



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113292602 A

(43) 申请公布日 2021.08.24

(21) 申请号 202110466360.0

C09K 11/06 (2006.01)

(22) 申请日 2016.12.16

H01L 51/50 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01L 51/54 (2006.01)

2015-247005 2015.12.18 JP

(62) 分案原申请数据

201611181165.9 2016.12.16

(71) 申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 山口知也 井上英子 木户裕允

濑尾哲史 高桥辰义

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李志强 林毅斌

(51) Int. Cl.

C07F 15/00 (2006.01)

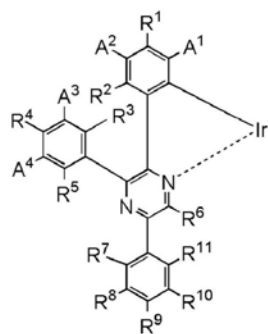
权利要求书4页 说明书78页 附图32页

(54) 发明名称

有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

(57) 摘要

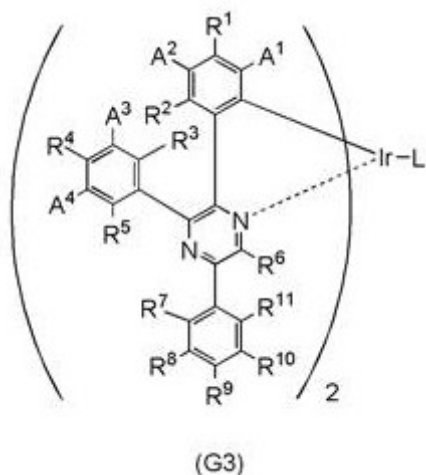
本发明提供一种耐热性高的新颖有机金属配合物。本发明是一种具有以下通式(G1)表示的结构的有机金属配合物。

在通式中, A<sup>1</sup>至A<sup>4</sup>分别独

表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个, R<sup>7</sup>至R<sup>11</sup>中的至少一个表示氰基。

立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基, R<sup>1</sup>至R<sup>6</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。R<sup>7</sup>至R<sup>11</sup>分别独立地

1.一种以通式 (G3) 表示的有机金属配合物:



其中, A<sup>1</sup>至A<sup>4</sup>分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,

R<sup>1</sup>至R<sup>6</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基中的任一个，

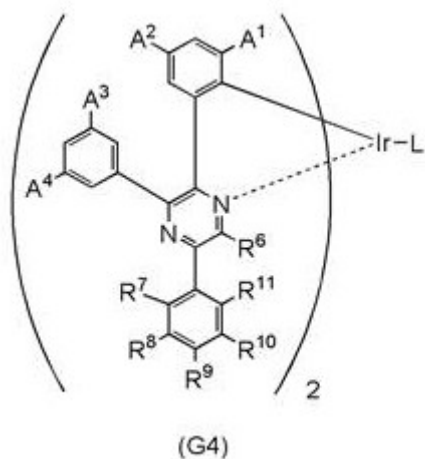
R<sup>7</sup>、R<sup>10</sup>和R<sup>11</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的一个，

R<sup>8</sup>和R<sup>9</sup>中的至少一个表示氰基,

R<sup>8</sup>和R<sup>9</sup>中的另一个表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个，

并且,L表示单阴离子配体。

2.一种以通式(G4)表示的有机金属配合物:



其中, A<sup>1</sup>至A<sup>4</sup>分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,

R<sup>6</sup>表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基中的任一个,

R<sup>7</sup>、R<sup>10</sup>和R<sup>11</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的一个，

R<sup>8</sup>和R<sup>9</sup>中的至少一个表示氰基,

R<sup>8</sup>和R<sup>9</sup>中的另一个表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳

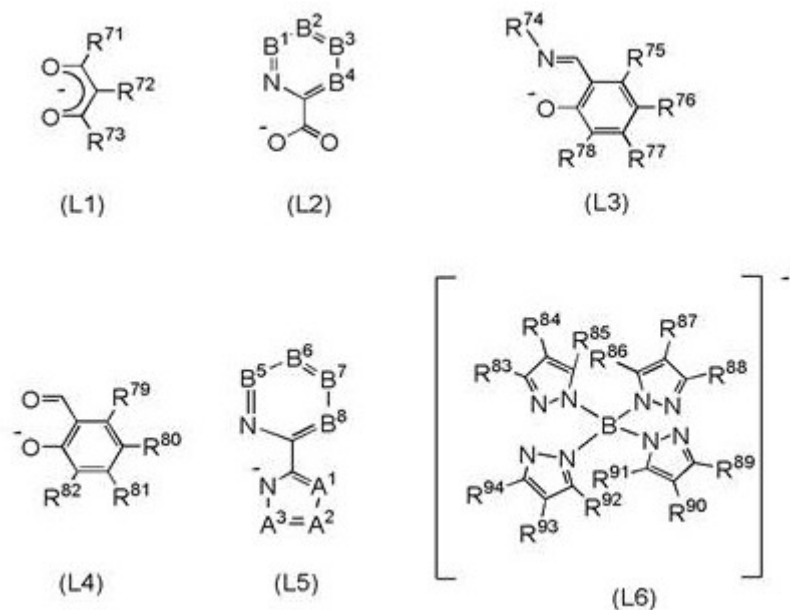
原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个，并且，L表示单阴离子配体。

3. 权利要求1或2 所述的有机金属配合物，

其中，所述单阴离子配体为具有 $\beta$ -二酮结构的单阴离子双齿螯合配体、具有羧基的单阴离子双齿螯合配体、具有酚羟基的单阴离子双齿螯合配体、两个配体元素都是氮的单阴离子双齿螯合配体或者能够通过环金属化与铈形成金属-碳键的芳香族杂环双齿配体。

4. 权利要求1或2所述的有机金属配合物，

其中，所述单阴离子配体以通式 (L1) 至 (L6) 中的任一个表示：



$R^{71}$ 至 $R^{94}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、卤基、乙烯基、取代或未取代的碳原子数为1至6的卤代烷基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷氧基或者取代或未取代的碳原子数为1至6的烷硫基，

$A^1$ 至 $A^3$ 分别独立地表示氮、与氢键合的 $sp^2$ 杂化碳或者包括取代基的 $sp^2$ 杂化碳，

所述取代基是碳原子数为1至6的烷基、卤基、碳原子数为1至6的卤代烷基或者苯基，

$B^1$ 至 $B^8$ 分别独立地表示氮或者取代或未取代的碳，

并且，所述取代基是碳原子数为1至6的烷基、卤基、碳原子数为1至6的卤代烷基或者苯基。

5. 一种包含权利要求1或2所述的有机金属配合物的发光元件。

6. 一种包括一对电极之间的EL层的发光元件，

其中，所述EL层包含权利要求1或2所述的有机金属配合物。

7. 一种包括一对电极之间的EL层的发光元件，

其中，所述EL层包括发光层，

并且所述发光层包含权利要求1或2所述的有机金属配合物。

8. 一种发光装置，包括：

权利要求5所述的发光元件；以及  
晶体管或衬底。

9. 一种电子设备，包括：

权利要求8所述的发光装置;以及  
麦克风、照相机、操作按钮、外部连接部或扬声器。

10. 一种电子设备,包括:

权利要求8所述的发光装置;以及  
壳体或触摸传感器。

11. 一种照明装置,包括:

权利要求8所述的发光装置;以及  
壳体、覆盖物或支架。

12. 一种有机金属配合物的合成方法,所述方法包括:

进行具有吡嗪骨架的配体和含有卤素的铈化合物的反应,

其中,所述铈是所述有机金属配合物的中心金属,

所述吡嗪骨架的1-位的氮与所述铈键合,

所述吡嗪骨架的5-位键合有苯基,

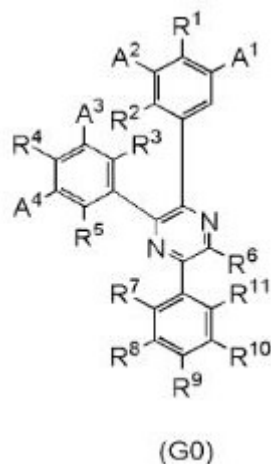
并且,所述苯基具有氰基和碳原子数为1至6的烷基作为取代基。

13. 权利要求12所述的有机金属配合物的合成方法,

其中,在真空度为10 Pa且升温速度为10°C/min下,所述有机金属配合物的失重率大约为100%。

14. 权利要求12所述的有机金属配合物的合成方法,

其中,所述配体以通式 (G0) 表示:



A<sup>1</sup>至A<sup>4</sup>分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,

R<sup>1</sup>至R<sup>6</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个,

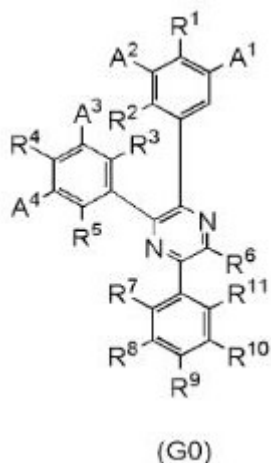
R<sup>7</sup>、R<sup>10</sup>和R<sup>11</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和氰基中的任一个,

R<sup>8</sup>和R<sup>9</sup>中的至少一个表示氰基,

R<sup>8</sup>和R<sup>9</sup>中的另一个表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和氰基中的任一个,

并且,R<sup>7</sup>和R<sup>11</sup>中的至少一个表示烷基。

15. 一种以通式 (G0) 表示的吡嗪衍生物:



其中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,

$R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个,

$R^7$ 、 $R^{10}$  和  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,

$R^8$  和  $R^9$  中的至少一个表示氰基,

并且,  $R^8$  和  $R^9$  中的另一个表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和氰基中的任一个。

## 有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

本申请是原案申请日为2016年12月16日、申请号为201611181165.9、发明名称为“有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备及照明装置”的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种有机金属配合物。尤其是，本发明的一个方式涉及一种能够将三重激发态的能量转换成发光的有机金属配合物。另外，本发明的一个方式涉及一种使用有机金属配合物的发光元件、发光装置、电子设备及照明装置。注意，本发明的一个方式不局限于上述技术领域。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。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)。由此，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，除了上述之外还可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置、蓄电装置、存储装置、这些装置的驱动方法或者这些装置的制造方法为例。

### 背景技术

[0002] 由于在一对电极之间包含作为发光物质的有机化合物的发光元件(也称为有机EL元件)具有薄型轻量、响应速度高及能够以低电压驱动等的特征，因此应用它们的显示器作为下一代平板显示器受到关注。并且，通过对上述发光元件施加电压，从电极注入的电子和空穴重新结合，从而发光物质成为激发态，当该激发态回到基态时发光。另外，作为激发态的种类，可以举出单重激发态( $S^*$ )和三重激发态( $T^*$ )，其中由单重激发态的发光被称为荧光，而由三重激发态的发光被称为磷光。另外，在发光元件中，单重激发态和三重激发态的统计学上的生成比例被认为是 $S^*:T^*=1:3$ 。

[0003] 此外，在上述发光物质中，能够将单重激发态的能量转换成发光的化合物被称为荧光化合物(荧光材料)，能够将三重激发态的能量转换成发光的化合物被称为磷光化合物(磷光材料)。

[0004] 因此，基于上述生成比例，使用荧光材料的发光元件的内部量子效率(所产生的光子相对于所注入的载流子的比例)的理论上的极限被认为是25%，而使用磷光材料的发光元件的内部量子效率的理论上的极限被认为是75%。

[0005] 换言之，与使用荧光材料的发光元件相比，使用磷光材料的发光元件可以得到更高的效率。因此，近年来对各种磷光材料进行积极的研究开发。尤其是，以铱等为中心金属的有机金属配合物已因其高磷光量子产率而受到关注(例如，参照专利文献1)。

[0006] [专利文献1]日本专利申请公开第2009-23938号公报。

### 发明内容

[0007] 如上述专利文献1所报告，具有优良的特性的磷光材料的开发进展，但期待具有更优良的特性的新颖材料的开发。

[0008] 于是，本发明的一个方式提供一种新颖有机金属配合物。另外，本发明的一个方式

提供一种耐热性高的新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式提供一种升华中的分解少的新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式提供一种色纯度高的新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式提供一种可用于发光元件的新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式提供一种可用于发光元件的EL层的新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式提供一种新颖发光元件。另外,本发明的一个方式提供一种新颖发光装置、新颖电子设备或新颖照明装置。注意,这些目的的记载并不妨碍其他目的的存在。本发明的一个方式并不需要实现所有上述目的。另外,上述以外的目的从说明书、附图、权利要求书等的记载中自然得知,可以从说明书、附图、权利要求书等的记载提炼上述以外的目的。

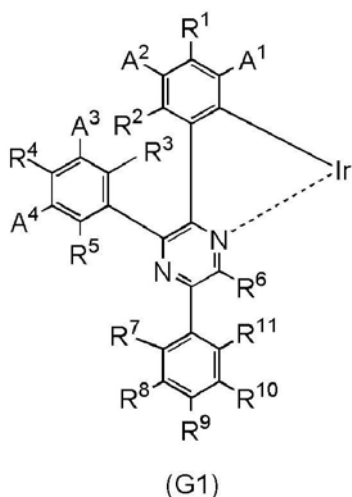
[0009] 本发明的一个方式是一种有机金属配合物,该有机金属配合物包含铈及配体,配体包括吡嗪骨架,铈与吡嗪骨架的1位的氮键合,苯基键合到吡嗪骨架的2位、3位及5位,键合到吡嗪骨架的2位及3位的苯基作为取代基包括烷基,键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基。

[0010] 另外,本发明的其他方式是一种有机金属配合物,该有机金属配合物包含与铈键合的第一配体及第二配体,第一配体包括吡嗪骨架,铈与吡嗪骨架的1位的氮键合,苯基键合到吡嗪骨架的2位、3位及5位,键合到吡嗪骨架的2位及3位的苯基作为取代基包括烷基,键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基,第二配体是单阴离子配体。尤其是,第二配体优选为具有 $\beta$ -二酮结构的单阴离子双齿螯合配体、具有羧基的单阴离子双齿螯合配体、具有酚羟基的单阴离子双齿螯合配体、两个配体元素都是氮的单阴离子双齿螯合配体或者能够通过环金属化与铈形成金属-碳键的芳香族杂环双齿配体等。

[0011] 在上述结构中,键合到吡嗪骨架的5位的苯基优选还包含烷基。尤其是,通过对键合到吡嗪骨架的5位的苯基中的至少2位导入烷基,可以防止发射光谱过度漂移到长波长一侧而保持视亮度因数。就是说,这尤其适合于得到色纯度及效率高的深红色发光。

[0012] 另外,本发明的其他方式是一种具有以下述通式 (G1) 表示的结构的有机金属配合物。

[0013] [化1]

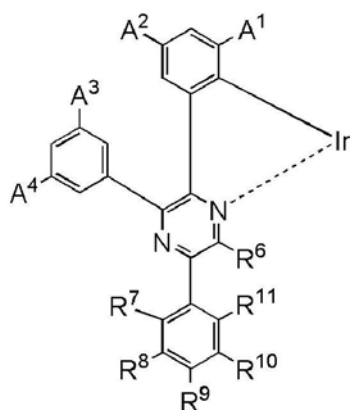


[0014] 在通式(G1)中, A<sup>1</sup>至A<sup>4</sup>分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基, R<sup>1</sup>至R<sup>6</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。R<sup>7</sup>至R<sup>11</sup>分别独

立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0015] 另外,本发明的其他方式是一种具有以下述通式 (G2) 表示的结构的有机金属配合物。

[0016] [化2]

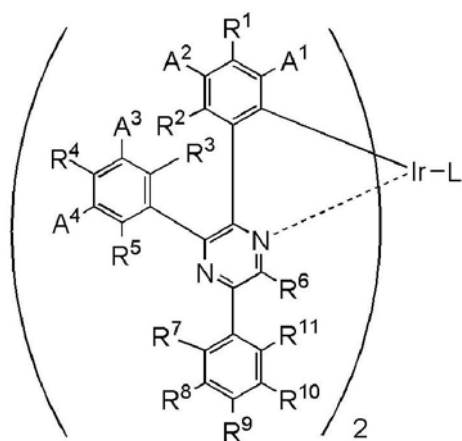


(G2)

[0017] 在通式 (G2) 中,  $A^1$ 至 $A^4$ 分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^6$ 表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0018] 另外,本发明的其他方式是一种以下述通式 (G3) 表示的有机金属配合物。

[0019] [化3]



(G3)

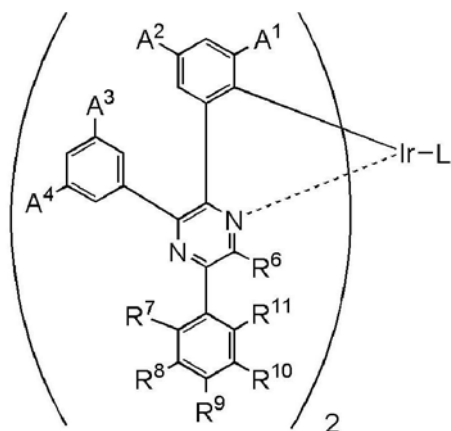
[0020] 在通式 (G3) 中,  $A^1$ 至 $A^4$ 分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^1$ 至 $R^6$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的



芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。L表示单阴离子配体。

[0021] 另外,本发明的其他方式是一种以下述通式 (G4) 表示的有机金属配合物。

[0022] [化4]



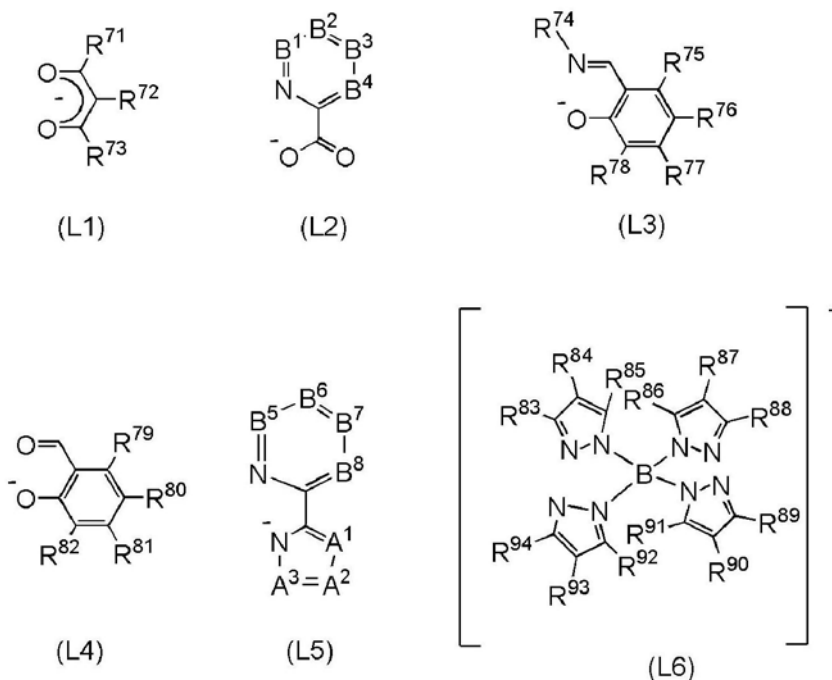
(G4)

[0023] 在通式 (G4) 中,  $A^1$ 至 $A^4$ 分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^6$ 表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。L表示单阴离子配体。

[0024] 在上述各结构中,单阴离子配体为具有 $\beta$ -二酮结构的单阴离子双齿螯合配体、具有羧基的单阴离子双齿螯合配体、具有酚羟基的单阴离子双齿螯合配体、两个配体元素都是氮的单阴离子双齿螯合配体或者能够通过环金属化与铱形成金属-碳键的芳香族杂环双齿配体等。

[0025] 在上述各结构中,单阴离子配体为下述通式 (L1) 至通式 (L6) 中的任一个。

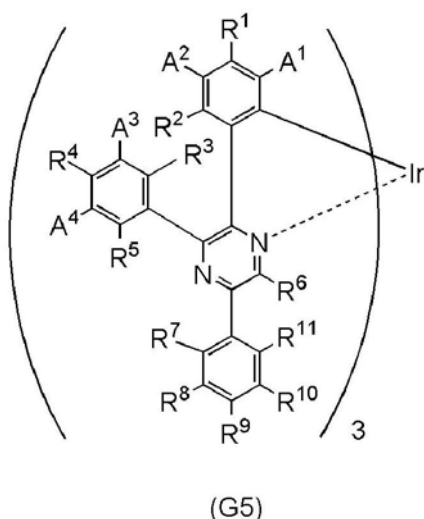
[0026] [化5]



[0027] 在通式 (L1) 至通式 (L6) 中,  $R^{71}$  至  $R^{94}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、卤基、乙烯基、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷氧基或者取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷硫基。 $A^1$  至  $A^3$  分别独立地表示氮、与氢键合的  $sp^2$  杂化碳或者包括取代基的  $sp^2$  杂化碳, 上述取代基为碳原子数为 1 至 6 的烷基、卤基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基或者苯基,  $B^1$  至  $B^8$  分别独立地表示氮或者取代或未取代的碳, 上述取代基为碳原子数为 1 至 6 的烷基、卤基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基或者苯基。

[0028] 另外, 本发明的其他方式是一种以下述通式 (G5) 表示的有机金属配合物。

[0029] [化6]

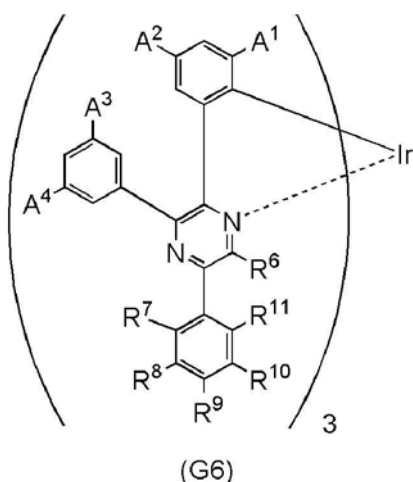


[0030] 在通式 (G5) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。 $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的

芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0031] 另外,本发明的其他方式是一种以下述通式 (G6) 表示的有机金属配合物。

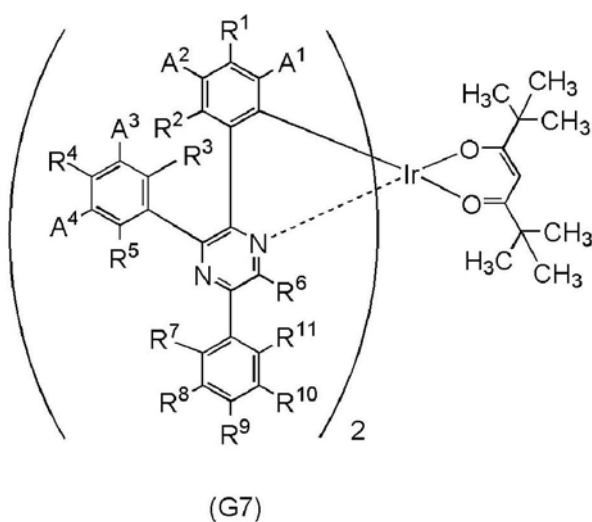
[0032] [化7]



[0033] 在通式 (G6) 中,  $A^1$ 至 $A^4$ 分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^6$ 表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0034] 另外,本发明的其他方式是一种以下述通式 (G7) 表示的有机金属配合物。

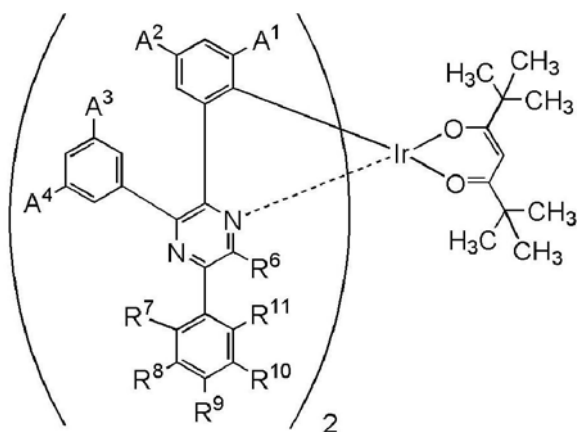
[0035] [化8]



[0036] 在通式 (G7) 中,  $A^1$ 至 $A^4$ 分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^1$ 至 $R^6$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0037] 另外,本发明的其他方式是一种以下述通式 (G8) 表示的有机金属配合物。

[0038] [化9]



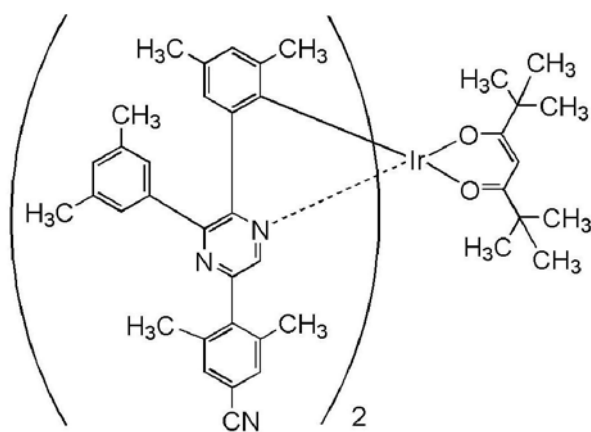
(G8)

[0039] 在通式 (G8) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^6$  表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0040] 在上述通式 (G1) 至通式 (G8) 中, 优选的是,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个为碳原子数为1至6的烷基。另外, 尤其优选的是,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个为碳原子数为1至6的烷基, 以便防止发射光谱峰值过度漂移到长波长一侧而保持视亮度因数。就是说, 这结构尤其适合于得到色纯度及效率高的深红色发光。

[0041] 另外,本发明的其他方式是一种以下述结构式 (100) 表示的有机金属配合物。

[0042] [化10]



(100)

[0043] 本发明的一个方式的有机金属配合物可以发射磷光, 即能够从三重激发态得到发光并呈现发光, 所以通过将其应用于发光元件, 可以实现高效率化, 是非常有效的。因此, 本发明的一个方式包括使用本发明的一个方式的有机金属配合物的发光元件。

[0044] 另外,本发明的其他方式是一种发光元件, 该发光元件包括: 一对电极之间的

EL层,EL层包括发光层,发光层包含上述有机金属配合物中的任何一个。

[0045] 另外,本发明的其他方式是一种发光元件,该发光元件包括:一对电极之间的EL层,EL层包括发光层,发光层包含多个有机化合物,多个有机化合物中的一个上述有机金属配合物中的任何一个。

[0046] 此外,本发明的一个方式不仅包括具有发光元件的发光装置,而且还包括具有发光装置的照明装置。因此,本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(包括照明装置)。另外,发光装置还包括如下所有模块:在发光元件中安装有连接器诸如FPC(Flexible printed circuit:柔性印刷电路)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装)的模块;在TCP端部中设置有印刷线路板的模块;或者IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)方式直接安装在发光元件上的模块。

[0047] 根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式可以提供一种耐热性高的新颖有机金属配合物。另外,本发明的一个方式可以提供一种升华中的分解少的新颖有机金属配合物。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种色纯度良好的新颖有机金属配合物。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种可用于发光元件的新颖有机金属配合物。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种可用于发光元件的EL层的新颖有机金属配合物。可以提供一种使用新颖有机金属配合物的新颖发光元件。另外,可以提供新颖发光装置、新颖电子设备或新颖照明装置。注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。此外,本发明的一个方式并不需要具有所有上述效果。另外,上述以外的效果从说明书、附图、权利要求书等的记载中自然得知,可以从说明书、附图、权利要求书等的记载中提炼上述以外的效果。

## 附图说明

[0048] 图1A和图1B是说明发光元件的结构图;  
图2A和图2B是说明发光元件的结构图;  
图3A至图3C是说明发光装置的图;  
图4A和图4B是说明发光装置的图;  
图5A至图5D、图5D' 1及图5D' 2是说明电子设备的图;  
图6A至图6C是说明电子设备的图;  
图7A和图7B是说明汽车的图;  
图8A至图8D是说明照明装置的图;  
图9是说明照明装置的图;  
图10A和图10B是示出触摸屏的一个例子的图;  
图11A和图11B是示出触摸屏的一个例子的图;  
图12A和图12B是示出触摸屏的一个例子的图;  
图13A和图13B分别是触摸传感器的方框图及时序图;  
图14是触摸传感器的电路图;  
图15A、图15B1和图15B2是显示装置的方框图;  
图16示出显示装置的电路结构;  
图17示出显示装置的截面结构;

图18是以结构式(100)表示的有机金属配合物的<sup>1</sup>H-NMR谱图；

图19是以结构式(100)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

图20是示出以结构式(100)表示的有机金属配合物的LC-MS测量结果的图；

图21是利用四极质谱分析仪的分压与质荷比的关系的图；

图22是有机金属配合物的热重曲线。

图23是说明发光元件的图；

图24是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的电流密度-亮度特性的图；

图25是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的电压-亮度特性的图；

图26是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的亮度-电流效率特性的图；

图27是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的电压-电流特性的图；

图28是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的CIE色度的图；

图29是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的发射光谱的图；

图30是示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的可靠性的图；

图31A和图31B是说明发光元件的图；

图32是以结构式(108)表示的有机金属配合物的<sup>1</sup>H-NMR谱图；

图33是以结构式(108)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

图34是以结构式(114)表示的有机金属配合物的<sup>1</sup>H-NMR谱图；

图35是以结构式(114)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

图36是示出发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的电流密度-亮度特性的图；

图37是示出发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的电压-亮度特性的图；

图38是示出发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的亮度-电流效率特性的图；

图39是示出发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的电压-电流特性的图；

图40是示出发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的CIE色度的图；

图41是示出发光元件4、发光元件5的发射光谱的图；

图42是示出发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的可靠性的图。

## 具体实施方式

[0049] 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。

[0050] 另外，根据情况或状态，“膜”和“层”的说法可以互相调换。例如，有时可以将用语“导电层”调换为用语“导电膜”。此外，有时可以将用语“绝缘膜”调换为用语“绝缘层”。

### [0051] 实施方式1

在本实施方式中，对本发明的一个方式的有机金属配合物进行说明。

[0052] 在本实施方式中示出一种有机金属配合物，该有机金属配合物包含作为中心金属的铱及配体，配体包括吡嗪骨架，铱与吡嗪骨架的1位的氮键合，苯基键合到吡嗪骨架的2

位、3位及5位,键合到吡嗪骨架的2位及3位的苯基作为取代基包括烷基,键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基。

[0053] 另外,在本实施方式中示出一种有机金属配合物,该有机金属配合物包含与作为中心金属的铱键合的第一配体及第二配体,第一配体包括吡嗪骨架,铱与吡嗪骨架的1位的氮键合,苯基键合到吡嗪骨架的2位、3位及5位,键合到吡嗪骨架的2位及3位的苯基作为取代基包括烷基,键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基,第二配体是单阴离子配体。尤其是,第二配体为具有 $\beta$ -二酮结构的单阴离子双齿螯合配体、具有羧基的单阴离子双齿螯合配体、具有酚羟基的单阴离子双齿螯合配体、两个配体元素都是氮的单阴离子双齿螯合配体或者能够通过环金属化与铱形成金属-碳键的芳香族杂环双齿配体等。

[0054] 在上述本发明的一个方式的有机金属配合物中,作为取代基包括烷基的苯基键合到包含于配体中的吡嗪骨架的2位和3位,作为取代基包括氰基的苯基键合到吡嗪骨架的5位,键合到吡嗪骨架的2位的苯基的邻位键合到铱。

[0055] 因为在本发明的一个方式的有机金属配合物中,键合到吡嗪骨架的2位和3位的苯基都包括烷基作为取代基,所以可以防止升华中的有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化,并且可以降低升华温度。但是,本发明人等发现:这烷基具有上述效果,另一方面,随着升华稍微产生分子量低的分解物,这导致发光元件的使用寿命的降低。并且,本发明人等发现:因为键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基,与不包括氰基的情况相比,虽然升华温度变高,但是即使在升华中进行高温处理也可以防止来源于上述烷基的分子量低的分解物的产生,即防止脱离气体的产生。

[0056] 因此,本发明的一个方式的有机金属配合物的特征在于:键合到吡嗪骨架的2位和3位的苯基都包括烷基作为取代基,键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基。升华提纯后的本发明的一个方式的有机金属配合物不容易产生作为杂质有可能给元件特性带来负面影响的异构体,因此在利用真空蒸镀使用该有机金属配合物来制造元件时,可以抑制分解物混入到元件,因此可以得到一种使用寿命特性良好的元件。

[0057] 注意,当键合到吡嗪骨架的2位和3位的苯基不包括烷基作为取代基时,即使键合到吡嗪骨架的5位的苯基作为取代基包括氰基,也在升华中发生有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化。因此,本发明的一个方式的有机金属配合物需要包括上述烷基和上述氰基,以抑制有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化、以及分子量低的脱离气体的产生,这是新的发现。

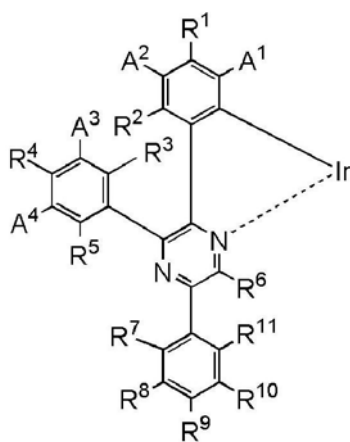
[0058] 并且,本发明的一个方式的有机金属配合物所包括的上述氰基具有使有机金属配合物的发射光谱的波长变长的效果。就是说,本发明的一个方式的有机金属配合物呈现色纯度高的深红色发光。在呈现深红色发光的情况下,一般而言,在近红外区域具有光谱而视亮度因数变低,但是,本发明的一个方式的有机金属配合物所包括的上述烷基(键合到吡嗪骨架的2位和3位的苯基所包括的烷基)还具有使发射光谱变窄的效果,因此可以最大限度地抑制视亮度因数的降低。因此,本发明的一个方式的有机金属配合物所呈现的深红色发光可以实现高色纯度及高效率。

[0059] 在上述结构中,键合到吡嗪骨架的5位的苯基更优选除了氰基以外还包含烷基,以抑制有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化。尤其是,当键合到吡嗪骨架的5位的苯基的2位包括烷基时,可以防止发射光谱峰值过度漂移到长波长一侧而保持视亮度因数。就是

说,这尤其适合于得到色纯度及效率高的深红色发光。

[0060] 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G1) 表示的有机金属配合物。

[0061] [化11]

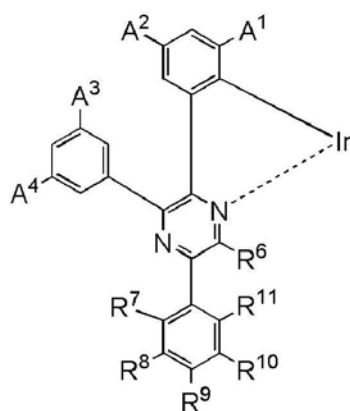


(G1)

[0062] 在通式 (G1) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0063] 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G2) 表示的有机金属配合物。

[0064] [化12]



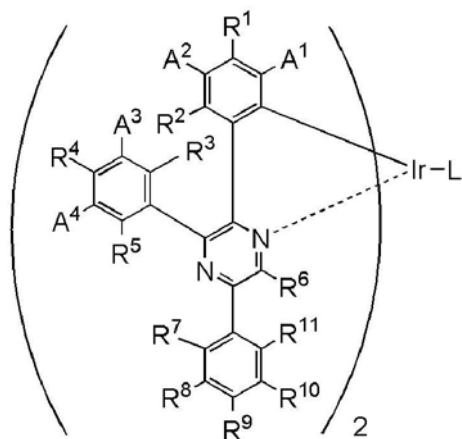
(G2)

[0065] 在通式 (G2) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,  $R^6$  表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。



[0066] 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G3) 表示的有机金属配合物。

[0067] [化13]

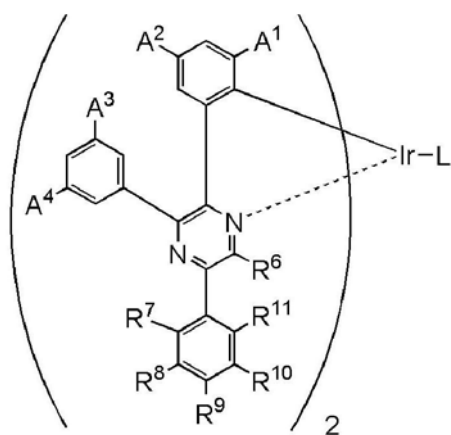


(G3)

[0068] 在通式 (G3) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。L 表示单阴离子配体。

[0069] 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G4) 表示的有机金属配合物。

[0070] [化14]



(G4)

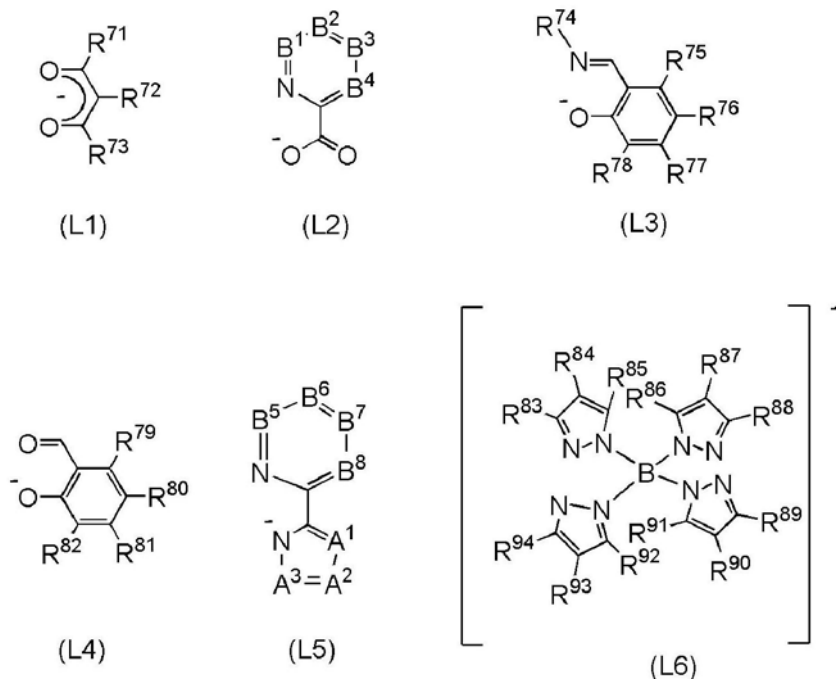
[0071] 在通式 (G4) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^6$  表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。L 表示

单阴离子配体。

[0072] 在上述各结构中,作为单阴离子配体可以举出具有 $\beta$ -二酮结构的单阴离子双齿螯合配体、具有羧基的单阴离子双齿螯合配体、具有酚羟基的单阴离子双齿螯合配体、两个配体元素都是氮的单阴离子双齿螯合配体或者能够通过环金属化与铈形成金属-碳键的芳香族杂环双齿配体等。

[0073] 作为上述单阴离子配体可以举出下述通式(L1)至通式(L6)中的任一个。

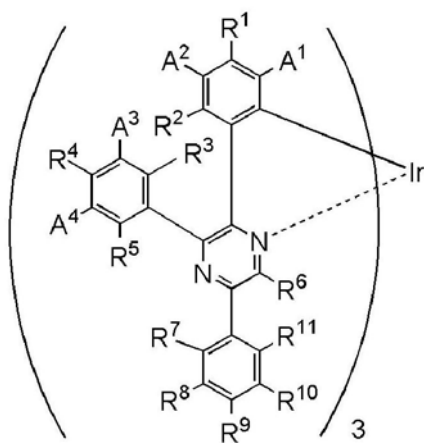
[0074] [化15]



[0075] 在通式(L1)至通式(L6)中, $R^{71}$ 至 $R^{94}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、卤基、乙烯基、取代或未取代的碳原子数为1至6的卤代烷基、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷氧基或者取代或未取代的碳原子数为1至6的烷硫基。 $A^1$ 至 $A^3$ 分别独立地表示氮、与氢键合的 $sp^2$ 杂化碳或者包括取代基的 $sp^2$ 杂化碳,上述取代基为碳原子数为1至6的烷基、卤基、碳原子数为1至6的卤代烷基或者苯基, $B^1$ 至 $B^8$ 分别独立地表示氮或者取代或未取代的碳,上述取代基为碳原子数为1至6的烷基、卤基、碳原子数为1至6的卤代烷基或者苯基。

[0076] 另外,本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式(G5)表示的有机金属配合物。

[0077] [化16]

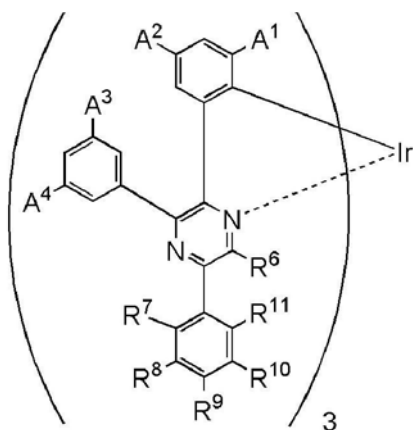


(G5)

[0078] 在通式 (G5) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。 $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0079] 另外, 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G6) 表示的有机金属配合物。

[0080] [化17]

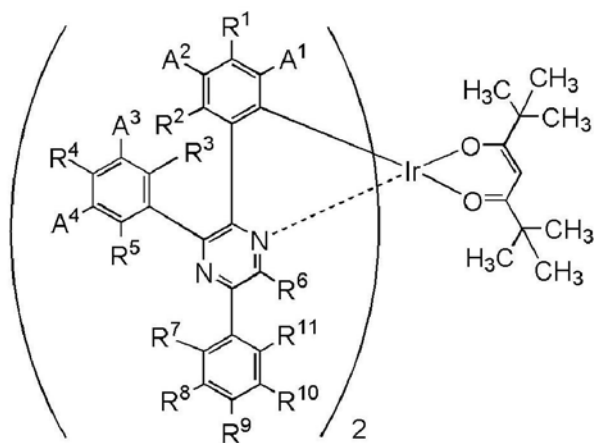


(G6)

[0081] 在通式 (G6) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^6$  表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。 $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0082] 另外, 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G7) 表示的有机金属配合物。

[0083] [化18]

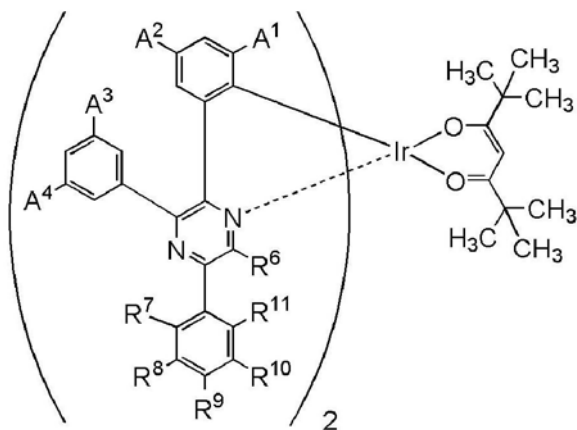


(G7)

[0084] 在通式 (G7) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。 $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0085] 另外, 本实施方式所示的有机金属配合物是一种以下述通式 (G8) 表示的有机金属配合物。

[0086] [化19]



(G8)

[0087] 在通式 (G8) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^6$  表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。 $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0088] 此外, 在上述通式 (G1) 至通式 (G8) 的任一个中, 在取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中任一具有取代基的情况下, 作为该取代基可以举出: 甲基、乙基、丙基、异丙基、丁

基、异丁基、仲丁基、叔丁基、戊基、己基等碳原子数为1至6的烷基；环戊基、环己基、环庚基、1-降冰片基、2-降冰片基等碳原子数为5至7的环烷基；苯基、联苯基等碳原子数为6至12的芳基。

[0089] 另外，在上述通式 (G1) 至通式 (G8) 中，作为 $A^1$ 至 $A^4$ 和 $R^1$ 至 $R^{11}$ 中的任一个的具有碳原子数为1至6的烷基时的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基、戊基、异戊基、仲戊基、叔戊基、新戊基、己基、异己基、仲己基、叔己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基、2,3-二甲基丁基以及三氟甲基等。

[0090] 此外，在上述通式 (G1) 至通式 (G8) 中，作为 $A^1$ 至 $A^4$ 和 $R^1$ 至 $R^{11}$ 中的任一个的具有碳原子数为6至13的芳基时的具体例子，可以举出苯基、甲苯基（邻甲苯基、间甲苯基、对甲苯基）、萘基（1-萘基、2-萘基）、联苯基（联苯-2-基、联苯-3-基、联苯-4-基）、二甲苯基、戊搭烯基、茛基、芴基、菲基等。另外，也可以使上述取代基彼此键合而形成环，作为这样的例子，例如可以举出芴基的9位的碳具有两个苯基作为取代基，通过该苯基彼此键合而形成螺芴骨架的情况等。

[0091] 另外，在上述通式 (G1) 至通式 (G8) 中，作为 $A^1$ 至 $A^4$ 和 $R^1$ 至 $R^{11}$ 中的任一个的具有碳原子数为3至12的杂芳基时的具体例子，可以举出咪唑基、吡唑基、吡啶基、哒嗪基（pyridazyl）、三唑基（triazyl）、苯并咪唑基、喹啉基等。

[0092] 因为在通式 (G1) 至通式 (G8) 所示的本发明的一个方式的有机金属配合物中， $A^1$ 至 $A^4$ 包括烷基，所以可以防止升华中的有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化，并且可以降低升华温度。但是，这烷基具有上述效果，另一方面，随着升华稍微产生分子量低的分解物，这导致发光元件的使用寿命的降低。并且，当作为键合到吡嗪骨架的5位的苯基的取代基 $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个包括氰基时，与不包括氰基的情况相比，虽然升华温度变高，但是即使在升华中进行高温处理也可以防止来源于上述烷基的分子量低的分解物的产生，即防止脱离气体的产生。

[0093] 因此，本发明的一个方式的有机金属配合物的特征在于：通式 (G1) 至通式 (G8) 中的 $A^1$ 至 $A^4$ 包括烷基作为取代基， $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个作为取代基包括氰基。在利用真空蒸镀使用本发明的一个方式的有机金属配合物来制造元件时，可以抑制分解物混入到元件，因此可以得到一种使用寿命特性良好的元件。

[0094] 注意，当 $A^1$ 至 $A^4$ 不包括烷基作为取代基时，即使 $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个作为取代基包括氰基，也在升华中发生有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化。因此，本发明的一个方式的有机金属配合物需要在 $A^1$ 和 $A^2$ 中的一个及 $A^3$ 和 $A^4$ 中的一个包括烷基并且 $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个包括氰基，以抑制有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化、以及分子量低的脱离气体的产生。

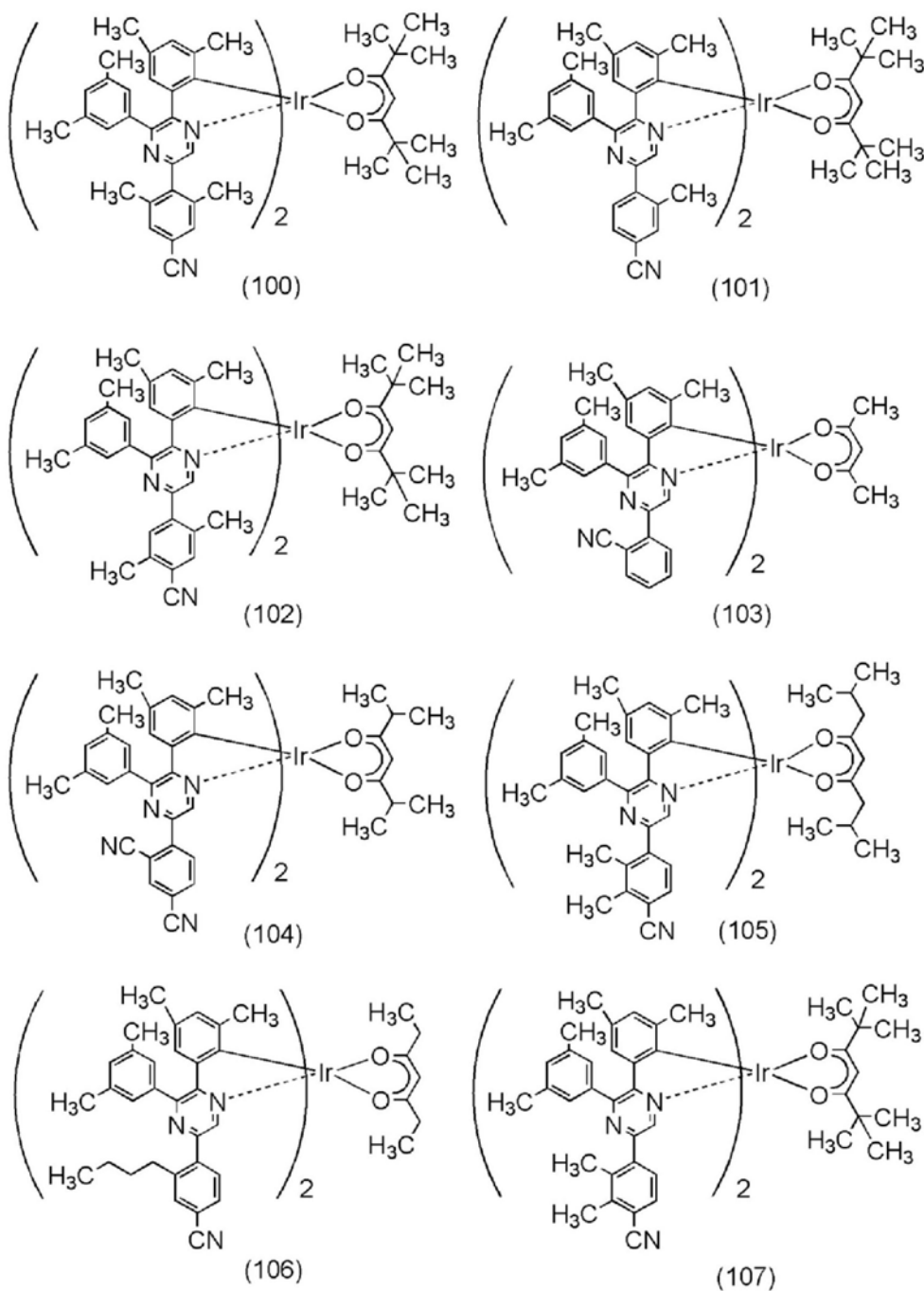
[0095] 并且， $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个所包括的氰基具有使有机金属配合物的发射光谱的波长变长的效果。就是说，本发明的一个方式的有机金属配合物呈现色纯度高的深红色发光。在呈现深红色发光的情况下，一般而言，在近红外区域具有光谱而视亮度因数变低，但是，对导入 $A^1$ 至 $A^4$ 的烷基还具有使发射光谱变窄的效果，因此可以最大限度地抑制视亮度因数的降低。因此，本发明的一个方式的有机金属配合物所呈现的深红色发光可以实现高色纯度及高效率。

[0096] 在上述结构中，在通式 (G1) 至通式 (G8) 中，键合到吡嗪骨架的5位的苯基更优选除

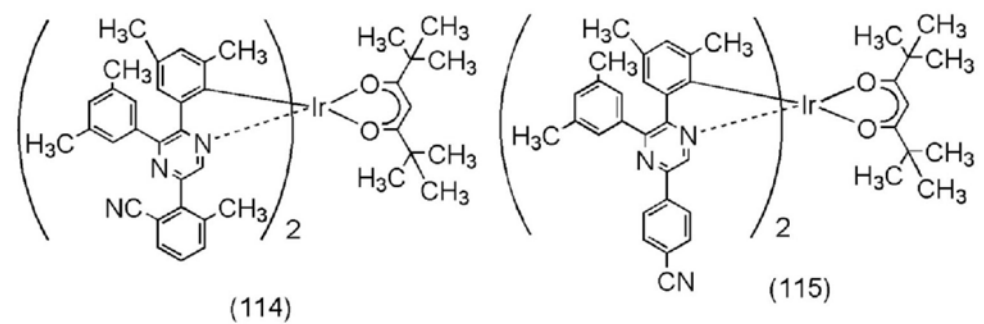
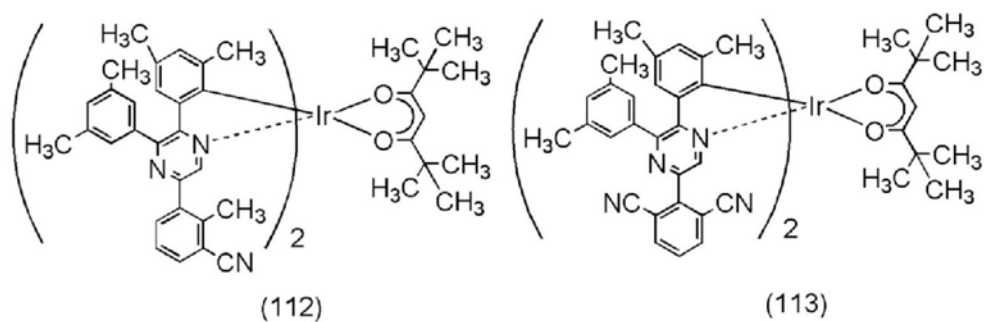
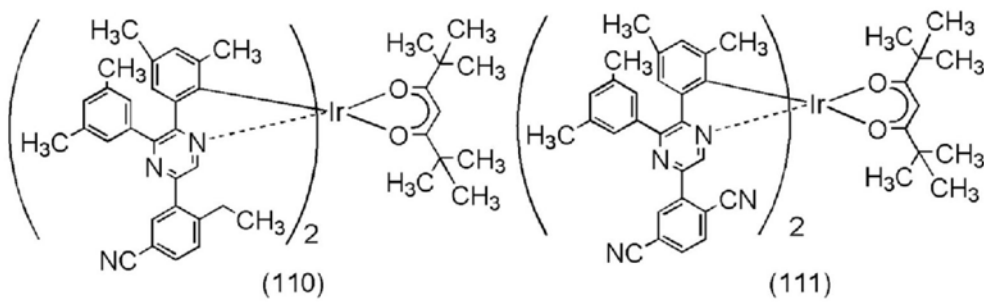
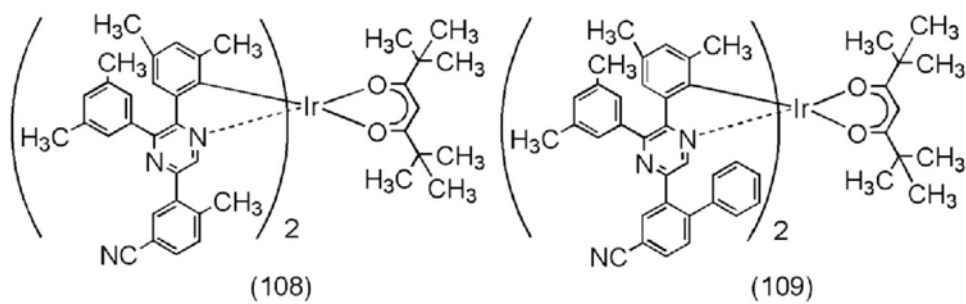
了氰基以外还包含烷基,以抑制在升华中有机金属配合物彼此的反应导致的碳化。因此,在上述通式 (G1) 至通式 (G8) 中, $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示碳原子数为1至6的烷基。尤其是,当 $R^7$ 和 $R^{11}$ 中的至少一个为碳原子数为1至6的烷基时,可以防止发射光谱峰值过度漂移到长波长一侧而保持视亮度因数。就是说,在本发明的一个方式的有机金属配合物中,可以得到色纯度及效率高的深红色发光。

[0097] 接着,示出上述本发明的一个方式的有机金属配合物的具体结构式。注意,本发明不局限于此。

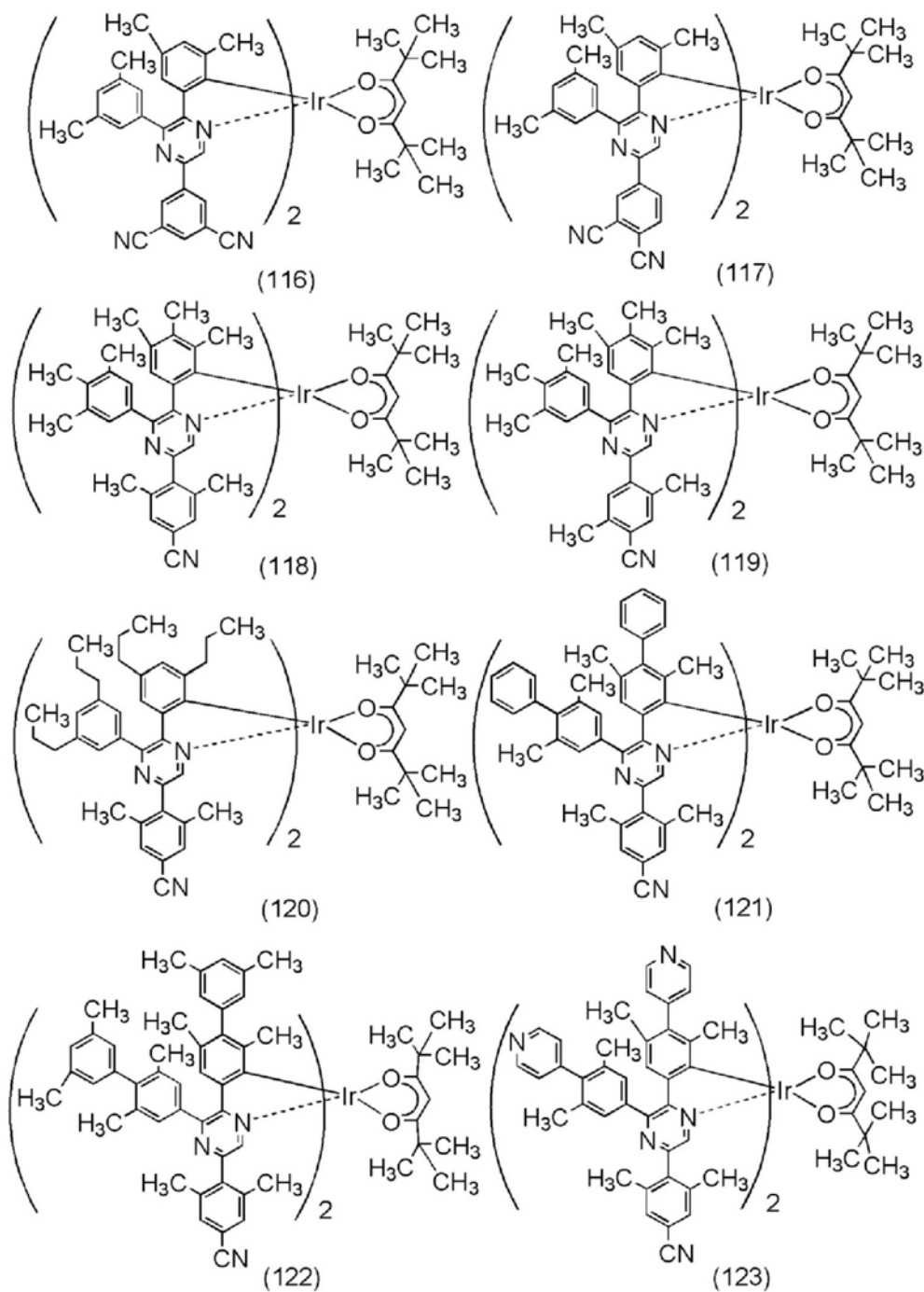
[0098] [化20]



[0099] [化21]

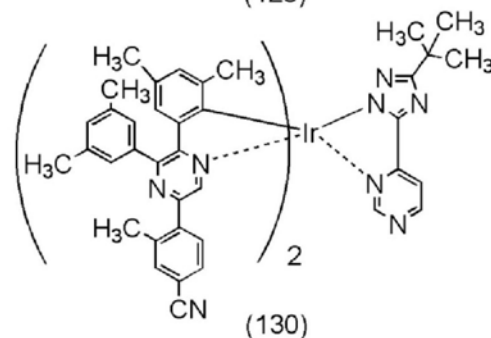
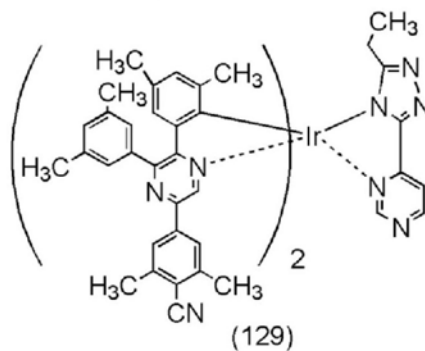
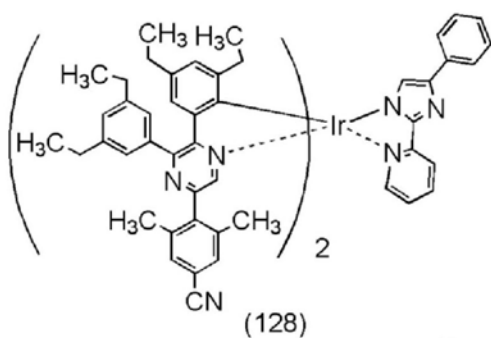
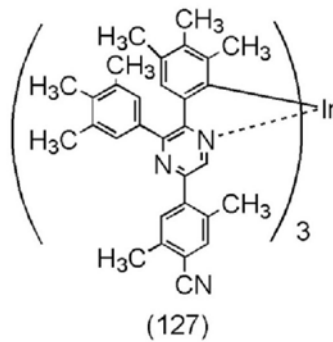
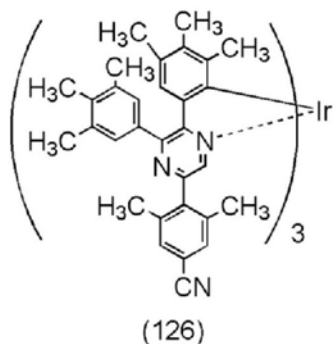
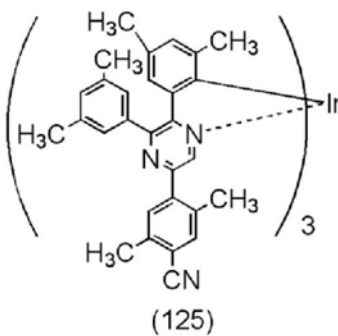
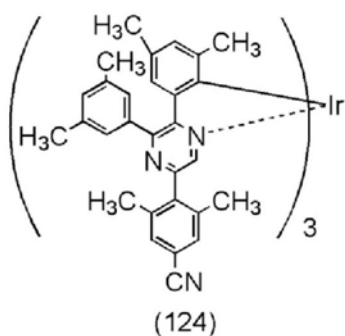


[0100] [化22]



[0101] [化23]





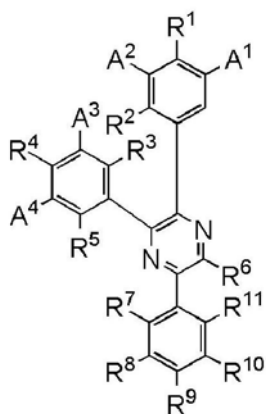
[0102] 注意,以上述结构式(100)至结构式(130)表示的有机金属配合物是能够发射磷光的新颖物质。此外,这些物质取决于配体的种类可能有几何异构体和立体异构体,但是本发明的一个方式的有机金属配合物包括所有这些异构体。

[0103] 接着,说明本发明的一个方式的具有以上述通式(G3)及通式(G5)表示的结构的有机金属配合物的合成方法的例子。

[0104] 《以通式(G0)表示的吡嗪衍生物的合成方法》

用于通式(G3)及通式(G5)的合成的以下述通式(G0)表示的吡嗪衍生物可以通过如下三种合成方案(A1)、(A2)、(A3)表示的合成方法来合成。

[0105] [化24]

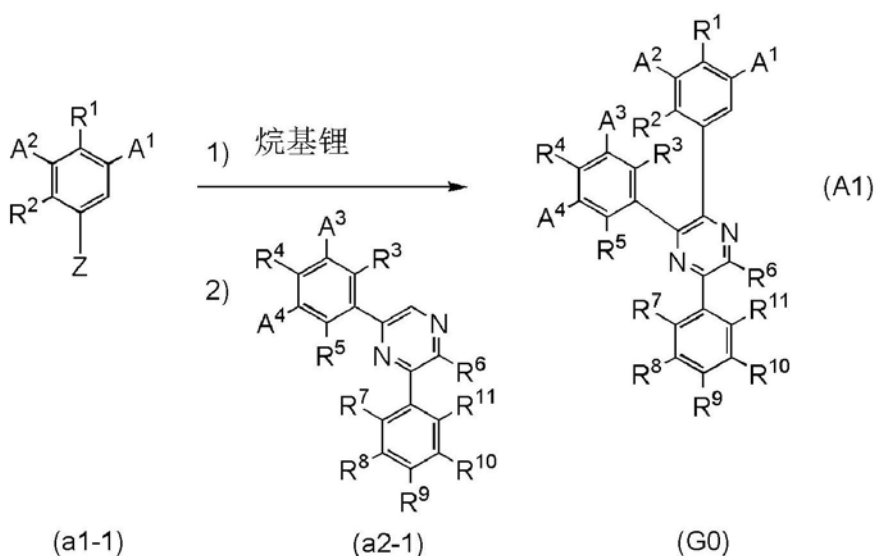


(G0)

[0106] 在通式 (G0) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0107] 例如, 如下述合成方案 (A1) 所示那样, 使用烷基锂等使卤化苯衍生物 (a1-1) 锂化, 并使其与二苯基吡嗪 (a2-1) 起反应, 由此可以得到以通式 (G0) 表示的吡嗪衍生物。

[0108] [化25]

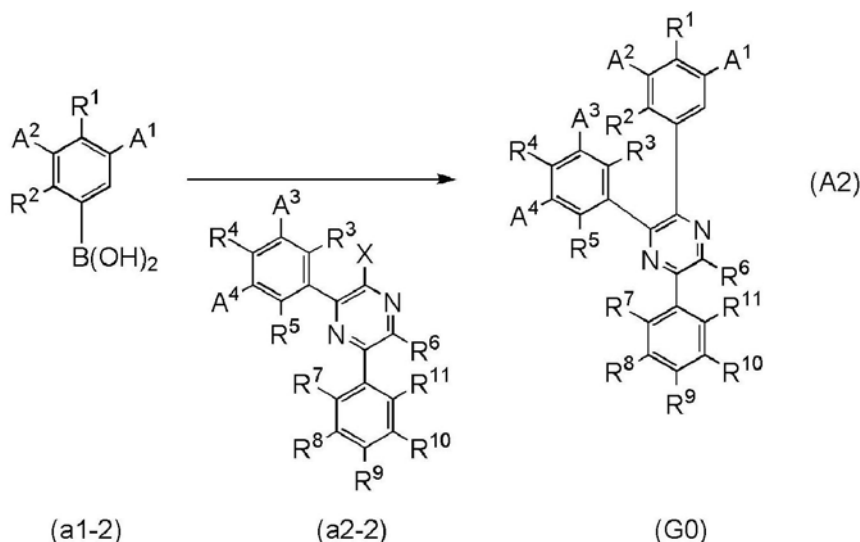


[0109] 在上述合成方案 (A1) 中,  $Z$  表示卤素,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0110] 另外, 如下述合成方案 (A2) 所示那样, 通过使苯衍生物的硼酸 (a1-2) 与二苯基吡

嗪的卤化物 (a2-2) 偶合, 可以得到以通式 (G0) 表示的吡嗪衍生物。

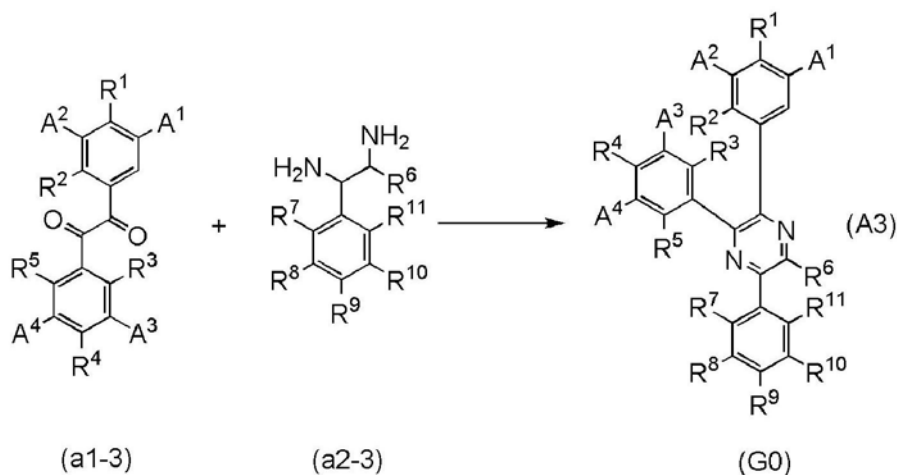
[0111] [化26]



[0112] 在合成方案 (A2) 中, X 表示卤素,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0113] 此外, 如下述合成方案 (A3) 所示那样, 通过使被苯衍生物取代的二酮 (a1-3) 与二胺 (a2-3) 起反应, 可以得到以通式 (G0) 表示的吡嗪衍生物。

[0114] [化27]



[0115] 在合成方案 (A3) 中,  $A^1$  至  $A^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $R^1$  至  $R^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。  $R^7$  至  $R^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $R^7$  至  $R^{11}$  中的至少一个表示氰基。

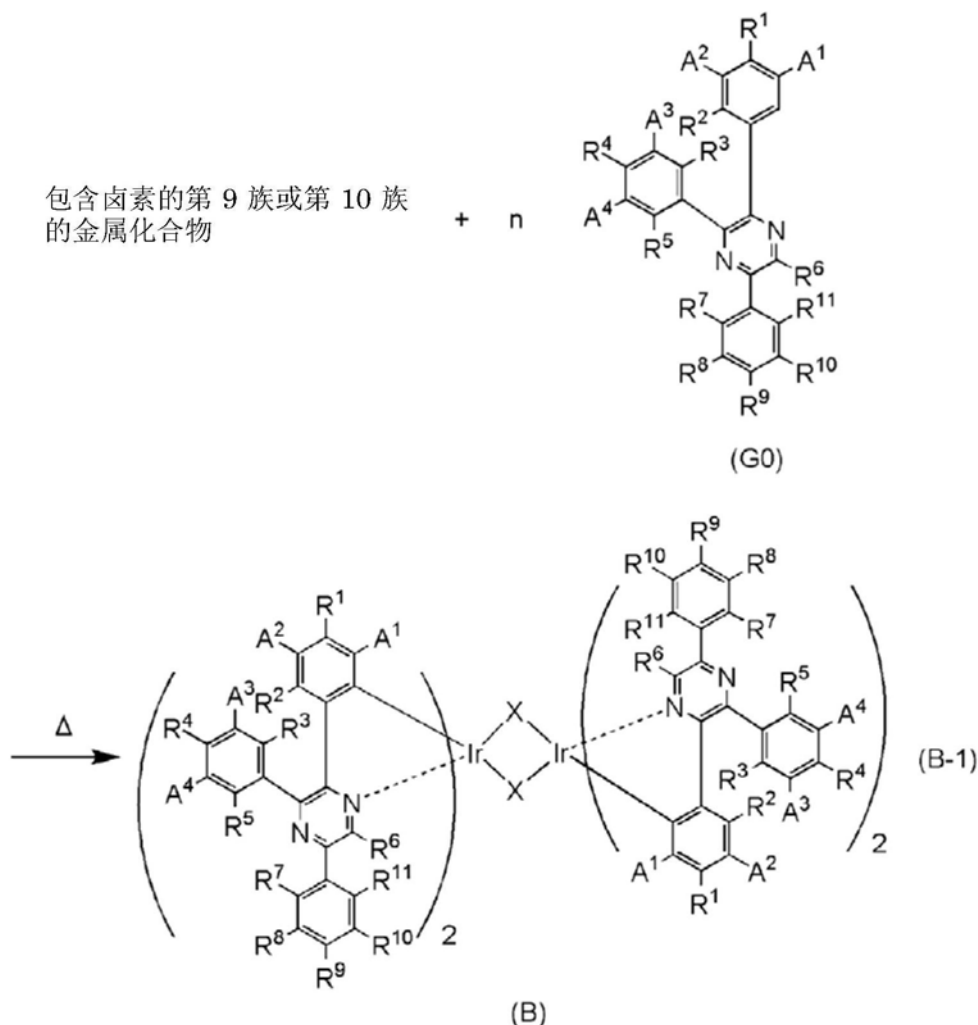
[0116] 此外,作为衍生物(G0)的合成方法,除了上述三种方法之外还有多个已知的合成方法。因此,可以使用任何方法。

[0117] 因为在市场上销售多种上述化合物(a1-1)、(a1-2)、(a1-3)、(a2-1)、(a2-2)、(a2-3)或者可以合成上述化合物(a1-1)、(a1-2)、(a1-3)、(a2-1)、(a2-2)、(a2-3),所以可以合成多种以通式(G0)表示的吡嗪衍生物。因此,本发明的一个方式的有机金属配合物有其配体的种类丰富的特征。

[0118] 《以通式(G3)表示的有机金属配合物的合成方法》

接着,示出以通式(G3)表示的有机金属配合物的合成方法。首先,如以下合成方案(B-1)所示那样,通过无溶剂、单独使用醇类溶剂(甘油、乙二醇、2-甲氧基乙醇、2-乙氧基乙醇等)或者使用一种以上的醇类溶剂和水的混合溶剂且在惰性气体气氛下对以通式(G0)表示的吡嗪衍生物和包含卤素的铱化合物(氯化铱、溴化铱、碘化铱等)进行加热,可以得到作为新颖物质的双核配合物(B),该双核配合物(B)是一种具有由卤素交联的结构有机金属配合物。对加热方法没有特别的限制,可以使用油浴、沙浴或铝块等。此外,还可以作为加热方法使用微波。

[0119] [化28]

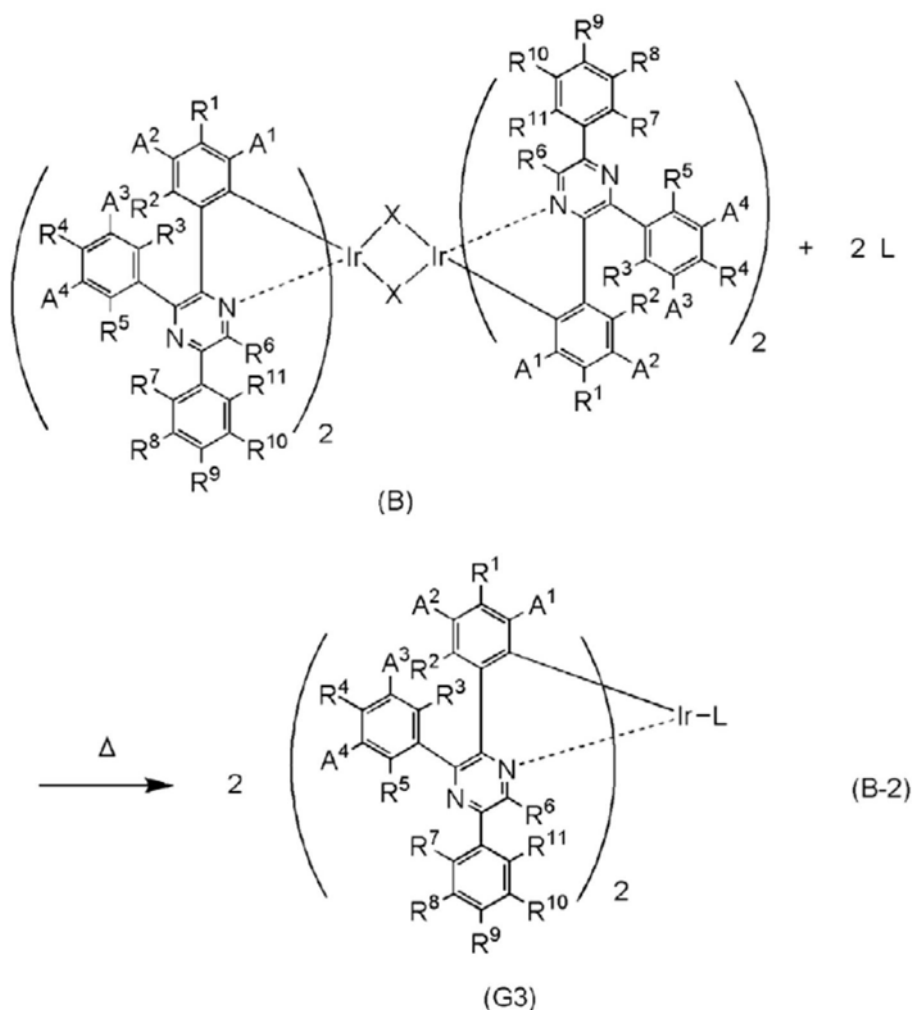


[0120] 在合成方案(B-1)中,X表示卤素,A<sup>1</sup>至A<sup>4</sup>分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,R<sup>1</sup>至R<sup>6</sup>分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或

未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个, $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0121] 再者,如下述合成方案(B-2)所示那样,通过使在上述合成方案(B-1)中得到的双核配合物(B)与单阴离子配体的原料HL在惰性气体气氛下起反应,使得HL的质子脱离而L与中心金属铱配位,可以得到以通式(G3)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物。对加热方法没有特别的限制,可以使用油浴、沙浴或铝块等。此外,还可以作为加热方法使用微波。

[0122] [化29]

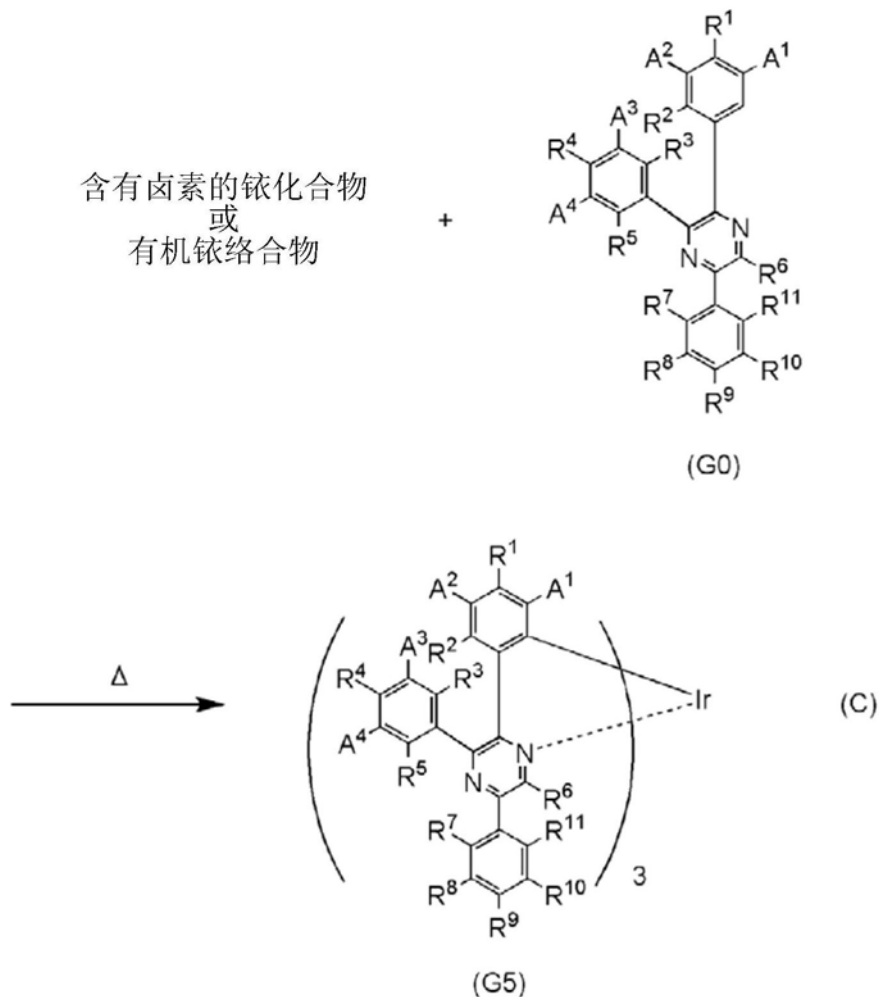


[0123] 在合成方案(B-2)中,L表示单阴离子配体,Q表示卤素, $A^1$ 至 $A^4$ 分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基, $R^1$ 至 $R^6$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基和取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基中的任一个。 $R^7$ 至 $R^{11}$ 分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的碳原子数为6至13的芳基、取代或未取代的碳原子数为3至12的杂芳基和氰基中的任一个, $R^7$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个表示氰基。

[0124] 《以通式(G5)表示的有机金属配合物的合成方法》

接着,示出以通式 (G5) 表示的有机金属配合物的合成方法。如合成方案 (C) 所示地,通过将含有卤素的铱化合物(氯化铱水合物、溴化铱、碘化铱、醋酸铱、六氯铱酸铵等)或有机铱络合物(乙酰丙酮配合物、二乙硫醚配合物、二- $\mu$ -氯架桥二核配合物、二- $\mu$ -羟基架桥二核配合物等)与以通式 (G0) 表示的吡嗪衍生物混合后使其溶解于无溶剂或醇类溶剂(甘油、乙二醇、2-甲氧基乙醇、2-乙氧基乙醇等)再进行加热,可以得到以通式 (G5) 表示的有机金属配合物。

[0125] [化30]



[0126] 在合成方案 (C) 中,  $\text{A}^1$  至  $\text{A}^4$  分别独立地表示取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基,  $\text{R}^1$  至  $\text{R}^6$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基和取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基中的任一个。 $\text{R}^7$  至  $\text{R}^{11}$  分别独立地表示氢、取代或未取代的碳原子数为 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子数为 6 至 13 的芳基、取代或未取代的碳原子数为 3 至 12 的杂芳基和氰基中的任一个,  $\text{R}^7$  至  $\text{R}^{11}$  中的至少一个表示氰基。

[0127] 以上,虽然说明了本发明的一个方式的有机金属配合物的合成方法的一个例子,但是本发明不局限于此,也可以通过任何其他的合成方法合成。

[0128] 另外,因为上述有机金属配合物能够发射磷光,所以可以将其用作发光材料或发光元件的发光物质。

[0129] 另外,通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物,可以实现发光效率高的发

光元件、发光装置、电子设备或照明装置。此外,可以实现功耗低的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

[0130] 在本实施方式中,描述本发明的一个方式。另外,在其他实施方式中,将描述本发明的一个方式。但是,本发明的一个方式不局限于此。就是说,在本实施方式及其他实施方式中记载各种各样的发明的方式,由此本发明的一个方式不局限于特定的方式。例如,虽然示出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。根据情况,也可以将本发明的一个方式应用于发光元件以外的物体。

[0131] 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使用。

[0132] 实施方式2

在本实施方式中,参照图1A及图1B说明本发明的一个方式的发光元件。

[0133] 在本实施方式所示的发光元件中,在一对电极(第一电极(阳极)101与第二电极(阴极)103)之间夹有包括发光层113的EL层102,EL层102形成除了发光层113之外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114、电子注入层115等。

[0134] 当对上述发光元件施加电压时,从第一电极101一侧注入的空穴与从第二电极103一侧注入的电子在发光层113中重新结合,由此产生的能量使发光层113所包含的有机金属配合物等发光物质发光。

[0135] 另外,EL层102中的空穴注入层111是可以对空穴传输层112或发光层113注入空穴的层,例如可以使用空穴传输性高的物质和受主物质形成。此时,通过受主物质从空穴传输性高的物质抽出电子,由此产生空穴。因此,空穴从空穴注入层111经过空穴传输层112注入到发光层113。另外,空穴注入层111也可以使用空穴注入性高的物质。例如,可以使用钼氧化物、钒氧化物、钽氧化物、钨氧化物或锰氧化物等。另外,也可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称: $H_2Pc$ )、铜酞菁( $CuPc$ )等;芳族胺化合物如4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)等;或者高分子如聚(3,4-亚乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)等;等,来形成空穴注入层111。

[0136] 下面,说明制造本实施方式所示的发光元件方面的优选的具体例子。

[0137] 在第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103中,可以使用金属、合金、导电性化合物及它们的混合物等。具体而言,除了氧化铟-氧化锡(Indium Tin Oxide)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌(Indium Zinc Oxide)、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟、金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、钛(Ti)之外,还可以使用属于元素周期表中第1族或第2族的元素,即锂(Li)和铯(Cs)等碱金属、钙(Ca)和锶(Sr)等碱土金属、镁(Mg)、包含这些金属的合金(MgAg、AlLi)、铕(Eu)和镱(Yb)等稀土金属、包含这些金属的合金及石墨烯等。第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103例如可以通过溅射法、蒸镀法(包括真空蒸镀法)等形成。

[0138] 作为用于空穴注入层111及空穴传输层112的具有高空穴传输性的物质,可以使用各种有机化合物如芳族胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等。作为用于复合材料的有机化合物,优选为空穴传输性高的有机化合物。具体而言,优选为空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,使用具有高空穴传输性的物质形成的层可以是单层,也可以是两层以上的叠层。以下,具体地列举可以被用作空穴传输

性物质的有机化合物。

[0139] 例如,作为芳族胺化合物,可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-p-苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、DNTPD、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)、4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 $\alpha$ -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联苻-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等。

[0140] 作为咔唑衍生物,可以具体地举出3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。除此之外,还可以使用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-蒎基)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。

[0141] 另外,作为芳烃,例如可以举出2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒎(简称:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒎、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒎(简称:DPPA)、2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒎(简称:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒎(简称:DNA)、9,10-二苯基蒎(简称:DPAnth)、2-叔丁基蒎(简称:t-BuAnth)、9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒎(简称:DMNA)、2-叔丁基-9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒎、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒎、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒎、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒎、9,9'-联蒎、10,10'-二苯基-9,9'-联蒎、10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联蒎、10,10'-双[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒎、蒎、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。像这样,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的碳原子数为14至42的芳烃。芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒎(简称:DPVPA)等。

[0142] 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。

[0143] 作为用于空穴注入层111及空穴传输层112的受体物质,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ )、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰基-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(HAT-CN)等具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物。尤其是,HAT-CN这样的吸电子基团键合于具有多个杂原子的稠合芳香环的化合物热稳定,所以是优选的。此外,可以举出属于元素周期表中第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱,这是因为它们具有高电子接收性。其中,尤其优选使用氧化钼,因为氧化钼在大气中很稳定,吸湿性低,并且容易进行处理。

[0144] 发光层113是包含发光物质的层。作为发光物质,可以举出荧光性发光物质和磷光性发光物质,但是在本发明的一个方式的发光元件中,优选将实施方式1所示的有机金属配



合物用于发光层113作为发光物质。发光层113优选包含其三重态激发能比该有机金属配合物(客体材料)大的物质作为主体材料。另外,除了发光物质以外,发光层113还可以包含在发光层113中的载流子(电子及空穴)重新结合时能够形成激基复合物(exciplex)的、组合的两种有机化合物(也可以为上述主体材料中的任何一种)。特别优选的是,为了高效地形成激基复合物,组合容易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料)和容易接收空穴的化合物(具有空穴传输性的材料)。当如此组合具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料而得到形成激基复合物的主体材料时,通过调节具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料的混合比例,容易使发光层中的空穴和电子之间的载流子平衡最优化。通过使发光层中的空穴和电子之间的载流子平衡最优化,可以抑制发光层中的产生电子和空穴的重新结合的区域偏于一侧。通过抑制产生重新结合的区域偏于一侧,可以提高发光元件的可靠性。

[0145] 作为在形成上述激基复合物时优选使用的容易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料),可以使用含氮杂芳族化合物等缺 $\pi$ 电子型杂芳族化合物或金属配合物等。具体而言,可以举出:双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq<sub>2</sub>)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BAIq)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噻唑基)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-噻二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噻二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噻二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)等具有多唑骨架(polyazole skeleton)的杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:6mDBTPDBq-II)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等具有二噻骨架的杂环化合物;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)等具有三噻骨架的杂环化合物;以及3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等具有吡啶骨架的杂环化合物。其中,具有二噻骨架及三噻骨架的杂环化合物和具有吡啶骨架的杂环化合物具有高可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二噻(嘧啶或吡嗪)骨架及三噻骨架的杂环化合物具有高电子传输性,还有助于降低驱动电压。

[0146] 作为用于形成上述激基复合物时优选的容易接收空穴的化合物(具有空穴传输性的材料),可以适当地使用富 $\pi$ 电子型杂芳族(例如咔唑衍生物或吲哚衍生物)或芳族胺等。具体而言,可以举出:2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-联芴(简称:PCASF)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、2,7-双[N-(4-二苯基氨基

苯基)-N-苯基氨基]-螺-9,9'-联茚(简称:DPA2SF)、N,N'-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N-(9,9-二甲基-2-二苯基氨基-9H-茚-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、2-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-联茚(简称:DPASF)、N,N'-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基茚-2,7-二胺(简称:YGA2F)、NPB、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、BSPB、4-苯基-4'-(9-苯基茚-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基茚-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-茚-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-茚-2-基)氨基]-9H-茚-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、PCzPCA1、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA2)、DNTPD、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、PCzPCA2、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称: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)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]茚-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联茚-2-胺(简称:PCBASF)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-茚-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-茚-2-胺(简称:PCBBiF)等具有芳族胺骨架的化合物;1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、CBP、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)咔唑(简称:PCCP)等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-茚-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-茚-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-茚-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)等具有呋喃骨架的化合物。其中,具有芳族胺骨架的化合物以及具有咔唑骨架的化合物具有高可靠性和高空穴传输性,也有助于降低驱动电压,所以是优选的。

[0147] 另外,通过包含上述有机金属配合物(客体材料)和主体材料形成发光层113,可以从发光层113得到发光效率高的磷光发光。

[0148] 在发光元件中,发光层113不局限于图1A所示的单层结构,也可以是如图1B所示那样的两层以上的叠层结构。注意,此时采用从层叠的各层得到各自的发光的结构。例如,可以采用从第一层的发光层113(a1)得到荧光发光且从层叠在第一层的发光层113(a1)上的第二层的发光层113(a2)得到磷光发光的结构。注意,关于叠层顺序,也可以与此相反。此外,优选的是可以获得磷光发光的层中,采用可获得由从激基复合物到掺杂剂的能量转移引起的发光的结构。此外,关于发光颜色,从一个层可以获得的发光颜色与从另一个层可以获得的发光颜色既可以相同又可以不同,在它们不同的情况下,例如可以采用如下结构:从一个层可以获得蓝色发光且从另一个层可以获得橙色发光或黄色发光等的结构。此外,在

各层中,也可以采用包含多种掺杂剂的结构。

[0149] 在发光层113具有叠层结构的情况下,除了实施方式1所示的有机金属配合物之外,还可以单独或组合使用能够将单重激发能转换为发光的发光物质或者能够将三重态激发能转换为发光的发光物质等。此时,例如可以举出如下材料。

[0150] 作为能够将单重激发能转换为发光的发光物质,例如可以举出发射荧光的物质(荧光化合物)。

[0151] 作为发射荧光的物质,可以举出N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-亚苯基)双[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N',N'',N'',N'',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖啶酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)萘并[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTI)、{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-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)丙二腈(简称:BisDCM)、2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:BisDCJTM)等。

[0152] 作为将三重态激发能转换为发光的发光物质,例如可以举出发射磷光的物质(磷光化合物)、呈现热活化延迟荧光(TADF)的TADF材料(热活化延迟荧光化合物)。TADF材料所呈现的延迟荧光是指其光谱与一般的荧光同样但其使用寿命非常长的发光。该使用寿命为 $1 \times 10^{-6}$ 秒以上,优选为 $1 \times 10^{-3}$ 秒以上。

[0153] 作为发射磷光的物质,可以举出双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶-N,C<sup>2'</sup>}吡啶甲酸铱(III)(简称:[Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)])、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶-N,C<sup>2'</sup>]乙酰丙酮铱(III)(简称:FIracac)、三(2-苯基吡啶)铱(III)(简称:[Ir(ppy)<sub>3</sub>])、双(2-苯基吡啶)乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)])、三(乙酰丙酮)(一菲咯啉)铽(III)(简称:[Tb

(acac)<sub>3</sub>(Phen)]、双(苯并[h]喹啉)乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)])、双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C<sup>2'</sup>)乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)])、双{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶-N,C<sup>2'</sup>}乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)])、双(2-苯基苯并噻唑-N,C<sup>2'</sup>)乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)])、双[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C<sup>3'</sup>]乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(btp)<sub>2</sub>(acac)])、双(1-苯基异喹啉-N,C<sup>2'</sup>)乙酰丙酮铱(III)(简称:[Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)噻喔啉]铱(III)(简称:[Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III)(简称:[Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊酰甲烷)铱(III)(简称:[Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)])、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮)(一菲咯啉)钬(III)(简称:[Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](一菲咯啉)钬(III)(简称:[Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)]等。

[0154] 另外,作为TADF材料,例如可以举出富勒烯、其衍生物、普鲁黄素等吡啶衍生物、伊红等。此外,可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金属卟啉。作为该含金属卟啉,例如可以举出原卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF<sub>2</sub>(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF<sub>2</sub>(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF<sub>2</sub>(Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(简称:SnF<sub>2</sub>(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF<sub>2</sub>(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(简称:SnF<sub>2</sub>(Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(简称:PtCl<sub>2</sub>OEP)等。并且,可以使用2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶并[2,3-a]咪唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)等具有富π电子型杂芳环及缺π电子型杂芳环的杂环化合物。另外,在富π电子型杂芳环和缺π电子型杂芳环直接结合的物质中,富π电子型杂芳环的施主性和缺π电子型杂芳环的受主性都增强,而S1和T1的能量差变小,所以是特别优选的。

[0155] 再者,在发光层113中,也可以采用具有独特光学特性的量子点(QD:Quantum Dot)。注意,QD是指纳米尺寸的半导体结晶,具体而言,其具有大约几nm至几十nm的直径。另外,通过改变结晶的尺寸,可以改变光学特性或电子特性,所以容易调整发光颜色等。另外,在量子点中,因为发射光谱的峰宽窄,所以可以获得色纯度高的发光。

[0156] 作为构成量子点的材料,可以举出元素周期表中的第14族元素、第15族元素、第16族元素、由多个第14族元素构成的化合物、属于元素周期表中的第4族至第14族的元素和第16族元素的化合物、第2族元素和第16族元素的化合物、第13族元素和第15族元素的化合物、第13族元素和第17族元素的化合物、第14族元素和第15族元素的化合物、第11族元素和第17族元素的化合物、氧化铁类、氧化钛类、硫族化物尖晶石类、各种半导体簇等。

[0157] 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、铟化铟、铟化镓、磷化铝、砷化铝、铟化铝、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、硫化铟、硒化铟、碲化铟、硫化铟、硒化铟、碲化铟、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、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、硒和锌和镉的化合物、镉和砷和磷的化合物、镉和硒和硫的化合物、镉和硒和碲的化合物、镉和镓和砷的化合物、镉和镓和硒的化合物、镉和硒和硫的化合物、铜和镉和硫的化合物及它们的组合等,但是并不局限于此。此外,也可以使用以任意的比例表示组成的所谓的合金型量子点。例如,在镉、硒和硫的合金型量子点中,可以通过改变元素的含有比例来改变发光波长,所以从获得蓝色发光的观点来看是一种有效的方法。

[0158] 此外,作为量子点的结构,有核型、核壳(Core Shell)型、核/多壳层型等,可以采用其中任何一种。另外,在采用覆盖核而形成壳的核壳型和核/多壳层型量子点中,通过使用具有比用于核的无机材料宽的带隙的其他无机材料来形成壳,可以降低存在于纳米晶表面的缺陷或悬空键带来的影响,由此可以大幅度地提高发光的量子效率,所以是优选的。

[0159] 另外,可以将QD分散于溶液中,所以可以通过涂敷法、喷墨法、印刷法等形成发光层113。此外,因为QD不但发色明亮且鲜明,而且能够发射波长范围宽的光,并且具有高效率 and 长使用寿命,所以通过在发光层113中采用QD,可以提高元件特性。

[0160] 电子传输层114是包含电子传输性高的物质(也称为电子传输化合物)的层。电子传输层114可以使用三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq<sub>3</sub>)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称:Almq<sub>3</sub>)、BeBq<sub>2</sub>、BAIq、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称Zn(BOX)<sub>2</sub>)、双[2-(2-羟基苯基)-苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等金属配合物。此外,也可以使用PBD、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噻二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、TAZ、3-(4-叔丁基苯基)-4-(4-乙基苯基)-5-(4-联苯基)-1,2,4-三唑(简称:p-EtTAZ)、红菲咯啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、4,4'-双(5-甲基苯并噻唑-2-基)芪(简称:BzOs)等杂芳族化合物。另外,除了聚(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)之外,还可以使用具有氧化膦骨架的高分子化合物等。在此所述的物质主要是电子迁移率在 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,上述物质之外的物质只要是电子传输性比空穴传输性高的物质,就可以用于电子传输层114。

[0161] 电子传输层114既可以为单层,又可以为由上述物质构成的层的两层以上叠层的结构。

[0162] 电子注入层115是包含电子注入性高的物质的层。电子注入层115可以使用氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF<sub>2</sub>)、锂氧化物(LiO<sub>x</sub>)等碱金属、碱土金属或它们的化合物。此外,可以使用氟化铒(ErF<sub>3</sub>)等稀土金属化合物。此外,也可以将电子盐(electride)用于电子注入层115。作为该电子盐,例如可以举出对钙-铝混合氧化物以高浓度添加了电子的物质等。另外,也可以使用如上所述的构成电子传输层114的物质。

[0163] 另外,也可以将有机化合物与电子给体(供体)混合形成的复合材料用于电子注入层115。这种复合材料因为通过电子给体在有机化合物中产生电子而具有优异的电子注入性和电子传输性。在此情况下,有机化合物优选是在传输所产生的电子方面性能优异的材料,具体而言,例如,可以使用如上所述的构成电子传输层114的物质(金属配合物、杂芳族

化合物等)。作为电子给体,只要是对有机化合物呈现电子供给性的物质即可。具体而言,碱金属、碱土金属、稀土金属是优选的,可以举出锂、铯、镁、钙、铊、镱等。另外,碱金属氧化物、碱土金属氧化物是优选的,可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外,可以使用氧化镁等路易斯碱。另外,也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0164] 上述空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115分别可以通过将蒸镀法(包括真空蒸镀法)、印刷法(例如,凸版印刷法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、平版印刷法及孔版印刷法等)、喷墨法、涂敷等方法单独或组合使用来形成。此外,作为上述空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114及电子注入层115,除了上述材料之外,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0165] 在上述发光元件中,因为施加到第一电极101与第二电极103之间的电位差而电流流动,并且在EL层102中空穴和电子重新结合,由此发光。然后,该发光穿过第一电极101和第二电极103中的任何一个或两个提取到外部。因此,第一电极101和第二电极103中的任何一个或两个为具有透光性的电极。

[0166] 因为如上所说明的发光元件可以基于有机金属配合物得到磷光发光,所以与只使用荧光化合物的发光元件相比,可以实现高效率的发光元件。

[0167] 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。

[0168] 实施方式3

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

[0169] 本实施方式所示的发光元件是如图2A所示的在一对电极(第一电极201与第二电极204)之间、隔着电荷产生层205具有多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))的叠层型发光元件。

[0170] 在本实施方式中,第一电极201是作为阳极起作用的电极,第二电极204是作为阴极起作用的电极。另外,作为第一电极201及第二电极204,可以采用与实施方式2相同的结构。此外,多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))可以两者都是与实施方式2所示的EL层的结构相同的结构,也可以任何一方是与实施方式2所示的EL层的结构相同的结构。换言之,第一EL层202(1)和第二EL层202(2)既可以具有相同结构,又可以具有互不相同的结构,在具有相同结构的情况下,可以应用实施方式2的结构。

[0171] 另外,在多个EL层(第一EL层202(1)和第二EL层202(2))之间设置的电荷产生层205具有如下功能:在对第一电极201和第二电极204施加电压时,将电子注入到一个EL层中,且将空穴注入到另一个EL层中。在本实施方式中,当以第一电极201的电位高于第二电极204的方式施加电压时,电子从电荷产生层205被注入到第一EL层202(1)中,且空穴被注入到第二EL层202(2)中。

[0172] 另外,从光提取效率的观点来看,电荷产生层205优选对可见光具有透光性(具体而言,电荷产生层205的可见光的透射率为40%以上)。另外,电荷产生层205即使其导电率小于第一电极201或第二电极204也可以发挥作用。

[0173] 电荷产生层205既可以是对空穴传输性高的有机化合物添加电子受体(接受体)的结构,又可以是对电子传输性高的有机化合物添加电子给体(供体)的结构。或者,也可以层

叠有这两种结构。

[0174] 在采用对空穴传输性高的有机化合物添加电子受体的结构的情况下,作为空穴传输性高的有机化合物,可以使用在实施方式2中作为用于空穴注入层111和空穴传输层112的空穴传输性高的物质示出的物质。例如可以使用芳族胺化合物等诸如NPB、TPD、TDATA、MTDATA、BSPB等。在此所述的物质主要是空穴迁移率在 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,上述物质之外的物质只要是空穴传输性比电子传输性高的有机化合物,就可以使用。

[0175] 另外,作为电子受体,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ )、氯醌等。另外,可以举出属于元素周期表中第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱,这是因为它们具有高电子接收性。其中尤其优选使用氧化钼,因为氧化钼在大气中很稳定,吸湿性低,并且容易进行处理。

[0176] 另一方面,在采用对电子传输性高的有机化合物添加电子给体的结构的情况下,作为电子传输性高的有机化合物,可以使用在实施方式2中作为用于电子传输层114的电子传输性高的物质示出的物质。例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等诸如Alq、Almq<sub>3</sub>、BeBq<sub>2</sub>、BAIq等。除此之外,还可以使用具有噻唑系配体、噻唑系配体的金属配合物等诸如Zn(BOX)<sub>2</sub>、Zn(BTZ)<sub>2</sub>等。再者,除了金属配合物之外,还可以使用PBD、OXD-7、TAZ、BPhen、BCP等。在此所述的物质主要是电子迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,上述物质之外的物质只要是电子传输性比空穴传输性高的有机化合物,就可以使用。

[0177] 另外,作为电子给体,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属、或属于元素周期表中第2族、第13族的金属及它们的氧化物、碳酸盐。具体而言,优选使用锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)、镱(Yb)、铟(In)、氧化锂、碳酸铯等。此外,也可以将如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)等有机化合物用作电子给体。

[0178] 另外,通过使用上述材料形成电荷产生层205,可以抑制层叠EL层时造成的驱动电压的增大。作为电荷产生层205的形成方法,可以将蒸镀法(包括真空蒸镀法)、印刷法(例如,凸版印刷法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等)、喷墨法和涂敷法等方法单独或组合使用来形成。

[0179] 虽然在本实施方式中,对具有两个EL层的发光元件进行说明,但是,如图2B所示,本发明可以同样地应用于层叠n个(其中,n是3以上)EL层(202(1)至202(n))的发光元件。当如根据本实施方式的发光元件那样在一对电极之间具有多个EL层时,通过将电荷产生层(205(1)至205(n-1))分别设置在EL层与EL层之间,可以在保持低电流密度的状态下实现高亮度区域的发光。因为可以保持低电流密度,所以可以实现使用寿命长的元件。

[0180] 此外,通过使各EL层的发光颜色互不相同,可以使发光元件整体得到所需颜色的发光。例如,在具有两个EL层的发光元件中,使第一EL层的发光颜色和第二EL层的发光颜色处于补色关系,因此还可以得到发光元件整体发射白色光的发光元件。注意,“补色”表示在颜色混合时得到非彩色的颜色彼此的关系。也就是说,通过相互混合处于补色关系的颜色的光,可以得到白色发光。具体而言,可以举出从第一EL层得到蓝色发光,从第二EL层得到黄色发光或橙色发光的组合。此时,并不一定需要蓝色发光和黄色发光(或橙色发光)都同样为荧光发光或磷光发光,也可以采用蓝色发光为荧光发光而黄色发光(或橙色发光)为磷光发光的组合、或者与此相反的组合。

[0181] 另外,具有三个EL层的发光元件的情况也与此相同,例如,当第一EL层的发光颜色是红色,第二EL层的发光颜色是绿色,第三EL层的发光颜色是蓝色时,发光元件作为整体可以得到白色发光。

[0182] 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。

[0183] 实施方式4

在本实施方式中,对本发明的一个方式的发光装置进行说明。

[0184] 上述发光装置既可以是无源矩阵型发光装置,也可以是有源矩阵型发光装置。此外,可以将其他实施方式所说明的发光元件应用于本实施方式所示的发光装置。

[0185] 在本实施方式中,首先参照图3A至图3C说明有源矩阵型发光装置。

[0186] 图3A是发光装置的俯视图,图3B是沿图3A中的点划线A-A'进行切割的截面图。根据本实施方式的发光装置具有设置在元件衬底301上的像素部302、驱动电路部(源极线驱动电路)303以及驱动电路部(栅极线驱动电路)(304a、304b)。将像素部302、驱动电路部303以及驱动电路部(304a、304b)由密封材料305密封在元件衬底301与密封衬底306之间。

[0187] 在元件衬底301上设置环绕布线307,该环绕布线307用来连接对驱动电路部303及驱动电路部(304a、304b)传递来自外部的信号(例如,视频信号、时钟信号、起始信号或复位信号等)或电位的外部输入端子。在此,示出作为外部输入端子设置FPC(柔性印刷电路)308的例子。虽然在此只图示FPC,但是该FPC也可以安装有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置不仅包括发光装置主体,而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0188] 接着,参照图3B说明截面结构。在元件衬底301上形成有驱动电路部及像素部,在此示出作为源极线驱动电路的驱动电路部303及像素部302。

[0189] 在此示出组合FET309和FET310构成驱动电路部303的例子。驱动电路部303既可以由包含单极性(n沟道型或p沟道型的任一方)晶体管的电路形成,也可以由包含n沟道型晶体管及p沟道型晶体管的CMOS电路形成。在本实施方式中,虽然示出将驱动电路形成在衬底上的驱动器一体型,但是不一定必须如此,也可以将驱动电路形成在外部而不形成在衬底上。

[0190] 此外,像素部302包括开关用FET(未图示)及电流控制用FET312,电流控制用FET312的布线(源电极或漏电极)与发光元件317a及发光元件317b的第一电极(阳极)(313a、313b)电连接。此外,虽然在本实施方式中示出使用两个FET(开关用FET、电流控制用FET312)构成像素部302的例子,但不局限于此。例如,像素部302也可以采用组合三个以上的FET及电容器而成的结构。

[0191] 作为FET309、310、312,例如可以采用交错型晶体管或反交错型晶体管。作为可以用于FET309、310、312的半导体材料,例如可以使用第13族半导体、第14族(硅等)半导体、化合物半导体、氧化物半导体、有机半导体。此外,对该半导体的结晶性也没有特别的限制,例如可以使用非晶半导体或结晶半导体。尤其是,FET309、310、312优选使用氧化物半导体。作为氧化物半导体,例如可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M为Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Hf或Nd)等。作为FET309、310、312,例如使用能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体,由此可以降低晶体管的关态电流(off-state current)。

[0192] 此外,第一电极(313a、313b)具有层叠用来光学调整的导电膜(320a、320b)的结构。例如,如图3B所示,在从发光元件317a提取的光与从发光元件317b提取的光的波长互不



相同时,导电膜320a及导电膜320b的膜厚度互不相同。另外,以覆盖第一电极(313a、313b)的端部的方式形成有绝缘物314。在此,使用正型感光性丙烯酸树脂形成绝缘物314。此外,在本实施方式中,将第一电极(313a、313b)用作阳极。

[0193] 优选将绝缘物314的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面。通过将绝缘物314形成为上述形状,可以提高形成在绝缘物314的上层的膜的覆盖性。例如,作为绝缘物314的材料,可以使用负型感光性树脂或正型感光性树脂中的任一种,不局限于有机化合物,还可以使用无机化合物诸如氧化硅、氮化硅、氮化硅等。

[0194] 在第一电极(313a、313b)上层叠形成EL层315和第二电极316。EL层315至少设置有发光层,由第一电极(313a、313b)、EL层315和第二电极316构成的发光元件(317a、317b)具有EL层315的端部被第二电极316覆盖的结构。EL层315的结构既可以与实施方式2或实施方式3所示的单层结构或叠层结构相同,又可以不同。并且,上述结构也可以对每个发光元件不同。

[0195] 作为用于第一电极(313a、313b)、EL层315及第二电极316的材料,可以使用实施方式2所示的材料。此外,发光元件(317a、317b)的第一电极(313a、313b)在区域321中与环绕布线307电连接并通过FPC308输入外部信号。再者,发光元件(317a、317b)的第二电极316在区域322中与环绕布线323电连接,虽然未图示,但是通过FPC308输入外部信号。

[0196] 虽然在图3B所示的截面图中仅示出两个发光元件(317a、317b),但是,在像素部302中多个发光元件被配置为矩阵状。就是说,在像素部302中,不仅形成获得两种(例如(B、Y))发光的发光元件,还分别形成获得三种(例如(R、G、B))发光的发光元件、获得四种(例如,(R、G、B、Y)或(R、G、B、W)等)发光的发光元件等,由此可以制造能够进行全彩色显示的发光装置。关于此时发光层的形成,可以形成根据发光元件的发光颜色等使用不同材料的发光层(所谓的分别涂布形成),也可以是多个发光元件具有使用相同材料形成的共同发光层,而通过与滤色片组合进行全彩色化。如此,通过组合上述可以获得多种发光的发光元件,可以获得色纯度的提高、功耗的降低等效果。再者,也可以设为通过与量子点组合,来提高发光效率且降低功耗的发光装置。

[0197] 再者,通过使用密封材料305将密封衬底306与元件衬底301贴合在一起,在由元件衬底301、密封衬底306和密封材料305围绕的空间318中设置发光元件317a、317b。

[0198] 此外,在密封衬底306上设置有有色层(滤色片)324,在相邻的有色层之间设置有黑色层(黑矩阵)325。可以以与黑色层(黑矩阵)325部分重叠的方式设置相邻的有色层(滤色片)324的一个或两个。注意,由发光元件317a、317b得到的发光通过有色层(滤色片)324被提取到外部。

[0199] 空间318可以填充有惰性气体(如氮气或氩气等),也可以填充有密封材料305。当涂敷密封材料进行贴合时,优选进行UV处理或热处理或者组合这些处理。

[0200] 优选将环氧类树脂或玻璃粉用作密封材料305。此外,这些材料优选是尽量不使水分和氧透过的材料。此外,作为密封衬底306所使用的材料,除了玻璃衬底和石英衬底之外,还可以使用由FRP(Fiber-Reinforced Plastics:纤维增强塑料)、PVF(polyvinyl fluoride:聚氟乙烯)、聚酯或丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。从粘合性的观点来看,在作为密封材料使用玻璃粉的情况下,作为元件衬底301及密封衬底306优选使用玻璃衬底。

[0201] 与发光元件电连接的FET可以具有栅电极的位置与图3B不同的结构,即图3C所示

的FET326、FET327和FET328所示的结构。如图3C所示,设置在密封衬底306上的有色层(滤色片)324也可以在与黑色层(黑矩阵)325重叠的位置进一步与相邻的有色层(滤色片)324重叠。

[0202] 如上所述,可以得到有源矩阵型发光装置。

[0203] 本发明的一个方式的发光装置可以设为无源矩阵型发光装置,而不局限于上述有源矩阵型发光装置。

[0204] 图4A和图4B示出无源矩阵型发光装置。图4A示出无源矩阵型发光装置的俯视图,图4B示出无源矩阵型发光装置的截面图。

[0205] 如图4A和图4B所示,在衬底401上形成有包括第一电极402、EL层(403a、403b、403c)、第二电极404的发光元件405。第一电极402为岛状,多个第一电极402在一个方向(图4A中的横方向)上形成为条纹状。此外,在第一电极402上的一部分上形成有绝缘膜406。在绝缘膜406上设置有使用绝缘材料形成的分隔壁407。分隔壁407的侧壁如图4B所示地具有倾斜而使两个侧壁之间的距离随着接近衬底面而逐渐变窄。

[0206] 绝缘膜406在第一电极402上的一部分中具有开口,因此在第一电极402上可以分开形成具有所希望的形状的EL层(403a、403b、403c)及第二电极404。图4A及图4B示出组合金属掩模等掩模与绝缘膜406上的分隔壁407形成EL层(403a、403b、403c)及第二电极404的例子。另外,还示出EL层403a、EL层403b、EL层403c分别呈现不同的发光颜色(例如,红色、绿色、蓝色、黄色、橙色、白色等)时的例子。

[0207] 在形成EL层(403a、403b、403c)之后,形成第二电极404。因此,在EL层(403a、403b、403c)上以不与第一电极402接触的方式形成第二电极404。

[0208] 注意,关于密封方法,可以与有源矩阵型发光装置的情况同样地采用,所以省略其说明。

[0209] 通过上述步骤,可以得到无源矩阵型发光装置。

[0210] 例如在本说明书等中,可以使用各种衬底形成晶体管或发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子,有半导体衬底(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、或钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等,可以举出如下例子。例如可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料。或者,可以举出丙烯酸树脂(acryl)等合成树脂等为例。或者,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟乙烯、聚氯乙烯等为例。或者,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、或纸类等为例。尤其是,通过使用半导体衬底、单晶衬底或SOI衬底等制造晶体管,可以制造特性、尺寸或形状等的不均匀性小、电流供应能力高且尺寸小的晶体管。当利用上述晶体管构成电路时,可以实现电路的低功耗化或电路的高集成化。

[0211] 另外,也可以作为衬底使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成晶体管或发光元件。或者,也可以在衬底与晶体管或发光元件之间设置剥离层。剥离层可用于在剥离层上完成半导体装置的一部分或全部,然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上。此时,也可以将晶体管或发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。另外,作为上述剥离层,例如可以

使用钨膜与氧化硅膜的无机膜的叠层结构或在衬底上形成有聚酰亚胺等有机树脂膜的结构等。

[0212] 也就是说,也可以使用某个衬底来形成晶体管或发光元件,然后将晶体管或发光元件转置到另一个衬底上,在另一个衬底上配置晶体管或发光元件。作为晶体管或发光元件被转置的衬底的例子,不仅可以使使用上述可以形成晶体管或发光元件的衬底,还可以使用纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酸纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过使用上述衬底,可以实现特性良好的晶体管的形成、功耗低的晶体管的形成、不易损坏的装置的制造、耐热性的赋予、轻量化或薄型化。

[0213] 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。

[0214] 实施方式5

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

[0215] 作为应用发光装置的电子设备,例如可以举出电视装置(也称为电视或电视接收机)、用于计算机等的监视器、数码相机、数码摄像机、数码相框、移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、音频再现装置、弹珠机等大型游戏机等。图5A至图5D、图5D' 1及图5D' 2以及图6A至图6C示出这些电子设备的具体例子。

[0216] 图5A示出电视装置的一个例子。在电视装置7100中,壳体7101中组装有显示部7103。由显示部7103能够显示图像,也可以采用安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入输出装置)。此外,可以将本发明的一个方式的发光装置用于显示部7103。在此示出利用支架7105支撑壳体7101的结构。

[0217] 通过利用壳体7101所具备的操作开关、或另外提供的遥控操作机7110可以进行电视装置7100的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109,可以进行频道、音量的操作,并可以对在显示部7103上显示的图像进行操作。此外,也可以采用在遥控操作机7110中设置显示从该遥控操作机7110输出的信息的显示部7107的结构。

[0218] 电视装置7100采用具备接收机、调制解调器等结构。通过接收机可以接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器连接到有线或无线方式的通信网络,可以进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者彼此之间等)的信息通信。

[0219] 图5B为计算机,该计算机包括主体7201、壳体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。计算机可以通过将本发明的一个方式的发光装置用于其显示部7203来制造。此外,显示部7203也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入输出装置)。

[0220] 图5C为智能手表,该智能手表包括壳体7302、显示部7304、操作按钮7311、操作按钮7312、连接端子7313、表带7321、表带扣7322等。

[0221] 安装在兼作企口沟缘(bezel)部分的壳体7302中的显示部7304具有非矩形状的显示区域。显示部7304可以显示表示时间的图标7305以及其他图标7306等。此外,显示部7304也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入输出装置)。

[0222] 图5C所示的智能手表可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:在显示部上显

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

[0223] 壳体7302的内部可具有扬声器、传感器(包括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。另外,智能手表可以通过将发光装置用于其显示部7304来制造。

[0224] 图5D、图5D' 1及图5D' 2示出移动电话机(包括智能手机)的一个例子。移动电话机7400在壳体7401中具备显示部7402、麦克风7406、扬声器7405、照相机7407、外部连接部7404、操作按钮7403等。当将本发明的一个方式的发光元件形成在具有柔性的衬底上来制造发光装置时,可以应用于如图5D所示那样的具有曲面的显示部7402。

[0225] 图5D所示的移动电话机7400可以用手指等触摸显示部7402来输入信息。此外,可以用手指等触摸显示部7402来进行打电话或写邮件等的操作。

[0226] 显示部7402的屏幕主要有如下三种模式:第一是以图像显示为主的显示模式;第二是以文字等信息输入为主的输入模式;第三是混合显示模式与输入模式这两种模式的显示+输入模式。

[0227] 例如,在打电话或写邮件的情况下,将显示部7402设定为以文字输入为主的文字输入模式,并进行显示在屏幕上的文字的输入操作即可。在此情况下,优选的是,在显示部7402的屏幕的大部分上显示键盘或号码按钮。

[0228] 另外,通过在移动电话机7400内部设置陀螺仪传感器、加速度传感器等检测装置,判断移动电话机7400的方向(纵向或横向),由此可以对显示部7402的屏幕显示进行自动切换。

[0229] 通过触摸显示部7402或对壳体7401的操作按钮7403进行操作,切换屏幕模式。或者,可以根据显示在显示部7402上的图像的类型而切换屏幕模式。例如,当显示在显示部上的图像信号为动态图像的数据时,将屏幕模式切换成显示模式,而当该图像信号为文字数据时,将屏幕模式切换成输入模式。

[0230] 另外,当在输入模式下检出显示部7402的光传感器所检测到的信号并在一定时间内未由显示部7402的触摸操作进行输入时,也可以进行控制将屏幕模式从输入模式切换成显示模式。

[0231] 还可以将显示部7402用作图像传感器。例如,可以通过用手掌或手指触摸显示部7402来拍摄掌纹、指纹等,进行个人识别。另外,如果将发出近红外光的背光或发出近红外光的传感用光源用于显示部,还可以拍摄手指静脉、手掌静脉等。

[0232] 再者,作为移动电话机(包括智能手机)的其他结构,也可以采用具有图5D' 1、图5D' 2所示的结构移动电话机。

[0233] 在具有图5D' 1、图5D' 2所示的结构移动电话机中,不仅在壳体7500(1)、壳体7500(2)的第一面7501(1)、第一面7501(2)上,而且还在第二面7502(1)、第二面7502(2)上显示文字信息、图像信息等。借助于这种结构,使用者能够在将移动电话机收纳在上衣口袋中的状态下容易确认在第二面7502(1)、第二面7502(2)等上显示的文字信息、图像信息等。

[0234] 作为应用发光装置的电子设备,可以举出图6A至图6C所示的能够折叠的便携式信息终端。图6A示出展开状态的便携式信息终端9310。图6B示出从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9310。图6C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域所以显示的一览性强。

[0235] 显示部9311由铰链9313所连接的三个壳体9315来支撑。此外,显示部9311也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸屏(输入输出装置)。此外,显示部9311通过铰链9313使两个壳体9315之间弯折,由此可以使便携式信息终端9310从展开状态可逆性地变形为折叠状态。可以将本发明的一个方式的发光装置用于显示部9311。显示部9311中的显示区域9312是位于折叠状态的便携式信息终端9310的侧面的显示区域。在显示区域9312中可以显示信息图标或者使用频率高的应用软件或程序的快捷方式等,能够顺利地进行信息的确认、应用软件等的启动。

[0236] 图7A和图7B示出应用发光装置的汽车。就是说,可以与汽车一体地设置发光装置。具体而言,可以将发光装置应用于图7A所示的汽车的外侧的灯5101(包括车身后部)、轮胎的轮毂5102、车门5103的一部分或整体等。另外,可以将发光装置应用于图7B所示的汽车内侧的显示部5104、方向盘5105、变速杆5106、座位5107、内部后视镜5108等。除此之外,也可以将发光装置应用于玻璃窗的一部分。

[0237] 如上所述,可以应用本发明的一个方式的发光装置来得到电子设备或汽车。能够应用的电子设备或汽车不局限于在本实施方式中示出的电子设备或汽车,在各种领域可以应用。

[0238] 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。

#### [0239] 实施方式6

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

[0240] 图8A至图8D示出照明装置的截面图的例子。图8A及图8B是在衬底一侧提取光的底部发射型照明装置,而图8C及图8D是在密封衬底一侧提取光的顶部发射型照明装置。

[0241] 图8A所示的照明装置4000在衬底4001上包括发光元件4002。另外,照明装置4000在衬底4001的外侧包括具有凹凸的衬底4003。发光元件4002包括第一电极4004、EL层4005以及第二电极4006。

[0242] 第一电极4004与电极4007电连接,第二电极4006与电极4008电连接。另外,也可以设置与第一电极4004电连接的辅助布线4009。此外,在辅助布线4009上形成有绝缘层4010。

[0243] 衬底4001与密封衬底4011由密封材料4012粘合。另外,优选在密封衬底4011与发光元件4002之间设置有干燥剂4013。由于衬底4003具有如图8A所示那样的凹凸,因此可以提高提取在发光元件4002中产生的光的效率。

[0244] 另外,如图8B所示的照明装置4100那样,也可以在衬底4001的外侧设置扩散板4015代替衬底4003。

[0245] 图8C所示的照明装置4200在衬底4201上包括发光元件4202。发光元件4202包括第一电极4204、EL层4205以及第二电极4206。

[0246] 第一电极4204与电极4207电连接,第二电极4206与电极4208电连接。另外,也可以

设置与第二电极4206电连接的辅助布线4209。另外,也可以在辅助布线4209下部设置绝缘层4210。

[0247] 衬底4201与具有凹凸的密封衬底4211由密封材料4212粘合。另外,也可以在密封衬底4211与发光元件4202之间设置阻挡膜4213及平坦化膜4214。由于密封衬底4211具有如图8C所示那样的凹凸,因此可以提高提取在发光元件4202中产生的光的效率。

[0248] 另外,如图8D所示的照明装置4300那样,也可以在发光元件4202上设置扩散板4215代替密封衬底4211。

[0249] 此外,本实施方式所示的照明装置也可以包括:本发明的一个方式的发光元件、壳体、覆盖物或支架。而且对发光元件的EL层4005、4205可以使用本发明的一个方式的有机金属配合物。此时,可以提供功耗低的照明装置。

[0250] 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使用。

#### [0251] 实施方式7

在本实施方式中,参照图9对应用本发明的一个方式的发光装置的应用品的照明装置的一个例子进行说明。

[0252] 图9是将发光装置用于室内照明装置8001的例子。另外,因为发光装置可以实现大面积化,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,也可以通过使用具有曲面的壳体来形成发光区域具有曲面的照明装置8002。包括在本实施方式所示的发光装置中的发光元件为薄膜状,所以壳体设计的自由度高。因此,可以形成能够进行各种精细设计的照明装置。再者,室内的墙面也可以设置有照明装置8003。

[0253] 通过将发光装置用于上述以外的室内具备的家具的一部分,可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0254] 如上所述,可以得到应用发光装置的各种各样的照明装置。另外,这些照明装置包括在本发明的一个方式中。

[0255] 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。

#### [0256] 实施方式8

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

[0257] 图10A和图10B是触摸屏2000的透视图。注意,在图10A和图10B中,为了容易理解,示出触摸屏2000的典型的构成要素。

[0258] 触摸屏2000具备显示面板2501及触摸传感器2595(参照图10B)。触摸屏2000还具有衬底2510、衬底2570以及衬底2590。

[0259] 显示面板2501包括衬底2510上的多个像素以及能够向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导到衬底2510的外周部,其一部分构成端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接。

[0260] 衬底2590具备触摸传感器2595以及多个与触摸传感器2595电连接的布线2598。多个布线2598被引导在衬底2590的外周部,其一部分构成端子2599。端子2599与FPC2509(2)电连接。另外,为了容易理解,在图10B中由实线示出设置在衬底2590的背面一侧(与衬底2510相对的面一侧)的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0261] 作为触摸传感器2595,例如可以使用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器,

可以举出表面电容式触摸传感器、投影电容式触摸传感器等。

[0262] 作为投影电容式触摸传感器,可以举出自电容式触摸传感器、互电容式触摸传感器等,这些主要根据驱动方式的差异而区分。当使用互电容式触摸传感器时,可以同时进行多点检测,所以是优选的。

[0263] 首先,参照图10B对采用投影电容式触摸传感器的情况进行说明。投影电容式触摸传感器可以应用能够检测出指头等检测对象靠近或接触的各种传感器。

[0264] 投影电容式触摸传感器2595具有电极2591及电极2592。电极2591及电极2592分别与多个布线2598中的不同的布线电连接。如图10A和图10B所示,电极2592具有在一个方向上重复配置的多个四边形的角部通过布线2594在一个方向上连接的形状。电极2591也同样地具有多个四边形的角部连接的形状,但是电极2591的连接方向与电极2592的连接方向交叉。注意,电极2591的连接方向与电极2592的连接方向不一定需要垂直,它们之间的角度也可以大于0度且小于90度。

[0265] 优选尽量减小布线2594与电极2592的交叉部的面积的形状。由此,可以减小没有设置电极的区域的面积,从而可以降低透射率的不均匀。其结果,可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度不均匀。

[0266] 另外,电极2591及电极2592的形状不局限于此,可以具有各种形状。例如,也可以以尽量没有间隙的方式配置多个电极2591,并且隔着绝缘层设置多个电极2592。此时,通过在相邻的两个电极2592之间设置与它们电绝缘的虚拟电极,可以减小透射率不同的区域的面积,所以是优选的。

[0267] 接着,参照图11A和图11B对触摸屏2000进行详细说明。图11A和图11B相当于图10A所示的点划线X1-X2之间的截面图。

[0268] 触摸屏2000包括触摸传感器2595及显示面板2501。

[0269] 触摸传感器2595包括与衬底2590接触地配置为犬牙交错形状的电极2591及电极2592、覆盖电极2591及电极2592的绝缘层2593以及使相邻的电极2591电连接的布线2594。此外,在相邻的电极2591之间设置有电极2592。

[0270] 电极2591及电极2592可以使用透光导电材料形成。作为透光导电材料,可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。另外,也可以使用石墨烯化合物。此外,当使用石墨烯化合物时,例如可以通过使制成膜状的氧化石墨烯还原来形成。作为还原方法,可以举出进行加热的方法或照射激光的方法等。

[0271] 作为电极2591及电极2592的形成方法,例如在通过溅射法在衬底2590上形成透光导电材料的膜之后,可以通过光刻法等各种图案化技术去除不需要的部分来形成。

[0272] 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、具有硅氧烷键的树脂之外,可以使用氧化硅、氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0273] 由于形成在绝缘层2593的一部分上的布线2594而使相邻的电极2591电连接。另外,作为布线2594使用的材料,优选使用其导电性比用于电极2591及电极2592的材料高的材料,因为可以降低电阻。

[0274] 布线2598与电极2591或电极2592电连接。布线2598的一部分被用作端子。布线2598例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钯等或者包含该金属材料的合金材料。

[0275] 通过端子2599使布线2598与FPC2509 (2) 电连接。端子2599可以使用各种各向异性导电膜 (ACF: Anisotropic Conductive Film)、各向异性导电膏 (ACP: Anisotropic Conductive Paste) 等。

[0276] 以与布线2594接触的方式设置有粘合层2597。换言之, 触摸传感器2595隔着粘合层2597以与显示面板2501重叠的方式贴合。此外, 与粘合层2597接触的显示面板2501的表面如图11A所示那样也可以包括衬底2570, 但不一定需要包括衬底2570。

[0277] 粘合层2597具有透光性。例如, 可以使用热固化树脂、紫外线固化树脂, 具体而言, 可以使用丙烯酸类树脂、聚氨酯类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂。

[0278] 图11A所示的显示面板2501在衬底2510与衬底2570之间包括配置为矩阵状的多个像素及驱动电路。此外, 各像素包括发光元件及驱动发光元件的像素电路。

[0279] 在图11A中作为显示面板2501的像素的一个例子示出像素2502R, 作为驱动电路的一个例子示出扫描线驱动电路2503g。

[0280] 像素2502R具备发光元件2550R以及能够向发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。

[0281] 绝缘层2521覆盖晶体管2502t。绝缘层2521具有使起因于预先形成的晶体管等的凹凸平坦化的功能。此外, 也可以使绝缘层2521具有可抑制杂质扩散的功能。此时, 能够抑制因杂质的扩散而导致的晶体管等的可靠性下降, 所以是优选的。

[0282] 发光元件2550R通过布线与晶体管2502t电连接。此外, 发光元件2550R的一个电极是与布线直接连接的。此外, 发光元件2550R的一个电极的端部由绝缘体2528覆盖。

[0283] 发光元件2550R在一对电极之间包括EL层。此外, 在与发光元件2550R重叠的位置上设置有着色层2567R, 发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R而在附图中所示的箭头的方向上射出。此外, 在着色层的端部设置有遮光层2567BM, 在发光元件2550R与着色层2567R之间包括密封层2560。

[0284] 当在提取来自发光元件2550R的光的方向上设置有密封层2560时, 密封层2560优选具有透光性。此外, 密封层2560的折射率优选高于空气。

[0285] 扫描线驱动电路2503g包括晶体管2503t以及电容器2503c。此外, 可以通过与像素电路相同的制造工序在相同的衬底上形成驱动电路。因此, 与像素电路的晶体管2502t同样地, 驱动电路 (扫描线驱动电路2503g) 的晶体管2503t也由绝缘层2521覆盖。

[0286] 此外, 设置有能够向晶体管2503t供应信号的布线2511。此外, 以与布线2511接触的方式设置有端子2519。端子2519与FPC2509 (1) 电连接, FPC2509 (1) 具有供应图像信号及同步信号等信号的功能。FPC2509 (1) 也可以安装有印刷线路板 (PWB)。

[0287] 虽然示出图11A所示的显示面板2501采用底栅型晶体管的情况, 但是晶体管的结构不局限于此, 也可以使用各种结构的晶体管。此外, 在图11A所示的晶体管2502t及晶体管2503t中可以使用包含氧化物半导体的半导体层作为沟道区域。除此以外, 也可以使用包含非晶硅的半导体层、包含通过激光退火法等处理而结晶化了的多晶硅的半导体层作为沟道区域。

[0288] 此外, 图11B示出将与图11A所示的底栅型晶体管不同的顶栅型晶体管应用于显示面板2501时的结构。此外, 即使改变晶体管的结构, 能够用于沟道区域的半导体层的种类也是同样的。



[0289] 图11A所示的触摸屏2000如图11A所示,优选在来自像素的光发射到外部的一侧的表面上以至少与像素重叠的方式包括防反射层2567p。作为防反射层2567p,可以使用圆偏振片等。

[0290] 作为图11A所示的衬底2510、衬底2570及衬底2590,例如可以使用水蒸气透过率为 $1 \times 10^{-5} \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以下,优选为 $1 \times 10^{-6} \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$ 以下的柔性材料。另外,这些衬底优选使用热膨胀系数大致相同的材料形成。例如,可以举出线性膨胀系数为 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 以下,优选为 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下,更优选为 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下的材料。

[0291] 接着,参照图12A和图12B对具有与图11A和图11B所示的触摸屏2000不同的结构的触摸屏2000'进行说明。注意,可以将触摸屏2000'与触摸屏2000同样地用作触摸屏。

[0292] 图12A和图12B是触摸屏2000'的截面图。图12A和图12B所示的触摸屏2000'与图11A和图11B所示的触摸屏2000的不同之处为相对于显示面板2501的触摸传感器2595的位置。在此,只对不同的结构进行说明,关于可以使用同样的结构的部分,援用触摸屏2000的说明。

[0293] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。图12A所示的来自发光元件2550R的光向设置有晶体管2502t的方向发射。就是说,来自发光元件2550R的光(的一部分)透过着色层2567R,而向图中所示的箭头的方向发射。此外,在着色层2567R的端部设置有遮光层2567BM。

[0294] 此外,触摸传感器2595设置在显示面板2501的、自发光元件2550R看来设置有晶体管2502t的一侧(参照图12A)。

[0295] 粘合层2597与显示面板2501所包括的衬底2510接触,在采用图12A所示的结构的情况下,使显示面板2501与触摸传感器2595贴合。注意,也可以采用在使用粘合层2597贴合的显示面板2501与触摸传感器2595之间不设置衬底2510的结构。

[0296] 与触摸屏2000的情况同样地,在采用触摸屏2000'的情况下可以对显示面板2501应用各种结构的晶体管。此外,在图12A中示出应用底栅型晶体管的情况,但如图12B所示,也可以应用顶栅型晶体管。

[0297] 接着,参照图13A和图13B对触摸屏的驱动方法的一个例子进行说明。

[0298] 图13A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。在图13A中,示出脉冲电压输出电路2601、电流检测电路2602。另外,在图13A中,以6个布线X1至X6例示被施加脉冲电压的电极2621,并以6个布线Y1至Y6例示检测电流的变化的电极2622。此外,在图13A中,示出使电极2621与电极2622重叠从而形成的电容器2603。注意,电极2621与电极2622的功能可以互相调换。

[0299] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到布线X1至X6的电路。通过对布线X1至X6施加脉冲电压,在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。在该电极之间产生的电场被遮蔽等引起产生电容器2603的互电容变化,通过利用该变化,可以检测出检测对象的靠近或接触。

[0300] 电流检测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的布线Y1至Y6的电流变化的电路。在布线Y1至Y6中,如果没有检测对象的靠近或接触,则所检测的电流值没有变化,另一方面,在由于所检测的检测对象的靠近或接触而互电容减少的情况下,检测到电流值减少的变化。另外,通过积分电路等检测电流即可。

[0301] 接着,图13B示出图13A所示的互电容式触摸传感器中的输入输出波形的时序图。在图13B中,在一个帧期间中进行各行列中的检测对象的检测。另外,在图13B中,示出没有检测出检测对象(未触摸)时和检测出检测对象(触摸)时的两种情况。此外,对布线Y1至Y6,示出对应于所检测出的电流值的电压值的波形。

[0302] 依次对布线X1至X6施加脉冲电压,布线Y1至Y6的波形随着该脉冲电压而变化。当没有检测对象的靠近或接触时,布线Y1至Y6的波形根据布线X1至X6的电压变化而一样变化。另一方面,在有检测对象靠近或接触的部分电流值减少,因而与其对应的电压值的波形也产生变化。如此,通过检测互电容的变化,可以检测出检测对象的靠近或接触。

[0303] 作为触摸传感器,图13A虽然示出仅在布线的交叉部设置电容器2603的无源型触摸传感器的结构,但是也可以采用具备晶体管和电容器的有源型触摸传感器。图14示出有源型触摸传感器所包括的一个传感器电路的例子。

[0304] 图14所示的传感器电路包括电容器2603、晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613。

[0305] 对晶体管2613的栅极供应信号G2,对晶体管2613的源极和漏极中的一个施加电压VRES,并且晶体管2613的源极和漏极中的另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接,对晶体管2611的源极和漏极中的另一个施加电压VSS。对晶体管2612的栅极供应信号G1,晶体管2612的源极和漏极中的另一个与布线ML电连接。对电容器2603的另一个电极施加电压VSS。

[0306] 接着,对图14所示的传感器电路的工作进行说明。首先,通过作为信号G2供应使晶体管2613成为开启状态的电位,对应于电压VRES的电位被供应到与晶体管2611的栅极连接的节点n。接着,通过作为信号G2供应使晶体管2613成为关闭状态的电位,节点n的电位得到保持。接着,由于手指等检测对象的靠近或接触,电容器2603的互电容产生变化,节点n的电位随之从VRES变化。

[0307] 在读出工作中,作为信号G1施加使晶体管2612成为开启状态的电位。流过晶体管2611的电流,即流过布线ML的电流根据节点n的电位而产生变化。通过检测该电流,可以检测出检测对象的靠近或接触。

[0308] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613中,优选将氧化物半导体层用于形成有沟道区域的半导体层。尤其是通过将这种晶体管用于晶体管2613,能够长期间保持节点n的电位,由此可以减少对节点n再次供应VRES的工作(刷新工作)的频度。

[0309] 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。

[0310] 实施方式9

在本实施方式中,作为具有本发明的一个方式的发光元件的显示装置,参照图15A至图17对具有反射型液晶元件和发光元件且能够进行透射模式和反射模式这两种显示的显示装置进行说明。另外,也可以将上述显示装置称为ER混合显示(ER-hybrid display,发光OLED和反射型LC混合显示(Emissive OLED and Reflective LC Hybrid display))。

[0311] 另外,本实施方式所示的显示装置具有以下特征:通过在室外等外光明亮的环境下利用使用反射模式的显示,可以进行功耗极低的驱动。另一方面,通过在夜间或室内等外光黑暗的环境下利用使用透射模式的显示,可以以最合适的亮度显示图像。因此,通过组合这两个模式而进行显示,可以进行功耗比现有的显示面板低且对比度比现有的显示面板高

的显示。

[0312] 作为本实施方式所示的显示装置的一个例子,示出具有如下结构的显示装置:具备反射电极的液晶元件与发光元件层叠,在与发光元件重叠的位置上设置反射电极的开口,在利用反射模式时使可见光由反射电极反射,在利用透射模式时从反射电极的开口发射来自发光元件的光。此外,用来驱动这些元件(液晶元件及发光元件)的晶体管优选配置在同一平面上。另外,所层叠的液晶元件与发光元件优选隔着绝缘层形成。

[0313] 图15A示出本实施方式所说明的显示装置的方框图。显示装置500包括电路(G) 501、电路(S) 502及显示部503。在显示部503中,多个像素504在方向R及方向C上配置为矩阵状。电路(G) 501与多个布线G1、布线G2、布线AN0及布线CSCOM分别电连接,并且,这些布线与在方向R上配置的多个像素504电连接。电路(S) 502与多个布线S1及布线S2分别电连接,并且,这些布线与在方向C上排列的多个像素504电连接。

[0314] 另外,像素504包括液晶元件和发光元件,它们具有彼此重叠的部分。

[0315] 图15B1示出被用作像素504所包括的液晶元件的反射电极的导电膜505的形状。另外,在导电膜505的一部分中与发光元件重叠的位置506上形成有开口507。就是说,来自发光元件的光经过该开口507发射出。

[0316] 在图15B1中所示的像素504,以在方向R上相邻的像素504呈现不同的颜色的方式排列。并且,以不在方向R上排列为一系列的方式设置开口507。通过采用这种排列,可以发挥抑制相邻的像素504所包括的发光元件之间的串扰的效果。还有元件的形成变容易等优点。

[0317] 作为开口507的形状,例如可以采用多角形、四角形、椭圆形、圆形或十字等形状。另外,也可以采用细条状、狭缝状等形状。

[0318] 此外,作为导电膜505的排列的变体,可以采用图15B2所示的排列。

[0319] 开口507相对于导电膜505的总面积(除了开口507之外)的比例给显示装置的显示带来影响。就是说,发生如下问题:在开口507的面积大时,基于液晶元件的显示变暗,而在开口507的面积小时,基于发光元件的显示变暗。另外,不局限于上述比例,在开口507的面积本身小时,产生从发光元件发射的光提取效率下降的问题。此外,从保持组合液晶元件及发光元件时的显示质量的观点来看,将上述开口507的面积相对于导电膜505的总面积(除了开口507之外)的比例优选设定为5%以上且60%以下。

[0320] 下面,参照图16对像素504的电路结构的一个例子进行说明。图16示出相邻的两个像素504。

[0321] 像素504包括晶体管SW1、电容器C1、液晶元件510、晶体管SW2、晶体管M、电容器C2及发光元件511等。此外,它们在像素504中与布线G1、布线G2、布线AN0、布线CSCOM、布线S1和布线S2中的任何一个电连接。此外,液晶元件510与布线VCOM1电连接,发光元件511与布线VCOM2电连接。

[0322] 另外,晶体管SW1的栅极与布线G1连接,晶体管SW1的源极和漏极中的一个与布线S1连接,源极和漏极中的另一个与电容器C1的一个电极及液晶元件510的一个电极连接。电容器C1的另一个电极与布线CSCOM连接。液晶元件510的另一个电极与布线VCOM1连接。

[0323] 此外,晶体管SW2的栅极与布线G2连接,晶体管SW2的源极和漏极中的一个与布线S2连接,源极和漏极中的另一个与电容器C2的一个电极及晶体管M的栅极连接。电容器C2的另一个电极与晶体管M的源极和漏极中的一个及布线AN0连接。晶体管M的源极和漏极中的

另一个与发光元件511的一个电极连接。发光元件511的另一个电极与布线VCOM2连接。

[0324] 晶体管M包括夹持半导体的两个栅极,这两个栅极彼此电连接。通过采用这种结构,可以增大流过晶体管M的电流。

[0325] 通过从布线G1被施加的信号,控制晶体管SW1的导通状态或非导通状态。另外,从布线VCOM1供应规定的电位。此外,可以通过从布线S1被施加的信号,控制液晶元件510的液晶的取向状态。布线CSCOM供应规定的电位。

[0326] 通过从布线G2被施加的信号,控制晶体管SW2的导通状态或非导通状态。另外,可以通过从布线VCOM2及布线AN0分别被施加的电位之间的电位差,使发光元件511发光。此外,可以通过从布线S2被施加的信号,来控制晶体管M的导通状态。

[0327] 因此,在本实施方式所示的结构中,例如在采用反射模式的情况下,通过从布线G1及布线S1被施加的信号控制液晶元件510,且利用光学调制,可以进行显示。另外,在采用透射模式的情况下,通过从布线G2及布线S2被施加的信号,可以使发光元件511发光。再者,在同时采用两个模式的情况下,可以根据从布线G1、布线G2、布线S1及布线S2的每一个被施加的信号进行所希望的驱动。

[0328] 下面,在图17中示出本实施方式所说明的显示装置500的截面示意图,进行详细说明。

[0329] 显示装置500在衬底521与衬底522之间具有发光元件523及液晶元件524。另外,发光元件523及液晶元件524各自隔着绝缘层525形成。就是说,在衬底521与绝缘层525之间具有发光元件523,在衬底522与绝缘层525之间具有液晶元件524。

[0330] 在绝缘层525与发光元件523之间具有晶体管515、晶体管516、晶体管517及着色层528等。

[0331] 在衬底521与发光元件523之间具有粘合层529。另外,发光元件523具有从绝缘层525一侧依次层叠有被用作一个电极的导电层530、EL层531、被用作另一个电极的导电层532的叠层结构。此外,发光元件523是底部发射型发光元件,所以导电层532包含反射可见光材料,导电层530包含使可见光透过的材料。发光元件523所发射的光透过着色层528、绝缘层525,并且经过开口533而透过液晶元件524,然后从衬底522发射到外部。

[0332] 在绝缘层525与衬底522之间,除了液晶元件524之外,还具有着色层534、遮光层535、绝缘层546及结构体536等。另外,液晶元件524具有被用作一个电极的导电层537、液晶538、被用作另一个电极的导电层539及取向膜540、541等。液晶元件524是反射型液晶元件,导电层539被用作反射电极,所以使用反射率高的材料。另外,导电层537被用作透明电极,所以包含使可见光透过的材料。再者,在导电层537及导电层539的液晶538一侧分别具有取向膜540、541。绝缘层546以覆盖着色层534及遮光层535的方式设置,被用作保护层。此外,如果不需要则可以不设置取向膜540、541。

[0333] 在导电层539的一部分中设置有开口533。此外,以与导电层539接触的方式设置有导电层543,该导电层543具有透光性,因此将使可见光透射的材料用于导电层543。

[0334] 结构体536具有间隔物的功能,即抑制绝缘层525与衬底522过度接近。此外,如果不需要则可以不设置结构体536。

[0335] 晶体管515的源极和漏极中的任何一个与发光元件523的导电层530电连接。例如,晶体管515对应于图16所示的晶体管M。

[0336] 晶体管516的源极和漏极中的任何一个通过端子部518与液晶元件524的导电层539及导电层543电连接。换言之,端子部518具有将设置在绝缘层525的两个面的导电层彼此电连接的功能。此外,晶体管516对应于图16所示的晶体管SW1。

[0337] 在衬底521不与衬底522重叠的区域中,设置有端子部519。与端子部518同样,端子部519将设置在绝缘层525的两个面的导电层彼此电连接。端子部519电连接于对与导电层543相同的导电膜进行加工而得到的导电层。由此,可以将端子部519与FPC544通过连接层545电连接。

[0338] 另外,在设置粘合层542的一部分的区域中,设置有连接部547。在连接部547中,对与导电层543相同的导电膜进行加工而得到的导电层通过连接体548电连接于导电层537的一部分。因此,可以将从FPC544输入的信号或电位通过连接体548供应到导电层537。

[0339] 在导电层537与导电层543之间设置有结构体536。结构体536具有保持液晶元件524的单元间隙的功能。

[0340] 作为导电层543,优选使用金属氧化物、金属氮化物或被低电阻化的氧化物半导体等氧化物。在使用氧化物半导体的情况下,作为导电层543,可以使用氢、硼、磷、氮和其他杂质的浓度及氧缺陷量中的至少一个比用于晶体管的半导体层高的材料。

[0341] 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使用。

[0342] 实施方式10

在本实施方式中,说明本发明的一个方式的发光元件。在本实施方式中说明的发光元件具有与在实施方式2中说明的发光元件不同的结构。因此,使用图31A和图31B说明发光元件的元件结构及其制造方法。注意,关于与在实施方式2中说明的发光元件相同的部分,参照实施方式2中的说明而省略其说明。

[0343] 在本实施方式中说明的发光元件具有在形成于衬底3200上的一对电极(阴极3201和阳极3203)之间夹住包括发光层3213的EL层3202的结构。EL层3202可以与实施方式2的EL层相同地层叠发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子注入层、电子传输层等来形成。

[0344] 在本实施方式中,如图31A所示,对具有如下结构的发光元件进行说明:包括在形成于衬底3200上的阴极3201上依次层叠电子注入层3214、发光层3213、空穴传输层3215及空穴注入层3216而成的EL层3202,在空穴注入层3216上形成有阳极3203的结构。注意,在此,没有设置电子传输层,但是也可以通过使电子注入层3214包含电子传输性高的材料,将其兼作电子传输层。

[0345] 在上述发光元件中,因供应到阴极3201和阳极3203之间的电位差而电流流过,并且因在EL层3202中空穴和电子复合而发光。然后,该光穿过阴极3201和阳极3203中的任一个或两个提取到外部。因此,阴极3201和阳极3203中的任一个或两个为具有透光性的电极,可以从具有透光性的电极一侧提取光。

[0346] 如图31A所示,在本实施方式所示的发光元件中,阴极3201的端部由绝缘物3217覆盖。如图31B所示,以填埋彼此相邻的阴极3201(例如,3201a和3201b)之间的空间的方式形成绝缘物3217。

[0347] 作为绝缘物3217,可以使用绝缘性有机化合物或无机化合物。作为有机化合物,可以使用感光树脂(抗蚀剂材料等),例如可以使用丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、氟类树脂等。作为无机化合物,例如可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮化硅等。注意,绝缘物3217的表面

优选有拒水性,作为其处理方法,除了等离子体处理以外,还可以举出化学处理(使用碱性溶液、有机溶剂)等。

[0348] 在本实施方式中,形成在阴极3201上的电子注入层3214使用高分子化合物形成。优选使用不易溶解于非水溶剂且电子传输性高的高分子化合物。具体而言,适当地组合在实施方式2中作为可用于电子注入层115及电子传输层114的材料举出的材料(除了高分子化合物以外,还包含碱金属、碱土金属或它们的化合物)而使用,将其溶解于极性溶剂,利用涂敷法来形成上述层。

[0349] 作为在此使用的极性溶剂,可以举出甲醇、乙醇、丙醇、异丙醇、丁醇、乙二醇、甘油等。

[0350] 在电子注入层3214上形成发光层3213。利用湿式法(喷墨法或印刷法)形成(或涂敷)适当地组合在实施方式2中作为可用于发光层3213的材料(发光物质)举出的材料且将其溶解(或分散)于非极性溶剂中而成的墨水,由此形成发光层3213。发光颜色不同的发光元件共同使用电子注入层3214,作为发光层3213选择对应发光颜色的材料。作为非极性溶剂,可以使用甲苯或二甲苯等芳族溶剂或者吡啶等杂芳族溶剂。此外,也可以使用己烷、2-甲基己烷、环己烷、氯仿等溶剂。

[0351] 如图31B所示,从用来涂敷溶液的装置(以下,称为溶液涂敷装置)的头部3300涂敷用来形成发光层3213的墨水。头部3300包括具有将墨水喷射的功能的多个喷射部3301a至喷射部3301c,喷射部3301a至喷射部3301c分别设置有压电元件(piezoelectric element)3302a至压电元件3302c。喷射部3301a至喷射部3301c分别填充有包含呈现颜色互不相同的发光物质的墨水3303a至墨水3303c。

[0352] 墨水3303a至墨水3303c分别从喷射部3301a至喷射部3301c喷射出,由此形成发光颜色互不相同的发光层(3213a、3213b、3213c)。

[0353] 在发光层3213上形成有空穴传输层3215。作为空穴传输层3215,可以适当地组合在实施方式2中作为可用于空穴传输层3215的材料举出的材料而使用。作为空穴传输层3215的形成方法,可以使用真空蒸镀法或涂敷法。在采用涂敷法的情况下,将溶解于溶剂中而成的材料涂敷在发光层3213及绝缘物3217上。作为涂敷法,可以使用喷墨法、旋涂法、印刷法等。

[0354] 在空穴传输层3215上形成有空穴注入层3216,在空穴注入层3216上形成有阳极3203。可以适当地组合实施方式2所示的材料而使用,利用真空蒸镀法形成它们。

[0355] 通过上述步骤,可以形成发光元件。注意,当在发光层中使用本发明的一个方式的有机金属配合物时,可以得到基于有机金属配合物的磷光发光,因此可以实现具有比只使用荧光化合物的发光元件高的效率的发光元件。

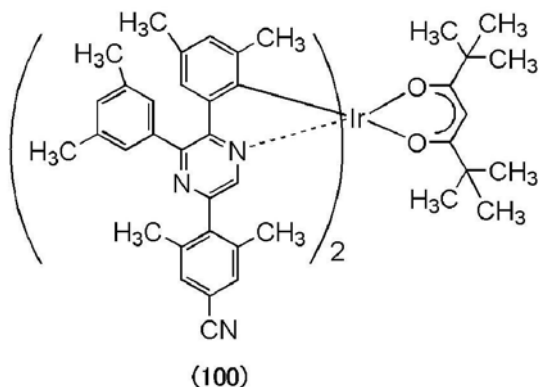
[0356] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

#### 实施例1

[0357] 《合成例子1》

在本实施例中,对在实施方式1中以结构式(100)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ<sup>2</sup>O,0')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)] )的合成方法进行说明。以下,示出[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)]的结构。

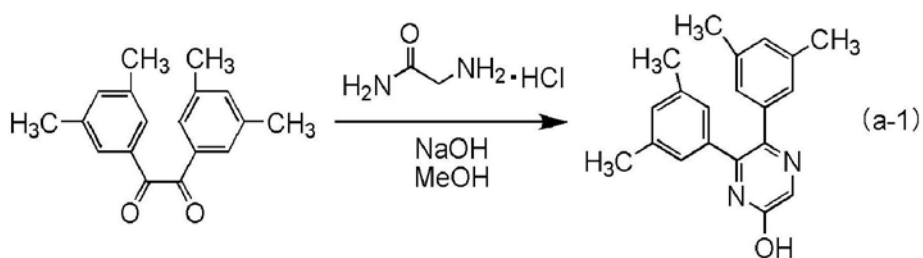
[0358] [化31]



[0359] 《步骤1:5-羟基-2,3-(3,5-二甲基苯基)吡嗪的合成》

首先,将5.27g的3,3',5,5'-四甲基苯偶酰、2.61g的甘氨酸盐酸盐、1.92g的氢氧化钠以及50mL的甲醇放入具备回流管的三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。然后,在80℃下搅拌7小时使其反应。在此,添加2.5mL的12M盐酸并搅拌30分钟,然后添加2.02g的碳酸氢钾并搅拌30分钟。在对该悬浮液进行抽滤之后,使用水、甲醇对所得到的固体进行洗涤,得到目的物的吡嗪衍生物(乳白色粉末,收率为79%)。以下示出步骤1的合成方案(a-1)。

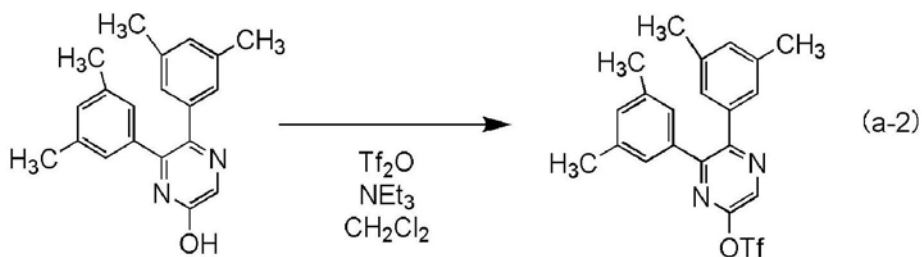
[0360] [化32]



[0361] &lt;步骤2:三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯的合成&gt;

接着,将4.80g的通过上述步骤1得到的5-羟基-2,3-(3,5-二甲基苯基)吡嗪、4.5mL的三乙基胺以及80mL的脱水二氯甲烷放入三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。将烧瓶冷却到-20℃,滴加3.5mL的三氟甲烷磺酸酐,并在室温下搅拌17.5小时。接着,将该烧瓶冷却到0℃,然后,滴加0.7mL的三氟甲烷磺酸酐,并在室温下搅拌22小时使其反应。对反应溶液添加50mL的水、5mL的1M盐酸,并添加二氯甲烷,以将包含在反应溶液中的物质萃取于二氯甲烷中。对该二氯甲烷添加饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤,并添加硫酸镁进行干燥。在进行干燥后对该溶液进行过滤,利用以甲苯:己烷=1:1(体积比)为展开溶剂的硅胶柱层析纯化通过浓缩滤液而得到的残渣,以得到目的物的吡嗪衍生物(黄色油,收率为96%)。以下示出步骤2的合成方案(a-2)。

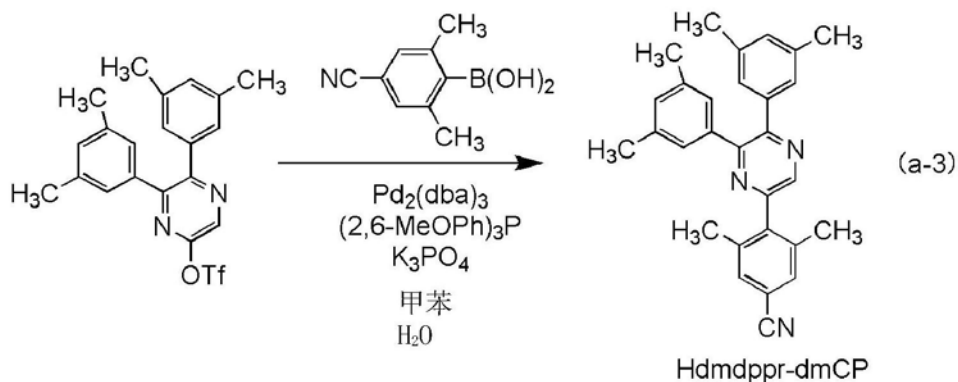
[0362] [化33]



[0363] <步骤3: 5-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称: Hdmdppr-dmCP)的合成>

接着,将2.05g的通过上述步骤2得到的三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、1.00g的4-氰基-2,6-二甲基苯基硼酸、3.81g的磷酸三钾、40mL的甲苯以及4mL的水放入三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。通过在减压下于烧瓶内进行搅拌,以进行脱气,然后添加0.044g的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)和0.084g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦,回流7小时。对反应溶液添加水,并添加甲苯以将包含在反应溶液中的物质萃取于甲苯中。对该甲苯添加饱和食盐水进行洗涤,并添加硫酸镁进行干燥。在进行干燥后对该溶液进行过滤,利用以己烷:乙酸乙酯=5:1(体积比)为展开溶剂的硅胶柱层析纯化通过浓缩滤液而得到的残渣,以得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-dmCP(白色粉末,收率为90%)。以下示出步骤3的合成方案(a-3)。

[0364] [化34]

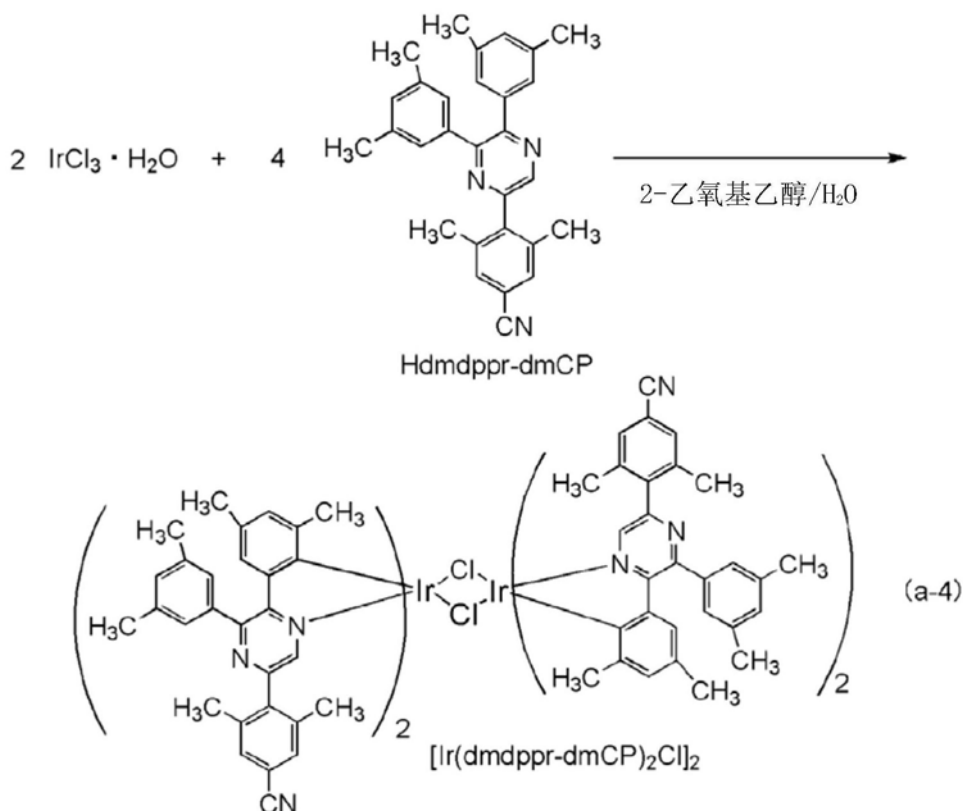


[0365] <步骤4: 二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>)的合成>

接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.74g的通过上述步骤3得到的Hdmdppr-dmCP(简称)、0.60g的氯化铱水合物(IrCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)(日本古屋金属公司制造)放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射1小时的微波(2.45GHz,100W)来使其反应。在蒸馏而去除溶剂之后,对所得到的残渣用己烷进行抽滤并洗涤,由此得到双核配合物[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(褐色粉末,收率为89%)。以下示出步骤4的合成方案(a-4)。

[0366] [化35]

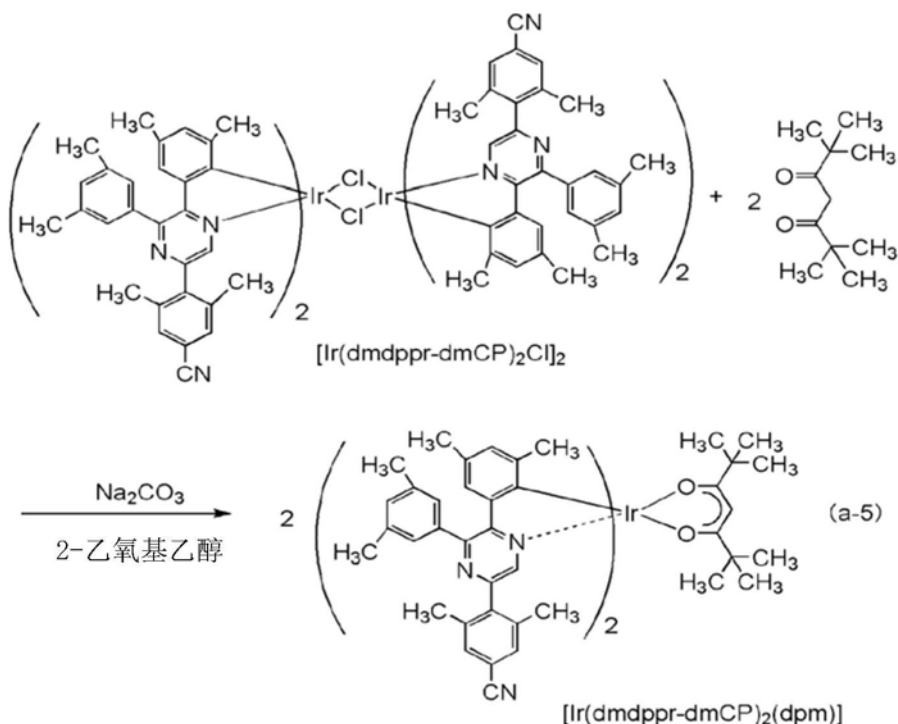




[0367] <步骤5:双{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)]的合成>

再者,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.96g的通过上述步骤4得到的双核配合物[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>、0.26g的二叔戊酰甲烷(简称:Hdpm)以及0.48g的碳酸钠放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)。在此,添加0.13g的Hdpm,并对反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz,120W)来使其反应。蒸馏而去除溶剂,利用以二氯甲烷:己烷=1:1(体积比)为展开溶剂的硅胶柱层析纯化所得到的残渣。再者,利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱层析进行纯化,然后使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂进行再结晶,由此得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)]的红色粉末(收率为37%)。利用梯度升华方法对所得到的0.39g的红色粉末固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa、氩流量为5mL/min的条件下,以300℃对固体进行加热。在该升华提纯之后,以85%的收率得到目的物的红色固体。以下示出步骤5的合成方案(a-5)。

[0368] [化36]



[0369] 以下示出通过核磁共振氢谱 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 分析在上述步骤5中得到的红色粉末的结果。另外,图18示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由此可知,在本合成例子中得到了以上述结构式(100)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 。

[0370]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 0.91 (s, 18H), 1.41 (s, 6H), 1.95 (s, 6H), 2.12 (s, 12H), 2.35 (s, 12H), 5.63 (s, 1H), 6.49 (s, 2H), 6.86 (s, 2H), 7.17 (s, 2H), 7.34 (s, 4H), 7.43 (s, 4H), 8.15 (s, 2H)。

[0371] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型),将二氯甲烷溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,在发射光谱的测量中,利用绝对PL量子产率测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造的C11347-01),在手套箱(由日本Bright株式会社制造的LABstarM13(1250/780))中,在氮气氛围下将二氯甲烷脱氧溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中,进行密封,并在室温下进行测量。图19示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收系数及发光强度。此外,在图19中表示两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图19所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0372] 如图19所示那样,有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 在635nm具有发光峰值,并且在二氯甲烷溶液中观察到红色发光。

[0373] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(简称:LC/MS分析))对有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 进行分析。

[0374] 在LC/MS分析中,利用沃特世(Waters)公司制造的Acquity UPLC(注册商标)进行LC(液相层析)分离,并利用沃特世公司制造的Xevo G2 ToF MS进行MS分析(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为Acquity UPLC BEH C8 ( $2.1 \times 100\text{mm}$ ,  $1.7\mu\text{m}$ ),柱温为 $40^\circ\text{C}$ 。在流动

相中,作为流动相A使用乙腈,作为流动相B使用0.1%甲酸水溶液。另外,以任意浓度将 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0 $\mu\text{L}$ 。

[0375] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=85:15,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成。

[0376] 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。另外,所测量的质量范围是 $m/z=100$ 至1500。

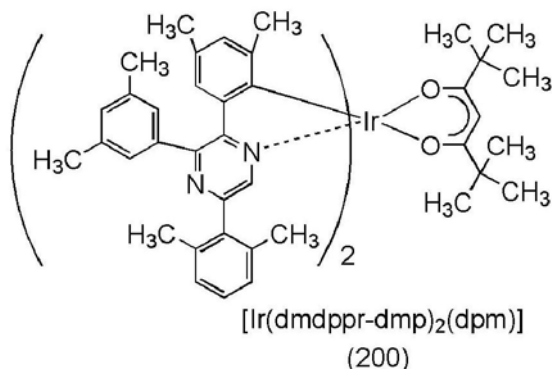
[0377] 在碰撞室(collision cell)内在上述条件下分离并离子化了的 $m/z=1209.53$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将与氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为70eV。图20示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0378] 由图20的结果可知,以结构式(100)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 主要在 $m/z=1025$ 、609、417附近检测出子离子。因为图20示出来源于 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 的典型特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 的重要的数据。

[0379]  $m/z=1025$ 附近的子离子被估计为结构式(100)的化合物中的二叔戊酰甲烷和质子脱离的状态的阳离子, $m/z=1009$ 附近的子离子被估计为甲基从该阳离子进一步脱离的状态的阳离子, $m/z=609$ 附近的子离子被估计为结构式(100)的化合物中的二叔戊酰甲烷、一个配体Hdmdppr-dmCP(简称)和质子脱离的状态的阳离子, $m/z=417$ 附近的子离子被估计为配体Hdmdppr-dmCP的阳离子,这些是本发明的一个方式的有机金属配合物的特征之一。

[0380] 在此,使用高真空差动式差热天平(high vacuum differential type differential thermal balance,布鲁克AXS公司制造,TG-DTA2410SA)测量出在本实施例中合成的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ (结构式:100)、以及包括烷基而不包括氰基的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ (结构式:200)的升华温度。在真空度10Pa下,将升温速度设定为10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 且增高温度。图22示出其结果。如图表所示, $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 的升华温度为275 $^{\circ}\text{C}$ , $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ 的升华温度为240 $^{\circ}\text{C}$ 。就是说,可知:因为 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 包括氰基作为取代基,所以升华温度变高。

[0381] [化37]

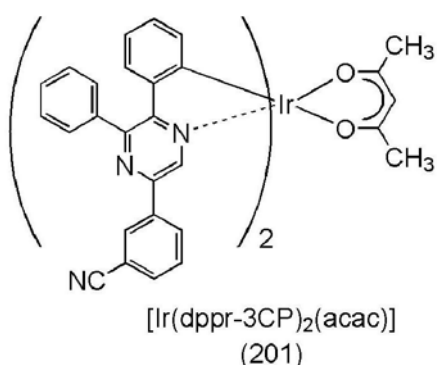


[0382] 使用四极质谱分析仪(ULVAC公司制造的残留气体分析仪QuLee BGM-202)对在真空度为5至8 $\times 10^{-5}$ Pa的处理室内以2.0 $\times 10^{-2}$ nm/sec的速率使上述两种有机金属配合物升

华中的脱离气体进行成分分析。图21示出其结果。在图21中,横轴表示质荷比( $m/z$ ),纵轴表示对应处理室内的被测量的气体中的质荷比的指定气体的压力(检测分压:Pa)。其结果是,虽然其升华温度比 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 低,但是从 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ 检测出分子量低的脱离气体成分。由此可知,与 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 相比, $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ 容易发生热分解。就是说,可以确认到:因为在本实施例中合成的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ 包括氰基作为取代基,所以虽然其升华温度高,但是不容易发生热分解(不容易产生分子量低的分解物的结构)。

[0383] 另一方面,使用高真空差动式差热天平(布鲁克AXS公司制造,TG-DTA2410SA)对包括氰基作为取代基而不包括烷基的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dppr-3CP})_2(\text{acac})]$ (结构式:201)的失重率进行测量。在真空度10Pa下,将升温速度设定为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ,边增高温度边进行测量。图22还示出其结果。

[0384] [化38]

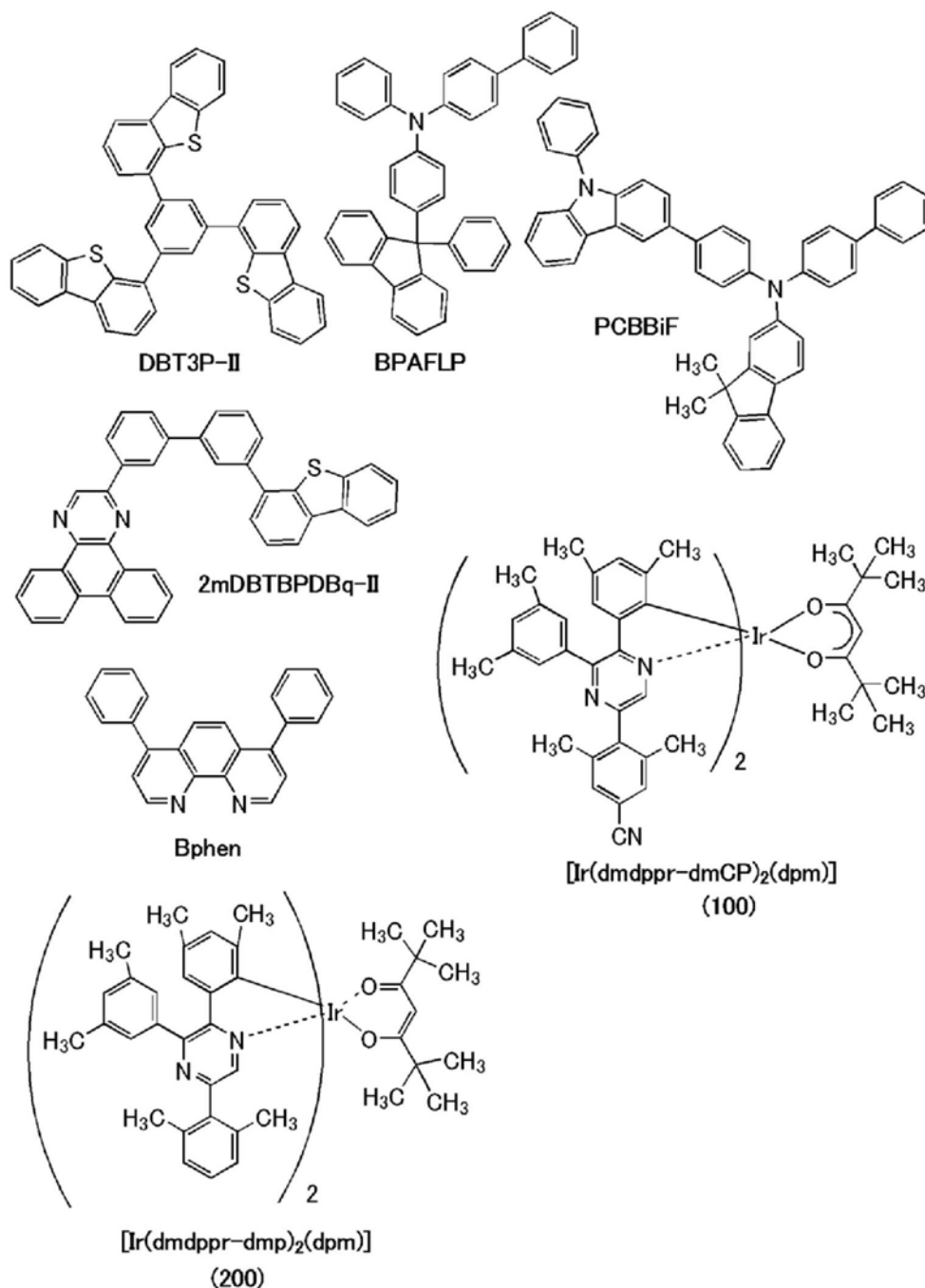


[0385] 其结果是,在本实施例中合成的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ (结构式:100)和 $[\text{Ir}(\text{dppr-3CP})_2(\text{acac})]$ (结构式:201)的升华温度大致同样高( $280^\circ\text{C}$ 附近)。但是,关于伴随物质的升华的失重,如图22所示, $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ (结构式:100)的失重率大约为100%,而 $[\text{Ir}(\text{dppr-3CP})_2(\text{acac})]$ (结构式:201)的失重率大约为48%。注意,这次测量出的失重率包括称量时的测量误差,因此不是精确值,但是可以说这两个有机金属配合物的热重曲线有很大的差异。在增高 $[\text{Ir}(\text{dppr-3CP})_2(\text{acac})]$ 的温度时,得到如 $[\text{Ir}(\text{dppr-3CP})_2(\text{acac})]$ 碳化那样的残渣,因此可以认为在升华中同时发生有机金属配合物彼此的反应及分解。通过比较这两个有机金属配合物的结构,可知:在键合到吡啶骨架的苯基作为取代基包括烷基时,抑制升华中的有机金属配合物彼此的反应及分解,并且这导致的残渣的产生得到降低。

## 实施例2

[0386] 在本实施例中,制造使用本发明的一个方式的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ (结构式(100))的发光元件1及发光元件2、以及使用 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ (结构式(200))的对比发光元件3。使用图23说明发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的制造。以下,示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0387] [化39]



[0388] 《发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的制造》

首先,在玻璃衬底900上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITO)的膜,形成被用作阳极的第一电极901。另外,将厚度设定为70nm,并且将电极面积设定为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0389] 接着,作为用来在衬底900上形成发光元件的预处理,使用水对衬底表面进行洗涤,并以 $200^\circ\text{C}$ 进行1小时的焙烧,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0390] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,以 $170^\circ\text{C}$ 进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底900进行30分钟左右的冷却。

[0391] 接着,以使形成有第一电极901的面朝下的方式将衬底900固定到设置于真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,说明通过真空蒸镀法依次形成构成EL层902的空穴注入层

911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914及电子注入层915的情况。

[0392] 在将真空蒸镀装置的内部减压到 $1 \times 10^{-4}$ Pa之后,通过将1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)及氧化钼以DBT3P-II:氧化钼=4:2(质量比)的比例共蒸镀,从而在第一电极901上形成空穴注入层911。将其厚度设定为20nm。注意,共蒸镀是指使多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0393] 接着,以厚度为20nm的方式蒸镀4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)来形成空穴传输层912。

[0394] 接着,在空穴传输层912上形成发光层913。

[0395] 在发光元件1中,以20nm的厚度共蒸镀2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)和 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ ,以满足2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ =0.7:0.3:0.06(质量比)。并且,以20nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ =0.8:0.2:0.06(质量比)。由此,形成厚度为40nm的发光元件1的发光层913。

[0396] 在发光元件2中,使用与发光元件1相同的材料,以20nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ =0.7:0.3:0.025(质量比)。并且,以20nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ =0.8:0.2:0.025(质量比)。由此,形成厚度为40nm的发光元件2的发光层913。

[0397] 在对比发光元件3中,以20nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ =0.7:0.3:0.05(质量比)。并且,以20nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})]$ =0.8:0.2:0.05(质量比)。由此,形成厚度为40nm的对比发光元件3的发光层913。

[0398] 接着,在发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的发光层913上以厚度为20nm的方式蒸镀2mDBTBPDBq-II,然后以厚度为10nm的方式蒸镀Bphen,由此形成电子传输层914。

[0399] 并且,在电子传输层914上以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂来形成电子注入层915。

[0400] 最后,在电子注入层915上以厚度为200nm的方式蒸镀铝来形成被用作阴极的第二电极903,以得到发光元件1、发光元件2及对比发光元件3。注意,在上述蒸镀过程中,蒸镀都利用电阻加热法进行。

[0401] 表1示出通过上述步骤得到的发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的元件结构。

[0402] [表1]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层		电子 注入层	第二 电极
发光元 件 1	NiTO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTBPDq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元 件 2	NiTO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBTBPDq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发 光元件 3	NiTO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTBPDq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)](0.7:0.3:0.06 20nm\0.8:0.2:0.06 20nm)

\*\*2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)](0.7:0.3:0.025 20nm\0.8:0.2:0.025 20nm)

\*\*\*2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(dpm)](0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0403] 此外,以使各发光元件不暴露于大气的方式在氮气氛的手套箱中对所制造的发光元件1、发光元件2及对比发光元件3进行密封(将密封材料涂敷于元件的周围,并且在密封时进行UV处理并以80℃进行1小时的热处理)。

[0404] 《发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的工作特性》

对所制造的发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的工作特性进行测量。另外,测量在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0405] 图24、图25、图26、图27和图28分别示出发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的电流密度-亮度特性、电压-亮度特性、亮度-电流效率特性、电压-电流特性和1000cd/m<sup>2</sup>附近的CIE色度。

[0406] 此外,下面的表2示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的主要初始特性值。

[0407] [表2]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 1	3.9	0.22	5.4	(0.68, 0.31)	1000	19	15	24
发光元件 2	3.7	0.16	4.0	(0.69, 0.31)	960	24	20	26
对比发光元件 3	3.3	0.12	3.0	(0.67, 0.33)	1100	37	35	29

[0408] 另外,图29示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过发光元件1、发光元件2及对比发光元件3时的发射光谱。如图29所示,发光元件1和发光元件2的发射光谱在630nm附近具有峰值,由此可知,该峰值来源于本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)]的深红色发光。另外,对比发光元件3在619nm附近呈现来源于[Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(dpm)]的红色发光。如此,可知由于氰基的导入而可以得到色纯度更高的发光。

[0409] 接着,进行发光元件1、发光元件2及对比发光元件3的可靠性测试。图30示出可靠性测试的结果。在图30中,纵轴表示起始亮度为100%时的归一化亮度(%),而横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试中,在将初始亮度设定为5000cd/m<sup>2</sup>且电流密度为恒定的条件下,驱动发光元件1、发光元件2及对比发光元件3。

[0410] 在对发光元件1、发光元件2及对比发光元件3进行比较时,得到如下结果:将本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)]用于发光层的发光元件1及发光元件2呈现比将[Ir(dmdppr-dmp)<sub>2</sub>(dpm)]用于发光层的对比发光元件3高的可靠性。这是因为如下缘故:如上所述,在适当的位置上包括烷基及氰基时,可以抑制有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化、以及分子量低的脱离气体的发生,由此蒸镀时的分解得到减少。由此可知,通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物,可以实现发光元件的长使用寿命化。

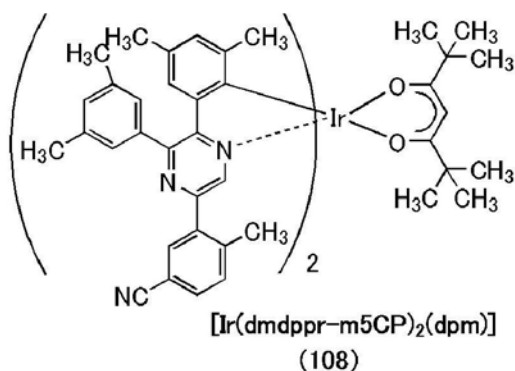
### 实施例3

#### [0411] 《合成例子2》

在本实施例中,对在实施方式1中以结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(5-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ<sup>2</sup>O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)])的合成方法进行说明。以下,示出[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)]的结构。

#### [0412] [化40]

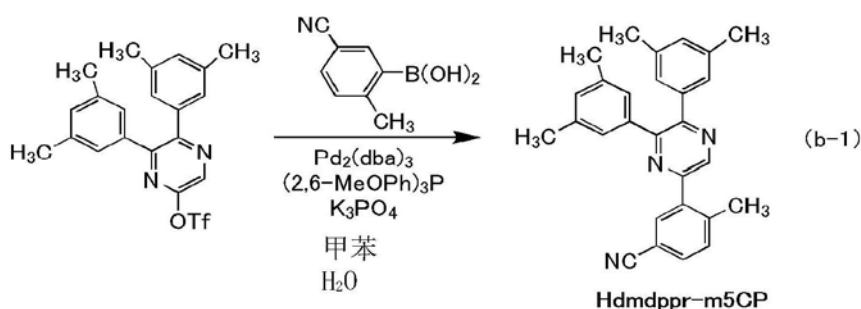




[0413] <步骤1:5-(5-氰基-2-甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-m5CP)的合成>

首先,将1.83g的三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.79g的5-氰基-2-甲基苯基硼酸、3.17g的磷酸三钾、33mL的甲苯以及3.3mL的水放入三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。通过在减压下于烧瓶内进行搅拌,以进行脱气,然后添加0.038g的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)和0.075g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦,回流8小时。在反应之后,利用甲苯进行萃取。然后,利用以己烷:乙酸乙酯=5:1为展开溶剂的快速柱层析进行纯化,以得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-m5CP(简称)(白色固体,收率为96%)。以下示出步骤1的合成方案(b-1)。

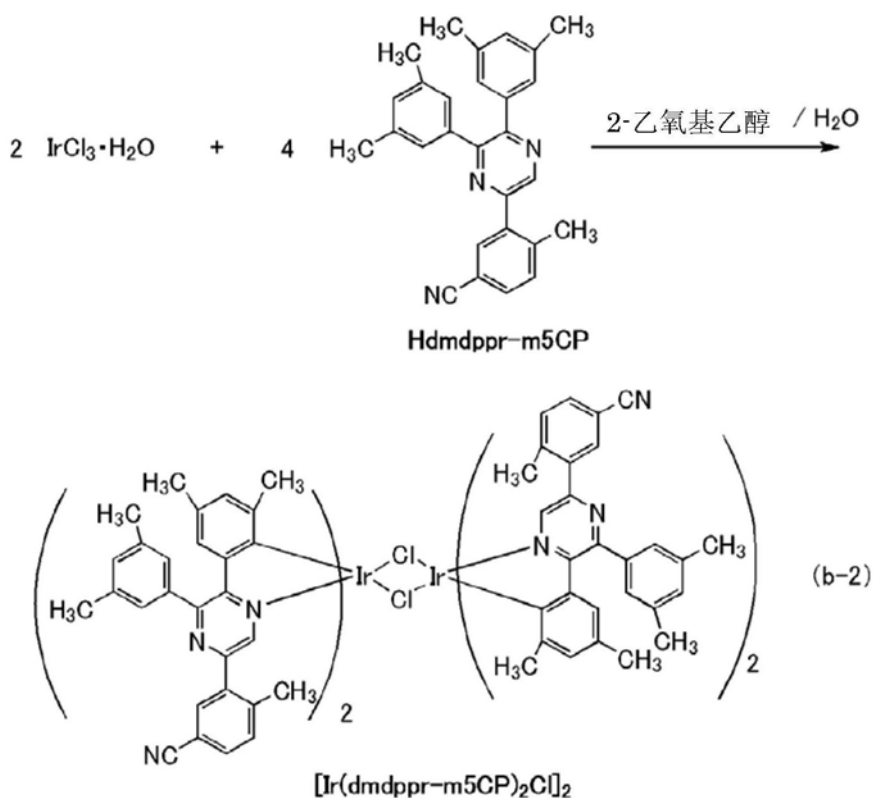
[0414] [化41]



[0415] <步骤2:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(5-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>)的合成>

接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.59g的通过上述步骤1得到的Hdmdppr-m5CP(简称)、0.57g的氯化铱水合物(IrCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)(日本古屋金属公司制造)放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射1小时的微波(2.45GHz,100W)来使其反应。在蒸馏而去除溶剂之后,对所得到的残渣用甲醇进行抽滤并洗涤,由此得到双核配合物[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(红褐色固体,收率为66%)。以下示出步骤2的合成方案(b-2)。

[0416] [化42]

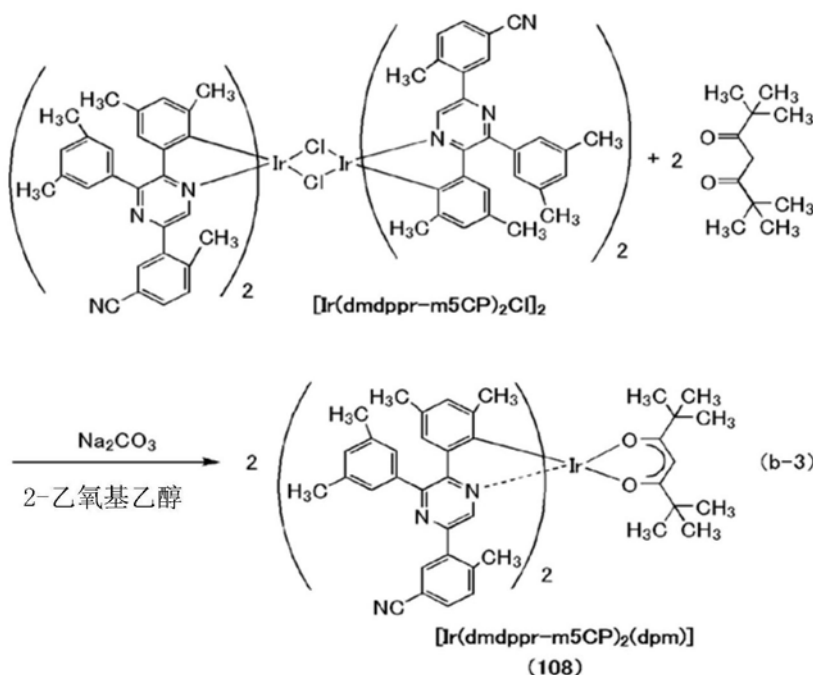


[0417] <步骤3: [Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)]的合成>

再者,将20mL的2-乙氧基乙醇、0.65g的通过上述步骤2得到的双核配合物[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>、0.25g的二叔戊酰甲烷(简称:Hdpm)以及0.33g的碳酸钠放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射2小时的微波(2.45GHz,100W)。在对所得到的反应溶液进行抽滤之后,利用水和甲醇对滤物进行洗涤。

[0418] 利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱层析对所得到的固体进行纯化,然后使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂进行再结晶,由此得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)]的红色粉末(收率为44%)。利用梯度升华方法对所得到的0.31g的红色粉末固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.7Pa、氩流量为5mL/min的条件下,以275℃对固体进行加热。在该升华提纯之后,以84%的收率得到目的物的红色固体。以下示出步骤3的合成方案(b-3)。

[0419] [化43]



[0420] 以下示出通过核磁共振氢谱 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 分析在上述步骤3中得到的红色粉末的结果。另外,图32示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由此可知,在本合成例子中得到了以上述结构式(108)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m5CP})_2(\text{dpm})]$ 。

[0421]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 0.95 (s, 18H), 1.42 (s, 6H), 1.95 (s, 6H), 2.38 (s, 12H), 2.49 (s, 6H), 5.68 (s, 1H), 6.48 (s, 2H), 6.83 (s, 2H), 7.20 (s, 2H), 7.35 (s, 4H), 7.43 (d, 2H), 7.62 (d, 2H), 7.70 (s, 2H), 8.43 (s, 2H)。

[0422] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m5CP})_2(\text{dpm})]$ 的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型),将二氯甲烷溶液(0.011mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,在发射光谱的测量中,利用绝对PL量子产率测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造的C11347-01),在手套箱(由日本Bright株式会社制造的LABstarM13(1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.011mmol/L)放在石英皿中,进行密封,并在室温下进行测量。

图33示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收系数及发光强度。此外,在图33中表示两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图33所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液(0.011mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0423] 如图33所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m5CP})_2(\text{dpm})]$ 在645nm具有发光峰值,并且在二氯甲烷溶液中观察到红色发光。

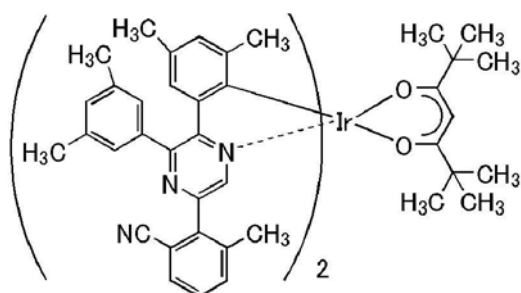
#### 实施例4

[0424] 《合成例子3》

在本实施例中,对在实施方式1中以结构式(114)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(2-氰基-6-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2$

(dpm) ] ] 的合成方法进行说明。以下, 示出  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2(\text{dpm})]$  的结构。

[0425] [化44]



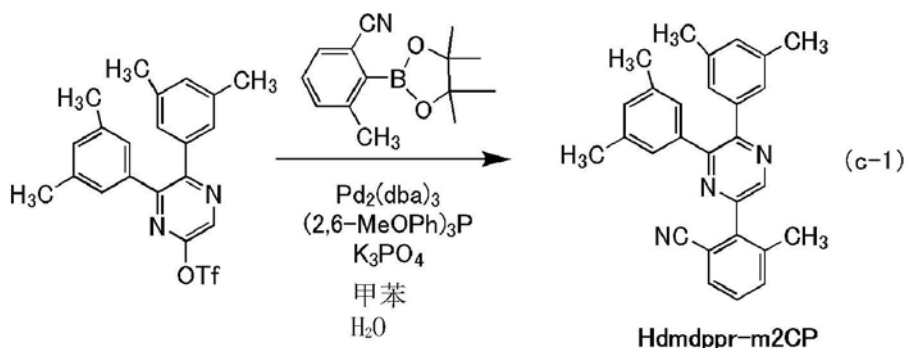
$[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2(\text{dpm})]$

(114)

[0426] <步骤1: 5-(2-氰基-6-甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪 (简称: Hdmdppr-m2CP) 的合成>

首先, 将1.40g的三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.98g的3-甲基-2-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧杂环戊硼烷(dioxaborolane)-2-基)苯甲腈、2.48g的磷酸三钾、26mL的甲苯以及2.6mL的水放入三口烧瓶中, 用氮气置换烧瓶内的空气。通过在减压下于烧瓶内进行搅拌, 以进行脱气, 然后添加0.029g的三(二亚苄基丙酮)二铱(0)和0.058g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦, 回流7.5小时。在反应之后, 利用甲苯进行萃取。然后, 利用以己烷: 乙酸乙酯=5:1为展开溶剂的硅胶柱层析进行纯化, 以得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-m2CP (简称) (白色固体, 收率为85%)。以下示出步骤1的合成方案(c-1)。

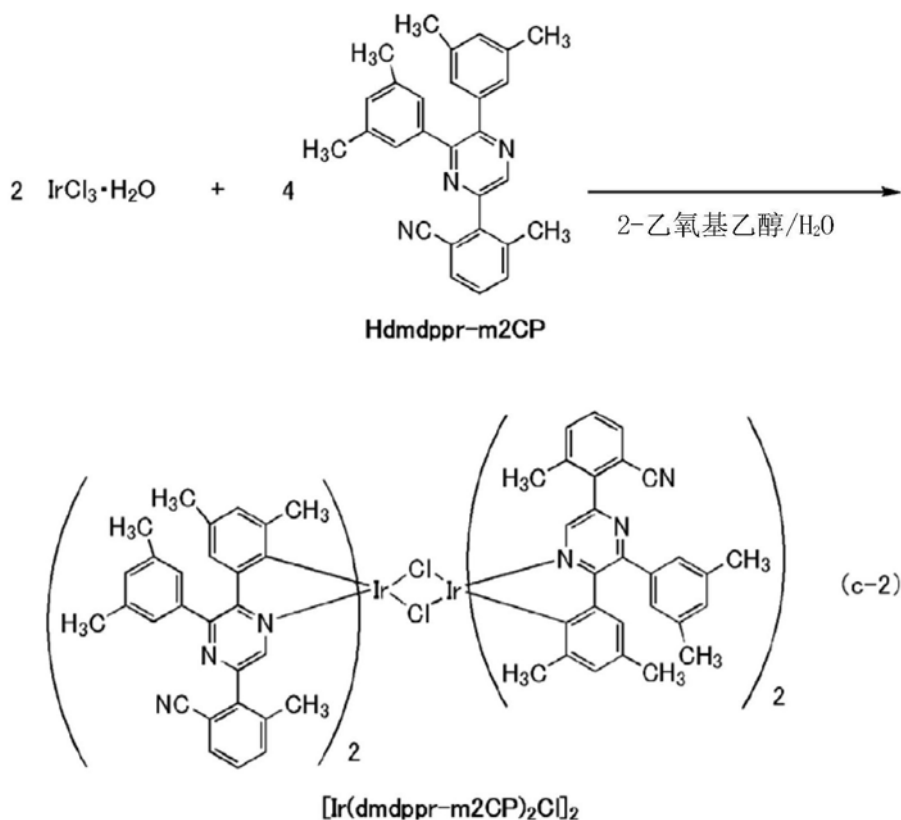
[0427] [化45]



[0428] <步骤2: 二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(2-氰基-6-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III) (简称:  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2\text{Cl}]_2$ ) 的合成>

接着, 将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.08g的通过上述步骤1得到的Hdmdppr-m2CP (简称)、0.39g的氯化铱水合物 ( $\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (日本古屋金属公司制造) 放入到具备回流管的茄形烧瓶中, 用氩气置换烧瓶内的空气。然后, 照射1小时的微波 (2.45GHz, 100W) 来使其反应。在对所得到的反应溶液进行抽滤之后, 利用甲醇对滤物进行洗涤, 由此得到双核配合物  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2\text{Cl}]_2$  (简称) (橙色固体, 收率为44%)。以下示出步骤2的合成方案(c-2)。

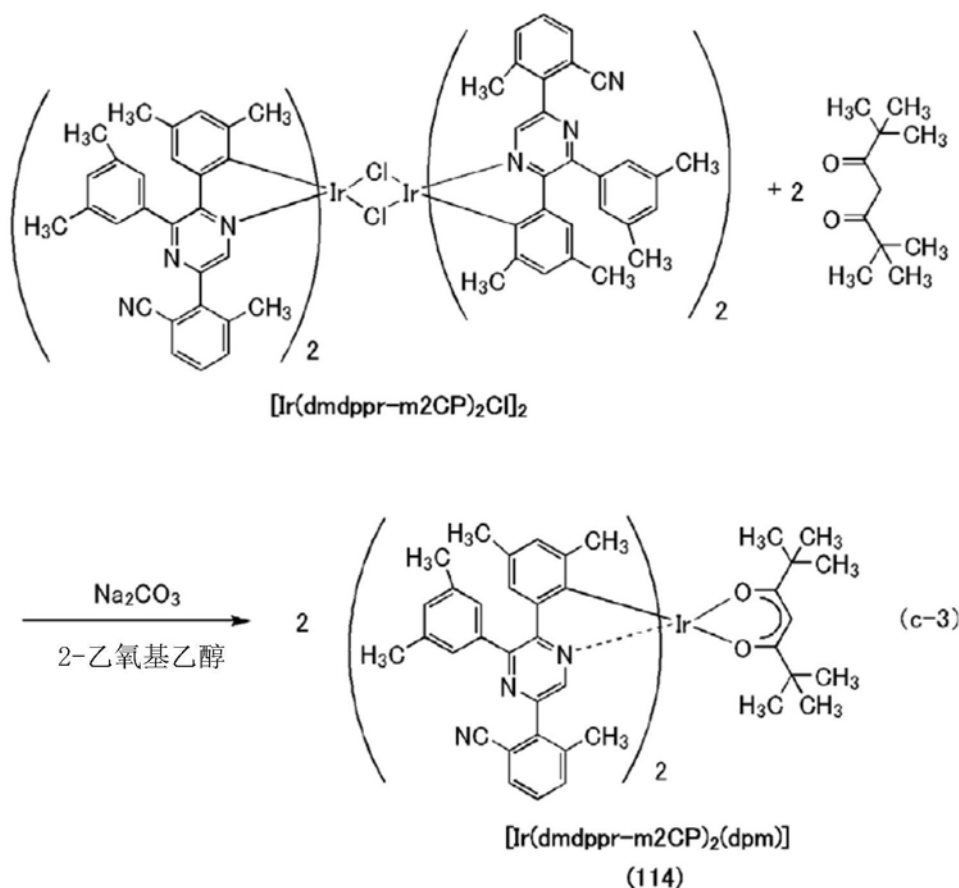
[0429] [化46]



[0430] <步骤3: [Ir(dmdppr-m2CP)<sub>2</sub>(dpm)]的合成>

再者,将20mL的2-乙氧基乙醇、0.59g的通过上述步骤2得到的双核配合物[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(简称)、0.22g的二叔戊酰甲烷(简称:Hdpm)以及0.31g的碳酸钠放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射2小时的微波(2.45GHz, 100W)。在蒸馏而去除反应溶液的溶剂之后,利用以己烷:乙酸乙酯为展开溶剂的硅胶柱层析对所得到的残渣进行纯化,由此得到有机金属配合物[Ir(dmdppr-m2CP)<sub>2</sub>(dpm)](简称)的深红色粉末(收率为10%)。以下示出步骤3的合成方案(c-3)。

[0431] [化47]



[0432] 以下示出通过核磁共振氢谱 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 分析在上述步骤3中得到的红色粉末的结果。另外,图34示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由此可知,在本合成例子中得到了以上述结构式(114)表示的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2(\text{dpm})]$ 。

[0433]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 0.94 (s, 18H), 1.43 (s, 6H), 1.94 (s, 6H), 2.23 (s, 6H), 2.36 (s, 12H), 5.64 (s, 1H), 6.49 (s, 2H), 6.87 (s, 2H), 7.18 (s, 2H), 7.39 (s, 4H), 7.44 (t, 2H), 7.53 (d, 2H), 7.62 (s, 2H), 8.32 (s, 2H)。

[0434] 接着,测量 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2(\text{dpm})]$ 的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时,使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型),将二氯甲烷溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中,并在室温下进行测量。此外,在发射光谱的测量中,利用绝对PL量子产率测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造的C11347-01),在手套箱(由日本Bright株式会社制造的LABstarM13(1250/780))中,在氮气氛下将二氯甲烷脱氧溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中,进行密封,并在室温下进行测量。图35示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收系数及发光强度。此外,在图35中表示两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图35所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0435] 如图35所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2(\text{dpm})]$ 在648nm具有发光峰值,并且在二氯甲烷溶液中观察到红色发光。

#### 实施例5

[0436] 在本实施例中,制造使用本发明的一个方式的有机金属配合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m2CP})_2(\text{dpm})]$ 。

m5CP)<sub>2</sub>(dpm)] (结构式(108))的发光元件4、使用本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-m2CP)<sub>2</sub>(dpm)] (结构式(114))的发光元件5、作为比较的使用[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>(dpm)]的对比发光元件6。注意,可以利用与实施例2相同的步骤制造发光元件4、发光元件5和对比发光元件6,因此省略其说明。注意,表3示出其具体结构。以下,示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0437] [表3]

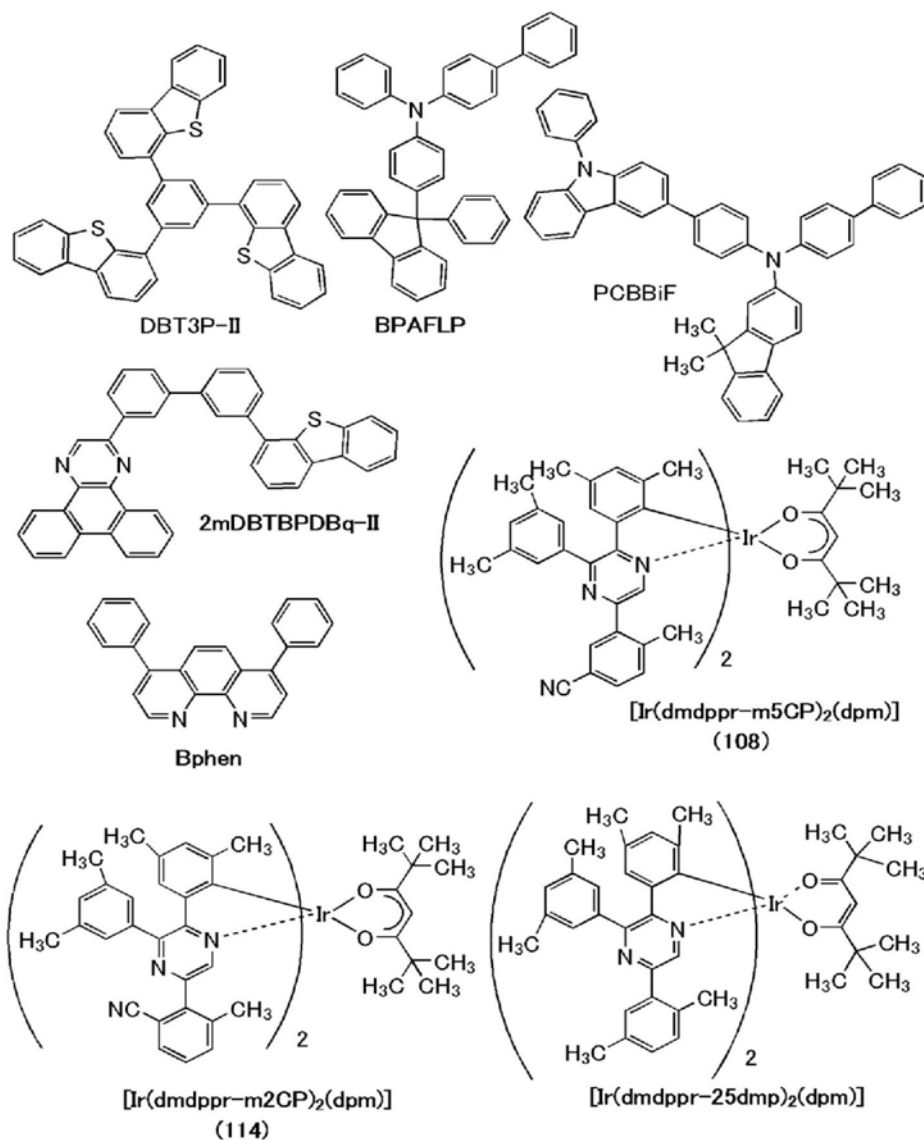
	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层		电子 注入层	第二 电极
发光元件 4	NITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件 5	NITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 元件 6	NITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

\*\*2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-m2CP)<sub>2</sub>(dpm)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

\*\*\*2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>(dpm)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0438] [化48]



[0439] 《发光元件的工作特性》

对所制造的各发光元件(发光元件4、发光元件5及对比发光元件6)的工作特性进行测量。另外,测量在室温(保持为25℃的气氛)下进行。图36至图40示出其结果。

[0440] 根据这些的结果可知,本发明的一个方式的发光元件具有良好的色度及高外部量子效率。此外,下面的表4示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光元件的主要初始特性值。

[0441] [表4]



	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 4	3.9	0.38	9.5	(0.70, 0.30)	1000	11	8.7	19
发光元件 5	3.9	0.4	9.9	(0.71, 0.29)	970	9.9	7.9	22
对比发光 元件 6	3.1	0.14	3.6	(0.68, 0.32)	1100	30	30	28

[0442] 另外,图41示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过发光元件4及发光元件5时的发射光谱。如图41所示,发光元件4的发射光谱在643nm附近具有峰值,由此可知,该峰值来源于包含在发光层913中的有机金属配合物[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)]的发光。发光元件5的发射光谱在648nm附近具有峰值,由此可知,该峰值来源于包含在发光层913中的有机金属配合物[Ir(dmdppr-m2CP)<sub>2</sub>(dpm)]的发光。

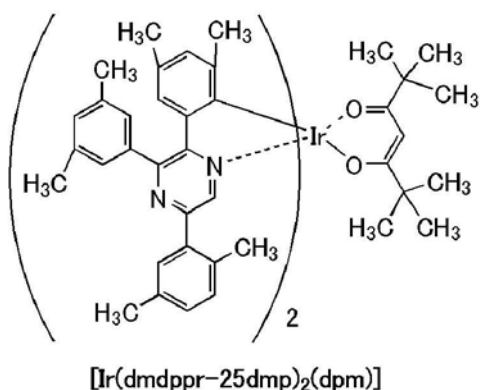
[0443] 接着,进行发光元件4、发光元件5及对比发光元件6的可靠性测试。图42示出可靠性测试的结果。在图42中,纵轴表示起始亮度为100%时的归一化亮度(%),而横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试中,在电流密度为恒定的条件(50mA/cm<sup>2</sup>)下,驱动发光元件4、发光元件5及对比发光元件6。

[0444] 其结果是,将本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)]用于发光层的发光元件4和将本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-m2CP)<sub>2</sub>(dpm)]用于发光层的发光元件5都呈现对比发光元件6高的可靠性。这是因为如下缘故:如上所述,在适当的位置上包括烷基及氰基时,可以抑制有机金属配合物彼此的反应所导致的碳化、分子量低的脱离气体的发生,由此蒸镀时的分解得到减少。由此可知,通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物,可以实现发光元件的长使用寿命化。

[0445] 《参考合成例》

在本参考合成例中,对在实施例5中用于对比发光元件6的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(2,5-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ<sup>2</sup>O,0')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>(dpm)])的合成方法进行说明。以下,示出[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>(dpm)]的结构。

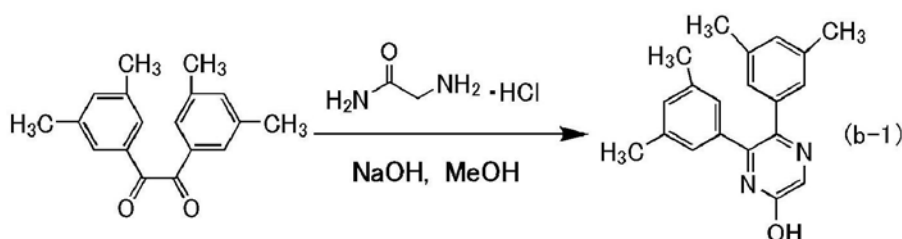
[0446] [化49]



[0447] <步骤1:5-羟基-2,3-(3,5-二甲基苯基)吡嗪的合成>

首先,将5.27g的3,3',5,5'-四甲基苯偶酰、2.61g的甘氨酸盐酸盐、1.92g的氢氧化钠以及50mL的甲醇放入具备回流管的三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。然后,在80℃下搅拌7小时使其反应。在此,添加2.5mL的12M盐酸并搅拌30分钟。然后,添加2.02g的碳酸氢钾并搅拌30分钟。在该悬浮液进行抽滤之后,使用水、甲醇对所得到的固体进行洗涤,得到目的物的吡嗪衍生物(乳白色粉末,收率为79%)。以下示出步骤1的合成方案(d-1)。

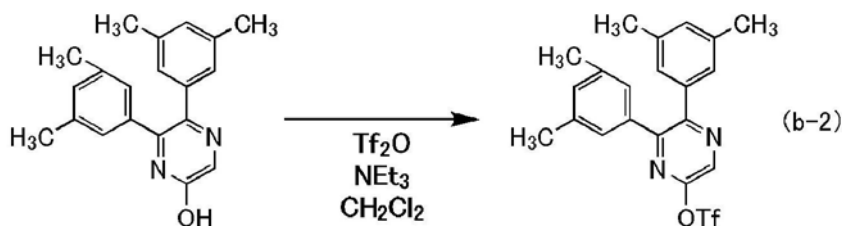
[0448] [化学式50]



[0449] <步骤2:三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯的合成>

接着,将4.80g的通过上述步骤1得到的5-羟基-2,3-(3,5-二甲基苯基)吡嗪、4.5mL的三乙基胺以及80mL的脱水二氯甲烷放入三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。将该烧瓶冷却到-20℃,滴加3.5mL的三氟甲烷磺酸酐,并在室温下搅拌17.5小时。在此,将该烧瓶冷却到0℃,然后,滴加0.7mL的三氟甲烷磺酸酐,并在室温下搅拌22小时使其反应。对反应溶液添加水、5mL的1M盐酸,并添加二氯甲烷,对有机层进行萃取。使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水对所得到的萃取溶液进行洗涤,并添加硫酸镁进行干燥。在进行干燥后对该溶液进行过滤。利用以甲苯:己烷=1:1为展开溶剂的硅胶柱层析纯化通过浓缩滤液而得到的残渣,以得到目的物的吡嗪衍生物(黄色油,收率为96%)。以下示出步骤2的合成方案(d-2)。

[0450] [化学式51]

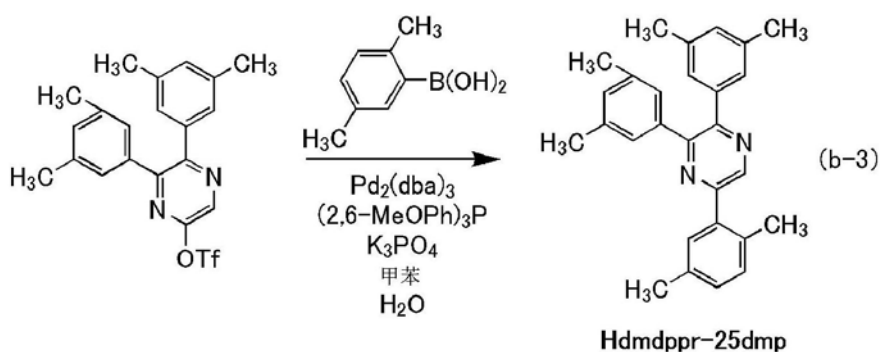


[0451] <步骤3:5-(2,5-二甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-

25dmp)的合成>

接着,将1.22g的通过上述步骤2得到的三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.51g的2,5-二甲基苯基硼酸、2.12g的磷酸三钾、20mL的甲苯以及2mL的水放入三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。通过在减压下于烧瓶内进行搅拌,以进行脱气,然后添加0.026g的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)和0.053g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦,回流4小时。对反应溶液添加水,并添加甲苯对有机层进行萃取。使用饱和食盐水对所得到的萃取溶液进行洗涤,并添加硫酸镁进行干燥。在进行干燥后对该溶液进行过滤。利用以甲苯为展开溶剂的硅胶柱层析纯化通过浓缩滤液而得到的残渣,以得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-25dmp(无色油,收率为97%)。以下示出步骤3的合成方案(d-3)。

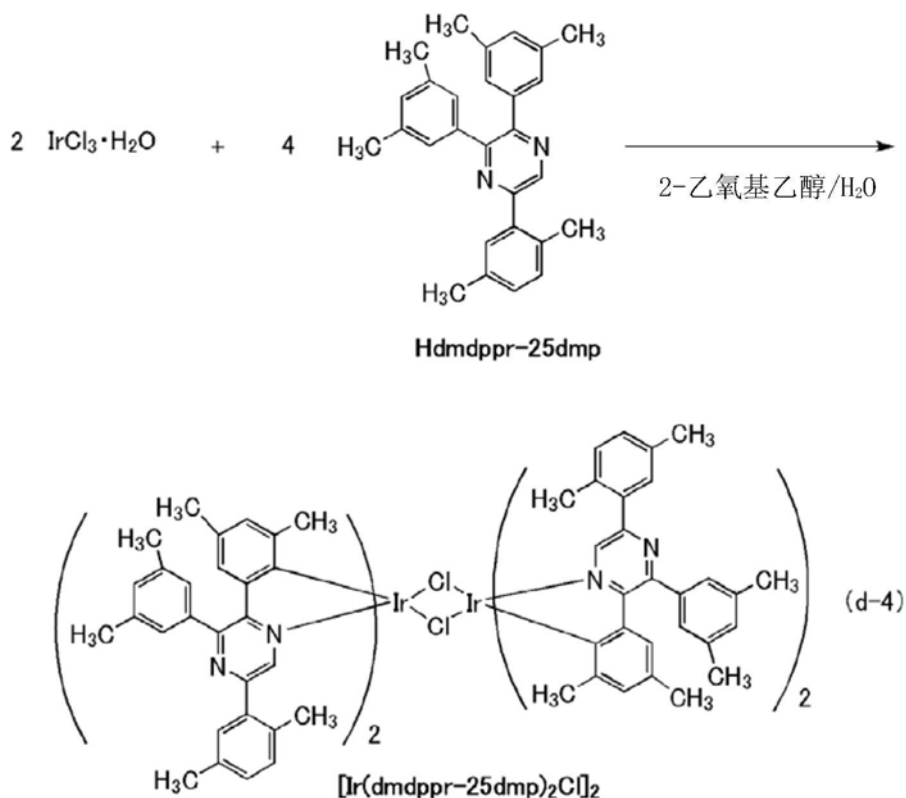
[0452] [化学式52]



[0453] <步骤4:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(2,5-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>)的合成。>

接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.04g的通过上述步骤3得到的Hdmdppr-25dmp、0.36g的氯化铱水合物(IrCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)(日本古屋金属公司制造)放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射1小时的微波(2.45GHz,100W)来使其反应。在蒸馏而去除溶剂之后,对所得到的残渣用甲醇进行抽滤、洗涤,来得到双核配合物[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(红褐色粉末,收率为80%)。以下示出步骤4的合成方案(d-4)。

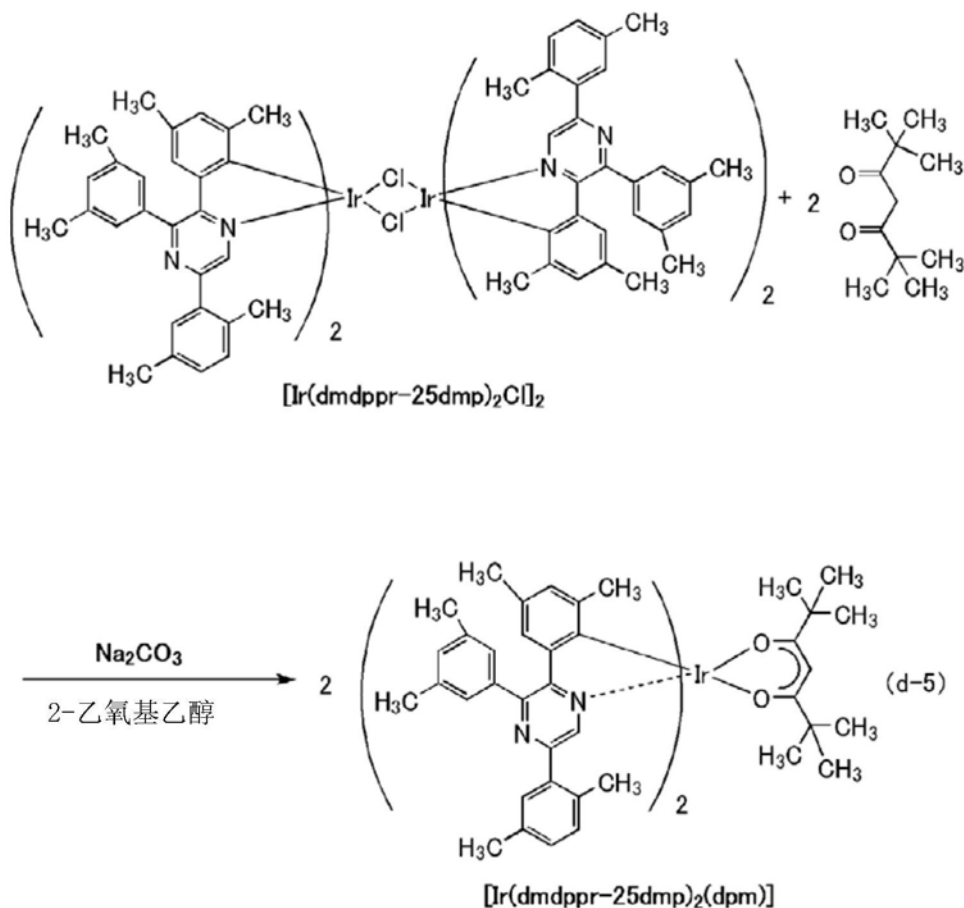
[0454] [化学式53]



[0455] <步骤5: 双{4,6-二甲基-2-[5-(2,5-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>(dpm)]的合成>

再者,将30mL的2-乙氧基乙醇、1.58g的通过上述步骤4得到的双核配合物[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>、0.44g的二叔戊酰甲烷(简称:Hdpm)以及0.84g的碳酸钠放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,使用甲醇抽滤所得到的残渣。使用水和甲醇对所得到的固体进行洗涤。在利用二氯甲烷:己烷=1:1的展开溶剂的快速柱层析法对所得到的固体进行纯化之后,使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂进行再结晶,由此得到有机金属配合物[Ir(dmdppr-25dmp)<sub>2</sub>(dpm)]作为红色粉末(收率为71%)。利用梯度升华方法对所得到的1.27g的红色粉末固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa、氩流量为5mL/min的条件下,以250℃对固体进行加热。在该升华提纯之后,以92%的收率得到目的物的红色固体。以下示出步骤5的合成方案(d-5)。

[0456] [化学式54]



[0457] 以下示出通过核磁共振氢谱 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 分析经过上述步骤5得到的化合物的结果。由此可知,在本参考合成例中得到了有机金属配合物  $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{dpm})]$ 。

[0458]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 0.93 (s, 18H), 1.43 (s, 6H), 1.94 (s, 6H), 2.33 (s, 6H), 2.35-2.40 (m, 18H), 5.63 (s, 1H), 6.45 (s, 2H), 6.79 (s, 2H), 7.13 (d, 2H), 7.17-7.18 (m, 4H), 7.20 (s, 2H), 7.34 (s, 4H), 8.44 (s, 2H)。

标记说明

- [0459] 101 第一电极  
 102 EL层  
 103 第二电极  
 111 空穴注入层  
 112 空穴传输层  
 113 发光层  
 114 电子传输层  
 115 电子注入层  
 201 第一电极  
 202 (1) 第一EL层  
 202 (2) 第二EL层  
 202 (n-1) 第(n-1)EL层  
 202 (n) 第(n)EL层  
 204 第二电极

205 电荷产生层  
205(1) 第一电荷产生层  
205(2) 第二电荷产生层  
205(n-2) 第(n-2)电荷产生层  
205(n-1) 第(n-1)电荷产生层  
301 元件衬底  
302 像素部  
303 驱动电路部(源极线驱动电路)  
304a、304b 驱动电路部(栅极线驱动电路)  
305 密封材料  
306 密封衬底  
307 布线  
308 FPC(柔性印刷电路)  
309 FET  
310 FET  
312 电流控制用FET  
313a、313b 第一电极(阳极)  
314 绝缘物  
315 EL层  
316 第二电极(阴极)  
317a、317b 发光元件  
318 空间  
320a、320b 导电膜  
321、322 区域  
323 环绕布线  
324 有色层(滤色片)  
325 黑色层(黑矩阵)  
326、327、328 FET  
401 衬底  
402 第一电极  
403a、403b、403c EL层  
404 第二电极  
405 发光元件  
406 绝缘膜  
407 分隔壁  
500 显示装置  
503 显示部  
504 像素  
505 导电膜

506 位置  
507 开口  
510 液晶元件  
511 发光元件  
515 晶体管  
516 晶体管  
517 晶体管  
518 端子部  
519 端子部  
521 衬底  
522 衬底  
523 发光元件  
524 液晶元件  
525 绝缘层  
528 着色层  
529 粘合层  
530 导电层  
531 EL层  
532 导电层  
533 开口  
534 着色层  
535 遮光层  
536 结构体  
537 导电层  
538 液晶  
539 导电层  
540 取向膜  
541 取向膜  
542 粘合层  
543 导电层  
544 FPC  
545 连接层  
546 绝缘层  
547 连接部  
548 连接体  
900 衬底  
901 第一电极  
902 EL层  
903 第二电极

911 空穴注入层  
912 空穴传输层  
913 发光层  
914 电子传输层  
915 电子注入层  
2000 触摸屏  
2000' 触摸屏  
2501 显示面板  
2502R 像素  
2502t 晶体管  
2503c 电容器  
2503g 扫描线驱动电路  
2503t 晶体管  
2509 FPC  
2510 衬底  
2511 布线  
2519 端子  
2521 绝缘层  
2528 绝缘体  
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  
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 端子  
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  
3200 衬底  
3201 阴极  
3202 EL层  
3203 阳极  
3213 发光层  
3214 电子注入层  
3215 空穴传输层  
3216 空穴注入层  
3217 绝缘物  
3300 头部  
3301a 喷射部  
3301c 喷射部  
3302a 压电元件  
3302c 压电元件  
3303a 墨水  
3303c 墨水  
4000 照明装置  
4001 衬底  
4002 发光元件  
4003 衬底  
4004 电极  
4005 EL层  
4006 电极  
4007 电极  
4008 电极  
4009 辅助布线  
4010 绝缘层  
4011 密封衬底  
4012 密封材料  
4013 干燥剂  
4015 扩散板  
4100 照明装置  
4200 照明装置  
4201 衬底  
4202 发光元件  
4204 电极

4205 EL层  
4206 电极  
4207 电极  
4208 电极  
4209 辅助布线  
4210 绝缘层  
4211 密封衬底  
4212 密封材料  
4213 阻挡膜  
4214 平坦化膜  
4215 扩散板  
4300 照明装置  
5101 灯  
5102 轮毂  
5103 车门  
5104 显示部  
5105 方向盘  
5106 变速杆  
5107 座位  
5108 内部后视镜  
7100 电视装置  
7101 壳体  
7103 显示部  
7105 支架  
7107 显示部  
7109 操作键  
7110 遥控操作机  
7201 主体  
7202 壳体  
7203 显示部  
7204 键盘  
7205 外部连接端口  
7206 指向装置  
7302 壳体  
7304 显示部  
7305 表示时间的图标  
7306 其他图标  
7311 操作按钮  
7312 操作按钮

7313 连接端子  
7321 表带  
7322 表带扣  
7400 移动电话机  
7401 壳体  
7402 显示部  
7403 操作按钮  
7404 外部连接部  
7405 扬声器  
7406 麦克风  
7407 照相机  
7500 (1)、7500 (2) 壳体  
7501 (1)、7501 (2) 第一面  
7502 (1)、7502 (2) 第二面  
8001 照明装置  
8002 照明装置  
8003 照明装置  
9310 便携式信息终端  
9311 显示部  
9312 显示区域  
9313 铰链  
9315 壳体。

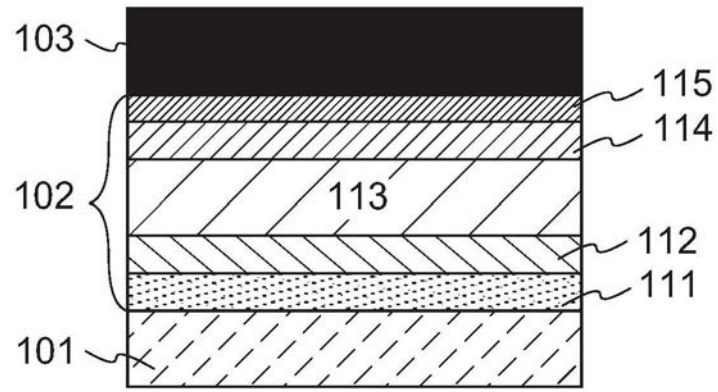


图1A

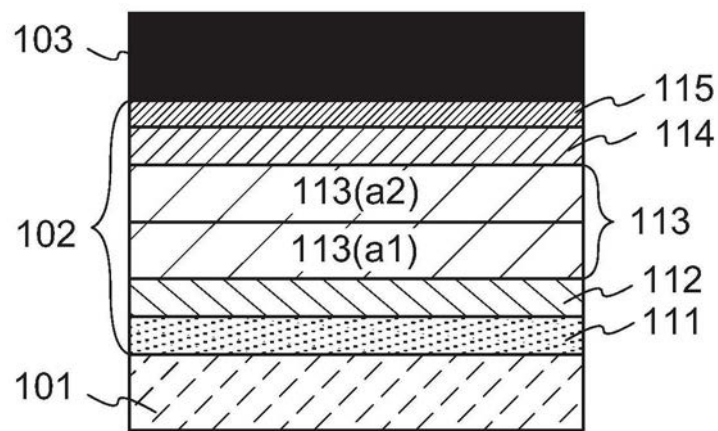


图1B

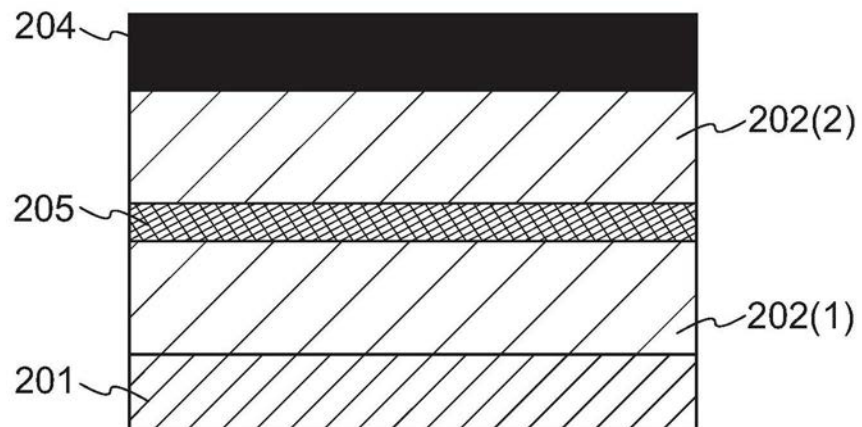


图2A

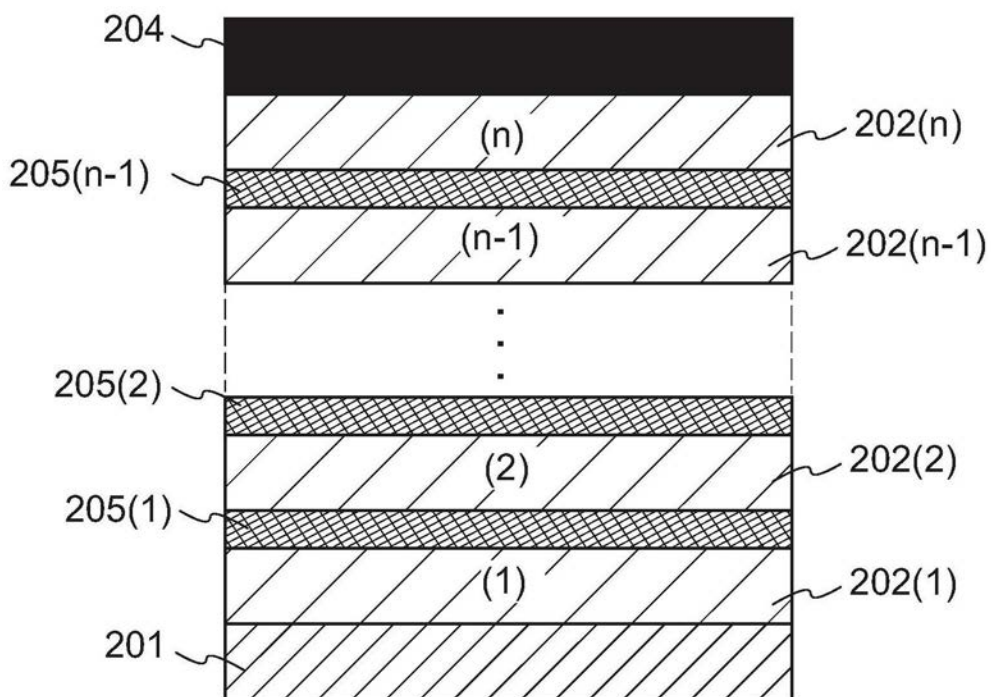


图2B

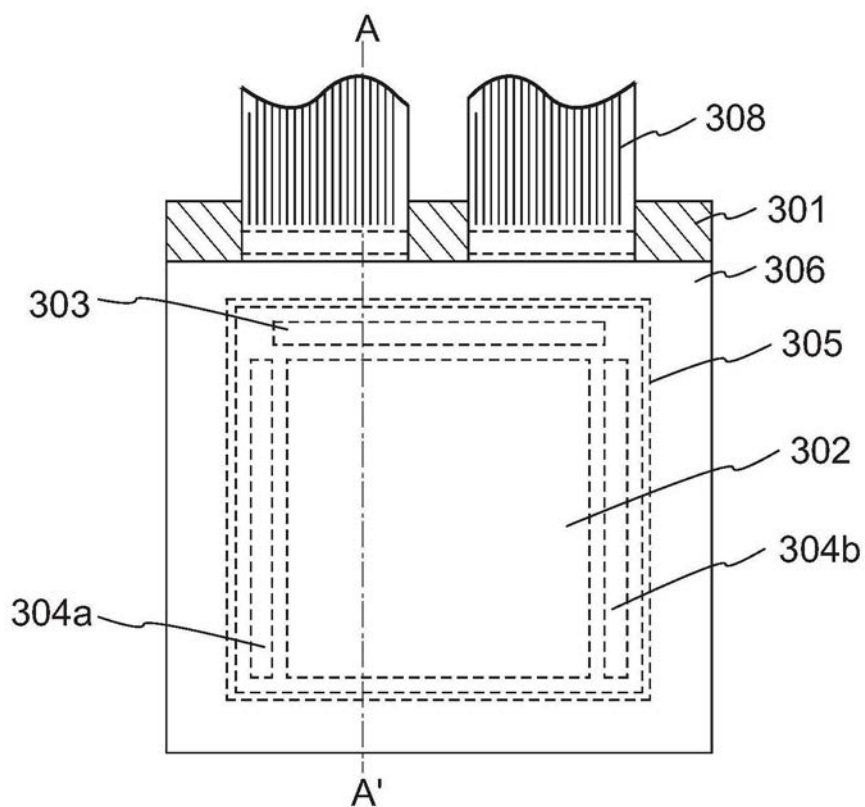


图3A

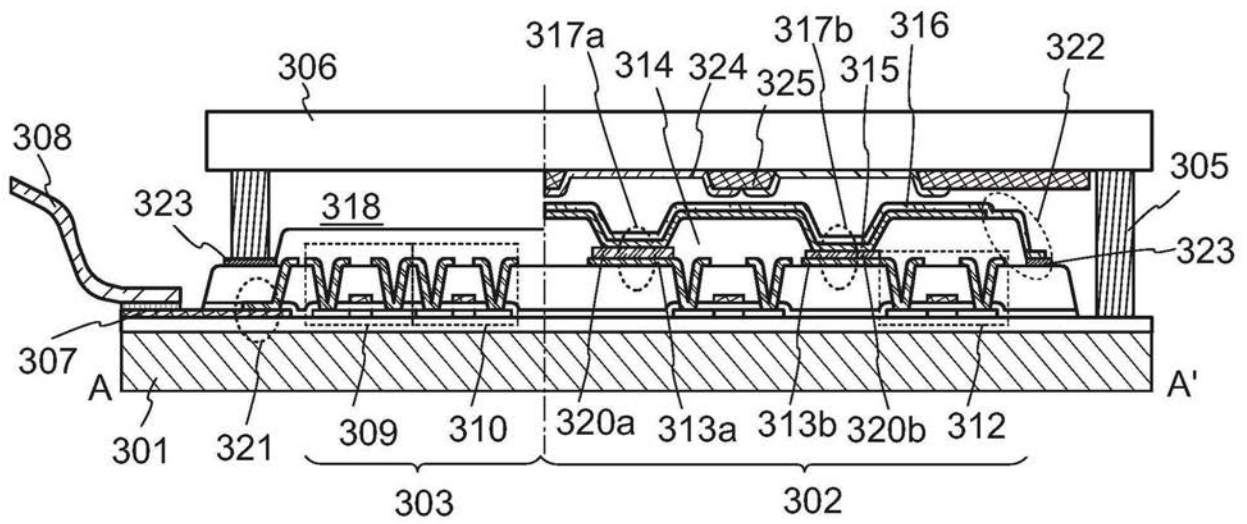


图3B

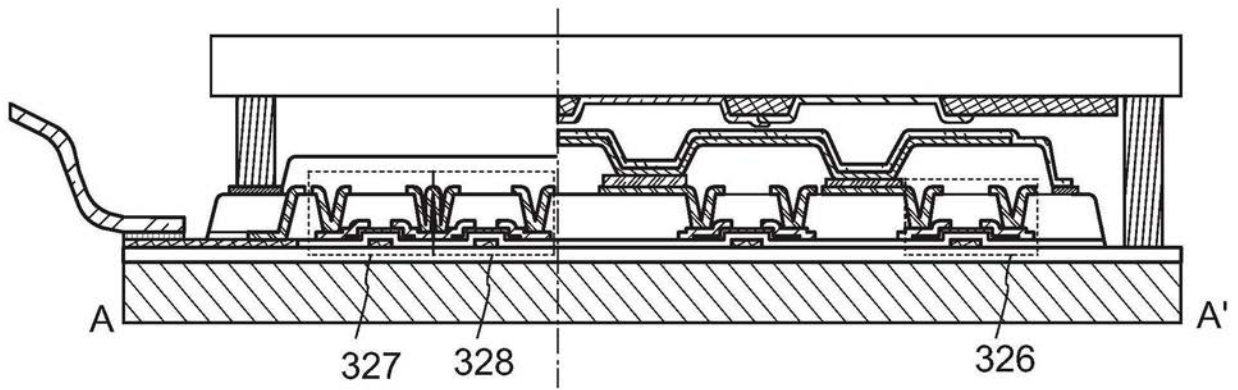


图3C

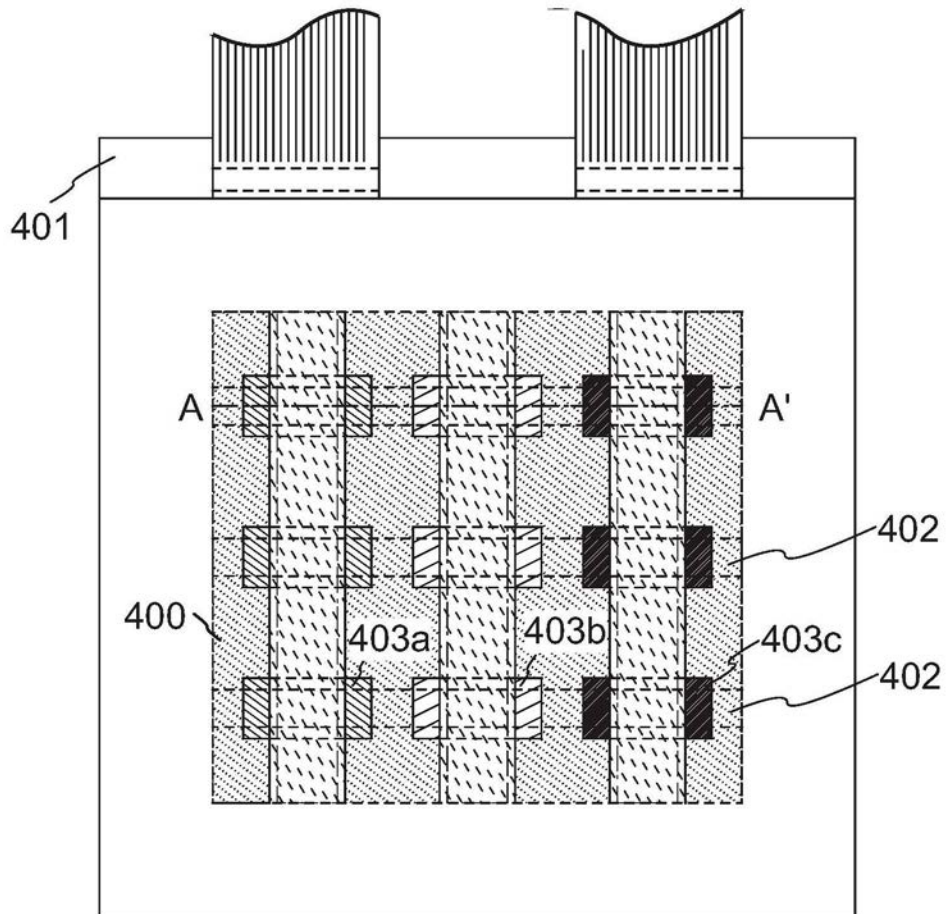


图4A

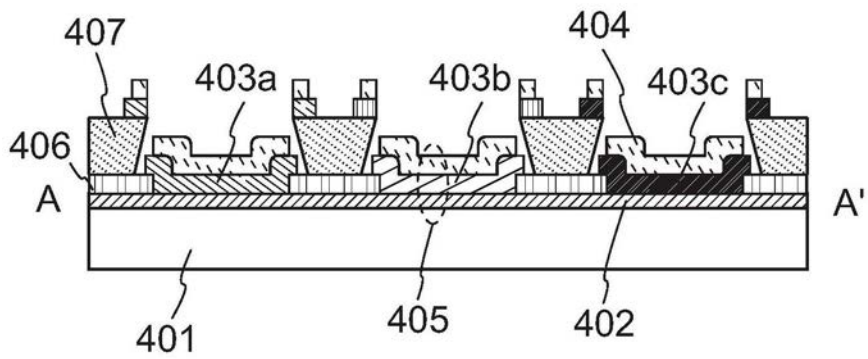


图4B



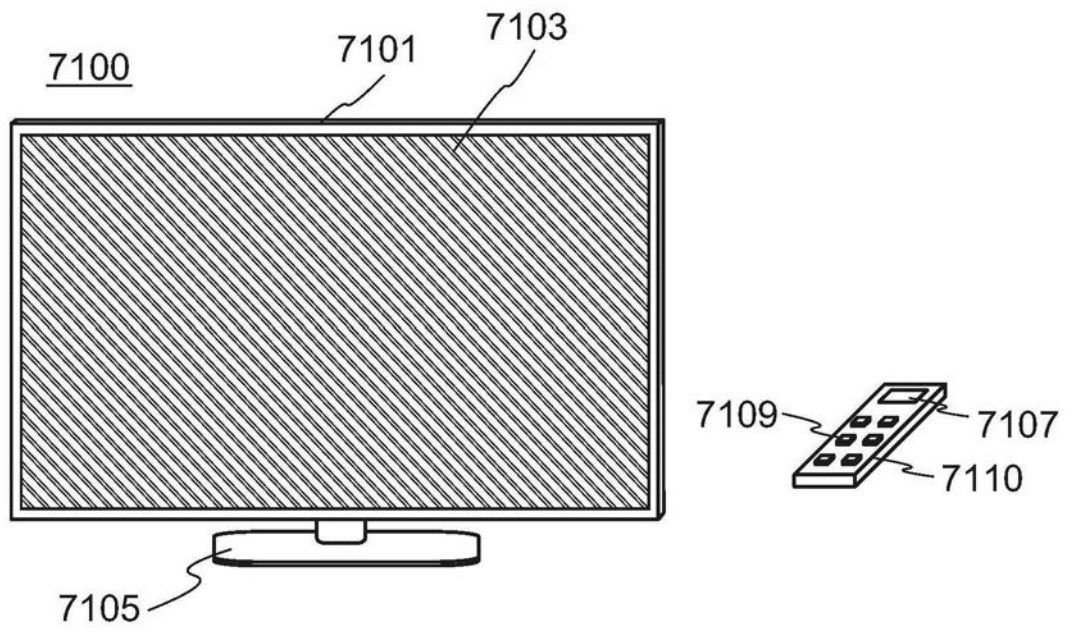


图5A

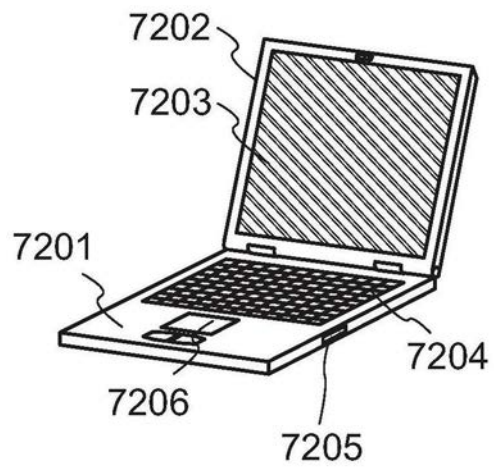


图5B



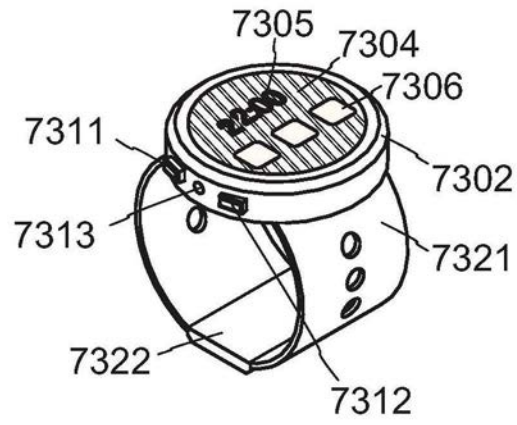


图5C

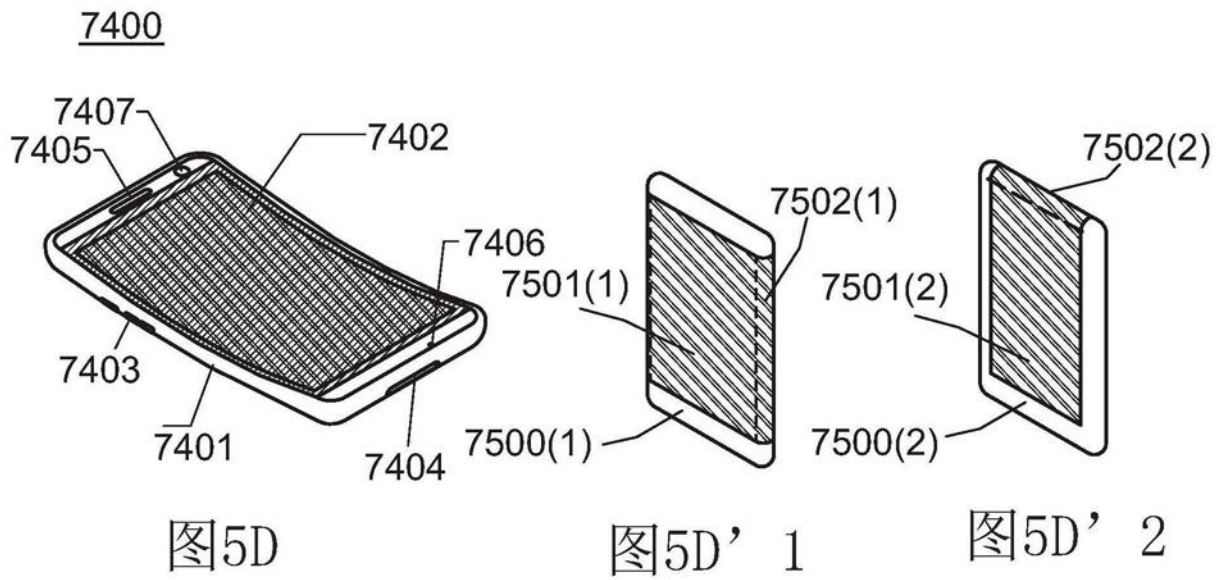


图5D

图5D' 1

图5D' 2

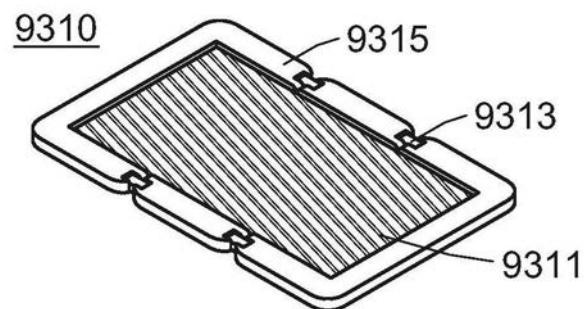


图6A

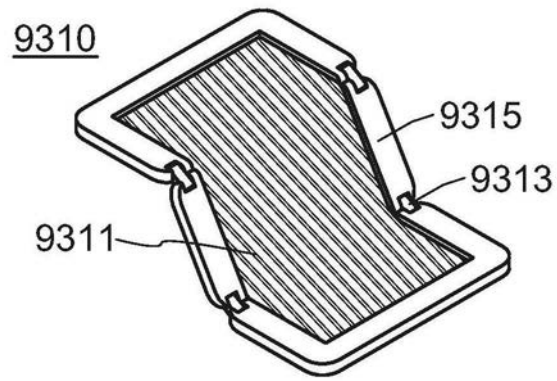


图6B

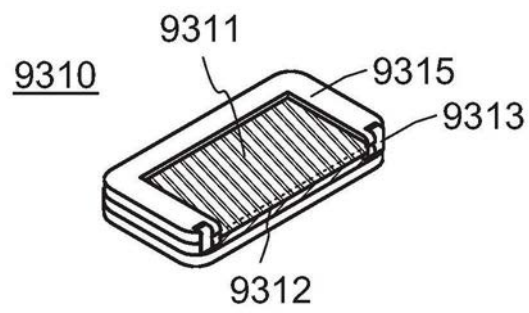


图6C

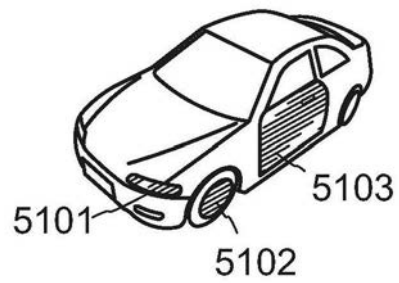


图7A

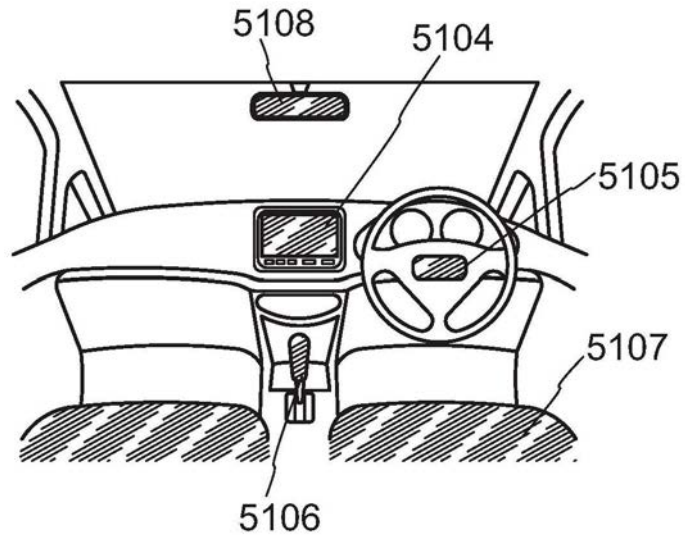


图7B

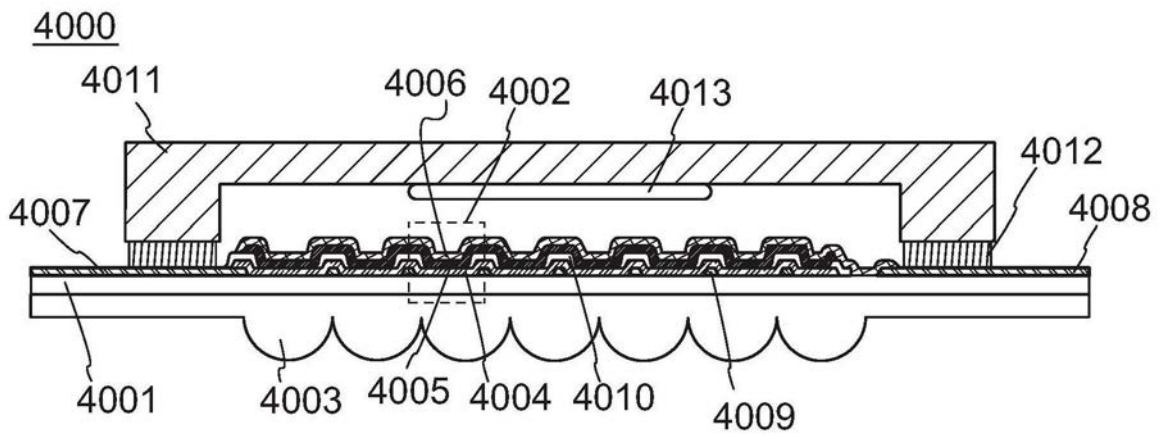


图8A

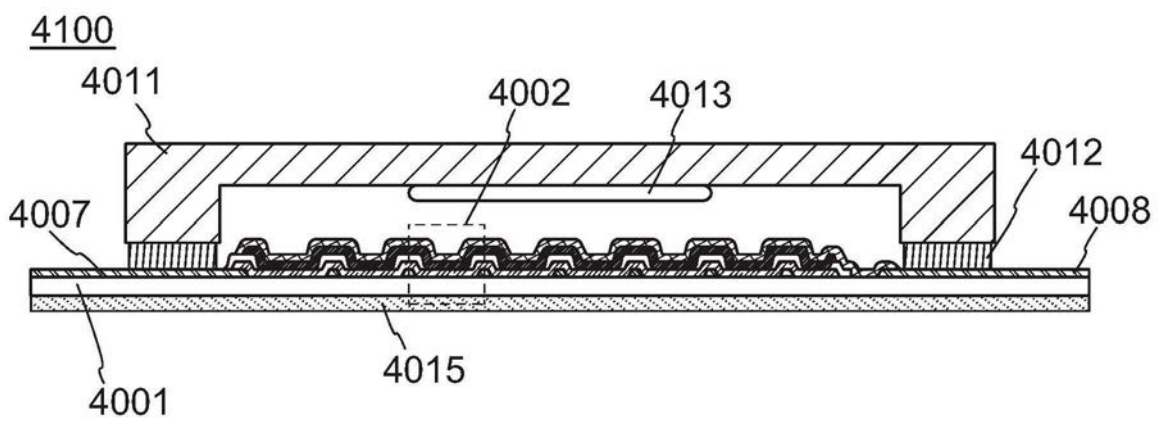


图8B

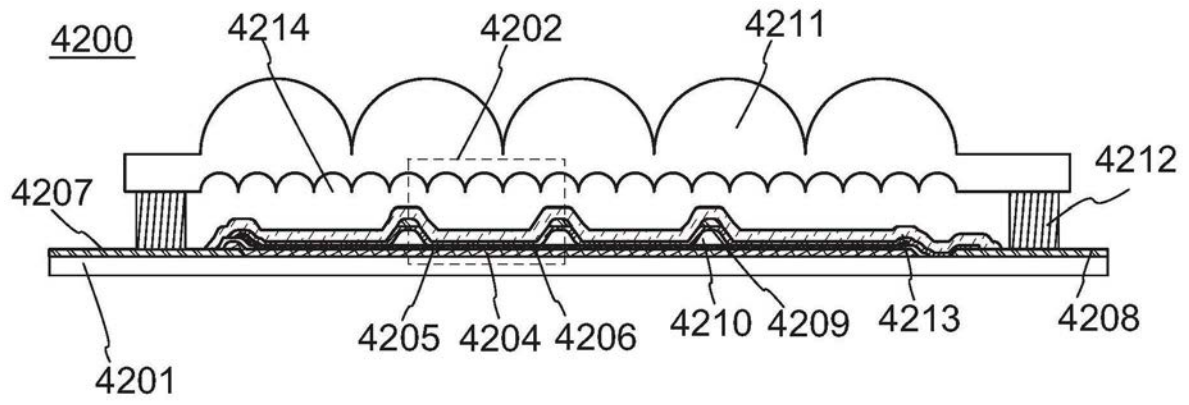


图8C

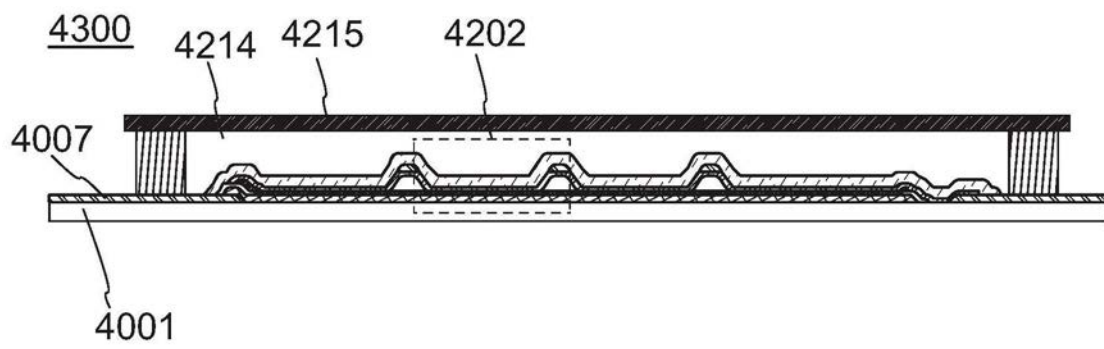


图8D

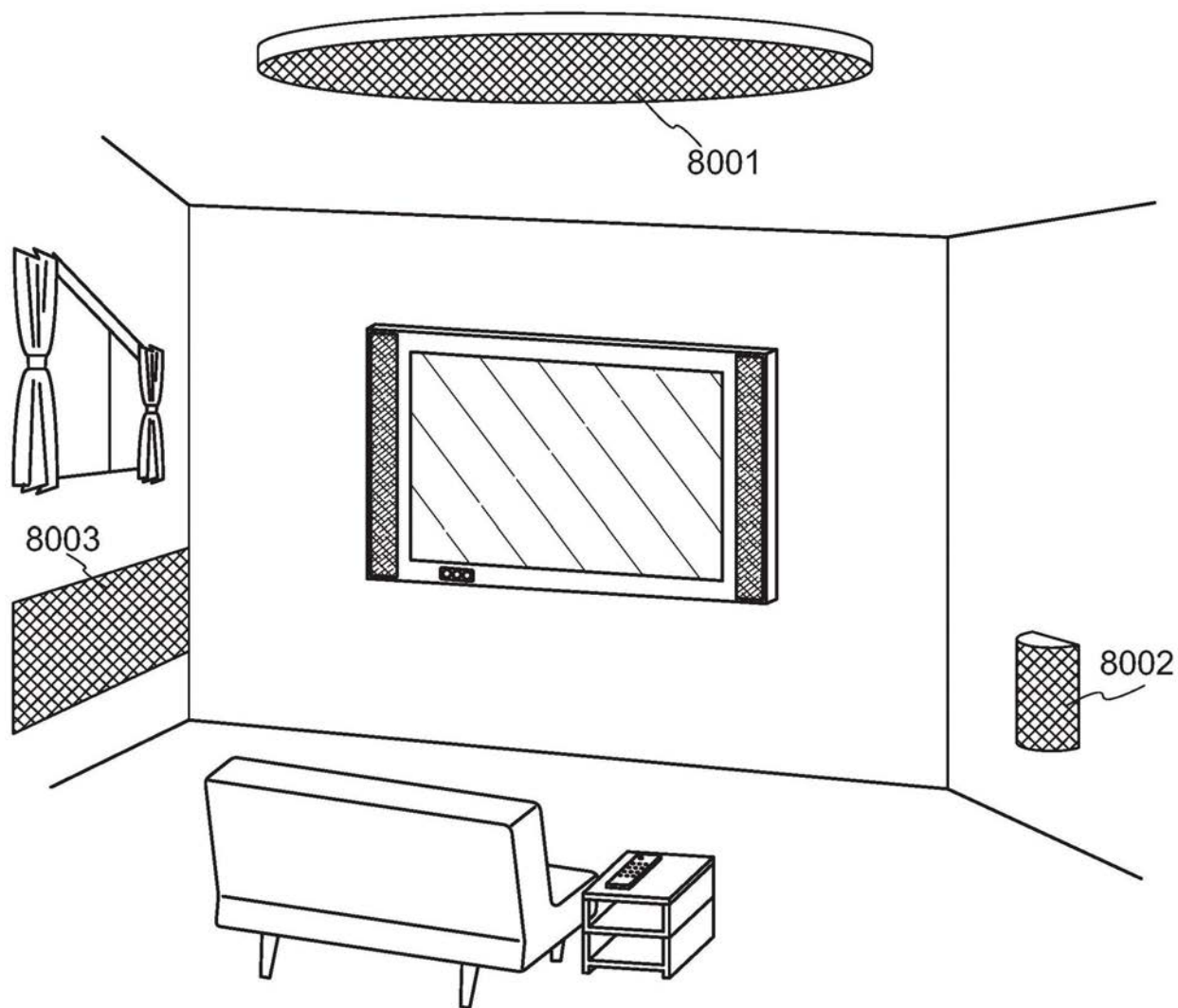


图9

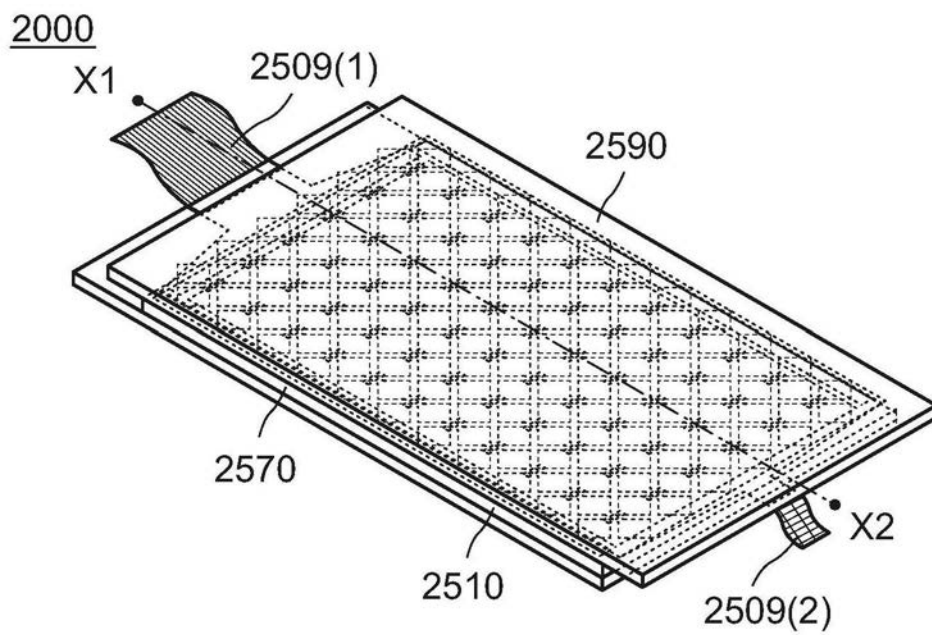


图10A





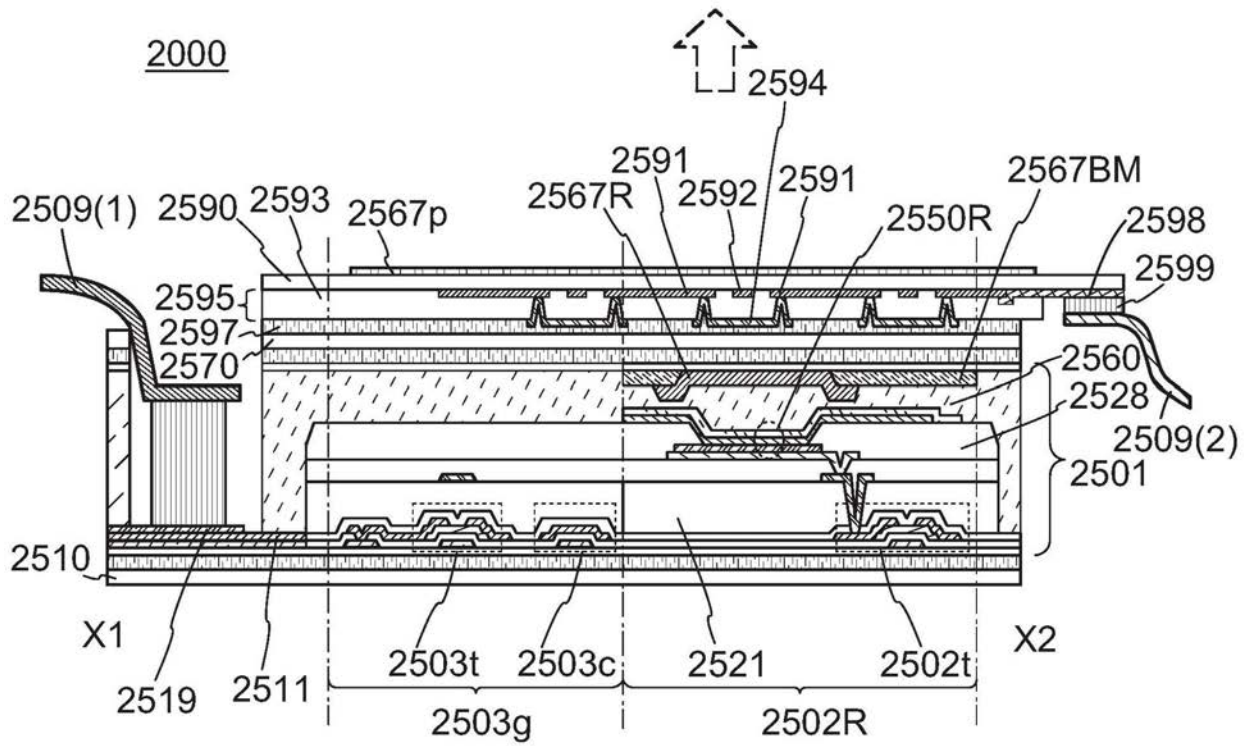


图11A

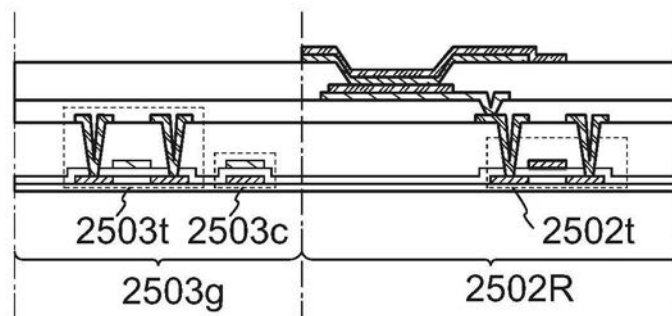


图11B



2000'

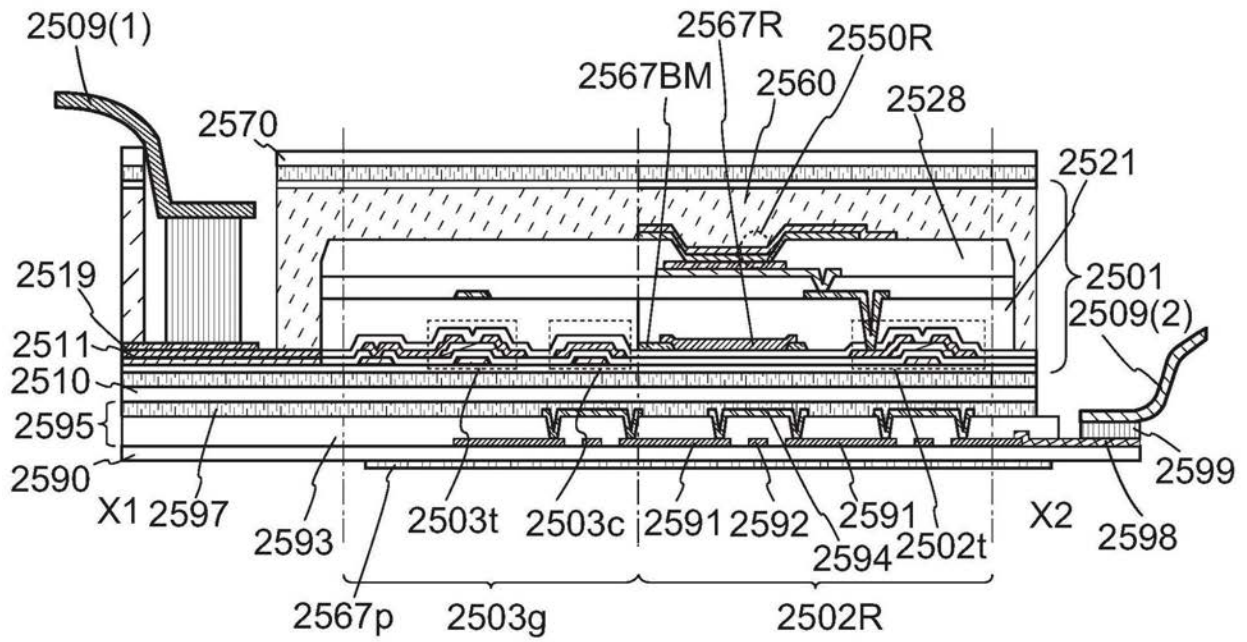


图12A

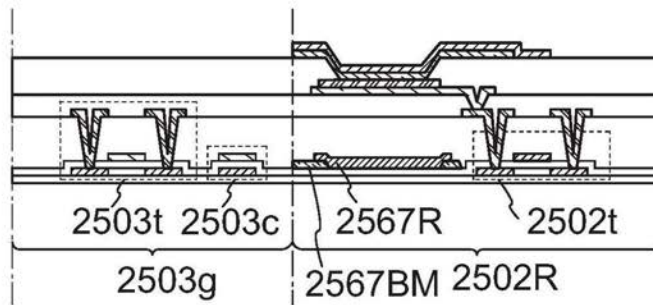


图12B

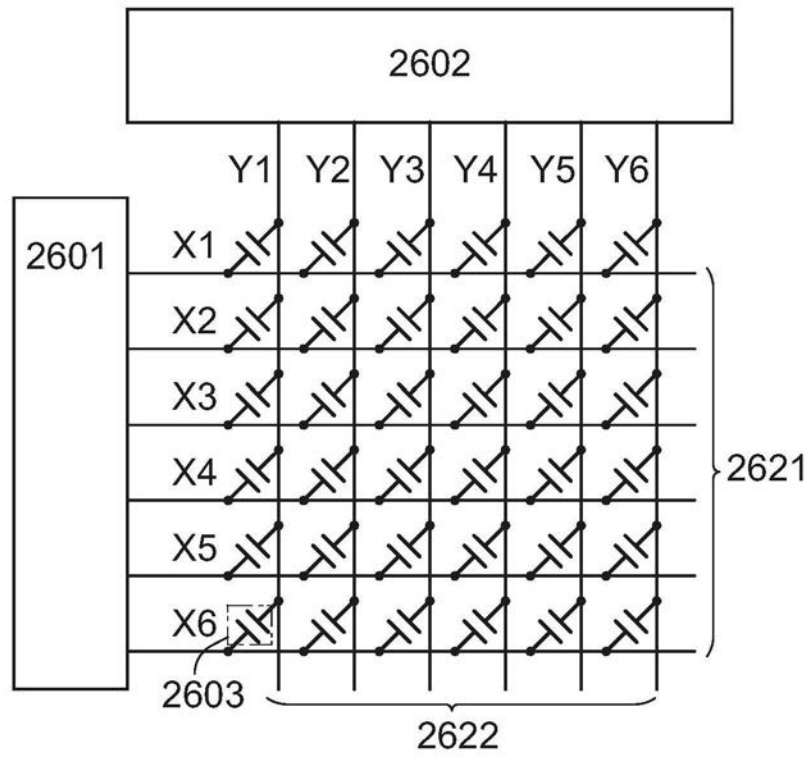


图13A

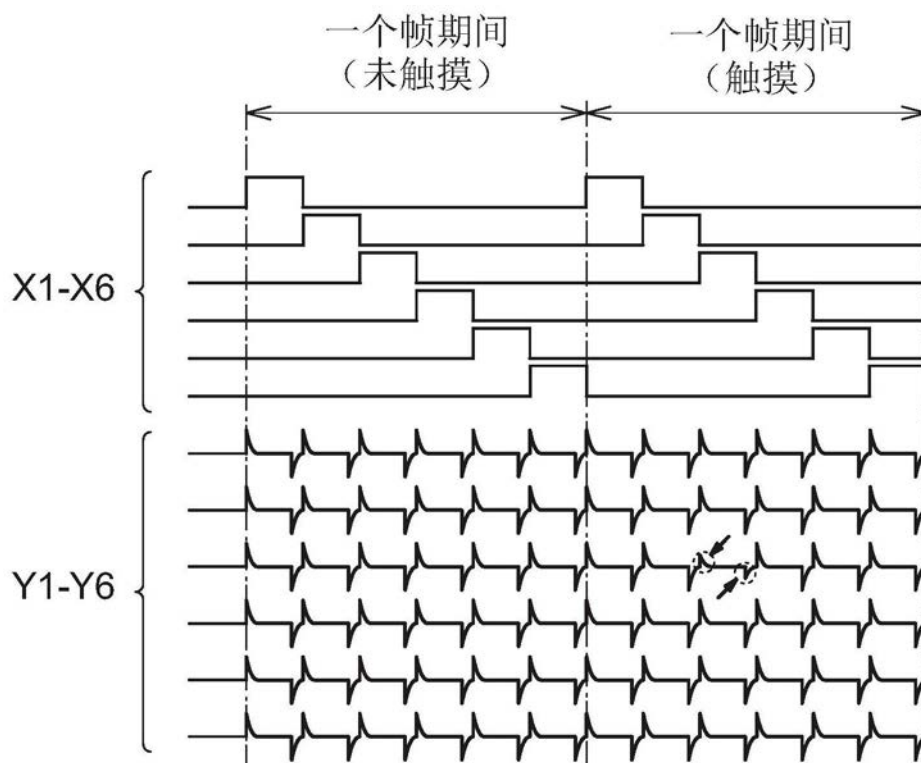


图13B

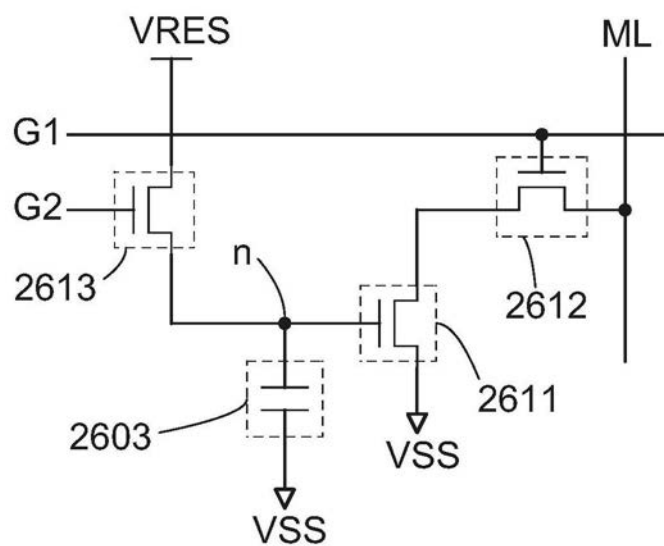


图14

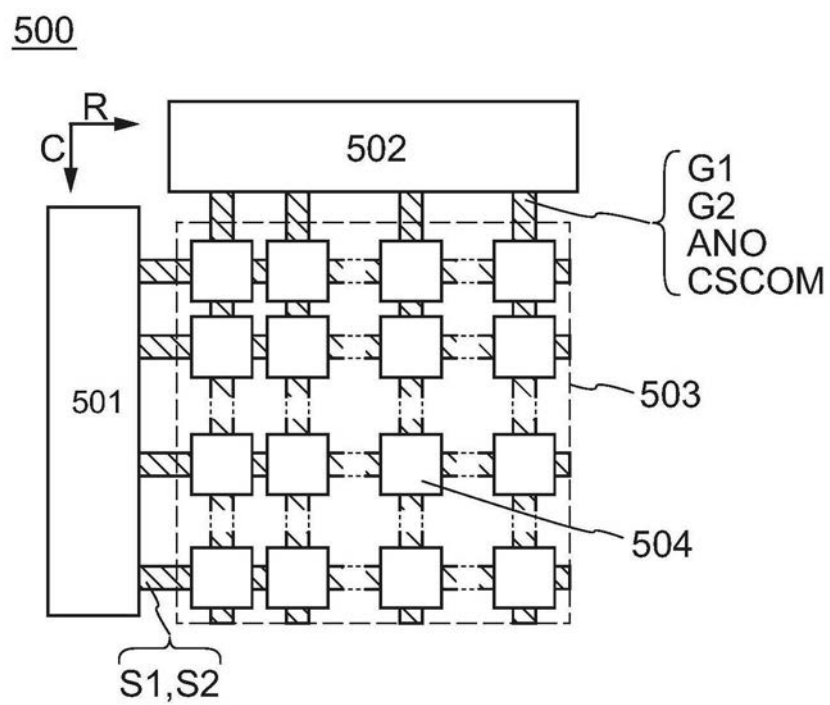


图15A

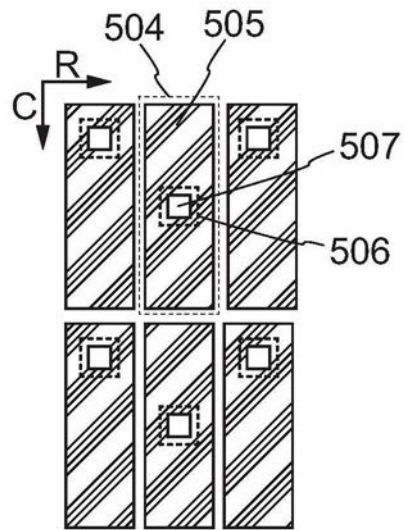


图15B1

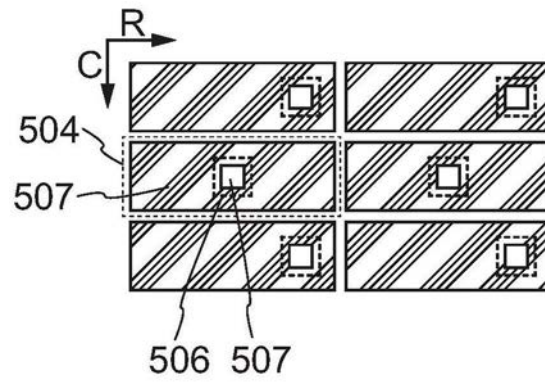


图15B2

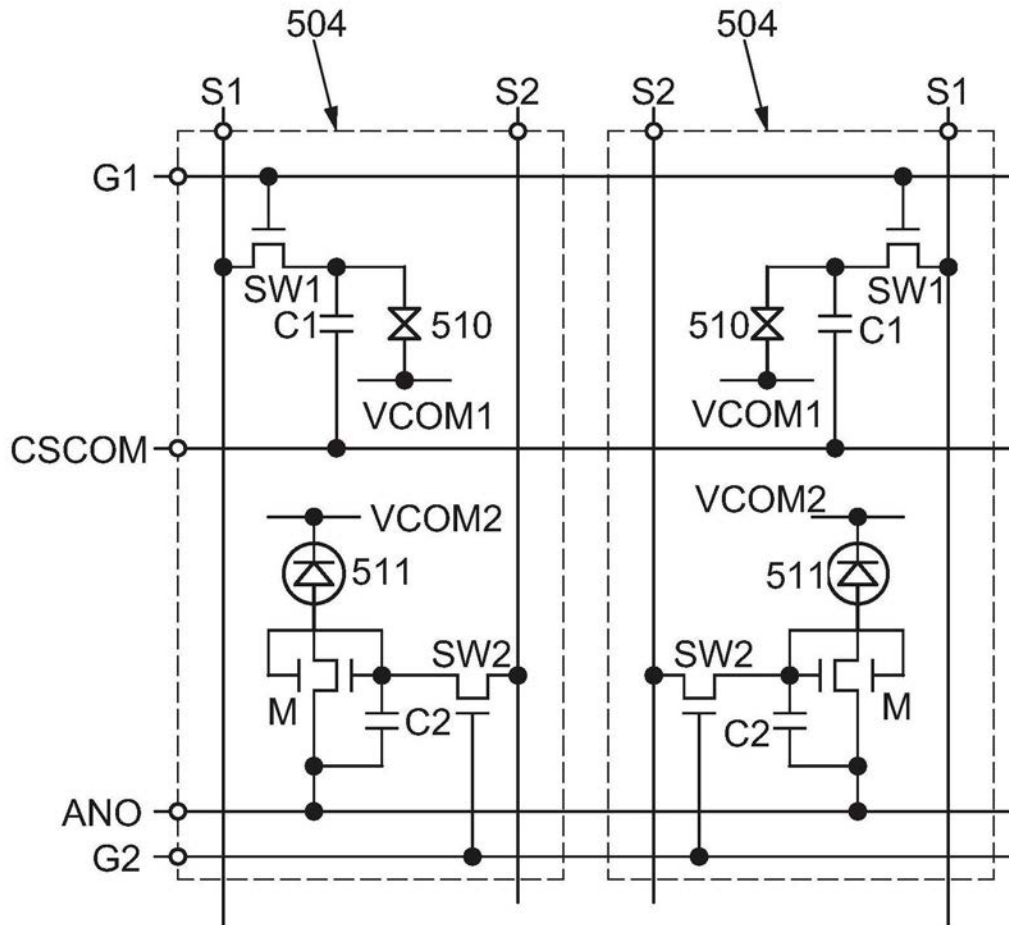


图16

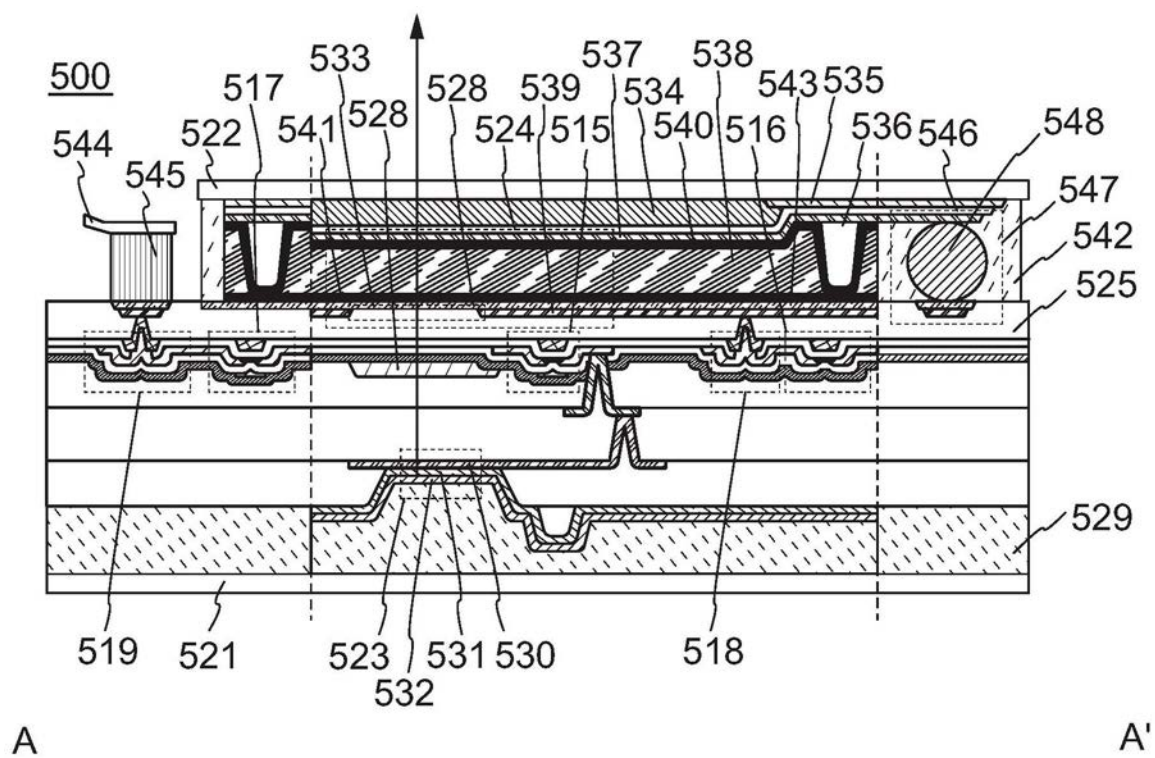


图17

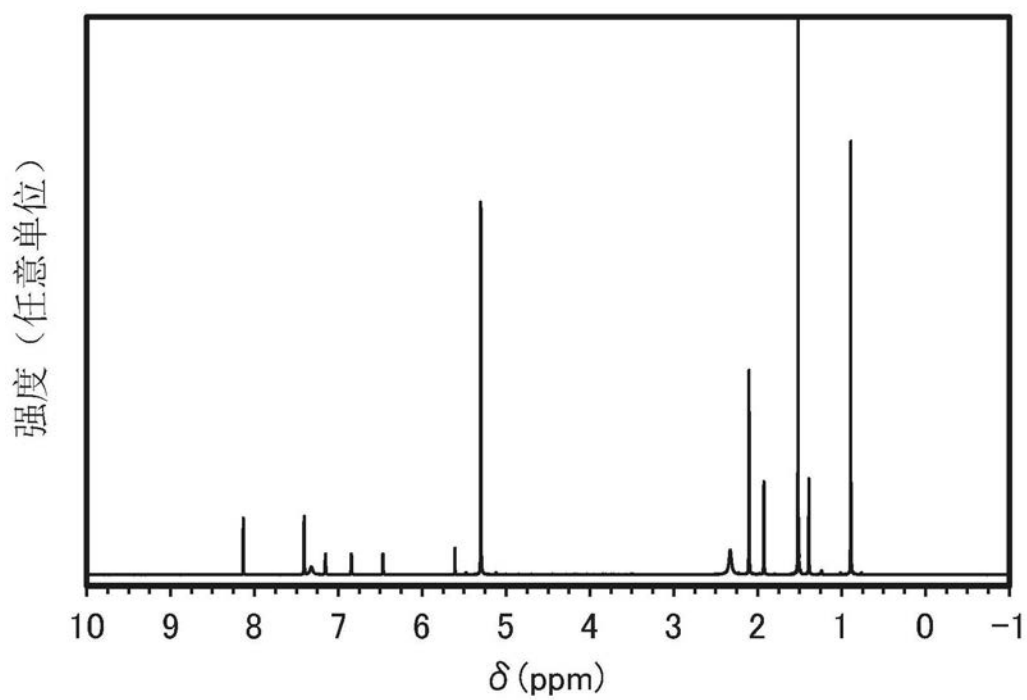


图18

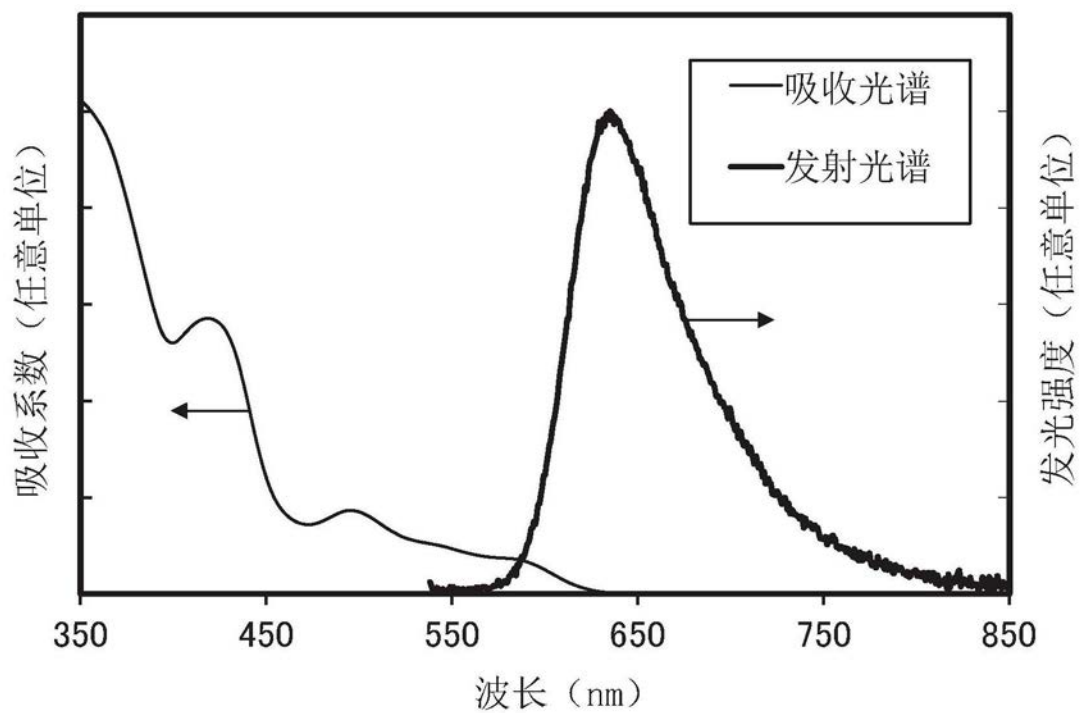


图19

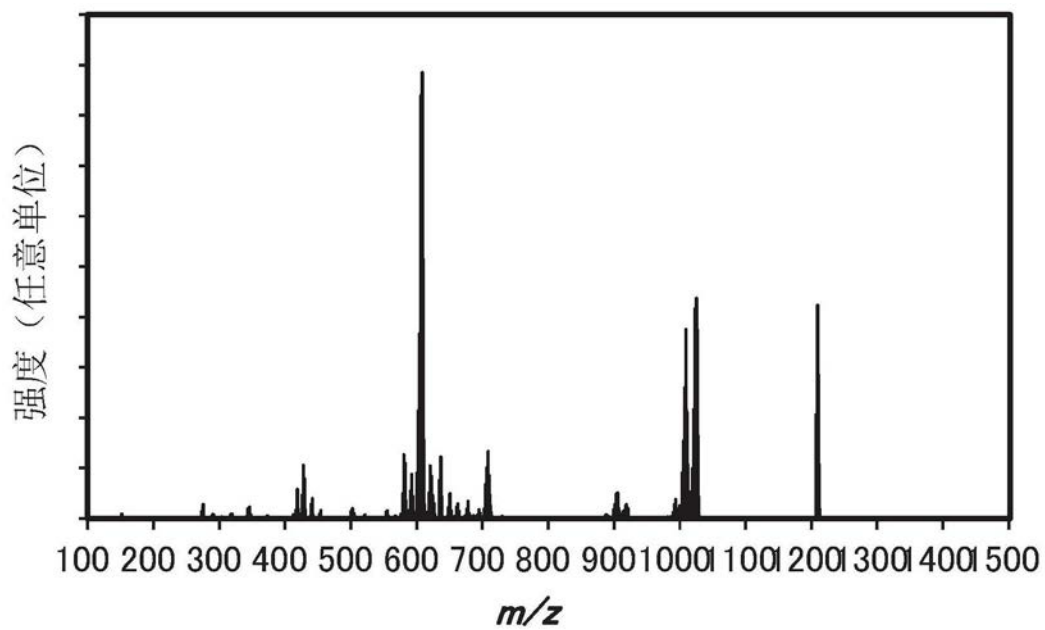


图20



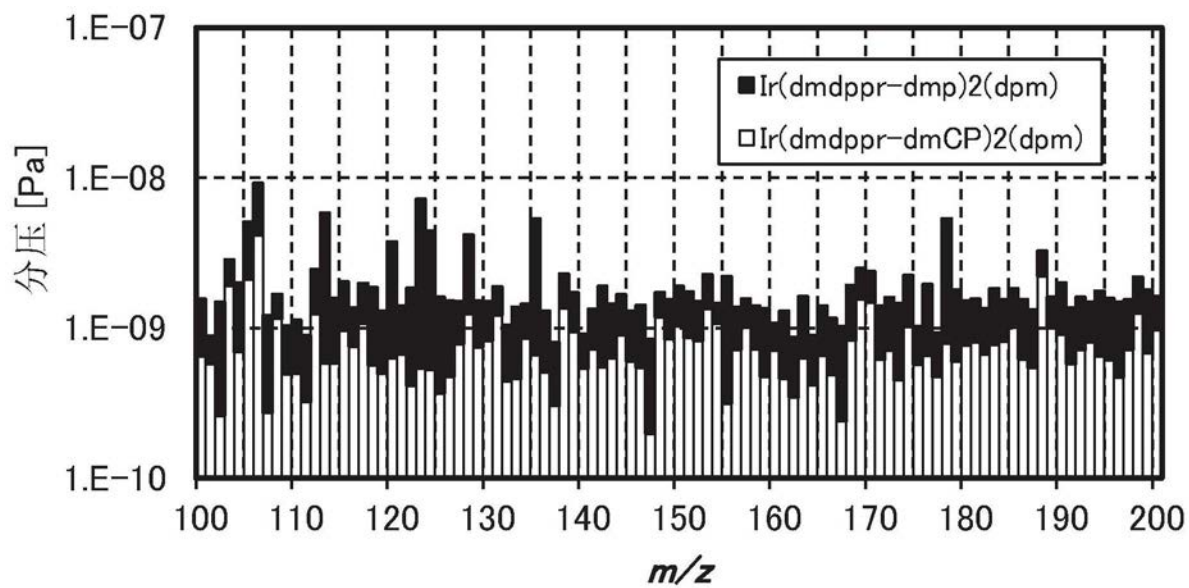


图21

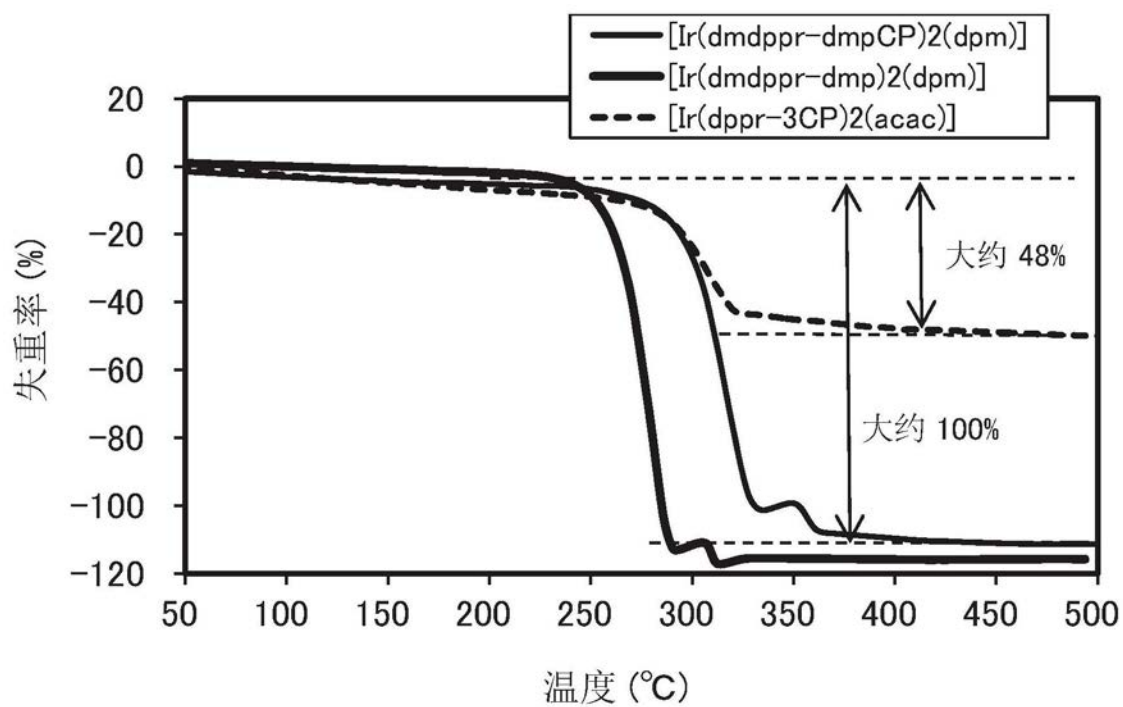


图22



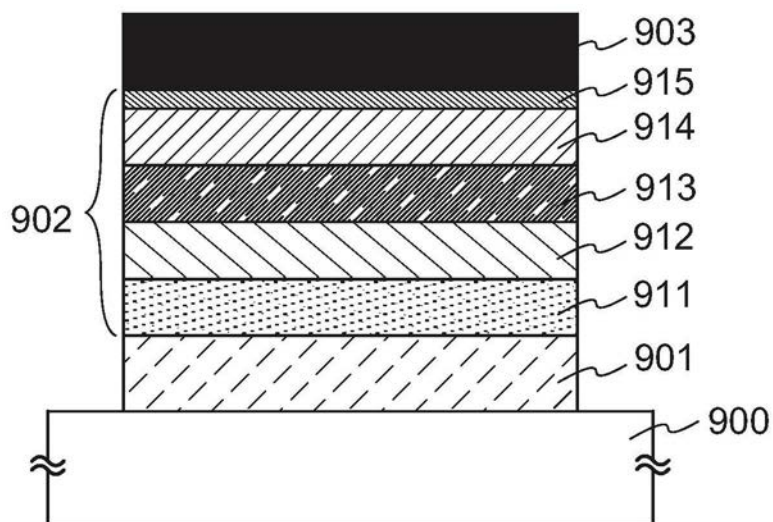


图23

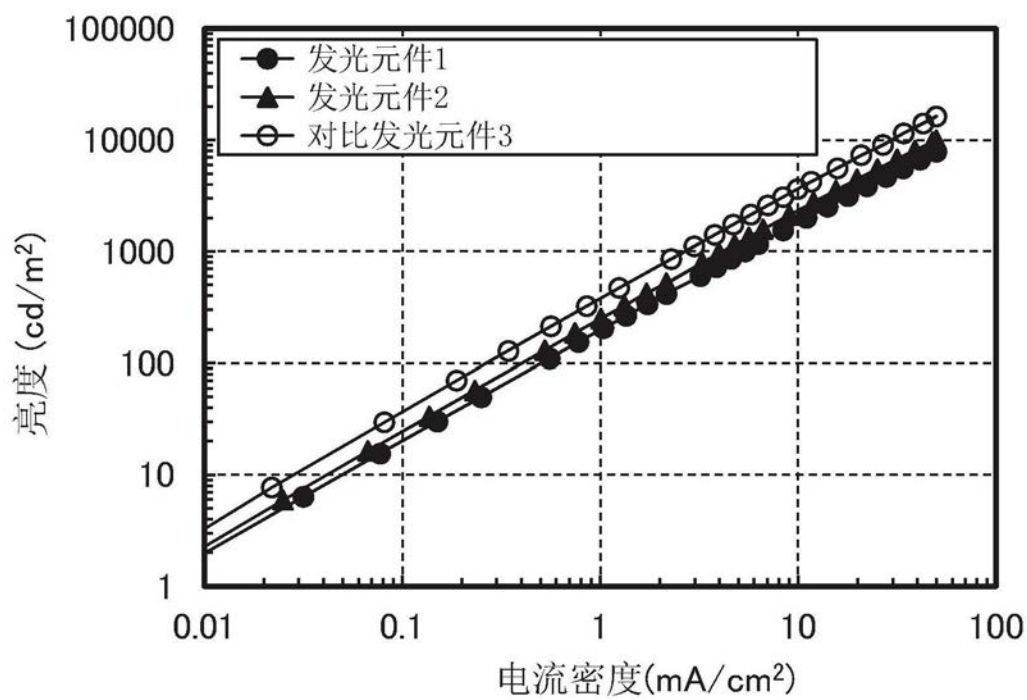


图24

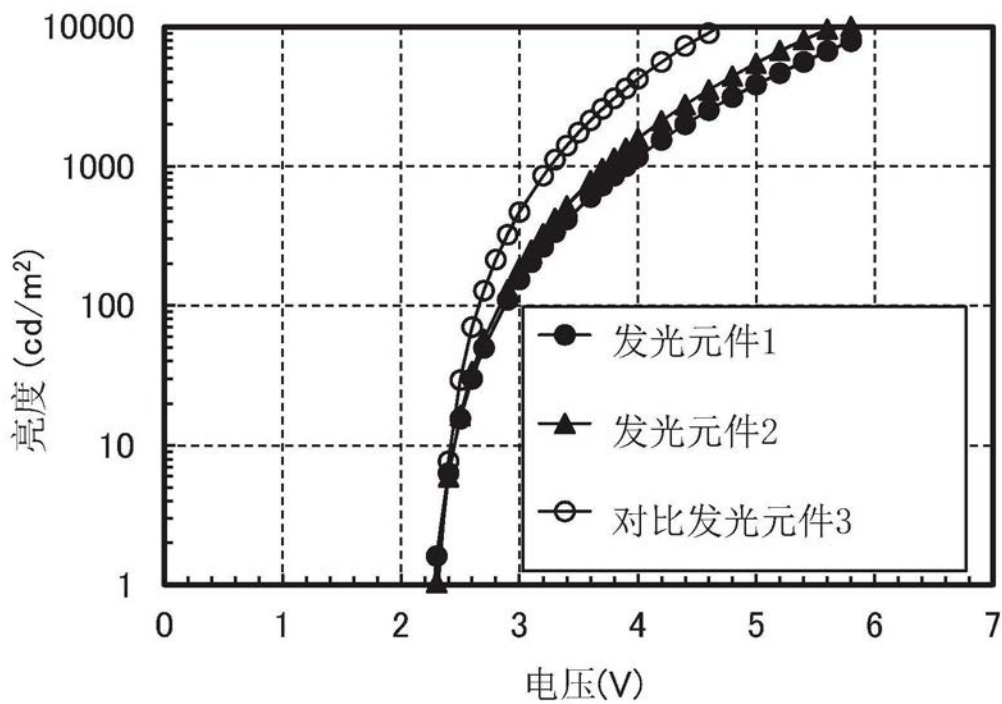


图25

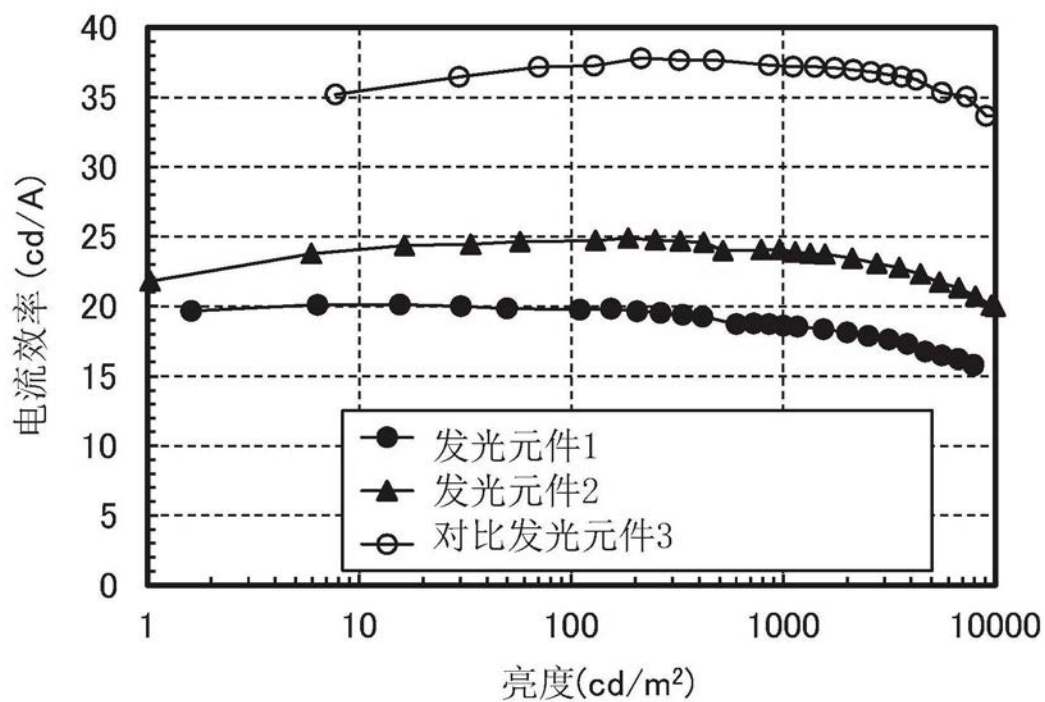


图26

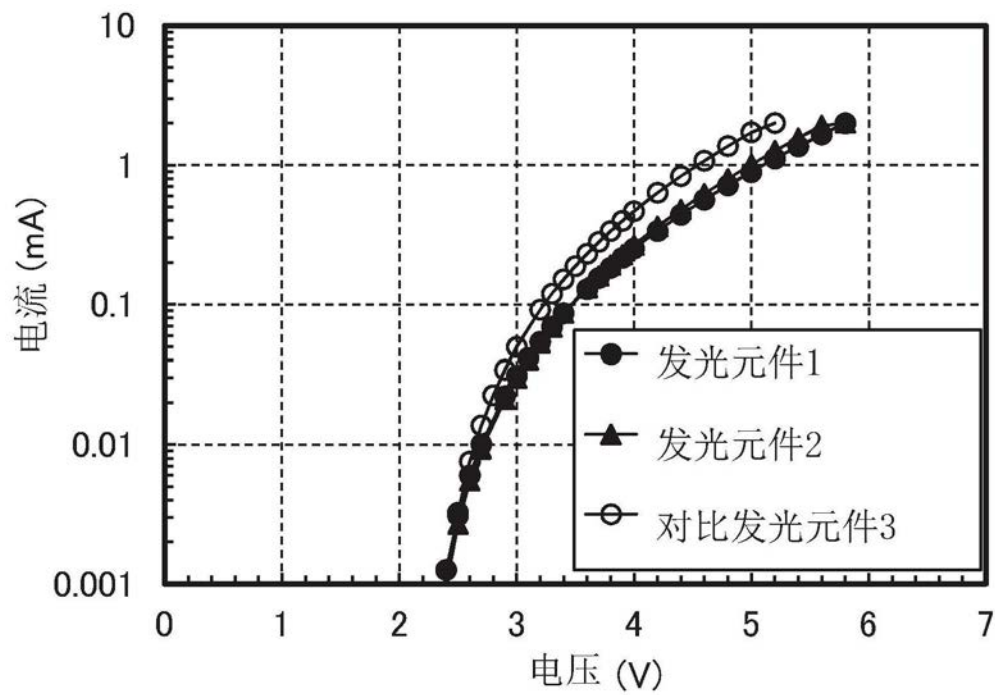


图27

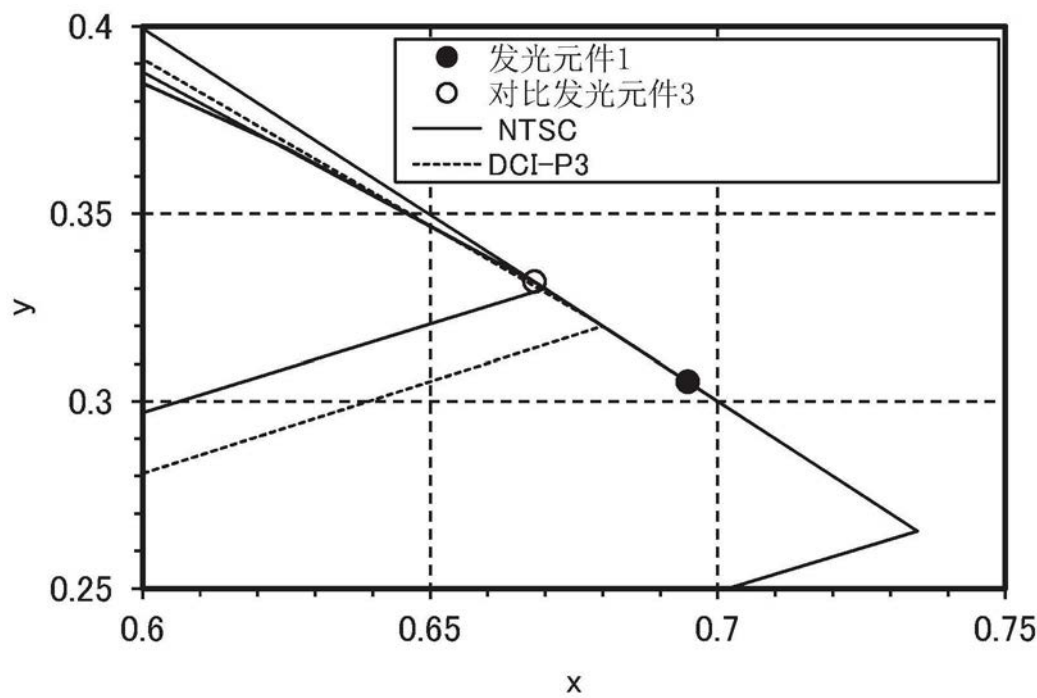


图28

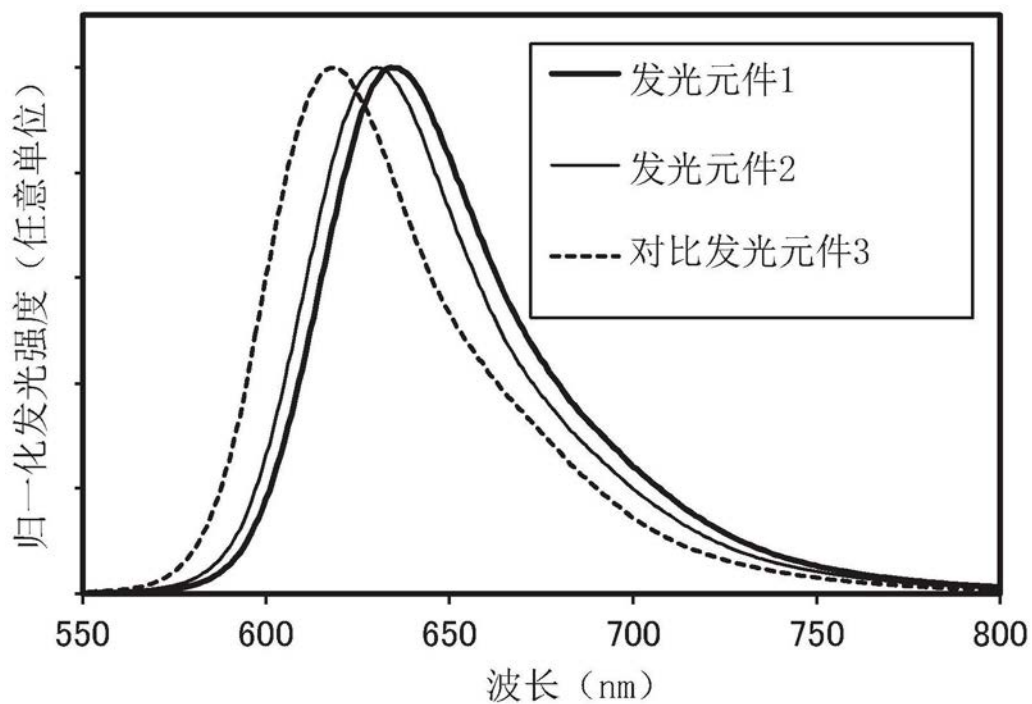


图29

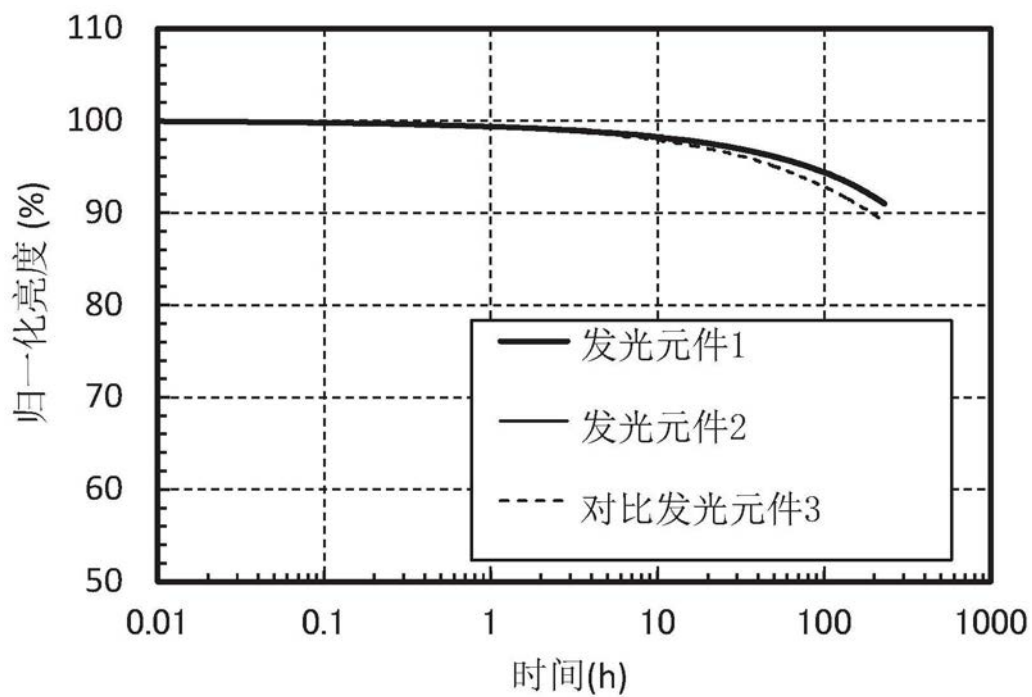


图30

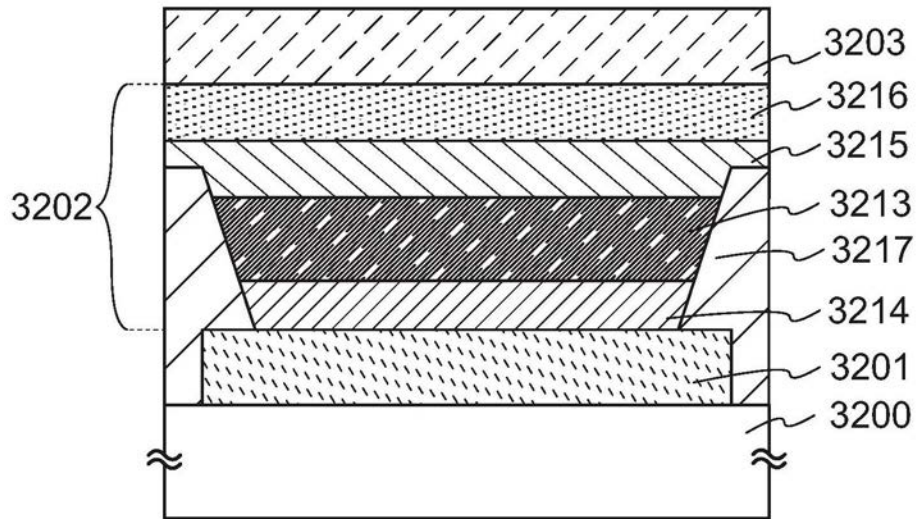


图31A

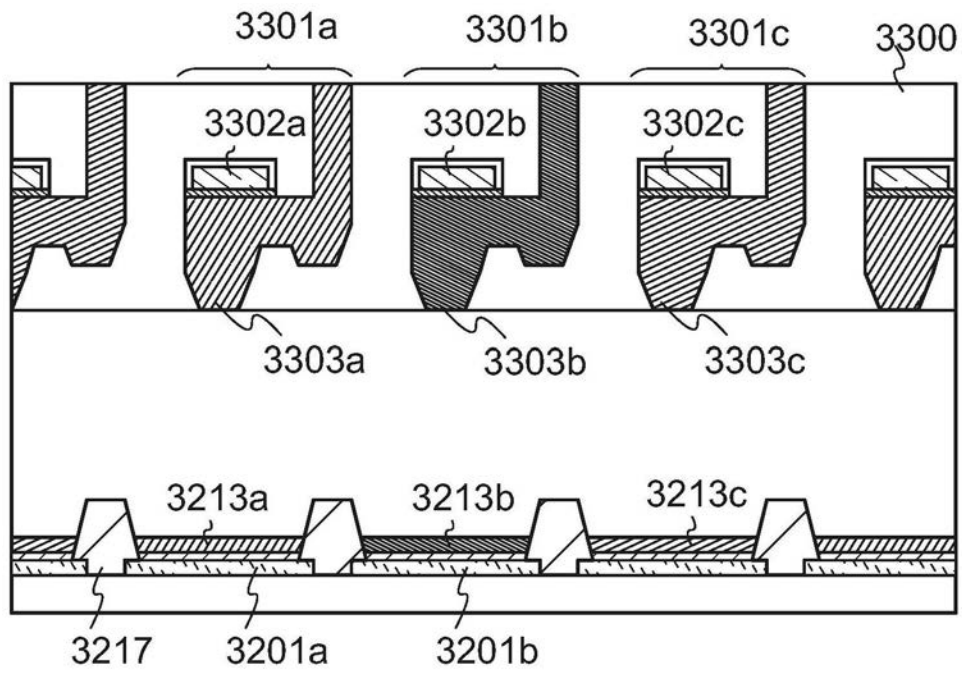


图31B

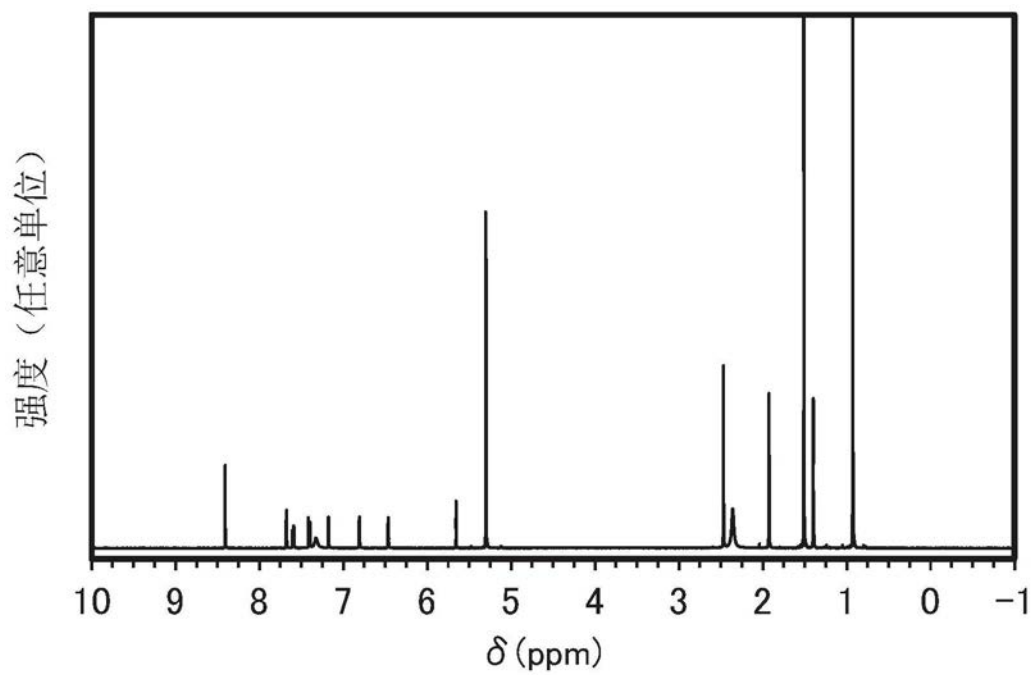


图32

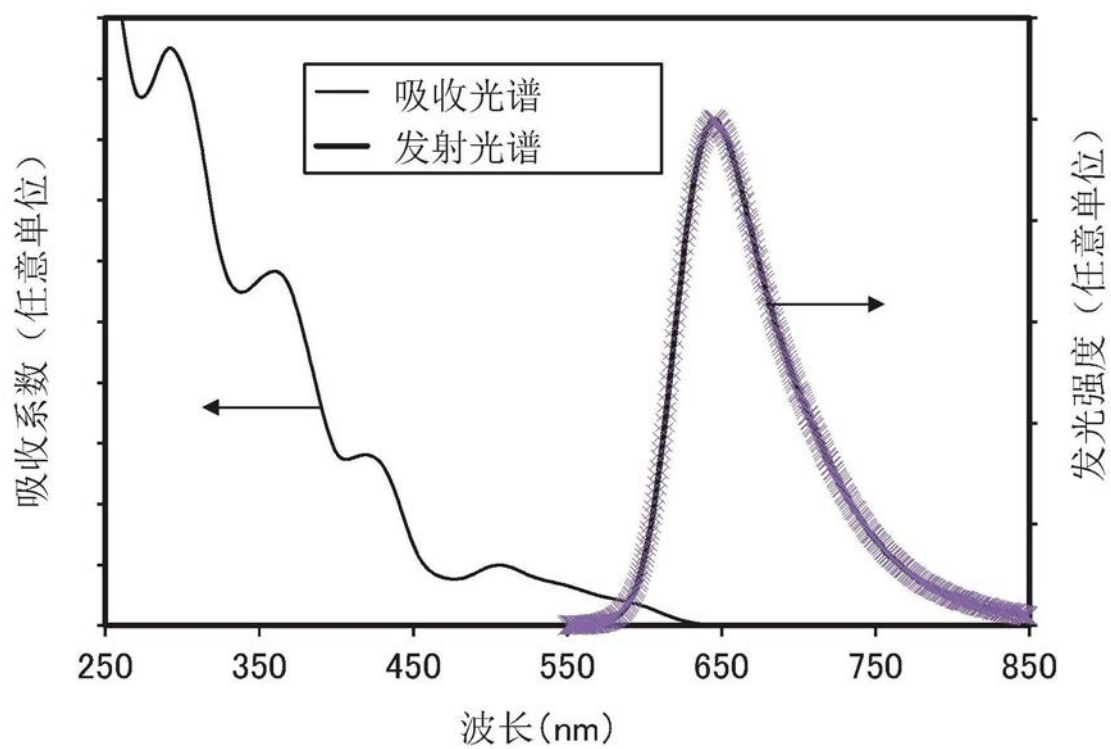


图33

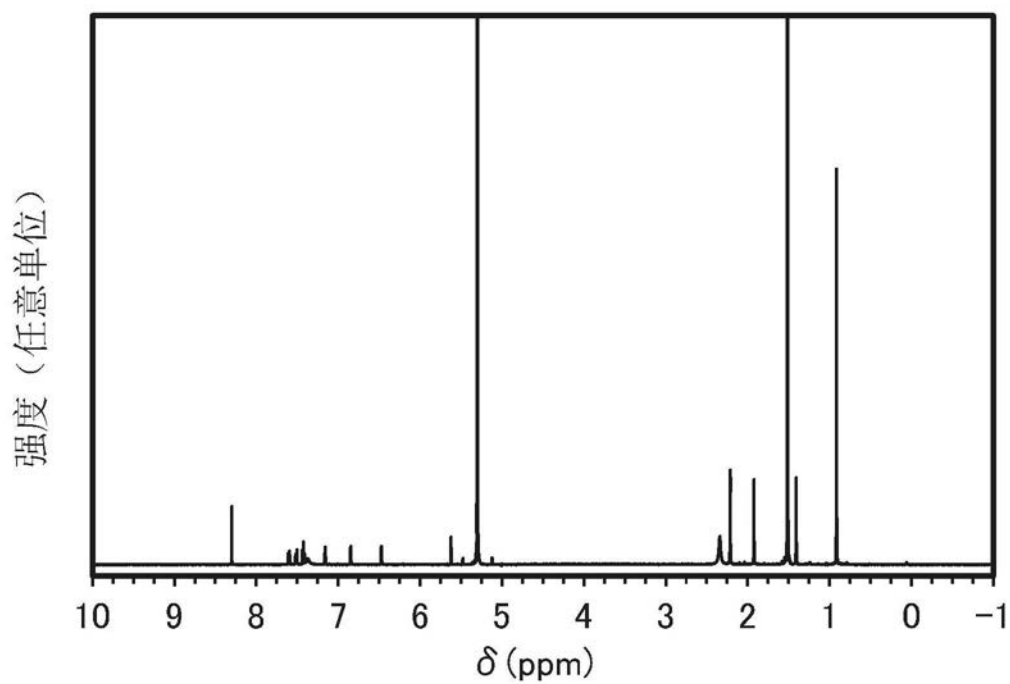


图34

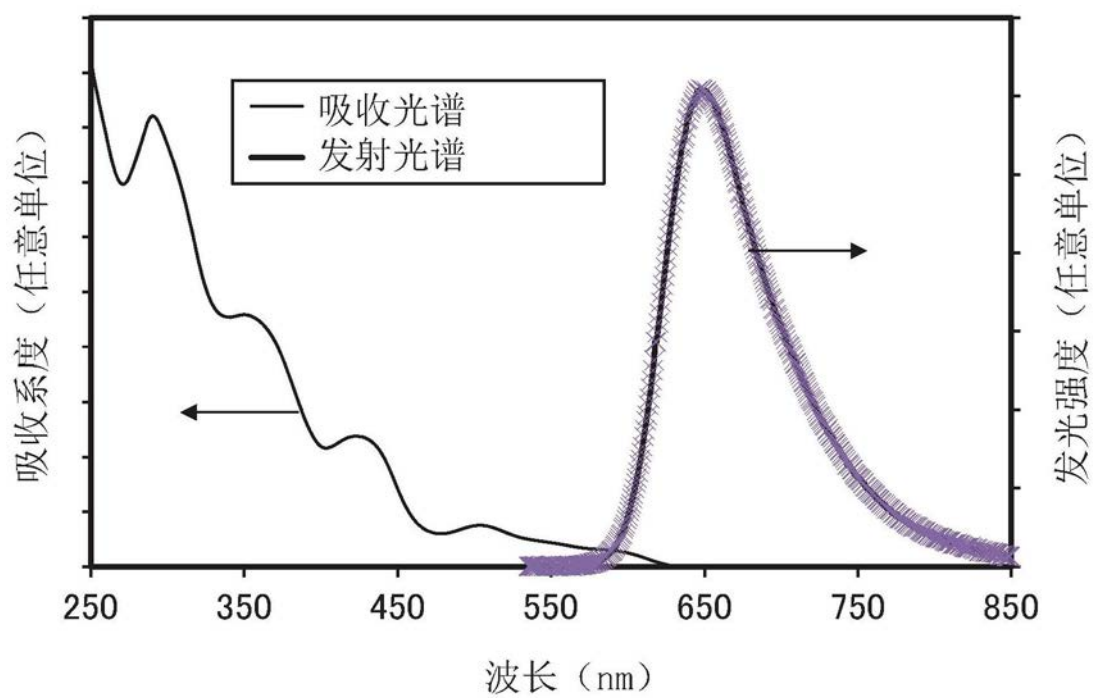


图35



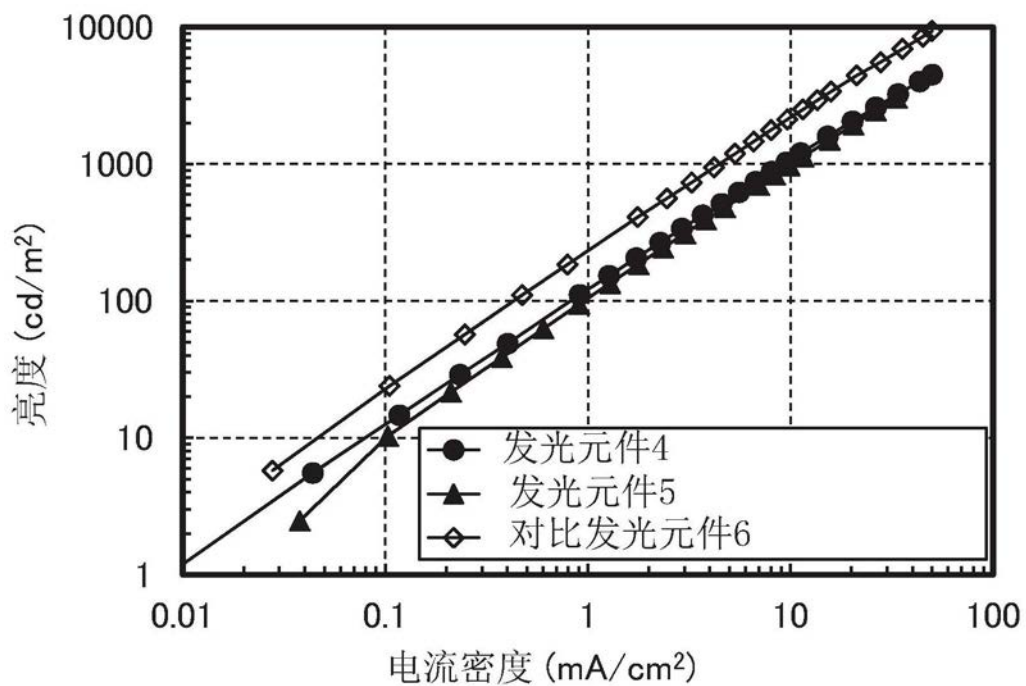


图36

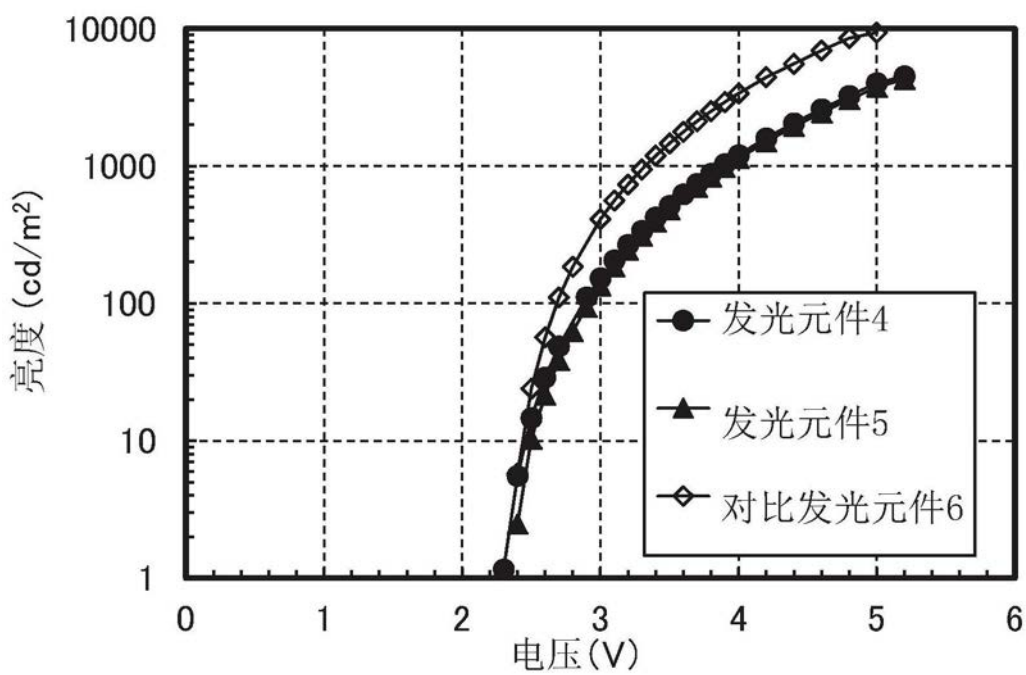


图37



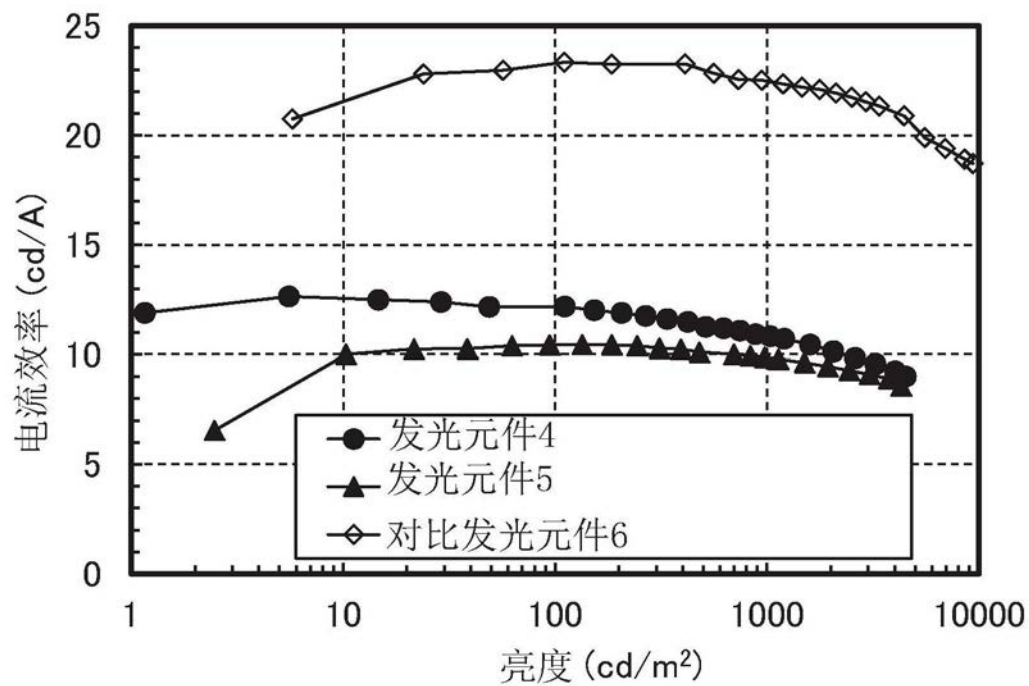


图38

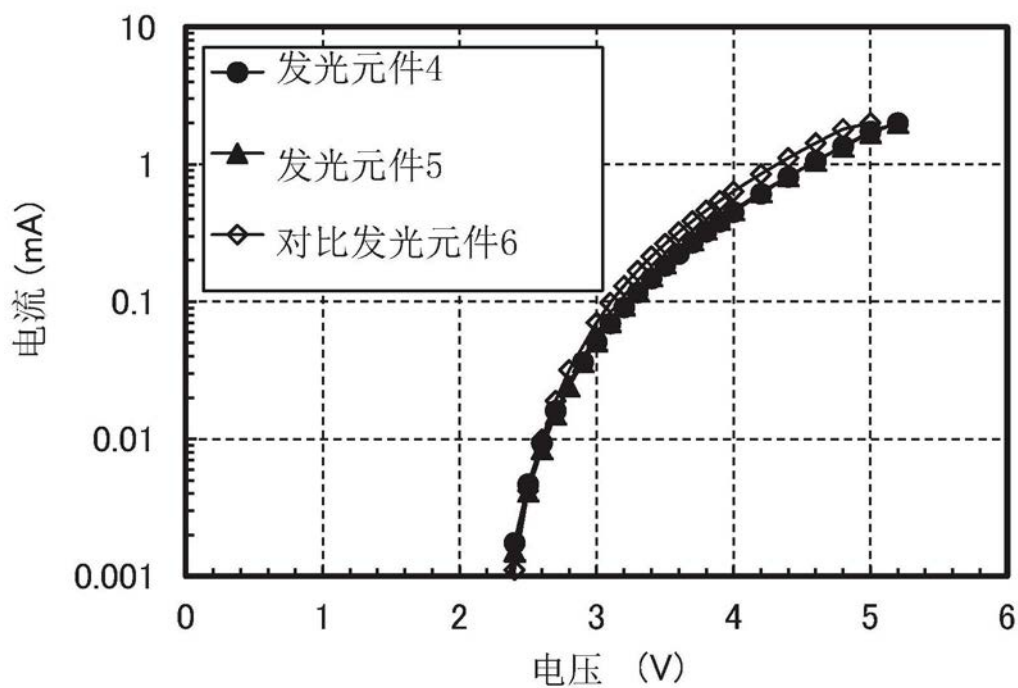


图39

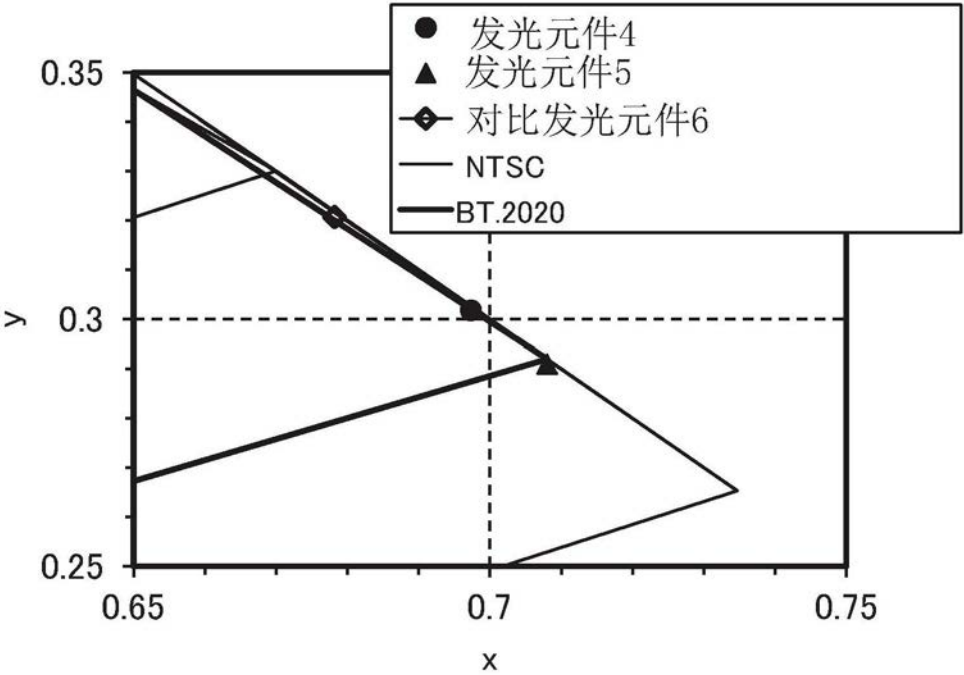


图40

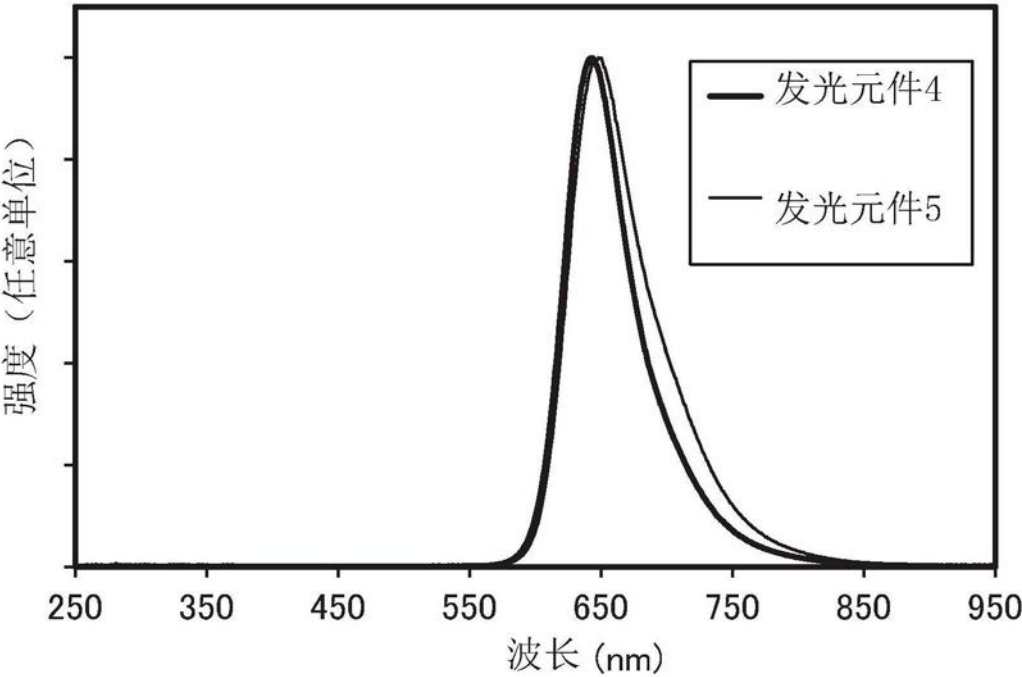


图41

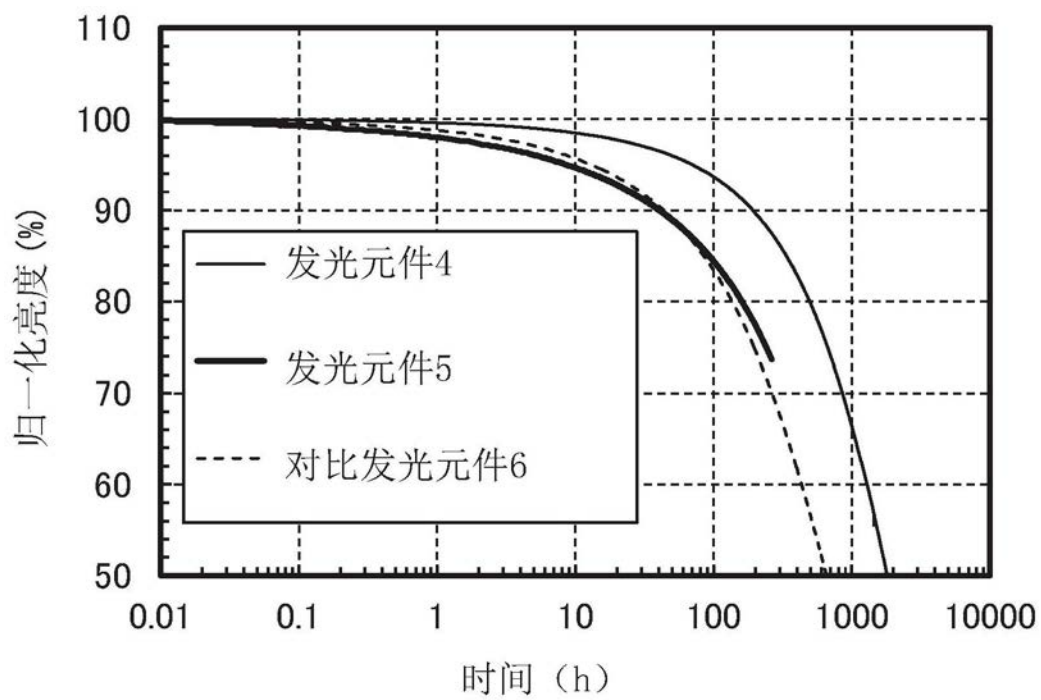


图42