(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106631981 A
(43)申请公布日 2017.05.10

(21)申请号 201610948067.7

(22)申请日 2016.10.26

(30)优先权数据
2015-214392 2015.10.30 JP

(71)申请人 株式会社半导体能源研究所
地址 日本神奈川县

(72)发明人 铃木宏记 濑尾哲史 铃木恒德
桥本直明

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 陆蔚 樊云飞

(51)Int.Cl.
*C07D 209/80*(2006.01)
*H01L 51/54*(2006.01)

权利要求书6页 说明书120页 附图49页

(54)发明名称

二苯并咔唑化合物、发光元件、发光装置、显示装置、电子设备及照明装置

(57)摘要

本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的二苯并咔唑化合物，该二苯并咔唑化合物能够制造功耗低、可靠性高且色纯度良好的发光元件。本发明的一个方式为：一种二苯并咔唑化合物，其中，二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架的氮与至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的芳基键合；以及包括该二苯并咔唑化合物的发光元件。

CN 106631981 A

1.一种二苯并咔唑化合物，

其中，芳基键合到二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架，

并且，所述芳基为至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的芳基。

2.根据权利要求1所述的二苯并咔唑化合物，

其中，所述芳基键合到所述二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或所述二苯并[a,i]咔唑骨架的11位。

3.根据权利要求2所述的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并[a,g]咔唑骨架的所述7位或所述二苯并[a,i]咔唑骨架的所述11位与所述蒽骨架通过亚苯基键合。

4.根据权利要求3所述的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并[a,g]咔唑骨架的所述7位或所述二苯并[a,i]咔唑骨架的所述11位与所述蒽骨架的9位通过所述亚苯基键合。

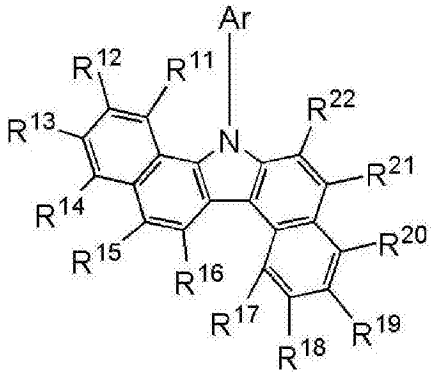
5.根据权利要求1所述的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或所述二苯并[a,i]咔唑骨架的11位与碳原子数为20至30的取代或未取代的蒽基苯基键合。

6.根据权利要求1所述的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或所述二苯并[a,i]咔唑骨架的11位与碳原子数为20至30的取代或未取代的(9-蒽基)苯基键合。

7.一种以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物，

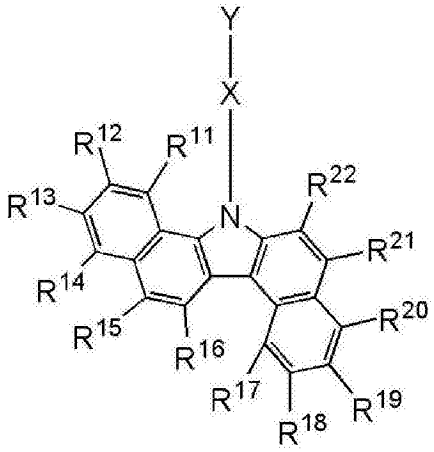



(G1)

其中，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。

8.根据权利要求7所述的以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并咔唑化合物以通式(G2)表示，



(G2)

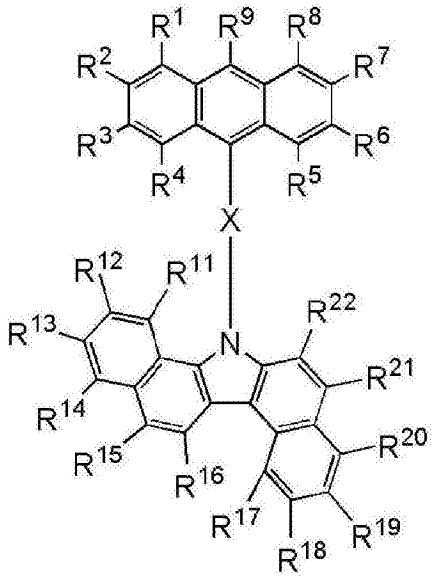
其中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基，Y表示取代或未取代的蒽基。

9.根据权利要求8所述的二苯并咔唑化合物，其中X及Y的碳原子数的总和为20至30。

10.根据权利要求8所述的二苯并咔唑化合物，其中X表示取代或未取代的亚苯基。

11.根据权利要求7所述的以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并咔唑化合物以通式(G3)表示，



(G3)

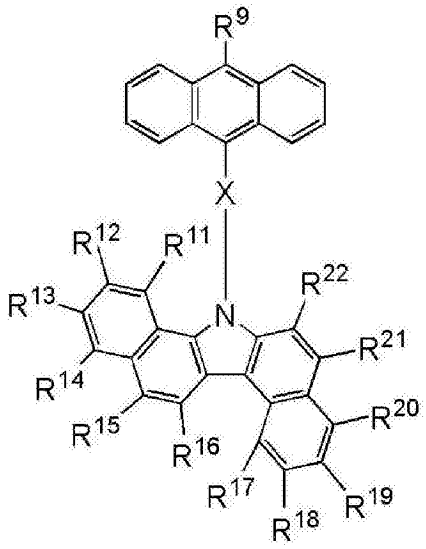
其中，$R^1$至$R^8$分别独立地表示氢或者碳原子数为1至4的烷基，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。

12.根据权利要求11所述的二苯并咔唑化合物，其中$R^1$至$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16。

13.根据权利要求11所述的二苯并咔唑化合物，其中X表示取代或未取代的亚苯基。

14.根据权利要求7所述的以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并咔唑化合物以通式(G4)表示，



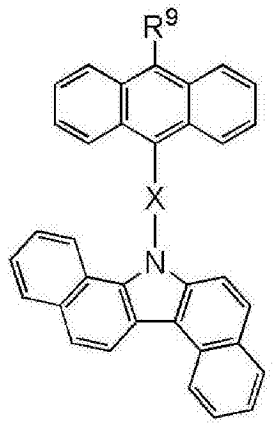

(G4)

其中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

15.根据权利要求14所述的二苯并咔唑化合物，其中$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16。

16.根据权利要求7所述的以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并咔唑化合物以通式(G5)表示，



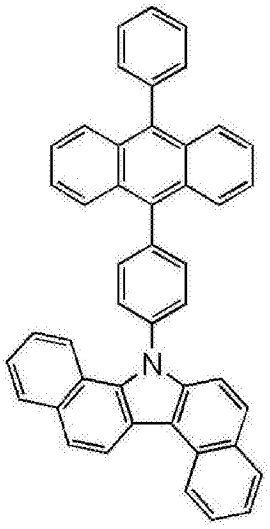

(G5)

其中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

17.根据权利要求16所述的二苯并咔唑化合物，其中$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16。

18.根据权利要求7所述的以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物，

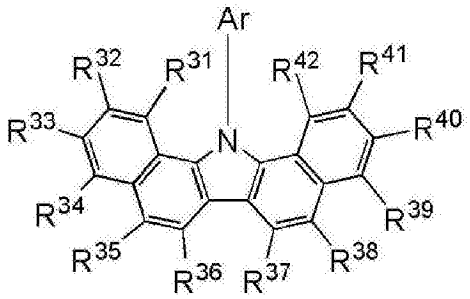
其中，所述二苯并咔唑化合物以结构式(100)表示，



(100)

。

19.一种以通式(G6)表示的二苯并呋喃化合物，

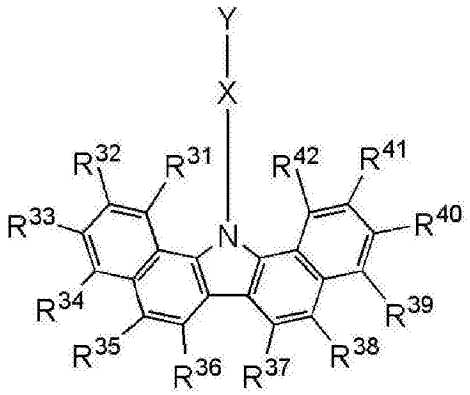


(G6)

其中，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。

20.根据权利要求19所述的以通式(G6)表示的二苯并呋喃化合物，

其中，所述二苯并呋喃化合物以通式(G7)表示，



(G7)

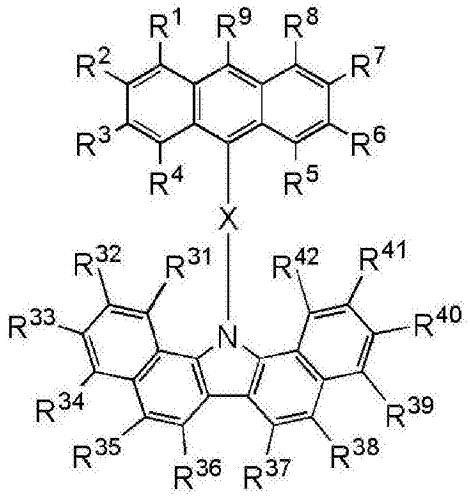
其中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基，Y表示取代或未取代的蒽基。

21.根据权利要求20所述的二苯并呋喃化合物，其中X及Y的碳原子数的总和为20至30。

22.根据权利要求20所述的二苯并呋喃化合物，其中X表示取代或未取代的亚苯基。

23.根据权利要求19所述的以通式(G6)表示的二苯并呋喃化合物，

其中，所述二苯并呋喃化合物以通式(G8)表示，




(G8)

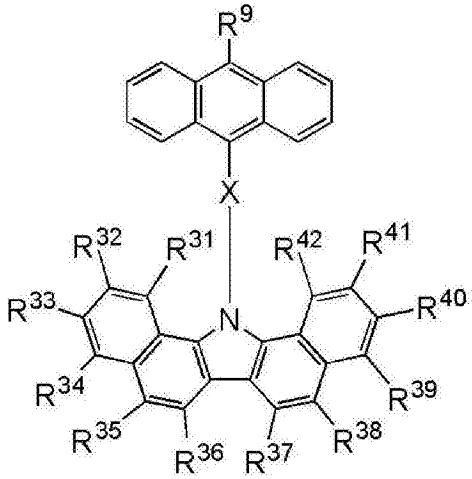
其中，$R^1$至$R^8$分别独立地表示氢或者碳原子数为1至4的烷基，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。

24.根据权利要求23所述的二苯并咔唑化合物，其中$R^1$至$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16。

25.根据权利要求23所述的二苯并咔唑化合物，其中X表示取代或未取代的亚苯基。

26.根据权利要求19所述的以通式(G6)表示的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并咔唑化合物以通式(G9)表示，



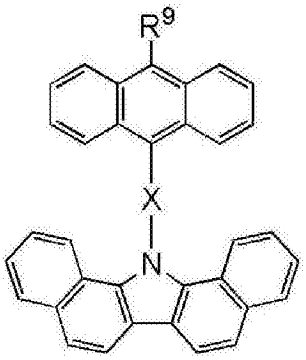

(G9)

其中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

27.根据权利要求26所述的二苯并咔唑化合物，其中$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16。

28.根据权利要求19所述的以通式(G6)表示的二苯并咔唑化合物，

其中，所述二苯并咔唑化合物以通式(G10)表示，



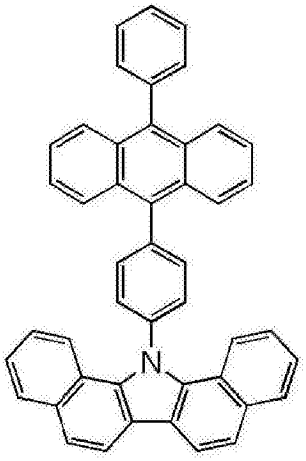
(G10)

其中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

29.根据权利要求28所述的二苯并呋喹化合物，其中$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16。

30.根据权利要求19所述的以通式(G6)表示的二苯并呋喹化合物，

其中，所述二苯并呋喹化合物以结构式(136)表示，



(136)

。

# 二苯并呋唑化合物、发光元件、发光装置、显示装置、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二苯并呋唑化合物。本发明的一个方式涉及一种发光元件或包括该发光元件的发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。

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

## 背景技术

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

[0004] 因为上述发光元件是自发光型发光元件，所以使用该发光元件的显示装置具有如下优点：具有良好的可见度；不需要背光源；以及功耗低等。并且，该显示装置还具有如下优点：能够被制造得薄且轻；以及响应速度快等。

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

[0006] 作为有机材料所形成的激发态的种类，有单重激发态($S^*$)及三重激发态($T^*$)，来自单重激发态的发光被称为荧光，来自三重激发态的发光被称为磷光。另外，在该发光元件中，单重激发态与三重激发态的统计学上的产生比例是$S^*:T^*=1:3$。因此，与使用发射荧光的材料(荧光材料)的发光元件相比，使用发射磷光的材料(磷光材料)的发光元件的发光效率更高。因此，近年来，对使用能够将三重激发能量转换为发光的磷光材料的发光元件积极地进行了开发。

[0007] 在使用磷光材料的发光元件中，尤其在发射蓝色发光的发光元件中，具有高三重激发能级的稳定的材料的开发是较困难的，所以还没有实现实用化。因此，对用于发射蓝色发光的发光元件的更稳定的荧光材料进行开发，提高使用荧光材料的发光元件的发光效率的材料或增加寿命的方法正在被寻求。

[0008] 发光元件的发光效率或寿命等性能不仅取决于发光材料，而且还受使发光材料激发的主体材料和传输载流子的载流子传输材料的性能的影响。因此，为了发光元件的发光效率或寿命，提出了具有各种分子结构的材料(例如，专利文献1及专利文献2)。

[0009] 其中，在发射深蓝色发光的发光元件中，不仅发光材料，而且使发光材料激发的主

体材料也需要高激发能量。因此，需要开发能够高效地使发光材料激发且稳定性高的主体材料。

[0010] [专利文献1]美国专利申请公开第2008/0122344号

[专利文献2]PCT申请公开第2010/114264号

## 发明内容

[0011] 作为可用于蓝色荧光发光元件的主体材料的材料的一个例子，可以举出9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称：CzPA)。通过将CzPA用作主体材料，可以制造在发光效率或驱动寿命的方面上具有优良特性的蓝色荧光发光元件。

[0012] 然而，近年来，随着显示装置的高性能化的需求的提高，需要以低功耗实现高颜色再现性的显示装置。因此，需要色纯度及发光效率更高的发光元件。其中，需要具有高效率及长寿命且发射深蓝色发光的发光元件。到目前为止提出了很多发光元件用材料，但是难以开发实现发光效率高且寿命长的深蓝色发光元件的材料。

[0013] 本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种能够实现发光效率高的发光元件的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种能够实现功耗低的发光元件的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种能够实现长寿命的发光元件的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种能够实现新颖的发光元件的新颖的化合物。本发明的一个方式的目的之一是提供一种包含新颖的化合物的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发射蓝色发光的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种长寿命的发光元件。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的发光装置。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的显示装置。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的电子设备。本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的照明装置。

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

[0015] 本发明人等构想出通过使用包含二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架及蒽骨架的新颖的二苯并咔唑化合物，可以提供特性良好的发光元件。

[0016] 本发明的一个方式是一种二苯并咔唑化合物，其中，二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架与芳基键合，并且，芳基为至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的芳基。

[0017] 本发明的其他的一个方式是一种二苯并咔唑化合物，其中，芳基键合到二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位，并且，芳基为至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的芳基。

[0018] 本发明的其他的一个方式是一种二苯并咔唑化合物，其中，二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位与蒽骨架通过亚苯基键合。

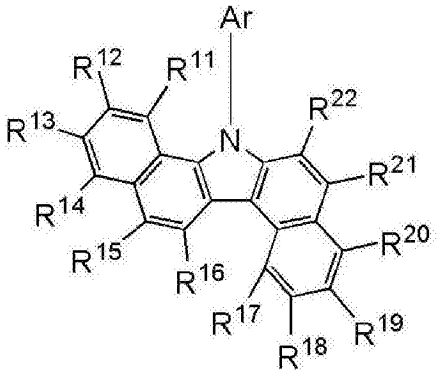
[0019] 本发明的其他的一个方式是一种二苯并咔唑化合物，其中，二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位与蒽骨架的9位通过亚苯基键合。

[0020] 本发明的其他的一个方式是一种二苯并咔唑化合物，其中，二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位与碳原子数为20至30的取代或未取代的蒽基苯基键

合。

[0021] 本发明的其他的一个方式是一种二苯并咔唑化合物，其中，二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位与碳原子数为20至30的取代或未取代的(9-蒽基)苯基键合。

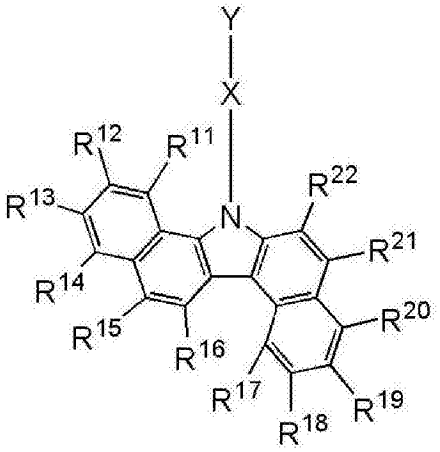
[0022] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物。

[0023] 

(G1)

[0024] 在通式(G1)中，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。

[0025] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G2)表示的二苯并咔唑化合物。

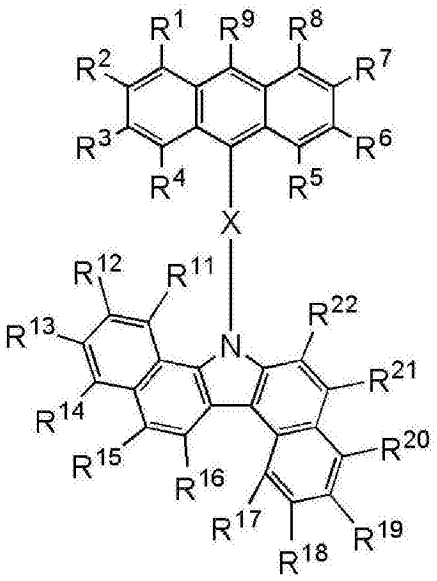
[0026] 

(G2)

[0027] 在通式(G2)中，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基，Y表示取代或未取代的蒽基。

[0028] 在上述结构中，X及Y的碳原子数的总和优选为20至30。

[0029] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G3)表示的二苯并咔唑化合物。

[0030] 

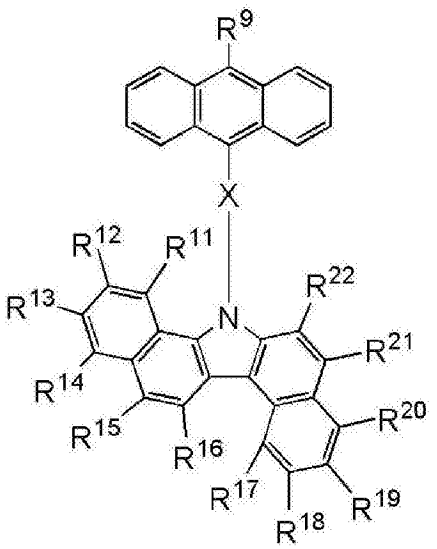
(G3)

[0031] 在通式(G3)中，$R^1$至$R^8$分别独立地表示氢或者碳原子数为1至4的烷基，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。

[0032] 在上述结构中，$R^1$至$R^9$及X的碳原子数的总和优选为6至16。

[0033] 在上述各结构中，X优选表示取代或未取代的亚苯基。

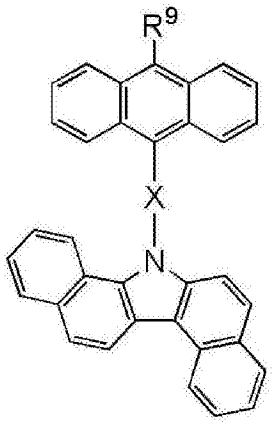
[0034] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G4)表示的二苯并呋唑化合物。

[0035] 

(G4)

[0036] 在通式(G4)中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

[0037] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G5)表示的二苯并呋唑化合物。

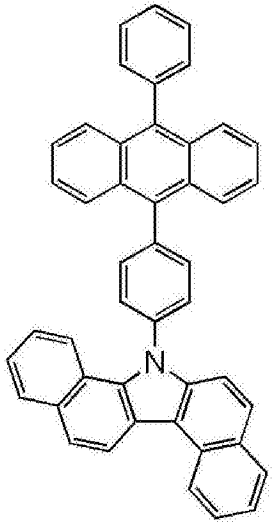
[0038] 

(G5)

[0039] 在通式(G5)中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

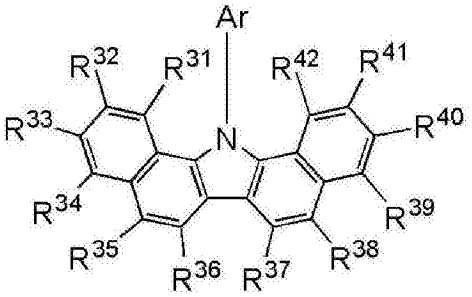
[0040] 在上述各结构中，$R^9$及X的碳原子数的总和优选为6至16。

[0041] 本发明的其他的一个方式是一种以结构式(100)表示的二苯并呋唑化合物。

[0042] 

(100)

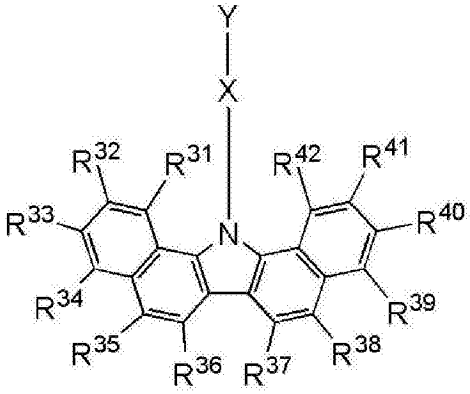
[0043] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G6)表示的二苯并呋唑化合物。

[0044] 

(G6)

[0045] 在通式(G6)中，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。

[0046] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G7)表示的二苯并呋唑化合物。

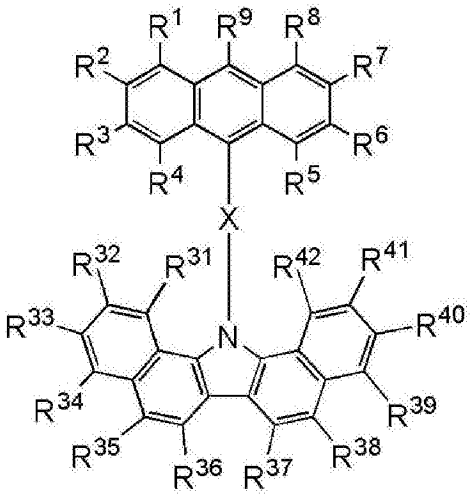
[0047] 

(G7)

[0048] 在通式(G7)中，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基，Y表示取代或未取代的蒽基。

[0049] 在上述结构中，X及Y的碳原子数的总和优选为20至30。

[0050] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G8)表示的二苯并呋喃化合物。

[0051] 

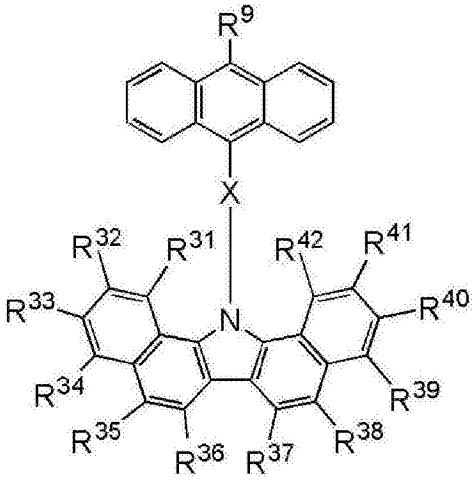
(G8)

[0052] 在通式(G8)中，$R^{1}$至$R^{8}$分别独立地表示氢或者碳原子数为1至4的烷基，$R^{9}$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。

[0053] 在上述结构中，$R^{1}$至$R^{9}$及X的碳原子数的总和优选为6至16。

[0054] 在上述各结构中，X优选表示取代或未取代的亚苯基。

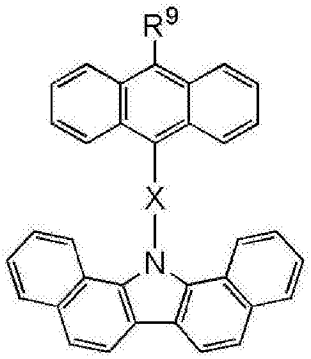
[0055] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G9)表示的二苯并呋喃化合物。

[0056] 

(G9)

[0057] 在通式(G9)中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

[0058] 本发明的其他的一个方式是一种以通式(G10)表示的二苯并呋唑化合物。

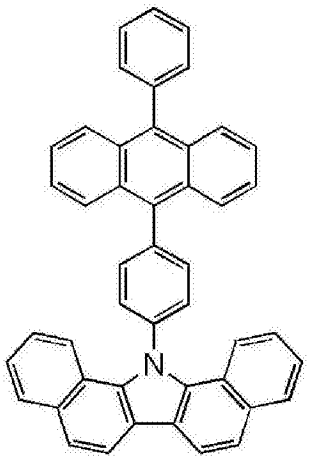
[0059] 

(G10)

[0060] 在通式(G10)中，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种，X表示取代或未取代的亚苯基。

[0061] 在上述各结构中，$R^9$及X的碳原子数的总和优选为6至16。

[0062] 本发明的其他的一个方式是一种以结构式(136)表示的二苯并呋唑化合物。

[0063] 

(136)

[0064] 本发明的其他的一个方式是一种包括上述二苯并呋唑化合物中的任一个的发光

元件。

[0065] 本发明的其他的一个方式是一种发光元件，该发光元件包括发光层及电子传输层，其中，发光层及电子传输层包含上述二苯并呋喹化合物中的任一个。

[0066] 本发明的其他的一个方式是一种发光元件，该发光元件包括主体材料及客体材料，其中，主体材料为上述二苯并呋喹化合物中的任一个。

[0067] 在上述结构中，客体材料优选发射荧光发光。另外，客体材料所发射的荧光发光优选为蓝色发光。另外，客体材料优选发射CIE1931色度坐标中的色度y为0.01以上且0.15以下的发光。

[0068] 在上述各结构中，相对于主体材料的客体材料的重量比优选大于0且小于0.03。

[0069] 本发明的其他的一个方式是包括上述结构中的任一个的发光元件及晶体管的发光装置。本发明的其他的一个方式是包括上述各结构中的任一个的发光元件及驱动电路的显示装置。本发明的其他的一个方式是包括传感器、操作按钮、扬声器和麦克风中的至少一个及上述各结构中的任一个的发光元件的电子设备。本发明的其他的一个方式是包括框体和触摸传感器中的至少一个及上述各结构中的任一个的发光元件的照明装置。另外，本发明的一个方式在其范畴内不仅包括具有发光元件的发光装置，还包括具有发光装置的电子设备。因此，本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(包括照明装置)。另外，在发光装置中安装有连接器诸如FPC(Flexible Printed Circuit:柔性电路板)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装)的模块;在TCP端部中设置有印刷线路板的模块;或者IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)方式直接安装在发光元件上的模块也是本发明的一个方式。

[0070] 通过本发明的一个方式可以提供一种新颖的化合物。通过本发明的一个方式可以提供一种能够实现发光效率高的发光元件的新颖的化合物。通过本发明的一个方式可以提供一种能够实现功耗低的发光元件的新颖的化合物。通过本发明的一个方式可以提供一种能够实现长寿命的发光元件的新颖的化合物。通过本发明的一个方式可以提供一种能够实现新颖的发光元件的新颖的化合物。通过本发明的一个方式可以提供一种包含新颖的化合物的发光元件。通过本发明的一个方式可以提供一种发光效率高的发光元件。通过本发明的一个方式可以提供一种发光效率高的发射蓝色发光的发光元件。通过本发明的一个方式可以提供一种长寿命的发光元件。通过本发明的一个方式可以提供一种新颖的发光装置。通过本发明的一个方式可以提供一种新颖的显示装置。通过本发明的一个方式可以提供一种新颖的电子设备。通过本发明的一个方式可以提供一种新颖的照明装置。

[0071] 注意，这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个方式并不一定必须具有所有上述效果。另外，可以从说明书、附图、权利要求书等的记载得知并抽取上述效果以外的效果。

## 附图说明

[0072] 图1A至图1F示出本发明的一个方式的化合物的取代基的结构；

图2A至图2C是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图及说明能级的相关关系的示意图；

图3A至图3C是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图及说明能级的相关关系的

图；

图4A至图4C是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图及说明能级的相关关系的图；

图5A及图5B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图；

图6A及图6B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图；

图7A至图7C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面示意图；

图8A至图8C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面示意图；

图9是本发明的一个方式的半导体元件的截面示意图；

图10A及图10B是说明本发明的一个方式的显示装置的俯视图及截面示意图；

图11A和图11B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图12是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图13A和图13B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图14A及图14B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图15是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图16A及图16B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图17是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图18A和图18B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；

图19A及图19B是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图及电路图；

图20A及图20B是说明本发明的一个方式的显示装置的像素电路的电路图；

图21A及图21B是说明本发明的一个方式的显示装置的像素电路的电路图；

图22A及图22B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的透视图；

图23A至图23C是示出本发明的一个方式的显示装置及触摸传感器的一个例子的截面图；

图24A及图24B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的截面图；

图25A及图25B是本发明的一个方式的触摸传感器的方框图及时序图；

图26是本发明的一个方式的触摸传感器的电路图；

图27是说明本发明的一个方式的显示模块的透视图；

图28A至图28G示出本发明的一个方式的电子设备；

图29A至图29F示出说明本发明的一个方式的电子设备；

图30A至图30D示出说明本发明的一个方式的电子设备；

图31A及图31B是说明本发明的一个方式的显示装置的透视图；

图32A至图32C是说明本发明的一个方式的发光装置的透视图及截面图；

图33A至图33D是说明本发明的一个方式的发光装置的截面图；

图34A至图34C示出本发明的一个方式的照明装置及电子设备；

图35示出本发明的一个方式的照明装置；

图36A和图36B示出实施例的化合物的NMR谱；

图37示出实施例的化合物的MS光谱；

图38示出实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱；

图39示出实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱；

图40A和图40B示出实施例的化合物的NMR谱；

图41示出实施例的化合物的MS光谱；

图42示出实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱；

图43示出实施例的化合物的吸收光谱及发射光谱；

图44示出实施例的发光元件的电流效率-亮度特性；

图45示出实施例的发光元件的亮度-电压特性；

图46示出实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性；

图47示出实施例的发光元件的电致发光光谱；

图48示出实施例的发光元件的驱动寿命测试结果；

图49示出实施例的发光元件的电流效率-亮度特性；

图50示出实施例的发光元件的亮度-电压特性；

图51示出实施例的发光元件的外部量子效率-亮度特性；

图52示出实施例的发光元件的电致发光光谱；

图53示出实施例的发光元件的驱动寿命测试结果。

## 具体实施方式

[0073] 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及实施例所记载的内容中。

[0074] 另外，为了便于理解，有时在附图等中示出的各结构的位置、大小及范围等并不表示其实际的位置、大小及范围等。因此，所公开的发明不一定局限于附图等所公开的位置、大小、范围等。

[0075] 此外，在本说明书等中，为了方便起见，附加了第一、第二等序数词，而其有时并不表示工序顺序或叠层顺序。因此，例如可以将“第一”适当地置换为“第二”或“第三”等而进行说明。此外，本说明书等中所记载的序数词与用于指定本发明的一个方式的序数词有时不一致。

[0076] 注意，在本说明书等中，当利用附图说明发明的结构时，有时在不同的附图中共同使用表示相同的部分的符号。

[0077] 另外，在本说明书等中，可以将“膜”和“层”相互调换。例如，有时可以将“导电层”换称为“导电膜”。此外，有时可以将“绝缘膜”换称为“绝缘层”。

[0078] 另外，在本说明书等中，单重激发态($S^*$)是指具有激发能量的单重态。单重激发态中具有最低能量的激发态被称为最低单重激发态。另外，单重激发能级是指单重激发态的能级。单重激发能级中最低的激发能级被称为最低单重激发(S1)能级。此外，在本说明书等中，即使简单地表示为“单重激发态”或“单重激发态能级”也有时分别表示最低的单重激发态或S1能级。

[0079] 另外，在本说明书等中，三重激发态($T^*$)是指具有激发能量的三重态。三重激发态中具有最低能量的激发态被称为最低三重激发态。另外，三重激发能级是指三重激发态的能级。三重激发能级中最低的激发能级被称为最低三重激发(T1)能级。另外，在本说明书等中，即使简单地表示为“三重激发态”或“三重激发态能级”也有时分别表示最低的三重激发

态或T1能级。

[0080] 另外，在本说明书等中，荧光材料是指在从单重激发态返回到基态时在可见光区域发光的材料。另一方面，磷光材料是指在从三重激发态返回到基态时在室温下在可见光区域发光的材料。换言之，磷光材料是指能够将三重激发能量转换为可见光的材料之一。

[0081] 另外，在本说明书等中，室温是指0℃以上且40℃以下的温度。

[0082] 另外，在本说明书等中，蓝色的波长区域是指400nm以上且550nm以下，蓝色发光是在该区域具有至少一个发射光谱峰的发光。

[0083] 实施方式1

在本实施方式中，以下对能够用于本发明的一个方式的发光元件的化合物进行说明。

[0084] 本发明的一个方式的化合物为一种二苯并呋喹化合物，其中二苯并[a,g]呋喹骨架或二苯并[a,i]呋喹骨架与至少具有蒽骨架的芳基键合。二苯并[a,g]呋喹骨架、二苯并[a,i]呋喹骨架及具有蒽骨架的芳基具有良好的载流子传输性，因此通过将该二苯并呋喹化合物用于发光元件，可以制造驱动电压小的发光元件。另外，二苯并呋喹化合物具有较宽的带隙，因此通过将该二苯并呋喹化合物用于发光元件，可以制造发光效率高的发光元件。尤其是，可以制造发射发光效率高的蓝色发光的发光元件。另外，该二苯并呋喹化合物对氧化及还原的反复具有高耐性，因此通过将该二苯并呋喹化合物用于发光元件，可以制造寿命(尤其是驱动寿命)长的发光元件。如上所述，通过将本发明的一个方式的化合物用于发光元件，可以制造发光特性良好的高性能的发光元件。

[0085] 在该芳基的碳原子数为14至30时，该二苯并呋喹化合物成为分子量比较低的低分子化合物，由此得到适合真空蒸镀(可以在比较低的温度下进行真空蒸镀)的结构。一般来说，在很多情况下，在分子量低时，成膜后的耐热性低，但是该二苯并呋喹化合物由于坚固的二苯并[a,g]呋喹、二苯并[a,i]呋喹及蒽骨架的效果而具有即使分子量低也能够确保充分的耐热性的优点。另外，蒽骨架与二苯并[a,g]呋喹骨架或二苯并[a,i]呋喹骨架优选通过亚苯基或亚萘基等亚芳基键合。

[0086] 当二苯并[a,g]呋喹骨架及二苯并[a,i]呋喹骨架在该骨架所具有的氮处与取代基键合时，带隙变宽，所以尤其适用于发射蓝色发光等能量高的发光的发光元件。因此，在二苯并[a,g]呋喹骨架的7位或二苯并[a,i]呋喹骨架的11位处通过亚芳基键合到蒽骨架的二苯并呋喹化合物适用于蓝色发光元件。另外，在该亚芳基为亚苯基的情况下，可以实现稳定化以及降低分子量，所以是优选的。

[0087] 另外，在二苯并[a,g]呋喹骨架或二苯并[a,i]呋喹骨架通过亚芳基键合到蒽骨架的9位的情况下，该二苯并呋喹化合物的载流子传输性得到提高。因此，使用该二苯并呋喹化合物的发光元件可以以低电压驱动。另外，在该亚芳基为亚苯基的情况下，可以实现稳定化以及降低分子量，所以是优选的。

[0088] 另外，由于上述原因，二苯并[a,g]呋喹骨架的7位或二苯并[a,i]呋喹骨架的11位通过亚芳基键合到蒽骨架的9位的二苯并呋喹化合物具有较宽的带隙及良好的载流子传输性，因此通过将该二苯并呋喹化合物用于发光元件，可以制造驱动电压小且发光效率高的蓝色发光元件。另外，在该亚芳基为亚苯基的情况下，可以实现稳定化以及降低分子量，所以是优选的。

[0089] 另外，上述二苯并呋喹化合物也可以说是芳基蒽衍生物键合到二苯并[a,g]呋喹

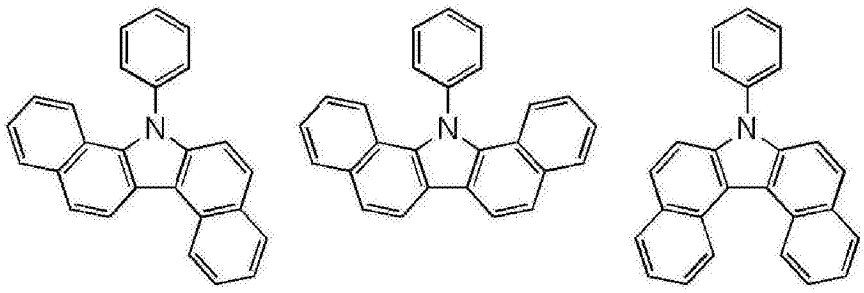
骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架的二苯并咔唑化合物。因为该二苯并咔唑化合物可以容易高纯度地合成,所以可以抑制由杂质导致的元件劣化。另外,从元件特性的稳定性及驱动寿命的观点来看,键合于二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架的芳基蒽衍生物的碳原子数优选为20至30。在此情况下,该二苯并咔唑化合物如上所述那样可以在比较低的温度下进行真空蒸镀,所以不容易引起蒸镀时的热分解等劣化。另外,该发光元件不仅在驱动寿命方面上而且还在驱动电压方面上优越。这还是因为如下缘故:因为该二苯并咔唑化合物具有蒽骨架通过亚芳基键合于二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位的分子结构,所以可以得到电化学稳定性或高载流子传输性。另外,在该亚芳基为亚苯基的情况下,可以实现稳定化以及降低分子量,所以是优选的。

[0090] 另外,由于上述原因,更优选在该二苯并咔唑化合物中蒽骨架的9位通过亚芳基键合于二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位。这也可以说更优选在该二苯并咔唑化合物中(9-蒽基)芳基键合于二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位。另外,从化合物及发光元件的稳定性的观点来看,键合于二苯并[a,g]咔唑骨架的7位或二苯并[a,i]咔唑骨架的11位的(9-蒽基)芳基的碳原子数优选为20至30。就是说,该二苯并咔唑化合物除了具有上述易蒸镀性、电化学稳定性以及载流子传输性以外,还因发挥(9-蒽基)芳基的骨架的效果而具有带隙宽的特性。因此,有利于将该二苯并咔唑化合物用作发光元件中的发光层的主体材料并将发光材料作为客体材料添加到发光层中的结构。尤其优选将该二苯并咔唑化合物用于蓝色发光元件的主体材料。另外,在该(9-蒽基)芳基的芳基为苯基的情况下,可以实现稳定化以及降低分子量,所以是优选的。换言之,该(9-蒽基)芳基优选为(9-蒽基)苯基。

[0091] <量子化学计算>

在此,利用量子化学计算算出包含本发明的一个方式的二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架的化合物的最稳定的分子结构。为了比较,还对包含二苯并[c,g]咔唑骨架的化合物进行量子化学计算。用于计算的化合物为7-苯基-7H-二苯并[a,g]咔唑(简称:agDBCz)、11-苯基-11H-二苯并[a,i]咔唑(简称:aiDBCz)及7-苯基-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCz)。以下示出这些化合物的分子结构。

[0092]




agDBCz aiDBCz cgDBCz

[0093] 利用密度泛函理论(DFT)计算出各化合物的单重基态下的最稳定结构。作为量子化学计算程序,使用Gaussian09。使用高性能计算机(SGI株式会社制造,ICE X)进行计算。作为基底函数使用6-311G(d,p),作为泛函数使用B3LYP。以势能、电子间静电能、电子的运动能、包括所有的其他复杂的电子间的互相作用的交换相关能的总和表示DFT的所有的能量。在DFT中,由于使用以电子密度表示的单电子势的泛函(函数的函数之意)来近似交换相

关作用，所以计算精度高。

[0094] 图1A至图1F示出计算结果。图1A和图1B示出agDBCz的结果，图1C和图1D示出aiDBCz的结果，图1E和图1F示出cgDBCz的结果。在图1A至图1F中，以各化合物所包含的吡咯环配置在xy平面上的方式进行图示，图1A、图1C和图1E示出从xy平面看时的各化合物的最稳定结构，图1B、图1D和图1F示出从yz平面看时的各化合物的最稳定结构。

[0095] 如图1B和图1D所示，在agDBCz及aiDBCz中二苯并[a,g]咔唑骨架及二苯并[a,i]咔唑骨架配置在xy平面上。另一方面，如图1F所示，在cgDBCz中，二苯并[c,g]咔唑骨架中的1位的氢和12位的氢具有空间位阻，因此xy平面上的二苯并[c,g]咔唑骨架在z轴方向上变形。

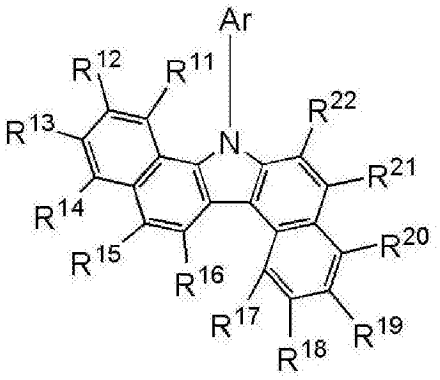
[0096] 换言之，二苯并[a,g]咔唑骨架及二苯并[a,i]咔唑骨架与二苯并[c,g]咔唑骨架相比其分子结构的变形小，为稳定的骨架。因此，通过使用二苯并[a,g]咔唑骨架或二苯并[a,i]咔唑骨架，可以制造稳定的二苯并咔唑化合物。另外，通过使用该二苯并咔唑化合物，可以实现驱动寿命长的发光元件。

[0097] 另外，计算出上述各化合物的最低三重激发能级(T1能级)。为了算出各化合物的T1能级，利用密度泛函理论(DFT)计算出各化合物的单重基态及三重激发态下的最稳定结构。作为基底函数使用6-311G(d,p)，作为泛函数使用B3LYP。另外，算出振动能级来算出单重基态与三重激发态的最低振动能级之间的电子迁移(0-0迁移)的能量，由此获得T1能级。

[0098] 计算结果为agDBCz、aiDBCz及cgDBCz的三重激发能级分别为2.44eV、2.60eV及2.28eV。换言之，agDBCz及aiDBCz的三重激发能量比cgDBCz高。因此，二苯并[a,g]咔唑骨架及二苯并[a,i]咔唑骨架优选与具有与蒽骨架高的三重激发能量的苯并[a]蒽骨架等组合。

[0099] <化合物的例子1>

如上所示的本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物是以下述通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物。

[0100] 


(G1)

[0101] 在上述通式(G1)中，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。在该芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基或者碳原子数为6至12的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

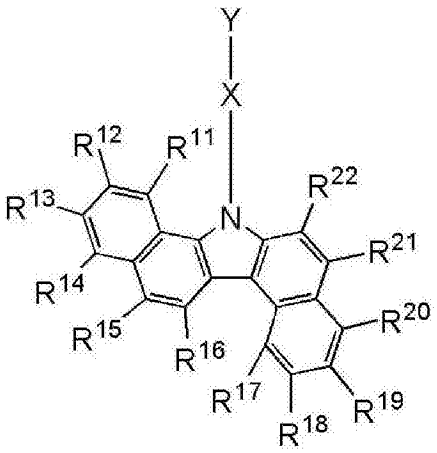
[0102] 另外，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取

代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

[0103] 〈化合物的例子2〉

在本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物中，在二苯并[a,g]呋喃骨架的7位键合到至少包含蒽骨架的芳基时带隙变宽，所以尤其适用于发射蓝色发光等能量高的发光的发光元件，所以是优选的。另外，该二苯并呋喃化合物具有良好的载流子传输性，所以使用该二苯并呋喃化合物的发光元件可以以低电压驱动，所以是优选的。上述二苯并呋喃化合物是以以下通式(G2)表示的二苯并呋喃化合物。

[0104]




(G2)

[0105] 在上述通式(G2)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基或者碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0106] 另外，Y表示取代或未取代的蒽基。在该蒽基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基或者碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0107] 另外，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取

代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

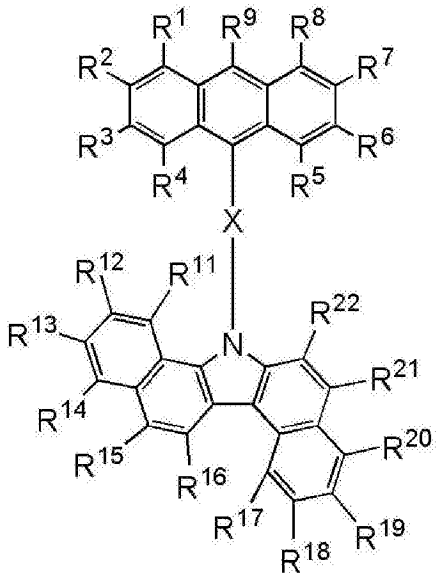
[0108] 在通式(G2)中，在X及Y的碳原子数的总和为20至30的情况下，该二苯并呋唑化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0109] 另外，在通式(G2)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋唑化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0110] <化合物的例子3>

另外，在本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物中，在二苯并[a,g]呋唑骨架的7位通过亚芳基键合到蒽骨架的9位时，载流子传输性得到提高，所以使用该二苯并呋唑化合物的发光元件可以以低电压驱动，所以是优选的。上述二苯并呋唑化合物是以以下通式(G3)表示的二苯并呋唑化合物。

[0111]




(G3)

[0112] 在上述通式(G3)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至10的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0113] 另外，$R^1$至$R^8$分别独立地表示氢或者碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4

的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

[0114] 另外，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。上述芳基也可以具有取代基。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

[0115] 另外，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

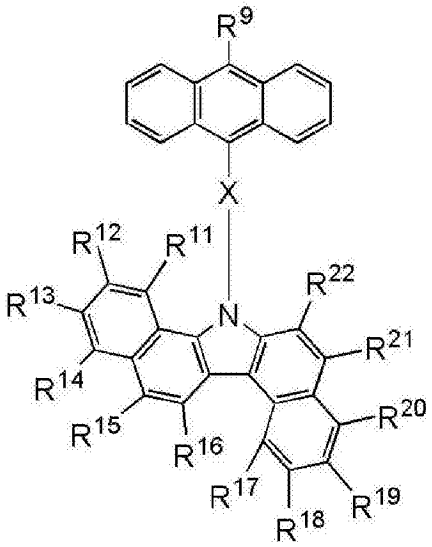
[0116] 在通式(G3)中，在$R^1$至$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16的情况下，该二苯并呋唑化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0117] 另外，在通式(G3)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋唑化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0118] <化合物的例子4>

另外，在上述通式(G3)中，在$R^1$至$R^8$都是氢的情况下，在合成容易性及原料价格的方面上也有优势，而且，变得低分子量较低的化合物，所以适于真空蒸镀，所以是特别优选的。该二苯并呋唑化合物是以以下通式(G4)表示的二苯并呋唑化合物。

[0119]




(G4)

[0120] 在上述通式(G4)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至10的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0121] 另外，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。上述芳基也可以具有取代基。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

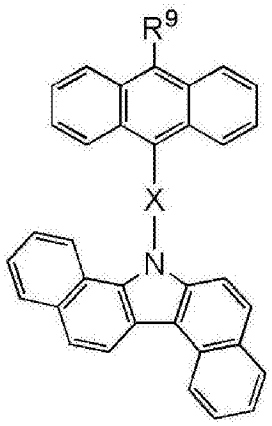
[0122] 另外，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

[0123] 在通式(G4)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋喃化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0124] 另外，在通式(G4)中，在$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16的情况下，该二苯并呋喃化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0125] <化合物的例子5>

另外，在上述通式(G4)中，$R^{11}$至$R^{22}$都是氢的情况下，在合成容易性及原料价格的方面上也有优势，而且，变得低分子量较低的化合物，所以适于真空蒸镀，所以是特别优选的。该二苯并呋喃化合物是以以下通式(G5)表示的二苯并呋喃化合物。

[0126] 

(G5)

[0127] 在上述通式(G5)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至10的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0128] 另外，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。上述芳基也可以具有取代基。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

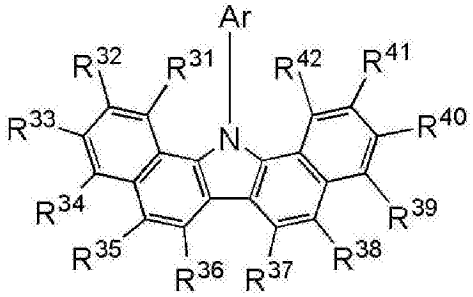
[0129] 在通式(G5)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋唑化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0130] 另外，在通式(G5)中，在$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16的情况下，该二苯并呋唑化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0131] 另外，在上述通式(G5)中，在$R^9$及X为亚苯基的情况下，变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。另外，在合成容易性及原料价格的方面上也有优势。

[0132] <化合物的例子6>

另外，上述本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物是以以下通式(G6)表示的二苯并呋唑化合物。

[0133] 

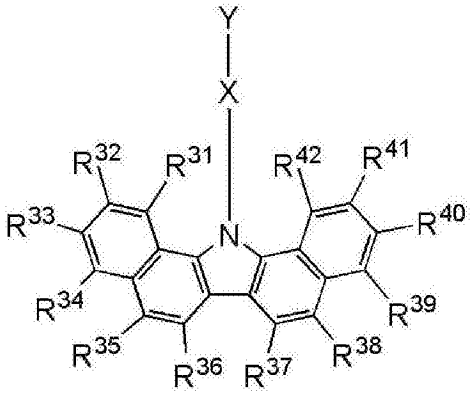
(G6)

[0134] 在上述通式(G6)中,Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。在该芳基具有取代基的情况下,作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基或者碳原子数为6至12的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基及联苯基等。

[0135] 另外,$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外,作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基及联苯基等。

[0136] <化合物的例子7>

在本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物中,在二苯并[a,i]呋喃骨架的11位键合到至少包含蒽骨架的芳基时带隙变宽,所以尤其适用于发射蓝色发光等能量高的发光的发光元件,所以是优选的。另外,该二苯并呋喃化合物具有良好的载流子传输性,所以使用该二苯并呋喃化合物的发光元件可以以低电压驱动,所以是优选的。上述二苯并呋喃化合物是以以下通式(G7)表示的二苯并呋喃化合物。

[0137] 

(G7)

[0138] 在上述通式(G7)中,X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原

子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基或者碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0139] 另外，Y表示取代或未取代的蒽基。在该蒽基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基或者碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

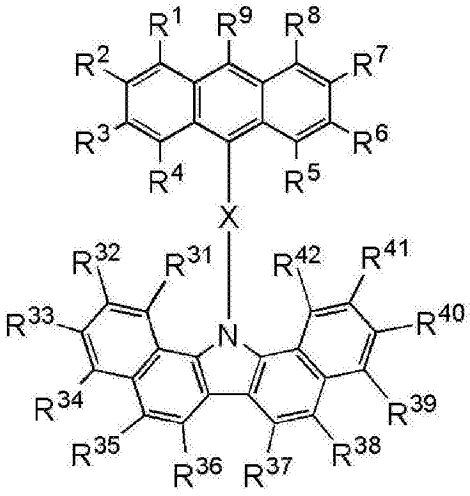
[0140] 另外，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

[0141] 在通式(G7)中，在X及Y的碳原子数的总和为20至30的情况下，该二苯并呋喹化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0142] 另外，在通式(G7)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋喹化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0143] 〈化合物的例子8〉

另外，在本发明的一个方式的二苯并呋喹化合物中，在二苯并[a,i]呋喹骨架的11位通过亚芳基键合到蒽骨架的9位时，载流子传输性得到提高，所以使用该二苯并呋喹化合物的发光元件可以以低电压驱动，所以是优选的。上述二苯并呋喹化合物是以以下通式(G8)表示的二苯并呋喹化合物。

[0144] 

(G8)

[0145] 在上述通式(G8)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至10的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0146] 另外，$R^1$至$R^8$分别独立地表示氢或者碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

[0147] 另外，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。上述芳基也可以具有取代基。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

[0148] 另外，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

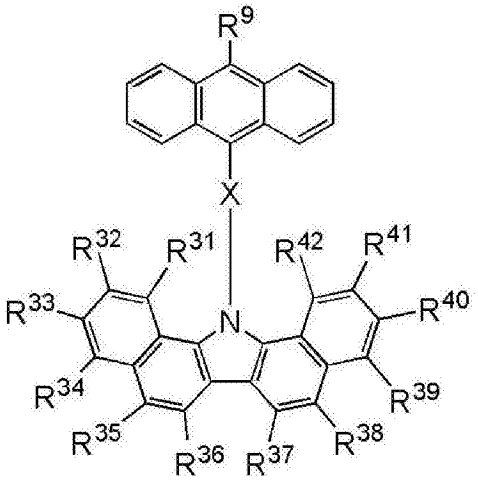
[0149] 在通式(G8)中，在$R^1$至$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16的情况下，该二苯并呋喃化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸

镀)，所以是优选的。

[0150] 另外，在通式(G8)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋喃化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0151] <化合物的例子9>

另外，在上述通式(G8)中，$R^1$至$R^8$都是氢的情况下，在合成容易性及原料价格的方面上也有优势，而且，变得低分子量较低的化合物，所以适于真空蒸镀，所以是特别优选的。该二苯并呋喃化合物是以以下通式(G9)表示的二苯并呋喃化合物。

[0152] 

(G9)

[0153] 在上述通式(G9)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至10的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0154] 另外，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。上述芳基也可以具有取代基。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

[0155] 另外，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至13的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基、联苯基及芴基等。上述芳基还可以具有取代基，该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至12的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁

基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至12的芳基，具体地说，可以举出苯基、萘基及联苯基等。

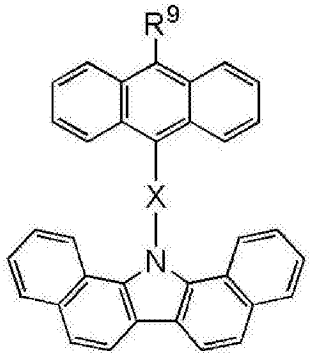
[0156] 在通式(G9)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋喃化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

[0157] 另外，在通式(G9)中，在$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16的情况下，该二苯并呋喃化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0158] <化合物的例子10>

另外，在上述通式(G9)中，$R^{31}$至$R^{42}$都是氢的情况下，在合成容易性及原料价格的方面上也有优势，而且，变得低分子量较低的化合物，所以适于真空蒸镀，所以是特别优选的。该二苯并呋喃化合物是以以下通式(G10)表示的二苯并呋喃化合物。

[0159]




(G10)

[0160] 上述在通式(G10)中，X表示碳原子数为6至13的取代或未取代的亚芳基。作为碳原子数为6至13的亚芳基，具体地说，可以举出亚苯基、亚萘基、亚联苯基及亚芴基等。另外，在该亚芳基具有取代基的情况下，作为该取代基，可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至10的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。

[0161] 另外，$R^9$表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至10的取代或未取代的芳基中的任一种。作为碳原子数为1至6的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及正己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基，具体地说，可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。另外，作为碳原子数为6至10的芳基，具体地说，可以举出苯基及萘基等。上述芳基也可以具有取代基。作为该取代基，可以选择碳原子数为1至4的烷基。作为碳原子数为1至4的烷基，具体地说，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基及叔丁基等。

[0162] 在通式(G10)中，在X为取代或未取代的亚苯基的情况下，该二苯并呋喃化合物变得稳定且其分子量降低，所以是优选的。

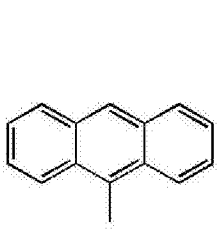
[0163] 另外，在通式(G10)中，在$R^9$及X的碳原子数的总和为6至16的情况下，该二苯并呋喃化合物成为分子量较低的低分子化合物，因此适于真空蒸镀(能够以较低的温度进行真空蒸镀)，所以是优选的。

[0164] 另外，上述在通式(G10)中，在$R^9$及X为亚苯基的情况下，变得稳定且其分子量降

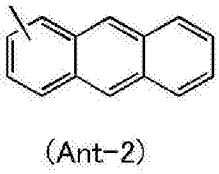
低，所以是优选的。另外，在合成容易性及原料价格的方面上也有优势。

[0165] <取代基的例子>

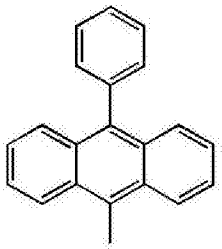
在通式(G1)及通式(G6)中，作为以Ar表示的至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的芳基，例如可以应用以以下结构式(Ant-1)至(Ant-53)表示的基团。Ar也可以具有取代基，可用作Ar的基团不局限于此。



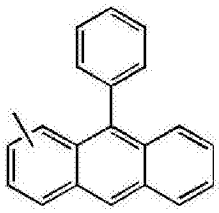
(Ant-1)



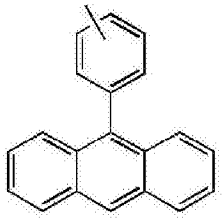
(Ant-2)



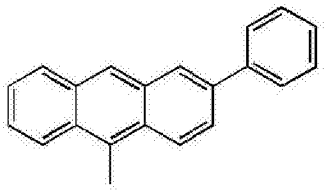
(Ant-3)



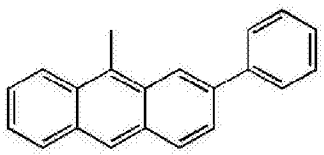
(Ant-4)



(Ant-5)

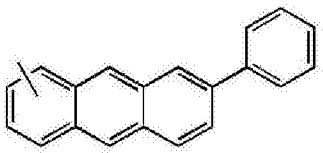


(Ant-6)

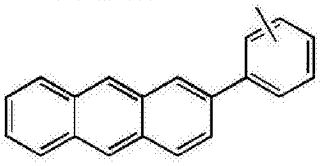


(Ant-7)

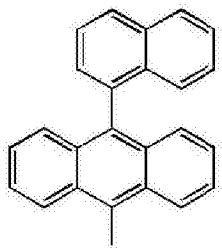
[0166]



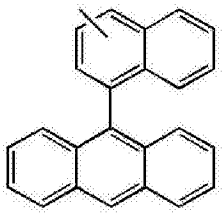
(Ant-8)



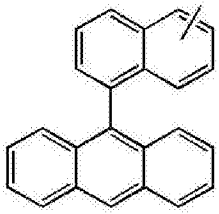
(Ant-9)



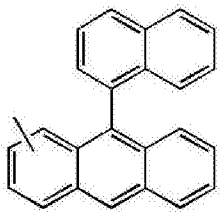
(Ant-10)



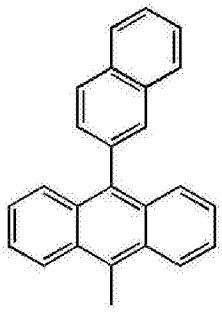
(Ant-11)



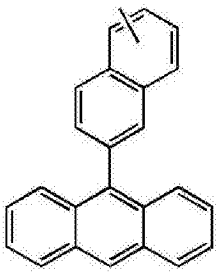
(Ant-12)



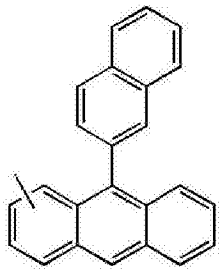
(Ant-13)



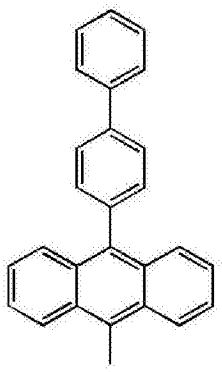
(Ant-14)



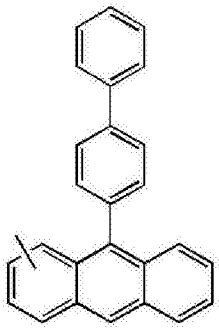
(Ant-15)



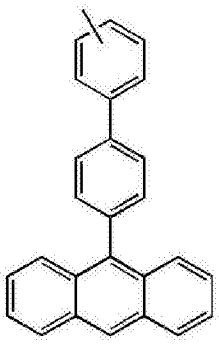
(Ant-16)



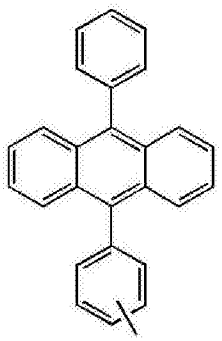
(Ant-17)



(Ant-18)

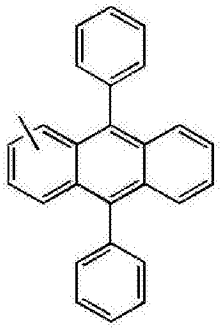


(Ant-19)

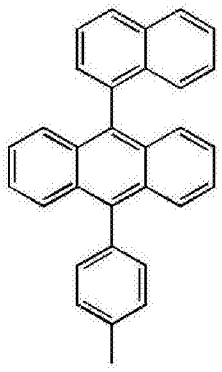


(Ant-20)

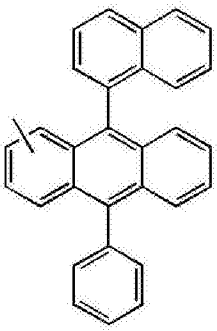
[0167]



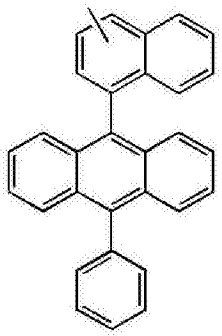
(Ant-21)



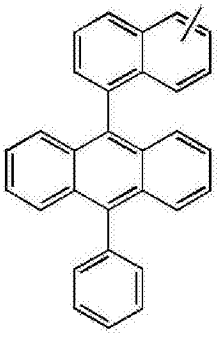
(Ant-22)



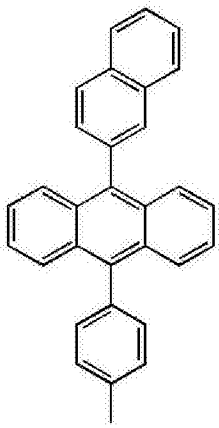
(Ant-23)



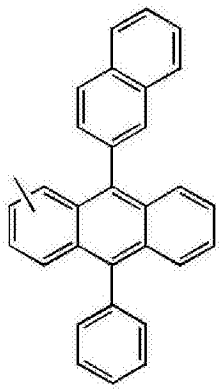
(Ant-24)



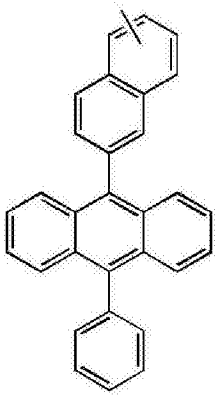
(Ant-25)



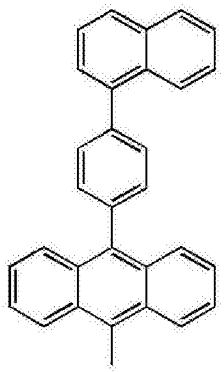
(Ant-26)



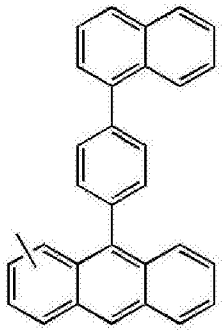
(Ant-27)



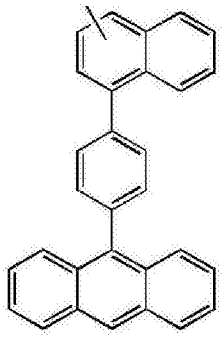
(Ant-28)



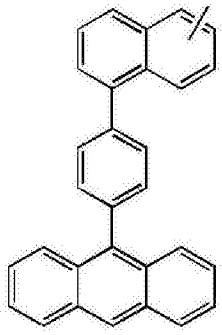
(Ant-29)



(Ant-30)

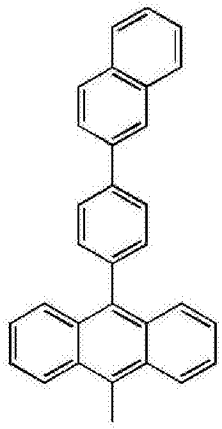


(Ant-31)

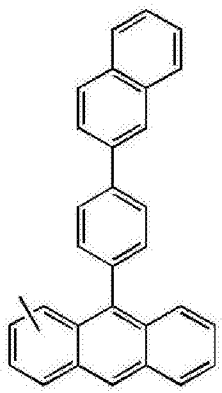


(Ant-32)

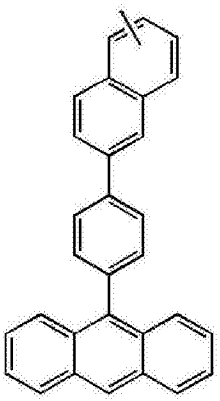
[0168]



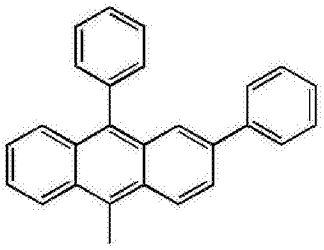
(Ant-33)



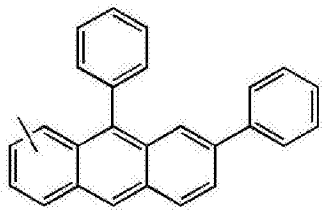
(Ant-34)



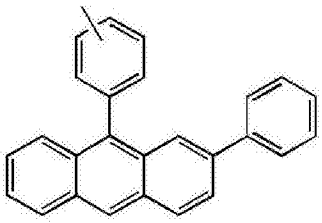
(Ant-35)



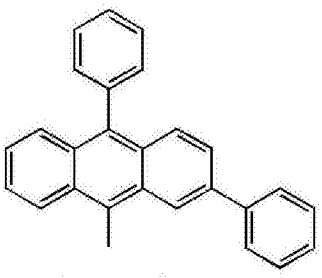
(Ant-36)



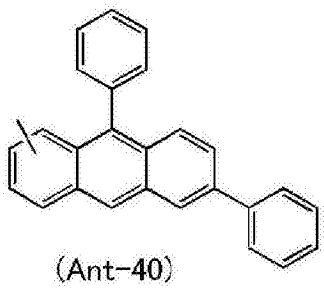
(Ant-37)



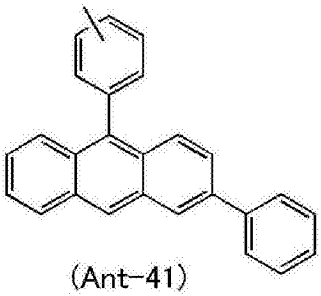
(Ant-38)



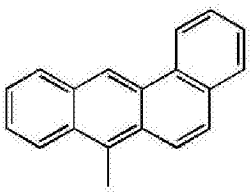
(Ant-39)



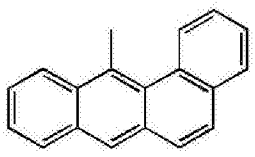
(Ant-40)



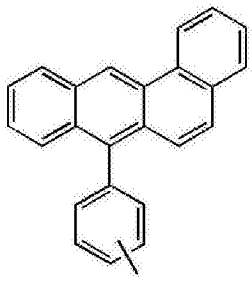
(Ant-41)



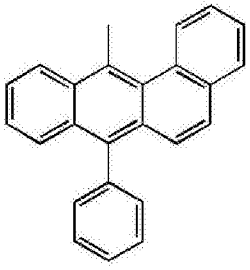
(Ant-42)



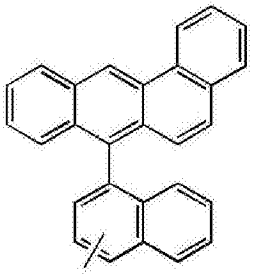
(Ant-43)



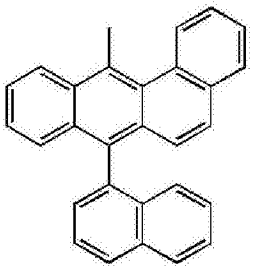
(Ant-44)



(Ant-45)

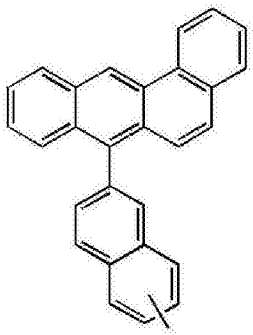


(Ant-46)

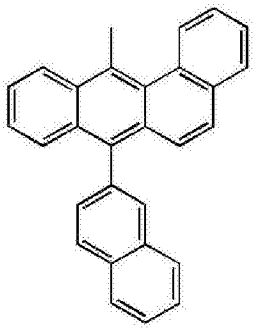


(Ant-47)

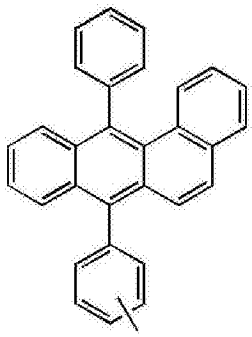
[0169]



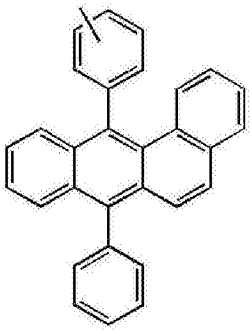
(Ant-48)



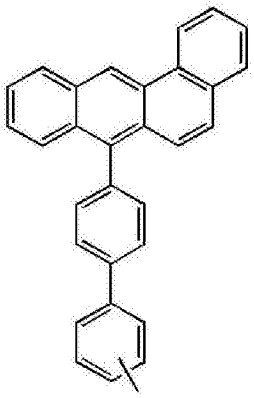
(Ant-49)



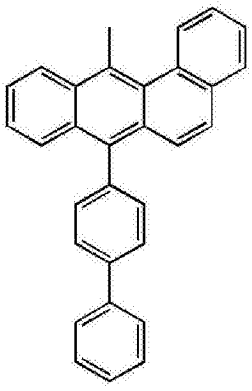
(Ant-50)



(Ant-51)



(Ant-52)

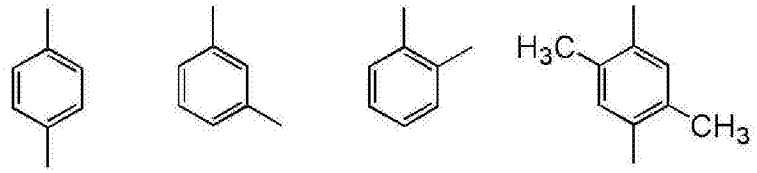


(Ant-53)

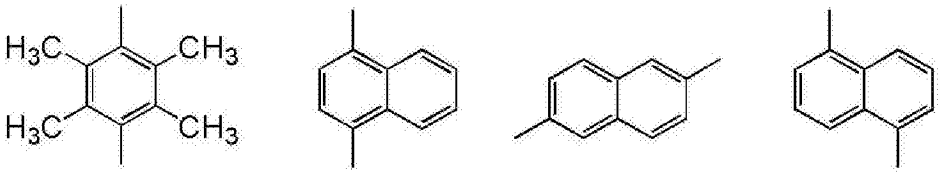
[0170] 在上述通式(G2)及在通式(G7)中,作为以Y表示的蒽基例如可以应用以上述结构式(Ant-1)至(Ant-16)及(Ant-42)至(Ant-45)表示的基团。Y也可以具有取代基,可用作Y的基团不局限于此。

[0171] 在上述通式(G2)至(G5)及通式(G7)至(G10)中,作为以X表示的亚芳基例如可以应用以结构式(Ar-1)至(Ar-15)表示的基团。X也可以具有取代基,可用作X的基团不局限于

此。

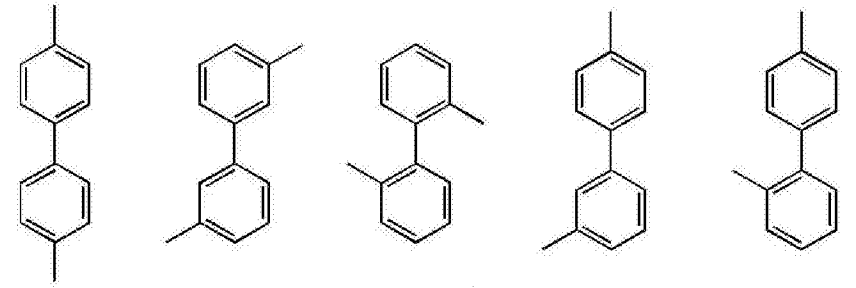


(Ar-1) (Ar-2) (Ar-3) (Ar-4)

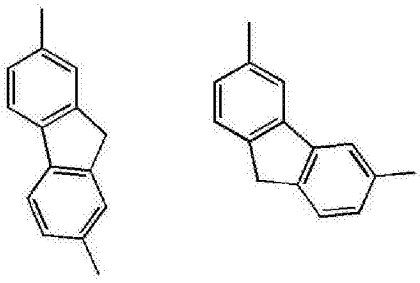


(Ar-5) (Ar-6) (Ar-7) (Ar-8)

[0172]

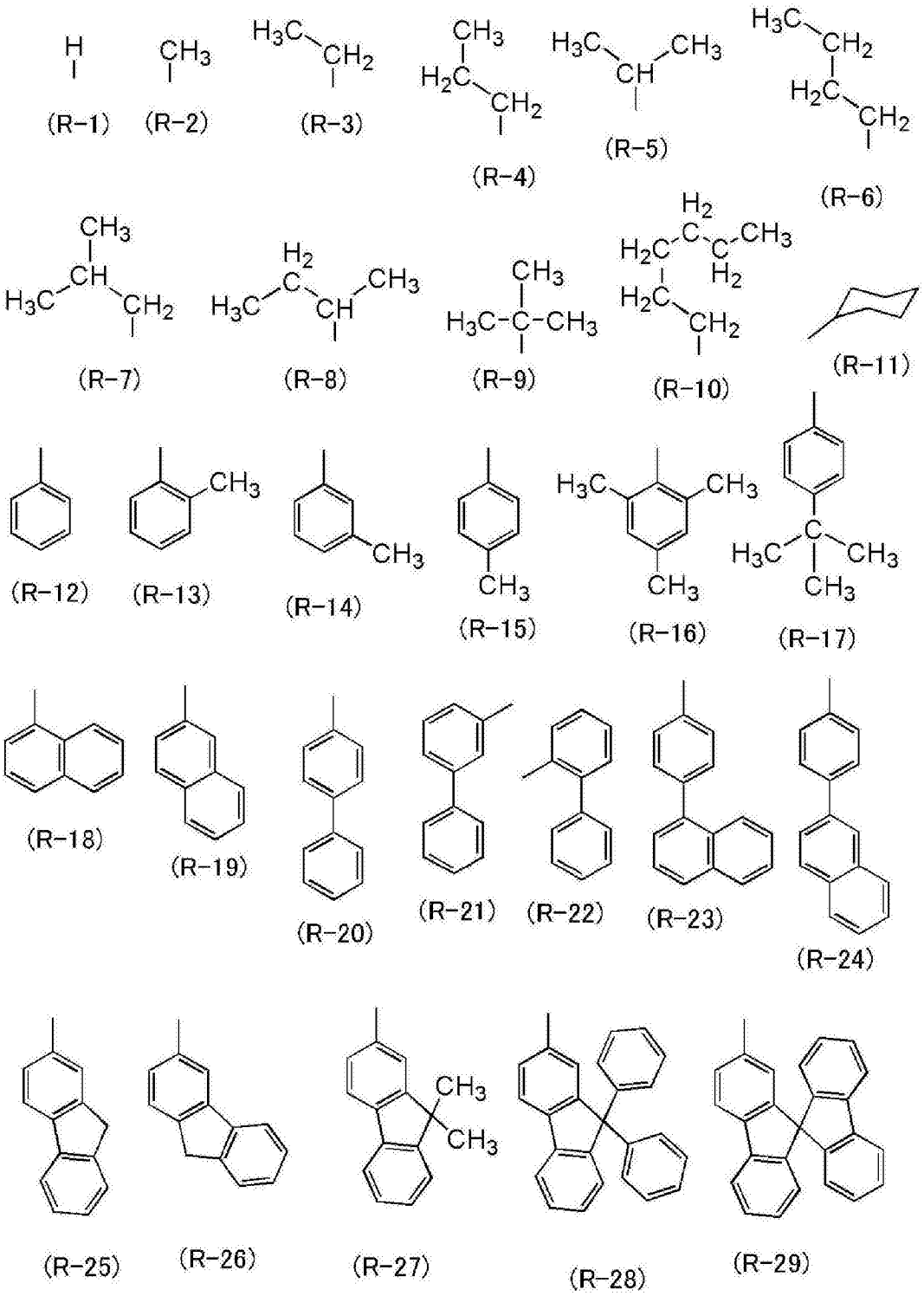


(Ar-9) (Ar-10) (Ar-11) (Ar-12) (Ar-13)



(Ar-14) (Ar-15)

[0173] 作为以上述通式(G1)至(G4)的$R^{11}$至$R^{22}$、通式(G6)及(G9)的$R^{31}$至$R^{42}$表示的氢、烷基或芳基例如可以应用以以下结构式(R-1)至(R-29)表示的基团。烷基或芳基可以具有取代基,可用作烷基或芳基的基团不局限于此。




[0174]

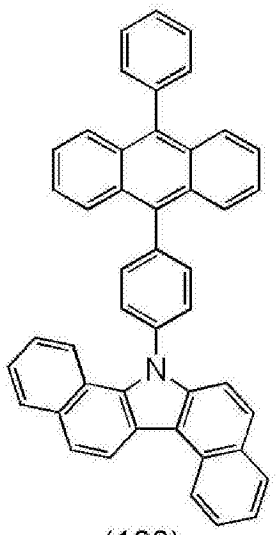
[0175] 作为以上述通式(G3)至(G5)及通式(G8)至(G10)的$R^9$表示的烷基或芳基例如可以应用以上述结构式(R-1)至(R-19)表示的基团。烷基或芳基可以具有取代基,可用作烷基或芳基的基团不局限于此。

[0176] 以上述通式(G3)及通式(G8)的$R^1$至$R^8$表示的氢或者烷基例如可以应用以上述结构式(R-1)至(R-9)表示的基团。可用作烷基的基团不局限于此。

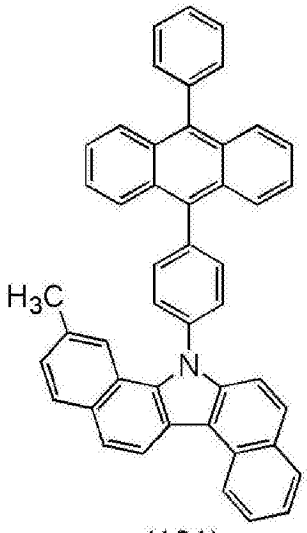
[0177] <化合物的具体例子>

作为以上述通式(G1)至(G10)表示的二苯并呋喃化合物的具体结构,可以举出以下述

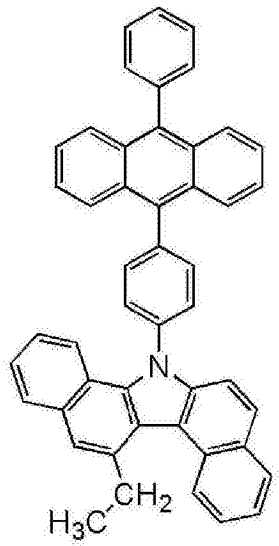
结构式(100)至(171)表示的化合物等。注意,以通式(G1)至(G10)表示的二苯并咔唑化合物不局限于下述例子。




(100)

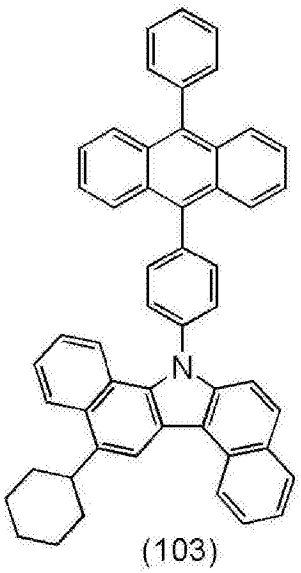



(101)

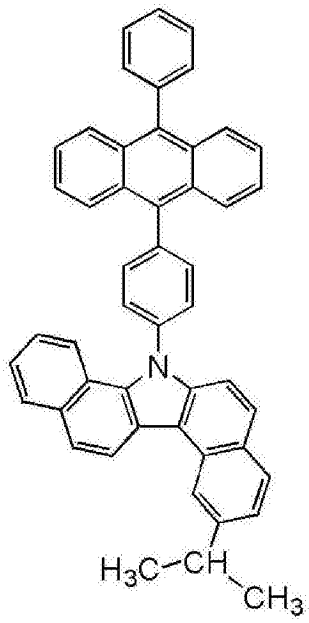



(102)

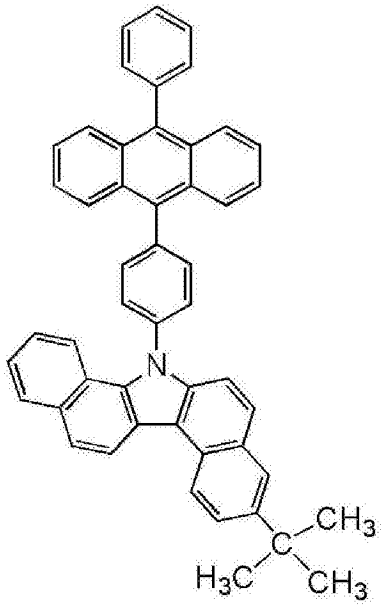
[0178]



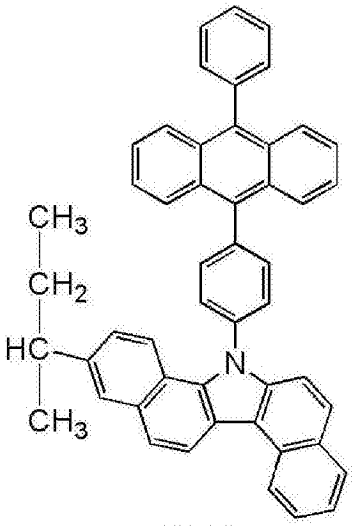

(103)



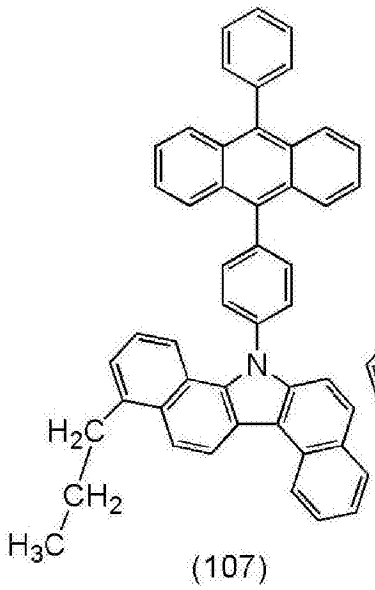

(104)



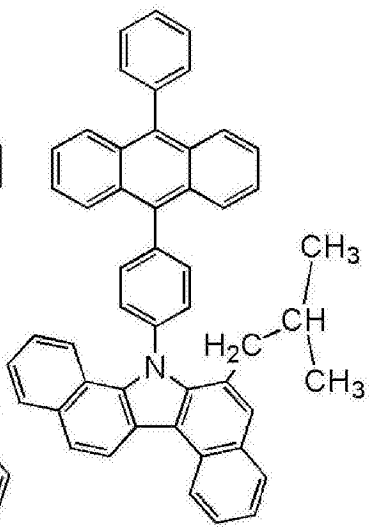

(105)



(106)

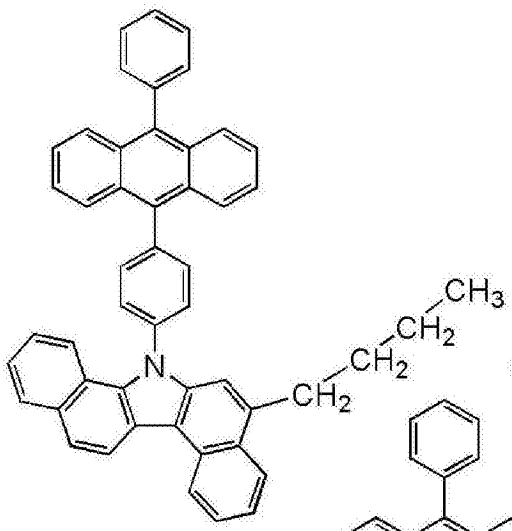


(107)

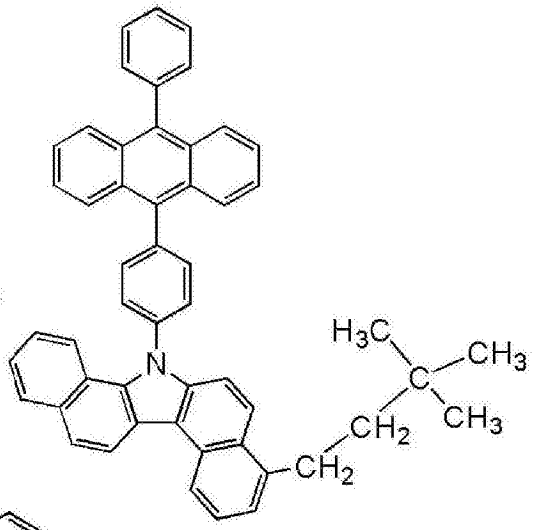


(108)

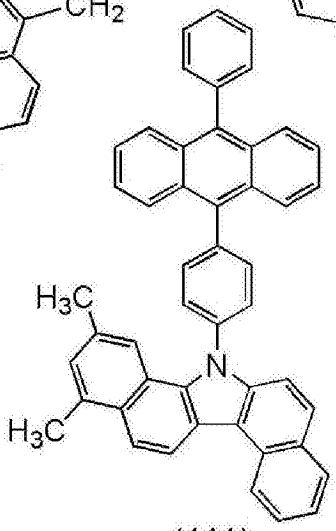
[0179]



(109)

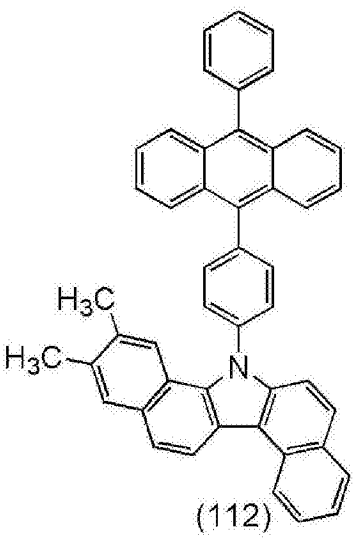


(110)

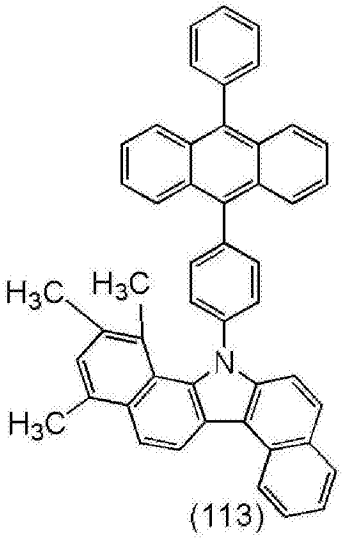


(111)

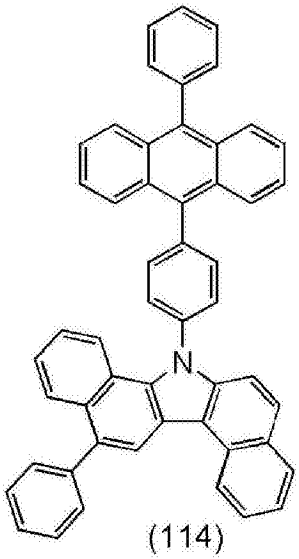
[0180]



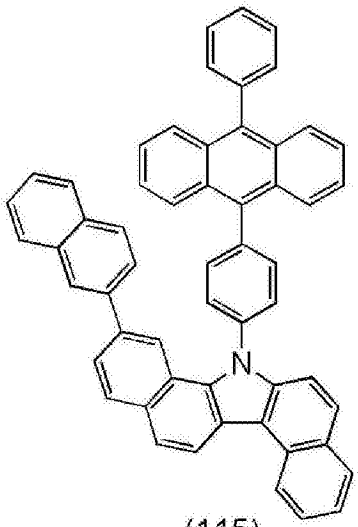

(112)



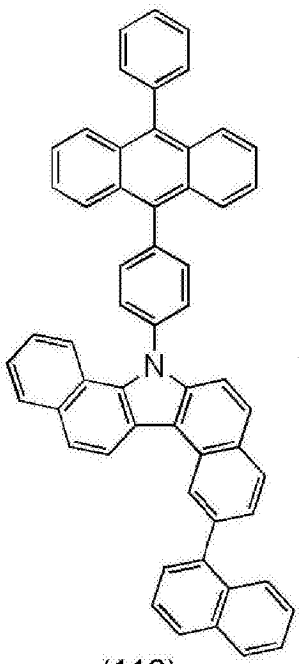

(113)



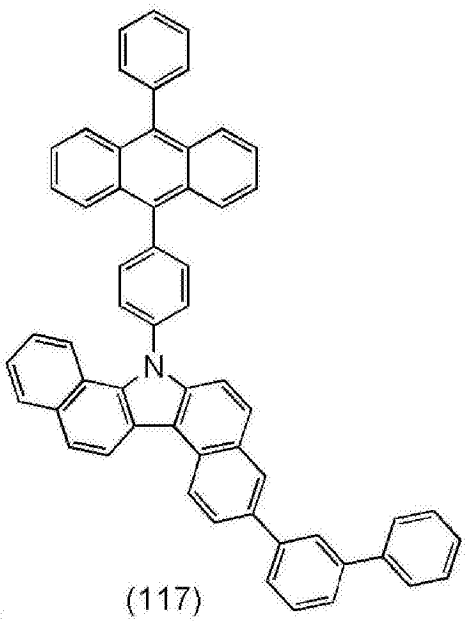

(114)




(115)

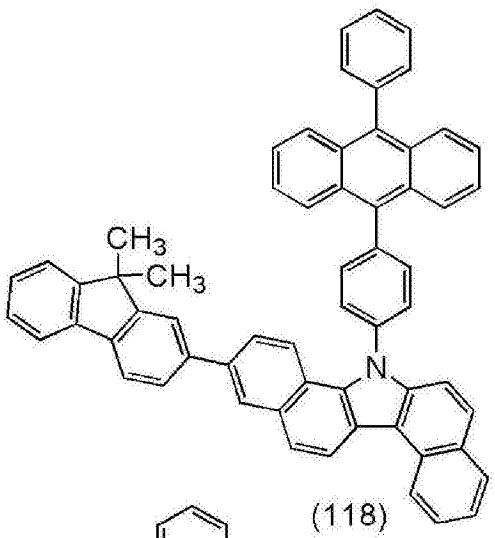



(116)

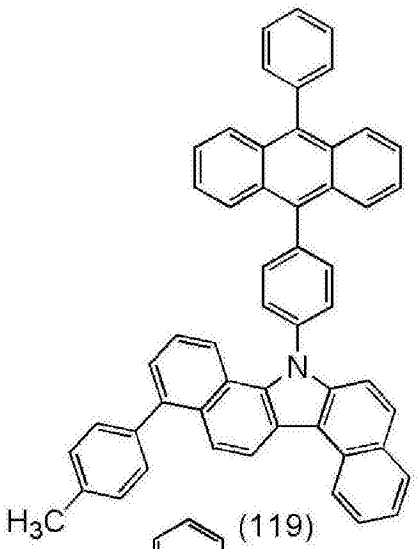



(117)

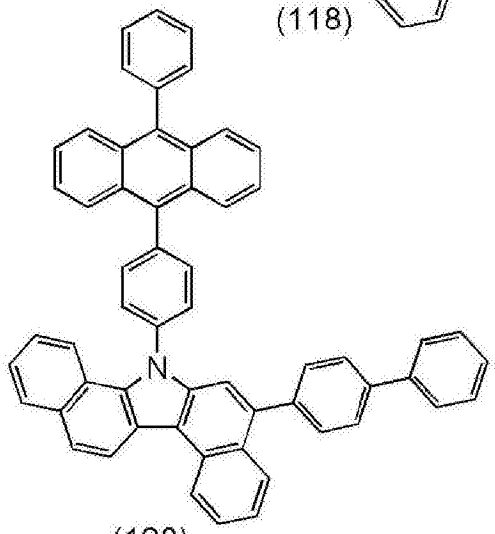
[0181]



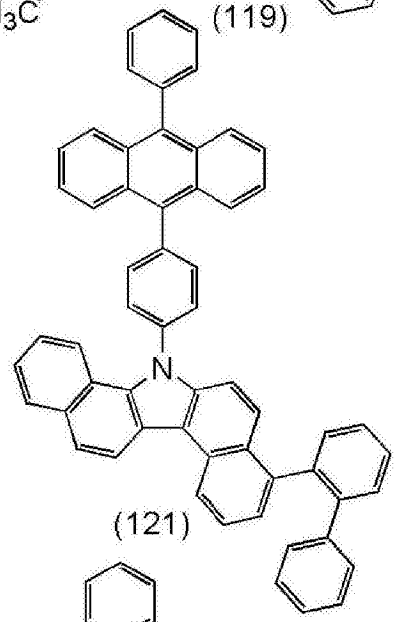

(118)



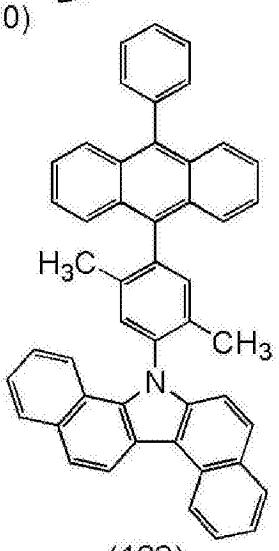

(119)



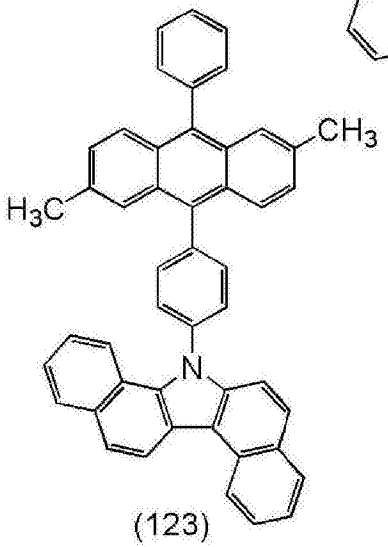

(120)



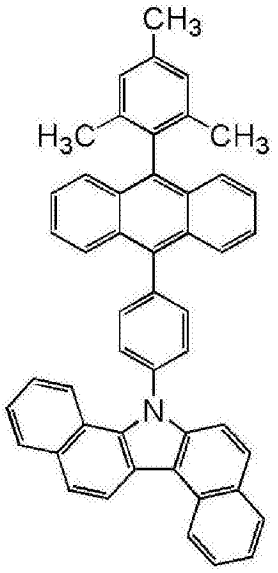

(121)



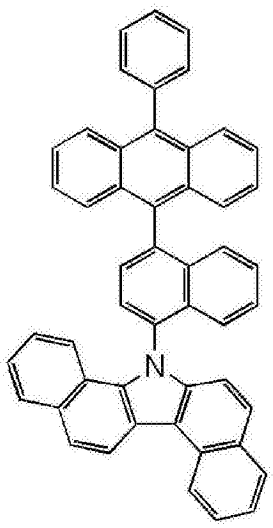

(122)



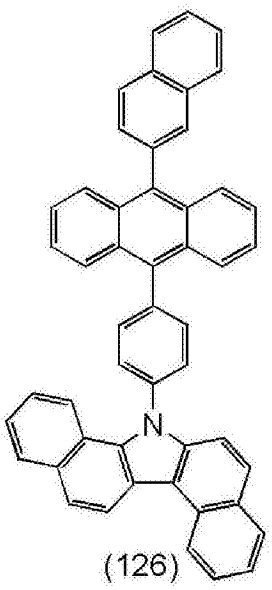

(123)




(124)

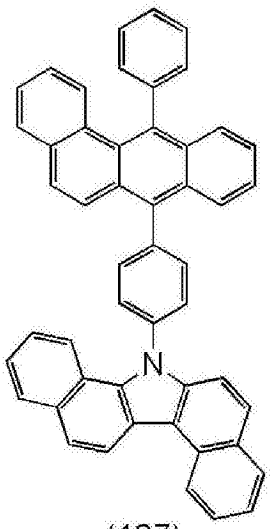



(125)

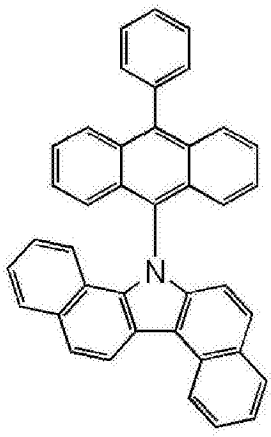



(126)

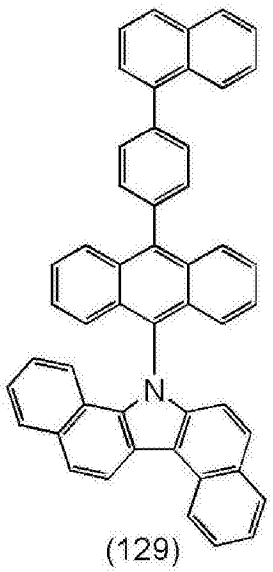
[0182]



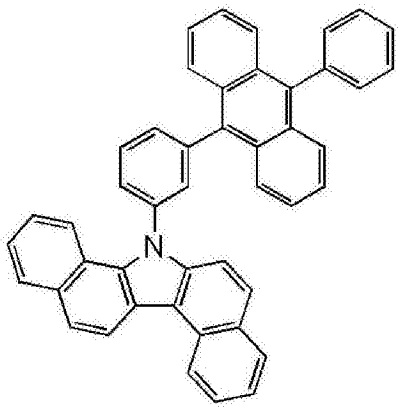

(127)



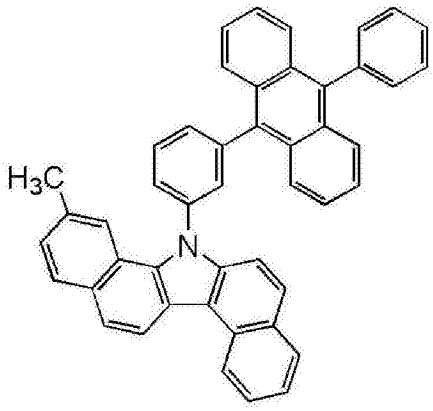

(128)




(129)

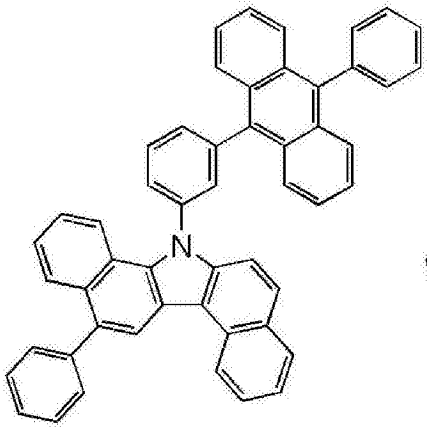


(130)

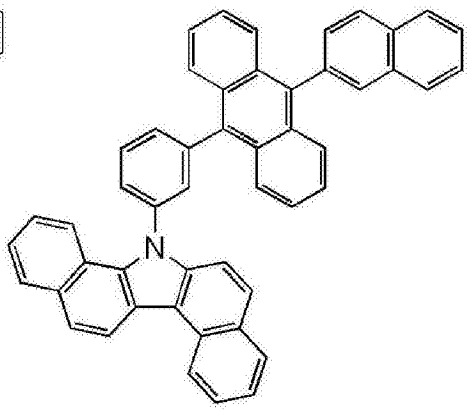



(131)

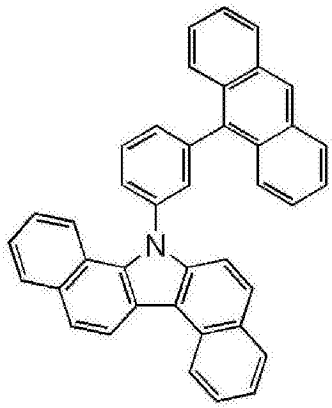
[0183]



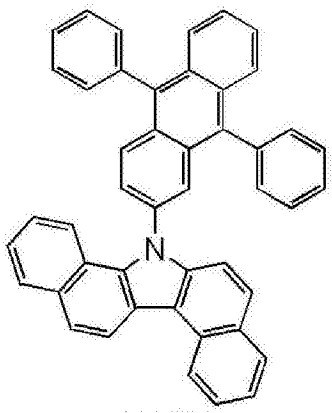
(132)



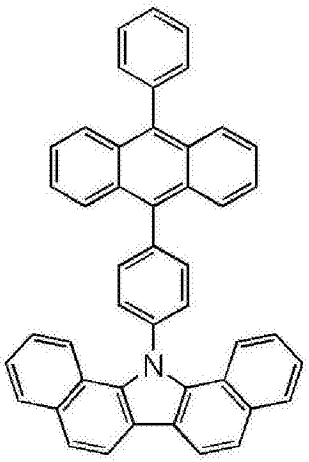
(133)



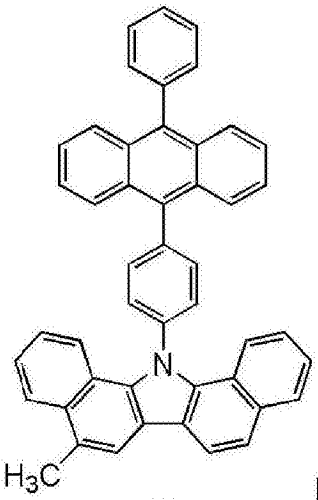
(134)



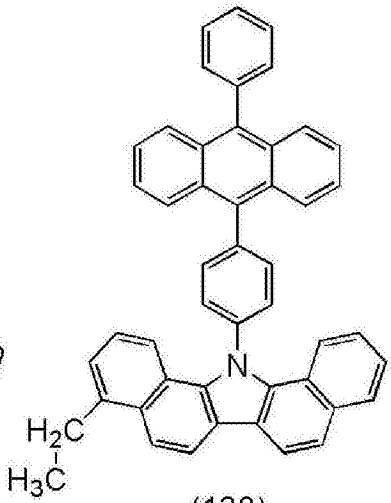
(135)



(136)

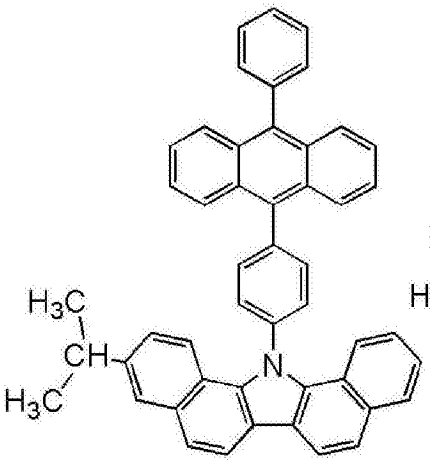


(137)

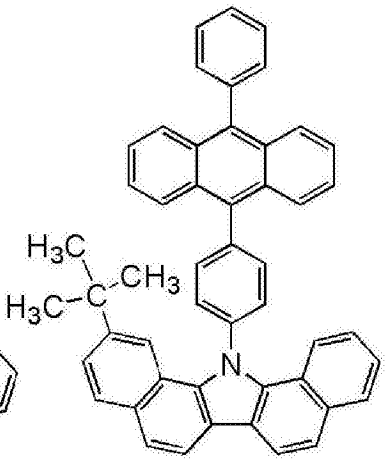


(138)

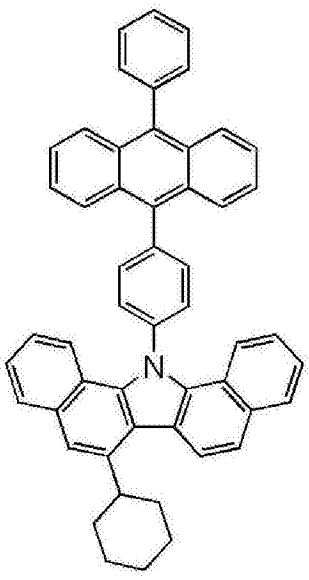
[0184]



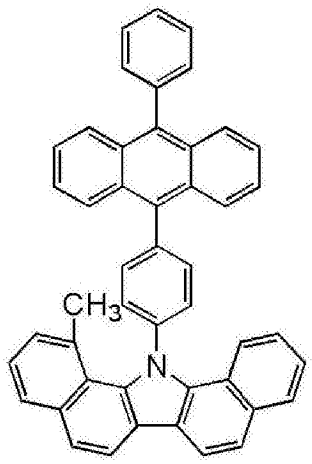
(139)



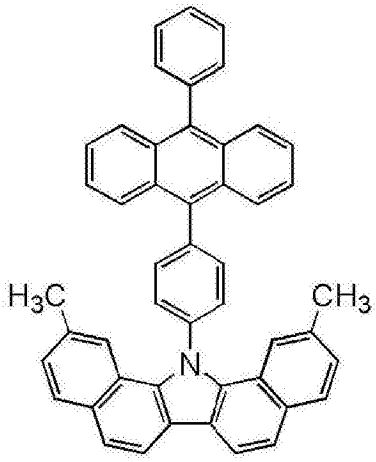
(140)



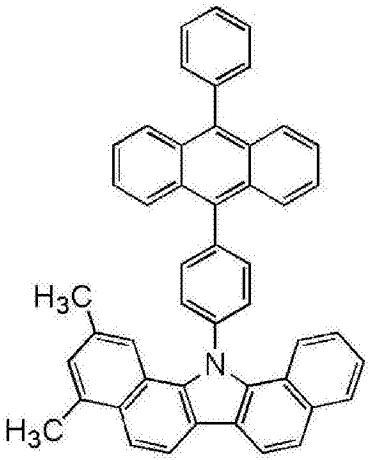
(141)




(142)

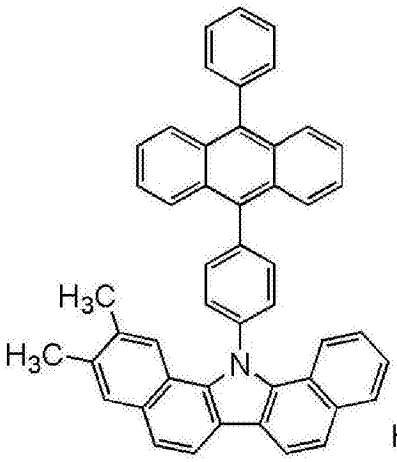



(143)

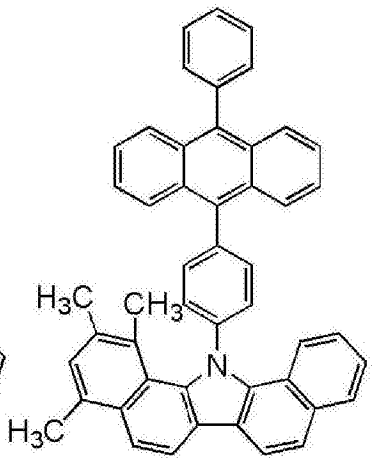



(144)

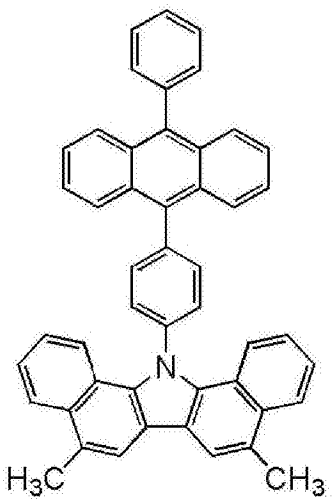
[0185]



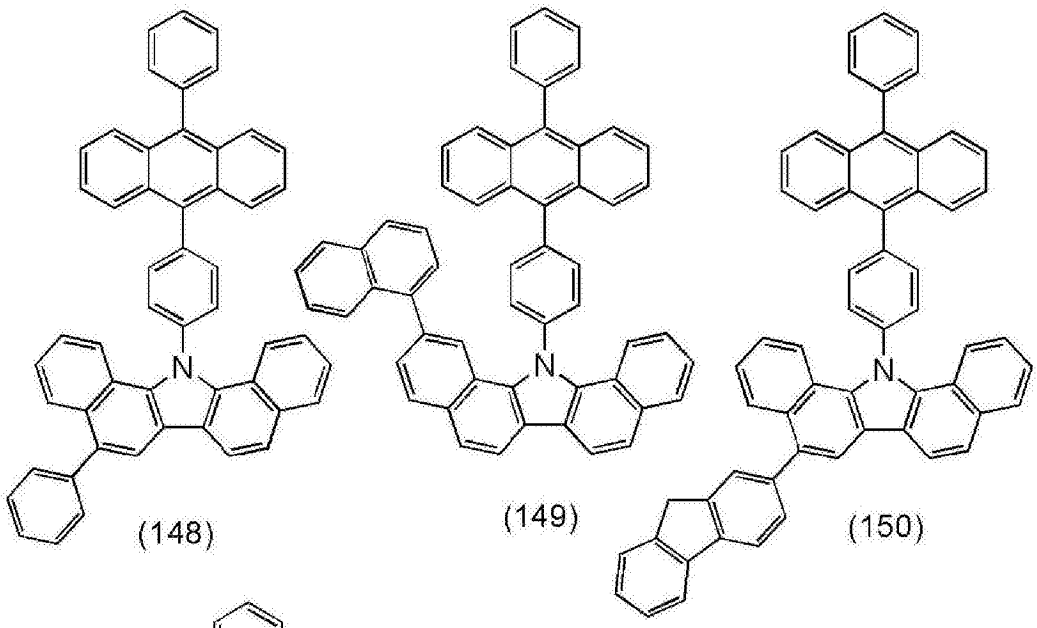

(145)



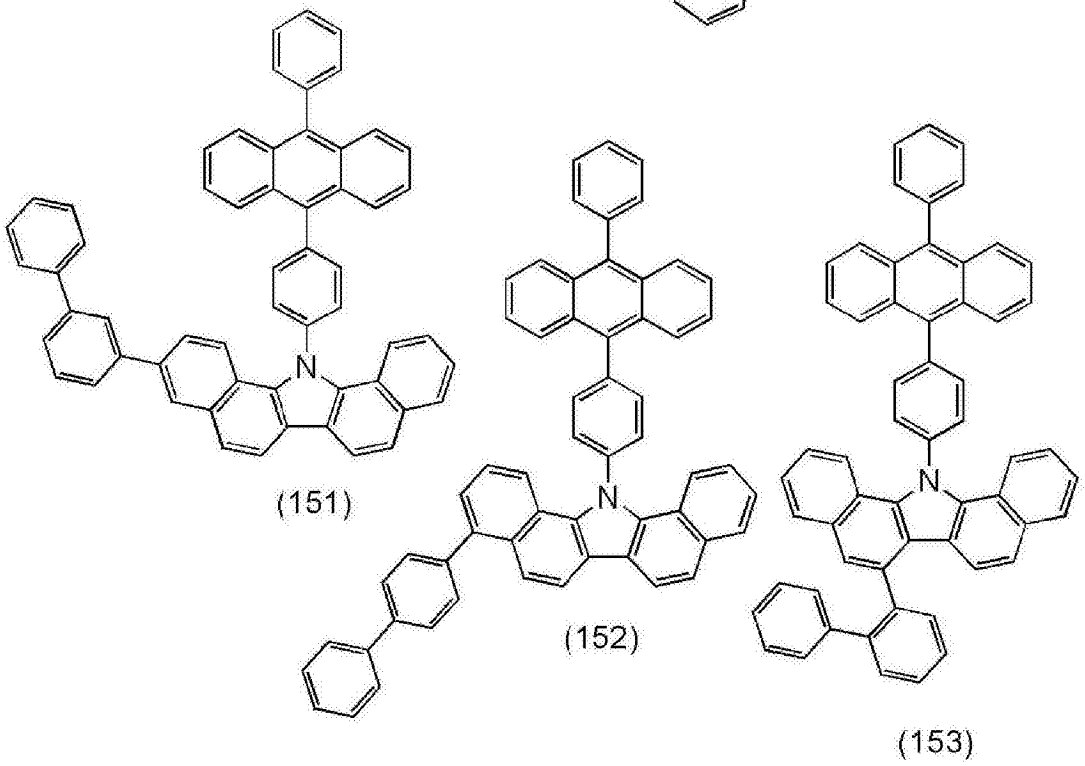

(146)

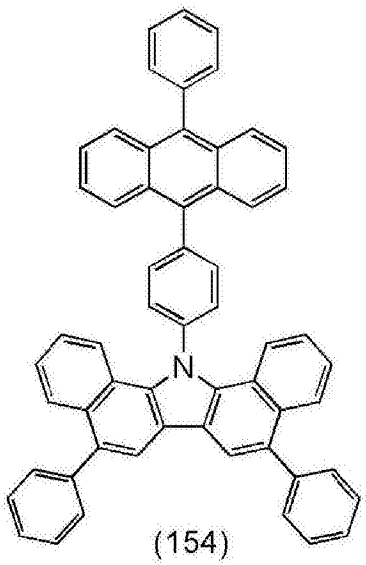



(147)

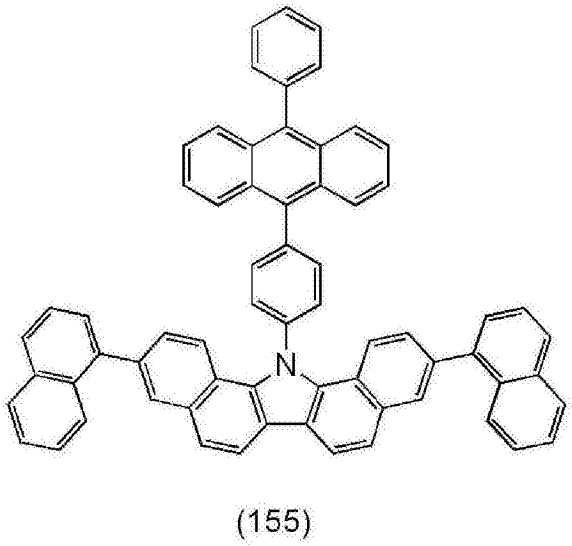



[0186]



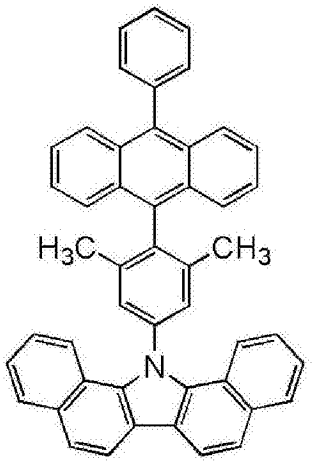


(154)

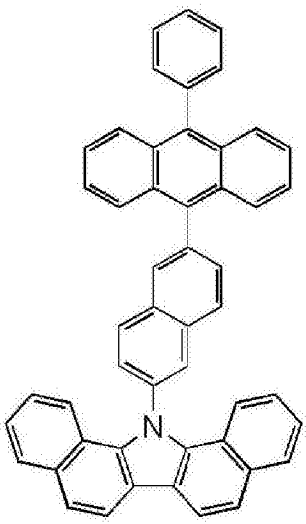


(155)

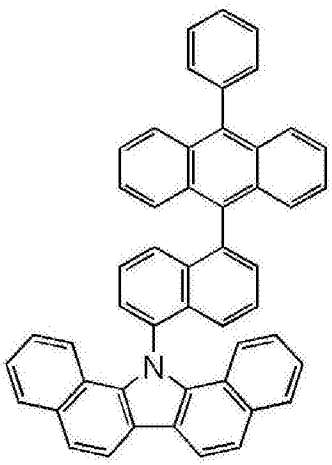
[0187]



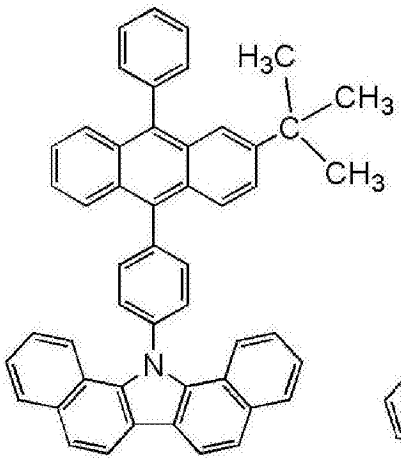
(156)



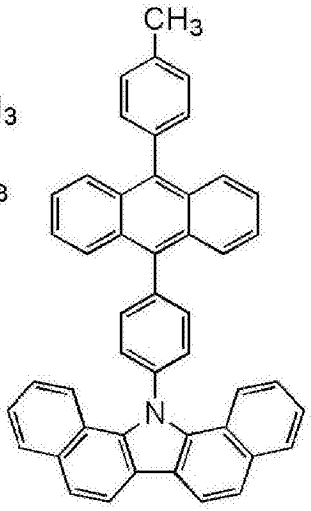
(157)



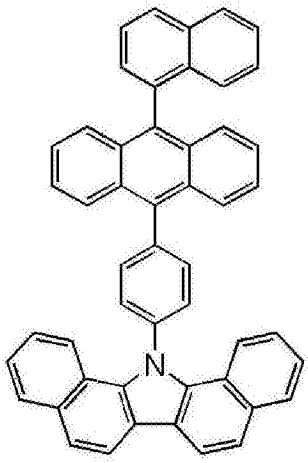
(158)




(159)

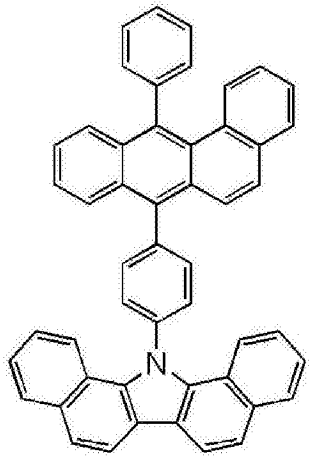



(160)

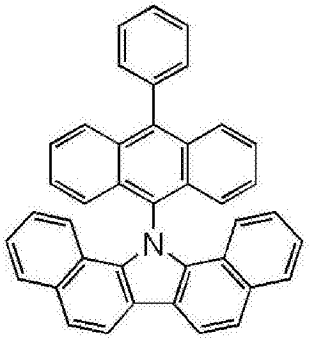



(161)

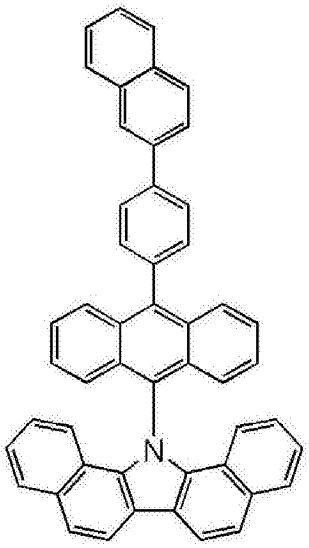
[0188]



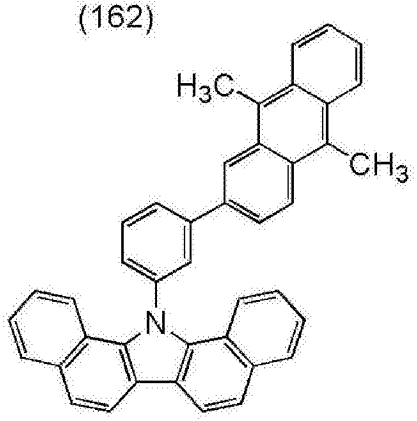

(162)



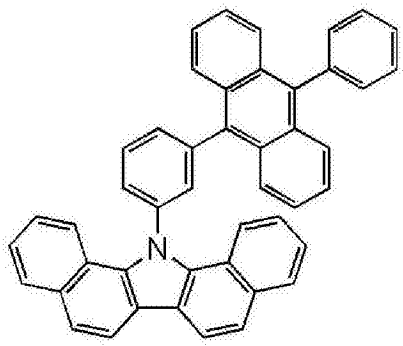

(163)



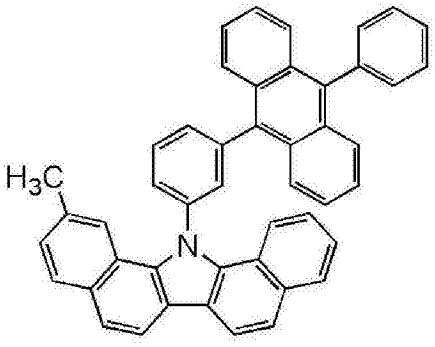

(164)




(165)

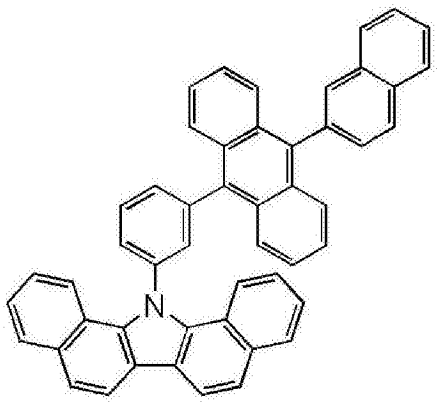


(166)

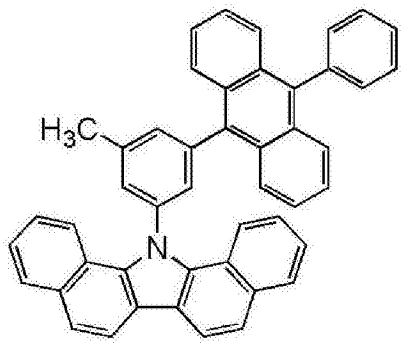



(167)

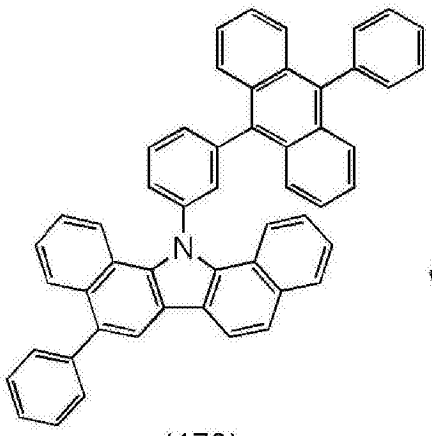
[0189]



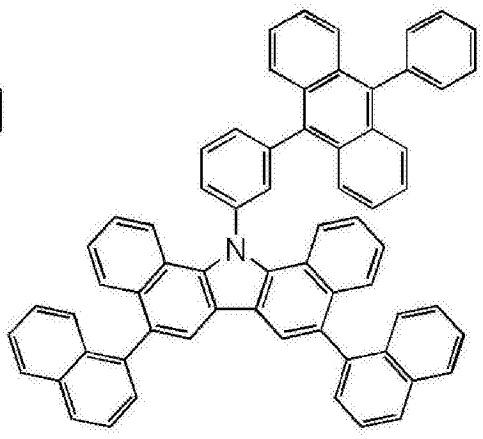
(168)




(169)



(170)



(171)

[0190] 如上所述，本发明的一个方式的二苯并呋喹化合物由于具有宽带隙，所以尤其是适合用作蓝色发光元件的主体材料或载流子传输材料。由此，可以制造发光效率高的蓝色发光元件。此外，本发明的一个方式的二苯并呋喹化合物由于具有优异的载流子传输性，所以适合用作发光元件的主体材料或载流子传输材料。由此，可以制造驱动电压低的发光元件。此外，由于本发明的一个方式的二苯并呋喹化合物对氧化及还原的反复具有高耐性，所以通过将该二苯并呋喹化合物用于发光元件，可以制造驱动寿命长的发光元件。如上所述，

本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物是适合用作发光元件的材料。

[0191] 另外，本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物可以利用蒸镀法（包括真空蒸镀法）、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成。

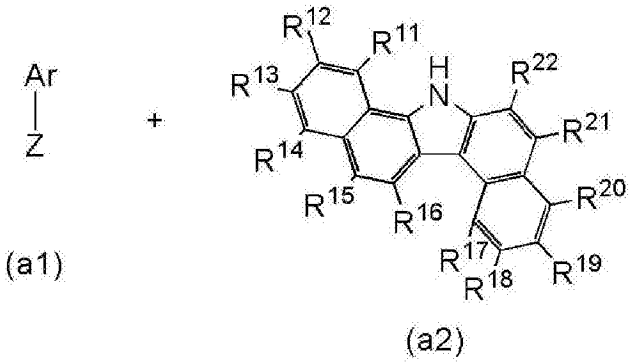
[0192] 本实施方式所示的化合物可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0193] 实施方式2

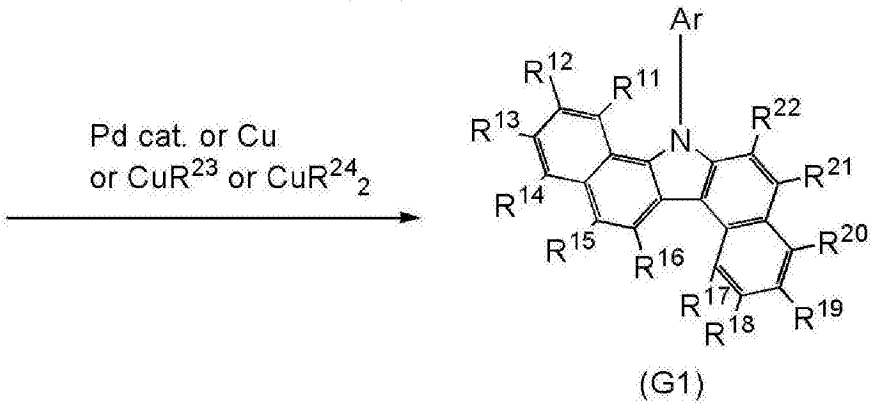
在本实施方式中，说明以通式（G1）及（G6）表示的二苯并咔唑化合物的合成方法。可以将各种反应应用于二苯并咔唑化合物的合成方法。例如，通过进行下面所示的合成反应，可以合成以通式（G1）及（G6）表示的二苯并咔唑化合物。另外，本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物的合成方法不局限于下述合成方法。

[0194] <以通式（G1）表示的二苯并[a,g]咔唑化合物的合成方法的例子>

以通式（G1）表示的二苯并[a,g]咔唑化合物可以通过下述合成方案（A-1）合成。即，通过使蒽衍生物的卤化物（a1）和二苯并[a,g]咔唑化合物（a2）在碱存在下利用金属催化剂、金属或者金属化合物耦合，可以得到以通式（G1）表示的二苯并[a,g]咔唑化合物。




[0195] (A-1)




[0196] 在合成方案（A-1）中，$R^{11}$至$R^{22}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。

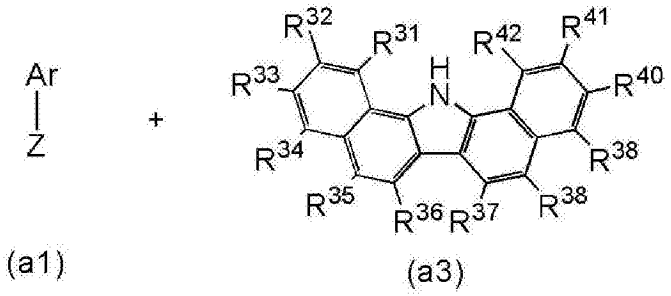
[0197] 在合成方案（A-1）中进行铪特维希-布赫瓦尔德（Hartwig-Buchwald）反应时，Z表示卤素或三氟甲磺酸酯基。作为卤素，优选使用碘、溴或氯。在该反应中，利用使用双（二亚苄基丙酮）钯（0）、醋酸钯（Ⅱ）等钯配合物或钯化合物和配位于它们的三（叔丁基）膦、三（正己基）膦、三环己基膦等配体的钯催化剂。作为碱，可以举出叔丁醇钠等有机碱、碳酸钾等无机碱等。在使用溶剂时，可以使用甲苯、二甲苯、苯、四氢呋喃等。

[0198] 在合成方案（A-1）中进行乌尔曼（Ullmann）反应时，Z表示卤素。作为卤素，优选使用碘、溴或氯。作为催化剂，使用铜或铜化合物。在将铜化合物用作催化剂的情况下，在合成

方案(A-1)中$R^{23}$及$R^{24}$分别独立地表示卤素或乙酰基等，作为卤素可以举出氯、溴及碘。优选使用碘化铜(I)($R^{23}$为碘)或者醋酸铜(II)($R^{24}$为乙酰基)。作为碱，可以举出碳酸钾等无机碱。作为溶剂，使用1,3-二甲基-3,4,5,6-四氢化-2(1H)嘧啶酮(DMPU)、甲苯、二甲苯、苯等。注意，溶剂不局限于此。在乌尔曼反应中，当反应温度为100℃以上时，可以以更短时间且高收率得到目的物，所以优选使用沸点高的DMPU、二甲苯。另外，反应温度更优选为150℃以上，所以更优选使用DMPU。

[0199] <以通式(G6)表示的二苯并[a,i]咔唑化合物的合成方法的例子>

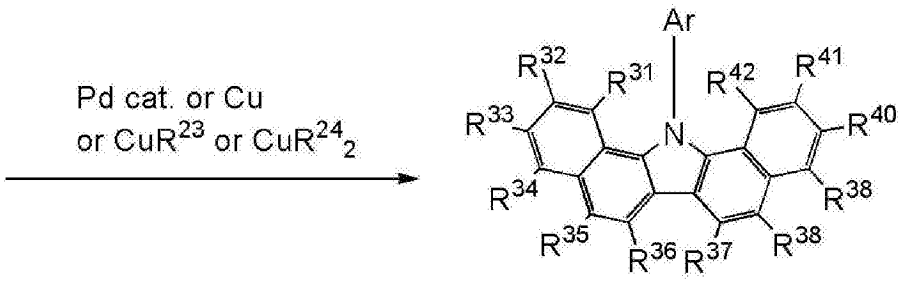
以通式(G6)表示的二苯并[a,i]咔唑化合物可以通过下述合成方案(B-1)合成。即，通过使蒽衍生物的卤化物(a1)和二苯并[a,i]咔唑化合物(a3)在碱存在下利用金属催化剂、金属或者金属化合物耦合，可以得到以通式(G6)表示的二苯并[a,i]咔唑化合物。




(a1) (a3)

(B-1)

[0200]




(G6)

[0201] 在合成方案(B-1)中，$R^{31}$至$R^{42}$分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的取代或未取代的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一种，Ar表示至少包含蒽骨架的碳原子数为14至30的取代或未取代的芳基。

[0202] 在合成方案(B-1)中进行铪特维希-布赫瓦尔德(Hartwig-Buchwald)反应时，Z表示卤素或三氟甲磺酸酯基。作为卤素，优选使用碘、溴或氯。在该反应中，利用使用双(二亚苄基丙酮)钯(0)、醋酸钯(Ⅱ)等钯配合物或钯化合物和配位于它们的三(叔丁基)膦、三(正己基)膦、三环己基膦等配体的钯催化剂。作为碱，可以举出叔丁醇钠等有机碱、碳酸钾等无机碱等。在使用溶剂时，可以使用甲苯、二甲苯、苯、四氢呋喃等。

[0203] 在合成方案(B-1)中进行乌尔曼(Ullmann)反应时，Z表示卤素。作为卤素，优选使用碘、溴或氯。作为催化剂，使用铜或铜化合物。在将铜化合物用作催化剂的情况下，在合成方案(B-1)中$R^{23}$及$R^{24}$分别独立地表示卤素或乙酰基等，作为卤素可以举出氯、溴及碘。优选使用碘化铜(I)($R^{23}$为碘)或者醋酸铜(II)($R^{24}$为乙酰基)。作为碱，可以举出碳酸钾等无机碱。作为溶剂，使用1,3-二甲基-3,4,5,6-四氢化-2(1H)嘧啶酮(DMPU)、甲苯、二甲苯、苯等。注意，溶剂不局限于此。在乌尔曼反应中，当反应温度为100℃以上时，可以以更短时间且高收率得到目的物，所以优选使用沸点高的DMPU、二甲苯。另外，反应温度更优选为150℃以

上，所以更优选使用DMPU。

[0204] 通过上述步骤，可以合成通式(G1)及(G6)的二苯并呋喹化合物。

[0205] 本实施方式所示的化合物可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0206] 实施方式3

在本实施方式中，参照图2A至图2C说明使用具有在本实施方式1中说明的二苯并呋喹化合物的发光元件的结构实例。

[0207] <发光元件的结构实例1>

图2A是本发明的一个方式的发光元件150的截面示意图。

[0208] 发光元件150包括一对电极(电极101及电极102)，并包括设置在该一对电极间的EL层100。该发光元件的EL层100中的任一个的层使用实施方式1所示的二苯并呋喹化合物。

[0209] EL层100至少包括发光层120。

[0210] 图2A所示的EL层100除了发光层120以外还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114等功能层。

[0211] 注意，虽然在本实施方式中以一对电极中的电极101为阳极且以电极102为阴极来进行说明，但是发光元件150的结构并不局限于此。也就是说，也可以将电极101用作阴极且将电极102用作阳极，倒序地层叠该电极间的各层。换言之，可以从阳极一侧依次层叠空穴注入层111、空穴传输层112、发光层120、电子传输层113及电子注入层114。

[0212] 注意，EL层100的结构不局限于图2A所示的结构，只要包括选自空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114中的至少一个即可。或者，EL层100也可以包括具有如下功能的功能层：能够降低空穴或电子的注入势垒；能够提高空穴或电子的传输性；能够阻碍空穴或电子的传输性；或者能够抑制电极所引起的猝灭现象等。发光层120或功能层既可以是单层又可以是层叠有多个层的结构。

[0213] 图2B是示出图2A所示的发光层120的一个例子的截面示意图。图2B所示的发光层120至少包括主体材料121及客体材料122。

[0214] 实施方式1所示的二苯并呋喹化合物具有良好的载流子传输性，因此适用于空穴传输层112或电子传输层113。另外，该二苯并呋喹化合物具有良好的载流子传输性，带隙较宽，所以适合用作主体材料121。换言之，通过将实施方式1所示的二苯并呋喹化合物用作发光元件150的主体材料121和空穴传输层112及电子传输层113中的至少一个，可以制造驱动电压小的发光元件。通过将该二苯并呋喹化合物用作发光元件150的主体材料121，可以制造发光效率高的发光元件。由于该二苯并呋喹化合物的带隙较宽，所以适合用作蓝色发光元件的主体材料或载流子传输材料。因此，通过使用本实施方式所例示出的结构，可以制造发光效率高且发射蓝色发光的发光元件。另外，该二苯并呋喹化合物对氧化及还原的反复具有高耐性，因此可以制造驱动寿命长的发光元件。

[0215] 实施方式1所示的二苯并呋喹化合物其带隙较宽，所以特别适用于发射深蓝色发光的发光元件。在本说明书等中，深蓝色是指CIE1931色度坐标中的色度y为0.01以上且0.15以下的颜色。

[0216] <发光元件的结构实例2>

接着，以下参照图2C对图2A和图2B所示的发光元件的特别优选的结构进行说明。

[0217] 图2A所示的发光元件150为至少作为主体材料121包含实施方式1所示的二苯并呋

唑化合物的发光元件。

[0218] 主体材料121优选具有利用三重态-三重态湮灭(TTA:triplet-triplet annihilation)将三重激发能量转换为单重激发能量的功能。由此可以将在发光层120中生成的三重激发能量的一部分利用主体材料121中的TTA转换为单重激发能量,并使该单重激发能量转移到客体材料122,而提取荧光发光。为此,主体材料121的单重激发能量中最低的能级(S1能级)优选高于客体材料122的S1能级。另外,主体材料121的三重激发能量中最低的能级(T1能级)优选低于客体材料122的T1能级。

[0219] 注意,主体材料121可以由一个化合物构成,也可以由多个化合物构成。作为客体材料122,使用发光有机材料即可,作为该发光有机材料,优选使用能够发射荧光的材料(下面,也称为荧光材料)。在下面的说明中,说明作为客体材料122使用荧光材料的结构。注意,也可以将客体材料122换称为荧光材料。

[0220] 〈发光元件的发光机理〉

首先,以下说明发光元件150的发光机理。

[0221] 在本发明的一个方式的发光元件150中,通过将电压施加到一对电极(电极101及电极102)间,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到EL层100,而使电流流过。并且,注入的电子及空穴复合,从而形成激子。在因载流子的复合而产生的激子中,单重激子与三重激子的比(以下,称为激子产生概率)的统计概率为1:3。因此,单重激子的产生概率为25%。

[0222] 激子是指载流子(电子及空穴)的对。由于激子具有激发能量,所以形成有激子的材料成为激发态。

[0223] 注意,经如下两种过程,在EL层100中产生单重激子,由此得到来自客体材料122的发光。

(α)直接生成过程

(β)TTA过程

[0224] 《(α)直接生成过程》

以下说明在EL层100所包含的发光层120中载流子(电子或空穴)复合而形成单重激子的情况。

[0225] 当在主体材料121中载流子复合时,通过激子的生成而形成主体材料121的激发态(单重激发态或三重激发态)。此时,当主体材料121的激发态为单重激发态时,单重激发能量从主体材料121的S1能级迁移到客体材料122的S1能级,由此形成客体材料122的单重激发态。注意,关于主体材料121的激发态为三重激发态时的情况将在后面的(β)TTA过程中进行说明。

[0226] 另外,当在客体材料122中载流子复合时,通过激子的生成而形成客体材料122的激发态(单重激发态或三重激发态)。

[0227] 当所形成的客体材料122的激发态为单重激发态时,可以从客体材料122的单重激发态获得发光。此时,为了获得高发光效率,客体材料122的荧光量子产量优选为高。具体而言,客体材料122的荧光量子产量优选为50%以上,进一步优选为70%以上,更优选为90%以上。

[0228] 另一方面,当客体材料122的激发态为三重激发态时,由于客体材料122为荧光材料,所以客体材料122的三重激发态产生失活,无助于发光。但是,在主体材料121的T1能级

低于客体材料122的T1能级的情况下，客体材料122的三重激发能量从客体材料122的T1能级迁移到主体材料121的T1能级。在此情况下，能够经后面的(β)TTA过程从三重激发能量变成单重激发能量。

[0229] 《(β)TTA过程》

接下来，说明由在发光层120中载流子复合而形成的三重激子形成单重激子的情况。

[0230] 这里，说明主体材料121的T1能级低于客体材料122的T1能级的情况。图2C是示出此时的能级的相关关系的示意图。注意，图2C中的记载及符号表示的是如下。主体材料121的T1能级也可以高于客体材料122的T1能级。

- Host(121)：主体材料121
- Guest(122)：客体材料122(荧光材料)
- $S_{FH}$：主体材料121的S1能级
- $T_{FH}$：主体材料121的T1能级
- $S_{FG}$：客体材料122(荧光材料)的S1能级
- $T_{FG}$：客体材料122(荧光材料)的T1能级

[0231] 在主体材料121中载流子复合，通过激子的生成而形成主体材料121的激发态。此时，在所生成的激子为三重激子的情况下，有时会引起如下反应：所生成的两个三重激子彼此接近，由此它们的三重激发能量的一部分被转换为单重激发能量，从而被转换为具有主体材料121的S1能级($S_{FH}$)的能量的单重激子(参照图2C的TTA)。上述反应可以以如下通式(G11)或(G12)表示。

[0232] $^3H+^3H\rightarrow{}^1H^*+{}^1H$ (G11)

$^3H+^3H\rightarrow{}^3H^*+{}^1H$ (G12)

[0233] 在通式(G11)所示的反应中，在主体材料121中，从自旋量子数总计为0的两个三重激子($^3H$)生成单重激子($^1H^*$)。在通式(G12)所示的反应中，在主体材料121中，从自旋量子数总计为1(原子单位)的两个三重激子($^3H$)生成以电子方式或振动方式激发的三重激子($^3H^*$)。在通式(G11)及(G12)中，$^1H$表示主体材料121的单重基态。

[0234] 通式(G11)与通式(G12)的发生概率相等，但是自旋量子数总计为1(原子单位)的三重激子对的存在量为自旋量子数总计为0的三重激子对的3倍。就是说，在从两个三重激子生成的激子中，重新生成的单重激子与三重激子的比例为1:3(统计概率)。另外，在发光层120中的三重激子的密度十分高(例如，$1\times10^{-12}cm^{-3}$以上)的情况下，不需考虑到一个三重激子的热失活，只考虑到接近的两个三重激子之间的反应即可。

[0235] 因此，根据通式(G11)的一个反应及通式(G12)的三个反应，如通式(G13)所示，从八个三重激子($^3H$)生成一个单重激子($^1H^*$)和三个以电子方式或振动方式激发的三重激子($^3H^*$)。

[0236] $8{}^3H\rightarrow{}^1H^*+3{}^3H^*+4{}^1H$ (G13)

[0237] 在通式(G13)中产生的以电子方式或振动方式激发的三重激子($^3H^*$)因缓和而成为三重激子($^3H$)，然后重新与其他三重激子反复引起通式(G13)的反应。由此，在通式(G13)中，在考虑到所有三重激子($^3H$)变成单重激子($^1H^*$)的情况下，可以认为从五个三重激子($^3H$)产生一个单重激子($^1H^*$)(通式(G14))。

[0238] $5{}^3H\rightarrow{}^1H^*+4{}^1H$ (G14)

[0239] 另一方面，通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成的单重激子($^1H^*$)与三重激子($^3H$)的统计学上的产生比例为$^1H^*:{}^3H=1:3$。换言之，通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成单重激子的概率为25％。

[0240] 因此，通过合并通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成的单重激子与通过TTA生成的单重激子，可以从通过从一对电极注入的载流子的复合直接生成的20个激子(单重激子及三重激子的总和)生成8个单重激子(通式(G15))。就是说，通过利用TTA，可以将单重激子的产生概率从现有的25％最大提高到40％(＝8个/20个)。

[0241] $5^1H^*+15^3H\rightarrow 5^1H^*+(3^1H^*+12^1H)$ (G15)

[0242] 在由通过上述过程生成的单重激子形成的主体材料121的单重激发态中，能量从主体材料121的S1能级($S_{FH}$)迁移到其能级更低的客体材料122的S1能级($S_{FG}$)(参照图2C的路径$E_1$)。由此，成为单重激发态的客体材料122发射荧光。

[0243] 当在客体材料122中载流子复合而生成的激子所形成的激发态为三重激发态时，在主体材料121的T1能级($T_{FH}$)低于客体材料122的T1能级($T_{FG}$)的情况下，$T_{FG}$的三重激发能量不失活，使得其能量迁移到$T_{FH}$(参照图2C的路径$E_2$)，并被利用于TTA。

[0244] 另外，在客体材料122的T1能级($T_{FG}$)低于主体材料121的T1能级($T_{FH}$)的情况下，优选客体材料122的重量比比主体材料121低。具体而言，相对于主体材料121的客体材料122的重量比优选大于0且0.05以下。由此，可以降低在客体材料122中载流子复合的概率。另外，可以降低能量从主体材料121的T1能级($T_{FH}$)迁移到客体材料122的T1能级($T_{FG}$)的概率。

[0245] 另外，在使用发射蓝色发光的客体材料的情况下，相对于主体材料121的客体材料122的重量比优选大于0且小于0.03。由此可以获得更深的蓝色发光。

[0246] 如上所述，通过TTA在发光层120中形成的三重激子变成单重激子，由此可以高效地得到来自客体材料122的发光。

[0247] 如上所述，通过利用TTA提高单重激子的产生概率，可以提高发光元件的发光效率，但是，为了获得高发光效率，重要的是提高产生TTA的概率(也称为TTA效率)。换言之，重要的是提高在发光元件所发射的发光中利用TTA的延迟荧光成分所占的比例。

[0248] 为了提高产生TTA概率，主体材料121优选其单重激发态的能量比客体材料122高且其三重激发态的能量比客体材料122低。作为这种化合物，优选使用包含稠合芳香环骨架的主体材料121，更优选使用包含至少具有蒽骨架的芳基的主体材料121。

[0249] 在发射蓝色发光的发光元件中，需要使用具有较大的激发能量的化合物作为主体材料121。换言之，在发射蓝色发光的发光元件中，作为能够用作发光材料或主体材料121且利用TTA发射延迟荧光的化合物，优选使用包含至少具有蒽骨架的芳基的化合物。

[0250] 在空穴及电子分别从阳极及阴极注入EL层而使电流流动的情况下，空穴及电子分别注入到EL层所包含的化合物的HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital，也称为最高占据分子轨道)及LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital，也称为最低空分子轨道)且被传输。

[0251] 在被注入的空穴及电子在主体材料中复合的情况下，例如，当主体材料中的HOMO轨道及LUMO轨道在相同的区域中具有分子轨道时，生成具有相当于HOMO能级与LUMO能级的能量差的能量的激子。

[0252] 因此，优选化合物所包含空穴传输性骨架及电子传输性骨架的带隙都宽。

[0253] 作为上述化合物，优选使用实施方式1所示的二苯并呋喃化合物。

[0254] 虽然苯并[a]蒽骨架为4环的芳香烃，但是具有与3环的芳香烃的蒽同等的S1能级及T1能级。因此，包含苯并[a]蒽骨架的二苯并呋喃化合物适用于呈现高TTA效率的发光元件。

[0255] 在发射延迟荧光的发光元件中，产生延迟荧光的原因除了TTA以外还有从三重激发态到单重激发态的反系间窜跃的产生所引起的热活化延迟荧光。为了高效地产生反系间窜跃，S1能级与T1能级的能量差优选为0.2eV以下。换言之，在S1能级与T1能级的能量差大于0.2eV的情况下，不容易产生反系间窜跃。因此，为了高效地产生TTA，在产生TTA的化合物中，最低激发单重能级与最低激发三重能级的能量差优选大于0.2eV，更优选为0.5eV以上。

[0256] 最低激发单重能级可以根据有机化合物从单重基态迁移到最低激发单重态时的吸收光谱获得。或者，也可以根据有机化合物的荧光发射光谱的峰值波长估计最低激发单重能级。另外，最低激发三重能级可以根据有机化合物从单重基态迁移到最低激发三重态时的吸收光谱获得，但是该迁移是禁戒的，所以有时难以获得。在此情况下，也可以根据有机化合物的磷光发射光谱的峰值波长估计最低激发三重能级。因此，有机化合物中的荧光发射光谱的峰值波长与磷光发射光谱的峰值波长的能量换算值差优选大于0.2eV，更优选为0.5eV以上。

[0257] 〈材料〉

下面，对根据本发明的一个方式的发光元件的构成要素进行详细说明。

[0258] 《发光层》

在发光层120中，主体材料121的重量比至少比客体材料122大，客体材料122(荧光材料)分散于主体材料121中。作为可用于发光层120的主体材料的材料，优选使用实施方式1所示的二苯并呋喃化合物。注意，发光层120的主体材料121可以由一个化合物构成，也可以由多个化合物构成。

[0259] 在发光层120中，对客体材料122没有特别的限制，但是优选使用蒽衍生物、并四苯衍生物、䓛(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、二萘嵌苯衍生物、二苯乙烯衍生物、吖啶酮衍生物、香豆素衍生物、吩恶嗪衍生物、吩噻嗪衍生物等，例如可以使用如下材料。

[0260] 具体而言，可以举出：5,6-双[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称：PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒽基)联苯-4-基]-2,2'-联吡啶(简称：PAPP2BPy)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(简称：1,6FLPAPrn)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(简称：1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-双(4-叔丁苯基)芘-1,6-二胺(简称：1,6tBu-FLPAPrn)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-3,8-二环己基芘-1,6-二胺(简称：ch-1,6FLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称：YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称：YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称：2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称：PCAPA)、芘、2,5,8,11-四(叔丁基)芘(简称：TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBAPA)、N,N"-(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-亚苯基)双[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](简称：DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称：

2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N',N",N",N"',N"'-八苯基二苯并[g,p]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素6、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、2,8-二-叔丁基-5,11-双(4-叔丁苯基)-6,12-二苯基并四苯(简称:TBRb)、尼罗红、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(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[ij]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[ij]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[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:BisDCJTM)、5,10,15,20-四苯基双苯并(tetraphenylbisbenzo)[5,6]茚并[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]苝等。

[0261] 或者,发光层120也可以包含主体材料121及客体材料122以外的材料。

[0262] 虽然对能够用于发光层120的材料没有特别的限制,但是例如可以举出:三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq$_3$)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq$_2$)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BAlq)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并恶唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、2,2',2"-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:CO11)等杂环化合物;4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或α-NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等芳香胺化合物。另外,可以举出蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、䓛(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]䓛(chrysene)衍生物等稠合多环芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)。具体地,可以举出9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:DPhPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、

N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯䓛、N,N,N',N',N",N",N"',N"'-八苯基二苯并[g,p]䓛(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙稀-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)以及1,3,5-三(1-芘基)苯(简称:TPB3)等。另外,也可以包含多个实施方式1所示的二苯并咔唑化合物。此外,可以从这些物质及已知的物质中选择一种或多种具有比上述客体材料122的能隙大的能隙的物质。

[0263] 发光层120也可以由两层以上的多个层形成。例如,在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层120的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。在此情况下,至少一个发光层也优选包含实施方式1所示的二苯并咔唑化合物。

[0264] 下面,对图2A所示的发光元件150的其他构成要素的详细内容进行说明。

[0265] 《空穴注入层》

空穴注入层111具有通过降低来自一对电极中的一个(电极101或电极102)的空穴注入势垒促进空穴注入的功能,并例如使用过渡金属氧化物、酞菁衍生物或芳香胺等形成。作为过渡金属氧化物可以举出钼氧化物、钒氧化物、钌氧化物、钨氧化物、锰氧化物等。作为酞菁衍生物,可以举出酞菁或金属酞菁等。作为芳香胺,可以举出联苯胺衍生物或苯二胺衍生物等。另外,也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物,典型的是:作为被自掺杂的聚噻吩的聚(乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)等。

[0266] 作为空穴注入层111,可以使用具有由空穴传输性材料和具有接收来自空穴传输性材料的电子的特性的材料构成的复合材料的层。或者,也可以使用包含电子接收性材料的层与包含空穴传输性材料的层的叠层。在定态或者在存在有电场的状态下,电荷的授受可以在这些材料之间进行。作为电子接收性材料,可以举出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮杂苯并菲衍生物等有机受体。具体而言,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:$F_4$-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN)等具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物。此外,也可以使用过渡金属氧化物、例如第4族至第8族金属的氧化物。具体而言,可以使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化铼等。特别优选使用氧化钼,因为其在大气中也稳定,吸湿性低,并且容易处理。

[0267] 作为空穴传输性材料,可以使用空穴传输性比电子传输性高的材料,优选使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率的材料。具体而言,可以使用芳香胺、咔唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0268] 作为空穴传输性高的材料,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-对苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0269] 另外，作为咔唑衍生物，具体而言，可以举出3-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzDPA2)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-(1-萘基)氨]-9-苯基咔唑(简称：PCzTPN2)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨]-9-苯基咔唑(简称：PCzPCN1)等。

[0270] 另外，作为咔唑衍生物，还可以举出4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称：CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称：TCPB)、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。

[0271] 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、苝、2,5,8,11-四(叔丁基)苝等。另外，除此之外，还可以使用并五苯、晕苯等。如此，更优选使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率且碳原子数为14至42的芳烃。

[0272] 注意，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。

[0273] 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。

[0274] 另外，作为空穴传输性高的材料，例如，可以使用4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯氨基]联苯(简称：NPB或α-NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称：TPD)、4,4',4"-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称：TCTA)、4,4',4"-三[N-(1-萘基)-N-苯氨基]三苯胺(简称：1'-TNATA)、4,4',4"-三(N,N-二苯氨基)三苯胺(简称：TDATA)、4,4',4"-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯氨基]三苯胺(简称：MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯氨基]联苯(简称：BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称：BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称：mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨]-9H-芴-7-基}苯基胺(简称：DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯氨基-9H-芴-7-基)二苯基胺(简称：DPNF)、2-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联芴(简称：DPASF)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4"-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4"-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称：PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)胺(简

称:PCA1BP)、N,N'-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N,N',N"-三苯基-N,N',N"-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联芴-2-胺(简称:PCBASF)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联芴(简称:PCASF)、2,7-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联芴(简称:DPA2SF)、N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(简称:YGA1BP)、N,N'-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)等芳香胺化合物等。另外,可以使用3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)、1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、3,6-二(9H-咔唑-9-基)-9-苯基-9H-咔唑(简称:PhCzGI)、2,8-二(9H-咔唑-9-基)-二苯并噻吩(简称:Cz2DBT)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)、4,4',4"-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)、4-[3-(三亚苯-2-基)苯基]二苯并噻吩(简称:mDBTPTp-II)等胺化合物、咔唑化合物、噻吩化合物、呋喃化合物、芴化合物、三亚苯化合物、菲化合物等。其中,具有吡咯骨架、呋喃骨架、噻吩骨架和芳香胺骨架中的至少一个的化合物稳定且可靠性良好,所以是优选的。具有上述骨架的化合物具有高空穴传输性,也有助于降低驱动电压。

[0275] 《空穴传输层》

空穴传输层112是包含空穴传输性材料的层,可以使用作为空穴注入层111的材料所例示的空穴传输性材料。空穴传输层112具有将注入到空穴注入层111的空穴传输到发光层120的功能,所以优选具有与空穴注入层111的HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital,也称为最高占据分子轨道)能级相同或接近的HOMO能级。

[0276] 另外,优选使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率的物质。但是,只要是空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述物质以外的物质。另外,包括具有高空穴传输性的物质的层不限于单层,还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0277] 实施方式1所示的二苯并咔唑化合物也可以用于构成空穴传输层112的材料。

[0278] 《电子传输层》

电子传输层113具有将从一对电极中的另一个(电极101或电极102)经过电子注入层114注入的电子传输到发光层120的功能。作为电子传输性材料,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料,优选使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的电子迁移率的材料。作为容易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料),可以使用含氮杂芳族化合物等缺π电子型杂芳族化合物或金属配合物等。具体而言,可以举出包括喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体或噻唑配体的金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等。只要是电子传输性高于空穴传输性的物质,就可以使用上述物质以外的物质。另外,电子传输

层113不限于单层，还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0279] 具体而言，作为具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物，例如可以举出三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称：Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称：Almq$_3$)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称：BeBq$_2$)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称：BAlq)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称：Znq)等。另外，除此之外，还可以使用如双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称：ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称：ZnBTZ)等具有噁唑基类或噻唑类配体的金属配合物等。再者，除了金属配合物以外，还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑(简称：PBD)、1,3-双[5-(对叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称：OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称：CO11)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁苯基)-1,2,4-三唑(简称：TAZ)、9-[4-(4,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑-3-基)苯基]-9H-咔唑(简称：CzTAZ1)、2,2',2"-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称：TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称：mDBTBIm-II)、红菲绕啉(简称：BPhen)、浴铜灵(简称：BCP)等杂环化合物；2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：2CzPDBq-III)，7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：6mDBTPDBq-II)、2-[3-(3,9'-联-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称：2mCzCzPDBq)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称：4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称：4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称：4,6mCzP2Pm)等具有二嗪骨架的杂环化合物；2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称：PCCzPTzn)等具有三嗪骨架的杂环化合物；3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称：35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称：TmPyPB)等具有吡啶骨架的杂环化合物；4,4'-双(5-甲基苯并噁唑基-2-基)二苯乙烯(简称：BzOs)等杂芳族化合物。在上述杂环化合物中，具有三嗪骨架、二嗪(嘧啶、吡嗪、哒嗪)骨架和吡啶骨架中的至少一个的杂环化合物稳定且可靠性良好，所以是优选的。尤其是，具有上述骨架的杂环化合物具有高电子传输性，也有助于降低驱动电压。另外，还可以使用高分子化合物诸如聚(2,5-吡啶二基)(简称：PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称：PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称：PF-BPy)。在此所述的物质主要是电子迁移率为$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的物质。

[0280] 另外，也可以使用实施方式1所示的二苯并咔唑化合物。注意，只要是电子传输性高于空穴传输性的物质，就可以使用上述物质以外的物质作为电子传输层。另外，电子传输层113不限于单层，还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0281] 另外，还可以在电子传输层113与发光层120之间设置控制电子载流子的移动的层。该控制电子载流子的移动的层是对上述电子传输性高的材料添加少量的电子俘获性高的物质而成的层，通过抑制电子载流子的移动，可以调节载流子的平衡。这种结构对抑制因电子穿过发光层而引起的问题(例如元件寿命的下降)发挥很大的效果。

[0282] 此外，也可以使用n型化合物半导体，例如，可以使用氧化钛、氧化锌、氧化硅、氧化

锡、氧化钨、氧化钽、钛酸钡、锆酸钡、氧化锆、氧化铪、氧化铝、氧化钇、硅酸锆等氧化物；氮化硅等氮化物；硫化镉、硒化锌及硫化锌等。

[0283] 《电子注入层》

电子注入层114具有通过降低来自电极102的电子注入势垒促进电子注入的功能，例如可以使用第1族金属、第2族金属或它们的氧化物、卤化物、碳酸盐等。另外，也可以使用上述电子传输性材料和具有对电子传输性材料呈现电子供给性的材料的复合材料。作为电子供给性材料，可以举出第1族金属、第2族金属或它们的氧化物等。具体而言，可以使用氟化锂、氟化钠、氟化铯、氟化钙及锂氧化物等碱金属、碱土金属或这些金属的化合物。另外，可以使用氟化铒等稀土金属化合物。另外，也可以将电子盐用于电子注入层114。作为该电子盐，例如可以举出对钙和铝的混合氧化物以高浓度添加电子的物质等。另外，也可以将能够用于电子传输层113的物质用于电子注入层114。

[0284] 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114。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113的物质(金属配合物、杂芳族化合物等)。作为电子给体，只要是对有机化合物呈现电子供给性的物质即可。具体而言，优选使用碱金属、碱土金属和稀土金属，可以举出锂、钠、铯、镁、钙、铒、镱等。另外，优选使用碱金属氧化物或碱土金属氧化物，可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外，还可以使用氧化镁等路易斯碱。另外，也可以使用四硫富瓦烯(简称：TTF)等有机化合物。

[0285] 另外，上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层都可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等方法形成。此外，作为上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层，除了上述材料之外，也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0286] 《量子点》

量子点是其尺寸为几nm至几十nm的半导体纳米晶，并包括$1\times10^{3}$个至$1\times10^{6}$个左右的原子。量子点的能量移动依赖于其尺寸，因此，即使是包括相同的物质的量子点也根据尺寸具有互不相同的发光波长。所以，通过改变所使用的量子点的尺寸，可以容易改变发光波长。

[0287] 此外，量子点的发射光谱的峰宽窄，因此，可以得到色纯度高的发光。再者，量子点的理论上的内部量子效率被认为是100％，即，大幅度地超过呈现荧光发光的有机化合物的25％，且与呈现磷光发光的有机化合物相等。因此，通过将量子点用作发光材料，可以获得发光效率高的发光元件。而且，作为无机材料的量子点在实质稳定性上也是优异的，因此，可以获得寿命长的发光元件。

[0288] 作为构成量子点的材料，可以举出第十四族元素、第十五族元素、第十六族元素、包含多个第十四族元素的化合物、第四族至第十四族的元素和第十六族元素的化合物、第二族元素和第十六族元素的化合物、第十三族元素和第十五族元素的化合物、第十三族元素和第十七族元素的化合物、第十四族元素和第十五族元素的化合物、第十一族元素和第十七族元素的化合物、氧化铁类、氧化钛类、硫系尖晶石(spinel chalcogenide)类、各种半导体簇等。

[0289] 具体而言，可以举出硒化镉、硫化镉、碲化镉、硒化锌、氧化锌、硫化锌、碲化锌、硫化汞、硒化汞、碲化汞、砷化铟、磷化铟、砷化镓、磷化镓、氮化铟、氮化镓、锑化铟、锑化镓、磷化铝、砷化铝、锑化铝、硒化铅、碲化铅、硫化铅、硒化铟、碲化铟、硫化铟、硒化镓、硫化砷、硒化砷、碲化砷、硫化锑、硒化锑、碲化锑、硫化铋、硒化铋、碲化铋、硅、碳化硅、锗、锡、硒、碲、硼、碳、磷、氮化硼、磷化硼、砷化硼、氮化铝、硫化铝、硫化钡、硒化钡、碲化钡、硫化钙、硒化钙、碲化钙、硫化铍、硒化铍、碲化铍、硫化镁、硒化镁、硫化锗、硒化锗、碲化锗、硫化锡、硫化锡、硒化锡、碲化锡、氧化铅、氟化铜、氯化铜、溴化铜、碘化铜、氧化铜、硒化铜、氧化镍、氧化钴、硫化钴、四氧化三铁、硫化铁、氧化锰、硫化钼、氧化钒、氧化钨、氧化钽、氧化钛、氧化锆、氮化硅、氮化锗、氧化铝、钛酸钡、硒锌镉的化合物、铟砷磷的化合物、镉硒硫的化合物、镉硒碲的化合物、铟镓砷的化合物、铟镓硒的化合物、铟硒硫化合物、铜铟硫的化合物以及它们的组合等，但是不局限于此。此外，也可以使用以任意数表示组成的所谓的合金型量子点。例如，因为镉硒硫的化合物的合金型量子点可以通过改变元素的含量比来改变发光波长，所以硒硫的化合物的合金型量子点是有效于得到蓝色发光的手段之一。

[0290] 作为量子点的结构，有核型、核壳(Core Shell)型、核多壳(Core Multishell)型等。可以使用上述任一个，但是通过使用覆盖核且具有更宽的带隙的其他无机材料来形成壳，可以减少存在于纳米晶表面上的缺陷或悬空键的影响，从而可以大幅度地提高发光的量子效率。由此，优选使用核壳型或核多壳型的量子点。作为壳的材料的例子，可以举出硫化锌或氧化锌。

[0291] 此外，在量子点中，由于表面原子的比例高，因此反应性高而容易发生聚集。因此，量子点的表面优选附着有保护剂或设置有保护基。由此可以防止聚集并提高对溶剂的溶解性。此外，还可以通过降低反应性来提高电稳定性。作为保护剂(或保护基)，例如可以举出：月桂醇聚氧乙烯醚、聚氧乙烯硬脂酸酯(polyoxyethylene stearyl ether)、聚氧乙烯月桂醚(polyoxyethylene oleyl ether)等聚氧乙烯烷基醚类；三丙基膦、三丁基膦、三己基膦、三辛基膦等三烷基膦类；聚氧乙烯n-辛基苯基醚、聚氧乙烯n-壬基苯基醚等聚氧乙烯烷基苯基醚类；三(n-己基)胺、三(n-辛基)胺、三(n-癸基)胺等叔胺类；三丙基氧化膦、三丁基氧化膦、三己基氧化膦、三辛基氧化膦、三癸基氧化膦等有机磷化合物；聚乙二醇二月桂酸酯、聚乙二醇二硬脂酸酯等聚乙二醇二酯类；吡啶、卢惕啶、可力丁、喹啉类等含氮芳香化合物等有机氮化合物；己基胺、辛基胺、癸基胺、十二烷基胺、十四烷基胺、十六烷基胺、十八烷基胺等氨基链烷类；二丁基硫醚等二烷基硫醚类；二甲亚砜、二丁亚砜等二烷亚砜类；噻吩等含硫芳香化合物等有机硫化合物；棕榈酸、硬脂酸、油酸等高级脂肪酸；乙醇类；失水山梨醇脂肪酸酯类；脂肪酸改性聚酯类；叔胺类改性聚氨酯类；聚乙烯亚胺类等。

[0292] 量子点其尺寸越小带隙越大，因此适当地调节其尺寸以获得所希望的波长的光。结晶尺寸越小，量子点的发光越向蓝色一侧(即，高能量一侧)迁移，因此，通过改变量子点的尺寸，可以将发光波长调节为紫外区域、可见光区域和红外区域的光谱的波长区域。通常使用的量子点的尺寸(直径)为0.5nm至20nm，优选为1nm至10nm。另外，量子点其尺寸分布越小发射光谱越窄，因此可以获得色纯度高的发光。另外，对量子点的形状没有特别的限制，可以为球状、棒状、圆盘状、其他的形状。另外，作为棒状量子点的量子杆具有呈现具有指向性的光的功能，所以通过将量子杆用作发光材料，可以得到外部量子效率更高的发光元件。

[0293] 在有机EL元件中，通常通过将发光材料分散在主体材料中来抑制发光材料的浓度

猝灭，而提高发光效率。主体材料需要具有发光材料以上的单重激发能级或三重激发能级。特别是，在将蓝色磷光材料用作发光材料时，需要具有蓝色磷光材料以上的三重激发能级且使用寿命长的主体材料，这种材料的开发是极困难的。在此，量子点即使在只使用量子点而不使用主体材料来形成发光层的情况下，也可以确保发光效率，因此可以得到使用寿命长的发光元件。在只使用量子点形成发光层时，量子点优选具有核壳型结构(包括核多壳型结构)。

[0294] 在将量子点用作发光层的发光材料的情况下，该发光层的厚度为3nm至100nm，优选为10nm至100nm，发光层所包含的量子点的比率为1vol.％至100vol.％。注意，优选只由量子点形成发光层。另外，在形成将该量子点用作发光材料而将其分散在主体材料中的发光层时，可以将量子点分散在主体材料中或将主体材料和量子点溶解或分散在适当的液体介质中，并使用湿式法(旋涂法、浇铸法、染料涂布法、刮涂法、辊涂法、喷墨法、印刷法、喷涂法、帘式涂布法、朗缪尔-布罗基特(Langmuir Blodgett)法等)形成。使用磷光发光材料的发光层除了上述湿式法之外优选采用真空蒸镀法。

[0295] 作为用于湿式法的液体介质，例如可以使用：甲乙酮、环己酮等酮类；乙酸乙酯等脂肪酸酯类；二氯苯等卤化烃类；甲苯、二甲苯、均三甲苯、环己基苯等芳烃类；环己烷、十氢化萘、十二烷等脂肪族烃类；二甲基甲酰胺(DMF)、二甲亚砜(DMSO)等有机溶剂。

[0296] 《一对电极》

电极101及电极102被用作发光元件的阳极或阴极。电极101及电极102可以使用金属、合金、导电性化合物以及它们的混合物或叠层体等形成。

[0297] 电极101和电极102中的一个优选使用具有反射光的功能的导电材料形成。作为该导电材料，可以举出包含铝(Al)或包含Al的合金等。作为包含Al的合金，可以举出包含Al及L(L表示钛(Ti)、钕(Nd)、镍(Ni)和镧(La)中的一个或多个)的合金等，例如为包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金等。铝具有低电阻率和高光反射率。此外，由于铝在地壳中大量地含有且不昂贵，所以使用铝可以降低发光元件的制造成本。此外，也可以使用银(Ag)、包含Ag、N(N表示钇(Y)、Nd、镁(Mg)、镱(Yb)、Al、Ti、镓(Ga)、锌(Zn)、铟(In)、钨(W)、锰(Mn)、锡(Sn)、铁(Fe)、Ni、铜(Cu)、钯(Pd)、铱(Ir)和金(Au)中的一个或多个)的合金等。作为包含银的合金，例如可以举出如下合金：包含银、钯及铜的合金；包含银及铜的合金；包含银及镁的合金；包含银及镍的合金；包含银及金的合金；以及包含银及镱的合金等。除了上述材料以外，可以使用钨、铬(Cr)、钼(Mo)、铜及钛等的过渡金属。

[0298] 另外，从发光层获得的光透过电极101和电极102中的一个或两个被提取。由此，电极101和电极102中的至少一个优选使用具有透过光的功能的导电材料形成。作为该导电材料，可以举出可见光透过率为40％以上且100％以下，优选为60％以上且100％以下，且电阻率为$1\times10^{-2}\Omega\cdot$cm以下的导电材料。

[0299] 此外，电极101及电极102也可以使用具有透过光的功能及反射光的功能的导电材料形成。作为该导电材料，可以举出可见光反射率为20％以上且80％以下，优选为40％以上且70％以下，且电阻率为$1\times10^{-2}\Omega\cdot$cm以下的导电材料。例如，可以使用具有导电性的金属、合金和导电性化合物中的一种或多种。具体而言，铟锡氧化物(Indium Tin Oxide，以下称为ITO)、包含硅或氧化硅的铟锡氧化物(简称：ITSO)、氧化铟-氧化锌(Indium Zinc Oxide)、含有钛的氧化铟-锡氧化物、铟-钛氧化物、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟等金属氧

化物。另外，可以使用具有透过光的程度的厚度(优选为1nm以上且30nm以下的厚度)的金属膜。作为金属，例如可以使用Ag、Ag及Al、Ag及Mg、Ag及Au以及Ag及Yb等的合金等。

[0300] 注意，在本说明书等中，作为具有透光的功能的材料，使用具有使可见光透过的功能且具有导电性的材料即可，例如有上述以ITO(Indium Tin Oxide)为代表的氧化物导电体、氧化物半导体或包含有机物的有机导电体。作为包含有机物的有机导电体，例如可以举出包含混合有机化合物与电子给体(供体)而成的复合材料、包含混合有机化合物与电子受体(受体)而成的复合材料等。另外，也可以使用石墨烯等无机碳类材料。另外，该材料的电阻率优选为$1\times10^{5}\Omega\cdot cm$以下，更优选为$1\times10^{4}\Omega\cdot cm$以下。

[0301] 另外，可以通过层叠多个上述材料形成电极101和电极102中的一个或两个。

[0302] 为了提高光提取效率，可以与具有透过光的功能的电极接触地形成其折射率比该电极高的材料。作为这种材料，只要具有透过可见光的功能就可，可以为具有导电性的材料，也可以为不具有导电性的材料。例如，除了上述氧化物导电体以外，还可以举出氧化物半导体、有机物。作为有机物，例如可以举出作为发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层或电子注入层例示出的材料。另外，也可以使用无机碳类材料或具有透过光的程度的厚度的薄膜金属。另外，也可以使用上述折射率高的材料并层叠多个具有几nm至几十nm厚的层。

[0303] 当电极101或电极102被用作阴极时，优选使用功函数小(3.8eV以下)的材料。例如，可以使用属于元素周期表中的第1族或第2族的元素(例如，锂、钠及铯等碱金属、钙或锶等碱土金属、镁等)、包含上述元素的合金(例如，Ag及Mg或Al及Li)、铕(Eu)或Yb等稀土金属、包含上述稀土金属的合金、包含铝、银的合金等。

[0304] 当电极101或电极102被用作阳极时，优选使用功函数大(4.0eV以上)的材料。

[0305] 电极101及电极102也可以采用具有反射光的功能的导电材料及具有透过光的功能的导电材料的叠层。在此情况下，电极101及电极102具有调整光学距离的功能以便使来自各发光层的所希望的波长的光谐振而增强该波长的光，所以是优选的。

[0306] 作为电极101及电极102的成膜方法，可以适当地使用溅射法、蒸镀法、印刷法、涂敷法、MBE(Molecular Beam Epitaxy：分子束外延)法、CVD法、脉冲激光沉积法、ALD(Atomic Layer Deposition：原子层沉积)法等。

[0307] 《衬底》

另外，本发明的一个方式的发光元件可以在由玻璃、塑料等构成的衬底上制造。作为在衬底上层叠的顺序，可以从电极101一侧依次层叠，也可以从电极102一侧依次层叠。

[0308] 另外，作为能够形成本发明的一个方式的发光元件的衬底，例如可以使用玻璃、石英或塑料等。或者，也可以使用柔性衬底。柔性衬底是可以弯曲的衬底，例如由聚碳酸酯、聚芳酯制成的塑料衬底等。另外，可以使用薄膜、无机蒸镀薄膜等。注意，只要在发光元件及光学元件的制造过程中起支撑物的作用，就可以使用其他材料。或者，只要具有保护发光元件及光学元件的功能即可。

[0309] 例如，在本发明等中，可以使用各种衬底形成发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子，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

的例子，有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等，可以举出如下例子。例如，可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料。或者，作为例子，可以举出丙烯酸树脂等树脂等。或者，作为例子，可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。或者，作为例子，可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。

[0310] 另外，也可以作为衬底使用柔性衬底，并在柔性衬底上直接形成发光元件。或者，也可以在衬底与发光元件之间设置剥离层。当在剥离层上制造发光元件的一部分或全部，然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时，也可以将发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。另外，作为上述剥离层，例如可以使用钨膜和氧化硅膜的无机膜的叠层结构或在衬底上形成有聚酰亚胺等树脂膜的结构等。

[0311] 也就是说，也可以使用一个衬底来形成发光元件，然后将发光元件转置到另一个衬底上。作为发光元件被转置的衬底的例子，除了上述衬底之外，还可以举出玻璃纸衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过采用这些衬底，可以制造不易损坏的发光元件、耐热性高的发光元件、实现轻量化的发光元件或实现薄型化的发光元件。

[0312] 另外，也可以在上述衬底上例如形成场效应晶体管(FET)，并且在与FET电连接的电极上制造发光元件150。由此，可以制造通过FET控制发光元件150的驱动的有源矩阵型显示装置。

[0313] 在本实施方式中，对本发明的一个方式进行说明。另外，在其他实施方式中，对本发明的另一个方式进行说明。但是，本发明的一个方式不局限于此。就是说，在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。例如，虽然示出了将本发明的一个方式应用于发光元件的例子，但是本发明的一个方式不局限于此。例如，根据情况或状况，也可以不将本发明的一个方式应用于发光元件。例如，在本发明的一个方式中，示出EL层包含二苯并呋唑化合物的例子，但是本发明的一个方式不局限于此。有时EL层也可以不包含二苯并呋唑化合物。

[0314] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0315] 实施方式4

在本实施方式中，参照图3A至图4C对具有与实施方式3所示的发光元件不同结构的发光元件进行说明。注意，在图3A至图4C中使用与图2A相同的阴影线示出具有与图2A相同的功能的部分，而有时省略附图标记。此外，具有与图2A相同的功能的部分由相同的附图标记表示，有时省略其详细说明。

[0316] <发光元件的结构实例1>

图3A是发光元件250的截面示意图。

[0317] 图3A所示的发光元件250在一对电极(电极101与电极102)之间具有多个发光单元(图3A中的发光单元106和发光单元108)。多个发光单元中的一个优选具有与图2A和图2B所示的EL层100同样的结构。也就是说，图2A和图2B所示的发光元件150优选具有一个发光单元，而发光元件250优选具有多个发光单元。注意，在发光元件250中，虽然对电极101为阳极且电极102为阴极时的情况进行说明，但是作为发光元件250的结构也可以与此相反。

[0318] 此外，在图3A所示的发光元件250中，层叠有发光单元106和发光单元108，并且在发光单元106与发光单元108之间设置有电荷产生层115。此外，发光单元106和发光单元108可以具有相同结构或不同结构。例如，优选将图2A和图2B所示的EL层100用于发光单元106。

[0319] 此外，发光元件250包括发光层120和发光层140。此外，发光单元106除了发光层120之外还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114。此外，发光单元108除了发光层140之外还包括空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118及电子注入层119。

[0320] 电荷产生层115既可以具有对空穴传输性材料添加有作为电子受体的受体性物质的结构，又可以具有对电子传输性材料添加有作为电子给体的供体性物质的结构。此外，也可以层叠这两种结构。

[0321] 当电荷产生层115包含由有机化合物与受体性物质构成的复合材料时，作为该复合材料使用可以用于实施方式3所示的空穴注入层111的复合材料即可。作为有机化合物，可以使用芳香胺化合物、咔唑化合物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等各种化合物。此外，作为有机化合物，优选使用其空穴迁移率为$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的有机化合物。但是，只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质，就可以使用这些以外的物质。因为由有机化合物和受体性物质构成的复合材料具有良好的载流子注入性以及载流子传输性，所以可以实现低电压驱动以及低电流驱动。注意，如发光单元108那样，在发光单元的阳极一侧的表面接触于电荷产生层115时，电荷产生层115还可以具有该发光单元的空穴注入层或空穴传输层的功能，所以在该发光单元中也可以不设置空穴注入层或空穴传输层。

[0322] 注意，电荷产生层115也可以是组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与由其他材料构成的层的叠层结构。例如，也可以是组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含选自供电子性物质中的一个化合物和高电子传输性的化合物的层的结构。此外，也可以是组合包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含透明导电材料的层的结构。

[0323] 夹在发光单元106与发光单元108之间的电荷产生层115只要具有在将电压施加到电极101和电极102之间时，将电子注入到一个发光单元且将空穴注入到另一个发光单元的结构即可。例如，在图3A中，在以使电极101的电位高于电极102的电位的方式施加电压时，电荷产生层115将电子注入到发光单元106且将空穴注入到发光单元108。

[0324] 从光提取效率的观点来看，电荷产生层115优选具有可见光透射性(具体而言，电荷产生层115具有40％以上的可见光透射率)。此外，电荷产生层115即使其导电率小于一对电极(电极101及电极102)也发挥作用。

[0325] 通过使用上述材料形成电荷产生层115，可以抑制在层叠发光层时的驱动电压的增大。

[0326] 虽然在图3A中说明了具有两个发光单元的发光元件，但是可以将同样的结构应用于层叠有三个以上的发光单元的发光元件。如发光元件250所示，通过在一对电极之间以由电荷产生层将其隔开的方式配置多个发光单元，可以实现在保持低电流密度的同时还可以进行高亮度发光，并且使用寿命更长的发光元件。此外，还可以实现功耗低的发光元件。

[0327] 此外，通过将实施方式3所示的结构应用于多个单元中的至少一个单元，可以提供

一种发光效率高的发光元件。

[0328] 另外，通过将实施方式1所示的二苯并呋喃化合物用于至少一个发光层，可以提供发光效率高的发光元件。

[0329] 另外，本实施方式中，发光单元106所包含的发光层120与图2B所示的发光层120具有相同结构。换言之，发光层120包含主体材料121及客体材料122。

[0330] 此外，如图3B所示，发光单元108所包括的发光层140包含主体材料141和客体材料142。另外，主体材料141包含有机化合物141_1及有机化合物141_2。注意，下面以客体材料142为磷光材料进行说明。

[0331] 《发光层140的发光机理》

下面将对发光层140的发光机理进行说明。

[0332] 发光层140中的有机化合物141_1及有机化合物141_2形成激基复合物。

[0333] 作为有机化合物141_1与有机化合物141_2的组合，只要是能够形成激基复合物的组合即可，优选的是，其中一个是具有空穴传输性的化合物，另一个是具有电子传输性的化合物。

[0334] 图3C示出发光层140中的有机化合物141_1、有机化合物141_2及客体材料142的能级的相关关系。另外，下面示出图3C中的记载及附图标记。

- Host(141_1)：有机化合物141_1(主体材料)
- Host(141_2)：有机化合物141_2(主体材料)
- Guest(142)：客体材料142(磷光材料)
- $S_{PH1}$：有机化合物141_1(主体材料)的S1能级
- $T_{PH1}$：有机化合物141_1(主体材料)的T1能级
- $S_{PH2}$：有机化合物141_2(主体材料)的S1能级
- $T_{PH2}$：有机化合物141_2(主体材料)的T1能级
- $T_{PG}$：客体材料142(磷光材料)的T1能级
- $S_E$：激基复合物的S1能级
- $T_E$：激基复合物的T1能级

[0335] 有机化合物141_1与有机化合物141_2形成激基复合物，该激基复合物的S1能级($S_E$)及T1能级($T_E$)成为互相相邻的能级(参照图3C的路径$E_7$)。

[0336] 通过有机化合物141_1和有机化合物141_2中的一个接收空穴，另一个接收电子，迅速地形成激基复合物。或者，当其中一个成为激发态时，通过与另一个起相互作用来迅速地形成激基复合物。由此，发光层140中的大部分的激子都作为激基复合物存在。激基复合物的激发能级($S_E$或$T_E$)比形成激基复合物的主体材料(有机化合物141_1及有机化合物141_2)的S1能级($S_{PH1}$及$S_{PH2}$)低，所以可以以更低的激发能量形成主体材料141的激发态。由此，可以降低发光元件的驱动电压。

[0337] 然后，通过将激基复合物($S_E$)及($T_E$)的双方的能量转移到客体材料142(磷光材料)的T1能级而得到发光(参照图3C的路径$E_8$、$E_9$)。

[0338] 激基复合物的T1能级($T_E$)优选比客体材料142的T1能级($T_{PG}$)高。由此，可以将所产生的激基复合物的单重激发能量及三重激发能量从激基复合物的S1能级($S_E$)及T1能级($T_E$)转移到客体材料142的T1能级($T_{PG}$)。

[0339] 为了使激发能量高效地从激基复合物转移到客体材料142，激基复合物的T1能级($T_E$)优选等于或低于形成激基复合物的各有机化合物(有机化合物141_1及有机化合物141_2)的T1能级($T_{PH1}$及$T_{PH2}$)。由此，不容易产生各有机化合物(有机化合物141_1及有机化合物141_2)所导致的激基复合物的三重激发能量的猝灭，而高效地发生从激基复合物向客体材料142的能量转移。

[0340] 另外，为了使有机化合物141_1与有机化合物141_2高效地形成激基复合物，优选有机化合物141_1及有机化合物141_2中的一个的HOMO能级高于另一个的HOMO能级，其中一个的LUMO能级高于另一个的LUMO能级。例如，在有机化合物141_1具有空穴传输性且有机化合物141_2具有电子传输性的情况下，优选有机化合物141_1的HOMO能级高于有机化合物141_2的HOMO能级且有机化合物141_1的LUMO能级高于有机化合物141_2的LUMO能级。或者，在有机化合物141_2具有空穴传输性且有机化合物141_1具有电子传输性的情况下，优选有机化合物141_2的HOMO能级高于有机化合物141_1的HOMO能级且有机化合物141_2的LUMO能级高于有机化合物141_1的LUMO能级。具体而言，有机化合物141_1的HOMO能级与有机化合物141_2的HOMO能级的能量差优选为0.05eV以上，更优选为0.1eV以上，进一步优选为0.2eV以上。另外，有机化合物141_1的LUMO能级与有机化合物141_2的LUMO能级的能量差优选为0.05eV以上，更优选为0.1eV以上，进一步优选为0.2eV以上。

[0341] 在有机化合物141_1与有机化合物141_2的组合是具有空穴传输性的化合物与具有电子传输性的化合物的组合时，能够通过调整其混合比而容易地控制载流子平衡。具体而言，具有空穴传输性的化合物:具有电子传输性的化合物优选在1:9至9:1(重量比)的范围内。另外，通过具有该结构，可以容易地控制载流子平衡，由此也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0342] <能量转移机理>

下面，对主体材料141与客体材料142的分子间的能量转移过程的控制因素进行说明。作为分子间的能量转移的机理，提出了福斯特(Förster)机理(偶极-偶极相互作用)和德克斯特(Dexter)机理(电子交换相互作用)的两个机理。注意，虽然在此对主体材料141与客体材料142的分子间的能量转移过程进行说明，但是在主体材料141为激基复合物时也是同样的。

[0343] 《福斯特机理》

在福斯特机理中，在能量转移中不需要分子间的直接接触，通过主体材料141与客体材料142间的偶极振荡的共振现象发生能量转移。通过偶极振荡的共振现象，主体材料141给客体材料142供应能量，激发态的主体材料141成为基态，基态的客体材料142成为激发态。此外，算式(1)示出福斯特机理的速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$。

[0344] [算式1]

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

[0345] 在算式(1)中，ν表示振荡数，$f'_h(\nu)$表示主体材料141的归一化发射光谱(当考虑由单重激发态的能量转移时，相当于荧光光谱，而当考虑由三重激发态的能量转移时，相当于磷光光谱)，$\varepsilon_g(\nu)$表示客体材料142的摩尔吸光系数，N表示阿伏伽德罗数，n表示介质的

折射率，R表示主体材料141与客体材料142的分子间距，τ表示所测量的激发态的寿命(荧光寿命或磷光寿命)，c表示光速，Φ表示发光量子收率(当考虑由单重激发态的能量转移时，相当于荧光量子收率，而当考虑由三重激发态的能量转移时，相当于磷光量子收率)，$K^2$表示主体材料141和客体材料142的跃迁偶极矩的取向的系数(0至4)。此外，在无规取向中，$K^2=2/3$。

[0346] 《德克斯特机理》

在德克斯特机理中，主体材料141和客体材料142接近于产生轨道的重叠的接触有效距离，通过交换激发态的主体材料141的电子和基态的客体材料142的电子，发生能量转移。此外，算式(2)示出德克斯特机理的速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$。

[0347] [算式2]

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

[0348] 在算式(2)中，h表示普朗克常数，K表示具有能量维数(energy dimension)的常数，ν表示振荡数，$f'_h(\nu)$表示主体材料141的归一化发射光谱(当考虑由单重激发态的能量转移时，相当于荧光光谱，而当考虑由三重激发态的能量转移时，相当于磷光光谱)，$\varepsilon'_g(\nu)$表示客体材料142的归一化吸收光谱，L表示有效分子半径，R表示主体材料141与客体材料142的分子间距。

[0349] 在此，从主体材料141到客体材料142的能量转移效率$\Phi_{ET}$以算式(3)表示。$k_r$表示主体材料141的发光过程(当考虑由单重激发态的能量转移时，相当于荧光，而当考虑由三重激发态的能量转移时，相当于磷光)的速度常数，$k_n$表示主体材料141的非发光过程(热失活或系间窜越)的速度常数，τ表示所测量的主体材料141的激发态的寿命。

[0350] [算式3]

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

[0351] 从算式(3)可知，为了提高能量转移效率$\Phi_{ET}$，增大能量转移的速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$，其他竞争的速度常数$k_r+k_n$(=1/τ)相对变小，即可。

[0352] 《用来提高能量转移的概念》

在基于福斯特机理的能量转移中，作为能量转移效率$\Phi_{ET}$，发光量子收率Φ(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光量子收率，在说明来自三重激发态的能量转移时是磷光量子收率)优选高。此外，主体材料141的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱)与客体材料142的吸收光谱(相当于从单重基态到三重激发态的迁移的吸收)的重叠优选大。再者，客体材料142的摩尔吸光系数优选高。这意味着主体材料141的发射光谱与呈现在客体材料142的最长波长一侧的吸收带重叠。

[0353] 此外，在基于德克斯特机理的能量转移中，为了增大速度常数$k_{h^*\rightarrow g}$，主体材料141的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱，在说明来自三重激发态的能量转移时是磷光光谱)与客体材料142的吸收光谱(相当于从单重基态到三重激发态的迁移的吸收)的重叠优选大。因此，能量转移效率的最优化可以通过使主体材料141的发射光

谱与呈现在客体材料142的最长波长一侧的吸收带重叠而实现。

[0354] 与从主体材料141到客体材料142的能量转移同样地，在从激基复合物到客体材料142的能量转移过程中也发生基于福斯特机理及德克斯特机理的双方的能量转移。

[0355] 换言之，主体材料141包括有机化合物141_1和有机化合物141_2，有机化合物141_1和有机化合物141_2为形成具有将能量高效地转移到客体材料142的作为能量供体的功能的激基复合物的组合。可以以比单个有机化合物141_1和单个有机化合物141_2的激发态低的激发能量形成有机化合物141_1和有机化合物141_2所形成的激基复合物。由此，可以降低发光元件的驱动电压。

[0356] 再者，为了使从激基复合物的S1能级到用作能量受体的客体材料142的T1能级的能量转移容易产生，优选的是，该激基复合物的发射光谱与呈现在客体材料142的最长波长一侧(低能量一侧)的吸收带重叠。由此，可以提高客体材料142的三重激发态的产生效率。

[0357] 由于生成在发光层140中的激基复合物具有单重激发能级与三重激发能级接近的特征，所以通过使激基复合物的发射光谱与在客体材料142的最长波长一侧(低能量一侧)呈现的吸收带重叠，可以容易发生从激基复合物的三重激发能级到客体材料142的三重激发能级的能量转移。

[0358] 通过使发光层140具有上述结构，可以高效地获得来自发光层140的客体材料142(磷光材料)的发光。

[0359] 在本说明书等中，有时将上述路径$E_7$至$E_9$的过程称为ExTET(Exciplex-Triplet Energy Transfer:激基复合物-三重态能量转移)。换言之，在发光层140中，产生从激基复合物到客体材料142的激发能量的供应。在此情况下，不需要必须使从$T_E$向$S_E$的反系间窜越的效率及由$S_E$的发光量子产率高，因此可以选择的材料更多。

[0360] 此外，在上述各结构中，用于发光单元106及发光单元108的客体材料所呈现的发光颜色既可以相同又可以不同。当发光单元106和发光单元108包含具有呈现相同颜色的功能的客体材料时，发光元件250成为以小电流值呈现高发光亮度的发光元件，所以是优选的。此外，当发光单元106和发光单元108包含具有呈现彼此不同颜色的发光的功能的客体材料时，发光元件250成为呈现多色发光的发光元件，所以是优选的。此时，由于通过作为发光层120和发光层140中的一个或两个使用发光波长不同的多个发光材料，合成具有不同的发光峰值的光，因此发光元件250所呈现的发射光谱具有至少两个极大值。

[0361] 上述结构适合用来获得白色发光。通过使发光层120与发光层140的光为互补色的关系，可以获得白色发光。尤其优选以实现演色性高的白色发光或至少具有红色、绿色、蓝色的发光的方式选择客体材料。

[0362] 此外，也可以将发光层120和发光层140中的任一个或两个进一步分割为层状并使该被分割的层的每一个都含有不同的发光材料。也就是说，发光层120和发光层140中的一个或两个也可以由两层以上的多个层形成。例如，在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层的情况下，可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料，并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。在此情况下，第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。此外，第一发光层和第二发光层所包含的发光材料既可以是具有发射相同颜色的发光的功能的材料，又可以是具有发射不同颜色的发光的功能的材料。通过采用具有发射彼此不同颜色的发光的功能的多

个发光材料的结构，也可以得到由三原色或四种以上的发光颜色构成的演色性高的白色发光。

[0363] 此外，当发光单元106及发光单元108分别具有发光颜色不同的客体材料时，发光层120的发光峰值优选比发光层140的发光峰值更靠近短波长一侧。使用具有高三重激发能级的材料的发光元件有亮度劣化快的趋势。于是，通过将包含实施方式1所示的二苯并呋喹化合物的结构用于发射短波长的发光的发光层，可以提供亮度劣化小的发光元件。

[0364] <发光元件的结构实例2>

接着，参照图4A至图4C说明与图3A至图3C所示的发光元件不同的结构实例。

[0365] 图4A是发光元件252的截面示意图。

[0366] 图4A所示的发光元件252具有在一对电极(电极101及电极102)之间夹有EL层110的结构。注意，虽然下面说明在发光元件252中电极101用作阳极且电极102用作阴极的情况，但是发光元件252的阳极和阴极也可以与此相反。

[0367] 此外，EL层110包括发光层180，该发光层180包括发光层120及发光层140。此外，在发光元件252中，除了发光层之外还示出空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114作为EL层110，但是上述叠层结构只是一个例子，发光元件252中的EL层110的结构不局限于此。例如，可以改变EL层110中的上述各层的叠层顺序。或者，可以在EL层110中设置上述各层之外的功能层。该功能层例如可以具有降低空穴或电子的注入势垒的功能、提高空穴或电子的传输性的功能、阻碍空穴或电子的传输性的功能、产生空穴或电子的功能。

[0368] 此外，如图4B所示，发光层120包含主体材料121和客体材料122。此外，发光层140包含主体材料141和客体材料142。主体材料141包含有机化合物141_1和有机化合物141_2。以下说明客体材料122为荧光材料且客体材料142为磷光材料的情况。

[0369] 《发光层180的发光机理》

发光层120的发光机理与图2B和图2C所示的发光层120相同。此外，发光层140的发光机理与图3B和图3C所示的发光层140相同。

[0370] 如图4A所示，当具有发光层120与发光层140彼此接触的结构时，即使在发光层120与发光层140之间的界面发生从发光层140的激基复合物到发光层120的主体材料121的能量转移(尤其是，三重激发能量的能量转移)也可以在发光层120中将上述三重激发能量转换为发光。

[0371] 发光层120的主体材料121的T1能级优选低于发光层140所包含的有机化合物141_1及有机化合物141_2的T1能级。此外，在发光层120中，优选的是，主体材料121的S1能级高于客体材料122(荧光材料)的S1能级，并且，主体材料121的T1能级低于客体材料122(荧光材料)的T1能级。

[0372] 具体而言，图4C示出在发光层120中使用TTA，在发光层140中使用ExTET时的能级的相关关系。图4C中的记载及符号表示的是如下。

Fluorescence EML(120)：发光层120(荧光发光层)

Phosphorescence EML(140)：发光层140(磷光发光层)

Host(121)：主体材料121

Guest(122)：客体材料122(荧光材料)

Host(141_1):主体材料(有机化合物141_1)

Guest(142):客体材料142(磷光材料)

Exciplex:激基复合物(有机化合物141_1和有机化合物141_2)

$S_{FH}$:主体材料121的S1能级

$T_{FH}$:主体材料121的T1能级

$S_{FG}$:客体材料122(荧光材料)的S1能级

$T_{FG}$:客体材料122(荧光材料)的T1能级

$S_{PH}$:主体材料(有机化合物141_1)的S1能级

$T_{PH}$:主体材料(有机化合物141_1)的T1能级

$T_{PG}$:客体材料142(磷光材料)的T1能级

$S_E$:激基复合物的S1能级

$T_E$:激基复合物的T1能级

[0373] 如图4C所示,激基复合物只处于激发态,因此不容易产生激基复合物和激基复合物之间的激子扩散。激基复合物的激发能级($S_E$、$T_E$)低于发光层140的有机化合物141_1(即,磷光材料的主体材料)的激发能级($S_{PH}$、$T_{PH}$),因此不发生从激基复合物向有机化合物141_1的能量扩散。就是说,在磷光发光层(发光层140)中,激基复合物的激子扩散距离短,因此可以保持磷光发光层(发光层140)的效率。即使在荧光发光层(发光层120)与磷光发光层(发光层140)之间的界面磷光发光层(发光层140)的激基复合物的三重激发能量的一部分扩散到荧光发光层(发光层120)中,该扩散所引起的荧光发光层(发光层120)的三重激发能量也利用TTA而转换为发光,因此可以减少能量损失。

[0374] 如上所述,在发光元件252中,通过在发光层140中利用ExTET且在发光层120中利用TTA来减少能量损失,由此可以实现发光效率高的发光元件。此外,如发光元件252所示,当采用发光层120与发光层140彼此接触的结构时,可以在减少上述能量损失的同时减少EL层110中的层的个数。因此,可以实现制造成本低的发光元件。

[0375] 此外,也可以采用发光层120不与发光层140接触的结构。此时,可以防止从在发光层140中生成的有机化合物141_1、有机化合物141_2或客体材料142(磷光材料)的激发态到发光层120中的主体材料121或客体材料122(荧光材料)的利用德克斯特(dexter)机理的能量转移(尤其是,三重态能量转移)。因此,设置在发光层120与发光层140之间的层只要具有几nm左右的厚度即可。具体而言,在该层的厚度为1nm以上且5nm以下时,能够抑制驱动电压的上升,所以是优选的。

[0376] 设置在发光层120与发光层140之间的层既可以只包含一个材料,又可以包含空穴传输性材料和电子传输性材料。当上述层只包含一个材料时,也可以使用双极性材料。双极性材料是指电子和空穴的迁移率比例为100以下的材料。此外,也可以使用空穴传输性材料或电子传输性材料等。或者,其中的至少一个也可以使用与发光层140的主体材料(有机化合物141_1或有机化合物141_2)相同的材料形成。由此,发光元件的制造变得容易,并且可以降低驱动电压。再者,也可以使用空穴传输性材料和电子传输性材料形成激基复合物,此时可以有效地抑制激子的扩散。具体而言,可以防止从发光层140的主体材料(有机化合物141_1或有机化合物141_2)或客体材料142(磷光材料)的激发态到发光层120的主体材料121或客体材料122(荧光材料)的能量转移。

[0377] 虽然说明了在发光元件252中发光层120位于空穴传输层112一侧且发光层140位于电子传输层113一侧的情况，但是本发明的一个实施方式的发光元件不局限于此。发光层120可以位于电子传输层113一侧，发光层140可以位于空穴传输层112一侧。

[0378] 在发光元件252中，载流子的复合区域优选具有一定程度的分布。为此，在发光层120或发光层140中优选具有适当的载流子俘获性，发光层140所包含的客体材料142(磷光材料)优选具有电子俘获性。或者，发光层120所包含的客体材料122(荧光材料)优选具有空穴俘获性。

[0379] 此外，优选的是，与来自发光层140的发光相比，来自发光层120的发光在更短波长一侧具有发光峰值。使用发射短波长的发光的磷光材料的发光元件有亮度劣化快的趋势。于是，通过作为短波长的发光采用荧光发光可以提供一种亮度劣化小的发光元件。

[0380] 此外，当发光层120和发光层140发射彼此不同的发光波长的光时，可以实现多色发光的元件。此时，由于具有不同的发光峰值的发光被合成，因此其发射光谱具有至少两个极大值。

[0381] 此外，上述结构适合用来获得白色发光。当发光层120与发光层140的光具有互补色的关系时，可以获得白色发光。

[0382] 此外，通过将发光波长不同的多种发光材料用于发光层120和发光层140中的一方或双方，可以得到利用三原色或四种以上的发光颜色的演色性高的白色发光。在此情况下，可以将发光层进一步分割为层状并使该被分割的层的每一个含有不同的发光材料。

[0383] <可用于发光层的材料的例子>

接下来，对可用于发光层120及发光层140的材料进行说明。

[0384] 《可用于发光层120的材料》

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

[0385] 作为主体材料121，优选使用实施方式1所示的二苯并呋喹化合物。由此可以提供发光效率高的发光元件。

[0386] 在发光层120中，对客体材料122没有特别的限制，但是优选使用蒽衍生物、并四苯衍生物、䓛(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、二萘嵌苯衍生物、二苯乙烯衍生物、吖啶酮衍生物、香豆素衍生物、吩恶嗪衍生物、吩噻嗪衍生物等。例如，可以使用在实施方式3中所示的材料。

[0387] 发光层120也可以由两层以上的多个层形成。例如，在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层120的情况下，可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料，并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。

[0388] 此外，在发光层120中，主体材料121既可以由一个化合物构成，又可以由多个化合物构成。或者，发光层120也可以包含主体材料121及客体材料122以外的材料。

[0389] 《可用于发光层140的材料》

在发光层140中，主体材料141的重量比最大，客体材料142(磷光材料)分散在主体材料141中。优选发光层140的主体材料141(有机化合物141_1及有机化合物141_2)的T1能级高于客体材料142的T1能级。

[0390] 作为有机化合物141_1，除了锌、铝类金属配合物以外还可以举出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲罗啉衍生物等。作为其他例子，可以举出芳族胺或咔唑衍生物等。具体而言，可以使用实施方式3所示的电子传输性材料及空穴传输性材料。

[0391] 作为有机化合物141_2，优选使用可以与有机化合物141_1组合形成激基复合物的材料。具体而言，可以使用实施方式3所示的电子传输性材料及空穴传输性材料。此时，优选以有机化合物141_1与有机化合物141_2所形成的激基复合物的发光峰值与客体材料142(磷光材料)的三重MLCT(从金属到配体的电荷转移:Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁的吸收带(具体为最长波长一侧的吸收带)重叠的方式选择有机化合物141_1、有机化合物141_2及客体材料142(磷光材料)。由此，可以实现一种发光效率得到显著提高的发光元件。注意，在使用热活化延迟荧光材料代替磷光材料的情况下，最长波长一侧的吸收带优选为单重态的吸收带。

[0392] 作为客体材料142(磷光材料)，可以举出铱、铑、铂类有机金属配合物或金属配合物，其中优选的是有机铱配合物，例如铱类邻位金属配合物。作为邻位金属化的配体，可以举出4H-三唑配体、1H-三唑配体、咪唑配体、吡啶配体、嘧啶配体、吡嗪配体或异喹啉配体等。作为金属配合物可以举出具有卟啉配体的铂配合物等。

[0393] 作为在蓝色或绿色处具有发光峰值的物质，例如可以举出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(triazolato)-3-基-κN2]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmp)$_3$)、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Mptz)$_3$)、三[4-(3-联苯)-5-异丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPrptz-3b)$_3$)、三[3-(5-联苯)-5-异丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPr5btz)$_3$)等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(Mptz1-mp)$_3$)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Prptz1-Me)$_3$)等具有1H-三唑骨架的有机金属铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:Ir(iPrpmi)$_3$)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶根(phenanthridinato)]铱(III)(简称:Ir(dmpimpt-Me)$_3$)等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,$C^{2'}$]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称:FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,$C^{2'}$]铱(III)吡啶甲酸盐(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,$C^{2'}$}铱(III)吡啶甲酸盐(简称:Ir(CF$_3$ppy)$_2$(pic))、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,$C^{2'}$]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIr(acac))等以具有吸电子基团的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱配合物。

[0394] 作为在绿色或黄色处具有发光峰值的物质，例如可以举出三(4-甲基-6-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(mppm)$_3$)、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)$_3$)、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(mppm)$_2$(acac))、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)$_2$(acac))、(乙酰丙酮根)双[4-(2-降莰基)-6-苯基嘧啶]铱(III)(简称:Ir(nbppm)$_2$(acac))、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶]铱(III)(简称:Ir(mpmppm)$_2$(acac))、(乙酰丙酮根)双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac))、

(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(dppm)$_2$(acac))等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物、(乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(mppr-Me)$_2$(acac))、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(mppr-iPr)$_2$(acac))等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物、三(2-苯基吡啶-N,$C^{2'}$)铱(III)(简称:Ir(ppy)$_3$)、双(2-苯基吡啶根-N,$C^{2'}$)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(ppy)$_2$(acac))、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bzq)$_2$(acac))、三(苯并[h]喹啉)铱(III)(简称:Ir(bzq)$_3$)、三(2-苯基喹啉-N,$C^{2'}$)铱(III)(简称:Ir(pq)$_3$)、双(2-苯基喹啉-N,$C^{2'}$)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(pq)$_2$(acac))等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物、双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,$C^{2'}$)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(dpo)$_2$(acac))、双{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶-N,$C^{2'}$}铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(p-PF-ph)$_2$(acac))、双(2-苯基苯并噻唑-N,$C^{2'}$)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bt)$_2$(acac))等有机金属铱配合物、三(乙酰丙酮根)(单菲罗啉)铽(III)(简称:Tb(acac)$_3$(Phen))等稀土金属配合物。在上述金属配合物中,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0395] 另外,作为在黄色或红色处具有发光峰值的物质,例如可以举出(二异丁酰甲烷根)双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(5mdppm)$_2$(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(5mdppm)$_2$(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(d1npm)$_2$(dpm))等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(2,3,5-三苯基吡嗪根)铱(III)(简称:Ir(tppr)$_2$(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(tppr)$_2$(dpm))、(乙酰丙酮根)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉]合铱(III)(简称:Ir(Fdpq)$_2$(acac))等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(1-苯基异喹啉-N,$C^{2'}$)铱(III)(简称:Ir(piq)$_3$)、双(1-苯基异喹啉-N,$C^{2'}$)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(piq)$_2$(acac))等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)等铂配合物;以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲罗啉)铕(III)(简称:Eu(DBM)$_3$(Phen))、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲罗啉)铕(III)(简称:Eu(TTA)$_3$(Phen))等稀土金属配合物。在上述金属配合物中,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。另外,具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以提供色度良好的红色发光。

[0396] 作为发光层所包括的发光有机材料,可以使用能够将三重激发能量转换为发光的材料。作为该能够将三重激发能量转换为发光的材料,除了磷光材料之外,可以举出热活化延迟荧光材料。因此,可以将有关磷光材料的记载看作有关热活化延迟荧光材料的记载。注意,热活化延迟荧光材料是指单重激发能级与三重激发能级的能量差较小且具有通过反系间窜越将三重激发能量转换为单重激发能量的功能的材料。因此,能够通过微小的热能量将三重激发态转换为单重激发态(反系间窜越)并能够高效地发射来自单重激发态的发光(荧光)。另外,可以高效地获得热活化延迟荧光的条件为如下:三重激发态能级与单重激态发能级的能量差大于0eV且为0.2eV以下,优选大于0eV且为0.1eV以下。

[0397] 作为热活化延迟荧光材料,例如可以使用如下材料。首先,可以举出富勒烯或其衍生物、原黄素等吖啶衍生物、曙红(eosin)等。此外,可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金属卟啉。作为该含金属卟啉,例如也可以举出原

卟啉-氟化锡配合物(简称:$SnF_2$(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(简称:$SnF_2$(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(简称:$SnF_2$(Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(简称:$SnF_2$(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(简称:$SnF_2$(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(简称:$SnF_2$(Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(简称:$PtCl_2$OEP)等。

[0398] 此外,作为由一种材料构成的热活化延迟荧光材料,还可以使用具有富π电子型芳杂环及缺π电子型芳杂环的杂环化合物。具体而言,可以举出2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吲哚并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吖啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吖啶)苯基]硫砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'H-螺[吖啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)等。该杂环化合物具有富π电子型芳杂环及缺π电子型芳杂环,因此电子传输性及空穴传输性高,所以是优选的。此外,在富π电子型芳杂环和缺π电子型芳杂环直接键合的物质中,富π电子型芳杂环的供体性和缺π电子型芳杂环的受体性都强,单重激发能级与三重激发能级的差异变小,所以是尤其优选的。另外,也可以使用键合有氰基等吸电子基团的芳环代替缺π电子型芳杂环。

[0399] 此外,对包含在发光层120及发光层140的发光材料的发光颜色没有限制,可以相同或不同。来自各材料的发光被混合并提取到元件的外部,因此例如当两个发光颜色为互补色时,发光元件可以提供白色光。当考虑发光元件的可靠性时,包含在发光层120的发光材料的发光峰波长优选比包含在发光层140的发光材料短。

[0400] 此外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光单元106、发光单元108及电荷产生层115。

[0401] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0402] 实施方式5

在本实施方式中,参照图5A至图8C说明具有与实施方式3及实施方式4所示的结构不同的结构的发光元件的例子。

[0403] <发光元件的结构实例1>

图5A及图5B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图5A及图5B中使用与图2A相同的阴影线示出具有与图2A相同的功能的部分,而有时省略附图标记。此外,具有与图2A相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0404] 图5A及图5B所示的发光元件260a及发光元件260b既可以是经过衬底200提取光的底面发射(底部发射)型发光元件,也可以是将光提取到与衬底200相反的方向的顶面发射(顶部发射)型发光元件。注意,本发明的一个方式并不局限于此,也可以是将发光元件所发射的光提取到衬底200的上方及下方的双方的双面发射(双发射:dual emission)型发光元件。

[0405] 当发光元件260a及发光元件260b是底部发射型发光元件时,电极101优选具有透过光的功能。另外,电极102优选具有反射光的功能。或者,当发光元件260a及发光元件260b是顶部发射型发光元件时,电极101优选具有反射光的功能。另外,电极102优选具有透过光

的功能。

[0406] 发光元件260a及发光元件260b在衬底200上包括电极101及电极102。另外，在电极101与电极102之间包括发光层123B、发光层123G及发光层123R。另外，还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114。

[0407] 另外，作为电极101的结构的一部分，发光元件260b包括导电层101a、导电层101a上的导电层101b、导电层101a下的导电层101c。也就是说，发光元件260b包括具有导电层101a被导电层101b与导电层101c夹持的结构的电极101。

[0408] 在发光元件260b中，导电层101b与导电层101c既可以由不同的材料形成，又可以由相同的材料形成。当导电层101b和导电层101c由相同的导电材料形成时，容易通过电极101的形成过程中的蚀刻工序进行图案形成，所以是优选的。

[0409] 此外，在发光元件260b中，也可以仅包括导电层101b和导电层101c中的任一个。

[0410] 另外，电极101所包括的导电层101a、101b、101c都可以使用与实施方式3所示的电极101或电极102同样的结构及材料。

[0411] 在图5A及图5B中，在被电极101与电极102夹持的区域221B、区域221G与区域221R之间分别具有分隔壁145。分隔壁145具有绝缘性。分隔壁145覆盖电极101的端部，并具有与该电极重叠的开口部。通过设置分隔壁145，可以将各区域的衬底200上的电极101分别分为岛状。

[0412] 此外，发光层123B与发光层123G可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外，发光层123G与发光层123R可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外，发光层123R与发光层123B可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。

[0413] 分隔壁145只要具有绝缘性即可，使用无机材料或有机材料形成。作为该无机材料，可以举出氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等。作为该有机材料，例如可以举出丙烯酸树脂或聚酰亚胺树脂等感光树脂材料。

[0414] 注意，氧氮化硅膜是指其组成中氧含量多于氮含量的膜，优选在55atoms％以上且65atoms％以下、1atoms％以上且20atoms％以下、25atoms％以上且35atoms％以下、0.1atoms％以上且10atoms％以下的范围内分别包含氧、氮、硅和氢。氮氧化硅膜是指其组成中氮含量多于氧含量的膜，优选在55atoms％以上且65atoms％以下、1atoms％以上且20atoms％以下、25atoms％以上且35atoms％以下、0.1atoms％以上且10atoms％以下的范围内分别包含氮、氧、硅和氢。

[0415] 另外，发光层123R、发光层123G及发光层123B优选分别包含能够发射不同颜色的发光材料。例如，当发光层123R包含能够发射红色的发光材料时，区域221R呈现红色光；当发光层123G包含能够发射绿色的发光材料时，区域221G呈现绿色光；当发光层123B包含能够发射蓝色的发光材料时，区域221B呈现蓝色光。通过将具有这种结构的发光元件260a或发光元件260b用于显示装置的像素，可以制造能够进行全彩色显示的显示装置。另外，每个发光层的厚度既可以相同又可以不同。

[0416] 另外，发光层123B、发光层123G及发光层123R中的任一个或多个发光层优选具有与实施方式3所示的发光层120的结构。由此，可以制造发光效率高的发光元件。

[0417] 另外，发光层123B、发光层123G、发光层123R中的任一个或多个发光层也可以是两

层以上的叠层。

[0418] 如上所述，通过使至少一个发光层具有实施方式3所示的发光层的结构，并且将包括该发光层的发光元件260a或发光元件260b用于显示装置的像素，可以制造发光效率高的显示装置。也就是说，包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置可以减少功耗。

[0419] 另外，通过在提取光一侧的电极的提取光的方向上设置光学元件(例如，滤色片、偏振片、反射防止膜等)，可以提高发光元件260a及发光元件260b的色纯度。因此，可以提高包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置的色纯度。另外，可以减少发光元件260a及发光元件260b的外光反射。因此，可以提高包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置的对比度。

[0420] 注意，关于发光元件260a及发光元件260b中的其他构成要素，参照实施方式3及实施方式4中的发光元件的构成要素即可。

[0421] <发光元件的结构实例2>

下面，参照图6A及图6B说明与图5A及图5B所示的发光元件不同的结构实例。

[0422] 图6A及图6B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图6A及图6B中使用与图5A及图5B相同的阴影线示出具有与图5A及图5B相同的功能的部分，而有时省略附图标记。此外，具有与图5A及图5B相同的功能的部分由相同的附图标记表示，有时省略其详细说明。

[0423] 图6A及图6B是在一对电极之间具有发光层的发光元件的结构实例。图6A所示的发光元件262a是将光提取到与衬底200相反的方向的顶面发射(顶部发射)型发光元件，并且图6B所示的发光元件262b是经过衬底200提取光的底面发射(底部发射)型发光元件。注意，本发明的一个方式并不局限于此，也可以是将发光元件所发射的光提取到形成有发光元件的衬底200的上方及下方的双方的双面发射(双发射)型发光元件。

[0424] 发光元件262a及发光元件262b在衬底200上包括电极101、电极102、电极103、电极104。此外，在电极101与电极102之间、在电极102与电极103之间以及在电极102与电极104之间至少包括发光层170、发光层190及电荷产生层115。此外，还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113、电子注入层114、空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118、电子注入层119。

[0425] 电极101包括导电层101a、在导电层101a上并与其接触的导电层101b。此外，电极103包括导电层103a、在导电层103a上并与其接触的导电层103b。电极104包括导电层104a、在导电层104a上并与其接触的导电层104b。

[0426] 图6A所示的发光元件262a及图6B所示的发光元件262b在由电极101及电极102夹持的区域222B与由电极102及电极103夹持的区域222G与由电极102及电极104夹持的区域222R之间都包括分隔壁145。分隔壁145具有绝缘性。分隔壁145覆盖电极101、电极103及电极104的端部，并包括与该电极重叠的开口部。通过设置分隔壁145，可以将各区域的衬底200上的该电极分为岛状。

[0427] 通过使用对空穴传输性材料添加电子受体(受体)的材料或对电子传输性材料添加电子给体(供体)的材料，可以形成电荷产生层115。当电荷产生层115的导电率与一对电极大致同样高时，由于因电荷产生层115而产生的载流子流过相邻的像素，所以有时相邻的像素会产生发光。因此，为了抑制相邻的像素不正常地产生发光，电荷产生层115优选由导

电率低于一对电极的材料形成。

[0428] 发光元件262a及发光元件262b在从区域222B、区域222G及区域222R发射的光被提取的方向上具有包括光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的衬底220。从各区域发射的光透过各光学元件射出到发光元件的外部。也就是说，从区域222B发射的光透过光学元件224B射出，从区域222G发射的光透过光学元件224G射出，且从区域222R发射的光透过光学元件224R射出。

[0429] 光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R具有选择性地使入射光中的呈现特定颜色的光透过的功能。例如，从区域222B发射的光透过光学元件224B成为蓝色光，从区域222G发射的光透过光学元件224G成为绿色光，从区域222R发射的光透过光学元件224R成为红色光。

[0430] 作为光学元件224R、光学元件224G、光学元件224B，例如可以采用着色层(也称为滤色片)、带通滤光片、多层膜滤光片等。此外，可以将颜色转换元件应用于光学元件。颜色转换元件是将入射光转换为其波长比该入射光长的光的光学元件。作为颜色转换元件，优选使用利用量子点的元件。通过利用量子点，可以提高显示装置的色彩再现性。

[0431] 另外，也可以在光学元件224R、光学元件224G及光学元件224B上重叠地设置一个或多个其他光学元件。作为其他光学元件，例如可以设置圆偏振片或防反射膜等。通过将圆偏振片设置在显示装置中的发光元件所发射的光被提取的一侧，可以防止从显示装置的外部入射的光在显示装置的内部被反射而射出到外部的现象。另外，通过设置防反射膜，可以减弱在显示装置的表面被反射的外光。由此，可以清晰地观察显示装置所发射的光。

[0432] 在图6A及图6B中使用虚线的箭头示意性地示出透过各光学元件从各区域射出的蓝色(B)光、绿色(G)光、红色(R)光。

[0433] 在各光学元件之间包括遮光层223。遮光层223具有遮蔽从相邻的区域发射的光的功能。此外，也可以采用不设置遮光层223的结构。

[0434] 遮光层223具有抑制外光的反射的功能。或者，遮光层223具有防止从相邻的发光元件发射出的光混合的功能。遮光层223可以使用金属、包含黑色颜料的树脂、碳黑、金属氧化物、包含多种金属氧化物的固溶体的复合氧化物等。

[0435] 另外，光学元件224B与光学元件224G也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外，光学元件224G与光学元件224R也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外，光学元件224R与光学元件224B也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。

[0436] 另外，关于衬底200及具有光学元件的衬底220的结构，可以参照实施方式3。

[0437] 并且，发光元件262a及发光元件262b具有微腔结构。

[0438] 《微腔结构》

从发光层170及发光层190射出的光在一对电极(例如，电极101与电极102)之间被谐振。另外，发光层170及发光层190形成在所射出的光中的所希望的波长的光得到增强的位置。例如，通过调整从电极101的反射区域到发光层170的发光区域的光学距离以及从电极102的反射区域到发光层170的发光区域的光学距离，可以增强从发光层170射出的光中的所希望的波长的光。另外，通过调整从电极101的反射区域到发光层190的发光区域的光学距离以及从电极102的反射区域到发光层190的发光区域的光学距离，可以增强从发光层

190射出的光中的所希望的波长的光。也就是说，当采用层叠多个发光层(在此为发光层170及发光层190)的发光元件时，优选分别将发光层170及发光层190的光学距离最优化。

[0439] 另外，在发光元件262a及发光元件262b中，通过在各区域中调整导电层(导电层101b、导电层103b及导电层104b)的厚度，可以增强发光层170及发光层190所发射的光中的所希望的波长的光。此外，通过在各区域中使空穴注入层111和空穴传输层112中的至少一个的厚度或电子注入层119和电子传输层118中的至少一个的厚度不同，也可以增强从发光层170及发光层190发射的光。

[0440] 例如，在电极101至电极104中，当能够反射光的导电材料的折射率小于发光层170或发光层190的折射率时，以电极101与电极102之间的光学距离为$m_B\lambda_B/2$($m_B$表示自然数，$\lambda_B$表示在区域222B中增强的光的波长)的方式调整电极101中的导电层101b的厚度。同样地，以电极103与电极102之间的光学距离为$m_G\lambda_G/2$($m_G$表示自然数，$\lambda_G$表示在区域222G中增强的光的波长)的方式调整电极103中的导电层103b的厚度。并且，以电极104与电极102之间的光学距离为$m_R\lambda_R/2$($m_R$表示自然数，$\lambda_R$表示在区域222R中增强的光的波长)的方式调整电极104中的导电层104b的厚度。

[0441] 例如，在难以严密地决定电极101至电极104的反射区域的情况下，通过假定将电极101至电极104的任意区域设定为反射区域，可以导出增强从发光层170或发光层190射出的光的光学距离。另外，在难以严密地决定发光层170及发光层190的发光区域的情况下，通过假定将发光层170及发光层190的任意区域设定为发光区域，可以导出增强从发光层170及发光层190射出的光的光学距离。

[0442] 如上所述，通过设置微腔结构调整各区域的一对电极之间的光学距离，可以抑制各电极附近的光的散射及光的吸收，由此可以实现较高的光提取效率。

[0443] 另外，在上述结构中，导电层101b、导电层103b、导电层104b优选具有透过光的功能。另外，构成导电层101b、导电层103b、导电层104b的材料既可以相同又可以不同。当使用相同材料形成导电层101b、导电层103b、导电层104b时，电极101、电极103及电极104的形成过程中的蚀刻工序的图案形成变得容易，所以是优选的。另外，导电层101b、导电层103b、导电层104b也可以是两层以上的叠层。

[0444] 由于图6A所示的发光元件262a是顶面发射型发光元件，所以导电层101a、导电层103a及导电层104a优选具有反射光的功能。另外，电极102优选具有透过光的功能及反射光的功能。

[0445] 另外，由于图6B所示的发光元件262b是底面发射型发光元件，所以导电层101a、导电层103a及导电层104a优选具有透过光的功能及反射光的功能。另外，电极102优选具有反射光的功能。

[0446] 在发光元件262a及发光元件262b中，导电层101a、导电层103a、或导电层104a既可以使用相同的材料，又可以使用不同的材料。当导电层101a、导电层103a、导电层104a使用相同的材料时，可以降低发光元件262a及发光元件262b的制造成本。另外，导电层101a、导电层103a、导电层104a也可以是两层以上的叠层。

[0447] 另外，发光元件262a及发光元件262b中的发光层170和发光层190中的至少一个优选具有实施方式3及实施方式4所示的结构中的至少一个。由此，可以制造发光效率高的发光元件。

[0448] 例如，发光层170及发光层190中的一个或两个可以具有如发光层190a及发光层190b那样的层叠有两层的结构。通过作为两层的发光层使用第一化合物及第二化合物这两种具有发射不同颜色的功能的发光材料，可以同时得到多种颜色的发光。尤其是，优选以通过组合发光层170和发光层190所发射的光得到白色发光的方式选择用于各发光层的发光材料。

[0449] 发光层170和发光层190中的一个或两个也可以具有层叠有三层以上的结构，并也可以包括不具有发光材料的层。

[0450] 如上所述，通过将具有实施方式3及实施方式4所示的发光层的结构中的至少一个的发光元件262a或发光元件262b用于显示装置的像素，可以制造发光效率高的显示装置。也就是说，包括发光元件262a或发光元件262b的显示装置可以减少功耗。

[0451] 注意，关于发光元件262a及发光元件262b中的其他构成要素，可以参照发光元件260a或发光元件260b或者实施方式3及实施方式4所示的发光元件的构成要素。

[0452] <发光元件的制造方法>

接着，参照图7A至图8C对本发明的一个方式的发光元件的制造方法进行说明。在此，对图6A所示的发光元件262a的制造方法进行说明。

[0453] 图7A至图8C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面图。

[0454] 将下面说明的发光元件262a的制造方法包括第一步骤至第七步骤的七个步骤。

[0455] 《第一步骤》

第一步骤是如下工序：将发光元件的电极(具体为构成电极101的导电层101a、构成电极103的导电层103a以及构成电极104的导电层104a)形成在衬底200上(参照图7A)。

[0456] 在本实施方式中，在衬底200上形成具有反射光的功能的导电层，将该导电层加工为所希望的形状，由此形成导电层101a、导电层103a及导电层104a。作为上述具有反射光的功能的导电层，使用银、钯及铜的合金膜(也称为Ag-Pd-Cu膜或APC)。如此，通过经过对同一导电层进行加工的工序形成导电层101a、导电层103a及导电层104a，可以降低制造成本，所以是优选的。

[0457] 此外，也可以在第一步骤之前在衬底200上形成多个晶体管。此外，上述多个晶体管可以与导电层101a、导电层103a及导电层104a电连接。

[0458] 《第二步骤》

第二步骤是如下工序：在构成电极101的导电层101a上形成具有透过光的功能的导电层101b；在构成电极103的导电层103a上形成具有透过光的功能的导电层103b；以及在构成电极104的导电层104a上形成具有透过光的功能的导电层104b(参照图7B)。

[0459] 在本实施方式中，在具有反射光的功能的导电层101a、103a及104a上分别形成具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b，由此形成电极101、电极103及电极104。作为上述导电层101b、103b及104b使用ITSO膜。

[0460] 另外，具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b也可以分为多次来形成。通过分为多次形成，可以以在各区域中实现适当的微腔结构的厚度来形成导电层101b、103b及104b。

[0461] 《第三步骤》

第三步骤是形成覆盖发光元件的各电极的端部的分隔壁145的工序(参照图7C)。

[0462] 分隔壁145包括与电极重叠的开口部。由于该开口部而露出的导电膜被用作发光元件的阳极。在本实施方式中，作为分隔壁145使用聚酰亚胺树脂。

[0463] 另外，在第一步骤至第三步骤中没有损伤EL层(包含有机化合物的层)的可能性，由此可以使用各种各样的成膜方法及微细加工技术。在本实施方式中，利用溅射法形成反射导电层，利用光刻法在该导电层上形成图案，然后利用干蚀刻法或湿蚀刻法将该导电层加工为岛状，来形成构成电极101的导电层101a、构成电极103的导电层103a以及构成电极104的导电层104a。然后，利用溅射法形成透明导电膜，利用光刻法在该透明导电膜上形成图案，然后利用湿蚀刻法将该透明导电膜加工为岛状，来形成电极101、电极103以及电极104。

[0464] 《第四步骤》

第四步骤是形成空穴注入层111、空穴传输层112、发光层190、电子传输层113、电子注入层114及电荷产生层115的工序(参照图8A)。

[0465] 通过共蒸镀空穴传输性材料和包含受体性物质的材料，可以形成空穴注入层111。注意，共蒸镀是指使多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。通过蒸镀空穴传输性材料，可以形成空穴传输层112。

[0466] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少任一个的光的客体材料，可以形成发光层190。作为客体材料，可以使用发射荧光或磷光的发光有机材料。另外，优选使用实施方式3及实施方式4所示的发光层的结构。另外，发光层190也可以是两层结构。此时，两个发光层优选具有彼此发射不同颜色的发光材料。

[0467] 通过蒸镀电子传输性高的物质，可以形成电子传输层113。另外，通过蒸镀电子注入性高的物质，可以形成电子注入层114。

[0468] 通过蒸镀对空穴传输性材料添加有电子受体(受体)的材料或对电子传输性材料添加有电子给体(供体)的材料，可以形成电荷产生层115。

[0469] 《第五步骤》

第五步骤是形成空穴注入层116、空穴传输层117、发光层170、电子传输层118、电子注入层119以及电极102的工序(参照图8B)。

[0470] 通过利用与上面所示的空穴注入层111相同的材料及方法，可以形成空穴注入层116。另外，通过利用与上面所示的空穴传输层112相同的材料及方法，可以形成空穴传输层117。

[0471] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少任一个的光的客体材料，可以形成发光层170。客体材料可以使用呈现荧光或磷光的发光有机化合物。此外，优选使用实施方式3及实施方式4所示的发光层的结构。另外，发光层170和发光层190中的至少一个优选包含实施方式1所示的二苯并呋喹化合物。此外，发光层170及发光层190优选包含具有呈现彼此不同的发光的功能的发光有机化合物。

[0472] 作为电子传输层118，可以利用与上述电子传输层113同样的材料及同样的方法形成。另外，作为电子注入层119，可以利用与上述电子注入层114同样的材料及同样的方法形成。

[0473] 通过层叠具有反射性的导电膜与具有透光性的导电膜，可以形成电极102。电极102可以采用单层结构或叠层结构。

[0474] 通过上述工序，在衬底200上形成发光元件，该发光元件在电极101、电极103及电极104上分别包括区域222B、区域222G及区域222R。

[0475] 《第六步骤》

第六步骤是在衬底220上形成遮光层223、光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的工序(参照图8C)。

[0476] 将包含黑色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中，来形成遮光层223。然后，在衬底220及遮光层223上形成光学元件224B、光学元件224G、光学元件224R。将包含蓝色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中，来形成光学元件224B。将包含绿色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中，来形成光学元件224G。将包含红色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中，来形成光学元件224R。

[0477] 《第七步骤》

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

[0478] 通过上述工序，可以形成图6A所示的发光元件262a。

[0479] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0480] 实施方式6

在本实施方式中，例示出将实施方式1所记载的二苯并呋唑化合物用于有机半导体元件之一种的纵型晶体管(静电感应晶体管：SIT)的活性层的方式。

[0481] 如图9所示，元件结构为如下：包含具有实施方式1所记载的二苯并呋唑化合物的薄膜状活性层330被夹在源电极301与漏电极302之间，并且栅电极303被埋入在活性层330中。栅电极303电连接于用来施加栅电压的单元，且源电极301及漏电极302电连接于用来控制源电极-漏电极之间的电压的单元。

[0482] 在这种元件结构中，当在不对栅电极303施加电压的状态下对源电极-漏电极之间施加电压时，电流流过(成为ON状态)。并且，当在该状态下对栅电极303施加电压时，在栅电极303周围产生耗尽层，电流不流过(成为OFF状态)。通过上述机理，有机半导体元件300起晶体管的作用。

[0483] 在纵型晶体管中，与发光元件同样，作为活性层的材料需要兼备高载流子传输性和良好的膜质的材料。在实施方式1中记载的二苯并呋唑化合物充分满足该条件，所以可以适合用作活性层的材料。

[0484] 注意，本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0485] 实施方式7

在本实施方式中，参照图10A至图18B说明本发明的一个方式的显示装置。

[0486] <显示装置的结构实例1>

图10A是示出显示装置600的俯视图，图10B是沿图10A中的点划线A-B、点划线C-D所示的部分的截面图。显示装置600包括驱动电路部(信号线驱动电路部601、扫描线驱动电路部603)以及像素部602。信号线驱动电路部601、扫描线驱动电路部603、像素部602具有控制发光元件的发光的功能。

[0487] 显示装置600包括元件衬底610、密封衬底604、密封剂605、由密封剂605围绕的区

域607、引绕布线608以及FPC609。

[0488] 注意，引绕布线608是用来传送输入到信号线驱动电路部601及扫描线驱动电路部603的信号的布线，并且从用作外部输入端子的FPC609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。注意，虽然在此只图示出FPC609，但是FPC609还可以安装有印刷线路板(PWB：Printed Wiring Board)。

[0489] 作为信号线驱动电路部601，形成组合N沟道型晶体管623和P沟道型晶体管624的CMOS电路。另外，信号线驱动电路部601或扫描线驱动电路部603可以利用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路。另外，虽然在本实施方式中示出在同一表面上设置形成有驱动电路部的驱动器和像素的显示装置，但是不需要必须采用该结构，驱动电路部也可以形成在外部，而不形成在衬底上。

[0490] 另外，像素部602包括开关晶体管611、电流控制晶体管612以及与电流控制晶体管612的漏极电连接的下部电极613。注意，以覆盖下部电极613的端部的方式形成有分隔壁614。作为分隔壁614可以使用正型感光丙烯酸树脂膜。

[0491] 另外，将分隔壁614的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面，以获得良好的覆盖性。例如，在使用正型感光丙烯酸作为分隔壁614的材料的情况下，优选只使分隔壁614的上端部包括具有曲率半径(0.2μm以上且3μm以下)的曲面。作为分隔壁614，可以使用负型感光树脂或者正型感光树脂。

[0492] 对晶体管(晶体管611、612、623、624)的结构没有特别的限制。例如，作为晶体管也可以使用交错型晶体管。另外，对晶体管的极性也没有特别的限制，也可以采用包括N沟道型晶体管及P沟道型晶体管的结构或者只具有N沟道型晶体管和P沟道型晶体管中的一个的结构。对用于晶体管的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如，可以使用非晶半导体膜或结晶性半导体膜。作为半导体材料，可以使用第14族(硅等)半导体、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。作为晶体管，例如使用能隙为2eV以上，优选为2.5eV以上，更优选为3eV以上的氧化物半导体，由此可以降低晶体管的关态电流(off-state current)，所以是优选的。作为该氧化物半导体，例如可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M表示铝(Al)、镓(Ga)、钇(Y)、锆(Zr)、镧(La)、铈(Ce)、锡(Sn)、铪(Hf)或钕(Nd))等。

[0493] 在下部电极613上形成有EL层616及上部电极617。将下部电极613用作阳极，将上部电极617用作阴极。

[0494] 另外，EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋转涂敷法等各种方法形成。另外，作为构成EL层616的其他材料，也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包括低聚物、树枝状聚合物)。

[0495] 由下部电极613、EL层616及上部电极617构成发光元件618。发光元件618优选具有实施方式3至实施方式5的结构的发光元件。注意，当像素部包括多个发光元件时，也可以包括实施方式3至实施方式5中记载的发光元件以及具有其他结构的发光元件。

[0496] 另外，通过使用密封剂605将密封衬底604贴合到元件衬底610，形成如下结构，即发光元件618安装在由元件衬底610、密封衬底604以及密封剂605围绕的区域607中。注意，在区域607中填充有填料，除了填充有惰性气体(氮或氩等)的情况以外，也有填充有可用于密封剂605的紫外线固化树脂或热固化树脂的情况，例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或

EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂。通过在密封衬底中形成凹部且在其中设置干燥剂,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0497] 另外,在密封衬底604的下方以与发光元件618重叠的方式设置光学元件621。此外,在密封衬底604的下方还设置遮光层622。作为光学元件621及遮光层622都可以采用与实施方式5所示的光学元件及遮光层同样的结构。

[0498] 另外,优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封剂605。另外,这些材料优选为尽可能地不容易使水或氧透过的材料。另外,作为用于密封衬底604的材料,除了可以使用玻璃衬底或石英衬底以外,还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics;玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸等构成的塑料衬底。

[0499] 通过上述步骤,可以得到包括实施方式3至实施方式5所记载的发光元件及光学元件的显示装置。

[0500] <显示装置的结构实例2>

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

[0501] 图11A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的上部电极1026、密封层1029、密封衬底1031、密封剂1032等。

[0502] 另外,在图11A中,作为光学元件的一个例子,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。另外,还可以设置遮光层1035。对设置有着色层及遮光层的透明基材1033进行对准而将其固定到衬底1001上。另外,着色层及遮光层被覆盖层1036覆盖。另外,在图11A中,透过着色层的光成为红色光、绿色光、蓝色光,因此能够以三种颜色的像素呈现图像。

[0503] 图11B示出作为光学元件的一个例子将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在栅极绝缘膜1003和第一层间绝缘膜1020之间的例子。如上述那样,也可以将着色层设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0504] 在图12中,作为光学元件的一个例子,示出着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在第一层间绝缘膜1020和第二层间绝缘膜1021之间的例子。如此,着色层也可以设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0505] 另外,虽然以上说明了具有经过形成有晶体管的衬底1001提取光的结构(底部发射型)的显示装置,但是也可以采用具有经过密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0506] <显示装置的结构实例3>

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

[0507] 在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。到制造连接晶体管与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与底部发射型显示装置同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该绝缘膜也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘

膜1037可以使用与第二层间绝缘膜相同的材料或其他各种材料形成。

[0508] 虽然在此发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B都是阳极，但是也可以是阴极。另外，在采用如图13A和图13B所示那样的顶部发射型显示装置的情况下，下部电极1024R、1024G、1024B优选具有反射光的功能。另外，在EL层1028上设置有上部电极1026。优选的是，上部电极1026具有反射光且使光透过的功能，在下部电极1024R、1024G、1024B和上部电极1026之间采用微腔结构，由此增强特定波长的光的强度。

[0509] 在采用图13A所示的顶部发射结构的情况下，可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素和像素之间的遮光层1035。另外，作为密封衬底1031，优选使用具有透光性的衬底。

[0510] 在图13A中，例示出设置多个发光元件并在该多个发光元件的每一个上设置着色层的结构，但是不局限于此。例如，如图13B所示，也可以以设置红色着色层1034R及蓝色着色层1034B而不设置绿色着色层的方式以红色、绿色、蓝色的三种颜色进行全彩色显示。如图13A所示，当设置发光元件并在该发光元件的每一个上设置着色层时，发挥可以抑制外光反射的效果。另一方面，如图13B所示，当对发光元件设置红色着色层以及蓝色着色层而不设置绿色着色层时，绿色发光元件所发射出的光的能量损失少，因此发挥可以减少功耗的效果。

[0511] <显示装置的结构实例4>

虽然上述显示装置包括三种颜色(红色、绿色及蓝色)的子像素，但是也可以包括四种颜色(红色、绿色、蓝色及黄色或者红色、绿色、蓝色、白色)的子像素。图14A至图16B示出包括下部电极1024R、1024G、1024B及1024Y的显示装置的结构。图14A、图14B及图15示出经过形成有晶体管的衬底1001提取光的结构(底部发射型)的显示装置，图16A及图16B示出经过密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0512] 图14A示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)设置于透明的基材1033的显示装置的例子。另外，图14B示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B)形成在第一层间绝缘膜1020与栅极绝缘膜1003之间的显示装置的例子。另外，图15示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)形成在第一层间绝缘膜1020与第二层间绝缘膜1021之间的显示装置的例子。

[0513] 着色层1034R具有透过红色光的功能，着色层1034G具有透过绿色光的功能，着色层1034B具有透过蓝色光的功能。另外，着色层1034Y具有透过黄色光的功能或者透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光的功能。当着色层1034Y具有透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光的功能时，透过着色层1034Y的光也可以是白色。发射黄色或白色的光的发光元件的发光效率高，因此包括着色层1034Y的显示装置可以降低功耗。

[0514] 另外，在图16A及图16B所示的顶部发射型显示装置中，在包括下部电极1024Y的发光元件中也与图13A的显示装置同样地优选在下部电极1024Y与上部电极1026之间具有微腔结构。另外，在图16A的显示装置中，可以利用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B及黄色着色层1034Y)的密封衬底1031进行密封。

[0515] 透过微腔及黄色着色层1034Y发射的光是在黄色的区域具有发射光谱的光。由于黄色的视觉灵敏度(luminosity factor)高，所以发射黄色光的发光元件的发光效率高。也

就是说，具有图16A的结构的显示装置可以降低功耗。

[0516] 在图16A中，例示出设置多个发光元件并在该多个发光元件的每一个上设置着色层的结构，但是不局限于此。例如，如图16B所示，也可以以设置红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B而不设置黄色着色层的方式以红色、绿色、蓝色、黄色的四种颜色或红色、绿色、蓝色、白色的四种颜色进行全彩色显示。如图16A所示，当设置发光元件并在该发光元件的每一个上设置着色层时，发挥可以抑制外光反射的效果。另一方面，如图16B所示，当发光元件设置有红色着色层、绿色着色层及蓝色着色层而不设置有黄色着色层时，黄色或白色的发光元件所发射出的光的能量损失少，因此发挥可以减少功耗的效果。

[0517] <显示装置的结构实例5>

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

[0518] 图17所示的显示装置600在由元件衬底610、密封衬底604及密封剂605围绕的区域607中包括密封层607a、密封层607b及密封层607c。密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或多个例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂等树脂。另外，可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等无机材料。通过形成密封层607a、密封层607b及密封层607c，可以抑制水等杂质所引起的发光元件618的劣化，所以是优选的。另外，当形成密封层607a、密封层607b及密封层607c时，可以不设置密封剂605。

[0519] 另外，既可以形成密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或两个，又可以形成四个以上的密封层。通过使密封层具有多层，可以有效地防止水等杂质从显示装置600的外部进入显示装置内部的发光元件618，所以是优选的。此外，当密封层采用多层时，优选的是，其中层叠树脂和无机材料。

[0520] <显示装置的结构实例6>

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

[0521] 图18A及图18B所示的显示装置是经过密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。图18A是包括发光层1028R、发光层1028G及发光层1028B的显示装置的一个例子。图18B是包括发光层1028R、发光层1028G、发光层1028B及发光层1028Y的显示装置的一个例子。

[0522] 发光层1028R具有发射红色光的功能，发光层1028G具有发射绿色光的功能，发光层1028B具有发射蓝色光的功能。发光层1028Y具有发射黄色光的功能或发射选自蓝色光、绿色光和红色光中的多个的功能。发光层1028Y所发射的光也可以为白色光。发射黄色光或白色光的发光元件的发光效率高，因此包括发光层1028Y的显示装置可以降低功耗。

[0523] 图18A及图18B所示的显示装置在子像素中包括发射不同颜色的光的EL层，由此不需要设置被用作光学元件的着色层。

[0524] 密封层1029例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树

脂等树脂。另外，可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等无机材料。通过形成密封层1029，可以抑制水等杂质所引起的发光元件的劣化，所以是优选的。

[0525] 另外，既可以形成单层或叠层的密封层1029，又可以形成四个以上的密封层1029。通过使密封层具有多层，可以有效地防止水等杂质从显示装置的外部进入显示装置内部，所以是优选的。此外，当密封层采用多层时，优选的是，其中层叠树脂和无机材料。

[0526] 密封衬底1031具有保护发光元件的功能即可。由此，密封衬底1031使用具有柔性的衬底或薄膜。

[0527] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式或本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0528] 实施方式8

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

[0529] 注意，图19A是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图，图19B是说明本发明的一个方式的显示装置所包括的像素电路的电路图。

[0530] <关于显示装置的说明>

图19A所示的显示装置包括：具有显示元件的像素的区域(以下称为像素部802)；配置在像素部802外侧并具有用来驱动像素的电路的电路部(以下称为驱动电路部804)；具有保护元件的功能的电路(以下称为保护电路806)；以及端子部807。此外，也可以不设置保护电路806。

[0531] 驱动电路部804的一部分或全部优选与像素部802形成在同一衬底上。由此，可以减少构件的数量或端子的数量。当驱动电路部804的一部分或全部不与像素部802形成在同一衬底上时，驱动电路部804的一部分或全部可以通过COG或TAB(Tape Automated Bonding：卷带自动结合)安装。

[0532] 像素部802包括用来驱动配置为X行(X为2以上的自然数)Y列(Y为2以上的自然数)的多个显示元件的电路(以下称为像素电路801)，驱动电路部804包括输出选择像素的信号(扫描信号)的电路(以下称为扫描线驱动电路804a)以及用来供应用于驱动像素的显示元件的信号(数据信号)的电路(以下称为信号线驱动电路804b)等驱动电路。

[0533] 扫描线驱动电路804a具有移位寄存器等。扫描线驱动电路804a通过端子部807被输入用来驱动移位寄存器的信号并输出信号。例如，扫描线驱动电路804a被输入起始脉冲信号、时钟信号等并输出脉冲信号。扫描线驱动电路804a具有控制被供应扫描信号的布线(以下称为扫描线GL_1至GL_X)的电位的功能。另外，也可以设置多个扫描线驱动电路804a，并通过多个扫描线驱动电路804a分别控制扫描线GL_1至GL_X。或者，扫描线驱动电路804a具有能够供应初始化信号的功能。但是，不局限于此，扫描线驱动电路804a也可以供应其他信号。

[0534] 信号线驱动电路804b具有移位寄存器等。信号线驱动电路804b通过端子部807来接收用来驱动移位寄存器的信号和从其中得出数据信号的信号(图像信号)。信号线驱动电路804b具有根据图像信号生成写入到像素电路801的数据信号的功能。此外，信号线驱动电路804b具有响应于由于起始脉冲信号、时钟信号等的输入产生的脉冲信号而控制数据信号的输出的功能。另外，信号线驱动电路804b具有控制被供应数据信号的布线(以下称为数据

线DL_1至DL_Y)的电位的功能。或者,信号线驱动电路804b具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,信号线驱动电路804b可以供应其他信号。

[0535] 信号线驱动电路804b例如使用多个模拟开关等来构成。信号线驱动电路804b通过依次使多个模拟开关开启而可以输出对图像信号进行时间分割所得到的信号作为数据信号。此外,也可以使用移位寄存器等构成信号线驱动电路804b。

[0536] 脉冲信号及数据信号分别通过被供应扫描信号的多个扫描线GL之一及被供应数据信号的多个数据线DL之一被输入到多个像素电路801中的每一个。另外,多个像素电路801的每一个通过扫描线驱动电路804a来控制数据信号的写入及保持。例如,通过扫描线GL_m(m是X以下的自然数)从扫描线驱动电路804a对第m行第n列的像素电路801输入脉冲信号,并根据扫描线GL_m的电位而通过数据线DL_n(n是Y以下的自然数)从信号线驱动电路804b对第m行第n列的像素电路801输入数据信号。

[0537] 图19A所示的保护电路806例如连接于作为扫描线驱动电路804a和像素电路801之间的布线的扫描线GL。或者,保护电路806连接于作为信号线驱动电路804b和像素电路801之间的布线的数据线DL。或者,保护电路806可以连接于扫描线驱动电路804a和端子部807之间的布线。或者,保护电路806可以连接于信号线驱动电路804b和端子部807之间的布线。此外,端子部807是指设置有用来从外部的电路对显示装置输入电源、控制信号及图像信号的端子的部分。

[0538] 保护电路806是在对与其连接的布线供应一定范围之外的电位时使该布线与其他布线之间导通的电路。

[0539] 如图19A所示,通过将保护电路806连接到像素部802和驱动电路部804,可以提高显示装置对因ESD(Electro Static Discharge:静电放电)等而产生的过电流的耐性。但是,保护电路806的结构不局限于此,例如,也可以采用将扫描线驱动电路804a与保护电路806连接的结构或将信号线驱动电路804b与保护电路806连接的结构。或者,也可以采用将端子部807与保护电路806连接的结构。

[0540] 另外,虽然在图19A中示出由扫描线驱动电路804a和信号线驱动电路804b形成驱动电路部804的例子,但不局限于此。例如,也可以只形成扫描线驱动电路804a并安装形成有另外准备的信号线驱动电路的衬底(例如,由单晶半导体膜或多晶半导体膜形成的驱动电路衬底)。

[0541] <像素电路的结构实例>

图19A所示的多个像素电路801例如可以采用图19B所示的结构。

[0542] 图19B所示的像素电路801包括晶体管852、854、电容器862以及发光元件872。

[0543] 晶体管852的源电极和漏电极中的一个电连接于被供应数据信号的布线(数据线DL_n)。并且,晶体管852的栅电极电连接于被供应栅极信号的布线(扫描线GL_m)。

[0544] 晶体管852具有控制数据信号的写入的功能。

[0545] 电容器862的一对电极中的一个电连接于被供应电位的布线(以下,称为电位供应线VL_a),另一个电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0546] 电容器862具有作为储存被写入的数据的存储电容器的功能。

[0547] 晶体管854的源电极和漏电极中的一个电连接于电位供应线VL_a。并且,晶体管854的栅电极电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0548] 发光元件872的阳极和阴极中的一个电连接于电位供应线VL_b，另一个电连接于晶体管854的源电极和漏电极中的另一个。

[0549] 作为发光元件872，可以使用实施方式3至实施方式5所示的发光元件。

[0550] 此外，电位供应线VL_a和电位供应线VL_b中的一个被施加高电源电位VDD，另一个被施加低电源电位VSS。

[0551] 例如，在具有图19B的像素电路801的显示装置中，通过图19A所示的扫描线驱动电路804a依次选择各行的像素电路801，并使晶体管852开启而写入数据信号的数据。

[0552] 当晶体管852被关闭时，被写入数据的像素电路801成为保持状态。并且，流过晶体管854的源电极与漏电极之间的电流量根据写入的数据信号的电位被控制，发光元件872以对应于流过的电流量的亮度发光。通过按行依次进行上述步骤，可以显示图像。

[0553] 另外，可以使像素电路具有校正晶体管的阈值电压等的变动的影响的功能。图20A及图20B和图21A及图21B示出像素电路的一个例子。

[0554] 图20A所示的像素电路包括六个晶体管(晶体管303_1至303_6)、电容器304以及发光元件305。此外，布线301_1至301_5、布线302_1及布线302_2电连接到图20A所示的像素电路。注意，作为晶体管303_1至303_6，例如可以使用p沟道型晶体管。

[0555] 图20B所示的像素电路具有对图20A所示的像素电路追加晶体管303_7的结构。另外，布线301_6及布线301_7电连接到图20B所示的像素电路。在此，布线301_5与布线301_6可以相互电连接。注意，作为晶体管303_7，例如可以使用p沟道型晶体管。

[0556] 图21A所示的像素电路包括六个晶体管(晶体管308_1至308_6)、电容器304以及发光元件305。此外，布线306_1至306_3及布线307_1至307_3电连接到图21A所示的像素电路。在此，布线306_1与布线306_3可以相互电连接。注意，作为晶体管308_1至308_6，例如可以使用p沟道型晶体管。

[0557] 图21B所示的像素电路包括两个晶体管(晶体管309_1及晶体管309_2)、两个电容器(电容器304_1及电容器304_2)以及发光元件305。另外，布线311_1至布线311_3、布线312_1及布线312_2电连接到图21B所示的像素电路。此外，通过采用图21B所示的像素电路的结构，例如可以利用电压输入-电流驱动方式(也称为CVCC方式)驱动像素电路。注意，作为晶体管309_1及309_2，例如可以使用p沟道型晶体管。

[0558] 另外，本发明的一个方式的发光元件可以适用于在显示装置的像素中包括有源元件的有源矩阵方式或在显示装置的像素中没有包括有源元件的无源矩阵方式。

[0559] 在有源矩阵方式中，作为有源元件(非线性元件)除晶体管外还可以使用各种有源元件(非线性元件)。例如，也可以使用MIM(Metal Insulator Metal:金属-绝缘体-金属)或TFD(Thin Film Diode:薄膜二极管)等。由于这些元件的制造工序少，因此能够降低制造成本或者提高成品率。另外，由于这些元件的尺寸小，所以可以提高开口率，从而能够实现低功耗或高亮度化。

[0560] 作为除了有源矩阵方式以外的方式，也可以采用不使用有源元件(非线性元件)的无源矩阵方式。由于不使用有源元件(非线性元件)，所以制造工序少，从而可以降低制造成本或者提高成品率。另外，由于不使用有源元件(非线性元件)，所以可以提高开口率，从而能够实现低功耗或高亮度化等。

[0561] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0562] 实施方式9

在本实施方式中，参照图22A至图26说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置以及在该显示装置安装输入装置的电子设备。

[0563] <关于触摸面板的说明1>

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

[0564] 图22A及图22B是触摸面板2000的透视图。另外，在图22A及图22B中，为了明确起见，示出触摸面板2000的典型的构成要素。

[0565] 触摸面板2000包括显示装置2501及触摸传感器2595(参照图22B)。此外，触摸面板2000包括衬底2510、衬底2570以及衬底2590。另外，衬底2510、衬底2570以及衬底2590都具有柔性。注意，衬底2510、衬底2570和衬底2590中的任一个或全部可以不具有柔性。

[0566] 显示装置2501包括衬底2510上的多个像素以及能够向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导在衬底2510的外周部，其一部分构成端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接。另外，多个布线2511可以将来自信号线驱动电路2503s(1)的信号供应到多个像素。

[0567] 衬底2590包括触摸传感器2595以及与触摸传感器2595电连接的多个布线2598。多个布线2598被引导在衬底2590的外周部，其一部分构成端子。并且，该端子与FPC2509(2)电连接。另外，为了明确起见，在图22B中以实线示出设置在衬底2590的背面一侧(与衬底2510相对的面一侧)的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0568] 作为触摸传感器2595，例如可以适用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器，可以举出表面型电容式触摸传感器、投影型电容式触摸传感器等。

[0569] 作为投影型电容式，主要根据驱动方法的不同而分为自电容式、互电容式等。当采用互电容式时，可以同时检测出多个点，所以是优选的。

[0570] 注意，图22B所示的触摸传感器2595是采用了投影型电容式触摸传感器的结构。

[0571] 另外，触摸传感器2595可以适用可检测出手指等检测对象的靠近或接触的各种传感器。

[0572] 投影型电容式触摸传感器2595包括电极2591及电极2592。电极2591电连接于多个布线2598之中的任一个，而电极2592电连接于多个布线2598之中的任何其他一个。

[0573] 如图22A及图22B所示，电极2592具有在一个方向上配置的多个四边形在角部相互连接的形状。

[0574] 电极2591是四边形且在与电极2592延伸的方向交叉的方向上反复地配置。

[0575] 布线2594与其间夹着电极2592的两个电极2591电连接。此时，电极2592与布线2594的交叉部面积优选为尽可能小。由此，可以减少没有设置电极的区域的面积，从而可以降低透过率的偏差。其结果是，可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度偏差。

[0576] 注意，电极2591及电极2592的形状不局限于此，可以具有各种形状。例如，也可以采用如下结构：将多个电极2591配置为其间尽量没有间隙，并隔着绝缘层间隔开地设置多个电极2592，以具有不重叠于电极2591的区域。此时，通过在相邻的两个电极2592之间设置与这些电极电绝缘的虚拟电极，可以减少透过率不同的区域的面积，所以是优选的。

[0577] <关于显示装置的说明>

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

[0578] 显示装置2501包括多个配置为矩阵状的像素。该像素包括显示元件以及驱动该显示元件的像素电路。

[0579] 在以下说明中，说明将发射白色光的发光元件适用于显示元件的例子，但是显示元件不局限于此。例如，也可以包括发光颜色不同的发光元件，以使各相邻的像素的发光颜色不同。

[0580] 作为衬底2510及衬底2570，例如，可以适当地使用水蒸气透过率为$1\times10^{-5}g\cdot m^{-2}\cdot day^{-1}$以下，优选为$1\times10^{-6}g\cdot m^{-2}\cdot day^{-1}$以下的具有柔性的材料。或者，优选将其热膨胀率大致相同的材料用于衬底2510及衬底2570。例如，上述材料的线性膨胀系数优选为$1\times10^{-3}/K$以下，更优选为$5\times10^{-5}/K$以下，进一步优选为$1\times10^{-5}/K$以下。

[0581] 注意，衬底2510是叠层体，其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2510a、柔性衬底2510b以及贴合绝缘层2510a与柔性衬底2510b的粘合层2510c。另外，衬底2570是叠层体，其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2570a、柔性衬底2570b以及贴合绝缘层2570a与柔性衬底2570b的粘合层2570c。

[0582] 粘合层2510c及粘合层2570c例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键的树脂的材料。

[0583] 此外，在衬底2510与衬底2570之间包括密封层2560。密封层2560优选具有比空气大的折射率。此外，如图23A所示，当经过密封层2560提取光时，密封层2560可以兼作光学接合层。

[0584] 另外，可以在密封层2560的外周部形成密封剂。通过使用该密封剂，可以在由衬底2510、衬底2570、密封层2560及密封剂围绕的区域中配置发光元件2550R。注意，作为密封层2560，可以填充惰性气体(氮或氩等)。此外，可以在该惰性气体内设置干燥剂而吸收水分等。或者，可以使用丙烯酸树脂或环氧树脂等树脂进行填充。另外，作为上述密封剂，例如优选使用环氧类树脂或玻璃粉。此外，作为用于密封剂的材料，优选使用不使水分或氧透过的材料。

[0585] 另外，显示装置2501包括像素2502R。此外，像素2502R包括发光模块2580R。

[0586] 像素2502R包括发光元件2550R以及可以向该发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。注意，将晶体管2502t用作像素电路的一部分。此外，发光模块2580R包括发光元件2550R以及着色层2567R。

[0587] 发光元件2550R包括下部电极、上部电极以及下部电极与上部电极之间的EL层。作为发光元件2550R，例如可以使用实施方式3至实施方式5所示的发光元件。

[0588] 另外，也可以在下部电极与上部电极之间采用微腔结构，增强特定波长的光的强度。

[0589] 另外，在密封层2560被设置于提取光一侧的情况下，密封层2560接触于发光元件2550R及着色层2567R。

[0590] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。由此，发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R，而向附图中的箭头所示的方向被射出到发光模块2580R的外

部。

[0591] 此外，在显示装置2501中，在发射光的方向上设置遮光层2567BM。遮光层2567BM以围绕着色层2567R的方式设置。

[0592] 着色层2567R具有使特定波长区域的光透过的功能即可，例如，可以使用使红色波长区域的光透过的滤色片、使绿色波长区域的光透过的滤色片、使蓝色波长区域的光透过的滤色片以及使黄色波长区域的光透过的滤色片等。每个滤色片可以通过印刷法、喷墨法、利用光刻技术的蚀刻法等并使用各种材料形成。

[0593] 另外，在显示装置2501中设置有绝缘层2521。绝缘层2521覆盖晶体管2502t。此外，绝缘层2521具有使起因于像素电路的凹凸平坦的功能。另外，可以使绝缘层2521具有能够抑制杂质扩散的功能。由此，能够抑制由于杂质扩散而晶体管2502t等的可靠性降低。

[0594] 此外，发光元件2550R被形成于绝缘层2521的上方。另外，以与发光元件2550R所包括的下部电极的端部重叠的方式设置分隔壁2528。此外，可以在分隔壁2528上形成控制衬底2510与衬底2570的间隔的间隔物。

[0595] 扫描线驱动电路2503g(1)包括晶体管2503t及电容器2503c。注意，可以将驱动电路与像素电路经同一工序形成在同一衬底上。

[0596] 另外，在衬底2510上设置有能够供应信号的布线2511。此外，在布线2511上设置有端子2519。另外，FPC2509(1)电连接到端子2519。此外，FPC2509(1)具有供应视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等的功能。另外，FPC2509(1)也可以安装有印刷线路板(PWB)。

[0597] 此外，可以将各种结构的晶体管适用于显示装置2501。在图23A中，虽然示出了使用底栅型晶体管的情况，但不局限于此，例如可以将图23B所示的顶栅型晶体管适用于显示装置2501。

[0598] 另外，对晶体管2502t及晶体管2503t的极性没有特别的限制，例如，也可以采用包括n沟道型晶体管及p沟道型晶体管的结构或者只具有n沟道型晶体管和p沟道型晶体管中的任一个的结构。此外，对用于晶体管2502t及2503t的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如，可以使用非晶半导体膜、结晶半导体膜。另外，作为半导体材料，可以使用第14族半导体(例如，含有硅的半导体)、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。通过将能隙为2eV以上，优选为2.5eV以上，更优选为3eV以上的氧化物半导体用于晶体管2502t和晶体管2503t中的任一个或两个，能够降低晶体管的关态电流，所以是优选的。作为该氧化物半导体，可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M表示Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Sn、Hf或Nd)等。

[0599] <关于触摸传感器的说明>

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

[0600] 触摸传感器2595包括：在衬底2590上配置为交错形状的电极2591及电极2592；覆盖电极2591及电极2592的绝缘层2593；以及使相邻的电极2591电连接的布线2594。

[0601] 电极2591及电极2592使用具有透光性的导电材料形成。作为具有透光性的导电材料，可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。此外，还可以使用含有石墨烯的膜。含有石墨烯的膜例如可以通过使包含氧化石墨烯的膜还原而形成。作为还原方法，可以举出进行加热的方法等。

[0602] 例如，在通过溅射法将具有透光性的导电材料形成在衬底2590上之后，可以通过光刻法等各种图案形成技术去除不需要的部分来形成电极2591及电极2592。

[0603] 另外，作为用于绝缘层2593的材料，例如除了丙烯酸树脂、环氧树脂等树脂、硅酮树脂等具有硅氧烷键的树脂之外，还可以使用氧化硅、氧氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0604] 另外，达到电极2591的开口形成在绝缘层2593中，并且布线2594与相邻的电极2591电连接。由于透光导电材料可以提高触摸面板的开口率，因此可以适用于布线2594。另外，因为其导电性高于电极2591及电极2592的材料可以减少电阻，所以可以适用于布线2594。

[0605] 电极2592延在一个方向上，多个电极2592设置为条纹状。此外，布线2594以与电极2592交叉的方式设置。

[0606] 夹着一个电极2592设置有一对电极2591。另外，布线2594电连接一对电极2591。

[0607] 另外，多个电极2591并不一定要设置在与一个电极2592正交的方向上，也可以设置为形成大于0°且小于90°的角。

[0608] 此外，一个布线2598与电极2591或电极2592电连接。另外，将布线2598的一部分用作端子。作为布线2598，例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等或者包含该金属材料的合金材料。

[0609] 另外，通过设置覆盖绝缘层2593及布线2594的绝缘层，可以保护触摸传感器2595。

[0610] 此外，连接层2599电连接布线2598与FPC2509(2)。

[0611] 作为连接层2599，可以使用各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)或各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等。

[0612] <关于触摸面板的说明2>

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

[0613] 图24A所示的触摸面板2000是将图23A所说明的显示装置2501与图23C所说明的触摸传感器2595贴合在一起的结构。

[0614] 另外，图24A所示的触摸面板2000除了图23A及图23C所说明的结构之外还包括粘合层2597及防反射层2567p。

[0615] 粘合层2597以与布线2594接触的方式设置。注意，粘合层2597以使触摸传感器2595重叠于显示装置2501的方式将衬底2590贴合到衬底2570。此外，粘合层2597优选具有透光性。另外，作为粘合层2597，可以使用热固化树脂或紫外线固化树脂。例如，可以使用丙烯酸类树脂、氨酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂。

[0616] 防反射层2567p设置在重叠于像素的位置上。作为防反射层2567p，例如可以使用圆偏振片。

[0617] 接着，参照图24B对与图24A所示的结构不同的结构的触摸面板进行说明。

[0618] 图24B是触摸面板2001的截面图。图24B所示的触摸面板2001与图24A所示的触摸面板2000的不同之处是相对于显示装置2501的触摸传感器2595的位置。在这里对不同的结构进行详细的说明，而对可以使用同样的结构的部分援用触摸面板2000的说明。

[0619] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。此外，图24B所示的发光元件2550R将光射出到设置有晶体管2502t的一侧。由此，发光元件2550R所发射的光的一部分透

过着色层2567R，而向图24B中的箭头所示的方向被射出到发光模块2580R的外部。

[0620] 另外，触摸传感器2595被设置于显示装置2501的衬底2510一侧。

[0621] 粘合层2597位于衬底2510与衬底2590之间，并将显示装置2501和触摸传感器2595贴合在一起。

[0622] 如图24A及图24B所示，从发光元件射出的光可以经过衬底2510和衬底2570中的一个或两个射出。

[0623] <关于触摸面板的驱动方法的说明>

接着，参照图25A及图25B对触摸面板的驱动方法的一个例子进行说明。

[0624] 图25A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。在图25A中，示出脉冲电压输出电路2601、电流检测电路2602。另外，在图25A中，以X1至X6的六个布线表示被施加有脉冲电压的电极2621，并以Y1至Y6的六个布线表示检测电流的变化的电极2622。此外，图25A示出由于使电极2621与电极2622重叠而形成的电容器2603。注意，电极2621与电极2622的功能可以互相调换。

[0625] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到X1至X6的布线的电路。通过对X1至X6的布线施加脉冲电压，在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。通过利用该产生于电极之间的电场由于被遮蔽等而使电容器2603的互电容产生变化，可以检测出被检测体的靠近或接触。

[0626] 电流检测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的Y1至Y6的布线的电流变化的电路。在Y1至Y6的布线中，在没有被检测体的靠近或接触的情况下，所检测的电流值则没有变化，而另一方面，在由于所检测的被检测体的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。

[0627] 接着，图25B示出图25A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25B中，在一个帧期间进行各行列中的被检测体的检测。另外，在图25B中，示出没有检测出被检测体(未触摸)和检测出被检测体(触摸)的两种情况。此外，图25B示出对应于Y1至Y6的布线所检测出的电流值的电压值的波形。

[0628] 依次对X1至X6的布线施加脉冲电压，Y1至Y6的布线的波形根据该脉冲电压变化。当没有被检测体的靠近或接触时，Y1至Y6的波形根据X1至X6的布线的电压变化产生变化。另一方面，在有被检测体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。

[0629] 如此，通过检测互电容的变化，可以检测出被检测体的靠近或接触。

[0630] <关于传感器电路的说明>

另外，作为触摸传感器，图25A虽然示出在布线的交叉部只设置电容器2603的无源矩阵型触摸传感器的结构，但是也可以采用包括晶体管和电容器的有源矩阵型触摸传感器。图26示出有源矩阵型触摸传感器所包括的传感器电路的一个例子。

[0631] 图26所示的传感器电路包括电容器2603、晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613。

[0632] 对晶体管2613的栅极施加信号G2，对源极和漏极中的一个施加电压VRES，并且另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接，另一个被施加电压VSS。对晶体管2612的栅极施加信号G1，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。

[0633] 接下来，对图26所示的传感器电路的工作进行说明。首先，通过作为信号G2施加使晶体管2613成为开启状态的电位，与晶体管2611的栅极连接的节点n被施加对应于电压VRES的电位。接着，通过作为信号G2施加使晶体管2613成为关闭状态的电位，节点n的电位被保持。

[0634] 接着，由于手指等被检测体的靠近或接触，电容器2603的互电容产生变化，而节点n的电位随其由VRES变化。

[0635] 在读出工作中，作为信号G1施加使晶体管2612成为开启状态的电位。流过晶体管2611的电流，即流过布线ML的电流根据节点n的电位而产生变化。通过检测该电流，可以检测出被检测体的靠近或接触。

[0636] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613中，优选将氧化物半导体层用于形成有其沟道区域的半导体层。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。

[0637] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0638] 实施方式10

在本实施方式中，参照图27至图31B对包括本发明的一个方式的发光元件的显示模块及电子设备进行说明。

[0639] <关于显示模块的说明>

图27所示的显示模块8000在上盖8001与下盖8002之间包括连接于FPC8003的触摸传感器8004、连接于FPC8005的显示装置8006、框架8009、印刷衬底8010、电池8011。

[0640] 例如可以将本发明的一个方式的发光元件用于显示装置8006。

[0641] 上盖8001及下盖8002可以根据触摸传感器8004及显示装置8006的尺寸可以适当地改变形状或尺寸。

[0642] 触摸传感器8004能够是电阻膜式触摸传感器或电容式触摸传感器，并且能够被形成为与显示装置8006重叠。此外，也可以使显示装置8006的对置衬底(密封衬底)具有触摸传感器的功能。另外，也可以在显示装置8006的各像素内设置光传感器，而形成光学触摸传感器。

[0643] 框架8009除了具有保护显示装置8006的功能以外还具有用来遮断因印刷衬底8010的工作而产生的电磁波的电磁屏蔽的功能。此外，框架8009也可以具有作为散热板的功能。

[0644] 印刷衬底8010具有电源电路以及用来输出视频信号及时钟信号的信号处理电路。作为对电源电路供应电力的电源，既可以采用外部的商业电源，又可以采用另行设置的电池8011的电源。当使用商业电源时，可以省略电池8011。

[0645] 此外，在显示模块8000中还可以设置偏振片、相位差板、棱镜片等构件。

[0646] <关于电子设备的说明>

图28A至图28G是示出电子设备的图。这些电子设备可以包括框体9000、显示部9001、扬声器9003、操作键9005(包括电源开关或操作开关)、连接端子9006、传感器9007(它具有测量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红

外线)、麦克风9008等。另外,传感器9007可以如脉冲传感器及指纹传感器等那样具有测量生物信息的功能。

[0647] 图28A至图28G所示的电子设备可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触控传感器的功能;显示日历、日期或时间等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;进行无线通信的功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据来将其显示在显示部上的功能;等。注意,图28A至图28G所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。另外,虽然在图28A至图28G中未图示,但是电子设备可以包括多个显示部。此外,也可以在该电子设备中设置照相机等而使其具有如下功能:拍摄静态图像的功能;拍摄动态图像的功能;将所拍摄的图像储存在存储介质(外部存储介质或内置于照相机的存储介质)中的功能;将所拍摄的图像显示在显示部上的功能;等。

[0648] 下面,详细地说明图28A至图28G所示的电子设备。

[0649] 图28A是示出便携式信息终端9100的透视图。便携式信息终端9100所包括的显示部9001具有柔性。因此,可以沿着所弯曲的框体9000的弯曲面组装显示部9001。另外,显示部9001具备触摸传感器,而可以用手指或触屏笔等触摸屏幕来进行操作。例如,通过触摸显示于显示部9001上的图标,可以启动应用程序。

[0650] 图28B是示出便携式信息终端9101的透视图。便携式信息终端9101例如具有电话机、电子笔记本和信息阅读装置等中的一种或多种的功能。具体而言,可以将其用作智能手机。注意,扬声器9003、连接端子9006、传感器9007等在便携式信息终端9101中未图示,但可以设置在与图28A所示的便携式信息终端9100同样的位置上。另外,便携式信息终端9101可以将文字或图像信息显示在其多个面上。例如,可以将三个操作按钮9050(还称为操作图标或只称为图标)显示在显示部9001的一个面上。另外,可以将由虚线矩形表示的信息9051显示在显示部9001的另一个面上。此外,作为信息9051的例子,可以举出提示收到来自电子邮件、SNS(Social Networking Services:社交网络服务)或电话等的信息的显示;电子邮件或SNS等的标题;电子邮件或SNS等的发送者姓名;日期;时间;电量;以及电波等信号的接收强度的显示等。或者,可以在显示有信息9051的位置上显示操作按钮9050等代替信息9051。

[0651] 作为框体9000的材料,可以使用包含合金、塑料、陶瓷、碳纤维的材料。作为包含碳纤维的材料的碳纤维增强复合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastics:CFRP)具有轻量且不腐蚀的优点,但是其颜色是黑色,由此对外观或设计有限制。此外,CFRP也可以说是增强塑料之一,作为增强塑料既可以使用玻璃纤维,又可以使用芳族聚酰胺纤维。在受到强烈的冲击时,由于有纤维从树脂剥离的担忧,优选使用合金。作为合金,可以举出铝合金或镁合金。其中,包含锆、铜、镍、钛的非晶合金(也称为金属玻璃)从弹性强度的方面来看很优越。该非晶合金是在室温下具有玻璃迁移区域的非晶合金,也称为块体凝固非晶合金(bulk-solidifying amorphous alloy),实质上为具有非晶原子结构的合金。通过利用凝固铸造法,将合金材料浇铸到框体的至少一部分的铸模中并凝固,使用块体凝固非晶合金形成框体的一部分。非晶合金除了锆、铜、镍、钛以外还可以包含铍、硅、铌、硼、镓、钼、钨、锰、铁、钴、钇、钒、磷、碳等。此外,非晶合金的形成方法不局限于凝固铸造法,也可以利用真空蒸镀法、溅射法、电镀法、无电镀法等。此外,非晶合金只要在整体上保持没有长程有序

(周期结构)的状态,就可以包含微晶或纳米晶。注意,合金包括具有单一固相结构的完全固溶体合金及具有两个以上的相的部分溶体的双方。通过使用非晶合金形成框体9000,可以实现具有高弹性的框体。因此,当框体9000包含非晶合金时,即使便携式信息终端9101摔落并因冲击暂时变形,也能够恢复到原来的形状,所以可以提高便携式信息终端9101的耐冲击性。

[0652] 图28C是示出便携式信息终端9102的透视图。便携式信息终端9102具有将信息显示在显示部9001的三个以上的面上的功能。在此,示出信息9052、信息9053、信息9054分别显示于不同的面上的例子。例如,便携式信息终端9102的使用者能够在将便携式信息终端9102放在上衣口袋里的状态下确认其显示(这里是信息9053)。具体而言,将打来电话的人的电话号码或姓名等显示在能够从便携式信息终端9102的上方观看这些信息的位置。使用者可以确认到该显示而无需从口袋里拿出便携式信息终端9102,由此能够判断是否接电话。

[0653] 图28D是示出手表型便携式信息终端9200的透视图。便携式信息终端9200可以执行移动电话、电子邮件、文章的阅读及编辑、音乐播放、网络通信、电脑游戏等各种应用程序。此外,显示部9001的显示面被弯曲,能够在所弯曲的显示面上进行显示。另外,便携式信息终端9200可以进行被通信标准化的近距离无线通信。例如,通过与可进行无线通信的耳麦相互通信,可以进行免提通话。此外,便携式信息终端9200包括连接端子9006,可以通过连接器直接与其他信息终端进行数据的交换。另外,也可以通过连接端子9006进行充电。此外,充电工作也可以利用无线供电进行,而不通过连接端子9006。

[0654] 图28E至图28G是示出能够折叠的便携式信息终端9201的透视图。另外,图28E是展开状态的便携式信息终端9201的透视图,图28F是从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9201的透视图,图28G是折叠状态的便携式信息终端9201的透视图。便携式信息终端9201在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域而其显示的一览性强。便携式信息终端9201所包括的显示部9001由铰链9055所连接的三个框体9000来支撑。通过铰链9055使两个框体9000之间弯折,可以从便携式信息终端9201的展开状态可逆性地变为折叠状态。例如,可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径使便携式信息终端9201弯曲。

[0655] 作为电子设备,例如可以举出:电视装置(也称为电视或电视接收机);用于计算机等的显示屏;数码相机;数码成像机;数码相框;移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置);护目镜型显示装置(可穿戴显示装置);便携式游戏机;便携式信息终端;声音再现装置;弹珠机等大型游戏机等。

[0656] 本发明的一个方式的电子设备可以包括二次电池,优选通过非接触电力传送对二次电池充电。

[0657] 作为二次电池,例如可以举出使用凝胶电解质的锂聚合物电池(锂离子聚合物电池)等锂离子二次电池、锂离子电池、镍氢电池、镍镉电池、有机自由基电池、铅蓄电池、空气二次电池、镍锌电池、银锌电池等。

[0658] 本发明的一个方式的电子设备也可以包括天线。通过由天线接收信号,可以在显示部上显示图像或信息等。另外,在电子设备包括二次电池时,可以将天线用于非接触电力传送。

[0659] 图29A示出一种便携式游戏机，该便携式游戏机包括框体7101、框体7102、显示部7103、显示部7104、麦克风7105、扬声器7106、操作键7107以及触屏笔7108等。通过对显示部7103或显示部7104使用根据本发明的一个方式的发光装置，可以提供一种容易操作且不容易发生品质降低的便携式游戏机。注意，虽然图29A所示的便携式游戏机包括两个显示部即显示部7103和显示部7104，但是便携式游戏机所包括的显示部的数量不限于两个。

[0660] 图29B示出一种摄像机，该摄像机包括框体7701、框体7702、显示部7703、操作键7704、镜头7705、连接部7706等。操作键7704及镜头7705被设置在框体7701中，显示部7703被设置在框体7702中。并且，框体7701和框体7702由连接部7706连接，框体7701和框体7702之间的角度可以由连接部7706改变。显示部7703所显示的图像也可以根据连接部7706所形成的框体7701和框体7702之间的角度切换。

[0661] 图29C示出笔记本型个人计算机，该笔记本型个人计算机包括框体7121、显示部7122、键盘7123及指向装置7124等。另外，因为显示部7122具有非常高的像素密度及高清晰度，所以虽然显示部7122是中小型的，但可以进行8k显示，而得到非常清晰的图像。

[0662] 此外，图29D示出头戴显示器7200的外观。

[0663] 头戴显示器7200包括安装部7201、透镜7202、主体7203、显示部7204以及电缆7205等。另外，在安装部7201中内置有电池7206。

[0664] 通过电缆7205，将电力从电池7206供应到主体7203。主体7203具备无线接收器等，能够将所接收的图像数据等的图像信息显示到显示部7204上。另外，通过利用设置在主体7203中的相机捕捉使用者的眼球及眼睑的动作，并根据该信息算出使用者的视点的坐标，可以利用使用者的视点作为输入方法。

[0665] 另外，也可以对安装部7201的被使用者接触的位置设置多个电极。主体7203也可以具有通过检测出根据使用者的眼球的动作而流过电极的电流，可以识别使用者的视点的功能。此外，主体7203可以具有通过检测出流过该电极的电流来监视使用者的脉搏的功能。安装部7201可以具有温度传感器、压力传感器、加速度传感器等各种传感器，也可以具有将使用者的生物信息显示在显示部7204上的功能。另外，主体7203也可以检测出使用者的头部的动作等，并与使用者的头部的动作等同步地使显示在显示部7204上的图像变化。

[0666] 此外，图29E示出照相机7300的外观。照相机7300包括框体7301、显示部7302、操作按钮7303、快门按钮7304以及连接部7305等。另外，照相机7300也可以安装镜头7306。

[0667] 连接部7305包括电极，除了后面说明的取景器7400以外，还可以与闪光灯装置等连接。

[0668] 在此照相机7300包括能够从框体7301拆卸下镜头7306而交换的结构，镜头7306及框体7301也可以被形成为一体。

[0669] 通过按下快门按钮7304，可以进行摄像。另外，显示部7302包括触摸传感器，也可以通过操作显示部7302进行摄像。

[0670] 本发明的一个方式的显示装置或触摸传感器可以适用于显示部7302。

[0671] 图29F示出照相机7300安装有取景器7400时的例子。

[0672] 取景器7400包括框体7401、显示部7402以及按钮7403等。

[0673] 框体7401包括嵌合到照相机7300的连接部7305的连接部，可以将取景器7400安装到照相机7300。另外，该连接部包括电极，可以将从照相机7300经过该电极接收的图像等显

示到显示部7402上。

[0674] 按钮7403被用作电源按钮。通过利用按钮7403，可以切换显示部7402的显示或非显示。

[0675] 另外，在图29E和图29F中，照相机7300与取景器7400是分开且可拆卸的电子设备，但是也可以在照相机7300的框体7301中内置有具备本发明的一个方式的显示装置或触摸传感器的取景器。

[0676] 图30A示出电视装置的一个例子。在电视装置9300中，显示部9001组装于框体9000中。在此示出利用支架9301支撑框体9000的结构。

[0677] 可以通过利用框体9000所具备的操作开关、另外提供的遥控操作机9311进行图30A所示的电视装置9300的操作。另外，也可以在显示部9001中具备触摸传感器，通过用手指等触摸显示部9001可以进行显示部9001的操作。此外，也可以在遥控操作机9311中具备显示从该遥控操作机9311输出的数据的显示部。通过利用遥控操作机9311所具备的操作键或触摸面板，可以进行频道及音量的操作，并可以对显示在显示部9001上的图像进行操作。

[0678] 另外，电视装置9300采用具备接收机及调制解调器等的结构。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。再者，通过调制解调器将电视装置连接到有线或无线方式的通信网络，从而进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的信息通信。

[0679] 此外，由于本发明的一个方式的电子设备或照明装置具有柔性，因此也可以将该电子设备或照明装置沿着房屋及高楼的内壁或外壁、汽车的内部装饰或外部装饰的曲面组装。

[0680] 图30B示出汽车9700的外观。图30C示出汽车9700的驾驶座位。汽车9700包括车体9701、车轮9702、仪表盘9703、灯9704等。本发明的一个方式的显示装置或发光装置等可用于汽车9700的显示部等。例如，本发明的一个方式的显示装置或发光装置等可设置于图30C所示的显示部9710至显示部9715。

[0681] 显示部9710和显示部9711是设置在汽车的挡风玻璃上的显示装置。通过使用具有透光性的导电材料来制造显示装置或发光装置等中的电极或布线，可以使本发明的一个方式的显示装置或发光装置等成为能看到对面的所谓的透明式显示装置或发光装置。透明式显示装置的显示部9710和显示部9711即使在驾驶汽车9700时也不会成为视野的障碍。因此，可以将本发明的一个方式的显示装置或发光装置等设置在汽车9700的挡风玻璃上。另外，当在显示装置或发光装置等中设置用来驱动显示装置或输入/输出装置的晶体管等时，优选采用使用有机半导体材料的有机晶体管、使用氧化物半导体的晶体管等具有透光性的晶体管。

[0682] 显示部9712是设置在立柱部分的显示装置。例如，通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9712，可以补充被立柱遮挡的视野。显示部9713是设置在仪表盘部分的显示装置。例如，通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9713，可以补充被仪表盘遮挡的视野。也就是说，通过显示来自设置在汽车外侧的成像单元的影像，可以补充死角，从而提高安全性。另外，通过显示补充看不到的部分的影像，可以更自然、更舒适地确认安全。

[0683] 图30D示出采用长座椅作为驾驶座位及副驾驶座位的汽车室内。显示部9721是设

置在车门部分的显示装置。例如，通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9721，可以补充被车门遮挡的视野。另外，显示部9722是设置在方向盘的显示装置。显示部9723是设置在长座椅的中央部的显示装置。另外，通过将显示装置设置在被坐面或靠背部分等，也可以将该显示装置用作以该显示装置为发热源的座椅取暖器。

[0684] 显示部9714、显示部9715或显示部9722可以提供导航信息、速度表、转速计、行驶距离、加油量、排档状态、空调的设定以及其他各种信息。另外，使用者可以适当地改变显示部所显示的显示内容及布局等。另外，显示部9710至显示部9713、显示部9721及显示部9723也可以显示上述信息。显示部9710至显示部9715、显示部9721至显示部9723还可以被用作照明装置。此外，显示部9710至显示部9715、显示部9721至显示部9723还可以被用作加热装置。

[0685] 图31A和图31B所示的显示装置9500包括多个显示面板9501、轴部9511、轴承部9512。多个显示面板9501都包括显示区域9502、具有透光性的区域9503。

[0686] 多个显示面板9501具有柔性。以其一部分互相重叠的方式设置相邻的两个显示面板9501。例如，可以重叠相邻的两个显示面板9501的各具有透光性的区域9503。通过使用多个显示面板9501，可以实现屏幕大的显示装置。另外，根据使用情况可以卷绕显示面板9501，所以可以实现通用性高的显示装置。

[0687] 图31A和图31B示出相邻的显示面板9501的显示区域9502彼此分开的情况，但是不局限于此，例如，也可以通过没有间隙地重叠相邻的显示面板9501的显示区域9502，实现连续的显示区域9502。

[0688] 本实施方式所示的电子设备包括用来显示某些信息的显示部。注意，本发明的一个方式的发光元件也可以应用于不包括显示部的电子设备。另外，虽然在本实施方式中示出了电子设备的显示部具有柔性且可以在弯曲的显示面上进行显示的结构或能够使其显示部折叠的结构，但不局限于此，也可以采用不具有柔性且在平面部上进行显示的结构。

[0689] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0690] 实施方式11

在本实施方式中，参照图32A至图33D对包括本发明的一个方式的发光元件的发光装置进行说明。

[0691] 图32A是本实施方式所示的发光装置3000的透视图，图32B是沿着图32A所示的点划线E-F切断的截面图。注意，在图32A中，为了避免繁杂而以虚线表示构成要素的一部分。

[0692] 图32A及图32B所示的发光装置3000包括衬底3001、衬底3001上的发光元件3005、设置于发光元件3005的外周的第一密封区域3007以及设置于第一密封区域3007的外周的第二密封区域3009。

[0693] 另外，来自发光元件3005的发光从衬底3001和衬底3003中的任一个或两个射出。在图32A及图32B中，说明来自发光元件3005的发光射出到下方一侧(衬底3001一侧)的结构。

[0694] 此外，如图32A及图32B所示，发光装置3000具有以被第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的方式配置发光元件3005的双密封结构。通过采用双密封结构，能够适当地抑制从外部侵入发光元件3005一侧的杂质(例如，水、氧等)。但是，并不一定必须要设置第一密封区域3007及第二密封区域3009。例如，可以只设置第一密封区域3007。

[0695] 注意，在图32B中，第一密封区域3007及第二密封区域3009以与衬底3001及衬底3003接触的方式设置。但是，不局限于此，例如，第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与形成在衬底3001的上方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。或者，第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与形成在衬底3003的下方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。

[0696] 作为衬底3001及衬底3003的结构，可以分别采用与上述实施方式所记载的衬底200及衬底220同样的结构。作为发光元件3005的结构，可以采用与上述实施方式所记载的发光元件同样的结构。

[0697] 第一密封区域3007可以使用包含玻璃的材料(例如，玻璃粉、玻璃带等)。另外，第二密封区域3009可以使用包含树脂的材料。通过将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007，可以提高生产率及密封性。此外，通过将包含树脂的材料用于第二密封区域3009，可以提高抗冲击性及耐热性。但是，用于第一密封区域3007及第二密封区域3009的材料不局限于此，第一密封区域3007可以使用包含树脂的材料形成，而第二密封区域3009可以使用包含玻璃的材料形成。

[0698] 另外，上述玻璃粉例如可以包含氧化镁、氧化钙、氧化锶、氧化钡、氧化铯、氧化钠、氧化钾、氧化硼、氧化钒、氧化锌、氧化碲、氧化铝、二氧化硅、氧化铅、氧化锡、氧化磷、氧化钌、氧化铑、氧化铁、氧化铜、二氧化锰、氧化钼、氧化铌、氧化钛、氧化钨、氧化铋、氧化锆、氧化锂、氧化锑、硼酸铅玻璃、磷酸锡玻璃、钒酸盐玻璃或硼硅酸盐玻璃等。为了吸收红外光，玻璃粉优选包含一种以上的过渡金属。

[0699] 此外，作为上述玻璃粉，例如，在衬底上涂敷玻璃粉浆料并对其进行加热或照射激光等。玻璃粉浆料包含上述玻璃粉及使用有机溶剂稀释的树脂(也称为粘合剂)。注意，也可以在玻璃粉中添加吸收激光束的波长的光的吸收剂。此外，作为激光，例如优选使用Nd:YAG激光或半导体激光等。另外，激光照射形状既可以为圆形又可以为四角形。

[0700] 此外，作为上述包含树脂的材料，例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键的树脂的材料。

[0701] 注意，当第一密封区域3007和第二密封区域3009中的任一个或两个使用包含玻璃的材料时，该包含玻璃的材料的热膨胀率优选近于衬底3001的热膨胀率。通过采用上述结构，可以抑制由于热应力而在包含玻璃的材料或衬底3001中产生裂缝。

[0702] 例如，在将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007并将包含树脂的材料用于第二密封区域3009的情况下，具有如下优异的效果。

[0703] 第二密封区域3009被设置得比第一密封区域3007更靠近发光装置3000的外周部一侧。在发光装置3000中，越靠近外周部，起因于外力等的应变越大。因此，将包含树脂的材料用于产生更大的应变的发光装置3000的外周部一侧，即为第二密封区域3009，进行密封，并且将包含玻璃的材料用于设置于第二密封区域3009的内侧的第一密封区域3007，进行密封，由此，即便发生起因于外力等的应变，发光装置3000也不容易损坏。

[0704] 另外，如图32B所示，在被衬底3001、衬底3003、第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的区域中形成第一区域3011。此外，在被衬底3001、衬底3003、发光元件3005及第一密封区域3007包围的区域中形成第二区域3013。

[0705] 第一区域3011及第二区域3013例如优选填充有稀有气体或氮气体等惰性气体。或者，可以使用丙烯酸树脂或环氧树脂等树脂填充。注意，作为第一区域3011及第二区域3013，与大气压状态相比，更优选为减压状态。

[0706] 另外，图32C示出图32B所示的结构的变形例。图32C是示出发光装置3000的变形例的截面图。

[0707] 在图32C所示的结构中，衬底3003的一部分设置有凹部，并且，该凹部设置有干燥剂3018。其他构成要素与图32B所示的结构相同。

[0708] 作为干燥剂3018，可以使用通过化学吸附来吸附水分等的物质或者通过物理吸附来吸附水分等的物质。作为可用作干燥剂3018的物质，例如可以举出碱金属的氧化物、碱土金属的氧化物(氧化钙或氧化钡等)、硫酸盐、金属卤化物、高氯酸盐、沸石或硅胶等。

[0709] 接着，参照图33A至图33D对图32B所示的发光装置3000的变形例进行说明。注意，图33A至图33D是说明图32B所示的发光装置3000的变形例的截面图。

[0710] 在图33A至图33D所示的发光装置中，不设置第二密封区域3009，而只设置第一密封区域3007。此外，在图33A至图33D所示的发光装置中，具有区域3014代替图32B所示的第二区域3013。

[0711] 作为区域3014，例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键的树脂的材料。

[0712] 通过将上述材料用于区域3014，可以实现所谓的固体密封的发光装置。

[0713] 另外，在图33B所示的发光装置中，在图33A所示的发光装置的衬底3001一侧设置衬底3015。

[0714] 如图33B所示，衬底3015具有凹凸。通过将具有凹凸的衬底3015设置于发光元件3005的提取光一侧，可以提高来自发光元件3005的光的光提取效率。注意，可以设置用作扩散板的衬底代替如图33B所示那样的具有凹凸的结构。

[0715] 此外，图33A所示的发光装置具有从衬底3001一侧提取光的结构，而另一方面，图33C所示的发光装置具有从衬底3003一侧提取光的结构。

[0716] 图33C所示的发光装置在衬底3003一侧包括衬底3015。其他构成要素与图33B所示的发光装置同样。

[0717] 另外，在图33D所示的发光装置中，不设置图33C所示的发光装置的衬底3003、3015，而只设置衬底3016。

[0718] 衬底3016包括位于离发光元件3005近的一侧的第一凹凸以及位于离发光元件3005远的一侧的第二凹凸。通过采用图33D所示的结构，可以进一步提高来自发光元件3005的光的光提取效率。

[0719] 因此，通过使用本实施方式所示的结构，能够实现由于水分或氧等杂质而导致的发光元件的劣化得到抑制的发光装置。或者，通过使用本实施方式所示的结构，能够实现光提取效率高的发光装置。

[0720] 注意，本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0721] 实施方式12

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

[0722] 通过将本发明的一个方式的发光元件形成在具有柔性的衬底上，能够实现包括具有曲面的发光区域的电子设备或照明装置。

[0723] 此外，还可以将应用了本发明的一个方式的发光装置适用于汽车的照明，其中该照明被设置于仪表盘、挡风玻璃、天花板等。

[0724] 图34A示出多功能终端3500的一个面的透视图，图34B示出多功能终端3500的另一个面的透视图。在多功能终端3500中，框体3502组装有显示部3504、照相机3506、照明3508等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3508。

[0725] 将包括本发明的一个方式的发光装置的照明3508用作面光源。因此，不同于以LED为代表的点光源，能够得到指向性低的发光。例如，在将照明3508和照相机3506组合使用的情况下，可以在使照明3508点亮或闪烁的同时使用照相机3506来进行拍摄。因为照明3508具有面光源的功能，可以获得仿佛在自然光下拍摄般的照片。

[0726] 注意，图34A及图34B所示的多功能终端3500与图28A至图28G所示的电子设备同样地可以具有各种各样的功能。

[0727] 另外，可以在框体3502的内部设置扬声器、传感器(该传感器具有测量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风等。此外，通过在多功能终端3500内部设置具有陀螺仪和加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置，可以判断多功能终端3500的方向(纵或横)而自动进行显示部3504的屏面显示的切换。

[0728] 另外，也可以将显示部3504用作图像传感器。例如，通过用手掌或手指触摸显示部3504，来拍摄掌纹、指纹等，能够进行个人识别。另外，通过在显示部3504中设置发射近红外光的背光或感测光源，也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。注意，可以将本发明的一个方式的发光装置适用于显示部3504。

[0729] 图34C示出安全灯(security light)3600的透视图。安全灯3600在框体3602的外侧包括照明3608，并且，框体3602组装有扬声器3610等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3608。

[0730] 安全灯3600例如在抓住或握住照明3608时进行发光。另外，可以在框体3602的内部设置有能够控制安全灯3600的发光方式的电子电路。作为该电子电路，例如可以为能够一次或间歇地多次进行发光的电路或通过控制发光的电流值能够调整发光的光量的电路。此外，也可以组装在照明3608进行发光的同时从扬声器3610发出很大的警报音的电路。

[0731] 安全灯3600因为能够向所有方向发射光，所以可以发射光或发出光和声音来恐吓歹徒等。另外，安全灯3600可以包括具有摄像功能的数码静态相机等照相机。

[0732] 图35是将发光元件用于室内照明装置8501的例子。另外，因为发光元件可以实现大面积化，所以也可以形成大面积的照明装置。此外，也可以通过使用具有曲面的框体来形成发光区域具有曲面的照明装置8502。本实施方式所示的发光元件为薄膜状，所以框体的设计的自由度高。因此，可以形成能够对应各种设计的照明装置。并且，室内的墙面也可以设置有大型的照明装置8503。另外，也可以在照明装置8501、照明装置8502、照明装置8503

中设置触摸传感器，启动或关闭电源。

[0733] 另外，通过将发光元件用于桌子的表面一侧，可以提供具有桌子的功能的照明装置8504。此外，通过将发光元件用于其他家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0734] 如上所述，通过应用本发明的一个方式的发光装置，能够得到照明装置及电子设备。注意，不局限于本实施方式所示的照明装置及电子设备，该发光装置可以应用于各种领域的电子设备。

[0735] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

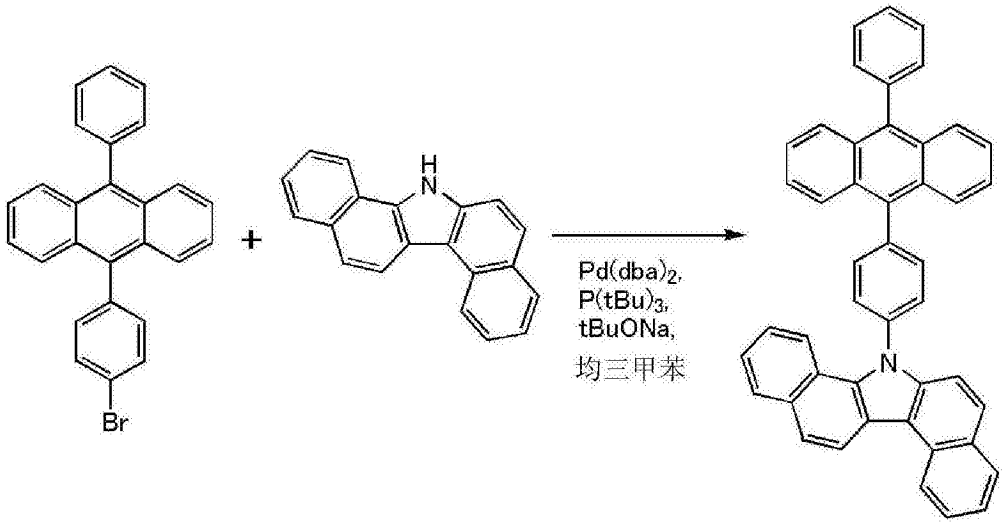
实施例1

[0736] 在本实施例中，说明用于实施方式1所示的以通式(G1)表示的二苯并咔唑化合物之一的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[a,g]咔唑(简称：agDBCzPA，结构式(100))的合成方法。

[0737] <agDBCzPA的合成>

将3.0g(7.5mmol)的9-(4-溴苯基)-10-苯基蒽、2.0g(7.5mol)的7H-二苯并[a,g]咔唑以及1.4g(15mmol)的叔丁醇钠加入200mL三口烧瓶中。利用氮气取代烧瓶内部的空气，然后在该混合物中加入38mL的均三甲苯及0.30mL的三叔丁基膦(10wt%己烷溶液)。在进行减压的同时搅拌该混合物而脱气。在脱气后，将43mg(0.075mol)的双(二亚苄基丙酮)钯(0)加入该混合物中。在氮气流下且在150℃的温度下搅拌该混合物6小时。在搅拌后，将该混合物冷却到室温，添加20mL左右的水且进行搅拌。在搅拌后，对该混合物进行抽滤而回收固体。将回收的固体溶解于大约50mL的加热的甲苯中，并对该溶液通过硅藻土、氧化铝、硅酸镁进行抽滤。浓缩所得到的滤液而得到固体，并利用甲苯使该固体再结晶，以78%的收率获得3.5g的目的物的淡黄色粉末。下面示出本反应方案。

[0738]




(100)

[0739] 通过利用梯度升华法对所获得的3.5g的淡黄色粉末状固体进行升华精炼。升华精炼条件如下：压力为2.7Pa；氩气流量为5.0mL/min；以及在290℃的温度下加热agDBCzPA。在进行升华精炼之后，以96%的收率得到3.3g的agDBCzPA的淡黄色固体。

[0740] 测定得到的物质的$^1$H NMR(核磁共振)。下面示出测定数据。

[0741] $^1$H NMR($CDCl_3$，500MHz)：δ=7.42-7.45(m,3H)，7.50-7.67(m,10H)，7.74(d,J=

8.5z,1H),7.74-7.83(m,3H),7.84(s,4H),7.92(t,J=9.0z,3H),7.97(d,J=9.0z,1H),8.10(dd,$J_1$=7.5z,$J_2$=2.5z,2H),8.85(d,J=8.5Hz,1H),9.04(d,$J_1$=8.5Hz,1H)。

[0742] 另外,图36A和图36B示出$^1$H NMR谱。图36B为放大图36A中的7.00ppm至9.50ppm的范围的谱图。由此可知,得到了以上述结构式(100)表示的本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物agDBCzPA。

[0743] <agDBCzPA的特性>

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

[0744] 在LC/MS分析中,利用沃特世(Waters)公司制造的Acquity UPLC及沃特世公司制造的Xevo G2Tof MS进行。

[0745] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization,简称:ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为70eV。另外,所测定的质量范围是m/z=100至1200。

[0746] 图37示出测定结果。图37的结果表示以结构式(100)表示的本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物agDBCzPA主要在m/z=596、330、266附近检测出子离子。由于图37所示的结果示出来源于agDBCzPA的典型特征,所以可以说这是确定包含于混合物中的agDBCzPA时的重要数据。

[0747] 另外,由于二苯并[a,g]咔唑与亚苯基的N-C键合切断且电荷残留在二苯并[a,g]咔唑一侧,因此m/z=266附近的子离子估计为包含结构式(100)的化合物的二苯并[a,g]咔唑与亚苯基的N-C键合切断的状态的信息,因此是有用的。另外,m/z=330附近的子离子估计为包含二苯基蒽,这结果表示本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物agDBCzPA包含二苯并[a,g]咔唑及二苯基蒽。

[0748] 另外,对agDBCzPA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agDBCzPA的5%失重温度为475℃。这表示agDBCzPA的耐热性高。

[0749] 接着,对薄膜状态及甲苯溶液中的agDBCzPA的紫外可见吸收光谱(以下简单的称为“吸收光谱”)及发射光谱进行测定。

[0750] 甲苯溶液中的agDBCzPA的吸收光谱是从石英皿中的agDBCzPA的甲苯溶液的吸收光谱减去石英皿及甲苯的吸收光谱而得到的吸收光谱。此外,薄膜状态的agDBCzPA的吸收光谱是从利用真空蒸镀法在石英衬底上蒸镀agDBCzPA的样品的吸收光谱减去石英的吸收光谱而得到的吸收光谱。在吸收光谱的测定中,利用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造的V550型)。

[0751] 在测定发射光谱时,利用荧光分光光度计(由日本滨松光子学公司制造,FS920)。

[0752] 图38示出甲苯溶液中的agDBCzPA的吸收光谱及发射光谱的测定结果,图39示出薄膜状态的agDBCzPA的吸收光谱及发射光谱的测定结果。

[0753] 图38表示agDBCzPA的甲苯溶液在292nm、305nm、341nm、354nm、372nm及396nm附近检出吸收峰。另外，发光的峰值波长为417nm及429nm。

[0754] 另外，图39表示agDBCzPA的薄膜在228nm、267nm、295nm、308nm、345nm、359nm、377nm及402nm附近检出吸收峰。另外，发光的峰值波长为433nm及447nm(激发波长为371nm)。

[0755] 在大气中利用光电子分光光度装置(日本理研计器株式会社制造，AC-3)测定薄膜状态的agDBCzPA的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值，可知agDBCzPA的HOMO能级为-5.93eV。由图39的薄膜状态的吸收光谱的数据可知，从假定为直接跃迁的Tauc曲线算出的agDBCzPA的吸收端为2.95eV。由此，可以将固体状态的agDBCzPA的光学能隙推测为2.95eV。根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值，可以将agDBCzPA的LUMO能级推测为-2.98eV。如此，可知固体状态的agDBCzPA具有2.95eV的宽能隙。

[0756] 接着，通过循环伏安法(CV)测定agDBCzPA的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)。在测定中，使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造，ALS型号600A或600C)，并且对将agDBCzPA溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称：DMF)而成的溶液进行测定。在测定中，使相对于参考电极的工作电极的电位在适当的范围中变化，由此得出各氧化峰值电位、还原电位峰值电位。因为参考电极的还原电位估计为-4.94eV，所以从该数值和所得到的峰值电位算出agDBCzPA的HOMO能级及LUMO能级。

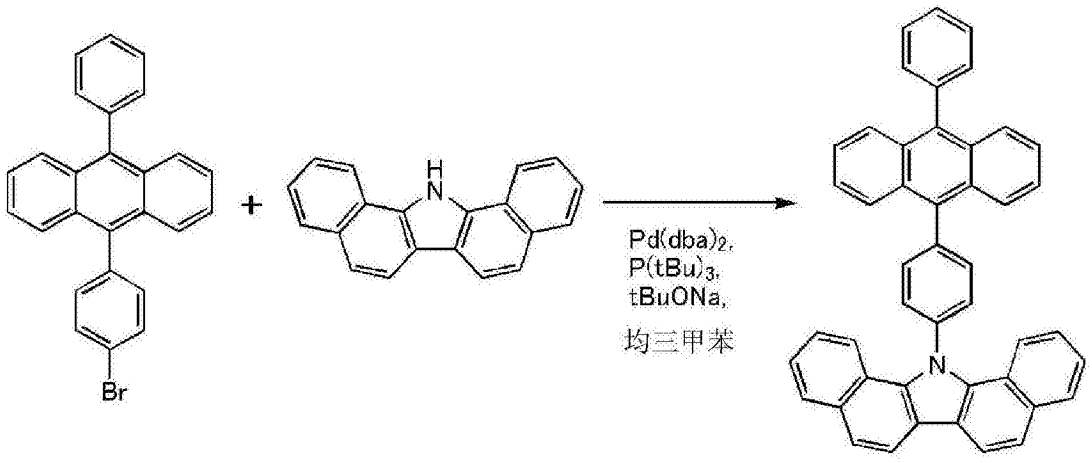
[0757] 由CV测定的结果可知，agDBCzPA的氧化电位为0.76V，还原电位为-2.21V。通过CV测定而算出的agDBCzPA的HOMO能级为-5.70eV，LUMO能级为-2.74eV。由此可知，agDBCzPA的HOMO能级与LUMO能级的能量差较大。

实施例2

[0758] 在本实施例中，说明用于实施方式1所示的以通式(G6)表示的二苯并咔唑化合物之一的11-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-11H-二苯并[a,i]咔唑(简称：aiDBCzPA，结构式(136))的合成方法。

[0759] <aiDBCzPA的合成>

将3.0g(7.5mmol)的9-(4-溴苯基)-10-苯基蒽、2.0g(7.5mol)的11H-二苯并[a,i]咔唑以及1.4g(15mmol)的叔丁醇钠加入200mL三口烧瓶中。利用氮气取代烧瓶内部的空气，然后在该混合物中加入38mL的均三甲苯及0.30mL的三叔丁基膦(10wt%己烷溶液)。在进行减压的同时搅拌该混合物而脱气。在脱气后，将43mg(0.075mol)的双(二亚苄基丙酮)钯(0)加入该混合物中。在氮气流下且在150℃的温度下搅拌该混合物6小时。在搅拌后，利用甲苯对该混合物的水层进行萃取，合并萃取溶液和有机层，用饱和食盐水进行洗涤。用硫酸镁对有机层进行干燥，在干燥之后，对该混合物进行重力过滤。在浓缩所获得的滤液后，使所获得的固体溶解于大约30mL的甲苯，通过硅胶柱色谱法(展开溶剂为己烷：甲苯＝4:1)精炼该固体。利用甲苯/己烷使精炼后获得的固体再结晶，以85%的收率获得3.8g的目的物的淡黄色粉末。下面示出本反应方案。

[0760] 


(136)

[0761] 通过利用梯度升华法对所获得的3.7g的淡黄色粉末状固体进行升华精炼。升华精炼条件如下:压力为2.8Pa;氩气流量为5.0mL/min;以及在280℃的温度下加热aiDBCzPA。在进行升华精炼之后,以55%的收率得到2.0g的aiDBCzPA的淡黄色固体。

[0762] 测定得到的物质的$^1$H NMR(核磁共振)。下面示出测定数据。

[0763] $^1$H NMR($CDCl_3$,500MHz):δ=7.41-7.46(m,4H),7.50-7.61(m,7H),7.64-7.67(m,2H),7.70(d,J=8.5z,2H),7.80(d,J=8.5Hz,2H),7.83(d,$J_1$=8.0Hz,2H),7.89(d,$J_1$=8.0Hz,2H),7.99(d,$J_1$=8.0Hz,2H),8.03(d,J=8.5z,2H),8.07(d,J=8.0Hz,2H),8.35(d,$J_1$=8.5Hz,2H)。

[0764] 另外,图40A和图40B示出$^1$H NMR谱。图40B为放大图40A中的7.00ppm至8.50ppm的范围的谱图。由此可知,得到了以上述结构式(136)表示的本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物aiDBCzPA。

[0765] <aiDBCzPA的特性>

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

[0766] 在LC/MS分析中,利用沃特世(Waters)公司制造的Acquity UPLC及沃特世公司制造的Xevo G2Tof MS进行。

[0767] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization,简称:ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为70eV。另外,所测定的质量范围是m/z=100至1200。

[0768] 图41示出测定结果。图41的结果表示以结构式(136)表示的本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物aiDBCzPA主要在m/z=596、330、266附近检测出子离子。由于图41所示的结果示出来源于aiDBCzPA的典型特征,所以可以说这是确定包含于混合物中的aiDBCzPA时的重要数据。

[0769] 另外,由于二苯并[a,i]咔唑与亚苯基的N-C键合切断且电荷残留在二苯并[a,i]咔唑一侧,因此m/z=266附近的子离子估计为包含结构式(136)的化合物的二苯并[a,i]咔

唑与亚苯基的N-C键合切断的状态的信息，因此是有用的。另外，m/z＝330附近的子离子估计为包含二苯基蒽，这结果表示本发明的一个方式的二苯并咔唑化合物aiDBCzPA包含二苯并[a,i]咔唑及二苯基蒽。

[0770] 另外，对aiDBCzPA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aiDBCzPA的5％失重温度为442℃。这表示aiDBCzPA的耐热性高。

[0771] 接着，对薄膜状态及甲苯溶液中的aiDBCzPA的紫外可见吸收光谱(以下简单的称为“吸收光谱”)及发射光谱进行测定。测定方法与实施例1相同。

[0772] 图42示出甲苯溶液中的aiDBCzPA的吸收光谱及发射光谱的测定结果，图43示出薄膜状态的aiDBCzPA的吸收光谱及发射光谱的测定结果。

[0773] 图42表示aiDBCzPA的甲苯溶液在291nm、321nm、335nm、352nm、375nm及396nm附近检出吸收峰。另外，发光的峰值波长为413nm及432nm。

[0774] 另外，图43表示aiDBCzPA的薄膜在228nm、264nm、294nm、324nm、335nm、381nm及402nm附近检出吸收峰。另外，发光的峰值波长为429nm及442nm(激发波长为381nm)。

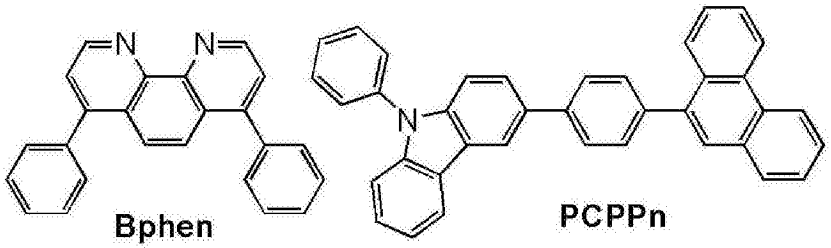
[0775] 在大气中利用光电子分光光度装置(日本理研计器株式会社制造，AC-3)测定薄膜状态的aiDBCzPA的电离电位值。将所测得的电离电位值换算为负值，可知aiDBCzPA的HOMO能级为-5.91eV。由图43的薄膜状态的吸收光谱的数据可知，从假定为直接跃迁的Tauc曲线算出的aiDBCzPA的吸收端为2.95eV。由此，可以将固体状态的aiDBCzPA的光学能隙推测为2.95eV。根据在前面得到的HOMO能级及该能隙的值，可以将aiDBCzPA的LUMO能级推测为-2.96eV。如此，可知固体状态的aiDBCzPA具有2.95eV的宽能隙。

[0776] 接着，通过循环伏安法(CV)测定aiDBCzPA的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)。测定方法与实施例1相同。

[0777] 由CV测定的结果可知，aiDBCzPA的氧化电位为0.73V，还原电位为-2.21V。通过CV测定而算出的aiDBCzPA的HOMO能级为-5.77eV，LUMO能级为-2.74eV。由此可知，aiDBCzPA的HOMO能级与LUMO能级的能量差较大。

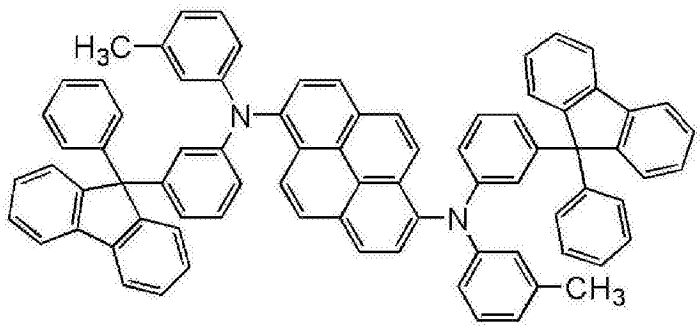
实施例3

[0778] 在本实施例中，对包含本发明的一个方式的化合物的发光元件的制造实例及该发光元件的特性进行说明。关于在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图2A。表1示出元件结构的详细内容。此外，以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例。




Bphen PCPPn

[0779]




1,6mMemFLPAPrn

[0780] [表1]

| | 层 | 符号 | 膜厚（nm） | 材料 | 重量比 |
|---|---|---|---|---|---|
| 发光元件1 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | agDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | agDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn | 1:0.01 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCPPn | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCPPn : $MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |
| 发光元件2 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | agDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | agDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn | 1:0.03 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCPPn | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCPPn : $MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |
| 发光元件3 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | aiDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | aiDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn | 1:0.01 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCPPn | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCPPn : $MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |
| 发光元件4 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 113（1） | 10 | aiDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | aiDBCzPA：1,6mMemFLPAPrn | 1:0.03 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCPPn | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCPPn：$MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |

[0781] <发光元件的制造>

《发光元件1的制造》

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

[0782] 接着，作为空穴注入层111，在电极101上共蒸镀3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（简称：PCPPn）与氧化钼（$MoO_3$），并使重量比（PCPPn:$MoO_3$）为1:0.5且厚度为10nm。注意，共蒸镀是指将多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0783] 接着，作为空穴传输层112，在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀PCPPn。

[0784] 接着，作为发光层120，在空穴传输层112上共蒸镀7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[a,g]咔唑（简称：agDBCzPA）及N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺（简称：1,6mMemFLPAPrn），并使重量比（agDBCzPA：1,6mMemFLPAPrn）为1:0.01且厚度为25nm。在发光层120中，agDBCzPA为主体材料，1,6mMemFLPAPrn为客体材料（荧光材料）。

[0785] 接着，作为电子传输层113，在发光层120上依次以厚度为10nm的方式蒸镀agDBCzPA并以厚度为15nm的方式蒸镀红菲绕啉（简称：Bphen）。接着，作为电子注入层114，在电子传输层113上以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂（LiF）。

[0786] 接着，作为电极102，在电子注入层114上以200nm的厚度形成铝（Al）。

[0787] 接着，在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将密封衬底固定于形成有有机材料的衬底上，由此密封发光元件1。通过上述工序得到发光元件1。

[0788] 《发光元件2的制造》

发光元件2与上述发光元件1的不同之处只在于发光层120的形成工序。其他工序与发光元件1相同。

[0789] 作为发光元件2的发光层120，共蒸镀agDBCzPA及1,6mMemFLPAPrn，并使重量比（agDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn）为1:0.03且厚度为25nm。在发光层120中，agDBCzPA为主体材料，1,6mMemFLPAPrn为客体材料（荧光材料）。

[0790] 《发光元件3的制造》

发光元件3与上述发光元件1的不同之处只在于发光层120及电子传输层113的形成工序。其他工序与发光元件1相同。

[0791] 作为发光元件3的发光层120，共蒸镀11-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-11H-二苯并[a,i]咔唑（简称：aiDBCzPA）及1,6mMemFLPAPrn，并使重量比（aiDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn）为1:0.01且厚度为25nm。在发光层120中，aiDBCzPA为主体材料，1,6mMemFLPAPrn为客体材料（荧光材料）。

[0792] 另外，发光元件3的电子传输层113依次以厚度为10nm的方式蒸镀aiDBCzPA并以厚度为15nm的方式蒸镀Bphen。

[0793] 《发光元件4的制造》

发光元件4与上述发光元件3的不同之处只在于发光层120的形成工序。其他工序与发光元件3相同。

[0794] 作为发光元件4的发光层120，共蒸镀aiDBCzPA及1，6mMemFLPAPrn，并使重量比(aiDBCzPA:1，6mMemFLPAPrn)为1:0.03且厚度为25nm。在发光层120中，aiDBCzPA为主体材料，1，6mMemFLPAPrn为客体材料(荧光材料)。

[0795] <发光元件的发光特性>

接着，测定所制造的发光元件1至发光元件4的发光特性。在亮度及CIE色度的测定中，利用色亮度计(由Topcon Technohouse公司制造的BM-5A)。在电致发光光谱的测定中，利用多通道光谱分析仪(由日本滨松光子学公司制造的PMA-11)。测定在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0796] 图44示出发光元件1至发光元件4的电流效率-亮度特性。图45示出亮度-电压特性。图46示出外部量子效率-亮度特性。另外，图47示出以2.5mA/$cm^2$的电流密度使电流流过发光元件1至发光元件4时的电致发光光谱。

[0797] 表2示出1000cd/$m^2$附近的发光元件的元件特性。

[0798] [表2]

| | 电压(V) | 电流密度(mA/$cm^2$) | CIE色度(x，y) | 亮度(cd/$m^2$) | 电流效率(cd/A) | 外部量子效率(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 发光元件1 | 3.00 | 9.55 | (0.138，0.142) | 1090 | 11.4 | 10.8 |
| 发光元件2 | 3.00 | 9.63 | (0.138，0.163) | 1140 | 11.8 | 10.3 |
| 发光元件3 | 3.00 | 7.47 | (0.139，0.135) | 760 | 10.2 | 10.0 |
| 发光元件4 | 3.00 | 7.38 | (0.138，0.161) | 783 | 10.6 | 9.3 |

[0799] 如图47所示，发光元件1至发光元件4发射来源于客体材料(1，6mMemFLPAPrn)的蓝色发光。

[0800] 另外，如图44至图47及表2所示，发光元件1至发光元件4虽然包含荧光材料作为发光材料，但是电流效率及外部量子效率良好。另外，发光元件1至发光元件4的外部量子效率都是超过9％的良好的值。

[0801] 因从一对电极注入的载流子(空穴及电子)的复合而生成的单重态激子的产生概

率最大为25％，因此当向外部的光提取效率为25％时，外部量子效率最大为6.25％。在发光元件1至发光元件4中，外部量子效率为超过6.25％的较高的值。这是因为在发光元件1至发光元件4中除了因一对电极注入的载流子(正孔及电子)复合而生成的单重态激子以外，通过TTA生成的单重态激子也有助于发光。

[0802] 另外，发光元件1的色度y为0.142，发射与发光元件2相比更深的蓝色发光，发光元件1的外部量子效率比发光元件2高。另外，发光元件3的色度y为0.135，发射与发光元件4相比更深的蓝色发光，发光元件3的外部量子效率比发光元件4高。

[0803] 在发射蓝色发光的发光元件中，需要将高发光能量封闭在发光层内，因此，尤其在发射深蓝色发光的发光元件中，难以获得高发光效率。然而，包含本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物作为主体材料的发光元件以高效率发射深蓝色发光。因此，可以说本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物适用于发射深蓝色发光的发光元件。

[0804] 另外，发光元件1至发光元件4以低电压驱动。因此，发光元件1至发光元件4的功耗低。换言之，通过将载流子传输性良好的本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物用作主体材料及电子传输材料，可以制造以低电压驱动的发光元件。

[0805] 接着，对发光元件1至发光元件4的驱动寿命进行测定。图48示出驱动寿命测试的测定结果。在驱动寿命测试中，以发光元件1至发光元件4的初始亮度为5000cd/$m^2$的方式设定各发光元件的电流密度并在以电流密度恒定的条件下连续地驱动发光元件。

[0806] 如图48所示，发光元件1至发光元件4虽然包含蓝色荧光材料作为发光材料，但是驱动寿命良好。再者，发光元件1的驱动寿命比发光元件2长，发光元件3的驱动寿命比发光元件4长。

[0807] 在发射蓝色发光的发光元件中，需要将高发光能量封闭在发光层内，因此，尤其在发射深蓝色发光的发光元件中，难以获得长驱动寿命。然而，包含本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物作为主体材料的发光元件发射深蓝色发光且呈现长驱动寿命。因此，可以说本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物适用于发射深蓝色发光的发光元件。具体而言，本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物适用于发射色度y为0.01以上且0.15以下的深蓝色发光的发光元件。

[0808] 上述结果表示：在包含本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物作为主体材料的发光元件中，客体材料的重量比优选比主体材料低，具体而言，相对于主体材料的客体材料的重量比优选大于0且低于0.03。

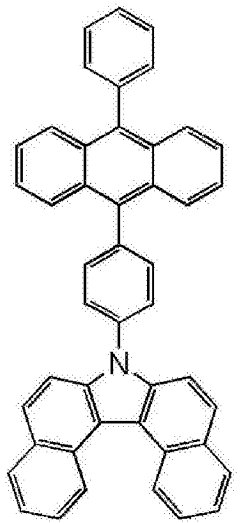
[0809] 如上所述，本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物适用于发射深蓝色发光的发光元件。通过使用本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物，可以制造发光效率高的发光元件、低功耗的发光元件或者驱动寿命长的发光元件。

[0810] 本实施例所示的结构可以与其他实施方式适当地组合而使用。

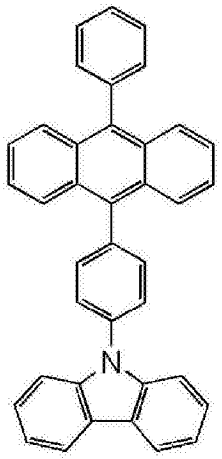
实施例4

[0811] 在本实施例中，对包含本发明的一个方式的化合物的发光元件(发光元件5及发光元件6)的制造实例及该发光元件的特性进行说明。另外，作为比较，制造包含与本发明的一个方式的化合物不同的化合物的发光元件(发光元件7及发光元件8)。关于在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图2A。表3示出元件结构的详细内容。此外，以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例。

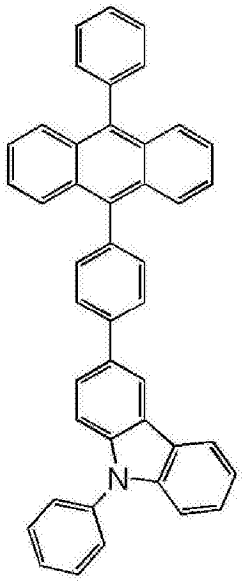
[0812]



cgDBCzPA



CzPA



PCzPA

[0813] [表3]

| | 层 | 符号 | 膜厚（nm） | 材料 | 重量比 |
|---|---|---|---|---|---|
| 发光元件5 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | agDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | agDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn | 1:0.01 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCzPA | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCzPA:$MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |
| 发光元件6 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | aiDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | aiDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn | 1:0.01 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCzPA | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCzPA:$MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |
| 发光元件7 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | cgDBCzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn | 1:0.03 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCzPA | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCzPA : $MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |
| 发光元件8 | 电极 | 102 | 200 | Al | - |
| | 电子注入层 | 114 | 1 | LiF | - |
| | 电子传输层 | 113（2） | 15 | Bphen | - |
| | | 113（1） | 10 | CzPA | - |
| | 发光层 | 120 | 25 | CzPA:1,6mMemFLPAPrn | 1:0.04 |
| | 空穴传输层 | 112 | 20 | PCzPA | - |
| | 空穴注入层 | 111 | 10 | PCzPA:$MoO_3$ | 1:0.5 |
| | 电极 | 101 | 70 | ITSO | - |

[0814] 〈发光元件的制造〉

《发光元件5的制造》

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

[0815] 接着，作为空穴注入层111，在电极101上共蒸镀9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（简称：PCzPA）与氧化钼（$MoO_3$），并使重量比（PCzPA:$MoO_3$）为1:0.5且厚度为10nm。

[0816] 接着，作为空穴传输层112，在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀PCzPA。

[0817] 接着，作为发光层120，在空穴传输层112上共蒸镀agDBCzPA及1,6mMemFLPAPrn，并使重量比（agDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn）为1:0.01且厚度为25nm。在发光层120中，agDBCzPA为主体材料，1,6mMemFLPAPrn为客体材料（荧光材料）。

[0818] 接着，作为电子传输层113，在发光层120上依次以厚度为10nm的方式蒸镀agDBCzPA并以厚度为15nm的方式蒸镀Bphen。接着，作为电子注入层114，在电子传输层113上以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂（LiF）。

[0819] 接着，作为电极102，在电子注入层114上以200nm的厚度形成铝(Al)。

[0820] 接着，在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将密封衬底固定于形成有有机材料的衬底上，由此密封发光元件5。通过上述工序得到发光元件5。

[0821] 《发光元件6的制造》

发光元件6与上述发光元件5的不同之处只在于发光层120及电子传输层113的形成工序。其他工序与发光元件5相同。

[0822] 作为发光元件6的发光层120，共蒸镀aiDBCzPA及1，6mMemFLPAPrn，并使重量比(aiDBCzPA:1，6mMemFLPAPrn)为1:0.01且厚度为25nm。在发光层120中，aiDBCzPA为主体材料，1，6mMemFLPAPrn为客体材料(荧光材料)。

[0823] 另外，发光元件6的电子传输层113依次以厚度为10nm的方式蒸镀aiDBCzPA并以厚度为15nm的方式蒸镀Bphen。

[0824] 《发光元件7的制造》

作为比较制造的发光元件7与上述发光元件5的不同之处只在于发光层120及电子传输层113的形成工序。其他工序与发光元件5相同。

[0825] 作为发光元件7的发光层120，共蒸镀7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c，g]咔唑(简称:cgDBCzPA)及1，6mMemFLPAPrn，并使重量比(cgDBCzPA:1，6mMemFLPAPrn)为1:0.03且厚度为25nm。在发光层120中，cgDBCzPA为主体材料，1，6mMemFLPAPrn为客体材料(荧光材料)。

[0826] 另外，发光元件7的电子传输层113依次以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA并以厚度为15nm的方式蒸镀Bphen。

[0827] 《发光元件8的制造》

作为比较制造的发光元件8与上述发光元件5的不同之处只在于发光层120及电子传输层113的形成工序。其他工序与发光元件5相同。

[0828] 作为发光元件8的发光层120，共蒸镀9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)及1，6mMemFLPAPrn，并使重量比(CzPA:1，6mMemFLPAPrn)为1:0.04且厚度为25nm。在发光层120中，CzPA为主体材料，1，6mMemFLPAPrn为客体材料(荧光材料)。

[0829] 另外，发光元件8的电子传输层113依次以厚度为10nm的方式蒸镀CzPA并以厚度为15nm的方式蒸镀Bphen。

[0830] <发光元件的发光特性>

接着，测定所制造的发光元件5至发光元件8的发光特性。另外，测定方法与实施例3相同，测定在室温(保持为25℃的气氛)下进行。图49示出发光元件5至发光元件8的电流效率-亮度特性。图50示出亮度-电压特性。图51示出外部量子效率-亮度特性。另外，图52示出以2.5mA/$cm^2$的电流密度使电流流过发光元件5至发光元件8时的电致发光光谱。

[0831] 表4示出1000cd/$m^2$附近的发光元件的元件特性。

[0832] [表4]

| | 电压（V） | 电流密度（mA/cm$^2$） | CIE色度（x, y） | 亮度（cd/m$^2$） | 电流效率（cd/A） | 外部量子效率（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 发光元件5 | 3.00 | 14.6 | （0.139, 0.143） | 1410 | 9.69 | 9.19 |
| 发光元件6 | 3.00 | 9.18 | （0.138, 0.135） | 818 | 8.92 | 8.78 |
| 发光元件7 | 3.00 | 14.5 | （0.138, 0.169） | 1700 | 11.7 | 9.97 |
| 发光元件8 | 3.00 | 6.34 | （0.138, 0.165） | 689 | 10.9 | 9.43 |

[0833] 如图52所示，发光元件5至发光元件8发射来源于客体材料(1,6mMemFLPAPrn)的蓝色发光。

[0834] 另外，如图49至图52及表4所示，发光元件5至发光元件8虽然包含荧光材料作为发光材料，但是电流效率及外部量子效率良好。

[0835] 另外，发光元件5及发光元件6发射色度y为0.143及0.135的深蓝色发光，但是电流效率及外部量子效率高。也就是说，包含本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物作为主体材料的发光元件适合用作发射深蓝色发光的发光元件。

[0836] 另外，发光元件5及发光元件6以低电压驱动。因此，发光元件5及发光元件6的功耗低。换言之，通过将载流子传输性良好的本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物用作主体材料及电子传输材料，可以制造以低电压驱动的发光元件。

[0837] 接着，对发光元件5至发光元件8的驱动寿命进行测定。图53示出驱动寿命测试的测定结果。在驱动寿命测试中，将发光元件5至发光元件8的电流密度设定为44.87mA/cm$^2$以使发光元件7的初始亮度为5000cd/m$^2$并在以电流密度恒定的条件下连续地驱动发光元件。

[0838] 如图53所示，发光元件5及发光元件6虽然包含蓝色荧光材料作为发光材料，但是驱动寿命长。再者，虽然发光元件5发射与发光元件7及发光元件8相比更深蓝色的发光，但是示出与发光元件7同等且比发光元件8长的驱动寿命。另外，虽然发光元件6发射与发光元件8相比更深蓝色的发光元件，但是其驱动寿命比发光元件8长。

[0839] 在发射蓝色发光的发光元件中，需要将高发光能量封闭在发光层内，因此，尤其在发射深蓝色发光的发光元件中，难以获得长驱动寿命。然而，包含本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物作为主体材料的发光元件发射深蓝色发光且呈现长驱动寿命。因此，可以说本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物适用于发射深蓝色发光的发光元件。具体而言，本发明的一个方式的二苯并呋喃化合物适用于发射色度y为0.01以上且0.15以下的深蓝色发光的发光元件。

[0840] 如上所述，本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物适用于发射深蓝色发光的发光元件。通过使用本发明的一个方式的二苯并呋唑化合物，可以制造发光效率高的发光元件、低功耗的发光元件或者驱动寿命长的发光元件。

[0841] 本实施例所示的结构可以与其他实施方式适当地组合而使用。

符号说明

[0842] 100 EL层

101 电极

101a 导电层

101b 导电层

101c 导电层

102 电极

103 电极

103a 导电层

103b 导电层

104 电极

104a 导电层

104b 导电层

106 发光单元

108 发光单元

110 EL层

111 空穴注入层

112 空穴传输层

113 电子传输层

114 电子注入层

115 电荷产生层

116 空穴注入层

117 空穴传输层

118 电子传输层

119 电子注入层

120 发光层

121 主体材料

122 客体材料

123B 发光层

123G 发光层

123R 发光层

140 发光层

141 主体材料

141_1 有机化合物

141_2 有机化合物

142 客体材料
145 分隔壁
150 发光元件
170 发光层
180 发光层
190 发光层
190a 发光层
190b 发光层
200 衬底
220 衬底
221B 区域
221G 区域
221R 区域
222B 区域
222G 区域
222R 区域
223 遮光层
224B 光学元件
224G 光学元件
224R 光学元件
250 发光元件
252 发光元件
260a 发光元件
260b 发光元件
262a 发光元件
262b 发光元件
300 有机半导体元件
301 源电极
301_1 布线
301_5 布线
301_6 布线
301_7 布线
302 漏电极
302_1 布线
302_2 布线
303 栅电极
303_1 晶体管
303_6 晶体管
303_7 晶体管

304 电容器

304_1 电容器

304_2 电容器

305 发光元件

306_1 布线

306_3 布线

307_1 布线

307_3 布线

308_1 晶体管

308_6 晶体管

309_1 晶体管

309_2 晶体管

311_1 布线

311_3 布线

312_1 布线

312_2 布线

330 活性层

600 显示装置

601 信号线驱动电路部

602 像素部

603 扫描线驱动电路部

604 密封衬底

605 密封剂

607 区域

607a 密封层

607b 密封层

607c 密封层

608 布线

609 FPC

610 元件衬底

611 晶体管

612 晶体管

613 下部电极

614 分隔壁

616 EL层

617 上部电极

618 发光元件

621 光学元件

622 遮光层

623 晶体管
624 晶体管
801 像素电路
802 像素部
804 驱动电路部
804a 扫描线驱动电路
804b 信号线驱动电路
806 保护电路
807 端子部
852 晶体管
854 晶体管
862 电容器
872 发光元件
1001 衬底
1002 基底绝缘膜
1003 栅极绝缘膜
1006 栅电极
1007 栅电极
1008 栅电极
1020 层间绝缘膜
1021 层间绝缘膜
1022 电极
1024B 下部电极
1024G 下部电极
1024R 下部电极
1024Y 下部电极
1025 分隔壁
1026 上部电极
1028 EL层
1028B 发光层
1028G 发光层
1028R 发光层
1028Y 发光层
1029 密封层
1031 密封衬底
1032 密封剂
1033 基材
1034B 着色层
1034G 着色层

1034R 着色层
1034Y 着色层
1035 遮光层
1036 保护层
1037 层间绝缘膜
1040 像素部
1041 驱动电路部
1042 周边部
2000 触摸面板
2001 触摸面板
2501 显示装置
2502R 像素
2502t 晶体管
2503c 电容器
2503g 扫描线驱动电路
2503s 信号线驱动电路
2503t 晶体管
2509 FPC
2510 衬底
2510a 绝缘层
2510b 柔性衬底
2510c 粘合层
2511 布线
2519 端子
2521 绝缘层
2528 分隔壁
2550R 发光元件
2560 密封层
2567BM 遮光层
2567p 防反射层
2567R 着色层
2570 衬底
2570a 绝缘层
2570b 柔性衬底
2570c 粘合层
2580R 发光模块
2590 衬底
2591 电极
2592 电极

2593 绝缘层
2594 布线
2595 触摸传感器
2597 粘合层
2598 布线
2599 连接层
2601 脉冲电压输出电路
2602 电流检测电路
2603 电容器
2611 晶体管
2612 晶体管
2613 晶体管
2621 电极
2622 电极
3000 发光装置
3001 衬底
3003 衬底
3005 发光元件
3007 密封区域
3009 密封区域
3011 区域
3013 区域
3014 区域
3015 衬底
3016 衬底
3018 干燥剂
3500 多功能终端
3502 框体
3504 显示部
3506 照相机
3508 照明
3600 灯
3602 框体
3608 照明
3610 扬声器
7101 框体
7102 框体
7103 显示部
7104 显示部

7105 麦克风
7106 扬声器
7107 操作键
7108 触屏笔
7121 框体
7122 显示部
7123 键盘
7124 指向装置
7200 头戴显示器
7201 安装部
7202 透镜
7203 主体
7204 显示部
7205 电缆
7206 电池
7300 照相机
7301 框体
7302 显示部
7303 操作按钮
7304 快门按钮
7305 键合部
7306 镜头
7400 取景器
7401 框体
7402 显示部
7403 按钮
7701 框体
7702 框体
7703 显示部
7704 操作键
7705 镜头
7706 连接部
8000 显示模块
8001 上盖
8002 下盖
8003 FPC
8004 触摸传感器
8005 FPC
8006 显示装置

8009 框架
8010 印刷电路板
8011 电池
8501 照明装置
8502 照明装置
8503 照明装置
8504 照明装置
9000 框体
9001 显示部
9003 扬声器
9005 操作键
9006 连接端子
9007 传感器
9008 麦克风
9050 操作按钮
9051 信息
9052 信息
9053 信息
9054 信息
9055 铰链
9100 便携式信息终端
9101 便携式信息终端
9102 便携式信息终端
9200 便携式信息终端
9201 便携式信息终端
9300 电视装置
9301 支架
9311 遥控操作机
9500 显示装置
9501 显示面板
9502 显示区域
9503 区域
9511 轴部
9512 轴承部
9700 汽车
9701 车体
9702 车轮
9703 仪表盘
9704 灯

9710 显示部

9711 显示部

9712 显示部

9713 显示部

9714 显示部

9715 显示部

9721 显示部

9722 显示部

9723 显示部

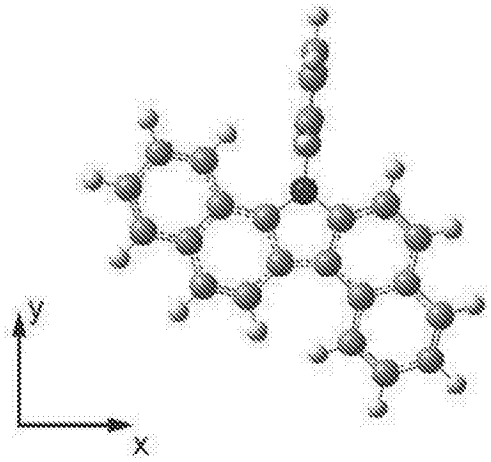



图1A

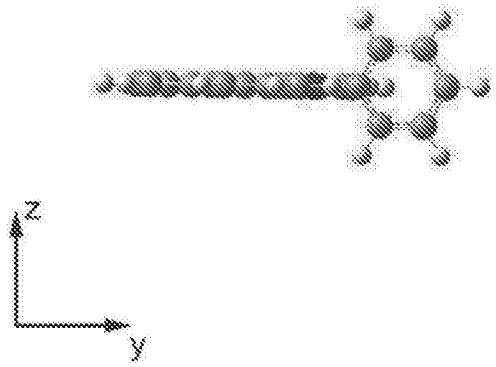



图1B

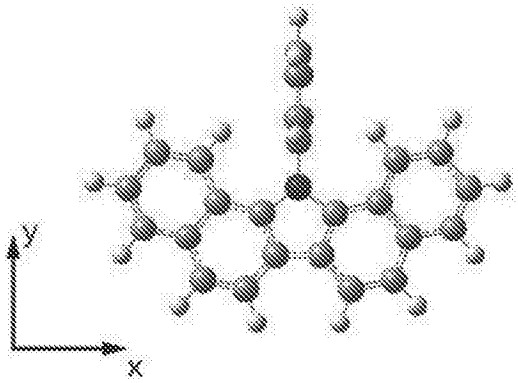



图1C

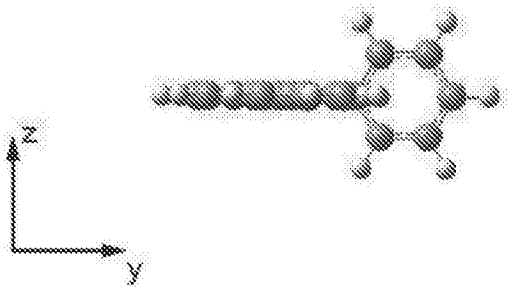



图1D

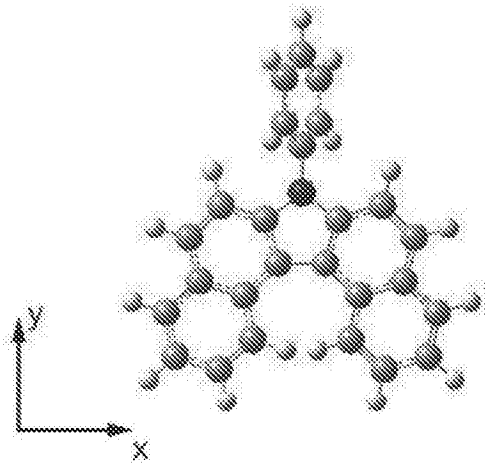



图1E

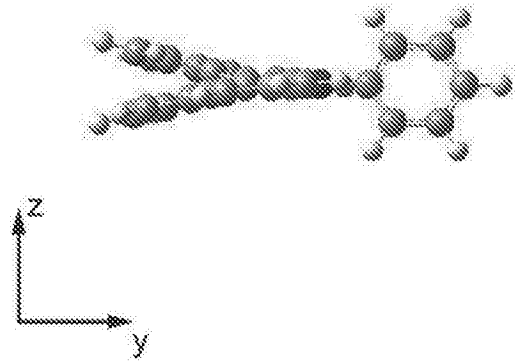



图1F

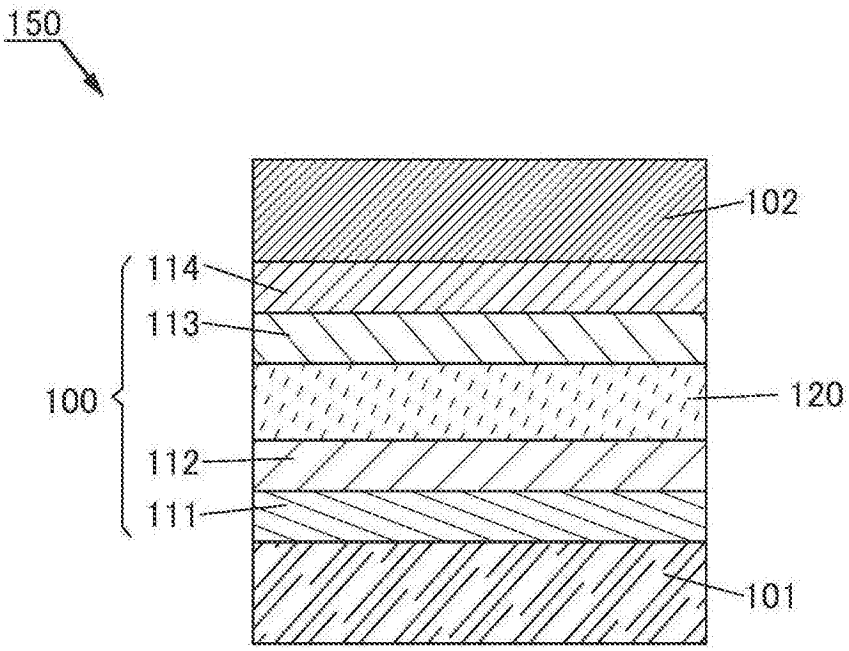

150
102
114
113
100
120
112
111
101

图2A

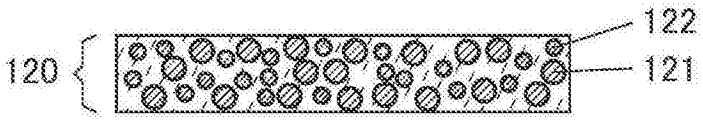

120
122
121

图2B

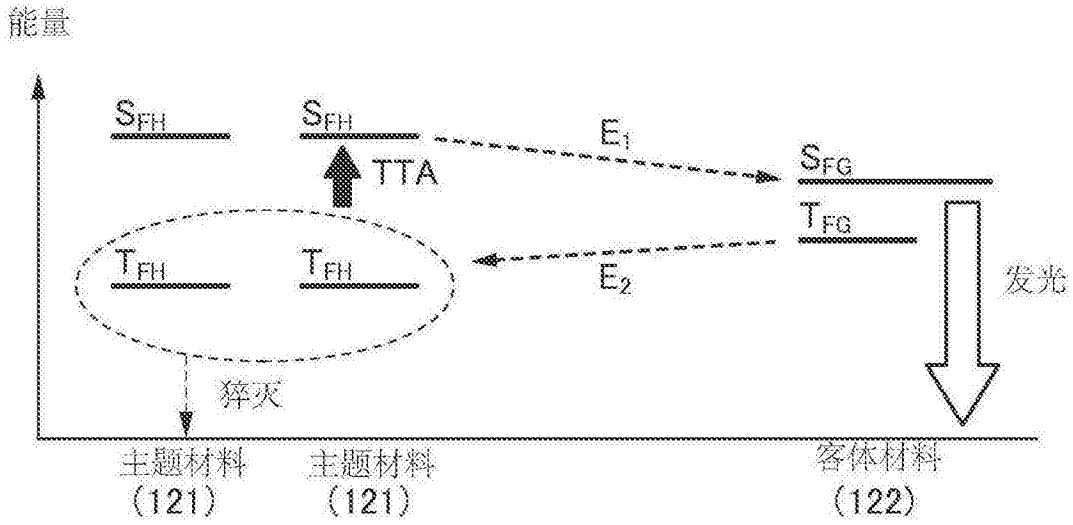

能量
$S_{FH}$
$S_{FH}$
TTA
$E_1$
$S_{FG}$
$T_{FG}$
$T_{FH}$
$T_{FH}$
$E_2$
发光
猝灭
主题材料
(121)
主题材料
(121)
客体材料
(122)

图2C

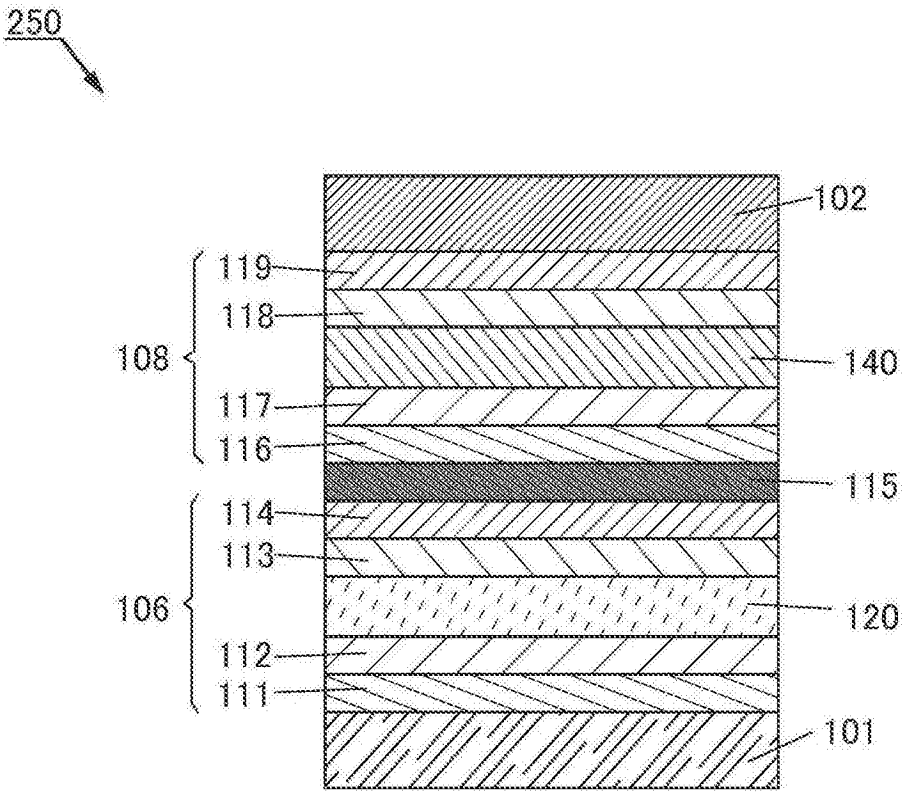

250
102
119
118
108
140
117
116
115
114
113
106
120
112
111
101

图3A

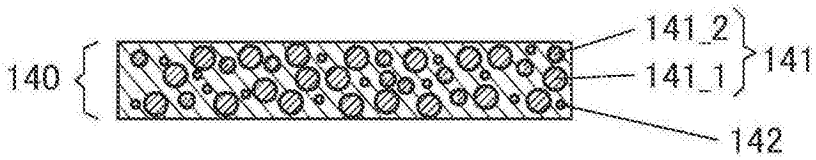

140
141_2
141_1
141
142

图3B

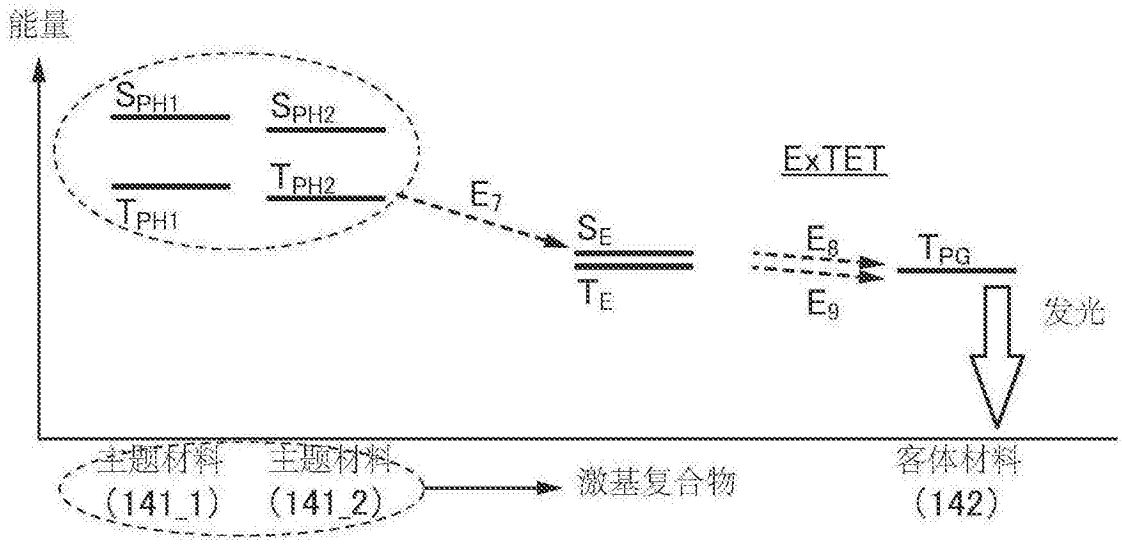

能量
$S_{PH1}$
$S_{PH2}$
$T_{PH2}$
$T_{PH1}$
$E_T$
$S_E$
$T_E$
ExTET
$E_g$
$E_g$
$T_{PG}$
发光
主题材料 (141_1)
主题材料 (141_2)
激基复合物
客体材料 (142)

图3C

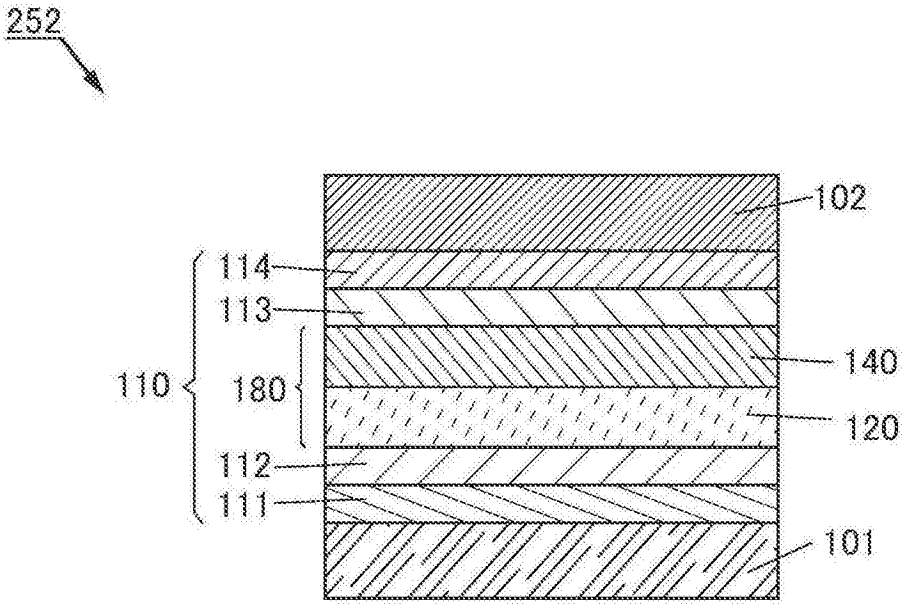

252
102
114
113
110
180
140
120
112
111
101

图4A

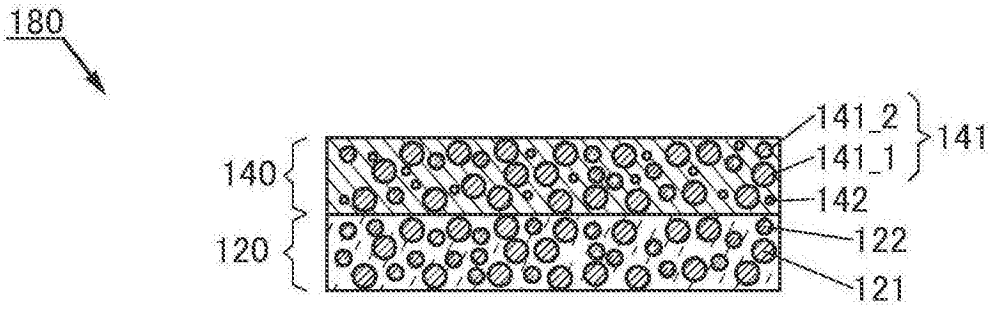

180
141_2
141_1
141
140
142
120
122
121

图4B

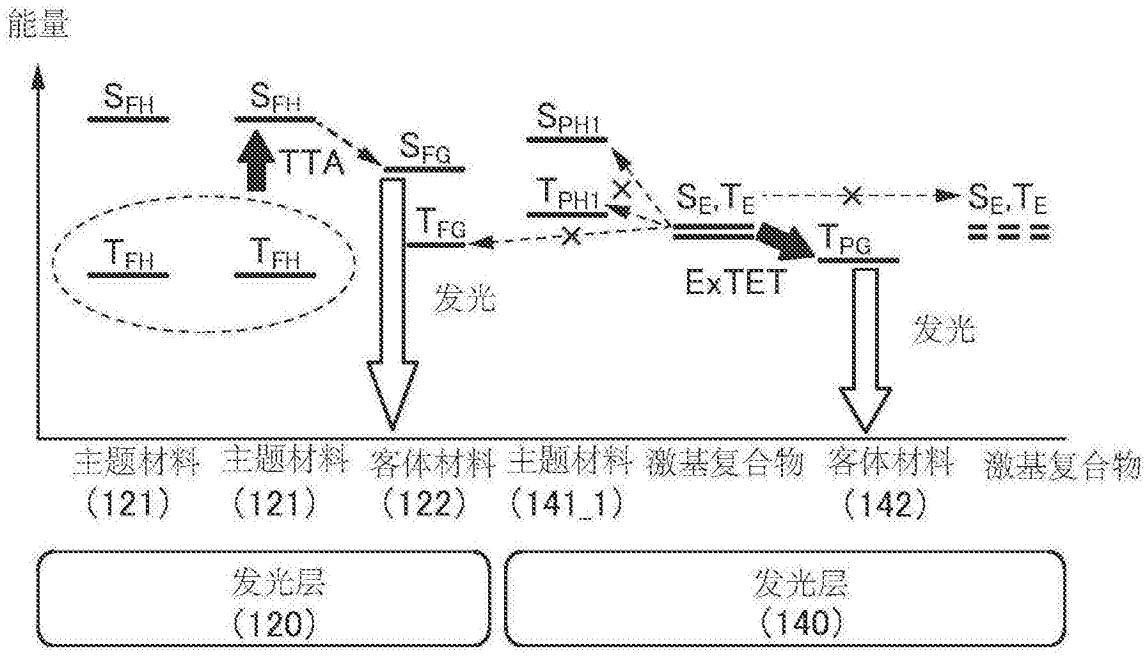

能量
SFH
SFH
TTA
SFG
SPH1
TPH1
SE,TE
SE,TE
TFG
TPG
TFH
TFH
发光
ExTET
发光
主题材料
(121)
主题材料
(121)
客体材料
(122)
主题材料
(141_1)
激基复合物
客体材料
(142)
激基复合物
发光层
(120)
发光层
(140)

图4C

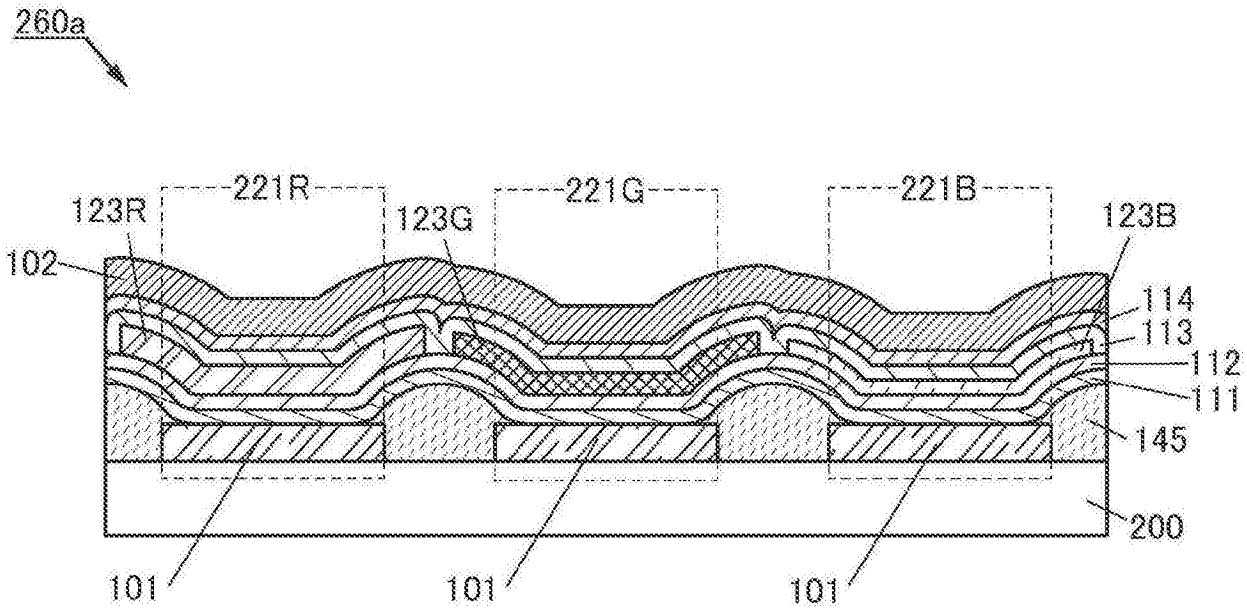

260a
221R
221G
221B
123R
123G
123B
102
114
113
112
111
145
200
101
101
101

图5A

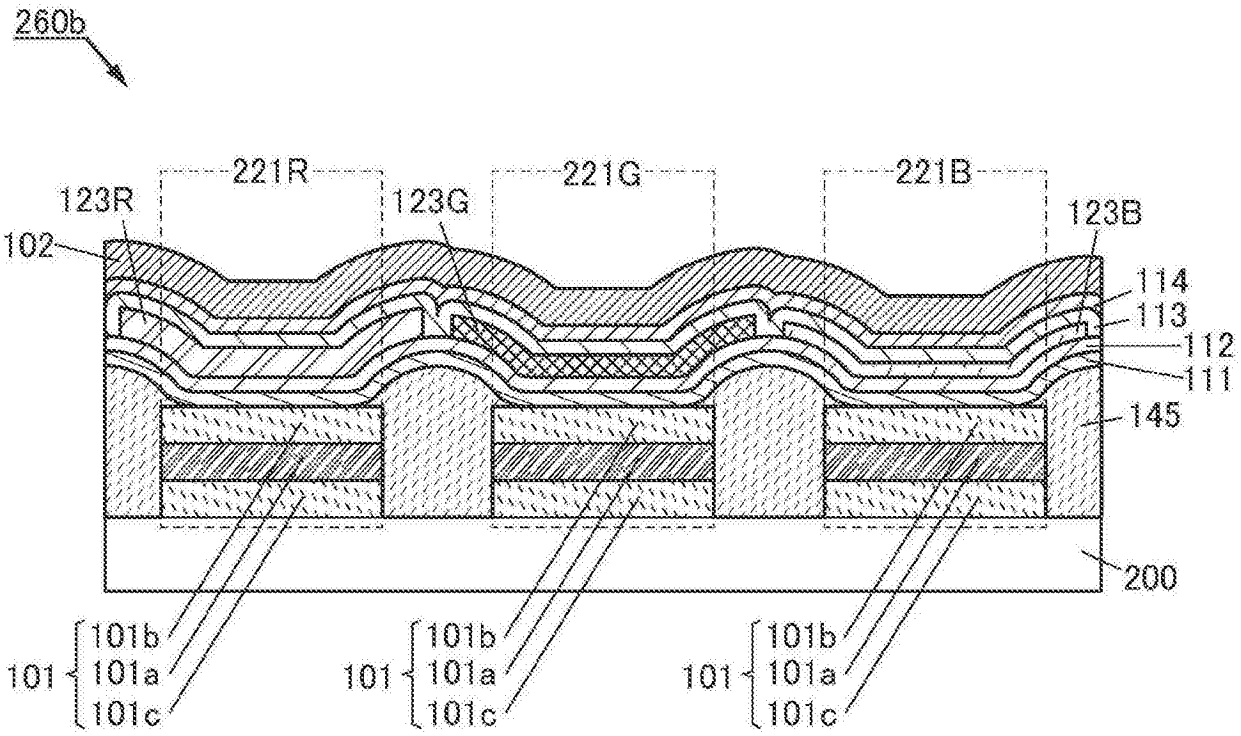

260b
221R
221G
221B
123R
123G
123B
102
114
113
112
111
145
200
101
101b
101a
101c

图5B

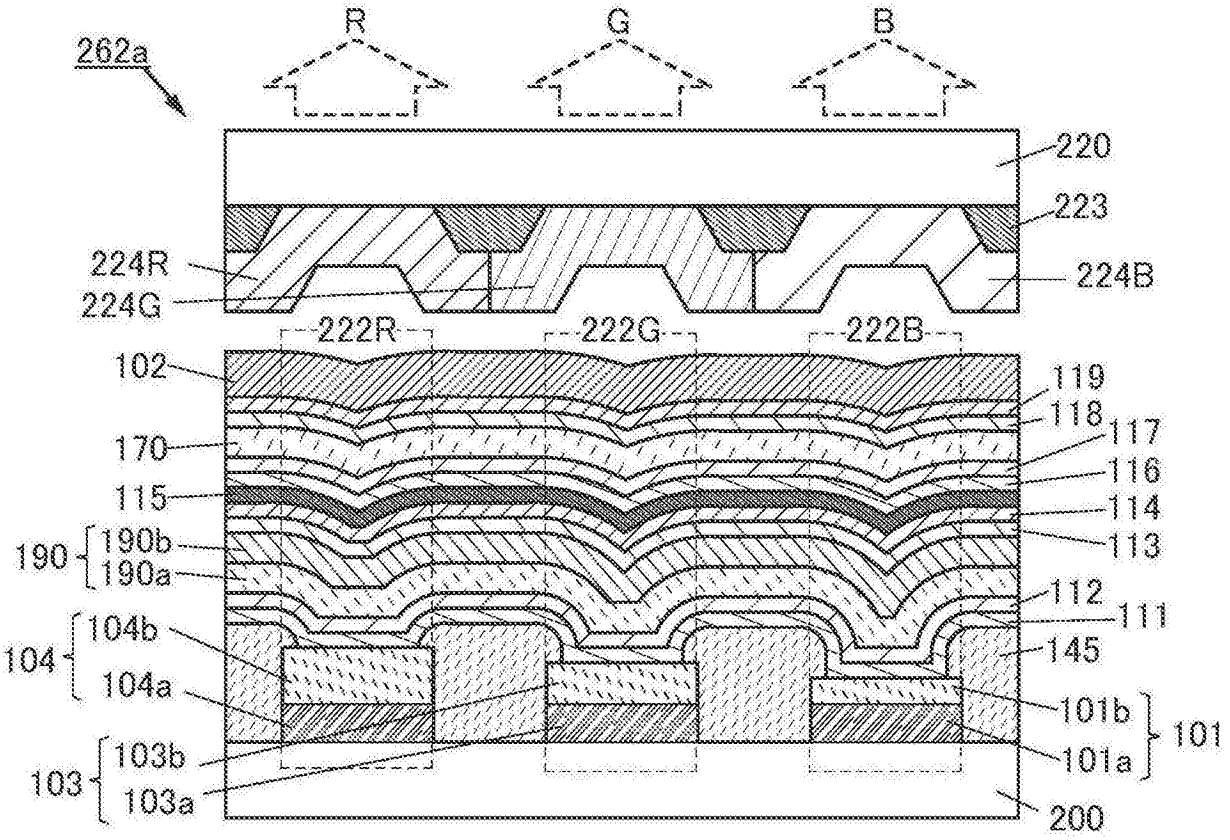

262a
R
G
B
220
223
224R
224G
224B
222R
222G
222B
102
119
118
117
116
114
113
112
111
145
170
115
190
190b
190a
104
104b
104a
103
103b
103a
101b
101a
101
200

图6A

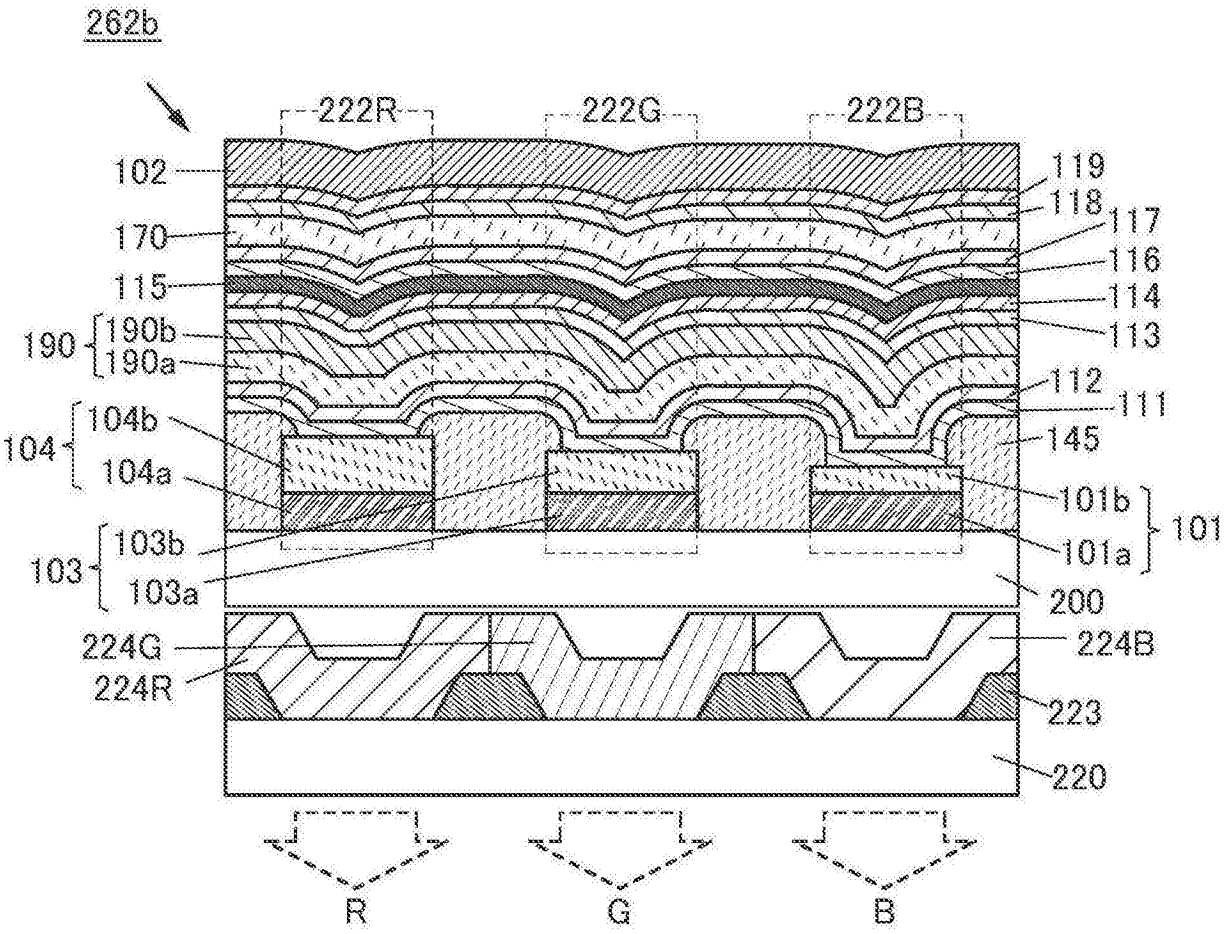

262b
222R
222G
222B
102
170
115
190
190b
190a
104
104b
104a
103
103b
103a
119
118
117
116
114
113
112
111
145
101b
101a
101
200
224G
224R
224B
223
220
R
G
B

图6B

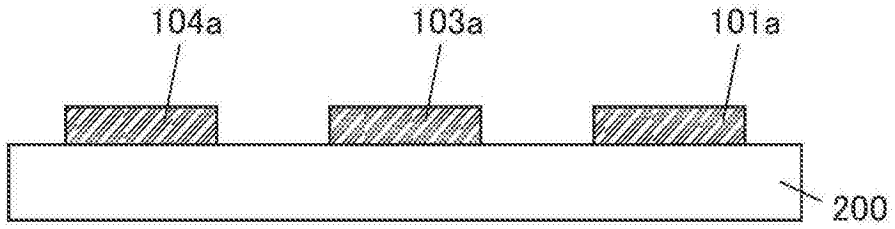

104a
103a
101a
200

图7A

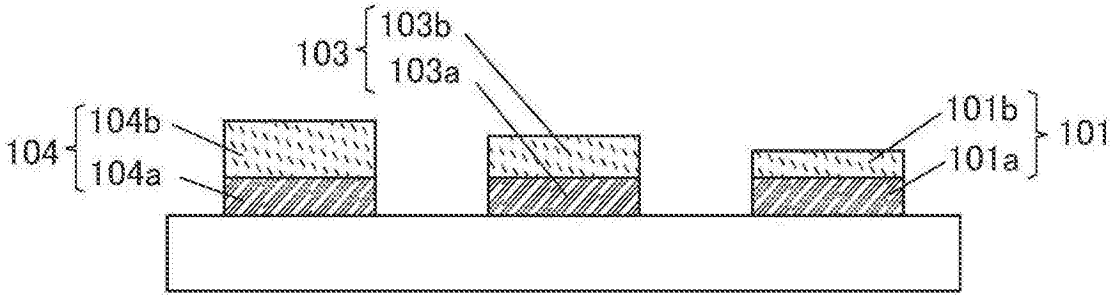

103
103b
103a
104
104b
104a
101b
101a
101

图7B

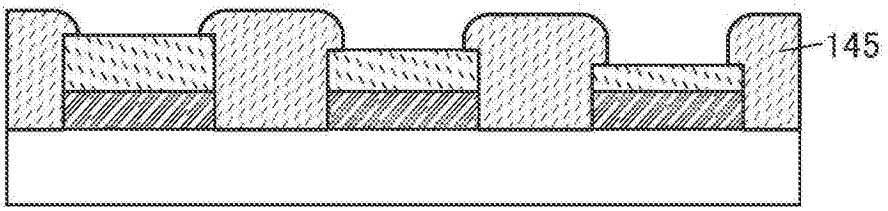

145

图7C

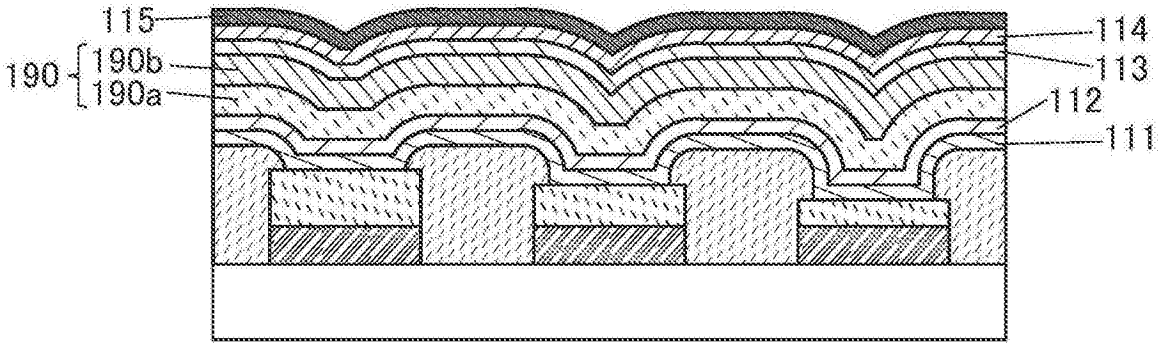

115
190
190b
190a
114
113
112
111

图8A

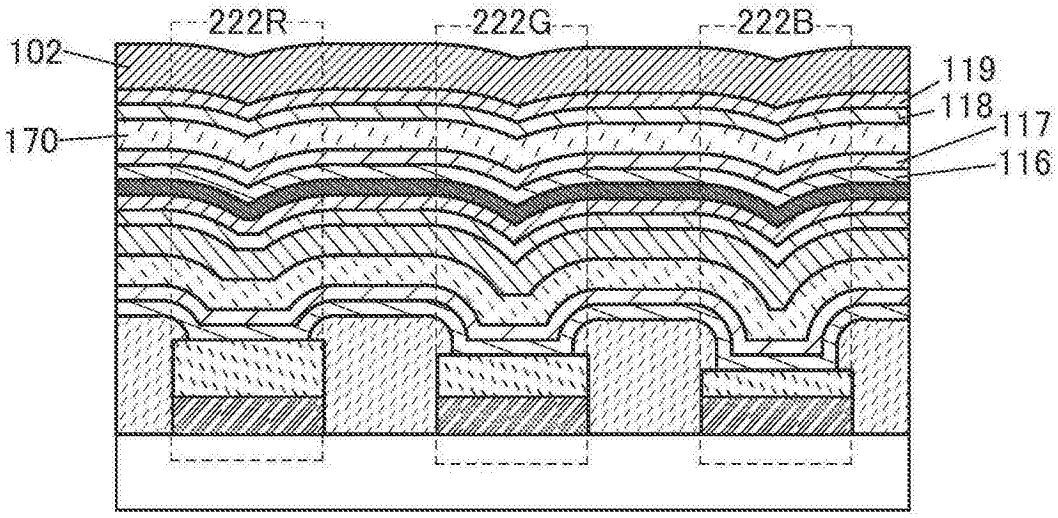

222R
222G
222B
102
170
119
118
117
116

图8B

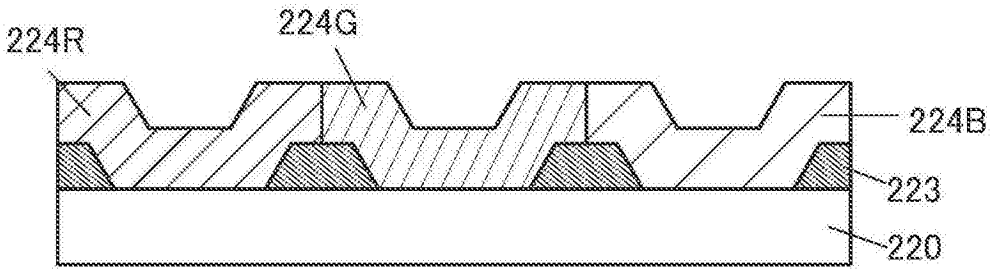



图8C

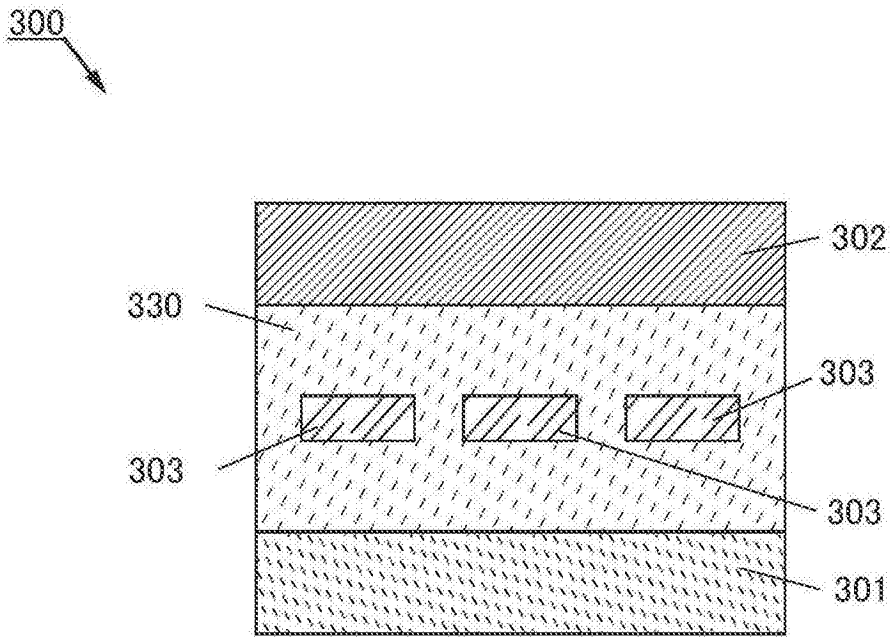



图9

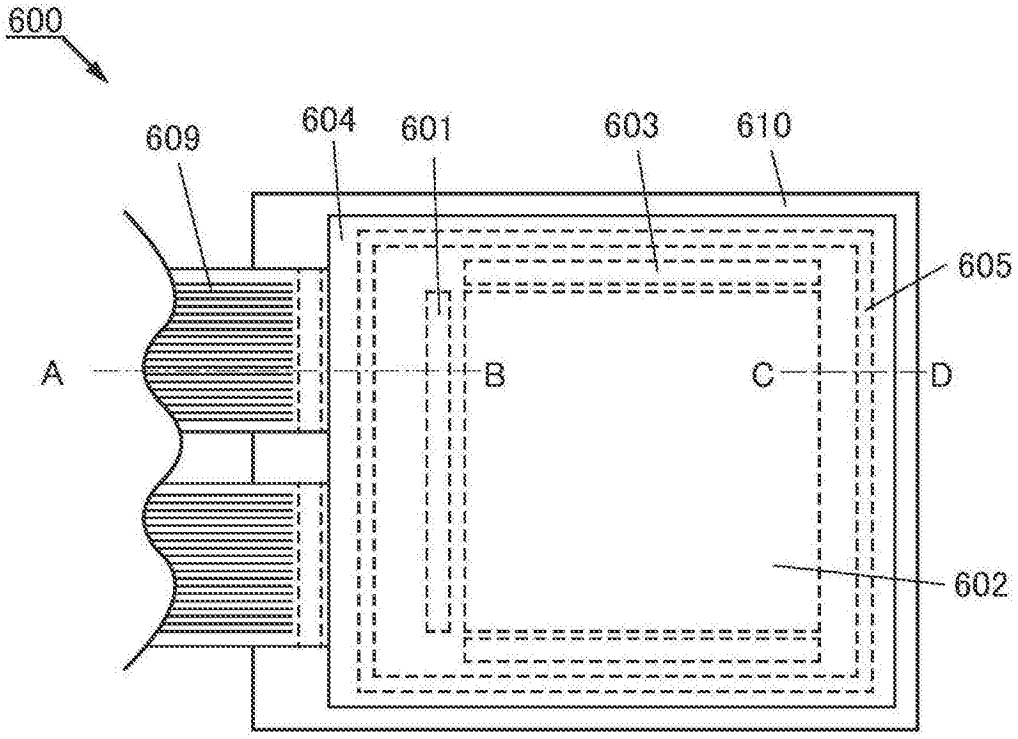

600
609
604
601
603
610
605
A
B
C
D
602

图10A

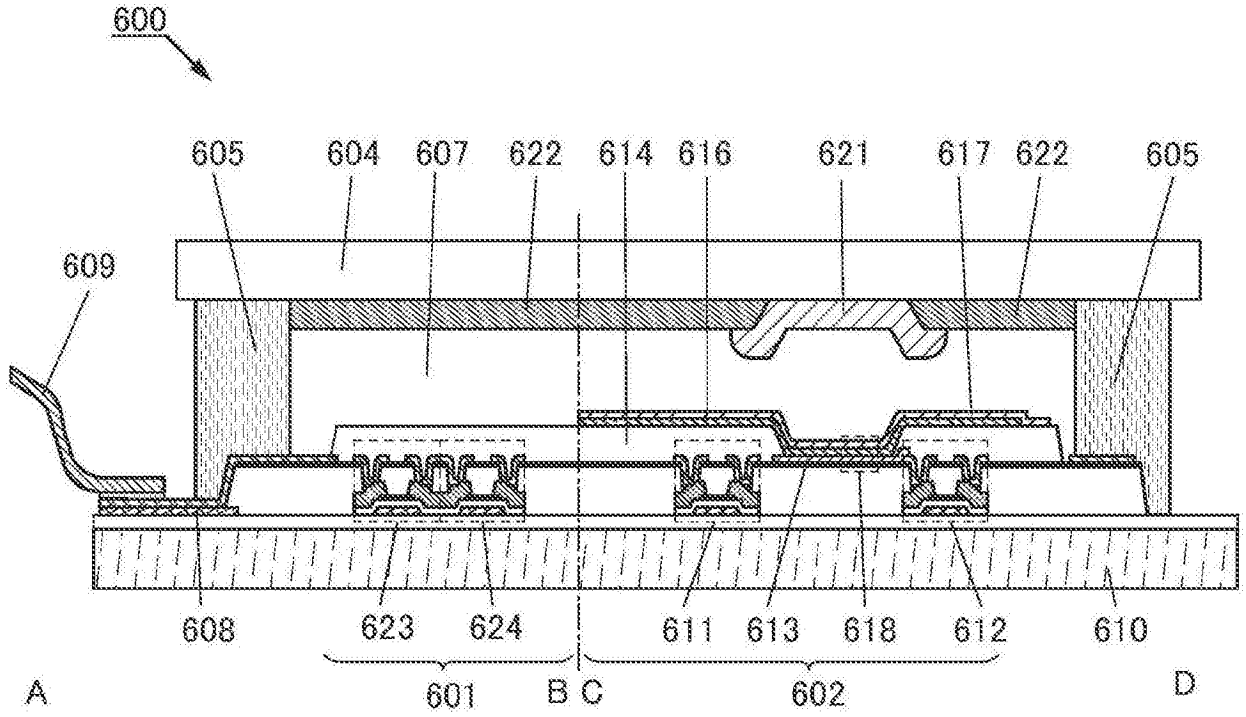

600
605
604
607
622
614
616
621
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

图10B

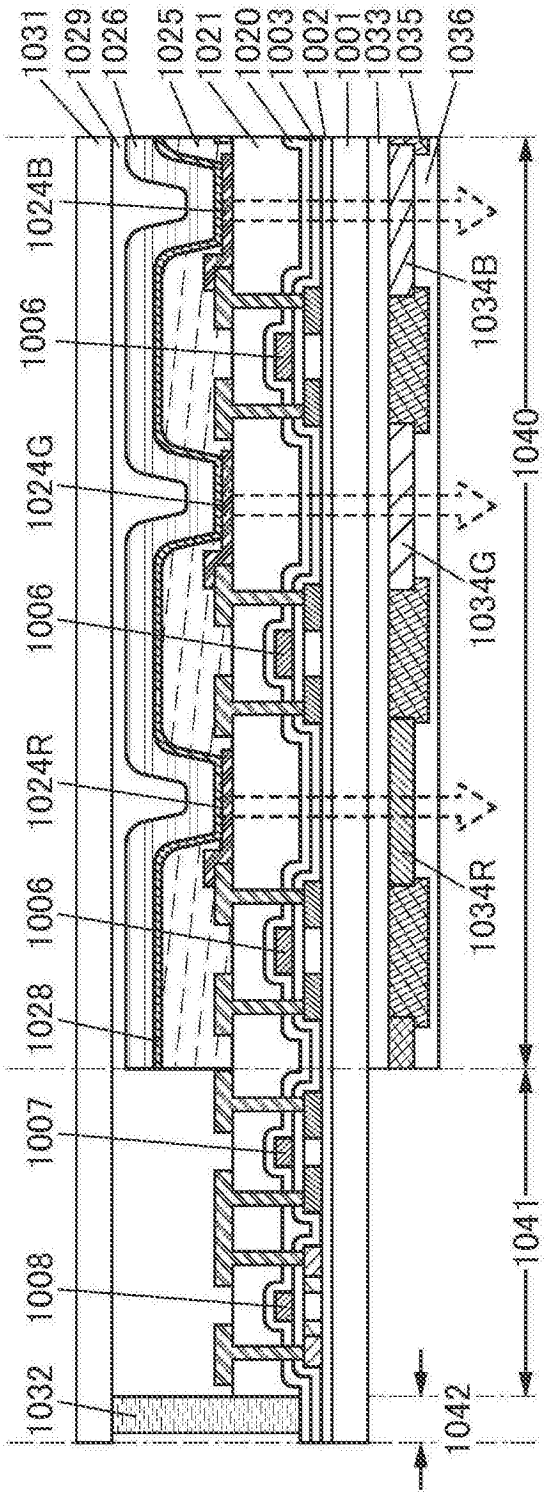

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

图11A

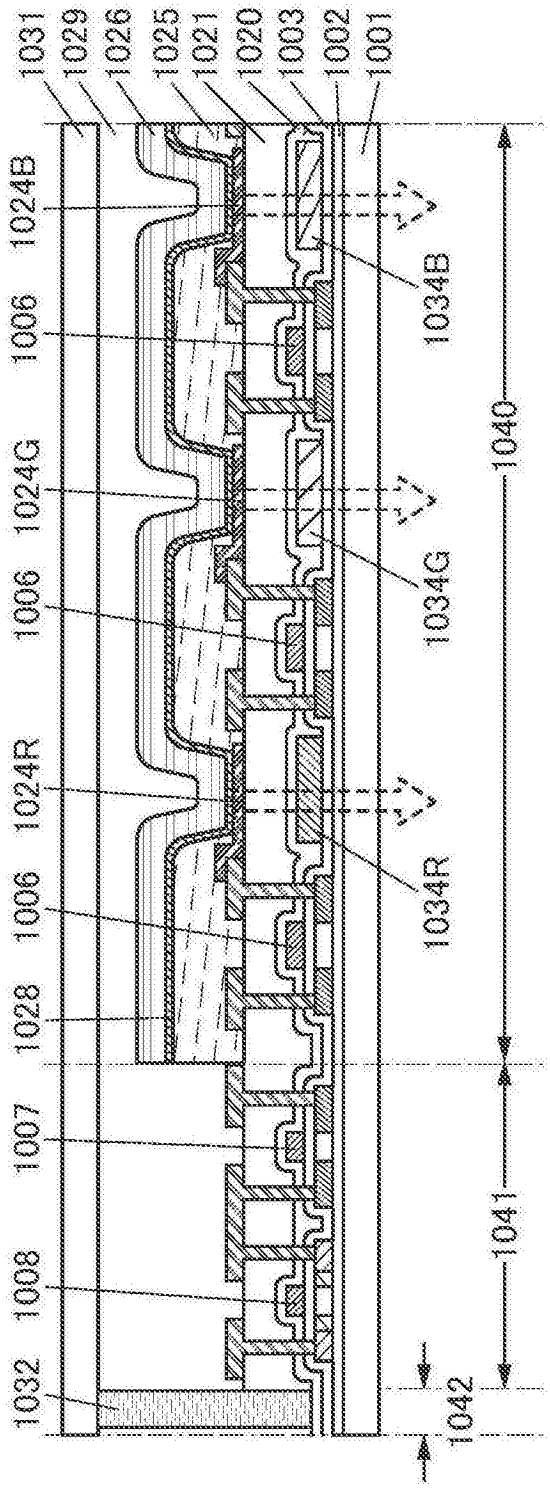

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

图11B

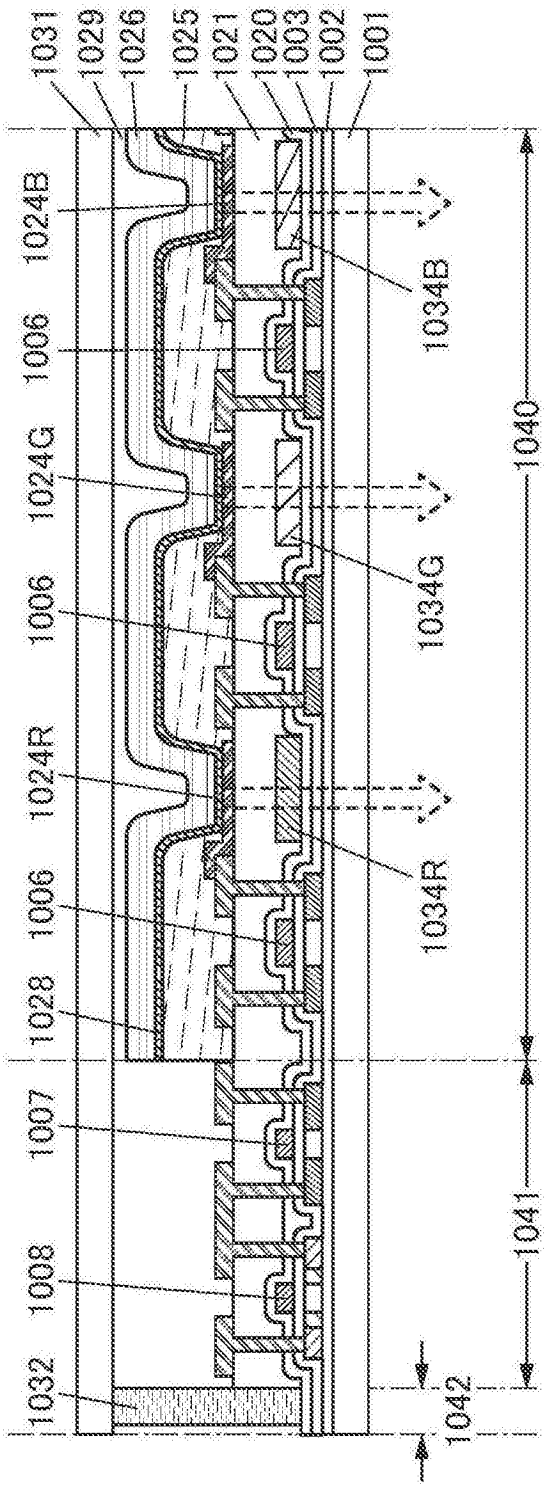

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

图12

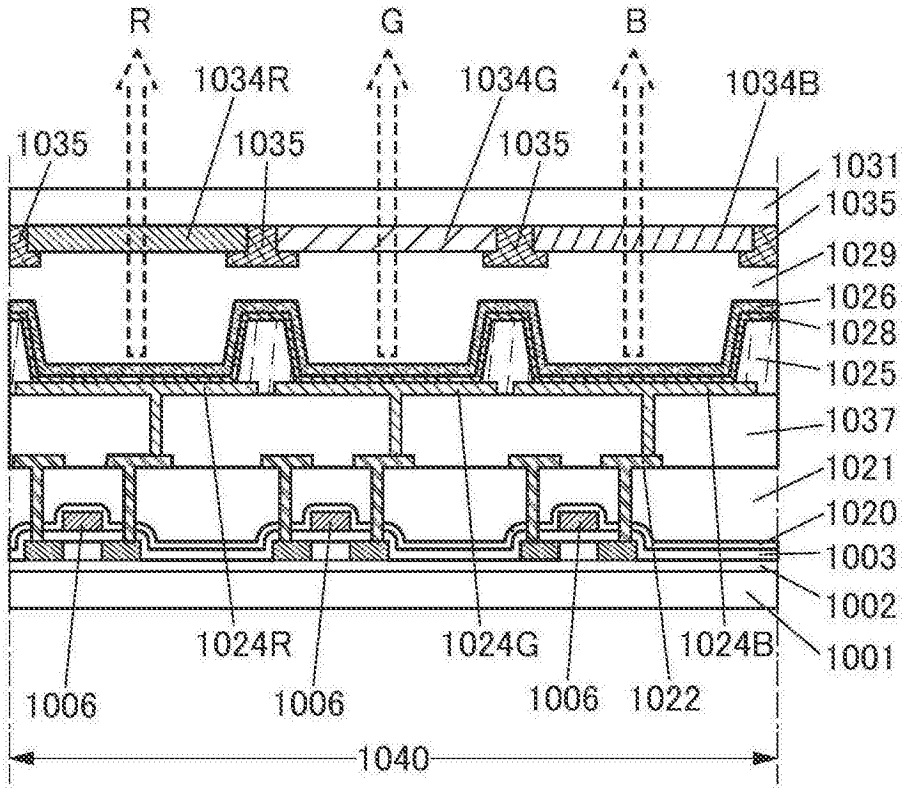

R
G
B
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

图13A

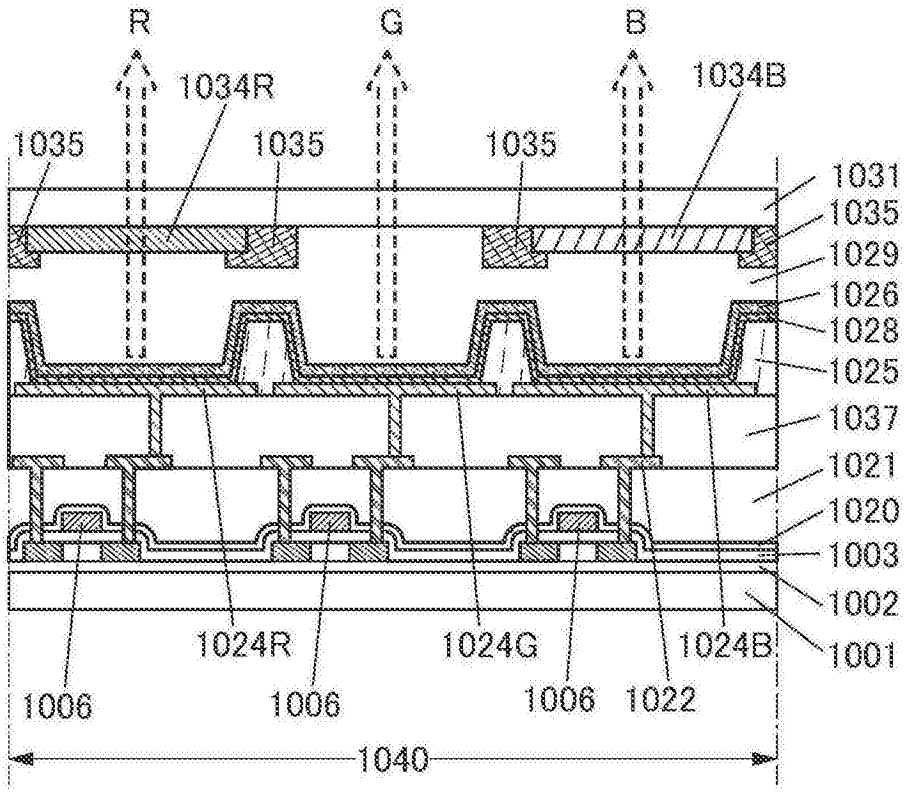

R
G
B
1034R
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

图13B

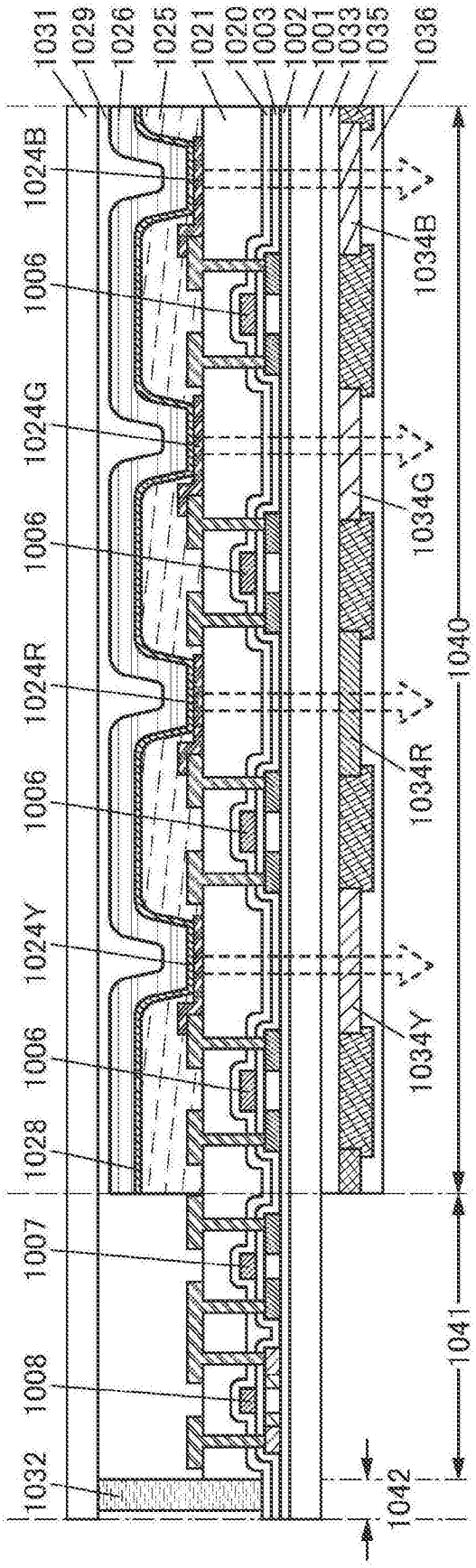

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1006
1034B
1024G
1034G
1024R
1034R
1024Y
1034Y
1028
1007
1008
1032
1040
1041
1042

图14A

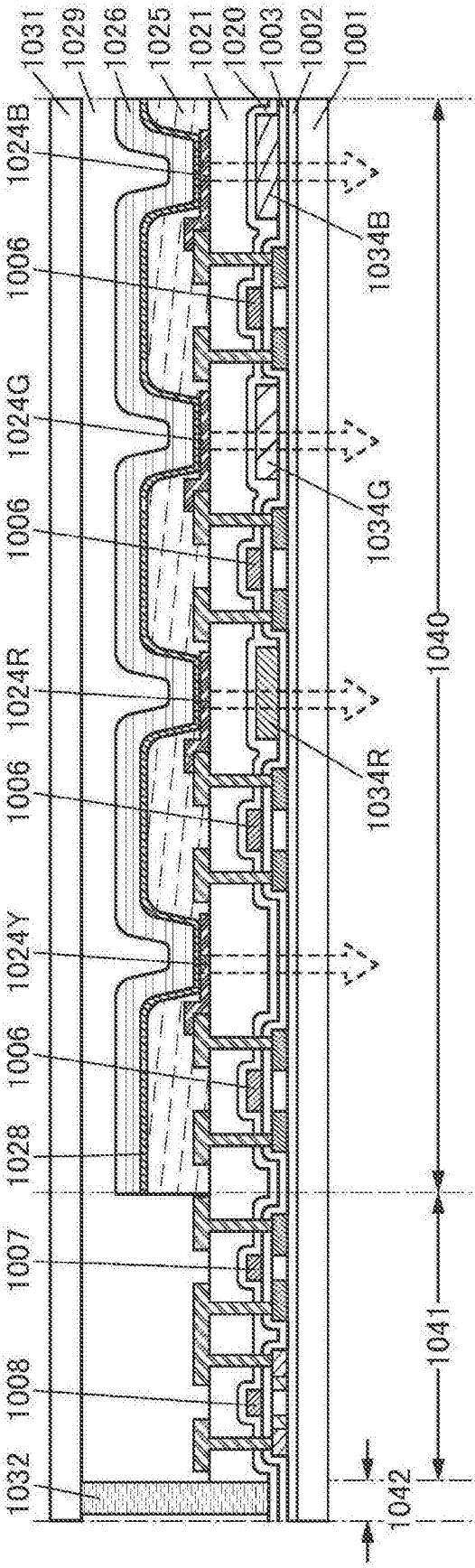

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1034B
1024G
1034G
1024R
1034R
1024Y
1028
1007
1008
1032
1040
1041
1042

图14B

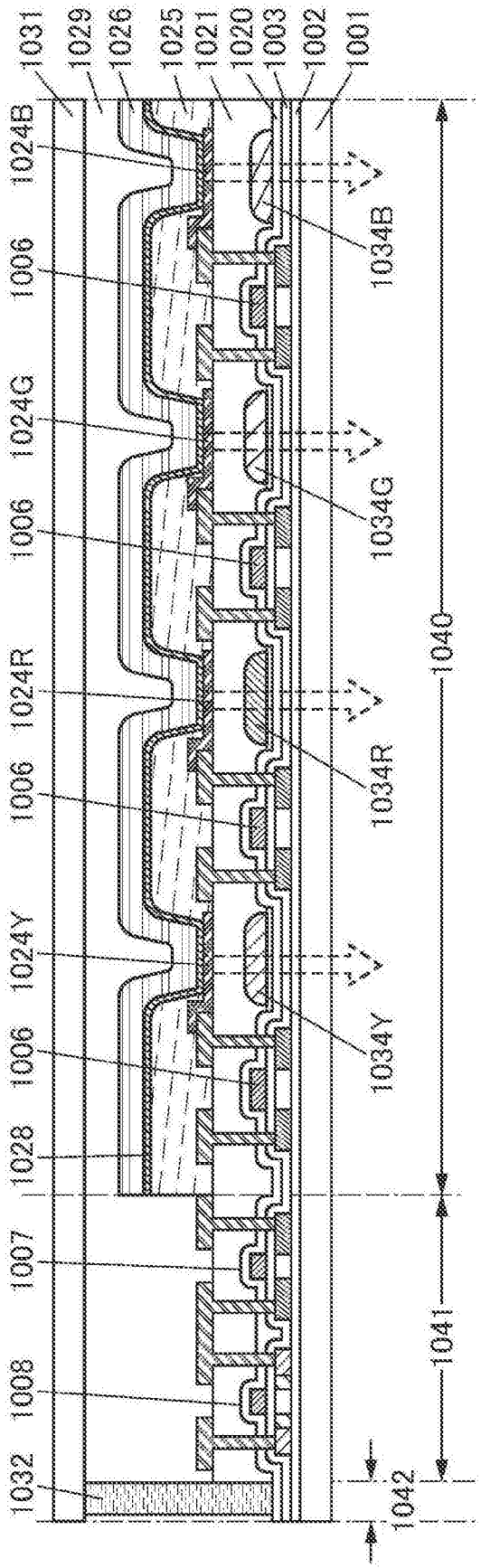

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

图15

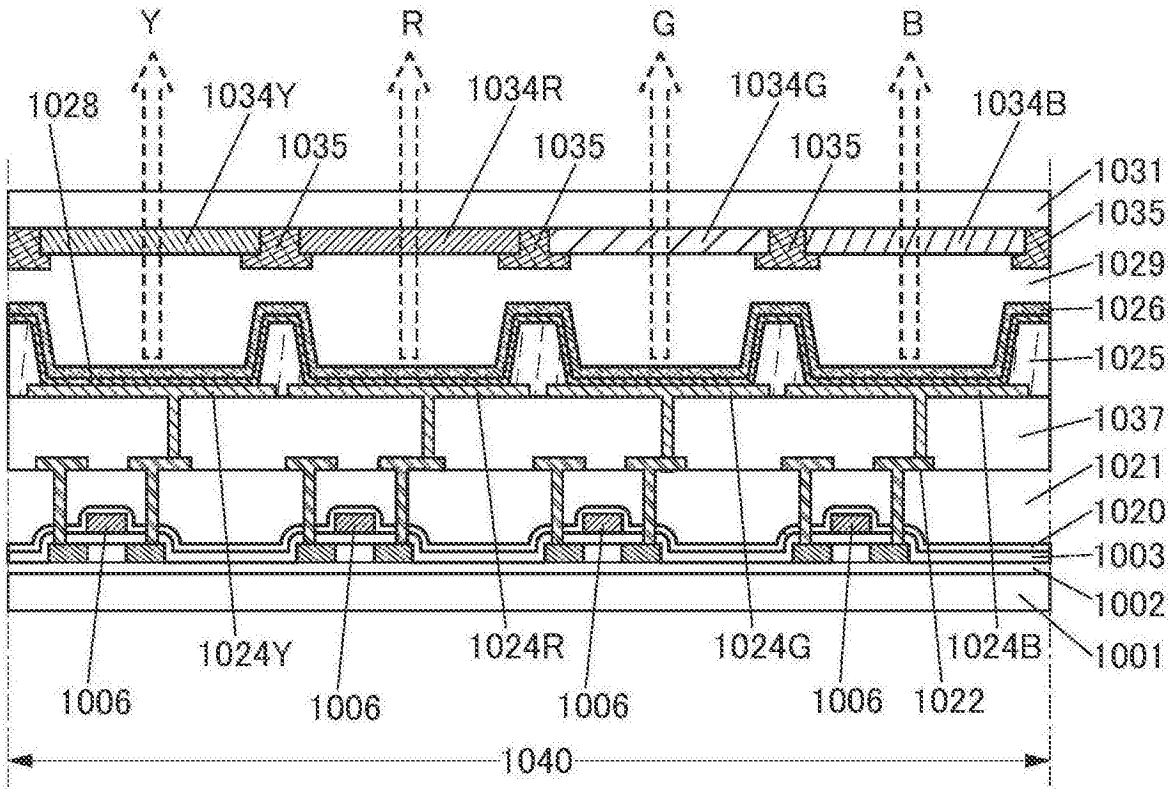

Y
R
G
B
1028
1034Y
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

图16A

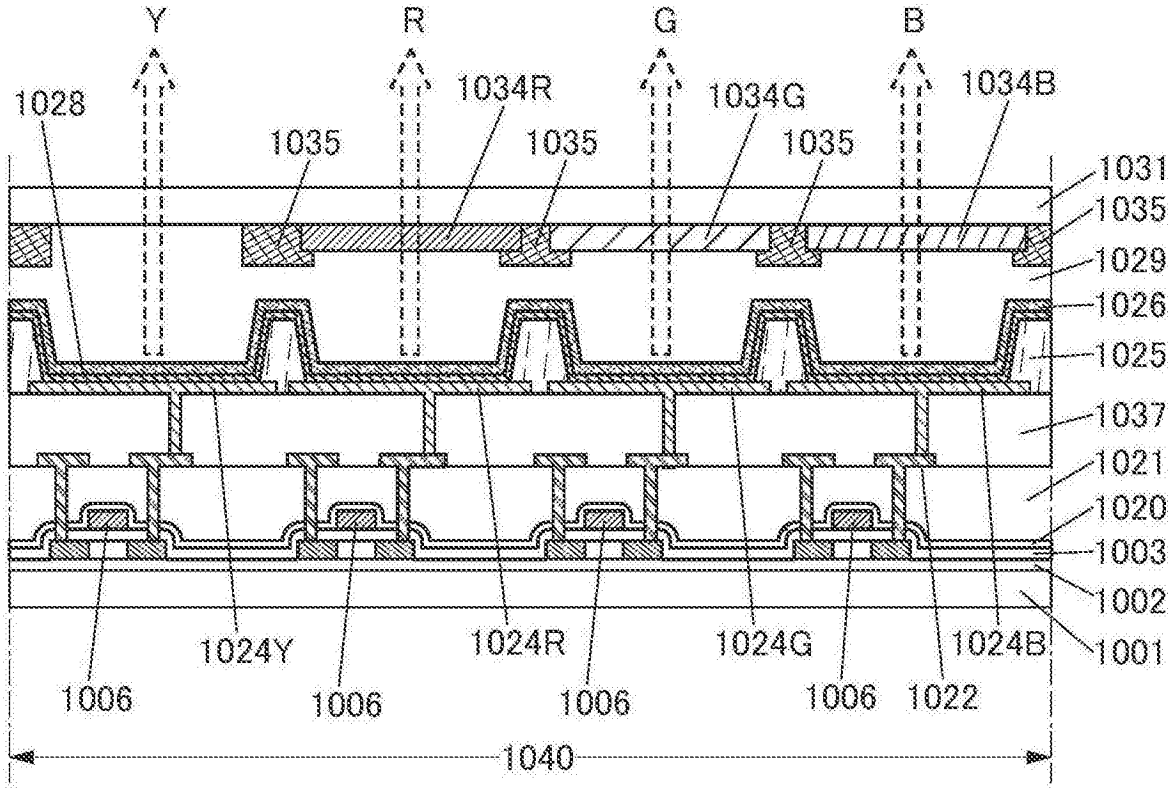

Y
R
G
B
1028
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

图16B

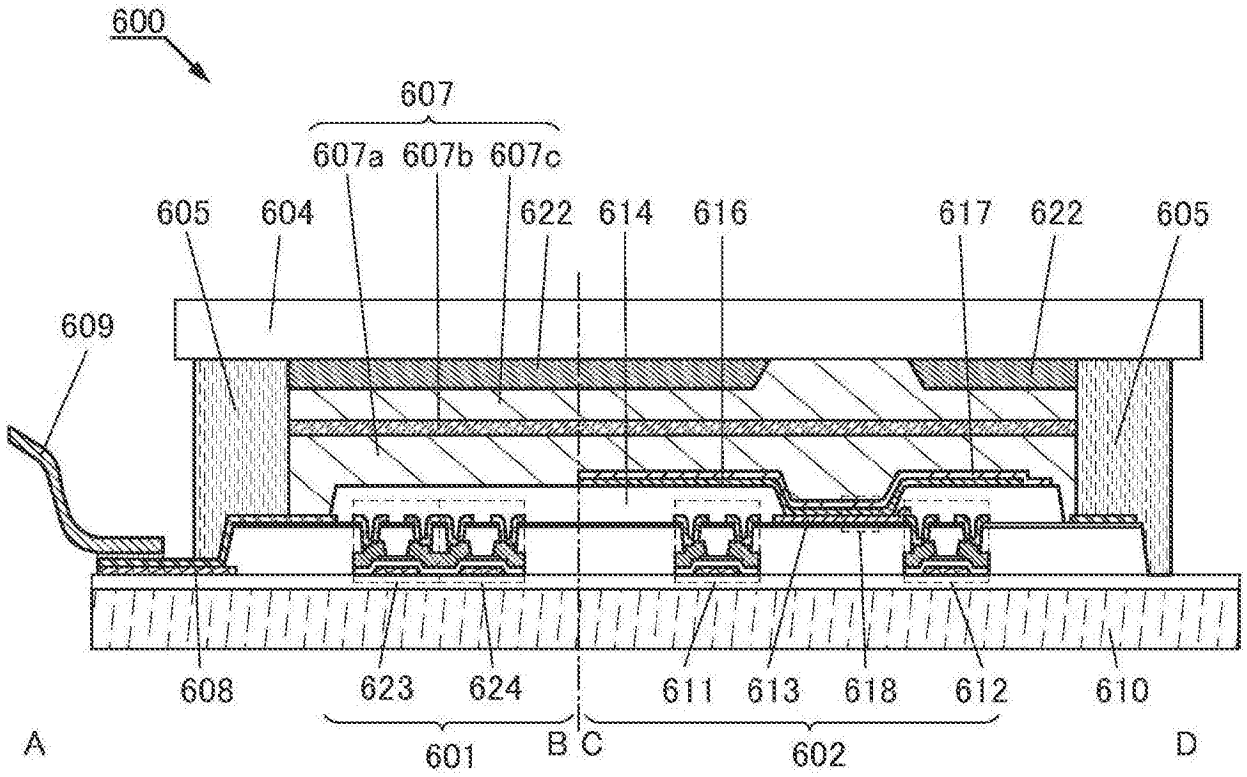

600
607
607a
607b
607c
605
604
622
614
616
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

图17

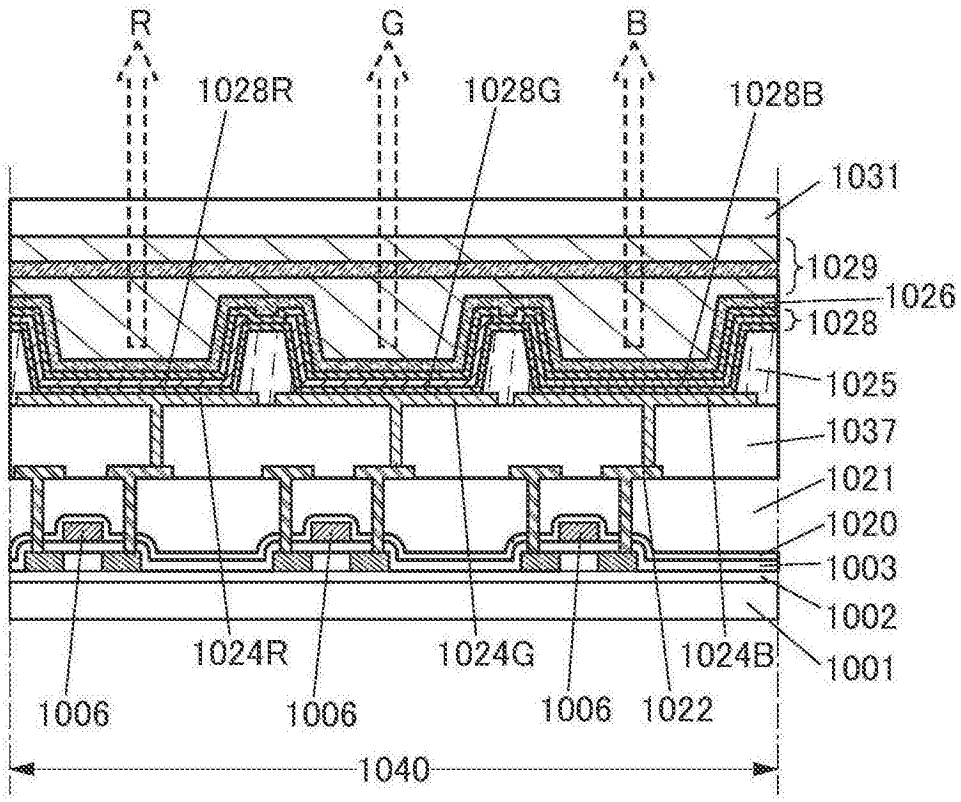

R
G
B
1028R
1028G
1028B
1031
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

图18A

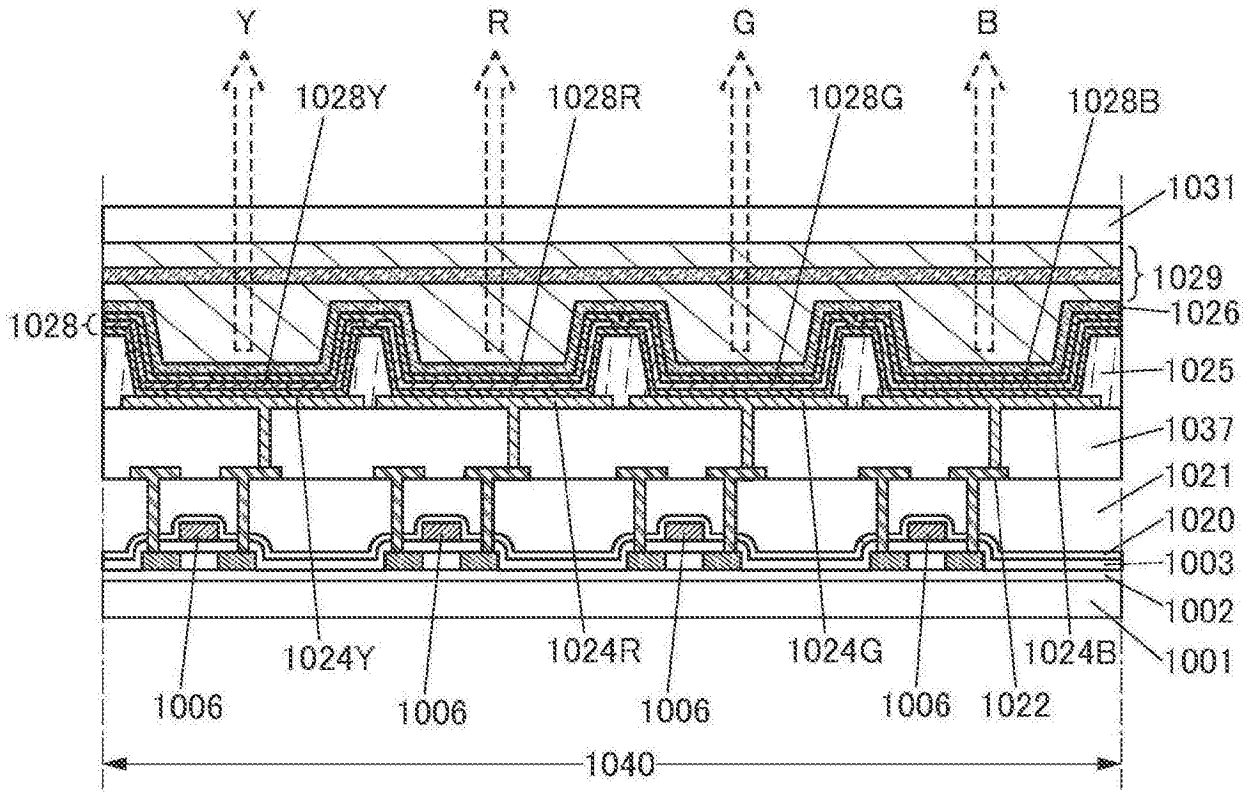

Y
R
G
B
1028Y
1028R
1028G
1028B
1031
1029
1028C
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

图18B

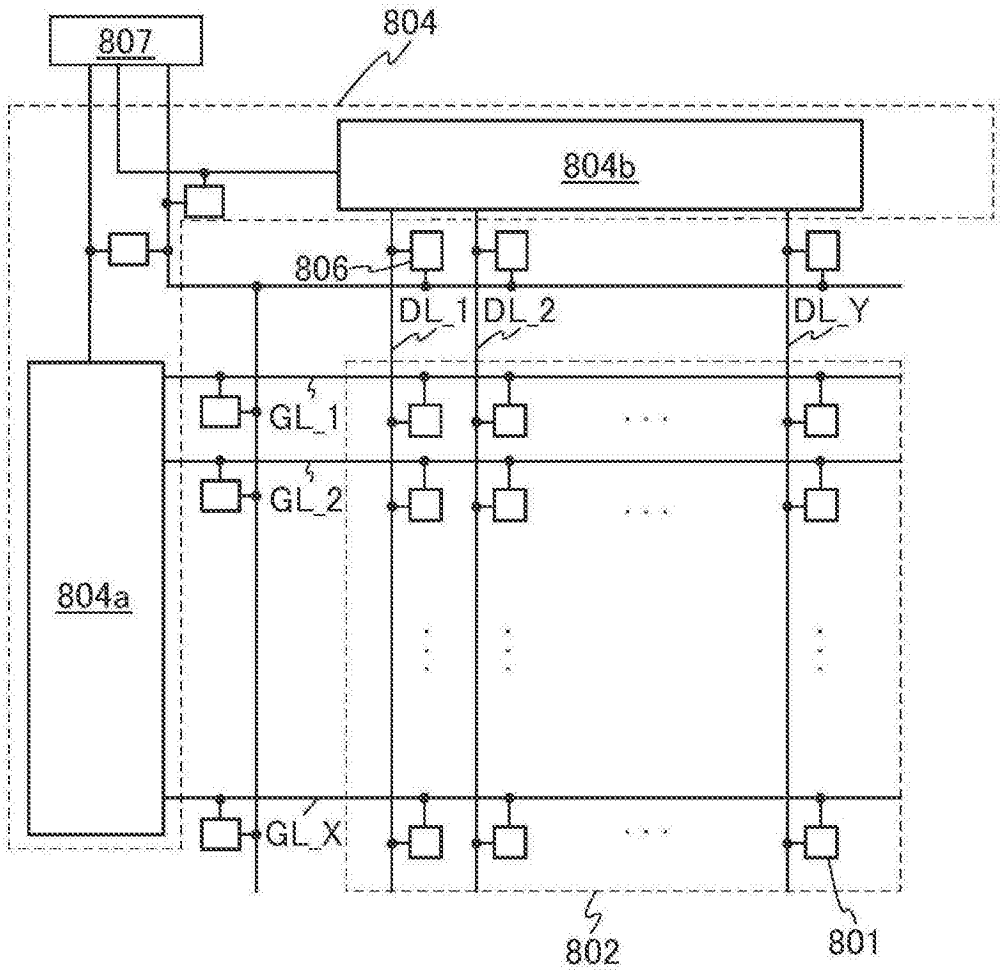

807
804
804b
806
DL_1
DL_2
DL_Y
GL_1
GL_2
GL_X
804a
802
801

图19A

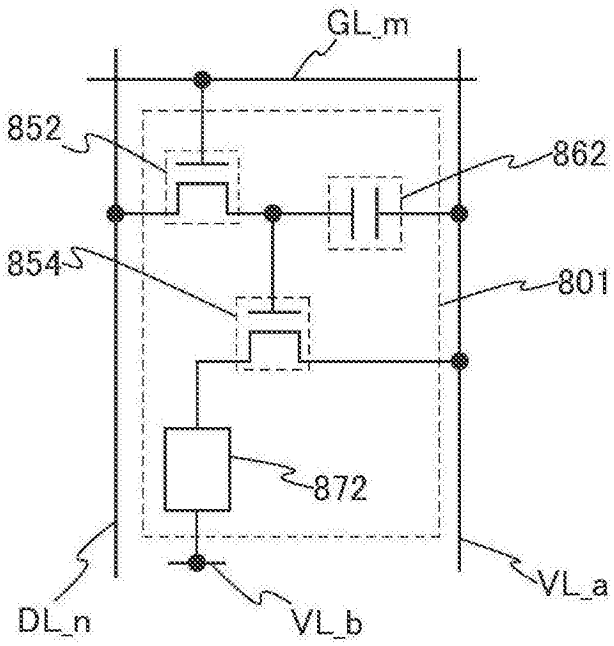

GL_m
852
862
854
801
872
DL_n
VL_b
VL_a

图19B

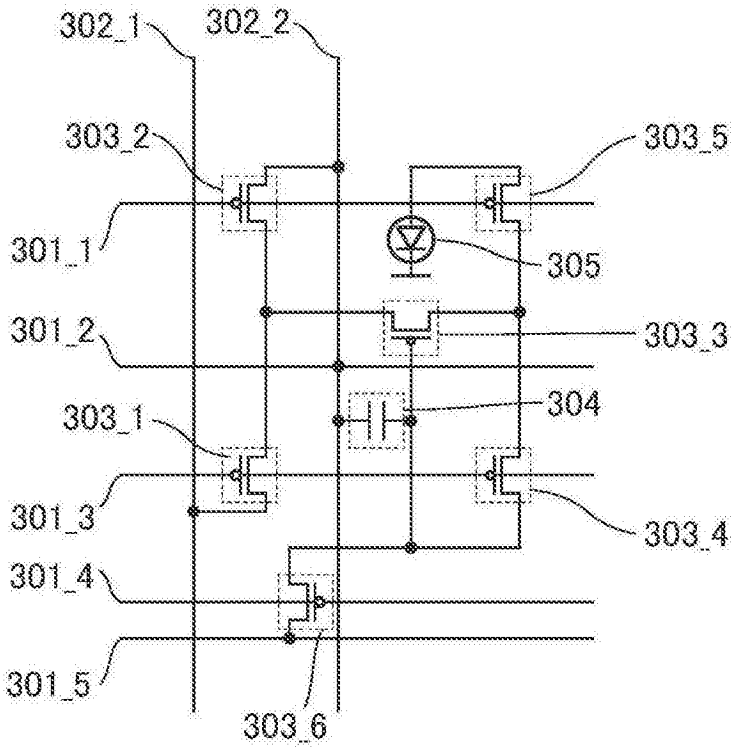

302_1
302_2
303_2
303_5
301_1
305
301_2
303_3
304
303_1
301_3
303_4
301_4
301_5
303_6

图20A

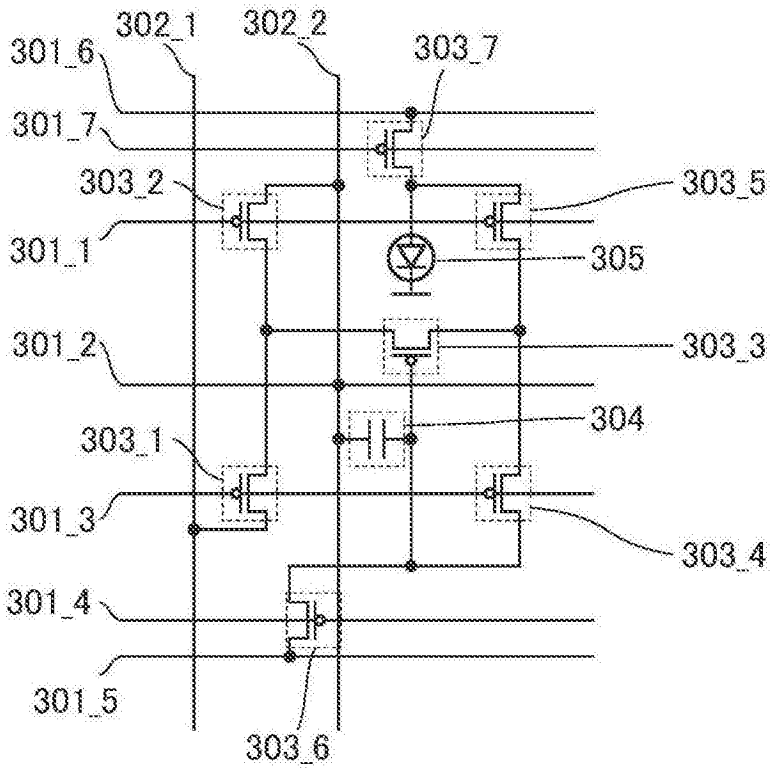

302_1
302_2
301_6
303_7
301_7
303_2
303_5
301_1
305
301_2
303_3
304
303_1
301_3
303_4
301_4
301_5
303_6

图20B

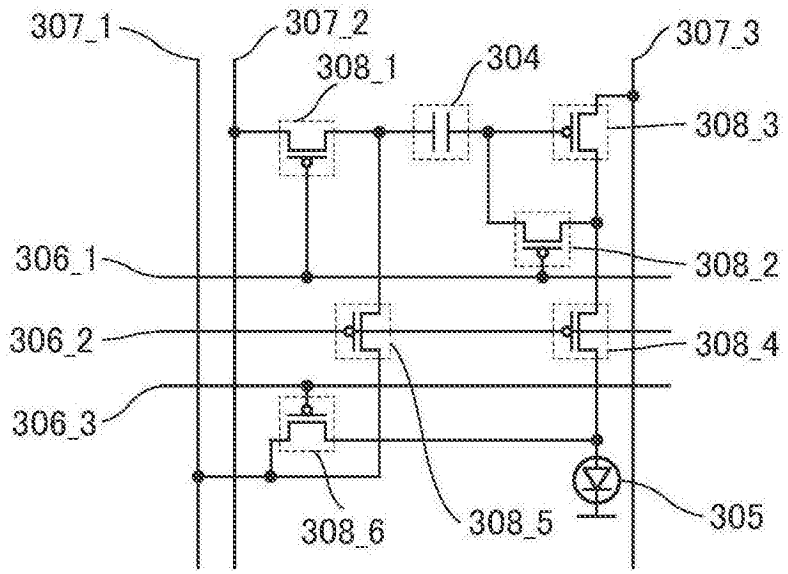

307_1
307_2
308_1
304
307_3
308_3
306_1
308_2
306_2
308_4
306_3
308_6
308_5
305

图21A

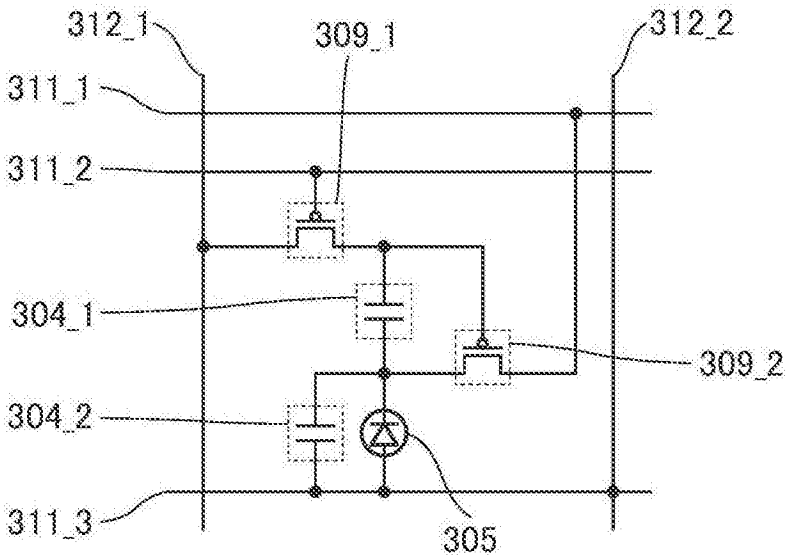

312_1
309_1
312_2
311_1
311_2
304_1
309_2
304_2
311_3
305

图21B

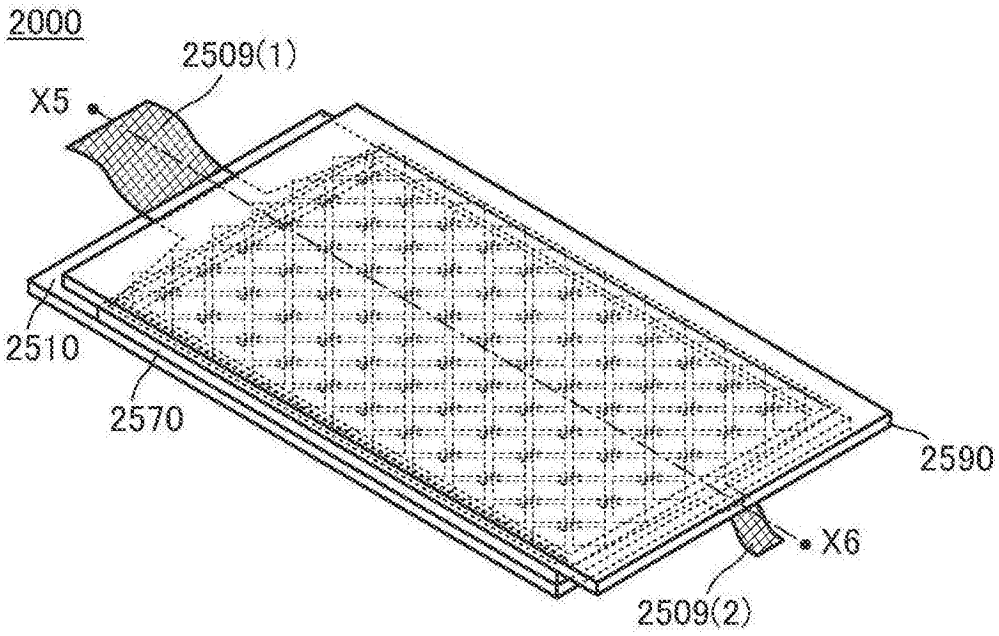



图22A

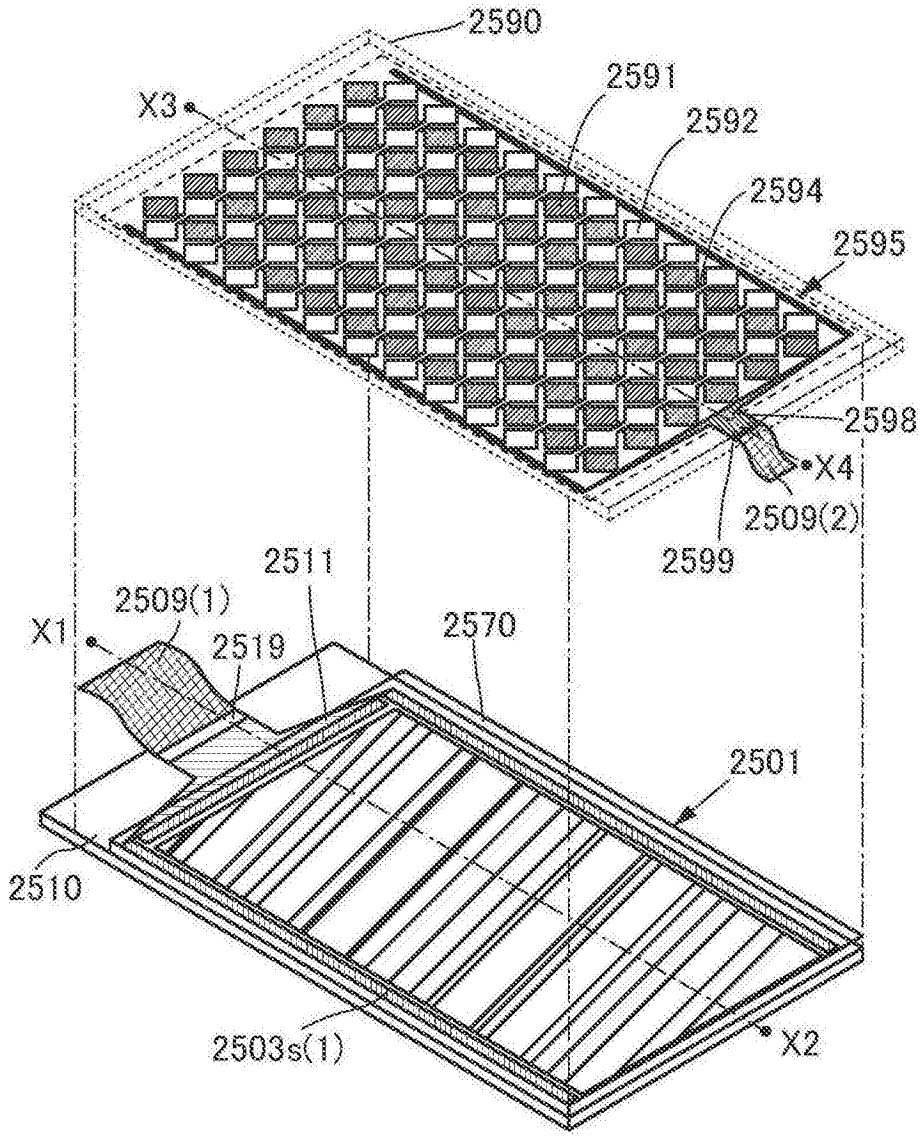

2590
2591
X3
2592
2594
2595
2598
X4
2509(2)
2599
2511
2509(1)
X1
2519
2570
2501
2510
2503s(1)
X2

图22B

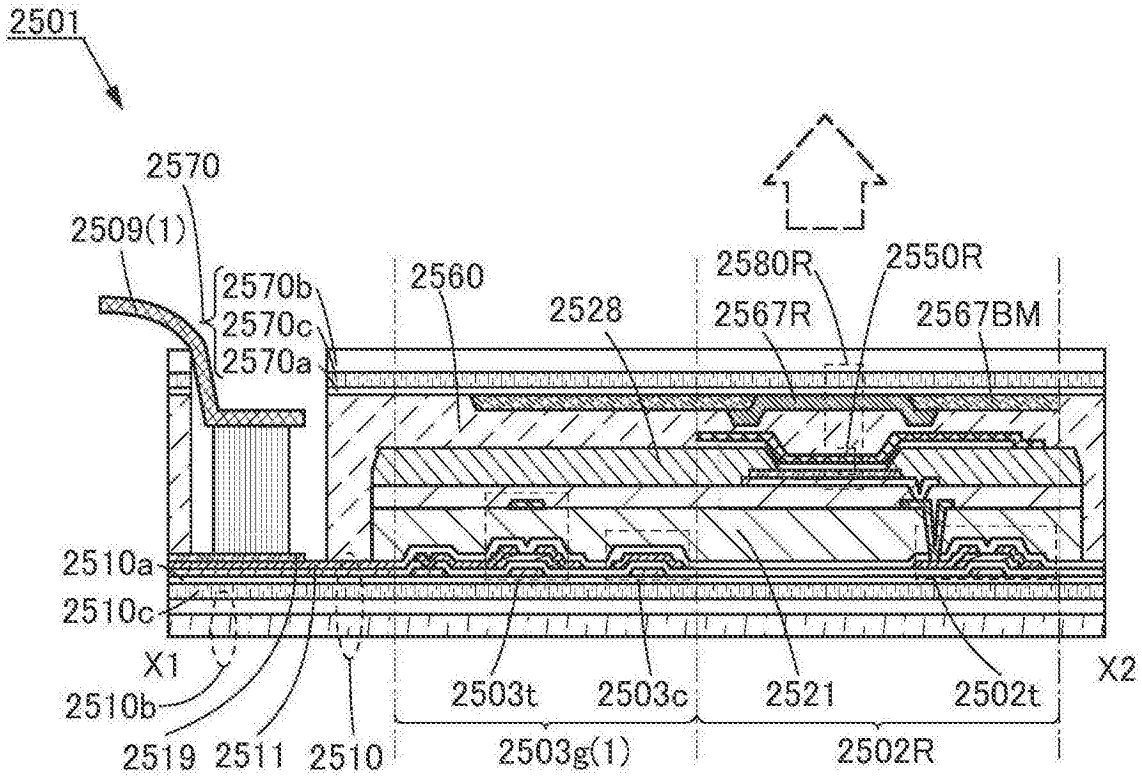

2501
2570
2509(1)
2570b
2570c
2570a
2560
2528
2580R
2550R
2567R
2567BM
2510a
2510c
X1
X2
2510b
2519
2511
2510
2503t
2503c
2521
2502t
2503g(1)
2502R

图23A

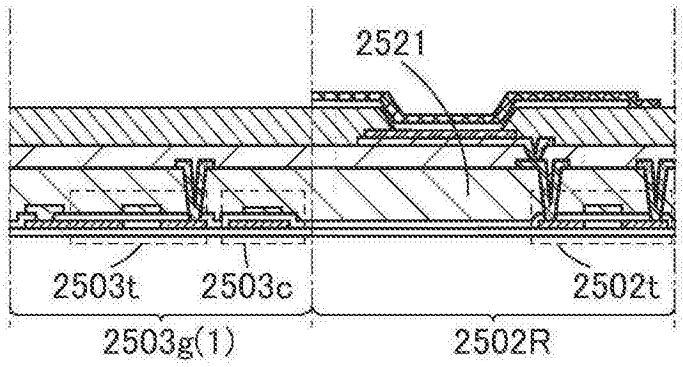

2521
2503t
2503c
2502t
2503g(1)
2502R

图23B

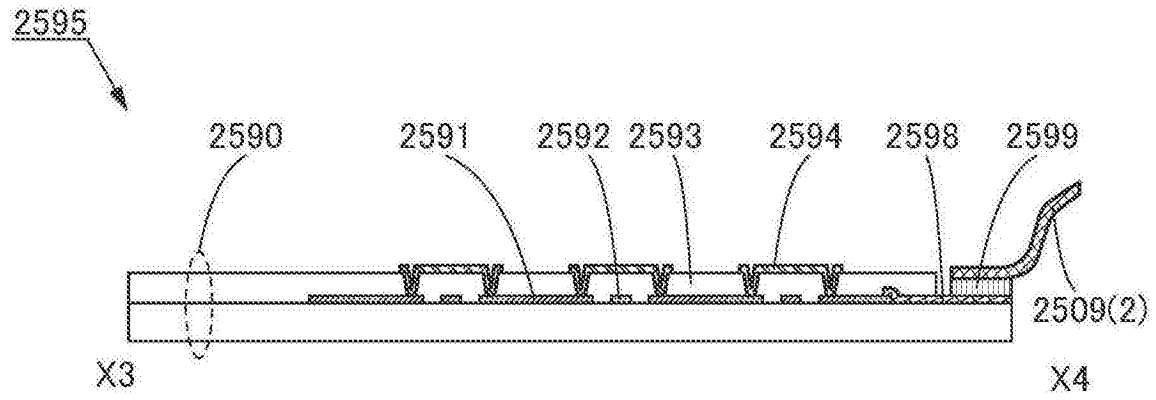

2595
2590
2591
2592
2593
2594
2598
2599
2509(2)
X3
X4

图23C

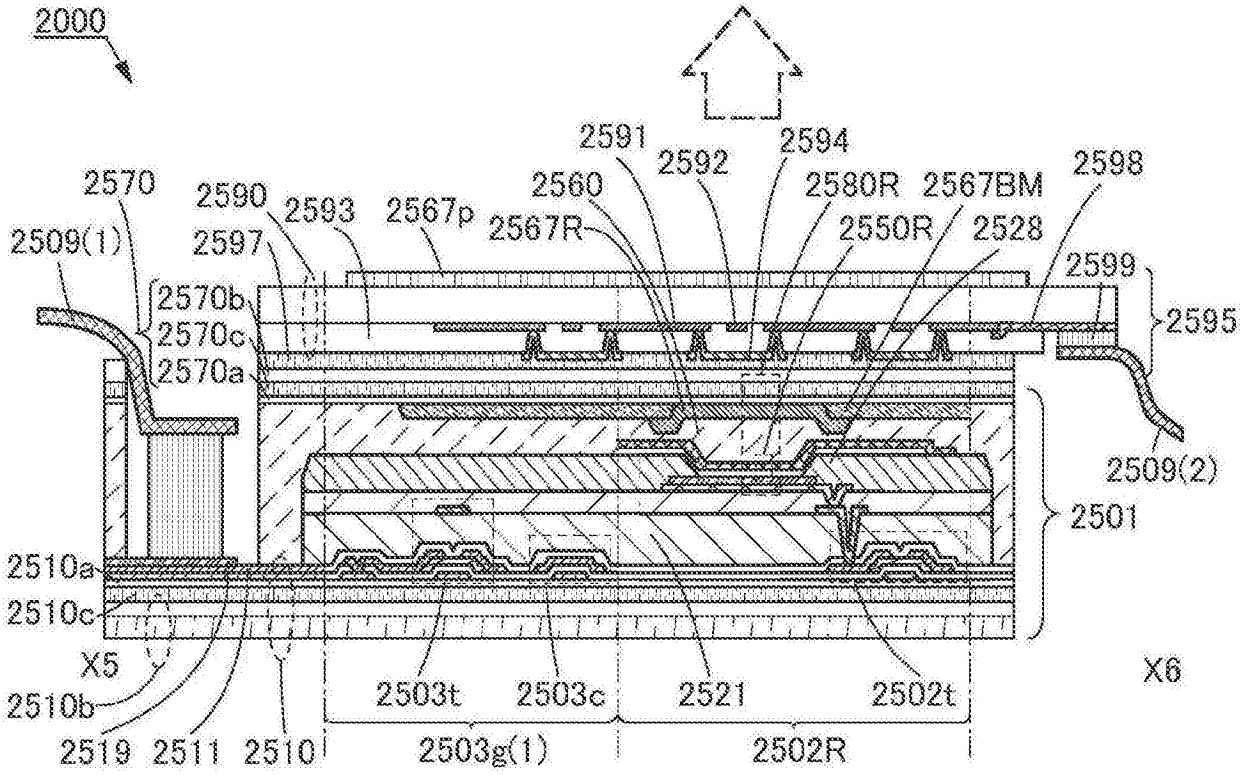

2000
2591
2592
2594
2598
2570
2590
2593
2567p
2560
2580R
2567BM
2509(1)
2597
2567R
2550R
2528
2599
2570b
2570c
2570a
2595
2509(2)
2501
2510a
2510c
X5
X6
2510b
2503t
2503c
2521
2502t
2519
2511
2510
2503g(1)
2502R

图24A

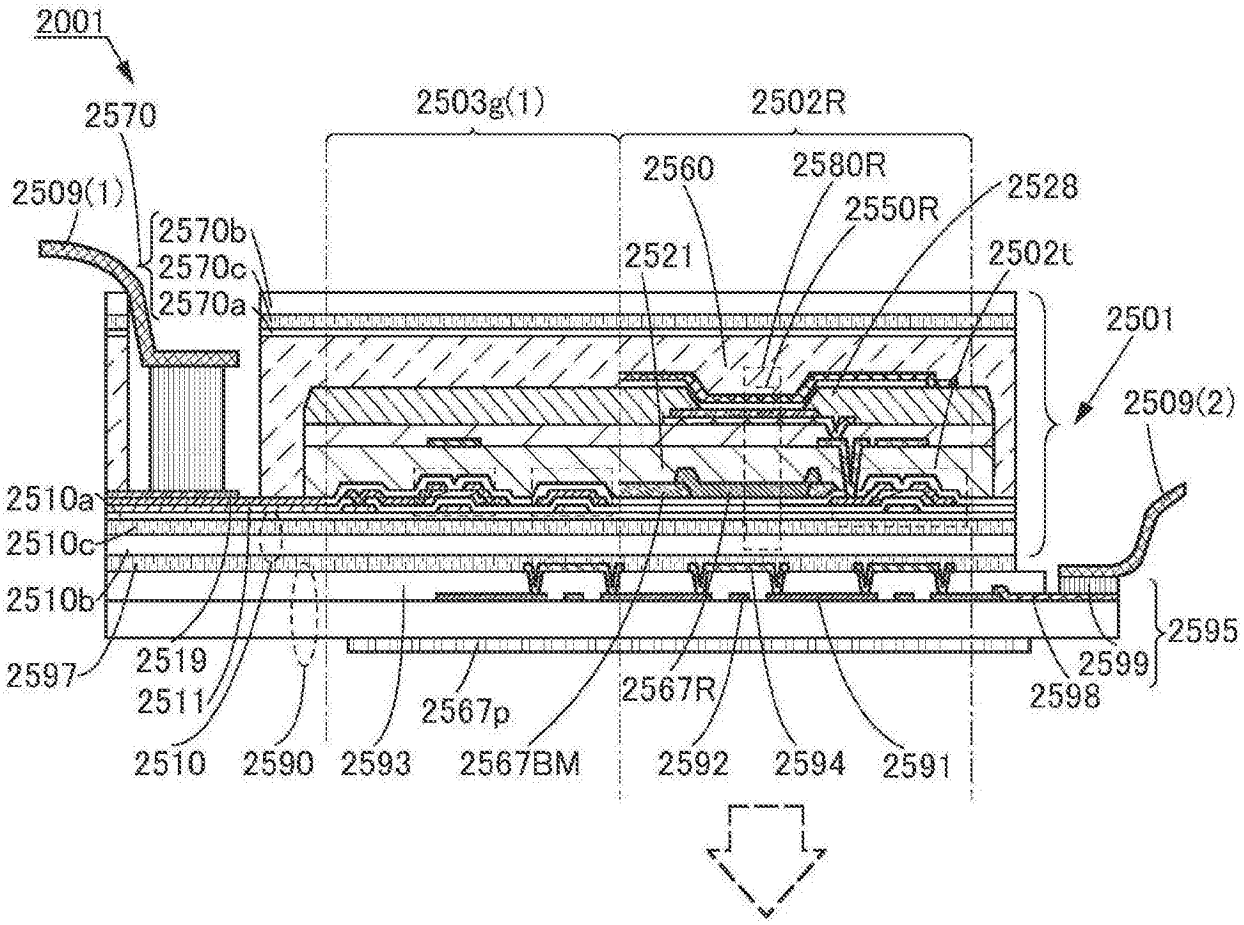

2001
2570
2503g(1)
2502R
2509(1)
2560
2580R
2528
2550R
2570b
2570c
2570a
2521
2502t
2501
2509(2)
2510a
2510c
2510b
2595
2597
2519
2511
2567p
2567R
2599
2598
2510
2590
2593
2567BM
2592
2594
2591

图24B

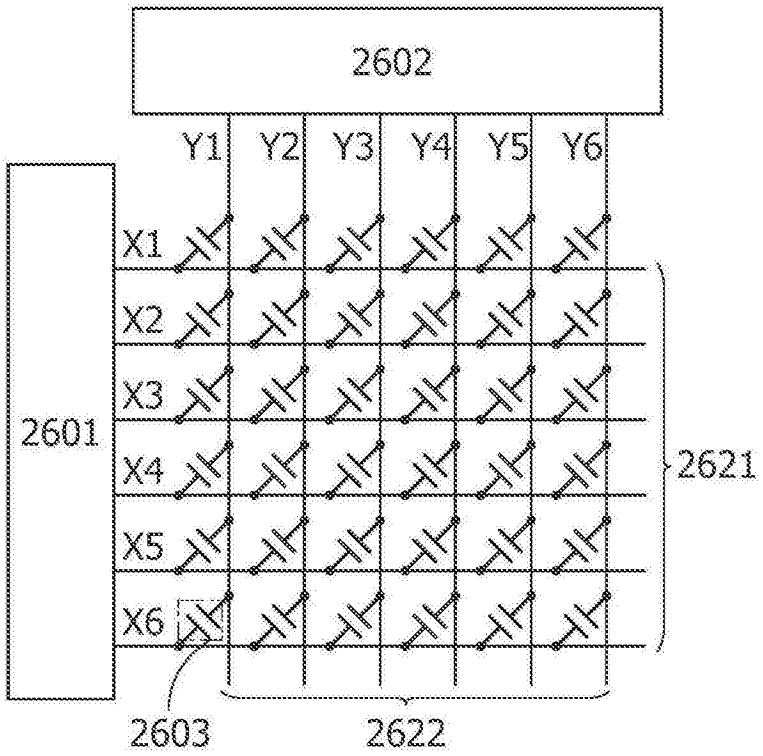

2602
Y1
Y2
Y3
Y4
Y5
Y6
X1
X2
X3
X4
X5
X6
2601
2621
2603
2622

图25A

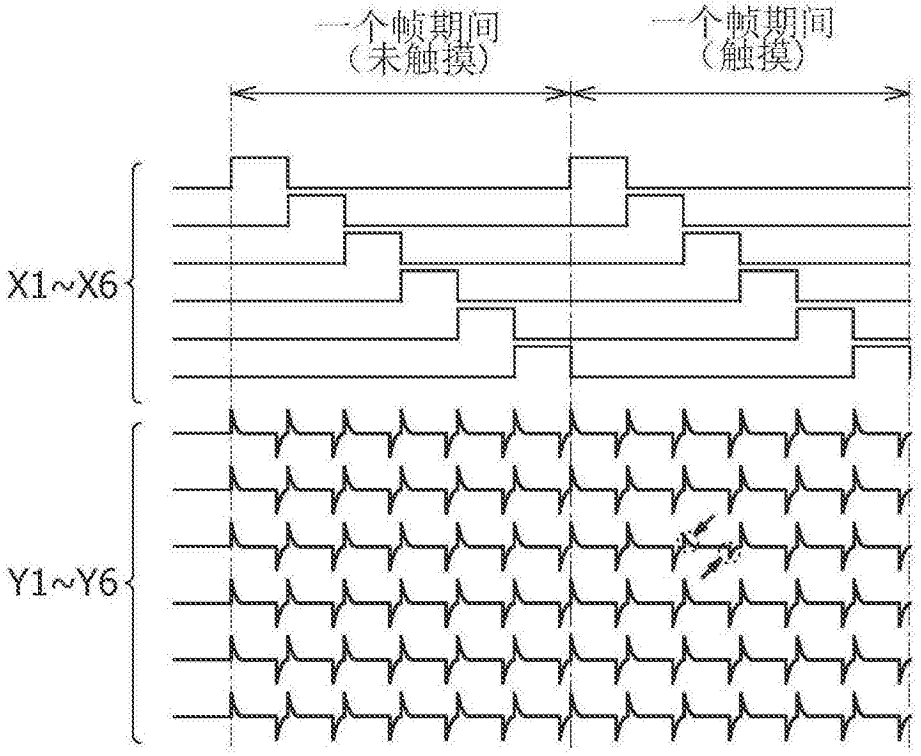

一个帧期间
（未触摸）
一个帧期间
（触摸）
X1~X6
Y1~Y6

图25B

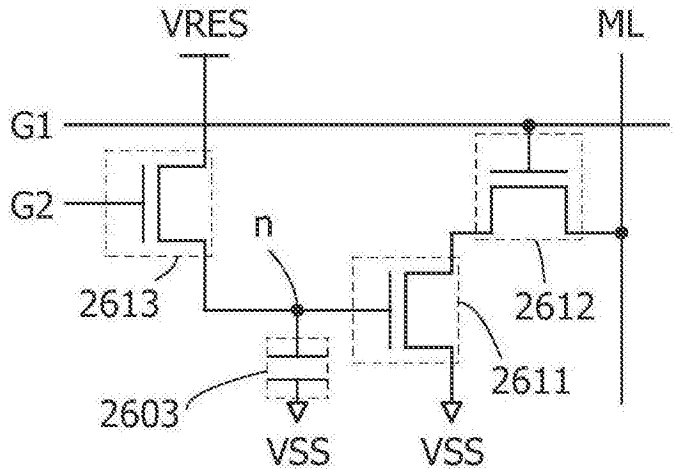



图26

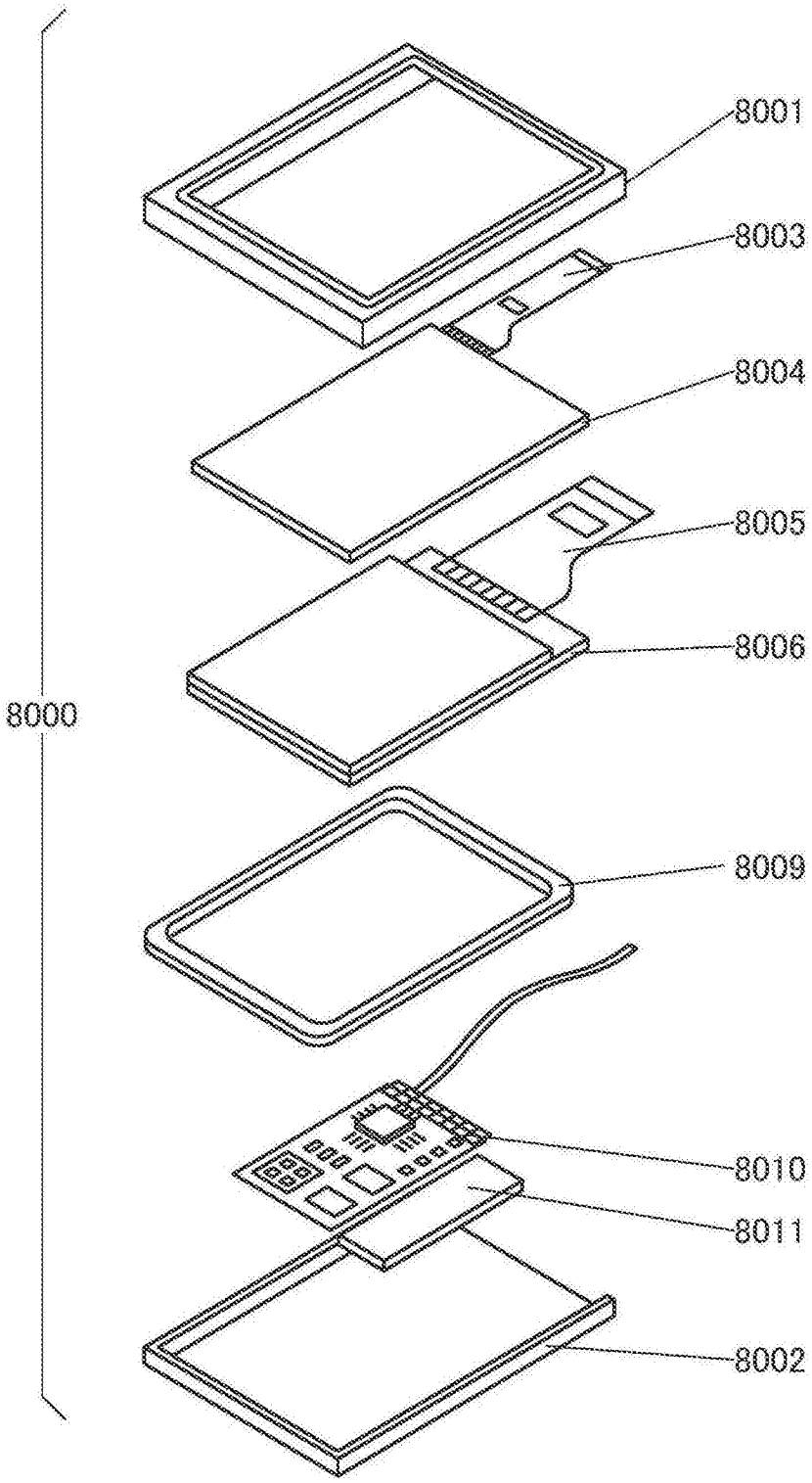



图27

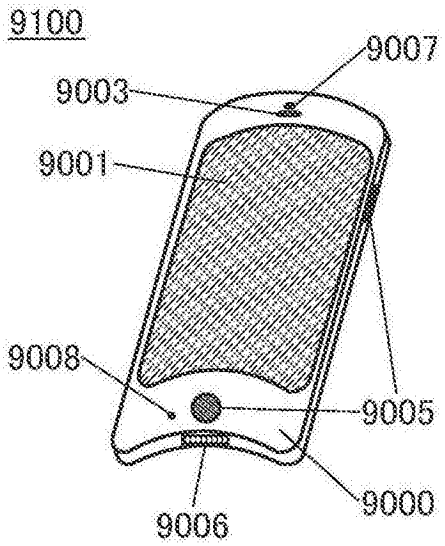



图28A

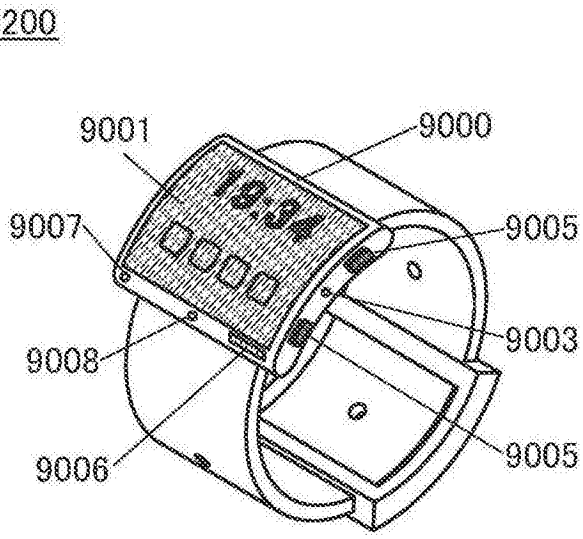



图28B

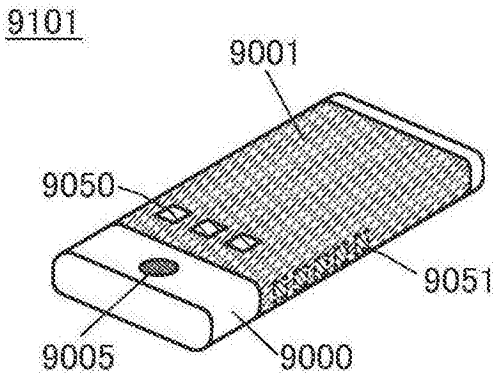



图28C

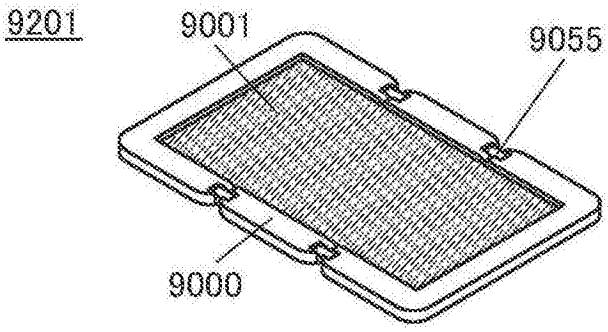



图28D

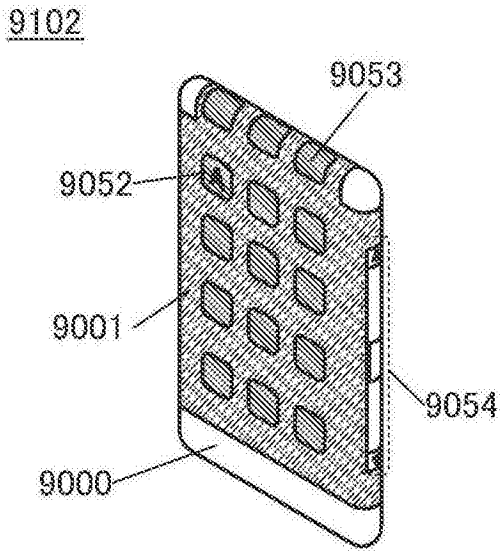



图28E

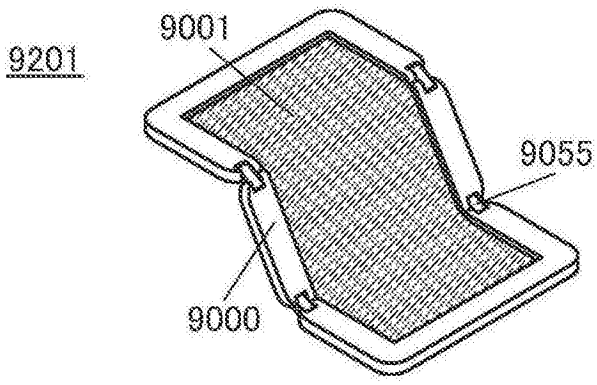



图28F

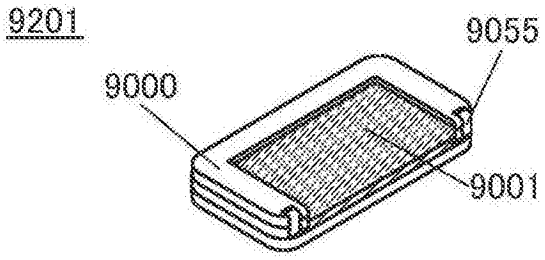



图28G

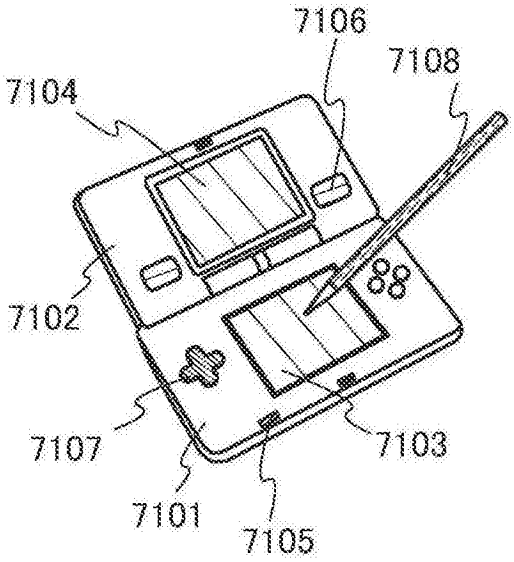



图29A

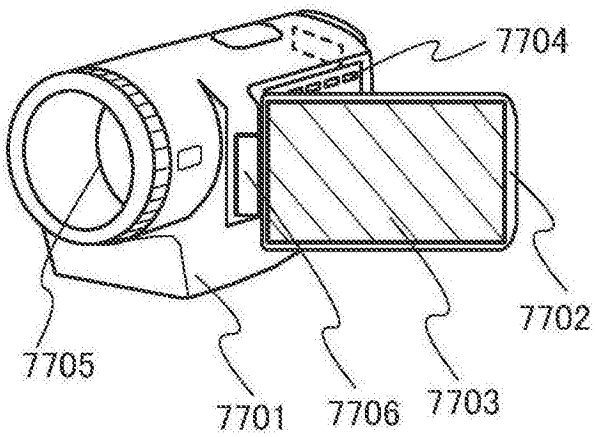



图29B

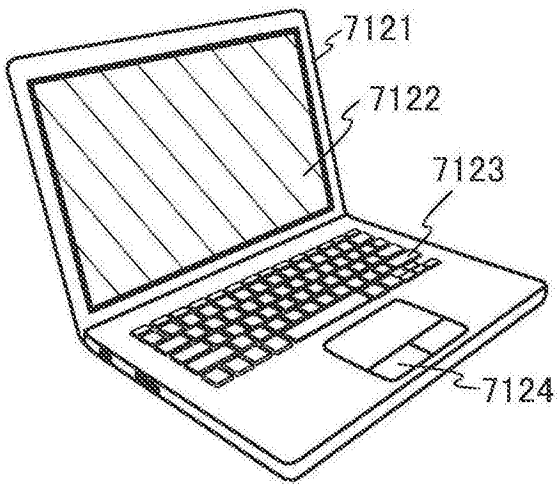



图29C

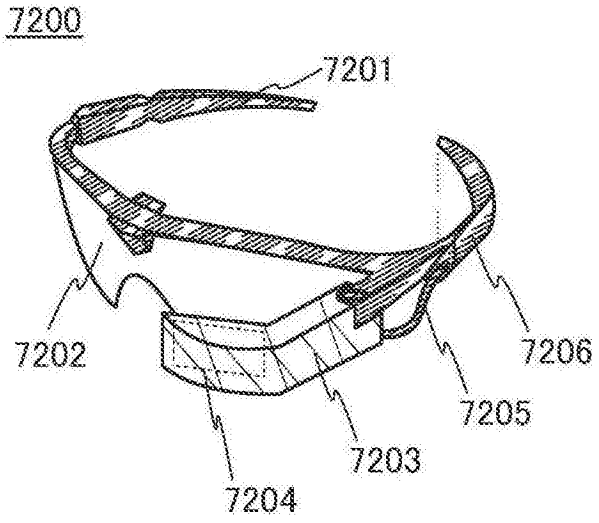



图29D

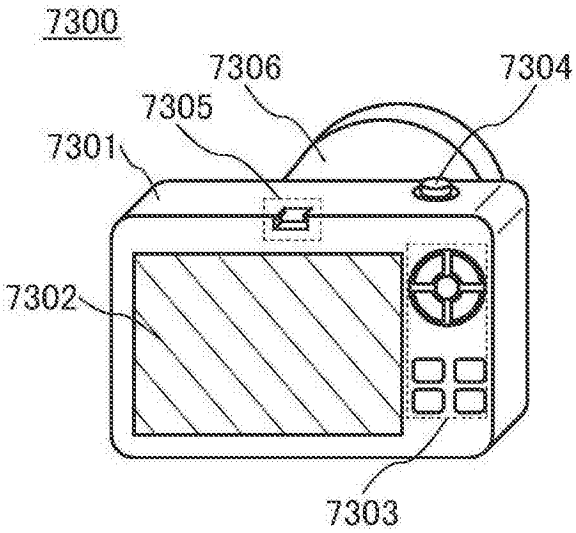



图29E

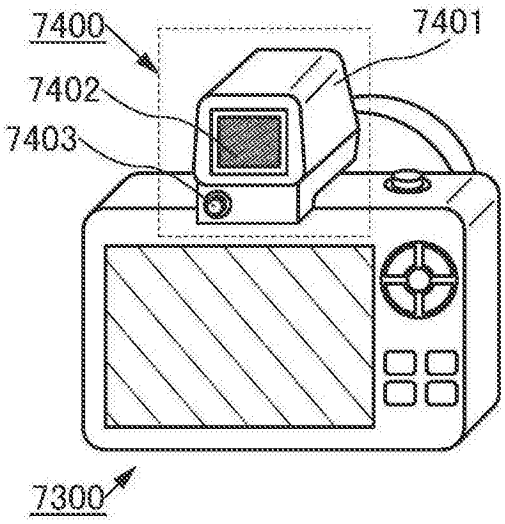



图29F

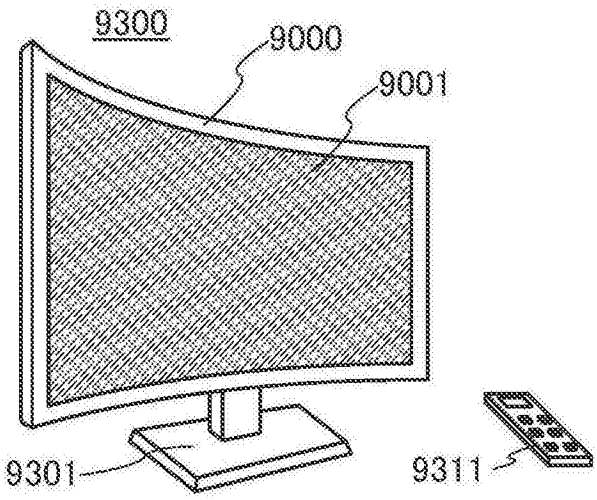



图30A

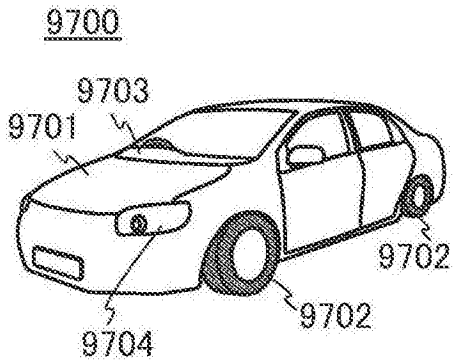



图30B

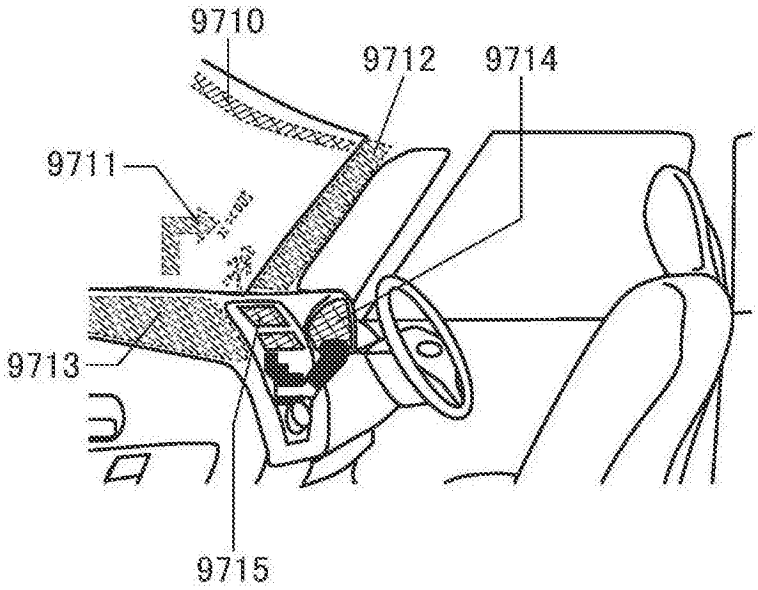



图30C

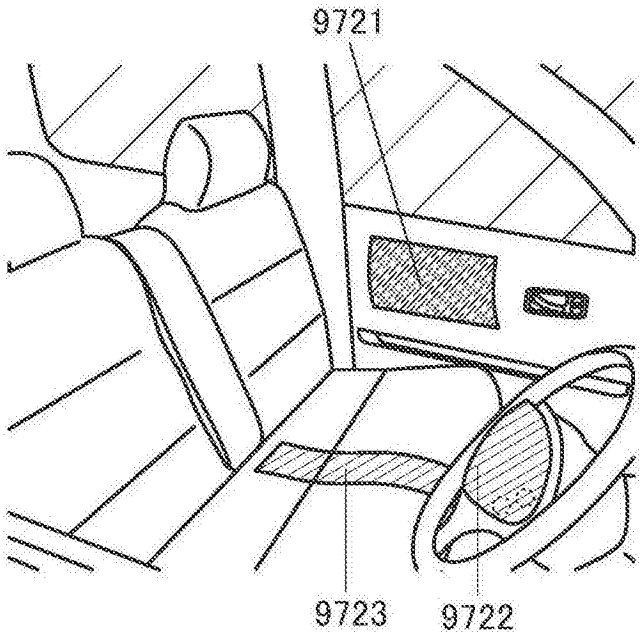

9721
9723
9722

图30D

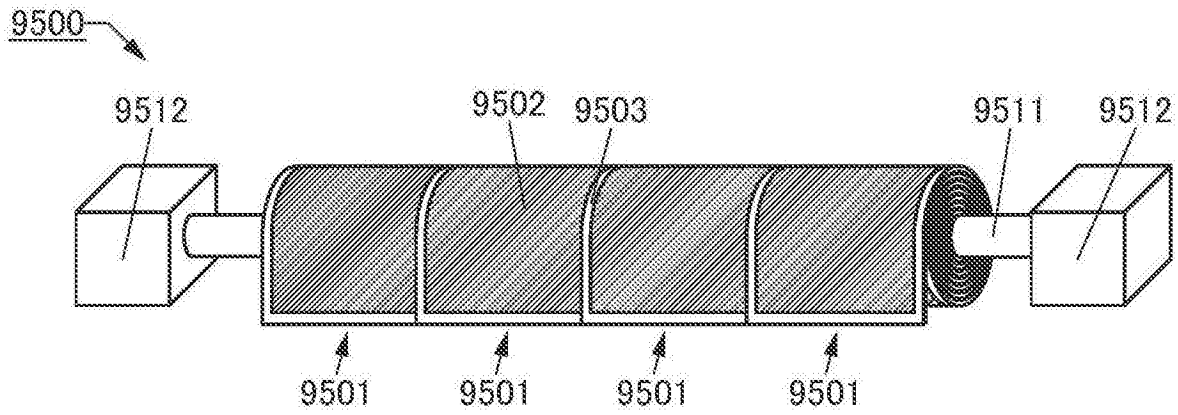

9500
9512
9502
9503
9511
9512
9501
9501
9501
9501

图31A

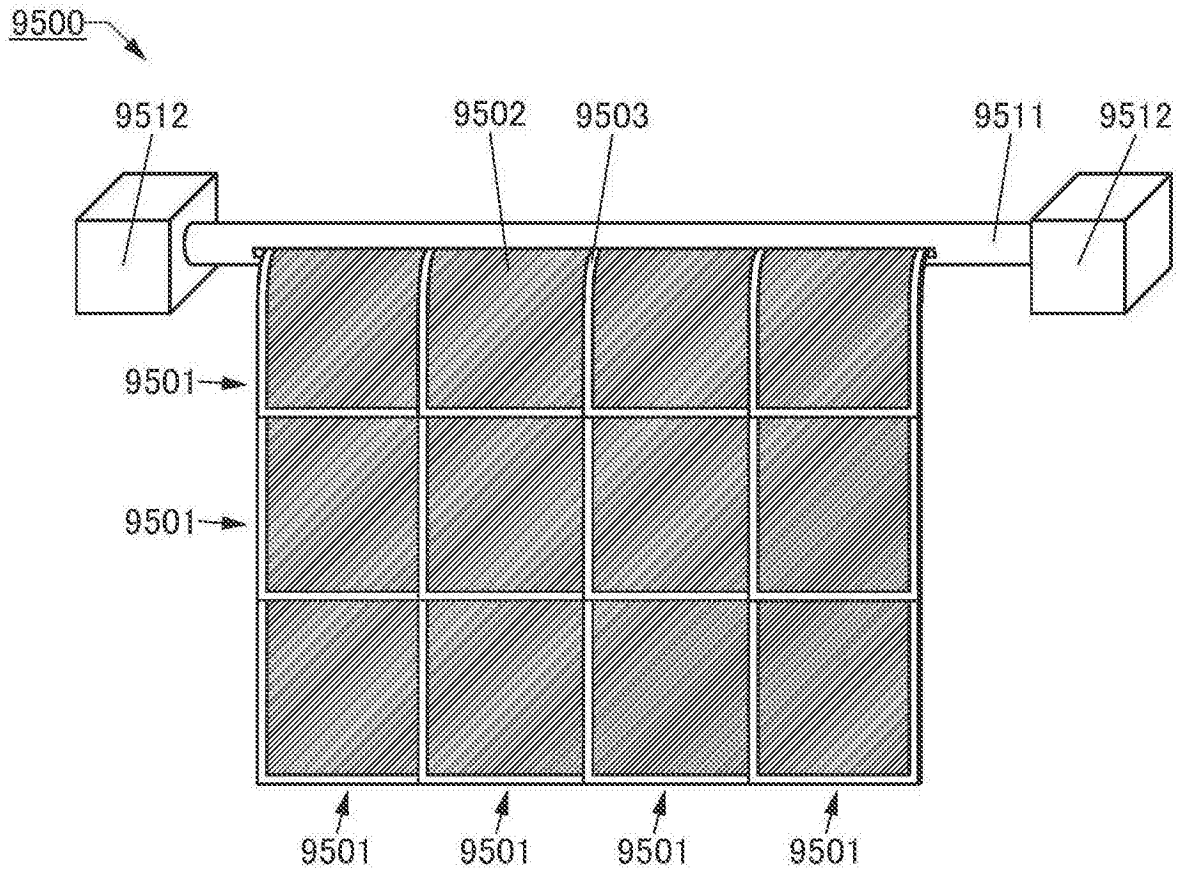

9500
9512
9502
9503
9511
9512
9501
9501
9501
9501
9501
9501

图31B

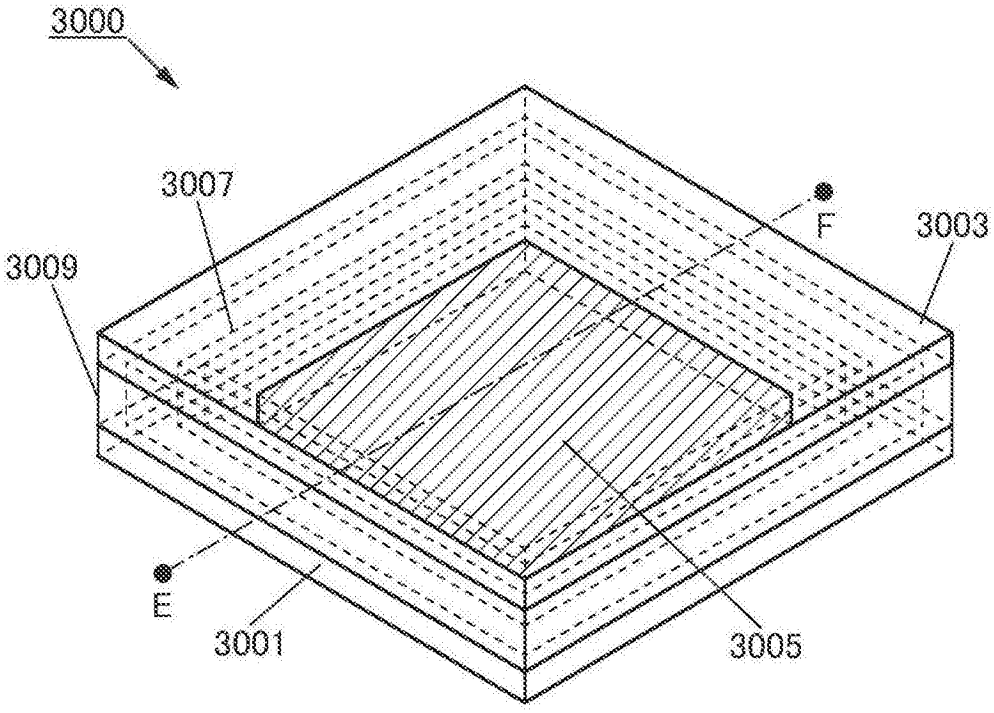

3000
3007
F
3003
3009
E
3001
3005

图32A

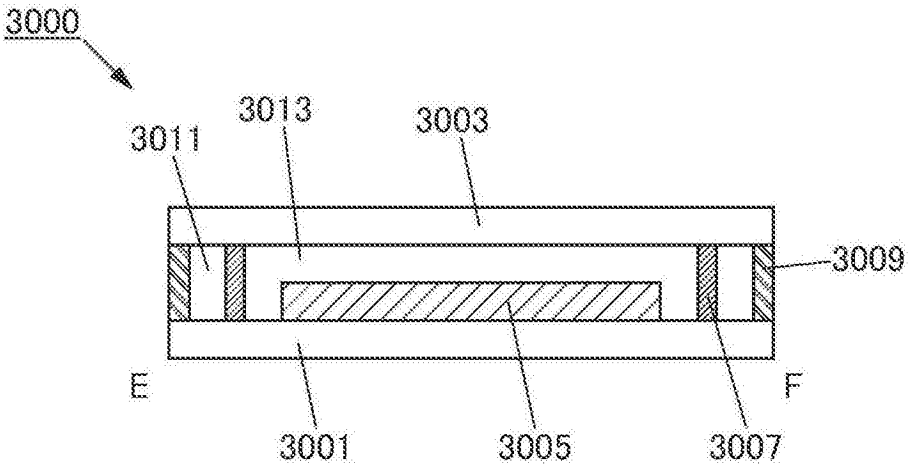



图32B

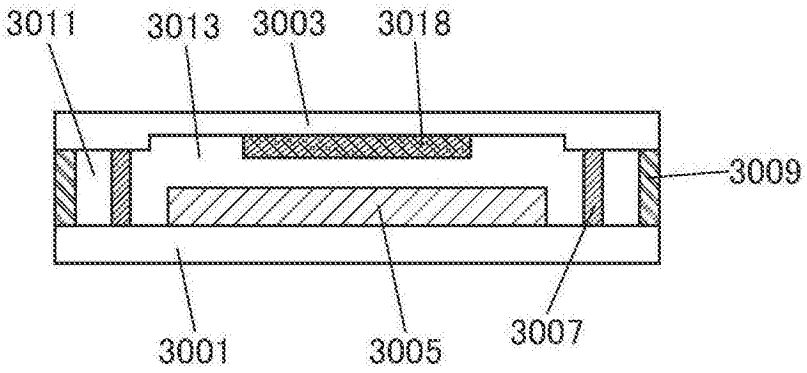



图32C

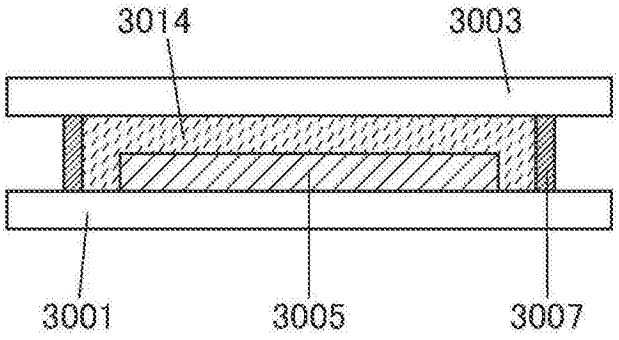



图33A

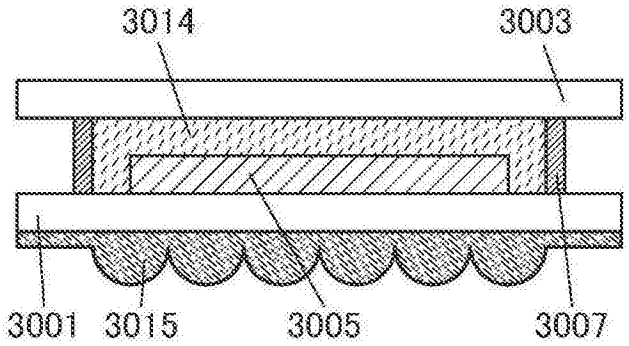



图33B

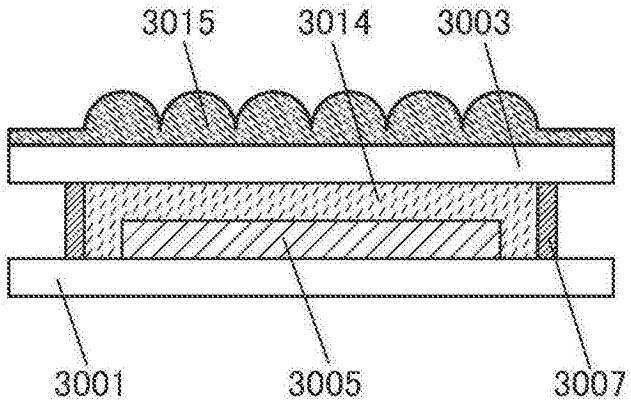



图33C

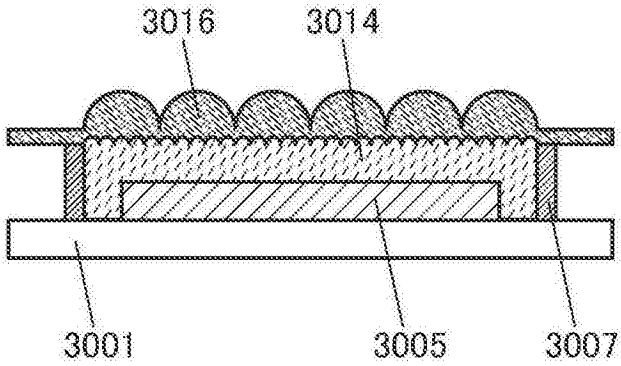



图33D

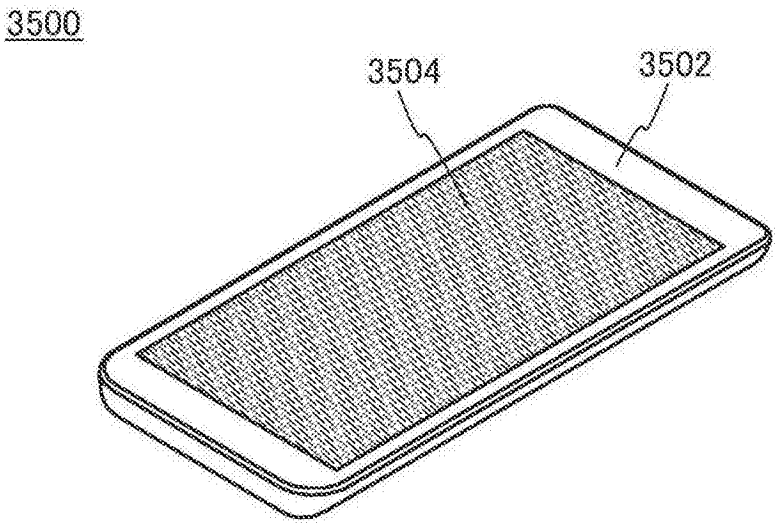



图34A

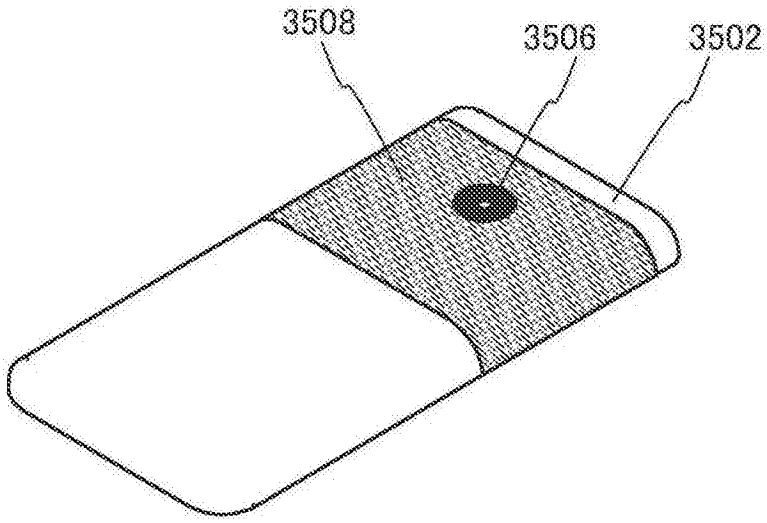



图34B

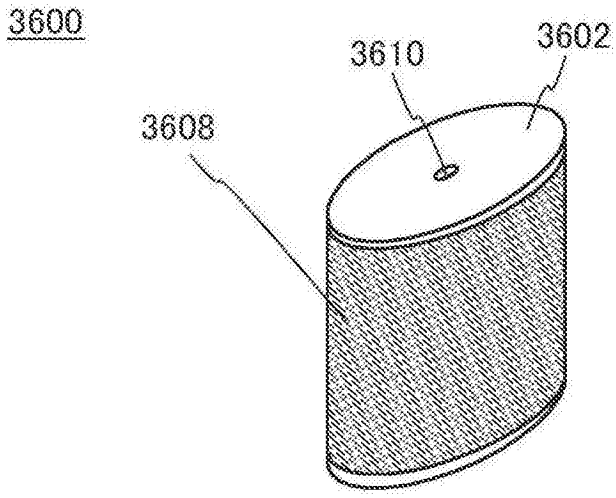



图34C

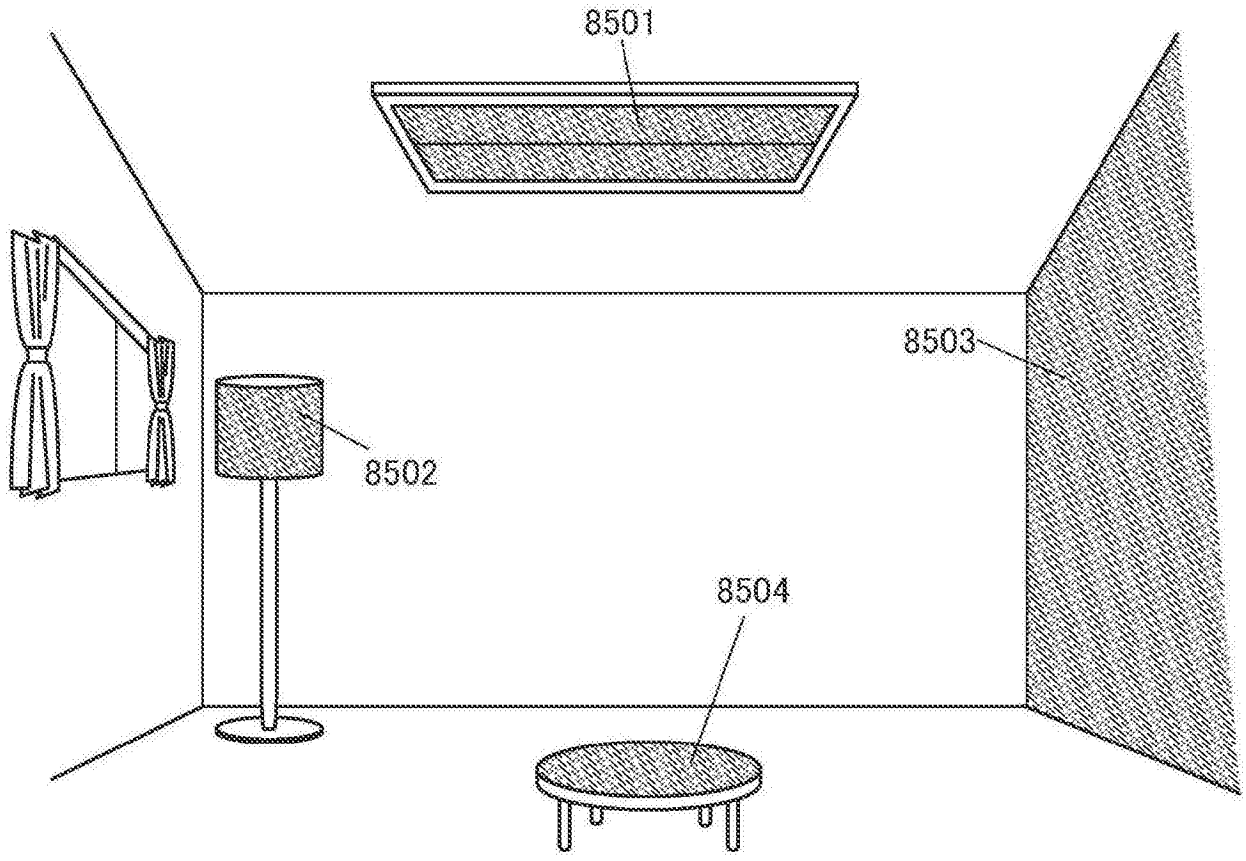



图35

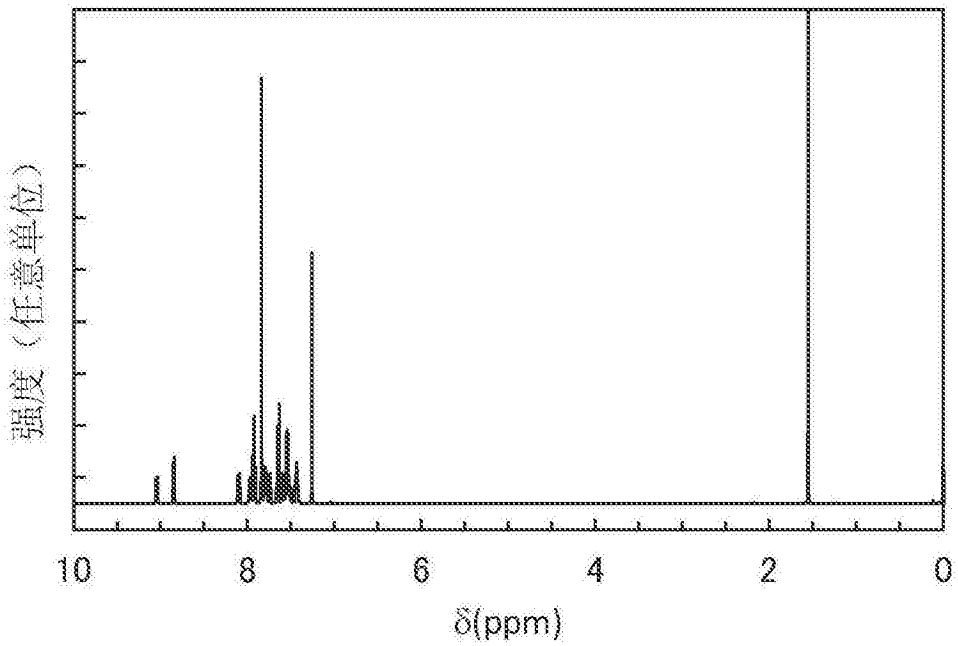



图36A

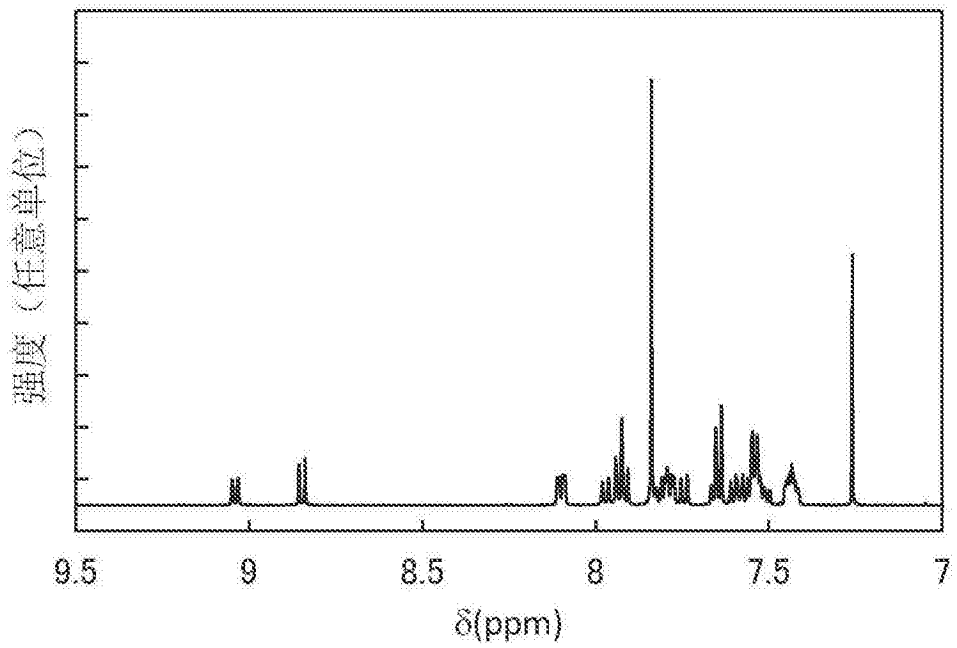



图36B

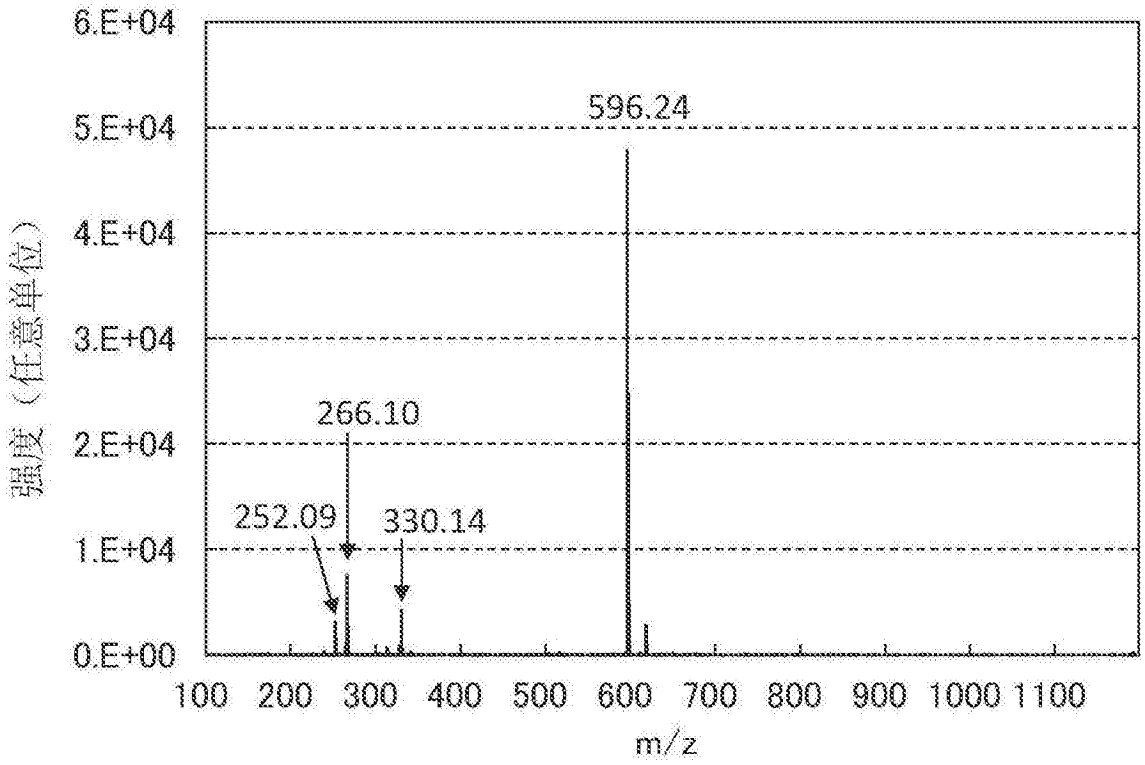

6.E+04
5.E+04
4.E+04
3.E+04
2.E+04
1.E+04
0.E+00
强度（任意单位）
596.24
266.10
252.09
330.14
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100
m/z

图37

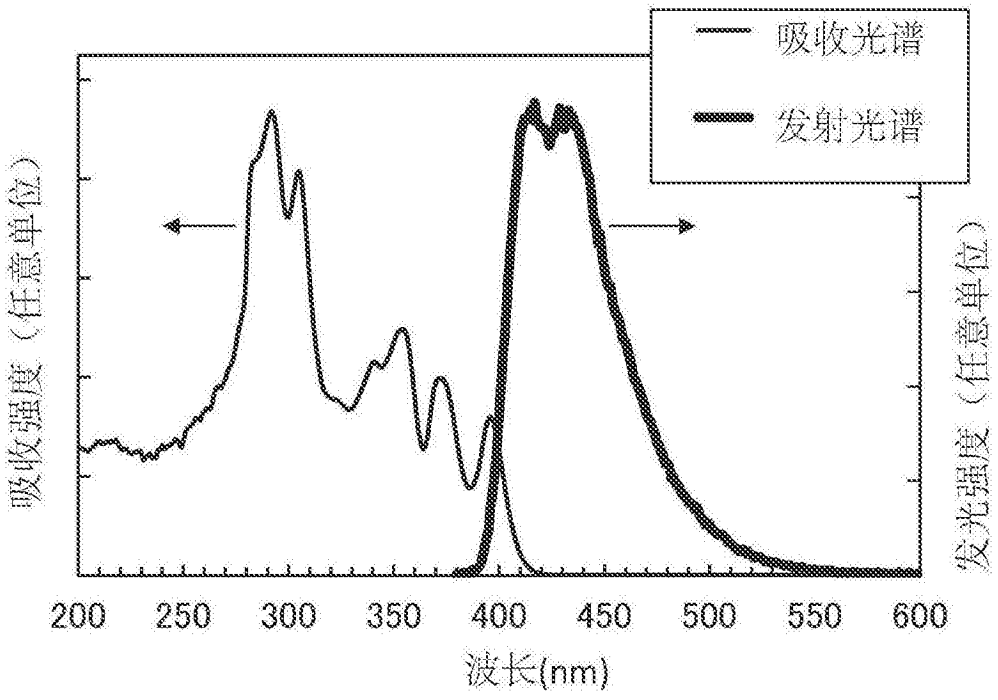

吸收光谱
发射光谱
吸收强度（任意单位）
发光强度（任意单位）
200 250 300 350 400 450 500 550 600
波长(nm)

图38

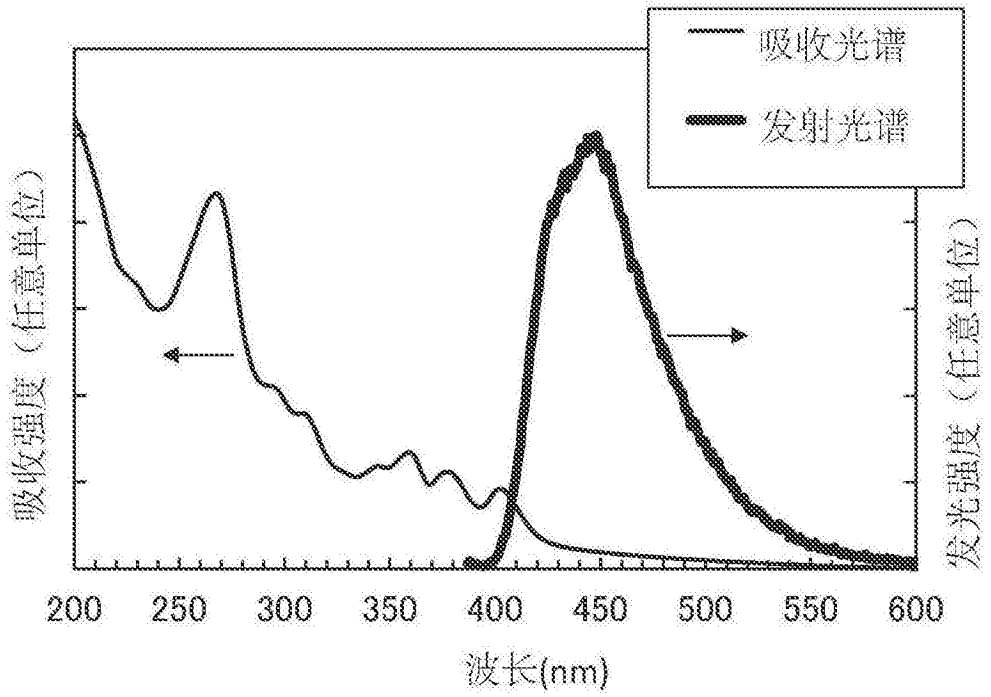

吸收光谱
发射光谱
吸收强度（任意单位）
发光强度（任意单位）
200
250
300
350
400
450
500
550
600
波长(nm)

图39

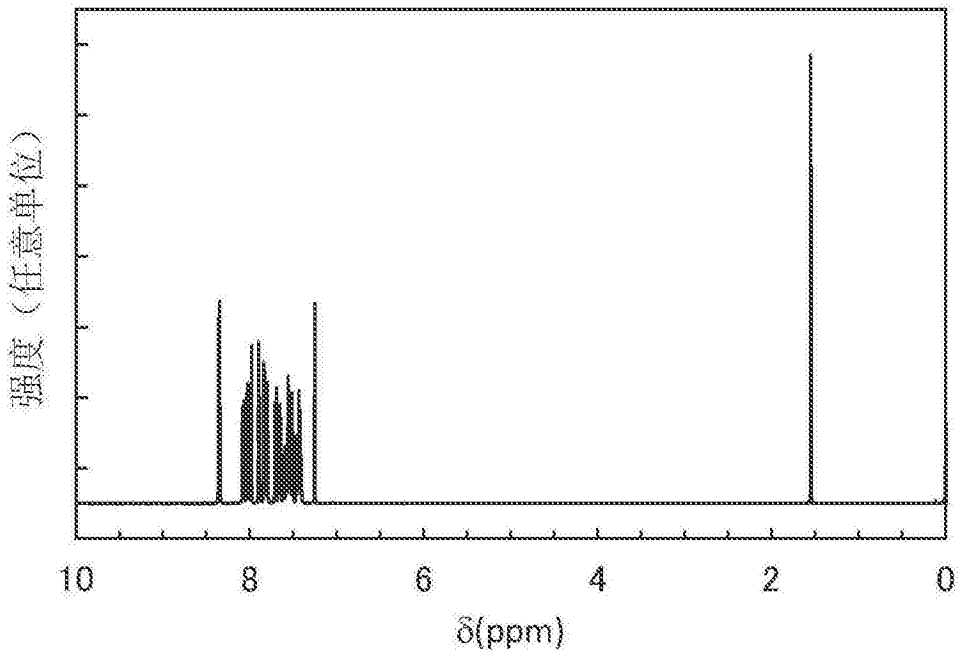

强度（任意单位）
10
8
6
4
2
0
δ(ppm)

图40A

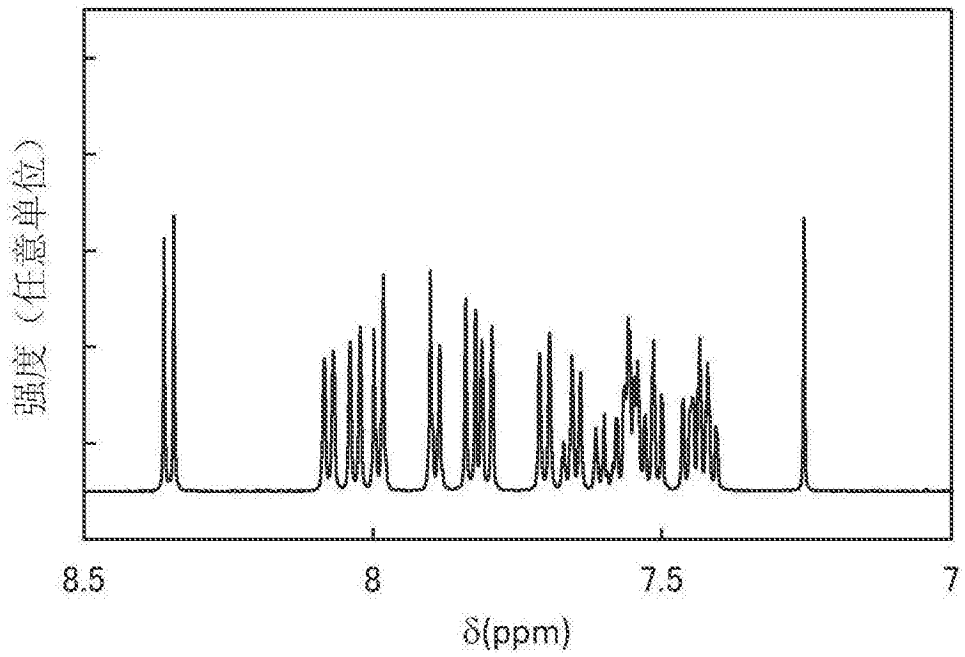

强度（任意单位）
8.5
8
7.5
7
δ(ppm)

图40B

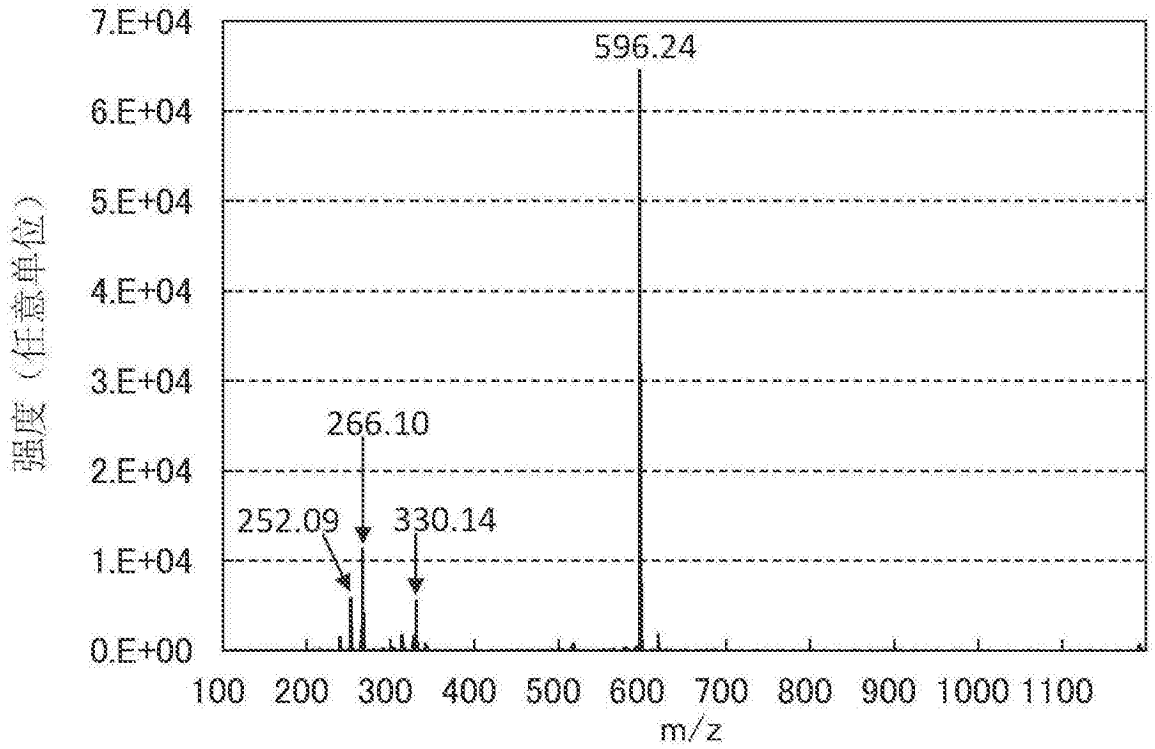

7.E+04
6.E+04
5.E+04
4.E+04
3.E+04
2.E+04
1.E+04
0.E+00
强度（任意单位）
596.24
266.10
252.09
330.14
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100
m/z

图41

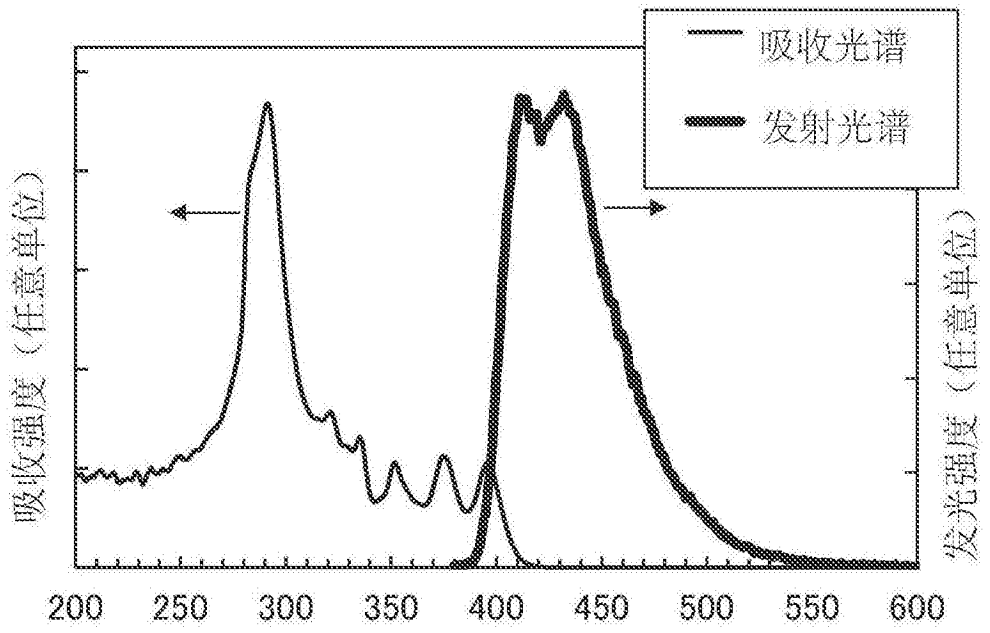

吸收光谱
发射光谱
吸收强度（任意单位）
发光强度（任意单位）
200
250
300
350
400
450
500
550
600

图42

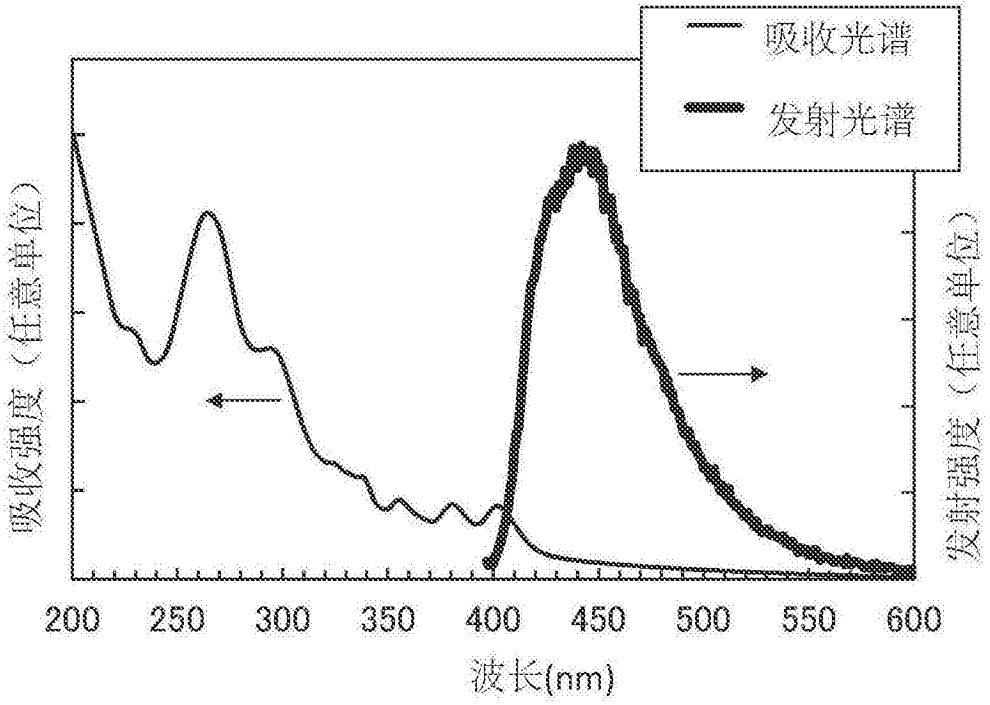

吸收光谱
发射光谱
吸收强度（任意单位）
发射强度（任意单位）
200
250
300
350
400
450
500
550
600
波长(nm)

图43

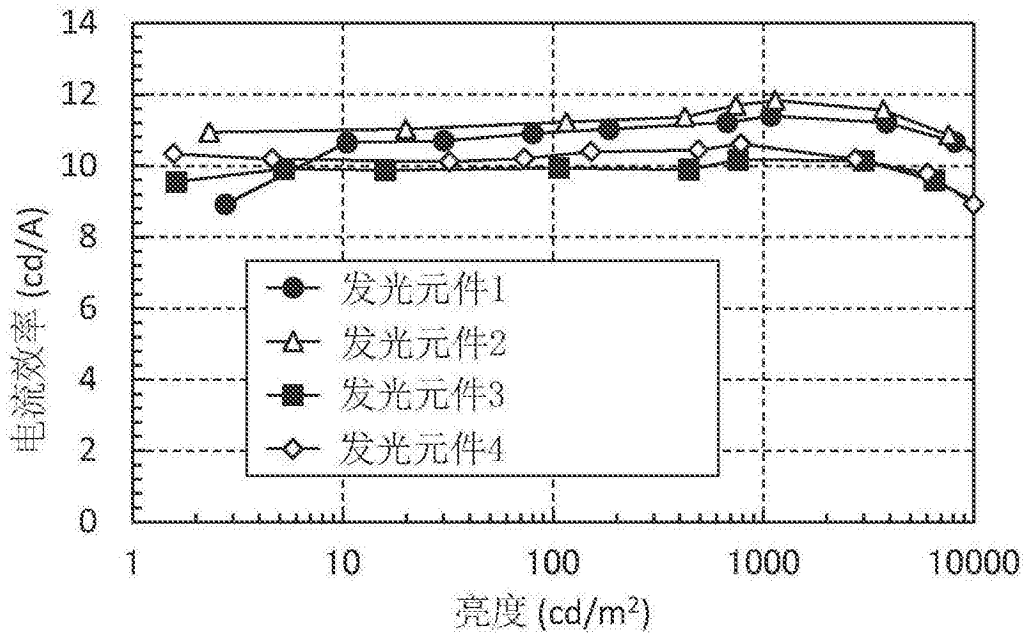

14
12
10
8
6
4
2
0
电流效率 (cd/A)
发光元件1
发光元件2
发光元件3
发光元件4
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图44

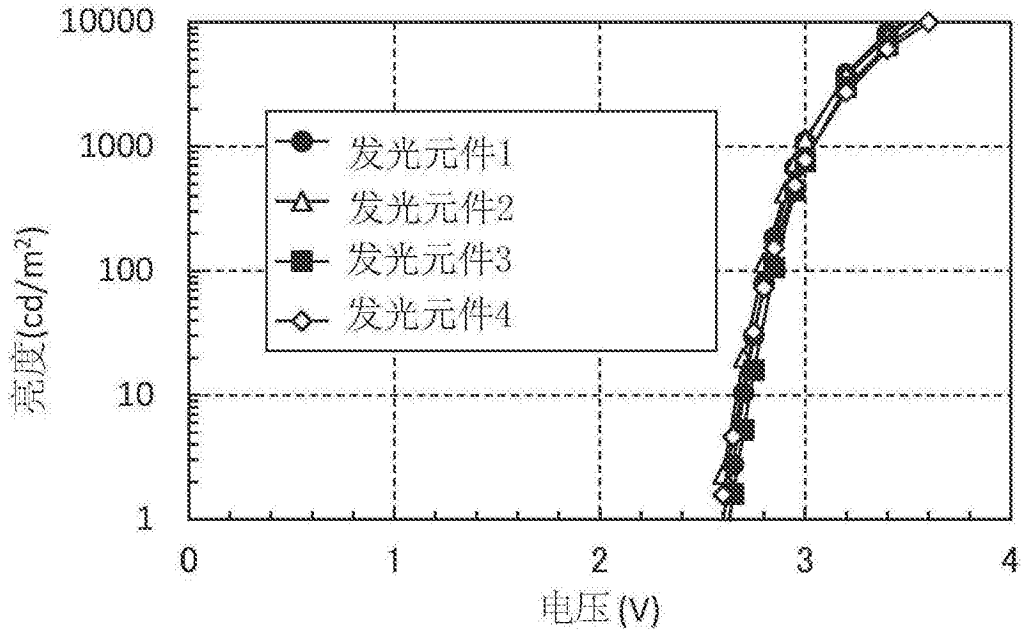

10000
1000
100
10
1
亮度(cd/m²)
发光元件1
发光元件2
发光元件3
发光元件4
0
1
2
3
4
电压 (V)

图45

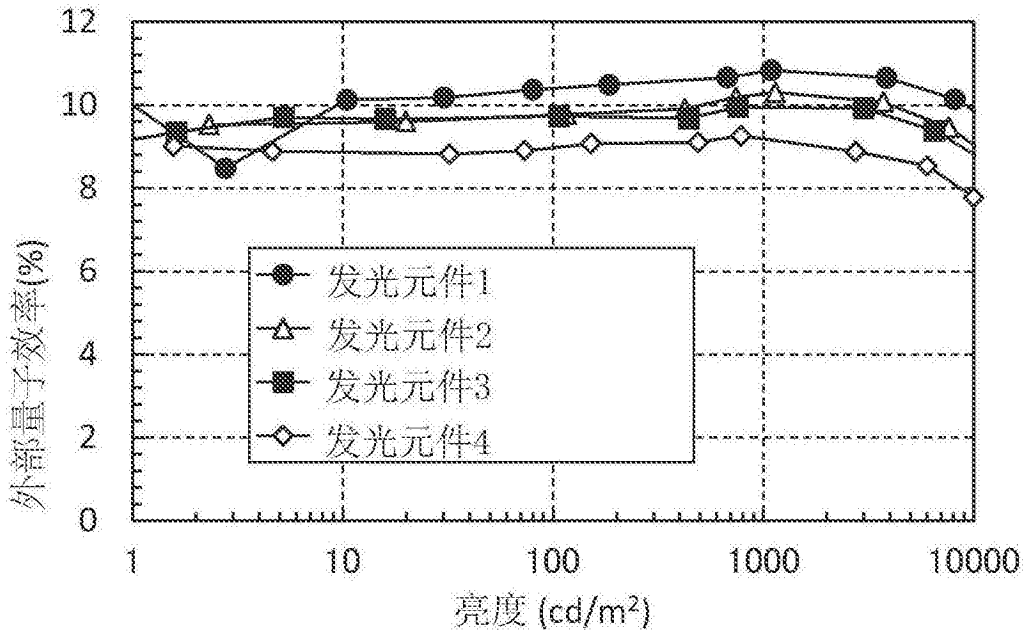

12
10
8
6
4
2
0
外部量子效率(%)
发光元件1
发光元件2
发光元件3
发光元件4
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图46

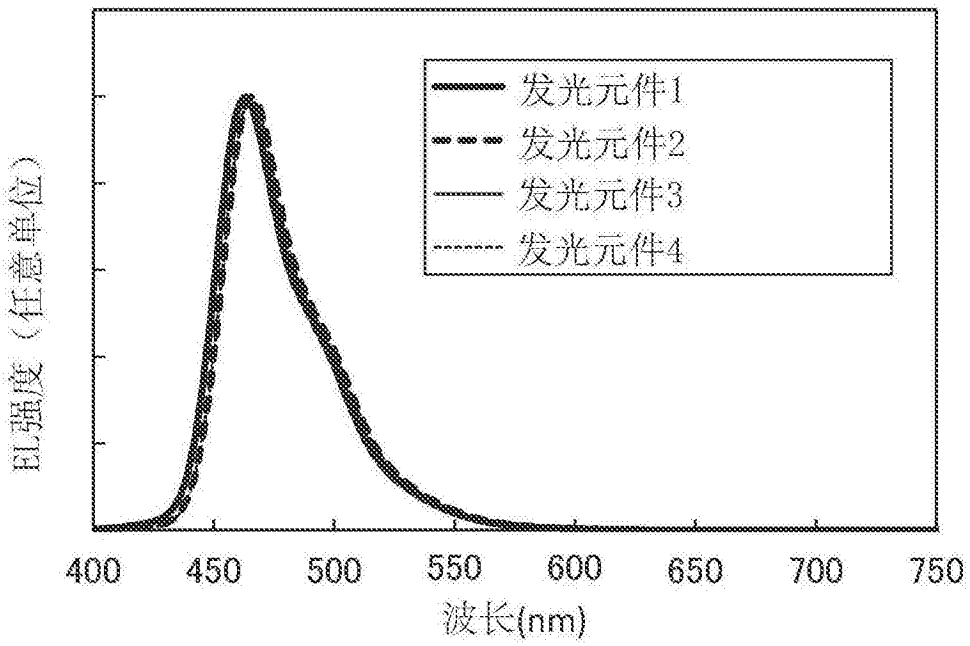

发光元件1
发光元件2
发光元件3
发光元件4
EL强度（任意单位）
400
450
500
550
600
650
700
750
波长(nm)

图47

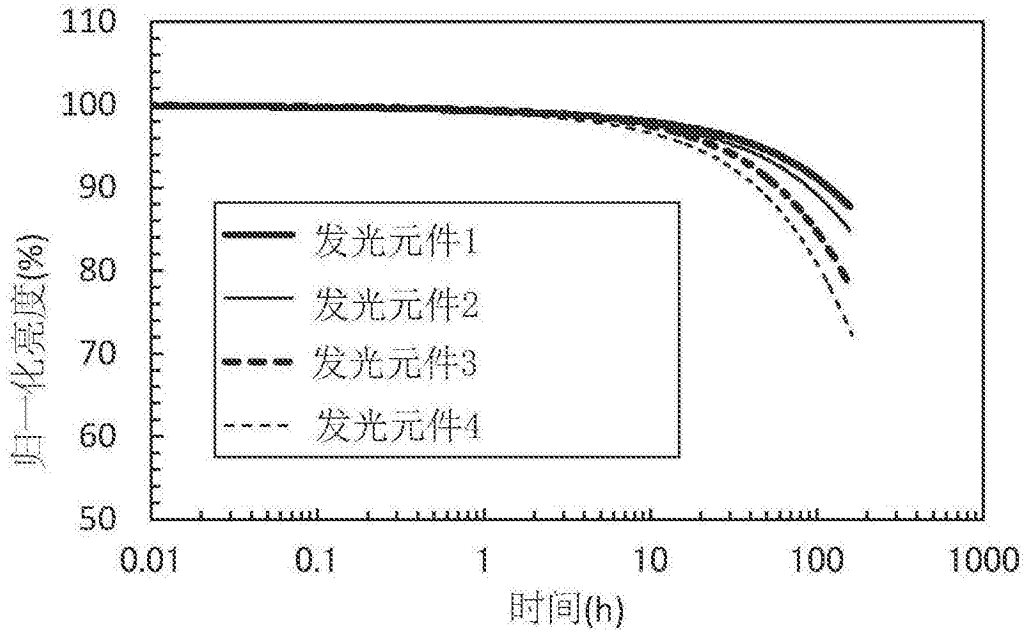

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度(%)
发光元件1
发光元件2
发光元件3
发光元件4
0.01
0.1
1
10
100
1000
时间(h)

图48

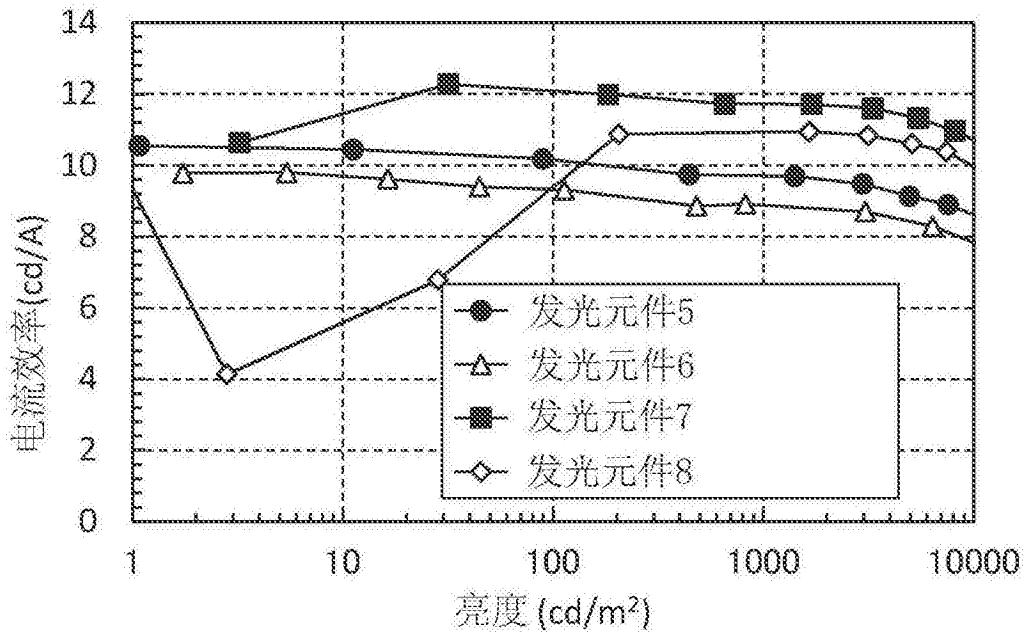

14
12
10
8
6
4
2
0
电流效率(cd/A)
发光元件5
发光元件6
发光元件7
发光元件8
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

图49

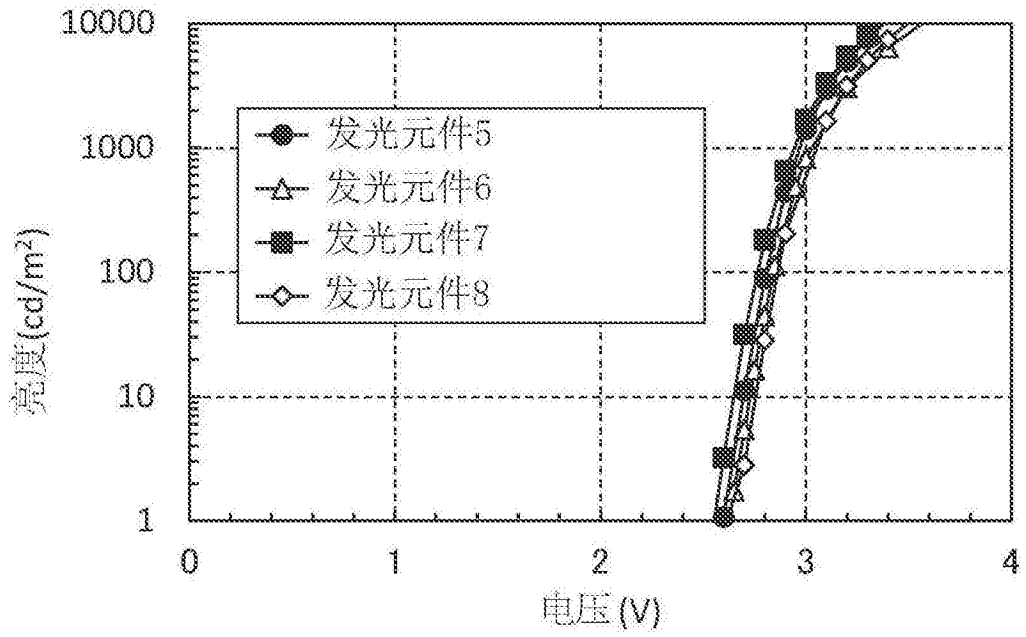

10000
1000
100
10
1
亮度(cd/m²)
0
1
2
3
4
电压(V)
发光元件5
发光元件6
发光元件7
发光元件8

图50

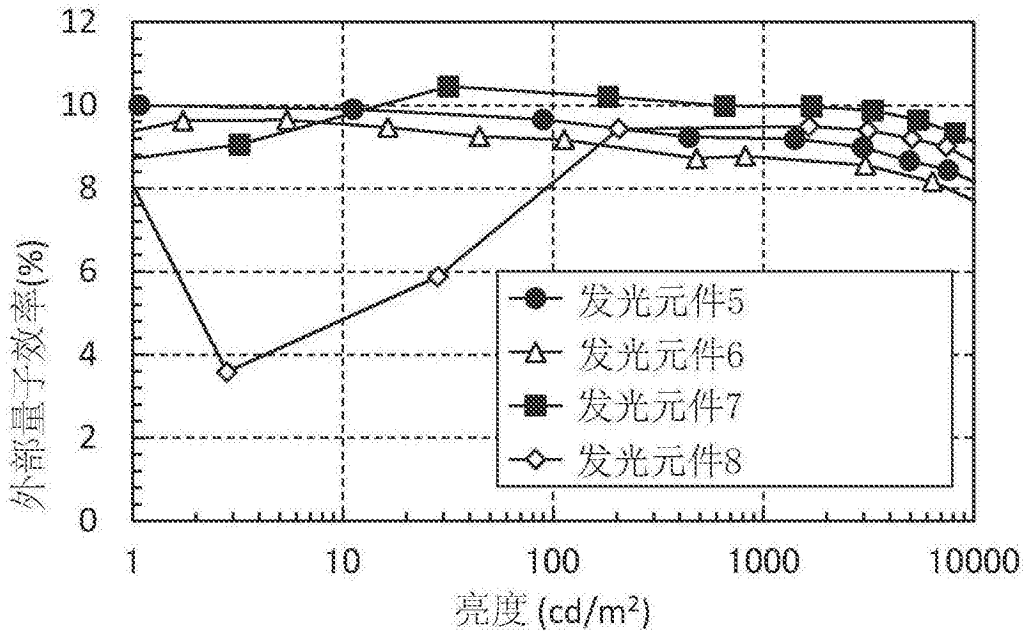

12
10
8
6
4
2
0
外部量子效率(%)
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件5
发光元件6
发光元件7
发光元件8

图51

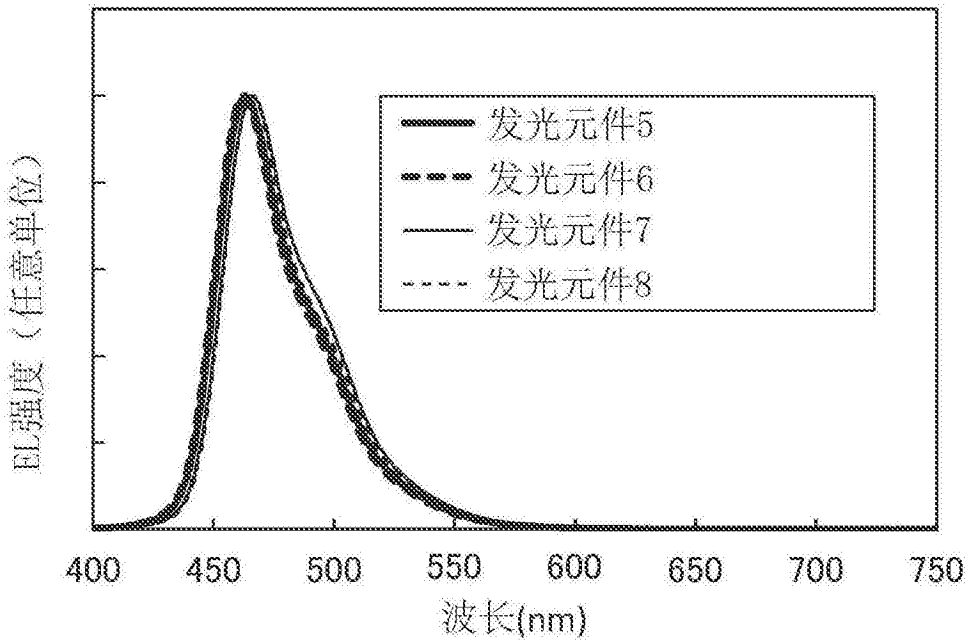

发光元件5
发光元件6
发光元件7
发光元件8
EL强度（任意单位）
400
450
500
550
600
650
700
750
波长(nm)

图52

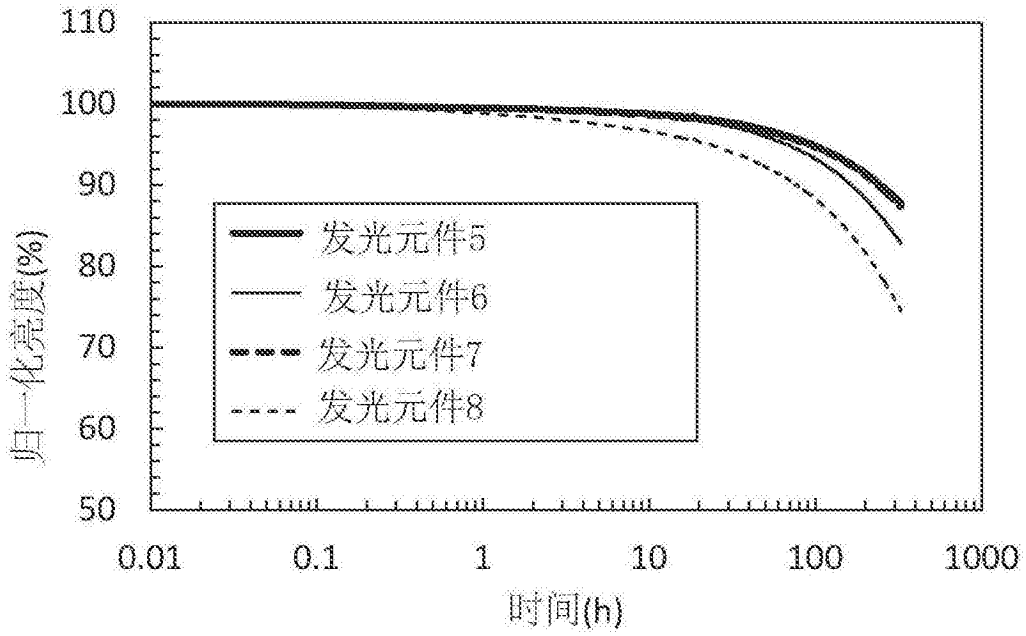

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度(%)
发光元件5
发光元件6
发光元件7
发光元件8
0.01
0.1
1
10
100
1000
时间(h)

图53