



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107665955 B

(45) 授权公告日 2022.05.13

(21) 申请号 201710637391.1

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2017.07.28

H01L 51/50 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01L 51/54 (2006.01)

申请公布号 CN 107665955 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2018.02.06

US 2014340888 A1, 2014.11.20

(30) 优先权数据

US 2014340888 A1, 2014.11.20

2016-148511 2016.07.28 JP

US 2011240967 A1, 2011.10.06

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

CN 105602548 A, 2016.05.25

地址 日本神奈川县厚木市

CN 105118923 A, 2015.12.02

(72) 发明人 濑尾哲史 铃木恒德 泷田悠介

CN 101263137 A, 2008.09.10

桥本直明

审查员 吕莎莎

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

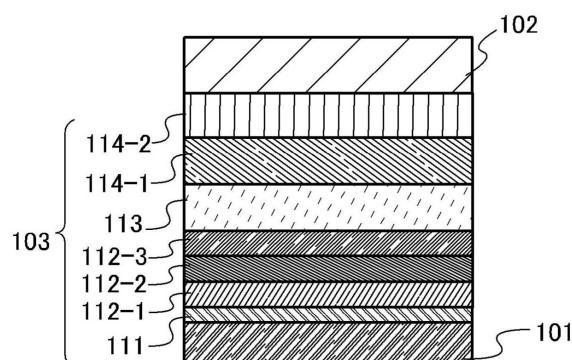
权利要求书3页 说明书53页 附图39页

(54) 发明名称

发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

(57) 摘要

本发明提供一种新颖发光元件。此外，提供一种寿命长的发光元件。此外，提供一种发光效率良好的发光元件。在本发明的发光元件中，EL层依次包括空穴注入层、第一空穴传输层、第二空穴传输层、第三空穴传输层、发光层、第一电子传输层及第二电子传输层，空穴注入层包含有机受体，第二空穴传输层的HOMO能级深于第一空穴传输层，主体材料的HOMO能级深于第二空穴传输层，第三空穴传输层的HOMO能级深于或等于主体材料，第二空穴传输层与第三空穴传输层之差为0.3eV以下，主体材料的LUMO能级高于第一电子传输层，第二电子传输层的LUMO能级高于第一电子传输层，主体材料是包含稠合芳香环骨架的物质，并且，第一及第二电子传输层包含具有芳杂环骨架的物质。



1.一种发光元件,包括:

第一电极;

所述第一电极上的EL层,所述EL层包括:

与所述第一电极接触的空穴注入层;

与所述空穴注入层接触的第一空穴传输层;

所述第一空穴传输层上的第二空穴传输层;

第三空穴传输层;

与所述第三空穴传输层接触的发光层;

在所述发光层上与所述发光层接触的第一电子传输层;以及

与所述第一电子传输层接触的第二电子传输层;以及

所述EL层上的第二电极,

其中,所述空穴注入层、所述第一空穴传输层、所述第二空穴传输层及所述第三空穴传输层位于所述第一电极与所述发光层之间,

所述第二空穴传输层位于所述第一空穴传输层与所述第三空穴传输层之间,

所述第一电子传输层和所述第二电子传输层位于所述发光层与所述第二电极之间,

所述空穴注入层包含有机受体,

所述有机受体包含卤基和氰基中的一者,

所述第一空穴传输层包含第一空穴传输材料,

所述第二空穴传输层包含第二空穴传输材料,

所述第三空穴传输层包含第三空穴传输材料,

所述发光层包含主体材料和发光材料,

所述第一电子传输层包含第一电子传输材料,

所述第二电子传输层包含第二电子传输材料,

所述第二空穴传输材料的HOMO能级低于所述第一空穴传输材料的HOMO能级,

所述主体材料的HOMO能级低于所述第二空穴传输材料的所述HOMO能级,

所述第三空穴传输材料的HOMO能级低于或等于所述主体材料的所述HOMO能级,

所述第二空穴传输材料的所述HOMO能级与所述第三空穴传输材料的所述HOMO能级之差为0.3eV以下,

所述主体材料的LUMO能级高于所述第一电子传输材料的LUMO能级,

所述第二电子传输材料的LUMO能级高于所述第一电子传输材料的所述LUMO能级,

所述主体材料是具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的物质,

所述第一电子传输材料是具有第一芳杂环骨架的物质,

所述第二电子传输材料是具有第二芳杂环骨架的物质,

所述第一芳杂环骨架是二嗪骨架或三嗪骨架中的一者,

并且,具有所述第一芳杂环骨架的所述物质与具有所述第二芳杂环骨架的所述物质是不同的物质。

2.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述发光材料是荧光材料。

3.根据权利要求1所述的发光元件,

其中所述发光材料是稠合芳族二胺化合物。

4. 根据权利要求1所述的发光元件，

其中所述有机受体是2,3,6,7,10,11-六氟-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲。

5. 根据权利要求1所述的发光元件，

其中所述有机受体的LUMO能级与所述第一空穴传输材料的HOMO能级之差为1eV以下。

6. 根据权利要求1所述的发光元件，

其中所述主体材料具有蒽骨架。

7. 根据权利要求1所述的发光元件，

其中具有所述第一芳杂环骨架的所述物质是具有稠合杂芳环骨架的物质。

8. 根据权利要求1所述的发光元件，

其中具有所述第一芳杂环骨架的所述物质是具有吡嗪骨架或嘧啶骨架的物质。

9. 根据权利要求1所述的发光元件，

其中具有所述第一芳杂环骨架的所述物质是具有二苯并噁唑啉骨架的物质。

10. 一种发光装置，包括：

权利要求1所述的发光元件；以及

晶体管或衬底。

11. 一种电子设备，包括：

权利要求10所述的发光装置；以及

选自传感器、操作按钮、扬声器和麦克风中的一个。

12. 一种发光元件，包括：

第一电极；

所述第一电极上的空穴注入层，所述空穴注入层包含有机受体；

所述空穴注入层上的发光层，所述发光层包含主体材料和发光材料；

所述发光层上的第一电子传输层，所述第一电子传输层包含第一电子传输材料；

所述第一电子传输层上的第二电子传输层，所述第二电子传输层包含第二电子传输材料；以及

所述第二电子传输层上的第二电极，

其中，所述有机受体包含卤基和氰基中的一者，

所述主体材料的LUMO能级高于所述第一电子传输材料的LUMO能级，

所述第二电子传输材料的LUMO能级高于所述第一电子传输材料的所述LUMO能级，

所述主体材料具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架，

所述第一电子传输材料具有第一芳杂环骨架，

所述第二电子传输材料具有第二芳杂环骨架，

所述第一芳杂环骨架是二嗪骨架或三嗪骨架中的一者，

并且，所述第一电子传输材料和所述第二电子传输材料彼此不同。

13. 根据权利要求12所述的发光元件，

其中所述发光材料是荧光材料。

14. 根据权利要求12所述的发光元件，

其中所述发光材料是稠合芳族二胺化合物。

15. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述有机受体是2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲。
16. 根据权利要求12所述的发光元件，还包括所述空穴注入层与所述发光层之间的空穴传输层，
其中所述空穴传输层包含空穴传输材料，
并且所述有机受体的LUMO能级与所述空穴传输材料的HOMO能级之差为1eV以下。
17. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述主体材料具有葱骨架。
18. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述第一芳杂环骨架是稠合杂芳环骨架。
19. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述第一芳杂环骨架是吡嗪骨架或嘧啶骨架。
20. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述第一芳杂环骨架是二苯并噁唑骨架。
21. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述第一芳杂环骨架和所述第二芳杂环骨架彼此不同。
22. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述第一芳杂环骨架是包含所述二嗪骨架和三嗪骨架中的一者的稠合杂芳环骨架，
并且，其中所述第二芳杂环骨架包含吡啶骨架和联吡啶骨架中的一者。
23. 根据权利要求12所述的发光元件，
其中所述第二芳杂环骨架是菲罗啉骨架。
24. 一种发光装置，包括：
权利要求12所述的发光元件；以及
与所述发光元件电连接的晶体管。
25. 一种电子设备，包括：
权利要求24所述的发光装置，
其中所述电子设备是电视装置、显示器、数码相机、数码摄像机、数码相框、移动电话机、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置和游戏机中的任一个。

发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种发光元件、显示模块、照明模块、显示装置、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。此外，本发明的一个方式涉及一种程序 (process)、机器 (machine)、产品 (manufacture) 或组合物 (composition of matter)。因此，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的例子，可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置、发光装置、照明装置、蓄电装置、存储装置、摄像装置、它们的驱动方法以及它们的制造方法。

背景技术

[0002] 近年来，使用有机化合物且利用电致发光 (EL: Electroluminescence) 的发光元件 (有机EL元件) 的实用化得到发展。在这些发光元件的基本结构中，在一对电极之间夹有包含发光材料的有机化合物层 (EL层)。通过对该元件施加电压，注入载流子，利用该载流子的再结合能量，可以获得来自发光材料的发光。

[0003] 因为这种发光元件是自发光型发光元件，所以当用于显示器的像素时比起液晶有可见度更高、不需要背光源等优势。因此，该发光元件适合用于平板显示器元件。另外，使用这种发光元件的显示器可以被制造成薄且轻，这也是极大的优点。再者，非常高速的响应也是该发光元件的特征之一。

[0004] 因为这种发光元件的发光层可以在二维上连续地形成，所以可以获得面发光。因为这是在以白炽灯或LED为代表的点光源或者以荧光灯为代表的线光源中难以得到的特征，所以作为可应用于照明等的面光源，上述发光元件的利用价值也高。

[0005] 如上所述，虽然使用发光元件的显示器或照明装置适用于各种各样的电子设备，但是为了追求具有更良好的效率及更长的寿命的发光元件的研究开发日益活跃。

[0006] 为了使向EL层的载流子 (尤其是空穴) 的注入变得容易而使用的空穴注入层的材料有有机受体。有机受体容易通过蒸镀进行成膜，所以适于大量生产，被广泛地使用。然而，如果有机受体的LUMO能级与构成空穴传输层的有机化合物的HOMO能级之差较大，则难以向EL层注入空穴。于是，为了使有机受体的LUMO能级与构成空穴传输层的有机化合物的HOMO能级靠近而作为构成空穴传输层的有机化合物使用HOMO能级较浅的物质，但用于发光层的主体材料的HOMO能级与构成空穴传输层的有机化合物的HOMO能级之差却反而变大。因此，虽然能够向EL层注入空穴，但是从空穴传输层向发光层的主体材料注入空穴却变得困难。

[0007] 此外，由于有机受体的空穴注入能量低，因此有时产生寿命降低、高亮度一侧的衰减 (roll-off) 现象。

[0008] 专利文献1公开了在接触于空穴注入层的第一空穴传输层与发光层之间设置其HOMO能级介于第一空穴注入层的HOMO能级与主体材料的HOMO能级之间的空穴传输材料的结构。

[0009] 此外，专利文献2公开了通过使用添加具有电子陷阱性的物质的电子传输层实现

长寿命化的发光元件。

[0010] 如此,发光元件的特性明显得到了提高,但是还不足以对对应效率和耐久性等各种特性的高度要求。

[0011] [专利文献1]国际公开第2011/065136号小册子

[0012] [专利文献2]日本专利申请公开第2009-177157号公报

发明内容

[0013] 于是,本发明的一个方式的目的是提供一种新颖的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的是提供一种寿命长的发光元件。另外,本发明的一个方式的目的是提供一种发光效率良好的发光元件。

[0014] 本发明的另一个方式的目的是提供一种可靠性高的发光装置、电子设备及显示装置。本发明的另一个方式的目的是提供一种功耗低的发光装置、电子设备及显示装置。

[0015] 本发明只要实现上述目的中的任一个即可。

[0016] 本发明的一个方式是一种发光元件,包括:第一电极;第二电极;以及EL层,其中,所述EL层位于所述第一电极与所述第二电极之间,所述EL层包括空穴注入层、第一空穴传输层、第二空穴传输层、第三空穴传输层、发光层、第一电子传输层以及第二电子传输层,所述空穴注入层、所述第一空穴传输层、所述第二空穴传输层及所述第三空穴传输层位于所述第一电极与所述发光层之间,所述第一电极与所述空穴注入层接触,所述空穴注入层与所述第一空穴传输层接触,所述第三空穴传输层与所述发光层接触,所述第二空穴传输层位于所述第一空穴传输层与所述第三空穴传输层之间,所述第一电子传输层及所述第二电子传输层位于所述发光层与所述第二电极之间,所述发光层与所述第一电子传输层接触,所述第一电子传输层与所述第二电子传输层接触,所述空穴注入层包含有机受体,所述第一空穴传输层包含第一空穴传输材料,所述第二空穴传输层包含第二空穴传输材料,所述第三空穴传输层包含第三空穴传输材料,所述发光层包含主体材料和发光材料,所述第一电子传输层包含第一电子传输材料,所述第二电子传输层包含第二电子传输材料,所述第二空穴传输材料的HOMO能级深于所述第一空穴传输材料的HOMO能级,所述主体材料的HOMO能级深于所述第二空穴传输材料的HOMO能级,所述第三空穴传输材料的HOMO能级深于或等于所述主体材料的HOMO能级,所述第二空穴传输材料的HOMO能级与所述第三空穴传输材料的HOMO能级之差为0.3eV以下,所述主体材料的LUMO能级高于所述第一电子传输材料的LUMO能级,所述第二电子传输材料的LUMO能级高于所述第一电子传输材料的LUMO能级,所述主体材料是具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的物质,所述第一电子传输材料是具有第一芳杂环骨架的物质,所述第二电子传输材料是具有第二芳杂环骨架的物质,并且,具有所述第一芳杂环骨架的物质与具有所述第二芳杂环骨架的物质是不同的物质。

[0017] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述发光材料是荧光材料。

[0018] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述发光材料发射蓝色发光。

[0019] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述发光材料为稠合芳族二胺化合物。

[0020] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述发光材料为茈二胺化合物。

[0021] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述有机受体为2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲。

[0022] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第一空穴传输材料的HOMO能级为-5.4eV以上。

[0023] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第一空穴传输材料的HOMO能级与上述第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.3eV以下。

[0024] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第二空穴传输材料的HOMO能级与上述第三空穴传输材料的HOMO能级之差为0.2eV以下。

[0025] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第一空穴传输材料的HOMO能级与上述第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.2eV以下。

[0026] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述发光材料的HOMO能级高于上述主体材料的HOMO能级。

[0027] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第一空穴传输材料为三芳胺且具有芴基胺骨架。

[0028] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第二空穴传输材料为三芳胺且具有三苯基胺骨架。

[0029] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第三空穴传输材料不包含胺。

[0030] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第三空穴传输材料包含咔唑骨架。

[0031] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述咔唑骨架为苯基咔唑骨架。

[0032] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第三空穴传输材料包含三亚苯基骨架。

[0033] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述第三空穴传输材料包含萘骨架。

[0034] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述主体材料包含蒽骨架。

[0035] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述主体材料包含二苯基蒽骨架。

[0036] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述主体材料包含咔唑骨架。

[0037] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述咔唑骨架包含苯并咔唑骨架。

[0038] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述咔唑骨架为二苯并咔唑骨架。

[0039] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述具有第一芳杂环骨架

的物质及所述具有第二芳杂环骨架的物质是具有六元环的含氮芳杂环骨架的物质。

[0040] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述具有第一芳杂环骨架的物质是具有稠合杂芳环骨架的物质。

[0041] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述具有第一芳杂环骨架的物质是具有包含二嗪骨架或三嗪骨架的稠合杂芳环骨架的物质。

[0042] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述具有第一芳杂环骨架的物质是具有吡嗪骨架或嘧啶骨架的物质。

[0043] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述具有第一芳杂环骨架的物质是具有二苯并噁唑啉骨架的物质。

[0044] 本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述第二电子传输层与所述第二电极接触。

[0045] 本发明的另一个方式是一种发光装置,包括:具有上述结构的发光元件;以及晶体管或衬底。

[0046] 本发明的另一个方式是一种电子设备,包括:具有上述结构的发光装置;以及传感器、操作按钮、扬声器或麦克风。

[0047] 本发明的另一个方式是一种照明装置,包括:具有上述结构的发光装置;以及框架。

[0048] 在本说明书中,发光装置包括使用发光元件的图像显示装置。另外,如下模块有时包括发光装置:在发光元件上安装了连接器诸如各向异性导电薄膜或TCP (Tape Carrier Package:带载封装) 的模块;在TCP的端部设置有印刷线路板的模块;或者通过COG (Chip On Glass:玻璃覆晶封装) 方式在发光元件上直接安装了IC (集成电路) 的模块。再者,照明装置等有时包括发光装置。

[0049] 本发明的一个方式能够提供一种新颖的发光元件。另外,本发明的一个方式能够提供一种寿命长的发光元件。另外,本发明的一个方式能够提供一种发光效率良好的发光元件。

[0050] 本发明的另一个方式能够提供一种可靠性高的发光装置、电子设备及显示装置。本发明的另一个方式能够提供一种功耗低的发光装置、电子设备及显示装置。

[0051] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。另外,本发明的一个方式并不需要具有所有上述效果。另外,这些效果以外的效果从说明书、附图、权利要求书等的记载是显然的,并可以从所述记载中抽取。

附图说明

[0052] 图1A至图1C是发光元件的示意图;

[0053] 图2A至图2D是示出发光元件的制造方法的一个例子的图;

[0054] 图3是示出发光元件的制造装置的一个例子的图;

[0055] 图4A和图4B是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0056] 图5A和图5B是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0057] 图6是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0058] 图7A和图7B是无源矩阵型发光装置的示意图;

- [0059] 图8A和图8B是示出照明装置的图；
- [0060] 图9A、图9B1、图9B2、图9C和图9D是示出电子设备的图；
- [0061] 图10是示出光源装置的图；
- [0062] 图11是示出照明装置的图；
- [0063] 图12是示出照明装置的图；
- [0064] 图13是示出车载显示装置及照明装置的图；
- [0065] 图14A至图14C是示出电子设备的图；
- [0066] 图15A至图15C是示出电子设备的图；
- [0067] 图16是说明显示面板的结构实例的图；
- [0068] 图17是说明显示面板的结构实例的图；
- [0069] 图18是发光元件1至发光元件3的亮度-电流密度特性；
- [0070] 图19是发光元件1至发光元件3的电流效率-亮度特性；
- [0071] 图20是发光元件1至发光元件3的亮度-电压特性；
- [0072] 图21是发光元件1至发光元件3的电流-电压特性；
- [0073] 图22是发光元件1至发光元件3的外部量子效率-亮度特性；
- [0074] 图23是发光元件1至发光元件3的发射光谱；
- [0075] 图24是发光元件1至发光元件3的归一化亮度-时间变化特性；
- [0076] 图25是发光元件4的亮度-电流密度特性；
- [0077] 图26是发光元件4的电流效率-亮度特性；
- [0078] 图27是发光元件4的亮度-电压特性；
- [0079] 图28是发光元件4的电流-电压特性；
- [0080] 图29是发光元件4的外部量子效率-亮度特性；
- [0081] 图30是发光元件4的发射光谱；
- [0082] 图31是发光元件4的归一化亮度-时间变化特性；
- [0083] 图32A和图32B是BBA β NB的¹H-NMR谱图；
- [0084] 图33A和图33B是BNP2PC的¹H-NMR谱图；
- [0085] 图34A和图34B是BBA α NB的¹H-NMR谱图；
- [0086] 图35A和图35B是BBA β NBi的¹H-NMR谱图；
- [0087] 图36A和图36B是BNP β NC的¹H-NMR谱图；
- [0088] 图37是发光元件5的亮度-电流密度特性；
- [0089] 图38是发光元件5的电流效率-亮度特性；
- [0090] 图39是发光元件5的亮度-电压特性；
- [0091] 图40是发光元件5的电流-电压特性；
- [0092] 图41是发光元件5的外部量子效率-亮度特性；
- [0093] 图42是发光元件5的发射光谱；
- [0094] 图43是发光元件5的归一化亮度-时间变化特性。

具体实施方式

[0095] 以下，参照附图详细地说明本发明的实施方式。但是，本发明不局限于以下说明，

而所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实就是其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此，本发明不应该被解释为仅局限在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0096] 图1A是示出本发明的一个方式的发光元件的图。本发明的一个方式的发光元件包括第一电极101、第二电极102及EL层103, EL层103从第一电极101一侧包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、第三空穴传输层112-3、发光层113、第一电子传输层114-1及第二电子传输层114-2。另外，也可以包括其他功能层。

[0097] 在本发明的一个方式的发光元件中，发光层113包含主体材料和发光材料，空穴注入层111包含有机受体，第一空穴传输层112-1包含第一空穴传输材料，第二空穴传输层112-2包含第二空穴传输材料，第三空穴传输层112-3包含第三空穴传输材料，第一电子传输层114-1包含第一电子传输材料，第二电子传输层114-2包含第二电子传输材料。注意，第一空穴传输材料、第二空穴传输材料、第三空穴传输材料、第一电子传输材料及第二电子传输材料是互不相同的物质。

[0098] 上述主体材料的HOMO能级深于第二空穴传输材料的HOMO能级，第二空穴传输材料的HOMO能级深于第一空穴传输材料的HOMO能级。另外，第三空穴传输材料的HOMO能级存在于深于或等于主体材料的HOMO能级的位置。注意，第二空穴传输材料的HOMO能级与第三空穴传输材料的HOMO能级之差以一位有效数字表示为0.3eV以下。

[0099] 此外，主体材料是具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的物质，第一电子传输材料及第二电子传输材料是具有芳杂环骨架的物质。在此，在本发明的一个方式的发光元件中，主体材料和第二电子传输材料的LUMO能级都位于比第一电子传输材料高(浅)的位置。但是，主体材料与第一电子传输材料之间的LUMO能级之差优选以一位有效数字表示为0.3eV以下。通过将该差设定为0.3eV以下，可以抑制驱动电压的上升。

[0100] 一般来说，为了降低各层之间的载流子注入势垒而实现驱动电压的降低和寿命的提高，以在空穴传输层一侧，HOMO能级从被用作阳极的第一电极101一侧向发光层113依次低(深)的方式，并且在电子传输层一侧，LUMO能级从被用作阴极的第二电极102一侧向发光层113依次高(浅)的方式进行发光元件的设计。

[0101] 但是，在本发明的一个方式的发光元件中，通过作为构成主体材料和空穴传输层的材料的HOMO能级的关系以及构成主体材料和电子传输层的材料的LUMO能级的关系采用上述关系，并且作为构成主体材料及电子传输层的材料采用具有特定的骨架的物质，可以提供具有比现有的结构的发光元件长的寿命、良好的效率及发光特性的发光元件。

[0102] 主体材料优选为具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的材料。这是因为上述稠合芳香环可以在保持可见光区域附近的能隙的同时确保电化学稳定性的缘故。尤其是，葱骨架可以获得用来使蓝色的荧光材料激发所需要的充分的能隙，可以传输空穴和电子的两者，所以是优选的。此外，葱衍生物的LUMO能级容易为-2.7eV左右，在建立与上述电子传输层的LUMO能级的关系上也是优选的。

[0103] 另一方面，第一电子传输材料和第二电子传输材料优选为具有互不相同的芳杂环骨架的材料。这是因为此时第一电子传输材料的LUMO能级可以位于比主体材料及第二电子传输材料的LUMO能级低(深)的位置的缘故。

[0104] 此外，本发明的一个方式的发光元件包括空穴注入层111，作为构成该空穴注入层

111的材料使用有机受体材料,因此不但可以实现比现有的发光元件长的寿命,而且可以降低高亮度区域的效率下降,所谓的衰减现象,从而实现高亮度且高效率的发光元件。

[0105] 有机受体为LUMO能级较深的有机化合物。该有机受体可以通过与其HOMO能级的值接近于LUMO能级的值的其他有机化合物之间发生电荷分离,来在该有机化合物中产生空穴。换言之,本实施方式的发光元件在接触于有机受体的第一空穴传输材料中产生空穴。作为有机受体,优选使用具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物,例如优选使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: F_4 -TCNQ)、3,6-二氟-2,5,7,7,8,8-六氟基对醌二甲烷、氯醌以及2,3,6,7,10,11-六氟-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN)等。尤其是,HAT-CN的受主性较高,膜质量也稳定,所以是优选的。

[0106] 有机受体的LUMO能级与第一空穴传输材料的HOMO能级之差根据有机受体的受主性的高低改变,因此没有特别的限制,只要该能级之差大约为1eV以下左右就可以注入空穴。在使用HAT-CN作为有机受体的情况下,HAT-CN的LUMO能级可以利用循环伏安法测定估计为-4.41eV,因此第一空穴传输材料的HOMO能级优选为-5.4eV以上。注意,如果第一空穴传输材料的HOMO能级过高,向第二空穴传输材料的空穴注入性则降低。另外,ITO等的阳极的功函数为-5eV左右,所以第一空穴传输材料的HOMO能级高于-5eV的情况也不利的。因此,第一空穴传输材料的HOMO能级优选为-5.0eV以下。

[0107] 在第一空穴传输材料中产生的空穴因电场向第二电极102一侧移动,注入到第二空穴传输层112-2。构成第二空穴传输层112-2的第二空穴传输材料的HOMO能级位于第一空穴传输材料的HOMO能级与主体材料的HOMO能级之间,因此容易将空穴从第一空穴传输层112-1注入第二空穴传输层112-2。为了顺利地注入空穴,第一空穴传输材料与第二空穴传输材料的HOMO能级之差优选为0.3eV以下,为了进一步顺利地注入空穴,该能级之差更优选为0.2eV以下。

[0108] 注入到第二空穴传输层112-2的空穴因电场进一步向第二电极102一侧移动,注入到第三空穴传输层112-3。包含在第三空穴传输层112-3中的第三空穴传输材料的HOMO能级深于或等于主体材料的HOMO能级且第三空穴传输材料的HOMO能级与第二空穴传输材料的HOMO能级之差小于0.35eV(以一位有效数字表示为0.3eV以下)。第二空穴传输材料的HOMO能级与第三空穴传输材料的HOMO能级之差为0.3eV以下,因此空穴顺利地从第二空穴传输层112-2注入到第三空穴传输层112-3。为了进一步顺利地注入空穴,第三空穴传输材料的HOMO能级与第二空穴传输材料的HOMO能级之差优选小于0.25eV(以一位有效数字表示为0.2eV以下)。

[0109] 第三空穴传输材料的HOMO能级深于或等于主体材料的HOMO能级,因此不存在从第三空穴传输层112-3向发光层113的空穴的注入势垒。并且,第三空穴传输材料的HOMO能级深于或等于主体材料的HOMO能级,因此空穴不仅直接注入到发光材料,而且容易直接注入到主体材料。在空穴优先地注入到发光材料的情况下,发光层内的空穴移动变得极为不容易,发光区域集中于空穴传输层与发光层的界面。其结果是,对元件寿命造成负面影响。在本发明的一个方式中,空穴还注入到主体材料,因此空穴在发光层内主要在主体材料中被传输,同时适当地受到发光材料的空穴陷阱的影响,因此可以适当地扩大发光区域,而可以获得高效率及长寿命。适当地扩大发光区域是指空穴在发光层内在一定程度上被传输但不会穿过发光层的状态。因此,主体材料优选具有空穴传输性,具体而言,优选具有葱骨架或

咔唑骨架。另外，主体材料优选还具有电子传输性，因此葱骨架是特别优选的。换言之，主体材料进一步优选具有葱骨架及咔唑骨架的双方。另外，咔唑骨架优选为苯并咔唑骨架或二苯并咔唑骨架。这是因为这些结构的HOMO能级比咔唑高0.1eV左右，空穴容易被注入到主体材料(因此，如上所述，容易形成上述适当地扩大的发光区域)。如此，包括第三空穴传输层112-3是本发明的一个方式的发光元件的特征之一。

[0110] 在发光材料的HOMO能级浅于主体材料的HOMO能级的情况下，如果空穴从其HOMO能级浅于主体材料的HOMO能级的空穴传输材料注入到发光层，向发光材料的空穴注入与向主体材料的空穴注入相比占优势。在空穴注入到HOMO能级较浅的发光材料的情况下，空穴被俘获。当空穴被俘获而妨碍空穴移动时，发生电荷的积累或再结合区域的集中所引起的发光层的劣化或发光效率的下降等问题。

[0111] 然而，本实施方式的发光元件包括第三空穴传输层112-3且其HOMO能级深于或等于主体材料的HOMO能级，因此向主体材料的空穴注入与向发光材料的空穴注入相比占优势。其结果是，可以避免阻碍空穴移动，空穴可以适当地被发光材料俘获，另外，可以获得再结合区域的分散、可靠性的提高以及发光效率的提高等各种效果。

[0112] 下面，对上述发光元件的详细结构和材料的例子进行说明。如上所述，本发明的一个方式的发光元件在第一电极101和第二电极102的一对电极之间包括由多个层构成的EL层103。EL层103至少包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、第三空穴传输层112-3、发光层113、第一电子传输层114-1、第二电子传输层114-2。此外，这些层依次从第一电极101一侧以彼此接触的方式设置。

[0113] 第一电极101优选使用功函数大(具体为4.0eV以上)的金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等形成。具体而言，例如可以举出氧化铟-氧化锡(ITO: Indium Tin Oxide，铟锡氧化物)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)等。虽然通常通过溅射法形成这些导电金属氧化物膜，但是也可以应用溶胶-凝胶法等来形成。作为形成方法的例子，可以举出如下方法：使用相对于氧化铟添加有1wt%至20wt%的氧化锌的靶材通过溅射法形成氧化铟-氧化锌的方法等。另外，也可以使用相对于氧化铟添加有0.5wt%至5wt%的氧化钨和0.1wt%至1wt%的氧化锌的靶材通过溅射法形成包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)。另外，可以举出金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)或金属材料的氮化物(例如，氮化钛)等。此外，也可以使用石墨烯。另外，通过将后面说明的复合材料用于EL层103中的接触于第一电极101的层，可以在选择电极材料时无需顾及功函数。

[0114] 在本实施方式中，作为EL层103的叠层结构，对如下两种结构进行说明：如图1A所示的包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、第三空穴传输层112-3、发光层113、第一电子传输层114-1及第二电子传输层114-2的结构；以及如图1B所示的不但包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、第三空穴传输层112-3、发光层113、第一电子传输层114-1及第二电子传输层114-2而且还包括电荷产生层116的结构。下面具体地示出构成各层的材料。

[0115] 空穴注入层111是包含有机受体的层。作为有机受体，可以使用具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物，例如可以使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称： F_4 -TCNQ)、3,6-二氟-2,5,7,7,8,8-六氟基对醌二甲烷、氯醌以及2,3,6,7,10,11-六氟-1,4,5,

8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN)等。作为有机受体,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诸如HAT-CN等具有热稳定性,所以是优选的。有机受体至少可以因电场的施加从邻接的空穴传输层(或空穴传输材料)抽出电子。

[0116] 通过形成空穴注入层111,可以提高空穴注入性,从而可以获得驱动电压小的发光元件。另外,有机受体容易通过蒸镀成膜,所以是容易使用的材料。

[0117] 空穴传输层由第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2及第三空穴传输层112-3构成。第一空穴传输层112-1至第三空穴传输层112-3都包含具有空穴传输性的空穴传输材料,第一空穴传输层112-1包含第一空穴传输材料,第二空穴传输层112-2包含第二空穴传输材料,第三空穴传输层112-3包含第三空穴传输材料。空穴传输材料优选具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率。另外,各材料之间有如下关系:第二空穴传输材料的HOMO能级深于第一空穴传输材料的HOMO能级,包含在发光层113中的主体材料的HOMO能级深于第二空穴传输材料的HOMO能级,第三空穴传输材料的HOMO能级深于或等于主体材料的HOMO能级,第二空穴传输材料的HOMO能级与第三空穴传输材料的HOMO能级之差为0.3eV以下。注意,第二空穴传输材料的HOMO能级与第三空穴传输材料的HOMO能级之差优选为0.2eV以下。

[0118] 作为第一空穴传输材料,优选使用HOMO能级比较浅的空穴传输材料,作为有机化合物,优选使用是三芳基胺且具有芴基胺骨架的物质。

[0119] 作为第三空穴传输材料,优选使用HOMO能级比较深的空穴传输材料。包含胺的有机化合物的HOMO能级趋于变浅,所以优选使用不包含胺的空穴传输材料。作为这种空穴传输材料,优选使用具有咔唑骨架的空穴传输材料。优选使用具有咔唑骨架及三亚苯基骨架的有机化合物或具有咔唑骨架及萘骨架的有机化合物等。

[0120] 作为第二空穴传输材料,优选使用其HOMO能级位于第一空穴传输材料与第三空穴传输材料之间的空穴传输材料。具体而言,优选使用是三芳基胺且具有三苯基胺骨架的空穴传输材料。注意,上述三苯基胺骨架中的苯基优选不具有稠环结构。

[0121] 发光层113是包含主体材料及发光材料的层。发光材料可以是荧光发光物质、磷光发光物质和呈现热活化延迟荧光(TADF)的物质中的任一个。另外,可以为单层,也可以由包含不同发光材料的多个层构成。在本发明的一个方式中,优选将发光层113用作呈现荧光发光的层,尤其是,呈现蓝色荧光发光的层。

[0122] 在发光层113中,作为可以用作荧光发光物质的材料,可以举出如下物质。另外,除此之外,还可以使用其他荧光发光物质。

[0123] 例如,可以举出5,6-双[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPY)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒽基)联苯基-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPY)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、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'''-八苯基二苯并[g,p]蒄(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯基-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'-联苯基-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯基-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基丙二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(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)蒄并[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTI)、2-{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(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[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:BisDCJTM)等。尤其是,以1,6FLPAPrn、1,6mMemFLPAPrn等芘二胺衍化合物为代表的稠合芳族二胺化合物具有合适的空穴俘获性且良好的发光效率及可靠性,所以是优选的。

[0124] 在发光层113中,作为可以用作磷光发光物质的材料,可以举出如下物质。

[0125] 例如,可以举出:三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}铱(III)(简称:[Ir(mpptz-dmp)₃])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:[Ir(Mptz)₃])、三[4-(3-联苯)-5-异丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:[Ir(iPrptz-3b)₃])等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:[Ir(Mptz1-mp)₃])、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:[Ir(Prptz1-Me)₃])等具有1H-三唑骨架的有机金属铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:[Ir(iPrpmi)₃])、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶根(phenantridinato)]铱(III)(简称:[Ir(dmpimpt-Me)₃])等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称:FIR6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸酯(简称:FIRpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸酯(简称:[Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIR(acac))等以具有拉电子基的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱配合物。上述物质是发射蓝色磷光的化合物,并且在440nm至520nm具有发光的峰值。

[0126] 另外,可以举出:三(4-甲基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(mpmp)₃])、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₃])、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基

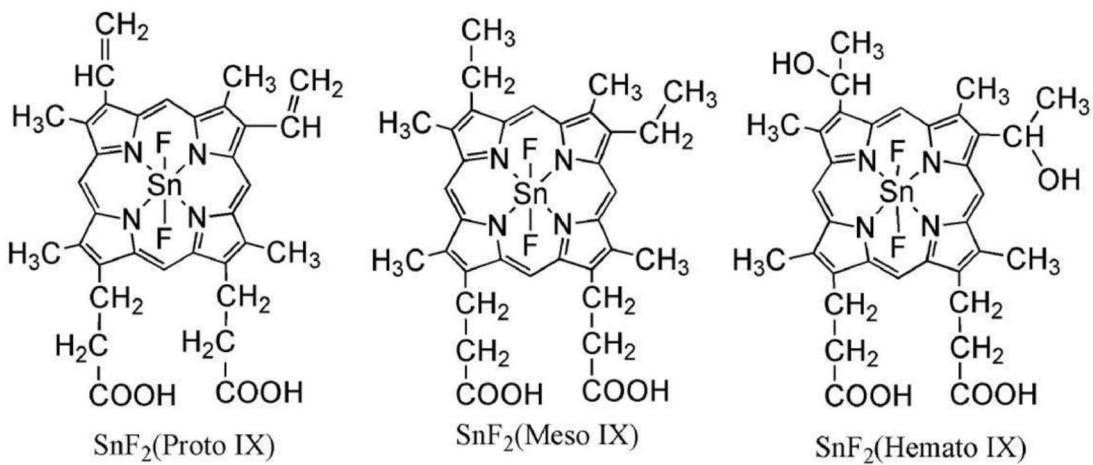
嘧啶根) 铑(III) (简称: [Ir(mppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根) 双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根) 铑(III) (简称: [Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根) 双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶根] 铑(III) (简称: [Ir(nbppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根) 双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根] 铑(III) (简称: Ir(mpmpm)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双(4,6-二苯基嘧啶根) 铑(III) (简称: [Ir(dppm)₂(acac)]) 等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物; (乙酰丙酮根) 双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根) 铑(III) (简称: [Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(乙酰丙酮根) 双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根) 铑(III) (简称: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]) 等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物; 三(2-苯基吡啶根-N,C²) 铑(III) (简称: [Ir(ppy)₃])、双(2-苯基吡啶根-N,C²) 铑(III) 乙酰丙酮 (简称: [Ir(ppy)₂(acac)])、双(苯并[h]喹啉) 铑(III) 乙酰丙酮 (简称: [Ir(bzq)₂(acac)])、三(苯并[h]喹啉) 铑(III) (简称: [Ir(bzq)₃])、三(2-苯基喹啉-N,C²) 铑(III) (简称: [Ir(pq)₃])、双(2-苯基喹啉-N,C²) 铑(III) 乙酰丙酮 (简称: [Ir(pq)₂(acac)]) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 以及三(乙酰丙酮根) (单菲咯啉) 锇(III) (简称: [Tb(acac)₃(Phen)]) 等稀土金属配合物。上述物质主要是发射绿色磷光的化合物, 并且在500nm至600nm具有发光的峰值。另外, 由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有特别优异的可靠性及发光效率, 所以是特别优选的。

[0127] 另外, 可以举出: (二异丁酰基甲烷根) 双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶基] 铑(III) (简称: [Ir(5mdppm)₂(dibm)])、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根] (二新戊酰基甲烷根) 铑(III) (简称: [Ir(5mdppm)₂(dpm)])、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根] (二新戊酰基甲烷根) 铑(III) (简称: [Ir(d1npm)₂(dpm)]) 等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物; (乙酰丙酮根) 双(2,3,5-三苯基吡嗪根) 铑(III) (简称: [Ir(tppr)₂(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪根) (二新戊酰基甲烷根) 铑(III) (简称: [Ir(tppr)₂(dpm)])、(乙酰丙酮根) 双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合] 铑(III) (简称: [Ir(Fdpq)₂(acac)]) 等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物; 三(1-苯基异喹啉-N,C²) 铑(III) (简称: [Ir(piq)₃])、双(1-苯基异喹啉-N,C²) 铑(III) 乙酰丙酮 (简称: [Ir(piq)₂(acac)]) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II) (简称: PtOEP) 等的铂配合物; 以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato)) (单菲咯啉) 镨(III) (简称: [Eu(DBM)₃(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮] (单菲咯啉) 镨(III) (简称: [Eu(TTA)₃(Phen)]) 等稀土金属配合物。上述物质是发射红色磷光的化合物, 并且在600nm至700nm具有发光的峰值。另外, 具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以获得色度良好的红色发光。

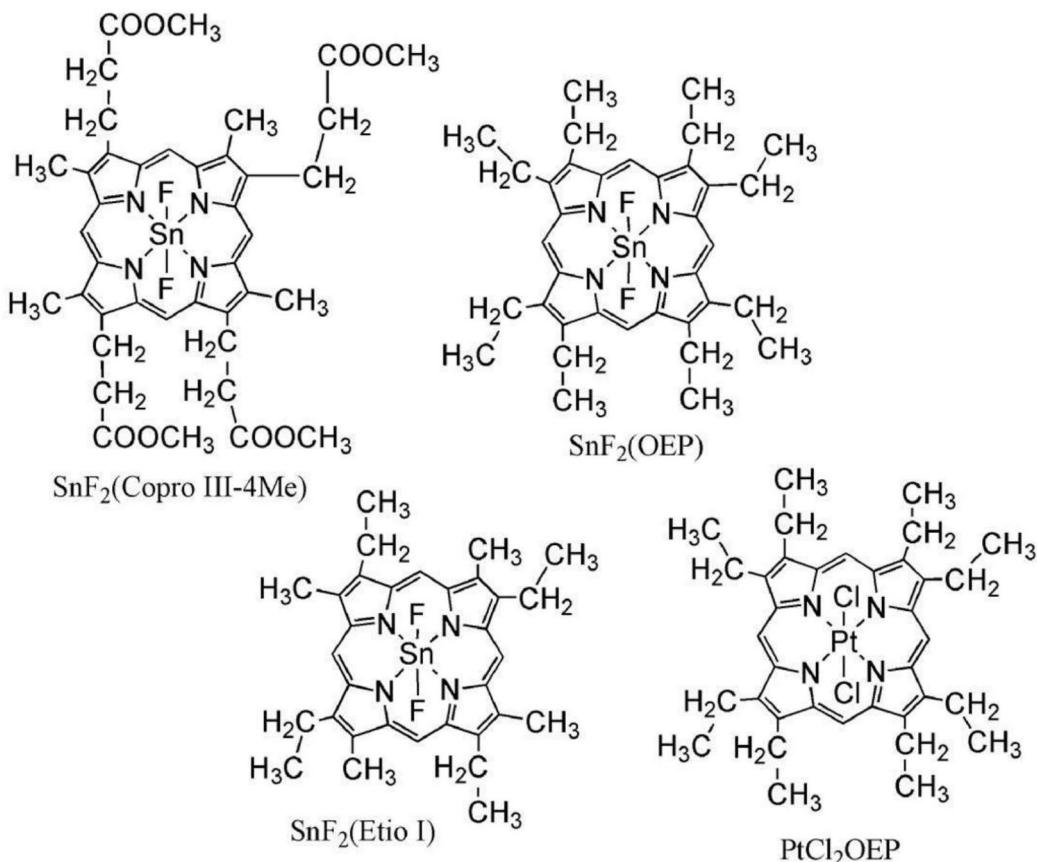
[0128] 另外, 除了上述磷光化合物以外, 还可以选择已知的磷光发光材料而使用。

[0129] 作为TADF材料可以使用富勒烯及其衍生物、普鲁黄等的吖啶衍生物以及伊红等。另外, 可以使用包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等含金属卟啉。作为该含金属卟啉, 例如, 也可以举出由下述结构式表示的原卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Hemato IX))、粪卟啉四甲酯-氟化锡配合物(SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Etio I))以及八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl₂OEP)等。

[0130] [化学式1]



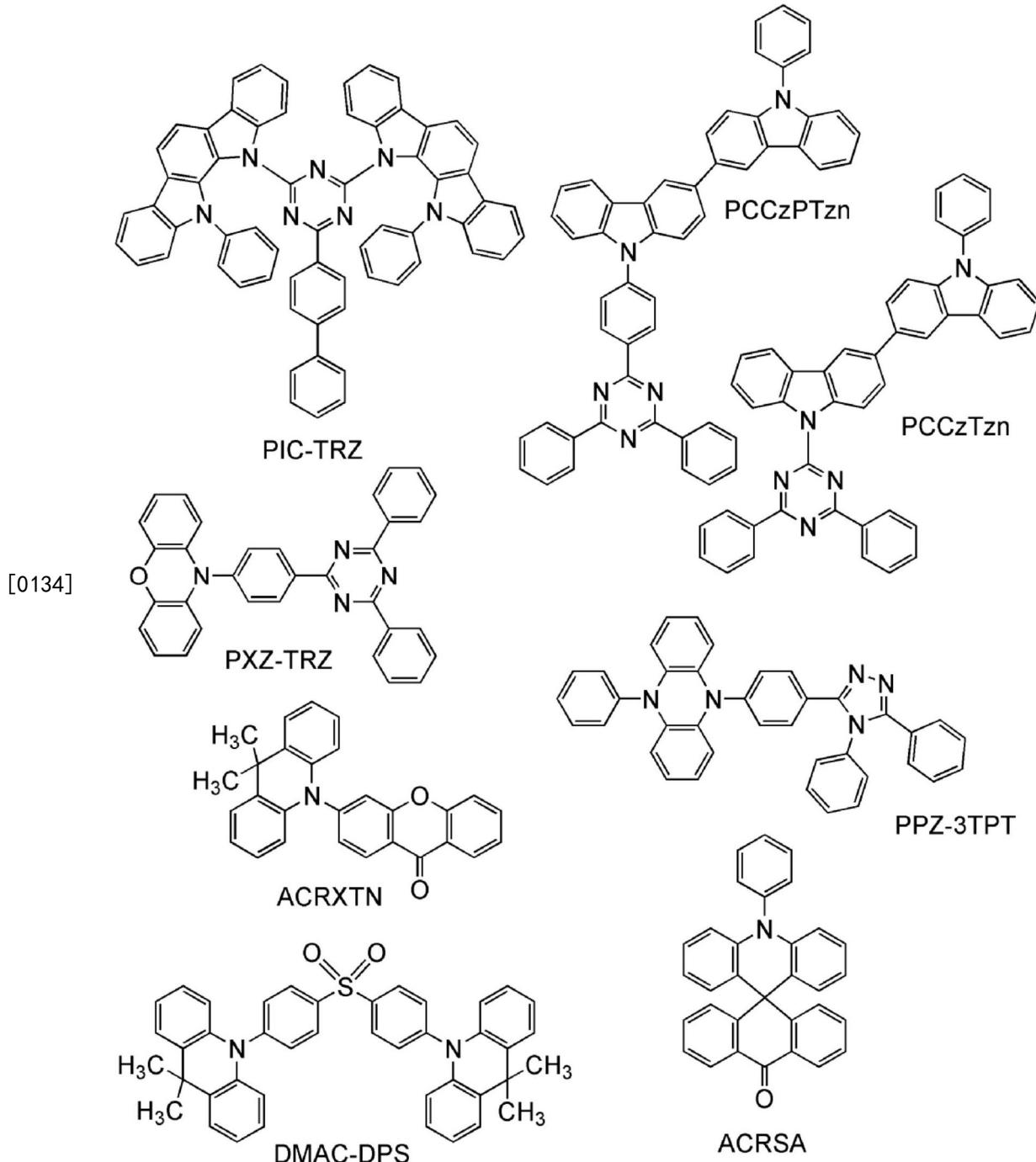
[0131]



[0132] 另外,还可以使用由下面结构式表示的2- (联苯-4-基) -4,6-双(12-苯基吖啶[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、9-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)-9'-苯基-9H,9'H-3,3'-联咔唑(简称:PCCzTzn)、2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吖啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吖啶)苯基]硫砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'H-螺[吖啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)等具有富π电子型芳杂环和缺π电子型芳杂环的双方的杂环化合物。另外,该杂环化合物具有富π电子型芳杂环和缺π电子型芳杂环,电子传输性和空穴传输性都高,所以是优选的。在富π电子型芳杂环和缺π电子型芳杂

环直接键合的物质中,富π电子芳杂环的施主性和缺π电子型芳杂环的受主性都高而S₁能级与T₁能级之间的能量差变小,可以高效地获得热活化延迟荧光,所以是特别优选的。另外,也可以使用键合有氰基等吸电子基团的芳环代替缺π电子型芳杂环。

[0133] [化学式2]



[0135] 作为发光层的主体材料,可以使用具有电子传输性的材料或具有空穴传输性的材料等各种载流子传输材料。

[0136] 下面,作为发光层的主体材料可以使用各种载流子传输材料。作为该载流子传输材料,可以使用例如以下示出的具有空穴传输性的物质或具有电子传输性的物质等。当然也可以使用除了下面举出的物质以外的具有空穴传输性的材料、具有电子传输性的材料或

具有双极性的材料。

[0137] 另外,作为具有空穴传输性的材料,可以举出:4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称: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-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'--(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBB1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9-联芴-2-胺(简称:PCBASF)等具有芳香胺骨架的化合物;1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)等具有呋喃骨架的化合物。其中,具有芳香胺骨架的化合物、具有咔唑骨架的化合物具有良好的可靠性和高空穴传输性并有助于降低驱动电压,所以是优选的。

[0138] 例如,作为具有电子传输性的材料,例如可以举出:双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:0XD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIm-II)等具有多唑骨架的杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、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)等具有二嗪骨架的杂环化合物;以及3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等的具有吡啶骨架的杂环化合物。其中,具有二嗪骨架的杂环化合物或具有吡啶骨架的杂环化合物具有良好的可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二嗪(嘧啶或吡嗪)骨架的杂环化合物具有高电子传输性,也有助于降低驱动电压。

[0139] 另外,主体材料也可以是混合多种物质的材料,当使用混合的主体材料时,优选混合具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料。通过混合具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料,可以使发光层113的传输性的调整变得更加容易,也可以更简便地进

行再结合区域的控制。具有空穴传输性的材料和具有电子传输性的材料的含量比例为1:9至9:1即可。

[0140] 另外,也可以使用这些混合了的材料形成激基复合物。通过以形成发射与发光材料的最低能量一侧的吸收带的波长重叠的光的激基复合物的方式选择混合材料,可以使能量转移变得顺利,从而高效地得到发光,所以是优选的。另外,驱动电压也得到降低,所以是优选的。

[0141] 在本发明的一个方式的发光元件中,主体材料优选为具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的物质。作为具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的物质,例如可以举出:具有葱骨架的物质诸如CzPA、7-[4-(10-苯基-9-葱基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-葱基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、4-[3-(9,10-二苯基-2-葱基)苯基]二苯并呋喃(简称:2mDBFPPA-II)、t-BuDNA、9-(2-萘基)-10-[4-(1-萘基)苯基]葱(简称:BH-1);具有并四苯骨架的物质诸如5,12-二苯基并四苯(简称:DPT)、红荧烯、2,8-二-叔丁-5,11-双(4-叔丁苯基)-6,12-二苯基并四苯(简称:TBRb);具有茈骨架的物质诸如1,3,5-三(1-茈基)苯(简称:TPB3)、9,9-双[4-(1-茈基)苯基]-9H-芴(简称:BPPF)、2,7-双(1-茈基)-螺-9,9'-联芴(简称:Spyro-pye);具有茈骨架的物质诸如2,5,8,11-四(叔丁基)茈(简称:TBP);具有荧葱骨架的物质;以及具有二苯并茈(dibenzochrysene)骨架的物质等。其中,如上所述,具有葱骨架的物质尤其是优选的。

[0142] 此外,第一电子传输材料及第二电子传输材料优选为具有六元环的含氮芳杂环骨架的物质。与具有五元环的含氮杂环骨架(吡咯、吲哚、咔唑、咪唑、苯并咪唑、三唑、苯并三唑等)的物质相比,具有六元环的含氮芳杂环骨架的物质作为电子受体的可靠性高,所以可以得到可靠性良好的发光元件。此外,与具有五元环的含氮杂环骨架的物质相比,有具有六元环的含氮芳杂环骨架的物质的LUMO能级更深的倾向,所以特别适合用于第一电子传输材料。

[0143] 因此,第一电子传输材料优选包含三嗪骨架和二嗪骨架(尤其是,吡嗪骨架或嘧啶骨架),尤其优选使用具有稠合杂芳环骨架的物质。作为包含具有二嗪骨架的稠合杂芳环骨架的物质的优选的例子,可以举出包含可靠性优异的苯并喹唑啉骨架或二苯并喹喔啉骨架的物质,尤其是,二苯并喹喔啉骨架的LUMO能级容易变深,所以是优选的。在具有上述结构的本发明的一个方式的发光元件中,可以实现伴随着驱动时间的累积的亮度劣化小且寿命长的发光元件。

[0144] 考虑到第二电子传输层与阴极接触的情况,第二电子传输材料优选为具有吡啶骨架或联吡啶骨架的物质。此外,第一电子传输材料优选包含三嗪骨架或二嗪骨架(尤其是,吡嗪骨架或嘧啶骨架),因为吡啶骨架或联吡啶骨架的LUMO能级高于上述三嗪骨架和二嗪骨架。吡啶骨架或联吡啶骨架也可以形成稠环,例如也可以形成菲罗啉骨架。

[0145] 作为第一电子传输材料及第二电子传输材料,可以举出:具有二苯并喹喔啉骨架的物质诸如2mDBTPDBq-II、2mDBTBPDBq-II、2-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-III)、2-[3-(6-苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-IV)、2-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:PCPDBq)、2-[3-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzPDBq-III)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:

称:2mCzBPDBq)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)以及7-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTBPDBq-II);具有苯并喹唑啉骨架的物质诸如2,2'-(吡啶-2,6-二基)双(4-苯基苯并[h]喹唑啉)(简称:2,6(P-Bqn)2Py);具有嘧啶骨架的物质诸如4,6mDBTP2Pm-II、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)、4-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mDBTBPBfpm-II)、4-{3-[3'-(9H-咔唑-9-基)]联苯-3-基}苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4mCzBPBfPm)、4,6-双(3,5-二(吡啶-3-基)苯基)-2-甲基嘧啶(简称:B3PYMPM)、2,2'-(吡啶-2,6-二基)双(4,6-二苯基嘧啶)(简称:2,6(P2Pm)2Py);具有吡嗪骨架的物质诸如吡嗪并[2,3-f][1,10]菲咯啉-2,3-二甲腈(简称:PPDN)、2,3-二苯基吡啶并[2,3-b]吡嗪(简称:2PYPR)、2,3-二苯基吡啶并[3,4-b]吡嗪(简称:3PYPR);具有三嗪骨架的物质诸如2,4,6-三(2-吡啶)-1,3,5-三嗪(简称:2Py3Tzn)、2,4,6-三(3'-(吡啶-3-基)联苯-3-基)-1,3,5-三嗪(简称:TmPPPPTz)、3-(4-(9H-咔唑-9-基)苯基)-9-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)-9H-咔唑(简称:CPCBPTz);具有菲罗啉骨架的物质诸如浴铜灵(简称:BCP)、红菲绕啉(简称:BPhen)、2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲罗啉(简称:NBPhen)、4,4'-二(1,10-菲罗啉-2-基)联苯(简称:Phen2BP);具有联吡啶骨架的物质诸如4,4'-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:4,4'mCzP2BPy)、4,4'-双[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:4,4'DBfP2BPy-II);以及具有吡啶骨架的物质诸如三[2,4,6-三甲基-3-(3-吡啶)苯基]硼烷(简称:3TPYMB)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)、3,3',5,5'-四[(间-吡啶基)-苯-3-基]联苯基(简称:BP4mPy)、1,3-双[3,5-二(吡啶-3-基)苯基]苯(简称:BmPyPhB)。从上述物质以及上述能够被用作主体材料的具有3环以上且6环以下的稠合芳香环骨架的物质中,以构成主体材料的材料的LUMO能级及第二电子传输材料的LUMO能级位于比第一电子传输材料的LUMO能级高(浅)的能级位置的方式选择材料,即可。

[0146] 另外,还可以设置电荷产生层116(参照图1B)。电荷产生层116是通过施加电位,可以对与该层的阴极一侧接触的层注入空穴,并且对与该层的阳极一侧接触的层注入电子的层。电荷产生层116至少包括P型层117。P型层117优选使用上述构成空穴注入层111的复合材料来形成。另外,P型层117也可以将作为构成复合材料的材料分别包含上述受主材料和空穴传输材料的膜层叠来形成。通过对P型层117施加电位,电子和空穴分别注入到第二电子传输层114-2和第二电极102,使得发光元件工作。

[0147] 另外,电荷产生层116除了包括P型层117之外,优选还包括电子中继层118及电子注入缓冲层119中的任一个或两个。

[0148] 电子中继层118至少包含具有电子传输性的物质,并且能够防止电子注入缓冲层119和P型层117的相互作用,并顺利地传递电子。优选将电子中继层118所包含的具有电子传输性的物质的LUMO能级设定在P型层117中的受主物质的LUMO能级与电子传输层中的接触于电荷产生层116的层所包含的物质的LUMO能级之间。具体而言,电子中继层118中的具有电子传输性的物质的LUMO能级优选为-5.0eV以上,更优选为-5.0eV以上且-3.0eV以下。另外,作为电子中继层118中的具有电子传输性的物质,优选使用酞菁类材料或具有金属-氧键合和芳香配体的金属配合物。

[0149] 电子注入缓冲层119可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属以及这些物质的化合物

(碱金属化合物(包括氧化锂等氧化物、卤化物、碳酸锂或碳酸铯等碳酸盐)、碱土金属化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐)或稀土金属的化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐))等电子注入性高的物质。

[0150] 另外,在电子注入缓冲层119包含具有电子传输性的物质及施主物质的情况下,作为施主物质,除了碱金属、碱土金属、稀土金属和这些物质的化合物(碱金属化合物(包括氧化锂等氧化物、卤化物、碳酸锂或碳酸铯等碳酸盐)、碱土金属化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐)或稀土金属的化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐))以外,还可以使用四硫并四苯(tetrathianaphthacene)(简称:TTN)、二茂镍、十甲基二茂镍等有机化合物。另外,作为具有电子传输性的物质,可以使用与上面所说明的用于电子传输层的材料同样的材料。

[0151] 作为形成阴极的物质,可以使用功函数小(具体为3.8eV以下)的金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等。作为这种阴极材料的具体例子,可以举出锂(Li)或铯(Cs)等碱金属、镁(Mg)、钙(Ca)或者锶(Sr)等的属于元素周期表中的第1族或第2族的元素、包含它们的合金(MgAg、AlLi)、铕(Eu)、镱(Yb)等稀土金属以及包含它们的合金等。然而,通过在阴极和电子传输层之间设置电子注入层,可以不顾及功函数的大小而将各种导电材料诸如Al、Ag、ITO、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡等用作阴极。这些导电材料可以通过真空蒸镀法、溅射法等干式法、喷墨法、旋涂法等形成。另外,电极可以通过利用溶胶-凝胶法等湿式法或利用金属材料的膏剂的湿式法形成。

[0152] 另外,作为EL层103的形成方法,不论干式法或湿式法,都可以使用各种方法。例如,也可以使用真空蒸镀法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、丝网印刷法、喷墨法或旋涂法等。

[0153] 另外,也可以通过使用不同成膜方法形成上面所述的各电极或各层。

[0154] 这里,参照图2A至图2D对利用液滴喷射法形成EL层786的方法进行说明。图2A至图2D是说明EL层786的制造方法的截面图。

[0155] 首先,在平坦化绝缘膜770上形成导电膜772,以覆盖导电膜772的一部分的方式形成绝缘膜730(参照图2A)。

[0156] 接着,在作为绝缘膜730的开口的导电膜772的露出部利用液滴喷射装置783喷射液滴784,来形成包含组成物的层785。液滴784是包含溶剂的组成物,附着于导电膜772上(参照图2B)。

[0157] 此外,也可以在减压下进行喷射液滴784的工序。

[0158] 接着,通过去除包含组成物的层785中的溶剂而使其固化,形成EL层786(参照图2C)。

[0159] 作为去除溶剂的方法,可以进行干燥工序或加热工序。

[0160] 接着,在EL层786上形成导电膜788,形成功能元件782(参照图2D)。

[0161] 如上所述,通过利用液滴喷射法形成EL层786,可以选择性地喷射组成物,因此可以减少材料的损失。另外,由于不需要经过用来进行形状的加工的光刻工序等,所以可以使工序简化,从而可以低成本形成EL层。

[0162] 另外,上述的液滴喷射法为包括如下单元的总称,该单元为具有组成物的喷射口的喷嘴或者具有一个或多个喷嘴的头部等液滴喷射单元。

[0163] 接着,参照图3说明在液滴喷射法中利用的液滴喷射装置。图3是说明液滴喷射装

置1400的示意图。

[0164] 液滴喷射装置1400包括液滴喷射单元1403。液滴喷射单元1403包括头部1405、头部1412及头部1416。

[0165] 通过由计算机1410控制与头部1405及头部1412连接的控制单元1407,可以描画预先编程了的图案。

[0166] 另外,作为描画的时机,例如可以以形成在衬底1402上的标记1411为基准而进行描画。或者,也可以以衬底1402的边缘为基准而确定基准点。在此,利用成像单元1404检测出标记1411,将通过图像处理单元1409转换为数字信号的标记1411利用计算机1410识别而产生控制信号,以将该控制信号传送至控制单元1407。

[0167] 作为成像单元1404,可以利用使用电荷耦合器(CCD)、互补型金属-氧化物半导体(CMOS)的图像传感器等。另外,在衬底1402上需要形成的图案的数据存储于存储媒体1408,可以基于该数据将控制信号传送至控制单元1407,来分别控制液滴喷射单元1403的头部1405、头部1412及头部1416等各头部。喷射的材料分别从材料供应源1413、材料供应源1414及材料供应源1415通过管道供应到头部1405、头部1412及头部1416。

[0168] 头部1405、头部1412及头部1416的内部包括以虚线1406所示的填充液状材料的空间及喷射口的喷嘴。在此未图示,但是头部1412具有与头部1405相同的内部结构。通过将头部1405的喷嘴的尺寸与头部1412的喷嘴的尺寸不同,可以使用不同的材料同时描画具有不同的宽度的图案。使用一个头部可以喷射多种发光材料且描画图案,于是在对广区域描画图案的情况下,为了提高处理量,同时使用多个喷嘴喷射同一发光材料而可以描画图案。在使用大型衬底的情况下,头部1405、头部1412及头部1416在图3所示的箭头的X、Y或Z的方向上自由地对衬底进行扫描,可以自由地设定描画的区域,由此可以在一个衬底上描画多个相同的图案。

[0169] 另外,可以在减压下进行喷射组成物的工序。可以在加热衬底的状态下喷射组成物。在喷射组成物之后,进行干燥工序和烧成工序中的一个或两个。干燥工序及烧成工序都是一种加热处理的工序,各工序的目的、温度及时间不同。干燥工序及烧成工序在常压或减压下通过激光的照射、快速热退火或加热炉的使用等进行。注意,对进行该加热处理的时机、加热处理的次数没有特别的限制。为了进行良好的干燥工序及烧成工序,其温度依赖于衬底的材料及组成物的性质。

[0170] 如上所述,可以利用液滴喷射装置形成EL层786。

[0171] 在利用液滴喷射装置制造EL层786的情况下,可以利用使用将有机化合物溶解于溶剂中的组成物的湿法形成空穴传输层。在该情况下,可以使用各种有机溶剂作为涂敷用组成物。作为能够用于所述组成物的有机溶剂,可以使用苯、甲苯、二甲苯、均三甲苯、四氢呋喃、二氧六环、乙醇、甲醇、n-丙醇、异丙醇、n-丁醇、t-丁醇、乙腈、二甲亚砜、二甲基甲酰胺、氯仿、二氯甲烷、四氯化碳、乙酸乙酯、己烷、环己烷等各种有机溶剂。尤其优选使用苯、甲苯、二甲苯、均三甲苯等低极性的苯衍生物,由此可以形成适中浓度的溶液并可以防止包含于墨中的有机化合物因氧化而发生劣化。另外,考虑到形成后的膜的均匀性及膜厚度的均匀性等,优选使用沸点为100℃以上的物质,尤其优选使用甲苯、二甲苯、均三甲苯。

[0172] 另外,上述结构可以与本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0173] 电极既可以通过利用溶胶-凝胶法等湿式法形成,又可以通过利用金属材料的膏

剂的湿式法形成。另外,也可以通过溅射法、真空蒸镀法等干式法形成电极。

[0174] 上述发光元件所发射的光经过第一电极101和第二电极102中的任一方或双方被取出到外部。因此,第一电极101和第二电极102中的任一个或两个由具有透光性的电极形成。

[0175] 另外,为了抑制从在发光层中产生的激子的能量转移,接触于发光层113的如空穴传输层和电子传输层,尤其是靠近发光层113中的再结合区域的载流子传输层优选使用如下物质构成,即具有比构成发光层的发光物质或者包含在发光层中的发光中心物质所具有的带隙大的带隙的物质。

[0176] 接着,参照图1C说明具有层叠有多个发光单元的结构的发光元件(以下也称为叠层型元件或串联元件)的方式。该发光元件是在阳极和阴极之间具有多个发光单元的发光元件。一个发光单元具有与图1A或图1B所示的EL层103大致相同的结构。就是说,可以说,图1C所示的发光元件是具有多个发光单元的发光元件,而图1A或图1B所示的发光元件是具有一个发光单元的发光元件。

[0177] 在图1C中,在第一电极501和第二电极502之间层叠有第一发光单元511和第二发光单元512,并且在第一发光单元511和第二发光单元512之间设置有电荷产生层513。第一电极501和第二电极502分别相当于图1A中的第一电极101和第二电极102,并且可以应用与图1A的说明同样的材料。另外,第一发光单元511和第二发光单元512可以具有相同结构,也可以具有不同结构。

[0178] 电荷产生层513具有在对第一电极501及第二电极502施加电压时,对一个发光单元注入电子并对另一个发光单元注入空穴的功能。就是说,在图1C中,在以第一电极的电位比第二电极的电位高的方式施加电压的情况下,电荷产生层513只要是对第一发光单元511注入电子并对第二发光单元512注入空穴的层即可。

[0179] 电荷产生层513优选具有与图1B所示的电荷产生层116同样的结构。因为有机化合物与金属氧化物的复合材料具有良好的载流子注入性及载流子传输性,从而能够实现低电压驱动及低电流驱动。注意,在发光单元的阳极一侧的面接触于电荷产生层513的情况下,电荷产生层513可以具有发光单元的空穴注入层的功能,所以发光单元也可以不设置空穴注入层。

[0180] 另外,在设置电子注入缓冲层119的情况下,因为该电子注入缓冲层119具有阳极一侧的发光单元中的电子注入层的功能,所以在阳极一侧的发光单元中不一定必须设置电子注入层。

[0181] 虽然在图1C中说明了具有两个发光单元的发光元件,但是可以同样地应用层叠三个以上的发光单元的发光元件。如根据本实施方式的发光元件,通过在一对电极之间将多个发光单元使用电荷产生层513隔开并配置,该元件可以在保持低电流密度的同时实现高亮度发光,并且能够实现使用寿命长的元件。另外,可以实现能够进行低电压驱动且低功耗的发光装置。

[0182] 另外,通过使各发光单元的发光颜色不同,可以以整个发光元件得到所希望的颜色的发光。例如,通过在具有两个发光单元的发光元件中获得来自第一发光单元的红色和绿色的发光颜色以及来自第二发光单元的蓝色的发光颜色,可以得到在整个发光元件中进行白色发光的发光元件。

[0183] 另外,上述结构可以与本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0184] 《光学微腔谐振器(微腔)的结构》

[0185] 使用反射电极和半透射·半反射电极来构成上述一对电极,由此可以得到具有微腔结构的发光元件。反射电极和半透射·半反射电极相当于上述第一电极和第二电极。在反射电极与半透射·半反射电极之间至少包括EL层,EL层至少包括成为发光区域的发光层。

[0186] 从EL层所包含的发光层射出的光被反射电极和半透射·半反射电极反射,并且谐振。注意,反射电极的可见光的反射率为40%至100%,优选为70%至100%,并且其电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下。另外,半透射·半反射电极的可见光的反射率为20%至80%,优选为40%至70%,并且其电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下。

[0187] 另外,在该发光元件中,通过改变透明导电膜、上述复合材料或载流子传输材料等的厚度而可以改变反射电极与半透射·半反射电极之间的光学距离。由此,可以在反射电极与半透射·半反射电极之间加强谐振的波长的光且使不谐振的波长的光衰减。

[0188] 在发光层所发射的光中,被反射电极反射回来的光(第一反射光)会给从发光层直接入射到半透射·半反射电极的光(第一入射光)带来很大的干涉,因此优选将反射电极与发光层的光学距离调节为 $(2n-1)\lambda/4$ (注意,n为1以上的自然数,λ为要放大的颜色的波长)。由此,可以使第一反射光与第一入射光的相位一致,由此可以进一步放大从发光层发射的光。

[0189] 另外,在上述结构中,EL层既可以含有多个发光层,又可以只含有一个发光层,例如,也可以采用如下结构:组合上述串联型发光元件的结构,在一个发光元件中夹着电荷产生层设置多个EL层,在每个EL层中形成一个或多个发光层。

[0190] 《发光装置》

[0191] 参照图4A及图4B对本发明的一个方式的发光装置进行说明。图4A是发光装置的俯视图,图4B是沿图4A中的线A-B及线C-D切断的截面图。该发光装置作为用来控制发光元件的发光的单元包括由虚线表示的驱动电路部(源极线驱动电路)601、像素部602、驱动电路部(栅极线驱动电路)603。另外,附图标记604是密封衬底,附图标记605是密封材料,由密封材料605围绕的内侧是空间607。

[0192] 注意,引导布线608是用来传送输入到源极线驱动电路601及栅极线驱动电路603的信号的布线,并且从用作外部输入端子的FPC(柔性印刷电路)609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。注意,虽然在此只图示出FPC,但是该FPC还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。

[0193] 下面,参照图4B说明截面结构。虽然在元件衬底610上形成有驱动电路部及像素部,但是在此示出作为驱动电路部的源极线驱动电路601和像素部602中的一个像素。

[0194] 作为源极线驱动电路601,形成组合n沟道型FET623和p沟道型FET624的CMOS电路。另外,驱动电路也可以利用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路形成。另外,虽然在本实施方式中示出在衬底上形成有驱动电路的驱动器一体型,但是不一定必须要采用该结构,驱动电路也可以形成在外部,而不形成在衬底上。

[0195] 另外,像素部602由多个像素形成,该多个像素各包括开关用FET611、电流控制用

FET612以及与该电流控制用FET612的漏极电连接的第一电极613,但是并不局限于此,也可以采用组合三个以上的FET和电容元件的像素部。

[0196] 对用于FET的半导体的种类及结晶性没有特别的限制,而可以使用非晶半导体或结晶半导体。作为用于FET的半导体的例子,可以使用第13族半导体、第14族半导体、化合物半导体、氧化物半导体、有机半导体材料,尤其优选使用氧化物半导体。作为该氧化物半导体,例如可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M为Al、Ga、Y、Zr、La、Ce或Nd)等。另外,通过使用能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体材料,可以降低晶体管的关态电流(off-state current),所以是优选的。

[0197] 另外,以覆盖第一电极613的端部的方式形成有绝缘物614。在此,可以使用正型感光丙烯酸树脂膜形成绝缘物614。

[0198] 另外,将绝缘物614的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面,以获得良好的覆盖性。例如,在使用正型感光丙烯酸树脂作为绝缘物614的材料的情况下,优选只使绝缘物614的上端部包括具有曲率半径(0.2μm至3μm)的曲面。作为绝缘物614,可以使用负型感光树脂或者正型感光树脂。

[0199] 在第一电极613上形成有EL层616及第二电极617。它们分别相当于图1A或图1B所说明的第一电极101、EL层103及第二电极102或者图1C所说明的第一电极501、EL层503及第二电极502。

[0200] EL层616优选包含有机金属配合物。该有机金属配合物优选被用作发光层中的发光中心物质。

[0201] 再者,通过使用密封材料605将密封衬底604贴合到元件衬底610,形成如下结构,即发光元件618安装在由元件衬底610、密封衬底604以及密封材料605围绕的空间607中。注意,在空间607中填充有填料,作为该填料,除了惰性气体(氮或氩等)以外,还可以使用密封材料605。通过在密封衬底604中形成凹部且在其中设置干燥剂,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0202] 优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封材料605。另外,这些材料优选是尽可能地不使水或氧透过的材料。另外,作为用于元件衬底610及密封衬底604的材料,除了玻璃衬底或石英衬底以外,还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics;玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0203] 例如,在本说明书等中,可以使用各种衬底来形成晶体管或发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的一个例子,例如可以使用半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状的材料的纸或者基材薄膜等。作为玻璃衬底的一个例子,有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等的例子,可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)为代表的塑料衬底。另外,可以举出丙烯酸树脂等合成树脂。另外,可以举出聚四氟乙烯(PTFE)、聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。另外,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。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,能够制造特性、尺寸或形状等的偏差小、电流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。

[0204] 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之间或在衬底与发光元件之间设置剥离层。当剥离层上制造半导体装置的一部分或全部,然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,也可以将晶体管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衬底上形成有聚酰亚胺等有机树脂薄膜的结构等。

[0205] 也就是说,也可以使用一个衬底来形成晶体管或发光元件,然后将晶体管或发光元件转置到另一个衬底上。作为晶体管或发光元件被转置的衬底,不仅可以使用上述可以形成晶体管或发光元件的衬底,还可以使用纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡皮衬底等。通过使用上述衬底,可以实现特性良好的晶体管、功耗小的晶体管、不易损坏的装置、耐热性的提高、轻量化或薄型化。

[0206] 图5A及图5B示出通过形成呈现白色发光的发光元件,并设置着色层(滤色片)等来实现了全彩色化的发光装置的例子。图5A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、栅电极1007、栅电极1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的第二电极1029、密封衬底1031、密封材料1032等。

[0207] 另外,在图5A中,着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。还可以另外设置黑色层(黑矩阵)1035。对准设置有着色层及黑色层的透明基材1033的位置,并将其固定在衬底1001上。另外,着色层及黑色层也可以被保护层覆盖。另外,图5A示出光不透过着色层而透射到外部的发光层及光透过各颜色的着色层而透射到外部的发光层,不透过着色层的光成为白色光且透过着色层的光成为红色光、蓝色光、绿色光,因此能够以四个颜色的像素显示图像。

[0208] 图5B示出将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在栅极绝缘膜1003与第一层间绝缘膜1020之间的例子。如上所述,也可以将着色层设置在衬底1001与密封衬底1031之间。

[0209] 另外,虽然以上说明了具有在形成有FET的衬底1001一侧提取光的结构(底部发射型)的发光装置,但是也可以采用具有在密封衬底1031一侧提取光的结构(顶部发射型)的发光装置。图6示出顶部发射型发光装置的截面图。在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。直到制造连接FET与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与底部发射型发光装置同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该第三层间绝缘膜也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘膜1037可以使用与第二层间绝缘膜相同的材料或其他各种材料形成。

[0210] 虽然在此将发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B都用作阳极,但也可以将其用作阴极。另外,在采用如图6所示的顶部发射型发光装置的情况下,第一电极优选为反射电极。EL层1028采用如图1A或图1B所示的EL层103或图1C所示的EL层503的结构,并且采用能够实现白色发光的元件结构。

[0211] 在采用如图6所示的顶部发射结构的情况下,可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。另外,也可以在密封衬底1031上设置有位于像素与像素之间的黑色层(黑矩阵)1035。着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)或黑色层也可以由保护层覆盖。另外,作为密封衬底1031使用具有透光性的衬底。

[0212] 另外,虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色这四个颜色进行全彩色显示的例子,但是并不局限于此,也可以以红色、绿色、蓝色这三个颜色或红色、绿色、蓝色、黄色这四个颜色进行全彩色显示。

[0213] 图7A和图7B示出本发明的一个方式的无源矩阵型发光装置。注意,图7A示出发光装置的透视图,图7B是沿图7A的线X-Y切断的截面图。在图7A和图7B中,在衬底951上的电极952与电极956之间设置有EL层955。电极952的端部被绝缘层953覆盖。在绝缘层953上设置有分隔壁层954。分隔壁层954的侧壁具有如下倾斜,即越接近衬底表面,两个侧壁之间的间隔越窄。换句话说,分隔壁层954的短边方向的截面是梯形,底边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953接触的边)比上边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953不接触的边)短。如此,通过设置分隔壁层954,可以防止因静电等引起的发光元件的不良。

[0214] 以上说明的发光装置能够利用形成在像素部中的FET控制配置为矩阵状的微小的多个发光元件中的每一个,所以上述发光装置适合用作进行图像显示的显示装置。

[0215] 《照明装置》

[0216] 参照图8A及图8B对本发明的一个方式的照明装置进行说明。图8B是照明装置的俯视图,图8A是沿图8B中的e-f切割的截面图。

[0217] 在该照明装置中,在用作支撑体的具有透光性的衬底400上形成有第一电极401。第一电极401相当于图1A及图1B中的第一电极101。当从第一电极401一侧提取光时,第一电极401使用具有透光性的材料形成。

[0218] 在衬底400上形成用来对第二电极404供应电压的焊盘412。

[0219] 在第一电极401上形成有EL层403。EL层403相当于图1A及图1B中的EL层103等。另外,关于各结构,可以参照上述说明。

[0220] 以覆盖EL层403的方式形成第二电极404。第二电极404相当于图1A和图1B中的第二电极102。当从第一电极401一侧提取光时,第二电极404包含反射率高的材料形成。通过使第二电极404与焊盘412连接,对第二电极404供应电压。

[0221] 由第一电极401、EL层403以及第二电极404形成发光元件。通过使用密封剂405、406将该发光元件固定在密封衬底407,并进行密封来制造照明装置。另外,也可以只使用密封剂405、406中的一个。另外,也可以在内侧的密封剂406(在图8B中未图示)中混合干燥剂,由此能够吸收水分而提高可靠性。

[0222] 另外,通过以延伸到密封剂405、406的外部的方式设置焊盘412以及第一电极401的一部分,可以将其用作外部输入端子。另外,也可以在其上设置安装有转换器等的IC芯片420等。

[0223] 在此,参照图16和图17说明可以用于使用本发明的一个方式的半导体装置的显示装置的显示部等的显示面板的例子。下面例示的显示面板是包括反射型液晶元件及发光元

件的两种元件且能够以透过模式和反射模式的两种模式进行显示的显示面板。

[0224] <6-1. 显示面板的结构实例>

[0225] 图16是本发明的一个方式的显示面板688的透视示意图。显示面板688包括将衬底651与衬底661贴合在一起的结构。在图16中,以虚线表示衬底661。

[0226] 显示面板688包括显示部662、电路659及布线666等。衬底651例如设置有电路659、布线666及被用作像素电极的导电膜663等。另外,图16示出在衬底651上安装有IC673及FPC672的例子。由此,图16所示的结构可以说是包括显示面板688、FPC672及IC673的显示模块。

[0227] 作为电路659,例如可以使用用作扫描线驱动电路的电路。

[0228] 布线666具有对显示部662及电路659供应信号或电力的功能。该信号或电力从外部经由FPC672或者从IC673输入到布线666。

[0229] 图16示出利用COG (Chip On Glass: 玻璃覆晶封装) 方式等对衬底651设置IC673的例子。例如,可以对IC673适用用作扫描线驱动电路或信号线驱动电路的IC。另外,当显示面板688具备用作扫描线驱动电路或信号线驱动电路的电路,或者将用作扫描线驱动电路或信号线驱动电路的电路设置在外部且通过FPC672输入用来驱动显示面板688的信号时,也可以不设置IC673。另外,也可以将IC673利用COF (Chip On Film: 薄膜覆晶封装) 方式等安装于FPC672。

[0230] 图16示出显示部662的一部分的放大图。在显示部662中以矩阵状配置有多个显示元件所包括的导电膜663。在此,导电膜663具有反射可见光的功能且被用作下述液晶元件640的反射电极。

[0231] 此外,如图16所示,导电膜663包括开口。再者,在导电膜663的衬底651一侧包括发光元件660。来自发光元件660的光透过导电膜663的开口发射到衬底661一侧。通过作为发光元件660使用本发明的一个方式的发光元件,可以提供一种寿命长的显示面板。或者,可以提供一种包括发光效率良好的发光元件的显示面板。此外,通过作为发光元件660使用本发明的一个方式的发光元件,可以提供一种包括发光效率良好的蓝色发光元件的显示面板。

[0232] <6-2. 截面结构实例>

[0233] 图17示出图16所例示的显示面板中的包括FPC672的区域的一部分、包括电路659的区域的一部分及包括显示部662的区域的一部分的截面的例子。

[0234] 显示面板在衬底651与衬底661之间包括绝缘膜697。另外,在衬底651与绝缘膜697之间包括发光元件660、晶体管689、晶体管691、晶体管692及着色层634等。另外,在绝缘膜697与衬底661之间包括液晶元件640、着色层631等。另外,衬底661隔着粘合层641与绝缘膜697粘合,衬底651隔着粘合层642与绝缘膜697粘合。

[0235] 晶体管692与液晶元件640电连接,而晶体管691与发光元件660电连接。因为晶体管691和晶体管692都形成在绝缘膜697的衬底651一侧的面上,所以它们可以通过同一工序制造。

[0236] 衬底661设置有着色层631、遮光膜632、绝缘层698及被用作液晶元件640的公共电极的导电膜695、取向膜633b、绝缘层696等。绝缘层696被用作用来保持液晶元件640的单元间隙的间隔物。

[0237] 在绝缘膜697的衬底651一侧设置有绝缘膜681、绝缘膜682、绝缘膜683、绝缘膜684、绝缘膜685等绝缘层。绝缘膜681的一部分被用作各晶体管的栅极绝缘层。绝缘膜682、绝缘膜683及绝缘膜684以覆盖各晶体管等的方式设置。此外，绝缘膜685以覆盖绝缘膜684的方式设置。绝缘膜684及绝缘膜685具有平坦化层的功能。此外，这里示出作为覆盖晶体管等的绝缘层包括绝缘膜682、绝缘膜683及绝缘膜684的三层的情况，但是绝缘层不局限于此，也可以为四层以上、单层或两层。如果不需要，则可以不设置用作平坦化层的绝缘膜684。

[0238] 另外，晶体管689、晶体管691及晶体管692包括其一部分用作栅极的导电膜654、其一部分用作源极或漏极的导电层652、半导体膜653。在此，对经过同一导电膜的加工而得到的多个层附有相同的阴影线。

[0239] 液晶元件640是反射型液晶元件。液晶元件640包括层叠有导电膜635、液晶层694及导电膜695的叠层结构。另外，设置有与导电膜635的衬底651一侧接触的反射可见光的导电膜663。导电膜663包括开口655。另外，导电膜635及导电膜695包含使可见光透过的材料。此外，在液晶层694和导电膜635之间设置有取向膜633a，并且在液晶层694和导电膜695之间设置有取向膜633b。此外，在衬底661的外侧的面上设置有偏振片656。

[0240] 在液晶元件640中，导电膜663具有反射可见光的功能，导电膜695具有透过可见光的功能。从衬底661一侧入射的光被偏振片656偏振，透过导电膜695、液晶层694，且被导电膜663反射。而且，再次透过液晶层694及导电膜695而到达偏振片656。此时，由施加到导电膜663和导电膜695之间的电压控制液晶的取向，从而可以控制光的光学调制。也就是说，可以控制经过偏振片656发射的光的强度。此外，由于特定的波长区域之外的光被着色层631吸收，因此被提取的光例如呈现红色。

[0241] 发光元件660是底部发射型发光元件。发光元件660具有从绝缘膜697一侧依次层叠有导电层643、EL层644及导电层645b的结构。另外，设置有覆盖导电层645b的导电层645a。导电层645b包含反射可见光的材料，导电层643及导电层645a包含使可见光透过的材料。发光元件660所发射的光经过着色层634、绝缘膜697、开口655及导电膜695等射出到衬底661一侧。

[0242] 在此，如图17所示，开口655优选设置有透过可见光的导电膜635。由此，液晶层694在与开口655重叠的区域中也与其他区域同样地取向，从而可以抑制因在该区域的边境部产生液晶的取向不良而产生非意图的漏光。

[0243] 在此，作为设置在衬底661的外侧的面的偏振片656，可以使用直线偏振片，也可以使用圆偏振片。作为圆偏振片，例如可以使用将直线偏振片和四分之一波相位差板层叠而成的偏振片。由此，可以抑制外光反射。此外，通过根据偏振片的种类调整用于液晶元件640的液晶元件的单元间隙、取向、驱动电压等来实现所希望的对比度，即可。

[0244] 在覆盖导电层643的端部的绝缘膜646上设置有绝缘膜647。绝缘膜647具有抑制绝缘膜697与衬底651之间的距离过近的间隙物的功能。另外，当使用遮蔽掩模（金属掩模）形成EL层644及导电层645a时，绝缘膜647可以具有抑制该遮蔽掩模接触于被形成面的功能。另外，如果不需要则可以不设置绝缘膜647。

[0245] 晶体管691的源极和漏极中的一个通过导电层648与发光元件660的导电层643电连接。

[0246] 晶体管692的源极和漏极中的一个通过连接部693与导电膜663电连接。导电膜635与导电膜663接触，它们彼此电连接。在此，连接部693是使设置在绝缘膜697的双面上的导电层通过形成在绝缘膜697中的开口彼此电连接的部分。

[0247] 在衬底651与衬底661重叠的区域中设置有连接部690。连接部690通过连接层649与FPC672电连接。连接部690具有与连接部693相同的结构。在连接部690的顶面上露出对与导电膜635同一的导电膜进行加工来获得的导电层。因此，通过连接层649可以使连接部690与FPC672电连接。

[0248] 在设置有粘合层641的一部分的区域中设置有连接部687。在连接部687中，通过连接体686使对与导电膜635同一的导电膜进行加工来获得的导电层和导电膜695的一部分电连接。由此，可以将从连接于衬底651一侧的FPC672输入的信号或电位通过连接部687供应到形成在衬底661一侧的导电膜695。

[0249] 例如，连接体686可以使用导电粒子。作为导电粒子，可以采用表面覆盖有金属材料的有机树脂或二氧化硅等的粒子。作为金属材料，优选使用镍或金，因为其可以降低接触电阻。另外，优选使用由两种以上的金属材料以层状覆盖的粒子诸如由镍以及金覆盖的粒子。另外，连接体686优选采用能够弹性变形或塑性变形的材料。此时，有时导电粒子的连接体686成为图17所示那样的在纵向上被压扁的形状。通过具有该形状，可以增大连接体686与电连接于该连接体的导电层的接触面积，从而可以降低接触电阻并抑制接触不良等问题发生。

[0250] 连接体686优选以由粘合层641覆盖的方式配置。例如，可以将连接体686分散在固化之前的粘合层641。

[0251] 在图17中，作为电路659的例子，示出设置有晶体管689的例子。

[0252] 在图17中，作为晶体管689及晶体管691的例子，应用由两个栅极夹着形成有沟道的半导体膜653的结构。一个栅极由导电膜654构成，而另一个栅极由隔着绝缘膜682与半导体膜653重叠的导电膜699构成。通过采用这种结构，可以控制晶体管的阈值电压。此时，也可以通过连接两个栅极并对该两个栅极供应同一信号来驱动晶体管。与其他晶体管相比，这种晶体管能够提高场效应迁移率，而可以增大通态电流。其结果是，可以制造能够进行高速驱动的电路。再者，能够缩小电路部的占有面积。通过使用通态电流高的晶体管，即使在使显示面板大型化或高清晰化时布线数增多，也可以降低各布线的信号延迟，并且可以抑制显示的不均匀。

[0253] 电路659所包括的晶体管与显示部662所包括的晶体管也可以具有相同的结构。此外，电路659所包括的多个晶体管可以都具有相同的结构或不同的结构。另外，显示部662所包括的多个晶体管可以都具有相同的结构或不同的结构。

[0254] 覆盖各晶体管的绝缘膜682和绝缘膜683中的至少一个优选使用水或氢等杂质不容易扩散的材料。即，可以将绝缘膜682或绝缘膜683用作阻挡膜。通过采用这种结构，可以有效地抑制杂质从外部扩散到晶体管中，从而能够实现可靠性高的显示面板。

[0255] 在衬底661一侧设置有覆盖着色层631、遮光膜632的绝缘层698。绝缘层698可以具有平坦化层的功能。通过使用绝缘层698可以使导电膜695的表面大致平坦，可以使液晶层694的取向状态成为均匀。

[0256] 对制造显示面板688的方法的例子进行说明。例如，在包括剥离层的支撑衬底上依

次形成导电膜635、导电膜663及绝缘膜697，形成晶体管691、晶体管692及发光元件660等，然后使用粘合层642贴合衬底651和支撑衬底。之后，通过在剥离层和绝缘膜697之间的界面及剥离层和导电膜635之间的界面进行剥离，去除支撑衬底及剥离层。此外，另外准备预先形成有着色层631、遮光膜632、导电膜695等的衬底661。而且，对衬底651或衬底661滴下液晶，并由粘合层641贴合衬底651和衬底661，从而可以制造显示面板688。

[0257] 作为剥离层，可以适当地选择在与绝缘膜697及导电膜635之间的界面产生剥离的材料。特别是，作为剥离层，使用包含钨等高熔点金属材料的层和包含该金属材料的氧化物的层的叠层，并且优选作为剥离层上的绝缘膜697使用层叠有多个氮化硅、氧氮化硅、氮氧化硅等的层。当将高熔点金属材料用于剥离层时，可以提高在形成剥离层之后形成的层的形成温度，从而可以降低杂质浓度并实现可靠性高的显示面板。

[0258] 作为导电膜635，优选使用金属氧化物、金属氮化物或低电阻化的氧化物半导体等氧化物或氮化物。在使用氧化物半导体时，将氢浓度、硼浓度、磷浓度、氮浓度及其他杂质的浓度以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用于导电膜635，即可。

[0259] <6-3. 各构成要素>

[0260] 下面，对上述各构成要素进行说明。此外，省略具有与上述所示的功能相同的功能的结构的说明。

[0261] [粘合层]

[0262] 作为各粘合层，可以使用紫外线固化粘合剂等光固化粘合剂、反应固化粘合剂、热固化粘合剂、厌氧粘合剂等各种固化粘合剂。作为这些粘合剂，可以举出环氧树脂、丙烯酸树脂、硅酮树脂、酚醛树脂、聚酰亚胺树脂、酰亚胺树脂、PVC(聚氯乙烯)树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)树脂、EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)树脂等。尤其优选使用环氧树脂等透湿性低的材料。另外，也可以使用两液混合型树脂。此外，也可以使用粘合薄片等。

[0263] 另外，在上述树脂中也可以包含干燥剂。例如，可以使用碱土金属的氧化物(氧化钙或氧化钡等)那样的通过化学吸附吸附水分的物质。或者，也可以使用沸石或硅胶等通过物理吸附来吸附水分的物质。当在树脂中包含干燥剂时，能够抑制水分等杂质进入元件，从而显示面板的可靠性得到提高，所以是优选的。

[0264] 此外，通过在上述树脂中混合折射率高的填料或光散射构件，可以提高光提取效率。例如，可以使用氧化钛、氧化钡、沸石、锆等。

[0265] [连接层]

[0266] 作为连接层，可以使用各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)、各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等。

[0267] [着色层]

[0268] 作为能够用于着色层的材料，可以举出金属材料、树脂材料、包含颜料或染料的树脂材料等。

[0269] [遮光层]

[0270] 作为能够用于遮光层的材料，可以举出碳黑、钛黑、金属、金属氧化物或包含多个金属氧化物的固溶体的复合氧化物等。遮光层也可以为包含树脂材料的膜或包含金属等无机材料的薄膜。另外，也可以对遮光层使用包含着色层的材料的膜的叠层膜。例如，可以采

用包含用于使某个颜色的光透过的着色层的材料的膜与包含用于使其他颜色的光透过的着色层的材料的膜的叠层结构。通过使着色层与遮光层的材料相同，除了可以使用相同的装置以外，还可以简化工序，因此是优选的。

[0271] 以上是关于各构成要素的说明。

[0272] <6-4. 制造方法实例>

[0273] 在此，对使用具有柔性的衬底的显示面板的制造方法的例子进行说明。

[0274] 在此，将包括显示元件、电路、布线、电极、着色层及遮光层等光学构件以及绝缘层等的层总称为元件层。例如，元件层包括显示元件，除此以外还可以包括与显示元件电连接的布线、用于像素或电路的晶体管等元件。

[0275] 另外，在此，将在显示元件完成（制造工序结束）的阶段中支撑元件层且具有柔性的构件称为衬底。例如，衬底在其范围内也包括其厚度为10nm以上且300μm以下的极薄的薄膜等。

[0276] 作为在具有柔性且具备绝缘表面的衬底上形成元件层的方法，典型地有如下两个方法。一个方法是在衬底上直接形成元件层的方法。另一个方法是在与衬底不同的支撑衬底上形成元件层之后分离元件层与支撑衬底而将元件层转置于衬底的方法。另外，在此没有详细的说明，但是除了上述两个方法以外，还有如下方法：在没有柔性的衬底上形成元件层，通过抛光等使该衬底变薄而使该衬底具有柔性的方法。

[0277] 当构成衬底的材料对元件层的形成工序中的加热具有耐热性时，若在衬底上直接形成元件层，则可使工序简化，所以是优选的。此时，若在将衬底固定于支撑衬底的状态下形成元件层，则可使装置内及装置之间的传送变得容易，所以是优选的。

[0278] 另外，当采用在将元件层形成在支撑衬底上后将其转置于衬底的方法时，首先在支撑衬底上层叠剥离层和绝缘层，在该绝缘层上形成元件层。接着，将元件层与支撑衬底之间进行剥离并将元件层转置于衬底。此时，选择在支撑衬底材料与剥离层的界面、剥离层与绝缘层的界面或剥离层中发生剥离的材料即可。在上述方法中，通过将高耐热性材料用于支撑衬底及剥离层，可以提高形成元件层时所施加的温度的上限，从而可以形成包括更高可靠性的元件的元件层，所以是优选的。

[0279] 例如，优选的是，作为剥离层使用包含钨等高熔点金属材料的层与包含该金属材料的氧化物的层的叠层，作为剥离层上的绝缘层使用层叠多个氧化硅层、氮化硅层、氧氮化硅层、氮氧化硅层等的层。

[0280] 作为元件层与支撑衬底之间进行剥离的方法，例如可以举出如下方法：施加机械力量的方法；对剥离层进行蚀刻的方法；使液体渗透到剥离界面的方法；等。另外，可以通过利用形成剥离界面的两层的热膨胀系数的差异，对支撑衬底进行加热或冷却而进行剥离。

[0281] 另外，当能够在支撑衬底与绝缘层的界面进行剥离时，可以不设置剥离层。

[0282] 例如，也可以作为支撑衬底使用玻璃，作为绝缘层使用聚酰亚胺等有机树脂。此时，也可以通过使用激光等对有机树脂的一部分局部性地进行加热，或者通过使用锐利的构件物理性地切断或打穿有机树脂的一部分等来形成剥离的起点，由此在玻璃与有机树脂的界面进行剥离。当作为上述有机树脂使用感光材料时，容易形成开口等的形状，所以是优选的。上述激光例如优选为可见光线至紫外线的波长区域的光。例如，可以使用波长为200nm以上且400nm以下，优选为250nm以上且350nm以下的光。尤其是，当使用波长为308nm

的准分子激光，生产率得到提高，所以是优选的。另外，也可以使用作为Nd:YAG激光的第三谐波的波长为355nm的UV激光等固体UV激光（也称为半导体UV激光）。

[0283] 另外，也可以在支撑衬底与由有机树脂构成的绝缘层之间设置发热层，通过对该发热层进行加热，由此在该发热层与绝缘层的界面进行剥离。作为发热层，可以使用通过电流流过发热的材料、通过吸收光发热的材料、通过施加磁场发热的材料等各种材料。例如，作为发热层的材料，可以使用选自半导体、金属及绝缘体中的材料。

[0284] 在上述方法中，可以在进行剥离之后将由有机树脂构成的绝缘层用作衬底。

[0285] 以上是对柔性显示面板的制造方法的说明。

[0286] 本实施方式的至少一部分可以与本说明书所记载的其他结构适当地组合而实施。

[0287] 《电子设备》

[0288] 以下，对作为本发明的一个方式的电子设备的例子进行说明。作为电子设备，例如可以举出电视装置（也称为电视机或电视接收机）、用于计算机等的显示器、数码相机、数码摄像机、数码相框、移动电话机（也称为移动电话、移动电话装置）、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置、弹珠机等大型游戏机等。以下，示出这些电子设备的具体例子。

[0289] 图9A示出电视装置的一个例子。在电视装置中，框体7101中组装有显示部7103。另外，在此示出利用支架7105支撑框体7101的结构。可以利用显示部7103显示图像，并且将发光元件排列为矩阵状而构成显示部7103。

[0290] 可以通过利用框体7101所具备的操作开关或另行提供的遥控操作机7110进行电视装置的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109，可以控制频道及音量，由此可以控制显示在显示部7103中的图像。另外，也可以在遥控操作机7110中设置用来显示从该遥控操作机7110输出的信息的显示部7107。

[0291] 另外，电视装置采用具备接收机、调制解调器等的结构。可以通过接收机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，能够进行单向（从发送者到接收者）或双向（发送者和接收者之间或接收者之间等）的信息通信。

[0292] 图9B1示出计算机，该计算机包括主体7201、框体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。另外，该计算机通过将发光元件排列为矩阵状并用于显示部7203而制造。图9B1中的计算机也可以为如图9B2所示的方式。图9B2所示的计算机设置有第二显示部7210代替键盘7204及指向装置7206。第二显示部7210是触摸屏，通过利用指头或专用笔操作显示在第二显示部7210上的输入用显示，能够进行输入。另外，第二显示部7210不仅能够显示输入用显示，而且可以显示其他图像。另外，显示部7203也可以是触摸屏。因为两个屏面通过铰链部连接，所以可以防止当收纳或搬运时发生问题如屏面受伤、破坏等。

[0293] 图9C和图9D示出便携式信息终端的一个例子。便携式信息终端具备组装在框体7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。另外，便携式信息终端包括其中发光元件被排列为矩阵状的显示部7402。

[0294] 图9C和图9D所示的便携式信息终端也可以具有通过用手指等触摸显示部7402来输入信息的结构。在此情况下，能够通过用手指等触摸显示部7402来进行打电话或编写电子邮件等的操作。

[0295] 显示部7402主要有三种屏面模式。第一是以图像的显示为主的显示模式，第二是

以文字等的信息的输入为主的输入模式,第三是混合显示模式和输入模式的两个模式的显示输入模式。

[0296] 例如,在打电话或编写电子邮件的情况下,可以采用将显示部7402主要用于输入文字的文字输入模式而进行在屏幕上显示的文字的输入操作。在此情况下,优选在显示部7402的屏面的大部分中显示键盘或号码按钮。

[0297] 另外,通过在便携式信息终端内部设置具有陀螺仪和加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置,可以判断便携式信息终端的方向(纵或横)而自动进行显示部7402的屏面显示的切换。

[0298] 另外,通过触摸显示部7402或对框体7401的操作按钮7403进行操作,来进行屏面模式的切换。或者,也可以根据显示在显示部7402上的图像的种类切换屏面模式。例如,当显示在显示部上的图像信号为动态图像的数据时,将屏面模式切换成显示模式,而当该图像信号为文字数据时,将屏面模式切换成输入模式。

[0299] 另外,当在输入模式中通过检测显示部7402的光传感器所检测的信号而得知在一定期间内没有显示部7402的触摸操作输入时,也可以将屏面模式控制为从输入模式切换成显示模式。

[0300] 也可以将显示部7402用作图像传感器。例如,通过用手掌或手指触摸显示部7402,来拍摄掌纹、指纹等,能够进行个人识别。另外,通过在显示部中使用发射近红外光的背光或发射近红外光的感测用光源,也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。

[0301] 注意,上述电子设备可以适当地组合本说明书中所示的结构而使用。

[0302] 另外,优选将本发明的一个方式的发光元件用于显示部。该发光元件可以成为发光效率高的发光元件。还可以成为驱动电压低的发光元件。因此,包括本发明的一个方式的发光元件的电子设备可以成为功耗小的电子设备。

[0303] 图10示出将发光元件用于背光源的液晶显示装置的一个例子。图10所示的液晶显示装置包括框体901、液晶层902、背光单元903以及框体904,液晶层902与驱动器IC905连接。在背光单元903中使用发光元件,并且通过端子906将电流供应到背光单元903。

[0304] 作为发光元件优选使用本发明的一个方式的发光元件,通过将该发光元件用于液晶显示装置的背光源,能够得到低功耗的背光源。

[0305] 图11示出本发明的一个方式的台灯的例子。图11所示的台灯包括框体2001和光源2002,并且作为光源2002采用使用发光元件的照明装置。

[0306] 图12示出室内的照明装置3001的例子。优选将本发明的一个方式的发光元件用于该照明装置3001。

[0307] 图13示出本发明的一个方式的汽车。在该汽车的挡风玻璃或仪表盘中安装有发光元件。显示区域5000至显示区域5005是使用发光元件设置的显示区域。优选使用本发明的一个方式的发光元件,由此可以降低显示区域5000至显示区域5005的功耗,所以适于车载用途。

[0308] 显示区域5000和显示区域5001是设置在汽车的挡风玻璃上的使用发光元件的显示装置。通过使用具有透光性的电极形成第一电极和第二电极,可以将该发光元件形成为能看到对面一侧的所谓的透视式显示装置。当采用透视式显示时,即使将该透视式显示装置设置在汽车的挡风玻璃上,也不妨碍视野。另外,在设置用于驱动的晶体管等的情况下,

优选使用具有透光性的晶体管,诸如使用有机半导体材料的有机晶体管或使用氧化物半导体的晶体管等。

[0309] 显示区域5002是设置在立柱部分的使用发光元件的显示装置。通过在显示区域5002上显示来自设置在车体上的成像单元的图像,可以补充被立柱遮挡的视野。另外,同样地,设置在仪表盘部分上的显示区域5003通过显示来自设置在汽车外侧的成像单元的图像,能够弥补被车体遮挡的视野的死角,从而提高安全性。通过显示图像以弥补看不见的部分,能够更自然且简单地确认安全。

[0310] 显示区域5004和显示区域5005可以提供导航信息、速度表、转速表、行驶距离、加油量、排档状态、空调的设定以及其他各种信息。使用者可以适当地改变显示内容及布置。另外,这些信息也可以显示在显示区域5000至显示区域5003上。另外,也可以将显示区域5000至显示区域5005用作照明装置。

[0311] 图14A和图14B是能够折叠的平板终端的一个例子。图14A是打开状态的平板终端,并且包括框体9630、显示部9631a、显示部9631b、显示模式切换开关9034、电源开关9035、省电模式切换开关9036以及夹子9033。另外,通过将包括本发明的一个方式的发光元件的发光装置用于显示部9631a和显示部9631b中的一个或两个来制造该平板终端。

[0312] 在显示部9631a中,可以将其一部分用作触摸面板区域9632a,并且可以通过触摸所显示的操作键9637来输入数据。另外,例示出显示部9631a的一半只具有显示的功能,并且另一半具有触摸面板的功能的结构,但是不局限于该结构,也可以采用使显示部9631a的所有的区域具有触摸面板的功能的结构。例如,可以使显示部9631a的整个面显示键盘按钮来将其用作触摸面板,并且将显示部9631b用作显示屏面。

[0313] 另外,显示部9631b与显示部9631a同样,也可以将其一部分用作触摸面板区域9632b。另外,通过使用手指或触屏笔等触摸触摸面板上的键盘显示切换按钮9639,可以在显示部9631b上显示键盘按钮。

[0314] 另外,也可以对触摸面板区域9632a和触摸面板区域9632b同时进行触摸输入。

[0315] 另外,显示模式切换开关9034能够切换竖屏显示和横屏显示等显示的方向以及黑白显示和彩色显示等。省电模式切换开关9036可以根据平板终端所内置的光传感器所检测的使用时的外光的光量,将显示的亮度设定为最合适的亮度。平板终端除了光传感器以外还可以内置陀螺仪和加速度传感器等检测倾斜度的传感器等的其他检测装置。

[0316] 另外,图14A示出显示部9631b的显示面积与显示部9631a的显示面积相同的例子,但是不局限于此,可以使其中一个的尺寸和另一个的尺寸不同,也可以使它们的显示品质有差异。例如可以采用显示部9631a和9631b中的一个与另一个相比可以进行高精细的显示的结构。

[0317] 图14B是合上状态的平板终端,图14B示出本实施方式的平板终端具备框体9630、太阳能电池9633、充放电控制电路9634、电池9635以及DCDC转换器9636的例子。另外,在图14B中,作为充放电控制电路9634的一个例子示出具有电池9635和DCDC转换器9636的结构。

[0318] 另外,平板终端能够折叠,因此不使用时可以合上框体9630。因此,可以保护显示部9631a和显示部9631b,而可以提供一种耐久性高且从长期使用的观点来看可靠性高的平板终端。

[0319] 另外,图14A和图14B所示的平板终端还可以具有如下功能:显示各种各样的信息

(静态图像、动态图像、文字图像等)的功能;将日历、日期或时刻等显示在显示部上的功能;对显示在显示部上的信息进行触摸输入操作或编辑的触摸输入的功能;通过各种各样的软件(程序)控制处理的功能等。

[0320] 通过利用安装在平板终端的表面上的太阳能电池9633,可以将电力供应到触摸面板、显示部或图像信号处理部等。另外,通过将太阳能电池9633设置在框体9630的一个面或两个面,可以高效地对电池9635进行充电,所以是优选的。

[0321] 另外,参照图14C所示的方框图对图14B所示的充放电控制电路9634的结构和工作进行说明。图14C示出太阳能电池9633、电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至SW3以及显示部9631,电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至SW3对应于图14B所示的充放电控制电路9634。

[0322] 首先,说明在利用外光使太阳能电池9633发电时的工作的例子。使用DCDC转换器9636将太阳能电池所产生的电力的电压升压或降压到用来对电池9635进行充电的电压。并且,当利用来自太阳能电池9633的电力使显示部9631工作时使开关SW1导通,并且,利用转换器9638将该电力的电压升压或降压到显示部9631所需要的电压。另外,当不进行显示部9631中的显示时,使开关SW1关闭且使开关SW2导通来对电池9635进行充电。

[0323] 注意,作为发电单元的一个例子示出太阳能电池9633,但发电单元不局限于此,也可以使用压电元件(piezoelectric element)或热电转换元件(珀耳帖元件(Peltier element))等其他发电单元进行电池9635的充电。另外,也可以使用以无线(不接触)的方式能够收发电力来进行充电的无线电力传输模块或组合其他充电单元进行充电,并且也可以不包括发电单元。

[0324] 另外,只要具备上述显示部9631,就不局限于图14A至图14C所示的平板终端。

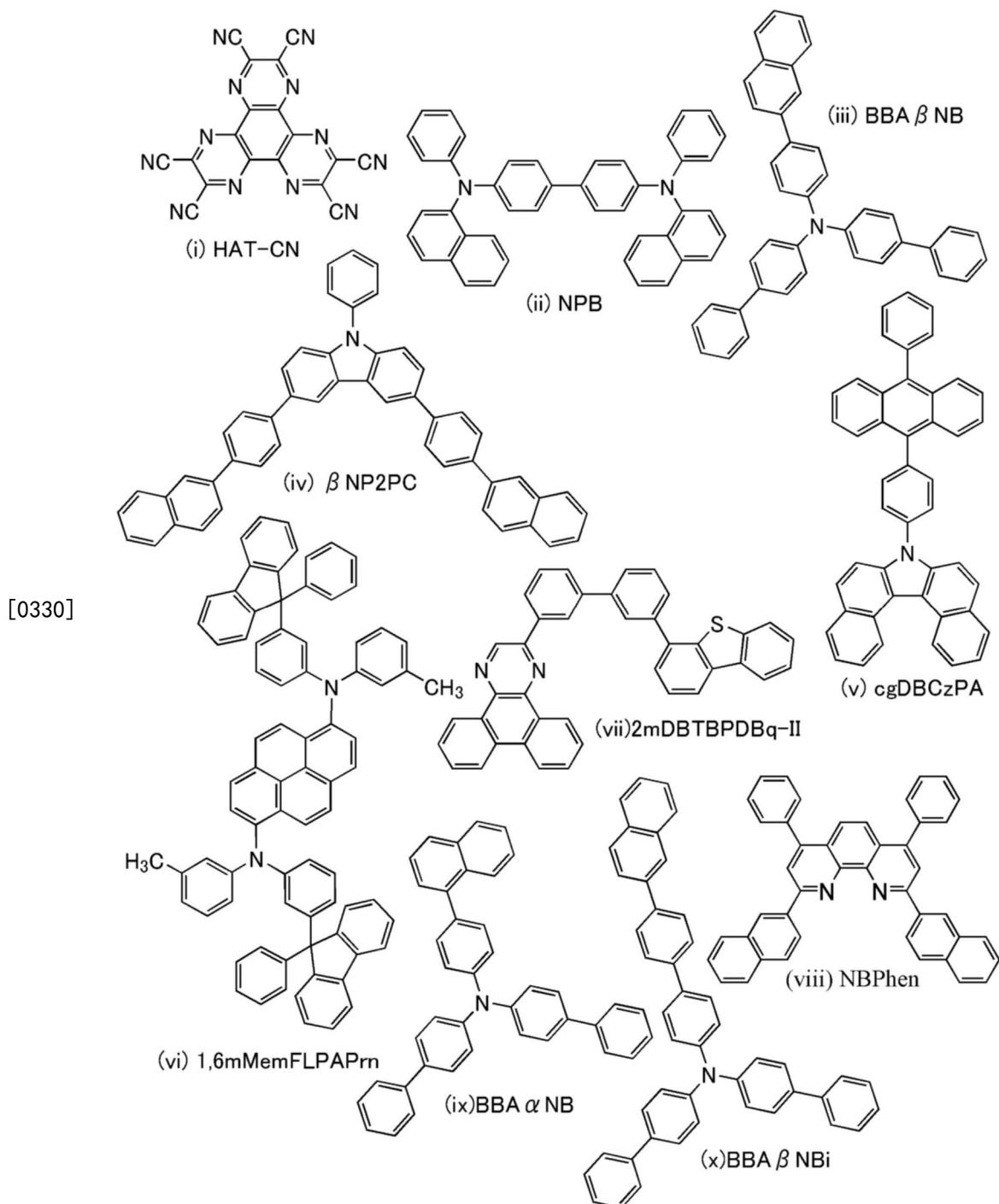
[0325] 另外,图15A至图15C示出能够折叠的便携式信息终端9310。图15A示出展开状态的便携式信息终端9310。图15B示出从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态时的中途状态的便携式信息终端9310。图15C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域所以显示一览性强。

[0326] 显示面板9311由铰链部9313所连接的三个框体9315来支撑。另外,显示面板9311也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸面板(输入/输出装置)。另外,显示面板9311通过铰链部9313使两个框体9315之间弯折,可以使便携式信息终端9310从展开状态可逆性地变为折叠状态。可以将本发明的一个方式的发光装置用于显示面板9311。显示面板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以及使用次数多的软件或程序的快捷方式等,能够顺畅地进行确认信息或开启软件。

[0327] 实施例1

[0328] 在本实施例中,对在实施方式中说明的本发明的一个方式的发光元件1、发光元件2及发光元件3进行说明。以下示出用于发光元件1至发光元件3的有机化合物的结构式。

[0329] [化学式3]



[0331] (发光元件1的制造方法)

[0332] 首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)膜,由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为70nm,而其电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[0333] 接着,作为为了在衬底上形成功能元件的预处理步骤,用水洗涤衬底表面,以200℃烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0334] 然后,将衬底引入到其内部压力被降低到10⁻⁴Pa左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0335] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将形成有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上,然后在第一电极101上通过利用电阻加热的蒸镀

法以厚度为5nm的方式蒸镀上述结构式(i)所表示的2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN),由此形成空穴注入层111。

[0336] 然后,在空穴注入层111上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)来形成第一空穴传输层112-1,在第一空穴传输层112-1上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(iii)所表示的4-(2-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NB)来形成第二空穴传输层112-2,在第二空穴传输层112-2上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(iv)所表示的3,6-双[4-(2-萘基)苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称: β NP2PC)来形成第三空穴传输层112-3。

[0337] 接着,通过将上述结构式(v)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和上述结构式(vi)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)共蒸镀,以形成发光层113。将发光层113的厚度设定为25nm,将cgDBCzPA与1,6mMemFLPAPrn的重量比调节为1:0.03。

[0338] 然后,在发光层113上蒸镀10nm厚的由上述结构式(vii)表示的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),再蒸镀15nm厚的由上述结构式(viii)表示的2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen),由此形成电子传输层。

[0339] 在形成电子传输层之后,通过以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂(LiF)来形成电子注入层,接着,通过以厚度为200nm的方式蒸镀铝来形成第二电极102,由此制造出本实施例的发光元件1。

[0340] (发光元件2的制造方法)

[0341] 在发光元件2中,作为发光元件1的第二空穴传输层112-2的材料使用上述结构式(ix)所表示的4-(1-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA α NB)代替BBA β NB,除此之外,发光元件2和发光元件1同样地形成。

[0342] (发光元件3的制造方法)

[0343] 在发光元件3中,作为发光元件1的第二空穴传输层112-2的材料使用上述结构式(x)所表示的4-[4-(2-萘基)苯基]-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NBi)代替BBA β NB,除此之外,发光元件3和发光元件1同样地形成。

[0344] 以下表示出发光元件1至发光元件3的元件结构。

[0345] [表1]

	空穴注入层	空穴传输层			发光层	电子传输层		电子注入层
		1	2	3		10nm	15nm	
		5nm	10nm	10nm		10nm	15nm	
[0346]	发光元件1		BBA β NB		cgDBCzPA:			
	发光元件2	HAT-CN	NPB	BBA α NB	1, 6mMemFLPAPrn (1:0.03)	2mDBTBPDBq-II	NBPhen	LiF
	发光元件3			β NP2PC				
			BBA β NBi					

[0347] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件1至发光元件3暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度

下进行1小时的热处理),然后对这些发光元件的初期特性及可靠性进行测量。另外,测量在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0348] 图18至图23分别示出发光元件1至发光元件3的亮度-电流密度特性、电流效率-亮度特性、亮度-电压特性、电流-电压特性、外部量子效率-亮度特性以及发射光谱。另外,表2示出各发光元件的1000cd/m²附近的主要特性值。

[0349] [表2]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
[0350]	发光元件 1	3. 2	0. 32	8. 0	0. 14	0. 18	15. 1
	发光元件 2	3. 2	0. 34	8. 5	0. 14	0. 16	14. 5
	发光元件 3	3. 2	0. 28	7. 1	0. 14	0. 17	14. 6

[0351] 图18至图23及表2表示发光元件1至发光元件3都是特性良好的蓝色发光元件。

[0352] 另外,图24示出电流值为2mA且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图24所示,作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件1至发光元件3伴随着驱动时间的累积的亮度下降小且寿命长。

[0353] 另外可知,上述发光元件的高亮度区域中的亮度下降较小。就是说,本实施例的发光元件可以降低高亮度一侧的效率的衰减,由此即使以高亮度发光也可以保持高效率。

[0354] 以下表示出本实施例的发光元件中的第一空穴传输材料至第三空穴传输材料、主体材料及发光材料的各HOMO能级。注意,HOMO能级及LUMO能级通过循环伏安法(CV)测定算出。以下示出计算方法。

[0355] 作为测量装置,使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造的ALS型号600A或600C)。关于CV测定中的溶液,作为溶剂使用脱水的二甲基甲酰胺(DMF,西格玛-奥尔德里奇公司(Sigma-Aldrich Inc.)制造,99.8%,目录号码:22705-6),将作为支持电解质(supporting electrolyte)的高氯酸四正丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NCIO}_4$,由东京化成工业株式会社制造,目录号码:T0836)溶解于溶剂并使高氯酸四正丁基铵的浓度为100mmol/L。另外,将测定对象溶解于溶剂并使其浓度为2mmol/L。另外,作为工作电极使用铂电极(由BAS株式会社制造,PTE铂电极),作为辅助电极使用铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用Ag/Ag⁺电极(由BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。另外,测定在室温下(20℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位Ea[V]及还原电位Ec[V]。Ea为氧化-还原波之间的中间电位,Ec为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此利用HOMO能级[eV]=-4.94-Ea、LUMO能级[eV]=-4.94-Ec这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。

[0356] [表3]

[0357] 发光元件1

	第一空穴 传输层	第二空穴 传输层	第三空穴 传输层	发光层		第一电子 传输层	第二电子 传输层
				主体材料	发光材料		
[0358]	材料	NPB	BBA β NB	β NP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn	2mDBTBPDBq-II
	HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40	-
	LUMO 能级 (eV)	-	-	-	-2.74	-	-2.94 -2.83

[0359] [表4]

[0360] 发光元件2

	第一空穴 传输层	第二空穴 传输层	第三空穴 传输层	发光层		第一电子 传输层	第二电子 传输层
				主体材料	发光材料		
[0361]	材料	NPB	BBA α NB	β NP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn	2mDBTBPDBq-II
	HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.49	-5.79	-5.69	-5.40	-
	LUMO 能级 (eV)	-	-	-	-2.74	-	-2.94 -2.83

[0362] [表5]

[0363] 发光元件3

	第一空穴 传输层	第二空穴 传输层	第三空穴 传输层	发光层		第一电子 传输层	第二电子传输 层
				主体材料	发光材料		
[0364]	材料	NPB	BBA β NBi	β NP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn	2mDBTBPDBq-II
	HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40	-
	LUMO 能级 (eV)	-	-	-	-2.74	-	-2.94 -2.83

[0365] 如上述表所示,在用于发光元件1至发光元件3的材料中,第二空穴传输材料的HOMO能级深于第一空穴传输材料的HOMO能级,主体材料的HOMO能级深于第二空穴传输材料的HOMO能级,第三空穴传输材料的HOMO能级深于主体材料的HOMO能级。另外,发光材料的HOMO能级浅于主体材料的HOMO能级。

[0366] 第一空穴传输材料的NPB的HOMO能级较浅,为-5.38eV,容易与LUMO能级为-4.41eV的HAT-CN发生相互作用而发生电荷分离。

[0367] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与NPB的HOMO能级有0.31eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPrn的HOMO能级为-5.40eV,与NPB的HOMO能级有0.02eV之差。发光材料与第一空穴传输材料的HOMO能级之差更小,所以,假设为具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的发光元件的情况下,空穴容易注入发光材料。然

而,如果空穴直接注入发光材料,空穴则有可能被发光材料俘获在第一空穴传输层112-1与发光层的界面,导致发光区域的集中而促进劣化。另外,空穴不容易从第一空穴传输层112-1的空穴传输材料注入到发光层的主体材料,因此空穴积累在空穴传输材料中,电子积累在主体材料中。此时,空穴传输材料与主体材料之间有可能形成其能量比发光材料更低的激基复合物,容易发生发光效率下降等问题。

[0368] 在发光元件1至发光元件3中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级浅于主体材料但深于第一空穴传输材料的第二空穴传输材料形成,由此,先使空穴从第一空穴传输层112-1注入第二空穴传输层112-2。第二空穴传输材料的BBA β NB(发光元件1)、BBA α NB(发光元件2)及BBA β NBi(发光元件3)的HOMO能级分别为-5.47eV、-5.49eV及-5.47eV,其与第一空穴传输材料的NPB的HOMO能级之差小,分别为0.09eV、0.11eV及0.09eV。因此,空穴顺利地从第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0369] 在此,考虑空穴从第二空穴传输层112-2注入到发光层113的情况。第二空穴传输材料与主体材料之间分别存在0.22eV、0.20eV及0.22eV左右的势垒。在通常情况下,空穴顺利地被注入,但是发光层113所包含的发光材料的HOMO能级为-5.40eV,不存在从第二空穴传输材料向主体材料的空穴注入势垒。因此,向发光材料的空穴注入与向主体材料的空穴注入相比占优势。在空穴直接注入到发光材料的情况下,如上所述,容易发生促进劣化且降低发光效率等问题。

[0370] 鉴于上述问题,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件1至发光元件3中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间还设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的BNP2PC的HOMO能级为-5.79eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料,并且不存在向主体材料的空穴注入势垒,且由于主体材料与发光材料的混合比,由此向主体材料的空穴注入占优势。另外,第三空穴传输材料与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.30eV至0.32eV(以一位有效数字表示为0.3eV以下),空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。

[0371] 注入到主体材料的空穴的一部分被发光材料俘获,但是空穴可以在适当地被俘获的同时向第二电极移动,而且,由于主体材料为具有电子传输性的蒽化合物,因此驱动电压不会上升。另外,发光区域不集中,在发光层113中扩展,因此可以避免劣化的促进。

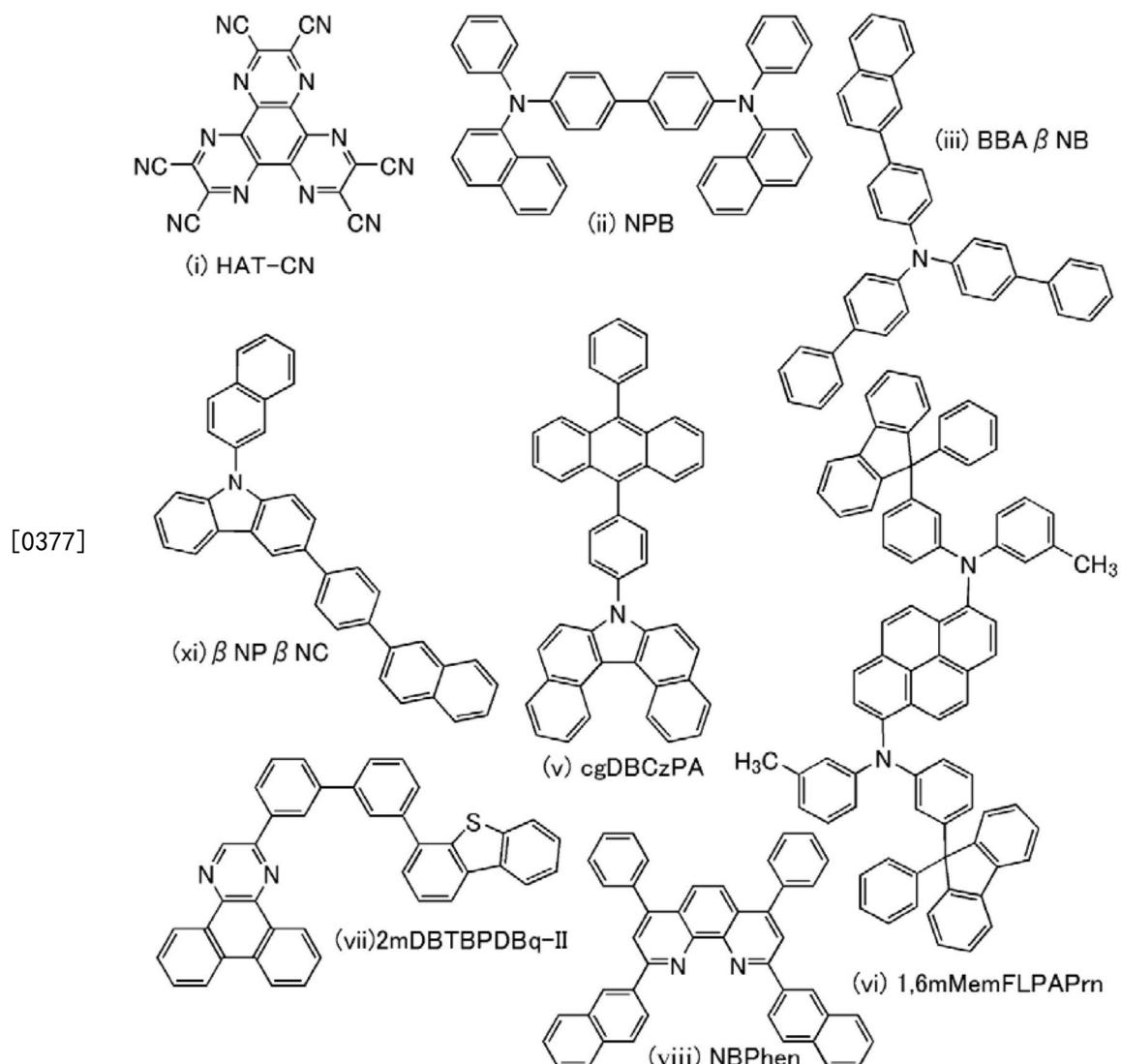
[0372] 再者,在本实施例的发光元件中,作为主体材料的cgDBCzPA、作为第一电子传输材料的2mDBTBPDBq-II及作为第二电子传输材料的NBPhen的LUMO能级分别估计为-2.74eV、-2.94eV、-2.83eV。通过具有上述结构,发光元件不容易包含过多的电子且具有长寿命及良好的外部量子效率。

[0373] 如上所述,本实施例的发光元件1至发光元件3具有良好的特性,即寿命长、发光效率良好且高亮度一侧的效率下降少。

[0374] 实施例2

[0375] 在本实施例中,对在实施方式中说明的本发明的一个方式的发光元件4进行说明。以下示出用于发光元件4的有机化合物的结构式。

[0376] [化学式4]



[0378] (发光元件4的制造方法)

[0379] 首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)膜,由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为70nm,而其电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[0380] 接着,作为为了在衬底上形成功能元件的预处理步骤,用水洗涤衬底表面,以200℃烘培1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0381] 然后,将衬底引入到其内部压力被降低到10⁻⁴Pa左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空烘培后,将衬底冷却30分钟左右。

[0382] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将形成有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上,然后在第一电极101上通过利用电阻加热的蒸镀以厚度为5nm的方式蒸镀上述结构式(i)所表示的2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN),由此形成空穴注入层111。

[0383] 然后,在空穴注入层111上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)来形成第一空穴传输层112-1,在第一空穴传输层112-1上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(iii)所表示的4-(2-萘基)-4',4"-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NB)来形成第二空穴传输层112-2,在第二空穴传输层112-2上

以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(xi)所表示的3-[4-(2-萘基)苯基]-9-(2-萘基)-9H-咔唑(简称: β NP β Nc)来形成第三空穴传输层112-3。

[0384] 接着,通过将上述结构式(v)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和上述结构式(vi)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)共蒸镀,以形成功光层113。将发光层113的厚度设定为25nm,将cgDBCzPA与1,6mMemFLPAPrn的重量比调节为1:0.03。

[0385] 然后,在发光层113上蒸镀10nm厚的由上述结构式(vii)表示的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),再蒸镀15nm厚的由上述结构式(viii)表示的2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen),由此形成电子传输层。

[0386] 在形成电子传输层之后,通过以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂(LiF)来形成电子注入层,接着,通过以厚度为200nm的方式蒸镀铝来形成第二电极102,由此制造本实施例的发光元件4。

[0387] 以下表示出发光元件4的元件结构。

[0388] [表6]

[0389]	空穴注入层	空穴传输层			发光层	电子传输层		电子注入层
		1	2	3		10nm	15nm	
	5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
	HAT-CN	NPB	BBA β NB	β NP β Nc	cgDBCzPA: 1, 6mMemFLPAPrn (1:0.03)	2mDBTBPDBq-II	NBPhen	LiF

[0390] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件4暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理),然后对这些发光元件的初期特性及可靠性进行测量。另外,测量在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0391] 图25至图30分别示出发光元件4的亮度-电流密度特性、电流效率-亮度特性、亮度-电压特性、电流-电压特性、外部量子效率-亮度特性以及发射光谱。另外,表7示出发光元件4的1000cd/m²附近的主要特性值。

[0392] [表7]

[0393]	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
	3.1	0.28	7.1	0.14	0.18	15.9	12.8

[0394] 图25至图30及表7表示发光元件4是特性良好的蓝色发光元件。

[0395] 另外,图31示出电流值为2mA且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图31所示,作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件4伴随着驱动时间的累积的亮度下降小且寿命长。

[0396] 另外可知,上述发光元件的高亮度区域中的亮度下降较小。就是说,本实施例的发光元件可以降低高亮度一侧的效率的衰减,由此即使以高亮度发光也可以保持高效率。

[0397] 以下表8示出本实施例的发光元件4中的第一空穴传输材料至第三空穴传输材料、主体材料及发光材料的HOMO能级。注意,HOMO能级及LUMO能级通过循环伏安法(CV)测定算出。计算方法与实施例1相同。

[0398] [表8]

	第一空穴 传输层	第二空穴 传输层	第三空穴 传输层	发光层		第一电子传 输层	第二电子传 输层
				主体材料	发光材料		
材料	NPB	BBA β NB	β NP β NC	cgDBCzPA	1, 6mMemFLPAPrn	2mDBTBPDBq-II	NBPhen
HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.77	-5.69	-5.40	-	-
LUMO 能级 (eV)	-	-	-	-2.74	-	-2.94	-2.83

[0400] 如上述表所示,在用于发光元件4的材料中,第二空穴传输材料的HOMO能级深于第一空穴传输材料的HOMO能级,主体材料的HOMO能级深于第二空穴传输材料的HOMO能级,第三空穴传输材料的HOMO能级深于主体材料的HOMO能级。另外,发光材料的HOMO能级浅于主体材料的HOMO能级。

[0401] 第一空穴传输材料的NPB的HOMO能级较浅,为-5.38eV,容易与LUMO能级为-4.41eV的HAT-CN发生相互作用而发生电荷分离。

[0402] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与NPB的HOMO能级有0.31eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPrn的HOMO能级为-5.40eV,与NPB的HOMO能级有0.02eV之差。发光材料与第一空穴传输材料的HOMO能级之差更小,所以,假设为具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的发光元件的情况下,空穴容易注入发光材料。然而,如果空穴直接注入发光材料,空穴则有可能被发光材料俘获在第一空穴传输层112-1与发光层的界面,导致发光区域的集中而促进劣化。另外,空穴不容易从第一空穴传输层112-1的空穴传输材料注入到发光层的主体材料,因此空穴积累在空穴传输材料中,电子积累在主体材料中。此时,空穴传输材料与主体材料之间有可能形成其能量比发光材料更低的激基复合物,容易发生发光效率下降等的问题。

[0403] 在发光元件4中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级浅于主体材料但深于第一空穴传输材料的第二空穴传输材料形成,由此,先使空穴从第一空穴传输层112-1注入第二空穴传输层112-2。第二空穴传输材料的BBA β NB的HOMO能级为-5.47eV,其与第一空穴传输材料的NPB的HOMO能级之差小,为0.09eV。因此,空穴顺利地从第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0404] 在此,设想第二空穴传输层112-2与发光层113接触的发光元件,考虑空穴从第二空穴传输层112-2注入到发光层113的情况。第二空穴传输材料与主体材料之间存在0.22eV左右的势垒。在通常情况下,空穴顺利地被注入,但是发光层113所包含的发光材料的HOMO能级为-5.40eV,不存在从第二空穴传输材料向主体材料的空穴注入势垒。因此,向发光材料的空穴注入与向主体材料的空穴注入相比占优势。在空穴直接注入到发光材料的情况

下,如上所述,容易发生促进劣化且降低发光效率等问题。

[0405] 鉴于上述问题,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件4中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的 β NP β NC的HOMO能级为-5.77eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。另外,不存在从第三空穴传输材料向主体材料的空穴注入势垒,借助于主体材料与发光材料的混合比也使空穴优先地注入主体材料,因此,空穴很少直接被注入到发光材料。另外,第二空穴传输材料与第三空穴传输材料的HOMO能级之差为0.30eV(以一位有效数字表示为0.3eV以下),空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。

[0406] 注入到主体材料的空穴的一部分被发光材料俘获,但是空穴可以在适当地被俘获的同时向第二电极移动,而且,由于主体材料为具有电子传输性的蒽化合物,因此驱动电压不会上升。另外,发光区域不集中,在发光层113中扩展,因此可以避免劣化的促进。

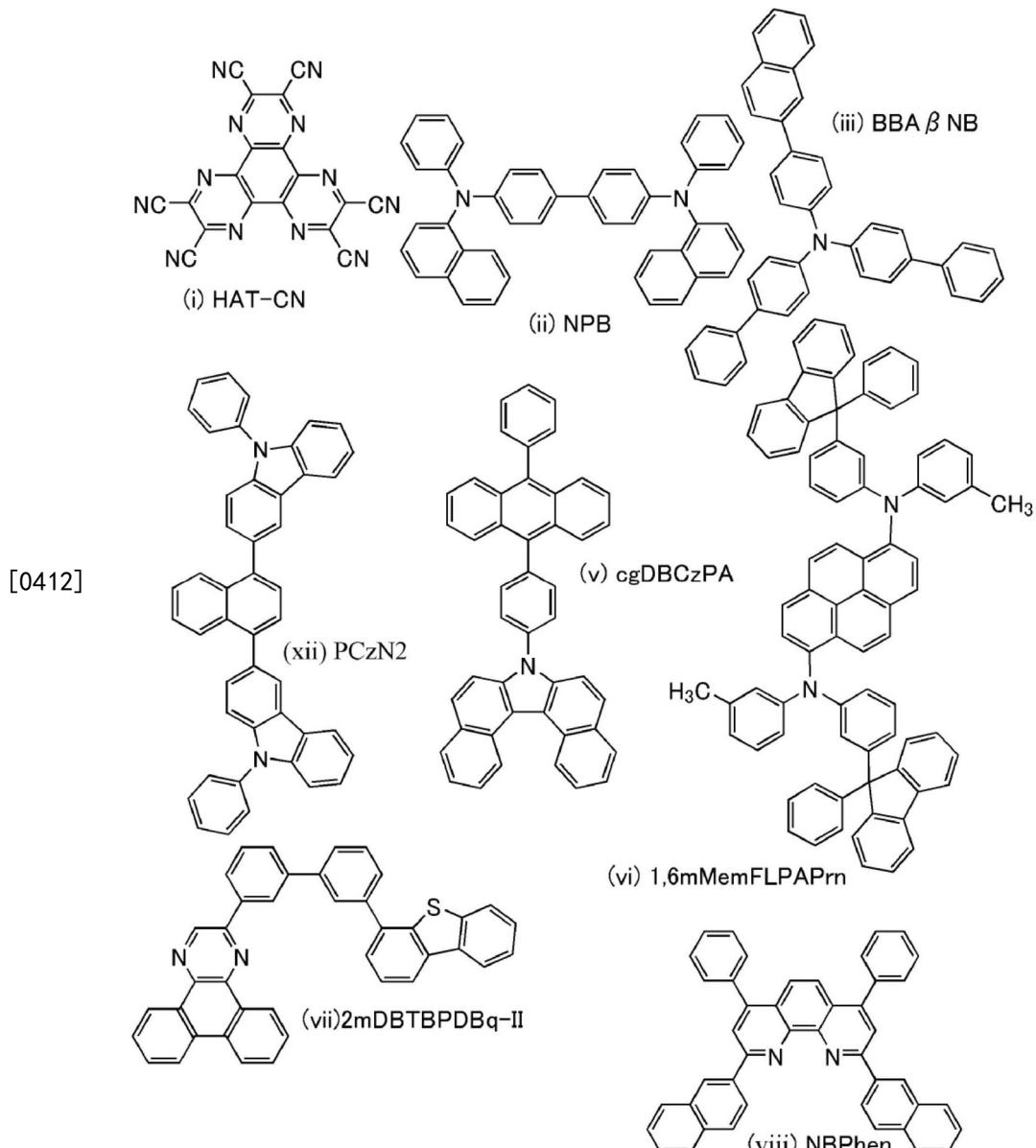
[0407] 再者,在本实施例的发光元件中,作为主体材料的cgDBCzPA、作为第一电子传输材料的2mDBTBPDBq-II及作为第二电子传输材料的NBPhen的LUMO能级分别估计为-2.74eV、-2.94eV、-2.83eV。通过具有上述结构,发光元件不容易包含过多的电子且具有长寿命及良好的外部量子效率。

[0408] 如上所述,本实施例的发光元件4具有良好的特性,即寿命长、发光效率良好且高亮度一侧的效率下降少。

[0409] 实施例3

[0410] 在本实施例中,对在实施方式中说明的本发明的一个方式的发光元件5进行说明。以下示出用于发光元件5的有机化合物的结构式。

[0411] [化学式5]



[0413] (发光元件5的制造方法)

[0414] 首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)膜,由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为70nm,而其电极面积为 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)。

[0415] 接着,作为为了在衬底上形成发光元件的预处理步骤,用水洗涤衬底表面,以200℃烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0416] 然后,将衬底引入到其内部压力被降低到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0417] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将形成有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上,然后在第一电极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以厚度为5nm的方式蒸镀上述结构式(i)所表示的2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN),由此形成空穴注入层111。

[0418] 然后,在空穴注入层111上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)来形成第一空穴传输层112-1,在第一空

穴传输层112-1上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(iii)所表示的4-(2-萘基)-4',4"-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NB)来形成第二空穴传输层112-2,在第二空穴传输层112-2上以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(xii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCzN2)来形成第三空穴传输层112-3。

[0419] 接着,通过将上述结构式(v)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和上述结构式(vi)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)共蒸镀,以形成功发光层113。将发光层113的厚度设定为25nm,将cgDBCzPA与1,6mMemFLPAPrn的重量比调节为1:0.03。

[0420] 然后,在发光层113上蒸镀10nm厚的由上述结构式(vii)表示的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),再蒸镀15nm厚的由上述结构式(viii)表示的2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen),由此形成电子传输层。

[0421] 在形成电子传输层之后,通过以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂(LiF)来形成电子注入层,接着,通过以厚度为200nm的方式蒸镀铝来形成第二电极102,由此制造本实施例的发光元件5。

[0422] 以下表示出发光元件5的元件结构。

[0423] [表9]

[0424]	空穴注入层	空穴传输层			发光层	电子传输层		电子注入层
		1	2	3		10nm	15nm	
	5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
	HAT-CN	NPB	BBA β NB	PCzN2	cgDBCzPA: 1, 6mMemFLPAPrn (1:0.03)	2mDBTBPDBq-II	NBPhen	LiF

[0425] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件5暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理),然后对这些发光元件的初期特性及可靠性进行测量。另外,测量在室温(保持为25℃的气氛)下进行。

[0426] 图37至图42分别示出发光元件5的亮度-电流密度特性、电流效率-亮度特性、亮度-电压特性、电流-电压特性、外部量子效率-亮度特性以及发射光谱。另外,表10示出发光元件5的1000cd/m²附近的主要特性值。

[0427] [表10]

[0428]	电压	电流	电流密度	色度 x	色度 y	电流效率	外部量子效率
	(V)	(mA)	(mA/cm ²)			(cd/A)	(%)
	3.2	0.22	5.6	0.14	0.16	15.3	13.4

[0429] 图37至图42及表10表示发光元件5是特性良好的蓝色发光元件。

[0430] 另外,图43示出电流值为2mA且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图43所示,作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件5伴随着驱动时间的累积的亮度下降小且寿命长。

[0431] 另外可知,上述发光元件的高亮度区域中的亮度下降较小。就是说,本实施例的发光元件可以降低高亮度一侧的效率的衰减,由此即使以高亮度发光也可以保持高效率。

[0432] 以下表11示出本实施例的发光元件5中的第一空穴传输材料至第三空穴传输材料、主体材料及发光材料的HOMO能级。注意,HOMO能级及LUMO能级通过循环伏安法(CV)测定算出。计算方法与实施例1相同。

[0433] [表11]

	第一空穴	第二空穴	第三空穴	发光层		第一电子传输层	第二电子
	传输层	传输层	传输层	主体材料	发光材料		
[0434]	材料	NPB	BBA β NB	PCzN2	cgDBCzPA 1, 6mMemFLPAPrn	2mDBTBPDBq-II	NBPhen
	HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.71	-5.69	-5.40	-
	LUMO 能级 (eV)	-	-	-	-2.74	-	-2.94 -2.83

[0435] 如上述表所示,在用于发光元件5的材料中,第二空穴传输材料的HOMO能级深于第一空穴传输材料的HOMO能级,主体材料的HOMO能级深于第二空穴传输材料的HOMO能级,第三空穴传输材料的HOMO能级深于主体材料的HOMO能级。另外,发光材料的HOMO能级浅于主体材料的HOMO能级。

[0436] 第一空穴传输材料的NPB的HOMO能级较浅,为-5.38eV,容易与LUMO能级为-4.41eV的HAT-CN发生相互作用而发生电荷分离。

[0437] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与NPB的HOMO能级有0.31eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPrn的HOMO能级为-5.40eV,与NPB的HOMO能级有0.02eV之差。发光材料与第一空穴传输材料的HOMO能级之差更小,所以,假设为具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的发光元件的情况下,空穴容易注入发光材料。然而,如果空穴直接注入发光材料,空穴则有可能被发光材料俘获在第一空穴传输层112-1与发光层的界面,导致发光区域的集中而促进劣化。另外,空穴不容易从第一空穴传输层112-1的空穴传输材料注入到发光层的主体材料,因此空穴积累在空穴传输材料中,电子积累在主体材料中。此时,空穴传输材料与主体材料之间有可能形成其能量比发光材料更低的激基复合物,容易发生发光效率下降等的问题。

[0438] 在发光元件5中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级浅于主体材料但深于第一空穴传输材料的第二空穴传输材料形成,由此,先使空穴从第一空穴传输层112-1注入第二空穴传输层112-2。第二空穴传输材料的BBA β NB的HOMO能级为-5.47eV,其与第一空穴传输材料的NPB的HOMO能级之差小,为0.09eV。因此,空穴顺利地从第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0439] 在此,设想第二空穴传输层112-2与发光层113接触的发光元件,考虑空穴从第二空穴传输层112-2注入到发光层113的情况。第二空穴传输材料与主体材料之间存在0.22eV

左右的势垒。在通常情况下,空穴顺利地被注入,但是发光层113所包含的发光材料的HOMO能级为-5.40eV,不存在从第二空穴传输材料向主体材料的空穴注入势垒。因此,向发光材料的空穴注入与向主体材料的空穴注入相比占优势。在空穴直接注入到发光材料的情况下,如上所述,容易发生促进劣化且降低发光效率等问题。

[0440] 鉴于上述问题,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件5中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的PCzN2的HOMO能级为-5.71eV,即与主体材料的HOMO能级同样,但是稍微深于该主体材料的HOMO能级。因此,空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。另外,不存在从第三空穴传输材料向主体材料的空穴注入势垒,且借助于主体材料与发光材料的混合比空穴注入到主体材料的概率高,因此,空穴很少直接被注入到发光材料。另外,第二空穴传输材料与第三空穴传输材料的HOMO能级之差为0.24eV(以一位有效数字表示为0.3eV以下),空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。

[0441] 注入到主体材料的空穴的一部分被发光材料俘获,但是空穴可以在适当地被俘获的同时向第二电极移动,而且,由于主体材料为具有电子传输性的蒽化合物,因此驱动电压不会上升。另外,发光区域不集中,在发光层113中扩展,因此可以避免劣化的促进。

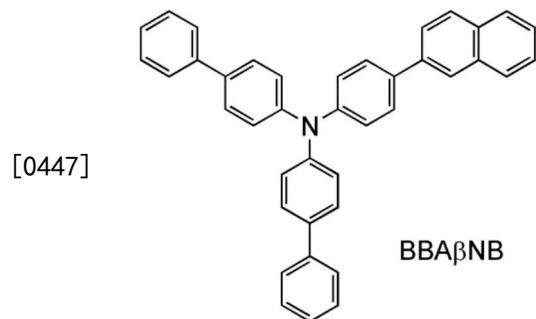
[0442] 再者,在本实施例的发光元件中,作为主体材料的cgDBCzPA、作为第一电子传输材料的2mDBTBPDBq-II及作为第二电子传输材料的NBPhen的LUMO能级分别估计为-2.74eV、-2.94eV、-2.83eV。通过具有上述结构,发光元件不容易包含过多的电子且具有长寿命及良好的外部量子效率。

[0443] 如上所述,本实施例的发光元件5具有良好的特性,即寿命长、发光效率良好且高亮度一侧的效率下降少。

[0444] (参考例1)

[0445] 在本参考例中,对用于上述发光元件1及发光元件4的4-萘基-4',4"-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NB)的合成方法进行说明。以下示出BBA β NB的结构式。

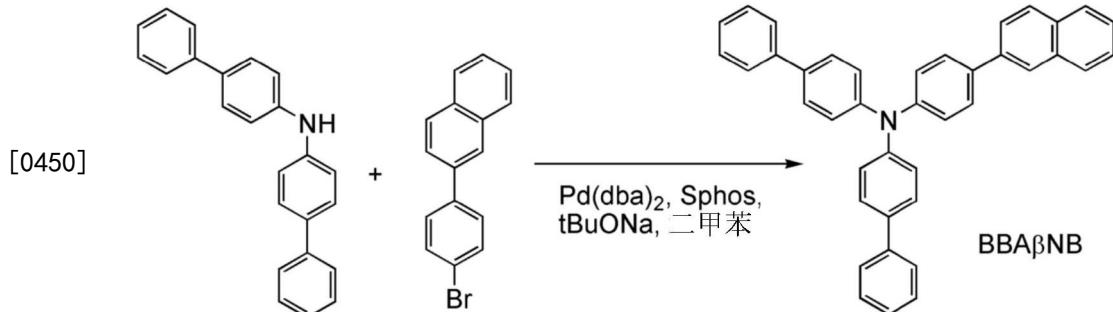
[0446] [化学式6]



[0448] 将2.3g (7.1mmol) 的双(4-联苯基) 胺、2.0g (7.1mmol) 的2-(4-溴苯基) 萘、1.5g (15mmol) 的叔丁醇钠(简称:tert-BuONa) 以及0.16g (0.40mmol) 的2-二环己基膦基-2'-6'-二甲氧-1,1'-联苯(简称:Sphos) 放在200mL三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换,然后加入35mL的二甲苯。在对该混合物进行减压脱气之后,在氮气流下以60℃进行搅拌,然后,加入0.12g (0.20mmol) 的双(二亚苄基丙酮) 钷(0),以120℃搅拌该混合物7小时。在搅拌之后,使用水和饱和食盐水洗涤所得到的混合物,且使用硫酸镁使有机层洗涤。通过重力过滤去除硫酸镁,浓缩所获得的滤液,从而获得褐色固体。通过利用高速液体层析法(移动相(mobile

phase) : 氯仿) 精炼该褐色固体, 以93%的回收率得到3.5g的目的物的淡黄色固体。以下示出该反应的合成路线。

[0449] [化学式7]



[0451] 以下示出所得到的白色固体的¹H NMR。

[0452] ¹H NMR (二氯甲烷-d2, 500MHz) : $\delta = 7.24$ (d, $J=9.0\text{Hz}$, 4H), 7.26 (d, $J=8.5\text{Hz}$, 2H), 7.31 (d, $J=7.5\text{Hz}$, 2H), 7.42 (d, $J=7.5\text{Hz}$, 4H), 7.45-7.50 (m, 2H), 7.55 (d, $J=8.5\text{Hz}$, 4H), 7.60 (d, $J=7.5\text{Hz}$, 4H), 7.68 (d, $J=8.5\text{Hz}$, 2H), 7.76 (dd, $J_1=2.0\text{Hz}$, $J_2=8.5\text{Hz}$, 1H), 7.85 (d, $J=8.0\text{Hz}$, 1H), 7.90 (t, $J=8.05\text{Hz}$, 2H), 8.05 (s, 1H)

[0453] 另外, 图32A和图32B示出¹H-NMR谱。图32B是图32A中的7.00ppm至8.20ppm的范围的放大图。由此可知通过本合成反应获得了BBA β NB。

[0454] 利用梯度升华方法对所得到的3.5g的白色固体(BBA β NB)进行升华精炼。升华精炼的条件为如下: 压力为3.4Pa, 氩流量为15mL/min, 加热温度为265℃, 加热时间为16小时。在升华精炼之后, 以81%的回收率得到2.8g的目的物的淡黄色玻璃状固体。

[0455] 利用循环伏安法(CV)测量计算出BBA β NB的HOMO能级和LUMO能级。以下示出计算方法。

[0456] 作为测量装置, 使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造的ALS型号600A或600C)。关于用于CV测定的溶液, 作为溶剂使用脱水的二甲基甲酰胺(DMF, 西格玛-奥尔德里奇公司(Sigma-Aldrich Inc.)制造, 99.8%, 目录号码: 22705-6), 将作为支持电解质(supporting electrolyte)的高氯酸四正丁基铵($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, 由东京化成工业株式会社制造, 目录号码: T0836)溶解于溶剂并使高氯酸四正丁基铵的浓度为100mmol/L。另外, 将测定对象溶解于溶剂并使其浓度为2mmol/L。另外, 作为工作电极使用铂电极(由BAS株式会社制造, PTE铂电极), 作为辅助电极使用铂电极(BAS株式会社制造, VC-3用Pt对电极(5cm)), 作为参考电极使用Ag/Ag⁺电极(由BAS株式会社制造, RE7非水溶剂型参考电极)。另外, 测定在室温下(20℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec, 测量出相对于参考电极的氧化电位Ea[V]及还原电位Ec[V]。Ea为氧化-还原波之间的中间电位, Ec为还原-氧化波之间的中间电位。在此, 已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV], 因此利用HOMO能级[eV] = -4.94-Ea、LUMO能级[eV] = -4.94-Ec这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。反复进行CV测量100次, 比较第100次测量中的氧化-还原波与第1次测量中的氧化-还原波, 来调查化合物的电性稳定性。

[0457] 其结果表明: BBA β NB的HOMO能级为-5.47eV, 而LUMO能级为-2.28eV。另外, 根据氧化-还原波的反复测量中的第1次测量与第100次测量的波形比较, 可知在Ea测量中保持了83%的峰强度, 在Ec测量中保持了92%的峰强度, BBA β NB的耐氧化及还原性非常高。

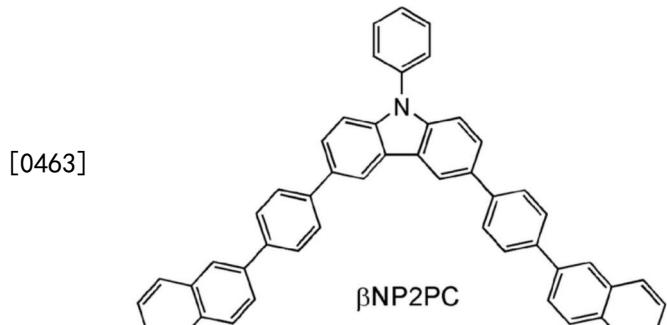
[0458] 另外,使用由PerkinElmer, Inc.制造的Pyris 1DSC进行BBA β NB的差示扫描量热测量(DSC测量)。在差示扫描量热测量中,连续地进行如下操作两次:以40℃/分钟的升温速度从-10℃升温到300℃,然后在相同温度下保持1分钟,接着,以40℃/分钟的降温速度从300℃降温到-10℃。根据第2次操作的DSC测量结果可知BBA β NB的玻璃化转变温度为81℃。另外,根据第1次操作的DSC测量结果可知BBA β NB的熔点为241℃。

[0459] 另外,对BBA β NB进行热重-差热分析(TG-DTA:Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在测量中,使用高真空差式型差热天平(由Bruker AXS公司制造,TG-DTA 2410SA)。在氮气流(流量为200mL/min)和大气压下,以10℃/min的升温速率进行测量。根据热重-差热分析结果可知,从热重测量求得的BBA β NB的重量成为测量开始时的-5%的温度(分解温度)为412℃,这表示BBA β NB的耐热性高。

[0460] (参考例2)

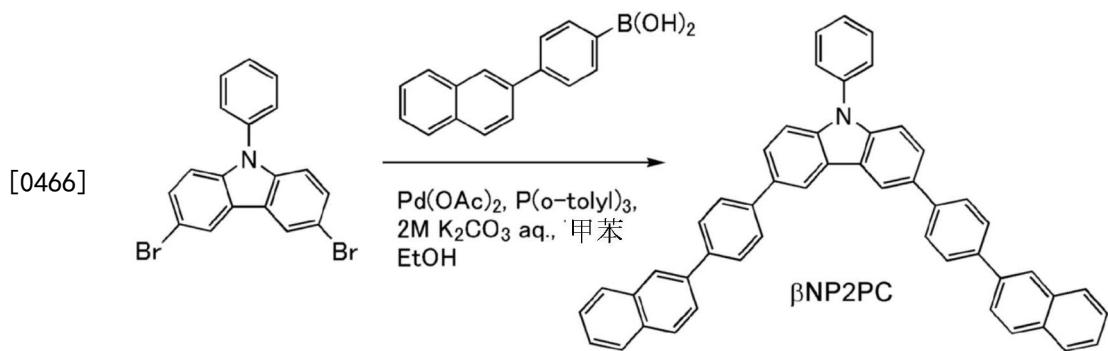
[0461] 在本参考例中,对用于上述发光元件1至发光元件3的3,6-双[4-(2-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称: β NP2PC)的合成方法进行说明。以下示出 β NP2PC的结构式。

[0462] [化学式8]



[0464] 将1.9g (4.8mmol)的3,6-二溴-9-苯基-9H-咔唑、2.4g (9.7mol)的4-(2-萘基)苯基硼酸、0.12g (0.40mmol)的三(邻-甲苯基)膦以及2.7g (19mmol)的碳酸钾放在200mL的三口烧瓶中。对烧瓶内进行氮气置换,然后在其混合物中加入40mL的甲苯、10mL的乙醇以及10mL的水。在对该混合物进行减压的同时,搅拌该混合物而脱气。在脱气之后,对该混合物加入22mg (0.10mmol)的醋酸钯(II)。在氮气流下,将混合物在80℃下搅拌4小时,以析出固体。通过抽滤回收所析出的固体。将所回收的固体溶解在约750mL的热甲苯中,且将该溶液通过硅藻土(日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:537-02305)、矾土及硅酸镁(日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:066-05265)抽滤。浓缩所得到的滤液以得到固体,然后用甲苯洗涤该固体,以99%的回收率得到2.6g的目的物的白色粉末。以下示出本反应的合成路线。

[0465] [化学式9]



[0467] 利用梯度升华方法对所得到的2.6g的白色粉末进行升华精炼。升华精炼的条件为如下:压力为3.0Pa,氩流量为5.0mL/min,加热温度为350℃。在升华精炼之后,以77%的回收率得到2.0g的白色固体。

[0468] 对所得到的物质的¹H NMR进行测量。以下示出测量数据。

[0469] ¹H NMR (CDCl₃, 300MHz) : δ = 7.47-7.55 (m, 7H), 7.65 (s, 2H), 7.67 (d, J=2.4Hz, 2H), 7.76 (dd, J₁=8.4Hz, J₂=1.8Hz, 2H), 7.75-7.97 (m, 16H), 8.14 (d, J=1.8Hz, 2H), 8.51 (d, J=1.5Hz, 2H)

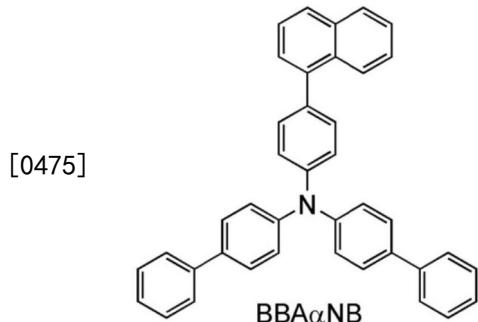
[0470] 另外,图33A和图33B示出¹H-NMR谱。图33B是图33A中的7.20ppm至8.60ppm的范围的放大图。由此可知通过本合成反应获得了βNP2PC。

[0471] 另外,对所得到的βNP2PC进行热重-差热分析。在测定中,使用高真空差式型差热天平(由Bruker AXS公司制造,TG-DTA 2410SA)。在氮气流(流量为200mL/min)和常压下,以10℃/min的升温速率进行测定。从重量和温度之间的关系(热重)可知βNP2PC的5%失重温度为500℃以上。由此可知,βNP2PC具有良好的耐热性。

[0472] (参考例3)

[0473] 在本参考例中,对用于上述发光元件2的4-(1-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBAαNB)的合成方法进行说明。以下示出BBAαNB的结构式。

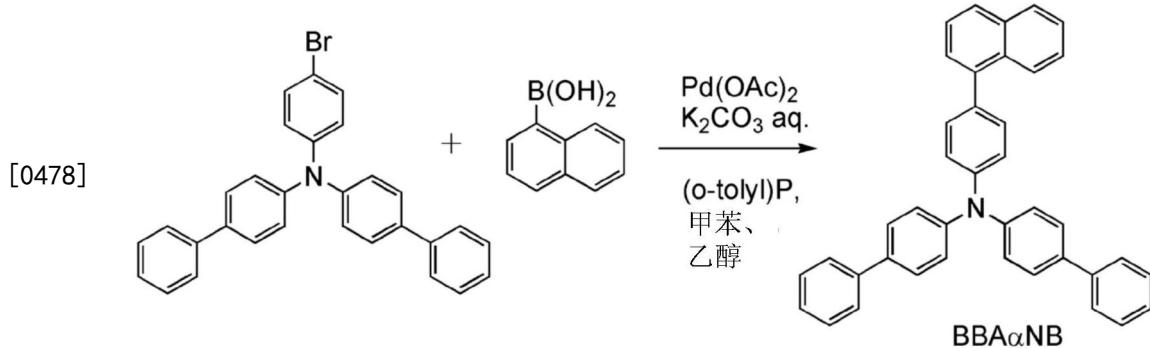
[0474] [化学式10]



[0476] 将4.8g (10mmol) 的4-溴-4',4''-二苯基三苯基胺、1.8g (10mmol) 的2-萘基硼酸、0.31g (1.0mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、40mL的甲苯、10mL的乙醇以及10mL的碳酸钾水溶液(2.0mol/L)放在200mL三口烧瓶中,在对烧瓶内进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气。在脱气之后,使系统内处于氮气流下,然后将混合物加热到60℃。在加热之后,加入0.12g (0.5mmol) 的醋酸钯(II),在80℃下搅拌该混合物1.5小时。在搅拌之后,将该混合物冷却到室温,然后使用水洗涤该混合物的有机层,使用甲苯对所得到的水层进行萃取,将萃取溶液和有机层合并,使用饱和食盐水进行洗涤,加入硫酸镁进行干燥。对该混合物进行重

力过滤,浓缩所得到的滤液,获得了目的物的褐色固体。将所得到的固体溶解于氯仿,通过利用高速液体层析法(日本分析工业公司制造的循环制备高效液相色谱(recycling preparative HPLC)的LC-SakuraNEXT,移动相:氯仿)精炼该溶液,以75%的回收率得到3.9g的目的物的白色固体。以下示出该反应的合成路线。

[0477] [化学式11]



[0479] 测定所得到的淡黄色固体的¹H NMR。以下示出数据。

[0480] ¹H NMR (二氯甲烷-d₂, 500MHz) : δ = 7.26-7.29 (m, 6H), 7.31 (t, J = 7.0Hz, 2H), 7.41-7.54 (m, 10H), 7.56 (d, J = 8.5Hz, 4H), 7.60 (d, J = 7.0Hz, 4H), 7.84 (d, J = 8.0Hz, 1H), 7.90 (d, J = 7.0Hz, 1H), 8.03 (d, J = 9.0Hz, 1H)

[0481] 另外,图34A和图34B示出¹H-NMR谱。图34B是图34A中的7.0ppm至8.5ppm的范围的放大图。由此可知通过本合成获得了BBAαNB。

[0482] 利用梯度升华方法对所得到的3.9g的固体(BBAαNB)进行升华精炼。升华精炼的条件为如下:压力为3.4Pa,氩流量为15mL/min,加热温度为250℃,加热时间为16小时。其结果是,以62%的回收率得到2.4g的目的物的固体。

[0483] 利用循环伏安法(CV)测量计算出BBAαNB的HOMO能级和LUMO能级。以下示出计算方法。

[0484] 作为测量装置,使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造的ALS型号600A或600C)。关于CV测定中的溶液,作为溶剂使用脱水的二甲基甲酰胺(DMF,西格玛-奥尔德里奇公司(Sigma-Aldrich Inc.)制造,99.8%,目录号码:22705-6),将作为支持电解质(supporting electrolyte)的高氯酸四正丁基铵(n-Bu₄NClO₄,由东京化成工业株式会社制造,目录号码:T0836)溶解于溶剂并使高氯酸四正丁基铵的浓度为100mmol/L。另外,将测定对象溶解于溶剂并使其浓度为2mmol/L。另外,作为工作电极使用铂电极(由BAS株式会社制造,PTE铂电极),作为辅助电极使用铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用Ag/Ag⁺电极(由BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。另外,测定在室温下(20℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位Ea[V]及还原电位Ec[V]。Ea为氧化-还原波之间的中间电位,Ec为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此利用HOMO能级[eV] = -4.94-Ea、LUMO能级[eV] = -4.94-Ec这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。反复进行CV测量100次,比较第100次测量中的氧化-还原波与第1次测量中的氧化-还原波,来调查化合物的电性稳定性。

[0485] 其结果表明:在BBAαNB的氧化电位Ea[V]的测定中,HOMO能级为-5.49eV,而LUMO能

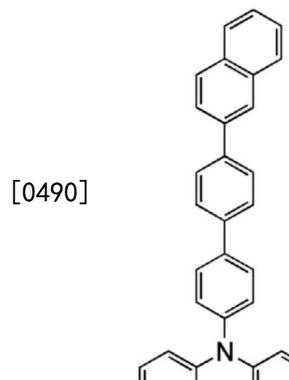
级为-2.24eV。另外,根据氧化-还原波的反复测量中的第1次测量与第100次测量的波形比较,可知在Ea测量中保持了93%的峰强度,在Ec测量中保持了92%的峰强度,BBA α NB的耐氧化及还原性非常高。

[0486] 另外,使用由PerkinElmer, Inc.制造的Pyris 1DSC进行BBA α NB的差示扫描量热测量(DSC测量)。在差示扫描量热测量中,连续地进行如下操作两次:以40°C/分钟的升温速度从-10°C升温到270°C,然后在相同温度下保持1分钟,接着,以40°C/分钟的降温速度从270°C降温到-10°C。采用第二次的测定结果。根据DSC测量结果可知BBA α NB的玻璃化转变温度为84°C。

[0487] (参考例4)

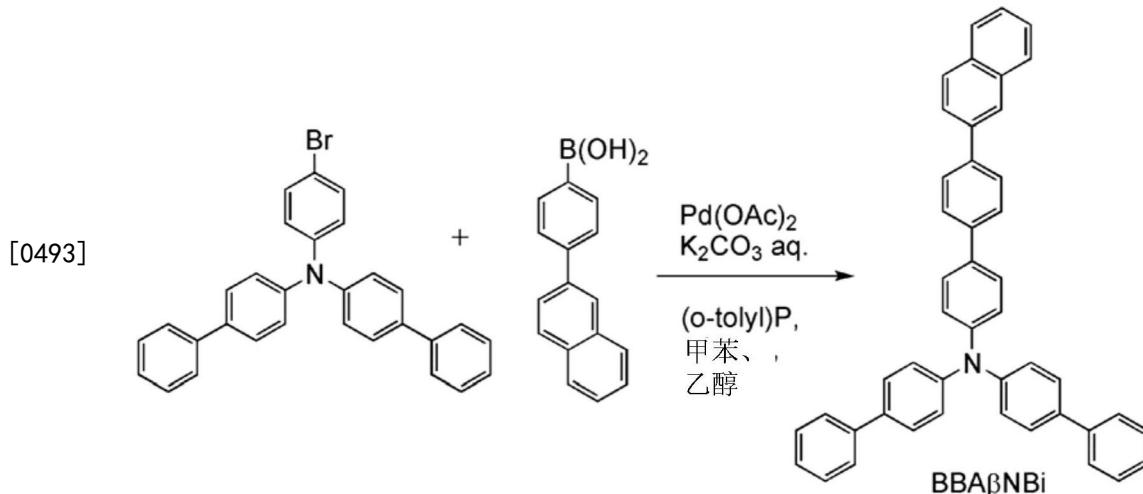
[0488] 在本参考例中,对用于上述发光元件3的4-[4-(2-萘基)苯基]-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NBi)的合成方法进行说明。以下示出BBA β NBi的结构式。

[0489] [化学式12]



[0491] 将4.8g (10mmol) 的4-溴-4',4''-二苯基三苯基胺、2.5g (10mmol) 的4-(2-萘基)苯基硼酸、0.31g (0.50mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、40mL的甲苯、10mL的乙醇以及10mL的碳酸钾水溶液 (2.0mol/L) 放在200mL三口烧瓶中,在对烧瓶内进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气。在脱气之后,使系统内处于氮气流下,然后将混合物加热到60°C。在加热之后,加入0.11g (0.5mmol) 的醋酸钯 (II),在80°C下搅拌该混合物1.5小时。在搅拌之后,将该混合物冷却到室温,然后通过抽滤回收所析出的固体,使用甲苯、乙醇及水进行洗涤。使用氯仿洗涤所得到的固体,通过抽滤以49%的回收率回收2.9g的目的物的褐色固体。以下示出该反应的合成路线。

[0492] [化学式13]



[0494] 测定所得到的淡黄色固体的¹H NMR。以下示出数据。

[0495] ¹H NMR (二氯甲烷-d₂, 500MHz, 500MHz) : δ = 7.22-7.25 (m, 6H), 7.31 (t, J=7.3Hz, 2H), 7.42 (t, J=7.8Hz, 4H), 7.46-7.52 (m, 2H), 7.55 (d, J=7.5Hz, 4H), 7.59-7.63 (m, 6H), 7.74 (d, J=8.0Hz, 2H), 7.18-7.83 (m, 3H), 7.87 (d, J=7.5Hz, 1H), 7.93 (t, J=8.7, 2H), 8.11 (s, 1H)

[0496] 另外,图35A和图35B示出¹H-NMR谱。图35B是图35A中的7.0ppm至8.3ppm的范围的放大图。由此可知通过本合成反应获得了BBAβNBi。

[0497] 利用梯度升华方法对所得到的2.9g的固体(BBAβNBi)进行升华精炼。升华精炼的条件为如下:压力为4.0Pa,氩流量为15mL/min,加热温度为300℃,加热时间为16小时。其结果是,以65%的回收率得到1.9g的目的物的白色固体。

[0498] 利用循环伏安法(CV)测量计算出BBAβNBi的HOMO能级和LUMO能级。计算方法与参考例3同样。

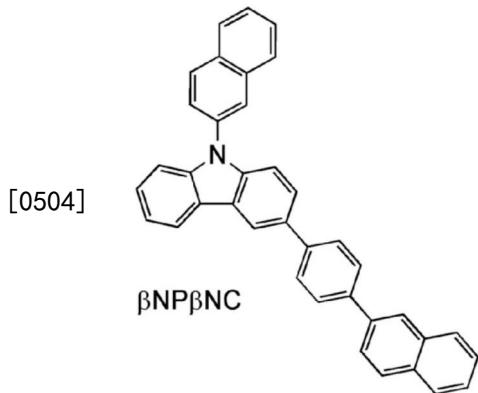
[0499] 其结果表明:在BBAβNBi的氧化电位Ea[V]的测定中,HOMO能级为-5.47eV,而LUMO能级为-2.38eV。另外,根据氧化-还原波的反复测量中的第1次测量与第100次测量的波形比较,可知在Ea测量中保持了82%的峰强度,在Ec测量中保持了67%的峰强度,BBAβNBi的耐氧化及还原性非常高。

[0500] 另外,使用由PerkinElmer, Inc.制造的Pyris 1DSC进行BBAβNBi的差示扫描量热测量(DSC测量)。在差示扫描量热测量中,连续地进行如下操作两次:以40℃/分钟的升温速度从-10℃升温到270℃,然后在相同温度下保持1分钟,接着,以40℃/分钟的降温速度从270℃降温到-10℃。采用第二次的测定结果。根据DSC测量结果可知BBAβNBi的玻璃化转变温度为97℃,这表示BBAβNBi为具有良好的耐热性的化合物。

[0501] (参考例5)

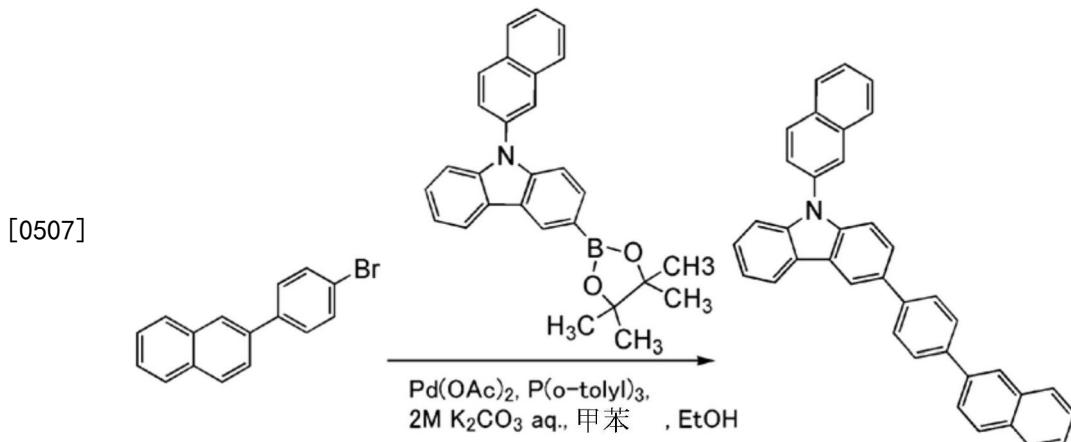
[0502] 在本参考例中,对用于上述发光元件4的3-[4-(2-萘基)苯基]-9-(2-萘基)-9H-咔唑(简称:BNPβNC)的合成方法进行说明。以下示出BNPβNC的结构式。

[0503] [化学式14]



[0505] 将2.3g (8.1mmol) 的2- (4-溴苯基) 萘、3.4g (8.1mmol) 的4,4,5,5-四甲基-2-[9-(2-萘基)-9H-咔唑-3-基]-1,3,2-二氧硼戊环、50mg (0.16mmol) 的三(o-甲苯基) 脍及2.2g (16mmol) 的碳酸钾放在200mL的三口烧瓶中。对烧瓶内进行氮气置换,然后在其混合物中加入30mL的甲苯、10mL的乙醇以及8.0mL的水。在对该混合物进行减压的同时,搅拌该混合物而脱气。在脱气之后,对该混合物加入18mg (0.081mmol) 的醋酸钯 (II)。在氮气流下,将混合物在80℃下搅拌4小时,以析出固体。通过抽滤回收所析出的固体。使用甲苯对滤液的水层进行萃取,将萃取溶液和有机层合并,使用饱和食盐水进行洗涤。使用硫酸镁对有机层进行干燥,对该混合物进行重力过滤。将通过浓缩所得到的滤液而获得的固体和回收的固体溶解于约200mL的热甲苯,通过硅藻土 (日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:537-02305)、矾土及硅酸镁 (日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:066-05265) 对该溶液进行抽滤。浓缩所得到的滤液以得到固体,然后用甲苯进行再结晶,以72%的回收率得到2.9g的目的物的白色粉末。以下示出该合成反应的反应路线。

[0506] [化学式15]



[0508] 利用梯度升华方法对所得到的2.9g的白色粉末进行升华精炼。升华精炼的条件为如下:压力为3.9Pa,氩流量为5.0mL/min,加热温度为280℃。在升华精炼之后,以72%的回收率得到2.1g的 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 的白色固体。

[0509] 对所得到的物质的¹H NMR进行测量。以下示出测量数据。

[0510] ¹H NMR (CDCl₃, 300MHz) : $\delta = 7.35$ (ddd, J₁=6.6Hz, J₂=1.2Hz, 1H), 7.42-7.63 (m, 5H), 7.60 (dd, J₁=9.6Hz, J₂=6.3Hz, 2H), 7.69-7.76 (m, 2H), 7.82-8.01 (m, 10H), 8.08-8.13 (m, 3H), 8.25 (d, J=7.8Hz, 1H), 8.46 (d, J=1.5Hz, 1H)

[0511] 另外,图36A和图36B示出¹H-NMR谱。图36B是图36A中的7.20ppm至8.60ppm的范围的放大图。由此可知通过本合成反应获得了 β NP β NC。

[0512] 另外,对所得到的 β NP β NC进行热重-差热分析。在测定中,使用高真空差式型差热天平(由Bruker AXS公司制造,TG-DTA 2410SA)。在氮气流(流量为200mL/min)和常压下,以10°C/min的升温速率进行测定。从重量和温度之间的关系(热重)可知 β NP β NC的5%失重温度为431°C。由此可知, β NP β NC具有良好的耐热性。

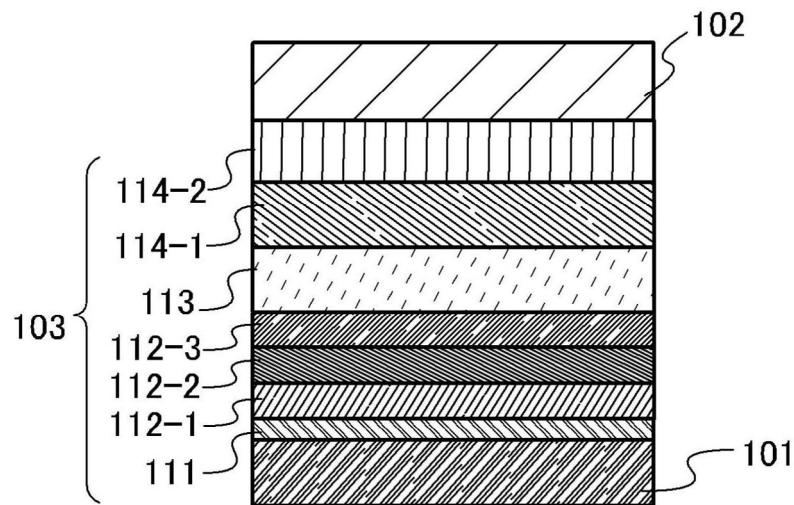


图1A

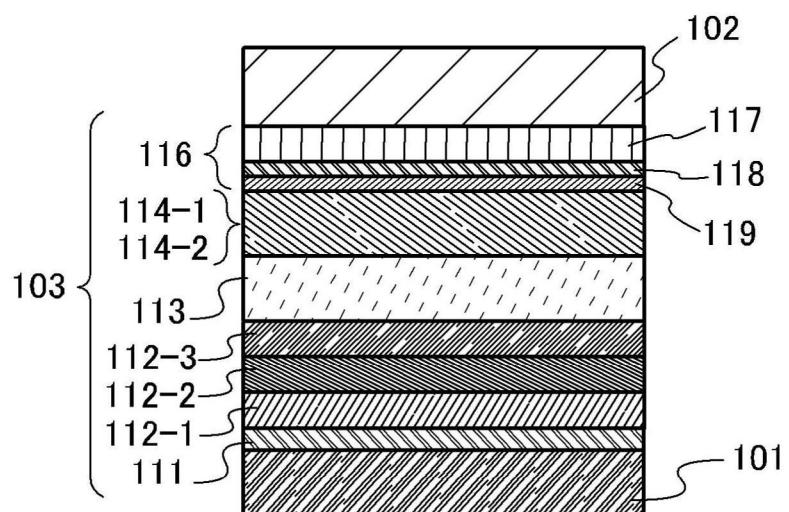


图1B

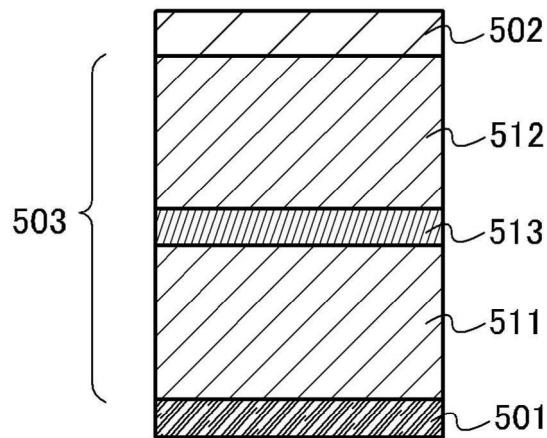


图1C

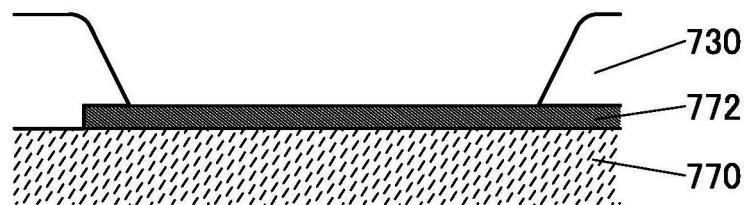


图2A

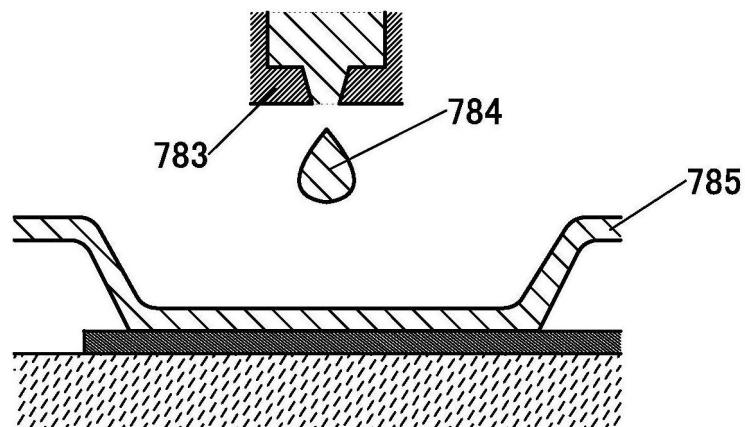


图2B

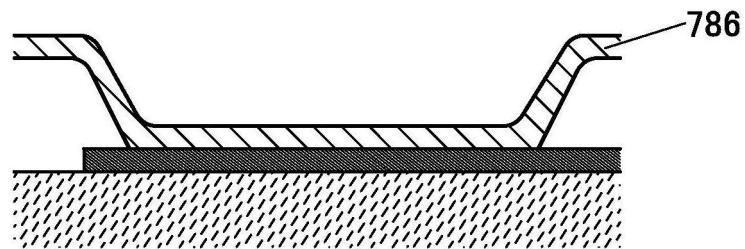


图2C

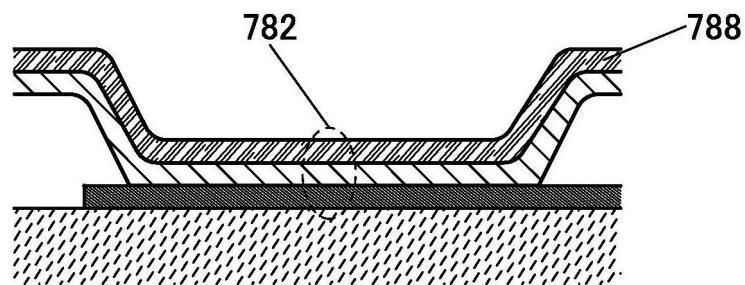


图2D

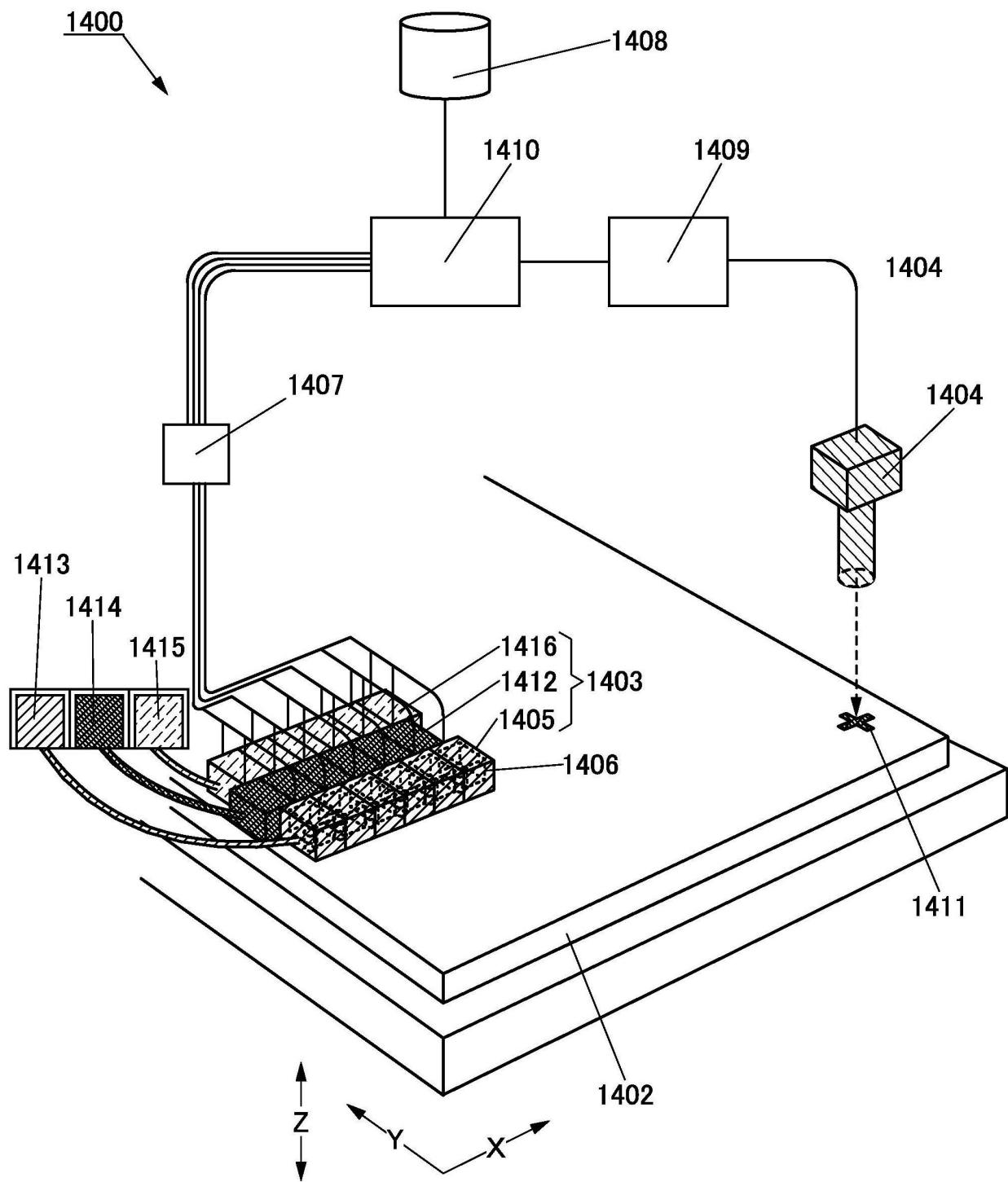


图3

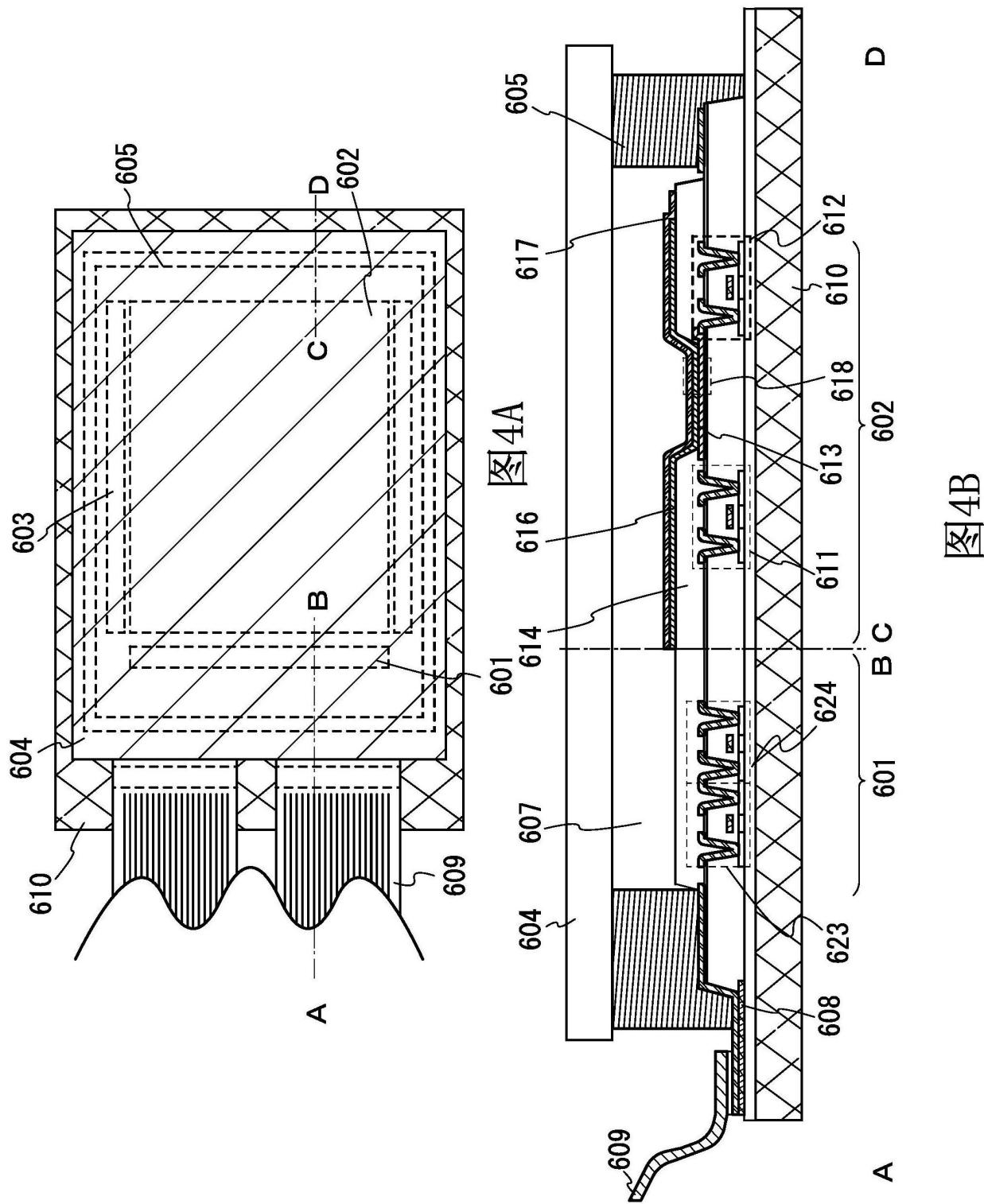
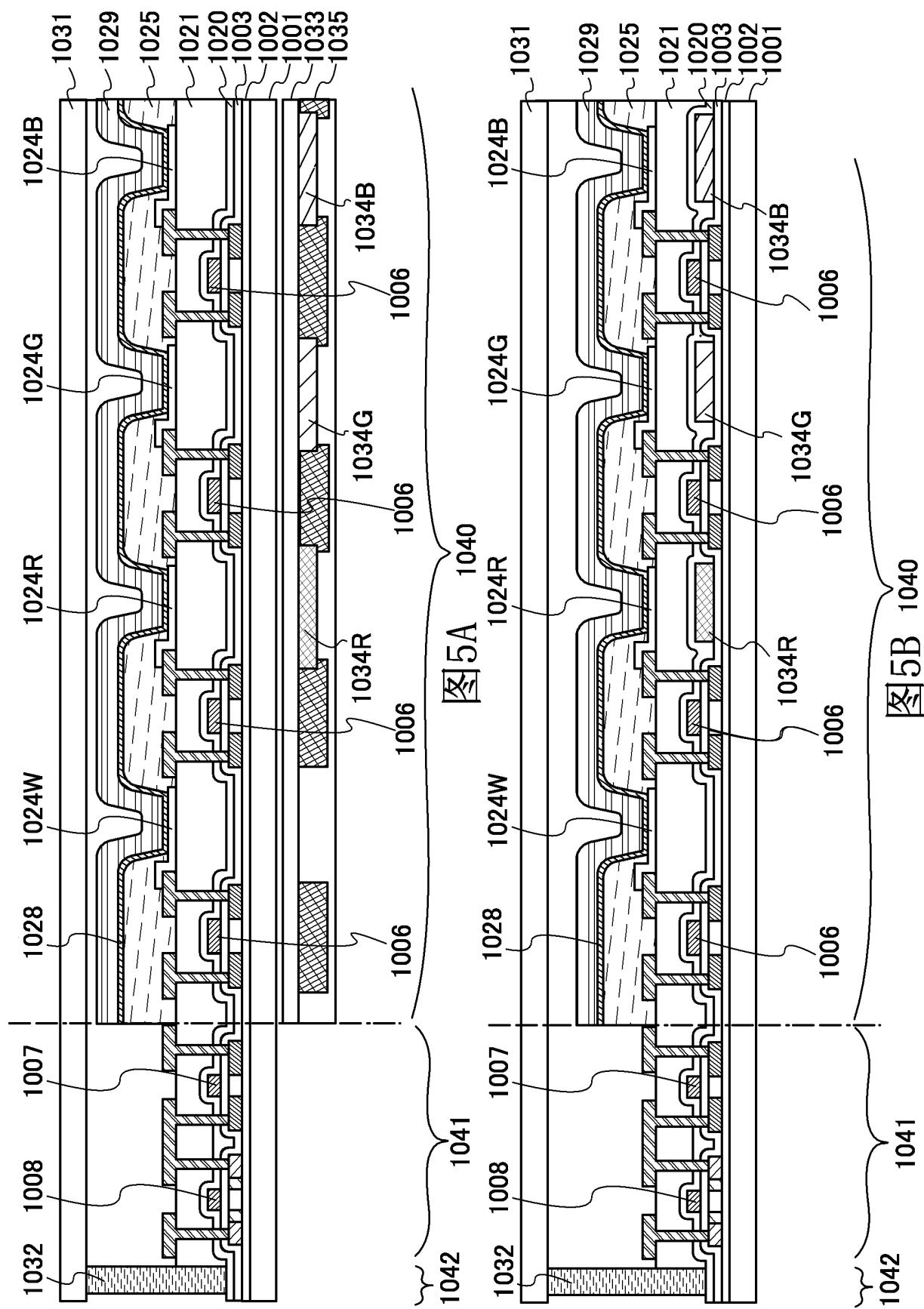


图4B



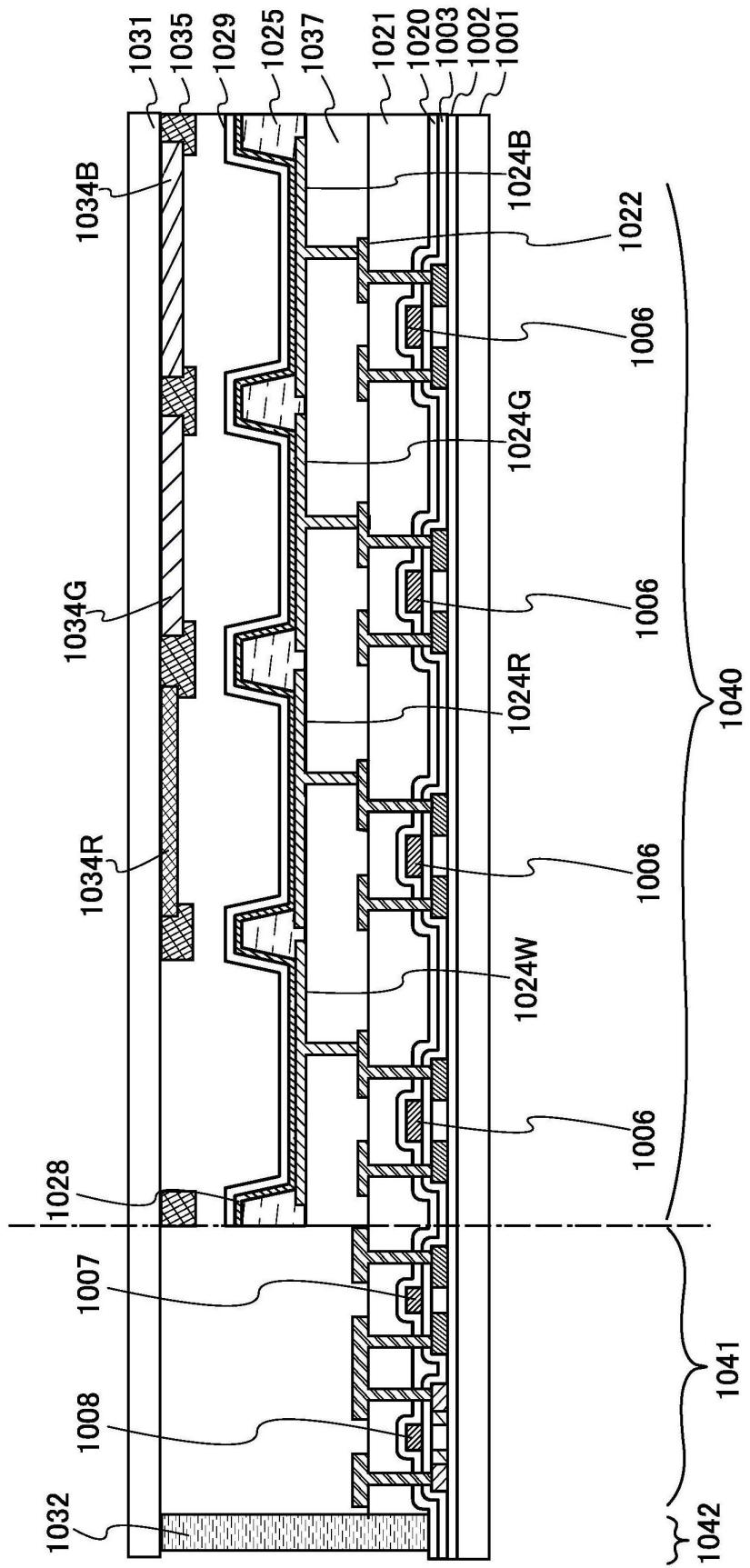


图6

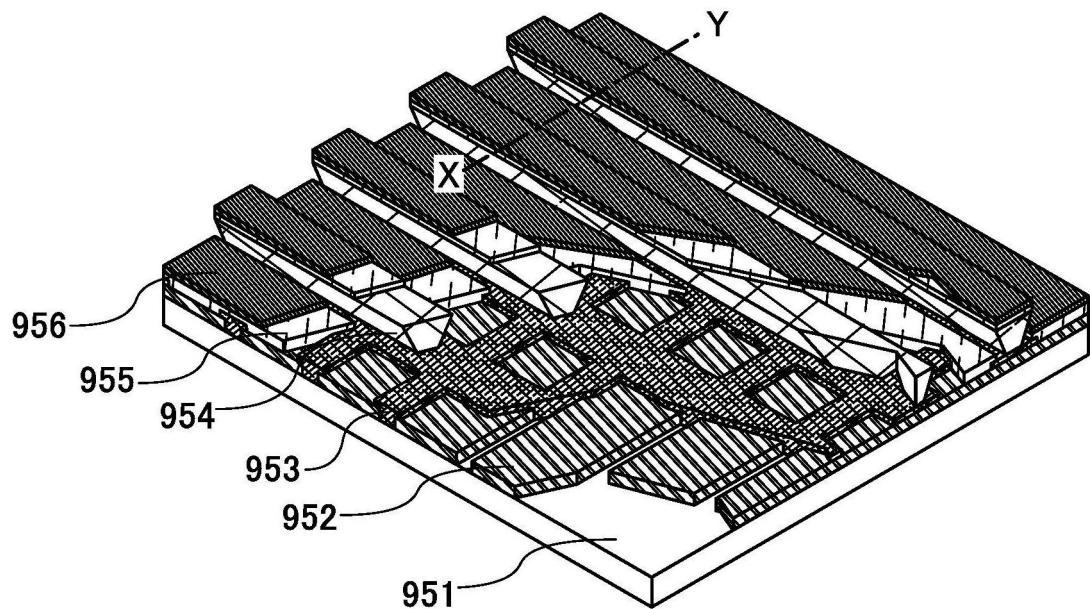


图7A

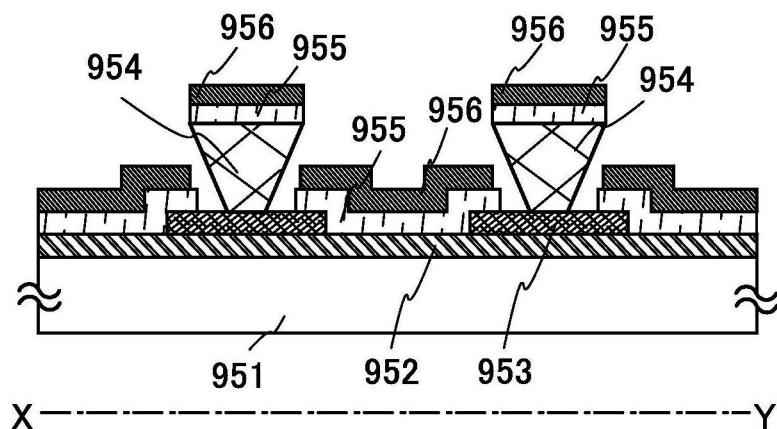


图7B

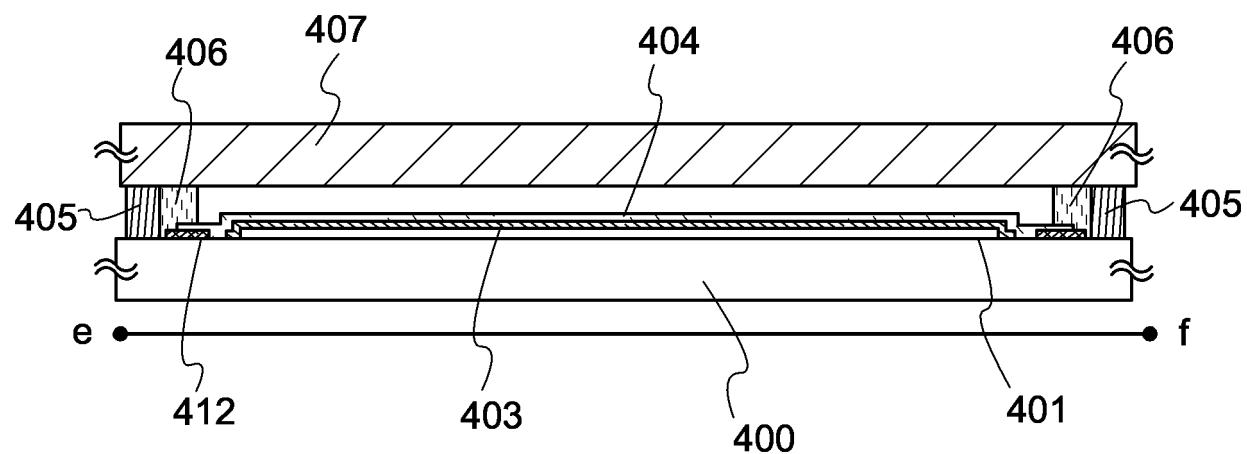


图8A

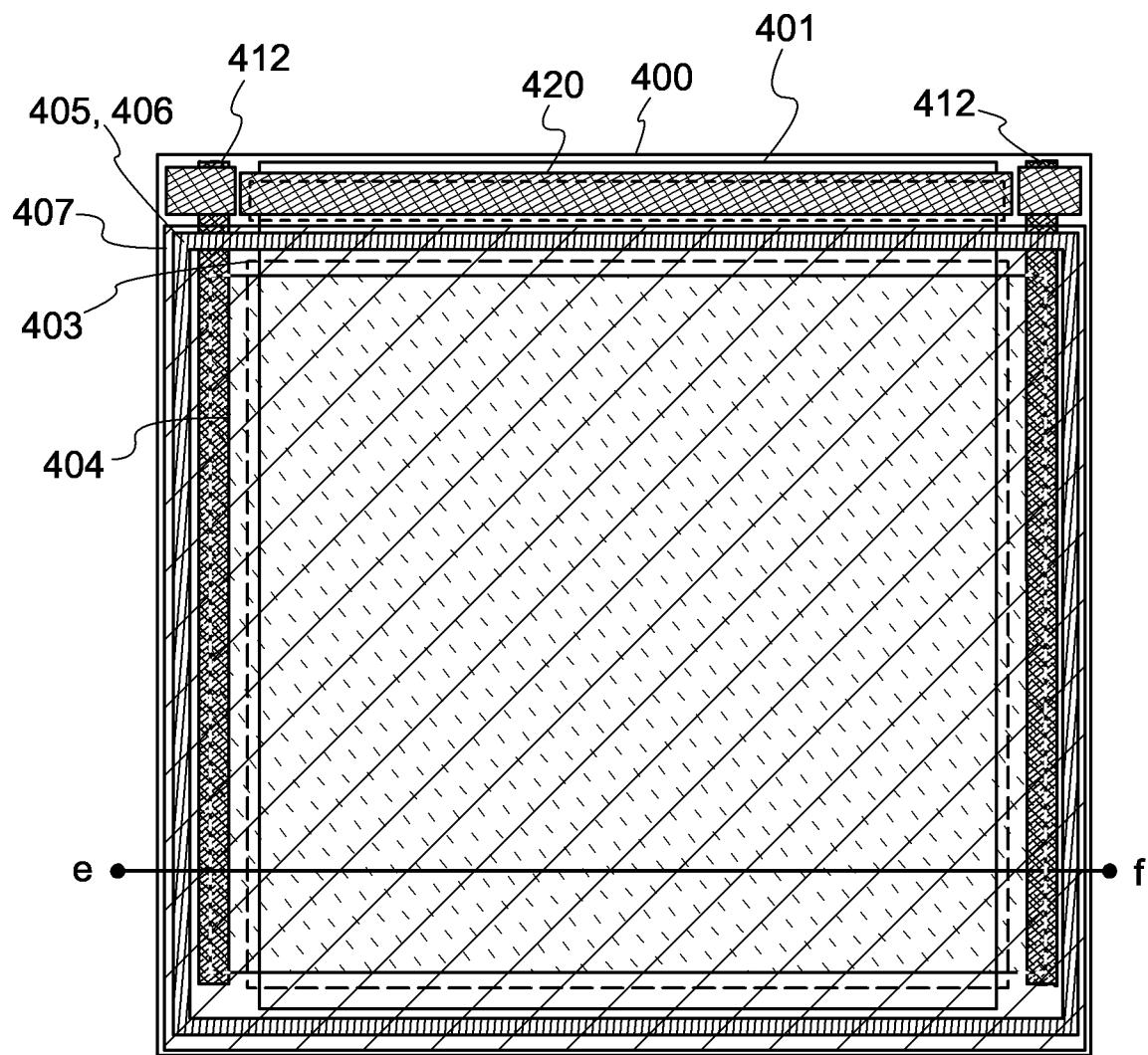


图8B

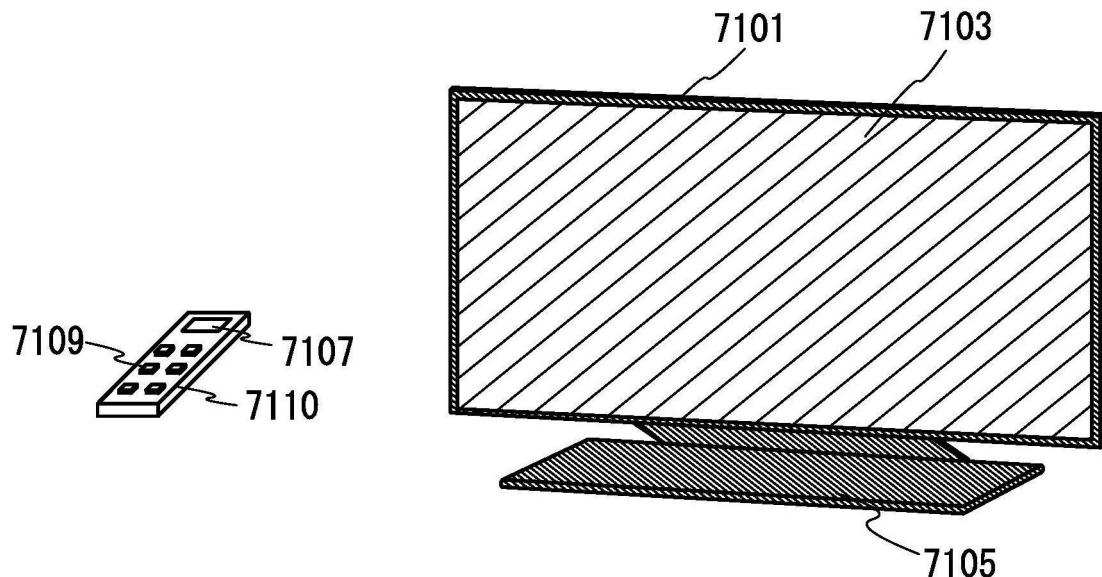


图9A

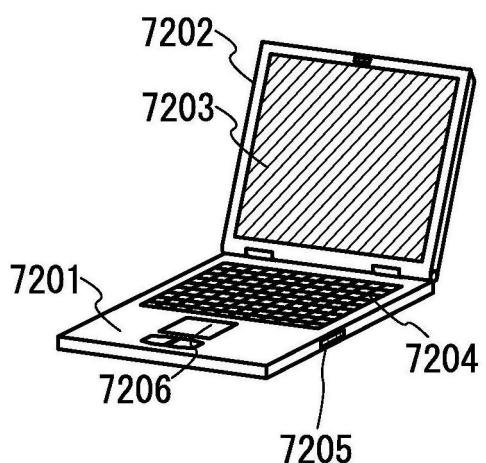


图9B1

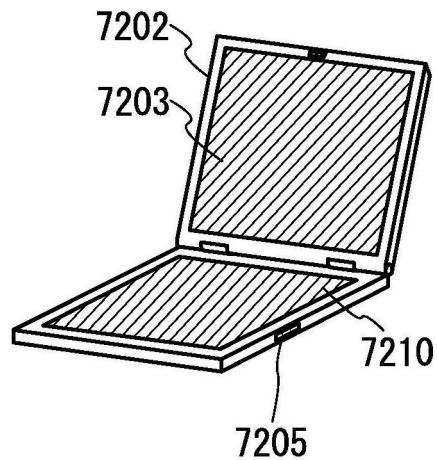


图9B2

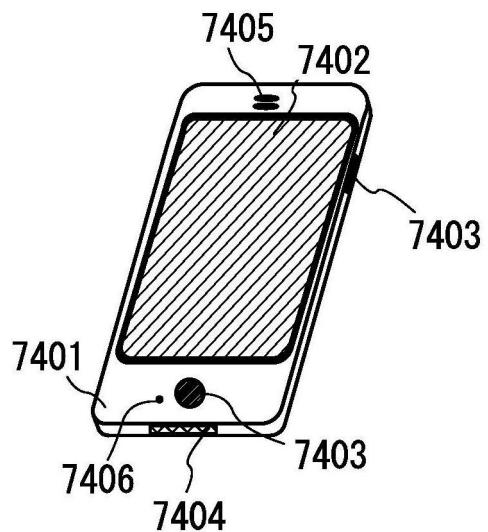


图9C

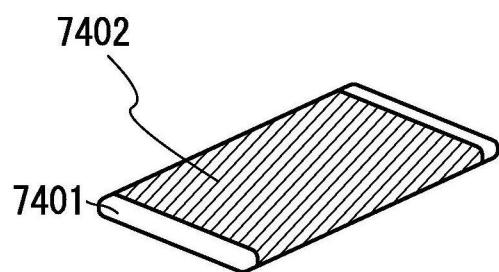


图9D

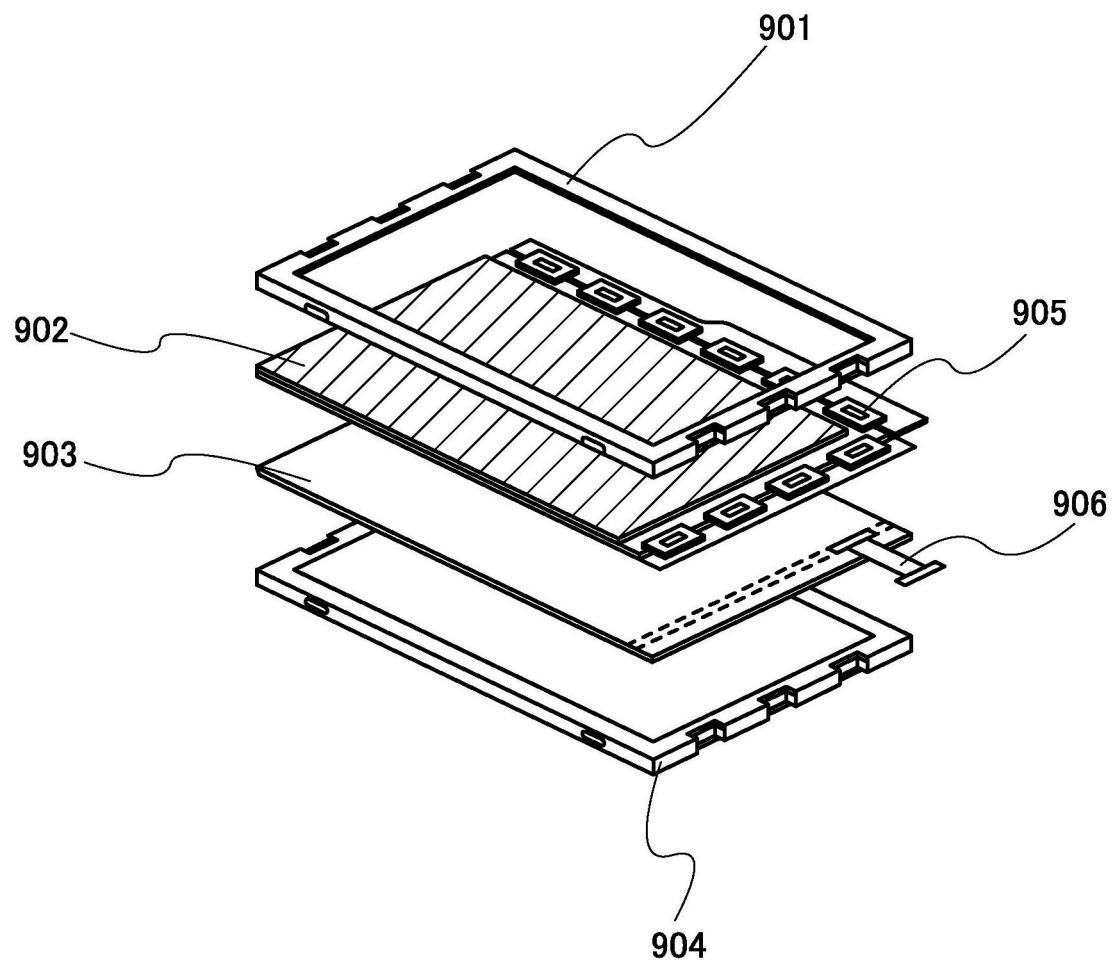


图10

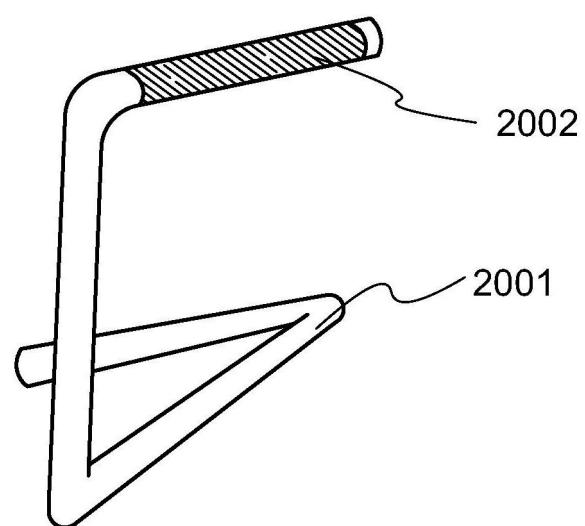


图11

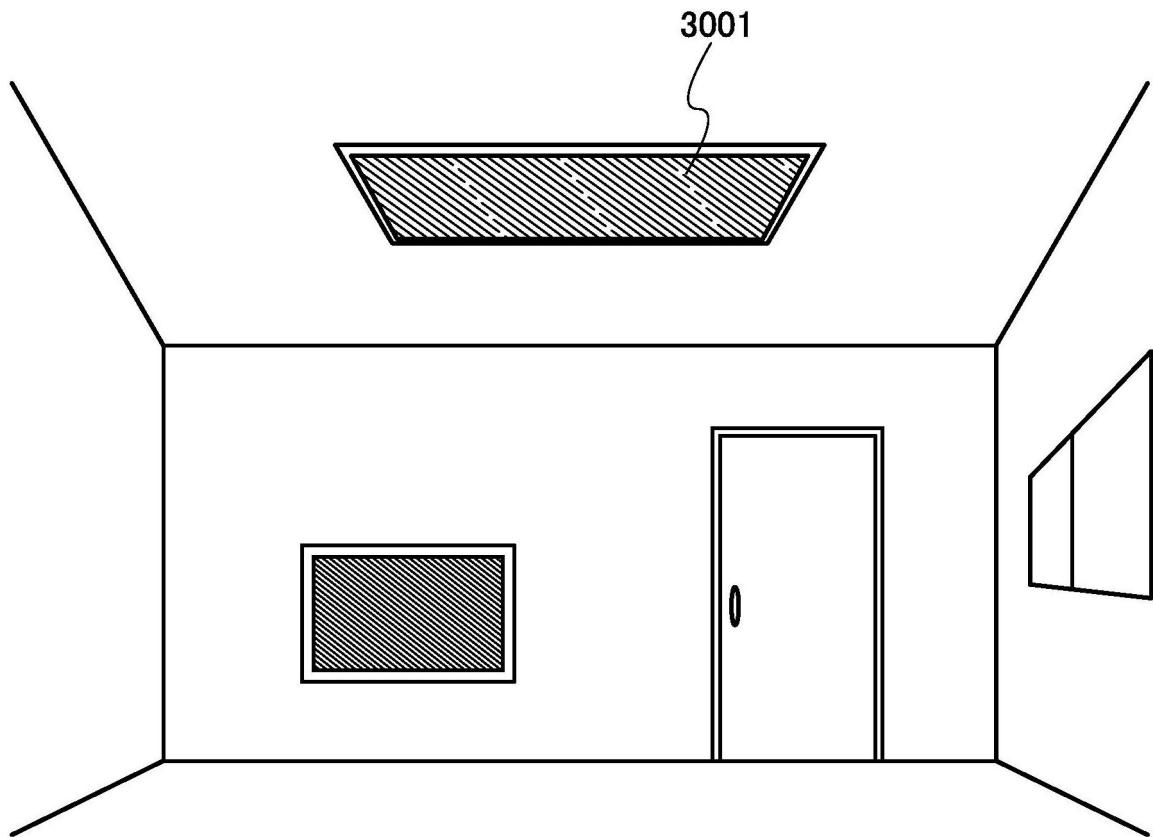


图12

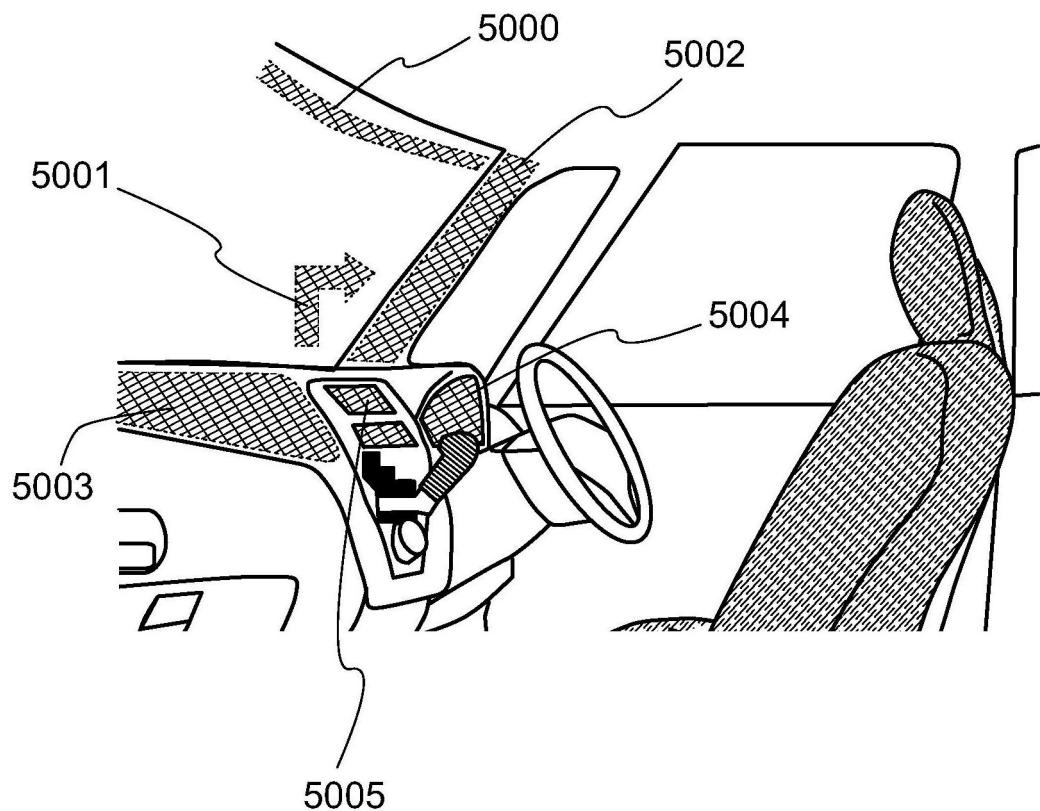


图13

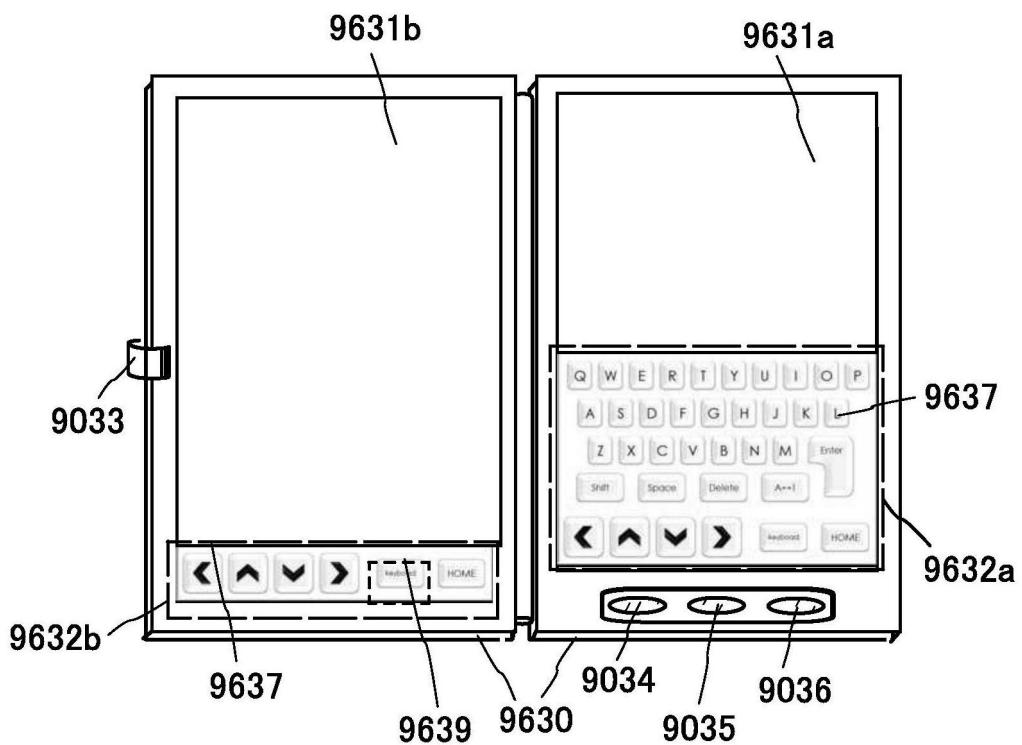


图14A

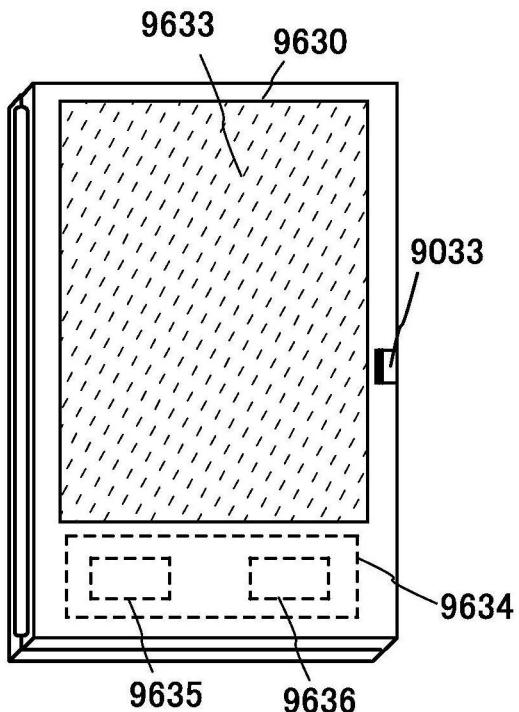


图14B

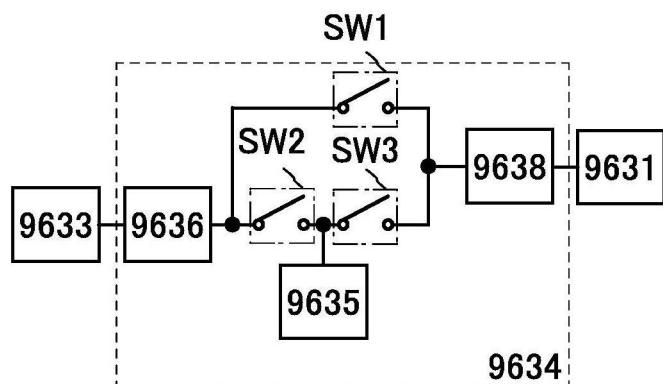


图14C

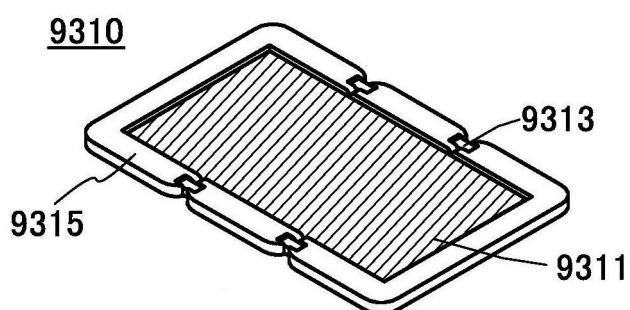


图15A

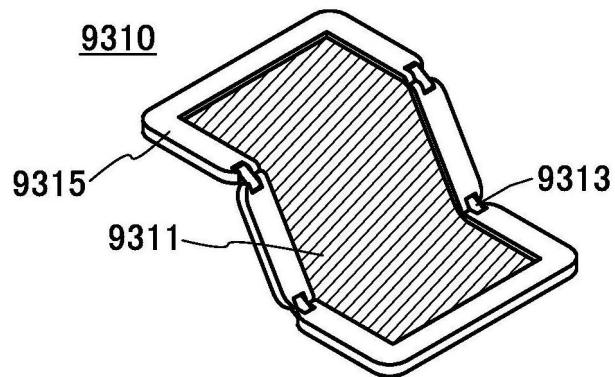


图15B

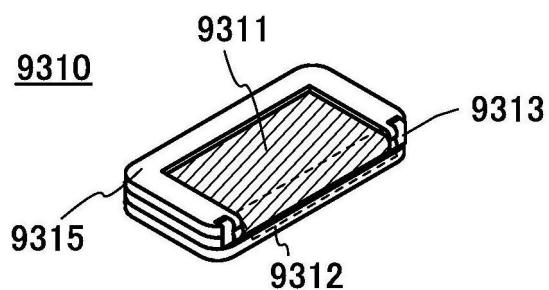


图15C

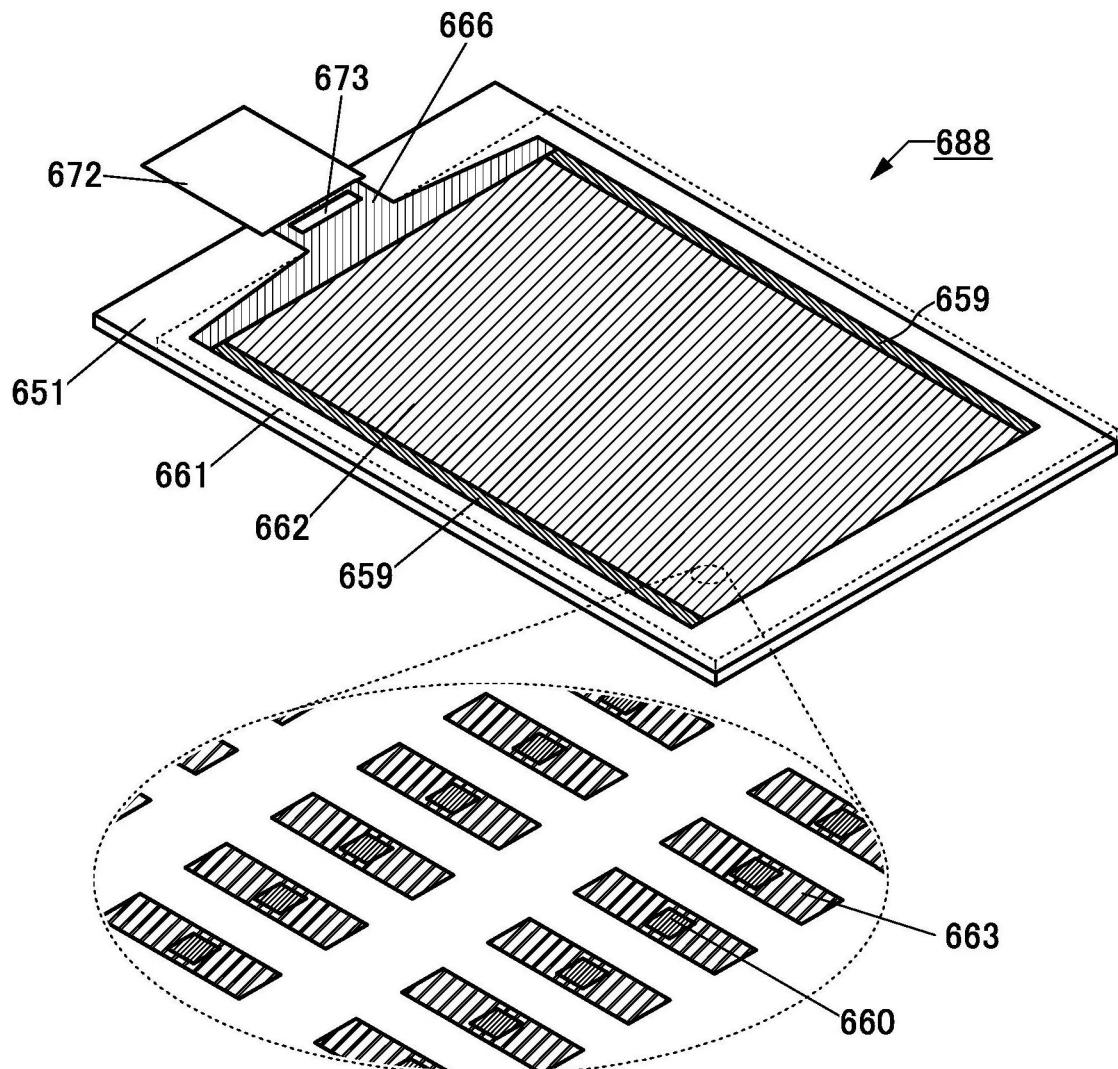


图16

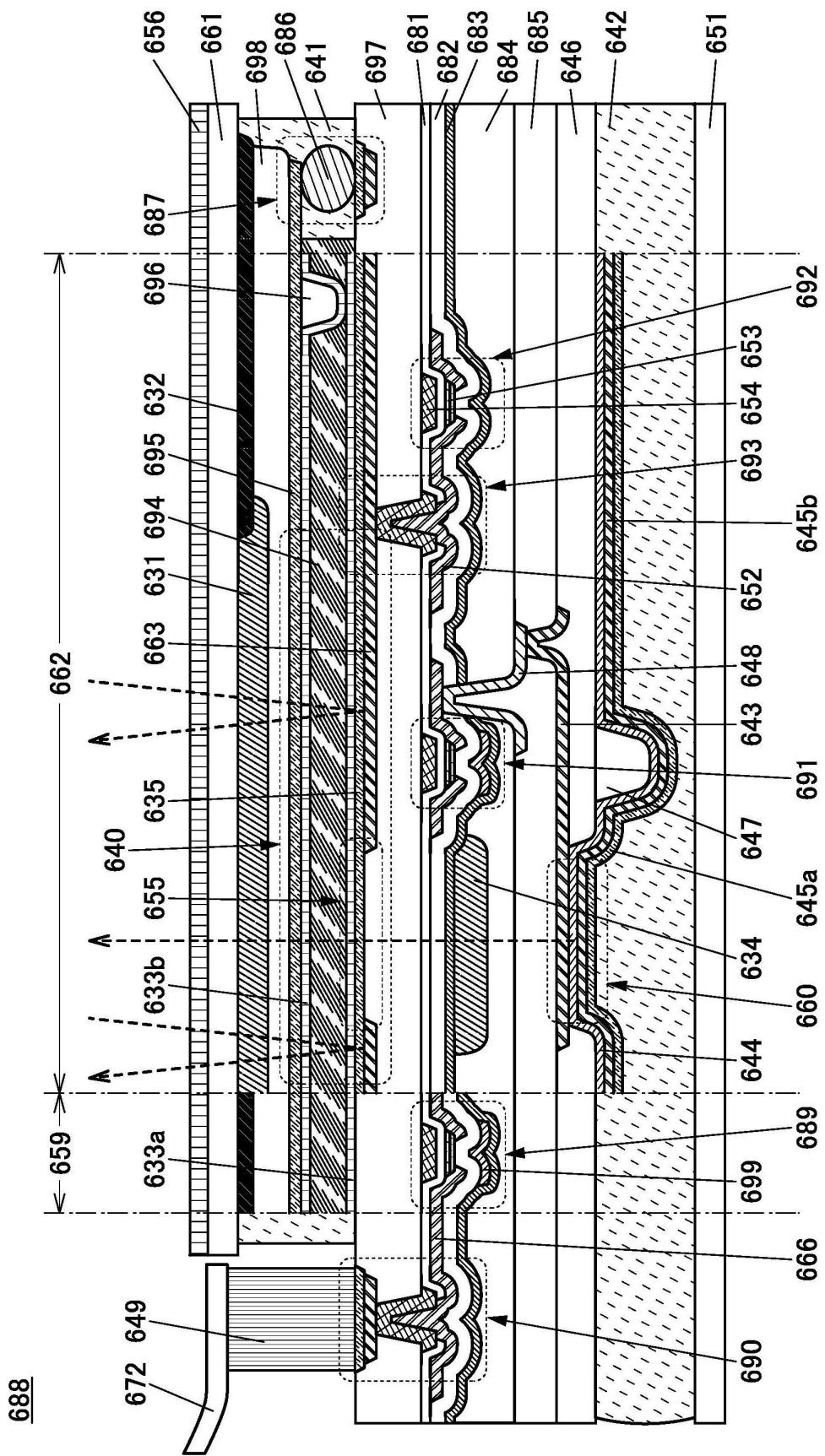


图17

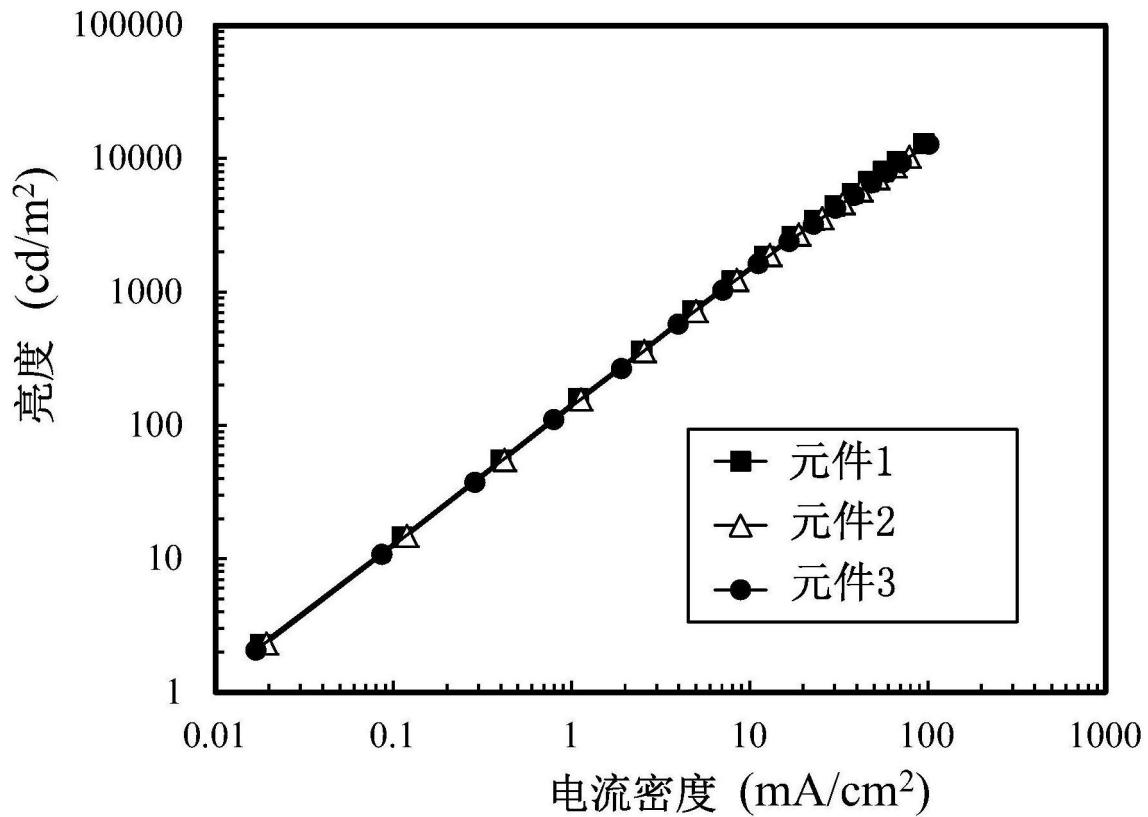


图18

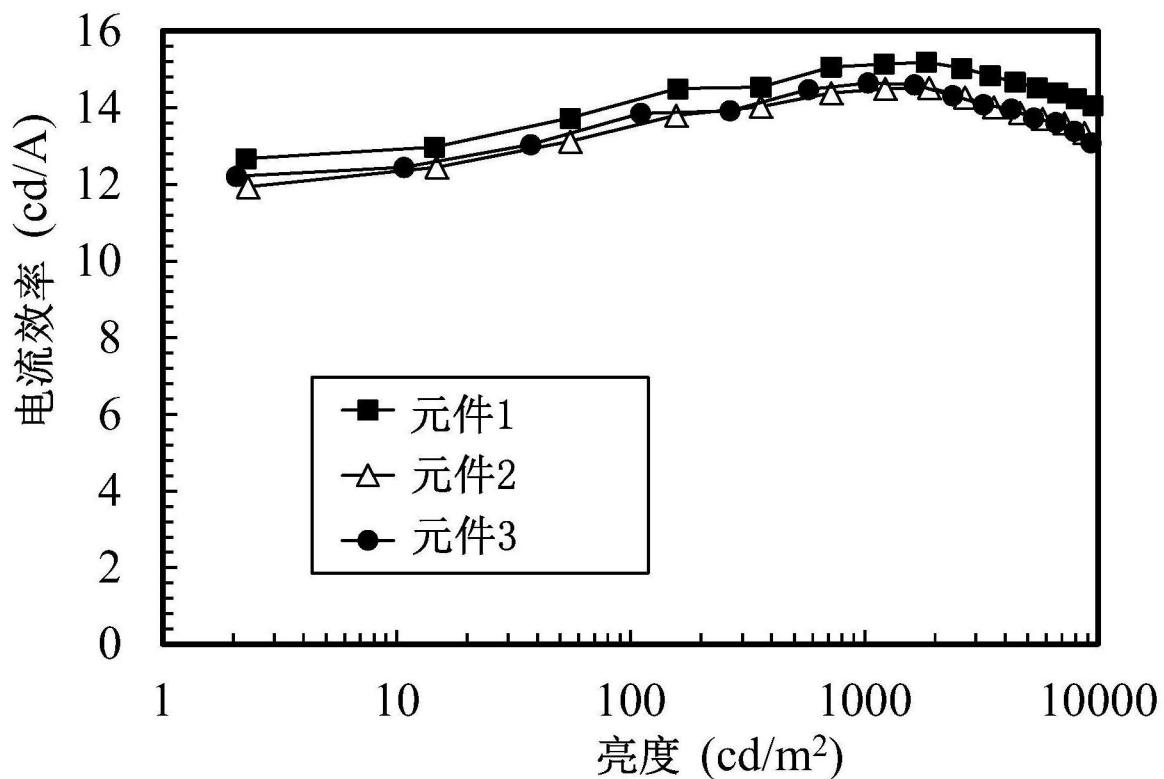


图19

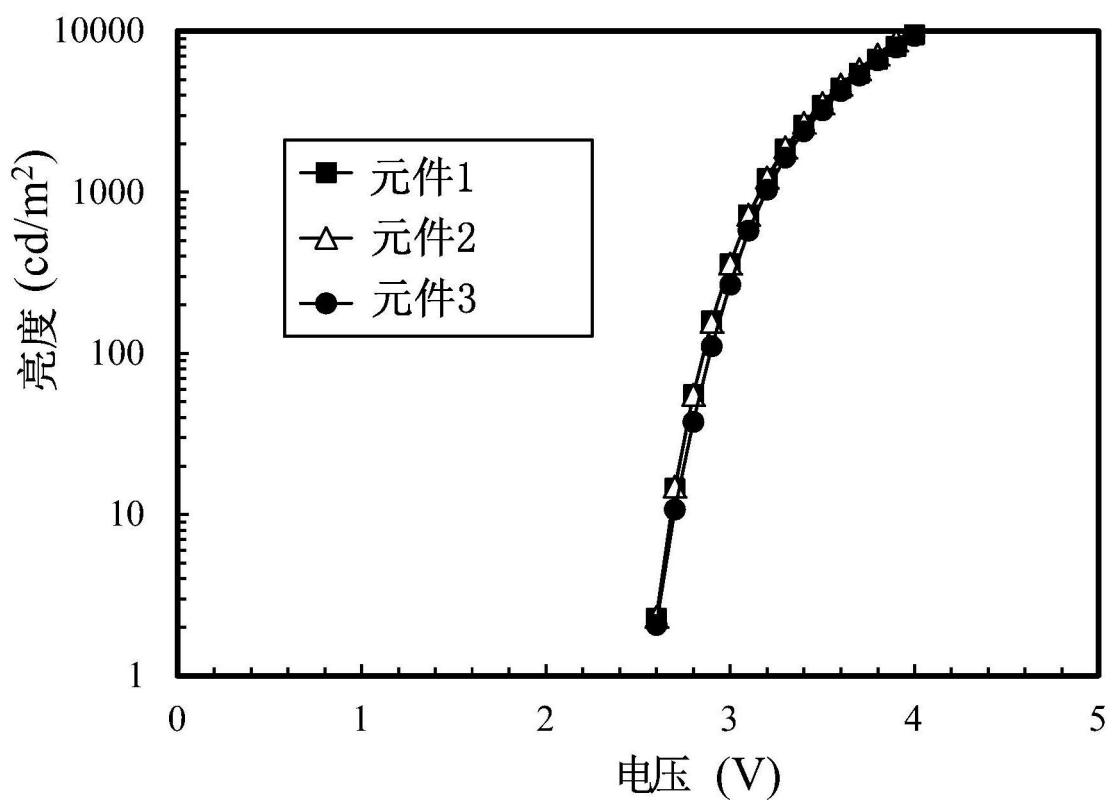


图20

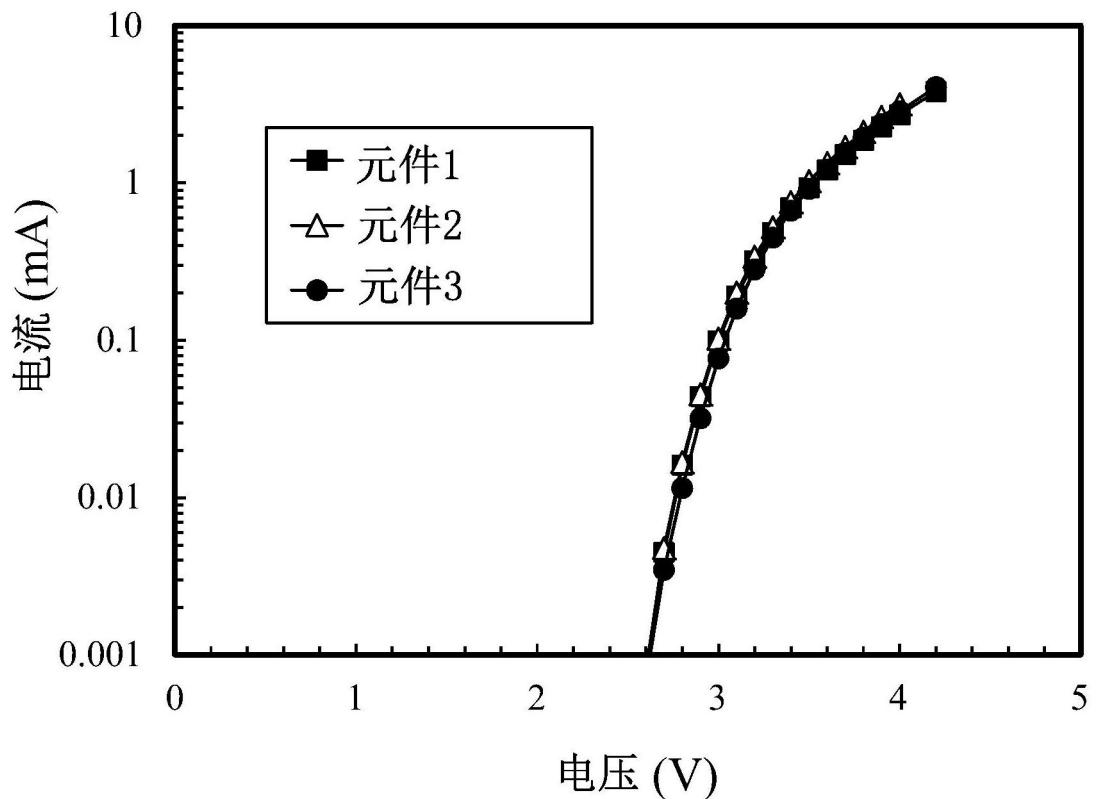


图21

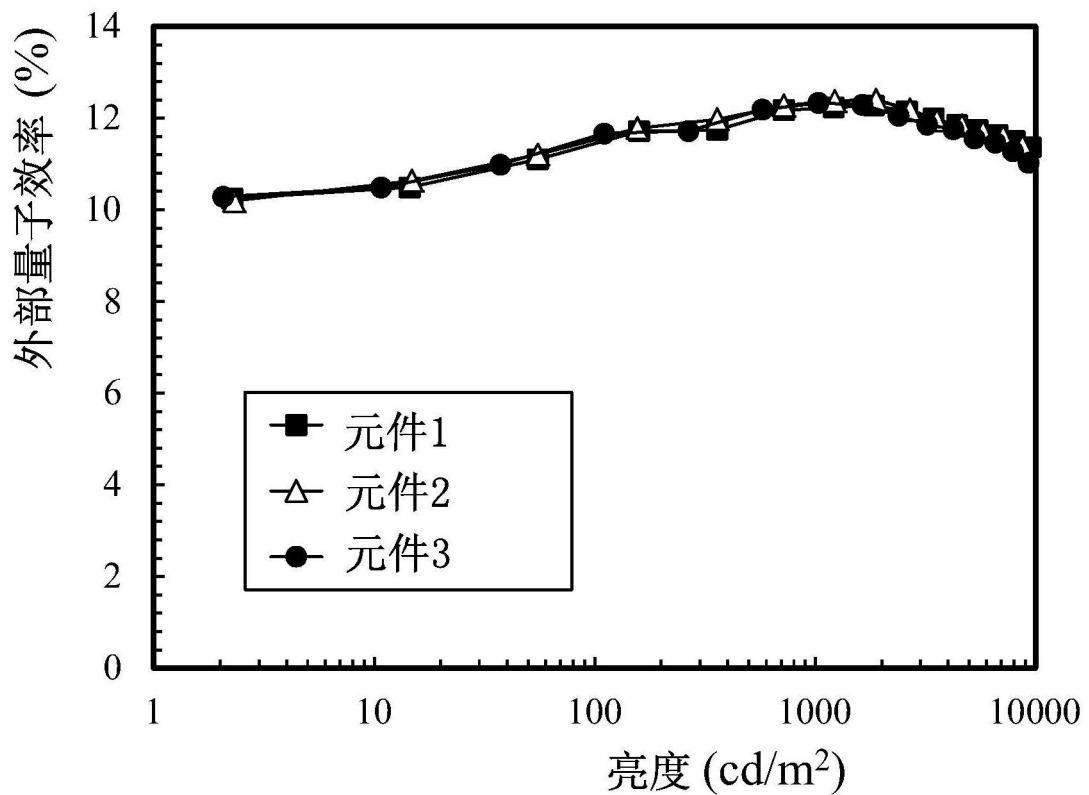


图22

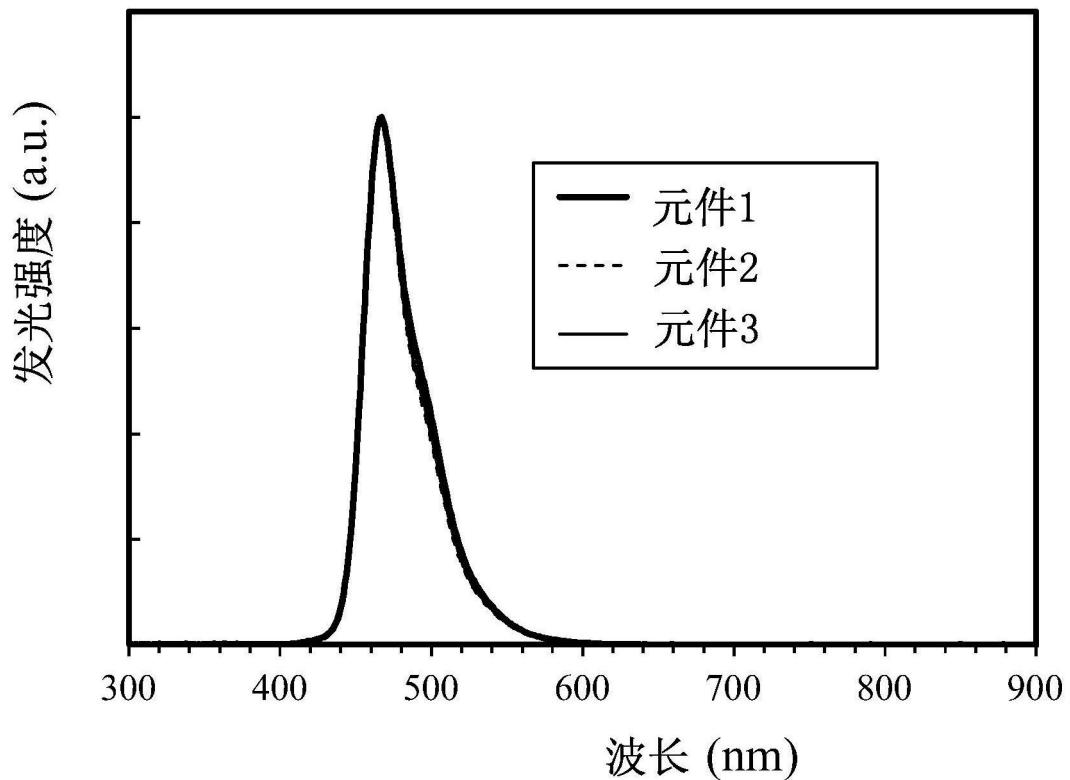


图23

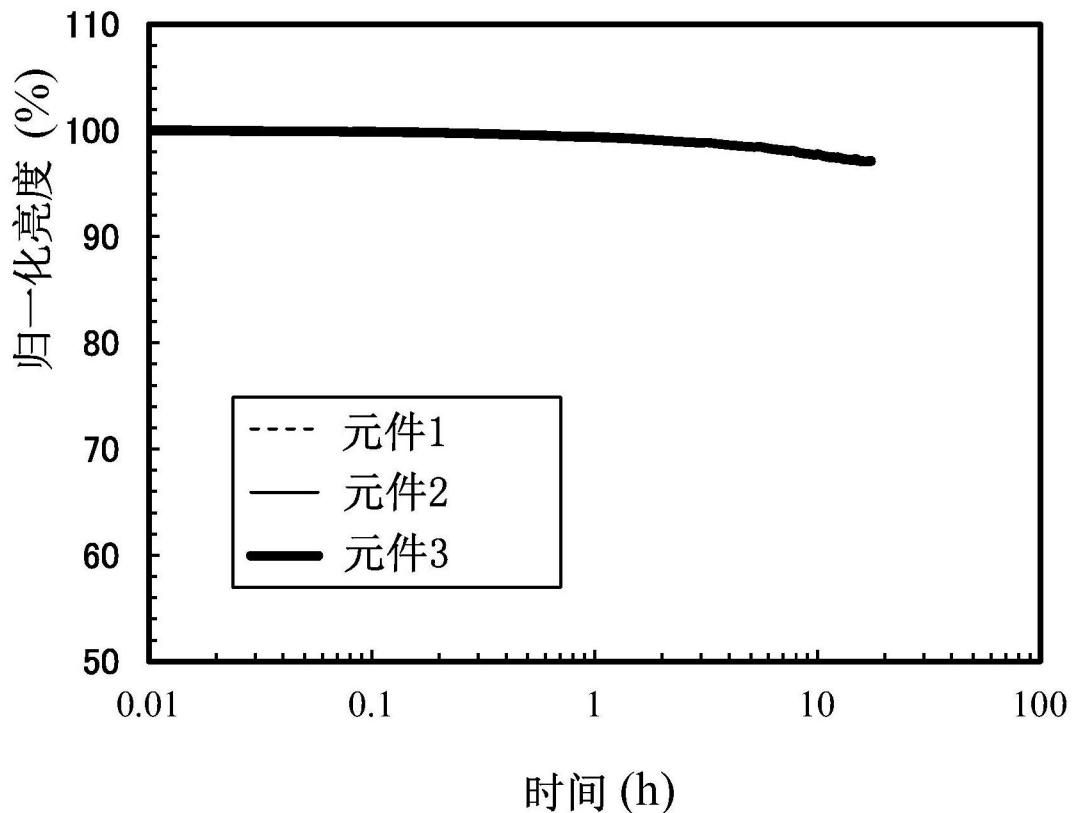


图24

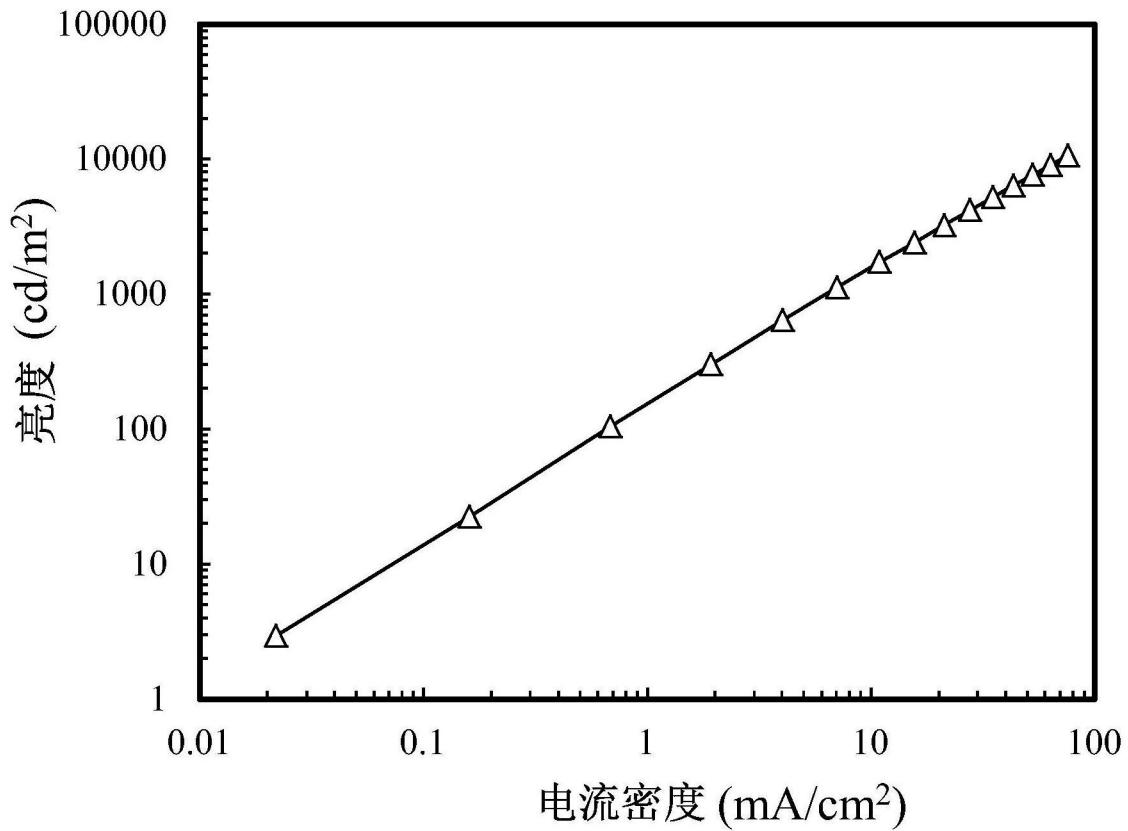


图25

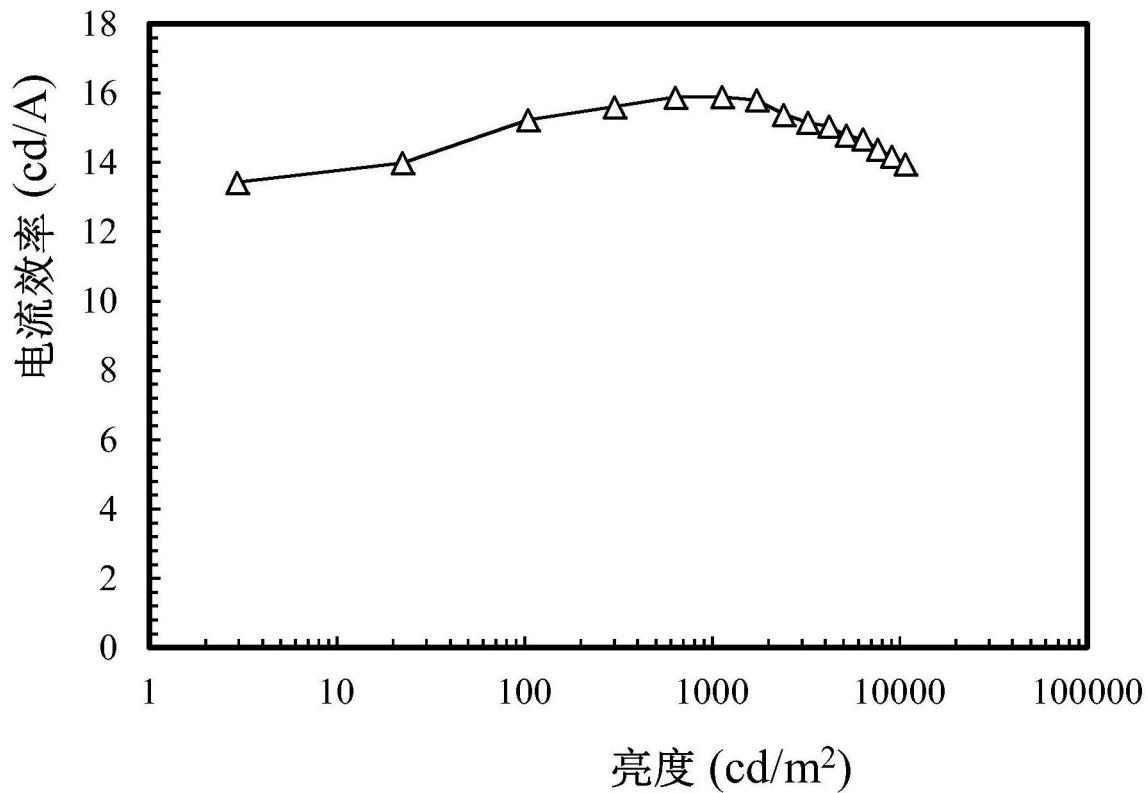


图26

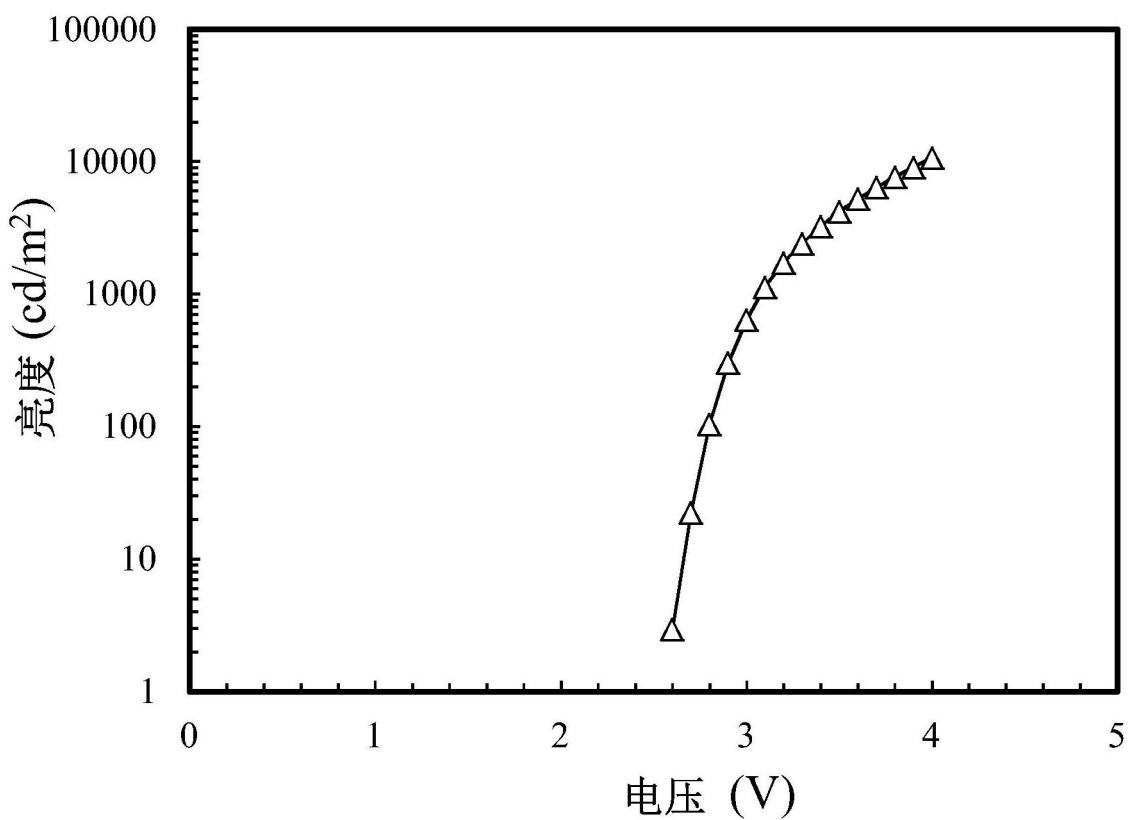


图27

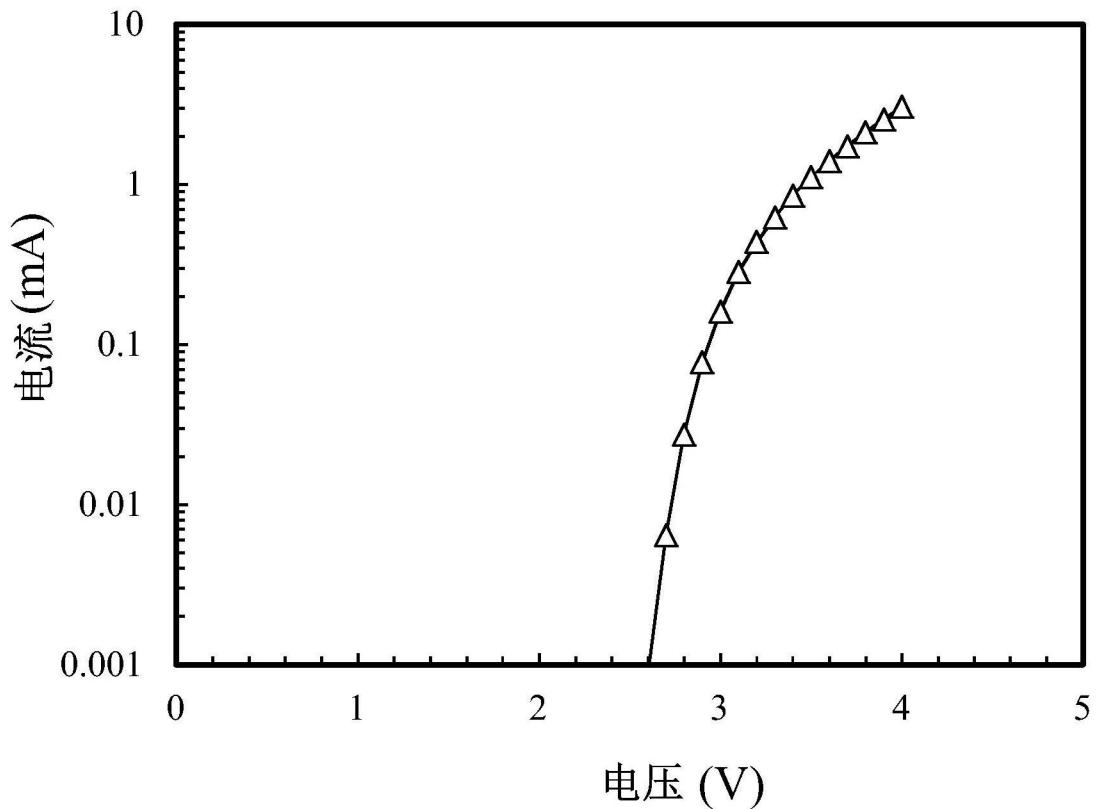


图28

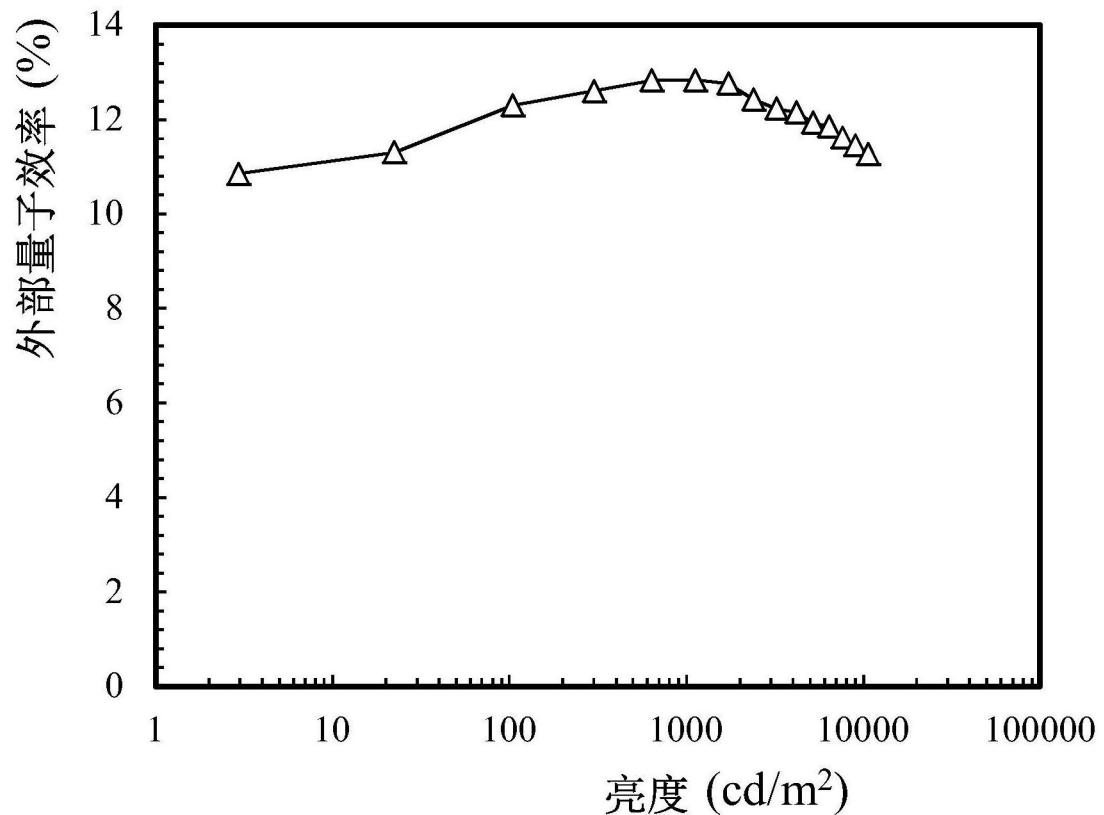


图29

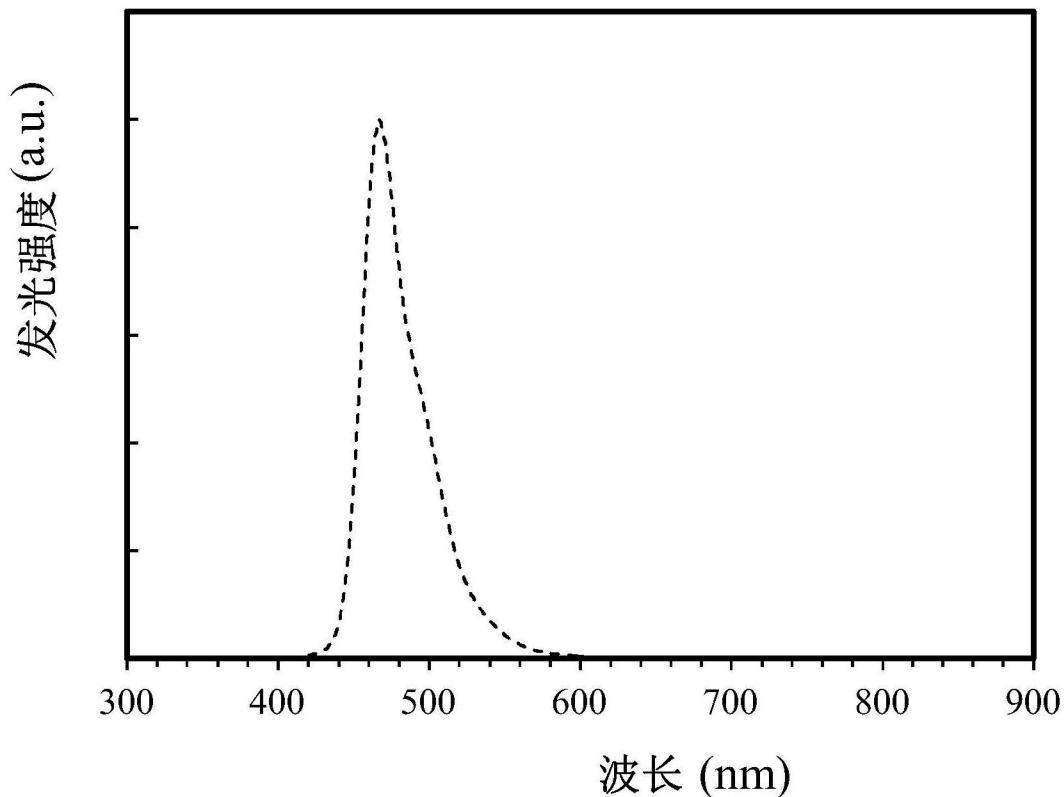


图30

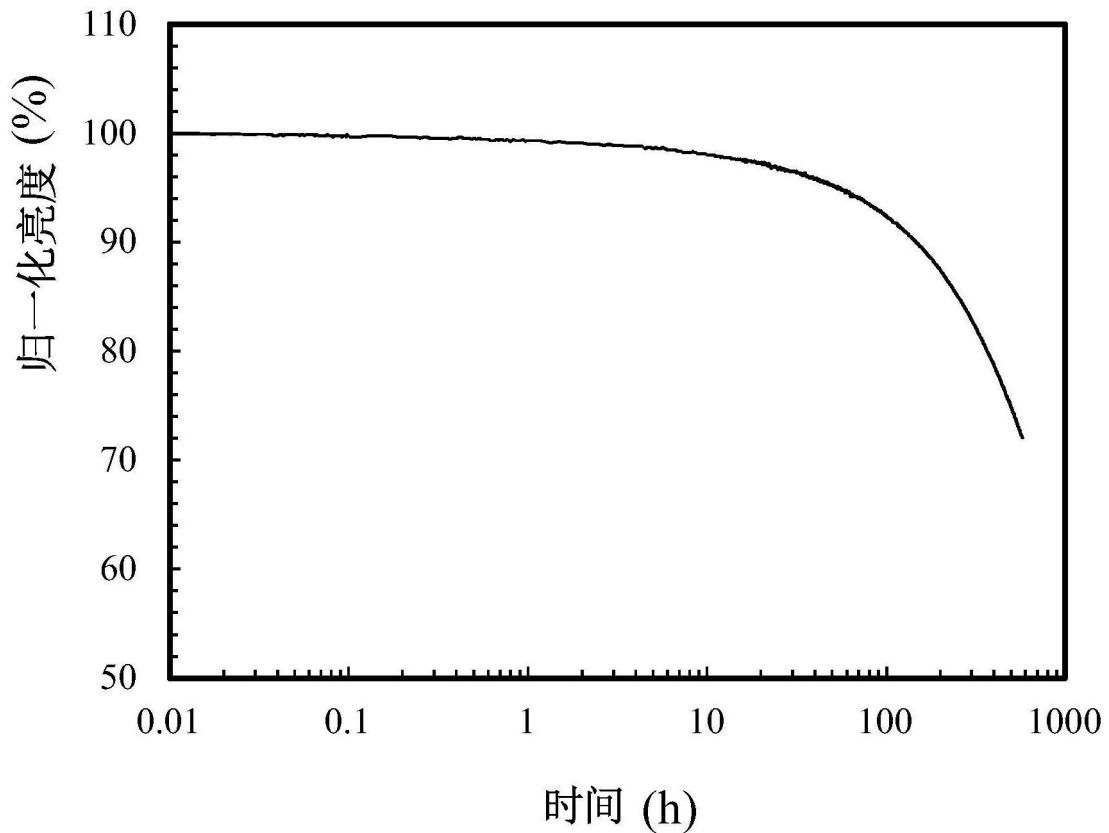


图31

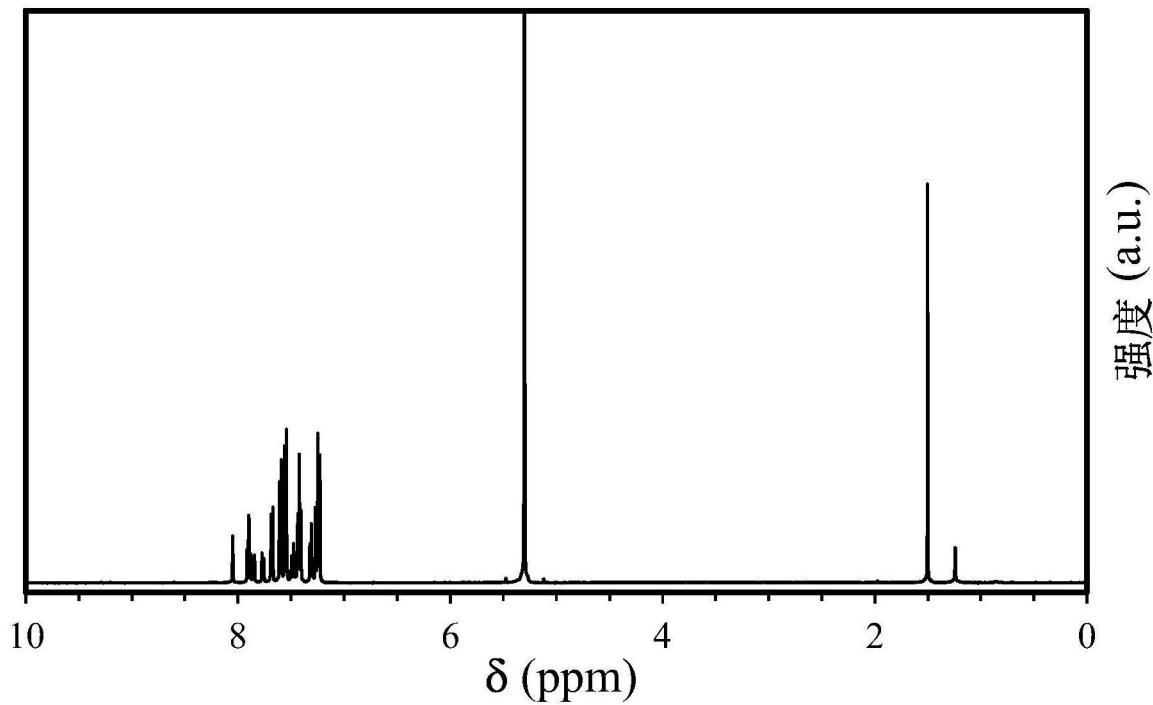


图32A

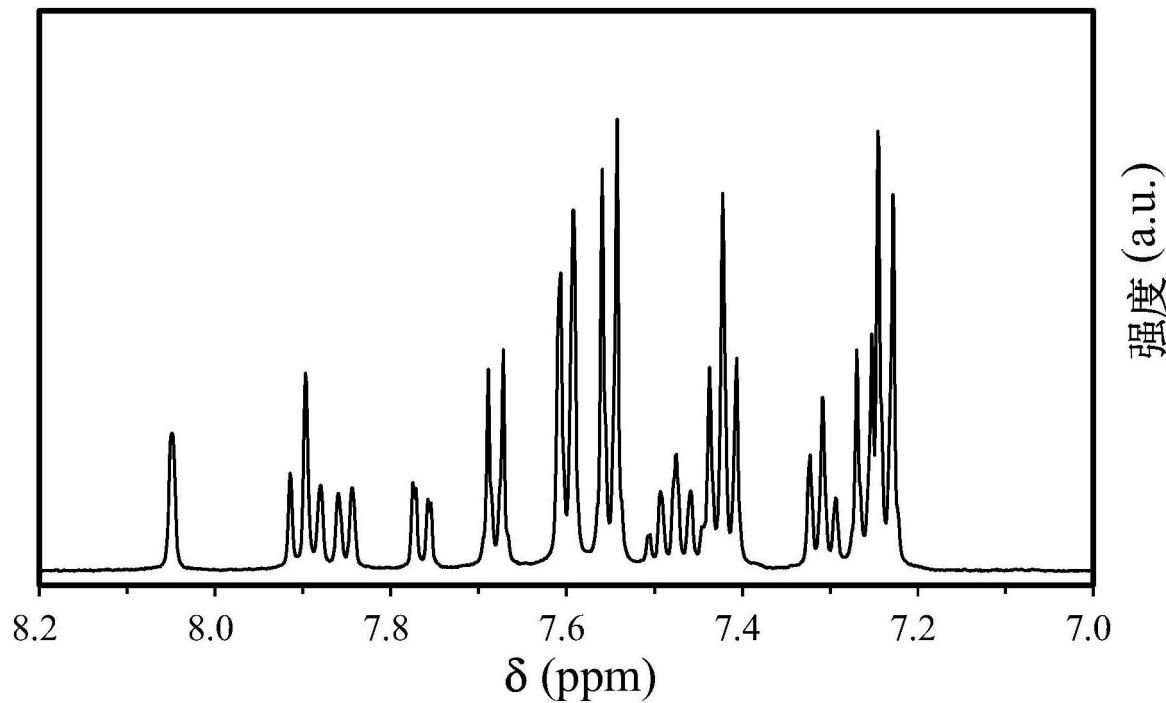


图32B

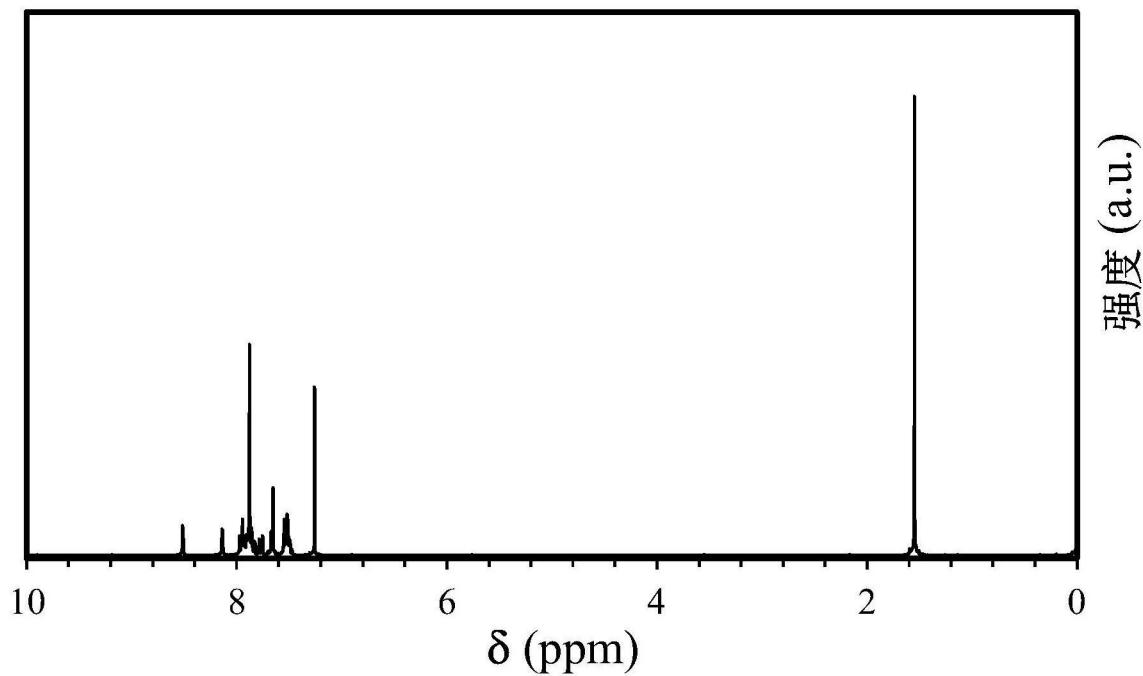


图33A

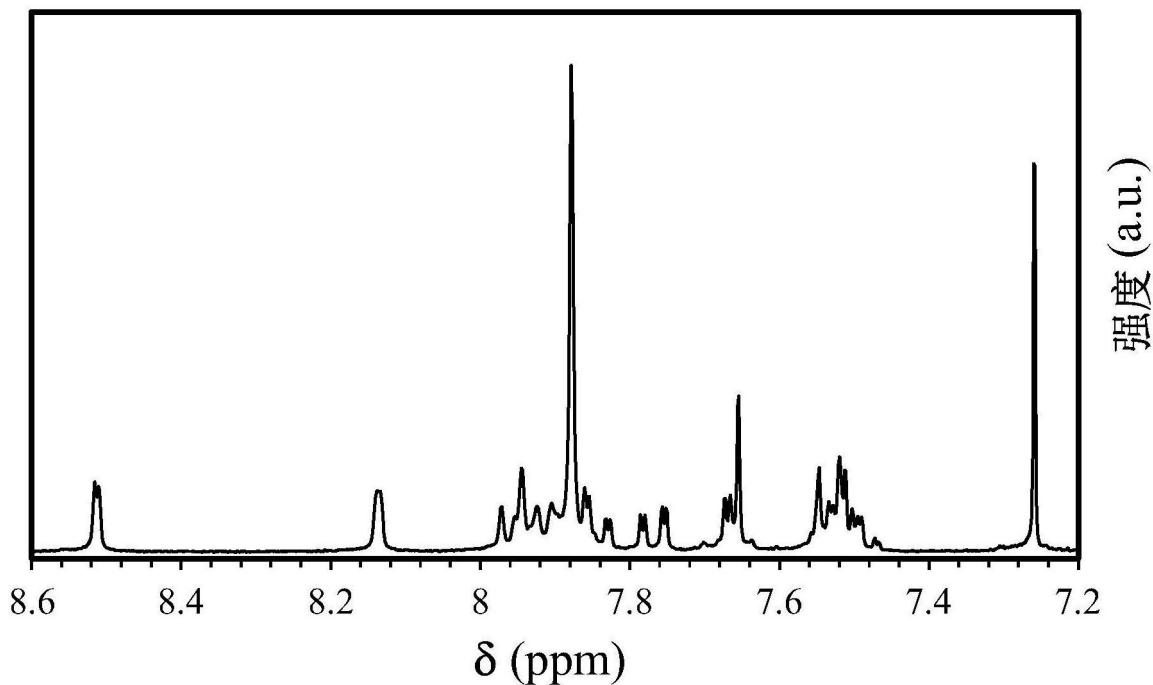


图33B

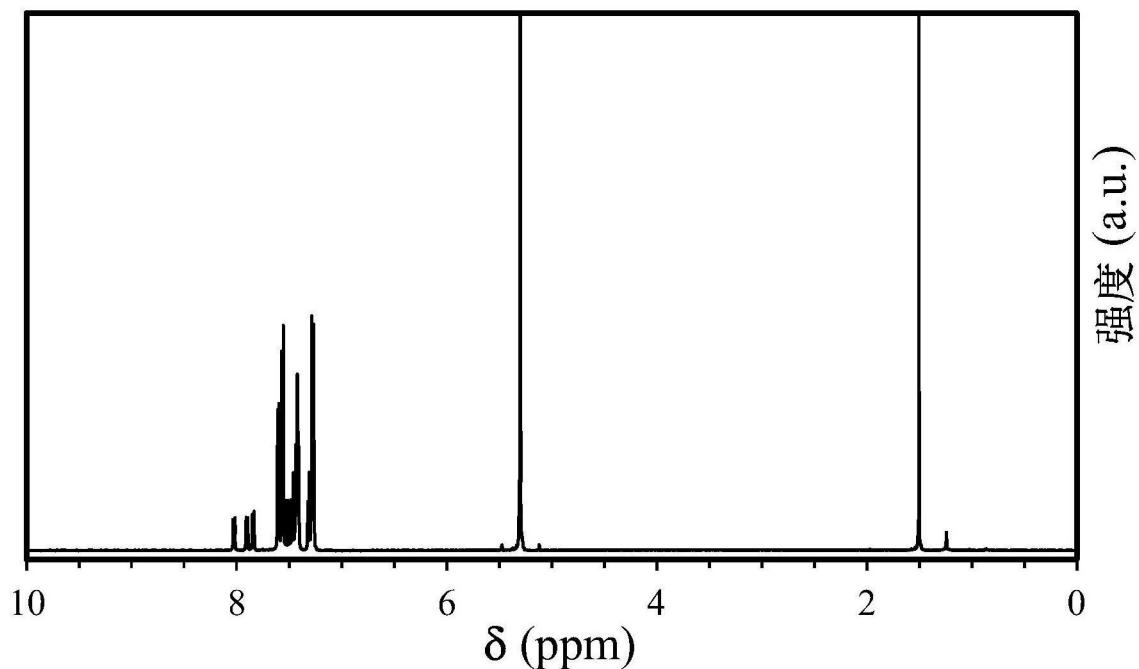


图34A

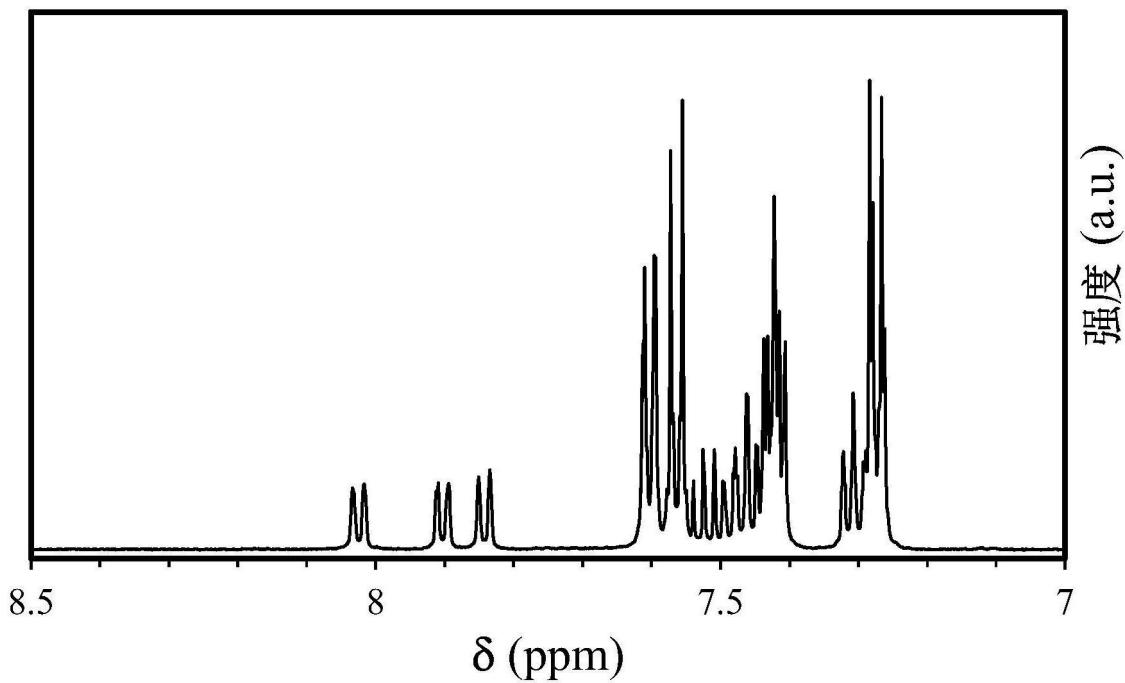


图34B

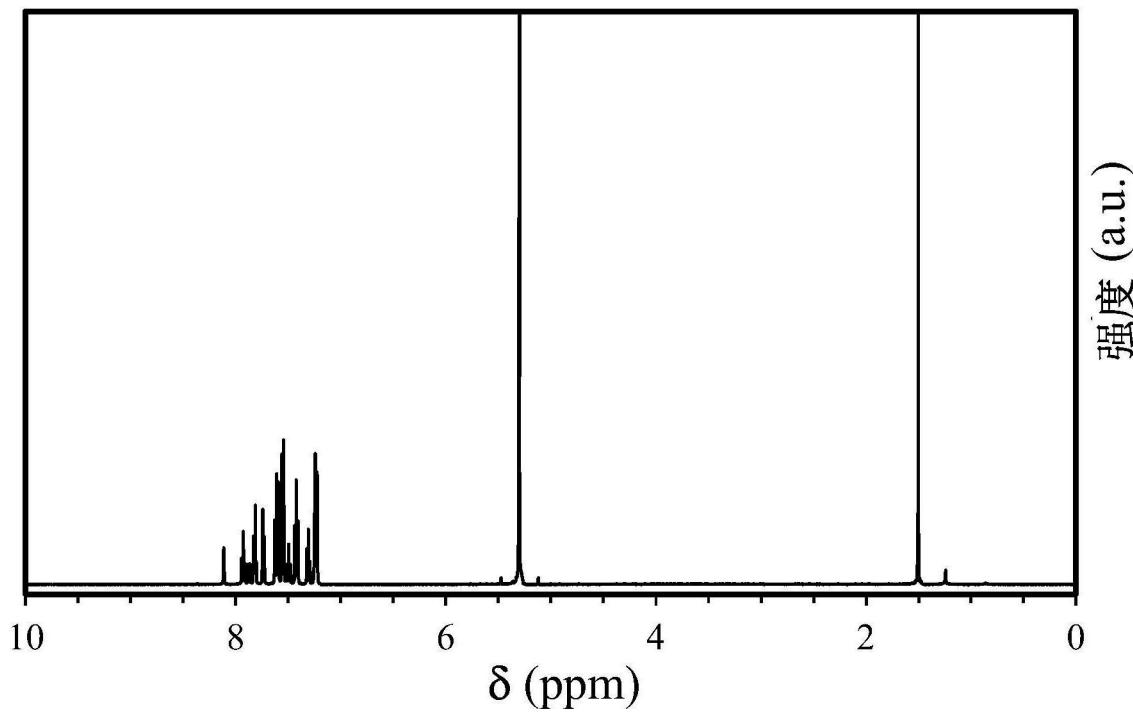


图35A

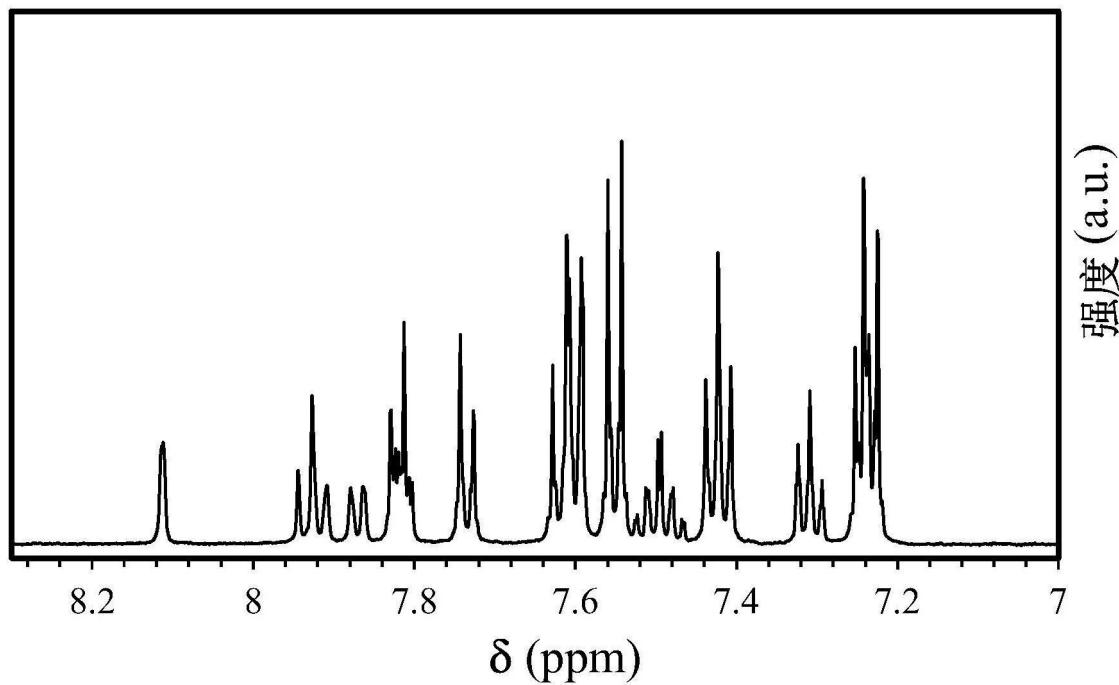


图35B

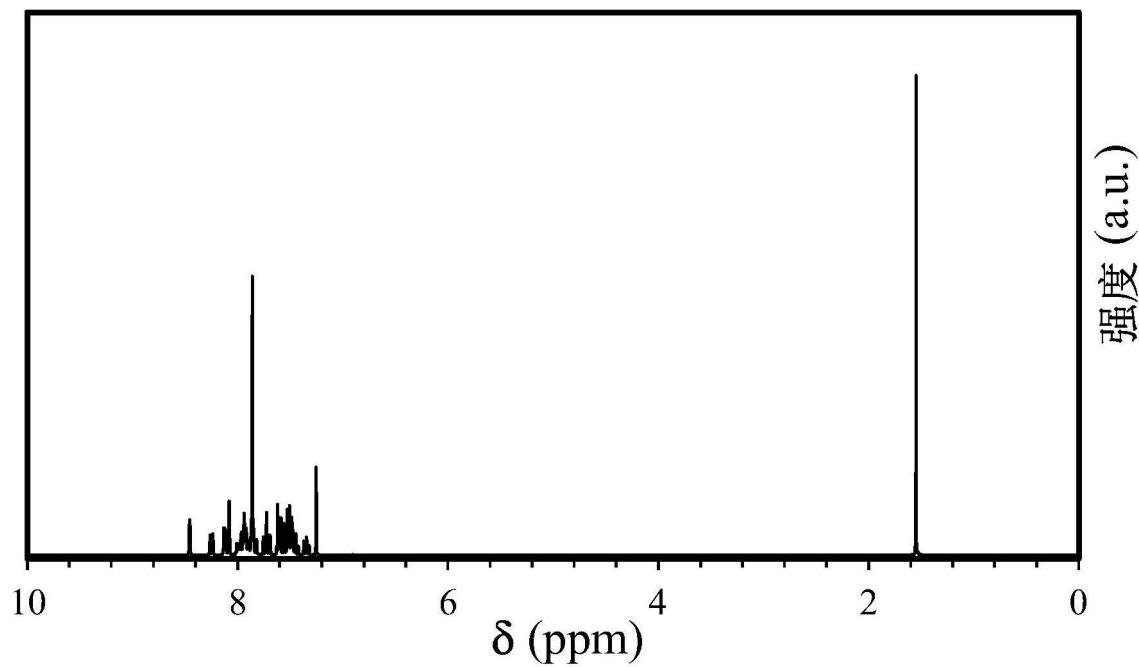


图36A

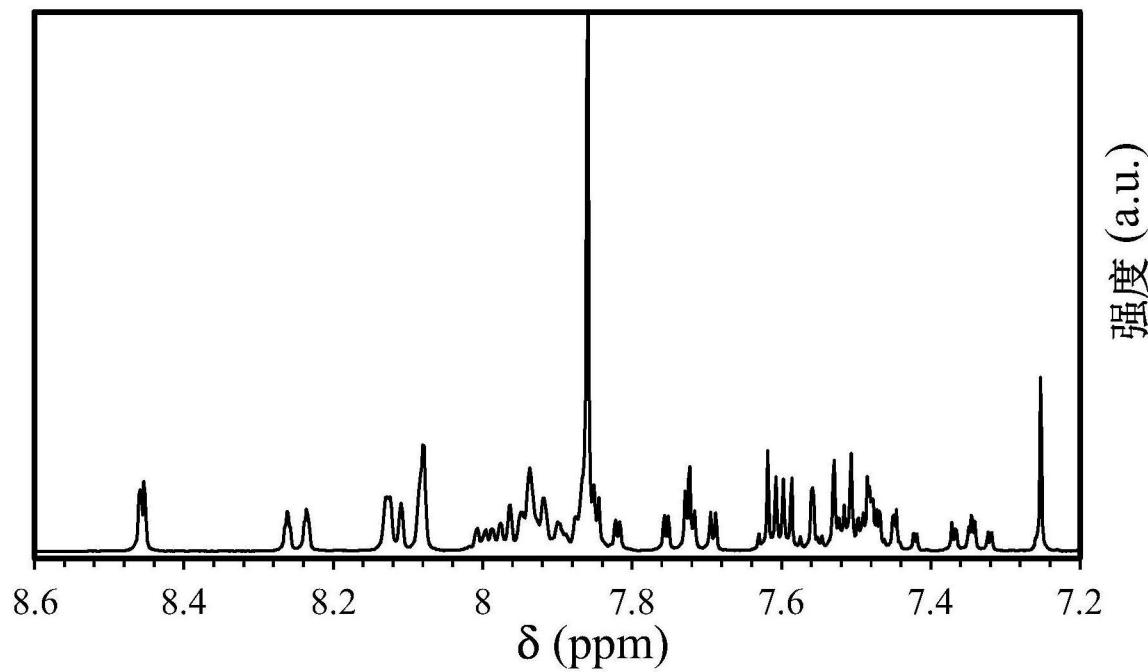


图36B

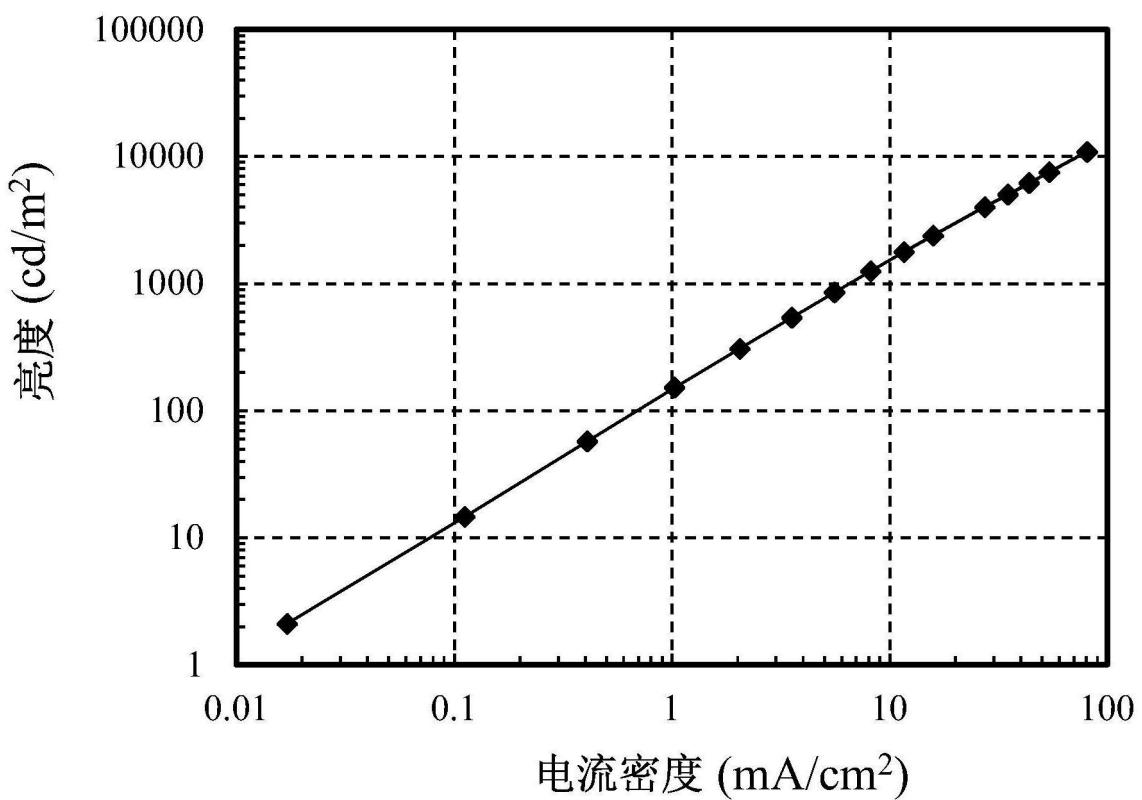


图37

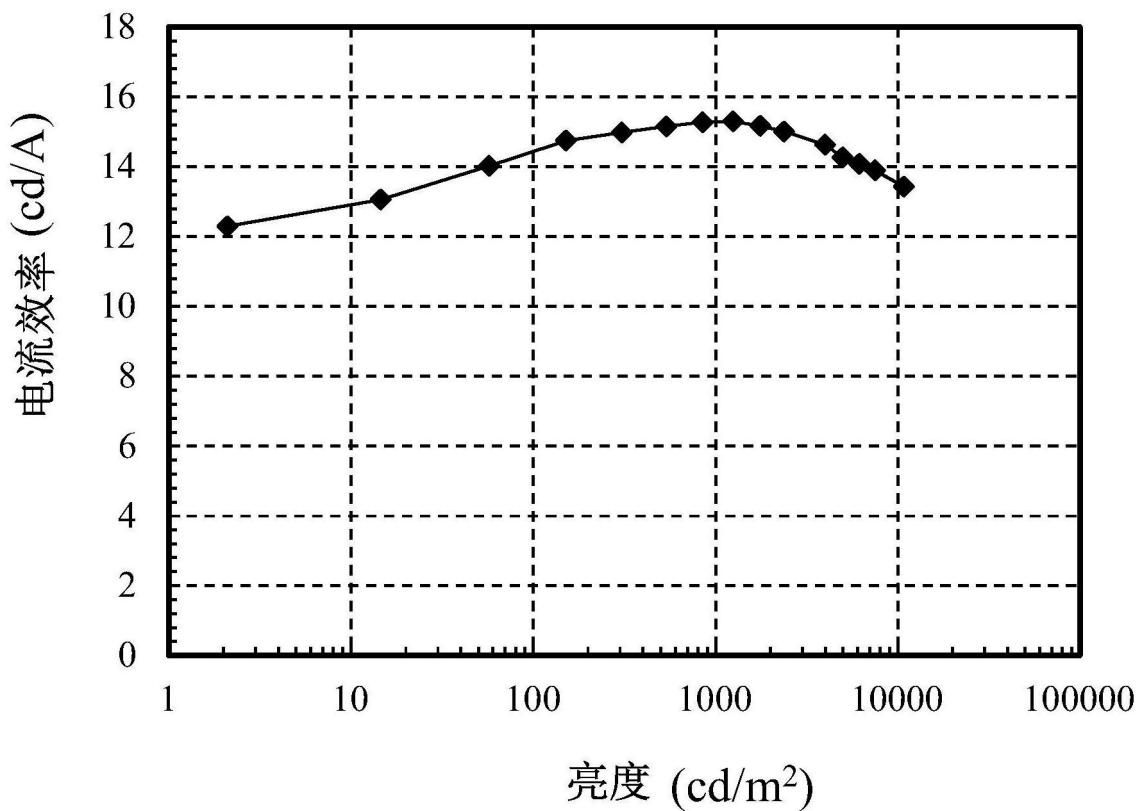


图38

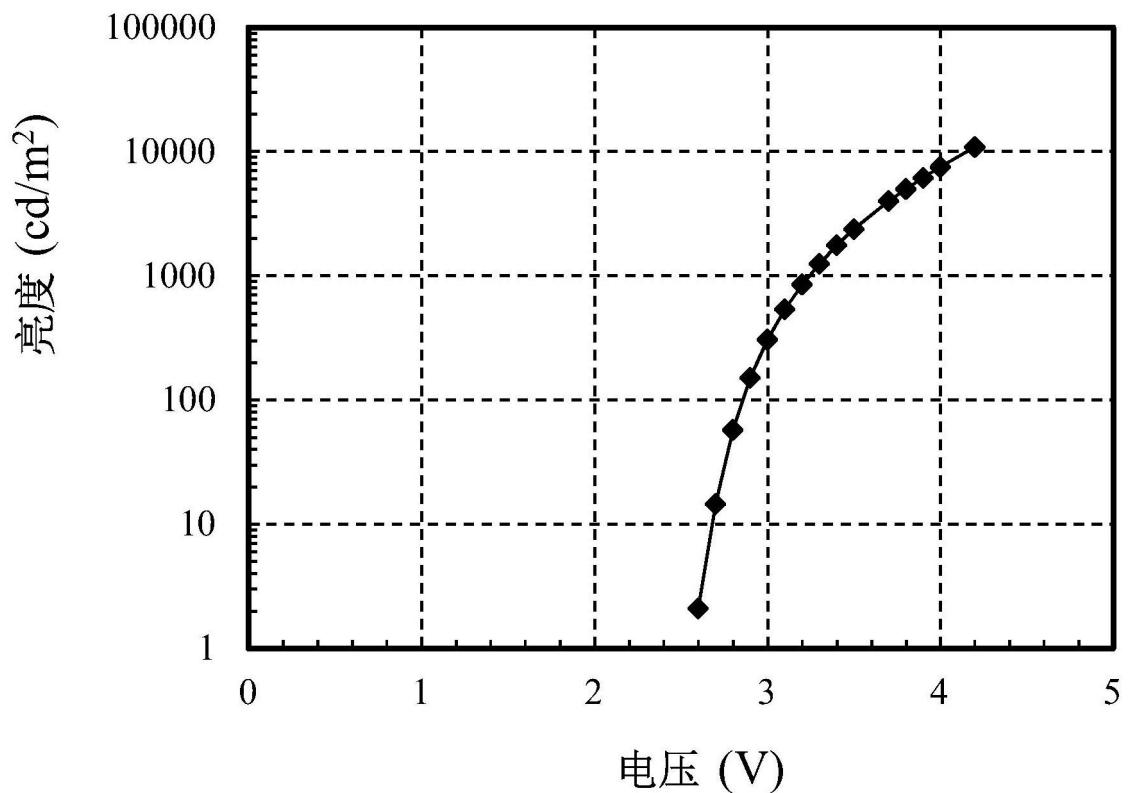


图39

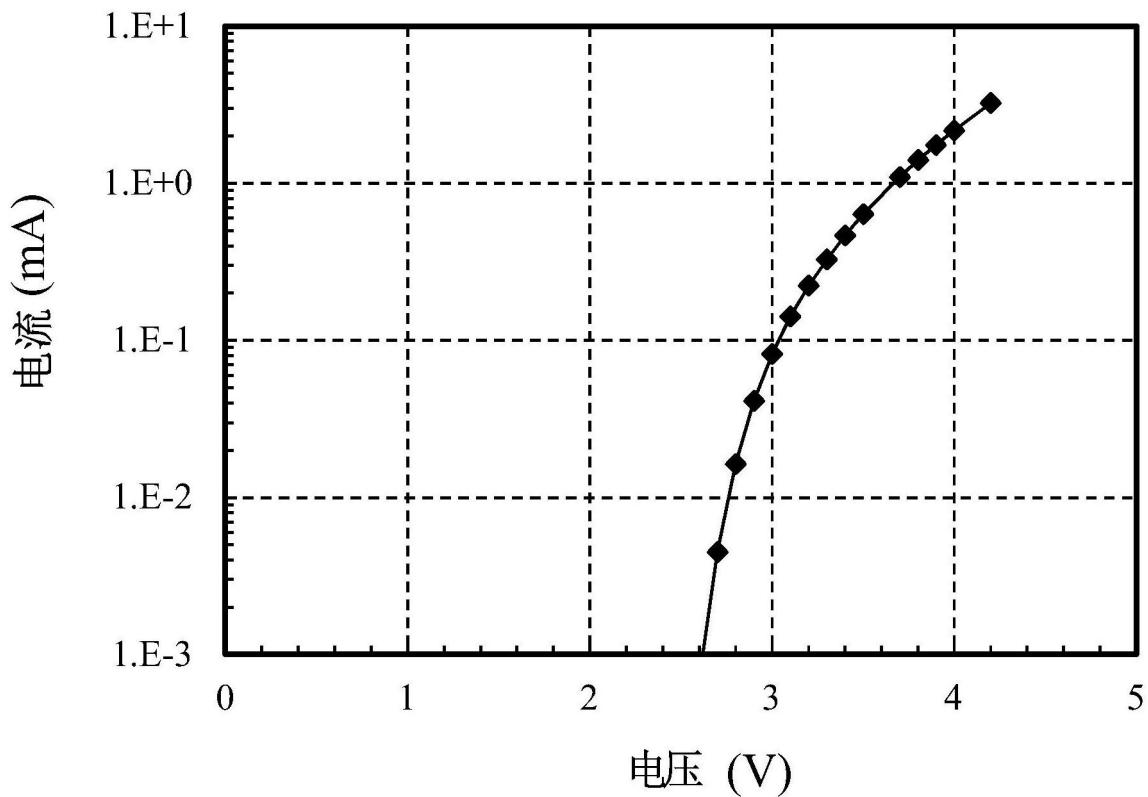


图40

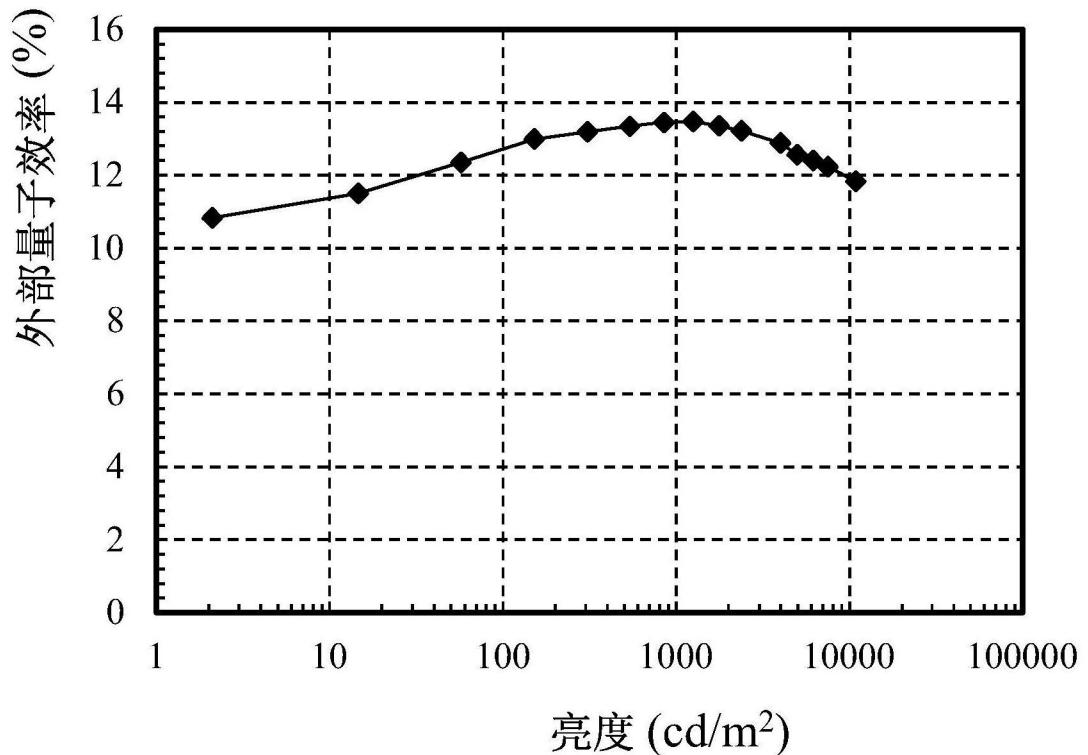


图41

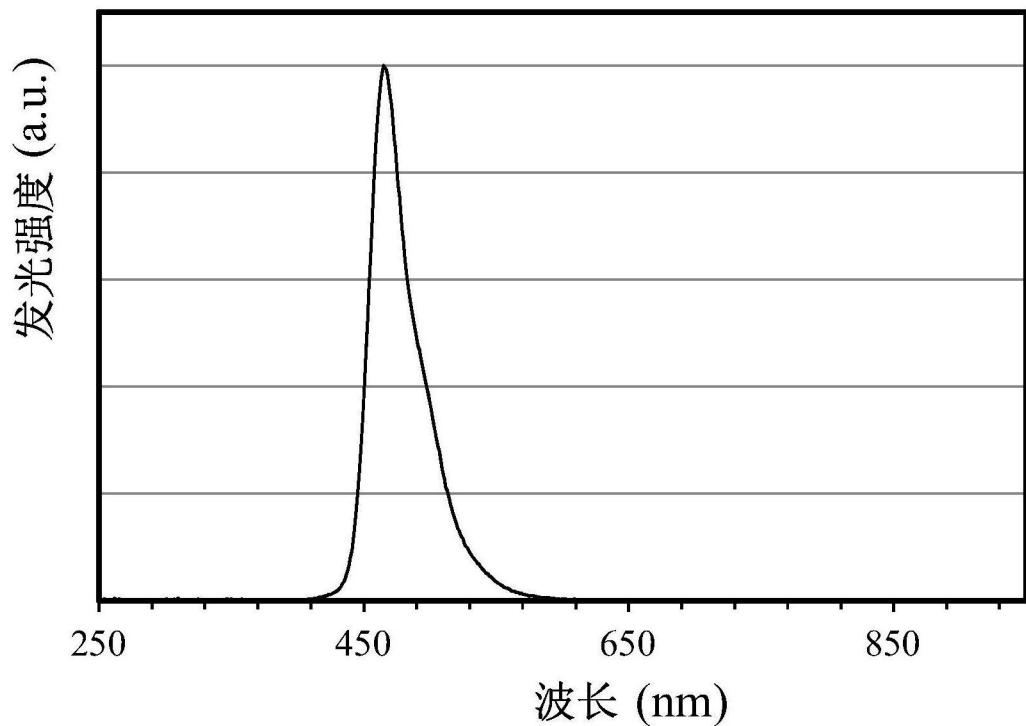


图42

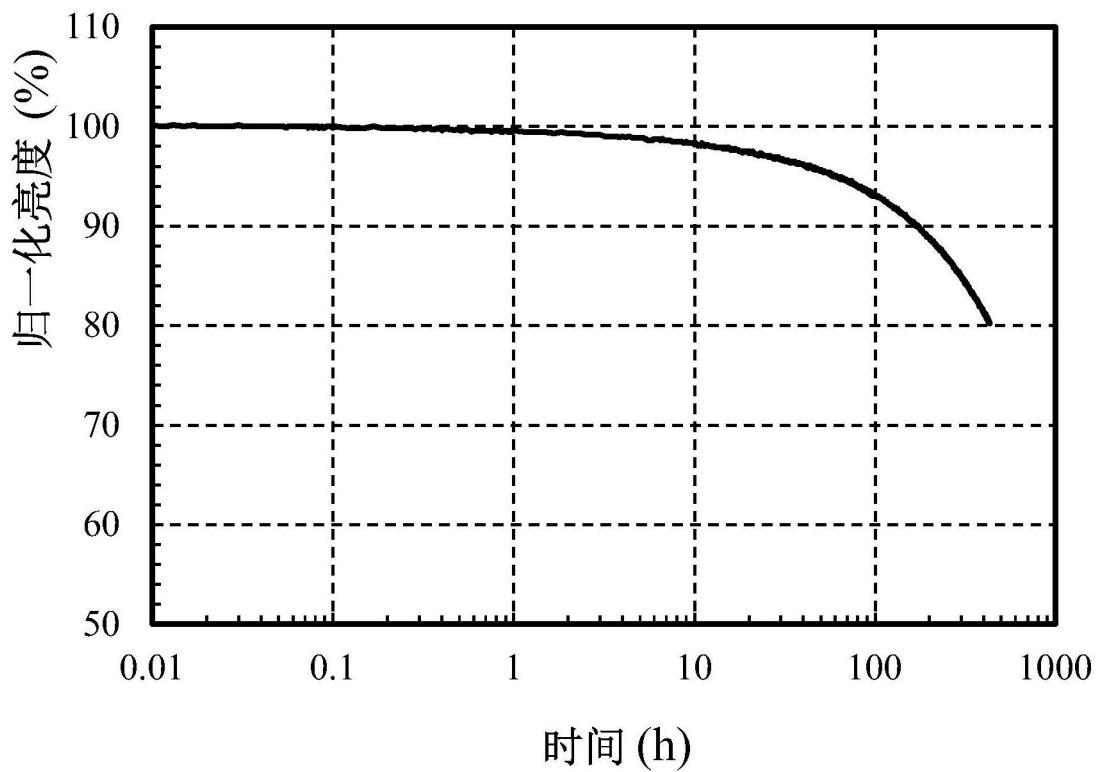


图43