



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111116454 A

(43)申请公布日 2020.05.08

(21)申请号 201911157628.1

C09K 11/06(2006.01)

(22)申请日 2016.08.18

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

(30)优先权数据

2015-168476 2015.08.28 JP

2015-203894 2015.10.15 JP

(62)分案原申请数据

201680050259.4 2016.08.18

(71)申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72)发明人 铃木恒德 泷田悠介 濑尾哲史

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 童春媛 杨骛

(51)Int.Cl.

C07D 209/86(2006.01)

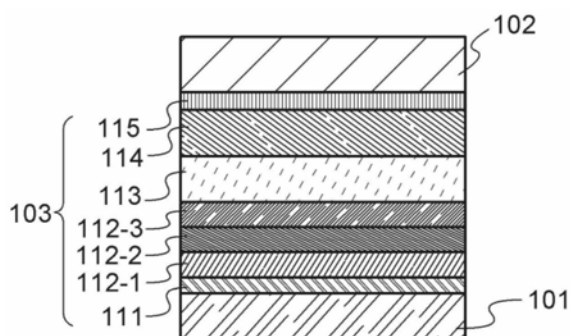
权利要求书2页 说明书61页 附图46页

(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

本发明的一个方式提供一种包括第一电极、第二电极及其间的EL层的发光元件。EL层包括空穴注入层、第一层、第二层、第三层及第四层的叠层。空穴注入层包含有机受体。第一层、第二层及第三层分别包含第一、第二及第三空穴传输材料。第四层包含主体材料及发光材料。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。



1. 一种包含咔唑骨架且不含胺的发光元件用化合物,其用于与主体材料包含蒽骨架的发光层接触的第一层中。

2. 一种包含咔唑骨架和萘骨架且不含胺的发光元件用化合物,其用于与主体材料包含蒽骨架的发光层接触的第一层中。

3. 一种包含与2个咔唑骨架键合的萘骨架的发光元件用化合物,其用于与主体材料包含蒽骨架的发光层接触的第一层中。

4. 一种包含咔唑骨架和萘骨架的发光元件用化合物,其用于与发光层接触的第一层中,并且

所述发光元件用化合物具有与所述发光层具有的主体材料相同或更深的HOMO能级。

5. 一种包含咔唑骨架和萘骨架的发光元件用化合物,其用于与发光层和空穴传输层分别接触的第一层中,

所述发光元件用化合物具有与所述发光层具有的主体材料相同或更深的HOMO能级,并且

所述发光元件用化合物与所述空穴传输层具有的材料的HOMO能级之差为0.3eV以下。

6. 一种包含咔唑骨架和萘骨架的发光元件用化合物,其用于与发光层和空穴传输层分别接触的第一层中,

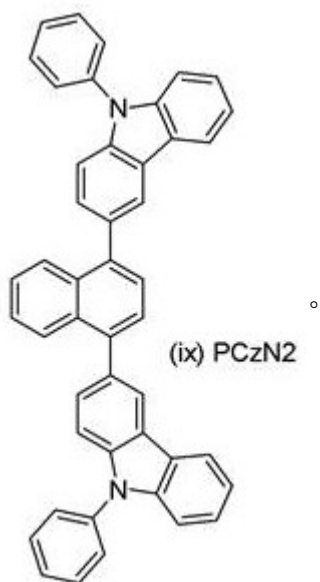
所述发光元件用化合物具有与所述发光层中具有蒽骨架的主体材料相同或更深的HOMO能级,并且

所述发光元件用化合物与所述空穴传输层具有的材料的HOMO能级之差为0.3eV以下。

7. 根据权利要求1、2和4-6中任一项所述的发光元件用化合物,其中,所述咔唑骨架为第一苯基咔唑骨架,并且

所述发光元件用化合物还具有第二苯基咔唑骨架。

8. 根据权利要求1-6中任一项所述的发光元件用化合物,其由式(ix)表示:



9. 一种发光元件,其包含权利要求1至6中任一项所述的发光元件用化合物。

10. 一种发光元件,其包含:

包含第一化合物的空穴传输层,和

包含第二化合物的发光层；

其中,所述第一化合物包含咔唑骨架和蔡骨架,

所述第二化合物包含蒽骨架,并且

所述空穴传输层与所述发光层接触。

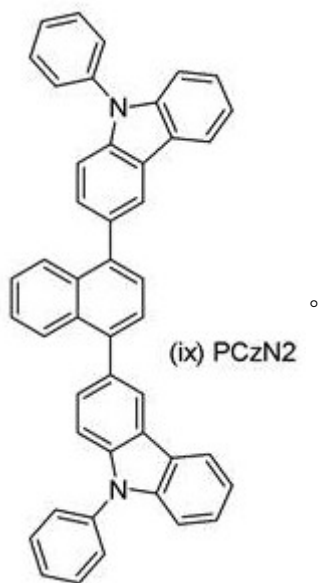
11. 根据权利要求10所述的发光元件,其中所述第二化合物为主体材料。

12. 根据权利要求10所述的发光元件,其中所述第一化合物的HOMO能级与所述第二化合物的HOMO能级相同或更深。

13. 根据权利要求10所述的发光元件,其中所述第一化合物具有2个苯基咔唑骨架。

14. 根据权利要求10所述的发光元件,其中所述第一化合物不含胺。

15. 根据权利要求10所述的发光元件,其中所述第一化合物由下式 (ix) 表示:



16. 包含根据权利要求10所述的发光元件的电子设备。

17. 包含根据权利要求10所述的发光元件的照明装置。

发光元件、发光装置、电子设备及照明装置

本申请是申请日为2016年8月18日、申请号为201680050259.4、发明名称为“发光元件、发光装置、电子设备及照明装置”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种发光元件、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)或者组合物(composition of matter)。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)的实用化非常活跃。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,所以当用作显示器的像素时比起液晶显示器有可见度更高、不需要背光源等优势。因此,该发光元件适合用作平板显示器元件。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。因此,可以容易形成大面积光源。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装置等的面光源,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寿命的发光元件的研究开发日益活跃。

[0006] 促进向EL层的载流子(尤其是空穴)的注入的空穴注入层的材料有有机受体。有机受体容易通过蒸镀形成,所以适于大量生产,被广泛地使用。然而,如果有机受体的LUMO能级离构成空穴传输层的有机化合物的HOMO能级远,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,但此时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] 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。

[0008] 发光元件的特性明显得到了提高,但是还不足以对应对效率和耐久性等各种特性的高度要求。

[参考文献]

[专利文献]

[0009] [专利文献1]PCT国际公开No.W02011/065136

发明内容

[0010] 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良好的发光元件。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。

[0011] 另外,本发明的其他的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。另外,本发明的其他的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。

[0012] 本发明的一个方式只要实现上述目的中的任一个即可。

[0013] 本发明的一个方式的发光元件包括:第一电极;第二电极;以及EL层,其中,EL层位于第一电极与第二电极之间,EL层包括:空穴注入层;第一层;第二层;第三层;以及第四层,空穴注入层包含有机受体,空穴注入层位于第一电极与第一层之间,第二层位于第一层与第三层之间,第四层位于第三层与第二电极之间,第一层包含第一空穴传输材料,第二层包含第二空穴传输材料,第三层包含第三空穴传输材料,第四层包含主体材料及发光材料,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能级深于或等于主体材料的HOMO能级,并且,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。

[0014] 本发明的一个方式的发光元件包括:第一电极;第二电极;以及EL层,其中,EL层位于第一电极与第二电极之间,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;以及发光层,空穴注入层包含有机受体,第一空穴传输层包含第一空穴传输材料,第二空穴传输层包含第二空穴传输材料,第三空穴传输层包含第三空穴传输材料,发光层包含主体材料及发光材料,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能级深于或等于主体材料的HOMO能级,并且,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。

[0015] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中有机受体为2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲。

[0016] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第一空穴传输材料的HOMO能级为-5.4eV以上。

[0017] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第一空穴传输材料的HOMO能级与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.3eV以下。

[0018] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中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0.2eV以下。

[0019] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第一空穴传输材料的HOMO能级与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.2eV以下。

[0020] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中发光材料的HOMO能级高于主体材料的HOMO能级。

[0021] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第一空穴传输材料为具有茛基胺骨架的物质。

[0022] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第二空穴传输材料为具有三苯基胺骨架的物质。

[0023] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第三空穴传输材料为不包含胺的物质。

[0024] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第三空穴传输材料包含咪唑骨架。

[0025] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中上述咪唑骨架为苯基咪唑骨架。

[0026] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第三空穴传输材料包含三亚苯基骨架。

[0027] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中第三空穴传输材料包含萘骨架。

[0028] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中主体材料包含蒽骨架。

[0029] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中主体材料包含二苯基蒽骨架。

[0030] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中主体材料包含咪唑骨架。

[0031] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中咪唑骨架为苯并咪唑骨架。尤其是,咪唑骨架优选为二苯并咪唑骨架。

[0032] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中发光材料为荧光物质。

[0033] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中发光材料发射蓝色荧光。

[0034] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中发光材料为稠合芳族二胺化合物。

[0035] 本发明的其他的一个方式是具有上述结构的发光元件,其中发光材料为茈二胺化合物。

[0036] 本发明的其他的一个方式是一种发光装置,该发光装置包括具有上述结构的发光元件以及晶体管或者衬底。

[0037] 本发明的其他的一个方式是一种电子设备,该电子设备包括上述发光装置以及传感器、操作按钮、扬声器或麦克风。

[0038] 本发明的其他的一个方式是一种照明装置,该照明装置包括上述发光装置以及外壳。

[0039] 在本说明书中,发光装置包括使用发光元件的图像显示器件。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。

[0040] 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良好的发光元件。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。

[0041] 另外,本发明的其他的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。另外,本发明的其他的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。

[0042] 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是可以从说明书、附图、权利要求书等的记载自然得知并衍生出来的。

附图说明

[0043] 图1A至图1C是发光元件的示意图;

图2A和图2B是有源矩阵型发光装置的概念图;

图3A和图3B是有源矩阵型发光装置的概念图;

图4是有源矩阵型发光装置的概念图;

图5A和图5B是无源矩阵型发光装置的示意图;

图6A和图6B示出照明装置;

图7A至图7D示出电子设备;

图8示出光源装置;

图9示出照明装置;

图10示出照明装置;

图11示出车载显示装置及照明装置;

图12A至图12C示出电子设备;

图13A至图13C示出电子设备;

图14示出发光元件1的亮度-电流密度特性;

图15示出发光元件1的电流效率-亮度特性;

图16示出发光元件1的亮度-电压特性;

图17示出发光元件1的电流-电压特性;

图18示出发光元件1的外部量子效率-亮度特性;

图19示出发光元件1的发射光谱;

图20示出发光元件1的归一化亮度的时间依赖性;

图21示出发光元件2及发光元件3的亮度-电流密度特性;

图22示出发光元件2及发光元件3的电流效率-亮度特性；
图23示出发光元件2及发光元件3的亮度-电压特性；
图24示出发光元件2及发光元件3的电流-电压特性；
图25示出发光元件2及发光元件3的外部量子效率-亮度特性；
图26示出发光元件2及发光元件3的发射光谱；
图27示出发光元件2及发光元件3的归一化亮度的时间依赖性；
图28示出发光元件4的亮度-电流密度特性；
图29示出发光元件4的电流效率-亮度特性；
图30示出发光元件4的亮度-电压特性；
图31示出发光元件4的电流-电压特性；
图32示出发光元件4的外部量子效率-亮度特性；
图33示出发光元件4的发射光谱；
图34示出发光元件4的归一化亮度的时间依赖性；
图35示出发光元件5的亮度-电流密度特性；
图36示出发光元件5的电流效率-亮度特性；
图37示出发光元件5的亮度-电压特性；
图38示出发光元件5的电流-电压特性；
图39示出发光元件5的外部量子效率-亮度特性；
图40示出发光元件5的发射光谱；
图41示出发光元件5的归一化亮度的时间依赖性；
图42示出发光元件6至发光元件8的亮度-电流密度特性；
图43示出发光元件6至发光元件8的电流效率-亮度特性；
图44示出发光元件6至发光元件8的亮度-电压特性；
图45示出发光元件6至发光元件8的电流-电压特性；
图46示出发光元件6至发光元件8的外部量子效率-亮度特性；
图47示出发光元件6至发光元件8的发射光谱；
图48示出发光元件6至发光元件8的归一化亮度的时间依赖性；
图49示出发光元件9至发光元件11的亮度-电流密度特性；
图50示出发光元件9至发光元件11的电流效率-亮度特性；
图51示出发光元件9至发光元件11的亮度-电压特性；
图52示出发光元件9至发光元件11的电流-电压特性；
图53示出发光元件9至发光元件11的外部量子效率-亮度特性；
图54示出发光元件9至发光元件11的发射光谱；
图55示出发光元件9至发光元件11的归一化亮度的时间依赖性；
图56示出发光元件12的亮度-电流密度特性；
图57示出发光元件12的电流效率-亮度特性；
图58示出发光元件12的亮度-电压特性；
图59示出发光元件12的电流-电压特性；
图60示出发光元件12的外部量子效率-亮度特性；

图61示出发光元件12的发射光谱；
图62示出发光元件12的归一化亮度的时间依赖性；
图63A和图63B示出BBA β NB的¹H-NMR谱；
图64A和图64B示出 β NP2PC的¹H-NMR谱；
图65A和图65B示出BBA α NB的¹H-NMR谱；
图66A和图66B示出BBA β NBi的¹H-NMR谱；
图67A和图67B示出 β NP β NC的¹H-NMR谱。

具体实施方式

[0044] 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,本发明的一个方式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。

[0045] 实施方式1

图1A为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及发光层113。另外,也可以还包括电子传输层114及电子注入层115。

[0046] 本发明的一个方式的发光元件的发光层113包含主体材料及发光材料,空穴注入层111包含有机受体,第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2及第三空穴传输层112-3分别包含第一空穴传输材料、第二空穴传输材料及第三空穴传输材料。

[0047] 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能级深于或等于主体材料的HOMO能级。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能级之差为0.3eV以下。

[0048] 有机受体为LUMO能级较深的有机化合物。该有机受体通过与其HOMO能级的值接近于该有机受体的LUMO能级的值的其他的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,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:F₄-TCNQ)、3,6-二氟-2,5,7,7,8,8-六氰基对醌二甲烷、氯醌以及2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(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。

[0049] 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,所以作为第一空穴传输材料使用HOMO能级高于-5eV的材料的情况也不利的。因此,第一空穴传输材料的HOMO能级优选为-5.0eV以下。

[0050] 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,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。

[0051] 注入到第二空穴传输层112-2的空穴进一步向第二电极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,因此空穴顺利地由第二空穴传输层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)。

[0052] 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,因此不存在从空穴传输层112-3向发光层113的空穴的注入势垒。并且,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。然而,在本发明的一个方式中,当空穴还注入到主体材料时,空穴主要在发光层的主体中被传输,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,优选具有蒽骨架或咔唑骨架。另外,主体材料优选还具有电子传输性,因此蒽骨架是特别优选的。换言之,主体材料进一步优选具有蒽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。

[0053] 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,与主体材料相比空穴优先地注入发光材料。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。

[0054] 然而,如本实施方式的发光元件那样,在包括第三空穴传输层112-3且第三空穴传输层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能级的发光元件中,空穴优先地注入主体材料,而不发光材料。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,再结合区域分散,从而可以获得可靠性的提高以及发光效率的提高等各种效果。

[0055] 接着,对上述发光元件的详细结构和材料的例子进行说明。本发明的一个方式的发光元件如上所述那样在第一电极101和第二电极102这一对电极之间包括由多个层构成

的EL层103,该EL层103至少从第一电极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及发光层113。

[0056] 对EL层103中的其他的层没有特别的限制,可以应用空穴注入层、空穴传输层、电子注入层、载流子阻挡层、激子阻挡层和电荷产生层等各种层。

[0057] 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:使用通过对氧化铟添加1wt%至20wt%的氧化锌而获得的靶材通过溅射法形成氧化铟-氧化锌的方法等。另外,也可以使用通过对氧化铟添加0.5wt%至5wt%的氧化钨和0.1wt%至1wt%的氧化锌而获得的靶材通过溅射法形成包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)膜。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。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。

[0058] 作为EL层103的叠层结构说明如下两种结构:如图1A所示,除了空穴注入层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及发光层113以外还包括电子传输层114及电子注入层115的结构;以及如图1B所示,除了空穴注入层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及发光层113以外还包括电子传输层114、电子注入层115及电荷产生层116的结构。下面示出构成各层的具体材料的例子。

[0059] 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:F₄-TCNQ)、3,6-二氟-2,5,7,7,8,8-六氰基对醌二甲烷、氯醌以及2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(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。

[0060] 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形成,所以是容易使用的材料。

[0061] 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,具体而言,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。

[0062] 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苄基胺骨架的物质。

[0063] 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,优选使用具有咪唑骨架的空穴传输材料。优选使用具有咪唑骨架及三亚苯基骨架的有机化合物或具有咪唑骨架及萘骨架的有机化合物等。

[0064] 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的HOMO能级与第三空穴传输材料的HOMO能级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。

[0065] 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物质、磷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,在发射荧光(具体而言,发射蓝色荧光)的情况下优选使用发光层113。

[0066] 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物质。

[0067] 作为荧光物质的例子,可以举出5,6-双[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒎基)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]苝-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]苝-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒎基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒎基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咪唑-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-蒎基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒎-9,10-二基-2-4,1-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-蒎基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒎基)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]蒎(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯基-2-基)-2-蒎基]-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒎基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N-苯基蒎-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒎-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-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲

基苯基) 茚并[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]喹啉-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]喹啉-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]喹啉-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等茈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。

[0068] 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。

[0069] 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]菲啉根(phenanthridinato)]铱(III)(简称:[Ir(dmpimpt-Me)₃])等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称:FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸酯(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。

[0070] 另外,可以举出:三(4-甲基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(mppm)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)铱(III)(简称:[Ir(mppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:[Ir(nbppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:[Ir(mpppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂(acac)])等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III)(简称:[Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III)(简称:[Ir(mppr-iPr)₂(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)(简称:[Ir(ppy)₃])、双(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(ppy)₂(acac)])、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(bzq)₂(acac)])、三(苯并[h]喹啉)铱(III)(简称:[Ir(bzq)₃])、三(2-苯基喹啉-N,C^{2'})铱(III)(简称:[Ir(pq)₃])、双(2-苯基喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(pq)₂(acac)])等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;以及三(乙酰丙酮根)(单菲咯啉)铽(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

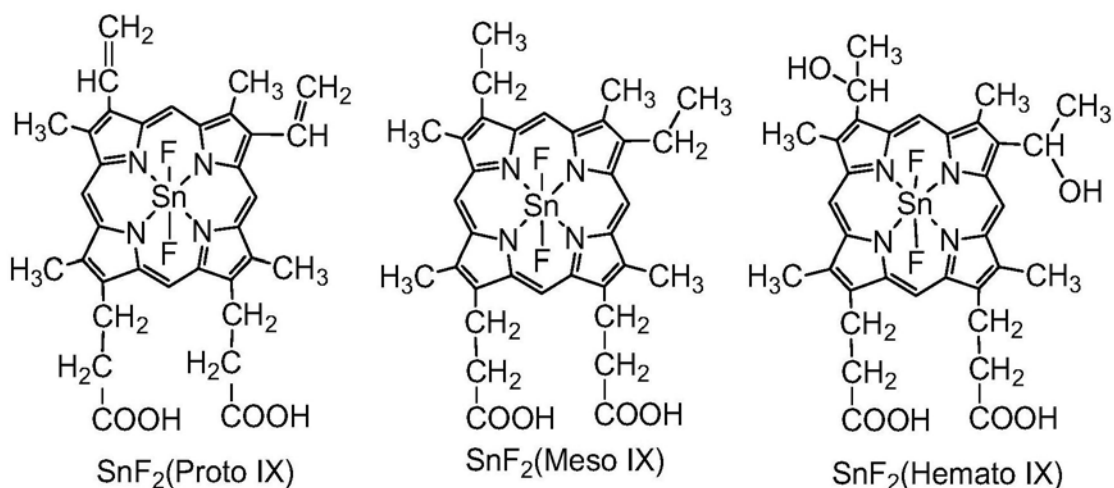
合物,并且在500nm至600nm具有发光的峰值。另外,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有特别优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

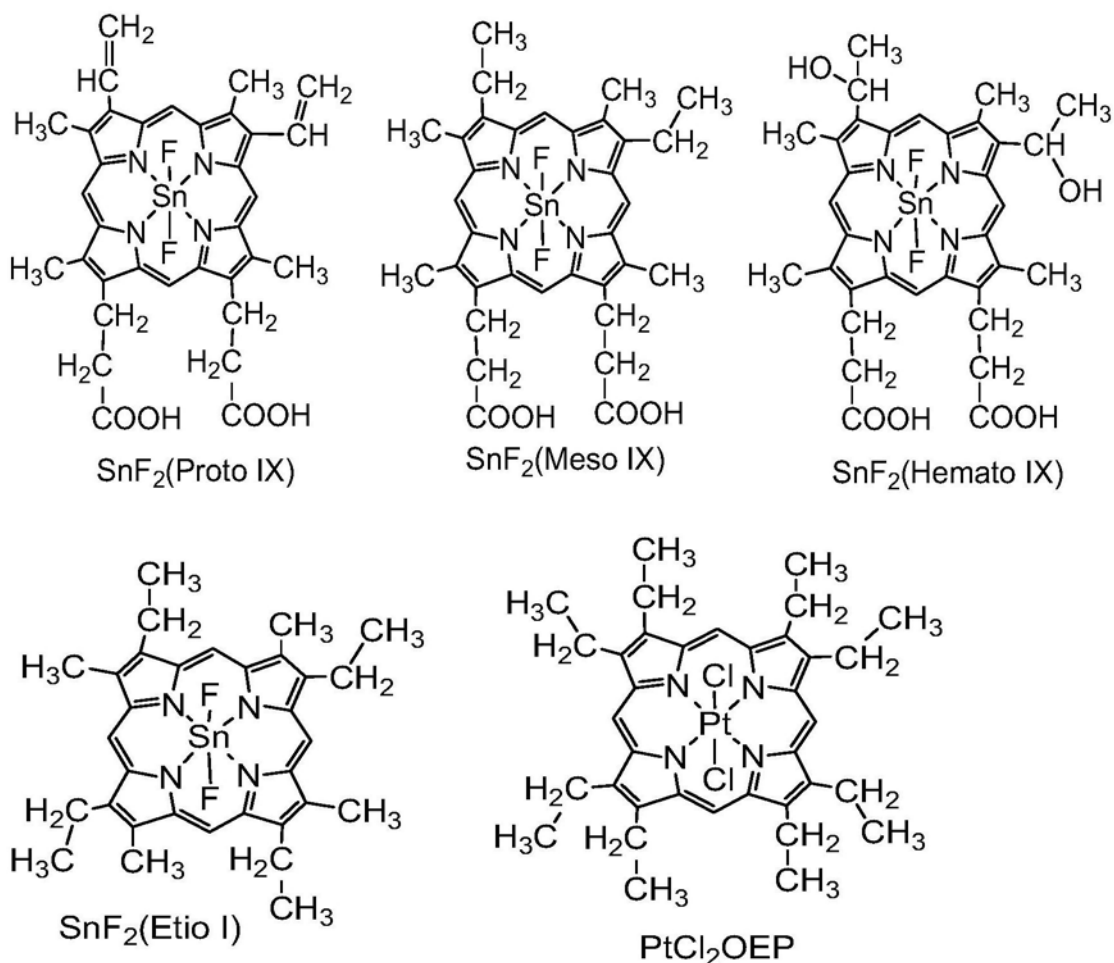
[0071] 另外,可以举出:(二异丁酰基甲烷根)双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶基]铱(III)(简称:[Ir(5mdppm)₂(dibm)])、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(5mdppm)₂(dpm)])、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(dlnpm)₂(dpm)])等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(2,3,5-三苯基吡嗪根)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(乙酰丙酮根)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(简称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)(简称:[Ir(piq)₃])、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:[Ir(piq)₂(acac)])等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)等的铂配合物;以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲咯啉)钪(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)钪(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。

[0072] 另外,除了上述磷光化合物以外,还可以选择已知的磷光材料而使用。

[0073] 作为TADF材料可以使用富勒烯及其衍生物、普鲁黄等的吡啶衍生物以及伊红等。另外,还可以使用包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等含金属卟啉等。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。

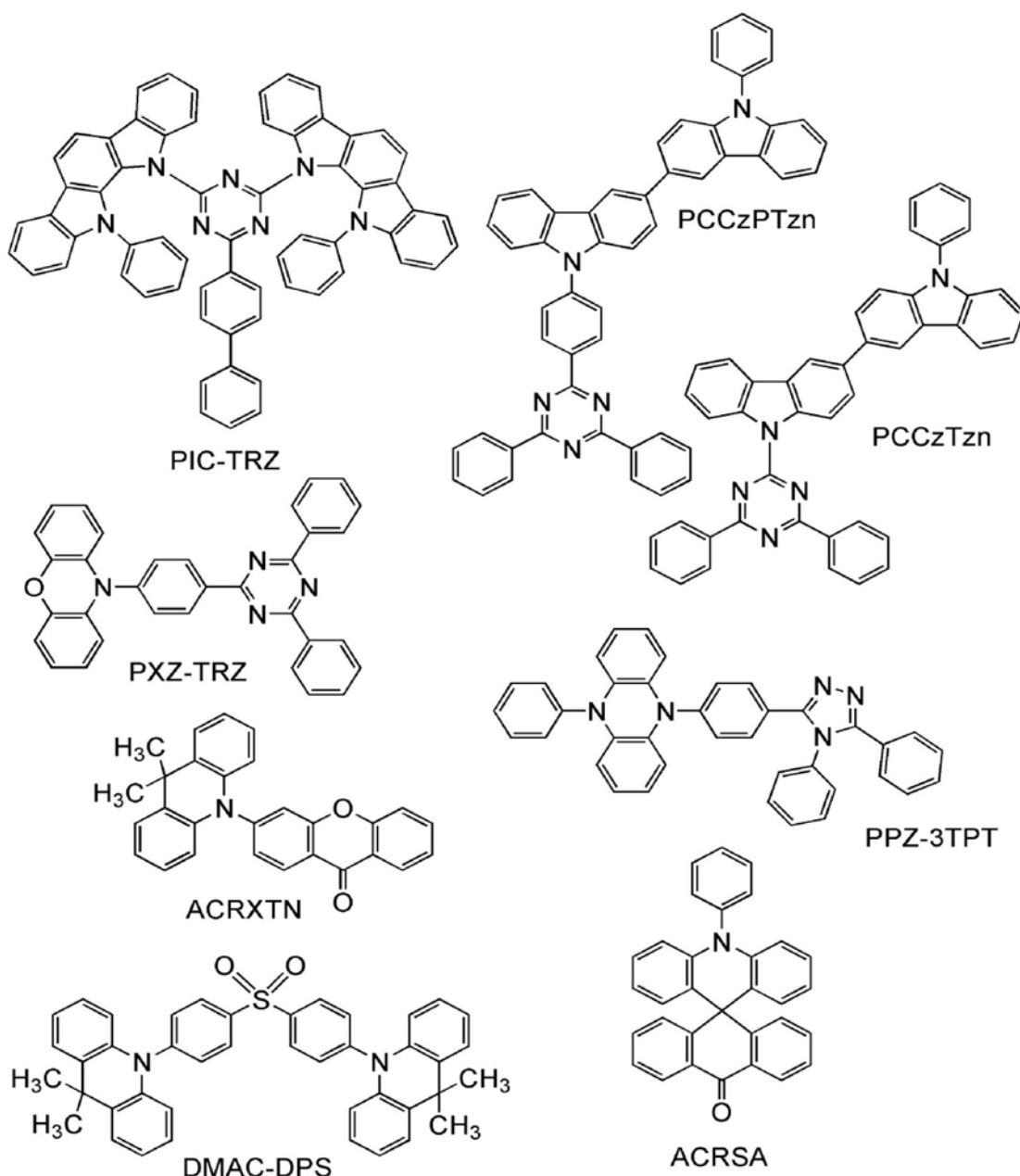
[0074] [化学式1]





[0075] 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-苯基吡啶[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'-联吡啶(简称:PCCzTzn)、9-[4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-9H,9'-H-3,3'-联吡啶(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-5,10-二氢吩恶嗪-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-吡啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶)苯基]硫醚(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'-H-螺[吡啶-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。

[0076] [化学式2]



[0077] 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。

[0078] 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:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9-联芴-2-胺(简称:PCBASF)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。

[0079] 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-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-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)等具有二噁骨架的杂环化合物;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,具有二噁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,具有二噁(嘧啶或吡啶)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。

[0080] 在将荧光物质用作发光材料的情况下,作为主体材料,优选使用具有蒽骨架的材料。通过将具有蒽骨架的物质用作荧光物质的主体材料,可以实现发光效率及耐久性都良好的发光层。具有蒽骨架的材料大多具有较深的HOMO能级,因此优选用于本发明的一个方式。在用作主体材料的具有蒽骨架的物质中,具有二苯基蒽骨架(尤其是9,10-二苯基蒽骨架)的物质在化学上稳定,所以是优选的。另外,在主体材料具有咔唑骨架的情况下,空穴注入性及空穴传输性得到提高,所以是优选的。尤其是,在主体材料包含其中苯环稠合到咔唑的苯并咔唑骨架的情况下,其HOMO能级比咔唑高0.1eV左右,空穴容易注入,所以是更优选的。尤其是,在主体材料具有二苯并咔唑骨架的情况下,其HOMO能级比咔唑高0.1eV左右,不仅空穴容易注入主体材料,而且空穴传输性及耐热性也得到提高,所以是优选的。因此,作为主体材料进一步优选使用具有9,10-二苯基蒽骨架及咔唑骨架(或者苯并咔唑骨架或二苯并咔唑骨架)的物质。注意,从上述空穴注入性及空穴传输性的观点来看,也可以使用苯并芴骨架或二苯并芴骨架代替咔唑骨架。作为这种物质的例子,可以举出9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蒽

基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃(简称:2mBnfPPA)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)-联苯-4'-基}-蒽(简称:FLPPA)等。尤其是,CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPA呈现非常良好的特性,所以是优选的。

[0081] 本发明的一个方式的发光元件优选用于发射蓝色荧光的发光元件。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 电子传输层114是包含具有电子传输性的物质的层。作为具有电子传输性的物质,可以使用以上所述的能够用于主体材料的具有电子传输性的物质。

[0085] 可以在电子传输层114和第二电极102之间设置由氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)等的碱金属、碱土金属或它们的化合物形成的电子注入层115。可以使用将碱金属、碱土金属或它们的化合物包含在由具有电子传输性的物质构成的层中的层或电子化合物(electride)。作为电子化合物,可以举出对钙和铝的混合氧化物以高浓度添加电子的物质等。

[0086] 另外,可以设置电荷产生层116,而代替电子注入层115(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电子传输层114和用作阴极的第二电极102,使得发光元件工作。

[0087] 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。

[0088] 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114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。

[0089] 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。

[0090] 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114的材料同样的材料。

[0091] 作为形成第二电极102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,通过在第二电极102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-氧化锡等用作第二电极102。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。

[0092] 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、照相凹板印刷法、丝网印刷法、喷墨法或旋涂法等。

[0093] 另外,也可以通过使用不同方法形成上面所述的各电极或各层。

[0094] 注意,设置在第一电极101与第二电极102之间的层的结构不局限于上述结构。但是,优选采用在离第一电极101及第二电极102远的部分设置空穴与电子再结合的发光区域的结构,以便抑制由于发光区域与用于电极或载流子注入层的金属接近而发生的猝灭。

[0095] 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材料或者包含在发光层中的发光材料所具有的带隙大的带隙的物质。

[0096] 接着,参照图1C说明具有层叠有多个发光单元的结构 of 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。

[0097] 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。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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另外设置电子注入层。

[0101] 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。

[0102] 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。

[0103] 另外,上述结构可以与其他实施方式或本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0104] 实施方式2

在本实施方式中,对使用实施方式1所示的发光元件的发光装置进行说明。

[0105] 在本实施方式中,参照图2A和图2B对使用实施方式1所示的发光元件而制造的发光装置进行说明。注意,图2A是示出发光装置的俯视图,并且图2B是沿图2A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。

[0106] 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。

[0107] 下面,参照图2B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。

[0108] 元件衬底610除了可以使用由玻璃、石英、有机树脂、金属、合金、半导体等构成的衬底以外还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics:纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯或丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0109] 对用于像素或驱动电路的晶体管的结构没有特别的限制。例如,可以采用反交错型晶体管或交错型晶体管。另外,顶栅型晶体管或底栅型晶体管都可以被使用。对用于晶体管的半导体材料没有特别的限制,例如可以使用硅、锗、碳化硅、氮化镓等。或者可以使用

In-Ga-Zn类金属氧化物等的包含铟、镓、锌中的至少一个的氧化物半导体。

[0110] 对用于晶体管的半导体材料的结晶性也没有特别的限制,可以使用非晶半导体或结晶半导体(微晶半导体、多晶半导体、单晶半导体或其一部分具有结晶区域的半导体)。当使用结晶半导体时可以抑制晶体管的特性劣化,所以是优选的。

[0111] 在此,氧化物半导体优选用于设置在上述像素或驱动电路中的晶体管和用于在后面说明的触摸传感器等的晶体管等半导体装置。尤其优选使用其带隙比硅宽的氧化物半导体。通过使用带隙比硅宽的氧化物半导体,可以降低晶体管的关态电流(off-state current)。

[0112] 上述氧化物半导体优选至少包含铟(In)或锌(Zn)。另外,上述氧化物半导体更优选为包含以In-M-Zn类氧化物(M为Al、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、Ce或Hf等金属)表示的氧化物的氧化物半导体。

[0113] 尤其是,作为半导体层,优选使用如下氧化物半导体膜:具有多个结晶部,该多个结晶部的c轴都朝向垂直于半导体层的被形成面或半导体层的顶面的方向,并且在相邻的结晶部间不具有晶界。

[0114] 通过作为半导体层使用上述材料,可以实现电特性的变动被抑制的可靠性高的晶体管。

[0115] 另外,由于具有上述半导体层的晶体管的关态电流较低,因此能够长期间保持经过晶体管而储存于电容器中的电荷。通过将这种晶体管用于像素,能够在保持各显示区域所显示的图像的灰度的状态下,停止驱动电路。其结果是,可以实现功耗极低的电子设备。

[0116] 为了实现晶体管的特性稳定化等,优选设置基底膜。作为基底膜,可以使用氧化硅膜、氮化硅膜、氧氮化硅膜、氮氧化硅膜等无机绝缘膜并以单层或叠层制造。基底膜可以通过溅射法、CVD(Chemical Vapor Deposition:化学气相沉积)法(等离子体CVD法、热CVD法、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:有机金属化学气相沉积)法等)或ALD(Atomic Layer Deposition:原子层沉积)法、涂敷法、印刷法等形成。注意,基底膜若不需要则也可以不设置。

[0117] 注意,FET623示出形成在驱动电路部601中的晶体管的一个。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。

[0118] 另外,像素部602由多个像素形成,该多个像素都包括开关FET 611、电流控制FET 612以及与该电流控制FET 612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和电容器的像素部。

[0119] 注意,形成绝缘物614来覆盖第一电极613的端部。在此,可以使用正型感光丙烯酸树脂膜形成绝缘物614。

[0120] 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,以获得后面形成的EL层等的良好的覆盖性。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(0.2 μ m至3 μ m)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。

[0121] 在第一电极613上形成有EL层616及第二电极617。在此,优选使用具有高功函数的

材料作为用作阳极的第一电极613。例如,除了可以使用诸如ITO膜、包含硅的铟锡氧化物膜、包含2wt%至20wt%的氧化锌的氧化铟膜、氮化钛膜、铬膜、钨膜、Zn膜、Pt膜等的单层膜以外,还可以使用由氮化钛膜和以铝为主要成分的膜构成的叠层膜以及由氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜构成的三层结构等。注意,如果这里采用叠层结构,由于布线的电阻值较低,因此可以得到好的欧姆接触,另外,其可用作阳极。

[0122] 另外,EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋涂法等各种方法形成。EL层616包括实施方式1所示的结构。另外,作为构成EL层616的其他材料,也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包含低聚物、树枝状聚合物)。

[0123] 另外,作为用于形成在EL层616上并用作阴极的第二电极617的材料,优选使用具有功函数小的材料(Al、Mg、Li、Ca、或它们的合金或化合物(MgAg、MgIn、AlLi等)等)。注意,当使产生在EL层616中的光透过第二电极617时,优选使用由膜厚度减薄了的金属薄膜和透明导电膜(ITO、包含2wt%至20wt%的氧化锌的氧化铟、包含硅的铟锡氧化物、氧化锌(ZnO)等)构成的叠层作为第二电极617。

[0124] 另外,发光元件由第一电极613、EL层616、第二电极617形成。该发光元件是实施方式1所示的发光元件。另外,在本实施方式的发光装置中,由多个发光元件构成的像素部可以包括实施方式1所示的发光元件和具有其他结构的发光元件的双方。

[0125] 另外,通过使用密封材料605将密封衬底604贴合到元件衬底610,将发光元件618设置在由元件衬底610、密封衬底604以及密封材料605围绕的空间607中。注意,空间607中填充有填料,作为该填料,可以使用惰性气体(氮或氩等),还可以使用密封剂。通过在密封衬底中形成凹部且在其中设置干燥剂,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0126] 另外,优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封材料605。另外,这些材料优选为尽可能地不使水或氧透过的材料。另外,作为密封衬底604,除了可以使用玻璃衬底或石英衬底以外,还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics;玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0127] 虽然在图2A和2B中没有示出,但是也可以在第二电极上设置保护膜。保护膜可以由有机树脂膜或无机绝缘膜形成。另外,也可以以覆盖密封材料605的露出部分的方式形成保护膜。另外,保护膜可以覆盖一对衬底的表面及侧面、密封层、绝缘层等的露出侧面而设置。

[0128] 作为保护膜可以使用不容易透过水等杂质的材料。因此,可以能够高效地抑制水等杂质从外部扩散到内部。

[0129] 作为构成保护膜的材料,可以使用氧化物、氮化物、氟化物、硫化物、三元化合物、金属或聚合物等。例如,该材料可以含有氧化铝、氧化钪、硅酸钪、氧化镧、氧化硅、钛酸锶、氧化钽、氧化钛、氧化锌、氧化铌、氧化锆、氧化锡、氧化钇、氧化铈、氧化钐、氧化铟、氧化钕、氮化铝、氮化钪、氮化硅、氮化钽、氮化钛、氮化铌、氮化钼、氮化锆、氮化镓、含有钛及铝的氮化物、含有钛及铝的氧化物、含有铝及锌的氧化物、含有锰及锌的硫化物、含有铈及锶的硫化物、含有铟及铝的氧化物、含有钇及锆的氧化物等。

[0130] 保护膜优选通过台阶覆盖性良好的沉积方法来形成。这种方法中之一是原子层沉积(ALD:Atomic Layer Deposition)法。优选将可以通过ALD法形成的材料用于保护膜。通过ALD法可以形成致密且裂缝或针孔等缺陷被减少或具备均匀的厚度的保护膜。另外,可

以减少当形成保护膜时加工部材受到的损伤。

[0131] 例如,通过ALD法可以将均匀且缺陷少的保护膜形成在具有复杂的凹凸形状的表面或触摸屏的顶面、侧面以及背面上。

[0132] 如上所述,可以得到使用实施方式1所示的发光元件制造的发光装置。

[0133] 因为本实施方式中的发光装置使用实施方式1所示的发光元件,所以可以具有优良特性。具体而言,实施方式1所示的发光元件是寿命长的发光元件,从而可以实现可靠性良好的发光装置。另外,使用实施方式1所示的发光元件的发光装置的发光效率良好,由此可以实现低功耗的发光装置。

[0134] 图3A和图3B示出通过形成呈现白色发光的发光元件设置着色层(滤色片)等来实现全彩色化的发光装置的例子。图3A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的第一电极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。

[0135] 另外,在图3A中,将着色层(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。另外,还可以设置黑矩阵1035。对设置有着色层及黑矩阵的透明基材1033进行对准而将其固定到衬底1001上。另外,着色层及黑矩阵1035被保护层1036覆盖。另外,图3A示出具有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、绿色光、蓝色光,因此能够以四个颜色的像素呈现图像。

[0136] 图3B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和第一层间绝缘膜1020之间的例子。如上述那样,也可以将着色层设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0137] 另外,虽然以上说明了具有从形成有FET的衬底1001一侧取出光的结构(底部发射型)的发光装置,但是也可以采用具有从密封衬底1031一侧取出发光的结构(顶部发射型)的发光装置。图4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。到制造用来使FET与发光元件的阳极连接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1037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公知材料形成。

[0138] 虽然在此发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B都是阳极,但是也可以是阴极。另外,在采用如图4所示那样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的结构采用实施方式1所示的EL层103的结构,并且采用能够获得白色发光的元件结构。

[0139] 在采用图4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。密封衬底1031也可以设置有位于像素和像素之间的黑矩阵1035。着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)、黑矩阵也可以被保护层1036覆盖。另外,作为密封衬底1031,使用具有透光性的衬底。另外,虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色的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、黄色、绿色、蓝色的四个颜色或红色、绿

色、蓝色的三个颜色进行全彩色显示。

[0140] 在顶部发射型的发光装置中,可以优选地适用微腔结构。将反射电极用作第一电极且将半透射·半反射电极用作第二电极,由此可以得到具有微腔结构的发光元件。在反射电极与半透射·半反射电极之间至少含有EL层,并且至少含有成为发光区域的发光层。

[0141] 注意,反射电极的可见光反射率为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。

[0142] 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。

[0143] 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程。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。

[0144] 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程调节为 $(2n-1)\lambda/4$ (注意, n 为1以上的自然数, λ 为要放大的光的波长)。通过调节该光程,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。

[0145] 另外,在上述结构中,EL层可以含有多个发光层,也可以只含有一个发光层。例如,可以组合上述结构与上述串联型发光元件的结构,其中在一个发光元件中以其间夹着电荷产生层的方式设置多个EL层,并且,在每个EL层中形成一个或多个发光层。

[0146] 通过采用微腔结构,可以加强指定波长的正面方向上的发光强度,由此可以实现低功耗化。注意,在为使用红色、黄色、绿色以及蓝色的四个颜色的子像素显示图像的发光装置的情况下,因为可以获得由于黄色发光的亮度提高效果,而且可以在所有的子像素中采用适合各颜色的波长的微腔结构,所以能够实现具有良好的特性的发光装置。

[0147] 因为本实施方式中的发光装置使用实施方式1所示的发光元件,所以可以具有优良特性。具体而言,实施方式1所示的发光元件是寿命长的发光元件,从而可以实现可靠性良好的发光装置。另外,使用实施方式1所示的发光元件的发光装置的发光效率良好,由此可以实现低功耗的发光装置。

[0148] 虽然到这里说明了有源矩阵型发光装置,但是下面说明无源矩阵型发光装置。图5A和图5B示出通过使用本发明制造的无源矩阵型发光装置。注意,图5A是示出发光装置的透视图,并且图5B是沿图5A的线X-Y切断而获得的截面图。在图5A和图5B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上设置有隔离层954。隔离层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,隔离层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,通过设置隔离层954,可以防止起因于静电等的发光元件的不良。另外,在无源矩阵型发光装置中,通过使用实施方式1所示的发光元件,也可以得到可靠性良好的发光装置或者低功耗的发光装置。

[0149] 以上说明的发光装置能够控制配置为矩阵状的微小的多个发光元件中的每一个,所以作为进行图像的显示的显示装置可以适当地利用。

[0150] 另外,本实施方式可以与其他实施方式自由地组合。

[0151] 实施方式3

在本实施方式中,参照图6A和图6B对将实施方式1所示的发光元件用于照明装置的例子进行说明。图6B是照明装置的俯视图,图6A是沿着图6B的线e-f切断的截面图。

[0152] 在本实施方式的照明装置中,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相当于实施方式1中的第一电极101。当从第一电极401一侧取出光时,第一电极401使用具有透光性的材料形成。

[0153] 另外,在衬底400上形成用来对第二电极404供应电压的焊盘412。

[0154] 在第一电极401上形成有EL层403。EL层403相当于实施方式1中的EL层103的结构或组合发光单元511、发光单元512以及电荷产生层513的结构等。注意,作为它们的结构,参照各记载。

[0155] 以覆盖EL层403的方式形成第二电极404。第二电极404相当于实施方式1中的第二电极102。当从第一电极401一侧取出光时,第二电极404使用反射率高的材料形成。通过使第二电极404与焊盘412连接,将电压供应到第二电极404。

[0156] 如上所述,本实施方式所示的照明装置具备包括第一电极401、EL层403以及第二电极404的发光元件。由于该发光元件是发光效率高的发光元件,所以本实施方式的照明装置可以提供低功耗的照明装置。

[0157] 使用密封材料405、406将形成有具有上述结构的发光元件的衬底400和密封衬底407固定来进行密封,由此制造照明装置。也可以仅使用密封材料405和406中的一个。另外,也可以使内侧的密封材料406(在图6B中未图示)与干燥剂混合,由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0158] 另外,通过以延伸到密封材料405、406的外部的方式设置焊盘412和第一电极401的一部分,可以将其用作外部输入端子。另外,也可以在外部输入端子上设置安装有转换器等IC芯片420等。

[0159] 本实施方式所记载的照明装置在EL元件中使用实施方式1所示的发光元件,可以实现可靠性良好的发光装置。另外,可以实现低功耗的发光装置。

[0160] 实施方式4

在本实施方式中,对在其一部分包括实施方式1所示的发光元件的电子设备的例子进行说明。实施方式1所示的发光元件是寿命良好且可靠性良好的发光元件。其结果是,本实施方式所记载的电子设备可以实现包括可靠性良好的发光部的电子设备。

[0161] 作为采用上述发光元件的电子设备,可以例如举出电视装置(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。

[0162] 图7A示出电视装置的一个例子。在电视装置中,外壳7101中组装有显示部7103。另外,在此示出利用支架7105支撑外壳7101的结构。可以利用显示部7103显示图像,并且将实施方式1所示的发光元件排列为矩阵状而构成显示部7103。

[0163] 可以通过利用外壳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。

[0164] 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。

[0165] 图7B1示出计算机,该计算机包括主体7201、外壳7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。另外,该计算机通过将实施方式1所示的发光元件排列为矩阵状并用于显示部7203而制造。图7B1中的计算机也可以为如图7B2所示的方式。图7B2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。

[0166] 图7C示出便携式游戏机,该便携式游戏机由外壳7301和外壳7302的两个外壳构成,并且通过连接部分7303可以开闭地连接。外壳7301中组装有将实施方式1所示的发光元件排列为矩阵状而制造的显示部7304,并且外壳7302中组装有显示部7305。另外,图7C所示的便携式游戏机还具备扬声器部分7306、记录介质插入部分7307、LED灯7308、输入单元(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(包括测量如下因素的功能:力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动数、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线)、麦克风7312)等。当然,便携式游戏机的结构不局限于上述结构,只要在显示部7304和显示部7305中的至少一个或两个中使用将实施方式1所示的发光元件排列为矩阵状制造的显示部即可,而可以采用适当地设置有其他附属设备的结构。图7C所示的便携式游戏机具有如下功能:读出储存在记录介质中的程序或数据并将其显示在显示部上;以及通过与其他便携式游戏机之间进行无线通信而实现信息共享。另外,图7C所示的便携式游戏机的功能不局限于此,可以具有各种各样的功能。

[0167] 图7D示出便携式终端的一个例子。便携式终端具备组装在外壳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,便携式终端7400包括将实施方式1所示的发光元件排列为矩阵状而制造的显示部7402。

[0168] 图7D所示的便携式终端也可以具有用指头等触摸显示部7402来输入信息的结构。在此情况下,能够用指头等触摸显示部7402来进行打电话或编写电子邮件等的操作。

[0169] 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。

[0170] 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输入在屏面上显示的文字。在此情况下,优选在显示部7402的屏面的大多部分中显示键盘或号码按钮。

[0171] 另外,通过在便携式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。

[0172] 另外,通过触摸显示部7402或对外壳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。

[0173] 另外,当在输入模式下通过检测出显示部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,也可以进行控制以将屏面模式从输入模式切换成显示模式。

[0174] 也可以将显示部7402用作图像传感器。例如,通过用手掌或指头触摸显示部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源或发射近红外光的感测用光源,也能够拍摄指静脉、手掌静脉等。

[0175] 另外,本实施方式所示的结构可以与实施方式1至实施方式4所示的结构适当地组合来使用。

[0176] 如上所述,具备实施方式1所示的发光元件的发光装置的应用范围极为广泛,而能够将该发光装置用于各种领域的电子设备。通过使用实施方式1所示的发光元件,可以得到可靠性良好的电子设备。

[0177] 图8示出将实施方式1所示的发光元件用于背光源的液晶显示装置的一个例子。图8所示的液晶显示装置包括外壳901、液晶层902、背光单元903以及外壳904,液晶层902与驱动器IC905连接。另外,在背光单元903中使用实施方式1所示的发光元件,并且通过端子906将电流供应到背光单元903。

[0178] 通过将实施方式1所示的发光元件用于液晶显示装置的背光源,可以得到功耗得到降低的背光源。另外,通过使用实施方式1所示的发光元件,能够制造面发射的照明装置,还能够实现大面积化。由此能够实现背光源的大面积化及液晶显示装置的大面积化。再者,使用实施方式1所示的发光元件的发光装置可以使厚度比现有的发光装置薄,所以还能够实现显示装置的薄型化。

[0179] 图9示出将实施方式1所示的发光元件用于作为照明装置的台灯的例子。图9所示的台灯包括外壳2001和光源2002,并且作为光源2002使用实施方式3所记载的照明装置。

[0180] 图10示出将实施方式1所示的发光元件用于室内的照明装置3001的例子。实施方式1所示的发光元件是可靠性高的发光元件,从而可以实现可靠性良好的照明装置。另外,因为实施方式1所示的发光元件能够实现大面积化,所以能够用于大面积的照明装置。另外,因为实施方式1所示的发光元件的厚度薄,所以能够制造实现薄型化的照明装置。

[0181] 还可以将实施方式1所示的发光元件安装在汽车的挡风玻璃或仪表盘上。图11示出将实施方式1所示的发光元件用于汽车的挡风玻璃或仪表盘的一个方式。显示区域5000至显示区域5005使用实施方式1所示的发光元件设置。

[0182] 显示区域5000和显示区域5001是设置在汽车的挡风玻璃上的安装有实施方式1所示的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,可以将实施方式1所示的发光元件形成为能看到对面的景色的所谓的透视式显示装置。若采用透视式显示,即使设置在汽车的挡风玻璃上,也不妨碍视界。另外,在设置用来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。

[0183] 显示区域5002是设置在立柱部分的安装有实施方式1所示的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厢上的成像单元的图像,可以补充被立柱遮挡的视界。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,能够补充被车厢遮挡的视界的死角,而提高安全性。通过显示图像以补充不看到的部分,更自然且简单地确认安全。

[0184] 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、行车距离、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。

[0185] 图12A及图12B是折叠式平板终端的一个例子。图12A是打开的状态,并且平板终端包括外壳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、卡子9033以及操作开关9038。该平板终端通过将具备实施方式1所示的发光元件的发光装置用于显示部9631a、显示部9631b的一方或双方来制造。

[0186] 在显示部9631a中,可以将其一部分用作触摸屏区域9632a,并且可以通过接触所显示的操作键9637来输入数据。另外,作为一个例子示出如下结构:显示部9631a的一半只具有显示的功能,另一半具有触摸屏的功能,但是不局限于该结构。也可以采用显示部9631a的整个区域具有触摸屏的功能的结构。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屏,并且将显示部9631b用作显示画面。

[0187] 另外,在显示部9631b中与显示部9631a同样,也可以将其一部分用作触摸屏区域9632b。另外,通过使用指头或触屏笔等接触触摸屏上的键盘显示切换按钮9639的位置,可以在显示部9631b上显示键盘按钮。

[0188] 另外,也可以对触摸屏区域9632a和触摸屏区域9632b同时进行触摸输入。

[0189] 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并切换黑白显示和彩色显示等。根据通过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,省电模式切换开关9036可以将显示的亮度设定为最适合的亮度。平板终端也可以内置光传感器、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。

[0190] 另外,图12A示出显示部9631b的显示面积与显示部9631a的显示面积相等的例子,但是不局限于此,既可以使一个显示部的尺寸和另一个显示部的尺寸不相等又可以使它们的显示质量有差异。例如显示部9631a和显示部9631b中的一个与另一个相比可以进行高精度的显示。

[0191] 图12B是合上的状态,并且本实施方式中的平板终端示出包括外壳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12B中,作为充放电控制电路9634的一个例子示出包括电池9635和DCDC转换器9636的结构。

[0192] 另外,折叠式平板终端在不使用时可以合上外壳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优越且从长期使用的观点来看可靠性优越的平板终端。

[0193] 另外,图12A及图12B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);将日历、日期或时刻等显示在显示部上;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;通过各种各样的软件(程序)控制处理等。

[0194] 通过利用安装在平板终端的表面的太阳能电池9633,可以将电力供应到触摸屏、显示部或图像信号处理部等。注意,太阳能电池9633可以设置在外壳9630的一个面或两个面,可以高效率地对电池9635充电。

[0195] 另外,参照图12C所示的方框图对图12B所示的充放电控制电路9634的结构和工作进行说明。图12C示出太阳能电池9633、电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至开关SW3以及显示部9631,电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至开关SW3对应于图12B所示的充放电控制电路9634。

[0196] 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对太阳能电池所产生的电力进行升压或降压以使它成为用来对电池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将来自太阳能电池9633的电力升压或降压到显示部9631所需要的电压。另外,可以采用当不进行显示部9631中的显示时,使SW1关闭且使SW2导通来对电池9635进行充电的结构。

[0197] 注意,作为发电单元的一个例子示出太阳能电池9633,但是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。也可以使用以无线(不接触)的方式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。

[0198] 另外,只要具备上述显示部9631,就不局限于图12A至图12C所示的形状的平板终端。

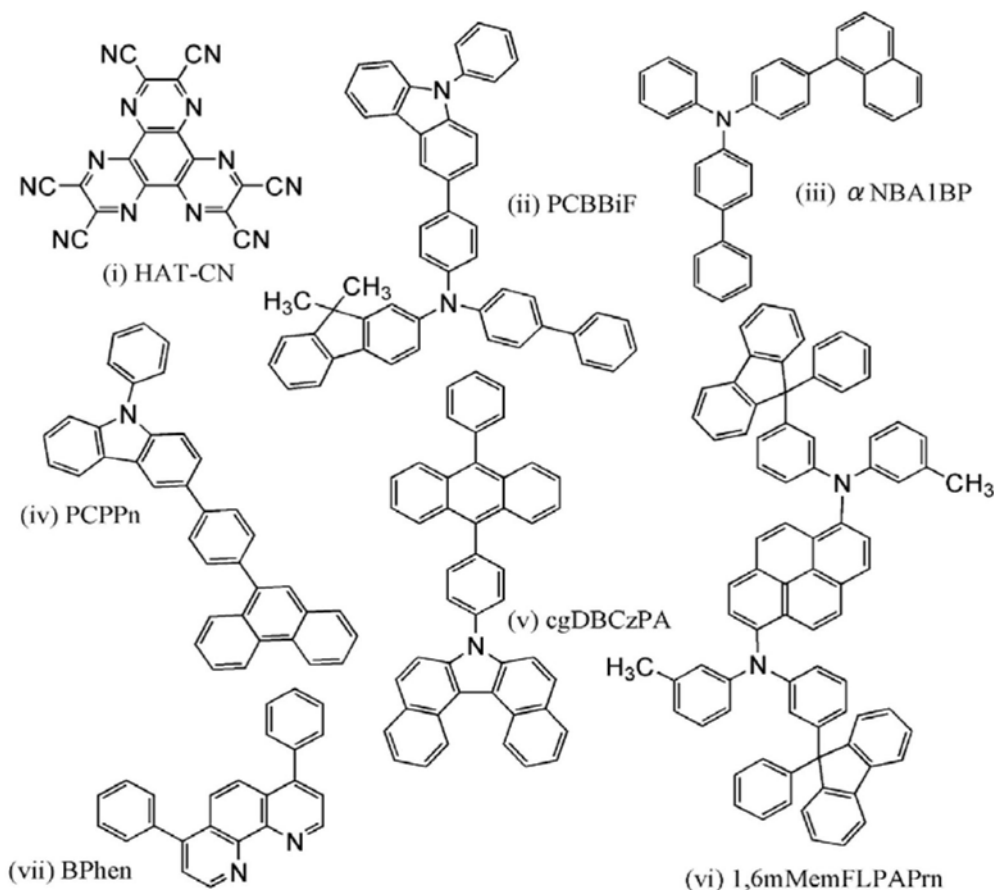
[0199] 图13A至图13C示出能够折叠的便携式信息终端9310。图13A示出展开状态的便携式信息终端9310。图13B示出从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9310。图13C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域所以显示一览性强。

[0200] 显示面板9311由铰链部9313所连接的三个外壳9315支撑。显示面板9311也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触控面板(输入输出装置)。通过在两个外壳9315之间的铰链部9313处弯折显示面板9311,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9312。在显示区域9312中可以显示信息图标、使用次数多的软件或程序的快捷等,能够顺便地进行确认信息或开启软件。

实施例1

[0201] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的本发明的一个方式的发光元件1及对比发光元件1进行说明。以下示出用于发光元件1及对比发光元件1的有机化合物的结构式。

[0202] [化学式3]



[0203] (发光元件1的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0204] 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°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0205] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0206] 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。

[0207] 然后,在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)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5nm的方式蒸镀上述结构式(iii)所表示的4-(1-萘基)-4'-苯基三苯基胺(简称: α NBA1BP)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5nm的方式蒸镀上述结构式(iv)所表示的3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)来形成第三空穴传输层112-3。

[0208] 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]苊-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1,6mMemFLPAPr_n的重量比调节为1:0.03。

[0209] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0210] 在形成电子传输层114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115,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1。

[0211] (对比发光元件1的制造方法)

在对比发光元件1中,形成厚度为25nm的PCBBiF以代替发光元件1中的第一空穴传输层112-1和第二空穴传输层112-2。除此之外,对比发光元件1与发光元件1同样地制造。换言之,对比发光元件1不包括第二空穴传输层112-2。

[0212] 以下表1示出发光元件1及对比发光元件1的元件结构。

[0213] [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				
		5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm
发光元件 1	HAT-CN	PCBBiF	α NBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
对比 发光元件 1		PCBBiF						

[0214] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光元件1及对比发光元件1暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(具体而言,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。

[0215] 图14至图19分别示出发光元件1及对比发光元件1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。

[0216] [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(%)
发光元件1	3.0	0.20	5	0.14	0.17	13.1	11.2
对比发光元件1	3.2	0.52	13	0.14	0.17	7.0	6.3

[0217] 图14至图19及表2表示本发明的一个方式的发光元件1为与不包括第二空穴传输层112-2的对比发光元件1相比驱动电压或效率更良好的蓝色发光元件。

[0218] 另外,图20示出起始亮度为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的发光元件的亮度变化。如图20所示,本发明的一个方式的发光元件1与对比发光元件1相比伴随着驱动时间的累积的亮度下降小得多,因此寿命更长。

[0219] 以下表3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。

[0220] 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)(奥尔德里奇公司(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),作为辅助电极使用另一铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用 Ag/Ag^+ 电极(由BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。另外,测定在室温下(20℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位 E_a [V]及还原电位 E_c [V]。 E_a 为氧化-还原波之间的中间电位, E_c 为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此可以利用HOMO能级[eV] = -4.94 - E_a 、LUMO能级[eV] = -4.94 - E_c 这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。

[0221] [表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	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	α NBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.52	-5.80	-5.69	-5.40

[0222] 如表3所示,在用于发光元件1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。

[0223] 第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级较浅,为-5.36eV,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。

[0224] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.33eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPrn的HOMO能级为-5.40eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.04eV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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0225] 在发光元件1中,在第二空穴传输层112-2中使用其HOMO能级比主体材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料的HOMO能级深的第二空穴传输材料,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 α NBA1BP的HOMO能级为-

5.52eV,与第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级之差较小,为0.16eV。因此,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0226] 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存在0.17eV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发光材料的空穴注入势垒。因此,空穴优先地注入发光材料,而不主体材料。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。

[0227] 因此,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件1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PCPPn的HOMO能级为-5.80eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,不存在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。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0.28eV(以一位有效数字表示为0.3eV以内),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。

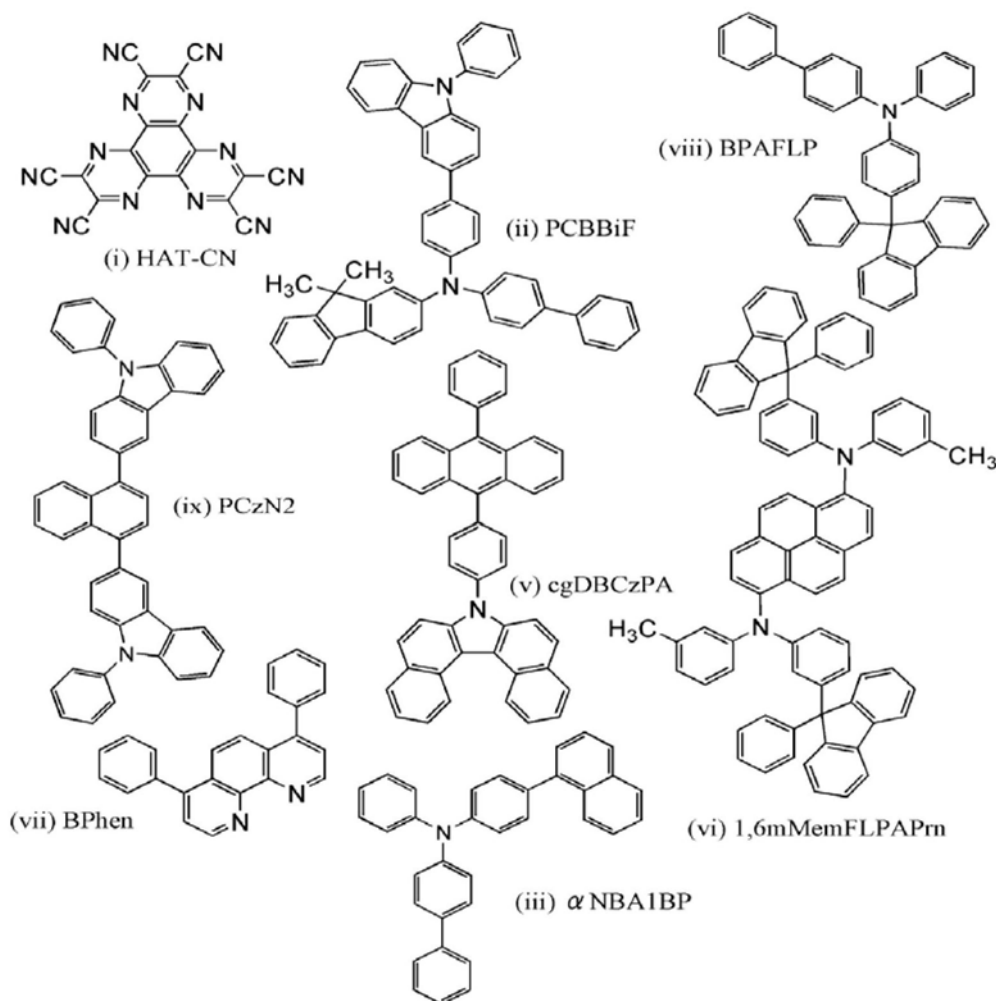
[0228] 注入到主体材料的空穴的一部分被发光材料俘获,但是空穴可以在适当地被俘获的同时向第二电极移动,而且,由于主体材料为具有电子传输性的蒽化合物,因此驱动电压不会上升。另外,发光区域不集中,在发光层113中扩展,因此可以避免劣化的促进,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件。

[0229] 另一方面,对比发光元件1没有设置第二空穴传输层112-2,因此,第一空穴传输层112-1与第三空穴传输层112-3的HOMO能级之差较大。由此,空穴不容易注入到发光层113,驱动电压会上升。由于空穴不容易被注入,因此发生电子积累在发光层113与空穴传输层的界面或电子泄漏到空穴传输层等问题。如果发生电子积累,则有可能发生发光区域的不均匀而对发光元件的寿命造成负面影响。另外,如果电子泄漏到空穴传输层,在空穴传输层中也发生载流子再结合,使供体的发光概率相对地降低而导致发光效率的降低、或者使空穴传输材料劣化而导致寿命的下降。本发明的一个方式的发光元件1可以有效地抑制这些问题的发生,因此能够实现非常良好的特性。

实施例2

[0230] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的本发明的一个方式的发光元件2至发光元件3进行说明。以下示出用于发光元件2及发光元件3的有机化合物的结构式。

[0231] [化学式4]



[0232] (发光元件2的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0233] 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°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0234] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0235] 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。

[0236] 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N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)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5nm的方式蒸镀上述结构式(viii)所表示的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯基胺(简称:BPAFLP)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15nm的方式蒸镀上述结构式(ix)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。

[0237] 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]苊-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。

[0238] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0239] 在形成电子传输层114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115,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2。

[0240] (发光元件3的制造方法)

在发光元件3中,将发光元件2的第二空穴传输层112-2中的BPAFLP改变为 α NBA1BP。除此之外,发光元件3与发光元件2同样地制造。

[0241] 以下表4示出发光元件2及发光元件3的元件结构。

[0242] [表4]

	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	5nm	15nm	25nm			1nm
发光元件2	HAT-CN	PCBBiF	BPAFLP	PCzN2	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
发光元件3	HAT-CN	PCBBiF	α NBA1BP	PCzN2	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0243] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件2及发光元件3暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(具体而言,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。

[0244] 图21至图26分别示出发光元件2及发光元件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5示出各发光元件的1000cd/m²附近的主要特性。

[0245] [表5]

	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 (%)
发光元件2	3.2	0.22	6	0.14	0.17	14.0	12.1
发光元件3	3.1	0.29	7	0.14	0.17	14.1	12.2

[0246] 图21至图26及表5表示两个发光元件都是特性良好的蓝色发光元件。

[0247] 另外,图27示出起始亮度为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的发光元件的亮度变化。如图27所示,本发明的一个方式的发光元件2及发光元件3随着驱动时间的累积的亮度下降小,因此寿命更长。

[0248] 以下表6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。计算方法与实施例1相同。

[0249] [表6]

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	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	BPAFLP	PCzN2	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.51	-5.71	-5.69	-5.40

[0250] [表7]

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	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	α NBA1BP	PCzN2	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.52	-5.71	-5.69	-5.40

[0251] 如表6和表7所示,在用于发光元件2、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。

[0252] 第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级较浅,为-5.36eV,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。

[0253] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.33eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPrn的HOMO能级为-5.40eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.04eV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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0254] 在发光元件2和发光元件3中,在第二空穴传输层112-2中使用其HOMO能级比主体

材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料的HOMO能级深的第二空穴传输材料,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。发光元件2的第二空穴传输材料的BPAFLP的HOMO能级为-5.51eV,其与第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级之差小,为0.15eV。另外,发光元件3的第二空穴传输材料的 α NBA1BP的HOMO能级为-5.52eV,与第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级之差较小,为0.16eV。因此,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0255] 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存在0.17eV至0.18eV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,在第二空穴传输材料与发光材料之间不存在势垒。因此,空穴优先地注入发光材料,而不主体材料。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。

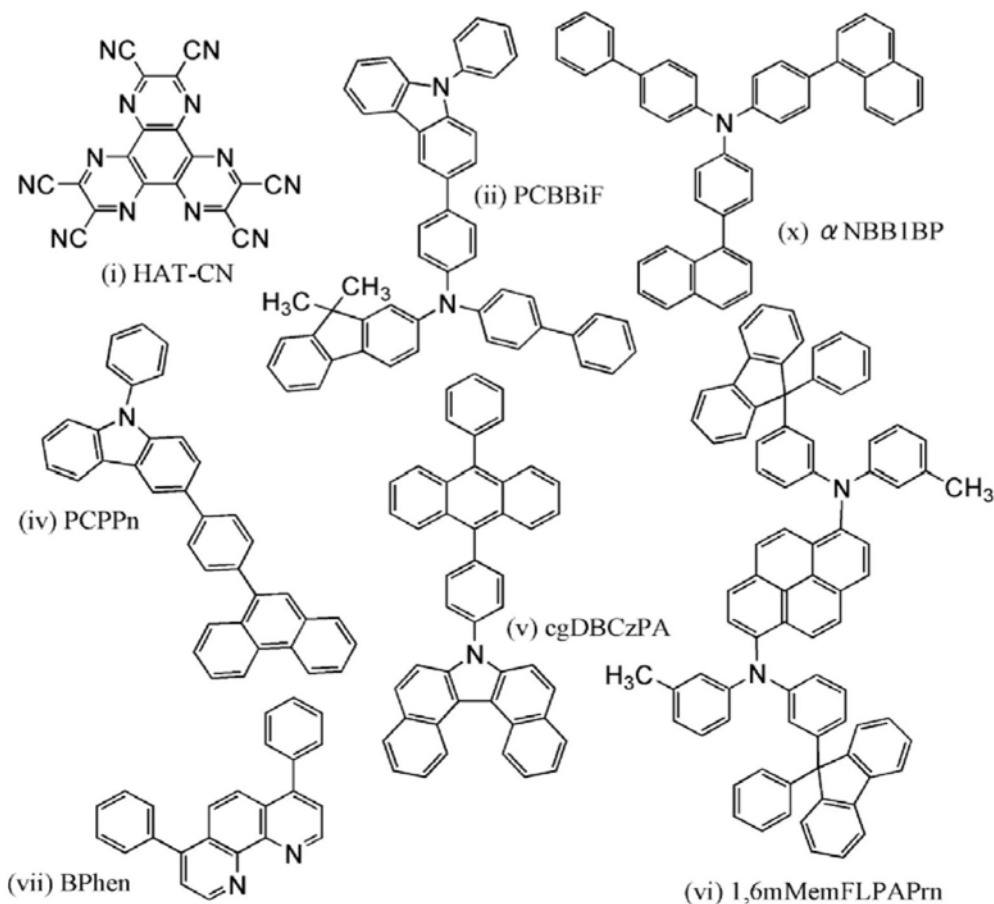
[0256] 因此,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件2和发光元件3中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的PCzN2的HOMO能级为-5.71eV,大致等于(稍微深于)主体材料的HOMO能级。因此,不存在向主体材料的空穴注入势垒,借助于主体材料与发光材料的混合比也使空穴优先地注入主体材料。另外,第三空穴传输材料与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.20eV、0.19eV(以一位有效数字表示为0.3eV以内),空穴顺利地从第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。

[0257] 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,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件。

实施例3

[0258] 在本实施例中,对在实施方式1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。

[0259] [化学式5]



[0260] (发光元件4的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0261] 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°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0262] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0263] 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。

[0264] 然后,在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)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5nm的方式蒸镀上述结构式(x)所表示的4,4'-二-(1-萘基)-4''-苯基三苯基胺(简称: α NBB1BP)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5nm的方式蒸镀上述结构式(iv)所表示的3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)来形成第三空穴传输层112-3。

[0265] 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]苊-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。

[0266] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0267] 在形成电子传输层114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115,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。

[0268] 以下表8示出发光元件4的元件结构。

[0269] [表8]

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				
5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	PCBBiF	α NBB1BP	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0270] 在氮气氛围的手套箱中,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(具体而言,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。

[0271] 图28至图33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9示出发光元件的1000cd/m²附近的主要特性。

[0272] [表9]

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(%)
3.0	0.18	5	0.14	0.17	12.4	11.0

[0273] 图28至图33及表9表示发光元件4为特性良好的蓝色发光元件。

[0274] 另外,图34示出起始亮度为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的发光元件的亮度变化。如图34所示,本发明的一个方式的发光元件4伴随着驱动时间的累积的亮度下降小,因此寿命更长。

[0275] 以下表10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。计算方法与实施例1相同。

[0276] [表10]

	第一 空穴传输层	第二 空穴传输层	第三 空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	α NBB1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1, 6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.50	-5.80	-5.69	-5.40

[0277] 如表10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。

[0278] 第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级较浅,为-5.36eV,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。

[0279] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.33eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPrn的HOMO能级为-5.40eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.04eV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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0280] 在发光元件4中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级比主体材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料深的HOMO能级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 α NBB1BP的HOMO能级为-5.50eV,与第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级之差较小,为0.14eV。因此,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0281] 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存在0.19eV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发光材料的空穴注入势垒。因此,空穴优先地注入发光材料,而不主体材料。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。

[0282] 因此,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PCPPn的HOMO能级为-5.80eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,不存在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。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(以一位有效数字表示为0.3eV以内),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。

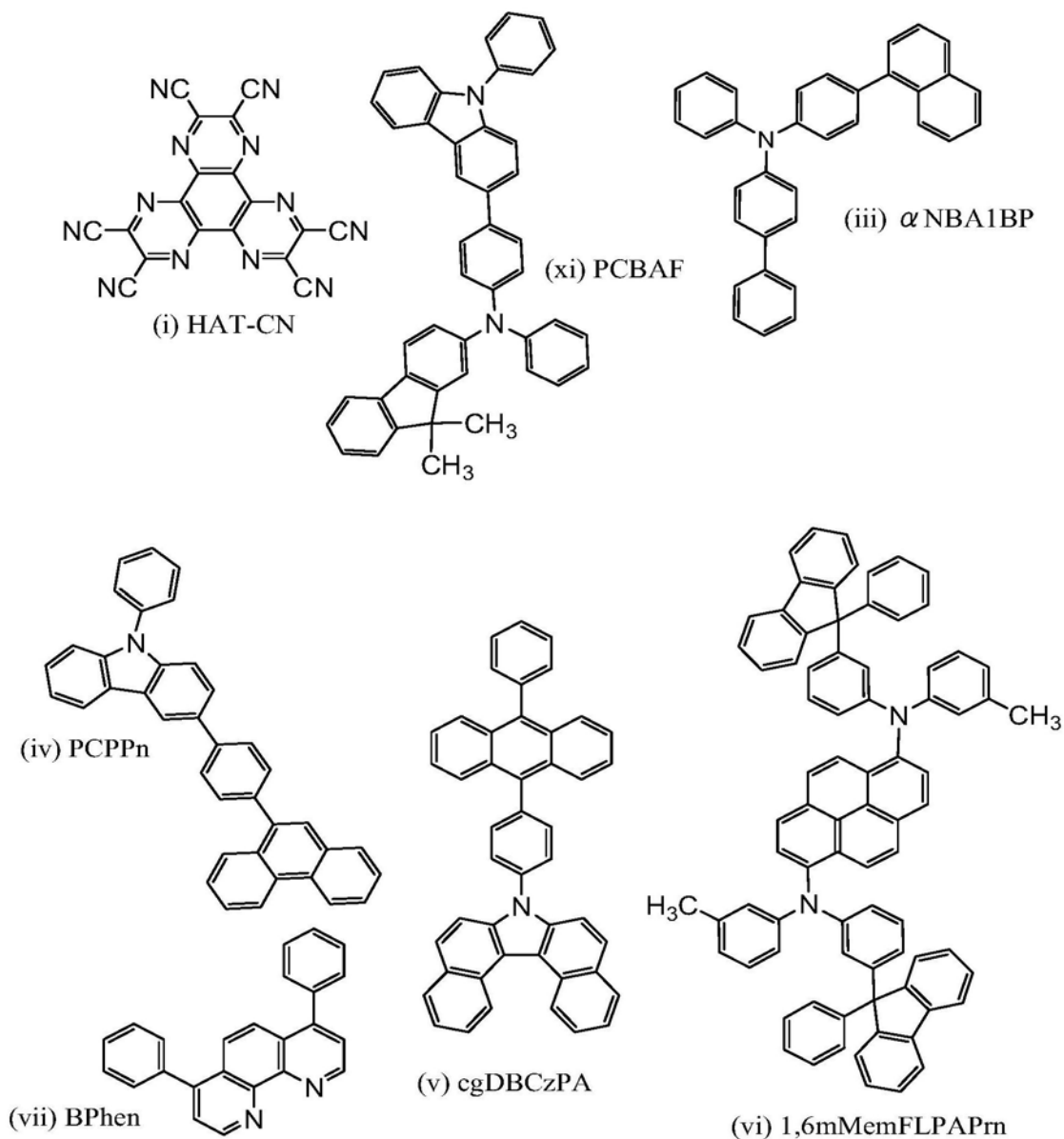
[0283] 注入到主体材料的空穴的一部分被发光材料俘获,但是空穴可以在适当地被俘获的同时向第二电极移动,而且,由于主体材料为具有电子传输性的蒽化合物,因此驱动电压

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,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件。

实施例4

[0284] 在本实施例中,对在实施方式1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。

[0285] [化学式6]



[0286] (发光元件5的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0287] 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°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0288] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0289] 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。

[0290] 然后,在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀上述结构式(xi)所表示的9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-苄-2-胺(简称:PCBAF)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5nm的方式蒸镀上述结构式(iii)所表示的4-(1-萘基)-4'-苯基三苯基胺(简称: α NBA1BP)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5nm的方式蒸镀上述结构式(iv)3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-吡啶(简称:PCPPn)来形成第三空穴传输层112-3。

[0291] 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]吡啶(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-苄-9-基)苯基]苊-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。

[0292] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0293] 在形成电子传输层114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115,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。

[0294] 以下表11示出发光元件5的元件结构。

[0295] [表11]

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				
5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	PCBAF	α NBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0296] 在氮气气氛的手套箱中,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(具体而言,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。

[0297] 图35至图40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12示出发光元件的1000cd/m²附近的主要特性。

[0298] [表12]

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 (%)
3.0	0.26	6	0.14	0.16	12.8	11.6

[0299] 图35至图40及表12表示发光元件5为特性良好的蓝色发光元件。

[0300] 另外,图41示出起始亮度为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的发光元件的亮度变化。如图41所示,本发明的一个方式的发光元件5伴随着驱动时间的累积的亮度下降小,因此寿命更长。

[0301] 以下表13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。计算方法与实施例1相同。

[0302] [表13]

	第一 空穴传输层	第二 空穴传输层	第三 空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	PCBAF	α NBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.52	-5.80	-5.69	-5.40

[0303] 如表13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。

[0304] 第一空穴传输材料的PCBAF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。

[0305] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与PCBAF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PCBAF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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0306] 在发光元件5中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级比主体材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料的HOMO能级深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。另外,第二空穴传输材料的 α NBA1BP的HOMO能级为-5.52eV,与第一空穴传输材料的PCBAF的HOMO能级之差较小,为0.14eV。因此,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0307] 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

材料的 α NBA1BP与主体材料之间存在0.17eV左右的势垒。在通常情况下,空穴顺利地注入,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发光材料的空穴注入势垒。因此,空穴优先地注入发光材料,而不主体材料。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。

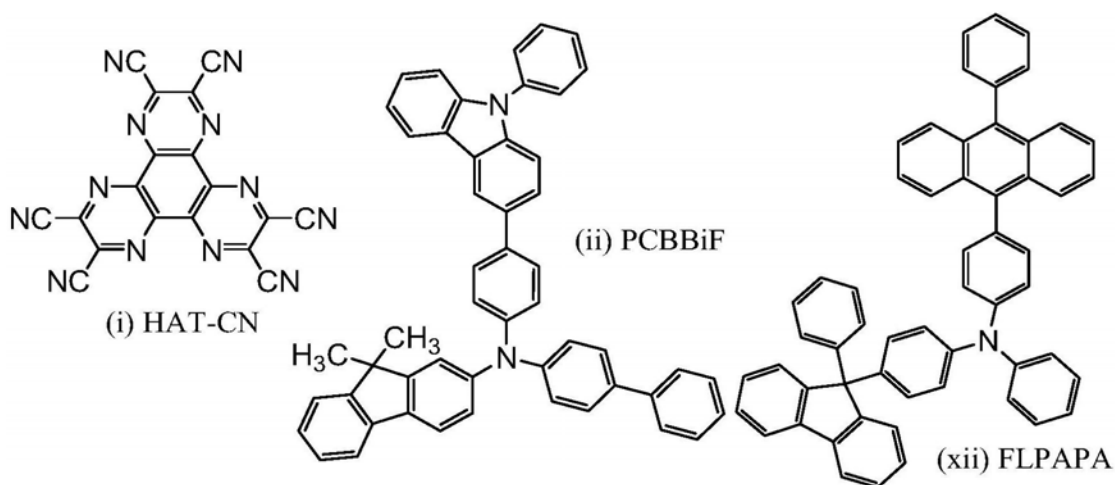
[0308] 因此,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件5中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的PCPPn的HOMO能级为-5.80eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,不存在向主体材料的空穴注入势垒,借助于主体材料与发光材料的混合比也使空穴优先地注入主体材料。另外,第三空穴传输材料与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.27eV(以一位有效数字表示为0.3eV以内),空穴顺利地由第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。

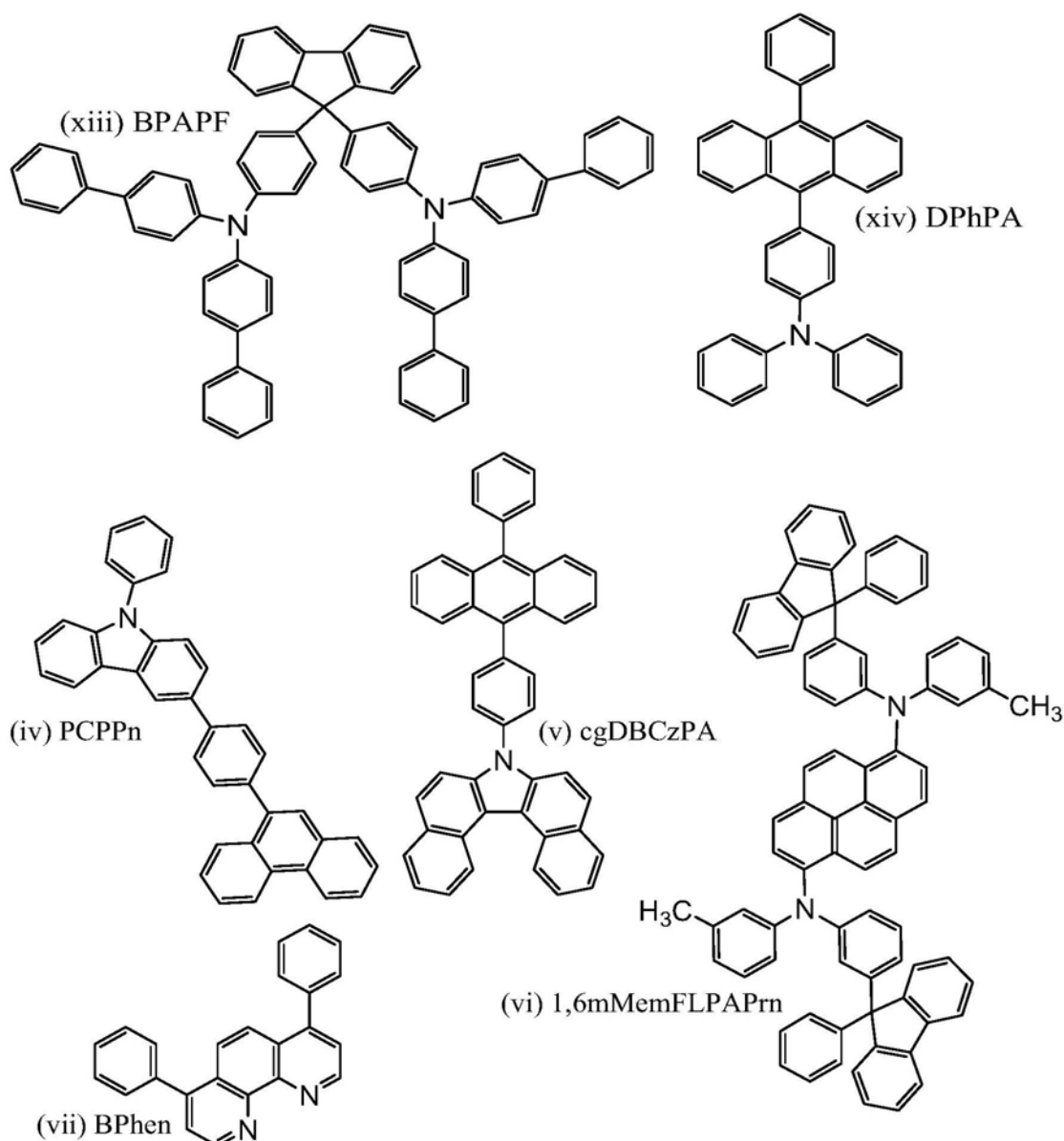
[0309] 注入到主体材料的空穴的一部分被发光材料俘获,但是空穴可以在适当地被俘获的同时向第二电极移动,而且,由于主体材料为具有电子传输性的蒽化合物,因此驱动电压不会上升。另外,发光区域不集中,在发光层113中扩展,因此可以避免劣化的促进,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件。

实施例5

[0310] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的本发明的一个方式的发光元件6、发光元件7及发光元件8进行说明。以下示出用于发光元件6至发光元件8的有机化合物的结构式。

[0311] [化学式7]





[0312] (发光元件6的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0313] 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°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0314] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0315] 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。

[0316] 然后,在空穴注入层111上以厚度为20nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:

PCBBiF) 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5nm的方式蒸镀上述结构式(xii)所表示的4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-芴-9-基)三苯基胺(简称:FLPAPA)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5nm的方式蒸镀上述结构式(iv)所表示的3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)来形成第三空穴传输层112-3。

[0317] 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]芘-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。

[0318] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0319] 在形成电子传输层114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115,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6。

[0320] (发光元件7的制造方法)

在发光元件7中,作为第二空穴传输层112-2的材料使用上述结构式(xiii)所表示的9,9-双[4-(N,N-双-联苯-4-基-氨基)苯基]-9H-芴(简称:BPAPF),除此之外,发光元件7和发光元件6同样地形成。

[0321] (发光元件8的制造方法)

在发光元件8中,作为第二空穴传输层112-2的材料使用上述结构式(xiv)所表示的4-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺(简称:DPhPA),除此之外,发光元件8和发光元件6同样地形成。

[0322] 以下表14示出发光元件6、发光元件7及发光元件8的元件结构。

[0323] [表14]

	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	20nm	5nm	5nm	25nm			1nm
发光元件 6	HAT-CN	PCBBiF	FLPAPA	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
发光元件 7			BPAPF					
发光元件 8			DPhPA					

[0324] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光元件6至发光元件8暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(具体而言,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。

[0325] 图42至图47分别示出发光元件6至发光元件8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15示出各发光元件的1000cd/m²附近的主要特性。

[0326] [表15]

	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 (%)
发光元件 6	3.2	0.32	8	0.14	0.18	13.0	10.8
发光元件 7	3.1	0.30	8	0.14	0.18	12.7	10.6
发光元件 8	3.1	0.25	6	0.14	0.17	12.7	11.0

[0327] 图42至图47及表15表示发光元件6至发光元件8都是特性良好的蓝色发光元件。

[0328] 另外,图48示出起始亮度为5000cd/m²且电流密度为恒定的条件下的相对于驱动时间的发光元件的亮度变化。如图48所示,本发明的一个方式的发光元件6至发光元件8伴随着驱动时间的累积的亮度下降小,因此寿命更长。

[0329] 以下表16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。计算方法与实施例1相同。

[0330] [表16]

发光元件6

	第一 空穴传输层	第二 空穴传输层	第三 空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	FLPAPA	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.54	-5.80	-5.69	-5.40

[0331] [表17]

发光元件7

	第一 空穴传输层	第二 空穴传输层	第三 空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	BPAPF	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.50	-5.80	-5.69	-5.40

[0332] [表18]

发光元件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	
				主体材料	发光材料
材料	PCBBiF	DPhPA	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.36	-5.53	-5.80	-5.69	-5.40

[0333] 如表16至表18所示,在用于发光元件6至发光元件8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。

[0334] 第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级较浅,为-5.36eV,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。

[0335] 在此,主体材料的cgDBCzPA的HOMO能级为-5.69eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.33eV之差。另一方面,发光材料的1,6mMemFLPAPr_n的HOMO能级为-5.40eV,与PCBBiF的HOMO能级有0.04eV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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0336] 在发光元件6至发光元件8中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级比主体材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料的HOMO能级深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FLPAPA(发光元件6)、BPAPF(发光元件7)及DPhPA(发光元件8)的HOMO能级分别为-5.54eV、-5.50eV及-5.53eV,其与第一空穴传输材料的PCBBiF的HOMO能级之差小,分别为0.18eV、0.14eV及0.17eV。因此,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0337] 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在发光元件6至发光元件8中分别存在0.15eV、0.19eV及0.16eV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,空穴优先地注入发光材料,而不主体材料。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。

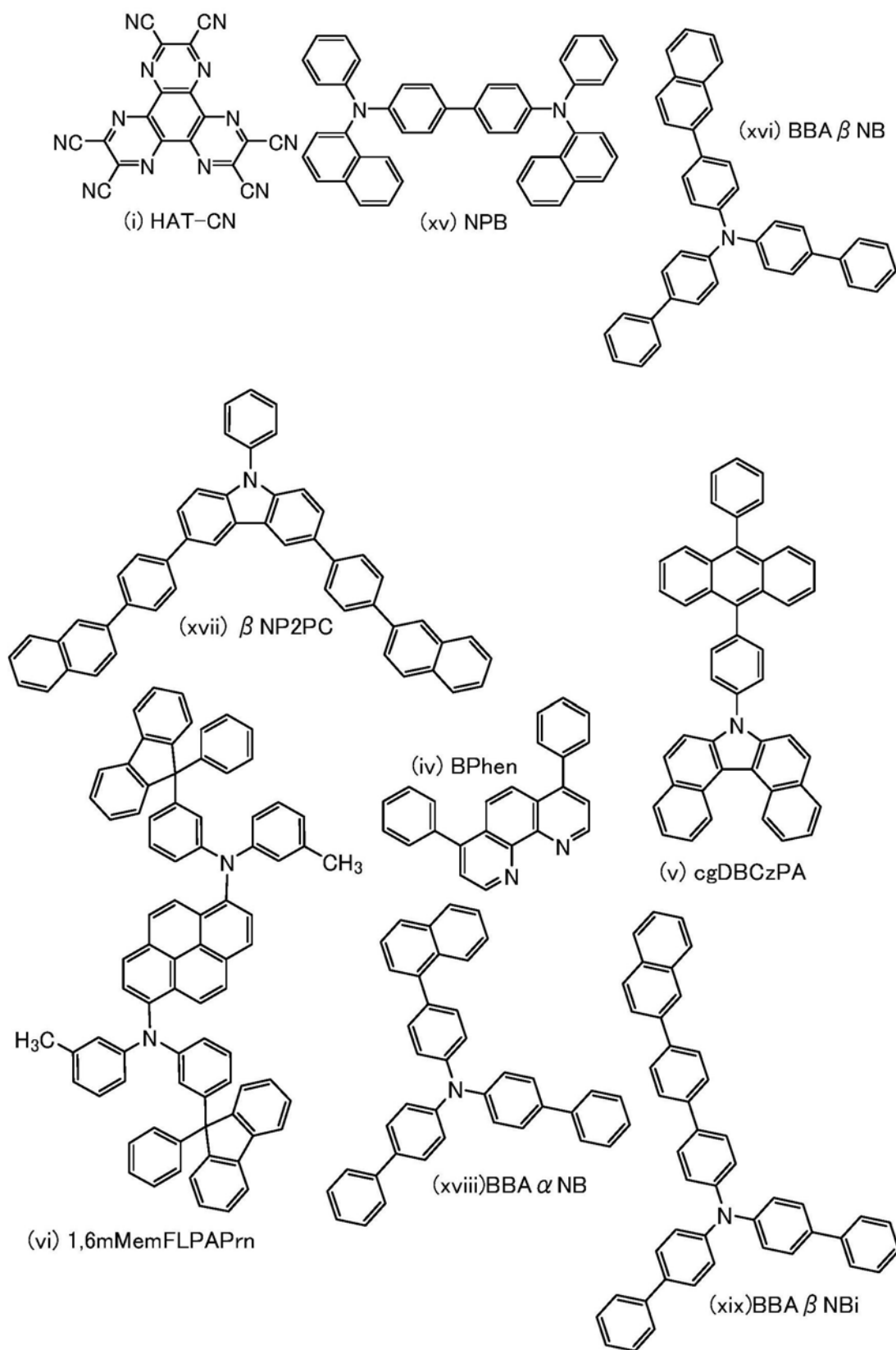
[0338] 因此,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件6至发光元件8中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的PCPPn的HOMO能级为-5.80eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,不存在向主体材料的空穴注入势垒,借助于主体材料与发光材料的混合比也使空穴优先地注入主体材料。另外,第三空穴传输材料与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.26eV至0.30eV(以一位有效数字表示为0.3eV以内),空穴顺利地第二空穴传输材料注入到第三空穴传输材料。

[0339] 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,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件6至发光元件8。

实施例6

[0340] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的本发明的一个方式的发光元件9、发光元件10及发光元件11进行说明。以下示出用于发光元件9至发光元件11的有机化合物的结构式。

[0341] [化学式8]



[0342] (发光元件9的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0343] 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。

[0344] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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。

[0345] 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。

[0346] 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(xv)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(xvi)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(xvii)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。

[0347] 接着,通过将上述结构式(v)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:c β DBCzPA)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]苝-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c β DBCzPA与1,6mMemFLPAPrn的重量比调节为1:0.03。

[0348] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀c β DBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0349] 在形成电子传输层114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115,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9。

[0350] (发光元件10的制造方法)

在发光元件10中,作为发光元件9的第二空穴传输层112-2的材料使用上述结构式(xviii)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10和发光元件9同样地形成。

[0351] (发光元件11的制造方法)

在发光元件11中,作为发光元件9的第二空穴传输层112-2的材料使用上述结构式(xix)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11和发光元件9同样地形成。

[0352] 以下表19示出发光元件9至发光元件11的元件结构。

[0353] [表19]

	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				
		5nm	10nm	10nm		10nm	15nm	
发光元件 9	HAT-CN	NPB	BBA β NB	β NP2PC	cgDBCzPA: 1, 6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
发光元件 10			BBA α NB					
发光元件 11			BBA β NBi					

[0354] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光元件9至发光元件11暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(具体而言,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。

[0355] 图49至图54分别示出发光元件9至发光元件11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20示出各发光元件的1000cd/m²附近的主要特性。

[0356] [表20]

	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 (%)
发光元件 9	3.1	0.34	8.5	0.14	0.19	14.2	11.2
发光元件 10	3.1	0.34	8.6	0.14	0.17	13.8	11.5
发光元件 11	3.1	0.26	6.5	0.14	0.17	13.7	11.2

[0357] 图49至图54及表20表示发光元件9至发光元件11都是特性良好的蓝色发光元件。

[0358] 另外,图55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发光元件的亮度变化。如图55所示,本发明的一个方式的发光元件9至发光元件11伴随着驱动时间的累积的亮度下降小,因此寿命更长。

[0359] 以下表21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。计算方法与实施例1相同。

[0360] [表21]

发光元件9

	第一空穴传输层	第二空穴传输层	第三空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	NPB	BBA β NB	β NP2PC	cgDBCzPA	1, 6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40

[0361] [表22]

发光元件10

	第一空穴传输层	第二空穴传输层	第三空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	NPB	BBA α NB	β NP2PC	cgDBCzPA	1, 6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.49	-5.79	-5.69	-5.40

[0362] [表23]

发光元件11

	第一空穴传输层	第二空穴传输层	第三空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	NPB	BBA β NBi	β NP2PC	cgDBCzPA	1, 6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40

[0363] 如表21至表23所示,在用于发光元件9至发光元件11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。

[0364] 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。

[0365] 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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0366] 在发光元件9至发光元件11中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级比主体材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料的HOMO能级深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9)、BBA α NB(发光元件10)及BBA β NBi(发光元件11)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,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0367] 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在发光元件9至发光元件11中分别存在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,空穴优先地注入发光材料,而不注入主体材料。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。

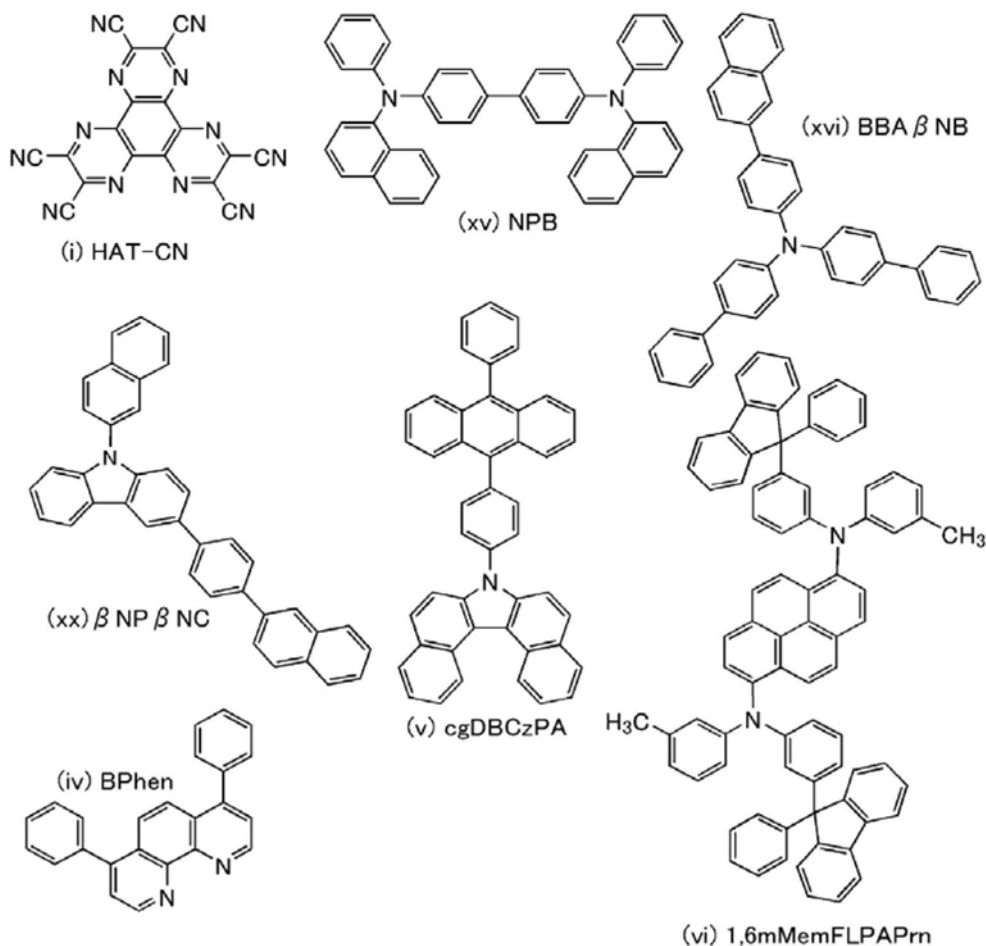
[0368] 因此,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件9至发光元件11中,在第二空穴传输层112-2与发光层113之间设置第三空穴传输层112-3。第三空穴传输层112-3所包含的第三空穴传输材料的BPP2PC的HOMO能级为-5.79eV,深于主体材料的HOMO能级。因此,空穴顺利地注入第三空穴传输材料,并且不存在向主体材料的空穴注入势垒,借助于主体材料与发光材料的混合比也使空穴优先地注入主体材料。另外,第三空穴传输材料与第二空穴传输材料的HOMO能级之差为0.30eV至0.32eV(以一位有效数字表示为0.3eV以内),空穴顺利地注入第二空穴传输材料到第三空穴传输材料。

[0369] 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,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件9至发光元件11。

实施例7

[0370] 在本实施例中,对在实施方式1中说明的本发明的一个方式的发光元件12进行说明。以下示出用于发光元件12的有机化合物的结构式。

[化学式9]



[0371] (发光元件12的制造方法)

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),由此形成第一电极101。注意,将其厚度设定为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0372] 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°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0373] 然后,将衬底引入到其压力被降低到 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°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0374] 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。

[0375] 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(xv)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(xvi)所表示的4-(2-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBAβNB)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(xx)所表示的3-[4-(2-萘基)苯基]-9-(2-萘基)-9H-咔唑(简称:BNPβNC)来形成第三空穴传输层112-3。

[0376] 接着,通过将上述结构式(v)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒎基)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]苊-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。

[0377] 然后,在发光层113上以厚度为10nm的方式蒸镀cgDBCzPA,然后以厚度为15nm的方式蒸镀上述结构式(vii)所示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0378] 在形成电子传输层114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115,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12。

[0379] 以下表24示出发光元件12的元件结构。

[0380] [表24]

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				
5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	NPB	BBA β NB	β NP β NC	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0381] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光元件12暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(具体而言,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。

[0382] 图56至图61分别示出发光元件12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25示出发光元件的1000cd/m²附近的主要特性。

[0383] [表25]

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(%)
3.0	0.33	8.2	0.14	0.18	14.6	11.7

[0384] 图56至图61及表25表示发光元件12是特性良好的蓝色发光元件。

[0385] 另外,图62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发光元件的亮度变化。如图62所示,本发明的一个方式的发光元件12伴随着驱动时间的累积的亮度下降小,因此寿命更长。

[0386] 以下表26示出本实施例的发光元件12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。计算方法与实施例1相同。

[0387] [表26]

	第一 空穴传输层	第二 空穴传输层	第三 空穴传输层	发光层	
				主体材料	发光材料
材料	NPB	BBA β NB	β NP β NC	cgDBCzPA	1, 6mMemFLPAPrn
HOMO 能级 (eV)	-5.38	-5.47	-5.77	-5.69	-5.40

[0388] 如表26所示,在用于发光元件12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。

[0389] 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。

[0390] 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,在发光元件具有第一空穴传输层112-1与发光层113接触的结构的情况下,假设为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。

[0391] 在发光元件12中,第二空穴传输层112-2使用其HOMO能级比主体材料的HOMO能级浅但比第一空穴传输材料的HOMO能级深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,空穴顺利地第一空穴传输层112-1注入到第二空穴传输层112-2。

[0392] 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,空穴优先地注入发光材料,而不主体材料。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。

[0393] 因此,在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件12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以内),空穴顺利地第二空穴传

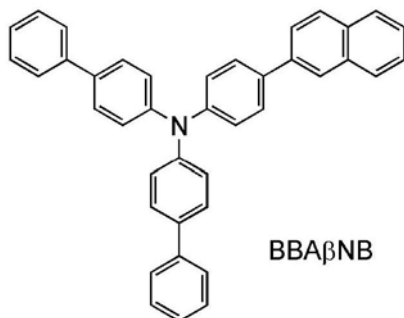
输材料注入到第三空穴传输材料。

[0394] 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,而可以实现寿命或发光效率良好的发光元件12。

[0395] (参考例1)

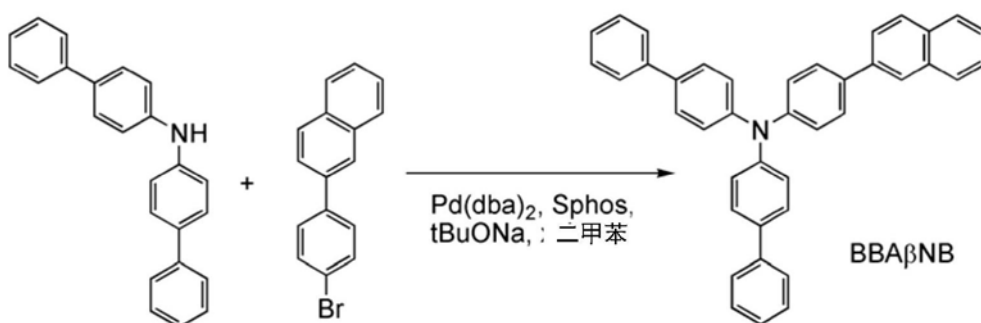
在本参考例中,对用于上述发光元件9及发光元件12的4-萘基-4',4"-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NB)的合成方法进行说明。以下示出BBA β NB的结构式。

[0396] [化学式10]



[0397] 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,将烧瓶内的空气置换成氮,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)钯(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干燥。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。

[0398] [化学式11]



[0399] 以下示出所得到的白色固体的¹H-NMR数据。

¹H-NMR (二氯甲烷-d₂, 500MHz): δ=7.24 (d, J=9.0Hz, 4H), 7.26 (d, J=8.5Hz, 2H), 7.31 (d, J=7.5Hz, 2H), 7.42 (d, J=7.5Hz, 4H), 7.45-7.50 (m, 2H), 7.55 (d, J=8.5Hz, 4H), 7.60 (d, J=7.5Hz, 4H), 7.68 (d, J=8.5Hz, 2H), 7.76 (dd, J₁=2.0Hz, J₂=8.5Hz, 1H), 7.85 (d, J=8.0Hz, 1H), 7.90 (t, J=8.05Hz, 2H), 8.05 (s, 1H)

[0400] 另外,图63A和图63B示出¹H-NMR谱。图63B是图63A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BBAβNB。

[0401] 利用梯度升华方法对所得到的3.5g的白色固体(BBAPNB)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。

[0402] 利用循环伏安法(CV)测量计算出BBAPNB的HOMO能级和LUMO能级。以下示出计算方法。

[0403] 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),作为辅助电极使用另一铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用Ag/Ag⁺电极(由BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。另外,测定在室温下(20℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位 E_a [V]及还原电位 E_c [V]。 E_a 为氧化-还原波之间的中间电位, E_c 为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此可以利用HOMO能级[eV]=-4.94- E_a 、LUMO能级[eV]=-4.94- E_c 这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。反复进行CV测量100次,比较第100循环中的氧化-还原波与第1循环中的氧化-还原波,来调查化合物的电性稳定性。

[0404] 其结果表明:BBAPNB的HOMO能级为-5.47eV,而LUMO能级为-2.28eV。另外,在氧化-还原波的反复测量中,在 E_a 测量中第100循环之后的氧化-还原波的峰强度保持了第1循环之后的氧化-还原波的峰强度的83%,在 E_c 测量中第100循环之后的氧化-还原波的峰强度保持了第1循环之后的氧化-还原波的峰强度的92%,由此可知,BBAPNB的耐氧化及还原性非常高。

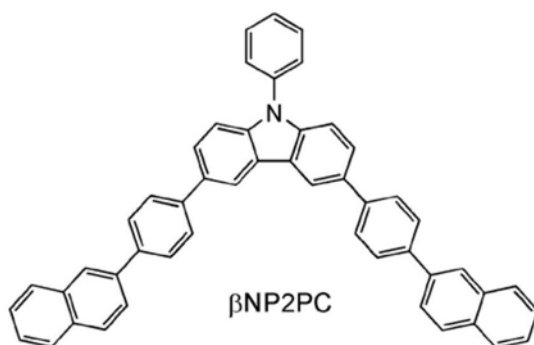
[0405] 另外,使用由PerkinElmer,Inc.制造的Pyris 1DSC进行BBAPNB的差示扫描量热测量(DSC测量)。在差示扫描量热测量中,以40℃/分钟的升温速度从-10℃升温到300℃,然后在相同温度下保持1分钟,接着,以40℃/分钟的降温速度从300℃降温到-10℃。连续地进行上述操作两次。根据第2次操作的DSC测量结果可知BBAPNB的玻璃化转变温度为81℃。另外,根据第1次操作的DSC测量结果可知BBAPNB的熔点为241℃。

[0406] 另外,对BBAPNB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BBAPNB的重量成为测量开始时的-5%的温度(分解温度)为412℃,这表示BBAPNB的耐热性高。

[0407] (参考例2)

在本参考例中,对用于上述发光元件9至发光元件11的3,6-双[4-(2-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:BNP2PC)的合成方法进行说明。以下示出BNP2PC的结构式。

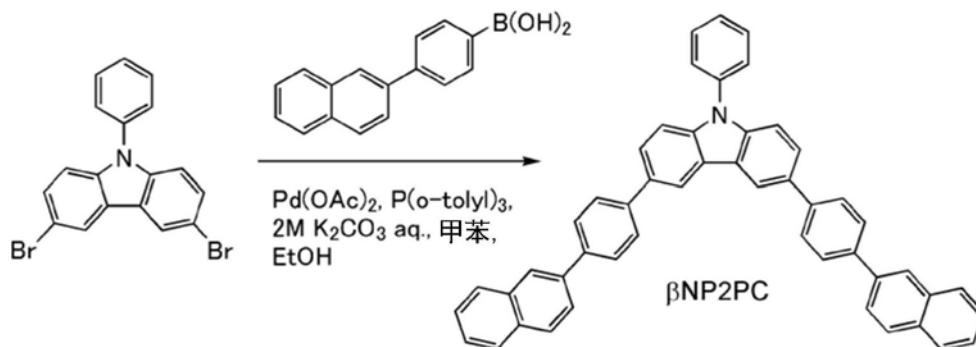
[0408] [化学式12]



[0409] 将1.9g (4.8mmol)的3,6-二溴-9-苯基-9H-咔唑、2.4g (9.7mmol)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。将烧瓶内的空气置换成氮,然后在其混合物中加入40mL的甲苯、10mL的乙醇以及10mL的水。在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、矾土及硅酸镁抽滤。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。

[0410] [化学式13]



[0411] 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。

[0412] 对所得到的物质进行¹H-NMR分析。以下示出测量结果。

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)

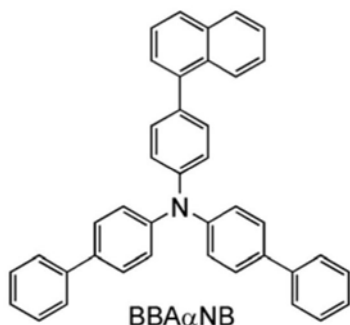
[0413] 另外,图64A和图64B示出¹H-NMR谱。图64B是图64A中的7.20ppm至8.60ppm的范围的放大图。由此可知通过本合成反应获得了 β NP2PC。

[0414] 另外,对所得到的 β NP2PC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 β NP2PC的5%失重温度为500℃以上。由此可知, β NP2PC具有良好的耐热性。

[0415] (参考例3)

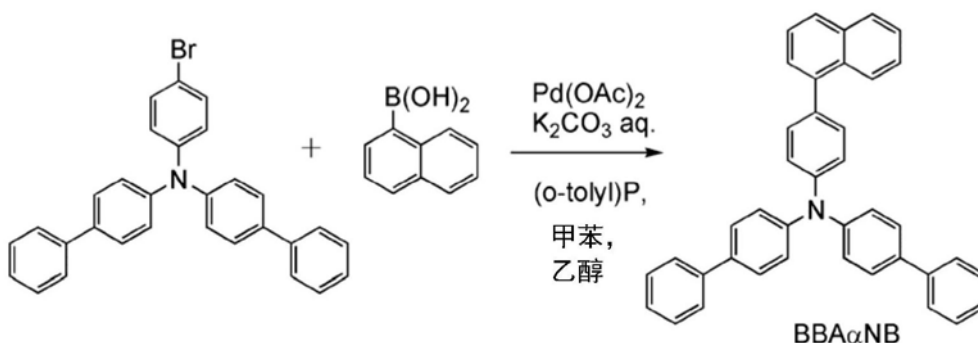
在本参考例中,对用于上述发光元件10的4-(1-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA α NB)的合成方法进行说明。以下示出BBA α NB的结构式。

[0416] [化学式14]



[0417] 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 (2.0mol/L) 的碳酸钾水溶液放在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,将烧瓶内的气氛置换成氮,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,展开溶剂:氯仿)精炼该溶液,以75%的收率得到3.9g的目的物的白色固体。以下示出该反应的合成路线。

[0418] [化学式15]



[0419] 测定所得到的白色固体的¹H-NMR数据。以下示出数据。

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)

[0420] 另外,图65A和图65B示出¹H-NMR谱。图65B是图65A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BBA α NB。

[0421] 利用梯度升华方法对所得到的3.9g的固体(BBA α NB)进行升华精炼。升华精炼的条件为如下:压力为3.4Pa,氙流量为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。

[0422] 利用循环伏安法(CV)测量计算出BBA α NB的HOMO能级和LUMO能级。以下示出计算方法。

[0423] 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($n\text{-Bu}_4\text{NC10}_4$,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),作为辅助电极使用另一铂电极(BAS株式会社制造,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参考电极使用Ag/Ag⁺电极(由BAS株式会社制造,RE7非水溶剂型参考电极)。另外,测定在室温下(20℃至25℃)进行。将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位 E_a [V]及还原电位 E_c [V]。 E_a 为氧化-还原波之间的中间电位, E_c 为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此可以利用HOMO能级[eV] = -4.94- E_a 、LUMO能级[eV] = -4.94- E_c 这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。反复进行CV测量100次,比较第100循环中的氧化-还原波与第1循环中的氧化-还原波,来调查化合物的电性稳定性。

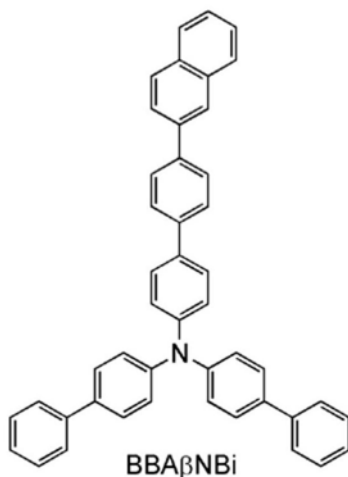
[0424] 其结果表明:在BBA α NB的氧化电位 E_a [V]的测定中,HOMO能级为-5.49eV,而LUMO能级为-2.24eV。另外,根据氧化-还原波的反复测量中的第1次测量与第100次测量的波形比较,可知在 E_a 测量中保持了93%的峰强度,在 E_c 测量中保持了92%的峰强度,BBA α NB的耐氧化及还原性非常高。

[0425] 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℃/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BBA α NB的玻璃化转变温度为84℃。

[0426] (参考例4)

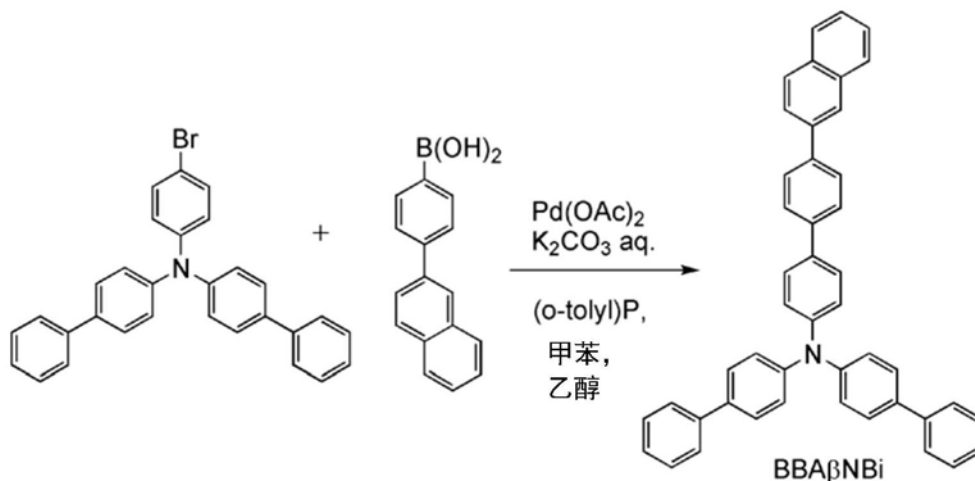
在本参考例中,对用于上述发光元件11的4-[4-(2-萘基)苯基]-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA β NBi)的合成方法进行说明。以下示出BBA β NBi的结构式。

[0427] [化学式16]



[0428] 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 (2.0mol/L)的碳酸钾水溶液放在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,将烧瓶内的气氛置换成氮,然后将混合物加热到60℃。在加热之后,加入0.11g (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。

[0429] [化学式17]



[0430] 测定所得到的褐色固体的¹H-NMR数据。以下示出数据。

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)

[0431] 另外,图66A和图66B示出¹H-NMR谱。图66B是图66A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。

[0432] 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,氙流量为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。

[0433] 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。

[0434] 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。

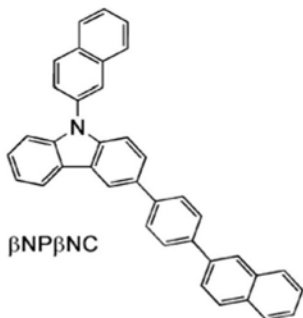
[0435] 另外,使用由PerkinElmer, Inc.制造的Pyris 1DSC进行BBAβNBi的差示扫描量热测量(DSC测量)。在差示扫描量热测量中,连续地进行如下操作两次:以40℃/分钟的升温速度从-10℃升温到270℃,然后在相同温度下保持1分钟,接着,以40℃/分钟的降温速度从

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。

[0436] (参考例5)

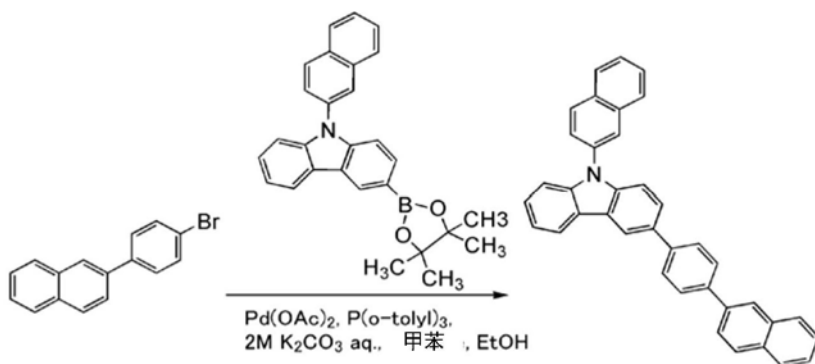
在本参考例中,对用于上述发光元件12的3-[4-(2-萘基)苯基]-9-(2-萘基)-9H-咔唑(简称:βNPβNC)的合成方法进行说明。以下示出βNPβNC的结构式。

[0437] [化学式18]



[0438] 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(邻-甲苯基)膦及2.2g (16mmol)的碳酸钾放在200mL的三口烧瓶中。将烧瓶内的空气置换成氮,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。

[0439] [化学式19]



[0440] 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,氙流量为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βNPβNC的白色固体。

[0441] 对所得到的物质进行¹H-NMR分析。以下示出测量结果。

¹H NMR (CDCl₃, 300MHz): δ=7.35 (ddd, J₁=6.6Hz, J₂=1.2Hz, 1H), 7.42-7.63 (m, 5H),

7.60 (dd, $J_1=9.6\text{Hz}$, $J_2=6.3\text{Hz}$, 2H), 7.69–7.76 (m, 2H), 7.82–8.01 (m, 10H), 8.08–8.13 (m, 3H), 8.25 (d, $J=7.8\text{Hz}$, 1H), 8.46 (d, $J=1.5\text{Hz}$, 1H)

[0442] 另外,图67A和图67B示出 ^1H -NMR谱。图67B是图67A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 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 。

[0443] 另外,对所得到的 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 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 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率进行测定。从重量和温度之间的关系(热重)可知 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 的5%失重温度为 431°C 。由此可知, $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 具有良好的耐热性。

符号说明

[0444] 101:第一电极;102:第二电极;103:EL层;111:空穴注入层;112-1:第一空穴传输层;112-2:第二空穴传输层;112-3:第三空穴传输层;113:发光层;114:电子传输层;115:电子注入层;116:电荷产生层;117:P型层;118:电子中继层;119:电子注入缓冲层;400:衬底;401:第一电极;403:EL层;404:第二电极;405:密封材料;406:密封材料;407:密封衬底;412:焊盘;420:IC芯片;501:第一电极;502:第二电极;511:第一发光单元;512:第二发光单元;513:电荷产生层;601:驱动电路部(源极线驱动电路);602:像素部;603:驱动电路部(栅极线驱动电路);604:密封衬底;605:密封材料;607:空间;608:布线;609:FPC(柔性印刷电路);610:元件衬底;611:开关FET;612:电流控制FET;613:第一电极;614:绝缘物;616:EL层;617:第二电极;618:发光元件;901:外壳;902:液晶层;903:背光单元;904:外壳;905:驱动器IC;906:端子;951:衬底;952:电极;953:绝缘层;954:隔离层;955:EL层;956:电极;1001衬底;1002基底绝缘膜;1003栅极绝缘膜;1006栅电极;1007栅电极;1008栅电极;1020第一层间绝缘膜;1021第二层间绝缘膜;1022电极;1024W第一电极;1024R第一电极;1024G第一电极;1024B第一电极;1025分隔壁;1028EL层;1029第二电极;1031密封衬底;1032密封材料;1033透明基材;1034R红色着色层;1034G绿色着色层;1034B蓝色着色层;1035黑矩阵;1036:保护层;1037第三层间绝缘膜;1040像素部;1041驱动电路部;1042周边部;2001:外壳;2002:光源;3001:照明装置;5000:显示区域;5001:显示区域;5002:显示区域;5003:显示区域;5004:显示区域;5005:显示区域;7101:外壳;7103:显示部;7105:支架;7107:显示部;7109:操作键;7110:遥控操作机;7201:主体;7202:外壳;7203:显示部;7204:键盘;7205:外部连接端口;7206:指向装置;7210:第二显示部;7301:外壳;7302:外壳;7303:连接部;7304:显示部;7305:显示部;7306:扬声器部;7307:记录媒体插入部;7308:LED灯;7309:操作键;7310:连接端子;7311:传感器;7400:移动电话机;7401:外壳;7402:显示部;7403:操作按钮;7404:外部连接端口;7405:扬声器;7406:麦克风;9033:夹子;9034:开关;9035:电源开关;9036:开关;9038:操作开关;9310:便携式信息终端;9311:显示面板;9312:显示区域;9313:铰链;9315:外壳;9630:外壳;9631:显示部;9631a:显示部;9631b:显示部;9632a:触摸屏区域;9632b:触摸屏区域;9633:太阳能电池;9634:充放电控制电路;9635:电池;9636:DCDC转换器;9637:操作键;9638:转换器;9639:按钮。

本申请基于2015年8月28日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-168476及2015年10月15日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-203894,通过引用将其完整内容并入在此。

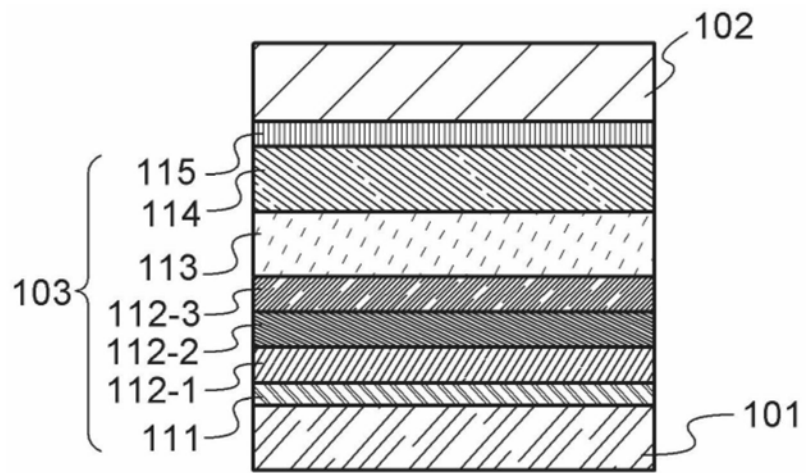


图1A

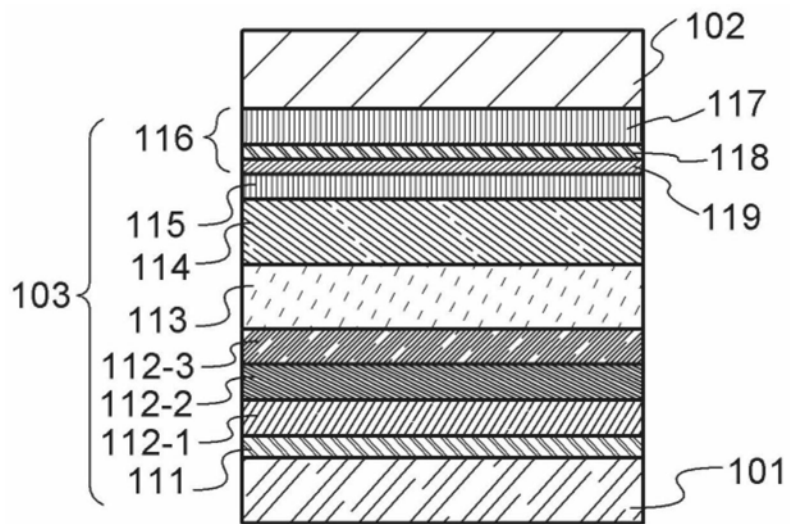


图1B

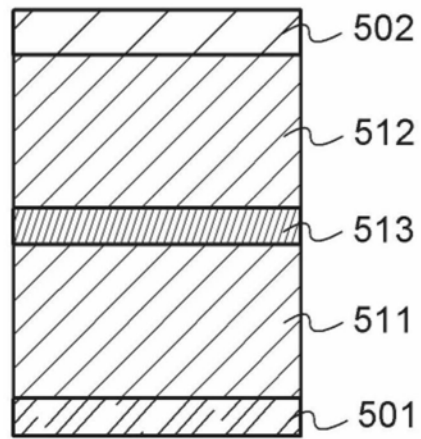
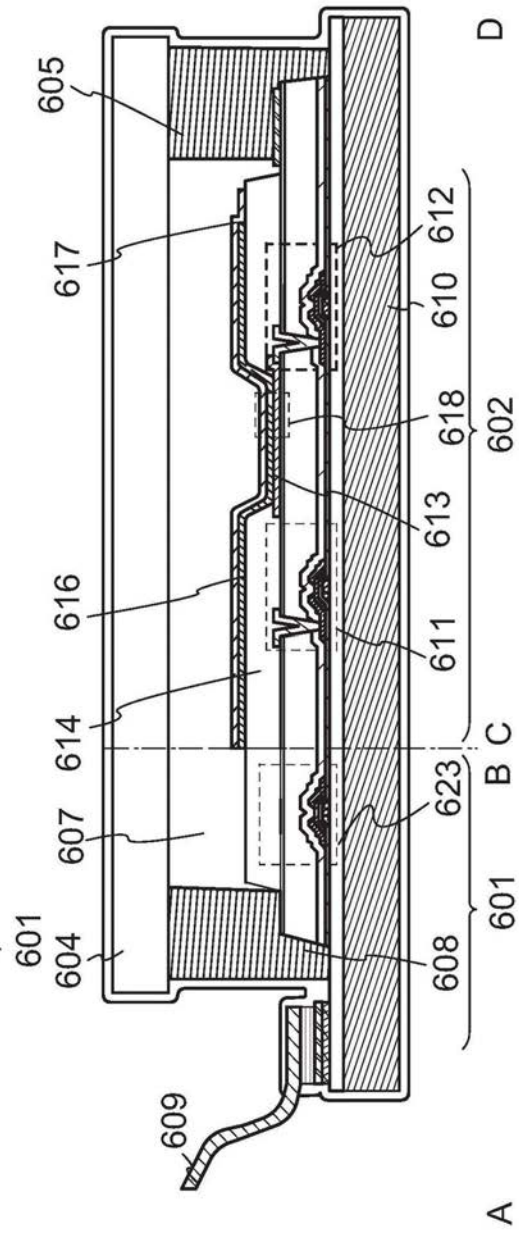
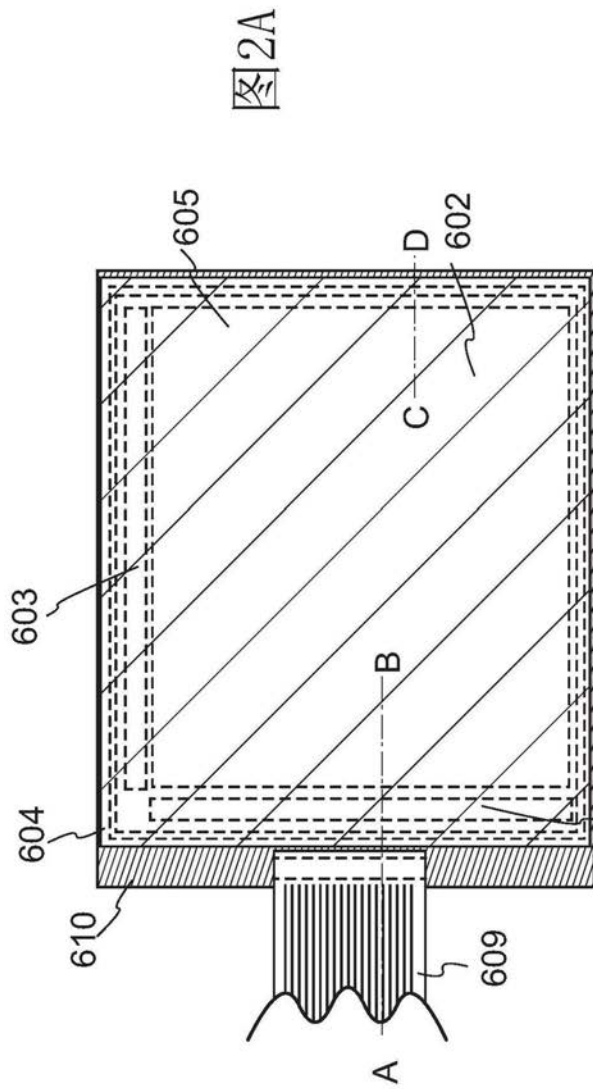
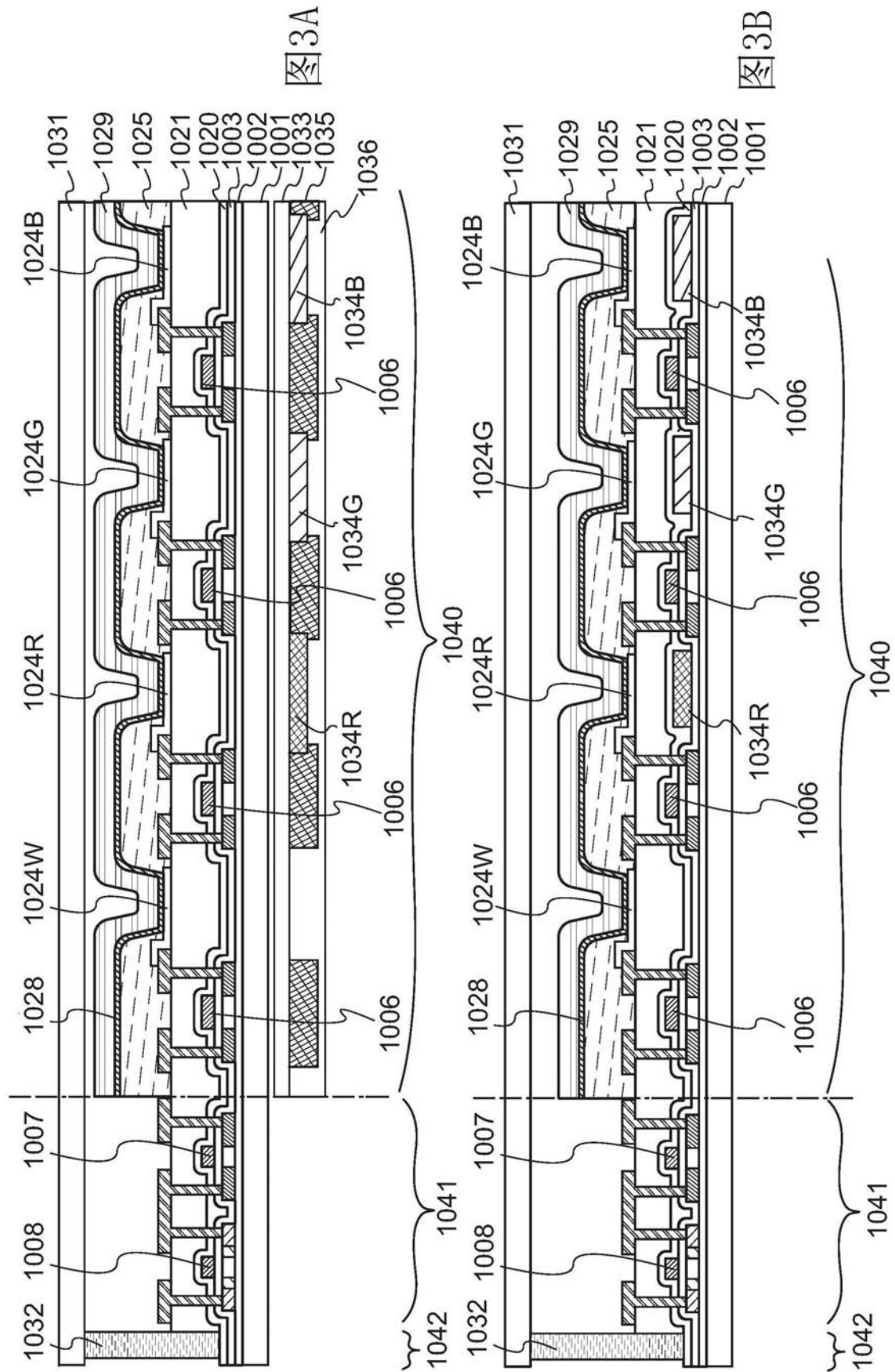


图1C





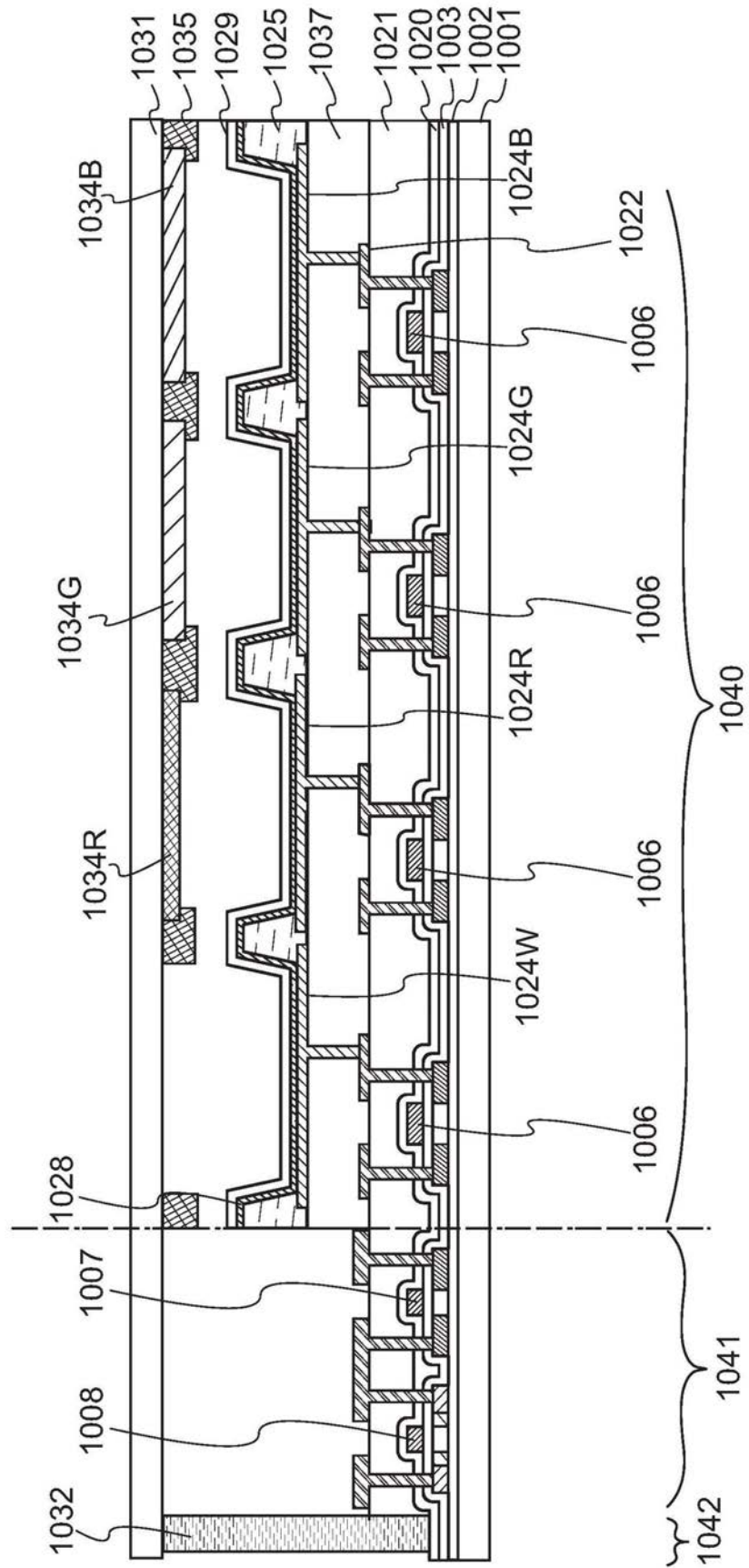


图4

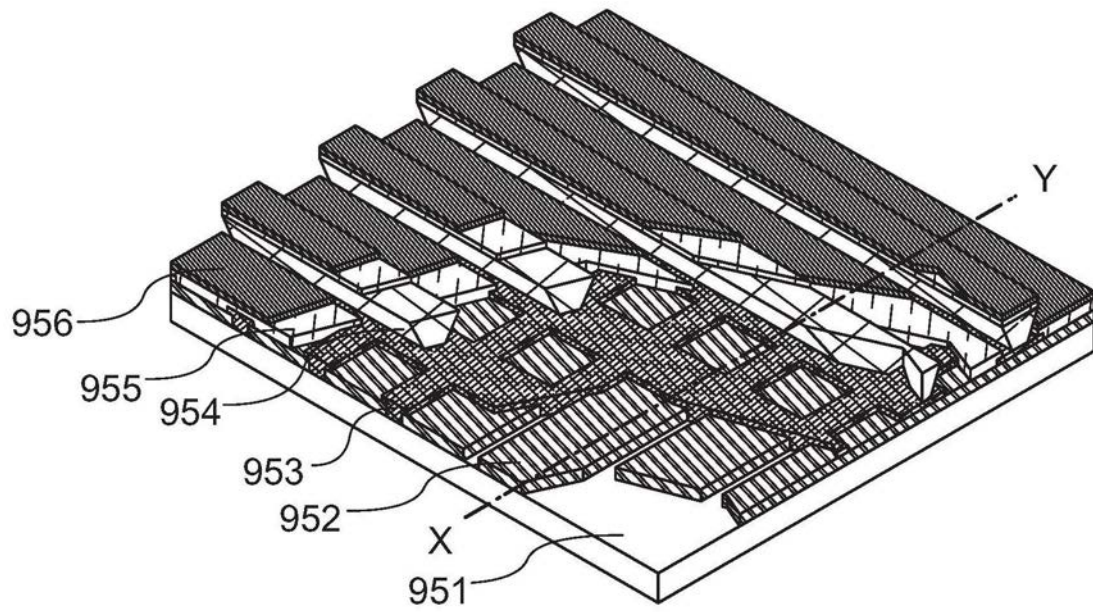


图5A

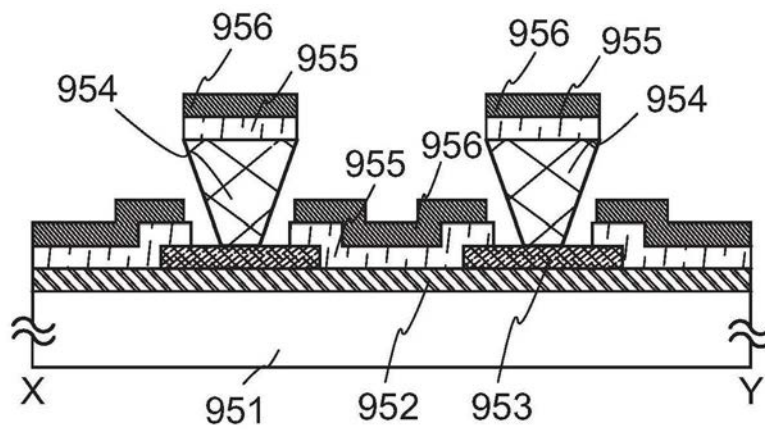


图5B

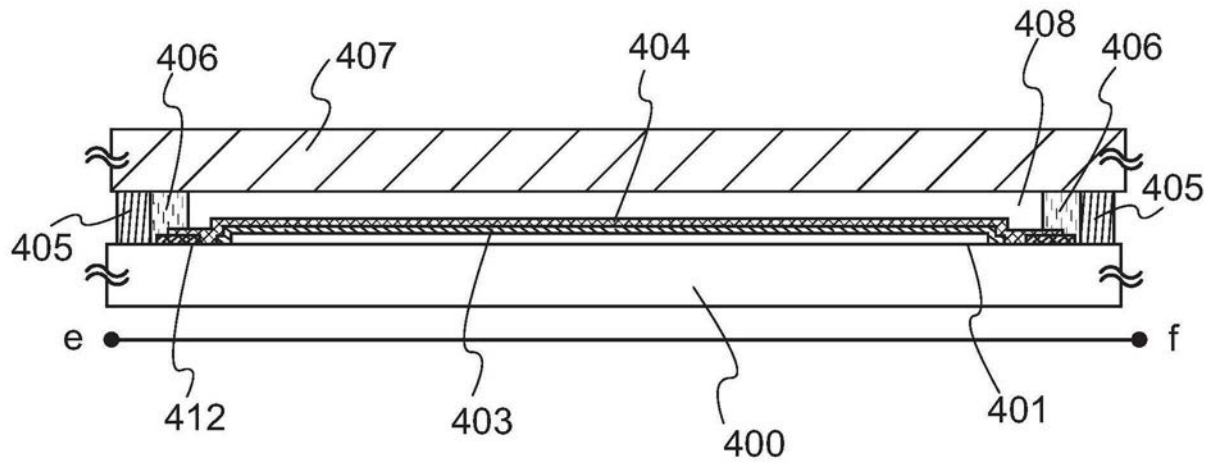


图6A

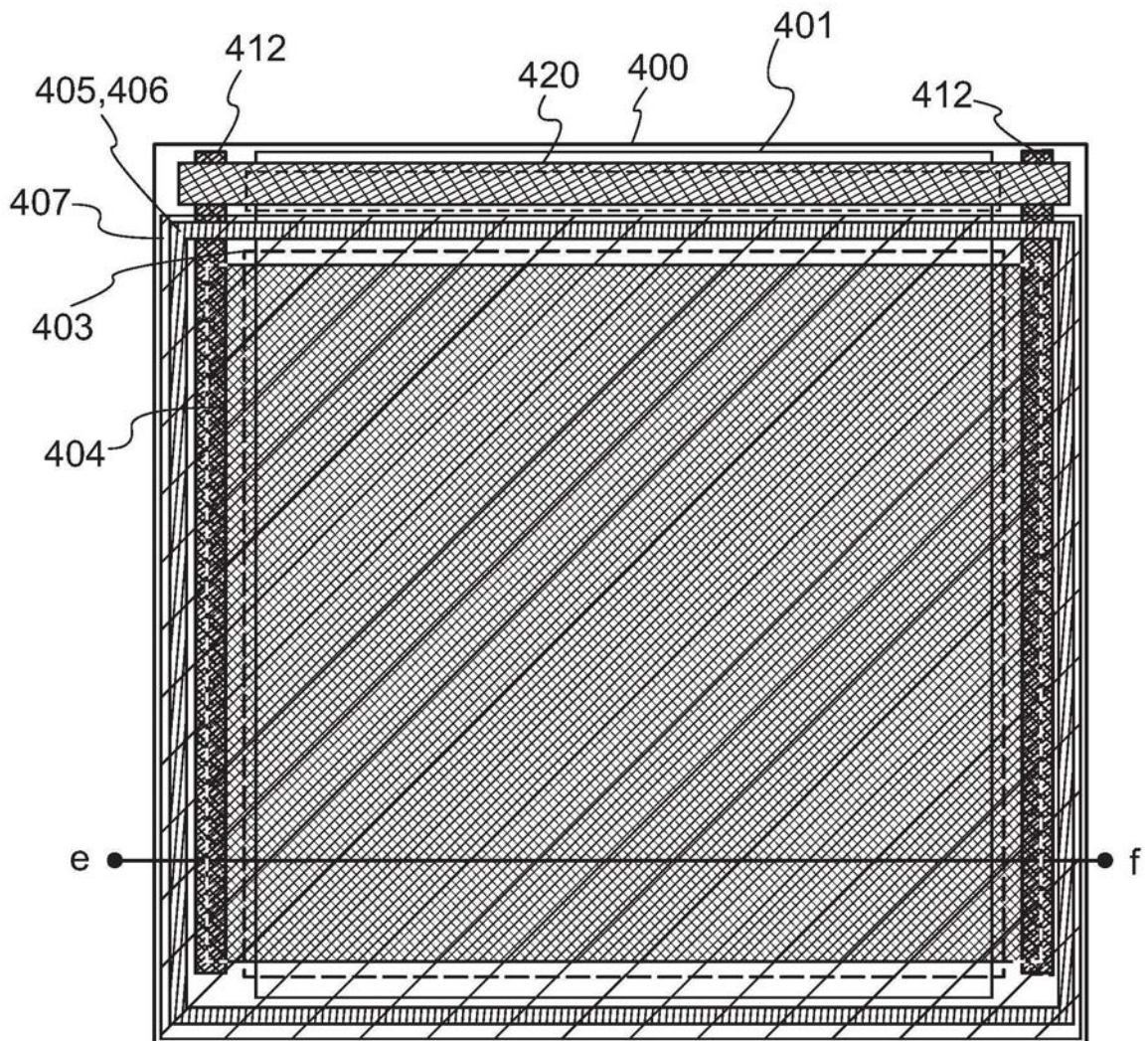


图6B

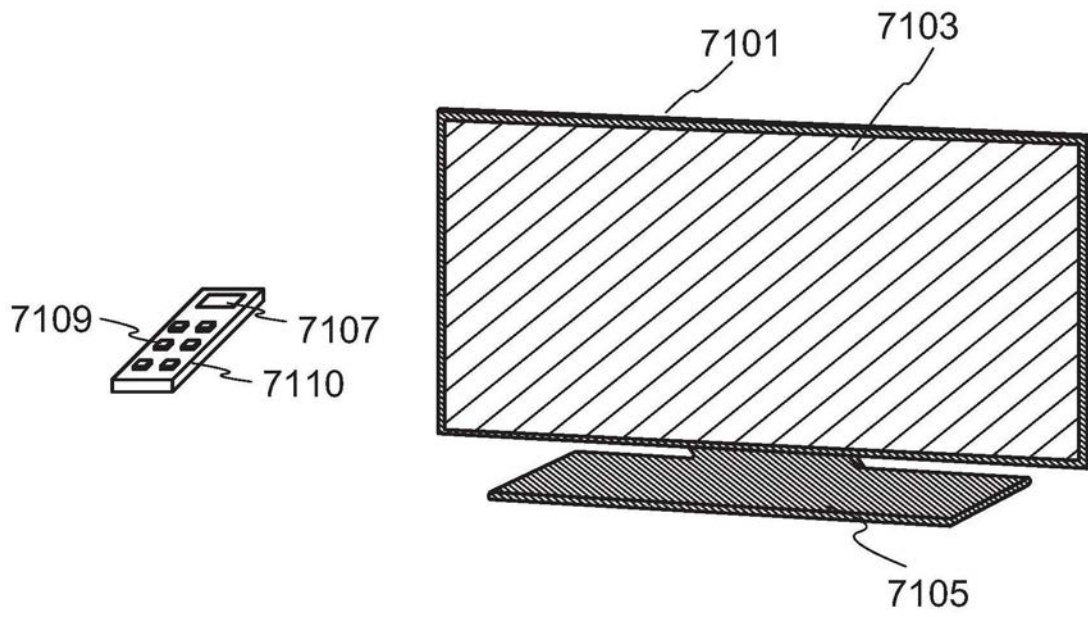


图7A

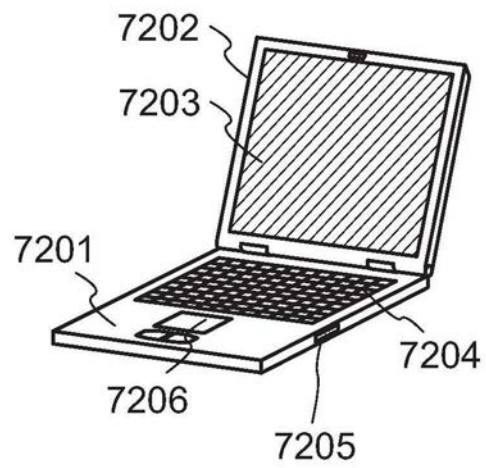


图7B1

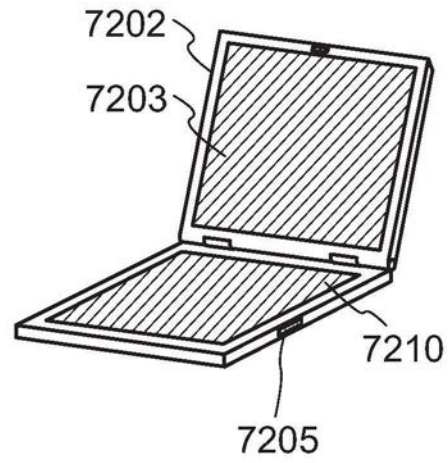


图7B2

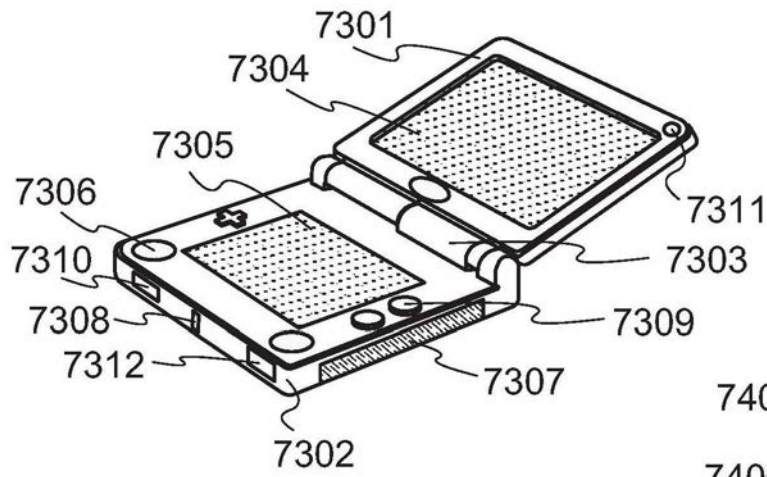


图7C

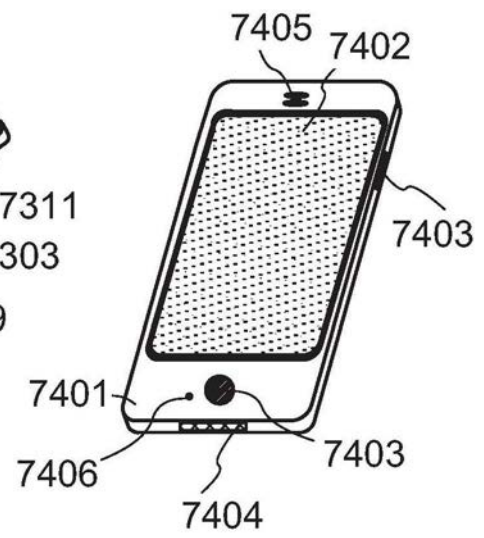


图7D

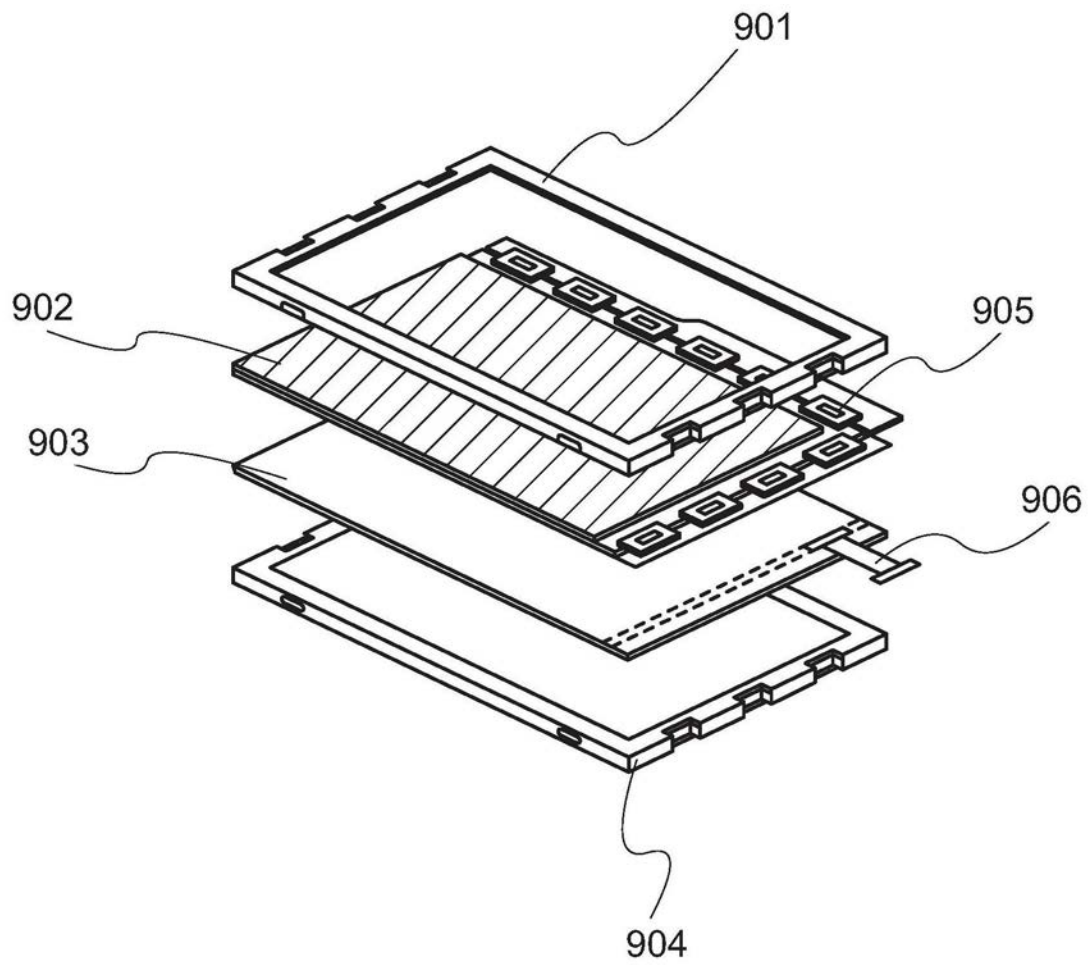


图8

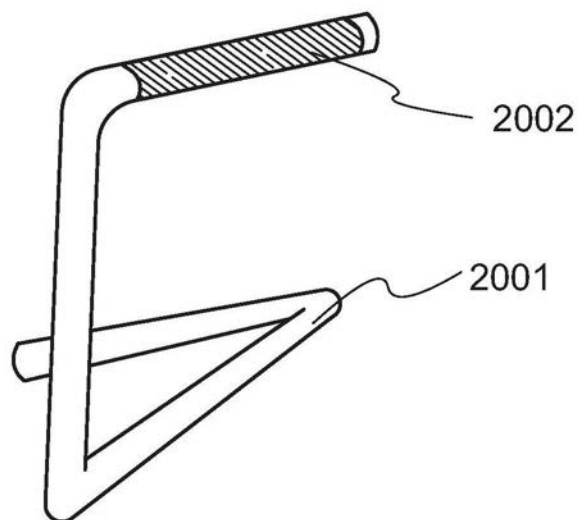


图9

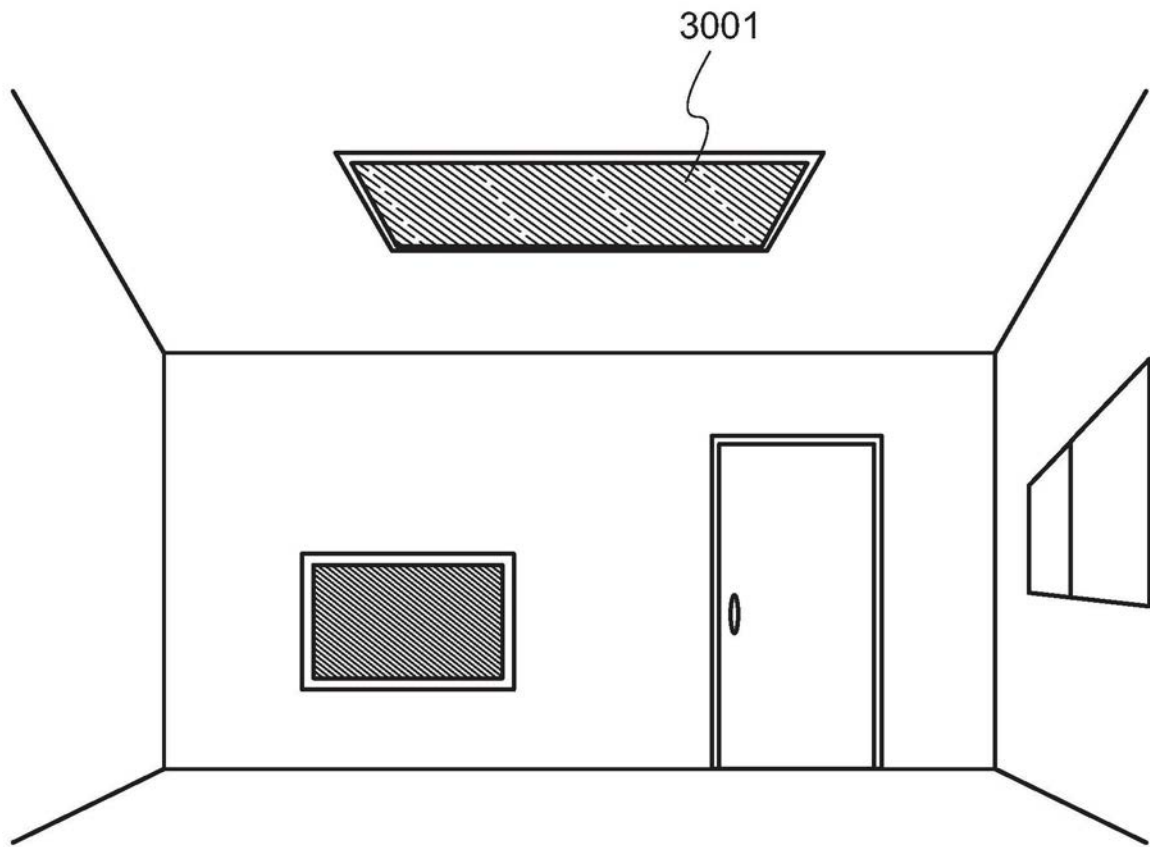


图10

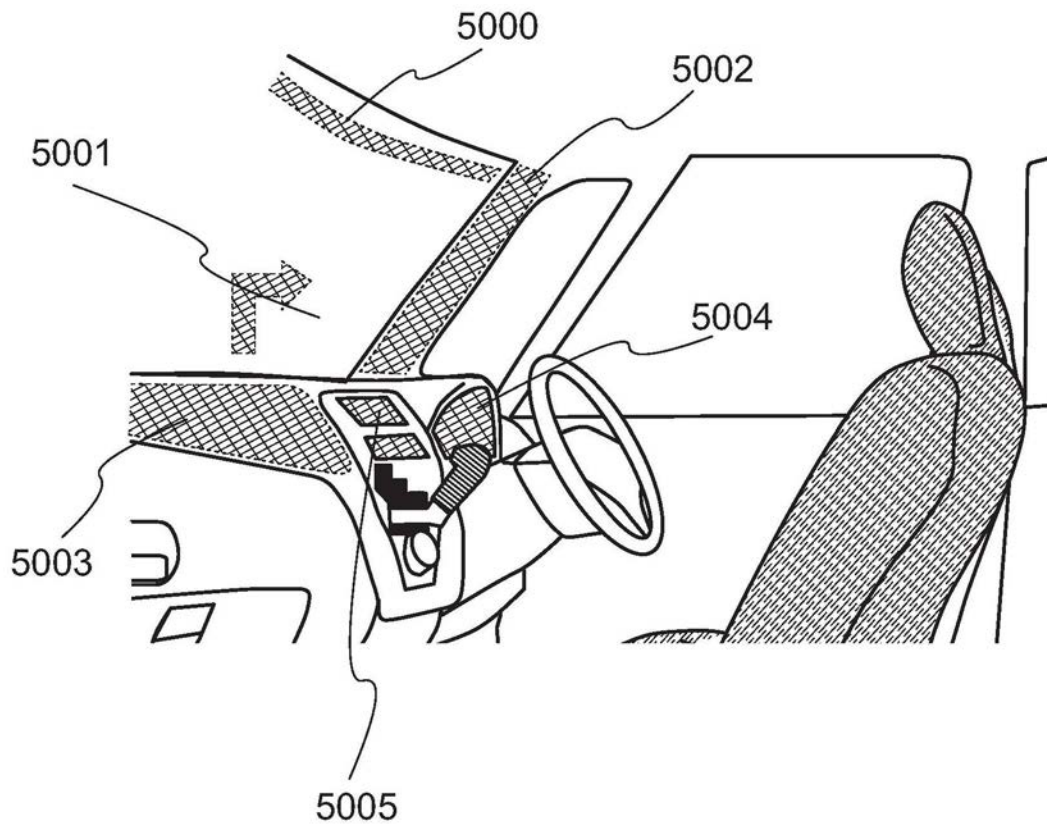


图11

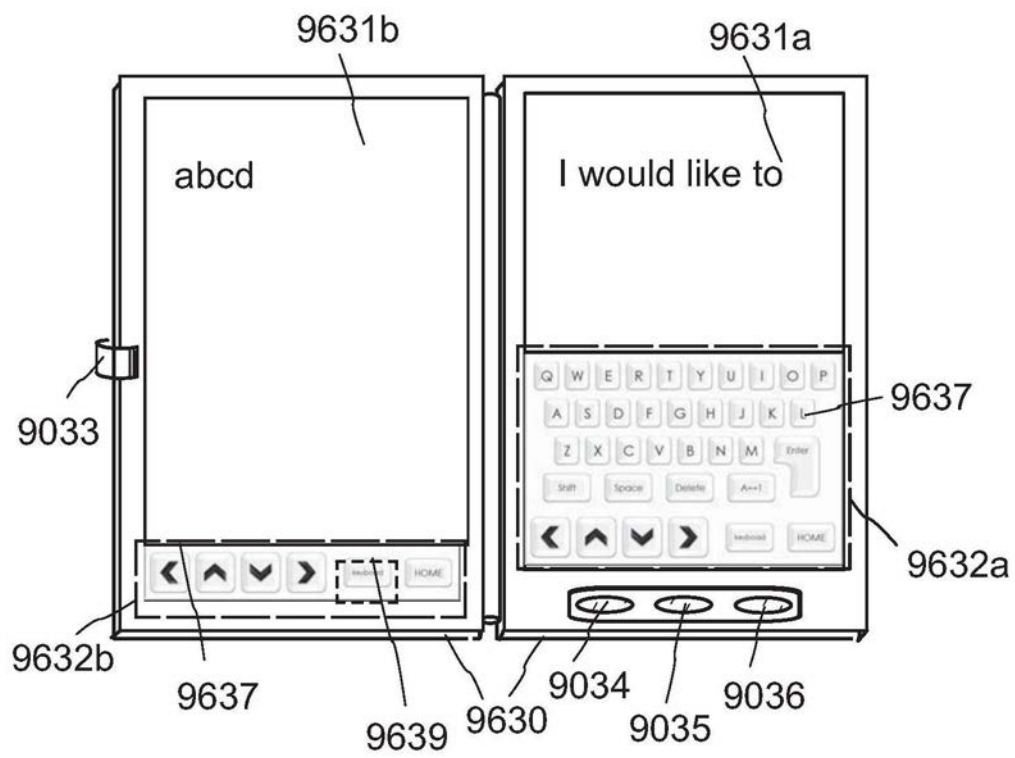


图12A

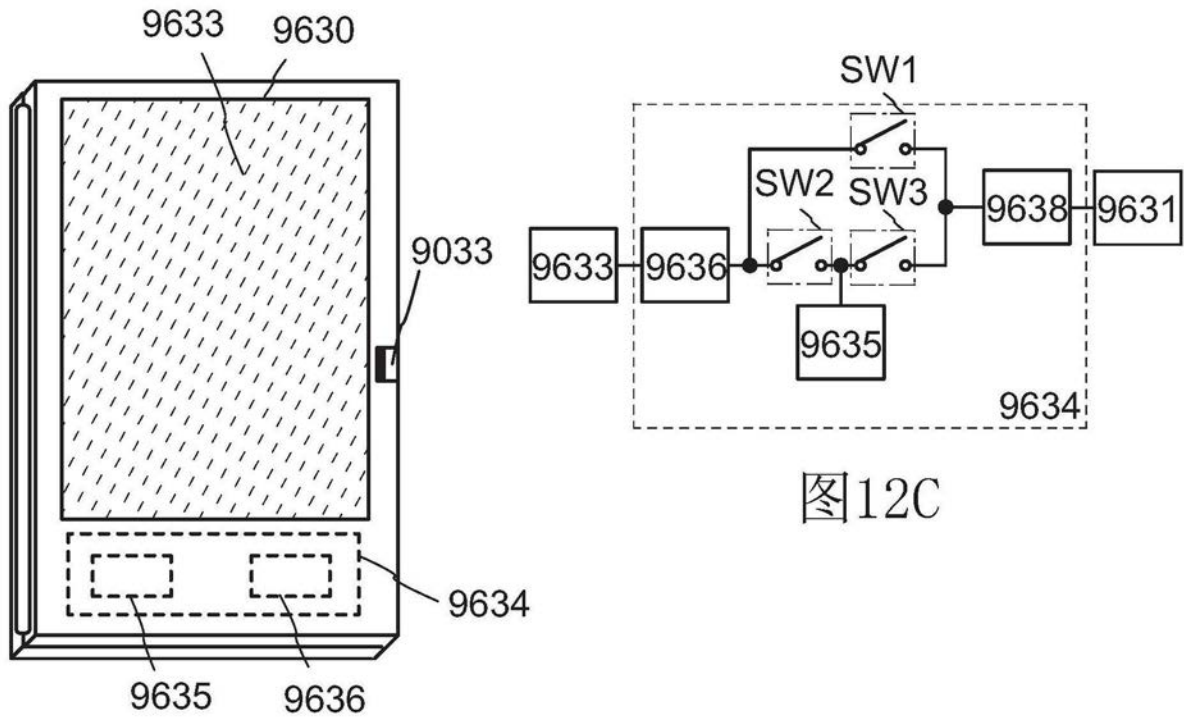


图12C

图12B

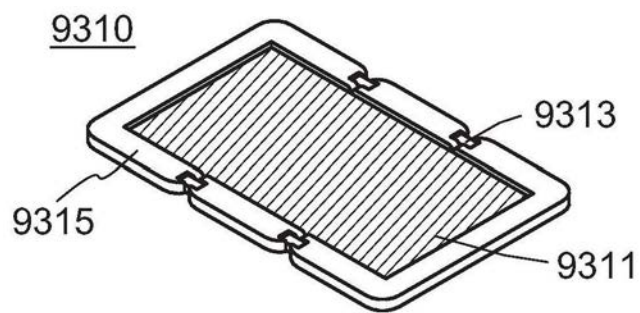


图13A

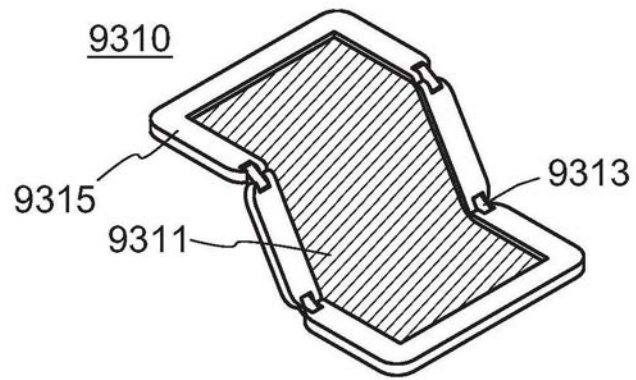


图13B

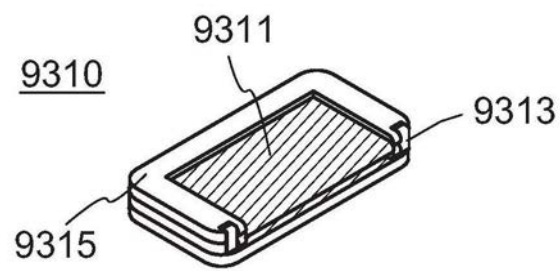


图13C

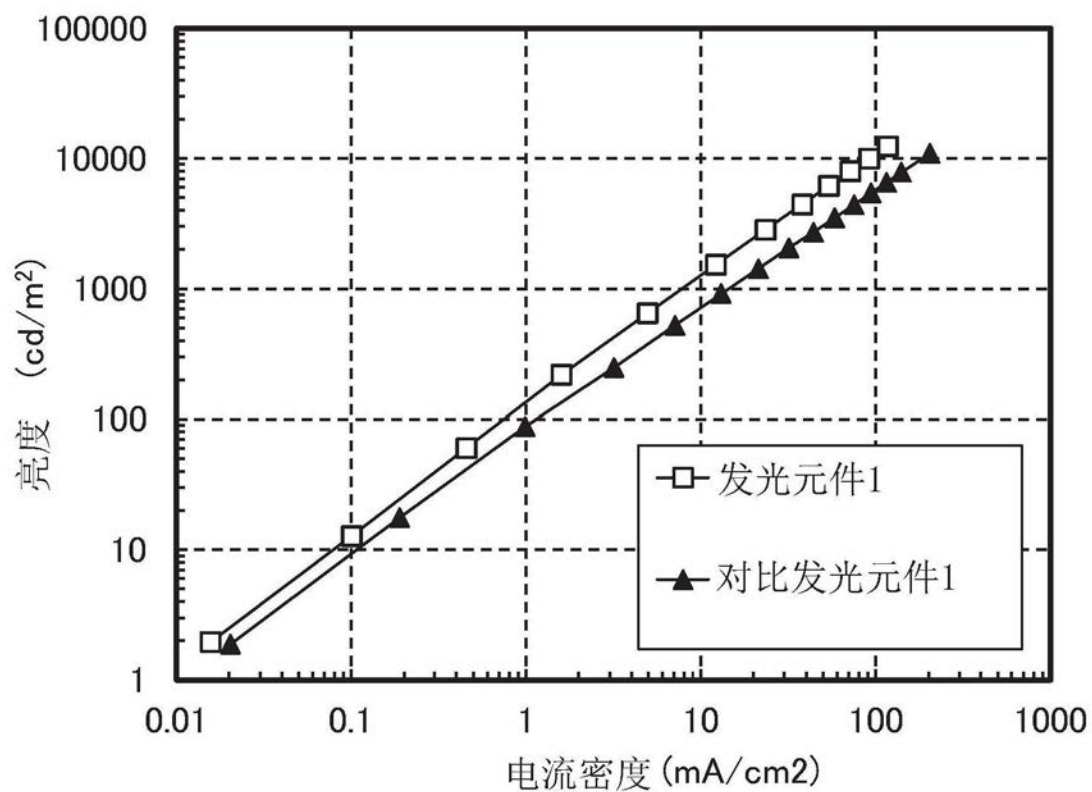


图14

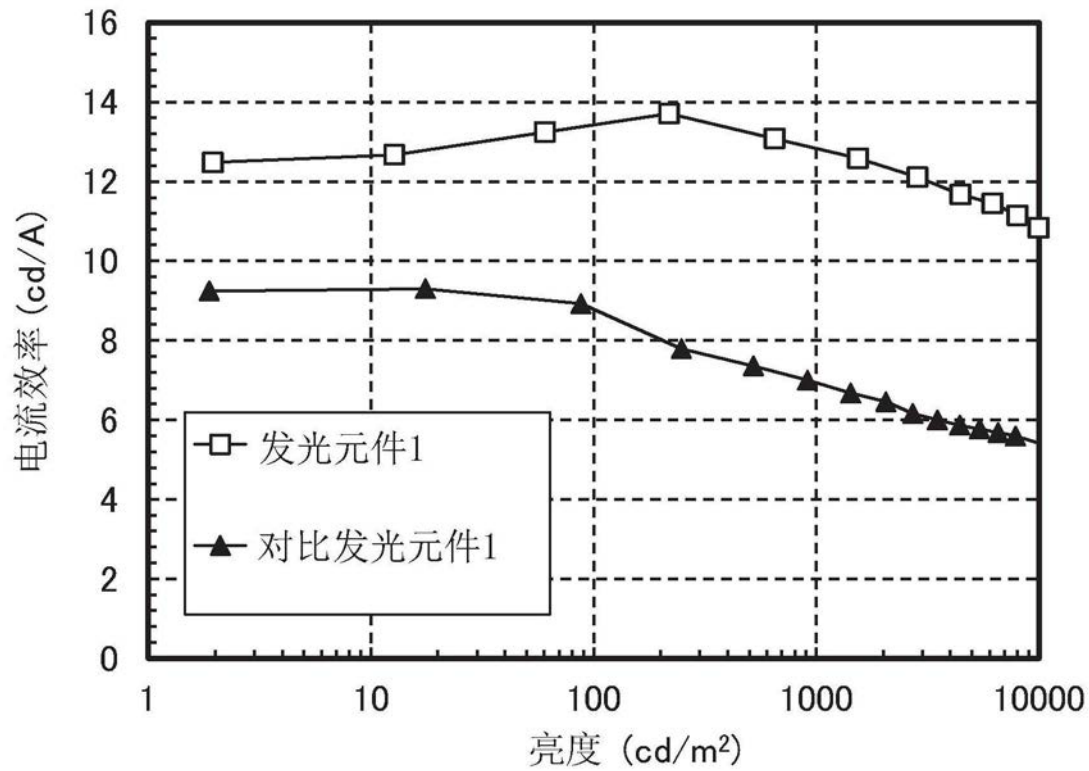


图15

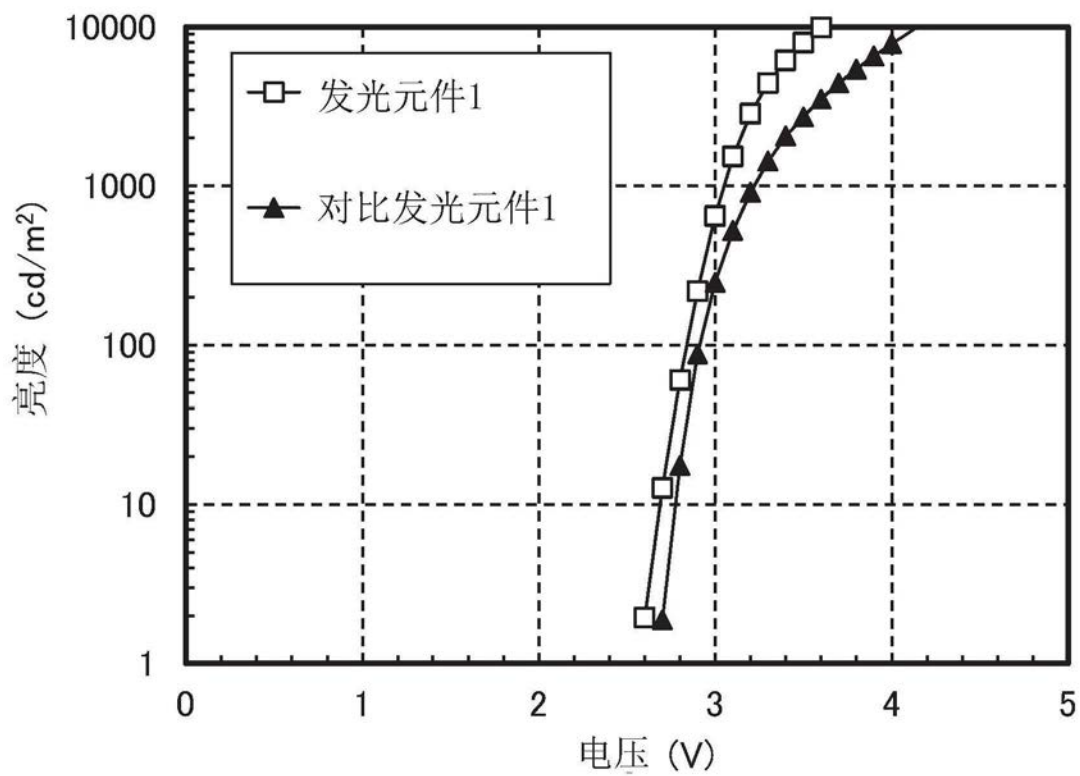


图16

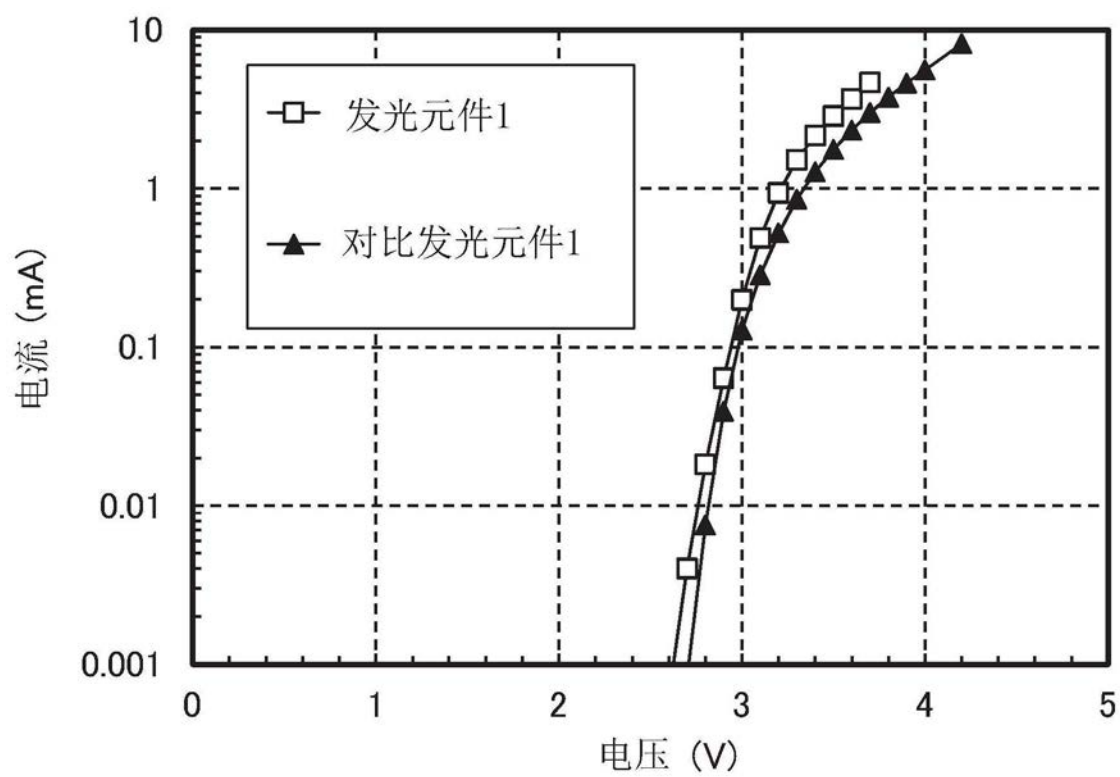


图17

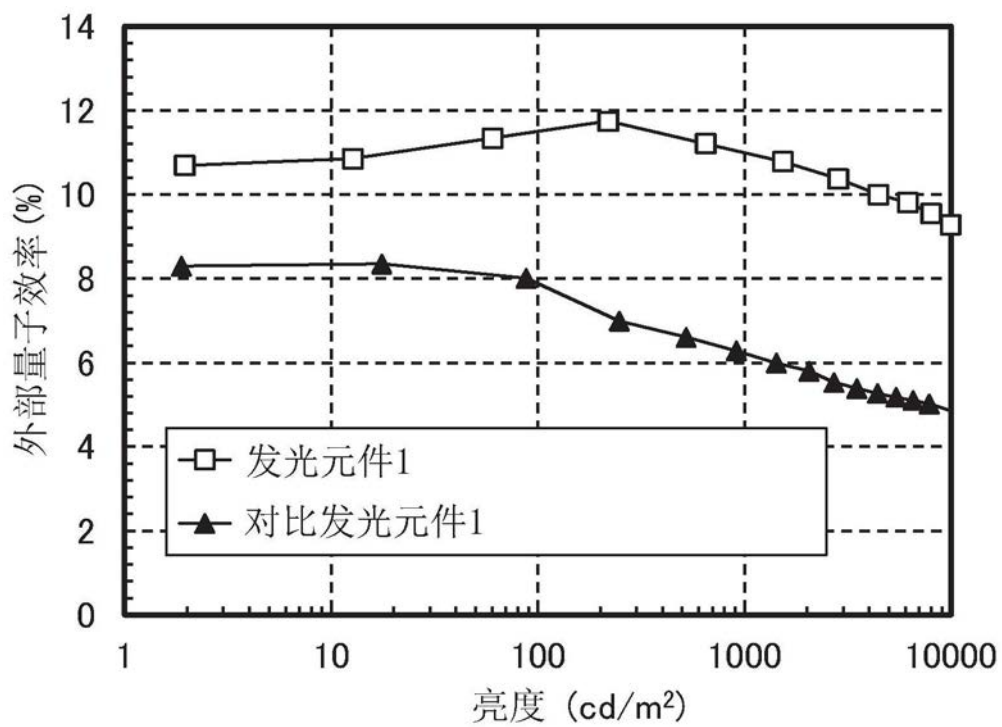


图18

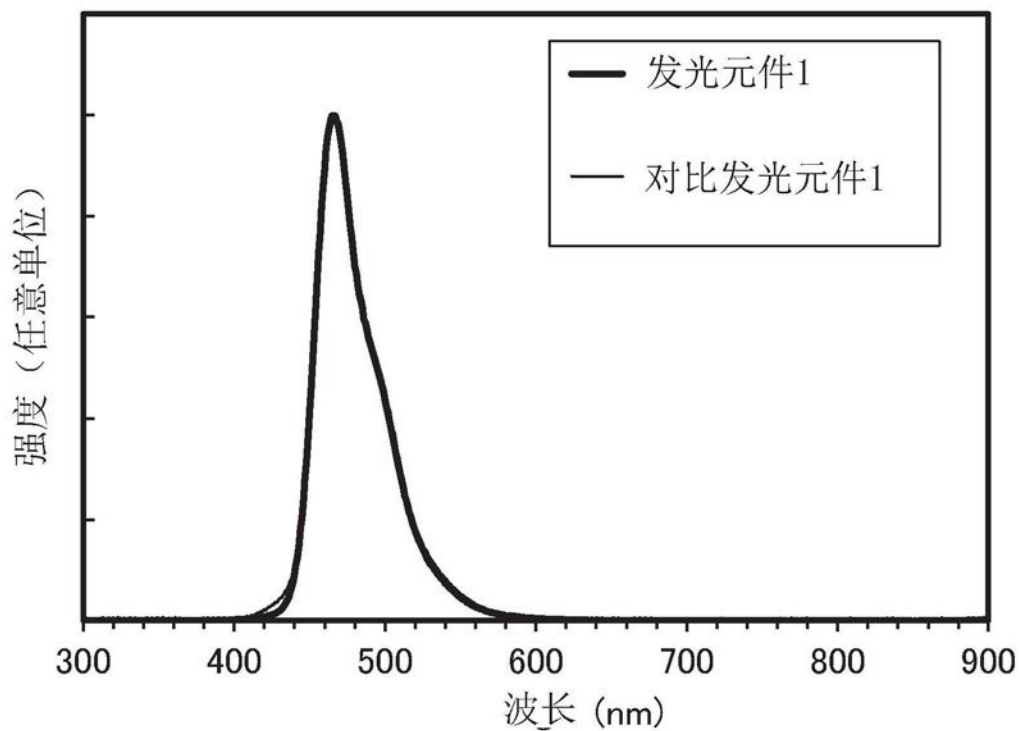


图19

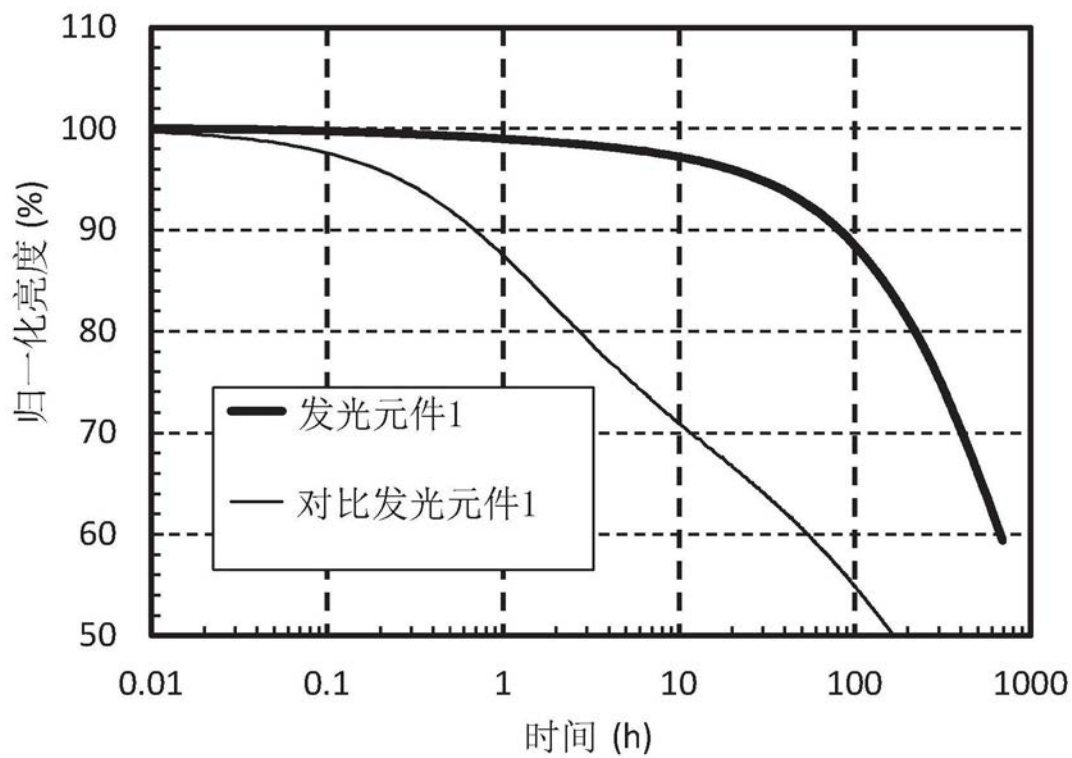


图20

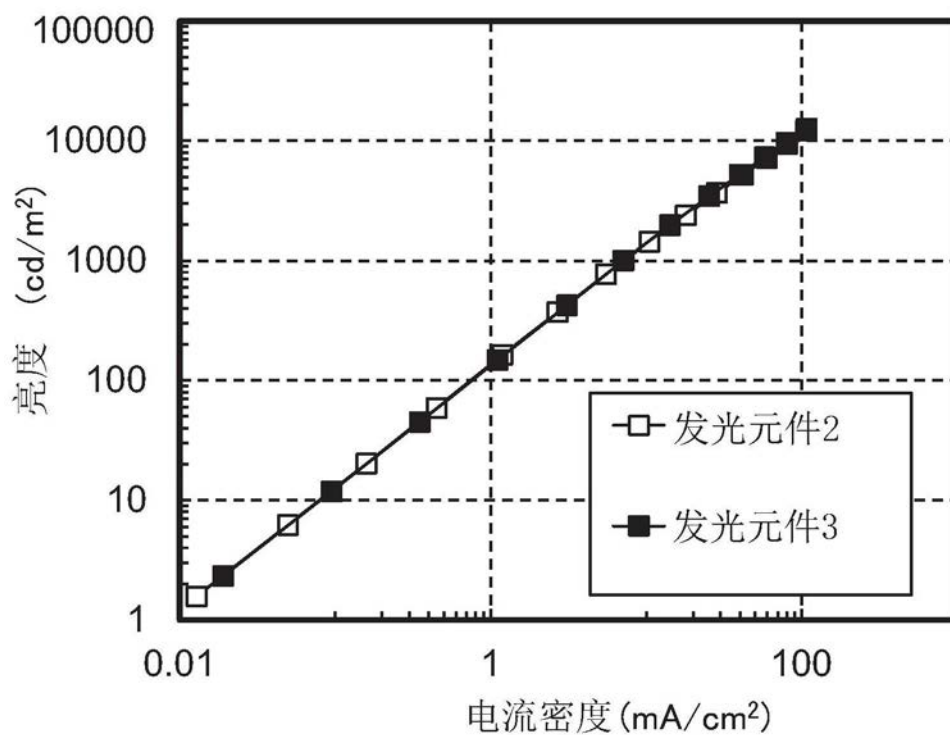


图21

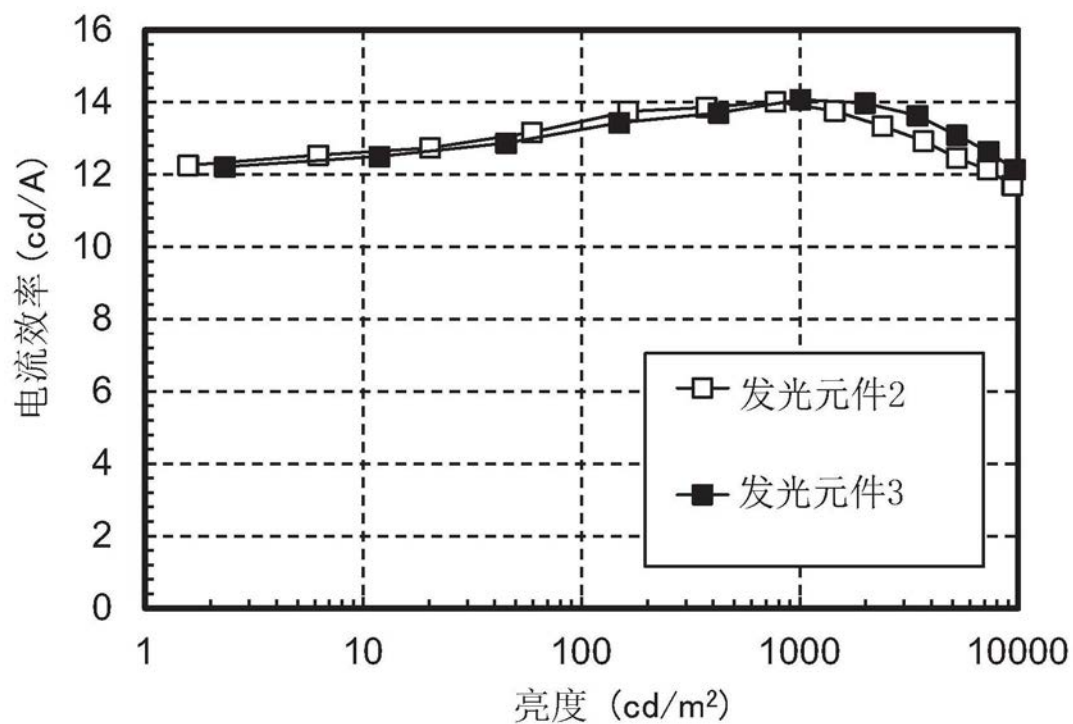


图22

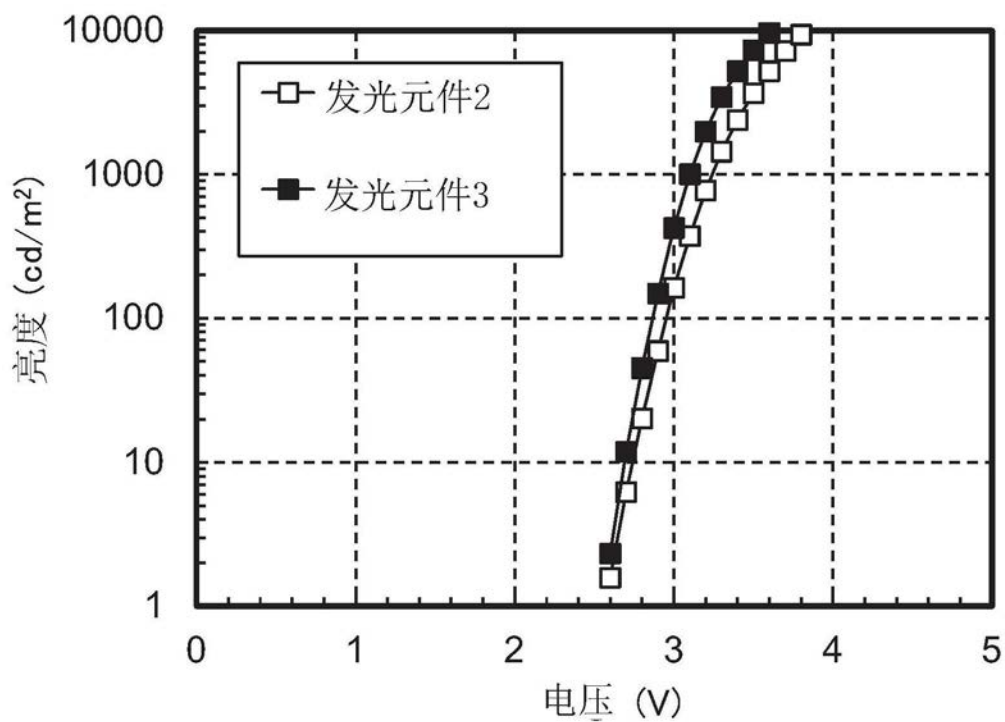


图23

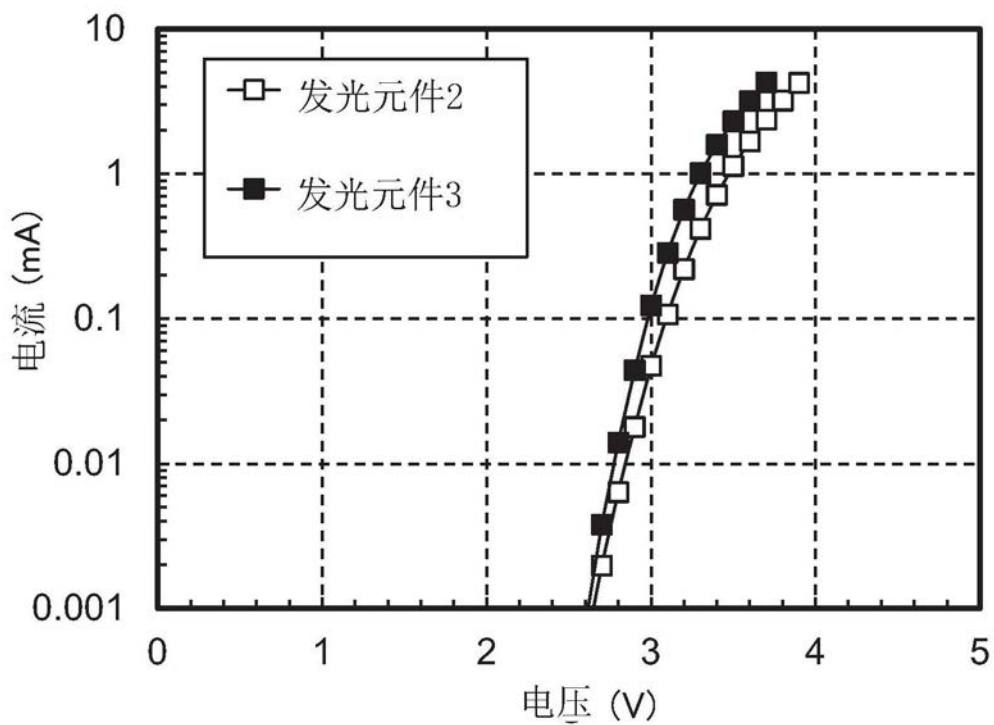


图24

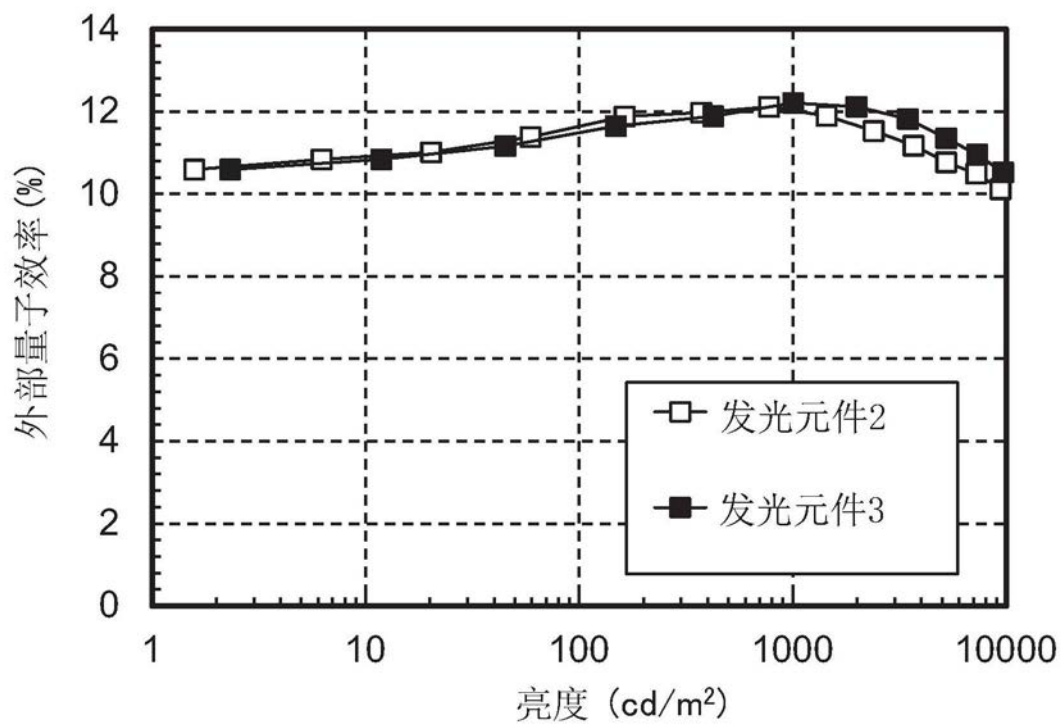


图25

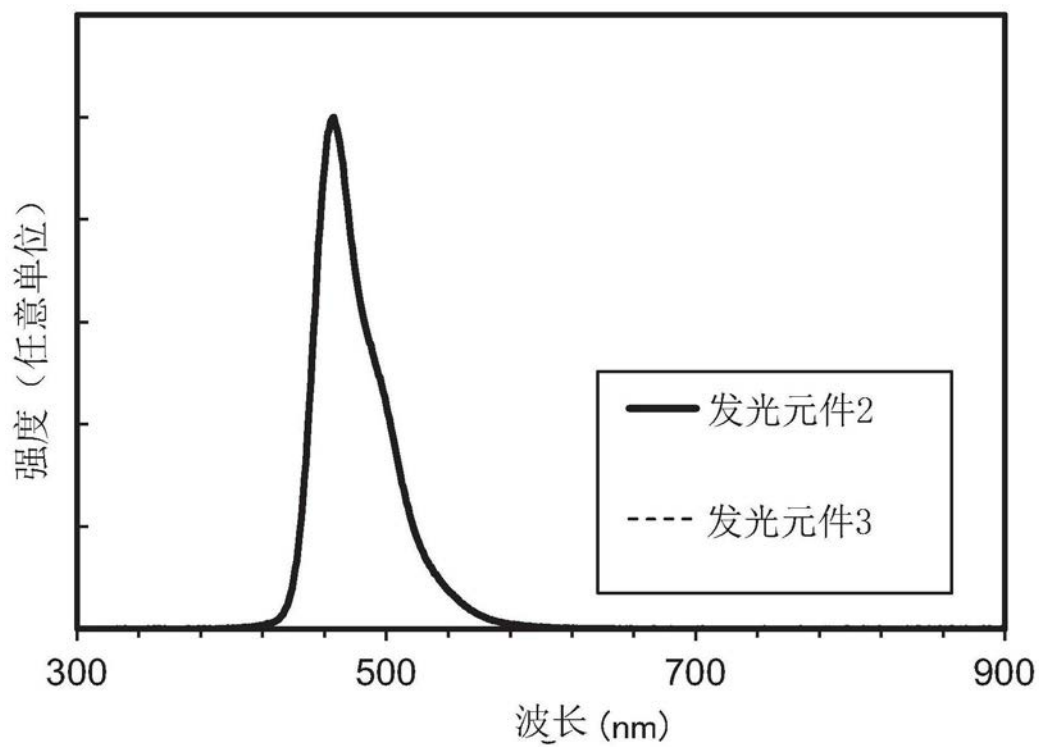


图26

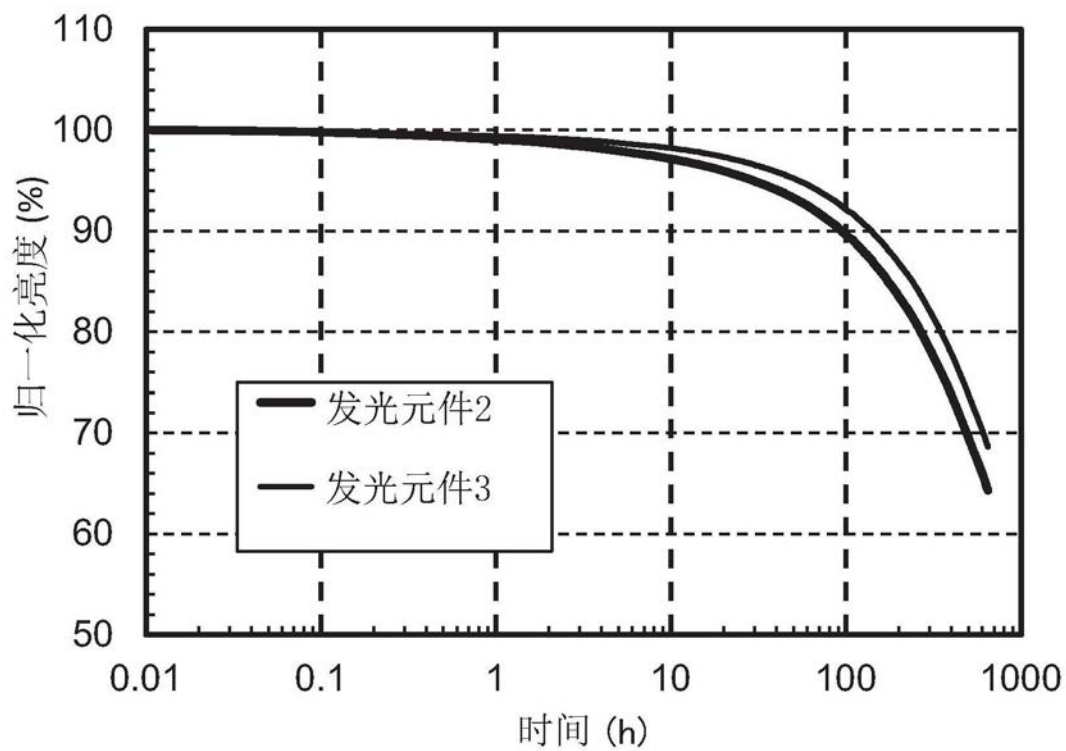


图27

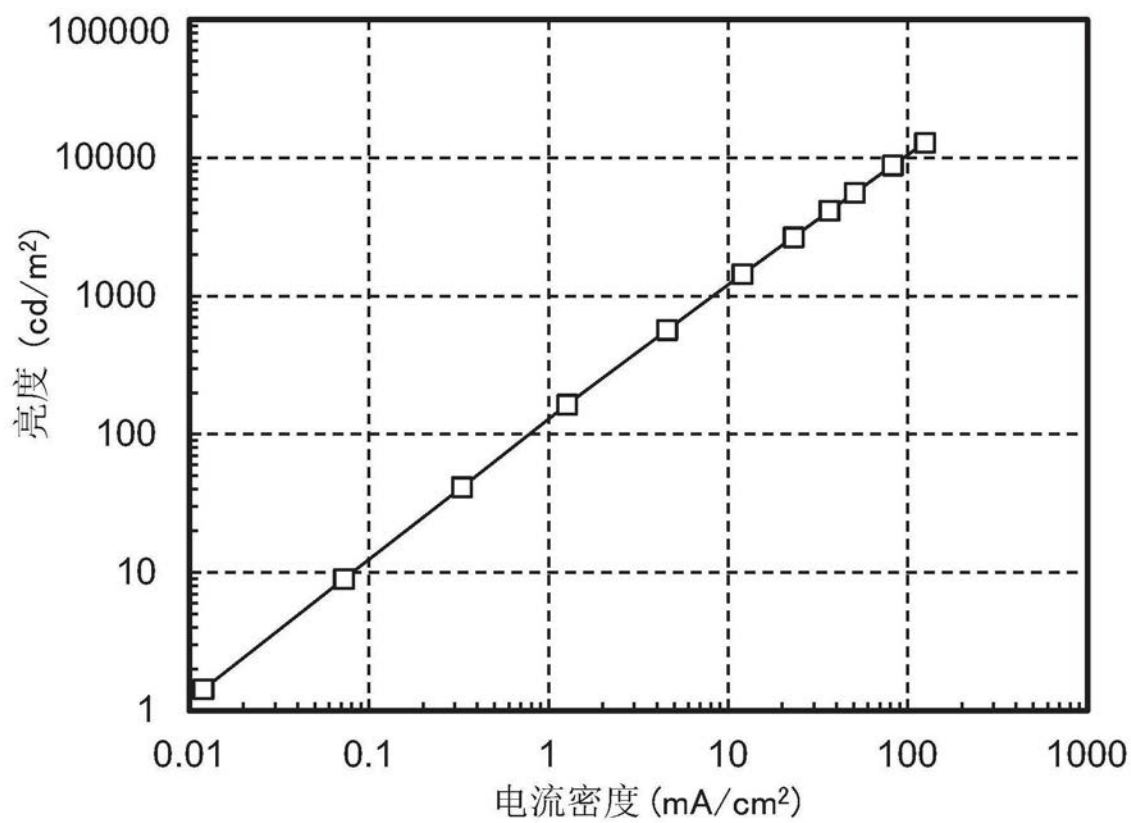


图28

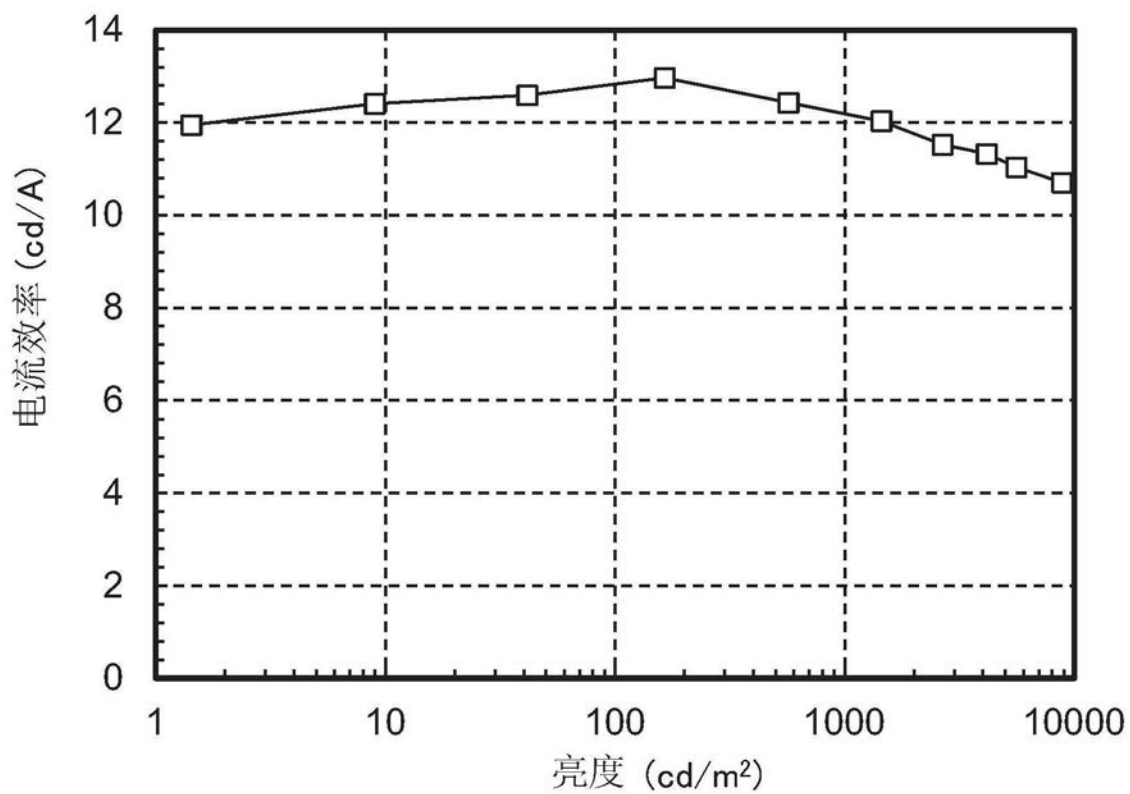


图29

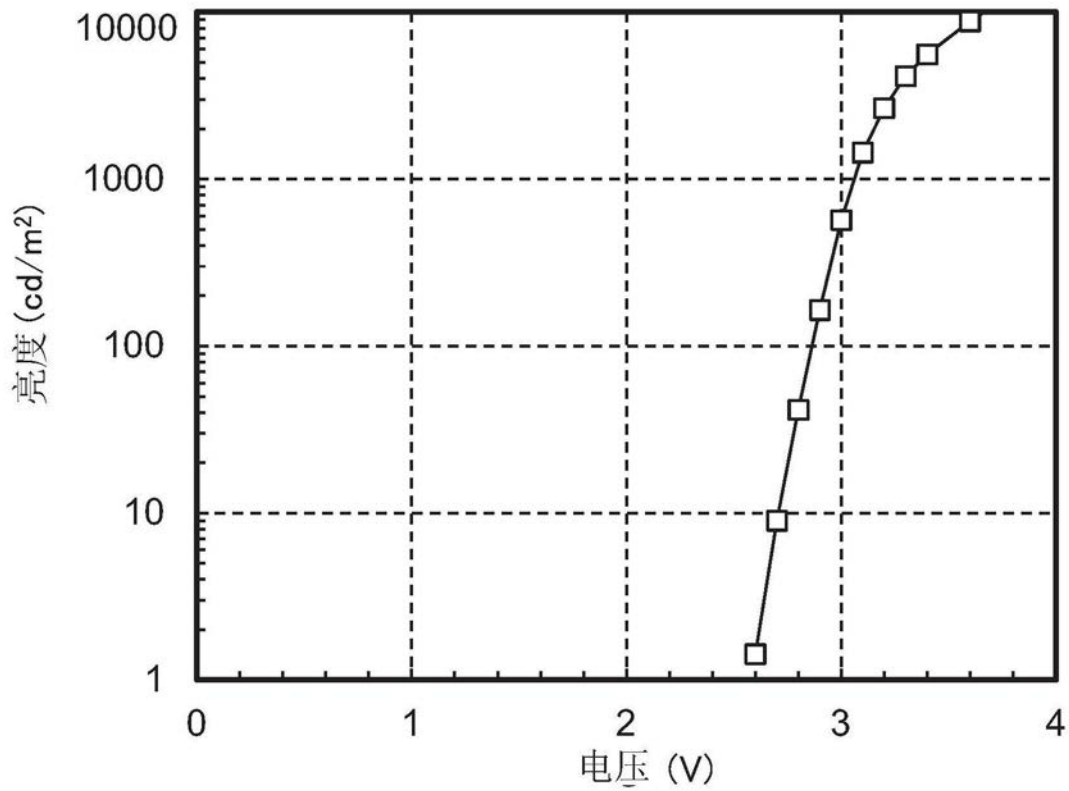


图30

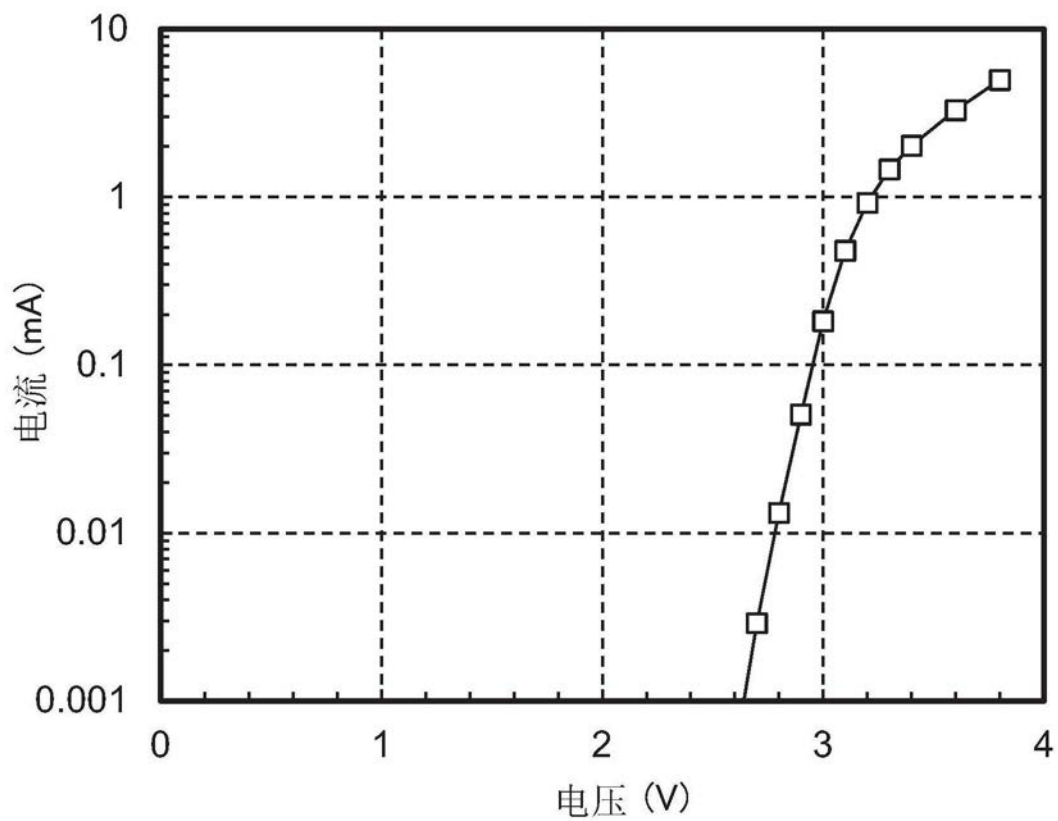


图31

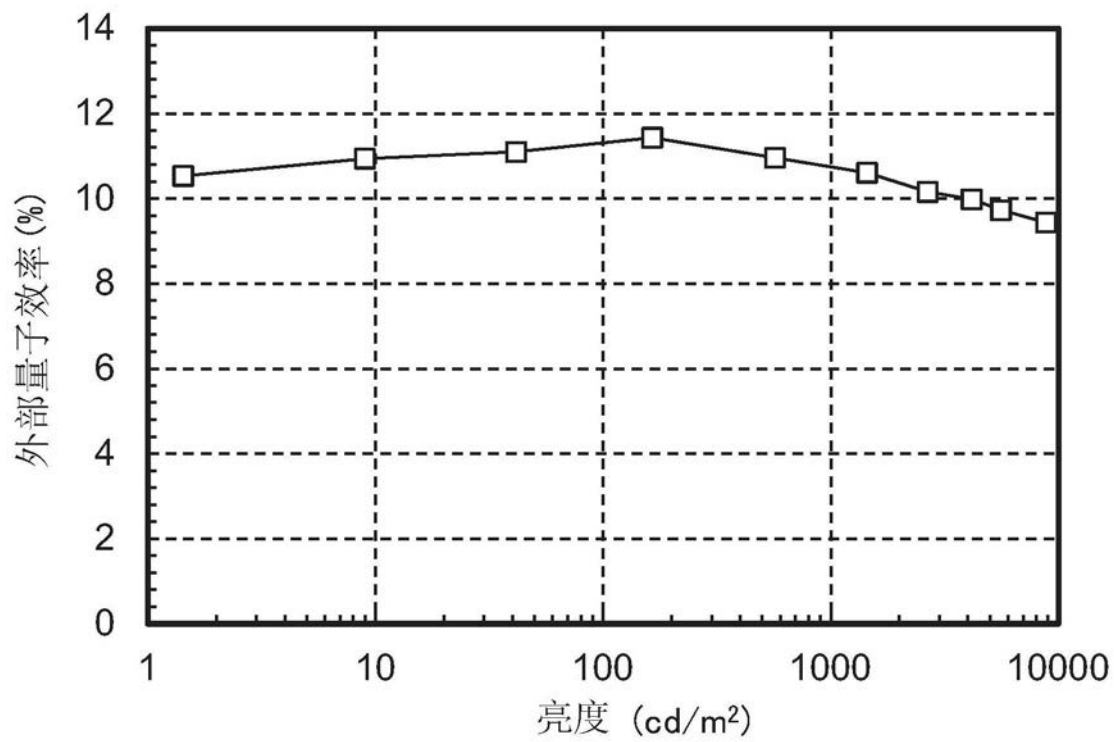


图32

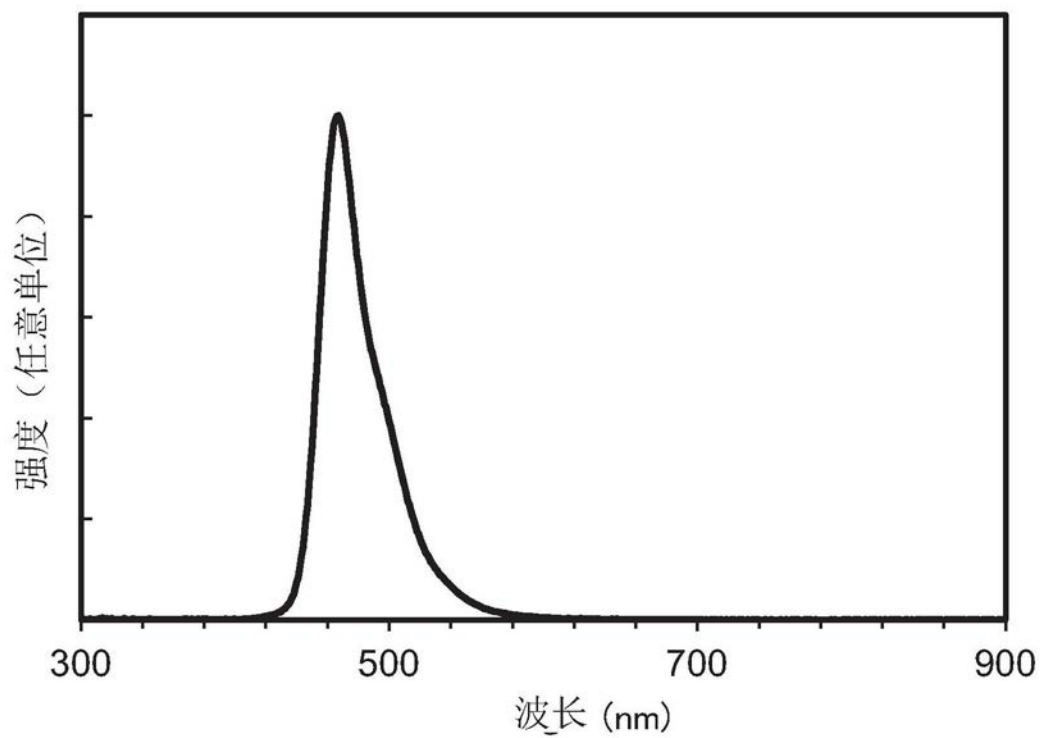


图33

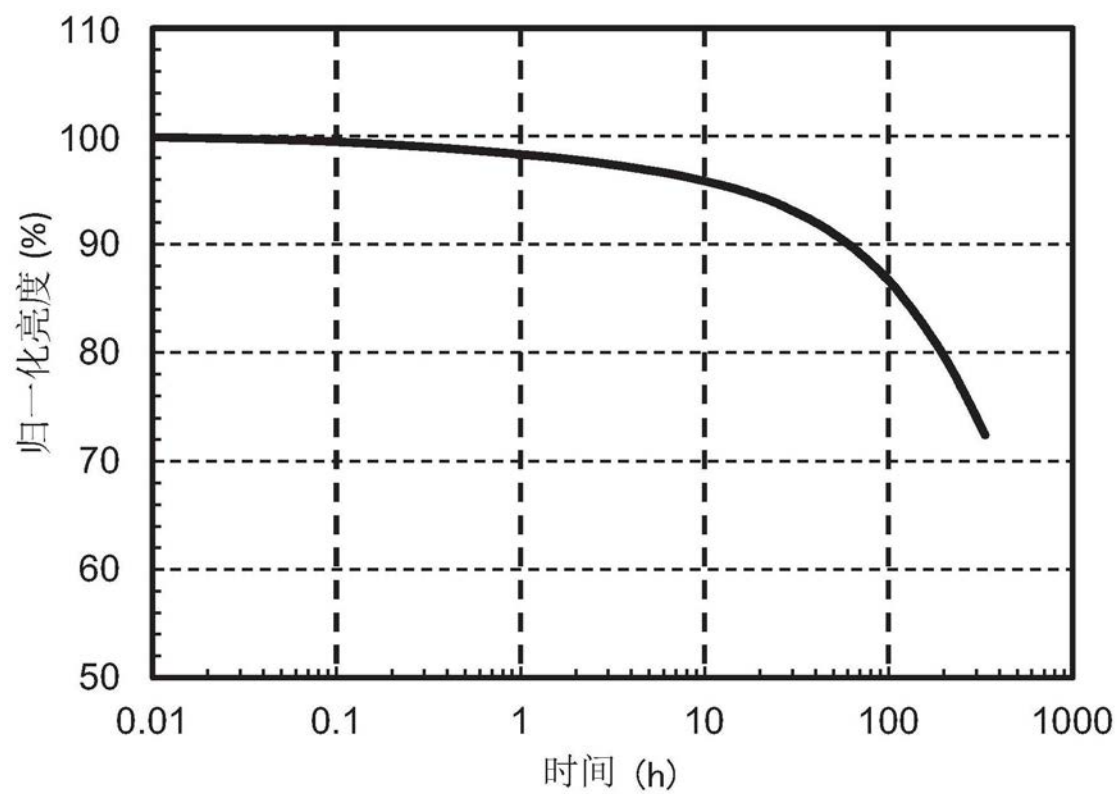


图34

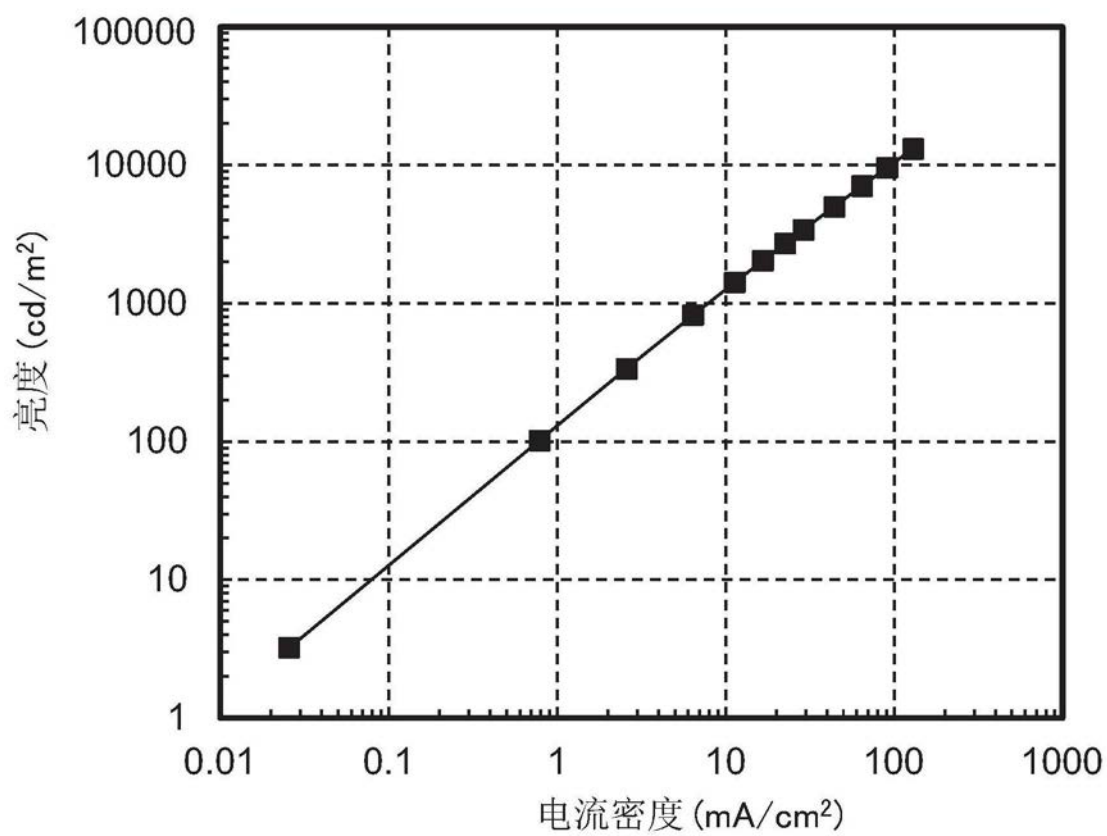


图35

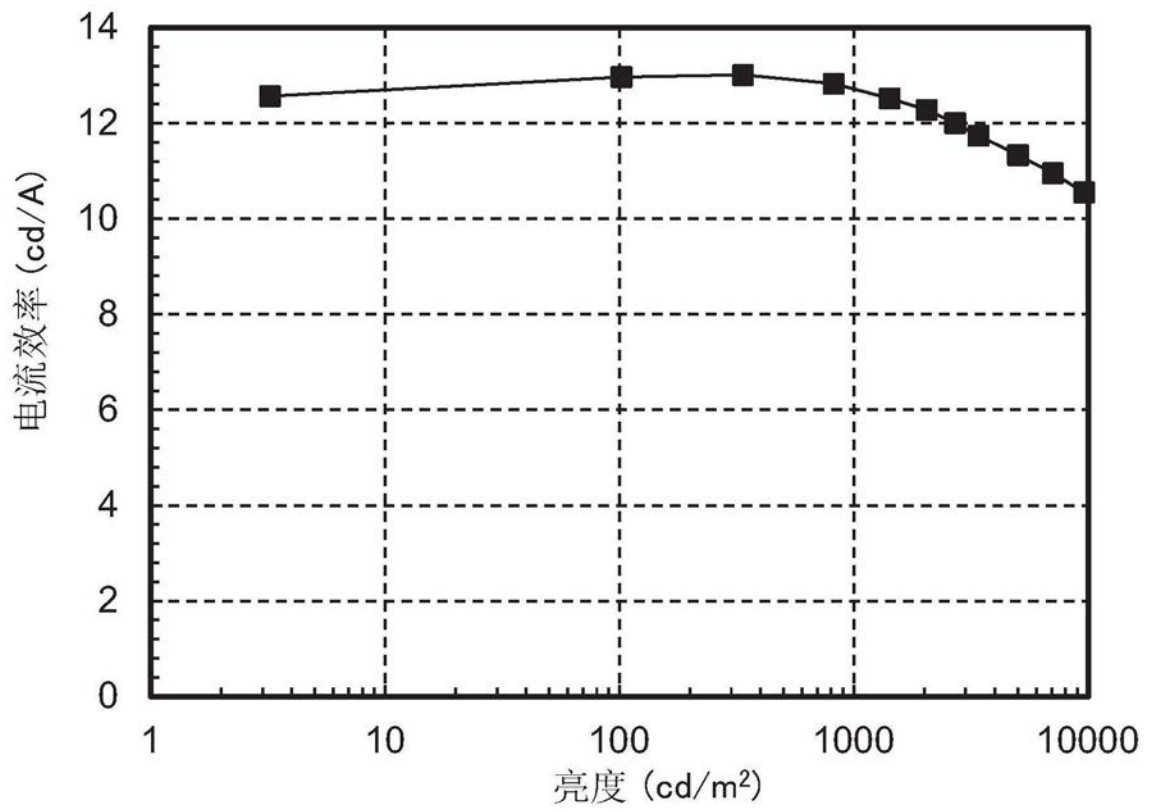


图36

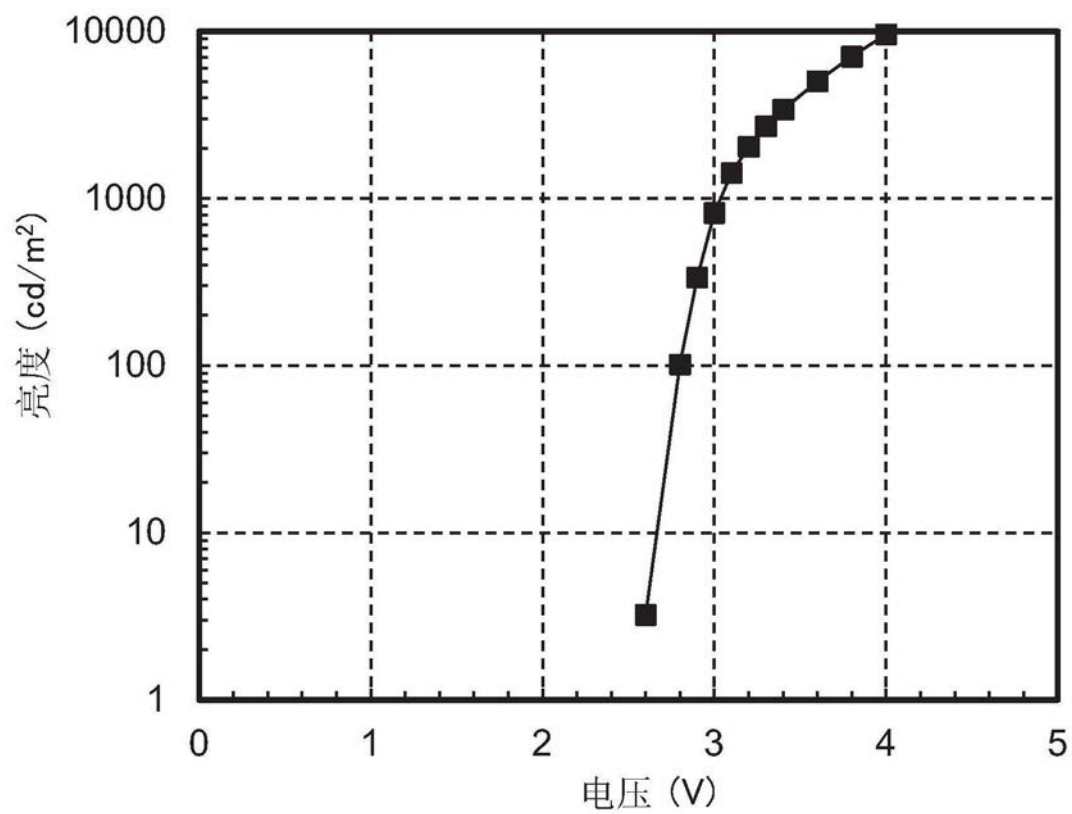


图37

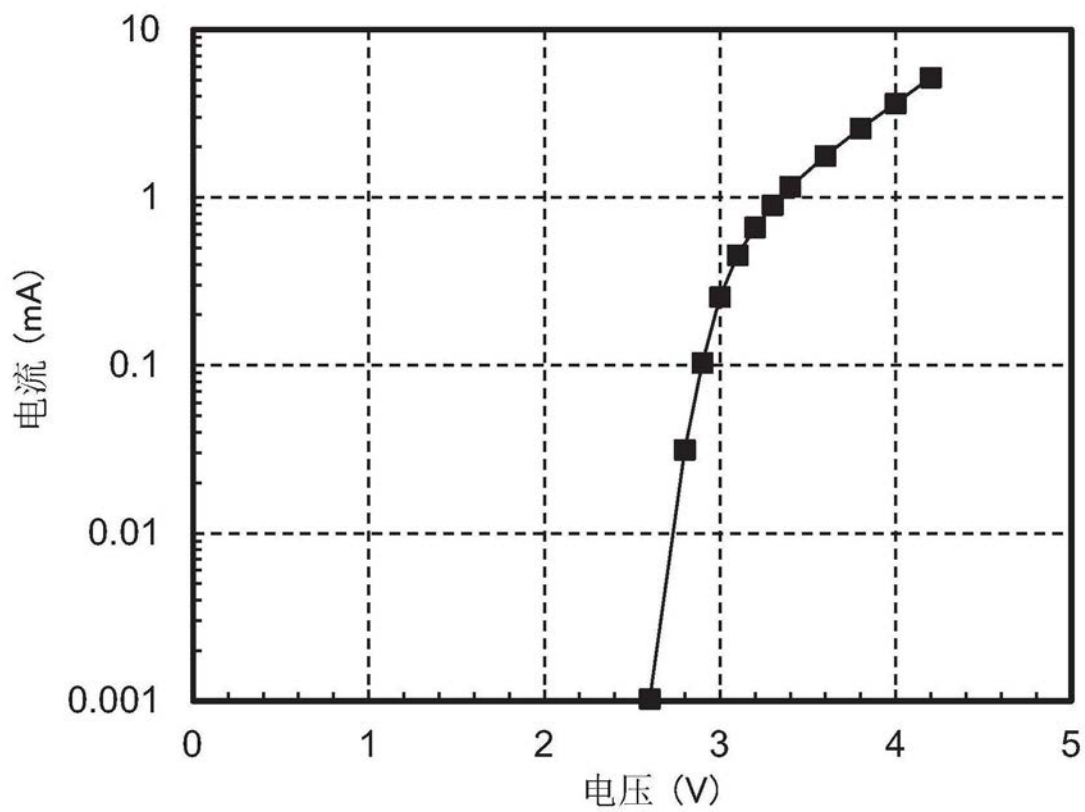


图38

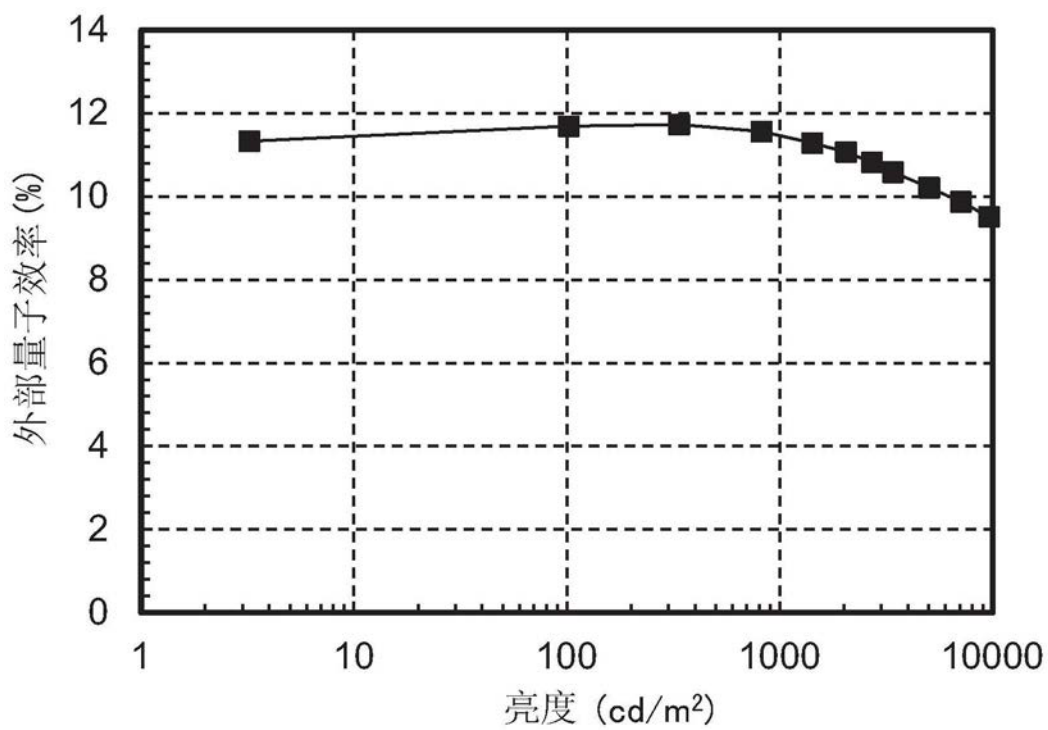


图39

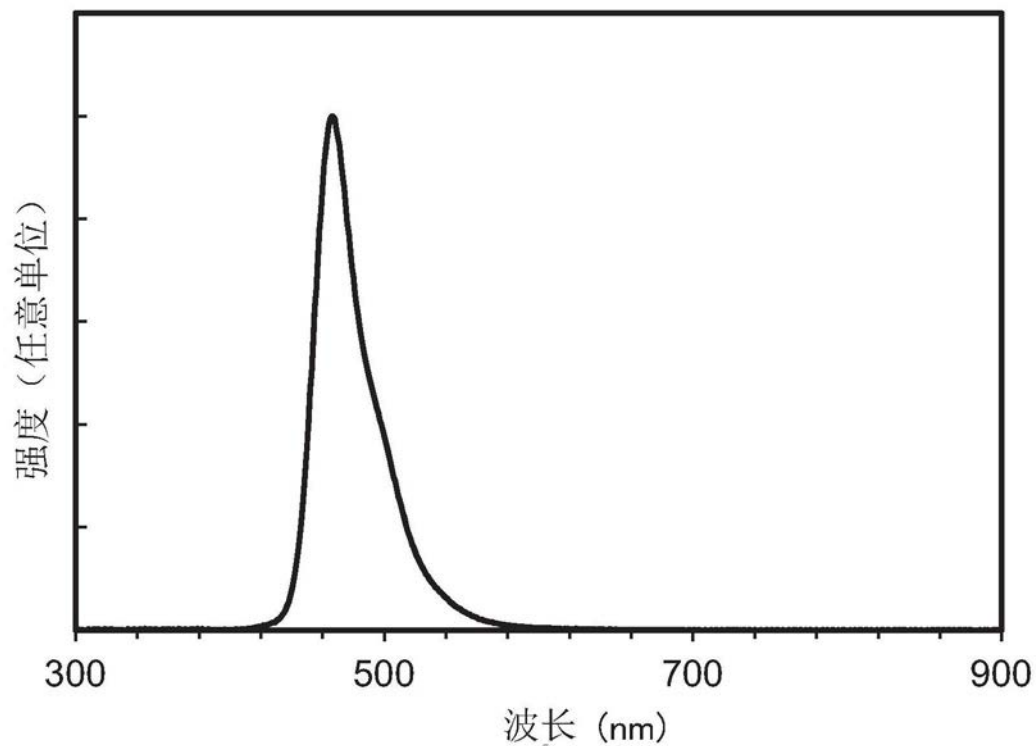


图40

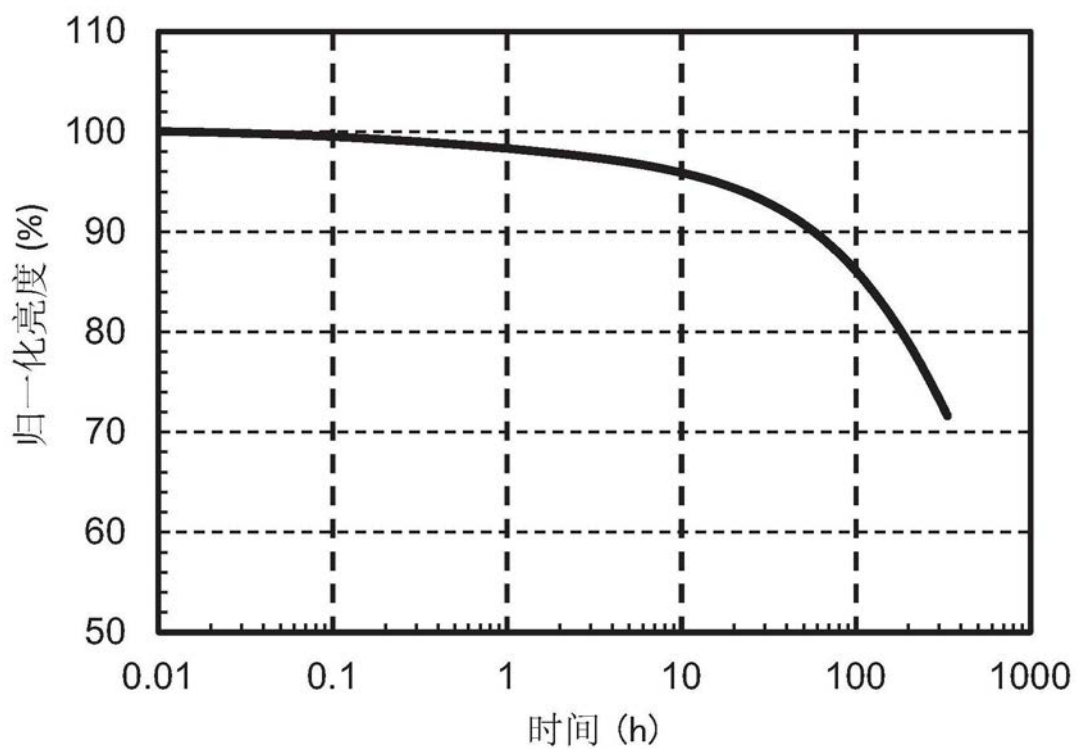


图41

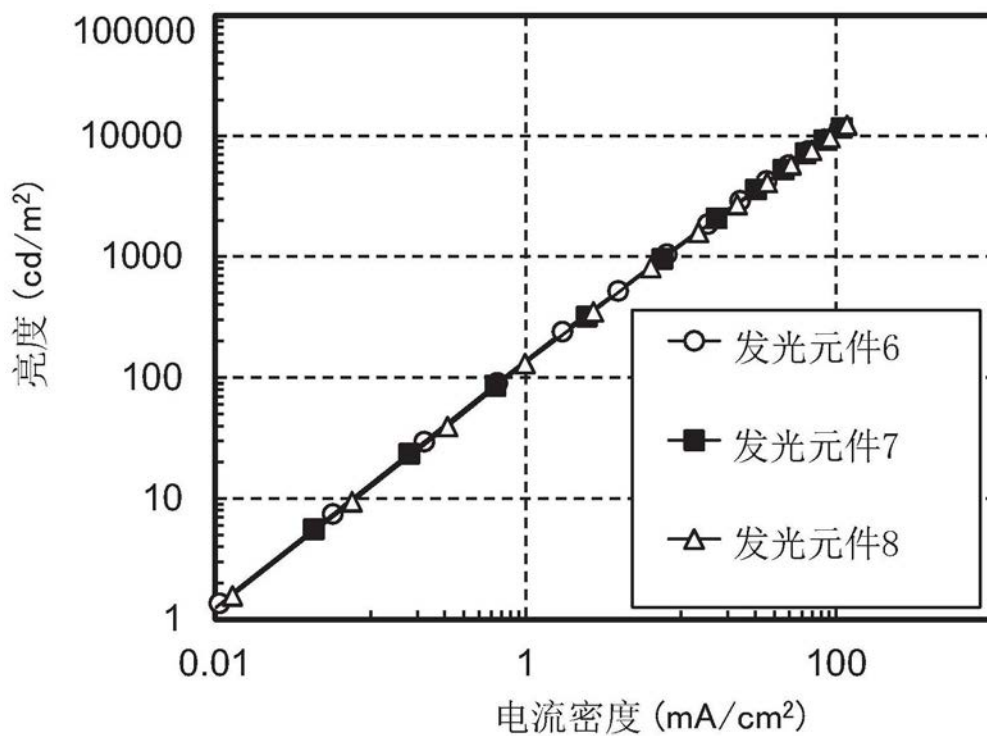


图42

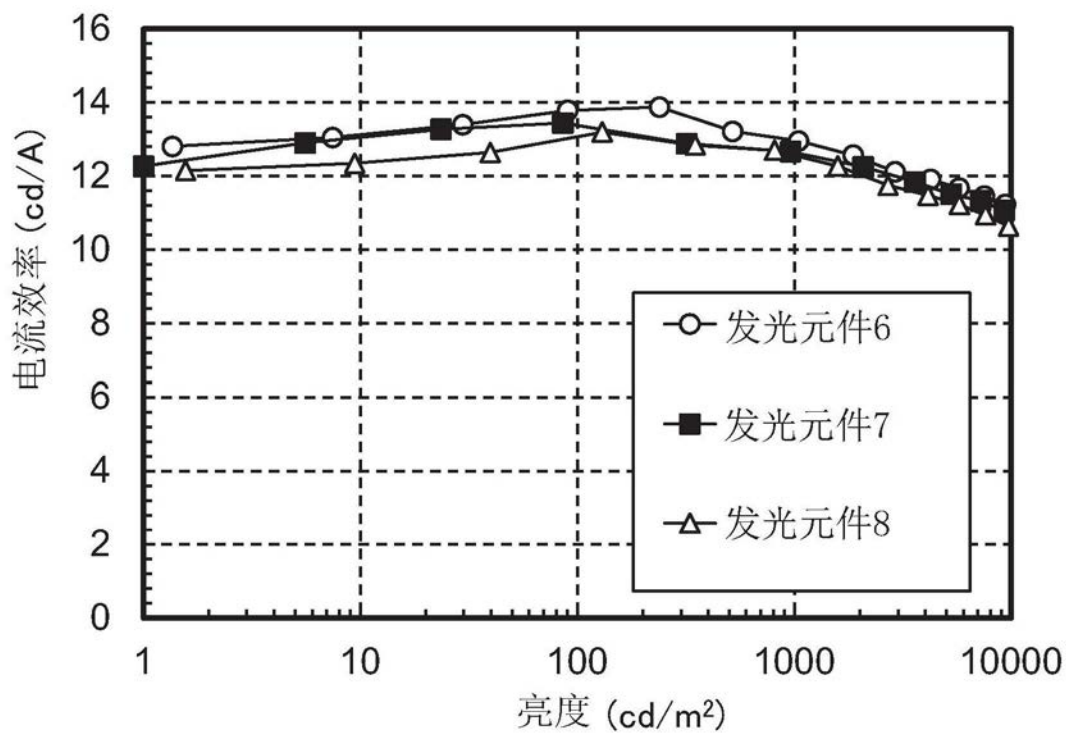


图43

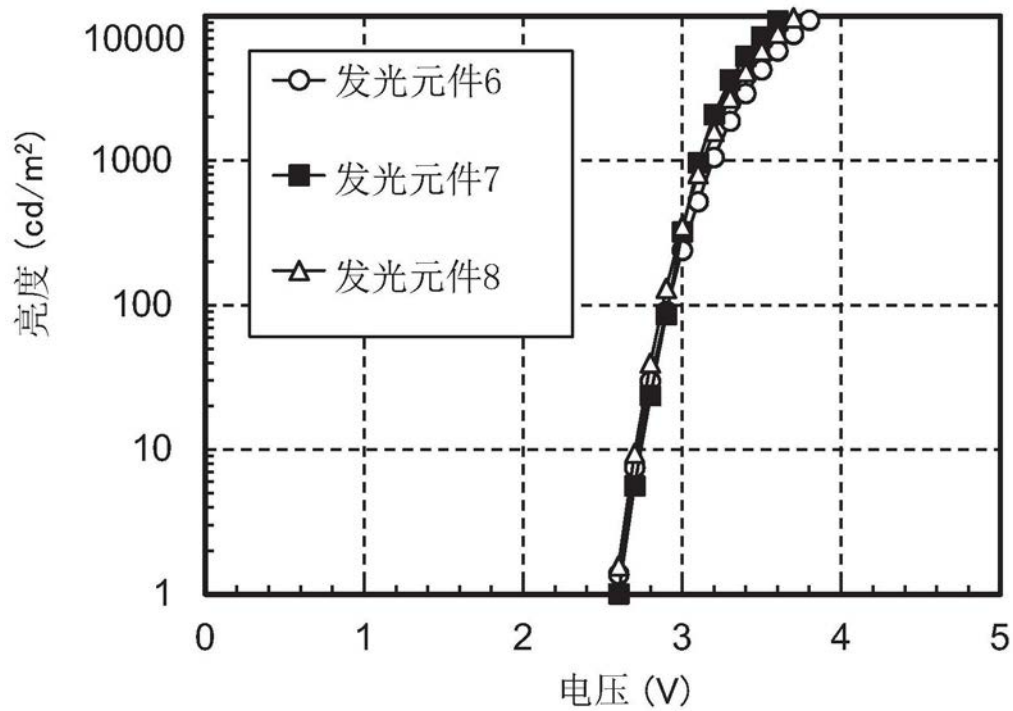


图44

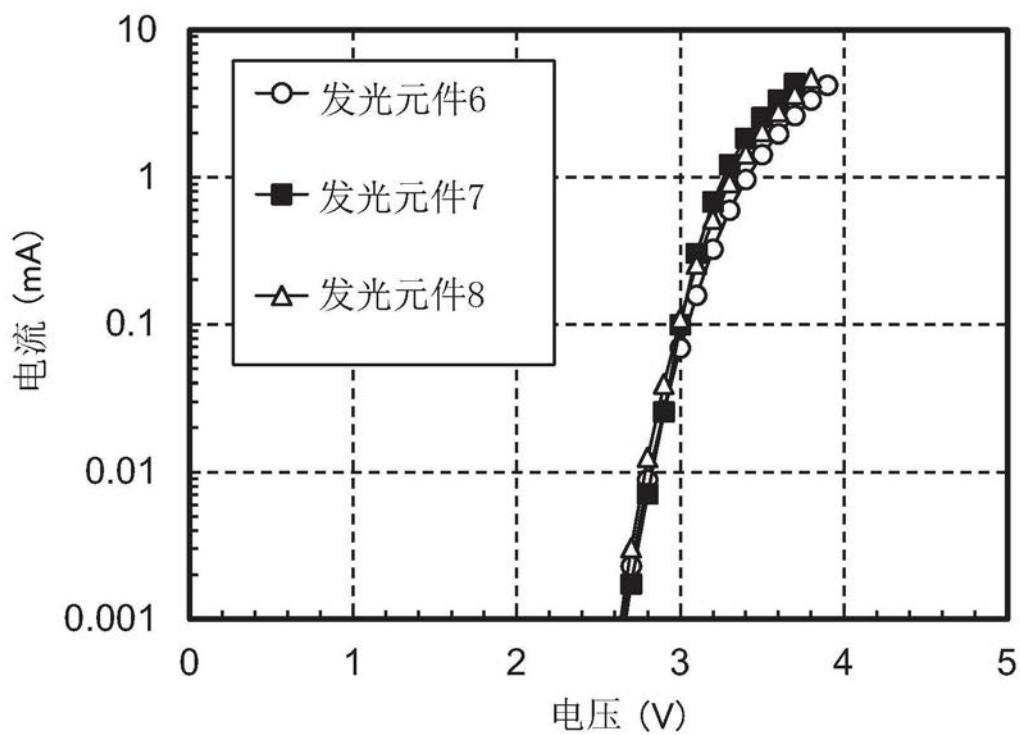


图45

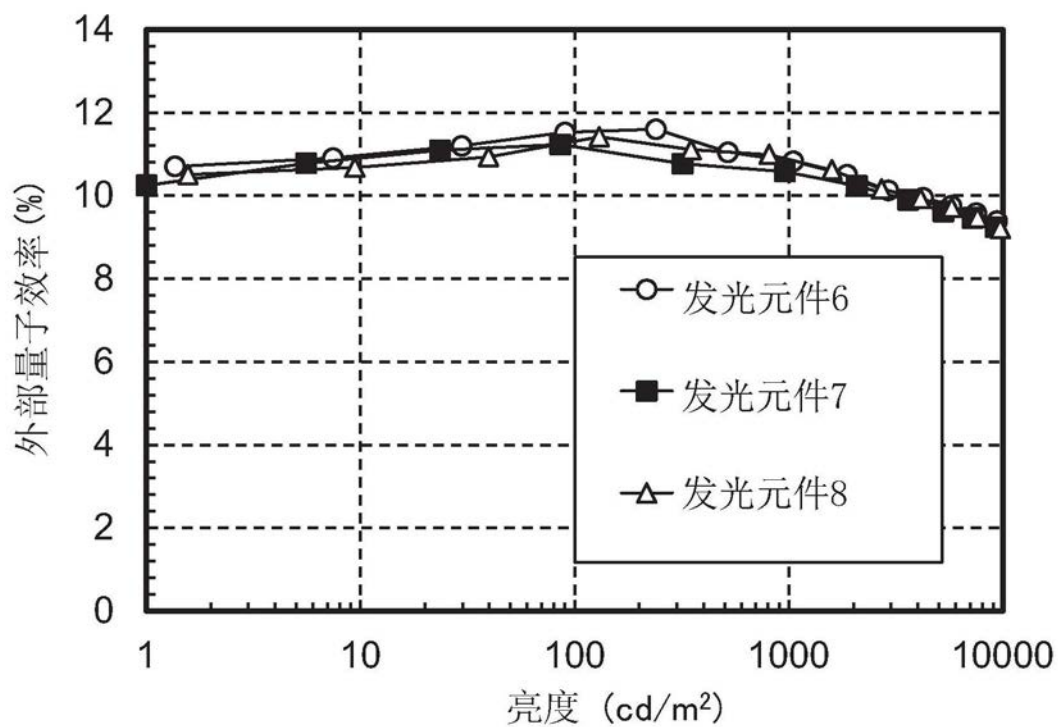


图46

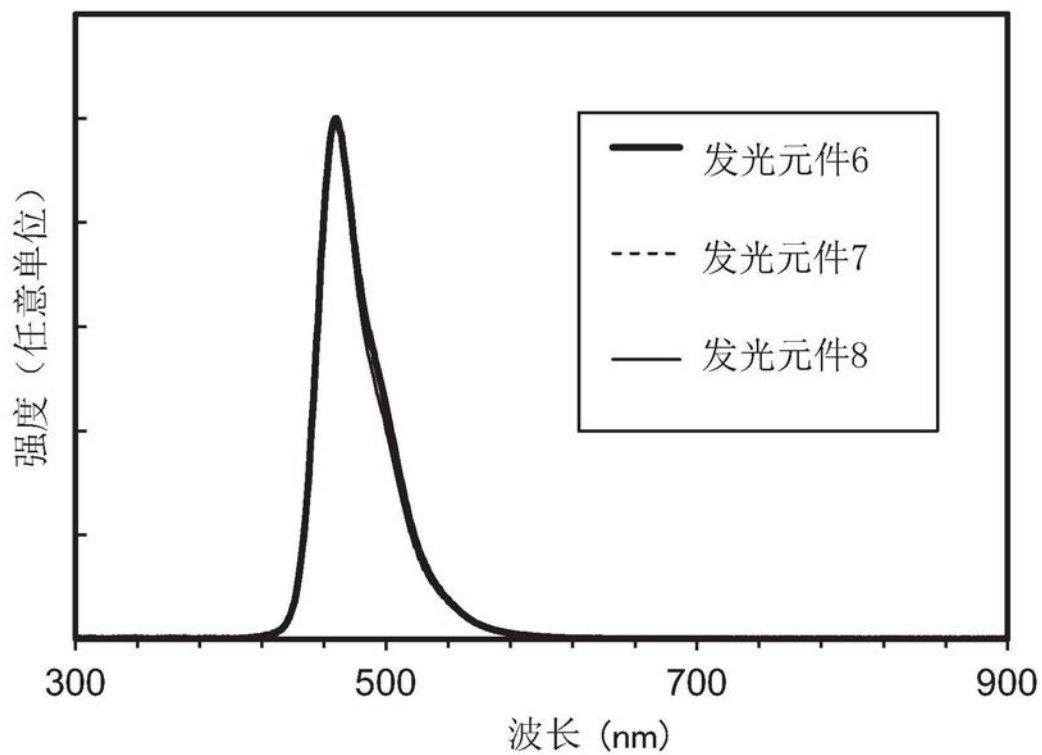


图47

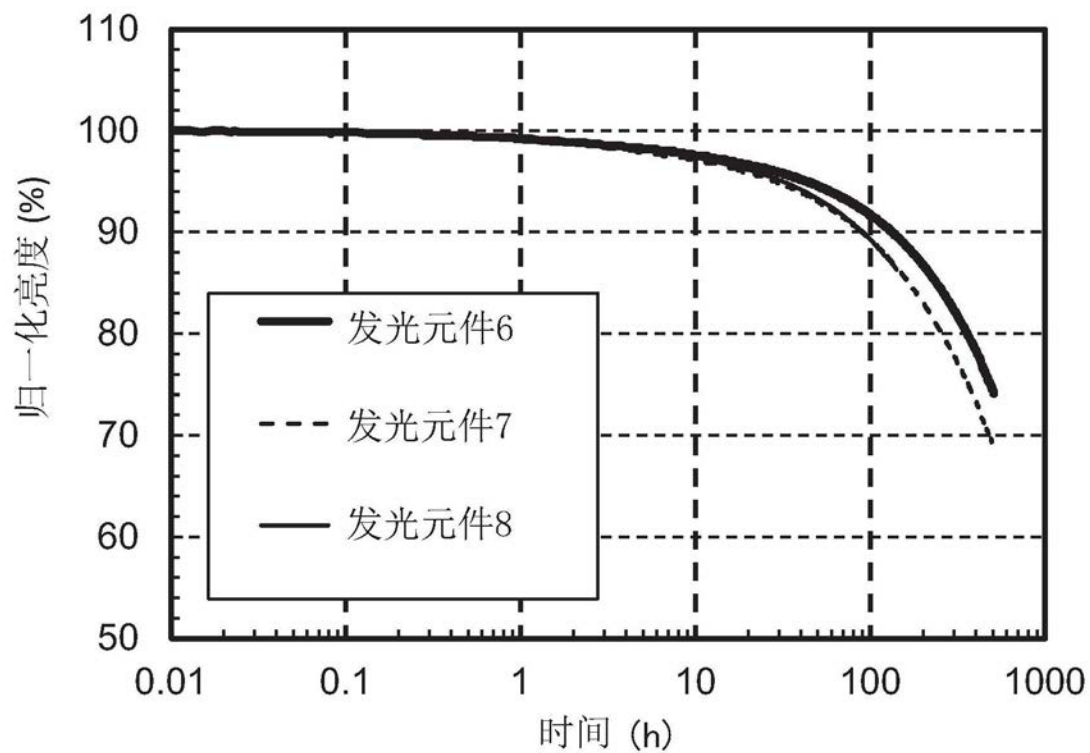


图48

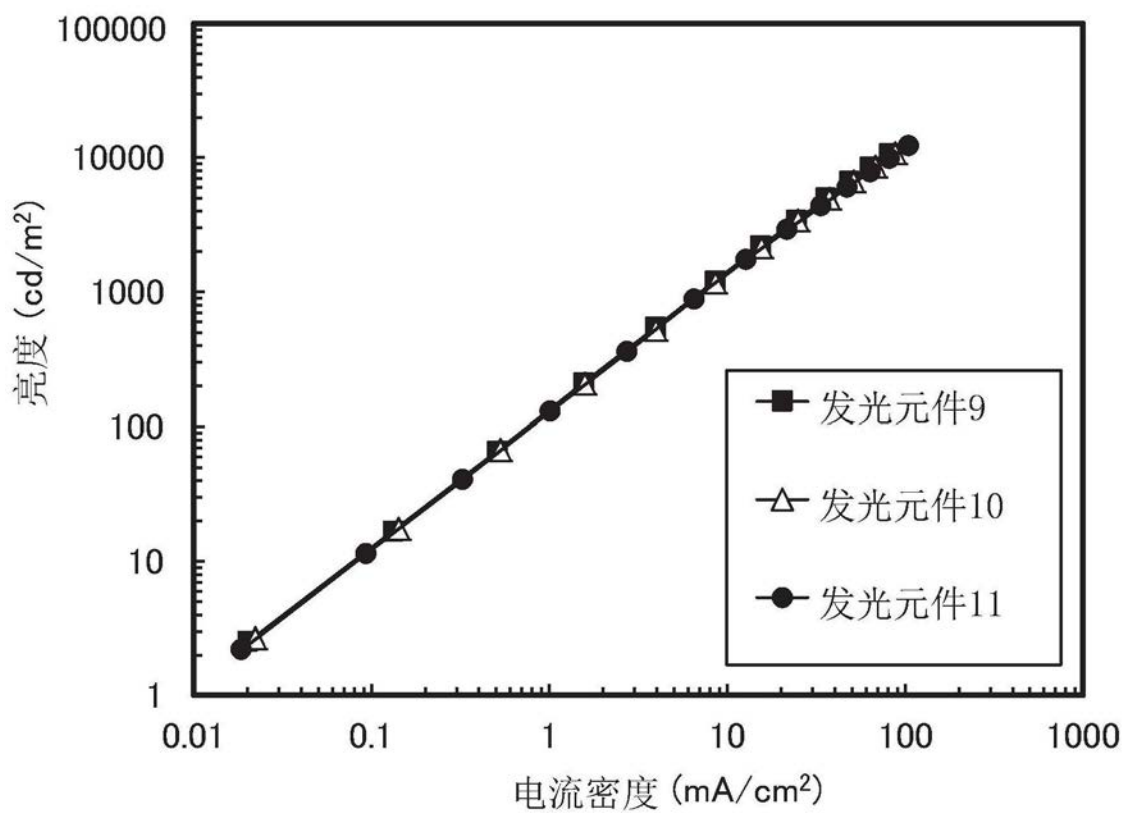


图49

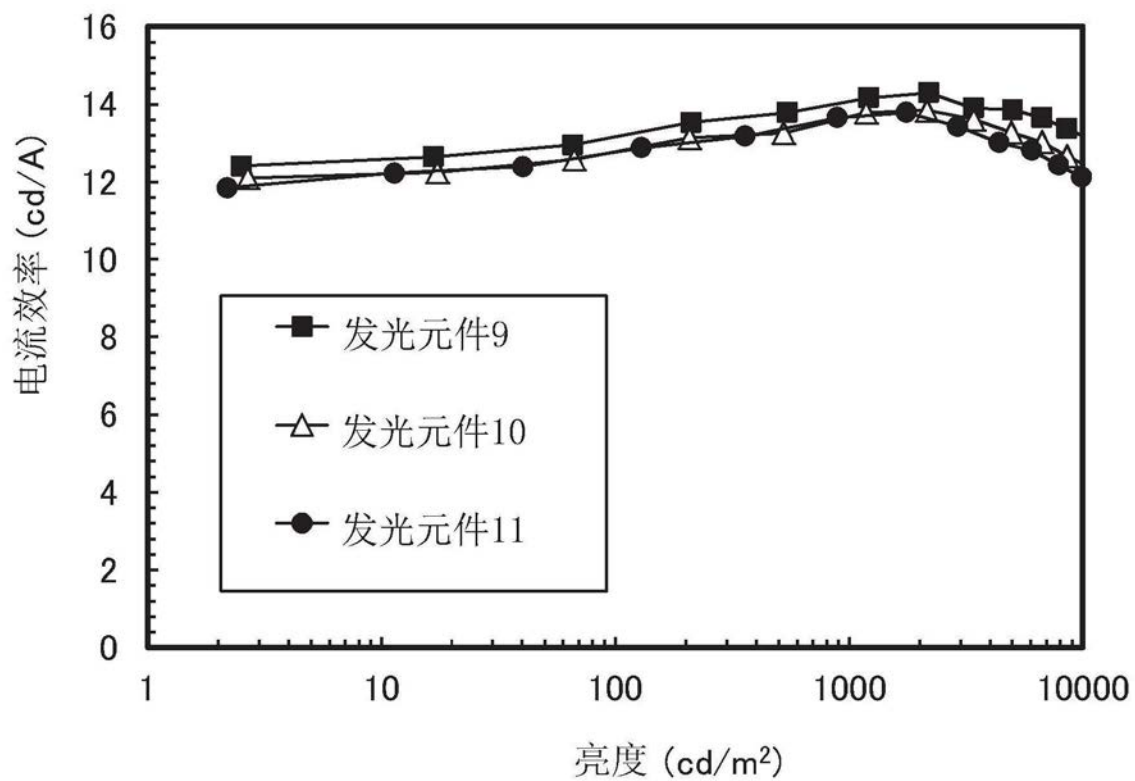


图50

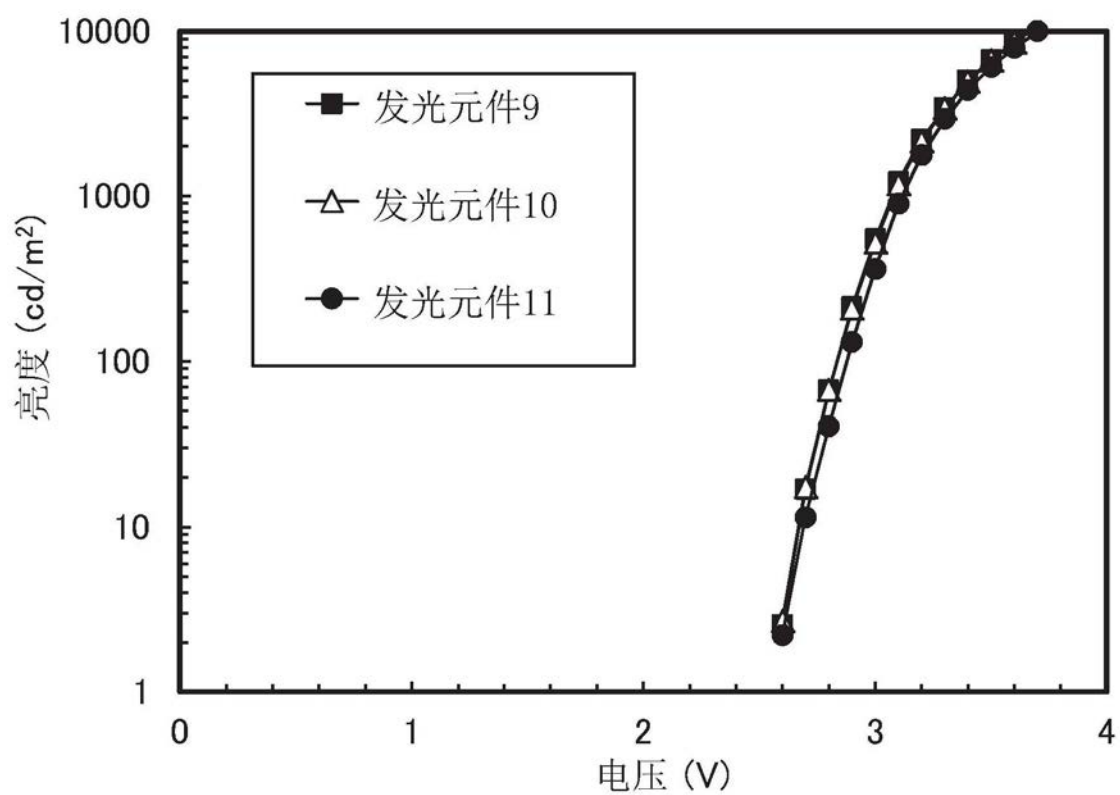


图51

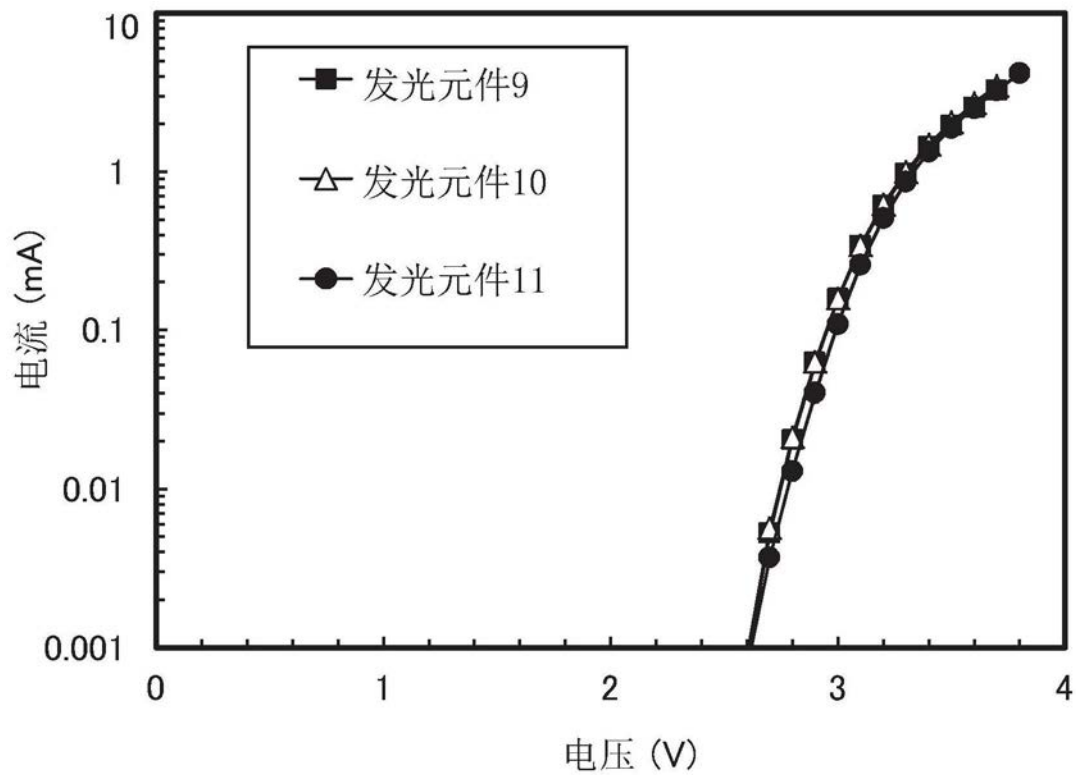


图52

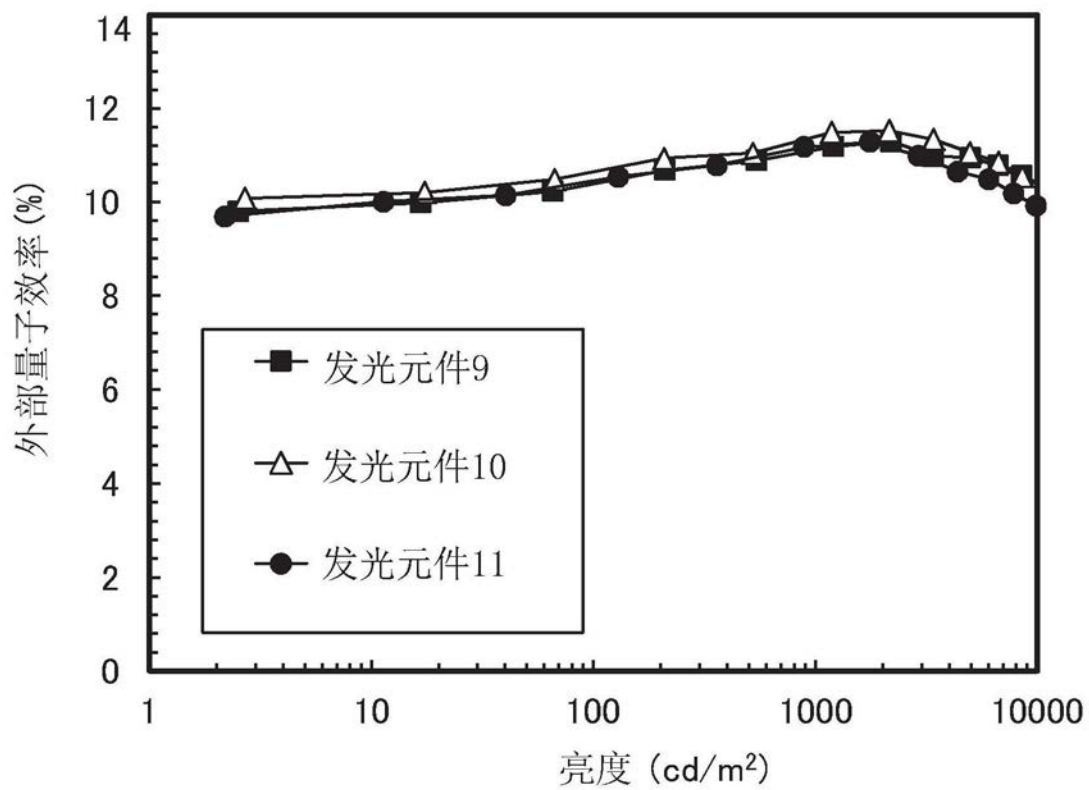


图53

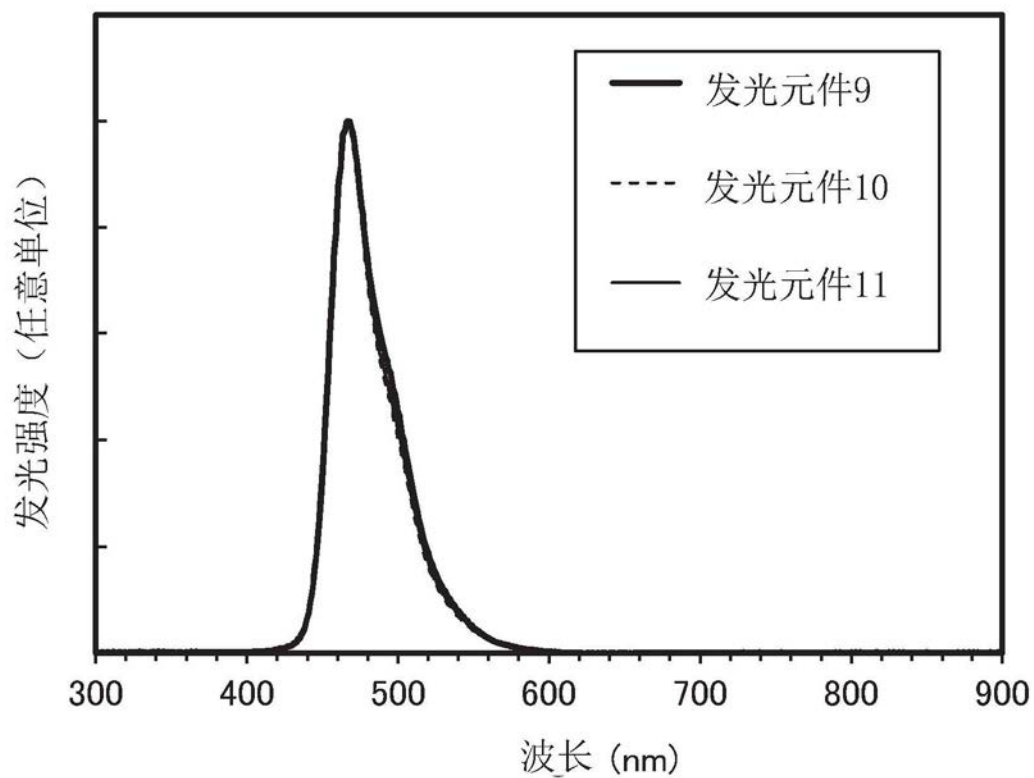


图54

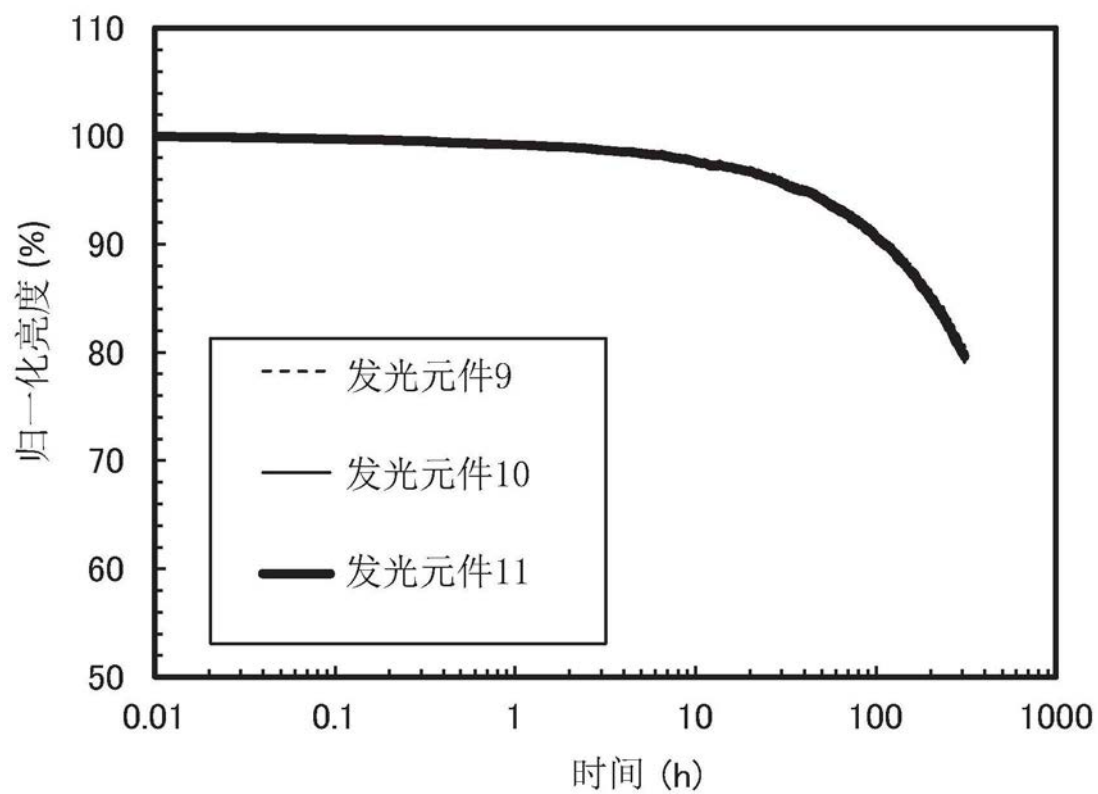


图55

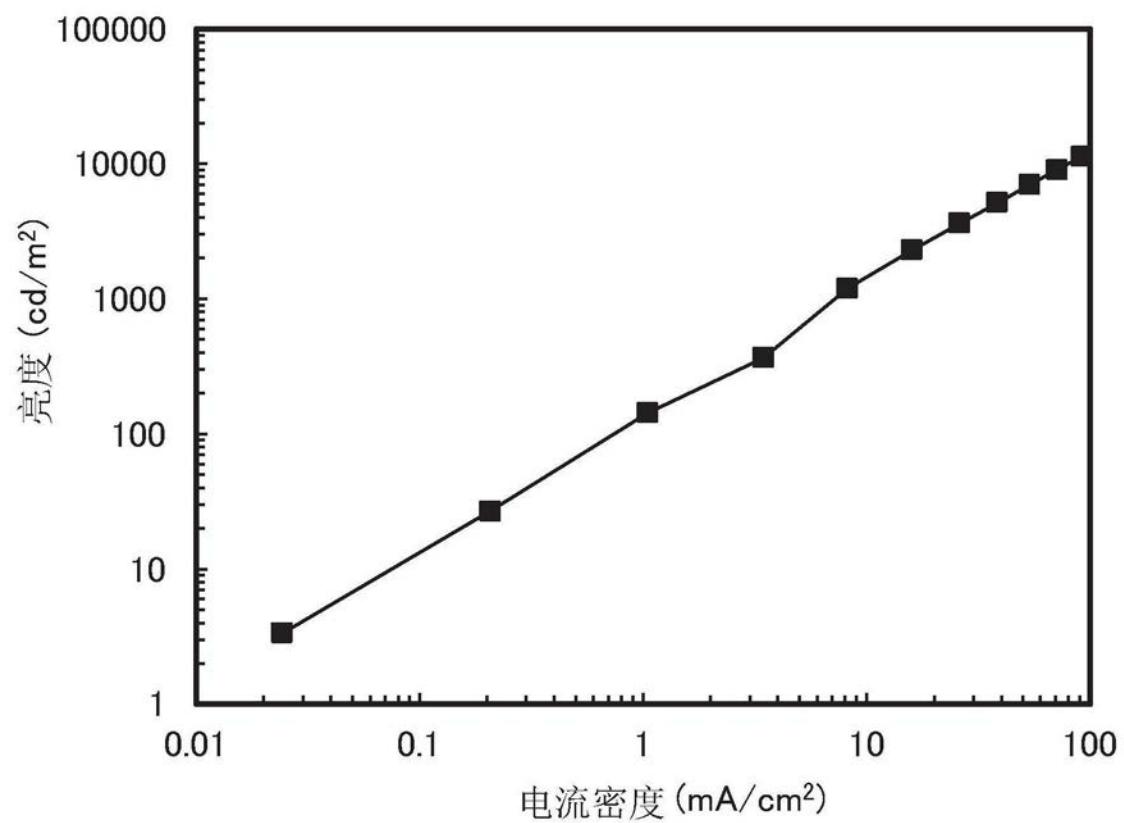


图56

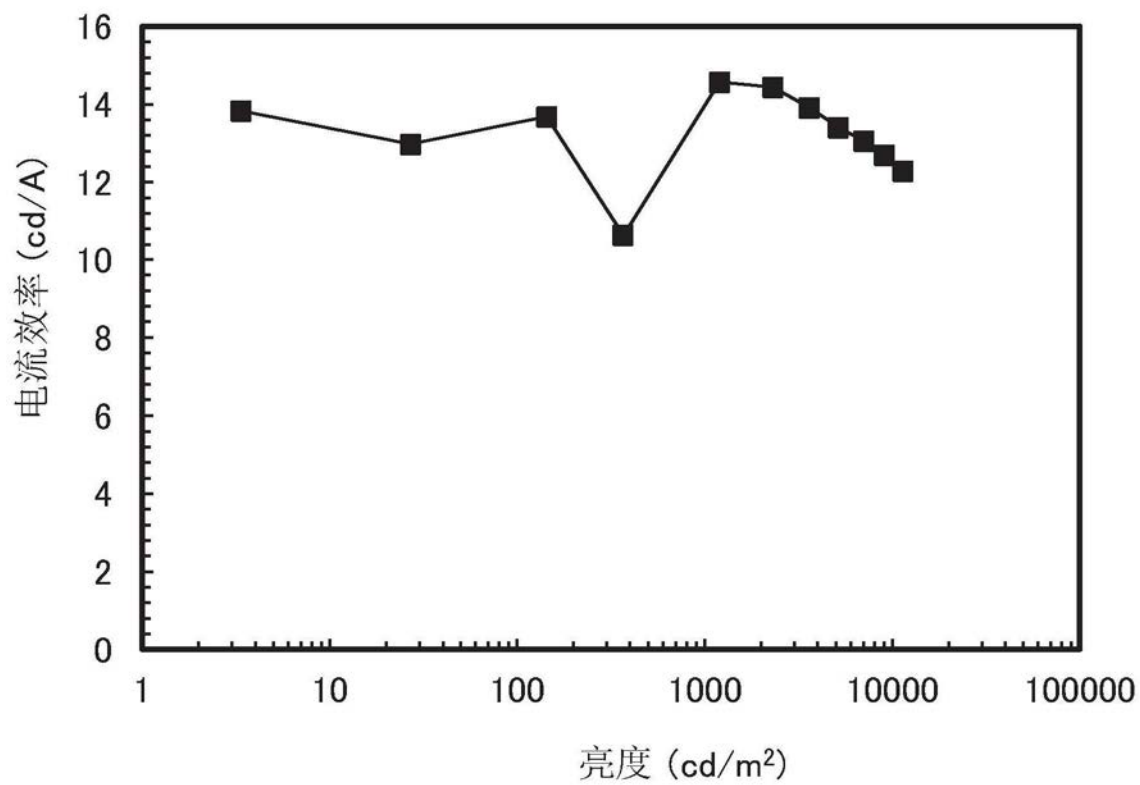


图57

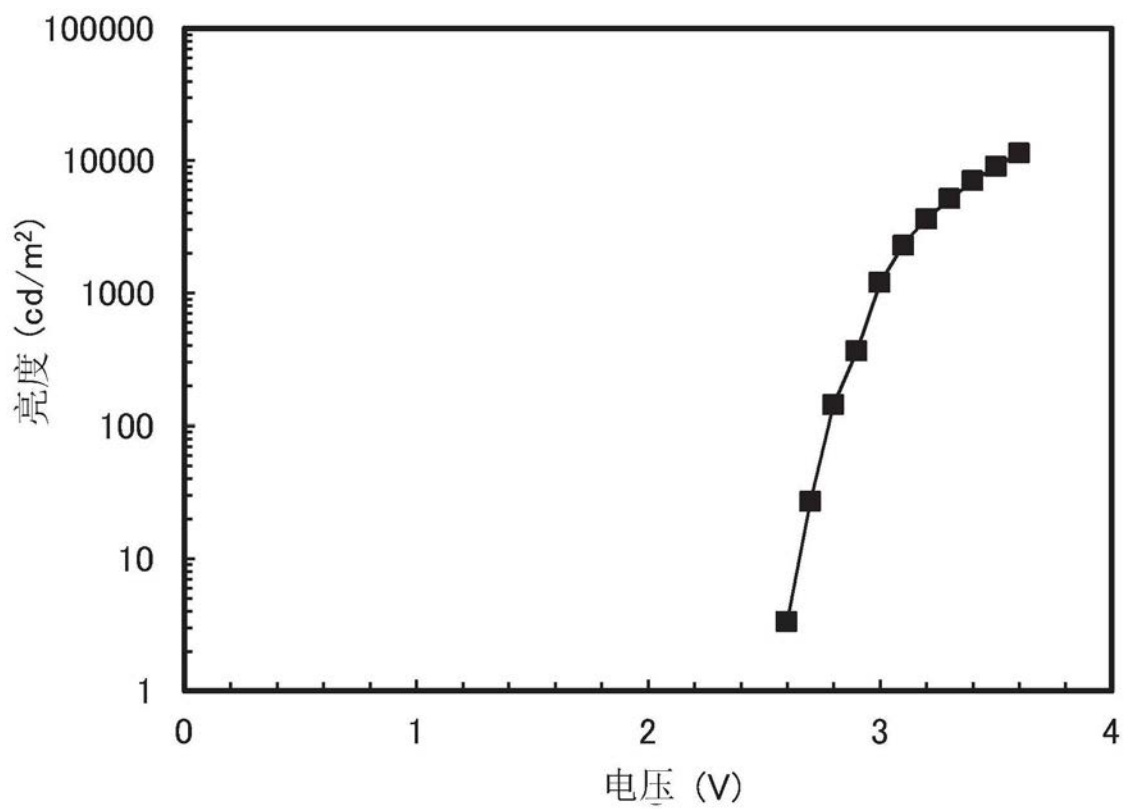


图58

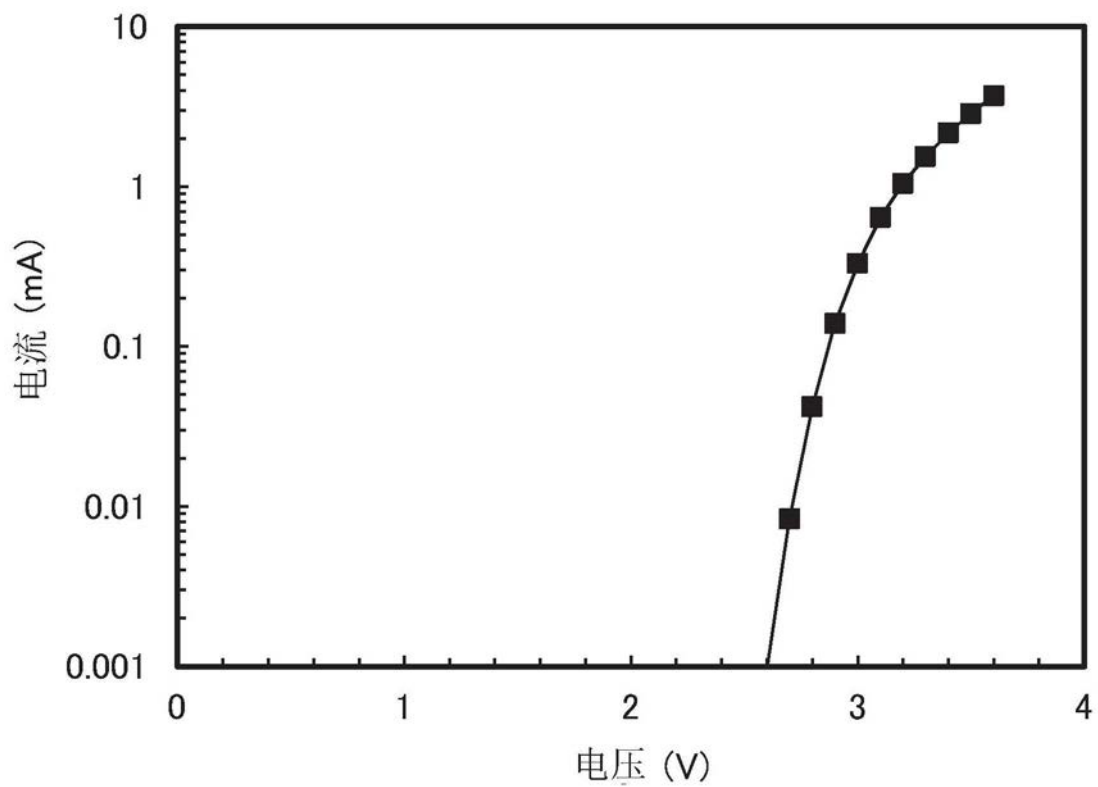


图59

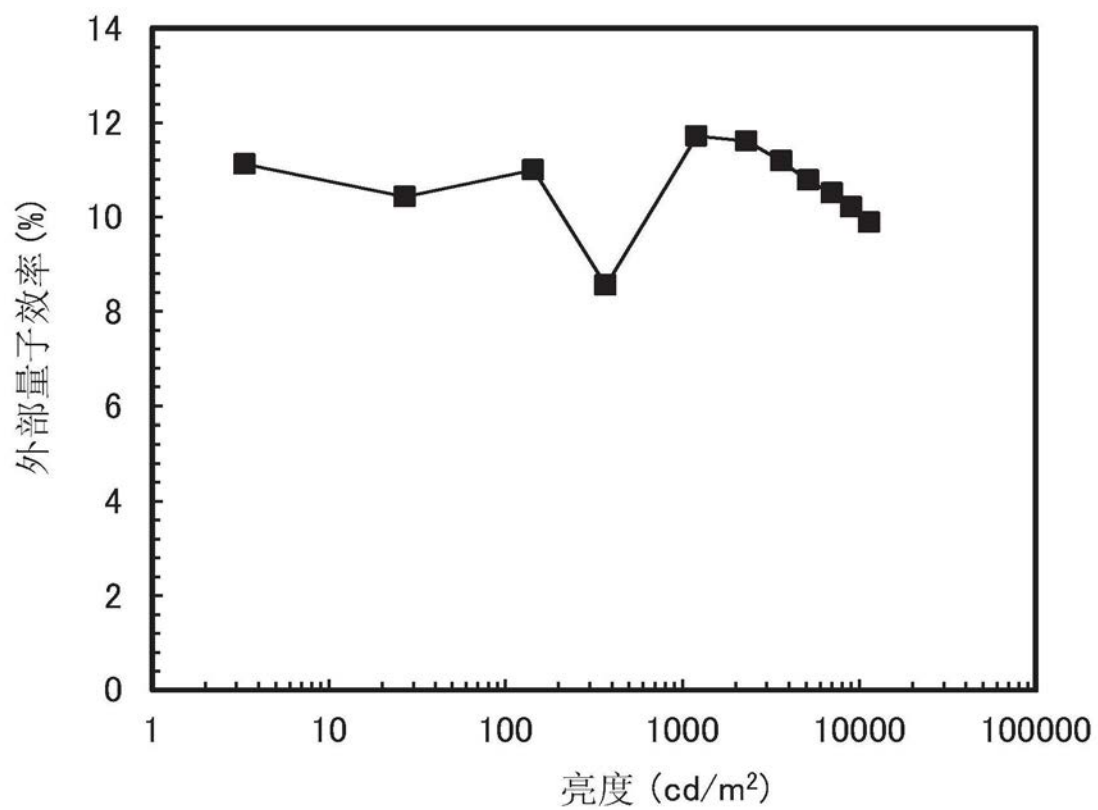


图60

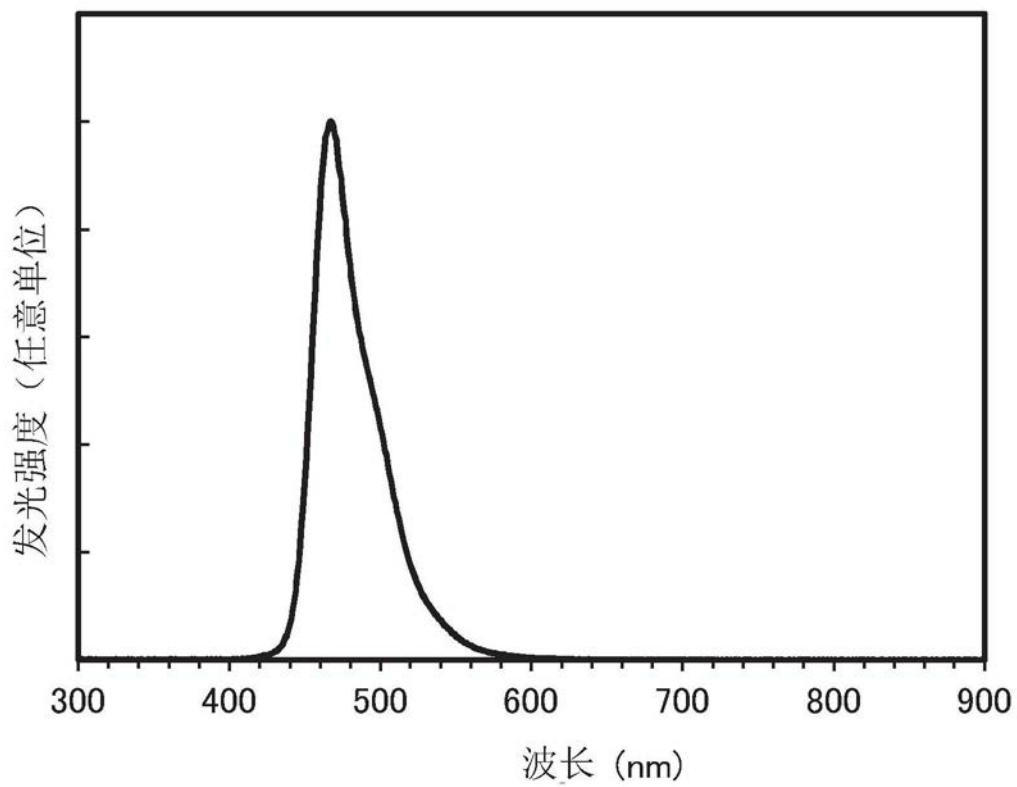


图61

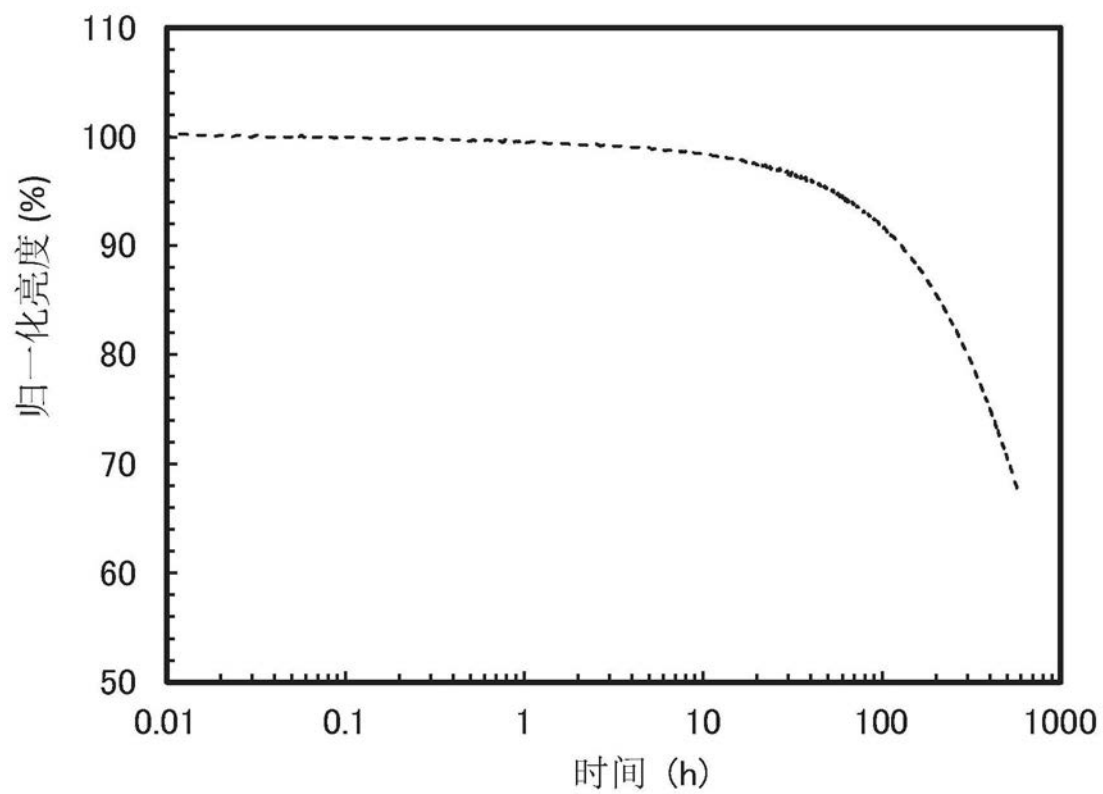


图62

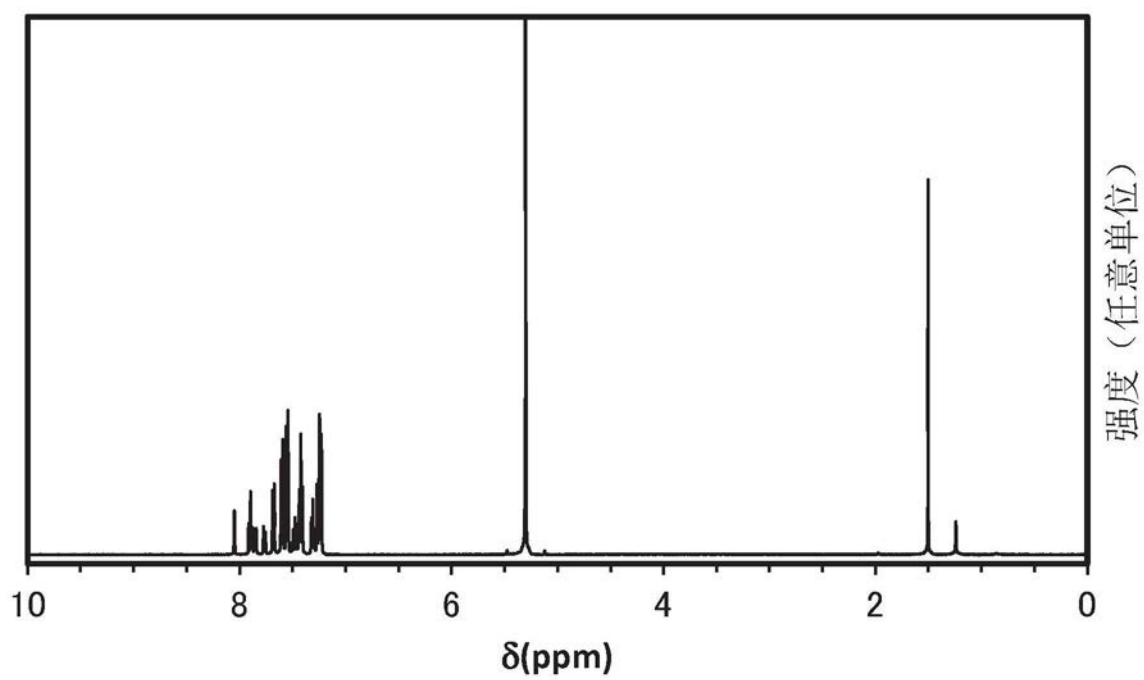


图63A

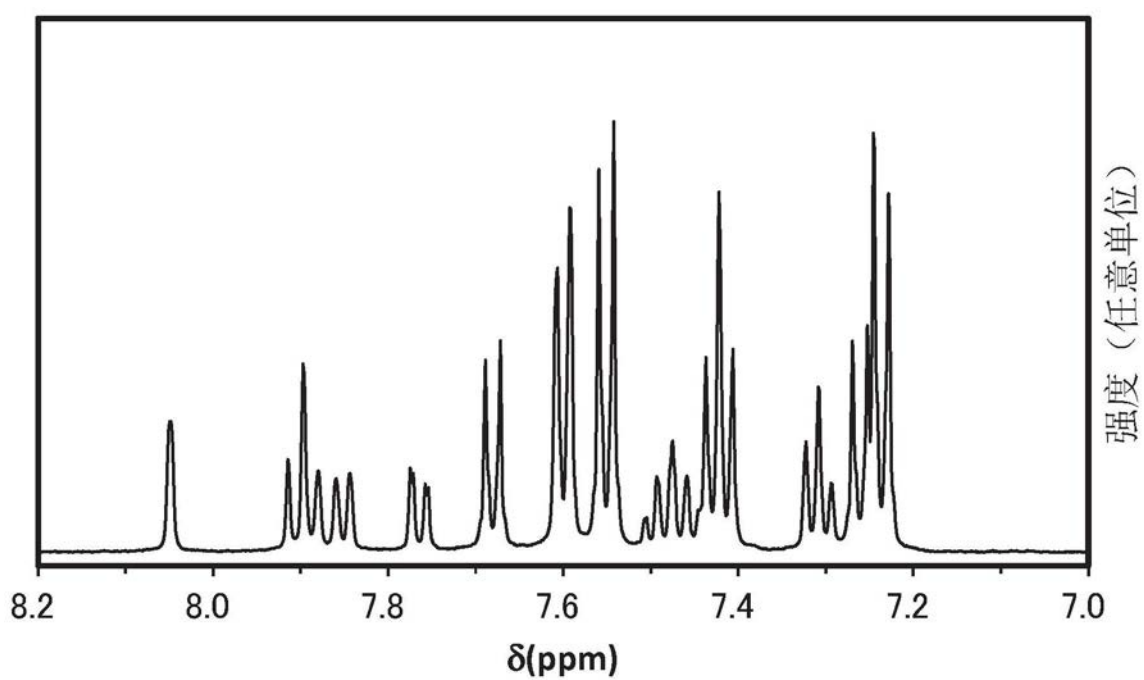


图63B

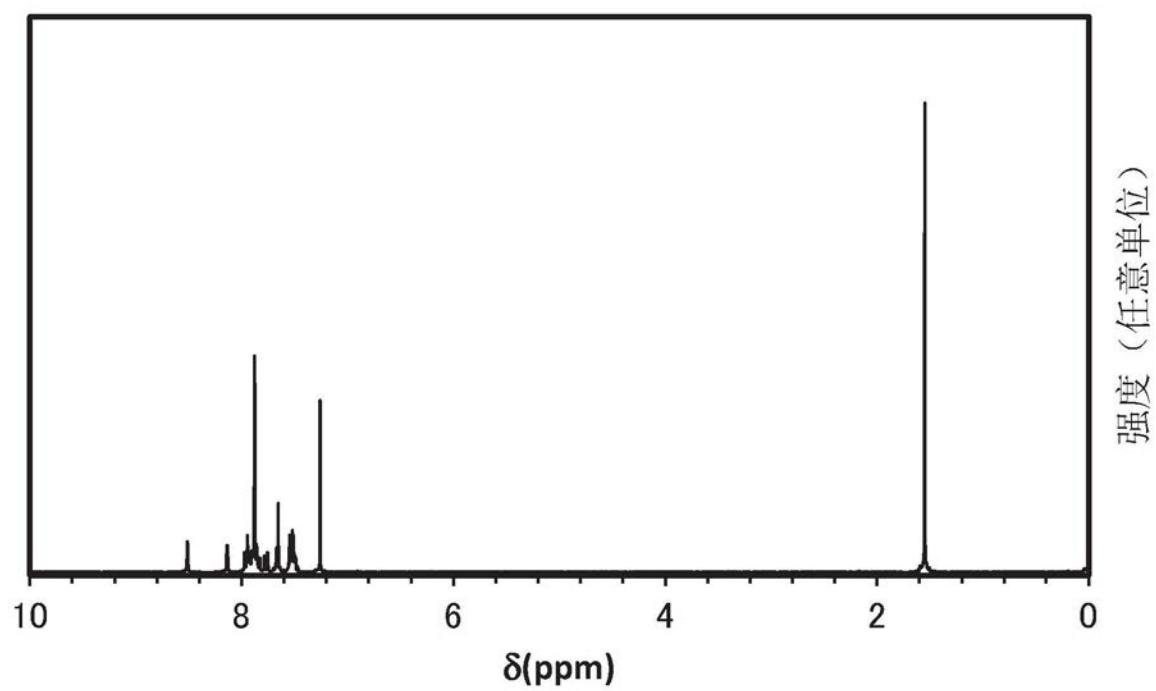


图64A

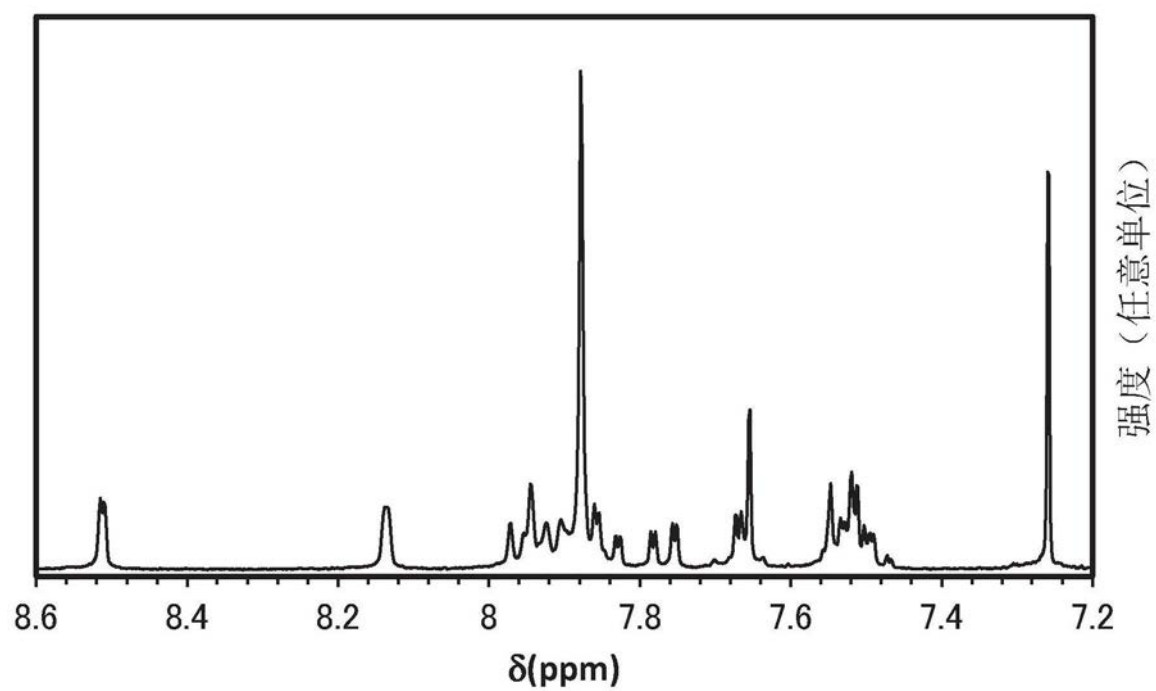


图64B

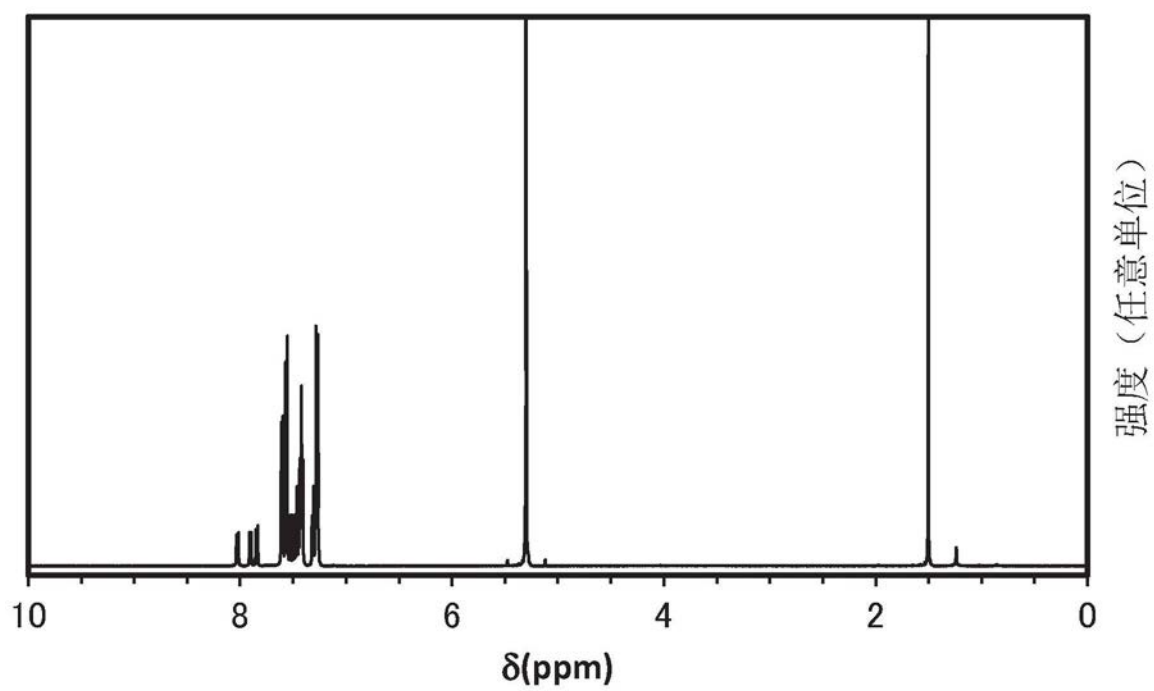


图65A

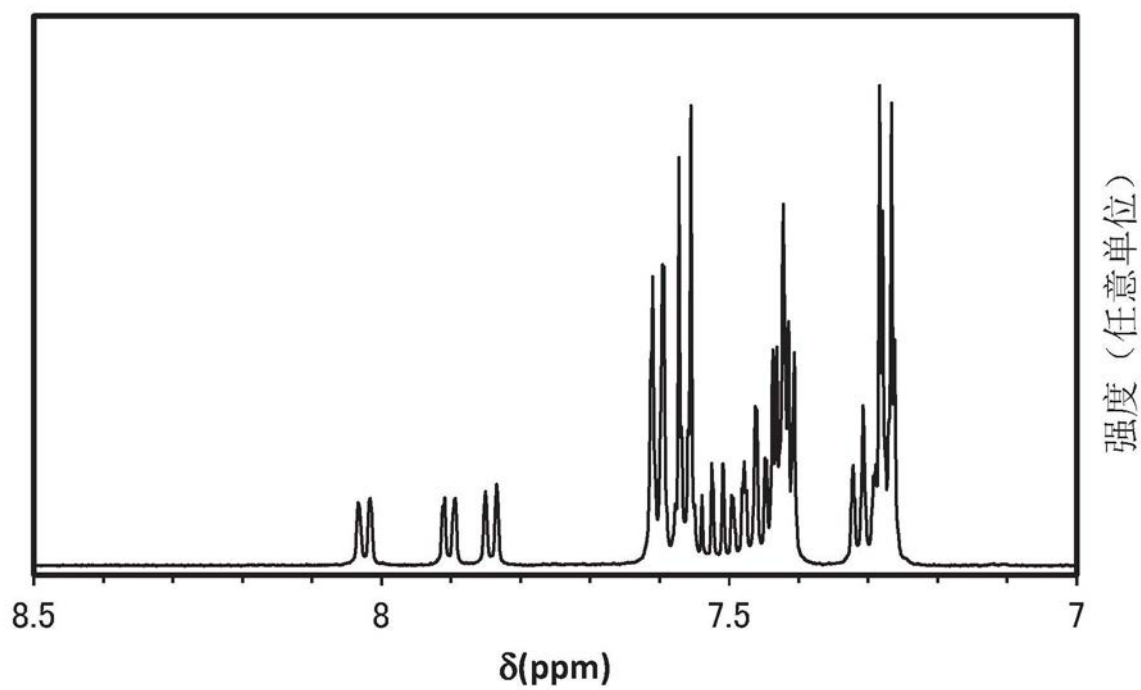


图65B

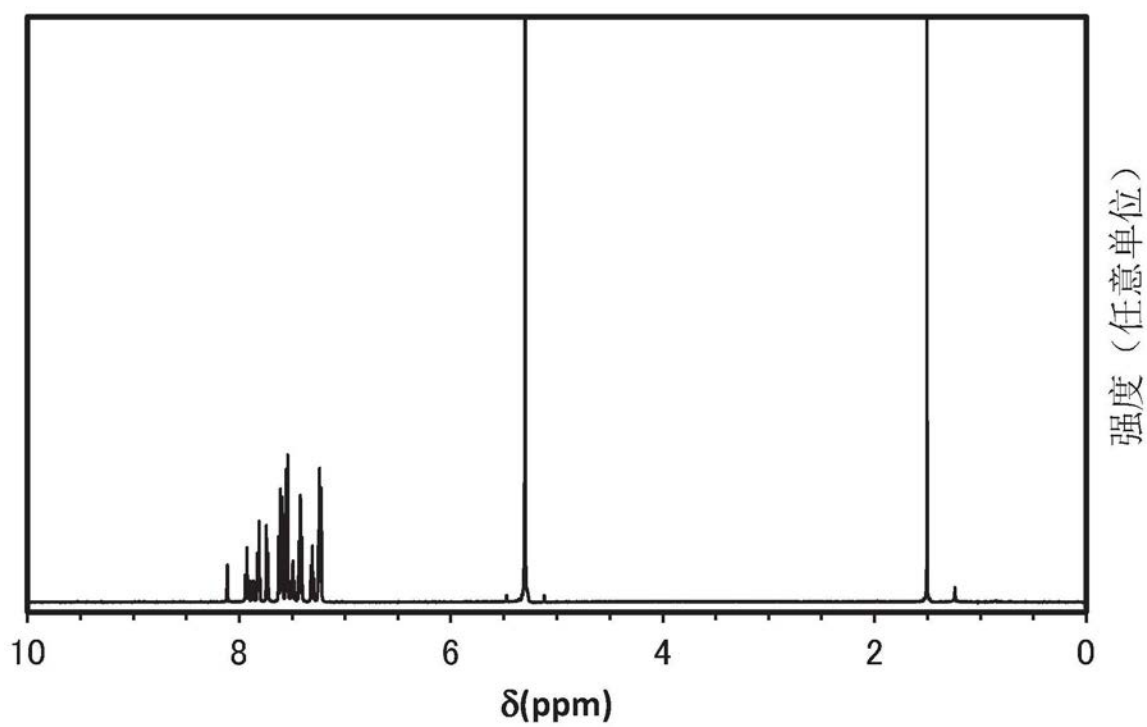


图66A

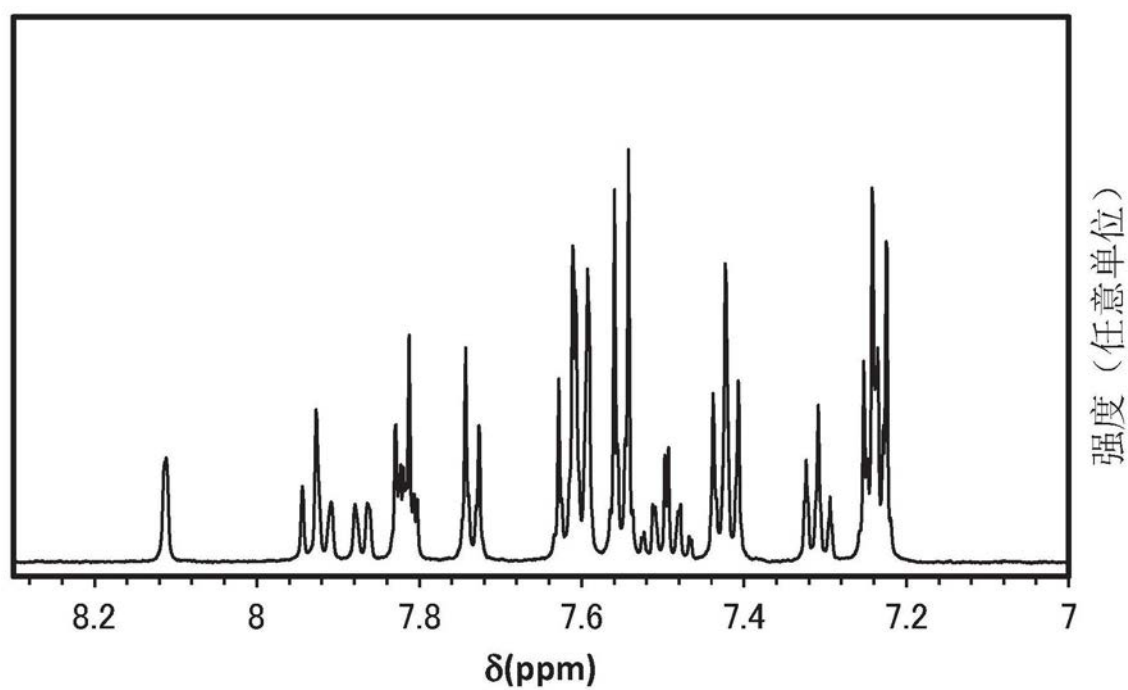


图66B

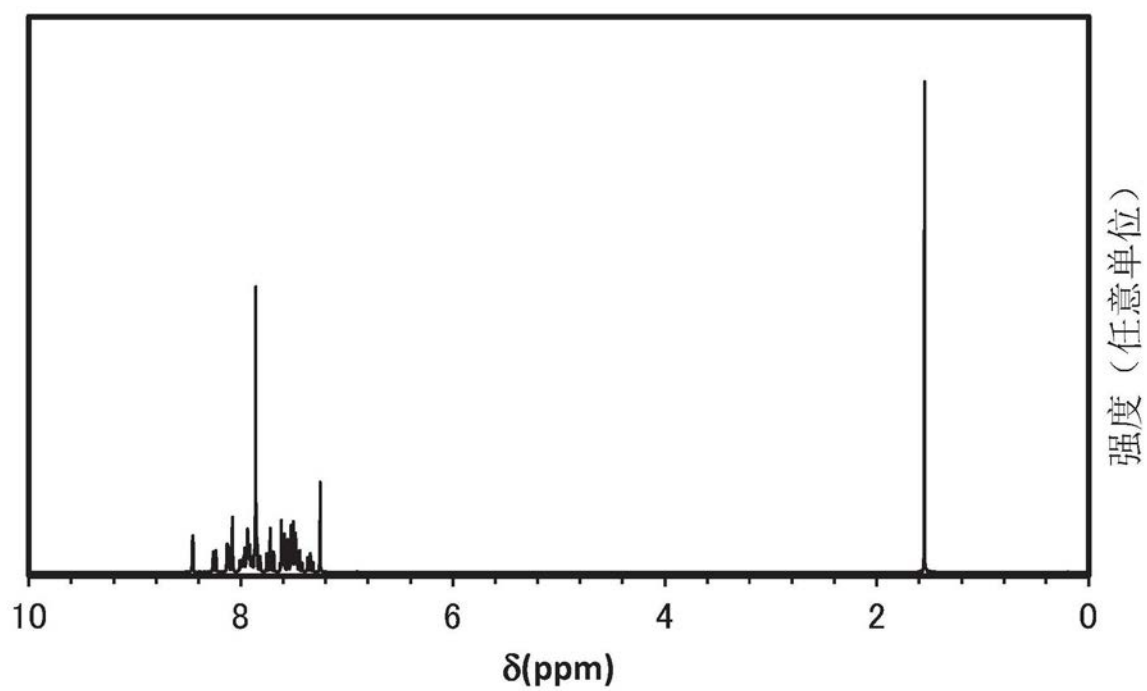


图67A

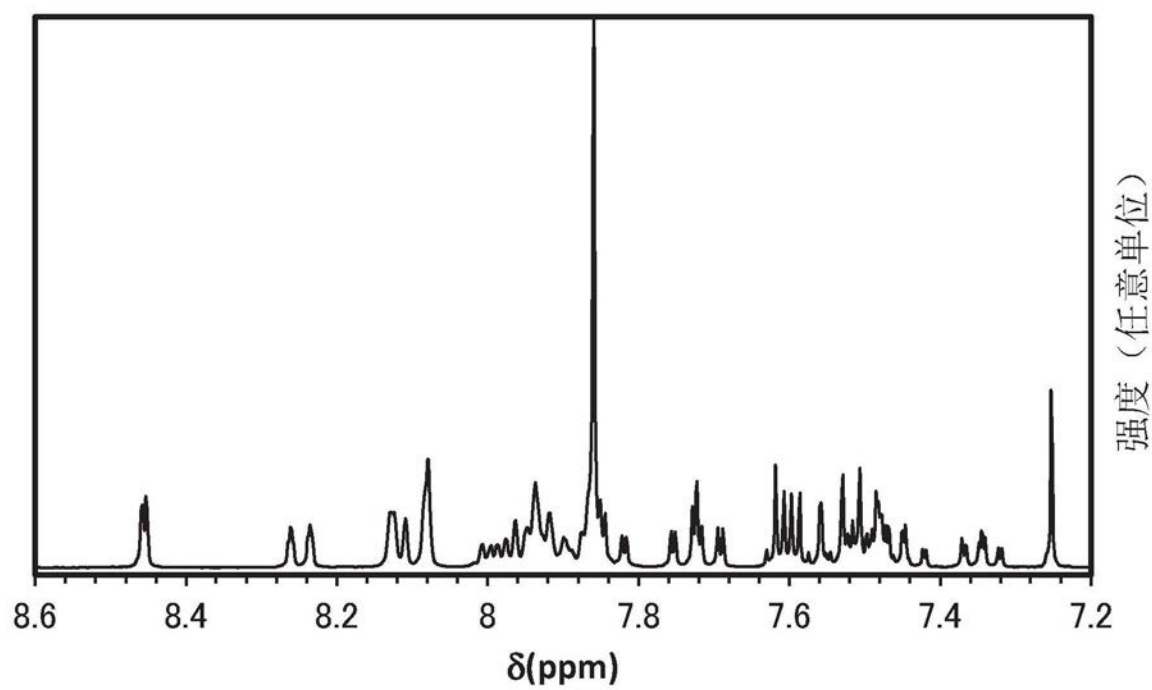


图67B