



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106279196 B

(45) 授权公告日 2021.06.29

(21) 申请号 201610472256.1

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2016.06.24

C07D 493/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C09K 11/06 (2006.01)

申请公布号 CN 106279196 A

H01L 51/50 (2006.01)

(43) 申请公布日 2017.01.04

H01L 51/54 (2006.01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

2015-127571 2015.06.25 JP

US 2011/0210316 A1, 2011.09.01

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

US 2012/0197020 A1, 2012.08.02

地址 日本神奈川县厚木市

US 2015/0073147 A1, 2015.03.12

(72) 发明人 川上祥子 石黑佳美 高桥辰义

US 2015/0166561 A1, 2015.06.18

滨田孝夫 濑尾广美 濑尾哲史

审查员 楼兴隆

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

权利要求书5页 说明书81页 附图29页

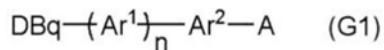
(54) 发明名称

杂环化合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

(57) 摘要

提供一种新颖杂环化合物。尤其是，提供一种可以提高发光元件的元件特性的新颖杂环化合物。一种以下述通式(G1)表示的杂环化合物，其中取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代或未取代的亚芳基键合。 $DBq-\{Ar^1\}_n-Ar^2-A$ (G1)在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基， Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基，n表示0或1， Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基，A表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时，取代基也可以互相键合而形成环。

1. 一种以通式 (G1) 表示的杂环化合物：



其中, DBq 表示取代或未取代的二苯并 [f, h] 噻喔啉基,

Ar¹ 表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的亚芳基,

n 表示 0 或 1,

Ar² 表示取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的亚芳基,

A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基,

所述取代的亚芳基和所述取代的二苯并 [f, h] 噻喔啉基的取代基是碳原子数为 1 至 6 的烷基和碳原子数为 6 至 12 的芳基中的任一种,

所述取代的苯并双苯并呋喃基的取代基是取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 5 至 7 的环烷基和取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基中的任一种,

并且, 所述取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、所述取代的碳原子数为 5 至 7 的环烷基和所述取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基的取代基是碳原子数为 1 至 6 的烷基和碳原子数为 6 至 12 的芳基中的任一种。

2. 根据权利要求 1 所述的杂环化合物,

其中 Ar² 的所述亚芳基具有互相键合而形成环的取代基。

3. 根据权利要求 1 所述的杂环化合物,

其中在所述通式 (G1) 中, Ar² 表示取代或未取代的亚苯基或者取代或未取代的联苯二基,

并且 n 表示 0。

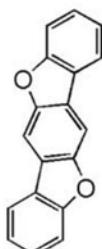
4. 根据权利要求 1 所述的杂环化合物,

其中在所述通式 (G1) 中, Ar² 表示取代或未取代的 m- 亚苯基或者取代或未取代的联苯-3,3' - 二基,

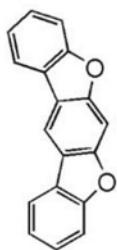
并且 n 表示 0。

5. 根据权利要求 1 所述的杂环化合物,

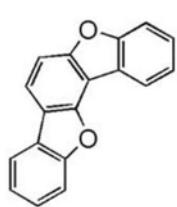
其中所述通式 (G1) 中的 A 是通式 (A1) 至通式 (A3) 中的任一个



(A1)



(A2)



(A3)

,

并且在所述通式 (A1) 至所述通式 (A3) 中的不形成呋喃环的碳原子中, 与所述呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与 Ar² 键合。

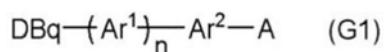
6. 一种包含权利要求 1 所述的杂环化合物的发光元件。

7. 一种包括包含权利要求 1 所述的杂环化合物和发光物质的发光层的发光元件。

8. 一种发光装置,包括:

权利要求7所述的发光元件;以及
晶体管。

9. 一种以通式 (G1) 表示的杂环化合物:



其中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基,

Ar¹表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基,

n表示0或1,

Ar²表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基,

A表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基,

所述取代的亚芳基和所述取代的二苯并[f,h]喹喔啉基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种,

所述取代的苯并双苯并呋喃基的取代基是取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一种,

在所述苯并双苯并呋喃基中的不形成呋喃环的碳原子中,与所述呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与Ar²键合,

并且,所述取代的碳原子数为1至6的烷基、所述取代的碳原子数为5至7的环烷基和所述取代的碳原子数为6至13的芳基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种。

10. 根据权利要求9所述的杂环化合物,

其中Ar²的所述亚芳基具有互相键合而形成环的取代基。

11. 根据权利要求9所述的杂环化合物,

其中在所述通式 (G1) 中,Ar²表示取代或未取代的亚苯基或者取代或未取代的联苯二基,

并且n表示0。

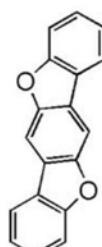
12. 根据权利要求9所述的杂环化合物,

其中在所述通式 (G1) 中,Ar²表示取代或未取代的m-亚苯基或者取代或未取代的联苯-3,3'-二基,

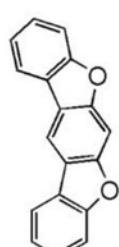
并且n表示0。

13. 根据权利要求9所述的杂环化合物,

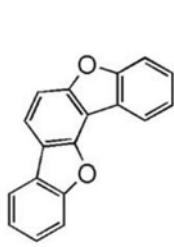
其中所述通式 (G1) 中的A是通式 (A1) 至通式 (A3) 中的任一个



(A1)



(A2)



(A3)

,

并且在所述通式 (A1) 至所述通式 (A3) 中的不形成呋喃环的碳原子中,与所述呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与Ar²键合。

14. 一种包含权利要求9所述的杂环化合物的发光元件。

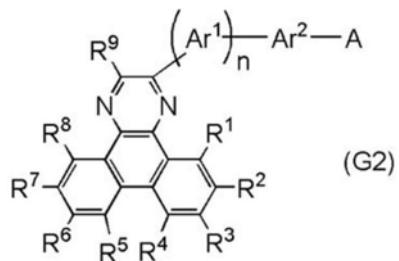
15. 一种包括包含权利要求9所述的杂环化合物和发光物质的发光层的发光元件。

16. 一种发光装置,包括:

权利要求15所述的发光元件;以及

晶体管。

17. 一种以通式 (G2) 表示的杂环化合物:



其中,A表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基,

R¹至R⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一个,

Ar¹表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基,

n表示0或1,

Ar²表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基,

所述取代的亚芳基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种,

所述取代的苯并双苯并呋喃基的取代基是取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一种,

并且,所述取代的碳原子数为1至6的烷基、所述取代的碳原子数为5至7的环烷基和所述取代的碳原子数为6至13的芳基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种。

18. 根据权利要求17所述的杂环化合物,

其中Ar²的所述亚芳基具有互相键合而形成环的取代基。

19. 根据权利要求17所述的杂环化合物,

其中在所述通式 (G2) 中,Ar²表示取代或未取代的亚苯基或者取代或未取代的联苯二基,

并且n表示0。

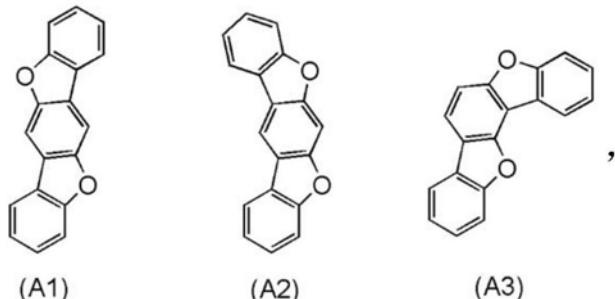
20. 根据权利要求17所述的杂环化合物,

其中在所述通式 (G2) 中,Ar²表示取代或未取代的m-亚苯基或者取代或未取代的联苯-3,3'-二基,

并且n表示0。

21. 根据权利要求17所述的杂环化合物,

其中所述通式 (G2) 中的 A 是通式 (A1) 至通式 (A3) 中的任一个



并且在所述通式 (A1) 至所述通式 (A3) 中的不形成呋喃环的碳原子中, 与所述呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与 Ar^2 键合。

22. 一种包含权利要求17所述的杂环化合物的发光元件。

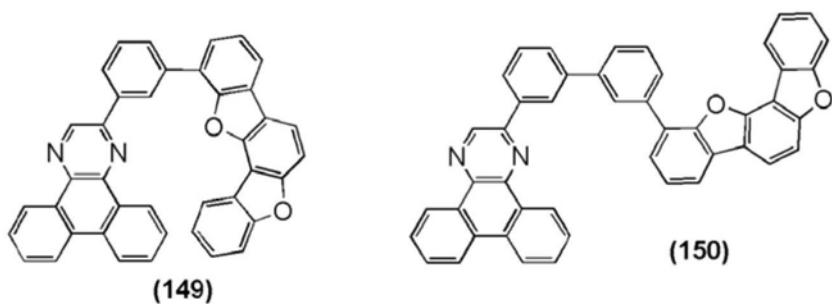
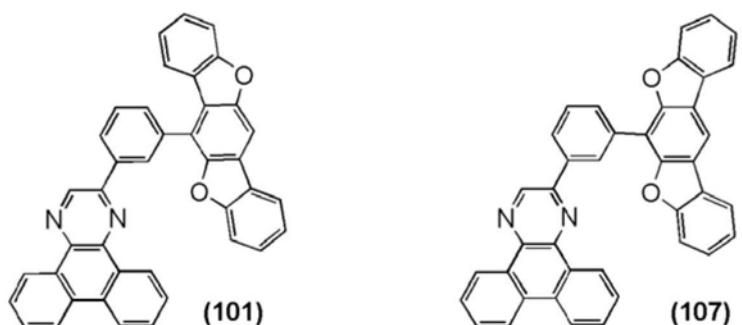
23. 一种包括包含权利要求17所述的杂环化合物和发光物质的发光层的发光元件。

24. 一种发光装置,包括:

权利要求23所述的发光元件；以及

晶体管。

25. 一种以结构式(101)、结构式(107)、结构式(149)和结构式(150)中的任一个表示的杂环化合物：



26. 一种包含权利要求25所述的杂环化合物的发光元件。

27. 一种包括包含权利要求25所述的杂环化合物和发光物质的发光层的发光元件。

28. 一种发光装置,包括:

权利要求27所述的发光元件；以及

晶体管。

29. 一种包含杂环化合物的发光元件,其中,所述杂环化合物包含与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代或未取代的亚芳基键合的取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉

基，

所述取代的亚芳基和所述取代的二苯并[f,h]喹喔啉基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种，

所述取代的苯并双苯并呋喃基的取代基是取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一种，

并且，所述取代的碳原子数为1至6的烷基、所述取代的碳原子数为5至7的环烷基和所述取代的碳原子数为6至13的芳基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种。

30. 根据权利要求29所述的发光元件，

其中所述发光元件包括发光层，

并且所述发光层包含所述杂环化合物和发光物质。

31. 一种发光装置，包括：

权利要求30所述的发光元件；以及

晶体管。

32. 一种包含杂环化合物的发光元件，

其中，所述杂环化合物包含与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代或未取代的亚芳基键合的取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基，

在所述苯并双苯并呋喃基中的不形成呋喃环的碳原子中，与所述呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与所述亚芳基键合，

所述取代的亚芳基和所述取代的二苯并[f,h]喹喔啉基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种，

所述取代的苯并双苯并呋喃基的取代基是取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基和取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基中的任一种，

并且，所述取代的碳原子数为1至6的烷基、所述取代的碳原子数为5至7的环烷基和所述取代的碳原子数为6至13的芳基的取代基是碳原子数为1至6的烷基和碳原子数为6至12的芳基中的任一种。

33. 根据权利要求32所述的发光元件，

其中所述发光元件包括发光层，

并且所述发光层包含所述杂环化合物和发光物质。

34. 一种发光装置，包括：

权利要求33所述的发光元件；以及

晶体管。

杂环化合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种物体、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)。尤其是，本发明的一个方式涉及一种半导体装置、发光装置、显示装置、照明装置、发光元件以及它们的驱动方法或制造方法。此外，本发明的一个方式涉及一种杂环化合物及其新颖的合成方法。此外，本发明的一个方式涉及一种使用上述杂环化合物的发光元件、发光装置、电子设备及照明装置。注意，本发明的一个方式不局限于上述技术领域。

背景技术

[0002] 具有薄型轻量、高速响应性及直流低电压驱动等特征的使用有机化合物作为发光体的发光元件被期待应用于下一代平板显示器。尤其是，将发光元件配置为矩阵状的显示装置与现有的液晶显示装置相比具有视角广且可见度优异的优点。

[0003] 发光元件的发光机理被认为如下：通过在一对电极之间夹着包含发光体的EL层并对该一对电极施加电压，从阴极注入的电子和从阳极注入的空穴在EL层的发光中心再结合而形成分子激子，当该分子激子返回到基态时释放出能量而发光。已知激发态有单重激发态和三重激发态，并且认为无论经过上述任一种激发态都可以实现发光。

[0004] 在这种发光元件中，作为EL层，主要使用有机化合物。因为它对发光元件的元件特性的提高有很大的影响，所以已对各种各样的新颖的有机化合物进行开发(例如，参照专利文献1)。

[0005] [专利文献1]日本专利申请公开2007-189001号公报

发明内容

[0006] 上述专利文献1所报告的具有二苯并[f,h]喹喔啉环的化合物具有平面结构，因此有容易晶化的问题。使用容易晶化的化合物的发光元件的使用寿命较短。此外，如果将另一骨架直接键合到二苯并[f,h]喹喔啉环上以便使该化合物具有空间上庞大的结构，则有时可能使共轭体系延伸而引起三重态激发能的降低。当三重态激发能降低时发光效率也降低，因此使用这种化合物的发光元件的元件特性也降低。

[0007] 于是，本发明的一个方式提供一种新颖杂环化合物。尤其是，提供一种可以提高发光元件的元件特性的新颖杂环化合物。另外，本发明的一个方式提供一种发光效率及耐热性高的新颖杂环化合物。另外，本发明的一个方式提供一种可用于发光元件的新颖杂环化合物。尤其是，提供一种耐热性高的发光元件、发光效率高且耗电量低的发光元件以及使用寿命长的发光元件。另外，本发明的一个方式提供一种新颖发光元件。另外，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，这些目的的记载并不妨碍其他目的的存在。本发明的一个方式并不需要实现所有上述目的。另外，可以从说明书、附图、权利要求书等的记载得知并抽取上述以外的目的。

[0008] 本发明的一个方式是一种杂环化合物,其中取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代或未取代的亚芳基键合。

[0009] 本发明的一个方式是一种以下述通式(G1)表示的杂环化合物。

[0010] [化学式1]

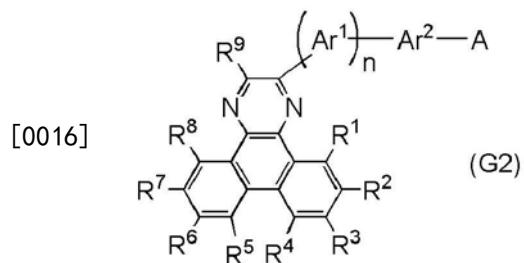
[0011] $DBq-(Ar^1)_n-Ar^2-A$ (G1)

[0012] 在通式(G1)中, DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n 表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

[0013] 另外, 在本发明的另一个方式中, 在上述通式(G1)中, DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n 表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。在苯并双苯并呋喃基中的不形成呋喃环的碳原子中, 与呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与 Ar^2 键合。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

[0014] 另外, 本发明的另一个方式是一种以下述通式(G2)表示的杂环化合物。

[0015] [化学式2]



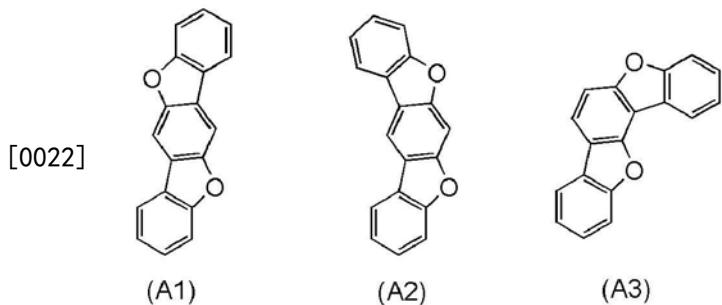
[0017] 在通式(G2)中, A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基, R^1 至 R^9 分别独立地表示氢、碳原子数为1至4的烷基或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n 表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

[0018] 在上述结构中, 通式(G1)或通式(G2)中的 Ar^2 表示取代或未取代的亚苯基或者取代或未取代的联苯二基, n 表示0。

[0019] 在上述结构中, 通式(G1)或通式(G2)中的 Ar^2 表示取代或未取代的m-亚苯基或者取代或未取代的联苯-3,3'-二基, n 表示0。

[0020] 在上述各结构中, 通式(G1)或通式(G2)中的 A 是下述通式(A1)至通式(A3)中的任一个, 在通式(A1)至通式(A3)中, 不形成呋喃环的碳原子中的与呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与 Ar^2 键合。

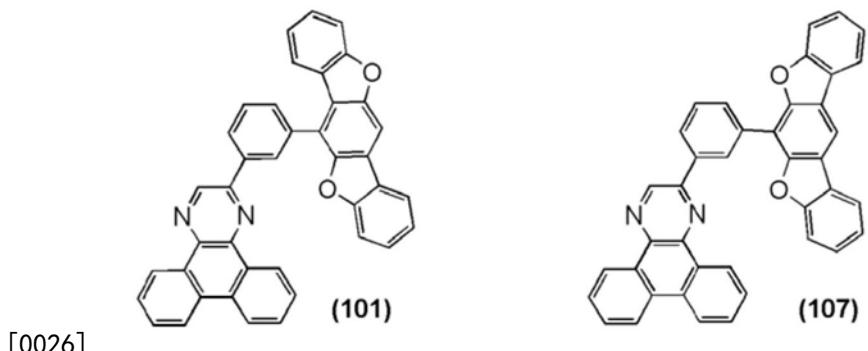
[0021] [化学式3]



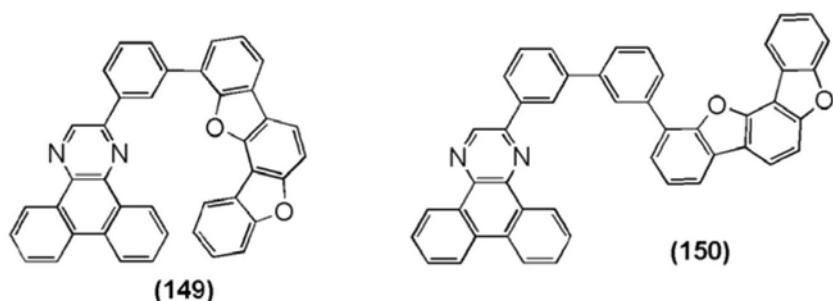
[0023] 在通式 (A1) 至通式 (A3) 中, 苯环也可以具有取代基, 取代基是取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0024] 另外, 本发明的另一个方式是以下述结构式 (101)、结构式 (107)、结构式 (149) 或结构式 (150) 表示的杂环化合物。

[0025] [化学式4]



[0026]



[0027] 因为上述本发明的一个方式的杂环化合物是T1能级高的材料, 所以可以被用作可以与磷光材料等发光物质(掺杂剂)组合的主体材料。

[0028] 另外, 本发明的一个方式的杂环化合物是电子传输性高的材料。因此, 将上述杂环化合物不但可以用于发光元件的EL层中的发光层而且还可以用于电子传输层等。而且, 本发明的一个方式的杂环化合物是发光物质。因此, 在发光层中, 不但可以将上述杂环化合物用作与磷光材料等发光物质组合而使用的主体材料, 而且还可以用作发光物质。因此, 使用本发明的一个方式的杂环化合物的发光元件包括在本发明的一个方式的范围内。

[0029] 就是说, 本发明的另一个方式是一种使用杂环化合物的发光元件, 在该杂环化合物中, 取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代或未取代的亚芳基键合。

[0030] 另外, 本发明的另一个方式是一种使用杂环化合物的发光元件, 在该杂环化合物中, 取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代

或未取代的亚芳基键合,在上述苯并双苯并呋喃基中的不形成呋喃环的碳原子中,与上述呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与上述亚芳基键合。

[0031] 另外,在上述各结构中,发光元件包括发光层,发光层包含上述杂环化合物和发光物质。

[0032] 此外,本发明的一个方式不仅包括具有发光元件的发光装置,而且还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或光源(包括照明装置)。另外,发光装置有时还包括如下模块:在发光装置中安装有连接器诸如FPC(Flexible printed circuit:柔性印刷电路)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装)的模块;在TCP端部中设置有印刷线路板的模块;或者IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)方式直接安装在发光元件上的模块。

[0033] 根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖杂环化合物。尤其是,根据本发明的一个方式,可以提供一种可以提高发光元件的元件特性的新颖杂环化合物。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种发光效率及耐热性高的新颖杂环化合物。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种可用于发光元件的新颖杂环化合物。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种可用于发光元件的EL层的新颖杂环化合物。尤其是,根据本发明的一个方式,可以提供一种耐热性高的发光元件、发光效率高且耗电量低的发光元件以及使用寿命长的发光元件。根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖发光元件。根据本发明的一个方式,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。

附图说明

- [0034] 图1A和图1B是说明发光元件的结构的图;
- [0035] 图2A和图2B是说明发光元件的结构的图;
- [0036] 图3A至图3C是说明发光装置的图;
- [0037] 图4A和图4B是说明发光装置的图;
- [0038] 图5A1、图5A2、图5B、图5C、图5D1、图5D2及图5D3是说明电子设备的图;
- [0039] 图6A至图6C是说明电子设备的图;
- [0040] 图7A和图7B是说明汽车的图;
- [0041] 图8A至图8D是说明照明装置的图;
- [0042] 图9是说明照明装置的图;
- [0043] 图10A和图10B是示出触摸屏的一个例子的图;
- [0044] 图11A和图11B是示出触摸屏的一个例子的图;
- [0045] 图12A和图12B是示出触摸屏的一个例子的图;
- [0046] 图13A和图13B分别是触摸传感器的方框图及时序图;
- [0047] 图14是触摸传感器的电路图;
- [0048] 图15A和图15B是以结构式(101)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱;
- [0049] 图16A和图16B是以结构式(101)表示的杂环化合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱;
- [0050] 图17A和图17B是以结构式(107)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱;
- [0051] 图18A和图18B是以结构式(107)表示的杂环化合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱;

光谱；

- [0052] 图19A和图19B是以结构式(149)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱；
- [0053] 图20A和图20B是以结构式(149)表示的杂环化合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；
- [0054] 图21A和图21B是以结构式(150)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱；
- [0055] 图22A和图22B是以结构式(150)表示的杂环化合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；
- [0056] 图23是说明发光元件的图；
- [0057] 图24是示出发光元件1至发光元件4的电流密度-亮度特性的图；
- [0058] 图25是示出发光元件1至发光元件4的电压-亮度特性的图；
- [0059] 图26是示出发光元件1至发光元件4的亮度-电流效率特性的图；
- [0060] 图27是示出发光元件1至发光元件4的电压-电流特性的图；
- [0061] 图28是示出发光元件1至发光元件4的发射光谱的图；
- [0062] 图29是示出发光元件1至发光元件4的可靠性的图；
- [0063] 图30是示出发光元件1至发光元件3、以及对比发光元件5的外部量子效率特性的时间变化的图；
- [0064] 图31是2mBbfPDBq的质谱图；
- [0065] 图32是2mBbfPDBq的质谱图。

具体实施方式

[0066] 以下，参照附图详细地说明本发明的实施方式。注意，本发明不局限于以下说明，其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此，本发明不应该被解释为仅局限在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0067] 另外，根据情况或状态，可以互相调换“膜”和“层”。例如，有时可以将“导电层”调换为“导电膜”。此外，有时可以将“绝缘膜”调换为“绝缘层”。

[0068] 实施方式1

[0069] 在本实施方式中，说明本发明的一个方式的杂环化合物。

[0070] 在本实施方式中示出的杂环化合物具有如下特征：即取代或未取代的二苯并[f, h]喹喔啉基与取代或未取代的苯并双苯并呋喃基通过取代或未取代的亚芳基键合。

[0071] 一般已知：在增加形成有机化合物的分子结构的稠环个数时，随着分子量的增大，具有稠环个数较多的结构的有机化合物中的耐热性得到提高，并且在将该有机化合物用于发光元件时可以期待长使用寿命。但是，因为在增加稠环个数时有机化合物具有平面性更高的分子结构，所以产生如下问题：有机化合物的薄膜的容易晶化等所导致的耐热性的降低；化合物的三重态激发能(T1能级)的降低；以及由于化合物的溶解性降低，因此化合物的合成及纯化变困难。与此相反，在本发明的一个方式的杂环化合物中，使用包含杂原子的稠环扩大有机分子的骨架，因此可以提供一种T1能级高的化合物。通过使平面性高的二苯并[f, h]喹喔啉基与苯并双苯并呋喃基通过亚芳基键合，实现庞大的化合物，因此可以抑制晶化而实现耐热性的提高。因此，在本实施方式中说明的杂环化合物是具有以下述通式(G1)表示的结构的杂环化合物。

[0072] [化学式5]

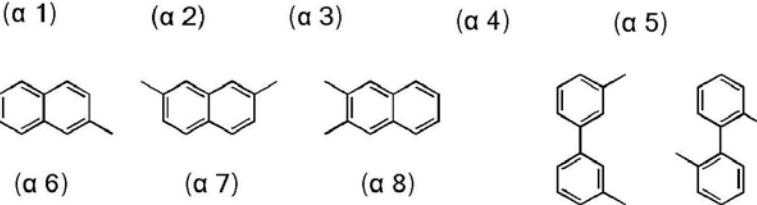
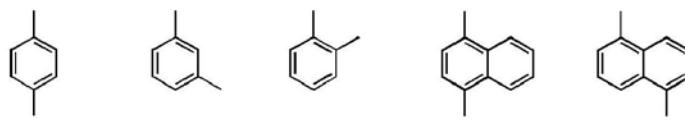
[0073] $DBq-(Ar^1)_n-Ar^2-A$ (G1)

[0074] 在通式 (G1) 中, DBq 表示取代或未取代的二苯并 [f, h] 噻唑基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n 表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

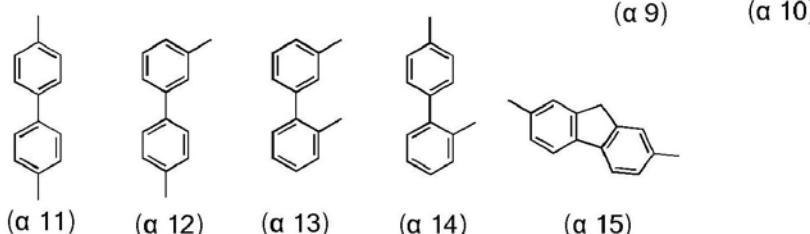
[0075] 另外, 作为其他结构, 在以上述通式 (G1) 表示的杂环化合物中, DBq 表示取代或未取代的二苯并 [f, h] 噻唑基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n 表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。在苯并双苯并呋喃基中的不形成呋喃环的碳原子中, 与呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与 Ar^2 键合。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

[0076] 作为通式 (G1) 中的以 Ar^1 或 Ar^2 表示的碳原子数为6至13的亚芳基, 可以举出取代或未取代的亚苯基、取代或未取代的萘二基、取代或未取代的联苯二基、取代或未取代的芴二基等, 具体而言, 可以举出以下述结构式 (a1) 至 (a15) 表示的亚芳基等。

[0077] [化学式6]

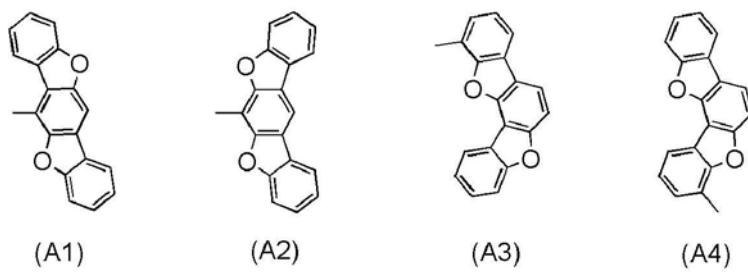


[0078]

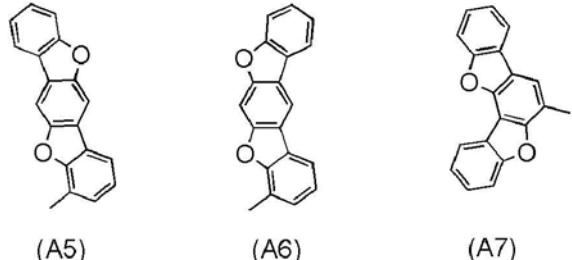


[0079] 在通式 (G1) 中, 以 A 表示的取代或未取代的苯并双苯并呋喃基中的未取代的苯并双苯并呋喃基是下述通式 (A1) 至通式 (A7) 中的任一个。

[0080] [化学式7]



[0081]



[0082] 当通式 (G1) 中的以A表示的苯并双苯并呋喃基具有取代基时,通式 (A1) 至通式 (A7) 中的苯环也可以具有取代基,作为取代基,可以举出取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0083] 在通式 (A1) 至通式 (A7) 作为取代基具有碳原子数为1至6的烷基时,作为该烷基的具体例子,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、1,2-二甲基丁基以及2,3-二甲基丁基等。

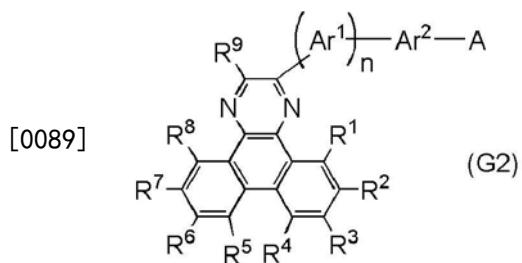
[0084] 另外,在通式 (A1) 至通式 (A7) 作为取代基具有碳原子数为5至7的环烷基时,作为该环烷基的具体例子,可以举出环戊基、环己基、环庚基等。

[0085] 另外,在通式 (A1) 至通式 (A7) 作为取代基具有碳原子数为6至13的芳基的时,作为该芳基的具体例子,可以举出苯基、联苯基、萘基、芴基、茚基等。

[0086] 在通式 (G1) 中的取代是指具有甲基、乙基、n-丙基、异丙基、仲丁基、叔丁基、n-戊基和n-己基等碳原子数为1至6的烷基、或者苯基、邻甲苯基、间甲苯基、对甲苯基、1-萘基、2-萘基、2-联苯基、3-联苯基和4-联苯基等碳原子数为6至12的芳基等取代基。这些取代基也可以互相键合而形成环。例如,当亚芳基的芴-二基是作为取代基在9位上具有两个苯基的9,9-二苯基-9H-芴-2,7-二基时,该苯基也可以互相键合而成为螺-9,9'-联芴-2,7-二基。

[0087] 另外,本发明的一个方式的杂环化合物的其他结构是具有以下述通式 (G2) 表示的结构的杂环化合物。

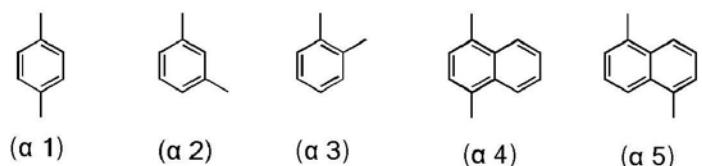
[0088] [化学式8]



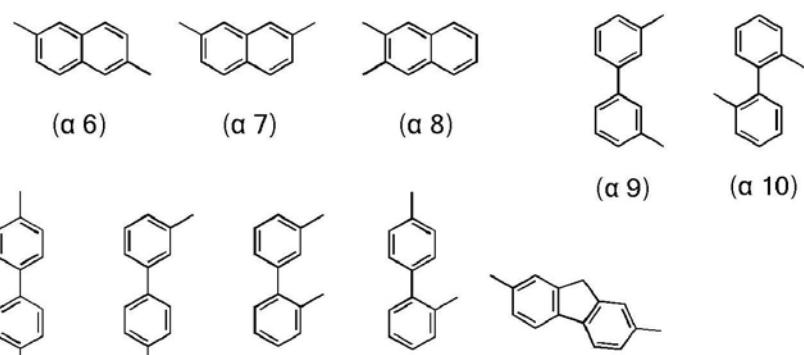
[0090] 在通式 (G2) 中, A 表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基, R¹至R⁹分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基, Ar¹表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n表示0或1, Ar²表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基。当以Ar¹及Ar²表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

[0091] 作为通式 (G2) 中的以Ar¹或Ar²表示的碳原子数为6至13的亚芳基的具体例子, 可以举出以下述结构式 (a1) 至 (a15) 表示的亚芳基等。

[0092] [化学式9]

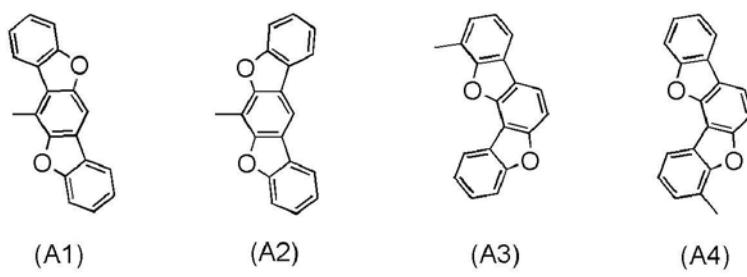


[0093]

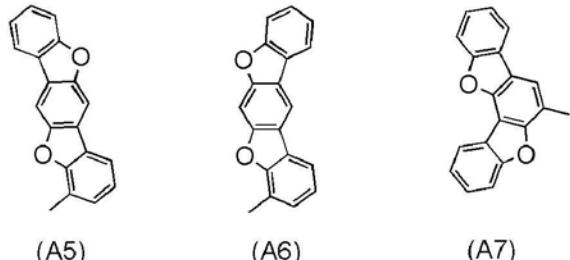


[0094] 在通式 (G2) 中, 以A表示的取代或未取代的苯并双苯并呋喃基中的未取代的苯并双苯并呋喃基是下述通式 (A1) 至通式 (A7) 中的任一个。

[0095] [化学式10]



[0096]



[0097] 当通式 (G2) 中的以A表示的苯并双苯并呋喃基具有取代基时,通式 (A1) 至通式 (A7) 中的苯环也可以具有取代基,作为取代基,可以举出取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为5至7的环烷基或取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基。

[0098] 在通式 (A1) 至通式 (A7) 作为取代基具有碳原子数为1至6的烷基时,作为该烷基的具体例子,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、1,2-二甲基丁基以及2,3-二甲基丁基等。

[0099] 另外,在通式 (A1) 至通式 (A7) 作为取代基具有碳原子数为5至7的环烷基时,作为该烷基的具体例子,可以举出环戊基、环己基、环庚基等。

[0100] 另外,在通式 (A1) 至通式 (A7) 作为取代基具有碳原子数为6至13的芳基的时,作为该芳基的具体例子,可以举出苯基、联苯基、萘基、芴基、茚基等。

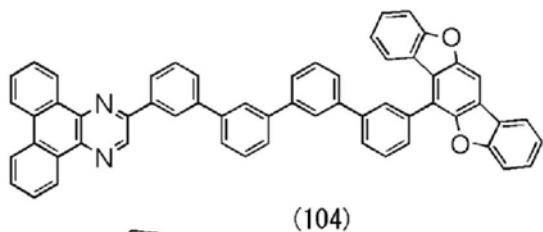
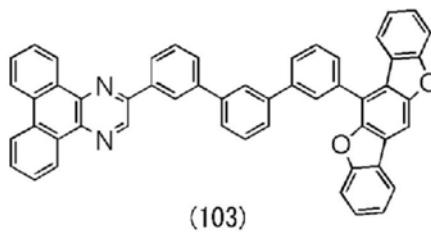
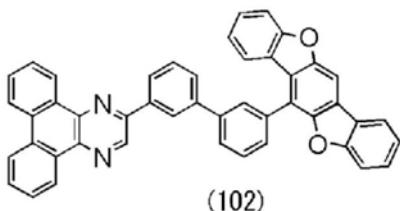
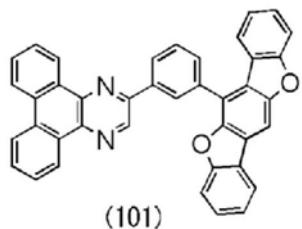
[0101] 作为上述通式 (G2) 中的R¹至R⁹的碳原子数为1至6的烷基的具体例子,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基、戊基、异戊基、仲戊基、叔戊基、新戊基、己基、异己基、仲己基、叔己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基以及2,3-二甲基丁基等。

[0102] 作为上述通式 (G2) 中的R¹至R⁹的碳原子数为6至13的芳基的具体例子,可以举出苯基、联苯基、甲苯基、萘基、二甲苯基、芴基、茚基。

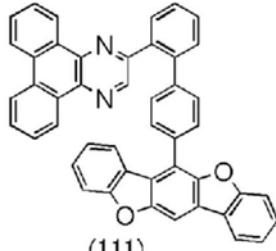
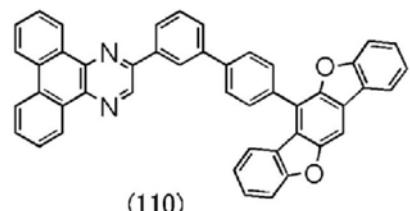
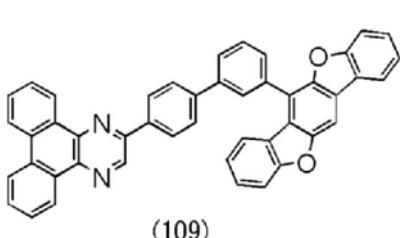
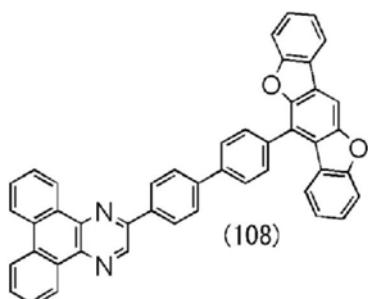
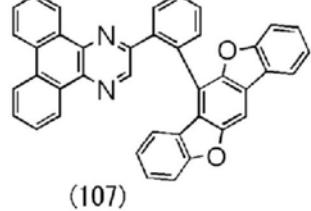
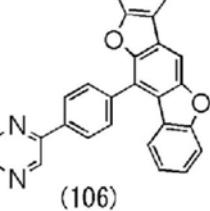
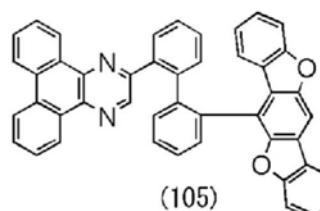
[0103] 在通式 (G2) 中的取代是指具有甲基、乙基、n-丙基、异丙基、仲丁基、叔丁基、n-戊基和n-己基等碳原子数为1至6的烷基、或者苯基、邻甲苯基、间甲苯基、对甲苯基、1-萘基、2-萘基、2-联苯基、3-联苯基和4-联苯基等碳原子数为6至12的芳基等取代基。这些取代基也可以互相键合而形成环。例如,当亚芳基的芴-二基是作为取代基在9位上具有两个苯基的9,9-二苯基-9H-芴-2,7-二基时,也可以该苯基互相键合而成为螺-9,9'-联芴-2,7-二基。

[0104] 接着,以下示出上述本发明的一个方式的杂环化合物的具体结构式。注意,本发明不局限于下述结构式。

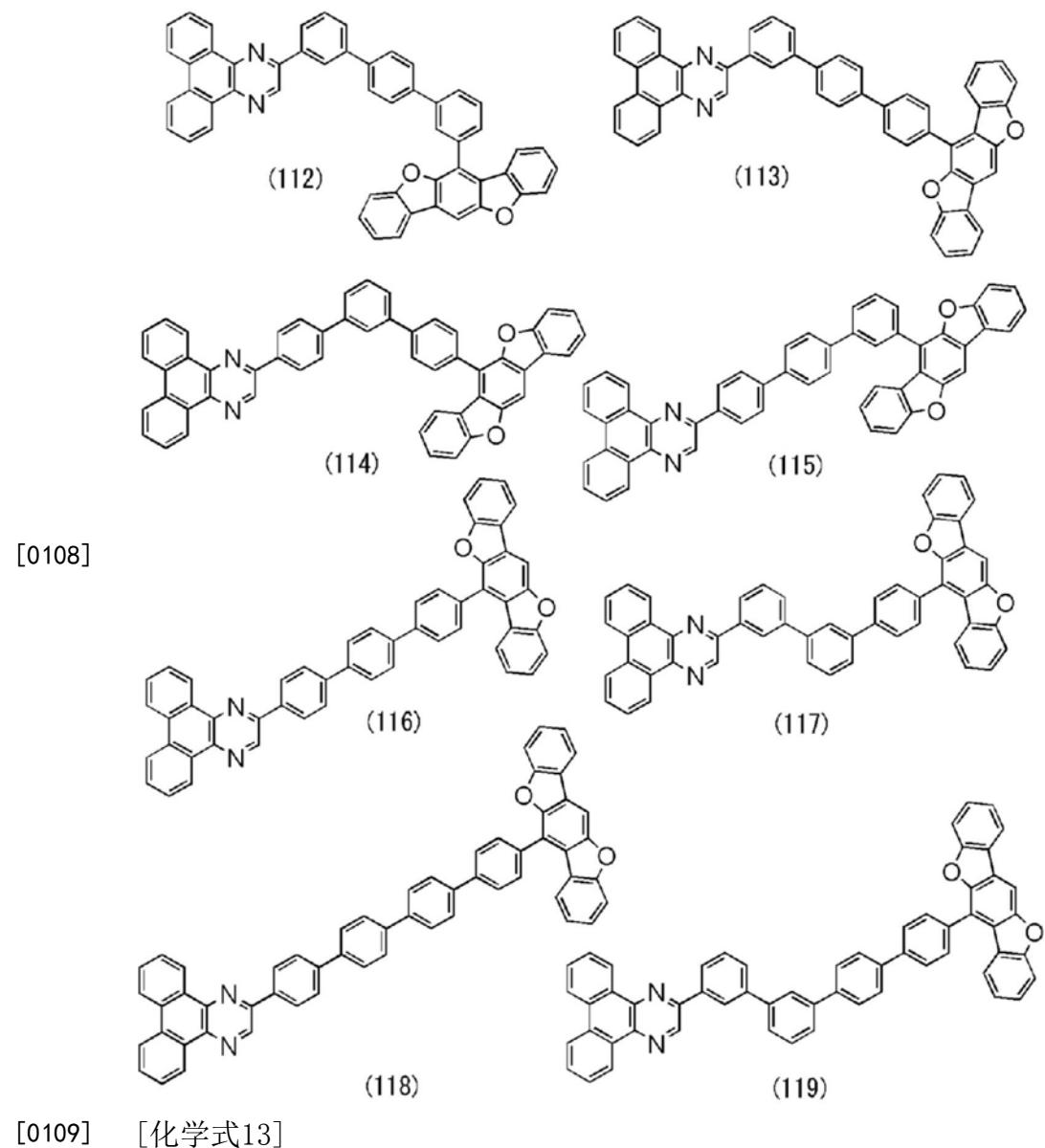
[0105] [化学式11]

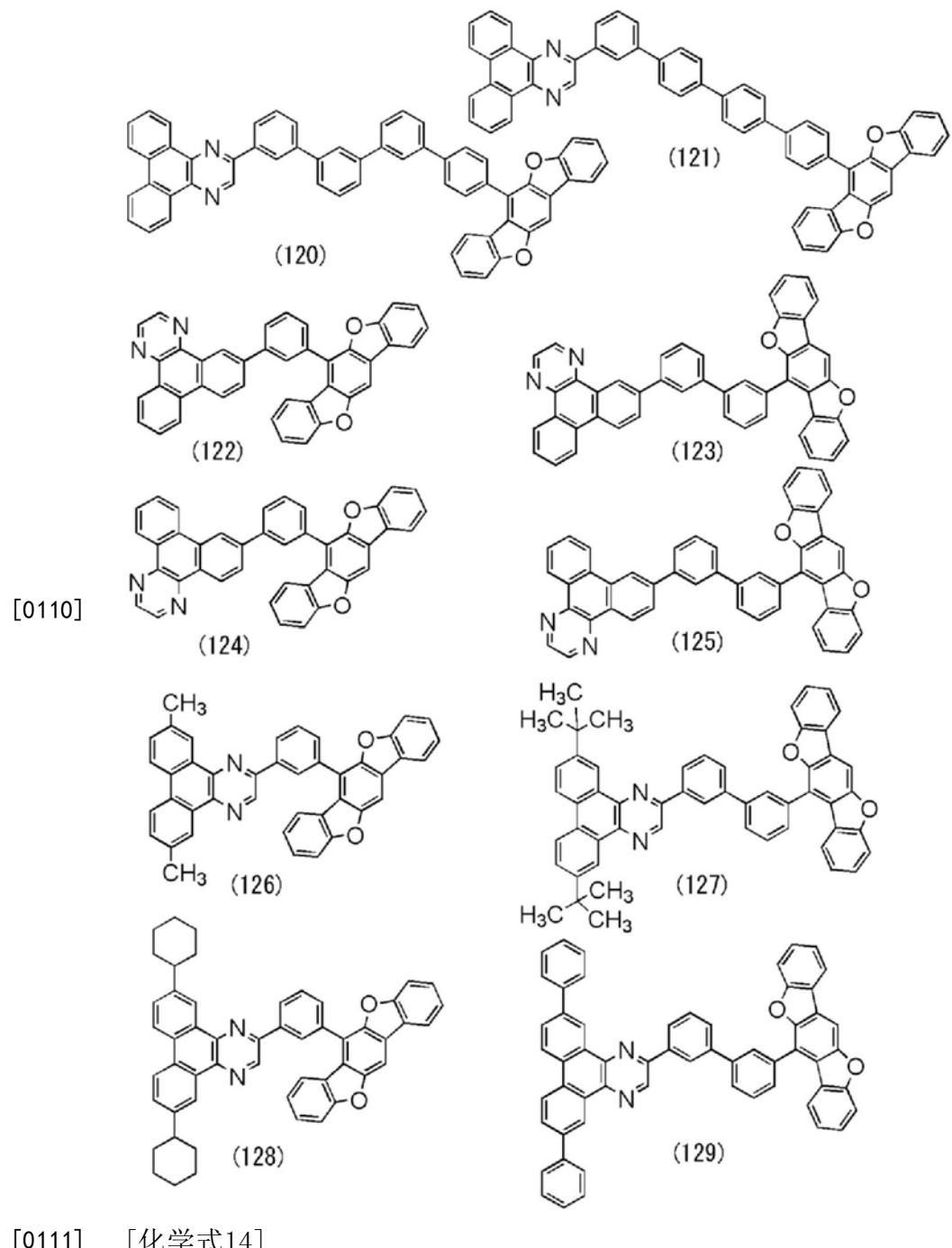


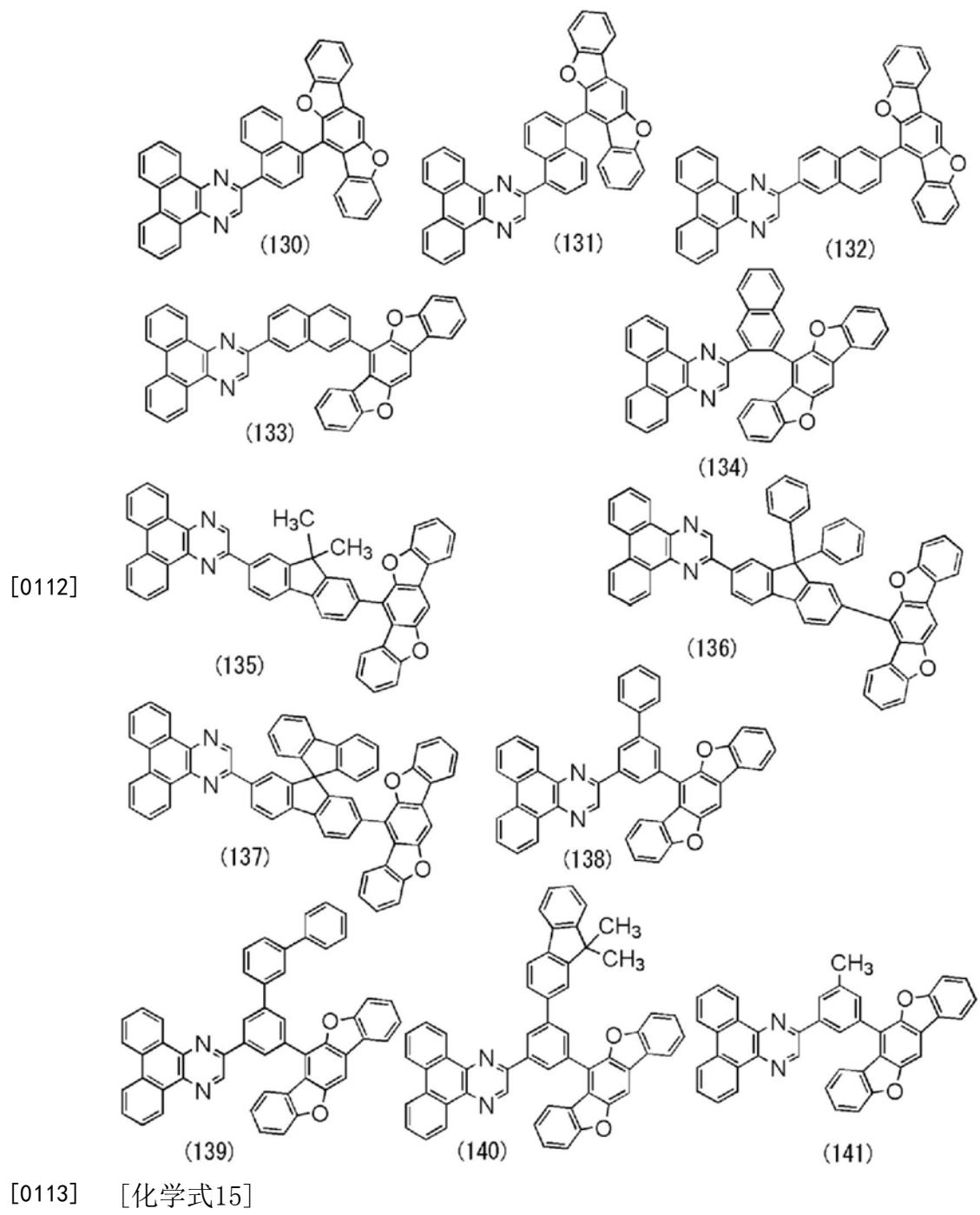
[0106]

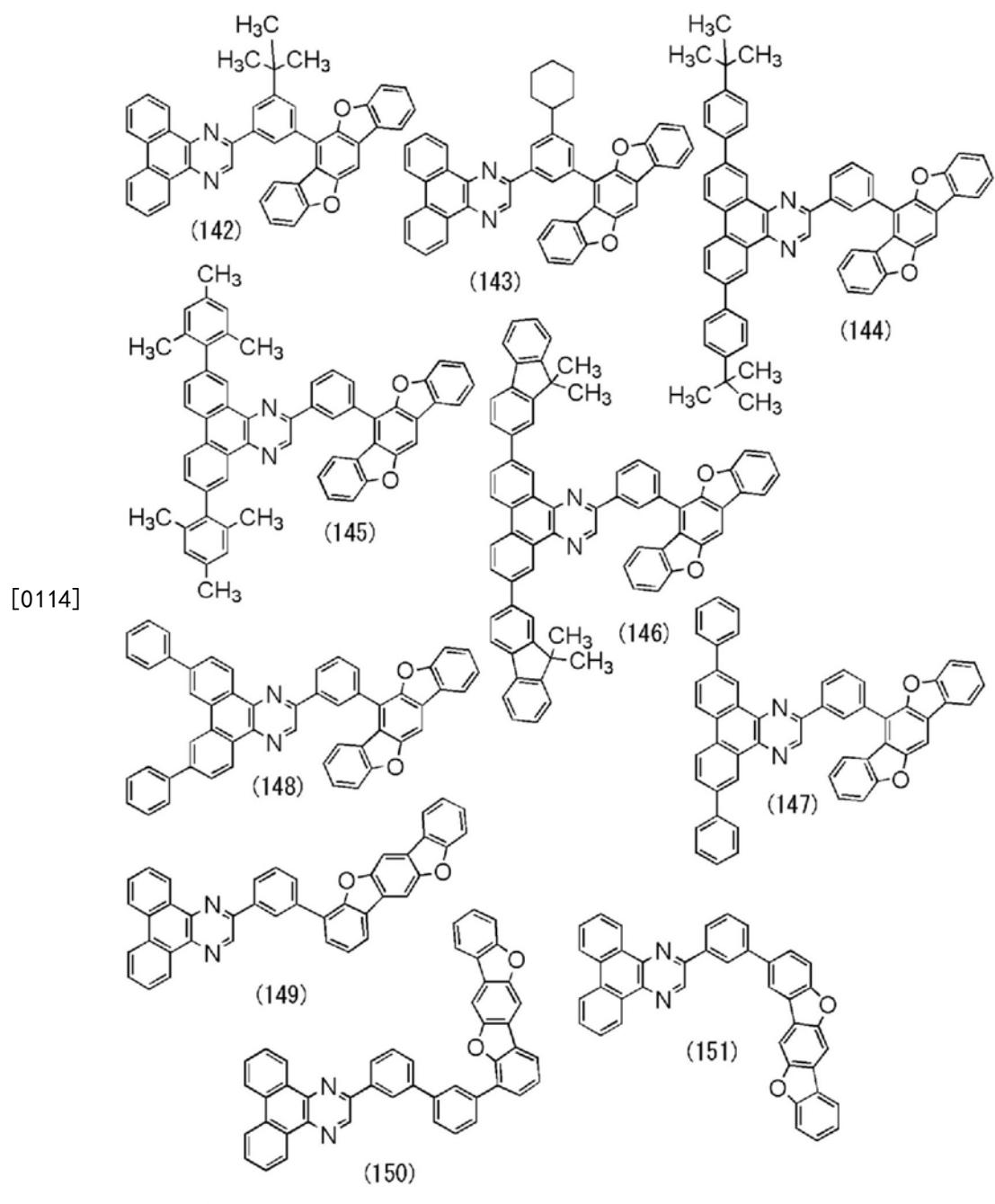


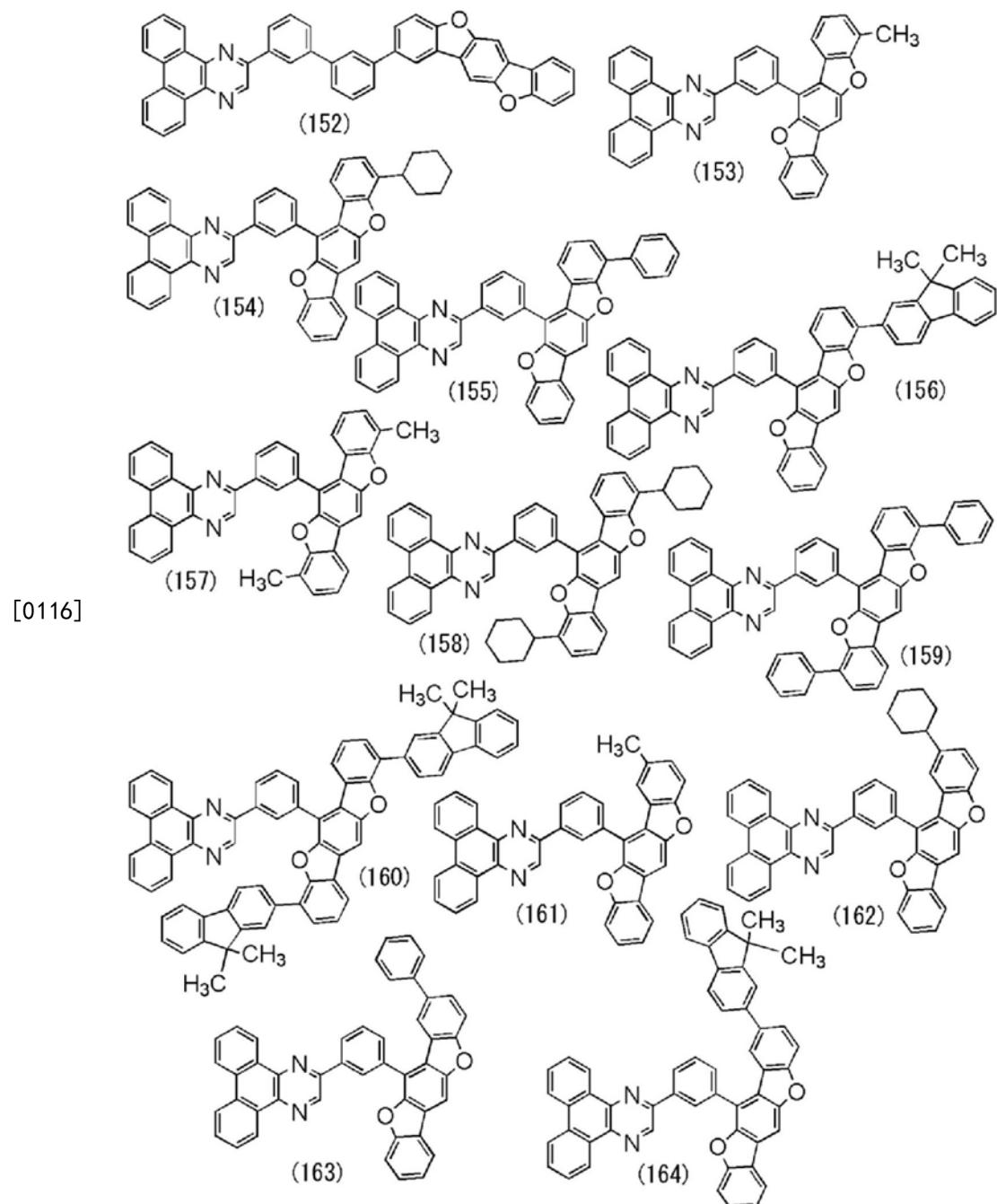
[0107] [化学式12]



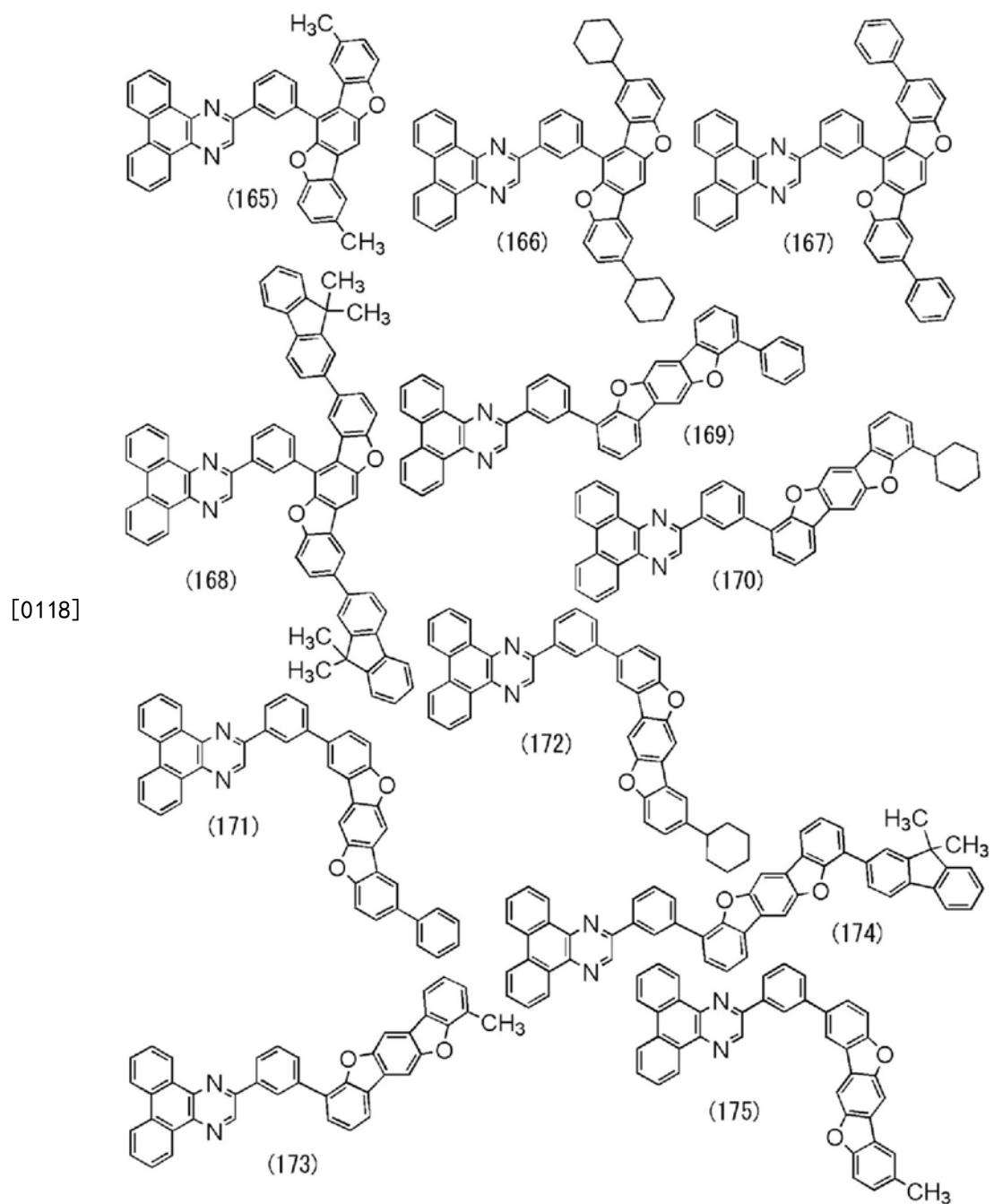




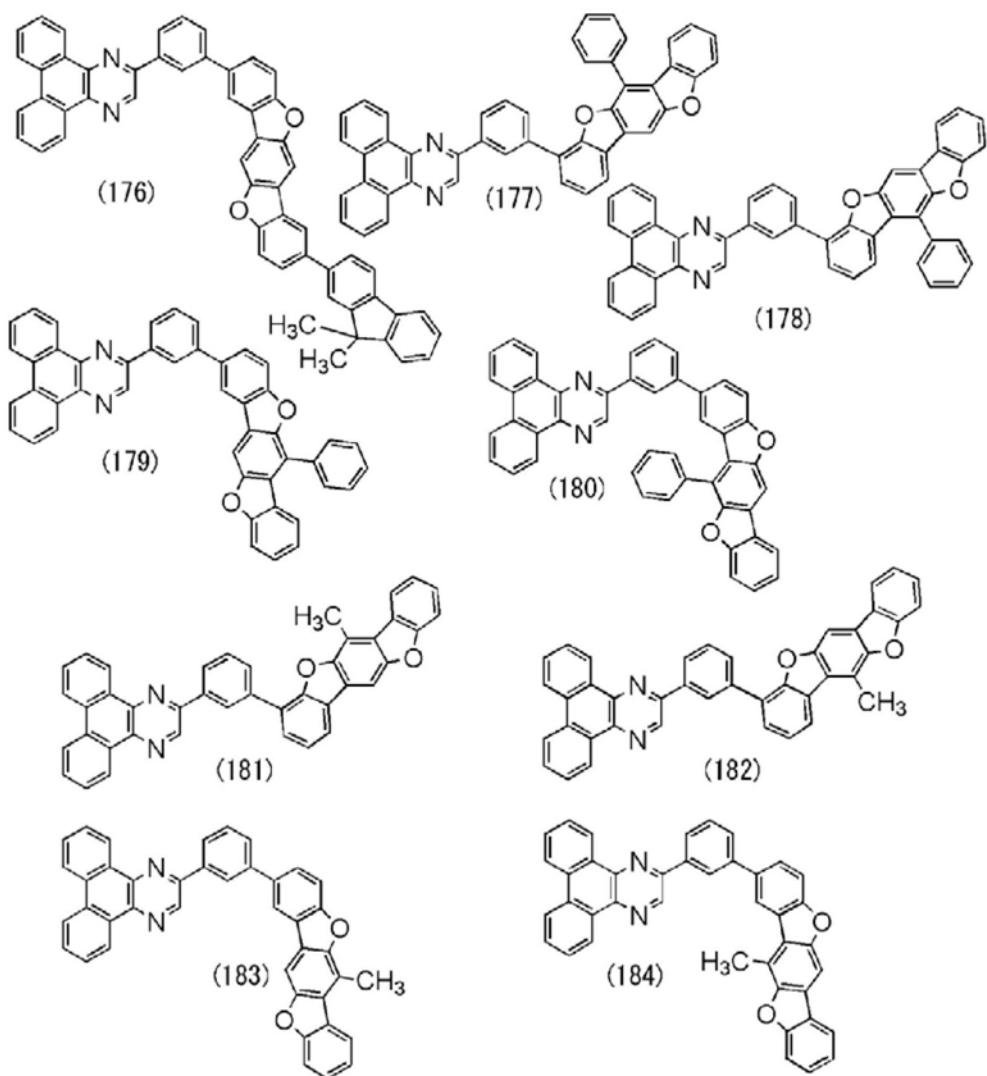




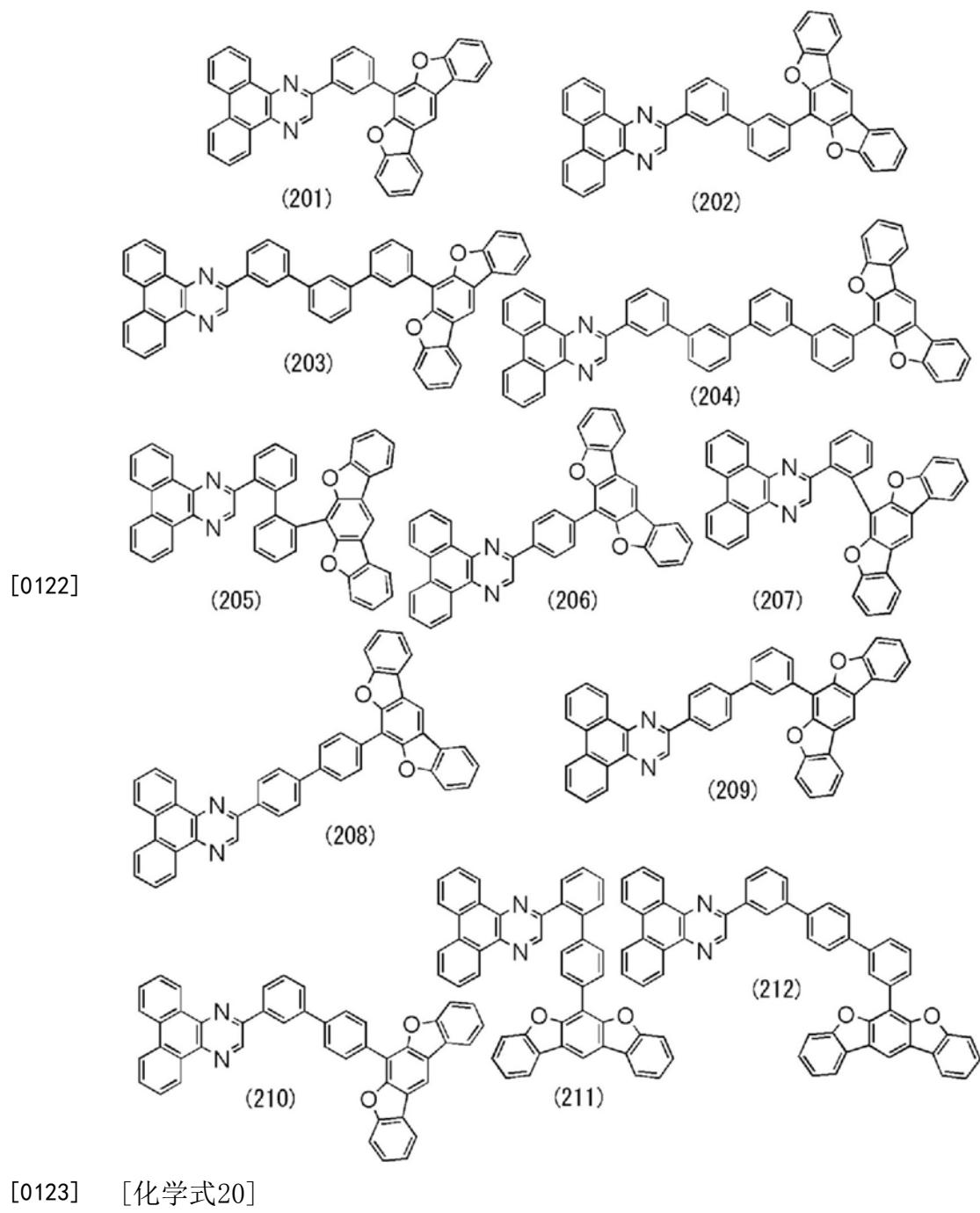
[0117] [化学式17]

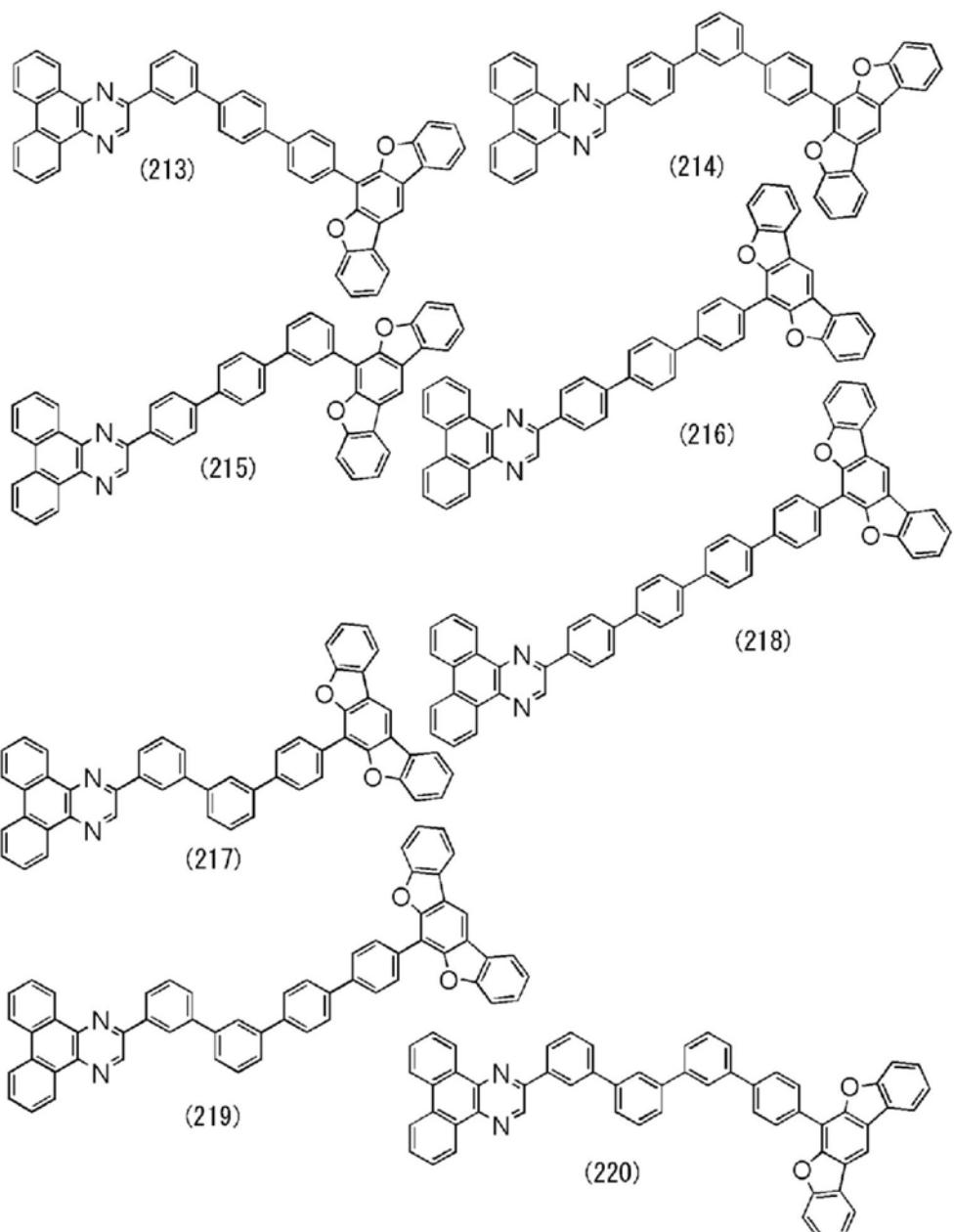


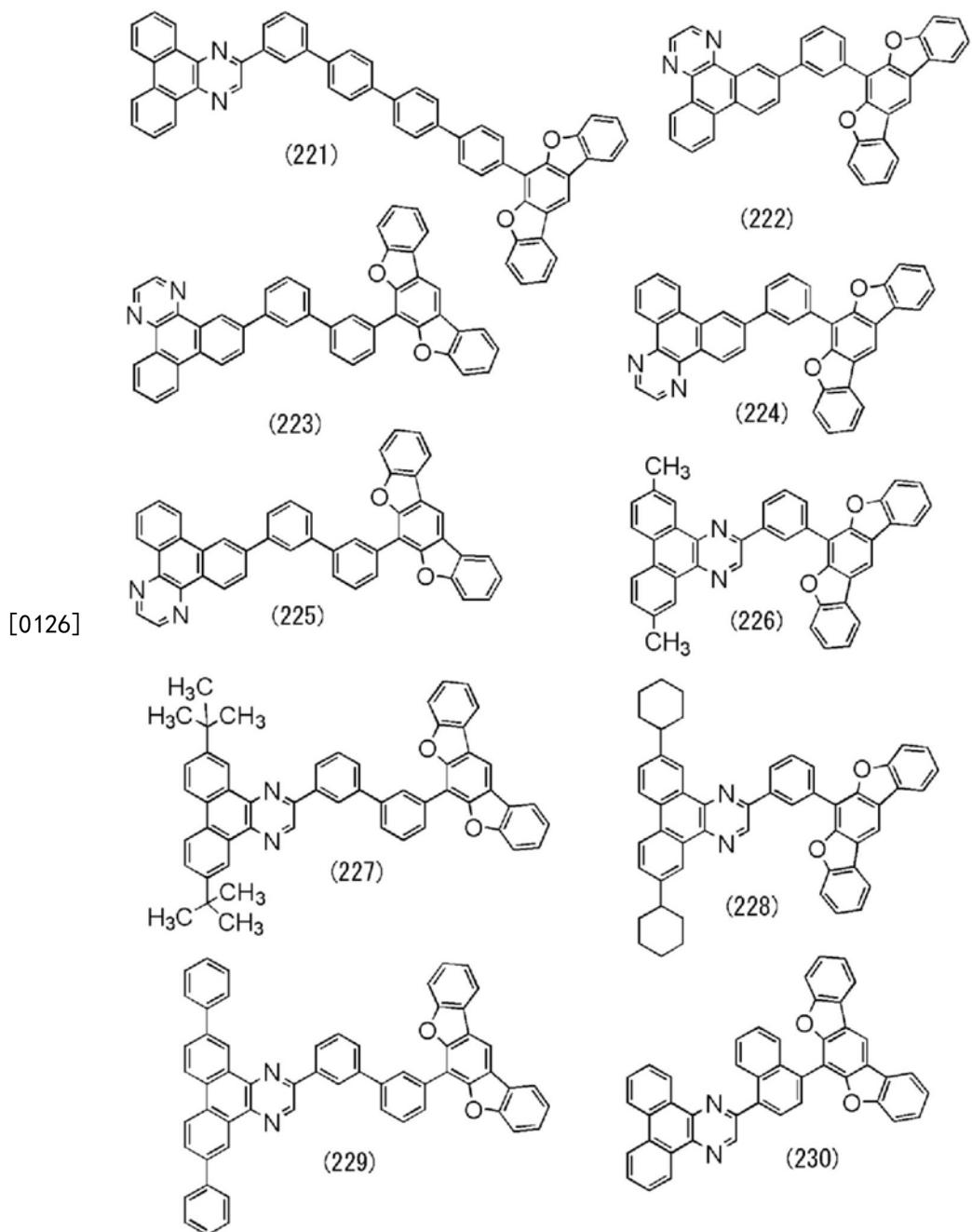
[0119] [化学式18]



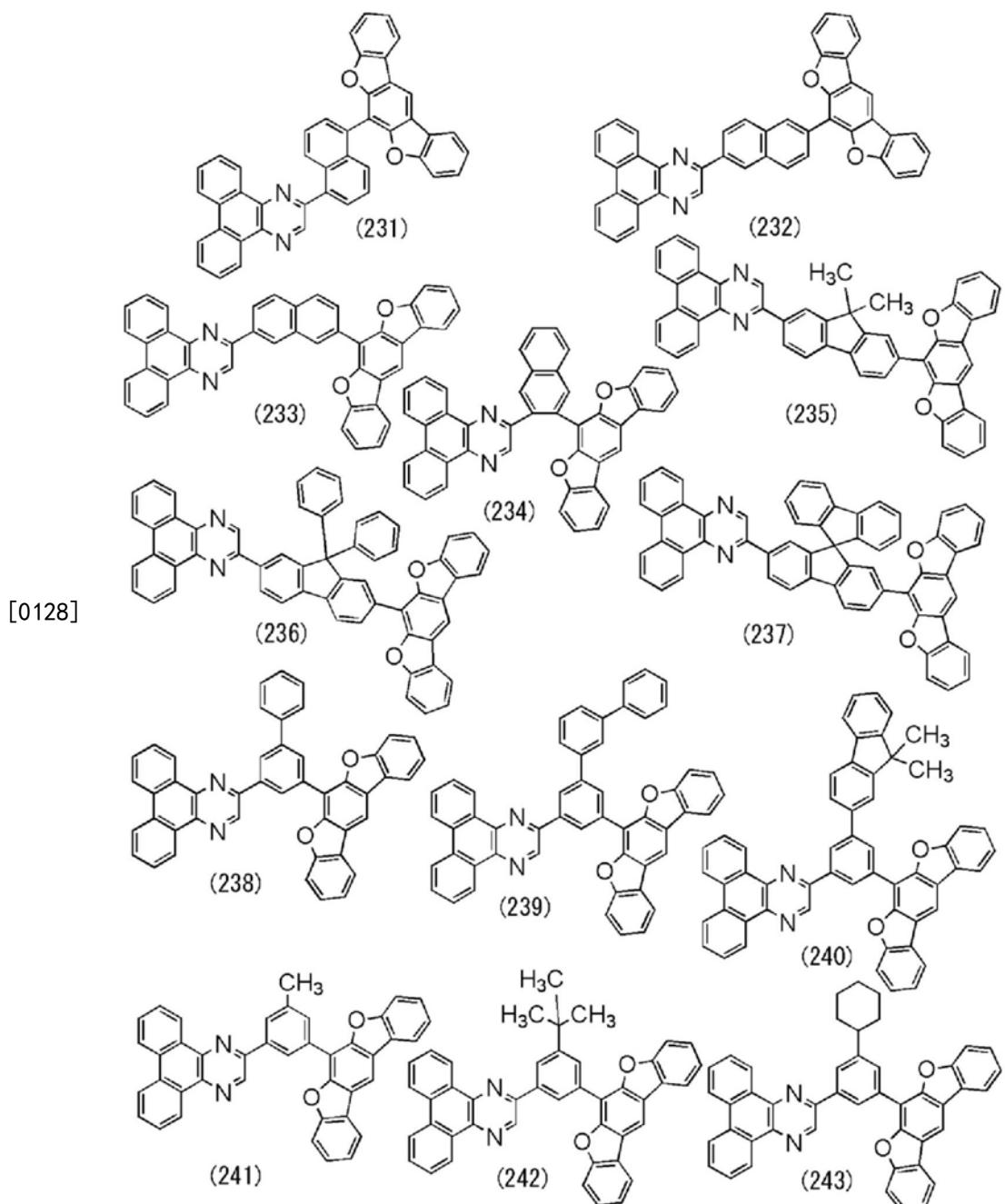
[0120] [0121] [化学式19]

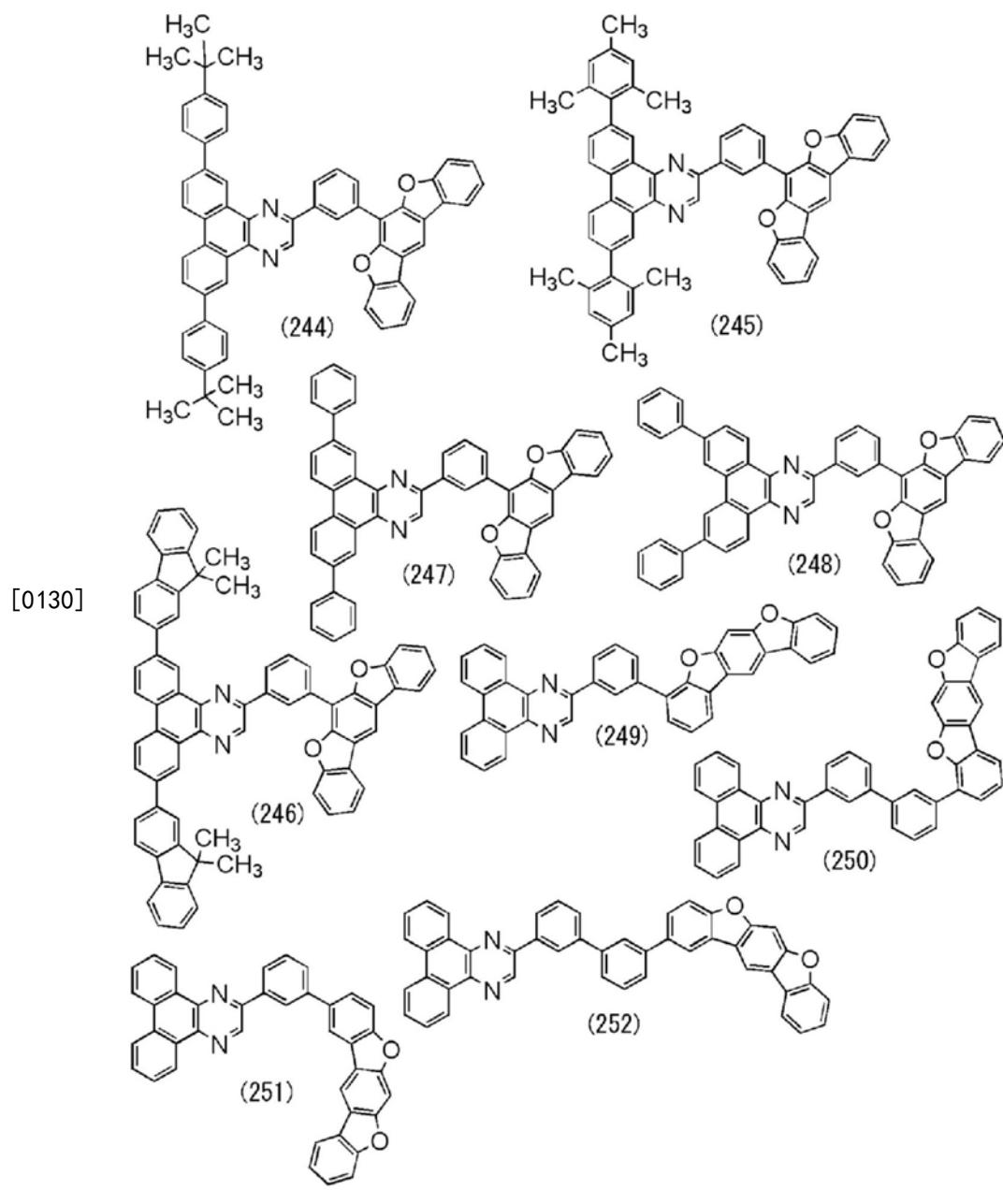


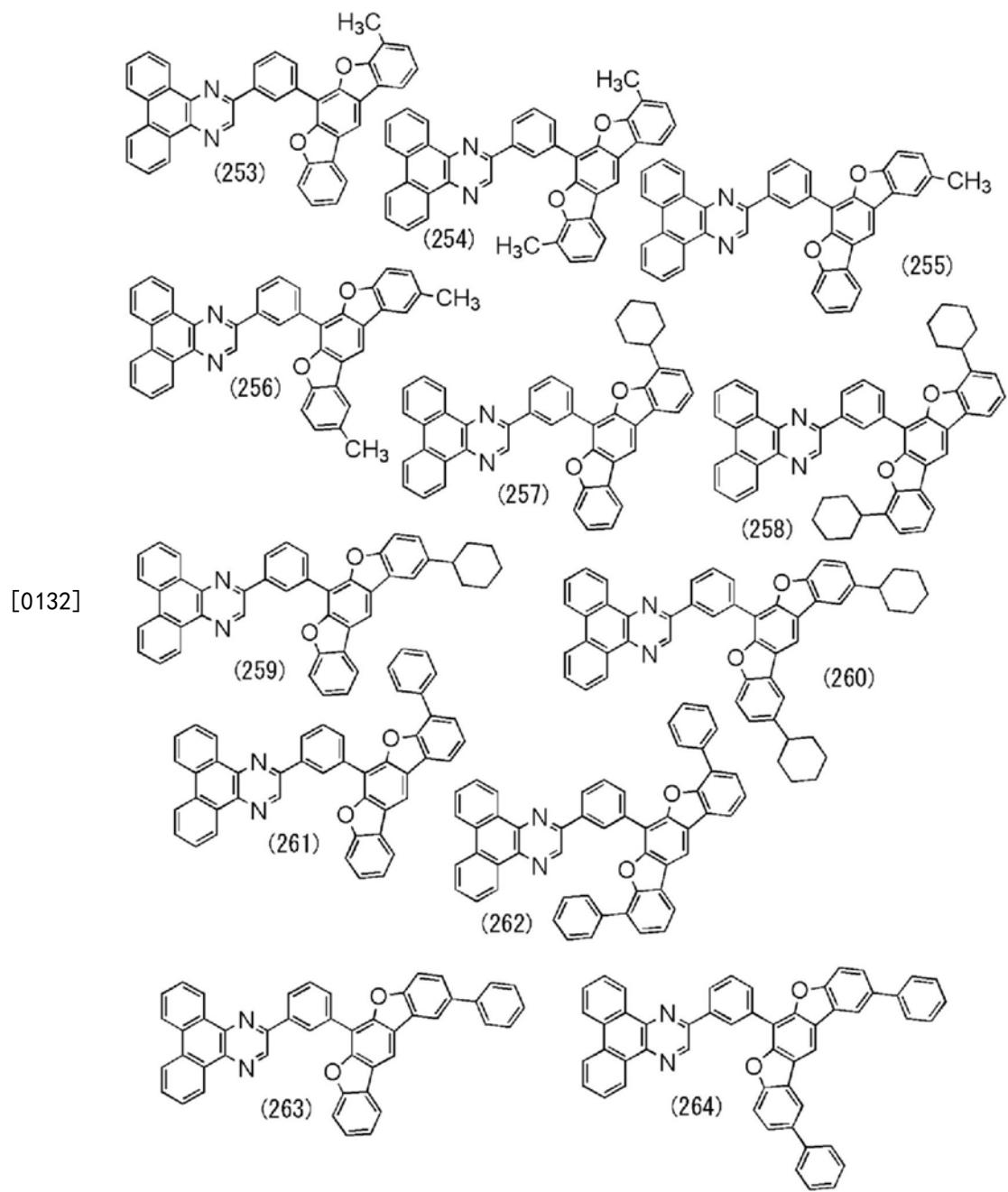




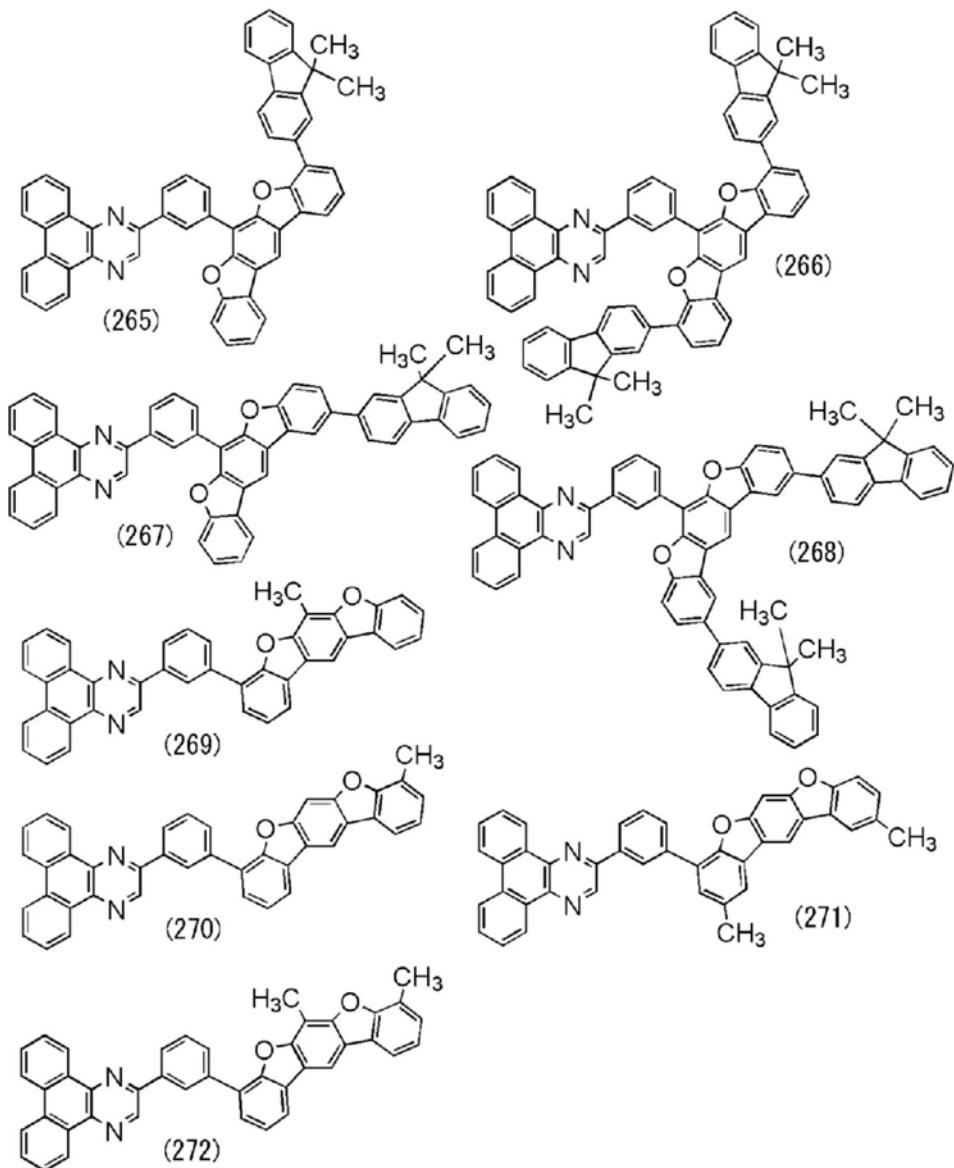
[0127] [化学式22]





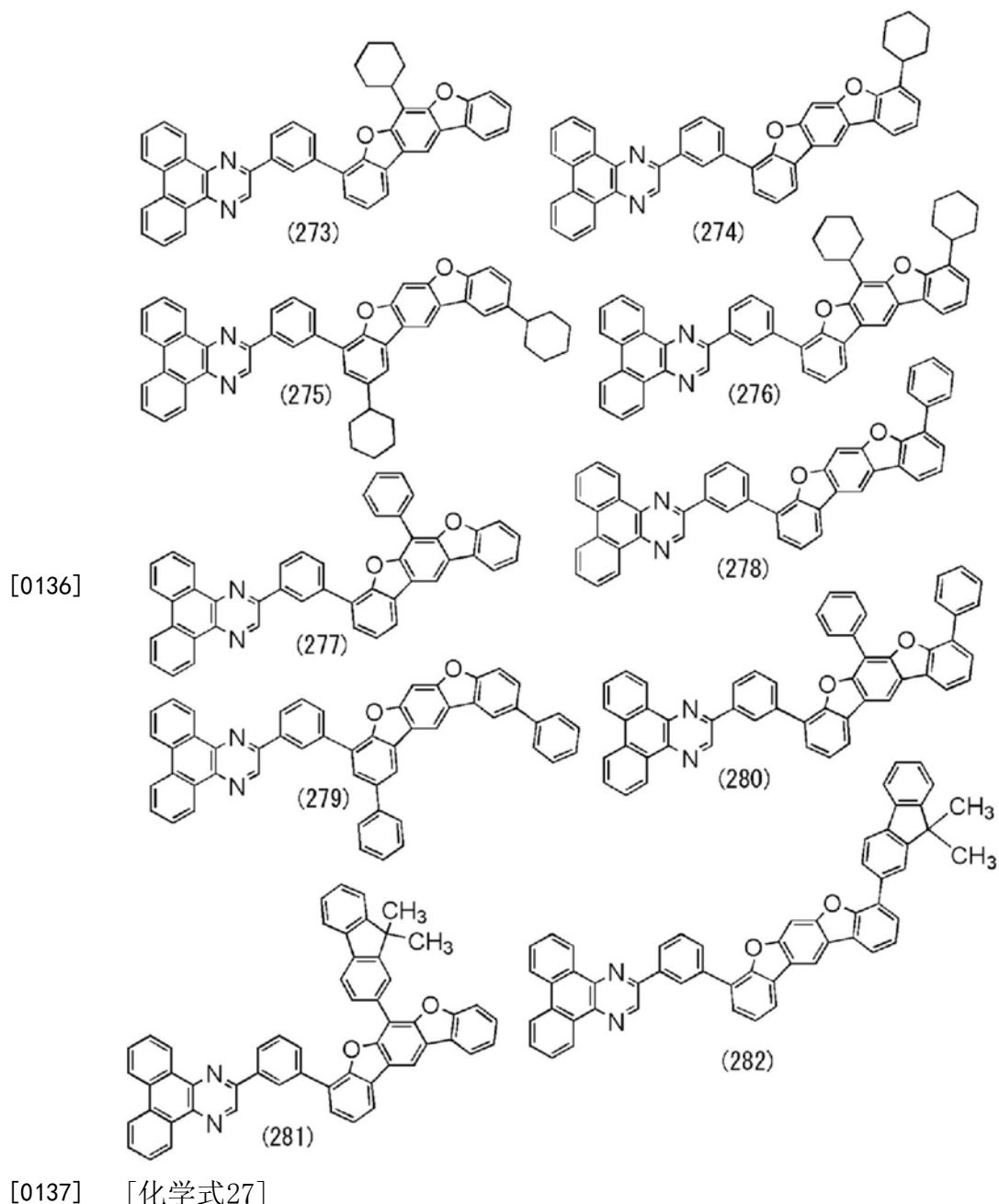


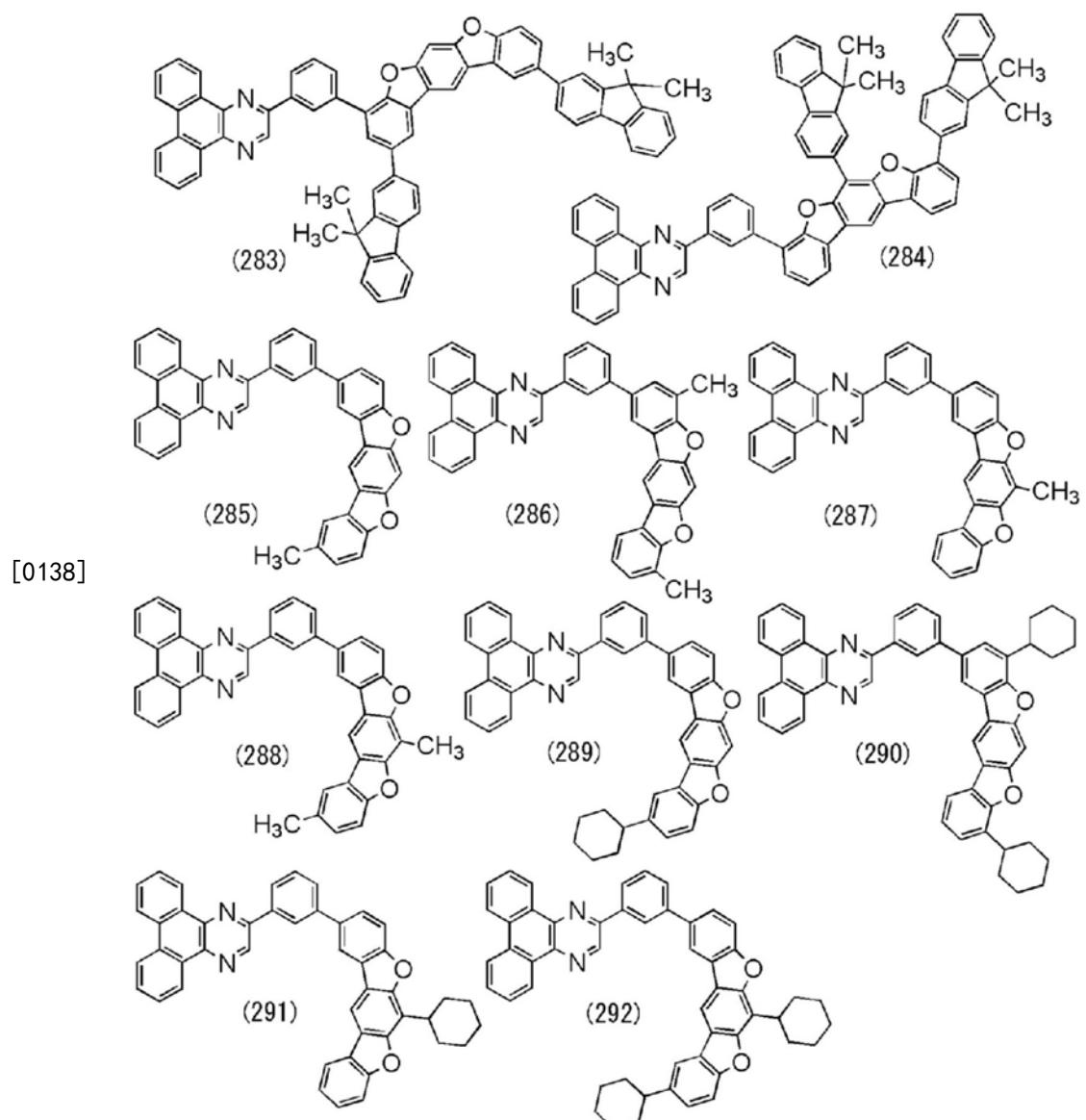
[0132] [0133] [化学式25]



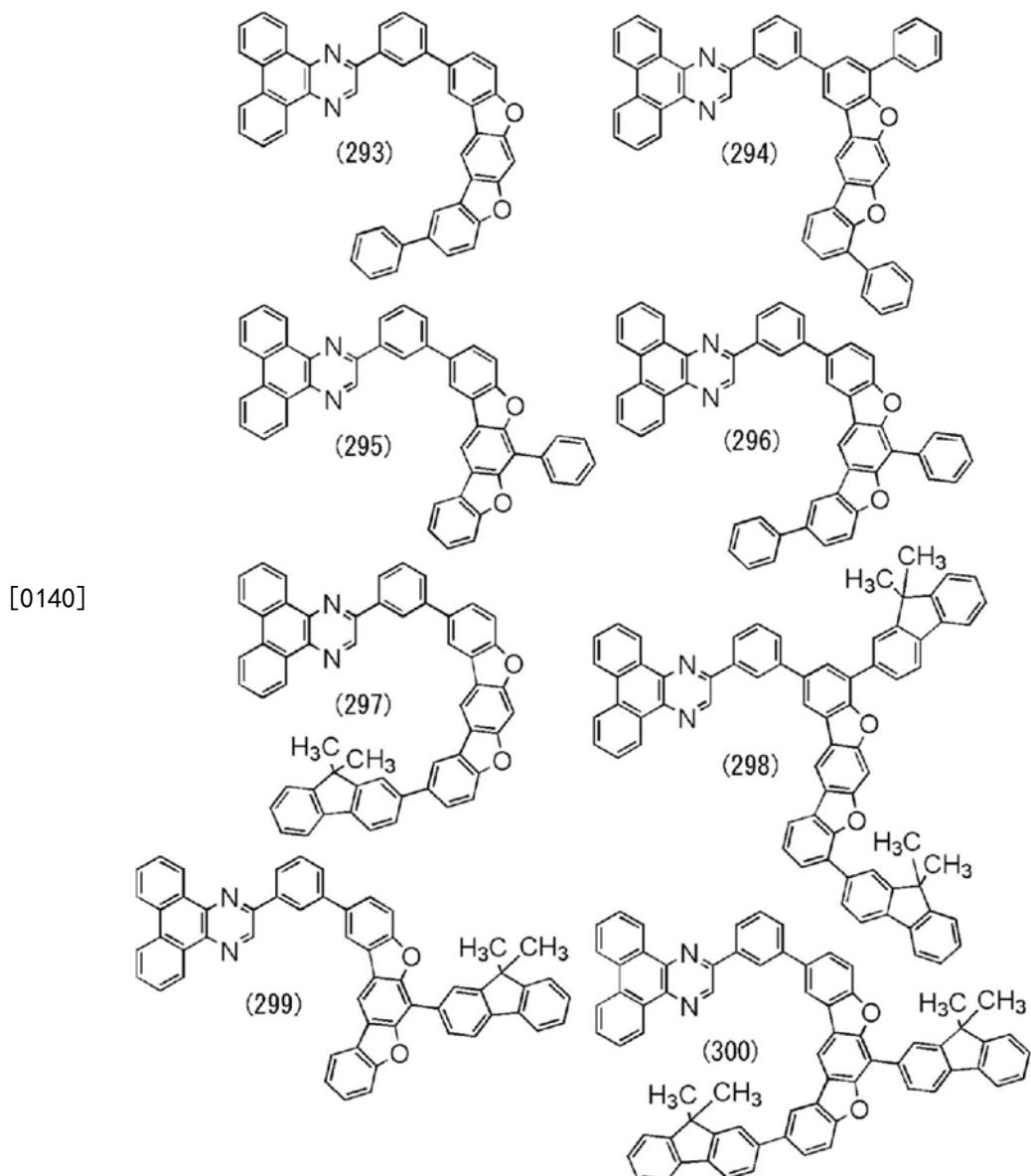
[0134]

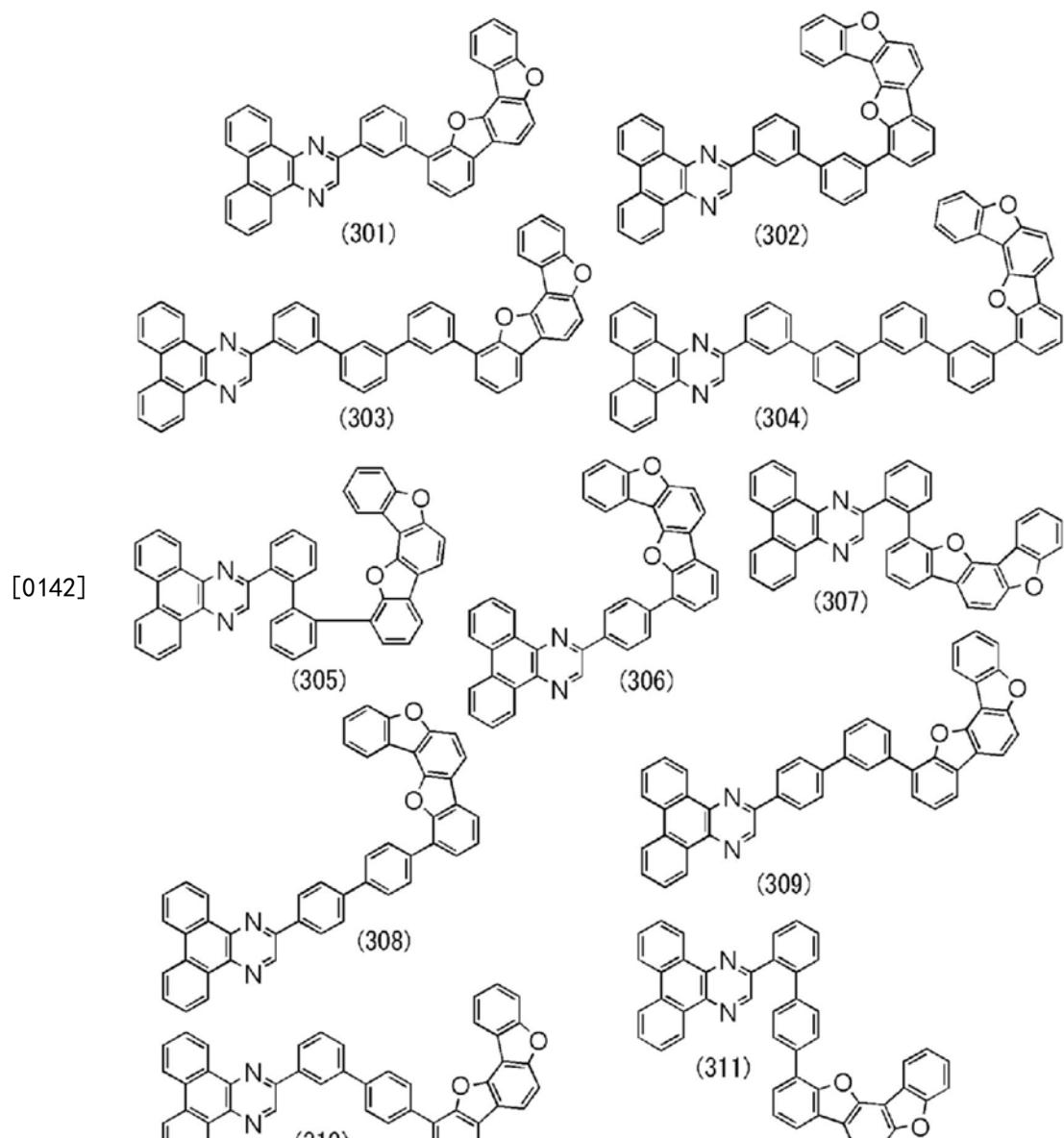
[0135] [化学式26]

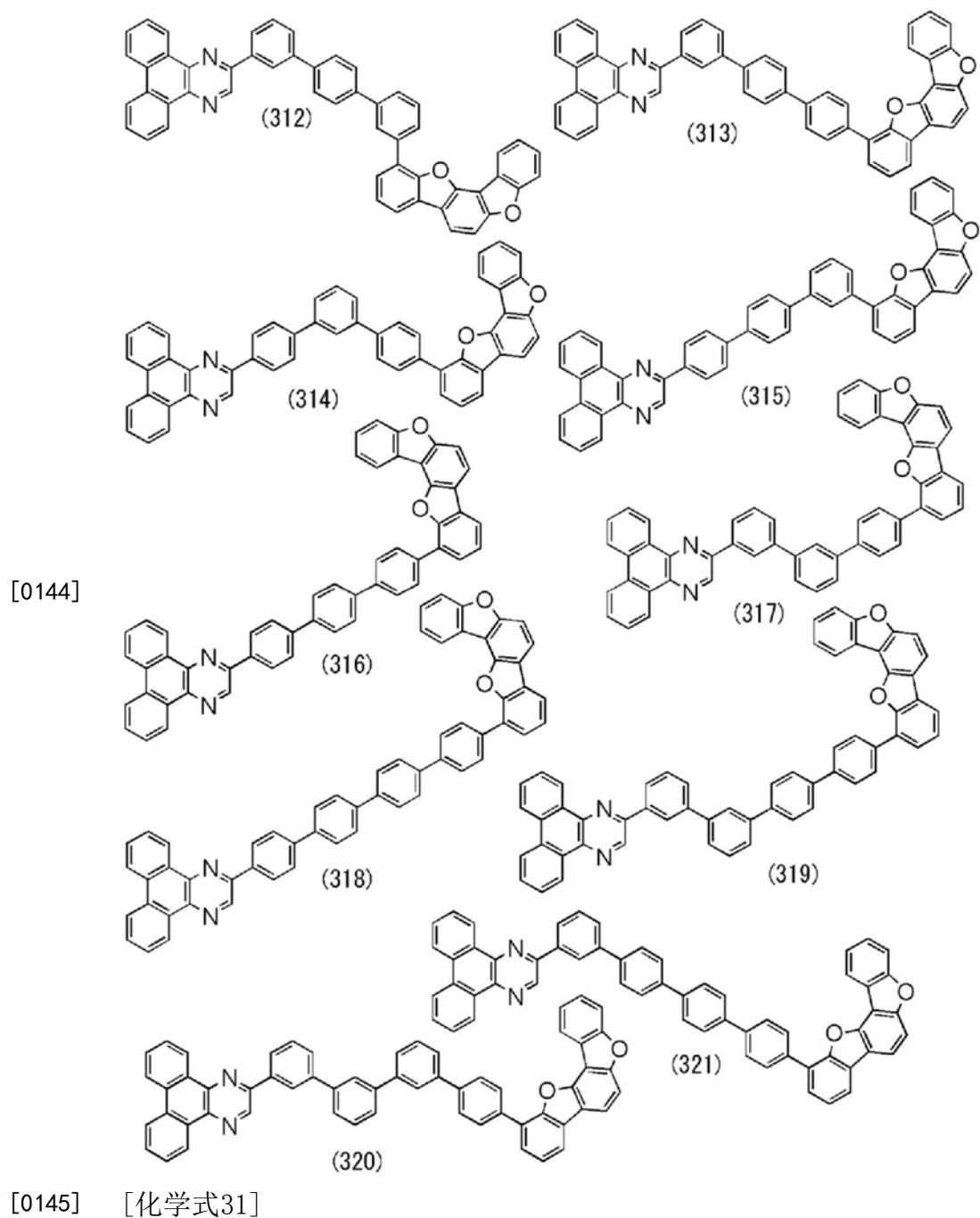


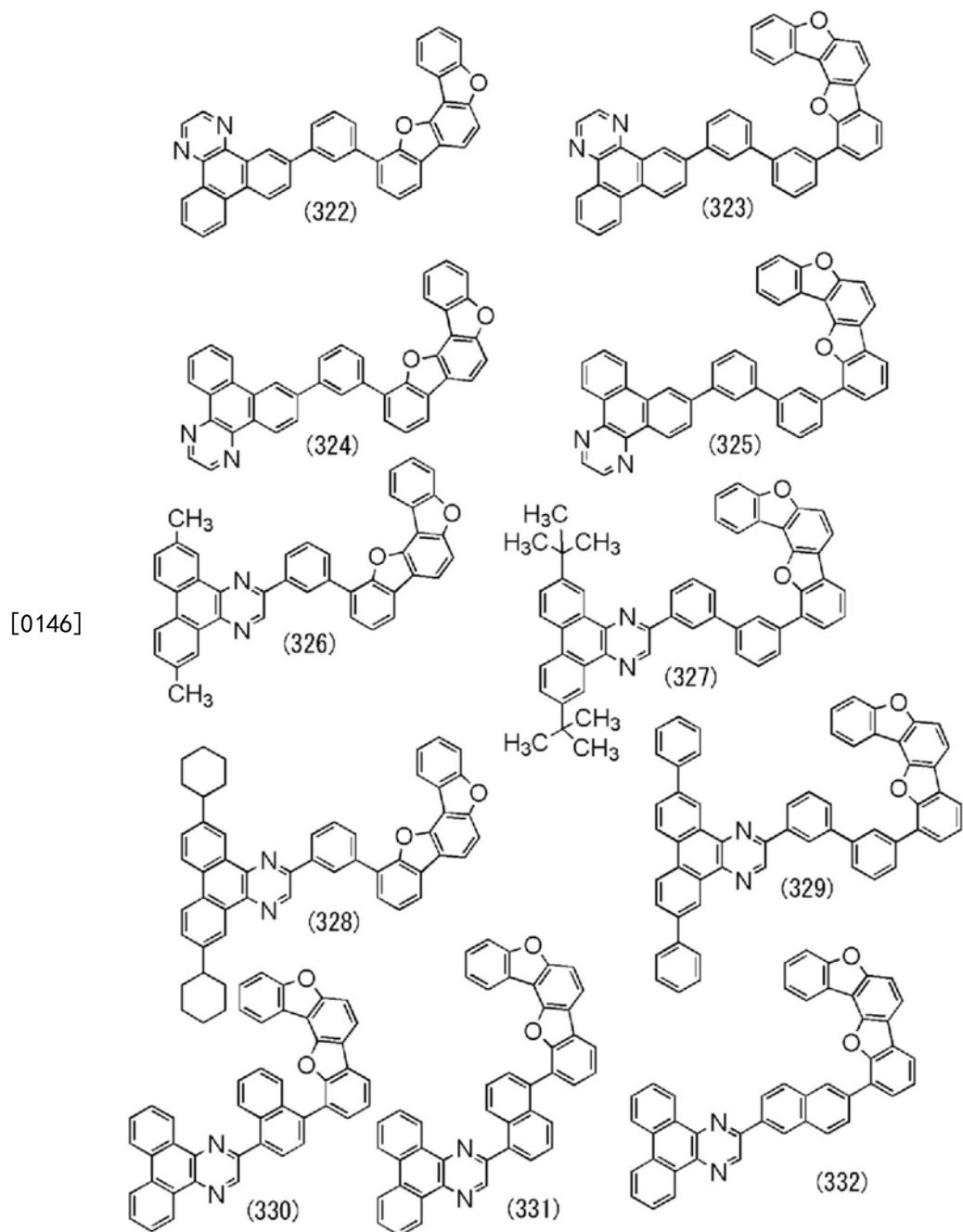


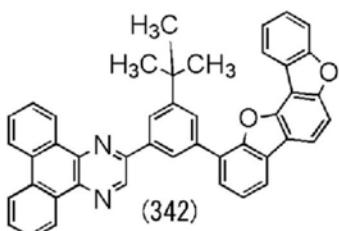
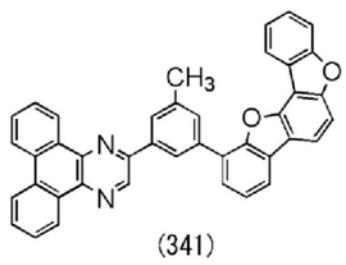
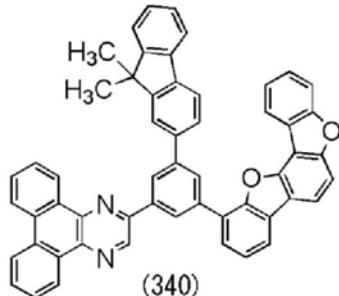
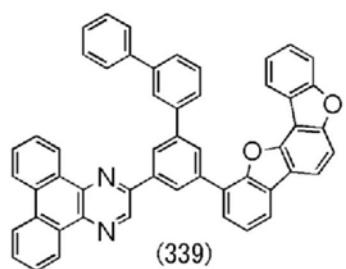
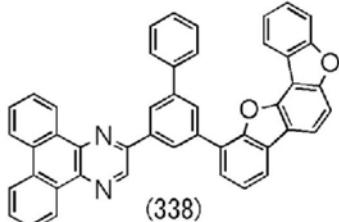
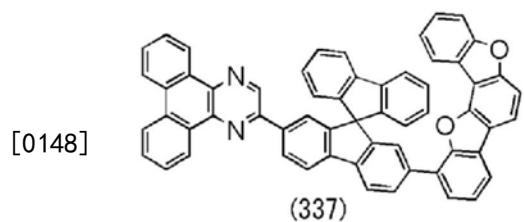
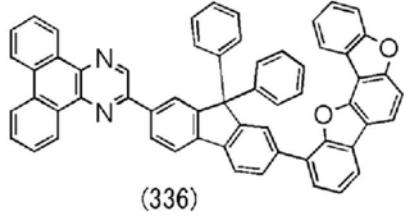
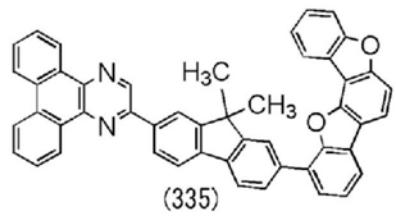
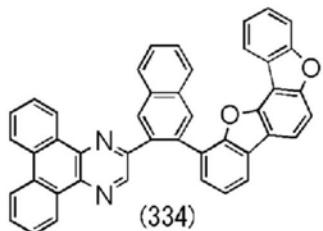
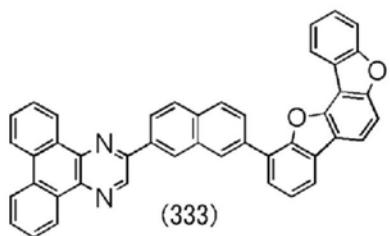
[0139] [化学式28]



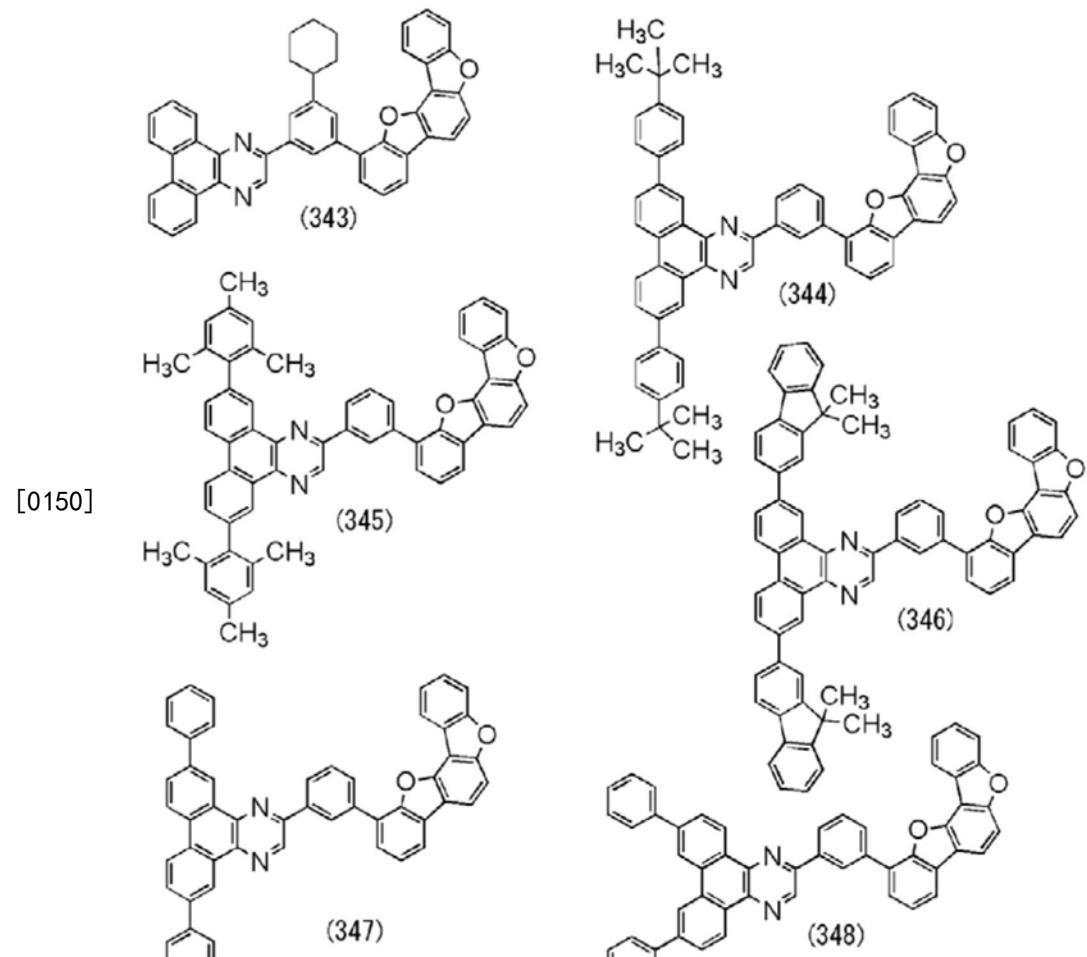




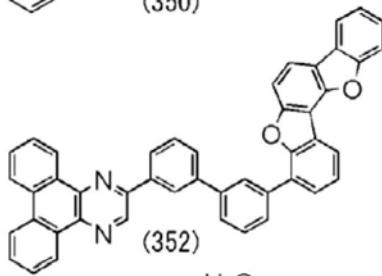
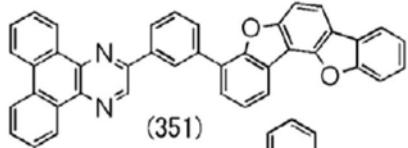
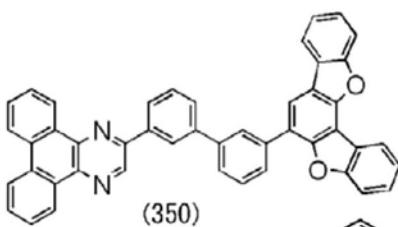
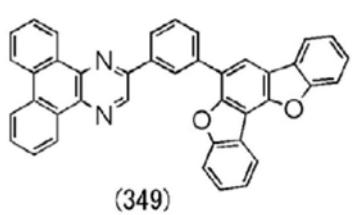




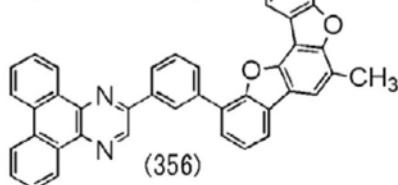
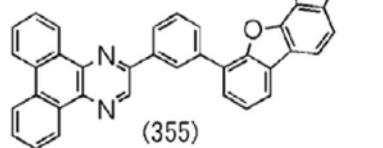
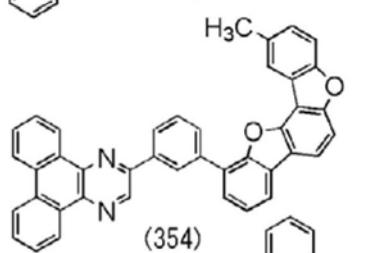
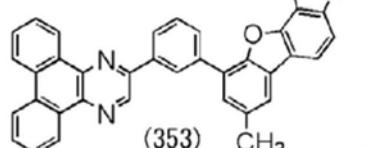
[0149] [化学式33]



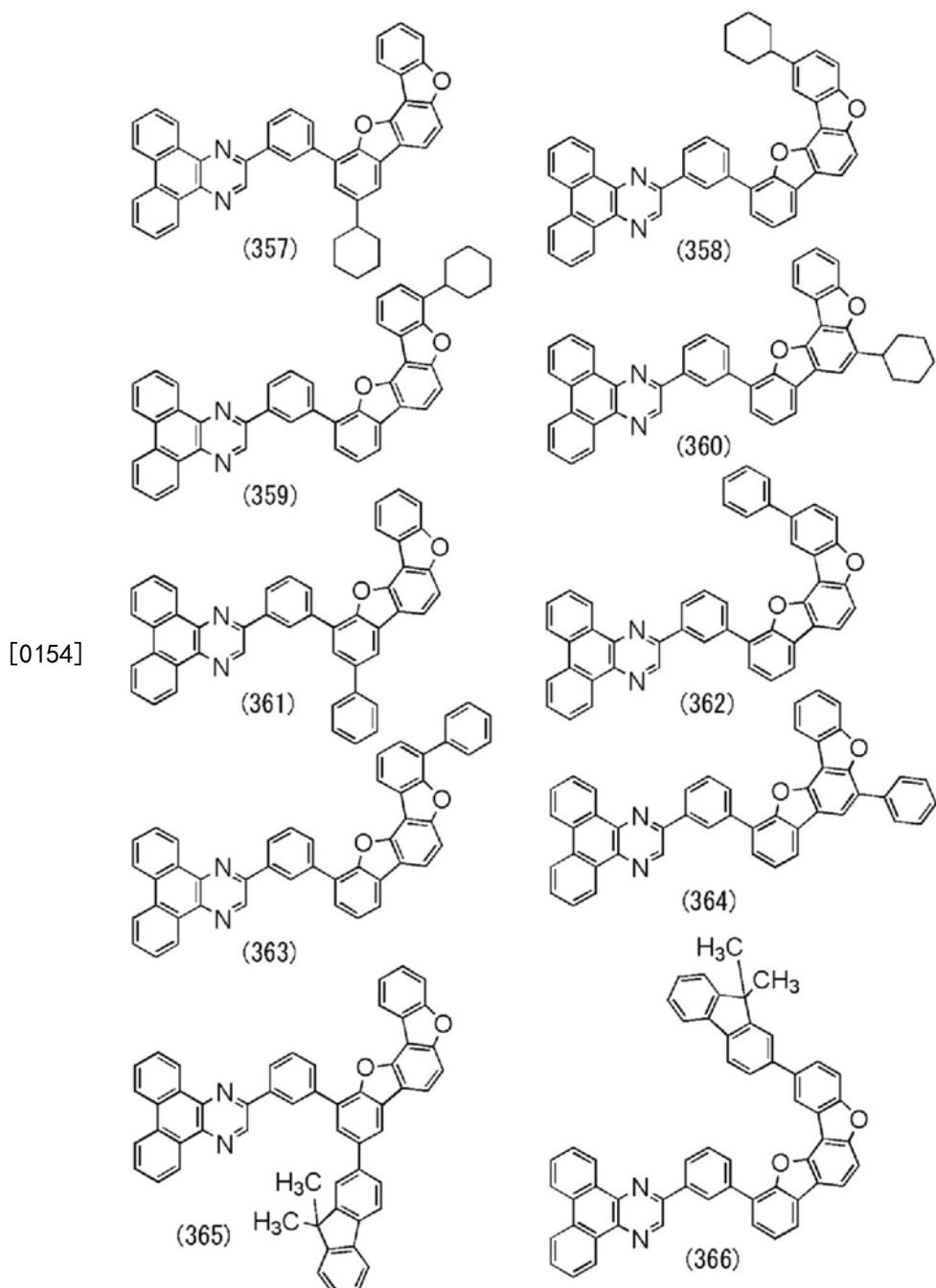
[0151] 「化学式34」

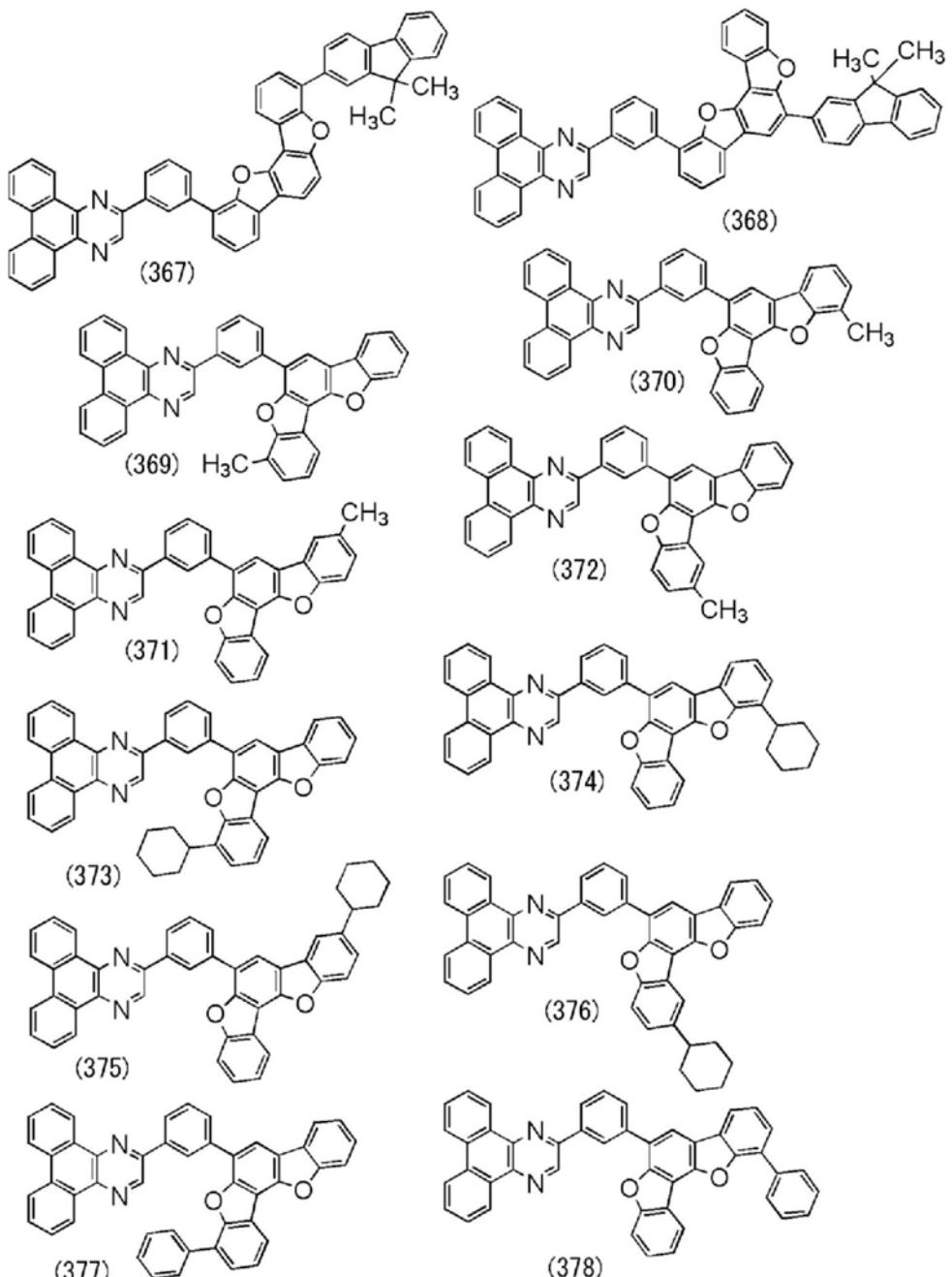


[0152]

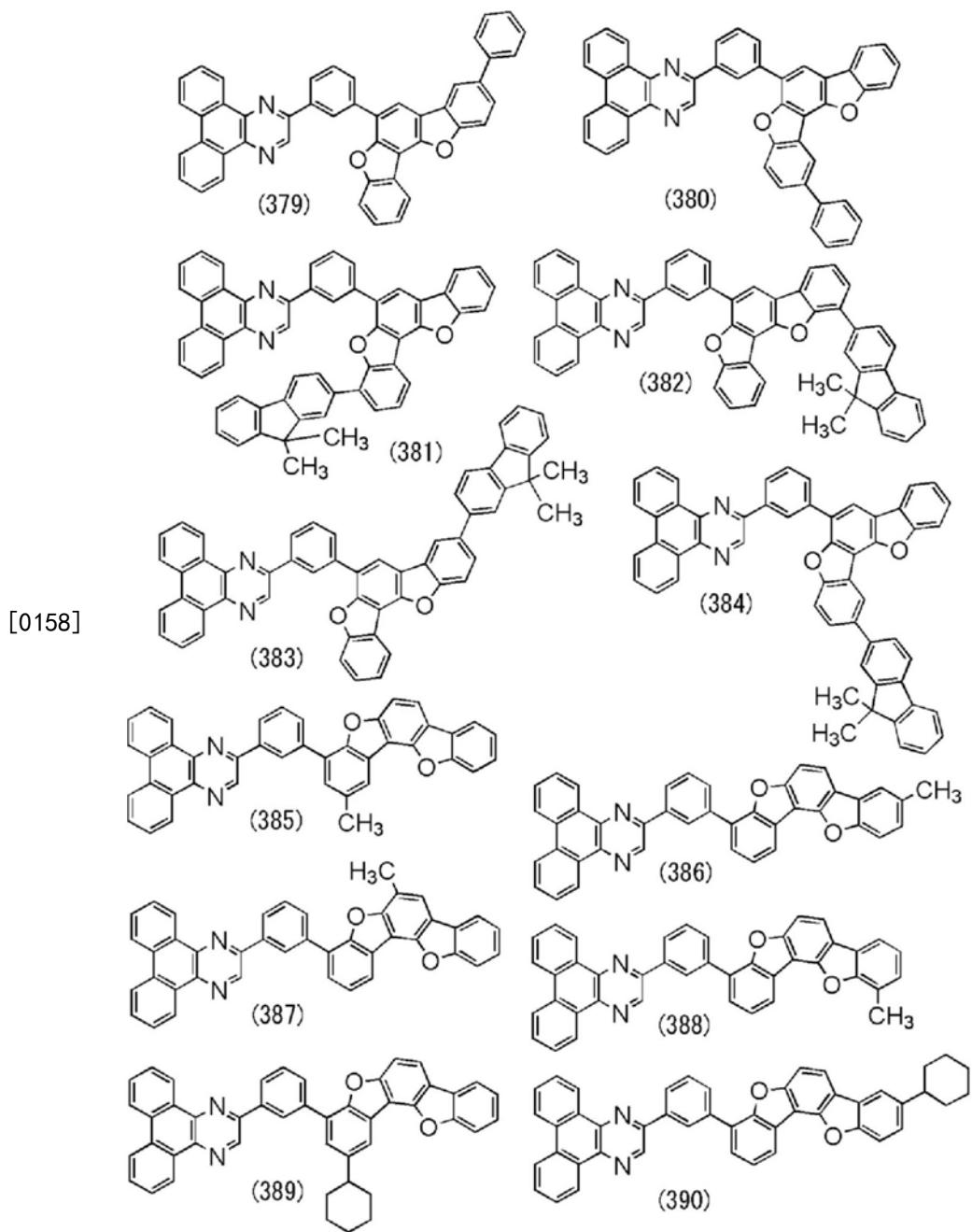


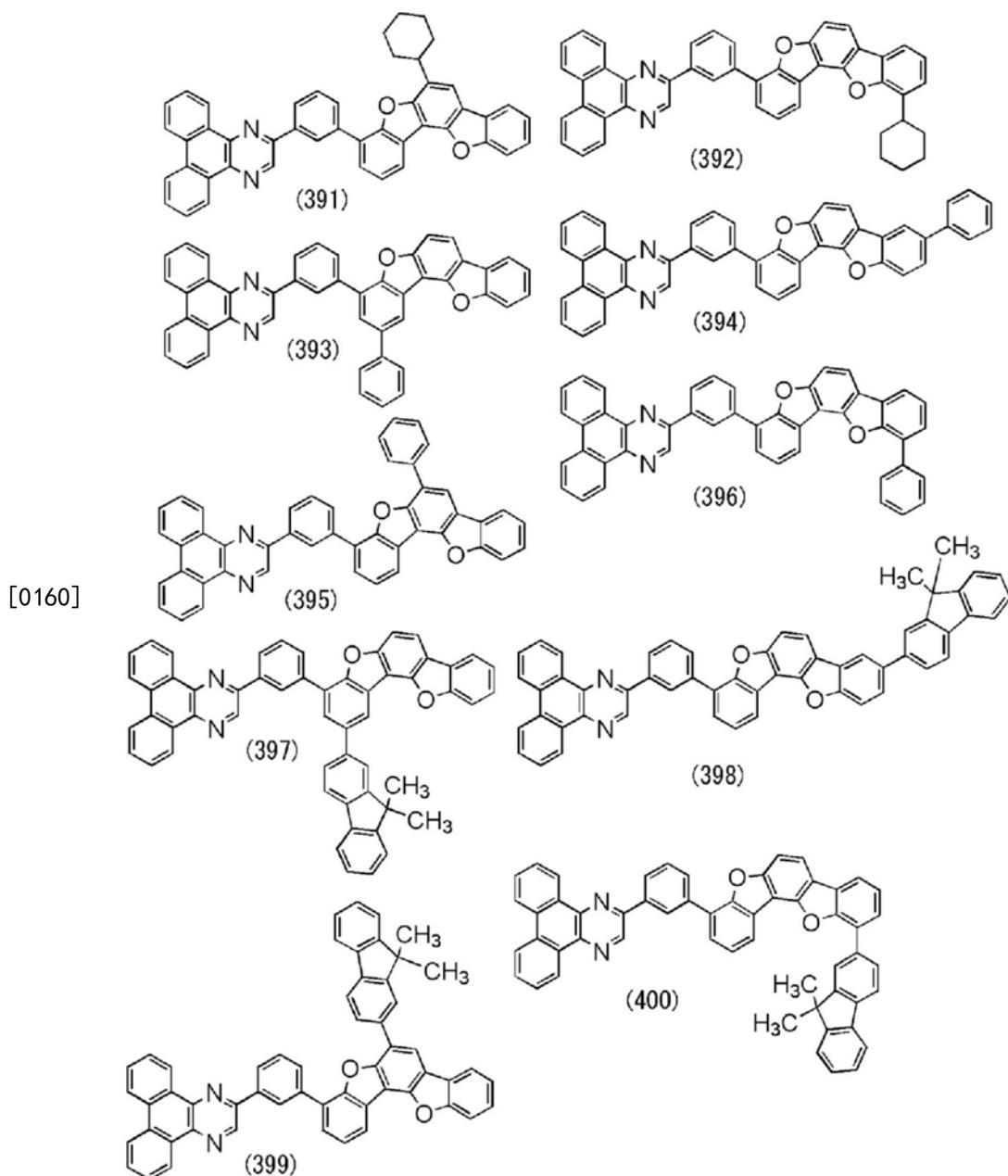
[0153] [化学式35]





[0157] 「化学式37」





[0161] 以上述结构式(101)至结构式(184)、结构式(201)至结构式(400)表示的杂环化合物只是以上述通式(G1)、通式(G2)表示的杂环化合物的例子而已,本发明的一个方式的杂环化合物不局限于此。

[0162] 接着,说明本发明的一个方式的以下述通式(G1)表示的杂环化合物的合成方法的一个例子。作为以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法可以采用各种反应,例如可以利用以下的方法合成以通式(G1)表示的有机化合物。注意,本发明的一个方式的以通式(G1)表示的有机化合物的合成方法不局限于以下的合成方法。

[0163] [化学式39]

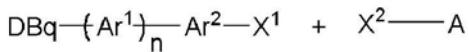
[0164] $DBq-(Ar^1)_n-Ar^2-A$ (G1)

[0165] 在通式(G1)中, DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n 表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13

的亚芳基, A表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。在苯并双苯并呋喃基中的不形成呋喃环的碳原子中, 与呋喃环的键合于氧的碳原子相邻的碳原子中的任一个与 Ar^2 键合。

[0166] 以下示出以通式(G1)表示的杂环化合物的合成方案A。如合成方案A所示, 通过将二苯并[f,h]喹喔啉化合物(化合物1)与苯并双苯并呋喃化合物(化合物2)耦合, 可以合成以通式(G1)表示的杂环化合物。

[0167] [化学式40]

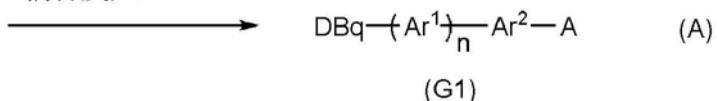


化合物1

化合物2

[0168]

耦合反应



(G1)

[0169] 在合成方案(A)中, DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹喔啉基, Ar^1 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, n表示0或1, Ar^2 表示取代或未取代的碳原子数为6至13的亚芳基, A表示取代或未取代的苯并双苯并呋喃基。当以 Ar^1 及 Ar^2 表示的亚芳基具有取代基时, 取代基也可以互相键合而形成环。

[0170] 在合成方案(A)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 表示卤基、硼酸基、有机硼基或者三氟甲基磺酰基, 该卤基优选为碘、溴或者氯。在上述反应中, 可以使用双(二亚苄基丙酮)钯(0)、醋酸钯(II)、[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]二氯化钯(II)、四(三苯基膦)钯(0)等钯化合物和三(叔丁基)膦、三(正己基)膦、三环己基膦、二(1-金刚烷基)-正丁基膦、2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯、三(邻甲苯基)膦等配体。

[0171] 在合成方案(A)所示的反应中, 可以使用叔丁醇钠等有机碱、碳酸钾、碳酸铯、碳酸钠等无机碱等。并且, 作为溶剂, 可以使用甲苯、二甲苯、苯、四氢呋喃、二氧六环、乙醇、甲醇、水等。注意, 能够用于上述反应的试剂类不局限于上述试剂类。

[0172] 合成方案(A)中的反应不局限于铃木-宫浦偶联反应, 也可以利用使用有机锡化合物的右田-小杉-Stille偶联反应、使用格氏试剂的熊田-玉尾-Corriu偶联反应、使用有机锌化合物的根岸偶联反应、使用铜或铜化合物的反应等。

[0173] 当在合成方案(A)中使用右田-小杉-Stille偶联反应时, X^1 和 X^2 中的一个表示有机锡基, 另一个表示卤基。就是说, 化合物1和化合物2中的一个表示有机锡化合物。

[0174] 当在合成方案(A)中使用熊田-玉尾-Corriu偶联反应时, X^1 和 X^2 中的一个表示卤化镁基, 另一个表示卤基。就是说, 化合物1和化合物2中的一个表示格氏试剂。

[0175] 当在合成方案(A)中使用根岸偶联反应时, X^1 和 X^2 中的一个表示有机锌基, 另一个表示卤基。就是说, 化合物1和化合物2中的一个表示有机锌化合物。

[0176] 注意, 在本发明的有机化合物(G1)的合成中, 合成方法不局限于合成方法(A)。

[0177] 如上所述, 虽然说明了本发明的一个方式的杂环化合物的合成方法的一个例子, 但本发明不局限于此, 也可以使用通过其他合成方法来合成的化合物。

[0178] 因为上述本发明的一个方式的杂环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,因为本发明的一个方式的杂环化合物是T1能级高的材料,所以优选与发射磷光的物质(磷光材料)组合而用作主体材料。另外,因为本发明的一个方式的杂环化合物呈现荧光发光,所以可以将其本身用作发光元件的发光物质。因此,包含这些杂环化合物的发光元件也包括在本发明的一个方式的范畴内。

[0179] 另外,通过使用本发明的一个方式的杂环化合物,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,本发明的一个方式可以实现一种耗电量低的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

[0180] 在本实施方式中,描述本发明的一个方式。另外,在其他实施方式中,将描述本发明的一个方式。但是,本发明的一个方式不局限于此。就是说,在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,由此本发明的一个方式不局限于特定的方式。虽然示出将本发明的一个方式适用于发光元件的例子,但是本发明的一个方式不局限于此。根据情况,也可以将本发明的一个方式应用于发光元件以外的物体。根据情况,也可以不将本发明的一个方式应用于发光元件。

[0181] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0182] 实施方式2

[0183] 在本实施方式中,参照图1A及图1B说明本发明的一个方式的发光元件。

[0184] 在本实施方式所示的发光元件中,在一对电极(第一电极(阳极)101与第二电极(阴极)103)之间夹有包括发光层113的EL层102,EL层102除了发光层113之外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114、电子注入层115等。

[0185] 当对上述发光元件施加电压时,从第一电极101一侧注入的空穴与从第二电极103一侧注入的电子在发光层113中重新结合,由此产生的能量使发光层113所包含的有机金属配合物等发光物质发射光。

[0186] 另外,EL层102中的空穴注入层111是可以对空穴传输层112或发光层113注入空穴的层,例如可以使用空穴传输性高的物质和受主物质形成。此时,由于受主物质从空穴传输性高的物质抽出电子,由此产生空穴。因此,空穴从空穴注入层111经过空穴传输层112注入到发光层113。另外,作为空穴注入层111也可以使用空穴注入性高的物质。例如,可以使用钼氧化物、钒氧化物、钌氧化物、钨氧化物或锰氧化物等。另外,也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'-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)等来形成空穴注入层111。

[0187] 下面,说明制造本实施方式所示的发光元件时的具体例子。

[0188] 作为第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103,可以使用金属、合金、导电性化合物及它们的混合物等。具体而言,除了氧化铟-氧化锡(Indium Tin Oxide)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌(Indium Zinc Oxide)、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟、金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、钛(Ti)之外,还可以使用属于元素周期表中第1族或第2族的元素,即锂(Li)和铯(Cs)等碱金属、钙(Ca)和锶(Sr)等碱土金属、镁(Mg)、包含这些金属的合金(MgAg、AlLi)、铕(Eu)和镱

(Yb) 等稀土金属、包含这些金属的合金及石墨烯或氧化石墨烯等石墨烯化合物等。第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103例如可以通过溅射法、蒸镀法(包括真空蒸镀法)等形成。

[0189] 作为用于空穴注入层111及空穴传输层112的具有高空穴传输性的物质,可以使用各种有机化合物如芳香胺化合物、咔唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等。具体而言,优选使用空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,使用具有高空穴传输性的物质形成的层可以是单层,也可以是两层以上的叠层。以下,具体地列举可以被用作空穴传输物质的有机化合物。

[0190] 例如,作为芳香胺化合物,可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-p-亚苯基二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、DNTPD、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)、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',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)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等。

[0191] 作为咔唑衍生物,可以具体地举出3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-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。除此之外,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)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、1,4-双[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0192] 另外,作为芳烃,例如可以举出2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒽(简称:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、2-叔丁基蒽(简称:t-BuAnth)、9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒽(简称:DMNA)、2-叔丁基-9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-联蒽、10,10'-二苯基-9,9'-联蒽、10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽、10,10'-双[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒽、蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。像这样,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的碳原子数为14至42的芳烃。芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0193] 另外,也可以使用聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'}-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基]苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等高分子化合物。

[0194] 作为用于空穴注入层111及空穴传输层112的受体物质,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六

氮杂苯并菲 (HAT-CN) 等具有吸电子基团 (卤基或氰基) 的化合物。尤其是, HAT-CN这样的吸电子基团键合于具有多个杂原子的稠合芳香环的化合物热稳定, 所以是优选的。此外, 可以举出属于元素周期表中第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、氧化锰和氧化铼, 这是因为它们具有高电子接收性。其中, 尤其优选使用氧化钼, 因为氧化钼在大气中很稳定, 吸湿性低, 并且容易进行处理。

[0195] 发光层113是包含发光物质的层。作为发光物质, 可以举出荧光性发光物质和磷光性发光物质。作为磷光性发光物质, 具体而言, 使用有机金属配合物。当在发光层113中使用有机金属配合物 (客体材料) 时, 优选包含其三重态激发能比该有机金属配合物大的物质作为主体材料。另外, 除了发光物质以外, 发光层113还可以包含在发光层113中的载流子 (电子及空穴) 复合时能够形成激基复合物 (exciplex) 的组合的两种有机化合物 (也可以为上述主体材料中的任一种)。特别优选的是, 为了高效地形成激基复合物, 组合容易接收电子的化合物 (具有电子传输性的材料) 和容易接收空穴的化合物 (具有空穴传输性的材料)。当如此组合具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料而得到形成激基复合物的主体材料时, 通过调节具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料的混合比率, 容易使发光层中的空穴和电子之间的载流子平衡最优化。通过使发光层中的空穴和电子之间的载流子平衡最优化, 可以抑制发光层中的电子和空穴重新结合的区域偏于一侧。通过抑制产生重新结合的区域偏于一侧, 可以提高发光元件的可靠性。

[0196] 作为在形成上述激基复合物时优选使用的容易接收电子的化合物 (具有电子传输性的材料), 可以使用含氮杂芳族化合物等的缺π电子型杂芳族化合物或金属配合物等。具体而言, 可以举出: 双 (10-羟基苯并 [h] 喹啉) 钼 (II) (简称: BeBq₂)、双 (2-甲基-8-羟基喹啉) (4-苯基苯酚) 铝 (III) (简称: BA1q)、双 (8-羟基喹啉) 锌 (II) (简称: Znq)、双 [2- (2-苯并噁唑基) 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: mDBTBIm-II) 等具有聚唑骨架 (polyazole skelton) 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: 2mDBTPDBq-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] 噻啶 (简称: 4,6mPnP2Pm)、4,6-双 [3- (4-二苯并噻吩基) 苯基] 噻啶 (简称: 4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双 [3- (9H-咔唑-9-基) 苯基] 噻啶 (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; 以及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。其中, 具有二嗪骨架及三嗪骨架的杂环化合物和具有吡啶骨架的杂环化合物具有

高可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二嗪(嘧啶或吡嗪)骨架及三嗪骨架的杂环化合物具有高电子传输性,还有助于降低驱动电压。

[0197] 作为在形成上述激基复合物时优选使用的容易接收空穴的化合物(具有空穴传输性的材料),可以适当地使用富π电子型杂芳族(例如咔唑衍生物或吲哚衍生物)或芳香胺等。具体而言,可以举出:2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-联芴(简称:PCASF)、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-苯基咔唑-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-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、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-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)、NPB、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)、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)、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)、PCzPCA1、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、DNTPD、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、PCzPCA2、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:PCBB1BP)、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)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)、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)、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)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)、9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)咔唑(简称:PCCP)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;以及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。其中,具有芳香胺骨架的化合物以及具有咔唑骨架的化合物具有高可靠性和高空穴传输性,也有助于降低驱动电压,所以是优选的。

[0198] 另外,通过包含上述有机金属配合物(客体材料)和主体材料形成发光层113,可以从发光层113得到发光效率高的磷光发光。

[0199] 发光层113在发光元件中不局限于图1A所示的单层结构,也可以具有如图1B所示那样的两层以上的叠层结构。注意,此时采用从所层叠的各层得到发光的结构。例如,可以

采用从第一层的发光层113(a1)得到荧光发光且从层叠在第一层上的第二层的发光层113(a2)得到磷光发光的结构。注意,关于叠层顺序,也可以与此相反。此外,优选的是可以获得磷光发光的层中,可获得由从激基复合物到掺杂剂的能量转移引起的发光的结构。此外,关于发光颜色,从一个层可以获得的发光颜色与从另一个层可以获得的发光颜色既可以相同,又可以不同,在它们不同的情况下,例如可以采用如下结构:从一个层可以获得蓝色发光且从另一个层可以获得橙色发光或黄色发光等的结构。此外,在各层中,也可以具有包含多种掺杂剂的结构。

[0200] 在发光层113具有叠层结构的情况下,可以单独或组合使用能够将单重激发能量转换为发光的发光物质或者能够将三重态激发能转换为发光的发光物质等。此时,例如可以举出如下材料。

[0201] 作为能够将单重激发能量转换为发光的发光物质,例如可以举出发射荧光的物质(荧光化合物)。

[0202] 作为发射荧光的物质,可以举出N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-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)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N'-(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-亚苯基)双[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N'',N'',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒄(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)苊并[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:DCJTI)、2-{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:DCJTB)、2-(2,6-双{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(简称:BisDCM)、2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:BisDCJTM)等。

[0203] 作为将三重态激发能转换为发光的发光物质,例如可以举出发射磷光的物质(磷

光化合物)、呈现热活化延迟荧光(TADF)的TADF材料(热活化延迟荧光)。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使用寿命非常长的发光。该使用寿命为 1×10^{-6} 秒以上,优选为 1×10^{-3} 秒以上。

[0204] 作为发射磷光的物质,可以举出双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶-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-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIracac)、三(2-苯基吡啶)铱(III)(简称:[Ir(ppy)₃])、双(2-苯基吡啶)铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(ppy)₂(acac)])、三(乙酰丙酮)(一菲咯啉)铽(III)(简称:[Tb(acac)₃(Phen)])、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(bzq)₂(acac)])、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)])、双[2-(2'-苯并[4,5-a]噁吩基)吡啶-N,C^{3'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(btp)₂(acac)])、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(piq)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合(quinoxalinato)]铱(III)(简称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)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)铱(III)(简称:[Ir(mppr-iPr)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基噁啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(4,6-二苯基噁啶)铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂(acac)])、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮)(一菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、三[1-(2-噁吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](一菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(TTA)₃(Phen)])等。

[0205] 另外,作为TADF材料,例如可以举出富勒烯、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。作为该含金属卟啉,例如可以举出原卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF₂(Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(简称:PtCl₂OEP)等。并且,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)等具有富π电子型杂芳环及缺π电子型杂芳环的杂环化合物。另外,在富π电子型杂芳环和缺π电子型杂芳环直接结合的物质中,富π电子型杂芳环的施主性和缺π电子型杂芳环的受主性都强,而S1和T1的能量差变小,所以是特别优选的。

[0206] 电子传输层114是包含电子传输性高的物质(也称为电子传输化合物)的层。电子传输层114可以使用三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq₃)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称:Almq₃)、BeBq₂、BA1q、双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(简称Zn(BOX)₂)、双[2-(2-羟基苯基)-苯并噁唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)等金属配合物。此外,也可以使用PBD、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。另外,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。在此所述的物质主要是电子迁移率在 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要是电子传输性比空穴传输性高的物质,就可以将上述物质之外的物质用于电子传输层114。

[0207] 电子传输层114既可以为单层,又可以为由上述物质构成的层的两层以上的叠层。

[0208] 电子注入层115是包含电子注入性高的物质的层。电子注入层115可以使用氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)、锂氧化物(LiO_x)等碱金属、碱土金属或它们的化合物。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。作为该电子盐,例如可以举出对氧化钙-氧化铝以高浓度添加电子的物质等。另外,也可以使用如上所述的构成电子传输层114的物质。

[0209] 另外,也可以将有机化合物与电子给体(供体)混合形成的复合材料用于电子注入层115。这种复合材料因为通过电子给体在有机化合物中产生电子而具有优异的电子注入性和电子传输性。在此情况下,有机化合物优选是在传输所产生的电子方面性能优异的材料,具体而言,例如,可以使用如上所述的构成电子传输层114的物质(金属配合物、杂芳族化合物等)。作为电子给体,只要是对有机化合物呈现电子供给性的物质即可。具体而言,优选碱金属、碱土金属、稀土金属,可以举出锂、铯、镁、钙、铒、镱等。另外,碱金属氧化物、碱土金属氧化物是优选的,可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外,可以使用氧化镁等路易斯碱。另外,也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0210] 上述空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115分别可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、印刷法(例如,凸版印刷法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、平板印刷法及孔版印刷法等)、喷墨法、涂敷法等方法中的一个或它们的组合形成。此外,作为上述空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115,除了上述材料之外,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0211] 通过上述步骤,可以制造在一对电极之间夹住EL层而成的发光元件。

[0212] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0213] 实施方式3

[0214] 在本实施方式中,对本发明的一个方式的具有多个EL层的结构的发光元件(以下,称为叠层型发光元件)进行说明。

[0215] 本实施方式所示的发光元件是如图2A所示的在一对电极(第一电极201与第二电极204)之间夹着电荷产生层205具有多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))的叠层型发光元件。

[0216] 在本实施方式中,第一电极201是用作阳极的电极,第二电极204是用作阴极的电极。另外,作为第一电极201及第二电极204,可以采用与实施方式2相同的结构。此外,多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))既可以具有与实施方式2所示的EL层的结构相同的结构,又可以上述EL层中的任一个具有与实施方式2所示的EL层的结构相同的结构。换言之,第一EL层202(1)和第二EL层202(2)既可以具有相同结构,又可以具有互不相同的结构,在具有相同结构的情况下,可以适用实施方式2的结构。

[0217] 另外,在多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))之间设置的电荷产生层205具有如下功能:在对第一电极201和第二电极204施加电压时,将电子注入到一个EL层中,且将空穴注入到另一个EL层中。在本实施方式中,当以第一电极201的电位高于第二电极204的方式施加电压时,电子从电荷产生层205被注入到第一EL层202(1)中,且空穴被注入到第二EL层202(2)中。

[0218] 另外,从光提取效率的观点来看,电荷产生层205优选具有使可见光透射的性质(具体而言,电荷产生层205的可见光的透射率为40%以上)。另外,电荷产生层205即使其导电率小于第一电极201或第二电极204也可以发挥作用。

[0219] 电荷产生层205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(接受体)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。或者,也可以层叠有这两种结构。

[0220] 在采用对空穴传输性高的有机化合物添加电子受体的结构的情况下,作为空穴传输性高的有机化合物,可以使用在实施方式2中作为用于空穴注入层111和空穴传输层112的空穴传输性高的物质示出的物质。例如可以使用芳族胺化合物等诸如NPB、TPD、TDATA、MTDATA、BSPB等。在此所述的物质主要是空穴迁移率在 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要是空穴传输性比电子传输性高的有机化合物,就可以使用上述物质之外的物质。

[0221] 另外,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: $\text{F}_4\text{-TCNQ}$)、氯醌等。另外,可以举出属于元素周期表中第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、氧化锰和氧化铼,这是因为它们具有高电子接收性。尤其优选使用氧化钼,因为氧化钼在大气中也稳定,吸湿性低,且操作容易。

[0222] 另一方面,在采用对电子传输性高的有机化合物添加电子给体的结构的情况下,作为电子传输性高的有机化合物,可以使用在实施方式2中作为用于电子传输层114的电子传输性高的物质示出的物质。例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等诸如Alq、Almq₃、BeBq₂、BA1q等。除此之外,还可以使用具有噁唑基配体、噻唑基配体的金属配合物等诸如Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂等。再者,除了金属配合物之外,还可以使用PBD、OXD-7、TAZ、Bphen、BCP等。在此所述的物质主要是电子迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,只要是电子传输性比空穴传输性高的有机化合物,就可以使用上述物质之外的物质。

[0223] 另外,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、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。

[0224] 另外,通过使用上述材料形成电荷产生层205,可以抑制层叠EL层时造成的驱动电压的增大。电荷产生层205可以使用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、印刷法(例如,凸版印刷法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、平板印刷法、孔版印刷法等)、喷墨法和涂敷法等方法中的一个或组合形成。

[0225] 虽然在本实施方式中,对具有两个EL层的发光元件进行说明,但是,如图2B所示,本发明的一个方式可以同样地应用于层叠n个(其中,n是3以上)EL层(202(1)至202(n))的发光元件。当如根据本实施方式的发光元件那样在一对电极之间具有多个EL层时,通过将

电荷产生层(205(1)至205(n-1))设置在EL层与EL层之间,可以在保持低电流密度的同时实现高亮度区域中的发光。因为可以保持低电流密度,所以可以实现使用寿命长的元件。

[0226] 此外,通过使各EL层的发光颜色互不相同,可以使发光元件整体发射所需颜色的光。例如,在具有两个EL层的发光元件中,使第一EL层的发光颜色和第二EL层的发光颜色处于补色关系,因此还可以得到发光元件整体发射白色光的发光元件。注意,“补色”表示在颜色混合时得到非彩色的颜色关系。也就是说,通过混合处于补色关系的颜色的光,可以得到白色发光。具体而言,可以举出从第一EL层得到蓝色发光,从第二EL层得到黄色发光或橙色发光的组合。此时,并不一定需要蓝色发光和黄色发光(或橙色发光)都为荧光发光或磷光发光,也可以采用蓝色发光为荧光发光而黄色发光(或橙色发光)为磷光发光的组合、或者与此相反的组合。

[0227] 另外,具有三个EL层的发光元件的情况也与此相同,例如,当第一EL层的发光颜色是红色,第二EL层的发光颜色是绿色,第三EL层的发光颜色是蓝色时,发光元件作为整体可以得到白色发光。

[0228] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0229] 实施方式4

[0230] 在本实施方式中,对具有本发明的一个方式的发光装置进行说明。

[0231] 上述发光装置既可以是无源矩阵型发光装置,也可以是有源矩阵型发光装置。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。

[0232] 在本实施方式中,首先参照图3A及图3B说明有源矩阵型发光装置。

[0233] 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元件衬底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、驱动电路部303以及驱动电路部304a、304b由密封剂305密封在元件衬底301与密封衬底306之间。

[0234] 在元件衬底301上设置引绕布线307,该引绕布线307用来连接对驱动电路部303及驱动电路部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)或电位的外部输入端子。在此,示出作为外部输入端子设置FPC(柔性印刷电路)308的例子。虽然在此只图示FPC,但是该FPC也可以安装有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置不仅包括发光装置主体,而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0235] 接着,参照图3B说明截面结构。在元件衬底301上形成有驱动电路部及像素部,在此示出作为源极线驱动电路的驱动电路部303及像素部302。

[0236] 在此示出组合FET309和FET310构成驱动电路部303的例子。驱动电路部303既可以由包含单极性(N型或P型)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。在本实施方式中,虽然示出将驱动电路形成在衬底上的驱动器一体型,但是不一定必须如此,也可以将驱动电路形成在衬底的外部而不形成在衬底上。

[0237] 此外,像素部302包括开关用FET(未图示)及电流控制用FET312,电流控制用FET312的布线(源电极或漏电极)与发光元件317a及发光元件317b的第一电极(阳极)(313a、313b)电连接。此外,虽然在本实施方式中示出使用两个FET(开关用FET、电流控制用FET312)构成像素部302的例子,但不局限于此。例如,像素部302也可以具有组合三个以上的FET及电容元件而成的结构。

[0238] 作为FET309、310、312,例如可以适当地使用交错型晶体管或反交错型晶体管。作为可以用于FET309、310、312的半导体材料,例如可以使用第13族半导体、第14族(硅等)半导体、化合物半导体、氧化物半导体、有机半导体。此外,对该半导体材料的结晶性也没有特别的限制,例如可以使用非晶半导体膜或结晶半导体膜。尤其是,FET309、310、312优选使用氧化物半导体。作为氧化物半导体,例如可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M为Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Hf或Nd)等。作为FET309、310、312,例如使用能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体材料,由此可以降低晶体管的关态电流(off-state current)。

[0239] 此外,第一电极(313a、313b)具有层叠用来光学调整的导电膜(320a、320b)的结构。例如,如图3B所示,在从发光元件317a提取的光与从发光元件317b提取的光的波长互不相同时,导电膜320a及导电膜320b的厚度互不相同。另外,以覆盖第一电极(313a、313b)的端部的方式形成有绝缘物314。在此,使用正型感光性丙烯酸树脂形成绝缘物314。此外,在本实施方式中,将第一电极(313a、313b)用作阳极。

[0240] 优选将绝缘物314的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面。通过将绝缘物314形成为上述形状,可以提高形成在绝缘物314上的膜的覆盖性。例如,作为绝缘物314的材料,可以使用负型感光性树脂或正型感光性树脂,不局限于有机化合物,还可以使用无机化合物诸如氧化硅、氧氮化硅、氮化硅等。

[0241] 在第一电极(313a、313b)上层叠形成EL层315和第二电极316。EL层315至少设置有发光层,由第一电极(313a、313b)、EL层315和第二电极316构成的发光元件(317a、317b)具有EL层315的端部被第二电极316覆盖的结构。EL层315的结构既可以与实施方式2或实施方式3所示的单层结构或叠层结构相同,又可以不同。并且,上述结构也可以根据发光元件不同。

[0242] 作为用于第一电极313、EL层315及第二电极316的材料,可以使用实施方式2所示的材料。此外,发光元件(317a、317b)的第一电极(313a、313b)在区域321中与引绕布线307电连接并通过FPC308被输入外部信号。再者,发光元件(317a、317b)的第二电极316在区域322中与引线323电连接,虽然未图示,但是通过FPC308被输入外部信号。

[0243] 虽然在图3B所示的截面图中仅示出两个发光元件317,但是,在像素部302中多个发光元件被配置为矩阵状。就是说,在像素部302中,除了可以获得两种(例如(B、Y))发光的发光元件以外,形成三种(例如(R、G、B))发光的发光元件、四种(例如,(R、G、B、Y)或(R、G、B、W))发光的发光元件等,由此可以制造能够进行全彩色显示的发光装置。此时,可以形成根据发光元件的发光颜色等使用不同材料的发光层(所谓的分别涂布形成),也可以多个发光元件包括使用相同材料形成的共同发光层,而与滤色片组合进行全彩色化。如此,通过组合上述可以获得多种发光的发光元件,可以获得色纯度的提高、耗电量的降低等效果。再者,也可以实现通过与量子点组合,来提高发光效率且降低耗电量的发光装置。

[0244] 再者,通过使用密封剂305将密封衬底306与元件衬底301贴合在一起,在由元件衬底301、密封衬底306和密封剂305围绕的空间318中设置发光元件317a、317b。

[0245] 此外,在密封衬底306上设置有有色层(滤色片)324,在相邻的有色层之间设置有黑色层(黑矩阵)325。可以以其一部分与黑色层(黑矩阵)325重叠的方式设置相邻的有色层(滤色片)324的一个或两个。注意,由发光元件317a、317b得到的发光通过有色层(滤色片)

324被提取到外部。

[0246] 空间318可以填充有惰性气体(如氮气或氩气等),也可以填充有密封剂305。当涂敷密封材料进行贴合时,优选进行UV处理或热处理或者组合这些处理。

[0247] 优选将环氧类树脂或玻璃粉用作密封剂305。此外,这些材料优选是尽量未使水分和氧透过的材料。此外,作为密封衬底306,除了玻璃衬底和石英衬底之外,还可以使用由FRP(Fiber-Reinforced Plastics:纤维增强塑料)、PVF(polyvinyl fluoride:聚氟乙烯)、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粉的情况下,作为元件衬底301及密封衬底306优选使用玻璃衬底。

[0248] 与发光元件电连接的FET可以具有栅电极的位置与图3B不同的结构,即图3C所示的FET326、FET327和FET328的结构。如图3C所示,设置在密封衬底306上的有色层(滤色片)324也可以在与黑色层(黑矩阵)325重叠的位置与相邻的有色层(滤色片)324重叠。

[0249] 如上所述,可以得到有源矩阵型发光装置。

[0250] 本发明的一个方式的发光装置可以用于无源矩阵型发光装置,而不局限于上述有源矩阵型发光装置。

[0251] 图4A和图4B示出无源矩阵型发光装置。图4A示出无源矩阵型发光装置的俯视图,图4B示出无源矩阵型发光装置的截面图。

[0252] 如图4A和图4B所示,在衬底401上形成有包括第一电极402、EL层(403a、403b、403c)、第二电极404的发光元件405。第一电极402的形状为岛状,多个第一电极402在一个方向(图4A中的横方向)上设置为条纹状。此外,在第一电极402的一部分上形成有绝缘膜406。在绝缘膜406上设置有使用绝缘材料形成的分隔壁407。分隔壁407的侧壁如图4B所示地具有倾斜而使两个侧壁之间的距离向衬底面的方向逐渐变窄。

[0253] 绝缘膜406在第一电极402上的一部分中具有开口,因此在第一电极402上可以分离形成具有所希望的形状的EL层(403a、403b、403c)及第二电极404。图4A及图4B示出组合金属掩模等掩模与绝缘膜406上的分隔壁407形成EL层(403a、403b、403c)及第二电极404的例子。另外,还示出EL层403a、EL层403b、EL层403c分别呈现不同的发光颜色(例如,红色、绿色、蓝色、黄色、橙色、白色等)的例子。

[0254] 在形成EL层(403a、403b、403c)之后,形成第二电极404。因此,在EL层(403a、403b、403c)上以不与第一电极402接触的方式形成第二电极404。

[0255] 注意,关于密封方法,可以与有源矩阵型发光装置的情况同样地采用,在此省略其说明。

[0256] 通过上述步骤,可以得到无源矩阵型发光装置。

[0257] 例如在本说明书等中,可以使用各种衬底形成晶体管或发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的一个例子,例如可以使用半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状的材料的纸或者基材薄膜等。作为玻璃衬底的一个例子,有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等,可以举出如下例子。例如可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料。或者,可以举出丙烯酸等的合成树脂等。或者,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯等。

或者,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧、无机蒸镀薄膜、纸类等。尤其是,通过使用半导体衬底、单晶衬底或SOI衬底等制造晶体管,可以制造特性、尺寸或形状等的不均匀性小、电流供应能力高且尺寸小的晶体管。当利用上述晶体管构成电路时,可以实现电路的低功耗化或电路的高集成化。

[0258] 另外,也可以作为衬底使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成晶体管或发光元件。或者,也可以在衬底与晶体管或发光元件之间设置剥离层。当在剥离层上制造半导体装置的一部分或全部,然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,也可以将晶体管或发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。另外,作为上述剥离层,例如可以使用钨膜与氧化硅膜的无机膜的叠层结构或在衬底上形成有聚酰亚胺等有机树脂薄膜的结构等。

[0259] 也就是说,也可以使用一个衬底来形成晶体管或发光元件,然后将晶体管或发光元件转置到另一个衬底上。作为晶体管或发光元件被转置的衬底的例子,不仅可以使用上述可以形成晶体管或发光元件的衬底,还可以使用纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过使用上述衬底,可以实现特性良好的晶体管、耗电量小的晶体管、不易损坏的装置、耐热性的提高、轻量化或薄型化。

[0260] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0261] 实施方式5

[0262] 在本实施方式中,对适用本发明的一个方式的发光装置而完成的各种各样的电子设备、汽车的例子进行说明。

[0263] 作为适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)、用于计算机等的监视器、数码相机、数码摄像机、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、音频再现装置、弹珠机等大型游戏机等。图5A1、图5A2、图5B、图5C、图5D1、图5D2及图5D3示出这些电子设备的具体例子。

[0264] 图5A1示出电视装置的一个例子。在电视装置7100中,框体7101中组装有显示部7103。由显示部7103能够显示图像,也可以采用安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入输出装置)。此外,可以将本发明的一个方式的发光装置用于显示部7103。在此示出利用支架7105支撑框体7101的结构。

[0265] 通过利用框体7101所具备的操作开关、或图5A2所示的另外提供的遥控操作机7110可以进行电视装置7100的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109,可以进行频道、音量的操作,并可以对在显示部7103上显示的图像进行操作。此外,也可以采用在遥控操作机7110中设置显示从该遥控操作机7110输出的信息的显示部7107的结构。

[0266] 电视装置7100采用具备接收机、调制解调器等的结构。通过接收机可以接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器连接到有线或无线方式的通信网络,可以进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者彼此之间等)的信息通信。

[0267] 图5B为计算机,该计算机包括主体7201、框体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。该计算机可以通过将本发明的一个方式的发光装置用于其显示部7203来制造。此外,显示部7203也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输

入输出装置)。

[0268] 图5C为智能手表,该智能手表包括框体7302、显示部7304、操作按钮7311、操作按钮7312、连接端子7313、腕带7321、表带扣7322等。

[0269] 安装在兼作框架(bezel)部分的框体7302中的显示部7304具有非矩形状的显示区域。显示部7304可以显示表示时间的图标7305以及其他图标7306等。此外,显示部7304也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入输出装置)。

[0270] 图5C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:在显示部上显示多种信息(静态图像、运动图像、文字图像等)的功能;触摸屏功能:显示日历、日期或时间等的功能;以多种软件(程序)控制处理的功能;无线通信功能:使用无线通信功能与多种计算机网络连接的功能;使用无线通信功能发送并接收多种数据的功能;以及读取储存于存储介质内的程序或数据并且将该程序或数据显示于显示部上的功能等。

[0271] 框体7302的内部可具有扬声器、传感器(包括测定如下因素的功能:力量、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、斜率、振动、气味或红外线)、麦克风等。另外,智能手表可以通过将发光装置用于其显示部7304来制造。

[0272] 图5D1、图5D2和图5D3示出移动电话机(包括智能手机)的一个例子。移动电话机7400在框体7401中具备显示部7402、麦克风7406、扬声器7405、照相机7407、外部连接部7404、操作按钮7403等。当将本发明的一个方式的发光元件形成在具有柔性的衬底来制造发光装置时,可以应用于如图5D1所示那样的具有曲面的显示部7402。

[0273] 图5D1所示的移动电话机7400可以用手指等触摸显示部7402来输入信息。此外,可以用手指等触摸显示部7402来进行打电话或写电子邮件等的操作。

[0274] 显示部7402的屏幕主要有如下三种模式:第一是以图像显示为主的显示模式;第二是以文字等信息输入为主的输入模式;第三是混合显示模式与输入模式的两种模式的显示及输入模式。

[0275] 例如,在打电话或写电子邮件的情况下,将显示部7402设定为以文字输入为主的文字输入模式,并进行显示在屏幕的文字的输入操作即可。在此情况下,优选的是,在显示部7402的屏幕的大部分上显示键盘或号码按钮。

[0276] 另外,通过在移动电话机7400内部设置陀螺仪和加速度传感器等检测装置,判断移动电话机7400的方向(纵向或横向),由此可以对显示部7402的屏幕显示进行自动切换。

[0277] 通过触摸显示部7402或对框体7401的操作按钮7403进行操作,切换屏幕模式。或者,可以根据显示在显示部7402上的图像的类型而切换屏幕模式。例如,当显示在显示部上的图像信号为动态图像的数据时,将屏幕模式切换成显示模式,而当该图像信号为文字数据时,将屏幕模式切换成输入模式。

[0278] 另外,当在输入模式下通过获得显示部7402的光传感器所检测的信号并在一定时间内未进行显示部7402的触摸操作输入时,也可以进行控制将画面模式从输入模式切换成显示模式。

[0279] 还可以将显示部7402用作图像传感器。例如,可以通过用手掌或手指触摸显示部7402来拍摄掌纹、指纹等,进行个人识别。另外,还可以通过将发出近红外光的背光或发出近红外光的传感用光源用于显示部,拍摄手指静脉、手掌静脉等。

[0280] 再者,作为移动电话机(包括智能手机)的其他结构,也可以采用具有图5D2及图5D3所示的结构的移动电话机。

[0281] 在具有图5D2和图5D3所示的结构的移动电话机中,不仅在框体7500(1)、框体7500(2)的第一面7501(1)、第一面7501(2)上,而且还在第二面7502(1)、第二面7502(2)上显示文字信息或图像信息等。借助于这种结构,使用者能够在将移动电话机收纳在上衣口袋中的状态下容易确认在第二面7502(1)、第二面7502(2)等上显示的文字信息或图像信息等。

[0282] 作为适用发光装置的电子设备,可以举出图6A至图6C所示的能够折叠的便携式信息终端。图6A示出展开状态的便携式信息终端9310。图6B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6C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携帯性好,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。

[0283] 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)的触摸屏(输入输出装置)。此外,显示部9311通过铰链部9313使两个框体9315之间弯折,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方式的发光装置用于显示部9311。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软件的开启。

[0284] 图7A和图7B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,可以将发光装置适用于图7A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。另外,可以将发光装置适用于图7B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,也可以将发光装置适用于玻璃窗的一部分。

[0285] 如上所述,可以适用本发明的一个方式的发光装置来得到电子设备或汽车。能够适用的电子设备或汽车不局限于在本实施方式中示出的电子设备或汽车,在各种领域可以应用。

[0286] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0287] 实施方式6

[0288] 在本实施方式中,参照图8A至图8D说明应用本发明的一个方式的发光元件而制造的照明装置的结构。

[0289] 图8A至图8D示出照明装置的截面图的例子。图8A及图8B是在衬底一侧提取光的底部发射型照明装置,而图8C及图8D是在密封衬底一侧提取光的顶部发射型照明装置。

[0290] 图8A所示的照明装置4000在衬底4001上包括发光元件4002。另外,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。

[0291] 第一电极4004与电极4007电连接,第二电极4006与电极4008电连接。另外,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。

[0292] 衬底4001与密封衬底4011由密封材料4012粘合。另外,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8A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。

[0293] 另外,如图8B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。

[0294] 图8C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。

[0295] 第一电极4204与电极4207电连接,第二电极4206与电极4208电连接。另外,也可以设置与第二电极4206电连接的辅助布线4209。另外,也可以在辅助布线4209下设置绝缘层4210。

[0296] 衬底4201与具有凹凸的密封衬底4211由密封材料4212粘合。另外,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8C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。

[0297] 另外,如图8D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。

[0298] 对本实施方式所示的EL层4005、4205可以使用本发明的一个方式的有机金属配合物。此时,可以提供耗电量低的照明装置。

[0299] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0300] 实施方式7

[0301] 在本实施方式中,参照图9对适用本发明的一个方式的发光装置的应用例子的照明装置进行说明。

[0302] 图9是将发光装置用于室内照明装置8001的例子。另外,因为发光装置可以实现大面积化,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,也可以通过使用具有曲面的框体来形成发光区域具有曲面的照明装置8002。包括在本实施方式所示的发光装置中的发光元件为薄膜状,所以框体设计的自由度高。因此,可以形成能够对应各种设计的照明装置。再者,室内的墙面也可以设置有照明装置8003。

[0303] 通过将发光装置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。

[0304] 如上所述,可以得到适用发光装置的各种各样的照明装置。另外,这种照明装置包括在本发明的一个方式中。

[0305] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0306] 实施方式8

[0307] 在本实施方式中,参照图10A至图14对包括本发明的一个方式的发光元件或本发明的一个方式的发光装置的触摸屏进行说明。

[0308] 图10A和图10B是触摸屏2000的透视图。注意,在图10A和图10B中,为了容易理解,示出触摸屏2000的典型的构成要素。

[0309] 触摸屏2000具备显示面板2501及触摸传感器2595(参照图10B)。触摸屏2000还具有衬底2510、衬底2570以及衬底2590。

[0310] 显示面板2501包括衬底2510上的多个像素以及能够向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导到衬底2510的外周部,其一部分构成端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接。

[0311] 衬底2590具备触摸传感器2595以及多个与触摸传感器2595电连接的布线2598。多个布线2598被引导在衬底2590的外周部,其一部分构成端子2599。端子2599与FPC2509(2)电连接。另外,为了容易理解,在图10B中由实线示出设置在衬底2590的背面一侧(与衬底2510相对的面一侧)的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0312] 作为触摸传感器2595,例如可以使用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器,可以举出表面电容式触摸传感器、投影电容式触摸传感器等。

[0313] 作为投影电容式触摸传感器,可以举出自电容式触摸传感器、互电容式触摸传感器等,这些主要根据驱动方式的差异而区分。当使用互电容式触摸传感器时,可以同时进行多点检测,所以是优选的。

[0314] 首先,参照图10B对采用投影电容式触摸传感器的情况进行说明。投影电容式触摸传感器可以应用能够检测出指头等检测对象靠近或接触的各种传感器。

[0315] 投影电容式触摸传感器2595具有电极2591及电极2592。电极2591及电极2592分别与多个布线2598中的不同的布线电连接。如图10A和图10B所示,电极2592具有在一个方向上连续地配置的多个四边形的每个角部通过布线2594相互连接的形状。电极2591也同样地具有多个四边形的角部连接的形状,但是电极2591的连接方向与电极2592的连接方向交叉。注意,电极2591的连接方向与电极2592的连接方向不一定需要交叉,它们之间的角度也可以大于0度且小于90度。

[0316] 优选尽量减小布线2594与电极2592的交叉部的面积。由此,可以减小没有设置电极的区域的面积,从而可以降低透射率的不均匀。其结果,可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度不均匀。

[0317] 另外,电极2591及电极2592的形状不局限于此,可以具有各种形状。例如,也可以以尽量没有间隙的方式配置多个电极2591,并且隔着绝缘层设置多个电极2592。此时,通过在相邻的两个电极2592之间设置与它们电绝缘的虚拟电极,可以减小透射率不同的区域的面积,所以是优选的。

[0318] 接着,参照图11A和图11B对触摸屏2000进行详细说明。图11A相当于图10A所示的点划线X1-X2之间的截面图。

[0319] 触摸屏2000包括触摸传感器2595及显示面板2501。

[0320] 触摸传感器2595包括与衬底2590接触地配置为交错形状的电极2591及电极2592、覆盖电极2591及电极2592的绝缘层2593以及使相邻的电极2591电连接的布线2594。此外,在相邻的电极2591之间设置有电极2592。

[0321] 电极2591及电极2592可以使用透光导电材料形成。作为透光导电材料,可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。另外,也可以使用石墨烯化合物。此外,当使用石墨烯化合物时,例如可以通过使膜状的氧化石墨烯还原来形成。作为还原方法,可以采用进行加热的方法或照射激光的方法等。

[0322] 例如在通过溅射法在衬底2590上形成透光导电材料的膜之后,可以通过光刻法等各种图案化技术去除不需要的部分来形成电极2591及电极2592。

[0323] 作为用于绝缘层2593的材料,例如,除了丙烯酸树脂、环氧树脂、具有硅氧烷键的树脂之外,可以使用氧化硅、氧氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0324] 由于形成在绝缘层2593的一部分的布线2594而使相邻的电极2591电连接。另外,

作为布线2594优选使用其导电性比用于电极2591及电极2592的材料高的材料,因为可以降低电阻。

[0325] 布线2598与电极2591或电极2592电连接。布线2598的一部分被用作端子。布线2598例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等或者包含该金属材料的合金材料。

[0326] 通过端子2599使布线2598与FPC2509 (2) 电连接。端子2599可以使用各种各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)、各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等。

[0327] 以与布线2594接触的方式设置有粘合层2597。换言之,触摸传感器2595隔着粘合层2597以与显示面板2501重叠的方式贴合。此外,与粘合层2597接触的显示面板2501的表面如图11A所示那样也可以包括衬底2570,但不一定需要包括衬底2570。

[0328] 粘合层2597具有透光性。例如,可以使用热固化树脂、紫外线固化树脂,具体而言,可以使用丙烯酸类树脂、聚氨酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂等。

[0329] 图11A所示的显示面板2501在衬底2510与衬底2570之间包括配置为矩阵状的多个像素及驱动电路。此外,各像素包括发光元件及驱动该发光元件的像素电路。

[0330] 在图11A中作为显示面板2501的像素的一个例子示出像素2502R,作为驱动电路的一个例子示出扫描线驱动电路2503g。

[0331] 像素2502R具备发光元件2550R以及能够向发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。

[0332] 绝缘层2521覆盖晶体管2502t。绝缘层2521具有使起因于已形成的晶体管等的凹凸平坦化的功能。此外,也可以使绝缘层2521具有抑制杂质扩散的功能。此时,能够抑制因杂质的扩散而导致的晶体管等的可靠性下降,所以是优选的。

[0333] 发光元件2550R通过布线与晶体管2502t电连接。此外,发光元件2550R的一个电极是与布线直接连接的。此外,发光元件2550R的一个电极的端部由绝缘体2528覆盖。

[0334] 发光元件2550R在一对电极之间包括EL层。此外,在与发光元件2550R重叠的位置上设置有着色层2567R,发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R而在附图中所示的箭头的方向上射出。此外,在着色层的端部设置有遮光层2567BM,在发光元件2550R与着色层2567R之间包括密封层2560。

[0335] 当在提取来自发光元件2550R的光的方向上设置有密封层2560时,密封层2560优选具有透光性。此外,密封层2560的折射率优选高于空气。

[0336] 扫描线驱动电路2503g包括晶体管2503t以及电容器2503c。此外,可以通过与像素电路相同的制造工序在相同的衬底上形成驱动电路。因此,与像素电路的晶体管2502t同样地,驱动电路(扫描线驱动电路2503g)的晶体管2503t也由绝缘层2521覆盖。

[0337] 此外,设置有能够向晶体管2503t供应信号的布线2511。此外,以与布线2511接触的方式设置有端子2519。端子2519与FPC2509 (1) 电连接,FPC2509 (1) 具有供应图像信号及同步信号等信号的功能。FPC2509 (1) 也可以安装有印刷线路板(PWB)。

[0338] 虽然示出图11A所示的显示面板2501包括底栅型晶体管的情况,但是晶体管的结构不局限于此,也可以使用各种结构的晶体管。此外,在图11A所示的晶体管2502t及晶体管2503t中可以使用包含氧化物半导体的半导体层作为沟道区域。除此以外,也可以使用包含

非晶硅的半导体层、包含通过激光退火法等处理结晶化了的多晶硅的半导体层作为沟道区域。

[0339] 此外,图11B示出将与图11A所示的底栅型晶体管不同的顶栅型晶体管应用于显示面板2501的情况的结构。此外,即使改变晶体管的结构,能够用于沟道区域的半导体层的种类也是同样的。

[0340] 图11A所示的触摸屏2000如图11A所示优选在来自像素的光发射到外部的一侧的表面上以至少与像素重叠的方式包括反射防止层2567p。作为反射防止层2567p,例如可以使用圆偏振片等。

[0341] 作为图11A所示的衬底2510、衬底2570及衬底2590例如可以使用水蒸气透过率为 $1 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以下,优选为 $1 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以下的柔性材料。另外,这些衬底优选使用热膨胀率大致相同的材料形成。例如,可以举出线性膨胀系数为 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 以下,优选为 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下,更优选为 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下的材料。

[0342] 接着,参照图12A和图12B对与图11A和图11B所示的触摸屏2000的结构不同的触摸屏2000'进行说明。注意,可以将触摸屏2000'与触摸屏2000同样地用作触摸屏。

[0343] 图12A和图12B是触摸屏2000'的截面图。图12A和图12B所示的触摸屏2000'与图11A和图11B所示的触摸屏2000的不同之处为相对于显示面板2501的触摸传感器2595的位置。在此,只对不同之处进行详细说明,关于可以使用同样的结构的部分,援用触摸屏2000的说明。

[0344] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。图12A所示的来自发光元件2550R的光向设置有晶体管2502t的方向发射。就是说,来自发光元件2550R的光(的一部分)透过着色层2567R,而向图12A中的箭头的方向发射。此外,在着色层2567R的端部设置有遮光层2567BM。

[0345] 此外,触摸传感器2595设置在显示面板2501的比发光元件2550R更靠近晶体管2502t一侧(参照图12A)。

[0346] 粘合层2597与显示面板2501所包括的衬底2510接触,在采用图12A所示的结构的情况下,使显示面板2501与触摸传感器2595贴合。注意,也可以采用在使用粘合层2597贴合的显示面板2501与触摸传感器2595之间不设置衬底2510的结构。

[0347] 与触摸屏2000的情况同样地,在采用触摸屏2000'的情况下可以对显示面板2501应用各种结构的晶体管。此外,在图12A中示出应用底栅型晶体管的情况,但如图12B所示,也可以应用顶栅型晶体管。

[0348] 接着,参照图13A和图13B对触摸屏的驱动方法的一个例子进行说明。

[0349] 图13A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。在图13A中,示出脉冲电压输出电路2601、电流检测电路2602。另外,在图13A中,以6个布线X1至X6表示被施加脉冲电压的电极2621,并以6个布线Y1至Y6表示检测电流的变化的电极2622。此外,在图13A中,示出使电极2621与电极2622重叠而形成的电容器2603。注意,电极2621与电极2622的功能可以互相调换。

[0350] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到布线X1至X6的电路。当对布线X1至X6施加脉冲电压时,在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。当在该电极之间产生的电场被遮蔽等时,产生电容器2603的互电容变化,通过利用该变化,可以

检测检测对象的靠近或接触。

[0351] 电流检测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的布线Y1至Y6的电流变化的电路。在布线Y1至Y6中,如果没有检测对象的靠近或接触,则所检测的电流值没有变化,另一方面,在由于所检测的检测对象的靠近或接触而互电容减少的情况下,检测到电流值减少的变化。另外,通过积分电路等检测电流即可。

[0352] 接着,图13B示出图13A所示的互电容式触摸传感器中的输入/输出波形的时序图。在图13B中,在一个帧期间中进行各行列中的检测对象的检测。另外,在图13B中,示出没有检测出检测对象(未触摸)时和检测出检测对象(触摸)时的两种情况。此外,布线Y1至Y6的波形表示对应于所检测出的电流值的电压值。

[0353] 依次对布线X1至X6施加脉冲电压,布线Y1至Y6的波形根据该脉冲电压而变化。当没有检测对象的靠近或接触时,布线Y1至Y6的波形根据布线X1至X6的电压变化而变化。另一方面,在有检测对象靠近或接触的部分电流值减少,因而与其相应的电压值的波形也产生变化。如此,通过检测互电容的变化,可以检测检测对象的靠近或接触。

[0354] 作为触摸传感器,图13A虽然示出仅在布线的交叉部设置电容器2603的无源型触摸传感器的结构,但是也可以采用具备晶体管和电容器的有源型触摸传感器。图14示出有源型触摸传感器所包括的一个传感器电路的例子。

[0355] 图14所示的传感器电路包括电容器2603、晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613。

[0356] 对晶体管2613的栅极供应信号G2,对晶体管2613的源极和漏极中的一个施加电压VRES,并且晶体管2613的源极和漏极中的另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接,对晶体管2611的源极和漏极中的另一个施加电压VSS。对晶体管2612的栅极供应信号G1,晶体管2612的源极和漏极中的另一个与布线ML电连接。对电容器2603的另一个电极施加电压VSS。

[0357] 接着,对图14所示的传感器电路的工作进行说明。首先,通过作为信号G2供应使晶体管2613成为开启状态的电位,对应于电压VRES的电位被供应到与晶体管2611的栅极连接的节点n。接着,通过作为信号G2供应使晶体管2613成为关闭状态的电位,节点n的电位得到保持。接着,由于手指等检测对象的靠近或接触,电容器2603的互电容产生变化,节点n的电位随之从VRES变化。

[0358] 在读出工作中,作为信号G1施加使晶体管2612成为开启状态的电位。流过晶体管2611的电流,即流过布线ML的电流根据节点n的电位而产生变化。通过检测该电流,可以检测出检测对象的靠近或接触。

[0359] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613中,优选将氧化物半导体层用于形成有沟道区域的半导体层。尤其是通过将这种晶体管用于晶体管2613,能够长期间保持节点n的电位,由此可以减少对节点n再次供应VRES的工作(刷新工作)的频度。

[0360] 本实施方式的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式适当地组合而实施。

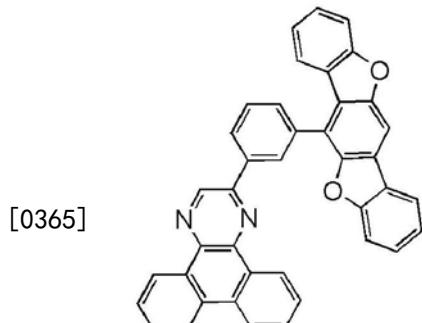
[0361] 实施例1

[0362] 《合成例子1》

[0363] 在本实施例中,说明本发明的一个方式的杂环化合物2-[3-(苯并[1,2-b:4,5-b']

双苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbfPDBq)(结构式(101))的合成方法。以下示出2mBbfPDBq的结构。

[0364] [化学式41]



[0366] <2mBbfPDBq的合成>

[0367] <步骤1>

[0368] 将8.9g(30mmol)的1,4-二溴-2,5-二甲氧基苯、10g(72mmol)的2-氟苯基硼酸、15mL的甲苯、15mL的二乙二醇二甲基醚(diglyme:二甘醇二甲醚)、60mL的碳酸钠水溶液(2.0mol/L)倒入200mL三口烧瓶中,在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌,以使这混合物脱气。

[0369] 在脱气之后,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后将该混合物加热到80℃。对该混合物添加0.69g(0.60mmol)的四(三苯基膦)钯(0),在相同温度下进行搅拌2小时。在将混合物冷却到室温之后,再次在减压下进行脱气,将烧瓶内气氛置换为氮气,而将该混合物加热到80℃。在加热之后,对该混合物添加0.69g(0.60mmol)的四(三苯基膦)钯(0),在相同温度下进行加热5小时。

[0370] 在加热之后,添加2.0g(14mmol)的2-氟苯基硼酸,在相同温度下,进一步进行搅拌3小时。在加热之后,将混合物冷却到室温,然后在减压下进行脱气,将烧瓶内气氛置换为氮气。将该混合物加热到80℃,对其添加0.64g(0.55mmol)的四(三苯基膦)钯(0)、3.0g(21mmol)的2-氟苯基硼酸,在相同温度下进行搅拌2小时。在搅拌之后,将混合物冷却到室温,并分离为有机层和水层。

[0371] 使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次,混合萃取液和有机层,使用饱和食盐水进行洗涤,使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到化合物。利用甲苯使所得到的混合物再结晶,而得到2.5g的目的物。利用硅胶柱层析法(展开溶剂为己烷:乙酸乙酯=30:1的混合溶剂)对浓缩滤液而得到的化合物进行纯化,得到0.3g的目的物。以29%的收率总共得到2.8g的目的物。以下述式(A-1)示出上述合成方法的合成方案。

[0372] [化学式42]

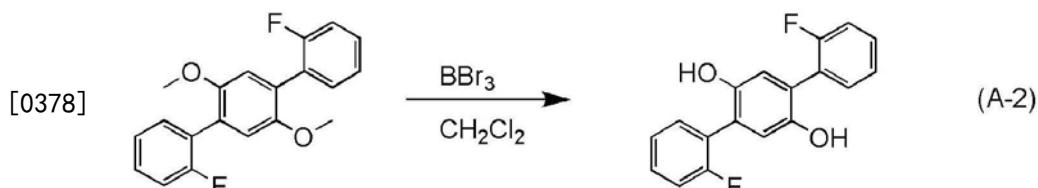


[0374] <步骤2>

[0375] 将2.8g (8.7mmol) 的1,4-双 (2-氟苯基) -2,5-二甲氧基苯倒入300mL三口烧瓶中, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后添加20mL的脱水二氯甲烷, 而得到溶液。将该溶液放入冰浴中进行搅拌, 将使用22mL的脱水二氯甲烷稀释21mL (21mmol) 的三溴化硼溶液 (1mol/L二氯甲烷溶液) 而成的溶液滴下到上述溶液, 在室温下搅拌滴下后得到的溶液15小时左右。

[0376] 在搅拌之后, 将所得到的溶液放入冰浴中进行冷却, 滴下10mL的水和5mL的甲醇。在滴下之后, 通过抽滤来收集析出的固体, 而得到目的物的白色固体。将所得到的滤液分离为有机层和水层, 使用二氯甲烷对所得到的水层进行萃取三次。混合萃取液和有机层, 使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤, 使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 而得到目的物的白色固体。以下述式 (A-2) 示出上述合成方法的合成方案。

[0377] [化学式43]

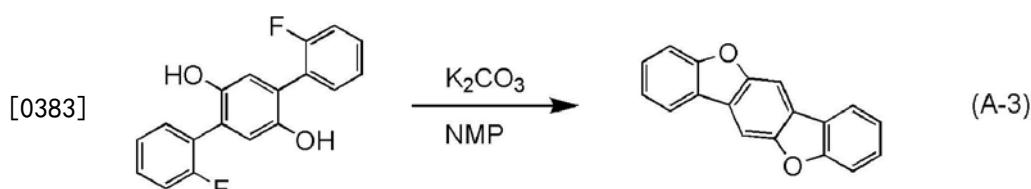


[0379] <步骤3>

[0380] 将2.3g (7.8mmol) 的在步骤2中得到的1,4-双 (2-氟苯基) -2,5-二羟基苯、4.2g (30mmol) 的碳酸钾、44mL的N-甲基-2-吡咯烷酮倒入100mL三口烧瓶中, 在烧瓶中进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后以200℃搅拌该混合物4.5小时。在搅拌之后, 将该混合物冷却到室温, 然后添加甲苯、水和盐酸进行搅拌, 将该混合物分离为有机层和水层。

[0381] 使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次。在混合所得到的萃取液和有机层时就会析出固体, 因此通过抽滤来收集析出的固体。对所得到的滤液使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤, 并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 利用甲苯使所得到的固体再结晶, 而得到0.53g的目的物的固体。利用甲苯使已析出的固体再结晶, 而得到0.94g的目的物的白色固体。以73%的收率总共得到1.5g (5.7mmol) 的目的物的固体。以下述式 (A-3) 示出上述合成方法的合成方案。

[0382] [化学式44]



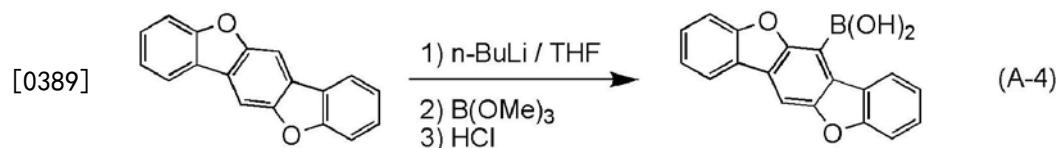
[0384] <步骤4>

[0385] 将1.4g (5.5mmol) 的苯并[1,2-b:4,5-b']双苯并呋喃倒入100mL三口烧瓶中, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后添加34mL的脱水四氢呋喃, 在-78℃下搅拌所得到的溶液。将4.0mL的正丁基锂己烷溶液 (1.6mol/L、6.3mmol) 滴下到上述溶液中, 在滴下之后, 在相同温度下进行搅拌20分钟, 将所得到的溶液的温度升温到室温, 然后进行搅拌1小时。在经过规定时间后, 将所得到的溶液冷却到-78℃, 在冷却之后, 在相同温度下滴下1.5mL (13mmol) 的硼酸三甲酯。

[0386] 将所得到的溶液的温度升温到室温, 然后在室温下进行搅拌15小时。在搅拌之后, 添加50mL的盐酸 (1mol/L) 搅拌这混合物1小时。在搅拌之后, 将该混合物分离为有机层和水层, 使用乙酸乙酯对所得到的水层进行萃取两次。混合所得到的萃取液和有机层, 使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤, 使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 而得到目的物的固体。

[0387] 使用氯仿对所得到的固体进行洗涤并进行抽滤, 而得到0.53g的目的物的固体。利用甲苯/己烷使通过浓缩所得到的滤液来得到的化合物再结晶, 而得到0.60g的目的物的固体。以67%的收率总共得到1.1g (3.7mmol) 的目的物的固体。以下述式 (A-4) 示出上述合成方法的合成方案。

[0388] [化学式45]



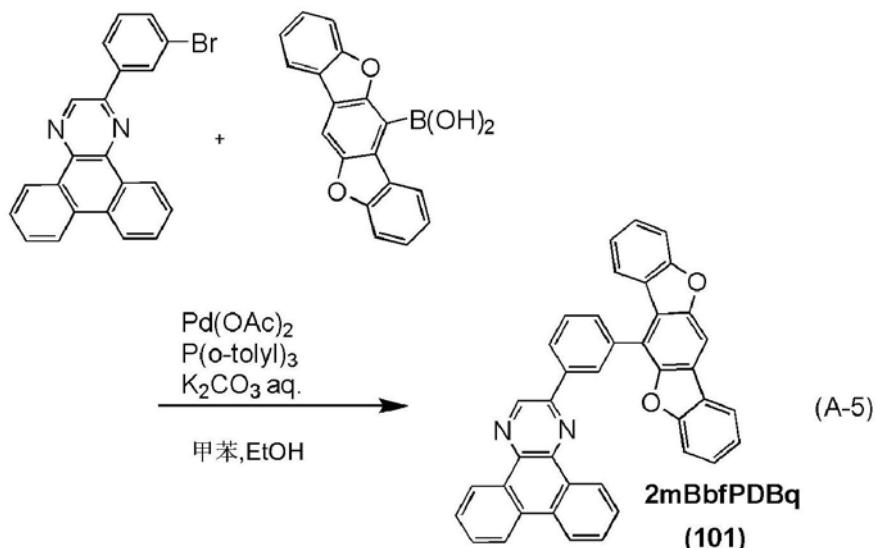
[0390] <步骤5>

[0391] 将1.2g (3.1mmol) 的2- (3-溴苯基) 二苯并[f,h]喹喔啉、1.1g (3.6mmol) 的苯并[1,2-b:4,5-b']双苯并呋喃-6-硼酸、50mg (0.16mmol) 的三(2-甲基苯基) 脲、15mL的甲苯、2mL的乙醇以及5mL的碳酸钾水溶液 (2.0mol/L) 倒入100mL三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。

[0392] 在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将该混合物加热到80℃。对该混合物添加10mg (45μmol) 的醋酸钯 (II), 进行搅拌7小时。在搅拌之后, 将混合物冷却到室温, 通过抽滤来收集析出的固体。使用水和乙醇对所得到的固体进行洗涤, 而得到目的物的固体。通过加热将所得到的固体溶解于甲苯, 利用硅藻土和矾土对所得到的固体进行过滤。使用甲苯使浓缩所得到的滤液而得到的固体再结晶, 而以58%的收率得到1.0g (1.8mmol) 的目的物的固体。

[0393] 通过利用梯度升华方法对所得到的1.0g的固体进行升华纯化。在升华纯化中, 在压力为2.6Pa且以5mL/min的流速流过氩气的条件下, 以335℃加热固体16.5小时。在升华纯化之后, 以59%的回收率得到0.61g的目的物的淡黄色固体。以下述式 (A-5) 示出上述合成方法的合成方案。

[0394] [化学式46]



[0396] 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。另外,图15A和图15B示出¹H-NMR谱。根据该结果可知,在本合成例子1中,得到以上述结构式(101)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mBbfPDBq。

[0397] ¹H-NMR(四氯乙烷-d₂,500MHz): $\delta=7.25$ (t,J=7.5Hz,1H),7.48(t,J=7.5Hz,1H),7.52-7.59(m,2H),7.67(d,J=8.0Hz,1H),7.72(d,J=8.0Hz,1H),7.77(t,J=7.0Hz,2H),7.82-7.89(m,3H),7.98(t,J=7.5Hz,1H),8.09(d,J=7.5Hz,1H),8.16(d,J=7.5Hz,1H),8.22(d,J=1.0Hz,1H),8.63(d,J=7.5Hz,1H),8.71(d,J=7.5Hz,2H),8.88(s,1H),9.34(d,J=8.0Hz,1H),9.43(d,J=8.0Hz,1H),9.57(s,1H)。

[0398] 接着,测量2mBbfPDBq的甲苯溶液及固体薄膜的紫外·可见吸收光谱(以下简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。通过真空蒸镀法在石英衬底上制造固体薄膜。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16A示出所得到的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。图16B示出固体薄膜的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。

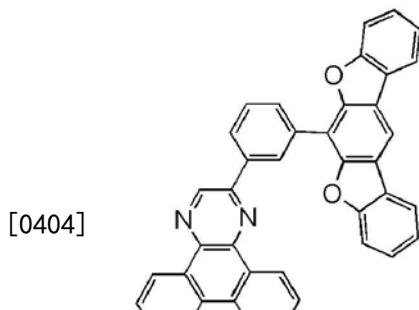
[0399] 根据图16A的结果可知,在是2mBbfPDBq的甲苯溶液的情况下,在282nm及333nm附近观察到吸收峰值,在392nm及404nm附近观察到发光波长的峰值。根据图16B的结果可知,在是2mBbfPDBq的固体薄膜的情况下,在263nm及337nm附近观察到吸收峰值,在429nm附近观察到发光波长的峰值。

[0400] 实施例2

[0401] 《合成例子2》

[0402] 在本实施例中,说明本发明的一个方式的杂环化合物2-[3-(苯并[1,2-b:5,4-b']双苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(II)PDBq)(结构式(107))的合成方法。以下示出2mBbf(II)PDBq的结构。

[0403] [化学式47]

**2mBbf(II)PDBq****(107)**

[0405] <2mBbf (II) PDBq的合成>

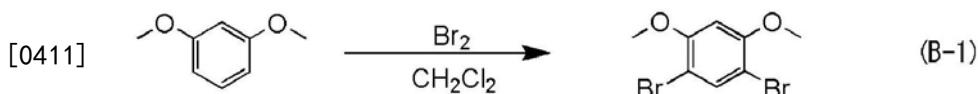
[0406] <步骤1>

[0407] 将5.0g (36mmol) 的1,3-二甲氧基苯倒入200mL三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 添加80mL的脱水二氯甲烷, 进行搅拌。边在冰浴中冷却所得到的溶液, 边对上述烧瓶滴下将12g (75mmol) 的溴溶解于14mL的脱水二氯甲烷而成的溶液。

[0408] 在滴下之后, 在室温下搅拌所得到的溶液15小时。在搅拌之后, 边在冰浴中冷却所得到的溶液, 边直到pH为8为止添加碳酸氢钠水溶液和饱和硫代硫酸钠水溶液。将所得到的混合物分离为有机层和水层, 使用二氯甲烷对所得到的水层进行萃取三次。混合所得到的萃取液和有机层, 使用饱和食盐水进行洗涤。使用无水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, 而得到滤液。

[0409] 在对浓缩所得到的滤液而得到的固体添加己烷并照射超音波之后, 对该混合物进行抽滤得到固体。使用己烷/乙酸乙酯使所得到的固体再结晶, 而以67%的收率得到7.2g (24mmol) 的目的物的固体。以下述式 (B-1) 示出上述合成方法的合成方案。

[0410] [化学式48]



[0412] <步骤2>

[0413] 将7.1g (24mmol) 的1,5-二溴-2,4-二甲氧基苯、2.8g (20mmol) 的2-氟苯基硼酸、12mL的甲苯、12mL的二乙二醇二甲基醚、50mL的碳酸钠水溶液 (2mol/L) 倒入200mL三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使该混合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将混合物加热到80℃。

[0414] 对该混合物添加0.55g (0.48mmol) 的四 (三苯基膦) 钷 (0), 在相同温度下进行搅拌3小时。在将混合物冷却到室温之后, 添加4.5g (32mmol) 的2-氟苯基硼酸、0.12g (0.29mmol) 的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯, 然后在减压下进行脱气, 再次将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将混合物加热到80℃。然后, 添加30mg (0.13mmol) 的醋酸钯 (II), 在相同温度下进行搅拌4小时。

[0415] 在搅拌之后, 将混合物冷却到室温, 并分离为有机层和水层。使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次, 混合萃取液和有机层, 使用饱和食盐水进行洗涤, 使用无水硫酸镁进行

干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到褐色油状物。利用硅胶柱层析法(作为展开溶剂,利用梯度法从己烷逐渐变为氯仿)对该油状物进行纯化,而以92%的收率得到7.2g(22mmol)的目的物的淡黄色油状物。以下述式(B-2)示出上述合成方法的合成方案。

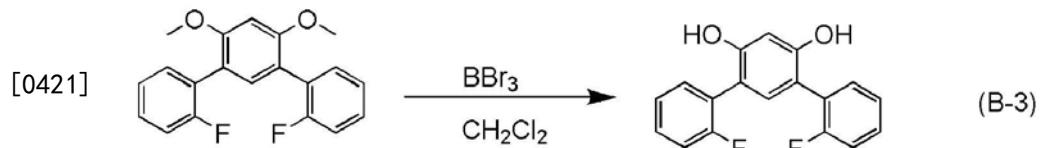
[0416] [化学式49]



[0418] <步骤3>

[0419] 将7.2g(22mmol)的1,5-双(2-氟苯基)-2,4-二甲氧基苯倒入500mL三口烧瓶中,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后添加60mL的脱水二氯甲烷,而得到溶液。将所得到的溶液放入冰浴中进行搅拌,将使用50mL的脱水二氯甲烷稀释53mL(53mmol)的三溴化硼溶液(1mol/L二氯甲烷溶液)而成的溶液滴下到上述溶液,在室温下搅拌滴下后得到的溶液15小时。在搅拌之后,将所得到的溶液再次放入冰浴中进行冷却,滴下40mL的水和40mL的甲醇,将所得到的混合物分离为有机层和水层,使用二氯甲烷对所得到的水层进行萃取三次,混合所得到的萃取液和有机层,使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤,使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到7g的目的物的淡黄色油状物。以下述式(B-3)示出上述合成方法的合成方案。

[0420] [化学式50]



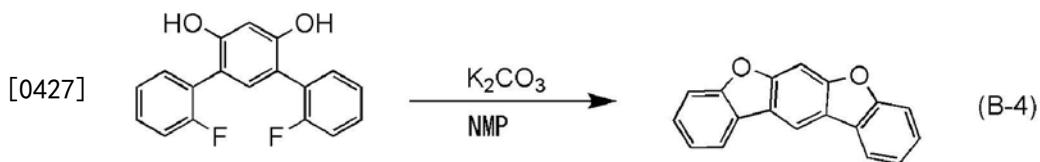
[0422] <步骤4>

[0423] 将在步骤3中得到的7g左右(22mmol左右)的1,5-双(2-氟苯基)-2,4-二羟基苯、13g(96mmol)的碳酸钾、140mL的N-甲基-2-吡咯烷酮倒入300mL三口烧瓶中,在烧瓶中进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气。在脱气之后,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后以200℃搅拌该混合物7小时。

[0424] 在搅拌之后,将该混合物冷却到室温,然后添加甲苯、水和盐酸进行搅拌,将所得到的混合物分离为有机层和水层,使用甲苯对水层进行萃取三次。混合所得到的萃取液和有机层,使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤,使用无水硫酸镁进行干燥。对该混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到黄色油状物。利用甲苯/己烷使所得到的油状物再结晶,而得到目的物的白色粉末状固体。

[0425] 利用甲苯/己烷使所得到的固体再结晶,而得到目的物的固体。利用硅胶柱层析法(展开溶剂为己烷)对浓缩再结晶的滤液而得到的油状物进行纯化,使用己烷进行再结晶,而得到目的物的白色粉末状固体。通过步骤3和步骤4的两个阶段,以39%的收率总共得到2.2g(8.5mmol)的白色粉末状固体。以下述式(B-4)示出上述合成方法的合成方案。

[0426] [化学式51]



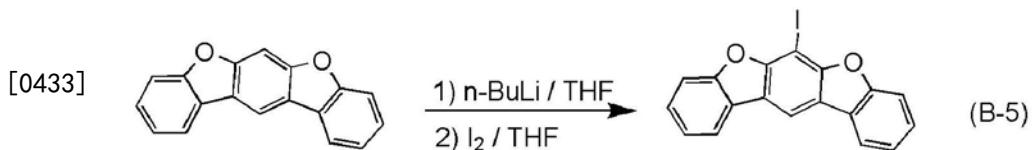
[0428] <步骤5>

[0429] 将2.2g (8.5mmol) 的苯并[1,2-b:4,5-b']双苯并呋喃倒入200mL三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使该化合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 添加40mL的脱水四氢呋喃, 在-78℃下搅拌所得到的溶液。

[0430] 在搅拌之后, 在室温下将5.6mL的正丁基锂己烷溶液 (1.60mol/L、9.0mmol) 滴下到上述溶液中, 在滴下之后, 将所得到的溶液的温度升温到室温, 然后进行搅拌30分钟。在搅拌之后, 将所得到的溶液冷却到-78℃, 在相同温度下将2.20g (8.7mmol) 的碘溶解于10mL的脱水四氢呋喃而成的溶液。在滴下之后, 将所得到的溶液的温度上升到室温, 在相同温度下进行搅拌15小时左右。

[0431] 在搅拌之后, 对所得到的溶液添加水进行搅拌, 将所得到的混合物分离为有机层和水层, 使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次, 混合所得到的萃取液和有机层, 使用碳酸氢钠水溶液、硫代硫酸钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤, 使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 利用甲苯/己烷使通过浓缩滤液来得到的固体再结晶, 而以76%的收率得到2.5g (6.5mmol) 的目的物的淡褐色固体。以下述式(B-5)示出上述合成方法的合成方案。

[0432] [化学式52]



[0434] <步骤6>

[0435] 将1.5g (3.8mmol) 的6-碘-苯并[1,2-b:5,4-b']双苯并呋喃、1.8g (4.2mmol) 的2-[3-(2-二苯并[f,h]噻吩)苯基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷 (dioxaborolane)、70mg (0.23mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、20mL的甲苯、2mL的乙醇以及6mL的碳酸钾水溶液 (2.0mol/L) 倒入200mL三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。

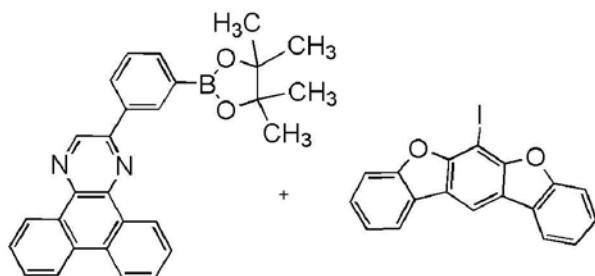
[0436] 在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将该混合物加热到80℃。在加热之后, 对该混合物添加10mg (45μmol) 的醋酸钯 (II), 在相同温度下搅拌该混合物2.5小时。在搅拌之后, 将混合物冷却到室温, 再次添加10mg (45μmol) 的醋酸钯 (II), 进行搅拌8小时。在将该混合物冷却到室温之后, 浓缩该混合物, 添加20mL的乙二醇二甲醚、6mL的碳酸钠水溶液 (2.0mol/L), 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使该混合物脱气。

[0437] 在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将该混合物加热到80℃。在加热之后, 添加0.10g (87μmol) 的四(三苯基膦)钯 (0), 进行搅拌1.5小时。在搅拌之后, 将所得到的混合物冷却到室温, 然后通过抽滤来收集析出的固体。使用水和乙醇对所得到的固体进行洗涤。将所得到的固体溶解于甲苯, 利用硅藻土和矾土对所得到的固体进行过滤。使用甲苯使通过浓缩所得到的滤液而得到的固体再结晶, 而以55%的收率得到1.2g (2.1mmol) 的目

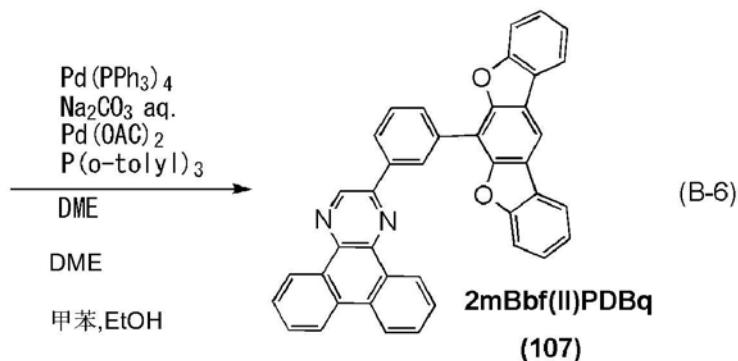
的物的淡黄色固体。

[0438] 通过利用梯度升华方法对所得到的固体进行升华纯化。在升华纯化中,在压力为2.5Pa且以5mL/min的流速流过氩气的条件下,以310℃加热固体15.5小时在升华纯化之后,以75%的回收率得到0.90g的目的物的淡黄色固体。以下述式(B-6)示出上述合成方法的合成方案。

[0439] [化学式53]



[0440]



[0441] 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。另外,图17A和图17B示出 1H -NMR谱。根据该结果可知,在本合成例子2中,得到以上述结构式(107)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mBbf(II)PDBq。

[0442] 1H -NMR(四氯乙烷- d_2 ,500MHz): $\delta=7.49$ (t,J=8.0Hz,2H),7.56(t,J=8.0Hz,2H),7.74(d,J=8.0Hz,2H),7.81-7.89(m,4H),7.93(t,J=8.0Hz,1H),8.18(d,J=7.5Hz,2H)8.43(d,J=6.5Hz,1H),8.53(d,J=8.0Hz,1H),8.56(s,1H),8.71(d,J=8.0Hz,2H),9.27(s,1H),9.34(d,J=7.5Hz,1H),9.56(d,J=8.0Hz,1H),9.60(s,1H)。

[0443] 接着,测量2mBbf(II)PDBq的甲苯溶液及固体薄膜的紫外·可见吸收光谱(以下简称为“吸收光谱”)及发射光谱。通过真空蒸镀法在石英衬底上制造固体薄膜。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18A示出所得到的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。图18B示出固体薄膜的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。

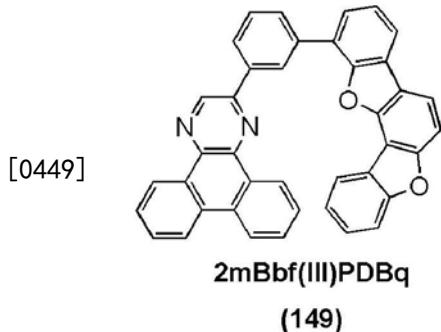
[0444] 根据图18A的结果可知,在是2mBbf(II)PDBq的甲苯溶液的情况下,在281nm及288nm附近观察到吸收峰值,在393nm及404nm附近观察到发光波长的峰值。根据图18B的结果可知,在是2mBbf(II)PDBq的固体薄膜的情况下,在265nm及384nm附近观察到吸收峰值,在430nm附近观察到发光波长的峰值。

[0445] 实施例3

[0446] 《合成例子3》

[0447] 在本实施例中,说明本发明的一个方式的杂环化合物2-[3-(苯并[1,2-b:5,6-b']双苯并呋喃-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(III)PDBq)(结构式(149))的合成方法。以下示出2mBbf(III)PDBq的结构。

[0448] [化学式54]



[0450] <2mBbf (III) PDBq的合成>

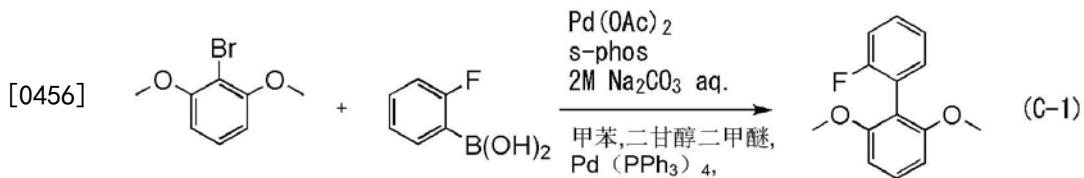
[0451] <步骤1>

[0452] 将10g (46mmol) 的2-溴-1,3-二甲氧基苯、7.2g (51mmol) 的2-氟苯基硼酸、66mL的甲苯、66mL的二乙二醇二甲基醚 (diglyme: 二甘醇二甲醚)、76mL的碳酸钠水溶液 (2.0mol/L) 倒入500mL三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将该混合物加热到80℃。在相同温度下, 对该混合物添加1.1g (0.95mmol) 的四 (三甲基苯基膦) 钯 (0), 进行搅拌5小时。

[0453] 在搅拌之后,将所得到的混合物冷却到室温,然后添加3.2g (23mmol) 的2-氟苯基硼酸、1.0g (0.87mmol) 的四(三甲基苯基膦) 钯(0),对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后在80℃下搅拌该混合物8小时。在搅拌之后,将所得到的混合物冷却到室温,然后添加5.2g (37mmol) 的2-氟苯基硼酸、0.19g (0.46mmol) 的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯、50mg (0.22mmol) 的醋酸钯(II),对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气。在将烧瓶内气氛置换为氮气之后,在80℃下搅拌该混合物4小时。

[0454] 在搅拌之后,将该混合物冷却到室温,并分离为有机层和水层。使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次,混合萃取液和有机层,使用饱和食盐水进行洗涤,使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到浓褐色油状物。利用硅胶柱层析法(作为展开溶剂,利用梯度法从己烷逐渐变为氯仿)对所得到的油状物进行纯化,利用甲苯/己烷进行再结晶,而以78%的收率得到8.4g(36mmol)的目的物的固体。以下述式(C-1)示出上述合成方法的合成方案。

[0455] [化学式55]



[0457] <步骤2>

[0458] 将8.4g (36mmol) 的2' -氟-1,3-二甲氧基-2,1' -联苯、130mL的乙腈倒入300mL锥形烧瓶中,对所得到的溶液添加6.4g (36mmol) 的N-溴代丁二酰亚胺,在室温下搅拌所得到的溶液23.5小时。在搅拌之后,对所得到的溶液添加水和二氯甲烷,将这混合物分离为有机层和水层。

[0459] 使用二氯甲烷对水层进行萃取三次,混合所得到的萃取液和有机层,使用饱和硫代硫酸钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤,使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而以97%的收率得到11g (35mmol) 的目的物的黄色油。以下述式(C-2)示出上述合成方法的合成方案。

[0460] [化学式56]



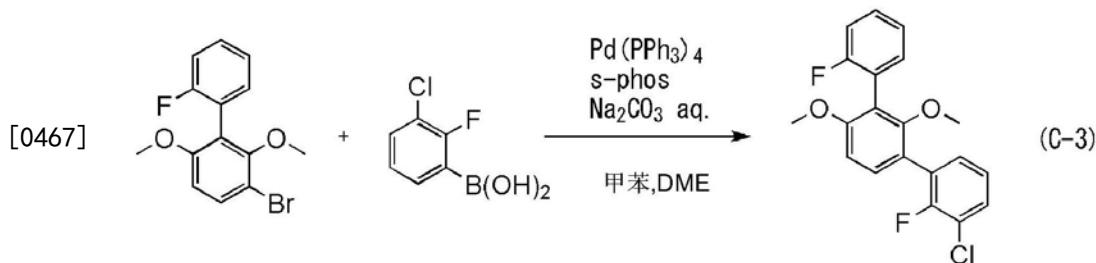
[0462] <步骤3>

[0463] 将11g (35mmol) 的4-溴-2' -氟-1,3-二甲氧基-2,1' -联苯倒入300mL三口烧瓶中,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后添加6.51g (37mmol) 的3-氯-2-氟-苯硼酸、55mL的碳酸钠水溶液 (2.0mol/L)、50mL的甲苯、50mL的乙二醇二甲醚、0.16g (0.39mmol) 的2-二环己基膦基-2',6' -二甲氧基联苯。在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌,以使这混合物脱气。在脱气之后,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后将该混合物加热到80 °C。然后,添加40mg (0.18mmol) 的醋酸钯 (II),在相同温度下进行搅拌2小时。

[0464] 在搅拌之后,将所得到的混合物冷却到室温,然后添加3.4g (19mmol) 的3-氯-2-氟-苯硼酸,将该混合物加热到80 °C。对该混合物添加40mg (0.18mmol) 的醋酸钯 (II),在相同温度下进行搅拌3小时。在搅拌之后,添加0.90g (5.2mmol) 的3-氯-2-氟-苯硼酸和40mg (0.18mmol) 的醋酸钯 (II),将该混合物加热到80 °C,搅拌该混合物7小时。在搅拌之后,将所得到的混合物冷却到室温,然后将该混合物分离为有机层和水层。使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次,混合萃取液和有机层,使用饱和食盐水进行洗涤,使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩所得到的滤液,而得到油状物。

[0465] 利用硅胶柱层析法(展开溶剂为己烷:乙酸乙酯=10:1的混合溶剂)对所得到的油状物进行纯化,利用甲苯/己烷进行再结晶,而得到目的物的固体。利用高效液相层析法(展开溶液为氯仿)对浓缩再结晶的母液而得到的固体进行纯化,利用甲苯/己烷进行再结晶,而得到目的物的固体。以80%的收率总共得到9.9g (28mmol) 的目的物的固体。以下述式(C-3)示出上述合成方法的合成方案。

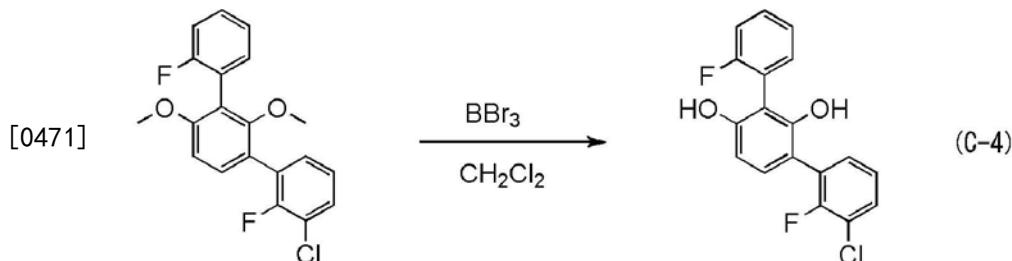
[0466] [化学式57]



[0468] <步骤4>

[0469] 将9.8g (27mmol) 的4- (3-氯-2-氟苯基) -2- (2-氟苯基) -1,3-二甲氧基苯倒入500mL三口烧瓶中, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后添加150mL的脱水二氯甲烷。将所得到的溶液放入冰浴中进行搅拌, 将使用90mL的脱水二氯甲烷稀释70mL (70mmol) 的三溴化硼溶液 (1mol/L二氯甲烷溶液) 而成的溶液滴下到所得到的溶液。在室温下搅拌滴下后得到的溶液15小时。在搅拌之后, 将所得到的溶液放入冰浴中进行冷却, 滴下20mL的甲醇, 再滴下40mL的水。将所得到的混合物分离为有机层和水层, 使用二氯甲烷对所得到的水层进行萃取三次, 混合萃取液和有机层, 使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤, 使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 而得到褐色油状物。利用硅胶柱层析法 (展开溶剂为己烷:乙酸乙酯=8:1的混合溶剂) 对所得到的油状物进行纯化, 利用甲苯/己烷进行再结晶, 而以96%的收率得到8.7g (26mmol) 的目的物的白色固体。以下述式 (C-4) 示出上述合成方法的合成方案。

[0470] [化学式58]

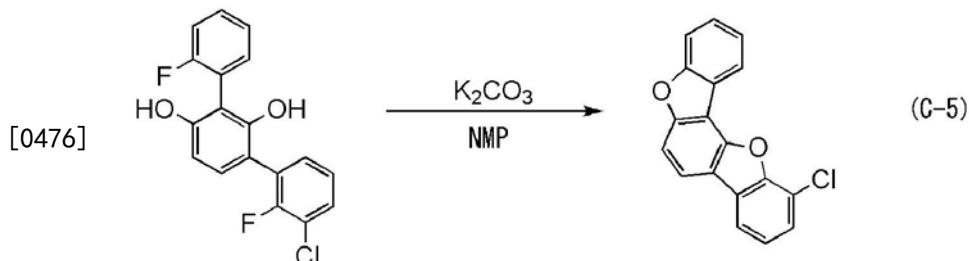


[0472] <步骤5>

[0473] 将8.7g (26mmol) 的4- (3-氯-2-氟苯基) -2- (2-氟苯基) -1,3-二羟基苯、14g (0.10mmol) 的碳酸钾、150mL的N-甲基-2-吡咯烷酮倒入500mL茄形烧瓶中, 在烧瓶中进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后以200 °C搅拌该混合物9小时。在搅拌之后, 将该混合物冷却到室温, 然后添加甲苯、水和盐酸进行搅拌, 将所得到的混合物分离为有机层和水层。

[0474] 使用甲苯对所得到的水层进行萃取三次。混合所得到的萃取液和有机层, 使用碳酸氢钠水溶液和饱和食盐水进行洗涤, 并使用无水硫酸镁进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤, 浓缩所得到的滤液, 得到褐色固体。利用甲苯/己烷使所得到的固体再结晶, 以67%的收率总共得到3.4g (12mmol) 的第一晶体产品和1.6g (5.4mmol) 的第二晶体产品。以下述式 (C-5) 示出上述合成方法的合成方案。

[0475] [化学式59]



[0477] <步骤6>

[0478] 将1.5g (5.2mmol) 的4-氯苯并[1,2-b;5,6-b']双苯并呋喃、2.5g (5.7mmol) 的2-

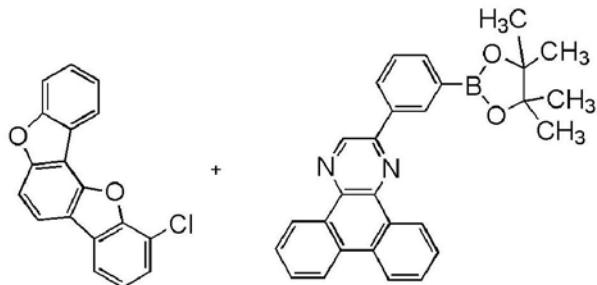
[3 - (2 - 二苯并 [f , h] 噹喔啉) 苯基] - 4 , 4 , 5 , 5 - 四甲基 - 1 , 3 , 2 - 二杂氧戊硼烷 (dioxaborolane)、80mg (0.22mmol) 的二(1-金刚烷) (n-丁基) 脍、1.5mL (16mmol) 的t-丁醇、3.6g (17mmol) 的磷酸钾 (III) 、26mL的二乙二醇二甲醚 (diglyme:二甘醇二甲醚) 倒入100mL 三口烧瓶中, 在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌, 以使这混合物脱气。在脱气之后, 将烧瓶内气氛置换为氮气, 然后将该混合物加热到80℃。

[0479] 对该混合物添加10mg (45μmol) 的醋酸钯 (II) , 在相同温度下进行搅拌4小时。在搅拌之后, 将混合物冷却到室温, 添加10mg (45μmol) 的醋酸钯 (II) , 在100℃下搅拌该混合物7小时。然后, 在将该混合物冷却到室温之后, 添加20mg (89μmol) 的醋酸钯 (II) , 在120℃下进行搅拌4.5小时。在搅拌之后, 将混合物冷却到室温, 然后通过抽滤来收集析出物。

[0480] 使用水和乙醇对所得到的固体进行洗涤。通过加热将所得到的固体溶解于甲苯, 利用硅藻土和矾土对所得到的溶液进行过滤。使用甲苯使通过浓缩所得到的滤液来得到的固体再结晶, 而以46%的收率得到1.4g (2.4mmol) 的目的物的固体。

[0481] 通过利用梯度升华方法对所得到的固体进行升华纯化。在升华纯化中, 在压力为2.8Pa且以10mL/min的流速流过氩气的条件下, 以305℃加热固体20小时。在升华纯化之后, 以77%的回收率得到1.1g的目的物的淡黄色固体。以下述式 (C-6) 示出上述合成方法的合成方案。

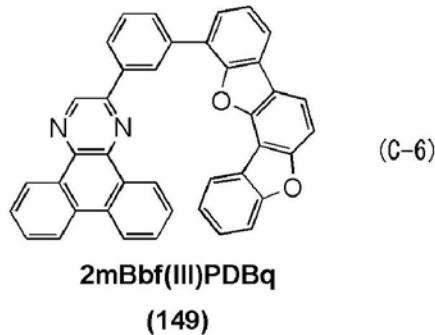
[0482] [化学式60]



[0483]

Pd (OAc)₂
二(1-金刚烷) (n-丁基) 脍
t-BuOH
K₃PO₄

二甘醇二甲醚



[0484] 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。另外, 图19A和图19B示出¹H-NMR谱。根据该结果可知, 在本合成例子3中, 得到以上述结构式 (149) 表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mBbf (III) PDBq。

[0485] ¹H-NMR (四氯乙烷-d₂, 500MHz) : δ = 7.29 (t, J = 7.5Hz, 1H) , 7.50 (t, J = 7.5Hz, 1H) , 7.62-7.73 (m, 4H) , 7.80-7.89 (m, 4H) , 7.92 (t, J = 7.5Hz, 1H) , 8.12 (d, J = 7.5Hz, 1H) , 8.15 (d, J = 8.5Hz, 1H) , 8.29 (d, J = 7.5Hz, 2H) , 8.54 (d, J = 8.0Hz, 1H) , 8.70 (t, J = 8.0Hz, 2H) , 9.15 (s, 1H) , 9.36 (d, J = 7.5Hz, 1H) , 9.48 (d, J = 7.5Hz, 1H) , 9.65 (s, 1H) 。

[0486] 接着,测量2mBbf (III) PDBq的甲苯溶液及固体薄膜的紫外·可见吸收光谱(以下简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。通过真空蒸镀法在石英衬底上制造固体薄膜。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20A示出所得到的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。图20B示出固体薄膜的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。

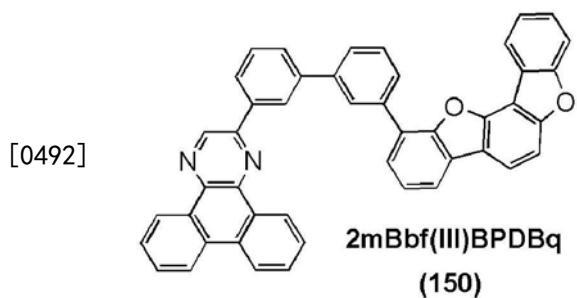
[0487] 根据图20A的结果可知,在是2mBbf (III) PDBq的甲苯溶液的情况下,在281nm及376nm附近观察到吸收峰值,在394nm及407nm附近观察到发光波长的峰值。根据图20B的结果可知,在是2mBbf (III) PDBq的固体薄膜的情况下,在266nm及384nm附近观察到吸收峰值,在429nm附近观察到发光波长的峰值。

[0488] 实施例4

[0489] 《合成例子4》

[0490] 在本实施例中,说明本发明的一个方式的杂环化合物2-[3'-(苯并[1,2-b:5,6-b']双苯并呋喃-4-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf (III) BPDBq)(结构式(150))的合成方法。以下示出2mBbf (III) BPDBq的结构。

[0491] [化学式61]



[0493] <2mBbf (III) BPDBq的合成>

[0494] <步骤1>

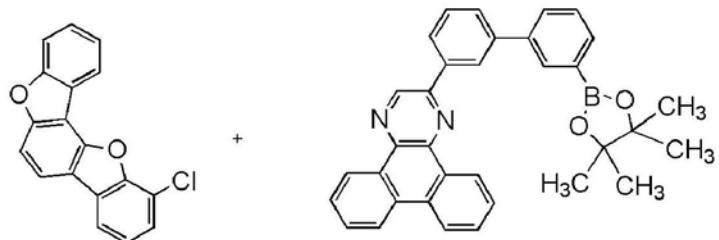
[0495] 将1.5g (2.8mmol) 的4-氯苯并[1,2-b;5,6-b']双苯并呋喃、1.4g (3.2mmol) 的2-[3'-(2-二苯并[f,h]喹喔啉)-1,1'-联苯-3-基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二杂氧戊硼烷(dioxaborolane)、60mg (0.17mmol) 的二(1-金刚烷)(n-丁基)膦、1mL的t-丁醇、1.7g (8.2mmol) 的磷酸钾(III)、15mL的二乙二醇二甲醚(diglyme:二甘醇二甲醚)倒入200mL三口烧瓶中,在对烧瓶的内部进行减压的同时进行搅拌,以使这混合物脱气。

[0496] 在脱气之后,将烧瓶内气氛置换为氮气,然后将混合物加热到80℃。在加热之后,对该混合物添加10mg (45μmol) 的醋酸钯(II),在相同温度下进行搅拌6小时。在搅拌之后,将所得到的混合物冷却到室温,添加10mg (45μmol) 的醋酸钯(II),在120℃下搅拌该混合物4.5小时,然后在140℃下进行搅拌3小时。在搅拌之后,将混合物冷却到室温,然后通过抽滤来收集析出的固体。使用水和乙醇对所得到的固体进行洗涤,而以86%的收率得到1.6g (2.4mmol) 的目的物的淡褐色固体。

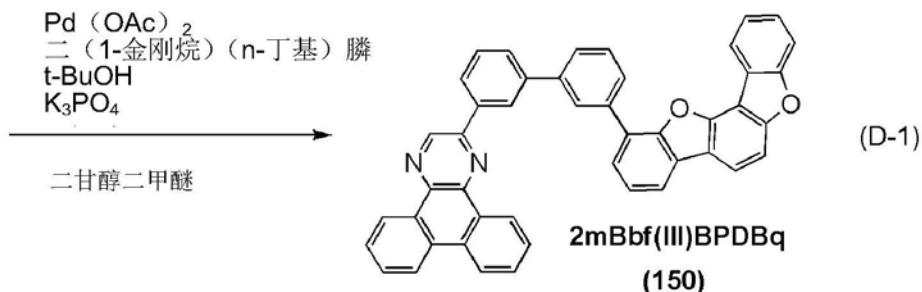
[0497] 通过利用梯度升华方法对所得到的1.49g的固体进行升华纯化。在升华纯化中,在压力为5.1Pa且以15mL/min的流速流过氩气的条件下,以350℃加热固体15小时。在升华纯化之后,以76%的回收率得到1.1g的目的物的淡黄色固体。以下述式(D-1)示出上述合成方

法的合成方案。

[0498] [化学式62]



[0499]



[0500] 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。另外,图21A和图21B示出¹H-NMR谱。根据该结果可知,在本合成例子4中,得到以上述结构式(150)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mBbf(III)BPDBq。

[0501] ¹H-NMR(四氯乙烷-d₂,500MHz):δ=7.20(t,J=7.5Hz,1H),7.31(t,J=7.5Hz,1H),7.50(d,J=7.5Hz,1H),7.58(t,J=7.5Hz,2H),7.65(d,J=7.5Hz,1H),7.75-7.84(m,6H),7.93(d,J=7.5Hz,1H),8.03(d,J=7.5Hz,1H),8.07(d,J=7.5Hz,1H),8.12(t,J=7.5Hz,2H),8.20(d,J=7.5Hz,1H),8.38(d,J=7.5Hz,1H),8.62-8.66(m,3H),8.82(s,1H),9.27(d,J=7.5Hz,1H),9.32(d,J=7.5Hz,1H),9.49(s,1H)。

[0502] 接着,测量2mBbf(III)BPDBq的甲苯溶液及固体薄膜的紫外·可见吸收光谱(以下简称“吸收光谱”)及发射光谱。通过真空蒸镀法在石英衬底上制造固体薄膜。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22A示出所得到的甲苯溶液的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。图22B示出固体薄膜的吸收光谱和发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度。

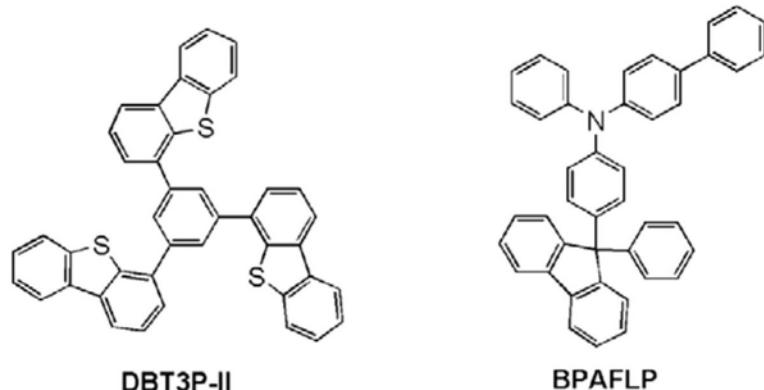
[0503] 根据图22A的结果可知,在是2mBbf(III)BPDBq的甲苯溶液的情况下,在264nm及385nm附近观察到吸收峰值,在391nm及407nm附近观察到发光波长的峰值。根据图22B的结果可知,在是2mBbf(III)BPDBq的固体薄膜的情况下,在264nm及385nm附近观察到吸收峰值,在425nm附近观察到发光波长的峰值。

[0504] 实施例5

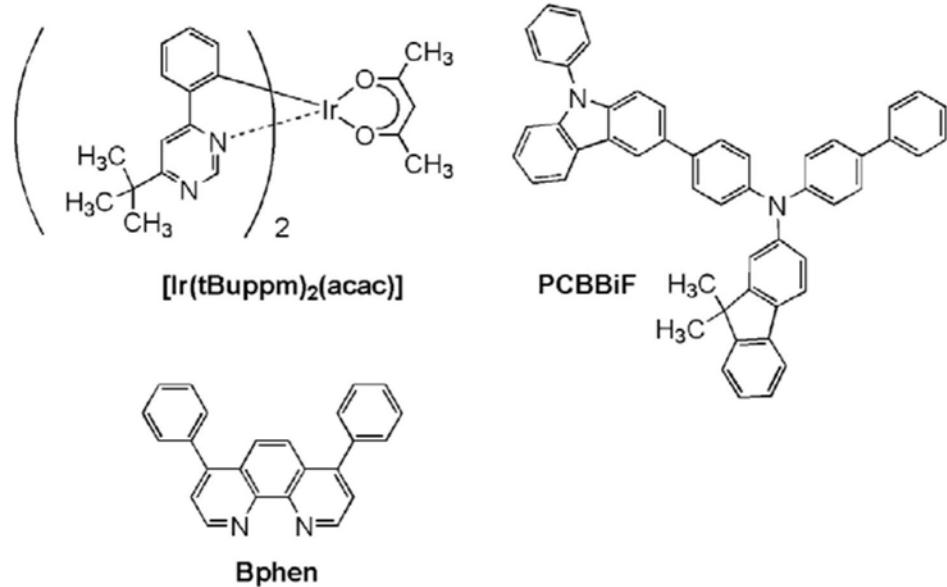
[0505] 在本实施例中,制造使用本发明的一个方式的杂环化合物2mBbfPDBq(结构式(101))的发光元件1、使用本发明的一个方式的杂环化合物2mBbf(II)PDBq(结构式(107))的发光元件2、使用本发明的一个方式的杂环化合物2mBbf(III)PDBq(结构式(149))的发光元件3、使用本发明的一个方式的杂环化合物2mBbf(III)BPDBq(结构式(150))的发光元件4。并且,为了进行比较,使用具有二苯并噻吩结构的2mDBTBPDBq-II的对比发光元件5。使用

图23说明发光元件1至发光元件4、对比发光元件5的制造。以下,示出在本实施例中使用的材料的化学式。

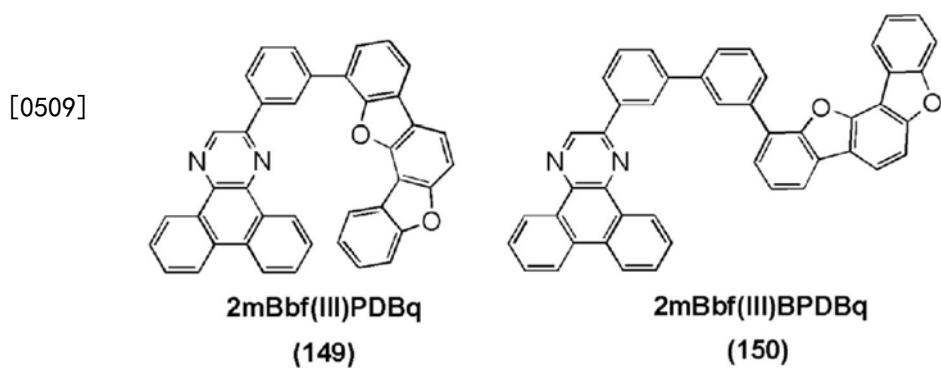
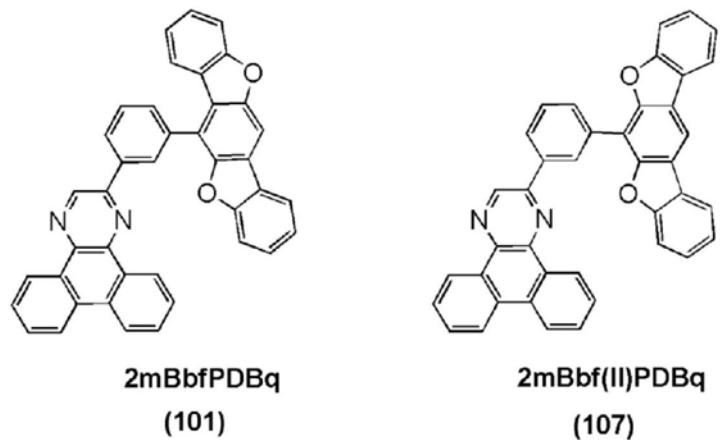
[0506] [化学式63]



[0507]



[0508] [化学式64]



[0510] 《发光元件1至发光元件4、对比发光元件5的制造》

[0511] 首先,在玻璃衬底900上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITO)的膜,由此形成被用作阳极的第一电极901。另外,将厚度设定为110nm,并且将电极面积设定为2mm×2mm。

[0512] 接着,作为用来在衬底900上形成发光元件1的预处理,使用水对衬底表面进行洗涤,并以200℃进行1小时的焙烧,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0513] 然后,将衬底放入到其内部被减压到10⁻⁴Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底900进行30分钟左右的冷却。

[0514] 接着,以使形成有第一电极901的面朝下的方式将衬底900固定到设置于真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,说明通过真空蒸镀法依次形成构成EL层902的空穴注入层911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914及电子注入层915的情况。

[0515] 在将真空蒸镀装置的内部减压到10⁻⁴Pa之后,通过将1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)及氧化钼以DBT3P-II:氧化钼=4:2(质量比)的比例共蒸镀,从而在第

一电极901上形成空穴注入层911。将其厚度设定为20nm。注意,共蒸镀是指使多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0516] 接着,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)来形成空穴传输层912。

[0517] 接着,在空穴传输层912上形成发光层913。

[0518] 在是发光元件1的情况下,共蒸镀2-[3-(苯并[1,2-b:4,5-b']双苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbfPDBq)、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)和[Ir(tBuppm)₂(acac)],以满足2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的关系。将其厚度设定为20nm。并且,以厚度为20nm的方式进行共蒸镀,以满足2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的关系,由此形成具有叠层结构的40nm厚的发光层913。

[0519] 在是发光元件2的情况下,以厚度为20nm的方式共蒸镀2-[3-(苯并[1,2-b:5,4-b']双苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(II)PDBq)、PCBBiF和[Ir(tBuppm)₂(acac)],以满足2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的关系,然后以厚度为20nm的方式进行共蒸镀,以满足2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的关系,由此形成具有叠层结构的40nm厚的发光层913。

[0520] 在是发光元件3的情况下,以厚度为20nm的方式共蒸镀2-[3-(苯并[1,2-b:5,6-b']双苯并呋喃-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(III)PDBq)、PCBBiF和[Ir(tBuppm)₂(acac)],以满足2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的关系,然后以厚度为20nm的方式进行共蒸镀,以满足2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的关系,由此形成具有叠层结构的40nm厚的发光层913。

[0521] 在是发光元件4的情况下,以厚度为20nm的方式共蒸镀2-[3'-(苯并[1,2-b:5,6-b']双苯并呋喃-4-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(III)BPDBq)、PCBBiF和[Ir(tBuppm)₂(acac)],以满足2mBbf(III)BPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(质量比)的关系,然后以厚度为20nm的方式进行共蒸镀,以满足2mBbf(III)BPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的关系,由此形成具有叠层结构的40nm厚的发光层913。

[0522] 在是对比发光元件5的情况下,以厚度为20nm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和[Ir(tBuppm)₂(acac)],以满足2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05的关系,然后以厚度为20nm的方式进行共蒸镀,以满足2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(质量比)的关系,由此形成具有叠层结构的40nm厚的发光层913。

[0523] 接着,在是发光元件1的情况下,在发光层913上蒸镀20nm厚的2mBbfPDBq,然后蒸镀10nm的Bphen来形成电子传输层914。在是发光元件2的情况下,在发光层913上蒸镀20nm厚的2mBbf(II)PDBq,然后蒸镀10nm的Bphen来形成电子传输层914。在是发光元件3的情况下,在发光层913上蒸镀20nm厚的2mBbf(III)PDBq,然后蒸镀10nm的Bphen来形成电子传输层914。在是发光元件4的情况下,在发光层913上蒸镀20nm厚的2mBbf(III)BPDBq,然后蒸镀

10nm的Bphen来形成电子传输层914。

[0524] 并且,在发光元件1至发光元件4的电子传输层914上以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂来形成电子注入层915。

[0525] 最后,在电子注入层915上以厚度为200nm的方式蒸镀铝来形成被用作阴极的第二电极903,以得到发光元件1至发光元件4。注意,在上述蒸镀过程中,蒸镀都利用电阻加热法进行。

[0526] 表1示出通过上述步骤得到的发光元件1至发光元件4、对比发光元件5的元件结构。

[0527] [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
[0528]	发光元件1 ITO (110nm)	DBT3P-II :Mo0x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mBbfPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) (200nm)
	发光元件2 ITO (110nm)	DBT3P-II :Mo0x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mBbf(II)PDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) (200nm)
	发光元件3 ITO (110nm)	DBT3P-II :Mo0x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mBbf(III)PDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) (200nm)
	发光元件4 ITO (110nm)	DBT3P-II :Mo0x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	****	2mBbf(III)BPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) (200nm)
	对比发光元件5 ITO (110nm)	DBT3P-II :Mo0x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm) (200nm)

[0529] *2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0530] **2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0531] ***2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0532] ****2mBbf(III)BPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0533] *****2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0534] 此外,以使发光元件不暴露于大气的方式在氮气氛的手套箱中密封所制造的发光元件1至发光元件4、对比发光元件5(将密封材料涂敷于元件的周围,并且在密封时进行UV处理并以80℃进行1小时的热处理)。

[0535] 《发光元件1至发光元件4、对比发光元件5的工作特性》

[0536] 对所制造的发光元件1至发光元件4的工作特性进行测量。另外,在室温(保持为25℃的气氛)下进行测量。

[0537] 图24、图25、图26和图27分别示出发光元件1至发光元件4的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性和电压-电流特性。

[0538] 此外,下面的表2示出1000cd/m²附近的发光元件1至发光元件4、对比发光元件5的主要初始特性值。确认到对比发光元件5具有与发光元件1至发光元件4相同程度的良好初始特性。

[0539] [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 (%)
[0540]	发光元件 1	2.9	0.041	1	(0.42, 0.57)	1200	110	120
	发光元件 2	3.3	0.047	1.2	(0.42, 0.57)	1100	90	86
	发光元件 3	3.1	0.047	1.2	(0.42, 0.57)	1200	100	100
	发光元件 4	3.0	0.042	1.1	(0.43, 0.56)	1100	100	110
	对比发光 元件 5	3.0	0.039	1.0	(0.42, 0.57)	1000	100	110

[0541] 此外,图28示出以25mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件1至发光元件4时的发射光谱。如图28所示那样,发光元件1至发光元件4的发射光谱在546nm附近具有峰值,可知该光谱来源于用于各发光元件的EL层的有机金属配合物[$\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$]的绿色发光。确认到对比发光元件5的发射光谱是与发光元件1至发光元件4同样的来源于[$\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$]的绿色发光的。

[0542] 接着,进行发光元件1至发光元件4的可靠性测试。图29示出可靠性测试的结果。在图29中,纵轴表示起始亮度为100%时的归一化亮度(%),而横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试中,在将初始亮度设定为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下,驱动发光元件1至发光元件4。

[0543] 发光元件1至发光元件4都使用本发明的一个方式的杂环化合物,因此根据图29所示的结果可知,所有发光元件具有高可靠性。由此可知,通过使用本发明的一个方式的杂环化合物,可以实现发光元件的长使用寿命化。

[0544] 另外,进行发光元件1至发光元件3、对比发光元件5的保存测试。在保存测试中,不使各发光元件驱动并将它们保存于保持为100℃的恒温槽中。在经过指定的时间后,测量工作特性。从恒温槽取出发光元件之后在室温(保持为25℃的气氛)下测定工作特性。

[0545] 图30示出发光元件1至发光元件3、对比发光元件5的随着时间经过的外部量子效率的测量结果。根据其结果可知,即使在100℃下长时间保持本发明的一个方式的发光元件1至发光元件3,发光元件1至发光元件3可以保持初始的外部量子效率,并保持高的耐热性。另一方面,观察到对比发光元件5的外部量子效率在10小时左右内大幅度地降低。

[0546] 用于发光元件1的2mBbfPDBq、用于发光元件2的2mBbf(II)PDBq以及用于发光元件3的2mBbf(III)PDBq的分子量都是562,用于对比发光元件5的2mDBTPDBq-II的分子量为564。就是说,虽然在保存测试中使用的发光元件各自的分子量是相同程度的,但是观察到发光元件1至发光元件3与对比发光元件5之间的100℃保存测试中的耐热性有很大的差异。

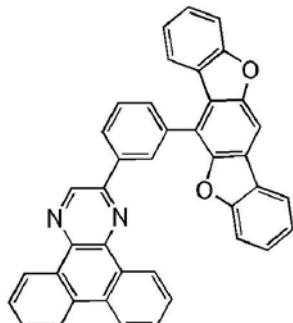
[0547] 发光元件1至发光元件3与对比发光元件5之间的差异为:发光元件1至发光元件3在分子结构上具有如下特征,即具有稠合芳香环的苯并双苯并呋喃。保存测试中的耐热性的差异起因于该分子结构,可知即使不增大分子量也可以得到具有非常高的耐热性的化合物及发光元件,并使用稠合环的效果很大。

[0548] 实施例6

[0549] 在本实施例中,利用循环伏安法(CV)测量计算出以下述结构式(101)所示的本发明的一个方式的杂环化合物2-[3-(苯并[1,2-b:4,5-b']双苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbfPDBq)的HOMO能级和LUMO能级。

[0550] [化学式65]

[0551]



2mBbfPDBq

(101)

[0552] 作为测量装置,使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造的ALS型号600A或600C)。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:227056),将作为支持电解质(supporting electrolyte)的高氯酸四正丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$,由东京化成工业株式会社制造,目录号码:T0836)溶解于溶剂并使高氯酸四正丁基铵的浓度为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(由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(由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℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位 E_a [V]及还原电位 E_c [V]。 E_a 为氧化-还原波之间的中间电位, E_c 为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此利用HOMO能级[eV] = -4.94 - E_a 、LUMO能级[eV] = -4.94 - E_c 这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。反复进行CV测量100次,比较第100次测量中的氧化-还原波与第1次测量中的氧化-还原波,来调查化合物的电性稳定性。

[0553] 其结果是,在2mBbfPDBq的氧化电位 E_a [V]的测量中,在0.2eV至1.5eV的范围内没有得到明显的氧化峰。另一方面,可知LUMO能级为-2.97eV。在还原-氧化波的反复测量中,100次循环后的氧化-还原波的峰强度保持第1次循环的氧化-还原波的73%,因此可以确认到2mBbfPDBq的耐还原性非常高。

[0554] 另外,对2mBbfPDBq进行热重-差热分析(TG-DTA:Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在测量中,使用高真空差式型差热天平(由Bruker AXS公司制造,TG-DTA 2410SA)。当在氮气流(流量为200mL/min)和常压下,以10℃/min的升温速率进行测量时,从重量和温度之间的关系(热重)可知2mBbfPDBq的5%失重温度为442℃左右。这表示2mBbfPDBq的耐热性高。

[0555] 另外,使用由PerkinElmer, Inc.制造的Pyris 1DSC进行差示扫描量热计(DSC测量)。在差示扫描量热计中,连续地进行如下操作两次,而采用第二次的测量结果:以50℃/分钟的升温速度从-10℃升温到370℃,然后在相同温度下保持1分钟,接着,以50℃/分钟的

降温速度从370℃降温到-10℃。根据DSC测量可知2mBbfPDBq的玻璃化转变温度为147℃, 2mBbfPDBq是具有高的耐热性的化合物。

[0556] 接着, 利用液相色谱-质谱联用分析 (Liquid Chromatography Mass Spectrometry; 简称:LC/MS分析) 对在本实施例中得到的2mBbfPDBq进行质谱分析。

[0557] 在LC/MS分析中, 利用沃特世 (Waters) 公司制造的Acquity UPLC (注册商标) 进行 LC (液相层析) 分离, 并利用沃特世公司制造的Xevo G2 Tof MS进行MS分析 (质量分析)。在 LC 分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$), 柱温为40℃。在流动相中, 作为流动相A使用乙腈, 作为流动相B使用0.1% 甲酸水溶液。另外, 作为样品, 将任意浓度的2mBbfPDBq溶解于N-甲基-2-吡咯烷酮中, 并且利用乙腈稀释来调节, 将注入量设定为5.0 μL 。

[0558] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法, 测量开始后过了0分钟至1分钟时的比例为流动相A:流动相B=65:35, 然后改变组成, 测量开始后过了10分钟时的比例为流动相A:流动相B=95:5, 总和分析时间为10分钟。线性地改变组成。

[0559] 在MS分析中, 通过电喷雾电离 (ElectroSpray Ionization, 简称:ESI) 法进行离子化。将毛细管电压设定为3.0kV, 将样品锥孔电压设定为30V, 并且以正模式进行检测。另外, 所检测的质量范围是 m/z =100至1200。

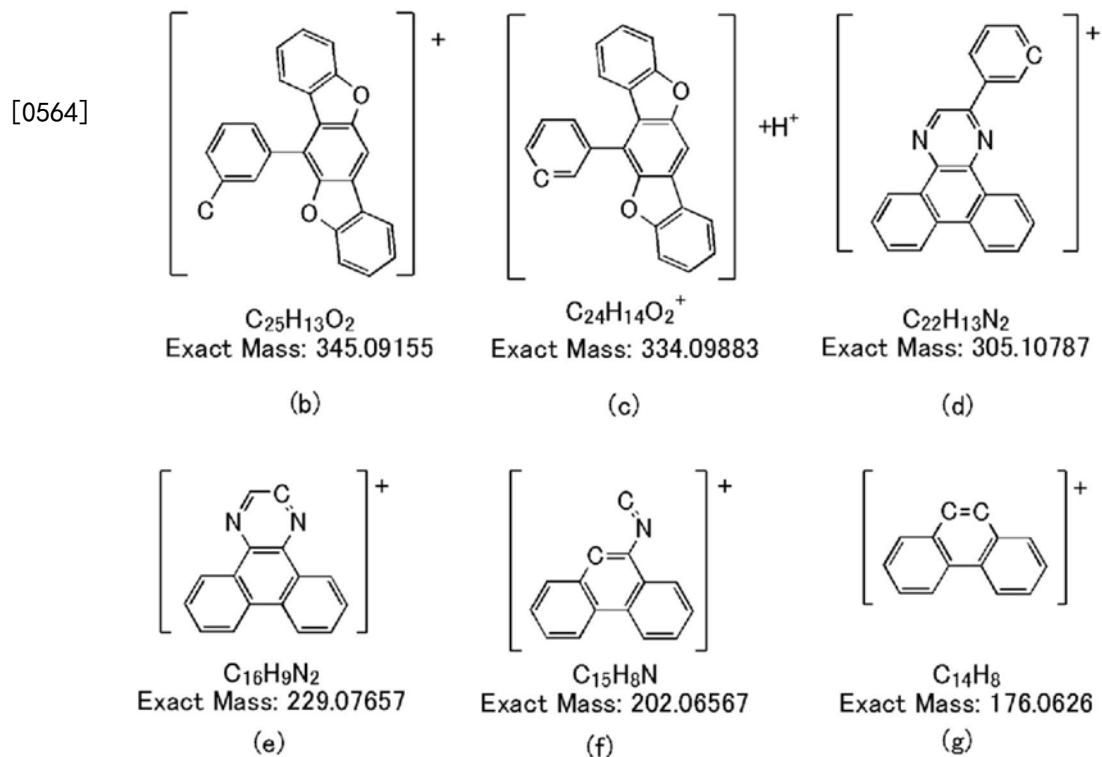
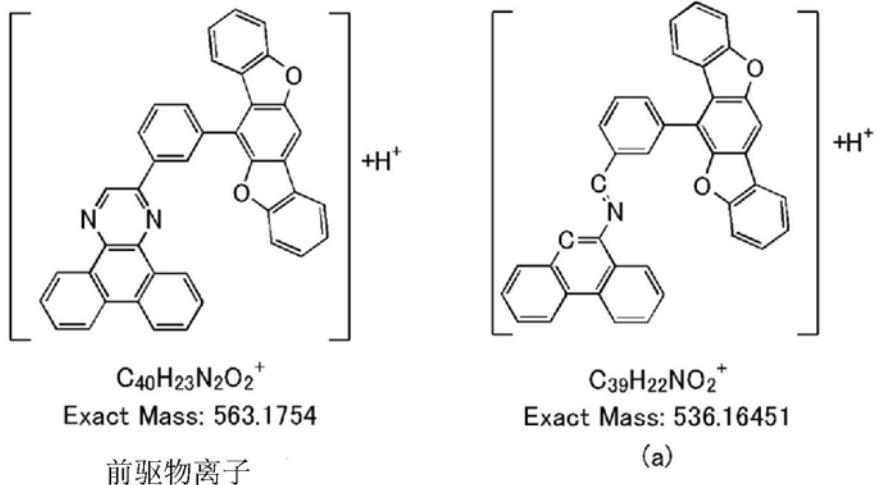
[0560] 当在以上的条件下进行LC/MS测量时, 以质量电荷比 (m/z) = 563.175 ($[\text{M}+\text{H}^+]$ 、2mBbfPDBq的理论值=562.175) 检测出来源于2mBbfPDBq的离子。接着, 将质量电荷比 (m/z) = 563.175的离子 (前驱物离子) 在碰撞室 (collision cell) 内碰撞到氩气体来使其离解。使前驱物离子碰撞到氩时的能量 (碰撞能量: collision energy) 为50eV及70eV。图31示出利用飞行时间质谱 (TOF) 型检测仪检测的碰撞能量为50eV时的因前驱物离子和氩气体的碰撞而生成的子离子的质谱, 图32示出碰撞能量70eV时的质谱。

[0561] 从图31所示的结果可知, 主要在 m/z =536.165附近、 m/z =345.091附近、 m/z =334.098附近、 m/z =305.096附近、 m/z =229.076附近、 m/z =202.066附近、 m/z =177.070附近检测出以结构式 (101) 表示的2mBbfPDBq的子离子。从图32所示的结果可知, 在碰撞能量 70eV 的测量中, 主要在 m/z =305.096附近、 m/z =229.077附近、 m/z =202.066附近、 m/z =176.063附近检测出以结构式 (101) 表示的2mBbfPDBq的子离子。另外, 由于图31和图32所示的结果示出来源于2mBbfPDBq的典型的结果, 所以可以说是确定包含于混合物中的2mBbfPDBq时的重要数据。

[0562] 可推测 m/z =536.165附近的子离子是下述式 (a) 所示的结构式 (101) 的化合物中的二苯并 [f,h] 喹喔啉的包含氮的环裂开而成的结构。另外, 可推测: m/z =345.091附近的子离子是下述式 (b) 所示的来源于在结构式 (101) 的化合物中的二苯并 [f,h] 喹喔啉的2位处键合裂开而生成的二苯并 [f,h] 喹喔啉; m/z =334.098附近的子离子是下述式 (c) 所示的来源于在结构式 (101) 的化合物中的二苯并 [f,h] 喹喔啉的2位处键合裂开而生成的6-苯基苯并 [1,2-b:4,5-b'] 双苯并呋喃; m/z =305.096附近的子离子是下述式 (d) 所示的来源于在结构式 (101) 的化合物中的苯并 [1,2-b:4,5-b'] 双苯并呋喃的6位处键合裂开而生成的2-苯基二苯并 [f,h] 喹喔啉; m/z =229.076附近的子离子是下述式 (e) 所示的来源于在结构式 (101) 的化合物中的二苯并 [f,h] 喹喔啉的2位处键合裂开而生成的二苯并 [f,h] 喹喔啉; m/z =202.066附近的子离子是下述式 (f) 所示的 m/z =536.165附近的子离子进一步裂开而

生成的离子; $m/z=177.070$ 附近的子离子是下述式 (g) 所示的 $m/z=536.165$ 附近的子离子进一步裂开而生成的离子。尤其是, 在结构式 (101) 的化合物中, 二苯并 [f, h] 噻喔啉的包含两个氮的环裂开而生成的离子的以式 (a) 表示的离子、以及环和环之间的键合裂开而生成的离子的以式 (b) 至式 (d) 表示的离子是 $2mBbfPDBq$ 的特征之一, 所以可以说是确定包含于混合物中的 $2mBbfPDBq$ 时的重要数据。

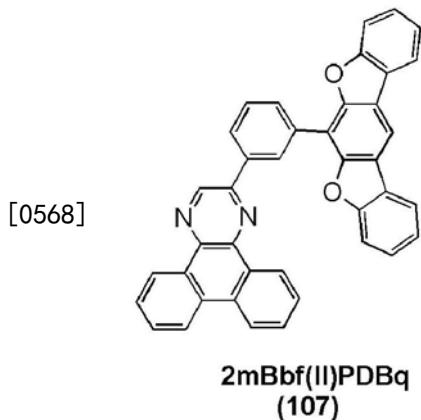
[0563] [化学式66]



[0565] 实施例7

[0566] 在本实施例中, 利用循环伏安法 (CV) 计算出以下述结构式 (107) 表示的本发明的一个方式的杂环化合物 $2-[3-(\text{苯并}[1,2-b:5,4-b']\text{双苯并呋喃-6-基})\text{苯基}]\text{二苯并}[f,h]\text{噻喔啉}$ (简称: $2mBbf$ (II) $PDBq$) 的HOMO能级及LUMO能级。以下, 示出计算方法。

[0567] [化学式67]



[0569] 利用循环伏安法(CV)计算出2mBbf(II)PDBq的HOMO能级及LUMO能级。CV测量的方法、HOMO能级及LUMO能级的计算方法与实施例6相同。

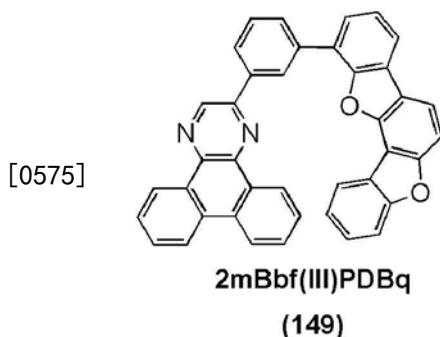
[0570] 其结果是,在2mBbf(II)PDBq的氧化电位Ea[V]的测量中,在-0.2eV至1.5eV的范围内没有得到明显的氧化峰。另一方面,可知LUMO能级为-2.94eV。在还原-氧化波的反复测量中,100次循环后的还原-氧化波的峰强度保持第1次循环的还原-氧化波的87%,因此可以确认到2mBbf(II)PDBq的耐还原性非常高。

[0571] 另外,对2mBbf(II)PDBq进行热重-差热分析。分析方法与实施例6相同。根据测量结果可知,2mBbf(II)PDBq的5%失重温度为459℃左右。这表示2mBbf(II)PDBq的耐热性高。

[0572] 实施例8

[0573] 在本实施例中,利用循环伏安法(CV)计算出以下述结构式(149)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2-[3-(苯并[1,2-b:5,6-b']双苯并呋喃-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(III)PDBq)的HOMO能级及LUMO能级。以下,示出计算方法。

[0574] [化学式68]



[0576] 利用循环伏安法(CV)计算出2mBbf(III)PDBq的HOMO能级及LUMO能级。CV测量的方法、HOMO能级及LUMO能级的计算方法与实施例6相同。

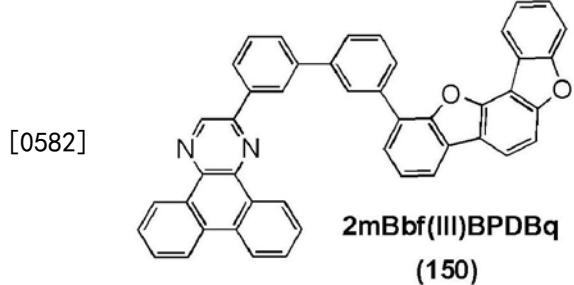
[0577] 其结果是,在2mBbf(III)PDBq的氧化电位Ea[V]的测量中,在0eV至1.5eV的范围内没有得到明显的氧化峰。另一方面,可知LUMO能级为-2.95eV。在还原-氧化波的反复测量中,100次循环后的还原-氧化波的峰强度保持第1次循环的还原-氧化波的79%,因此可以确认到2mBbf(III)PDBq的耐还原性非常高。

[0578] 另外,对2mBbf(III)PDBq进行热重-差热分析。分析方法与实施例6相同。根据测量结果可知,2mBbf(III)PDBq的5%失重温度为454℃左右。这表示2mBbf(III)PDBq的耐热性高。

[0579] 实施例9

[0580] 在本实施例中,利用循环伏安法(CV)计算出以下述结构式(150)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2-[3'-(苯并[1,2-b:5,6-b']双苯并呋喃-4-基)-1,1'-联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mBbf(III)BPDBq)的HOMO能级及LUMO能级。以下,示出计算方法

[0581] [化学式69]



[0583] 利用循环伏安法(CV)计算出2mBbf(III)BPDBq的HOMO能级及LUMO能级。CV测量的方法、HOMO能级及LUMO能级的计算方法与实施例6相同。

[0584] 其结果是,在2mBbf(III)BPDBq的氧化电位Ea[V]的测量中,在0.1eV至1.5eV的范围内没有得到明显的氧化峰。另一方面,可知LUMO能级为-2.98eV。在氧化-还原波的反复测量中,100次循环后的氧化-还原波的峰强度保持第1次循环的氧化-还原波的71%,因此可以确认到2mBbf(III)BPDBq的耐还原性非常高。

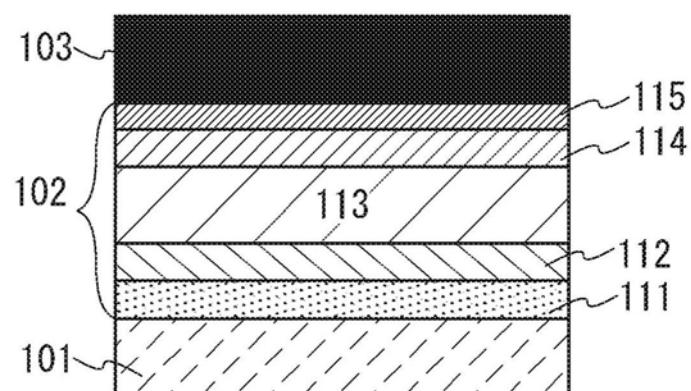


图1A

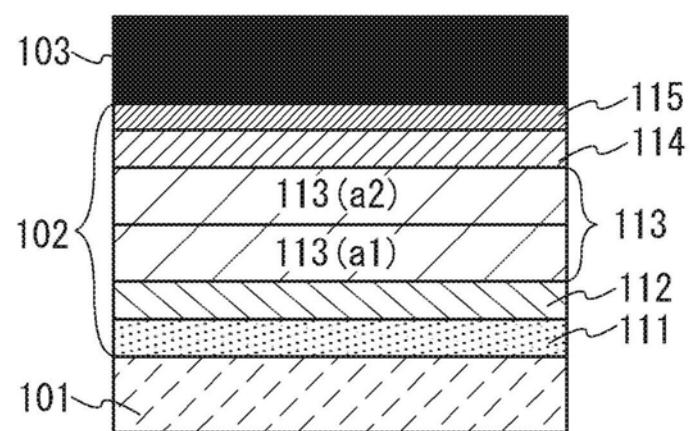


图1B

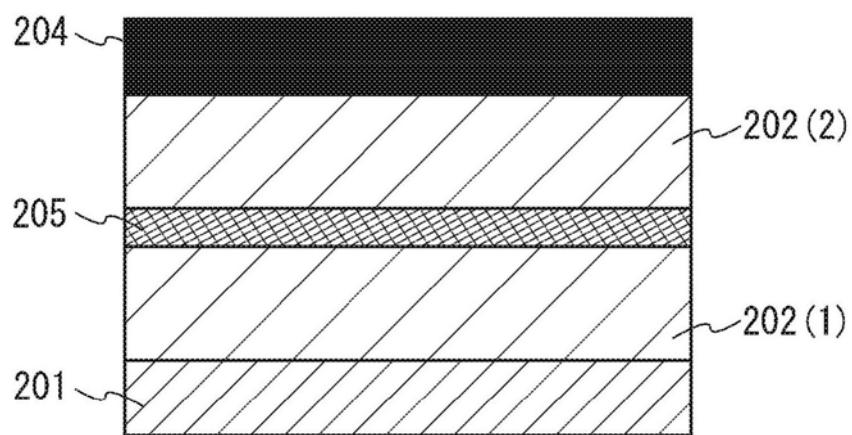


图2A

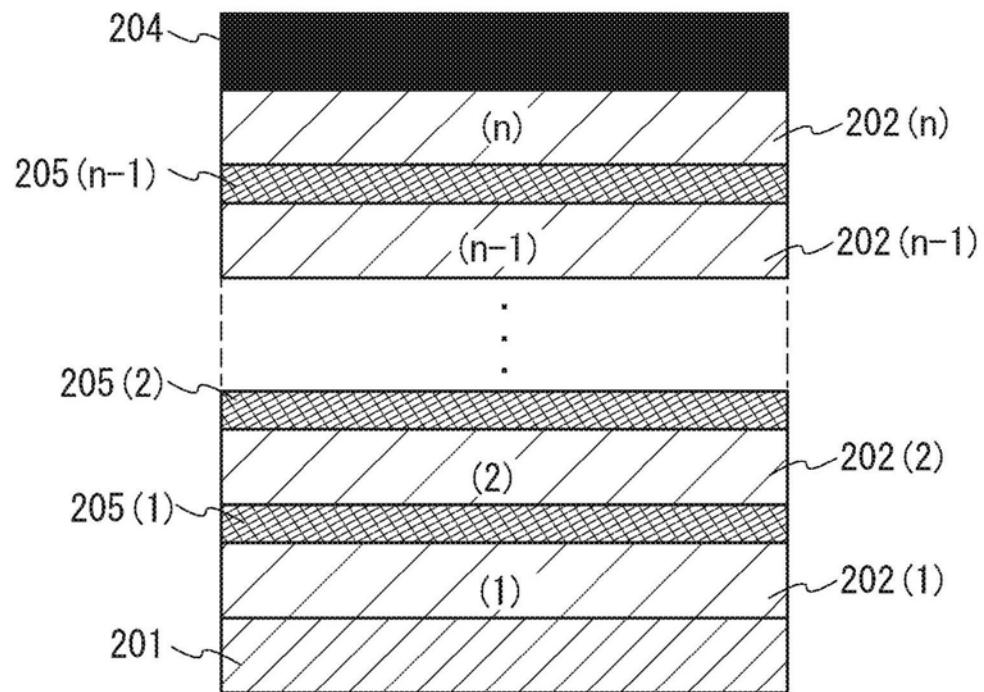


图2B

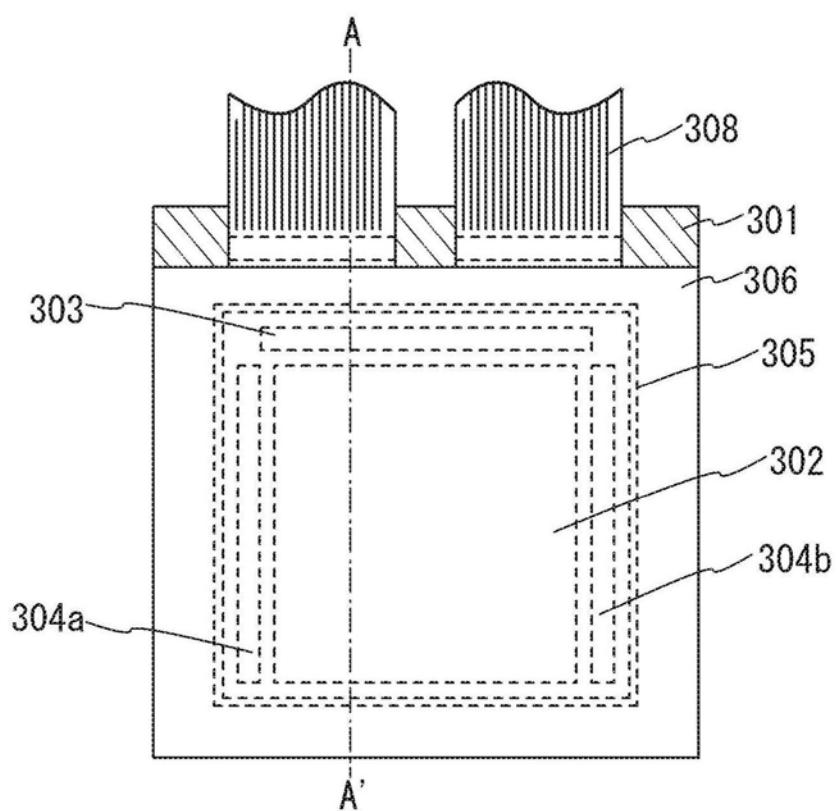


图3A

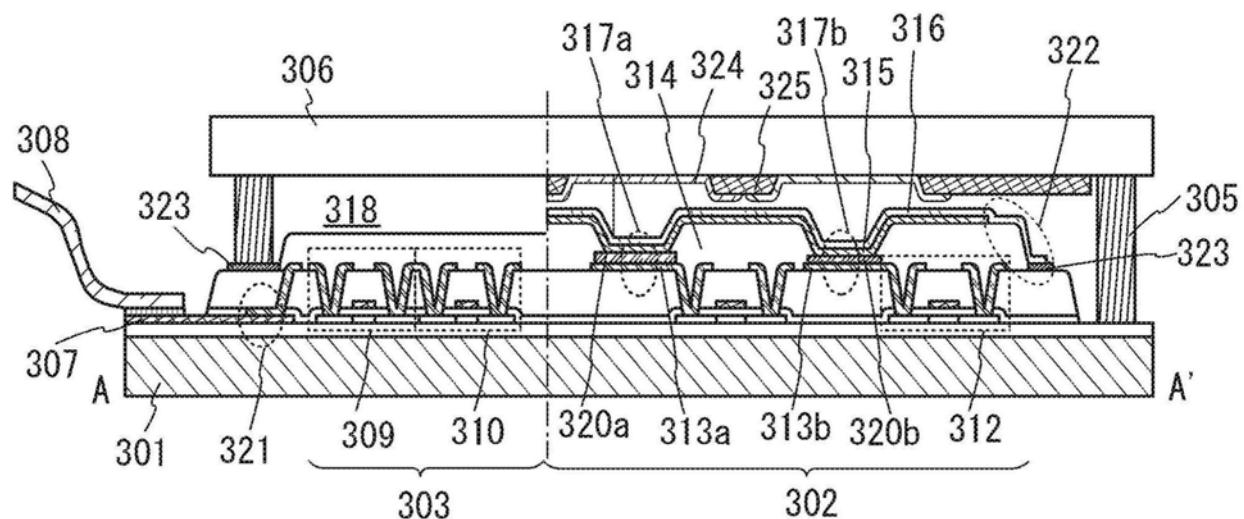


图3B

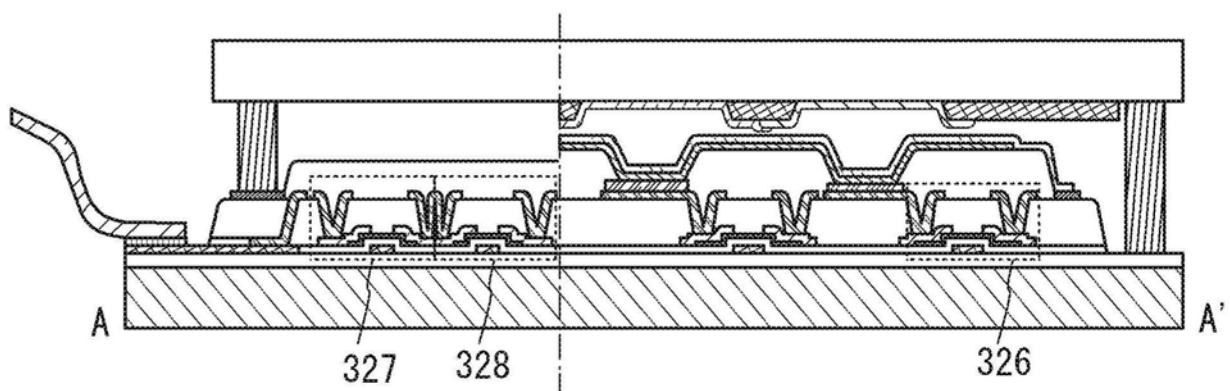


图3C

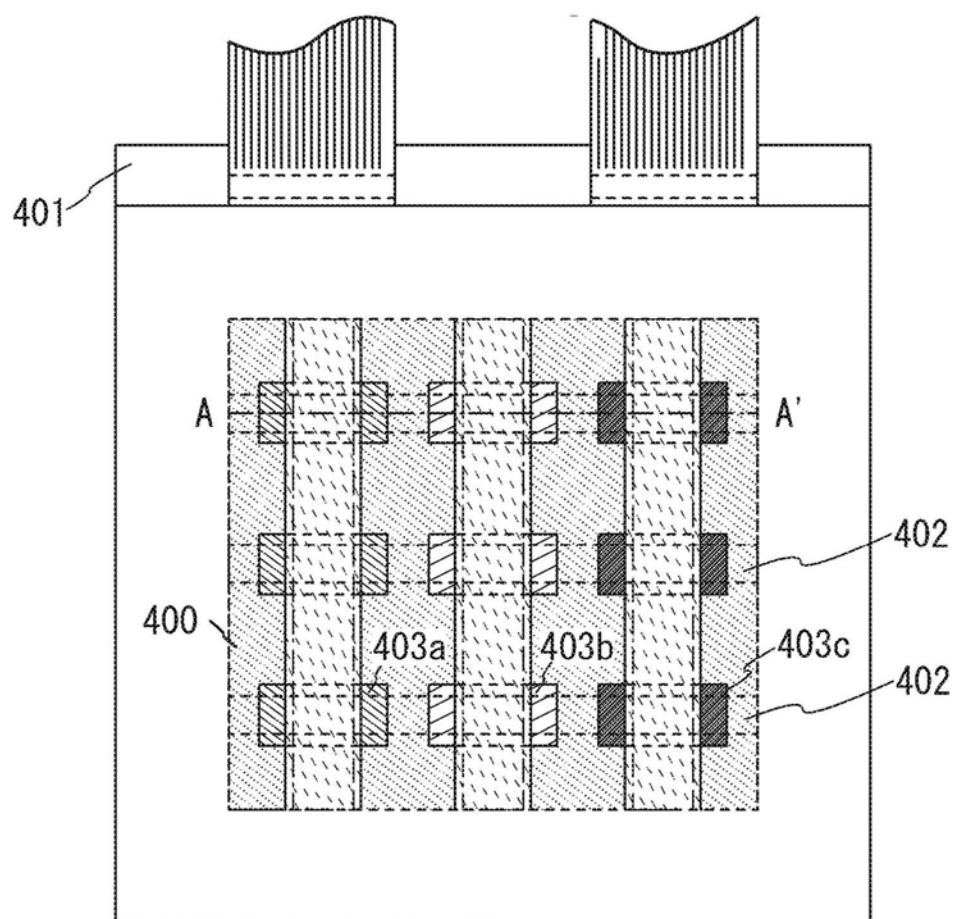


图4A

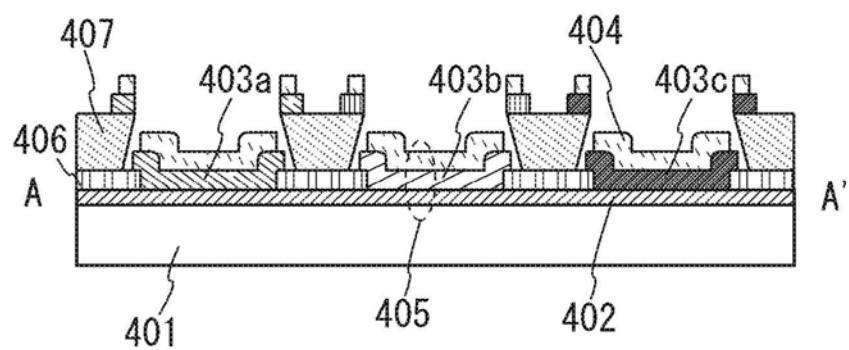


图4B

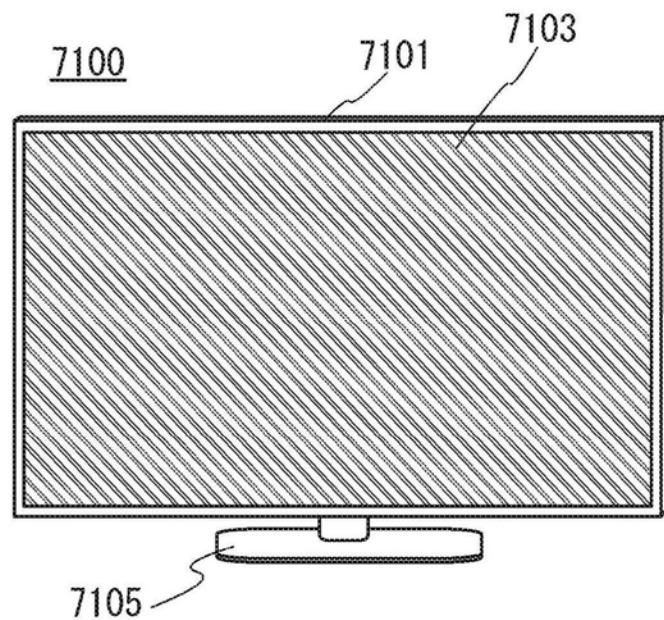


图5A1

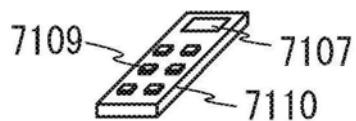


图5A2

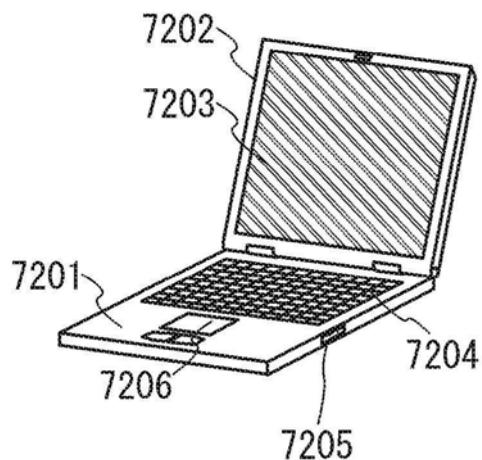


图5B

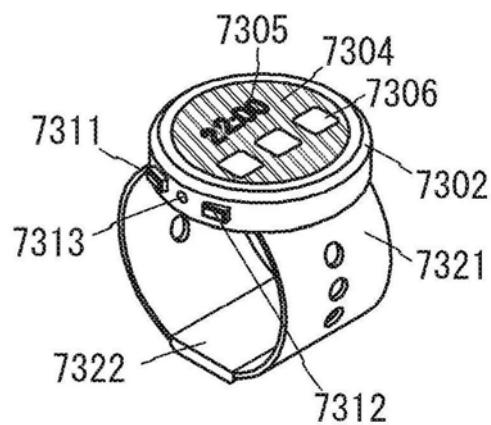


图5C

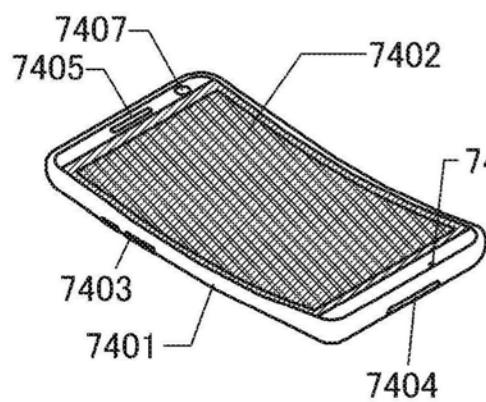
7400

图5D1

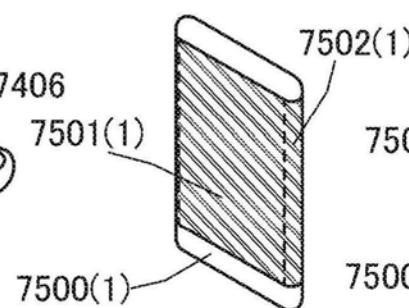


图5D2

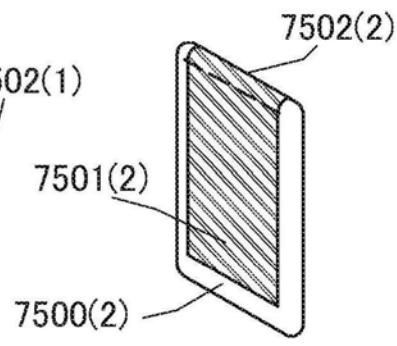


图5D3

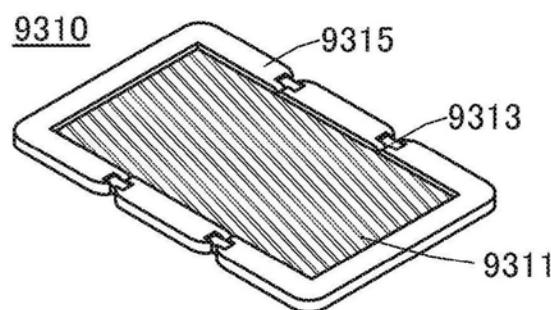


图6A

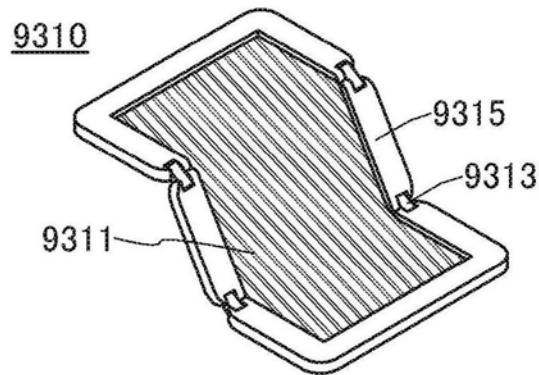


图6B

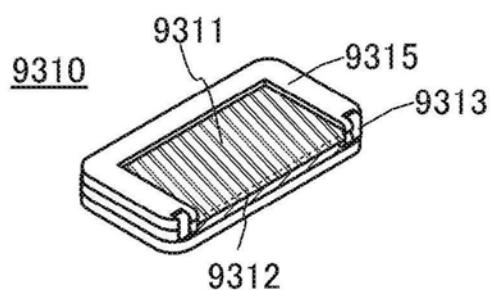


图6C

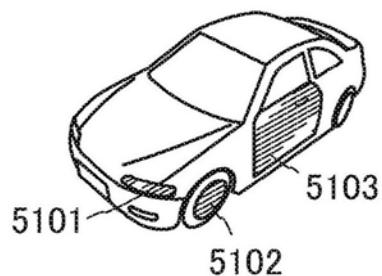


图7A

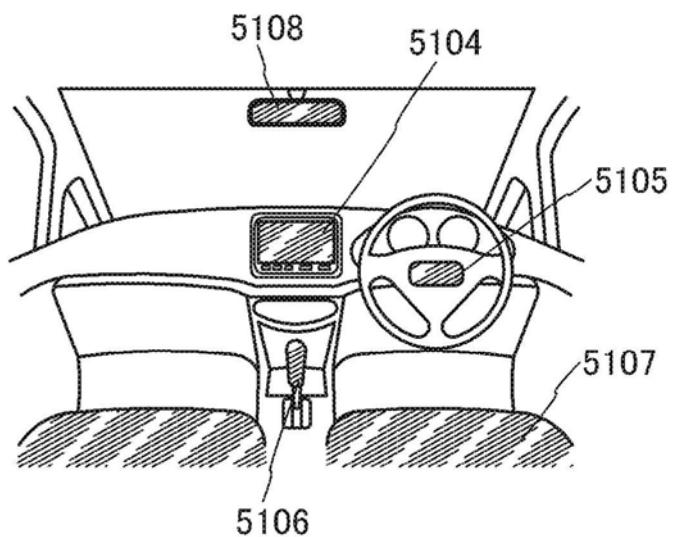


图7B

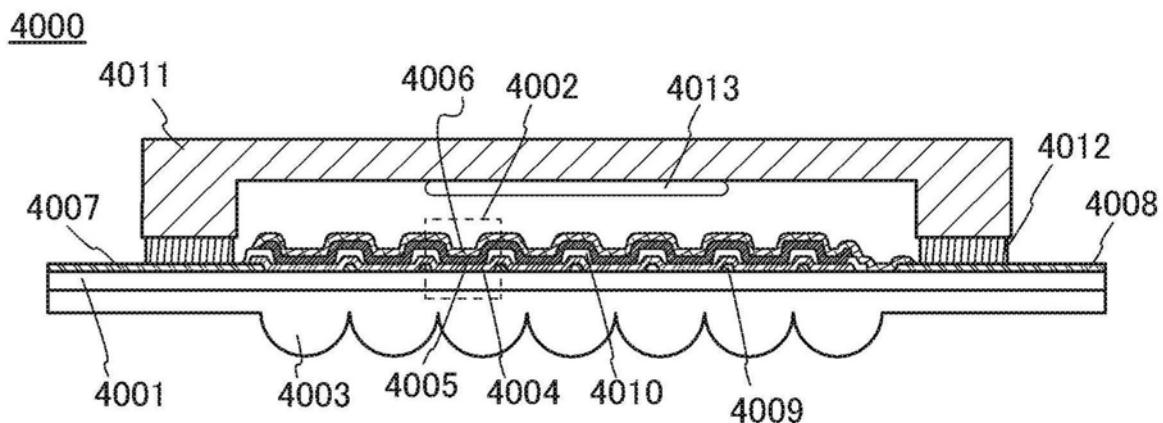


图8A

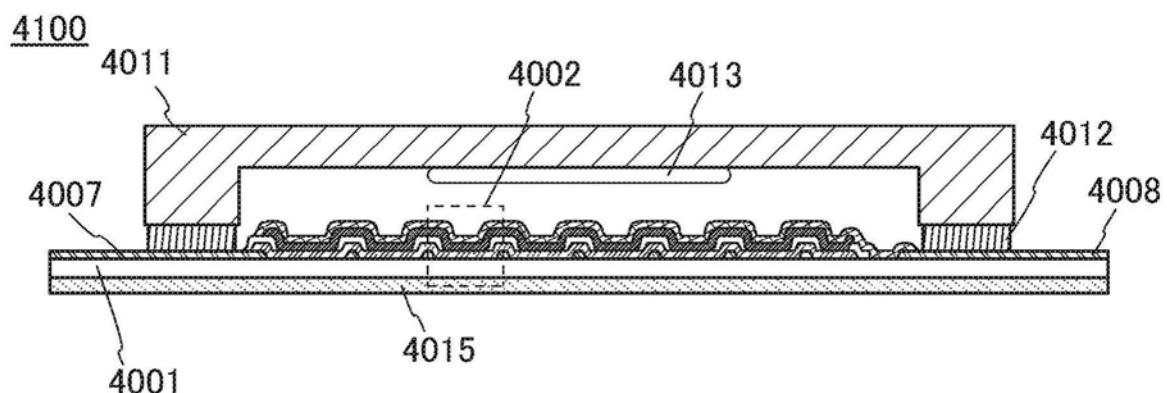


图8B

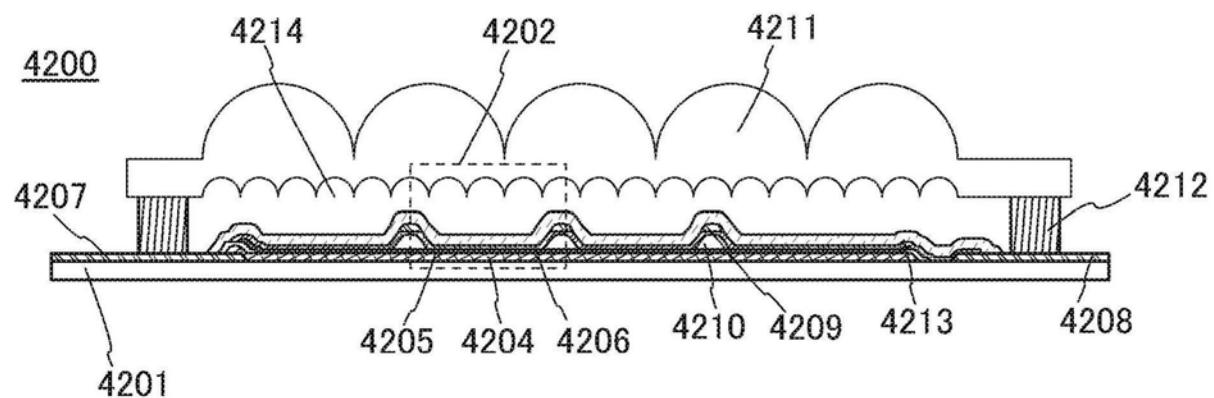


图8C

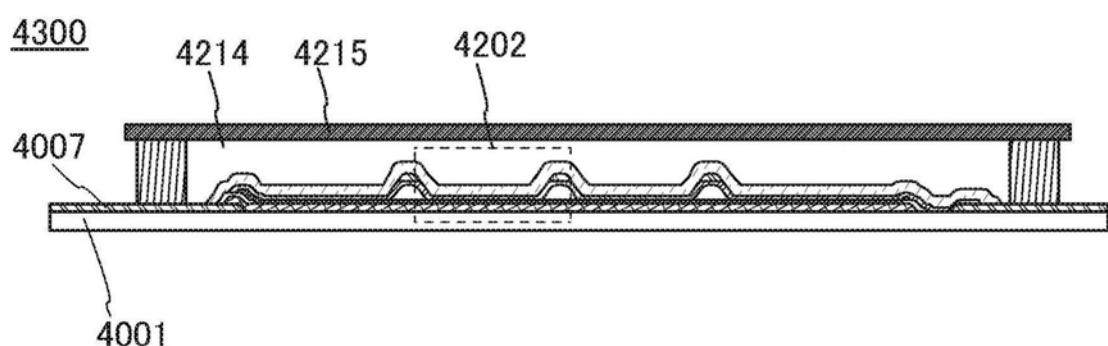


图8D

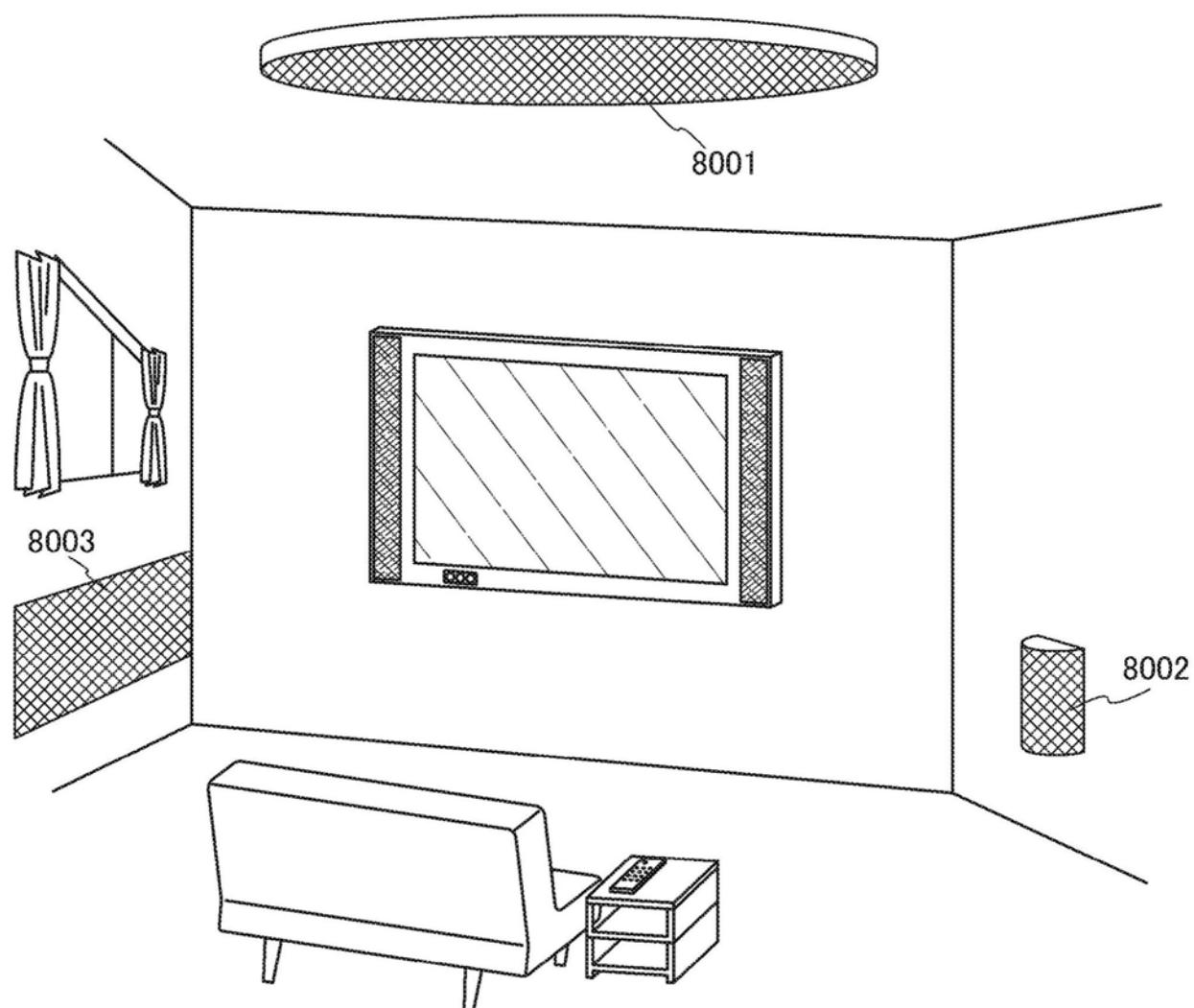


图9

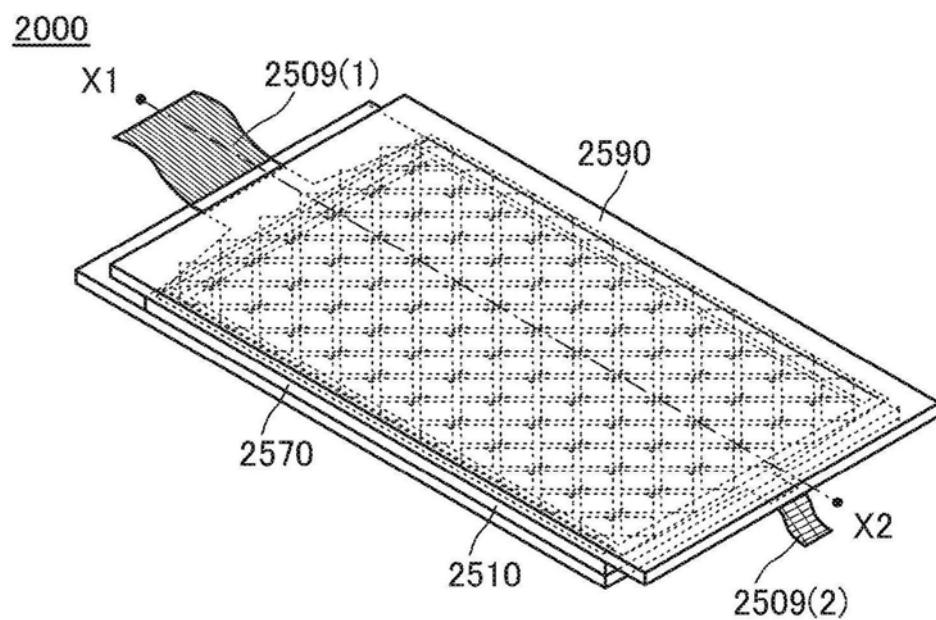


图10A

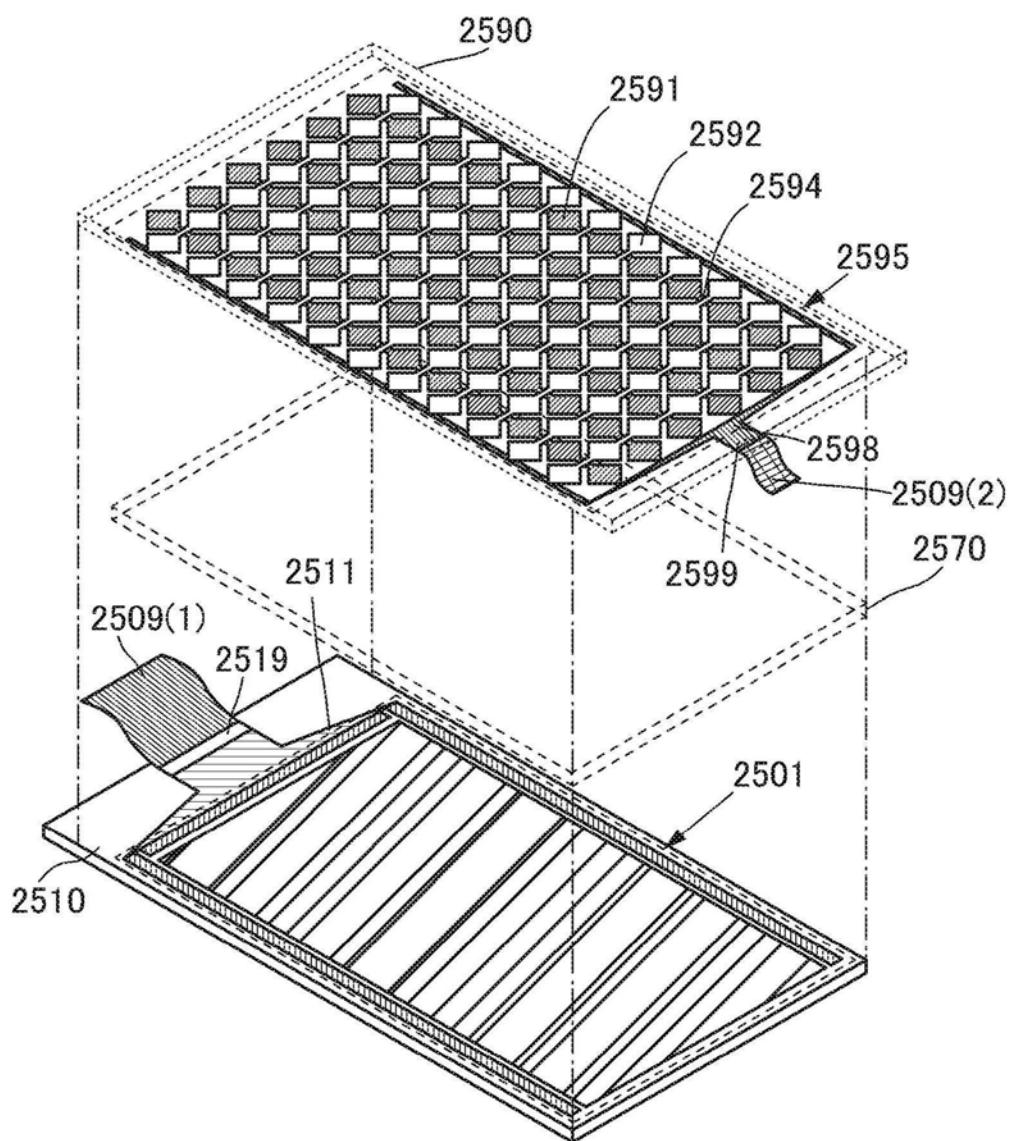


图10B

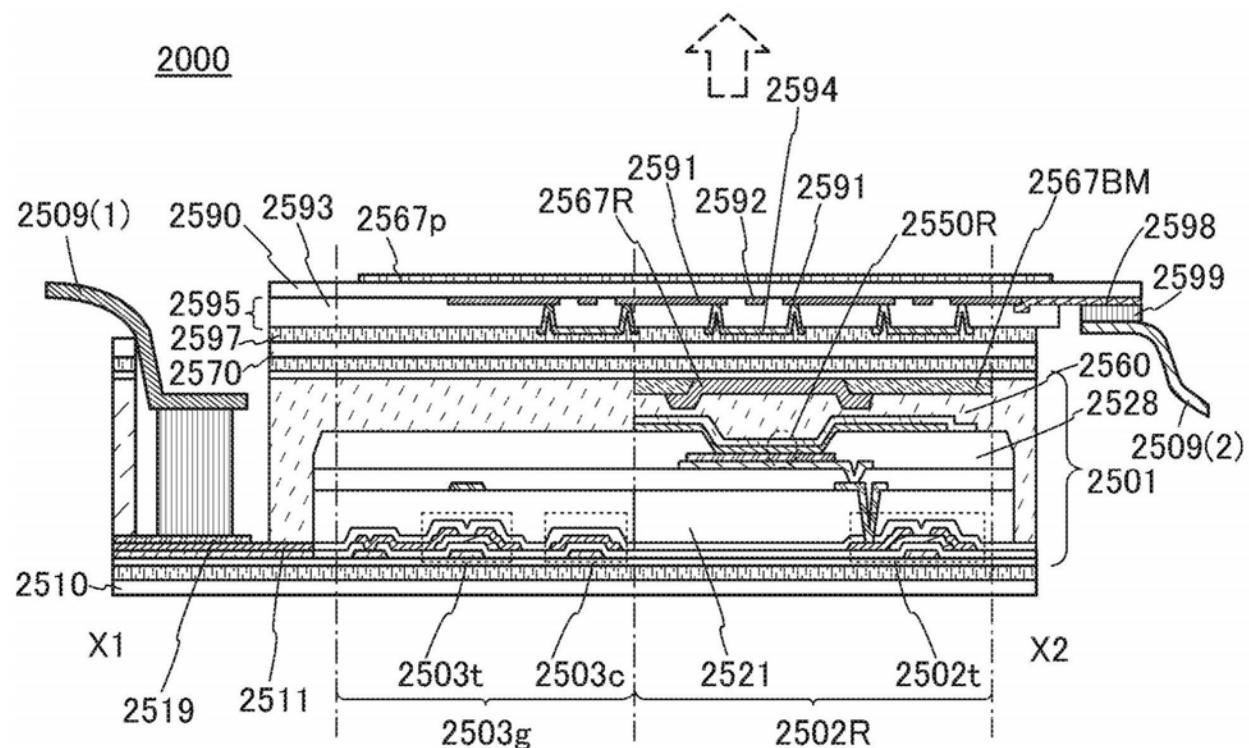


图11A

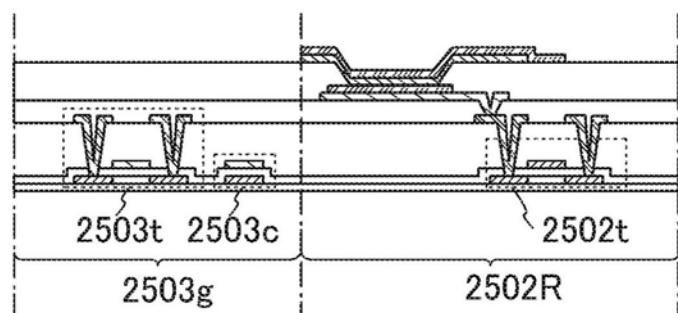


图11B

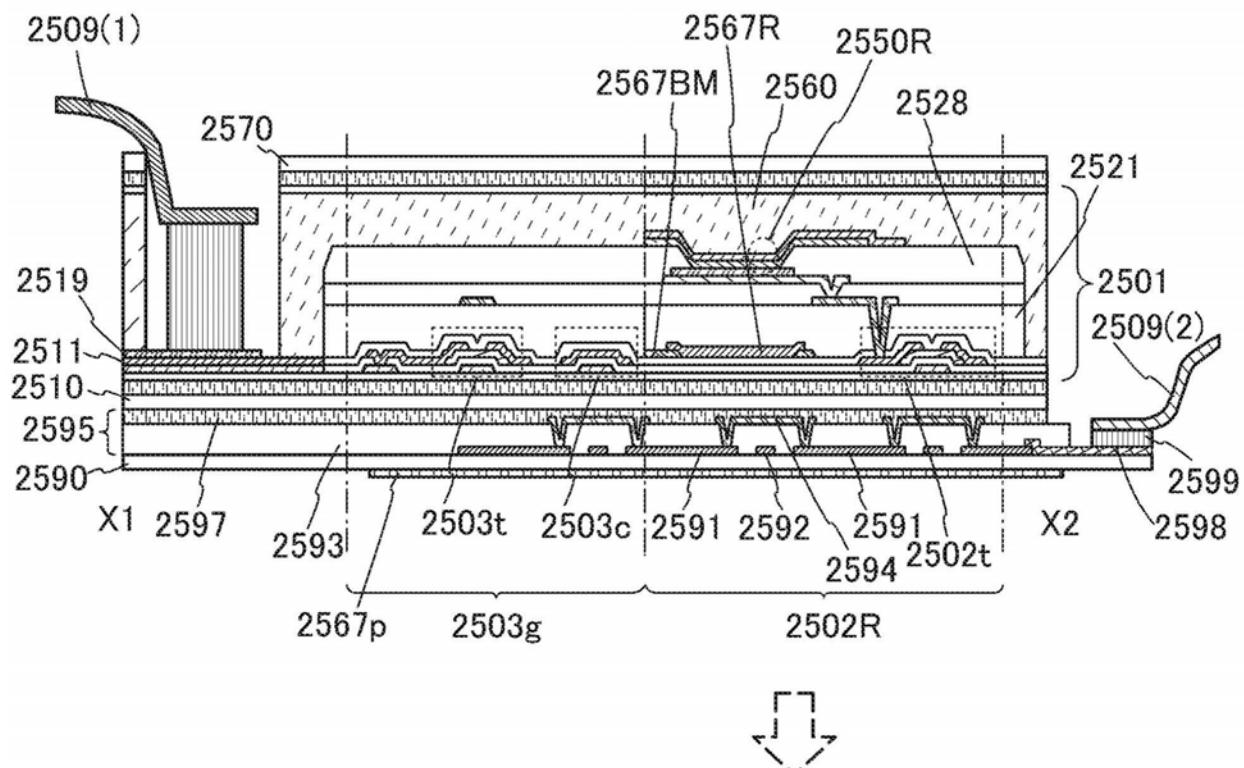
2000'

图12A

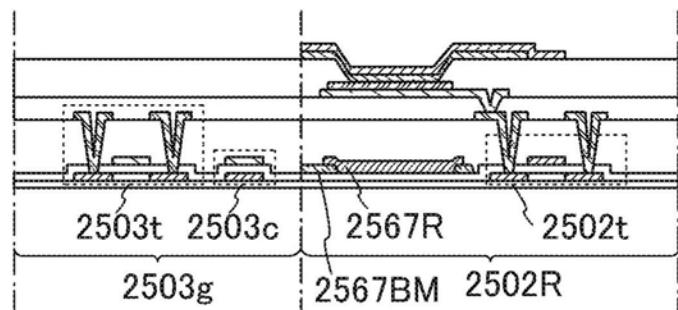


图12B

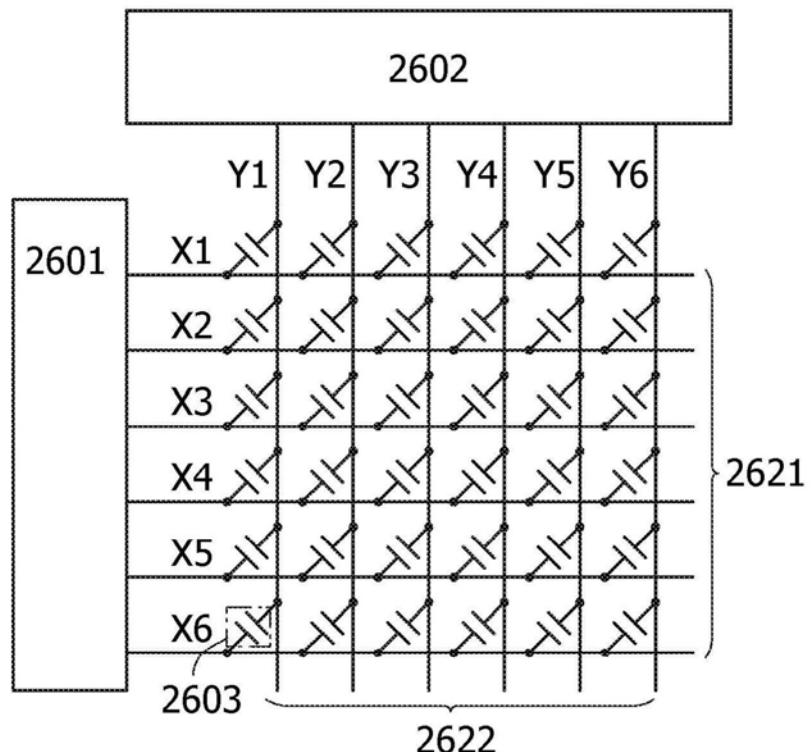


图13A

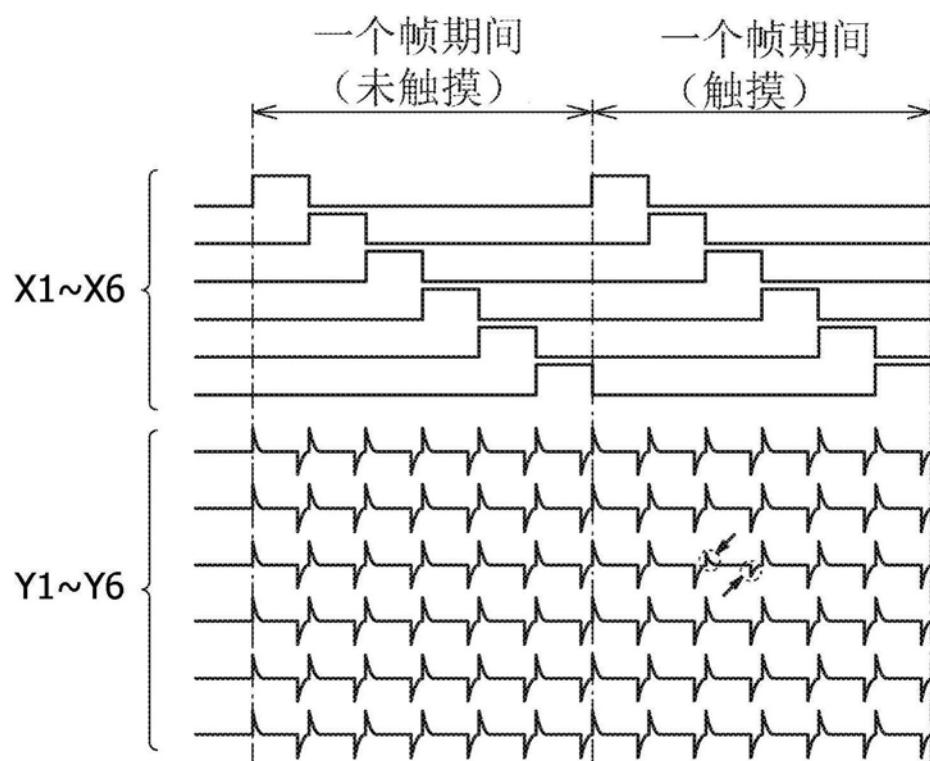


图13B

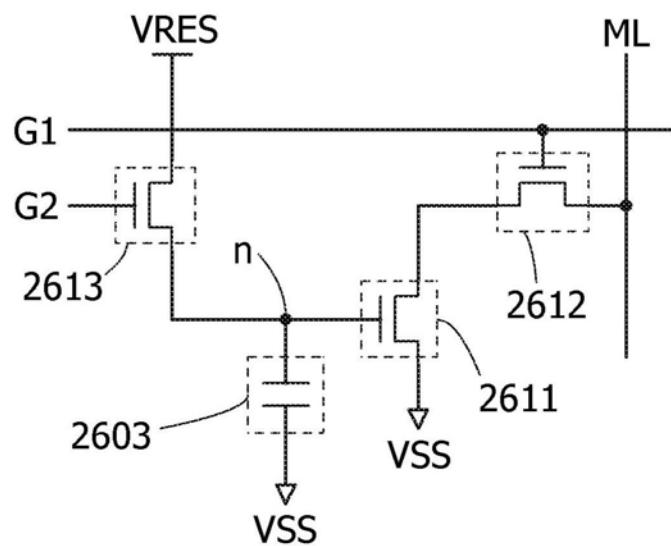


图14

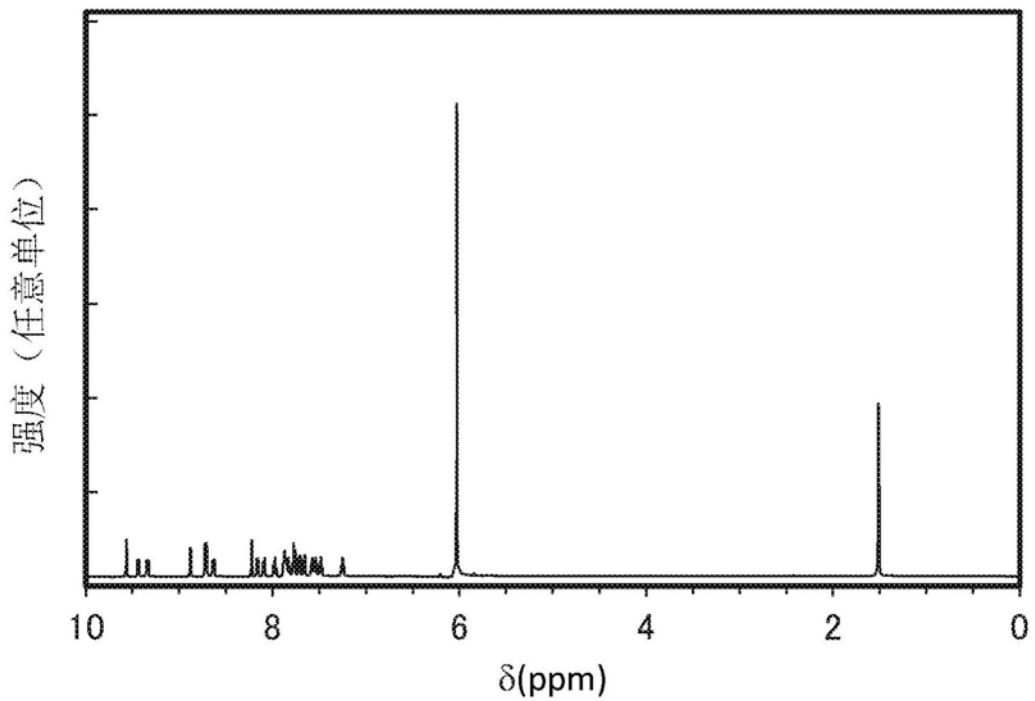


图15A

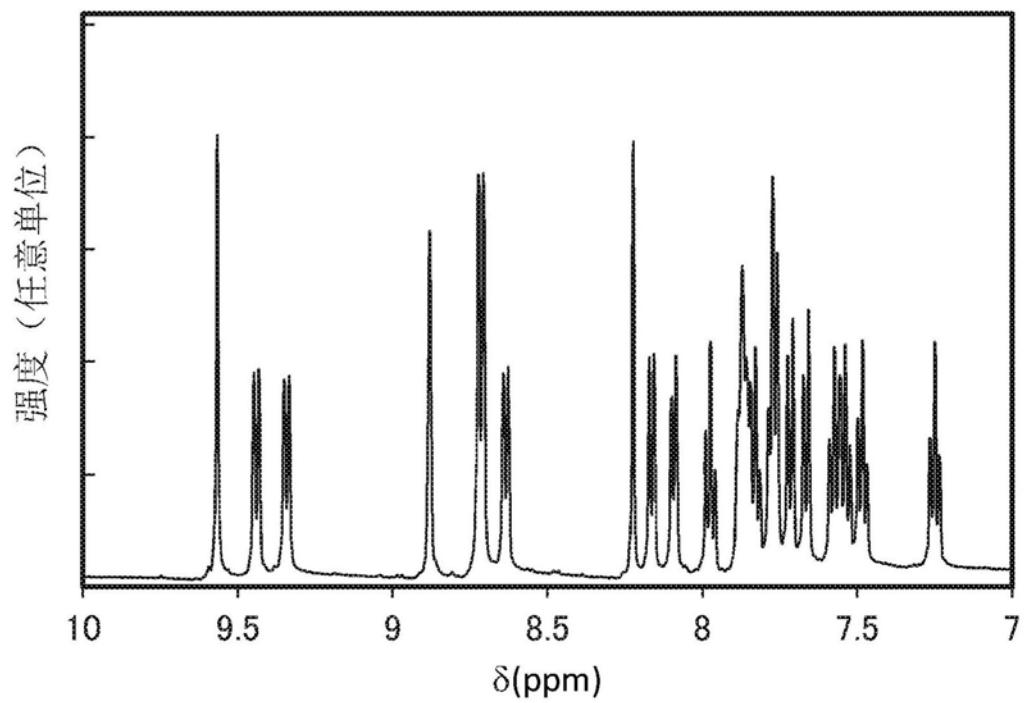


图15B

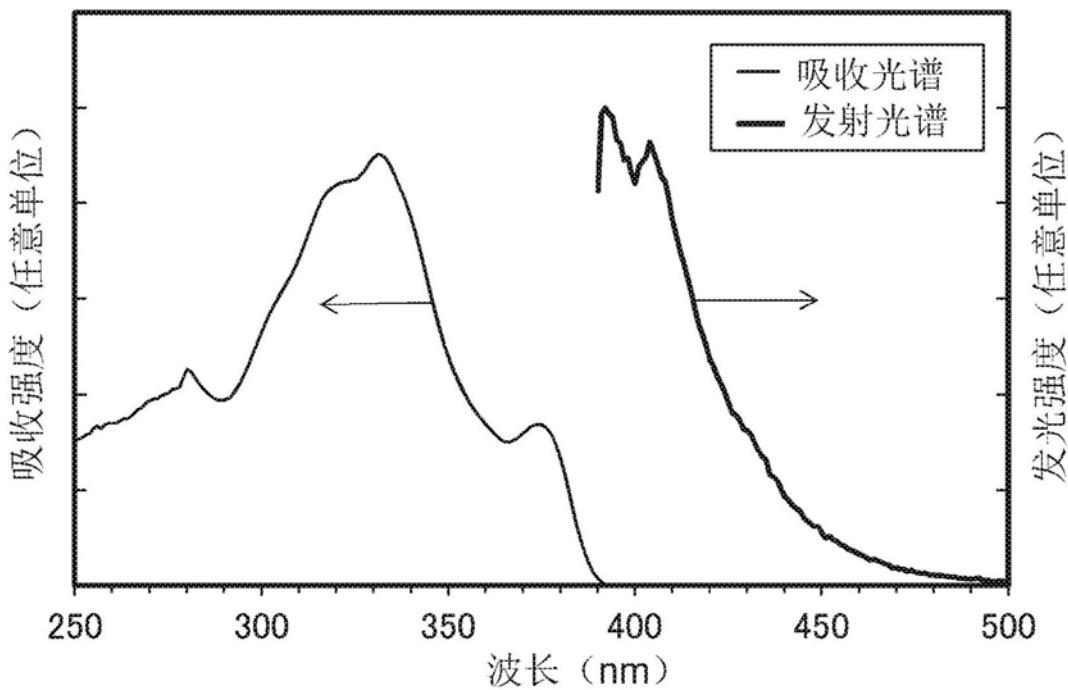


图16A

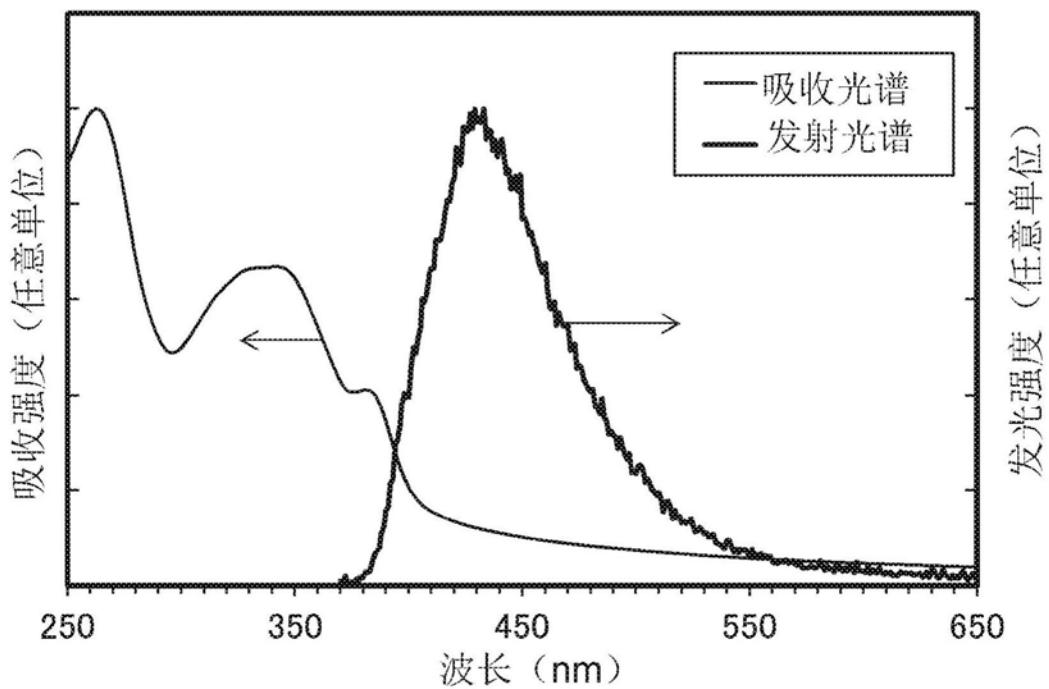


图16B

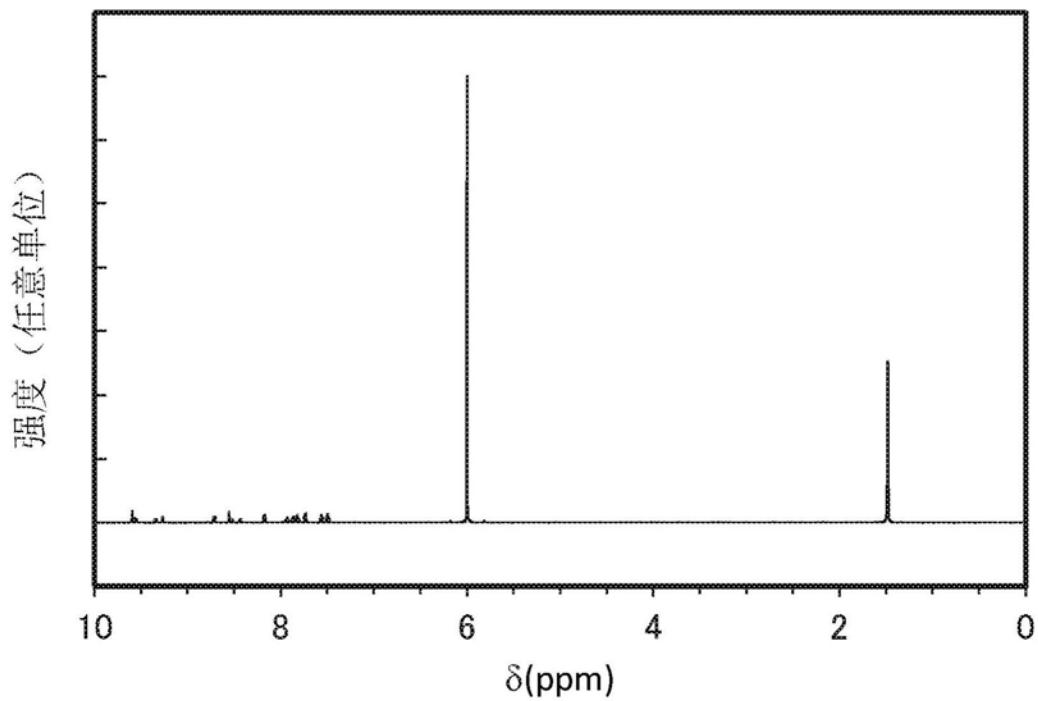


图17A

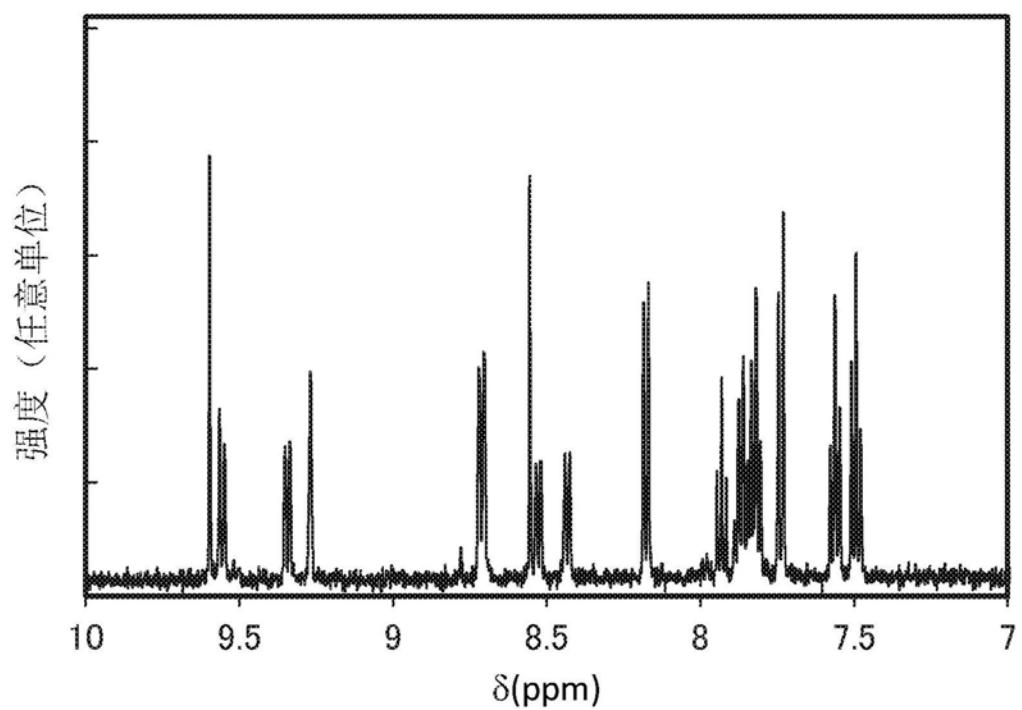


图17B

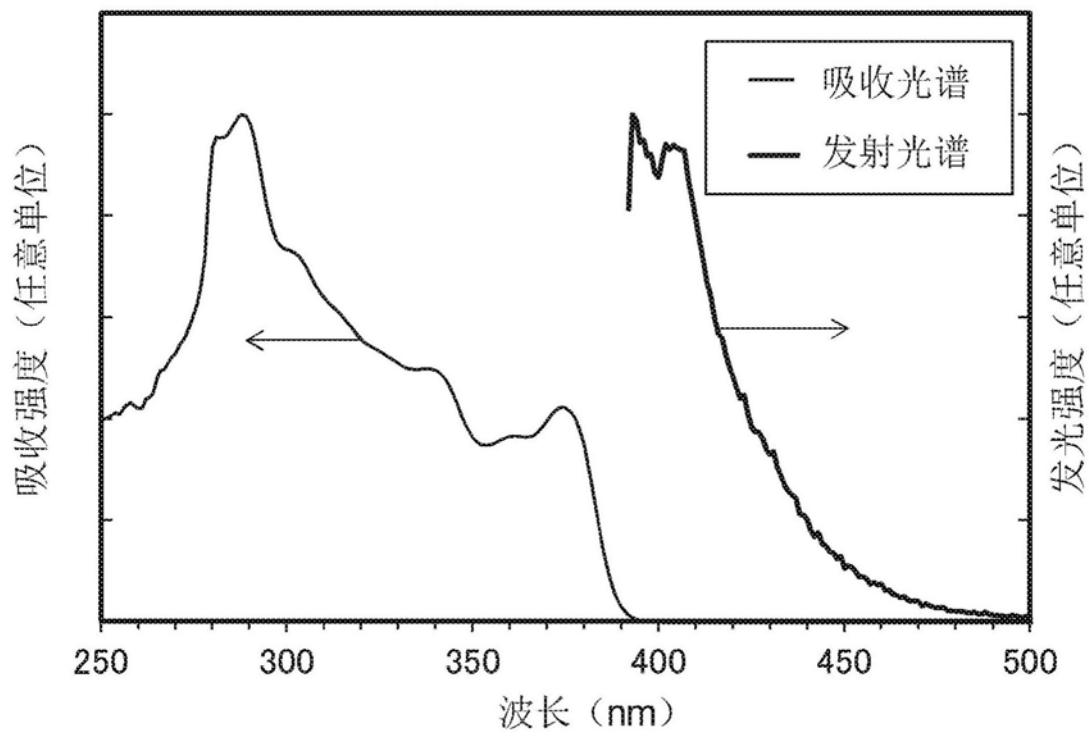


图18A

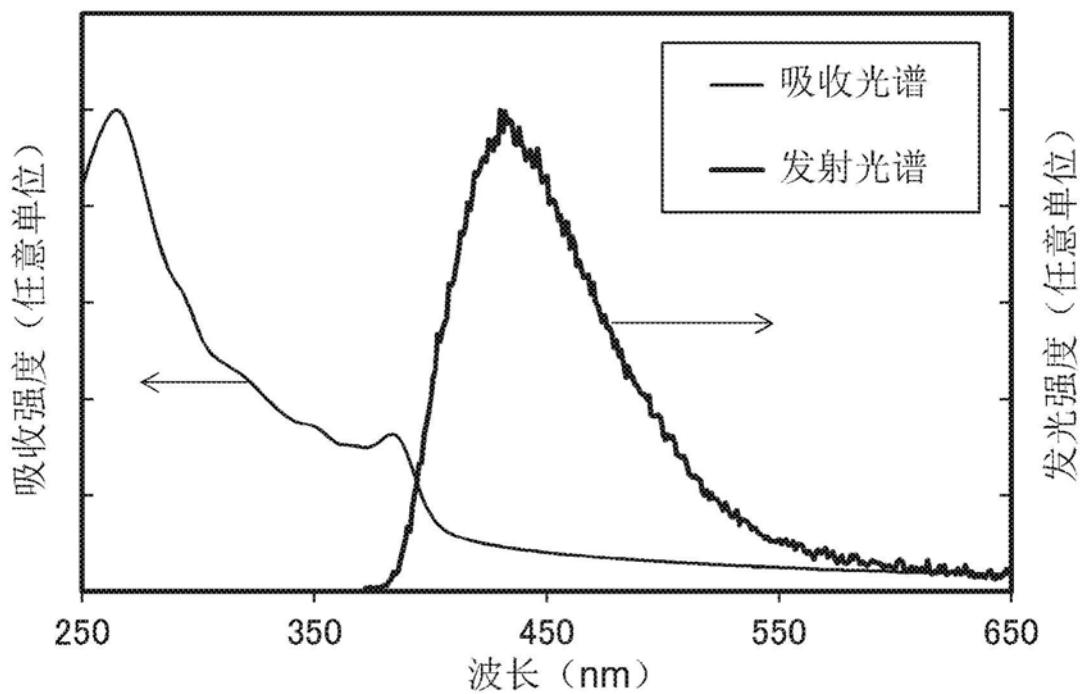


图18B

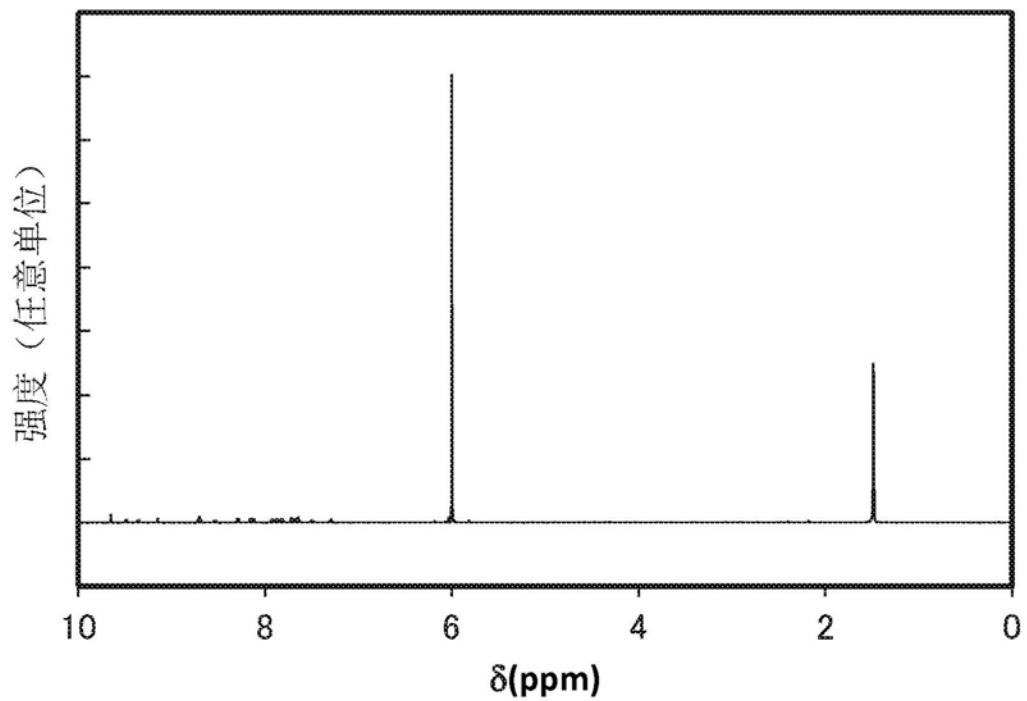


图19A

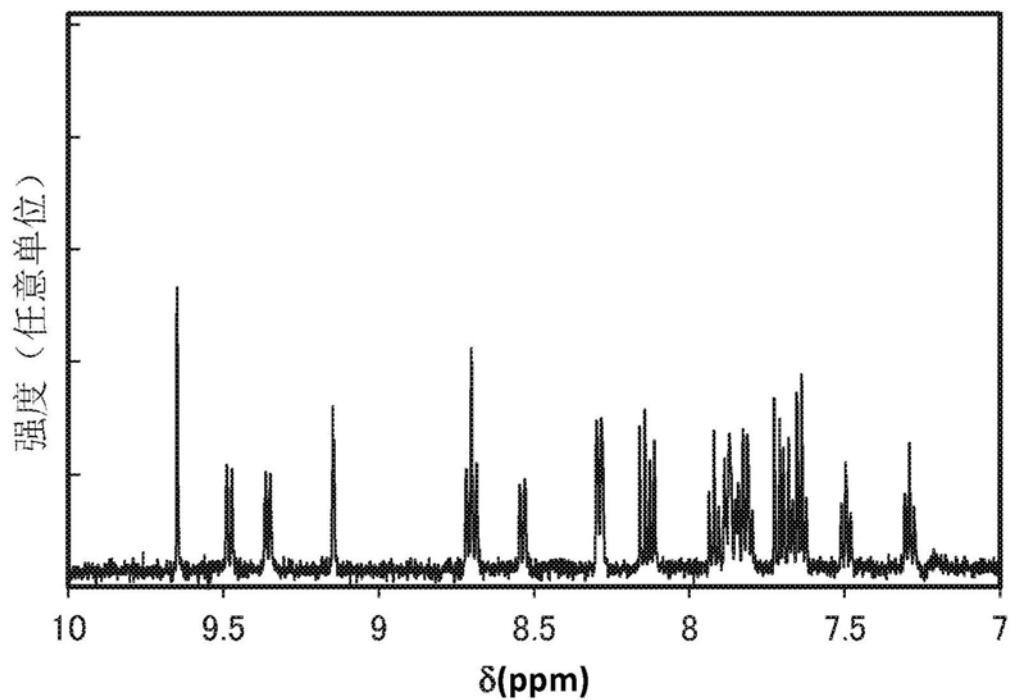


图19B

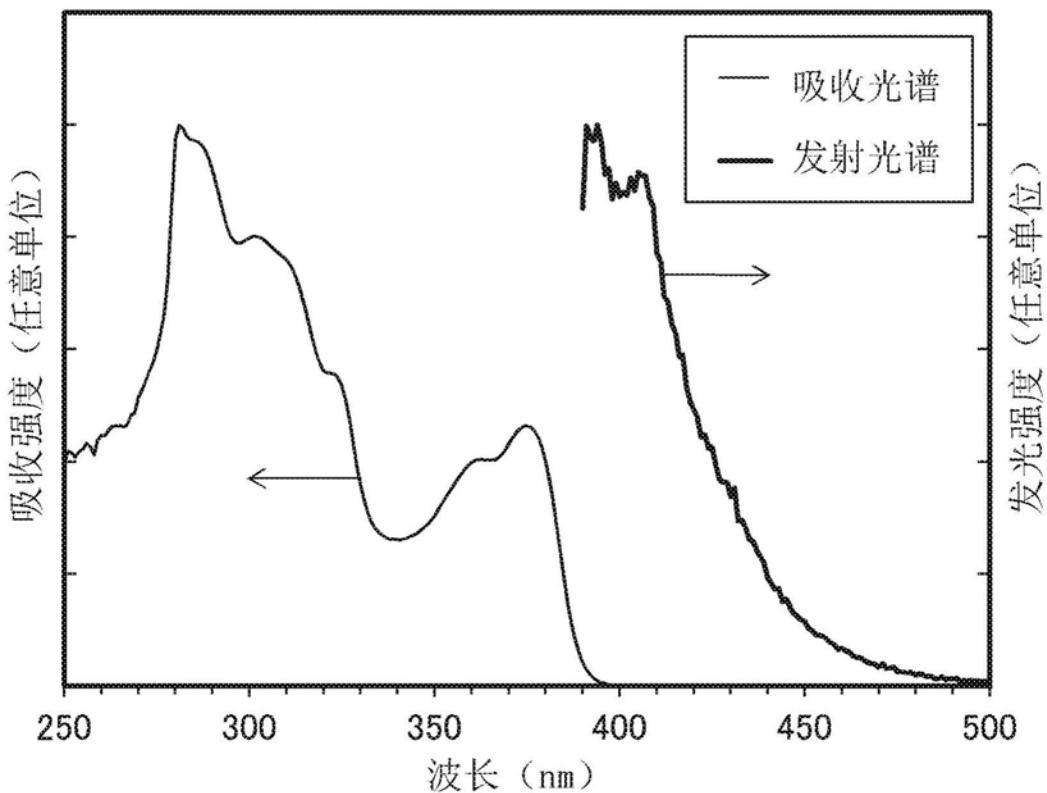


图20A

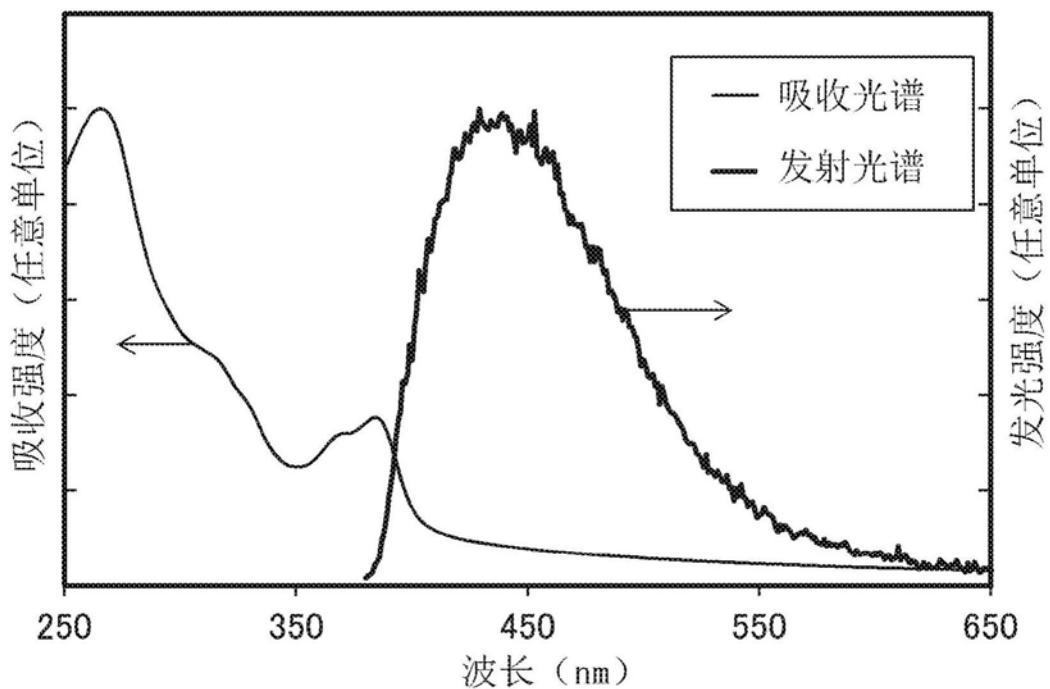


图20B

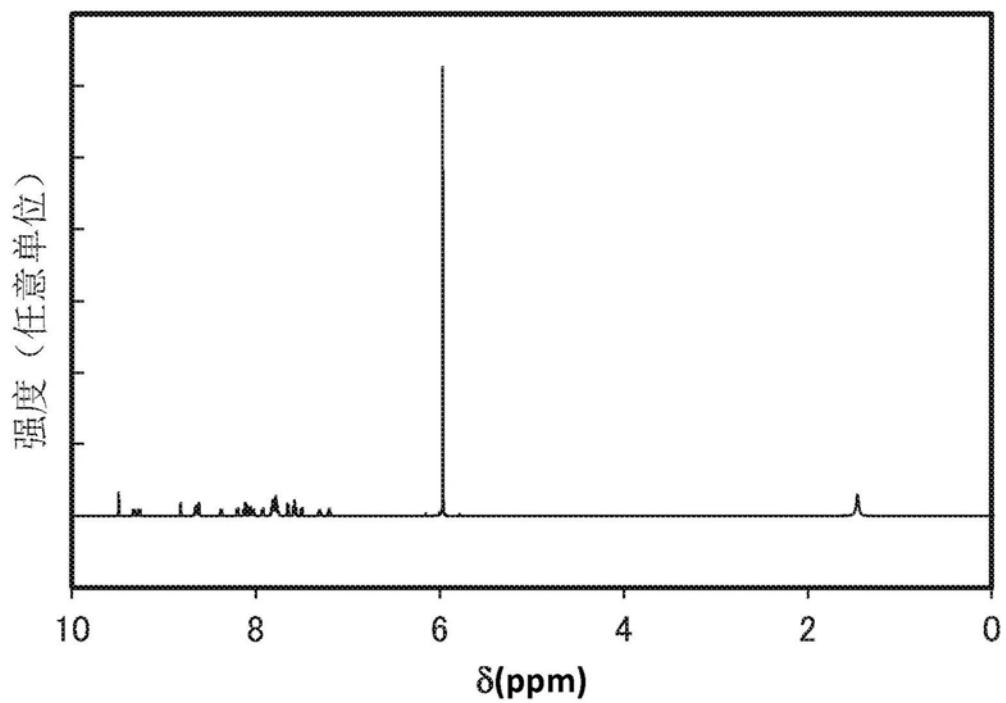


图21A

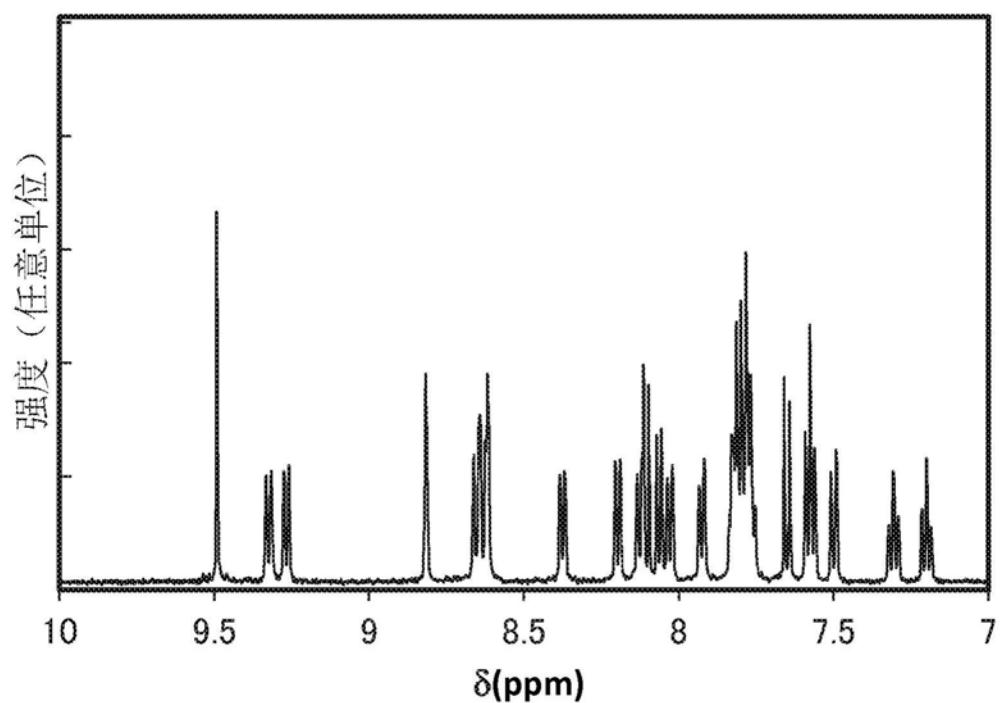


图21B

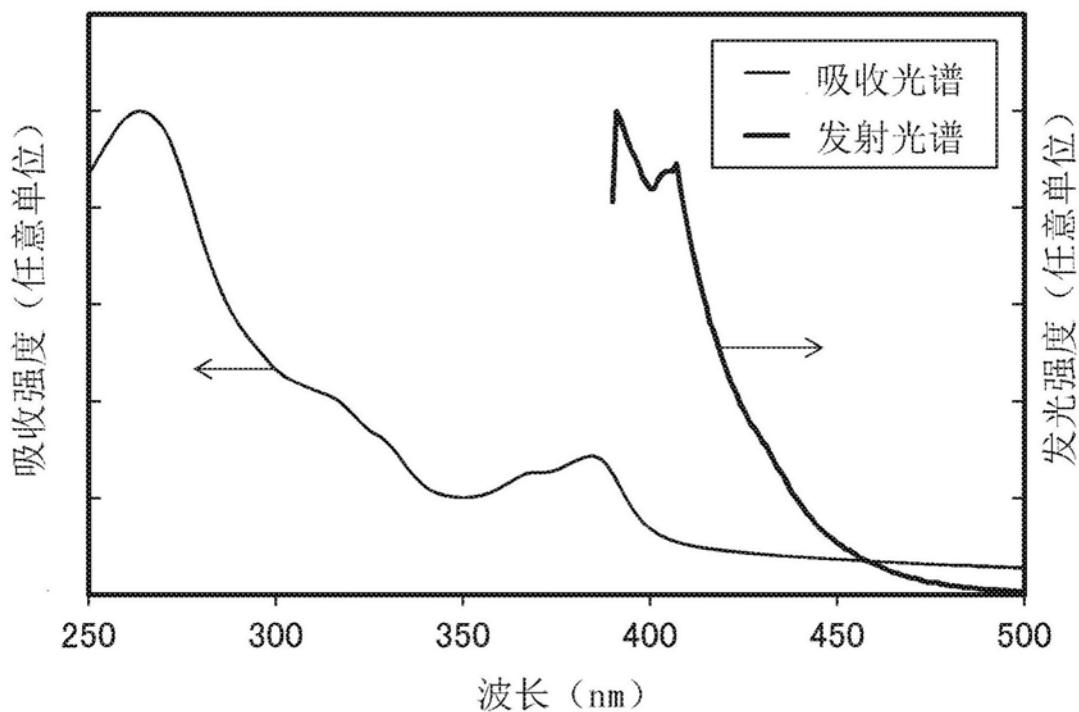


图22A

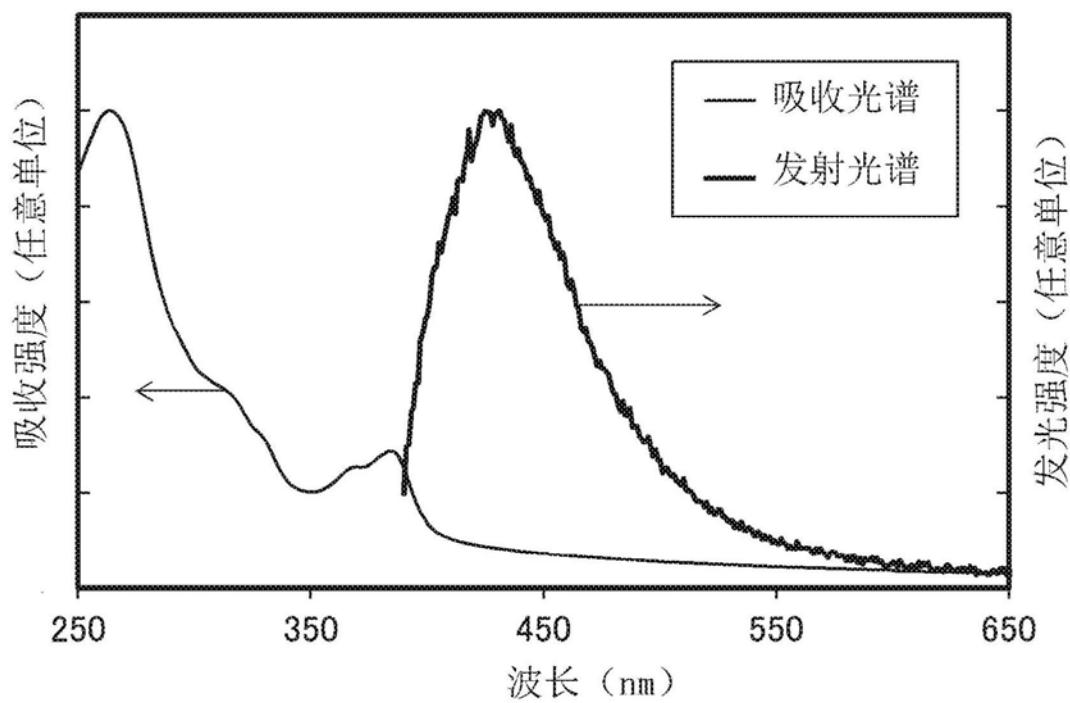


图22B

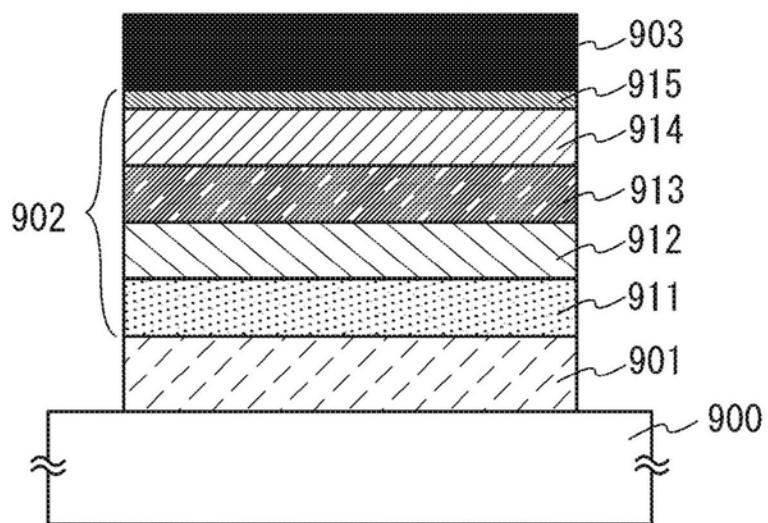


图23

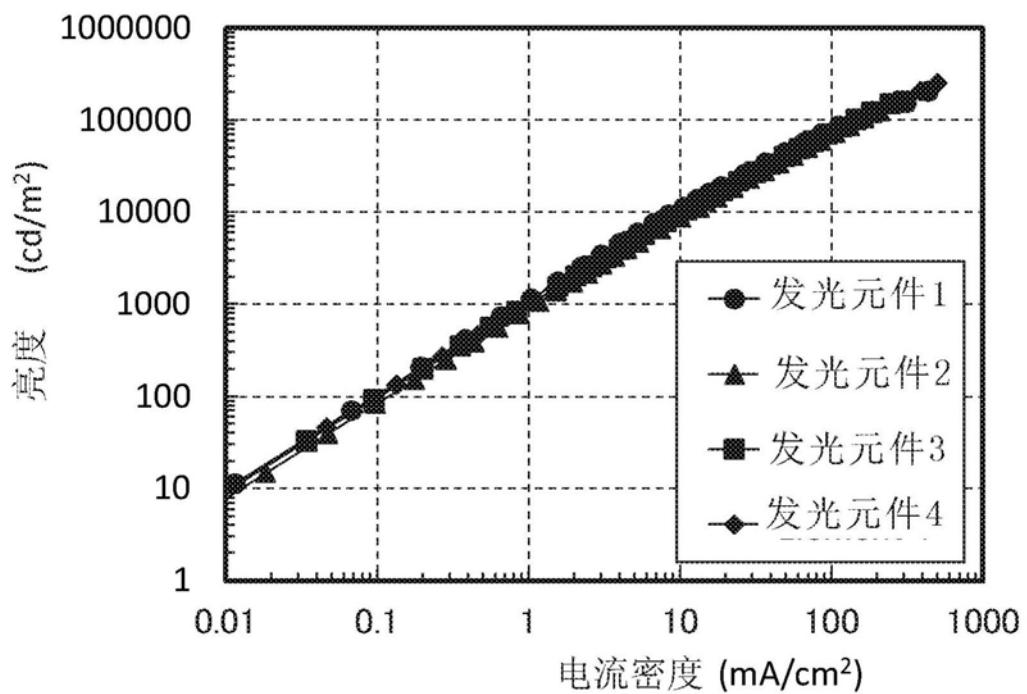


图24

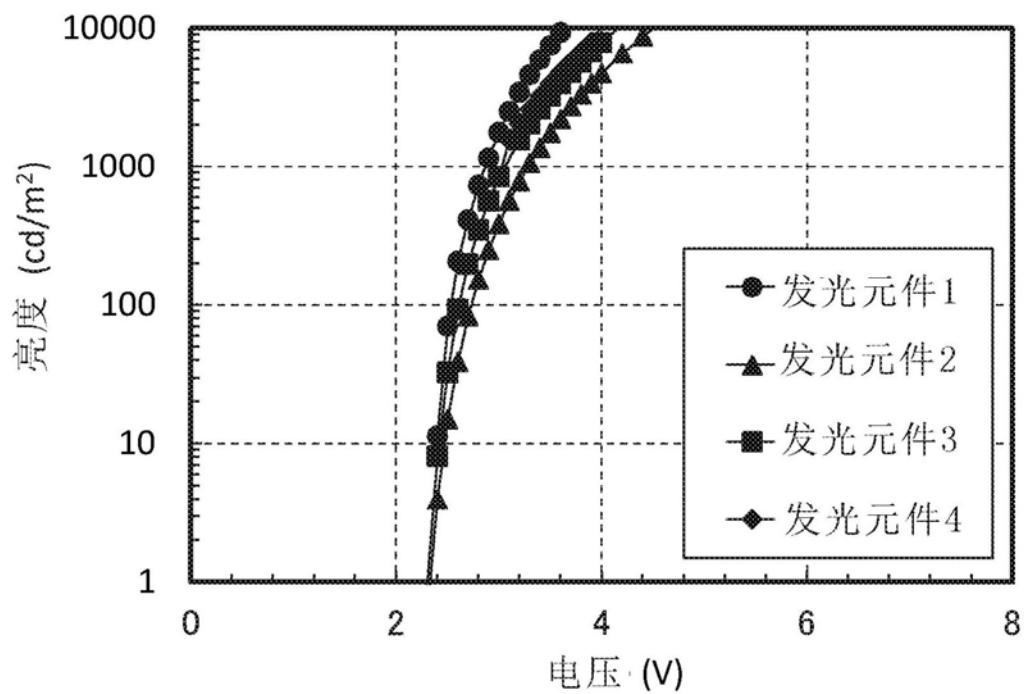


图25

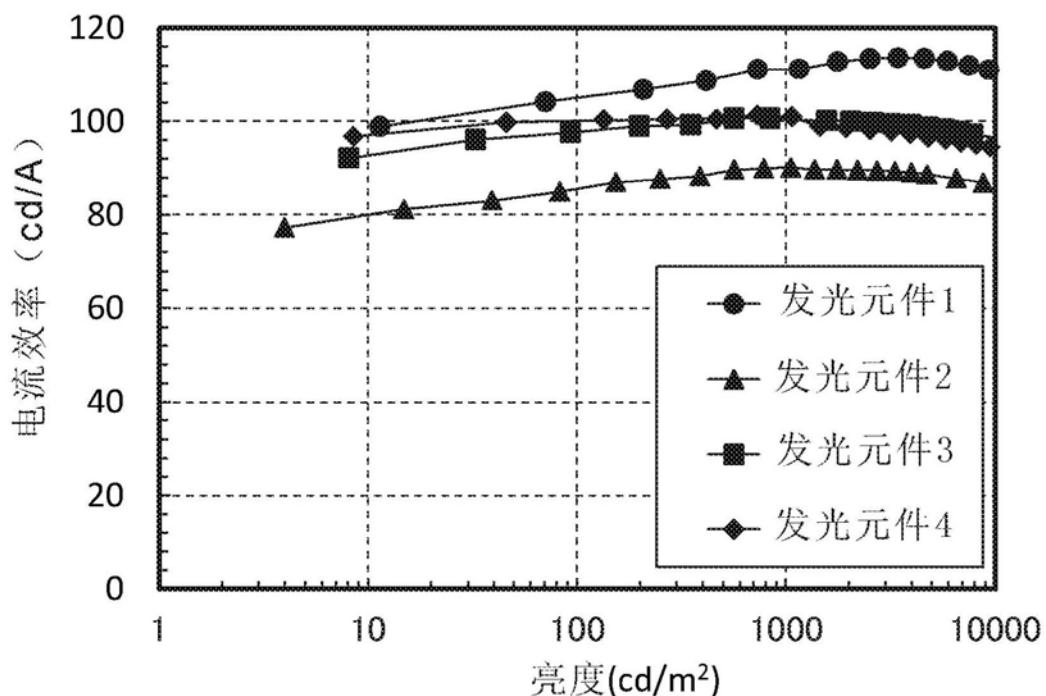


图26

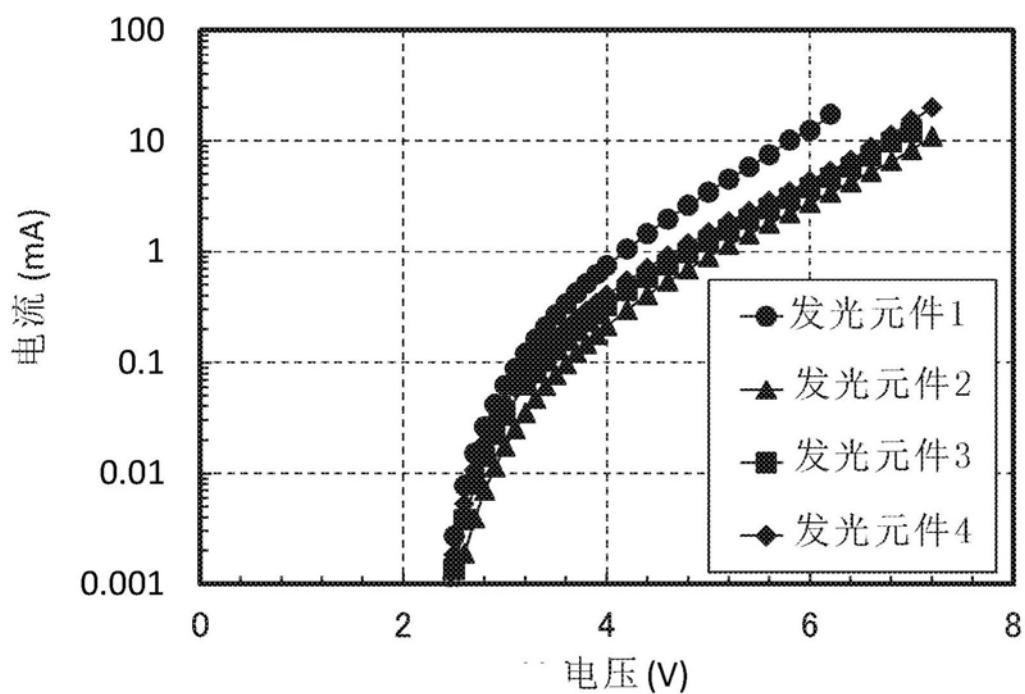


图27

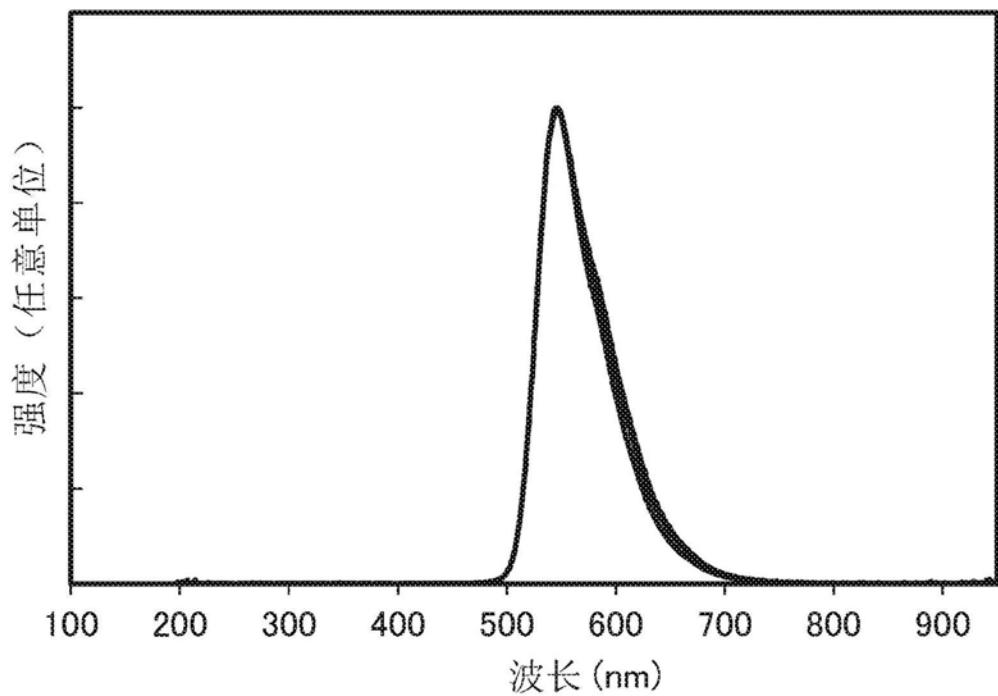


图28

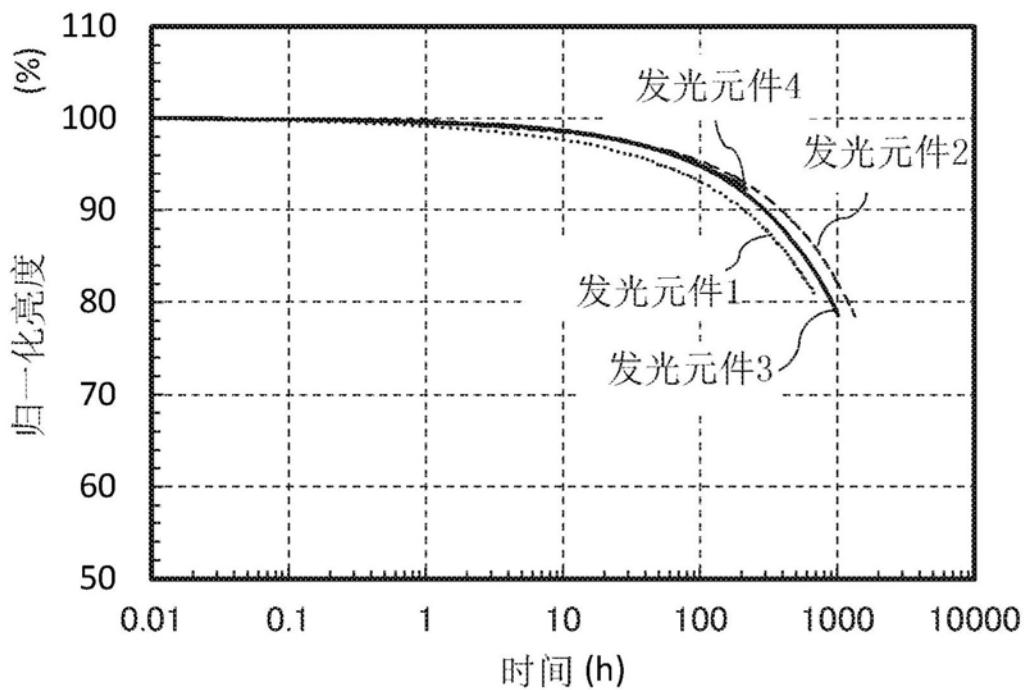


图29

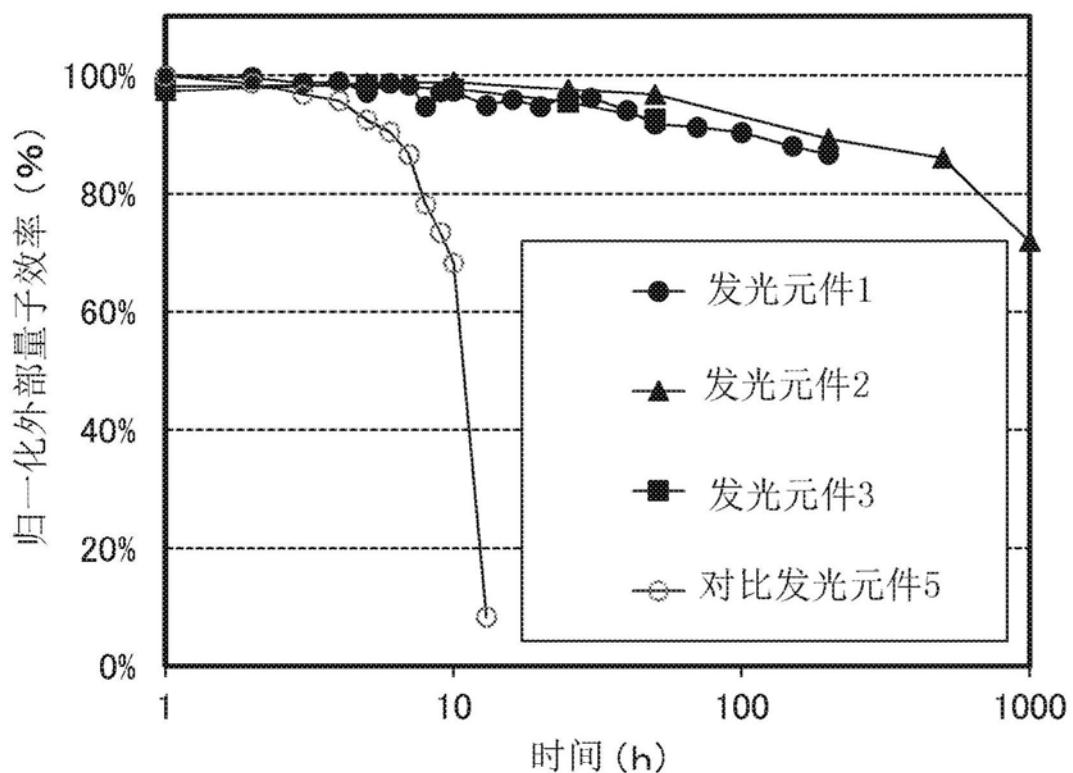


图30

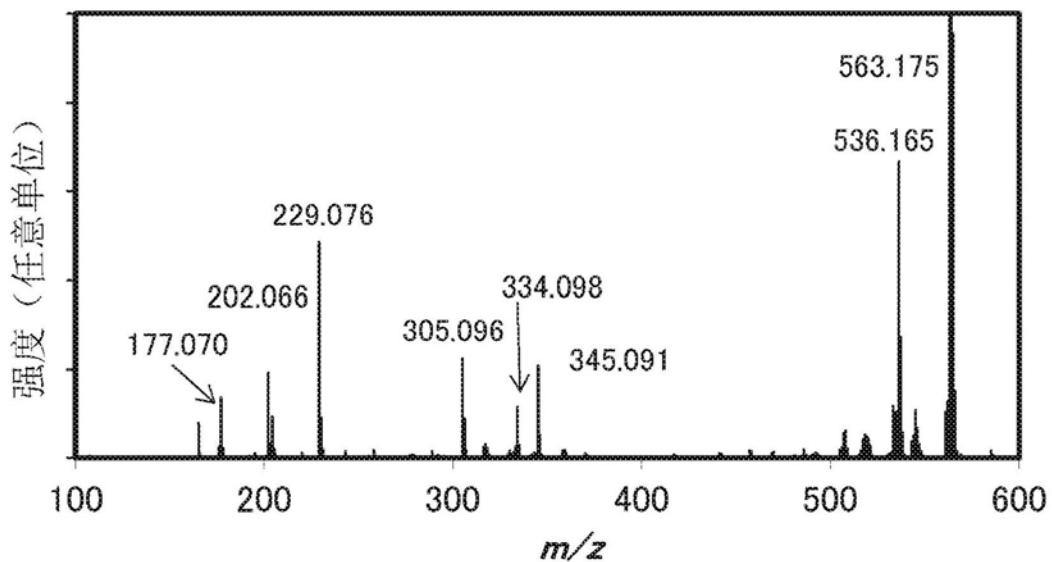


图31

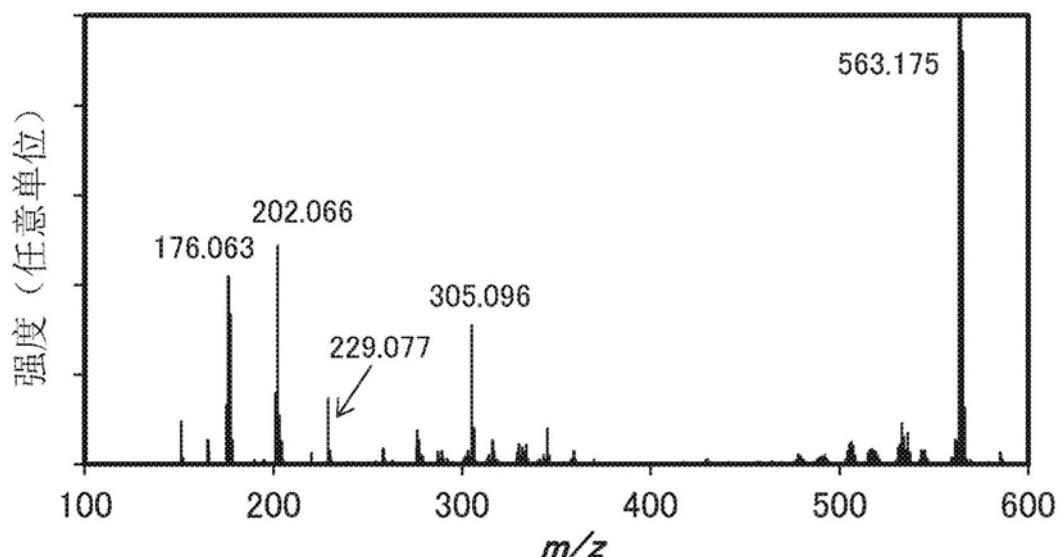


图32