(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111710788 B
(45)授权公告日 2023.07.21

(21)申请号 202010585313.3

(22)申请日 2016.07.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111710788 A

(43)申请公布日 2020.09.25

(30)优先权数据
2015-157180 2015.08.07 JP
2015-174893 2015.09.04 JP
2015-237243 2015.12.04 JP

(62)分案原申请数据
201680046596.6 2016.07.27

(73)专利权人 株式会社半导体能源研究所
地址 日本神奈川县厚木市

(72)发明人 渡部刚吉 濑尾哲史 渡部智美

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 李志强

(51)Int.Cl.
H10K 50/11(2023.01)
H10K 85/30(2023.01)
H10K 59/12(2023.01)
H10K 59/38(2023.01)
G06F 3/042(2006.01)
H10K 101/40(2023.01)

(56)对比文件
US 2012235131 A1,2012.09.20
WO 2012137640 A1,2012.10.11
US 2009309487 A1,2009.12.17
JP 2013102220 A,2013.05.23
US 2004209115 A1,2004.10.21
WO 2014157619 A1,2014.10.02
WO 2014157610 A1,2014.10.02
JP 2013236058 A,2013.11.21
US 2010231123 A1,2010.09.16
CN 102148334 A,2011.08.10
WO 2012005457 A2,2012.01.12
CN 102655222 A,2012.09.05

审查员 吕莎莎

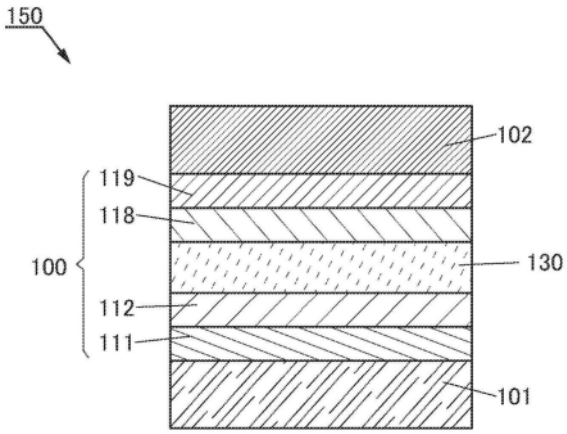
权利要求书2页 说明书120页 附图56页

(54)发明名称

发光元件、显示装置、电子设备及照明装置

(57)摘要

提供一种发光效率高且低驱动电压的发光元件。该发光元件包含客体材料和主体材料。客体材料的LUMO能级高于主体材料的LUMO能级，客体材料的HOMO能级低于主体材料的HOMO能级。客体材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。主体材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。主体材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差为客体材料的发光能量以上。



CN 111710788 B

1.一种发光元件,包含:

发光层,所述发光层包含:

第一材料;以及

分散所述第一材料的第二材料,

其中所述第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差比所述第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大,

所述第一材料将三重激发能量转换为发光,

所述第二材料包括缺π电子型芳杂环骨架,

所述第二材料包括富π电子型芳杂环骨架和芳香胺骨架中的至少一个,

并且,所述第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

2.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第二材料的所述LUMO能级与所述HOMO能级的能量差为从所述第一材料的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量以上。

3.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第一材料的所述LUMO能级与所述HOMO能级的能量差比从所述第一材料的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量大0.4eV以上。

4.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第二材料的所述LUMO能级与所述HOMO能级的能量差为所述第一材料的发光能量以上。

5.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第一材料的所述LUMO能级与所述HOMO能级的能量差比所述第一材料的发光能量大0.4eV以上。

6.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第二材料在室温下呈现热活化延迟荧光。

7.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第二材料将激发能量供应到所述第一材料。

8.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第二材料的发光光谱具有与所述第一材料的吸收光谱中的最长波长一侧的吸收带重叠的区域。

9.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第一材料包含铱。

10.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第一材料发射光。

11.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述第二材料传输电子,

并且所述第二材料传输空穴。

12.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述缺π电子型芳杂环骨架包括二嗪骨架和三嗪骨架中的至少一个,

并且所述富π电子型芳杂环骨架包括选自吖啶骨架、吩噁嗪骨架、吩噻嗪骨架、呋喃骨

架、噻吩骨架和吡咯骨架中的一个或多个。

13.一种显示装置,包括:

根据权利要求1所述的发光元件;以及

滤色片和晶体管中的至少一个。

14.一种电子设备,包括:

根据权利要求13所述的显示装置;以及

框体和触摸传感器中的至少一个。

15.一种照明装置,包括:

根据权利要求1所述的发光元件;以及

框体和触摸传感器中的至少一个。

16.一种发光元件,包含:

第一材料;

第二材料;以及

第三材料,

其中所述第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差比所述第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大,

所述第二材料为能够基于单重激发态与三重激发态之间的反系间窜越发射延迟荧光的物质,所述第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下,

所述第三材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差比所述第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大,

所述第三材料包括咔唑基,

并且,所述第一材料将三重激发能量转换为发光。

发光元件、显示装置、电子设备及照明装置

[0001] 本申请是原案申请日为2016年7月27日、申请号为201680046596.6(国际申请号为PCT/IB2016/054468)、发明名称为“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

[0002] 本发明的一个方式涉及一种发光元件或包括该发光元件的显示装置、电子设备及照明装置。

[0003] 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)。具体而言,本说明书所公开的本发明的一个方式的技术领域的例子包括半导体装置、显示装置、液晶显示装置、发光装置、照明装置、蓄电装置、存储装置、这些装置的驱动方法及这些装置的制造方法。

背景技术

[0004] 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。在这些发光元件的基本结构中,在一对电极之间夹有包含发光材料的层(EL层)。通过将电压施加到该元件的一对电极间,可以获得来自发光材料的发光。

[0005] 因为上述发光元件是自发光型发光元件,所以使用该发光元件的显示装置具有如下优点:良好的可见度;不需要背光源;以及低功耗等。并且,该显示装置还具有如下优点:能够被制造得薄且轻;以及高响应速度。

[0006] 在将有机材料用作发光材料并在一对电极间设置有包含该发光材料的EL层的发光元件(例如,有机EL元件)中,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功能的EL层,由此电流流过。注入的电子与空穴复合而使发光有机材料成为激发态,而可以获得发光。

[0007] 有机材料所形成的激发态可以为单重激发态(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。在该发光元件中,激发态的统计学上的产生比例是$S^*:T^*=1:3$。换言之,与包含发射荧光的材料(荧光材料)的发光元件相比,包含发射磷光的材料(磷光材料)的发光元件的发光效率更高。因此,近年来,对包含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)。

[0008] 使有机材料激发时所需要的能量依赖于有机材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差,所以该能量差大致相当于单重激发态的能量。在包含发射磷光的有机材料的发光元件中,三重激发能量被转换为发光能量。由此,在有机材料的单重激发态与三重激发态的能量差大时,使有机材料激发时所需要的能量比发光能量高,其间的差相当于该能量差。用来使有机材料激发的能量与发光能量的能量差给发光元件的元件特性带来影响:增高发光元件

的驱动电压。正在对降低驱动电压的方法进行研究开发(参照专利文献2)。

[0009] 在包含磷光材料的发光元件中,尤其在呈现蓝色发光的发光元件中,对具有较高的三重激发能级的稳定的有机材料的开发是较困难的,所以还没有实现实用化。因此,需要具有高三重激发能级且稳定的有机材料以及呈现高发光效率且可靠性优良的磷光发光元件的开发。

[0010] [参考文献]

[0011] [专利文献]

[0012] [专利文献1]日本专利申请公开第2010-182699号公报

[0013] [专利文献2]日本专利申请公开第2012-212879号公报

发明内容

[0014] 作为呈现高发光效率的材料,已知有铱配合物。作为发光能量高的铱配合物,已知有其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物。虽然该含氮五元杂环骨架具有高的三重激发能量,但是与含氮六元杂环骨架相比接收电子的特性低。由此,其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物的LUMO能级较高,电子载流子不容易被注入。由此,在发光能量高的铱配合物中,难以因载流子的直接再结合而进行激发,这意味着高效率的发光是很困难的。

[0015] 鉴于上述观点,本发明的一个方式的目的是提供一种包含磷光材料且发光效率高的发光元件。本发明的一个方式的另一目的是提供一种功耗得到减少的发光元件。本发明的一个方式的另一目的是提供一种可靠性高的发光元件。本发明的一个方式的另一目的是提供一种新颖的发光元件。本发明的一个方式的另一目的是提供一种新颖的发光装置。本发明的一个方式的另一目的是提供一种新颖的显示装置。

[0016] 注意,上述目的的记载不妨碍其他目的的存在。在本发明的一个方式中,不一定需要实现所有上述目的。可以从说明书等的记载得知并抽取上述目的以外的目的。

[0017] 本发明的一个方式是一种包含主体材料的发光元件,该主体材料能够高效率地激发发光能量高的磷光材料。

[0018] 本发明的一个方式是一种发光元件,包含:第一材料;以及第二材料。第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0019] 本发明的其他方式是一种发光元件,包含:第一材料;以及第二材料。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0020] 本发明的其他方式是一种发光元件,包含:第一材料;以及第二材料。第一材料的LUMO能级与第二材料的LUMO能级相等。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0021] 本发明的其他方式是一种发光元件,包含:第一材料;以及第二材料。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级与第二材料的HOMO能级相等。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0022] 本发明的其他方式是一种发光元件,包含:第一材料;以及第二材料。第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差。第一材料具

有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0023] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；以及第二材料。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0024] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；以及第二材料。第一材料的LUMO能级与第二材料的LUMO能级相等。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0025] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；以及第二材料。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级与第二材料的HOMO能级相等。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0026] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；第二材料；以及第三材料。第三材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差。第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0027] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；第二材料；以及第三材料。第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0028] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；第二材料；以及第三材料。第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料的LUMO能级与第二材料的LUMO能级相等。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0029] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；第二材料；以及第三材料。第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级与第二材料的HOMO能级相等。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。

[0030] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；第二材料；以及第三材料。第三材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差。第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0031] 本发明的其他方式是一种发光元件，包含：第一材料；第二材料；以及第三材料。第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与

三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0032] 本发明的其他方式是一种发光元件,包含:第一材料;第二材料;以及第三材料。第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料的LUMO能级与第二材料的LUMO能级相等。第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0033] 本发明的其他方式是一种发光元件,包含:第一材料;第二材料;以及第三材料。第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级。第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级。第一材料的HOMO能级与第二材料的HOMO能级相等。第一材料具有将三重激发能量转换为发光的功能。第二材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下。

[0034] 在上述各结构中,第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差优选为从第一材料的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量以上。第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差优选比从第一材料的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量大0.4eV以上。

[0035] 在上述各结构中,第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差优选为第一材料的发光能量以上。第一材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差优选比第一材料的发光能量大0.4eV以上。

[0036] 在上述各结构中,第二材料优选具有在室温下呈现热活化延迟荧光的功能。

[0037] 在上述各结构中,第二材料优选具有向第一材料供应激发能量的功能。第二材料的发光光谱优选具有与第一材料的吸收光谱中的最长波长一侧的吸收带重叠的区域。

[0038] 在上述各结构中,第一材料优选包含铱。第一材料优选发射光。

[0039] 在上述各结构中,第二材料优选具有传输电子的功能,并且第二材料优选具有传输空穴的功能。第二材料优选具有缺π电子型芳杂环骨架以及富π电子型芳杂环骨架和芳香胺骨架中的至少一个。

[0040] 在上述结构中,优选的是,缺π电子型芳杂环骨架具有二嗪骨架和三嗪骨架中的至少一个,富π电子型芳杂环骨架具有选自吖啶骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架、呋喃骨架、噻吩骨架和吡咯骨架中的一个或多个。优选的是,作为吡咯骨架具有吲哚骨架、咔唑骨架或3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑骨架。

[0041] 本发明的另一个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。本发明的另一个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。本发明的另一个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。因此,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。

[0042] 根据本发明的一个方式,可以提供一种包含磷光材料且发光效率高的发光元件。

根据本发明的一个方式，可以提供一种功耗得到减少的发光元件。根据本发明的一个方式，可以提供一种可靠性高的发光元件。根据本发明的一个方式，可以提供一种新颖的发光元件。根据本发明的一个方式，可以提供一种新颖的发光装置。根据本发明的一个方式，可以提供一种新颖的显示装置。

[0043] 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，说明书、附图以及权利要求书等的记载中显然存在上述效果以外的效果，可以从说明书、附图以及权利要求书等的记载中获得上述效果以外的效果。

附图说明

[0044] 图1A和图1B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图；

[0045] 图2A和图2B说明本发明的一个方式的发光元件的发光层中的能级关系及能带关系；

[0046] 图3A和图3B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图；

[0047] 图4A和图4B说明本发明的一个方式的发光元件的发光层中的能级关系及能带关系；

[0048] 图5A和图5B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图，图5C说明能级关系；

[0049] 图6A和图6B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图；

[0050] 图7A和图7B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图；

[0051] 图8A至图8C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；

[0052] 图9A至图9C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；

[0053] 图10A和图10B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；

[0054] 图11A和图11B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0055] 图12是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0056] 图13A和图13B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0057] 图14A和图14B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0058] 图15是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0059] 图16A和图16B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0060] 图17是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0061] 图18A和图18B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

[0062] 图19A和图19B是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图及电路图；

[0063] 图20A和图20B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；

[0064] 图21A和图21B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；

[0065] 图22A和图22B是示出本发明的一个方式的触摸面板的例子的立体图；

[0066] 图23A至图23C是本发明的一个方式的显示装置及触摸传感器的例子的截面图；

[0067] 图24A和图24B是示出本发明的一个方式的触摸面板的例子的截面图；

[0068] 图25A和图25B是本发明的一个方式的触摸传感器的方框图及时序图；

[0069] 图26是本发明的一个方式的触摸传感器的电路图；

[0070] 图27是说明本发明的一个方式的显示模块的立体图；

[0071] 图28A至图28G说明本发明的一个方式的电子设备；

[0072] 图29A至图29F说明本发明的一个方式的电子设备；

[0073] 图30A至图30D说明本发明的一个方式的电子设备；

[0074] 图31A和图31B是说明本发明的一个方式的显示装置的立体图；

[0075] 图32A至图32C是说明本发明的一个方式的发光装置的立体图及截面图；

[0076] 图33A至图33D是说明本发明的一个方式的发光装置的截面图；

[0077] 图34A至图34C说明本发明的一个方式的电子设备及照明装置；

[0078] 图35说明本发明的一个方式的照明装置；

[0079] 图36A至图36C是说明根据实施例的发光元件的截面示意图；

[0080] 图37说明根据实施例的发光元件的电流效率-亮度特性；

[0081] 图38说明根据实施例的发光元件的亮度-电压特性；

[0082] 图39说明根据实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性；

[0083] 图40说明根据实施例的发光元件的功率效率-亮度特性；

[0084] 图41说明根据实施例的发光元件的电致发光光谱；

[0085] 图42说明根据实施例的主体材料的发光光谱；

[0086] 图43说明根据实施例的主体材料的过渡荧光特性；

[0087] 图44说明根据实施例的对比发光元件的电流效率-亮度特性；

[0088] 图45说明根据实施例的对比发光元件的亮度-电压特性；

[0089] 图46说明根据实施例的对比发光元件的外部量子效率-亮度特性；

[0090] 图47说明根据实施例的对比发光元件的功率效率-亮度特性；

[0091] 图48说明根据实施例的对比发光元件的电致发光光谱；

[0092] 图49说明根据实施例的客体材料的吸收光谱及发光光谱；

[0093] 图50说明根据实施例的发光元件的电流效率-亮度特性；

[0094] 图51说明根据实施例的发光元件的亮度-电压特性；

[0095] 图52说明根据实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性；

[0096] 图53说明根据实施例的发光元件的功率效率-亮度特性；

[0097] 图54说明根据实施例的发光元件的电致发光光谱；

[0098] 图55说明根据实施例的主体材料的发光光谱；

[0099] 图56说明根据实施例的客体材料的吸收光谱；

[0100] 图57说明根据实施例的客体材料的吸收光谱。

具体实施方式

[0101] 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。

[0102] 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。

[0103] 此外，在本说明书等中，为了方便起见，附加了“第一”、“第二”等序数词，而其有时并不表示工序顺序或叠层顺序。因此，例如可以将“第一”适当地置换为“第二”或“第三”等

而进行说明。此外，本说明书等中所记载的序数词与用于指定本发明的一个方式的序数词有时不一致。

[0104] 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。

[0105] 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”。

[0106] 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。S1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。T1能级是三重激发能级的最低能级，其是指最低三重激发态的激发能级。此外，在本说明书等中，有时单重激发态和单重激发态能级分别表示最低的单重激发态和S1能级。有时三重激发态和三重激发态能级分别表示最低的三重激发态和T1能级。

[0107] 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。

[0108] 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。另外，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。

[0109] 另外，在本说明书等中，“室温”是指0℃以上且40℃以下的温度。

[0110] 在本说明书等中，蓝色的波长区域是指400nm以上且小于505nm的波长区域，蓝色的发光在该区域具有至少一个发光光谱峰。绿色的波长区域是指505nm以上且小于580nm的波长区域，绿色的发光在该区域具有至少一个发光光谱峰。红色的波长区域是指580nm以上且680nm以下的波长区域，红色的发光在该区域具有至少一个发光光谱峰。

[0111] 实施方式1

[0112] 在本实施方式中，参照图1A和图1B、图2A和图2B、图3A和图3B、图4A和图4B说明本发明的一个方式的发光元件。

[0113] <发光元件的结构例子1>

[0114] 首先，下面将参照图1A和图1B说明本发明的一个方式的发光元件的结构。

[0115] 图1A是本发明的一个方式的发光元件150的截面示意图。

[0116] 发光元件150包括一对电极(电极101及电极102)以及该一对电极间的EL层100。EL层100至少包括发光层130。

[0117] 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。

[0118] 在本实施方式中，虽然以一对电极中的电极101为阳极且以电极102为阴极来进行说明，但是发光元件150的结构并不局限于此。也就是说，电极101可以为阴极，电极102可以为阳极，并且，可以倒序地层叠该电极间的各层。换言之，可以从阳极一侧依次层叠空穴注入层111、空穴传输层112、发光层130、电子传输层118及电子注入层119。

[0119] EL层100的结构不局限于图1A所示的结构，只要包括选自空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119中的至少一个即可。或者，EL层100也可以包括具

有如下功能的功能层:能够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。功能层可以为单层或叠层。

[0120] 图1B是示出图1A所示的发光层130的例子的截面示意图。图1B所示的发光层130至少包含客体材料131及主体材料132。优选的是,客体材料131为具有将三重激发能量转换为发光的功能的第一材料,并且主体材料132为第二材料。

[0121] 在发光层130中,主体材料132的重量所占比例最大,客体材料131分散于主体材料132中。

[0122] 客体材料131是发光有机材料。该发光有机材料优选具有将三重激发能量转换为发光的功能,并且优选为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,作为客体材料131使用磷光材料。可以将客体材料131换称为磷光材料。

[0123] 《发光元件的发光机理1>

[0124] 接着,下面将对发光层130的发光机理进行说明。

[0125] 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)之间,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到EL层100,由此电流流过。被注入的电子与空穴复合而使EL层100所具有的发光层130中的客体材料131成为激发态,由此可以获得发光。

[0126] 另外,通过以下两个过程,可以获得来自客体材料131的发光。

[0127] (α)直接复合过程;以及

[0128] (β)能量转移过程。

[0129] 《(α)直接复合过程》

[0130] 首先,对客体材料131中的直接复合过程进行说明。载流子(电子及空穴)在客体材料131中复合,该客体材料131成为激发态。在此情况下,载流子的直接复合过程而使客体材料131激发时所需要的能量相当于客体材料131的最低空分子轨道(lowest unoccupied molecular orbital,LUMO)能级与最高占据分子轨道(highest occupied molecular orbital,HOMO)能级的能量差,且大致相当于单重激发态的能量。由于客体材料131是磷光材料,所以三重激发态的能量被转换为发光。由此,在客体材料131的单重激发态与三重激发态的能量差大的情况下,使客体材料131激发时所需要的能量高于发光能量,此时的差相当于上述能量差。

[0131] 使客体材料131激发时所需要的能量与发光能量的能量差给发光元件的元件特性带来影响:发光元件的驱动电压变化。因此,在(α)直接复合过程中,发光元件的发光开始电压比相当于客体材料131中的发光能量的电压大。

[0132] 在客体材料131具有高发光能量的情况下,客体材料131具有高LUMO能级。因此,作为载流子的电子不容易注入到客体材料131中,并且在客体材料131中不容易产生载流子(电子及空穴)的直接复合。因此,在发光元件中不容易获得高发光效率。

[0133] 《(β)能量转移过程》

[0134] 接着,为了对主体材料132及客体材料131的能量转移过程进行说明,图2A示出说明能级关系的示意图。图2A中的记载及符号表示的是如下:

[0135] Guest(131):客体材料131(磷光材料);

[0136] Host(132):主体材料132;

[0137] S_{PG}:客体材料131(磷光材料)的S1能级;

[0138] T_{PG}:客体材料131(磷光材料)的T1能级;

[0139] S_{PH}:主体材料132的S1能级;以及

[0140] T_{PH}:主体材料132的T1能级。

[0141] 当载流子在主体材料132中复合而形成主体材料132的单重激发态及三重激发态时,如图2A的路径E_1及路径E_2所示,主体材料132的单重激发能量及三重激发能量都被转移到客体材料131的T1能级(T_{PG}),客体材料131成为三重激发态。从三重激发态的客体材料131获得磷光发光。

[0142] 注意,优选的是,主体材料132的S1能级(S_{PH})及T1能级(T_{PH})都为客体材料131的T1能级(T_{PG})以上。当在能级之间有这种关系时,可以将所形成的主体材料132的单重激发能量及三重激发能量从主体材料132的S1能级(S_{PH})及T1能级(T_{PH})高效地转移到客体材料131的T1能级(T_{PG})。

[0143] 换言之,在发光层130中,激发能量从主体材料132转移到客体材料131。

[0144] 此外,当发光层130包含主体材料132、客体材料131以及它们以外的材料时,发光层130优选包含其T1能级高于主体材料132的T1能级(T_{PH})的材料。由此,不容易产生主体材料132的三重激发能量的猝灭,高效地产生到客体材料131的能量转移。

[0145] 为了降低主体材料132的单重激发能量转移到客体材料131的T1能级(T_{PG})时的能量损失,优选的是,主体材料132的S1能级(S_{PH})与T1能级(T_{PH})之间的能量差小。

[0146] 如图2B的能带图所示,优选的是,客体材料131的LUMO能级高于主体材料132的LUMO能级,并且,客体材料131的HOMO能级低于主体材料132的HOMO能级。就是说,客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)。在能级之间有这种关系时,可以抑制由客体材料131和主体材料132形成激基复合物。注意,在图2B中,Guest(131)表示客体材料131,Host(132)表示主体材料132,ΔE_G表示客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差,ΔE_H表示主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差。

[0147] 为了使客体材料131呈现具有短波长且大发光能量的发光,客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)优选大。但是,为了降低驱动电压,在发光元件150中优选激发能量尽可能小,由此主体材料132所形成的激发态的激发能量优选小。因此,主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)优选小。

[0148] 客体材料131是磷光发光材料,由此具有将三重激发能量转换为发光的功能。此外,三重激发态的能量比单重激发态稳定。由此,客体材料131能够呈现其能量小于LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)的发光。本发明者发现到:当客体材料131的发光能量(简称:ΔE_{Em})或从吸收光谱的吸收端算出的迁移能量(简称:ΔE_{abs})小于或等于ΔE_H时,即使该客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H),也可以将激发能量从由主体材料132形成的激基态转移到客体材料131,从而可以从客体材料131获得发光。在客体材料131的ΔE_G大于客体材料131的发光能量(ΔE_{Em})或从吸收光谱的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{abs})的情况下,为了直接电激发客体材料131而需要相当于ΔE_G的大电能量,由此发光元件的驱动电压上升。然而,在本发明的

一个方式中，由相当于ΔE_H(小于ΔE_G)的电能量电激发主体材料132，通过来自主体材料132能量转移来使客体材料131成为激发态，由此可以以低驱动电压高效率地获得客体材料131的发光。因此，本发明的一个方式的发光元件的发光开始电压(其亮度大于1cd/m^2时的电压)可以为小于相当于客体材料的发光能量(ΔE_{Em})的电压。也就是说，在ΔE_G相当大于客体材料131的发光能量(ΔE_{Em})或从吸收光谱的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{abs})的情况(例如，客体材料是蓝色发光材料的情况)下，本发明的一个方式是特别有益的。此外，发光能量(ΔE_{Em})可以从发光光谱的最短波长一侧的发光峰值(极大值，或者包括肩峰)的波长算出。

[0149] 另外，在客体材料131包含重金属的情况下，自旋轨道相互作用(电子的自旋角运动量与轨道角运动量之间的相互作用)促进单重态与三重态之间的系间窜越，有时客体材料131的单重基态与三重激发态之间的迁移成为容许跃迁。也就是说，可以提高有关客体材料131的单重基态与三重激发态之间的迁移的发光效率及吸收的概率。由此，客体材料131优选包含自旋轨道相互作用大的金属元素，尤其优选包含铂族元素(钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)、锇(Os)、铱(Ir)或铂(Pt))。特别优选包含铱，此时可以提高有关单重基态与三重激发态之间的直接迁移的吸收概率。

[0150] 例如，考虑客体材料131的HOMO能级为主体材料132的HOMO能级以上并且客体材料131具有发光层130的材料的HOMO能级中最高的HOMO能级且主体材料132具有发光层130的材料的LUMO能级中最低的LUMO能级的情况。此时，在发光层130中，在从一对电极(电极101及电极102)注入的载流子(空穴及电子)中，从阴极注入的电子容易被注入到主体材料132中，从阳极注入的空穴容易被注入到客体材料131中。因此，有时客体材料131和主体材料132形成激基复合物。尤其是，客体材料131的HOMO能级与主体材料132的LUMO能级的能量差比客体材料131的发光能量越小，由客体材料131和主体材料132形成的激基复合物的生成越占优势。此时，客体材料131不容易单独形成激发态，从而导致发光元件的发光效率的降低。

[0151] 考虑客体材料131的LUMO能级为主体材料132的LUMO能级以下并且客体材料131具有发光层130的材料的LUMO能级中最低的LUMO能级且主体材料132具有发光层130的材料的HOMO能级中最高的HOMO能级的情况。此时，在发光层130中，在从一对电极(电极101及电极102)注入的载流子(空穴及电子)中，从阴极注入的电子容易被注入到客体材料131中，从阳极注入的空穴容易被注入到主体材料132中。因此，有时客体材料131和主体材料132形成激基复合物。尤其是，客体材料131的LUMO能级与主体材料132的HOMO能级的能量差比客体材料131的发光能量越小，由客体材料131和主体材料132形成的激基复合物的生成越占优势。此时，客体材料131不容易单独形成激发态，从而导致发光元件的发光效率的降低。

[0152] 但是，在本发明的一个方式的发光元件中，可以抑制由客体材料131和主体材料132形成激基复合物，所以可以制造呈现高发光效率的发光元件。从上述观点来看，在本发明的一个方式中，客体材料131的LUMO能级和主体材料132的LUMO能级也可以相等，或者客体材料131的HOMO能级和主体材料132的HOMO能级也可以相等。但是，优选的是，客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)。下面，将说明其理由。

[0153] 如上所述，即使客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)，只要从客体材料131的吸收端算出的迁移能

量(ΔE_{abs})小于或等于ΔE_H,也就激发能量从形成主体材料132的激发态高效地转移到客体材料131。其结果是,可以获得一种低电压且高效率的发光元件,这是本发明的一个方式的特征。在此情况下,满足$\Delta E_G > \Delta E_H \geq \Delta E_{abs}$($\Delta E_G$大于$\Delta E_H$,且$\Delta E_H$为$\Delta E_{abs}$以上)。因此,在客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)大于从客体材料131的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{abs})的情况下,本发明的一个方式的机理是优选的。具体而言,客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)优选比从客体材料131的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{abs})大0.4eV以上。因为客体材料131的发光能量(ΔE_{Em})小于或等于ΔE_{abs},所以客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)优选比客体材料131的发光能量(ΔE_{Em})大0.4eV以上。

[0154] 主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)等于或稍微大于主体材料132的S1能级(S_{PH})。主体材料132的S1能级(S_{PH})高于主体材料132的T1能级(T_{PH})。主体材料132的T1能级(T_{PH})为客体材料131的T1能级(T_{PG})以上。因此,满足$\Delta E_G > \Delta E_H \geq S_{PH} > T_{PH} \geq T_{PG}$($\Delta E_G$大于$\Delta E_H$,$\Delta E_H$为$S_{PH}$以上,$S_{PH}$大于$T_{PH}$,$T_{PH}$为$T_{PG}$以上)。此外,在关于客体材料131的吸收光谱的吸收端的吸收为关于客体材料131的单重基态与三重激发态之间的迁移的吸收的情况下,ΔT_{PG}等于或稍微小于ΔE_{abs}。因此,为了使ΔE_G比ΔE_{abs}至少大0.4eV以上,S_{PH}与T_{PH}的能量差优选小于ΔE_G与ΔE_{abs}的能量差。具体而言,S_{PH}与T_{PH}的能量差优选大于0eV且为0.2eV以下,更优选大于0eV且为0.1eV以下。

[0155] 作为单重激发能级与三重激发能级的能量差小且适用于主体材料132的材料的例子,可以举出热活化延迟荧光(thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料。热活化延迟荧光材料的单重激发能级与三重激发能级的能量差小,并且具有通过反系间窜越将三重激发能量转换为单重激发能量的功能。注意,本发明的一个方式的主体材料132从T_{PH}到S_{PH}的反系间窜越效率并不需要高,且来自S_{PH}的发光量子产率也并不需要高,所以可以选择更多种材料。

[0156] 为了使单重激发能级与三重激发能级的能量差小,主体材料132优选包括具有传输空穴的功能(空穴传输性)的骨架以及具有传输电子的功能(电子传输性)的骨架。此时,在主体材料132的激发态中,具有空穴传输性的骨架包括HOMO,具有电子传输性的骨架包括LUMO,因此,HOMO与LUMO的重叠极小。也就是说,容易在单个分子内形成供体-受体型激发态,单重激发能级与三重激发能级的能量差小。另外,在主体材料132中,单重激发能级(S_{PH})与三重激发能级(T_{PH})的差优选大于0eV且为0.2eV以下。

[0157] 此外,分子轨道是指分子中的电子的空间分布,且可以表示发现电子的概率。此外,通过利用分子轨道,可以详细地描述分子的电子配置(电子的空间上分布及能量)。

[0158] 在主体材料132包括供体性强的骨架的情况下,注入到发光层130中的空穴容易被注入到主体材料132中且容易被传输。在主体材料132包括受体性强的骨架的情况下,注入到发光层130中的电子容易被注入到主体材料132中且容易被传输。空穴和电子优选都被注入到主体材料132,此时容易形成主体材料132的激发态。

[0159] 客体材料131的发光波长越短(发光能量(ΔE_{Em})越高),客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)越大,因此在直接电激发客体材料时需要大能量。然而,在本发明的一个方式中,当从客体材料131的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{abs})小于或等于ΔE_H时,可以以远小于ΔE_G的ΔE_H的能量激发客体材料131,由此可以减少发光元件的功耗。

因此，在从客体材料131的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量（ΔE_{abs}）和客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差（ΔE_G）之间的能量差大的情况下（即，尤其在客体材料是蓝色发光材料的情况下），明显看出本发明的机理的效果。

[0160] 在从客体材料131的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量（ΔE_{abs}）变小时，客体材料131的发光能量（ΔE_{Em}）也变小。此时，难以得到蓝色发光等需要高能量的发光。也就是说，在ΔE_{abs}与ΔE_G之差过大时，难以得到蓝色发光等高能量发光。

[0161] 由此，客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差（ΔE_G）优选比从客体材料131的吸收光谱的吸收端算出的迁移能量（ΔE_{abs}）大0.4eV至0.8eV，更优选大0.5eV至0.8eV。由于客体材料131的发光能量（ΔE_{Em}）小于或等于ΔE_{abs}，所以客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差（ΔE_G）优选比客体材料131的发光能量（ΔE_{Em}）大0.4eV至0.8eV，更优选大0.5eV至0.8eV。

[0162] 客体材料131的LUMO能级比主体材料132的LUMO能级高，客体材料131的HOMO能级比主体材料132的HOMO能级低。在从一对电极（电极101及电极102）注入的载流子（空穴及电子）中，从阳极注入的空穴及从阴极注入的电子在发光层130中都容易注入到主体材料132中。为了将电子及空穴都高效地注入到主体材料132中，客体材料131的LUMO能级与主体材料132的LUMO能级的差优选为0.05eV以上，更优选为0.1eV以上，进一步优选为0.2eV以上。此外，客体材料131的HOMO能级与主体材料132的HOMO能级的差优选为0.05eV以上，更优选为0.1eV以上，进一步优选为0.2eV以上。

[0163] 此外，由于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差（ΔE_H）小于客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差（ΔE_G），所以作为被注入到发光层130中的载流子（空穴及电子）复合而形成的激发态，主体材料132所形成的激发态在能量上更稳定。因此，在发光层130中生成的大部分的激发态作为主体材料132所形成的激发态存在。所以，在本发明的一个方式的结构中，容易将激发能量从主体材料132的激发态转移到客体材料131，由此可以以低驱动电压及高发光效率驱动发光元件。

[0164] 根据上述LUMO能级与HOMO能级的关系，在客体材料131和主体材料132的组合中，优选的是，客体材料131的氧化电位高于主体材料132，并且客体材料131的还原电位低于主体材料132。当满足这种氧化电位及还原电位的关系时，与上述同样，可以抑制由客体材料131和主体材料132形成激基复合物。另外，氧化电位及还原电位可以利用循环伏安（CV）法测量。

[0165] 当发光层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131的发光。

[0166] 〈能量转移机理〉

[0167] 接着，对主体材料132与客体材料131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，已提出了福斯特（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。

[0168] 《福斯特机理》

[0169] 在福斯特机理中，在能量转移中不需要分子间的直接接触，通过主体材料132与客体材料131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，主体材料132给客体材料131供应能量，激发态的主体材料132成为基态，基态的客体材料131成为激

发态。另外，算式1示出福斯特机理的速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$。

[0170] [算式1]

[0171] $$k_{h^*\rightarrow g}=\frac{9000c^4K^2\phi\ln 10}{128\pi^5n^4N\tau R^6}\int\frac{f'_h(\nu)\varepsilon_g(\nu)}{\nu^4}d\nu \quad \cdots(1)$$

[0172] 在算式1中，v表示振荡数，$f'_h(\nu)$表示主体材料132的归一化发光光谱(在由单重激发态的能量转移中，相当于荧光光谱，而在由三重激发态的能量转移中，相当于磷光光谱)，$\varepsilon_g(\nu)$表示客体材料131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表示主体材料132与客体材料131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(在由单重激发态的能量转移中，相当于荧光量子产率，而在由三重激发态的能量转移中，相当于磷光量子产率)，K^2表示主体材料132和客体材料131的跃迁偶极矩的取向的系数(0至4)。此外，在无规取向中，$K^2=2/3$。

[0173] 《德克斯特机理》

[0174] 在德克斯特机理中，主体材料132和客体材料131接近于产生轨道的重叠的接触有效距离，通过交换激发态的主体材料132的电子和基态的客体材料131的电子，发生能量转移。另外，算式2示出德克斯特机理的速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$。

[0175] [算式2]

[0176] $$k_{h^*\rightarrow g}=\left(\frac{2\pi}{h}\right)K^2\exp\left(-\frac{2R}{L}\right)\int f'_h(\nu)\varepsilon'_g(\nu)d\nu \quad \cdots(2)$$

[0177] 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，v表示振荡数，$f'_h(\nu)$表示主体材料132的归一化发光光谱(在由单重激发态的能量转移中，相当于荧光光谱，而在由三重激发态的能量转移中，相当于磷光光谱)，$\varepsilon'_g(\nu)$表示客体材料131的归一化吸收光谱，L表示有效分子半径，R表示主体材料132与客体材料131的分子间距。

[0178] 在此，从主体材料132到客体材料131的能量转移效率(能量转移效率Φ_{ET})以算式3表示。在算式中，k_r表示主体材料132的发光过程(在由单重激发态的能量转移中，相当于荧光，而在由三重激发态的能量转移中，相当于磷光)的速度常数，k_n表示主体材料132的非发光过程(热失活或系间窜越)的速度常数，τ表示所测量的主体材料132的激发态的寿命。

[0179] [算式3]

[0180] $$\phi_{ET}=\frac{k_{h^*\rightarrow g}}{k_r+k_n+k_{h^*\rightarrow g}}=\frac{k_{h^*\rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right)+k_{h^*\rightarrow g}} \quad \cdots(3)$$

[0181] 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/τ)相对变小。

[0182] 《用来提高能量转移的概念》

[0183] 在基于福斯特机理的能量转移中，当量子产率Φ(在由单重激发态的能量转移中，相当于荧光量子产率，而在由三重激发态的能量转移中，相当于磷光量子产率)高时，可以获得高能量转移效率Φ_{ET}。另外，主体材料132的发光光谱(当考虑由单重激发态的能量转移

时，相当于荧光光谱)与客体材料131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131的摩尔吸光系数也优选高。这意味着主体材料132的发光光谱与客体材料131的吸收光谱中的最长波长一侧的吸收带重叠。

[0184] 在基于德克斯特机理的能量转移中，为了增大速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$，主体材料132的发光光谱(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)与客体材料131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，通过使主体材料132的发光光谱与客体材料131的吸收光谱中的最长波长一侧的吸收带重叠，可以使能量转移效率最优化。

[0185] 〈发光元件的结构实例2〉

[0186] 下面，参照图3A和图3B对具有与图1A和图1B所示的结构不同的结构的发光元件进行说明。

[0187] 图3A是本发明的一个方式的发光元件152的截面示意图。在图3A中，以与图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。

[0188] 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。

[0189] 图3B是示出图3A所示的发光层135的例子的截面示意图。图3B所示的发光层135至少包含客体材料131、主体材料132及主体材料133。

[0190] 在发光层135中，主体材料132或主体材料133的重量所占比例最大，客体材料131分散于主体材料132及主体材料133中。在该结构中，优选的是，客体材料131是具有将三重激发能量转换为发光的功能的第一材料，主体材料132是第二材料，主体材料133是第三材料。

[0191] 〈发光元件的发光机理2〉

[0192] 下面，对发光层135的发光机理进行说明。

[0193] 在本发明的一个方式的发光元件152中，通过从一对电极(电极101及电极102)注入的空穴及电子复合而使EL层100的发光层135中的客体材料131成为激发态，由此可以获得发光。

[0194] 另外，通过以下两个过程，可以获得来自客体材料131的发光。

[0195] (α)直接复合过程；以及

[0196] (β)能量转移过程。

[0197] 另外，(α)直接复合过程与在上述发光层130的发光机理中说明的直接复合过程同样，所以在此省略说明。

[0198] 《(β)能量转移过程》

[0199] 为了对主体材料132、主体材料133及客体材料131的能量转移过程进行说明，图4A示出说明能级关系的示意图。图4A中的记载及符号表示的是如下。图4A中的其他记载及符号是与图2A同样：

[0200] Host(133)：主体材料133；

[0201] S_H：主体材料133的S1能级；以及

[0202] T_H：主体材料133的T1能级。

[0203] 当载流子在主体材料132中复合而形成主体材料132的单重激发态及三重激发态时，如图4A的路径E_1及路径E_2所示，主体材料132的单重激发能量及三重激发能量都被转移到客体材料131的T1能级(T_{PG})，客体材料131成为三重激发态。从三重激发态的客体材料131获得磷光发光。

[0204] 此外，为了将激发能量从主体材料132高效地转移到客体材料131，主体材料133的T1能级(T_H)优选高于主体材料132的T1能级(T_{PH})。由此，不容易产生主体材料132的三重激发能量的猝灭，能量高效地转移到客体材料131。

[0205] 如图4B的能带图所示，优选的是，客体材料131的LUMO能级高于主体材料132的LUMO能级，并且，客体材料131的HOMO能级低于主体材料132的HOMO能级。就是说，客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)。在能级之间有这种关系时，可以抑制由客体材料131和主体材料132形成激基复合物。从上述观点来看，在本发明的一个方式中，与〈发光元件的发光机理1〉同样，客体材料131的LUMO能级和主体材料132的LUMO能级或者客体材料131的HOMO能级和主体材料132的HOMO能级可以相等。

[0206] 优选的是，主体材料133的LUMO能级高于主体材料132的LUMO能级，并且，主体材料133的HOMO能级低于主体材料132的HOMO能级。就是说，主体材料133的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)。在能级之间有这种关系时，可以抑制由主体材料132和主体材料133形成激基复合物。在图4B中，Host(133)表示主体材料133，其他记载及符号是与图2B同样。

[0207] 此外，主体材料132的HOMO能级与主体材料133的HOMO能级的差以及主体材料132的LUMO能级与主体材料133的LUMO能级的差都优选为0.1eV以上，更优选为0.2eV以上。优选具有该能量差，因为从一对电极(电极101及电极102)注入的电子载流子及空穴载流子都容易被注入到主体材料132中。

[0208] 另外，主体材料133的LUMO能级也可以高于或低于客体材料131的LUMO能级，主体材料133的HOMO能级也可以高于或低于客体材料131的HOMO能级。

[0209] 此外，主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)小于主体材料133的LUMO能级与HOMO能级的能量差，主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_H)小于客体材料131的LUMO能级与HOMO能级的能量差(ΔE_G)。由此，作为被注入到发光层135中的载流子(空穴及电子)复合而形成的激发态，与主体材料133或客体材料131所形成的激发态相比，主体材料132所形成的激发态在能量上更稳定。因此，在发光层135中生成的大部分的激发态作为主体材料132所形成的激发态存在。所以，与上述发光层130的结构同样，在发光层135中也容易将激发能量从主体材料132的激发态转移到客体材料131，由此可以以低驱动电压及高发光效率驱动发光元件152。

[0210] 即使在主体材料133中空穴及电子复合而主体材料133形成激发态，由于主体材料133的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于主体材料132的LUMO能级与HOMO能级的能量差，所以也可以将主体材料133的激发能量迅速地转移到主体材料132。然后，该激发能量经过与上述发光层130的发光机理同样的过程被转移到客体材料131，由此可以获得来自客体材料131的发光。另外，当考虑到在主体材料133中也空穴及电子可能复合时，与主体材料132同样，主体材料133也优选为单重激发能级与三重激发能级的能量差小的材料，尤其优选为热

活化延迟荧光材料。

[0211] 为了从客体材料131高效地获得发光，优选的是，主体材料133的S1能级(S_H)为主体材料132的S1能级(S_{PH})以上，主体材料133的T1能级(T_H)为主体材料132的T1能级(T_{PH})以上。

[0212] 根据上述LUMO能级与HOMO能级的关系，在主体材料133和主体材料132的组合中，优选的是，主体材料133的氧化电位高于主体材料132，并且主体材料133的还原电位低于主体材料132。当满足这种氧化电位及还原电位的关系时，与上述同样，可以抑制由主体材料133和主体材料132形成激基复合物。

[0213] 当主体材料132与主体材料133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的平衡。具体而言，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比率优选在1:9至9:1(重量比)的范围内。由于通过利用该结构可以容易地控制载流子的平衡，所以也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0214] 当发光层135具有上述结构时，可以高效地获得来自发光层135的客体材料131的发光。

[0215] 〈材料〉

[0216] 下面，对本发明的一个方式的发光元件的构成要素进行详细说明。

[0217] 《发光层》

[0218] 在发光层130及发光层135中，主体材料132的重量比至少比客体材料131高，客体材料131(磷光材料)分散于主体材料132中。

[0219] 《主体材料132》

[0220] 优选的是，主体材料132的S1能级与T1能级的能量差小，具体而言，大于0eV且为0.2eV以下。

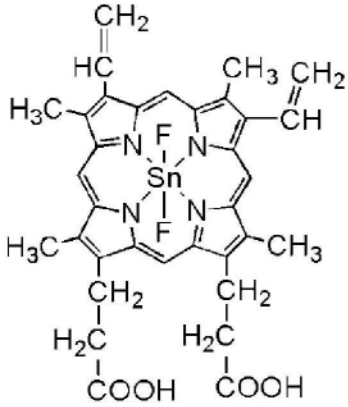
[0221] 主体材料132优选包括具有空穴传输性的骨架及具有电子传输性的骨架。或者，主体材料132优选包括缺π电子型芳杂环骨架以及富π电子型芳杂环骨架和芳香胺骨架中的一个。当主体材料132包括上述骨架时，容易在分子内形成供体-受体型激发态。再者，为了在主体材料132的分子中同时增强供体性及受体性，优选包括具有电子传输性的骨架与具有空穴传输性的骨架直接键合的结构。或者，优选的是，包括富π电子型芳杂环骨架或芳香胺骨架与缺π电子型芳杂环骨架直接键合的结构。通过在分子中同时增强供体性及受体性，可以在主体材料132中缩小HOMO的分布区域与LUMO的分布区域重叠的部分，而可以减少主体材料132的单重激发能级与三重激发能级的能量差。此外，可以使主体材料132的三重激发能级保持为高。

[0222] 作为单重激发能级与三重激发能级的能量差小的材料的例子，可以举出热活化延迟荧光材料。另外，热活化延迟荧光材料的三重激发能级与单重激发能级的差小，因此具有通过反系间窜越将能量从三重激发态转换为单重激发态的功能。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(即，反系间窜越)并能够高效地呈现来自单重激发态的发光(荧光)。作为可以高效地获得热活化延迟荧光的条件，可以举出三重激发能级与单重激发能级的能量差优选大于0eV且0.2eV以下，更优选大于0eV且为0.1eV以下。

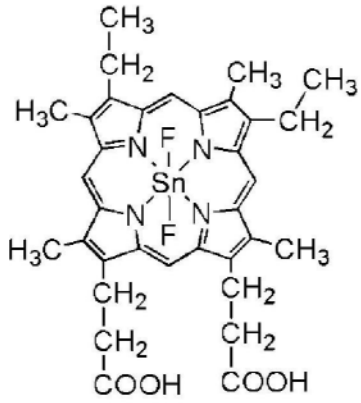
[0223] 当热活化延迟荧光材料由一种材料构成时，例如可以使用如下材料。

[0224] 首先，可以举出富勒烯或其衍生物、原黄素等吖啶衍生物、曙红(eosin)等。此外，可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金属卟啉。作为该含金属卟啉的例子，也可以举出原卟啉-氟化锡配合物(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($PtCl_2OEP$)。

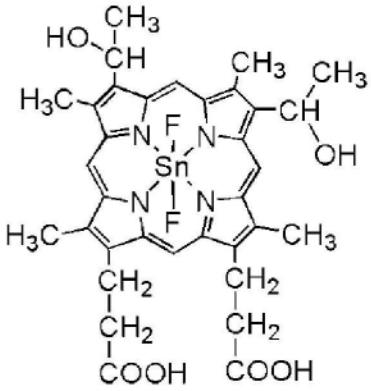
[0225] [化学式1]



SnF_2(Proto IX)

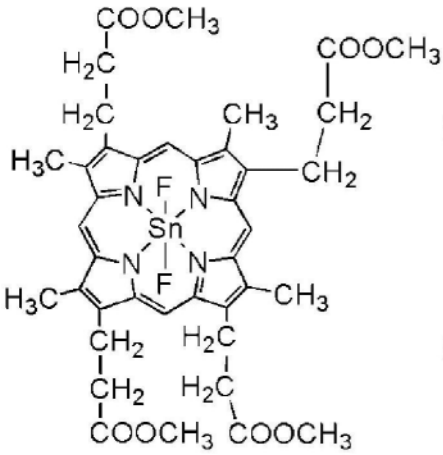


SnF_2(Meso IX)

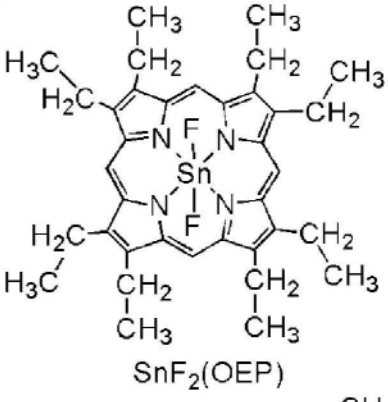


SnF_2(Hemato IX)

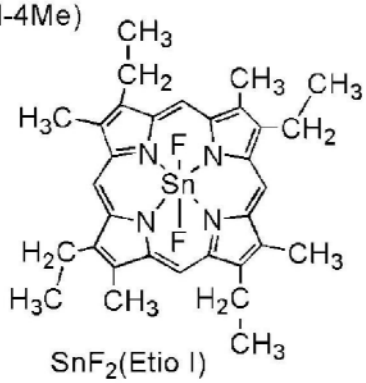
[0226]



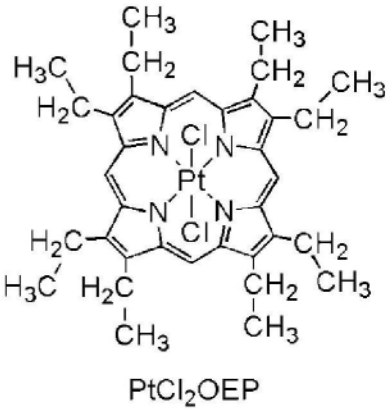
SnF_2(Copro III-4Me)



SnF_2(OEP)



SnF_2(Etio I)



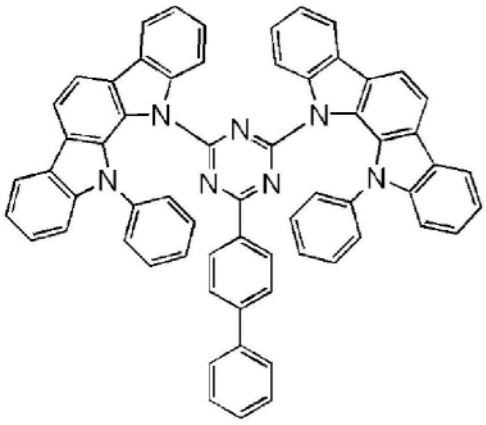
$PtCl_2OEP$

[0227] 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，可以使用2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吲

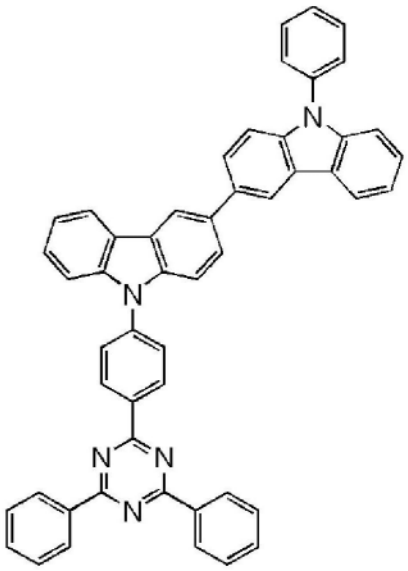
咔并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吖啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吖啶)苯基]砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'H-螺[吖啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)。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。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,所以是尤其优选的。在具有富π电子型芳杂环的骨架中,吖啶骨架、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任一个或多个是优选的。另外,作为呋喃骨架优选使用二苯并呋喃骨架,作为噻吩骨架优选使用二苯并噻吩骨架。作为吡咯骨架,特别优选使用吲哚骨架、咔唑骨架及3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑骨架。另外,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高,单重激发态的能级与三重激发态的能级的差变小,所以尤其是优选的。

[0228] [化学式2]

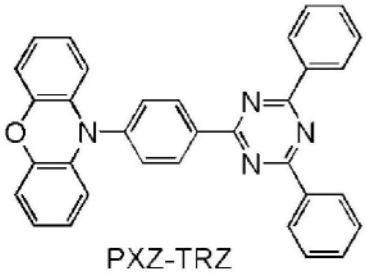
[0229]



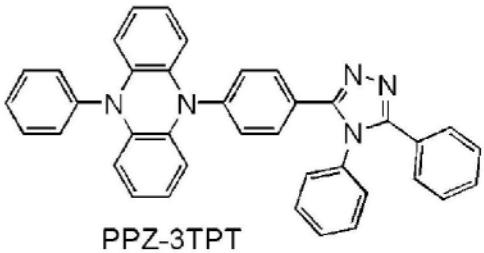
PIC-TRZ



PCCzPTzn



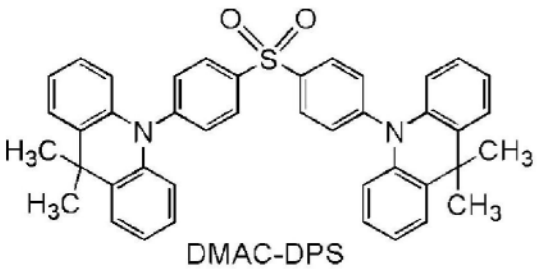
PXZ-TRZ



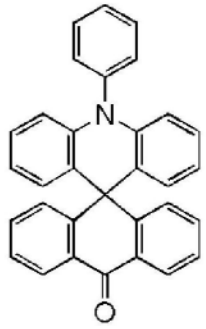
PPZ-3TPT



ACRXTN



DMAC-DPS



ACRSA

[0230] 在具有缺π电子型芳杂环的骨架中，具有二嗪骨架的缩合杂环骨架更稳定且具有良好的可靠性，尤其是苯并呋喃并嘧啶骨架及苯并噻吩并嘧啶骨架具有高受体性，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。

[0231] 在具有富π电子型芳杂环的骨架中，联咔唑骨架具有高激发能量，稳定且可靠性良好，所以是优选的。作为联咔唑骨架，例如，两个咔唑基的2位至4位中的任一个彼此键合的联咔唑骨架具有高供体性，所以是优选的。作为该联咔唑骨架，例如可以举出2,2'-联-9H-咔唑骨架、3,3'-联-9H-咔唑骨架、4,4'-联-9H-咔唑骨架、2,3'-联-9H-咔唑骨架、2,4'-联-

9H-咔唑骨架、3,4'-联-9H-咔唑骨架等。

[0232] 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中的一个咔唑基的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。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的结构(可以以较低的温度进行真空蒸镀而形成的结构),所以是优选的。一般而言,如果分子量低则在很多情况下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是具有刚度的骨架,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。

[0233] 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,可以保持宽带隙及高三重激发能量。再者,可以形成分子量较低的化合物,所以实现适用于真空蒸镀的结构(可以以较低的温度进行真空蒸镀而形成的结构)。

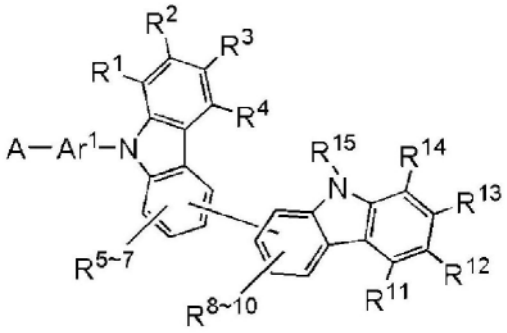
[0234] 在联咔唑骨架直接或通过亚芳基与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架键合的情况下,优选与苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的4位键合,该化合物具有优异的载流子传输性。因此,使用该化合物的发光元件可以以低电压驱动。

[0235] 《化合物的例子》

[0236] 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。

[0237] [化学式3]

[0238]



(G0)

[0239] 在上述通式(G0)中,A表示取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶骨架或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架。在该苯并呋喃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的烷基的具体例子,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的环烷基的具体例子,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的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0240] 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的烷基的具体例子,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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0241] 另外，Ar^1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或多个取代基，该取代基可以彼此键合而形成环。例如，芴基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基，该苯基相互键合而形成螺芴骨架。作为碳原子数为6至25的亚芳基的具体例子，可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及芴二基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

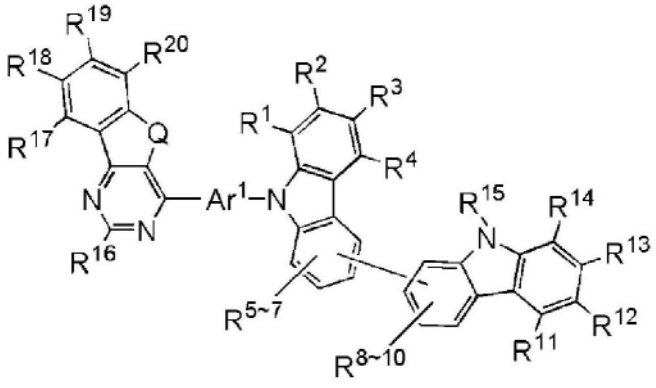
[0242] 在本实施方式的化合物中，苯并呋喃并嘧啶骨架优选为苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架。

[0243] 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。

[0244] 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位键合的本实施方式的化合物具有高供体性、高受体性及宽带隙，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。

[0245] [化学式4]

[0246]



(G1)

[0247] 在上述通式(G1)中，Q表示氧或硫。

[0248] 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

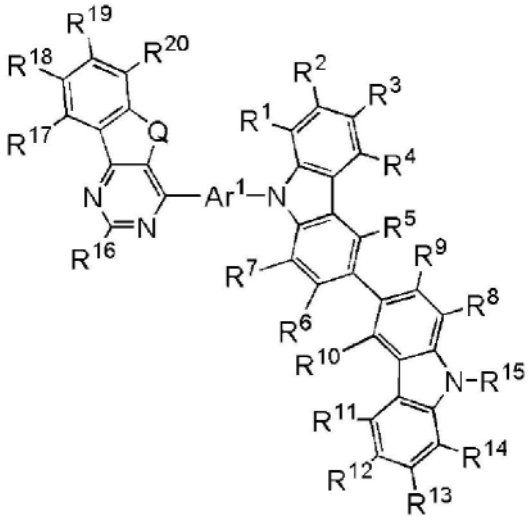
个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0249] 另外，Ar^1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或多个取代基，该取代基可以彼此键合而形成环。例如，芴基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基，该苯基相互键合而形成螺芴骨架。作为碳原子数为6至25的亚芳基的具体例子，可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及芴二基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0250] 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位键合的化合物的载流子传输性优良，并使用该化合物的发光元件可以以低电压驱动，所以是优选的。上述化合物是以下述通式(G2)表示的化合物。

[0251] [化学式5]

[0252]



(G2)

[0253] 在上述通式(G2)中，Q表示氧或硫。

[0254] 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

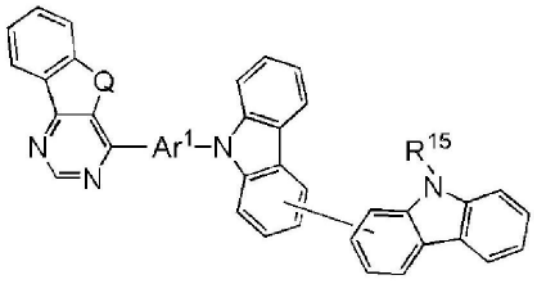
个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0255] 另外，Ar^1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或多个取代基，该取代基可以彼此键合而形成环。例如，芴基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基，该苯基相互键合而形成螺芴骨架。作为碳原子数为6至13的亚芳基的具体例子，可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及芴二基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0256] 在本实施方式的化合物中的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，该化合物具有宽带隙，并且可以以高纯度合成，所以是优选的。由于该化合物的载流子传输性优良，所以包含该化合物的发光元件可以以低电压驱动，所以是优选的。

[0257] 在上述通式(G1)或(G2)中的R^1至R^{14}及R^{16}至R^{20}都是氢的情况下，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，因此适用于真空蒸镀，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。

[0258] [化学式6]

[0259] 

(G3)

[0260] 在上述通式(G3)中，Q表示氧或硫。

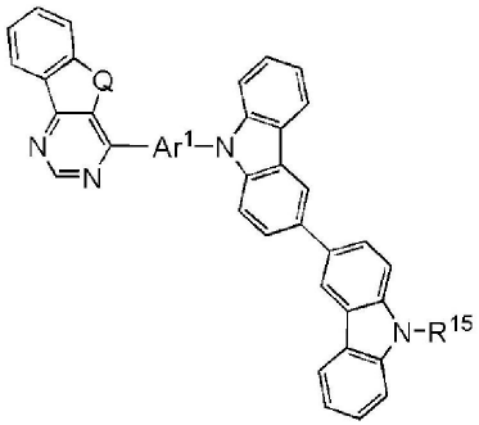
[0261] 此外，R^{15}表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己

基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0262] 另外，Ar^1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或多个取代基，该取代基可以彼此键合而形成环。例如，芴基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基，该苯基相互键合而形成螺芴骨架。作为碳原子数为6至25的亚芳基的具体例子，可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及芴二基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0263] [化学式7]

[0264]



(G4)

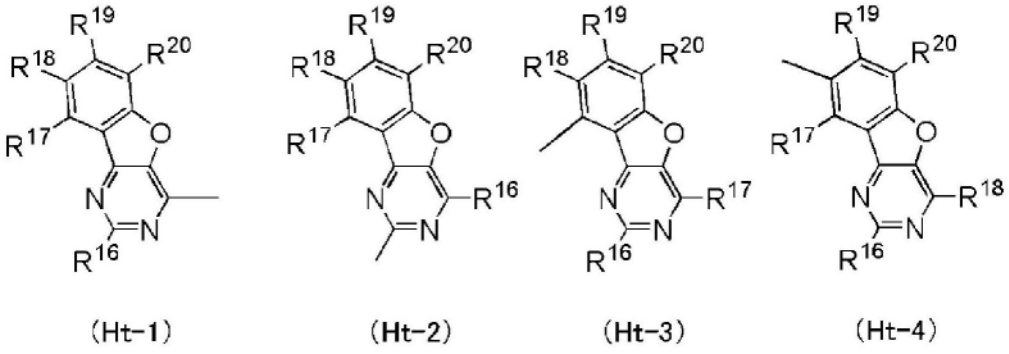
[0265] 在上述通式(G4)中，Q表示氧或硫。

[0266] 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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

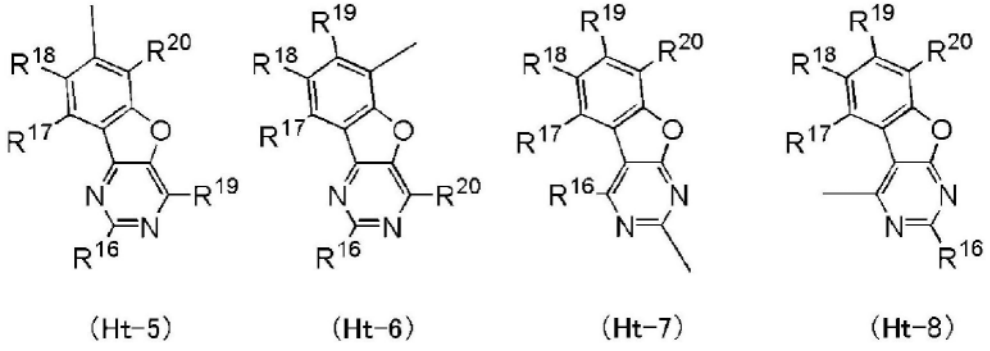
[0267] 另外，Ar^1表示碳原子数为6至25的亚芳基或单键。该亚芳基可以具有一个或多个取代基，该取代基可以彼此键合而形成环。例如，芴基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基，该苯基相互键合而形成螺芴骨架。作为碳原子数为6至25的亚芳基的具体例子，可以举出亚苯基、亚萘基、联苯二基及芴二基等。在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至7的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

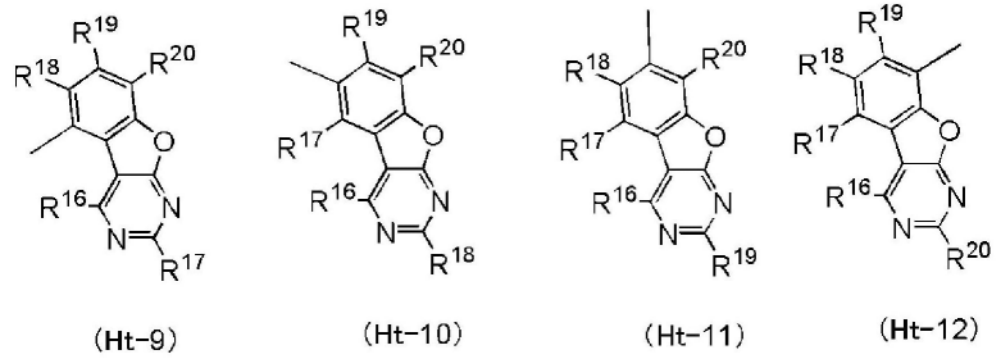
[0268] 在通式(G0)中，作为以A表示的苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架，例如可以使用以下述结构式(Ht-1)至(Ht-24)表示的结构。注意，可以用于A的结构不局限于此。

[0269] [化学式8]



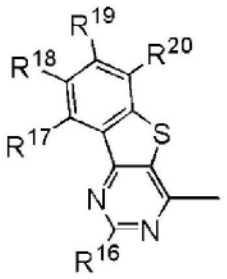
[0270]



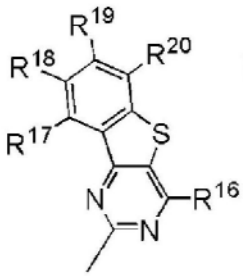


[0271] [化学式9]

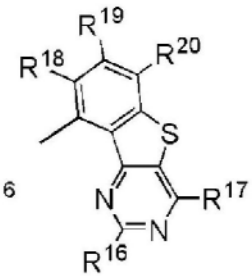
[0272]



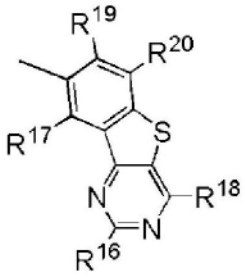
(Ht-13)



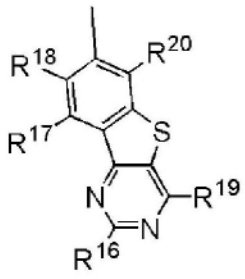
(Ht-14)



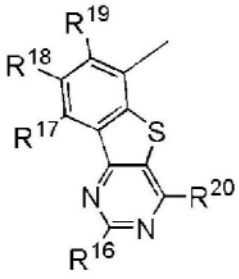
(Ht-15)



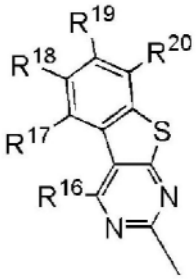
(Ht-16)



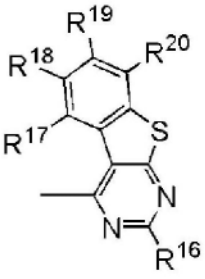
(Ht-17)



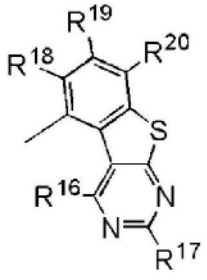
(Ht-18)



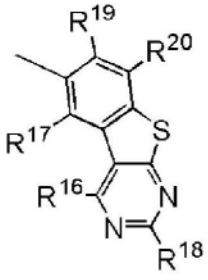
(Ht-19)



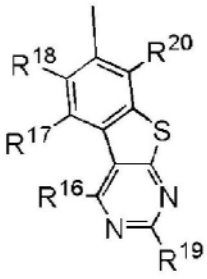
(Ht-20)



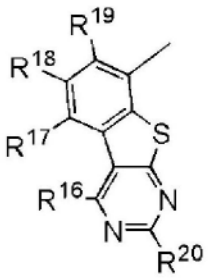
(Ht-21)



(Ht-22)



(Ht-23)

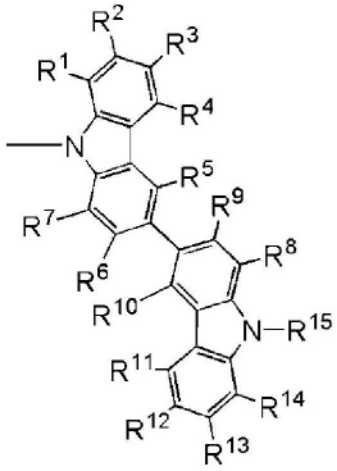


(Ht-24)

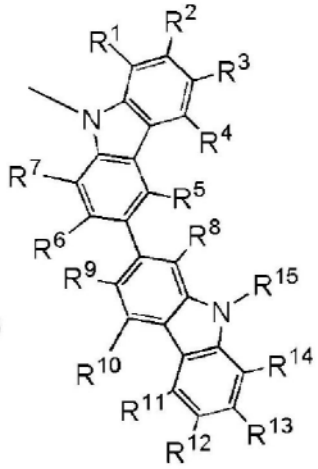
[0273] 在上述结构式(Ht-1)至(Ht-24)中，R^{16}至R^{20}分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为3至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至7的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述烷基、环烷基及芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1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的烷基的具体例子，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的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0274] 在通式(G0)及(G1)中，作为可以用作联咔唑骨架的结构，例如可以使用以下述结构式(Cz-1)至(Cz-9)表示的结构。注意，可以用作联咔唑骨架的结构不局限于此。

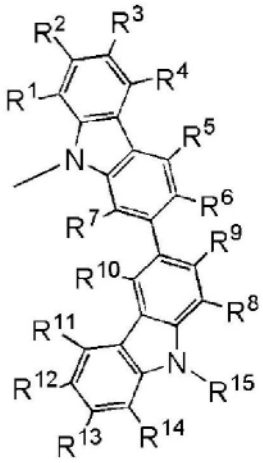
[0275] [化学式10]



(Cz-1)

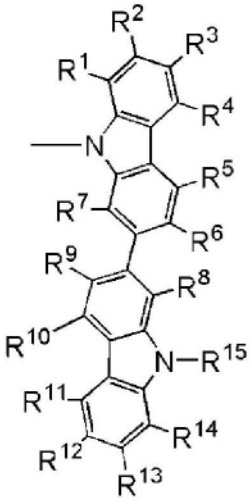


(Cz-2)

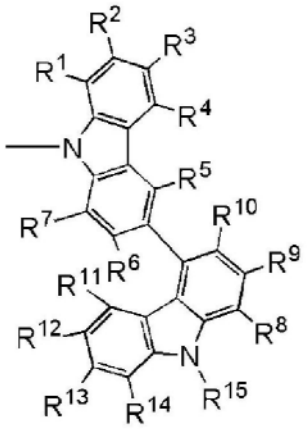


(Cz-3)

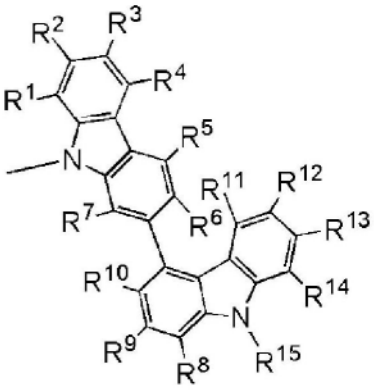
[0276]



(Cz-4)

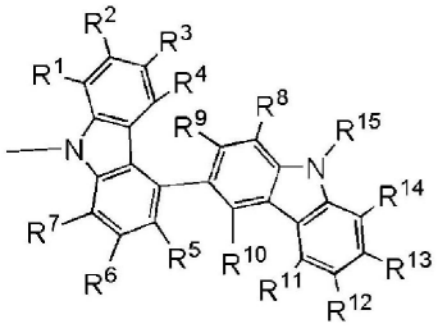


(Cz-5)

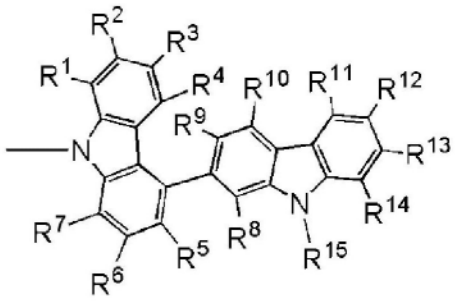


(Cz-6)

[0277] [化学式11]

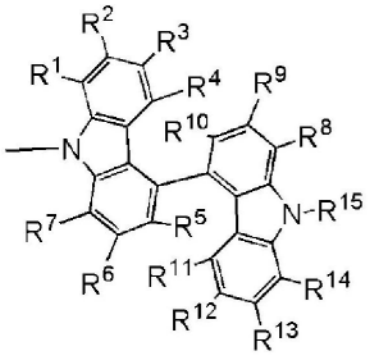


(Cz-7)



(Cz-8)

[0278]

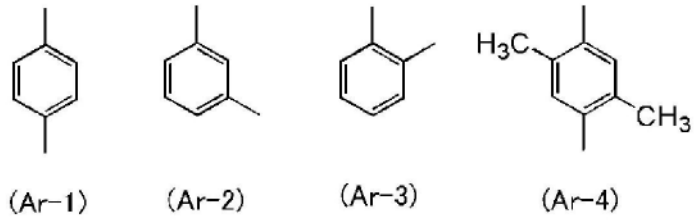


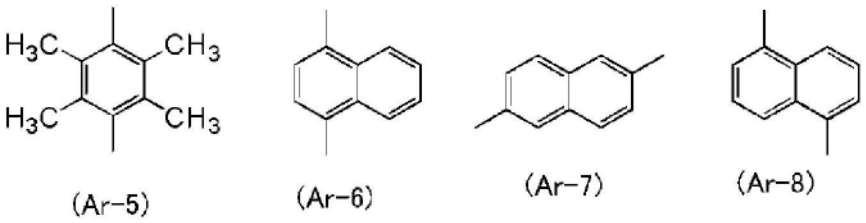
(Cz-9)

[0279] 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的烷基的具体例子,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的环烷基的具体例子,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的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。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的烷基的具体例子,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的环烷基的具体例子,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的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

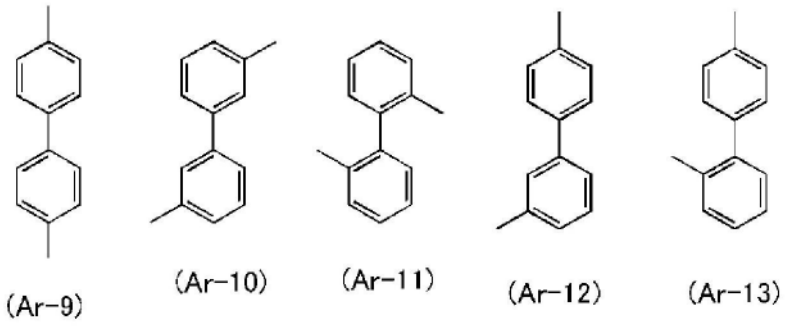
[0280] 在上述通式(G0)至(G4)中,作为以Ar^1表示的亚芳基,例如可以使用以下述结构式(Ar-1)至(Ar-27)表示的基。注意,可以用作Ar^1的基不局限于此,也可以具有取代基。

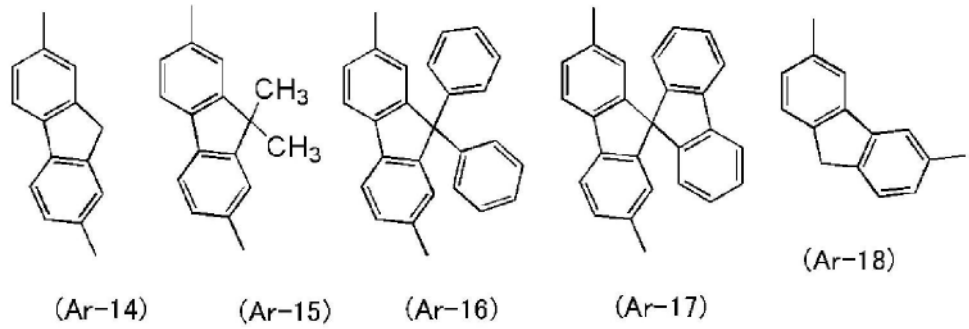
[0281] [化学式12]



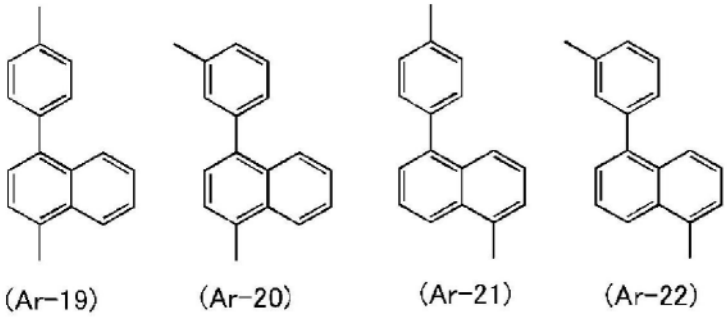


[0282]

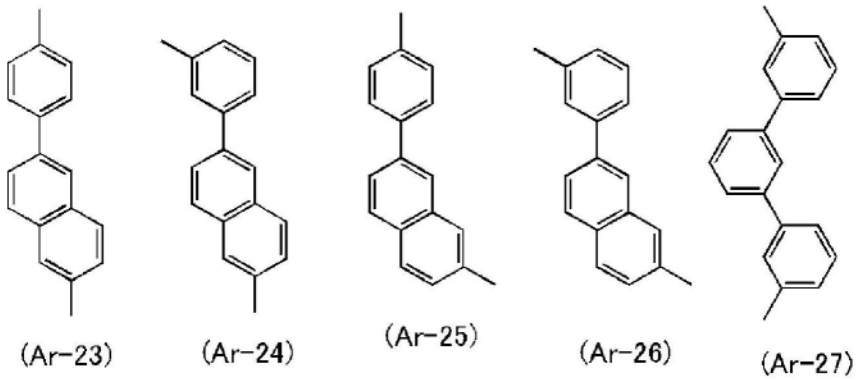




[0283] [化学式13]

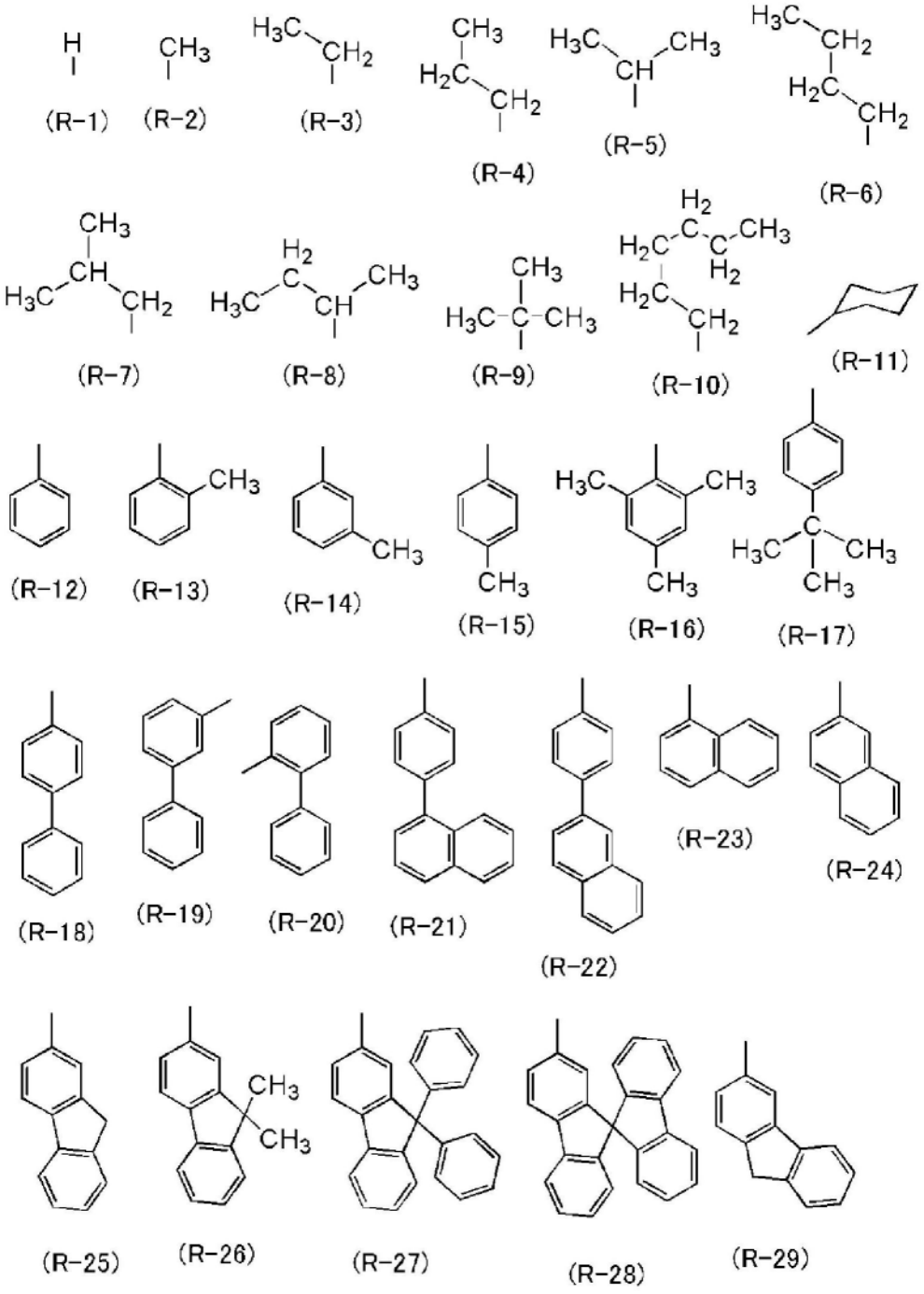


[0284]



[0285] 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,可以使用以结构式(R-1)至(R-29)表示的基。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。

[0286] [化学式14]



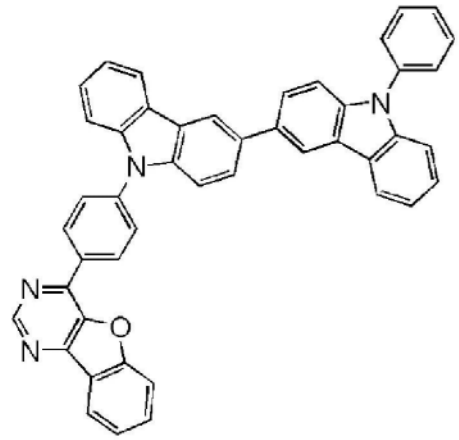
[0287]

[0288] 《化合物的具体例子》

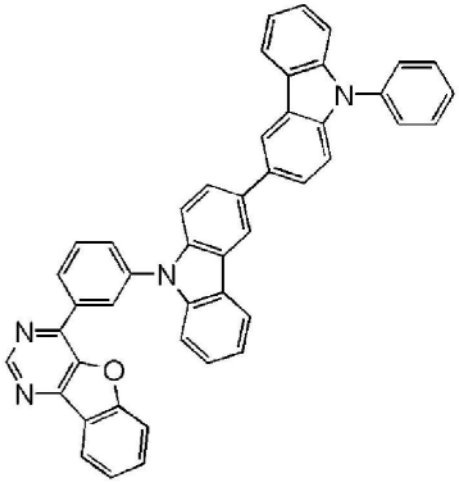
[0289] 作为以上述通式(G0)至(G4)表示的化合物的具体结构例子,可以举出以下述结构式(100)至(147)表示的化合物。注意,以通式(G0)至(G4)表示的化合物不局限于下述例子。

[0290] [化学式15]

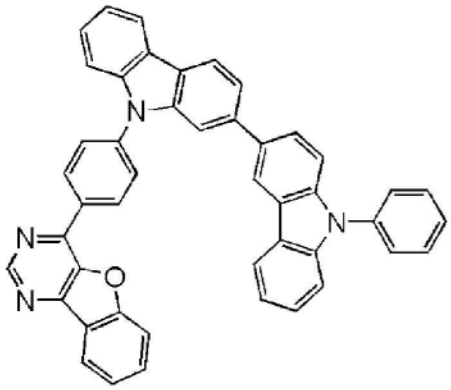
[0291]



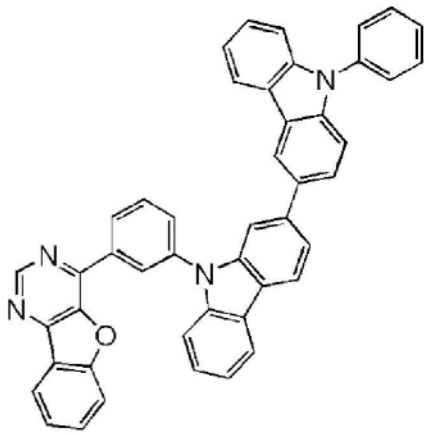
(100)



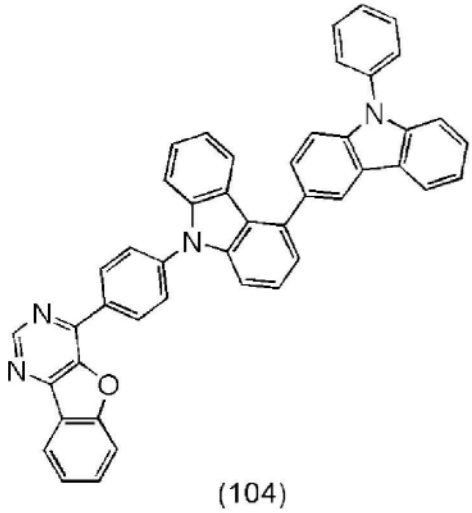
(101)



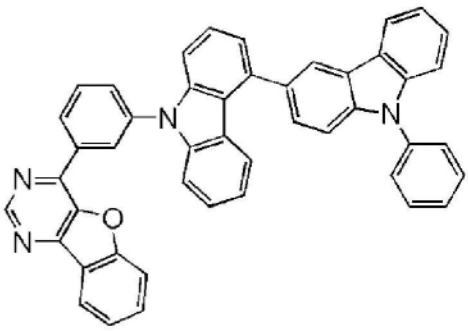
(102)



(103)

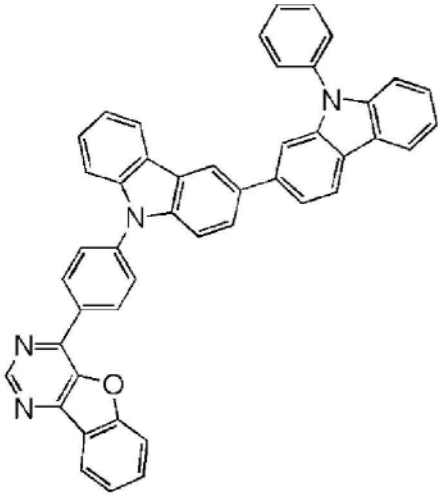


(104)

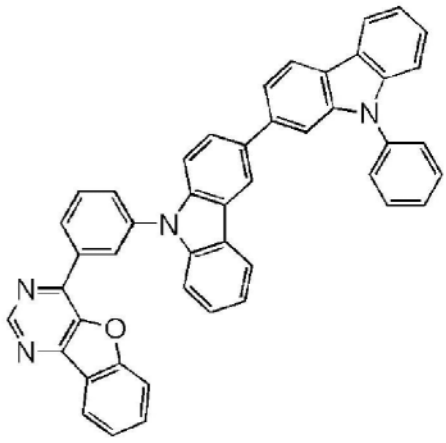


(105)

[0292] [化学式16]

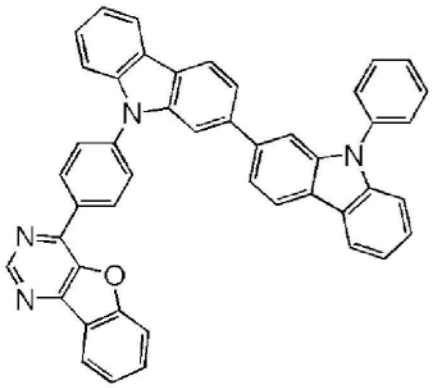


(106)

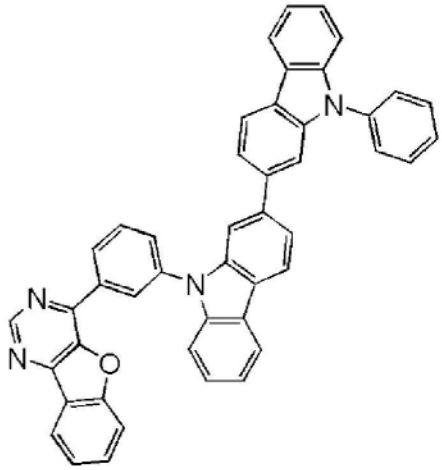


(107)

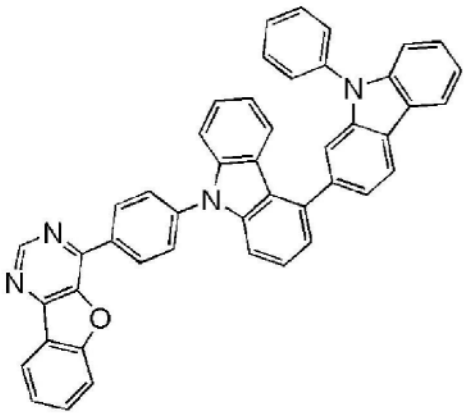
[0293]



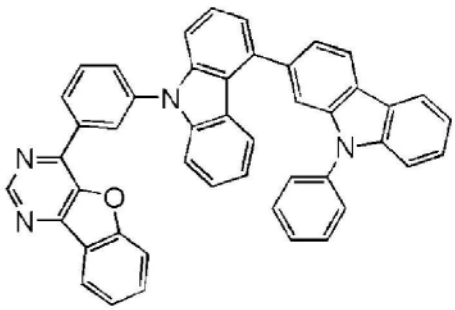
(108)



(109)

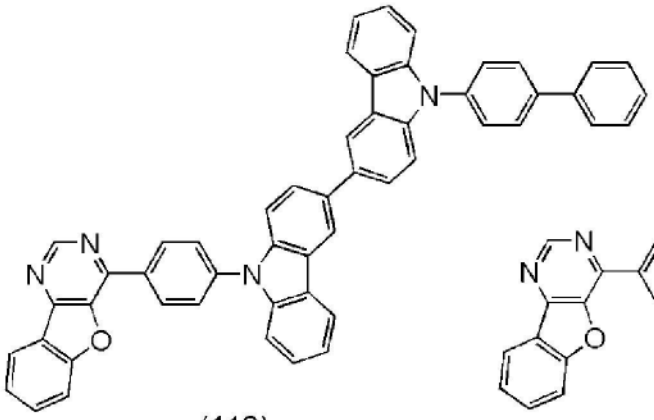


(110)

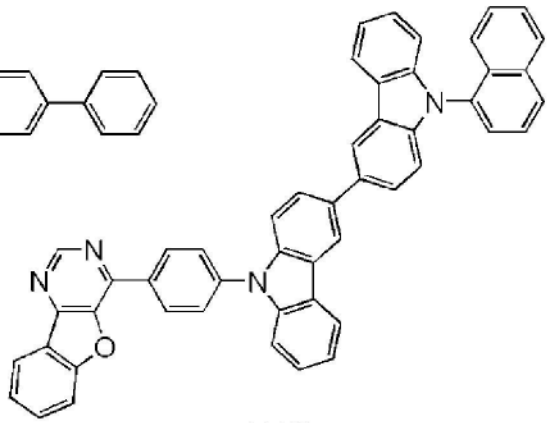


(111)

[0294] [化学式17]

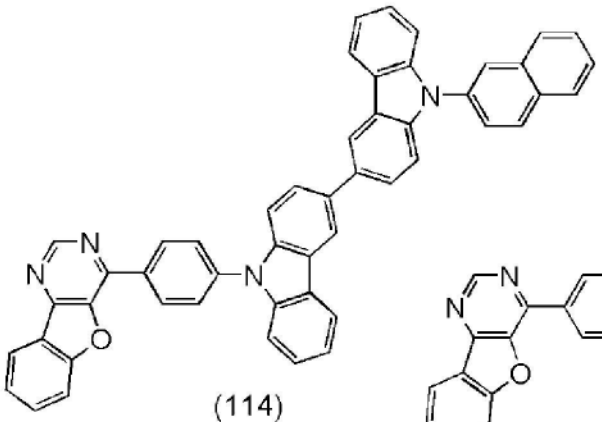


(112)

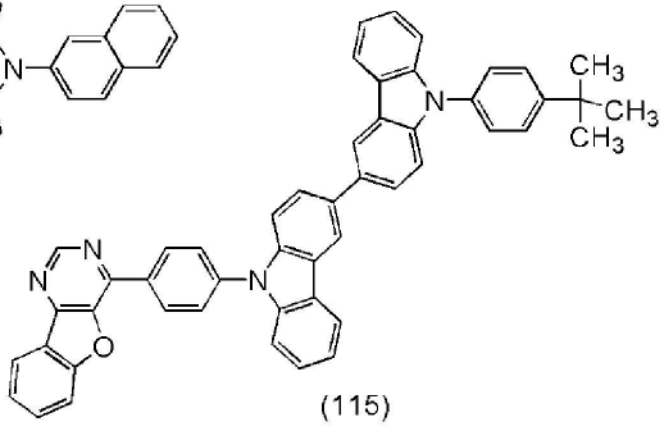


(113)

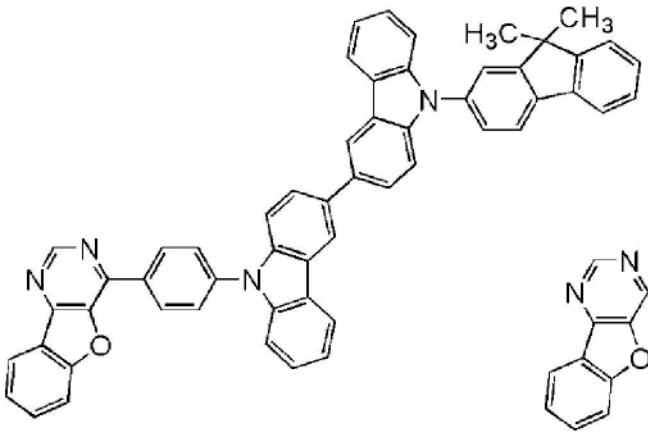
[0295]



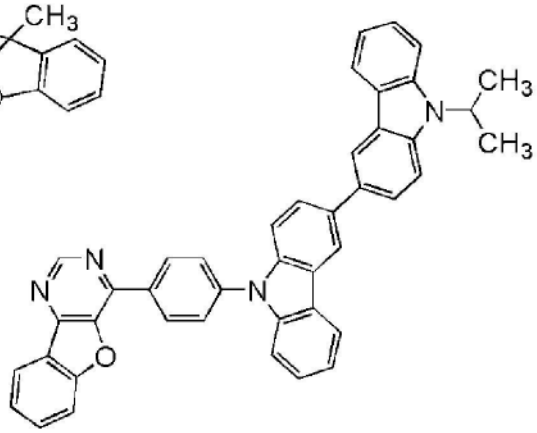
(114)



(115)

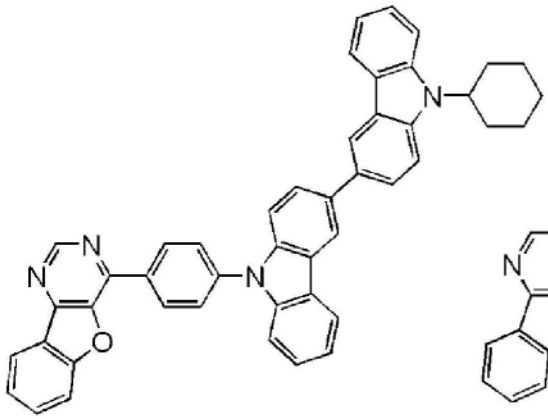


(116)

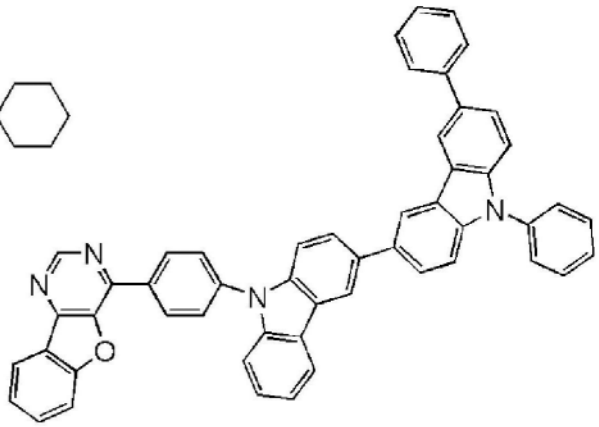


(117)

[0296] [化学式18]

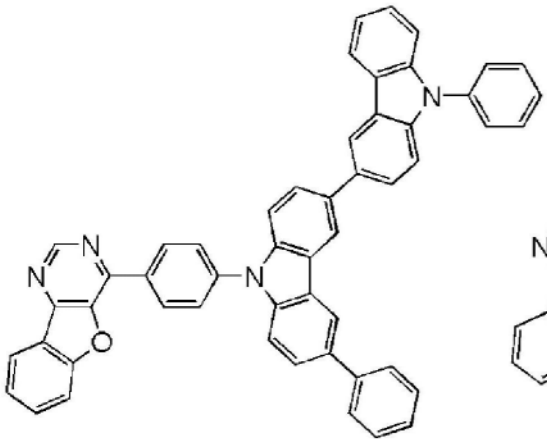


(118)

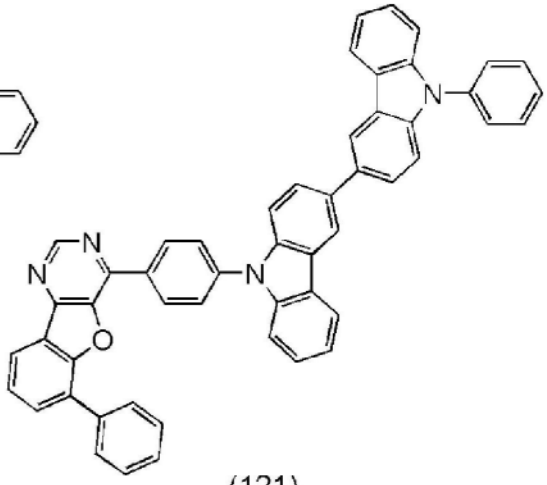


(119)

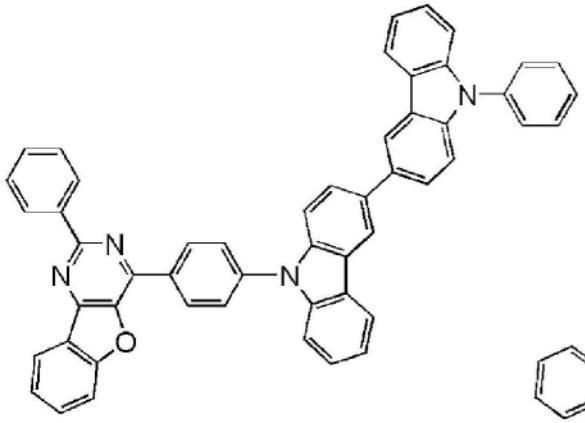
[0297]



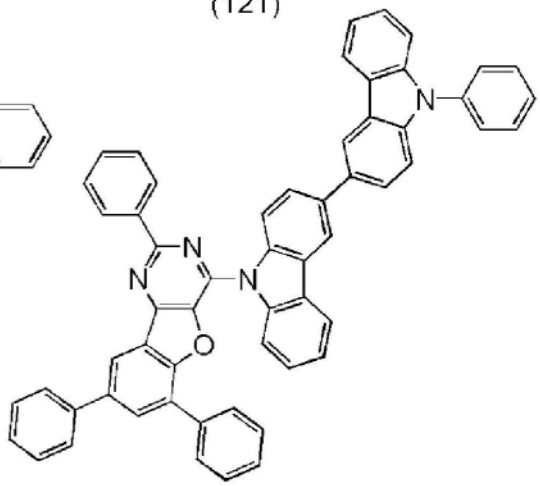
(120)



(121)



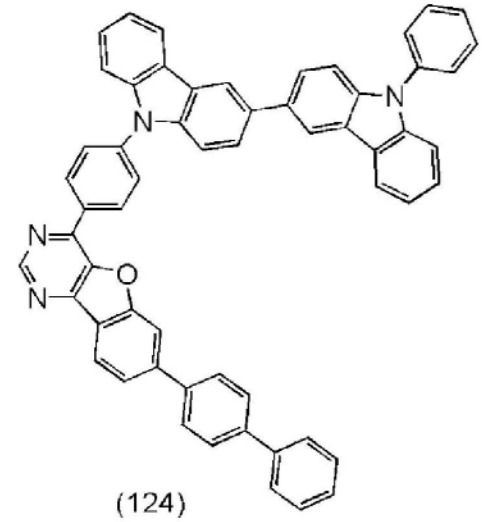
(122)



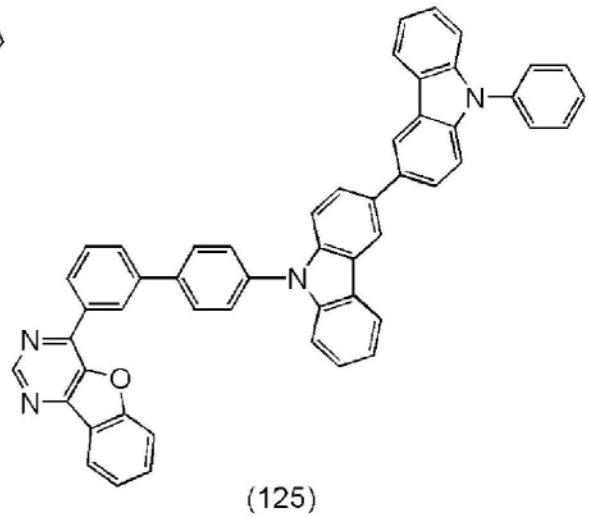
(123)

[0298] [化学式19]

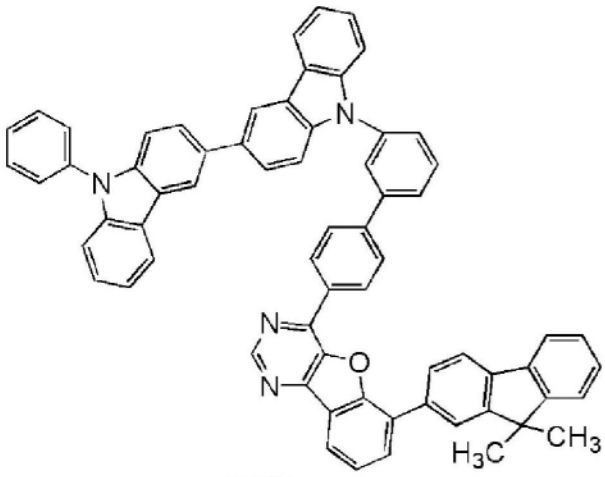
[0299]



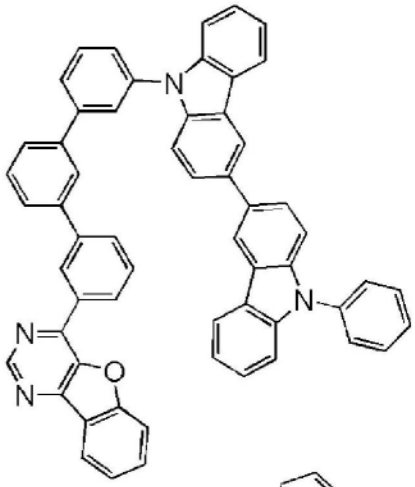
(124)



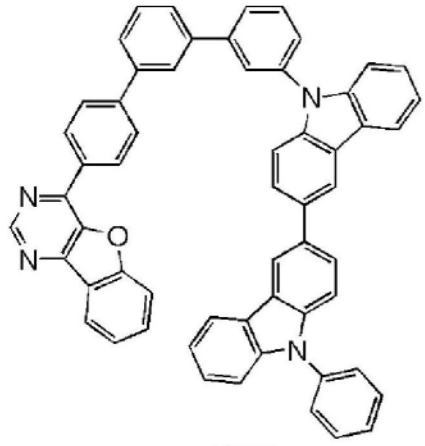
(125)



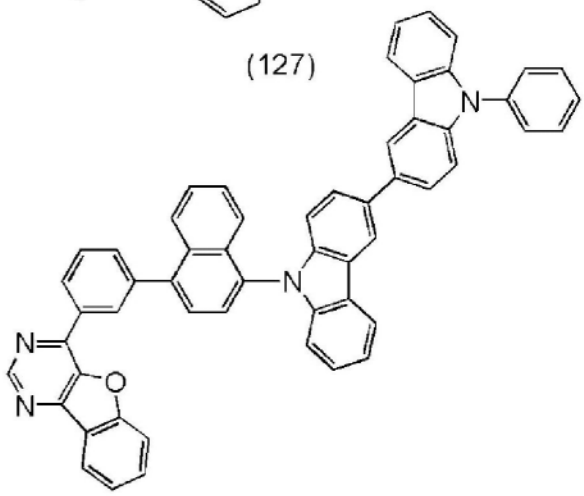
(126)



(127)



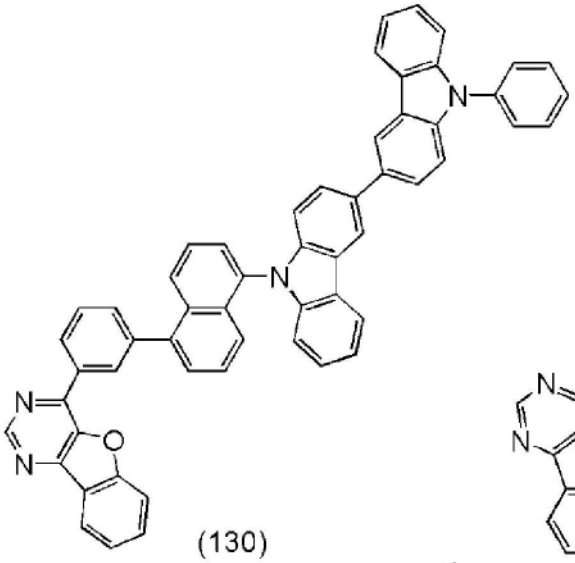
(128)



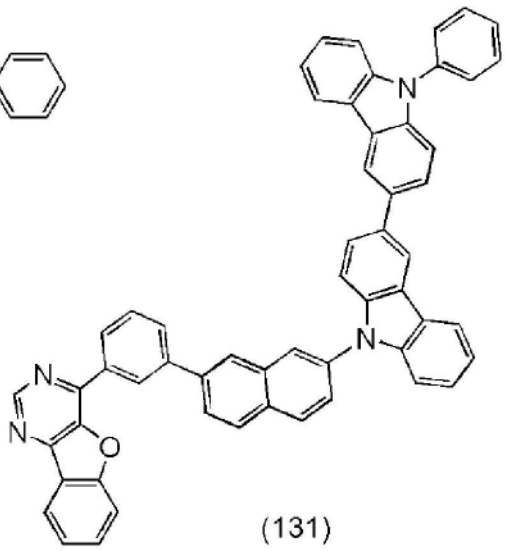
(129)

[0300] [化学式20]

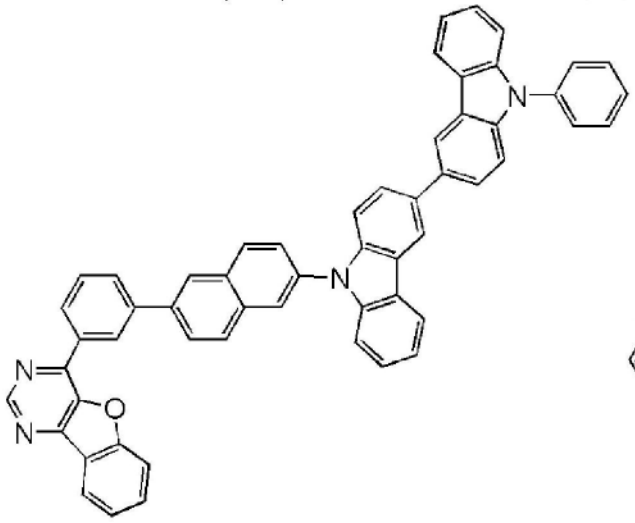
[0301]



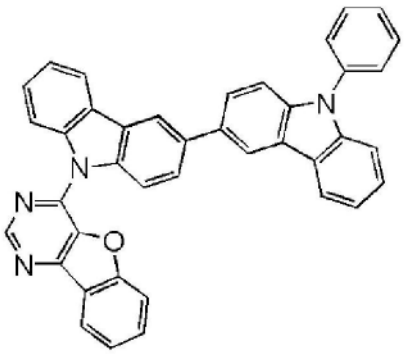
(130)



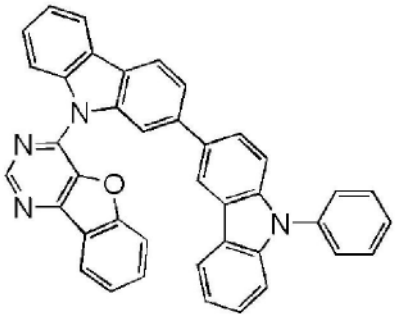
(131)



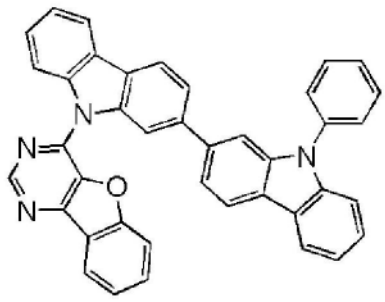
(132)



(133)

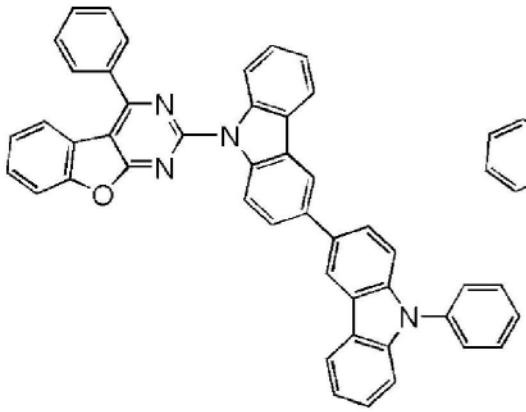


(134)

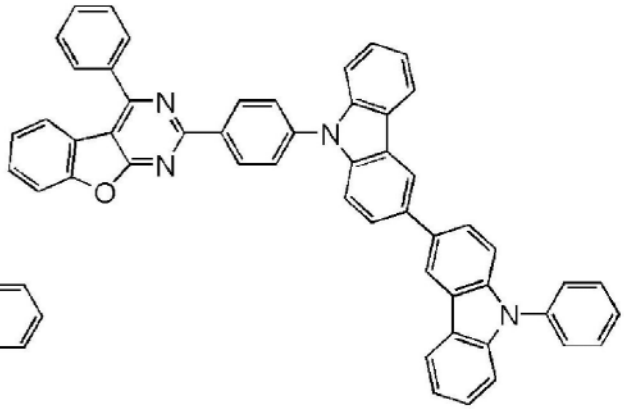


(135)

[0302] [化学式21]

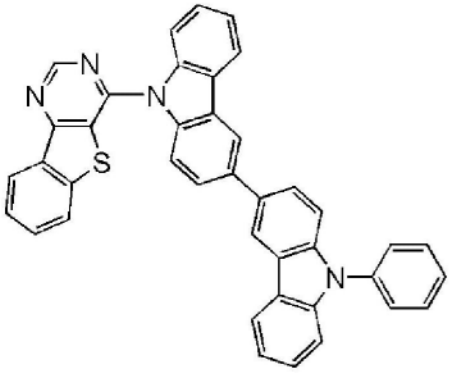


(136)

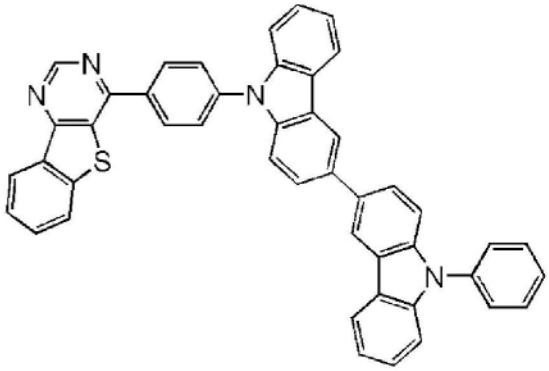


(137)

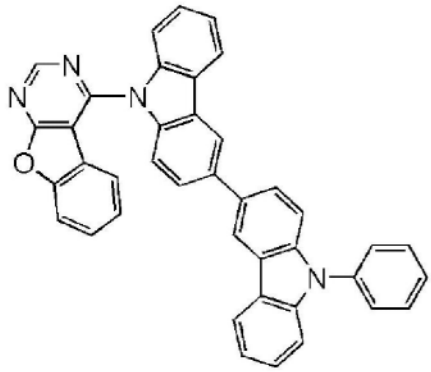
[0303]



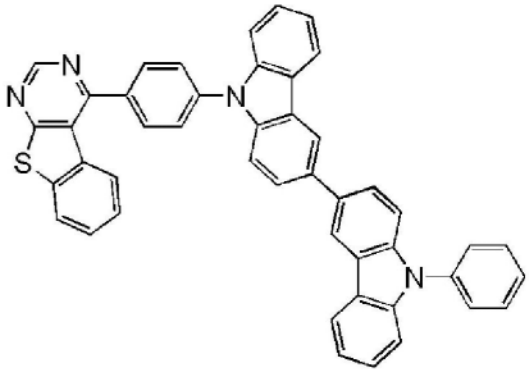
(138)



(139)

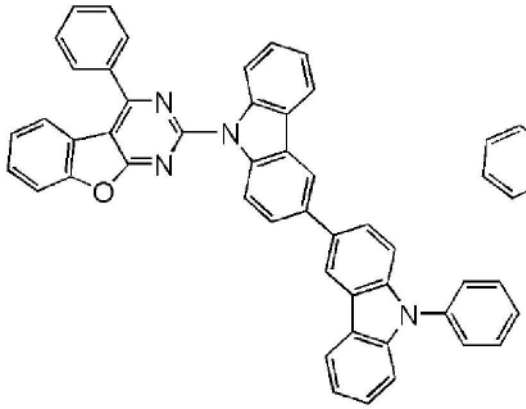


(140)

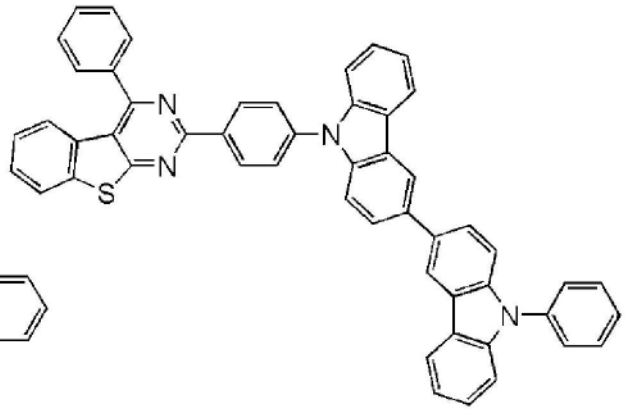


(141)

[0304] [化学式22]

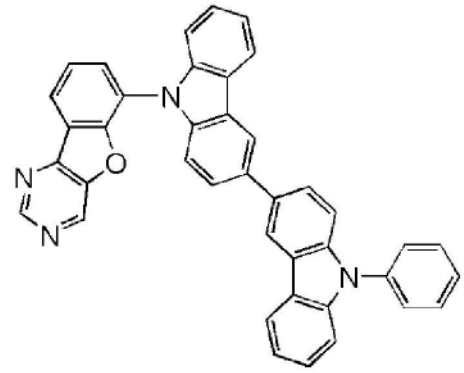


(142)

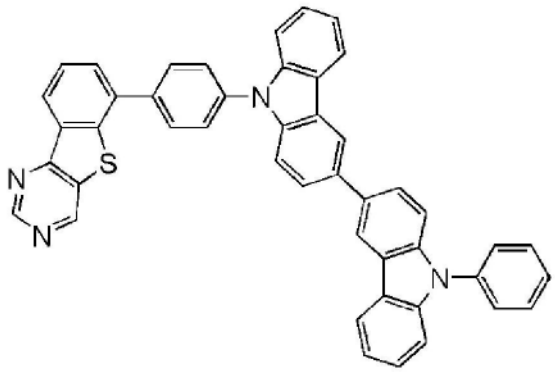


(143)

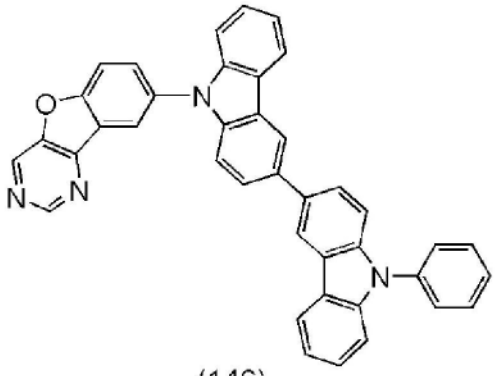
[0305]



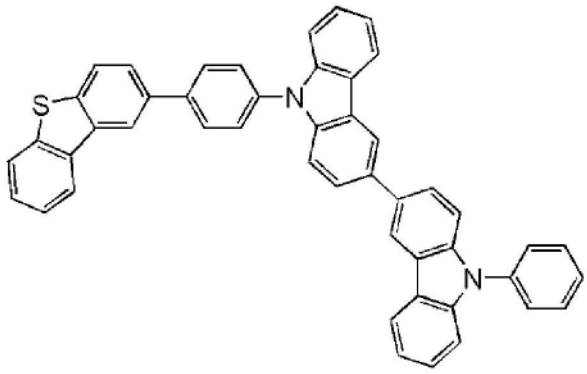
(144)



(145)



(146)



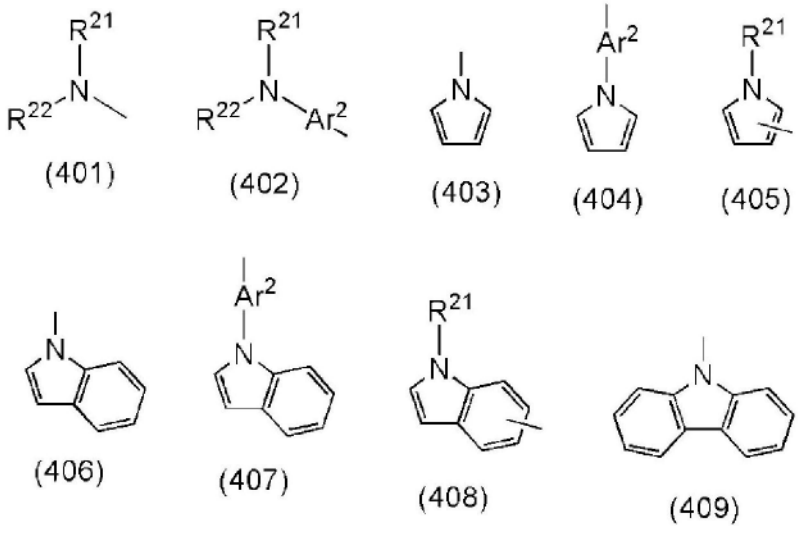
(147)

[0306] 此外，虽然在主体材料132中单重激发能级与三重激发能级的能量差优选小，但是并不需要使反系间窜越效率高，使发光量子产率高，或具有呈现热活化延迟荧光的功能。此时，优选的是，在主体材料132中，具有富π电子型芳杂环的骨架和芳香胺骨架中的至少一个与具有缺π电子型芳杂环的骨架通过具有间-亚苯基和邻-亚苯基中的至少一个的结构键合。或者，上述骨架优选通过联苯二基彼此键合。或者，优选通过具有间-亚苯基和邻-亚苯基中的至少一个的亚芳基键合，更优选的是，该亚芳基是联苯二基。具有上述结构的主体材料132可以具有高T1能级。此外，在此情况下，具有缺π电子型芳杂环的骨架优选具有二嗪骨架(嘧啶骨架、吡嗪骨架、哒嗪骨架)或三嗪骨架。具有富π电子型芳杂环的骨架优选具有吖

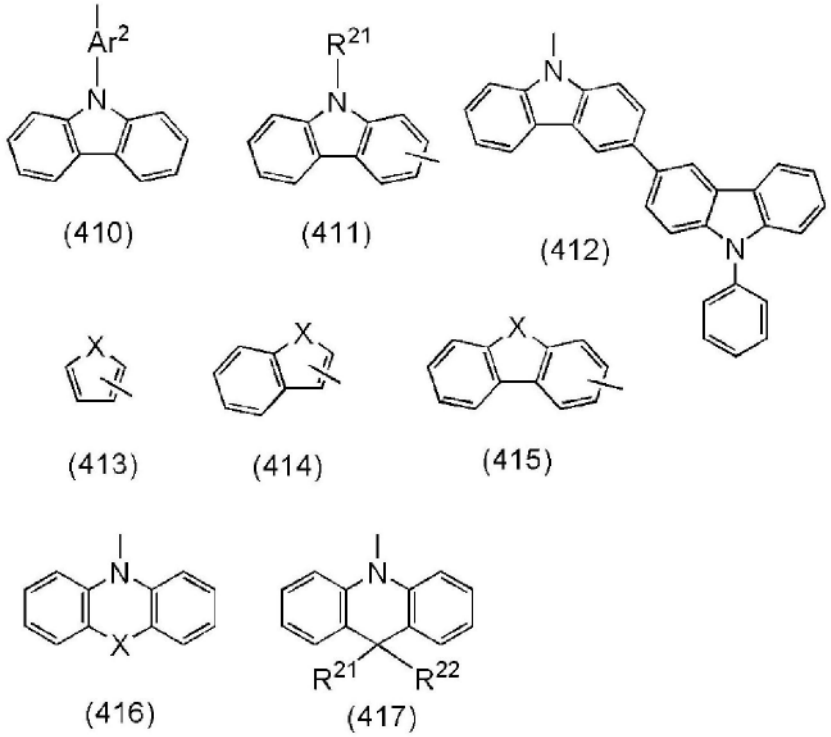
啶骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架、呋喃骨架、噻吩骨架及吡咯骨架中的一个或多个。作为呋喃骨架，优选使用二苯并呋喃骨架。作为噻吩骨架，优选使用二苯并噻吩骨架。作为吡咯骨架，特别优选使用吲哚骨架、咔唑骨架及3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑骨架。作为芳香胺骨架，优选为不具有NH键合的叔胺，特别优选为三芳胺骨架。作为三芳胺骨架的芳基，优选为形成环的碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基，例如可以举出苯基、萘基、芴基。

[0307] 作为上述芳香胺骨架及具有富π电子型芳杂环的骨架的例子，有以下述通式(401)至(417)表示的骨架。注意，通式(413)至(416)中的X表示氧原子或硫原子。

[0308] [化学式23]

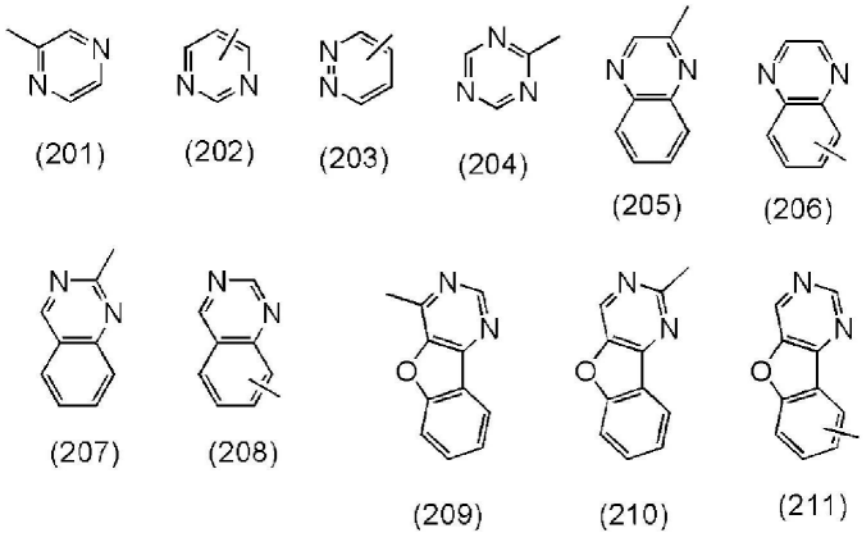


[0309]

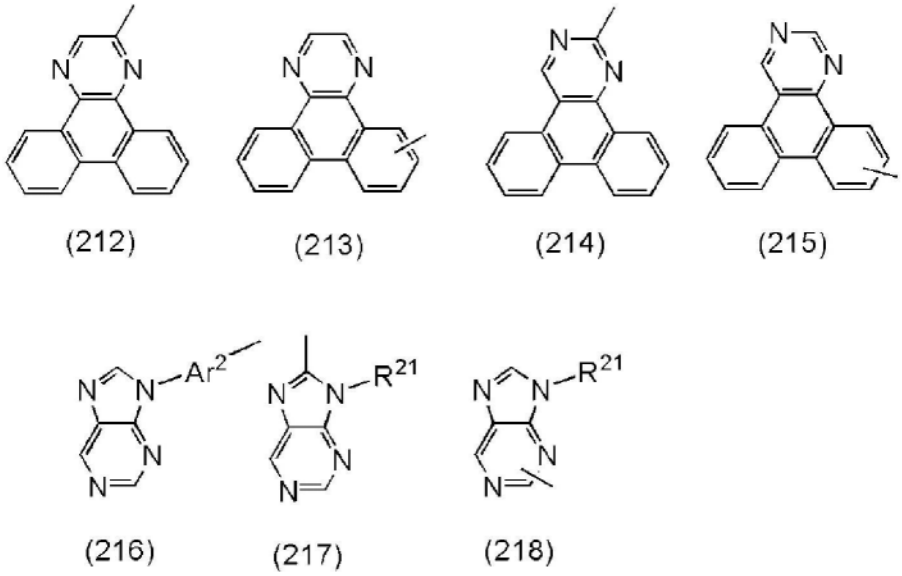


[0310] 作为上述具有缺π电子型芳杂环的骨架的例子，有以下述通式(201)至(218)表示的骨架。

[0311] [化学式24]

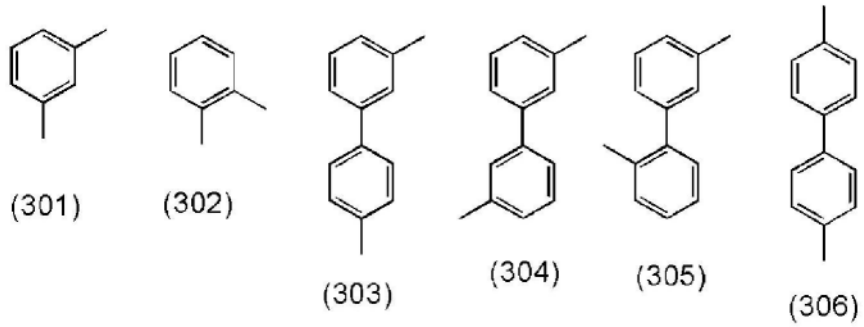


[0312]

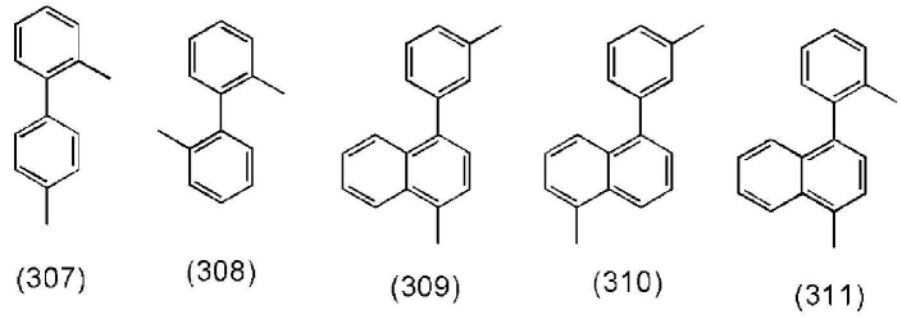


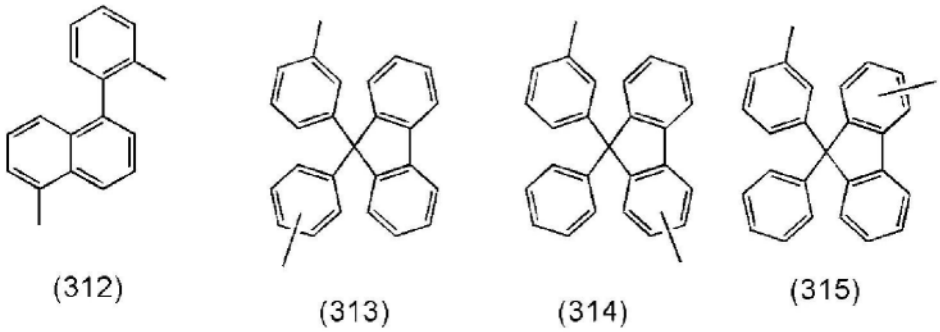
[0313] 在具有空穴传输性的骨架(例如,具有富π电子型芳杂环的骨架和芳香胺骨架中的至少一个)与具有电子传输性的骨架(例如,具有缺π电子型芳杂环的骨架)通过具有间-亚苯基和邻-亚苯基中的至少一个的键合基键合的情况下,在它们通过作为键合基的联苯二基键合的情况下,或者在它们通过包括具有间-亚苯基和邻-亚苯基中的至少一个的亚芳基的键合基键合的情况下,作为该键合基的例子,有以通式(301)至(315)表示的骨架。作为上述亚芳基的例子,可以举出亚苯基、联苯二基、萘二基、芴二基、菲二基。

[0314] [化学式25]



[0315]





[0316] 上述芳香胺骨架(例如,三芳胺骨架)、富π电子型芳杂环骨架(例如,具有吖啶骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架、呋喃骨架、噻吩骨架或吡咯骨架的环)、缺π电子型芳杂环骨架(例如,具有二嗪骨架或三嗪骨架的环)、上述通式(401)至(417)、通式(201)至(218)或者通式(301)至(315)可以具有取代基。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6的环烷基或者碳原子数为6至12的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子,可以举出环丙基、环丁基、环戊基、环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基等。上述取代基可以彼此键合而形成环。例如,在芴骨架的9位的碳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芴骨架。另外,未取代的基在易合成性及原料价格的方面有利。

[0317] 另外,Ar^2表示碳原子数为6至13的亚芳基。该亚芳基可以具有一个或多个取代基,该取代基可以彼此键合而形成环。例如,芴基的9位的碳原子具有两个苯基作为取代基,该苯基相互键合而形成螺芴骨架。作为碳原子数为6至13的亚芳基的具体例子,可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及芴二基等。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6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳

原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基、环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基等。

[0318] 作为由Ar^2表示的亚芳基，例如可以使用以结构式(Ar-1)至(Ar-18)表示的基。另外，可以用作Ar^2的基不局限于此。

[0319] 另外，R^{21}及R^{22}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基、环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基、芴基等。上述芳基及苯基可以具有取代基，该取代基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6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基、环己基等。另外，作为碳原子数为6至12的芳基，可以举出苯基、萘基、联苯基等。

[0320] 例如，作为由R^{21}及R^{22}表示的烷基或芳基可以使用由结构式(R-1)至(R-29)表示的基。另外，可用作烷基或芳基的基不局限于此。

[0321] 作为可包含在通式(401)至(417)、通式(201)至(218)、通式(301)至(315)、Ar^2、R^{21}及R^{22}中的取代基，例如可以使用由结构式(R-1)至(R-24)表示的烷基或芳基。另外，可用作烷基或芳基的基不局限于此。

[0322] 优选以主体材料132的发光峰值与客体材料131(磷光材料)的三重MLCT(从金属到配体的电荷转移:metal to ligand charge transfer)跃迁的吸收带(具体而言，最长波长一侧的吸收带)重叠的方式选择主体材料132及客体材料131(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。

[0323] 《客体材料131》

[0324] 作为客体材料131(磷光材料)，可以使用铱类、铑类、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。

[0325] 优选以客体材料131(磷光材料)的LUMO能级高于主体材料132的LUMO能级且客体材料131(磷光材料)的HOMO能级低于主体材料132的HOMO能级的方式选择主体材料132及客体材料131(磷光材料)。通过采用该结构，可以实现发光效率高且以低电压驱动的发光元件。

[0326] 作为在绿色或黄色波长区域中具有发光峰值的物质的例子，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-降莰基)-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(mpmppm)$_2$(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-苯基苯并噻唑-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)铕(III)(简称:Tb(acac)$_3$(Phen))等稀土金属配合物。在上述材料中,具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0327] 作为在黄色或红色波长区域中具有发光峰值的物质的例子,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(d1npm)$_2$(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。在上述材料中,具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率,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。

[0328] 作为在蓝色或绿色波长区域中具有发光峰值的物质的例子,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-κN2]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]菲啶根(phenanthridinato)]铱(III)(简称:Ir(dmpimpt-Me)$_3$)等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,$C^{2'}$]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称:FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,$C^{2'}$]铱(III)吡啶甲酸盐(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,$C^{2'}$}铱(III)吡啶甲酸盐(简称:Ir(CF_3ppy)$_2$(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。在上述物质中,具有4H-三唑骨架、1H-三唑骨架及咪唑骨架等含氮五元杂环骨架的有机金属铱配合物具有高三重激发能量、高可靠性及高发光效率,所以是特别优选的。

[0329] 在具有含氮五元杂环骨架的有机金属铱配合物中,至少具有包含氰基的取代基的铱配合物由于氰基的强电子吸引性而其LUMO能级及HOMO能级下降,因此,该铱配合物可以适当地用于本发明的一个方式的发光元件。另外,由于该铱配合物具有高三重激发能级,所以包含该铱配合物的发光元件可以呈现发光效率高的蓝色光。由于该铱配合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以包含该铱配合物的发光元件可以具有长驱动寿命。

[0330] 另外,从元件特性的稳定性及可靠性的观点来看,上述铱配合物优选具有包含氰基的芳基键合于含氮五元杂环骨架上的配体,并且,该芳基的碳原子数优选为6至13。在此情况下,该铱配合物可以在较低的温度下进行真空蒸镀,所以不容易引起蒸镀时的热分解等劣化。

[0331] 具有含氮五元杂环骨架所包含的氮原子通过亚芳基键合于氰基的配体的铱配合物可以保持高三重激发能级,由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件。包含该铱配合物的发光元件可以与不包含氰基的发光元件相比呈现蓝色发光等能量高的高发光效率发光。再者,通过将氰基键合于如上所述的特定位置,可以得到呈现蓝色发光等能量高的发光的高可靠性发光元件。另外,上述含氮五元杂环骨架与氰基优选通过亚苯基等亚芳基键合。

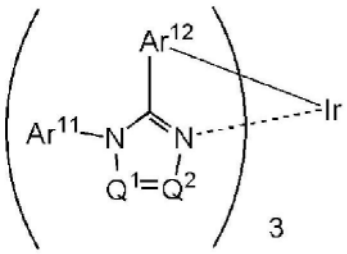
[0332] 在该亚芳基的碳原子数为6至13时,该铱配合物成为具有较低的分子量的化合物,由此适合于真空蒸镀(可以在较低的温度下进行真空蒸镀)。一般而言,在很多情况下低分子量化合物在成膜后的耐热性很低,但是由于该铱配合物具有多个配体,因此具有即便配体的分子量低也能够确保充分的耐热性的优点。

[0333] 也就是说,该铱配合物不仅具有易蒸镀性、电化学稳定性,还具有三重激发能级高的特性。由此,在本发明的一个方式的发光元件中,作为发光层的客体材料优选使用该铱配合物,尤其是,优选将该铱配合物用于蓝色发光元件的客体材料。

[0334] 《铱配合物的例子》

[0335] 上述铱配合物以通式(G11)表示。

[0336] [化学式26]

[0337] 

(G11)

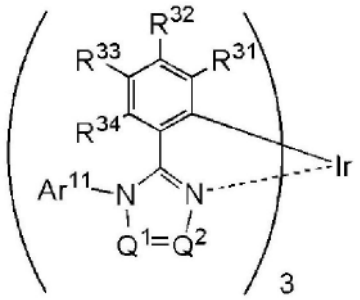
[0338] 在上述通式(G11)中，Ar^{11}及Ar^{12}分别独立地表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。在该芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0339] Q^1及Q^2分别独立地表示N或C-R，R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q^1和Q^2中的至少一个具有C-R。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子，可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子，可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0340] Ar^{11}及Ar^{12}所表示的芳基和R所表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0341] 可适用于本发明的一个方式的发光元件中的铱配合物优选为邻位金属配合物。上述铱配合物以通式(G12)表示。

[0342] [化学式27]

[0343] 

(G12)

[0344] 在上述通式(G12)中，Ar^{11}表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。在该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基，的具体例子可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0345] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、

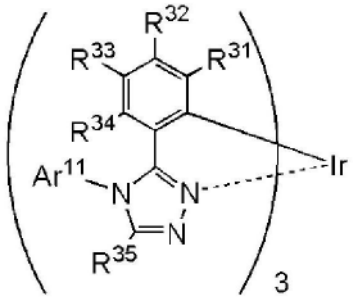
碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时，在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0346] Q^1及Q^2分别独立地表示N或C-R，R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q^1和Q^2中的至少一个具有C-R。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子，可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子，可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0347] R^{31}至R^{34}以及Ar^{11}及R^{31}至R^{34}及R所表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0348] 可以适用于本发明的一个方式的发光元件的铱配合物作为配体具有4H-三唑骨架，可以具有高三重激发能级，由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件，所以是优选的。上述铱配合物以通式(G13)表示。

[0349] [化学式28]

[0350] 

(G13)

[0351] 在上述通式(G13)中，Ar^{11}表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。在该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0352] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基

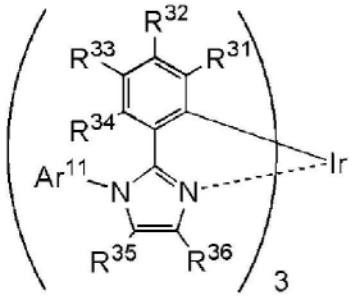
的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时，在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0353] R^{35}表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子，可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子，可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0354] R^{31}至R^{34}和Ar^{11}及R^{31}至R^{35}所表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0355] 可以适用于本发明的一个方式的发光元件的铱配合物作为配体具有咪唑骨架，可以具有高三重激发能级，由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件，所以是优选的。上述铱配合物以通式(G14)表示。

[0356] [化学式29]

[0357] 

(G14)

[0358] 在上述通式(G14)中，Ar^{11}表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。在该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0359] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数

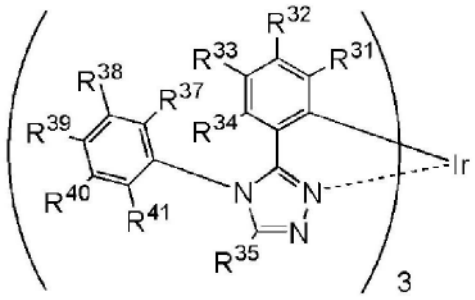
为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时，在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0360] R^{35}及R^{36}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子，可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子，可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0361] R^{31}至R^{34}以及Ar^{11}及R^{31}至R^{36}所表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0362] 可以适用于本发明的一个方式的发光元件的铱配合物包括含氮五元杂环骨架，并且键合于该含氮五元杂环骨架的氮的芳基优选为取代或未取代的苯基。此时，该铱配合物可以在较低的温度下进行真空蒸镀并具有高三重激发能级，由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件。上述铱配合物以通式(G15)或(G16)表示。

[0363] [化学式30]

[0364] 

(G15)

[0365] 在上述通式(G15)中，R^{37}及R^{41}表示碳原子数为1至6的烷基，R^{37}及R^{41}具有彼此相同的结构。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。

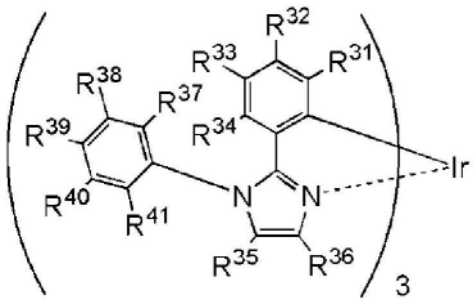
[0366] R^{38}至R^{40}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。R^{38}至R^{40}中的至少一个具有氰基。

[0367] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体

例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时，在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0368] R^{35}表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子，可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子，可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0369] [化学式31]

[0370] 

(G16)

[0371] 在上述通式(G16)中，R^{37}及R^{41}表示碳原子数为1至6的烷基，R^{37}及R^{41}具有彼此相同的结构。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。

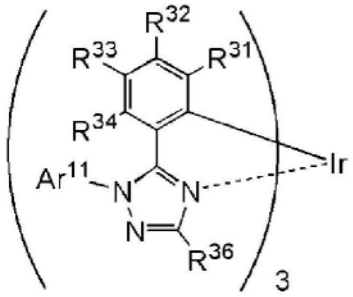
[0372] R^{38}至R^{40}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。R^{38}至R^{40}中的至少一个具有氰基。

[0373] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时，在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0374] R^{35}及R^{36}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子，可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子，可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0375] 可以适用于本发明的一个方式的发光元件的铱配合物作为配体具有1H-三唑骨架，可以具有高三重激发能级，由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件，所以是优选的。上述铱配合物以通式(G17)和(G18)表示。

[0376] [化学式32]

[0377] 

(G17)

[0378] 在上述通式(G17)中，Ar^{11}表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。在该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

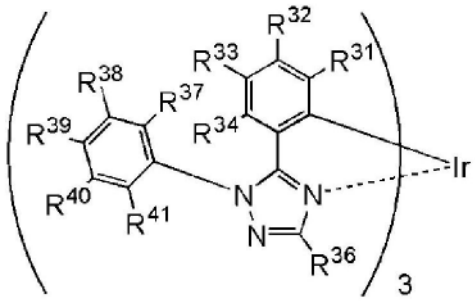
[0379] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时，在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0380] R^{36}表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出

甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子,可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子,可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子,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6的环烷基的具体例子,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的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0381] R^{31}至R^{34}和以Ar^{11}、R^{31}至R^{34}及R^{36}表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0382] [化学式33]

[0383] 

(G18)

[0384] 在上述通式(G18)中,R^{37}及R^{41}表示碳原子数为1至6的烷基,R^{37}及R^{41}具有彼此相同的结构。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。

[0385] R^{38}至R^{40}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。R^{38}至R^{40}中的至少一个具有氰基。

[0386] R^{31}至R^{34}分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基的具体例子,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的芳基的具体例子,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。当R^{31}至R^{34}都是氢时,在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0387] R^{36}表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基的具体例子,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。碳原子数为1至6的卤代烷基是由第17族元素(氟、氯、溴、碘、砹)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基的例子,可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。作为其具体例子,可以举出

氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基的卤素的数量及种类可以为一个或两个以上。作为碳原子数为6至13的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。该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6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的烷基的具体例子，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6的环烷基的具体例子，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的芳基的具体例子，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。

[0388] 作为以通式(G12)至(G18)的R^{31}至R^{34}表示的烷基及芳基，例如可以使用以结构式(R-1)至(R-29)表示的基。注意，可以用作烷基及芳基的基不局限于此。

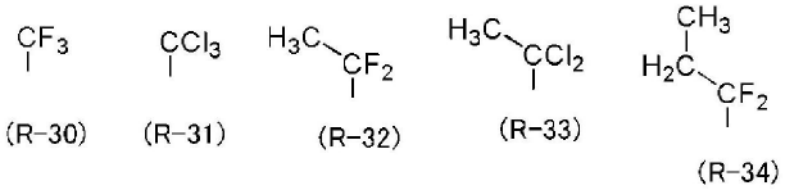
[0389] 例如，作为在通式(G11)至(G14)及(G17)中以Ar^{11}表示的芳基以及在通式(G11)中以Ar^{12}表示的芳基，可以使用以结构式(R-12)至(R-29)表示的基。注意，可以用作Ar^{11}及Ar^{12}的基不局限于此。

[0390] 例如，作为以通式(G15)、(G16)及(G18)的R^{37}和R^{41}表示的烷基，可以使用以结构式(R-1)至(R-10)表示的基。注意，可以用作烷基的基不局限于此。

[0391] 作为以通式(G15)、(G16)及(G18)的R^{38}至R^{40}表示的烷基或者取代或未取代的苯基，例如可以使用以上述结构式(R-1)至(R-22)表示的基。注意，可以用作烷基或苯基的基不局限于此。

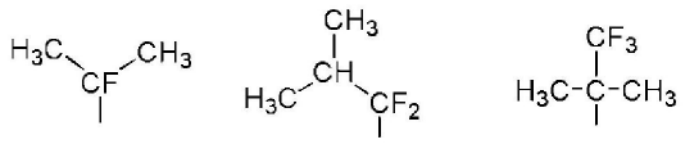
[0392] 例如，作为以通式(G13)至(G16)的R^{35}以及以通式(G14)、(G16)至(G18)的R^{36}表示的烷基、芳基或卤代烷基，可以使用以结构式(R-1)至(R-29)以及以结构式(R-30)至(R-37)表示的基。注意，可以用作烷基、芳基或卤代烷基的基不局限于此。

[0393] [化学式34]



(R-30) (R-31) (R-32) (R-33) (R-34)

[0394]

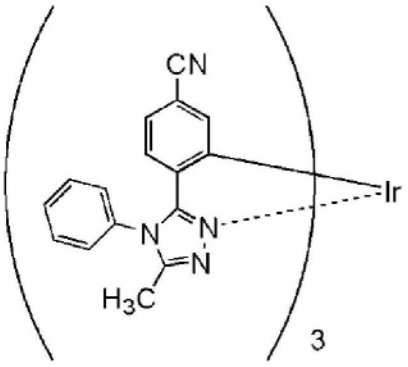


(R-35) (R-36) (R-37)

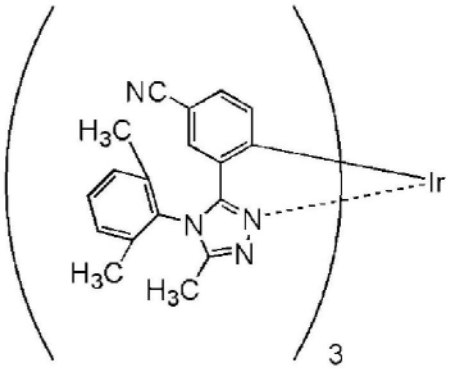
[0395] 《铱配合物的具体例子》

[0396] 作为以上述通式(G11)至(G18)表示的铱配合物的具体结构例子，可以举出以下述结构式(500)至(534)表示的化合物。注意，以通式(G11)至(G18)表示的铱配合物不局限于下述例子。

[0397] [化学式35]

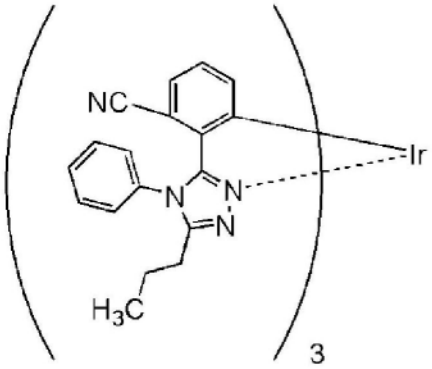


(500)

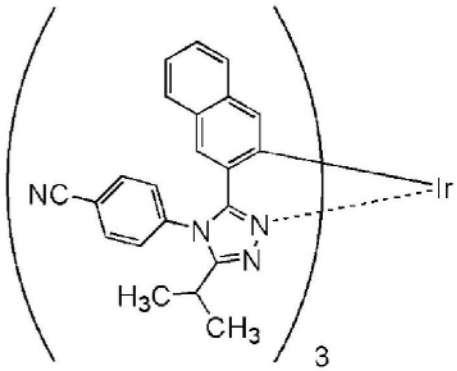


(501)

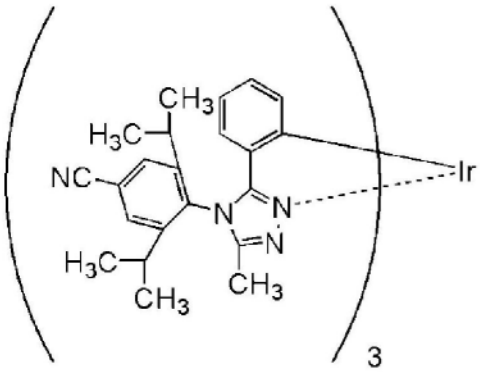
[0398]



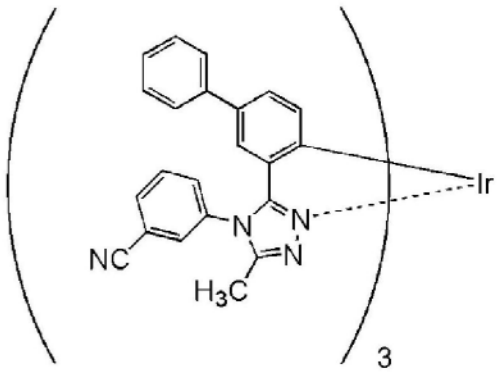
(502)



(503)

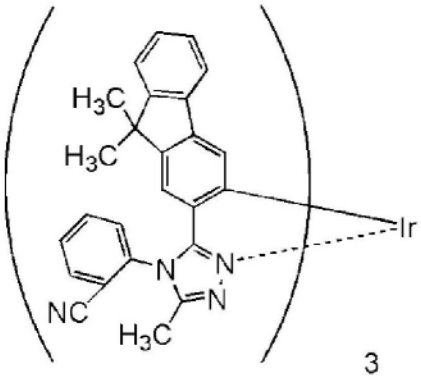


(504)

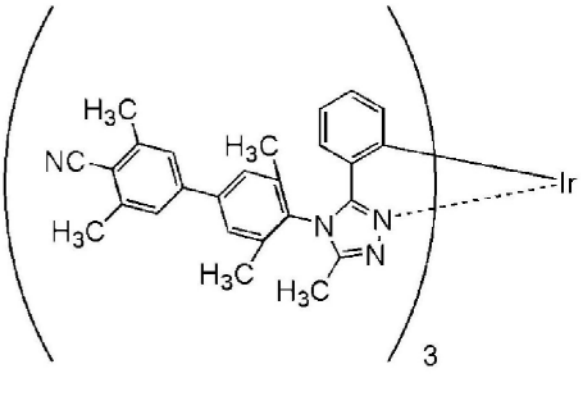


(505)

[0399] [化学式36]

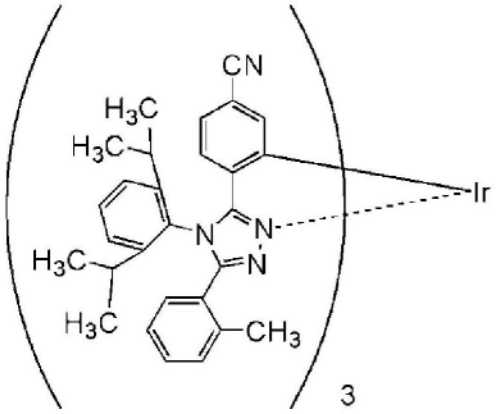


(506)

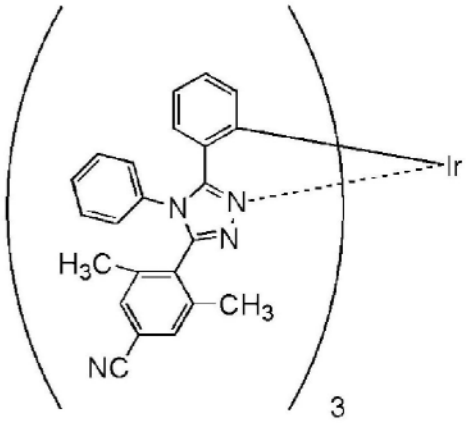


(507)

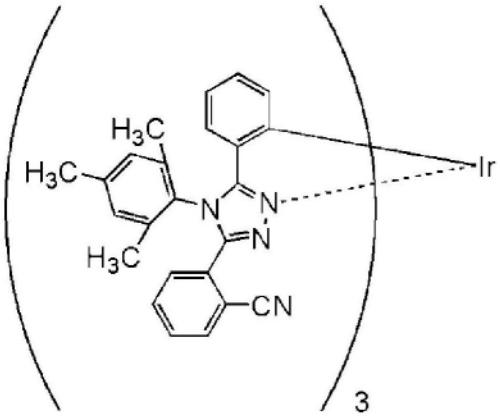
[0400]



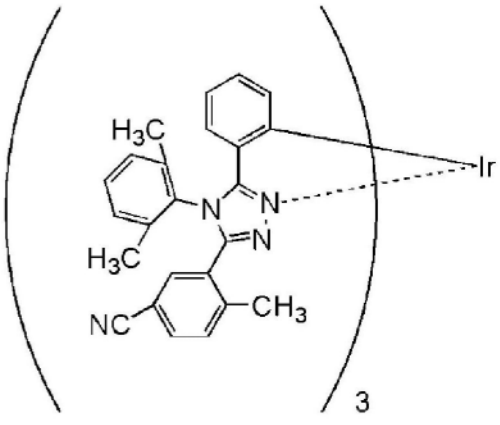
(508)



(509)

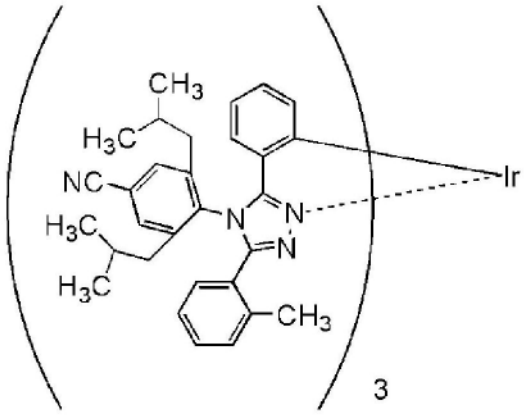


(510)

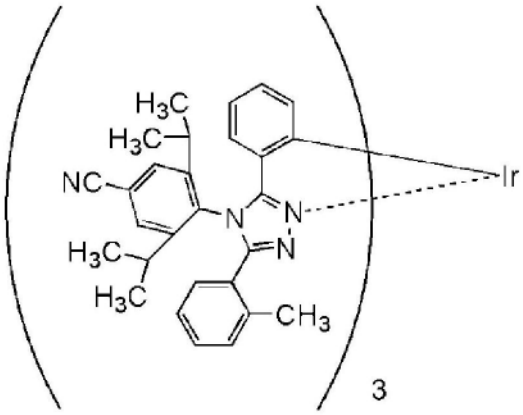


(511)

[0401] [化学式37]

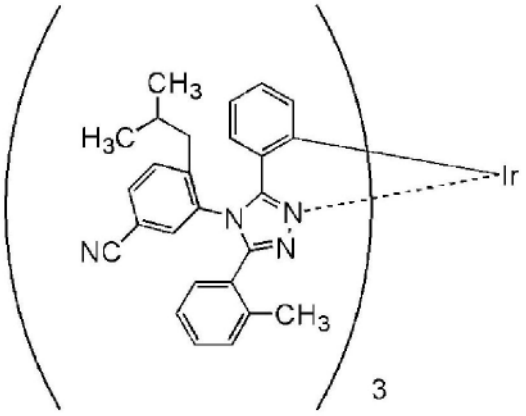


(512)

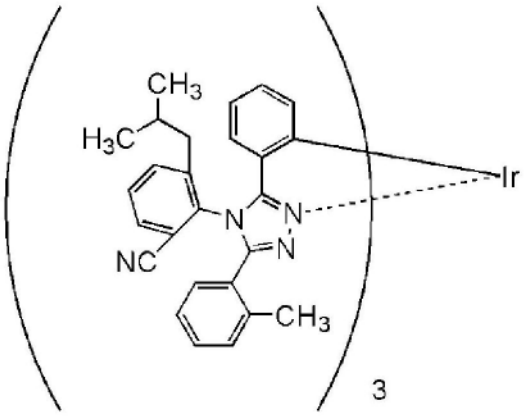


(513)

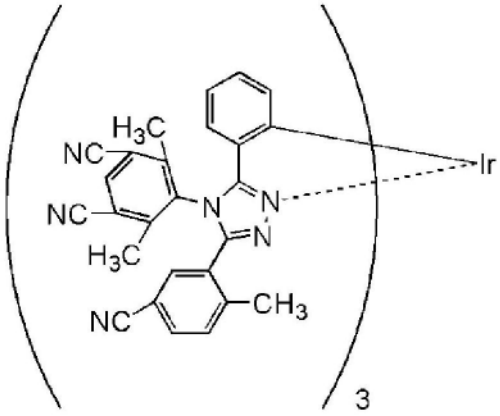
[0402]



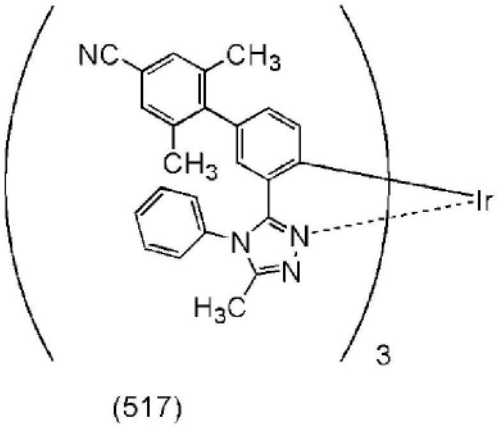
(514)



(515)

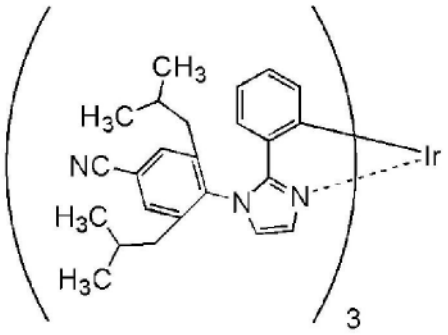


(516)

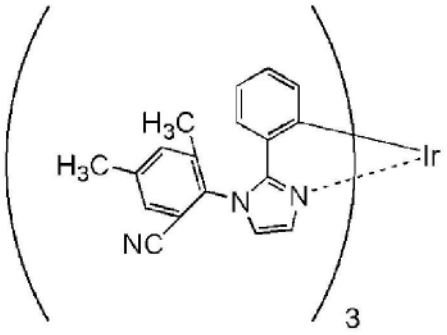


(517)

[0403] [化学式38]

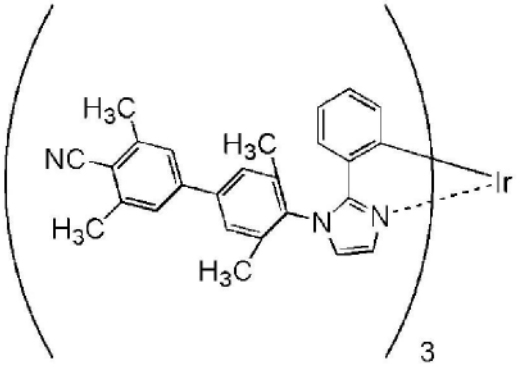


(518)

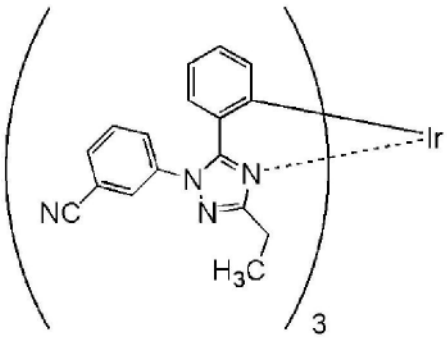


(519)

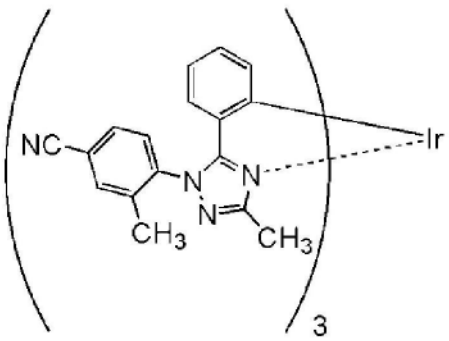
[0404]



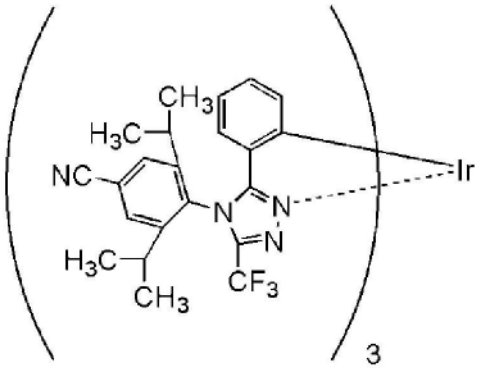
(520)



(521)

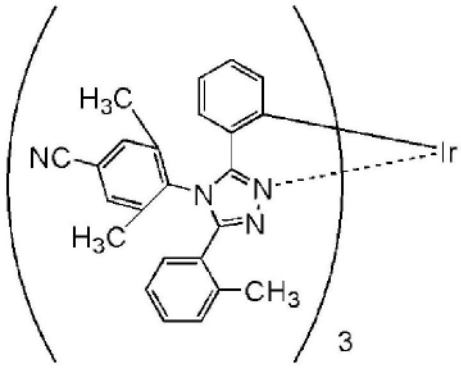


(522)

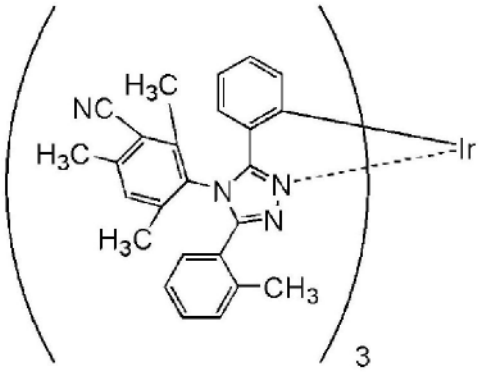


(523)

[0405] [化学式39]

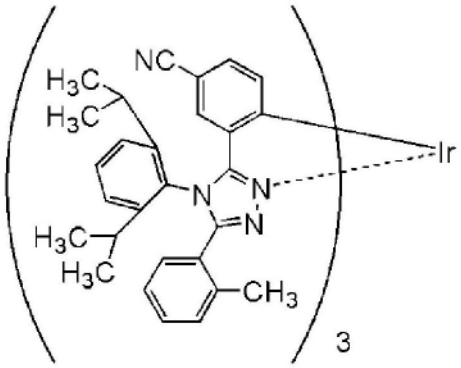


(524)

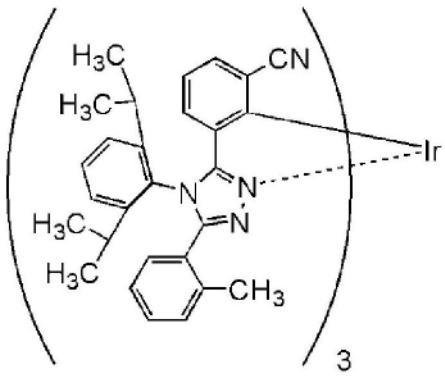


(525)

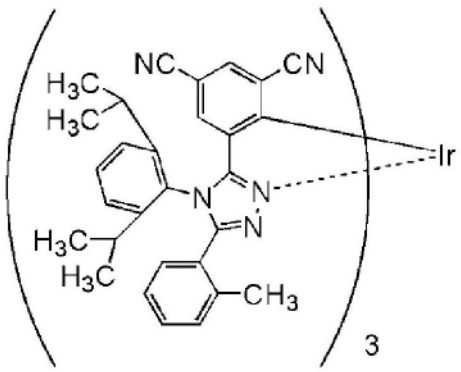
[0406]



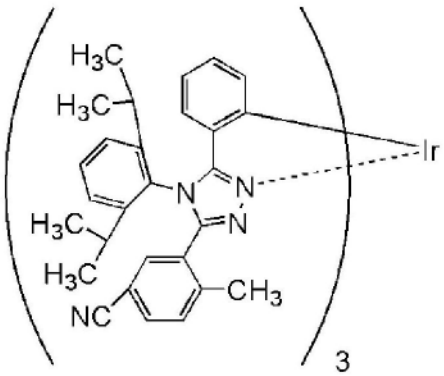
(526)



(527)

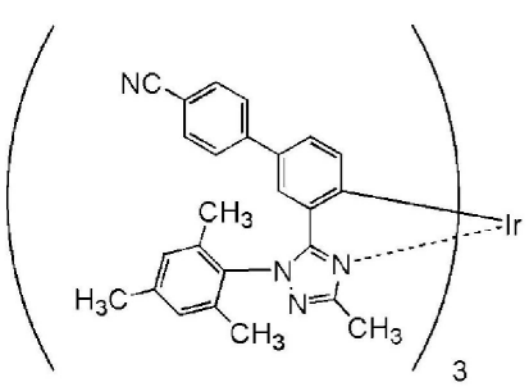


(528)

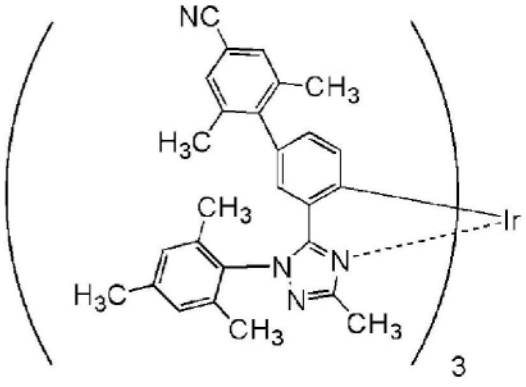


(529)

[0407] [化学式40]

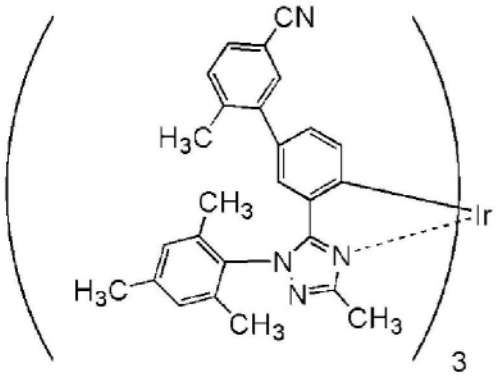


(530)

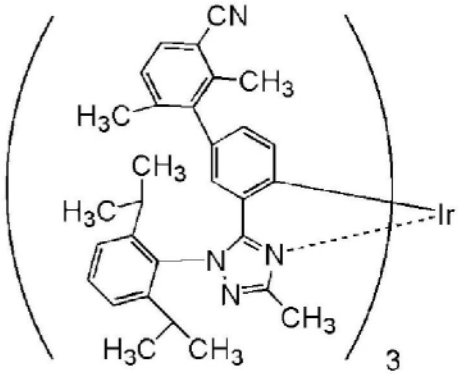


(531)

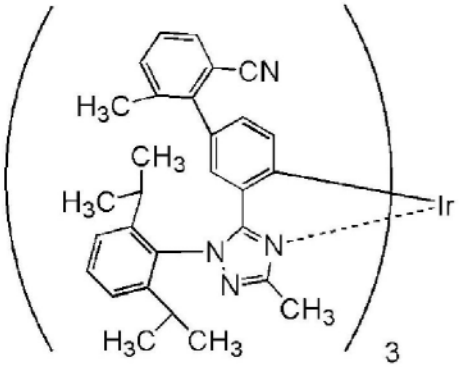
[0408]



(532)



(533)



(534)

[0409] 如上所述，以上所示的铱配合物具有较低的HOMO能级及LUMO能级，所以适合于本发明的一个方式的发光元件的客体材料。此时，发光元件可以具有高发光效率。另外，以上所示的铱配合物具有高三重激发能级，所以尤其适合于蓝色发光元件的客体材料。此时，蓝色发光元件可以具有高发光效率。此外，由于以上所示的铱配合物对氧化及还原的反复具有高耐性，所以包含该铱配合物的发光元件可以具有长驱动寿命。由此，本发明的一个方式的铱配合物是适合用于发光元件的材料。

[0410] 作为发光层130及发光层135所包括的发光材料，只要能够将三重激发能量转换为发光就可以使用任何材料。作为该能够将三重激发能量转换为发光的材料的例子，除了磷光材料之外，可以举出热活化延迟荧光材料。因此，可以将说明书中的“磷光材料”换称为

“热活化延迟荧光材料”。

[0411] 《主体材料133》

[0412] 优选以主体材料133的LUMO能级高于主体材料132的LUMO能级且主体材料133的HOMO能级低于主体材料132的HOMO能级的方式选择主体材料133及主体材料132。通过采用该结构，可以实现发光效率高且低电压驱动的发光元件。此外，作为主体材料133，可以使用作为主体材料132所例示的材料。

[0413] 作为主体材料133，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×$10^{-6}$$cm^2$/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)，例如可以使用含氮杂芳族化合物等包括缺π电子型芳杂环骨架的化合物或者锌类或铝类金属配合物。作为其具体例子，可以举出包含喹啉配体、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、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等的化合物。

[0414] 作为其具体例子，有具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物，诸如三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:$Almq_3$)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:$BeBq_2$)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BAlq)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)等。或者，还可以使用如双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有噁唑基类或噻唑类配体的金属配合物等。除了金属配合物以外，还可以使用:2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:CO11)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、9-[4-(4,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑-3-基)苯基]-9H-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:mDBTBIm-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-(3,9’-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)等具有二嗪骨架的杂环化合物;2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)等具有三嗪骨架的杂环化合物;3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等具有吡啶骨架的杂环化合物;4,4’-双(5-甲基苯并噁唑基-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，具有三嗪骨架、二嗪(嘧啶、吡嗪、哒嗪)骨架或吡啶骨架的杂

环化合物稳定且可靠性良好,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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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,就可以使用其他物质。

[0415] 作为主体材料133,可以使用如下空穴传输性材料。

[0416] 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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率的材料。具体而言,可以使用芳香胺、咔唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。此外,上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0417] 作为空穴传输性高的材料的例子,可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-对苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0418] 作为咔唑衍生物的具体例子,可以举出3-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA2)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-(1-萘基)氨]-9-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。

[0419] 作为咔唑衍生物的其他例子,可以举出4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、1,4-双[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0420] 作为芳烃的例子,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、苝、2,5,8,11-四(叔丁基)苝等。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。更优选使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率且碳原子数为14至42的芳烃。

[0421] 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。

[0422] 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:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等高分子化合物。

[0423] 作为空穴传输性高的材料的例子，可以举出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’-联芴-2-基)-N-苯氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4’-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3’-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N’-苯基-N’-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨]-9H-芴-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯氨基-9H-芴-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’-联芴(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-芴-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-芴-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]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9’-联芴-2-胺(简称:PCBASF)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]螺-9,9’-联芴(简称:PCASF)、2,7-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]螺-9,9’-联芴(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-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)等芳香胺化合物等。另外，也可以使用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-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)、4,4’,4”-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)、4-[3-(三亚苯-2-基)苯基]二苯并噻吩(简称:mDBTPTp-II)等胺化合物、咔唑化合物、噻吩化合物、呋喃化合物、芴化合物、三亚苯化合物、菲化合物等。在上述化合物中，具有吡咯骨架、呋喃骨架、噻吩骨架、芳香胺骨架的化合物稳定且可靠性良好，所以是优选的。具有上述骨架的化合物具有高空穴传输性，也有助于降低驱动电压。

[0424] 发光层130及发光层135也可以由两层以上的层形成。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或发光层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。第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。另外，该材料既可以是具有呈现相同颜色的发光的功能的材料，又可以是具有呈现不同颜

色的发光的功能的材料。通过作为两层的发光层分别使用具有呈现彼此不同颜色的发光的功能的发光材料，可以同时得到多个发光颜色。尤其是，优选选择用于各发光层的发光材料，以便通过组合两层发光层所发射的光而能够得到白色发光。

[0425] 发光层130也可以包含主体材料132及客体材料131以外的材料。发光层135也可以包含主体材料133、主体材料132及客体材料131以外的材料。

[0426] 另外，可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等形成发光层130及发光层135。此外，除了上述材料以外，发光层130及发光层135也可以包含量子点等无机化合物或高分子化合物(例如，低聚物、树枝状聚合物、聚合物)。

[0427] 量子点例如可以为胶状量子点、合金型量子点、核壳(core-shell)型量子点、核型量子点。作为量子点，也可以使用包含第2族与第16族、第13族与第15族、第13族与第17族、第11族与第17族或第14族与第15族的元素群的量子点。或者，可以使用包含镉(Cd)、硒(Se)、锌(Zn)、硫(S)、磷(P)、铟(In)、碲(Te)、铅(Pb)、镓(Ga)、砷(As)、铝(Al)等元素的量子点。

[0428] 《空穴注入层》

[0429] 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、钌氧化物、钨氧化物、锰氧化物等。作为酞菁衍生物，可以举出酞菁或金属酞菁等。作为芳香胺，可以举出联苯胺衍生物或苯二胺衍生物等。另外，也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物，其典型例子是：被自掺杂的聚噻吩的聚(乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)。

[0430] 作为空穴注入层111，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的例子，可以举出醌二甲烷衍生物、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、氧化铼等。尤其是，优选使用氧化钼，因为其在大气中也稳定，吸湿性低，并且容易处理。

[0431] 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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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的空穴传输性材料而举出的芳香胺、咔唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。此外，上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0432] 《空穴传输层》

[0433] 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。为了使空穴传输层112具有将注入到空穴注入层111的空穴传输到发光层的功能，优选空穴传输层112的最高占据分子轨道(highest occupied molecular orbital，HOMO)能级与空穴注入层111的HOMO能级相同或接近。

[0434] 作为空穴传输性材料，优选使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率的物质。但是，只要是空穴传输性高于电子传输性的物质，就可以使用上述物质以外的物质。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包含上述物质的层。

[0435] 《电子传输层》

[0436] 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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等。优选是具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的电子迁移率的物质。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。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。

[0437] 还可以在电子传输层118与发光层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形成的层，通过抑制电子载流子的移动，可以调节载流子的平衡。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。

[0438] 《电子注入层》

[0439] 电子注入层119具有降低来自电极102的电子的注入势垒促进电子注入的功能，例如可以使用第1族金属、第2族金属或这些金属的氧化物、卤化物、碳酸盐等。另外，也可以使用上述电子传输性材料和具有对电子传输性材料供应电子的特性的材料的复合材料。作为具有供电子特性的材料，可以举出第1族金属、第2族金属或这些金属的氧化物等。具体而言，可以使用碱金属、碱土金属或这些金属的化合物，诸如氟化锂(LiF)、氟化钠(NaF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF_2)及锂氧化物(LiO_x)。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。作为该电子盐的例子，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。可以将能够用于电子传输层118的物质用于电子注入层119。

[0440] 另外，也可以混合有有机化合物与电子给体(供体)的复合材料用于电子注入层119。这种复合材料因为通过电子给体在有机化合物中产生电子而具有优异的电子注入性和电子传输性。在此情况下，有机化合物优选是在传输所产生的电子方面性能优异的材料。具体而言，例如，可以使用如上所述的构成电子传输层118的物质(例如，金属配合物、杂芳族化合物)。作为电子给体，可以使用对有机化合物呈现电子供给性的物质。具体而言，优选使用碱金属、碱土金属和稀土金属，可以举出锂、钠、铯、镁、钙、铒、镱。另外，优选使用碱金属氧化物或碱土金属氧化物，可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物。此外，还可以使用氧化镁等路易斯碱。另外，也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0441] 另外，上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层都可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等形成。作为上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层，除了上述材料之外，也可以使用量子点等无机

化合物或高分子化合物(例如,低聚物、树枝状聚合物、聚合物)。

[0442] 《一对电极》

[0443] 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。

[0444] 电极101和电极102中的一个优选使用具有反射光的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料的例子,可以举出包含铝(Al)或包含Al的合金等。作为包含Al的合金的例子,可以举出包含Al及L(L表示钛(Ti)、钕(Nd)、镍(Ni)和镧(La)中的一个或多个)的合金,例如为包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金。铝具有低电阻率和高光反射率。由于铝在地壳中大量地含有且不昂贵,所以使用铝可以降低发光元件的制造成本。此外,也可以使用银(Ag)、Ag和N的合金(N表示钇(Y)、Nd、镁(Mg)、镱(Yb)、Al、Ti、镓(Ga)、锌(Zn)、铟(In)、钨(W)、锰(Mn)、锡(Sn)、铁(Fe)、Ni、铜(Cu)、钯(Pd)、铱(Ir)和金(Au)中的一个或多个)等。作为包含银的合金的例子,可以举出如下合金:包含银、钯及铜的合金;包含银及铜的合金;包含银及镁的合金;包含银及镍的合金;包含银及金的合金;以及包含银及镱的合金等。此外,可以使用钨、铬(Cr)、钼(Mo)、铜或钛等的过渡金属。

[0445] 从发光层发射的光透过电极101和/或电极102被提取。由此,电极101和电极102中的至少一个优选使用具有使光透过的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以使用可见光的透过率为40%以上且100%以下,优选为60%以上且100%以下,且电阻率为$1\times10^{-2}\Omega\cdot cm$以下的导电性材料。

[0446] 电极101及电极102也可以使用具有使光透过的功能及反射光的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以使用可见光的反射率为20%以上且80%以下,优选为40%以上且70%以下,且电阻率为$1\times10^{-2}\Omega\cdot cm$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,可以使用铟锡氧化物(indium tin oxide,以下称为ITO)、包含硅或氧化硅的铟锡氧化物(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。可以使用具有透过光的程度的厚度(优选为1nm以上且30nm以下的厚度)的金属膜。作为金属,可以使用Ag、Ag及Al、Ag及Mg、Ag及Au以及Ag及Yb等的合金等。

[0447] 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,例如有上述以ITO为代表的氧化物导电体、氧化物半导体或包含有机物的有机导电体。作为包含有机物的有机导电体的例子,可以举出包含混合有有机化合物与电子给体(供体材料)的复合材料、包含混合有有机化合物与电子受体(受体材料)的复合材料等。另外,也可以使用石墨烯等无机碳类材料。该材料的电阻率优选为$1\times10^{5}\Omega\cdot cm$以下,更优选为$1\times10^{4}\Omega\cdot cm$以下。

[0448] 另外,可以通过层叠多个上述材料形成电极101和/或电极102。

[0449] 为了提高光提取效率,也可以与具有使光透过的功能的电极接触地形成其折射率比该电极高的材料。作为这种材料,只要具有使可见光透过的功能就可,既可以为导电性材料,又可以为非导电性材料。例如,除了上述氧化物导电体以外,还可以举出氧化物半导体、有机物。作为有机物的例子,可以举出用于发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层或电子注入层的材料。另外,可以使用无机碳类材料或具有使光透过的程度的厚度的薄膜金属。另外,也可以使用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。

[0450] 当电极101或电极102被用作阴极时，该电极优选包含功函数小(3.8eV以下)的材料。例如，可以使用属于元素周期表中的第1族或第2族的元素(例如，锂、钠及铯等碱金属、钙或锶等碱土金属、镁等)、包含上述元素的合金(例如，Ag-Mg或Al-Li)、铕(Eu)或Yb等稀土金属、包含上述稀土金属的合金、包含铝、银的合金等。

[0451] 当电极101或电极102被用作阳极时，优选使用功函数大(4.0eV以上)的材料。

[0452] 电极101及电极102也可以为具有反射光的功能的导电性材料及具有使光透过的功能的导电性材料的叠层。在此情况下，电极101及电极102可以具有调整光学距离的功能以便使来自各发光层的所希望的波长的光谐振而增强该波长的光，所以是优选的。

[0453] 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。

[0454] 《衬底》

[0455] 本发明的一个方式的发光元件可以在玻璃、塑料等的衬底上形成。作为在衬底上层叠的顺序，既可以从电极101一侧依次层叠又可以从电极102一侧依次层叠。

[0456] 作为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，可以使用柔性衬底。柔性衬底是指可以弯曲的衬底，例如由聚碳酸酯、聚芳酯制成的塑料衬底等。另外，可以使用薄膜、无机蒸镀薄膜等。只要在发光元件及光学元件的制造过程中起支撑物的作用，就可以使用其他材料。或者，只要具有保护发光元件及光学元件的功能即可。

[0457] 在本发明等中，例如可以使用各种衬底形成发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子，可以举出半导体衬底(例如，单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状的材料的纸或者基材薄膜等。作为玻璃衬底的例子，有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等的例子，可以举出：以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料衬底。作为其他例子，可以举出丙烯酸树脂等树脂。或者，作为例子，可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯。作为其他例子，可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。

[0458] 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。当将形成在剥离层上的发光元件的一部分或全部从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时，可以将发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。作为上述剥离层，例如可以使用钨膜和氧化硅膜的无机膜的叠层结构或在衬底上形成有聚酰亚胺等树脂膜的结构。

[0459] 也就是说，也可以使用一个衬底来形成发光元件，然后将发光元件转置到另一个衬底上。作为发光元件被转置的衬底的例子，除了上述衬底之外，还可以举出玻璃纸衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(例如，丝、棉、麻)、合成纤维(例如，尼龙、聚氨酯、聚酯)、再生纤维(例如，醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过采用这些衬底，可以形成不易损坏的发光元件、耐热性高的发光元件、实现轻量化的发光元件或实现薄型化的发光元件。

[0460] 另外，也可以在上述衬底上例如形成场效应晶体管(FET)，并且在与FET电连接的电极上制造发光元件150。由此，可以制造由FET控制发光元件150的驱动的有源矩阵型显示装置。

[0461] 在实施方式1中，对本发明的一个方式进行说明。在实施方式2至9中，对本发明的另一个方式进行说明。但是，本发明的一个方式不局限于此。就是说，在实施方式1及实施方式2至9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应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应用于发光元件。虽然在本发明的一个方式中示出了如下例子，该例子包括具有能够将三重激发能量转换为发光的功能的客体材料和至少一个主体材料，客体材料的LUMO能级高于主体材料的LUMO能级，客体材料的HOMO能级低于主体材料的HOMO能级，但是本发明的一个方式不局限于此。在本发明的一个方式中，根据情况或状况，例如客体材料的LUMO能级也可以没有高于主体材料的LUMO能级。另外，客体材料的HOMO能级也可以没有低于主体材料的HOMO能级。在本发明的一个方式中示出主体材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0eV且为0.2eV以下的情况，但是本发明的一个方式不局限于此。在本发明的一个方式中，根据情况或状况，例如主体材料的单重激发能级与三重激发能级的差大于0.2eV。

[0462] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式适当地组合而使用。

[0463] 实施方式2

[0464] 在本实施方式中，参照图5A至图5C对具有与实施方式1所示的结构不同的结构的发光元件进行说明。在图5A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，具有相同功能的部分由相同的附图标记表示，有时省略其详细说明。

[0465] 〈发光元件的结构实例〉

[0466] 图5A是发光元件250的截面示意图。

[0467] 图5A所示的发光元件250在一对电极(电极101与电极102)之间包括多个发光单元(图5A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图1A和图1B或图3A和图3B所示的EL层100同样的结构。也就是说，图1A和图1B所示的发光元件150及图3A和图3B所示的发光元件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。在下述发光元件250中电极101为阳极且电极102为阴极，但是在发光元件250中也可以采用与此相反的结构。

[0468] 在图5A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。另外，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，优选将图1A和图1B或图3A和图3B所示的EL层100用于发光单元108。

[0469] 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120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170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。

[0470] 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。

[0471] 当电荷产生层115包含有机化合物与受体性物质的复合材料时，可以作为该复合材料使用可以用于实施方式1所示的空穴注入层111的复合材料。作为有机化合物，可以使用芳香胺化合物、咔唑化合物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等各种化合物。作为有机化合物，优选使用其空穴迁移率为$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的物质。注意，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物质。因为有机化合物和受体性物质的复合材料具有良好的载流子注入性以及载流子传输性，所以可以实现低电压驱动以及低电流驱动。注意，在如发光单元108那样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。

[0472] 电荷产生层115也可以是组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含其他材料的层的叠层结构。例如，电荷产生层115也可以使用组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含选自供电子性物质中的一个化合物和高电子传输性的化合物的层而形成。另外，也可以使用组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含透明导电膜的层而形成。

[0473] 设置在发光单元106与发光单元108之间的电荷产生层115只要具有在将电压施加到电极101和电极102之间时能够将电子注入到一个发光单元且将空穴注入到另一个发光单元的结构即可。例如，在图5A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。

[0474] 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，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102)也发挥作用。

[0475] 通过使用上述材料形成电荷产生层115，可以抑制在层叠发光层时的驱动电压的增大。

[0476] 在图5A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，可以提供在保持低电流密度的同时还可以进行高亮度发光并且使用寿命更长的发光元件。另外，可以提供功耗低的发光元件。

[0477] 当将实施方式1所示的结构用于多个单元中的至少一个单元时，可以提供一种发光效率高的发光元件。

[0478] 发光单元108的发光层170优选具有与实施方式1所示的发光层130或发光层135相同的结构，此时，发光元件250具有高发光效率。

[0479] 如图5B所示，发光单元106所包括的发光层120包含客体材料121和主体材料122。下面，以荧光材料为客体材料121进行说明。

[0480] 《发光层120的发光机理》

[0481] 下面对发光层120的发光机理进行说明。

[0482] 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122的存在量大于客体材料121，所以因激子的生成而主体材料122成为激发态。

[0483] “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。

[0484] 当所形成的主体材料122的激发态是单重激发态时,单重激发能量从主体材料122的S1能级转移到客体材料121的S1能级,由此形成客体材料121的单重激发态。

[0485] 由于客体材料121是荧光材料,所以当在客体材料121中形成单重激发态时,客体材料121会迅速地发光。此时,为了得到高发光效率,客体材料121的荧光量子产率优选为高。这在客体材料121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。

[0486] 接着,对因载流子的复合而形成主体材料122的三重激发态的情况进行说明。图5C示出此时的主体材料122与客体材料121的能级关系。图5C中的记载及符号表示的是如下。注意,由于主体材料122的T1能级优选低于客体材料121的T1能级,所以图5C示出该优选情况。但是,主体材料122的T1能级也可以高于客体材料121的T1能级。

[0487] Guest(121):客体材料121(荧光材料);

[0488] Host(122):主体材料122;

[0489] S_{FG}:客体材料121(荧光材料)的S1能级;

[0490] T_{FG}:客体材料121(荧光材料)的T1能级;

[0491] S_{FH}:主体材料122的S1能级;以及

[0492] T_{FH}:主体材料122的T1能级。

[0493] 如图5C所示,发生三重态-三重态湮灭(TTA:triplet-triplet annihilation),即,因载流子的复合而生成的三重态激子彼此起相互作用,进行激发能量的供应以及自旋角动量的交换,其结果是,发生其变换为具有主体材料122的S1能级(S_{FH})的能量的单重态激子的反应(参照图5C的TTA)。主体材料122的单重激发能量从S_{FH}转移到能量比S_{FH}低的客体材料121的S1能级(S_{FG})(参照图5C的路径E_3),形成客体材料121的单重激发态,由此客体材料121发光。

[0494] 另外,当发光层120中的三重态激子的密度充分高(例如为$1\times10^{-12}cm^{-3}$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。

[0495] 当通过载流子复合形成客体材料121的三重激发态时,客体材料121的三重激发态热失活,难以将其用于发光。然而,当主体材料122的T1能级(T_{FH})低于客体材料121的T1能级(T_{FG})时,客体材料121的三重激发能量能够从客体材料121的T1能级(T_{FG})转移到主体材料122的T1能级(T_{FH})(参照图5C的路径E_4),然后被用于TTA。

[0496] 换言之,主体材料122优选具有利用TTA将三重激发能量转换为单重激发能量的功能。由此,通过利用主体材料122中的TTA将在发光层120中生成的三重激发能量的一部分转换为单重激发能量。该单重激发能量转移到客体材料121,并作为荧光发光被提取。为此,主体材料122的S1能级(S_{FH})优选高于客体材料121的S1能级(S_{FG})。另外,主体材料122的T1能级(T_{FH})优选低于客体材料121的T1能级(T_{FG})。

[0497] 尤其是,在客体材料121的T1能级(T_{FG})低于主体材料122的T1能级(T_{FH})的情况下,优选相对于主体材料122的客体材料121的重量比较低。具体而言,相对于主体材料122的客体材料121的重量比优选大于0且为0.05以下,此时,可以降低载流子在客体材料121中复合的概率。并且,可以降低从主体材料122的T1能级(T_{FH})到客体材料121的T1能级(T_{FG})的能量转移所发生的概率。

[0498] 另外，主体材料122可以由一种化合物构成，也可以由多种化合物构成。

[0499] 另外，在上述各结构中，用于发光单元106及发光单元108的客体材料的发光颜色既可以相同又可以不同。当发光单元106和发光单元108使用呈现相同颜色的客体材料时，发光元件250可以以小电流值呈现高发光亮度，所以是优选的。当发光单元106和发光单元108使用呈现彼此不同颜色的发光的客体材料时，发光元件250可以呈现多色发光，所以是优选的。此时，当在发光层120和发光层170中的一个或两个中使用发光波长不同的多个发光材料时，发光元件250呈现合成具有不同的发光峰值的光。也就是说，发光元件250的发光光谱具有至少两个极大值。

[0500] 上述结构适合用来获得白色发光。当发光层120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。

[0501] 此外，也可以将发光层120和170中的任一个或两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和170中的一个或两个也可以由两层或更多层形成。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，第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。另外，第一发光层和第二发光层所包含的发光材料既可以是具有呈现相同颜色的发光的功能的材料，又可以是具有呈现不同颜色的发光的功能的材料。通过使用呈现彼此不同颜色的发光的多个发光材料，可以得到由三原色或四种以上的发光颜色构成的演色性高的白色发光。

[0502] 当发光单元106及108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。

[0503] <可用于发光层的材料>

[0504] 接下来，对可用于发光层120及170的材料进行说明。

[0505] 《可用于发光层120的材料》

[0506] 在发光层120中，主体材料122的重量比最大，客体材料121(荧光材料)分散在主体材料122中。优选的是，主体材料122的S1能级高于客体材料121(荧光材料)的S1能级，主体材料122的T1能级低于客体材料121(荧光材料)的T1能级。

[0507] 在发光层120中，对客体材料121没有特别的限制，但是优选使用蒽衍生物、并四苯衍生物、䓛(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、二萘嵌苯衍生物、二苯乙烯衍生物、吖啶酮衍生物、香豆素衍生物、吩恶嗪衍生物、吩噻嗪衍生物等，例如可以使用如下材料。

[0508] 可以举出:5,6-双[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒽基)联苯-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPy)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-双(4-叔丁苯基)芘-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]-3,8-二环己基芘-1,6-二

胺(简称:ch-1,6FLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、芘、2,5,8,11-四(叔丁基)苝(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N"-(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-亚苯基)双[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N',N",N",N"',N"'-八苯基二苯并[g,p]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素6、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(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-{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]喹嗪-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]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTI)、2-{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTB)、2-(2,6-双{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:BisDCM)、2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:BisDCJTM)、5,10,15,20-四苯基双苯并(tetraphenylbisbenzo)[5,6]茚并[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]苝等。

[0509] 虽然对能够用于发光层120中的主体材料122的材料没有特别的限制,但是例如可以使用:三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:$Almq_3$)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:$BeBq_2$)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BAlq)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并恶唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)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:CO11)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、䓛(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]䓛(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]苯基}-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯䓛、N,N,N',N',N",N",N"',N"'-八苯基二苯并[g,p]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙稀-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)以及1,3,5-三(1-芘基)苯(简称:TPB3)等。可以从这些物质及已知的物质中选择一种或多种具有比上述客体材料121的能隙大的能隙的物质。

[0510] 发光层120可以具有层叠有两层以上的结构。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120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。

[0511] 在发光层120中,主体材料122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122及客体材料121以外的材料。

[0512] 《可以用于发光层170的材料》

[0513] 作为可以用于发光层170的材料,可以使用能够用于上述实施方式1所示的发光层的材料。通过将能够用于实施方式1所示的发光层的材料用于发光层170,可以实现发光效率高的发光元件。

[0514] 对包含在发光层120及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,因此例如当它们的发光颜色处于呈现互补色的关系时,发光元件可以发射白色光。当考虑发光元件的可靠性时,包含在发光层120的发光材料的发光峰波长优选比包含在发光层170的发光材料短。

[0515] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等形成发光单元106、108及电荷产生层115。

[0516] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0517] 实施方式3

[0518] 在本实施方式中,参照图6A和图6B、图7A和图7B、图8A至图8C、图9A至图9C说明具有与实施方式1及2所示的结构不同的结构的发光元件的例子。

[0519] <发光元件的结构例子1>

[0520] 图6A及图6B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图6A及图6B中,使用与图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。

[0521] 图6A及图6B所示的发光元件260a及260b既可以是经过衬底200提取光的底面发射

(底部发射)型发光元件,也可以是将光提取到与衬底200相反的方向的顶面发射(顶部发射)型发光元件。注意,本发明的一个方式并不局限于该结构,也可以使用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面发射(双发射:dual-emission)型发光元件。

[0522] 当发光元件260a及260b都具有底部发射结构时,电极101优选具有透过光的功能,电极102优选具有反射光的功能。或者,当发光元件260a及发光元件260b都具有顶部发射结构时,电极101优选具有反射光的功能,电极102优选具有透过光的功能。

[0523] 发光元件260a及260b在衬底200上包括电极101及电极102。在电极101与电极102之间设置有发光层123B、发光层123G及发光层123R。另外,还设置有空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119。

[0524] 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。

[0525] 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。电极101优选具有导电层101a被由相同的导电性材料形成的层夹持的结构,此时容易通过电极101的形成过程中的蚀刻工序进行图案形成。

[0526] 在发光元件260b中,电极101也可以包括导电层101b和导电层101c中的一个。

[0527] 作为电极101所包括的导电层101a、101b、101c都可以使用与实施方式1所示的电极101或102同样的结构及材料。

[0528] 在图6A及图6B中,在被电极101与电极102夹持的区域221B、区域221G与区域221R之间分别设置有分隔壁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。通过利用分隔壁145,可以将各区域的衬底200上的电极101分别分为岛状。

[0529] 此外,发光层123B与发光层123G可以在与分隔壁145重叠的区域中彼此重叠。发光层123G与发光层123R可以在与分隔壁145重叠的区域中彼此重叠。发光层123R与发光层123B可以在与分隔壁145重叠的区域中彼此重叠。

[0530] 分隔壁145具有绝缘性,并使用无机材料或有机材料形成。作为该无机材料的例子,可以举出氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝。作为该有机材料的例子,可以举出丙烯酸树脂或聚酰亚胺树脂等感光树脂材料。

[0531] 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。

[0532] 发光层123R、123G及123B优选分别包含发射不同颜色的发光材料。例如,当发光层123R包含发射红色的发光材料时,区域221R呈现红色光;当发光层123G包含发射绿色的发光材料时,区域221G呈现绿色光;当发光层123B包含发射蓝色的发光材料时,区域221B呈现蓝色光。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

制造全彩色显示装置。每个发光层的厚度既可以相同又可以不同。

[0533] 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与实施方式1所示的发光层130和发光层135的结构中的至少一个。此时，可以制造发光效率良好的发光元件。

[0534] 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包括两层以上的叠层。

[0535] 如上所述，当至少一个发光层具有实施方式1及2所示的发光层的结构，并且包括该发光层的发光元件260a或260b被用于显示装置的像素时，可以制造发光效率高的显示装置。由此，包括发光元件260a或260b的显示装置可以减少功耗。

[0536] 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260b的色纯度。因此，可以提高包括发光元件260a或260b的显示装置的色纯度。另外，可以减少发光元件260a及260b的外光反射。因此，可以提高包括发光元件260a或260b的显示装置的对比度。

[0537] 关于发光元件260a及260b中的其他构成要素，可以参照实施方式1及2中的发光元件的构成要素。

[0538] <发光元件的结构例子2>

[0539] 下面，参照图7A及图7B说明与图6A及图6B所示的发光元件不同的结构例子。

[0540] 图7A及图7B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图7A及图7B中，使用与图6A及图6B相同的阴影线示出具有与图6A及图6B相同的功能的部分，而有时省略附图标记。此外，具有相同功能的部分由相同的附图标记表示，有时省略其详细说明。

[0541] 图7A及图7B示出在一对电极之间具有发光层的发光元件的结构例子。图7A所示的发光元件262a具有将光提取到与衬底200相反的方向的顶面发射(顶部发射)结构，并且图7B所示的发光元件262b具有向衬底200一侧提取光的底面发射(底部发射)结构。注意，本发明的一个方式并不局限于该结构，也可以具有将发光元件所发射的光提取到形成有发光元件的衬底200的上方及下方的双方的双面发射(双发射)结构。

[0542] 发光元件262a及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之间至少设置有发光层170、发光层190及电荷产生层115。此外，还设置有空穴注入层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、电子注入层119。

[0543] 电极101包括导电层101a、在导电层101a上并与其接触的导电层101b。此外，电极103包括导电层103a、在导电层103a上并与其接触的导电层103b。电极104包括导电层104a、在导电层104a上并与其接触的导电层104b。

[0544] 图7A所示的发光元件262a及图7B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。通过利用分隔壁145，可以将各区域的衬底200上的该电极分为岛状。

[0545] 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。当电荷产生层115的导电率与一对电极大致同样高时,因电荷产生层115而产生的载流子流过相邻的像素,有时该像素中会产生发光。为了抑制相邻的像素不正常地产生发光,电荷产生层115优选使用导电率低于一对电极的材料形成。

[0546] 发光元件262a及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设置有光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的衬底220。从各区域发射的光透过各光学元件射出到发光元件外部。换言之,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。

[0547] 光学元件224B、224G及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。

[0548] 例如,作为光学元件224R、224G、224B,可以使用着色层(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作光学元件。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,优选使用量子点元件。通过利用量子点,可以提高显示装置的色彩再现性。

[0549] 另外,也可以在光学元件224R、224G及224B上层叠一个或多个光学元件。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返回到外部的现象。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。

[0550] 在图7A及图7B中,以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光(B)、绿色光(G)、红色光(R)。

[0551] 在各光学元件之间设置有遮光层223。遮光层223具有遮蔽从相邻的区域发射的光的功能。此外,也可以采用不设置遮光层223的结构。

[0552] 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。作为遮光层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。

[0553] 另外,光学元件224B与光学元件224G也可以在与遮光层223重叠的区域中彼此重叠。另外,光学元件224G与光学元件224R也可以在与遮光层223重叠的区域中彼此重叠。另外,光学元件224R与光学元件224B也可以在与遮光层223重叠的区域中彼此重叠。

[0554] 关于衬底200及具有光学元件的衬底220的结构,可以参照实施方式1。

[0555] 并且,发光元件262a及262b具有微腔结构。

[0556] 《微腔结构》

[0557] 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。当采用层叠有多个发光层(在此为发光层170及190)的发光元件时，优选将发光层170及190的光学距离最优化。

[0558] 在发光元件262a及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190所发射的光中的所希望的波长的光。此外，在各区域中空穴注入层111和空穴传输层112中的至少一个的厚度也可以不同，以增强从发光层170及190发射的光。

[0559] 例如，当在电极101至电极104中反射光的导电性材料的折射率小于发光层170或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。

[0560] 在难以严密地决定电极101至104的反射区域的情况下，通过假定将电极101至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。

[0561] 如上所述，通过利用微腔结构调整各区域的一对电极之间的光学距离，可以抑制各电极附近的光的散射及光的吸收，由此可以实现高的光提取效率。

[0562] 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。优选将相同材料用于导电层101b、导电层103b、导电层104b，此时通过电极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。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。

[0563] 由于图7A所示的发光元件262a具有顶面发射结构，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。

[0564] 由于图7B所示的发光元件262b具有底面发射结构，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。

[0565] 在发光元件262a及262b中，导电层101a、103a、及104a既可以由相同的材料形成，又可以由不同的材料形成。当导电层101a、103a、104a由相同的材料形成时，可以降低发光元件262a及262b的制造成本。另外，导电层101a、103a、104a也可以具有两层以上的叠层结构。

[0566] 作为发光元件262a及262b中的发光层170和190中的至少一个优选使用实施方式1及2所示的结构中的至少一个。由此，该发光元件可以具有高发光效率。

[0567] 例如，发光层170及190中的一个或两个可以具有如发光层190a及190b那样两层的

叠层结构。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),可以同时得到多种颜色的发光。尤其是,优选选择各发光层的发光材料,以便通过组合发光层170和190所发射的光而能够得到白色发光。

[0568] 发光层170和190中的一个或两个也可以具有三层以上的叠层结构,并也可以包括不具有发光材料的层。

[0569] 如上所述,通过将具有实施方式1及2所示的发光层的结构中的至少一个的发光元件262a或262b用于显示装置的像素,可以制造发光效率高的显示装置。由此,包括发光元件262a或262b的显示装置可以具有低功耗。

[0570] 关于发光元件262a及262b中的其他结构,可以参照发光元件260a或260b或者实施方式1及2所示的发光元件的结构。

[0571] <发光元件的制造方法>

[0572] 接着,参照图8A至图8C及图9A至图9C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7A所示的发光元件262a的制造方法进行说明。

[0573] 图8A至图8C及图9A至图9C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。

[0574] 将下面说明的发光元件262a的制造方法包括第一至第七步骤。

[0575] 《第一步骤》

[0576] 在第一步骤中,将发光元件的电极(具体为电极101的导电层101a、构成电极103的导电层103a以及电极104的导电层104a)形成在衬底200上(参照图8A)。

[0577] 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)。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。

[0578] 此外,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电连接。

[0579] 《第二步骤》

[0580] 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透光导电层101b;在电极103的导电层103a上形成具有透过光的功能的透光导电层103b;以及在电极104的导电层104a上形成具有透过光的功能的透光导电层104b(参照图8B)。

[0581] 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ITSO膜。

[0582] 具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b也可以以多次步骤形成。通过以多次步骤形成,可以以在各区域中实现适当的微腔结构的厚度来形成导电层101b、103b及104b。

[0583] 《第三步骤》

[0584] 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8C)。

[0585] 分隔壁145包括与电极重叠的开口。由于该开口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。

[0586] 在第一至第三步骤中，由于没有损伤EL层(包含有机化合物的层)的可能性，由此可以采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，利用溅射法形成透明导电膜，利用光刻法在该透明导电膜上形成图案，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。

[0587] 《第四步骤》

[0588] 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9A)。

[0589] 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。共蒸镀是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。

[0590] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少任一个的光的客体材料，可以形成发光层190。作为客体材料，可以使用荧光或磷光有机材料。优选使用实施方式1及实施方式2所示的发光层的结构。发光层190也可以具有两层结构。此时，两个发光层优选具有彼此发射不同颜色的发光材料。

[0591] 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。

[0592] 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。

[0593] 《第五步骤》

[0594] 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9B)。

[0595] 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。

[0596] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少任一个的光的客体材料，可以形成发光层170。作为客体材料，可以使用荧光或磷光有机化合物。优选采用实施方式1及实施方式2所示的发光层的结构。另外，发光层170和发光层190中的至少一个优选具有实施方式1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。

[0597] 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。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。

[0598] 通过层叠反射导电膜与透光导电膜，可以形成电极102。电极102可以具有单层结构或叠层结构。

[0599] 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。

[0600] 《第六步骤》

[0601] 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9C)。

[0602] 作为遮光层223,将包含黑色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中。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。作为光学元件224B,将包含蓝色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中。作为光学元件224G,将包含绿色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中。作为光学元件224R,将包含红色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中。

[0603] 《第七步骤》

[0604] 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)。

[0605] 通过上述工序,可以形成图7A所示的发光元件262a。

[0606] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0607] 实施方式4

[0608] 在本实施方式中,参照图10A和图10B、图11A和图11B、图12、图13A和图13B、图14A和图14B、图15、图16A和图16B、图17、图18A和图18B说明本发明的一个方式的显示装置。

[0609] <显示装置的结构实例1>

[0610] 图10A是示出显示装置600的俯视图,图10B是沿图10A中的点划线A-B、点划线C-D所示的部分的截面图。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。此外,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。

[0611] 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。

[0612] 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)。

[0613] 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,而不形成在衬底上。

[0614] 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。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例如可以使用正型感光丙烯酸树脂膜。

[0615] 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(曲率的半径为0.2μm至3μm)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。

[0616] 对晶体管(晶体管611、612、623、624)的结构没有特别的限制。例如,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。作为晶体管,可以使用n沟道型晶体管

及p沟道型晶体管，或者也可以使用n沟道型晶体管或p沟道型晶体管。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族半导体(例如，包含硅的半导体)、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。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的例子，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))。

[0617] 在下部电极613上形成有EL层616及上部电极617。将下部电极613用作阳极，将上部电极617用作阴极。

[0618] 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形成。作为EL层616所包含的材料，也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包括低聚物、树枝状聚合物)。

[0619] 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1至3的结构。当像素部包括多个发光元件时，该像素部也可以包括实施方式1至3中记载的发光元件以及具有其他结构的发光元件。

[0620] 当使用密封剂605将密封衬底604贴合到元件衬底610时，将发光元件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。有时该区域607填充有惰性气体(氮或氩等)或者填充有可用于密封剂605的紫外线固化树脂或热固化树脂。例如，可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂。优选密封衬底形成有凹部且在其中设置有干燥剂，此时可以抑制水分所导致的劣化。

[0621] 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的下方设置遮光层622。作为光学元件621及遮光层622的结构都可以采用与实施方式3所示的光学元件及遮光层同样的结构。

[0622] 优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封剂605。这些材料优选尽可能地不容易使水或氧透过。作为密封衬底604，可以使用玻璃衬底、石英衬底、由FRP(fiber reinforced plastics；玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸等形成的塑料衬底。

[0623] 通过上述步骤，可以得到包括实施方式1至3所记载的发光元件及光学元件的显示装置。

[0624] <显示装置的结构实例2>

[0625] 下面，参照图11A和图11B及图12对显示装置的其他例子进行说明。另外，图11A和图11B及图12是本发明的一个方式的显示装置的截面图。

[0626] 在图11A中示出衬底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、密封剂1032等。

[0627] 在图11A中，作为光学元件的例子，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。另外，着色层及遮光层被覆

盖层1036覆盖。在图11A中，透过着色层的光成为红色光、绿色光、蓝色光，因此能够使用三种颜色的像素显示图像。

[0628] 图11B示出作为光学元件的例子将着色层(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。

[0629] 图12示出作为光学元件的例子将着色层(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。

[0630] 以上说明了具有从形成有晶体管的衬底1001一侧提取光的结构(底部发射型)的显示装置，但是也可以采用具有从密封衬底1031一侧提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0631] <显示装置的结构实例3>

[0632] 图13A和图13B示出顶部发射型显示装置的截面图的例子。图13A和图13B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面图，省略图11A和图11B及图12所示的驱动电路部1041、周边部1042等。

[0633] 在此情况下，作为衬底1001，可以使用不使光透过的衬底。到制造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形成。

[0634] 在此发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B都被用作阳极，但是也可以被用作阴极。另外，在采用如图13A和图13B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，上部电极1026具有反射光且使光透过的功能，并且在下部电极1024R、1024G、1024B和上部电极1026之间采用微腔结构，此时特定波长的光的强度得到增强。

[0635] 在采用图13A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之间的遮光层1035。另外，作为密封衬底1031，优选使用透光衬底。

[0636] 图13A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13B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13A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13B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。

[0637] <显示装置的结构例子4>

[0638] 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14A和图14B、图15、图16A和图16B示出包括下部电极1024R、1024G、1024B及1024Y的显示装置的结构。图14A、图14B及图15示出从形成有晶体管的衬底1001一侧提取光的结构(底部发射型)的显示装置，图16A及图16B示出从密封衬底1031一侧提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0639] 图14A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14B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15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。

[0640] 着色层1034R透过红色光,着色层1034G透过绿色光,着色层1034B透过蓝色光。着色层1034Y透过黄色光或者透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光。当着色层1034Y能够透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光时,透过着色层1034Y的光也可以是白色。由于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的显示装置可以具有低功耗。

[0641] 在图16A及图16B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13A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16A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。

[0642] 透过微腔及黄色着色层1034Y发射的光在黄色的区域具有发光光谱。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。由此,图16A的显示装置可以具有低功耗。

[0643] 图16A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、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。

[0644] <显示装置的结构例子5>

[0645] 接着,图17示出本发明的其他一个方式的显示装置。图17是以图10A的点划线A-B、点划线C-D切断的截面图。另外,在图17中,具有与图10B所示的功能同样的功能的部分由相同的附图标记表示,省略其详细说明。

[0646] 图17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。作为密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或多个可以使用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,也可以不设置密封剂605。

[0647] 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。当密封层具有多层结构时,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。当密封层具有多层结构时,优选层叠树脂和

无机材料。

[0648] <显示装置的结构例子6>

[0649] 虽然本实施方式中的结构例子1至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。

[0650] 图18A及图18B示出具有从密封衬底1031一侧提取光的结构的显示装置(顶部发射型显示装置)。图18A示出包括发光层1028R、发光层1028G及发光层1028B的显示装置的例子。图18B示出包括发光层1028R、发光层1028G、发光层1028B及发光层1028Y的显示装置的例子。

[0651] 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也可以发射白色光。由于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的显示装置可以具有低功耗。

[0652] 图18A及图18B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。

[0653] 作为密封层1029，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。

[0654] 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。当密封层具有多层结构时，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。当密封层具有多层结构时，优选层叠树脂和无机材料。

[0655] 密封衬底1031具有保护发光元件的功能。由此，作为密封衬底1031，可以使用柔性衬底或薄膜。

[0656] 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结构适当地组合。

[0657] 实施方式5

[0658] 在本实施方式中，参照图19A和图19B、图20A和图20B、图21A和图21B说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置。

[0659] 图19A是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图，图19B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。

[0660] <显示装置的说明>

[0661] 图19A所示的显示装置包括：具有显示元件的像素的区域(以下，该区域称为像素部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，该部分称为驱动电路部804)；具有保护元件的功能的电路(以下，该电路称为保护电路806)；以及端子部807。此外，也可以不设置保护电路806。

[0662] 驱动电路部804的一部分或全部优选形成在形成有像素部802的衬底上，此时，可以减少构件的数量及端子的数量。当驱动电路部804的一部分或全部不形成在形成有像素部802的衬底上时，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。

[0663] 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)的显示元件的多个电路(以下,该电路称为像素电路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,该电路称为扫描线驱动电路804a)以及用来供应用于驱动像素的显示元件的信号(数据信号)的电路(以下,该电路称为信号线驱动电路804b)等驱动电路。

[0664] 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,该布线称为扫描线GL_1至GL_X)的电位的功能。另外,也可以设置多个扫描线驱动电路804a,以分别控制扫描线GL_1至GL_X。或者,扫描线驱动电路804a具有供应初始化信号的功能。不局限于此,扫描线驱动电路804a也可以供应其他信号。

[0665] 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,该布线称为数据线DL_1至DL_Y)的电位的功能。或者,信号线驱动电路804b具有供应初始化信号的功能。不局限于此,信号线驱动电路804b可以供应其他信号。

[0666] 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可以通过依次使多个模拟开关开启而输出对图像信号进行时间分割所得到的信号作为数据信号。此外,信号线驱动电路804b也可以包括移位寄存器等。

[0667] 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。

[0668] 图19A所示的保护电路806例如连接于扫描线驱动电路804a和像素电路801之间的扫描线GL。或者,保护电路806连接于信号线驱动电路804b和像素电路801之间的数据线DL。或者,保护电路806可以连接于扫描线驱动电路804a和端子部807之间的布线。或者,保护电路806可以连接于信号线驱动电路804b和端子部807之间的布线。此外,端子部807是指具有用来从外部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。

[0669] 保护电路806是在对与该保护电路806连接的布线供应一定范围之外的电位时将该布线与其他布线电连接的电路。

[0670] 如图19A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。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,保护电路806也可以为与端子部807连接的结构。

[0671] 在图19A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，但是不局限于此。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)。

[0672] <像素电路的结构例子>

[0673] 图19A所示的多个像素电路801例如可以具有图19B所示的结构。

[0674] 图19B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。

[0675] 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)。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)。

[0676] 晶体管852具有控制数据信号的写入的功能。

[0677] 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。

[0678] 电容器862具有储存被写入的数据的存储电容器的功能。

[0679] 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。

[0680] 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。

[0681] 作为发光元件872，可以使用实施方式1至3所示的发光元件。

[0682] 此外，电位供应线VL_a和电位供应线VL_b中的一个被施加高电源电位VDD，另一个被施加低电源电位VSS。

[0683] 例如，在具有图19B的像素电路801的显示装置中，图19A所示的扫描线驱动电路804a依次选择各行的像素电路801，由此使晶体管852开启而写入数据信号的数据。

[0684] 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。

[0685] 另外，像素电路可以具有校正晶体管的阈值电压等的变动的功能。图20A及图20B和图21A及图21B示出像素电路的例子。

[0686] 图20A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。图20A所示的像素电路电连接到布线301_1至301_5、布线302_1及布线302_2。作为晶体管303_1至303_6，例如可以使用P沟道型晶体管。

[0687] 图20B所示的像素电路具有对图20A所示的像素电路追加晶体管303_7的结构。图20B所示的像素电路电连接到布线301_6及布线301_7。布线301_5与布线301_6可以相互电连接。作为晶体管303_7，例如可以使用P沟道型晶体管。

[0688] 图21A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。图21A所示的像素电路电连接到布线306_1至306_3及布线307_1至307_3。布线306_1与布线306_3可以相互电连接。作为晶体管308_1至308_6，例如可以使用P沟道型晶体管。

[0689] 图21B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。另外，图21B所示的像素电路电连接到布线311_1至布线311_3、布线312_1及布线312_2。此外，通过采用图21B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。作为晶体管309_1及309_2,例如可以使用P沟道型晶体管。

[0690] 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。

[0691] 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数少,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。

[0692] 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)的无源矩阵方式。由于不使用有源元件(非线性元件),所以制造工序数少,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,从而例如能够实现低功耗或高亮度化。

[0693] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0694] 实施方式6

[0695] 在本实施方式中,参照图22A和图22B、图23A至图23C、图24A和图24B、图25A和图25B及图26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。

[0696] <触摸面板的说明1>

[0697] 在本实施方式中,作为电子设备的例子,对组合显示装置与输入装置的触摸面板2000进行说明。另外,作为输入装置的一个例子,对包括触摸传感器的情况进行说明。

[0698] 图22A及图22B是触摸面板2000的立体图。另外,为了明确起见,图22A及图22B示出触摸面板2000的典型的构成要素。

[0699] 触摸面板2000包括显示装置2501及触摸传感器2595(参照图22B)。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。此外,衬底2510、衬底2570和衬底2590中的一个或全部可以不具有柔性。

[0700] 显示装置2501包括衬底2510上的多个像素以及向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导在衬底2510的外周部,其一部分形成端子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。

[0701] 衬底2590包括触摸传感器2595以及与触摸传感器2595电连接的多个布线2598。多个布线2598被引导在衬底2590的外周部,其一部分形成端子。该端子与FPC2509(2)电连接。另外,为了明确起见,在图22B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。

[0702] 作为触摸传感器2595,可以使用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器的例子,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。

[0703] 作为投影型电容式触摸传感器的例子,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。当采用互电容式触摸传感器时,可以同时检测出多个点,所以是优选的。

[0704] 注意，图22B所示的触摸传感器2595是使用投影型电容式触摸传感器的例子。

[0705] 另外，作为触摸传感器2595可以使用可检测出手指等检测对象的接近或接触的各种传感器。

[0706] 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。

[0707] 如图22A及图22B所示，电极2592具有在一个方向上配置的多个四边形在一个角部相互连接的形状。

[0708] 电极2591具有四边形且在与电极2592延伸的方向交叉的方向上配置。

[0709] 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。通过使用该结构，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。其结果是，可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度偏差。

[0710] 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，优选在相邻的两个电极2592之间设置与这些电极电绝缘的虚拟电极，此时可以减少透过率不同的区域的面积。

[0711] <关于显示装置的说明>

[0712] 接着，参照图23A说明显示装置2501的详细内容。图23A相当于沿图22B中的点划线X1-X2所示的部分的截面图。

[0713] 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。

[0714] 在以下说明中，说明将发射白色光的发光元件适用作显示元件的例子，但是显示元件不局限于此。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。

[0715] 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$1\times10^{-5}g\cdot m^{-2}\cdot day^{-1}$以下，优选为$1\times10^{-6}g\cdot m^{-2}\cdot day^{-1}$以下的柔性材料。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$1\times10^{-3}/K$以下，更优选为$5\times10^{-5}/K$以下，进一步优选为$1\times10^{-5}/K$以下。

[0716] 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。

[0717] 作为粘合层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，可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0718] 在衬底2510与衬底2570之间设置密封层2560。密封层2560优选具有比空气大的折射率。如图23A所示，当向密封层2560一侧提取光时，密封层2560可以兼作光学接合层。

[0719] 可以在密封层2560的外周部形成密封剂。通过使用该密封剂，可以在由衬底2510、衬底2570、密封层2560及密封剂围绕的区域中配置发光元件2550R。此外，也可以使用惰性气体(氮及氩等)代替密封层2560。可以在该惰性气体内设置干燥剂而吸收水分等。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，优选使用不使水分及氧透过的材料。

[0720] 显示装置2501包括像素2502R。像素2502R包括发光模块2580R。

[0721] 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。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。

[0722] 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，可以使用实施方式1至3所示的发光元件。

[0723] 另外，也可以在下部电极与上部电极之间采用微腔结构，以增强特定波长的光的强度。

[0724] 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。

[0725] 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。

[0726] 显示装置2501在发射光的方向上包括遮光层2567BM。遮光层2567BM以围绕着色层2567R的方式设置。

[0727] 着色层2567R是使特定波长区域的光透过的功能的着色层。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。

[0728] 在显示装置2501中设置有绝缘层2521。绝缘层2521覆盖晶体管2502t。此外，绝缘层2521具有使起因于像素电路的凹凸平坦的功能。可以使绝缘层2521具有能够抑制杂质扩散的功能。由此，能够抑制由于杂质扩散而晶体管2502t等的可靠性降低。

[0729] 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。此外，可以在分隔壁2528上形成控制衬底2510与衬底2570的间隔的间隔物。

[0730] 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。

[0731] 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。另外，FPC2509(1)也可以安装有印刷线路板(PWB)。

[0732] 在显示装置2501中，可以使用各种结构的晶体管。图23A示出使用底栅型晶体管的例子，但不局限于该例子，也可以将如图23B所示的顶栅型晶体管用于显示装置2501。

[0733] 另外，对晶体管2502t及晶体管2503t的极性没有特别的限制。例如，作为这些晶体管，可以使用N沟道晶体管及P沟道晶体管，或者可以使用N沟道晶体管或P沟道晶体管。此外，对用于晶体管2502t及2503t的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如，可以使用非晶半导体膜、结晶半导体膜。作为半导体材料的例子，可以举出第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的例子，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。

[0734] 〈触摸传感器的说明〉

[0735] 接着，参照图23C说明触摸传感器2595的详细内容。图23C是沿图22B中的点划线X3-X4的截面图。

[0736] 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。

[0737] 电极2591及电极2592使用具有透光性的导电材料形成。作为具有透光性的导电材料，可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。此外，还可以使用含有石墨烯的膜。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，可以采用进行加热的方法等。

[0738] 例如，通过溅射法将透光导电材料形成在衬底2590上，然后通过光刻法等各种图案形成技术去除不需要的部分来形成电极2591及电极2592。

[0739] 作为用于绝缘层2593的材料的例子，可以举出丙烯酸树脂、环氧树脂等树脂、硅酮树脂等具有硅氧烷键合的树脂、以及氧化硅、氧氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0740] 达到电极2591的开口形成在绝缘层2593中，并且布线2594与相邻的电极2591电连接。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，其导电性高于电极2591及电极2592的材料可以减少电阻，因此可以适用于布线2594。

[0741] 一个电极2592延在一个方向上，多个电极2592设置为条纹状。布线2594与电极2592交叉。

[0742] 相邻的电极2591夹着一个电极2592。布线2594电连接相邻的电极2591。

[0743] 另外，多个电极2591并不一定要设置在与一个电极2592正交的方向上，也可以设置为以大于0°且小于90°的角度与一个电极2592交叉。

[0744] 布线2598与电极2591及电极2592电连接。将布线2598的一部分用作端子。作为布线2598，可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等或者包含该金属材料的合金材料。

[0745] 另外，可以设置覆盖绝缘层2593及布线2594的绝缘层，以保护触摸传感器2595。

[0746] 连接层2599电连接布线2598与FPC2509(2)。

[0747] 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。

[0748] 〈触摸面板的说明2〉

[0749] 接着，参照图24A说明触摸面板2000的详细内容。图24A相当于沿图22A中的点划线X5-X6的截面图。

[0750] 在图24A所示的触摸面板2000中，图23A所说明的显示装置2501与图23C所说明的触摸传感器2595贴合在一起。

[0751] 图24A所示的触摸面板2000除了图23A及图23C所说明的结构之外还包括粘合层2597及防反射层2567p。

[0752] 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、氨酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂。

[0753] 防反射层2567p位于重叠于像素的区域。作为防反射层2567p，例如可以使用圆偏振片。

[0754] 接着，参照图24B对与图24A所示的结构不同的结构的触摸面板进行说明。

[0755] 图24B是触摸面板2001的截面图。图24B所示的触摸面板2001与图24A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。

[0756] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的区域。图24B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24B中的箭头所示的方向射出到发光模块2580R的外部。

[0757] 触摸传感器2595被设置于显示装置2501的衬底2510一侧。

[0758] 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。

[0759] 如图24A及图24B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。

[0760] <触摸面板的驱动方法的说明>

[0761] 接着，参照图25A及图25B对触摸面板的驱动方法的例子进行说明。

[0762] 图25A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。图25A示出脉冲电压输出电路2601、电流检测电路2602。另外，在图25A中，以六个布线X1至X6表示被施加有脉冲电压的电极2621，并以六个布线Y1至Y6表示检测电流的变化的电极2622。图25A还示出在电极2621与电极2622重叠的区域中形成的电容器2603。注意，电极2621与电极2622的功能可以互相调换。

[0763] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到布线X1至X6的电路。通过对布线X1至X6施加脉冲电压，在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。例如，当该产生于电极之间的电场被遮蔽时，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。

[0764] 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布线Y1至Y6的电流变化的电路。在布线Y1至Y6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。另外，积分电路等可以用于电流的检测。

[0765] 图25B示出图25A所示的互电容式触摸传感器中的输入及输出波形的时序图。在图25B中，在一个帧期间进行所有行列中的被检测体的检测。图25B示出没有检测出被检测体(未触摸)的期间和检测出被检测体(触摸)的期间。在图25B中，示出布线Y1至Y6的检测电流值作为电压值的波形。

[0766] 依次对布线X1至X6施加脉冲电压，布线Y1至Y6的波形根据该脉冲电压变化。当没有被检测体的接近或接触时，布线Y1至Y6的波形根据布线X1至X6的电压变化产生变化。在有被检测体接近或接触的部位电流值减少，因而电压值的波形也产生变化。

[0767] 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。

[0768] <传感器电路的说明>

[0769] 虽然图25A作为触摸传感器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，但是也可以使用包括晶体管和电容器的有源矩阵型触摸传感器。图26示出有源矩阵型触摸传感器所包括的传感器电路的例子。

[0770] 图26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。

[0771] 对晶体管2613的栅极施加信号G2。对晶体管2613的源极和漏极中的一个施加电压VRES，并且，晶体管2613的源极和漏极中的另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接，晶体管2611的源极和漏极中的另一个被施加电压VSS。对晶体管2612的栅极施加信号G1，并且，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。

[0772] 接下来，对图26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。然后，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。

[0773] 然后，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的电位随其从VRES变化。

[0774] 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。

[0775] 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。

[0776] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0777] 实施方式7

[0778] 在本实施方式中，参照图27、图28A至图28G、图29A至图29F、图30A至图30D、图31A和图31B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。

[0779] <显示模块>

[0780] 在图27所示的显示模块8000中，在上盖8001与下盖8002之间设置有连接于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、电池8011。

[0781] 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。

[0782] 上盖8001及下盖8002的形状及尺寸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。

[0783] 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，并且可以被形成为与显示装置8006重叠。显示装置8006的对置衬底(密封衬底)可以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，而得到光学触摸传感器。

[0784] 框架8009保护显示装置8006，并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。

[0785] 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，可以使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。

[0786] 显示模块8000还可以设置有偏振片、相位差板、棱镜片等构件。

[0787] 〈电子设备〉

[0788] 图28A至图28G示出电子设备。这些电子设备可以包括框体9000、显示部9001、扬声器9003、操作键9005(包括电源开关或操作开关)、连接端子9006、传感器9007(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。

[0789] 图28A至图28G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28A至图28G所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能，上述电子设备可以具有各种功能。虽然在图28A至图28G中未图示，但是电子设备可以包括多个显示部。此外，该电子设备也可以包括照相机等而具有如下功能：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。

[0790] 下面，详细地说明图28A至图28G所示的电子设备。

[0791] 图28A是便携式信息终端9100的立体图。便携式信息终端9100的显示部9001具有柔性。因此，可以沿着所弯曲的框体9000的弯曲面组装显示部9001。另外，显示部9001具备触摸传感器，而可以用手指或触屏笔等触摸屏幕来进行操作。例如，当触摸显示于显示部9001上的图标时，可以启动应用程序。

[0792] 图28B是便携式信息终端9101的立体图。便携式信息终端9101例如具有电话机、电子笔记本和信息阅读系统中的一种或多种的功能。具体而言，可以将该便携式信息终端用作智能手机。注意，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28A所示的便携式信息终端9100同样的位置。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。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。

[0793] 图28C是便携式信息终端9102的立体图。便携式信息终端9102具有将信息显示在显示部9001的三个以上的面上的功能。在此，信息9052、信息9053、信息9054显示于不同的

面上。例如，便携式信息终端9102的使用者能够在将便携式信息终端9102放在上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。由此，使用者可以确认到该显示而无需从口袋里拿出便携式信息终端9102，能够判断是否接电话。

[0794] 图28D是手表型便携式信息终端9200的立体图。便携式信息终端9200可以执行移动电话、电子邮件、文章的阅读及编辑、音乐播放、网络通信、电脑游戏等各种应用程序。显示部9001的显示面被弯曲，能够在所弯曲的显示面上显示图像。便携式信息终端9200可以采用根据通信标准的近距离无线通信。例如，在便携式信息终端9200与可进行无线通信的耳麦相互通信时，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。此外，充电工作也可以利用无线供电进行，而不使用连接端子9006。

[0795] 图28E、图28F及图28G是能够折叠的便携式信息终端9201的立体图。图28E是展开状态的便携式信息终端9201的立体图。图28F是展开或折叠中途的便携式信息终端9201的立体图。图28G是折叠状态的便携式信息终端9201的立体图。便携式信息终端9201在折叠状态下可携带性好。便携式信息终端9201在展开状态下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在两个框体9000之间的连接部弯折便携式信息终端9201，可以从便携式信息终端9201的展开状态可逆性地变为折叠状态。例如，可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径使便携式信息终端9201弯曲。

[0796] 作为电子设备的例子，可以举出：电视装置(也称为电视或电视接收机)；计算机等的显示屏；数码相机；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。

[0797] 此外，本发明的一个方式的电子设备可以包括二次电池。优选通过非接触电力传送对二次电池充电。

[0798] 作为二次电池的例子，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。

[0799] 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，该电子设备可以在显示部上显示图像或数据等。在电子设备包括二次电池时，可以将天线用于非接触电力传送。

[0800] 图29A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29A所示的便携式游戏机包括两个显示部，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。

[0801] 图29B示出一种摄像机，包括框体7701、框体7702、显示部7703、操作键7704、镜头7705、连接部7706等。操作键7704及镜头7705被设置在框体7701中，显示部7703被设置在框体7702中。框体7701和框体7702由连接部7706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的框体7701和框体7702之间的角度切换。

[0802] 图29C示出笔记本型个人计算机，该笔记本型个人计算机包括框体7121、显示部7122、键盘7123及指向装置7124等。另外，因为显示部7122具有非常高的像素密度及高清晰度，所以虽然显示部7122是中型或小型的，但可以进行8k显示，而得到非常清晰的图像。

[0803] 图29D是头戴显示器7200的外观。

[0804] 头戴显示器7200包括安装部7201、透镜7202、主体7203、显示部7204以及电缆7205等。安装部7201包括电池7206。

[0805] 通过电缆7205，将电力从电池7206供应到主体7203。主体7203具备无线接收器等，以接收图像数据等的图像信息，并将其显示在显示部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。

[0806] 安装部7201也可以以与使用者接触的方式包括多个电极。主体7203也可以通过检测出根据使用者的眼球的动作而流过电极的电流，来识别使用者的视点。主体7203可以通过检测出流过该电极的电流来监视使用者的脉搏。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，由此可以将使用者的生物信息显示在显示部7204上。主体7203也可以检测出使用者的头部的动作等，并与使用者的头部的动作等同步地使显示在显示部7204上的图像移动。

[0807] 图29E是照相机7300的外观。照相机7300包括框体7301、显示部7302、操作按钮7303、快门按钮7304以及连接部7305等。镜头7306可以安装在照相机7300。

[0808] 连接部7305包括电极且与后面说明的取景器7400及闪光灯等连接。

[0809] 虽然在此照相机7300的镜头7306能够从框体7301拆卸下而交换，但是镜头7306也可以包括在框体7301中。

[0810] 通过按下快门按钮7304，可以进行摄像。另外，通过利用包括触摸传感器的显示部7302的工作，可以进行摄像。

[0811] 在显示部7302中，可以使用本发明的一个方式的显示装置或触摸传感器。

[0812] 图29F示出连接有取景器7400的照相机7300。

[0813] 取景器7400包括框体7401、显示部7402以及按钮7403。

[0814] 框体7401包括嵌合到照相机7300的连接部7305的连接部，由此可以将取景器7400连接到照相机7300。该连接部包括电极，可以将从照相机7300经过该电极接收的图像等显示在显示部7402上。

[0815] 按钮7403具有电源按钮的功能，通过利用按钮7403，可以切换显示部7402的开关。

[0816] 虽然在图29E和图29F中照相机7300与取景器7400是分开且可拆卸的电子设备，但是照相机7300的框体7301也可以包括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。

[0817] 图30A示出电视装置的例子。在电视装置9300中，显示部9001组装于框体9000中。在此，框体9000由支架9301支撑。

[0818] 可以通过利用框体9000的操作开关、另外提供的遥控操作机9311进行图30A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。

[0819] 电视装置9300设置有接收机或调制解调器等。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。当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，可以进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间)的信息通信。

[0820] 本发明的一个方式的电子设备或照明装置具有柔性，因此可以沿着房屋及高楼的内壁/外壁、汽车的内部装饰/外部装饰的曲面组装。

[0821] 图30B是汽车9700的外观。图30C示出汽车9700的驾驶座位。汽车9700包括车体9701、车轮9702、仪表盘9703、灯9704等。本发明的一个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30C所示的显示部9710至显示部9715。

[0822] 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。通过使用透光性导电材料来制造显示装置或发光装置等中的电极及布线，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透明式显示装置或发光装置。透明式显示部9710或显示部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。另外，当在显示装置或发光装置等中设置用来驱动显示装置的晶体管等时，优选采用使用有机半导体材料的有机晶体管、使用氧化物半导体的晶体管等具有透光性的晶体管。

[0823] 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，通过显示由设置在汽车外侧的成像单元取得的影像，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。

[0824] 图30D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，通过将由设置在车体的成像单元取得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。另外，通过将显示装置设置在被坐面或靠背部分，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。

[0825] 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、空调的设定等各种信息。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。

[0826] 图31A和图31B所示的显示装置9500包括多个显示面板9501、轴部9511、轴承部9512。多个显示面板9501都包括显示区域9502、透光区域9503。

[0827] 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，相邻的两个显示面板9501的透光区域9503可以彼此重叠。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。

[0828] 另外，虽然在图31A和图31B中相邻的显示面板9501的显示区域9502彼此分开，但是不局限于该结构，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，由此实现连续的显示区域9502。

[0829] 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用于不包括显示部的电子设备。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，也可以采用电子设备的显示部不具有柔性且在平面部上进行显示的结构。

[0830] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0831] 实施方式8

[0832] 在本实施方式中，参照图32A至图32C、图33A至图33D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。

[0833] 图32A是本实施方式所示的发光装置3000的立体图，图32B是沿着图32A所示的点划线E-F切断的截面图。注意，在图32A中，为了避免繁杂而以虚线表示构成要素的一部分。

[0834] 图32A及图32B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。

[0835] 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32A及图32B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。

[0836] 如图32A及图32B所示，发光装置3000具有发光元件3005被第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的双密封结构。通过采用双密封结构，能够适当地抑制从外部侵入发光元件3005一侧的杂质(例如，水、氧等)。但是，并不一定必须要设置第一密封区域3007及第二密封区域3009。例如，可以只设置第一密封区域3007。

[0837] 注意，在图32B中，第一密封区域3007及第二密封区域3009以与衬底3001及衬底3003接触的方式设置。但是，不局限于该结构，例如，第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与设置在衬底3001的上方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。或者，第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与设置在衬底3003的下方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。

[0838] 衬底3001及衬底3003分别可以具有与上述实施方式所记载的衬底200及衬底220同样的结构。发光元件3005可以具有与上述实施方式所记载的发光元件同样的结构。

[0839] 作为第一密封区域3007，可以使用包含玻璃的材料(例如，玻璃粉、玻璃带等)。作为第二密封区域3009，可以使用包含树脂的材料。通过将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007，可以提高生产率及密封性。此外，通过将包含树脂的材料用于第二密封区域3009，可以提高抗冲击性及耐热性。但是，用于第一密封区域3007及第二密封区域3009的材料不局限于此，第一密封区域3007可以使用包含树脂的材料形成，第二密封区域3009可以使用包含玻璃的材料形成。

[0840] 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、氧化钌、氧化铑、氧化铁、氧化铜、二氧化锰、氧化钼、氧化铌、氧化钛、氧化钨、氧化铋、氧化锆、氧化锂、氧化锑、硼酸铅玻璃、磷酸锡玻璃、钒酸盐玻璃或硼硅酸盐玻璃。为了吸收红外光，玻璃粉优选包含一种以上的过渡金属。

[0841] 作为上述玻璃粉，例如，在衬底上涂敷玻璃粉浆料并对其进行加热或照射激光等。玻璃粉浆料包含上述玻璃粉及使用有机溶剂稀释的树脂(也称为粘合剂)。此外，也可以在玻璃粉中添加吸收激光束的波长的光的吸收剂。例如，作为激光，优选使用Nd:YAG激光或半导体激光等。激光束形状可以为圆形或四角形。

[0842] 作为上述包含树脂的材料，例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(例如，尼龙、芳族聚酰胺)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0843] 注意，当作为第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个使用包含玻璃的材料时，该包含玻璃的材料的热膨胀率优选近于衬底3001的热膨胀率。通过采用上述结构，可以抑制由于热应力而在包含玻璃的材料或衬底3001中产生裂缝。

[0844] 例如，在将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007并将包含树脂的材料用于第二密封区域3009的情况下，可以获得如下优异的效果。

[0845] 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。

[0846] 另外，如图32B所示，第一区域3011相当于被衬底3001、衬底3003、第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的区域。第二区域3013相当于被衬底3001、衬底3003、发光元件3005及第一密封区域3007包围的区域。

[0847] 第一区域3011及第二区域3013例如优选填充有稀有气体或氮气体等惰性气体。或者，第一区域3011及第二区域3013优选使用丙烯酸树脂或环氧树脂等树脂填充。注意，作为第一区域3011及第二区域3013，与大气压状态相比，更优选为减压状态。

[0848] 图32C示出图32B所示的结构的变形例。图32C是示出发光装置3000的变形例的截面图。

[0849] 图32C示出衬底3003的一部分设置有凹部，并且，该凹部设置有干燥剂3018的结构。其他结构与图32B所示的结构相同。

[0850] 作为干燥剂3018，可以使用通过化学吸附来吸附水分等的物质或者通过物理吸附来吸附水分等的物质。作为可用作干燥剂3018的物质的例子，可以举出碱金属的氧化物、碱土金属的氧化物(例如，氧化钙及氧化钡)、硫酸盐、金属卤化物、高氯酸盐、沸石或硅胶等。

[0851] 接着，参照图33A至图33D对图32B所示的发光装置3000的变形实例进行说明。注意，图33A至图33D是说明图32B所示的发光装置3000的变形实例的截面图。

[0852] 在图33A至图33D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33A至图33D所示的发光装置中，设置有区域3014代替图32B所示的第二区域3013。

[0853] 作为区域3014，例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(例如，尼龙、芳族聚酰胺)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0854] 当上述材料用于区域3014时，可以实现所谓的固体密封的发光装置。

[0855] 在图33B所示的发光装置中，在图33A所示的发光装置的衬底3001一侧设置衬底3015。

[0856] 如图33B所示，衬底3015具有凹凸。通过将具有凹凸的衬底3015设置于发光元件3005的提取光一侧，可以提高来自发光元件3005的光的光提取效率。此外，可以设置具有扩散板的功能的衬底代替图33B所示的具有凹凸的结构。

[0857] 在图33A所示的发光装置中，通过衬底3001一侧提取光，而另一方面，在图33C所示的发光装置中，通过衬底3003一侧提取光。

[0858] 图33C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33B所示的发光装置同样的结构。

[0859] 在图33D所示的发光装置中，不设置图33C所示的发光装置的衬底3003、衬底3015，而设置衬底3016。

[0860] 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33D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。

[0861] 因此，通过使用本实施方式所示的结构，能够提供由于水分或氧等杂质而导致的发光元件的劣化得到抑制的发光装置。或者，通过使用本实施方式所示的结构，能够实现光提取效率高的发光装置。

[0862] 注意，本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0863] 实施方式9

[0864] 在本实施方式中，参照图34A至图34C及图35说明将本发明的一个方式的发光元件用于各种照明装置及电子设备的情况的例子。

[0865] 通过将本发明的一个方式的发光元件制造在具有柔性的衬底上，能够实现包括具有曲面的发光区域的电子设备或照明装置。

[0866] 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，例如该照明被设置于仪表盘、挡风玻璃、天花板等。

[0867] 图34A是示出多功能终端3500的一个面的立体图，图34B是示出多功能终端3500的另一个面的立体图。在多功能终端3500的框体3502中组装有显示部3504、照相机3506、照明3508等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3508。

[0868] 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，照明3508能够提供指向性低的发光。例如，在将照明3508和照相机3506组合使用的情况下，可以在使照明3508点亮或闪烁的同时使用照相机3506来进行拍摄。因为照明3508具有面光源的功能，可以获得仿佛在自然光下拍摄般的照片。

[0869] 注意，图34A及图34B所示的多功能终端3500与图28A至图28G所示的电子设备同样地可以具有各种各样的功能。

[0870] 框体3502可以包括扬声器、传感器(该传感器具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风等。当在多功能终端3500内部设置具有陀螺仪和加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置时,可以判断多功能终端3500的方向(该多功能终端在水平方向上配置还是在垂直方向上配置)而自动切换显示部3504的屏面显示。

[0871] 另外,也可以将显示部3504用作图像传感器。例如,通过当用手掌或手指触摸显示部3504时拍摄掌纹、指纹等,由此能够进行个人识别。另外,通过在显示部3504中设置发射近红外光的背光或感测光源,也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。注意,可以将本发明的一个方式的发光装置适用于显示部3504。

[0872] 图34C是安全灯(security light)3600的立体图。安全灯3600在框体3602的外侧包括照明3608,并且,框体3602组装有扬声器3610等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3608。

[0873] 安全灯3600例如在抓住或握住照明3608时发光。可以在框体3602的内部设置有能够控制安全灯3600的发光方式的电子电路。该电子电路例如可以为能够实现一次或间歇多次的发光的电路或通过控制发光的电流值能够调整发光的光量的电路。此外,也可以组装在照明3608发光的同时从扬声器3610发出很大的警报音的电路。

[0874] 安全灯3600能够向所有方向发射光,所以可以发射光或发出光和声音来恐吓歹徒等。另外,安全灯3600可以包括具有摄像功能的数码静态相机等照相机。

[0875] 图35示出将发光元件用于室内照明装置8501的例子。因为发光元件可以具有大面积,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,可以通过使用具有曲面的框体来形成发光区域具有曲面的照明装置8502。本实施方式所示的发光元件为薄膜状,所以框体的设计的自由度高。因此,可以形成能够对应各种设计的照明装置。并且,室内的墙面也可以设置有大型的照明装置8503。另外,也可以在照明装置8501、8502、8503中设置触摸传感器,启动/关闭电源。

[0876] 另外,当将发光元件用于桌子的表面一侧时,可以实现具有桌子的功能的照明装置8504。当将发光元件用于其他家具的一部分时,可以实现具有家具的功能的照明装置。

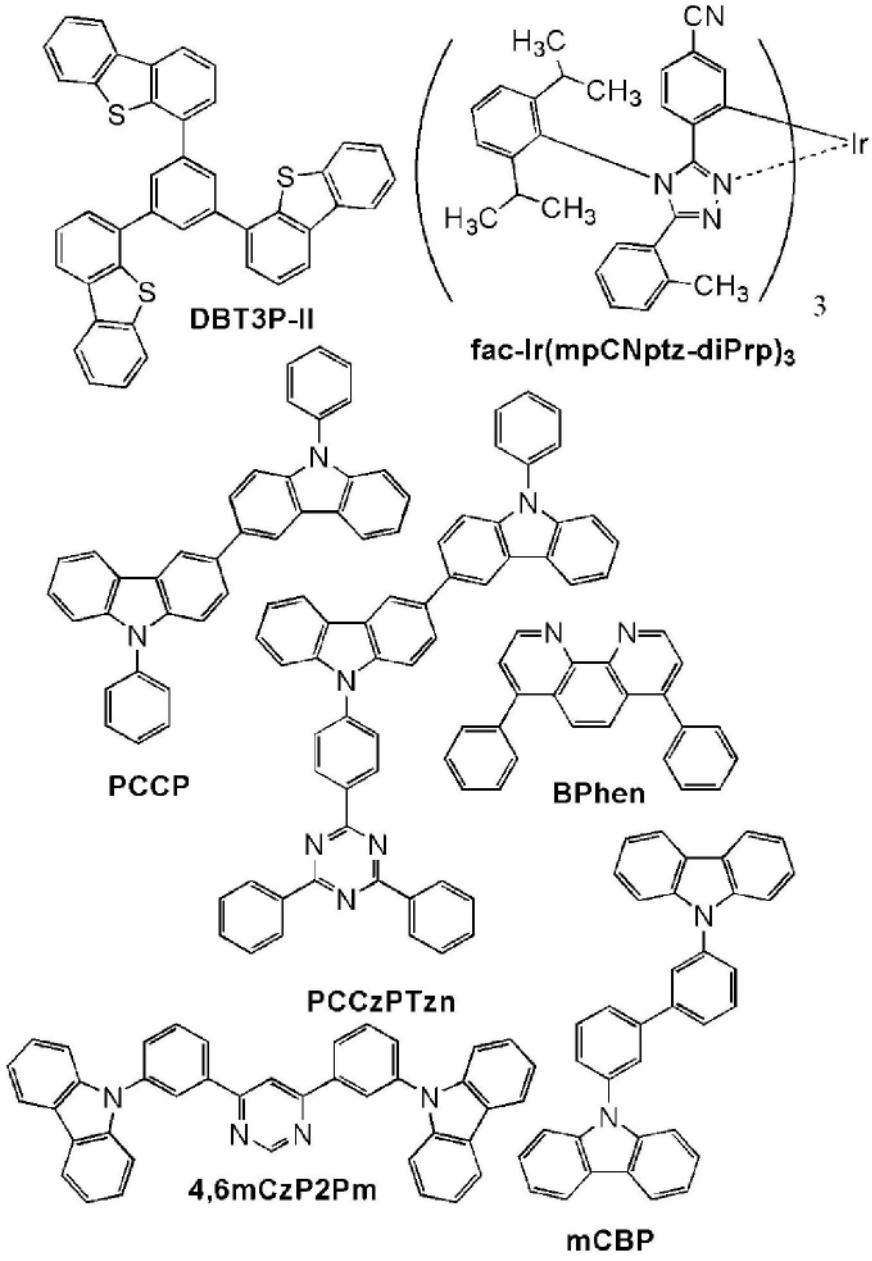
[0877] 如上所述,通过应用本发明的一个方式的发光装置,能够得到照明装置及电子设备。注意,不局限于本实施方式所示的照明装置及电子设备,该发光装置可以应用于各种领域的电子设备。

[0878] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

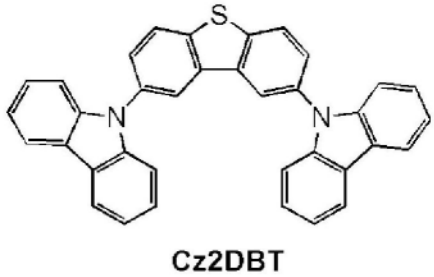
[0879] 实施例1

[0880] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件1及发光元件2)以及对比发光元件(对比发光元件1)的制造实例。图36A至图36C示出在本实施例中制造的发光元件的截面示意图,表1及表2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。

[0881] [化学式41]

[0882] 

[0883] [化学式42]

[0884] 

[0885] [表1]

[0886]

	层	符号	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)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4，6mCzP2Pm	-
	发光层	160	40	PCCzPTzn:fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	1:0.05
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO_3	1:0.5
	电极	101	70	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)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4，6mCzP2Pm	-
	发光层	160(2)	20	PCCzPTzn:mCBP:fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.4:0.6:0.05
		160(1)	20	PCCzPTzn:mCBP:fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.6:0.4:0.05
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO_3	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[0887] [表2]

[0888]

	层	符号	厚度（nm）	材料	重量比
对比发光元件1	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118	30	BPhen	-
	发光层	160	30	Cz2DBT:PCCzPTzn	0.9:0.1
	空穴传输层	112	20	Cz2DBT	-
	空穴注入层	111	60	DBT3P-II:MoO_3	1:0.5
	电极	101	110	ITSO	-

[0889] 〈发光元件的制造〉

[0890] 《发光元件1的制造》

[0891] 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4mm^2(2mm×2mm)。

[0892] 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(MoO_3)的重量比(DBT3P-II:MoO_3)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[0893] 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)。

[0894] 作为发光层160，在空穴传输层112上共蒸镀2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-

9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、(OC-6-22)-三{5-氰-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)(简称:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$),以使重量比(PCCzPTzn:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)为1:0.05,且厚度为40nm。注意,在发光层160中,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$相当于客体材料(第一材料),PCCzPTzn相当于主体材料(第二材料)。

[0895] 作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)并以15nm的厚度蒸镀红菲咯啉(简称:BPhen)。然后,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)。

[0896] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0897] 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/cm^2照射波长为365nm的紫外光,并且以80℃进行1小时的加热处理。通过上述工序获得发光元件1。

[0898] 《发光元件2的制造》

[0899] 发光元件2与上述发光元件1之间的不同之处在于发光层160的形成工序,其他工序与发光元件1相同。

[0900] 作为发光元件2的发光层160,共蒸镀PCCzPTzn、3,3'-双(9H-咔唑-9-基)联苯(简称:mCBP)和fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$,以使重量比(PCCzPTzn:mCBP:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)为0.6:0.4:0.05,且厚度为20nm,接着,共蒸镀PCCzPTzn、mCBP和fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$,以使重量比(PCCzPTzn:mCBP:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)为0.4:0.6:0.05,且厚度为20nm。注意,在发光层160中,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$相当于客体材料(第一材料),PCCzPTzn相当于主体材料(第二材料),mCBP相当于主体材料(第三材料)。

[0901] 《对比发光元件1的制造》

[0902] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为110nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm^2(2mm×2mm)。

[0903] 作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO_3的重量比(DBT3P-II:MoO_3)为1:0.5且厚度为60nm的方式进行共蒸镀。

[0904] 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)。

[0905] 作为发光层160,在空穴传输层112上共蒸镀Cz2DBT和PCCzPTzn,以使重量比(Cz2DBT:PCCzPTzn)为0.9:0.1,且厚度为30nm。

[0906] 作为电子传输层118,在发光层160上以30nm的厚度蒸镀BPhen。作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀LiF。

[0907] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0908] 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,由此密封对比发光元件1。其具体方法可以参照发光元件1的说明。通过上述工序获得对比发光元件1。

[0909] 〈发光元件的特性〉

[0910] 然后,测量所制造的上述发光元件1及发光元件2的特性。在亮度及CIE色度的测量

中，利用色亮度计(由Topcon Technohouse公司制造的BM-5A)，并且，在电致发光光谱的测量中，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)。

[0911] 图37示出发光元件1及发光元件2的电流效率-亮度特性。图38示出亮度-电压特性。图39示出外部量子效率-亮度特性。图40示出电力效率-亮度特性。各发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[0912] 表3示出1000cd/m^2附近的发光元件1及发光元件2的元件特性。

[0913] [表3]

[0914]

	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1	2.60	1.16	(0.284，0.638)	767	66.3	80.2	19.9
发光元件2	3.00	1.07	(0.284，0.632)	852	79.8	83.6	24.1

[0915] 图41示出当将2.5mA/cm^2的电流密度的电流供应给发光元件1及2时的发光光谱。

[0916] 根据图37至图40及表3可知，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2的外部量子效率的最大值为优异的值，即为24.5%。发光元件2的外部量子效率高于发光元件1，是因为发光元件2的发光层所具有的mCBP改善载流子平衡的缘故。

[0917] 此外，如图41所示，发光元件1与发光元件2的电致发光光谱大部分重叠且大致相等。发光元件1及发光元件2呈现绿色光。来自该发光元件1及发光元件2的绿色光的电致发光光谱的峰值波长为508nm且半峰全宽为60nm。

[0918] 发光元件1及发光元件2以极低的驱动电压驱动，即以在1000cd/m^2附近为3V以下的驱动电压驱动，而呈现优异的功率效率。另外，发光元件1及发光元件2的发光开始电压(其亮度超过1cd/m^2时的电压)分别为2.3V及2.4V。如下面所示，该电压值比相当于客体材料的fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级与HOMO能级的能量差的电压小。由此可以认为：发光元件1及发光元件2的发光是通过载流子在具有较小能隙的材料中复合而不是在客体材料中直接复合而获得的。

[0919] 〈主体材料的发光光谱〉

[0920] 在所制造的上述发光元件(发光元件1及发光元件2)中，作为主体材料使用PCCzPTzn。图42示出PCCzPTzn的薄膜的发光光谱的测量结果。

[0921] 为了测量上述发光光谱，通过真空蒸镀法在石英衬底上形成薄膜样品。在发光光谱的测量中，利用显微PL装置LabRAM HR-PL(由日本堀场制作所制造)，将测量温度设定为10K，作为激发光使用He-Cd激光(325nm)，使用CCD检测器。从在测量中获得的发光光谱中的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)及短波长一侧的上升部分算出单重激发能级及三重激发能级。薄膜的厚度为50nm。

[0922] 在该发光光谱的测量中，除了一般的发光光谱的测量以外，还进行了着眼于发光寿命长的发光的时间分辨发光光谱的测量。由于在该发光光谱的测量中，将测量温度设定为低温(10K)，所以在一般的发光光谱的测量中，除了作为主要发光成分的荧光以外，还观察到磷光。另外，在着眼于发光寿命长的发光的时间分辨发光光谱的测量中，主要观察到磷光。换言之，在一般的发光光谱的测量中，主要观察到PCCzPTzn的发光的荧光成分，在时间

分辨发光光谱的测量中，主要观察到PCCzPTzn的发光的磷光成分。

[0923] 如图42所示，PCCzPTzn的发光的示出荧光成分及磷光成分的发光光谱的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)的波长分别为472nm及491nm。由此，从峰值(包括肩峰)的波长算出的单重激发能级及三重激发能级分别为2.63eV及2.53eV。就是说，PCCzPTzn的从峰值(包括肩峰)的波长算出的单重激发能级与三重激发能级的能量差非常小，即0.1eV。

[0924] 此外，如图42所示，PCCzPTzn的发光的示出荧光成分及磷光成分的发光光谱的短波长一侧的上升的波长分别为450nm及477nm。由此，从上升的波长算出的单重激发能级及三重激发能级分别为2.76eV及2.60eV。就是说，PCCzPTzn的从发光光谱的上升部分的波长算出的单重激发能级与三重激发能级的能量差也非常小，即0.16eV。此外，发光光谱的短波长一侧的上升部分的波长为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。

[0925] PCCzPTzn的发光的示出磷光成分的发光光谱的最短波长一侧的峰值波长(491nm)比用于发光元件1及发光元件2的客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的电致发光光谱的波长短。因为用作客体材料的fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$是磷光材料，所以从三重激发态发光。就是说，PCCzPTzn的三重激发能量高于客体材料的三重激发能量。

[0926] 此外，如后面所示，fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一侧)的吸收带位于500nm附近，并具有与PCCzPTzn的发光重叠的区域。因此，在PCCzPTzn被用作主体材料的发光元件中，可以将激发能量高效地转移到客体材料。

[0927] 〈主体材料的过渡荧光特性〉

[0928] 接着，利用时间分辨发光测量对PCCzPTzn的过渡荧光特性进行测量。

[0929] 在时间分辨发光测量中，对在石英衬底上以厚度为50nm的方式蒸镀PCCzPTzn的薄膜样品进行测量。

[0930] 在测量中，使用皮秒荧光寿命测量系统(日本滨松光子学公司制造)。在本测量中，为了测量薄膜的荧光发光的寿命，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的频率对薄膜照射脉冲宽度为500ps的脉冲激光。通过将反复测量的数据累计起来获得S/N比例高的数据。上述测量在室温(保持为23℃的气氛)中进行。

[0931] 图43示出通过测量获得的PCCzPTzn的过渡荧光特性。

[0932] 使用算式4对图43所示的衰减曲线进行拟合。

[0933] [算式4]

[0934] $$L=\sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad \cdots(4)$$

[0935] 在算式4中，L及t分别表示归一化的发光强度及经过时间。从上述拟合结果可知，PCCzPTzn的薄膜样品的发光成分至少包含荧光寿命为0.015μs的荧光成分和荧光寿命为1.5μs的延迟荧光成分。换言之，可以说PCCzPTzn是在室温下呈现延迟荧光的热活化延迟荧光材料。

[0936] 〈对比发光元件的特性〉

[0937] 图44示出将PCCzPTzn用作发光材料的发光元件的对比发光元件1的电流效率-亮

度特性。图45示出其亮度-电压特性。图46示出其外部量子效率-亮度特性。图47示出其功率效率-亮度特性。发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[0938] 表4示出1000cd/m^2附近的对比发光元件1的元件特性。

[0939] [表4]

[0940]

	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(%)
对比发光元件1	4.00	4.73	(0.186，0.284)	1010	21.4	16.8	11.9

[0941] 图48示出当将2.5mA/cm^2的电流密度的电流供应给对比发光元件1时的发光光谱。

[0942] 根据图44至图47及表4可知，对比发光元件1具有高电流效率及高外部量子效率。对比发光元件1的外部量子效率的最大值为优异的值，即为23.4％。由于从一对电极注入的载流子(空穴及电子)的复合而产生的单重激子的产生概率最大为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％。对比发光元件1的外部量子效率高于6.25％，是因为如下缘故：如上所述，PCCzPTzn是单重激发能级与三重激发能级的能量差小且呈现热活化延迟荧光的材料，除了具有呈现来源于因从一对电极注入的载流子(空穴及电子)的复合而产生的单重激子的发光的功能，还具有呈现来源于通过来自三重激子的反系间窜越所产生的单重激子的发光的功能。

[0943] 此外，如图48所示，对比发光元件1的电致发光光谱的峰值波长为472nm，其短于发光元件1及发光元件2的电致发光光谱的峰值波长。对比发光元件1的电致发光光谱表示来源于PCCzPTzn的荧光及热活化延迟荧光的光。因此，从对比发光元件1的电致发光光谱的峰值波长(472nm)，PCCzPTzn的单重激发能级算出为2.63eV。发光元件1及发光元件2的电致发光光谱表示来源于客体材料(Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$)的磷光的发光。因此，从发光元件1及发光元件2的电致发光光谱的最短波长一侧的峰值波长(508nm)，客体材料(Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$)的三重激发能级算出为2.44eV。另外，如上所示，PCCzPTzn的单重激发能级与三重激发能级的能量差小，即为0.1eV。因此，从发光元件1、发光元件2及对比发光元件1的电致发光光谱的测量结果也可知，PCCzPTzn的三重激发能级高于客体材料(Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$)的三重激发能级。也就是说，可知：PCCzPTzn可以被适用于发光元件1及发光元件2的主体材料。

[0944] 〈CV测量结果〉

[0945] 通过循环伏安(CV)测量对用作上述发光元件的客体材料(第一材料)、主体材料(第二材料及第三材料)的化合物的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。此外，在测量中，使用电化学分析仪(ALS型号600A或600C，由BAS株式会社(BAS Inc.)制造)。在测量中，使工作电极相对于参考电极的电位在适当的范围中变化，获得各氧化峰值电位、还原峰值电位。另外，参考电极的氧化还原电位估计为-4.94eV，根据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。

[0946] 在主体材料(PCCzPTzn及mCBP)的氧化反应特性及还原反应特性的测量中，使用将该主体材料溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称：DMF)而成的溶液。一般来说，用于有机EL元件的有机化合物的折射率为1.7至1.8左右，并其相对介电常数为3左右。当利用极性高的溶剂的DMF(相对介电常数：38)对包含氰基等极性高(特别是，吸电子性高)的取代基的化合物的

氧化反应特性进行测量时，有时在精度上不足。因此，在本实施例中，利用将客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)溶解于极性低的氯仿(相对介电常数:4.8)而成的溶液，来测量氧化反应特性。利用将客体材料溶解于DMF而成的溶液，来测量客体材料的还原反应特性。

[0947] 表5示出根据CV测量结果而得到的各化合物的氧化电位、还原电位以及根据CV测量结果算出的各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[0948] [表5]

[0949]

简称	氧化电位（V）	还原电位（V）	从氧化电位算出的HOMO能级（eV）	从还原电位算出的LUMO能级（eV）
fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.91	-2.31	-5.85	-2.64
PCCzPTzn	0.70	-1.97	-5.64	-2.97
mCBP	0.99	-2.72	-5.93	-2.22

[0950] 如表5所示，在发光元件1及发光元件2中，第一材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的还原电位低于第二材料(PCCzPTzn)的还原电位，第一材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的氧化电位高于第二材料(PCCzPTzn)的氧化电位。第三材料(mCBP)的还原电位低于第二材料(PCCzPTzn)的还原电位，第三材料(mCBP)的氧化电位高于第二材料(PCCzPTzn)的氧化电位。第一材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的LUMO能级高于第二材料(PCCzPTzn)的LUMO能级，第一材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的HOMO能级低于第二材料(PCCzPTzn)的HOMO能级。第三材料(mCBP)的LUMO能级高于第二材料(PCCzPTzn)的LUMO能级，第三材料(mCBP)的HOMO能级低于第二材料(PCCzPTzn)的HOMO能级。因此，第一材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料(PCCzPTzn)的LUMO能级与HOMO能级的能量差，第三材料(mCBP)的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料(PCCzPTzn)的LUMO能级与HOMO能级的能量差，由此从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第二材料(PCCzPTzn)中。就是说，第三材料的mCBP与第一材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)不容易形成激基复合物，并且，第三材料的mCBP与第二材料(PCCzPTzn)不容易形成激基复合物。

[0951] 为了算出mCBP的三重激发能级，测量磷光光谱。mCBP的磷光光谱的最短波长一侧的峰值波长为447nm，由此三重激发能级可以算出为2.77eV。就是说，mCBP是其三重激发能级高于PCCzPTzn的材料。注意，mCBP的磷光光谱的测量方法与上述PCCzPTzn的磷光光谱的测量方法同样。

[0952] 〈客体材料的吸收光谱及发光光谱〉

[0953] 图49示出上述发光元件中的客体材料的fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的吸收光谱及发光光谱的测量结果。

[0954] 为了测量该吸收光谱及发光光谱，准备溶解有fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的二氯甲烷溶液，并利用石英皿。在该吸收光谱的测量中，利用紫外可见分光光度计(V-550，由日本分光株式会社制造)。然后，从所测量出的样品的光谱减去石英皿的吸收光谱。在测量该溶液的发光光谱时，利用PL-EL测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造)。上述测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[0955] 如图49所示，fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一

侧)的吸收带位于500nm附近。从吸收光谱的数据算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的吸收端为513nm,迁移能量算出为2.42eV。

[0956] fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级与HOMO能级的能量差为3.22eV。该数值是根据表5所示的CV测量结果而算出的。

[0957] 也就是说,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级和HOMO能级的能量差比从吸收端算出的迁移能量大0.8eV。

[0958] 如图41所示,发光元件1及发光元件2的电致发光光谱的最短波长一侧的峰值波长为508nm。由此,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的发光能量算出为2.44eV。

[0959] 也就是说,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级和HOMO能级的能量差比发光能量大0.78eV。

[0960] 也就是说,在上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级的能量差比从吸收端算出的迁移能量大0.4eV以上。并且,LUMO能级和HOMO能级的能量差比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级的能量差的高能量,从而需要较高的电压。

[0961] 另一方面,发光元件1及发光元件2中的作为主体材料的第二材料(PCCzPTzn)的LUMO能级与HOMO能级的能量差从表5算出为2.67eV。就是说,发光元件1及发光元件2的主体材料(第二材料)的LUMO能级与HOMO能级的能量差小于客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的LUMO能级与HOMO能级的能量差(3.22eV),大于从吸收端算出的迁移能量(2.42eV),且大于发光能量(2.44eV)。因此,在发光元件1及发光元件2中,可以经过主体材料的激发态的能量转移使客体材料激发而不在客体材料中使载流子直接复合,由此可以降低驱动电压。因此,可以降低本发明的一个方式的发光元件的功耗。

[0962] 在发光元件1及发光元件2中,第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级,第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级,第三材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级,第三材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级,且第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差为从第一材料的吸收端算出的迁移能量以上或第一材料的发光能量以上。这种发光元件可以同时实现高发光效率和低驱动电压。

[0963] 如上所述,通过采用本发明的一个方式的结构,可以制造发光效率高的发光元件。此外,可以制造功耗得到降低的发光元件。另外,可以制造发光效率高且呈现绿色发光的发光元件。

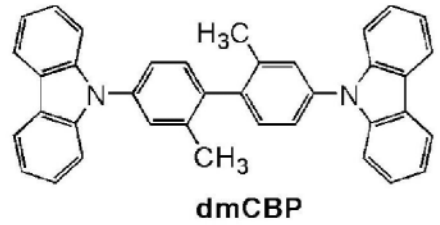
[0964] 本实施例1所示的结构可以与其他实施例或实施方式适当地组合。

[0965] 实施例2

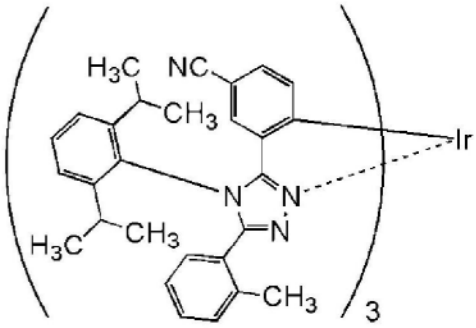
[0966] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件3及发光元件4)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图与图36A至图36C同样。表6示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构和简称。此外,关于其他化合物可以参照实施例1。

[0967] [化学式43]

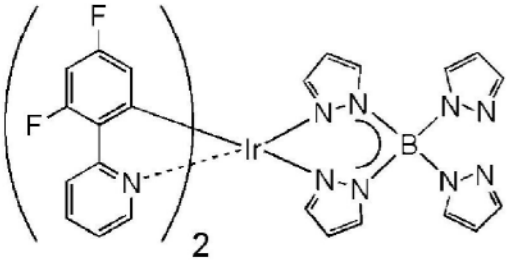
[0968]



dmCBP



Ir(mp5CNptz-diPrp)3



FIr6

[0969] [表6]

	层	符号	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)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4，6mCzP2Pm	-
	发光层	160	40	4，6mCzP2Pm:Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$	1:0.125
	空穴传输层	112	20	dmCBP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO_3	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-
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(2)	40	4，6mCzP2Pm:FIr6	1:0.06
	空穴传输层	112	20	dmCBP	-
	空穴注入层	111	15	DBT3P-II:MoO_3	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[0970]

[0971] 〈发光元件的制造〉

[0972] 《发光元件3的制造》

[0973] 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4mm^2

(2mm×2mm)。

[0974] 作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与氧化钼(MoO_3)的重量比(DBT3P-II:MoO_3)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[0975] 作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀4-4'-双(9-咔唑)-2,2'-二甲基联苯(简称:dmCBP)。

[0976] 作为发光层160,在空穴传输层112上共蒸镀4,6mCzP2Pm、三{4-氰-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2一甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$),以使重量比(4,6mCzP2Pm:Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$)为1:0.125,且厚度为40nm。注意,在发光层160中,Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$相当于客体材料(第一材料),4,6mCzP2Pm相当于主体材料(第二材料)。

[0977] 作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以15nm的厚度蒸镀BPhen。然后,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)。

[0978] 作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0979] 接着,在氮气氛的手套箱中,密封发光元件3。其具体方法可以参照实施例1的说明。通过上述工序获得发光元件3。

[0980] 《发光元件4的制造》

[0981] 发光元件4与上述发光元件3之间的不同之处在于空穴注入层111及发光层160的形成工序,其他工序与发光元件3相同。

[0982] 作为发光元件4的空穴注入层111,在电极101上共蒸镀DBT3P-II和氧化钼(MoO_3),以使重量比(DBT3P-II:MoO_3)为1:0.5,且厚度为15nm。

[0983] 作为发光元件4的发光层160,在空穴传输层112上共蒸镀4,6mCzP2Pm和双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶-N,$C^{2'}$]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称:FIr6),以使重量比(4,6mCzP2Pm:FIr6)为1:0.06,且厚度为40nm。注意,在发光层160中,FIr6相当于客体材料(第一材料),4,6mCzP2Pm相当于主体材料(第二材料)。

[0984] 〈发光元件的特性〉

[0985] 然后,测量上述所制造的发光元件3及4的特性。测量方法与实施例1同样。

[0986] 图50示出发光元件3及发光元件4的电流效率-亮度特性。图51示出亮度-电压特性。图52示出外部量子效率-亮度特性。图53示出电力效率-亮度特性。图54示出以2.5mA/cm^2的电流密度使电流流过发光元件3及发光元件4时的发光光谱。各发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[0987] 表7示出1000cd/m^2附近的发光元件3及发光元件4的元件特性。

[0988] [表7]

[0989]

	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3	3.20	1.98	(0.160, 0.296)	1020	51.5	50.6	27.6
发光元件4	3.30	2.61	(0.148, 0.246)	880	33.8	32.2	21.3

[0990] 如图54所示，发光元件3及发光元件4呈现蓝色光。来自发光元件3及发光元件4的蓝色光的电致发光光谱的峰值波长分别为465nm及459nm且半峰全宽分别为61nm及55nm。

[0991] 根据图50至图53及表7可知，发光元件3及发光元件4具有高电流效率及高外部量子效率。发光元件3及发光元件4的外部量子效率的最大值为优异的值，即分别为28.2％和23.8％。

[0992] 发光元件3及发光元件4以较低的驱动电压驱动，即以在1000cd/m^2附近为3.2V及3.3V，而呈现优异的功率效率。另外，发光元件3及发光元件4的发光开始电压(其亮度超过1cd/m^2时的电压)分别为2.7V及2.8V。如下面所示，该电压值比相当于客体材料的Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6的LUMO能级与HOMO能级的能量差的电压小。由此可以认为：发光元件3及发光元件4的发光是通过载流子在具有较小能隙的材料中复合而不是在客体材料中直接复合而获得的。

[0993] 〈主体材料的发光光谱〉

[0994] 在所制造的上述发光元件(发光元件3及发光元件4)中，作为主体材料使用4，6mCzP2Pm。图55示出4，6mCzP2Pm的薄膜的发光光谱的测量结果。

[0995] 为了测量上述发光光谱，通过真空蒸镀法在石英衬底上形成薄膜样品。在发光光谱的测量中，利用显微PL装置LabRAM HR-PL(由日本堀场制作所制造)，将测量温度设定为10K，作为激发光使用He-Cd激光(325nm)，使用CCD检测器。从在测量中获得的发光光谱中的最短波长一侧的峰值(包括肩峰)及短波长一侧的上升部分算出单重激发能级及三重激发能级。薄膜的厚度为50nm。

[0996] 在该发光光谱的测量中，除了一般的发光光谱的测量以外，还进行了着眼于发光寿命长的发光的时间分辨发光光谱的测量。由于在该发光光谱的测量中，将测量温度设定为低温(10K)，所以在一般的发光光谱的测量中，除了作为主要发光成分的荧光以外，还观察到磷光。另外，在着眼于发光寿命长的发光的时间分辨发光光谱的测量中，主要观察到磷光。换言之，在一般的发光光谱的测量中，主要观察到4，6mCzP2Pm的发光的荧光成分，在时间分辨发光光谱的测量中，主要观察到4，6mCzP2Pm的发光的磷光成分。

[0997] 如图55所示，4，6mCzP2Pm的发光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436nm及459nm。由此，从峰值(包括肩峰)的波长算出的单重激发能级及三重激发能级分别为2.84eV及2.70eV。就是说，4，6mCzP2Pm的从峰值(包括肩峰)的波长算出的单重激发能级与三重激发能级的能量差小，即0.14eV。

[0998] 4，6mCzP2Pm的发光光谱的磷光成分的最短波长一侧的峰值波长(459nm)与用于发光元件3及发光元件4的客体材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的电致发光光谱的波长更短或相等。因为用作客体材料的Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6是磷光材料，所以从三重激发态发光。就是说，4，6mCzP2Pm的三重激发能量与客体材料的三重激发能量更高或相等。

[0999] 此外，如后面所示，Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一侧)的吸收带位于450nm附近，并具有与4，6mCzP2Pm的发光重叠的区域。因此，在4，6mCzP2Pm被用作主体材料的发光元件中，可以将激发能量高效地转移到客体材料。

[1000] 〈CV测量结果〉

[1001] 通过循环伏安(CV)测量对用作上述发光元件的客体材料(第一材料)、主体材料(第二材料)的化合物的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。其测量方法

与实施例1同样。

[1002] 在4,6mCzP2Pm及FIr6的氧化反应特性及还原反应特性的测量中,使用将各化合物溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)而成的溶液。在Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的氧化反应特性的测量中,使用将Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$溶解于氯仿而成的溶液,并且在Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的还原反应特性的测量中,使用将Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$溶解于DMF而成的溶液。

[1003] 表8示出根据CV测量结果而得到的各化合物的氧化电位、还原电位以及根据CV测量结果算出的各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[1004] [表8]

[1005]

简称	氧化电位(V)	还原电位(V)	从氧化电位算出的HOMO能级(eV)	从还原电位算出的LUMO能级(eV)
4,6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$	0.96	-2.59	-5.90	-2.35
FIr6	1.18	-2.33	-6.12	-2.61

[1006] 如表8所示,在发光元件3及发光元件4中,第一材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的还原电位低于第二材料(4,6mCzP2Pm)的还原电位,第一材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的氧化电位高于第二材料(4,6mCzP2Pm)的氧化电位。第一材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的LUMO能级高于第二材料(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级,第一材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的HOMO能级低于第二材料(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级。因此,第一材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的LUMO能级与HOMO能级的能量差大于第二材料(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级与HOMO能级的能量差,由此从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第二材料(4,6mCzP2Pm)中。

[1007] 〈客体材料的吸收光谱〉

[1008] 图56及图57示出上述发光元件中的客体材料的Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6的吸收光谱的测量结果。

[1009] 在该吸收光谱的测量中,准备溶解有Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6的二氯甲烷溶液,并利用石英皿。在该吸收光谱的测量中,利用紫外可见分光光度计(V-550,由日本分光株式会社制造)。然后,从所测量出的样品的光谱减去石英皿及二氯甲烷的吸收光谱。上述测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1010] 图56所示的Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的吸收光谱及图57所示的FIr6的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一侧)的吸收带都位于450nm附近。从吸收光谱的数据算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的吸收端位于467nm,迁移能量算出为2.65eV,FIr6的吸收端位于454nm,迁移能量算出为2.73eV。

[1011] Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级与HOMO能级的能量差为3.55eV,FIr6的LUMO能级与HOMO能级的能量差为3.51eV。这些数值是根据表8所示的CV测量结果而算出的。

[1012] 也就是说,Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级和HOMO能级的能量差比从吸收端算出的迁移能量大0.9eV,FIr6的LUMO能级和HOMO能级的能量差比从吸收端算出的迁移能量大0.78eV。

[1013] 如图54所示,发光元件3的电致发光光谱的最短波长一侧的峰值波长为465nm。由此,Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的发光能量算出为2.67eV。如图54所示,发光元件4的电致发光光谱的最短波长一侧的峰值波长为459nm。由此,FIr6的发光能量算出为2.70eV。

[1014] 也就是说,Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的LUMO能级和HOMO能级的能量差比发光能量大0.88eV,FIr6的LUMO能级和HOMO能级的能量差比发光能量大0.81eV。

[1015] 也就是说,在上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级的能量差比从吸收端算出的迁移能量大0.4eV以上。并且,LUMO能级和HOMO能级的能量差比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级的能量差的高能量,从而需要较高的电压。

[1016] 另一方面,发光元件3及发光元件4中的作为主体材料的第二材料(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级与HOMO能级的能量差从表8算出为3.01eV。就是说,发光元件3及发光元件4的主体材料(第二材料)的LUMO能级与HOMO能级的能量差小于客体材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$及FIr6)的LUMO能级与HOMO能级的能量差(3.55eV及3.51eV),大于从吸收端算出的迁移能量(2.65及2.73eV),且大于发光能量(2.67eV及2.70eV)。因此,在发光元件3及发光元件4中,可以以经过主体材料的激发态的能量转移使客体材料激发而不在客体材料中使载流子直接复合,由此可以降低驱动电压。因此,可以降低本发明的一个方式的发光元件的功耗。

[1017] 在发光元件3及发光元件4中,第一材料的LUMO能级高于第二材料的LUMO能级,第一材料的HOMO能级低于第二材料的HOMO能级,且第二材料的LUMO能级与HOMO能级的能量差为从第一材料的吸收端算出的迁移能量以上或第一材料的发光能量以上。这种发光元件可以同时实现高发光效率和低驱动电压。

[1018] 如上所述,通过采用本发明的一个方式的结构,可以制造发光效率高的发光元件。此外,可以制造功耗得到降低的发光元件。另外,可以制造发光效率高且呈现蓝色发光的发光元件。

[1019] 本实施例2所示的结构可以与其他实施例或实施方式适当地组合。

[1020] (参考实例1)

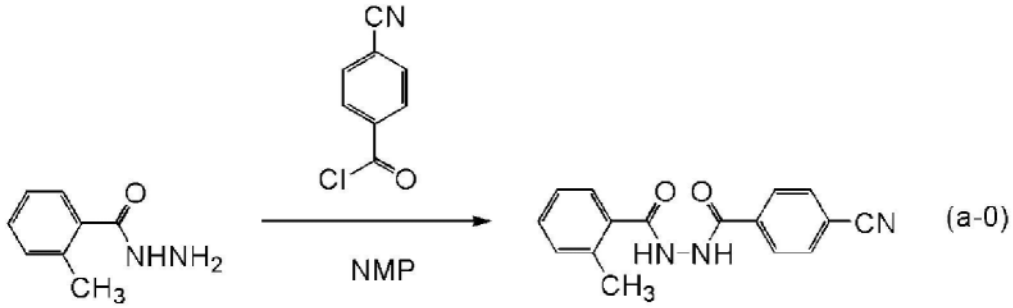
[1021] 在本参考实例中,对在实施例1中用作客体材料的有机金属配合物的(OC-6-22)-三{5-氰-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)(简称:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的合成方法进行说明。

[1022] <合成实例1>

[1023] 《步骤1:N-4-氰基苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼的合成》

[1024] 将13g(89mmol)的邻甲苯酰肼(o-toluic hydrazide)及60mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)放入到300mL的三口烧瓶中,在用冰冷却的同时在氮气流下进行搅拌。将15g(91mmol)的4-氰基苯甲酰氯和30mL的NMP的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中,搅拌16小时并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到500mL的水中,而析出固体。交替使用水和1M盐酸对所析出的固体重复进行两次超声波洗涤。然后,使用乙醇进行超声波洗涤,由此以82%的收率获得20g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为N-4-氰基苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼。(a-0)示出步骤1的合成方案。

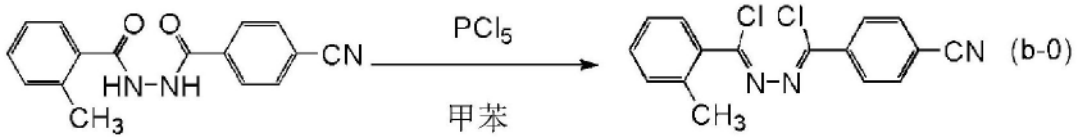
[1025] [化学式44]

[1026] 

[1027] 《步骤2:N-氯-4-氰基苯基亚甲基-N’-氯-2-甲基苯基亚甲基腙的合成》

[1028] 将在步骤1中合成的20g(73mmol)的N-4-氰基苯甲酰基-N’-2-甲基苯甲酰肼及500mL的甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中。将50g(240mmol)的五氯化磷放入到该混合溶液中,在氮气流下以120℃进行7小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢添加到300mL的水中,在室温下搅拌30分钟。使该混合物的水层和有机层分离,利用甲苯对水层进行萃取。将所得到的萃取溶液和有机层的混合物缓慢添加到400mL的1M氢氧化钾水溶液中,在室温下搅拌30分钟。使该混合物的水层和有机层分离,利用甲苯对水层进行萃取。将得到的萃取溶液和有机层合并,依次使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤。在进行洗涤之后,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,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到油状物。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,而得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波。通过进行抽滤将固体过滤,以72%的收率得到17g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为N-氯-4-氰基苯基亚甲基-N’-氯-2-甲基苯基亚甲基腙。(b-0)示出步骤2的合成方案。

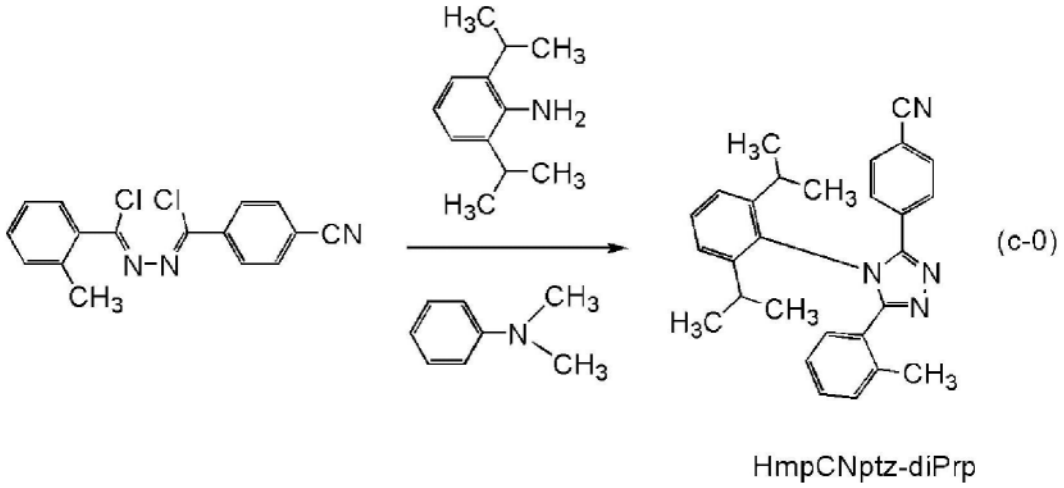
[1029] [化学式45]

[1030] 

[1031] 《步骤3:HmpCNptz-diPrp的合成》

[1032] 将4.7g(16mmol)的在步骤2中合成的N-氯-4-氰基苯基亚甲基-N’-氯-2-甲基苯基亚甲基腙、17g(95mmol)的2,6-二异丙基苯胺及100mL的N,N-二甲基苯胺放入到500mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行8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1小时。使有机层和水层分离,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乙酸乙酯而照射超声波,然后进行抽滤,以35%的收率得到4.7g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为5-(4-氰基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-3-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(简称:HmpCNptz-diPrp)。(c-0)示出步骤3的合成方案。

[1033] [化学式46]

[1034] 

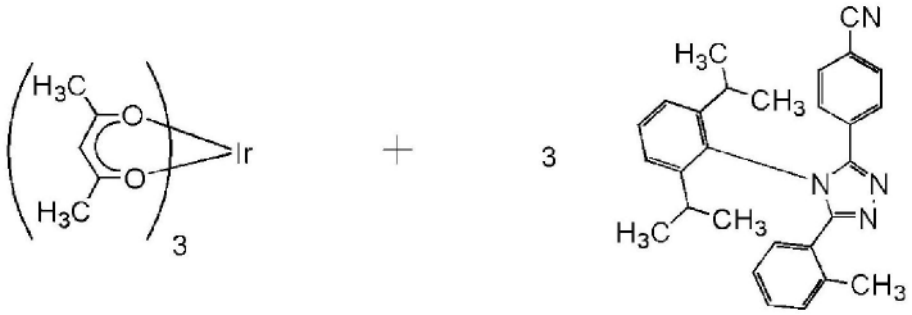
HmpCNptz-diPrp

(c-0)

[1035] 《步骤4:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$的合成》

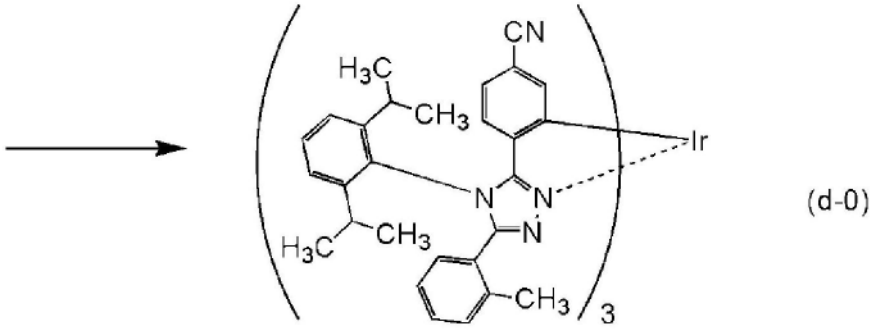
[1036] 将在步骤3中合成的4.7g(11mmol)的HmpCNptz-diPrp及1.1g(2.2mmol)的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行40小时的搅拌。将所得到的反应混合物添加到二氯甲烷中,进行过滤,而去除不溶物。浓缩得到的滤液而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:己烷=4:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。确认到得到的固体为面式异构体及经式异构体的异构体混合物。根据^{1}H-NMR得到的异构体比为面式异构体:经式异构体=2:3。为了使异构体分离,再次通过硅胶柱层析法纯化。作为展开溶剂,首先使用二氯甲烷:己烷=1:1的混合溶剂,然后使用二氯甲烷:己烷=4:1的混合溶剂。通过硅胶薄层层析(TLC)确认到经式异构体的馏分没有了,然后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/己烷使得到的固体再结晶,以10%的收率得到0.31g的黄色固体。通过利用梯度升华方法(train sublimation method)对所得到的黄色固体中的0.30g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320℃加热24小时。在进行升华提纯之后,以70%的回收率得到0.21g的黄色固体。(d-0)示出步骤4的合成方案。

[1037] [化学式47]



HmpCNptz-diPrp

[1038]



fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

[1039] 利用核磁共振法(NMR)对在上述步骤4中得到的黄色固体的质子(^{1}H)进行了测量。以下示出所得到的值。

[1040] ^{1}H-NMRδ(CD_2Cl_2):0.72-0.79(m,27H),0.96(d,9H),2.11-2.17(m,3H),2.25(s,9H),2.64-2.69(m,3H),6.23(d,3H),6.80(d,3H),6.87-6.91(m,6H),7.05(s,3H),7.18-7.29(m,12H),7.53(t,3H)。

[1041] (参考实例2)

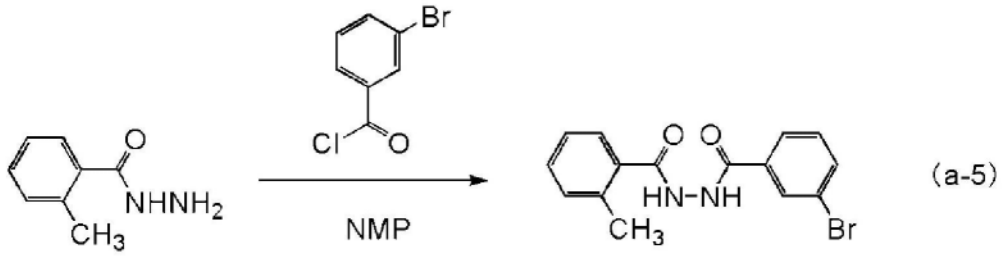
[1042] 在本参考实例中,对在实施例2中用作客体材料的有机金属配合物的三{4-氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$)的合成方法进行说明。

[1043] <合成实例2>

[1044] 《步骤1:N-3-溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼的合成》

[1045] 将25g(166mmol)的邻甲苯酰肼及120mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)放入到500mL的三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内,在用冰冷却的同时进行搅拌。将37g(166mmol)的3-溴苯甲酰氯及50mL的NMP的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中,搅拌20小时并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到300mL的水中,而析出固体。交替使用水和1M盐酸对所析出的固体重复进行超声波洗涤。然后,使用乙醇进行超声波洗涤,由此以71%的收率获得40g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为N-3-溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼。如下(a-5)示出步骤1的合成方案。

[1046] [化学式48]

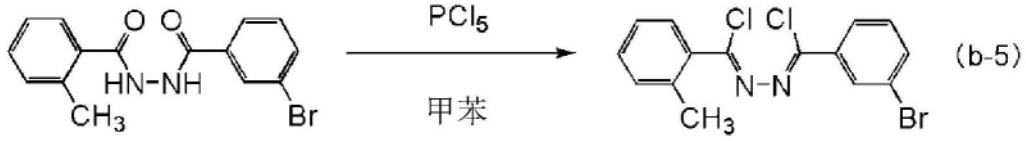
[1047] 

(a-5)

[1048] 《步骤2:N-氯-3-溴苯基亚甲基-N’-氯-2-甲基苯基亚甲基腙的合成》

[1049] 将在步骤1中合成的40g(119mmol)的N-3-溴苯甲酰基-N’-2-甲基苯甲酰肼及800mL的甲苯放入到2000mL的三口烧瓶中。将75g(360mmol)的五氯化磷放入到该混合溶液中,在氮气流下以120℃进行8小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢添加到400mL的水中,在室温下搅拌30分钟。在搅拌之后,通过过滤去除所析出的固体,将所得到的滤液分离为水层和有机层,利用甲苯对水层进行萃取。将所得到的萃取溶液和有机层的混合溶液缓慢添加到400mL的2M氢氧化钾水溶液中,在室温下搅拌48小时。使该混合物的水层和有机层分离,利用甲苯对水层进行萃取。对得到的萃取溶液和有机层的混合溶液使用饱和食盐水进行洗涤。在洗涤之后,对溶液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,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到油状物。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97%的收率得到43g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为N-氯-3-溴苯基亚甲基-N’-氯-2-甲基苯基亚甲基腙。如下(b-5)示出步骤2的合成方案。

[1050] [化学式49]

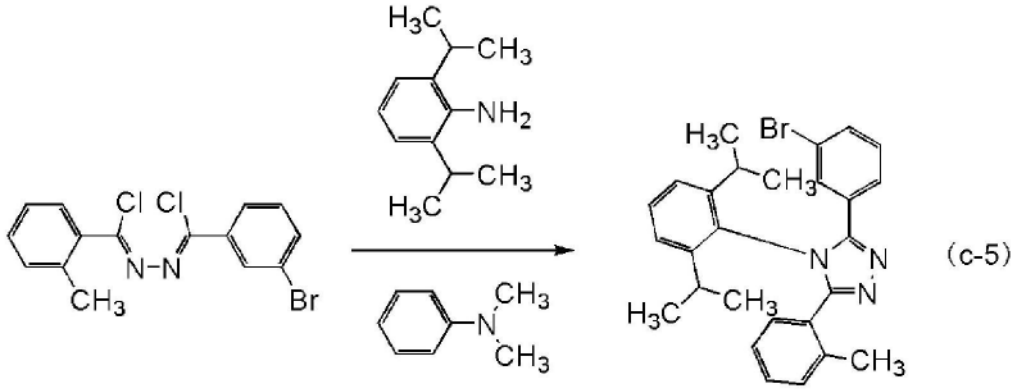
[1051] 

(b-5)

[1052] 《步骤3:3-(3-溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑的合成》

[1053] 将在步骤2中合成的N-氯-3-溴苯基亚甲基-N’-氯-2-甲基苯基亚甲基腙中的30g(81.0mmol)、43g(243mmol)的2,6-二异丙基苯胺及250mL的N,N-二甲基苯胺放入到1000mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行13小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到500mL的3M盐酸中,搅拌30分钟。将甲苯放入到该溶液中,使有机层和水层分离。使用甲苯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用水、饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对其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。利用乙酸乙酯和己烷的混合溶剂使得到的固体再结晶,以46%的收率得到18g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为3-(3-溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑。如下(c-5)示出步骤3的合成方案。

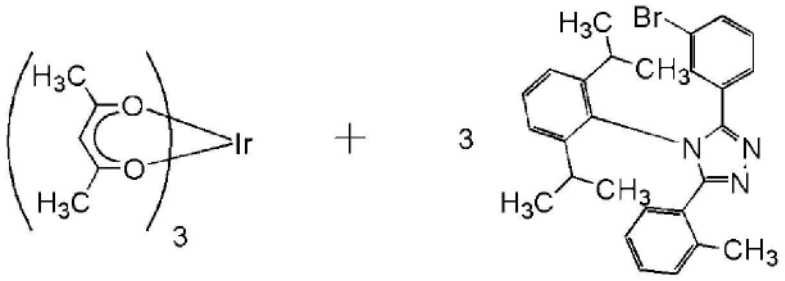
[1054] [化学式50]

[1055] 

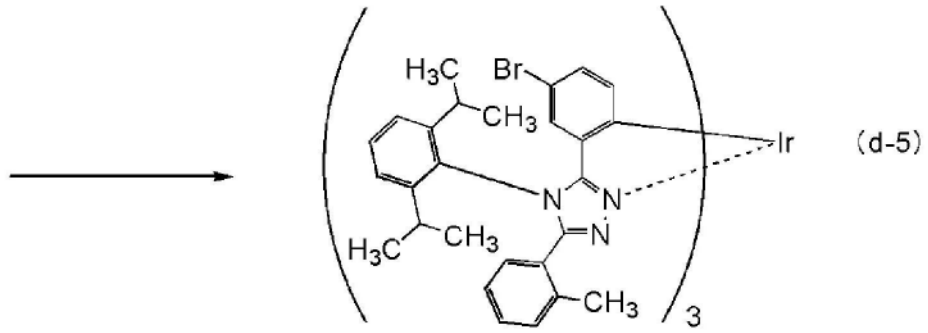
[1056] 《步骤4:三{4-溴-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)的合成》

[1057] 接着,将在步骤3中得到的3-(3-溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑中的4.8g(10mmol)及1.0g(2.0mmol)的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,以250℃进行40小时的加热并使其起反应。将所得到的反应混合物溶解于二氯甲烷中,通过抽滤去除不溶固体。通过硅胶柱层析法使所得到的滤液纯化。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。使用二氯甲烷和己烷的混合溶剂对该固体进行洗涤,以53%的收率得到1.7g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为三{4-溴-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)。如下(d-5)示出步骤4的合成方案。

[1058] [化学式51]



[1059]

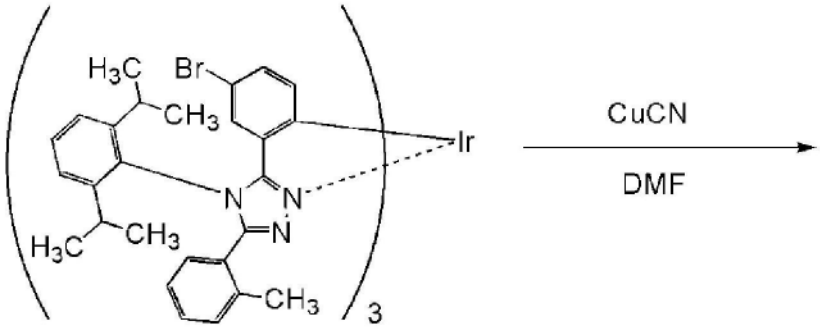


[1060] 《步骤5:三{4-氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$)的合成》

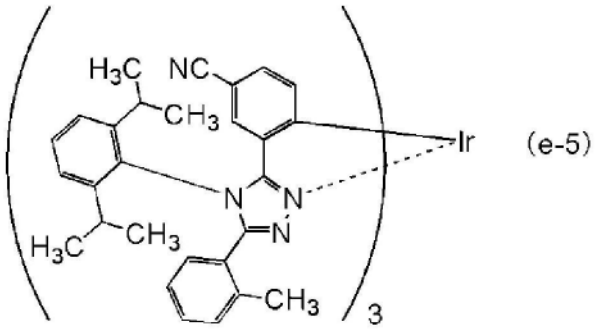
[1061] 接着,将在步骤4中得到的三{4-溴-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}铱(III)中的1.2g(0.74mmol)及10mL的二甲基甲酰胺

(DMF)放入到50mL的三口烧瓶中,对该混合物添加0.30g(3.4mmol)的氰化铜。在氮气流下以150℃进行44小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,对反应溶液添加10mL的氨水和10mL的水,在室温下进行搅拌。使用二氯甲烷对所得到的混合溶液进行萃取,使用水及饱和食盐水对萃取溶液进行洗涤。对该溶液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来得到滤液。浓缩所得到的滤液而得到油状物。通过硅胶柱层析法使该油状物纯化。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。利用乙酸乙酯使该固体再结晶,以57%的收率得到0.61g的黄色固体。如下(e-5)示出步骤5的合成方案。

[1062] [化学式52]



[1063]



Ir(mp5CNptz-diPrp)3

[1064] 利用核磁共振法(NMR)对在上述步骤5中得到的黄色固体的质子(^{1}H)进行了测量。以下示出所得到的值。

[1065] ^{1}H-NMRδ($CDCl_3$):0.74-0.80(m,27H),0.93(d,9H),2.13-2.17(m,3H),2.32(s,9H),2.65-2.70(m,3H),6.33(d,3H),6.81(d,3H),6.91(t,3H),6.96-7.01(m,6H),7.12-7.27(m,9H),7.30(d,3H),7.56(t,3H)。

[1066] 符号说明

[1067] 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、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:客体材料、122:主体材料、123B:发光层、123G:发光层、123R:发光层、130:发光层、131:客体材料、132:主体材料、133:主体材料、135:发光层、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、260a:发光元件、260b:发光元件、262a:发光元件、262b:发光元件、301_1:布线、301_5:布线、301_6:布线、301_7:布线、302_1:布线、302_2:布线、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、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

[1068] 本申请基于2015年8月7日由日本专利局受理的日本专利申请第2015-157180号、2015年9月4日由日本专利局受理的日本专利申请第2015-174893号以及2015年12月4日由日本专利局受理的日本专利申请第2015-237243号,其全部内容通过引用纳入本文。

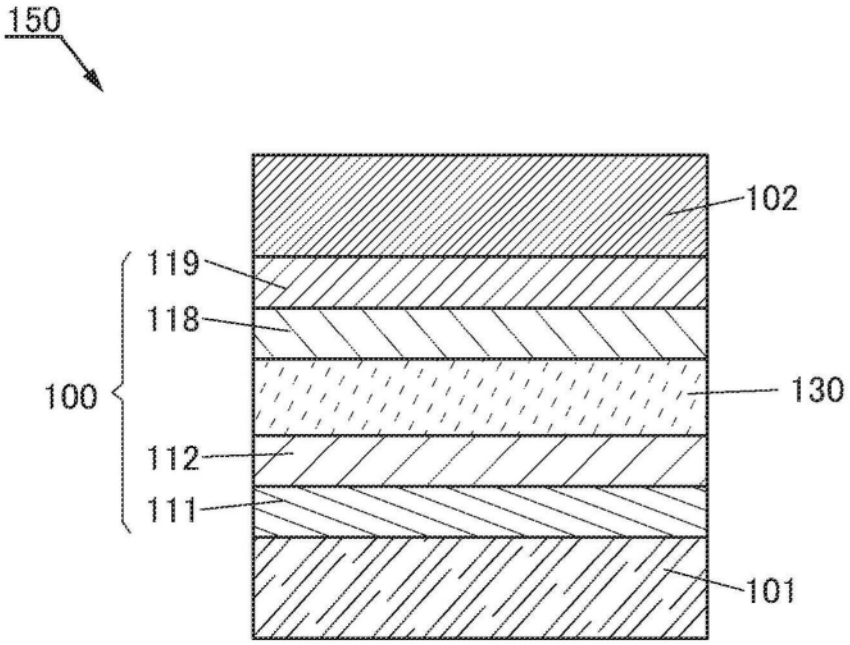

150
102
119
118
100
130
112
111
101

图1A

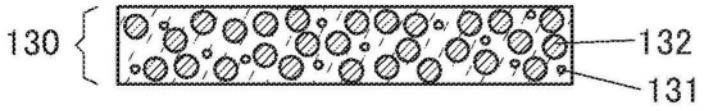

130
132
131

图1B

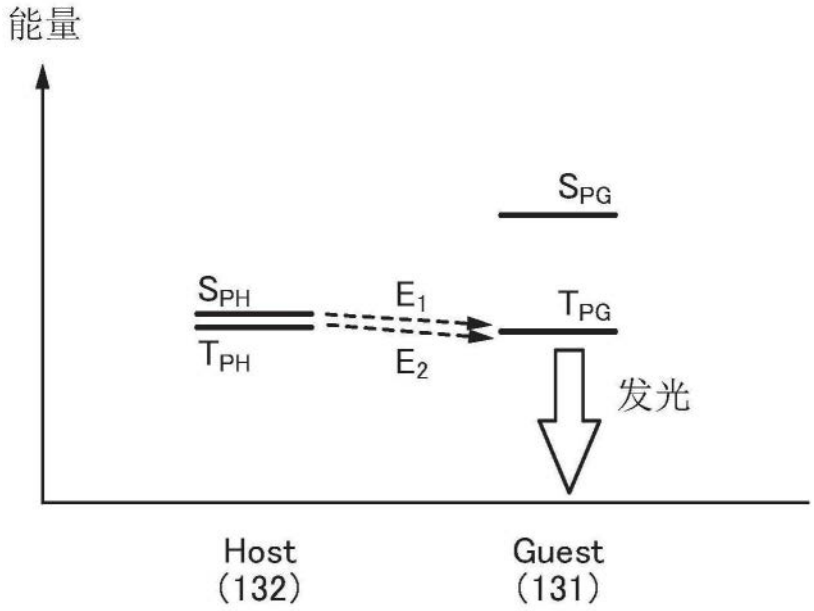

能量
SPG
SPH
TPH
E1
E2
TPG
发光
Host
(132)
Guest
(131)

图2A

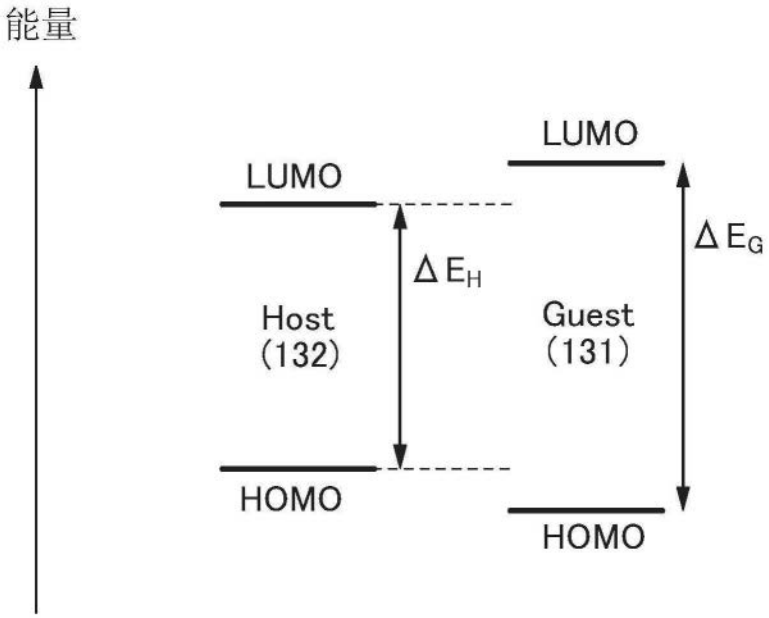

能量
LUMO
LUMO
ΔE_H
ΔE_G
Host
(132)
Guest
(131)
HOMO
HOMO

图2B

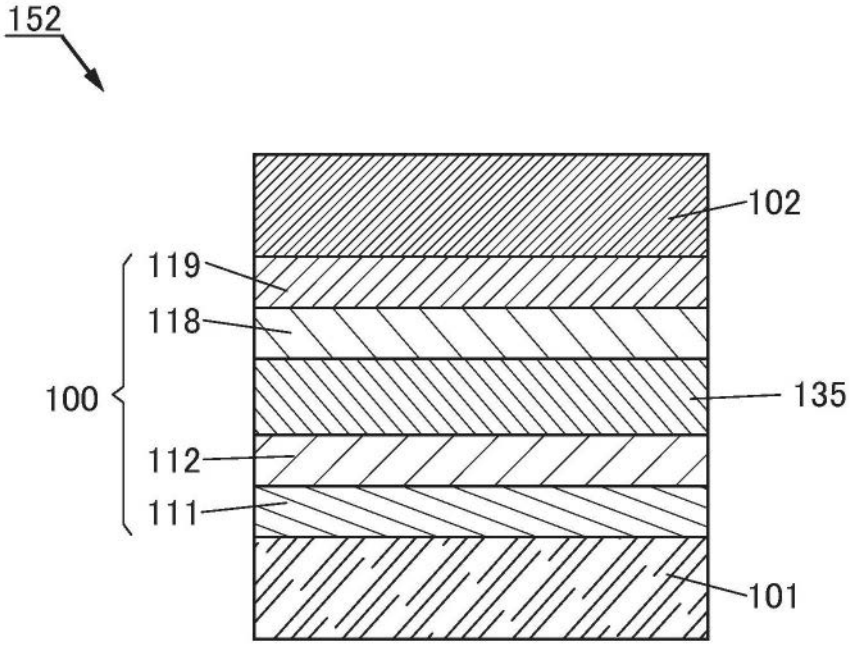

152
102
119
118
100
135
112
111
101

图3A

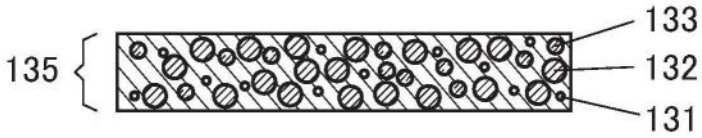

135
133
132
131

图3B

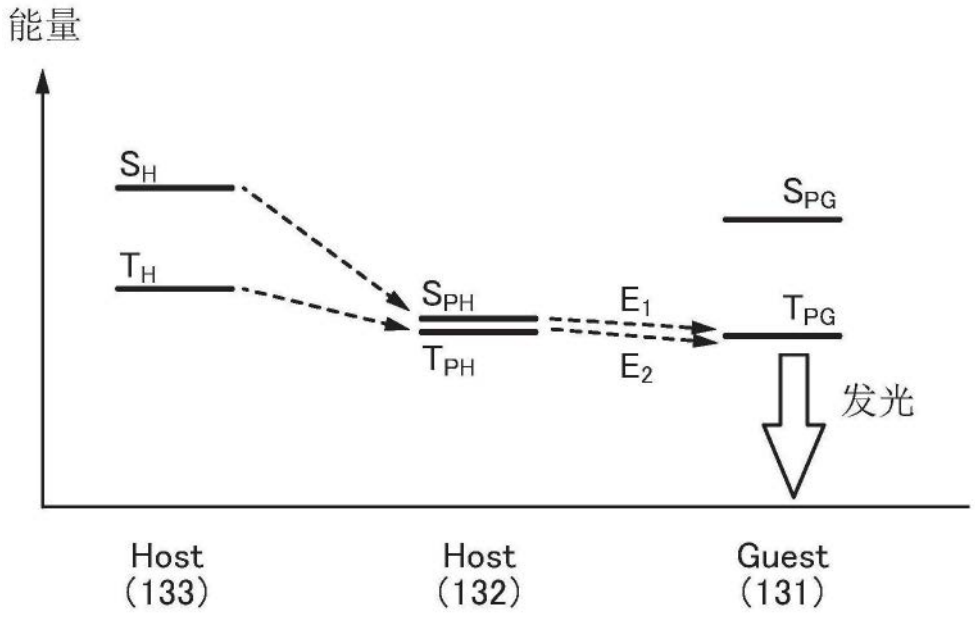

能量
S_H
T_H
S_{PH}
T_{PH}
E_1
E_2
S_{PG}
T_{PG}
发光
Host
(133)
Host
(132)
Guest
(131)

图4A

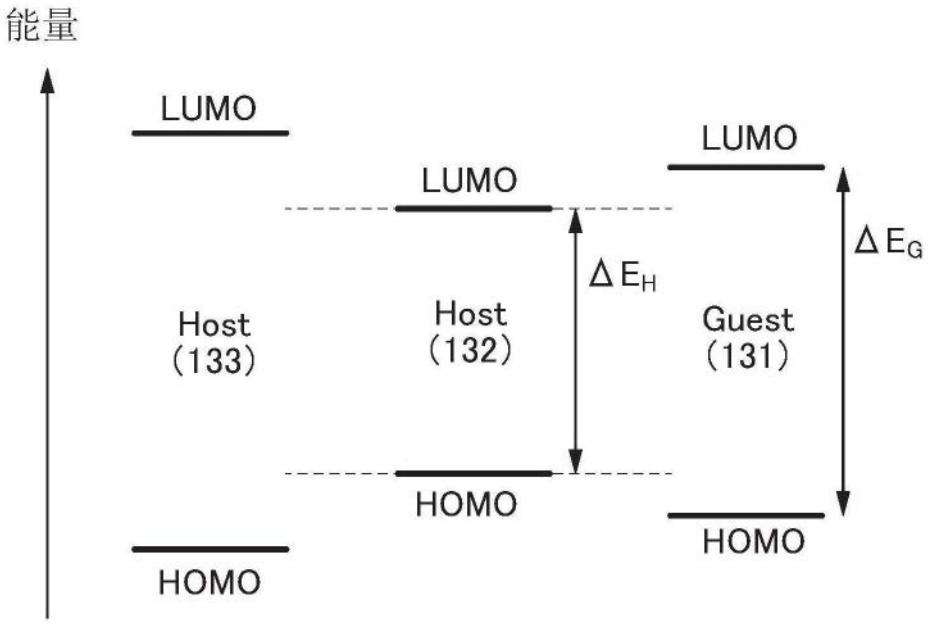

能量
LUMO
LUMO
LUMO
ΔE_H
ΔE_G
Host
(133)
Host
(132)
Guest
(131)
HOMO
HOMO
HOMO

图4B

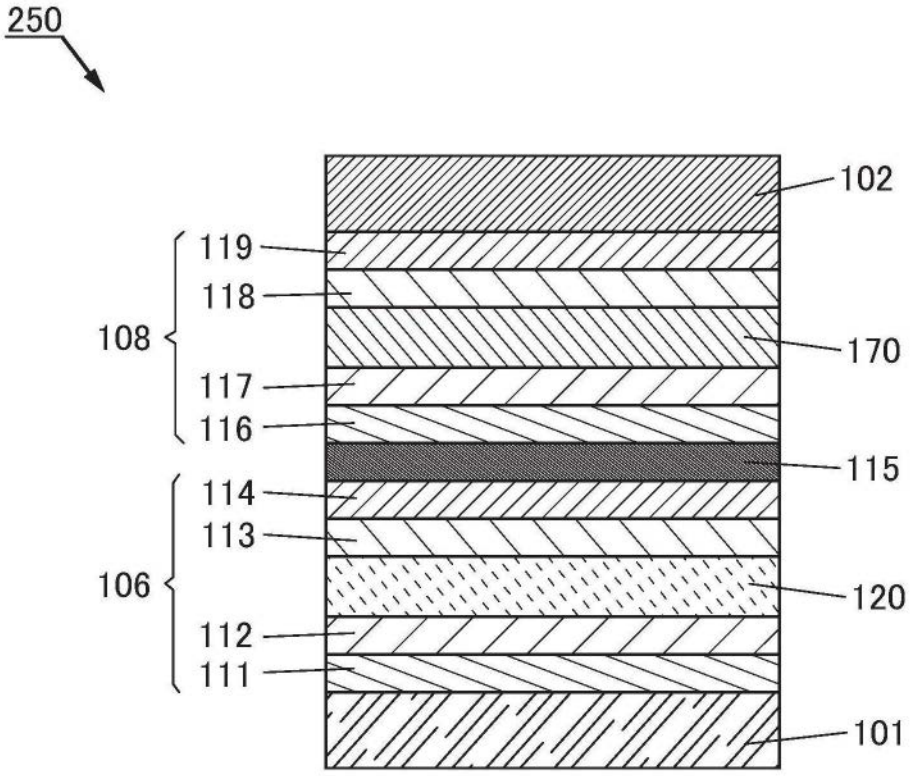

250
102
119
118
108
170
117
116
115
114
113
106
120
112
111
101

图5A

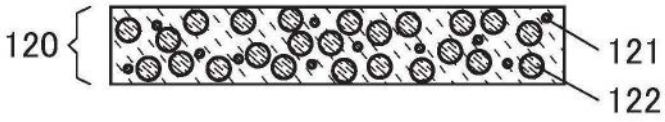

120
121
122

图5B

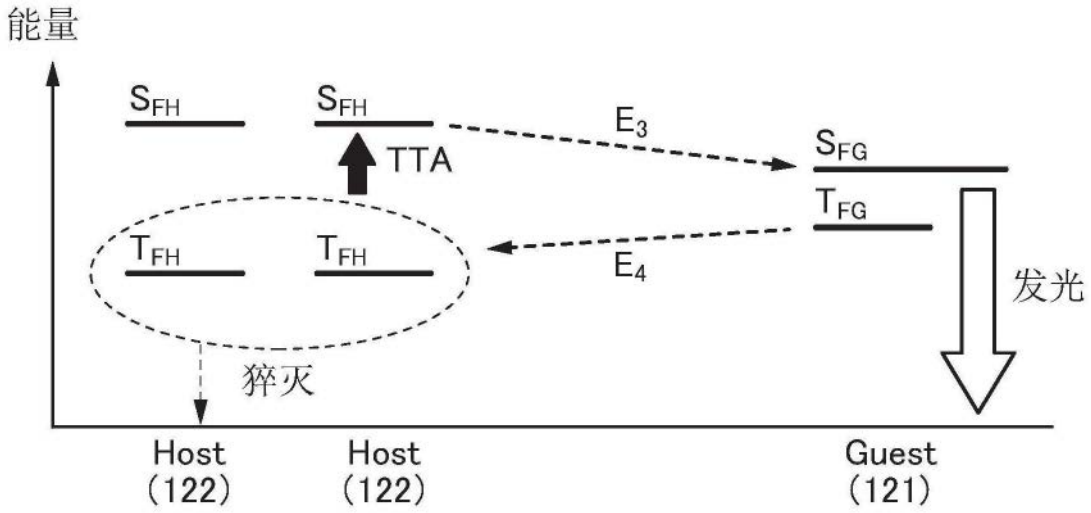

能量
S_FH
S_FH
E_3
TTA
S_FG
T_FG
T_FH
T_FH
E_4
发光
猝灭
Host
(122)
Host
(122)
Guest
(121)

图5C

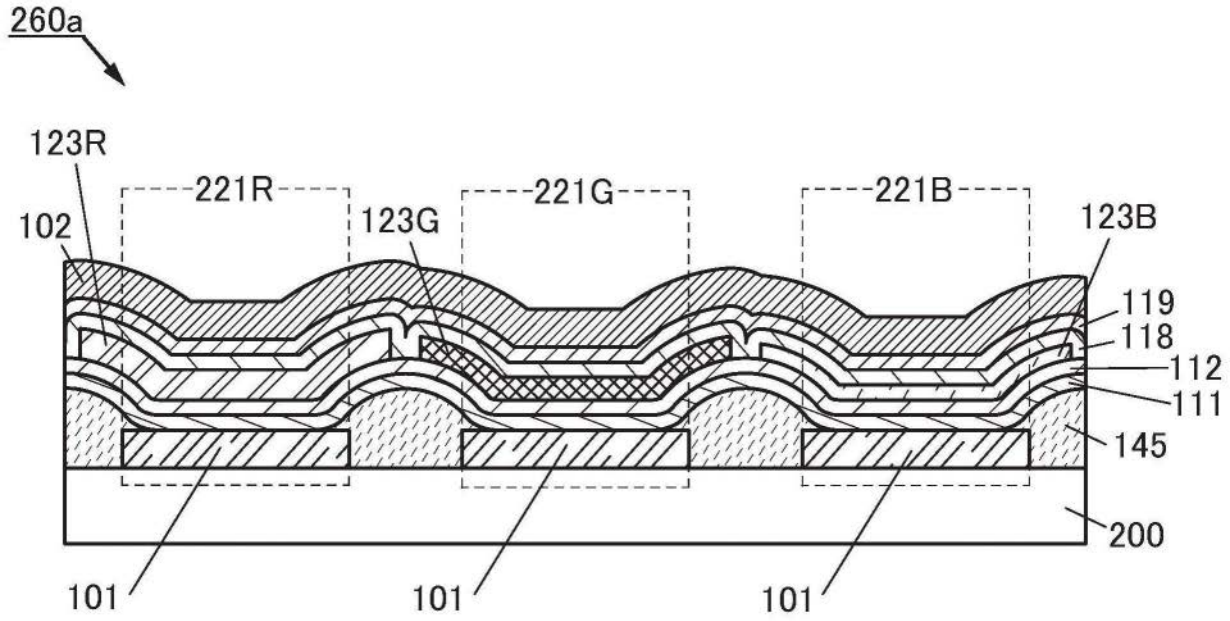

260a
123R
221R
221G
221B
102
123G
123B
119
118
112
111
145
200
101
101
101

图6A

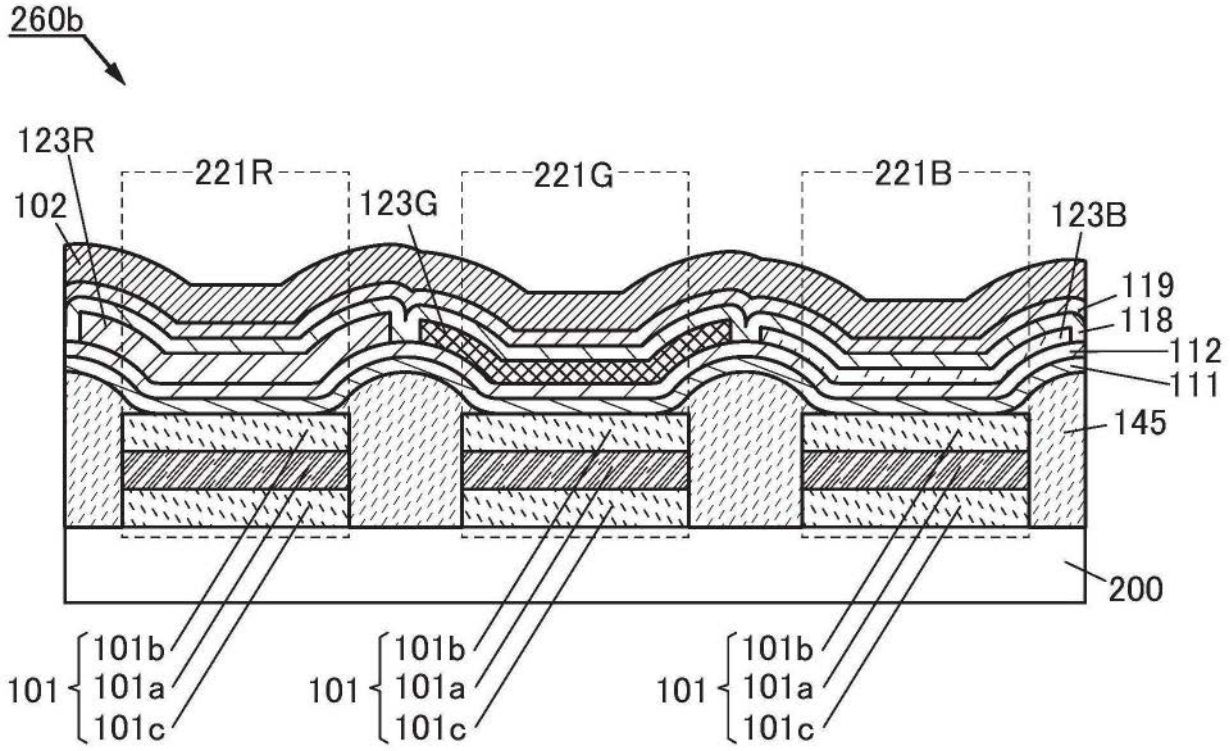

260b
123R
221R
221G
221B
102
123G
123B
119
118
112
111
145
200
101
101b
101a
101c
101
101b
101a
101c
101
101b
101a
101c

图6B

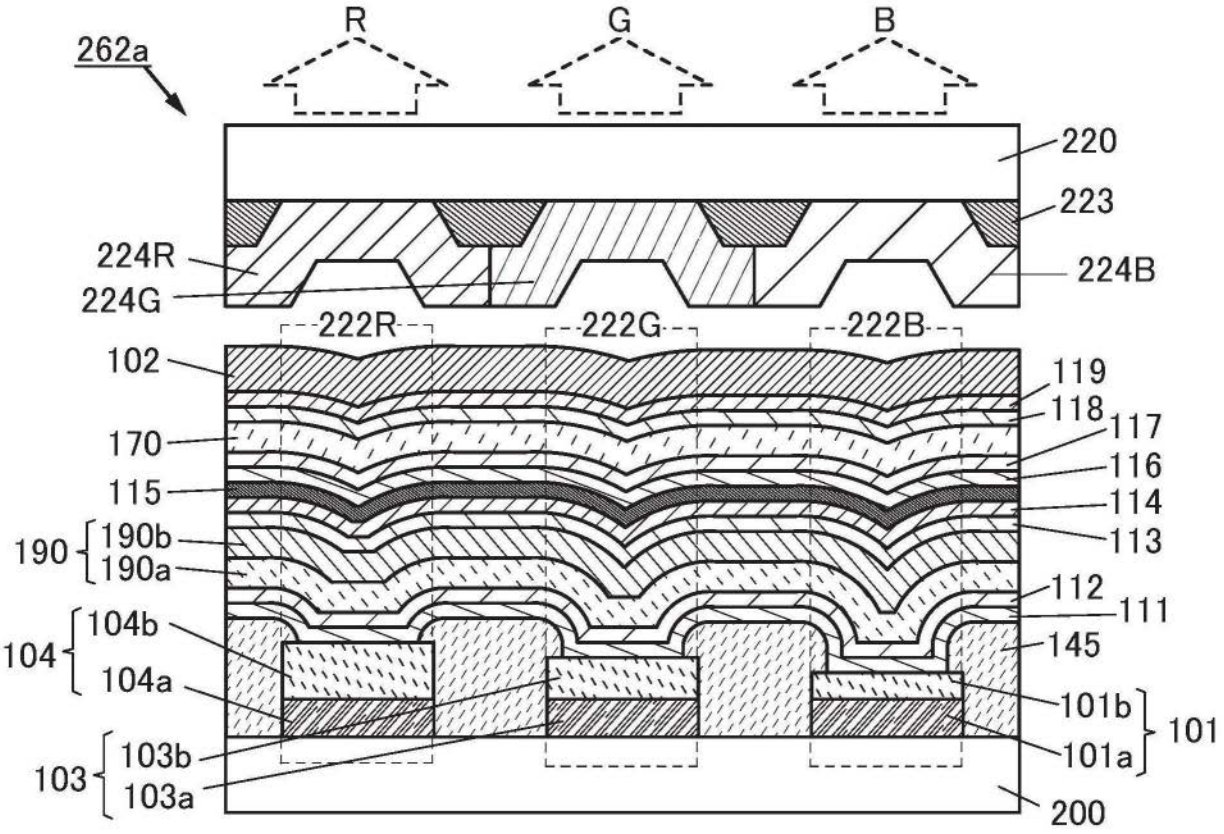

R
G
B
262a
220
223
224R
224G
224B
222R
222G
222B
102
119
118
117
170
116
115
114
190
190b
190a
113
112
111
104
104b
104a
145
101b
101
101a
103
103b
103a
200

图7A

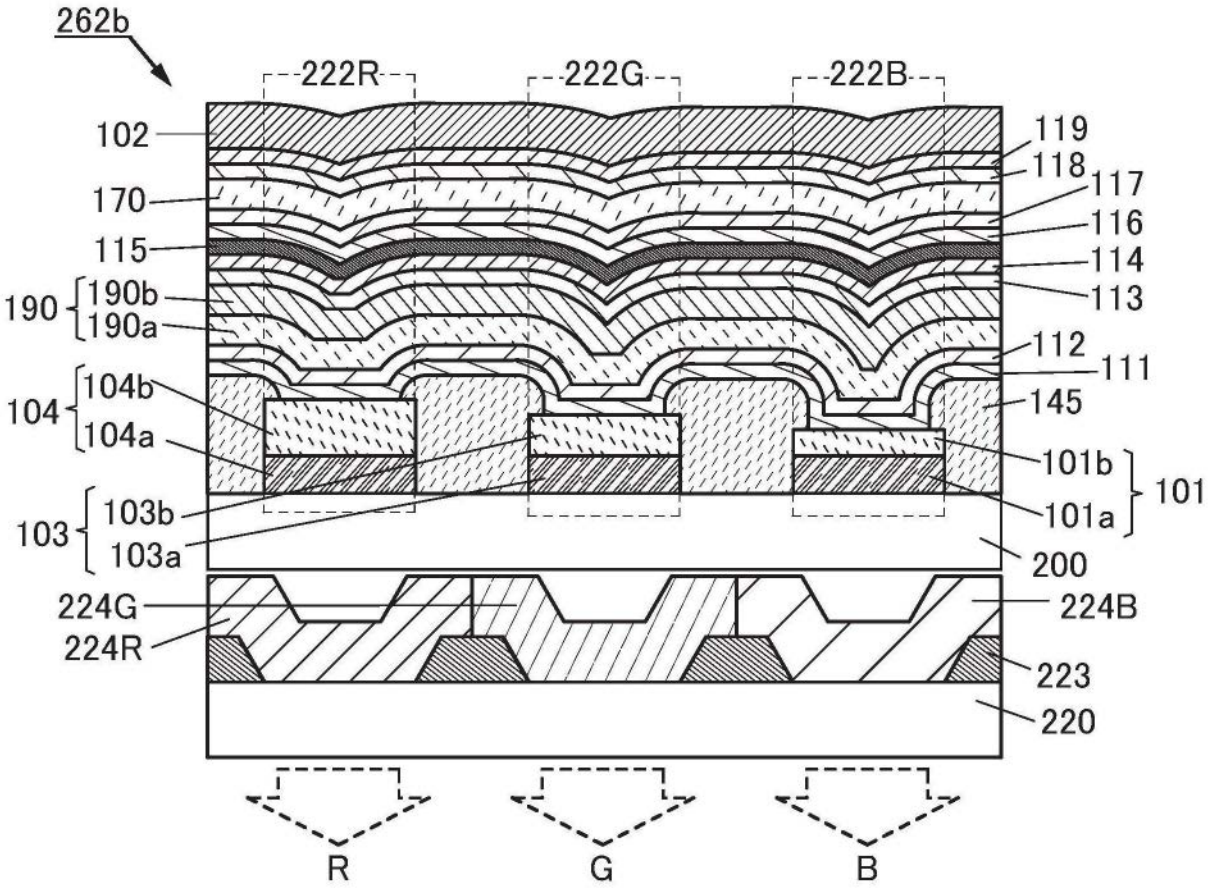

262b
222R
222G
222B
102
119
118
117
170
116
115
114
190
190b
190a
113
112
104
104b
104a
111
145
101b
101
103
103b
103a
101a
200
224G
224B
224R
223
220
R
G
B

图7B

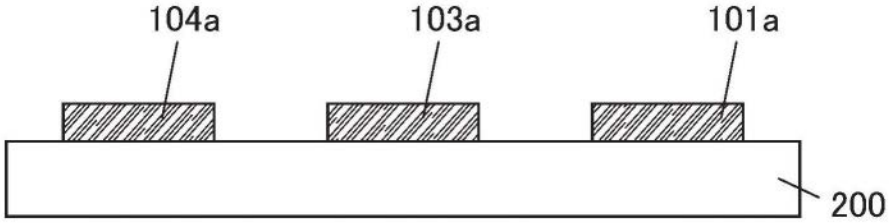

104a
103a
101a
200

图8A

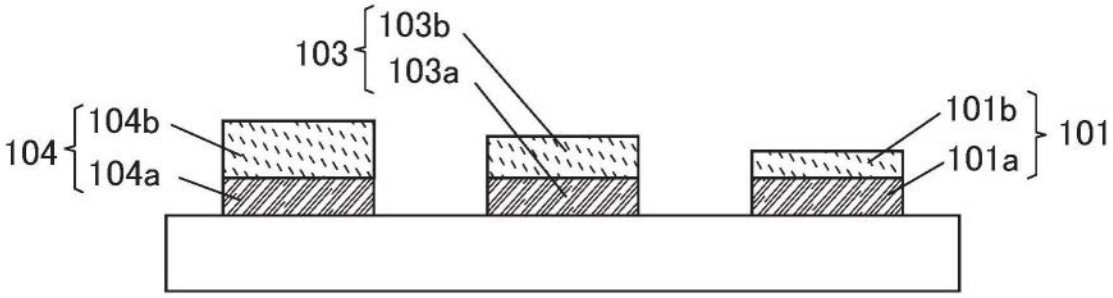

103
103b
103a
104
104b
104a
101b
101
101a

图8B

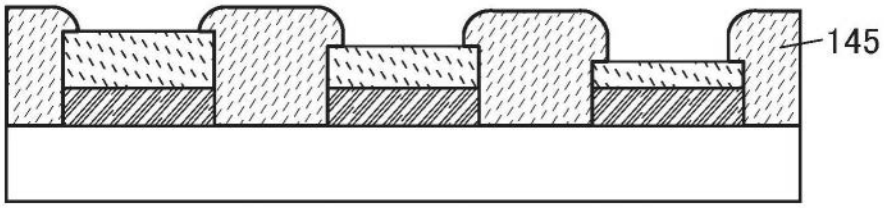

145

图8C

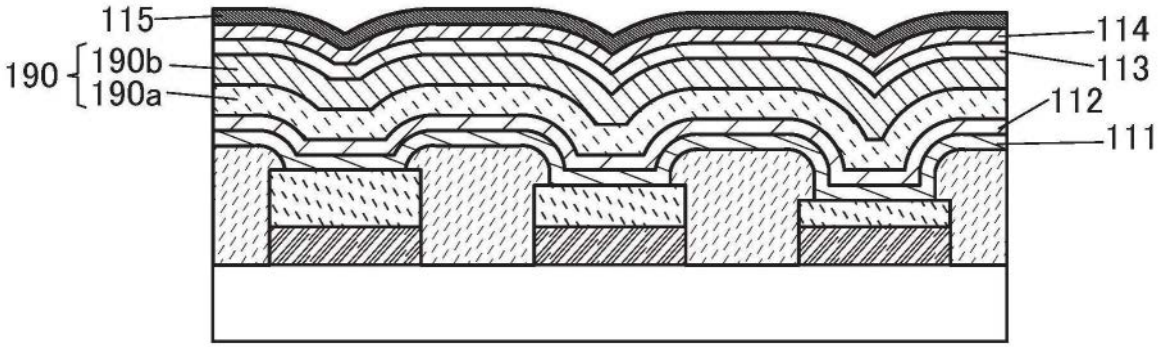

115
190
190b
190a
114
113
112
111

图9A

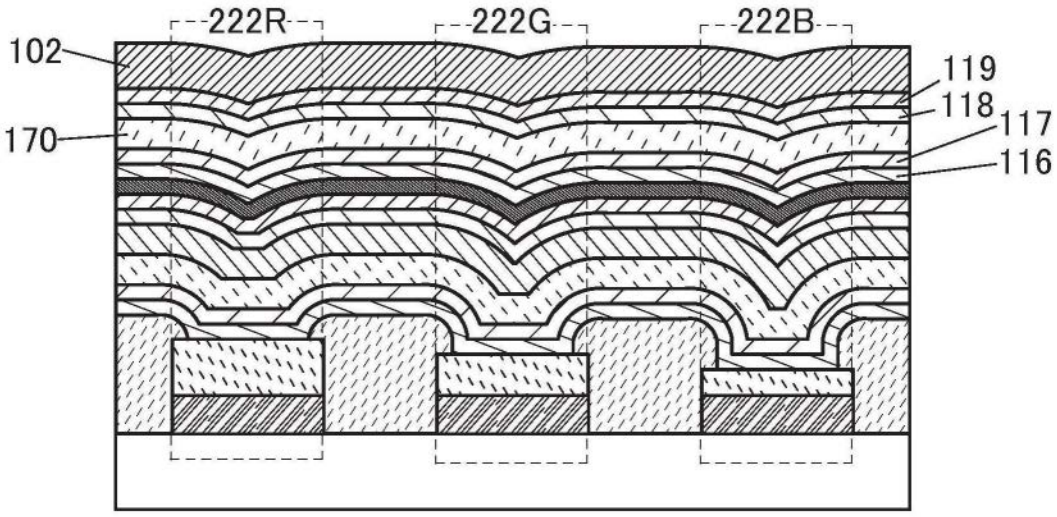

222R
222G
222B
102
170
119
118
117
116

图9B

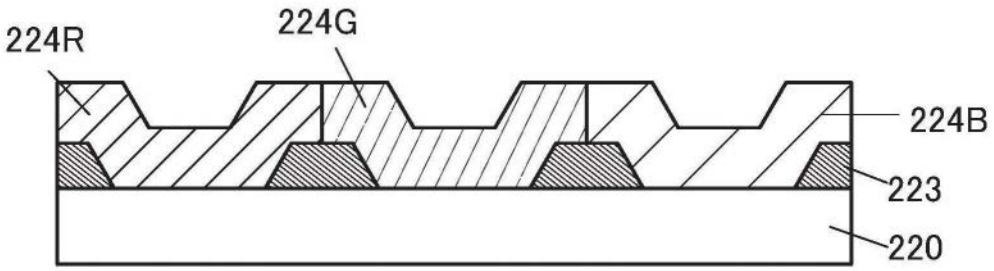


图9C

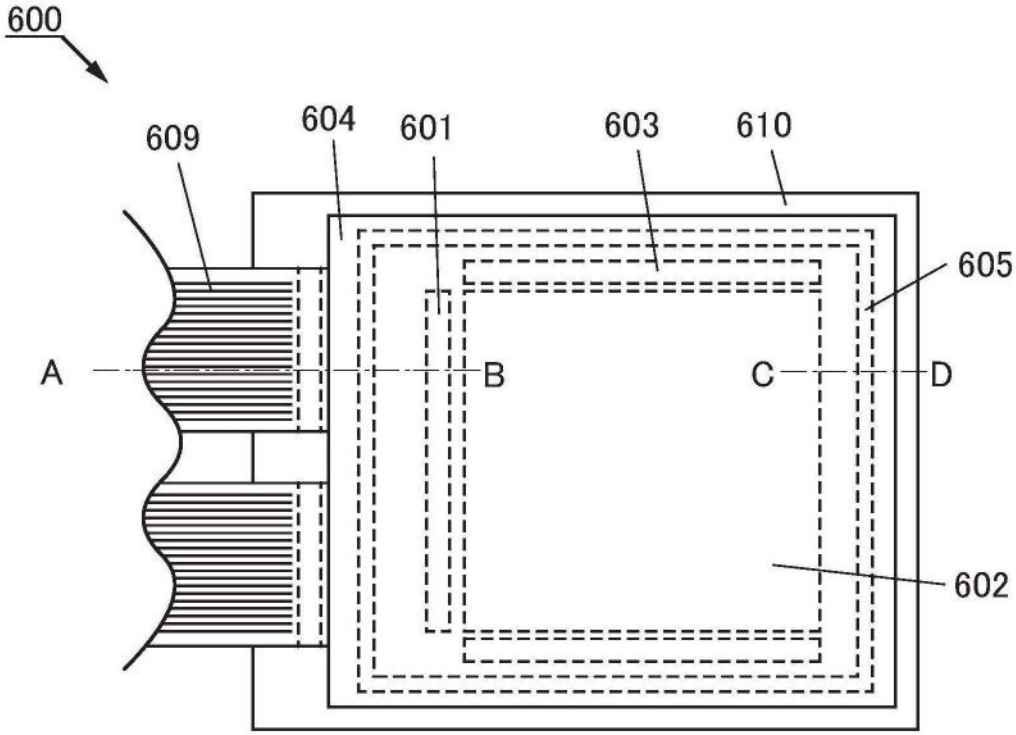


图10A

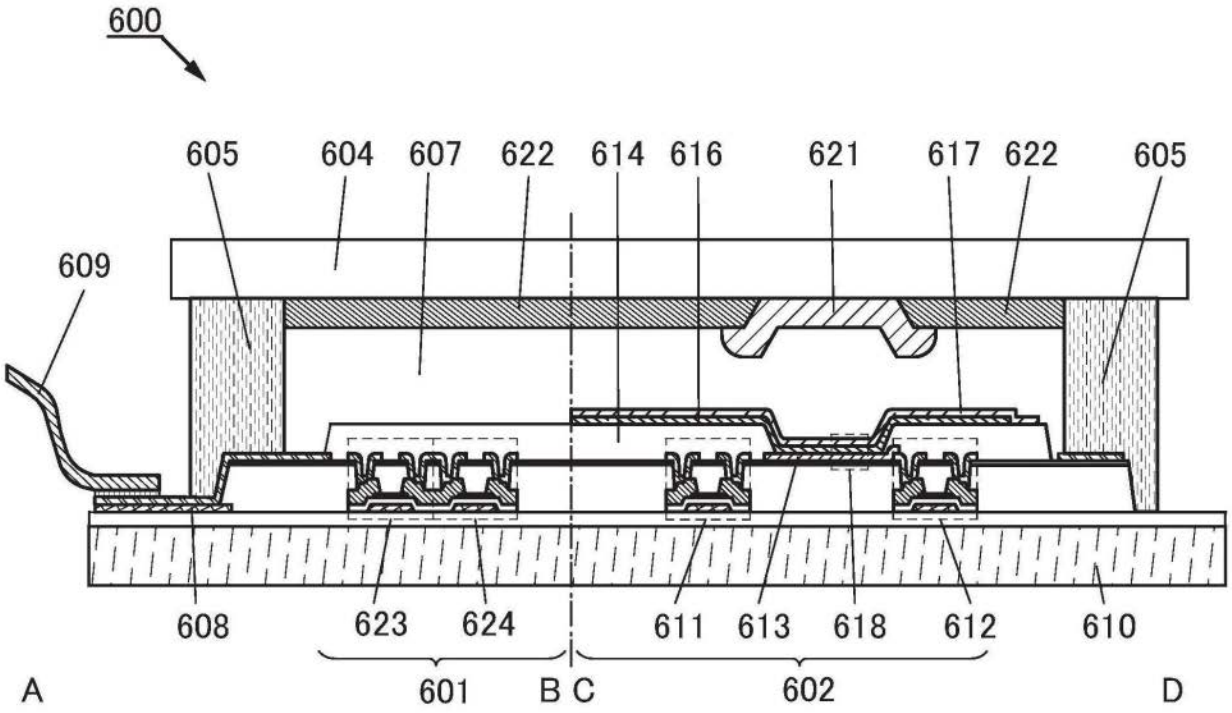

600
605
604
607
622
614
616
621
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

图10B

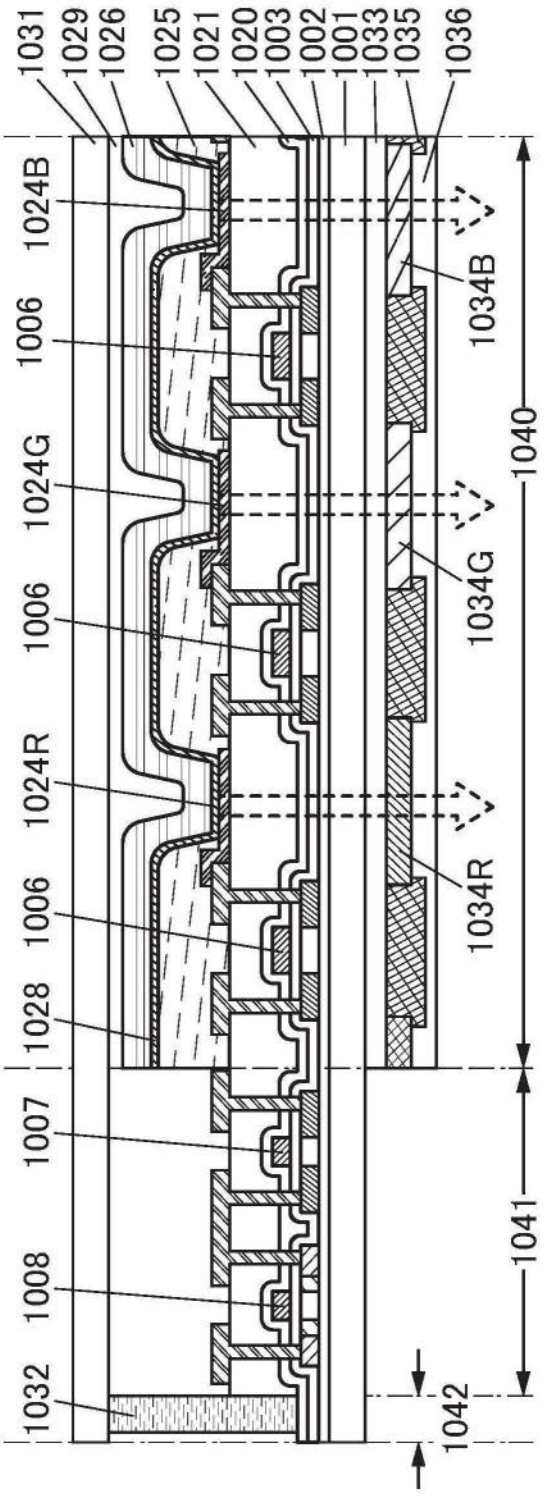

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

图11A

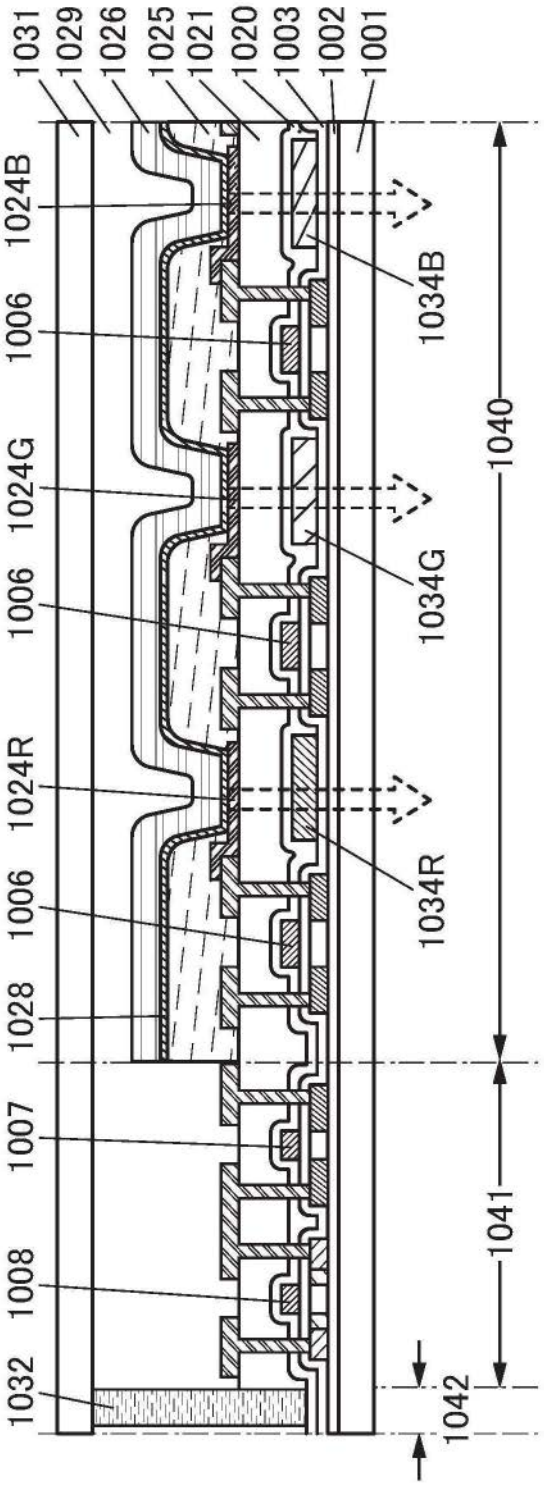

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1034B
1024G
1006
1034G
1024R
1006
1034R
1028
1007
1008
1032
1040
1041
1042

图11B

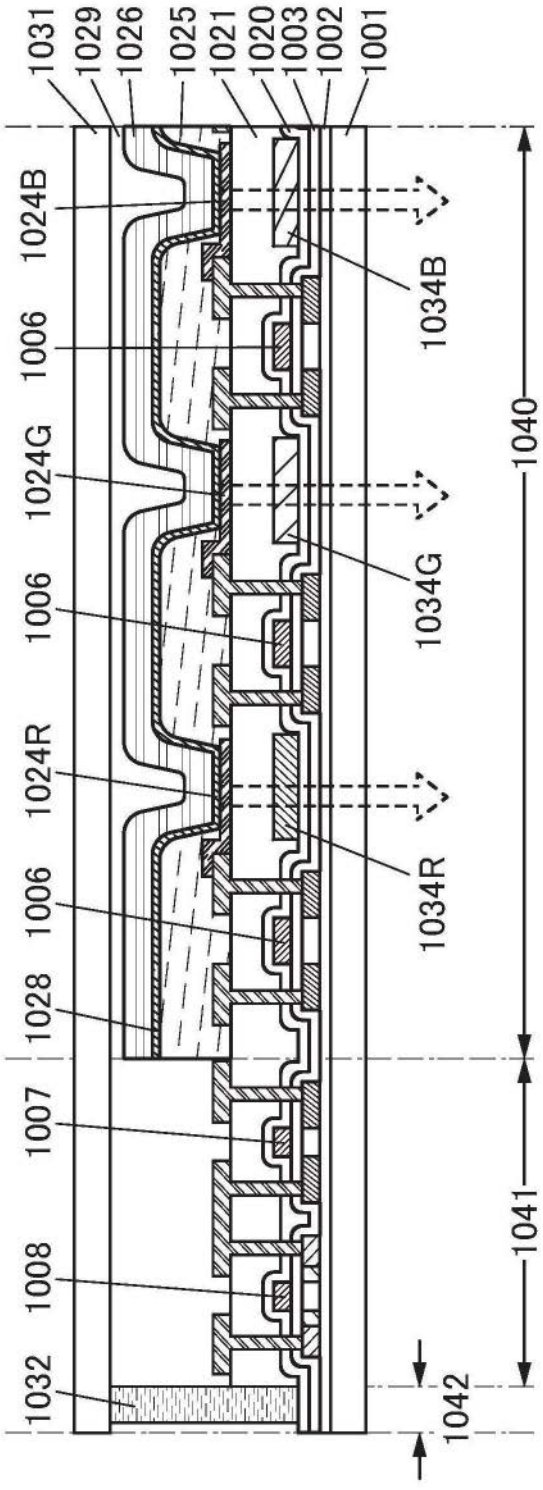

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

图12

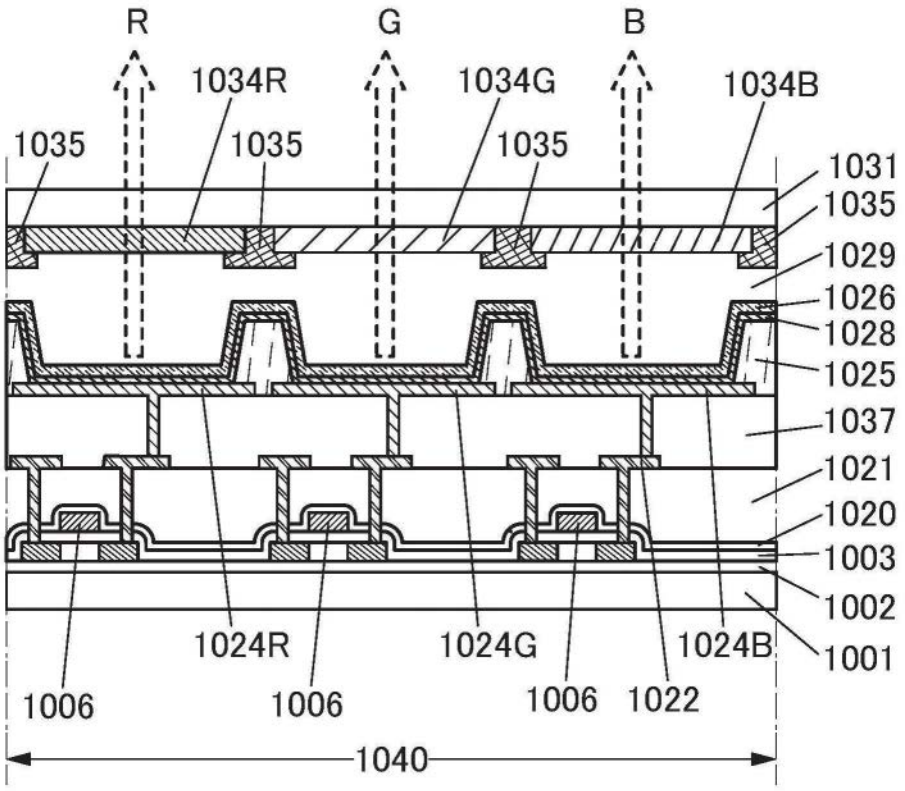

R
G
B
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

图13A

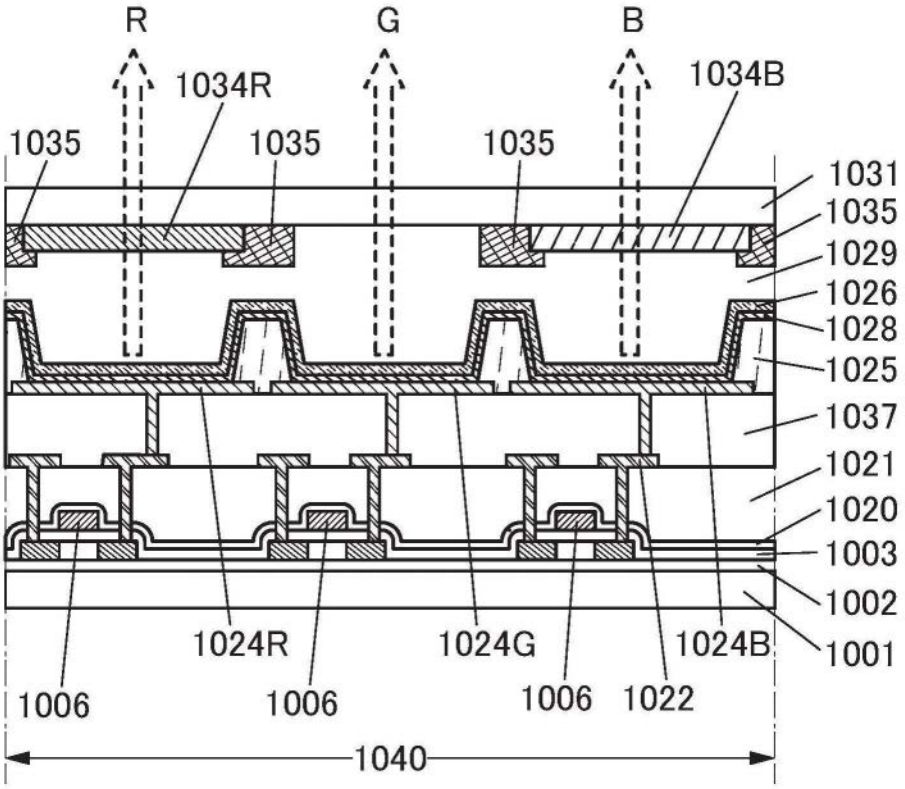

R
G
B
1034R
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

图13B

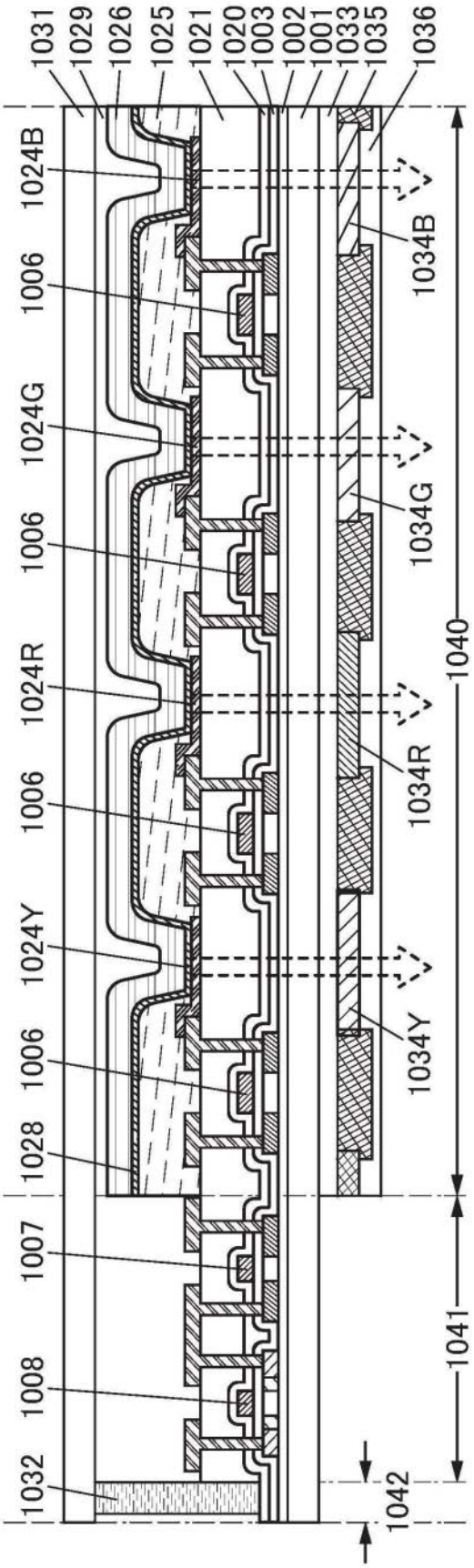

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

图14A

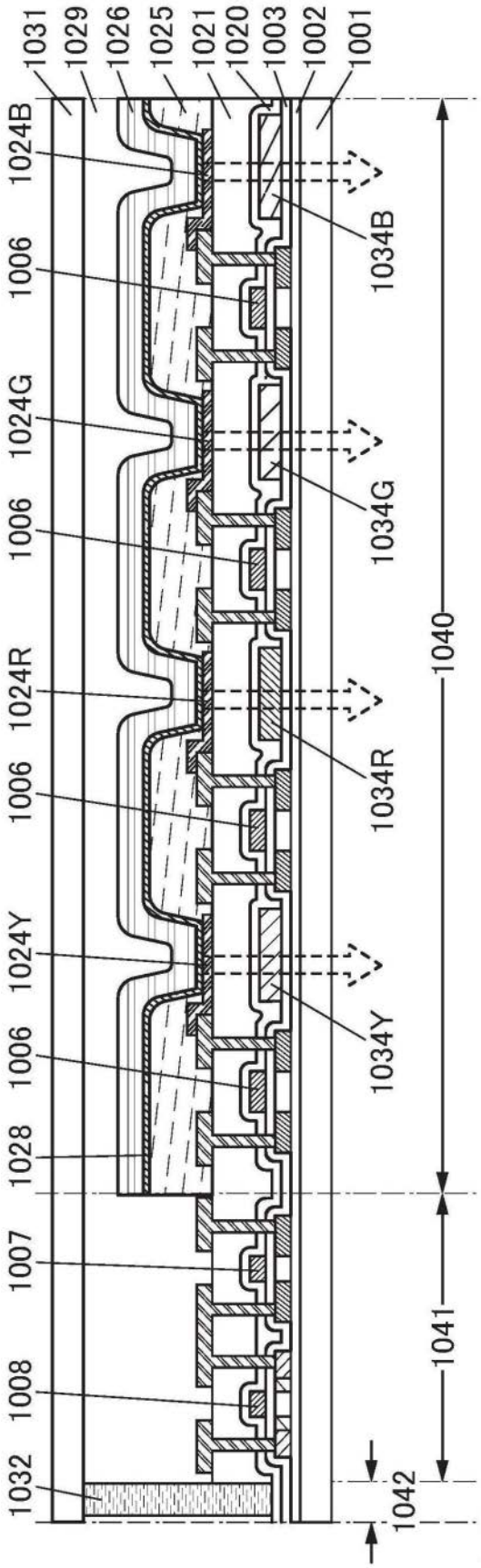

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

图14B

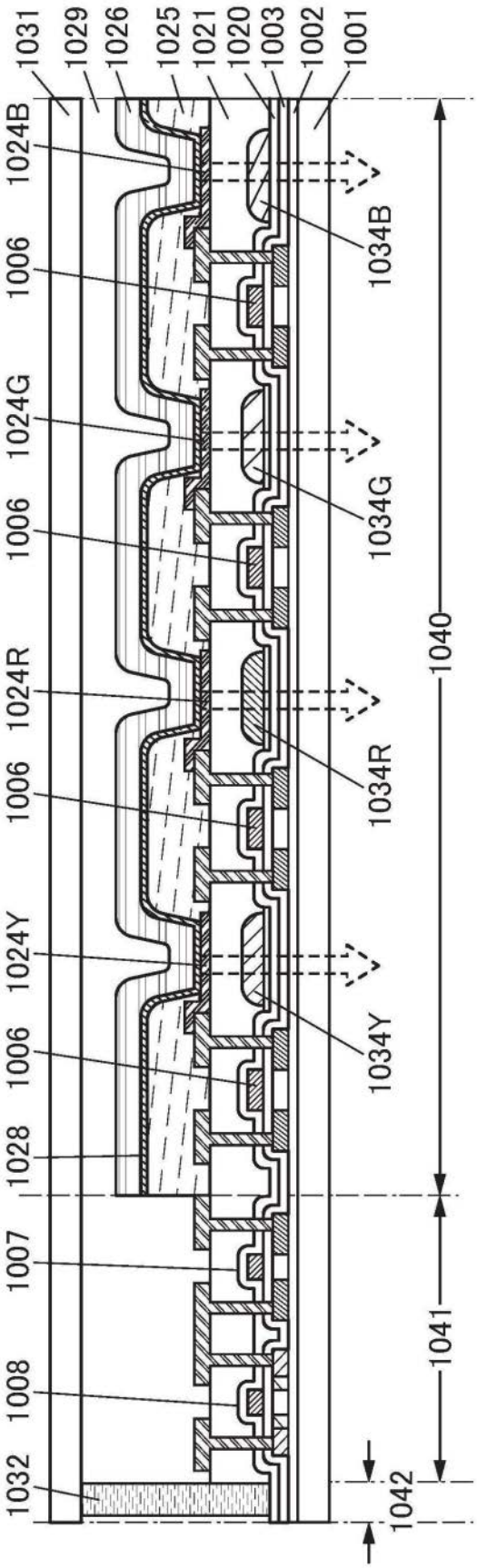

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1034B
1024G
1006
1034G
1024R
1006
1034R
1024Y
1006
1034Y
1028
1007
1008
1032
1040
1041
1042

图15

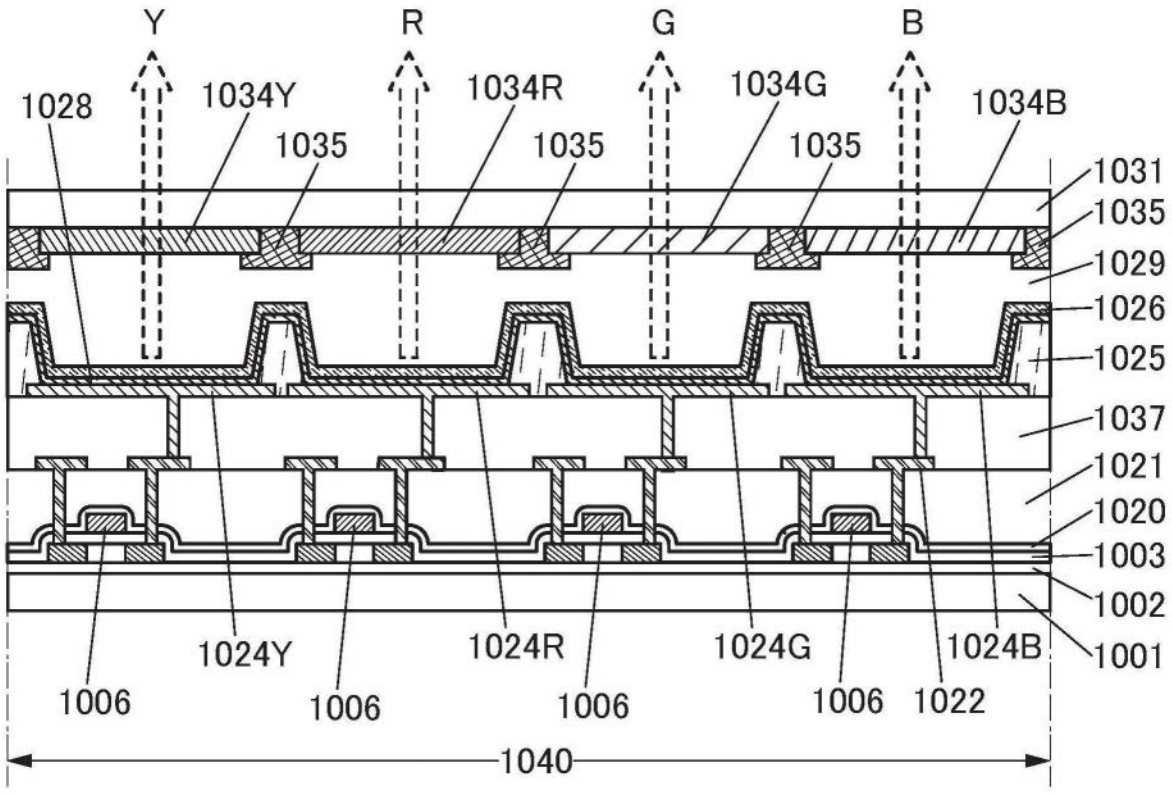

Y
R
G
B
1028
1034Y
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

图16A

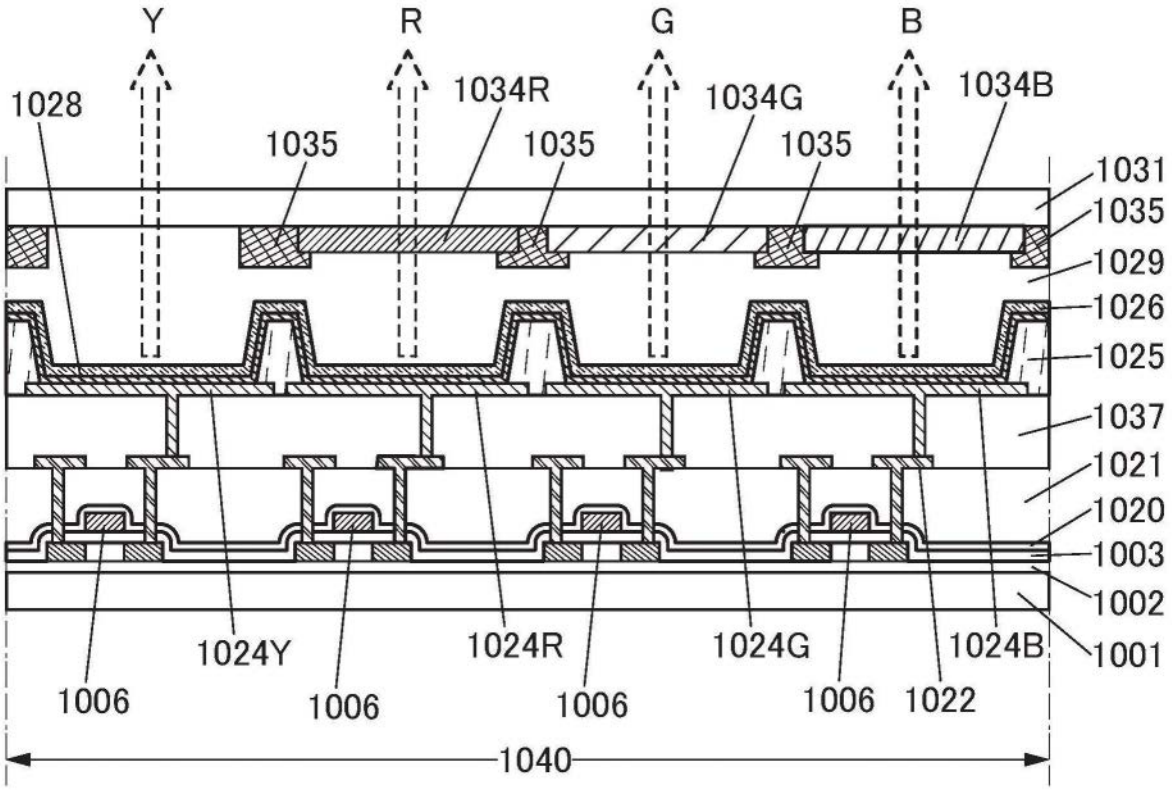

Y
R
G
B
1028
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

图16B

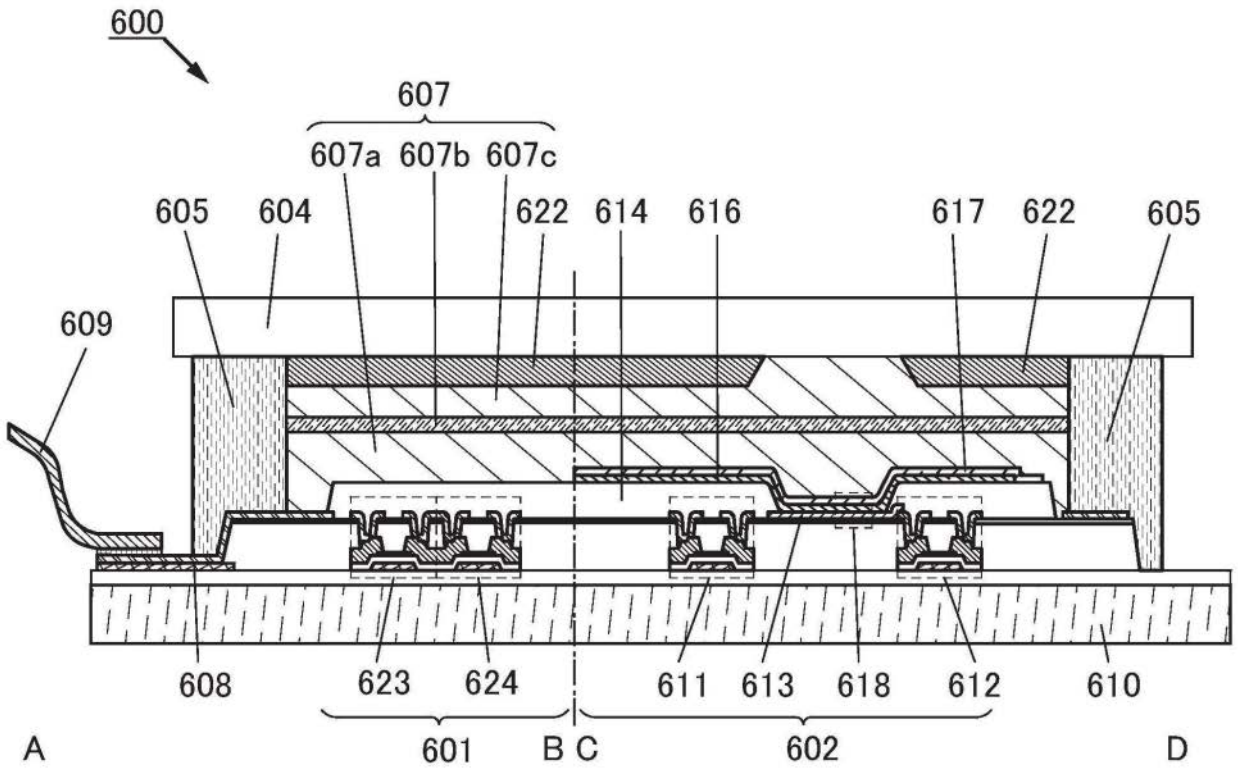

600
607
607a
607b
607c
605
604
622
614
616
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

图17

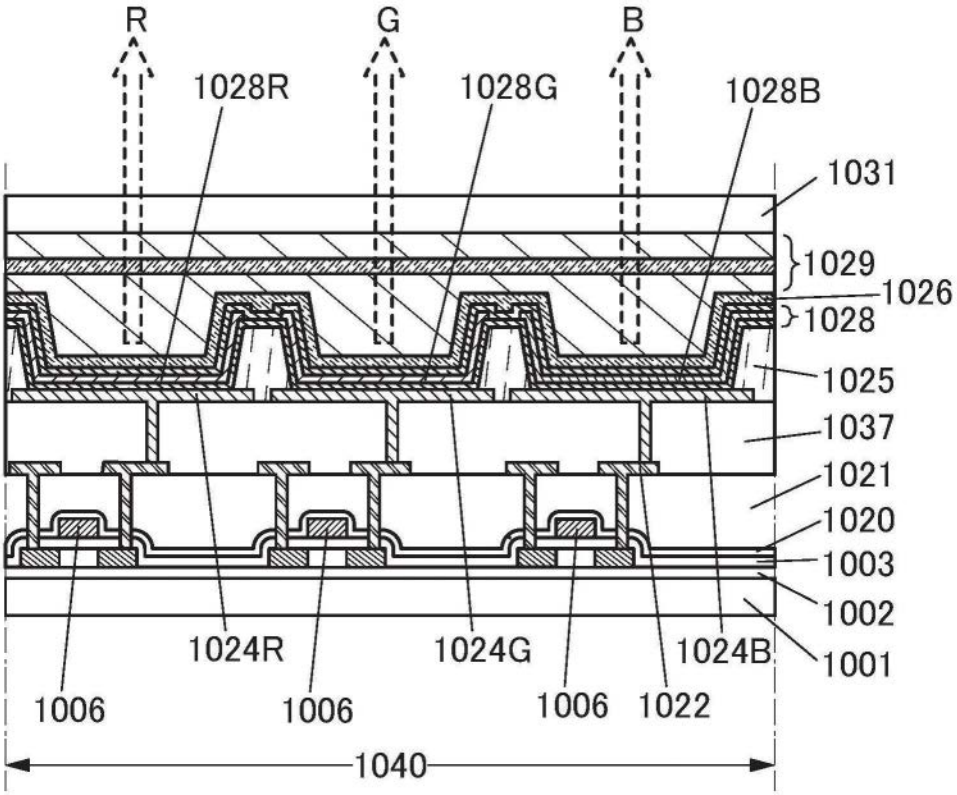

R
G
B
1028R
1028G
1028B
1031
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

图18A

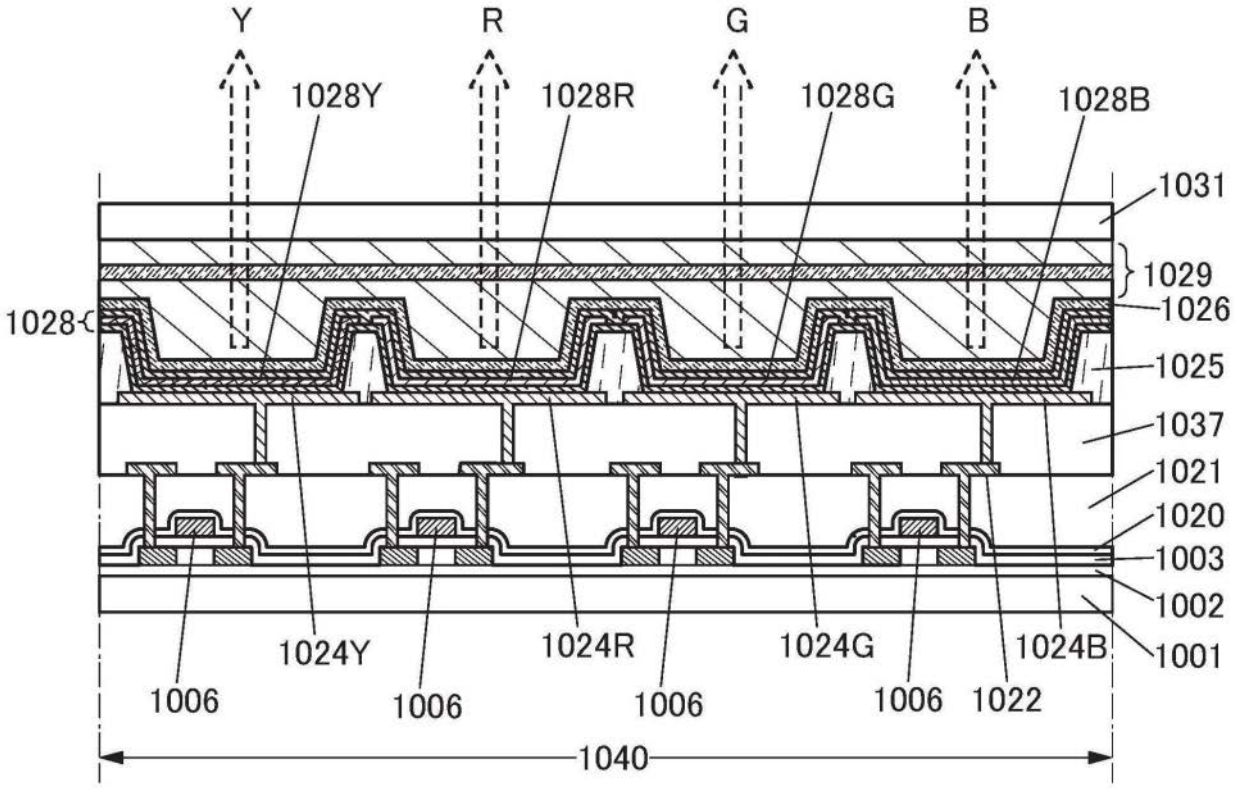

Y
R
G
B
1028Y
1028R
1028G
1028B
1031
1029
1028
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

图18B

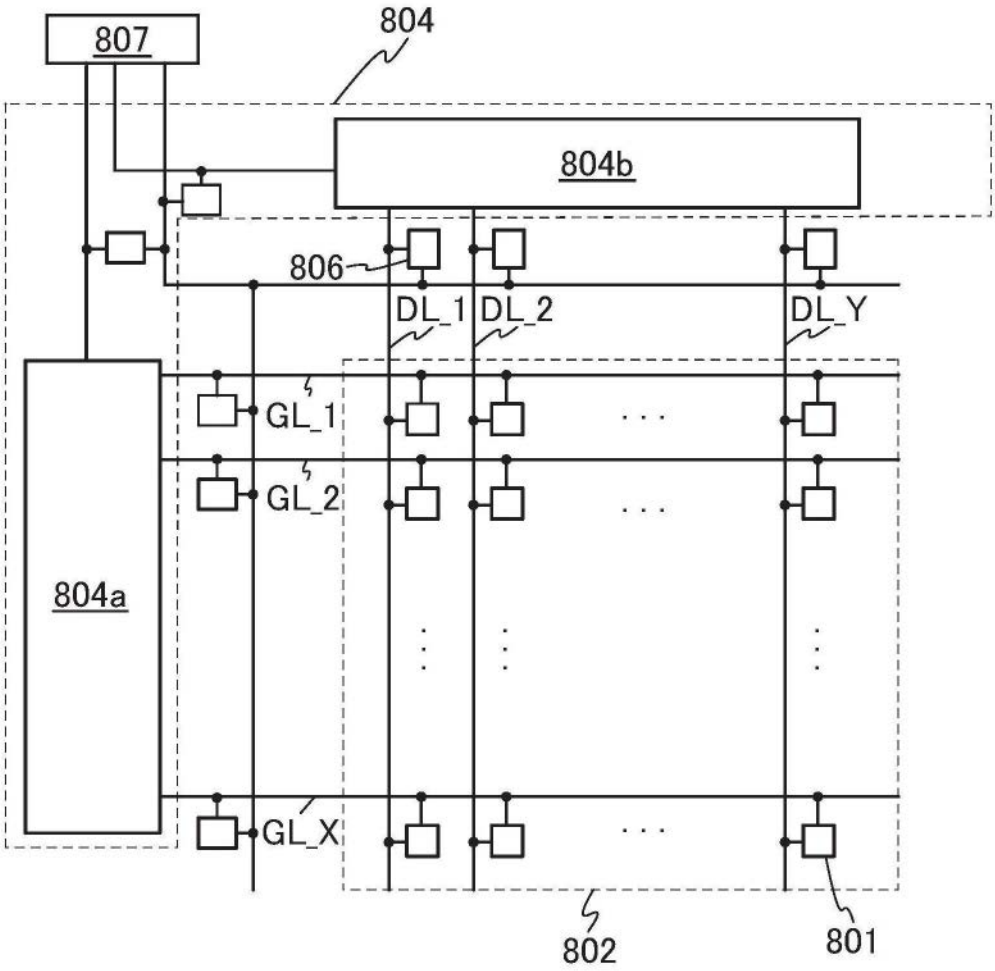


图19A

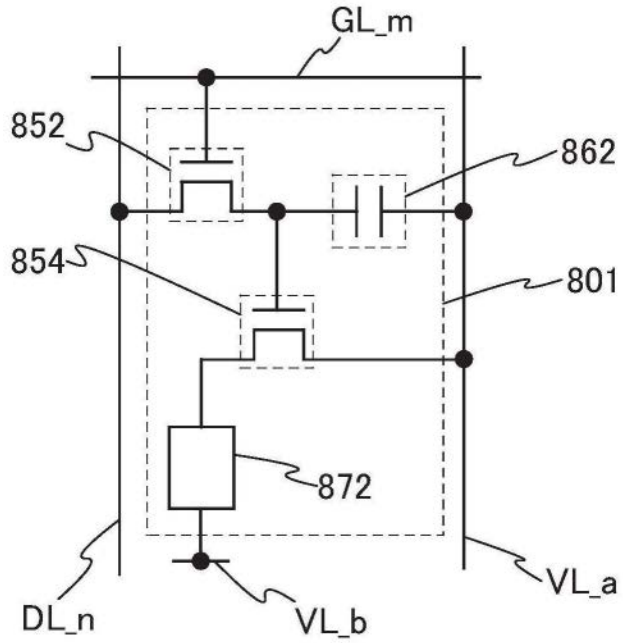

GL_m
852
862
854
801
872
DL_n
VL_b
VL_a

图19B

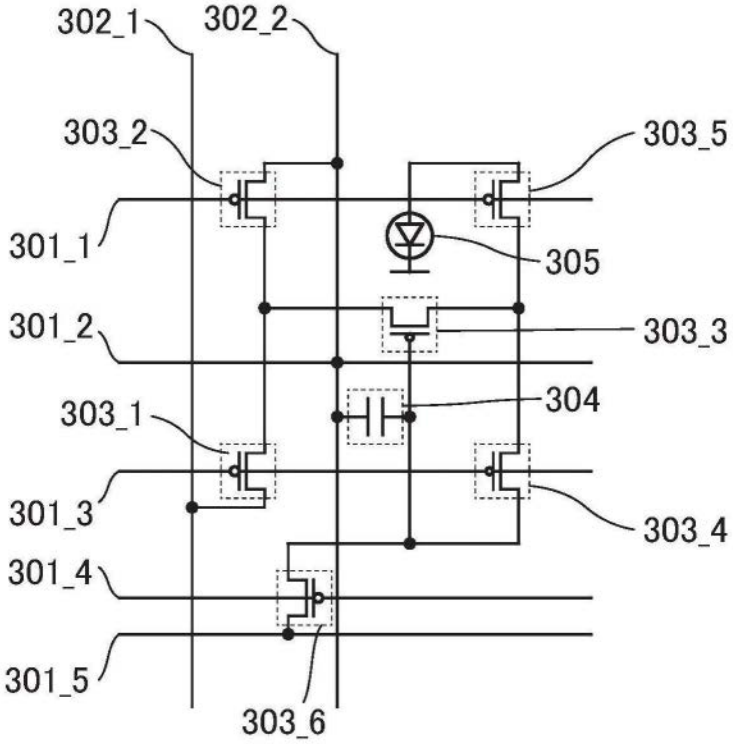

302_1
302_2
303_2
303_5
301_1
305
301_2
303_3
304
303_1
301_3
303_4
301_4
301_5
303_6

图20A

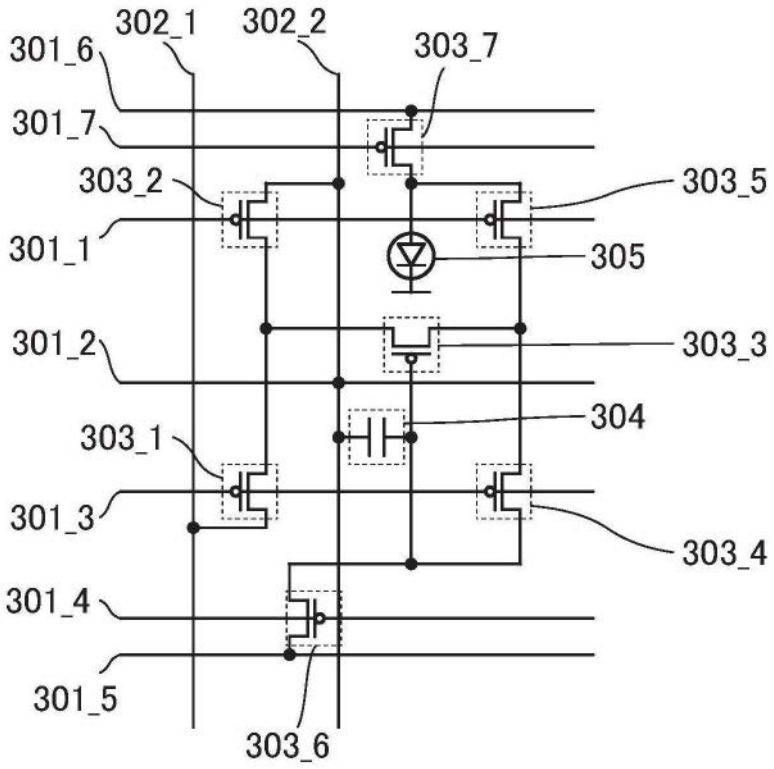

302_1
302_2
303_7
301_6
301_7
303_2
303_5
301_1
305
301_2
303_3
304
303_1
301_3
303_4
301_4
301_5
303_6

图20B

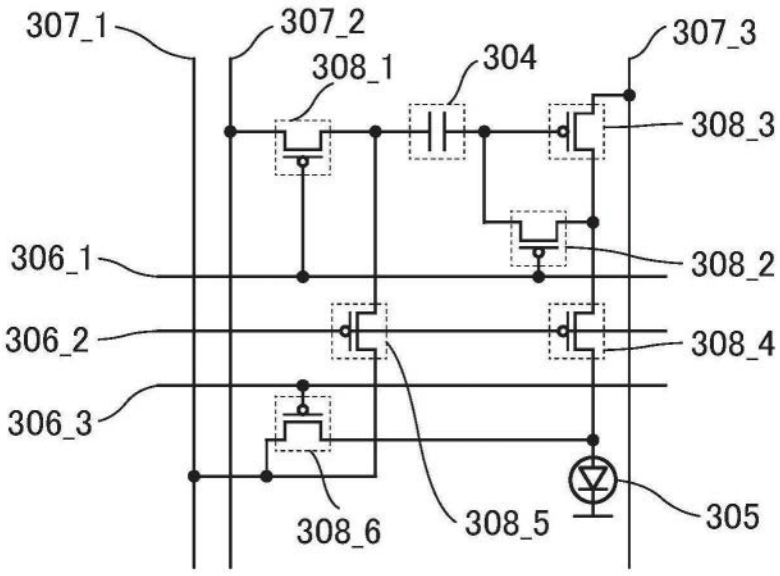

307_1
307_2
308_1
304
307_3
308_3
306_1
308_2
306_2
308_4
306_3
308_6
308_5
305

图21A

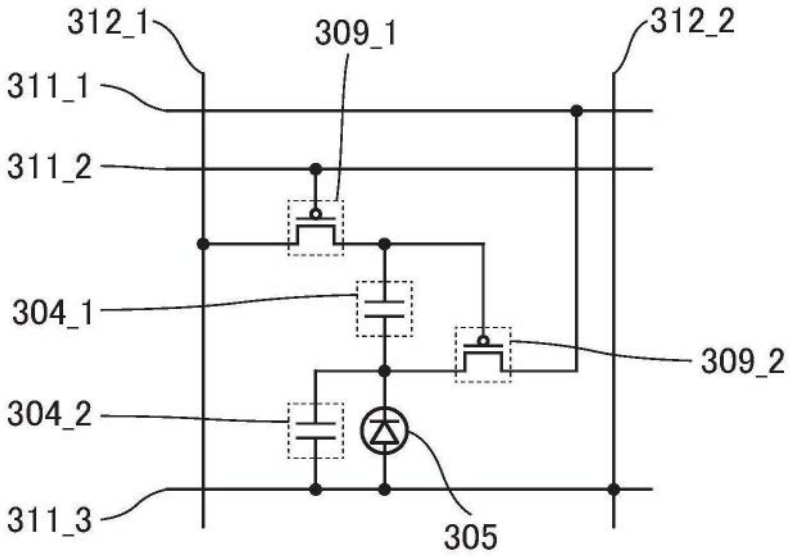

312_1
309_1
312_2
311_1
311_2
304_1
309_2
304_2
311_3
305

图21B

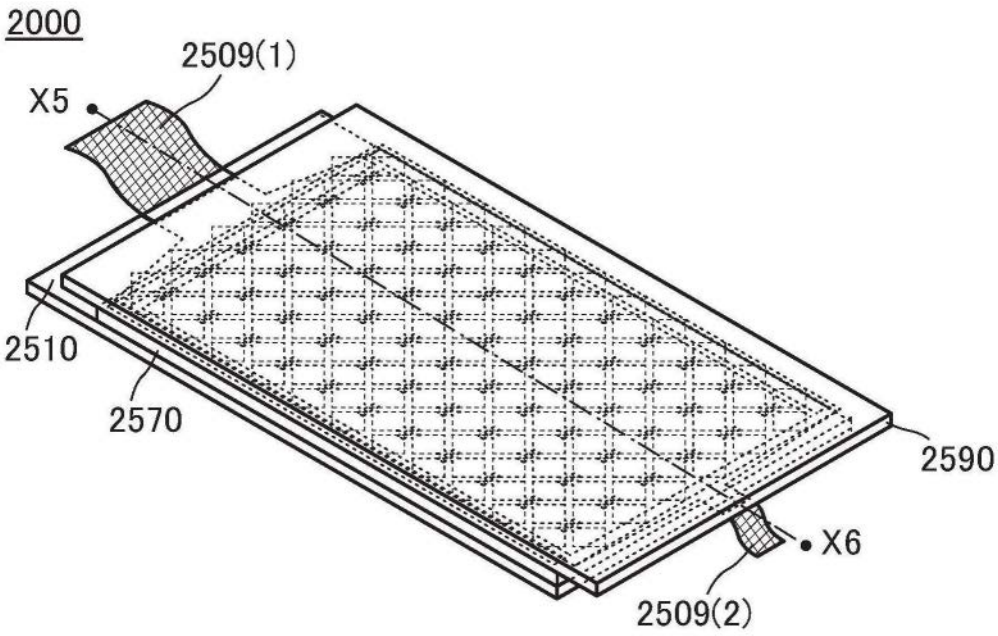

2000
2509(1)
X5
2510
2570
2590
X6
2509(2)

图22A

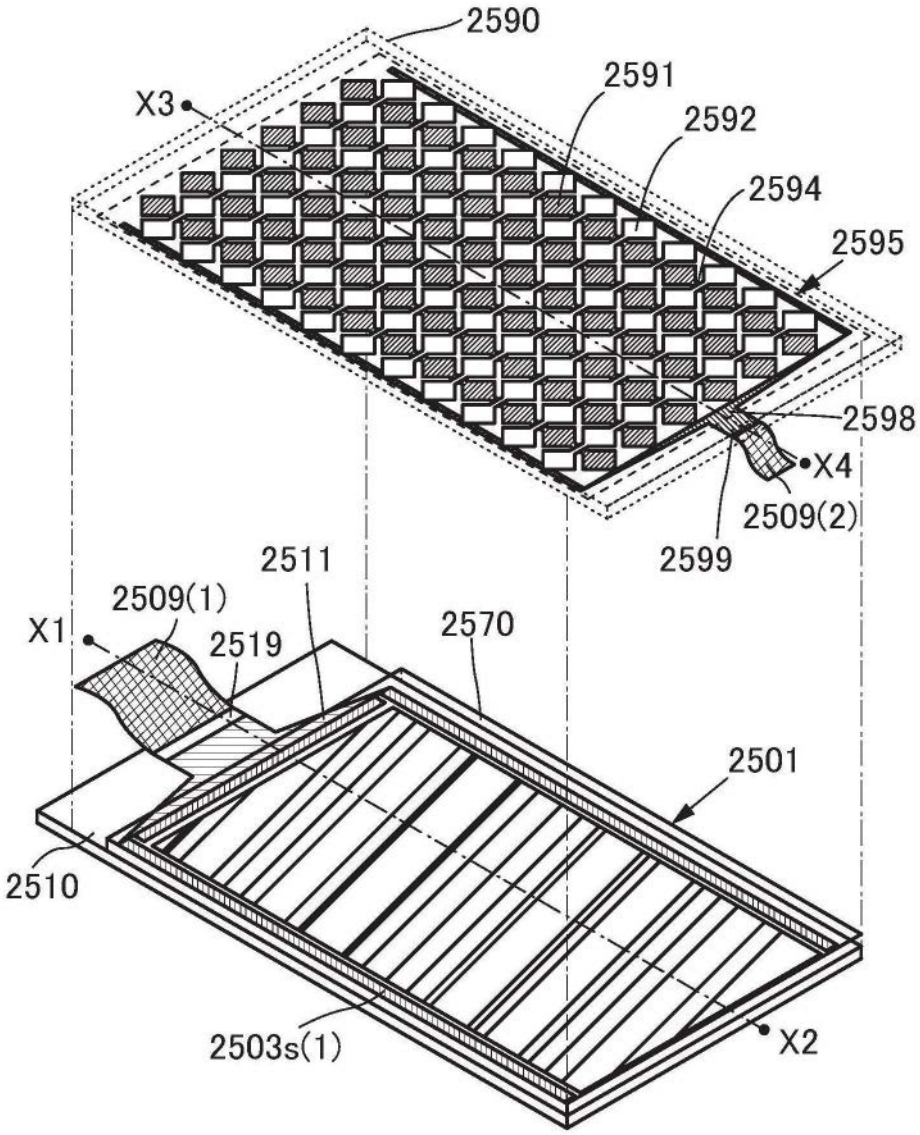

2590
2591
X3
2592
2594
2595
2598
X4
2509(2)
2599
2511
2509(1)
X1
2519
2570
2501
2510
2503s(1)
X2

图22B

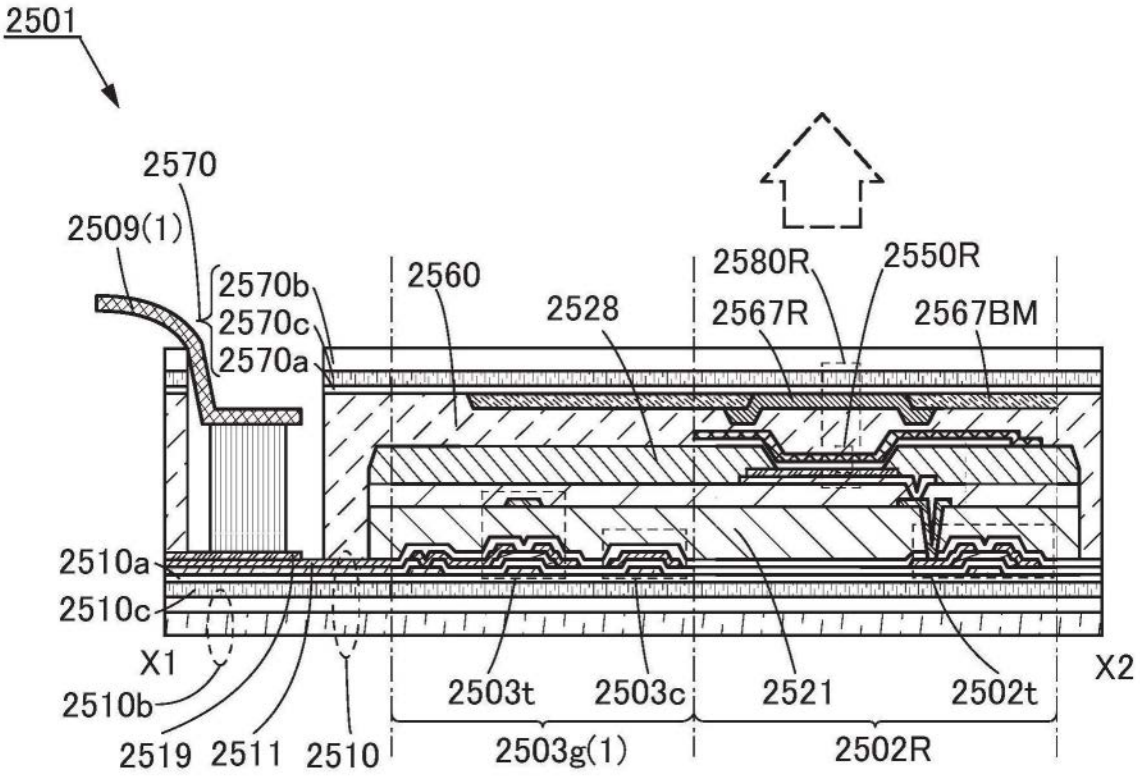

2501
2570
2509(1)
2570b
2570c
2570a
2560
2528
2580R
2550R
2567R
2567BM
2510a
2510c
X1
2510b
2519
2511
2510
2503t
2503c
2521
2502t
X2
2503g(1)
2502R

图23A

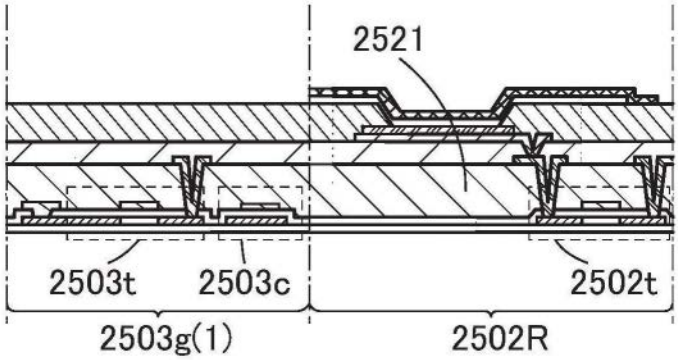

2521
2503t
2503c
2502t
2503g(1)
2502R

图23B

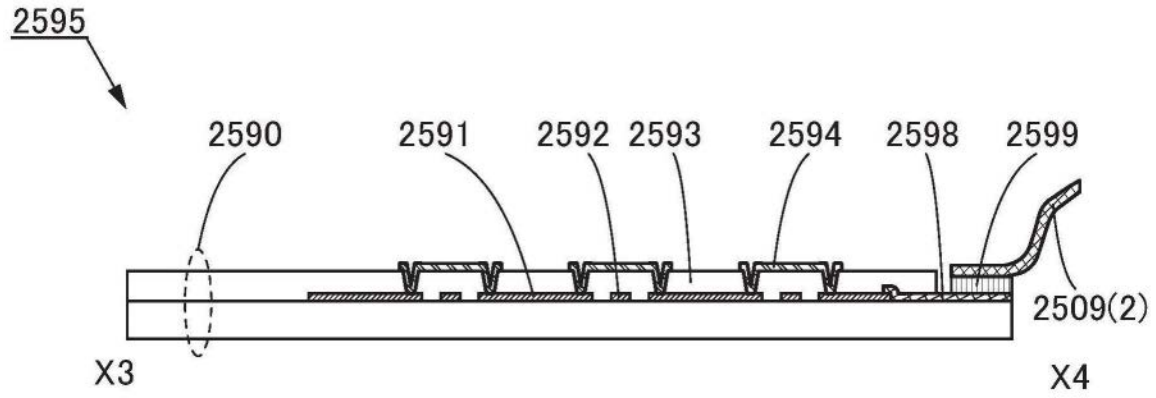

2595
2590
2591
2592
2593
2594
2598
2599
2509(2)
X3
X4

图23C

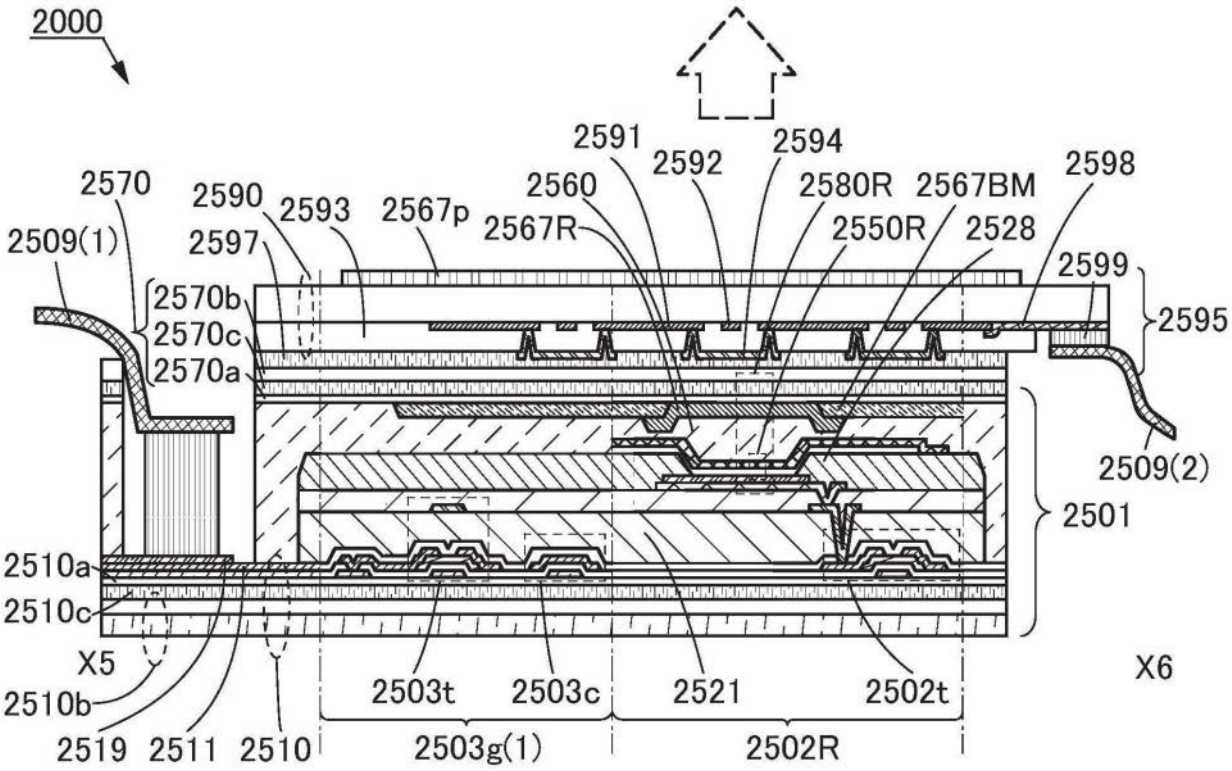

2000
2570
2590
2593
2567p
2591
2592
2594
2560
2580R
2567BM
2598
2509(1)
2597
2567R
2550R
2528
2599
2570b
2570c
2570a
2595
2509(2)
2501
2510a
2510c
X5
X6
2510b
2503t
2503c
2521
2502t
2519
2511
2510
2503g(1)
2502R

图24A

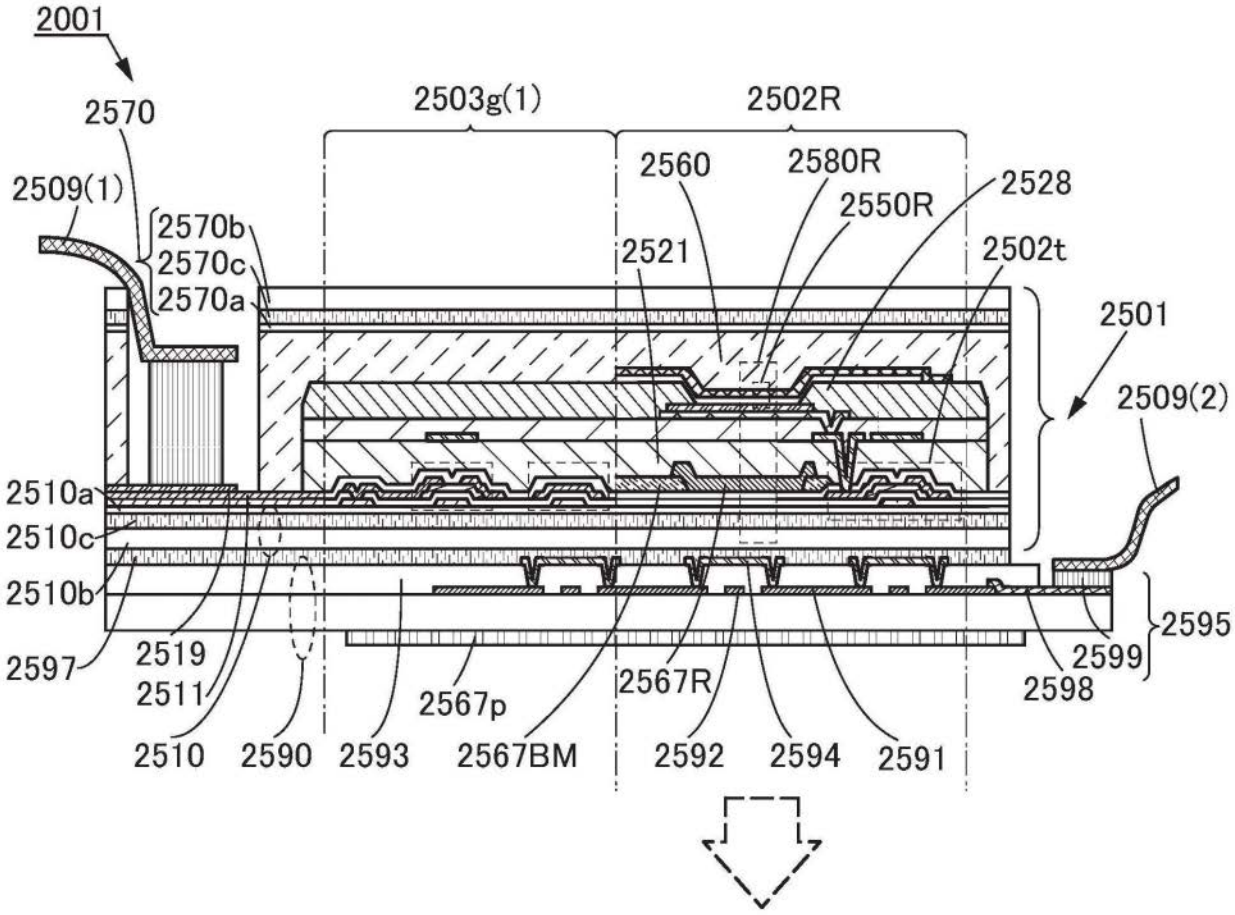

2001
2570
2503g(1)
2502R
2509(1)
2560
2580R
2528
2550R
2570b
2570c
2570a
2521
2502t
2501
2509(2)
2510a
2510c
2510b
2595
2597
2519
2511
2567R
2599
2598
2567p
2510
2590
2593
2567BM
2592
2594
2591

图24B

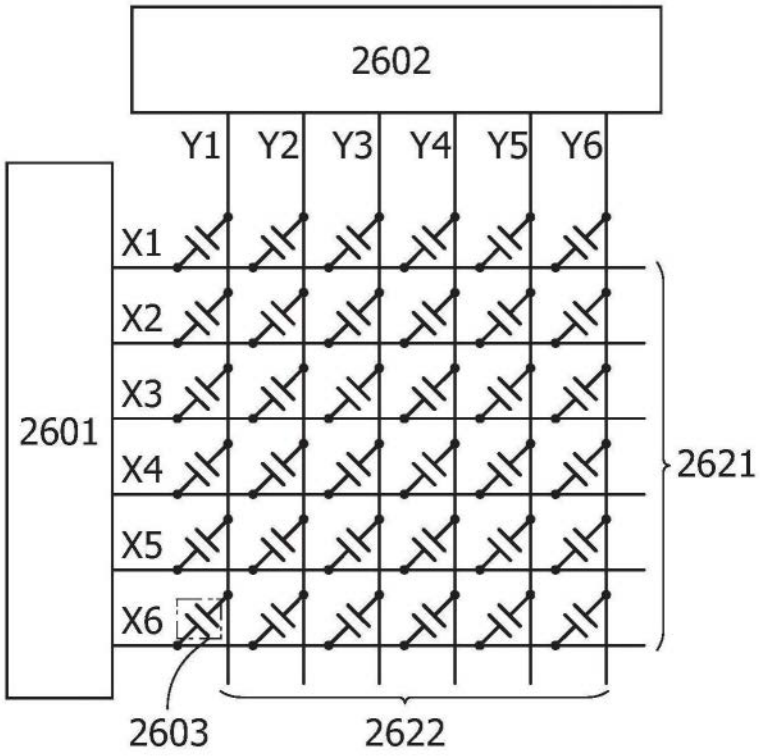

2602
Y1
Y2
Y3
Y4
Y5
Y6
X1
X2
X3
X4
X5
X6
2601
2621
2603
2622

图25A

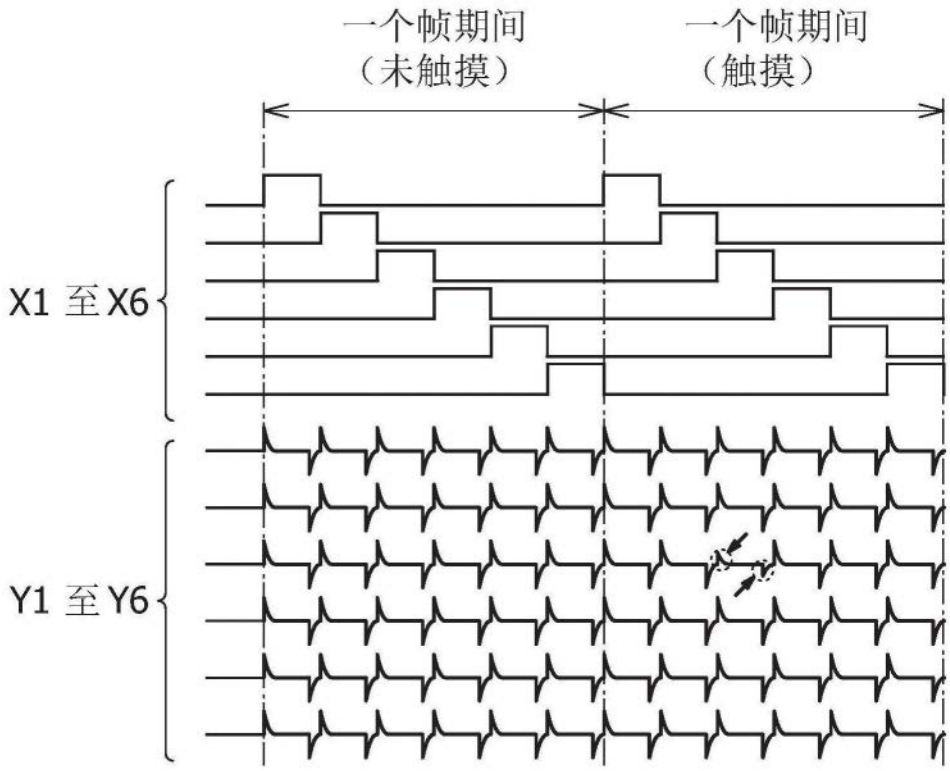

一个帧期间
（未触摸）
一个帧期间
（触摸）
X1 至X6
Y1 至Y6

图25B

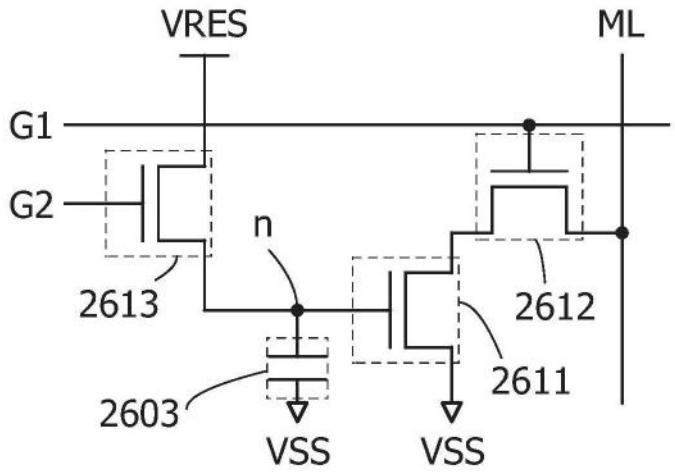


图26

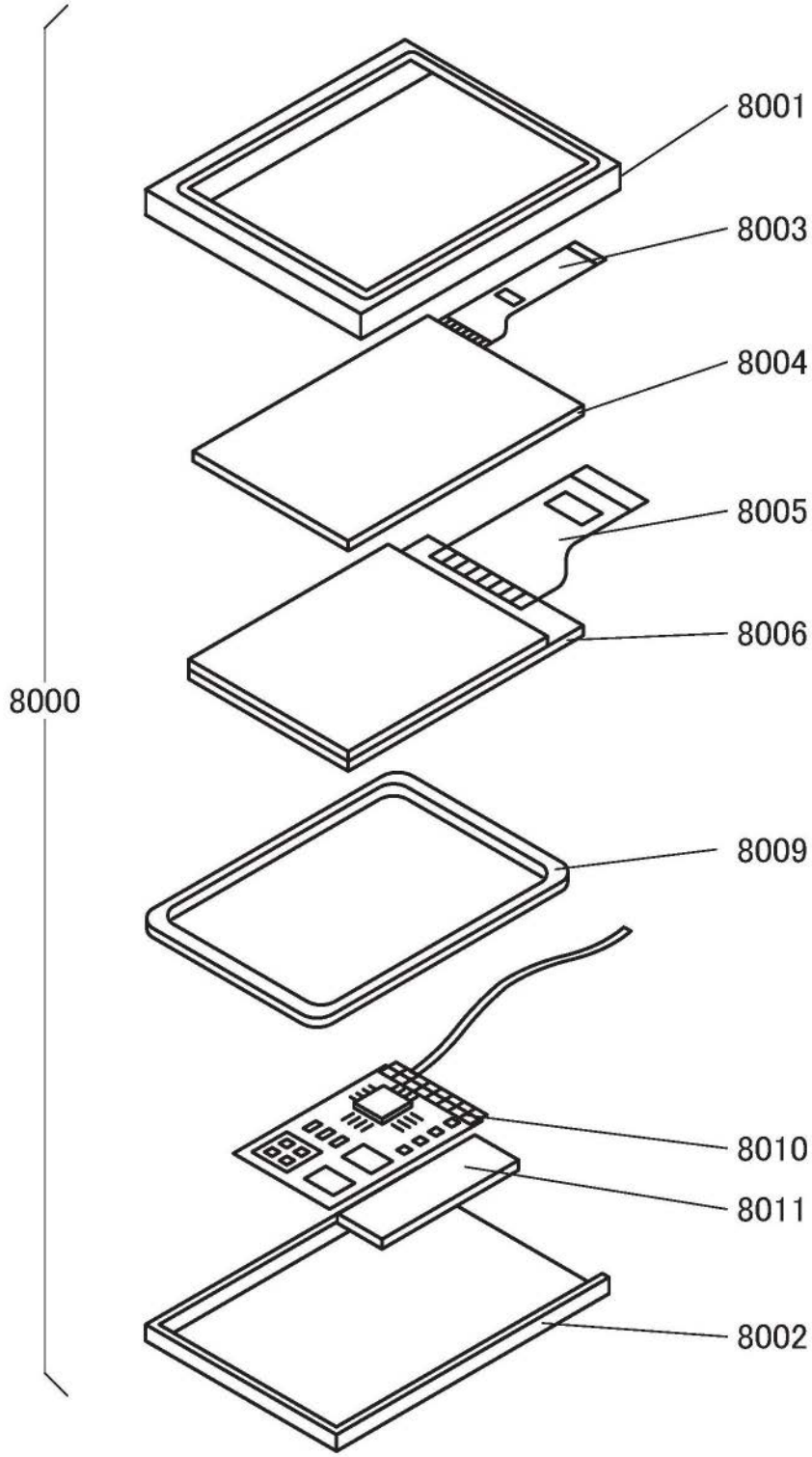


图27

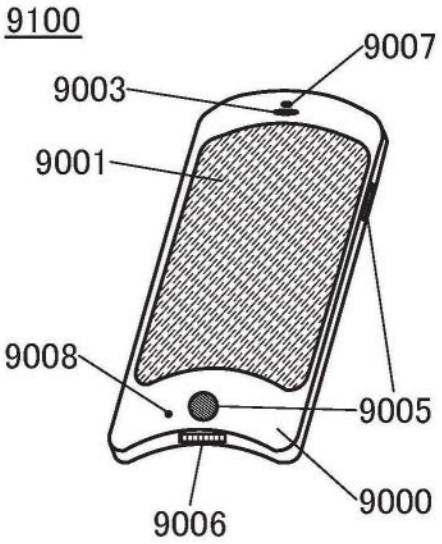

9100
9007
9003
9001
9008
9005
9000
9006

图28A

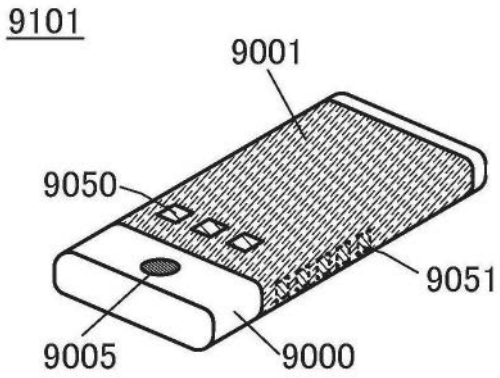

9101
9001
9050
9051
9005
9000

图28B

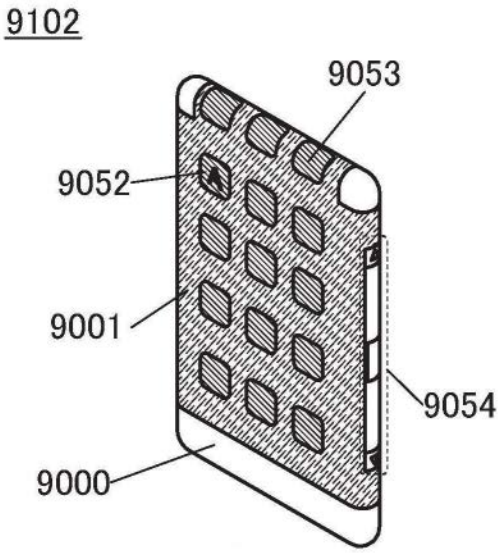


图28C

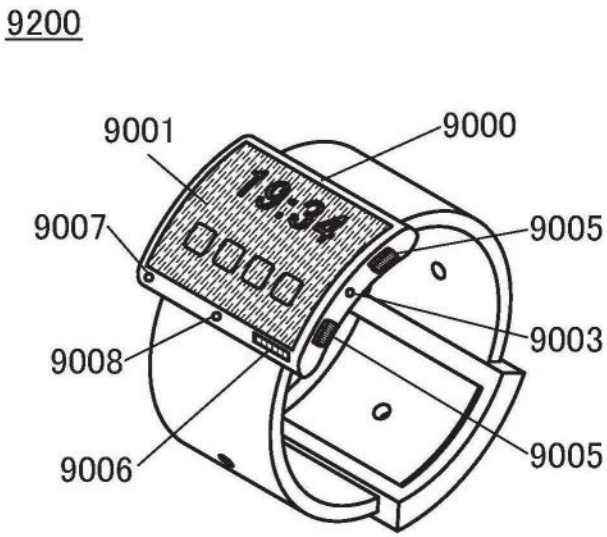


图28D

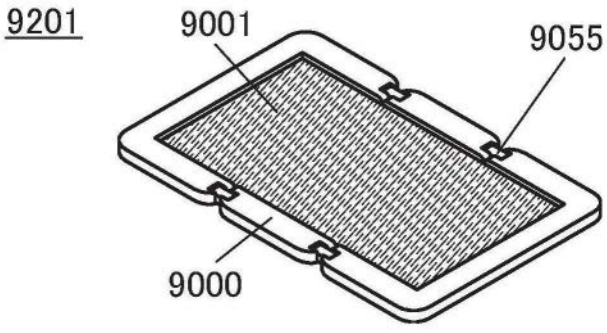


图28E

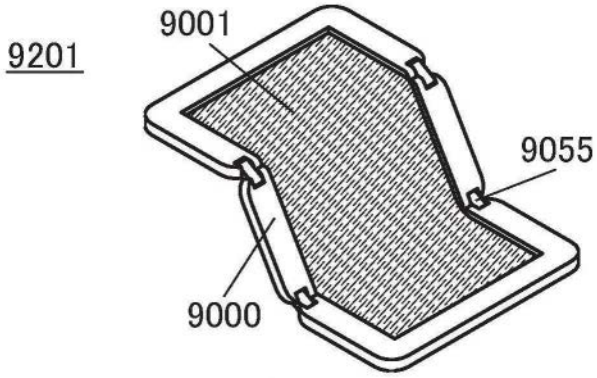


图28F

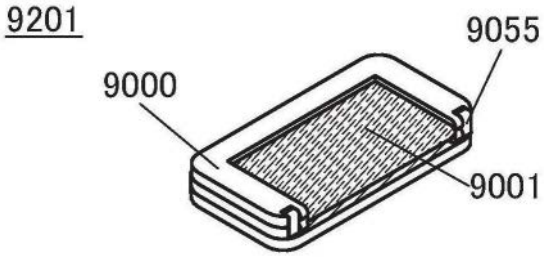


图28G

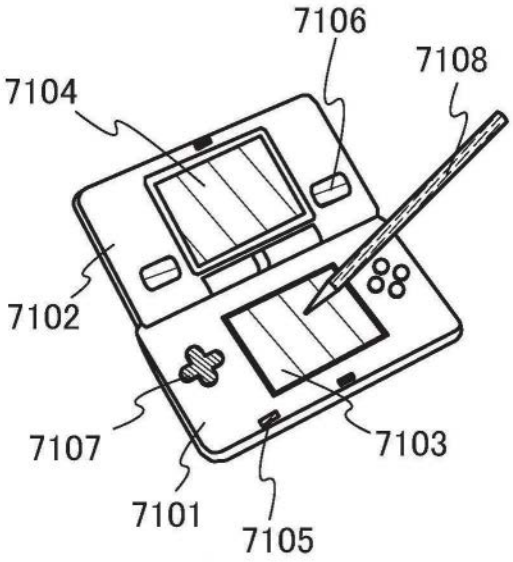


图29A

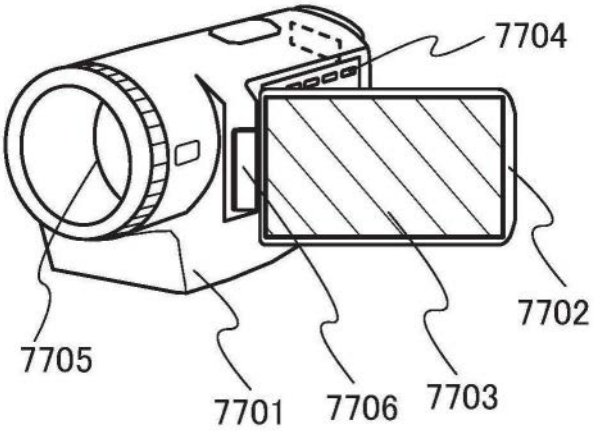


图29B

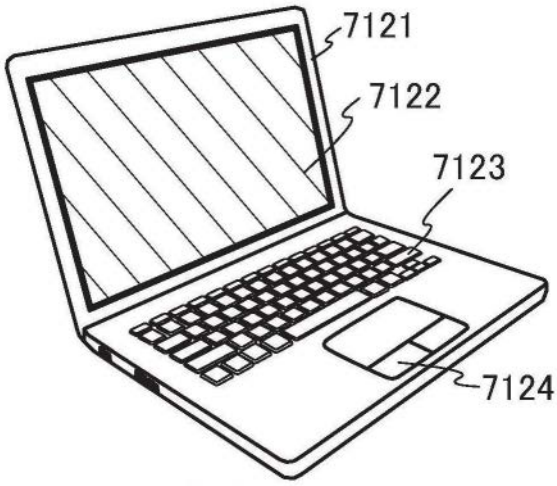


图29C

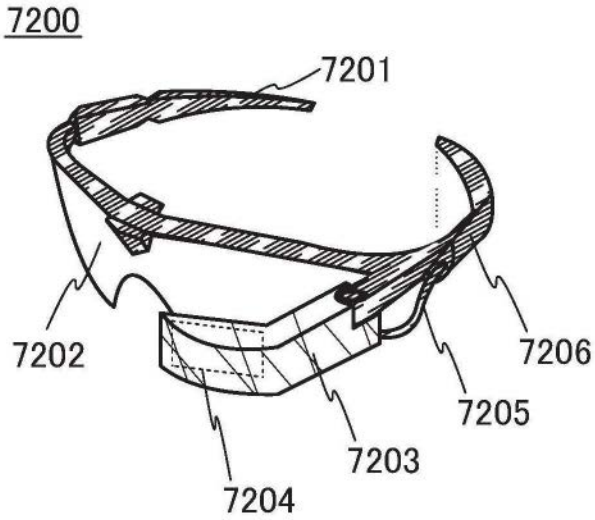

7200
7201
7202
7203
7204
7205
7206

图29D

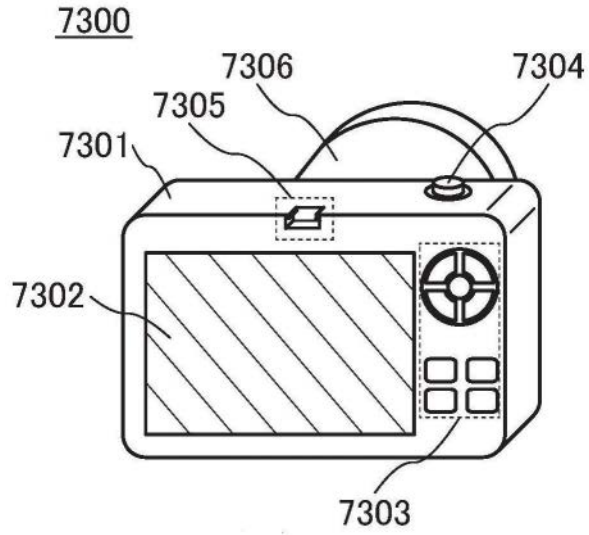

7300
7301
7302
7303
7304
7305
7306

图29E

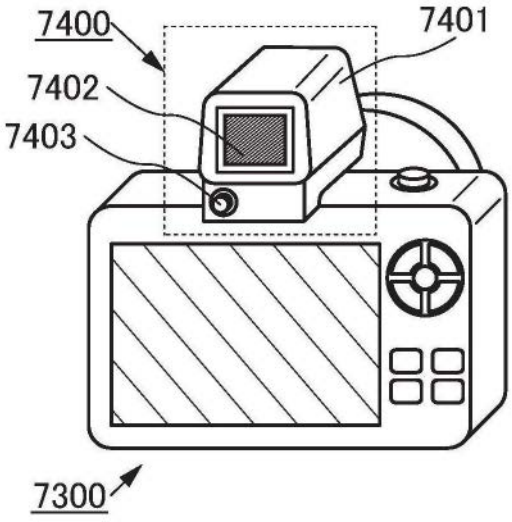


图29F

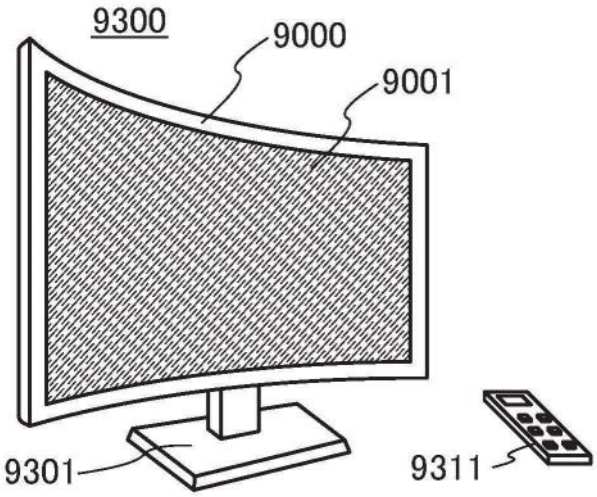


图30A

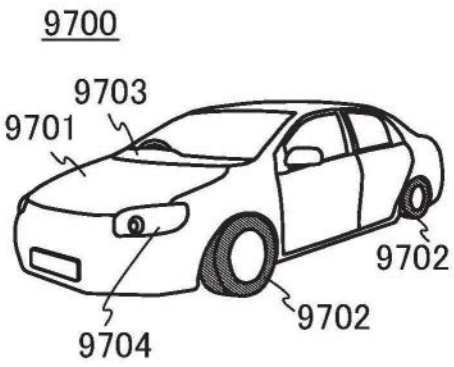


图30B

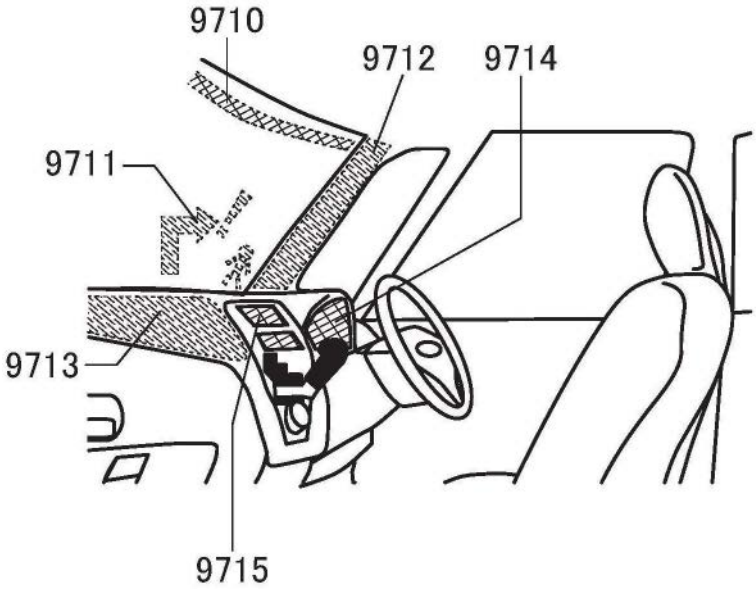


图30C

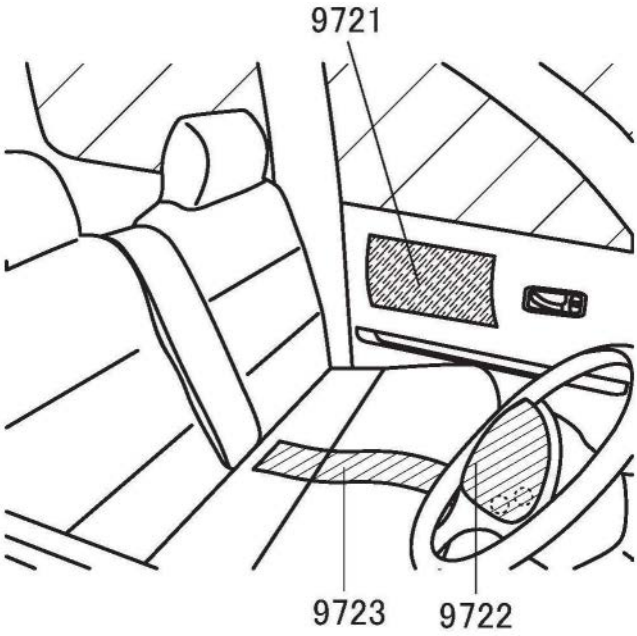


图30D

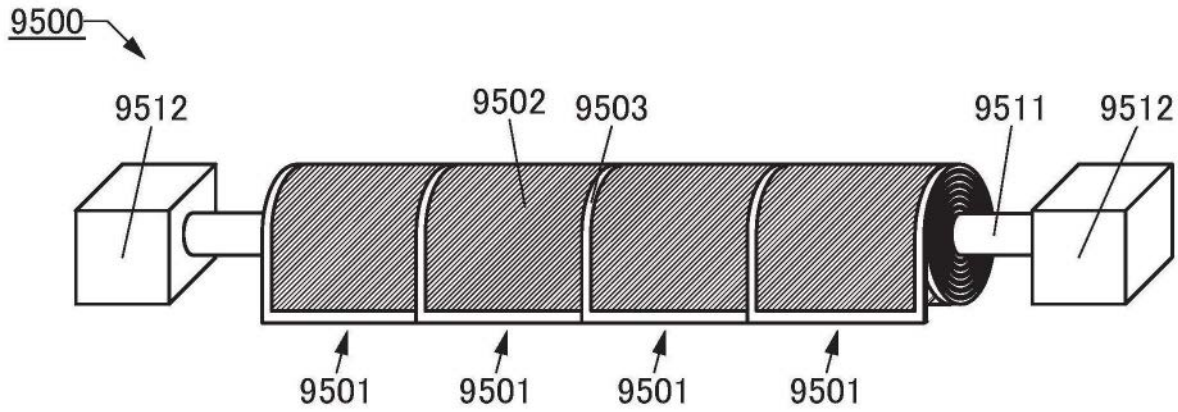

9500
9512
9502
9503
9511
9512
9501
9501
9501
9501

图31A

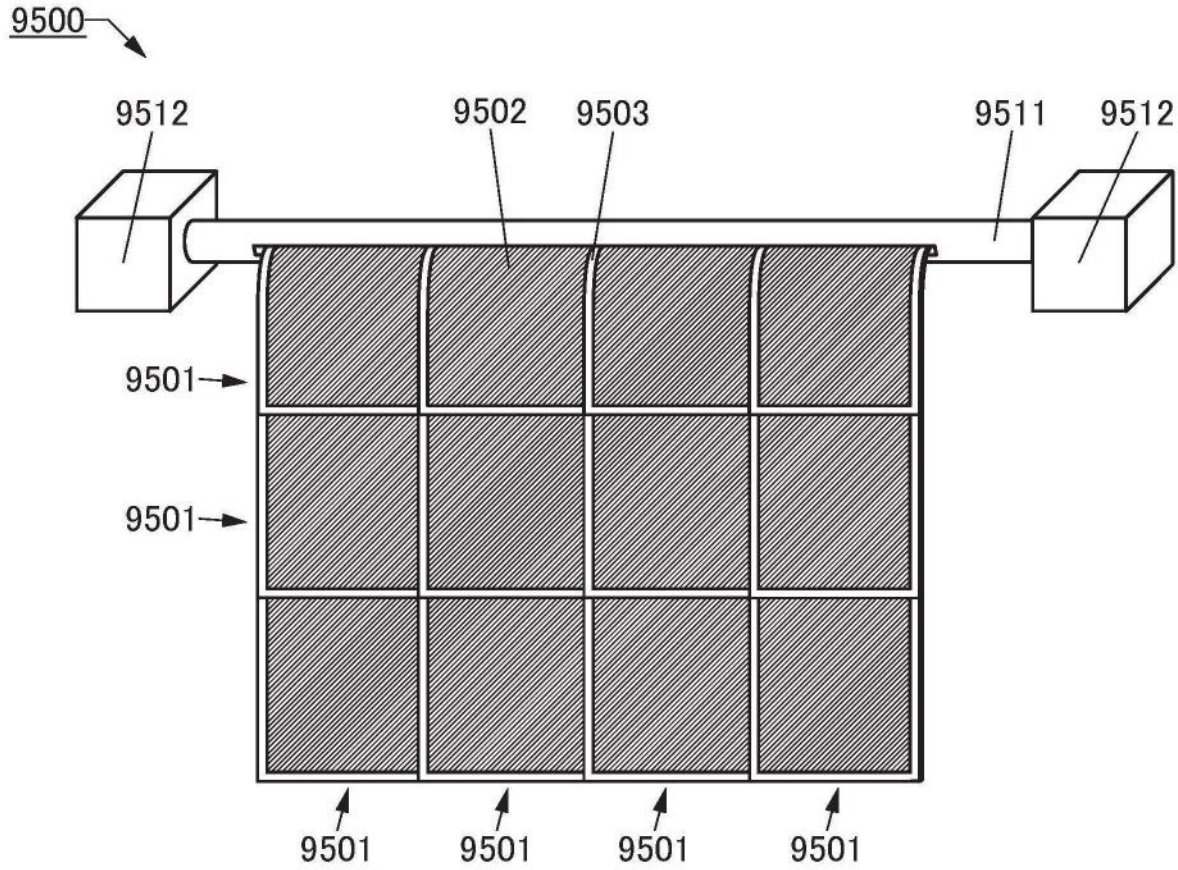

9500
9512
9502
9503
9511
9512
9501
9501
9501
9501
9501
9501

图31B

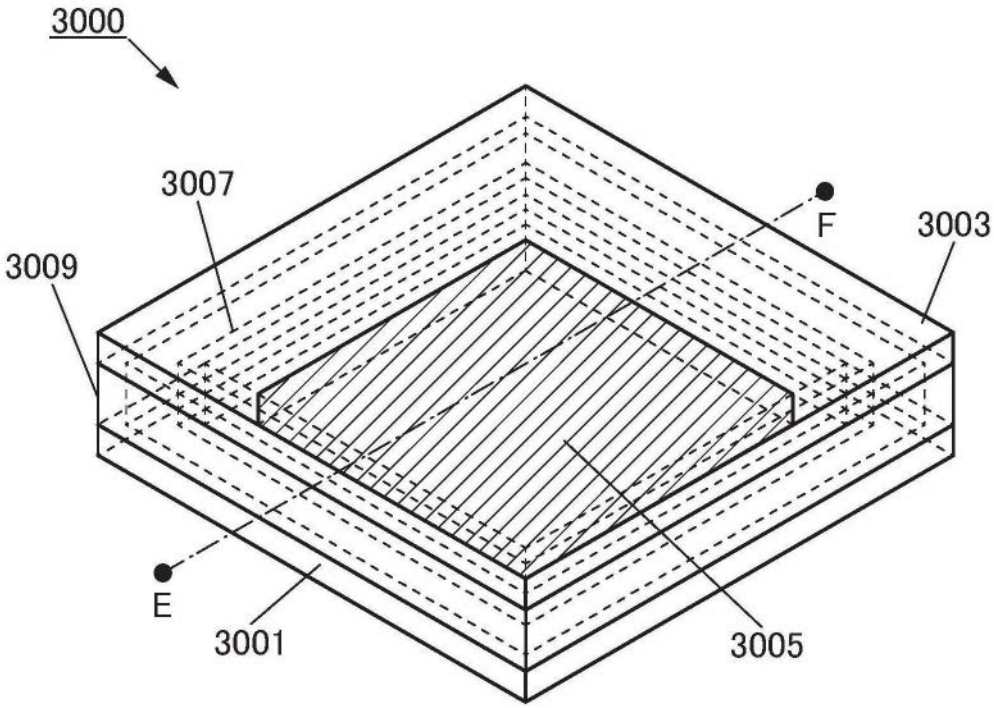

3000
3007
F
3003
3009
E
3001
3005

图32A

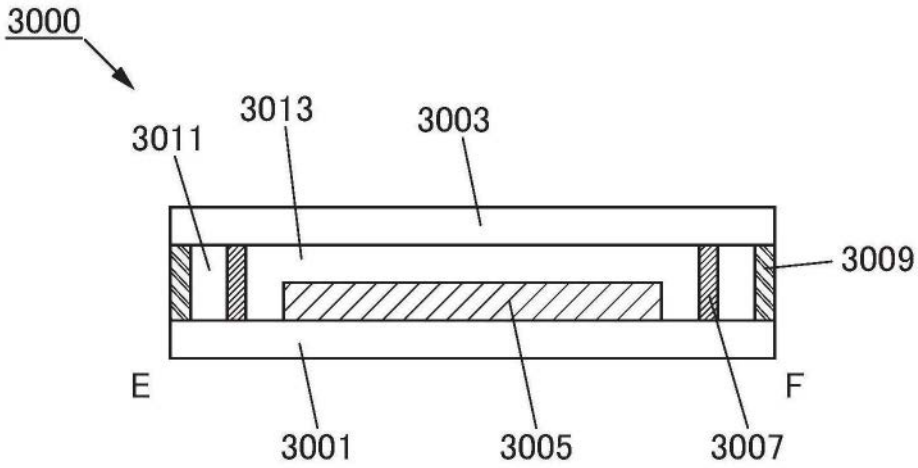

3000
3013
3011
3003
3009
E
F
3001
3005
3007

图32B

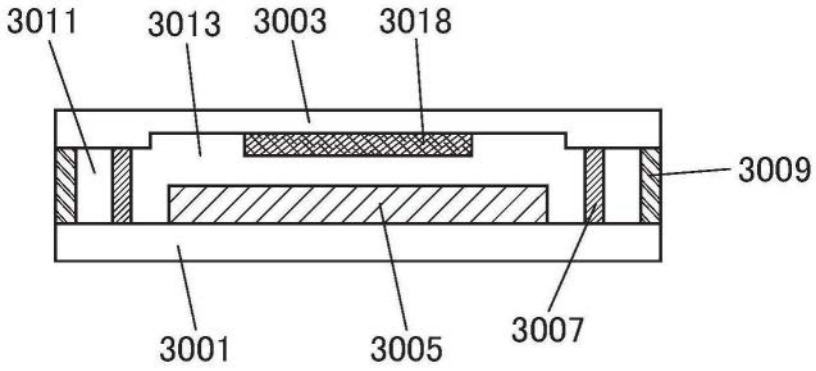


图32C

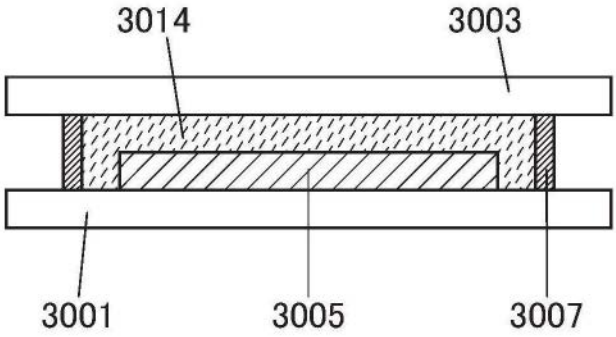


图33A

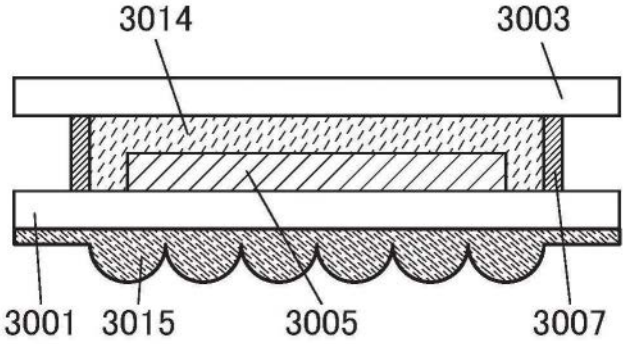


图33B

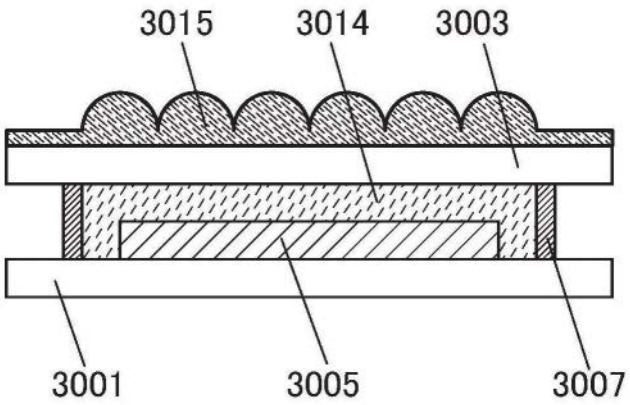


图33C

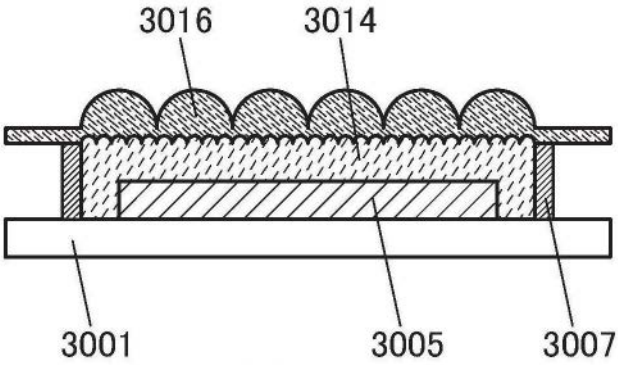


图33D

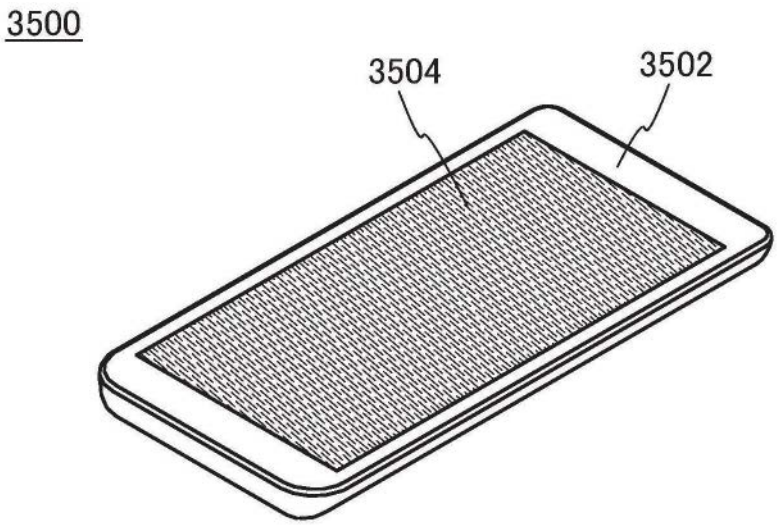


图34A

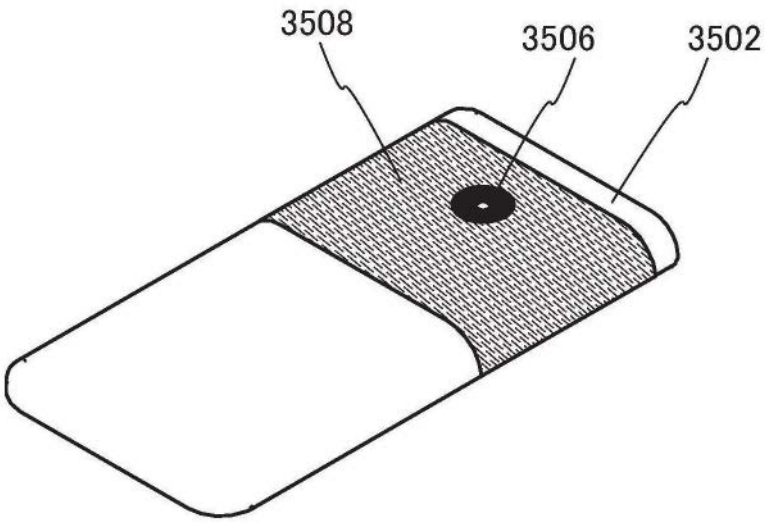


图34B

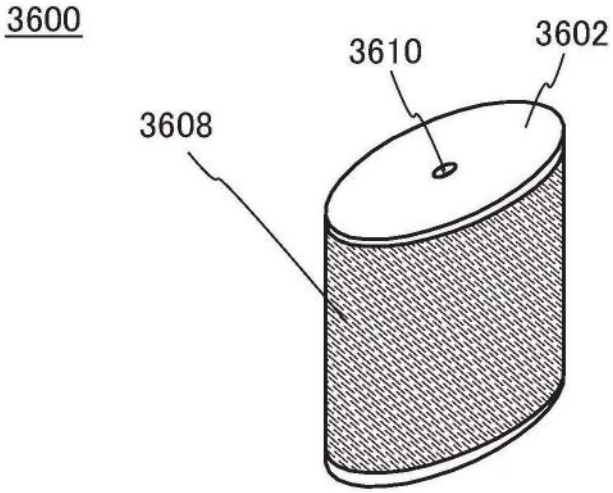


图34C

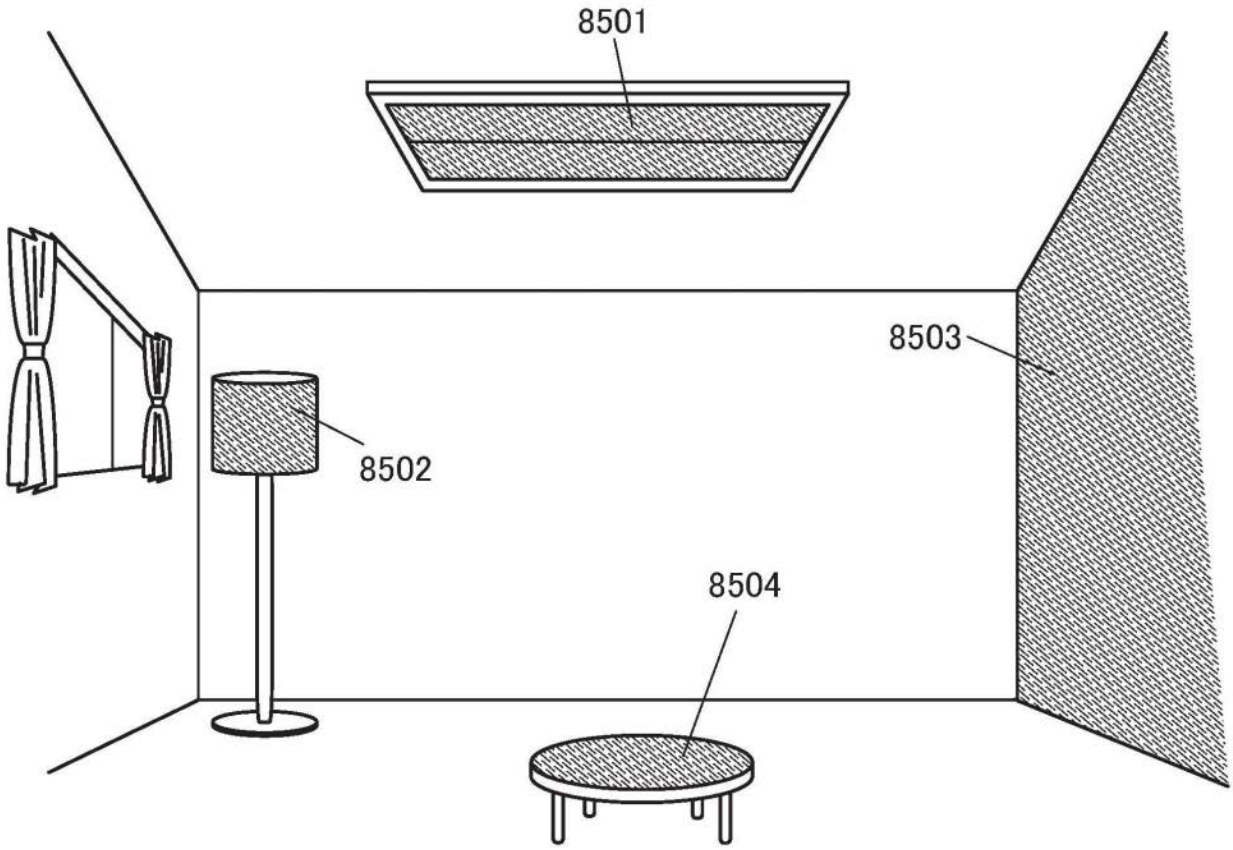

8501
8503
8502
8504

图35

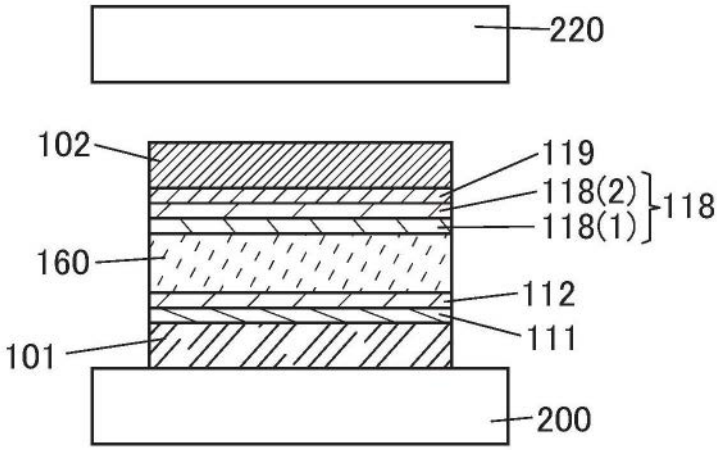

220
102
119
118(2)
118
118(1)
160
112
111
101
200

图36A

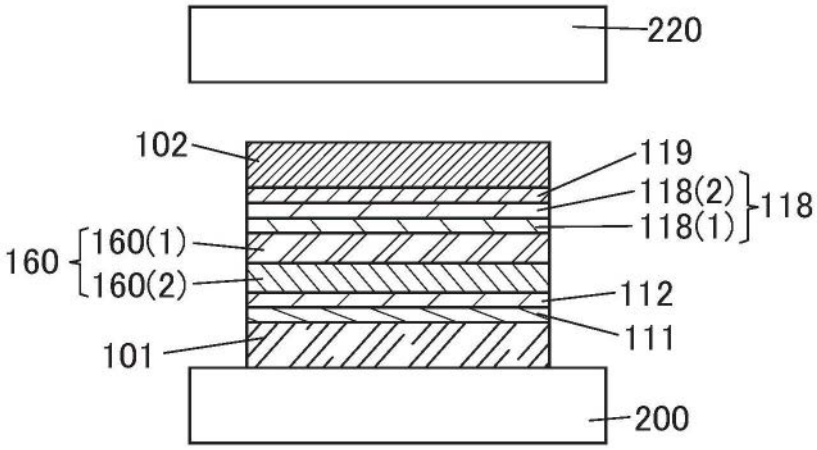

220
102
119
118(2)
118
118(1)
160
160(1)
160(2)
112
111
101
200

图36B

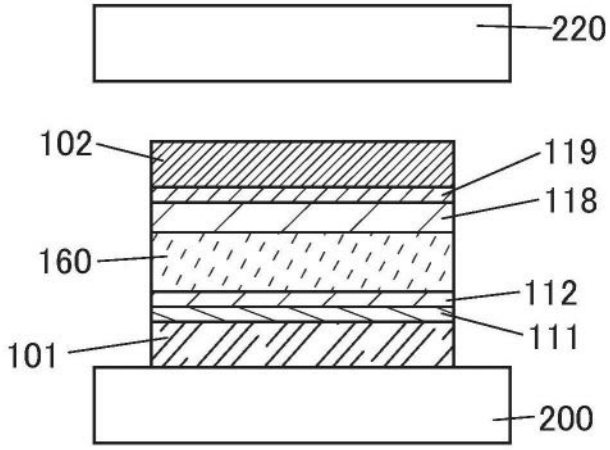

220
102
119
118
160
112
111
101
200

图36C

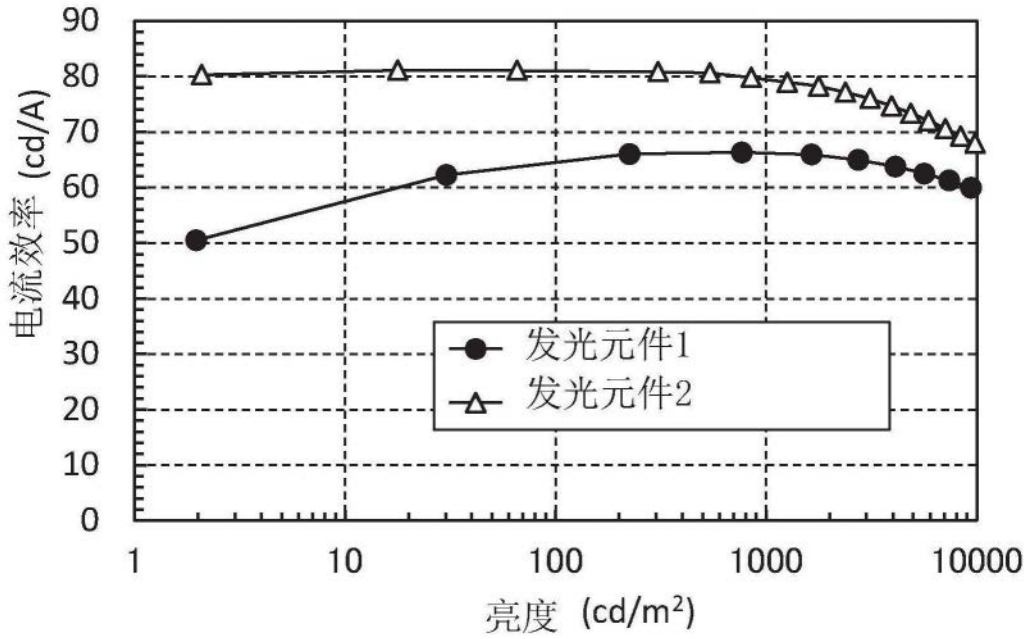

90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
电流效率 (cd/A)
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件1
发光元件2

图37

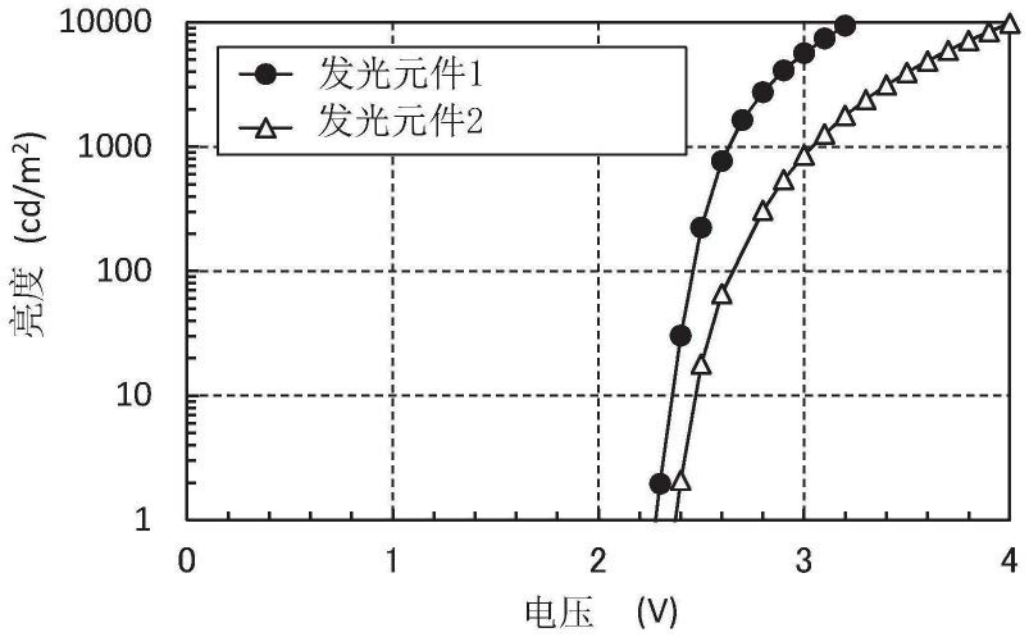

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0
1
2
3
4
电压 (V)
发光元件1
发光元件2

图38

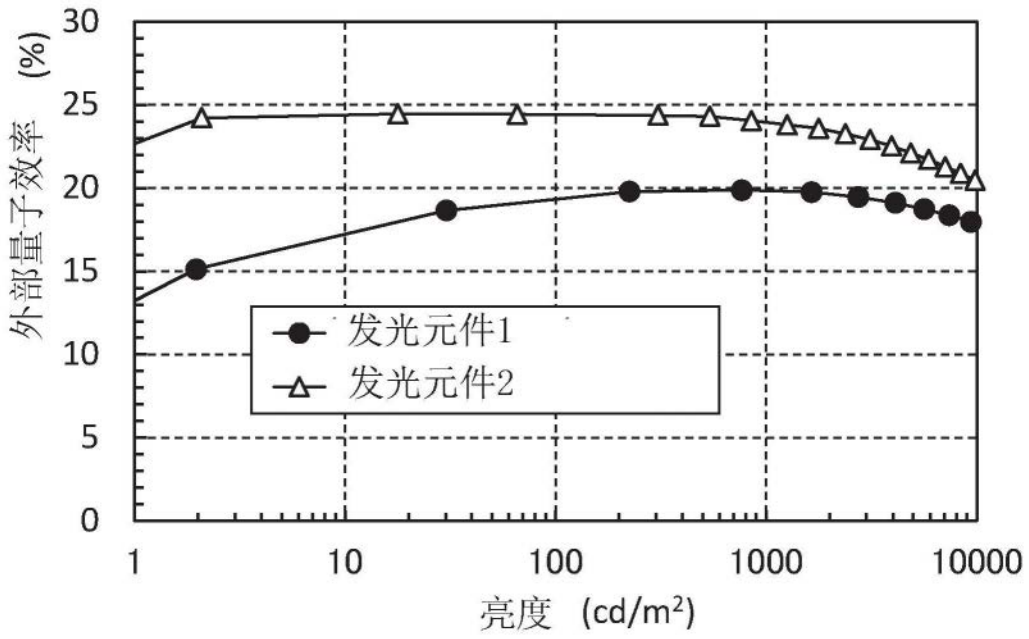

外部量子效率 (%)
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件1
发光元件2

图39

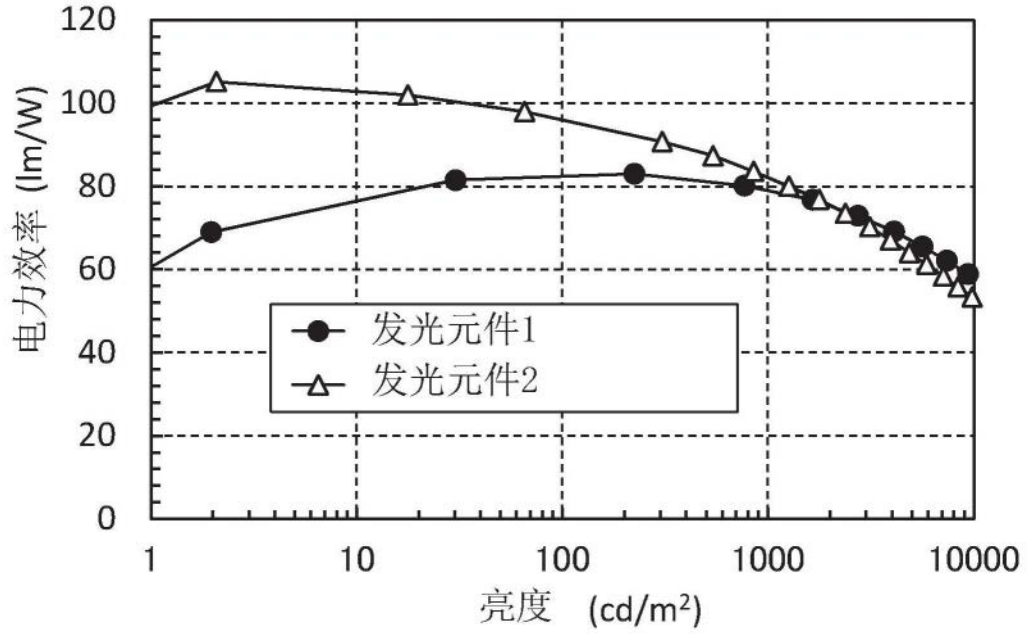

电力效率 (lm/W)
120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件1
发光元件2

图40

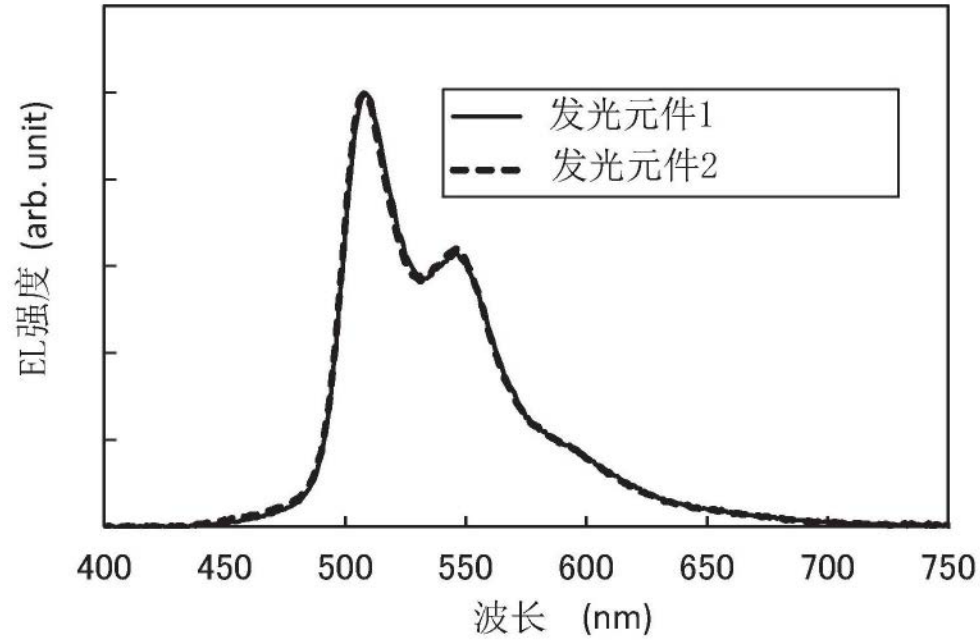

发光元件1
发光元件2
EL强度 (arb. unit)
400
450
500
550
600
650
700
750
波长 (nm)

图41

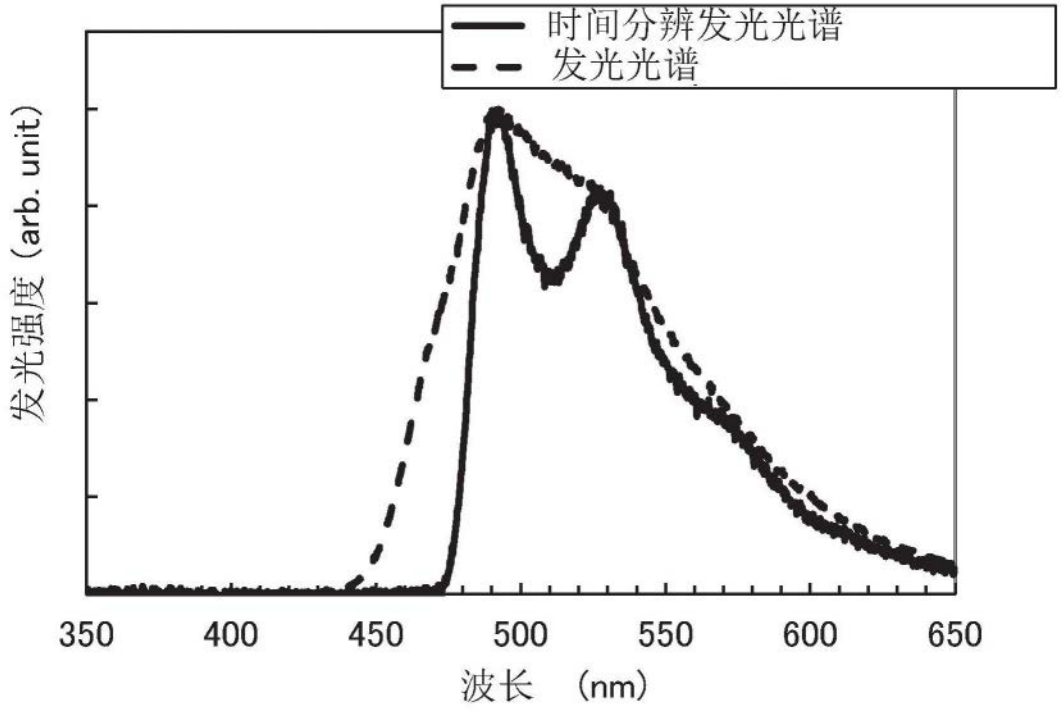

时间分辨发光光谱
发光光谱
发光强度 (arb. unit)
350
400
450
500
550
600
650
波长 (nm)

图42

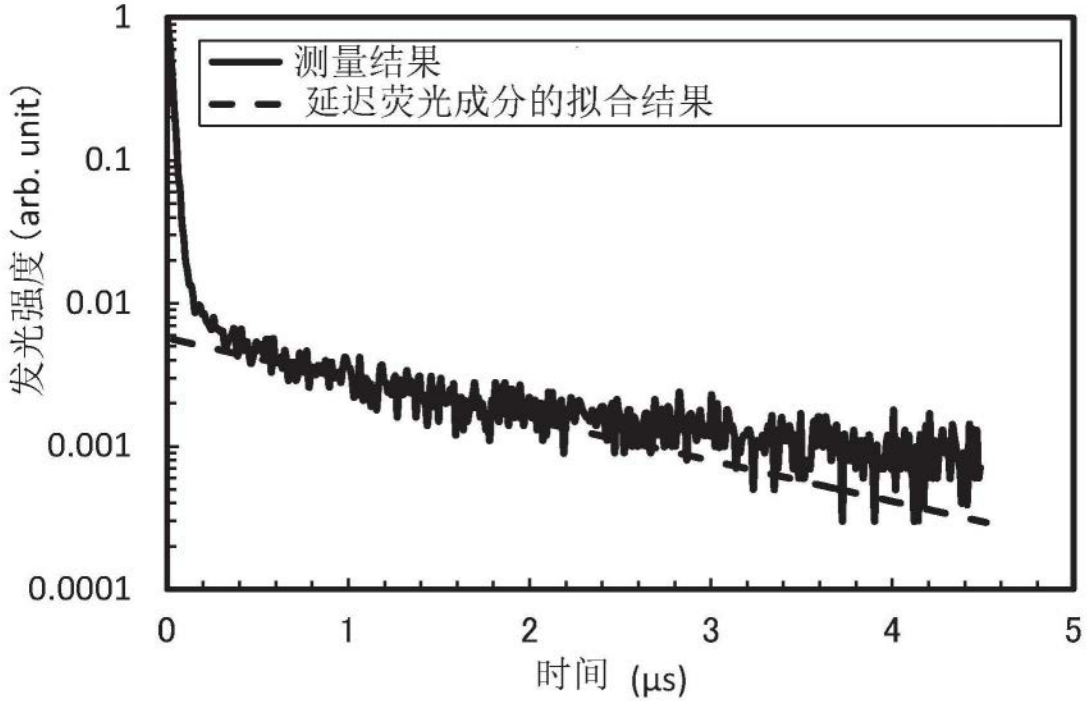

测量结果
延迟荧光成分的拟合结果
发光强度 (arb. unit)
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
0
1
2
3
4
5
时间 (μs)

图43

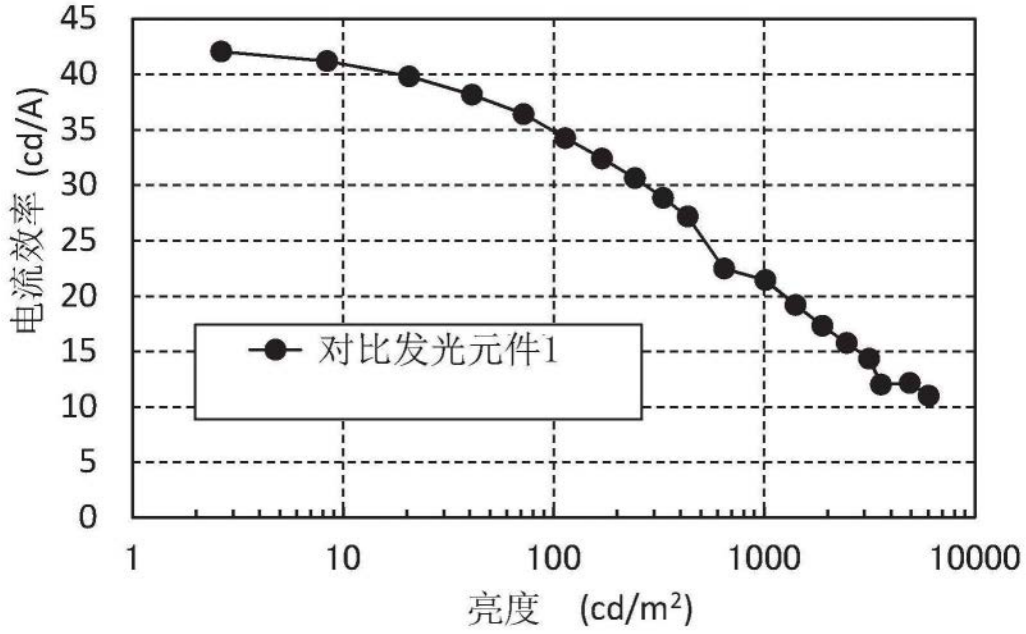

对比发光元件1
电流效率 (cd/A)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图44

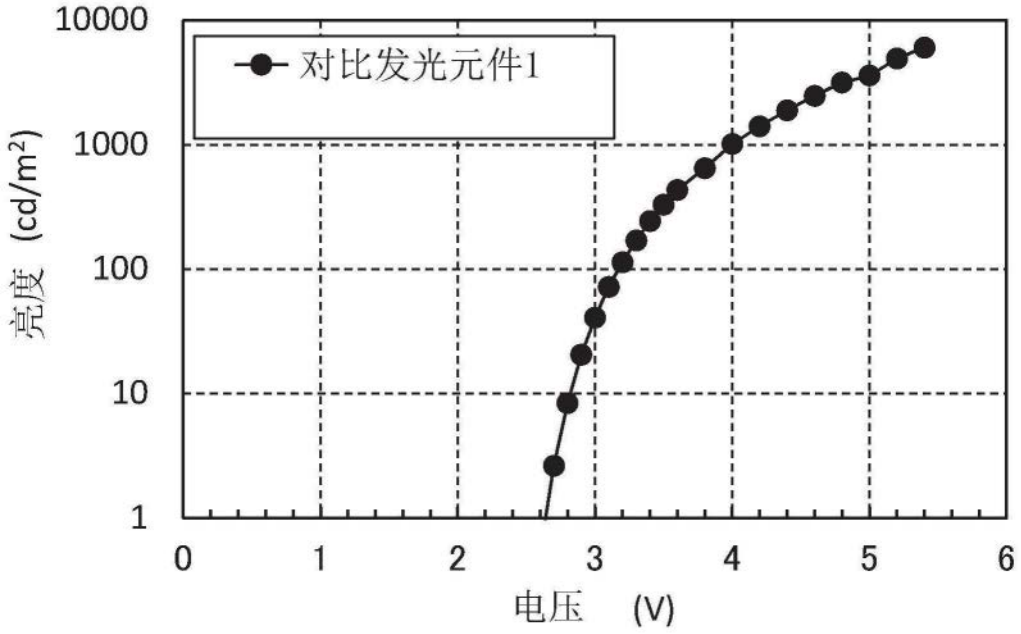

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
对比发光元件1
0
1
2
3
4
5
6
电压 (V)

图45

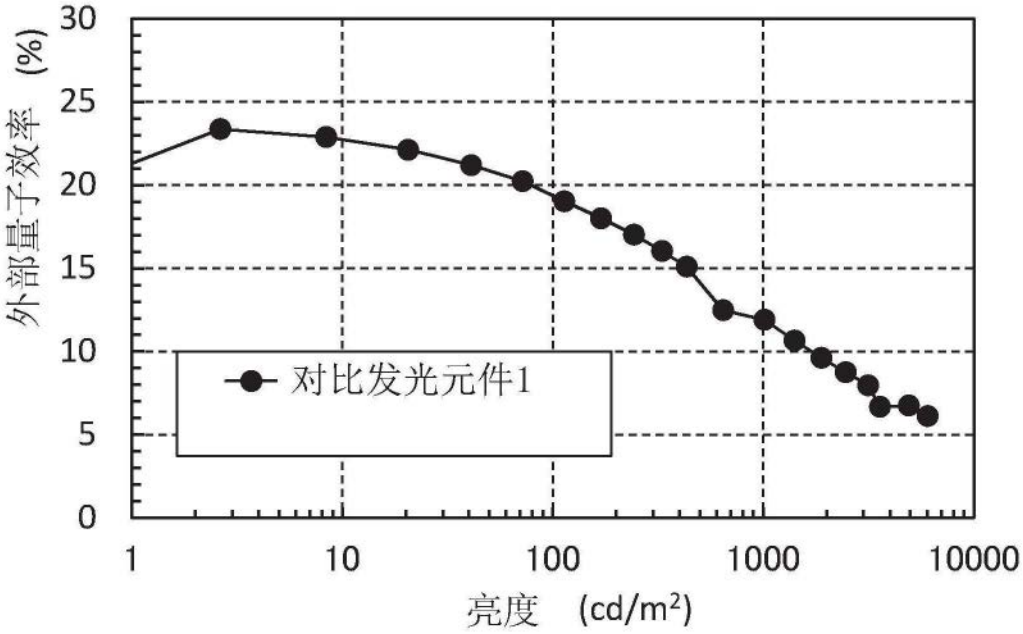

30
25
20
15
10
5
0
外部量子效率 (%)
对比发光元件1
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图46

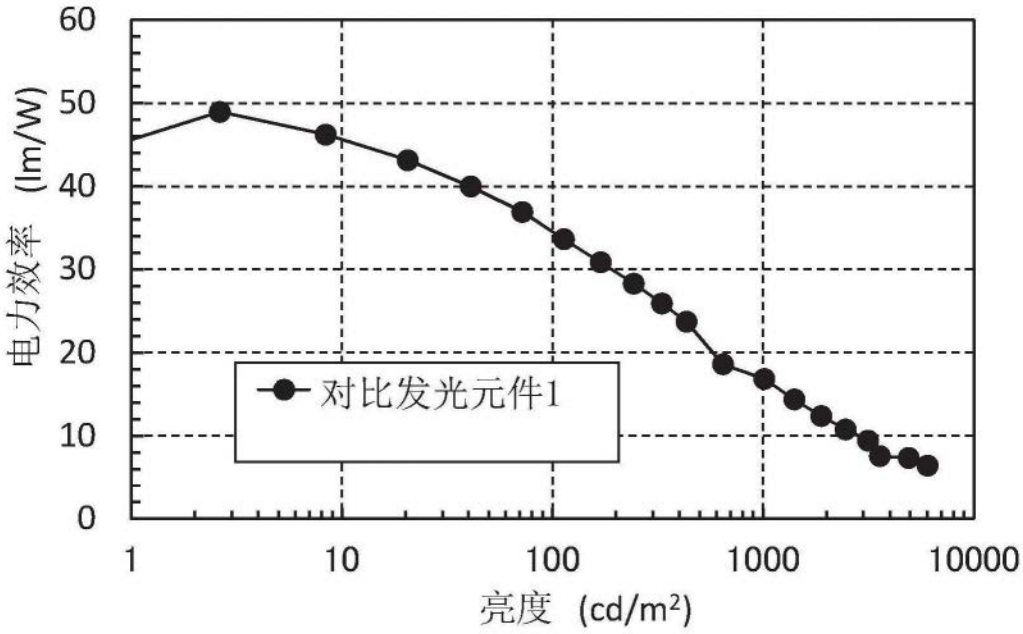

60
50
40
30
20
10
0
电力效率 (lm/W)
对比发光元件1
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图47

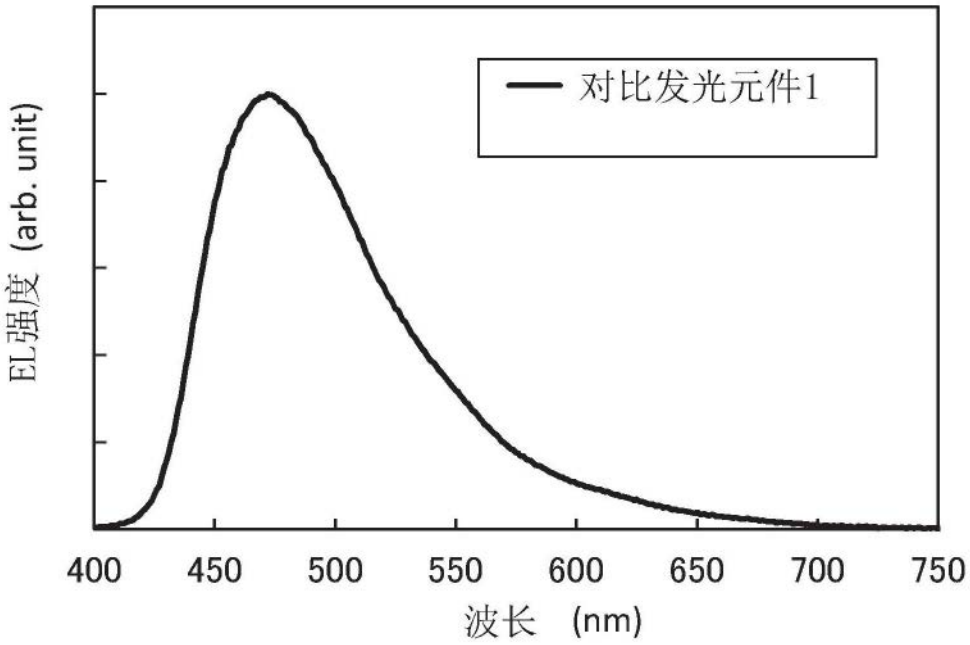

对比发光元件1
EL强度 (arb. unit)
400
450
500
550
600
650
700
750
波长 (nm)

图48

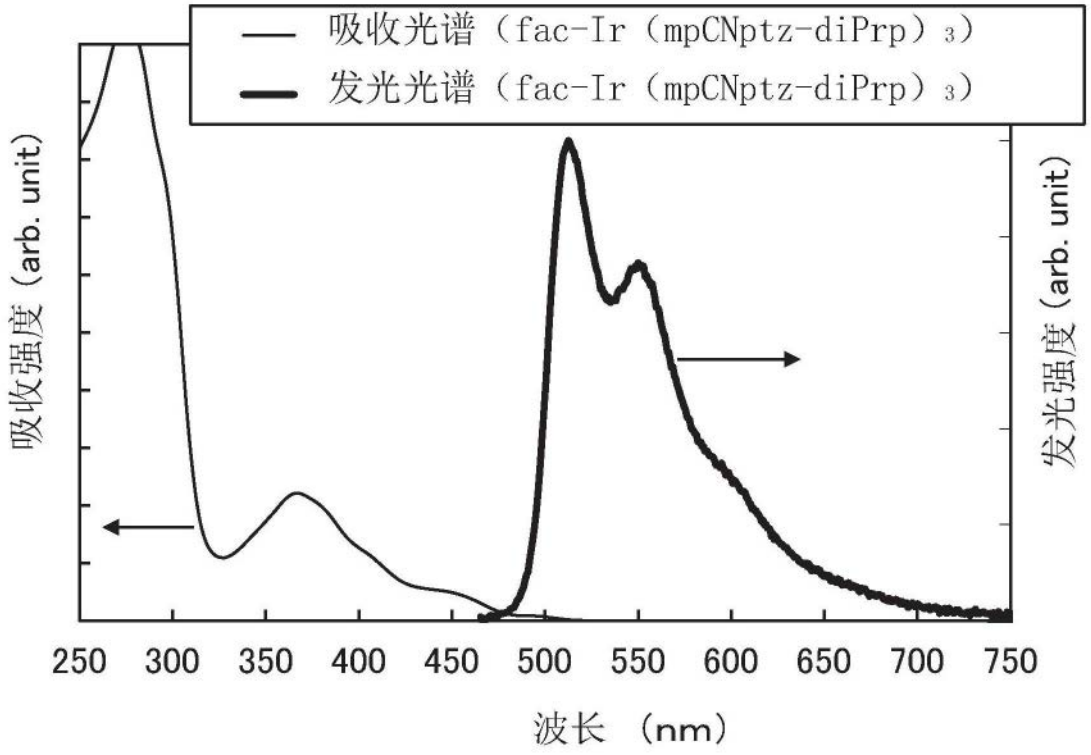

吸收光谱（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）3）
发光光谱（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）3）
吸收强度（arb. unit）
发光强度（arb. unit）
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
波长 （nm）

图49

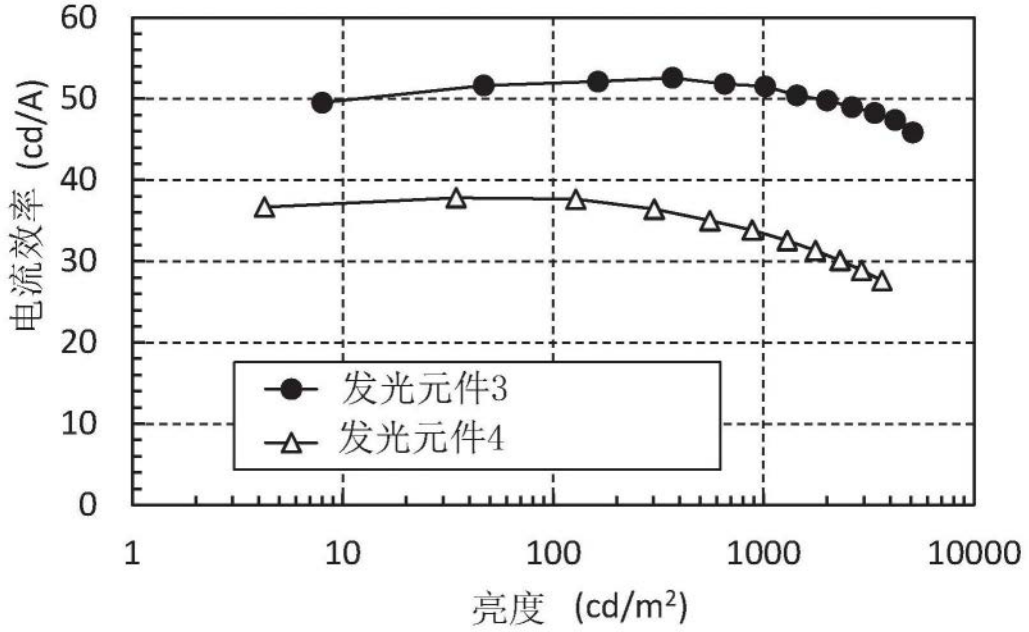

60
50
40
30
20
10
0
电流效率（cd/A）
发光元件3
发光元件4
1 10 100 1000 10000
亮度 （cd/m²）

图50

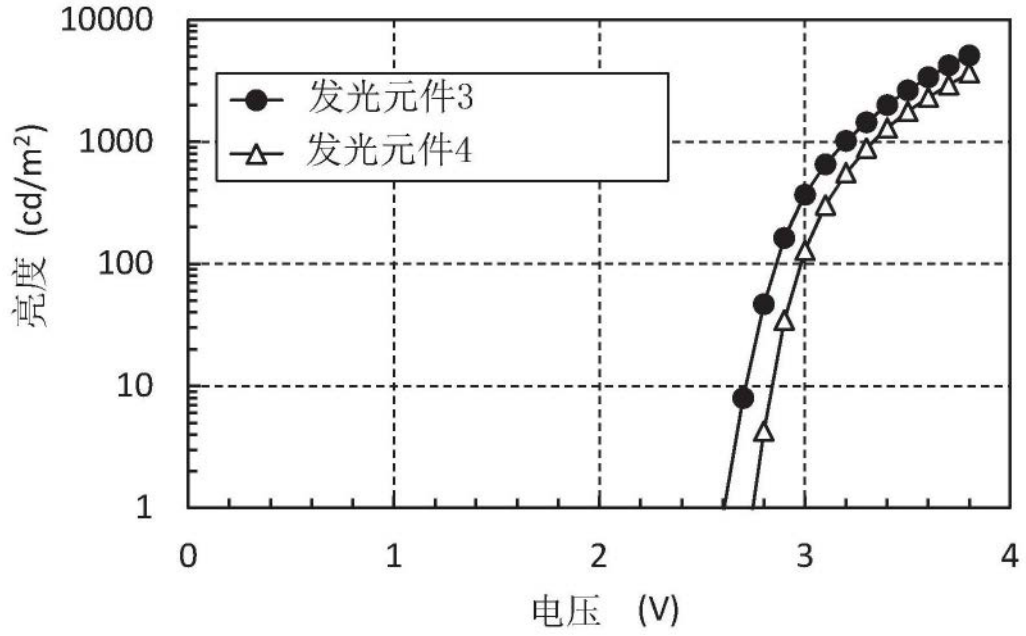

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
发光元件3
发光元件4
0
1
2
3
4
电压 (V)

图51

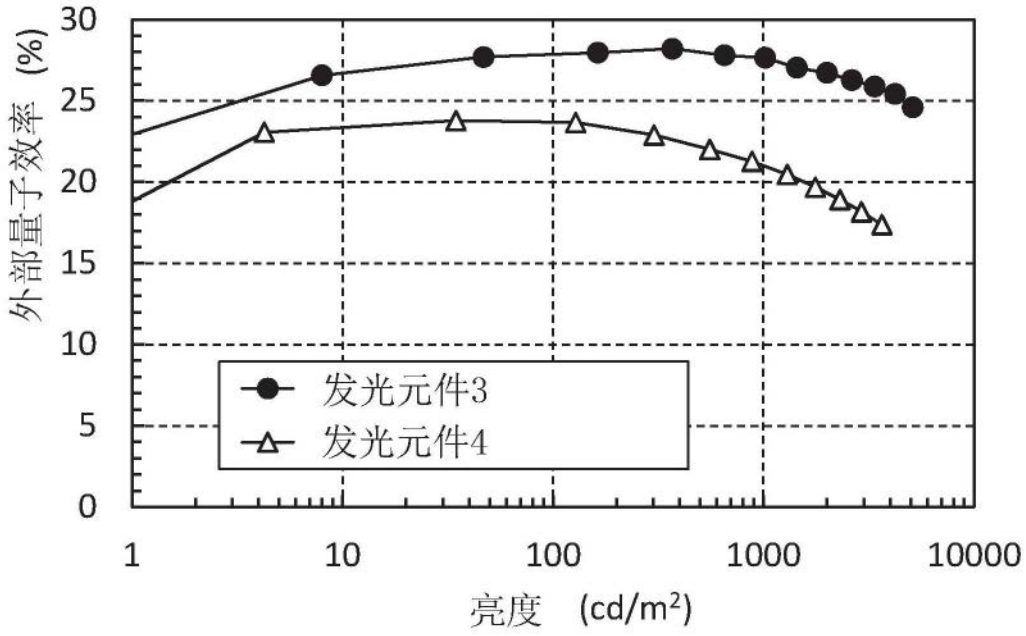

30
25
20
15
10
5
0
外部量子效率 (%)
发光元件3
发光元件4
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图52

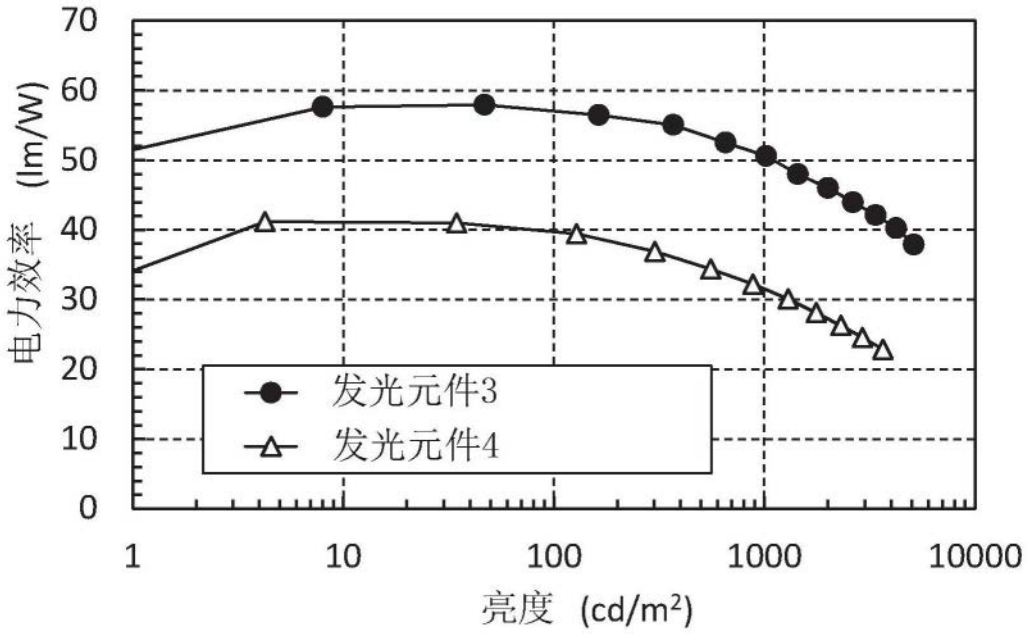

70
60
50
40
30
20
10
0
电力效率 (lm/W)
发光元件3
发光元件4
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图53

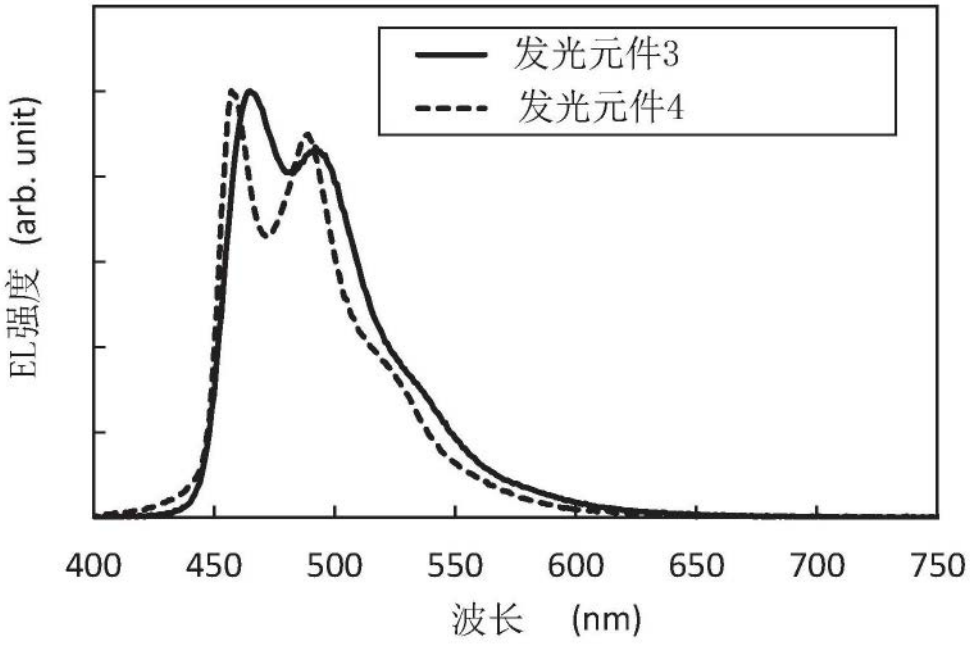

发光元件3
发光元件4
EL强度 (arb. unit)
400
450
500
550
600
650
700
750
波长 (nm)

图54

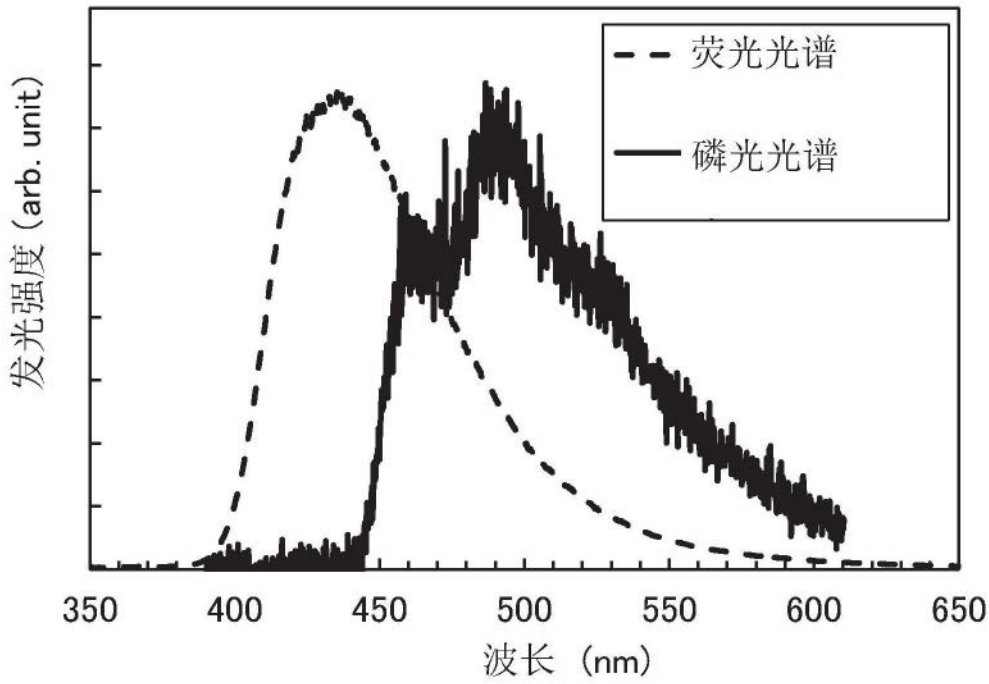

荧光光谱
磷光光谱
发光强度（arb. unit）
350
400
450
500
550
600
650
波长 （nm）

图55

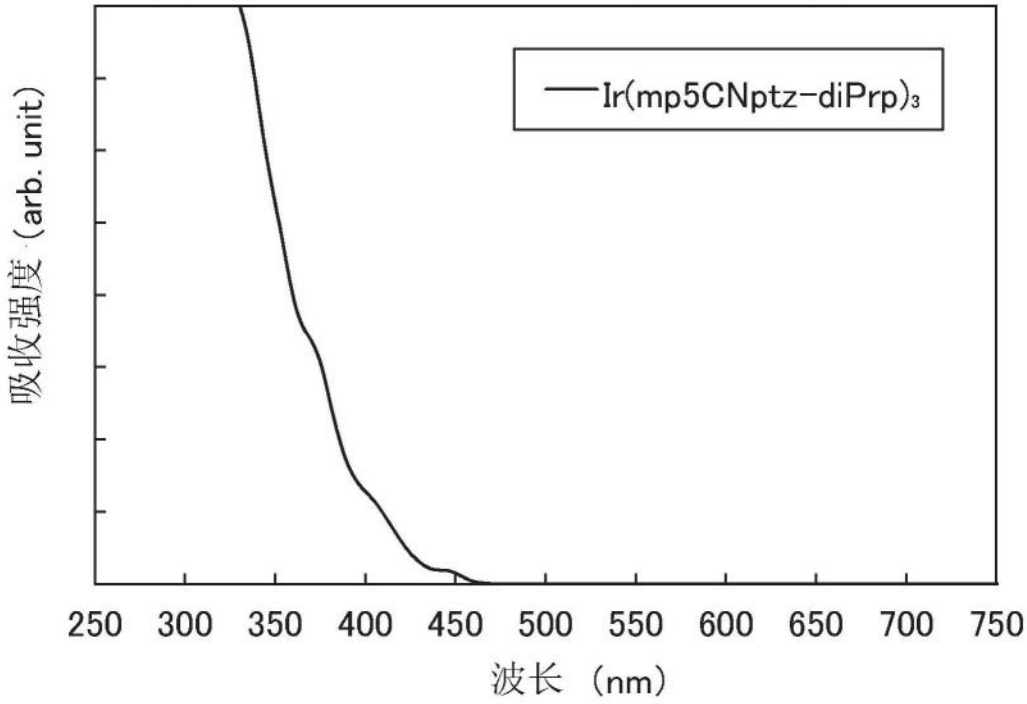

Ir(mp5CNptz-diPrp)3
吸收强度（arb. unit）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波长 （nm）

图56

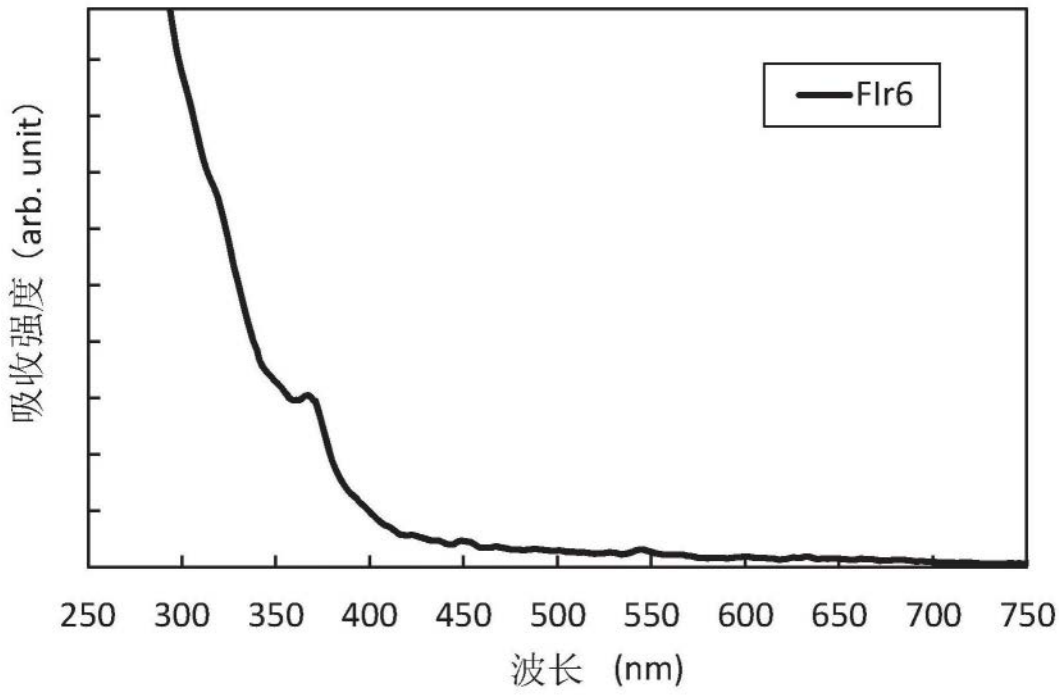

FIr6
吸收强度（arb. unit）
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
波长 (nm)

图57