



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105473577 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201480047990.2

(22)申请日 2014.08.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105473577 A

(43)申请公布日 2016.04.06

(30)优先权数据
2013-178449 2013.08.29 JP
2014-095259 2014.05.02 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.02.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2014/071460 2014.08.08

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/029796 EN 2015.03.05

(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 川上祥子 濑尾广美 高桥辰义
濑尾哲史

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 李志强 万雪松

(51)Int.Cl.
G07D 405/10(2006.01)
G09K 11/06(2006.01)
H01L 51/50(2006.01)

(56)对比文件
CN 102448945 A,2012.05.09,
WO 2012090970 A1,2012.07.05,
WO 2014069613 A1,2014.05.08,
CN 102190653 A,2011.09.21,

审查员 严彤

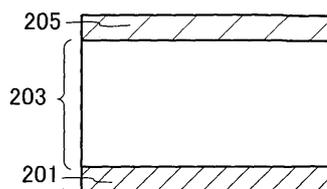
权利要求书5页 说明书51页 附图30页

(54)发明名称

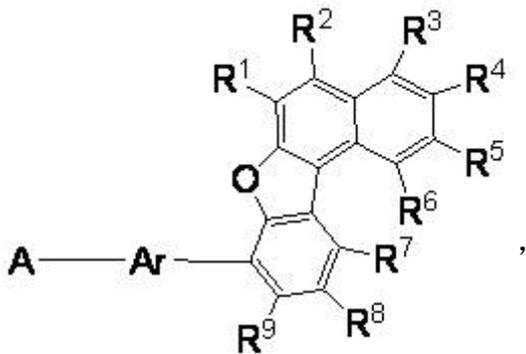
杂环化合物、发光元件、发光装置、电子设备以及照明装置

(57)摘要

一种可用作使发光物质分散的主体材料的新颖的杂环化合物。一种使用寿命长的发光元件。一种杂环化合物,其中取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基键合到取代或未取代的碳原子数为6至25的亚芳基,该亚芳基键合到取代或未取代的苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架的8至11位中的任一位置。



1. 一种由式 (G2) 表示的化合物:



(G2)

其中:

R¹至R⁹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的芳基中的任一个;

A表示二苯并[f,h]喹喔啉基;

Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基。

2. 根据权利要求1所述的化合物,

其中所述芳基、所述二苯并[f,h]喹喔啉基以及所述亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为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的芳基中的任一个取代。

3. 一种发光元件,该发光元件在一对电极之间包括包含权利要求1所述的化合物的层。

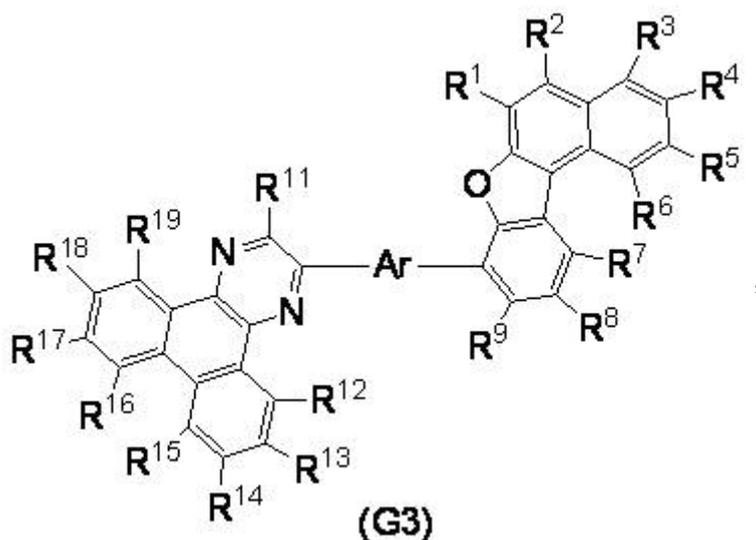
4. 一种发光元件,该发光元件在一对电极之间包括包含发光物质及权利要求1所述的化合物的层。

5. 一种发光装置,该发光装置在发光部中包括权利要求3所述的发光元件。

6. 一种电子设备,该电子设备在显示部中包括权利要求5所述的发光装置。

7. 一种照明装置,该照明装置在发光部中包括权利要求5所述的发光装置。

8. 一种由式 (G3) 表示的化合物:



其中：

R¹至R⁹以及R¹¹至R¹⁹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的芳基中的任一个；

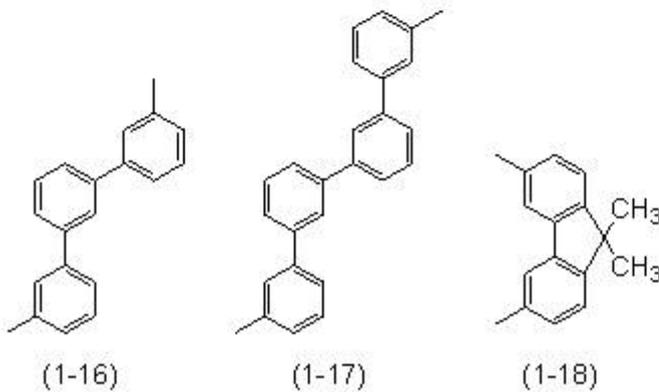
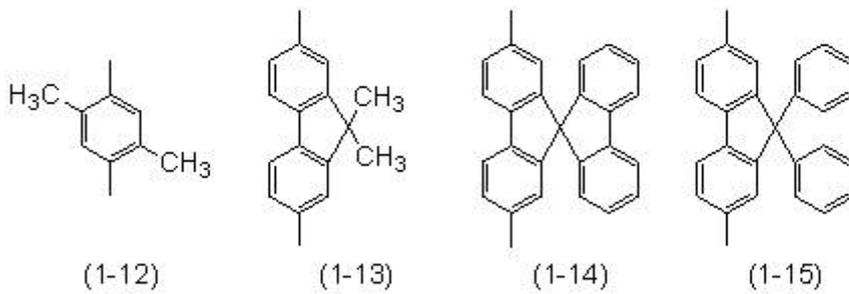
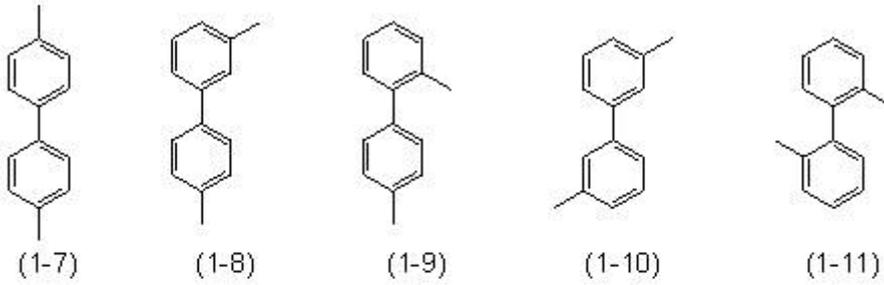
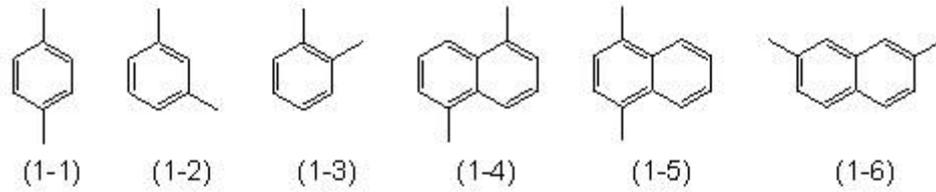
Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基。

9. 根据权利要求8所述的化合物，

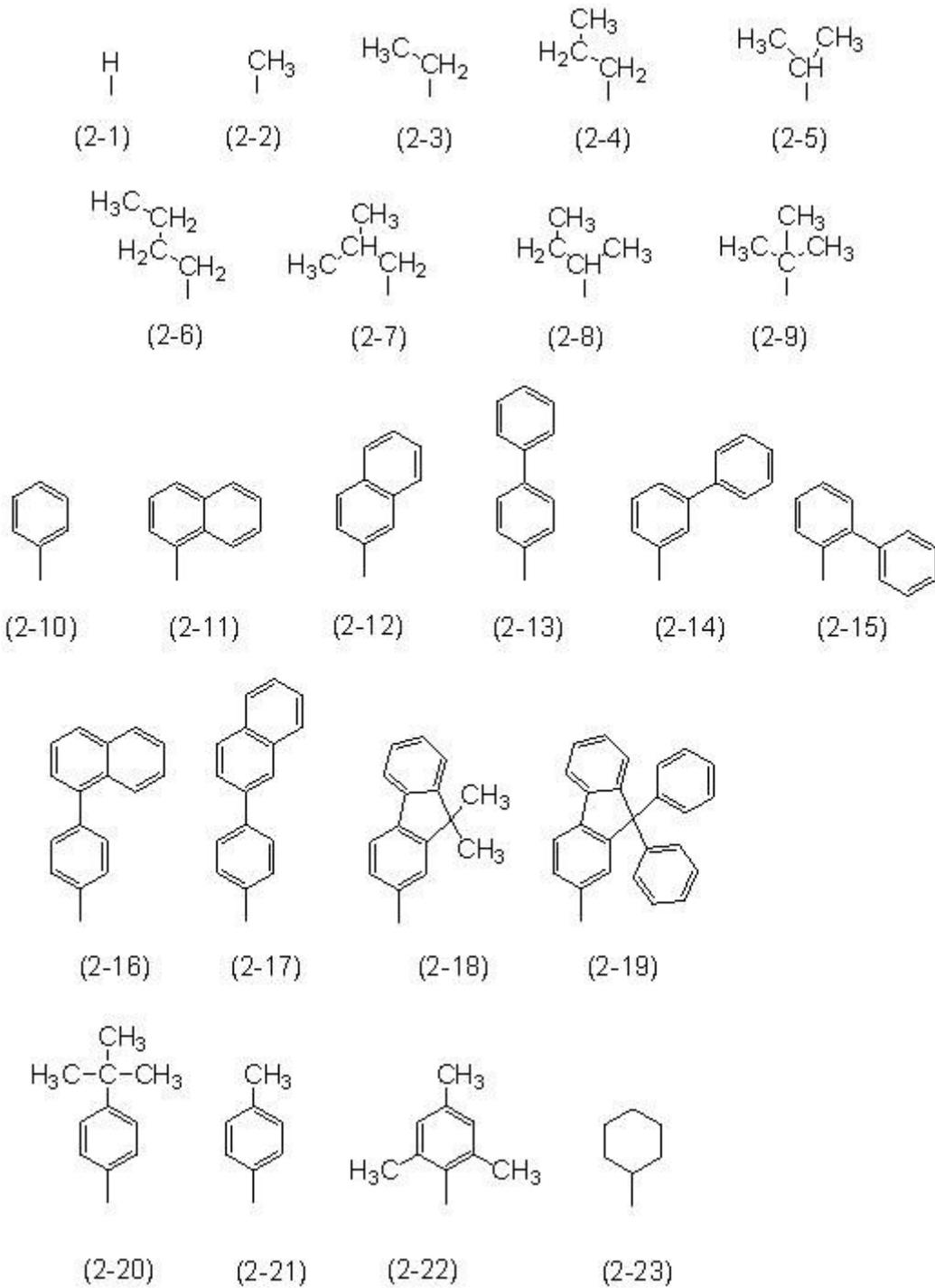
其中所述芳基及所述亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个取代。

10. 根据权利要求8所述的化合物，

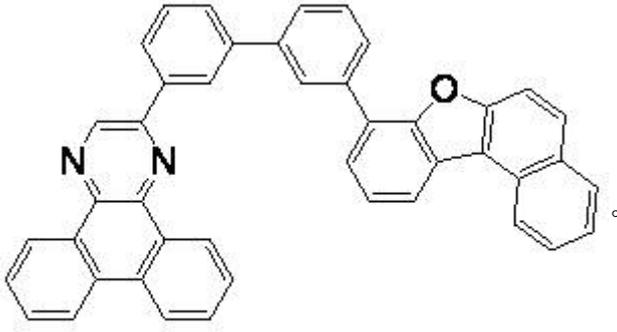
其中Ar由式(1-1)至(1-18)中的任一个表示：



11. 根据权利要求8所述的化合物，
其中 R^1 至 R^9 以及 R^{11} 至 R^{19} 分别独立地由式(2-1)至(2-23)中的任一个表示：



12. 根据权利要求8所述的化合物,其中所述化合物由式(101)表示:

**(101)**

13. 一种发光元件,该发光元件在一对电极之间包括包含权利要求8所述的化合物的层。

14. 一种发光元件,该发光元件在一对电极之间包括包含发光物质及权利要求8所述的化合物的层。

15. 一种发光装置,该发光装置在发光部中包括权利要求13所述的发光元件。

16. 一种电子设备,该电子设备在显示部中包括权利要求15所述的发光装置。

17. 一种照明装置,该照明装置在发光部中包括权利要求15所述的发光装置。

杂环化合物、发光元件、发光装置、电子设备以及照明装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种物体、方法或制造方法。另外,本发明涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或组合物(composition of matter)。本发明的一个方式涉及一种半导体装置、显示装置、发光装置、照明装置、其驱动方法或制造方法。尤其是,本发明的一个方式涉及一种杂环化合物、利用电致发光(EL:Electroluminescence)的发光元件(也记载为EL元件)、发光装置、电子设备以及照明装置。

背景技术

[0002] 近年来,对作为发光物质使用有机化合物的发光元件(也记载为有机EL元件)进行积极研究开发。该发光元件的基本结构为在—对电极之间夹有包含发光物质的层的结构。通过对该元件施加电压,而使发光物质发光。

[0003] 因为上述发光元件是自发光型发光元件,所以具有像素的可见度比液晶显示元件高、不需要背光等的优点。因此,该发光元件被认为适合于平板显示器元件。此外,该发光元件可以被制造得薄且轻也是其主要优点。再者,相当高速的响应也是该发光元件的优点之一。

[0004] 由于该发光元件能够被形成为膜状,所以能够获得面发光。因此,容易形成大面积元件。这是以白炽灯和LED为代表的点光源或以荧光灯为代表的线光源所难以具有的特征,因此该发光元件作为可用于照明等的面光源的可能性也很大。

[0005] 在将包含有机化合物作为发光物质的层设置在—对电极之间的发光元件中,通过对该元件施加电压,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到该包含有机化合物的层,而使电流流过。并且,所注入的电子及空穴使该有机化合物成为激发态,而从所激发的该有机化合物得到发光。

[0006] 由有机化合物形成的激发态可以是单重激发态或三重激发态,来自单重激发态(S^*)的发光被称为荧光,而来自三重激发态(T^*)的发光被称为磷光。另外,在发光元件中,单重激发态和三重激发态的统计学上的生成比例被认为是 $S^*:T^*=1:3$ 。

[0007] 在室温下,能够将单重激发能量转换成发光的化合物(以下称为荧光化合物)仅呈现来自单重激发态的发光(荧光),观察不到来自三重激发态的发光(磷光)。因此,基于 $S^*:T^*=1:3$ 的关系,包含荧光化合物的发光元件的内部量子效率(所产生的光子相对于所注入的载流子的比例)的理论上的极限被认为是25%。

[0008] 另一方面,能够将三重激发能量转换成发光的化合物(以下称为磷光化合物)呈现来自三重激发态的发光(磷光)。此外,在磷光化合物中,由于容易产生系间穿越(即从单重激发态转移到三重激发态),因此在理论上内部量子效率可达100%。换句话说,可以得到比荧光化合物高的发光效率。由于上述理由,为了实现高效率的发光元件,近年来已在对使用磷光化合物的发光元件进行积极研究开发。

[0009] 当使用上述磷光化合物形成发光元件的发光层时,为了抑制磷光化合物的浓度猝灭或由三重态-三重态湮灭导致的猝灭,通常以使该磷光化合物分散在由其他化合物构成

的基体中的方式形成该发光层。此时,用作基体的化合物被称为主体材料,分散在基体中的化合物诸如磷光化合物被称为客体材料。

[0010] 当将磷光化合物用作客体材料时,主体材料需要具有比该磷光化合物高的三重激发能量(基态与三重激发态之间的能量差)。

[0011] 另外,由于单重激发能量(基态与单重激发态之间的能量差)高于三重激发能量,所以具有高三重激发能量的物质也具有高单重激发能量。因此,上述具有高三重激发能量的物质还对将荧光化合物用作发光物质的发光元件有效。

[0012] 作为当将磷光化合物用作客体材料时使用的主体材料的例子,已对具有二苯并[f,h]喹啉环的化合物进行了研究(例如,专利文献1及专利文献2)。

[0013] [参考文献]

[0014] [专利文献1]国际专利公开第03/058667小册子

[0015] [专利文献2]日本专利公开第2007-189001号公报。

发明内容

[0016] 在改善发光元件的元件特性的方面上,依靠用于发光元件的物质的问题很多,从而,为了解决这些问题而进行元件结构的改良、物质的开发等。发光元件的开发在发光效率、可靠性、成本等方面上还有改善的余地。

[0017] 为了实现使用发光元件的显示器或照明的实用化,发光元件被要求实现长使用寿命化。

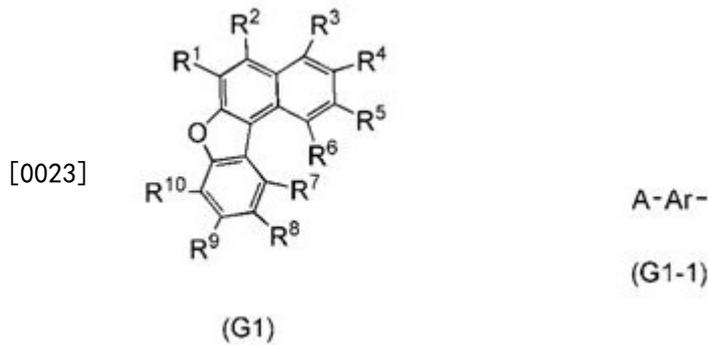
[0018] 鉴于上述问题,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的杂环化合物。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种可用作在发光元件中使发光物质分散的主体材料的新颖的杂环化合物。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种三重激发能量高的杂环化合物。

[0019] 另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种驱动电压低的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种使用寿命长的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的发光元件。

[0020] 另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种使用该发光元件的高可靠性的发光装置、电子设备或照明装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种使用该发光元件的低功耗的发光装置、电子设备或照明装置。

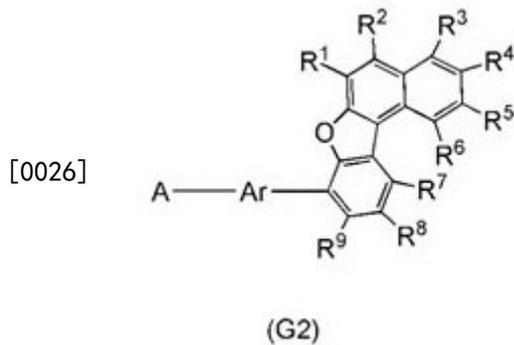
[0021] 本发明的一个方式并不需要实现所有上述目的。

[0022] 本发明的一个方式为由通式(G1)表示的杂环化合物。



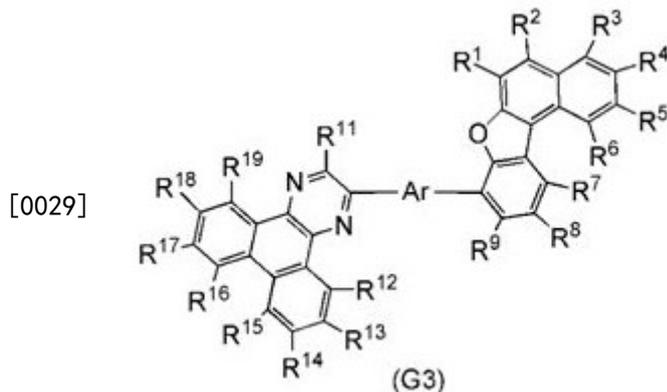
[0024] 在通式中, R^7 至 R^{10} 中的其中之一表示由通式(G1-1)表示的取代基, R^1 至 R^6 以及 R^7 至 R^{10} 中的其他的分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个, A表示二苯并[f, h]喹喔啉基, Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基, 二苯并[f, h]喹喔啉基、芳基以及亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个取代。

[0025] 本发明的一个方式为由通式(G2)表示的杂环化合物。



[0027] 在通式中, R^1 至 R^9 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的芳基中的任一个, A表示二苯并[f, h]喹喔啉基, Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基, 二苯并[f, h]喹喔啉基、芳基以及亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为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的芳基中的任一个取代。

[0028] 本发明的一个方式为由通式(G3)表示的杂环化合物。



[0030] 在通式中, R^1 至 R^9 以及 R^{11} 至 R^{19} 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的芳基中的任一个, Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基

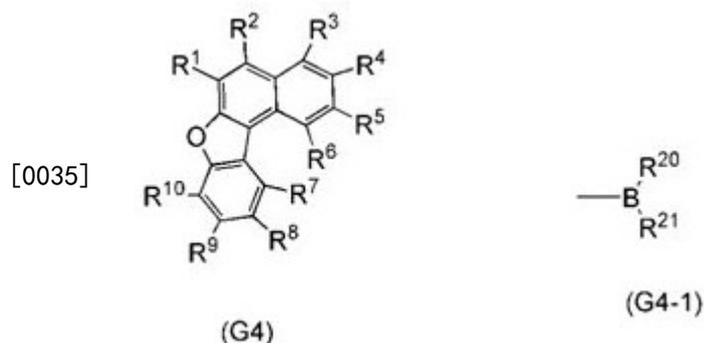
基,芳基以及亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个取代。

[0031] 本发明的一个方式为包含具有上述结构的任一个杂环化合物的层的发光元件。

[0032] 本发明的一个方式是一种在发光部中包括上述发光元件的发光装置。另外,本发明的一个方式是一种在显示部中包括该发光装置的设备。另外,本发明的一个方式是一种在发光部中包括该发光装置的照明装置。

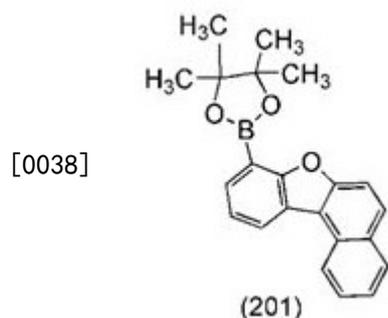
[0033] 本说明书中的发光装置包括使用发光元件的图像显示器件。此外,如下模块都包括在本说明书中的发光装置中:发光元件安装有连接器诸如各向异性导电薄膜或TCP(Tape Carrier Package:带载封装)的模块;在TCP的端部设置有印刷线路板的模块;或者通过COG(Chip On Glass:玻璃覆晶封装)方式在发光元件上直接安装有IC(集成电路)的模块。此外,本说明书中的发光装置还包括用于照明设备等的发光装置。

[0034] 在合成本发明的一个方式的杂环化合物时使用的由通式(G4)表示的有机化合物也是本发明的一个方式。



[0036] 在通式中, R^7 至 R^{10} 中的其中之一表示由通式(G4-1)表示的取代基, R^1 至 R^6 以及 R^7 至 R^{10} 中的其他的分别独立地表示氢、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的芳基中的任一个, R^{20} 以及 R^{21} 分别独立地表示羟基和碳原子数为1至6的烷氧基中的任一个, R^{20} 以及 R^{21} 也可以相互键合而形成环。芳基以及烷氧基分别独立地未取代或者由碳原子数为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的芳基中的任一个取代。

[0037] 在合成本发明的一个方式的杂环化合物时使用的由结构式(201)表示的有机化合物也是本发明的一个方式。



[0039] 通过本发明的一个方式,能够提供一种三重激发能量高的杂环化合物。通过本发明的一个方式,能够提供一种可用作在发光元件中使发光物质分散的主体材料的新颖的杂环化合物。通过本发明的一个方式,能够提供一种使用寿命长的发光元件。

附图说明

- [0040] 图1A至图1D示出本发明的一个方式的发光元件的一个例子；
- [0041] 图2A和图2B示出本发明的一个方式的发光装置的一个例子；
- [0042] 图3A至图3C示出本发明的一个方式的发光装置的一个例子；
- [0043] 图4A至图4E示出电子设备的一个例子；
- [0044] 图5A和图5B示出照明装置的一个例子；
- [0045] 图6A和图6B示出2-(苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊环(dioxaborolane)的¹H NMR图；
- [0046] 图7A和图7B示出2-{3-[3-(苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBnfBPDBq)的¹H NMR图；
- [0047] 图8A和图8B示出2mBnfBPDBq的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱；
- [0048] 图9A和图9B示出2mBnfBPDBq的薄膜的吸收光谱和发射光谱；
- [0049] 图10A和图10B示出2mBnfBPDBq的CV测定结果；
- [0050] 图11A和图11B示出2mBnfBPDBq的LC/MS分析的结果；
- [0051] 图12示出实施例的发光元件；
- [0052] 图13是示出实施例3的发光元件的电流密度-亮度特性的图表；
- [0053] 图14是示出实施例3的发光元件的电压-亮度特性的图表；
- [0054] 图15是示出实施例3的发光元件的亮度-电流效率特性的图表；
- [0055] 图16是示出实施例3的发光元件的电压-电流特性的图表；
- [0056] 图17是示出实施例3的发光元件的亮度-外部量子效率特性的图表；
- [0057] 图18示出实施例3的发光元件的可靠性测试的结果；
- [0058] 图19是示出实施例4的发光元件的电流密度-亮度特性的图表；
- [0059] 图20是示出实施例4的发光元件的电压-亮度特性的图表；
- [0060] 图21是示出实施例4的发光元件的亮度-电流效率特性的图表；
- [0061] 图22是示出实施例4的发光元件的电压-电流特性的图表；
- [0062] 图23是示出实施例4的发光元件的亮度-外部量子效率特性的图表；
- [0063] 图24示出实施例4的发光元件的可靠性测试的结果；
- [0064] 图25A和图25B示出2-[3'-(6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBnfBPDBq-02)的¹H NMR图；
- [0065] 图26A和图26B示出2mBnfBPDBq-02的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱；
- [0066] 图27A和图27B示出2mBnfBPDBq-02的薄膜的吸收光谱和发射光谱；
- [0067] 图28A和图28B示出2mBnfBPDBq-02的CV测定结果；
- [0068] 图29是示出实施例6的发光元件的电流密度-亮度特性的图表；
- [0069] 图30是示出实施例6的发光元件的电压-亮度特性的图表；
- [0070] 图31是示出实施例6的发光元件的亮度-电流效率特性的图表；
- [0071] 图32是示出实施例6的发光元件的电压-电流特性的图表；
- [0072] 图33是示出实施例6的发光元件的亮度-外部量子效率特性的图表；
- [0073] 图34示出实施例6的发光元件的可靠性测试的结果；
- [0074] 图35A和图35B示出2mBnfBPDBq-02的LC/MS分析的结果。

具体实施方式

[0075] 参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。但是,本发明不局限于以下说明,所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实就是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限定在下面所示的实施方式所记载的内容中。

[0076] 注意,在以下说明的发明的结构中,在不同的附图之间共同使用同一附图标记来表示同一部分或具有同样的功能的部分,而省略其重复说明。此外,当表示具有相同功能的部分时有时使用相同的阴影线,而不特别附加附图标记。

[0077] 另外,为了便于理解,有时在附图等中示出的各结构的位置、大小及范围等并不正确。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。

[0078] 实施方式1

[0079] 在本实施方式中,说明本发明的一个方式的杂环化合物。

[0080] 本发明的一个方式是一种杂环化合物,其中二苯并[f,h]喹喔啉骨架与苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架通过亚芳骨架键合。

[0081] 二苯并[f,h]喹喔啉骨架具有平面结构。具有平面结构的有机化合物容易结晶化。使用容易结晶化的有机化合物的发光元件的使用寿命短。但是,在本发明的一个方式的杂环化合物中,二苯并[f,h]喹喔啉骨架通过亚芳骨架与苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架键合,因此该杂环化合物具有空间上庞大的结构。本发明的一个方式的杂环化合物不容易结晶化,因此可以抑制发光元件的使用寿命的降低。本发明的一个方式的杂环化合物具有:苯环及萘环与呋喃骨架稠合而成的苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架;以及两个苯环与喹喔啉骨架稠合而成的二苯并[f,h]喹喔啉骨架。因此,本发明的一个方式的杂环化合物具有非常高的耐热性。并且,通过将该杂环化合物用于发光元件,可以实现具有高耐热性及长使用寿命的发光元件。

[0082] 当将不容易接受电子或空穴的化合物用作发光层的主体材料时,电子和空穴的重新结合区域集中在发光层与其他层之间的界面,导致发光元件的使用寿命的降低。另一方面,因为本发明的一个方式的杂环化合物具有作为电子传输骨架的二苯并[f,h]喹喔啉骨架以及作为空穴传输骨架的苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架,所以可以容易接受电子和空穴。因此,可认为通过将本发明的一个方式的杂环化合物用作发光层的主体材料,在发光层的大区域内发生电子和空穴的重新结合,从而可以抑制发光元件的使用寿命的降低。

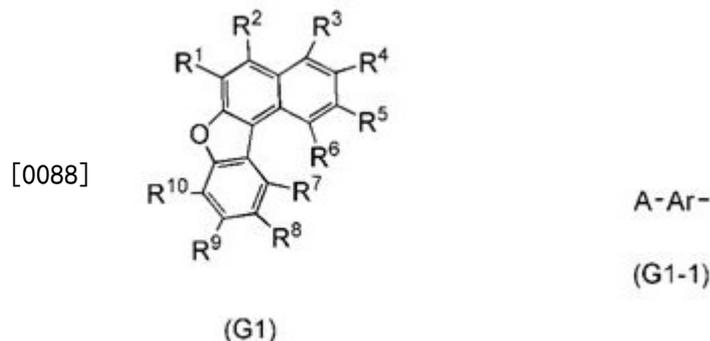
[0083] 此外,与二苯并[f,h]喹喔啉骨架及苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架直接键合的杂环化合物相比,这些两个骨架通过亚芳基键合的本发明的一个方式的杂环化合物的共轭体系的扩大小,而可以防止带隙变窄且三重激发能量降低。并且,本发明的一个方式的杂环化合物也具有示出高耐热性且膜质量好的优点。

[0084] 因为本发明的一个方式的杂环化合物具有宽带隙,因此可以适当地用作在发光元件中使发光层的发光物质分散的主体材料。另外,本发明的一个方式的杂环化合物具有为了使发射红色至绿色的波长范围的光的磷光化合物激发而需要的足够高的三重激发能量,因此适用于使该磷光化合物分散的主体材料。

[0085] 此外,由于本发明的一个方式的杂环化合物具有高电子传输性,因此被适用于发光元件中的电子传输层的材料。

[0086] 由此,本发明的一个方式的杂环化合物适用于发光元件或有机晶体管等有机器件的材料。

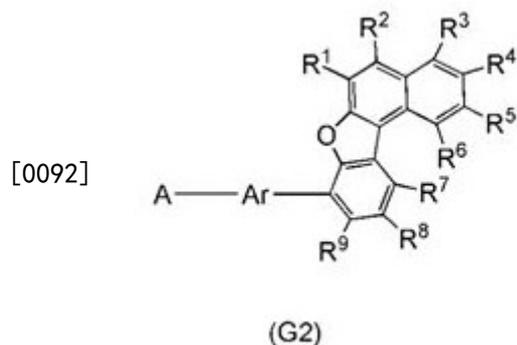
[0087] 本发明的一个方式为由通式(G1)表示的杂环化合物。在由通式(G1-1)表示的取代基键合到苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的苯环的情况下,与在该取代基键合到萘环的情况(尤其是, R¹为该取代基的情况)相比,三重激发能量的能级(T₁能级)可以得到提高。



[0089] 在通式中, R¹至R⁶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的芳基中的任一个, R⁷至R¹⁰中的其中之一表示由通式(G1-1)表示的取代基,其他的分别独立地表示氢、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的芳基中的任一个, A表示二苯并[f, h]喹喔啉基, Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基, 二苯并[f, h]喹喔啉基、芳基以及亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为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的芳基中的任一个取代。

[0090] 尤其是,在通式(G1)中,在上述由通式(G1-1)表示的取代基键合到苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架的8位(即,通式(G1)中的R¹⁰优选为由通式(G1-1)表示的取代基)的情况下, T₁能级很高,所以是优选。

[0091] 具体而言,本发明的一个方式为由通式(G2)表示的杂环化合物。

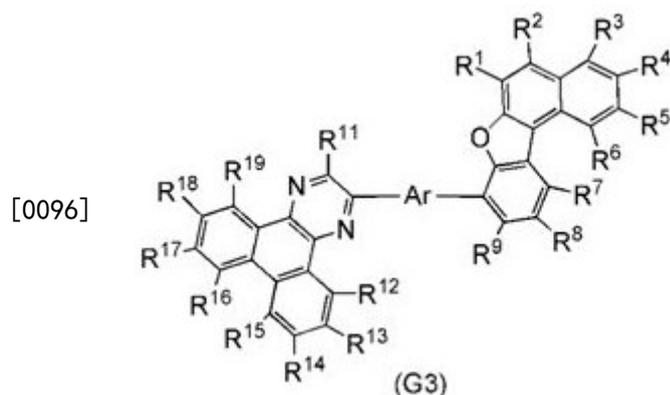


[0093] 在通式中, R¹至R⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个, A表示二苯并[f, h]喹喔啉基, Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基, 二苯并[f, h]喹喔啉基、芳基以及亚芳基分别独立地未取代或者由碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个取代。

[0094] 在由通式(G2)表示的杂环化合物中,在Ar键合到二苯并[f, h]喹喔啉骨架的2位、6位或7位的情况下,有容易进行合成、容易进行高纯度化、可以提高T₁能级等的优点,所以是优选的。在Ar键合到2位的情况下,与Ar键合到6位或7位的情况相比,容易进行合成并容易

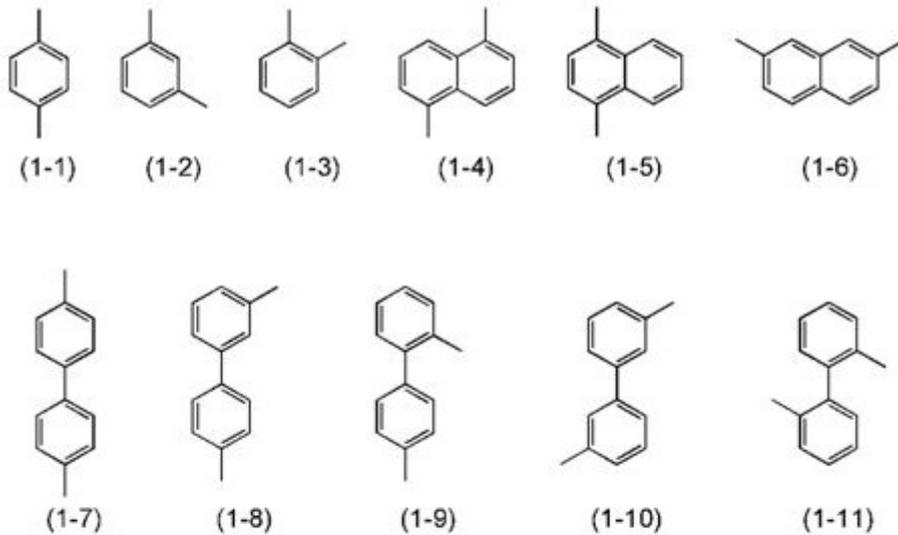
进行高纯化,所以可以以低成本提供该化合物,所以是优选的。在Ar键合到6位的情况下,与Ar键合到2位或7位的情况相比, T_1 能级高,所以是优选的。在Ar键合到7位的情况下,与Ar键合到2位的情况相比, T_1 能级高,所以是优选的。

[0095] 本发明的一个方式为由通式(G3)表示的杂环化合物。

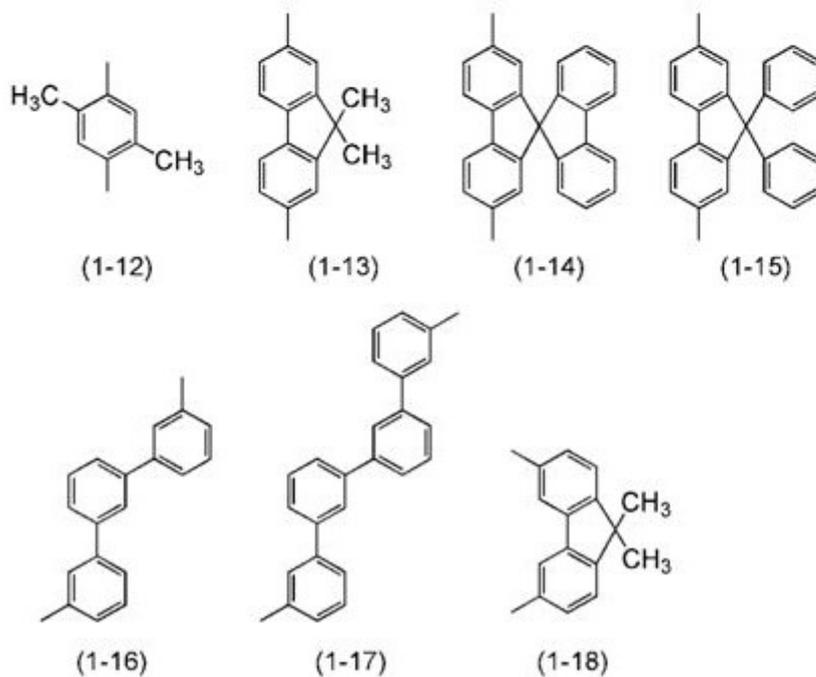


[0097] 在通式中, R^1 至 R^9 以及 R^{11} 至 R^{19} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个,Ar表示碳原子数为6至25的亚芳基,芳基以及亚芳基分别独立为未取代或者由碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个取代。当 R^1 至 R^9 中的至少一个为苯环时,耐热性得到提高,所以是优选的。尤其是,当 R^1 为苯基时,合成简便,所以是优选的。作为这种杂环化合物,例如可以举出在后述的合成实例2中示出的化合物。

[0098] 作为通式(G1-1)、通式(G2)和通式(G3)中的Ar的具体结构,例如可以举出结构式(1-1)至结构式(1-18)所示的取代基。Ar还可以具有碳原子数为1至4的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个作为取代基。作为上述碳原子数为6至13的芳基,例如可以举出苯基、萘基、茚基等。具体而言,由结构式(1-12)、结构式(1-13)、结构式(1-15)以及结构式(1-18)表示具有取代基的Ar。注意,具有取代基的Ar不局限于此。

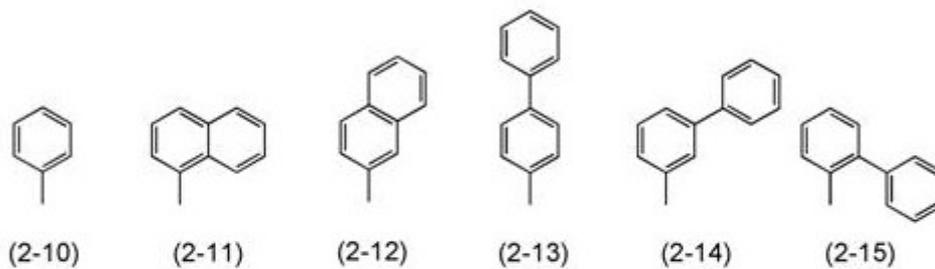
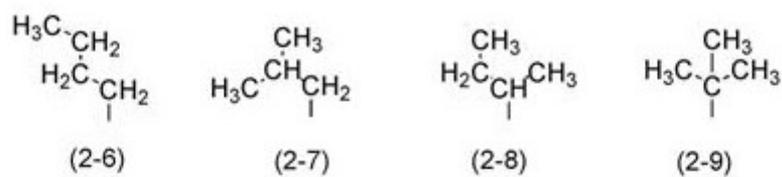
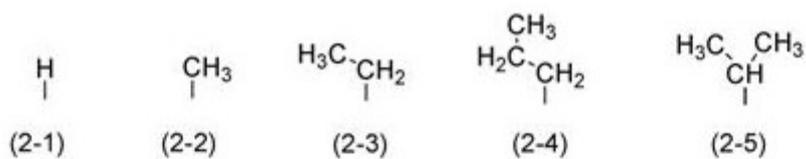


[0099]

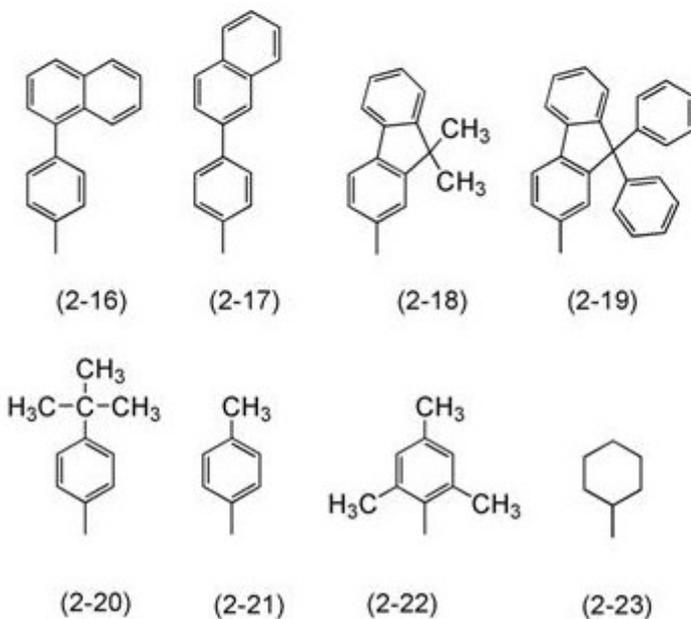


[0100] Ar优选具有选自苯环、萘环和蒽环中的一种或多种环。Ar优选为亚苯基、亚联苯基、亚三联苯基、亚四联苯基、萘-二基、9H-萘-二基等的包含选自苯环、萘环和蒽环中的一种或多种环的取代基。在此情况下，本发明的一个方式的杂环化合物可以具有高三重激发能量。

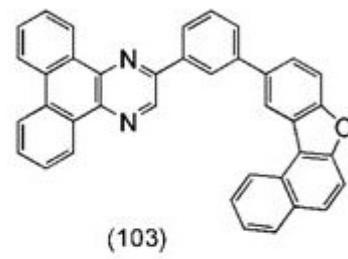
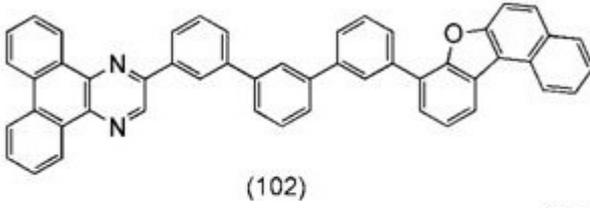
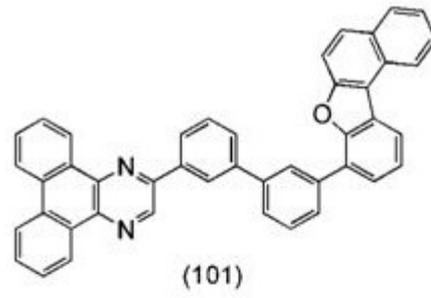
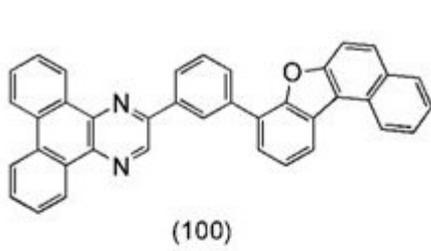
[0101] 作为在通式(G1)至通式(G3)中示出的 R^1 至 R^{19} 的具体结构，例如可以举出结构式(2-1)至结构式(2-23)所示的取代基。当 R^1 至 R^{19} 为芳基时，该芳基也可以具有碳原子数为1至4的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的芳基中的任一个作为取代基。作为上述碳原子数为6至13的芳基，例如可以举出苯基、萘基、萘基等。具体而言，由结构式(2-13)至结构式(2-22)表示芳基具有取代基时的结构。注意各具有取代基的 R^1 至 R^{19} 不局限于此。



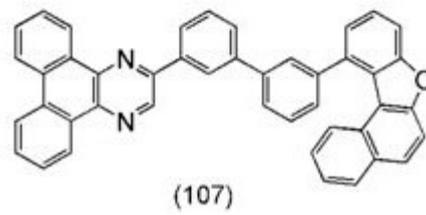
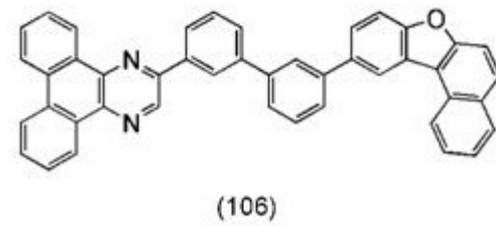
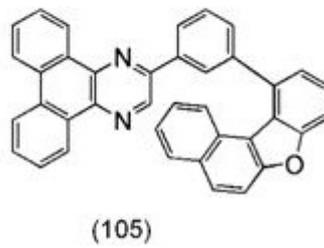
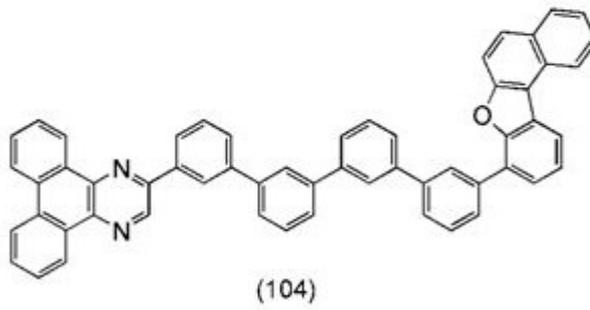
[0102]



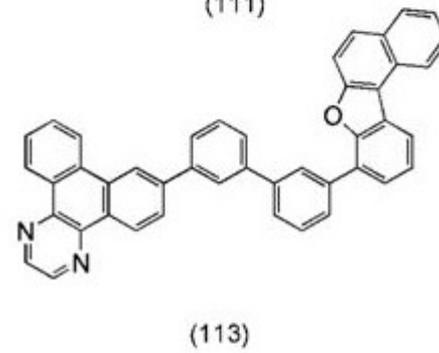
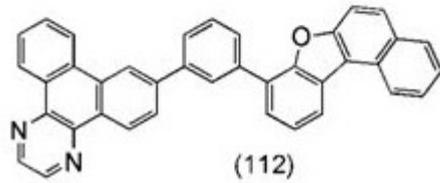
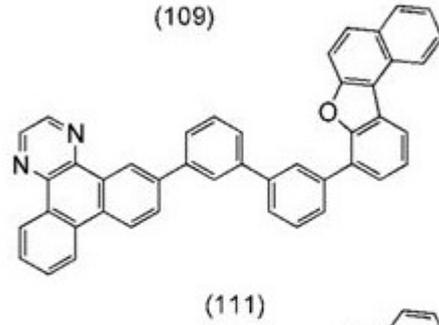
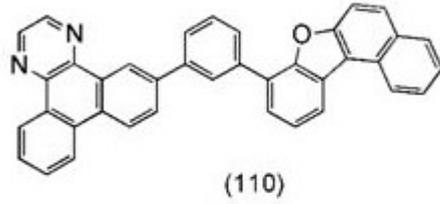
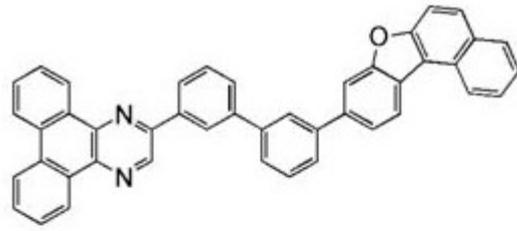
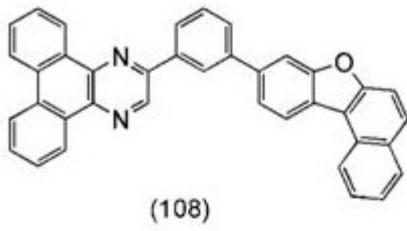
[0103] 作为本发明的一个方式的杂环化合物的具体例子,可以举出由结构式(100)至结构式(155)表示的杂环化合物。注意,本发明不局限于这些结构。



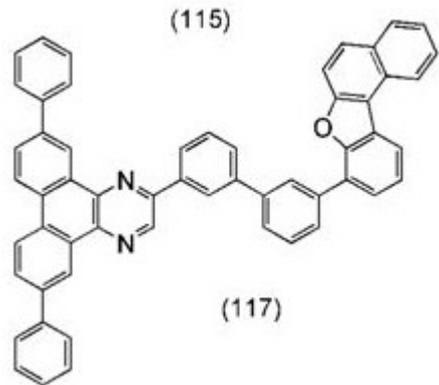
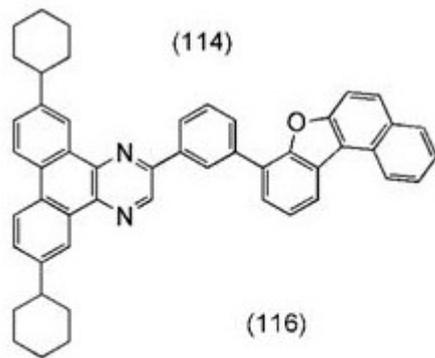
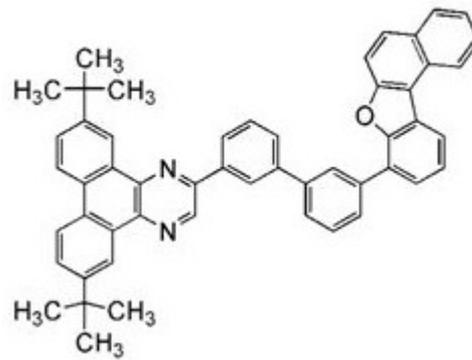
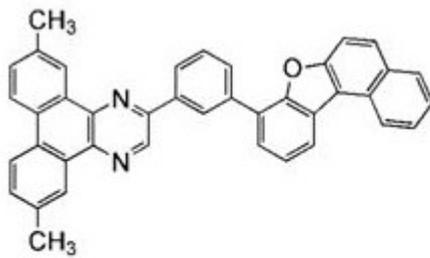
[0104]

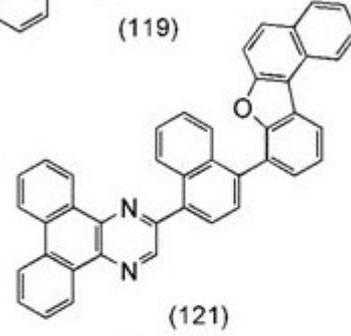
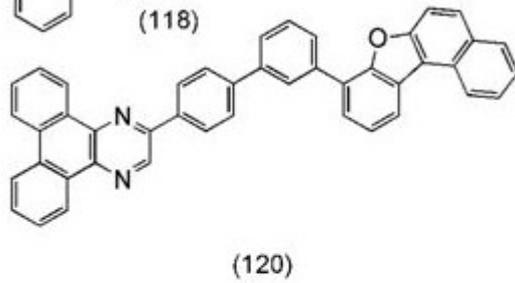
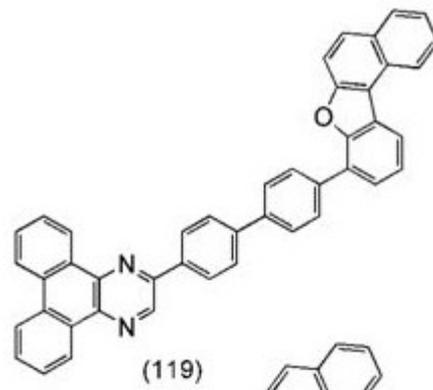
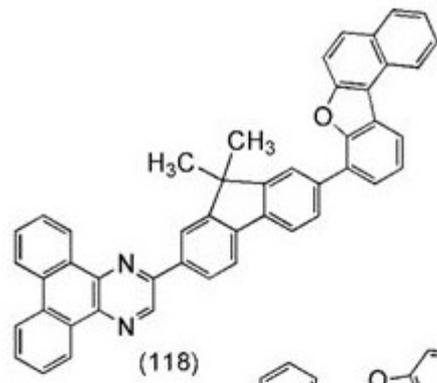


[0105]

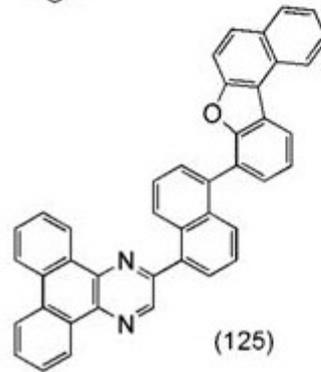
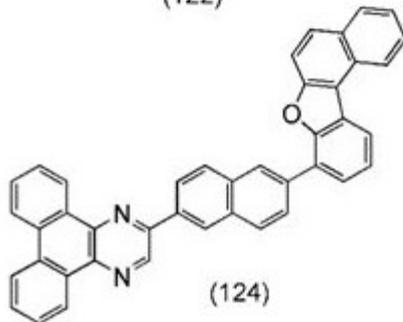
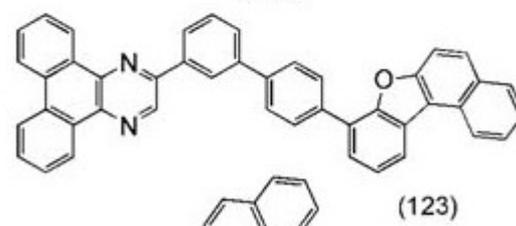
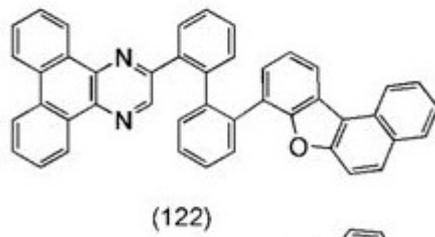


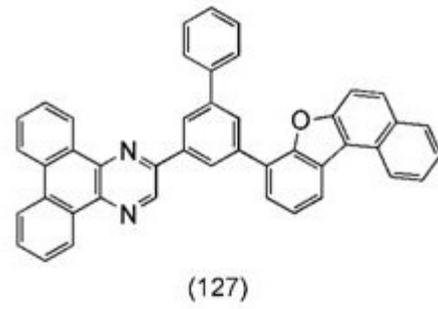
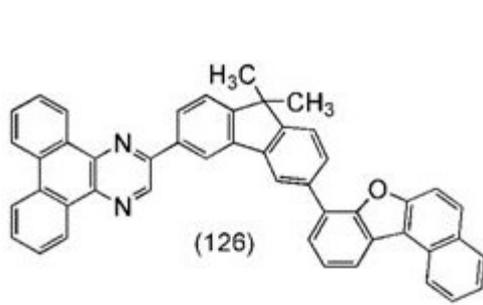
[0106]



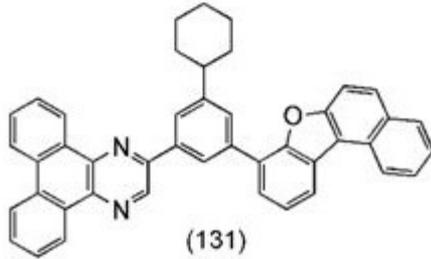
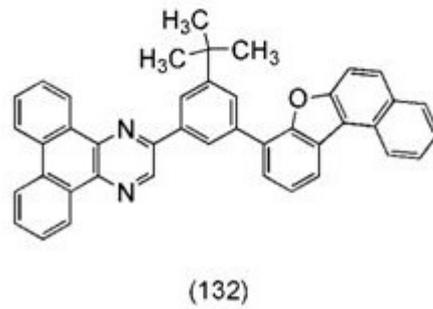
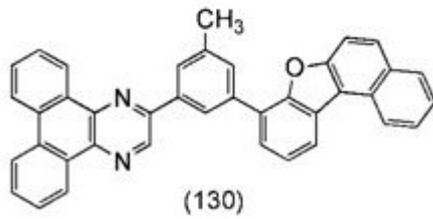
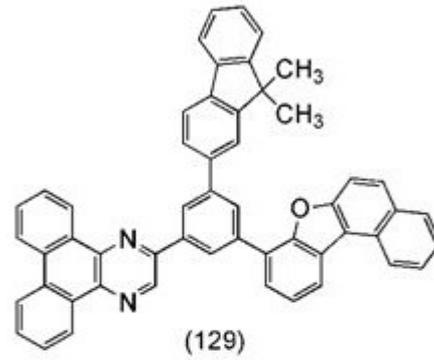
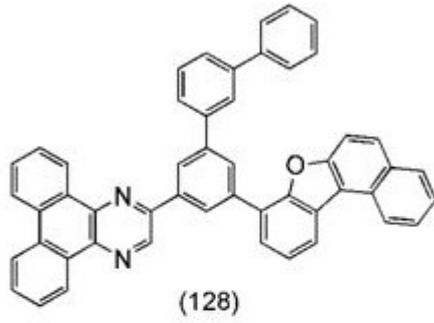


[0107]

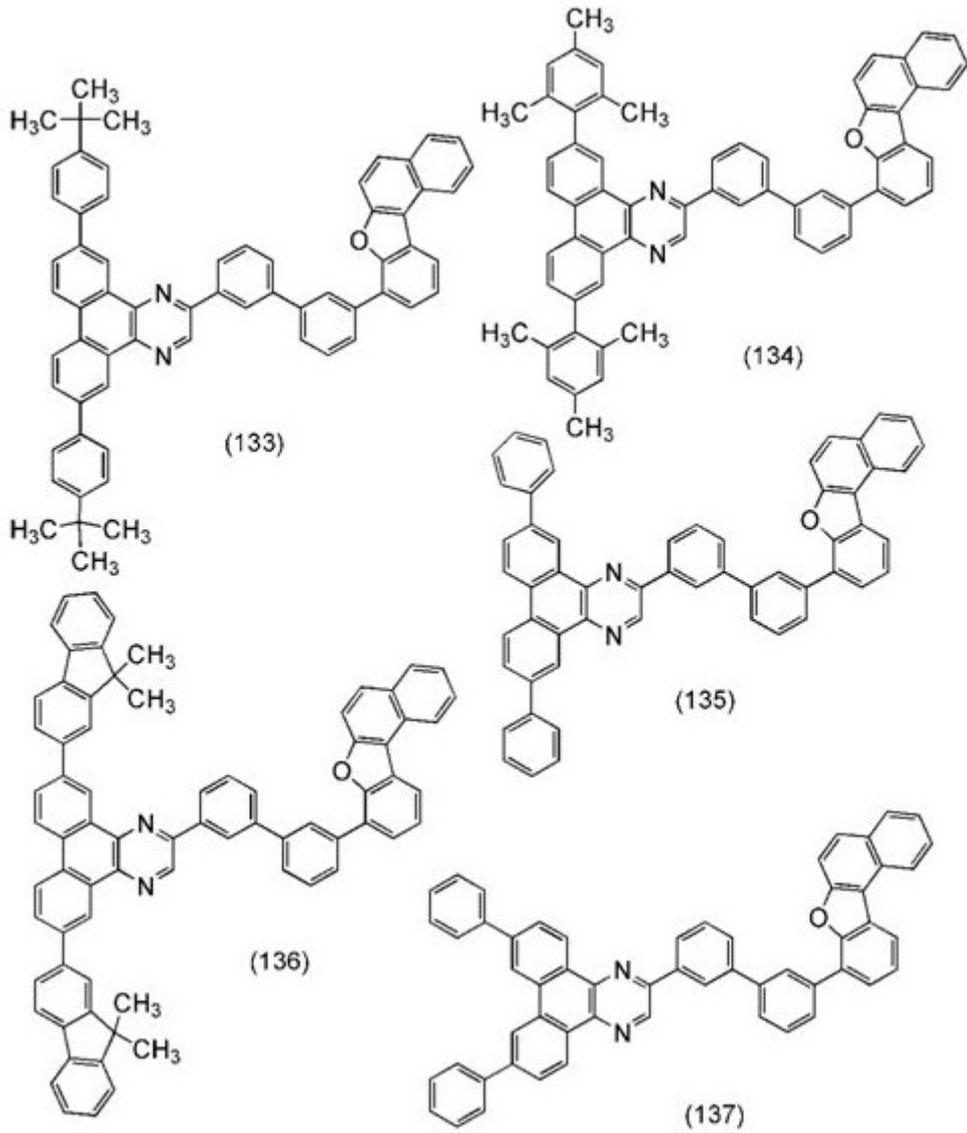




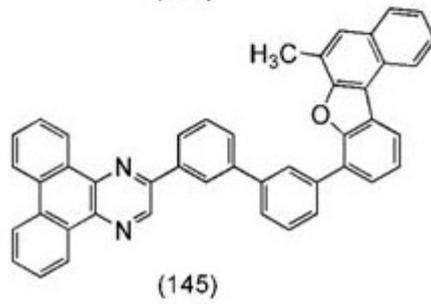
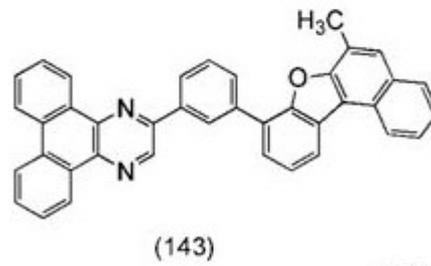
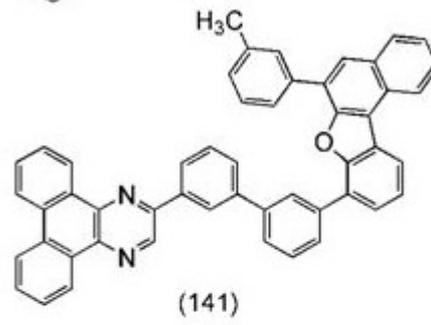
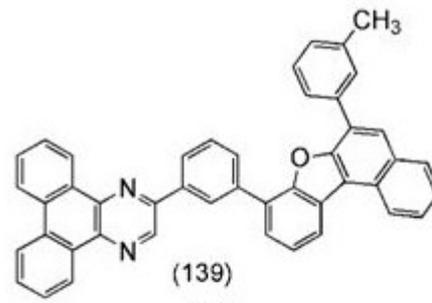
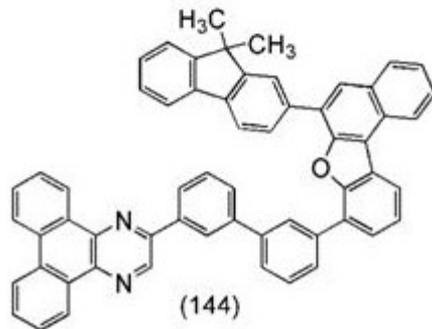
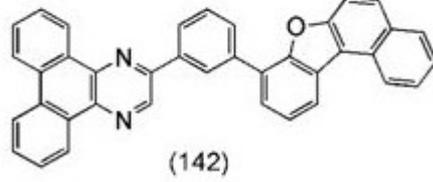
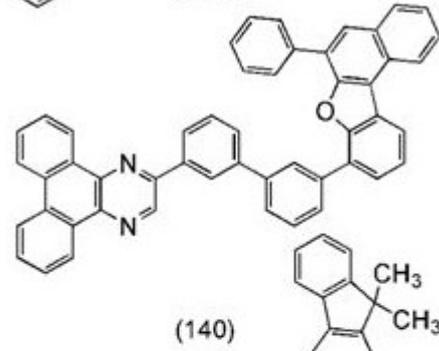
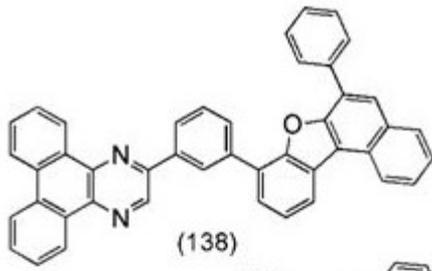
[0108]



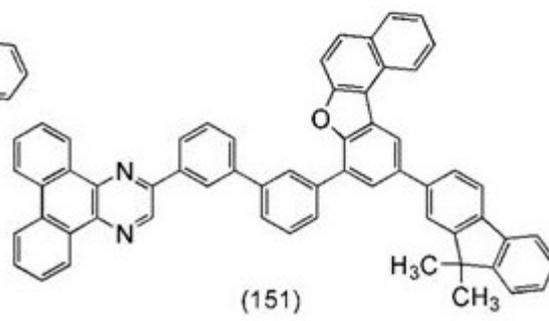
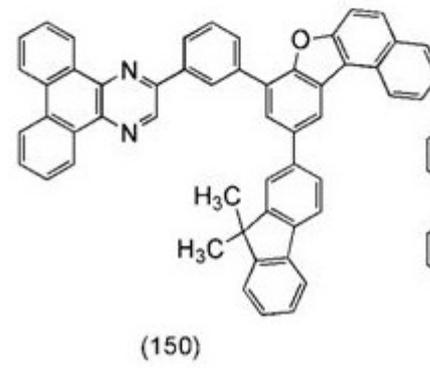
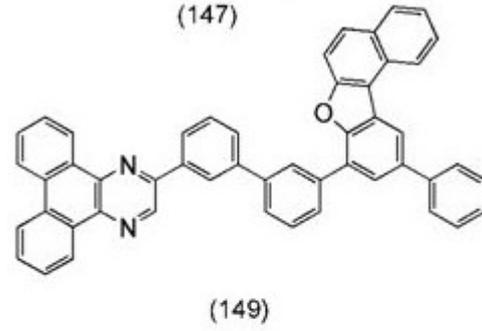
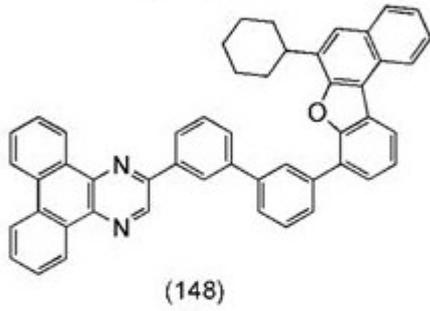
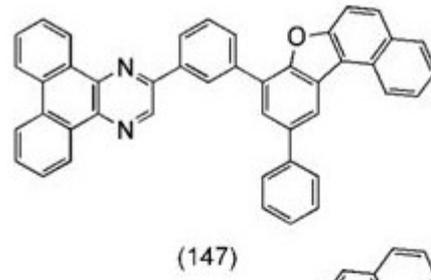
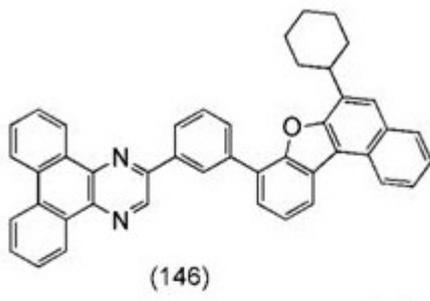
[0109]

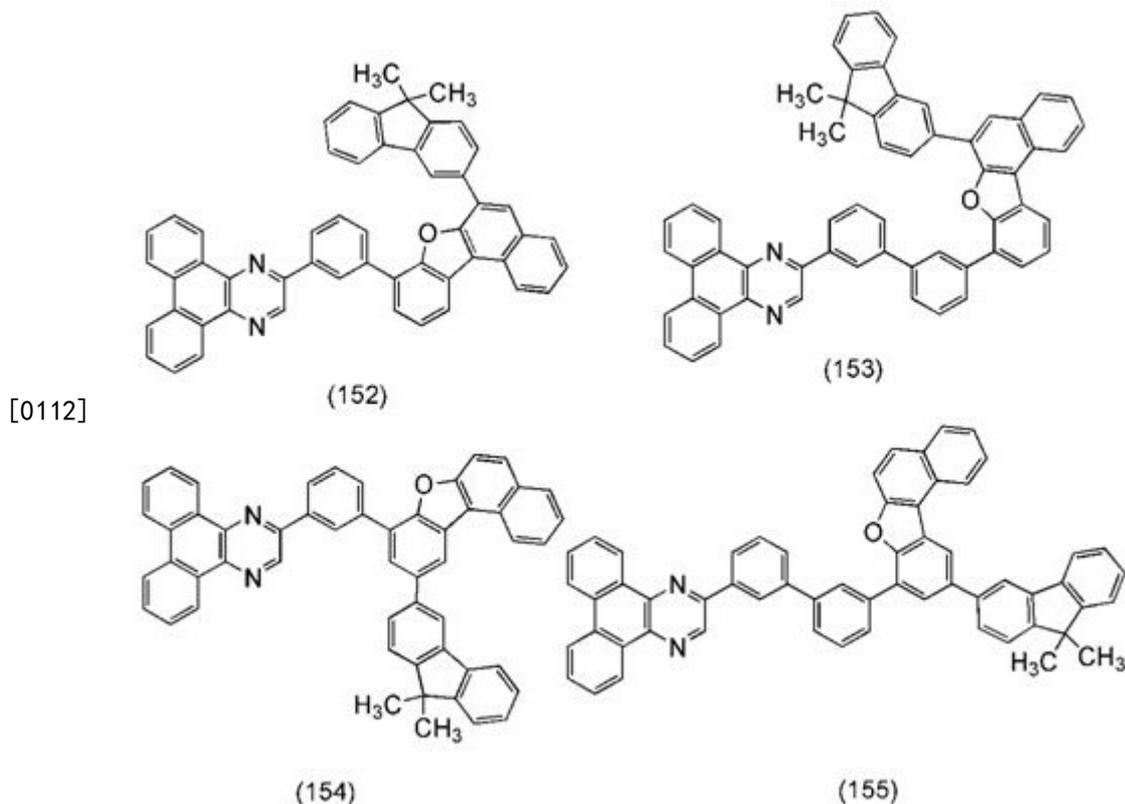


[0110]



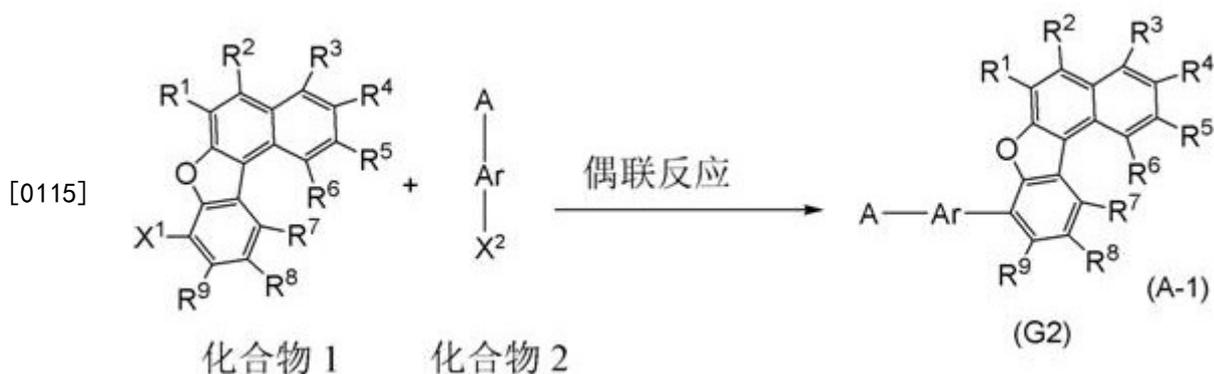
[0111]





[0113] 作为本发明的一个方式的杂环化合物的合成方法,可以采用各种反应。以下,作为由通式(G1)表示的杂环化合物的合成方法的一个例子,示出通式(G1)中的 R^{10} 为由通式(G1-1)表示的取代基的杂环化合物(即由通式(G2)表示的杂环化合物)的合成方法。注意,本发明的一个方式的杂环化合物的合成方法不局限于下述合成方法。

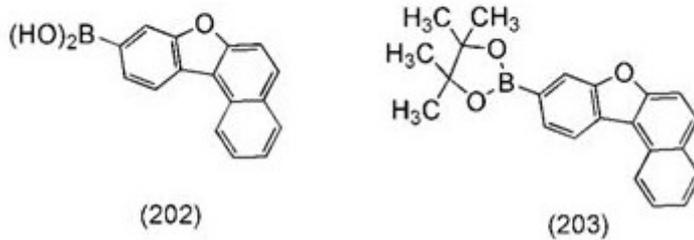
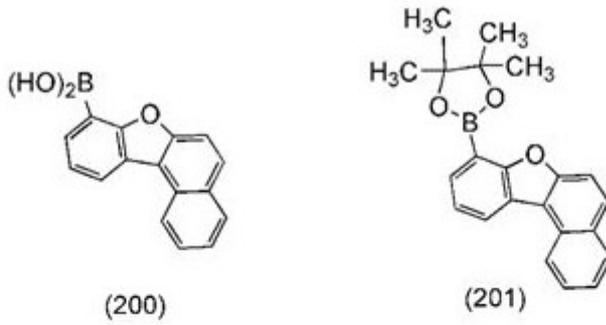
[0114] 由通式(G2)表示的杂环化合物可以通过如下合成方案(A-1)合成。换言之,通过将苯并[b]萘并[1,2-d]咪唑化合物(化合物1)与二苯并[f,h]喹啉化合物(化合物2)偶联,可以获得由通式(G2)表示的杂环化合物。



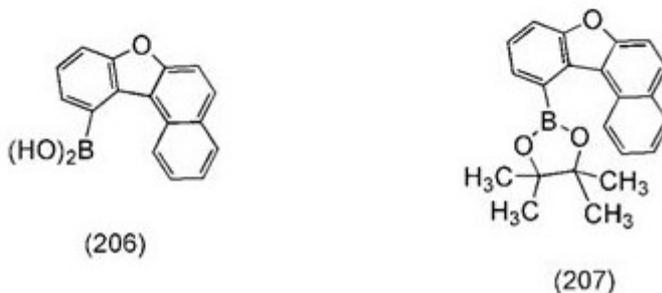
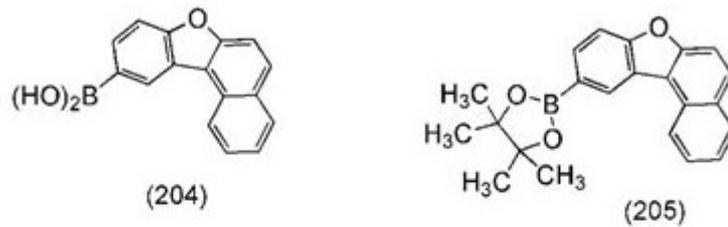
[0116] 在合成方案(A-1)中,A表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基,Ar表示取代或未取代的碳原子数为6至25的亚芳基, X^1 及 X^2 分别独立地表示卤素、三氟甲基磺酰基、硼酸基、有机硼基、卤化镁基或者有机锡基等。 R^1 至 R^9 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0117] 在合成方案(A-1)中,在进行使用钯催化剂的铃木-宫浦偶联反应的情况下, X^1 及 X^2 分别独立地表示卤素、硼酸基、有机硼基或者三氟甲基磺酰基。优选的是,该卤素为碘、溴或

(203)、结构式(205)以及结构式(207)示出作为通式(G4-1)中的 R^{20} 及 R^{21} 表示具有碳原子数为1至6的烷氧基的取代基时的例子以及 R^{20} 及 R^{21} 相互键合而形成环时的例子。



[0128]



[0129] 在发光元件中,本实施方式的杂环化合物适合于使发光层的发光物质分散的主体材料或电子传输层的材料。通过使用本实施方式的杂环化合物,可以得到一种使用寿命长的发光元件。

[0130] 本实施方式可以与其他实施方式适当地组合。

[0131] 实施方式2

[0132] 在本实施方式中,参照图1A至图1D说明本发明的一个方式的发光元件。

[0133] 本发明的一个方式的发光元件在一对电极之间具有包含在实施方式1中说明的杂环化合物的层。

[0134] 本发明的一个方式的发光元件所包含的杂环化合物具有空间上庞大的结构。此

外,该杂环化合物的耐热性高。因此,通过使用该杂环化合物,可以实现一种使用寿命长的发光元件。

[0135] 此外,因为该杂环化合物具有电子传输骨架的二苯并[f,h]喹啉骨架以及空穴传输骨架的苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架,所以可以接受电子和空穴。因此,通过将该杂环化合物用作发光层的主体材料,电子和空穴在发光层内重新结合,由此可以抑制发光元件的使用寿命的降低。就是说,本发明的优选的一个方式是一种在一对电极之间具有发光层的发光元件,该发光层包含发光物质(客体材料)以及使该发光物质分散的主体材料,并且该主体材料是上述杂环化合物。

[0136] 本实施方式的发光元件在一对电极(第一电极及第二电极)之间包括含有发光有机化合物的层(EL层)。第一电极和第二电极中的一个被用作阳极,另一个被用作阴极。在本实施方式中,EL层包含实施方式1中说明的本发明的一个方式的杂环化合物。

[0137] 《发光元件的结构例子》

[0138] 图1A所示的发光元件在第一电极201和第二电极205之间包括EL层203。在本实施方式中,第一电极201被用作阳极,第二电极205被用作阴极。

[0139] 当对第一电极201和第二电极205之间施加比发光元件的阈值电压高的电压时,空穴从第一电极201一侧注入EL层203,并且电子从第二电极205一侧注入EL层203。被注入的电子和空穴在EL层203中重新结合,由此,包含在EL层203中的发光物质发光。

[0140] EL层203至少具有含有发光物质的发光层303。

[0141] 另外,通过在EL层中设置多个发光层,且使每个层的发光颜色互不相同,可以作为整个发光元件得到所希望的颜色发光。例如,在具有两个发光层的发光元件中,通过使第一发光层和第二发光层的发光颜色为补色,也可以作为整个发光元件得到白色发光。注意,“补色”是指当颜色混合时得到非彩色的颜色关系。换言之,通过混合从发射处于补色关系的颜色的光的物质得到的光,可以得到白色发光。同样原理可以应用于具有三个以上的发光层的发光元件。

[0142] EL层203除了发光层之外还可以包含含有空穴注入性高的物质、空穴传输性高的物质、电子传输性高的物质、电子注入性高的物质或双极性的物质(电子传输性及空穴传输性高的物质)等的层。作为EL层203,既可以使用低分子化合物,又可以使用高分子化合物,还可以使用无机化合物。

[0143] 图1B所示的发光元件在第一电极201与第二电极205之间包括EL层203,在该EL层203中,从第一电极201一侧依次层叠有空穴注入层301、空穴传输层302、发光层303、电子传输层304及电子注入层305。

[0144] 将本发明的一个方式的杂环化合物优选用于发光层303或电子传输层304。在本实施方式中,以将本发明的一个方式的杂环化合物用作发光层303的主体材料的情况为例子进行说明。

[0145] 如图1C和图1D所示的发光元件那样,也可以在第一电极201和第二电极205之间层叠有多个EL层。在此情况下,优选在被层叠的EL层之间设置中间层207。中间层207至少包含电荷产生区域。

[0146] 例如,图1C所示的发光元件在第一EL层203a和第二EL层203b之间具有中间层207。另外,图1D所示的发光元件具有n个EL层(n是2以上的自然数),并且,在EL层之间设置有中

间层207。

[0147] 对设置在EL层203(m)和EL层203(m+1)之间的中间层207中的电子和空穴的举动进行说明。当对第一电极201和第二电极205之间施加比发光元件的阈值电压高的电压时,在中间层207中产生空穴和电子,空穴移动到设置在第二电极205一侧的EL层203(m+1),电子移动到设置在第一电极201一侧的EL层203(m)。注入到EL层203(m+1)的空穴与从第二电极205一侧注入的电子重新结合,由此包含在该EL层203(m+1)中的发光物质发光。另外,注入到EL层203(m)的电子与从第一电极201一侧注入的空穴重新结合,由此包含在该EL层203(m)中的发光物质发光。因此,在中间层207中产生的空穴和电子分别在不同的EL层中引起发光。

[0148] 当中间形成有与中间层同样的结构时,可以以不隔着中间层且彼此接触的方式设置多个EL层。例如,在EL层的一个表面上形成有电荷产生区域的情况下,可以以与该表面接触的方式设置其他的EL层。

[0149] 另外,通过使每个EL层的发光颜色互不相同,可以作为整个发光元件得到所希望的颜色发光。例如,在具有两个EL层的发光元件中,通过使第一EL层和第二EL层的发光颜色为补色,也可以作为整个发光元件得到白色发光。同样原理可以应用于具有三个以上的EL层的发光元件。

[0150] 《发光元件的材料》

[0151] 以下示出可用于各层的材料。注意,各层不局限于单层,也可以为两层以上的叠层。

[0152] 〈阳极〉

[0153] 用作阳极的电极(在本实施方式中,为第一电极201)可以使用导电性金属、导电性合金、导电性化合物等中的一种或多种形成。尤其优选使用功函数大(4.0eV以上)的材料。例如,可以举出铟锡氧化物(ITO:Indium Tin Oxide)、含有硅或氧化硅的铟锡氧化物、铟锌氧化物、含有氧化钨及氧化锌的氧化铟、石墨烯、金、铂、镍、钨、铬、钼、铁、钴、铜、钡、钛或金属材料的氮化物(例如氮化钛)等。

[0154] 当阳极与电荷产生区域接触时,与功函数的大小无关,可以使用各种各样的导电材料。例如,可以使用铝、银、包含铝的合金等。

[0155] 〈阴极〉

[0156] 用作阴极的电极(在本实施方式中,为第二电极205)可以使用导电性金属、导电性合金、导电性化合物等中的一种或多种形成。尤其优选使用功函数小(3.8eV以下)的材料。例如,可以使用属于元素周期表中第1族或第2族的元素(例如,锂或铯等的碱金属、钙或锶等的碱土金属、镁等)、包含上述元素的合金(例如,Mg-Ag或Al-Li)、铈或镱等的稀土金属、包含稀土金属的合金、铝、银等。

[0157] 当阴极与电荷产生区域接触时,与功函数的大小无关,可以使用各种各样的导电材料。例如,可以使用ITO、含有硅或氧化硅的铟锡氧化物等。

[0158] 电极可以使用真空蒸镀法或溅射法形成。另外,在使用银膏等的情况下,可以使用涂敷法或喷墨法。

[0159] 〈发光层〉

[0160] 发光层303包含发光物质。在本实施方式中,以如下情况为例子进行说明,即发光

层303包含客体材料和使客体材料分散的主体材料,作为该主体材料使用本发明的一个方式的杂环化合物的情况。本发明的一个方式的杂环化合物适合于发光物质是荧光化合物或发射红色至绿色的波长范围的光的磷光化合物时的发光层的主体材料。

[0161] 通过发光层具有将客体材料分散在主体材料中的结构,可以抑制发光层的结晶化。另外,可以抑制由于客体材料的高浓度而导致的浓度猝灭,由此可以提高发光元件的发光效率。

[0162] 除了客体材料及主体材料以外,发光层还可以包含其他化合物。此外,除了包含本发明的一个方式的杂环化合物的发光层以外,本发明的一个方式的发光元件还可以包括其他的发光层。此时,作为发光物质,可以使用荧光化合物、磷光化合物或呈现热活化延迟荧光的物质,作为主体材料,可以使用后述的容易接受电子的化合物或容易接受空穴的化合物。

[0163] 另外,主体材料(或者发光层中的客体材料以外的材料)的 T_1 能级优选高于客体材料的 T_1 能级。这是因为在主体材料的 T_1 能级低于客体材料的 T_1 能级时主体材料使有助于发光的客体材料的三重激发能量猝灭(quench),而导致发光效率的降低。

[0164] 在此,为了提高从主体材料到客体材料的能量转移效率,优选的是,考虑到作为分子之间的能量转移机理已知的福斯特(Förster)机理(偶极-偶极相互作用)及德克斯特(Dexter)机理(电子交换相互作用),主体材料的发射光谱(当考虑单重激发态下的能量转移时相当于荧光光谱,而当考虑三重激发态下的能量转移时相当于磷光光谱)与客体材料的吸收光谱(更详细地说,最长波长(低能量)一侧的吸收带中的光谱)重叠的部分大。

[0165] 但是,通常难以使主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长(低能量)一侧的吸收带中的吸收光谱重叠。这是因为如下缘故:因为主体材料的磷光光谱位于比荧光光谱波长(低能量)一侧,所以如果主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长(低能量)一侧的吸收带中的吸收光谱重叠,则主体材料的 T_1 能级低于磷光化合物的 T_1 能级,而导致上述猝灭的问题。另一方面,为了避免猝灭的问题,当使主体材料的 T_1 能级高于磷光化合物的 T_1 能级时,主体材料的荧光光谱漂移到短波长(高能量)一侧,因此该荧光光谱不与客体材料的最长波长(低能量)一侧的吸收带中的吸收光谱重叠。因此,通常,难以使主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长(低能量)一侧的吸收带中的吸收光谱重叠来最大限度地提高主体材料的由单重激发态的能量转移。

[0166] 因此,优选的是,在将磷光化合物用作客体材料的发光元件中,发光层除了磷光化合物和主体材料(分别看作包含在发光层中的第一物质、第二物质)以外,还包含第三物质,并且,主体材料和第三物质的组合是形成激基复合物(exciplex)的组合。此时,当在发光层中载流子(电子及空穴)重新结合时,主体材料和第三物质形成激基复合物。由此,在发光层中,主体材料的荧光光谱及第三物质的荧光光谱转换为位于更长波长一侧的激基复合物的发射光谱。并且,通过以使激基复合物的发射光谱与客体材料的吸收光谱重叠的部分大的方式选择主体材料和第三物质,可以最大限度地提高由单重激发态的能量转移。另外,在三重激发态中,也可以认为产生由激基复合物的能量转移,而不产生由主体材料的能量转移。在采用这种结构的本发明的一个方式中,通过利用激基复合物的发射光谱与磷光化合物的吸收光谱的重叠的能量转移,可以提高能量转移效率,因此可以实现外部量子效率高的发光元件。

[0167] 作为客体材料,例如可以使用后述的磷光化合物。另外,作为主体材料和第三物质的组合,只要是形成激基复合物的组合即可,但是,优选组合容易接受电子的化合物(电子俘获化合物)和容易接受空穴的化合物(空穴俘获化合物)。本发明的一个方式的杂环化合物可以被用作电子俘获化合物。

[0168] 因此,本发明的一个方式的发光元件在一对电极之间具有包含发射红色至绿色的波长范围的光的磷光化合物、本发明的一个方式的杂环化合物以及容易接受空穴的化合物的发光层。

[0169] 作为可以用作主体材料或第三物质的容易接受空穴的化合物,例如有富 π 电子型杂芳族化合物(例如,咪唑衍生物或吡啶衍生物)或芳香胺化合物。

[0170] 具体而言,可以举出N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、2,7-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:DPA2SF)、N,N'-双(9-苯基咪唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N-(9,9-二甲基-2-二苯基氨基-9H-芴-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咪唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、2-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:PCASF)、2-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:DPASF)、N,N'-双[4-(咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨基]-9H-芴-7-基}-苯基胺(简称:DFLADFL)、3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzDPA2)、4,4'-双[N-(4-[N'(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DNTPD)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzTPN2)等。

[0171] 并且,还可以举出:4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4,4',4''-三(N-咪唑基)三苯胺(简称:TCTA)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4,4'-双[N-(9,9-二甲基芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DFLDPBi)等芳香胺化合物;或者4,4'-二(N-咪唑基)联苯(简称:CBP)、9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑(简称:CzPA)、9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑(简称:PCzPA)等咪唑衍生物。此外可以举出聚(N-乙烯基咪唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTTPA)、聚[N-(4-[N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基]苯基)甲基丙烯酰胺](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。

[0172] 作为可以用作主体材料或第三物质的容易接受电子的化合物,除了本发明的一个方式的杂环化合物以外,还可以使用缺 π 电子型杂芳族化合物诸如含氮杂芳族化合物、具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物以及具有噁唑基配体或噻唑基配体的金属配合物等。

[0173] 具体而言,可以举出:双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(简称:Zn(BOX)₂)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)等具有多唑(polyazole)骨架的杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、2-[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)以及2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)等具有喹喔啉骨架或二苯并喹喔啉骨架的杂环化合物;4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)等具有二嗪骨架(嘧啶骨架或吡嗪骨架)的杂环化合物;3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:3,5DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)、3,3',5,5'-四[(间吡啶基)-苯-3-基]联苯(简称:BP4mPy)等具有吡啶骨架的杂环化合物。其中,具有喹喔啉骨架或二苯并喹喔啉骨架的杂环化合物、具有二嗪骨架的杂环化合物、具有吡啶骨架的杂环化合物具有高可靠性,所以是优选的。

[0174] 并且,可以举出:三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称:Almq₃)等具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物;红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、3-(4-叔丁基苯基)-4-(4-乙基苯基)-5-(4-联苯基)-1,2,4-三唑(简称:p-EtTAZ)、4,4'-双(5-甲基苯并噁唑-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)等杂芳族化合物。此外,还可以举出聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-co-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-co-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)等高分子化合物。

[0175] 可以用作主体材料和第三物质的材料不局限于此,只要是能够形成激基复合物的组合,并且该激基复合物的发射光谱与客体材料的吸收光谱重叠,该激基复合物的发射光谱的峰值位于比客体材料的吸收光谱的峰值长波长一侧,即可。

[0176] 当作为主体材料和第三物质使用容易接受电子的化合物和容易接受空穴的化合物时,可以通过调节化合物的混合比来调节载流子平衡。具体而言,主体材料和第三物质的比例优选为1:9至9:1。

[0177] 此外,激基复合物也可以在两层之间的界面处形成。例如,通过层叠包含容易接受

电子的化合物的层和包含容易接受空穴的化合物的层,在其界面附近会形成激基复合物。可以将该两层用作本发明的一个方式的发光元件中的发光层。在此情况下,对该界面附近添加磷光化合物即可。磷光化合物被添加到两层中的一个或两个层即可。

[0178] 《客体材料》

[0179] 举出可以用于发光层303的荧光化合物的一个例子。例如,作为发射蓝光的材料,可以举出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(二苯并呋喃-4-基)-N,N'-二苯基芘-1,6-二胺(简称:1,6FrAPrn-II)、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-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)等。另外,作为发射绿光的材料,可以举出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-9-蒽基-9-胺(简称:DPhAPhA)等。作为发射黄光的材料,可以举出红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)等。另外,作为发射红光的材料,可以举出N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并(acenaphtho)[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)等。

[0180] 举出可以用于发光层303的磷光化合物的一个例子。例如,作为在440nm至520nm具有发光峰值的磷光化合物,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-kN2]苯基-kC}铱(III)(简称:[Ir(mpptz-dmp)₃])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑(triazolato))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])等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:[Ir(Mptz1-mp)₃])、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:[Ir(Prptz1-Me)₃])等具有1H-三唑骨架的有机金属铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:[Ir(iPrpmi)₃])、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啉根(phenanthridinato)]铱(III)(简称:[Ir(dmpimpt-Me)₃])等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡啉基)硼酸盐(简称:FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]铱(III)吡啉甲酸盐(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啉根-N,C^{2'}}铱(III)吡啉甲酸盐(简称:[Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIracac)等以具有拉电子基的苯基吡啉衍生物为配体的有机金属铱配合物。在上述材料中,具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物具有良好的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0181] 例如在520nm至600nm具有发光峰值的磷光化合物,可以举出:三(4-甲基-6-苯基嘧啉根)铱(III)(简称:[Ir(mppm)₃])、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啉根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₃])、(乙酰丙酮)双(6-甲基-4-苯基嘧啉根)铱(III)(简称:[Ir(mppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啉根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙

酮)双[4-(2-降冰片基)-6-苯基嘧啶基]铱(III)(内型、外型混合物)(简称:[Ir(nbppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:[Ir(mppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(4,6-二苯基嘧啶根)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)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III)(简称:[Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III)(简称:[Ir(mppr-iPr)₂(acac)]等的具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)(简称:[Ir(ppy)₃])、双(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(ppy)₂(acac)])、双(苯并[h]喹啉)乙酰丙酮铱(III)(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'})乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(pq)₂(acac)]等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;以及三(乙酰丙酮)(单菲咯啉)铱(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极好的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0182] 例如作为在600nm至700nm具有发光峰值的磷光化合物,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)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)双[2,3-双(4-氟苯基)喹啉]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'})乙酰丙酮铱(III)(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))(单菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲咯啉)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极好的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。此外,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。

[0183] 作为发光层303,还可以使用高分子化合物。例如,作为发射蓝光的材料,可以举出聚(9,9-二辛基芴-2,7-二基)(简称:POF)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-co-(2,5-二甲氧基苯-1,4-二基)](简称:PF-DMOP)、聚{(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-co-[N,N'-二-(对丁基苯基)-1,4-二氨基苯]}(简称:TAB-PFH)等。另外,作为发射绿光的材料,可以举出聚(对亚苯基亚乙烯基)(简称:PPV)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-alt-co-(苯并[2,1,3]噻二唑-4,7-二基)](简称:PFBT)、聚[(9,9-二辛基-2,7-二亚乙烯基亚芴基(divinylene-fluorenylene))-alt-co-(2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-亚苯基)]等。另外,作为发射橙光至红光的材料,可以举出聚[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-亚苯基亚乙烯基](简称:MEH-PPV)、聚(3-丁基噻吩-2,5-二基)、聚{[9,9-二己基-2,7-双(1-氰基亚乙烯基)亚芴基]-alt-co-[2,5-双(N,N'-二苯基氨基)-1,4-亚苯基]}、聚{[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-双(1-氰基亚乙烯基亚苯基)]-alt-co-[2,5-双(N,N'-二苯基氨基)-

1,4-亚苯基}} (简称:CN-PPV-DPD)等。

[0184] 〈空穴传输层〉

[0185] 空穴传输层302包含空穴传输性高的物质。

[0186] 空穴传输性高的物质是空穴传输性高于电子传输性的物质,尤其优选为空穴迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。

[0187] 作为空穴传输层302,可以使用作为可用于发光层303的物质而例示出的容易接受空穴的化合物。

[0188] 此外,可以使用2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)等芳香烃化合物。

[0189] 〈电子传输层〉

[0190] 电子传输层304包含电子传输性高的物质。

[0191] 电子传输性高的物质是电子传输性高于空穴传输性的有机化合物,尤其优选为电子迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。

[0192] 作为电子传输层304,可以使用作为可用于发光层303的物质而例示出的容易接受电子的化合物。

[0193] 〈空穴注入层〉

[0194] 空穴注入层301包含空穴注入性高的物质。

[0195] 作为空穴注入性高的物质,例如可以使用金属氧化物,诸如钼氧化物、钛氧化物、钒氧化物、铌氧化物、钽氧化物、铬氧化物、锆氧化物、铪氧化物、钽氧化物、银氧化物、钨氧化物和锰氧化物等。

[0196] 此外,可以使用酞菁(简称:H₂Pc)、酞菁铜(II)(简称:CuPc)等酞菁类化合物。

[0197] 此外,可以使用低分子有机化合物,诸如TDATA、MTDATA、DPAB、DNTPD、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1等芳香胺化合物。

[0198] 另外,可以使用PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPD等高分子化合物或者聚(3,4-乙撑二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)、聚苯胺/聚(苯乙烯磺酸)(PAni/PSS)等添加有酸的高分子化合物。

[0199] 此外,也可以将空穴注入层301用作电荷产生区域。当将接触于阳极的空穴注入层301用作电荷产生区域时,与功函数无关,可以将各种导电材料用于该阳极。关于电荷产生区域的材料,将在后面进行说明。

[0200] 〈电子注入层〉

[0201] 电子注入层305包含电子注入性高的物质。

[0202] 作为电子注入性高的物质,例如可以使用锂、铯、钙、氧化锂、碳酸锂、碳酸铯、氟化锂、氟化铯、氟化钙或者氟化铟等碱金属、碱土金属、稀土金属或它们的化合物(氧化物、碳酸盐、卤化物等)。此外,也可以使用电子盐。作为电子盐,可以举出对包含钙和铝的氧化物以高浓度添加电子的物质。

[0203] 另外,也可以将电子注入层305用作电荷产生区域。当将接触于阴极的电子注入层305用作电荷产生区域时,与功函数无关,可以将各种导电材料用于该阴极。关于电荷产生区域的材料,将在后面进行详细的说明。

[0204] 〈电荷产生区域〉

[0205] 电荷产生区域既可以具有对空穴传输性高的有机化合物添加有电子受体(受体)的结构,又可以具有对电子传输性高的有机化合物添加有电子给体(供体)的结构。此外,也可以层叠这两个结构。

[0206] 作为空穴传输性高的有机化合物,例如可以举出上述可用于空穴传输层的材料,并且作为电子传输性高的有机化合物,例如可以举出上述可用于电子传输层的材料。

[0207] 作为电子受体,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌等。此外,可以举出过渡金属氧化物。此外,可以举出属于元素周期表第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铯,这是因为它们具有高电子接受性。其中尤其优选使用氧化钼,因为氧化钼在大气中稳定,吸湿性低,容易处理。

[0208] 作为电子给体,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属、属于元素周期表中第2族或第13族的金属、它们的氧化物或碳酸盐。具体而言,优选使用锂、铯、镁、钙、镱、铟、氧化锂、碳酸铯等。此外,也可以将如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)等的有机化合物用作电子给体。

[0209] 上述包含在EL层203及中间层207中的层都可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、转印法、印刷法、喷墨法、涂敷法等的方法形成。

[0210] 本实施方式可以与其他实施方式自由地组合。

[0211] 实施方式3

[0212] 在本实施方式中,参照图2A和图2B以及图3A至图3C对本发明的一个方式的发光装置进行说明。本实施方式的发光装置包括本发明的一个方式的发光元件。因为该发光元件的使用寿命长,所以能够实现可靠性高的发光装置。

[0213] 图2A是示出本发明的一个方式的发光装置的平面图,图2B是沿着图2A中的点划线A-B切断的截面图。

[0214] 在本实施方式的发光装置中,发光元件403设置在由支撑衬底401、密封衬底405以及密封剂407包围的空间415内。发光元件403是具有底部发射结构的有机EL元件,具体而言,在支撑衬底401上设置有使可见光透过的第一电极421,在第一电极421上设置有EL层423,并且在EL层423上设置有反射可见光的第二电极425。EL层423包含在实施方式1中示出的本发明的一个方式的杂环化合物。

[0215] 第一端子409a与辅助布线417及第一电极421电连接。在第一电极421上的与辅助布线417重叠的区域中设置有绝缘层419。第一端子409a与第二电极425由绝缘层419电绝缘。第二端子409b与第二电极425电连接。另外,在本实施方式中,虽然在辅助布线417上形成有第一电极421,但是也可以在第一电极421上形成辅助布线417。

[0216] 优选在支撑衬底401与大气的界面设置光提取结构411a。通过在支撑衬底401与大气的界面设置光提取结构411a,可以减少因全反射而不能提取到大气中的光,由此可以提高发光装置的光提取效率。

[0217] 另外,优选在发光元件403与支撑衬底401的界面设置光提取结构411b。当光提取结构411b具有凹凸时,优选在光提取结构411b与第一电极421之间设置平坦化层413。由此,可以将第一电极421形成为平坦的膜,并且可以抑制因第一电极421的凹凸而在EL层423中

产生泄漏电流。此外,因为在平坦化层413与支撑衬底401的界面设置有光提取结构411b,所以可以减少因全反射而不能提取到大气中的光,由此可以提高发光装置的光提取效率。

[0218] 作为光提取结构411a及光提取结构411b的材料,例如,可以使用树脂。另外,作为光提取结构411a及光提取结构411b,也可以使用半球透镜、微透镜阵列、具有凹凸表面结构的膜或光扩散膜等。例如,通过在支撑衬底401上使用其折射率与支撑衬底401、该透镜或该膜相同程度的粘合剂等粘合该透镜或该膜,可以形成光提取结构411a及光提取结构411b。

[0219] 平坦化层413的与第一电极421接触的面比平坦化层413的与光提取结构411b接触的面更平坦。作为平坦化层413的材料,可以使用具有透光性及高折射率的玻璃、液体或树脂等。

[0220] 图3A是示出本发明的一个方式的发光装置的平面图,图3B是沿着图3A中的点划线C-D切断的截面图,图3C是示出发光部的变形例子的截面图。

[0221] 本实施方式的有源矩阵型发光装置在支撑衬底501上包括发光部551(其截面是图3B的发光部551a或图3C的发光部551b)、驱动电路部552(栅极侧驱动电路部)、驱动电路部553(源极侧驱动电路部)以及密封剂507。在由支撑衬底501、密封衬底505以及密封剂507包围的空间515中密封有发光部551、驱动电路部552及驱动电路部553。

[0222] 本发明的一个方式的发光装置可以采用分别着色方式、滤色片方式和颜色转换方式中的任何方式。图3B示出利用滤色片方式制造的发光部551a,图3C示出利用分别着色方式制造的发光部551b。

[0223] 发光部551a和发光部551b都包括多个发光单元,该多个发光单元的每一个包括开关晶体管541a、电流控制晶体管541b以及与电流控制晶体管541b的布线(源电极或漏电极)电连接的第二电极525。

[0224] 发光部551a所包括的发光元件503具有底部发射结构并包括使可见光透过的第一电极521、EL层523以及第二电极525。另外,覆盖第一电极521的端部地形成有隔壁519。

[0225] 发光部551b所包括的发光元件504具有顶部发射结构并包括第一电极561、EL层563和使可见光透过的第二电极565。此外,覆盖第一电极561的端部地形成有隔壁519。在EL层563中,至少包含根据发光元件不同的材料的层(例如,发光层)被分别着色。

[0226] 在支撑衬底501上设置有用来连接外部输入端子的引线517,该外部输入端子将来自外部的信号(视频信号、时钟信号、启动信号或复位信号等)或电位传输到驱动电路部552或驱动电路部553。在此,示出作为外部输入端子设置FPC(Flexible Printed Circuit:柔性印刷电路)509的例子。

[0227] 驱动电路部552和驱动电路部553包括多个晶体管。在图3B中示出驱动电路部552所具有的晶体管中的两个晶体管(晶体管542及晶体管543)。

[0228] 为了防止工序数的增加,引线517优选使用与发光部或驱动电路部中的电极或布线相同的材料及工序制造。在本实施方式中,示出引线517使用与包括在发光部551及驱动电路部552中的晶体管的源电极和漏电极相同的材料及工序而成的例子。

[0229] 在图3B中,密封剂507与引线517上的第一绝缘层511接触。有时,密封剂507的与金属的密接性低。因此,密封剂507优选与设置在引线517上的无机绝缘膜接触。通过采用这种结构,可以实现密封性、密接性以及可靠性都高的发光装置。作为无机绝缘膜,可以举出金属及半导体的氧化物膜、金属及半导体的氮化物膜、金属及半导体的氧氮化物膜,具体而

言,可以举出氧化硅膜、氮化硅膜、氧氮化硅膜、氮氧化硅膜、氧化铝膜、氧化钛膜等。

[0230] 另外,第一绝缘层511具有抑制杂质扩散到晶体管所包括的半导体的效果。此外,为了减小起因于晶体管的表面的凹凸,优选作为第二绝缘层513选择具有平坦化功能的绝缘膜。

[0231] 对用于本发明的一个方式的发光装置的晶体管的结构、材料没有特别的限制,既可以使用顶栅型晶体管,又可以使用反交错型等底栅型晶体管。另外,既可以使用沟道蚀刻型晶体管,又可以使用沟道保护型晶体管。此外,既可以使用n沟道晶体管,又可以使用p沟道晶体管。

[0232] 半导体层可以使用硅或氧化物半导体形成。通过使用将In-Ga-Zn类金属氧化物用于半导体层的氧化物半导体,来形成关态电流(off-state current)低的晶体管,可以降低发光元件处于关闭状态时的泄漏电流,因此是优选的。

[0233] 对图3B所示的密封衬底505在与发光元件503(的发光区域)重叠的位置上设置有作为着色层的滤色片533,也与隔壁519重叠的位置上设置有黑矩阵531。另外,还设置有覆盖滤色片533及黑矩阵531的保护层535。此外,对图3C所示的密封衬底505设置有干燥剂506。

[0234] 本实施方式可以与其他实施方式适当地组合。

[0235] 实施方式4

[0236] 在本实施方式中,参照图4A至图4E以及图5A和图5B说明使用应用本发明的一个方式的发光装置的电子设备及照明装置的例子。

[0237] 本实施方式的电子设备在其显示部中各包括本发明的一个方式的发光装置。此外,本实施方式中的照明装置在其发光部(照明部)中各具有本发明的一个方式的发光装置。通过采用本发明的一个方式的发光装置,可以实现可靠性高的电子设备及照明装置。

[0238] 作为应用发光装置的电子设备,例如可以举出电视装置(也称为电视或电视接收机)、用于计算机等的显示器、数码相机、数码摄像机等影像拍摄装置、数码相框、移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置、弹珠机等大型游戏机等。图4A至图4E以及图5A和图5B示出这些电子设备及照明装置的具体例子。

[0239] 图4A示出电视装置的一个例子。在电视装置7100中,外壳7101组装有显示部7102。显示部7102能够显示图像。可以将本发明的一个方式的发光装置用于显示部7102。另外,在此利用支架7103支撑外壳7101。

[0240] 通过利用外壳7101所具备的操作开关或遥控操作机7111,可以进行电视装置7100的操作。通过利用遥控操作机7111的操作键,可以进行频道及音量的操作,并可以对显示在显示部7102上的图像进行操作。另外,也可以对遥控操作机7111设置用来显示从该遥控操作机7111输出的数据的显示部。

[0241] 另外,电视装置7100具备接收机及调制解调器等。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。再者,也可以通过调制解调器连接到有线或无线方式的通信网络来进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的信息通信。

[0242] 图4B示出计算机的一个例子。该计算机7200包括主体7201、外壳7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。另外,该计算机是通过将本发明的一

个方式的发光装置用于显示部7203来制造的。

[0243] 图4C示出便携式游戏机的一个例子。便携式游戏机7300具有外壳7301a和外壳7301b的两个外壳,并且通过连接部7302以便携式游戏机可以开闭的方式连接。外壳7301a组装有显示部7303a,而外壳7301b组装有显示部7303b。另外,图4C所示的便携式游戏机还包括扬声器部7304、记录介质插入部7305、操作键7306、连接端子7307、传感器7308(包括测量如下因素的功能:力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动频率、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线)、LED灯、麦克风等。当然,便携式游戏机的结构不局限于上述结构,只要在显示部7303a和显示部7303b中的至少一个或两个中使用本发明的一个方式的发光装置即可,而可以采用适当地设置有其他附件的结构。图4C所示的便携式游戏机具有如下功能:读出储存在记录介质中的程序或数据并将其显示在显示部上;通过与其他便携式游戏机进行无线通信而实现信息共享。注意,图4C所示的便携式游戏机所具有的功能不局限于此,而可以具有各种功能。

[0244] 图4D示出移动电话机的一个例子。移动电话机7400具备组装在外壳7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。另外,移动电话机7400是通过将本发明的一个方式的发光装置用于显示部7402来制造的。

[0245] 当用手指等触摸图4D所示的移动电话机7400的显示部7402时,可以输入数据。另外,可以用手指等触摸显示部7402来进行打电话或编写电子邮件等的操作。

[0246] 显示部7402主要有三种屏面模式。第一模式是主要用于显示图像的显示模式。第二模式是主要用于输入文字等信息的输入模式。第三模式是组合显示模式和输入模式这两种模式的显示和输入模式。

[0247] 例如,在打电话或编写电子邮件的情况下,将显示部7402选择为以文字输入为主的文字输入模式,由此可以输入显示在屏面上的文字。

[0248] 另外,通过在移动电话机7400内部设置具有陀螺仪传感器和加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置来决定移动电话机7400的方向(移动电话机7400被设为纵向模式还是横向模式),从而可以对显示部7402的屏面显示进行自动切换。

[0249] 另外,通过触摸显示部7402或对外壳7401的操作按钮7403进行操作来切换屏面模式。此外,也可以根据显示在显示部7402上的图像的种类而切换屏面模式。例如,当显示在显示部上的图像信号为动态图像的数据的信号时,将屏面模式切换成显示模式,而当显示在显示部上的图像信号为文字数据的信号时,将屏面模式切换成输入模式。

[0250] 另外,如果在输入模式下通过检测出显示部7402的光传感器所检测的信号而得知在一定期间内没有显示部7402的触摸操作输入,则可以控制为将屏面模式从输入模式切换成显示模式。

[0251] 另外,也可以将显示部7402用作图像传感器。例如,通过用手掌或手指触摸显示部7402,来拍摄掌纹、指纹等,从而可以进行身份识别。另外,通过将发射近红外光的背光源或发射近红外光的传感用光源设置在显示部中,可以拍摄手指静脉、手掌静脉等。

[0252] 图4E示出能够折叠的平板终端(打开状态)的一个例子。平板终端7500包括外壳7501a、外壳7501b、显示部7502a、显示部7502b。外壳7501a和外壳7501b由轴部7503彼此连接,并且可以以该轴部7503为轴而进行开闭动作。此外,外壳7501a包括电源开关7504、操作

键7505、扬声器7506等。另外,平板终端7500是通过将本发明的一个方式的发光装置用于显示部7502a和显示部7502b中的一个或两个来制造的。

[0253] 可以将显示部7502a或显示部7502b中的一部分用作触摸屏的区域,并且可以通过接触所显示的操作键来输入数据。例如,可以使显示部7502a的整个面显示键盘来将其用作触摸屏,并且将显示部7502b用作显示画面。

[0254] 图5A所示的室内照明装置7601、辊式(roll-type)照明装置7602、台式照明装置7603及面状照明装置7604都是包括本发明的一个方式的发光装置的照明装置的例子。本发明的一个方式的发光装置可以实现大面积化,因此可以被用作大面积的照明装置。此外,其厚度薄,因此可以安装在墙壁上。

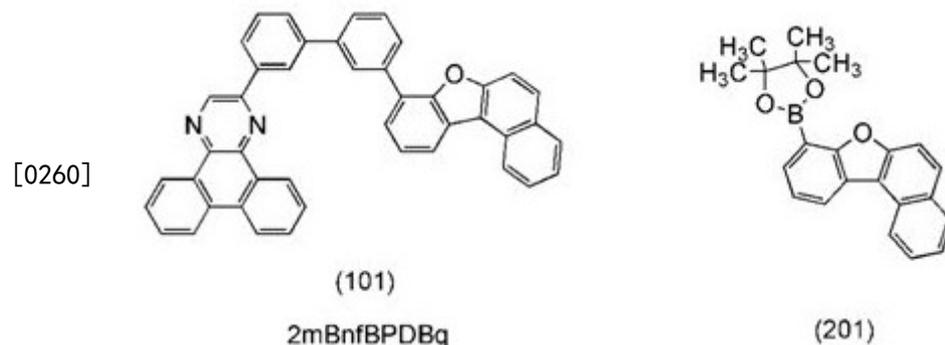
[0255] 图5B所示的台式照明装置包括照明部7701、支柱7703、支架7705等。将本发明的一个方式的发光装置用于照明部7701。在本发明的一个方式中,可以实现具有曲面的发光部的照明装置或具有柔性照明部的照明装置。如此,通过将具有柔性的发光装置用于照明装置,不但例如可以将照明装置设置在例如汽车的天花板上和仪表板上等具有曲面的地方,而且提高照明装置的设计的自由度。

[0256] 本实施方式可以与其他实施方式适当地组合。

[0257] 实施例1

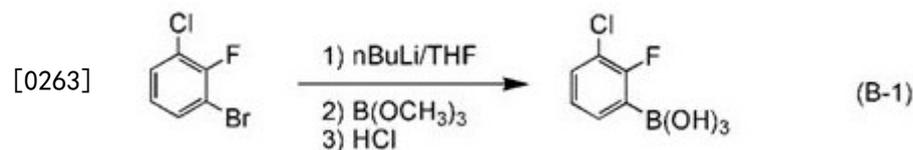
[0258] [合成实例1]

[0259] 在本实施例中,对由下述结构式(101)表示的2-{3-[3-(苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹啉(简称:2mBnfBPDBq)的合成方法进行说明。此外,对本发明的一个方式的有机化合物的由结构式(201)表示的2-(苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊环(dioxaborolane)的合成方法进行说明。



[0261] 〈步骤1:3-氯-2-氟苯硼酸的合成〉

[0262] (B-1)示出步骤1的合成方案。

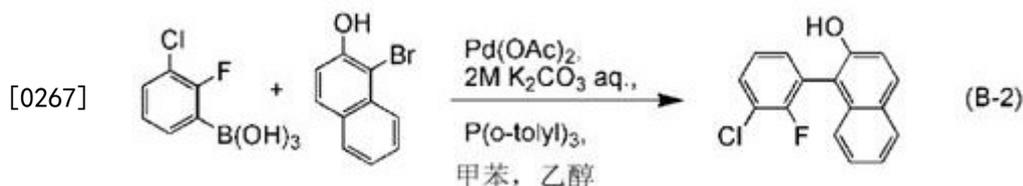


[0264] 将16g(72mmol)的1-溴-3-氯-2-氟苯放在500mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换,然后添加200mL的四氢呋喃(THF),在氮气流下将该溶液冷却到-80℃。使用注射器将48mL(76mmol)的正丁基锂(1.6mol/L己烷溶液)滴下到该溶液中,在滴下之后,在相同温度下搅拌1.5小时。在搅拌之后,对该混合物添加9.0mL(80mmol)的硼酸三甲酯,在将温度回升至室温的同时搅拌该混合物19小时左右。在搅拌之后,对所得到的溶液添加100mL左右的

1mol/L盐酸且进行搅拌。使用水对该混合物的有机层进行洗涤,使用甲苯萃取水层两次。混合所得到的萃取液和有机层,使用饱和食盐水进行洗涤。用硫酸镁对所得到的有机层进行干燥,对该混合物进行重力过滤。浓缩所得到的滤液,由此以35%的收率得到4.5g的目的物的淡黄色固体。

[0265] 〈步骤2:1-(3-氯-2-氟苯基)-2-萘酚的合成〉

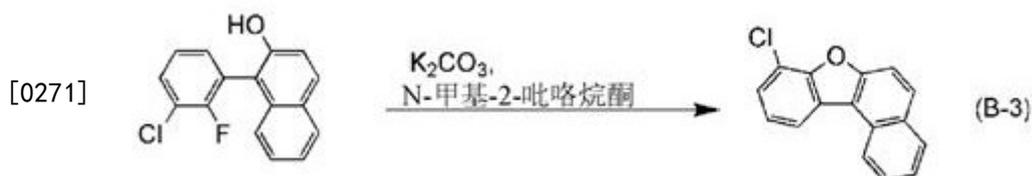
[0266] (B-2) 示出步骤2的合成方案。



[0268] 将5.8g (26mmol)的1-溴-2-萘酚、4.5g (26mmol)的3-氯-2-氟苯硼酸和0.40g (1.3mmol)的三(邻甲苯基)膦放在200mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加150mL的甲苯、50mL的乙醇和21mL的碳酸钾水溶液(2.0mol/L)。在对烧瓶进行减压的同时搅拌该混合物,以对该混合物进行脱气,在脱气之后对该烧瓶内进行氮气置换。在对该混合物添加58mg (0.26mmol)的醋酸钯(II)之后,在氮气流下在90℃的温度下搅拌该混合物7小时。在搅拌之后,使用水对该混合物的有机层进行洗涤,然后使用甲苯萃取水层。混合萃取溶液和有机层,使用饱和食盐水进行洗涤,使用硫酸镁对有机层进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,由此得到褐色液体。利用作为展开溶剂使用混合溶剂(甲苯:己烷=9:1)的硅胶柱层析法使所得到的液体纯化,由此以44%的收率得到3.1g的目的物的褐色液体。

[0269] 〈步骤3:8-氯苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的合成〉

[0270] (B-3) 示出步骤3的合成方案。



[0272] 将3.1g (11mmol)的1-(3-氯-2-氟苯基)-2-萘酚、70mL的N-甲基-2-吡咯烷酮和4.2g (31mmol)的碳酸钾放在300mL茄形烧瓶中,在空气下在150℃的温度下搅拌该混合物7小时。在搅拌之后,对所得到的混合物添加50mL左右的水、50mL左右的盐酸(1.0mol/L)。在对所得到的溶液添加100mL左右的乙酸乙酯之后,使用乙酸乙酯萃取水层三次。混合萃取液和有机层,使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤,然后添加硫酸镁。浓缩对该混合物进行重力过滤而得到的滤液,由此以超过99%的收率得到2.9g的目的物的淡褐色固体。

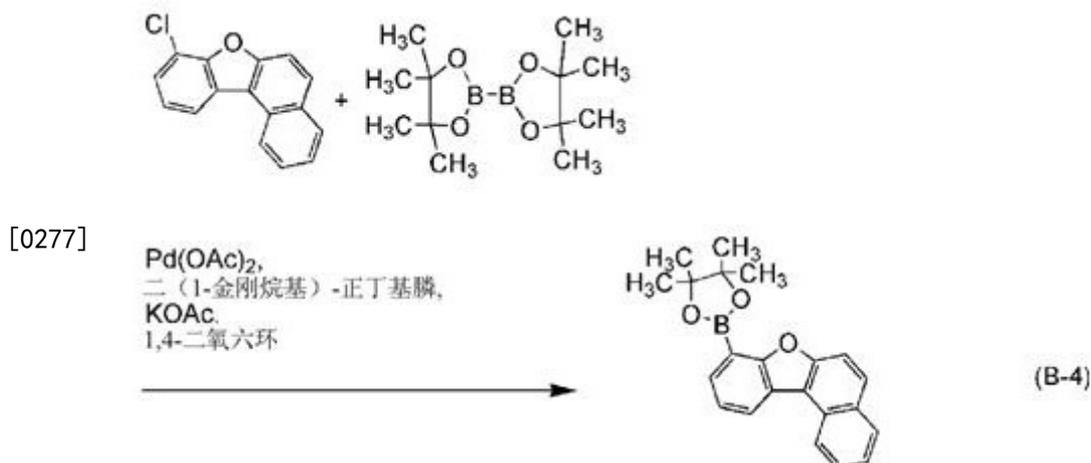
[0273] 以下示出得到的淡褐色固体的¹H NMR数据。

[0274] ¹H NMR (CDCl₃, 500MHz): δ=7.42 (t, J=4.7Hz, 1H), 7.51 (d, J=4.5Hz, 1H), 7.58 (t, J=4.5Hz, 1H), 7.75 (t, J=4.5Hz, 1H), 7.85 (d, J=5.4Hz, 1H), 7.98 (d, J=5.1Hz, 1H), 8.05 (d, J=4.8Hz, 1H), 8.30 (d, J=4.2Hz, 1H), 8.59 (d, J=4.8Hz, 1H)

[0275] 〈步骤4:2-(苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊

环的合成)

[0276] (B-4) 示出步骤4的合成方案。



[0278] 将2.5g (10mmol)的8-氯苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃、2.5g (10mmol)的联硼酸频那醇酯和2.9g (30mmol)醋酸钾放在200mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加50mL的1,4-二氧六环。在对烧瓶内进行减压的同时搅拌该混合物,以对该混合物进行脱气,在脱气之后对该烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加22mg (0.10mmol)的醋酸钯(II)和71mg (0.20mmol)的二(1-金刚烷基)-正丁基膦,将该混合物回流18小时。在回流之后,对所得到的混合物进行抽滤,浓缩所得到的滤液,由此以73%的收率得到2.5g的目的物的褐色固体。

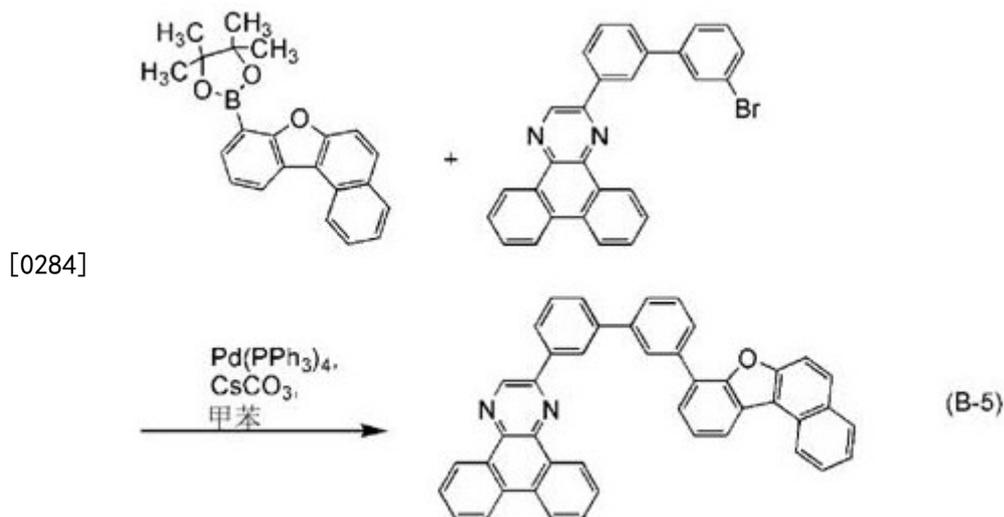
[0279] 以下示出得到的褐色固体的 ^1H NMR数据。

[0280] ^1H NMR(CDCl_3 , 500MHz): $\delta=1.26(\text{s}, 12\text{H})$, $7.48(\text{t}, J=4.5\text{Hz}, 1\text{H})$, $7.54(\text{dt}, J=0.9\text{Hz}, J=4.8\text{Hz}, 1\text{H})$, $7.71(\text{dt}, J=0.9\text{Hz}, J=4.8\text{Hz}, 1\text{H})$, $7.88(\text{d}, J=5.1\text{Hz}, 1\text{H})$, $7.93\text{--}7.91(\text{m}, 2\text{H})$, $8.02(\text{d}, J=4.8\text{Hz}, 1\text{H})$, $8.51(\text{dd}, J=0.9\text{Hz}, J=4.8\text{Hz}, 1\text{H})$, $8.63(\text{d}, J=8.6\text{Hz}, 1\text{H})$

[0281] 图6A和图6B示出 ^1H NMR图。图6B是图6A的7.00ppm至9.00ppm的范围的放大图。

[0282] 〈步骤5:2mBnfBPDBq的合成〉

[0283] (B-5) 示出步骤5的合成方案。



[0285] 将1.5g (3.2mmol)的2-(3'-溴联苯-3-基)二苯并[f,h]喹啉、1.1g (3.2mmol)的2-(苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊环和3.2g (10mmol)的碳酸铯放在200mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加16mL的甲苯。在对烧瓶内进行减压的同时搅拌混合物,以对该混合物进行脱气,在脱气之后对该烧瓶内进行氮气置换。在对该混合物添加34mg (30 μ mol)的四(三苯基膦)钯(0)之后,在氮气流下且在100 $^{\circ}$ C的温度下搅拌混合物10小时。在对所得到的混合物添加100mL左右的甲苯之后,将该混合物回流而使固体析出并溶解,然后对该混合物进行抽滤,放置所得到的滤液而进行再结晶,以51%的收率得到1.0g的目的物的淡黄色固体。

[0286] 利用梯度升华方法对该淡黄色固体0.76g进行纯化。在3.2Pa的压力下以330 $^{\circ}$ C加热淡黄色固体的情况下进行升华纯化。作为进行升华纯化的结果,以51%的收率得到0.36g的淡黄色固体。

[0287] 通过核磁共振法(NMR),确认到上述化合物是目的物的2mBnfBPDBq。

[0288] 以下示出所得到的物质的 ^1H NMR数据。

[0289] ^1H NMR(CDCl_3 , 500MHz): δ = 7.58 (t, J = 4.2Hz, 1H), 7.62 (t, J = 4.7Hz, 1H), 7.73-7.86 (m, 10H), 7.90 (d, J = 4.8Hz, 1H), 7.92 (d, J = 5.1Hz, 1H), 8.04 (t, J = 4.5Hz, 2H), 8.32 (s, 1H), 8.36 (d, J = 4.5Hz, 1H), 8.45 (d, J = 4.2Hz, 1H), 8.66-8.71 (m, 4H), 9.26 (dd, J_1 = 4.5Hz, J_2 = 1.2Hz, 1H), 9.45 (d, J = 4.8Hz, 1H), 9.49 (s, 1H)

[0290] 图7A和图7B示出 ^1H NMR图。图7B是图7A的7.00ppm至10.0ppm的范围的放大图。

[0291] 图8A示出2mBnfBPDBq的甲苯溶液的吸收光谱,图8B示出其发射光谱。此外,图9A示出2mBnfBPDBq的薄膜的吸收光谱,图9B示出其发射光谱。吸收光谱使用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造,V550型)测定。将溶液放在石英比色皿中,通过蒸镀将薄膜形成在石英衬底上以准备样品而进行测定。通过从溶液及石英比色皿的吸收光谱减去将甲苯放在石英比色皿中而测量出来的吸收光谱,获得溶液的吸收光谱。通过从石英衬底及薄膜的吸收光谱减去石英衬底的吸收光谱,获得薄膜的吸收光谱。在图8A和图8B以及图9A和图9B中,横轴表示波长(nm),纵轴表示强度(任意单位)。甲苯溶液的吸收峰值被观察到355nm及368nm附近,发光波长的峰值被观察到386nm及406nm(激发波长为330nm)。另外,薄膜的吸收峰值被观察到211nm、259nm、318nm、329nm、346nm、369nm及384nm附近,发光波长的峰值被观察到437nm(激发波长为347nm)。

[0292] 测定2mBnfBPDBq溶液的电化学特性。

[0293] 作为测定方法,利用循环伏安法(CV)。使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造的ALS型号600A或600C)进行测定。

[0294] 在将相对于参考电极的工作电极的电位从0.00V扫描到1.50V之后,将其从1.50V扫描到0.00V,而测定氧化特性。即使在100个循环之后,氧化峰也保持初期强度的76%。这意味着2mBnfBPDBq具有有效地抵抗氧化态和中性态之间的氧化还原反应的反复的性质。图10A示出氧化特性的测定结果。

[0295] 在将相对于参考电极的工作电极的电位从-1.05V扫描到-2.10V之后,将其从-2.10V扫描到-1.05V,而测定还原特性。即使在100个循环之后,还原峰也保持初期强度的73%。这意味着2mBnfBPDBq具有有效地抵抗还原态和中性态之间的氧化还原反应的反复的性质。图10B示出还原特性的测定结果。

[0296] 关于用于CV测定的溶液,作为溶剂使用脱水的二甲基甲酰胺(DMF,西格玛-奥尔德里奇公司(Sigma-Aldrich Inc.)制造,99.8%,目录号码:22705-6),将作为支持电解质(supporting electrolyte)的高氯酸四正丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NC10}_4$,东京化成工业株式会社制造,目录号码:T0836)溶解于溶剂并使其浓度为100mmol/L。此外,将测定对象溶解于溶剂并使其浓度为2mmol/L。另外,作为工作电极使用铂电极(BAS株式会社制造,PTE铂电极),作为辅助电极使用铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用Ag/Ag+电极(BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。另外,测定在室温下(20°C至25°C)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec。在本实施例中,将参考电极的相对于真空能级的势能设定为-4.94[eV]。

[0297] 通过CV测定得到的氧化峰电位 E_{pa} 和还原峰电位 E_{pc} 的中间的电位(半波电位)相当于HOMO能级,所以可以算出2mBnfBPDBq的HOMO能级为-6.13eV,还可以算出2mBnfBPDBq的LUMO能级为-2.95eV。由此可知,2mBnfBPDBq的带隙(ΔE)为3.08eV。

[0298] 另外,测定2mBnfBPDBq的热重-差热分析(TG-DTA:Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在测定中,使用高真空差示型差热天平(由Bruker AXS K.K.制造,TG-DTA 2410SA)。在氮气流(流量为200mL/min)和常压下,以10°C/min的升温速率进行测定。重量和温度之间的关系(热重)示出2mBnfBPDBq的5%失重温度为468°C,熔点为292°C。上述结果示出2mBnfBPDBq具有良好的耐热性。

[0299] 另外,利用液相色谱-质谱联用分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry;简称为LC/MS分析)对2mBnfBPDBq进行质谱(MS)分析。

[0300] 在LC-MS分析中,利用赛默飞世尔科技公司制造的UltiMate3000进行LC(液相色谱)分离,并利用赛默飞世尔科技公司制造的Q Exactive进行MS分析。在LC分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7 μ m),色谱柱温度为40°C。流动相A为乙腈,流动相B为0.1%甲酸水溶液。在5分钟的分析中,在开始分析时将乙腈设定为80%并以开始分析5分钟后成为95%的方式线性增加乙腈的比率。另外,以任意浓度将2mBnfBPDBq溶解于二甲基甲酰胺中并利用乙腈稀释来准备样品,注入量为10.0 μ L。

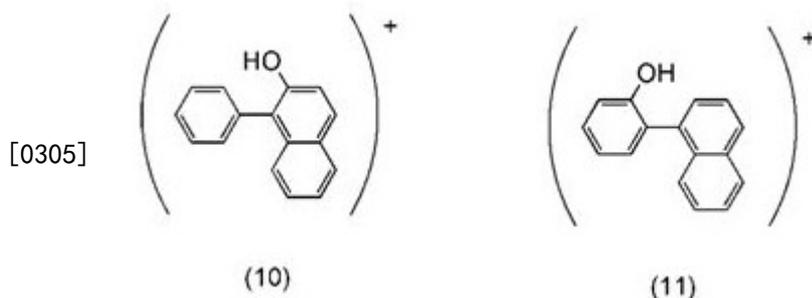
[0301] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization,简称:ESI)进行离子化,利用Targeted-MS²法进行测定。离子源的设定为如下:鞘气体流量为50,辅助气体流量为10,Sweep气体流量为0,喷雾电压为3.5kV,毛细管温度为350°C,S透镜电压为55.0,HESI加热器温度为350°C。分辨率为70000,AGC靶材为3e6,质量范围为 $m/z=83.00$ 至1245.00,并且以正模式进行检测。

[0302] 将以上述条件被离子化了的 $m/z=599.21 \pm 10$ ppm的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氩气体来使其离解为子离子,进行MS/MS测量。将碰撞到氩时的能量NCE(Normalized Collision Energy:碰撞能量归一化)设定为55,并利用傅立叶变换质谱仪(FT MS)检测出所生成的离子。图11A和图11B示出测定结果。

[0303] 图11A和图11B示出在 $m/z=229$ 附近及 $m/z=220$ 附近检测出2mBnfBPDBq的子离子。因为图11A和图11B示出来源于2mBnfBPDBq的特征,所以可以说这是为了识别包含在混合物中的2mBnfBPDBq而重要的数据。

[0304] $m/z=229$ 附近的子离子被估计为来源于2mBnfBPDBq中的二苯并[f,h]喹啉的阳离子,这表示本发明的一个方式的杂环化合物的部分结构。另外, $m/z=220$ 附近的子离子被

估计为来源于苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃中的醚键断裂而成的醇的阳离子(结构式(10)或结构式(11)),这表示本发明的一个方式的杂环化合物的部分结构。



[0306] $m/z=572$ 附近的子离子被估计为来源于一个CH及一个N从2mBnfBPDBq中的二苯并[f,h]喹喔啉分离的状态的阳离子,这表示本发明的一个方式的杂环化合物的部分结构。这尤其是取代基(在2mBnfBPDBq中为联苯骨架和苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃骨架)键合到二苯并[f,h]喹喔啉的2位而成的本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。

[0307] 另外,进行2mBnfBPDBq的 T_1 能级的计算及测定。

[0308] 下面示出计算方法。作为量子化学计算程序使用Gaussian09,并使用高性能计算机(SGI公司制造,Altix4700)来进行计算。

[0309] 首先,利用密度泛函理论来计算单重基态中的最稳定结构。作为基底函数,将6-311G(对每个原子价轨道使用三个缩短函数的三重分裂价层(triple split valence)基底类的基底函数)应用于所有原子。通过利用上述基底函数,例如关于氢原子,考虑到1s至3s的轨道,而关于碳原子,考虑到1s至4s以及2p至4p的轨道。再者,为了提高计算精度,作为极化基底类,对氢原子加上p函数,对氢原子以外的原子加上d函数。作为泛函使用B3LYP。

[0310] 接着,计算最低三重激发态中的最稳定结构。另外,对单重基态和最低三重激发态的最稳定结构进行振动分析并根据经过零点校正的能量差算出 T_1 能级。作为基底函数使用6-311G(d,p)。作为泛函使用B3LYP。

[0311] 根据上述计算,估计2mBnfBPDBq的 T_1 能级为2.41eV。

[0312] 接下来,为了证实量子化学计算的结果,进行2mBnfBPDBq的磷光发光测定。

[0313] 形成2mBnfBPDBq的蒸镀膜并对该膜进行低温PL(Photoluminescence,光致发光)法,根据测定了的磷光光谱估计 T_1 能级。注意,根据磷光光谱的最短波长一侧的峰值波长算出 T_1 能级。在该测定中,以10K的测定温度使用PL显微镜 LabRAM HR-PL(日本堀场制作所制造)、作为激发的He-Cd激光(325nm)以及CCD检测器。

[0314] 另外,将薄膜以50nm的厚度形成在石英衬底上,并且在氮气氛中将其他石英衬底贴合到蒸镀膜,来进行测定。

[0315] 2mBnfBPDBq的 T_1 能级为2.40eV。该测定结果示出通过本实施例测定出的 T_1 能级的值接近于通过量子化学计算算出的 T_1 能级的值。因此,通过本实施例测定出的 T_1 能级的值可以引用于制造本发明的一个方式的发光元件时的参数。

[0316] 实施例1示出本发明的一个方式的由通式(G1)表示的杂环化合物的 T_1 能级高。因此,通过将本发明的一个方式的杂环化合物用于发光元件,可以提供高效率的发光元件。

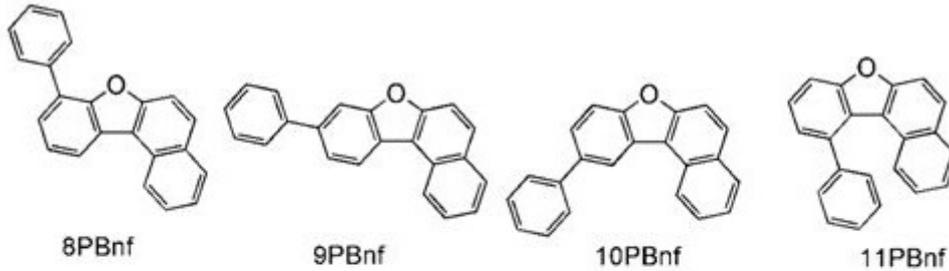
[0317] 实施例2

[0318] 在本实施例中,为了证实本发明的一个方式的杂环化合物具有高 T_1 能级,进行 T_1 能

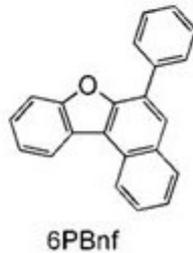
级的计算。

[0319] 计算方法与实施例1相同。

[0320] 在本实施例中,计算出以下化学式所示的五种部分结构的 T_1 能级。部分结构为以下所示的8PBnf、9PBnf、10PBnf、11PBnf,并且作为对比例子使用6PBnf。8PBnf、9PBnf、10PBnf、11PBnf都是将苯基键合到苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的8位至11位中的任一个的结构(将苯基键合到苯环的结构的一个例子)。另外,6PBnf为将苯基键合到苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的6位的结构(将苯基键合到萘环的结构的一个例子)。



[0321]



[0322] 表1示出计算结果。

[0323] [表1]

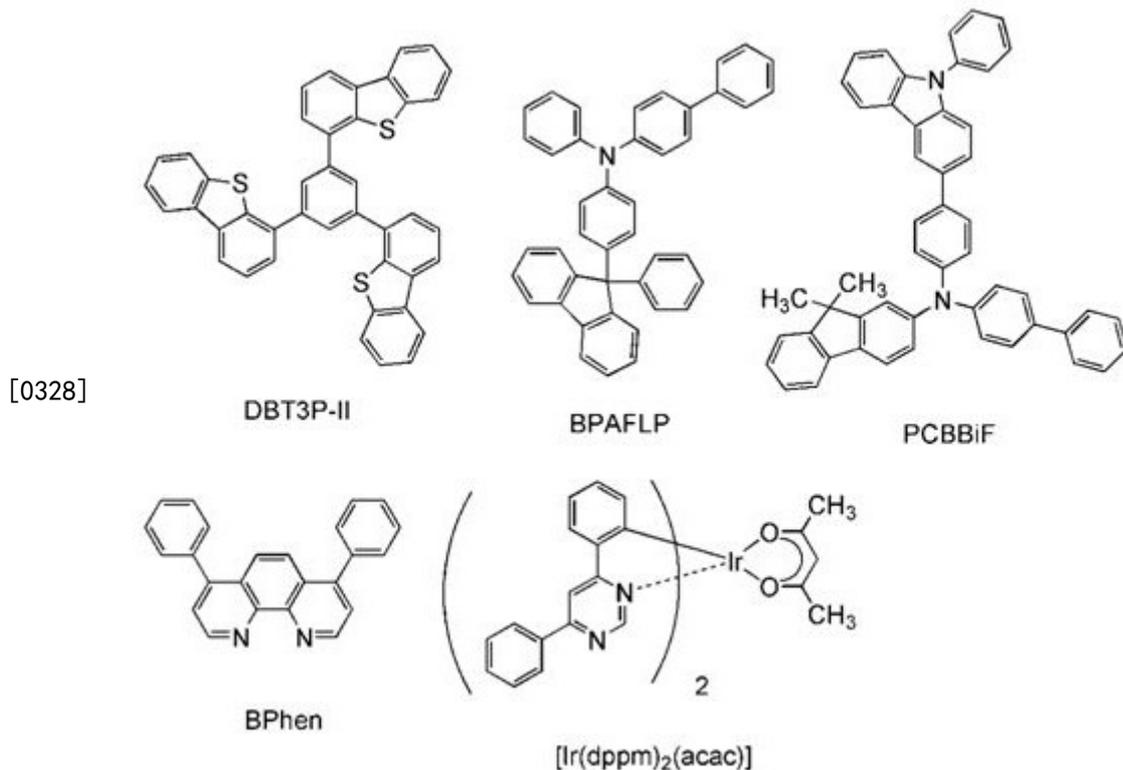
[0324]

部分结构	8PBnf	9PBnf	10PBnf	11PBnf	6PBnf
T_1 能级(eV)	2.41	2.35	2.41	2.38	2.29

[0325] 上述结果示出将苯基键合到苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的苯环的结构8PBnf、9PBnf、10PBnf以及11PBnf的 T_1 能级都很高。此外,8PBnf、9PBnf、10PBnf以及11PBnf的 T_1 能级都比对比例子的将苯基键合到苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的萘环的结构6PBnf高。因此,本发明的一个方式的杂环化合物的 T_1 能级很高,所以通过将该杂环化合物用于发光元件,可以提供高效率的发光元件。

[0326] 实施例3

[0327] 在本实施例中参照图12说明本发明的一个方式的发光元件。下面示出在本实施例中使用的材料的化学式。注意,省略上述材料的化学式。



[0329] 下面,示出本实施例的发光元件1的制造方法。

[0330] (发光元件1)

[0331] 在玻璃衬底1100上通过溅射法形成包含硅的铟锡氧化物(ITSO)膜,由此形成用作阳极的第一电极1101。将其厚度设定为110nm,将电极面积设定为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0332] 接着,作为用来在玻璃衬底1100上形成发光元件的预处理,在使用水对玻璃衬底1100的表面进行洗涤并在以 200°C 进行焙烧1小时之后,进行UV臭氧处理370秒。

[0333] 然后,将玻璃衬底1100传送到其内部被减压到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,在真空蒸镀装置内的加热室中以 170°C 进行30分钟的真空焙烧,然后使玻璃衬底1100冷却30分钟左右。

[0334] 接着,以使形成有第一电极1101的面朝下的方式将形成有第一电极1101的玻璃衬底1100固定在设置在真空蒸镀装置内的衬底支架上,并将压力降低到 10^{-4}Pa 左右,然后在第一电极1101上将4,4',4''-(1,3,5-苯三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)共蒸镀,由此形成空穴注入层1111。将空穴注入层1111的厚度设定为20nm,将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为4:2(=DBT3P-II:氧化钼)。注意,共蒸镀法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时进行蒸镀的蒸镀法。

[0335] 接着,在空穴注入层1111上形成20nm厚的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)的膜,来形成空穴传输层1112。

[0336] 接下来,将2mBnfBPDBq、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)以及(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$)共蒸镀,在空穴传输层1112上形成发光层1113。在此,层叠如下两个层:以将2mBnfBPDBq、PCBBiF和 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ 的重量比调节为0.7:0.3:0.05(=2mBnfBPDBq:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$)的方式形成的20nm厚的层;以及以将其

重量比调节为0.8:0.2:0.05(=2mBnfBPDBq:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)])的方式形成的20nm厚的层。

[0337] 接着,通过在发光层1113上形成20nm厚的2mBnfBPDBq的膜以及10nm厚的红菲绕啉(简称:BPhen)的膜,来形成电子传输层1114。

[0338] 然后,通过蒸镀在电子传输层1114上形成1nm厚的氟化锂(LiF)膜,来形成电子注入层1115。

[0339] 最后,以成为200nm厚的方式蒸镀铝来形成用作阴极的第二电极1103,由此制造本实施例的发光元件1。

[0340] 在上述蒸镀过程中,蒸镀都利用电阻加热法进行。

[0341] 表2示出通过上述步骤得到的本实施例的发光元件的元件结构。

[0342] [表2]

[0343]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层		电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件1	ITO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 20nm	BPAFLP 20nm	2mBnfBPDBq:PCBBiF :[Ir(dppm) ₂ (acac)]		2mBnfBP DBq 20nm	BPhen 10nm	LiF 1nm	Al 200nm
				(=0.7:0.3:0.05)	(=0.8:0.2:0.05)				
				20nm	20nm				

[0344] 在氮气氛的手套箱中以不暴露于大气的方式密封本实施例的发光元件。然后,测定该发光元件的工作特性。测定在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0345] 图13示出发光元件1的电流密度-亮度特性。在图13中,横轴表示电流密度(mA/cm²),纵轴表示亮度(cd/m²)。图14示出电压-亮度特性。在图14中,横轴表示电压(V),纵轴表示亮度(cd/m²)。图15示出亮度-电流效率特性。在图15中,横轴表示亮度(cd/m²),纵轴表示电流效率(cd/A)。图16示出电压-电流特性。在图16中,横轴表示电压(V),纵轴表示电流(mA)。图17示出亮度-外部量子效率特性。在图17中,横轴表示亮度(cd/m²),纵轴表示外部量子效率(%)。此外,表3示出亮度为1000cd/m²时的发光元件1的电压(V)、电流密度(mA/cm²)、CIE色度坐标(x,y)、电流效率(cd/A)、功率效率(lm/W)以及外部量子效率(%)。

[0346] [表3]

[0347]

	电压(V)	电流密度(mA/cm ²)	色度x	色度y	亮度(cd/m ²)	电流效率(cd/A)	功率效率(lm/W)	外部量子效率(%)
发光元件1	3.0	1.3	0.55	0.44	1000	82	86	29

[0348] 亮度为1000cd/m²时的发光元件1的CIE色度坐标为(x,y)=(0.55,0.44),发光元件1呈现橙色发光。由该结果可知,从发光元件1提供来源于[Ir(dppm)₂(acac)]的橙色发光。

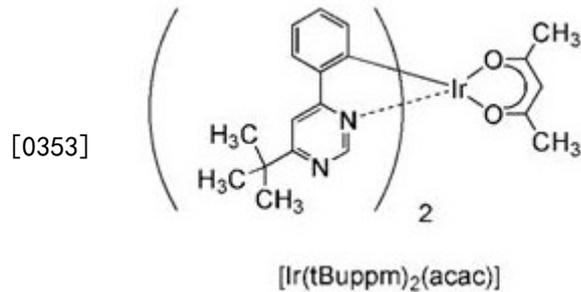
[0349] 从工作特性的测定结果可知,发光元件1具有高发光效率及低驱动电压。

[0350] 此外,进行发光元件1的可靠性测试。图18示出可靠性测试的结果。在图18中,纵轴表示以初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。该可靠性测试

在室温下进行,并在将初始亮度设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$,电流密度恒定的条件下驱动发光元件1。如图18所示,发光元件1在2820小时后保持初始亮度的90%。由该可靠性测试的结果可知,发光元件1的使用寿命很长。

[0351] 实施例4

[0352] 在本实施例中参照图12说明本发明的一个方式的发光元件。下面示出在本实施例中使用的材料的化学式。注意,省略上述材料的化学式。



[0354] 下面,示出本实施例的发光元件2的制造方法。

[0355] (发光元件2)

[0356] 在发光元件2中,与发光元件1相同地形成发光层1113及电子传输层1114以外的构成要素。在此,仅说明与发光元件1不同的构成要素。

[0357] 发光元件2的发光层1113通过将2mBnfBPDBq、PCBBiF以及(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])共蒸镀来形成。在此,层叠如下两个层:以将2mBnfBPDBq、PCBBiF和[Ir(tBuppm)₂(acac)]的重量比调节为0.7:0.3:0.05(=2mBnfBPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的方式形成的20nm厚的层;以及以将其重量比调节为0.8:0.2:0.05(=2mBnfBPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的方式形成的20nm厚的层。

[0358] 通过形成15nm厚的2mBnfBPDBq的膜以及10nm厚的BPhen的膜,来形成发光元件2的电子传输层1114。

[0359] 表4示出通过上述步骤得到的本实施例的发光元件的元件结构。

[0360] [表4]

[0361]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层		电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件2	ITO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 20nm	BPAFLP 20nm	2mBnfBPDBq:PCBBiF :[Ir(tBuppm) ₂ (acac)]		2mBnfBP DBq 15nm	BPhen 10nm	LiF 1nm	Al 200nm
				(=0.7:0.3:0.05)	(=0.8:0.2:0.05)				
				20nm	20nm				

[0362] 在氮气气氛的手套箱中以不暴露于大气的方式密封本实施例的发光元件。然后,测定该发光元件的工作特性。测定在室温(保持为 25°C 的气氛)下进行。

[0363] 图19示出发光元件2的电流密度-亮度特性。在图19中,横轴表示电流密度(mA/cm^2),纵轴表示亮度(cd/m^2)。图20示出电压-亮度特性。在图20中,横轴表示电压(V),纵轴表示亮度(cd/m^2)。图21示出亮度-电流效率特性。在图21中,横轴表示亮度(cd/m^2),纵轴表示

电流效率 (cd/A)。图22示出电压-电流特性。在图22中,横轴表示电压 (V),纵轴表示电流 (mA)。图23示出亮度-外部量子效率特性。在图23中,横轴表示亮度 (cd/m^2),纵轴表示外部量子效率 (%)。此外,表5示出亮度为 $700\text{cd}/\text{m}^2$ 时的发光元件2的电压 (V)、电流密度 (mA/cm^2)、CIE色度坐标 (x,y)、电流效率 (cd/A)、功率效率 (lm/W) 以及外部量子效率 (%)。

[0364] [表5]

[0365]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm^2)	色度x	色度y	亮度 (cd/m^2)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件2	2.7	0.72	0.40	0.59	700	97	113	25

[0366] 亮度为 $700\text{cd}/\text{m}^2$ 时的发光元件2的CIE色度坐标为 $(x,y) = (0.40,0.59)$,发光元件2呈现黄绿色发光。由该结果可知,从发光元件2提供来源于 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的黄绿色发光。

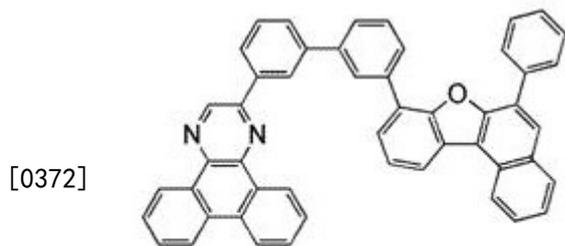
[0367] 从工作特性的测定结果可知,发光元件2具有高发光效率及低驱动电压。

[0368] 此外,进行发光元件2的可靠性测试。图24示出可靠性测试的结果。在图24中,纵轴表示以初始亮度为100%时的归一化亮度 (%),横轴表示元件的驱动时间 (h)。该可靠性测试在室温下进行,并在将初始亮度设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$,电流密度恒定的条件下驱动发光元件2。如图24所示,发光元件2在810小时后保持初始亮度的86%。由该可靠性测试的结果可知,发光元件2的使用寿命很长。

[0369] 实施例5

[0370] [合成实例2]

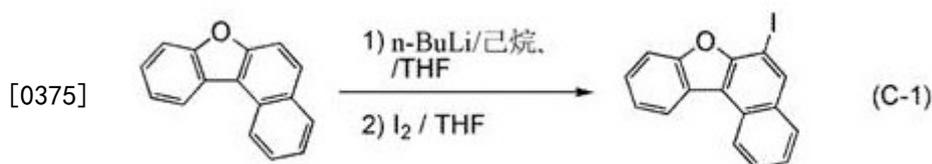
[0371] 在本实施例中,对由下述结构式 (140) 表示的2-[3'-(6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBnfBPDBq-02)的合成方法进行说明。



(140)
2mBnfBPDBq-02

[0373] 〈步骤1-1:6-碘苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的合成〉

[0374] (C-1) 示出步骤1-1的合成方案。

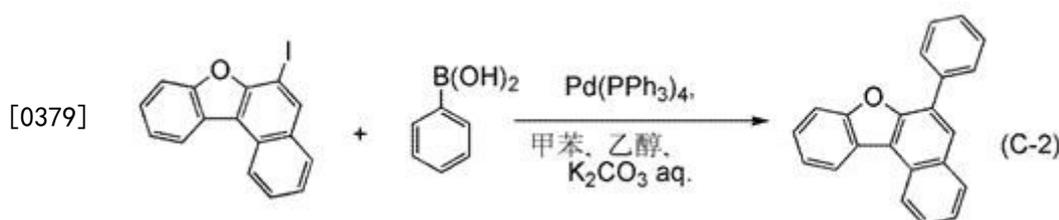


[0376] 将8.5g (39mmol) 的苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃放在500mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换,然后添加195mL的四氢呋喃 (THF)。在将该溶液冷却到 -75°C 之后,将25mL

(40mmol)的正丁基锂(1.59mol/L 正己烷溶液)滴下到该溶液中。在滴下之后,在室温下搅拌所得到的溶液1小时。在搅拌之后,将该溶液冷却到-75℃,然后将其中碘10g(40mmol)溶解于40mL的THF中而成的溶液滴下到上述溶液中。在滴下之后,在将温度回升至室温的同时搅拌所得到的溶液17小时。在搅拌之后,对该混合物添加硫代硫酸钠水溶液,搅拌1小时,然后使用水对该混合物的有机层进行洗涤,使用硫酸镁对有机层进行干燥。干燥之后,对该混合物进行重力过滤,利用硅藻土(日本和光纯药工业株式会社,目录号码:531-16855。以下所示的硅藻土也与此同样,所以省略重复记载)及硅酸镁(日本和光纯药工业株式会社,目录号码:540-00135。以下所示的硅酸镁也与此同样,所以省略重复记载)对所得到的溶液进行抽滤。浓缩所得到的滤液来获得固体,使用甲苯使其再结晶,由此以45%的收率获得6.0g(18mmol)的目的物的白色粉末。

[0377] 〈步骤1-2:6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的合成〉

[0378] (C-2)示出步骤1-2的合成方案。



[0380] 将6.0g(18mmol)的6-碘苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃、2.4g(19mmol)的苯基硼酸、70mL的甲苯、20mL的乙醇以及22mL的碳酸钾水溶液(2.0mol/L)放在200mL三口烧瓶中。在进行减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气。脱气之后,对烧瓶内进行氮气置换,添加480mg(0.42mmol)的四(三苯基膦)钯(0)。在氮气流下且在90℃的温度下搅拌该混合物12小时。搅拌之后,对该混合物添加水,并用甲苯对水层进行萃取。混合所得到的萃取液和有机层,使用水进行洗涤。用硫酸镁进行干燥。对该混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液来获得固体,将该固体溶解于甲苯。利用硅藻土、硅酸镁和矾土对所得到的溶液进行抽滤。浓缩所得到的溶液来获得固体,使用甲苯使其再结晶,由此以93%的收率获得4.9g(17mmol)的目的物的白色固体。

[0381] 〈步骤1-3:8-碘-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃的合成〉

[0382] (C-3)示出步骤1-3的合成方案。

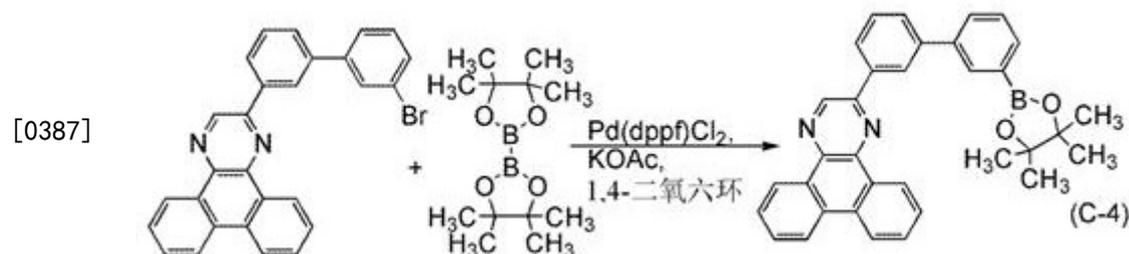


[0384] 将4.9g(17mmol)的6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃放在300mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换,然后添加87mL的THF。在将该溶液冷却到-75℃之后,将11mL(18mmol)的正丁基锂(1.59mol/L 正己烷溶液)滴下到该溶液中。在滴下之后,在室温下搅拌所得到的溶液1小时。搅拌之后,将该溶液冷却到-75℃,然后将其中碘4.6g(18mmol)溶解于18mL的THF中而成的溶液滴下到上述溶液中。在将温度回升至室温的同时搅拌所得到的溶液17小时。搅拌之后,对该混合物添加硫代硫酸钠水溶液,搅拌1小时,然后使用水对该混合物的有

机层进行洗涤,使用硫酸镁对有机层进行干燥。对该混合物进行重力过滤,利用硅藻土、硫酸镁及矾土对所得到的滤液进行抽滤。浓缩所得到的滤液来获得固体,使用甲苯使其再结晶,由此以53%的收率获得3.7g (8.8mmol)的目的物的白色固体。

[0385] 〈步骤2:2-[3'-(二苯并[f,h]喹喔啉-2-基)-联苯-3-基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊环的合成〉

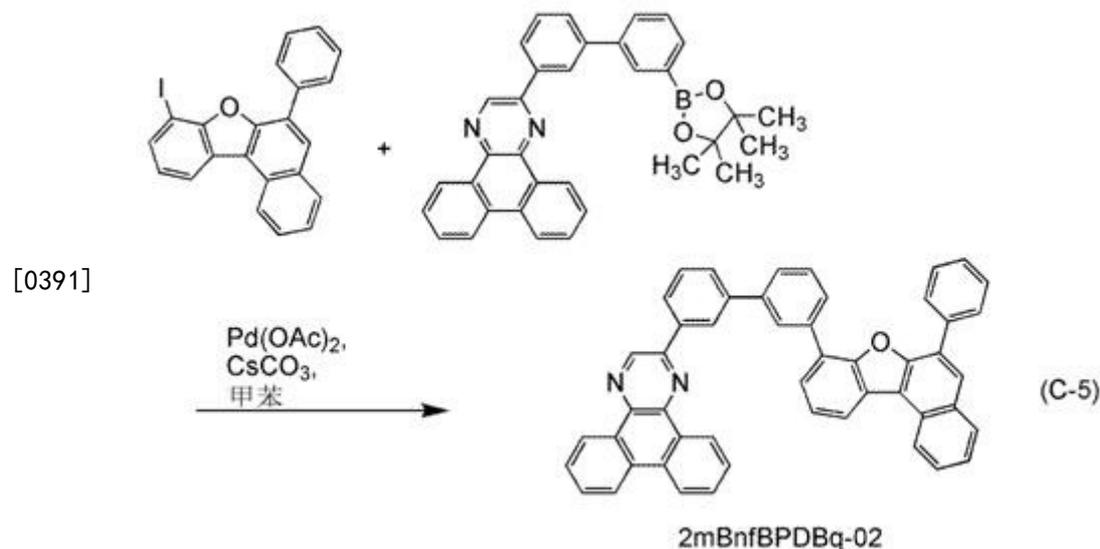
[0386] (C-4)示出步骤2的合成方案。



[0388] 将1.8g (3.9mmol)的2-(3'-溴联苯-3-基)二苯并[f,h]喹喔啉、994mg (3.9mmol)的联硼酸频那醇酯以及795mg (8.0mmol)的醋酸钾放在200mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加20mL的1,4-二氧六环,在减压下搅拌该混合物,以进行脱气,对烧瓶内进行氮气置换。在60℃的温度下搅拌所得到的混合物,对该混合物添加87mg (0.1mmol)的[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II)二氯甲烷加成物。在80℃的温度下搅拌该混合物9小时。利用薄层硅胶柱层析法(展开溶剂为己烷:乙酸乙酯=10:1)展开反应混合物,而确认到目的物的斑点。

[0389] 〈步骤3:2mBnfBPDBq-02的合成〉

[0390] (C-5)表示步骤3的合成方案。



[0392] 在步骤2的反应结束之后,在不进行后处理(work up)的状态下在相同的容器中进行步骤3的反应。对在步骤2中获得的混合物添加在步骤1-3中获得的1.6g (3.9mmol)的8-碘-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]咪喃、60mg (0.30mmol)的醋酸钯(II)以及2.2g (6.6mmol)的碳酸铯,然后在100℃的温度下搅拌该混合物6小时。对该混合物添加20mL二甲苯,在120℃的温度下再搅拌9小时。搅拌之后,进行抽滤回收析出的固体,依次使用水和乙醇进行洗涤,对所得到的固体进行干燥,由此以65%的收率获得1.7g的目的物的褐色固体。

[0393] 利用梯度升华方法对所得到的固体1.5g进行纯化。升华纯化条件为：在压力为3.2Pa且氩气体流量为15mL/min的状态下以350℃加热固体17小时。加热之后，以63%的收率获得0.95g的淡褐色固体。

[0394] 利用梯度升华方法对升华纯化之后的固体0.95g进行纯化。升华纯化条件为：在压力为3.5Pa且氩气体流量为15mL/min的状态下以350℃加热固体17小时。加热之后，以77%的收率获得0.72g的淡褐色固体。

[0395] 通过核磁共振法(NMR)，确认到上述化合物是目的物的2mBnfBPDBq-02。

[0396] 以下示出所得到的物质的¹H NMR数据。

[0397] ¹H NMR(四氯化碳-d₂, 500MHz): δ=7.28-7.29(m, 3H), 7.62(t, J=7.5Hz, 1H), 7.65-7.73(m, 4H), 7.77-7.86(m, 7H), 7.98-8.00(m, 2H), 8.03(d, 1H), 8.07(s, 1H), 8.10(d, 1H), 8.38(d, J=8.0Hz, 1H), 8.49-8.51(m, 2H), 8.65-8.66(m, 3H), 8.72(d, J=8.5Hz, 1H), 9.27(d, J=7.0Hz, 1H), 9.40(d, J=8.0Hz, 1H), 9.44(s, 1H)

[0398] 图25A和图25B示出¹H NMR图。图25B是图25A的7.00ppm至10.0ppm的范围的放大图。

[0399] 图26A示出2mBnfBPDBq-02的甲苯溶液的吸收光谱,图26B示出其发射光谱。此外,图27A示出2mBnfBPDBq-02的薄膜的吸收光谱,图27B示出其发射光谱。关于吸收光谱的测定方法及测定条件,可以参照实施例1的记载。在图26A和图26B以及图27A和图27B中,横轴表示波长(nm),纵轴表示强度(任意单位)。甲苯溶液的吸收峰值位于322nm、353nm及375nm附近,发光波长的峰值位于385nm及405nm(激发波长为330nm)。另外,薄膜的吸收峰值位于262nm、328nm、345nm、366nm及383nm,发光波长的峰值位于439nm(激发波长为380nm)。

[0400] 另外,测定2mBnfBPDBq-02溶液的电化学特性。

[0401] 关于测定方法及测定条件等,可以参照实施例1的记载。

[0402] 在将相对于参考电极的工作电极的电位从0.30V扫描到1.30V之后,将其从1.30V扫描到0.30V,而测定氧化特性。即使在100个循环之后,观察到的氧化峰也保持初始强度的59%。这意味着2mBnfBPDBq-02具有有效地抵抗氧化态和中性态之间的氧化还原反应的反复的性质。图28A示出氧化特性的测定结果。

[0403] 在将相对于参考电极的工作电极的电位从-1.30V扫描到-2.10V之后,将其从-2.10V扫描到-1.30V,而测定还原特性。即使在100个循环之后,观察到的还原峰也保持初始强度的78%。这意味着2mBnfBPDBq-02具有有效地抵抗还原态和中性态之间的氧化还原反应的反复的性质。图28B示出还原特性的测定结果。

[0404] 通过CV测定得到的氧化峰电位E_{pa}和还原峰电位E_{pc}的中间的电位(半波电位)相当于HOMO能级,所以可以算出2mBnfBPDBq-02的HOMO能级为-6.06eV,还可以算出2mBnfBPDBq-02的LUMO能级为-2.94eV。由此可知,2mBnfBPDBq-02的带隙(ΔE)为3.12eV。

[0405] 另外,测定2mBnfBPDBq-02的热重-差热分析(TG-DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。关于测定方法及测定条件等,可以参照实施例1的记载。从测定结果可知,2mBnfBPDBq-02的5%失重温度为500℃以上,熔点为273℃。上述结果示出2mBnfBPDBq-02具有良好的耐热性。

[0406] 另外,利用LC/MS分析对2mBnfBPDBq-02进行质谱分析。

[0407] 关于分析条件中的与实施例1相同部分省略说明。在本实施例的LC-MS分析中,流

动相A为乙腈,流动相B为0.1%甲酸水溶液。在10分钟的分析中,在开始分析时将乙腈设定为75%并保持该比率1分钟,然后以开始分析10分钟后到达95%的方式线性增加乙腈的比率。

[0408] 在本实施例的MS分析中,分辨率为35000,AGC靶材为 $2e5$,质量范围为 $m/z=50.00$ 至705.00,并且以正模式进行检测。

[0409] 将以上述条件被离子化了的 $m/z=674.24 \pm 10$ ppm的成分在碰撞室内碰撞到氦气体来使其离解为子离子,进行MS/MS测量。将碰撞到氦时的能量NCE设定为50,并利用傅立叶变换质谱仪(FT MS)检测出所生成的离子。图35A和图35B示出测定结果。

[0410] 图35A和图35B示出在 $m/z=229$ 附近及 $m/z=220$ 附近检测出2mBnfBPDBq-02的子离子。因为图35A和图35B示出来源于2mBnfBPDBq-02的特征,所以可以说这是为了识别包含在混合物中的2mBnfBPDBq-02而重要的数据。

[0411] $m/z=229$ 附近的子离子被估计为来源于2mBnfBPDBq-02中的二苯并[f,h]喹啉的阳离子,这表示本发明的一个方式的杂环化合物的部分结构。另外, $m/z=220$ 附近的子离子被估计为来源于苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃中的醚键断裂而成的醇的阳离子(实施例1中的结构式(10)或结构式(11)),这表示本发明的一个方式的杂环化合物的部分结构。

[0412] 接下来,进行2mBnfBPDBq-02的磷光发光测定。

[0413] 在本实施例中,形成2mBnfBPDBq-02的蒸镀膜并对该膜进行低温PL法,根据测定了的磷光光谱估计 T_1 能级。注意,根据磷光光谱的最短波长一侧的峰值波长估计出 T_1 能级。在该测定中,以10K的测定温度使用PL显微镜 LabRAM HR-PL(日本堀场制作所制造)、作为激发光的He-Cd激光(325nm)以及CCD检测器。

[0414] 另外,将薄膜以50nm的厚度形成在石英衬底上,并且在氮气氛围中将其他石英衬底贴合到蒸镀膜,来进行测定。

[0415] 从测定结果可知,磷光光谱的最短波长一侧的峰值位于545nm。由此算出2mBnfBPDBq-02的 T_1 能级为2.28eV。

[0416] 实施例6

[0417] 在本实施例中参照图12说明本发明的一个方式的发光元件。

[0418] 下面,示出本实施例的发光元件3的制造方法。

[0419] (发光元件3)

[0420] 在发光元件3中,与发光元件1相同地形成发光层1113及电子传输层1114以外的构成要素。在此,仅说明与发光元件1的制造方法不同的步骤。

[0421] 发光元件3的发光层1113通过将2mBnfBPDBq-02、PCBBiF以及 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ 共蒸镀来形成。在此,层叠如下两个层:以将2mBnfBPDBq-02、PCBBiF和 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ 的重量比调节为0.7:0.3:0.05(=2mBnfBPDBq-02:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$)的方式形成的20nm厚的层;将其重量比调节为0.8:0.2:0.05(=2mBnfBPDBq-02:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$)的方式形成的20nm厚的层。

[0422] 通过形成20nm厚的2mBnfBPDBq-02的膜以及10nm厚的BPhen的膜,来形成发光元件3的电子传输层1114。

[0423] 表6示出通过上述步骤得到的本实施例的发光元件的元件结构。

[0424] [表6]

[0425]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层		电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件3	ITSO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 20nm	BPAFLP 20nm	2mBnfBPDBq-02:PCBBiF :[Ir(dppm) ₂ (acac)]		2mBnfBP DBq-02 20nm	BPhen 10nm	LiF 1nm	Al 200nm
				(=0.7:0.3:0.05)	(=0.8:0.2:0.05)				
				20nm	20nm				

[0426] 在氮气气氛的手套箱中以不暴露于大气的方式密封本实施例的发光元件。然后，测定该发光元件的工作特性。测定在室温（保持为25℃的气氛）下进行。

[0427] 图29示出发光元件3的电流密度-亮度特性。在图29中，横轴表示电流密度(mA/cm²)，纵轴表示亮度(cd/m²)。图30示出电压-亮度特性。在图30中，横轴表示电压(V)，纵轴表示亮度(cd/m²)。图31示出亮度-电流效率特性。在图31中，横轴表示亮度(cd/m²)，纵轴表示电流效率(cd/A)。图32示出电压-电流特性。在图32中，横轴表示电压(V)，纵轴表示电流(mA)。图33示出亮度-外部量子效率特性。在图33中，横轴表示亮度(cd/m²)，纵轴表示外部量子效率(%)。此外，表7示出亮度为1200cd/m²时的发光元件3的电压(V)、电流密度(mA/cm²)、CIE色度坐标(x,y)、电流效率(cd/A)、功率效率(lm/W)以及外部量子效率(%)。

[0428] [表7]

[0429]

	电压(V)	电流密度(mA/cm ²)	色度x	色度y	亮度(cd/m ²)	电流效率(cd/A)	功率效率(lm/W)	外部量子效率(%)
发光元件3	2.9	1.4	0.55	0.44	1200	82	89	30

[0430] 亮度为1200cd/m²时的发光元件3的CIE色度坐标为(x,y)=(0.55,0.44)，发光元件3呈现橙色发光。由该结果可知，从发光元件3提供来源于[Ir(dppm)₂(acac)]的橙色发光。

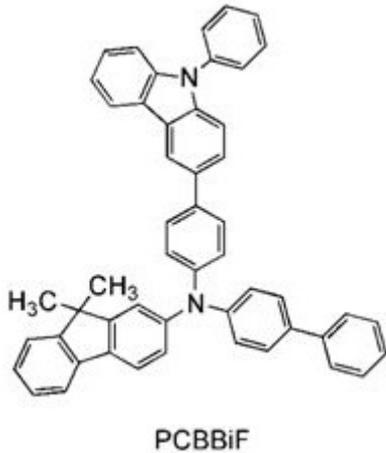
[0431] 从工作特性的测定结果可知，发光元件3具有高发光效率及低驱动电压。

[0432] 此外，进行发光元件3的可靠性测试。图34示出可靠性测试的结果。在图34中，纵轴表示以初始亮度为100%时的归一化亮度(%)，横轴表示元件的驱动时间(h)。该可靠性测试在室温下进行，并在将初始亮度设定为5000cd/m²，电流密度恒定的条件下驱动发光元件3。如图34所示，发光元件3在1100小时后保持初始亮度的87%。由该可靠性测试的结果可知，发光元件3的使用寿命很长。

[0433] [参考例子]

[0434] 对在实施例3及实施例4中使用的N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)的合成方法进行说明。

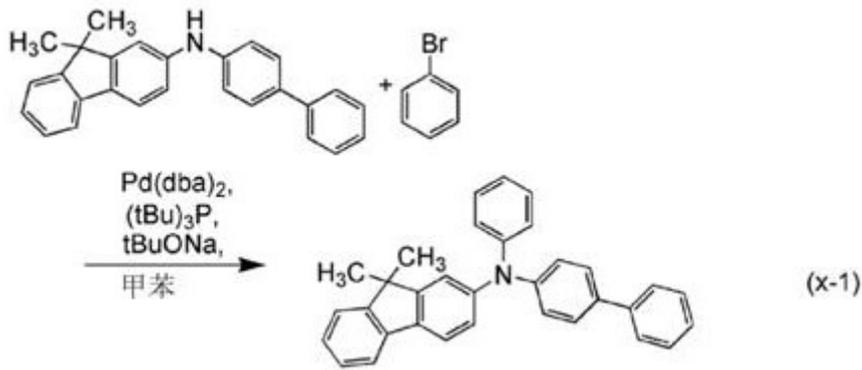
[0435]



[0436] 〈步骤1:N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-苯基-9H-芴-2-胺的合成〉

[0437] (x-1) 示出步骤1的合成方案。

[0438]



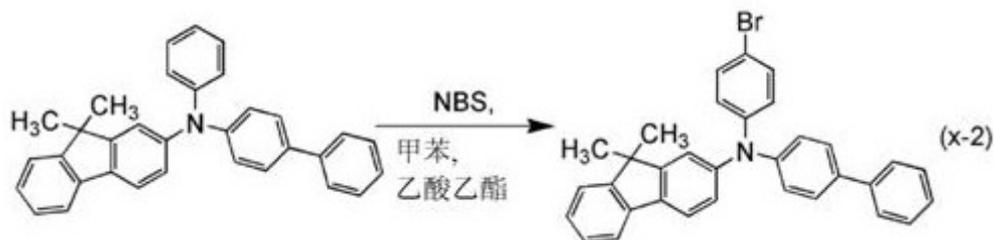
[0439] 将45g (0.13mol) 的N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺、36g (0.38mol) 的叔丁醇钠、21g (0.13mol) 的溴苯、500mL 的甲苯放入1L三口烧瓶中。在进行减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气,在脱气之后对该烧瓶内进行氮气置换。然后,添加0.8g (1.4mmol) 的双(二亚苄基丙酮)钯(0)、12mL (5.9mmol) 的三(叔丁基)膦(10wt.%己烷溶液)。

[0440] 在氮气流下且在90℃的温度下搅拌该混合物2小时。然后,在将该混合物冷却到室温之后,通过抽滤分离固体。浓缩所得到的滤液,来得到200mL左右的褐色液体。在混合该褐色液体和甲苯之后,使用硅藻土、矾土、硅酸镁使所得到的溶液纯化。浓缩所得到的滤液,来得到淡黄色液体。使用己烷使该淡黄色液体再结晶,以95%的收率获得52g的目的物的淡黄色粉末。

[0441] 〈步骤2:N-(1,1'-联苯-4-基)-N-(4-溴苯基)-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺的合成〉

[0442] (x-2) 示出步骤2的合成方案。

[0443]

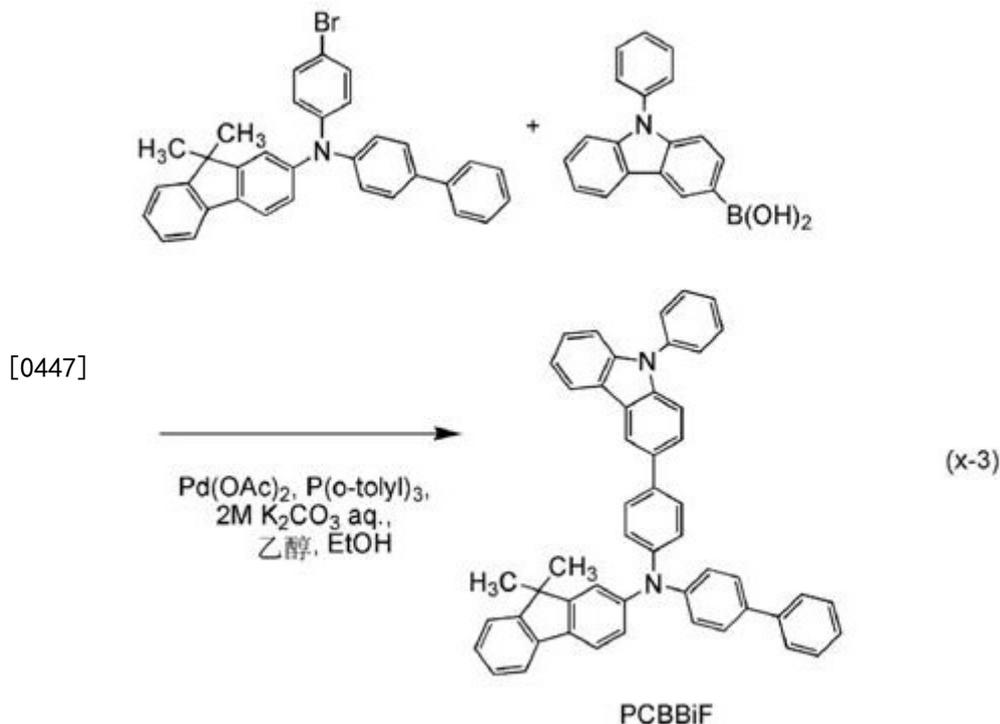


[0444] 将45g (0.10mol) 的N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-苯基-9H-芴-2-胺放入1L 的三角烧瓶中,添加225mL 的甲苯在进行加热的同时进行搅拌和溶解。在将该溶液冷却到室

温之后,添加225mL的乙酸乙酯,添加18g (0.10mol)的N-溴代丁二酰亚胺(简称:NBS),在室温下搅拌混合物2.5小时。在搅拌之后,使用饱和碳酸氢钠水溶液对该混合物进行洗涤三次,使用饱和食盐水对该混合物进行洗涤一次。对所得到的有机层添加硫酸镁并放置2小时,以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤去除硫酸镁,浓缩所得到的滤液,而得到黄色液体。混合该黄色液体和甲苯,使用硅藻土、矾土、硅酸镁使该溶液纯化。浓缩所得到的溶液,来得到淡黄色固体。使用甲苯/乙醇使该淡黄色固体再结晶,以89%的收率得到47g的目的物的白色粉末。

[0445] 〈步骤3:PCBBiF的合成〉

[0446] (x-3) 示出步骤3的合成方案。



[0448] 将41g (80mmol)的N-(1,1'-联苯-4-基)-N-(4-溴苯基)-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺以及25g (88mmol)的9-苯基-9H-芴-3-硼酸放入1L三口烧瓶中,添加240mL的甲苯、80mL的乙醇、120mL的碳酸钾水溶液(2.0mol/L),在进行减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气,在脱气之后对该烧瓶内进行氮气置换。并且,添加27mg (0.12mmol)的醋酸钯(II)、154mg (0.5mmol)的三(邻甲苯基)膦,再次在进行减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气,在脱气之后对该烧瓶内进行氮气置换。在氮气流下且在110℃的温度下搅拌该混合物1.5小时。

[0449] 然后,在搅拌该混合物的同时将其自然冷却到室温,然后使用甲苯萃取该混合物的水层两次。在混合所得到的萃取液和有机层之后,使用水进行洗涤两次,使用饱和食盐水进行洗涤两次。对该溶液添加硫酸镁并将其放置,以进行干燥。对该混合物进行重力过滤去除硫酸镁,浓缩所得到的滤液,而得到褐色溶液。在混合该褐色溶液和甲苯之后,使用硅藻土、矾土、硅酸镁使所得到的溶液纯化。浓缩所得到的滤液,来得到淡黄色固体。使用乙酸乙酯/乙醇使该淡黄色固体再结晶,以88%的收率得到46g的目的物的淡黄色粉末。

[0450] 通过利用梯度升华方法对所获得的38g淡黄色粉末进行纯化。在升华纯化中,在压力为3.7Pa且氩气体流量为15mL/min的条件下,在345℃的温度下加热淡黄色粉末。在进行

升华纯化之后,以83%的收率得到31g的目的物的淡黄色固体。

[0451] 通过核磁共振法(NMR)确认到该化合物为目的物的N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)。

[0452] 以下示出所得到的淡黄色固体的¹H NMR数据。

[0453] ¹H NMR(CDCl₃,500MHz): δ =1.45(s,6H),7.18(d,J=8.0Hz,1H),7.27-7.32(m,8H),7.40-7.50(m,7H),7.52-7.53(m,2H),7.59-7.68(m,12H),8.19(d,J=8.0Hz,1H),8.36(d,J=1.1Hz,1H)

[0454] 符号说明

[0455] 201:第一电极;203:EL层;203a:第一EL层;203b:第二EL层;205:第二电极;207:中间层;301:空穴注入层;302:空穴传输层;303:发光层;304:电子传输层;305:电子注入层;401:支撑衬底;403:发光元件;405:密封衬底;407:密封剂;409a:第一端子;409b:第二端子;411a:光提取结构;411b:光提取结构;413:平坦化层;415:空间;417:辅助布线;419:绝缘层;421:第一电极;423:EL层;425:第二电极;501:支撑衬底;503:发光元件;504:发光元件;505:密封衬底;506:干燥剂;507:密封剂;509:FPC;511:绝缘层;513:绝缘层;515:空间;517:引线;519:隔壁;521:第一电极;523:EL层;525:第二电极;531:黑矩阵;533:滤色片;535:保护层;541a:晶体管;541b:晶体管;542:晶体管;543:晶体管;551:发光部;551a:发光部;551b:发光部;552:驱动电路部;553:驱动电路部;561:第一电极;563:EL层;565:第二电极;1100:玻璃衬底;1101:第一电极;1103:第二电极;1111:空穴注入层;1112:空穴传输层;1113:发光层;1114:电子传输层;1115:电子注入层;7100:电视装置;7101:外壳;7102:显示部;7103:支架;7111:遥控操作机;7200:计算机;7201:主体;7202:外壳;7203:显示部;7204:键盘;7205:外部连接端口;7206:指向装置;7300:便携式游戏机;7301a:外壳;7301b:外壳;7302:连接部;7303a:显示部;7303b:显示部;7304:扬声器部;7305:记录媒体插入部;7306:操作键;7307:连接端子;7308:传感器;7400:移动电话机;7401:外壳;7402:显示部;7403:操作按钮;7404:外部连接端口;7405:扬声器;7406:麦克风;7500:平板终端;7501a:外壳;7501b:外壳;7502a:显示部;7502b:显示部;7503:轴部;7504:电源开关;7505:操作键;7506:扬声器;7601:照明装置;7602:照明装置;7603:台式照明装置;7604:面状照明装置;7701:照明部;7703:支柱;7705:支架。

[0456] 本申请基于2013年8月29日向日本专利局提交的日本专利申请序号2013-178449和2014年5月2日向日本专利局提交的日本专利申请序号2014-095259,其全部内容通过引用结合到本文中。

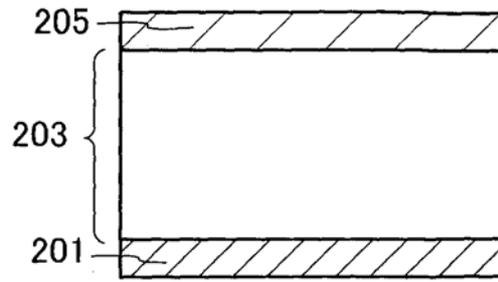


图 1A

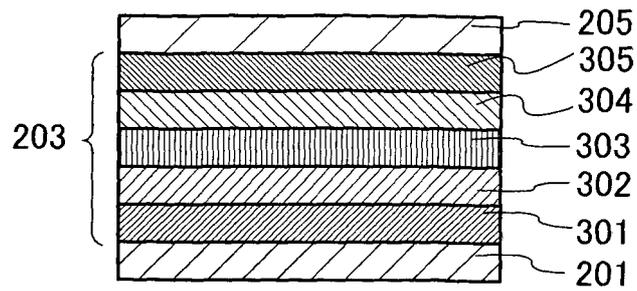


图 1B

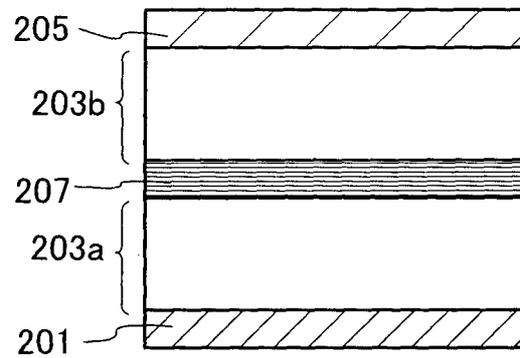


图 1C

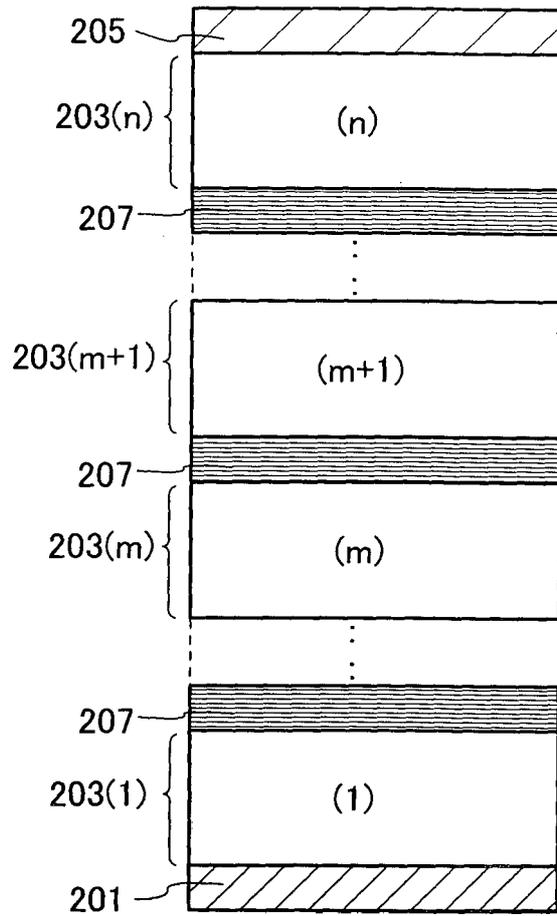


图 1D

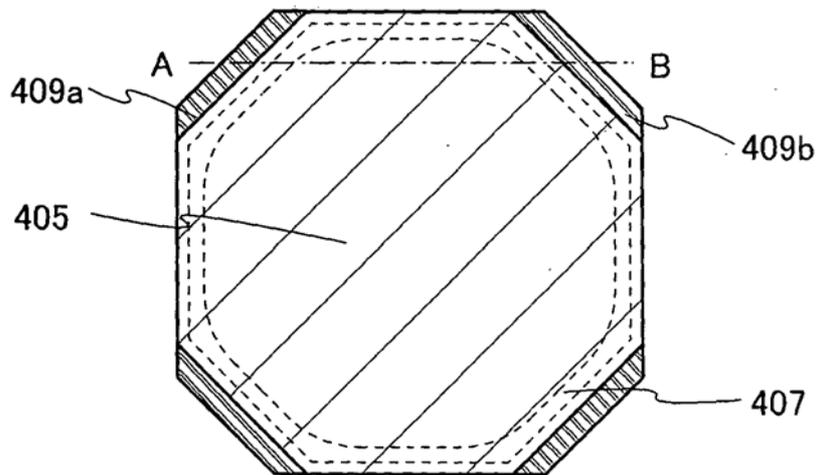


图 2A

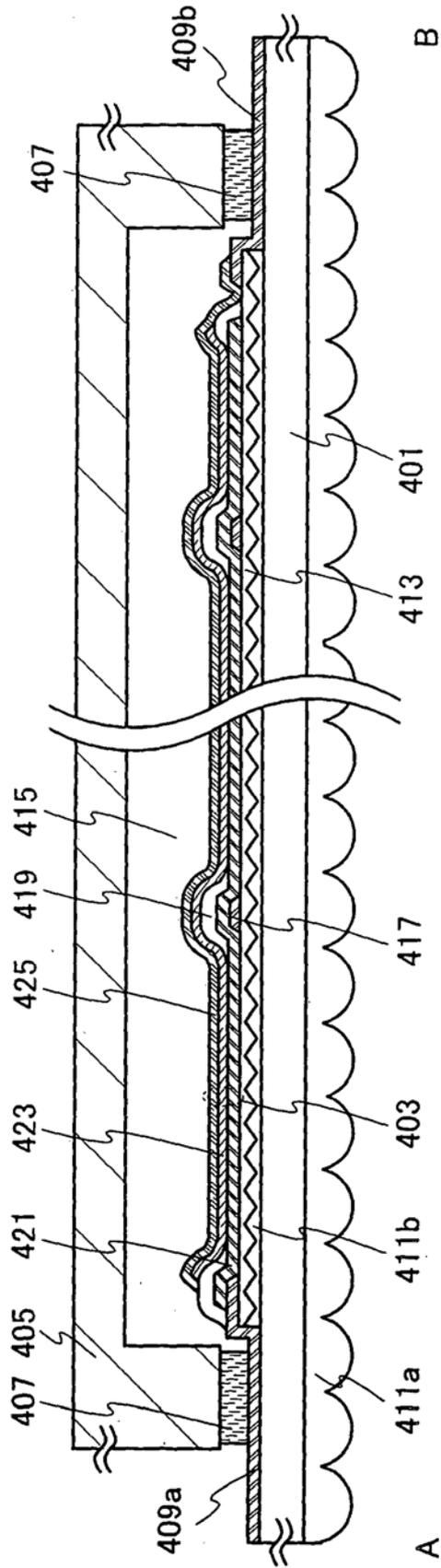


图 2B

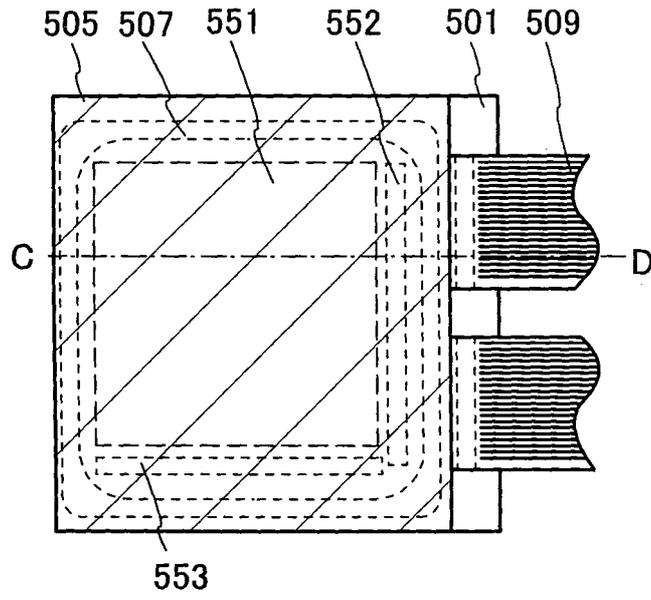


图 3A

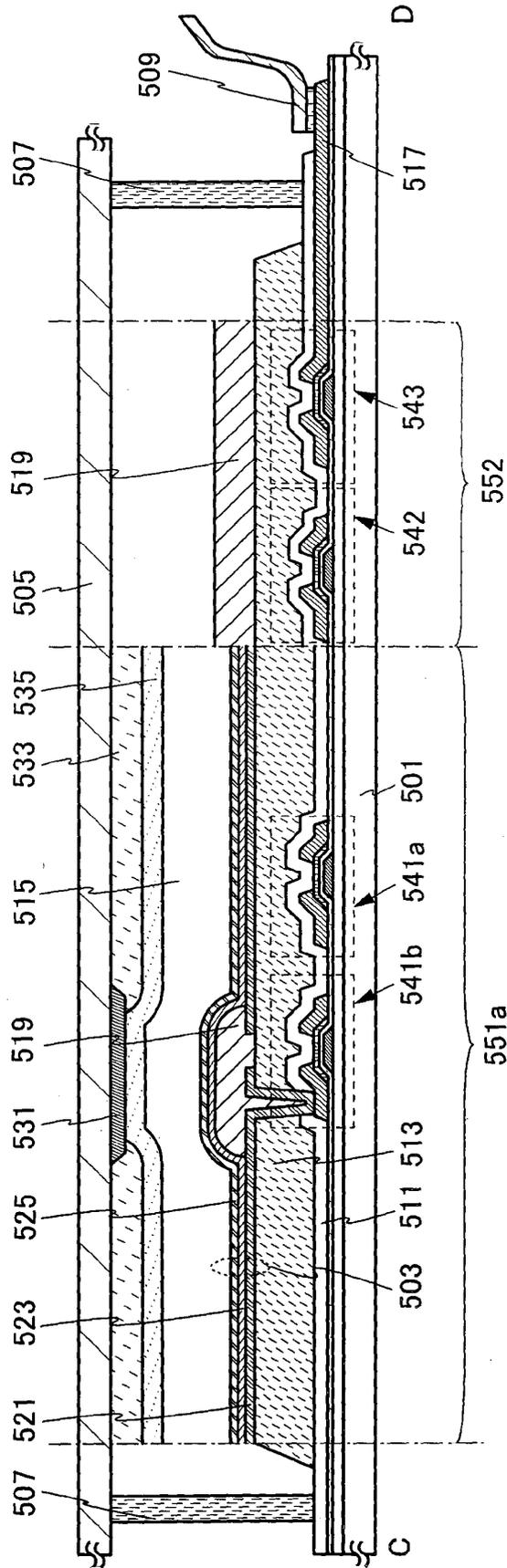


图 3B

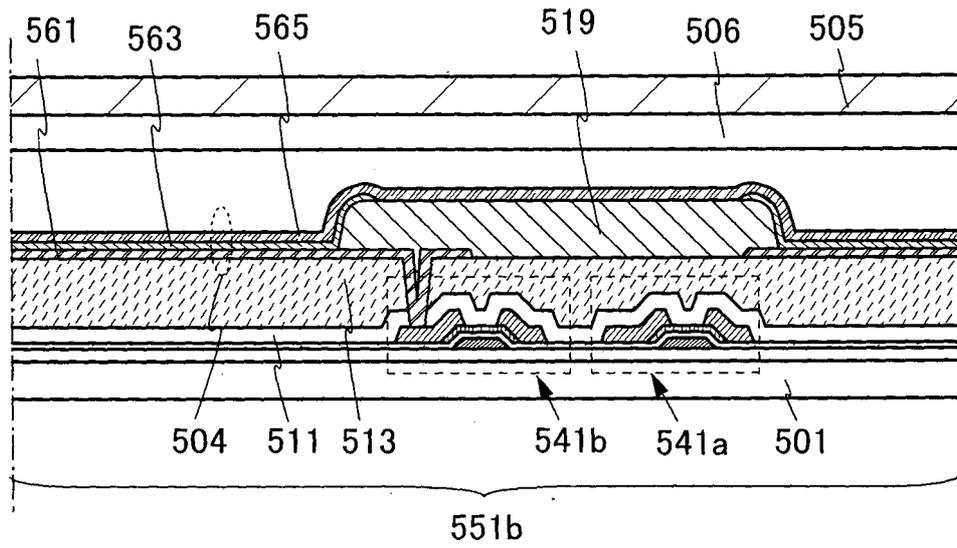


图 3C

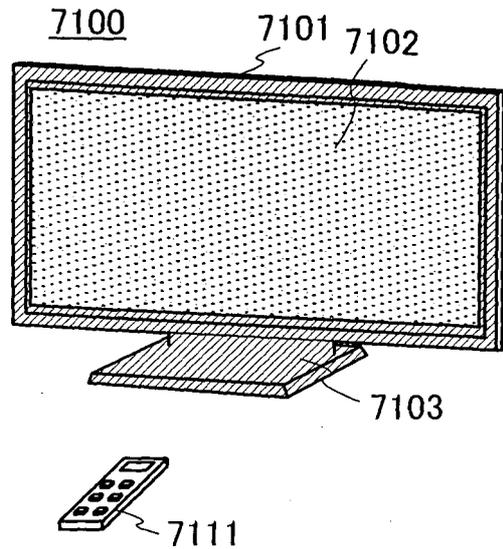


图 4A

7200

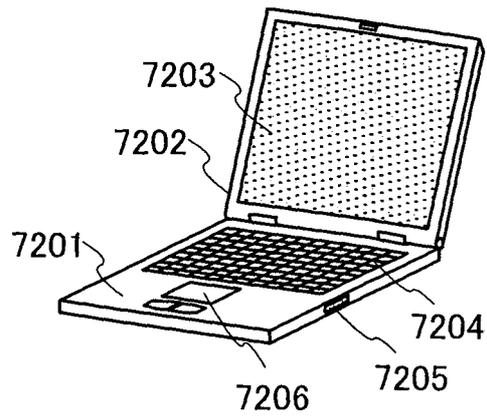


图 4B

7300

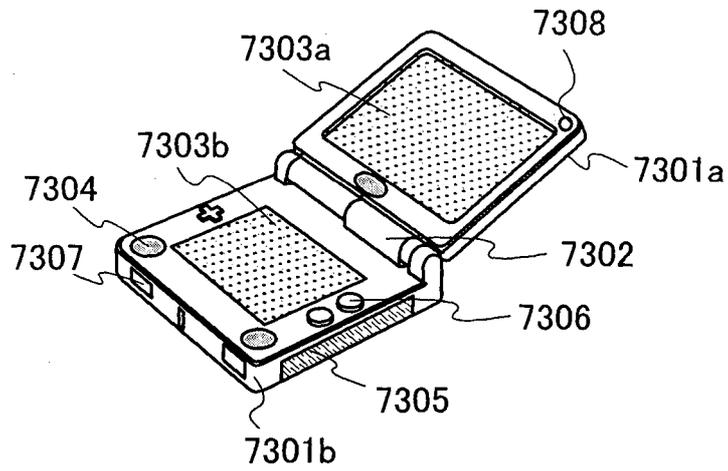


图 4C

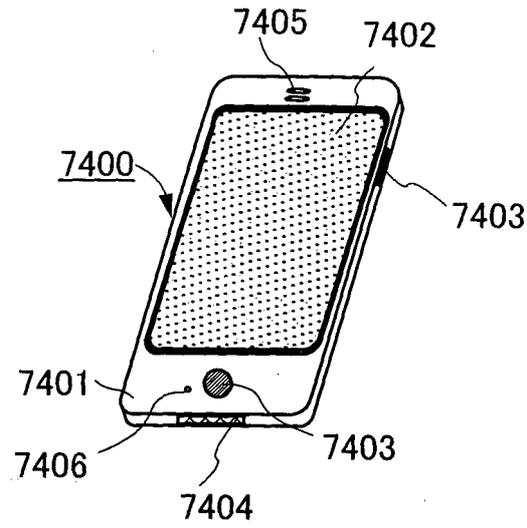


图 4D

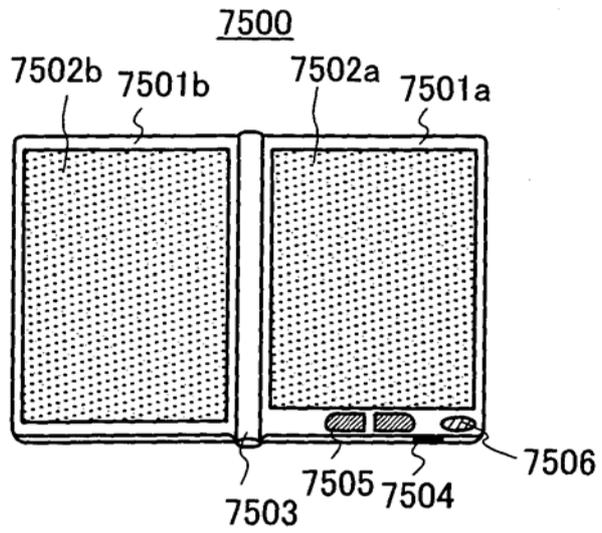


图 4E

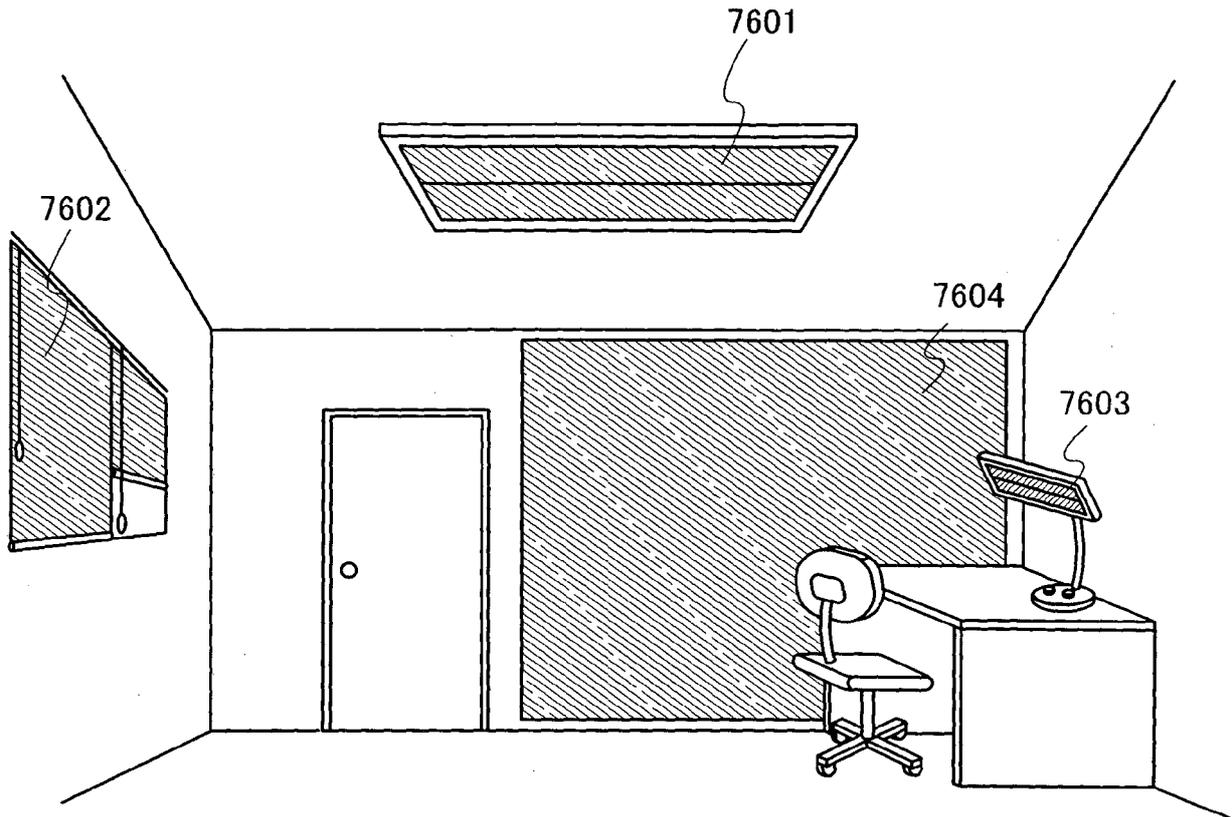


图 5A

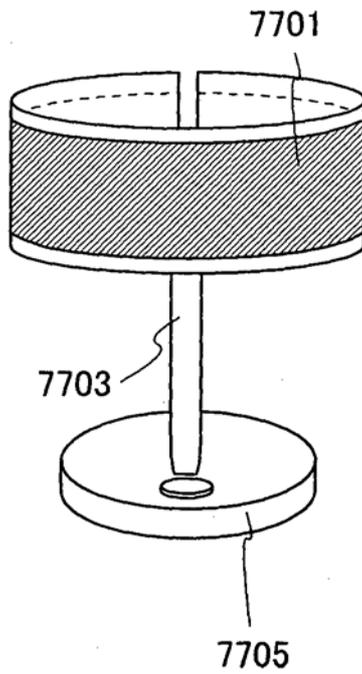


图 5B

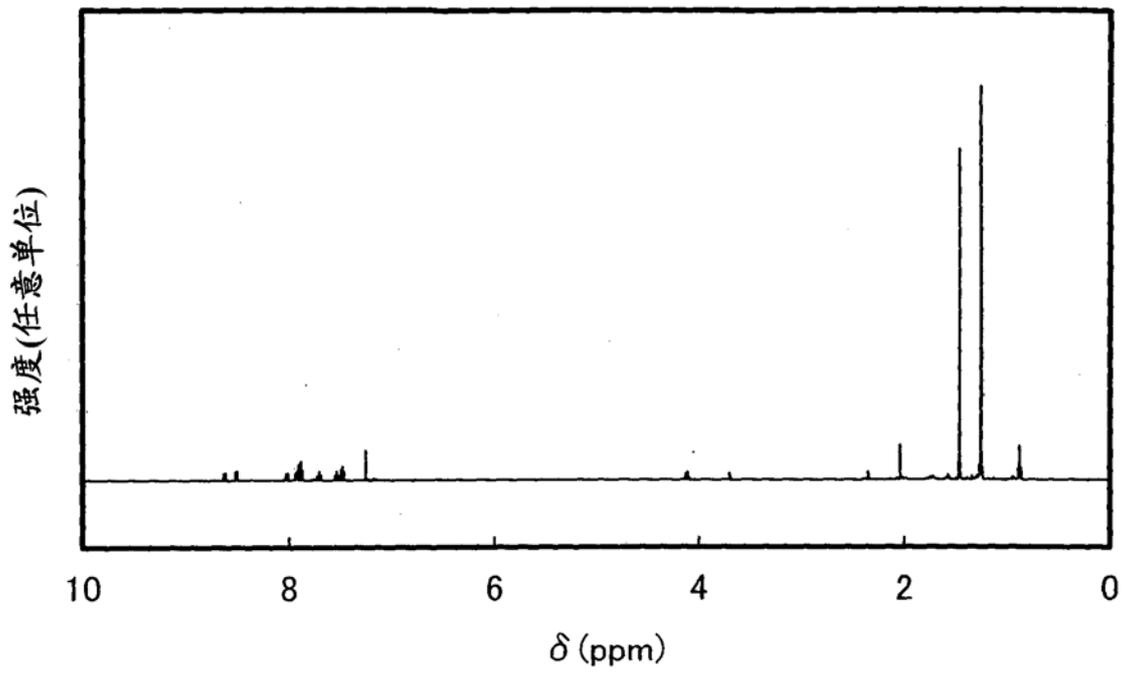


图 6A

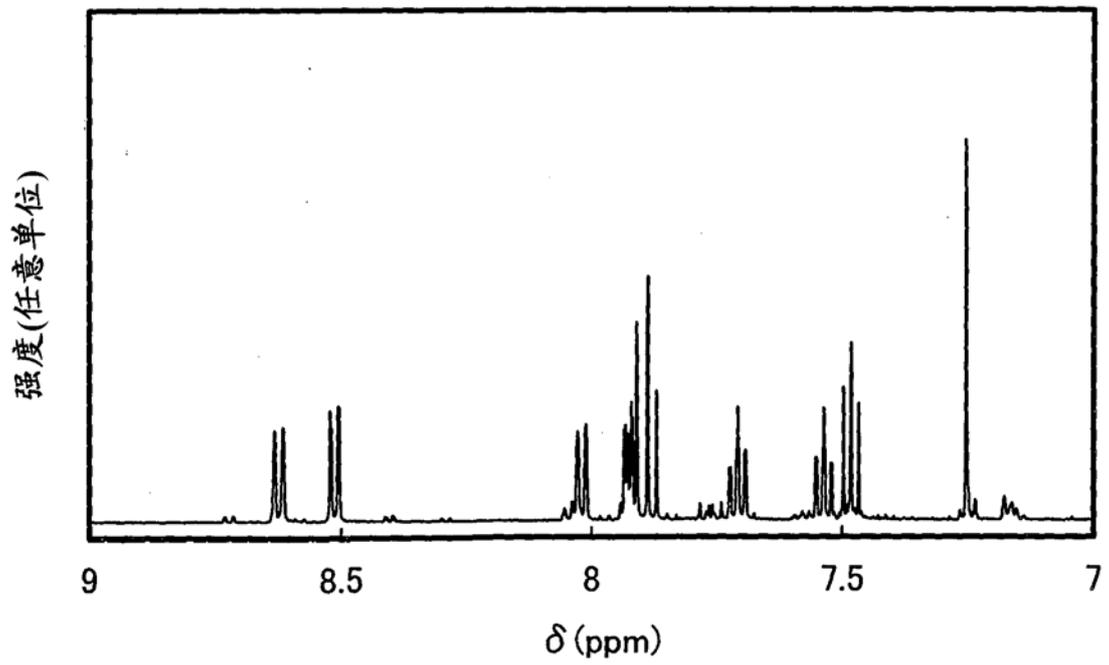


图 6B

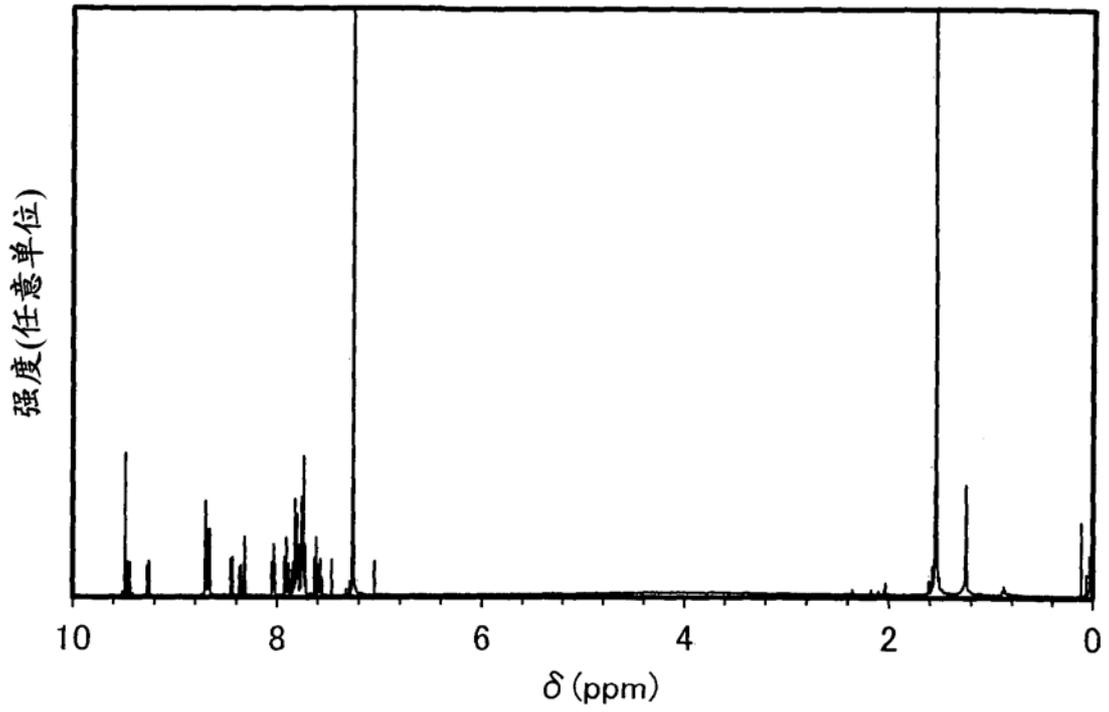


图 7A

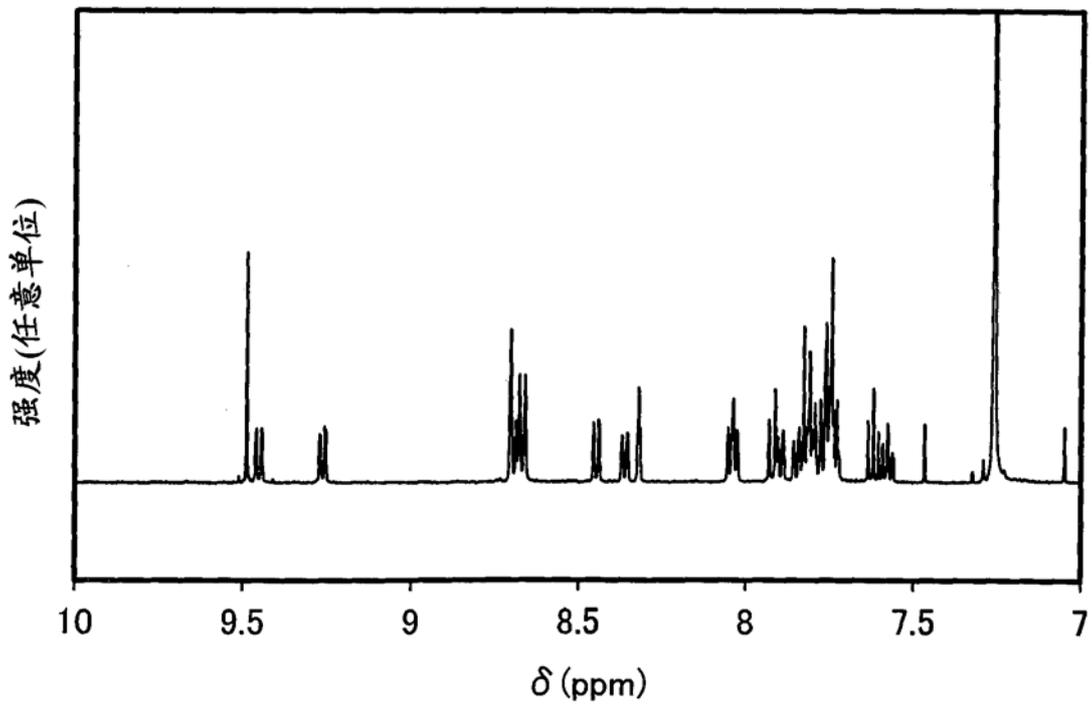


图 7B

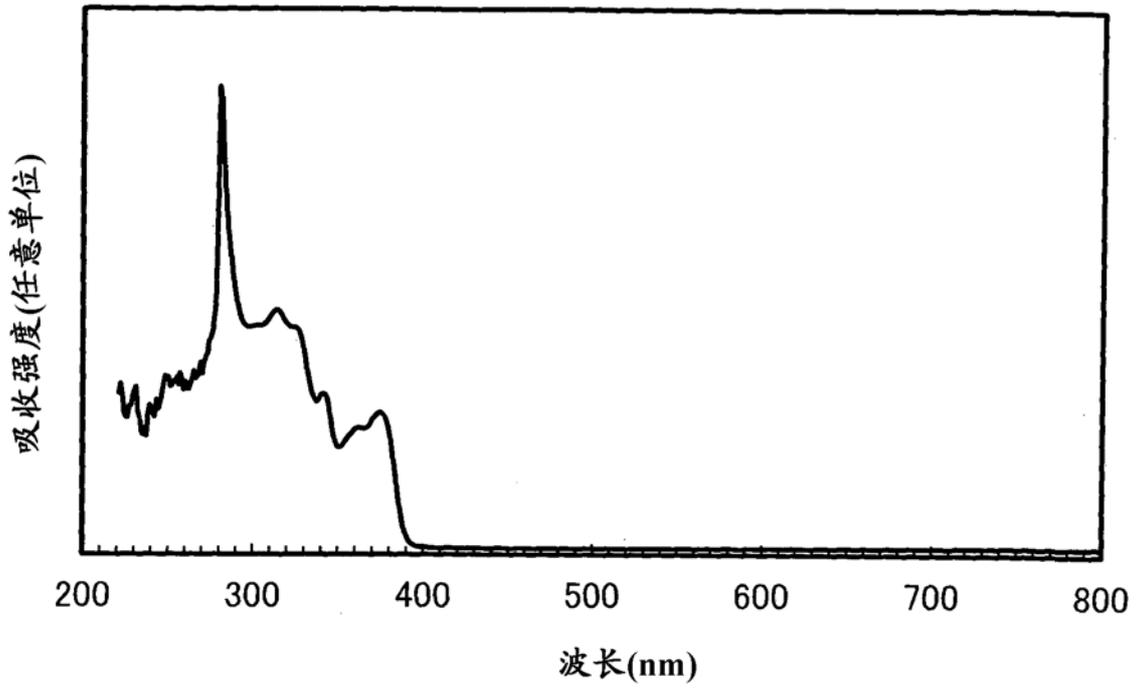


图 8A

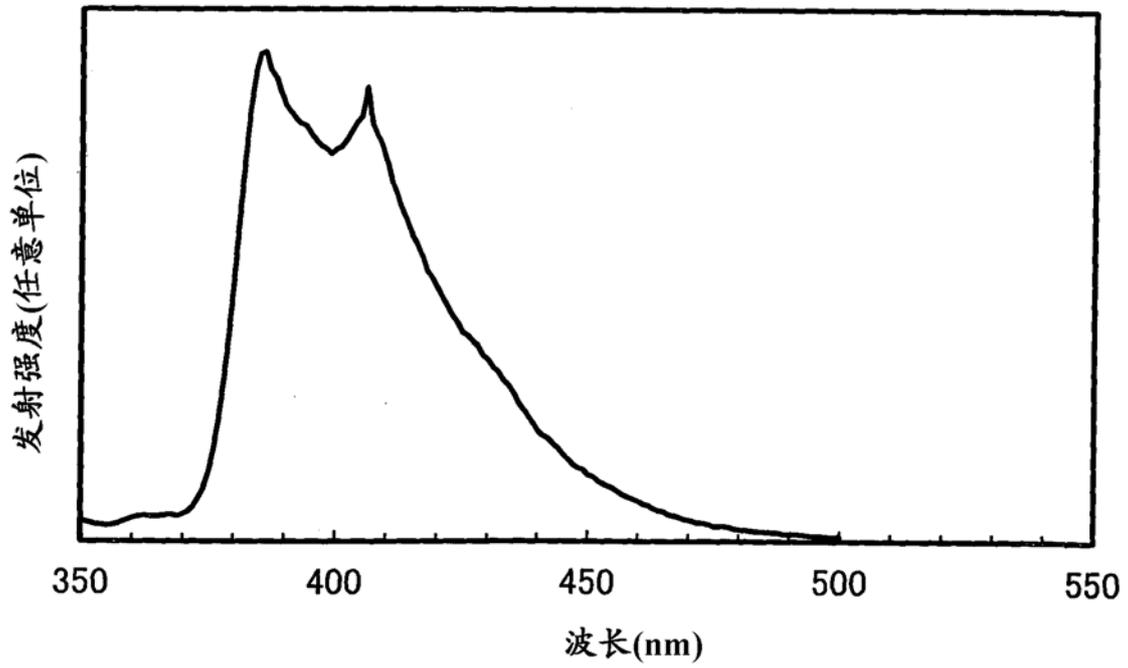


图 8B

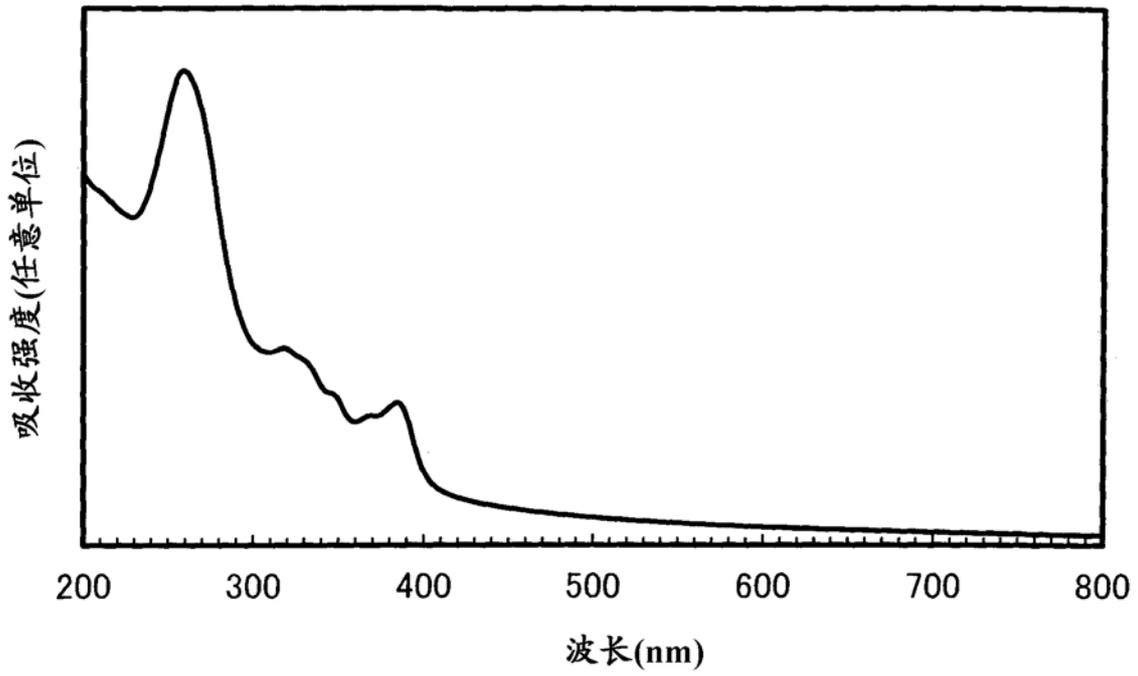


图 9A

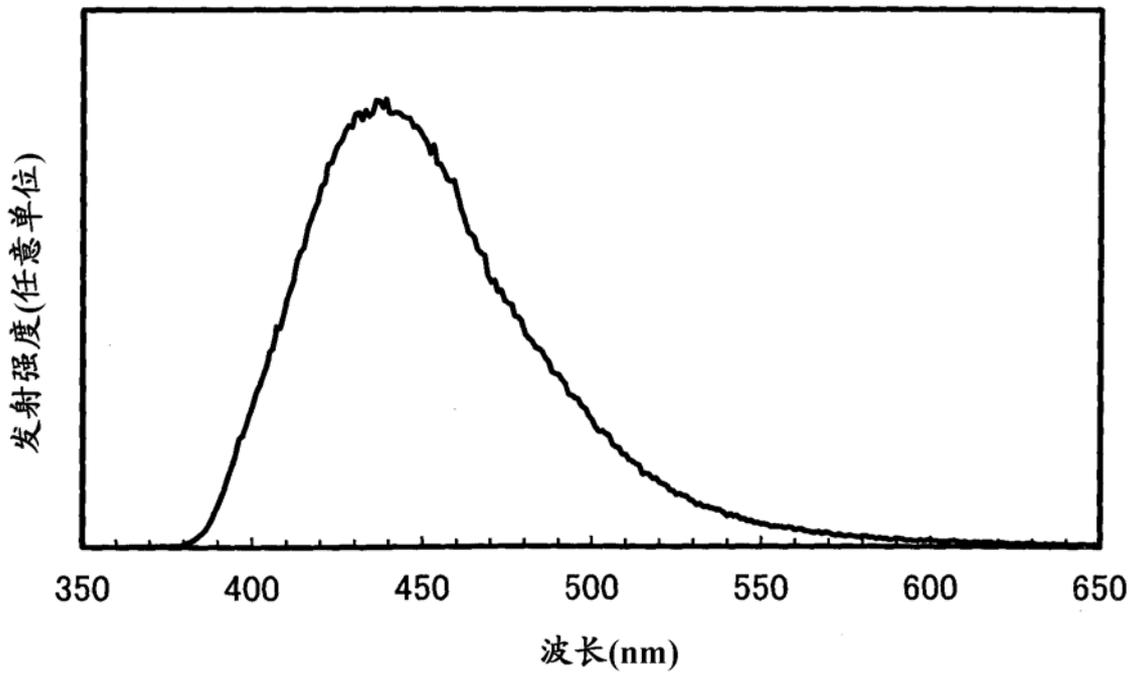


图 9B

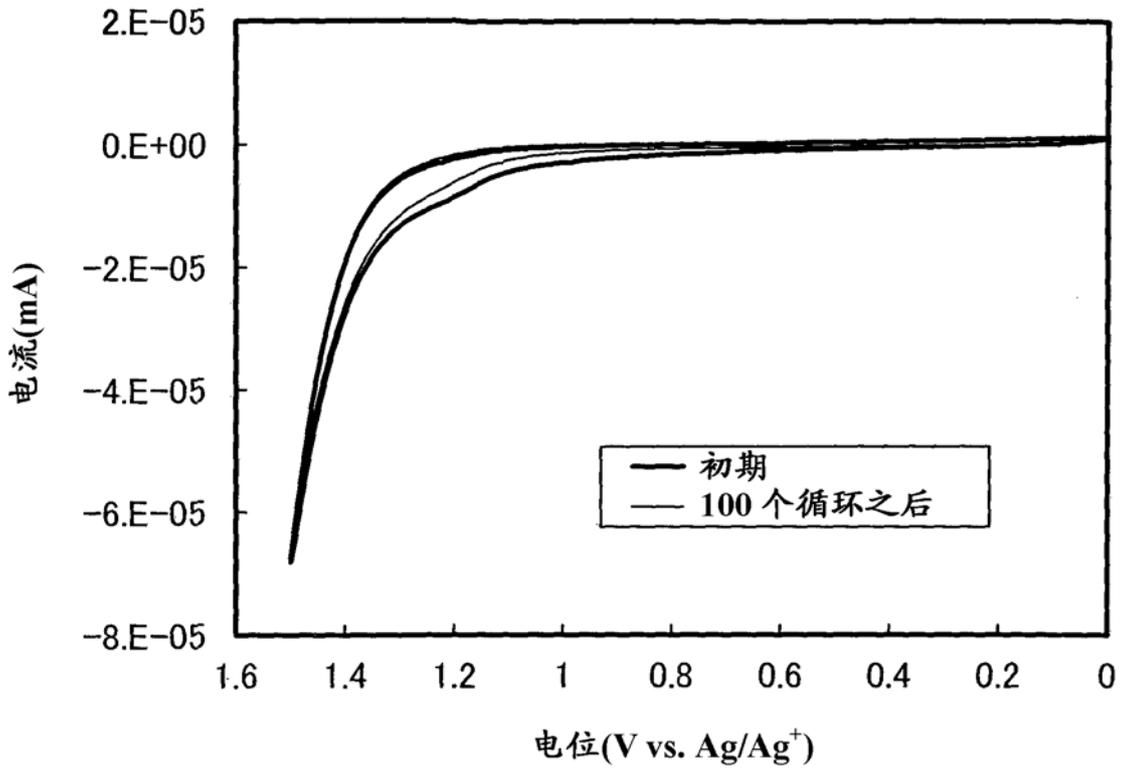


图 10A

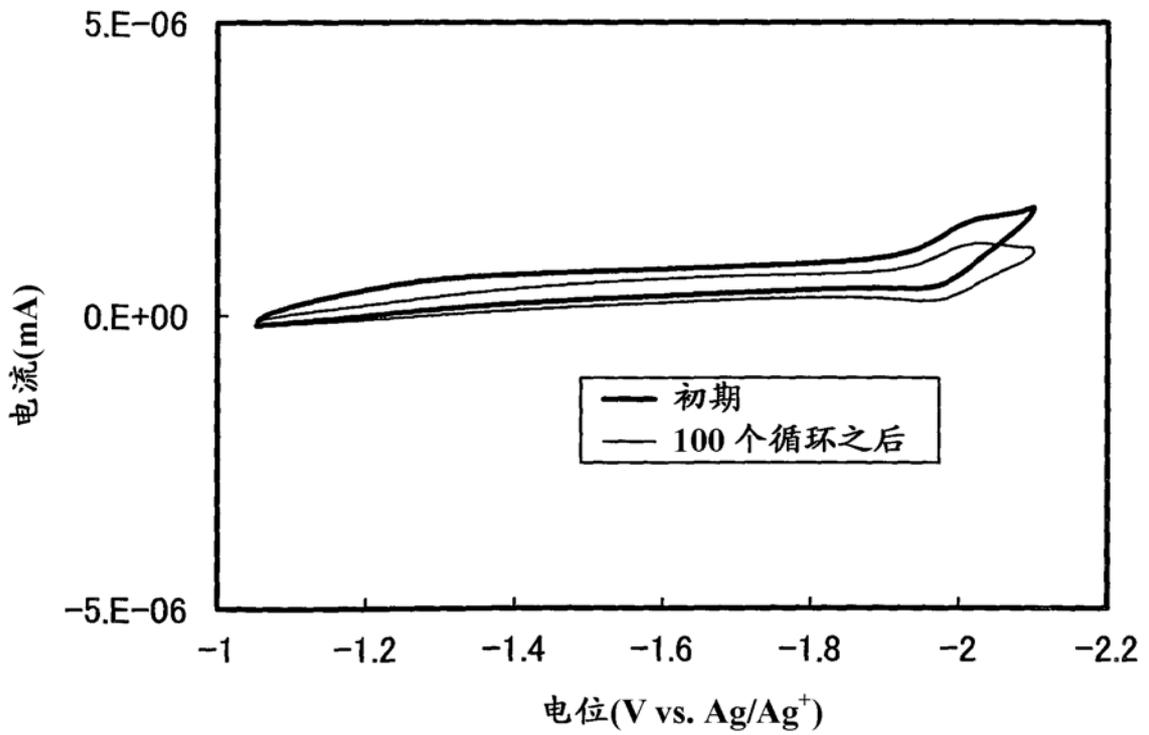


图 10B

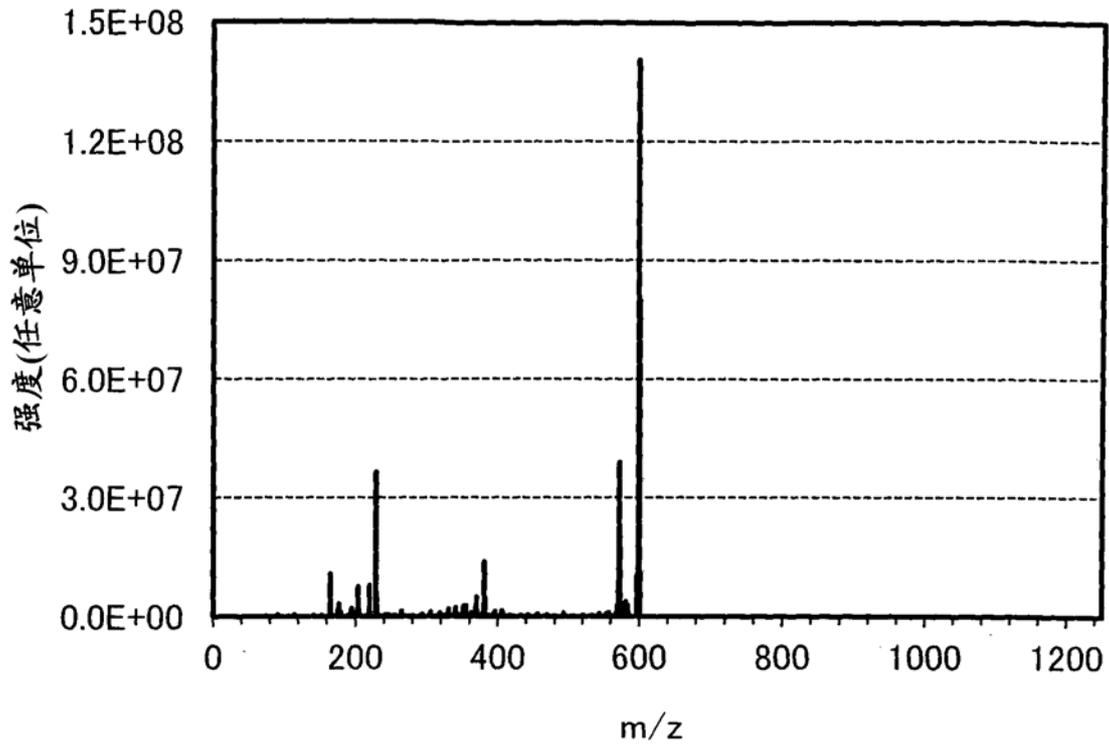


图 11A

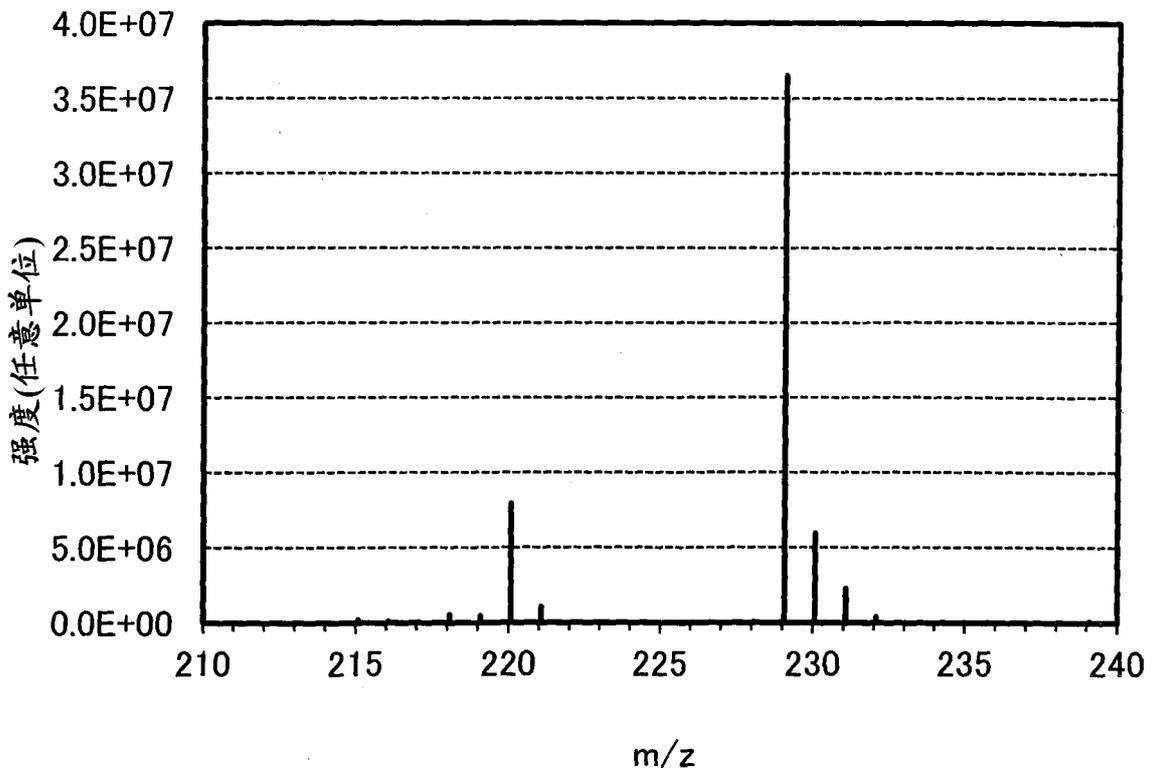


图 11B

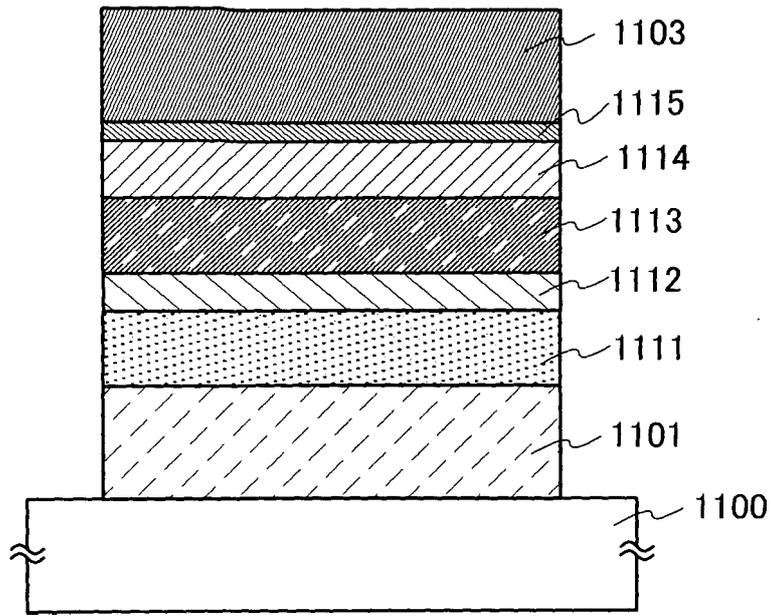


图 12

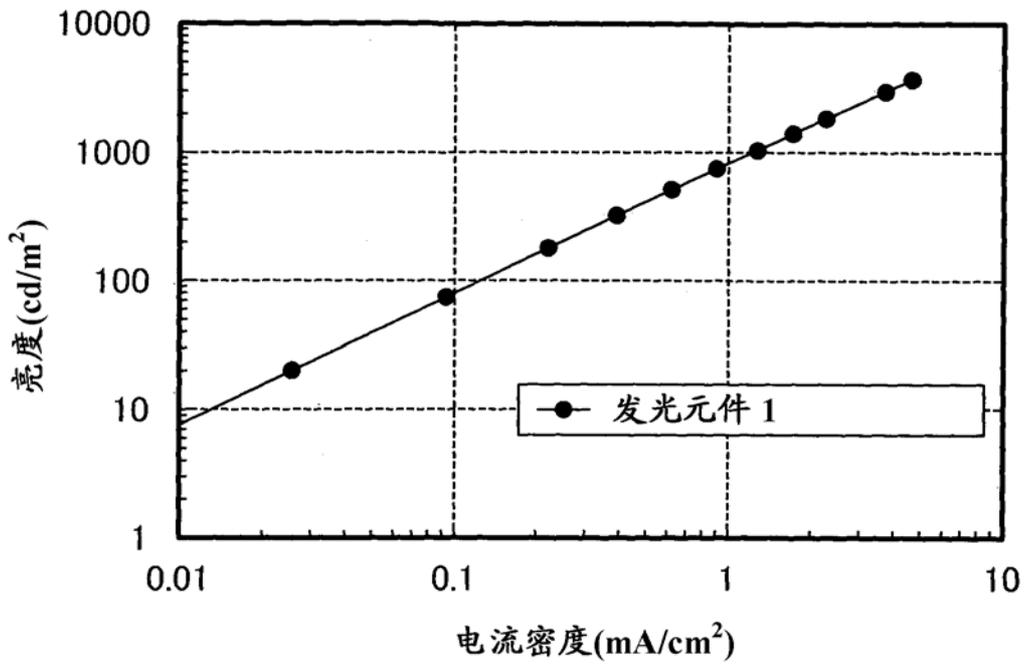


图 13

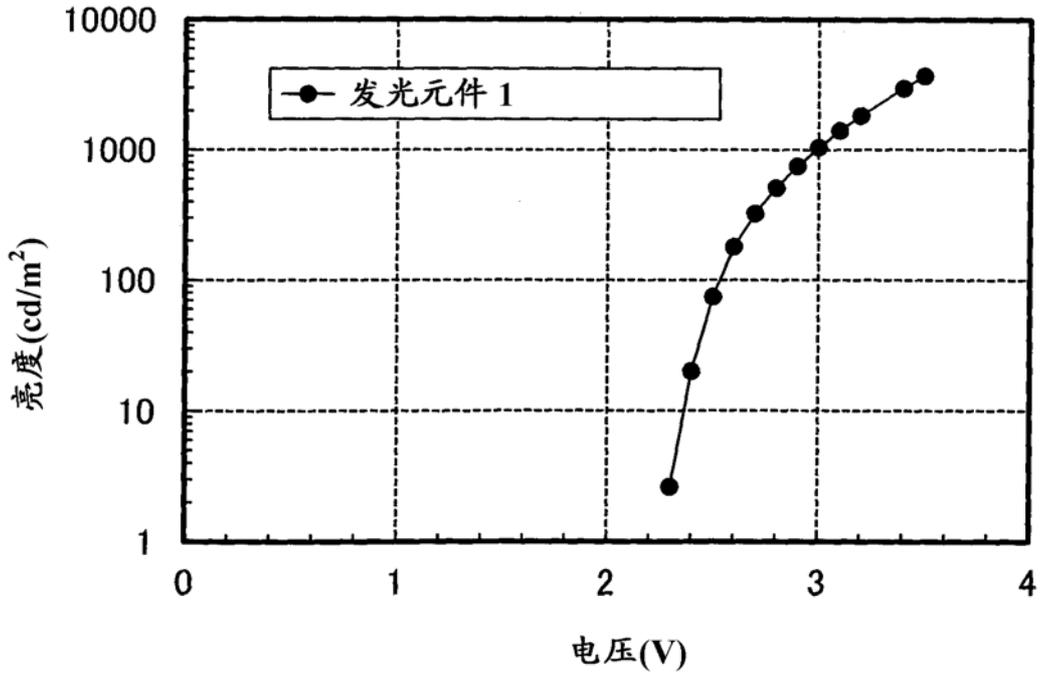


图 14

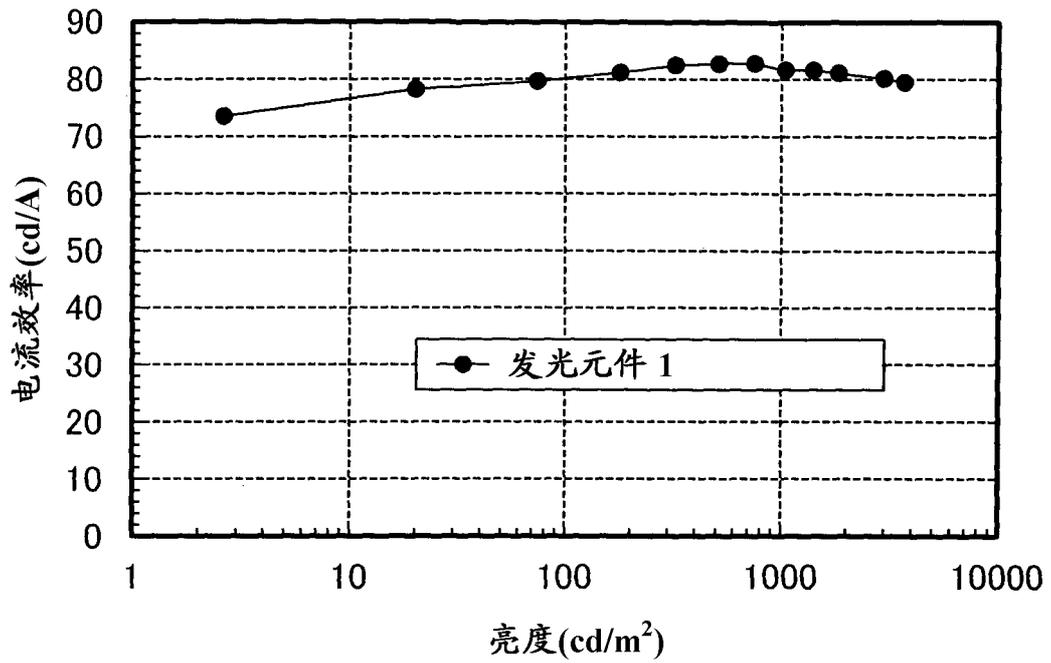


图 15

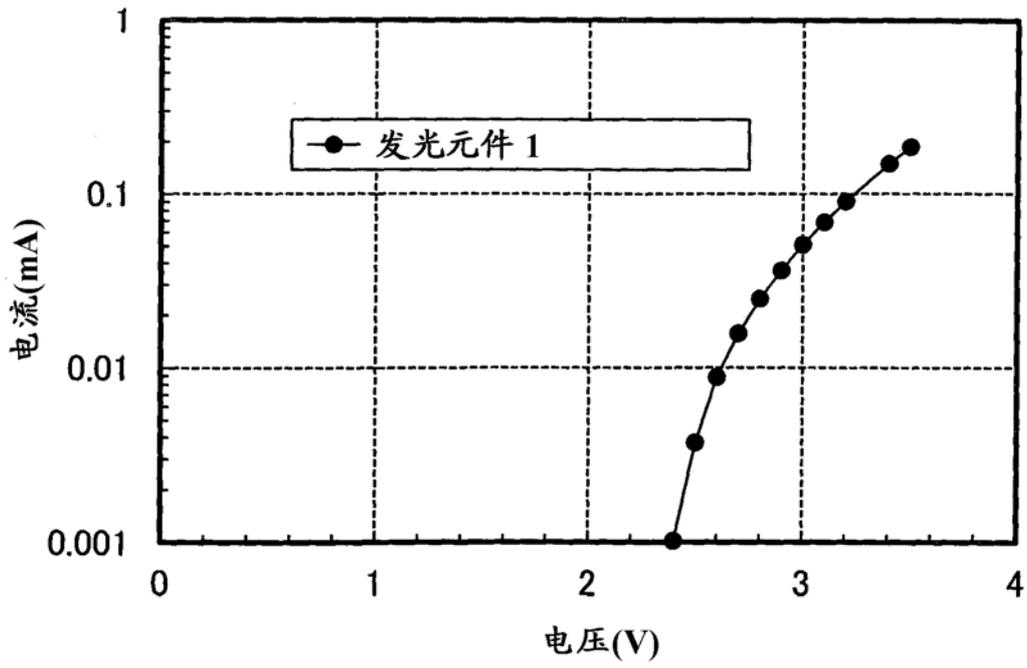


图 16

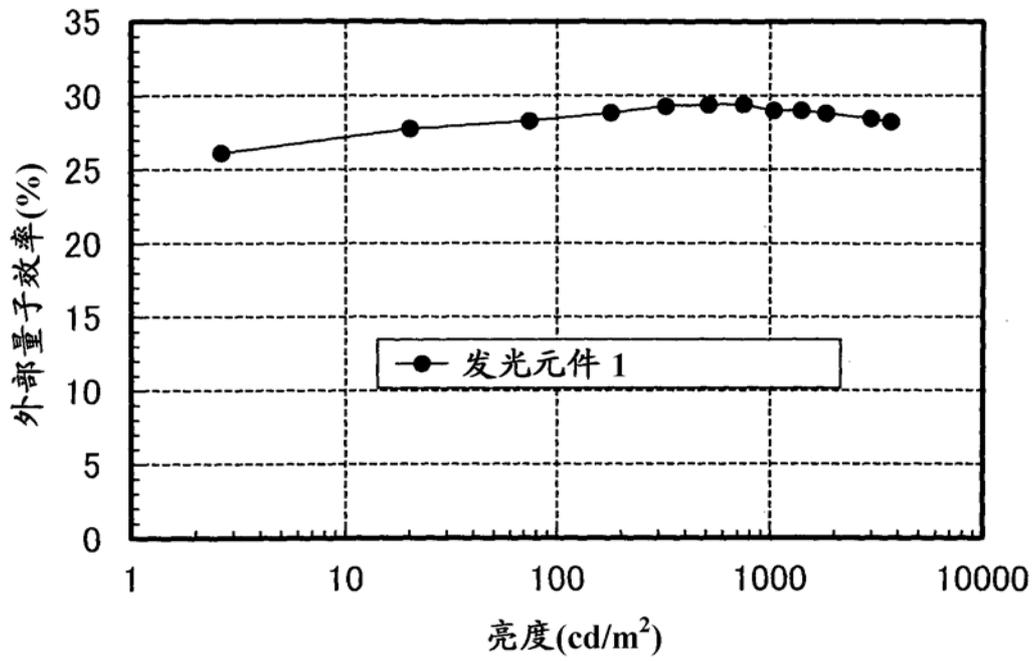


图 17

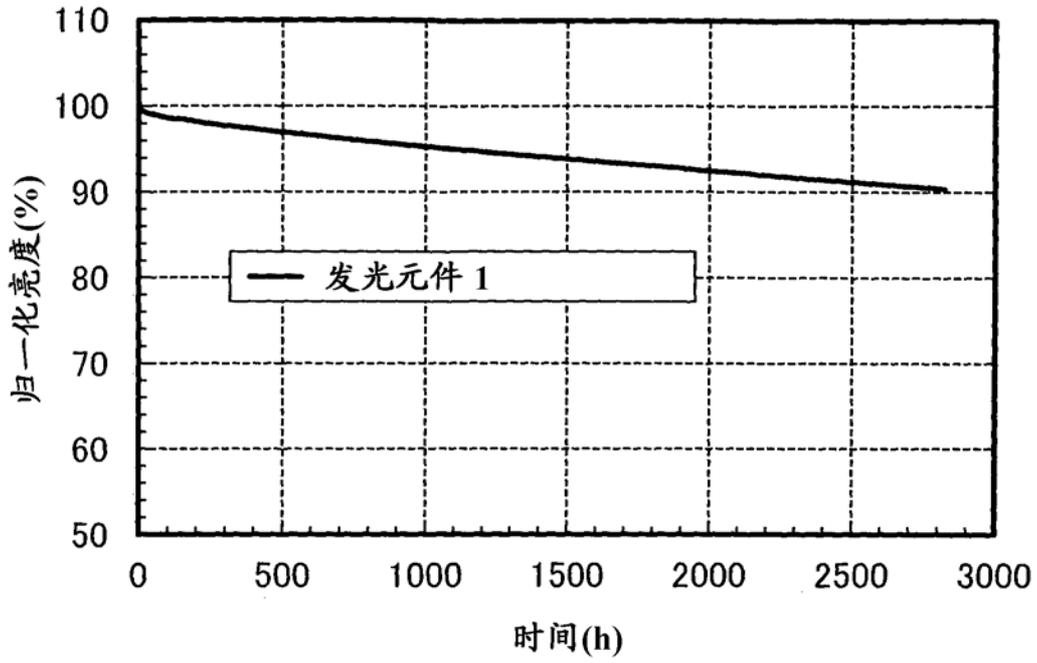


图 18

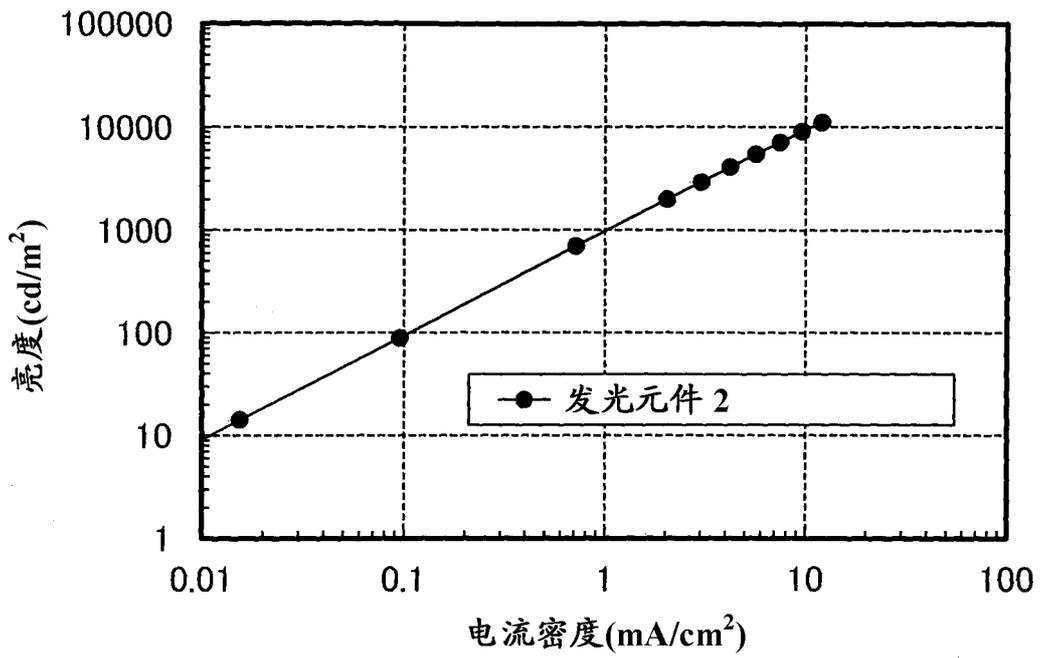


图 19

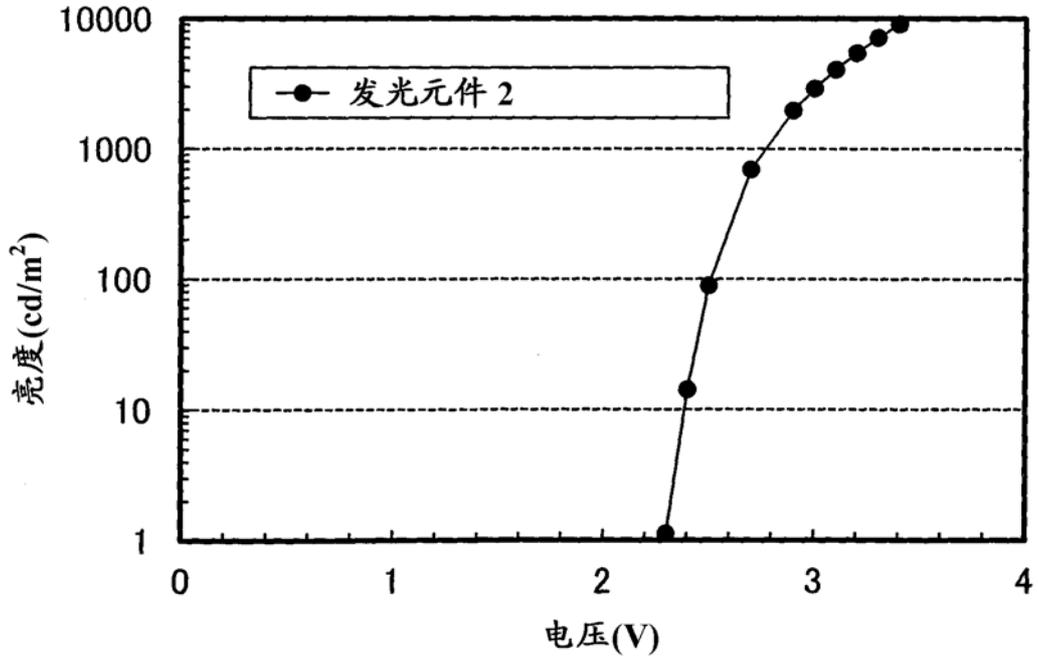


图 20

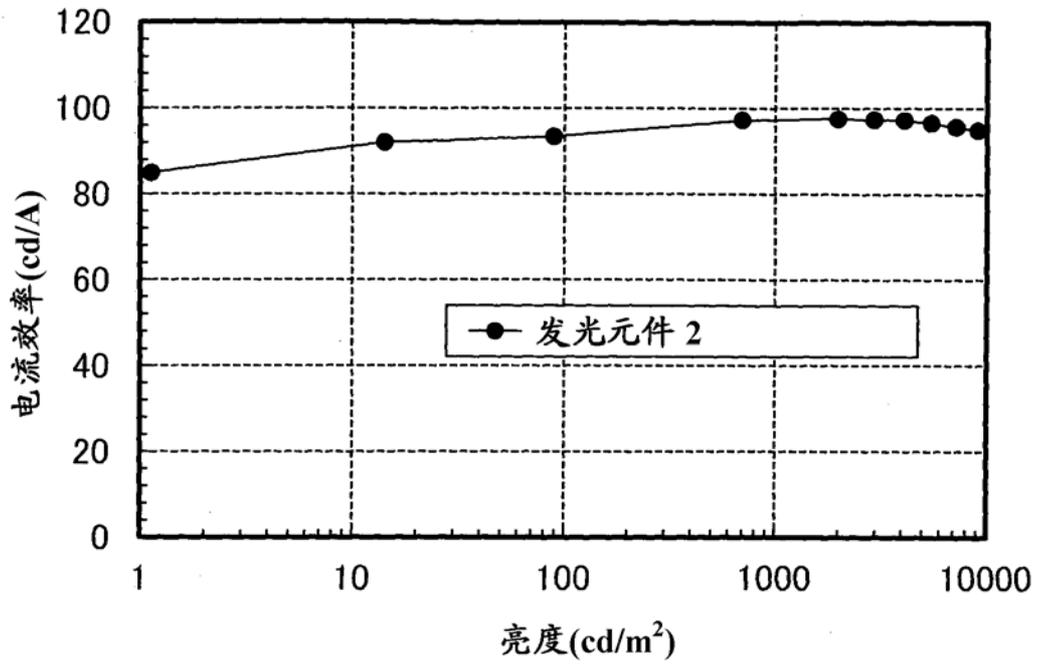


图 21

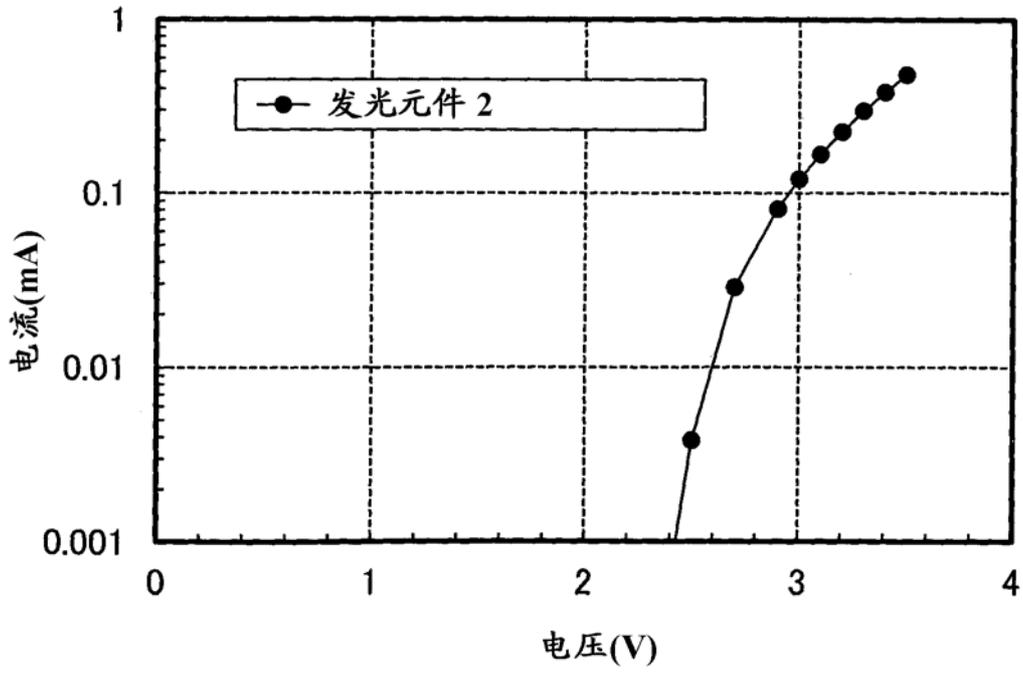


图 22

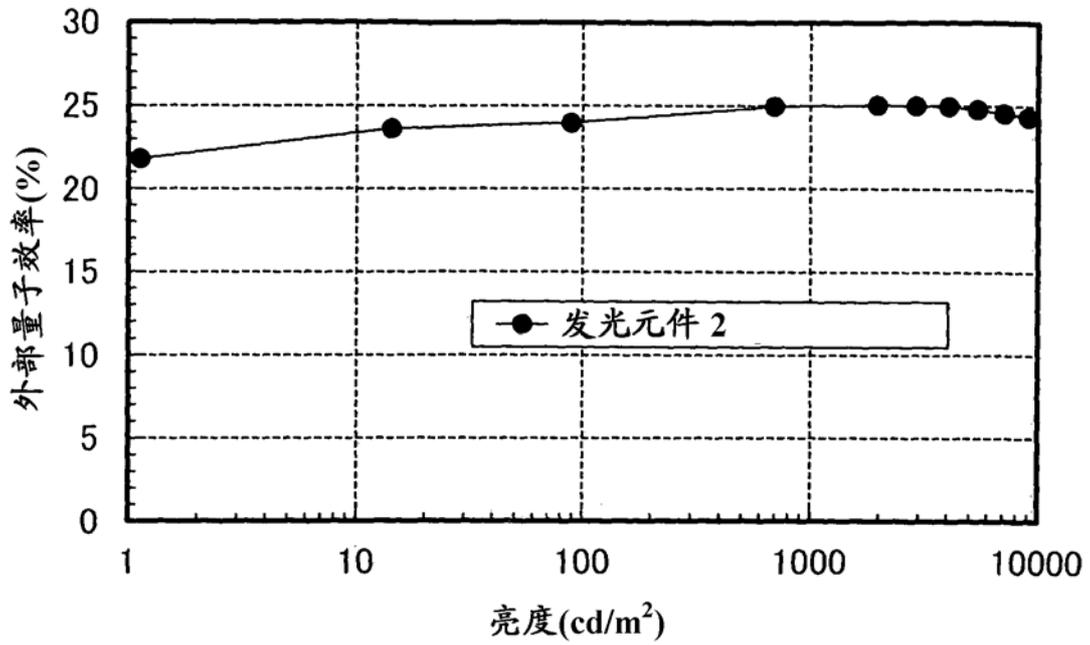


图 23

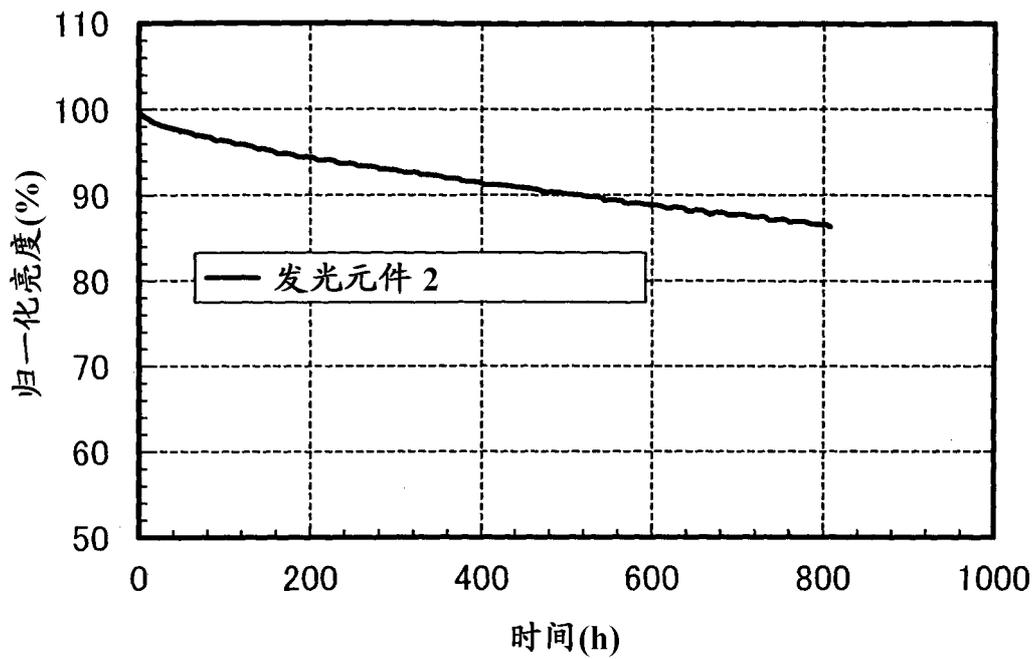


图 24

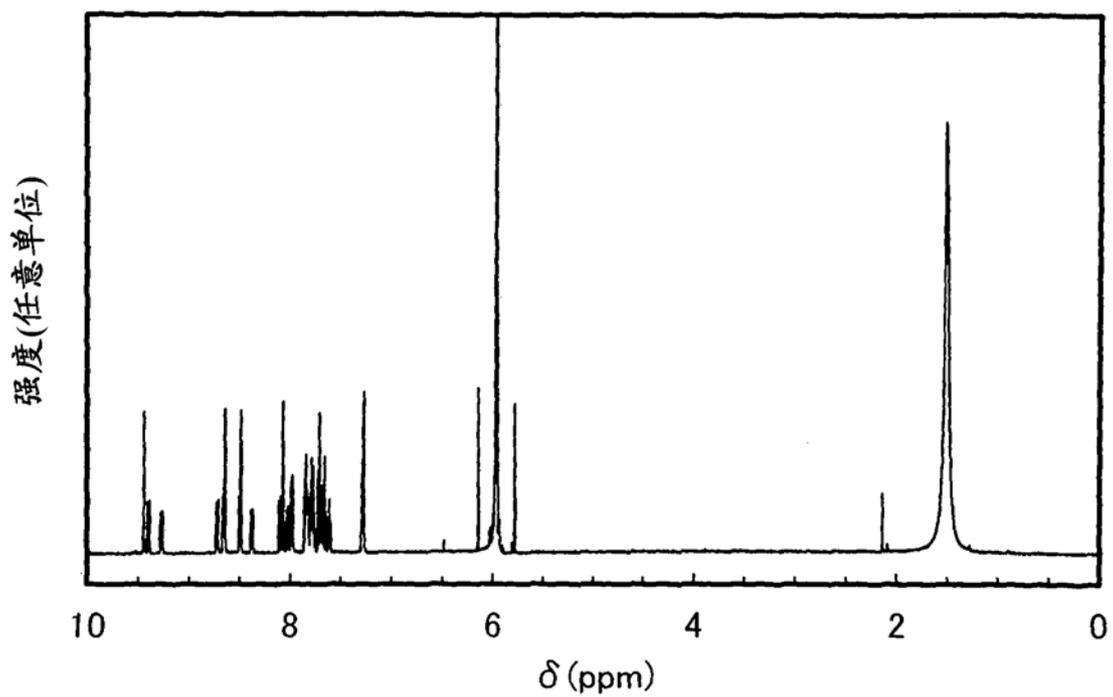


图 25A

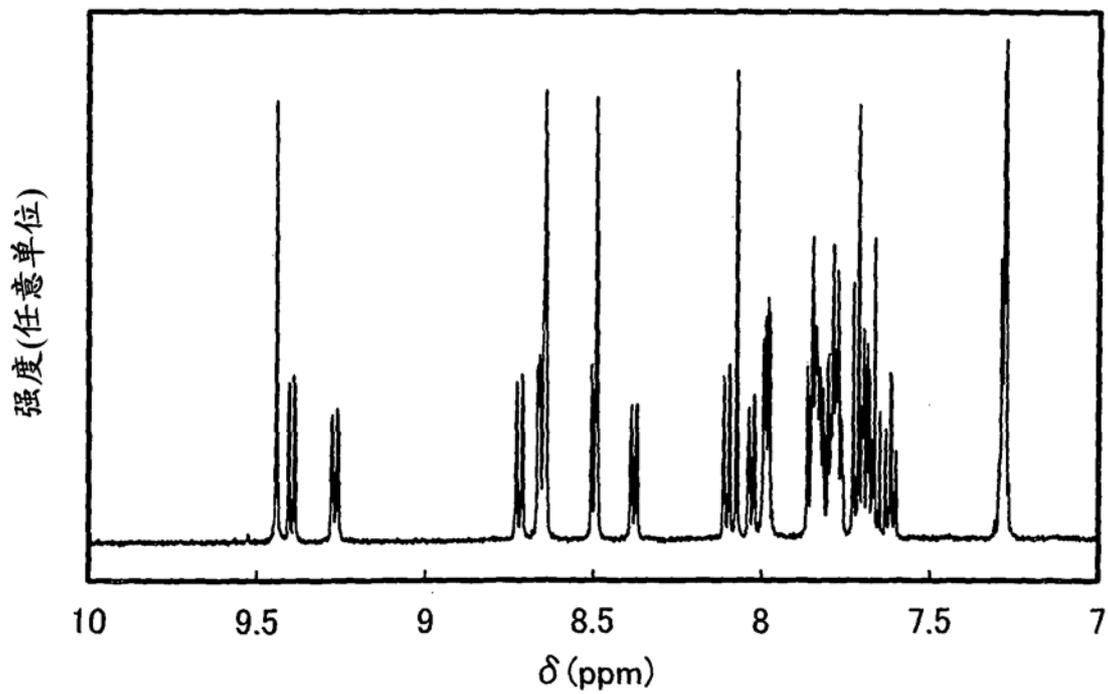


图 25B

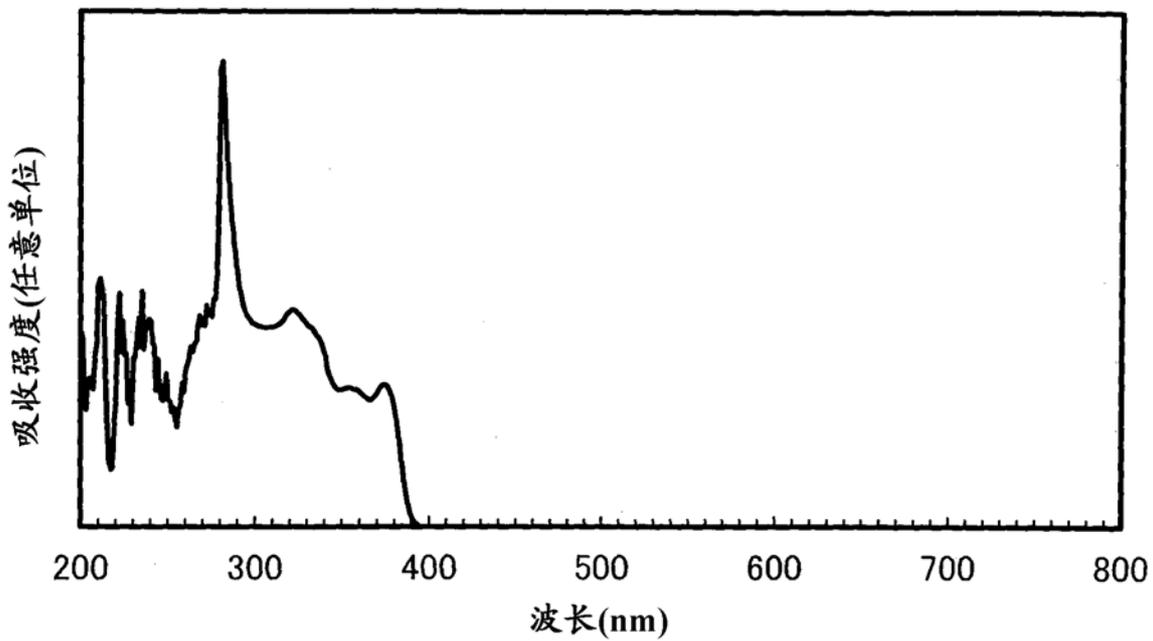


图 26A

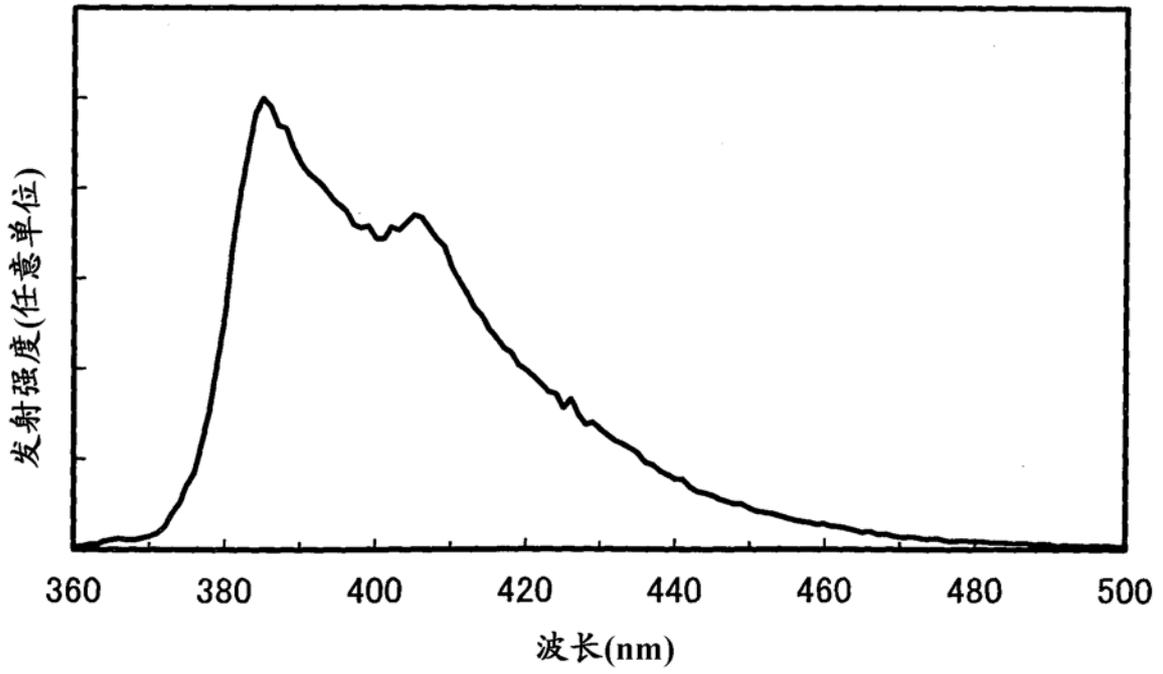


图 26B

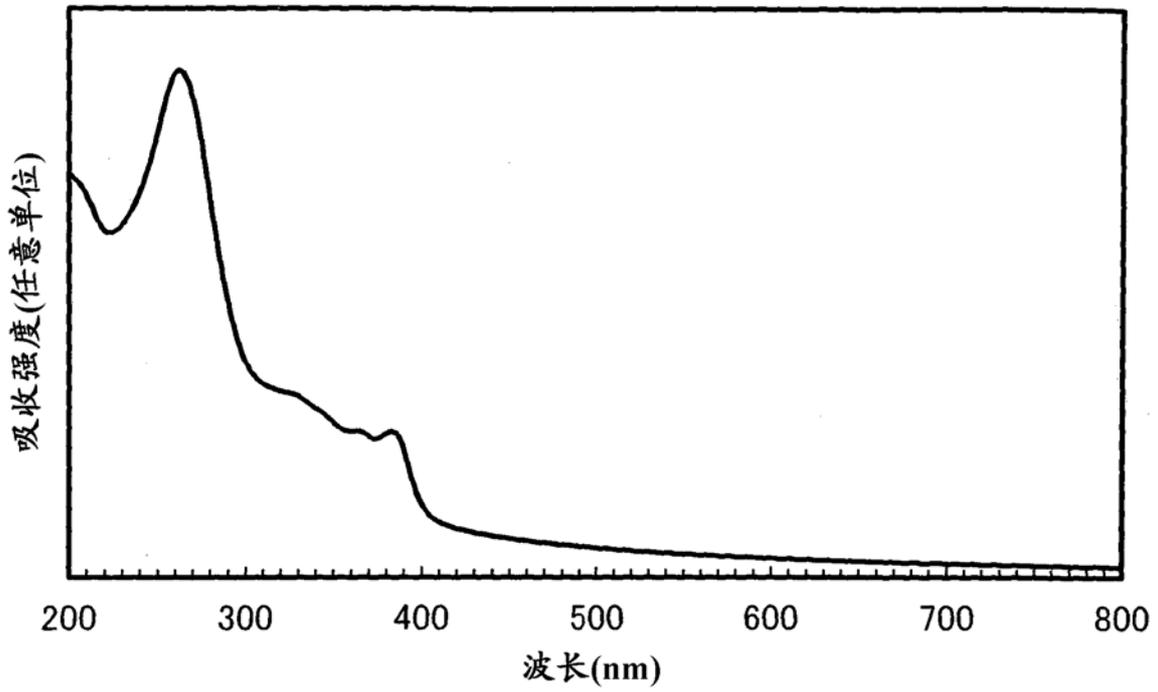


图 27A

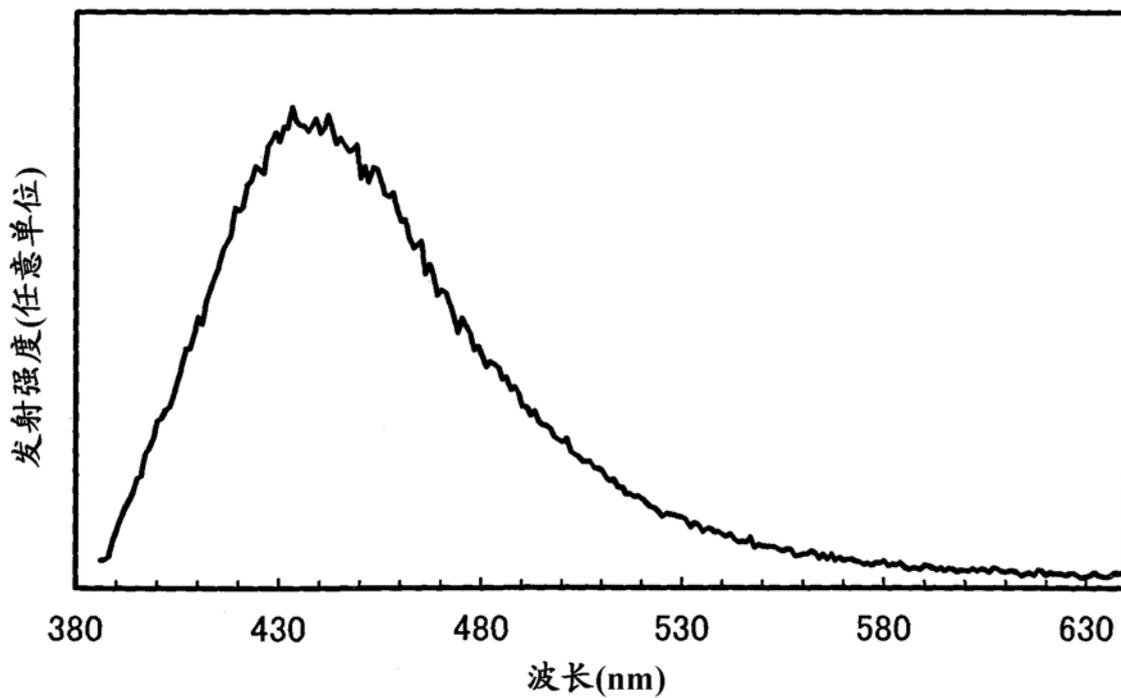


图 27B

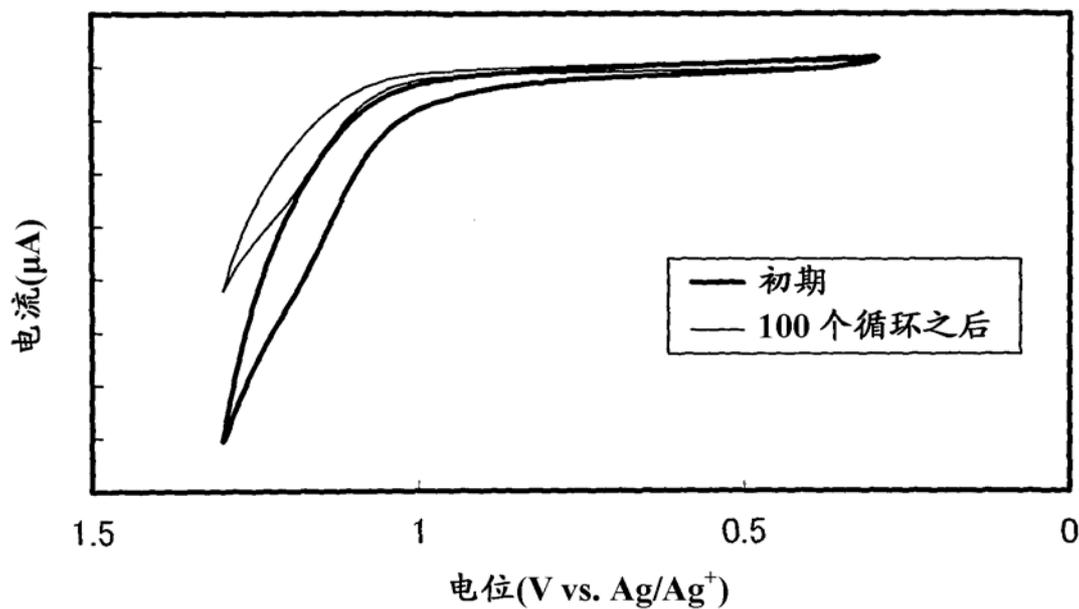


图 28A

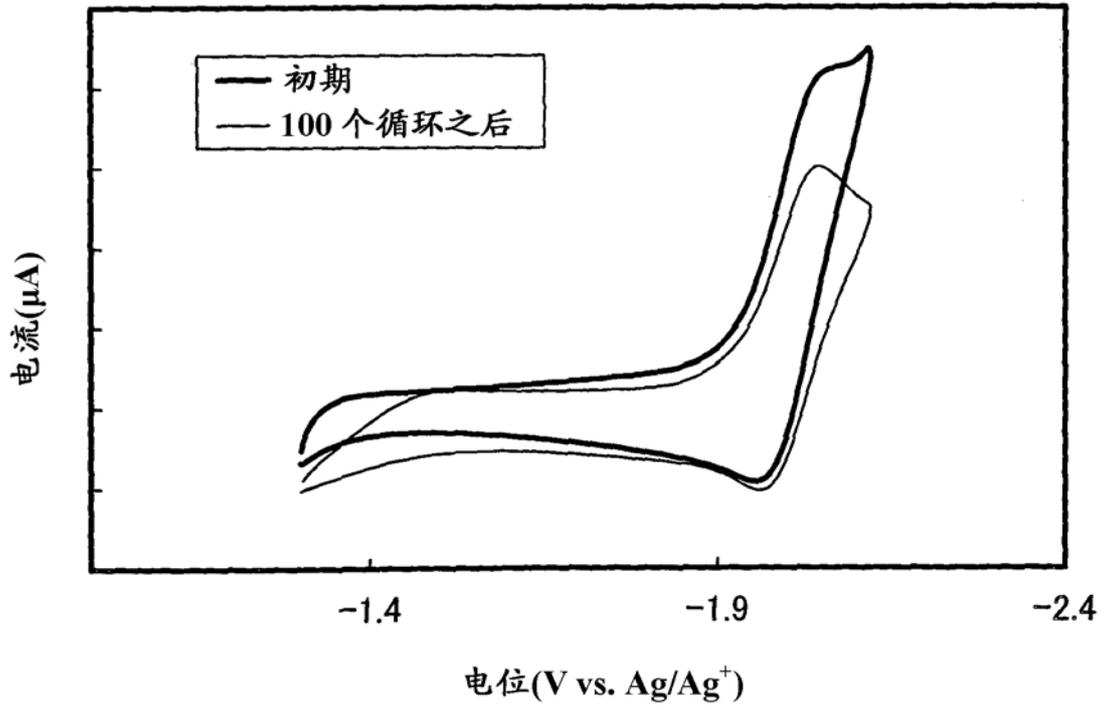


图 28B

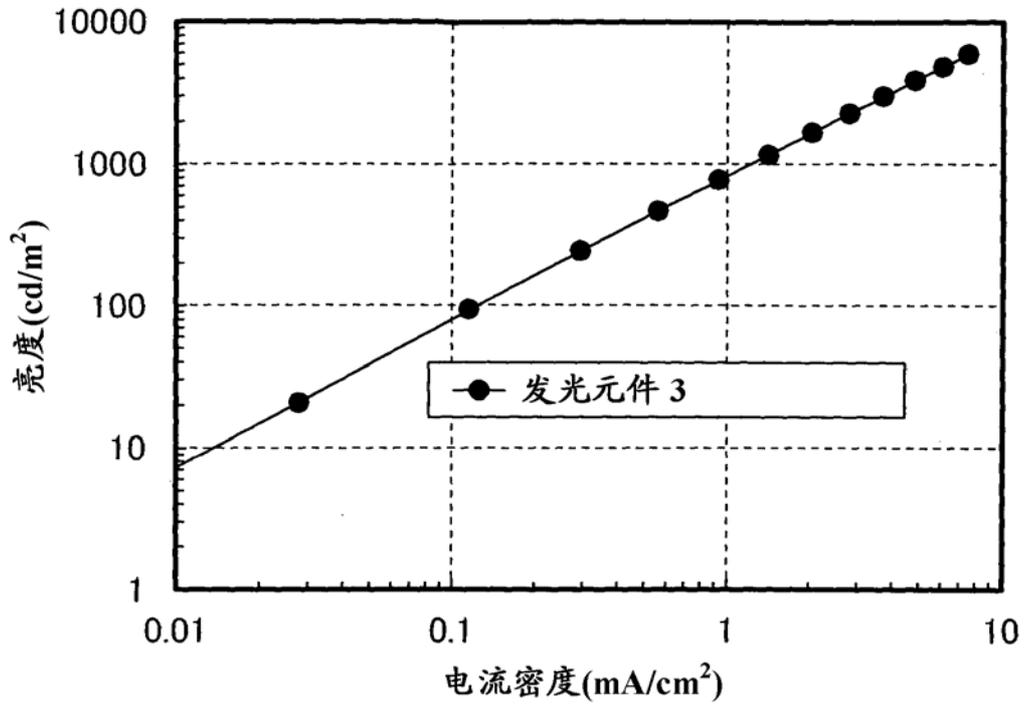


图 29

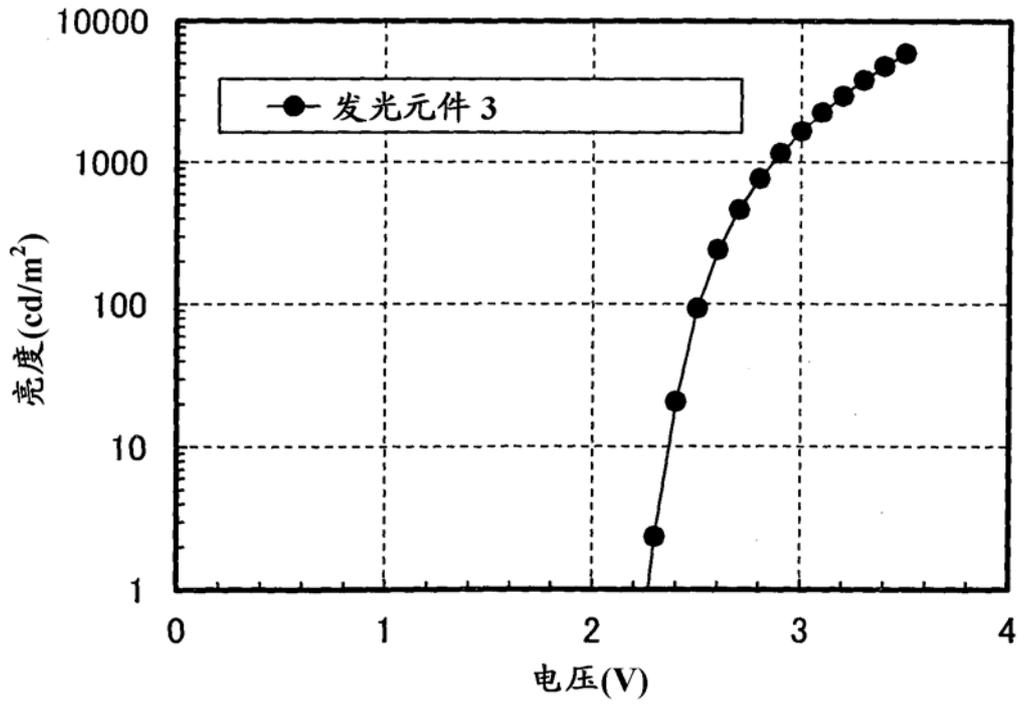


图 30

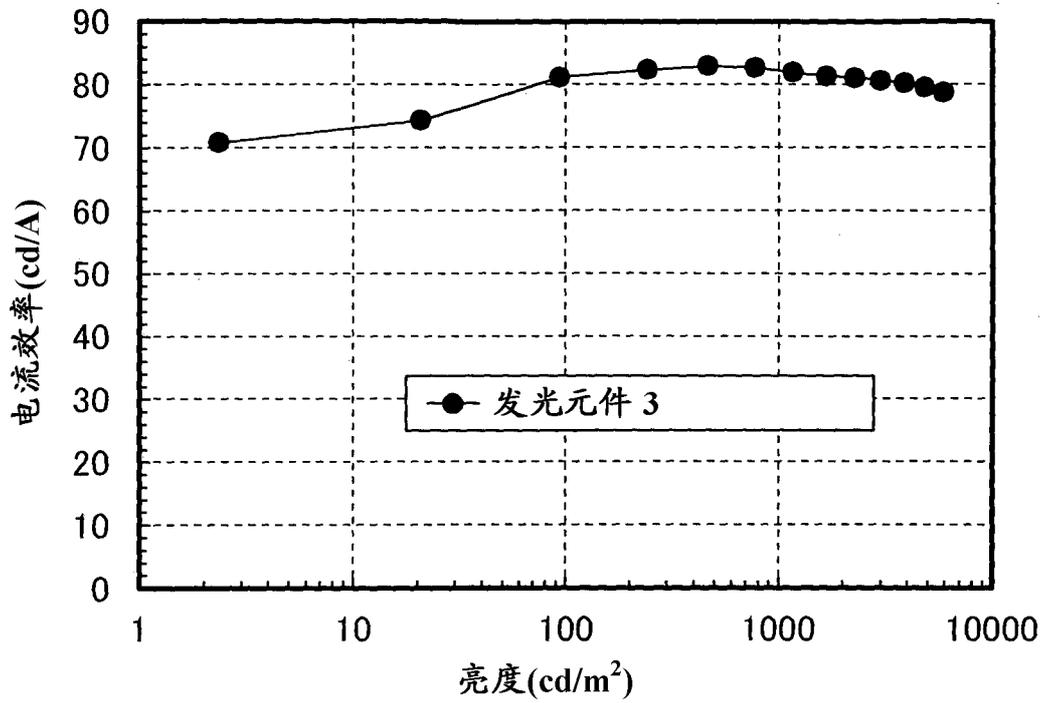


图 31

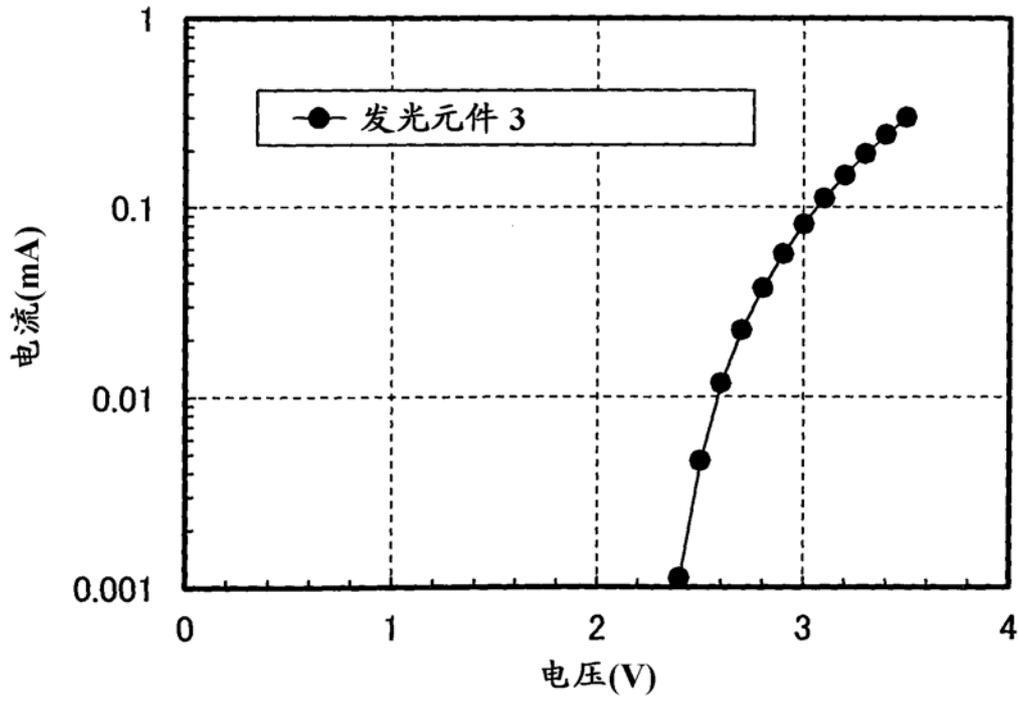


图 32

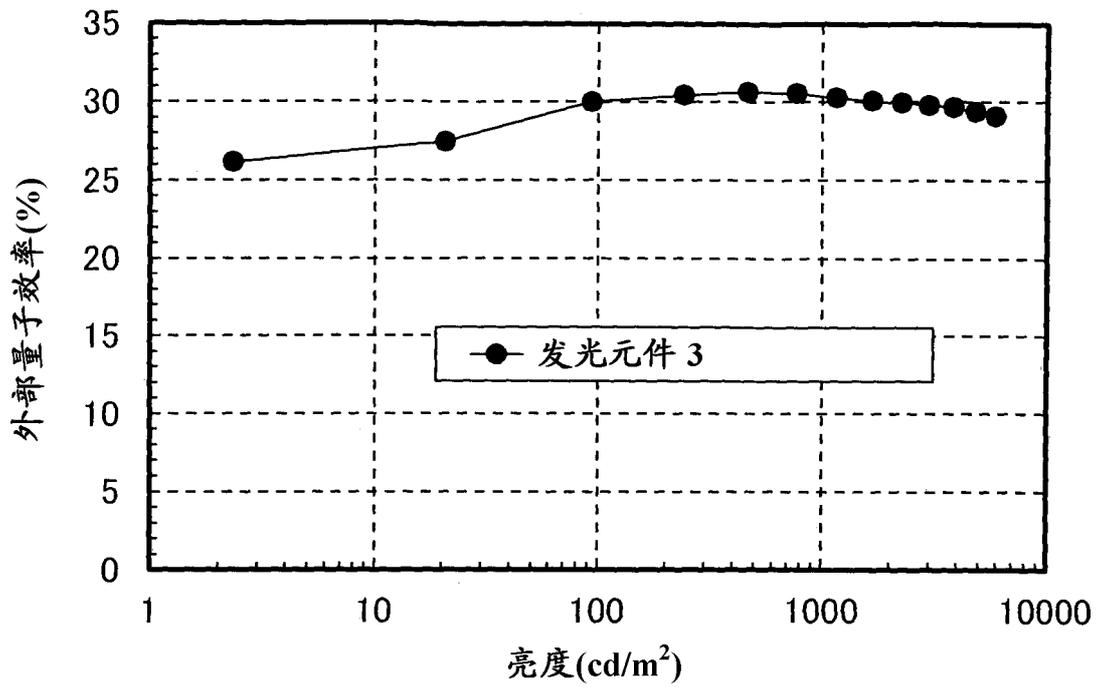


图 33

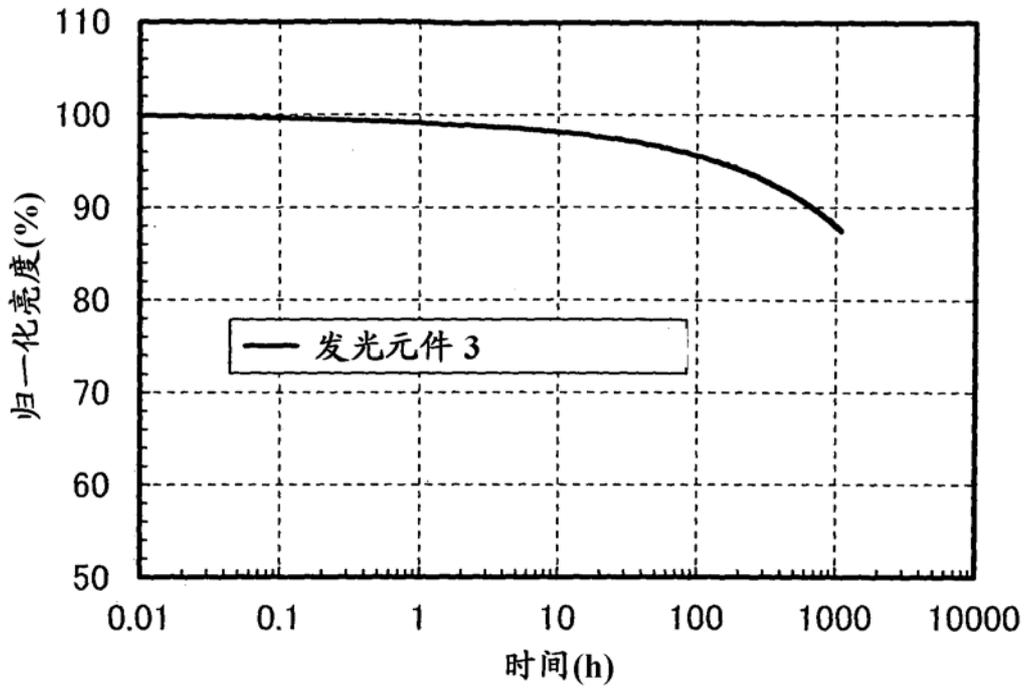


图 34

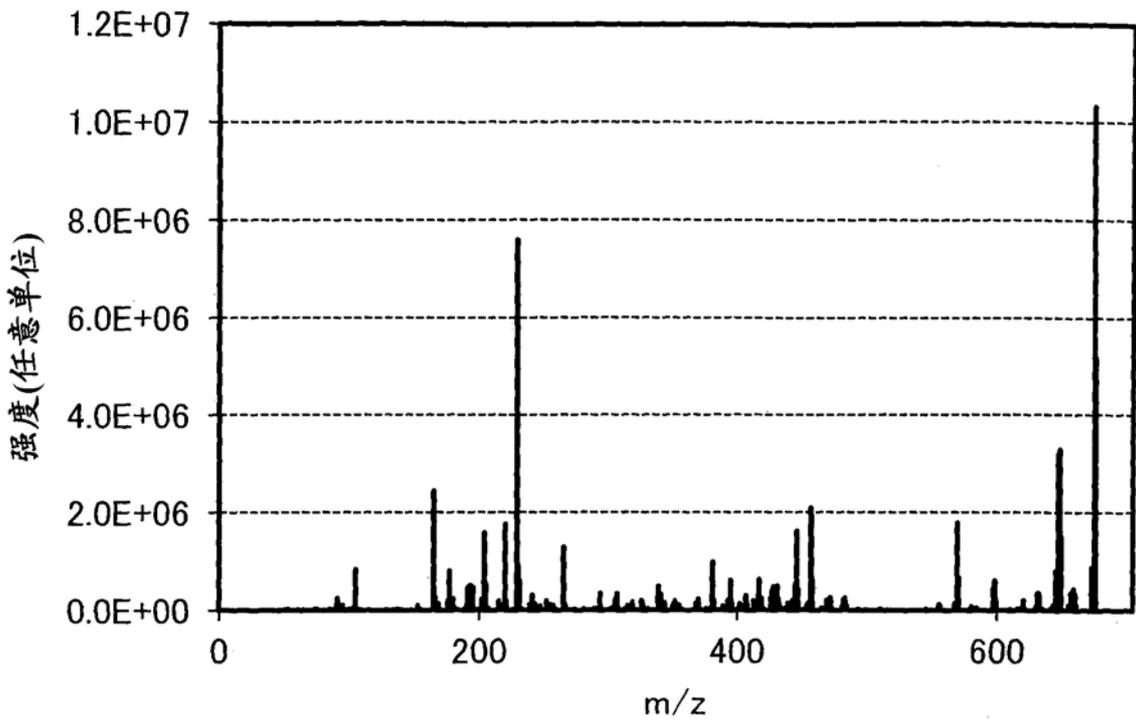


图 35A

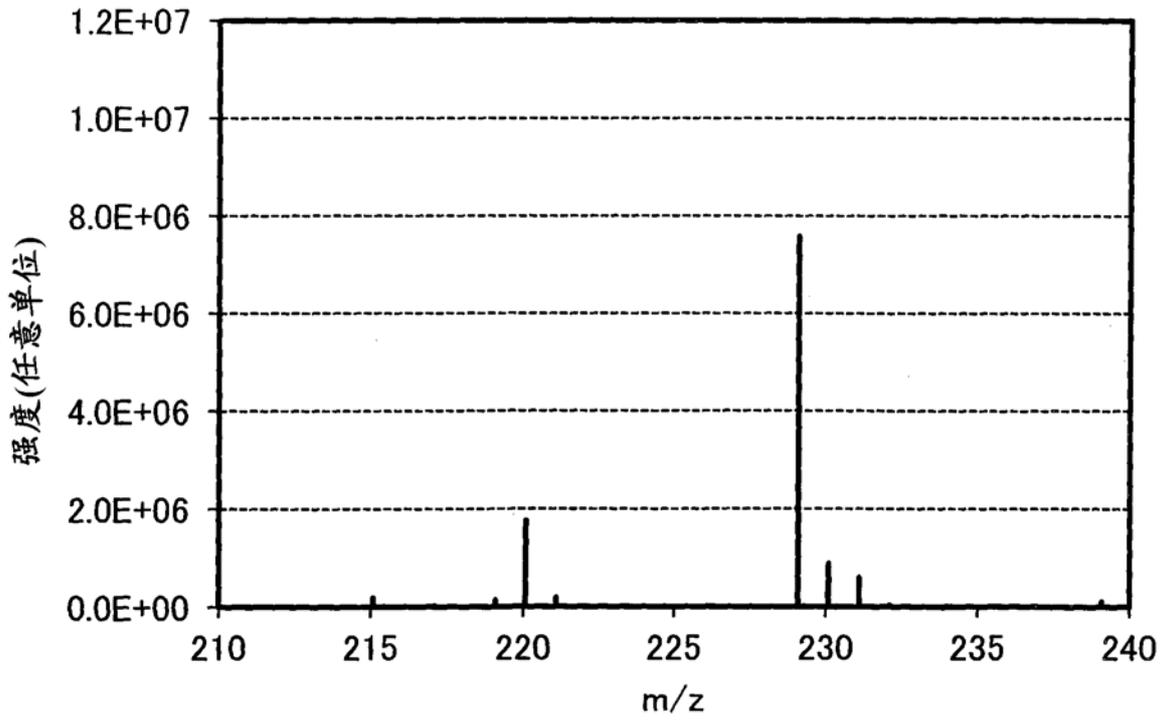


图 35B