201的透视图。图31E是展开状态的便携式信息终端9201的透视图,图31F是从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9201的透视图。图31G是折叠状态的便携式信息终端9201的透视图。便携式信息终端9201在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域而其显示的一览性强。便携式信息终端9201所包括的显示部9001由铰链9055所连接的三个框体9000来支撑。通过铰链9055使两个框体9000之间弯折,可以从便携式信息终端9201的展开状态可逆性地变为折叠状态。例如,可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径使便携式信息终端9201弯曲。

[0636] 作为电子设备,例如可以举出:电视装置(也称为电视或电视接收机);用于计算机等的显示屏;相机诸如数码相机或数码成像机;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(可穿戴显示装置);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。

[0637] 另外,本发明的一个方式的电子设备可以包括二次电池。优选的是,通过非接触电力传送对二次电池充电。

[0638] 作为二次电池,例如可以举出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。

[0639] 本发明的一个方式的电子设备也可以包括天线。当由天线接收信号时,可以在显示部上显示图像或信息等。当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。

[0640] 图32A示出一种便携式游戏机,该便携式游戏机包括框体7101、框体7102、显示部7103、显示部7104、麦克风7105、扬声器7106、操作键7107以及触屏笔7108等。当对显示部7103或显示部7104使用根据本发明的一个方式的发光装置时,可以提供一种用户友好且不容易发生品质降低的便携式游戏机。虽然图32A所示的便携式游戏机包括两个显示部即显示部7103和显示部7104,但是便携式游戏机所包括的显示部的数量不限于两个。

[0641] 图32B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以及连接部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连接部7706所形成的框体7701和框体7702之间的角度切换。

[0642] 图32C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。注意,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,而得到非常清晰的图像。

[0643] 图32D示出头戴显示器7200的外观。

[0644] 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。另外,在安装部7201中内置有电池7206。

[0645] 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,能够将所接收的图像数据等的图像信息显示到显示部7204上。通过利用设置在主体7203中的相机捕捉使用者的眼球及眼睑的动作,并根据该信息算出使用者的视点的坐标,可以利用使用者的视点作为输入方法。

[0646] 另外,也可以对安装部7201的被使用者接触的位置设置多个电极。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,可以识别使用者的视点的功能。主体7203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、加速度传感器等各种传感器,也可以具有将使用者的生物信息显示在显示部7204上的功能。主体7203也可以检测出使用者的头部的动作等,并与使用者的头部的动作等同步地使显示在显示部7204上的图像变化。

[0647] 图32E示出照相机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。照相机7300也可以安装镜头7306。

[0648] 连接部7305包括电极,除了后面说明的取景器7400以外,还可以与闪光灯装置等连接。

[0649] 虽然在此照相机7300包括能够从框体7301拆卸下镜头7306而交换的结构,但是镜头7306及框体7301也可以被形成为一体。

[0650] 通过按下快门按钮7304,可以进行摄像。另外,显示部7302包括触摸传感器,也可以通过操作显示部7302进行摄像。

[0651] 本发明的一个方式的显示装置或触摸传感器可以适用于显示部7302。

[0652] 图32F示出照相机7300安装有取景器7400时的例子。

[0653] 取景器7400包括框体7401、显示部7402以及按钮7403等。

[0654] 框体7401包括嵌合到照相机7300的连接部7305的连接部,可以将取景器7400安装到照相机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。

[0655] 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的显示或非显示。

[0656] 虽然在图32E和图32F中,照相机7300与取景器7400是分开且可拆卸的电子设备,但是也可以在照相机7300的框体7301中内置有具备本发明的一个方式的显示装置或触摸传感器的取景器。

[0657] 图33A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。

[0658] 可以通过利用框体9000所具备的操作开关、另外提供的遥控操作机9311进行图33A所示的电视装置9300的操作。另外,也可以在显示部9001中具备触摸传感器。通过用手指等触摸显示部9001可以进行电视装置9300的操作。此外,也可以在遥控操作机9311中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所具备的操作键或触摸面板,可以进行频道及音量的操作,并可以对显示在显示部9001上的图像进行操

作。

[0659] 电视装置9300采用具备接收机及调制解调器等的结构。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。当通过调制解调器将电视装置连接到有线或无线方式的通信网络时,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等)的信息通信。

[0660] 由于本发明的一个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及高楼的内壁或外壁、汽车的内部装饰或外部装饰的曲面组装。

[0661] 图33B示出汽车9700的外观。图33C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以及灯9704等。本发明的一个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,本发明的一个方式的显示装置或发光装置等可用于图33C所示的显示部9710至显示部9715。

[0662] 显示部9710和显示部9711是设置在汽车的挡风玻璃上的显示装置。通过使用具有透光性的导电材料来制造显示装置或发光装置等中的电极或布线,可以使本发明的一个方式的显示装置或发光装置等成为能看到对面的所谓的透明式显示装置或发光装置。透明式显示装置的显示部9710和显示部9711即使在驾驶汽车9700时也不会成为视野的障碍。因此,可以将本发明的一个方式的显示装置或发光装置等设置在汽车9700的挡风玻璃上。注意,当在显示装置或发光装置等中设置用来驱动显示装置或输入/输出装置的晶体管等时,优选采用使用有机半导体材料的有机晶体管或使用氧化物半导体的晶体管等具有透光性的晶体管。

[0663] 显示部9712是设置在立柱部分的显示装置。例如,通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9712,可以补充被立柱遮挡的视野。显示部9713是设置在仪表盘部分的显示装置。例如,通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9713,可以补充被仪表盘遮挡的视野。也就是说,通过显示来自设置在汽车外侧的成像单元的影像,可以补充死角,从而提高安全性。通过显示补充看不到的部分的影像,可以更自然、更舒适地确认安全。

[0664] 图33D示出采用长座椅作为驾驶座位及副驾驶座位的汽车室内。显示部9721是设置在车门部分的显示装置。例如,通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9721,可以补充被车门遮挡的视野。显示部9722是设置在方向盘的显示装置。显示部9723是设置在长座椅的中央部的显示装置。注意,通过将显示装置设置在被坐面或靠背部分等,也可以将该显示装置用作以该显示装置为发热源的座椅取暖器。

[0665] 显示部9714、显示部9715或显示部9722可以提供导航信息、速度表、转速计、行驶距离、加油量、排档状态、空调的设定以及其他各种信息。使用者可以适当地改变显示部所显示的显示内容及布局等。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。

[0666] 图34A和图34B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、具有透光性的区域9503。

[0667] 多个显示面板9501具有柔性。以其一部分互相重叠的方式设置相邻的两个显示面板9501。例如,可以重叠相邻的两个显示面板9501的各具有透光性的区域9503。通过使用多个显示面板9501,可以实现屏幕大的显示装置。根据使用情况可以卷绕显示面板9501,所以

可以实现通用性高的显示装置。

[0668] 再者,图34A和图34B示出相邻的显示面板9501的显示区域9502彼此分开的情况,但是不局限于此,例如,也可以通过没有间隙地重叠相邻的显示面板9501的显示区域9502,实现连续的显示区域9502。

[0669] 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其显示部折叠的结构,但不局限于此,也可以采用不具有柔性且在平面部上进行显示的结构。

[0670] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而使用。

[0671] 实施方式12

在本实施方式中,参照图35A至图35C以及图36A至图36D对包括本发明的一个方式的发光元件的发光装置进行说明。

[0672] 图35A是本实施方式所示的发光装置3000的透视图,图35B是沿着图35A所示的点划线E-F切断的截面图。注意,在图35A中,为了避免繁杂而以虚线表示构成要素的一部分。

[0673] 图35A及图35B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。

[0674] 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35A及图35B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。

[0675] 如图35A及图35B所示,发光装置3000具有以被第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的方式配置发光元件3005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。

[0676] 注意,在图35B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,不局限于此,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形成在衬底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形成在衬底3003的下方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。

[0677] 衬底3001及衬底3003分别采用与上述实施方式所记载的衬底200及衬底220同样的结构,即可。发光元件3005具有与上述实施方式所记载的发光元件中的任一个同样的结构,即可。

[0678] 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)。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,而第二密封区域3009可以使用包含玻璃的材料形成。

[0679] 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等。为了吸收红外光,玻璃粉优选包含至少一种的过渡金属。

[0680] 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)。注意,也可以在玻璃粉中添加吸收激光束的波长的光的吸收剂。作为激光,例如优选使用Nd:YAG激光或半导体激光等。激光照射形状既可以为圆形又可以为四角形。

[0681] 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(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0682] 注意,当第一密封区域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。

[0683] 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,具有如下优异的效果。

[0684] 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。

[0685] 另外,如图35B所示,在被衬底3001、衬底3003、第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的区域中形成第一区域3011。在被衬底3001、衬底3003、发光元件3005及第一密封区域3007包围的区域中形成第二区域3013。

[0686] 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,可以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。

[0687] 图35C示出图35B所示的结构的变形例。图35C是示出发光装置3000的变形例的截面图。

[0688] 在图35C所示的结构中,衬底3003的一部分设置有凹部,并且,该凹部设置有干燥剂3018。其他结构与图35B所示的结构相同。

[0689] 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,例如可以举出碱金属的氧化物、碱土金属的氧化物(氧化钙或氧化钡等)、硫酸盐、金属卤化物、高氯酸盐、沸石或硅胶等。

[0690] 接着,参照图36A至图36D对图35B所示的发光装置3000的变形实例进行说明。注意,图36A至图36D是说明图35B所示的发光装置3000的变形实例的截面图。

[0691] 在图36A至图36D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36A至图36D所示的发光装置中,具有区域3014代替图35B所示的第二区域3013。

[0692] 作为区域3014,例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚

胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0693] 当将上述材料用于区域3014时,可以实现所谓的固体密封的发光装置。

[0694] 在图36B所示的发光装置中,在图36A所示的发光装置的衬底3001一侧设置衬底3015。

[0695] 如图36B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。注意,可以设置用作扩散板的衬底代替如图36B所示那样的具有凹凸的结构。

[0696] 图36A所示的发光装置具有从衬底3001一侧提取光的结构,而另一方面,图36C所示的发光装置具有从衬底3003一侧提取光的结构。

[0697] 图36C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36B所示的发光装置同样的结构。

[0698] 在图36D所示的发光装置中,不设置图36C所示的发光装置的衬底3003、3015,而只设置衬底3016。

[0699] 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36D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。

[0700] 因此,通过使用本实施方式所示的结构,能够实现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。

[0701] 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一结构适当地组合而实施。

[0702] 实施方式13

在本实施方式中,参照图37A至图37C以及图38说明将本发明的一个方式的发光元件适用于各种照明装置及电子设备的情况的例子。

[0703] 通过将本发明的一个方式的发光元件形成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。

[0704] 此外,还可以将应用了本发明的一个方式的发光装置适用于汽车的照明,其中该照明被设置于仪表盘、挡风玻璃以及天花板等。

[0705] 图37A示出多功能终端3500的一个面的透视图,图37B示出多功能终端3500的另一个面的透视图。在多功能终端3500中,框体3502组装有显示部3504、照相机3506以及照明3508等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3508。

[0706] 将包括本发明的一个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,能够得到指向性低的发光。例如,当将照明3508和照相机3506组合使用时,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。

[0707] 注意,图37A及图37B所示的多功能终端3500与图31A至图31G所示的电子设备同样地可以具有各种各样的功能。

[0708] 另外,可以在框体3502的内部设置扬声器、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和加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置时,可以通过判断多功能终端3500的方向(多功能终端为水平放置还是垂直放置)而自动进行显示部3504的屏面显示的切换。

[0709] 另外,也可以将显示部3504用作图像传感器。例如,通过用手掌或手指触摸显示部3504,来拍摄掌纹、指纹等,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方式的发光装置适用于显示部3504。

[0710] 图37C示出安全灯(security light)3600的透视图。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方式的发光装置用于照明3608。

[0711] 安全灯3600例如在抓住或握住照明3608时进行发光。另外,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。作为该电子电路,例如可以为能够实现一次或间歇性的多次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进行发光的同时从扬声器3610发出很大的警报音的电路。

[0712] 安全灯3600因为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。

[0713] 图38是将发光元件用于室内照明装置8501的例子。因为发光元件可以实现大面积化,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,也可以通过使用具有曲面的框体来形成发光区域具有曲面的照明装置8502。本实施方式所示的发光元件为薄膜状,所以框体的设计的自由度高。因此,可以形成能够对应各种设计的照明装置。并且,室内的墙面也可以设置有大型的照明装置8503。另外,也可以在照明装置8501、照明装置8502、照明装置8503中设置触摸传感器,启动或关闭电源。

[0714] 另外,通过将发光元件用于桌子的表面一侧,可以提供具有桌子的功能的照明装置8504。当将发光元件用于其他家具的一部分时,可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0715] 如上所述,通过应用本发明的一个方式的发光装置,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。

[0716] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

实施例1

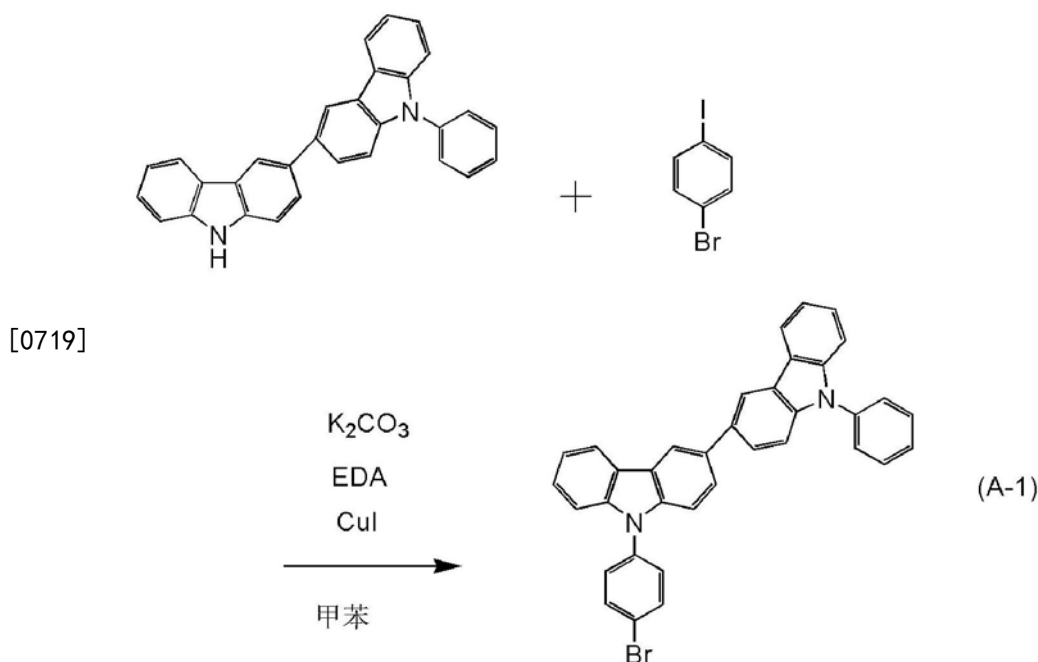
[0717] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的以通式(G0)表示的化合物之一的4-[4-(9'-苯基-3,3'-联-9H-吡啶-9-基)苯基]苯并咪唑并[3,2-d]嘧啶(简称:4PCCzPBfpm)(结构式(100))的合成方法及该化合物的特性进行说明。

[0718] <合成实例1>

《步骤1:9-(4-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-联-9H-吡啶的合成》

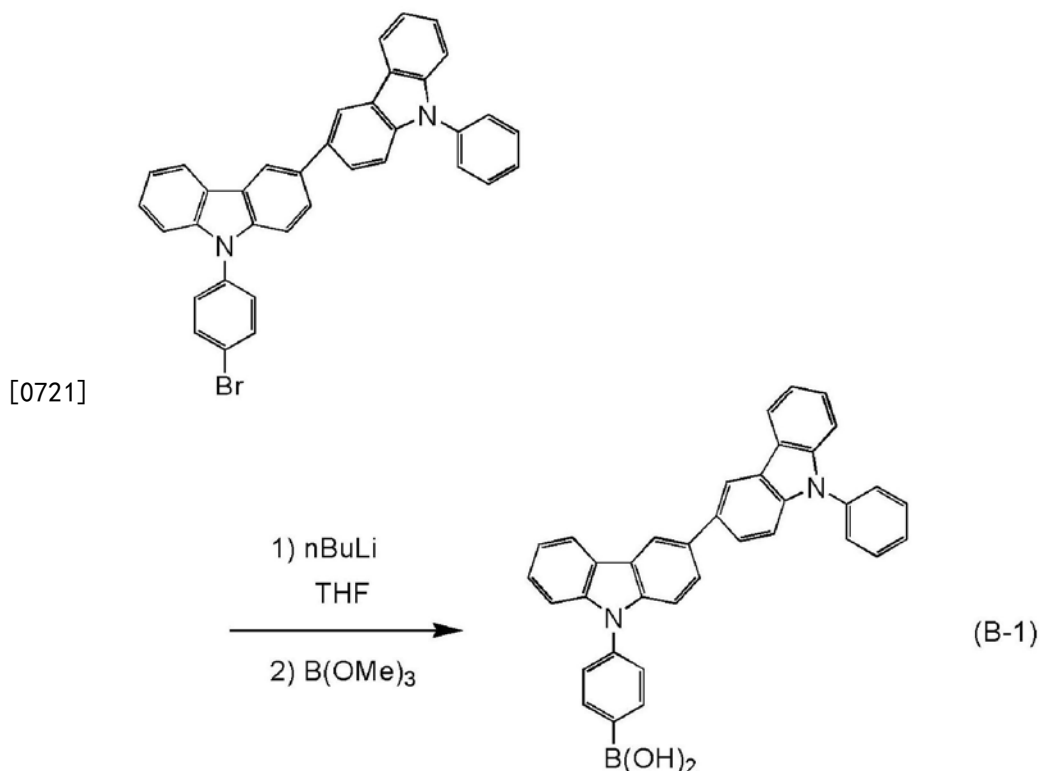
首先,将6.0g的9-苯基-3,3'-联-9H-吡啶、8.3g的4-溴碘苯、6.1g(44mmol)的碳酸钾放入具备回流管的三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮置换。对该混合物还添加100mL的甲苯、1.41g(23.4mmol)的乙二胺(简称:EDA)、2.4g(12.5mmol)的碘化铜,在氮气流下以125℃

进行46小时的加热。经过硅藻土对所得到的反应液体进行过滤,利用乙酸乙酯对滤液进行萃取。利用饱和食盐水洗涤所得到的萃取液,添加硫酸镁,并进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂。以甲苯:己烷=1:3为展开溶剂通过硅胶柱色谱法进行纯化,得到5.9g的目的物(收率:71%,黄色固体)。下面通式(A-1)示出步骤1的合成方案。



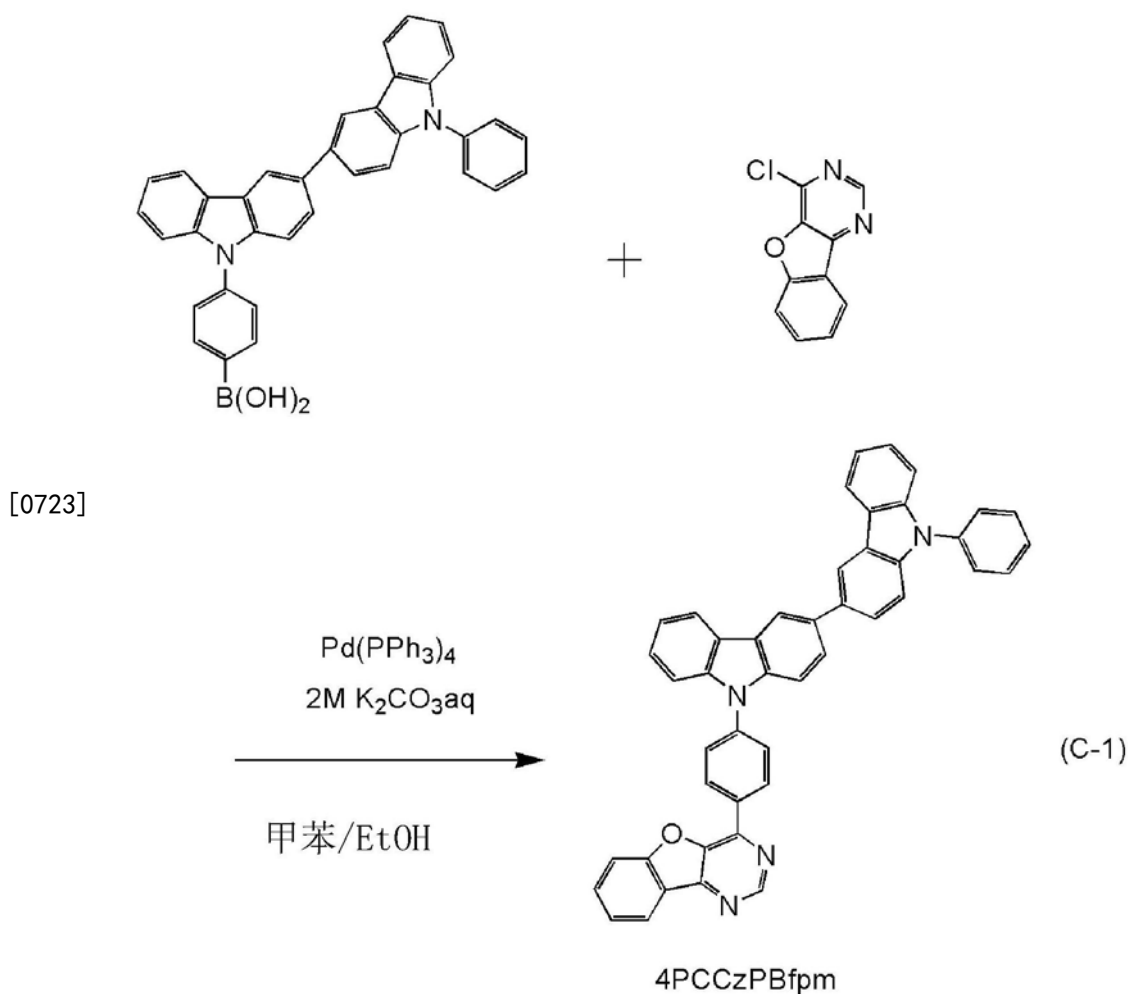
[0720] 《步骤2:B-[4-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)苯基]硼酸的合成》

接着,将在上述步骤1中合成的5.9g (10mmol)的9-(4-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑放入三口烧瓶,对该烧瓶内进行氮置换。对该混合物添加100mL的四氢呋喃(简称:THF)。将容器冷却到-78℃,滴加10mL的n-丁基锂(1.6mol/L)。该混合物将温度回升至室温,然后搅拌10分钟。再将容器冷却到-78℃,滴加2.2g (21mmol)的硼酸三甲酯。该混合物将温度回升至室温,搅拌12小时。对所得到的反应物添加1M盐酸,搅拌该混合物30分钟。然后,利用乙酸乙酯萃取有机层。利用饱和碳酸氢钠水溶液洗涤所得到的萃取液,添加硫酸镁,并进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,利用甲苯和己烷的混合溶剂进行重新结晶,由此得到2.9g的目的物(收率:54%,黄色固体)。下面通式(B-1)示出步骤2的合成方案。



[0722] 《步骤3:4PCCzPBfpm的合成》

接着,将0.96g (4.7mmol)的4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、3.0g (5.6mmol)的在上述步骤2的合成法中合成的B-[4-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)苯基]硼酸以及2.8mL的2M碳酸钾水溶液、24mL的甲苯、2.4mL的乙醇放入具备回流管的三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮置换。对该混合物添加0.43g (0.38mmol)的四(三苯基膦)钯(0),以80℃进行16小时的加热搅拌。对所得到的反应物进行过滤,利用水及乙醇对过滤物进行洗涤。使所得到的过滤物溶解于热甲苯,并通过依次填充有硅藻土、氧化铝、硅藻土的助滤剂对混合物进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,以氯仿为展开溶剂利用硅胶柱色谱法进行纯化。然后,通过利用甲苯和己烷的混合溶剂使其再结晶,得到2.2g的目的物的4PCCzPBfpm(收率:71%,黄色固体)。利用梯度升华法对该2.2g的黄色固体进行升华纯化。升华纯化的条件为如下:在压力为2.7Pa且氩气体的流量为5mL/min的状态下,以320℃对黄色固体进行加热。在升华纯化后,以72%的回收率得到1.6g的目的物的黄白色固体。下面通式(C-1)示出步骤3的合成方案。



[0724] 下面示出在上述步骤3中得到的黄白色固体的利用核磁共振分光法 ($^1\text{H-NMR}$) 的测定结果。图39示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由该结果可知,在本合成实例1中,得到本发明的一个方式的4PCCzPBfpm。

[0725] $^1\text{H-NMR}\delta$ (CDCl_3): 7.31-7.34 (t, 1H)、7.35-7.38 (t, 1H)、7.44 (d, 2H)、7.46-7.51 (m, 2H)、7.53 (d, 1H)、7.55-7.58 (t, 1H)、7.61-7.69 (m, 6H)、7.76-7.83 (m, 4H)、7.92 (d, 2H)、8.24-8.28 (t, 2H)、8.35 (d, 1H)、8.45 (ts, 2H)、8.91 (d, 2H)、9.33 (s, 1H)。

[0726] <4PCCzPBfpm的特性>

接着,利用液相色谱-质谱联用分析 (Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 简称:LC/MS分析) 对所得到的4PCCzPBfpm进行质量 (MS) 分析。

[0727] 在LC/MS分析中,利用Acquity UPLC (沃特世 (Waters) 公司制造) 进行LC (液相层析法) 分离,并利用Xevo G2 ToF MS (沃特世公司制造) 进行MS分析 (质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$), 柱温为 40°C 。在流动相中,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。以任意浓度将4PCCzPBfpm溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0728] 在MS分析中,通过电喷雾电离法 (ElectroSpray Ionization, 简称:ESI) 进行离子化。此时,将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为 3.0kV 及 50V ,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室 (collision cell) 内将以上述条件离子化了的 $m/z=653.23$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量 (碰撞能量) 设定为 70eV 。所测定的质

量范围是 $m/z=100$ 至 1200 。图40示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0729] 由图40的结果可知,4PCCzPBfpm主要在 $m/z=575$ 、 533 、 482 、 407 、 329 、 245 附近检测出子离子。由于图40所示的结果示出来源于4PCCzPBfpm的典型的结果,所以可以说是确定包含于混合物中的4PCCzPBfpm时的重要数据。

[0730] $m/z=482$ 附近的子离子被估计为4PCCzPBfpm中的二苯基联吡啶脱离的状态的阳离子。 $m/z=407$ 附近的子离子被估计为苯基联吡啶从该阳离子进一步脱离的状态的阳离子。 $m/z=329$ 附近的子离子被估计为联吡啶从该阳离子进一步脱离的状态的阳离子。这些数据表示4PCCzPBfpm包含二苯基联吡啶。 $m/z=245$ 附近的子离子被估计为苯基苯并咪唑并嘧啶从4PCCzPBfpm脱离的状态的阳离子,这些数据表示4PCCzPBfpm包含苯基苯并咪唑并嘧啶。

[0731] 图41示出甲苯溶液中的4PCCzPBfpm的吸收光谱及发射光谱,图42示出薄膜状态下的4PCCzPBfpm的吸收光谱及发射光谱。

[0732] 在吸收光谱的测定中,利用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造的V550型)。甲苯溶液中的4PCCzPBfpm的吸收光谱是如下吸收光谱,从石英皿中的4PCCzPBfpm的甲苯溶液的吸收光谱减去石英皿及甲苯的吸收光谱。此外,薄膜的吸收光谱是如下吸收光谱,将4PCCzPBfpm蒸镀在石英衬底上来制造样品,并且从该样品的吸收光谱减去石英的吸收光谱而得到的吸收光谱。在测定发射光谱时,利用PL-EL测定装置(由日本滨松光子学株式会社制造)。甲苯溶液中的4PCCzPBfpm的发射光谱将4PCCzPBfpm的甲苯溶液放入石英皿中进行测定。薄膜的发射光谱将4PCCzPBfpm蒸镀在石英衬底上制造样品来进行测定。测定吸收光谱及发射光谱的薄膜在石英衬底上通过真空蒸镀法形成。

[0733] 4PCCzPBfpm的甲苯溶液中的极大吸收波长为 380nm 附近,极大发射波长为 473nm 附近(激发波长为 390nm)。此外,薄膜的极大吸收波长为 392nm 附近,最大发射波长为 525nm 附近(激发波长为 392nm)。

[0734] 在大气中利用光电子分光光度装置(日本理研计器株式会社制造,AC-3)测定薄膜状态下的4PCCzPBfpm的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值,可知4PCCzPBfpm的HOMO能级为 -5.82eV 。由图42的薄膜的吸收光谱的数据可知,从假定为直接跃迁的Tauc曲线算出的4PCCzPBfpm的吸收端为 2.82eV 。由此,可以将固体状态的4PCCzPBfpm的光学能隙推测为 2.82eV ,根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值,可以将4PCCzPBfpm的LUMO能级推测为 -3.00eV 。如此,可知固体状态的4PCCzPBfpm具有 2.82eV 的宽能隙。

[0735] 通过循环伏安法(CV)测定4PCCzPBfpm的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)。注意,在测定中,使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C),并且对将化合物溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)而成的溶液进行测定。在测定中,使相对于参考电极的工作电极的电位在适当的范围中变化,由此得出各氧化峰值电位、还原电位峰值电位。此外,因为参考电极的还原电位估计为 -4.94eV ,所以从该数值和所得到的峰值电位算出各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[0736] 由CV测定的结果可知,4PCCzPBfpm的氧化电位为 0.70V ,还原电位为 -1.94V 。此外,通过CV测定而算出的4PCCzPBfpm的HOMO能级及LUMO能级分别为 -5.64eV 及 -3.01eV 。由此可知,4PCCzPBfpm具有低LUMO能级及较高的HOMO能级。

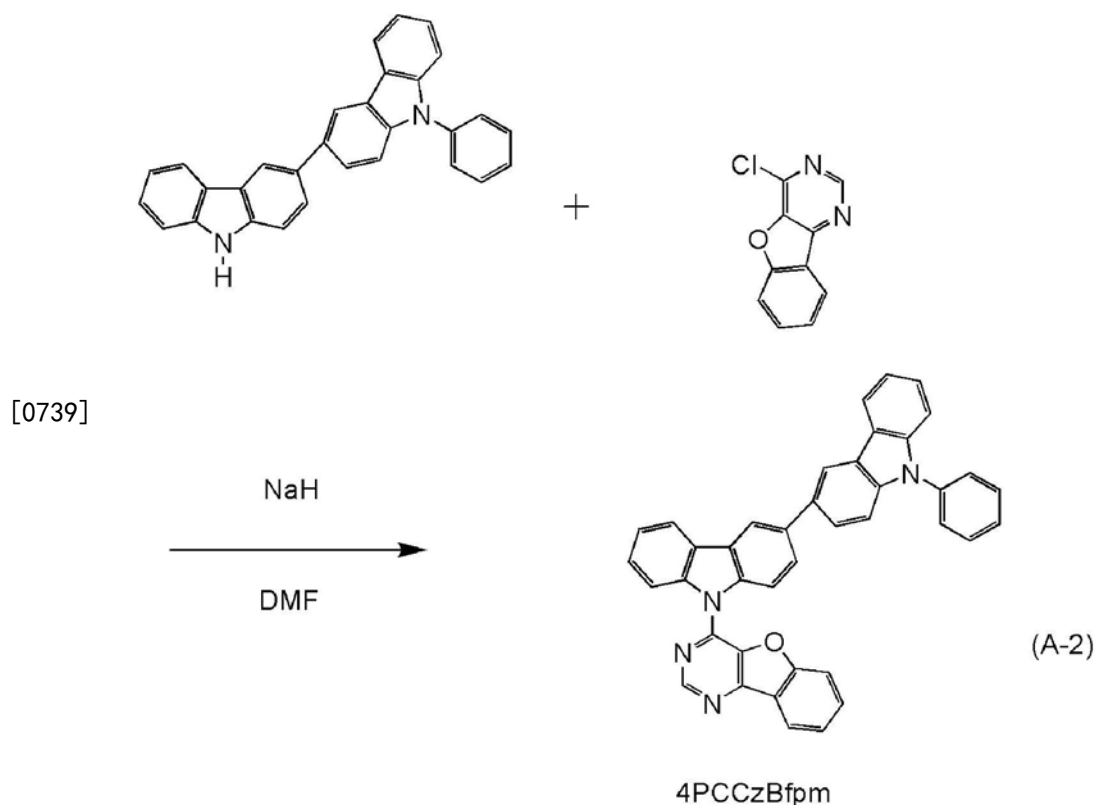
实施例2

[0737] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的以通式(G0)表示的化合物之一的4-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4PCCzBfpm)(结构式(133))的合成方法及该化合物的特性进行说明。

[0738] <合成例2>

《4PCCzBfpm的合成》

首先,在以氮置换的三口烧瓶中放入0.15g(3.6mmol)的氢化钠(60%),一边搅拌一边滴入10mL的N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)。将容器冷却到0℃,滴入1.1g(2.7mmol)的9-苯基-3,3'-联-9H-咔唑和15mL的DMF的混合液,在室温下进行30分钟的搅拌。然后,将容器冷却到0℃,添加0.50g(2.4mmol)的4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶和15mL的DMF的混合液,在室温下进行20小时的搅拌。将所得到的反应液体放入冰水中,对该混合物添加甲苯。利用乙酸乙酯萃取有机层,利用饱和食盐水进行洗涤,添加硫酸镁,进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,通过将甲苯(之后,甲苯:乙酸乙酯=1:20)用作展开溶剂的硅胶柱色谱法进行纯化。通过利用甲苯和己烷的混合溶剂使其再结晶,得到1.0g的目的物的4PCCzBfpm(收率:72%,黄白色固体)。然后,利用梯度升华法将该1.0g的黄白色固体升华纯化。在升华纯化中,在压力为2.6Pa且氩气流量为5mL/min的条件下以270℃至280℃附近对黄白色固体进行加热。在升华纯化后,以69%的回收率得到0.7g的目的物的黄白色固体。下面通式(A-2)示出本步骤的合成方案。



[0740] 下面示出在上述步骤中得到的黄白色固体的利用核磁共振分光法($^1\text{H-NMR}$)的测定结果。图43示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由该结果可知,在本合成实例2中,得到本发明的一个方式的4PCCzBfpm。

[0741] $^1\text{H-NMR}\delta$ (CDCl_3): 7.31-7.34 (m, 1H)、7.43-7.46 (m, 3H)、7.48-7.54 (m, 3H)、7.57-7.60 (t, 1H)、7.62-7.66 (m, 4H)、7.70 (d, 1H)、7.74-7.77 (dt, 1H)、7.80 (dd, 1H)、7.85 (dd,

1H)、7.88-7.93 (m, 2H)、8.25 (d, 2H)、8.37 (d, 1H)、8.45 (ds, 1H)、8.49 (ds, 1H)、9.30 (s, 1H)。

[0742] <4PCCzBfpm的特性>

接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对所得到的4PCCzBfpm进行质量(MS)分析。

[0743] 在LC/MS分析中,利用Acquity UPLC(沃特世公司制造)进行LC(液相层析法)分离,并利用Xevo G2 ToF MS(沃特世公司制造)进行MS分析(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8 (2.1×100mm, 1.7μm),柱温为40℃。在流动相中,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。以任意浓度将4PCCzBfpm溶解于甲苯中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[0744] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(简称:ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为3.0kV及50V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的 $m/z=577.2$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。所测定的质量范围是 $m/z=100$ 至1200。图44示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0745] 由图44的结果可知,4PCCzBfpm主要在 $m/z=550$ 、432、407附近检测出子离子。由于图44所示的结果示出来源于4PCCzBfpm的典型的结果,所以可以说是确定包含于混合物中的4PCCzBfpm时的重要数据。

[0746] $m/z=550$ 附近的子离子被估计为4PCCzBfpm中的嘧啶环裂解而腈脱离生成的阳离子。 $m/z=432$ 附近的子离子被估计为该阳离子进一步裂解而苯并呋喃基脱离生成的阳离子。这些数据示出4PCCzBfpm包含苯并呋喃并嘧啶基。 $m/z=407$ 附近的子离子被估计为HPCCz从4PCCzBfpm脱离的状态的阳离子,这些数据示出4PCCzBfpm包含HPCCz。

[0747] 图45示出甲苯溶液中的4PCCzBfpm的吸收光谱及发射光谱,图46示出薄膜状态下的4PCCzBfpm的吸收光谱及发射光谱。

[0748] 甲苯溶液中的4PCCzBfpm的吸收光谱及发射光谱以及薄膜状态的4PCCzBfpm的吸收光谱及发射光谱的测定方法与实施例1相同。

[0749] 4PCCzBfpm的甲苯溶液中的极大吸收波长为357nm附近,极大发射波长为469nm附近(激发波长为358nm)。此外,薄膜的极大吸收波长为369nm附近,最大发射波长为515nm附近(激发波长为350nm)。

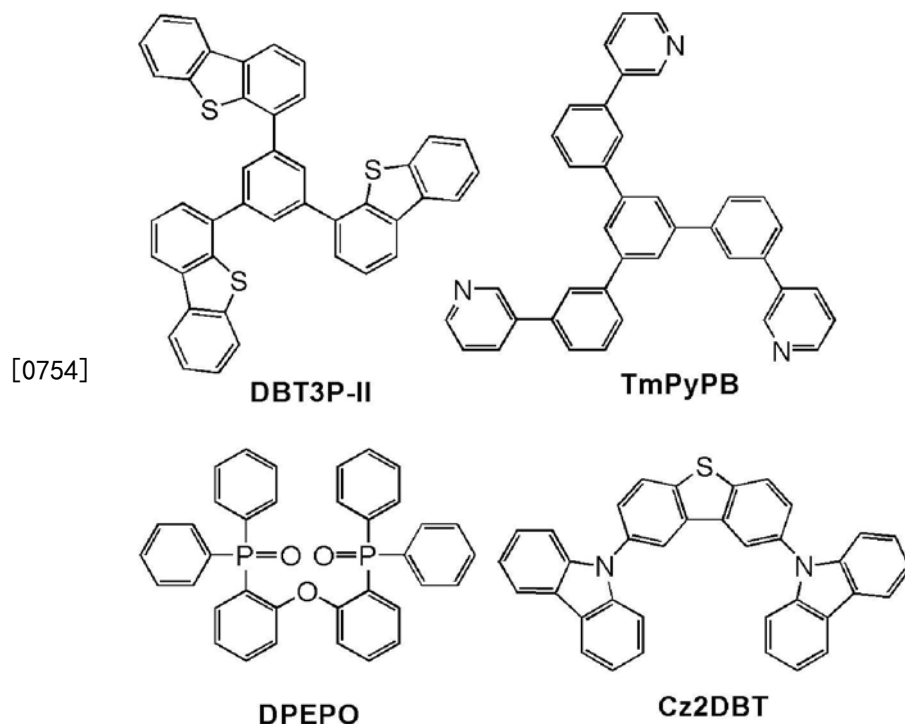
[0750] 在大气中利用光电子分光光度装置(日本理研计器株式会社制造,AC-3)测定薄膜状态下的4PCCzBfpm的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值,可知4PCCzBfpm的HOMO能级为-5.77eV。由图46的薄膜的吸收光谱的数据可知,从假定为直接跃迁的Tauc曲线算出的4PCCzBfpm的吸收端为2.98eV。由此,可以将固体状态的4PCCzBfpm的光学能隙推测为2.98eV,根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值,可以将4PCCzBfpm的LUMO能级推测为-2.79eV。如此,可知固体状态的4PCCzBfpm具有2.98eV的宽能隙。

[0751] 通过循环伏安法(CV)测定4PCCzBfpm的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)。测定与实施例1相同。

[0752] 由CV测定的结果可知,4PCCzBfpm的氧化电位为0.76V,还原电位为-2.10V。此外,通过CV测定而算出的4PCCzBfpm的HOMO能级及LUMO能级分别为-5.70eV及-2.84eV。由此可知,4PCCzBfpm具有低LUMO能级及较高的HOMO能级。

实施例3

[0753] 在本实施例中,对包含本发明的一个方式的化合物的发光元件的制造实例及该发光元件的特性进行说明。图47示出在本实施例中制造的发光元件的截面示意图,表1示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。注意,其他化合物可以参照上述实施例。



[0755] [表1]

	层	附图 标记	厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 1	电极	102	200	Al	—
	电子注入层	119	1	LiF	—
	电子传输层	118(2))	40	TmPyPB	—
		118(1))	5	DPEPO	—
	发光层	160	15	DPEPO : 4PCCzPBfpm	0.85:0.15
	空穴传输层	112	20	Cz2DBT	—
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5

	电极	101	70	ITSO	-
发光 元件 2	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118(2)	40	TmPyPB	-
		118(1)	5	DPEPO	-
	发光层	160	15	DPEPO : 4PCCzBfpm	0.85:0.15
	空穴传输层	112	20	Cz2DBT	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[0756] <发光元件的制造>

《发光元件1的制造》

作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[0757] 作为空穴注入层111,在电极101上以4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)与氧化钼(MoO₃)的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[0758] 作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀2,8-二(9H-咔唑-9-基)-二苯并噻吩(简称:Cz2DBT)。

[0759] 作为发光层160,在空穴传输层112上以双[2-(二苯基磷基)苯基]氧化醚(简称:DPEPO)及4-[4-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)苯基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4PCCzPBfpm)的重量比(DPEPO:4PCCzPBfpm)为0.85:0.15且厚度为15nm的方式进行共蒸镀。注意,在发光层160中,DPEPO为主体材料,4PCCzPBfpm为发光材料。

[0760] 作为电子传输层118,在发光层160上依次蒸镀厚度为5nm的DPEPO和厚度为40nm的1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。注意,用于电子传输层118的DPEPO也具有防止在发光层160中生成的激子扩散到电极102一侧的激子阻挡层的功能。

[0761] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0762] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于形成有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件1。具体而言,将密封剂涂敷于形成在衬底200上的有机材料的周围,贴合该衬底200和衬底220,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。通过上述工序得到发光元件1。

[0763] 《发光元件2的制造》

发光元件2除了发光层160的形成工序以外都与上述发光元件1相同地制造。

[0764] 作为发光元件2的发光层160,以DPEPO及4-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)苯

并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4PCCzBfpm)的重量比(DPEP0:4PCCzBfpm)为0.85:0.15且厚度为15nm的方式进行共蒸镀。注意,在发光层160中,DPEP0为主体材料,4PCCzBfpm为发光材料。

[0765] <发光元件的特性>

接着,测定所制造的上述发光元件1及2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)。

[0766] 图48示出发光元件1及发光元件2的电流效率-亮度特性。图49示出亮度-电压特性。图50示出外部量子效率-亮度特性。各发光元件的测定在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[0767] 表2示出100cd/m²附近的发光元件1、发光元件2的元件特性。

[0768] [表2]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流 效率	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
发光 元件 1	3.5	0.35	(0.21, 0.43)	110	31	28	13
发光 元件 2	3.7	0.40	(0.17, 0.26)	93	23	20	14

[0769] 图51示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件1及发光元件2中时的电致发射光谱。

[0770] 如图48至图51及表2所示,发光元件1及发光元件2具有高电流效率及高外部量子效率。发光元件1及发光元件2的外部量子效率的最大值分别为23.6%及23.9%,这是非常优异的数值。

[0771] 如图51所示,发光元件1及发光元件2发射电致发射光谱的峰值波长分别为490nm及476nm且半峰全宽分别为79nm及76nm的蓝色光。尤其是,发光元件2发射的蓝色光的颜色纯度比发光元件1高,所以是优选的。

[0772] 发光元件1及发光元件2由于在100cd/m²附近以低驱动电压即4V以下驱动,所以具有高电力效率。

[0773] 因从一对电极注入的载流子(空穴及电子)的复合而生成的单重态激子的生成概率为25%,因此当向外部的光提取效率为25%时,外部量子效率最大为6.25%。在发光元件1及发光元件2中,外部量子效率高于6.25%。在发光元件1及发光元件2中得到高外部量子效率的理由是在发光元件1及发光元件2中除了因一对电极注入的载流子复合而生成的单重态激子所引起的发光以外,还可以得到通过反系间窜越生成的单重态激子所引起的发光。

[0774] <发光材料的过渡荧光特性>

为了确认上述结果,下面对本发明的一个方式的化合物的4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm进行利用时间分辨发光测定的过渡荧光特性的测定。

[0775] 对在石英衬底上以DPEP0与4PCCzPBfpm的重量比(DPEP0:4PCCzPBfpm)为0.8:0.2且厚度为50nm的方式进行共蒸镀的薄膜样品、以及以DPEP0与4PCCzBfpm的重量比(DPEP0:4PCCzBfpm)为0.8:0.2且厚度为50nm的方式进行共蒸镀的薄膜样品进行时间分辨发光测定。

[0776] 在测定中,使用皮秒荧光寿命测定系统(由日本滨松光子学公司制造)。在本测定中,为了测定薄膜所呈现的荧光发光的寿命,对薄膜照射脉冲激光,并且使用条纹相机对在照射激光之后衰减的发光进行时间分辨测量。作为脉冲激光使用波长为337nm的氮气体激光。以10Hz的频率对薄膜照射500ps的脉冲激光。通过将反复测量的数据累计起来获得S/N比高的数据。在室温(保持为23℃的气氛)下进行测定。

[0777] 图52A及图52B示出通过测定得到的4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm的过渡荧光特性。图52A是发光寿命短的发光成分的测定结果,图52B是发光寿命长的发光成分的测定结果。

[0778] 使用下述算式4对图52A及图52B所示的衰减曲线进行拟合。

[0779] [算式4]

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad (4)$$

[0780] 在算式4中,L及t分别表示归一化的发射强度及经过时间。从衰减曲线的拟合结果可知,4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm的薄膜样品所发射的光包含具有不同荧光寿命的多种发光成分。可知4PCCzPBfpm的薄膜样品的发光成分至少包含荧光寿命为11.0ns的瞬时荧光成分、301μs的寿命最长的迟延荧光成分。4PCCzBfpm的薄膜样品的发光成分至少包含11.7ns的瞬时荧光成分、217μs的寿命最长的迟延荧光成分。就是说,4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm也可以说是在室温下呈现延迟荧光的热活化延迟荧光材料。

[0781] 由此,从发光元件1及发光元件2得到外部量子效率最大超过23%的非常优良的发光特性的结果,这是因为4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能。

[0782] <S1能级及T1能级的测定>

为了高效地产生反系间窜越呈现热活化延迟荧光,S1能级与T1能级的能量差优选大于0eV且为0.3eV以下,更优选大于0eV且为0.2eV以下。下面,进行用来算出本发明的一个方式的化合物的4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm的S1能级及T1能级的测定。

[0783] 为了算出S1能级及T1能级,测定4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm的发射光谱。图53示出4PCCzPBfpm的发射光谱的测定结果,图54示出4PCCzBfpm的发射光谱的测定结果。

[0784] 在该发射光谱的测定中,利用显微PL装置LabRAM HR-PL(由日本株式会社堀场制作所制造),将测定温度设定为10K,作为激发光使用He-Cd激光(325nm),作为检测器使用CCD检测器。在石英衬底上形成50nm厚的用来测定的薄膜,并且在氮气氛中对该石英衬底的蒸镀面贴合其他石英衬底之后,将其用于测定。

[0785] 在该发射光谱的测定中,除了一般的发射光谱的测定以外,还进行了着眼于发光

寿命长的发光的时间分辨发射光谱的测定。由于本发射光谱的测定在低温(10K)中进行,所以在一般的发射光谱的测定中,除了作为主要发光成分的荧光以外,还观察到一部分磷光。另外,在着眼于发光寿命长的发光的时间分辨发射光谱的测定中,主要观察到磷光。

[0786] 由上述测定的发射光谱的结果可知,4PCCzPBfpm的发射光谱的荧光成分及磷光成分的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)的波长分别为480nm及505nm。4PCCzBfpm的发射光谱的荧光成分及磷光成分的最短波长一侧的峰值波长的(包括肩峰)分别为455nm及480nm。

[0787] 因此,从上述峰值(包括肩峰)的波长算出的4PCCzPBfpm的S1能级及T1能级分别为2.58eV及2.46eV,S1能级与T1能级的能量差为0.12eV。4PCCzBfpm的S1能级及T1能级为2.72eV及2.58eV,S1能级与T1能级的能量差为0.14eV。

[0788] 由上述测定的发射光谱的结果可知,4PCCzPBfpm的发射光谱的荧光成分及磷光成分的短波长一侧的上升的波长分别为458nm及491nm。此外,4PCCzBfpm的发射光谱的荧光成分及磷光成分的短波长一侧的上升的波长分别为435nm及464nm。注意,作为发射光谱的短波长一侧的上升的波长,采用在该光谱的切线的倾斜度具有极大值的波长上的切线与横轴的交点的波长。

[0789] 从上升的波长算出的4PCCzPBfpm的S1能级及T1能级分别为2.71eV及2.53eV,S1能级与T1能级的能量差为0.18eV。4PCCzBfpm的S1能级及T1能级分别为2.85eV及2.67eV,S1能级与T1能级的能量差为0.18eV。

[0790] 如上所述,从发射光谱的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)的波长及短波长一侧的上升的波长算出的4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm的S1能级与T1能级的能量差都极小,即大于0eV且为0.2eV以下。由此,4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能且呈现热活化延迟荧光的功能。

[0791] 此外,可知4PCCzPBfpm及4PCCzBfpm适用于T1能级较高的蓝色那样的具有高能量的发光元件。已知在得到高效的发光元件时呈现热活化延迟荧光的化合物是有效的,但现在几乎没有存在高效地发射蓝色光的化合物。为此,本发明的一个方式的化合物在发光元件中也是非常有益的。

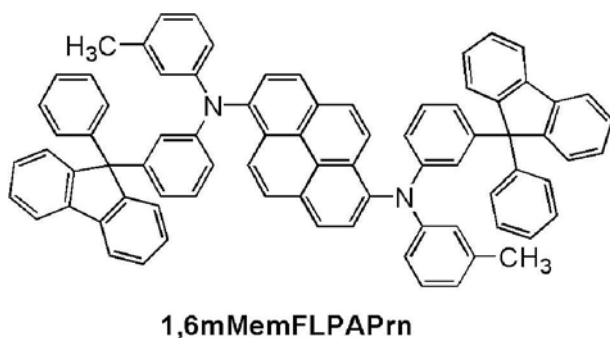
[0792] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的化合物,可以制造发光效率高且元件特性优异的发光元件。此外,可以制造驱动电压低且耗电量得到降低的发光元件。另外,可以制造发光效率高且发射蓝色光的发光元件。

[0793] 本实施例所示的结构可以与其他实施例及实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

实施例4

[0794] 在本实施例中,对包含本发明的一个方式的化合物的发光元件的制造实例及该发光元件的特性进行说明。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图与图47相同。表3示出元件的详细结构。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。注意,其他化合物可以参照上述实施例。

[0795]



[0796] [表3]

	层	附图标 记	厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 3	电极	102	200	Al	—
	电子注入层	119	1	LiF	—
	电子传输层	118(2)	40	TmPyPB	—
		118(1)	5	DPEPO	—
	发光层	160	15	DPEPO : 4PCCzBfpm : 1, 6mMemFLPAPrn	0.7:0.3:0.01
	空穴传输层	112	20	Cz2DBT	—
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITO	—

[0797] <发光元件3的制造>

作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITO膜。电极101的电极面积为4mm² (2mm×2mm)。

[0798] 作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P- II 与MoO₃的重量比 (DBT3P- II :MoO₃) 为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[0799] 作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀Cz2DBT。

[0800] 作为发光层160,在空穴传输层112上以DPEPO、4PCCzBfpm和N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苊-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)的重量比 (DPEPO:4PCCzBfpm:1,6mMemFLPAPrn) 为0.7:0.3:0.01且厚度为15nm的方式进行共蒸镀。注意,在发光层160中,DPEPO为主体材料,1,6mMemFLPAPrn为客体材料。

[0801] 作为电子传输层118,在发光层160上依次蒸镀厚度为5nm的DPEPO和厚度为40nm的TmPyPB。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上蒸镀厚度为1nm的LiF。

[0802] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0803] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于形成有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件3。密封方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件3。

[0804] <发光元件3的特性>

图55示出发光元件3的电流效率-亮度特性。图56示出亮度-电压特性。图57示出外部量子效率-亮度特性。发光元件的测定在室温(保持为23℃的气氛)下进行。测定方法与实施例3相同。

[0805] 表4示出100cd/m²附近的发光元件3的元件特性。

[0806] [表4]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率	电力效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光 元件 3	3.4	0.67	(0.16, 0.26)	120	18	17	11

[0807] 图58示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件3中时的电致发射光谱。

[0808] 如图55至图58及表4所示,发光元件3具有高电流效率及外部量子效率。发光元件3的外部量子效率的最大值为13.8%,这是优异的数值。此外,发光元件3即使在高亮度一侧,效率的降低(衰减(roll-off))也少,这结果是优异的。

[0809] 如图58所示,发光元件3发射电致发射光谱的峰值波长为470nm且半峰全宽为65nm的色纯度高的蓝色光。所得到的发射光谱是半宽度小且峰值波长适用于蓝色的短波长的发射光谱,由此可知从作为客体材料的1,6mMemFLPAPrn发射光。

[0810] 发光元件3由于在100cd/m²附近以低驱动电压即3.4V驱动,所以具有高电力效率。

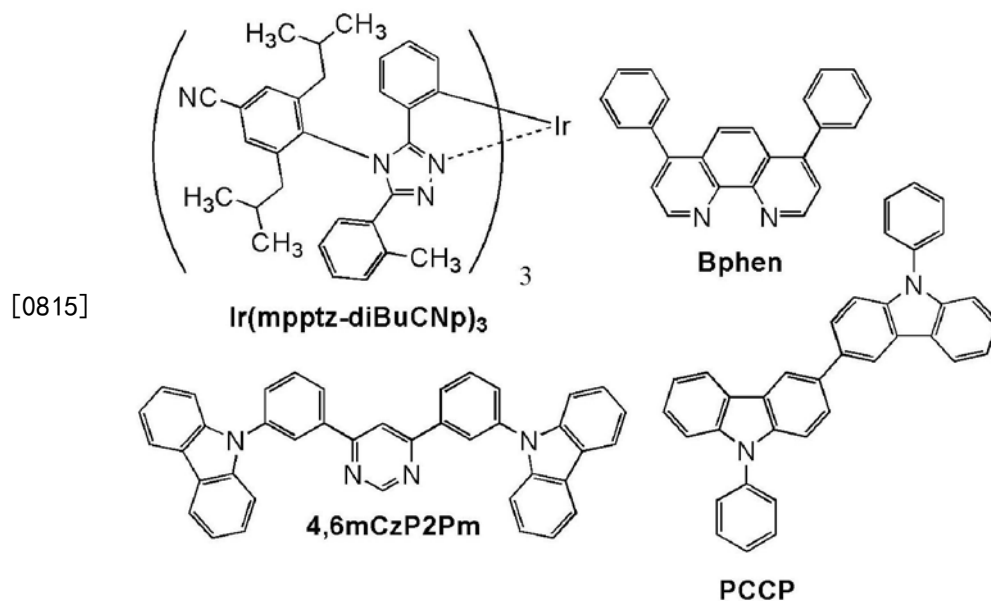
[0811] 如上述实施例所示,4PCCzBfpm具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能。由此,包含4PCCzBfpm及作为客体材料的1,6mMemFLPAPrn的发光元件3除了从一对电极注入的载流子复合生成的单重激子以外,从4PCCzBfpm中的通过反系间窜越从三重激子生成的单重激子的1,6mMemFLPAPrn可以高效地得到蓝色发光。

[0812] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的化合物及客体材料,可以制造衰减少的发光效率高且元件特性优异的发光元件。此外,可以制造驱动电压低且耗电量得到降低的发光元件。另外,可以制造发光效率高且色纯度良好的发射蓝色光的发光元件。

[0813] 本实施例所示的结构可以与其他实施例及实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

实施例5

[0814] 在本实施例中,对包含本发明的一个方式的化合物的发光元件的制造实例及该发光元件的特性进行说明。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图与图47相同。表5示出元件的详细结构。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。注意,其他化合物可以参照上述实施例。



[0816] [表5]

	层	附图 标记	厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 4	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	4, 6mCzP2Pm	—
	发光层	160	40	4PCCzBfpm : Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	1:0.06
	空穴传输层	112	20	PCCP	—
	空穴注入层	111	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITO	—

[0817] <发光元件4的制造>

作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITO膜。电极101的电极面积为4mm² (2mm×2mm)。

[0818] 作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为15nm的方式进行共蒸镀。

[0819] 作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)。

[0820] 作为发光层160,在空穴传输层112上以4PCCzBfpm与三{2-[4-(4-氰-2,6-二异丁基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-

diBuCNp)₃) 的重量比 (4PCCzBfpm:Ir (mpptz-diBuCNp)₃) 为1:0.06且厚度为40nm的方式进行共蒸镀。注意,在发光层160中,Ir (mpptz-diBuCNp)₃为客体材料。

[0821] 作为电子传输层118,在发光层160上,依次蒸镀厚度为10nm的4,6-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)和厚度为15nm的红菲绕啉(简称:BPhen)。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上蒸镀厚度为1nm的LiF。

[0822] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0823] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于形成有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件4。密封方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件4。

[0824] <发光元件4的特性>

图59示出发光元件4的电流效率-亮度特性。图60示出亮度-电压特性。图61示出外部量子效率-亮度特性。发光元件的测定在室温(保持为23℃的气氛)下进行。测定方法与实施例3相同。

[0825] 表6示出1000cd/m²附近的发光元件4的元件特性。

[0826] [表6]

	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)	电力效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光 元件 4	3.00	1.38	(0.196, 0.495)	923	66.8	70.0	26.5

[0827] 图62示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件4中时的电致发射光谱。

[0828] 如图59至图62及表6所示,发光元件4具有非常高的电流效率及外部量子效率。发光元件4的外部量子效率的最大值为27.3%,这是优异的数值。发光元件4即使在高亮度一侧,效率的降低(衰减)也少,这结果是优异的。

[0829] 如图62所示,发光元件4发射电致发射光谱的峰值波长为489nm且半峰全宽为68nm的蓝色光。由所得到的电致发射光谱可知从作为客体材料的Ir (mpptz-diBuCNp)₃发射光。

[0830] 发光元件4由于在1000cd/m²附近以非常低的驱动电压即3.0V驱动,所以具有高电力效率。

[0831] 如上述实施例所示,由于4PCCzBfpm的S1能级与T1能级的能量差小,使用近于三重激发态的能量的能量形成单重激发态。由此,可以使4PCCzBfpm的单重激发态的能量与Ir (mpptz-diBuCNp)₃的三重激发态的能量的能量差小。因此,发光元件4是以低电压驱动的发光元件。

[0832] 如上述实施例3所示,4PCCzBfpm的发射光谱中的磷光成分的最短波长一侧的峰值波长(480nm)比发光元件4的电致发射光谱的峰值波长(489nm)短。此外,可知4PCCzBfpm由于具有高T1能级,所以适用于将发射蓝色光的磷光材料作为客体材料的发光元件。

[0833] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的化合物及客体材料,可以制造发光效率非常高且元件特性优异的发光元件。此外,可以制造驱动电压低且耗电量得到降低的发光元件。另外,可以制造发光效率高且发射蓝色光的发光元件。

[0834] 本实施例所示的结构可以与其他实施例及实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

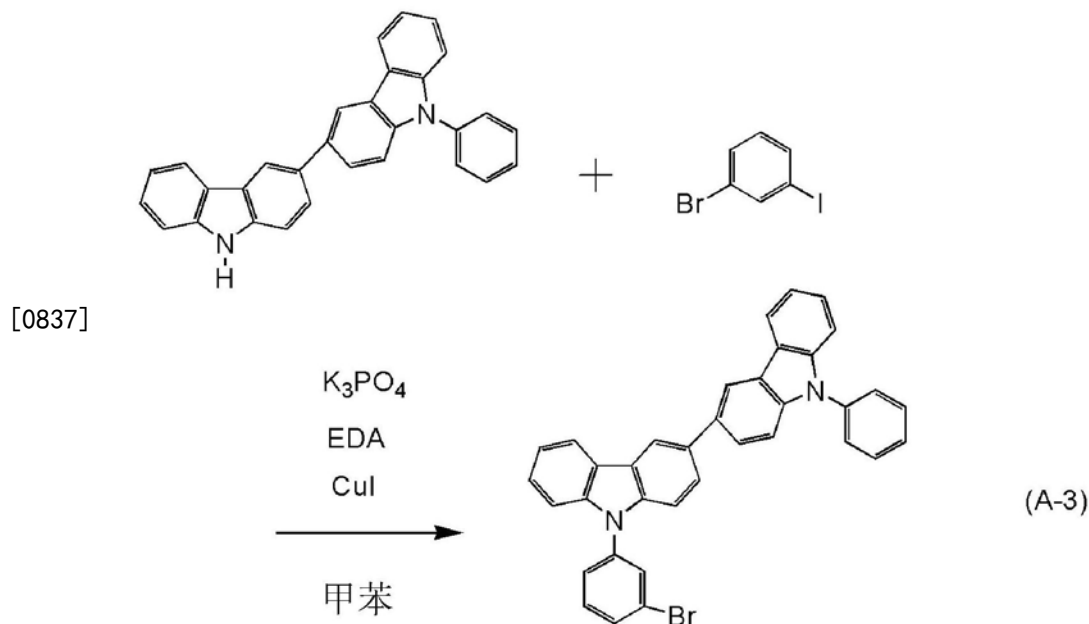
实施例6

[0835] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的以通式(G0)表示的化合物之一的4-[3-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)苯基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mPCCzPBfpm)(结构式(101))的合成方法及该化合物的特性进行说明。

[0836] <合成实例3>

《步骤1:9-(3-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑的合成》

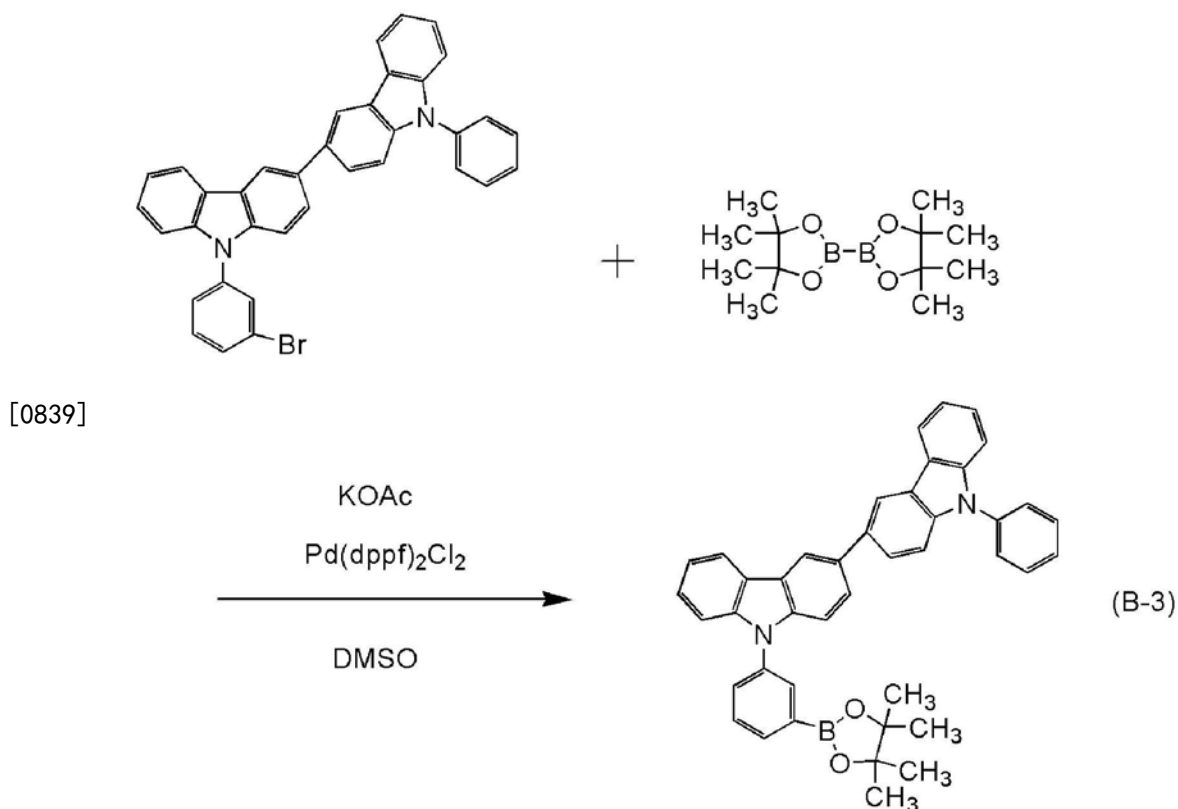
首先,将6.0g (15mmol)的9-苯基-3,3'-联-9H-咔唑、8.3g (29mmol)的3-溴碘苯、6.2g (29mmol)的碳酸钾、1.5g (24mmol)的乙二胺(简称:EDA)、2.5g (13mmol)的碘化铜放入具备回流管的三口烧瓶中,在该烧瓶内进行氮置换。对该混合物还添加100mL的甲苯,在氮气流下以120℃进行47小时的加热。对所得到的反应液体添加水,利用乙酸乙酯对反应液体进行萃取。利用饱和食盐水洗涤所得到的萃取液,添加硫酸镁,并进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,以甲苯:己烷=1:3为展开溶剂通过硅胶柱色谱法进行纯化,得到4.5g的目的物(收率:54%、黄色固体)。下面通式(A-3)示出步骤1的合成方案。



[0838] 《步骤2:9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊环-2-基)苯基]-9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑的合成》

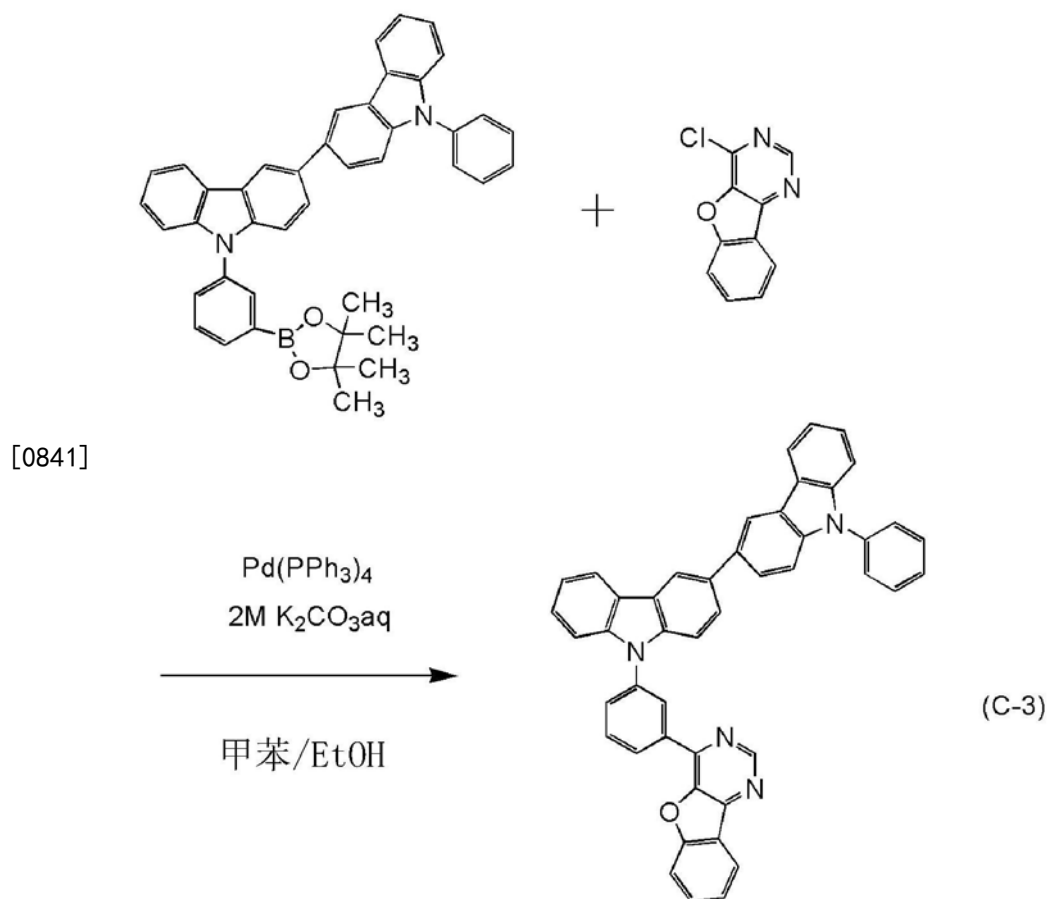
接着,将在上述步骤1中合成的2.8g (5.0mmol)的9-(3-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑、1.4g (5.5mmol)的双(戊酰)二硼、1.5g (15mmol)的醋酸钾放入三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮置换。然后,对混合物放入50mL的二甲亚砜(简称:DMSO)、0.12g (0.15mmol)的[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II),以110℃进行37小时的加热搅拌。利用乙酸乙酯对所得到的反应物进行萃取。利用饱和食盐水洗涤所得到的萃取液,添加硫酸镁,并

进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,从甲苯:己烷=1:3逐渐增加甲苯比例而最终仅以甲苯为展开溶剂通过中性硅胶柱色谱法进行纯化。由此,得到1.7g的目的物(收率:54%、黄色固体)。下面通式(B-3)示出步骤2的合成方案。



[0840] 《步骤3:4mPCCzPBfpm的合成》

接着,将0.52g (2.6mmol)的4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、在上述步骤2的合成法中合成的1.7g (2.8mmol)的9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷-2-基)苯基]-9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑、1.5mL的2M碳酸钾水溶液、13mL的甲苯、1mL的乙醇放入具备回流管的三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮置换。对该混合物放入0.24g (0.21mmol)的四(三苯基膦)钯(0),以100℃进行41小时的加热搅拌。对所得到的反应物进行过滤,利用水及乙醇对过滤物进行洗涤。使所得到的过滤物溶解于热甲苯,并通过依次填充有硅藻土、氧化铝、硅藻土的助滤剂进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,利用甲苯和己烷的混合溶剂进行重新结晶。由此得到1.0g的目的物的4mPCCzPBfpm(收率:62%、黄色固体)。然后,利用梯度升华法将该1.0g的黄色固体升华纯化。升华纯化的条件为如下:在压力为2.7Pa且氩气体的流量为5mL/min的状态下,以300℃对黄色固体进行加热。在升华纯化后,以87%的回收率得到0.9g的目的物的黄色固体。下面通式(C-3)示出步骤3的合成方案。



[0842] 下面示出在上述步骤3中得到的黄色固体的利用核磁共振分光法 ($^1\text{H-NMR}$) 的测定结果。图63示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由该结果可知,在本合成实例3中,得到本发明的一个方式的 4mPCCzPBfpm。

[0843] $^1\text{H-NMR}\delta$ (TCE- d_2) : 7.31-7.34 (t, 1H) 、7.36-7.39 (t, 1H) 、7.43-7.56 (m, 6H) 、7.60-7.69 (m, 6H) 、7.74 (ds, 2H) 、7.90-7.86 (m, 3H) 、7.89-7.92 (t, 1H) 、8.24 (d, 1H) 、8.28 (d, 1H) 、8.32 (d, 1H) 、8.47 (d, 2H) 、8.71 (d, 1H) 、8.89 (s, 1H) 、9.29 (s, 1H) 。

[0844] <4mPCCzPBfpm的特性>

接着,利用液相色谱-质谱联用分析 (Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 简称:LC/MS分析) 对所得到的4mPCCzPBfpm进行质量 (MS) 分析。

[0845] 在LC/MS分析中,利用Acquity UPLC (沃特世公司制造) 进行LC (液相层析法) 分离,并利用Xevo G2 ToF MS (沃特世公司制造) 进行MS分析 (质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$), 柱温为 40°C 。在流动相中,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4mPCCzPBfpm溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。将注入量设定为 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0846] 在MS分析中,通过电喷雾电离法 (ElectroSpray Ionization, 简称:ESI) 进行离子化。此时,将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为 3.0kV 及 30V ,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室 (collision cell) 内将以上述条件离子化了的 $m/z=653.23$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量 (碰撞能量) 设定为 70eV 。所测定的质量范围是 $m/z=100$ 至 1200 。图64示出利用飞行时间 (TOF) 型MS检测被解离的子离子的结果。

[0847] 由图64的结果可知,4mPCCzPBfpm主要在 $m/z=575$ 、 481 、 407 、 329 、 241 附近检测出

子离子。由于图64所示的结果示出来源于4mPCCzPBfpm的典型的结果,所以可以说是确定包含于混合物中的4mPCCzPBfpm时的重要数据。

[0848] $m/z=575$ 附近的子离子被估计为苯基从4mPCCzPBfpm脱离的状态的阳离子。 $m/z=481$ 附近的子离子被估计为苯并呋喃并嘧啶基从4mPCCzPBfpm脱离的状态的阳离子。 $m/z=407$ 附近的子离子被估计为苯基从该阳离子进一步脱离的状态的阳离子。 $m/z=329$ 附近的子离子被估计为苯基从该阳离子进一步脱离的状态的阳离子。 $m/z=241$ 附近的子离子被估计为唑环裂解而苯胺脱离生成的阳离子。这些数据示出4mPCCzPBfpm包含二苯基联唑的数据。

[0849] 图65示出甲苯溶液中的4mPCCzPBfpm的吸收光谱及发射光谱,图66示出薄膜状态下的4mPCCzPBfpm的吸收光谱及发射光谱。

[0850] 甲苯溶液中的4mPCCzPBfpm的吸收光谱及发射光谱以及薄膜状态的4mPCCzPBfpm的吸收光谱及发射光谱的测定方法与实施例1相同。

[0851] 4mPCCzPBfpm的甲苯溶液中的吸收波长在350nm附近及380nm附近具有肩峰,极大发射波长为496nm附近(激发波长355nm)。此外,薄膜的极大吸收波长为310nm附近,最大发射波长为533nm附近(激发波长359nm)。

[0852] 在大气中利用光电子分光光度装置(日本理研计器株式会社制造,AC-3)测定薄膜状态下的4mPCCzPBfpm的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值,可知4mPCCzPBfpm的HOMO能级为-5.74eV。由图66的薄膜的吸收光谱的数据可知,从假定为直接跃迁的 T_{auc} 曲线算出的4mPCCzPBfpm的吸收端为2.97eV。由此,可以将固体状态的4mPCCzPBfpm的光学能隙推测为2.97eV,根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值,可以将4mPCCzPBfpm的LUMO能级推测为-2.77eV。如此,可知固体状态的4mPCCzPBfpm具有2.97eV的宽能隙。

[0853] 通过循环伏安法(CV)测定4mPCCzPBfpm的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)。测定与实施例1相同。

[0854] 由CV测定的结果可知,4mPCCzPBfpm的氧化电位为0.68V,还原电位为-1.92V。通过CV测定而算出的4mPCCzPBfpm的HOMO能级及LUMO能级分别为-5.62eV及-3.02eV。由此可知,4mPCCzPBfpm具有低LUMO能级及较高的HOMO能级。

实施例7

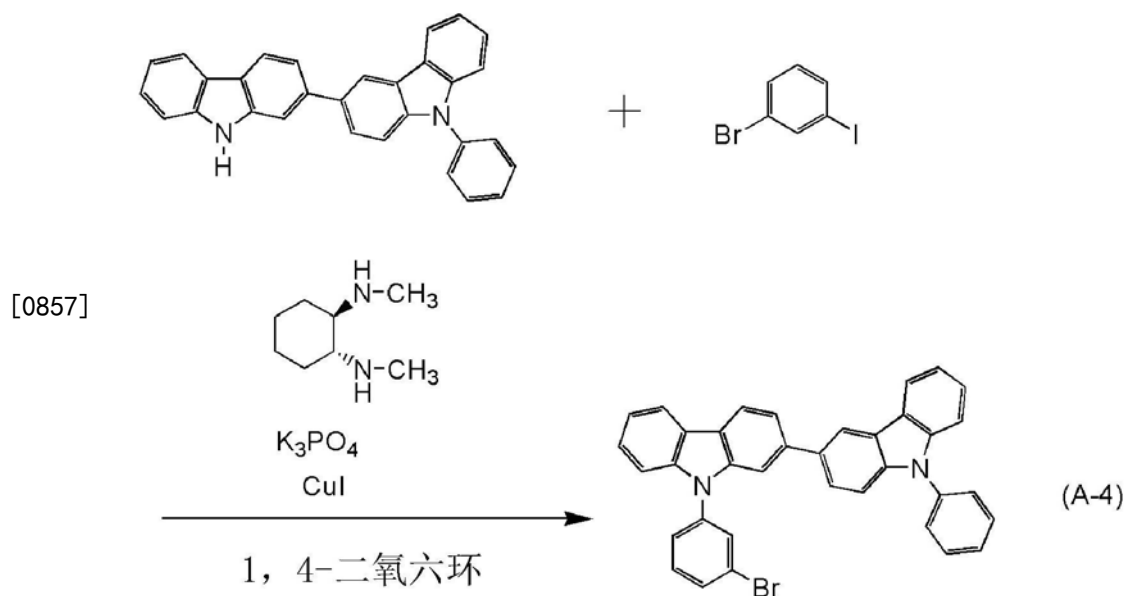
[0855] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的以通式(G0)表示的化合物之一的4-[3-(9'-苯基-2,3'-联-9H-唑-9-基)苯基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mPCCzPBfpm-02)(结构式(103))的合成方法及该化合物的特性进行说明。

[0856] <合成实例4>

《步骤1:9-(3-溴苯基)-9'-苯基-2,3'-联-9H-唑的合成》

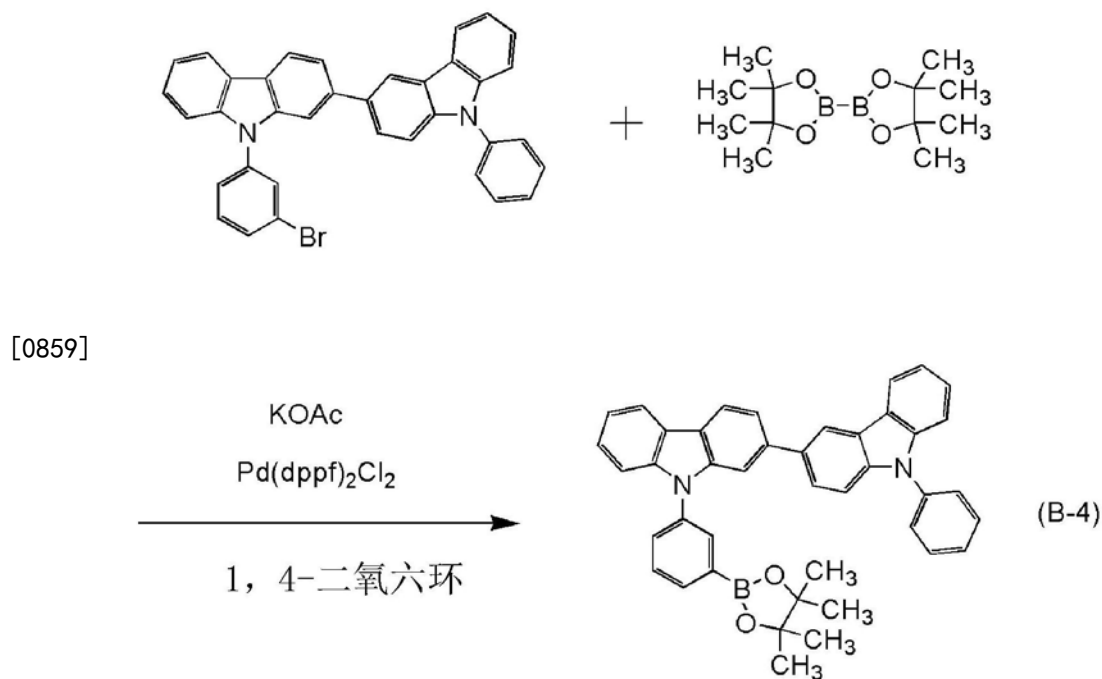
首先,将5.0g (12mmol)的9-苯基-2,3'-联-9H-唑、4.3g (18mmol)的3-溴碘苯、3.9g (18mmol)的磷酸三钾放入具备回流管的三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮置换。对该混合物添加100mL的二氧六环、0.21g (1.8mmol)的反-N,N'-二甲基环己烷-1,2-二胺、0.18g (0.92mmol)的碘化铜,在氮气流下以120℃进行32小时的加热搅拌并使其起反应。利用甲苯对所得到的反应物进行萃取。利用饱和食盐水洗涤所得到的萃取液,添加硫酸镁,并进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,作为展开溶剂使用比例从甲苯:己烷=1:4逐渐变化

而最终成为甲苯:己烷=1:2的混合溶剂通过硅胶柱色谱法进行纯化。由此,得到4.9g的目的物(收率:70%,黄色固体)。下面通式(A-4)示出步骤1的合成方案。



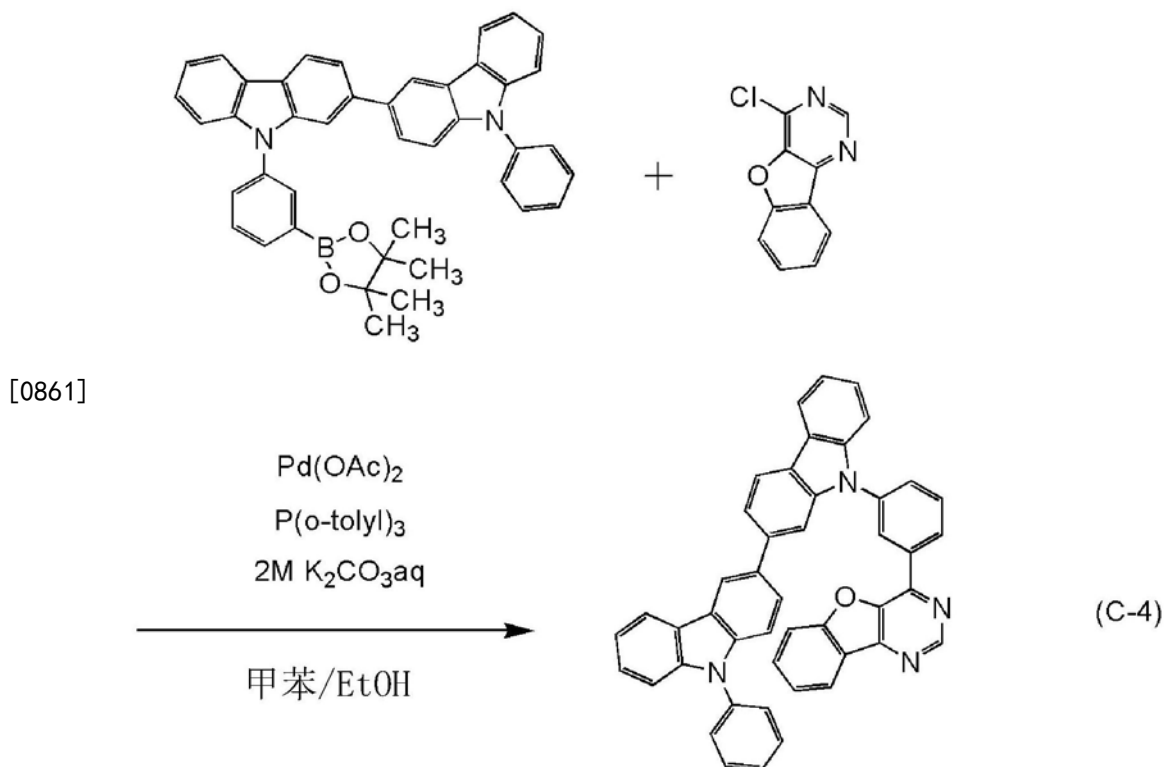
[0858] 《步骤2:9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷(dioxaborolane)-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-联-9H-咪唑的合成》

接着,将在上述步骤1中合成的4.8g (8.5mmol)的9-(3-溴苯基)-9'-苯基-2,3'-联-9H-咪唑、2.8g (11mmol)的联硼酸频那醇酯、2.5g (26mmol)的醋酸钾放入三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮置换。对该混合物放入90mL的1,4-二氧六环、0.35g (0.43mmol)的[1,1'双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II),以100℃进行2小时30分钟的加热搅拌。利用甲苯对所得到的反应物进行萃取。利用饱和食盐水洗涤所得到的萃取液,添加硫酸镁,并进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,以甲苯:己烷=1:2为展开溶剂通过中性硅胶柱色谱法进行纯化,得到2.6g的目的物(收率:48%,黄色固体)。下面通式(B-4)示出步骤2的合成方案。



[0860] 《步骤3:4mPCCzPBfpm-02的合成》

接着,将0.72g (3.5mmol)的4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、在上述步骤2的合成法中合成的2.6g (4.2mmol)的9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-联-9H-咔唑、2mL的2M碳酸钾水溶液、18mL的甲苯、2mL的乙醇放入具备回流管的三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮置换。对该混合物放入16mg (0.071mmol)的醋酸钯(II)、43mg (0.14mmol)的三(2-甲基苯基)膦(简称: $P(o\text{-tolyl})_3$),以90℃进行28小时的加热搅拌。对所得到的反应物进行过滤,利用水及乙醇对过滤物进行洗涤。使所得到的过滤物溶解于热甲苯,并对以硅藻土、硅胶、硅藻土的顺序填充的助滤剂进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,利用甲苯和乙醇的混合溶剂进行重新结晶,由此得到1.7g的目的物的4mPCCzPBfpm-02(收率:72%,黄色固体)。然后,利用梯度升华法对该1.7g的黄色固体进行升华纯化。升华纯化的条件为如下:在压力为2.8Pa且氩气体的流量为5mL/min的状态下,以290℃对黄色固体进行加热。在升华纯化后,以64%的回收率得到1.1g的目的物的黄白色固体。下面通式(C-4)示出步骤3的合成方案。



[0862] 下面示出在上述步骤3中得到的黄白色固体的利用核磁共振分光法($^1\text{H-NMR}$)的测定结果。图67示出 $^1\text{H-NMR}$ 图。由该结果可知,在本合成实例4中,得到本发明的一个方式的4mPCCzPBfpm-02。

[0863] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3): 7.21-7.25 (m, 1H)、7.34-7.50 (m, 9H)、7.53 (d, 2H)、7.57-7.60 (t, 3H)、7.73 (d, 2H)、7.88-7.92 (m, 3H)、8.08 (d, 1H)、8.22 (d, 1H)、8.25-8.28 (t, 2H)、8.42 (ds, 1H)、8.68 (ms, 1H)、8.93 (s, 1H)、9.29 (s, 1H)。

[0864] <4mPCCzPBfpm-02的特性>

接着,利用液相色谱-质谱联用分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry,简称:LC/MS分析)对所得到的4mPCCzPBfpm-02进行质量(MS)分析。

[0865] 在LC/MS分析中,利用Acquity UPLC(沃特世公司制造)进行LC(液相层析法)分离,并利用Xevo G2 Tof MS(沃特世公司制造)进行MS分析(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$),柱温为 40°C 。在流动相中,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。以任意浓度将4mPCCzPBfpm-02溶解于甲苯中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0866] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization,简称:ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为 3.0kV 及 30V ,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的 $m/z=653.23$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为 70eV 。所测定的质量范围是 $m/z=100$ 至 1200 。图68示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0867] 由图68的结果可知,4mPCCzPBfpm-02主要在 $m/z=575$ 、 407 、 330 附近检测出子离子。由于图68所示的结果示出来源于4mPCCzPBfpm-02的典型的结果,所以可以说是确定包含于混合物中的4mPCCzPBfpm-02时的重要数据。

[0868] $m/z=575$ 附近的子离子被估计为苯基从4mPCCzPBfpm-02脱离的阳离子。 $m/z=407$ 附近的子离子被估计为苯基及苯并呋喃并嘧啶从4mPCCzPBfpm-02脱离的状态的阳离子。 $m/z=330$ 附近的子离子被估计为苯基从该阳离子进一步脱离的状态的阳离子。这些数据表示4mPCCzPBfpm-02包含二苯基联咪唑。

[0869] 图69示出甲苯溶液中的4mPCCzPBfpm-02的吸收光谱及发射光谱,图70示出薄膜状态下的4mPCCzPBfpm-02的吸收光谱及发射光谱。

[0870] 甲苯溶液中的4mPCCzPBfpm-02的吸收光谱及发射光谱以及薄膜状态的4mPCCzPBfpm-02的吸收光谱及发射光谱的测定方法与实施例1相同。

[0871] 4mPCCzPBfpm-02的甲苯溶液中的极大吸收波长为 305nm 附近及 325nm 附近,极大发射波长为 459nm 附近(激发波长为 343nm)。此外,薄膜的极大吸收波长为 310nm 附近及 325nm 附近,最大发射波长为 500nm 附近(激发波长为 360nm)。

[0872] 在大气中利用光电子分光光度装置(日本理研计器株式会社制造,AC-3)测定薄膜状态下的4mPCCzPBfpm-02的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值,可知4mPCCzPBfpm-02的HOMO能级为 -5.86eV 。由图70的薄膜的吸收光谱的数据可知,从假定为直接跃迁的Tauc曲线算出的4mPCCzPBfpm-02的吸收端为 3.43eV 。由此,可以将固体状态的4mPCCzPBfpm-02的光学能隙推测为 3.43eV ,根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值,可以将4mPCCzPBfpm-02的LUMO能级推测为 -2.43eV 。如此,可知固体状态的4mPCCzPBfpm-02具有 3.43eV 的宽能隙。

[0873] 通过循环伏安法(CV)测定4mPCCzPBfpm-02的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)。测定与实施例1相同。

[0874] 由CV测定的结果可知,4mPCCzPBfpm-02的氧化电位为 0.74V ,还原电位为 -1.92V 。此外,通过CV测定而算出的4mPCCzPBfpm-02的HOMO能级及LUMO能级分别为 -5.68eV 及 -3.02eV 。由此可知,4mPCCzPBfpm-02具有低LUMO能级及较高的HOMO能级。

实施例8

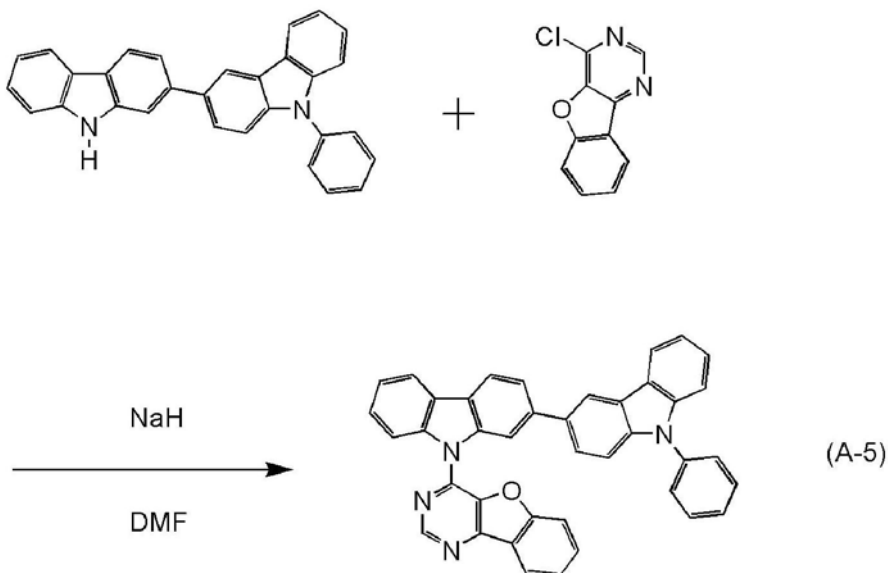
[0875] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的以通式(G0)表示的化合物之一的4-(9'-苯基-2,3'-联-9H-咪唑-9-基)苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4PCCzBfpm-02)(结构式

(134))的合成方法及该化合物的特性进行说明。

[0876] <合成实例5>

《4PCCzBfpm-02的合成》

首先,在以氮置换的三口烧瓶中放入0.24g (6.0mmol)的氢化钠(60%),一边搅拌一边滴入20mL的N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)。将烧瓶冷却到0℃,对该混合物滴入1.8g (4.4mmol)的9'-苯基-2,3'-联-9H-咔唑和20mL的DMF的混合液,在室温下进行30分钟的搅拌并使其起反应。在搅拌后,将容器冷却到0℃,添加0.82g (4.0mmol)的4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶和20mL的DMF的混合液,在室温下进行20小时的搅拌。将所得到的反应液体放入冰水中,对还添加有甲苯的混合溶液利用甲苯进行萃取。利用饱和食盐水对萃取液进行洗涤,添加硫酸镁,进行过滤。蒸馏而去除所得到的滤液的溶剂,通过将甲苯用作展开溶剂的硅胶柱色谱法进行纯化。此外,通过利用甲苯和乙醇的混合溶剂使其重新结晶,得到1.6g的目的物的4PCCzBfpm-02(收率:65%,黄白色固体)。下面通式(A-5)示出本步骤的合成方案。



[0878] 然后,利用梯度升华法将以上述合成法合成的2.6g的4PCCzBfpm-02的黄白色固体升华纯化。升华纯化中,在压力为2.5Pa且氩气流量为10mL/min的条件下以290℃对黄白色固体进行加热。在升华纯化后,以81%的回收率得到2.1g的目的物的黄白色固体。

[0879] 下面示出在上述步骤中得到的黄白色固体的利用核磁共振分光法(¹H-NMR)的测定结果。图71示出¹H-NMR图。由该结果可知,在本合成实例5中,得到本发明的一个方式的4PCCzBfpm-02。

[0880] ¹H-NMRδ(CDC1₃): 7.26-7.30 (m, 1H)、7.41-7.51 (m, 6H)、7.57-7.63 (m, 5H)、7.72-7.79 (m, 4H)、7.90 (d, 1H)、8.10-8.12 (m, 2H)、8.17 (d, 1H)、8.22 (d, 1H)、8.37 (d, 1H)、8.41 (ds, 1H)、9.30 (s, 1H)。

[0881] <4PCCzBfpm-02的特性>

接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对所得到的4PCCzBfpm-02进行质量(MS)分析。

[0882] 在LC/MS分析中,利用Acquity UPLC(沃特世公司制造)进行LC(液相层析法)分离,并利用Xevo G2 Tof MS(沃特世公司制造)进行MS分析(质量分析)。在LC分离中使用的色谱

柱为Acquity UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$), 柱温为 40°C 。在流动相中, 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。以任意浓度将4PCCzBfpm-02溶解于甲苯中, 并且利用乙腈稀释来调节样品。将注入量设定为 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0883] 在MS分析中, 通过电喷雾电离法 (简称: ESI) 进行离子化。此时, 将毛细管电压及样品锥孔电压分别设定为 3.0kV 及 30V , 并且以正离子模式进行检测。在碰撞室 (collision cell) 内将以上述条件离子化了的 $m/z=577.20$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量 (碰撞能量) 设定为 50eV 。所测定的质量范围是 $m/z=100$ 至 1200 。图72示出利用飞行时间 (TOF) 型MS检测被解离的子离子的结果。

[0884] 由图72的结果可知, 4PCCzBfpm-02主要在 $m/z=550$ 、 434 、 408 、 307 附近检测出子离子。由于图72所示的结果示出来源于4PCCzBfpm-02的典型的结果, 所以可以说是确定包含于混合物中的4PCCzBfpm-02时的重要数据。

[0885] $m/z=550$ 附近的子离子被估计为4PCCzBfpm-02中的嘧啶环裂解而腈脱离生成的阳离子。 $m/z=434$ 附近的子离子被估计为该阳离子进一步裂解而苯并咪唑基脱离生成的阳离子。这些数据示出4PCCzBfpm-02包含苯并咪唑并嘧啶基。 $m/z=408$ 附近的子离子被估计为苯并咪唑并嘧啶基从4PCCzBfpm-02脱离的状态的阳离子, 这些数据示出4PCCzBfpm-02包含苯基联咪唑。

[0886] 图73示出甲苯溶液中的4PCCzBfpm-02的吸收光谱及发射光谱, 图74示出薄膜状态下的4PCCzBfpm-02的吸收光谱及发射光谱。

[0887] 甲苯溶液中的4PCCzBfpm-02的吸收光谱及发射光谱以及薄膜状态的4PCCzBfpm-02的吸收光谱及发射光谱的测定方法与实施例1相同。

[0888] 4PCCzBfpm-02的甲苯溶液中的极大吸收波长为 305nm 附近及 325nm 附近, 极大发射波长为 452nm 附近 (激发波长为 354nm)。此外, 薄膜的极大吸收波长为 310nm 附近及 330nm 附近, 最大发射波长为 475nm 附近 (激发波长为 360nm)。

[0889] 在大气中利用光电子分光光度装置 (日本理研计器株式会社制造, AC-3) 测定薄膜状态下的4PCCzBfpm-02的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值, 可知4PCCzBfpm-02的HOMO能级为 -5.78eV 。由图74的薄膜的吸收光谱的数据可知, 从假定为直接跃迁的Tauc曲线算出的4PCCzBfpm-02的吸收端为 3.32eV 。由此, 可以将固体状态的4PCCzBfpm-02的光学能隙推测为 3.32eV , 根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值, 可以将4PCCzBfpm-02的LUMO能级推测为 -2.46eV 。如此, 可知固体状态的4PCCzBfpm-02具有 3.32eV 的宽能隙。

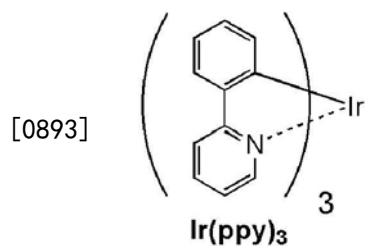
[0890] 通过循环伏安法 (CV) 测定4PCCzBfpm-02的电化学特性 (氧化反应特性及还原反应特性)。测定与实施例1相同。

[0891] 由CV测定的结果可知, 4PCCzBfpm-02的氧化电位为 0.82V , 还原电位为 -2.10V 。此外, 通过CV测定而算出的4PCCzBfpm-02的HOMO能级及LUMO能级分别为 -5.76eV 及 -2.84eV 。由此可知, 4PCCzBfpm-02具有低LUMO能级及较高的HOMO能级。

实施例9

[0892] 在本实施例中, 对包含本发明的一个方式的化合物的发光元件的制造实例及该发光元件的特性进行说明。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图与图47相同。表7示出元件结构的详细内容。此外, 以下示出所使用的化合物的结构及简称。注意, 其他化合物可

以参照上述实施例。



[0894] [表7]

	层	附图标记	厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 5	电极	102	200	Al	—
	电子注入层	119	1	LiF	—
	电子传输层	118(2)	10	BPhen	—
		118(1)	20	4mPCCzPBfpm	—
	发光层	160(2)	20	4mPCCzPBfpm : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.8:0.2:0 .05
		160(1)	20	4mPCCzPBfpm : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.5:0.5:0 .05
	空穴传输层	112	20	PCCP	—
	空穴注入层	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITO	—
发光 元件 6	电极	102	200	Al	—
	电子注入层	119	1	LiF	—
	电子传输层	118(2)	10	BPhen	—

		118 (1)	20	4mPCCzPBfpm-02	—
	发光层	160 (2)	20	4mPCCzPBfpm-02 : PCCP : Ir (ppy) ₃	0.8:0.2:0 .05
		160 (1)	20	4mPCCzPBfpm-02 : PCCP : Ir (ppy) ₃	0.5:0.5:0 .05
	空穴传输层	112	20	PCCP	—
	空穴注入层	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITS0	—
发光 元件 7	电极	102	200	Al	—
	电子注入层	119	1	LiF	—
	电子传输层	118 (2)	10	BPhen	—
		118 (1)	20	4PCCzBfpm-02	—
	发光层	160 (2)	20	4PCCzBfpm-02 : PCCP : Ir (ppy) ₃	0.8:0.2:0 .05
		160 (1)	20	4PCCzBfpm-02 : PCCP : Ir (ppy) ₃	0.5:0.5:0 .05
	空穴传输层				
	空穴注入层				
	电极				

[0895] <发光元件的制造>

《发光元件5的制造》

作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITS0膜。电极101的电极面积为4mm² (2mm×2mm)。

[0896] 作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P- II 与MoO₃的重量比 (DBT3P- II :MoO₃) 为1:0.5且厚度为60nm的方式进行共蒸镀。

[0897] 作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[0898] 作为发光层160,在空穴传输层112上以4mPCCzPBfpm与PCCP与Ir (ppy)₃的重量比 (4mPCCzPBfpm:PCCP:Ir (ppy)₃) 为0.5:0.5:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后,以重量比 (4mPCCzPBfpm:PCCP:Ir (ppy)₃) 为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。注意,在发光层160中,Ir (ppy)₃是发射磷光的客体材料。

[0899] 作为电子传输层118,在发光层160上依次蒸镀厚度为10nm的4mPCCzPBfpm和厚度为15nm的BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上蒸镀厚度为1nm的LiF。

[0900] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0901] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于形成有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件5。密封方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件5。

[0902] 《发光元件6及7的制造》

发光元件6除了发光层160的形成工序以外都与发光元件5相同地制造。

[0903] 作为发光元件6的发光层160,以4mPCCzPBfpm-02与PCCP与Ir(ppy)₃的重量比(4mPCCzPBfpm-02:PCCP:Ir(ppy)₃)为0.5:0.5:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后,以重量比(4mPCCzPBfpm-02:PCCP:Ir(ppy)₃)为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。作为电子传输层118,在发光层160上依次蒸镀厚度为10nm的4mPCCzPBfpm-02及厚度为15nm的BPhen。

[0904] 作为发光元件7的发光层160,4PCCzBfpm-02与PCCP与Ir(ppy)₃的重量比(4PCCzBfpm-02:PCCP:Ir(ppy)₃)为0.5:0.5:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后以重量比(4PCCzBfpm-02:PCCP:Ir(ppy)₃)为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。作为电子传输层118,在发光层160上依次蒸镀厚度为10nm的4PCCzBfpm-02及厚度为15nm的BPhen。

[0905] <发光元件的特性>

图75示出发光元件5至7的电流效率-亮度特性。图76示出亮度-电压特性。图77示出外部量子效率-亮度特性。各发光元件的测定在室温(保持为23℃的气氛)下进行。图78示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件5至7中时的电致发射光谱。测定方法与实施例3相同。

[0906] 表8示出1000cd/m²附近的发光元件5至7的元件特性。

[0907] [表8]

	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)	电力 效率 (lm/W)	外部量子 效率(%)
发光 元件 5	3.1	1.80	(0.35, 0.61)	860	48	48	14
发光 元件 6	3.5	1.69	(0.36, 0.60)	1090	65	58	19
发光	3.5	1.47	(0.33,	890	60	54	17
元件 7			0.62)				

[0908] 如图75至图77及表8所示,发光元件5至7具有高电流效率及外部量子效率。发光元件5至7的外部量子效率的最大值分别为14.4%、18.5%及16.9%,这是优异的数值。发光元件5至7即使在高亮度一侧,效率的降低(衰减)也少,这结果是优异的。

[0909] 如图78所示,发光元件5至7发射电致发射光谱的峰值波长分别为519nm、544nm及516nm且半峰全宽分别为87nm、79nm及93nm的绿色光。由所得到的电致发射光谱可知,该绿色发光是从作为客体材料的Ir(ppy)₃发射光。

[0910] 发光元件5、6及7在1000cd/m²附近以低驱动电压即分别以3.1V、3.5V及3.5V驱动,所以具有高电力效率。

[0911] <S1能级及T1能级的测定>

这里,算出用作发光层160的主体材料的本发明的一个方式的化合物的4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02及4PCCzBfpm-02的S1能级及T1能级进行测定。测定方法与实施例3相同。图79示出4mPCCzPBfpm的发射光谱的测定结果,图80示出4mPCCzPBfpm-02的发射光谱的测定结果,图81示出4PCCzBfpm-02的发射光谱的测定结果。

[0912] 由上述测定的发射光谱的结果可知,4mPCCzPBfpm的发射光谱的荧光成分及磷光成分的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)的波长分别为488nm及496nm。4mPCCzPBfpm-02的发射光谱的荧光成分及磷光成分的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)的波长分别为470nm及496nm。4PCCzBfpm-02的发射光谱的荧光成分及磷光成分的最短波长一侧的峰值波长(包括肩峰)分别为458nm及495nm。

[0913] 因此,从上述峰值(包括肩峰)的波长算出的4mPCCzPBfpm的S1能级及T1能级分别为2.54eV及2.50eV,S1能级与T1能级的能量差为0.04eV。4mPCCzPBfpm-02的S1能级及T1能级分别为2.64eV及2.50eV,S1能级与T1能级的能量差为0.14eV。此外,4PCCzBfpm-02的S1能级及T1能级分别为2.71eV及2.51eV,S1能级与T1能级的能量差为0.20eV。

[0914] 由此,4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02及4PCCzBfpm-02的S1能级与T1能级之间的能量差非常小,即大于0eV且为0.2eV以下。

[0915] 因此,可以使用近于三重激发态的能量形成单重态。由此,可以减少主体材料(4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02或4PCCzBfpm-02)的单重态的能量与Ir(ppy)₃的三重态的能量的能量差。因此,发光元件5至7可以以低电压驱动。

[0916] 因此,4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02及4PCCzBfpm-02的发射光谱中的磷光成分的最短波长一侧的峰值波长比发光元件5至7的电致发射光谱的峰值波长短。此外,4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02及4PCCzBfpm-02由于具有高T1能级,所以适用于将发射绿色发光的磷光材料用作客体材料的发光元件。

[0917] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的化合物及客体材料,可以制造具有高发光效率的发光元件。此外,可以制造驱动电压低且耗电量得到降低的发光元件。

[0918] 本实施例所示的结构可以与其他实施例及实施方式所示的任一结构适当地组合而实施。

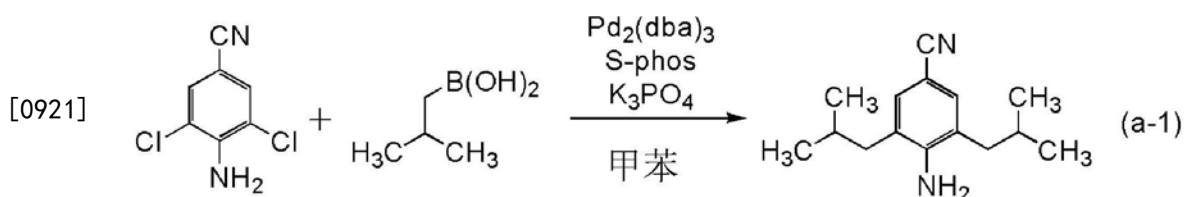
[0919] (参考实例1)

在本参考实例中,对在实施例5中用作客体材料的有机金属配合物的三{2-[4-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-diBuCNp)₃)的合成方法进行说明。

[0920] 〈合成实例6〉

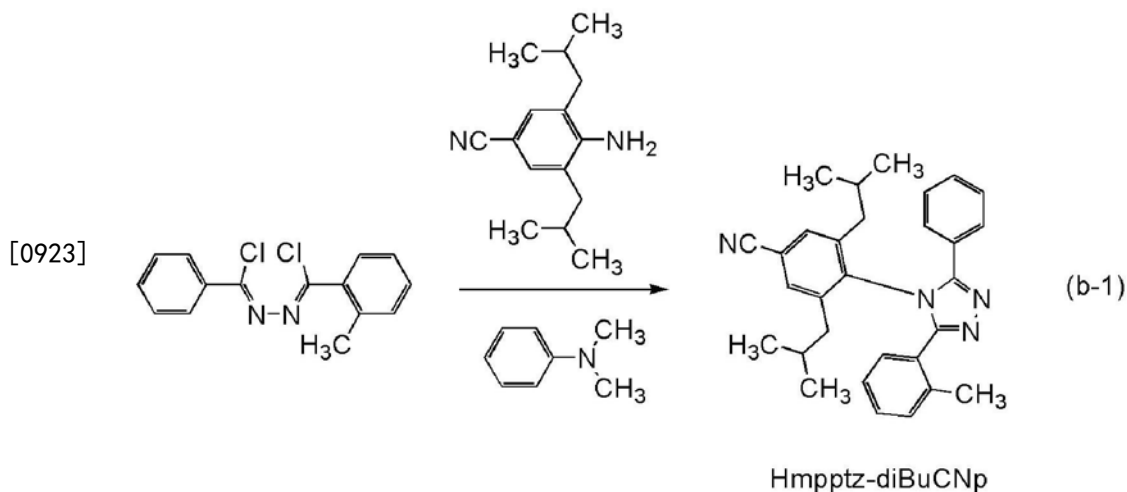
《步骤1:4-氨基-3,5-二异丁基苯腈的合成》

将9.4g (50mmol) 的4-氨基-3,5-二氯苯腈、26g (253mmol) 的异丁基硼酸、54g (253mmol) 的磷酸三钾、2.0g (4.8mmol) 的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯 (S-phos) 以及500mL的甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中。对该烧瓶内进行氮气置换,在烧瓶中进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气。在脱气之后,对该混合物添加0.88g (0.96mmol) 的三(二亚苄基丙酮) 钯(0),在氮气流下以130℃进行8小时的搅拌并使其起反应。对所得到的反应溶液添加甲苯,并且通过以硅藻土、氧化铝、硅藻土的顺序层叠的助滤剂进行过滤。浓缩所得到的滤液,来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂使用甲苯。浓缩所得到的馏分,以87%的收率得到10g的黄色油状物。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的黄色油状物为4-氨基-3,5-二异丁基苯腈。下面通式 (a-1) 示出步骤1的合成方案。



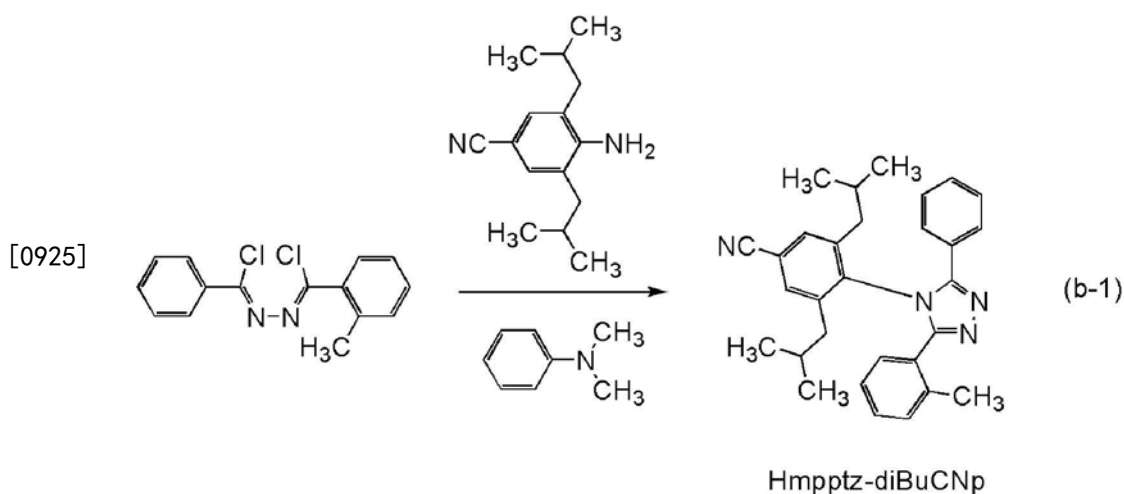
[0922] 《步骤2:Hmpptz-diBuCNp的合成》

将通过步骤1合成的11g (48mmol) 的4-氨基-3,5-二异丁基苯腈、4.7g (16mmol) 的N-(2-甲基苯基) 氯亚甲基-N'-苯基氯亚甲基肼及40mL的N,N-二甲基苯胺放入到300mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行7小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到300mL的1M盐酸中,搅拌3小时。将乙酸乙酯放入混合液,将有机层和水层分离,使用乙酸乙酯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用己烷:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波,并进行抽滤,以28%的收率得到2.0g的白色固体。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的白色固体为4-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-3-(2-甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑 (简称:Hmpptz-diBuCNp)。下面通式 (b-1) 示出步骤2的合成方案。



[0924] 《步骤3: Ir (mpptz-diBuCNp)₃的合成》

将通过步骤2合成的2.0g (4.5mmol) 的Hmpptz-diBuCNp及0.44g (0.89mmol) 的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行43小时的搅拌并使其起反应。将所得到的反应混合物添加到二氯甲烷中,而去除不溶物。浓缩得到的滤液而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷的混合溶剂使得到的固体再结晶,以23%的收率得到0.32g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的黄色固体中的0.31g进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa且氩流量为5.0mL/min的条件下,以310℃加热19小时。在进行升华提纯之后,以84%的回收率得到0.26g的黄色固体。下面通式(c-1)示出步骤3的合成方案。

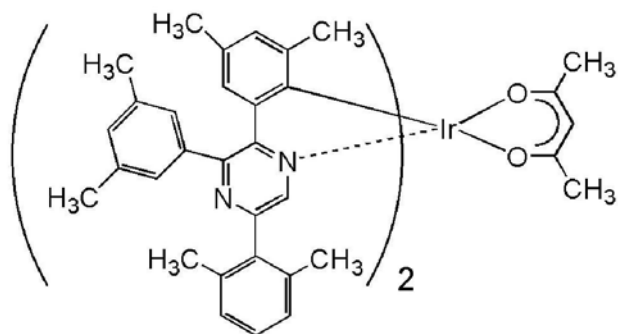


[0926] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤3得到的黄色固体的质子(¹H)进行了测定。以下示出所得到的值。

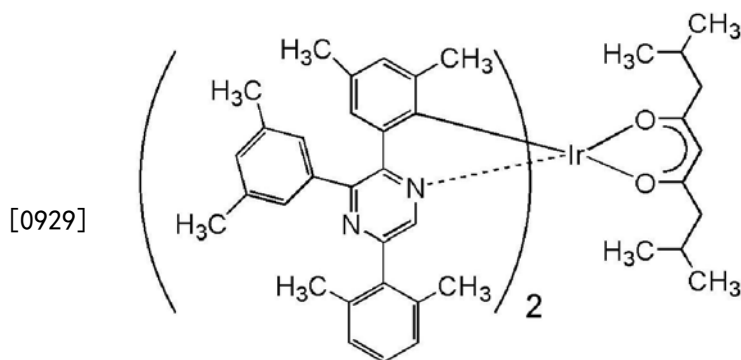
[0927] ¹H-NMRδ(CDCl₃): 0.33 (d, 18H), 0.92 (d, 18H), 1.51-1.58 (m, 3H), 1.80-1.88 (m, 6H), 2.10-2.15 (m, 6H), 2.26-2.30 (m, 3H), 2.55 (s, 9H), 6.12 (d, 3H), 6.52 (t, 3H), 6.56 (d, 3H), 6.72 (t, 3H), 6.83 (t, 3H), 6.97 (d, 3H), 7.16 (t, 3H), 7.23 (d, 3H), 7.38 (s, 3H), 7.55 (s, 3H)。

[0928] (参考实例2)

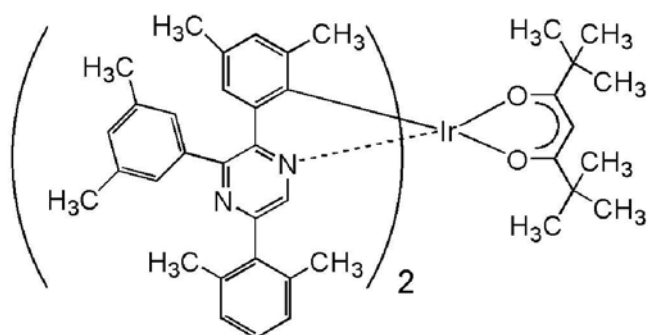
在本参考实例中,对适用于本发明的一个方式的发光元件的磷光材料的有机金属配合物进行说明。以下示出在本参考实例中说明的有机金属配合物的结构及简称。



Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)



Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)



Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)

[0930] 为了测定双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ²O,0')铱(III)(简称:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac))、双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,8-二甲基-4,6-壬烷二酮-κ²O,0')铱(III)(简称:Ir(dmdppr-dmp)₂(divm))及双{2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ²O,0')铱(III)(简称:Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm))的热物性,进行热重测定-差热分析(TG-DTA:Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在测定中,使用高真空差式型差热天平(由Bruker AXS公司制造,TG-DTA 2410SA)。

[0931] 在大气压、低真空(10Pa)及高真空(1×10⁻³Pa)的压力条件下将升温速度设定为10℃/min,测定升温时的重量减少率。在大气压下,在氮气流(流速为200mL/min)的条件下进行测定。大气压下的分解温度、低真空下的升华温度及高真空下的升华温度分别为重量减少5%的温度。图82A至图82C及表9示出TG-DTA的测定结果。

[0932] [表9]

	大气压 分解温度 (°C)	低真空 升华温度 (°C)	高真空 升华温度 (°C)
$\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})$	371	267	250
$\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$	361	241	240
$\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$	360	240	205

[0933] 由图82A及表9的结果可知, $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$ 及 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ 的分解温度分别为371°C、361°C及350°C。每个有机金属配合物都具有良好的耐热性。

[0934] 如图82B、图82C及表9的结果可知, 在低真空及高真空的条件下, 每个有机金属配合物的升华温度比分解温度低出100°C以上, 能够升华而不分解。其中, $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$ 及 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ 的升华温度低, 具有良好的升华性。

[0935] 如上所述, 上述有机金属配合物由于具有高耐热性及优异的升华性, 所以适合于真空蒸镀法, 适用于本发明的一个方式的发光元件。

附图标记说明

[0936] 100:EL层;101:电极;101a:导电层;101b:导电层;101c:导电层;102:电极;103:电极;103a:导电层;103b:导电层;104:电极;104a:导电层;104b:导电层;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;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;120:发光层;121:主体材料;122:客体材料;123B:发光层;123G:发光层;123R:发光层;130:发光层;131:材料;132:主体材料;133:客体材料;134:客体材料;135:发光层;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;145:分隔壁;150:发光元件;152:发光元件;160:发光层;170:发光层;190:发光层;190a:发光层;190b:发光层;200:衬底;220:衬底;221B:区域;221G:区域;221R:区域;222B:区域;222G:区域;222R:区域;223:遮光层;224B:光学元件;224G:光学元件;224R:光学元件;250:发光元件;252:发光元件;260a:发光元件;260b:发光元件;262a:发光元件;262b:发光元件;300:有机半导体元件;301:源电极;301_1:布线;301_5:布线;301_6:布线;301_7:布线;302:漏电极;302_1:布线;302_2:布线;303:栅电极;303_1:晶体管;303_6:晶体管;303_7:晶体管;304:电容器;304_1:电容器;304_2:电容器;305:发光元件;306_1:布线;306_3:布线;307_1:布线;307_3:布线;308_1:晶体管;308_6:晶体管;309_1:晶体管;309_2:晶体管;311_1:布线;311_3:布线;312_1:布线;312_2:布线;330:活性层;600:显示装置;601:信号线驱动电路部;602:像素部;603:扫描线驱动电路部;604:密封衬底;605:密封剂;607:区域;607a:密封层;607b:密封层;607c:密封层;608:布线;609:FPC;610:元件衬底;611:晶体管;612:晶体

管;613:下部电极;614:分隔壁;616:EL层;617:上部电极;618:发光元件;621:光学元件;622:遮光层;623:晶体管;624:晶体管;801:像素电路;802:像素部;804:驱动电路部;804a:扫描线驱动电路;804b:信号线驱动电路;806:保护电路;807:端子部;852:晶体管;854:晶体管;862:电容器;872:发光元件;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:下部电极;1024G:下部电极;1024R:下部电极;1024Y:下部电极;1025:分隔壁;1026:上部电极;1028:EL层;1028B:发光层;1028G:发光层;1028R:发光层;1028Y:发光层;1029:密封层;1031:密封衬底;1032:密封剂;1033:基材;1034B:着色层;1034G:着色层;1034R:着色层;1034Y:着色层;1035:遮光层;1036:保护层;1037:层间绝缘膜;1040:像素部;1041:驱动电路部;1042:周边部;2000:触摸面板;2001:触摸面板;2501:显示装置;2502R:像素;2502t:晶体管;2503c:电容器;2503g:扫描线驱动电路;2503s:信号线驱动电路;2503t:晶体管;2509:FPC;2510:衬底;2510a:绝缘层;2510b:柔性衬底;2510c:粘合层;2511:布线;2519:端子;2521:绝缘层;2528:分隔壁;2550R:发光元件;2560:密封层;2567BM:遮光层;2567p:防反射层;2567R:着色层;2570:衬底;2570a:绝缘层;2570b:柔性衬底;2570c:粘合层;2580R:发光模块;2590:衬底;2591:电极;2592:电极;2593:绝缘层;2594:布线;2595:触摸传感器;2597:粘合层;2598:布线;2599:连接层;2601:脉冲电压输出电路;2602:电流检测电路;2603:电容器;2611:晶体管;2612:晶体管;2613:晶体管;2621:电极;2622:电极;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;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;7101:框体;7102:框体;7103:显示部;7104:显示部;7105:麦克风;7106:扬声器;7107:操作键;7108:触屏笔;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:键合部;7306:镜头;7400:取景器;7401:框体;7402:显示部;7403:按钮;7701:框体;7702:框体;7703:显示部;7704:操作键;7705:镜头;7706:连接部;8000:显示模块;8001:上盖;8002:下盖;8003:FPC;8004:触摸传感器;8005:FPC;8006:显示装置;8009:框架;8010:印刷电路板;8011:电池;8501:照明装置;8502:照明装置;8503:照明装置;8504:照明装置;9000:框体;9001:显示部;9003:扬声器;9005:操作键;9006:连接端子;9007:传感器;9008:麦克风;9050:操作按钮;9051:信息;9052:信息;9053:信息;9054:信息;9055:铰链;9100:便携式信息终端;9101:便携式信息终端;9102:便携式信息终端;9200:便携式信息终端;9201:便携式信息终端;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2015年9月4日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-174830以及2016年4月21日提交到日本专利局的日本专利申请No.2016-084974,通过引用将其完整内容并入在此。

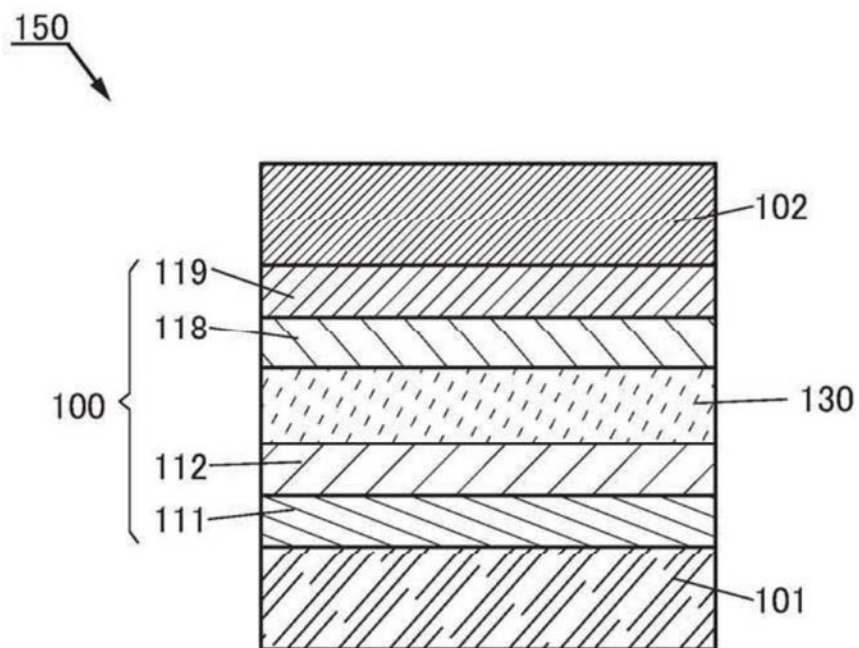


图1A



图1B

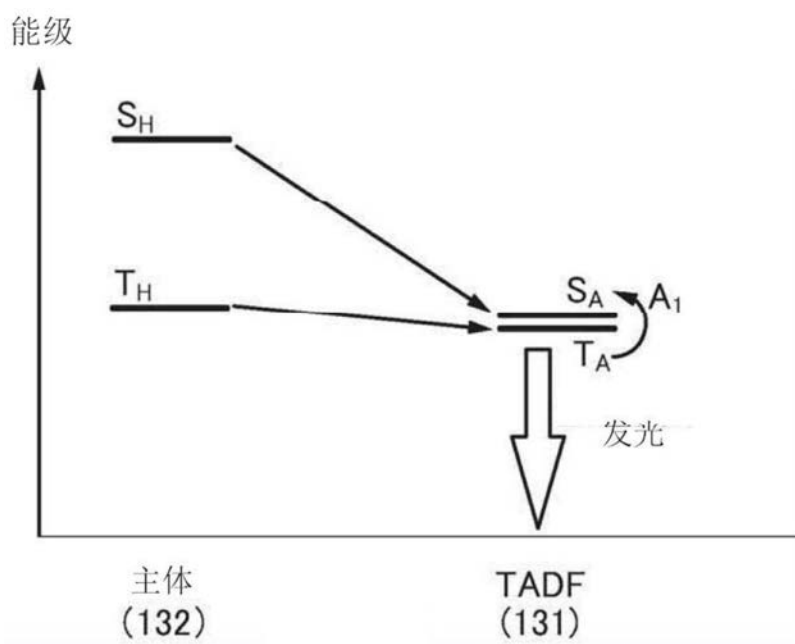


图1C

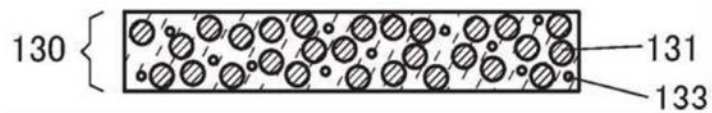


图2A

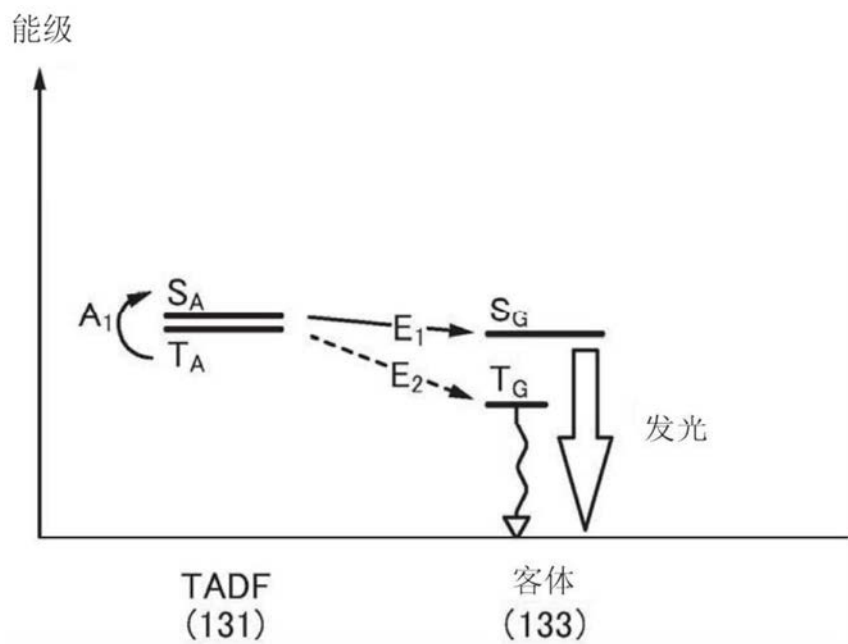


图2B

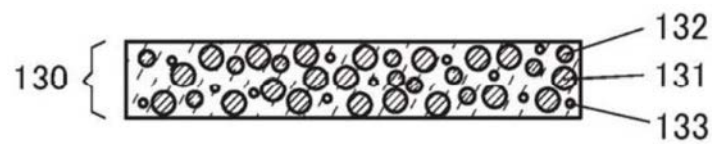


图3A

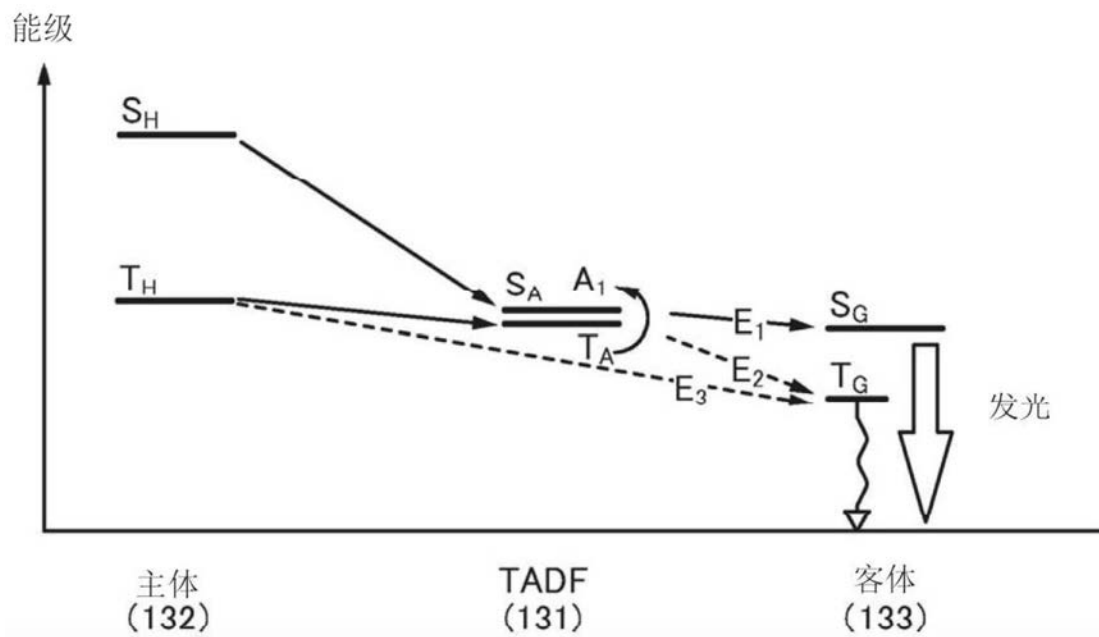


图3B

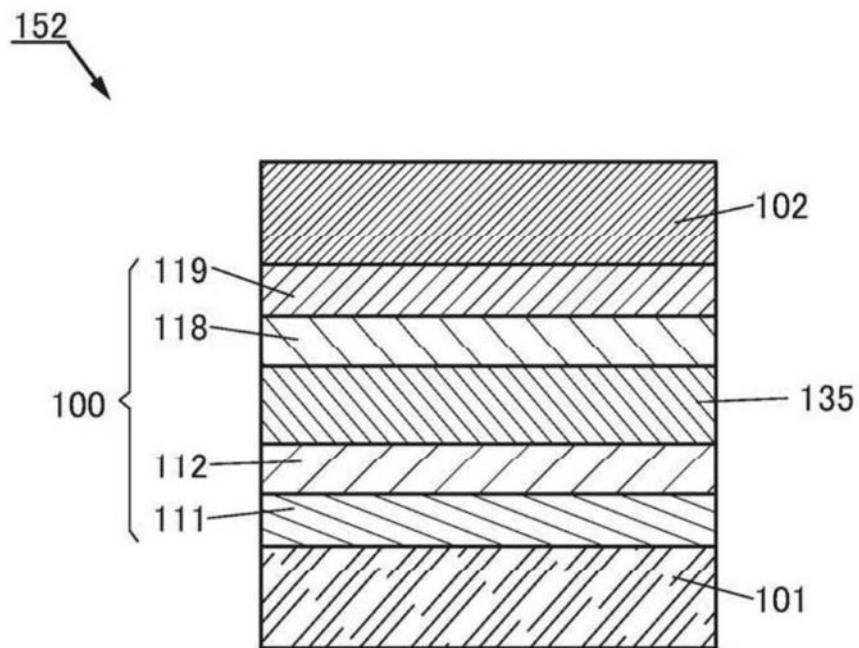


图4A

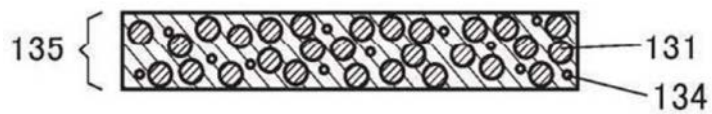


图4B

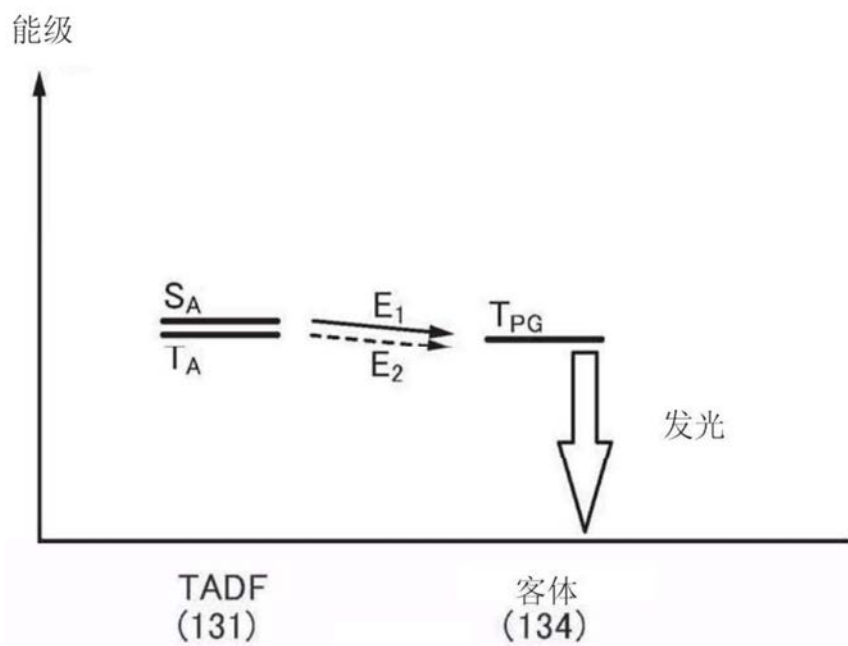


图4C

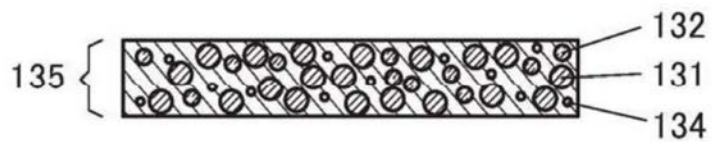


图5A

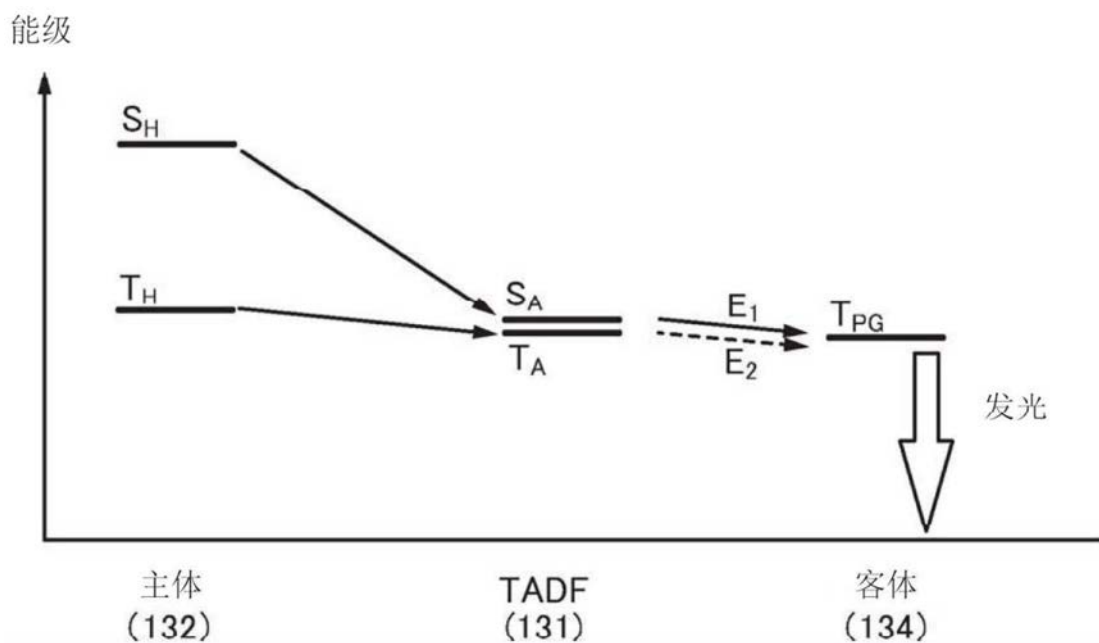


图5B

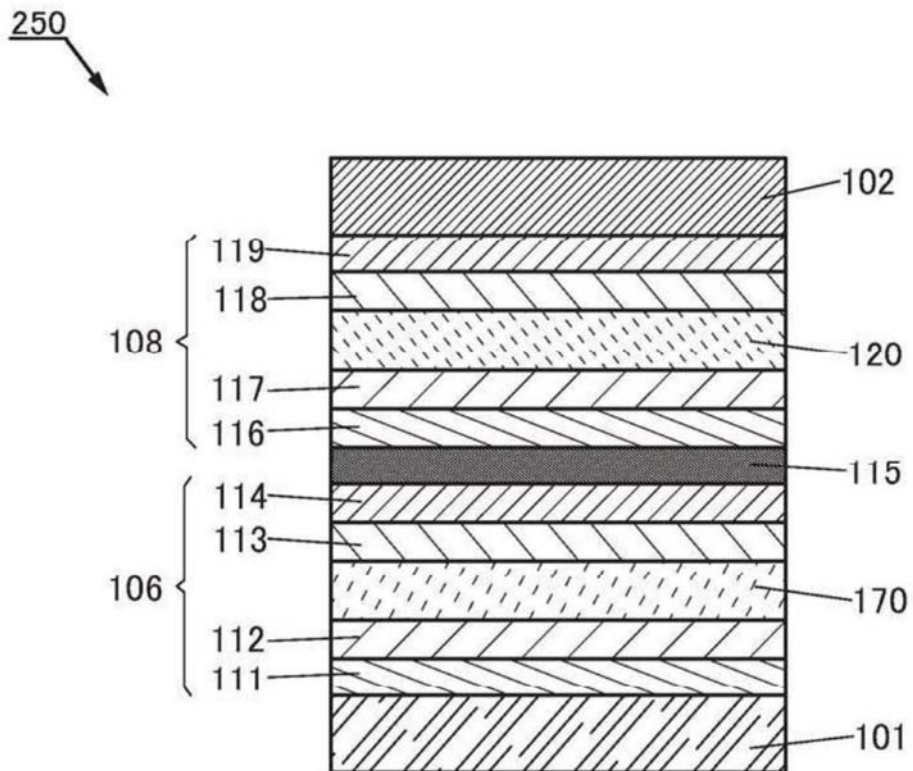


图6A



图6B

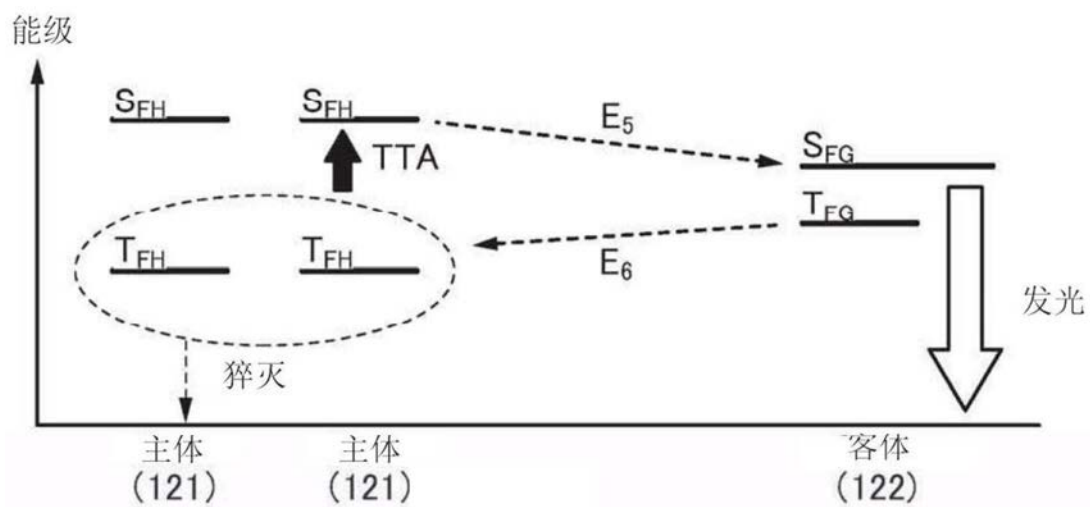


图6C

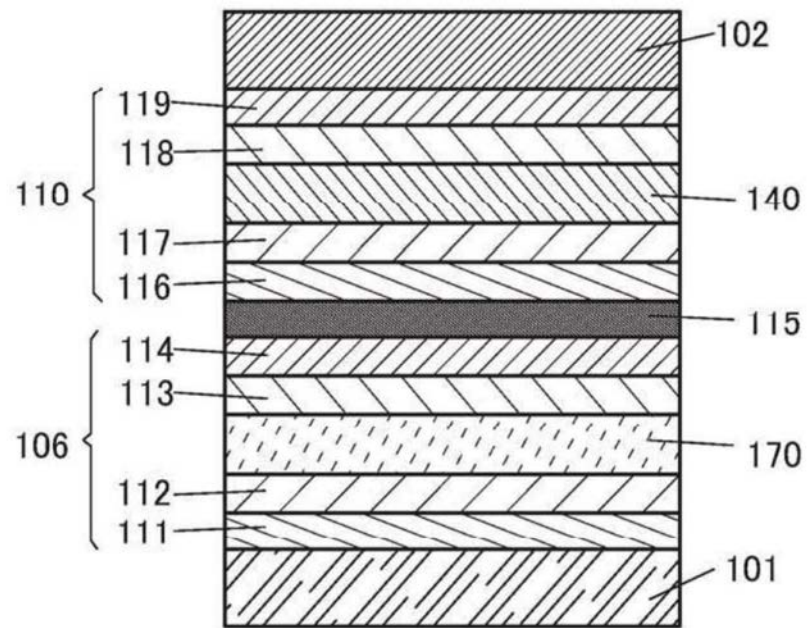
252
↓

图7A

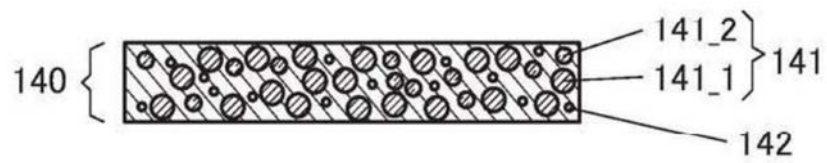


图7B

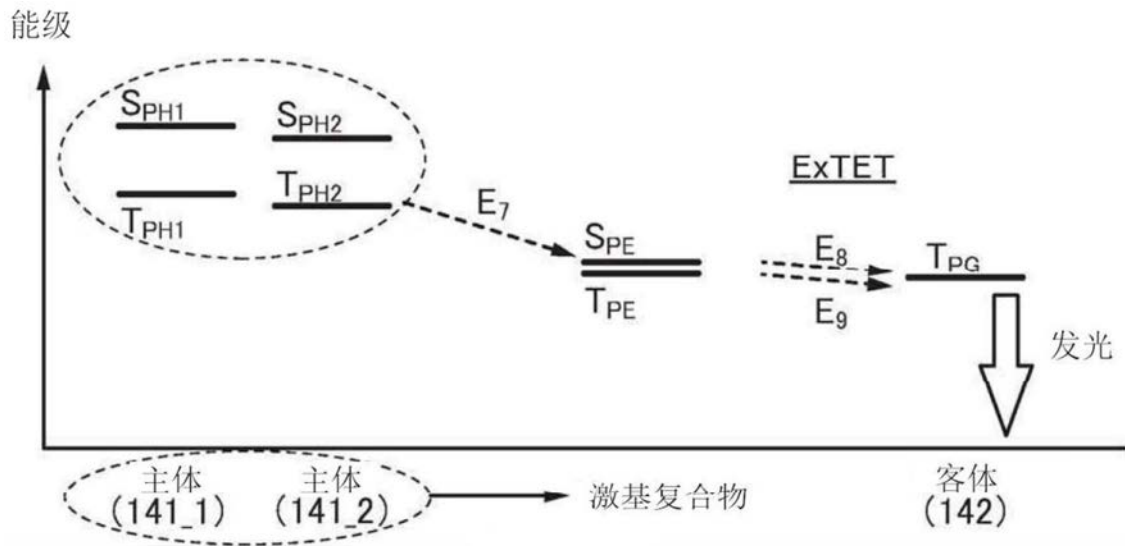


图7C

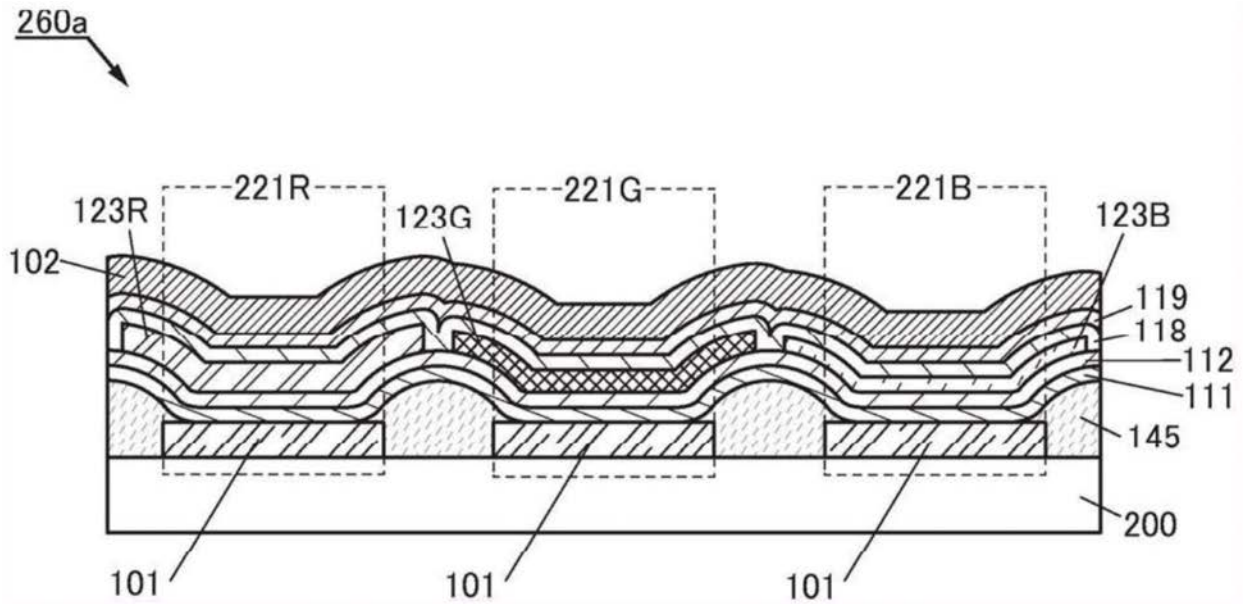


图8A

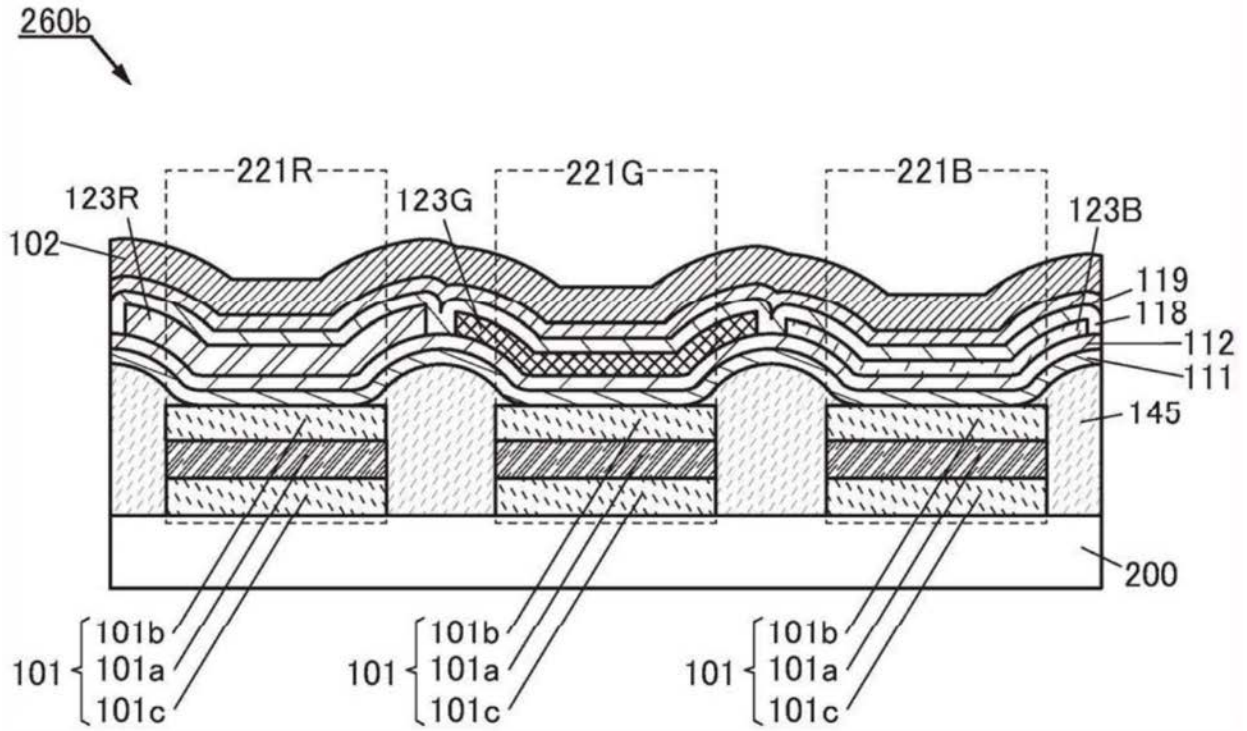


图8B

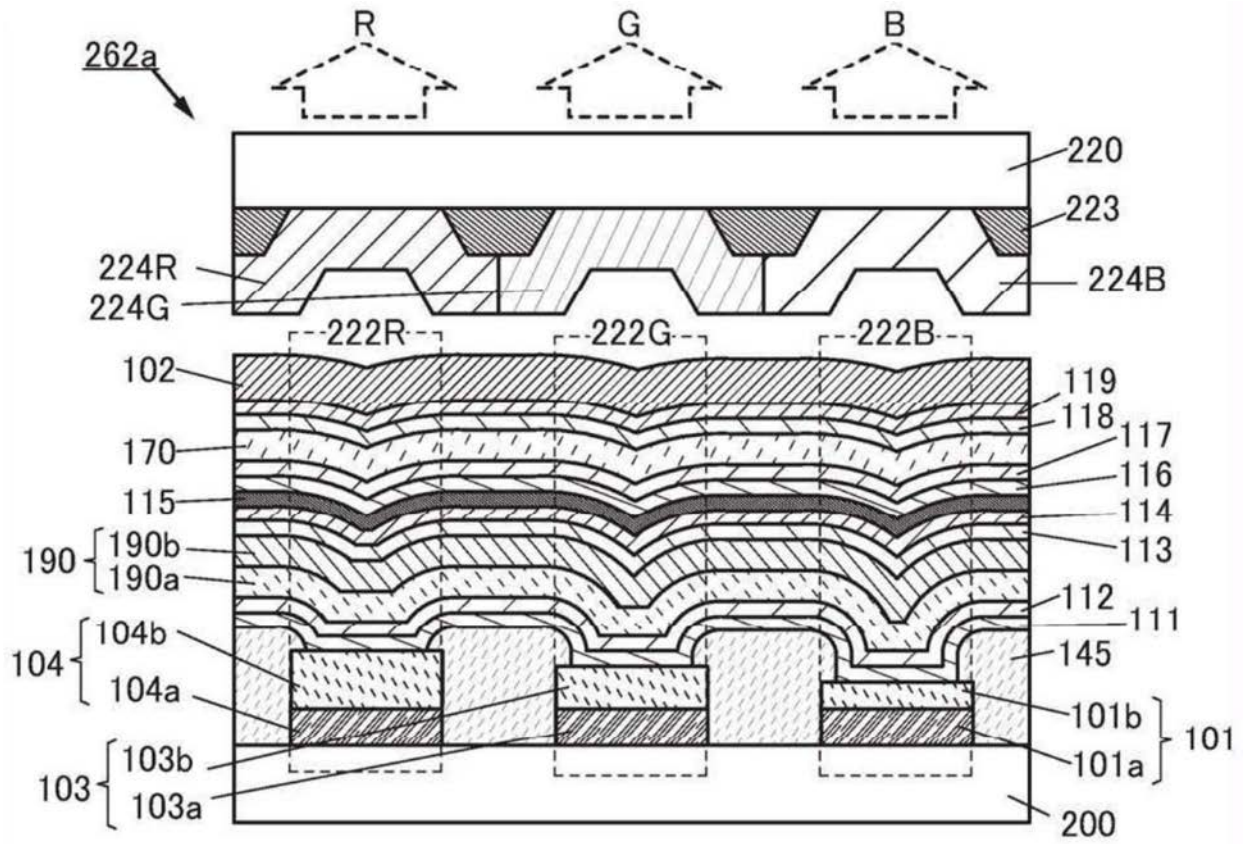


图9A

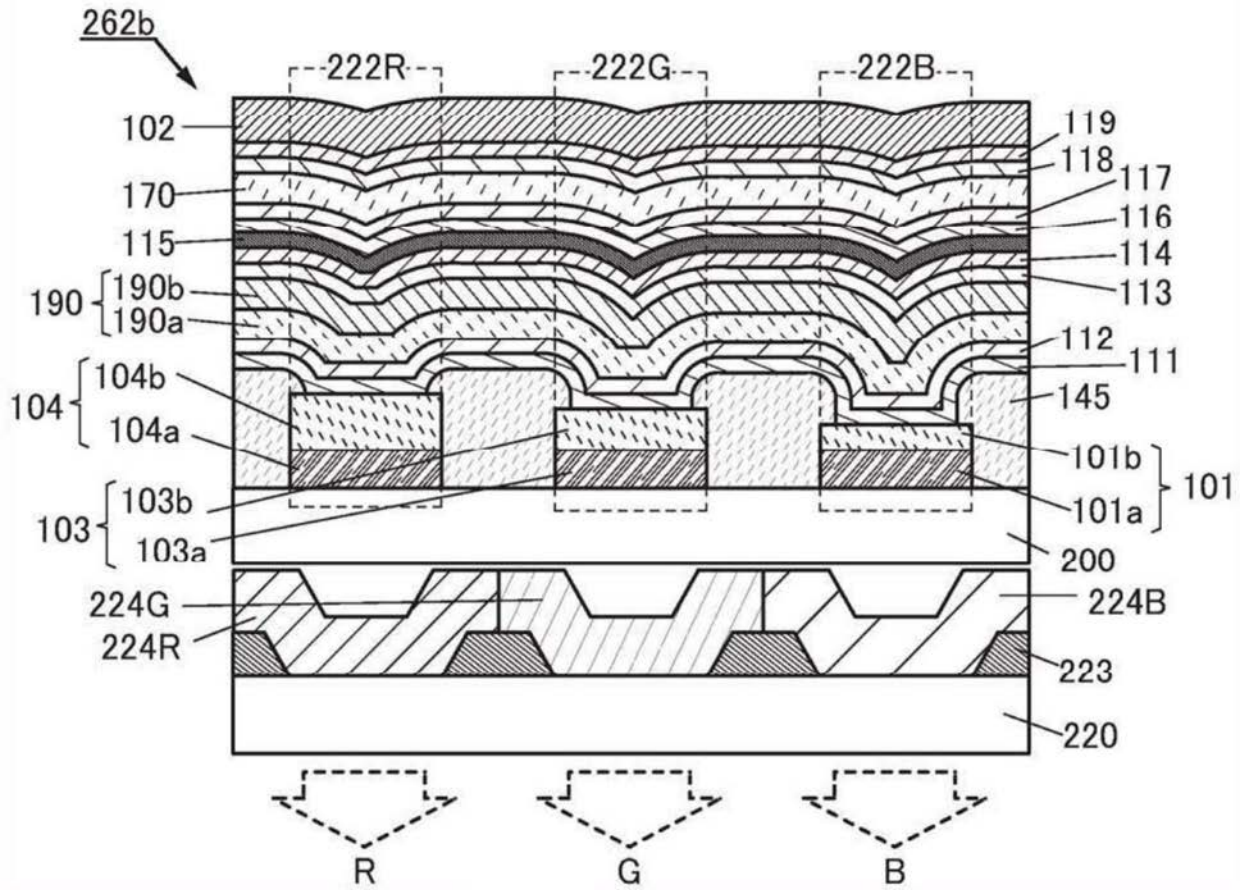


图9B

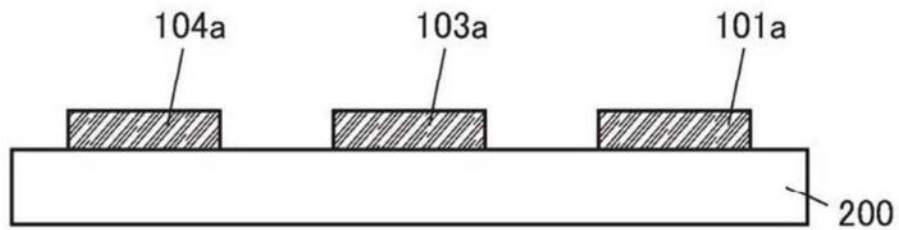


图10A

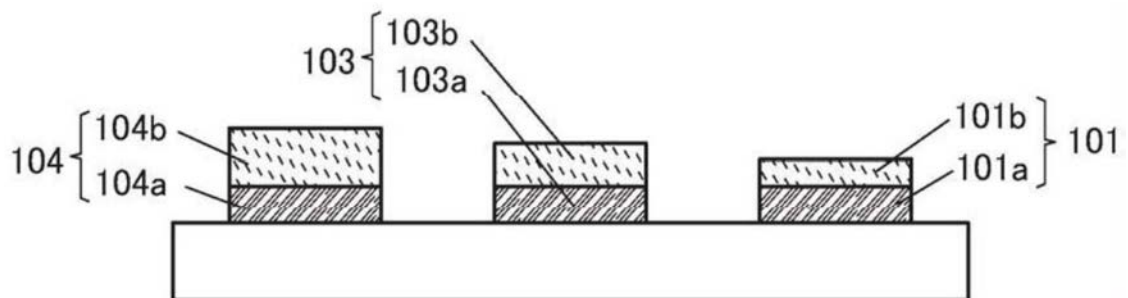


图10B

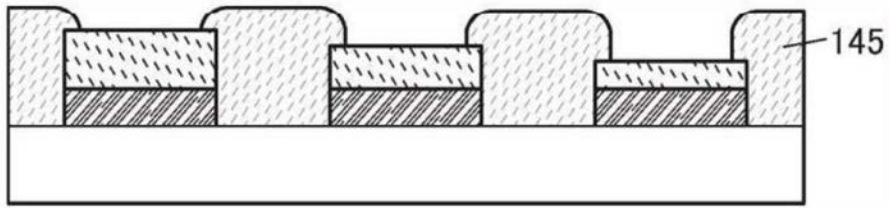


图10C

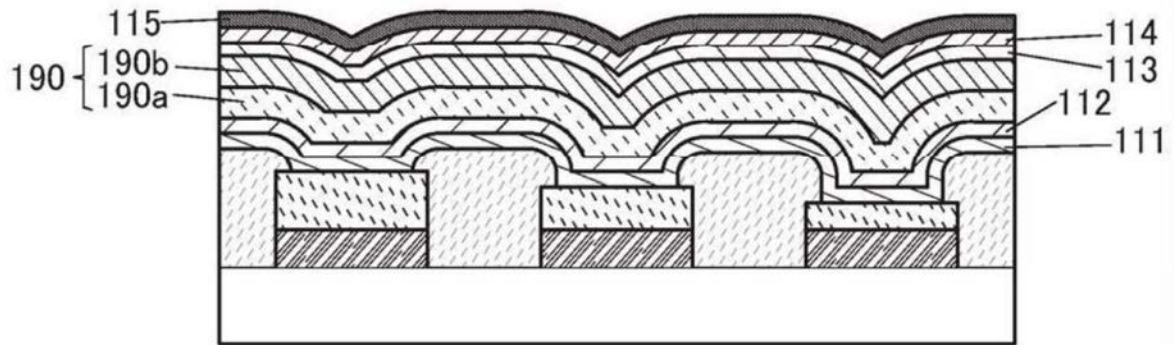


图11A

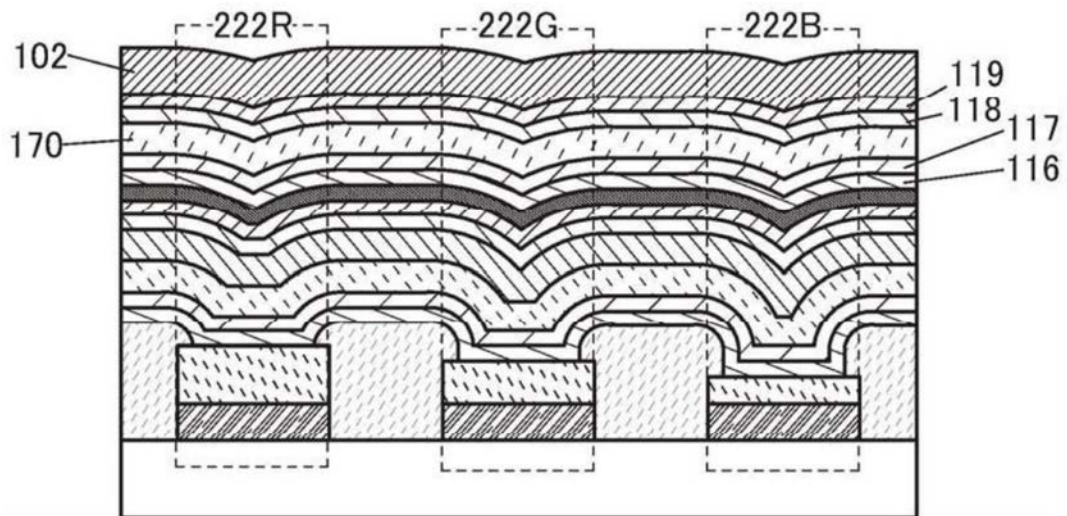


图11B

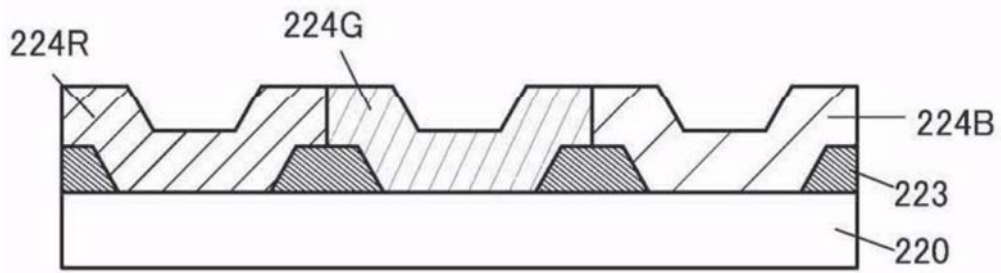


图11C

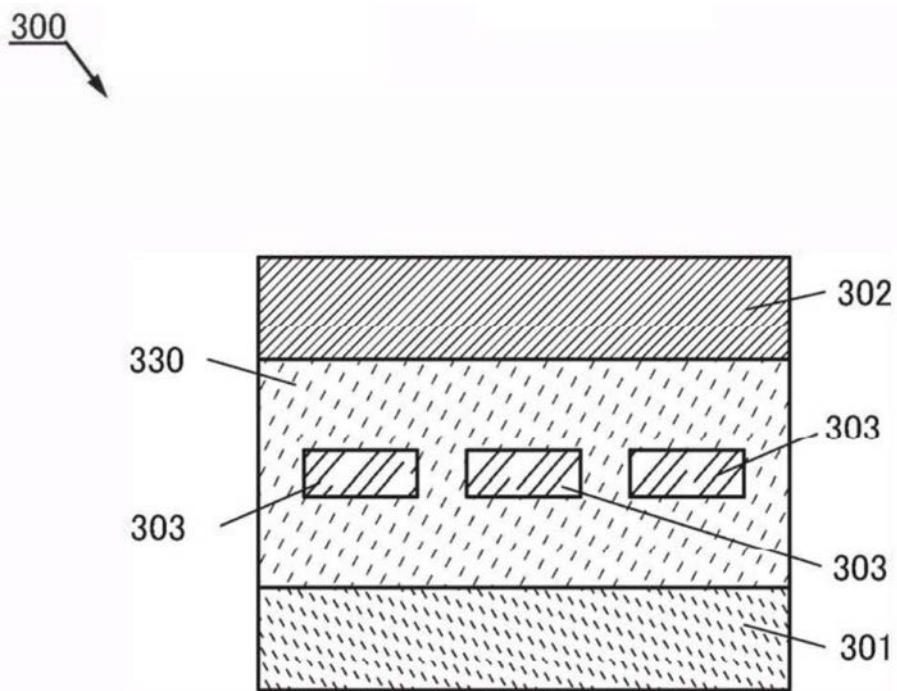


图12

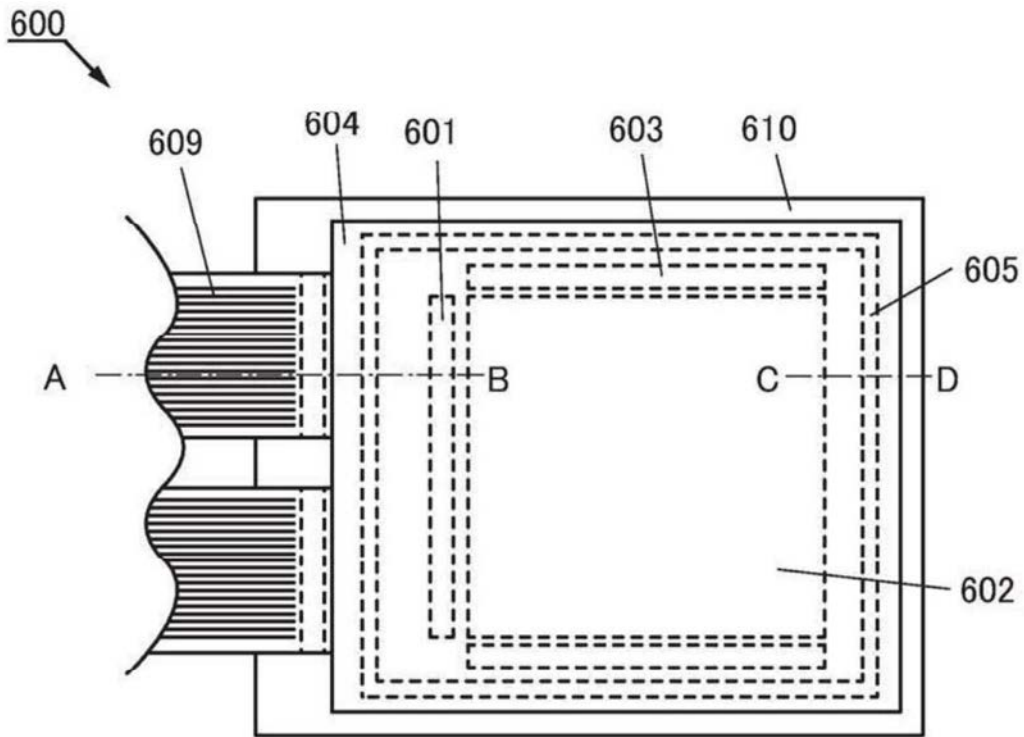


图13A

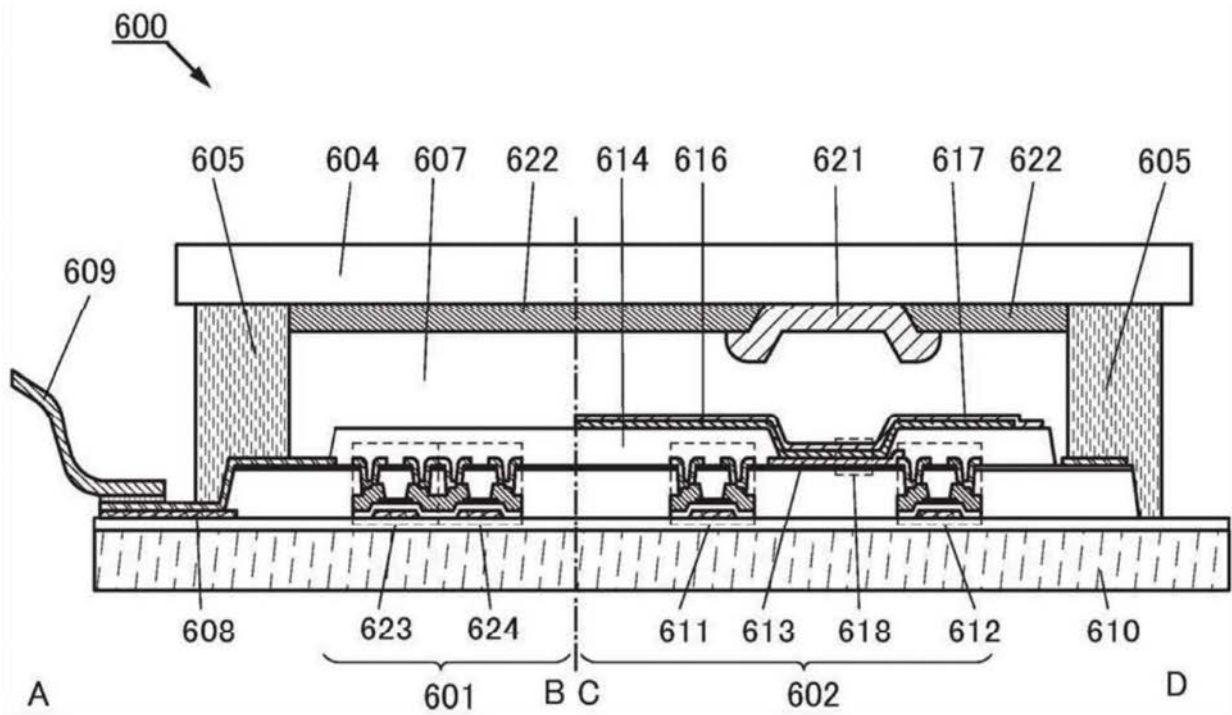


图13B

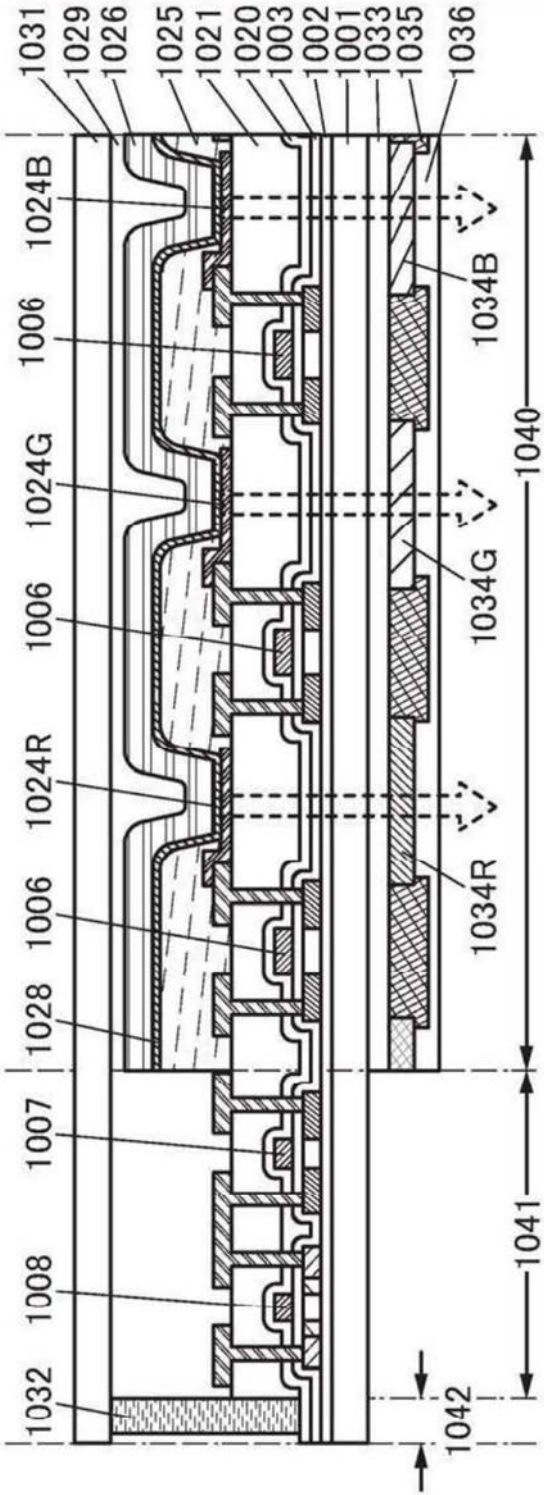


图14A

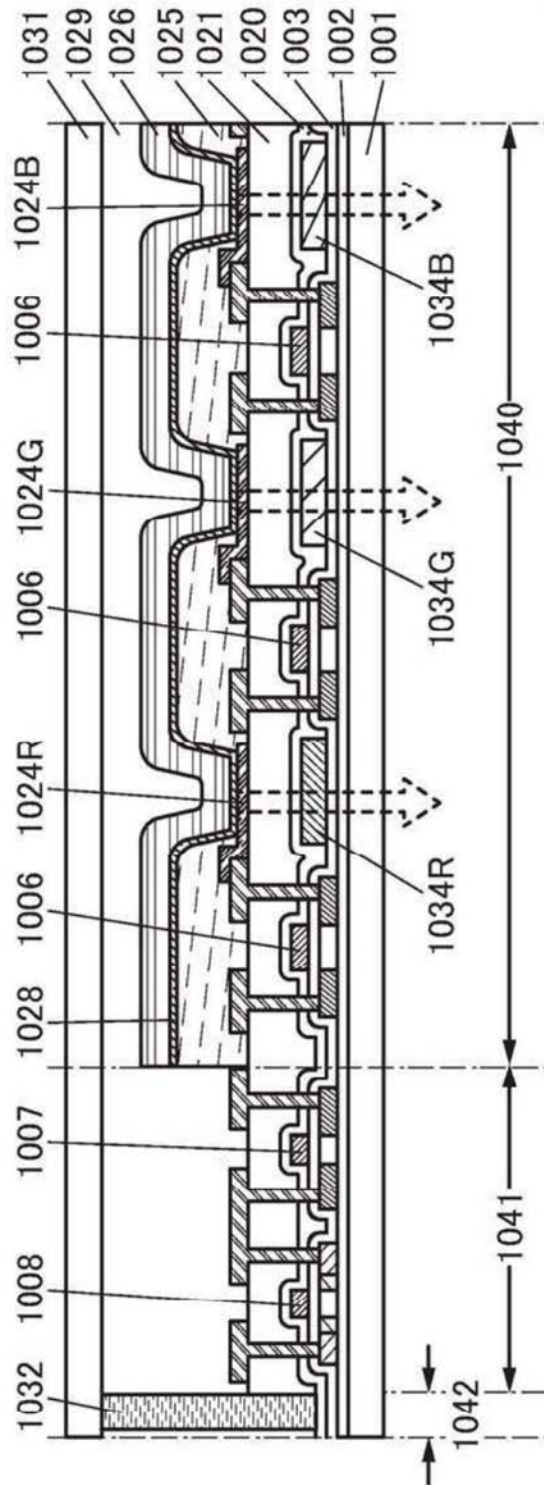


图14B

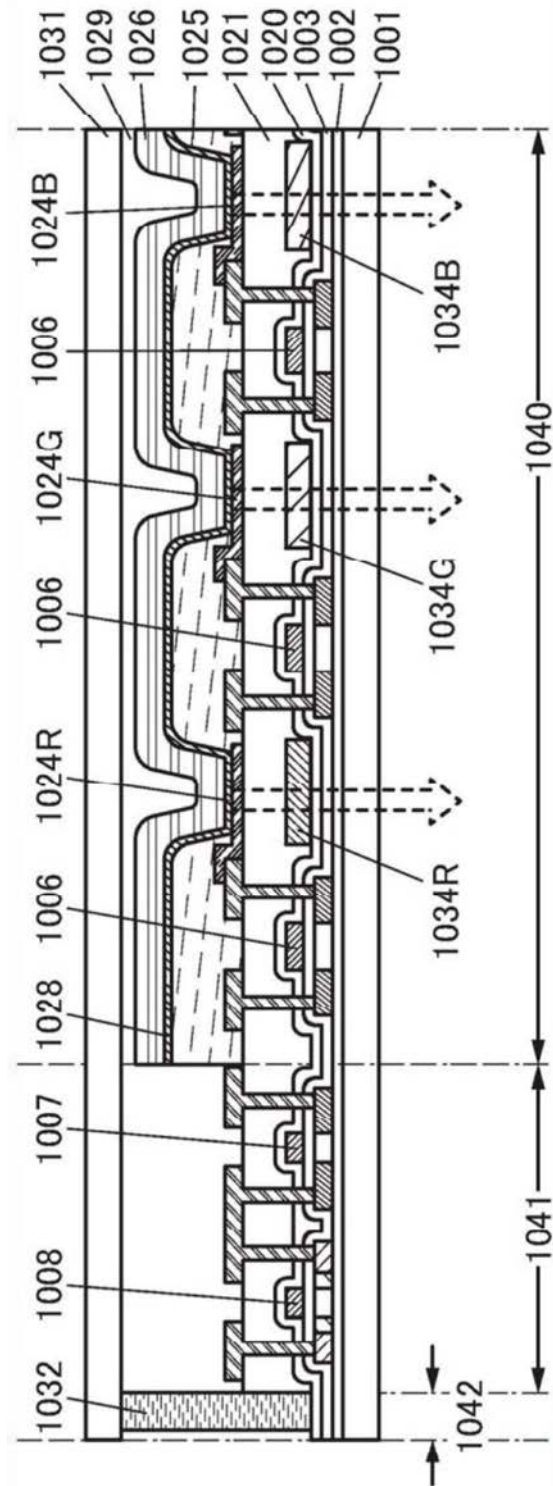


图15

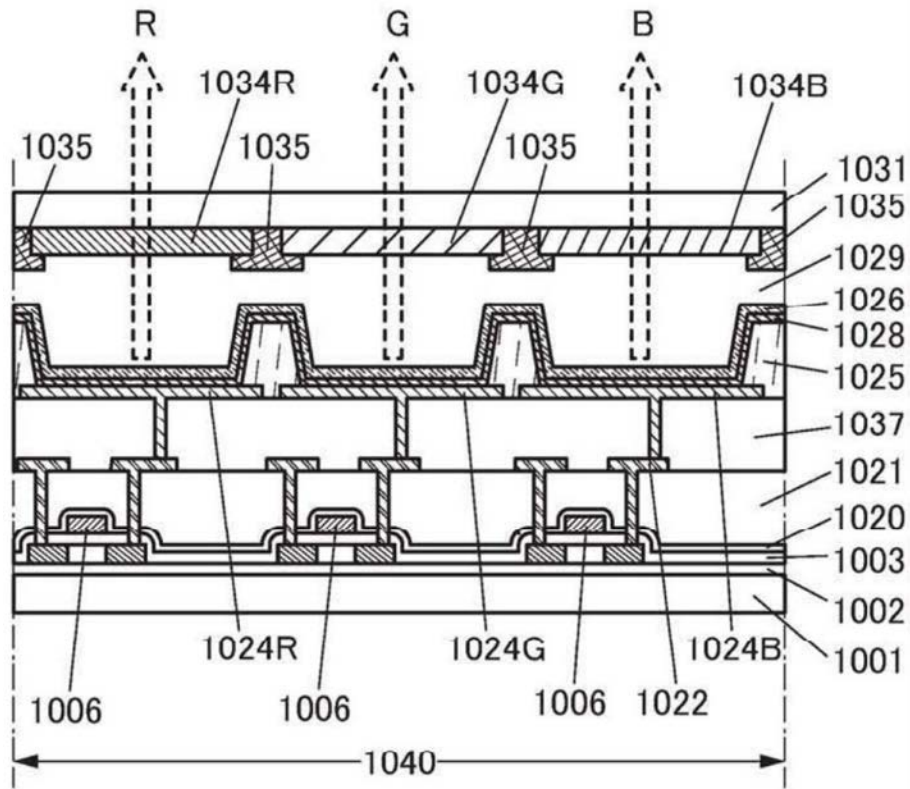


图16A

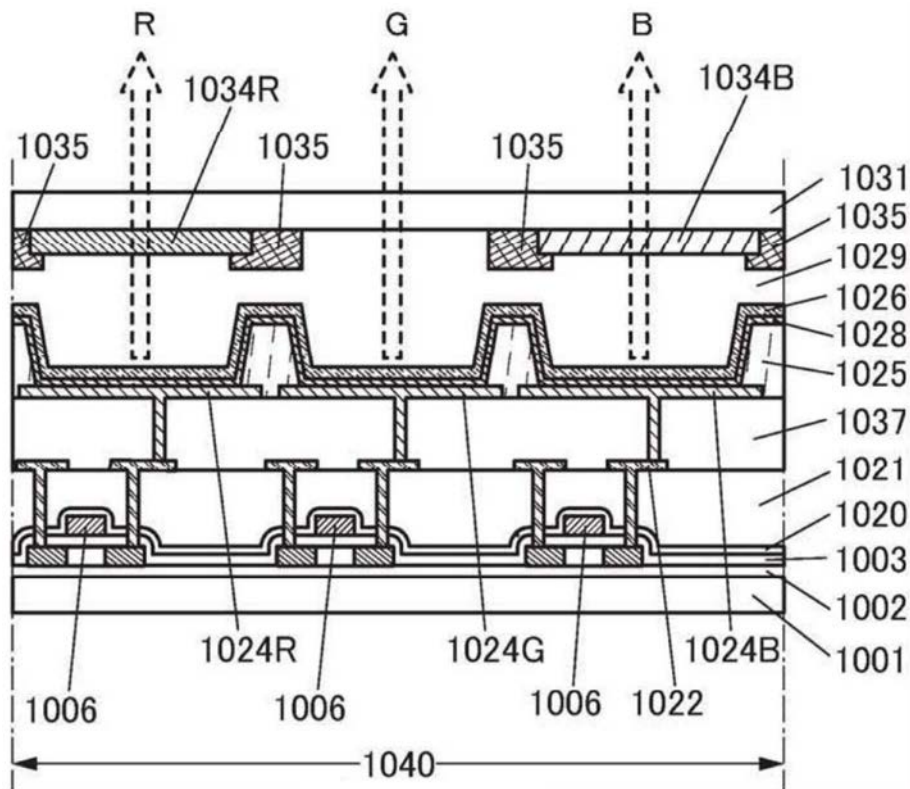


图16B

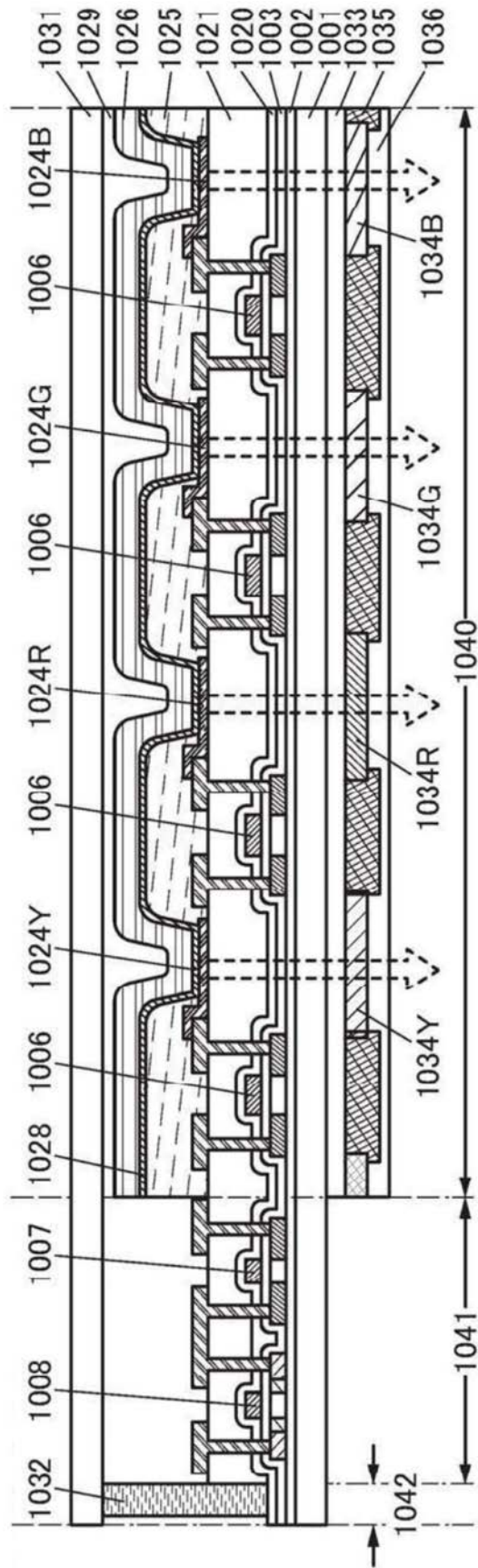


图17A

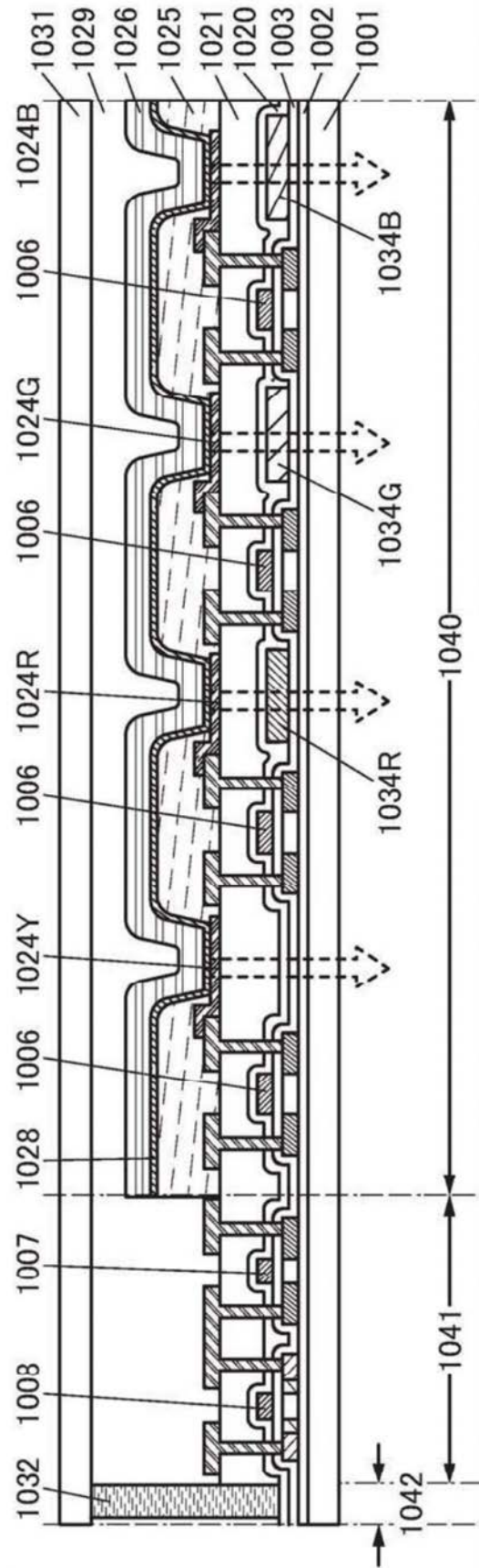


图17B

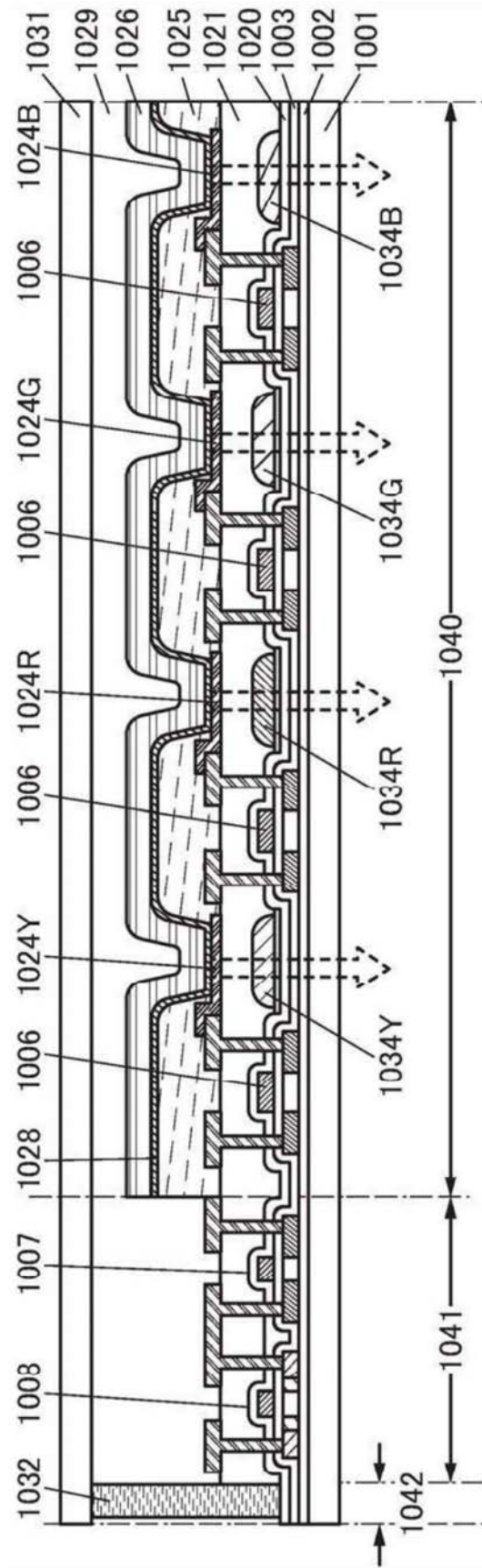


图18

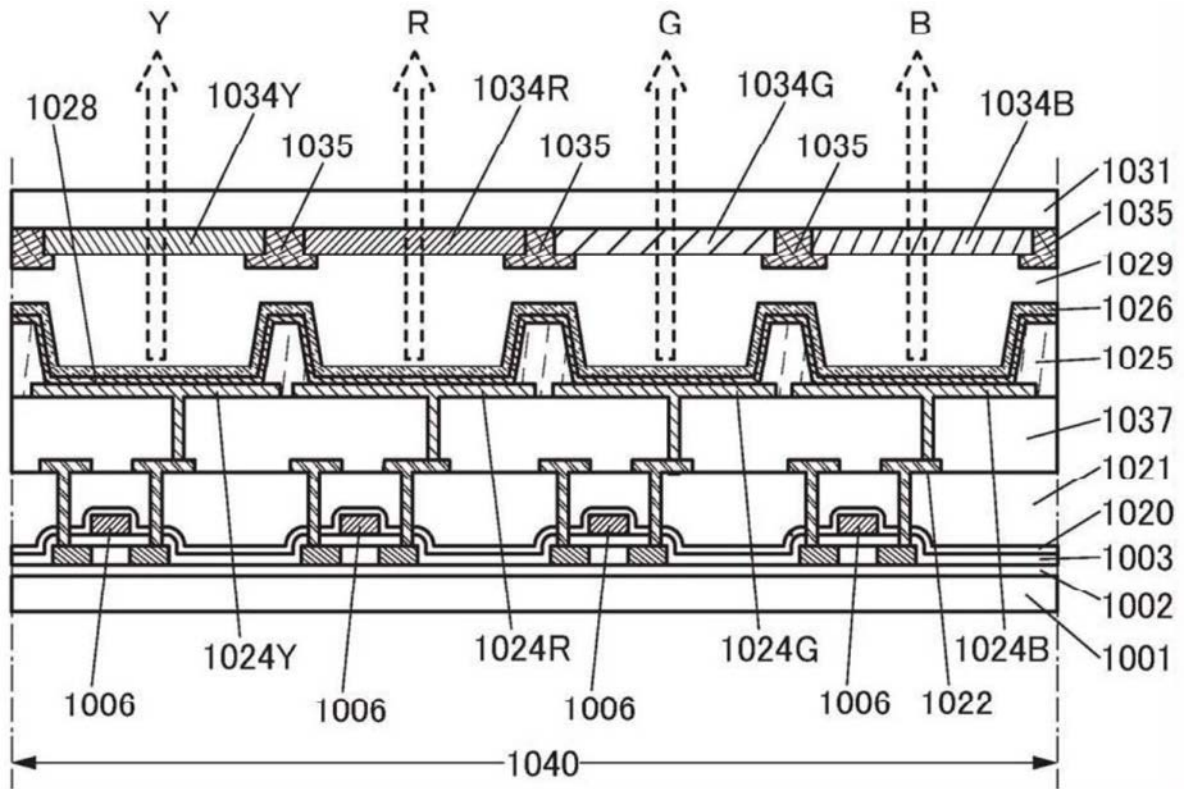


图19A

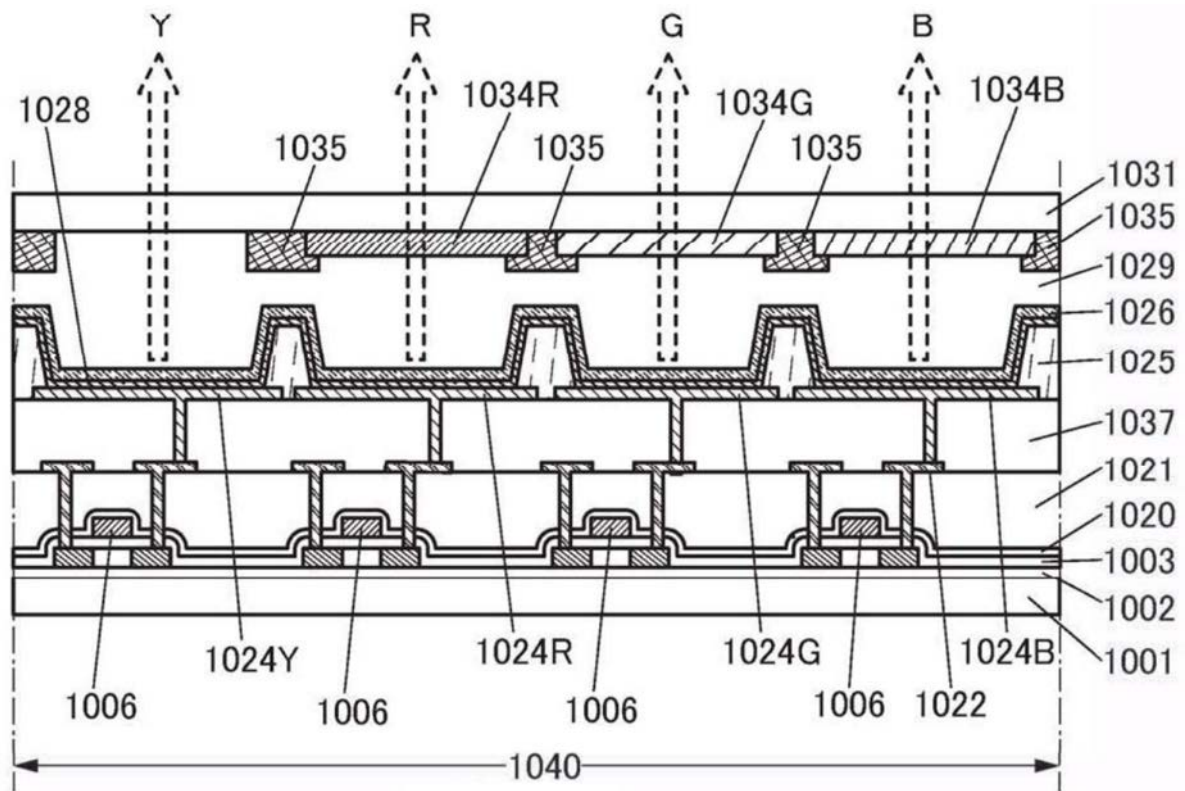


图19B

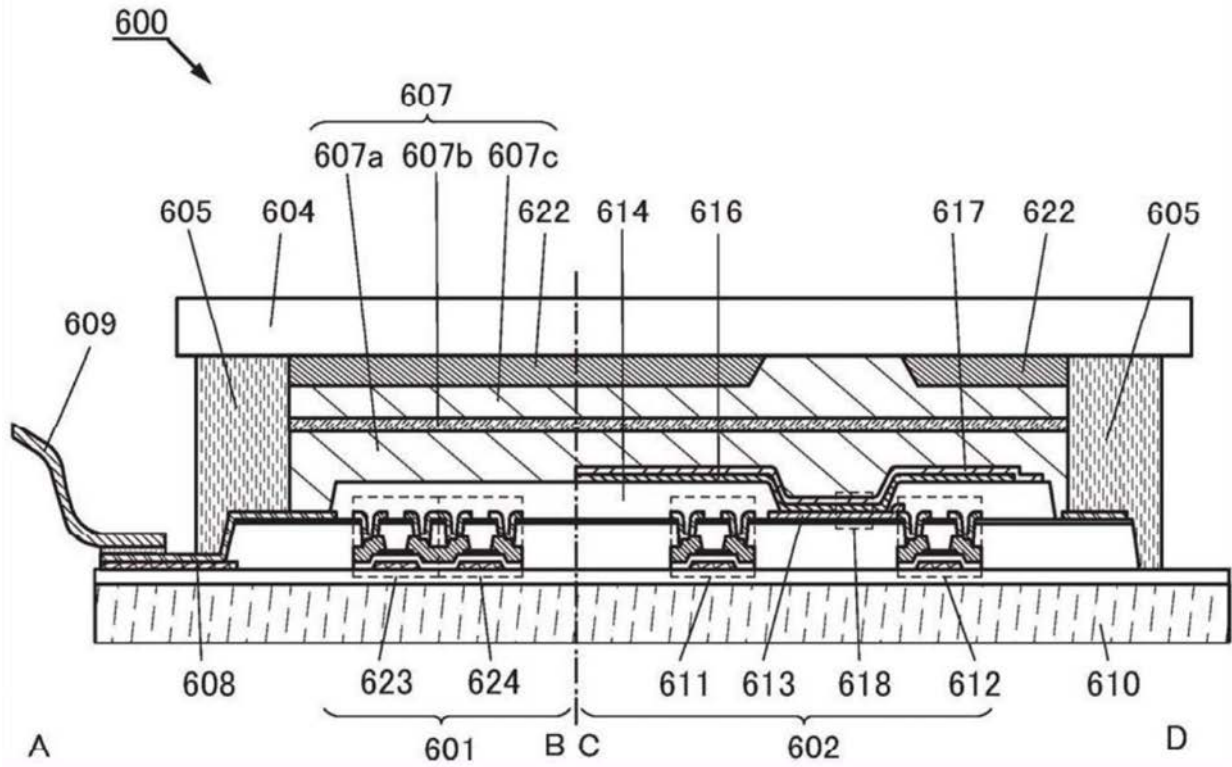


图20

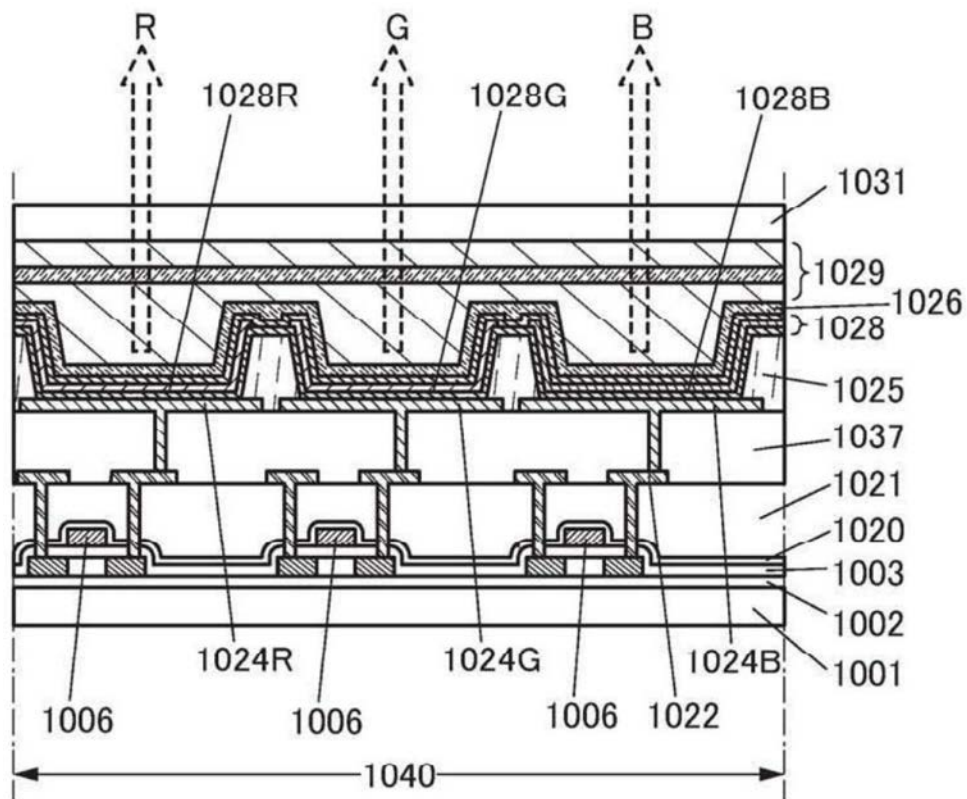


图21A

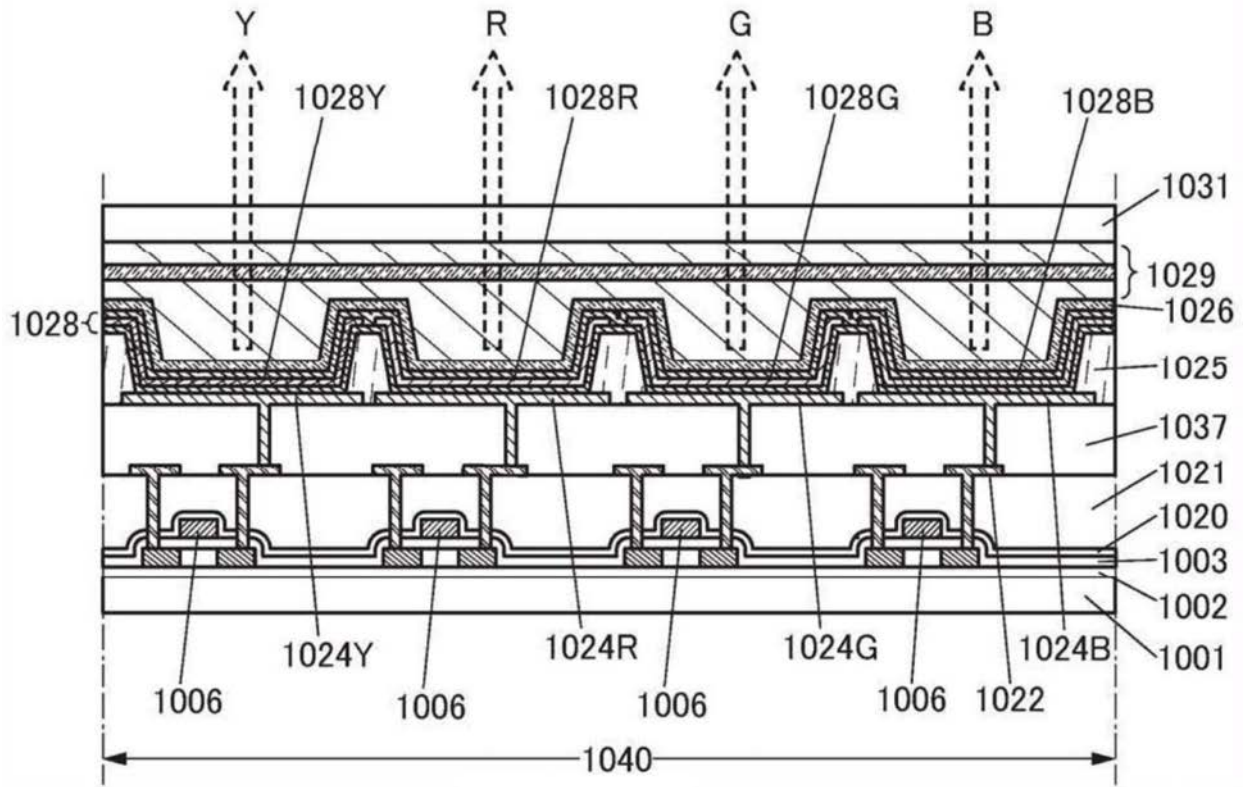


图21B

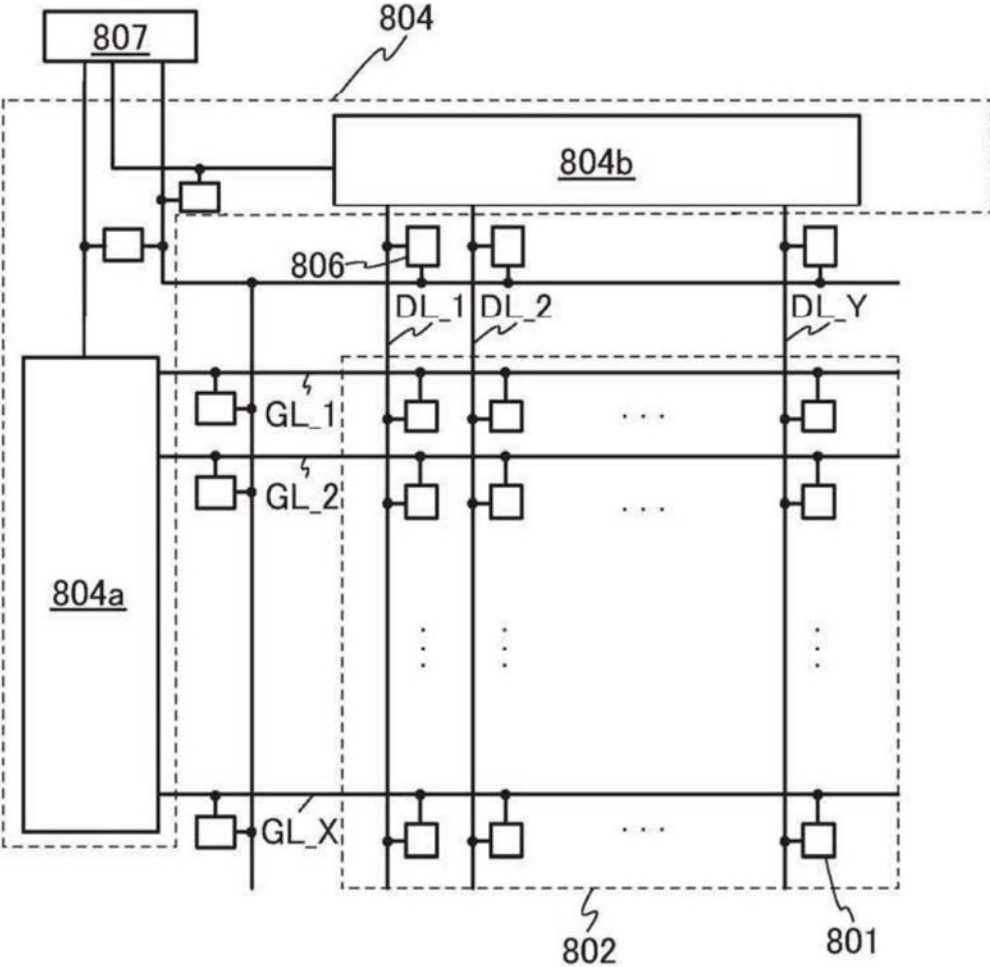


图22A

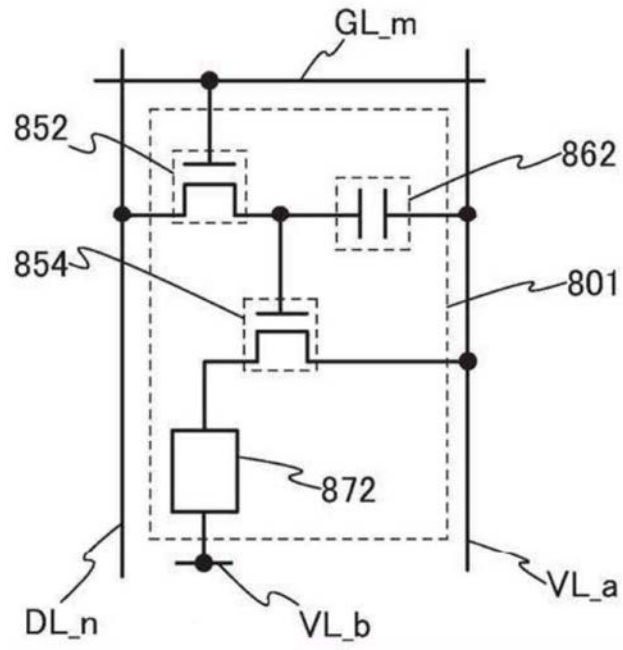


图22B

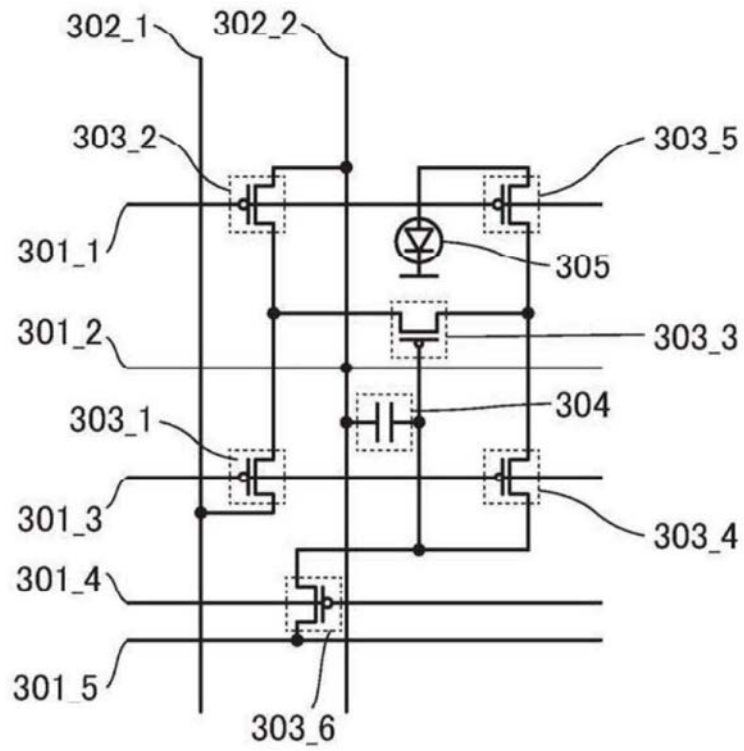


图23A

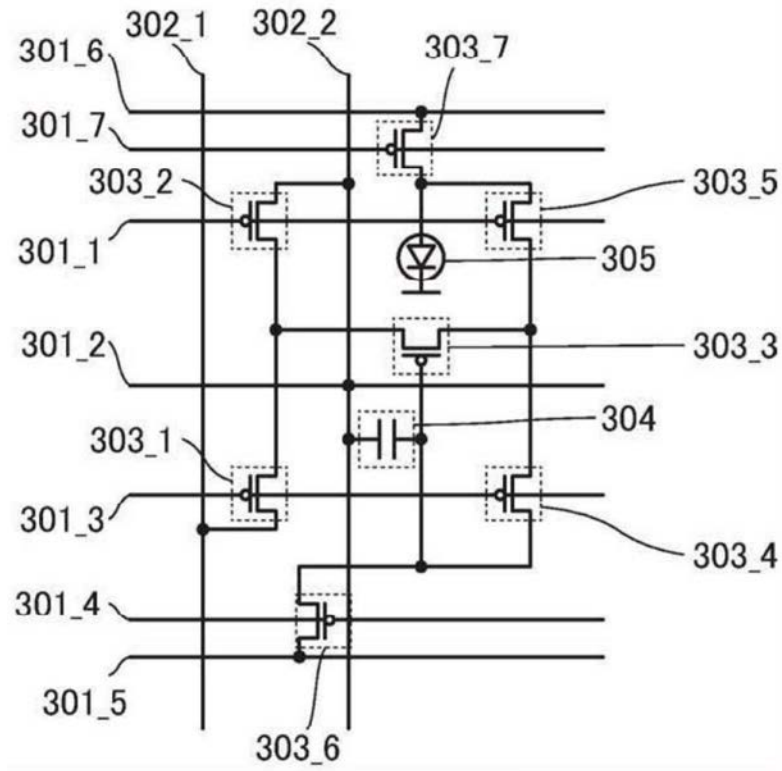


图23B

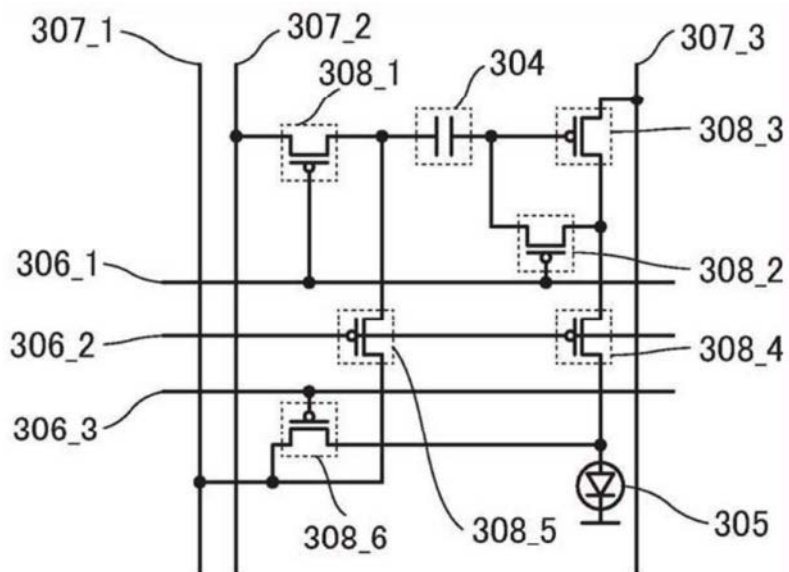


图24A

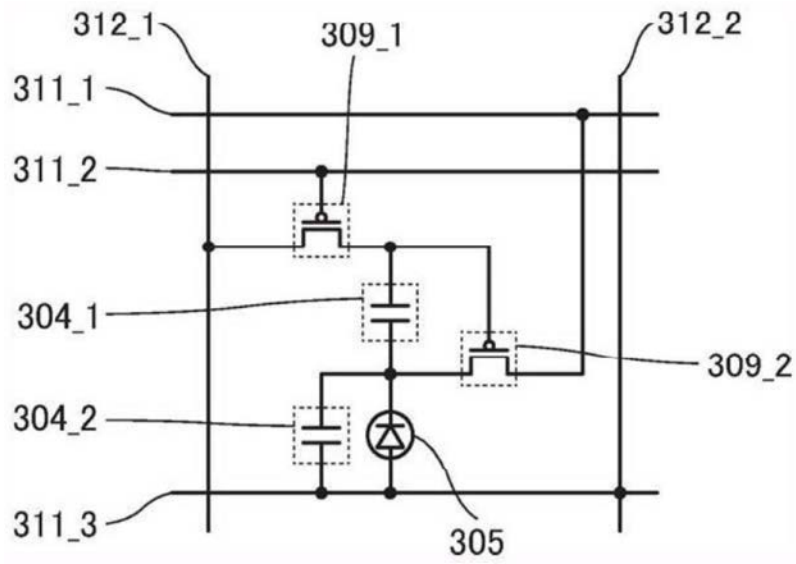


图24B

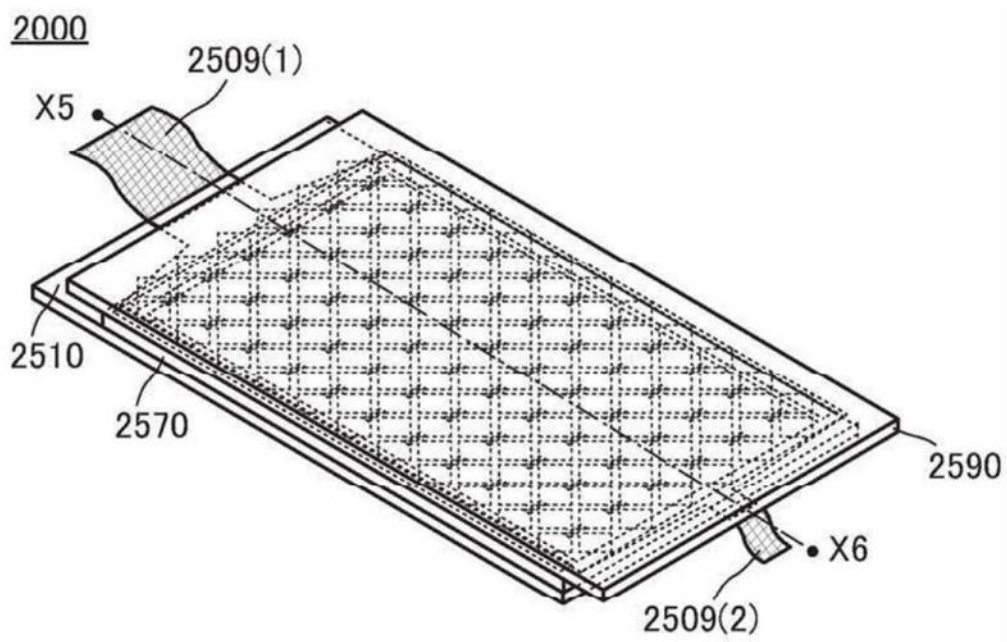


图25A

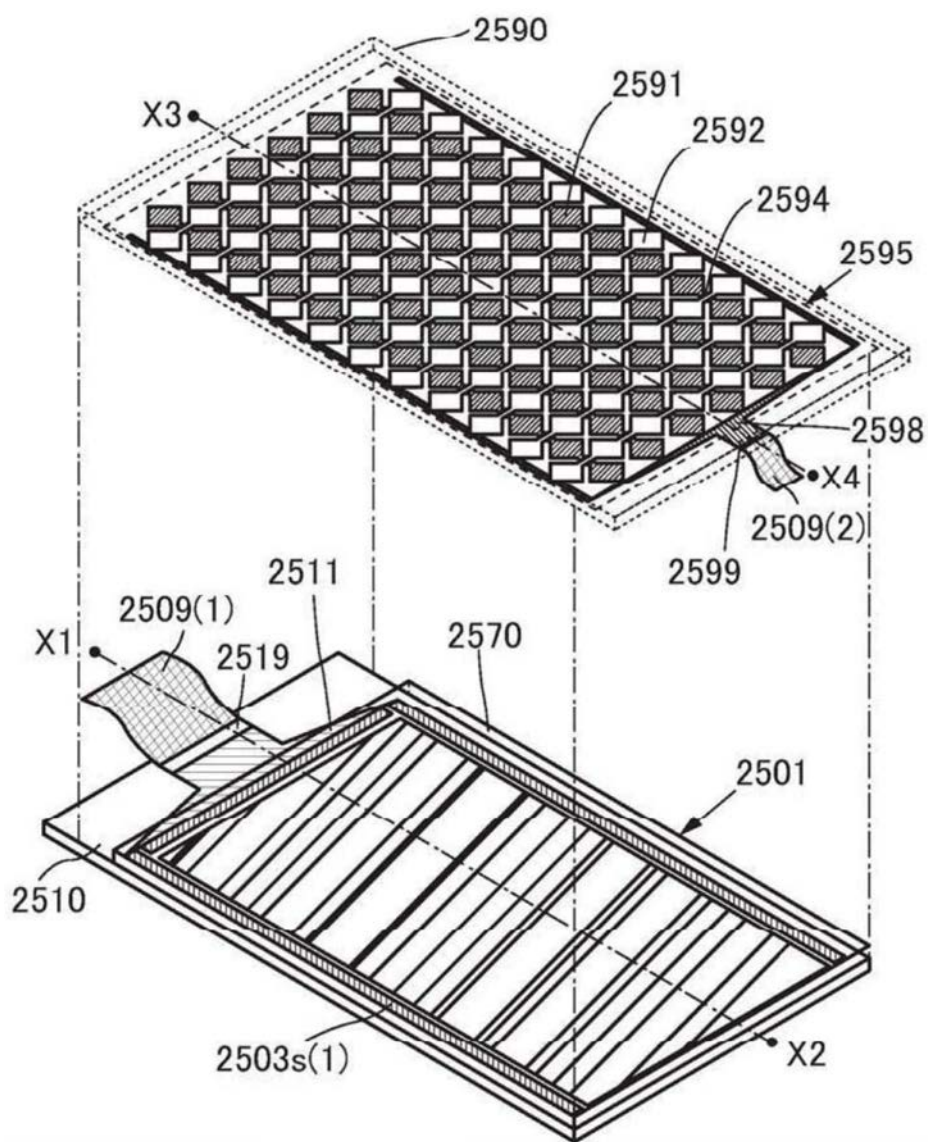


图25B

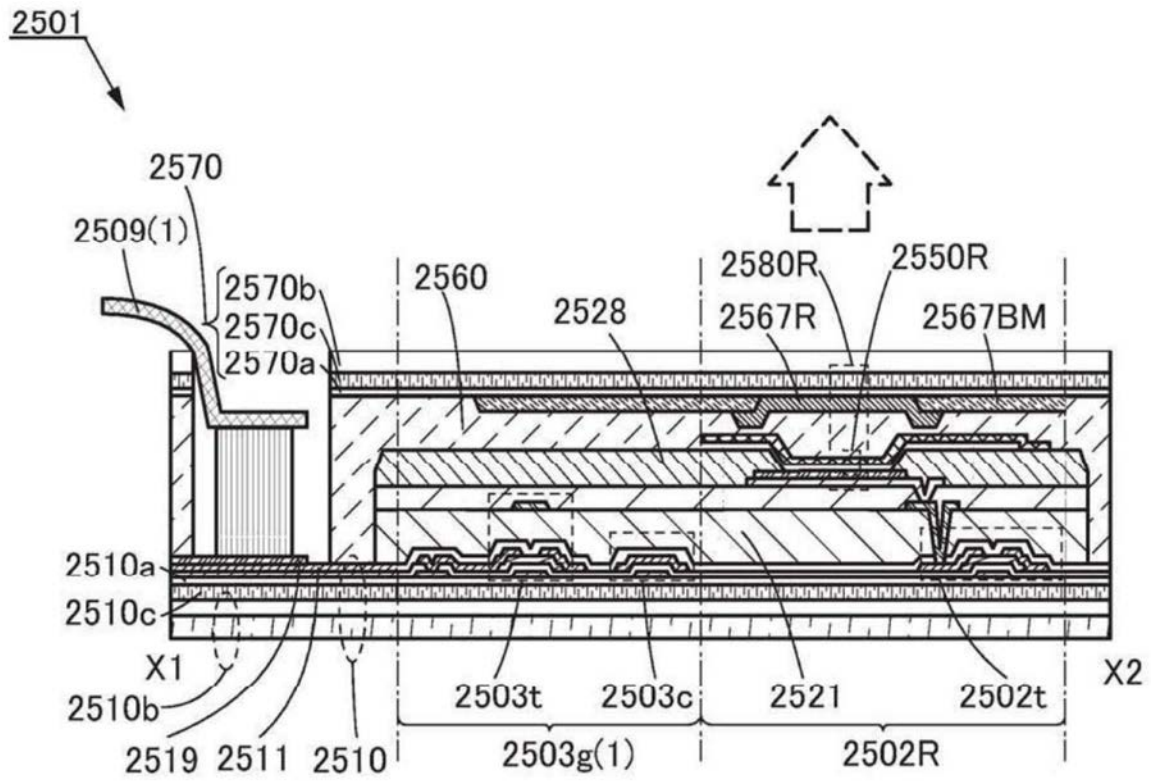


图26A

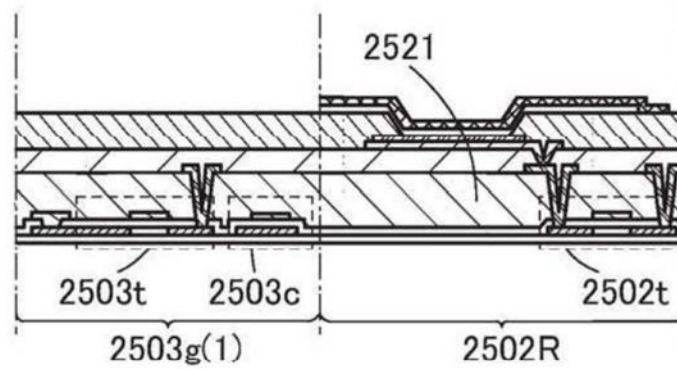


图26B

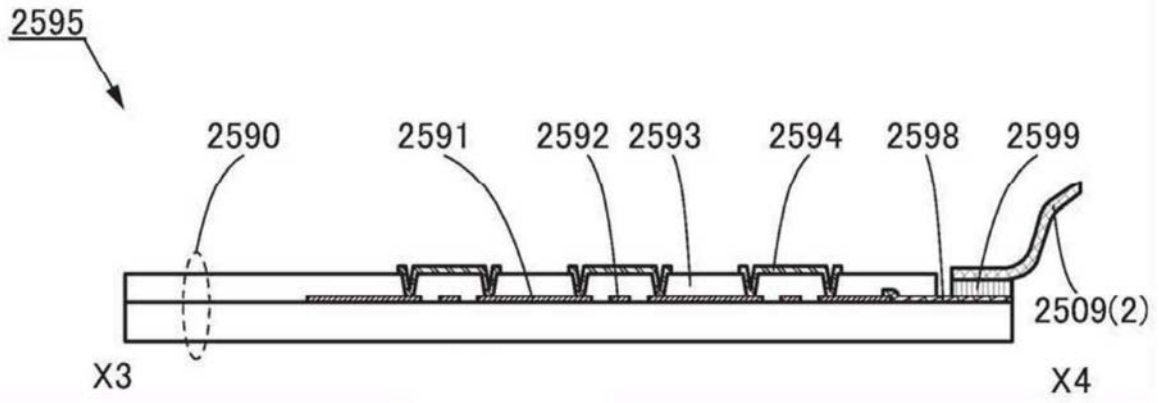


图26C

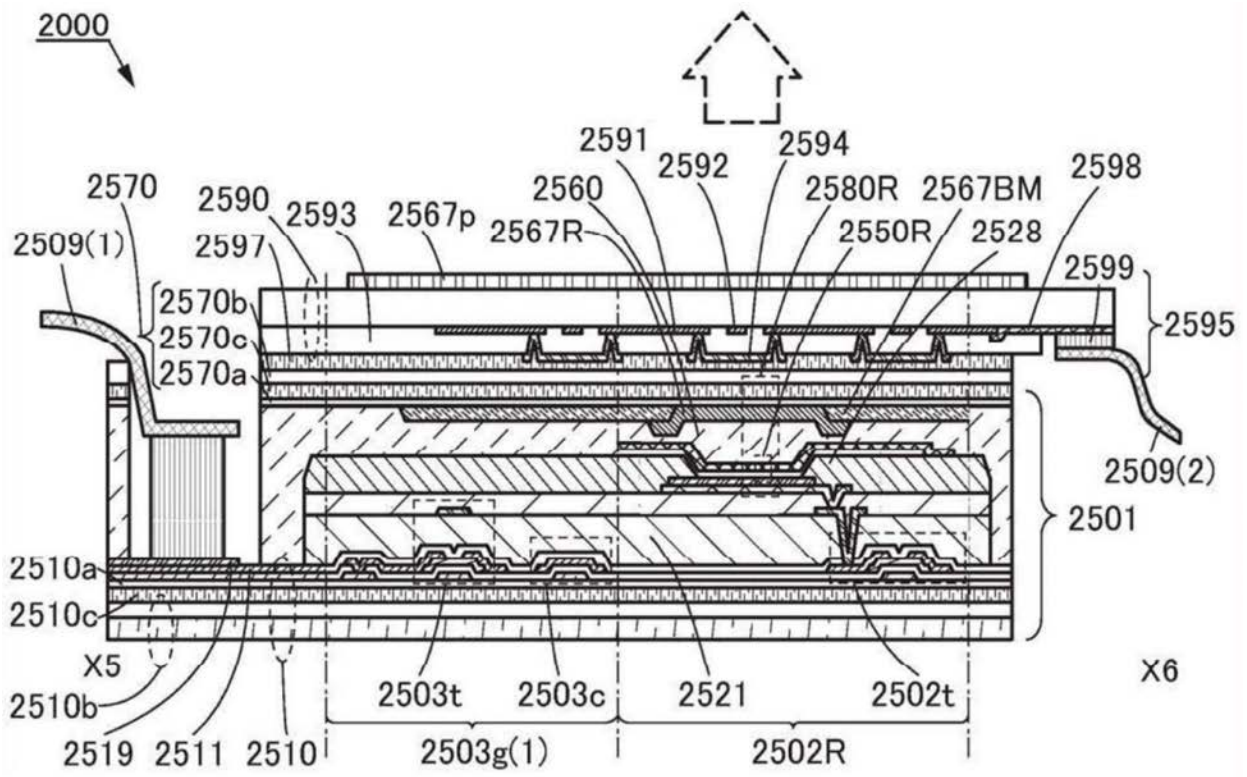


图27A

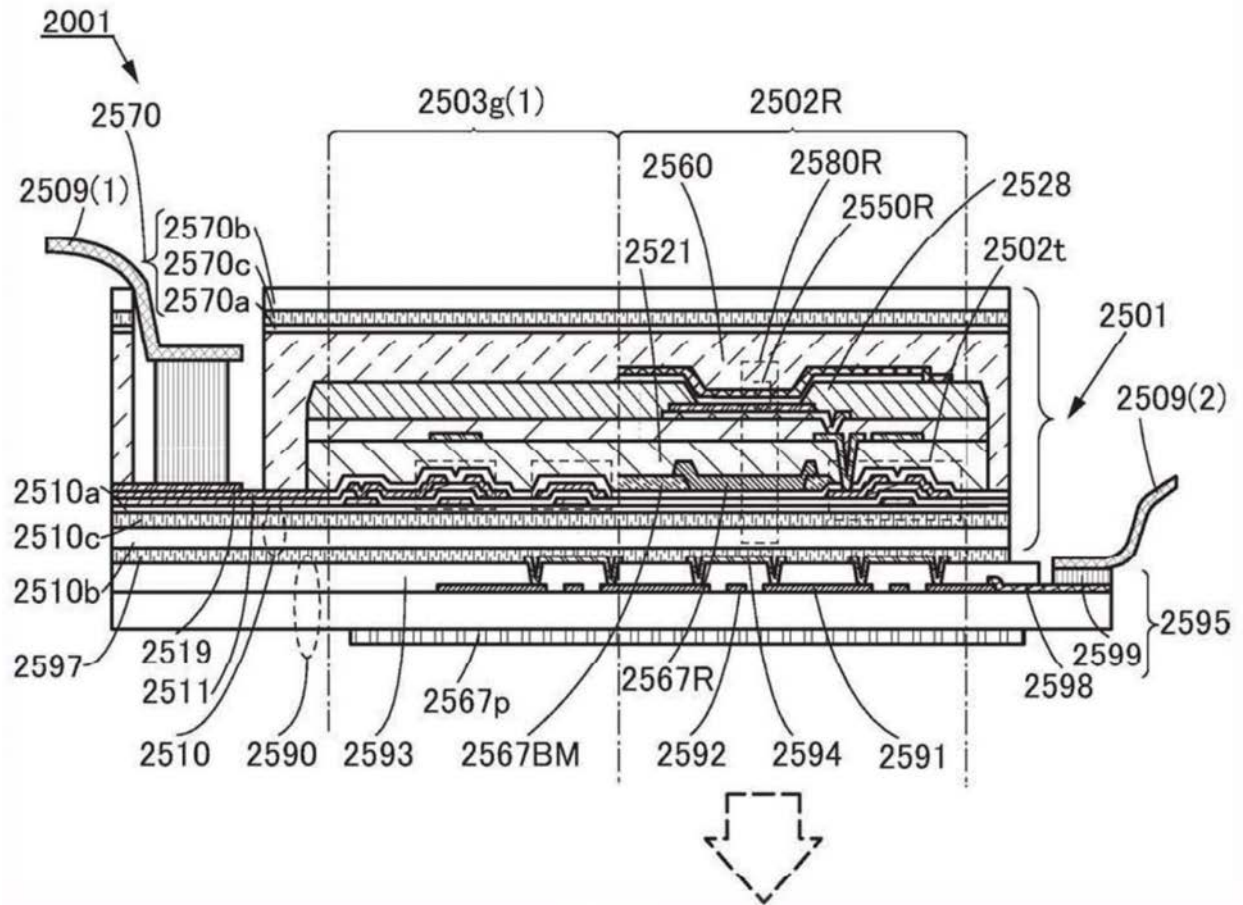


图27B

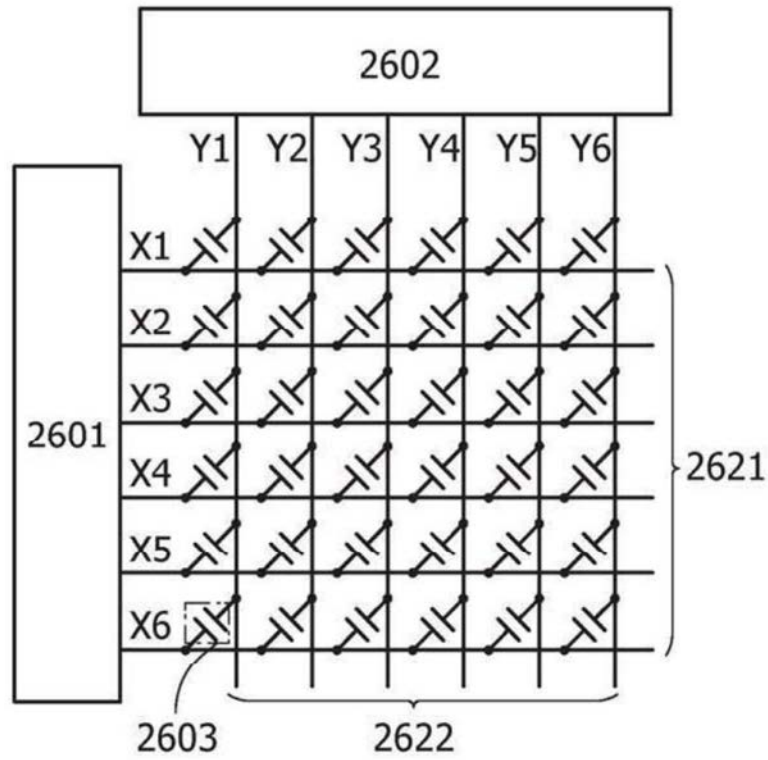


图28A

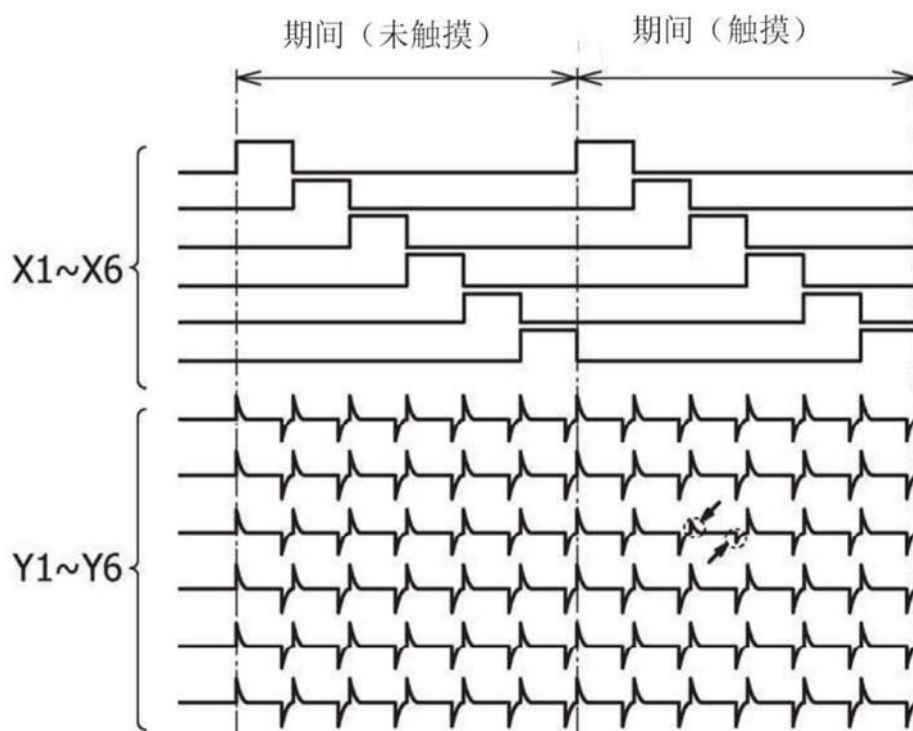


图28B

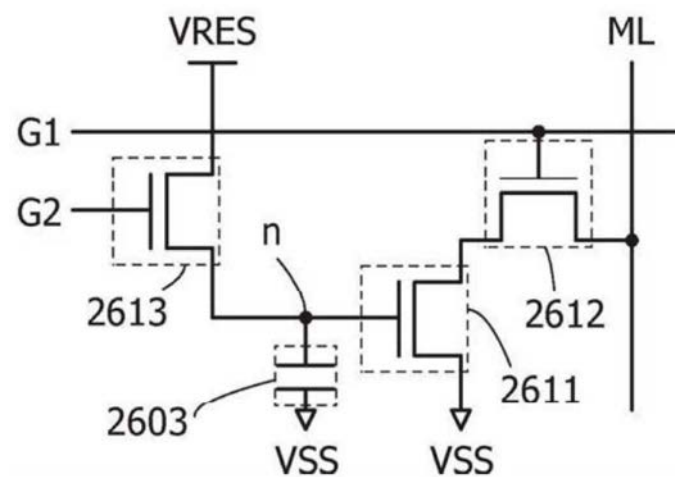


图29

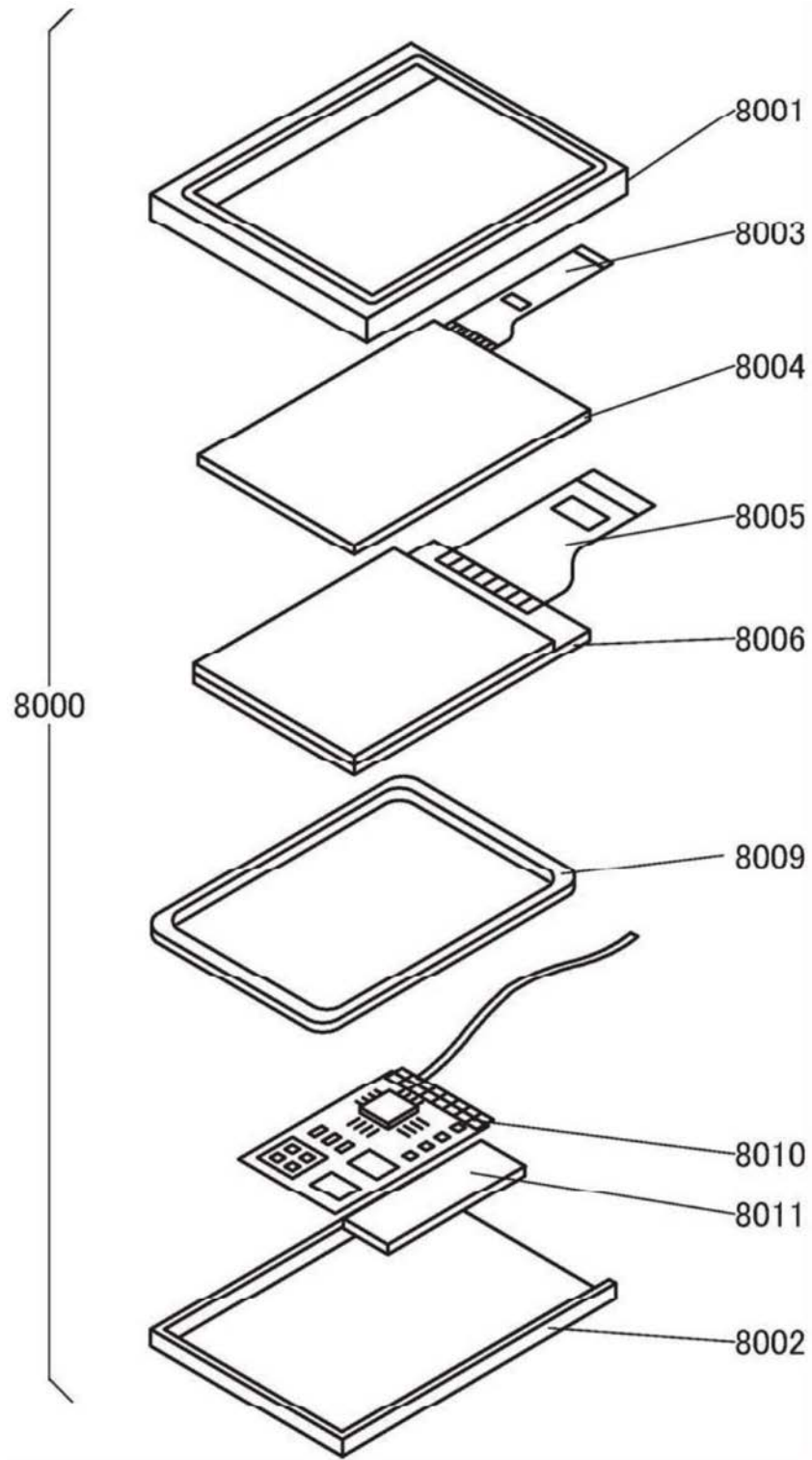


图30

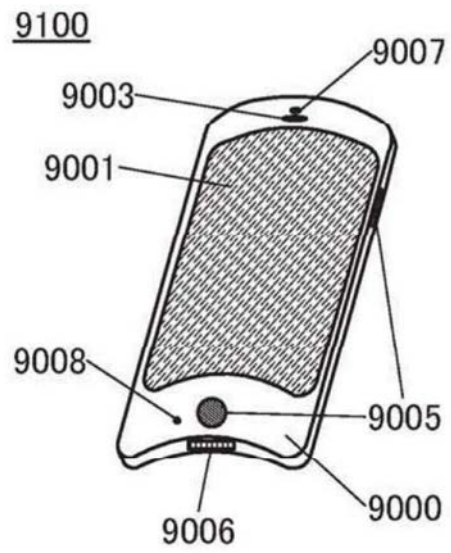


图31A

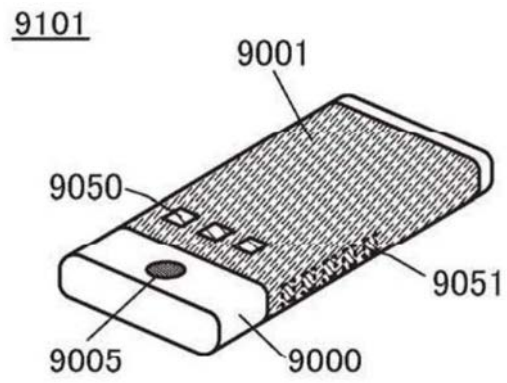


图31B

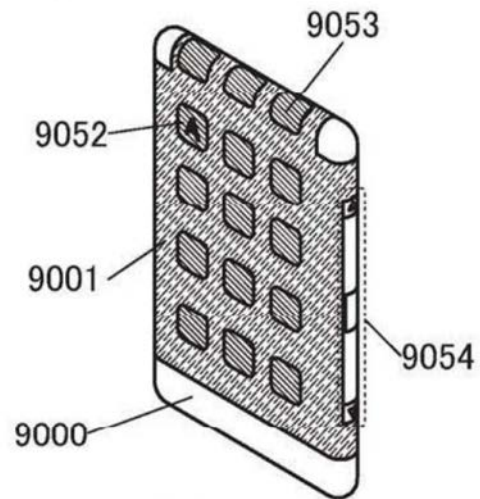
9102

图31C

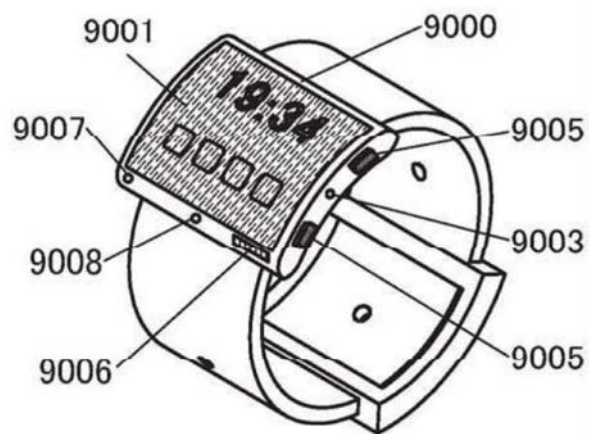
9200

图31D

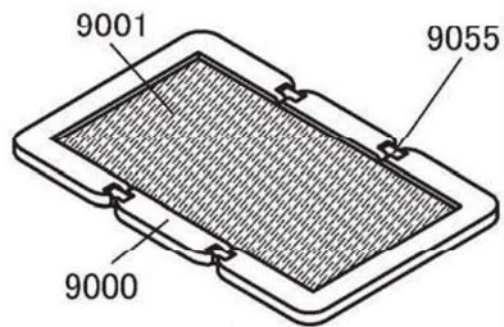
9201

图31E

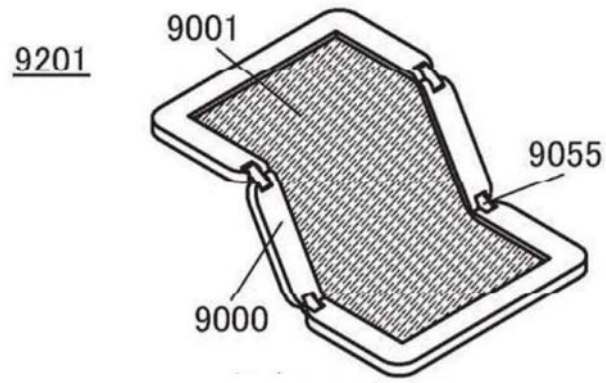


图31F

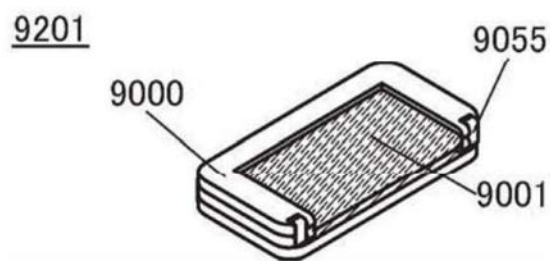


图31G

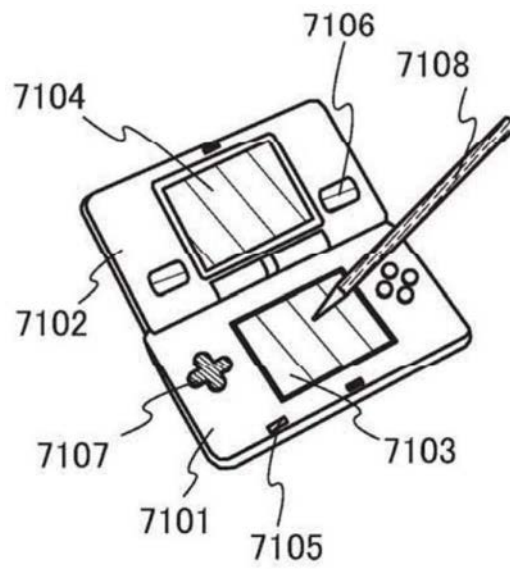


图32A

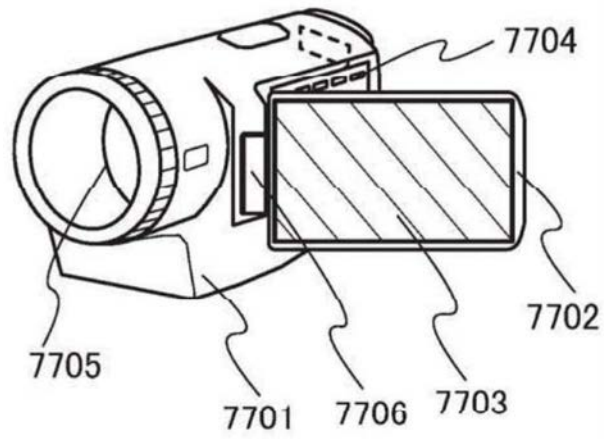


图32B

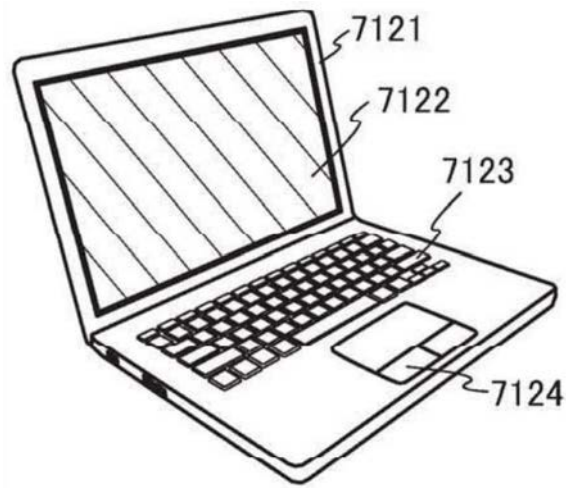


图32C

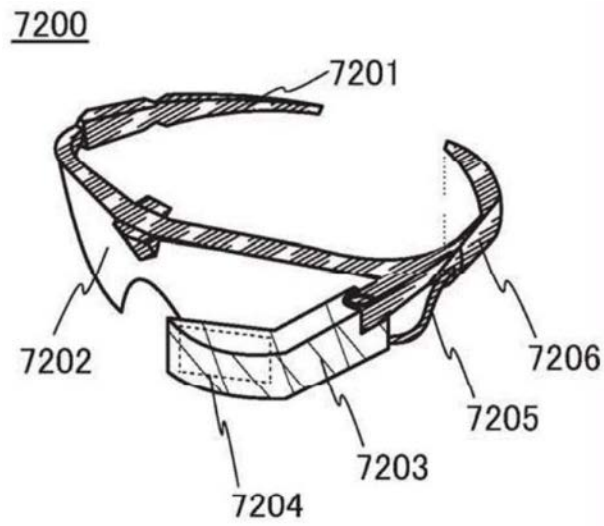


图32D

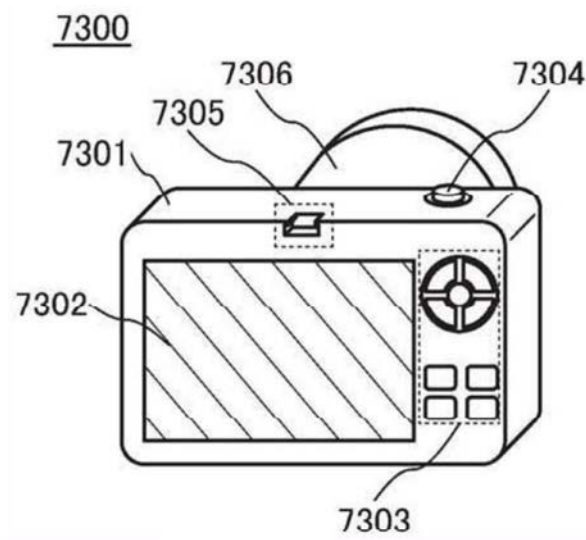


图32E

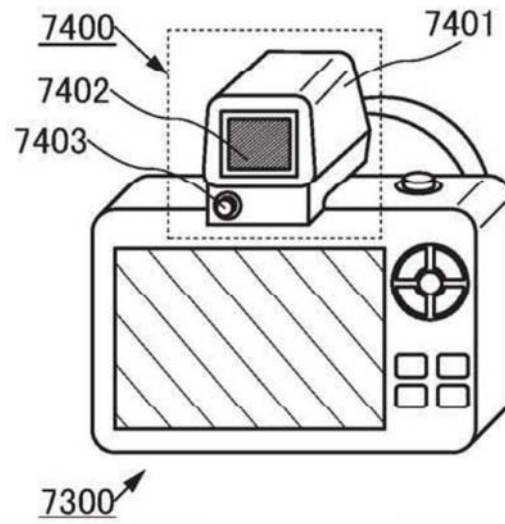


图32F

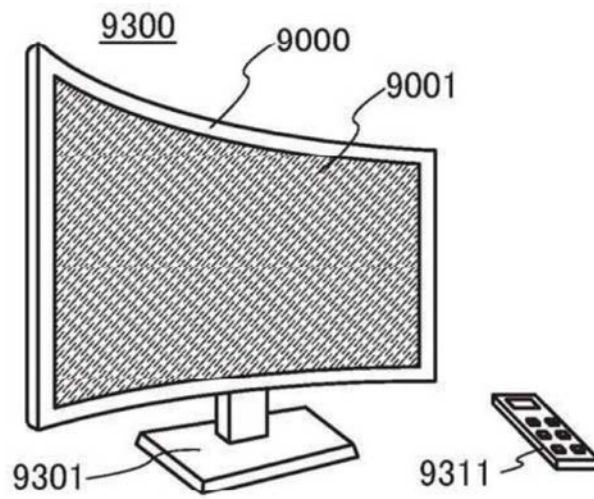


图33A

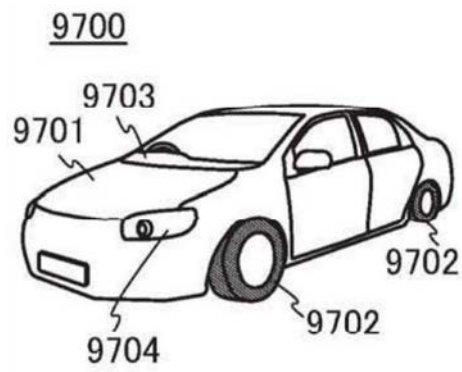


图33B

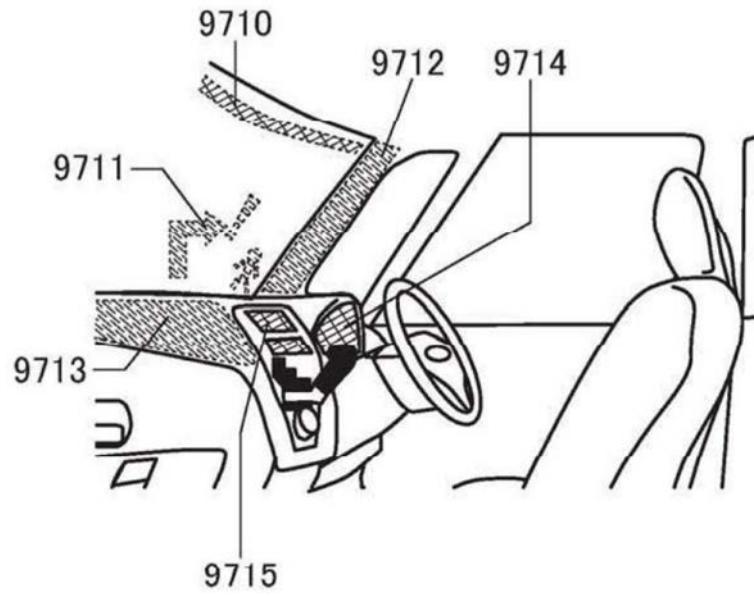


图33C

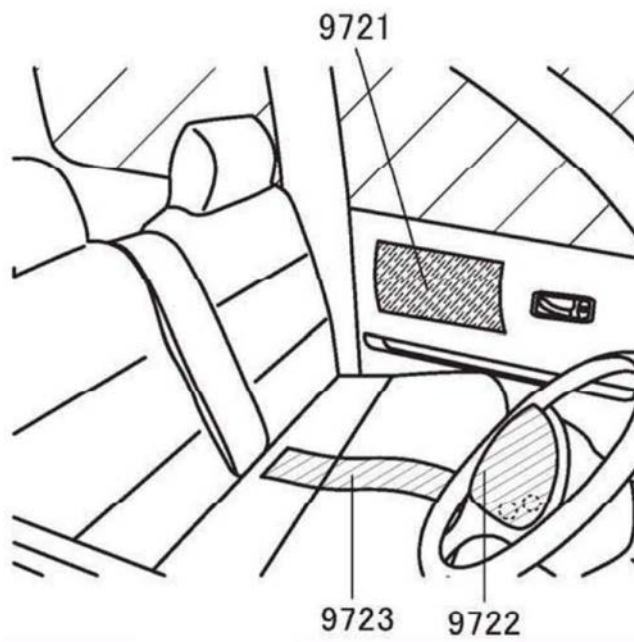


图33D

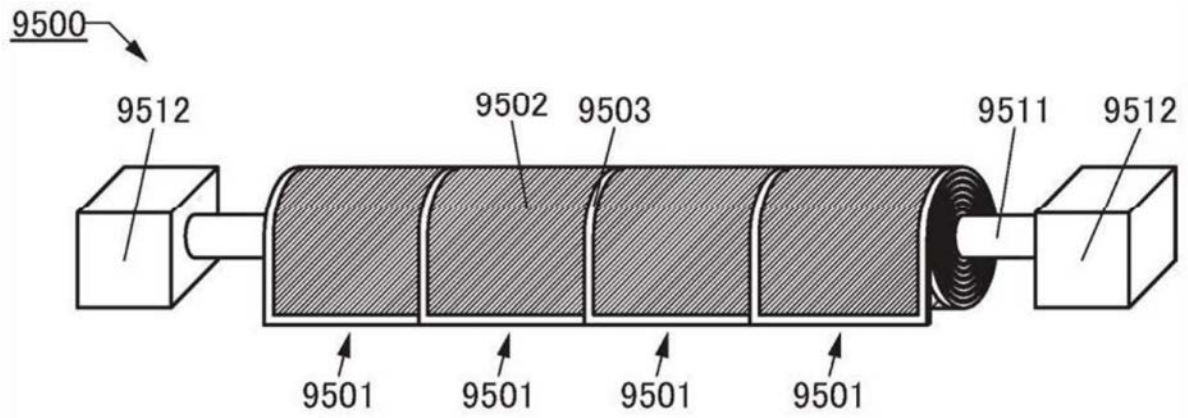


图34A

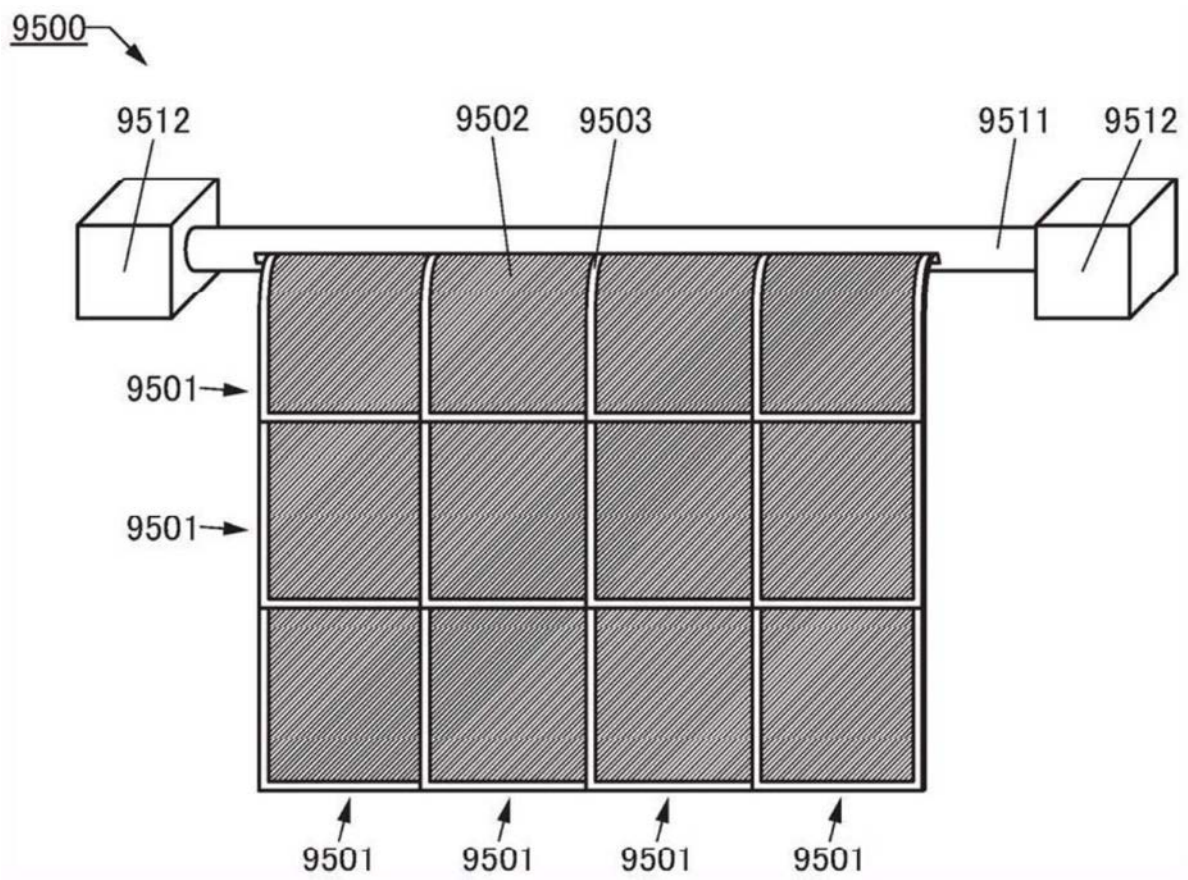


图34B

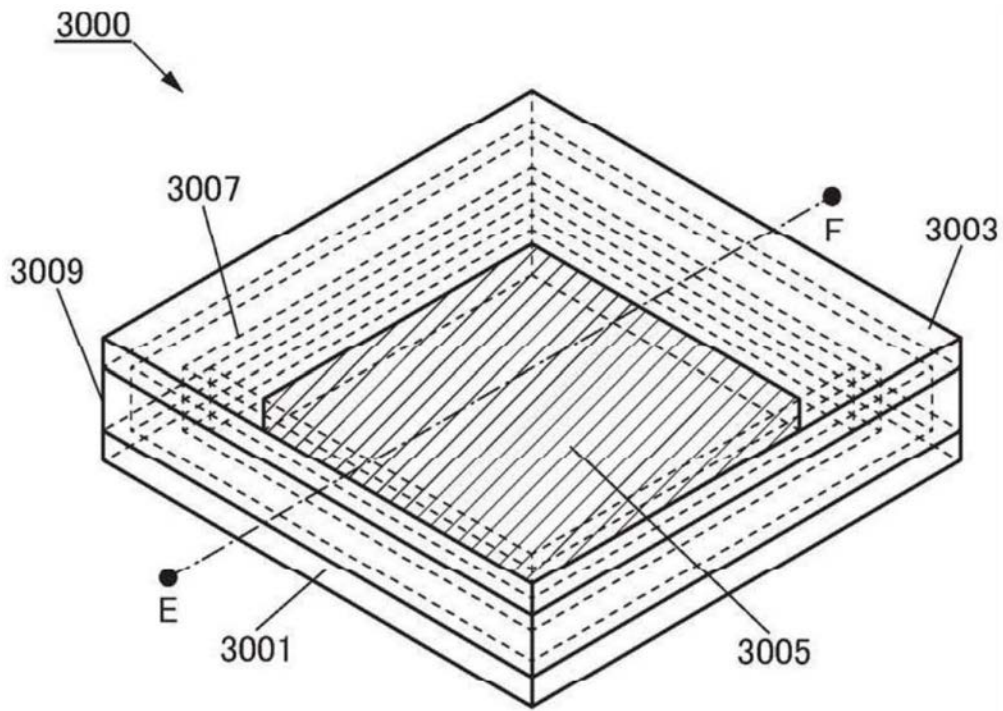


图35A

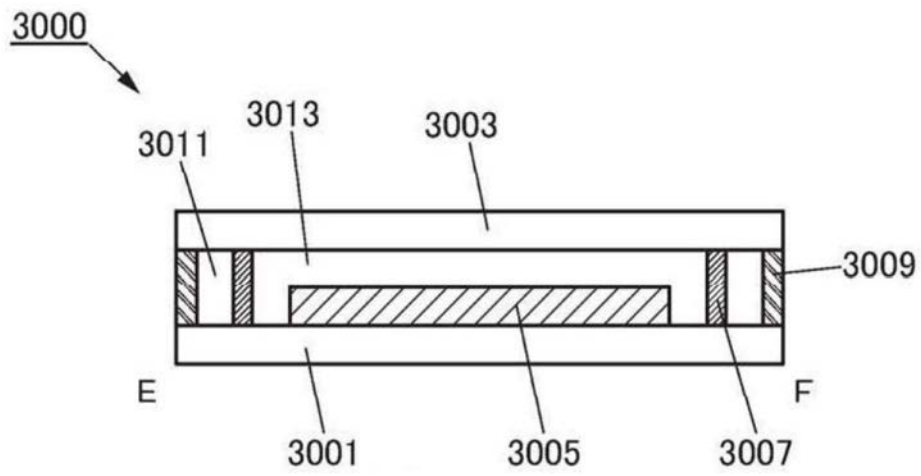


图35B

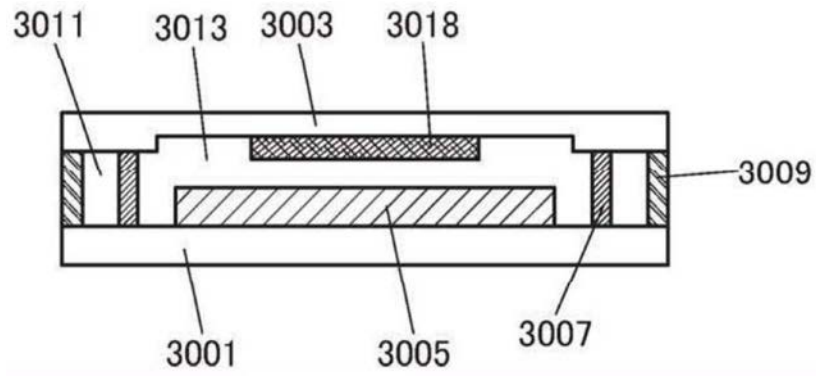


图35C

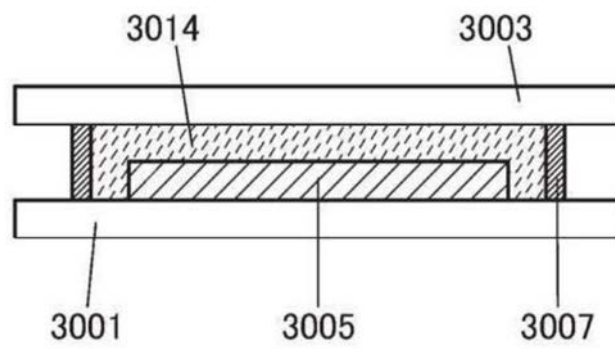


图36A

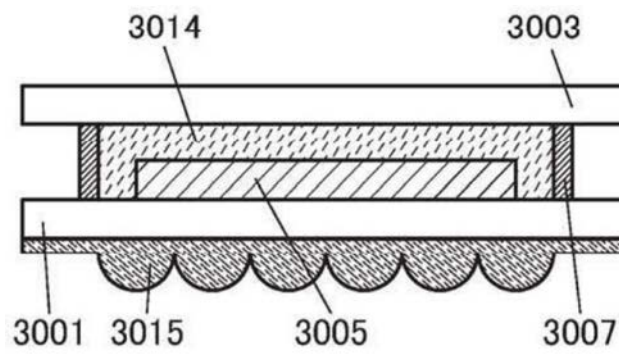


图36B

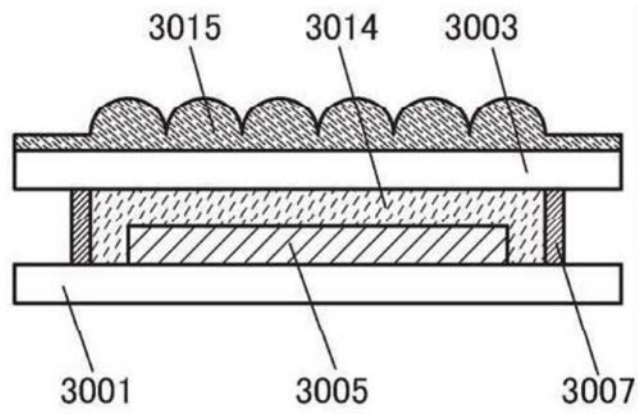


图36C

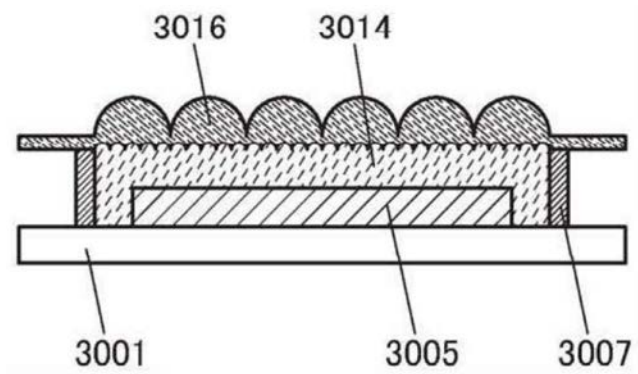


图36D

3500

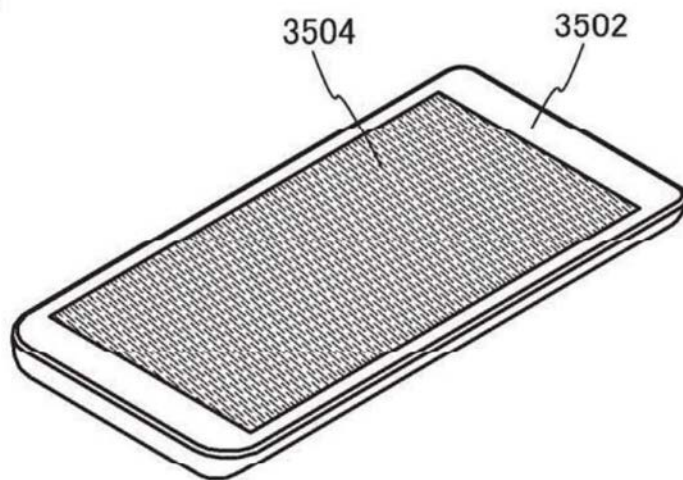


图37A

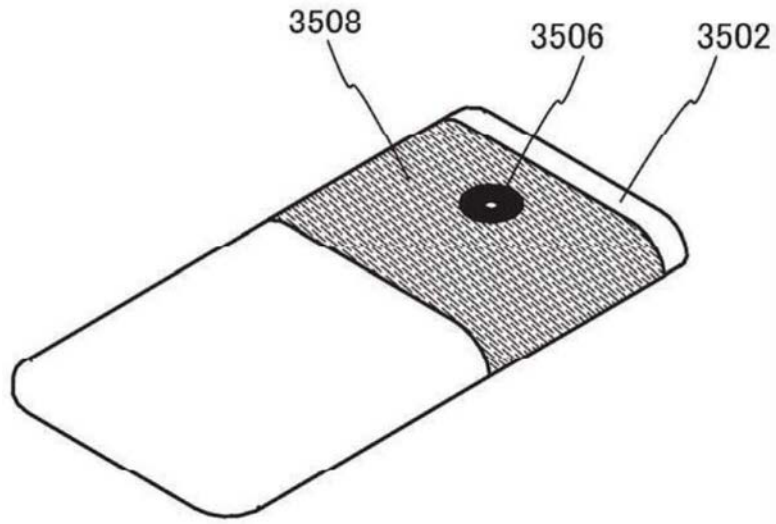


图37B

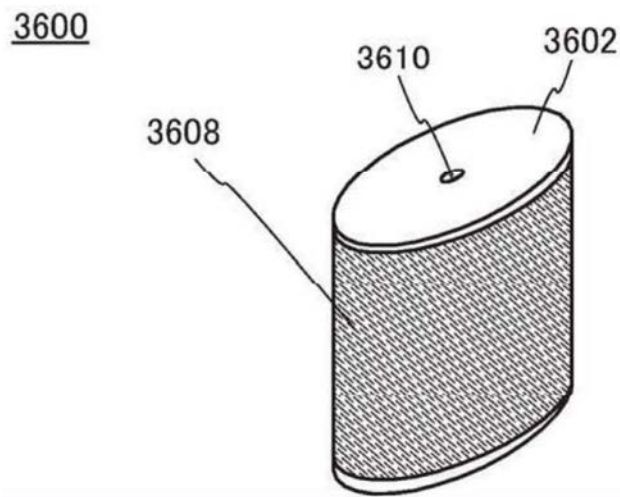


图37C

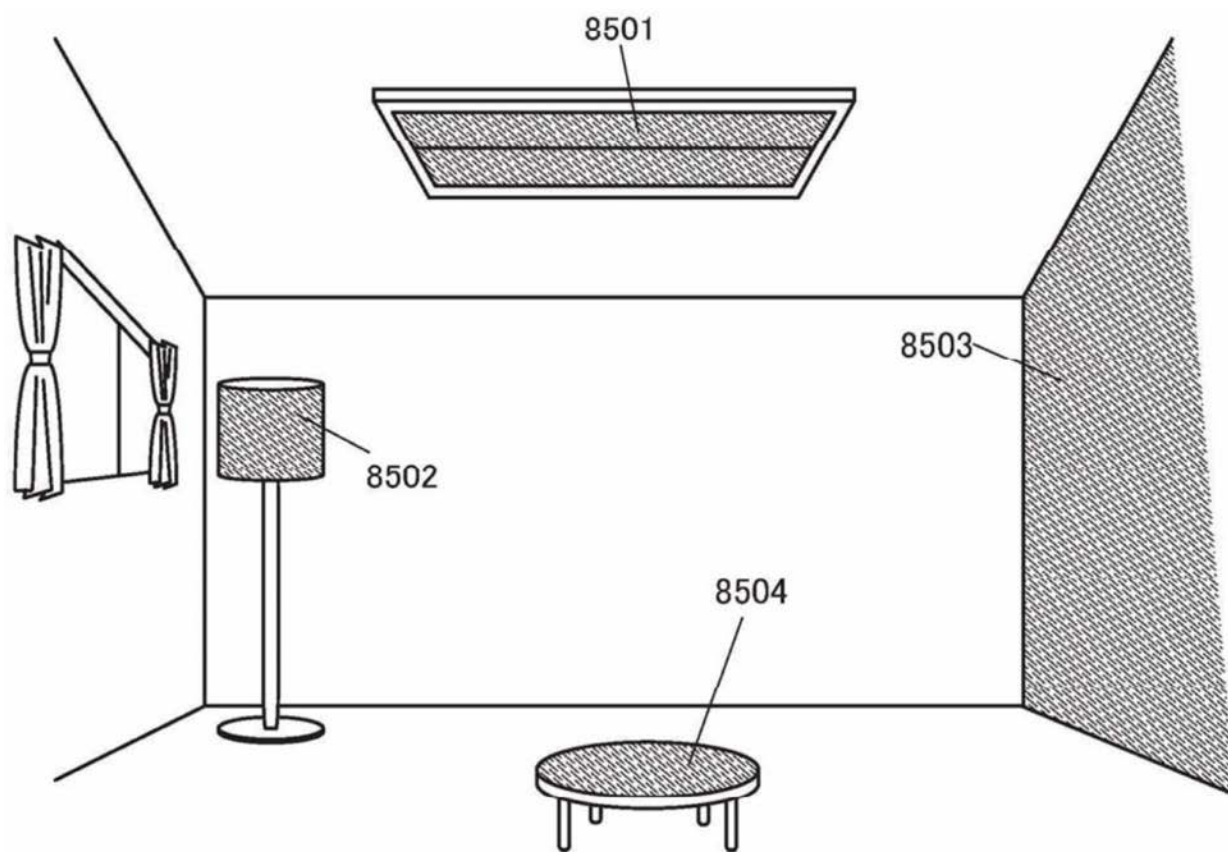


图38

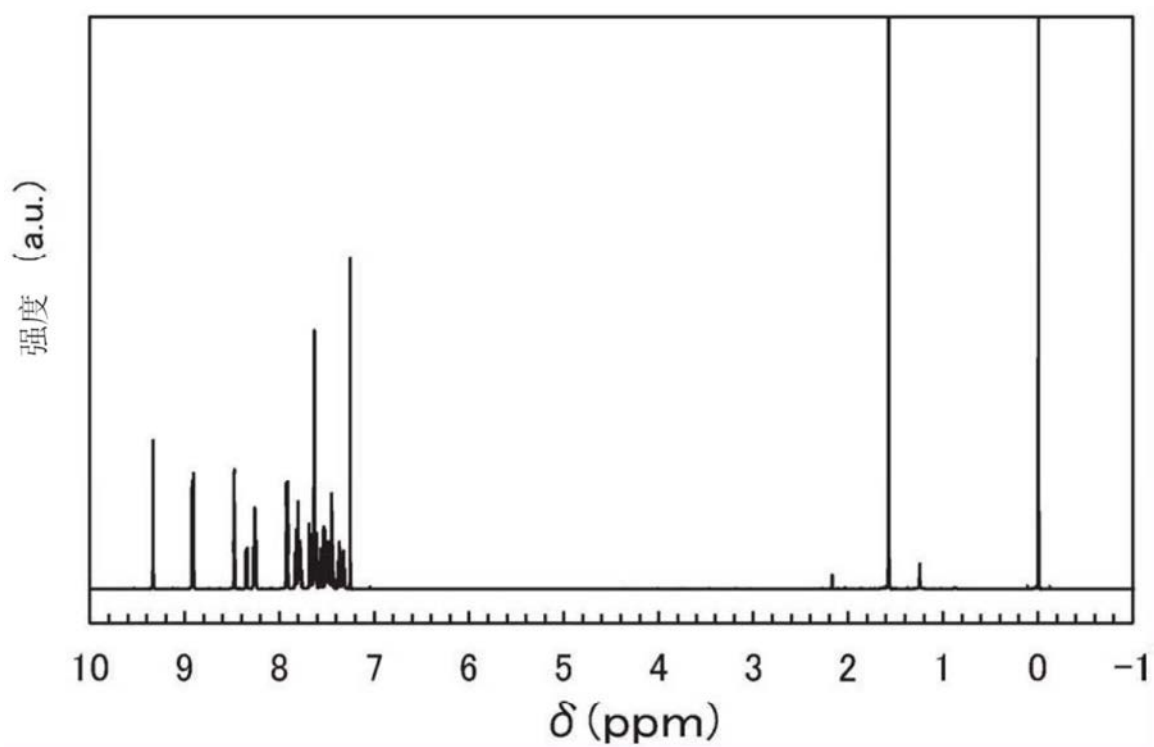


图39

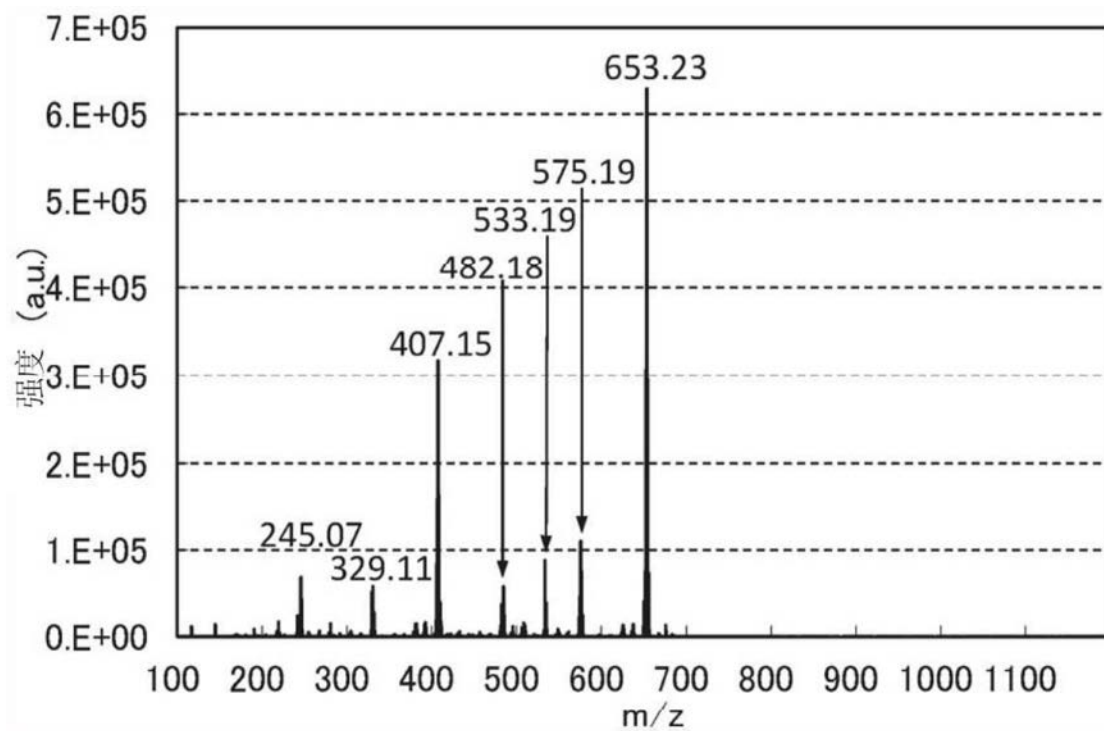


图40

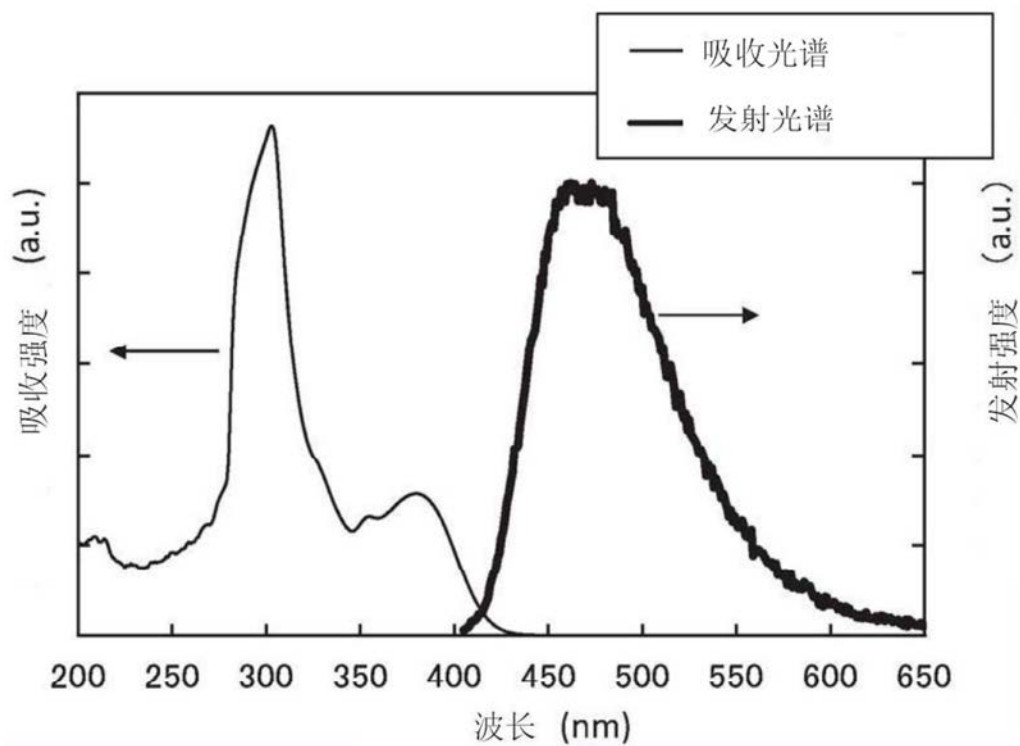


图41

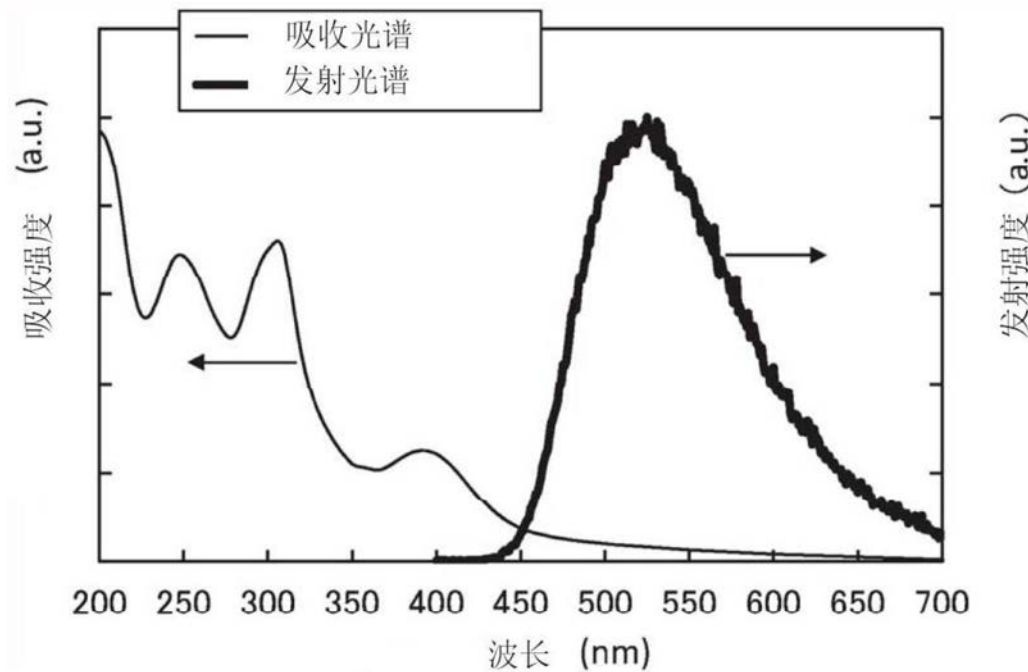


图42

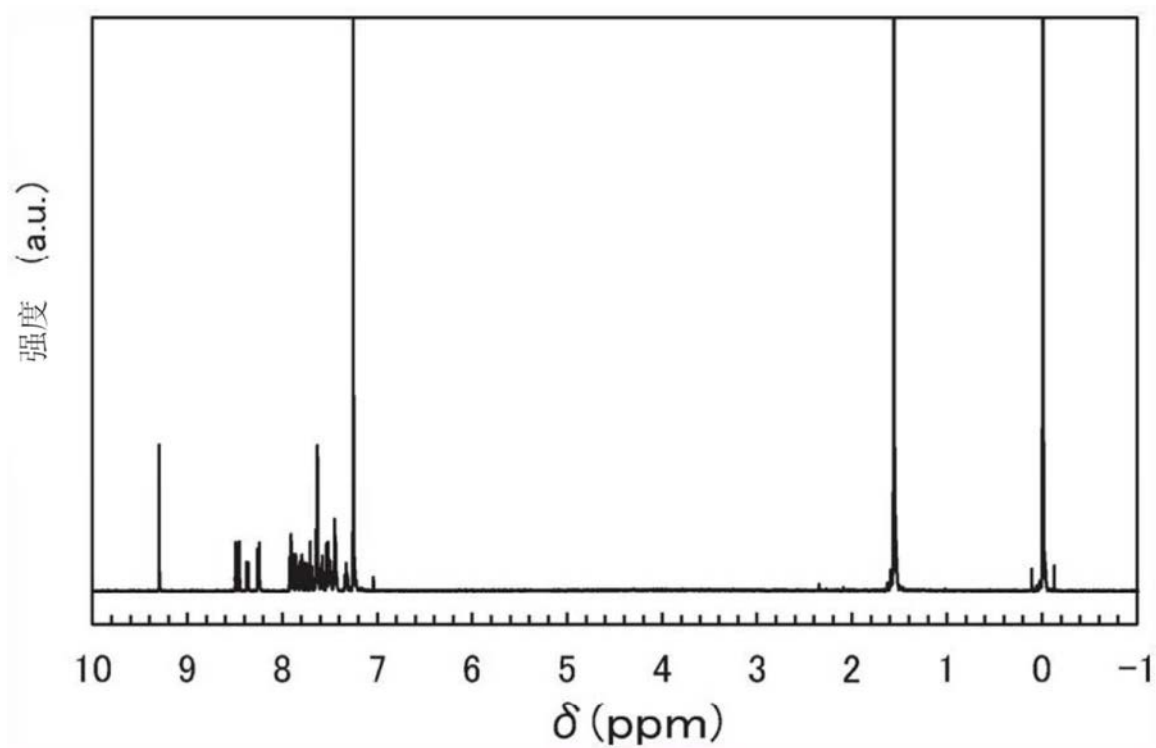


图43

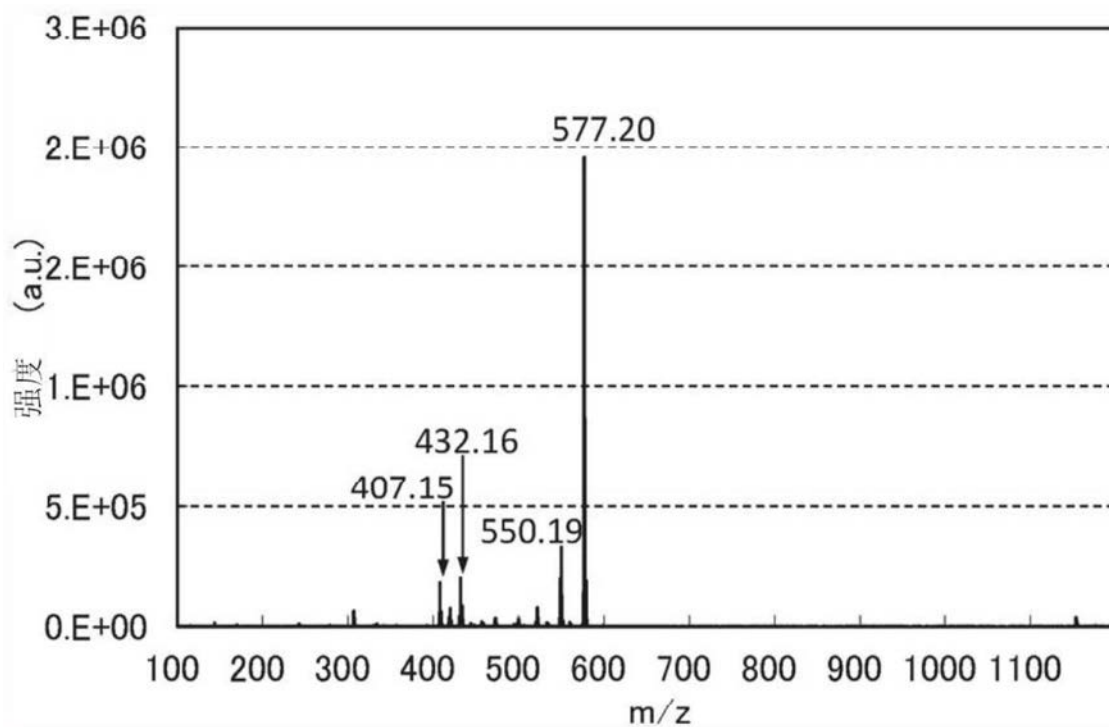


图44

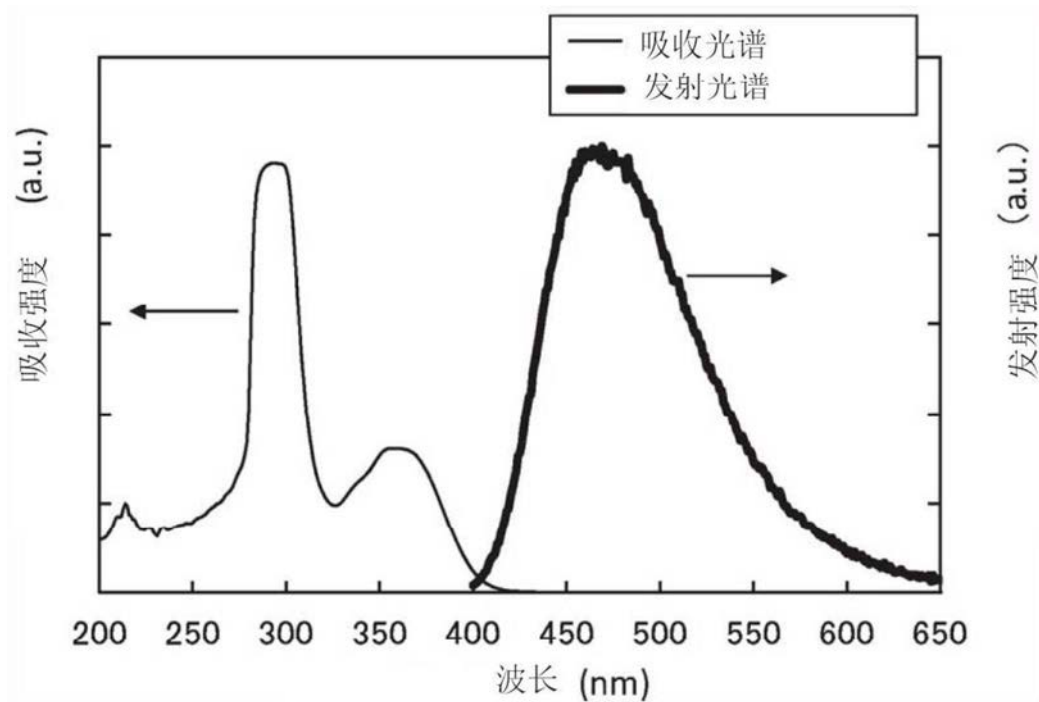


图45

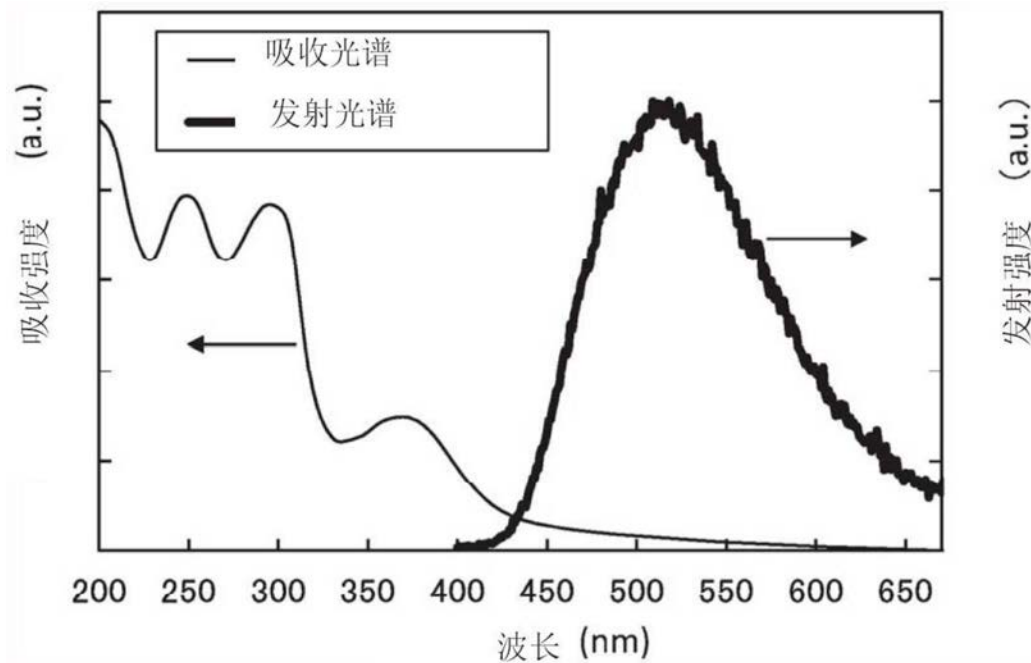


图46

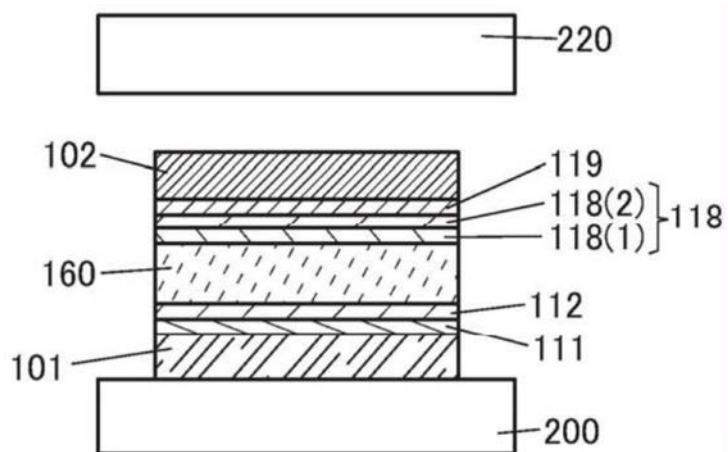


图47

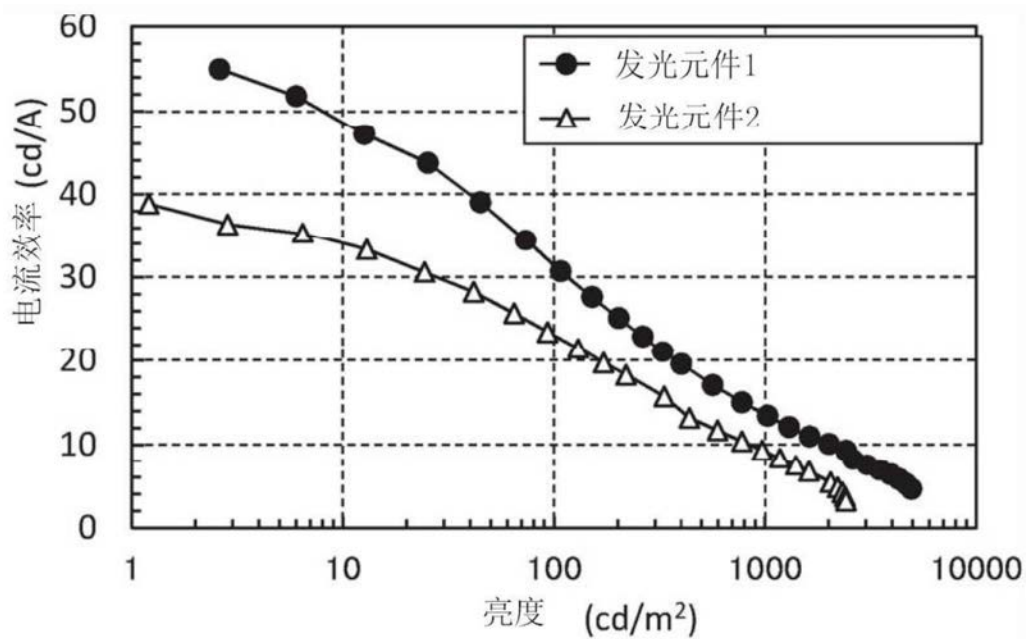


图48

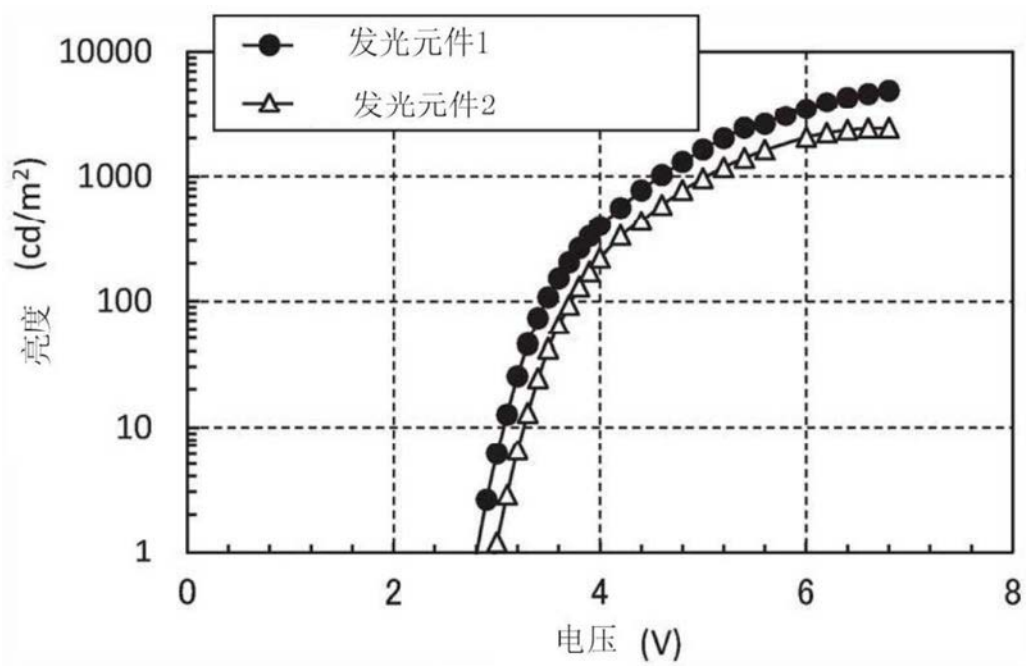


图49

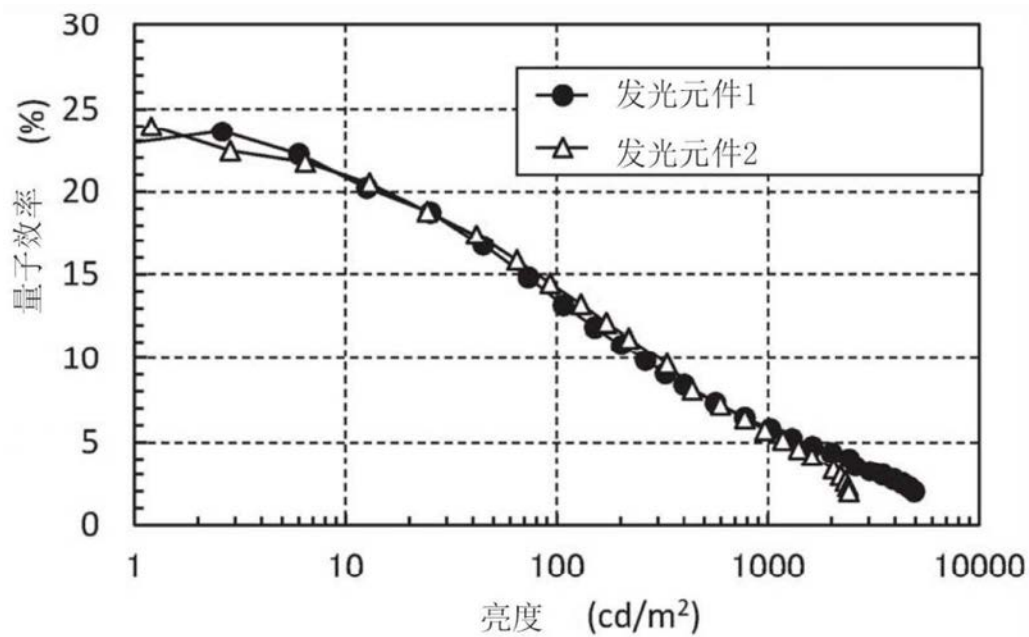


图50

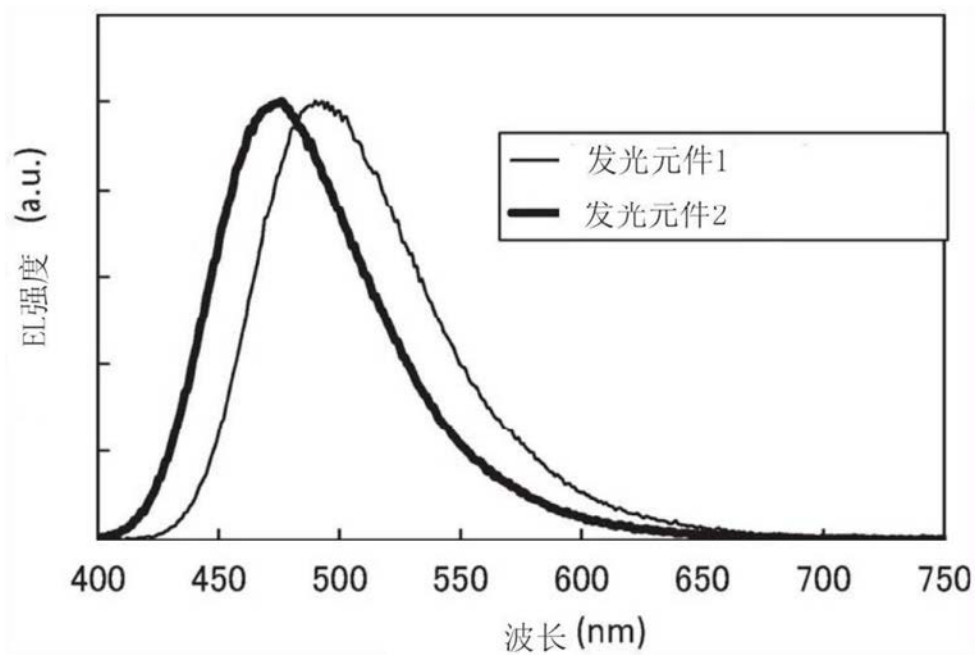


图51

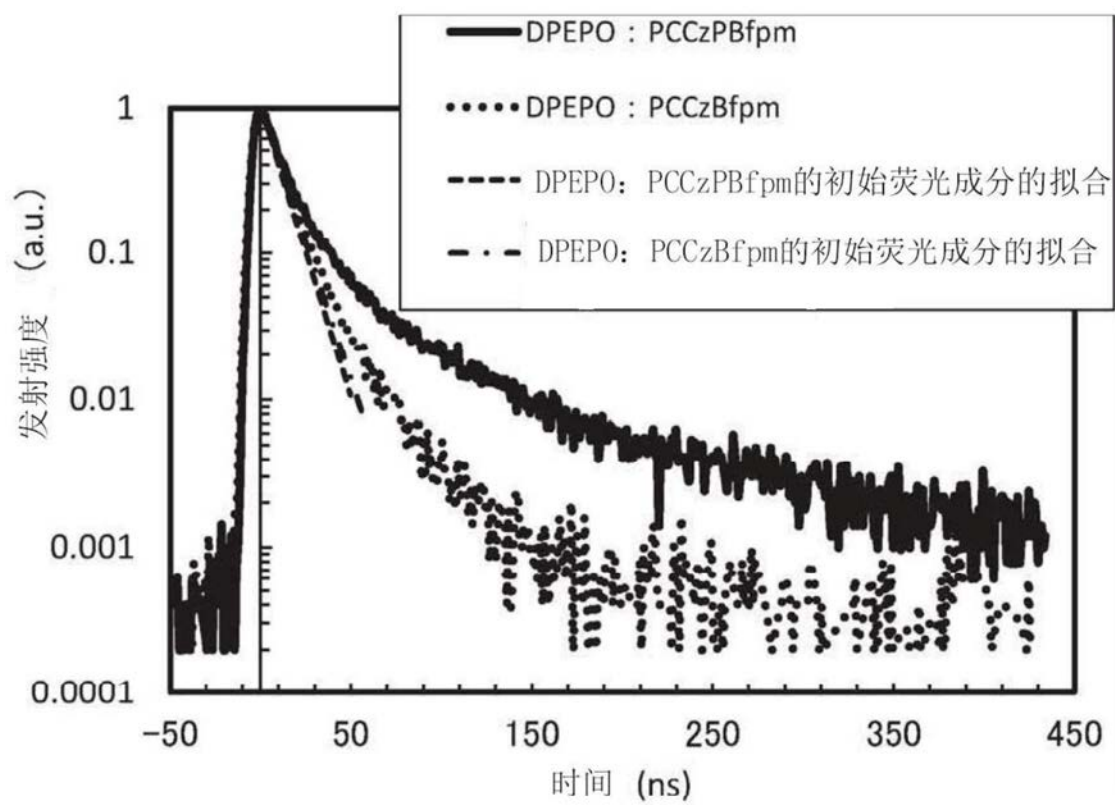


图52A

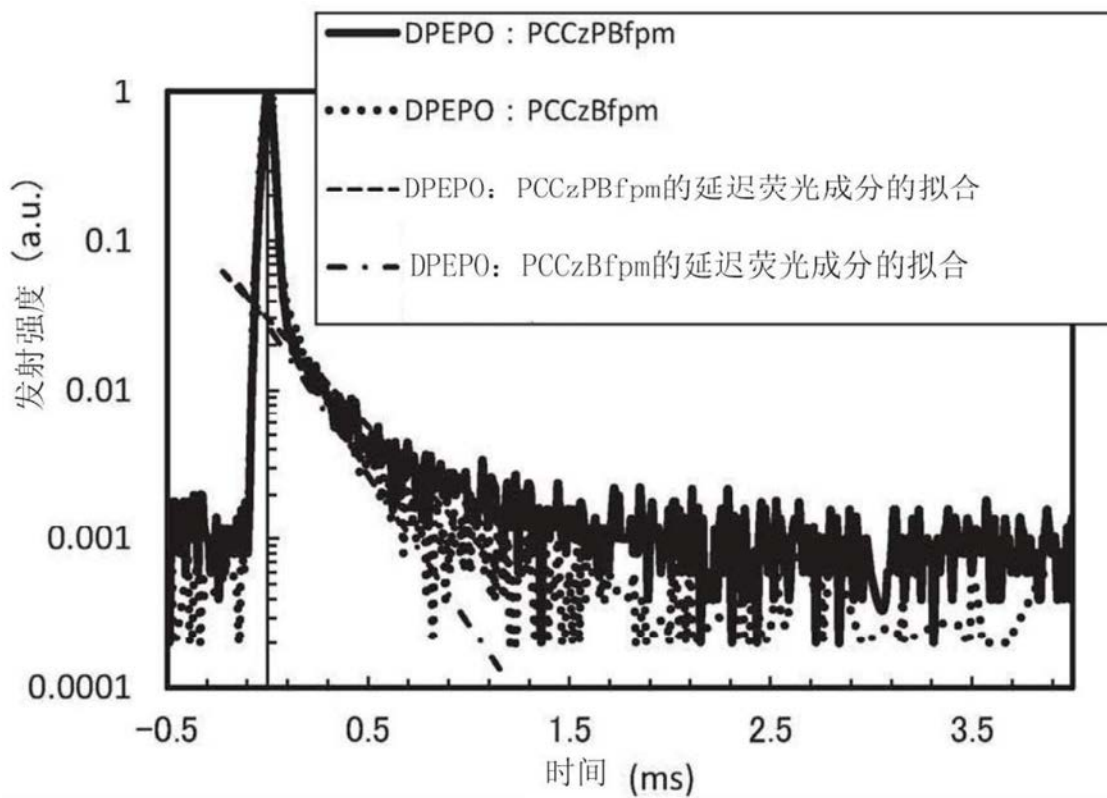


图52B

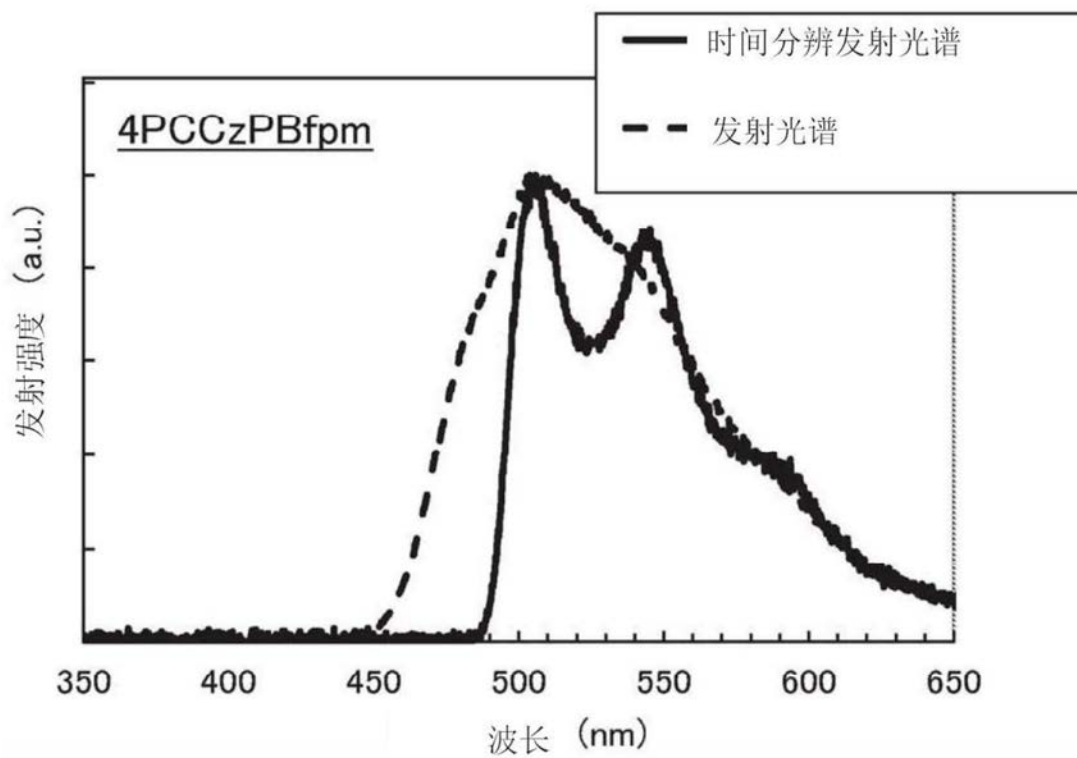


图53

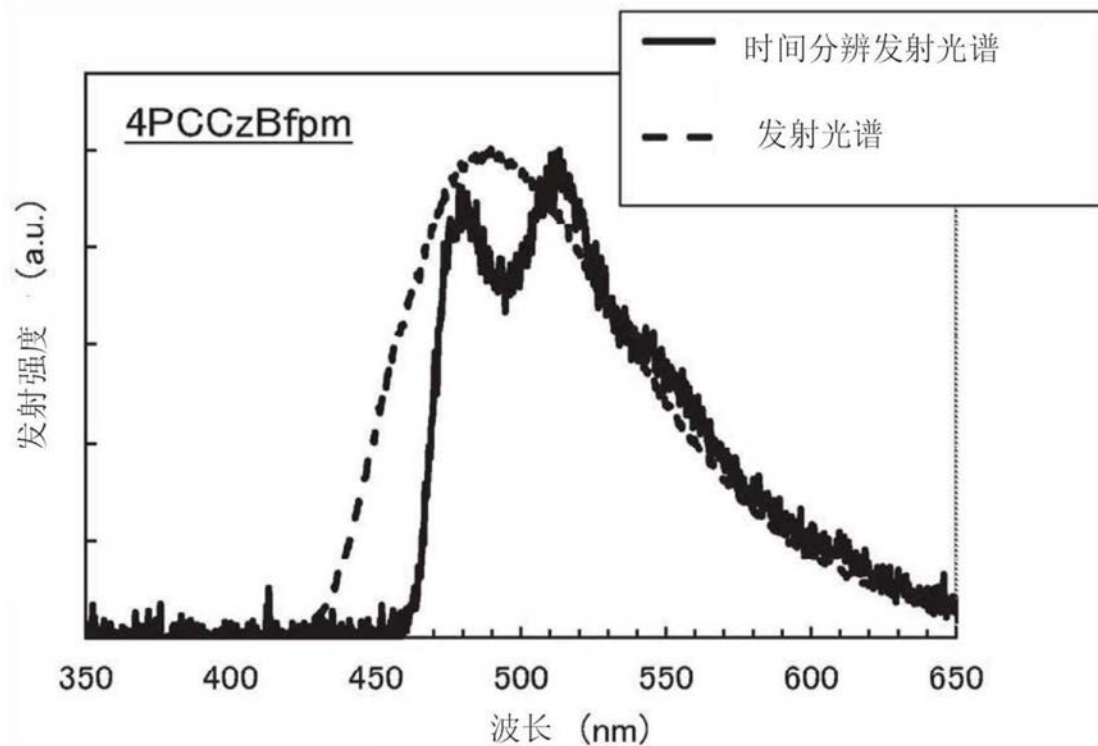


图54

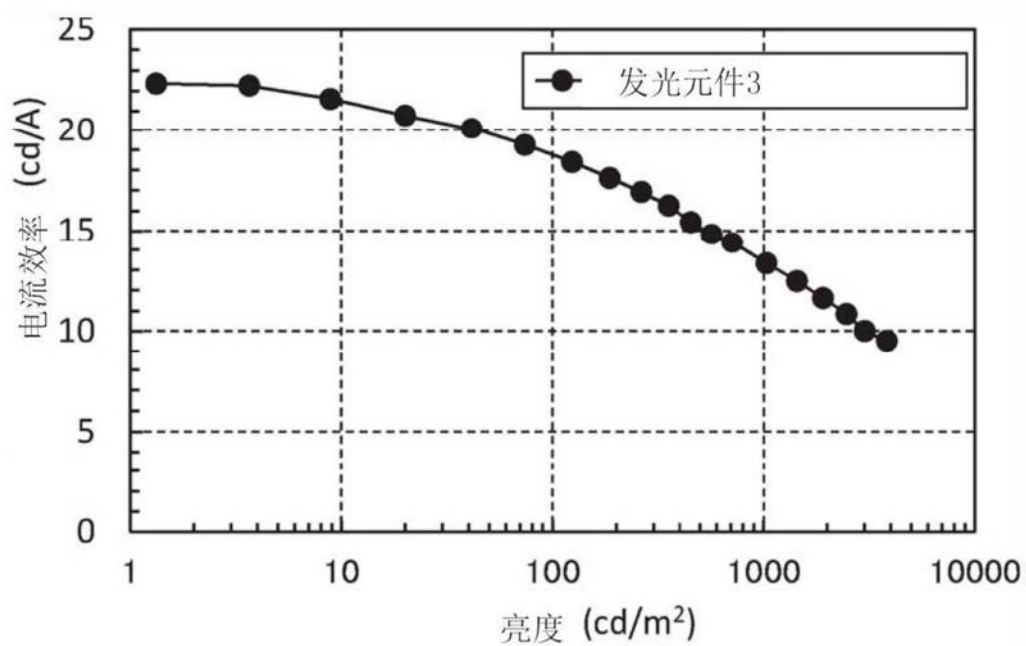


图55

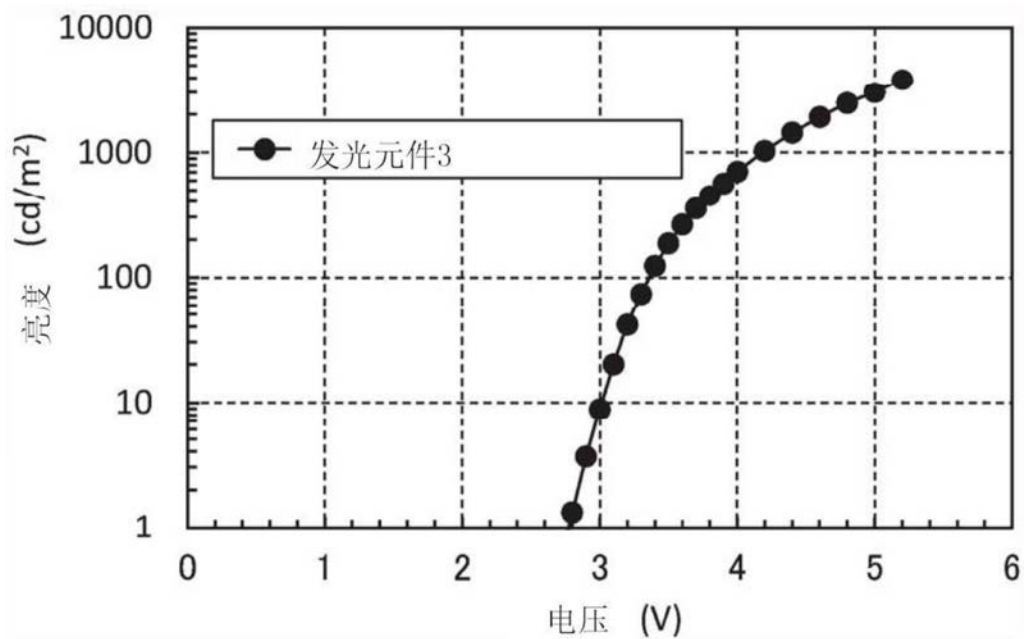


图56

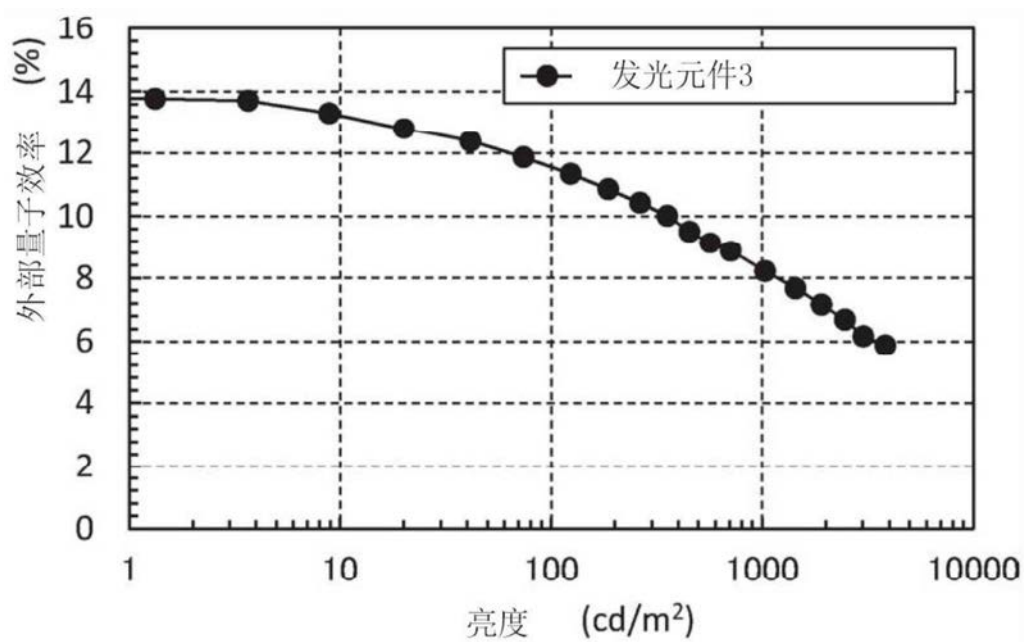


图57

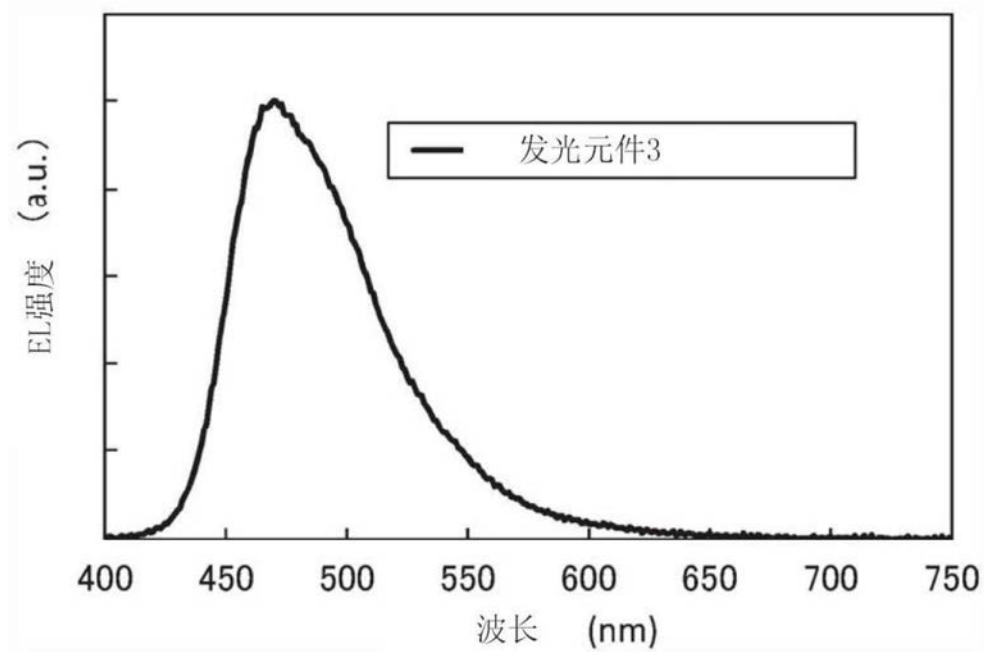


图58

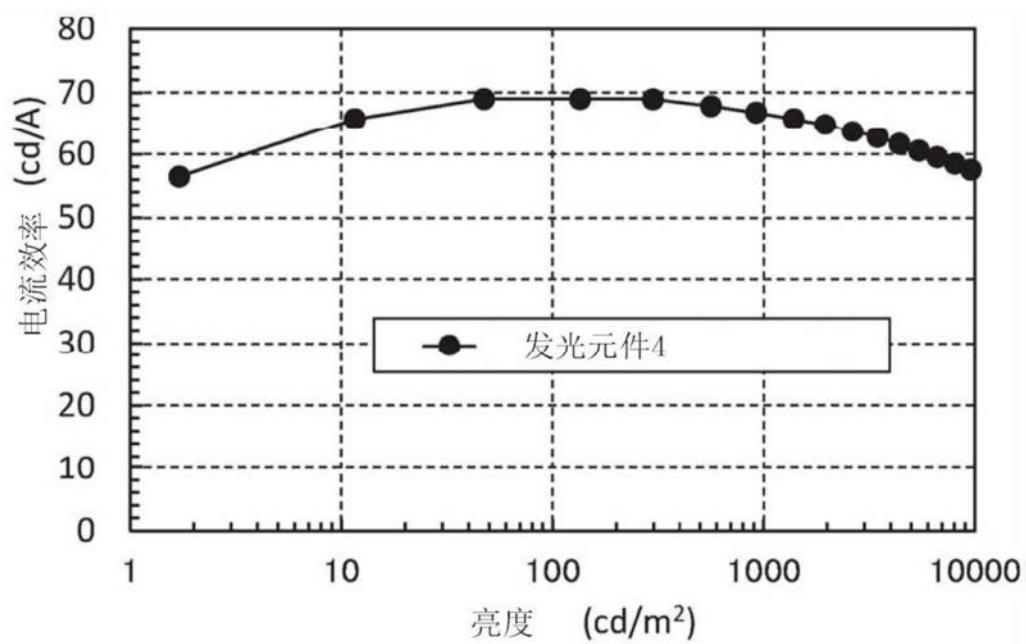


图59

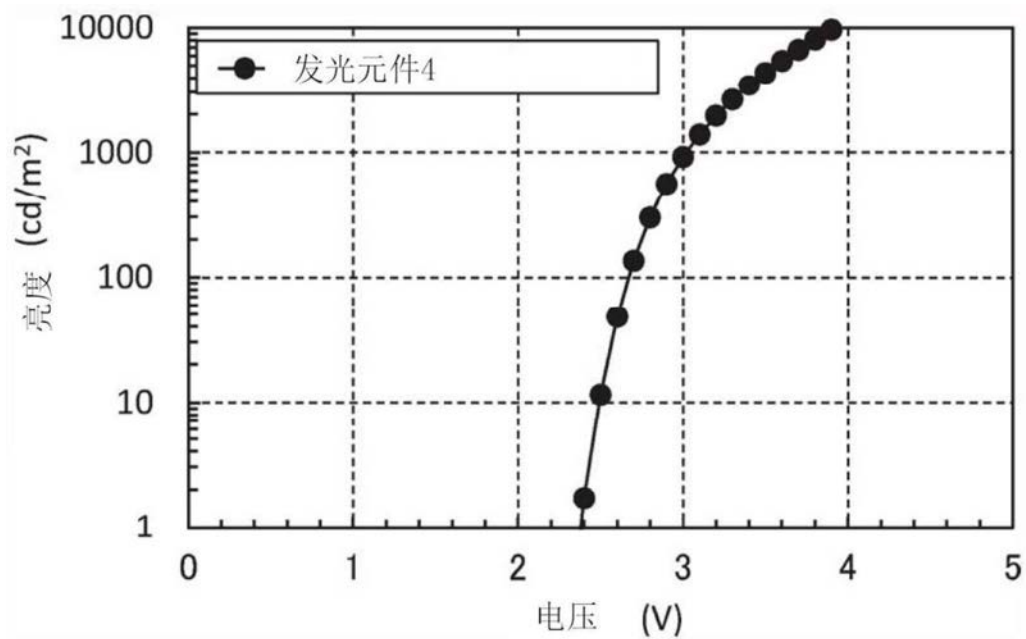


图60

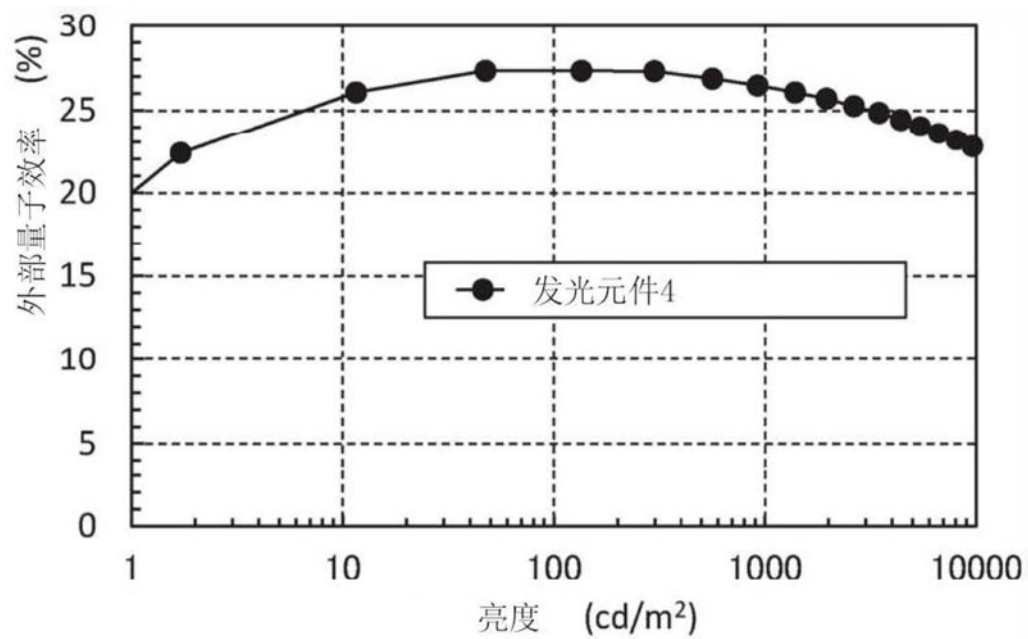


图61

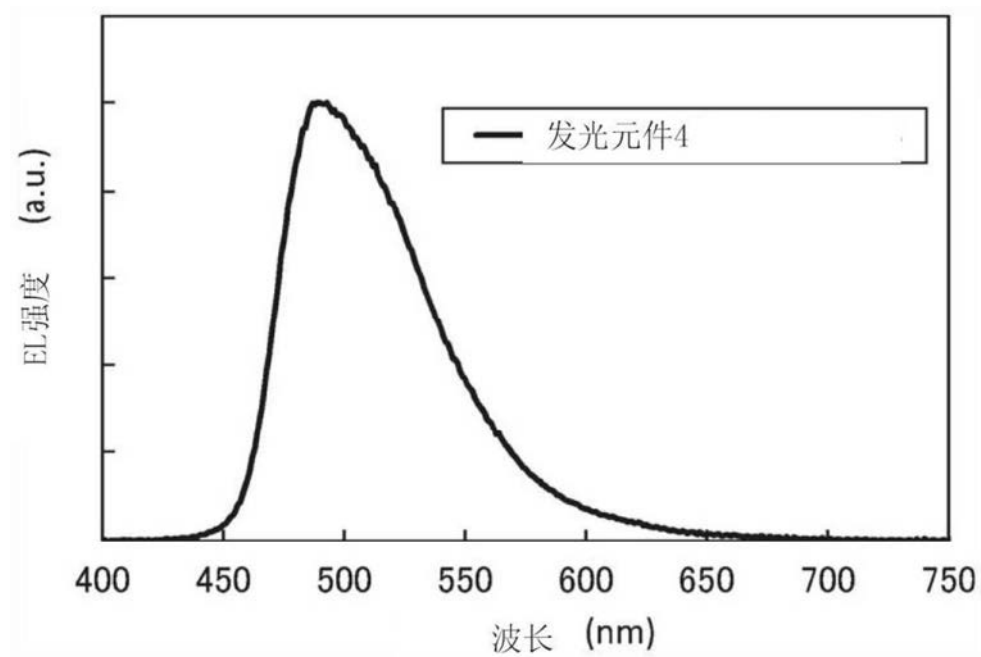


图62

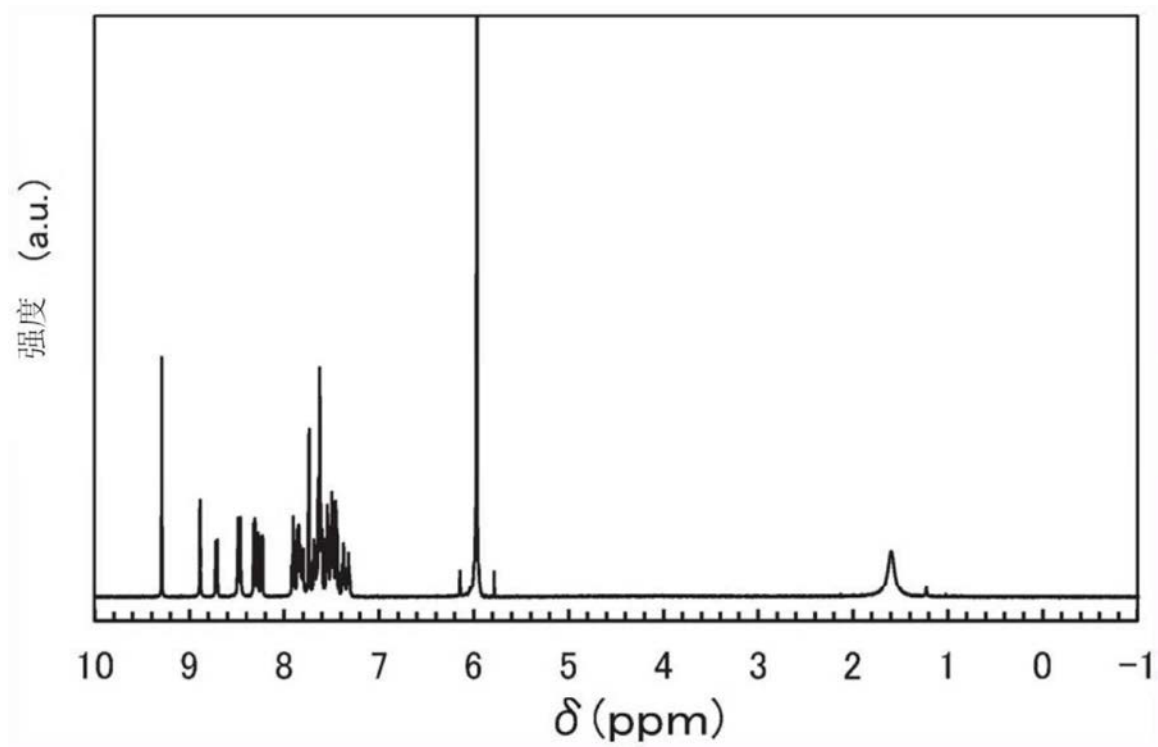


图63

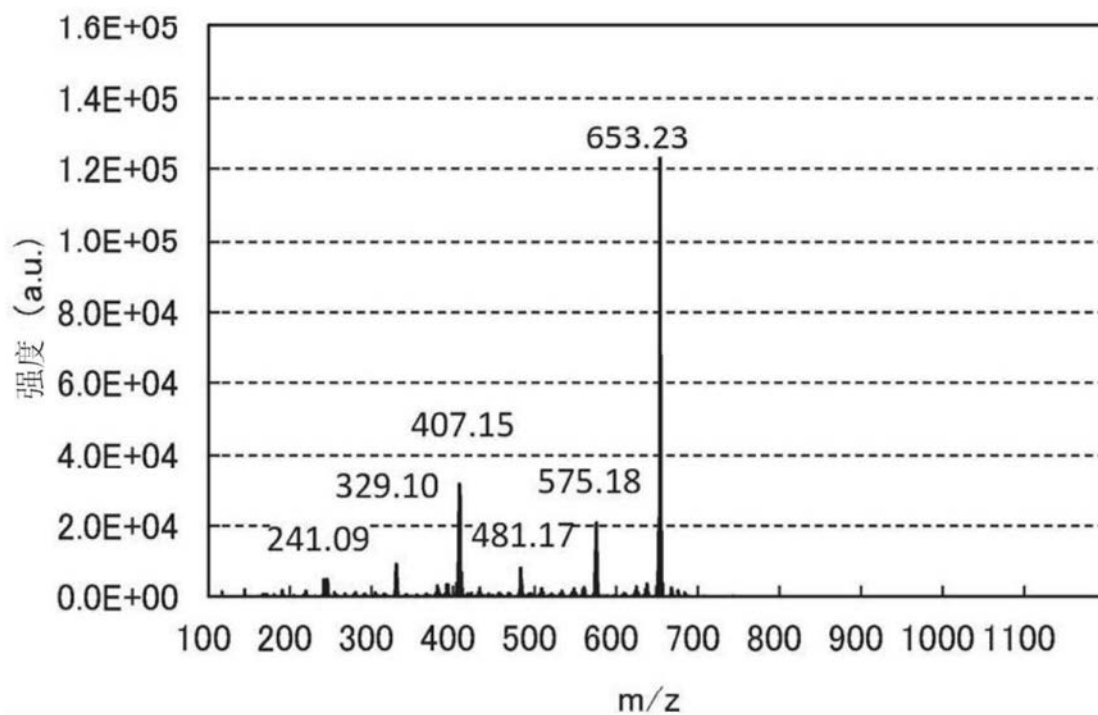


图64

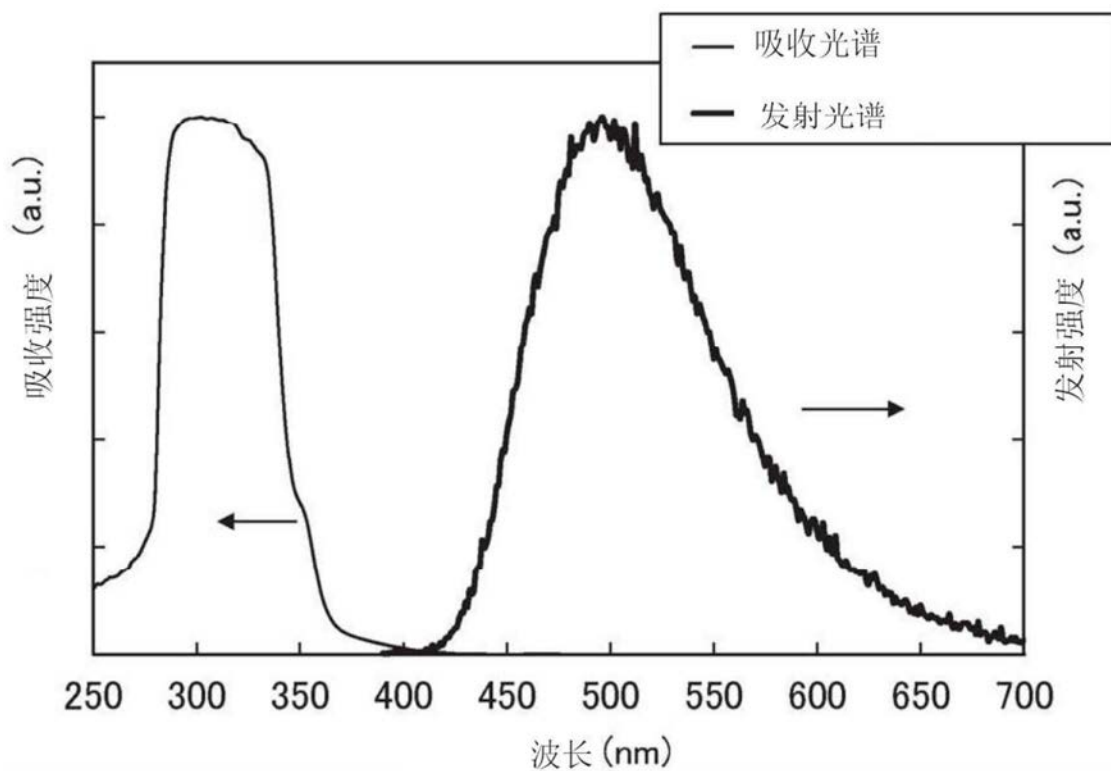


图65

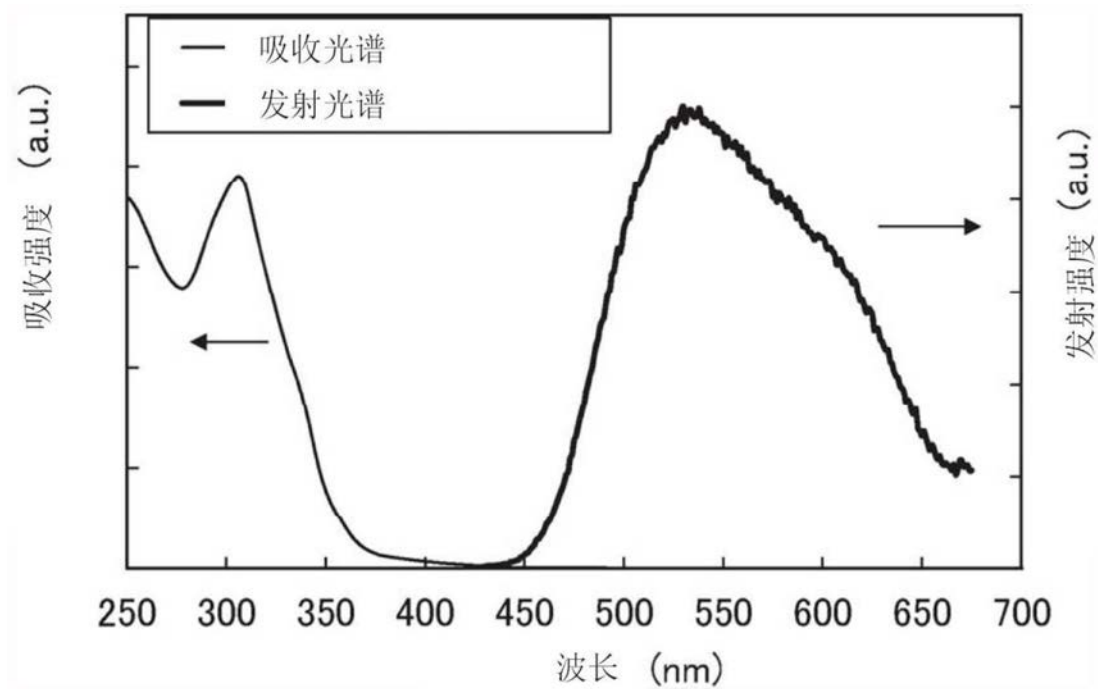


图66

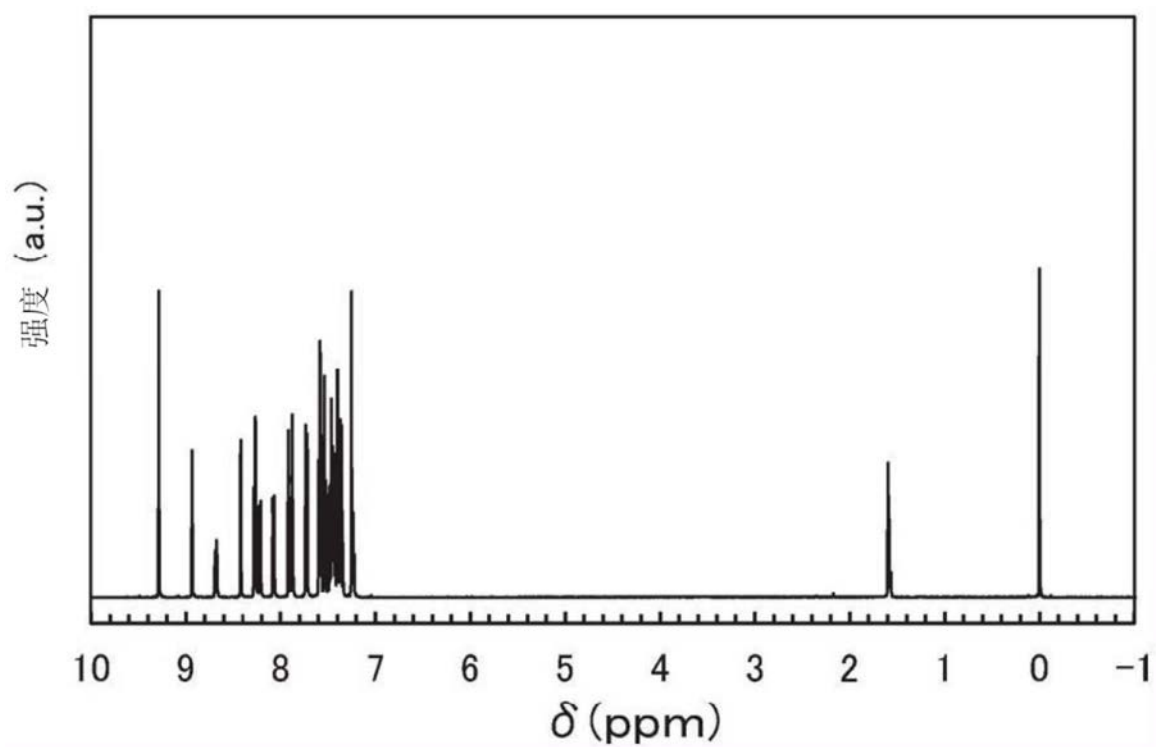


图67

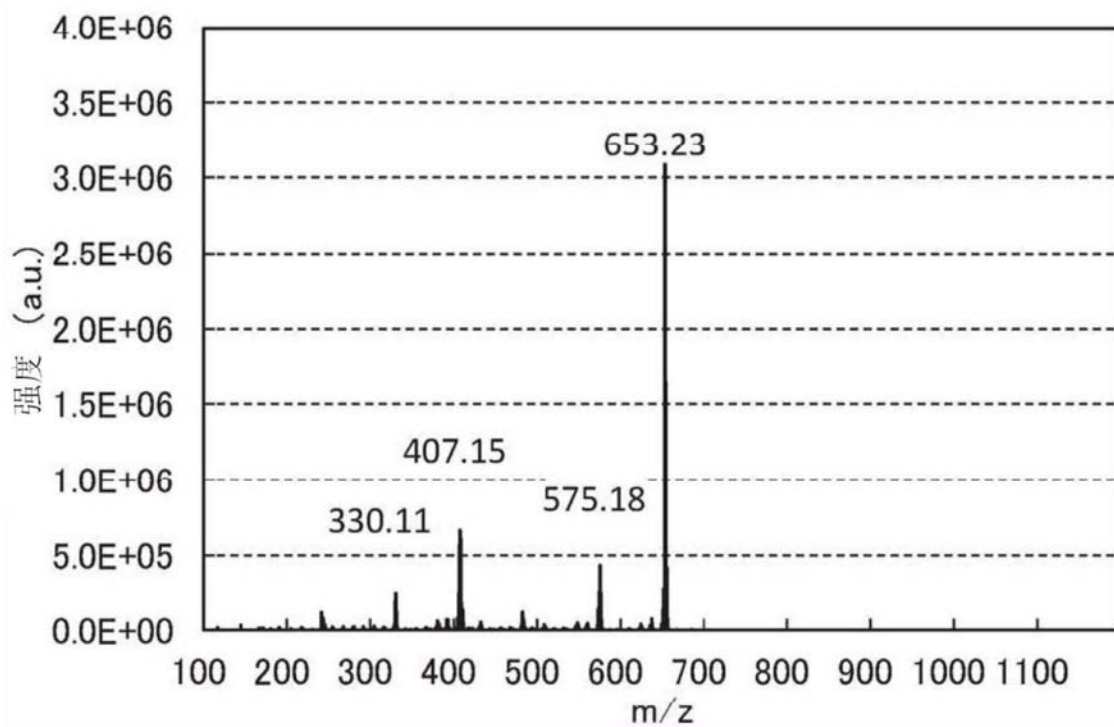


图68

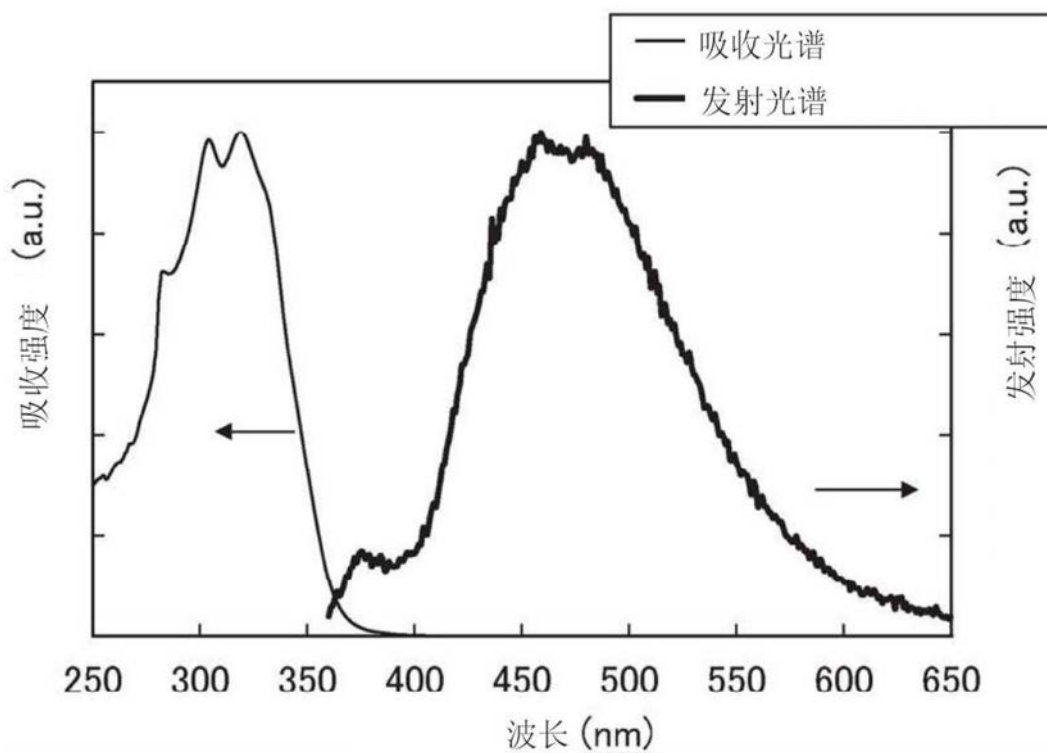


图69

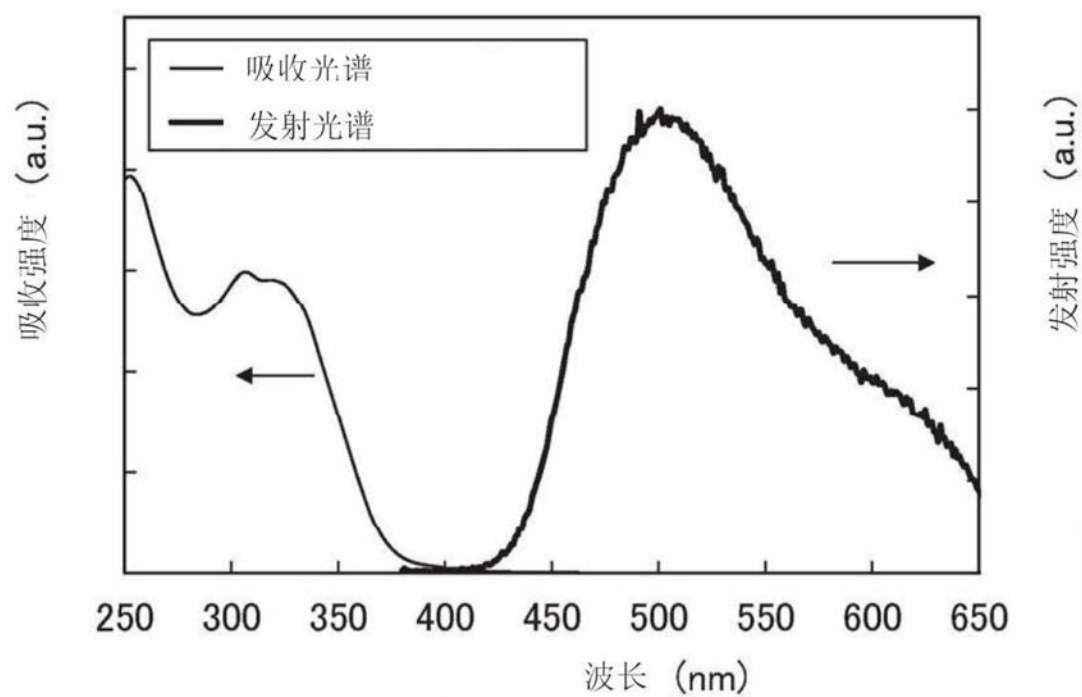


图70

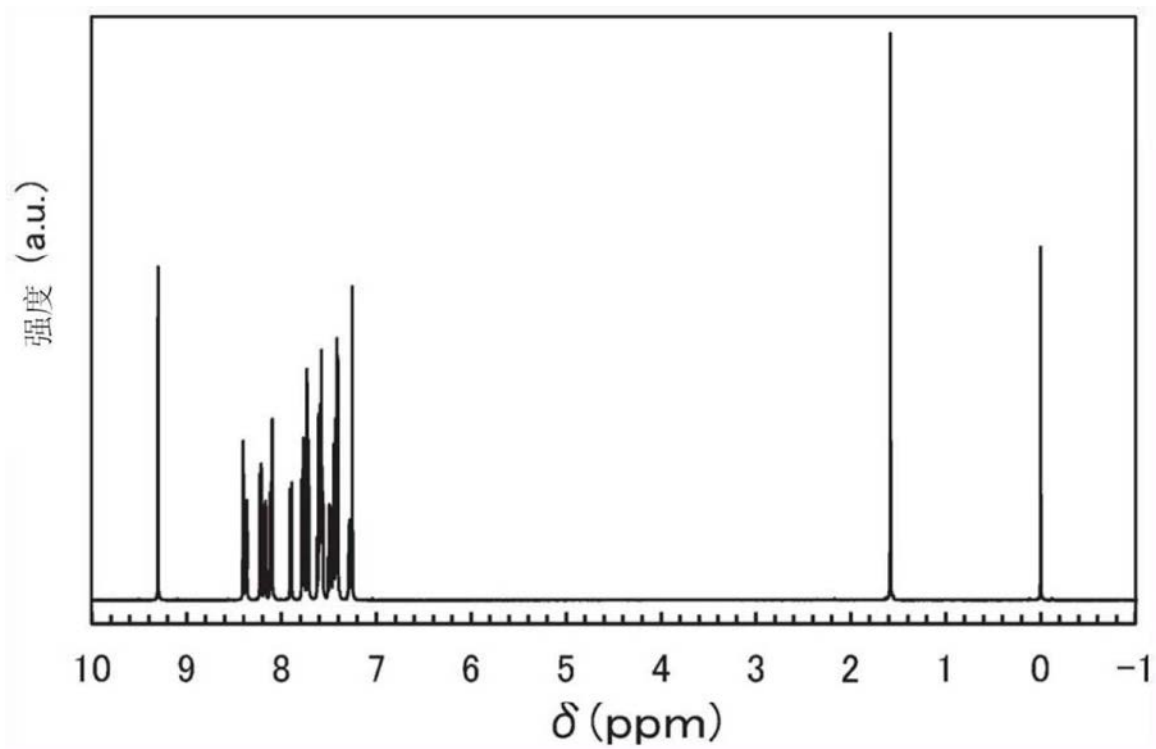


图71

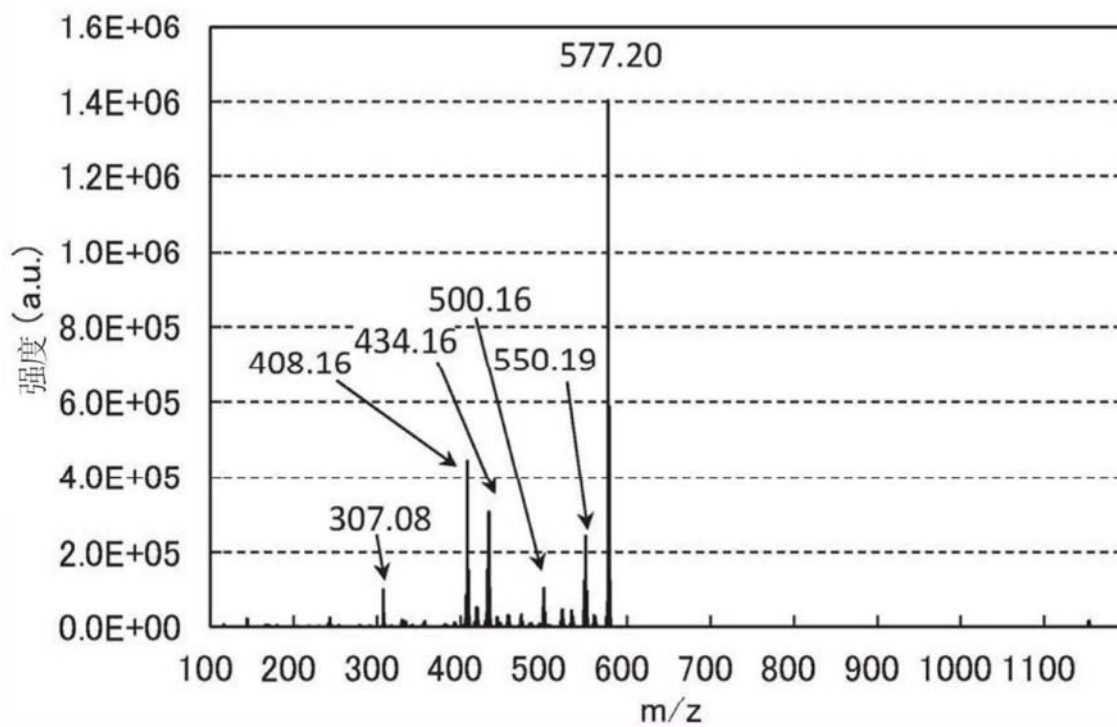


图72

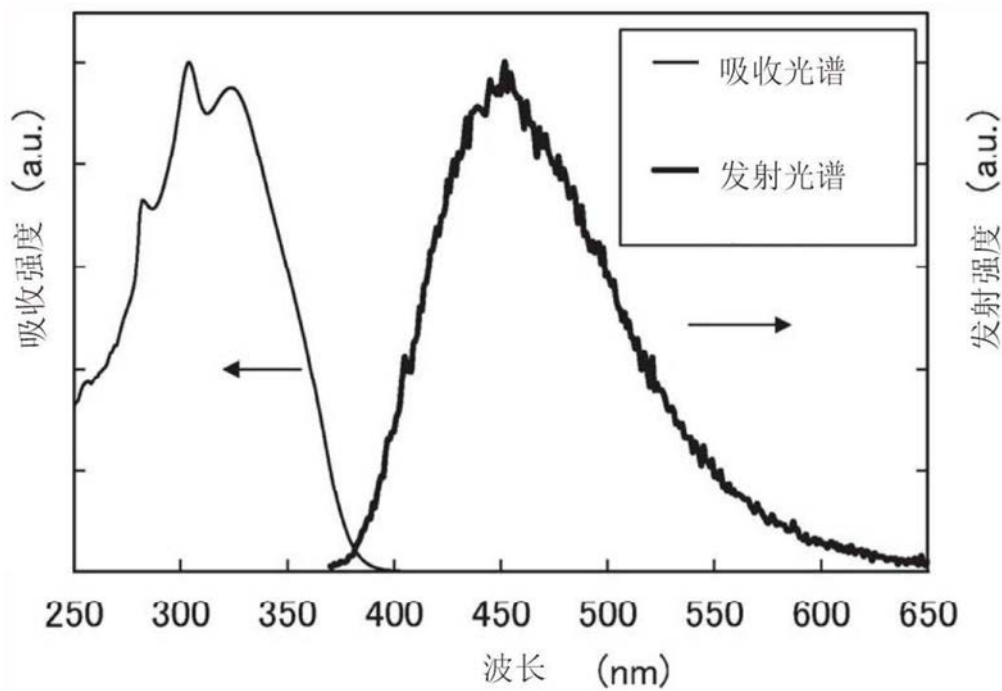


图73

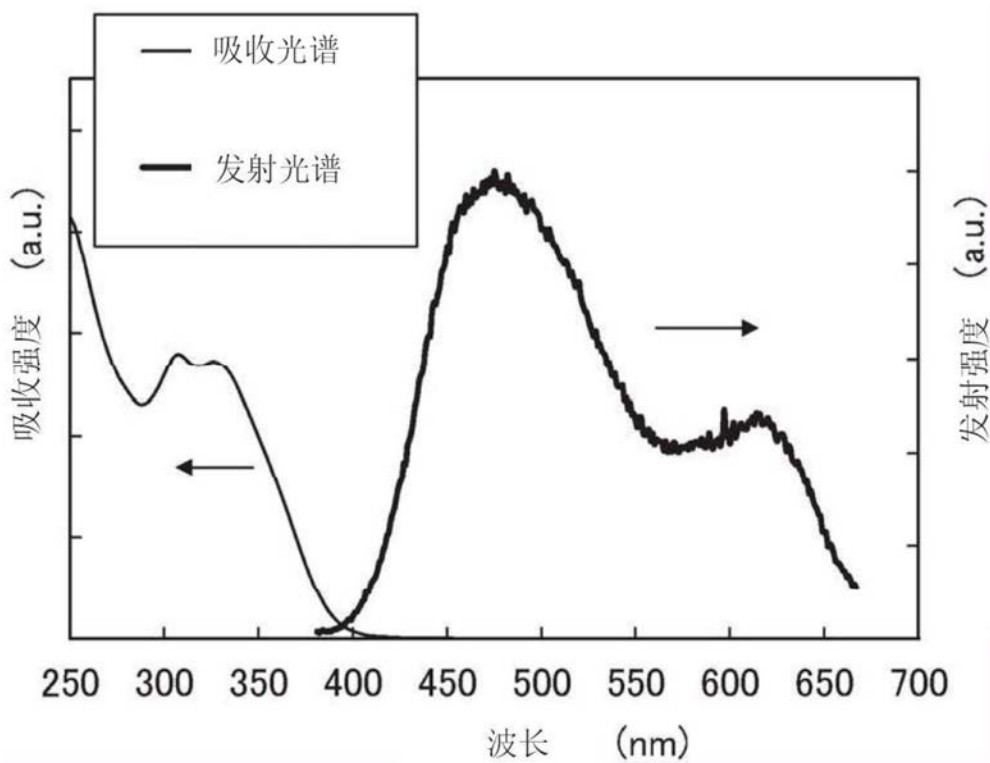


图74

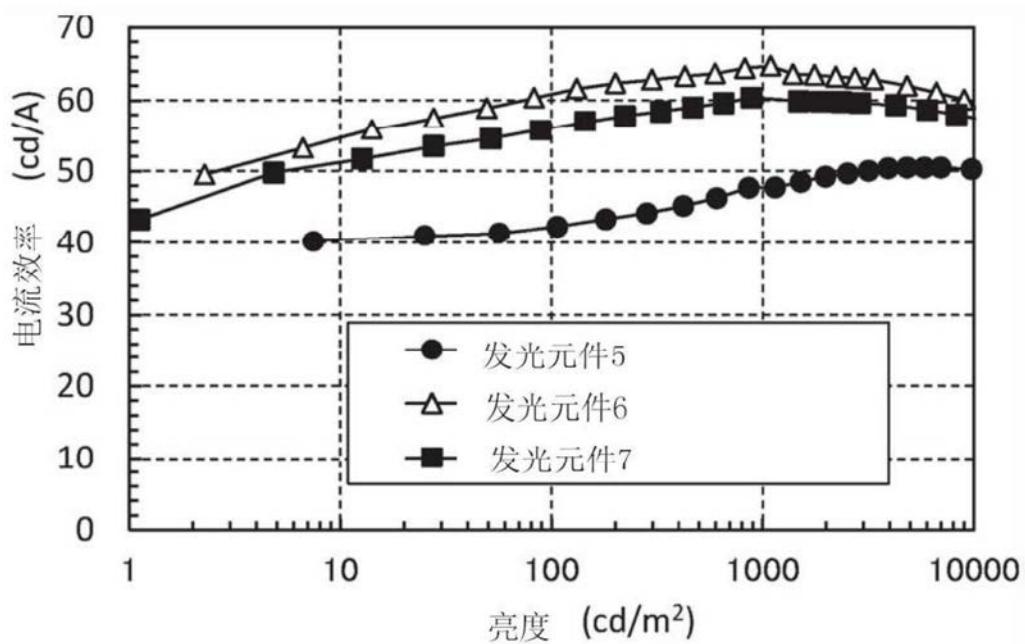


图75

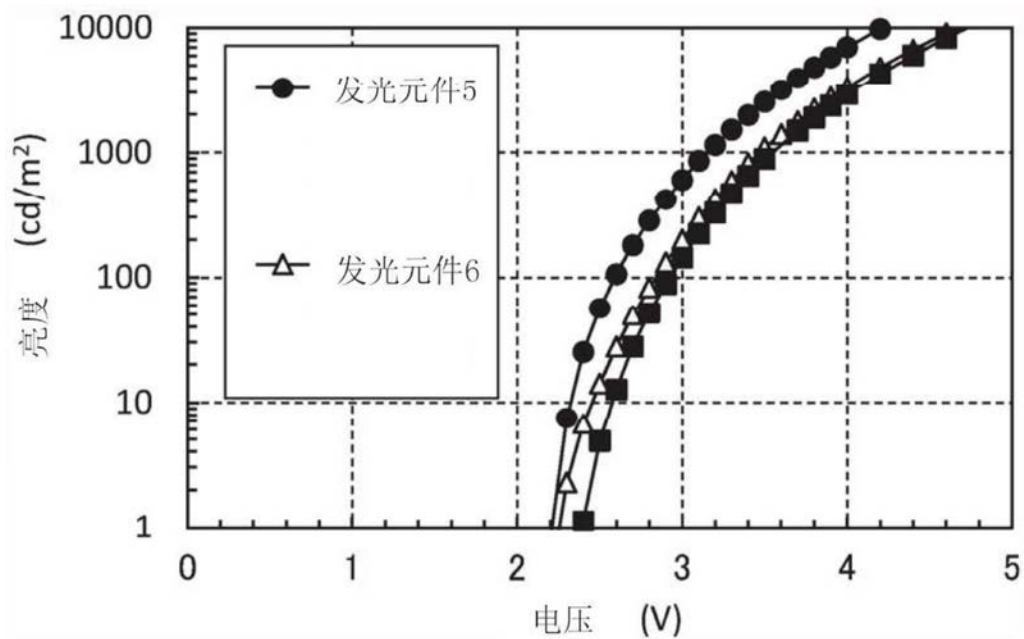


图76

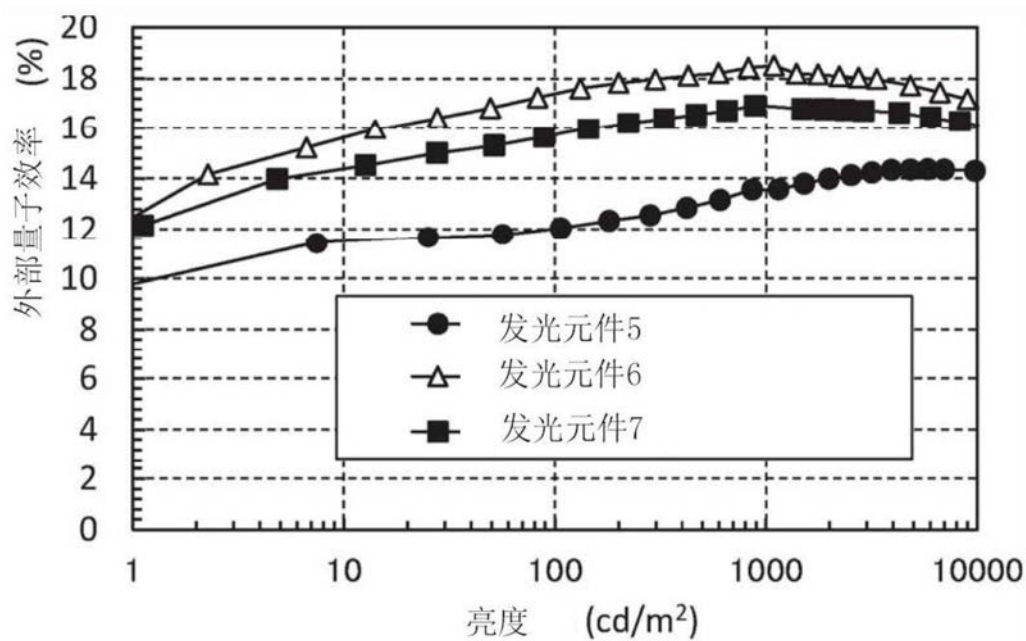


图77

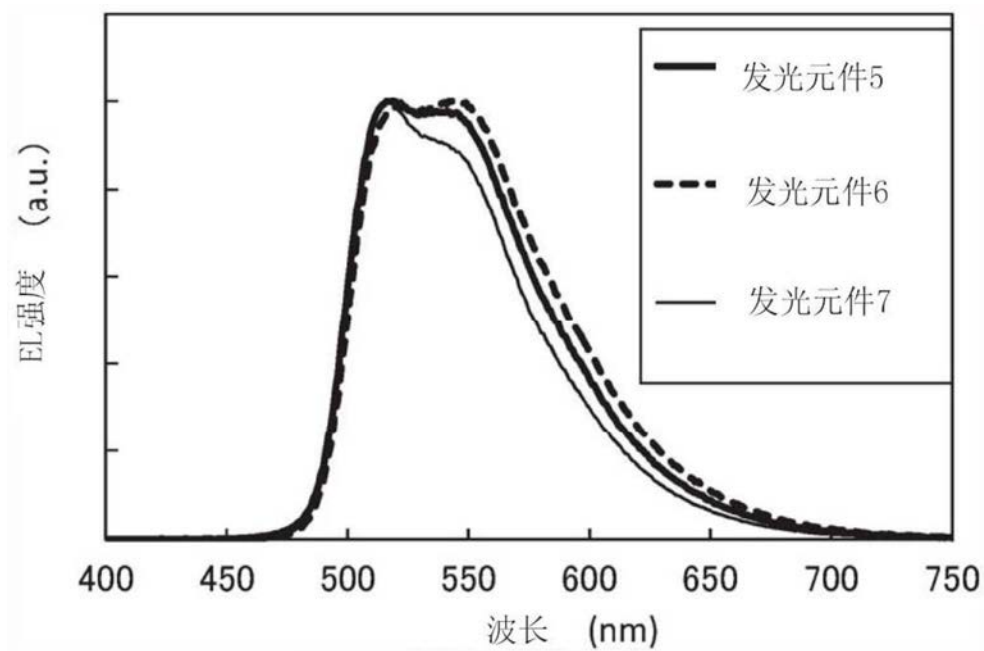


图78

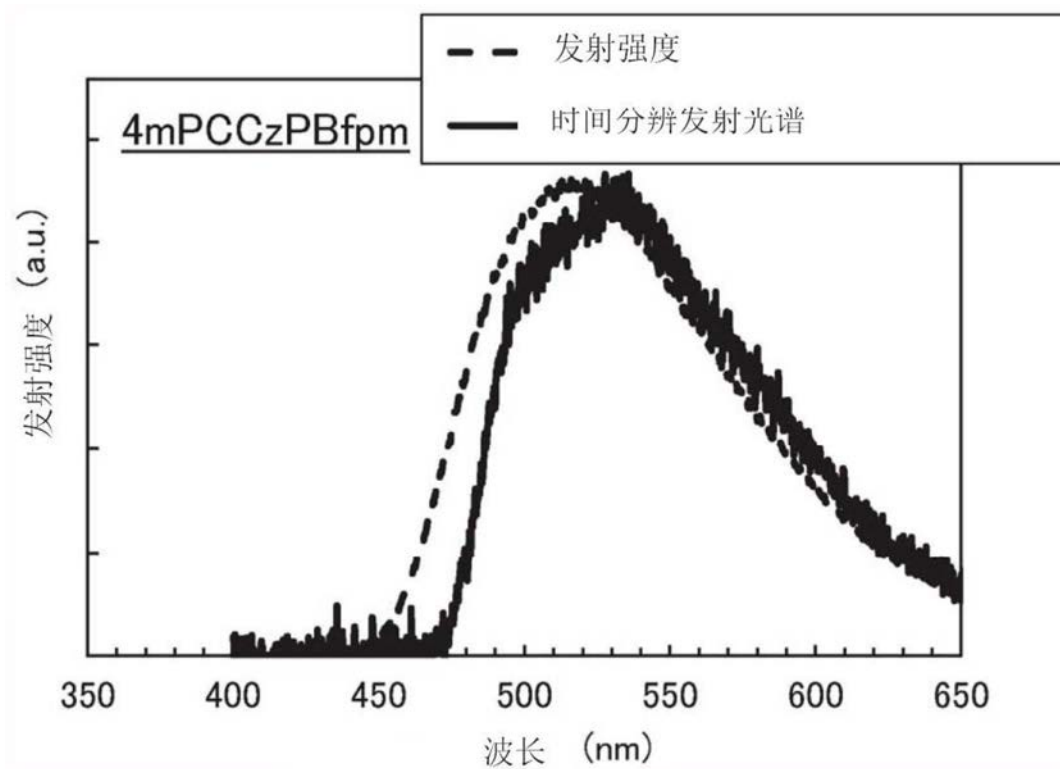


图79

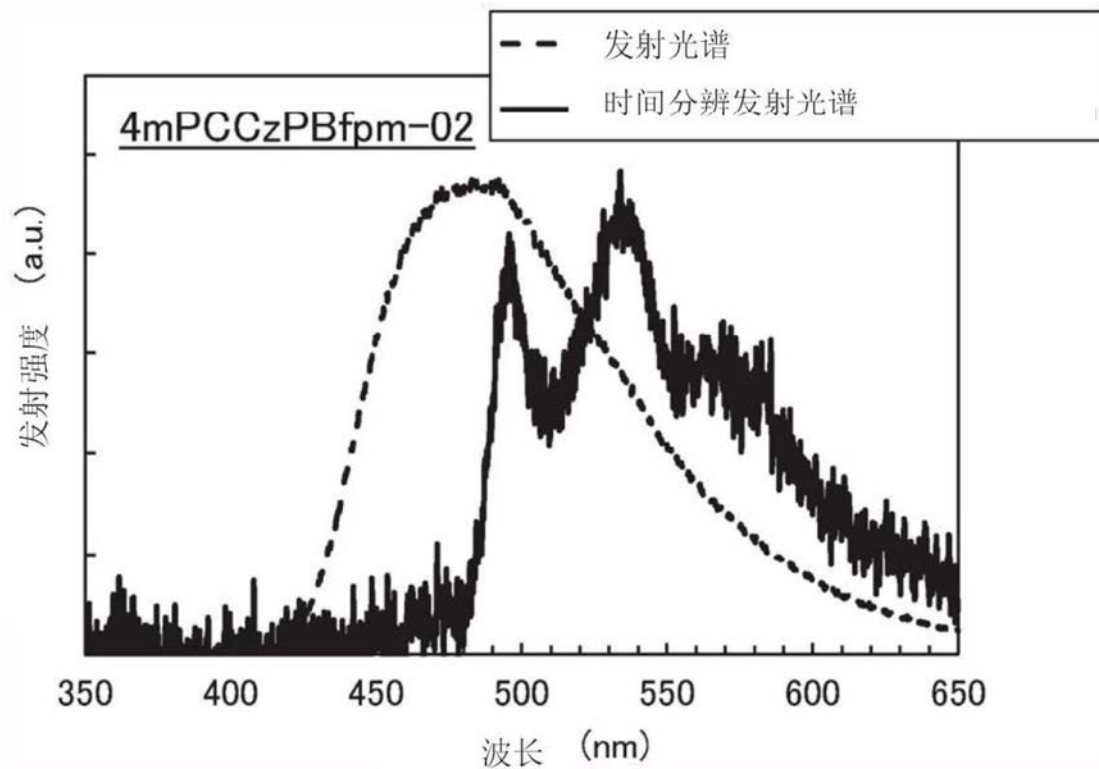


图80

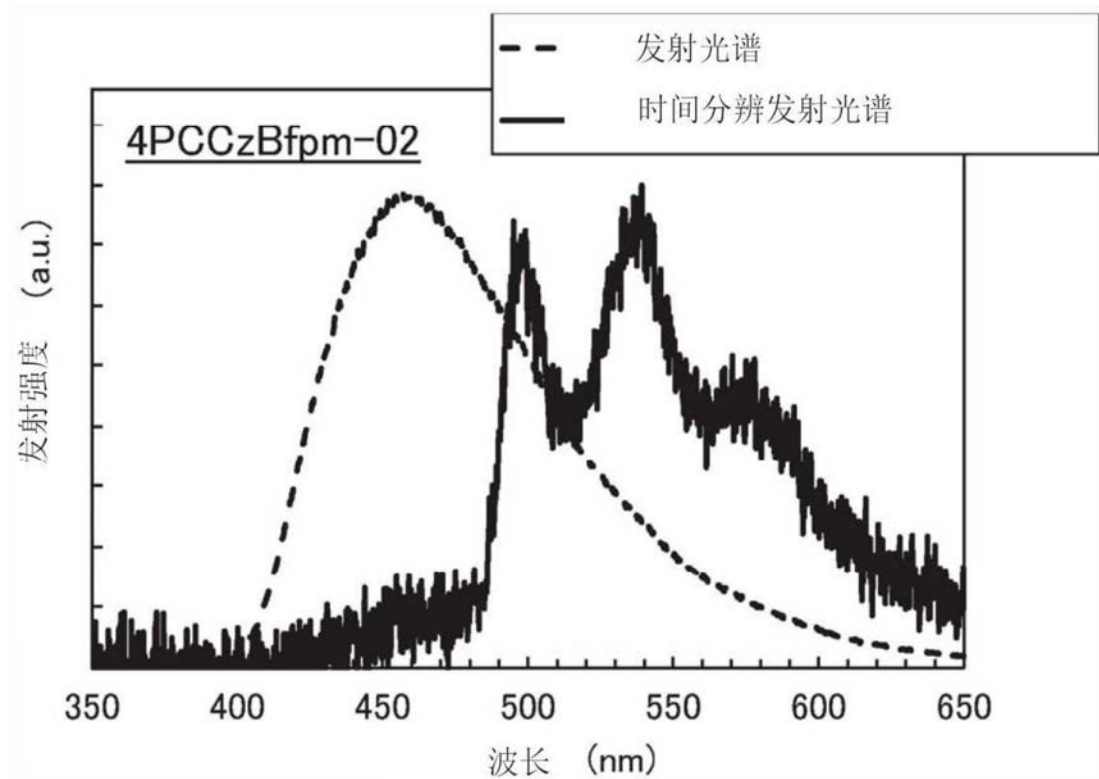


图81

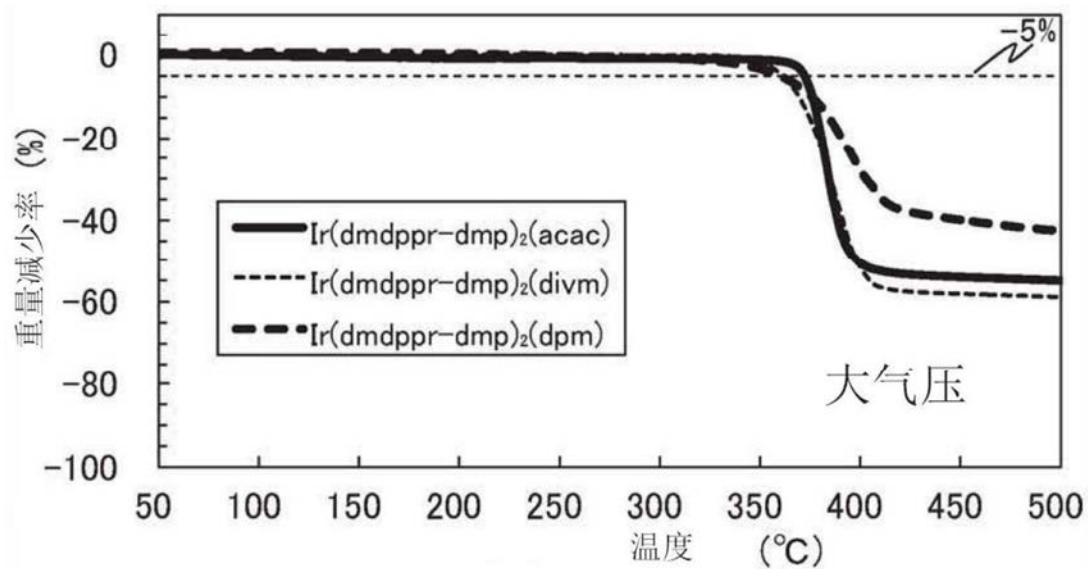


图82A

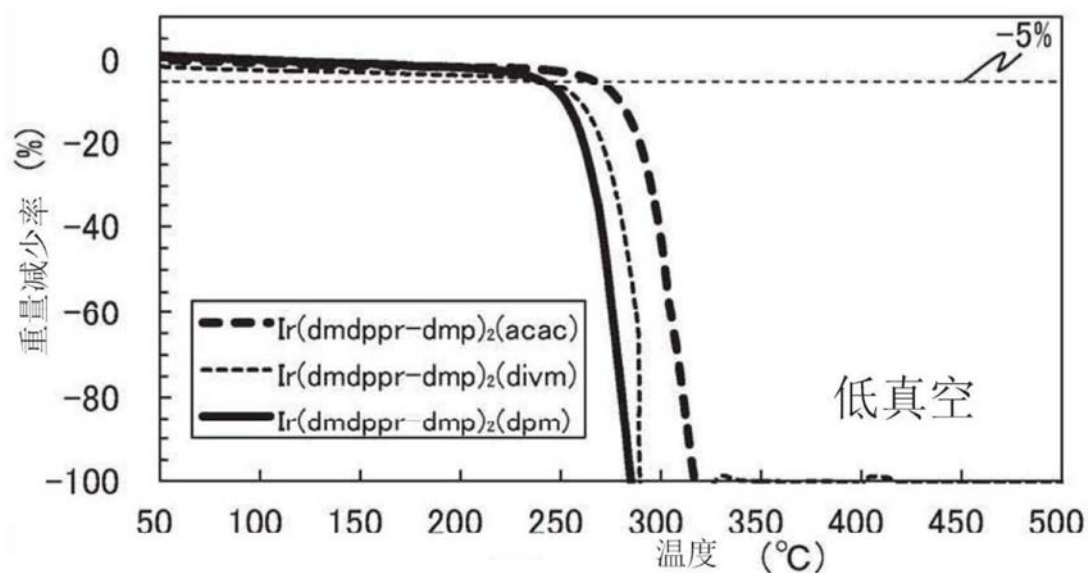


图82B

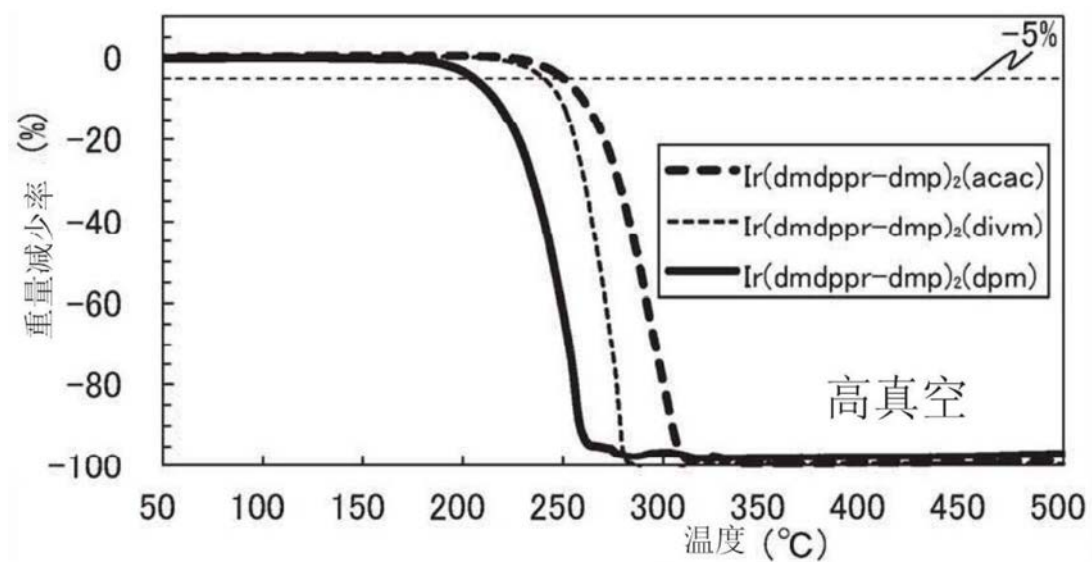


图82C