



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115696945 A

(43) 申请公布日 2023.02.03

(21) 申请号 202211382421.6

H10K 85/60 (2023.01)

(22) 申请日 2018.03.07

C07D 491/048 (2006.01)

(30) 优先权数据

2017-051536 2017.03.16 JP

C09K 11/06 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

201880016674.7 2018.03.07

(71) 申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 栗原美树 吉住英子 渡部智美

木户裕允 濑尾哲史

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

专利代理人 刘多益 张佳鑫

(51) Int.Cl.

H10K 50/11 (2023.01)

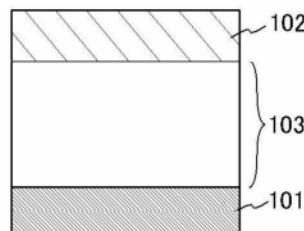
权利要求书3页 说明书52页 附图17页

(54) 发明名称

发光装置

(57) 摘要

提供一种发光装置，包括：一对电极；以及一对电极之间的发光层。发光层包括第一有机化合物、第二有机化合物和发光物质。第一有机化合物和第二有机化合物形成激基复合物。第一有机化合物以通式(G2)表示。在通式(G2)中， α 表示取代或未取代的亚苯基，n表示0至4的整数，Ht_{uni}包括吡咯环结构、呋喃环结构或噻吩环结构，Q表示氧或硫，并且环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。



1.一种发光装置,包括:

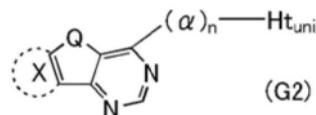
一对电极;以及

一对电极之间的发光层,

其中,所述发光层包括第一有机化合物、第二有机化合物和发光物质,

所述第一有机化合物和所述第二有机化合物形成激基复合物,

所述第一有机化合物以通式(G2)表示:



α 表示取代或未取代的亚苯基,

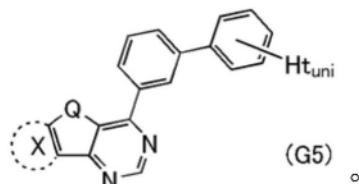
n表示0至4的整数,

Ht_{uni} 包括吡咯环结构、呋喃环结构或噻吩环结构,

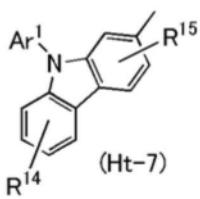
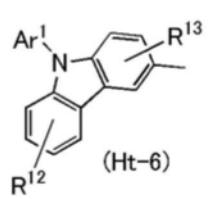
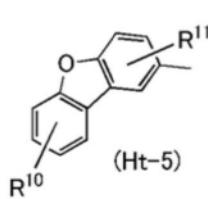
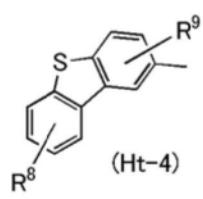
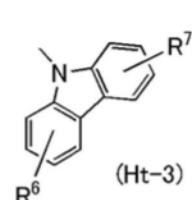
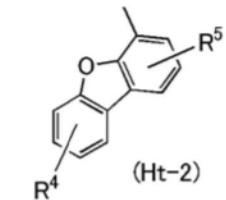
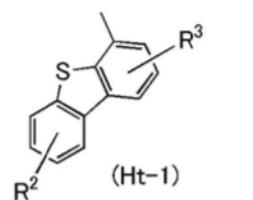
Q表示氧或硫,

并且,环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

2.根据权利要求1所述的发光装置,其中所述通式(G2)以通式(G5)表示:



3.根据权利要求1所述的发光装置,其中 Ht_{uni} 以通式(Ht-1)至(Ht-7)中的任一个表示,

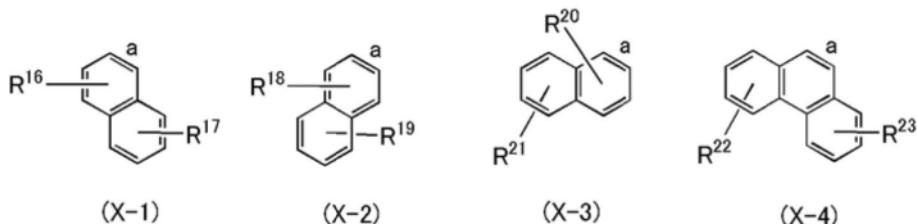


其中R²至R¹⁵分别表示1至4的取代基且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个,

并且Ar¹表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

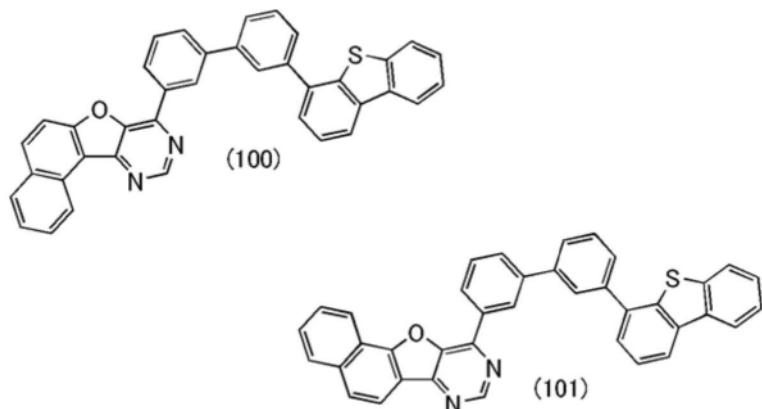
4.根据权利要求1所述的发光装置,

其中所述环X以通式(X-1)至(X-4)中的任一个表示且在a所表示的位置与相邻的环稠合,



并且R¹⁶至R²³分别表示1至4的取代基且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个。

5. 根据权利要求1所述的发光装置,其中所述第一有机化合物以结构式(100)或结构式(101)表示:



6. 根据权利要求1所述的发光装置,其中所述发光物质是磷光材料。

7. 根据权利要求1所述的发光装置,其中所述发光物质是热活化延迟荧光材料。

8. 一种发光装置,包括:

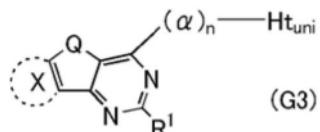
一对电极;以及

一对电极之间的发光层,

其中,所述发光层包括第一有机化合物、第二有机化合物和发光物质,

所述第一有机化合物和所述第二有机化合物形成激基复合物,

所述第一有机化合物以通式(G3)表示:



α 表示取代或未取代的亚苯基,

n表示1至4的整数,

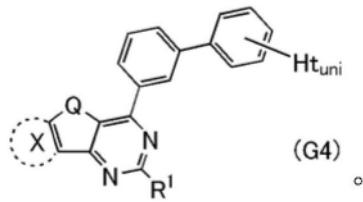
Ht_{uni}包括吡咯环结构、呋喃环结构或噻吩环结构,

R¹表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基,

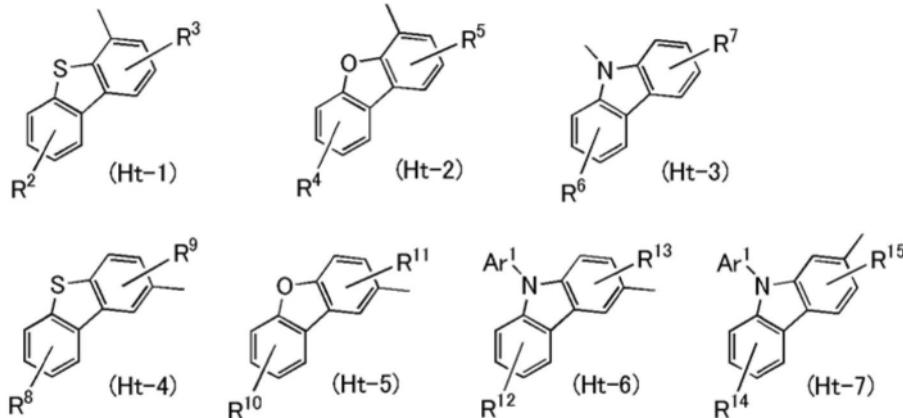
Q表示氧或硫,

并且,环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

9. 根据权利要求8所述的发光装置,其中所述通式(G3)以通式(G4)表示:



10. 根据权利要求8所述的发光装置,其中 Ht_{uni} 以通式(Ht-1)至(Ht-7)中的任一个表示,

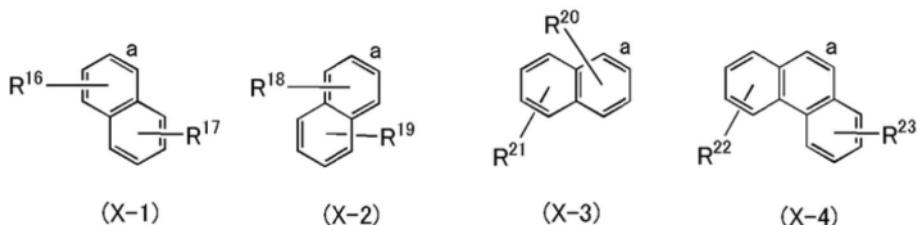


其中 R^2 至 R^{15} 分别表示1至4的取代基且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个,

并且 Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

11. 根据权利要求8所述的发光装置,

其中所述环X以通式(X-1)至(X-4)中的任一个表示且在a所表示的位置与相邻的环稠合,



并且 R^{16} 至 R^{23} 分别表示1至4的取代基且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个。

12. 根据权利要求8所述的发光装置,其中所述发光物质是磷光材料。

13. 根据权利要求8所述的发光装置,其中所述发光物质是热活化延迟荧光材料。

发光装置

本申请是国际申请号为PCT/IB2018/051455,国际申请日为2018年3月7日的PCT国际申请进入中国阶段后国家申请号为201880016674.7的标题为“有机化合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置”的中国专利申请的分案申请。

技术领域

[0001] 本发明的一个实施方式涉及一种有机化合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置。注意，本发明的一个实施方式不局限于上述技术领域。本发明的一个实施方式涉及一种物体、方法、制造方法或驱动方法。另外，本发明的一个实施方式涉及一种工序 (process)、机器 (machine)、产品 (manufacture) 或组合物 (composition of matter)。具体而言，作为一个例子可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置等。

背景技术

[0002] 由于在一对电极之间包括EL层的发光元件(也称为有机EL元件)具有薄型轻量、对输入信号的高速响应性及低功耗等特性，所以包括上述发光元件的显示器被期待用作下一代平板显示器。

[0003] 发光元件通过在一对电极之间施加电压，从各电极注入的电子和空穴在EL层中再结合而EL层所包含的发光物质(有机化合物)成为激发态。当该激发态返回到基态时发光。作为激发态的种类，可以举出单重激发态(S^{*})和三重激发态(T^{*})。由单重激发态的发光被称为荧光，而由三重激发态的发光被称为磷光。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。从发光物质得到的发射光谱是该发光物质特有的，并且通过将不同种类的有机化合物用作发光物质，可以得到发射各种发光颜色的发光元件。

[0004] 为了提高这种发光元件的元件特性，正积极地进行元件结构的改进、材料的开发等(例如，参照专利文献1)。

[参考文献]

[专利文献]

[0005] [专利文献1]日本专利申请公开第2010-182699号公报

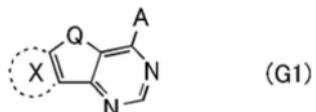
发明内容

[0006] 在发光元件的开发中，从提高该发光元件的可靠性的方面来看，用于发光元件的有机化合物是非常重要的。于是，本发明的一个实施方式的目的之一是提供一种新颖的有机化合物。就是说，可以提供一种在提高发光元件的可靠性上有效的新颖的有机化合物。另外，本发明的一个实施方式的目的之一是提供一种可以用于发光元件的新颖的有机化合物。另外，本发明的一个实施方式的目的之一是提供一种可以用于发光元件的EL层的新颖的有机化合物。另外，本发明的一个实施方式的目的之一是提供一种使用本发明的一个实施方式的新颖的有机化合物的可靠性高的新颖的发光元件。另外，本发明的一个实施方式

提供一种新颖的发光装置、新颖的电子设备或新颖的照明装置。注意，这些目的的记载不妨碍其他目的的存在。本发明的一个实施方式并不需要实现所有上述目的。说明书、附图以及权利要求书等的记载中显然存在上述目的以外的目的，可以从说明书、附图以及权利要求书等的记载中获得上述目的以外的目的。

[0007] 本发明的一个实施方式是一种包括包含嘧啶环的稠环的有机化合物，以下述通式(G1)表示。

[0008] [化学式1]

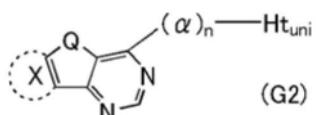


[0009] 在通式(G1)中，A是碳原子数为6至100的基，并且包含芳香环和芳杂环中的至少一个。注意，芳香环及芳杂环各自可以包含取代基。另外，Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0010] 在上述结构中，A优选包括苯环、萘环、芴环、菲环、三亚苯环、包含二苯并噻吩环的芳杂环、包含二苯并呋喃环的芳杂环、包含咔唑环的芳杂环、苯并咪唑环和三苯基胺结构中的一种或多种，并且环及结构各自优选具有取代基。

[0011] 本发明的另一个实施方式是以下述通式(G2)表示的有机化合物。

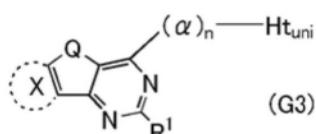
[0012] [化学式2]



[0013] 在通式(G2)中， α 表示取代或未取代的亚苯基，n表示0至4的整数。此外， Ht_{uni} 表示空穴传输性骨架。另外，Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0014] 本发明的另一个实施方式是以下述通式(G3)表示的有机化合物。

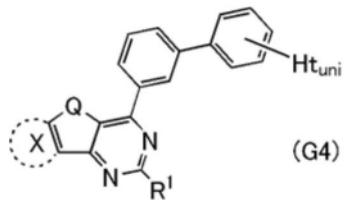
[0015] [化学式3]



[0016] 在通式(G3)中， α 表示取代或未取代的亚苯基，n表示1至4的整数。此外， Ht_{uni} 表示空穴传输性骨架。另外， R^1 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。另外，Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0017] 本发明的另一个实施方式是以下述通式(G4)表示的有机化合物。

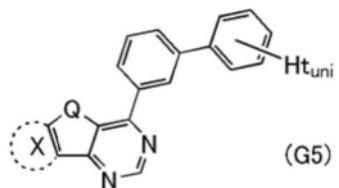
[0018] [化学式4]



[0019] 在通式 (G4) 中, Ht_{uni} 表示空穴传输性骨架。另外, R^1 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。另外, Q 表示氧或硫。环 X 表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0020] 本发明的另一个实施方式是以下述通式 (G5) 表示的有机化合物。

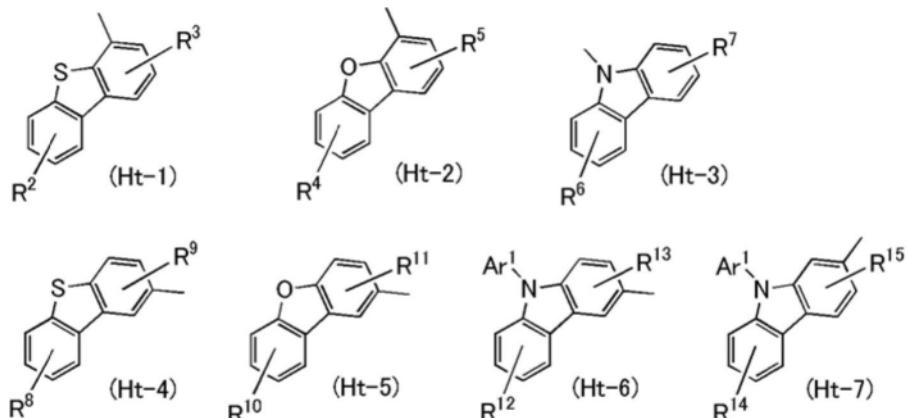
[0021] [化学式5]



[0022] 在通式 (G5) 中, Ht_{uni} 表示空穴传输性骨架。另外, Q 表示氧或硫。环 X 表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0023] 如上述通式 (G2) 至 (G5) 所示本发明的一个实施方式的有机化合物优选包含空穴传输性骨架 (Ht_{uni})。注意, Ht_{uni} 优选包括吡咯环结构、呋喃环结构或噻吩环结构。具体而言, 优选具有以下述通式 (Ht-1) 至 (Ht-7) 中的任一个表示的结构。

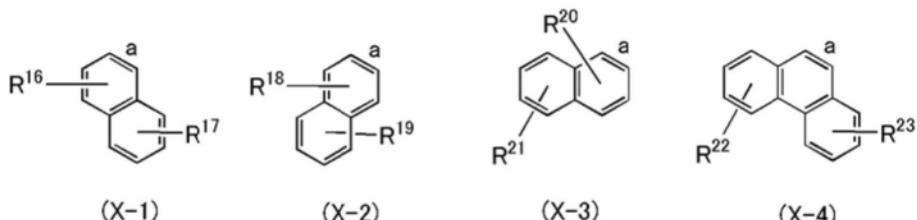
[0024] [化学式6]



[0025] 在通式 (Ht-1) 至 (Ht-7) 中, R^2 至 R^{15} 分别表示1至4的取代基, 并且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个。另外, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0026] 上述通式 (G1) 至 (G5) 中的环 X 以下述通式 (X-1) 至 (X-4) 中的任一个表示, 并且在 a 所表示的位置与相邻的环稠合。

[0027] [化学式7]



[0028] 在通式(X-1)至(X-4)中, R¹⁶至R²³分别表示1至4的取代基,并且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个。

[0029] 上述本发明的一个实施方式是包括包含嘧啶环的稠环的有机化合物,即,该有机化合物优选具有特定的环结构稠合于与嘧啶环稠合的杂环的结构。注意,上述特定的环结构是指上述通式(G1)至(G5)中的环X的结构,例如优选为上述通式(X-1)至(X-4)所示的任意结构。

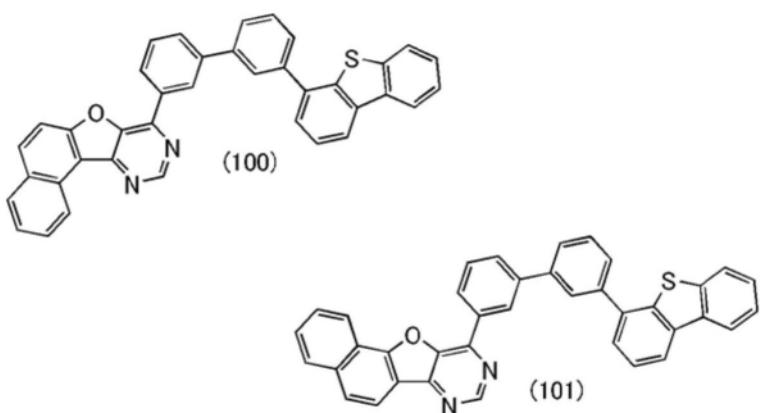
[0030] 上述本发明的一个实施方式是包括包含嘧啶环的稠环的有机化合物,该有机化合物也可以包括空穴传输性骨架(Ht_{uni})。注意,在具有上述结构时,本发明的一个实施方式的有机化合物由于Ht_{uni}的空穴传输性及包含嘧啶环的稠环所具有的电子传输性具有双极性。在本发明的一个实施方式的有机化合物具有双极性时,通过将该有机化合物用作主体材料可以扩大与主体材料组合的客体材料的选择范围,所以从元件设计角度来看是非常有效的。空穴传输性骨架(Ht_{uni})例如优选具有吡咯环结构、呋喃环结构、噻吩环结构等。再者,优选具有以下述通式(Ht-1)至(Ht-7)中的任一个表示的结构。

[0031] 上述本发明的一个实施方式是包括包含嘧啶环的稠环的有机化合物。在上述包含嘧啶环的稠环包含取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环的稠环时,LUMO广泛地分布到上述稠环而使该有机化合物稳定。因此,对电子的耐性得到提高。另外,对激子的稳定性得到提高。因此,通过将上述包含嘧啶环的稠环包含稠环的结构用于传输层及发光层,元件的可靠性得到提高,所以是优选的。

[0032] 如上述通式(G1)、通式(G2)及通式(G5)所示的构成嘧啶环的两个氮原子之间的碳原子作为取代基与氢原子键合的本发明的一个实施方式的有机化合物,与构成嘧啶环的两个氮原子之间的碳原子作为取代基与氢原子以外的取代基键合的有机化合物LUMO相比更深的LUMO能级。因此,可以使用多个主体材料容易地形成激基复合物,通过使用利用将从由上述多个主体材料形成的激基复合物向客体材料进行能量转移(也称为ExTET:Exciplex-Triplet Energy Transfer, 激基复合物-三重态能量转移)的元件,可以提高发光效率,所以是优选的。

[0033] 本发明的另一个实施方式是以结构式(100)或结构式(101)表示的有机化合物。

[0034] [化学式8]



[0035] 本发明的另一个实施方式是使用包括包含嘧啶环的稠环的有机化合物的发光元件。除了上述有机化合物以外，本发明还包括包含客体材料的发光元件。

[0036] 本发明的其他方式是包括上述本发明的一个实施方式的有机化合物的发光元件。注意，一对电极之间的EL层或EL层中的发光层包含本发明的一个实施方式的有机化合物的发光元件也包括在本发明的一个实施方式中。除了发光元件之外，包括晶体管或衬底等的发光装置也包括在发明的范围内。并且，除了上述发光装置之外，包括麦克风、相机、操作按钮、外部连接部、外壳、覆盖物、支撑台或扬声器等的电子设备和照明装置也包括在发明的范围内。

[0037] 本发明的一个实施方式不仅包括具有发光元件的发光装置，而且包括具有发光装置的照明装置。因此，本说明书中的发光装置是指图像显示装置及光源（包括照明装置）。另外，发光装置还包括如下模块：在发光装置中安装有连接器诸如柔性印刷电路（Flexible printed circuit:FPC）、载带封装（Tape Carrier Package:TCP）的模块；将印刷线路板设置于TCP端部的模块；或者通过玻璃上芯片（Chip On Glass:COG）方式将集成电路（IC）直接安装到发光元件上的模块。

[0038] 本发明的一个实施方式可以提供一种新颖的有机化合物。就是说，可以提供一种在提高可靠性上有效的新颖的有机化合物。另外，本发明的一个实施方式可以提供一种可以用于发光元件的EL层的新颖的有机化合物。另外，本发明的一个实施方式可以提供一种使用作为本发明的一个实施方式的新颖的有机化合物的可靠性高的新颖的发光元件。另外，本发明的一个实施方式可以提供一种新颖发光装置、新颖电子设备或新颖照明装置。注意，这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个实施方式并不需要实现所有上述效果。另外，从说明书、附图、权利要求书等的记载中可明显看出这些效果以外的效果，而可以从说明书、附图、权利要求书等的记载中抽出这些效果以外的效果。

附图说明

[0039] 在附图中：

图1A至图1E是说明发光元件的结构的图；

图2A至图2C是说明发光装置的图；

图3A及图3B是说明发光装置的图；

图4A至图4G是说明电子设备的图；

图5A至图5C是说明电子设备的图；

图6A及图6B是说明汽车的图；

图7A至图7D是说明照明装置的图；

图8是说明照明装置的图；

图9是以结构式(100)表示的有机化合物的¹H-NMR谱；

图10A及图10B各自是以结构式(100)表示的有机化合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

图11是以结构式(100)表示的有机化合物的UHPLC结果；

图12是以结构式(101)表示的有机化合物的¹H-NMR谱；

图13是说明发光元件的图；

图14是示出发光元件1、对比发光元件2以及对比发光元件3的发射光谱的图；

图15是示出发光元件1、对比发光元件2以及对比发光元件3的可靠性的图；

图16是示出发光元件4及发光元件5的发射光谱的图；

图17是示出发光元件6及对比发光元件7的发射光谱的图；以及

图18示出发光元件6及对比发光元件7的可靠性的图。

具体实施方式

[0040] 以下利用附图说明本发明的实施方式。注意，本发明不局限于下述说明，其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此，本发明不应该被解释为仅局限在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0041] 注意，为了便于理解，有时在附图等中示出的各结构的位置、大小及范围等并不表示其实际的位置、大小及范围等。因此，所公开的发明不一定局限于附图等所公开的位置、大小、范围等。

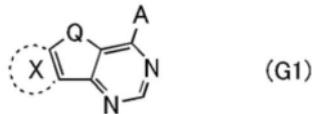
[0042] 在本说明书等中，当利用附图说明发明的结构时，有时在不同的附图中共同使用表示相同的部分的符号。

[0043] (实施方式1)

在本实施方式中对本发明的一个实施方式的有机化合物进行说明。

[0044] 本实施方式所示的有机化合物包括包含嘧啶环的稠环，并且具有以下述通式(G1)表示的结构。

[0045] [化学式9]



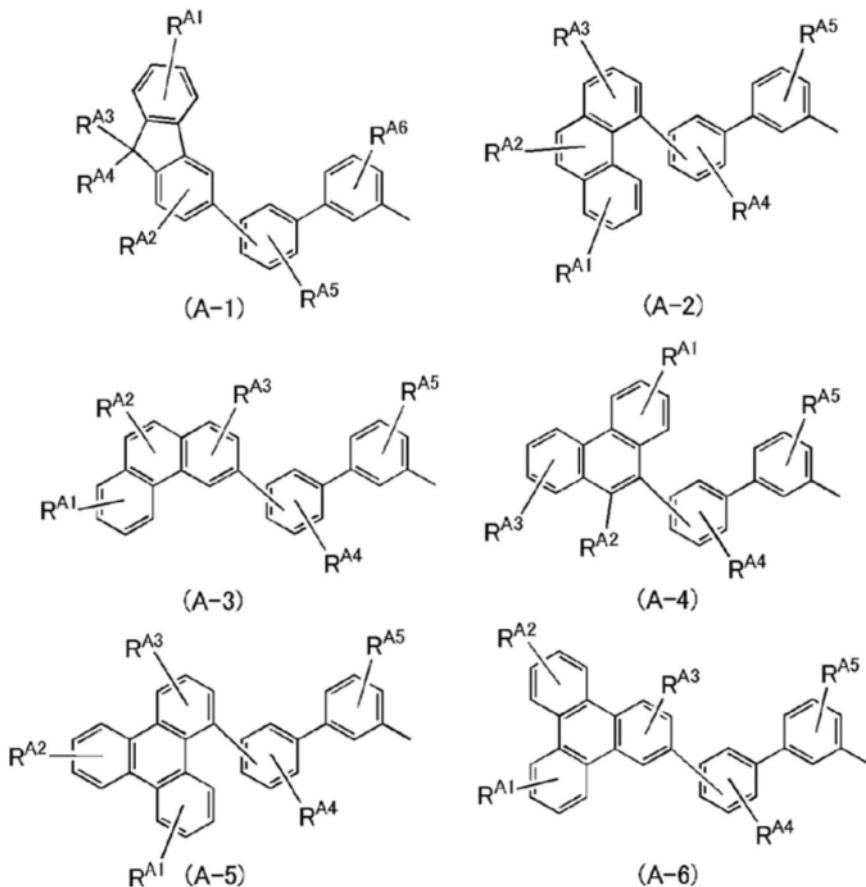
[0046] 注意，在通式(G1)中，A是碳原子数为6至100的基，并且包含芳香环和芳杂环中的至少一个。芳香环及芳杂环各自可以包含取代基。另外，Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0047] 在通式(G1)中，A优选包括苯环、萘环、芴环、菲环、三亚苯环、二苯并噁唑环的芳杂环、包含二苯并噁唑并环的芳杂环、包含二苯并呋喃环的芳杂环、包含咔唑环的芳杂环、苯并咪唑环、和三苯基胺结构中的一种或多种，并且环及结构各自优选具有取代基。

[0048] 在通式(G1)中，作为A是碳原子数为6至100的基的具体例子，可以举出下面通式

(A-1) 至 (A-6) 表示的基。注意，下述通式只是一个例子，碳原子数为6至100的基不局限于上述基。

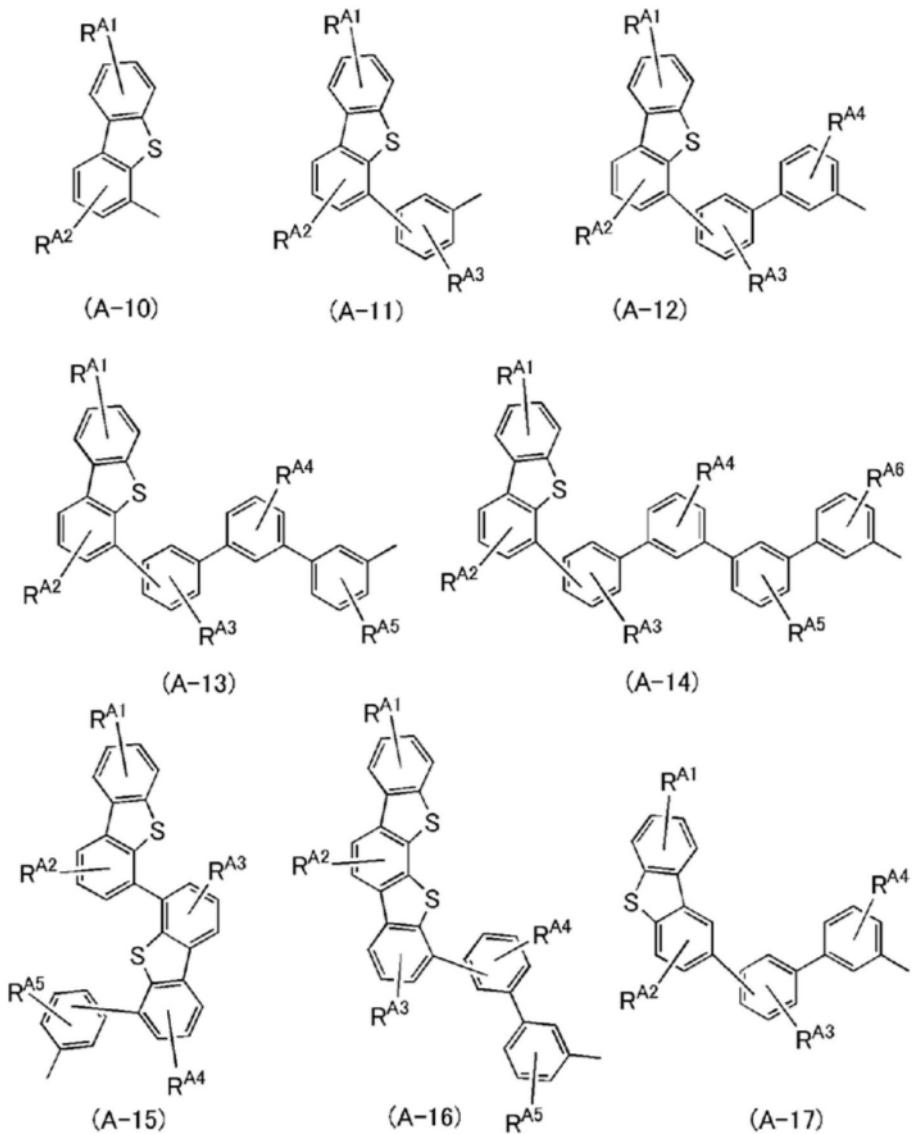
[0049] [化学式10]



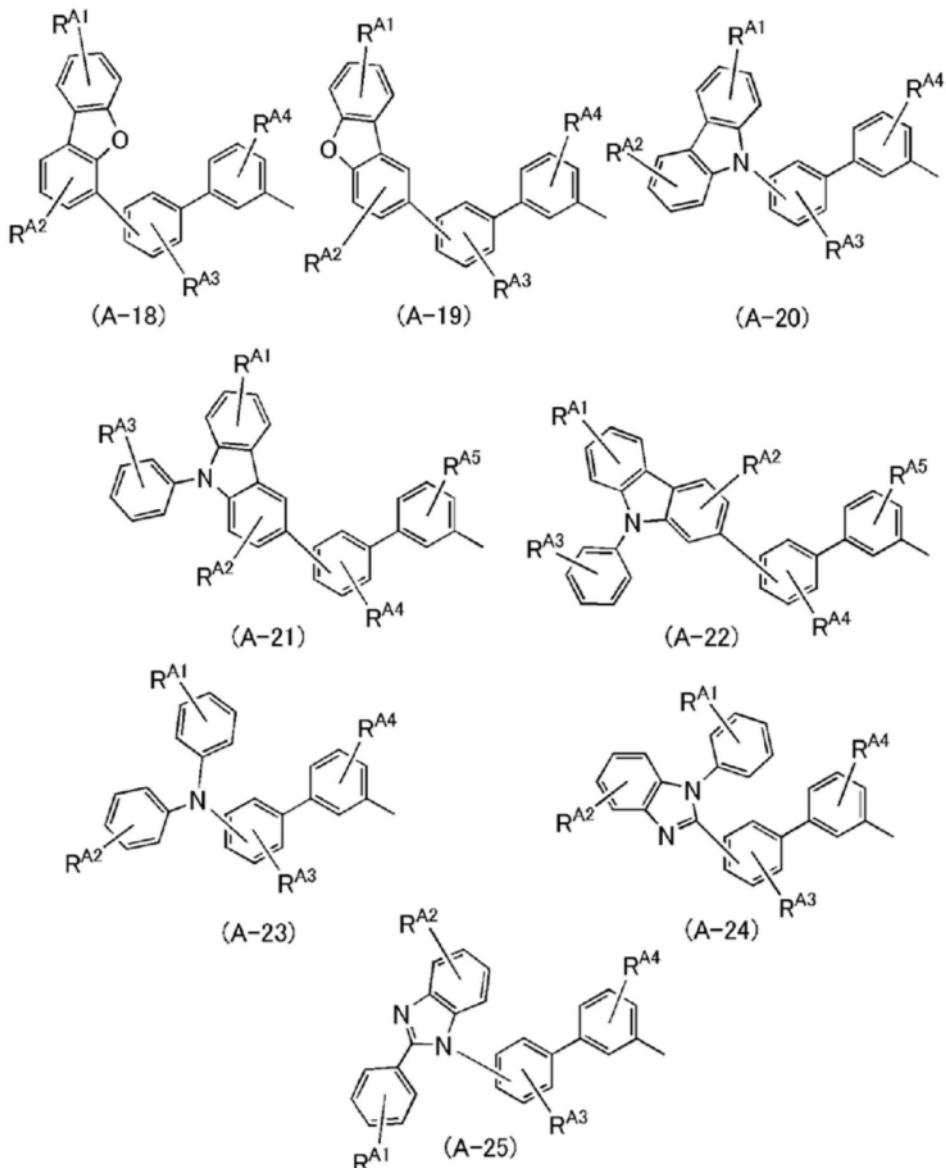
[0050] 在上述通式(A-1)至(A-6)中, R^{A1} 至 R^{A6} 分别表示具有1至4的取代基, 并且该取代基分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。

[0051] 作为上述通式 (G1) 中的A是碳原子数为6至100的基的另一个具体例子,可以举出以下述通式 (A-10) 至 (A-25) 表示的基。注意,下述通式只是一个例子,A不局限于上述例子。

[0052] 「化学式11」



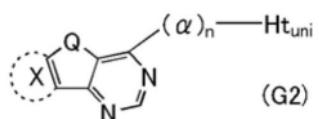
[0053] [化学式12]



[0054] 在上述通式(A-10)至(A-25)中, R^{A1} 至 R^{A6} 分别表示具有1至4的取代基, 并且该取代基分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个。当 R^{A1} 至 R^{A6} 各自具有取代基时, 假定该取代基为不会明显改变化合物特性的基诸如碳原子数为1至3的烷基。

[0055] 本实施方式所示的另一个有机化合物包括包含嘧啶环的稠环，并且具有以下述通式(G2)表示的结构。

[0056] [化学式13]

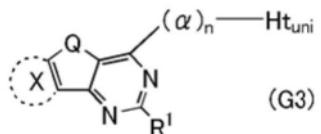


[0057] 注意，在通式(G2)中， α 表示取代或未取代的亚苯基，n表示0至4的整数。此外， Ht_{uni} 表示空穴传输性骨架。另外，Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0058] 在上述通式(G2)中,为了抑制Ht_{uni}与环X的互相作用且保持高三重激发能级(T₁能级),n优选为1以上,并且为了提高热物性及分子的稳定性,n优选为2。并且,在n为2的情况下,以α与n表示的2价的基优选为1,1'-联苯-3,3'-二基或者1,1'-联苯-3,4'-二基。

[0059] 本实施方式所示的另一个有机化合物包括包含嘧啶环的稠环,并且具有以下述通式(G3)表示的结构。

[0060] [化学式14]

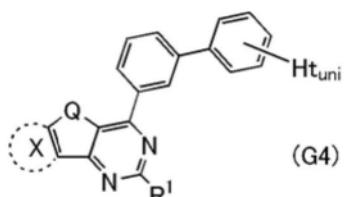


[0061] 注意,在上述通式(G3)中,α表示取代或未取代的亚苯基,n表示1至4的整数。此外,Ht_{uni}表示空穴传输性骨架。另外,R¹表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0062] 在上述通式(G3)中,为了抑制环X与Ht_{uni}或者R¹与Ht_{uni}的互相作用并保持高三重激发能级(T₁能级),n优选为1以上;为了提高热物性及分子的稳定性,n优选为2。并且,在n为2的情况下,以α与n表示的2价的基优选为1,1'-联苯-3,3'-二基或者1,1'-联苯-3,4'-二基。

[0063] 本实施方式所示的另一个有机化合物包括包含嘧啶环的稠环,并且具有以下述通式(G4)表示的结构。

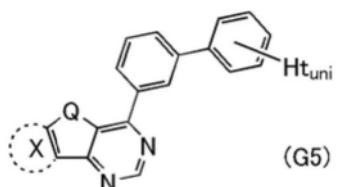
[0064] [化学式15]



[0065] 注意,在通式(G4)中,Ht_{uni}表示空穴传输性骨架。另外,R¹表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0066] 本实施方式所示的另一个有机化合物包括包含嘧啶环的稠环,并且具有以下述通式(G5)表示的结构。

[0067] [化学式16]

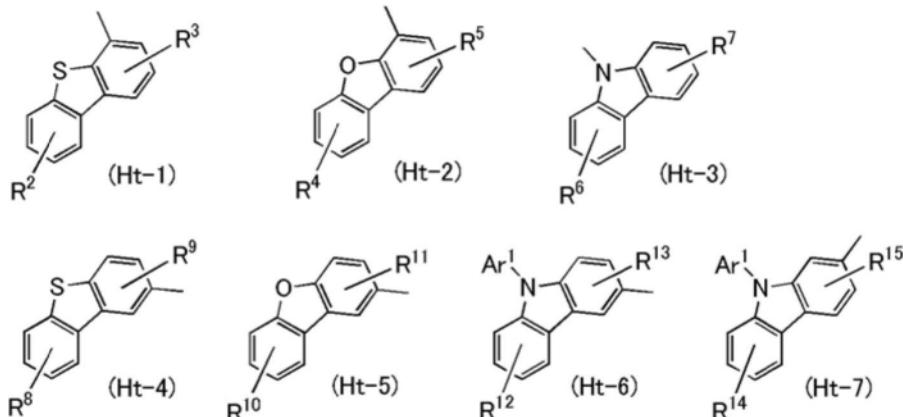


[0068] 注意,在通式(G5)中,Ht_{uni}表示空穴传输性骨架。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0069] 上述通式(G2)至(G5)中的H_{t_{uni}}优选具有吡咯环结构、呋喃环结构或噻吩环结构。作为上述环结构所包含的环，例如可以举出吡咯环、呋喃环、噻吩环、吲哚环、异吲哚环、苯并呋喃环、异苯并呋喃环、苯并噻吩环、异苯并噻吩环、呋唑环、二苯并呋喃环、二苯并噻吩环、萘并呋喃环、萘并噻吩环、苯并呋唑环、二苯并呋唑环、苯并萘并呋喃环、苯并萘并噻吩环、BTBT(benzothienobenzothiophene)环等。再者，上述环也可以包括下述任意取代基。

[0070] 上述通式(G2)至通式(G5)中的H_{t_{uni}}优选具有以下述通式(Ht-1)至(Ht-7)中的任一个表示的结构。

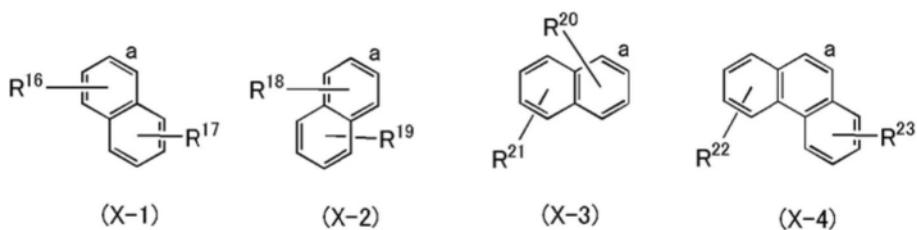
[0071] [化学式17]



[0072] 在通式(Ht-1)至(Ht-7)中，R²至R¹⁵分别表示1至4的取代基，并且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个。另外，Ar¹表示取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0073] 上述通式(G1)至(G5)中的环X以下述通式(X-1)至(X-4)中的任一个表示，并且在a所表示的位置与相邻的环稠合。

[0074] [化学式18]



[0075] 在通式(X-1)至(X-4)中，R¹⁶至R²³分别表示1至4的取代基，并且分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基中的任一个。

[0076] 上述本发明的一个实施方式的有机化合物各自包括包含嘧啶环的稠环。注意，通过使与嘧啶环稠合的杂环与特定的环结构稠合，与使与嘧啶环稠合的杂环与特定的环结构以外的任意环结构稠合的情况相比，可以提高所制造的发光元件的可靠性。因此，通过使上述通式(G1)至通式(G5)中的环X在上述通式(X-1)至通式(X-4)中的任一个所示的特定的环结构的以a表示的位置与相邻的环(与嘧啶环稠合的杂环)稠合，与使其与其他任意环结构稠合的情况相比，可以提高包括上述有机化合物的发光元件的可靠性。

[0077] 上述本发明的一个实施方式的有机化合物各自包括包含嘧啶环的稠环，也可以包括空穴传输性骨架(Ht_{uni})。注意，具有上述结构的有机化合物由于Ht_{uni}的空穴传输性及包含嘧啶环的稠环所具有的电子传输性具有双极性。在本发明的一个实施方式的有机化合物

具有双极性时,通过将其用作主体材料,可以扩大与其组合的客体材料的选择范围,所以从元件设计角度来看是非常有效的。空穴传输性骨架(Ht_{uni})例如优选具有吡咯环结构、呋喃环结构、噻吩环结构等。例如,优选具有以上述通式(Ht-1)至(Ht-7)中的任一个表示的结构。

[0078] 在上述通式(G1)中的芳环及芳杂环、取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环、上述通式(G2)中的取代或未取代的亚苯基、取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环、上述通式(G3)中的取代或未取代的亚苯基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环、上述通式(G4)中的取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环、上述通式(G5)中的取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环、上述通式(G2)至(G5)中的Ht_{uni}具有取代基时,作为该取代基可以举出:碳原子数1至6的烷基,诸如甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、仲丁基、叔丁基、戊基、己基;碳原子数5至7的环烷基,诸如环戊基、环己基、环庚基、1-降冰片基、2-降冰片基;碳原子数6至12的芳基,诸如苯基、联苯基;碳原子数4至18的杂芳基,诸如9-咔唑基、9-苯并-3-咔唑基。

[0079] 作为上述通式(G1)至(G5)中的取代或未取代的萘环的具体例子,可以举出萘、1-苯基萘、2-苯基萘等。

[0080] 作为上述通式(G1)至(G5)中的取代或未取代的菲环的具体例子,可以举出菲、1-苯基菲、1,8-二苯基菲等。

[0081] 作为上述通式(A-10)至(A-25)、通式(G3)以及通式(G4)中的碳原子数为1至6的取代或未取代的烷基的具体例子,可以举出:甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基、戊基、异戊基、仲戊基、叔戊基、新戊基、己基、异己基、仲己基、叔己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基、2-3-二甲基丁基等。

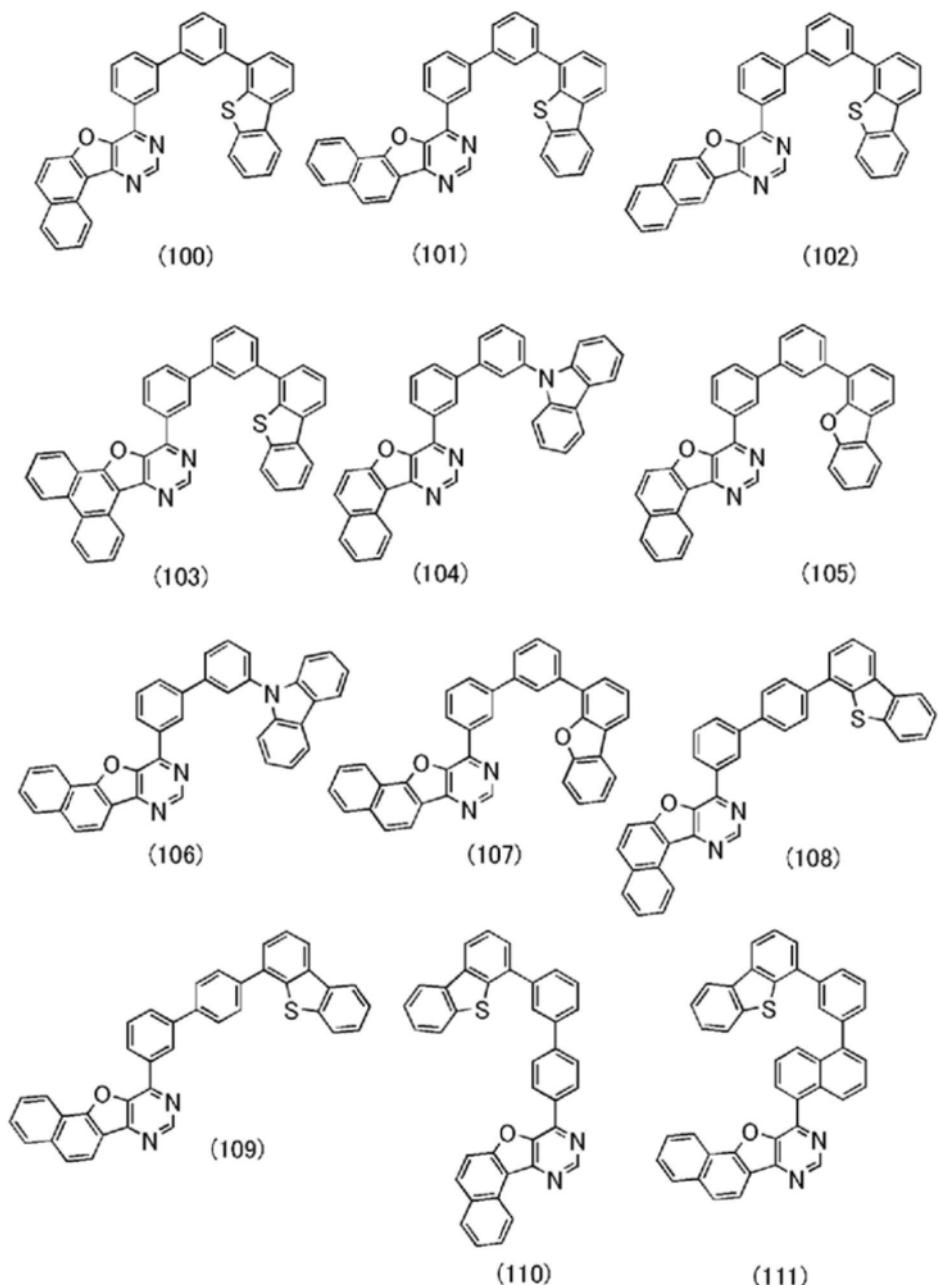
[0082] 作为上述通式(A-10)至(A-25)、通式(G3)以及通式(G4)中的取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃的具体例子,可以举出:环丙基、环丁基、环戊基、环己基、环辛基、2-甲基环己基、2,6-二甲基环己基等。

[0083] 作为上述通式(A-10)至(A-25)、通式(G3)以及通式(G4)中的取代或未取代的碳原子数为7至10的单环饱和烃的具体例子,可以举出:十氢化萘基(decahydronaphthyl group)、金刚烷基等。

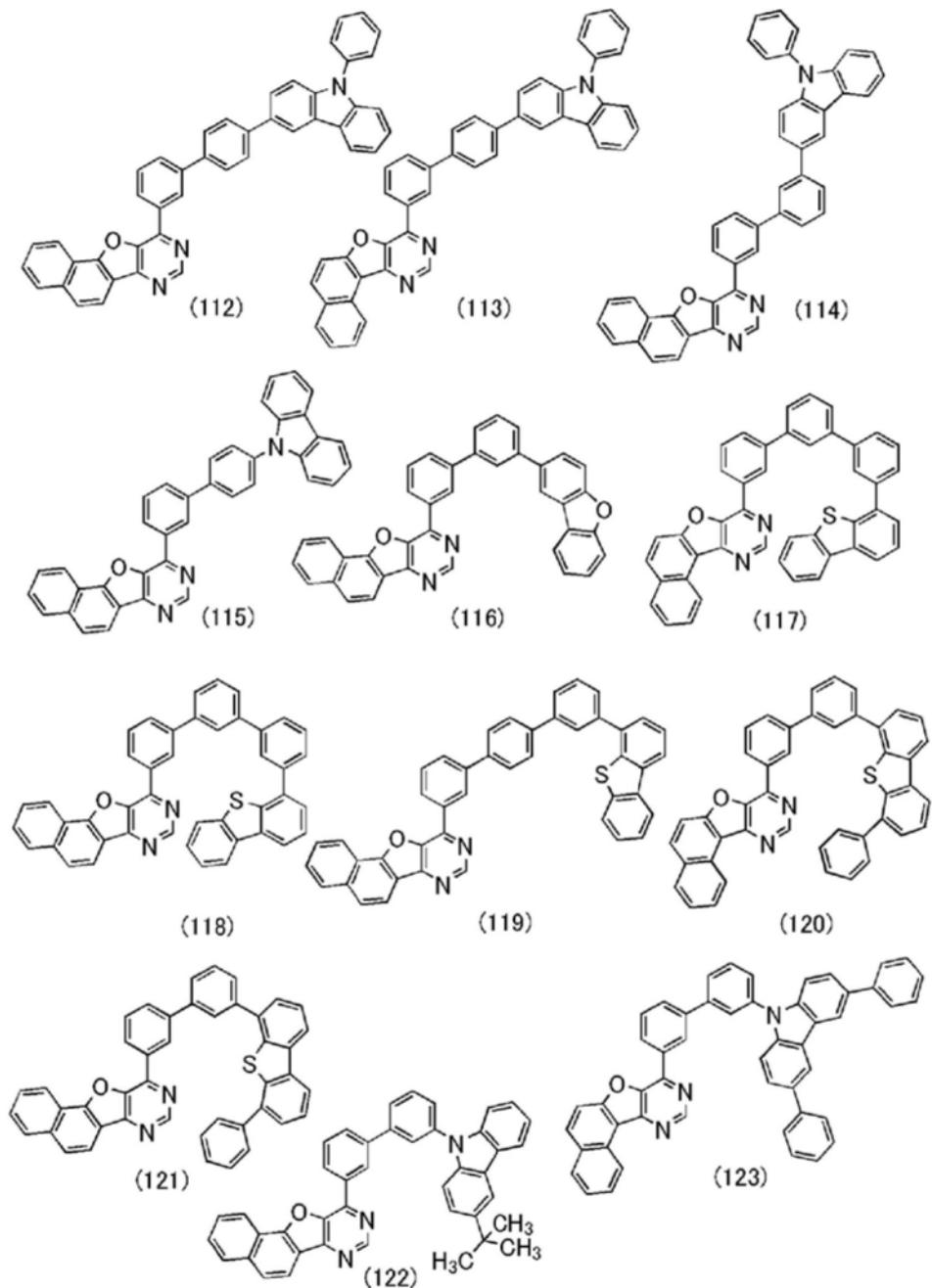
[0084] 作为上述通式(G3)、通式(G4)以及通式(Ht-1)至(Ht-7)中的取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基的具体例子,可以举出:苯基、萘基(1-萘基、2-萘基)、甲苯基(邻甲苯基、间甲苯基、对甲苯基)、联苯基(联苯-2-基、联苯-3-基、联苯-4-基)等。

[0085] 接着,下面示出上述本发明的一个实施方式的有机化合物的具体结构式。注意,本发明不局限于此。

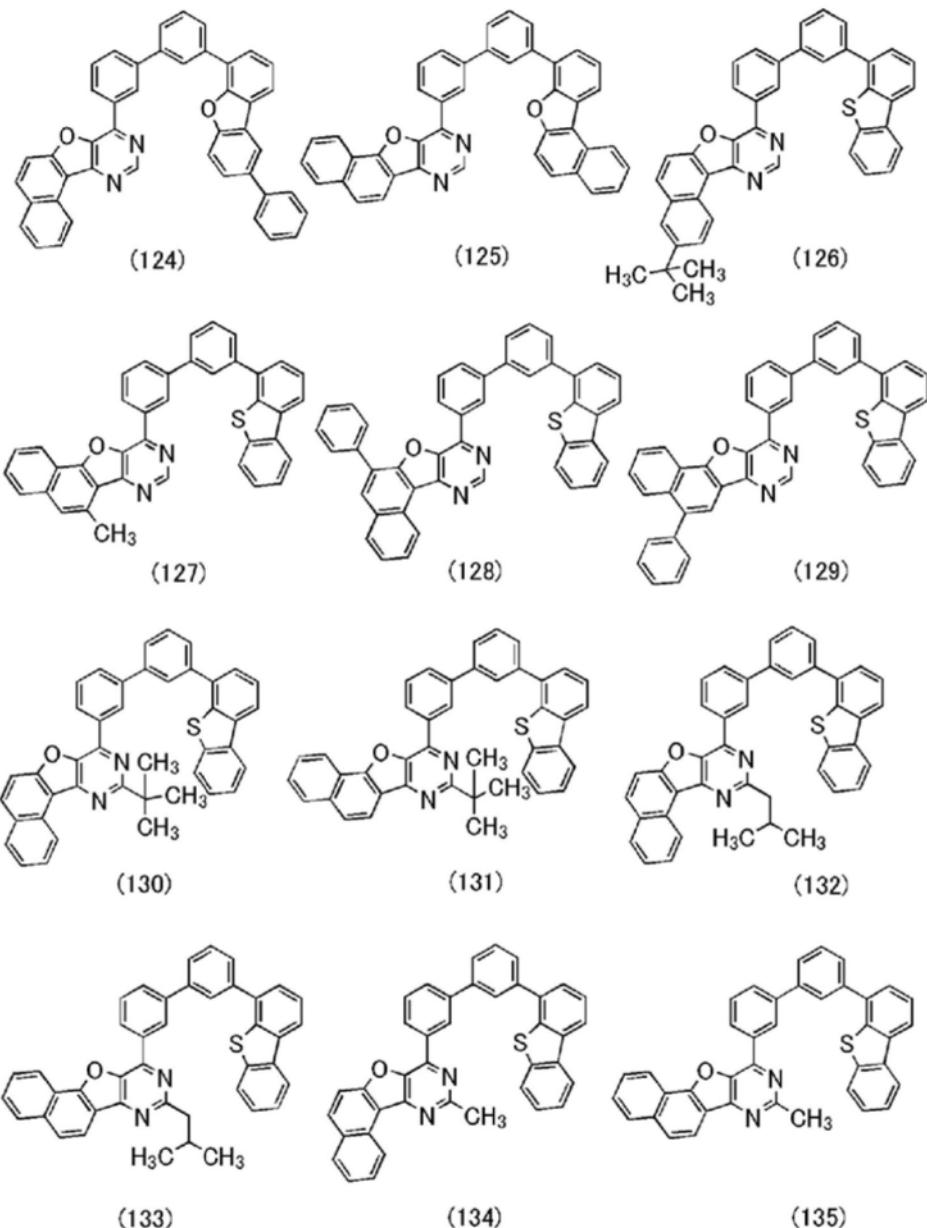
[0086] [化学式19]



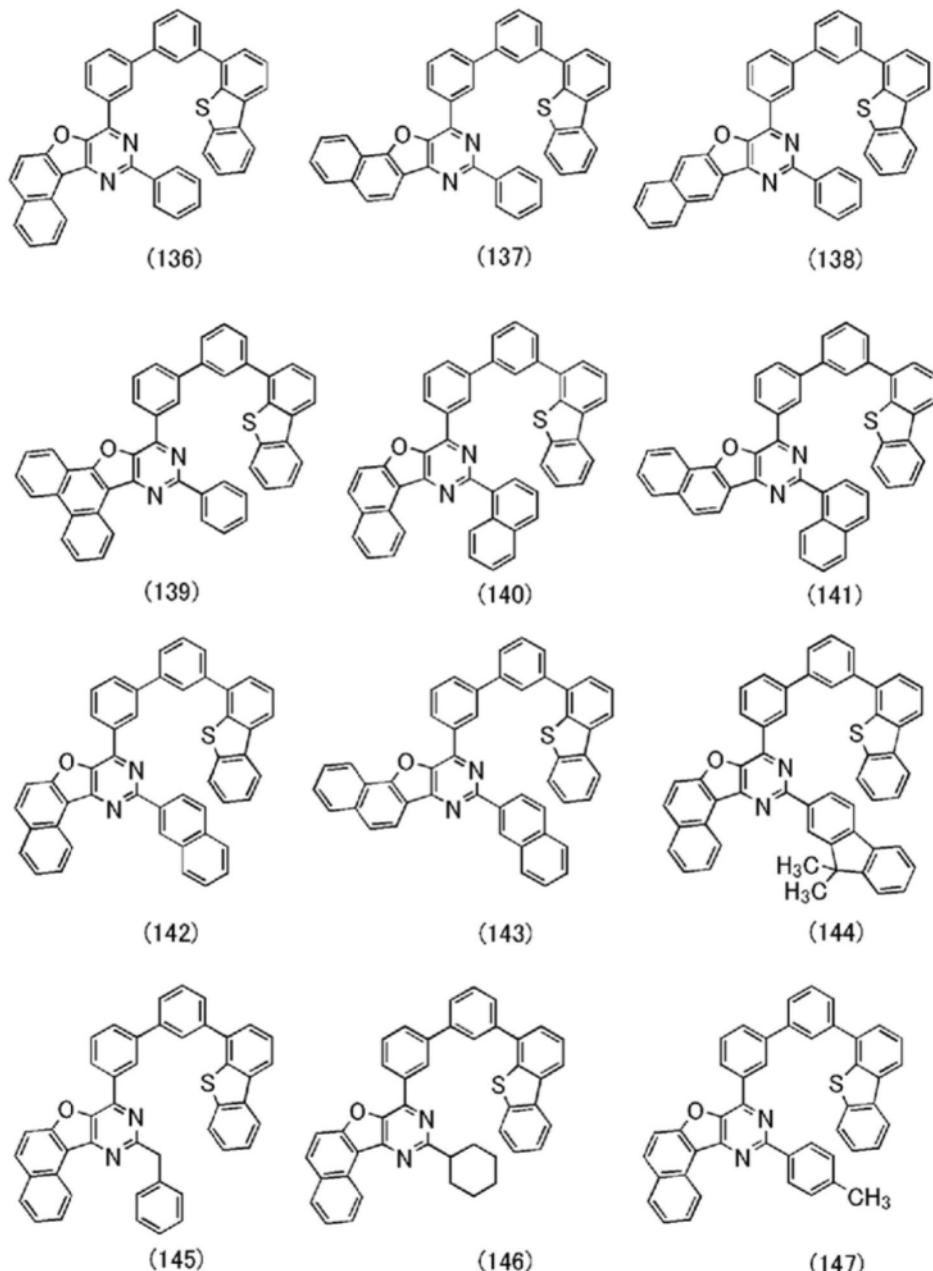
[0087] [化学式20]



[0088] [化学式21]



[0089] [化学式22]



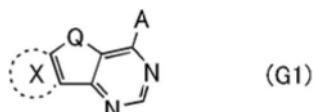
[0090] 注意,以上述结构式(100)至(147)表示的有机化合物是包括在以上述通式(G1)表示的有机化合物中的一个例子。本发明的一个实施方式的有机化合物不局限于此。

[0091] 接着,说明本发明的一个实施方式的具有以上述通式(G1)及通式(G3)表示的结构的有机化合物的合成方法的例子。

[0092] 《以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法》

首先,说明以下述通式(G1)表示的有机化合物的合成方法的一个例子。

[0093] [化学式23]

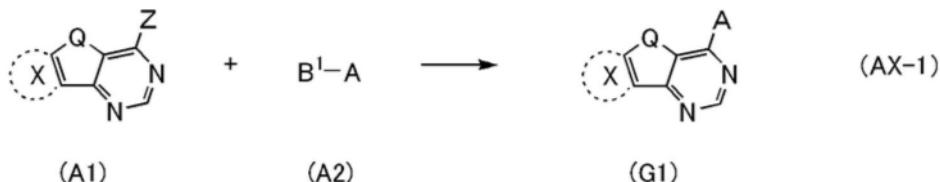


[0094] 在通式(G1)中,A是碳原子数为6至100的芳基,包括芳香环和芳杂环中的至少一个。注意,该芳香环及该芳杂环各自可以包含取代基。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未

取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0095] 以上述通式(G1)表示的有机化合物可以由以下述合成方案(AX-1)合成。即,可以通过使卤素化合物(A1)与硼酸化合物(A2)起反应得到以通式(G1)表示的有机化合物。

[0096] [化学式24]

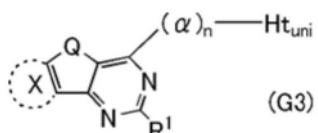


[0097] 注意,在上述合成方案(AX-1)中,A是碳原子数为6至100的基,包括芳香环和芳杂环中的至少一个。该芳香环及该芳杂环各自可以包含取代基。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。再者,Z表示卤素元素。此外, B^1 表示硼酸、硼酸酯或环状三醇硼酸盐等。作为环状三醇硼酸盐,也可以使用锂盐、钾盐及钠盐。

[0098] 《以通式(G3)表示的有机化合物的合成方法》

接着,说明以下述通式(G3)表示的有机化合物的合成方法的一个例子。

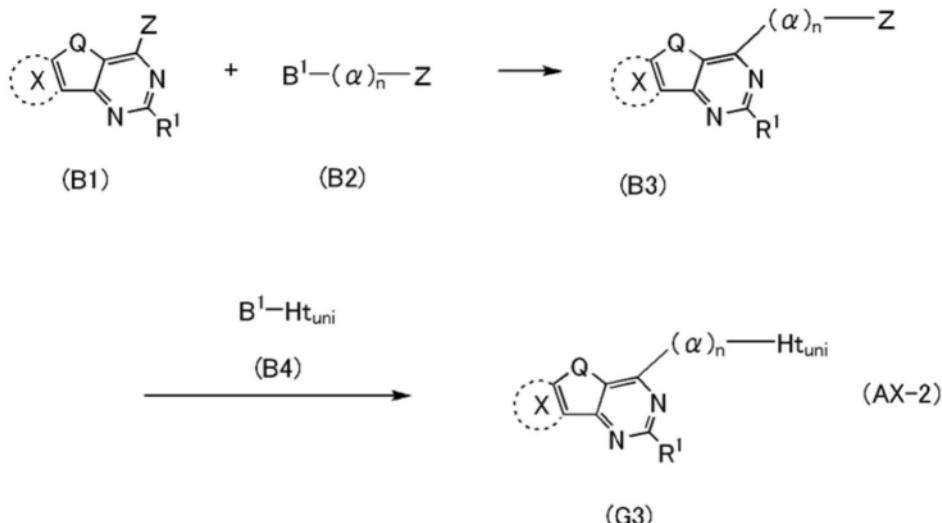
[0099] [化学式25]



[0100] 在通式(G3)中,α表示取代或未取代的亚苯基,n表示1至4的整数。此外,Ht_{uni}表示空穴传输性骨架。另外,R¹表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。

[0101] 以上述通式(G3)表示的有机化合物可以由下述合成方案(AX-2)合成。即,可以通过使卤素化合物(B1)与包含卤素的取代或未取代的亚苯基硼酸化合物(B2)起反应得到中间体(B3)后,使中间体(B3)与包括空穴传输性骨架的硼酸化合物(B4)起反应而得到以通式(G3)表示的有机化合物。

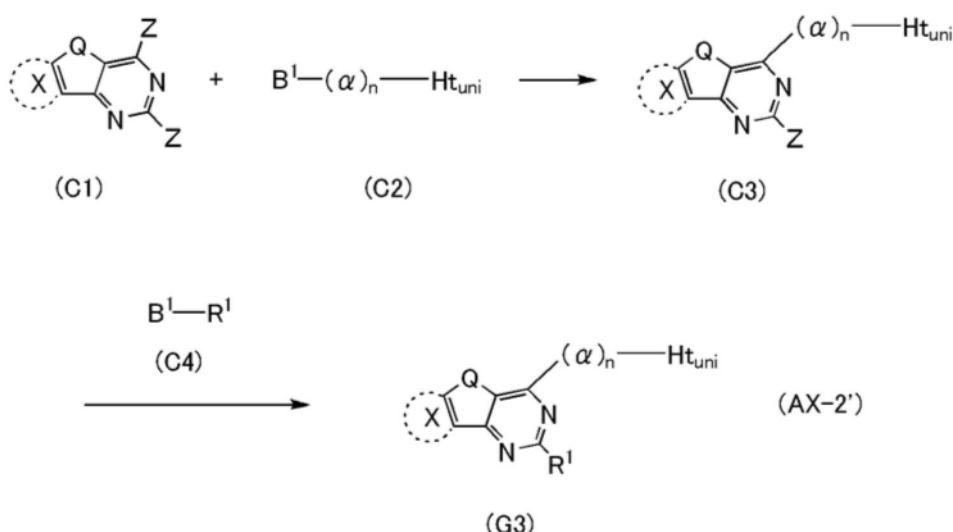
[0102] [化学式26]



[0103] 注意, α 表示取代或未取代的亚苯基,n表示1至4的整数。此外, Ht_{uni} 表示空穴传输性骨架。另外, R^1 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的单环饱和烃、取代或未取代的碳原子数为7至10的多环饱和烃或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。另外,Q表示氧或硫。环X表示取代或未取代的萘环或者取代或未取代的菲环。此外,Z表示卤素元素。另外, B^1 表示硼酸、硼酸酯或环状三醇硼酸盐等。作为环状三醇硼酸盐,也可以使用锂盐、钾盐及钠盐。

[0104] 以通式(G3)表示的有机化合物也可以通过下述合成方案(AX-2')所示的方法得到。即,可以通过使取代或未取代的二卤素化合物(C1)中的一个卤素与包括空穴传输性骨架的取代或未取代的亚苯基硼酸化合物(C2)起反应得到中间体(C3)后,使中间体(C3)与硼酸化合物(C4)起反应而得到以通式(G3)表示的有机化合物。

[0105] [化学式27]



[0106] 以上,虽然说明了以通式(G1)及通式(G3)表示的有机化合物的合成方法,但是本发明不局限于此,也可以通过其他的合成方法合成。

[0107] 注意,因为上述本发明的一个实施方式的有机化合物具有电子传输性及空穴传输性,所以可以将其用作发光层的主体材料或者用于电子传输层、空穴传输层。另外,优选将本发明的一个实施方式的有机化合物与发光物质(客体材料)组合而用作主体材料。另外,

可以将其本身用作发光元件的发光物质。因此，包含这些有机化合物的发光元件也包括在本发明的一个实施方式的范畴内。

[0108] 通过使用本发明的一个实施方式的有机化合物，可以实现一种发光效率高的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。此外，本发明的一个实施方式可以实现一种低功耗的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

[0109] 在本实施方式中，对本发明的一个实施方式进行说明。在其他实施方式中，对本发明的另一个实施方式进行说明。注意，本发明的一个实施方式不局限于上述例子。就是说，在本实施方式及其他实施方式中记载各种各样的发明的方式，由此本发明的一个实施方式不局限于特定的方式。

[0110] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任意结构适当地组合而实施。

[0111] (实施方式2)

在本实施方式中，参照图1A至1E对使用实施方式1所示的有机化合物的发光元件进行说明。

[0112] 《发光元件的基本结构》

首先，说明发光元件的基本结构。图1A示出在一对电极之间具有包含发光层的EL层的发光元件。具体地说，该发光元件具有EL层103夹在第一电极101与第二电极102之间的结构。

[0113] 图1B示出在一对电极之间具有多个(在图1B中两层)EL层(103a及103b)且在EL层之间夹有电荷产生层104的叠层结构(串联结构)的发光元件。具有串联结构的发光元件可以实现能够进行低电压驱动且功耗低的发光装置。

[0114] 电荷产生层104具有如下功能：在对第一电极101及第二电极102施加电压时，对一个EL层(103a或103b)注入电子并对另一个EL层(103b或103a)注入空穴的功能。由此，在图1B中，当以使第一电极101的电位比第二电极102高的方式施加电压时，电子从电荷产生层104注入到EL层103a中，空穴注入到EL层103b中。

[0115] 此外，从光提取效率的观点来看，电荷产生层104优选对可见光具有透光性(具体地说，对电荷产生层104的可见光的透过率为40%以上)。此外，电荷产生层104即使其电导率比第一电极101或第二电极102低也发挥功能。

[0116] 图1C示出本发明的一个实施方式的发光元件的EL层103的叠层结构。在此情况下，第一电极101被用作阳极。EL层103具有在第一电极101上依次层叠有空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114以及电子注入层115的结构。此外，在如图1B所示的串联结构所示地具有多个EL层的情况下，各EL层也具有从阳极一侧如上所述地层叠的结构。此外，在第一电极101为阴极且第二电极102为阳极的情况下，叠层顺序相反。

[0117] EL层(103、103a及103b)中的发光层113适当地组合发光物质及多个物质而具有能够获得呈现所希望的发光颜色的荧光发光及磷光发光的结构。此外，发光层113也可以为发光颜色不同的叠层结构。在此情况下，用于层叠的各发光层的发光物质或其他物质可以分别使用不同材料。此外，也可以采用从图1B所示的多个EL层(103a及103b)中的发光层获得分别不同的发光颜色的结构。在此情况下，用于各发光层的发光物质或其他物质可以分别使用不同材料。

[0118] 在本发明的一个实施方式的发光元件中，例如，通过使图1C所示的第一电极101为

反射电极、使第二电极102为半透反射电极并采用光学微腔谐振器(微腔)结构,可以使从EL层103中的发光层113获得的光在上述电极之间发生谐振,从而可以增强从第二电极102获得的光。

[0119] 注意,在发光元件的第一电极101为由具有反射性的导电材料和具有透光性的导电材料(透明导电膜)的叠层结构构成的反射电极的情况下,可以通过调整透明导电膜的厚度来进行光学调整。具体地说,优选以如下方式进行调整:相对于从发光层113获得的光的波长 λ ,第一电极101与第二电极102的电极间距离为 $m\lambda/2$ (注意, m 为自然数)左右。

[0120] 为了使从发光层113获得的所希望的光(波长: λ)放大,优选调整为如下:从第一电极101到能够获得发光层113的所希望的光的区域(发光区域)的光学距离及从第二电极102到能够获得发光层113的所希望的光的区域(发光区域)的光学距离都成为 $(2m'+1)\lambda/4$ (注意, m' 为自然数)左右。注意,在此说明的“发光区域”是指发光层113中的空穴与电子的再结合区域。

[0121] 通过进行上述光学调整,可以使能够从发光层113获得的特定的单色光的光谱变窄,由此获得色纯度良好的发光。

[0122] 在上述情况下,严格地说,第一电极101和第二电极102之间的光学距离可以说是从第一电极101中的反射区域到第二电极102中的反射区域的总厚度。但是,因为难以准确地决定第一电极101或第二电极102中的反射区域的位置,所以通过假定第一电极101及第二电极102中的任意的位置为反射区域可以充分得到上述效果。此外,严密地说,第一电极101和可以获得所希望的光的发光层之间的光学距离可以说是第一电极101中的反射区域和可以获得所希望的光的发光层中的发光区域之间的光学距离。但是,因为难以准确地决定第一电极101中的反射区域或可以获得所希望的光的发光层中的发光区域的位置,所以通过假定第一电极101中的任意的位置为反射区域且可以获得所希望的光的发光层的任意的位置为发光区域,可以充分得到上述效果。

[0123] 图1C所示的发光元件具有微腔结构,因此即使具有相同的EL层也可以提取不同波长的光(单色光)。由此,为了获得不同的发光颜色不需要分别涂布(例如涂布为R、G、B)。由此,容易实现高分辨率。此外,可以与着色层(滤色片)组合。并且,可以增强具有特定波长的正面方向上的发光强度,从而可以实现低功耗化。

[0124] 图1E所示的发光元件是图1B所示的串联结构的发光元件的一个例子,如附图所示,具有三个EL层(103a、103b、103c)夹着电荷产生层(104a、104b)而层叠的结构。三个EL层(103a、103b、103c)分别包括发光层(113a、113b、113c),并且可以自由地组合各发光层的发光颜色。例如,发光层113a及发光层113c的每一个可以发射蓝色,发光层113b可以发射红色、绿色、黄色中的一种。另外,例如,发光层113a及发光层113c的每一个可以发射红色,发光层113b可以发射蓝色、绿色、黄色中的一种。

[0125] 在上述本发明的一个实施方式的发光元件中,第一电极101和第二电极102中的至少一个为具有透光性的电极(透明电极、透射·半反射电极等)。在具有透光性的电极为透明电极的情况下,透明电极的可见光的透过率为40%以上。此外,在该电极为半透反射电极的情况下,半透反射电极的可见光的反射率为20%以上且80%以下,优选为40%以上且70%以下。这些电极的电阻率优选为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下。

[0126] 此外,在上述本发明的一个实施方式的发光元件中,在第一电极101和第二电极

102中的一个为具有反射性的电极(反射电极)的情况下,具有反射性的电极的可见光的反射率为40%以上且100%以下,优选为70%以上且100%以下。此外,该电极的电阻率优选为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下。

[0127] 《发光元件的具体结构及制造方法》

接着,参照图1A至图1E对本发明的一个实施方式的发光元件的具体结构及制造方法进行说明。在此,参照图1D说明具有图1B所示的串联结构及微腔结构的发光元件。在图1D所示的发光元件具有微腔结构的情况下,作为第一电极101形成反射电极,作为第二电极102形成半透反射电极。由此,可以单独使用所希望的电极材料或者使用多个电极材料以单层或叠层形成上述电极。此外,第二电极102在形成EL层103b之后,与上述同样地选择材料而形成。此外,上述电极可以利用溅射法或真空蒸镀法形成。

[0128] <第一电极及第二电极>

作为形成第一电极101及第二电极102的材料,如果可以满足上述两个电极的功能则可以适当地组合下述材料。例如,可以适当地使用金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等。具体而言,可以举出In-Sn氧化物(也称为ITO)、In-Si-Sn氧化物(也称为ITSO)、In-Zn氧化物、In-W-Zn氧化物。除了上述以外,还可以举出铝(Al)、钛(Ti)、铬(Cr)、锰(Mn)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)、镓(Ga)、锌(Zn)、铟(In)、锡(Sn)、钼(Mo)、钽(Ta)、钨(W)、钯(Pd)、金(Au)、铂(Pt)、银(Ag)、钇(Y)、钕(Nd)等金属以及适当地组合它们的合金。除了上述以外,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(Li)、铯(Cs)、钙(Ca)、锶(Sr)、铕(Eu)、镱(Yb)等稀土金属、适当地组合它们的合金以及石墨烯等。

[0129] 在图1D所示的发光元件中第一电极101为阳极的情况下,通过真空蒸镀法在第一电极101上依次层叠EL层103a的空穴注入层111a及空穴传输层112a。在形成EL层103a及电荷产生层104之后,与上述同样,在电荷产生层104上依次层叠EL层103b的空穴注入层111b及空穴传输层112b。

[0130] <空穴注入层及空穴传输层>

空穴注入层(111、111a、111b)是将空穴从阳极的第一电极101及电荷产生层(104)注入到EL层(103、103a、103b)中的层,包含空穴注入性高的材料。

[0131] 作为空穴注入性高的材料,可以举出钼氧化物、钒氧化物、钌氧化物、钨氧化物、锰氧化物等过渡金属氧化物。除了上述以外,可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称:H₂Pc)、铜酞菁(CuPc)等;芳香胺化合物如4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)等;或者高分子如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(简称:PEDOT/PSS)等。

[0132] 作为空穴注入性高的材料,也可以使用包含空穴传输性材料及受体材料(电子受体材料)的复合材料。在此情况下,由受体材料从空穴传输性材料抽出电子而在空穴注入层(111、111a、111b)中产生空穴,空穴通过空穴传输层(112、112a、112b)注入到发光层(113、113a、113b)中。此外,空穴注入层(111、111a、111b)可以采用由包含空穴传输性材料及受体材料(电子受体材料)的复合材料构成的单层,也可以采用分别使用空穴传输性材料及受体材料(电子受体材料)形成的层的叠层。

[0133] 空穴传输层(112、112a、112b)是将从第一电极101或电荷产生层(104)经过空穴注

入层(111、111a、111b)注入的空穴传输到发光层(113、113a、113b)中的层。此外，空穴传输层(112、112a、112b)是包含空穴传输性材料的层。作为用于空穴传输层(112、112a、112b)的空穴传输性材料，特别优选使用具有与空穴注入层(111、111a、111b)的HOMO能级相同或相近的HOMO能级的材料。

[0134] 作为用于空穴注入层(111、111a、111b)的受体材料，可以使用属于元素周期表中的第4族至第8族的金属的氧化物。具体地说，可以举出氧化钼、氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钨、氧化锰、氧化铼。特别优选使用氧化钼，因为其在大气中也稳定，吸湿性低，并且容易处理。除了上述以外，可以举出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮杂三亚苯衍生物等有机受体。具体地说，可以使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂三亚苯(简称:HAT-CN)等。尤其是，HAT-CN这样的具有多个杂原子的稠合芳香环与吸电子基团键合的化合物对热稳定，所以是优选的。另外，包括吸电子基团(尤其是如氟基等卤基、氰基)的[3]轴烯衍生物的电子接收性非常高所以特别优选的。具体而言，可以举出：α, α', α''-1,2,3-环烷三亚基(ylidene)三[4-氰-2,3,5,6-四氟苯乙腈]、α, α', α''-1,2,3-环丙三亚基(ylidene)三[2,6-二氯-3,5-二氟-4-(三氟甲基)苯乙腈]、α, α', α''-1,2,3-环烷三亚基三[2,3,4,5,6-五氟苯乙腈]。

[0135] 作为用于空穴注入层(111、111a、111b)及空穴传输层(112、112a、112b)的空穴传输性材料，优选为具有10⁻⁶cm²/Vs以上的空穴迁移率的物质。此外，只要是空穴传输性高于电子传输性的物质，可以使用上述以外的物质。

[0136] 作为空穴传输性材料，优选使用富π电子型杂芳族化合物(例如，咔唑衍生物或吲哚衍生物)或芳香胺化合物，具体的例子为如下：4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称：NPB或α-NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称：TPD)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称：BSPB)、4-苯基-4'--(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称：BPAFLP)、4-苯基-3'--(9-苯基芴-9-基)三苯基胺(简称：mBPAFLP)、4-苯基-4'--(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBA1BP)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称：PCPPn)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺(简称：PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称：PCBBiF)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'--(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称：PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联芴-2-胺(简称：PCBASF)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称：TCTA)、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)等具有芳香胺骨架的化合物；1,3-双(N-咔唑基)苯(简称：mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称：CBP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称：CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称：PCCP)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCN1)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称：TCPB)、9-[4-

-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCN1)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称：TCPB)、9-[4-

(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA) 等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基) 三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基) 苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基) 苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV) 等具有噻吩骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基) 三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基) 苯基] 苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II) 等具有呋喃骨架的化合物。

[0137] 再者,还可以使用聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTVA)、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。

[0138] 注意,空穴传输性材料不局限于上述材料,可以组合一种或多种的已知的各种各样材料而用于空穴注入层(111、111a、111b) 及空穴传输层(112、112a、112b) 作为空穴传输性材料。此外,空穴传输层(112、112a、112b) 也可以分别由多个层构成。也就是说,例如,也可以层叠有第一空穴传输层和第二空穴传输层。

[0139] 在图1D所示的发光元件中,通过真空蒸镀法在EL层103a中的空穴传输层112a上形成发光层113a。此外,在形成EL层103a及电荷产生层104之后,通过真空蒸镀法在EL层103b中的空穴传输层112b上形成发光层113b。

[0140] <发光层>

发光层(113、113a、113b、113c) 是包含发光物质的层。此外,作为发光物质,适当地使用呈现蓝色、紫色、蓝紫色、绿色、黄绿色、黄色、橙色、红色等的发光颜色的物质。此外,通过在多个发光层(113a、113b、113c) 中分别使用不同的发光物质,可以成为呈现不同的发光颜色的结构(例如,可以组合处于补色关系的发光颜色获得白色发光)。再者,也可以为一个发光层具有不同的发光物质的叠层结构。

[0141] 注意,发光层(113、113a、113b、113c) 除了发光物质(客体材料) 以外还可以包含一种或多种有机化合物(主体材料、辅助材料)。此外,作为一种或多种有机化合物,可以使用实施方式1中所示的有机化合物或者在本实施方式中进行说明的空穴传输性材料和电子传输性材料中的一方或双方。

[0142] 对可用于发光层(113、113a、113b、113c) 的发光物质可以使用将三重激发能量转换为可见光区域的光的发光物质或将单重激发能量转换为可见光区域的光的发光物质。在该发光物质与实施方式1所示的有机化合物组合而使用时,优选使用将三重激发能量转换为可见光区域的光的发光物质。

[0143] 下面,可以举出其他发光物质。

[0144] 作为将三重激发能量转换成发光的发光物质,例如可以举出发射磷光的物质(磷光材料) 或呈现热活化延迟荧光的热活化延迟荧光(TADF) 材料。

[0145] 作为磷光材料,可以举出有机金属配合物、金属配合物(铂配合物)、稀土金属配合物等。这种物质根据每个物质呈现不同的发光颜色(发光峰),因此根据需要适当地选择而使用。

[0146] 作为呈现蓝色或绿色且其发射光谱的峰值波长为450nm以上且570nm以下的磷光材料,可以举出如下物质。

[0147] 例如可以举出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}铱(III) (简称: [Ir(mpptz-dmp)₃])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑(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])、三[3-(5-联苯)-5-异丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III) (简称: [Ir(iPr5btz)₃])等具有4H-三唑骨架的有机金属配合物;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配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III) (简称: [Ir(iPrpmi)₃])、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶根(phenanthridinato)]铱(III) (简称: [Ir(dmpimpt-Me)₃])等具有咪唑骨架的有机金属配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称: FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸盐(简称: FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸盐(简称: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称: FIr(acac))等以具有吸电子基团的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属配合物等。

[0148] 作为呈现绿色或黄色且其发射光谱的峰值波长为495nm以上且590nm以下的磷光材料,可以举出如下物质。

[0149] 例如可以举出三(4-甲基-6-苯基嘧啶)铱(III) (简称: [Ir(mppm)₃])、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶)铱(III) (简称: [Ir(tBuppm)₃])、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶)铱(III) (简称: [Ir(mppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III) (简称: [Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶]铱(III) (简称: [Ir(nbppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶]铱(III) (简称: [Ir(mpmpm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}铱(III) (简称: [Ir(dmppm-dmp)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III) (简称: [Ir(dppm)₂(acac)])等具有嘧啶骨架的有机金属配合物、(乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)铱(III) (简称: [Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III) (简称: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属配合物、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'})铱(III)乙酰丙酮(简称: [Ir(ppy)₂(acac)])、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称: [Ir(bzq)₂(acac)])、三(苯并[h]喹啉)铱(III) (简称: [Ir(bzq)₃])、三(2-苯基喹啉-N,C^{2'})铱(III) (简称: [Ir(pq)₃])、双(2-苯基喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称: [Ir(pq)₂(acac)])等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物、双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称: [Ir(dpo)₂(acac)])、双{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶-N,C^{2'}}铱(III)乙酰丙酮(简称: [Ir(p-PF-ph)₂(acac)])、双(2-苯基苯并噁唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称: [Ir(bt)₂(acac)])等有机金属铱配合物、三(乙酰丙酮根)(单菲罗啉)铽(III) (简称: [Tb(acac)₃(Phen)])等稀土金属配合物。

[0150] 作为呈现黄色或红色且其发射光谱的峰值波长为570nm以上且750nm以下的磷光材料,可以举出如下物质。

[0151] 例如可以举出(二异丁酰甲烷根)双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根]铱(III) (简称:

[Ir(5mdppm)₂(dibm)]、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰甲烷)铱(III)(简称:[Ir(5mdppm)₂(dpm)])、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰甲烷)铱(III)(简称:[Ir(d1npm)₂(dpm)])等具有嘧啶骨架的有机金属配合物;(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊酰甲烷)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ²0,0')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)₂(dibm)])、双{4,6-二甲基-2-[5-(4-氟-2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ²0,0')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmCP)₂(dpm)])、(乙酰丙酮根)双[2-甲基-3-苯基喹喔啉合(quinoxalinato)-N,C^{2'}]铱(III)(简称:[Ir(mpq)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(2,3-二苯基喹喔啉合-N,C^{2'})铱(III)(简称:[Ir(dpq)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(简称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属配合物;三(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)(简称:[Ir(piq)₃])、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(piq)₂(acac)])等具有吡啶骨架的有机金属配合物;2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:[PtOEP])等铂配合物;以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲罗啉)铕(III)(简称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲罗啉)铕(III)(简称:[Eu(TTA)₃(Phen)])等稀土金属配合物。

[0152] 作为将单重激发能量转换成发光的发光物质,可以举出发射荧光的物质(荧光材料),例如可以举出茋衍生物、蒽衍生物、三亚苯衍生物、芴衍生物、咔唑衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、喹喔啉衍生物、吡啶衍生物、嘧啶衍生物、菲衍生物、萘衍生物等。尤其是茋衍生物的发光量子产率高,所以是优选的。作为茋衍生物的具体例子,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]茋-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茋-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(二苯并呋喃-2-基)-N,N'-二苯基茋-1,6-二胺(简称:1,6FrAPrn)、N,N'-双(二苯并噻吩-2-基)-N,N'-二苯基茋-1,6-二胺(简称:1,6ThAPrn)、N,N'--(茋-1,6-二基)双[(N-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-6-胺](简称:1,6BnfAPrn)、N,N'--(茋-1,6-二基)双[(N-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-8-胺](简称:1,6BnfAPrn-02)、N,N'--(茋-1,6-二基)双[(6,N-二苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-8-胺](简称:1,6BnfAPrn-03)等。

[0153] 除了上述以外,可以使用5,6-双[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPY)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒽基)联苯-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPY)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基茋-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPBA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四-(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、N,N''-(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-亚苯基)双[N,N',N''-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,

N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)等。

[0154] 作为用于发光层(113、113a、113b、113c)的有机化合物,可以使用一种或多种其能隙比发光物质(客体材料)大的物质。因此,除了在实施方式1中所示的有机化合物以外,也可以适当地使用下述有机化合物(主体材料、辅助材料)。

[0155] 当发光物质是荧光材料时,例如优选使用单重激发态的能级大且三重激发态的能级小的有机化合物作为主体材料。例如,优选使用蒽衍生物或并四苯衍生物。具体而言,可以举出9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、9-[4-(10-苯基-9-蒽)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃(简称:2mBnfPPA)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)-联苯-4'-基}蒽(简称:FLPPA)、5,12-二苯基并四苯、5,12-双(联苯-2-基)并四苯等。

[0156] 在发光物质是磷光材料的情况下,选择其三重态激发能量比发光物质的三重态激发能量(基态和三重激发态之间的能量差)大的有机化合物作为主体材料,即可。在此情况下,可以使用锌或铝类金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲罗啉衍生物等、芳香胺、咔唑衍生物等。

[0157] 注意,作为主体材料,更具体而言,例如可以使用如下空穴传输性材料及电子传输性材料。

[0158] 作为这些空穴传输性高的主体材料,例如可以举出芳香胺化合物如N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-对苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0159] 作为其他例子,也可以举出咔唑衍生物诸如3-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA2)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。此外,作为咔唑衍生物,还可以举出4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、1,4-双[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0160] 此外,作为空穴传输性高的材料,例如,可以使用4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4',4"-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA)、4,4',4"-三[N-(1-萘基)-N-苯氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、4,4',4"-三(N,N-二苯氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4"-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯氨基]三苯胺(简称:m-MTDA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨基]-9H-芴-7-基}苯基胺(简称:

DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯氨基-9H-芴-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、2-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联芴(简称:DPASF)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)胺(简称:PCA1BP)、N,N'-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N,N',N''-三苯基-N,N',N'''-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联芴-2-胺(简称:PCBASF)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)

-N-苯氨基]螺-9,9'-联芴(简称:PCASF)、2,7-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-螺-9,9'-联芴(简称:DPA2SF)、N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(简称:YGA1BP)、N,N'-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)等芳香族胺化合物等。此外,作为其他例子,可以使用咔唑化合物、噻吩化合物、呋喃化合物、芴化合物;三亚苯化合物;菲化合物等诸如3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)、1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)、4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)-苯(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)、4-[3-(三亚苯-2-基)苯基]二苯并噻吩(简称:mDBTPTp-II)等。

[0161] 作为电子传输性高的主体材料,可以举出具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物,例如有三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)等。此外,除此之外,还可以使用如双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有噁唑基类配体、噻唑类配体的金属配合物等。再者,除了金属配合物以外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:0XD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)等噁二唑衍生物;3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)等三唑衍生物;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)等具有咪唑骨架的化合物(尤其是苯并咪唑衍生物);4,4'-双(5-甲基苯并噁唑基-2-基)二苯乙烯(简称:Bz0s)等具有噁唑骨架的化合物(尤其是苯并噁唑衍生物);红菲绕啉(简称:Bphen)、浴铜灵(简称:BCP)、2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲罗啉(简称:NBphen)等菲罗啉衍生物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、2-[3'

(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:6mDBTPDBq-II)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等具有二嗪骨架的杂环化合物;2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)等具有三嗪骨架的杂环化合物;3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等具有吡啶骨架的杂环化合物。此外,还可以使用高分子化合物诸如聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)。

[0162] 另外,作为主体材料,可以举出:蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、䓛(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]䓛(chrysene)衍生物等稠合多环芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)。具体而言,可以举出9,10-二苯基蒽(简称:DPAanth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:DPhPA)、YGAPA、PCAPA、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯䓛、N,N,N',N',N'',N''-八苯基二苯并[g,p]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称为DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'- (二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'- (二苯乙烯-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)以及1,3,5-三(1-芘基)苯(简称:TPB3)等。

[0163] 在将多个有机化合物用于发光层(113、113a、113b、113c)的情况下,可以组合形成激基复合物的两种化合物(第一化合物及第二化合物)和有机金属复合物而使用。在此情况下,可以适当地组合各种有机化合物而使用,但是为了高效地形成激基复合物,特别优选组合容易接收空穴的化合物(空穴传输性材料)和容易接收电子的化合物(电子传输性材料)。作为空穴传输性材料及电子传输性材料的具体例子,可以使用本实施方式所示的材料。通过上述结构,可以同时实现高效率、低电压以及长寿命。

[0164] TADF材料是指能够利用微小的热能量将三重激发态上转换(up-convert)为单重激发态(逆系间窜越)并高效率地呈现来自单重激发态的发光(荧光)的材料。可以高效率地获得热活化延迟荧光的条件为如下:三重激发能级和单重激发能级之间的能量差为0eV以上且0.2eV以下,优选为0eV以上且0.1eV以下。TADF材料所呈现的延迟荧光是指其光谱与一般的荧光同样但其寿命非常长的发光。该寿命为 10^{-6} 秒以上,优选为 10^{-3} 秒以上。

[0165] 作为TADF材料,例如可以举出富勒烯或其衍生物、普鲁黄素等吖啶衍生物、伊红等。此外,可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金

属卟啉。作为含金属卟啉，例如，也可以举出原卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Hemato IX))、粪卟啉四甲酯-氟化锡配合物(SnF_2 (CoproIII-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Etio I))以及八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl_2 OEP)等。

[0166] 除了上述以外，可以使用2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吲哚并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、2-[4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吖啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吖啶)苯基]砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10' H-螺[吖啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)等具有富 π 电子型芳杂环及缺 π 电子型芳杂环的杂环化合物。此外，在富 π 电子型芳杂环和缺 π 电子型芳杂环直接键合的物质中，富 π 电子型芳杂环的供体性和缺 π 电子型芳杂环的受体性都强，单重激发态与三重激发态之间的能量差变小，所以是尤其优选的。

[0167] 注意，在使用TADF材料的情况下，可以组合其他有机化合物使用。

[0168] 接着，在图1D所示的发光元件中，通过真空蒸镀法在EL层103a中的发光层113a上形成电子传输层114a。此外，在形成EL层103a及电荷产生层104之后，通过真空蒸镀法在EL层103b中的发光层113b上形成电子传输层114b。

[0169] <电子传输层>

电子传输层(114、114a、114b)是将从第二电极102或电荷产生层(104)经过电子注入层(115、115a、115b)注入的电子传输到发光层(113、113a、113b)中的层。此外，电子传输层(114、114a、114b)是包含电子传输性材料的层。作为用于电子传输层(114、114a、114b)的电子传输性材料，优选为具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的物质。此外，只要是电子传输性高于空穴传输性的物质，可以使用上述以外的物质。

[0170] 作为用于电子传输性材料可以举出具有喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体、噻唑配体的金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物等。除了上述以外，也可以使用含氮杂芳族化合物等缺 π 电子型杂芳族化合物。

[0171] 具体地说，可以使用 Alq_3 、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称: Almq_3)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(简称: BeBq_2)、 BA1q 、双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(II)(简称: Zn(BOX)_2)、双[2-(2-羟基苯基)-苯并噻唑]锌(II)(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)、OXD-7、3-(4'-叔丁基苯基)-4-苯基-5-(4"-联苯)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、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)、红菲咯啉(简称:Bphen)、浴铜灵(简称:BCP)、4,4'-双(5-甲基苯并噁唑-2-基)二苯乙烯(简称:Bz0s)等杂芳族化合物、2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噁吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDDBq-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-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)和6-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:6mDBTPDBq-II)等喹喔啉衍生物或二苯并喹喔啉衍生物。

[0172] 此外,还可以使用聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)等高分子化合物。

[0173] 此外,电子传输层(114、114a、114b)既可由单层构成又可由层叠有两层以上的由上述物质构成的层的构成。

[0174] 在图1D所示的发光元件中,通过真空蒸镀法在EL层103a中的电子传输层114a上形成电子注入层115a。在形成EL层103a及电荷产生层104之后,形成直到EL层103b中的电子传输层114b的构成要素。然后通过真空蒸镀法在电子传输层114b上形成电子注入层115b。

[0175] <电子注入层>

电子注入层(115、115a、115b)是包含电子注入性高的物质的层。作为电子注入层(115、115a、115b),可以使用氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)及锂氧化物(LiO_x)等碱金属、碱土金属或这些金属的化合物。此外,可以使用氟化铒(ErF₃)等稀土金属化合物。此外,也可以将电子盐用于电子注入层(115、115a、115b)。作为该电子盐,例如可以举出对钙和铝的混合氧化物以高浓度添加电子的物质等。此外,也可以使用如上所述的构成电子传输层(114、114a、114b)的物质。

[0176] 此外,也可以将混合有机化合物与电子给体(供体)而成的复合材料用于电子注入层(115、115a、115b)。这种复合材料因为通过电子给体在有机化合物中产生电子而具有优异的电子注入性和电子传输性。在此情况下,有机化合物优选是在传输所产生的电子方面性能优异的材料,具体而言,例如,可以使用用于如上所述的电子传输层(114、114a、114b)的电子传输性材料(金属配合物、杂芳族化合物等)。作为电子给体,只要是对有机化合物呈现电子供给性的物质即可。具体而言,优选使用碱金属、碱土金属和稀土金属,可以举出锂、铯、镁、钙、铒、镱等。此外,优选使用碱金属氧化物或碱土金属氧化物,可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外,还可以使用氧化镁等路易斯碱。此外,也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0177] 例如,在使从发光层113b获得的光放大的情况下,优选以第二电极102与发光层113b之间的光学距离小于发光层113b所呈现的光的波长的λ/4的方式形成。在此情况下,通过改变电子传输层114b或电子注入层115b的厚度,可以调整光学距离。

[0178] <电荷产生层>

电荷产生层104具有如下功能:在对第一电极101(阳极)及第二电极102(阴极)施加电压时,对EL层103a注入电子且对EL层103b注入空穴的功能。电荷产生层104既可以具有对空穴传输性材料添加有电子受体(受体)的结构,也可以具有对电子传输性材料添加有电子给体(供体)的结构。或者,也可以层叠有这两种结构。此外,通过使用上述材料形成电荷产生层104,可以抑制在层叠EL层时的驱动电压的增大。

[0179] 在电荷产生层104具有对空穴传输性材料添加有电子受体的结构的情况下,作为空穴传输性材料可以使用本实施方式所示的材料。此外,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,可以举出属于元素周期表中第4族至第8族的元素的金属的氧化物。具体地说,可以举出氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化铼等。

[0180] 在电荷产生层104具有对电子传输性材料添加有电子供体的结构的情况下,作为

电子传输性材料可以使用本实施方式所示的材料。此外，作为电子给体，可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属或属于元素周期表中第2族、第13族的金属及它们的氧化物或碳酸盐。具体而言，优选使用锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)、镱(Yb)、铟(In)、氧化锂、碳酸铯等。此外，也可以将如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)等有机化合物用作电子给体。

[0181] 注意，图1E所示的EL层103c采用与上述EL层(103、103a、103b)同样的结构即可。此外，电荷产生层104a、电荷产生层104b也采用与上述电荷产生层104同样的结构即可。

[0182] <衬底>

本实施方式所示的发光元件可以形成在各种衬底上。作为该衬底的一个例子，可以举出半导体衬底(例如，单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、包含不锈钢箔的衬底、钨衬底、包含钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状材料的纸或基材薄膜等。

[0183] 作为玻璃衬底的例子，有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等，可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)为代表的塑料、聚丙烯等合成树脂、聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧、无机蒸镀薄膜或纸类等。

[0184] 当制造本实施方式所示的发光元件时，可以利用蒸镀法等真空气序或旋涂法、喷墨法等溶液工序。作为蒸镀法，可以利用溅射法、离子镀法、离子束蒸镀法、分子束蒸镀法、真空蒸镀法等物理蒸镀法(PVD法)或化学气相沉积法(CVD法)等。尤其是，可以利用蒸镀法(真空蒸镀法)、涂敷法(浸涂法、染料涂布法、棒式涂布法、旋涂法、喷涂法)、印刷法(喷墨法、丝网印刷(孔版印刷)法、胶版印刷(平版印刷)法、柔版印刷(凸版印刷)法、照相凹版印刷法、微接触印刷法)等方法形成包括在发光元件的EL层中的功能层(空穴注入层(111、111a、111b)、空穴传输层(112、112a、112b)、发光层(113、113a、113b、113c)、电子传输层(114、114a、114b)、电子注入层(115、115a、115b))以及电荷产生层(104、104a、104b)。

[0185] 注意，本实施方式所示的构成功能层的EL层(103、103a、103b)的各功能层(空穴注入层(111、111a、111b)、空穴传输层(112、112a、112b)、发光层(113、113a、113b、113c)、电子传输层(114、114a、114b)、电子注入层(115、115a、115b))以及电荷产生层(104、104a、104b)的材料不局限于此，只要可以实现各层的功能就可以组合地使用其他材料。作为一个例子，可以使用高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)、中分子化合物(介于低分子与高分子之间的化合物：分子量为400至4000)、无机化合物(量子点材料等)等。作为量子点材料，可以使用胶状量子点材料、合金型量子点材料、核壳型量子点材料、核型量子点材料等。

[0186] 本实施方式所示的结构可以适当地与其他实施方式所示的任意结构组合而使用。

[0187] (实施方式3)

在本实施方式中，参照图2A说明本发明的一个实施方式的发光装置。图2A所示的发光装置是形成在第一衬底201上的晶体管(FET)202和发光元件(203R、203G、203B、203W)电连接而成的有源矩阵型发光装置，多个发光元件(203R、203G、203B、203W)共享EL层204，并且采用根据各发光元件的发光颜色分别调整了各发光元件的电极之间的光学距离的微腔结构。此外，采用从EL层204得到的发光穿过形成在第二衬底205上的滤色片(206R、206G、206B)射出的顶部发射型发光装置。

[0188] 在图2A所示的发光装置中,将第一电极207用作反射电极,并将第二电极208用作半透反射电极。作为用来形成第一电极207及第二电极208的电极材料,可以参照其他实施方式而适当地使用。

[0189] 在图2A中,例如,在以发光元件203R作为红色发光元件、以发光元件203G作为绿色发光元件、以发光元件203B作为蓝色发光元件、以发光元件203W作为白色发光元件的情况下,如图2B所示,以发光元件203R中的第一电极207与第二电极208之间的间隙为光学距离200R的方式进行调整,以发光元件203G中的第一电极207与第二电极208之间的间隙为光学距离200G的方式进行调整,并且以发光元件203B中的第一电极207与第二电极208之间的间隙为光学距离200B的方式进行调整。此外,如图2B所示,通过在发光元件203R中将导电层207R层叠在第一电极207上并且在发光元件203G中将导电层207G层叠在第一电极207上,可以进行光学调整。

[0190] 在第二衬底205上形成有滤色片(206R、206G、206B)。滤色片透射可见光中的特定区域的波长并遮阻特定区域的波长。因此,如图2A所示,通过在与发光元件203R重叠的位置上设置只透射红色的波长区域的滤色片206R,可以从发光元件203R得到红色光。此外,通过在与发光元件203G重叠的位置上设置只透射绿色的波长区域的滤色片206G,可以从发光元件203G得到绿色光。此外,通过在与发光元件203B重叠的位置上设置只透射蓝色的波长区域的滤色片206B,可以从发光元件203B得到蓝色光。但是,可以从发光元件203W得到白色发光,而不设置滤光片。此外,也可以在一种滤色片的端部设置有黑色层(黑矩阵)209。再者,滤色片(206R、206G、206B)或黑色层209也可以被由透明材料构成的保护层覆盖。

[0191] 虽然在图2A中示出在第二衬底205一侧取出光的结构(顶部发射型)的发光装置,但是也可以采用如图2C所示在形成有FET202的第一衬底201一侧取出光的结构(底部发射型)的发光装置。在底部发射型发光装置中,将第一电极207用作半透反射电极,并将第二电极208用作反射电极。此外,作为第一衬底201,至少使用具有透光性的衬底。此外,如图2C所示,将滤色片(206R'、206G'、206B')设置在比发光元件(203R、203G、203B)更靠近第一衬底201的一侧即可。

[0192] 虽然在图2A中示出发光元件为红色发光元件、绿色发光元件、蓝色发光元件以及白色发光元件的情况,但是本发明的一个实施方式的发光元件不局限于该结构,而也可以包括黄色发光元件或橙色发光元件。作为用来制造这些发光元件的EL层(发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层)用材料,可以参照其他实施方式而适当地使用。在此情况下,需要根据发光元件的发光颜色而适当地选择滤色片。

[0193] 通过采用上述结构,可以得到具备发射多个颜色的光的发光元件的发光装置。

[0194] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任意结构适当地组合而使用。

[0195] (实施方式4)

在本实施方式中,对本发明的一个实施方式的发光装置进行说明。

[0196] 通过采用本发明的一个实施方式的发光元件的元件结构,可以制造有源矩阵型发光装置或无源矩阵型发光装置。此外,有源矩阵型发光装置具有组合了发光元件和晶体管(FET)的结构。由此,无源矩阵型发光装置和有源矩阵型发光装置都包括在本发明的一个实施方式中。此外,可以将其他实施方式所示的发光元件应用于本实施方式所示的发光装置。

[0197] 在本实施方式中,首先参照图3A和图3B说明有源矩阵型发光装置。

[0198] 图3A是发光装置的俯视图,图3B是沿图3A中的点划线A-A'进行切割的截面图。有源矩阵型发光装置具有设置在第一衬底301上的像素部302、驱动电路部(源极线驱动电路)303以及驱动电路部(栅极线驱动电路)(304a、304b)。将像素部302及驱动电路部(303、304a、304b)用密封剂305密封在第一衬底301与第二衬底306之间。

[0199] 在第一衬底301上设置有引绕布线307。引绕布线307与作为外部输入端子的FPC308连接。FPC308用来对驱动电路部(303、304a、304b)传递来自外部的信号(例如,视频信号、时钟信号、起始信号或复位信号等)或电位。此外,FPC308也可以安装有印刷线路板(PWB)。安装有这些FPC和PWB的状态也可以包括在发光装置中。

[0200] 图3B示出发光装置的截面结构。

[0201] 像素部302由具有FET(开关用FET)311、FET(电流控制用FET)312以及电连接于FET312的第一电极313的多个像素构成。对各像素所具有的FET个数没有特别的限制,而根据需要适当地设置即可。

[0202] 对FET309、310、311、312没有特别的限制,例如可以适用交错型晶体管或反交错型晶体管。此外,也可以采用顶栅型或底栅型等的晶体管结构。

[0203] 注意,对可用于上述FET309、310、311、312的半导体的结晶性没有特别的限制,也可以使用非晶半导体和具有结晶性的半导体(微晶半导体、多晶半导体、单晶半导体或其一部分具有结晶区域的半导体)中的任一个。通过使用具有结晶性的半导体,可以抑制晶体管特性的劣化,所以是优选的。

[0204] 作为上述半导体,例如可以使用第14族元素、化合物半导体、氧化物半导体、有机半导体等。典型地是,可以使用包含硅的半导体、包含砷化镓的半导体或包含铟的氧化物半导体等。

[0205] 驱动电路部303包括FET309及FET310。FET309及FET310既可以由包含单极性(N型和P型中的任一个)晶体管的电路形成,也可以由包含N型晶体管及P型晶体管的CMOS电路形成。此外,也可以采用外部具有驱动电路的结构。

[0206] 第一电极313的端部由绝缘物314覆盖。绝缘物314可以使用负型感光树脂或正型感光树脂(丙烯酸树脂)等有机化合物或者氧化硅、氧氮化硅、氮化硅等无机化合物。绝缘物314的上端部或下端部优选有具有曲率的曲面。由此,可以使形成在绝缘物314上的膜具有良好的覆盖性。

[0207] 在第一电极313上层叠形成有EL层315及第二电极316。EL层315具有发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层等。

[0208] 作为本实施方式所示的发光元件317的结构,可以应用其他实施方式所示的结构或材料。虽然在此未图示,但是第二电极316与作为外部输入端子的FPC308电连接。

[0209] 虽然在图3B所示的截面图中仅示出一个发光元件317,但是,在像素部302中多个发光元件被配置为矩阵状。通过在像素部302中分别选择性地形成能够得到三种(R、G、B)颜色的发光的发光元件,可以形成能够进行全彩色显示的发光装置。此外,除了可以得到三种(R、G、B)颜色的发光的发光元件以外,例如也可以形成能够得到白色(W)、黄色(Y)、品红色(M)、青色(C)等颜色的发光的发光元件。例如,通过对能够得到三种(R、G、B)颜色的发光的发光元件追加能够得到上述多种发光的发光元件,可以获得色纯度的提高、电力消耗的降低等效果。此外,也可以通过与滤色片组合来实现能够进行全彩色显示的发光装置。注意,

作为滤色片可以使用红色(R)、绿色(G)、蓝色(B)、青色(C)、品红色(M)、黄色(Y)等。

[0210] 通过使用密封剂305将第二衬底306与第一衬底301贴合在一起,使第一衬底301上的FET(309、310、311、312)和发光元件317位于由第一衬底301、第二衬底306和密封剂305围绕的空间318。此外,空间318可以填充有惰性气体(如氮气或氩气等),也可以填充有有机物(包括密封剂305)。

[0211] 可以将环氧类树脂或玻璃料用作密封剂305。此外,作为密封剂305优选使用尽量未使水分和氧透过的材料。此外,第二衬底306可以使用与第一衬底301同样的材料。由此,可以使用其他实施方式所示的各种衬底。作为衬底,除了玻璃衬底和石英衬底之外,还可以使用由纤维增强塑料(FRP)、聚氟乙烯(PVF)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。从粘合性的观点来看,在作为密封剂使用玻璃料的情况下,作为第一衬底301及第二衬底306优选使用玻璃衬底。

[0212] 如上所述,可以得到有源矩阵型发光装置。

[0213] 当在柔性衬底上形成有源矩阵型发光装置时,可以在柔性衬底上直接形成FET及发光元件,也可以在具有剥离层的其他衬底上形成FET及发光元件之后通过施加热、力量、激光照射等使FET与发光元件在剥离层分离再将其转置于柔性衬底。此外,作为剥离层,例如可以使用钨膜及氧化硅膜的无机膜的叠层或聚酰亚胺等有机树脂膜等。此外,作为柔性衬底,除了可以形成晶体管的衬底之外,还可以举出纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡皮衬底等。通过使用这种衬底,可以实现良好的耐性及耐热性且轻量化及薄型化。

[0214] 本实施方式所示的结构可以适当地与其他实施方式所示的结构组合而使用。

[0215] (实施方式5)

在本实施方式中,对适用本发明的一个实施方式的发光装置或包括本发明的一个实施方式的发光元件制造的显示装置的各种电子装置或汽车的例子进行说明。

[0216] 图4A至图4E所示的电子装置可以包括框体7000、显示部7001、扬声器7003、LED灯7004、操作键7005(包括电源开关或操作开关)、连接端子7006、传感器7007(具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风7008等。

[0217] 图4A示出移动计算机,该移动计算机除了上述以外还可以包括开关7009、红外端口7010等。

[0218] 图4B示出具备记录介质的便携式图像再现装置(例如DVD再现装置),该便携式图像再现装置除了上述以外还可以包括第二显示部7002、记录介质读取部7011等。

[0219] 图4C示出护目镜型显示器,该护目镜型显示器除了上述以外还可以包括第二显示部7002、支撑部7012、耳机7013等。

[0220] 图4D示出具有电视接收功能的数码相机,该数码相机除了上述以外还可以包括天线7014、快门按钮7015、图像接收部7016等。

[0221] 图4E示出移动电话机(包括智能手机),在框体7000中可以包括显示部7001、麦克风7019、扬声器7003、照相机7020、外部连接部7021、操作用按钮7022等。

[0222] 图4F示出大型电视装置(也称为电视或电视接收器),该大型电视装置可以包括框体7000、显示部7001、扬声器7003等。此外,在此示出利用支架7018支撑框体7000的结构。

[0223] 图4A至图4F所示的电子装置可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上;触控面板;显示日历、日期或时刻等;通过利用各种软件(程序)控制处理;进行无线通信;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收;读出储存在记录介质中的程序或数据来将其显示在显示部上等。再者,在具有多个显示部的电子装置中,可以具有如下功能:一个显示部主要显示图像信息,而另一个显示部主要显示文字信息;或者,在多个显示部上显示考虑到视差的图像来显示立体图像等。再者,在具有图像接收部的电子装置中,可以具有如下功能:拍摄静态图像;拍摄动态图像;对所拍摄的图像进行自动或手动校正;将所拍摄的图像储存在记录介质(外部或内置于相机)中;将所拍摄的图像显示在显示部等。注意,图4A至图4F所示的电子装置可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。

[0224] 图4G示出智能手表,该智能手表包括框体7000、显示部7001、操作用按钮7022、操作用按钮7023、连接端子7024、表带7025、表带扣7026等。

[0225] 安装在兼作框架部分的框体7000中的显示部7001具有非矩形状的显示区域。显示部7001可以显示表示时间的图标7027以及其他图标7028等。此外,显示部7001也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸面板(输入输出装置)。

[0226] 图4G所示的智能手表可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上;触控面板;显示日历、日期或时刻等;通过利用各种软件(程序)控制处理;进行无线通信;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收;读出储存在记录介质中的程序或数据来将其显示在显示部上等。

[0227] 框体7000的内部可具有扬声器、传感器(具有测定如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风等。

[0228] 注意,本发明的一个实施方式的发光装置及包括本发明的一个实施方式的发光元件的显示装置可以用于本实施方式所示的电子装置的各显示部,而能够实现色纯度良好的显示。

[0229] 作为适用发光装置的电子装置,可以举出图5A至图5C所示的能够折叠的便携式信息终端。图5A示出展开状态的便携式信息终端9310。图5B示出从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9310。图5C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域所以显示一览性强。

[0230] 显示部9311由铰链部9313所连接的三个框体9315来支撑。此外,显示部9311也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸面板(输入输出装置)。此外,显示部9311使用铰链部9313在两个框体9315的连接部弯折,由此可以使便携式信息终端9310从展开状态可逆性地变为折叠状态。可以将本发明的一个实施方式的发光装置应用于显示部9311。此外,能够实现色纯度良好的显示。显示部9311中的显示区域9312是位于折叠状态的便携式信息终

端9310的侧面的显示区域。在显示区域9312中可以显示信息图标或者使用频率高的应用软件或程序的快捷方式等，能够顺利地进行信息的确认或应用软件的开启。

[0231] 图6A和图6B示出适用发光装置的汽车。就是说，可以与汽车一体地形成发光装置。具体而言，可以适用于图6A所示的汽车的外侧的灯5101（包括车身后部）、轮胎的轮毂5102、车门5103的一部分或整体等。此外，可以适用于图6B所示的汽车内侧的显示部5104、方向盘5105、变速杆5106、座位5107、倒后镜5108等。除此之外，也可以适用于玻璃窗的一部分。

[0232] 如上所述，可以得到适用本发明的一个实施方式的发光装置或显示装置的电子装置或汽车。此外，在此情况下，能够实现色纯度良好的显示。能够适用本发明的一个实施方式的发光装置或显示装置的电子装置或汽车不局限于在本实施方式中示出的电子装置或汽车，在各种领域可以应用。

[0233] 注意，本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任意结构适当地组合而使用。

[0234] (实施方式6)

在本实施方式中，参照图7A至图7D说明应用本发明的一个实施方式的发光装置或其一部分的发光元件而制造的照明装置的结构。

[0235] 图7A至图7D示出照明装置的截面图的例子。图7A及图7B是在衬底一侧提取光的底部发射型照明装置，而图7C及图7D是在密封衬底一侧提取光的顶部发射型照明装置。

[0236] 图7A所示的照明装置4000在衬底4001上包括发光元件4002。此外，照明装置4000在衬底4001的外侧包括具有凹凸的衬底4003。发光元件4002包括第一电极4004、EL层4005以及第二电极4006。

[0237] 第一电极4004与电极4007电连接，第二电极4006与电极4008电连接。此外，也可以设置与第一电极4004电连接的辅助布线4009。此外，在辅助布线4009上形成有绝缘层4010。

[0238] 衬底4001与密封衬底4011由密封剂4012粘合。此外，优选在密封衬底4011与发光元件4002之间设置有干燥剂4013。由于衬底4003具有如图7A所示那样的凹凸，因此可以提高提取在发光元件4002中产生的光的效率。

[0239] 如图7B所示的照明装置4100那样，也可以在衬底4001的外侧设置扩散板4015代替衬底4003。

[0240] 图7C所示的照明装置4200在衬底4201上包括发光元件4202。发光元件4202包括第一电极4204、EL层4205以及第二电极4206。

[0241] 第一电极4204与电极4207电连接，第二电极4206与电极4208电连接。此外，也可以设置与第二电极4206电连接的辅助布线4209。此外，也可以在辅助布线4209下设置绝缘层4210。

[0242] 衬底4201与具有凹凸的密封衬底4211由密封剂4212粘合。此外，也可以在密封衬底4211与发光元件4202之间设置阻挡膜4213及平坦化膜4214。由于密封衬底4211具有如图7C所示那样的凹凸，因此可以提高提取在发光元件4202中产生的光的效率。

[0243] 如图7D所示的照明装置4300那样，也可以在发光元件4202上设置扩散板4215代替密封衬底4211。

[0244] 注意，如本实施方式所示，通过适用本发明的一个实施方式的发光装置或其一部分的发光元件，可以提供具有所希望的色度的照明装置。

[0245] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任意结构适当地组合。

[0246] (实施方式7)

在本实施方式中,参照图8对适用本发明的一个实施方式的发光装置或其一部分的发光元件而制造的照明装置的应用例子进行说明。

[0247] 作为室内的照明装置,可以使用天花射灯8001。作为天花射灯8001,有直接安装型或嵌入型。这种照明装置由发光装置与框体或盖的组合而制造。除此以外,也可以应用于吊灯(用电线吊装在天花板上)的照明装置。

[0248] 地脚灯8002能够照射地面,以提高脚下的安全性。例如,在卧室、楼梯或通路的利用是有效地等。在此情况下,可以根据房间的尺寸或结构而适当地改变地脚灯的尺寸或形状。此外,地脚灯8002也可以为组合发光装置和支架而形成的安装型照明装置。

[0249] 片状照明8003为薄膜状的照明装置。因为将其贴在墙上而使用,所以不需要空间而可以应用于各种用途。此外,容易实现大面积化。此外,也可以将其贴在具有曲面的墙或框体上。

[0250] 此外,也可以使用来自光源的光只被控制为所希望的方向上的照明装置8004。

[0251] 通过将本发明的一个实施方式的发光装置或其一部分的发光元件用于上述以外的室内家具的一部分,可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0252] 如上所述,可以得到适用发光装置的各种各样的照明装置。此外,这种照明装置包括在本发明的一个实施方式中。

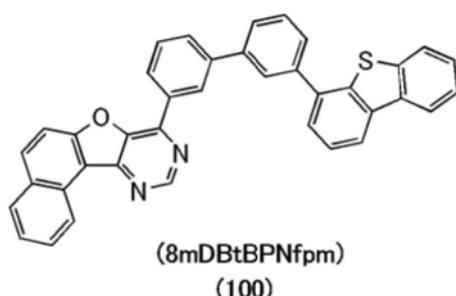
[0253] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的任意结构适当地组合而实施。

[实施例1]

[0254] 《合成例1》

在本实施例中,说明实施方式1中以结构式(100)表示的本发明的一个实施方式的有机化合物8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8mDBtBPNfpm)的合成方法。以下示出8mDBtBPNfpm的结构。

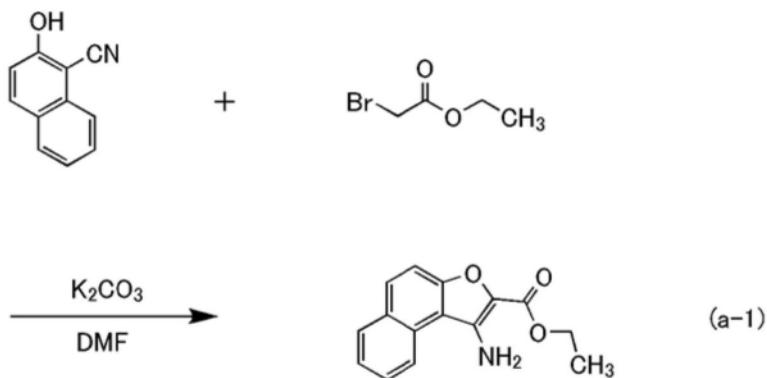
[0255] [化学式28]



[0256] <步骤1:1-氨基-萘并[2,1-b]呋喃-2-羧酸乙酯的合成>

首先,在烧瓶中放入4.0g的2-羟基萘-1-甲腈、6.6g的碳酸钾,对烧瓶内进行氮气置换,添加30mL的DMF、4.0g的溴代乙酸乙酯,在80℃的温度下进行16小时的加热。将所得的反应物放入100mL的冰水中进行急速冷却,搅拌1小时后进行过滤。通过利用水对所得到的滤物进行洗涤并利用乙醇及水使其再结晶,以72%的收率得到4.4g的目的物(茶色固体)。下述(a-1)示出步骤1的合成方案。

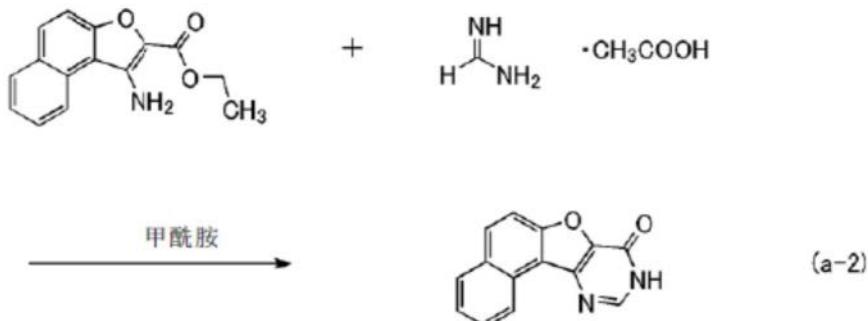
[0257] [化学式29]



[0258] <步骤2: 萘并[1', 2': 4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-8(9H)-酮的合成>

接着,在烧瓶中放入4.4g的上述步骤1合成的1-氨基-萘并[2,1-b]呋喃-2-羧酸乙酯、1.8g的甲脒乙酸盐、25mL的甲酰胺,在160℃的温度下进行8小时的加热。对所得到的反应物添加100mL的水而进行过滤,对滤物进行洗涤,以96%的收率得到3.9g的目的物(褐色固体)。下述(a-2)示出步骤2的合成方案。

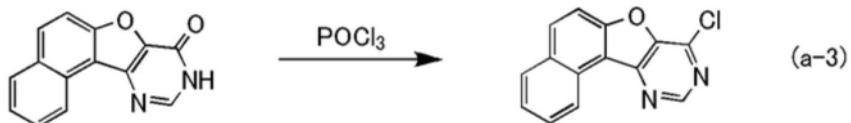
[0259] [化学式30]



[0260] <步骤3: 8-氯-萘并[1', 2': 4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶的合成>

接着,在烧瓶中放入3.9g的上述步骤2合成的萘并[1', 2': 4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-8(9H)-酮、15mL的磷酰氯,在氮气流下氯且100℃的温度下进行6小时的加热。将所得的反应物放入100mL的冰水中进行急速冷却后,添加330mL的3M的氢氧化钠水溶液,搅拌1小时。过滤上述反应物,利用乙醇对滤物进行洗涤,以42%的收率得到1.8g的目的物(黄色固体)。下述(a-3)示出步骤3的合成方案。

[0261] [化学式31]

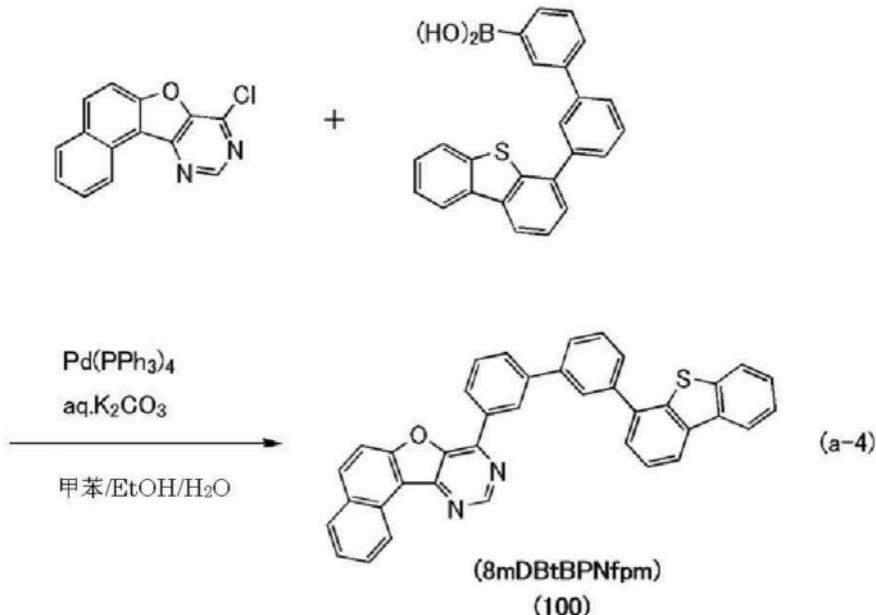


[0262] <步骤4: 8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1-1'-联苯基-3-基)]萘并[1', 2': 4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8mDBtBPNfpm)的合成>

接着,在烧瓶中放入1.8g的在上述步骤3中合成的8-氯-萘并[1', 2': 4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶、2.9g的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、15mL的2M的碳酸钾水溶液、150mL的甲苯、以及15mL的乙醇,对烧瓶内进行氮气置换。对上述混合物中添加0.29g的四(三苯基膦)钯(0),在氮气氛且95℃的温度下进行12小时的加热。过滤所得到的反应物,利用水对所得到的滤物进行洗涤,然后利用乙醇再进行洗涤。

[0263] 接着,使所得到的滤物溶解于甲苯中,并使其经过依次层叠有硅藻土、氧化铝、硅藻土的助滤剂后,用甲苯再结晶,以95%的收率得到3.6g的淡黄色固体的目的物。下述(a-4)示出步骤4的合成方案。

[0264] [化学式32]



[0265] 通过梯度升华方法对所得到的3.6g的淡黄色固体进行升华纯化。在利用梯度升华方法的升华纯化中,在压力为2.7Pa且氩气流速为5mL/min的条件下,在310℃的温度下进行上述淡黄色固体的加热。在升华纯化之后,以73%的收率得到2.7g的淡黄色固体。

[0266] 下面示出利用上述合成方法得到的淡黄色固体的核磁共振光谱法(¹H-NMR)的分析结果。图9示出¹H-NMR谱。从该结果可知,在本实施例中,得到以上述结构式(100)表示的有机化合物,即8mDBtBPNfpm。

[0267] ¹H-NMR. δ (TCE-d₂) : 7.45-7.52 (m, 2H)、7.60-7.71 (m, 4H)、7.74-7.86 (m, 6H)、7.92 (d, 1H)、8.05 (d, 1H)、8.12 (d, 1H)、8.16 (s, 1H)、8.19-8.22 (m, 2H)、8.64 (d, 1H)、8.96 (s, 1H)、9.23 (d, 1H)、9.32 (s, 1H)。

[0268] 接着,图10A示出甲苯溶液中的8mDBtBPNfpm的吸收光谱及发射光谱。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。

[0269] 利用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造的V550型)测量吸收光谱。通过如下方法算出甲苯溶液中的8mDBtBPNfpm的吸收光谱:石英皿中放入8mDBtBPNfpm的甲苯溶液测量得到的吸收光谱减去石英皿中放入甲苯测量得到的吸收光谱。发射光谱的测量使用了PL-EL测量装置(由日本滨松光子学公司制造)。至于甲苯溶液中的8mDBtBPNfpm的发射光谱,将8mDBtBPNfpm的甲苯溶液放入石英皿中进行了测量。

[0270] 图10A示出甲苯溶液中的8mDBtBPNfpm在284nm附近、330nm附近以及353nm附近具有吸收峰值,并且在374nm(激发波长:330nm)附近具有发光波长的峰值。

[0271] 接着,测量8mDBtBPNfpm的固体薄膜的吸收光谱及发射光谱。利用真空蒸镀法在石英衬底上形成固体薄膜。薄膜的吸收光谱根据包括衬底及薄膜的透过率及反射率得到的吸光度(-log₁₀[%T/100-%R])算出。注意,%T表示透过率,%R表示反射率。使用紫外可见分光光度计(日本日立高新技术公司制造的U4100型)测量吸收光谱。使用荧光分光光度计(由

日本滨松光子学株式会社制造,FS920) 测量发射光谱。图10B示出所得到的固体薄膜的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。

[0272] 图10B示出固体薄膜中的8mDBtBPNfpm在218nm附近、242nm附近、270nm附近、292nm附近、336nm附近以及363nm附近具有吸收峰值,并且在429nm(激发波长:340nm)附近具有发光波长的峰值。

[0273] 下面,对本实施例中所得到的8mDBtBPNfpm通过液相色谱-质谱联用分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry,简称为LC/MS分析)进行分析。

[0274] 在LC/MS分析中,利用赛默飞世尔科技公司制造的UltiMate 3000进行液相色谱(LC)分离,并利用赛默飞世尔科技公司制造的Q Exactive进行MS分析。

[0275] 在LC分离中,使用任意的柱,柱温为40℃,并且其输液条件为如下:适当地选择溶剂,将任意浓度的8mDBtBPNfpm溶解于有机溶剂中进行样品的调整,且注入量为5.0μL。

[0276] 采用靶向MS²(Targeted-MS²)法对来源于8mDBtBPNfpm的离子的m/z=554.15的成分进行MS²分析。在靶向MS²的设定中将靶离子的质量范围设定为m/z=554.15±2.0(分离窗(isolation window)=4),且以正模式进行检测。将碰撞池内使靶离子加速的能量NCE(标准化碰撞能量(Normalized Collision Energy))设定为60而进行测量。图11示出所得到的MS光谱。

[0277] 从图11可知:8mDBtBPNfpm主要在m/z=528、362、347、321、258、219、184、166、139附近被检测出子离子。注意,因为图11示出来源于8mDBtBPNfpm的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的8mDBtBPNfpm的重要数据。

[0278] 另外,可以推测:m/z=528附近的子离子为8mDBtBPNfpm中的嘧啶骨架裂开腈脱离而生成的阳离子,m/z=362附近的子离子为萘并呋喃脱离而生成的阳离子,m/z=347附近的子离子为二苯基二苯并噻吩的阳离子,m/z=258附近的子离子为苯基二苯并噻吩的阳离子。这表明8mDBtBPNfpm包含萘并呋喃并嘧啶基以及苯基二苯并噻吩环或二苯基二苯并噻吩环。

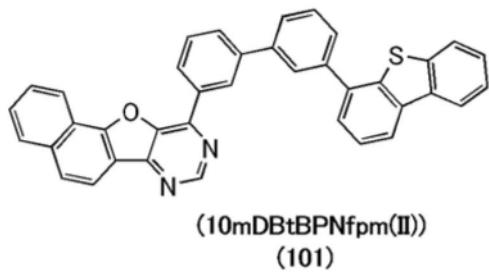
[0279] 另外,可以推测:m/z=219附近的子离子为8mDBtBPNfpm中的联苯二苯并噻吩脱离而生成的阳离子,m/z=184附近的子离子为嘧啶环裂开而乙基胺脱离生成的阳离子,m/z=166附近的子离子为羟基进一步脱离而生成的阳离子,m/z=139附近的子离子为腈进一步脱离而生成的阳离子。这表明8mDBtBPNfpm包含嘧啶环。

[实施例2]

[0280] 《合成例2》

在本实施例中,说明实施方式1中以结构式(101)表示的本发明的一个实施方式的有机化合物10-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[2',1':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:10mDBtBPNfpm(II))的合成方法。以下示出10mDBtBPNfpm(II)的结构。

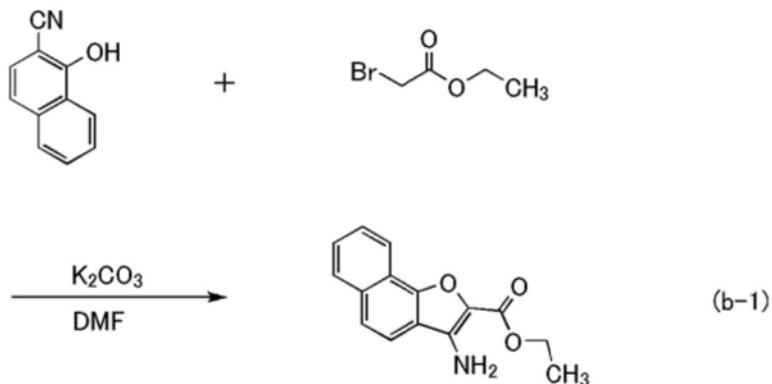
[0281] [化学式33]



[0282] <步骤1:3-氨基-萘并[1,2-b]呋喃-2-羧酸乙酯的合成>

首先,在烧瓶中放入4.9g的1-羟基萘-2-甲腈、8.1g的碳酸钾,对烧瓶内进行氮气置换,添加40mL的DMF、4.9g的溴代乙酸乙酯,在80℃的温度下进行15小时的加热。将所得到的反应物放入100mL的冰水中进行急速冷却,搅拌2小时后进行过滤。通过利用水对所得到的滤物进行洗涤并利用乙醇及水使其再结晶,以70%的收率得到5.2g的目的物(灰色固体)。下述(b-1)示出步骤1的合成方案。

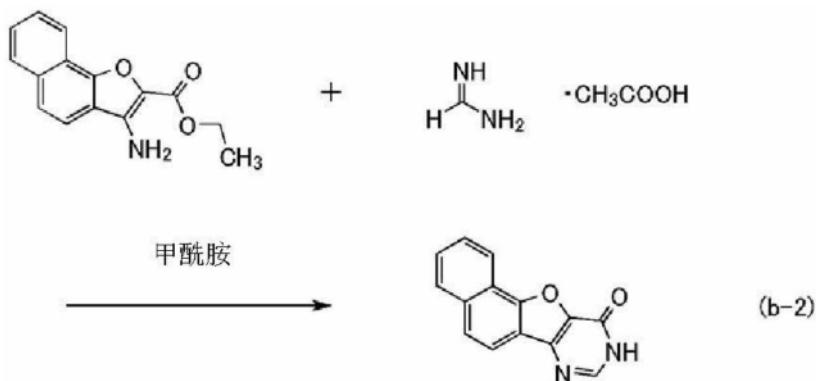
[0283] [化学式34]



[0284] <步骤2: 萘并[2',1':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-10(9H)-酮的合成>

接着,在烧瓶中放入5.2g的上述步骤1合成的3-氨基-萘并[1,2-b]呋喃-2-羧酸乙酯、4.2g的甲脒乙酸盐、28mL的甲酰胺,在160℃的温度下进行5小时的加热。对所得到的反应物添加100mL的水而过滤,对所得到的滤物进行洗涤,以95%的收率得到4.8g的目的物(茶色固体)。下述(b-2)示出步骤2的合成方案。

[0285] [化学式35]

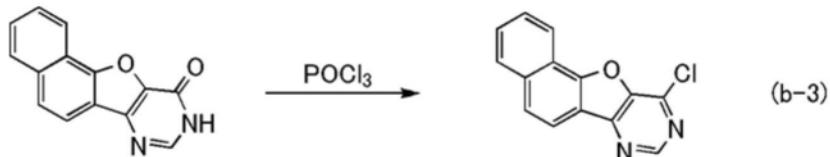


[0286] <步骤3:10-氯-萘并[2',1':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶的合成>

接着,在烧瓶中放入4.6g的上述步骤2合成的萘并[2',1':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-10(9H)-酮、18mL的磷酰氯,在氮气流下且100℃的温度下进行7小时的加热。将所得的反

应物放入100mL的冰水中进行急速冷却后,添加400mL的3M的氢氧化钠水溶液,搅拌1小时。过滤上述反应物,利用乙醇对滤物进行洗涤,以78%的收率得到3.9g的目的物(茶色固体)。下述(b-3)示出步骤3的合成方案。

[0287] [化学式36]

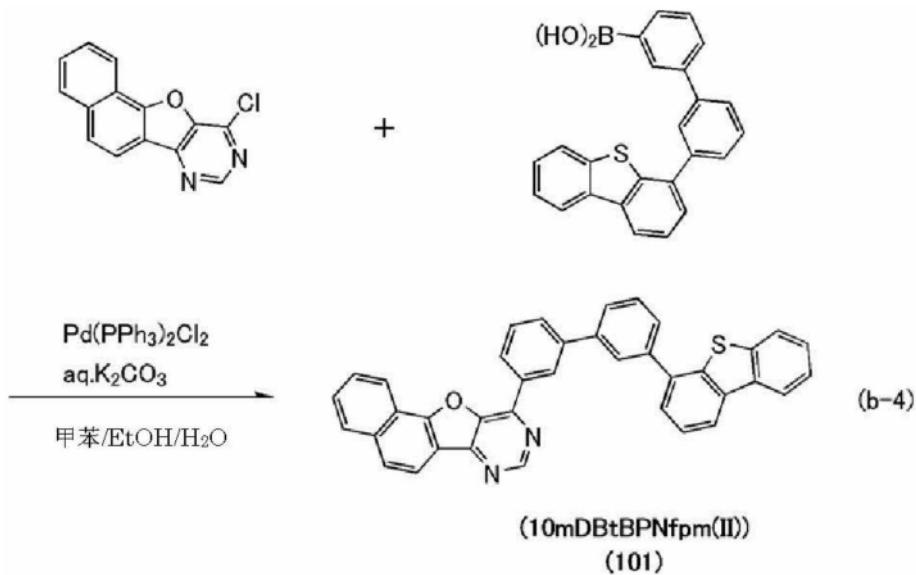


[0288] <步骤4:10-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯基-3-基)]萘并[2',1':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:10mDBtBPNfpm(II))的合成>

接着,在烧瓶中放入1.8g的在上述步骤3中合成的10-氯-萘并[2',1':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶、1.2g的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、15mL的2M的碳酸钾水溶液、150mL的甲苯以及15mL的乙醇,对烧瓶内进行氮置换。对上述混合物中添加0.49g的联双(三苯基膦)二氯化钯(II),在氮气流下且95℃的温度下进行加热。过滤所得到的反应物,利用水对所得到的滤物进行洗涤,然后利用乙醇再进行洗涤。

[0289] 接着,使所得到的滤物溶解于甲苯中,并使其经过依次层叠有硅藻土、氧化铝、硅藻土的助滤剂后,用甲苯再结晶,以47%的收率得到1.8g的淡黄色固体的目的物。下述(b-4)示出步骤4的合成方案。

[0290] [化学式37]



[0291] 通过梯度升华方法对所得到的1.8g的淡黄色固体进行升华纯化。在利用梯度升华方法的升华纯化中,在压力为2.0Pa且氩气流速为10mL/min的条件下,在300℃的温度下进行加热上述淡黄色固体。在升华纯化之后,以89%的收率得到1.6g的淡黄色固体。

[0292] 下面示出利用上述合成方法得到的淡黄色固体的核磁共振光谱法(¹H-NMR)的分析结果。图12示出¹H-NMR谱。从该结果可知,在本实施例中,得到以上述结构式(101)表示的有机化合物,即10mDBtBPNfpm(II)。

[0293] ¹H-NMR.δ(TCE-d₂): 7.42-7.45(t, 1H)、7.48-7.50(t, 1H)、7.54-7.57(t, 1H)、7.62-7.73(m, 5H)、7.79-7.83(m, 2H)、7.90-7.94(m, 2H)、7.99(d, 1H)、8.06(d, 1H)、8.22(ds, 3H)、

8.27 (d, 1H)、8.50 (d, 1H)、8.72 (d, 1H)、9.10 (s, 1H)、9.34 (s, 1H)。

[实施例3]

[0294] 在本实施例中,说明发光元件1、对比发光元件2以及对比发光元件3的元件结构、制造方法及其特性。发光元件1是本发明的一个实施方式的发光元件,其将实施例1中说明的8mDBtBPNfpm(结构式(100))用于发光层。对比发光元件2将对比有机化合物4-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯基-3-基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mDBTBPBfpem-II)用于发光层。对比发光元件3将对比有机化合物2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯基-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)用于发光层。注意,图13示出本实施例中使用的发光元件的元件结构,表1示出其具体结构。下面示出本实施例中使用的材料的化学式。

[0295] [表1]

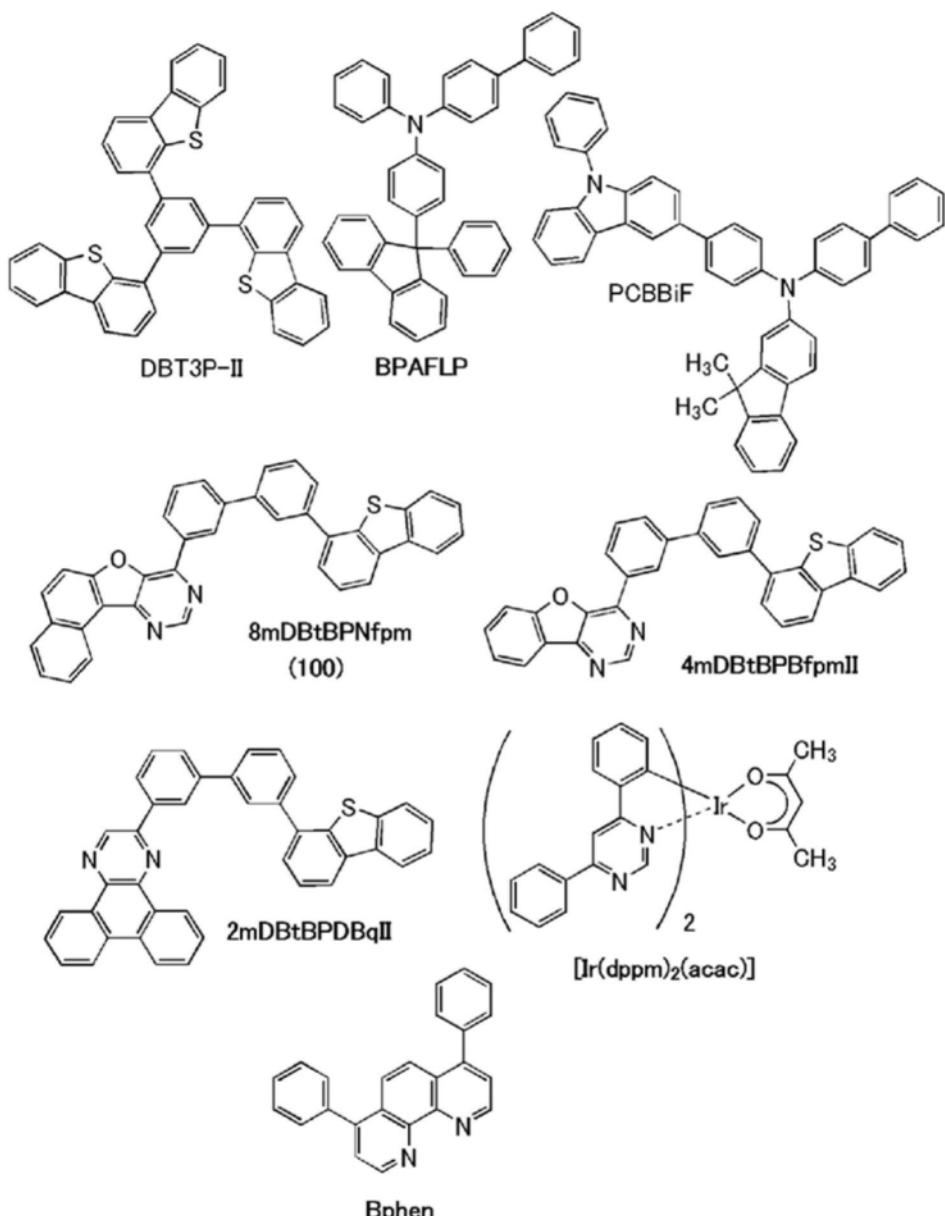
	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件 1	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	8mDBtBPNfpm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光元件 2	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 60nm)	BPAFLP (20nm)	**	4mDBTBPBfpem-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光元件 3	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 60nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*8mDBtBPNfpm:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

**4mDBTBPBfpem-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

***2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0296] [化学式38]



[0297] 《发光元件的制造》

如图13所示,作为本实施例所示的发光元件的结构,在形成在衬底900上的第一电极901上依次层叠有空穴注入层911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914以及电子注入层915,且在电子注入层915上层叠有第二电极903。

[0298] 首先,在衬底900上形成第一电极901。电极面积为 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)。作为衬底900使用玻璃衬底。第一电极901通过利用溅射法形成70nm的厚度的包含氧化硅的铟锡氧化物(ITO)的膜而形成。

[0299] 在此,作为预处理,利用水对衬底的表面进行洗涤,在200°C的温度下焙烧1小时,然后进行UV臭氧处理370秒。然后,将衬底放入其内部被减压到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,在170°C的温度下进行60分钟的真空焙烧,然后对衬底进行30分钟左右的冷却。

[0300] 接着,在第一电极901上形成空穴注入层911。在真空蒸镀装置内被减压到 10^{-4}Pa 之后,将1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)-苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼以质量比为DBT3P-II:氧化钼=1:0.05的量混合,在170°C的温度下进行60分钟的真空蒸镀,从而形成空穴注入层911。

化钼=4:2且厚度为60nm的方式共蒸镀,以形成空穴注入层911。

[0301] 接着,在空穴注入层911上形成空穴传输层912。以厚度为20nm的方式蒸镀4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP),以形成空穴传输层912。

[0302] 接着,在空穴传输层912上形成功发光层913。

[0303] 在发光元件1中,作为发光层913,以8mDBtBPNfpm:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的方式共蒸镀8-[3'-二苯并噻吩-4-基](1,1'-联苯-3-基)萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8mDBtBPNfpm)、N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)及(乙酰丙酮)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂(acac)])形成厚度为20nm的膜,再以8mDBtBPNfpm:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的方式进行共蒸镀形成厚度为20nm的膜。由此,形成厚度为40nm的发光元件1的发光层913。

[0304] 在对比发光元件2中,作为发光层913,以4mDBTBPBfpm-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的方式共蒸镀4-[3'-二苯并噻吩-4-基]联苯-3-基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mDBTBPBfpm-II)、PCBBiF、[Ir(dppm)₂(acac)]形成厚度为20nm的膜,再以4mDBTBPBfpm-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的方式进行共蒸镀形成厚度为20nm的膜。由此,形成厚度为40nm的对比发光元件2的发光层913。

[0305] 在对比发光元件3中,作为发光层913,以2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的方式共蒸镀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)、PCBBiF、[Ir(dppm)₂(acac)]形成厚度为20nm的膜,再以2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的方式进行共蒸镀形成厚度为20nm的膜。由此,形成厚度为40nm的对比发光元件3的发光层913。

[0306] 接着,在发光层913上形成电子传输层914。在发光元件1中,通过将8mDBtBPNfpm和红菲绕啉(简称:Bphen)分别以厚度为20nm和10nm的方式依次进行蒸镀形成电子传输层914。在对比发光元件2中,通过将4mDBTBPBfpm-II和Bphen分别以厚度为20nm和10nm的方式依次进行蒸镀形成电子传输层914。在对比发光元件3中,通过将2mDBTBPDBq-II和Bphen分别以厚度为20nm和10nm的方式依次进行蒸镀形成电子传输层914。

[0307] 接着,在电子传输层914上形成电子注入层915。电子注入层915通过以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂(LiF)而形成。

[0308] 接着,在电子注入层915上形成第二电极903。第二电极903通过以厚度为200nm的方式蒸镀铝而形成。在本实施例中第二电极903被用作阴极。

[0309] 通过上述工序,在衬底900上形成在一对电极之间夹有EL层902的发光元件。上述工序中说明的空穴注入层911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914以及电子注入层915是构成本发明的一个实施方式中的EL层的功能层。另外,在上述制造方法的蒸镀过程中,都利用电阻加热法进行蒸镀。

[0310] 使用另一衬底(未图示)密封如上所述那样制成的发光元件。在使用另一衬底(未图示)密封时,在氮气氛下的手套箱内将涂敷有紫外线固化密封剂的另一衬底(未图示)固定于衬底900上,并以密封剂附着于衬底900上形成的发光元件的周围的方式将衬底彼此粘合。在密封时,以6J/cm²照射365nm的紫外光使密封剂固化,并且在80℃的温度下进行1小时

的热处理使密封剂稳定。

[0311] 《发光元件的工作特性》

对所制造的每个发光元件的工作特性进行测量。注意，该测量在室温(气流保持在25°C下)下进行。

[0312] 下面的表2示出1000cd/m²附近的各发光元件的主要初始特性值。

[0313] [表2]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 1	2.9	0.057	1.4	(0.56,0.44)	940	66	71	26
对比发光元件 2	2.7	0.037	0.92	(0.56,0.44)	680	74	86	29
对比发光元件 3	3.0	0.054	1.3	(0.56,0.44)	950	70	74	28

[0314] 从上述结果可知：在本实施例中制造的发光元件1具有良好的元件特性。

[0315] 图14示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件1、对比发光元件2及对比发光元件3时的发射光谱。从图14可知：发光元件1、对比发光元件2及对比发光元件3的发射光谱在586nm附近具有峰值，该峰值来源于包含在发光层913中的有机金属配合物[Ir(dppm)₂(acac)]的发光。

[0316] 接着，进行发光元件1、对比发光元件2及对比发光元件3的可靠性测试。图15示出可靠性测试的结果。在图15中，纵轴表示以初始亮度为100%的情况下归一化亮度(%)，而横轴表示元件的驱动时间(h)。作为可靠性测试，以50mA/cm²的恒电流密度进行恒流驱动测试。

[0317] 本发明的一个实施方式的发光元件(发光元件1)的可靠性比对比发光元件2及对比发光元件3高。发光元件1将与嘧啶环稠合的杂环中包含实施方式1所示的特定环结构，即萘基环的有机化合物(8mDBtBPNfpm)用于发光元件，相对于此，对比发光元件2将与嘧啶环稠合的杂环中包含实施方式1所示的特定环结构以外的环结构，即苯环的有机化合物(4mDBTBPBfpm-II)用于发光层，对比发光元件3将包含实施方式1所示的环结构以外的环结构，即喹喔啉环的有机化合物(2mDBTBPDBq-II)用于发光层。因此，图15所示的上述发光元件的可靠性不同是因为上述有机化合物的结构不同。

[实施例4]

[0318] 在本实施例中，作为本发明的一个实施方式的发光元件制造将实施例1中说明的8mDBtBPNfpm(结构式(100))用于发光层的发光元件4以及将10mDBtBPNfpm(II)(结构式(101))用于发光层的发光元件5，并示出其特性的测量结果。

[0319] 本实施例中使用的发光元件的元件结构与实施例3所示的图13中的发光元件的结构相同，表3示出构成元件结构的各层的具体结构。以下示出本实施例中使用的材料的化学式。

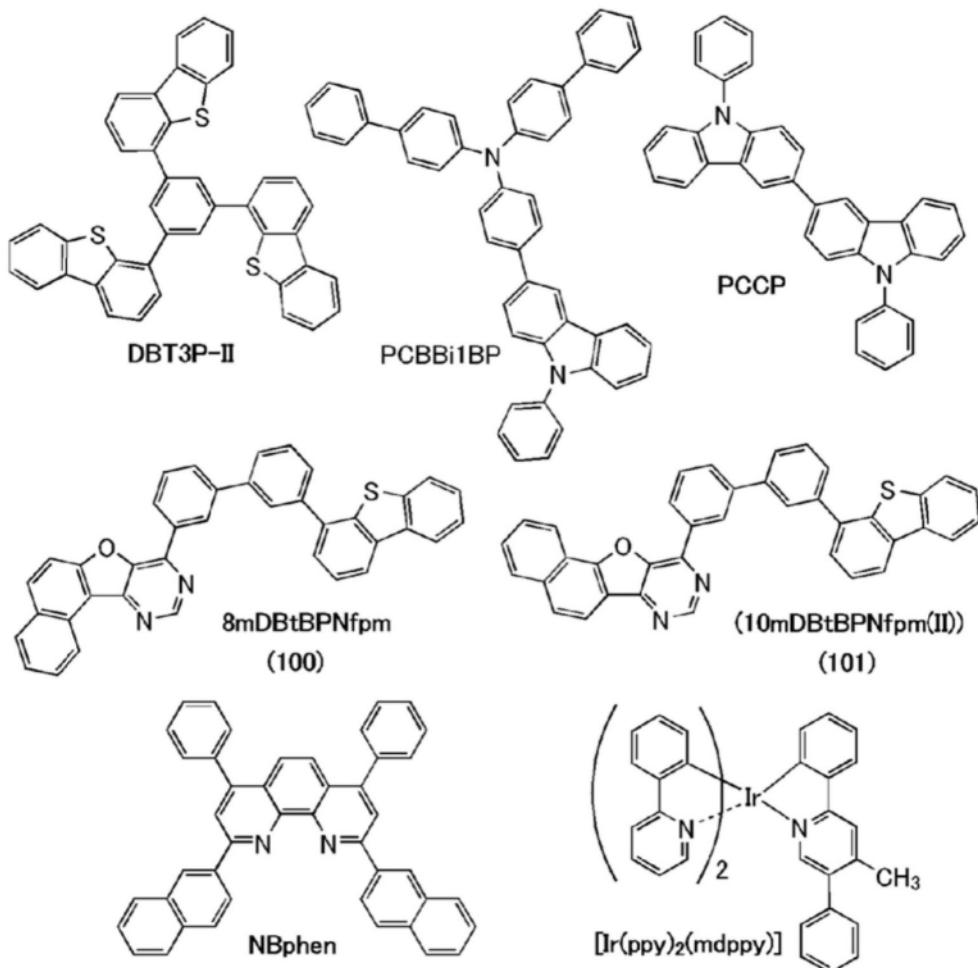
[0320] [表3]

	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 4	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 45nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	8mDBtBPNfpm (20nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件 5	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 45nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	10mDBtBPNfpm(II) (20nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*8mDBtBPNfpm:PCCP: [Ir (ppy)₂ (mdppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)

**10mDBtBPNfpm (II) :PCCP: [Ir (ppy)₂ (mdppy)] (0.7:0.3:0.1 40nm)

[0321] [化学式39]



[0322] 《发光元件的工作特性》

对所制造的每个发光元件4及发光元件5的工作特性进行测量。注意，该测量在室温(气氛保持在25℃下)下进行。

[0323] 下面的表4示出1000cd/m²附近的各发光元件的主要初始特性值。

[0324] [表4]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 4	3	0.048	1.2	(0.35,0.62)	870	73	77	20
发光元件 5	3.1	0.062	1.50	(0.32,0.64)	1100	74	75	20

[0325] 从上述结果可知:本实施例中制造的发光元件4及发光元件5是初始特性良好的发光元件。

[0326] 图16示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件4及发光元件5时的发射光谱。如图16所示,发光元件的发射光谱在522nm附近具有峰值,该峰值来源于发光层913所包含的[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]双[2-(2-吡啶基-κN)苯基-κC]铱[Ir(ppy)₂(mdppy)]的发光。

[实施例5]

[0327] 在本实施例中,作为本发明的一个实施方式的发光元件制造将实施例1中说明的8mDBtBPNfpm(结构式(100))用于发光层的发光元件6以及将4-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mDBTBPBfpm-II)用于发光层的对比发光元件7,并示出其特性的测量结果。

[0328] 本实施例中使用的发光元件的元件结构与实施例3所示的图13所示的发光元件的结构相同,表5示出构成元件结构的各层的具体结构。以下示出本实施例中使用的材料的化学式。

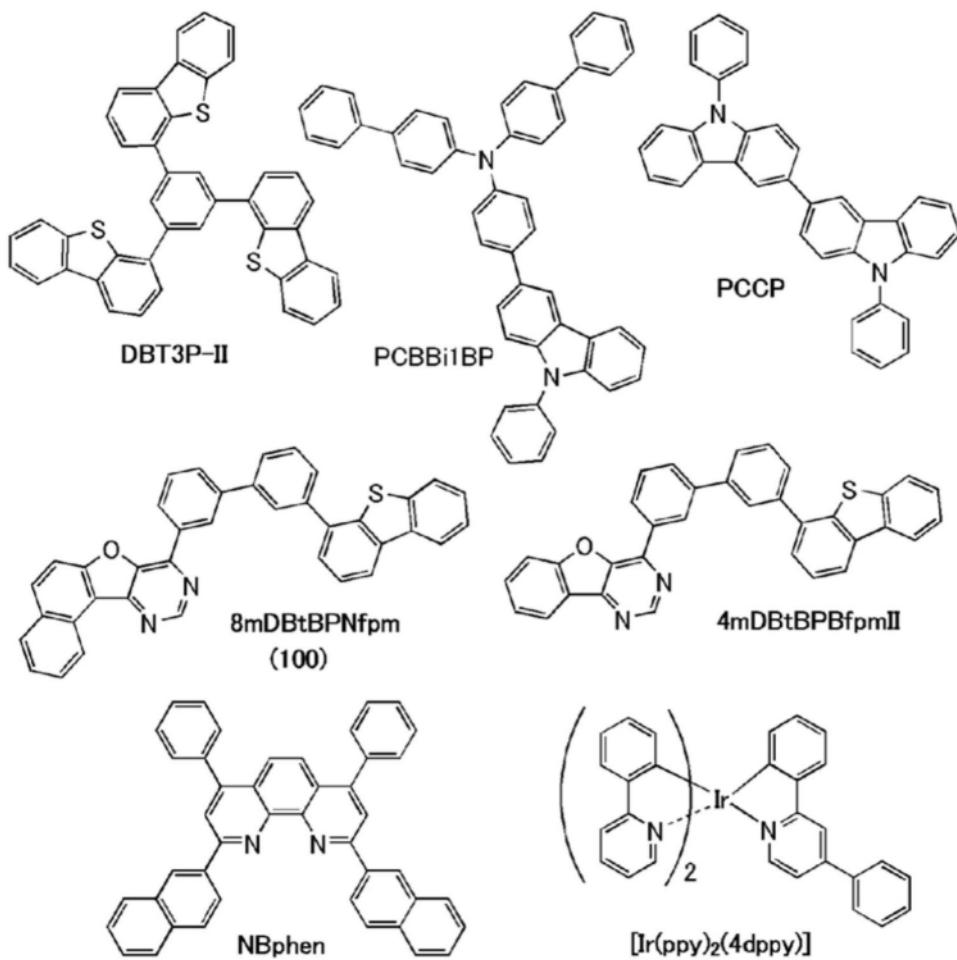
[0329] [表5]

	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 6	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	8mDBtBPNfpm (20nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光元件 7	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	4mDBTBPBfpm-II (20nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*8mDBtBPNfpm:PCCP:[Ir(ppy)₂(4dppy)](0.6:0.4:0.1 40nm)

**4mDBTBPBfpm-II:PCCP:[Ir(ppy)₂(4dppy)](0.6:0.4:0.1 40nm)

[0330] [化学式40]



[0331] 《发光元件的工作特性》

对所制造的每个发光元件6及对比发光元件7的工作特性进行测量。注意，该测量在室温(气膜保持在25℃下)下进行。

[0332] 下面的表6示出1000cd/m²附近的各发光元件的主要初始特性值。

[0333] [表6]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 6	3.4	0.048	1.2	(0.45,0.54)	910	76	70	22
对比发光元件 7	3.4	0.046	1.2	(0.45,0.54)	970	84	78	25

[0334] 图17示出以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件6及对比发光元件7时的发射光谱。如图17所示，发光元件的发射光谱在557nm附近具有峰值，该峰值来源于发光层913所包含的双[2-(2-吡啶基-κN)苯基-κC][2-(4-苯基-2-吡啶基-κN)苯-κC]铱(III)(简称：[Ir(ppy)₂(4dppy)])的发光。

[0335] 接着，进行发光元件6及对比发光元件7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%的情况下归一化亮度(%)，而横轴表示元件的驱动时间(h)。作为可靠性测试，以50mA/cm²的恒电流密度进行恒流驱动测试。

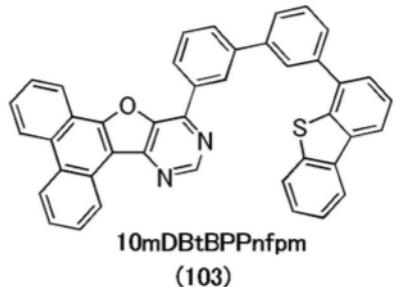
[0336] 从可靠性测试的结果可知,发光元件6的可靠性比对比发光元件7高。所以,本发明的一个实施方式的有机化合物8mDBtBPNfpm(结构式(100))有利于提高发光元件的元件特性。

[实施例6]

[0337] 《合成例3》

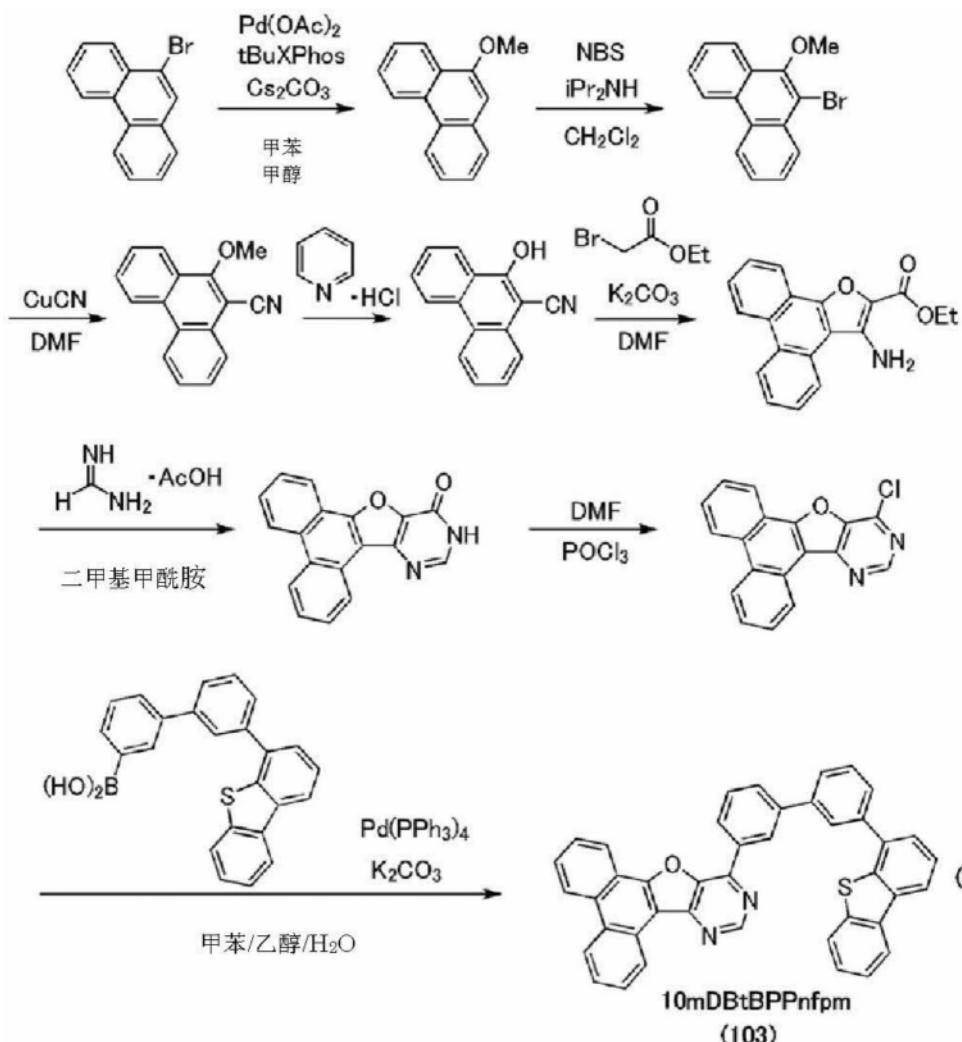
在本实施例中,说明以实施方式1中的结构式(103)表示的本发明的一个实施方式的有机化合物10-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]菲罗啉[9',10':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:10mDBtBPPnfpm)的合成方法。以下示出10mDBtBPPnfpm的结构。

[0338] [化学式41]



[0339] 注意,10mDBtBPPnfpm可以下述式子(c)所示的合成方案进行合成。

[0340] [化学式42]



[0341] 下面示出所得到的固体的核磁共振光谱法($^1\text{H-NMR}$)的分析结果。从该结果可知，本实施例中得到了以上述结构式(103)表示的有机化合物10mDBtBPPnfpm。

[0342] $^1\text{H-NMR}.\delta(\text{CDCl}_3):7.40(\text{t},1\text{H}),7.47(\text{t},1\text{H}),7.56(\text{t},1\text{H}),7.60-7.66(\text{m},3\text{H}),7.72(\text{t},1\text{H}),7.76-7.83(\text{m},4\text{H}),7.85-7.91(\text{m},2\text{H}),7.98(\text{d},1\text{H}),8.21-8.23(\text{m},2\text{H}),8.26(\text{s},1\text{H}),8.57(\text{d},1\text{H}),8.72(\text{d},1\text{H}),8.79(\text{t},2\text{H}),9.10(\text{s},1\text{H}),9.38(\text{d},1\text{H}),9.42(\text{s},1\text{H})。$

符号说明

[0343] 101:第一电极,102:第二电极,103:EL层,103a、103b、103c:EL层,104:电荷产生层,111、111a、111b:空穴注入层,112、112a、112b:空穴传输层,113、113a、113b、113c:发光层,114、114a、114b:电子传输层,115、115a、115b:电子注入层,201:第一衬底,202:晶体管(FET),203R、203G、203B、203W:发光元件,204:EL层,205:第二衬底,206R、206G、206B:滤色片,206R'、206G'、206B':滤色片,207:第一电极,208:第二电极,209:黑色层(黑矩阵),210R、210G:导电层,301:第一衬底,302:像素部,303:驱动电路部(源极线驱动电路),304a、304b:驱动电路部(栅极线驱动电路),305:密封剂,306:第二衬底,307:引绕布线,308:FPC,309:FET,310:FET,311:FET,312:FET,313:第一电极,314:绝缘物,315:EL层,316:第二电极,317:发光元件,318:空间,900:衬底,901:第一电极,902:EL层,903:第二电极,911:空穴注入层,912:空穴传输层,913:发光层,914:电子传输层,915:电子注入层,4000:照明装置,4001:衬底,4002:发光元件,4003:衬底,4004:第一电极,4005:EL层,4006:第二电极,4007:

电极,4008:电极,4009:辅助布线,4010:绝缘层,4011:密封衬底,4012:密封剂,4013:干燥剂,4015:扩散板,4100:照明装置,4200:照明装置,4201:衬底,4202:发光元件,4204:第一电极,4205:EL层,4206:第二电极,4207:电极,4208:电极,4209:辅助布线,4210:绝缘层,4211:密封衬底,4212:密封剂,4213:阻挡膜,4214:平坦化膜,4215:扩散板,4300:照明装置,5101:灯,5102:轮毂,5103:门,5104:显示部,5105:方向盘,5106:变速杆,5107:座位,5108:内部后视镜,7000:外壳,7001:显示部,7002:第二显示部,7003:扬声器,7004:LED灯,7005:操作键,7006:连接端子,7007:传感器,7008:麦克风,7009:开关,7010:红外端口,7011:记录介质读取部,7012:支撑部,7013:耳机,7014:天线,7015:快门按钮,7016:图像接收部,7018:支架,7019:麦克风,7020:相机,7021:外部连接部,7022、7023:操作按钮,7024:连接端子,7025:表带,7026:表带扣,7027:表示时间的图标,7028:其他图标,8001:照明装置,8002:照明装置,8003:照明装置,8004:照明装置,9310:便携式信息终端,9311:显示部,9312:显示区域,9313:铰链部,9315:外壳。

本申请基于2017年3月16日提交到日本专利局的日本专利申请No.2017-051536,通过引用将其完整内容并入在此。

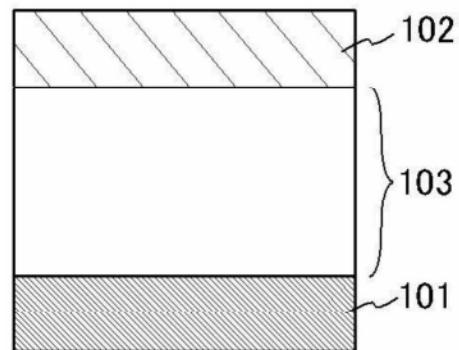


图1A

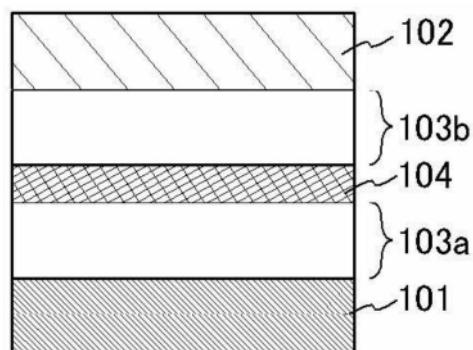


图1B

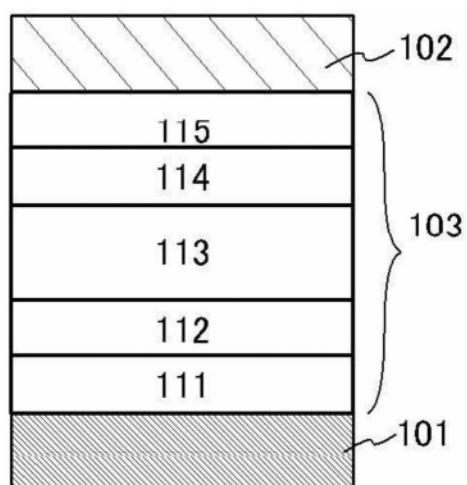


图1C

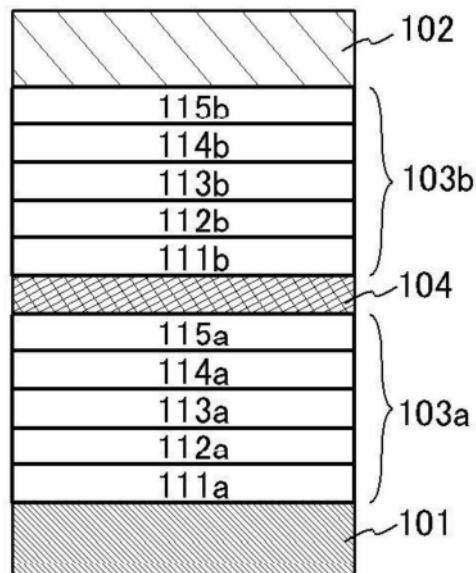


图1D

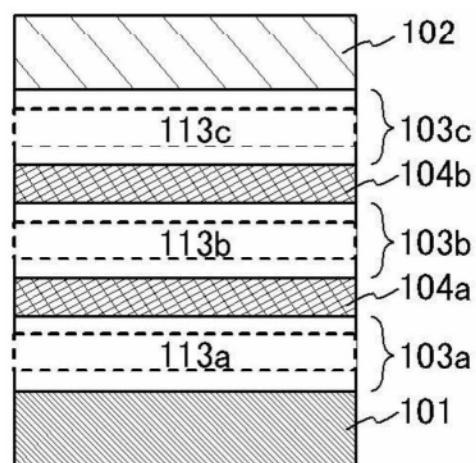


图1E

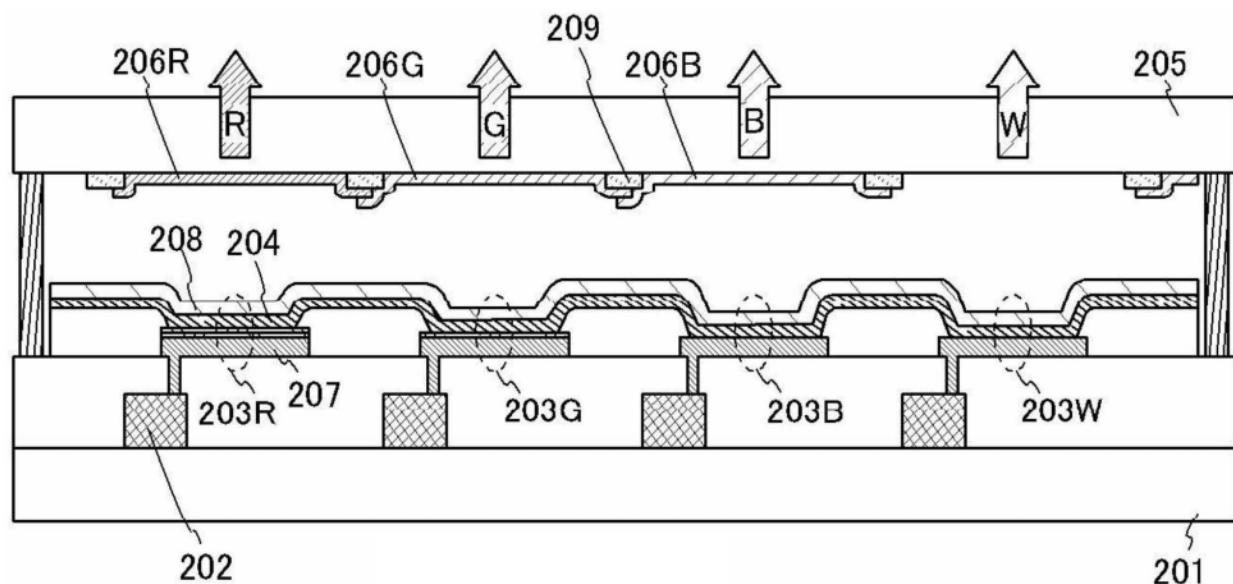


图2A

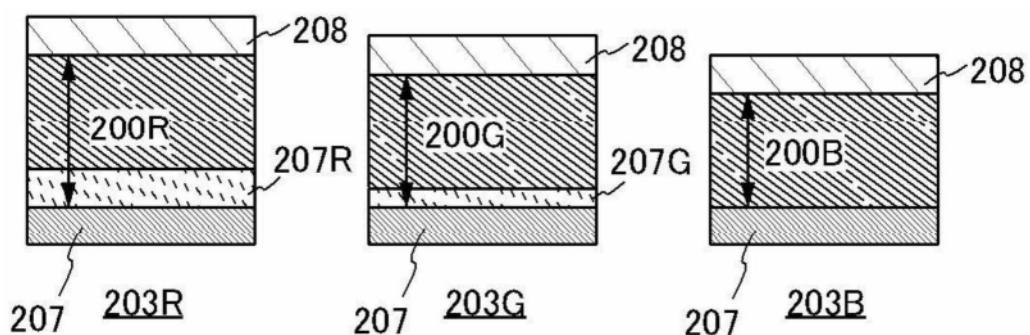


图2B

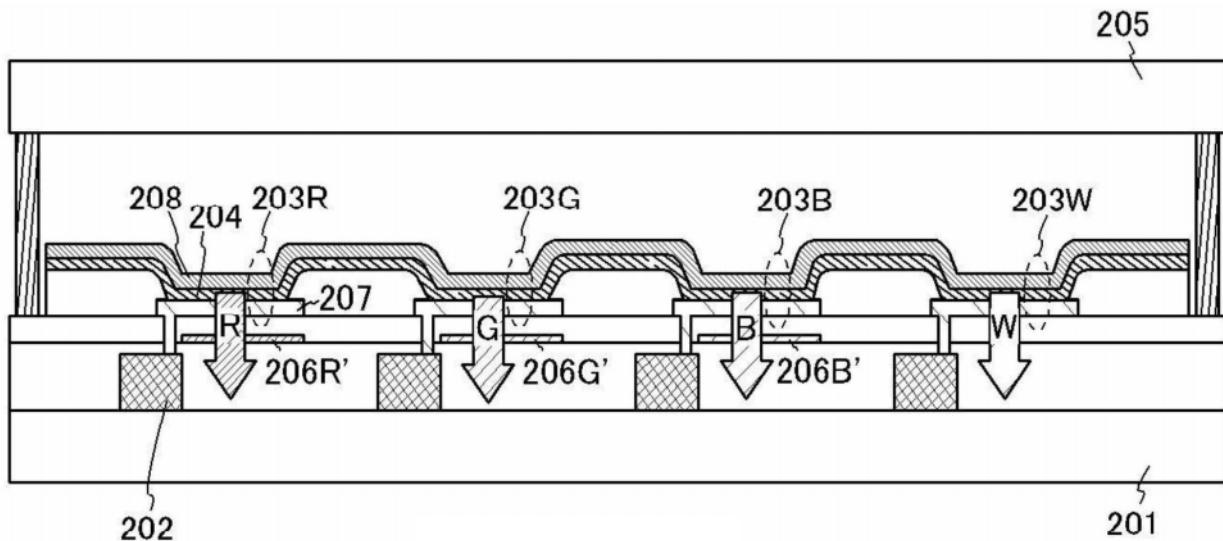


图2C

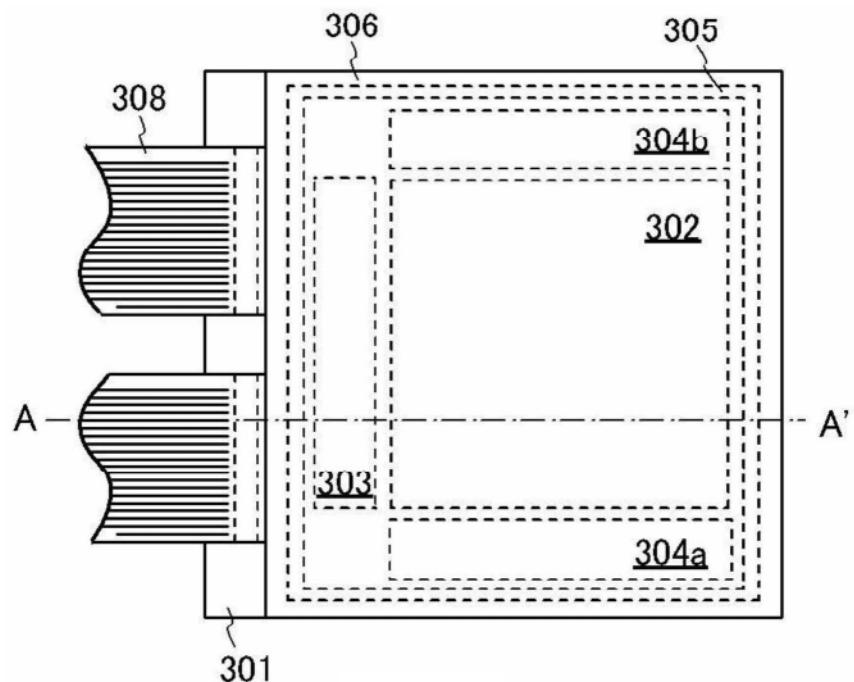


图3A

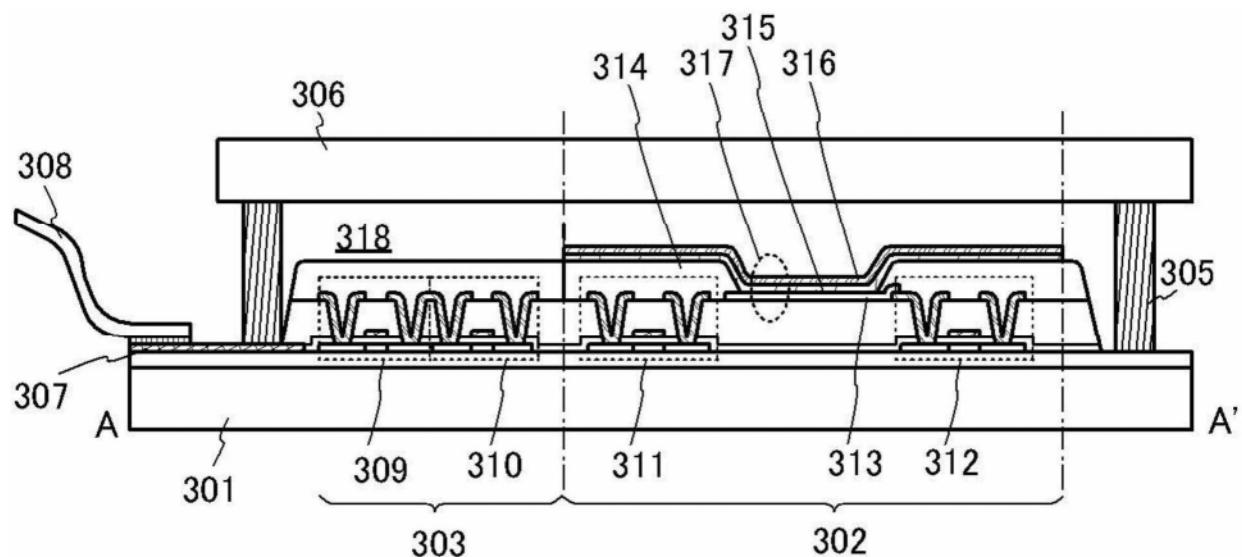


图3B

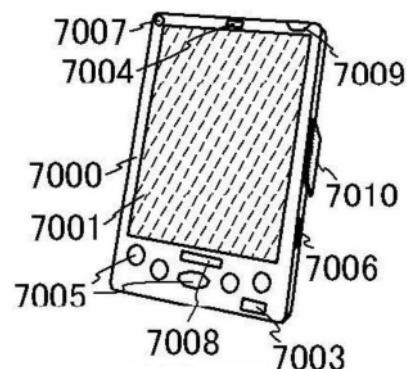


图4A

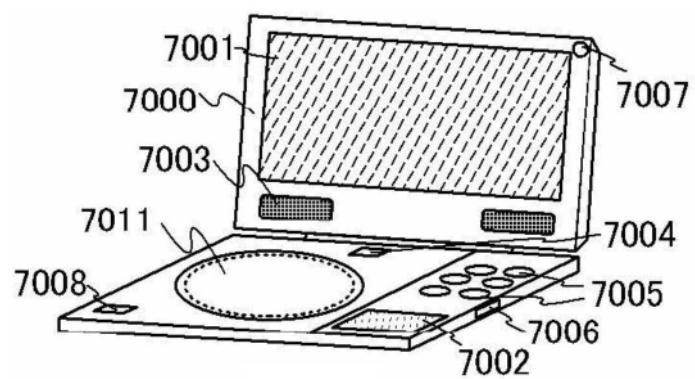


图4B

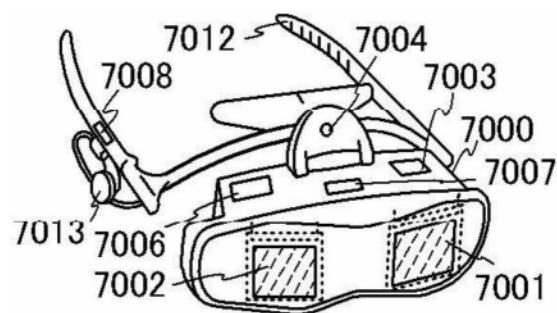


图4C

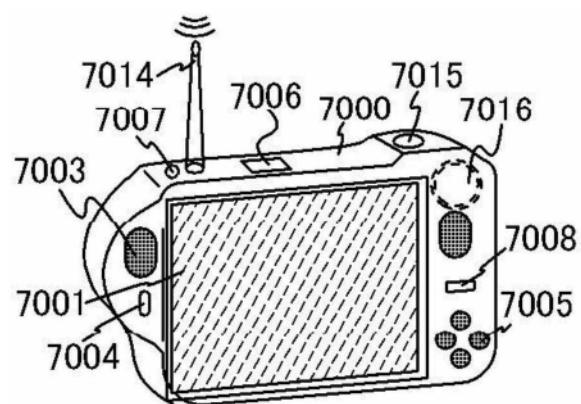


图4D

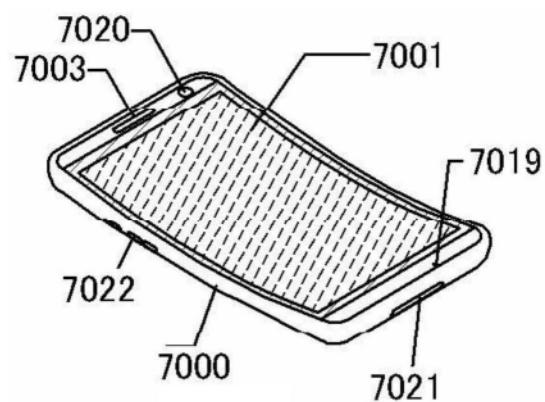


图4E

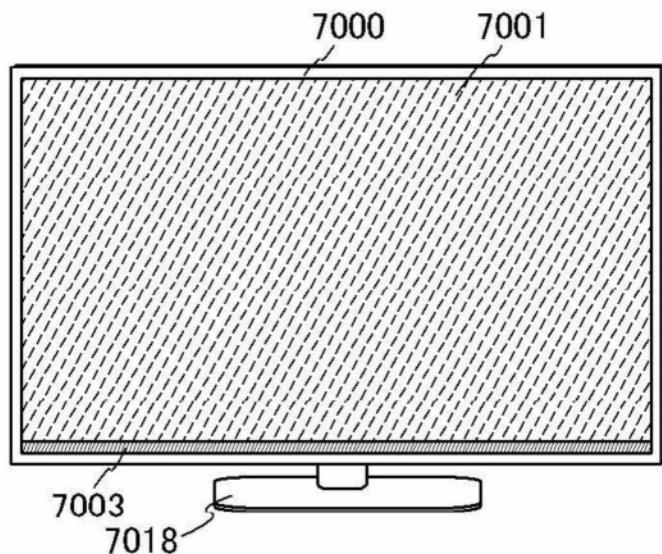


图4F

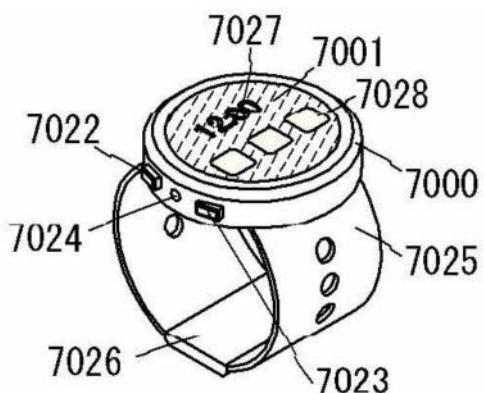


图4G

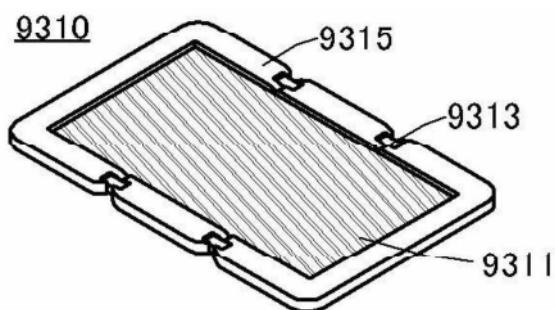


图5A

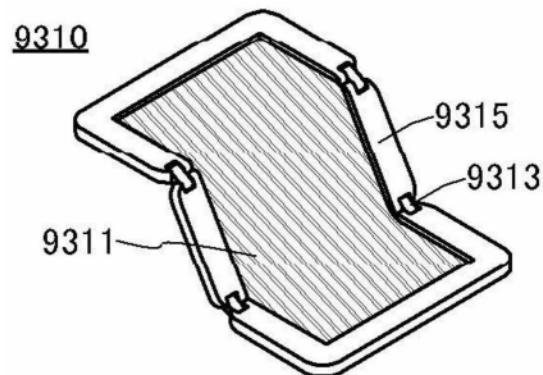


图5B

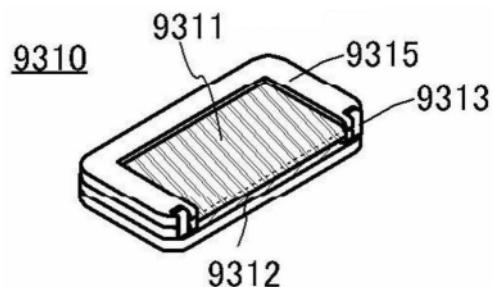


图5C

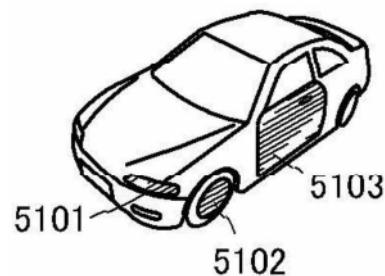


图6A

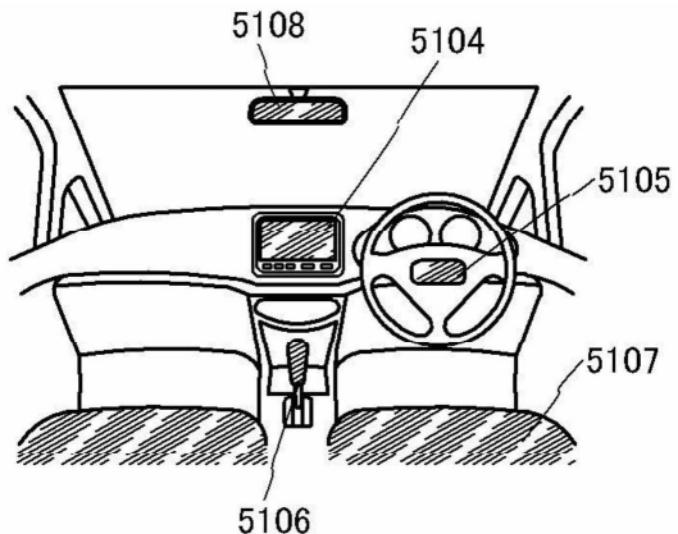


图6B

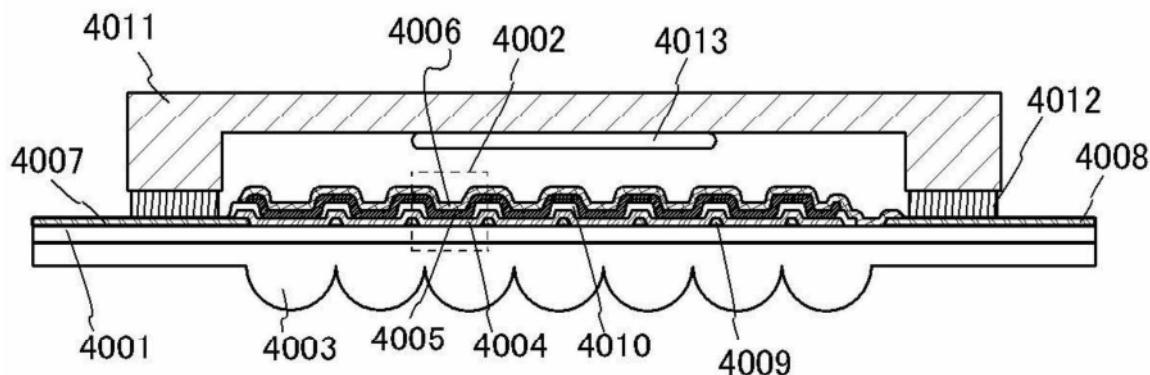
4000

图7A

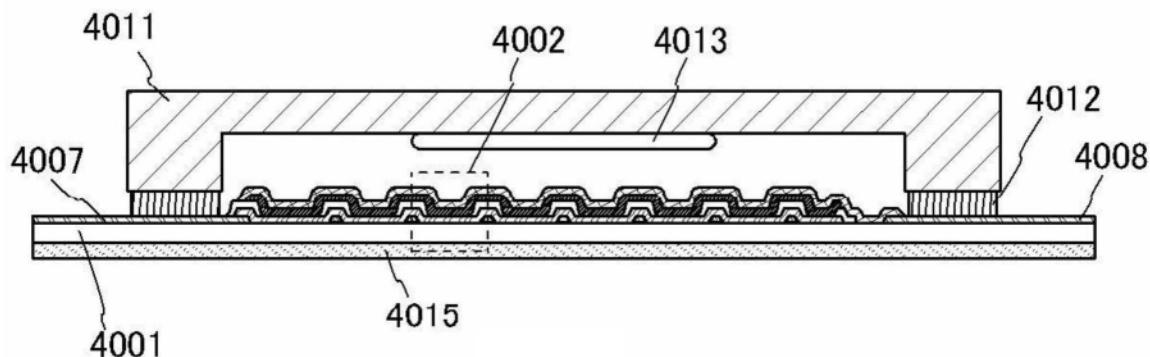
4100

图7B

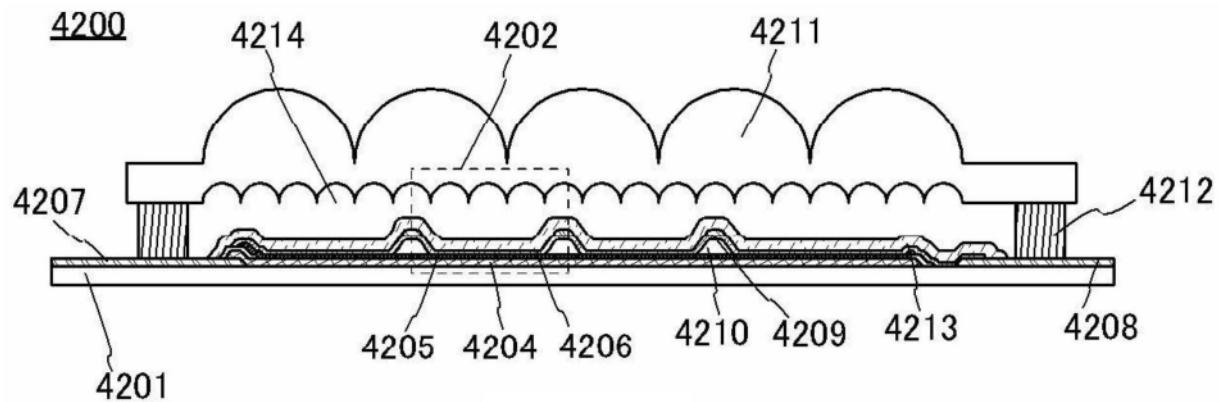


图7C

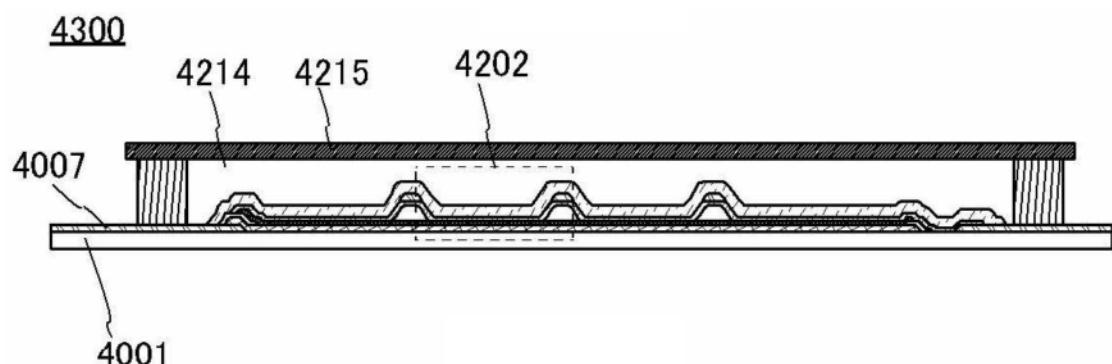


图7D

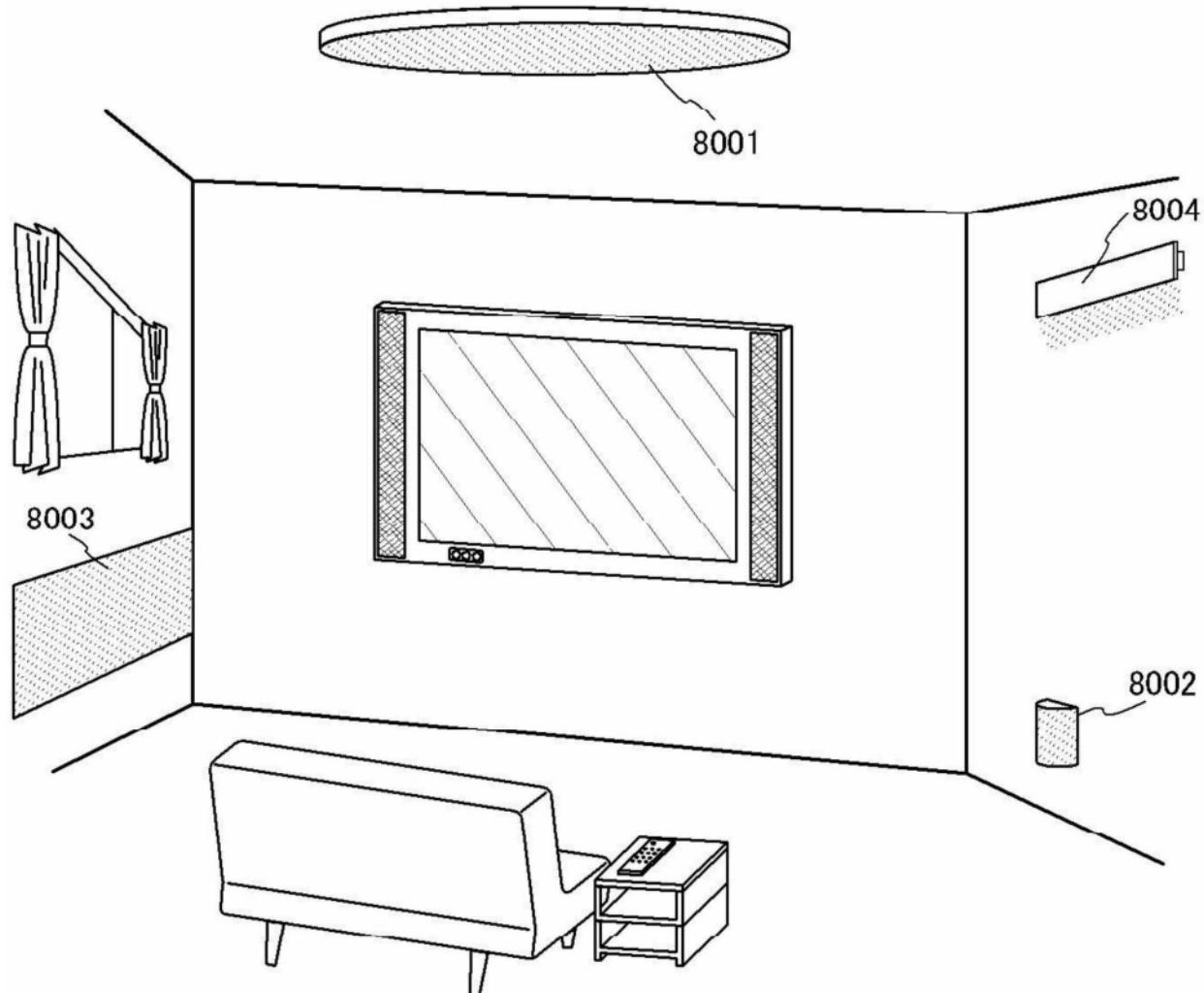


图8

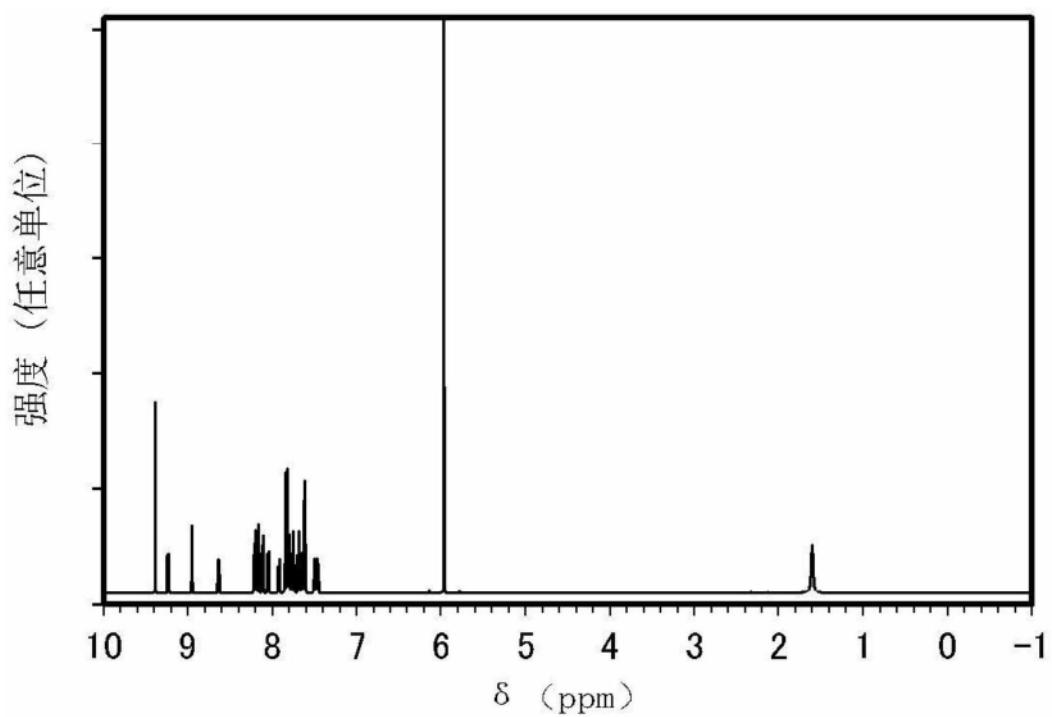


图9

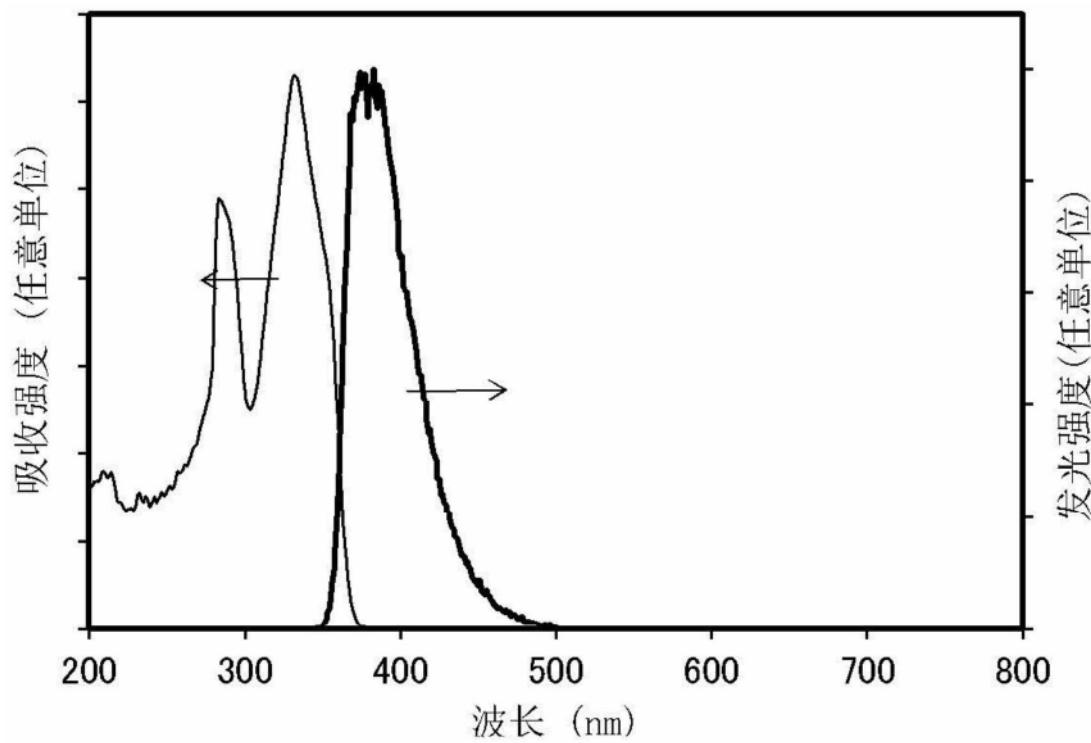


图10A

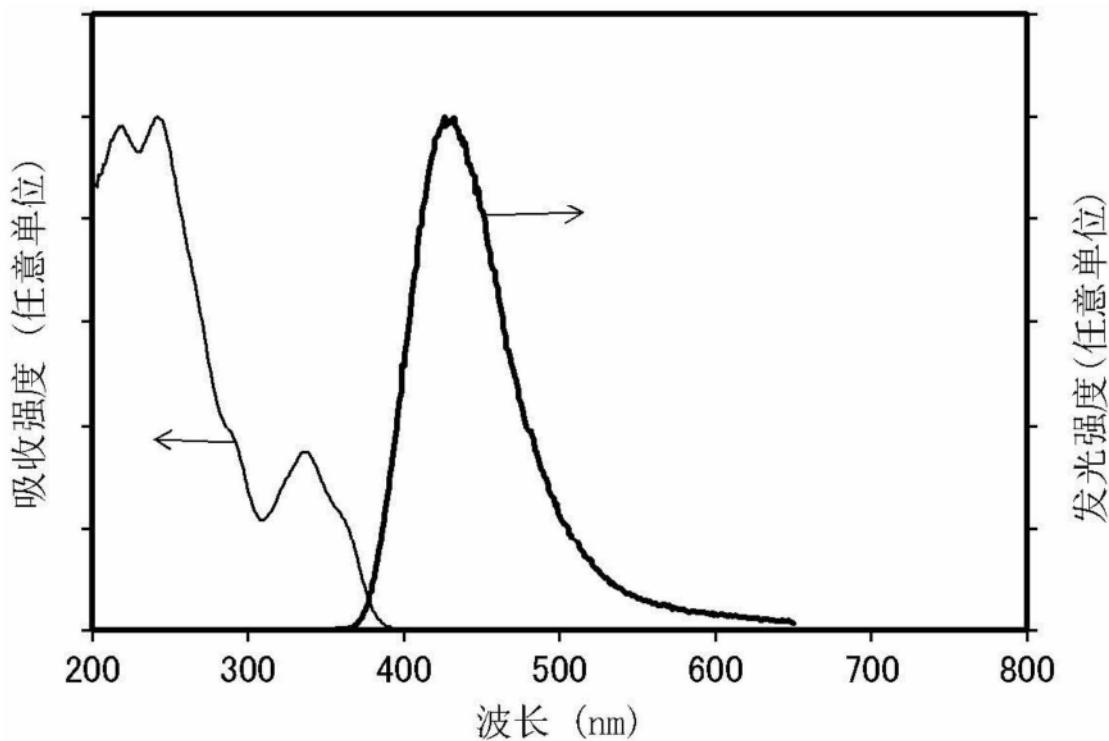


图10B

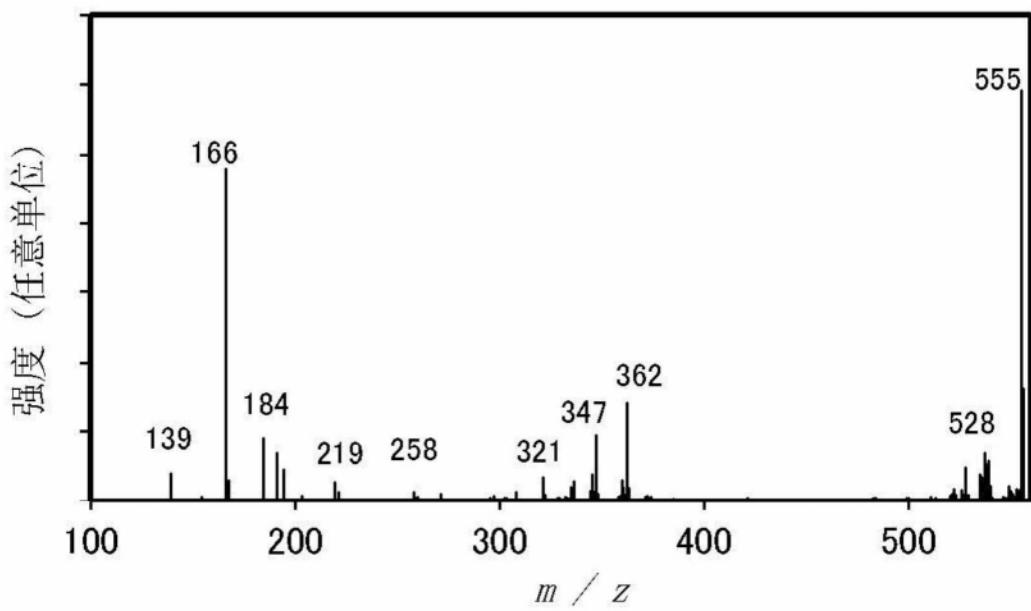


图11

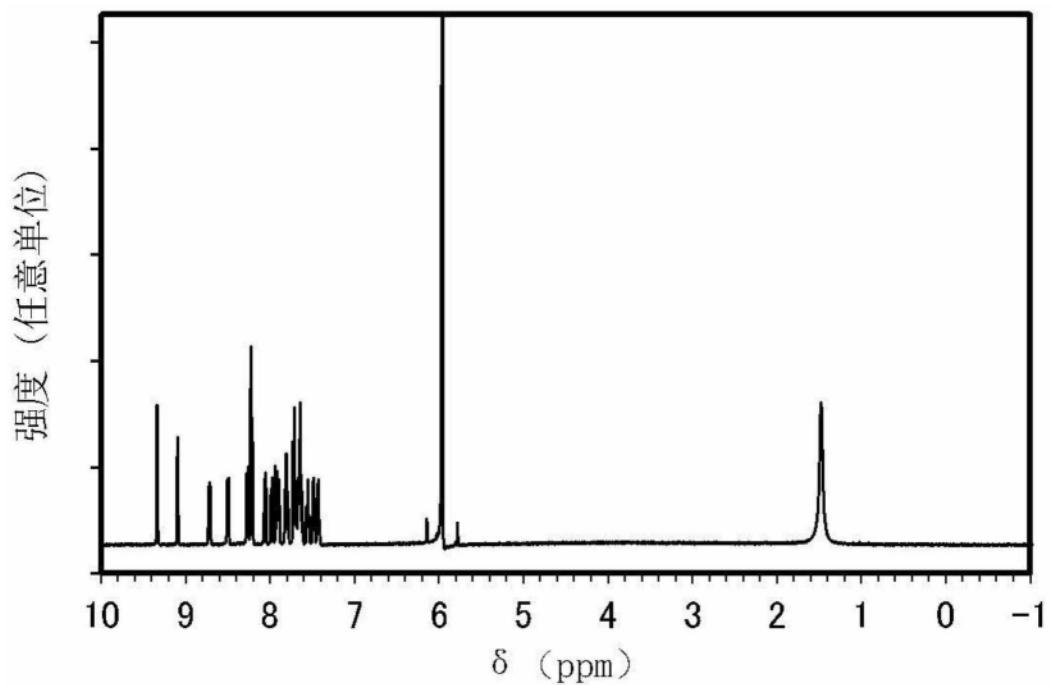


图12

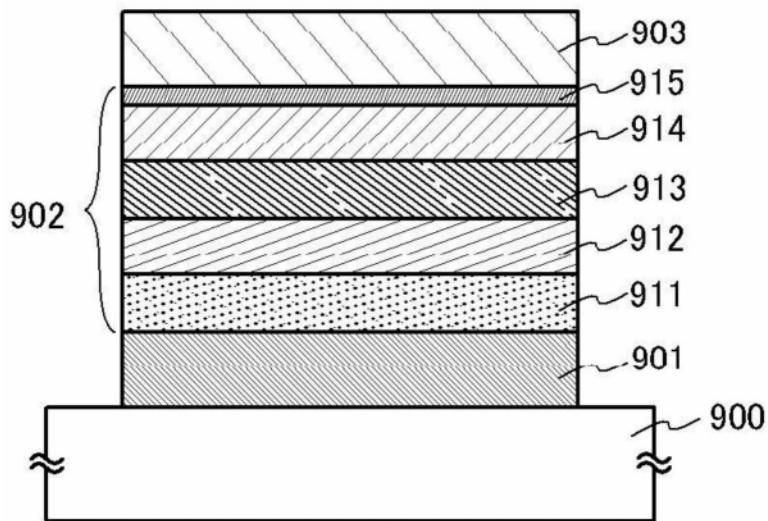


图13

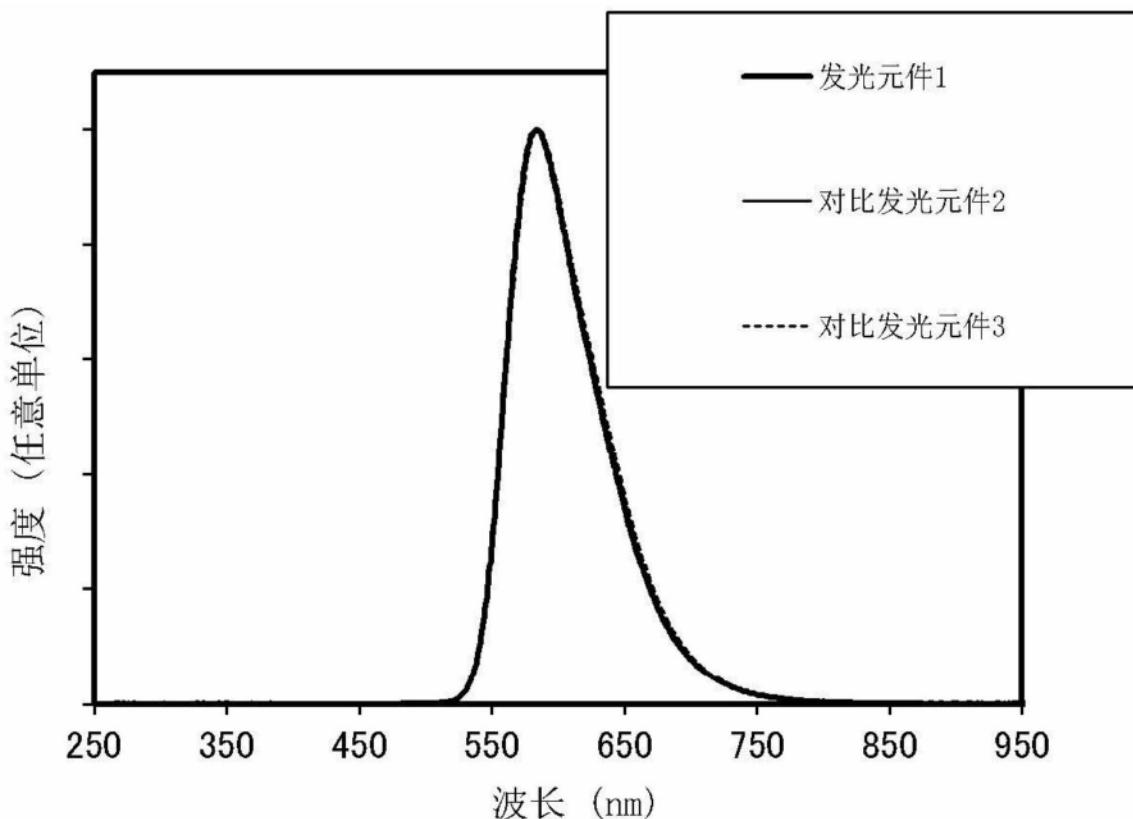


图14

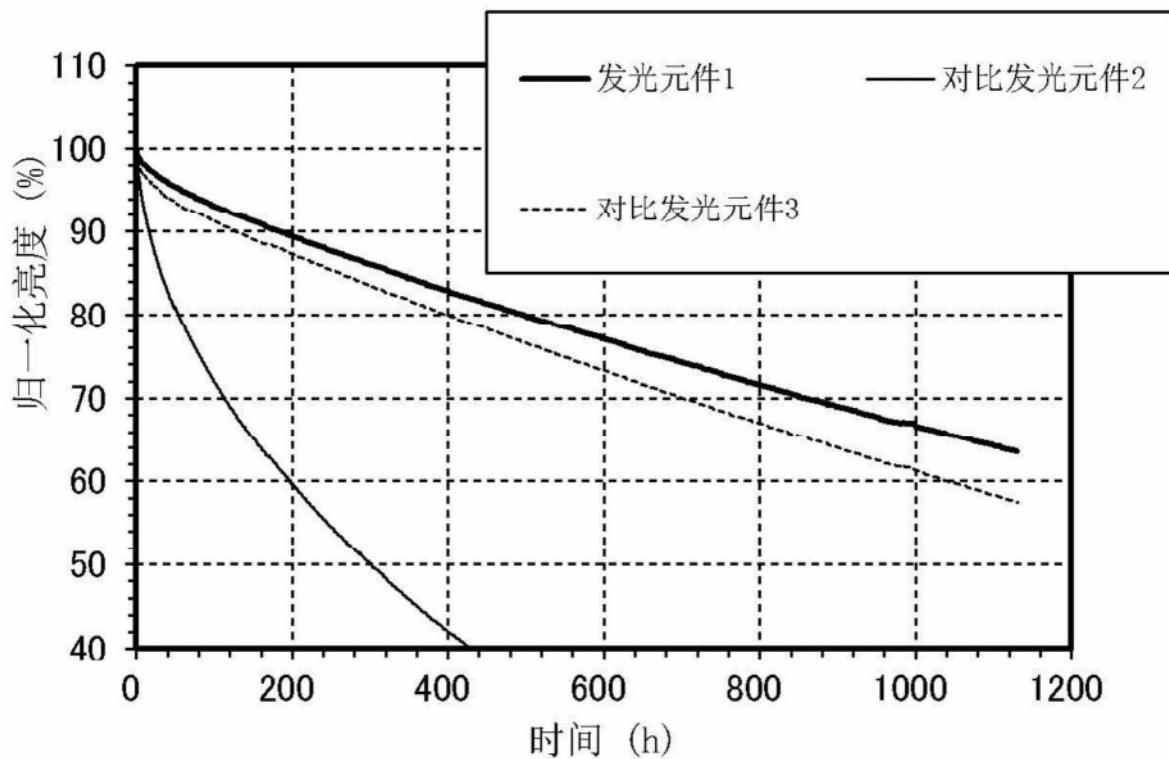


图15

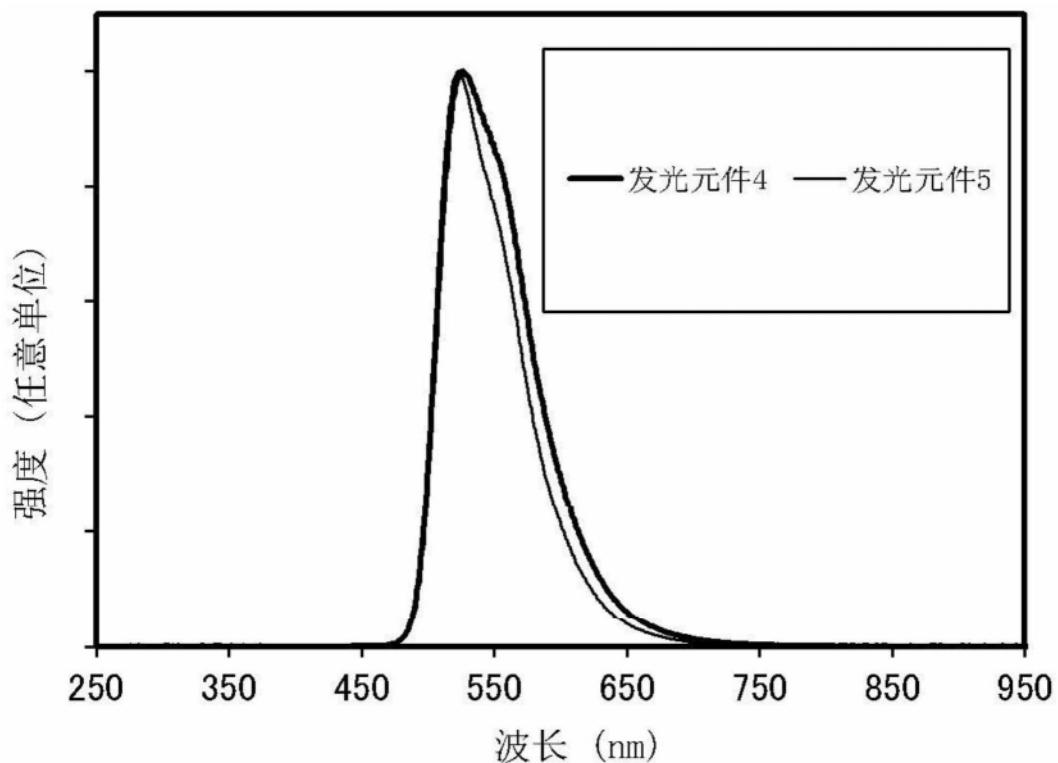


图16

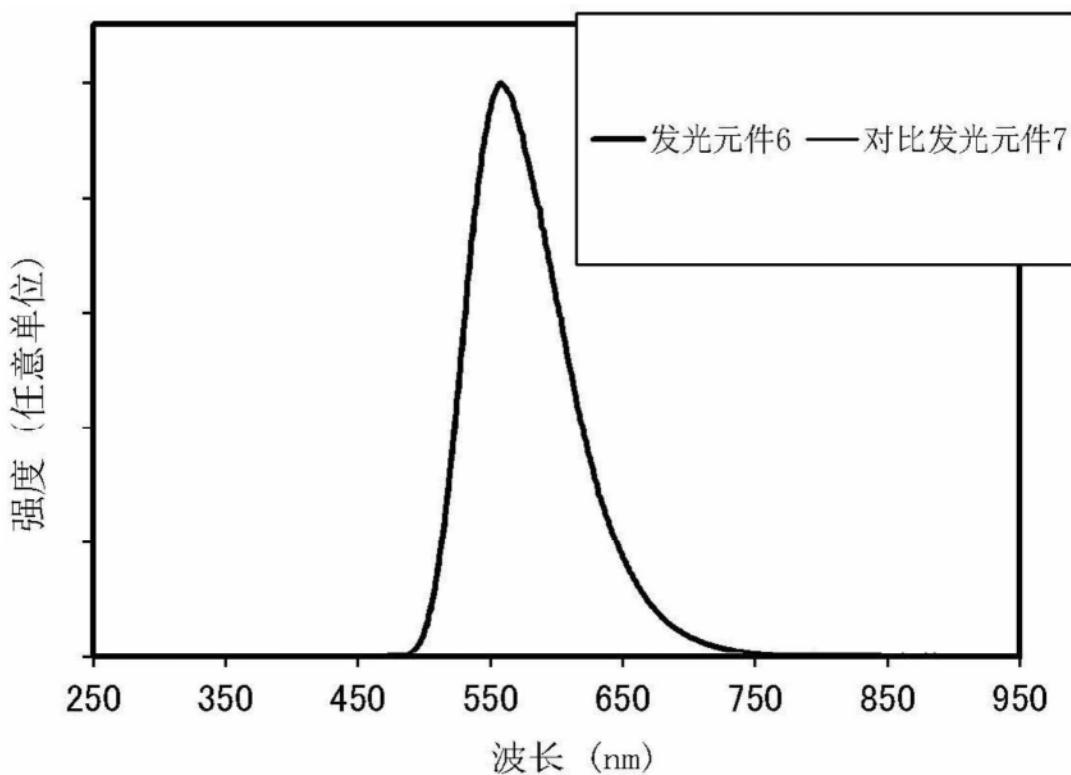


图17

