



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103765624 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 17

(21) 申请号 201280041825. 7

(22) 申请日 2012. 08. 07

(30) 优先权数据

2011-188235 2011. 08. 31 JP

2012-144180 2012. 06. 27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 02. 27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/070587 2012. 08. 07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/031527 EN 2013. 03. 07

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川

(72) 发明人 濑尾哲史 下垣智子 铃木宏记

荻田香 久保田朋广 森久保都

北野靖

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 贾成功

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

C07D 405/10(2006. 01)

C07D 409/10(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102190653 A, 2011. 09. 21,

KR 10-2011-0042004 A, 2011. 04. 22,

JP 特开 2006-324650 A, 2006. 11. 30,

JP 特表 2011-511821 A, 2011. 04. 14,

审查员 丁钰丰

权利要求书2页 说明书85页 附图25页

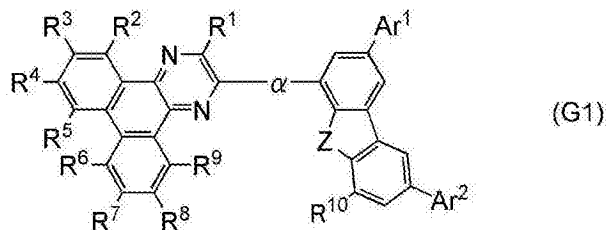
(54) 发明名称

发光元件、发光装置、电子设备、照明装置及杂环化合物

(57) 摘要

提供如下新的杂环化合物, 该杂环化合物具有优异的耐热性并能够用作发光物质(发射荧光的物质或发射磷光的物质)的主体材料。一种发光元件, 该发光元件包含如下杂环化合物, 该杂环化合物包含一个二苯并[f, h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环以及2至8个苯环。另外, 在上述结构中, 杂环化合物的分子量为大于或等于564且小于或等于1000。

1. 一种具有由通式(G1)表示的结构的杂环化合物,



其中,在所述式中:

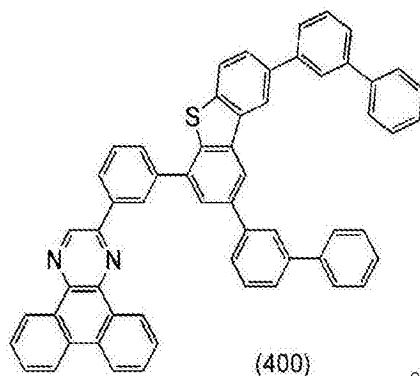
α 表示取代或未取代的亚苯基;

Ar^1 和 Ar^2 分别表示取代或未取代的联苯基;

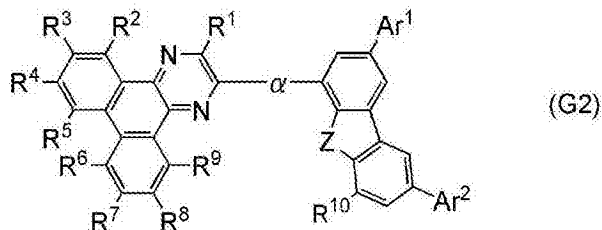
R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、碳数为1至4的烷基或取代或未取代的碳数为6至13的芳基;以及
Z表示氧或硫。

2. 根据权利要求1所述的杂环化合物,其中所述亚苯基是m-亚苯基。

3. 根据权利要求1所述的杂环化合物,其中所述杂环化合物由结构式(400)表示:



4. 一种具有由通式(G2)表示的结构的杂环化合物,



其中,在所述式中:

α 表示取代或未取代的联苯二基;

Ar^1 和 Ar^2 分别表示取代或未取代的苯基或取代或未取代的联苯基;

R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、碳数为1至4的烷基或取代或未取代的碳数为6至13的芳基;以及
Z表示氧或硫。

5. 根据权利要求4所述的杂环化合物,其中所述联苯二基是联苯-3,3'-二基。

6. 根据权利要求4所述的杂环化合物,其中所述杂环化合物由结构式(418)表示:

发光元件、发光装置、电子设备、照明装置及杂环化合物

技术领域

[0001] 本发明涉及一种发光元件、发光装置、电子设备、照明装置及杂环化合物。

背景技术

[0002] 近年来,对利用电致发光(electroluminescence:EL)的发光元件已广泛进行研究和开发。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物质的层。通过对该元件施加电压,可以获得来自发光物质的发光。

[0003] 这种发光元件是自发光型发光元件且例如在像素可见度高、不需要背光的方面上具有优于液晶显示器的优点;由此,发光元件被认为适合于平板显示器元件。发光元件在可以为薄且轻的方面上具有极大的优点。再者,非常高速的应答是这种元件的特征之一。

[0004] 此外,因为这种发光元件可以形成为膜状,所以可以容易提供面发光。因此,可以容易形成利用面发光的大面积元件。这是在使用以白炽灯和LED为代表的点光源或以荧光灯为代表的线光源时难以得到的特征。因此,上述发光元件作为可以应用于照明等的面光源也具有高潜力。

[0005] 根据发光物质是有机化合物或无机化合物,上述利用电致发光的发光元件可以被大致分类。在采用包含用作发光物质的有机化合物的层设置在一对电极之间的有机EL元件的情况下,通过对发光元件的电压施加,使来自阴极的电子和来自阳极的空穴注入到包含具有发光性能的有机化合物的层中,由此电流流过。所注入的电子和空穴此时使具有发光性能的有机化合物成为激发态,由此,从被激发的具有发光性能的有机化合物得到发光。

[0006] 由有机化合物形成的激发态可以是单重态激发态或三重态激发态。来自单重态激发态(S^*)的发光被称为荧光,来自三重态激发态(T^*)的发光被称为磷光。另外,在发光元件中的其统计学上的产生比率被认为如下: $S^*:T^*=1:3$ 。

[0007] 在将单重态激发态的能量转换成发光的化合物(以下,称为荧光化合物)中,在室温下,仅观察到来自单重态激发态的发光(荧光),观察不到来自三重态激发态的发光(磷光)。因此,基于1:3的 $S^*:T^*$ 比率,使用荧光化合物的发光元件的内部量子效率(所产生的光子对所注入的载流子的比率)被认为具有25%的理论极限。

[0008] 与此相反,在将三重态激发态的能量转换成发光的化合物(以下,称为磷光化合物)中,观察到来自三重态激发态的发光(磷光)。此外,在磷光化合物中,由于容易发生系间穿越(即,从单重态激发态至三重态激发态的跃迁),理论上的内部量子效率能够增加到75%至100%。换句话说,发光效率可以为荧光化合物的3倍至4倍。由于这个理由,为了实现高效率的发光元件,现在已在对使用磷光化合物的发光元件进行深入研究开发。

[0009] 当使用上述磷光化合物形成发光元件的发光层时,为了抑制磷光化合物中的浓度猝灭或由三重态-三重态湮灭导致的猝灭,通常以将所述磷光化合物分散在其它化合物的基质中的方式形成发光层。此时,作为基质的化合物被称为主体材料,分散在基质中的化合物诸如磷光化合物被称为客体材料。

[0010] 在磷光化合物为客体材料的情况下,主体材料需要具有比该磷光化合物大的三重

态激发能(比该磷光化合物大的基态和三重态激发态之间的能量差)。

[0011] 另外,由于单重态激发能(基态和单重态激发态之间的能量差)大于三重态激发能,所以具有大三重态激发能的物质也具有大单重态激发能。因此,上述具有大三重态激发能的物质对使用荧光化合物作为发光物质的发光元件亦有效。

[0012] 作为当磷光化合物为客体材料时使用的主体材料的例子,对具有二苯并[f,h]喹喔啉环的化合物已经进行了研究(例如,参照专利文献1及2)。

[0013] [参考文献]

[0014] [专利文献]

[0015] [专利文献1]国际专利公开第03/058667号

[0016] [专利文献2]日本专利申请公开第2007-189001号

发明内容

[0017] 根据本发明的一个方式,提供新的杂环化合物,该杂环化合物具有优异的耐热性并能够用作发光物质(发射荧光的物质或发射磷光的物质)的主体材料。另外,根据本发明的一个方式,提供具有优异的耐热性、低驱动电压、高电流效率和长寿命的发光元件。另外,根据本发明的一个方式,提供通过使用该发光元件使耗电量降低的发光装置、电子设备及照明装置。

[0018] 本发明的一个方式是包含杂环化合物的发光元件,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环以及2至8个苯环。

[0019] 另外,本发明的一个方式是包含杂环化合物的发光元件,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环及一个具有空穴传输骨架的环并且其分子量大于或等于564且小于或等于1000。通过使用本发明的一个方式的杂环化合物,利用真空蒸镀可以形成均匀的膜;但是,如果分子量太大,蒸镀温度升高,这导致产生热分解等问题。因此,分子量优选在上述范围内。另外,该杂环化合物优选包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环及2至8个苯环。

[0020] 本发明的另一个方式是包含杂环化合物的发光元件,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环及4至8个苯环。

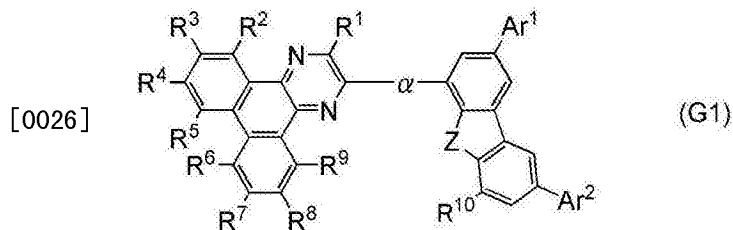
[0021] 另外,本发明的一个方式是包含杂环化合物的发光元件,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环及一个具有空穴传输骨架的环并且其分子量大于或等于716且小于或等于1000。通过使用本发明的一个方式的杂环化合物,利用真空蒸镀可以形成均匀的膜;但是,如果分子量太大,蒸镀温度升高,这导致产生热分解等问题。因此,分子量优选在上述范围内。另外,该杂环化合物优选包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环及4至8个苯环。

[0022] 在上述各结构中,具有空穴传输骨架的环是咔唑环、二苯并噻吩环或二苯并呋喃环。

[0023] 另外,在上述各结构中,杂环化合物具有联苯基或联苯二基。通过使用联苯骨架,可以提高耐热性。并且,联苯骨架形成庞大(bulky)的骨架,从而抑制晶化。从上述观点而言,m-联苯基或3,3'-联苯二基是尤其优选的。

[0024] 本发明的另一个方式是由下述通式(G1)表示的杂环化合物。

[0025] [化学式1]

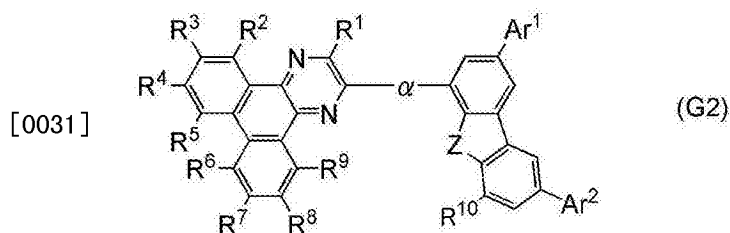


[0027] 在式中, α 表示取代或未取代的亚苯基, Ar^1 、 Ar^2 各表示取代或未取代的联苯基, R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、具有1至4个碳原子的烷基或取代或未取代的具有6至13个碳原子的芳基, 并且Z表示氧或硫。

[0028] 在上述结构中, 由 α 表示的亚苯基是m-亚苯基。

[0029] 本发明的另一个方式是由下述通式(G2)表示的杂环化合物。

[0030] [化学式2]

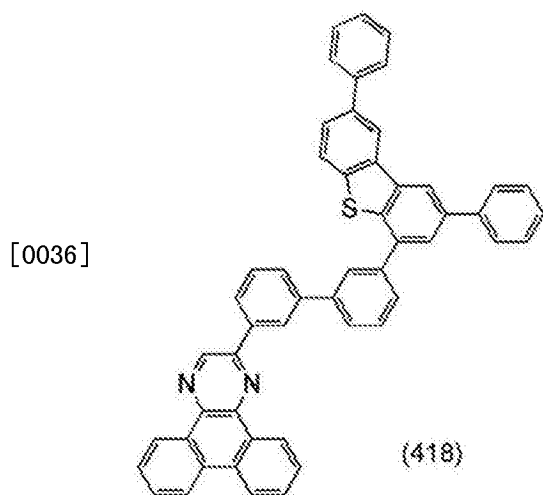


[0032] 在式中, α 表示取代或未取代的联苯二基, Ar^1 、 Ar^2 各表示取代或未取代的苯基或取代或未取代的联苯基, R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、具有1至4个碳原子的烷基或取代或未取代的具有6至13个碳原子的芳基, 并且Z表示氧或硫。

[0033] 在上述结构中, 由 α 表示的联苯二基是联苯-3,3'-二基。

[0034] 本发明的另一个方式是由下述结构式(418)表示的杂环化合物。

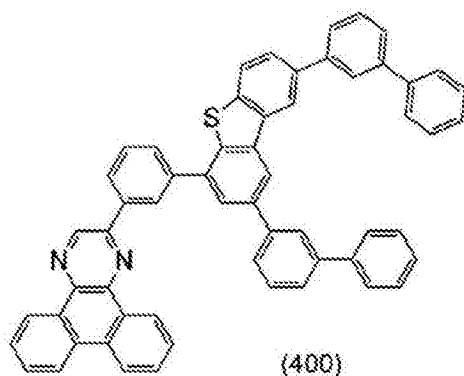
[0035] [化学式3]



[0037] 本发明的另一个方式是由下述结构式(400)表示的杂环化合物。

[0038] [化学式4]

[0039]



[0040] 根据本发明的任一个方式的杂环化合物除了二苯并[f,h]喹喔啉环以外还具有空穴传输骨架,由此容易接受空穴。另外,根据本发明的任一个方式的杂环化合物具有多个苯环,由此具有优异的耐热性。因此,通过使用根据本发明的任一个方式的杂环化合物作为发光层的主体材料,发光元件可以具有优异的耐热性,而且在发光层内电子和空穴重新结合,从而可以抑制发光元件的寿命降低。此外,空穴传输骨架的引入能够使根据本发明的任一个方式的杂环化合物具有三维庞大的结构,并且该杂环化合物当形成为膜时不易晶化。通过将该杂环化合物用于发光元件,该元件可以具有长寿命。而且,在上述杂环化合物中,在二苯并[f,h]喹喔啉环与空穴传输骨架通过苯环键合的情况下,与二苯并[f,h]喹喔啉环与空穴传输骨架直接键合的化合物相比,可以防止带隙及三重激发态能下降。通过将该杂环化合物用于发光元件,该元件可以具有高电流效率。因此,包含根据本发明的任一个方式的杂环化合物的发光元件也是本发明的一个方式。

[0041] 换言之,根据本发明的另一个方式是在一对电极之间具有EL层的发光元件,其中根据本发明的任一个方式的杂环化合物包含在EL层的发光层中。

[0042] 本发明的其它方式不仅是具有发光元件的发光装置,而且是各具有该发光装置的设备及照明装置。因此,本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(包括照明装置)。另外,发光装置在其范畴内包括如下模块:连接器诸如柔性印刷电路板(Flexible printed circuit:FPC)、载带自动键合(Tape Automated Bonding:TAB)带或载带封装(Tape Carrier Package:TCP)安装于发光装置的模块;具有在其边缘设置有印刷线路板的TAB带或TCP的模块;以及具有以玻璃上芯片(Chip On Glass:COG)方式直接安装在发光元件上的集成电路(IC)的模块。

[0043] 根据本发明的一个方式,可以提供新的杂环化合物,该杂环化合物具有优异的耐热性并能够用作发光物质(发射荧光的物质或发射磷光的物质)的主体材料。另外,根据本发明的一个方式,可以提供具有优异的耐热性、低驱动电压、高电流效率且长寿命的发光元件。另外,根据本发明的一个方式,可以提供通过使用上述发光元件使耗电量降低了的发光装置、电子设备及照明装置。

附图说明

[0044] 在附图中:

[0045] 图1说明发光元件的结构;

[0046] 图2说明发光元件的结构;

[0047] 图3A和3B都说明发光元件的结构;

- [0048] 图4说明发光装置；
- [0049] 图5A和5B说明发光装置；
- [0050] 图6A至6D都说明电子设备；
- [0051] 图7A至7C说明电子设备；
- [0052] 图8说明照明装置；
- [0053] 图9示出由结构式(418)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱；
- [0054] 图10示出由结构式(400)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱；
- [0055] 图11说明发光元件；
- [0056] 图12示出发光元件1的亮度-电流密度特性；
- [0057] 图13示出发光元件1的亮度-电压特性；
- [0058] 图14示出发光元件1的电流效率-亮度特性；
- [0059] 图15示出发光元件1的发射光谱；
- [0060] 图16示出发光元件2及比较发光元件的80℃保存测试的结果；
- [0061] 图17示出发光元件3及比较发光元件的80℃保存测试的结果；
- [0062] 图18示出80℃保存测试的结果；
- [0063] 图19示出由结构式(418)表示的杂环化合物的LC-MS测定结果；
- [0064] 图20示出由结构式(400)表示的杂环化合物的LC-MS测定结果；
- [0065] 图21示出由结构式(103)表示的杂环化合物的LC-MS测定结果；
- [0066] 图22A和22B都示出由结构式(113)表示的杂环化合物的LC-MS测定结果；
- [0067] 图23示出发光元件4的亮度-电流密度特性；
- [0068] 图24示出发光元件4的亮度-电压特性；
- [0069] 图25示出发光元件4的电流效率-亮度特性的图；
- [0070] 图26示出发光元件4的发射光谱；
- [0071] 图27示出发光元件4的100℃保存测试的结果；
- [0072] 图28示出100℃保存测试的结果；
- [0073] 图29A和29B示出由结构式(131)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱；
- [0074] 图30A和30B都示出由结构式(131)表示的杂环化合物的LC-MS测定结果；
- [0075] 图31示出由结构式(400)表示的杂环化合物的TOF-SIMS(正离子)测定结果；
- [0076] 图32示出由结构式(103)表示的杂环化合物的TOF-SIMS(负离子)测定结果；
- [0077] 图33示出由结构式(113)表示的杂环化合物的TOF-SIMS(正离子)测定结果；
- [0078] 图34A和34B示出由结构式(203)表示的杂环化合物的¹H-NMR谱；
- [0079] 图35示出由结构式(203)表示的杂环化合物的LC-MS测定结果。

具体实施方式

[0080] 下面,参照附图详细地说明本发明的实施方式及实施例。注意,本发明不局限于以下说明的内容,在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此,本发明不应该被解释为仅限定在下面所示的实施方式及实施例的内容中。

[0081] 实施方式1

[0082] 在本实施方式中,将说明本发明的一个方式的发光元件。

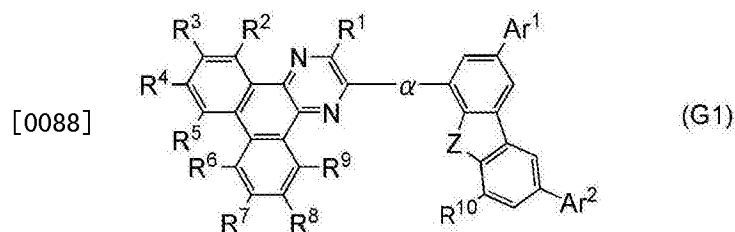
[0083] 根据本发明的一个方式的发光元件包含杂环化合物,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环及苯环、以及2至8个苯环。由于能够提高化合物的耐热性,所以苯环的数量优选为2至8。从耐热性的观点而言,根据本发明的一个方式的发光元件优选包含杂环化合物,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环及一个具有空穴传输骨架的环并且其分子量大于或等于564且小于或等于1000。另外,尤其在将该杂环化合物用于发光元件的发光层的情况下,上述效果显著地得到。

[0084] 为了进一步提高化合物的耐热性,根据本发明的一个方式的发光元件可以包含杂环化合物,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环、以及4至8个苯环。从耐热性的观点而言,根据本发明的一个方式的发光元件优选包含杂环化合物,该杂环化合物包含一个二苯并[f,h]喹喔啉环及一个具有空穴传输骨架的环并且其分子量大于或等于716且小于或等于1000。

[0085] 包含在上述发光元件中的杂环化合物具有联苯基或联苯二基。作为具有空穴传输骨架的环,使用咔唑环、二苯并噻吩环或二苯并呋喃环。

[0086] 根据本发明的一个方式是由通式(G1)表示的杂环化合物。

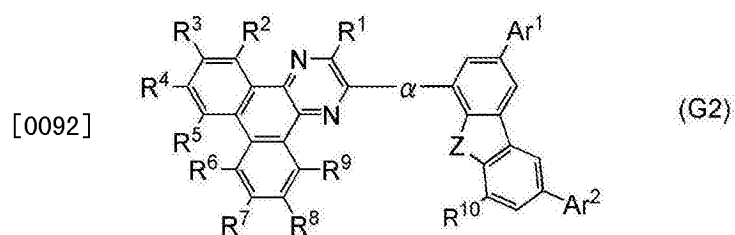
[0087] [化学式5]



[0089] 在通式(G1)中, α 表示取代或未取代的亚苯基, Ar^1 和 Ar^2 都表示取代或未取代的联苯基, R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、具有1至4个碳原子的烷基或取代或未取代的具有6至13个碳原子的芳基,并且Z表示氧或硫。

[0090] 根据本发明的一个方式是由通式(G2)表示的杂环化合物。

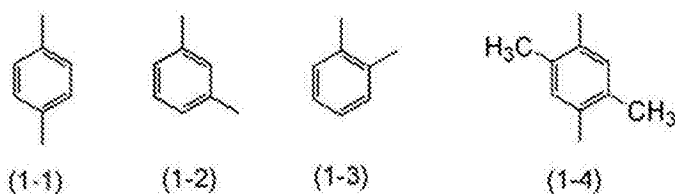
[0091] [化学式6]



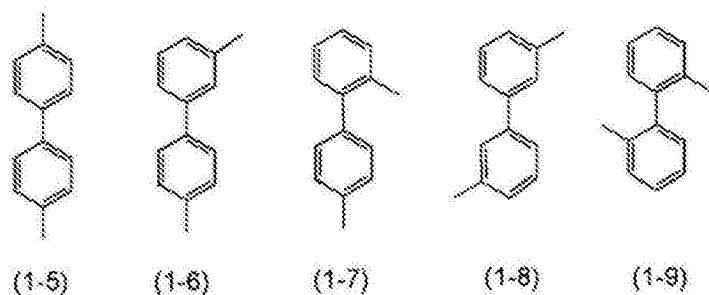
[0093] 在通式(G2)中, α 表示取代或未取代的联苯二基, Ar^1 和 Ar^2 都表示取代或未取代的苯基或取代或未取代的联苯基, R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、具有1至4个碳原子的烷基或取代或未取代的具有6至13个碳原子的芳基,并且Z表示氧或硫。

[0094] 作为通式(G1)或(G2)中的 α 的具体结构,例如有由结构式(1-1)至(1-9)表示的取代基。

[0095] [化学式7]

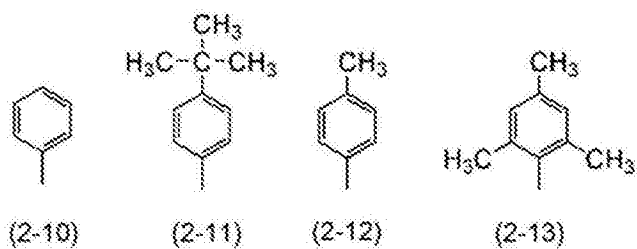


[0096]

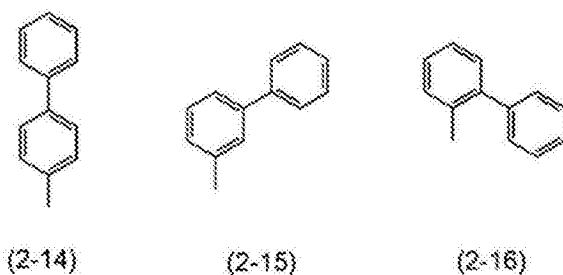


[0097] 作为通式(G1)或(G2)中的 Ar^1 和 Ar^2 的具体结构,例如有由结构式(2-10)至(2-16)表示的取代基。

[0098] [化学式8]

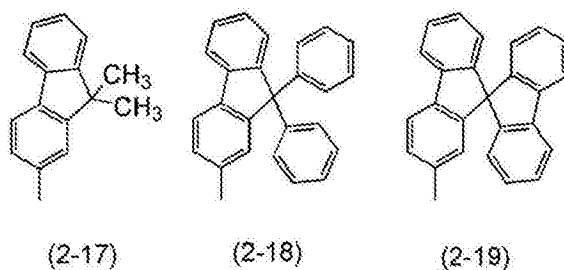
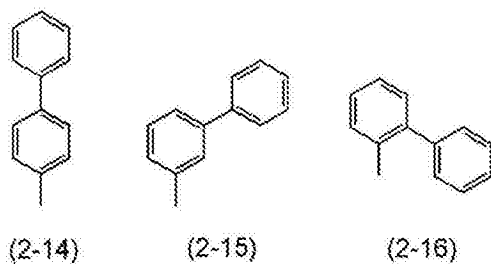
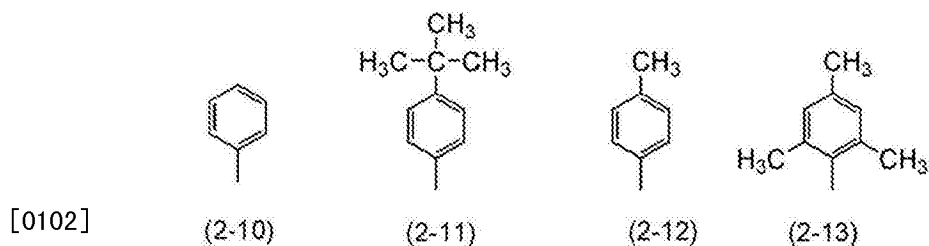
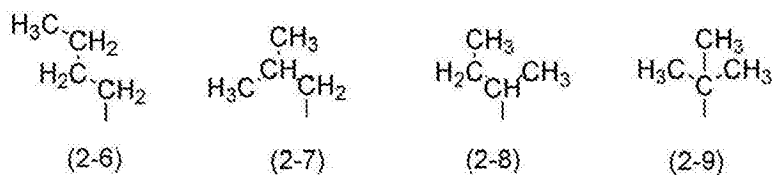
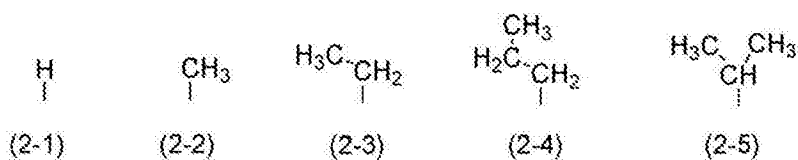


[0099]



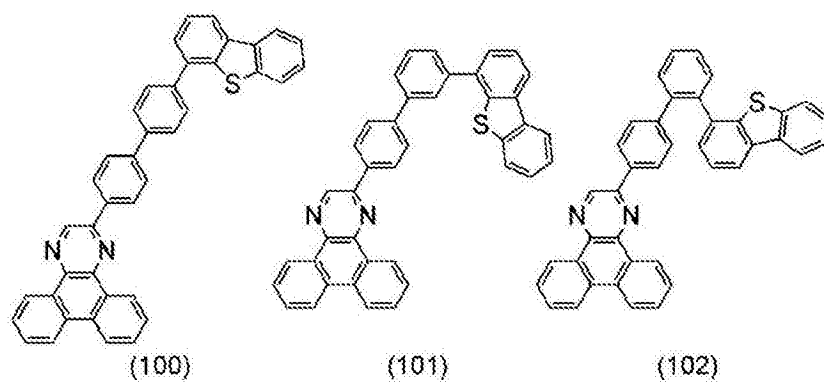
[0100] 作为通式(G1)或(G2)中的 R^1 至 R^{10} 的具体结构,例如有由结构式(2-1)至(2-19)表示的取代基。

[0101] [化学式9]

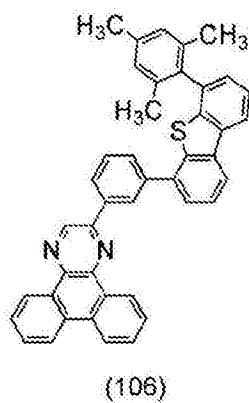
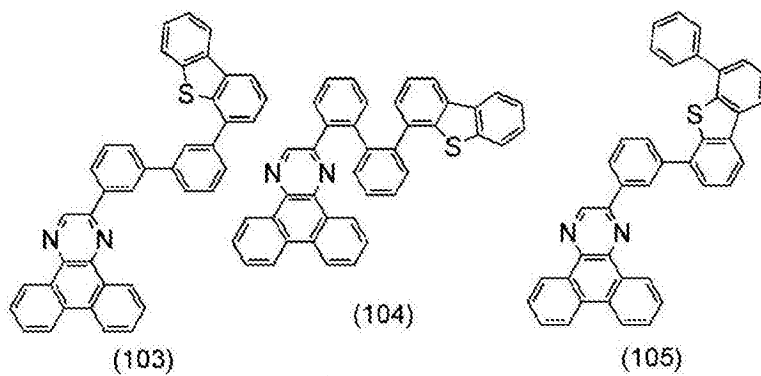


[0103] 可以用于本发明的一个方式的杂环化合物的具体例子包括由结构式(100)至(131)、(200)至(230)、(300)至(329)、(400)至(436)以及(500)至(536)表示的杂环化合物。另外,由通式(G1)表示的化合物的具体例子包括由结构式(400)至(417)以及(500)至(517)表示的化合物。另外,由通式(G2)表示的化合物的具体例子包括由结构式(418)至(436)以及(518)至(536)表示的化合物。注意,本发明不局限于上述化合物。

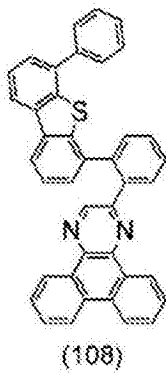
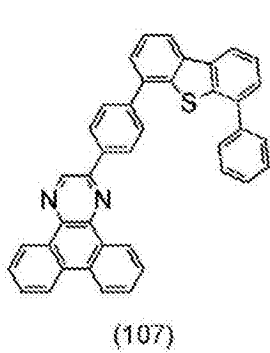
[0104] [化学式10]



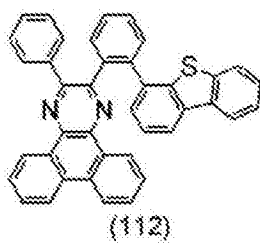
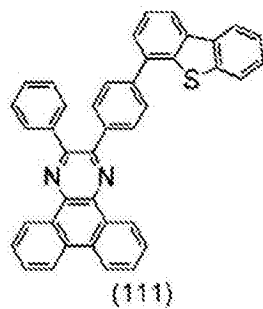
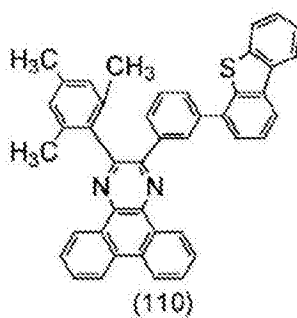
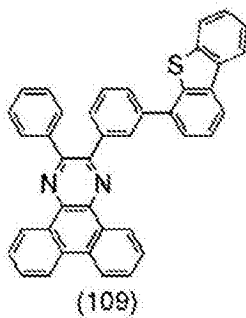
[0105]



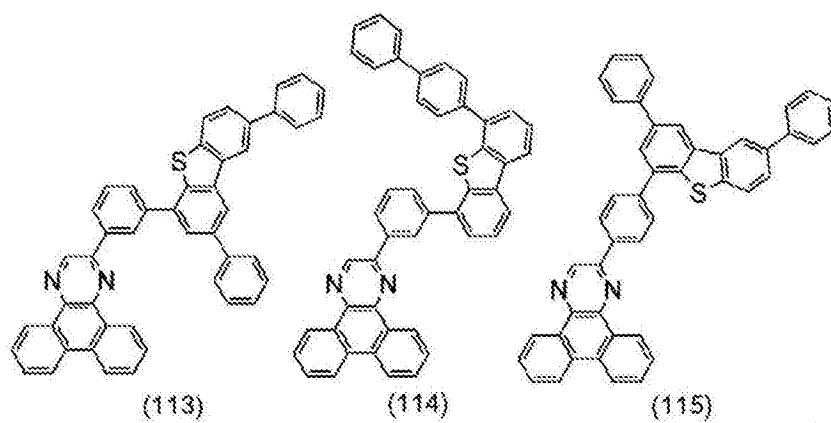
[0106] [化学式11]



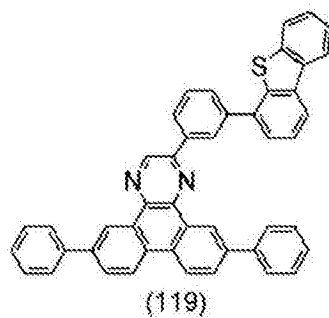
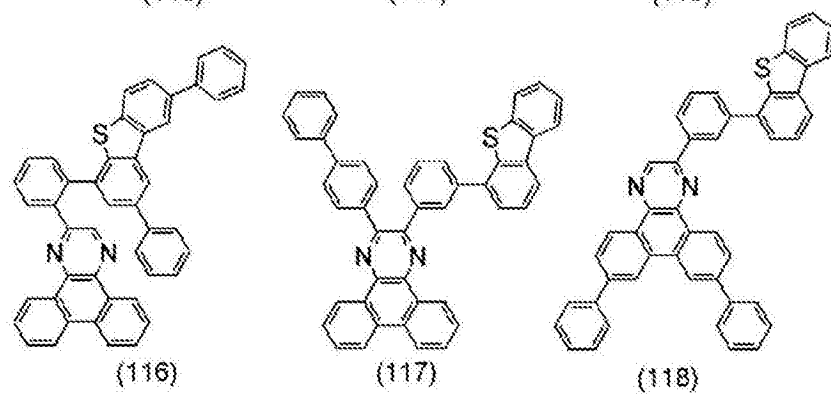
[0107]



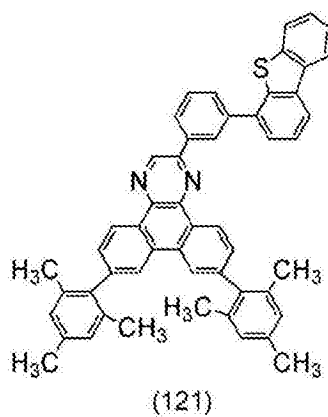
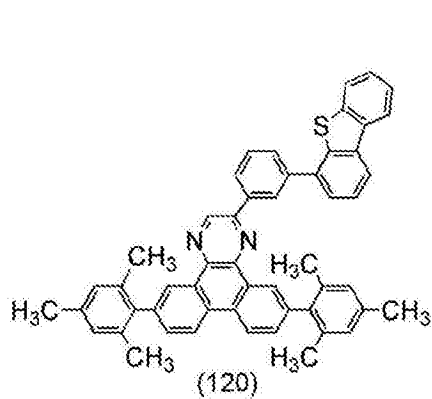
[0108] [化学式12]



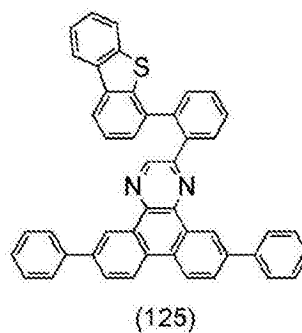
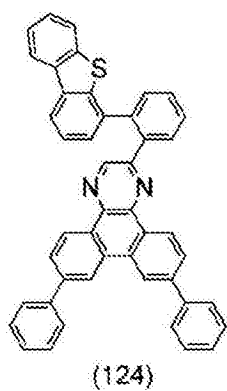
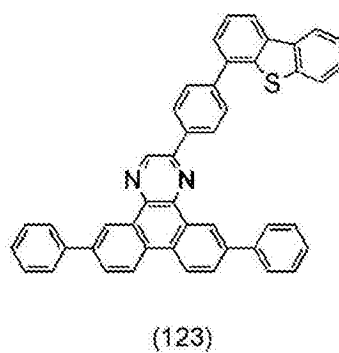
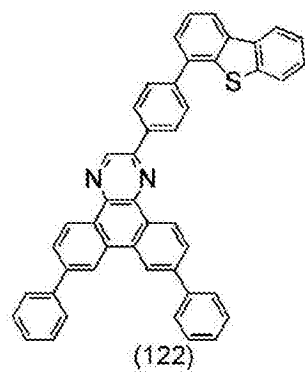
[0109]



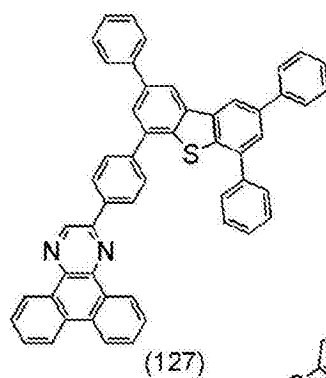
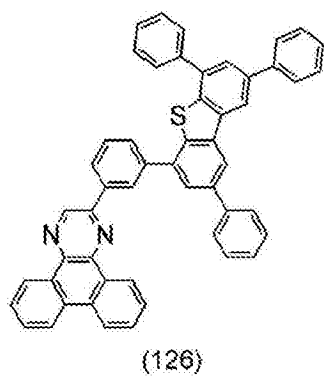
[0110] [化学式13]



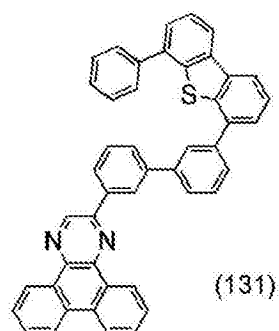
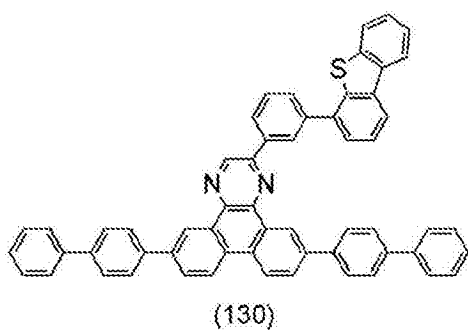
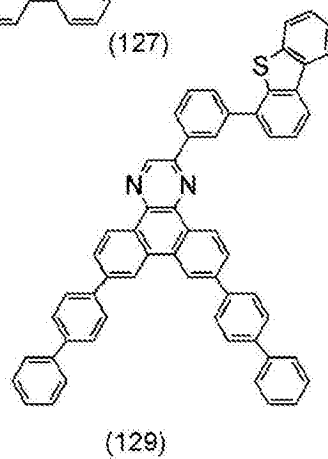
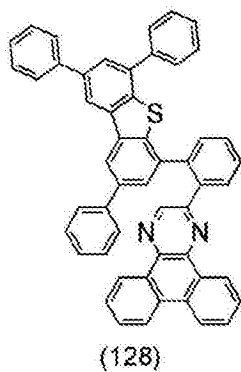
[0111]



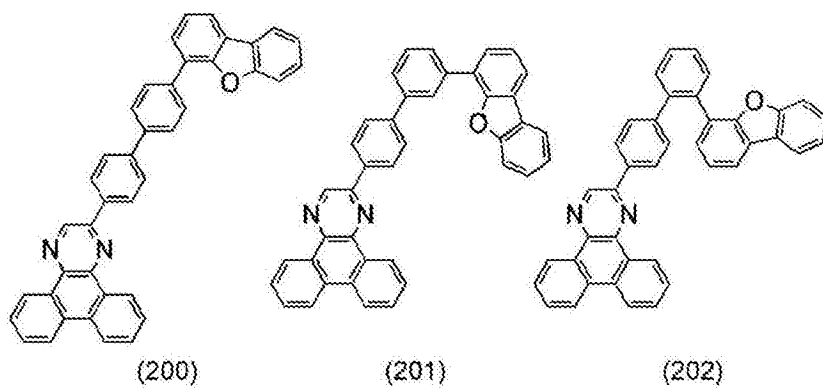
[0112] [化学式14]



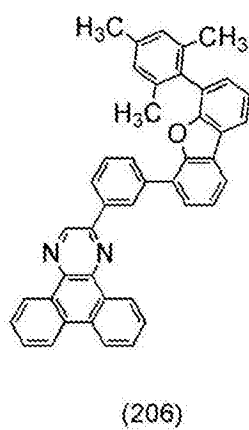
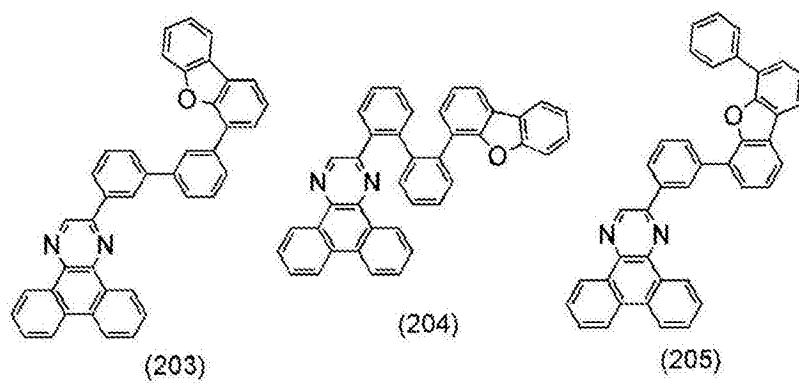
[0113]



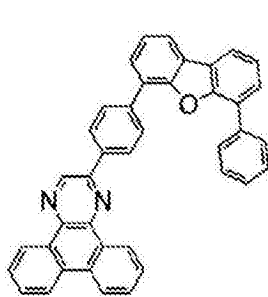
[0114] [化学式15]



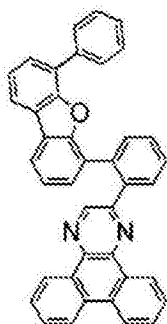
[0115]



[0116] [化学式16]

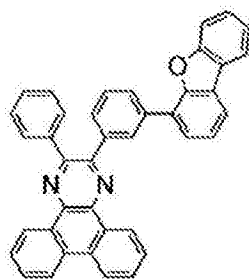


(207)

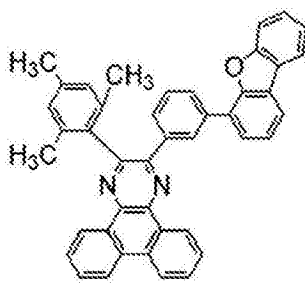


(208)

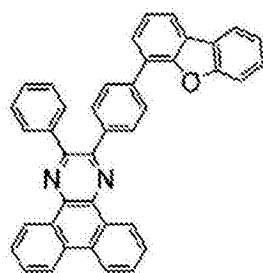
[0117]



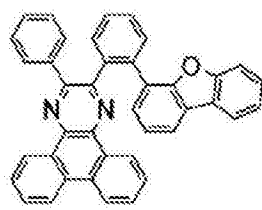
(209)



(210)

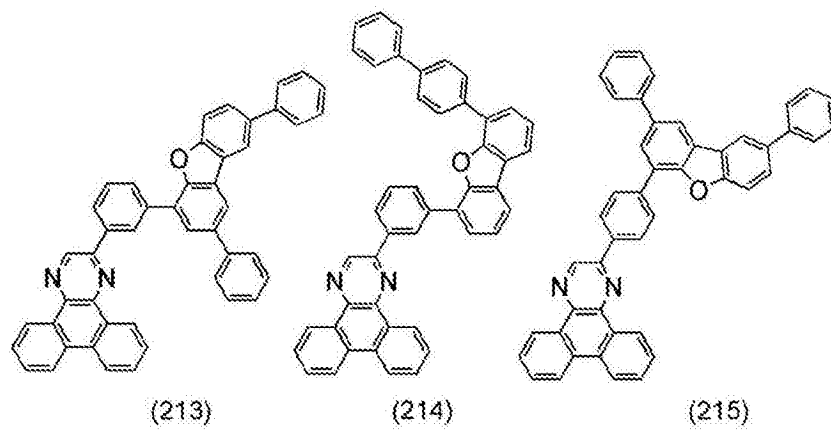


(211)

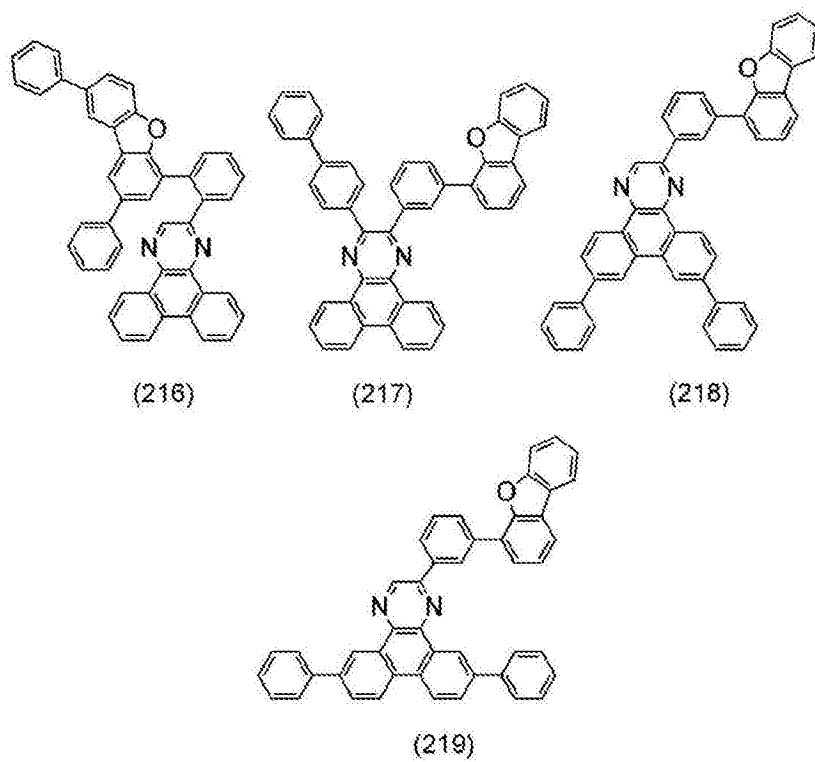


(212)

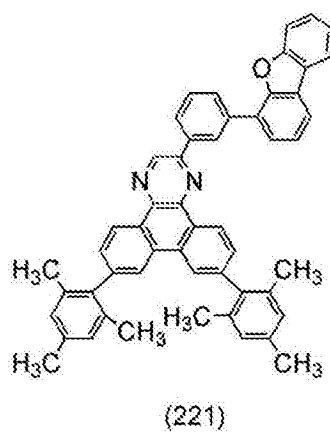
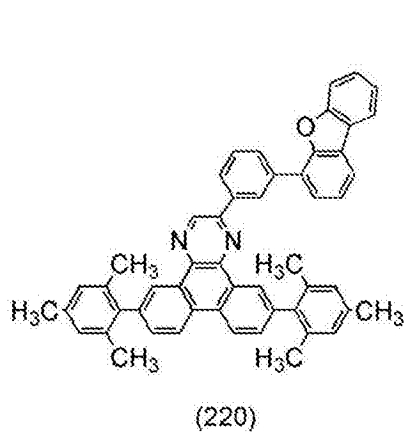
[0118] [化学式17]



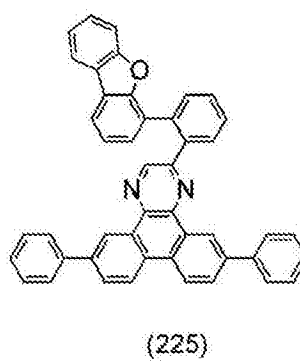
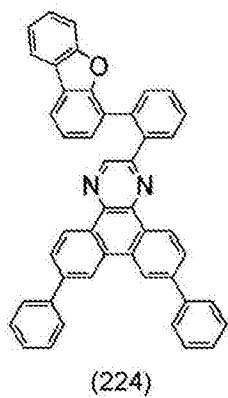
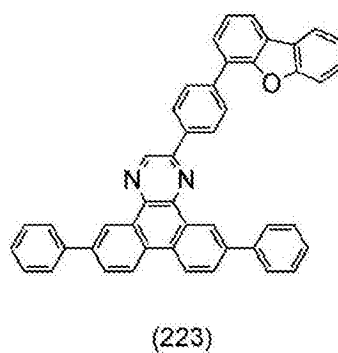
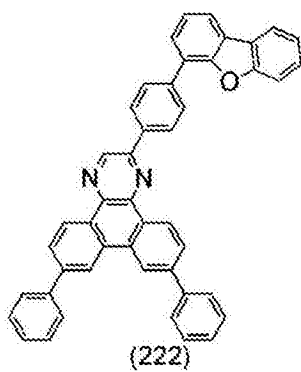
[0119]



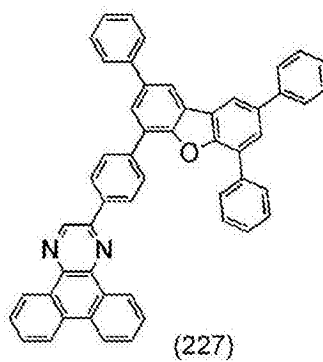
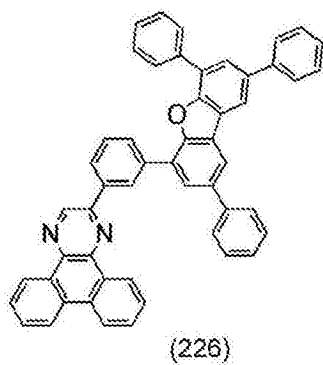
[0120] [化学式18]



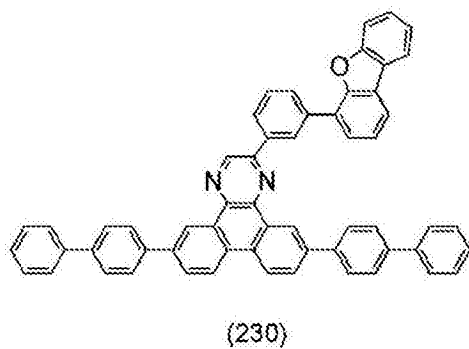
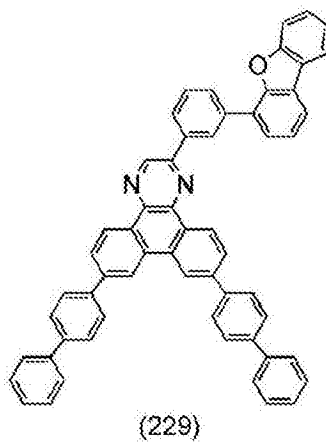
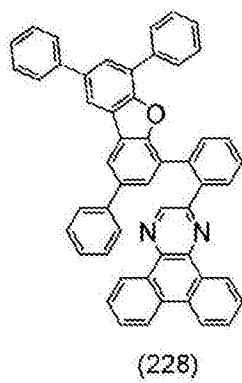
[0121]



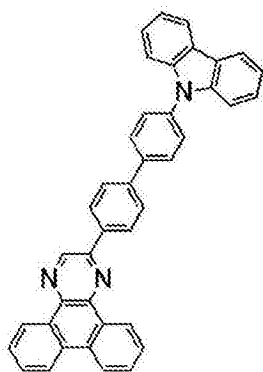
[0122] [化学式19]



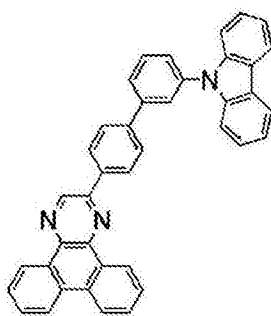
[0123]



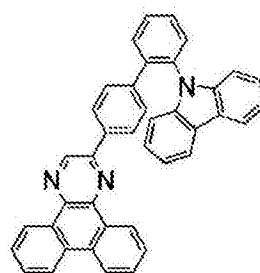
[0124] [化学式20]



(300)

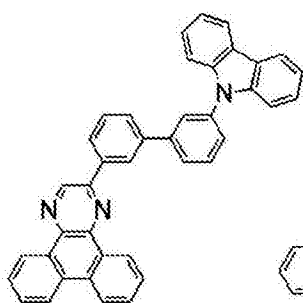


(301)

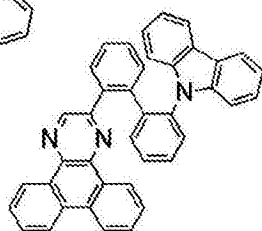


(302)

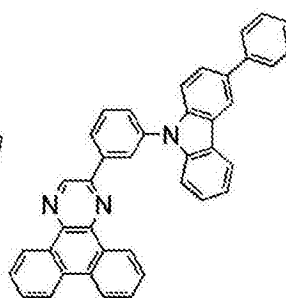
[0125]



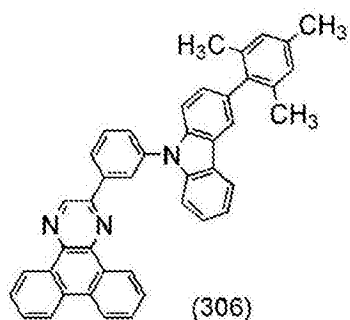
(303)



(304)

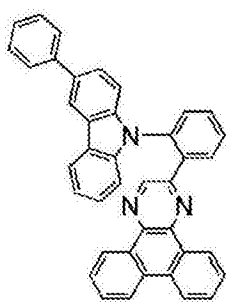


(305)

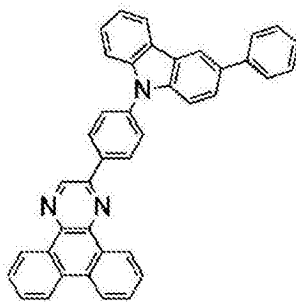


(306)

[0126] [化学式21]

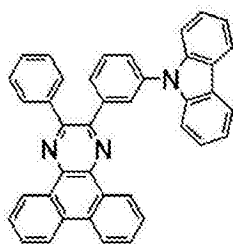


(307)

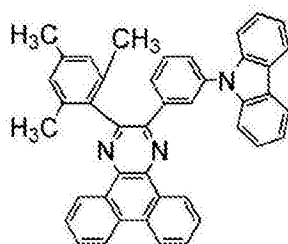


(308)

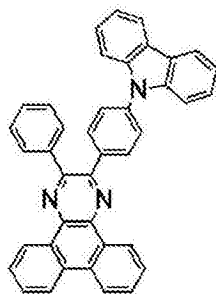
[0127]



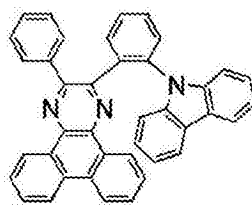
(309)



(310)

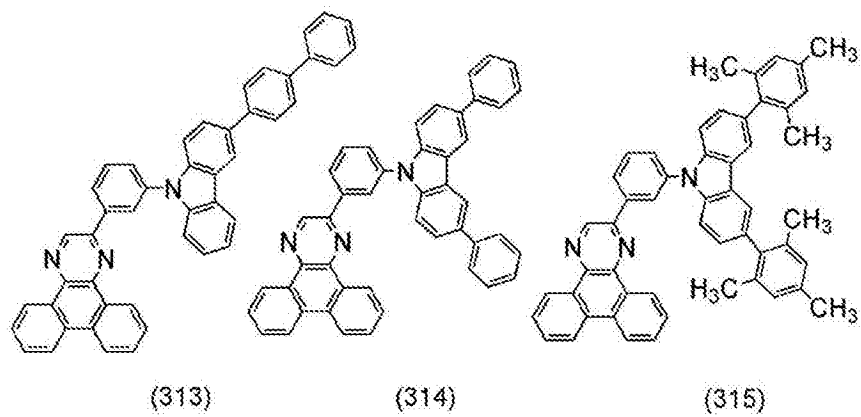


(311)

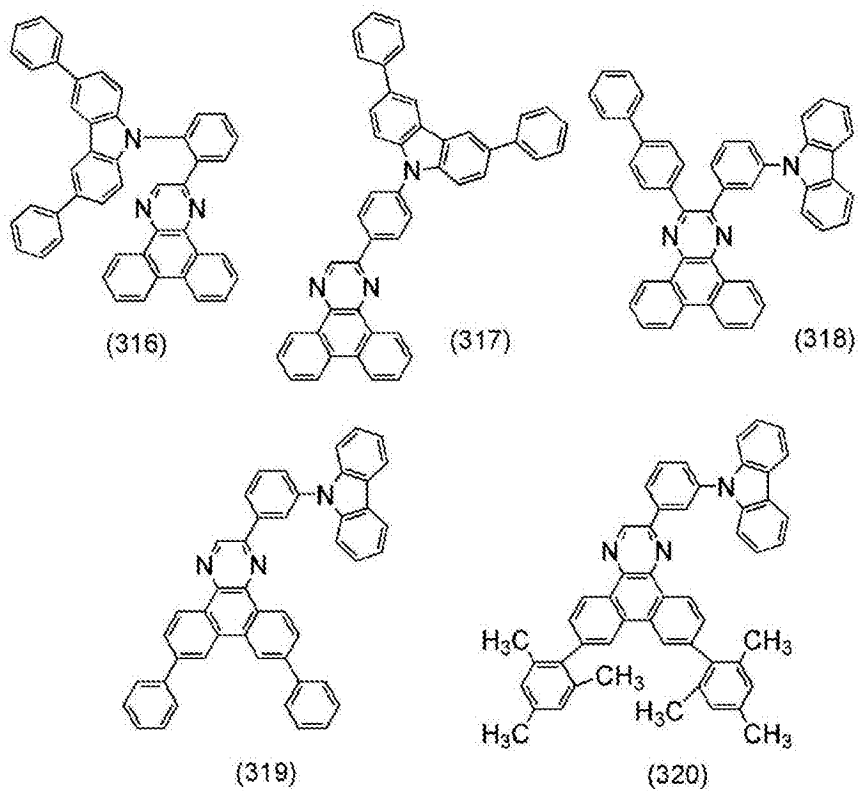


(312)

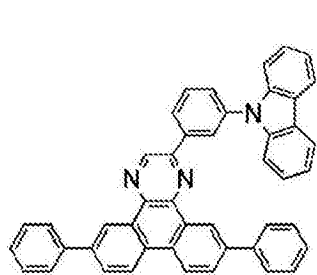
[0128] [化学式22]



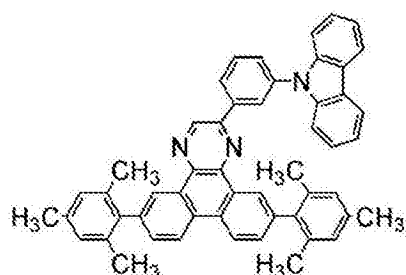
[0129]



[0130] [化学式23]

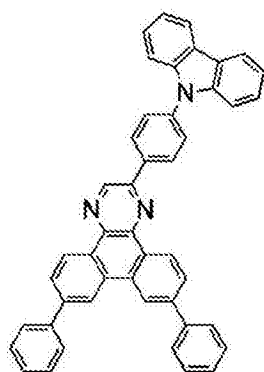


(321)

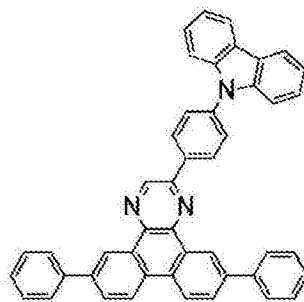


(322)

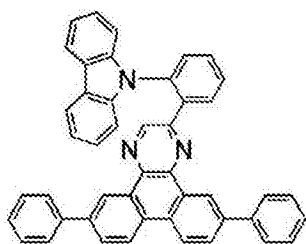
[0131]



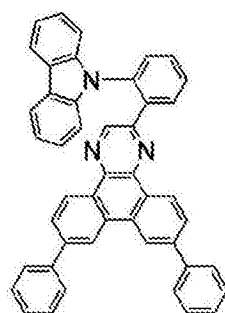
(323)



(324)

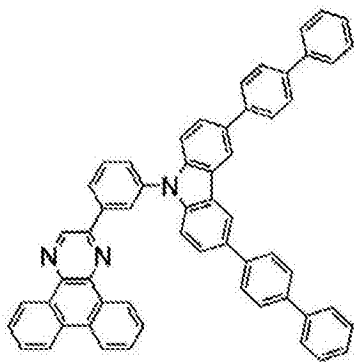


(325)



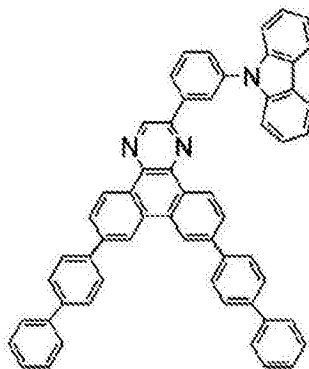
(326)

[0132] [化学式24]

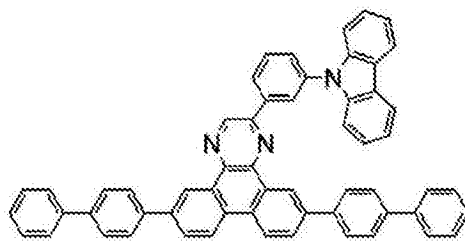


[0133]

(327)

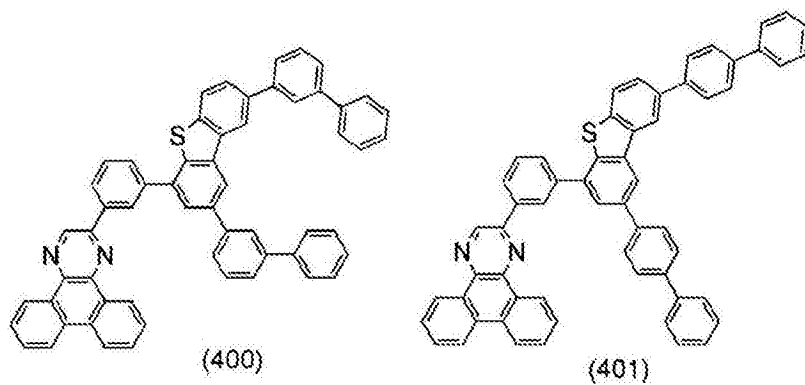


(328)

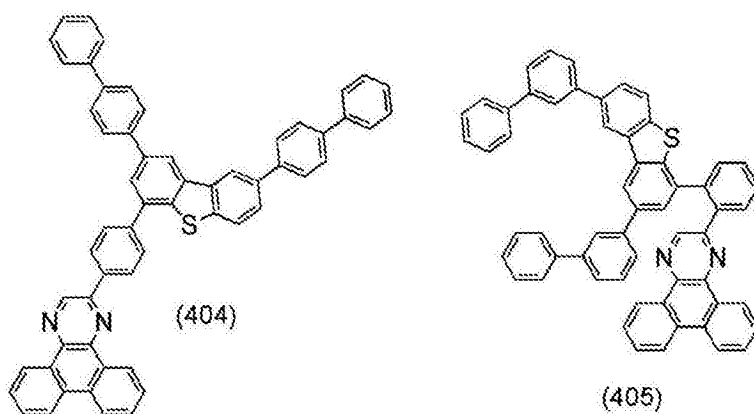
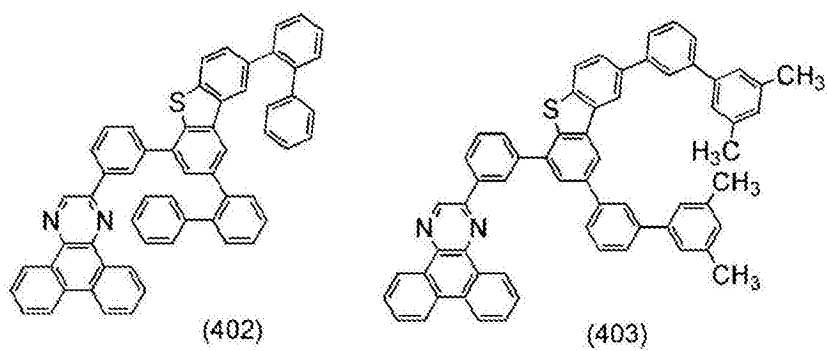


(329)

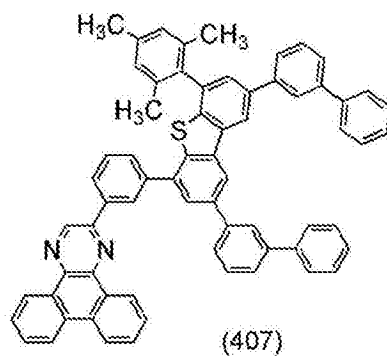
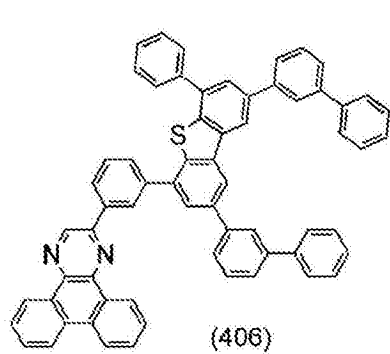
[0134] [化学式25]



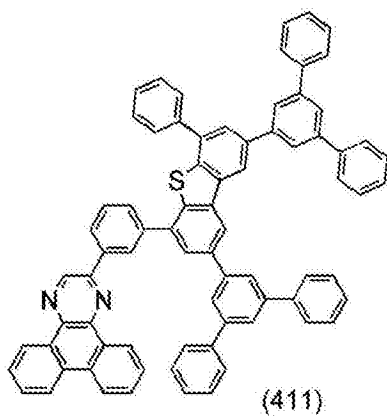
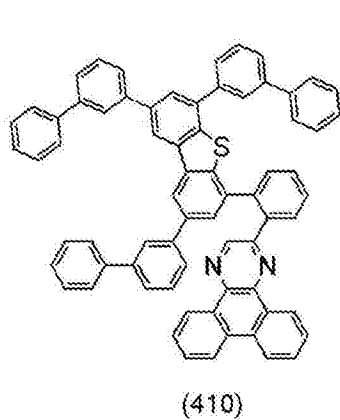
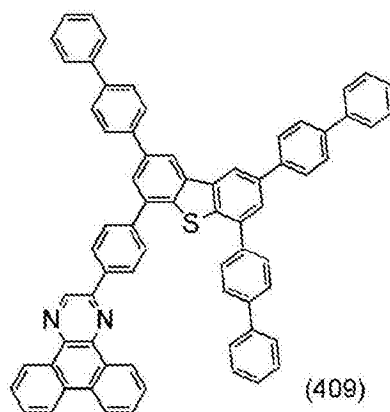
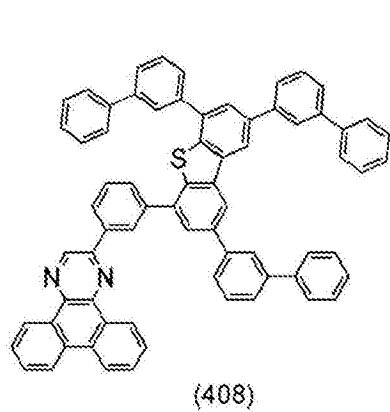
[0135]



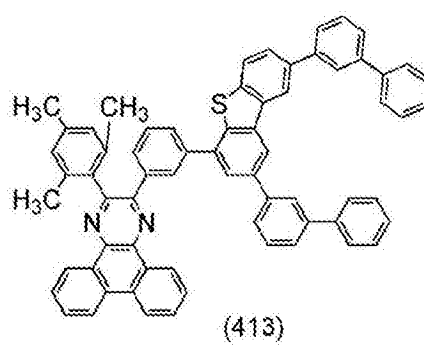
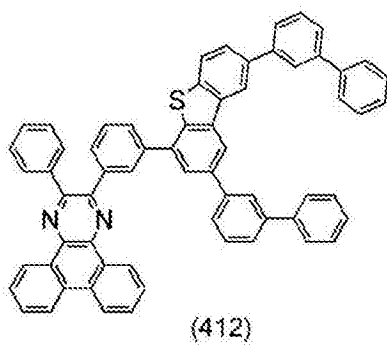
[0136] [化学式26]



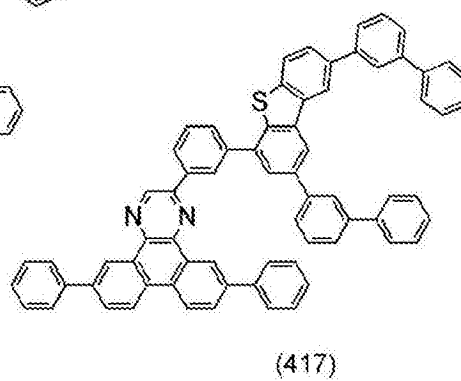
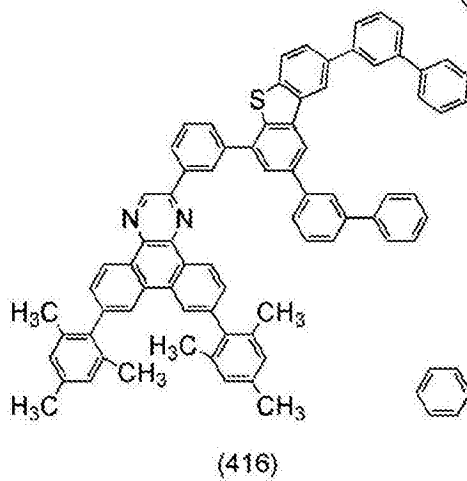
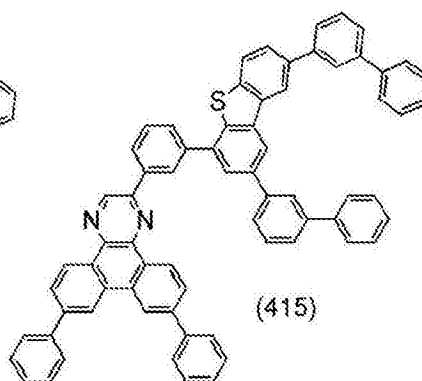
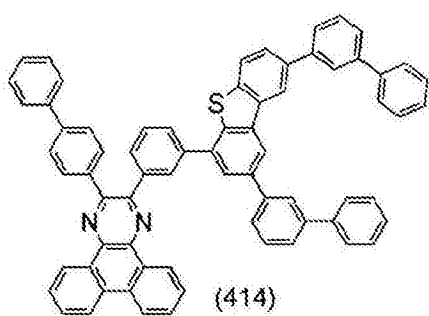
[0137]



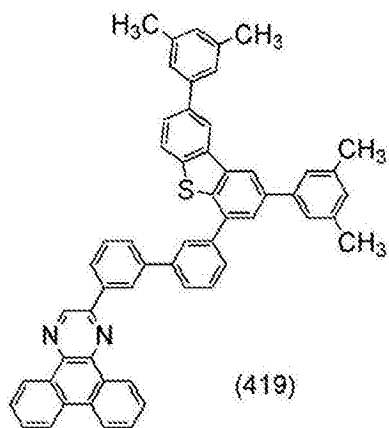
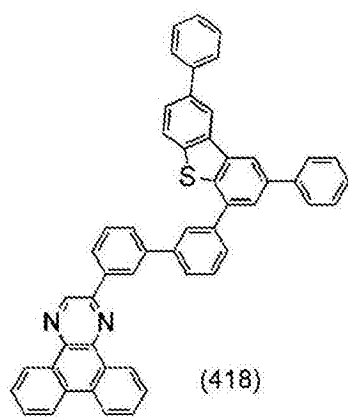
[0138] [化学式27]



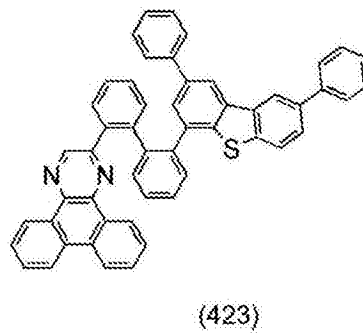
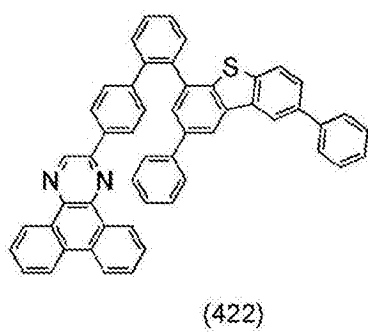
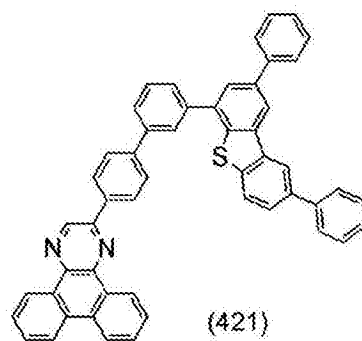
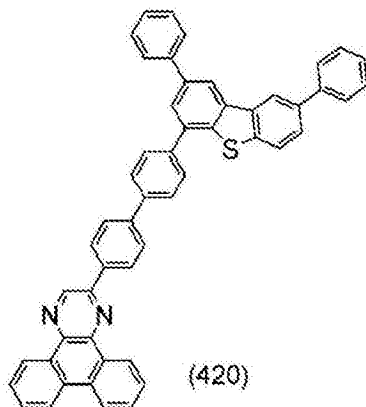
[0139]



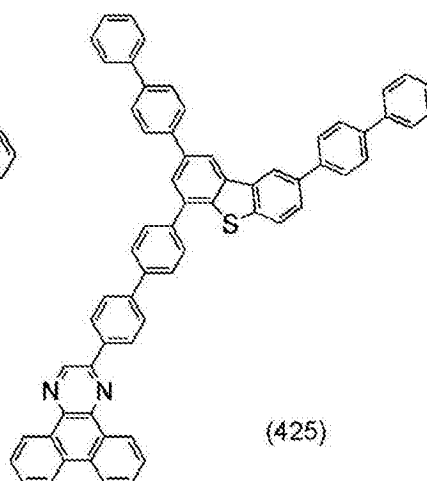
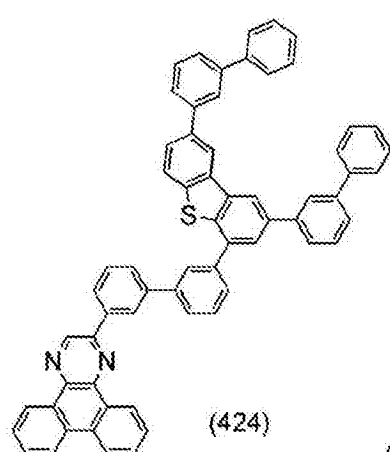
[0140] [化学式28]



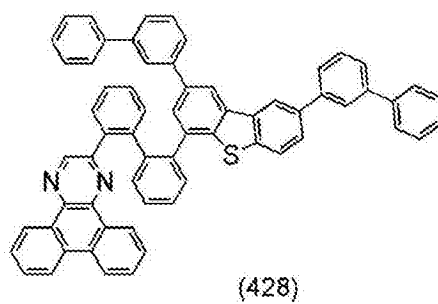
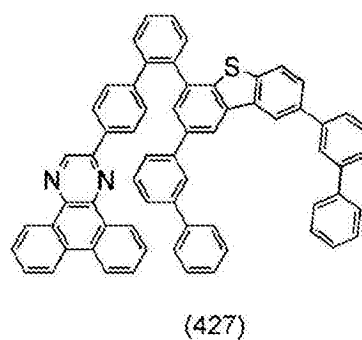
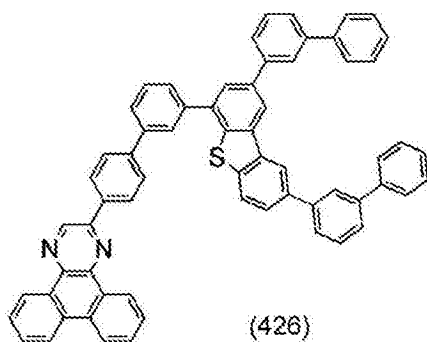
[0141]



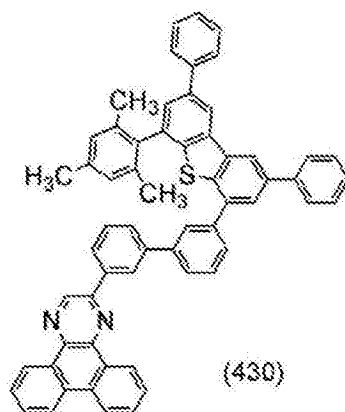
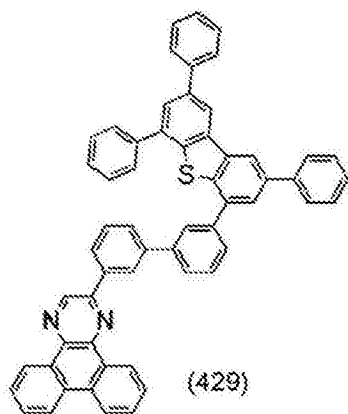
[0142] [化学式29]



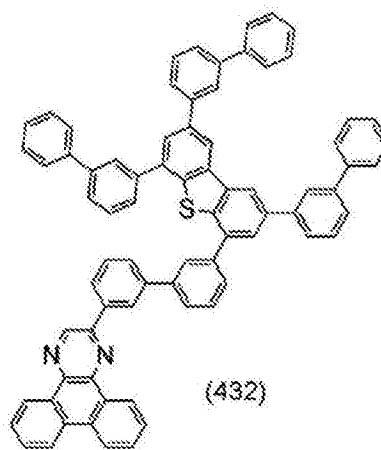
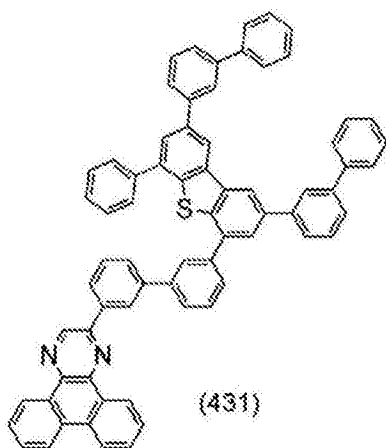
[0143]



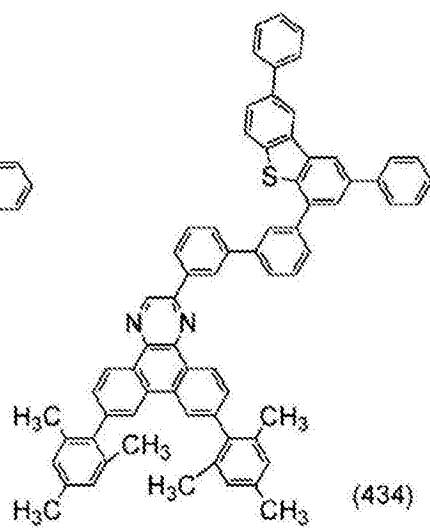
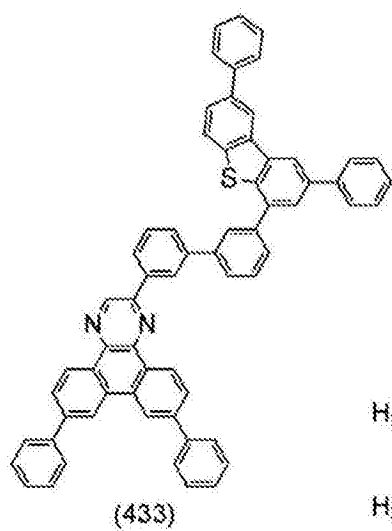
[0144] [化学式30]



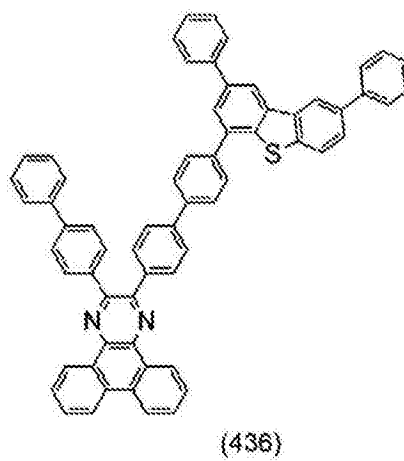
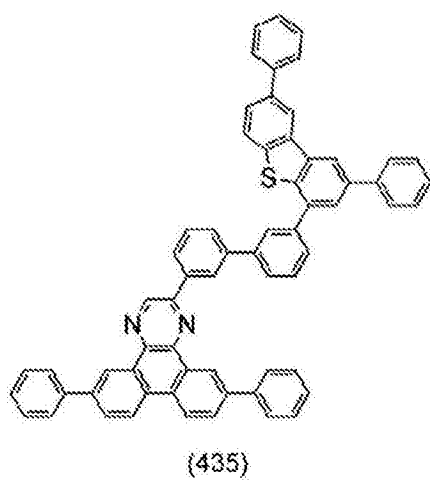
[0145]



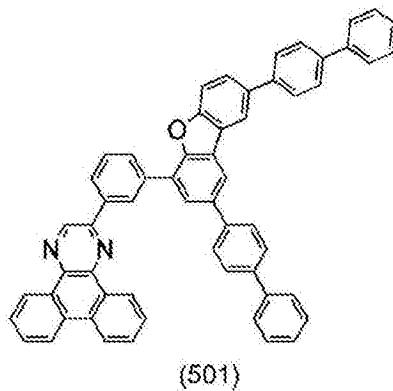
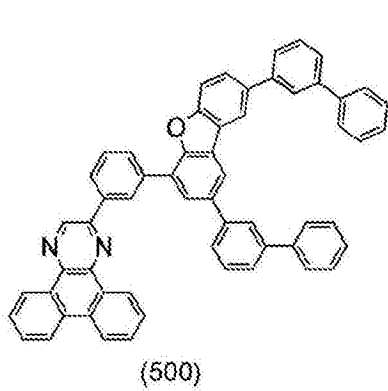
[0146] [化学式31]



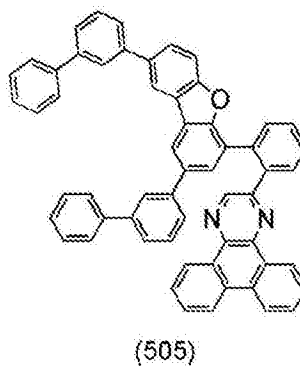
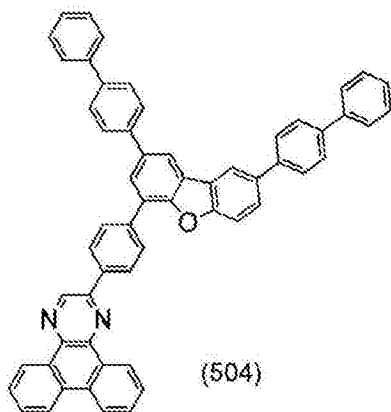
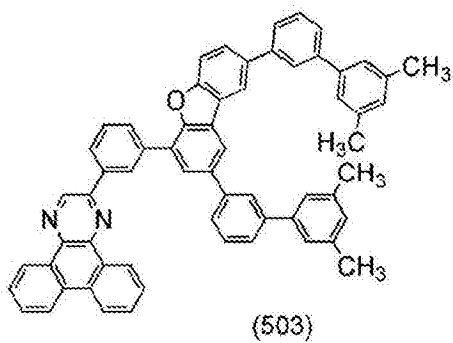
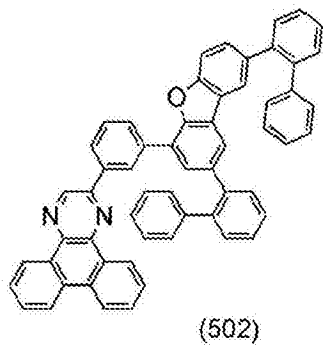
[0147]



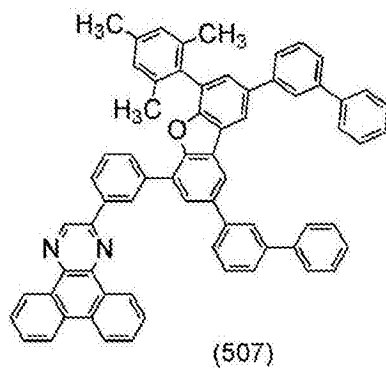
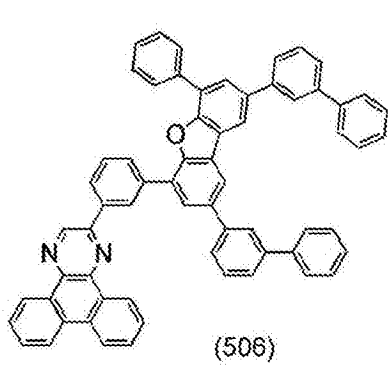
[0148] [化学式32]



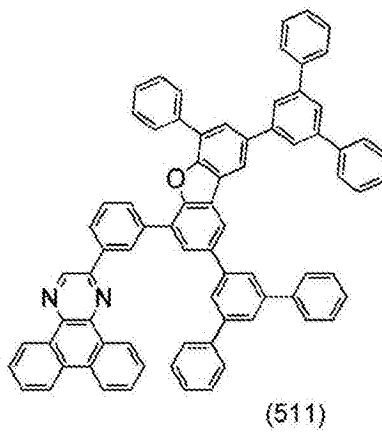
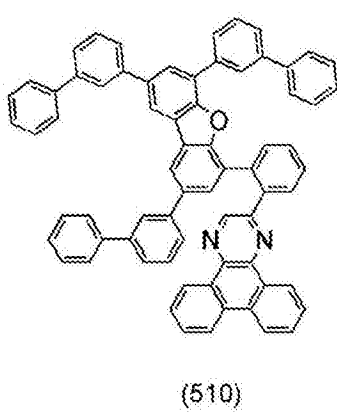
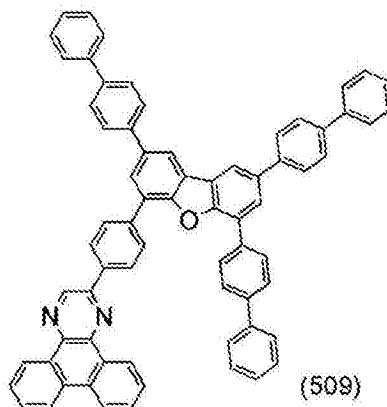
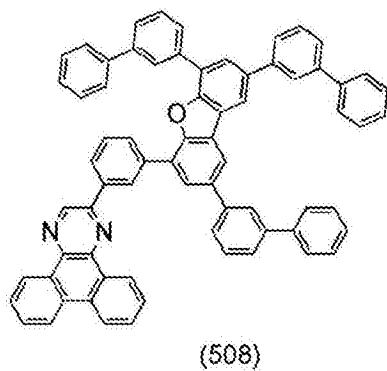
[0149]



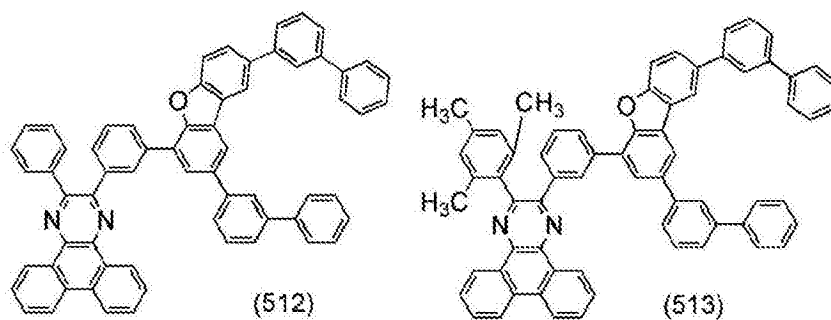
[0150] [化学式33]



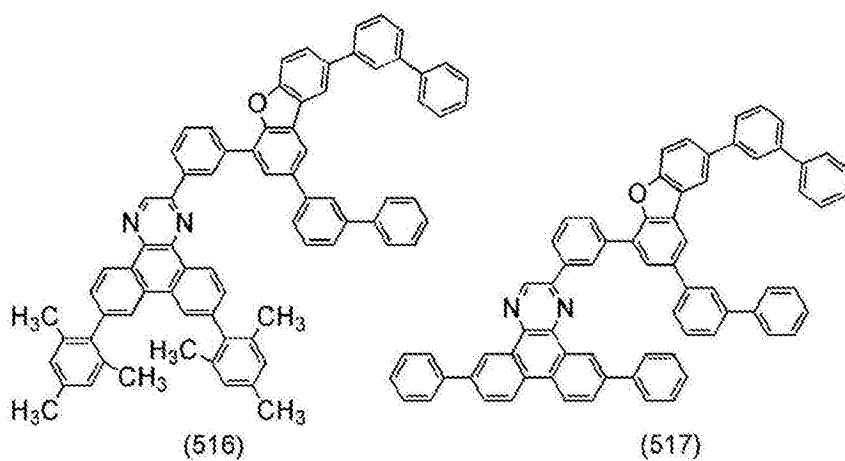
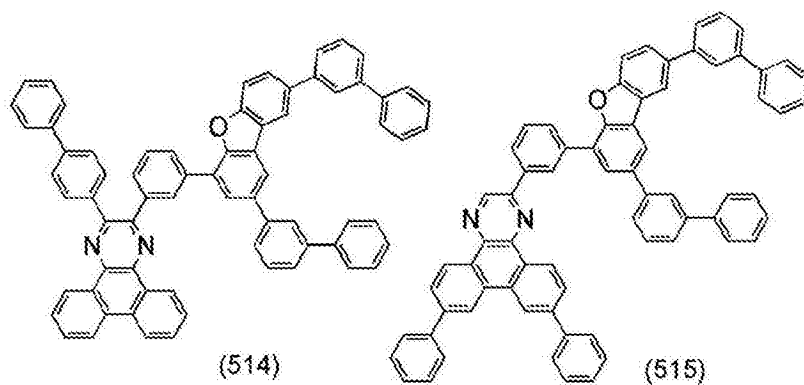
[0151]



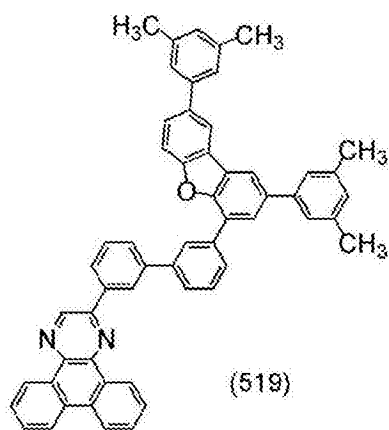
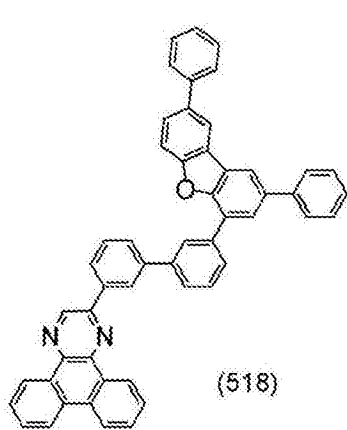
[0152] [化学式34]



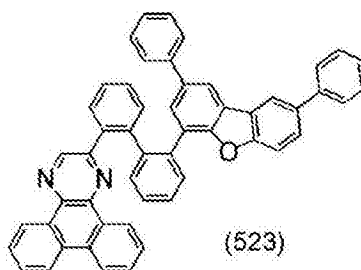
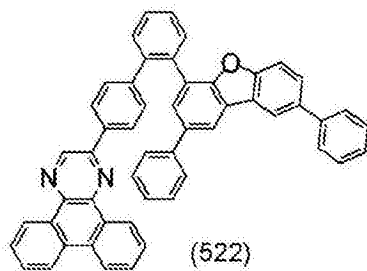
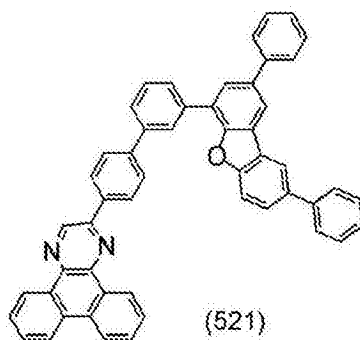
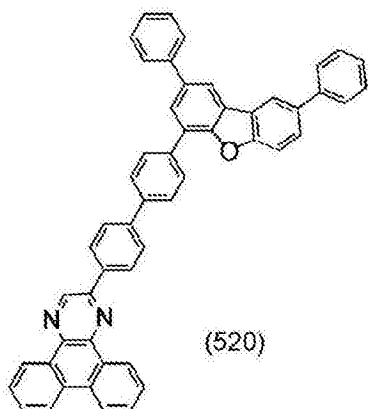
[0153]



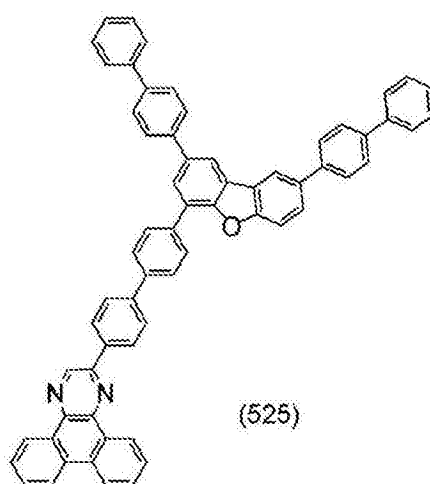
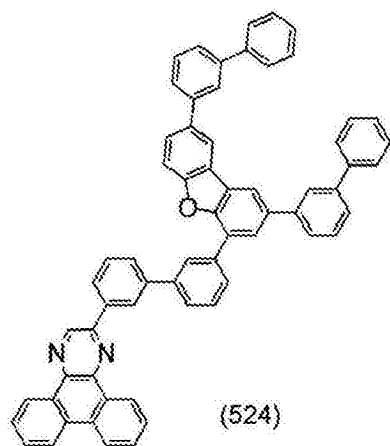
[0154] [化学式35]



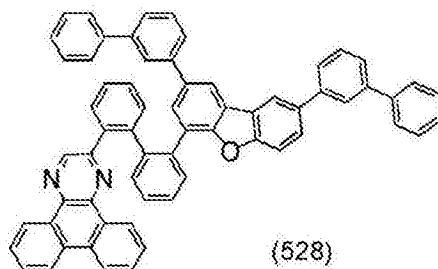
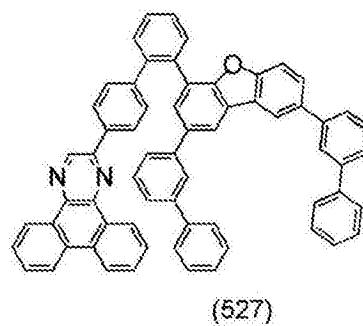
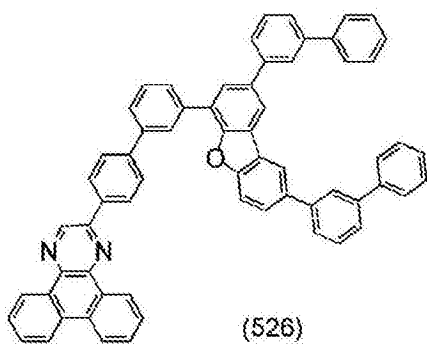
[0155]



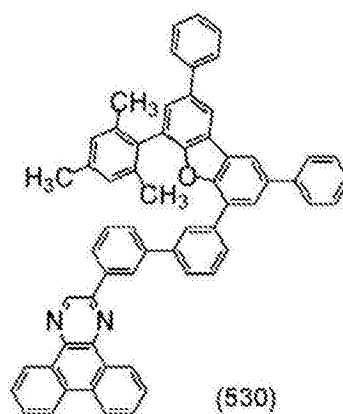
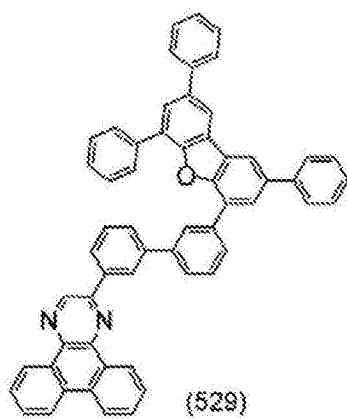
[0156] [化学式36]



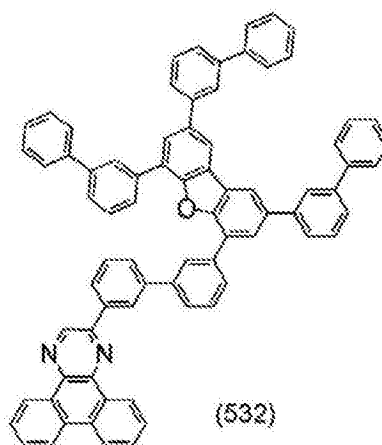
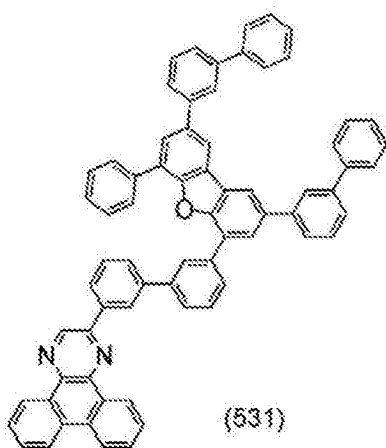
[0157]



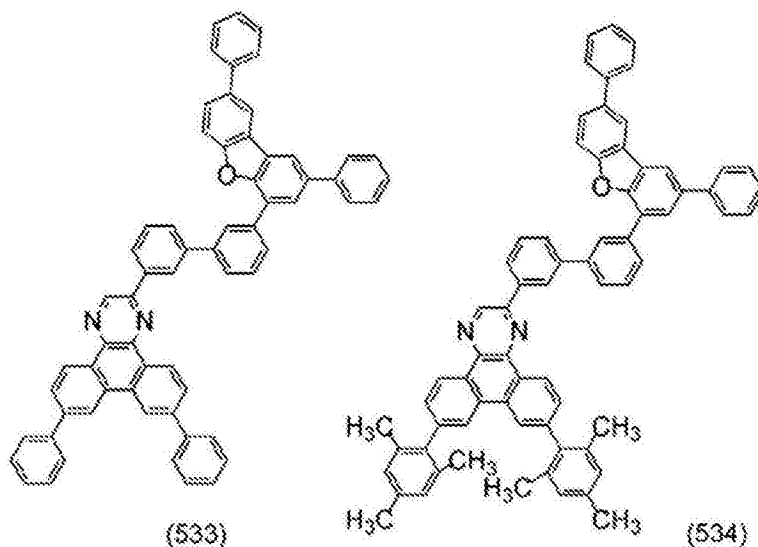
[0158] [化学式37]



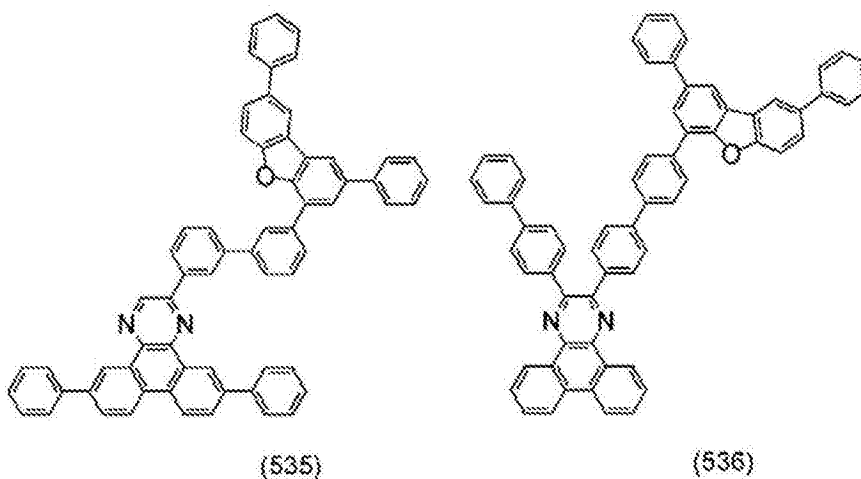
[0159]



[0160] [化学式38]



[0161]

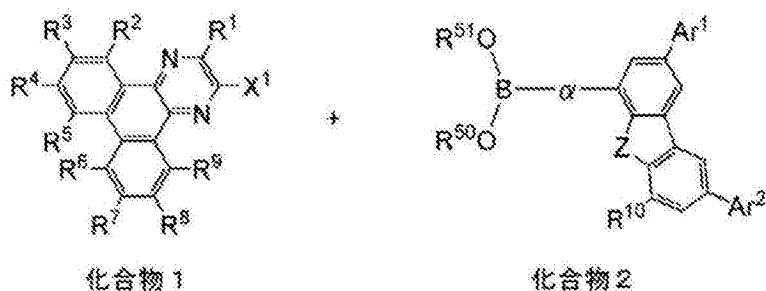


[0162] 各种反应可以应用于本发明的一个方式的杂环化合物的合成方法。例如，下面描述的合成反应实现由通式(G1)或(G2)表示的本发明的一个方式的杂环化合物的合成。注意，本发明的一个方式的杂环化合物的合成方法不局限于以下合成方法。

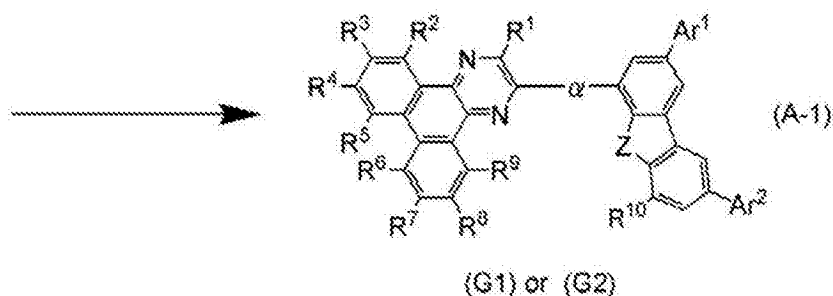
[0163] 《由通式(G1)或(G2)表示的杂环化合物的合成方法1》

[0164] 首先，在下面示出合成方案(A-1)。

[0165] [化学式39]



[0166]



[0167] 如合成方案(A-1)所示的那样可以合成本发明的实施方式的杂环化合物(G1)或(G2)。也就是说,通过铃木-宫浦(Suzuki-Miyaura)反应使二苯并[f,h]喹喔啉衍生物的卤化物(化合物1)与二苯并呋喃衍生物或者二苯并噻吩衍生物的有机硼化合物或硼酸(化合物2)耦合,由此可以获得在本实施方式中示出的杂环化合物(G1)或(G2)。

[0168] 在合成方案(A-1)中, α 表示取代或未取代的亚苯基或取代或未取代的联苯二基, Ar^1 和 Ar^2 都表示取代或未取代的苯基或取代或未取代的联苯基, R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、具有1至4个碳原子的烷基或取代或未取代的具有6至13个碳原子的芳基。 R^{50} 及 R^{51} 独立地表示氢或具有1至6个碳原子的烷基。在合成方案(A-1)中, R^{50} 及 R^{51} 可以互相键合而形成环。此外, X^1 表示卤素。

[0169] 在合成方案(A-1)中可以使用的钯催化剂的例子包括醋酸钯(II)、四(三苯基膦)钯(0)、双(三苯基膦)钯(II)二氯化物等,但是,可以使用的钯催化剂的例子不局限于此。

[0170] 在合成方案(A-1)中可以使用的钯催化剂的配体的例子包括三(邻-甲基)膦、三苯基膦、三环己基膦等,但是,可以使用的钯催化剂的配体的例子不局限于此。

[0171] 在合成方案(A-1)中可以使用的碱的例子包括如叔丁醇钠的有机碱、如碳酸钾或碳酸钠的无机碱等,但是,可以使用的碱的例子不局限于此。

[0172] 在合成方案(A-1)中可以使用的溶剂的例子包括:甲苯和水的混合溶剂;甲苯、如乙醇的醇和水的混合溶剂;二甲苯和水的混合溶剂;二甲苯、如乙醇的醇和水的混合溶剂;苯和水的混合溶剂;苯、如乙醇的醇和水的混合溶剂;水和如乙二醇二甲醚的醚类的混合溶剂;等等,但是,可以使用的溶剂的例子不局限于此。更优选的是,使用甲苯和水的混合溶剂、甲苯、乙醇和水的混合溶剂、或者水和如乙二醇二甲醚的醚类的混合溶剂。

[0173] 作为合成方案(A-1)所示的耦合反应,可以以使用有机铝化合物、有机锆化合物、有机锌化合物、有机锡化合物等的交叉耦合反应代替使用以化合物2表示的有机硼化合物或硼酸的铃木-宫浦反应。但是,本发明不局限于此。

[0174] 另外,在由合成方案(A-1)表示的铃木-宫浦耦合反应中,也可以通过铃木-宫浦反应使二苯并[f,h]喹喔啉衍生物的有机硼化合物或硼酸与呋唑衍生物、二苯并呋喃衍生物

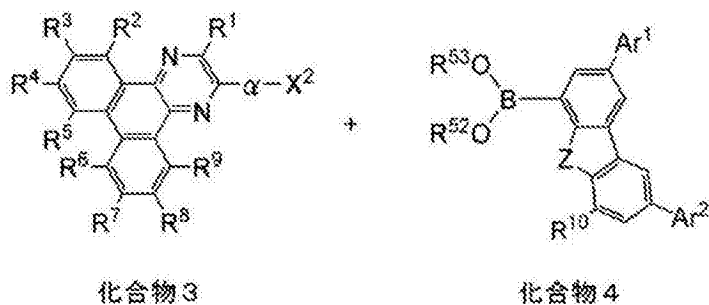
或二苯并噻吩衍生物的卤化物或与具有三氟甲磺酸基作为取代基的呋唑衍生物、二苯并呋喃衍生物或二苯并噻吩衍生物耦合。

[0175] 由此,可以合成本实施方式的杂环化合物。

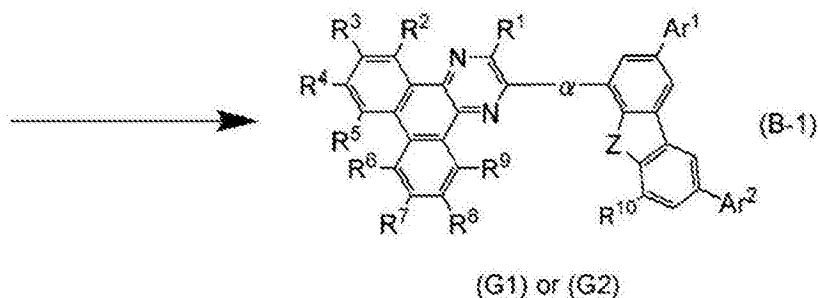
[0176] 《由通式(G1)或(G2)表示的杂环化合物的合成方法2》

[0177] 下面将说明由通式(G1)或(G2)表示的杂环化合物的另一合成方法。首先,下面示出将硼化合物用作原料的合成方案(B-1)。

[0178] [化学式40]



[0179]



[0180] 如合成方案(B-1)所示的那样,通过铃木-宫浦反应使二苯并[f,h]喹喔啉衍生物的卤化物(化合物3)与二苯并呋喃衍生物或二苯并噻吩衍生物的有机硼化合物或硼酸(化合物4)耦合,由此可以获得本实施方式中示出的杂环化合物(G1)或(G2)。

[0181] 在合成方案(B-1)中, α 表示取代或未取代的亚苯基或取代或未取代的联苯二基, Ar^1 和 Ar^2 都表示取代或未取代的苯基或取代或未取代的联苯基, R^1 至 R^{10} 独立地表示氢、具有1至4个碳原子的烷基或取代或未取代的具有6至13个碳原子的芳基, R^{52} 及 R^{53} 都表示氢或具有1至6个碳原子的烷基。在合成方案(B-1)中, R^{52} 及 R^{53} 可以互相键合而形成环。此外, X^2 表示卤素或三氟甲磺酸基, 并且卤素优选为碘或溴。

[0182] 在合成方案(B-1)中可以使用的钯催化剂的例子包括醋酸钯(II)、四(三苯基膦)钯(0)、双(三苯基膦)钯(II)二氯化物等,但是,可以使用的钯催化剂的例子不局限于此。

[0183] 在合成方案(B-1)中可以使用的钯催化剂的配体的例子包括三(邻-甲苯基)膦、三苯基膦、三环己基膦等,但是,可以使用的钯催化剂的配体的例子不局限于此。

[0184] 在合成方案(B-1)中可以使用的碱的例子包括如叔丁醇钠的有机碱、如碳酸钾或碳酸钠的无机碱等,但是,可以使用的碱的例子不局限于此。

[0185] 在合成方案(B-1)中可以使用的溶剂的例子包括:甲苯和水的混合溶剂;甲苯、如乙醇的醇和水的混合溶剂;二甲苯和水的混合溶剂;二甲苯、如乙醇的醇和水的混合溶剂;苯和水的混合溶剂;苯、如乙醇的醇和水的混合溶剂;水和如乙二醇二甲醚的醚类的混合溶剂;等等,但是,可以使用的溶剂的例子不局限于此。更优选的是,使用甲苯和水的混合溶

剂、甲苯、乙醇和水的混合溶剂、或者水和如乙二醇二甲醚的醚类的混合溶剂。

[0186] 作为合成方案(B-1)所示的耦合反应,可以以使用有机铝化合物、有机锆化合物、有机锌化合物、有机锡化合物等的交叉耦合反应代替使用以化合物4表示的有机硼化合物或硼酸的铃木-宫浦反应。但是,本发明不局限于此。此外,在上述耦合中,除了卤素之外还可以使用三氟甲磺酸基等;但是,本发明不局限于此。

[0187] 另外,在由合成方案(B-1)表示的铃木-宫浦耦合反应中,也可以通过铃木-宫浦反应使二苯并[f,h]喹啉衍生物的有机硼化合物或硼酸与咪唑衍生物、二苯并咪唑衍生物或二苯并噻吩衍生物的卤化物或与具有三氟甲磺酸基作为取代基的咪唑衍生物、二苯并咪唑衍生物或二苯并噻吩衍生物耦合。

[0188] 由此,可以合成本实施方式的杂环化合物。

[0189] 由于本实施方式的杂环化合物具有优异的耐热性,所以发光元件可以具有长寿命。另外,由于本实施方式的杂环化合物具有宽的带隙;因此,通过在发光元件中使用本实施方式的杂环化合物作为分散有发光层的发光物质的主体材料,可以获得高电流效率。特别是,本实施方式的杂环化合物适用于分散有磷光化合物的主体材料。此外,由于本实施方式的杂环化合物是具有高电子传输性的物质,因此可以适用于发光元件中的电子传输层的材料。通过使用本实施方式的杂环化合物,可以实现驱动电压低的发光元件。另外,可以得到电流效率高的发光元件。再者,通过使用该发光元件,可以获得耗电量降低了的发光装置、电子设备以及照明装置。

[0190] 实施方式2

[0191] 在本实施方式中,作为本发明的一个方式,参照图1说明能够使用实施方式1所示的杂环化合物的发光元件。

[0192] 在本实施方式所示的发光元件中,如图1所示那样,在一对电极(第一电极(阳极)101和第二电极(阴极)103)之间设置包括发光层113的EL层102,并且该EL层102除了发光层113之外还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114、电子注入层115、电荷产生层(E)116等。

[0193] 通过对这种发光元件施加电压,从第一电极101一侧注入的空穴和从第二电极103一侧注入的电子在发光层113中重新结合,以使包含在发光层113中的物质提升到激发态。然后,当该激发态的物质回到基态时发光。

[0194] 包含在EL层102中的空穴注入层111是包含具有高空穴传输性的物质和受主物质的层。当由于受主物质而从具有高空穴传输性的物质抽出电子时,产生空穴。因此,空穴从空穴注入层111通过空穴传输层112注入到发光层113。

[0195] 电荷产生层(E)116是包含具有高空穴传输性的物质和受主物质的层。由于受主物质而从具有高空穴传输性的物质抽出电子,并且被抽出的电子从具有电子注入性的电子注入层115通过电子传输层114注入到发光层113。

[0196] 下面,说明本实施方式所示的发光元件的具体例子。

[0197] 作为第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103,可以使用金属、合金、导电化合物及它们的混合物等。具体而言,可以使用氧化铟-氧化锡(ITO:Indium Tin Oxide)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌(Indium Zinc Oxide)、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟、金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)和

钛(Ti)。此外,可以使用属于元素周期表的第1族或第2族的元素,例如,碱金属诸如锂(Li)或铯(Cs)、碱土金属诸如钙(Ca)或锶(Sr)、镁(Mg)、或者它们的合金(例如,MgAg或AlLi);稀土金属诸如铕(Eu)或镱(Yb)、或者它们的合金;及石墨烯等。第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103例如可以通过溅射法或蒸镀法(包括真空蒸镀法)等来形成。

[0198] 作为用于空穴注入层111、空穴传输层112及电荷产生层(E)116的具有高空穴传输性的物质,例如可以举出如下物质:芳香胺化合物诸如4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺环-9,9'-联苄-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB);3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1);3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2);3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。可以使用咔唑化合物诸如4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)等。在此所述的物质主要是具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的空穴迁移率的物质。此外,除了这些材料之外,还可以使用空穴传输性高于电子传输性的任何物质。

[0199] 也可以使用高分子化合物诸如聚(N-乙烯咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酸酰胺](简称:PTPDMA)或聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)。

[0200] 另外,也可以使用本发明的一个方式的杂环化合物作为具有高空穴传输性的物质。

[0201] 作为用于空穴注入层111及电荷产生层(E)116的受主物质的例子,可以举出过渡金属氧化物或属于元素周期表的第4族至第8族中的任一族的金属的氧化物。具体地说,氧化钼是特别优选的。

[0202] 发光层113是包含发光物质的层。发光层113可以只包含发光物质;或者,在发光层113中,发光中心物质可以分散在主体材料中。

[0203] 对在发光层113中能够用作上述发光物质及发光中心物质的材料没有特别的限制,并且,从这些物质发射的光可以是荧光或磷光。上述发光物质及发光中心物质的例子包括如下物质。

[0204] 发射荧光的物质的例子包括N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒽基-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-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]屈(chrysene)-2,7,10,15-四胺

(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-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)苡并[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。

[0205] 另外,作为发射荧光的物质,也可以使用本发明的一个方式的杂环化合物。

[0206] 发射磷光的物质的例子包括双[2-(3',5'-双三氟甲基苯基)吡啶-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-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIracac)、三(2-苯基吡啶)铱(III)(简称:Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(ppy)₂(acac))、三(乙酰丙酮)(一菲咯啉)铽(III)(简称:Tb(acac)₃(Phen))、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bzq)₂(acac))、双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(dpo)₂(acac))、双{2-[4'-(全氟烷基苯基)苯基]吡啶-N,C^{2'}}铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(p-PF-ph)₂(acac))、双(2-苯基苯并噁唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bt)₂(acac))、双[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(btp)₂(acac))、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(piq)₂(acac))、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合(quinoxalinato)]铱(III)(简称:Ir(Fdpq)₂(acac))、(乙酰丙酮)双(3,5-二甲基-2-苯基吡啶)铱(III)(简称:[Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡啶)铱(III)(简称:[Ir(mppr-iPr)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡啶)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡啶)(二新戊酰甲烷)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基噻啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双(4,6-二苯基噻啶)铱(III)(简称:[Ir(dpmm)₂(acac)])、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮)(一菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](一菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(TTA)₃(Phen))等。

[0207] 虽然对可以用于上述主体材料的材料没有特别的限制,但是例如可以使用如下物质作为主体材料:金属复合物诸如三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq₃)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-

羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ);杂环化合物诸如2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)-三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:CO11);芳香胺化合物诸如4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(螺环-9,9'-联苄-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)。另外,可以举出缩合多环芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)诸如蒽衍生物、菲衍生物、嵌二萘衍生物、屈衍生物、二苯并[g,p]屈衍生物。缩合多环芳香化合物的具体例子包括9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、N,N'-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:DPhPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯基屈、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]屈-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙稀-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)、以及1,3,5-三(1-萘基)苯(简称:TPB3)。优选从这些物质及已知物质选择一种或多种具有大于上述发光中心物质的能隙的物质而使用。另外,在发光中心物质发射磷光的情况下,优选选择具有大于发光中心物质的三重态激发能量(基态和三重态激发之间的能量差)的物质作为主体材料。

[0208] 另外,作为可以用于上述主体材料的材料,也可以使用本发明的一个方式的杂环化合物。因为本发明的一个方式的杂环化合物具有高S1能级,所以当将该杂环化合物用作用于发射荧光的物质的主体材料时,该物质可以用来发射可见区域的光。

[0209] 另外,在二苯并[f,h]喹喔啉环与空穴传输骨架通过苯环键合的本发明的一个方式的杂环化合物中,二苯并[f,h]喹喔啉骨架可以认为是主要决定LUMO能级的骨架。此外,基于循环伏安法(CV)测量,该化合物至少具有-2.8eV或更低,具体地-2.9eV或更低的深(deep)的LUMO能级。例如,通过CV测量求出的2mDBTPDBq-II的LUMO能级为-2.96eV。此外,具有二噻骨架的磷光化合物的LUMO能级与本发明的一个方式的杂环化合物的LUMO能级基本上同样地深,该具有二噻骨架的磷光化合物是以具有吡噻骨架的磷光化合物例如[Ir(mppr-Me)₂(acac)]、[Ir(mppr-iPr)₂(acac)]、[Ir(tppr)₂(acac)]、[Ir(tppr)₂(dpm)]、或具有噻啉骨架的磷光化合物例如[Ir(tBuppm)₂(acac)]、[Ir(dpmm)₂(acac)]为代表的。因此,当在发光层中包含本发明的一个方式的杂环化合物作为主体材料并包含具有二噻骨架(尤其是吡噻骨架或噻啉骨架)的磷光化合物作为客体材料时,发光层中的电子的捕获可以降低到最小值,并且可以实现极低的驱动电压。

[0210] 另外,发光层113也可以具有层叠有两层或更多层的结构。例如,在空穴传输层上依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层113的情况下,将具有空穴传输性的物质用于第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用于第二发光层的主体材料。

[0211] 电子传输层114是包含具有高电子传输性的物质的层。作为电子传输层114,可以使用金属复合物诸如 Alq_3 、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称: Almq_3)、双(10-羟基苯并[h]-喹啉)铍(简称: BeBq_2)、 BAIq 、 $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ 、双[2-(2-羟基苯基)-苯并噻唑]锌(简称: $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$)。也可以使用杂芳族化合物诸如2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-叔丁基苯基)-4-苯基-5-(4-联苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、3-(4-叔丁基苯基)-4-(4-乙基苯基)-5-(4-联苯基)-1,2,4-三唑(简称:p-EtTAZ)、红菲咯啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、4,4'-双(5-甲基苯并噻唑-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)。也可以使用高分子化合物诸如聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-co-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)或聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-co-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)。在此所述的物质主要是具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率。注意,除了这些物质之外,还可以将电子传输性比空穴传输性高的物质用于电子传输层。

[0212] 另外,也可以使用本发明的一个方式的杂环化合物作为具有高电子传输性的物质。

[0213] 另外,电子传输层不局限为单层,也可以为包含上述物质的两层或更多层的叠层。

[0214] 电子注入层115是包含具有高电子注入性的物质的层。作为电子注入层115,可以使用碱金属、碱土金属或它们的化合物诸如氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF_2)或锂氧化物(LiO_x)。或者,可以使用稀土金属化合物如氟化铒(ErF_3)。也可以使用上述用来形成电子传输层114的物质。

[0215] 或者,混合有有机化合物和电子给体(供体)的复合材料也可以用于电子注入层115。电子给体使得电子产生在有机化合物中,由此这种复合材料在电子注入性及电子传输性的方面优异。此时的有机化合物优选是在传输产生的电子方面性能优异的材料;具体例子包括如上所述的用来形成电子传输层114的物质(例如,金属复合物或杂芳族化合物)。电子给体优选为对有机化合物呈现电子给体性的物质。具体地,碱金属、碱土金属和稀土金属是优选的,例如可以举出锂、铯、镁、钙、钇、镱等。另外,优选使用碱金属氧化物或碱土金属氧化物,例如可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。也可以使用路易斯碱如氧化镁。也可以使用有机化合物如四硫富瓦烯(简称:TTF)。

[0216] 另外,上述空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114、电子注入层115和电荷产生层(E)116的每一个可以通过蒸镀法(例如,真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法等的方法形成。

[0217] 在上述发光元件中,由于在第一电极101和第二电极103之间产生的电位差而产生电流并且在EL层102中空穴和电子重新结合,从而发射光。然后,该发光穿过第一电极101和第二电极103中的一方或双方被提取到外部。因此,第一电极101和第二电极103中的一方或双方为具有透光性的电极。

[0218] 上述发光元件使用本发明的一个方式的杂环化合物形成,所以不仅可以提高发光元件的耐热性而且可以提高发光元件的元件效率,并且驱动电压的上升可以抑制到最小限

度。

[0219] 虽然更优选将本发明的一个方式的杂环化合物用作对发光层的磷光物质的主体材料,但是也可以将本发明的一个方式的杂环化合物用作发光层中的发光物质、对发光层中的荧光物质的主体材料或其他层(例如,空穴注入层、空穴传输层、电子传输层)。因此共同材料可以用于多个层。由此,可以降低材料的合成成本、发光元件的制造成本,所以是优选的。

[0220] 另外,本实施方式所示的发光元件是使用本发明的一个方式的杂环化合物制造的发光元件的例子。此外,作为包括上述发光元件的发光装置,可以制造无源矩阵型发光装置及有源矩阵型发光装置。也可以制造具有微腔结构的发光装置,其具备具有与在其他实施方式中说明的结构不同的结构的发光元件。上述发光装置都包括在本发明中。另外,在这些发光装置的耗电量可以降低。

[0221] 另外,在制造有源矩阵型发光装置的情况下,对TFT的结构没有特别的限制。例如,可以适当地使用交错型TFT或反交错型TFT。此外,形成在TFT衬底上的驱动电路可以使用n型TFT和p型TFT的双方或者n型TFT或p型TFT中的仅一方形成。此外,对用于TFT的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如,可以使用非晶半导体膜、结晶半导体膜、氧化物半导体膜等。

[0222] 另外,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0223] 实施方式3

[0224] 在本实施方式中,作为本发明的一个方式,说明除了磷光化合物以外还将两种或更多种的有机化合物用于发光层的发光元件。

[0225] 本实施方式所示的发光元件如图2所示那样在一对电极(阳极201和阴极202)之间具有EL层203。另外,EL层203至少具有发光层204,并可以具有空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层(E)等。此外,作为空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层(E),可以使用实施方式2所示的物质。

[0226] 本实施方式所示的发光层204包含磷光化合物205、第一有机化合物206及第二有机化合物207。实施方式1所示的杂环化合物可以用作第一有机化合物206或第二有机化合物207。另外,磷光化合物205是发光层204中的客体材料。此外,发光层204中的第一有机化合物206和第二有机化合物207中的含有率较高的一方为发光层204中的主体材料。

[0227] 当发光层204具有客体材料分散在主体材料中的结构时,可以控制发光层的晶化。另外,可以抑制由于客体材料的高浓度而导致的浓度猝灭,因此发光元件能够具有更高的发光效率。

[0228] 另外,优选的是,第一有机化合物206和第二有机化合物207的每一个的三重激发态能的能级(T1能级)高于磷光化合物205的T1能级。这是因为当第一有机化合物206(或第二有机化合物207)的T1能级低于磷光化合物205的T1能级时,有助于发光的磷光化合物205的三重激发态能由于第一有机化合物206(或第二有机化合物207)被猝灭(quench),因此发光效率降低。

[0229] 在此,为了改善从主体材料到客体材料的能量转移效率,考虑作为分子之间的能量转移机理周知的福斯特(Förster)机理(偶极-偶极相互作用)及德克斯特(Dexter)机理(电子交换相互作用)。根据这些机理,优选的是,主体材料的发射光谱(在从单重激发态

能量转移的情况下的荧光光谱、以及在从三重激发态能量转移的情况下的磷光光谱)与客体材料的吸收光谱(具体地说,最长波长(最低能量)吸收带的光谱)大幅度重叠。但是,通常,难以得到主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长(最低能量)吸收带的吸收光谱之间的重叠。这是因为如下缘故:如果主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长(最低能量)吸收带的吸收光谱重叠,由于主体材料的磷光光谱位于比荧光光谱长的波长(较低能量)一侧,因此主体材料的T1能级成为低于磷光化合物的T1能级,从而导致上述猝灭的问题。并且,当以主体材料的T1能级高于磷光化合物的T1能级的方式设计主体材料以避免猝灭的问题时,主体材料的荧光光谱向较短波长(较高能量)一侧漂移,因此该荧光光谱没有与客体材料的最长波长(最低能量)吸收带的吸收光谱的重叠。因此,通常,难以得到主体材料的荧光光谱与客体材料的最长波长(最低能量)一侧的吸收带中的吸收光谱之间的重叠而使主体材料的从单重激发态的能量转移最大化。

[0230] 由此,在本实施方式中,第一有机化合物和第二有机化合物的组合优选形成激基复合物。此时,当在发光层204中载流子(电子及空穴)重新结合时,第一有机化合物206和第二有机化合物207形成激基复合物(也称为“excited complex”)。由此,在发光层204中,第一有机化合物206的荧光光谱及第二有机化合物207的荧光光谱转换为位于更长波长一侧的激基复合物的发射光谱。并且,当以激基复合物的发射光谱与客体材料的吸收光谱大幅度重叠的方式选择第一有机化合物和第二有机化合物时,可以使从单重激发态的能量转移最大化。另外,在三重激发态的情况下,也可以认为发生来自激基复合物的能量转移,而不发生来自主体材料的能量转移。

[0231] 作为磷光化合物205,优选使用磷光有机金属复合物。虽然可以以产生激基复合物的方式决定第一有机化合物206和第二有机化合物207的组合,但是,优选采用容易接受电子的化合物(具有电子俘获性的化合物)和容易接受空穴的化合物(具有空穴俘获性的化合物)的组合。

[0232] 作为磷光有机金属复合物的例子包括双[2-(3',5'-双三氟甲基苯基)吡啶-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-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIracac)、三(2-苯基吡啶)铱(III)(简称:Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(ppy)₂(acac))、三(乙酰丙酮)(一菲咯啉)铽(III)(简称:Tb(acac)₃(Phen))、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bzq)₂(acac))、双(2,4-二苯基-1,3-噻唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(dpo)₂(acac))、双{2-[4'-(全氟烷基)苯基]吡啶-N,C^{2'}}铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(p-PF-ph)₂(acac))、双(2-苯基苯并噻唑-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(bt)₂(acac))、双[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(btp)₂(acac))、双(1-苯基异喹啉-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(piq)₂(acac))、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合(quinoxalinato)]铱(III)(简称:Ir(Fdpq)₂(acac))、(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(acac))、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮)(一菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](一菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(TTA)₃(Phen))等。

[0233] 作为容易接受电子的化合物,缺 π 电子型杂芳族化合物诸如含氮杂芳族化合物是优选的。例如,可以举出喹喔啉衍生物及二苯并喹喔啉衍生物,其例子包括2-[3-(二苯并噻

吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-III)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)和6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:6mDBTPDBq-II)等。另外,可以使用本发明的一个方式的杂环化合物作为容易接受电子的化合物。

[0234] 作为容易接受空穴的化合物,富 π 电子型杂芳族化合物(例如,咔唑衍生物或吡咯衍生物)或芳香胺化合物是优选的。例如,可以举出如下物质:4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)氨基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzPCN1)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、2,7-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-螺环-9,9'-联苄(简称:DPA2SF)、N,N'-双(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-N,N'-二苯基-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N-(9,9-二甲基-2-N',N'-二苯基氨基-9H-苄-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、2-[N-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-N-苯基氨基]螺环-9,9'-联苄(简称:PCASF)、2-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺环-9,9'-联苄(简称:DPASF)、N,N'-双[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基-2,7-二胺(简称:YGA2F)、4,4'-双[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:TPD)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N-(9,9-二甲基-9H-苄-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-苄-2-基)氨基]-9H-苄-7-基}-苯基胺(简称:DFLADFL)、3-[N-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzPCA1)、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzDPA2)、4,4'-双[N-(4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DNTPD)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzTPN2)、3,6-双[N-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzPCA2)。另外,可以使用本发明的一个方式的杂环化合物作为容易接受空穴的化合物。

[0235] 作为上述第一和第二有机化合物206和207,本发明不局限于上述例子。以能够形成激基复合物,该激基复合物的发射光谱与磷光化合物205的吸收光谱重叠,并且与磷光化合物205的吸收光谱的峰值相比激基复合物的发射光谱的峰值位于长波长的方式决定有机化合物的组合。

[0236] 另外,在容易接受电子的化合物和容易接受空穴的化合物用于第一有机化合物206和第二有机化合物207的情况下,载流子平衡可以由化合物的混合比而控制。具体而言,第一有机化合物和第二有机化合物的比率优选为1:9至9:1。

[0237] 在本实施方式所示的发光元件中,由于利用激基复合物的发射光谱与磷光化合物的吸收光谱之间的重叠的能量转移,所以能够改善能量转移效率。因此,可以实现发光元件的高外部量子效率。

[0238] 另外,在本发明的其他结构中,也可以作为磷光化合物205(客体材料)以外的两种有机化合物使用具有空穴俘获性的主体分子及具有电子俘获性的主体分子来形成发光层204,以产生空穴和电子导入存在于两种主体分子中的客体分子并且该客体分子成为激发

态的现象(Guest Coupled with Complementary Hosts:GCCH,与互补主体耦合的客体)。

[0239] 此时,具有空穴俘获性的主体分子及具有电子俘获性的主体分子分别可以选自上述容易接受空穴的化合物及上述容易接受电子的化合物。

[0240] 另外,本实施方式所示的发光元件是发光元件的一个结构例子;可以将其他实施方式所示的其他结构的发光元件应用于本发明的一个方式的发光装置。此外,作为包括上述发光元件的发光装置,可以制造无源矩阵型发光装置和有源矩阵型发光装置。也可以制造使用具有与其他实施方式所说明的结构不同的结构的发光元件的微腔结构的发光装置。上述发光装置都包括在本发明中。

[0241] 另外,在制造有源矩阵型发光装置的情况下,对TFT的结构没有特别的限制。例如,可以适当地使用交错型TFT或反交错型TFT。此外,形成在TFT衬底上的驱动电路可以使用n型TFT和p型TFT的双方或者n型TFT或p型TFT中的仅一方形成。此外,对于TFT的半导体膜的结晶性也没有特别的限制。例如,可以使用非晶半导体膜、结晶半导体膜、氧化物半导体膜等。

[0242] 另外,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0243] 实施方式4

[0244] 在本实施方式中,作为本发明的一个方式,对电荷产生层夹在多个EL层之间的发光元件(以下,称为串联型发光元件)进行说明。

[0245] 本实施方式所示的发光元件是如图3A所示的串联型发光元件,该串联型发光元件包括一对电极(第一电极301和第二电极304)之间的多个EL层(第一EL层302(1)和第二EL层302(2))。

[0246] 在本实施方式中,第一电极301被用作阳极,第二电极304被用作阴极。另外,第一电极301及第二电极304可以具有与实施方式2所示的结构相同的结构。此外,虽然多个EL层(第一EL层302(1)和第二EL层302(2))也可以具有与实施方式2或3所示的结构相同的结构,但是多个EL层中的任一个也可以具有与实施方式2或3所示的结构相同的结构。换言之,第一EL层302(1)和第二EL层302(2)也可以为彼此相同或不同的结构,并且可以为与实施方式2或实施方式3相同的结构。

[0247] 另外,电荷产生层(I)305设置在多个EL层(第一EL层302(1)和第二EL层302(2))之间。电荷产生层(I)305具有当对第一电极301和第二电极304施加电压时将电子注入EL层的一个且将空穴注入EL层的另一个的功能。在本实施方式中,当以第一电极301的电位高于第二电极304的电位的方式施加电压时,电荷产生层(I)305将电子注入第一EL层302(1)中且将空穴注入第二EL层302(2)中。

[0248] 另外,从光提取效率的观点来看,电荷产生层(I)305优选具有对可见光的透光性质(具体而言,电荷产生层(I)305具有40%或更高的可见光透射率)。另外,即使电荷产生层(I)305的导电率低于第一电极301或第二电极304的导电率,电荷产生层(I)305也发挥其作用。

[0249] 电荷产生层(I)305可以具有电子受体(受体)添加在空穴传输性高的有机化合物中的结构或者电子给体(供体)添加在电子传输性高的有机化合物中的结构。或者,也可以层叠有这两种结构。

[0250] 在电子受体添加在具有高空穴传输性的有机化合物中的结构的情况下,作为具有

高空穴传输性的有机化合物,例如,可以使用芳族胺化合物诸如NPB、TPD、TDATA、MTDATA或4,4'-双[N-(螺环-9,9'-联茚-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等。在此所述的物质主要是具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的空穴迁移率的物质。但是,只要是具有比电子传输性高的空穴传输性的有机化合物,就可以使用其它物质。另外,也可以使用本发明的一个方式的杂环化合物作为电荷产生层(I)305中的具有高空穴传输性的有机化合物。

[0251] 另外,作为电子受体,可以使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟喹啉并二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌等。另外,可以使用过渡金属氧化物。另外,也可以使用属于元素周期表中第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱,因为它们的电子接受性很高。尤其,氧化钼是优选的,因为氧化钼在大气中稳定,具有低吸湿性,且被容易进行处理。

[0252] 另一方面,在采用电子给体添加在具有高电子传输性的有机化合物中的结构的情况下,作为具有高电子传输性的有机化合物,例如,可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属复合物诸如Alq、Almq₃、BeBq₂或BALq等。或者,可以使用具有噻唑基配体或噻唑基配体的金属复合物诸如Zn(BOX)₂或Zn(BTZ)₂。再者,除了金属复合物之外,可以使用PBD、OXD-7、TAZ、BPhen、BCP等。在此所述的物质主要是具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的电子迁移率的物质。另外,只要是具有比空穴传输性高的电子传输性的有机化合物,就可以使用其它物质。

[0253] 作为电子给体,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属、属于元素周期表中第2或第13族的金属、或者它们的氧化物或碳酸盐。具体而言,优选使用锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)、镱(Yb)、铟(In)、氧化锂、碳酸铯等。或者,可以将有机化合物如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)用作电子给体。

[0254] 另外,通过使用上述材料形成电荷产生层(I)305,可以抑制因层叠EL层而导致的驱动电压增大。

[0255] 虽然本实施方式示出具有两个EL层的发光元件,但是如图3B所示,本发明可以同样地应用于层叠有n个EL层(302(1)至302(n))(n是3或更多)并在这些EL层(302(1)至302(n))之间分别设置有电荷产生层(I)(305(1)至305(n-1))的发光元件。如根据本实施方式的发光元件的那样,在多个EL层包含在一对电极之间的情况下,通过将电荷产生层(I)配置在EL层之间,可以在保持低电流密度的同时得到高亮度区域中的发光。因为可以保持低电流密度,所以元件可以具有长寿命。当上述发光元件应用于照明时,可以减少由于电极材料的电阻导致的电压下降,所以可以实现大面积的均匀发光。此外,可以实现能够以低电压驱动的耗电量低的发光装置。

[0256] 通过使各EL层发射互不相同颜色的光,发光元件的整体可以发射所需颜色的光。例如,通过以第一EL层的发光颜色和第二EL层的发光颜色为补色的方式形成具有两个EL层的发光元件,发光元件整体可以提供白色发光。注意,词语“补色”意味着当混合颜色时得到非彩色的颜色关系。也就是说,当混合从发射补色颜色的光的物质得到的光时,可以得到白色发光。

[0257] 另外,相同情况可应用于具有三个EL层的发光元件。例如,当第一EL层的发光颜色是红色,第二EL层的发光颜色是绿色且第三EL层的发光颜色是蓝色时,发光元件整体可以提供白色发光。

[0258] 注意,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0259] 实施方式5

[0260] 本实施方式所示的发光装置具有利用一对电极之间的光共振效应的光学微共振器(micro optical resonator)(微腔)结构。如图4所示的那样,该发光装置具有多个发光元件,该发光元件的每一个在一对电极(反射电极401与半透射·半反射电极402)之间至少具有EL层405。另外,EL层405至少包括用作发光区域的发光层404,还可以包括空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层(E)等。此外,本发明的一个方式的杂环化合物可以用于EL层405所包括的空穴注入层、空穴传输层、发光层404和电子传输层中的任一个。

[0261] 在本实施方式中,如图4所示的那样,对包括具有不同的结构的发光元件(第一发光元件(R)410R、第二发光元件(G)410G和第三发光元件(B)410B)的发光装置进行说明。

[0262] 第一发光元件(R)410R具有如下结构:在反射电极401上依次层叠有第一透明导电层403a;其一部分包括第一发光层(B)404B、第二发光层(G)404G和第三发光层(R)404R的EL层405;以及半透射·半反射电极402。第二发光元件(G)410G具有在反射电极401上依次层叠有第二透明导电层403b、EL层405以及半透射·半反射电极402的结构。第三发光元件(B)410B具有在反射电极401上依次层叠有EL层405及半透射·半反射电极402的结构。

[0263] 另外,上述发光元件(第一发光元件(R)410R、第二发光元件(G)410G、第三发光元件(B)410B)共用反射电极401、EL层405以及半透射·半反射电极402。第一发光层(B)404B发射在420nm至480nm的波长区域中具有峰值的光(λ_B)。第二发光层(G)404G发射在500nm至550nm的波长区域中具有峰值的光(λ_G)。第三发光层(R)404R发射在600nm至760nm的波长区域中具有峰值的光(λ_R)。由此,在各个发光元件(第一发光元件(R)410R、第二发光元件(G)410G及第三发光元件(B)410B)中,从第一发光层(B)404B发射的光、从第二发光层(G)404G发射的光及从第三发光层(R)404R发射的光彼此重叠;由此,能够发射具有及于可见光区的宽(broad)发射光谱的光。注意,上述波长满足 $\lambda_B < \lambda_G < \lambda_R$ 的关系。

[0264] 本实施方式所示的各发光元件具有在反射电极401与半透射·半反射电极402之间夹有EL层405的结构。从包括在EL层405中的各发光层向全方向射出的发光由用作光学微共振器(微腔)的反射电极401和半透射·半反射电极402被共振。注意,反射电极401使用具有反射性的导电材料形成,并使用可见光反射率为40%至100%,优选为70%至100%,电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 或更低的膜。另外,半透射·半反射电极402使用具有反射性的导电材料和具有透光性的导电材料形成,并使用可见光反射率为20%至80%,优选为40%至70%,电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 或更低的膜。

[0265] 在本实施方式中,分别设置在第一发光元件(R)410R和第二发光元件(G)410G中的透明导电层(第一透明导电层403a、第二透明导电层403b)的厚度在发光元件之间彼此不同,由此发光元件的从反射电极401到半透射·半反射电极402的光程长度不同。换言之,在从各发光元件的发光层发射的具有宽发射光谱的光中,在反射电极401与半透射·半反射电极402之间被共振的波长的光可以变强,而不被共振的波长的光可以衰减。因此,当元件的从反射电极401到半透射·半反射电极402的光程长度不同时,可以提取不同波长的光。

[0266] 另外,光程长度(也称为光学距离)作为实际上的距离与折射率的乘积表示,在本实施方式中,光程长度是实际上的厚度与n(折射率)的乘积。换言之,光程长度=实际上的厚度 $\times n$ 。

[0267] 另外,在第一发光元件(R)410R中从反射电极401到半透射·半反射电极402的总厚度设定为 $m\lambda_R/2$ (m 是0以外的自然数);在第二发光元件(G)410G中从反射电极401到半透射·半反射电极402的总厚度设定为 $m\lambda_G/2$ (m 是0以外的自然数),并且在第三发光元件(B)410B中从反射电极401到半透射·半反射电极402的总厚度设定为 $m\lambda_B/2$ (m 是0以外的自然数)。

[0268] 通过上述方式,从包括于EL层405中的第三发光层(R)404R发射的光(λ_R)主要从第一发光元件(R)410R提取,从包括于EL层405中的第二发光层(G)404G发射的光(λ_G)主要从第二发光元件(G)410G提取,从包括于EL层405中的第一发光层(B)404B发射的光(λ_B)主要从第三发光元件(B)410B提取。另外,从各发光元件提取的光从半透射·半反射电极402一侧射出。

[0269] 另外,严格而言,从反射电极401到半透射·半反射电极402的总厚度可以为从反射电极401中的反射区域到半透射·半反射电极402中的反射区域的总厚度。但是,难以严格地决定反射电极401及半透射·半反射电极402中的反射区域的位置。因此,假定为即使在反射电极401和半透射·半反射电极402中的任何处设置反射区域也可以充分地获得上述效果。

[0270] 接着,在第一发光元件(R)410R中,将从反射电极401到第三发光层(R)404R的光程长度调节为所希望的厚度($(2m'+1)\lambda_R/4$,其中 m' 是自然数);由此,可以放大从第三发光层(R)404R发射的光。来自第三发光层(R)404R的发光中的由反射电极401反射的光(第一反射光)干扰从第三发光层(R)404R直接入射到半透射·半反射电极402的光(第一入射光)。因此,通过将反射电极401到第三发光层(R)404R的光程长度调节为所希望的值($(2m'+1)\lambda_R/4$,其中 m' 是自然数),第一反射光与第一入射光的相位可以一致,并且可以放大来自第三发光层(R)404R的发光。

[0271] 另外,严格而言,从反射电极401到第三发光层(R)404R的光程长度可以为从反射电极401中的反射区域到第三发光层(R)404R中的发光区域的光程长度。但是,难以严格地决定反射电极401中的反射区域及第三发光层(R)404R中的发光区域的位置。因此,假定为即使在反射电极401及第三发光层(R)404R中的任何处分别设置反射区域及发光区域也可以充分地获得上述效果。

[0272] 接着,在第二发光元件(G)410G中,将从反射电极401到第二发光层(G)404G的光程长度调节为所希望的厚度($(2m''+1)\lambda_G/4$,其中 m'' 是自然数);由此,可以放大从第二发光层(G)404G发射的光。来自第二发光层(G)404G的发光中的由反射电极401反射的光(第二反射光)干扰从第二发光层(G)404G直接入射到半透射·半反射电极402的光(第二入射光)。因此,通过将反射电极401到第二发光层(G)404G的光程长度调节为所希望的值($(2m''+1)\lambda_G/4$,其中 m'' 是自然数),第二反射光与第二入射光的相位可以一致,并且可以放大来自第二发光层(G)404G的发光。

[0273] 另外,严格而言,从反射电极401到第二发光层(G)404G的光程长度可以为从反射电极401中的反射区域到第二发光层(G)404G中的发光区域的光程长度。但是,难以严格地决定反射电极401中的反射区域及第二发光层(G)404G中的发光区域的位置。因此,假定为即使在反射电极401及第二发光层(G)404G中的任何处分别设置反射区域及发光区域也可以充分地获得上述效果。

[0274] 接着,在第三发光元件(B)410B中,将从反射电极401到第一发光层(B)404B的光程长度调节为所希望的厚度($(2m''+1)\lambda_B/4$,其中 m'' 是自然数);由此,可以放大从第一发光层(B)404B发射的光。来自第一发光层(B)404B的发光中的由反射电极401反射的光(第三反射光)干扰从第一发光层(B)404B直接入射到半透射·半反射电极402的光(第三入射光)。因此,通过将反射电极401到第一发光层(B)404B的光程长度调节为所希望的值($(2m''+1)\lambda_B/4$,其中 m'' 是自然数),第三反射光与第三入射光的相位可以一致,并且可以放大来自第一发光层(B)404B的发光。

[0275] 另外,严格而言,在第三发光元件中,从反射电极401到第一发光层(B)404B的光程长度可以为从反射电极401中的反射区域到第一发光层(B)404B中的发光区域的光程长度。但是,难以严格地决定反射电极401中的反射区域及第一发光层(B)404B中的发光区域的位置。因此,假定为即使在反射电极401及第一发光层(B)404B中的任何处分别设置反射区域及发光区域也可以充分地获得上述效果。

[0276] 注意,虽然在上述结构中的发光元件都在EL层中包括多个发光层,但是本发明不局限于此;例如,可以组合实施方式4所示的串联型发光元件的结构,此时,多个EL层和夹在其间的电荷产生层设置在一个发光元件中,并且一个或更多个发光层形成在各EL层中。

[0277] 本实施方式所示的发光装置具有微腔结构,其中,即使具有相同的EL层,也能够提取根据发光元件不同的波长的光,因此不需要形成用于颜色R、G、B的发光元件。因此,由于实现高精细显示等的容易性,上述结构有利于全彩色显示。另外,能够提高在正面方向的特定波长的发光强度,因此可以降低耗电量。上述结构是当应用于包括三种或更多种颜色的像素的彩色显示器(图像显示装置)时特别有效的,但是也可以应用于照明等。

[0278] 实施方式6

[0279] 在本实施方式中,说明包括发光元件的发光装置,该发光元件中使用本发明的一个方式的杂环化合物作为发光层。

[0280] 上述发光装置可以是无源矩阵型发光装置或有源矩阵型发光装置。此外,其它实施方式所示的任何发光元件可以应用于本实施方式所示的发光装置。

[0281] 在本实施方式中,参照图5A和图5B说明有源矩阵型发光装置。

[0282] 另外,图5A是示出发光装置的俯视图,图5B是沿图5A中的虚线A-A'的截面图。根据本实施方式的有源矩阵型发光装置包括设置在元件衬底501上的像素部502、驱动电路部(源极线驱动电路)503以及驱动电路部(栅极线驱动电路)504a、504b。像素部502、驱动电路部503及驱动电路部504a、504b由密封剂505密封在元件衬底501与密封衬底506之间。

[0283] 此外,引导布线507设置在元件衬底501上。该引导布线507为了连接外部输入端子而设置,通过该外部输入端子,来自外部的信号(例如,视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号)或电位传送于驱动电路部503及驱动电路部504a、504b。在此示出设置有柔性印刷电路(FPC)508作为外部输入端子的例子。虽然在此只表示FPC,但是印刷线路板(PWB)可以安装于该FPC。本说明书中的发光装置在其范畴内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。

[0284] 接着,参照图5B说明截面结构。驱动电路部及像素部形成在元件衬底501上;在此示出源极线驱动电路的驱动电路部503及像素部502。

[0285] 驱动电路部503是形成有CMOS电路的例子,该CMOS电路是n沟道型TFT509和p沟道

型TFT510的组合。另外,包含在驱动电路部的电路也可以使用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路形成。虽然在本实施方式中示出驱动电路形成在衬底上的驱动器一体型,但是驱动电路不一定需要形成在衬底上,该驱动电路可以形成在外部。

[0286] 像素部502由多个像素形成,该多个像素的每一个包括开关TFT511、电流控制TFT512及与电流控制TFT512的布线(源电极或漏电极)电连接的第一电极(阳极)513。另外,以覆盖第一电极(阳极)513的边缘部的方式形成有绝缘物514。在本实施方式中,绝缘物514使用正型光敏丙烯酸树脂形成。

[0287] 为了获得由层叠在绝缘物514上的膜的优异覆盖率,绝缘物514优选在其上端部或下端部具备具有曲率的曲面。例如,在使用正型光敏丙烯酸树脂作为绝缘物514的材料的情况下,绝缘物514优选在其上端部具备具有曲率半径(0.2 μm 至3 μm)的曲面。此外,绝缘物514可以使用负型光敏树脂或正型光敏树脂。不局限于有机化合物,可以使用有机化合物或无机化合物诸如氧化硅、氮化硅。

[0288] EL层515及第二电极(阴极)516层叠在第一电极(阳极)513上。在EL层515中,至少设置有发光层。另外,在EL层515中,除了发光层之外,可以适当地设置空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层等。另外,本发明的一个方式的杂环化合物可以应用于发光层、空穴注入层、空穴传输层或电子传输层。

[0289] 发光元件517由第一电极(阳极)513、EL层515及第二电极(阴极)516的叠层结构形成。作为第一电极(阳极)513、EL层515及第二电极(阴极)516,可以使用实施方式2所示的材料。虽然在此未图示,但是第二电极(阴极)516与外部输入端子的FPC508电连接。

[0290] 虽然在图5B的截面图中仅示出一个发光元件517,但是,在像素部502中以矩阵形状配置有多个发光元件。提供三种发光(R、G、B)的发光元件选择性地形成在像素部502中,由此可以形成能够进行全彩色显示的发光装置。或者,通过与滤色片组合来实现能够进行全彩色显示的发光装置。

[0291] 再者,密封衬底506通过密封剂505贴合于元件衬底501,由此,发光元件517设置在由元件衬底501、密封衬底506及密封剂505围绕的空间518中。空间518也可以由惰性气体(例如,氮或氩)或密封剂505填充。

[0292] 环氧类树脂优选用于密封剂505。优选的是,这些材料尽量不使水分或氧透过。作为密封衬底506,可以使用玻璃衬底、石英衬底、或由玻璃纤维增强塑料(Fiberglass-Reinforced Plastics:FRP)、聚氟乙烯(PVF)、聚酯或丙烯酸树脂等形成的塑料衬底。

[0293] 如上所述那样,可以得到有源矩阵型发光装置。

[0294] 另外,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0295] 实施方式7

[0296] 在本实施方式中,参照图6A至6D对使用发光装置完成的各种电子设备的例子进行说明。上述发光装置使用包含本发明的一个方式的杂环化合物的发光元件制造。

[0297] 应用发光装置的电子设备的例子是电视装置(也称为电视或电视接收机)、计算机等的显示器、影像拍摄装置诸如数码相机或数码摄像机、数码相框、移动电话机(也称为移动电话或移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、音频再现装置、以及如弹珠机等大型游戏机。图6A至图6D示出这些电子设备的具体例子。

[0298] 图6A示出电视装置的例子。在电视装置7100中,显示部7103组装在框体7101中。图

像可以显示在显示部7103上,并且发光装置可以用于显示部7103。此外,在此框体7101由支架7105支撑。

[0299] 电视装置7100的操作可以使用框体7101的操作开关或另外的遥控操作机7110进行。通过使用遥控操作机7110的操作键7109,可以控制频道及音量,并可以控制在显示部7103上显示的映像。此外,遥控操作机7110也可以设置有显示从该遥控操作机7110输出的信息的显示部7107。

[0300] 另外,电视装置7100设置有接收机及调制解调器等。通过使用接收机,可以接收一般的电视广播。再者,当电视装置7100以有线或无线的连接通过调制解调器连接于通信网络时,可以进行单向(从发送者向接收者)或双向(在发送者和接收者之间、在接收者之间等)的信息通信。

[0301] 图6B示出计算机,包括主体7201、框体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、定位装置7206等。此外,该计算机通过将发光装置用于显示部7203来制造。

[0302] 图6C示出便携式游戏机,具有两个框体,即框体7301和框体7302,并且通过连接部7303连接,以使便携式游戏机可以开闭。显示部7304组装在框体7301中,显示部7305组装在框体7302中。此外,图6C所示的便携式游戏机具备扬声器部7306、记录介质插入部7307、LED灯7308、输入机构(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(具有测定如下因素的功能的传感器: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)以及麦克风7312)等。当然,只要将发光装置用于显示部7304及显示部7305中的至少一方,便携式游戏机的结构不局限于上述结构,并且也可以适当地包括其他辅助结构。图6C所示的便携式游戏机具有:读出储存在记录介质中的程序或数据以将其显示在显示部上的功能;以及通过无线通信与其他便携式游戏机共享信息的功能。图6C所示的便携式游戏机可以具有各种功能而不局限于上述功能。

[0303] 图6D示出移动电话机的例子。移动电话机7400设置有组装在框体7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。另外,移动电话机7400将发光装置用于显示部7402来制造。

[0304] 当图6D所示的移动电话机7400的显示部7402被手指等触摸时,信息可以输入移动电话机7400。此外,通过用手指等触摸显示部7402可以进行诸如打电话或制作电子邮件等的操作。

[0305] 显示部7402的屏面模式主要有三个。第一模式是以图像显示为主的显示模式。第二是以诸如文字等信息输入为主的输入模式。第三是组合有显示模式和输入模式的两个模式的显示及输入模式。

[0306] 例如,在打电话或制作电子邮件的情况下,将显示部7402设定为以文字输入为主的文字输入模式,从而可以输入显示在屏面上的文字。在此情况下,优选的是,在显示部7402的屏面的整个部分上显示键盘或号码按钮。

[0307] 当在移动电话机7400内部设置有具有如陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置时,通过判断移动电话机7400的方向可以自动切换显示部7402的屏面上的显示(根据移动电话机在用于横屏模式的水平方向上还是在用于竖屏模式的垂直方向上放置,判断或)。

[0308] 通过触摸显示部7402或操作框体7401的操作按钮7403,切换屏面模式。也可以根据显示在显示部7402上的图像种类切换屏面模式。例如,当显示在显示部上的图像的信号为动态图像数据的信号时,屏面模式切换成显示模式。当信号为文字数据的信号时,屏面模式切换成输入模式。

[0309] 另外,在输入模式中,当检测显示部7402的光传感器所检测的信号而在一定期间内没有由触摸显示部7402的操作的输入时,也可以以从输入模式切换成显示模式的方式控制屏面模式。

[0310] 显示部7402也可以被用作图像传感器。例如,当用手掌或手指触摸显示部7402时,拍摄掌纹或指纹等的图像,由此可以进行身份识别。此外,通过在显示部中设置发射近红外光的背光灯或感测光源,可以拍摄手指静脉或手掌静脉等。

[0311] 图7A和图7B示出能够折叠的平板终端。在图7A中,平板终端处于打开状态,并包括框体9630、显示部9631a、显示部9631b、显示模式切换按钮9034、电源按钮9035、省电模式切换按钮9036、卡子9033以及操作按钮9038。将发光装置用于显示部9631a和显示部9631b中的一方或双方来制造该平板终端。

[0312] 触摸屏的区域9632a可以设置在显示部9631a的一部分中,在该区域中,通过触摸所显示的操作键9637来可以输入数据。此外,显示部9631a的一半只具有显示功能且另一半具有触摸屏的功能。但是,本发明的一个方式不局限于该结构,显示部9631a的整体也可以具有触摸屏的功能。例如,键盘按钮可以显示在显示部9631a的整体上以用作触摸屏,并且显示部9631b可以用作显示屏面。

[0313] 与显示部9631a中同样地,触摸屏的区域9632b可以设置在显示部9631b的一部分中。当用手指或触屏笔等触摸显示在触摸屏上的键盘显示切换按钮9639时,键盘按钮可以显示在显示部9631b上。

[0314] 触摸屏的区域9632a和触摸屏的区域9632b可以同时由触摸输入而控制。

[0315] 显示模式切换按钮9034能够切换横屏模式和竖屏模式、彩色显示和黑白显示等。省电模式切换按钮9036能够根据由平板终端所内置有的光传感器检测出的使用时的外光量而使显示亮度最佳化。除了光传感器以外,诸如陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器等其他检测装置也可以内置在平板终端中。

[0316] 虽然图7A中的显示部9631a和显示部9631b具有相同的显示面积,但是本发明的一个方式不局限于该例子。显示部9631a和显示部9631b也可以具有不同的面积或不同的显示品质。例如,高清晰的图像也可以显示在显示部9631a和9631b中的一方。

[0317] 图7B示出折叠状态的平板终端,其包括框体9630、太阳能电池9633、充放电控制电路9634、电池9635以及DCDC转换器9636。此外,图7B示出充放电控制电路9634具有电池9635和DCDC转换器9636的例子。

[0318] 由于平板终端可以折叠,所以当不使用时可以合上框体9630。因此,可以保护显示部9631a和显示部9631b,从而可以提供耐久性高且长期使用时的可靠性得到改善的平板终端。

[0319] 图7A和图7B所示的平板终端可以具有如下其他功能:显示各种各样的信息(例如,静态图像、动态图像和文字图像等)的功能;在显示部上显示日历、日期或时刻等的功能;通过触摸输入对显示在显示部上的信息进行操作或编辑的触摸输入的功能;利用各种各样的

软件(程序)控制处理的功能等。

[0320] 安装在平板终端的表面的太阳能电池9633将电力供应给触摸屏、显示部及图像信号处理器等。另外,设置有太阳能电池9633的结构是优选的,因为能够对将电力供应给显示部9631a和/或显示部9631b的电池9635进行充电。当作为电池9635使用锂离子电池时,在小型化等方面有优点。

[0321] 参照图7C的方框图对图7B所示的充放电控制电路9634的结构和工作进行说明。图7C示出太阳能电池9633、电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至SW3以及显示部9631。电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至SW3对应于图7B中的充放电控制电路9634。

[0322] 首先,说明当利用外光通过太阳能电池9633产生电力时的工作的例子。使用DCDC转换器9636对太阳能电池9633所产生的电力进行升压或降压,以获得用来给电池9635充电的电压。当显示部9631利用来自太阳能电池9633的电力工作时使开关SW1成为导通,并且,利用转换器9638将该电力的电压升压或降压为显示部9631的工作所需要的电压。当显示部9631上不进行显示时,使SW1关闭且使SW2导通,由此电池9635能够充电。

[0323] 虽然作为充电机构的一个例子示出太阳能电池9633,但是对该充电机构没有特别的限制,也可以使用如压电元件(piezoelectric element)或热电转换元件(珀尔帖元件(peltier element))等其他机构给电池9635充电。例如,可以使用以无线(不接触)方式发出和接收电力以给电池充电的非接触电力传输模块,或者使用组合其他充电机构,来给电池9635充电。

[0324] 当然,本发明的一个方式只要具备上述实施方式所示的显示部,则不局限于图7A至7C所示的电子设备。

[0325] 如上所述那样,通过利用本发明的一个方式的发光装置可以得到电子设备。该发光装置具有极宽的应用范围,并且该发光装置可以应用于各种领域的电子设备。

[0326] 另外,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0327] 实施方式8

[0328] 在本实施方式中,参照图8对使用发光装置完成的照明装置的例子进行说明。该发光装置使用包含本发明的一个方式的杂环化合物的发光元件制造。

[0329] 图8示出将发光装置用作室内照明装置8001的例子。因为上述发光装置可以具有大面积,所以可以用于具有大面积的照明装置。此外,通过使用具有曲面的框体,也可以获得其发光区域具有曲面的照明装置8002。包括在本实施方式所示的照明装置中的发光元件为薄膜形状,由此能够更自由地设计框体。因此,可以以各种各样的方式精心地设计照明装置。再者,室内的墙面也可以具备大型的照明装置8003。

[0330] 另外,当将发光装置用作桌子的表面来用于桌子时,可以得到具有作为桌子的功能的照明装置8004。当将发光装置用作其他家具的一部分,可以得到具有作为家具的功能的照明装置。

[0331] 通过上述方式,可以得到应用发光装置的各种各样的照明装置。另外,这种照明装置也是本发明的一个方式。

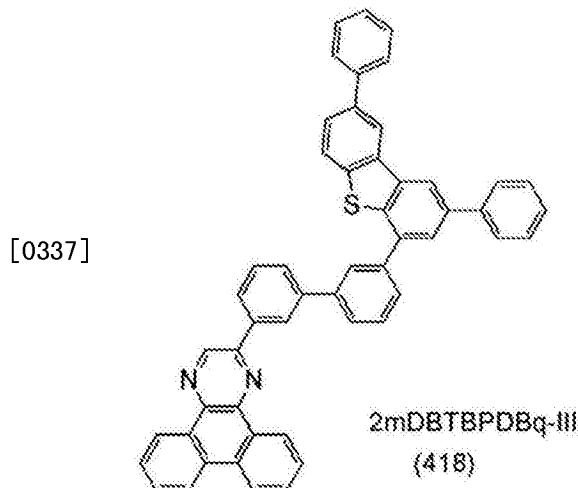
[0332] 另外,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合。

[0333] 实施例1

[0334] 《合成例1》

[0335] 本实施例示出由实施方式1的结构式(418)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2-{3-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-III)的合成方法的说明。以下示出2mDBTBPDBq-III(简称)的结构。

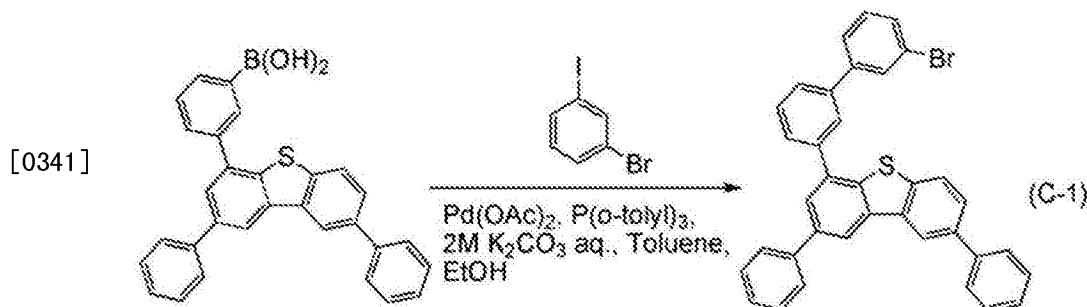
[0336] [化学式41]



[0338] 《步骤1:4-[3-(3-溴苯基)苯基]-2,8-二苯基二苯并噻吩的合成》

[0339] 在(C-1)中示出4-[3-(3-溴苯基)苯基]-2,8-二苯基二苯并噻吩的合成方案。

[0340] [化学式42]

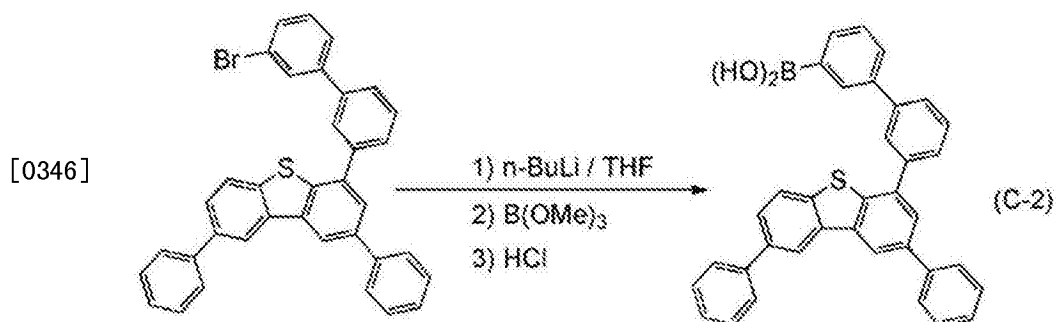


[0342] 将6.5g(23mmol)的3-溴碘苯、10g(22mmol)的3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸以及0.33g(1.1mmol)的三(邻-甲苯基)膦放在300mL的三口烧瓶中。用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物加入80mL的甲苯、30mL的乙醇和25mL的碳酸钾水溶液(2.0mol/L)。在减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气。对该混合物加入49mg(0.22mmol)的醋酸钯(II),在氮气流及80℃的温度下搅拌3小时。然后,使用甲苯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,并且用饱和盐水洗涤。使用硫酸镁对有机层进行干燥。在干燥后,对该混合物进行重力过滤。浓缩所获得的滤液以得到固体,对所获得的固体添加甲苯/己烷。对该混合物照射超声波,而析出固体。通过抽滤收集该固体,以96%的收集率获得11g的目的物的白色粉末。

[0343] 《步骤2:3-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基硼酸的合成》

[0344] 在(C-2)中示出3-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基硼酸的合成方案。

[0345] [化学式43]

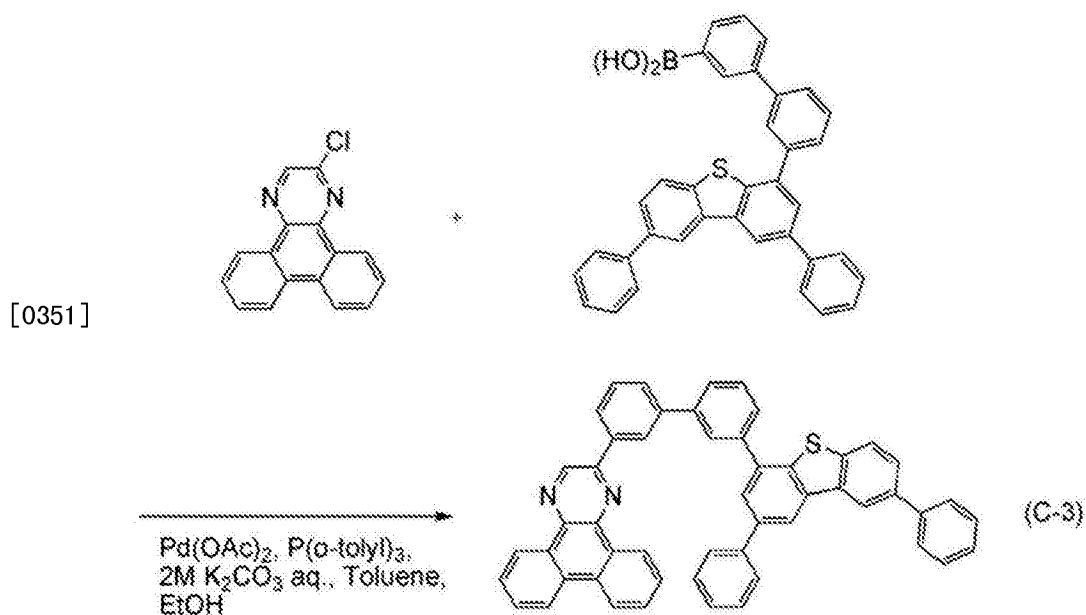


[0347] 将10g(17mmol)的4-[3-(3-溴苯基)苯基]-2,8-二苯基二苯并噻吩放在500mL三口烧瓶中。用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物加入176mL的四氢呋喃(THF),将该溶液冷却至 -80°C 。然后,用注射器将11mL(19mmol)的正丁基锂(1.6mol/L己烷溶液)滴加于该溶液。然后,在相同温度下搅拌该溶液2小时。然后,对该溶液加入2.4mL(21mmol)的硼酸三甲酯,在使其温度回升至室温的同时搅拌该混合物16小时。然后,将大约80mL的稀盐酸(1.0mol/L)加入该溶液中,并且搅拌2.5小时。然后,使用乙酸乙酯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,并用碳酸氢钠的饱和水溶液和饱和盐水洗涤。使用硫酸镁干燥有机层。在干燥之后,对该混合物进行重力过滤。浓缩所获得的滤液,以获得固体物。用乙酸乙酯/己烷对所获得的固体进行重结晶,以37%的收率获得3.5g的目的物的淡褐色粉末。

[0348] 《步骤3:2mDBTBPDBq-III(简称)的合成》

[0349] 在(C-3)中表示2mDBTBPDBq-III(简称)的合成方案。

[0350] [化学式44]



[0352] 将1.7g(6.5mmol)的2-氯二苯并[f,h]喹啉和3.4g(6.5mmol)的3-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基硼酸放在300mL三口烧瓶中。用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物中加入43mL的甲苯、54mL的乙醇和6.5mL的碳酸钠水溶液(2.0mol/L)。在减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气。对该混合物加入75mg(0.065mmol)的四(三苯基膦)钯(0),在氮气流及 80°C 的温度下搅拌4小时,以析出固体。然后,对该混合物加入200mL的水,并搅拌该混合物30分钟。在搅拌之后,对该混合物进行抽滤,获得固体。对所得到的固体加入200mL的乙醇。然后,进行超音波的照射,洗涤固体。在洗涤之后,对该混合物进行抽滤,以获得固

体。对所获得的固体在减压下进行干燥。在干燥之后,使该固体溶解于800mL的热甲苯,并对该溶液通过硅藻土及氧化铝进行抽滤。通过使用硅胶柱层析法(展开溶剂为己烷:甲苯=2:1的比率的混合溶液)对通过浓缩所获得的滤液而获得的固体进行提纯,以获得固体。使用HPLC对所获得的固体进行提纯,以获得固体。在减压下对所获得的固体进行干燥,以15%的收率获得0.72g的目的物的白色粉末。

[0353] 通过梯度升华方法(train sublimation method),对所获得的0.72g的白色固体进行提纯。在提纯中,在2.8Pa的压力和5.0mL/min的氩气流速条件下,以360℃的温度加热2mDBTBPDBq-III(简称)。通过该提纯,以84%的收率获得0.61g的2mDBTBPDBq-III(简称)的白色固体。

[0354] 下面示出使用核磁共振法(^1H NMR)对通过上述合成法得到的化合物进行分析的结果。在图9中示出 ^1H -NMR谱。该结果示出,得到了由上述结构式(418)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTBPDBq-III(简称)。

[0355] ^1H NMR(CDCl_3 , 500MHz): δ =7.39–7.43(m, 2H), 7.52(ddd, J =8.0, 1.7Hz, 4H), 7.66–7.90(m, 16H), 8.23(t, J =1.7Hz, 1H), 8.34(d, J =2.4Hz, 1H), 8.46(dd, J =6.3, 1.7Hz, 2H), 8.65(d, J =8.0Hz, 2H), 8.71(t, J =1.7Hz, 1H), 9.25(dd, J =5.0, 1.1Hz, 1H), 9.44(dd, J =3.0, 1.1Hz, 1H), 9.47(s, 1H)。

[0356] 接着,使用液相层析质谱(Liquid Chromatography Mass Spectrometry: LC/MS)分析对在本实施例中得到的2mDBTBPDBq-III(简称)进行分析。

[0357] 使用Acquity UPLC(由Waters(沃特世)Corporation制造)及Xevo G2Tof MS(由Waters Corporation制造)来进行LC/MS分析。

[0358] 在MS分析中,通过电喷雾电离(ElectroSpray Ionization: ESI)法进行离子化。此时,将毛细管电压和样品锥孔电压分别设定为3.0kV和30V,并且以正模式(positive mode)进行检测。

[0359] 以上述条件被离子化了的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氩气体而离解为多个子离子。与氩碰撞时的能量(碰撞能量)为70eV。进行检测的质量范围是 m/z =100至1200。

[0360] 图19示出测定结果。在图19中的结果示出,由结构式(418)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTBPDBq-III(简称)的子离子主要在 m/z =690、 m/z =229、 m/z =202、 m/z =177以及 m/z =165附近检测出。

[0361] 另外,在图19中的结果示出来源于2mDBTBPDBq-III(简称)的特征,因此可以说是确定包含在混合物中的2mDBTBPDBq-III(简称)时的重要数据。

[0362] m/z =690附近的子离子估计为一个C原子和一个N原子从结构式(418)所示的化合物的二苯并[f,h]喹喔啉环脱离的状态的阳离子,这是本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。另外, m/z =229附近的子离子估计为如二苯并[f,h]喹喔啉那样的二氮杂苯并菲基的阳离子。再者,同时还检测出 m/z =202、 m/z =177、 m/z =165附近的子离子。由此,这意味着本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTBPDBq-III(简称)含有二苯并[f,h]喹喔啉环。

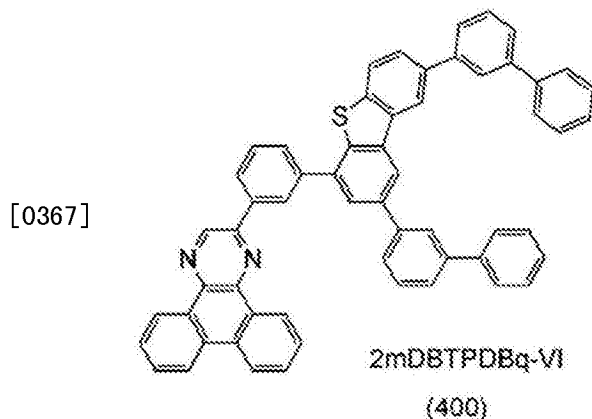
[0363] 实施例2

[0364] 《合成例2》

[0365] 本实施例示出由实施方式1的结构式(400)表示的本发明的一个方式的杂环化合

物2-{3-[2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称: 2mDBTPDBq-VI)的合成方法的说明。以下示出2mDBTPDBq-VI(简称)的结构。

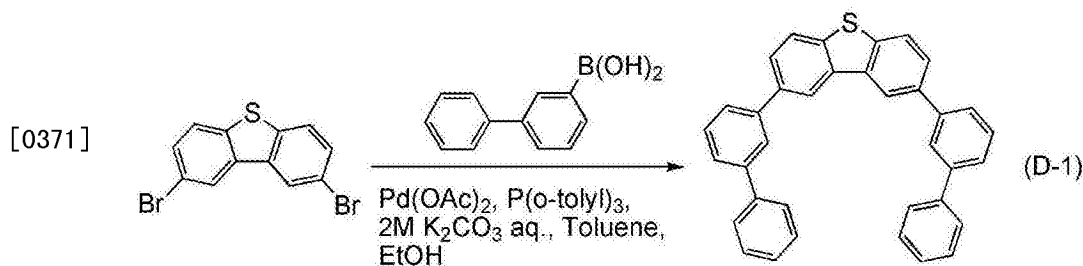
[0366] [化学式45]



[0368] 《步骤1:2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩的合成》

[0369] 在(D-1)中示出2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩的合成方案。

[0370] [化学式46]

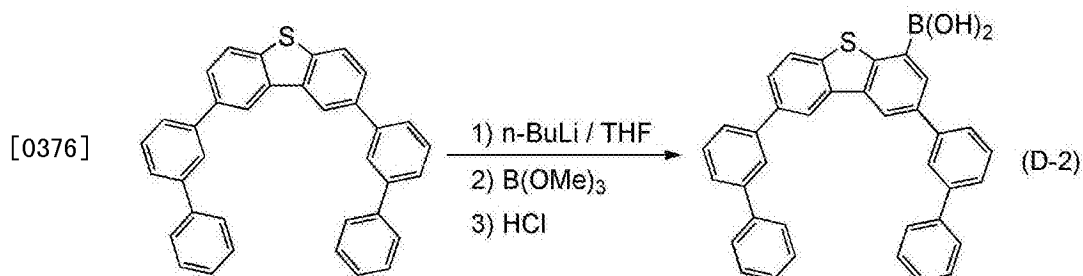


[0372] 将50g(0.14mol)的2,8-二溴二苯并噻吩、69g(0.35mmol)的3-联苯硼酸、4.4g(14mmol)的三(邻-甲苯基)膦、60g(0.43mmol)的碳酸钾、380mL的水、1.2L的甲苯以及120mL的乙醇放在3.0L的三口烧瓶中。在减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气。对该混合物加入0.65g(2.9mmol)的醋酸钯(II),在氮气流及80℃的温度下搅拌3小时。在搅拌后,使用甲苯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,用饱和盐水进行洗涤。使用硫酸镁对有机层进行干燥,并对该混合物进行重力过滤。将通过浓缩所获得的滤液以获得的固体溶解于大约500mL的甲苯。对该溶液通过硅藻土、氧化铝及硅酸镁进行抽滤。对由浓缩所获得的固体添加甲苯/己烷,对该混合物照射超声波进行洗涤。通过抽滤收集该固体,以84%的收率获得60g的目的物的白色粉末。

[0373] 《步骤2:2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基硼酸的合成》

[0374] 在(D-2)中示出2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基硼酸的合成方案。

[0375] [化学式47]

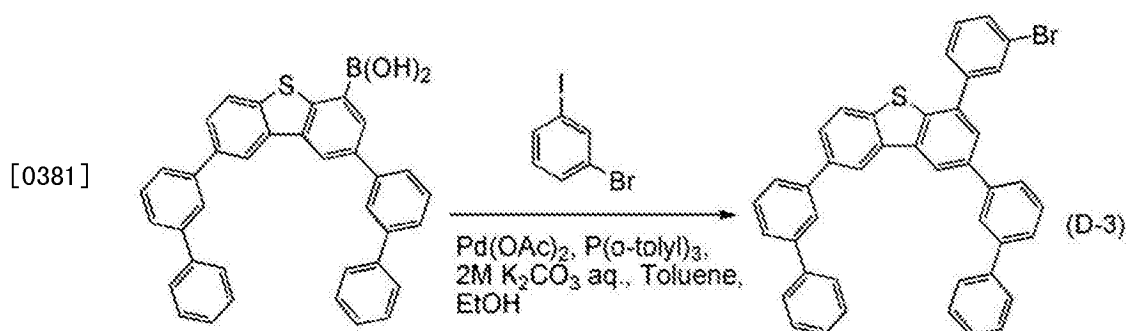


[0377] 将36g(73mmol)的2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩放在2.0L三口烧瓶中。用氮气置换烧瓶内的空气。对该烧瓶中加入370mL的四氢呋喃(THF),将该溶液冷却到-80℃。然后,使用滴液漏斗将50mL(80mmol)的正丁基锂(1.6mol/L己烷溶液)滴加于该溶液。在滴加之后,在使其温度回升至室温的同时搅拌该溶液2小时。在搅拌之后,将该溶液再冷却到-80℃,对该溶液加入11mL(100mmol)的硼酸三甲酯,接着,在使其温度回升至室温的同时搅拌该混合物18小时。在搅拌之后,将大约200mL的稀盐酸(1.0mol/L)加入该溶液中,并搅拌该溶液1小时。在搅拌之后,使用乙酸乙酯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,用碳酸氢钠的饱和水溶液和饱和盐水进行洗涤。用硫酸镁干燥有机层,然后,对该混合物进行重力过滤。浓缩所获得的滤液以获得固体。对所获得的固体添加乙酸乙酯/甲苯,对该混合物照射超音波,通过抽滤收集固体,以87%的收率获得33g的目的物的白色粉末。

[0378] 《步骤3:4-(3-溴苯基)-2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩的合成》

[0379] 在(D-3)中表示4-(3-溴苯基)-2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩的合成方案。

[0380] [化学式48]



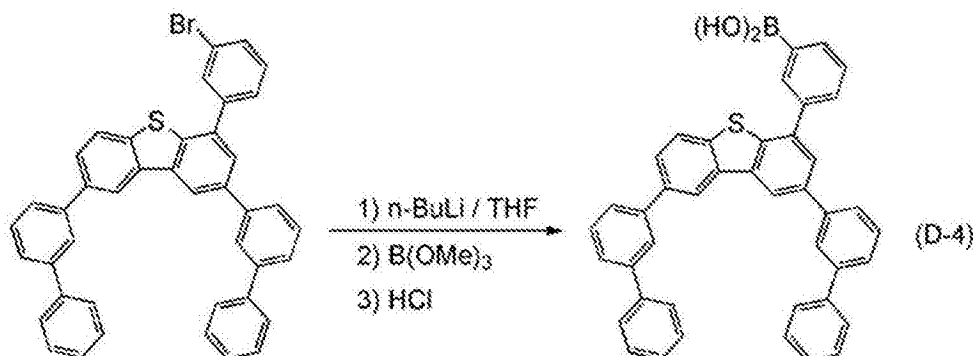
[0382] 将4.8mL(37mmol)的3-溴碘苯、20g(37mmol)的2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基硼酸、1.5g(5.6mmol)的三(邻-甲苯基)膦放在1.0L的三口烧瓶中。用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物加入140mL的甲苯、47mL的乙醇、10g的碳酸钾以及37mL的水。在减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气。对该混合物加入0.16g(1.1mmol)的醋酸钯(II),在氮气流及80℃的温度下搅拌该混合物6小时。然后,用甲苯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,用饱和盐水进行洗涤。用硫酸镁对有机层进行干燥,并对该混合物进行重力过滤。对浓缩所获得的滤液而获得的油状物添加甲苯/甲醇,对该混合物照射超音波,以析出固体。通过抽滤收集所析出的固体,以94%的收率获得22g的目的物的淡褐色固体。

[0383] 《步骤4:3-[2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基]苯基硼酸的合成》

[0384] 在(D-4)中表示3-[2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基]苯基硼酸的合成方案。

[0385] [化合物49]

[0386]



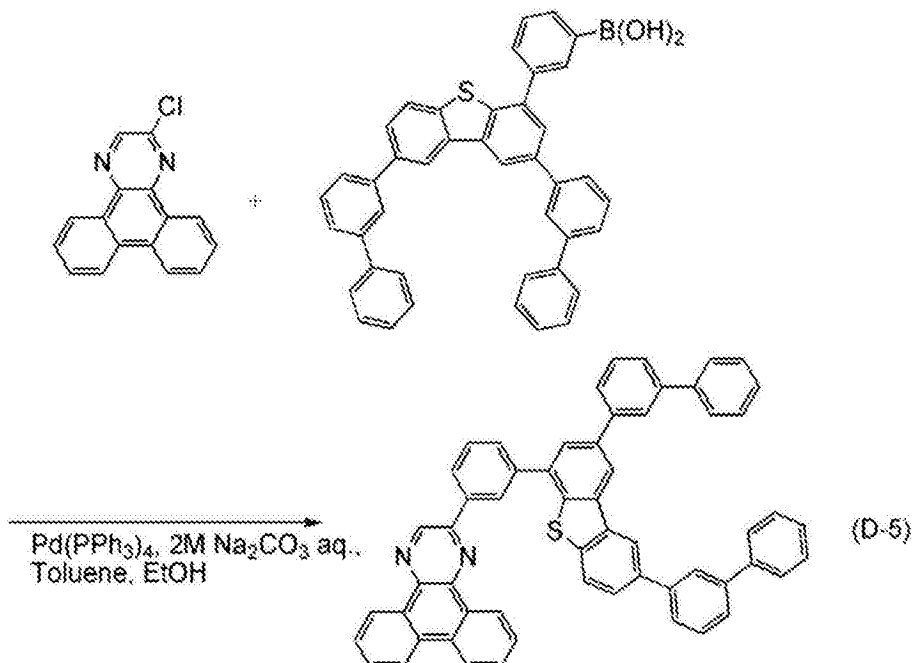
[0387] 将20g(31mmol)的4-(3-溴苯基)-2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩放在500mL三口烧瓶中。用氮气置换烧瓶内的空气。对该烧瓶中加入310mL的四氢呋喃(THF),将该溶液冷却至 -80°C 。用注射器对该溶液滴加21mL(34mmol)的正丁基锂(1.6mol/L己烷溶液)。在滴加之后,在相同温度下搅拌该溶液2小时。在搅拌之后,对该溶液加入4.2mL(37mmol)的硼酸三甲酯,在使其温度回升至室温的同时搅拌该混合物18小时。在搅拌之后,将大约10mL的稀盐酸(1.0mol/L)加入该溶液中,并且搅拌该混合物1小时。然后,用乙酸乙酯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,并用碳酸氢钠的饱和水溶液和饱和盐水进行洗涤。用硫酸镁干燥有机层。在干燥之后,对该混合物进行重力过滤。浓缩所获得的滤液以获得固体。将所得到的固体溶解于热乙酸乙酯并添加己烷以进行重结晶,以63%的收率获得12g的目的物的淡褐色粉末。

[0388] 《步骤5:2mDBTPDBq-VI(简称)的合成》

[0389] 在(D-5)中示出2mDBTPDBq-VI(简称)的合成方案。

[0390] [化合物50]

[0391]



[0392] 将5.1g(19mmol)的2-氯二苯并[f,h]喹喔啉、12g(2.4mmol)的3-[2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基]苯基硼酸、130mL的甲苯、13mL的乙醇、20mL的碳酸钠水溶液(2.0mol/L)放在300mL三口烧瓶中。在减压的同时搅拌该混合物,以进行脱气。对该混合物加入0.23g(0.20mmol)的四(三苯基膦)钯(0),在氮气流及 80°C 的温度下搅拌3.5小时,而析出固体。在

搅拌之后,对该混合物加入200mL的水,并在室温下搅拌该混合物30分钟。然后,对该混合物进行抽滤,以获得固体。对所得到的固体加入200mL的乙醇,并对该固体照射超音波并进行洗涤。在洗涤之后,对该混合物进行抽滤,以获得固体。对所获得的固体在减压下进行干燥。在干燥之后,将该固体溶解于800mL的热甲苯中,并使该溶液通过硅藻土、氧化铝进行抽滤。对通过浓缩所得到的滤液而获得的固体在减压下进行干燥,以46%的收率获得7.2g的目的物的白色粉末。

[0393] 通过梯度升华方法,对所获得的7.2g的白色固体进行提纯。在提纯中,在3.5Pa的压力和15mL/min的氩气流速条件下,以395℃的温度加热2mDBTPDBq-VI(简称)。通过该提纯,以86%的收集率获得6.2g的2mDBTPDBq-VI(简称)的白色固体。

[0394] 下面示出使用核磁共振法($^1\text{H-NMR}$)对通过上述合成法得到的化合物进行分析的结果。在图10中示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。该结果示出,得到了由上述结构式(400)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-VI(简称)。

[0395] $^1\text{H NMR}(\text{CDCl}_3, 500\text{MHz})$: $\delta=7.38(\text{ddd}, J=8.6, 7.5\text{Hz}, 2\text{H}), 7.48(\text{ddd}, J=8.1, 7.4\text{Hz}, 4\text{H}), 7.59-7.66(\text{m}, 4\text{H}), 7.70-7.82(\text{m}, 12\text{H}), 7.95-7.99(\text{m}, 4\text{H}), 8.02(\text{dd}, J=1.7\text{Hz}, 1\text{H}), 8.46(\text{d}, J=8.0\text{Hz}, 1\text{H}), 8.53(\text{d}, J=1.8\text{Hz}, 2\text{H}), 8.65(\text{d}, J=8.0\text{Hz}, 2\text{H}), 8.87(\text{dd}, J=1.7\text{Hz}, 1\text{H}), 9.25(\text{dd}, J=6.3, 1.7\text{Hz}, 1\text{H}), 9.45(\text{dd}, J=6.8, 1.2\text{Hz}, 1\text{H}), 9.51(\text{s}, 1\text{H})$ 。

[0396] 接着,使用液相层析质谱(Liquid Chromatography Mass Spectrometry:LC/MS)分析对在本实施例中得到的2mDBTPDBq-VI(简称)进行分析。

[0397] 使用Acquity UPLC(由Waters(沃特世)Corporation制造)及Xevo G2Tof MS(由Waters Corporation制造)来进行LC/MS分析。

[0398] 在MS分析中,通过电喷雾电离(ElectroSpray Ionization:ESI)法进行离子化。此时,将毛细管电压和样品锥孔电压分别设定为3.0kV和30V,并且以正模式进行检测。

[0399] 以上述条件被离子化了的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氩气体而离解为多个子离子。与氩碰撞时的能量(碰撞能量)为70eV。进行检测的质量范围是 $m/z=100$ 至1200。

[0400] 图20示出测定结果。在图20中的结果示出,由结构式(400)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-VI(简称)的子离子主要在 $m/z=766$ 、 $m/z=229$ 、 $m/z=165$ 附近检测出。

[0401] 另外,在图20中的结果示出来源于2mDBTPDBq-VI(简称)的特征,因此可以说是确定包含在混合物中的2mDBTPDBq-VI(简称)时的重要数据。

[0402] $m/z=766$ 附近的子离子估计为一个C原子和一个N原子从结构式(400)所示的化合物的二苯并[f,h]喹喔啉环脱离的状态的阳离子,这是本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。另外, $m/z=229$ 附近的子离子估计为如二苯并[f,h]喹喔啉那样的二氮杂苯并菲基的阳离子。再者,同时还检测出 $m/z=202$ 、 $m/z=177$ 、 $m/z=165$ 附近的子离子。由此,这意味着本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-VI(简称)含有二苯并[f,h]喹喔啉环。

[0403] 另外,使用飞行时间二次离子质谱分析仪(Time-of-flight secondary ion mass spectrometer:TOF-SIMS)测定本发明的一个方式的2mDBTPDBq-VI(简称);图31示出在正离子的情况下所得到的定性光谱。

[0404] 使用TOF.SIMS5(由ION-TOF GmbH制造),并且作为第一离子源使用 Bi_3^{++} 。另外,以

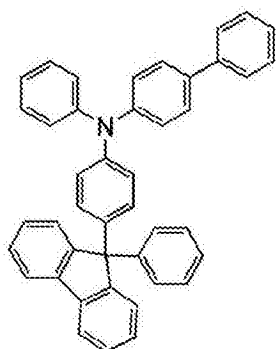
脉冲宽度为7nm至12nm的脉冲状进行第一离子的照射。照射量大于或等于 8.2×10^{10} ions/cm²且小于或等于 6.7×10^{11} ions/cm²(小于或等于 1×10^{12} ions/cm²),加速电压为25keV,电流值为0.2pA。2mDBTPDBq-VI(简称)的粉末为用于测定的样品。

[0405] 在图31中的TOF-SIMS分析(正离子)的结果示出,由结构式(400)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-VI(简称)(m/z=792.26)的子离子主要在m/z=176附近检出。在此,所述的“附近”意味着根据氢离子或同位素是否存在而变化的子离子的数值差是可以容许的。由于图31的结果所示的子离子与图20所示的通过MS分析(正离子)测出的2mDBTPDBq-VI(简称)的子离子类似,所以使用TOF-SIMS测出的结果也可以说是确定包含在混合物中的2mDBTPDBq-VI(简称)时的重要数据。

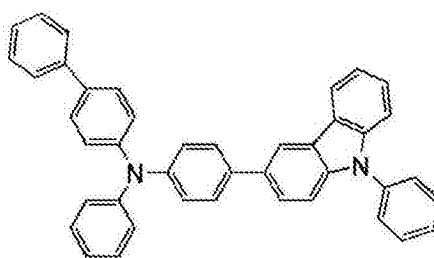
[0406] 实施例3

[0407] 本实施例参照图11对发光元件1进行说明,在该发光元件1中,本发明的一个方式的杂环化合物2-{3-[2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-VI)(结构式(400))被用于发光层的一部分。另外,以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0408] [化学式51]

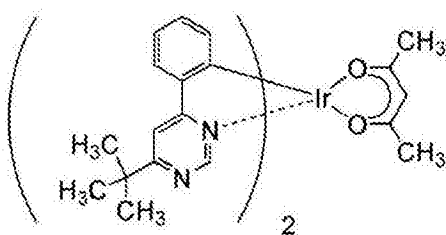
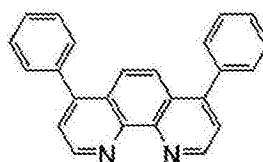


BPAFLP

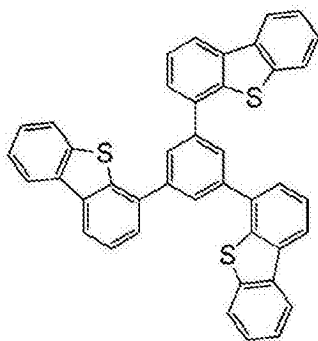


PCBA1BP

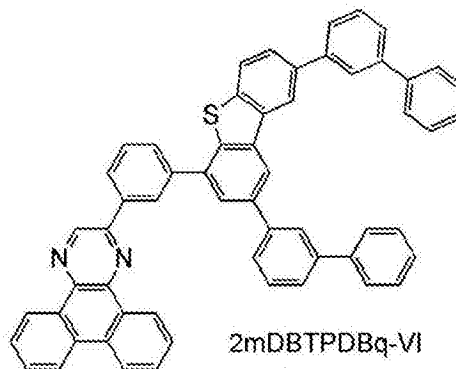
[0409]

[Ir(tBuppm)₂(acac)]

BPhen



DBT3P-II



(400)

[0410] 《发光元件1的制造》

[0411] 首先,通过溅射法在玻璃衬底1100上形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),以形成用作阳极的第一电极1101。其厚度为110nm,其电极面积为2mm×2mm。

[0412] 然后,作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理,在用水对衬底表面进行洗涤,以200℃进行1小时的焙烧之后,进行370秒的UV臭氧处理。

[0413] 然后,将衬底放入被减压到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中对该衬底以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后,将衬底1100放冷30分钟左右。

[0414] 接着,以使衬底1100的形成有第一电极1101的面朝下的方式将该衬底1100固定于设置在真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,说明如下情况,其中,通过真空蒸镀法依次形成包括在EL层1102中的空穴注入层1111、空穴传输层1112、发光层1113、电子传输层1114及电子注入层1115。

[0415] 在将真空装置的压力降低到 10^{-4} Pa之后,以1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)的质量比为4:2的方式进行DBT3P-II(简称)和氧化钼的共蒸镀,通

过这样在第一电极1101上形成空穴注入层1111。空穴注入层1111的厚度为40nm。这里,共蒸镀是从几个不同的蒸发源同时蒸发几种不同的物质的蒸镀法。

[0416] 然后,蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP),以形成空穴传输层1112。

[0417] 接着,在空穴传输层1112上形成发光层1113。以2-{3-[2,8-双(联苯-3-基)二苯并噻吩-4-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTPDBq-VI)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-吡唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的质量比为0.8:0.2:0.05的方式进行2mDBTPDBq-VI(简称)、PCBA1BP(简称)、[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的共蒸镀。发光层1113的厚度为40nm。通过这样,形成发光层1113。

[0418] 然后,在发光层1113上蒸镀10nm厚的2mDBTPDBq-VI(简称),并且蒸镀20nm厚的红菲绕啉(简称:Bphen),来形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者,在电子传输层1114上蒸镀1nm厚的氟化锂,来形成电子注入层1115。

[0419] 最后,在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝以形成用作阴极的第二电极1103;由此得到发光元件1。另外,在上述蒸镀过程中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0420] 在表1中示出通过上述步骤得到的发光元件1的元件结构。

[0421] [表1]

[0422]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件1	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*1	**1	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

[0423] *1 2mDBTPDBq-VI:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.8:0.2:0.05,40nm)

[0424] **1 2mDBTPDBq-VI(10nm)

[0425] 此外,在含有氮气氛的手套箱中密封所制造的发光元件1,以不使发光元件1暴露于大气(将密封材料涂敷在元件的周围,并且当密封时以80℃进行1小时的热处理)。

[0426] 《发光元件1的工作特性》

[0427] 对所制造的发光元件1的工作特性进行测量。这里,在室温下(在温度保持为25℃的气氛中)进行测量。

[0428] 图12示出发光元件1的亮度-电流密度特性,图13示出亮度-电压特性,图14示出电流效率-亮度特性。

[0429] 根据图14可知,作为主体材料将本发明的一个方式的杂环化合物用于发光层的一部分的发光元件1具有低耗电量高效率的特性。

[0430] 下面的表2示出1000cd/m²附近亮度的发光元件1的主要特性的初期值。

[0431] [表2]

[0432]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色品 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
发光元件1	3.1	0.068	1.7	(0.42, 0.56)	1100	63	64	18

[0433] 根据上述表2的结果也可知,在本实施例中制造的发光元件1具有高亮度高电流效率的特性。

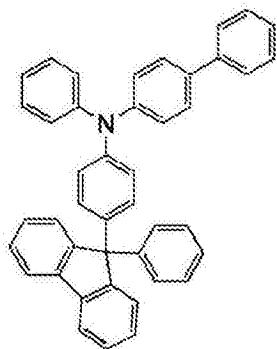
[0434] 图15示出当对发光元件1提供0.1mA/cm²的电流密度的电流时的发射光谱。图15示出发光元件1的发射光谱在544nm附近具有峰值,由此可知,该发射光谱来源于包含在发光层1113中的[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的发光。

[0435] 由此,可以认为2mDBTPDBq-VI(简称)具有高T1能级,并可以用于呈现可见区域(波长长于或等于蓝色光)的磷光的发光元件的主体材料或载流子传输材料。

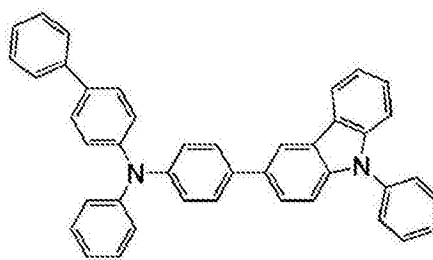
[0436] 实施例4

[0437] 本实施例说明发光元件2,其中将本发明的一个方式的杂环化合物2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)(结构式(103))用于发光层的一部分;发光元件3,其中将本发明的一个方式的杂环化合物2-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-III)(结构式(113))用于发光层的一部分;以及比较发光元件,其中将2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)(结构式(600))用于发光层的一部分。另外,将实施例3中用于发光元件1的说明的图11用于本实施例中的发光元件2、发光元件3及比较发光元件的说明。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0438] [化学式52]

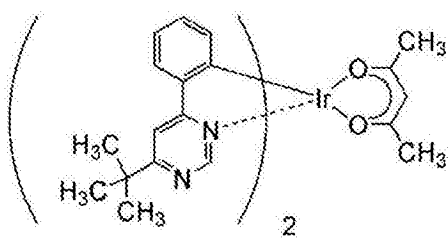
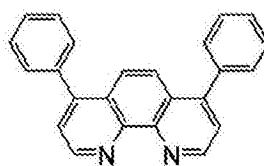


BPAFLP

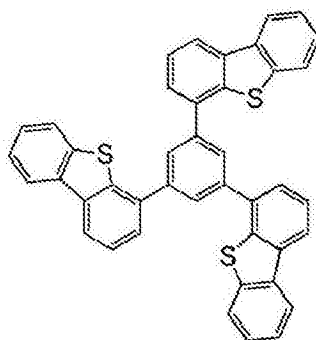


PCBA1BP

[0439]

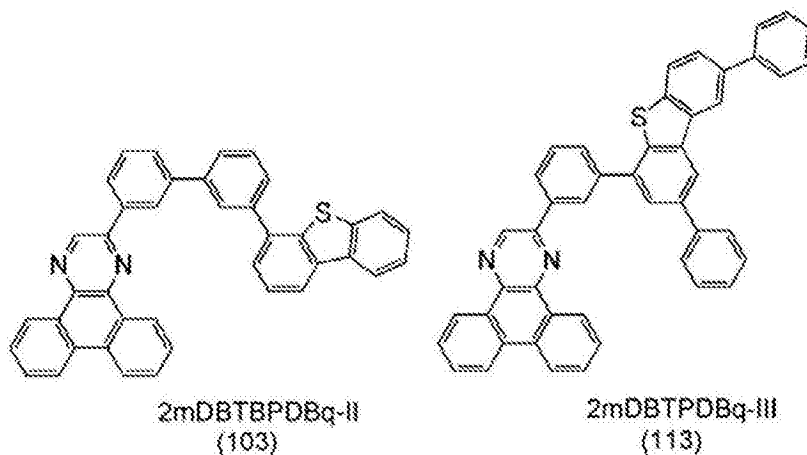
[Ir(tBuppm)₂(acac)]

BPhen

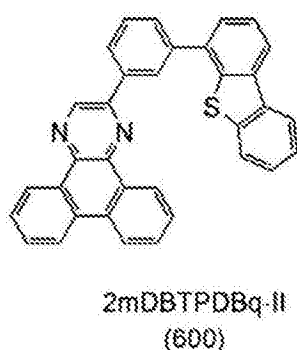


DBT3P-II

[0440] [化学式53]



[0441]



[0442] 《发光元件2、发光元件3及比较发光元件的制造》

[0443] 首先,通过溅射法在玻璃衬底1100上形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),以形成用作阳极的第一电极1101。其厚度为110nm,其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0444] 然后,作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理,在用水对衬底表面进行洗涤,以 200°C 进行1小时的焙烧之后,进行370秒的UV臭氧处理。

[0445] 然后,将衬底放入被减压到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中对该衬底以 170°C 进行30分钟的真空焙烧,然后,将衬底1100放冷30分钟左右。

[0446] 接着,以使衬底1100的形成有第一电极1101的面朝下的方式将该衬底1100固定于设置在真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,说明如下情况,其中,通过真空蒸镀法依次形成包括在EL层1102中的空穴注入层1111、空穴传输层1112、发光层1113、电子传输层1114及电子注入层1115。

[0447] 在将真空装置的压力降低到 10^{-4}Pa 之后,以1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)的质量比为1:0.5的方式进行DBT3P-II(简称)和氧化钼的共蒸镀,通过这样在第一电极1101上形成空穴注入层1111。空穴注入层1111的厚度为40nm。这里,共蒸镀是从几个不同的蒸发源同时蒸发几种不同的物质的蒸镀法。

[0448] 然后,蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP),以形成空穴传输层1112。这里,到此为止的工序共通于发光元件2、发光元件3及比较发光元件。

[0449] 接着,在空穴传输层1112上形成发光层1113。

[0450] 在发光元件2中,以2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简

称:2mDBTPDBq-II)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)和(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])(简称)的质量比为0.8:0.2:0.05的方式进行2mDBTPDBq-II(简称)、PCBA1BP(简称)、[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的共蒸镀。发光层1113的厚度为40nm。通过这样,形成发光层1113。

[0451] 在发光元件3中,以2-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-III)、PCBA1BP(简称)和[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的质量比为0.8:0.2:0.05的方式进行2mDBTPDBq-III(简称)、PCBA1BP(简称)、[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的共蒸镀。发光层1113的厚度为40nm。通过这样,形成发光层1113。

[0452] 在比较发光元件中,以2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、PCBA1BP(简称)和[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的质量比为0.8:0.2:0.05的方式进行2mDBTPDBq-II(简称)、PCBA1BP(简称)、[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的共蒸镀。发光层1113的厚度为40nm。通过这样,形成发光层1113。

[0453] 然后,在发光元件2、发光元件3及比较发光元件的每一个中,在发光层1113上蒸镀10nm厚的2mDBTPDBq-II(简称),并且蒸镀20nm厚的红菲绕啉(简称:Bphen),来形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者,在电子传输层1114上蒸镀1nm厚的氟化锂,来形成电子注入层1115。

[0454] 最后,在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝以形成用作阴极的第二电极1103;由此得到发光元件2、发光元件3及比较发光元件。另外,在上述蒸镀过程中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0455] 另外,在发光元件2、发光元件3及比较发光元件的每一个中,以相同的方式进行形成发光层1113之后的工序。

[0456] 在表3中示出通过上述工序得到的发光元件2、发光元件3及比较发光元件的元件结构。

[0457] [表3]

[0458]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层		电子注入层	第二电极
发光素子2	ITS0 (110nm)	DBT3P- II:MoO _x (1:0.540nm)	BPAFLP (20nm)	*2	**2	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al(200nm)
发光素子3	ITS0 (110nm)	DBT3P- II:MoO _x (1:0.540nm)	BPAFLP (20nm)	*3	**3	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al(200nm)
比较发光素子	ITS0 (110nm)	DBT3P- II:MoO _x (1:0.540nm)	BPAFLP (20nm)	*0	**0	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al(200nm)

[0459] *2 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.8:0.2:0.0540nm)

[0460] **2 2mDBTPDBq-II(10nm)

[0461] *3 2mDBTPDBq-III:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.8:0.2:0.0540nm)

[0462] **3 2mDBTPDBq-III(10nm)

[0463] *0 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.8:0.2:0.0540nm)

[0464] **0 2mDBTPDBq-II(10nm)

[0465] 此外,在含有氮气氛的手套箱中密封所制造的发光元件2、发光元件3及比较发光元件,以不使其暴露于大气(将密封材料涂敷在元件的周围,并且当密封时以80℃进行1小时的热处理)。

[0466] 《发光元件2、发光元件3及比较发光元件的耐热特性》

[0467] 对所制造的发光元件2、发光元件3及比较发光元件进行耐热性试验。以在保持为80℃的恒温槽中保存各发光元件所定的时间,然后测定电流效率的方式进行评价。这里,在从恒温槽取出各发光元件之后,在室温(保持为25℃的气氛)下测定电流效率。

[0468] 图16和图17示出以80℃保存发光元件1090小时后的电流效率的测定结果。图16示出发光元件2(2mDBTPDBq-II;具有两个苯环)和比较发光元件(2mDBTPDBq-II;具有一个苯环)之间的比较。图17示出发光元件3(2mDBTPDBq-III;具有三个苯环)和比较发光元件(2mDBTPDBq-II;具有一个苯环)之间的比较。

[0469] 如这些测定结果所示,即使在80℃下保存长于1000小时后,发光元件2和发光元件3的电流效率的劣化也非常小。另一方面,比较发光元件的电流效率大幅度地劣化,这意味着电流泄漏的发生。

[0470] 图18示出本实施例的保存试验结果。在图18中,横轴示出在80℃下的保存时间,纵轴示出将在1,000[cd/m²]的亮度下的各元件的电流效率以保存试验前为100(%)而归一化

的数值。这些结果示出在高温保存试验中的包含只有一个苯环的2mDBTPDBq-II的比较发光元件的行为非常不同于具有两个或更多个苯环的发光元件2及3的行为。换言之,比较发光元件的特征大幅度劣化,而发光元件2及3的特征几乎不劣化。

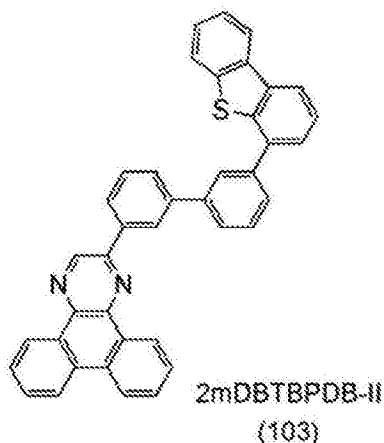
[0471] 如本发明的一个方式的杂环化合物那样的包括一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环及苯环的化合物可以通过真空蒸镀形成均匀的膜,因此适于真空蒸镀的形成方法。然而,由于没有观察到玻璃化转变温度(T_g),所以以前不查明化合物的哪部分的骨架影响耐热性。换言之,难以判断T_g对苯环的数量的影响。但是,如本发明所公开的那样,在本发明的一个方式的杂环化合物的结构的情况下,具有一个苯环的化合物的膜和具有两个或更多个苯环的化合物的膜的耐热性有明显的差异。因此,本发明的一个方式的杂环化合物包含特别数量的苯环,由此与现有的杂环化合物相比,具有更高的耐热性。

[0472] (参考合成例1)

[0473] 本合成例说明在实施例4中使用的由以下结构式(103)表示的2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)的合成方法的例子。

[0474] [化学式54]

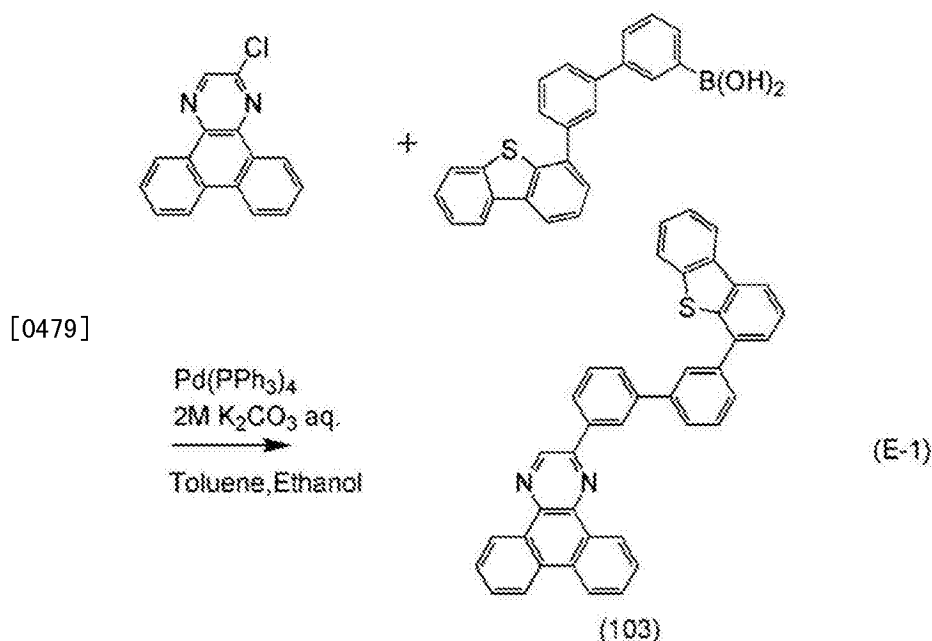
[0475]



[0476] 《2mDBTPDBq-II(简称)的合成》

[0477] 在(E-1)中示出2mDBTPDBq-II(简称)的合成方案。

[0478] [化学式55]



[0480] 将0.83g(3.2mmol)的2-氯二苯并[f,h]喹喔啉、1.3g(3.5mmol)的3'-(二苯并噻吩-4-基)-3-联苯硼酸、40mL的甲苯、4mL的乙醇和5mL的2M碳酸钾水溶液放在200mL三口烧瓶中。通过在减压下搅拌该混合物进行脱气,用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物添加80mg(70 μ mol)的四(三苯基膦)钯(0)。在氮气流及80℃下搅拌该混合物16小时。在经过所定的时间之后,通过过滤分离所析出的固体,以得到黄色固体。对该固体添加乙醇,接着照射超声波。抽滤所得到的混合物以获得固体。将所获得的固体溶解于甲苯,对该甲苯溶液通过氧化铝、硅藻土(由日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:531-16855)进行抽滤,并浓缩该滤液,以获得黄色固体。再者,使用甲苯对该固体进行重结晶,以57%的收率获得1.1g的黄色粉末。

[0481] 通过梯度升华方法,对所获得的1.1g的黄色粉末进行提纯。在提纯中,在6.2Pa的压力和15mL/min的氩气流速条件下,以300℃的温度加热黄色粉末。通过该提纯,以73%的收率获得0.80g的目的物的黄色粉末。

[0482] 通过核磁共振法(NMR)确认到上述化合物为本合成的目的物的2mDBTBPDBq-II(简称)。

[0483] 以下示出所得物质的¹H NMR数据。

[0484] ¹H NMR(CDCl₃, 300MHz): δ =7.46–7.50(m, 2H), 7.61(d, J=4.5Hz, 2H), 7.67–7.89(m, 10H), 8.17–8.24(m, 3H), 8.35(d, J=8.1Hz, 1H), 8.65–8.70(m, 3H), 9.24–9.27(m, 1H), 9.44–9.48(m, 2H)。

[0485] 接着,以下示出对在上述参考合成例1中得到的2mDBTBPDBq-II(简称)进行液相层析质谱(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(LC/MS))分析的结果。

[0486] 使用Acquity UPLC(由Waters(沃特世)Corporation制造)及Xevo G2Tof MS(由Waters Corporation制造)来进行LC/MS分析。

[0487] 在MS分析中,通过电喷雾电离(ElectroSpray Ionization(ESI))法进行离子化。此时,将毛细管电压和样品锥孔电压分别设定为3.0kV和30V,并且以正模式进行检测。

[0488] 以上述条件被离子化了的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氩气体而离

解为多个子离子。与氦碰撞时的能量(碰撞能量)为50eV。进行检测的质量范围是 $m/z=100$ 至1200。

[0489] 图21示出测定结果。在图21中的结果示出,由结构式(103)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-II(简称)的子离子主要在 $m/z=347$ 、 $m/z=229$ 附近检测出。

[0490] 另外,在图21中的结果示出来源于2mDBTPDBq-II(简称)的特征,因此可以说是确定包含在混合物中的2mDBTPDBq-II(简称)时的重要数据。

[0491] $m/z=538$ 附近的子离子估计为一个C原子和一个N原子从结构式(103)所示的化合物的二苯并[f,h]喹喔啉环脱离的状态的阳离子,这是本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。另外, $m/z=229$ 附近的子离子估计为如二苯并[f,h]喹喔啉那样的二氮杂苯并菲基的阳离子。再者,同时也检测出 $m/z=202$ 、 $m/z=177$ 、 $m/z=165$ 附近的子离子。由此,这意味着本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-II(简称)含有二苯并[f,h]喹喔啉环。

[0492] 另外,使用飞行时间二次离子质谱分析仪(Time-of-flight secondary ion mass spectrometer:TOF-SIMS)测定本发明的一个方式的2mDBTPDBq-II(简称);图32示出在正离子的情况下所得到的定性光谱。

[0493] 使用TOF.SIMS5(由ION-TOF GmbH制造),并且作为第一离子源使用 Bi_3^{++} 。另外,以脉冲宽度为7nm至12nm的脉冲状进行第一离子的照射。照射量大于或等于 8.2×10^{10} ions/ cm^2 且小于或等于 6.7×10^{11} ions/ cm^2 (小于或等于 1×10^{12} ions/ cm^2),加速电压为25keV,电流值为0.2pA。2mDBTPDBq-II(简称)的粉末为用于测定的样品。

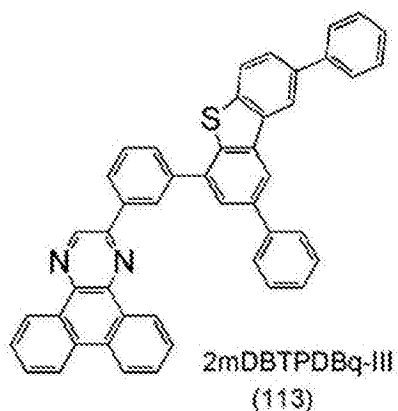
[0494] 在图32中的TOF-SIMS分析(正离子)的结果示出,由结构式(103)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-II(简称)($m/z=564.17$)的子离子主要在 $m/z=565$ 、 $m/z=201$ 、 $m/z=176$ 附近检测出。在此,所述的“附近”意味着根据氢离子或同位素是否存在而变化的子离子的数值差是可以容许的。由于图32的结果所示的子离子与图21所示的通过MS分析(正离子)测出的2mDBTPDBq-II(简称)的子离子类似,所以使用TOF-SIMS测出的结果也可以说是确定包含在混合物中的2mDBTPDBq-II(简称)时的重要数据。

[0495] (参考合成例2)

[0496] 本合成例说明在实施例4中使用的由以下结构式(113)表示的2-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-III)的合成方法的例子。

[0497] [化学式56]

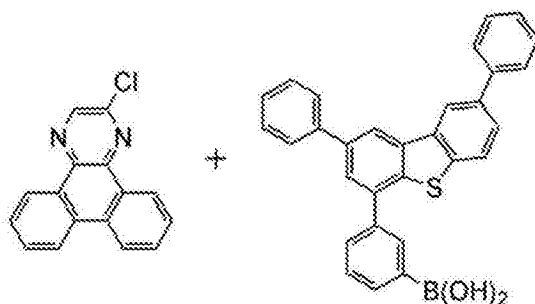
[0498]



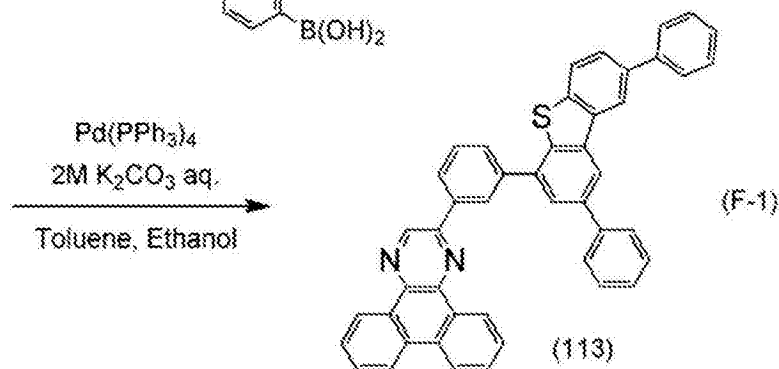
[0499] 《2mDBTPDBq-III(简称)的合成》

[0500] 在(F-1)中示出2mDBTPDBq-III(简称)的合成方案。

[0501] [化学式57]



[0502]



[0503] 将0.40g(1.5mmol)的2-氯二苯并[f,h]喹喔啉、0.68g(1.5mmol)的3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、15mL的甲苯、2.0mL的乙醇和1.5mL的2M碳酸钾水溶液放在100mL三口烧瓶中。通过在减压下搅拌该混合物进行脱气,用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物添加51mg(43 μ mol)的四(三苯基膦)钯(0)。在氮气流及80℃下搅拌该混合物4小时。在经过所定的时间之后,对所获得的混合物添加水,并用甲苯从水层萃取有机物。混合所萃取的溶液和有机层,用饱和盐水进行洗涤,并用硫酸镁进行干燥。对所获得的混合物进行重力过滤,并浓缩滤液以得到固体。将所获得的固体溶解于甲苯,对该甲苯溶液通过氧化铝、硅酸镁(由日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:540-00135)、硅藻土(由日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:531-16855)进行抽滤,并浓缩所获得的滤液,以获得固体。用甲苯洗涤所获得的固体,对该固体加入甲醇,对该甲醇悬浮液照射超声波。通过抽滤收集固体,以61%的收率得到0.60g的目的物的白色粉末。

[0504] 通过梯度升华方法,对所获得的0.59g的白色固体进行提纯。在提纯中,在2.7Pa的压力和5mL/min的氩气流速条件下,以330℃的温度加热白色粉末。通过该提纯,以90%的收率获得0.54g的目的物的白色粉末。

[0505] 通过核磁共振法(NMR)确认到上述化合物为本合成的目的物的2mDBTPDBq-III(简称)。

[0506] 以下示出所获得的物质的¹H NMR数据。

[0507] ¹H NMR(CDCl₃, 300MHz): δ =7.37-7.55(m, 6H), 7.73-7.84(m, 10H), 7.90-7.98(m, 3H), 8.44-8.48(m, 3H), 8.65(dd, J=7.8Hz, 1.5Hz, 2H), 8.84-8.85(m, 1H), 9.27(dd, J=7.2Hz, 2.7Hz, 1H), 9.46(dd, J=7.8Hz, 2.1Hz, 1H), 9.51(s, 1H)。

[0508] 接着,以下示出对在上述参考合成例2中得到的2mDBTPDBq-III(简称)进行液相层析质谱(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(LC/MS))分析的结果。

[0509] 使用Acquity UPLC(由Waters(沃特世)Corporation制造)及Xevo G2Tof MS(由Waters Corporation制造)来进行LC/MS分析。

[0510] 在MS分析中,通过电喷雾电离(ElectroSpray Ionization(ESI))法进行离子化。此时,将毛细管电压和样品锥孔电压分别设定为3.0kV和30V,并且以正模式进行检测。

[0511] 以上述条件被离子化了的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氩气体而离解为多个子离子。与氩碰撞时的能量(碰撞能量)为50eV和70eV。进行检测的质量范围是 $m/z=100$ 至1200。

[0512] 图22A和22B示出测定结果。这里,图22A示出50eV时的情况,图22B示出70eV时的情况。在图22B中的结果示出,由结构式(113)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-III(简称)的子离子主要在 $m/z=229$ 、 $m/z=202$ 、 $m/z=177$ 附近检测出。

[0513] 另外,在图22B中的结果示出来源于2mDBTPDBq-III(简称)的特征,因此可以说是确定包含在混合物中的2mDBTPDBq-III(简称)时的重要数据。

[0514] 图22A中的 $m/z=614$ 附近的子离子估计为一个C原子和一个N原子从结构式(113)所示的化合物的二苯并[f,h]喹喔啉环脱离的状态的阳离子,这是本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。另外, $m/z=229$ 附近的子离子估计为如二苯并[f,h]喹喔啉那样的二氮杂苯并菲基的阳离子。再者,同时也检测出 $m/z=202$ 、 $m/z=177$ 、 $m/z=165$ 附近的子离子。由此,这意味着本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-III(简称)含有二苯并[f,h]喹喔啉环。

[0515] 另外,使用飞行时间二次离子质谱分析仪(Time-of-flight secondary ion mass spectrometer:TOF-SIMS)测定本发明的一个方式的2mDBTPDBq-III(简称);图33示出在正离子的情况下所得到的定性光谱。

[0516] 使用TOF.SIMS5(由ION-TOF GmbH制造),并且作为第一离子源使用 Bi_3^{++} 。另外,以脉冲宽度为7nm至12nm的脉冲状进行第一离子的照射。照射量大于或等于 8.2×10^{10} ions/ cm^2 且小于或等于 6.7×10^{11} ions/ cm^2 (小于或等于 1×10^{12} ions/ cm^2),加速电压为25keV,电流值为0.2pA。2mDBTPDBq-III(简称)的粉末为用于测定的样品。

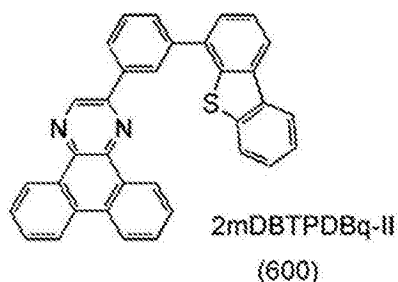
[0517] 在图33中的TOF-SIMS分析(正离子)的结果示出,由结构式(113)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTPDBq-III(简称)($m/z=640.2$)的子离子主要在 $m/z=176$ 附近检测出。在此,所述的“附近”意味着根据氢离子或同位素是否存在而变化的子离子的数值差是可以容许的。由于图33的结果所示的子离子与图22A和图22B所示的通过MS分析(正离子)测出的2mDBTPDBq-III(简称)的子离子类似,所以使用TOF-SIMS测出的结果也可以说是确定包含在混合物中的2mDBTPDBq-III(简称)时的重要数据。

[0518] (参考合成例3)

[0519] 本合成例说明由以下结构式(600)表示的2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)的合成方法的例子。

[0520] [化学式58]

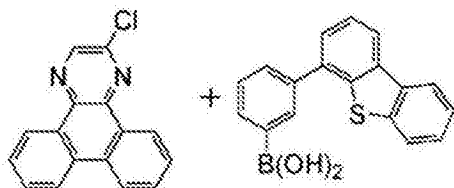
[0521]



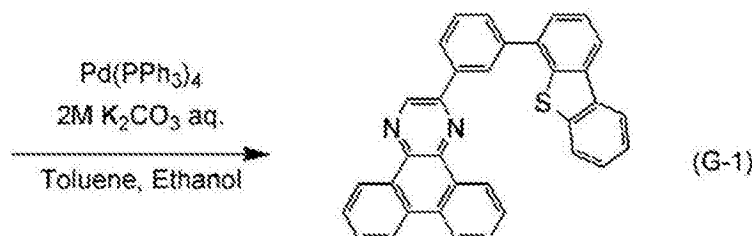
[0522] 《2mDBTPDBq-II(简称)的合成》

[0523] 在(G-1)中示出2mDBTPDBq-II(简称)的合成方案。

[0524] [化学式59]



[0525]



[0526] 将5.3g(20mmol)的2-氯二苯并[f,h]喹啉、6.1g(20mmol)的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、460mg(0.4mmol)的四(三苯基膦)钯(0)、300mL的甲苯、20mL的乙醇和20mL的2M的碳酸钾水溶液放在2L三口烧瓶中。通过在减压下搅拌该混合物进行脱气,用氮气置换烧瓶内的空气。在氮气流下及100℃下搅拌该混合物7.5小时。在冷却到室温之后,过滤所得到的混合物以得到白色的残余物。依次用水、乙醇对所得到的残余物进行洗涤,然后进行干燥。将所得到的固体溶解于大约600mL的热甲苯中,对该混合物通过硅藻土(由日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:531-16855)、硅酸镁(由日本和光纯药工业株式会社制造,目录号码:540-00135)进行抽滤,通过这样,得到无色透明的滤液。浓缩所获得的滤液,并通过硅胶柱层析进行提纯。该层析使用热甲苯作为展开溶剂进行。对此时所获得的固体加入丙酮和乙醇,接着照射超声波。然后,对所生成的悬浮固体进行过滤并对所获得的固体进行干燥,以80%的收率得到目的物的7.85g的白色粉末。

[0527] 上述产生物质比较容易溶于热甲苯中,但是在被冷却时易析出。此外,该物质不容易溶于其它有机溶剂如丙酮和乙醇。因此,通过利用上述溶解度的差,以如上所述的那样简单的方法可以实现高收率的合成。具体地说,在反应结束之后,使混合物回到室温,通过过滤收集所析出的固体,由此能够容易地去除大部分杂质。此外,通过使用热甲苯作为展开溶剂的柱层析,对易析出的上述产生物质也能够容易地进行提纯。

[0528] 通过梯度升华方法,对所获得的4.0g的白色粉末进行提纯。在提纯中,在5.0Pa的压力和5mL/min的氩气流速条件下,以300℃的温度加热白色粉末。通过该提纯,以88%的收率获得3.5g的目的物的白色粉末。

[0529] 通过核磁共振法(NMR)确认到上述化合物为本合成的目的物的2mDBTPDBq-II(简称)。

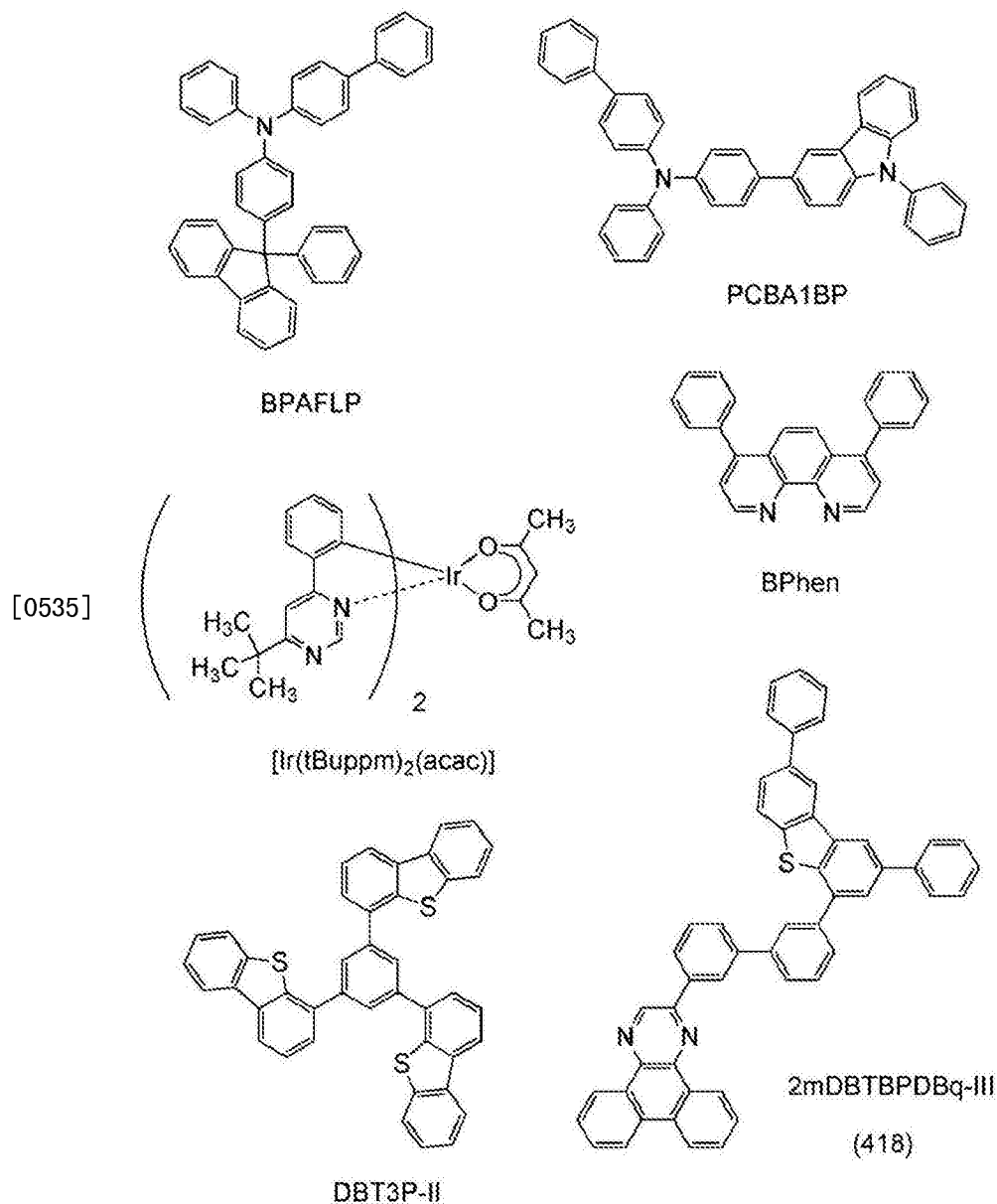
[0530] 以下示出所得到的物质的¹H NMR数据。

[0531] ¹H NMR(CDCl₃, 300MHz): δ(ppm)=7.45-7.52(m, 2H), 7.59-7.65(m, 2H), 7.71-7.91(m, 7H), 8.20-8.25(m, 2H), 8.41(d, J=7.8Hz, 1H), 8.65(d, J=7.5Hz, 2H), 8.77-8.78(m, 1H), 9.23(dd, J=7.2Hz, 1.5Hz, 1H), 9.42(dd, J=7.8Hz, 1.5Hz, 1H), 9.48(s, 1H)。

[0532] 实施例5

[0533] 本实施例参照用于发光元件1的说明的图11对将本发明的杂环化合物的2-{3-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-III)(结构式(418))用于发光层的一部分的发光元件4进行说明。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

[0534] [化学式60]



[0536] 《发光元件4的制造》

[0537] 首先,通过溅射法在玻璃衬底1100上形成含有氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),以形成用作阳极的第一电极1101。其厚度为110nm,其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0538] 然后,作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理,在用水对衬底表面进行洗涤,以 200°C 进行1小时的焙烧之后,进行370秒的UV臭氧处理。

[0539] 然后,将衬底放入被减压到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中对该衬底以 170°C 进行30分钟的真空焙烧,然后,将衬底1100放冷30分钟左右。

[0540] 接着,以使衬底1100的形成有第一电极1101的面朝下的方式将该衬底1100固定于

设置在真空蒸镀装置内的支架。在本实施例中,说明如下情况,其中,通过真空蒸镀法依次形成包括在EL层1102中的空穴注入层1111、空穴传输层1112、发光层1113、电子传输层1114及电子注入层1115。

[0541] 在将真空装置的压力降低到 10^{-4} Pa之后,以1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)的质量比为4:2的方式进行DBT3P-II(简称)和氧化钼的共蒸镀,通过这样在第一电极1101上形成空穴注入层1111。空穴注入层1111的厚度为40nm。这里,共蒸镀是从几个不同的蒸发源同时蒸发几种不同的物质的蒸镀法。

[0542] 然后,蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP),以形成空穴传输层1112。

[0543] 接着,在空穴传输层1112上形成发光层1113。以2-{3-[3-(2,8-二苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTBPDBq-III)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称))的质量比为0.8:0.2:0.05的方式进行2mDBTBPDBq-III(简称)、PCBA1BP(简称)、[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的共蒸镀。发光层1113的厚度为40nm。通过这样,形成发光层1113。

[0544] 然后,在发光层1113上蒸镀10nm厚的2mDBTBPDBq-III(简称),并且蒸镀20nm厚的红菲绕啉(简称:Bphen),来形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者,在电子传输层1114上蒸镀1nm厚的氟化锂,来形成电子注入层1115。

[0545] 最后,在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝以形成用作阴极的第二电极1103;由此得到发光元件4。另外,在上述蒸镀过程中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0546] 在表4中示出通过上述步骤得到的发光元件4的元件结构。

[0547] [表4]

[0548]

	第一电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层		电子注入层	第二电极
发光元件4	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoO _x (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*4	**4	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

[0549] *4 2mDBTBPDBq-III:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.8:0.2:0.0540nm)

[0550] **4 2mDBTBPDBq-III(10nm)

[0551] 此外,在含有氮气氛的手套箱中密封所制造的发光元件4,以不使发光元件4暴露于大气(将密封材料涂敷在元件的周围,并且当密封时以80℃进行1小时的热处理)。

[0552] 《发光元件4的工作特性》

[0553] 对所制造的发光元件4的工作特性进行测量。这里,在室温下(在温度保持为25℃的气氛中)进行测量。

[0554] 图23示出发光元件4的亮度-电流密度特性,图24示出亮度-电压特性,图25示出电流效率-亮度特性。

[0555] 根据图25可知:将本发明的一个方式的杂环化合物作为主体材料用于发光层的一部分的发光元件4具有低耗电量高效率的特性。

[0556] 下面的表5示出1000cd/m²附近亮度的发光元件4的主要特性的初期值。

[0557] [表5]

[0558]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色品 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子 效率(%)
发光 元件 4	3.0	0.043	1.1	(0.43, 0.56)	930	87	92	24

[0559] 根据上述表5的结果也可知,在本实施例中制造的发光元件4具有高亮度高电流效率的特性。

[0560] 图26示出当对发光元件4提供0.1mA/cm²的电流密度的电流时的发射光谱。图26示出发光元件4的发射光谱在544nm附近具有峰值,由此可知,该发射光谱来源于包含在发光层1113中的[Ir(tBuppm)₂(acac)](简称)的发光。

[0561] 由此,可以认为2mDBTBPDBq-III(简称)具有高T1能级,并可以用于呈现可见区域(波长长于或等于蓝色光)的磷光的发光元件的主体材料或载流子传输材料。

[0562] 《发光元件4的耐热特性》

[0563] 对所制造的发光元件4进行耐热性试验。以在保持为100℃的恒温槽中保存发光元件4所定的时间,然后测定电流效率的方式进行评价。这里,在从恒温槽取出各发光元件之后,在室温(保持为25℃的气氛)下测定电流效率。

[0564] 图27示出将发光元件4以100℃保存1130小时后的电流效率的测定结果。

[0565] 如该测定结果所示,即使在100℃下保存长于1000小时后,发光元件4的电流效率的劣化也非常小。

[0566] 图28示出本实施例的保存试验结果,即对100℃下的保存时间的归一化电流效率。在图28中,横轴示出在100℃下的保存时间,纵轴示出将在1,000[cd/m²]的亮度下的发光元件4的电流效率以保存试验前为100(%)而归一化的数值。该结果示出包含具有四个苯环的2mDBTBPDBq-III(简称)的发光元件4的特性几乎不劣化。

[0567] 如本发明的一个方式的杂环化合物那样的包括一个二苯并[f,h]喹喔啉环、一个具有空穴传输骨架的环及苯环的化合物可以通过真空蒸镀形成为均匀的膜,因此适于真空蒸镀的形成方法。然而,由于没有观察到玻璃化转变温度(T_g),所以以前不查明化合物的哪部分的骨架影响耐热性。换言之,难以判断T_g对苯环的数量的影响。但是,如本发明所公开的那样,在本发明的一个方式的杂环化合物的结构的情况下,具有一个苯环的化合物的膜和具有两个或更多个苯环的化合物的膜的耐热性有明显的差异。因此,本发明的一个方式的杂环化合物包含特别数量的苯环,由此与现有的杂环化合物相比,具有更高的耐热性。

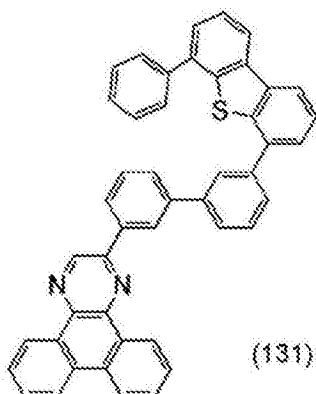
[0568] 实施例6

[0569] 《合成例3》

[0570] 本实施例示出由实施方式1的结构式(131)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2-{3-[3-(6-苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDq-IV)的合成方法的说明。以下示出2mDBTBPDq-IV(简称)的结构。

[0571] [化学式61]

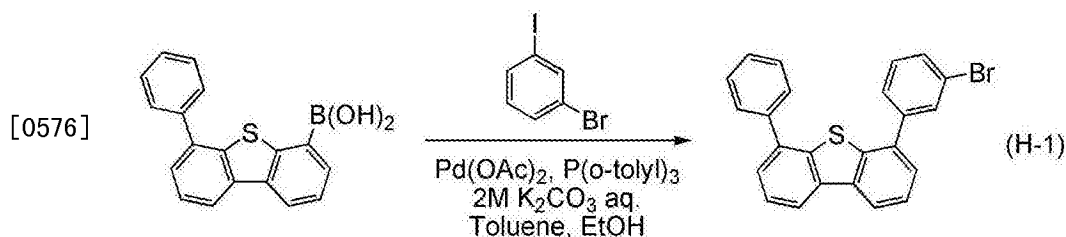
[0572]



[0573] 《步骤1:4-(3-溴苯基)-6-苯基二苯并噻吩的合成》

[0574] 在(H-1)中示出4-(3-溴苯基)-6-苯基二苯并噻吩的合成方案。

[0575] [化学式62]

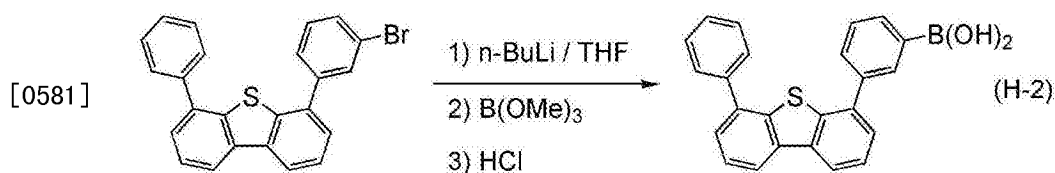


[0577] 将7.00g(23.0mmol)的6-苯基二苯并噻吩-4-基硼酸、8.46g(29.9mmol)的1-溴-3-碘苯、840mg(2.8mmol)的三(2-甲基苯基)膦、115mL的甲苯、23mL的乙醇以及35mL的2M碳酸钾水溶液放在300mL的三口烧瓶中。通过搅拌该混合物进行脱气。然后,对该混合物加入155mg(0.69mmol)的醋酸钯,在氮气流及80℃的温度下加热且搅拌该混合物4小时,以使其发生反应。在反应之后,利用甲苯萃取该混合物的水层,混合所萃取的溶液和有机层,用饱和和盐水进行洗涤。用硫酸镁对有机层进行干燥,在干燥后对该混合物进行重力过滤。将所获得的滤液浓缩到适当的量,然后对该溶液通过硅藻土、氧化铝进行抽滤。浓缩滤液,以得到茶色油状物。对该油状物添加己烷和乙腈进行分离,并浓缩己烷层,以78.0%的收率获得7.45g的白色固体。

[0578] 《步骤2:3-(6-苯基二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸的合成》

[0579] 在(H-2)中示出3-(6-苯基二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸的合成方案。

[0580] [化学式63]



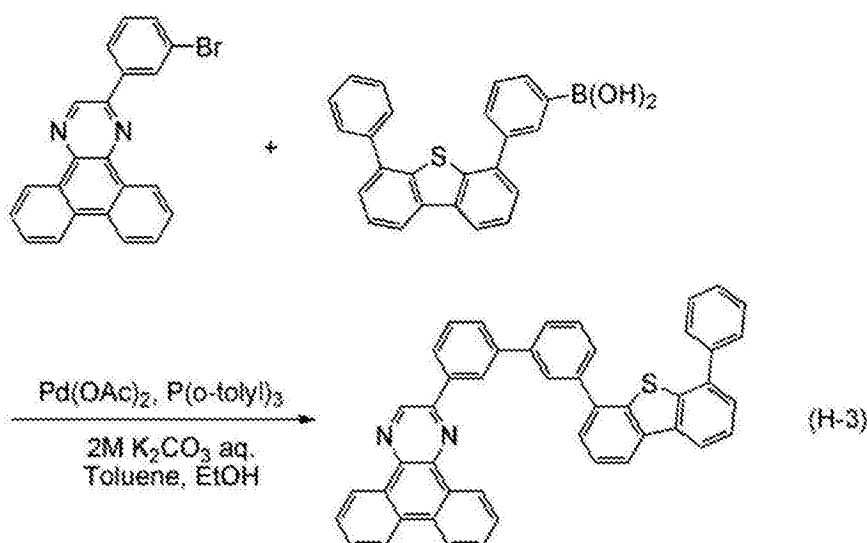
[0582] 将5.69g(13.7mmol)的4-(3-溴苯基)-6-苯基二苯并噻吩放在300mL烧瓶中,用氮

气置换烧瓶内的空气。然后,加入137mL的四氢呋喃(THF),在氮气流下将该溶液冷却至-78℃。在冷却后,用注射器将9.4mL(15.0mmol)的正丁基锂(1.6mol/L己烷溶液)滴加于该溶液。之后,在相同温度下搅拌该溶液2小时。然后,对该溶液加入1.6mL(16.4mmol)的硼酸三甲酯,在使其温度回升至室温的同时搅拌该混合物16小时。在搅拌之后,将大约40mL的1M的盐酸加入该溶液,接着搅拌2.5小时。然后,利用乙酸乙酯萃取该水层,混合所获得的萃取溶液和有机层,用饱和碳酸氢钠水溶液和饱和盐水进行洗涤。利用硫酸镁干燥有机层,在干燥之后,对该混合物进行重力过滤,浓缩所获得的滤液,以获得茶色油状物。利用甲苯/己烷进行重结晶,以23%的收率获得1.2g的目的物的淡褐色固体。

[0583] 《步骤3:2-{3-[3-(6-苯基二苯并噻吩-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-IV)的合成》

[0584] 在(H-3)中示出2mDBTBPDBq-IV(简称)的合成方案。

[0585] [化学式64]



[0587] 将1.04g(2.7mmol)的3-(6-苯基二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、910mg(2.6mmol)的2-(3-溴苯基)二苯并喹喔啉、100mg(0.33mmol)的三(2-甲基苯基)膦、13mL的甲苯、3mL的乙醇、4mL的2M碳酸钾水溶液放在300mL三口烧瓶中。在通过搅拌进行脱气之后,将18mg(0.08mmol)的醋酸钯加入该混合物。在氮气流及80℃下加热且搅拌该混合物6小时,以使其发生反应。在反应之后,过滤该混合物。对残余物加入甲苯进行加热过滤。浓缩滤液,以37.5%的收率获得0.6g的白色固体。

[0588] 通过梯度升华方法,对所获得的0.60g的白色固体进行提纯。在提纯中,在2.8Pa的压力和5.0mL/min的氩气流速条件下,以280℃的温度加热2mDBTBPDBq-IV(简称)。通过该提纯,以77%的收集率获得0.46g的2mDBTBPDBq-IV(简称)的白色固体。

[0589] 下面示出使用核磁共振法(¹H-NMR)对通过上述合成法得到的化合物进行分析的结果。在图29A和图29B中示出¹H-NMR谱。图29B是图29A的7(ppm)至10(ppm)的范围内的放大图。该结果示出,得到了由上述结构式(131)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTBPDBq-IV(简称)。

[0590] ¹H NMR(CDCl₃, 500MHz): δ=7.34-7.37(m, 1H), 7.44-7.47(t, J=7.7Hz, 2H), 7.49-7.50(dd, J=7.5Hz, 1.1Hz, 1H), 7.58-7.73(m, 8H), 7.75-7.83(m, 6H), 8.06(t, J=1.7Hz, 1H),

8.21-8.25(t, J=9.1Hz, 2H), 8.33-8.35(d, J=8.0Hz, 1H), 8.62(t, J=1.7Hz, 1H), 8.65-8.67(d, J=8.0Hz, 2H), 9.25-9.27(dd, J=8.0, 1.7Hz, 1H), 9.40-9.42(dd, J=8.0, 1.1Hz, 1H), 9.45(s, 1H)。

[0591] 接着,使用液相层析质谱(Liquid Chromatography Mass Spectrometry:LC/MS)分析对在本实施例中得到的2mDBTBPDq-IV(简称)进行分析。

[0592] 使用Acquity UPLC(由Waters(沃特世)Corporation制造)及Xevo G2Tof MS(由Waters Corporation制造)来进行LC/MS分析。

[0593] 在MS分析中,通过电喷雾电离(ElectroSpray Ionization:ESI)法进行离子化。此时,将毛细管电压和样品锥孔电压分别设定为3.0kV和30V,并且以正模式进行检测。

[0594] 以上述条件被离子化了的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氦气体而离解为多个子离子。与氦碰撞时的能量(碰撞能量)为50eV和70eV。进行检测的质量范围是m/z=100至1200。

[0595] 图30A和30B示出测定结果。其中,图30A示出50eV时的情况,图30B示出70eV时的情况。图30B的结果示出,由结构式(131)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTBPDq-IV(简称)的子离子主要在m/z=229、m/z=202、m/z=177附近检测出。

[0596] 另外,在图30B中的结果示出来源于2mDBTBPDq-IV(简称)的特征,因此可以说是确定包含在混合物中的2mDBTBPDq-IV(简称)时的重要数据。

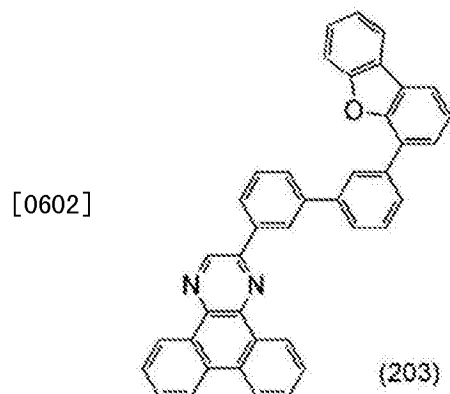
[0597] 图30A中的m/z=614附近的子离子估计为一个C原子和一个N原子从结构式(131)所示的化合物的二苯并[f,h]喹喔啉环脱离的状态的阳离子,这是本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。另外,m/z=229附近的子离子估计为如二苯并[f,h]喹喔啉那样的二氮杂苯并菲基的阳离子。再者,同时也检测出m/z=202、m/z=177、m/z=165附近的子离子。由此,这意味着本发明的一个方式的杂环化合物2mDBTBPDq-IV(简称)含有二苯并[f,h]喹喔啉环。

[0598] 实施例7

[0599] 《合成例4》

[0600] 本实施例示出由实施方式1的结构式(203)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2-{3-[3-(二苯并呋喃-4-基)苯基]苯基}二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBFBPDq-II)的合成方法的说明。以下示出2mDBFBPDq-II(简称)的结构。

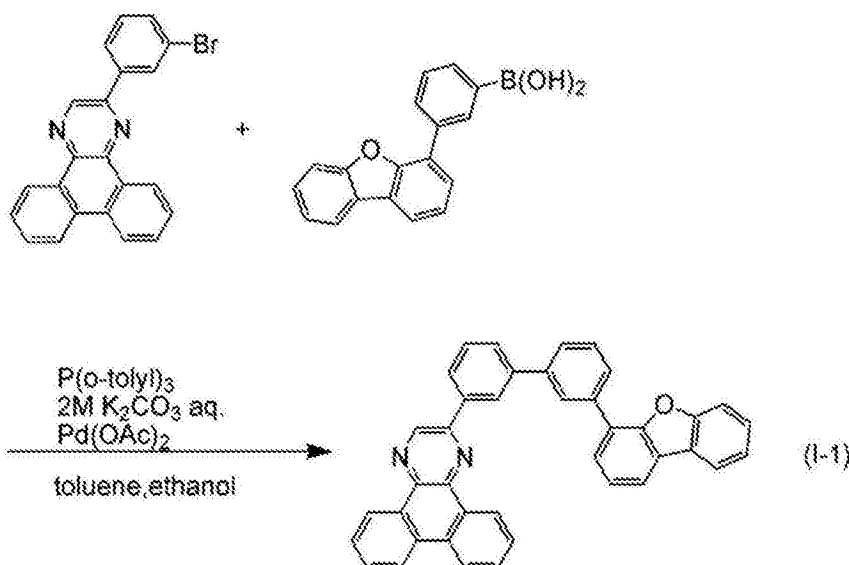
[0601] [化学式65]



[0603] 《2mDBFBPDq-II(简称)的合成》

[0604] 在(I-1)中示出2mDBFBPDBq-II(简称)的合成方案。

[0605] [化学式66]



[0607] 将4.0g(10mmol)的2-(3-溴苯基)二苯并二苯并[f,h]喹喔啉、3.3g(11mmol)的3-(苯并呋喃-4-基)苯基硼酸、0.28g(1.0mmol)的三(邻-甲苯基)膦放在300mL的三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物加入100mL的甲苯、10mL的乙醇、16mL(2.0mol/L)的碳酸钾水溶液。在减压状态下通过搅拌该混合物而进行脱气。对该混合物加入67.1mg(0.3mmol)的醋酸钯(II),在氮气流及80℃的温度下搅拌该混合物1.5小时。在搅拌后,加入47.3mg(0.2mmol)的醋酸钯(II),进行搅拌2.8小时。对该混合物加入0.23g(0.8mmol)的三(邻-甲苯基)膦、91.2mg(0.4mmol)的醋酸钯(II),进行搅拌2.2小时。在搅拌后,将该混合物的温度设定为90℃,加入0.23g(0.8mmol)的三(邻-甲苯基)膦、0.12g(0.5mmol)的醋酸钯(II),进行搅拌1小时。在对该混合物加入水和甲苯并进行加热之后,对该混合物通过硅藻土进行抽滤。用甲苯萃取所获得的滤液的水层,混合所萃取的溶液和有机层,用硫酸镁对其进行干燥。在干燥后对该混合物进行重力过滤。对通过浓缩所获得的滤液而获得的固体使用甲苯和乙醇的混合溶剂进行重结晶,以91%的收率获得5.3g的目的物的固体。

[0608] 下面示出使用核磁共振法($^1\text{H-NMR}$)对通过上述合成法得到的化合物进行分析的结果。在图34A和图34B中示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。图34B是图34A的7(ppm)至8.5(ppm)的范围内的放大图。该结果示出,得到了由上述结构式(203)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBFBPDBq-II(简称)。

[0609] $^1\text{H NMR}(\text{CDCl}_3, 500\text{MHz})$: δ =7.37(ddd, J =7.5, 1.5Hz, 1H), 7.43-7.50(m, 2H), 7.62(d, J =8.0Hz, 1H), 7.70-7.83(m, 8H), 7.87(dd, J =6.0, 2.0Hz, 1H), 7.97-8.02(m, 3H), 8.27(t, J =1.5Hz, 1H), 8.34(d, J =7.5Hz, 1H), 8.64-8.67(m, 3H), 9.24(dd, J =7.5, 1.5Hz, 1H), 9.43(d, J =8.0Hz, 1H), 9.46(s, 1H)。

[0610] 接着,使用液相层析质谱(Liquid Chromatography Mass Spectrometry:LC/MS)分析对在本实施例中得到的2mDBFBPDBq-II(简称)进行分析。

[0611] 使用Acquity UPLC(由Waters(沃特世)Corporation制造)及Xevo G2Tof MS(由Waters Corporation制造)来进行LC/MS分析。

[0612] 在MS分析中,通过电喷雾电离(ElectroSpray Ionization:ESI)法进行离子化。此

时,将毛细管电压和样品锥孔电压分别设定为3.0kV和30V,并且以正模式进行检测。

[0613] 以上述条件被离子化了的成分在碰撞室(collision cell)内碰撞到氩气体而离解为多个子离子。与氩碰撞时的能量(碰撞能量)为50eV。进行检测的质量范围是 $m/z=100$ 至1200。

[0614] 图35示出测定结果。图35的结果示出,由结构式(203)表示的本发明的一个方式的杂环化合物2mDBFBPDBq-II(简称)的子离子主要在 $m/z=229$ 、 $m/z=331$ 、 $m/z=522$ 附近检测出。

[0615] 另外,在图35中的结果示出来源于2mDBFBPDBq-II(简称)的特征,因此可以说是确定包含在混合物中的2mDBFBPDBq-II(简称)时的重要数据。

[0616] 图35中的 $m/z=522$ 附近的子离子估计为一个C原子和一个N原子从结构式(131)所示的化合物的二苯并[f,h]喹喔啉环脱离的状态的阳离子,这是本发明的一个方式的杂环化合物的特征之一。另外, $m/z=229$ 附近的子离子估计为如二苯并[f,h]喹喔啉那样的二氮杂苯并菲基的阳离子。再者,同时也检测出 $m/z=331$ 附近的子离子。由此,这意味着本发明的一个方式的杂环化合物2mDBFBPDBq-II含有二苯并[f,h]喹喔啉环。

[0617] 符号说明

[0618] 101:第一电极、102:EL层、103:第二电极、111:空穴注入层、112:空穴传输层、113:发光层、114:电子传输层、115:电子注入层、116:电荷产生层、201:阳极、202:阴极、203:EL层、204:发光层、205:磷光化合物、206:第一有机化合物、207:第二有机化合物、301:第一电极、302(1):第一EL层、302(2):第二EL层、302(n-1):第(n-1)EL层、302(n):第(n)EL层、304:第二电极、305:电荷产生层(I)、305(1):第一电荷产生层(I)、305(2):第二电荷产生层(I)、305(n-2):第(n-2)电荷产生层(I)、305(n-1):第(n-1)电荷产生层(I)、401:反射电极、402:半透射·半反射电极、403a:第一透明导电层、403b:第二透明导电层、404B:第一发光层(B)、404G:第二发光层(G)、404R:第三发光层(R)、405:EL层、410R:第一发光元件(R)、410G:第二发光元件(G)、410B:第三发光元件(B)、501:元件衬底、502:像素部、503:驱动电路部(源极线驱动电路)、504a、504b:驱动电路部(栅极线驱动电路)、505:密封剂、506:密封衬底、507:布线、508:FPC(柔性印刷电路)、509:n沟道型TFT、510:p沟道型TFT、511:开关TFT、512:电流控制TFT、513:第一电极(阳极)、514:绝缘物、515:EL层、516:第二电极(阴极)、517:发光元件、518:空间、7100:电视装置、7101:框体、7103:显示部、7105:支架、7107:显示部、7109:操作键、7110遥控操作机、7201:主体、7202:框体、7203:显示部、7204:键盘、7205:外部连接端口、7206:定位装置、7301:框体、7302:框体、7303:连接部、7304:显示部、7305:显示部、7306:扬声器部、7307:记录介质插入部、7308:LED灯、7309:操作键、7310:连接端子、7311:传感器、7312:麦克风、7400:移动电话机、7401:框体、7402:显示部、7403:操作按钮、7404:外部连接端口、7405:扬声器、7406:麦克风、8001:照明装置、8002:照明装置、8003:照明装置、8004:照明装置、9033:卡子、9034:显示模式切换开关、9035:电源开关、9036:省电模式切换开关、9038:操作开关、9630:框体、9631:显示部、9631a:显示部、9631b:显示部、9632a:触摸屏的区域、9632b:触摸屏的区域、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、以及9639:按钮。

[0619] 本申请基于2011年8月31日向日本专利局提交的日本专利申请第2011-188235号和2012年6月27日向日本专利局提交的日本专利申请第2012-144180号,其全部内容通过引用纳入本文。

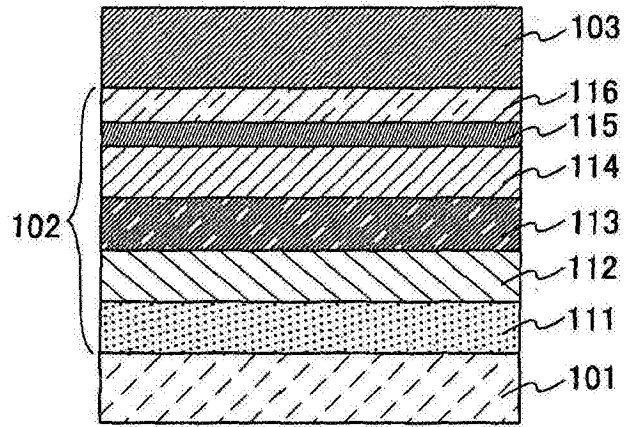


图1

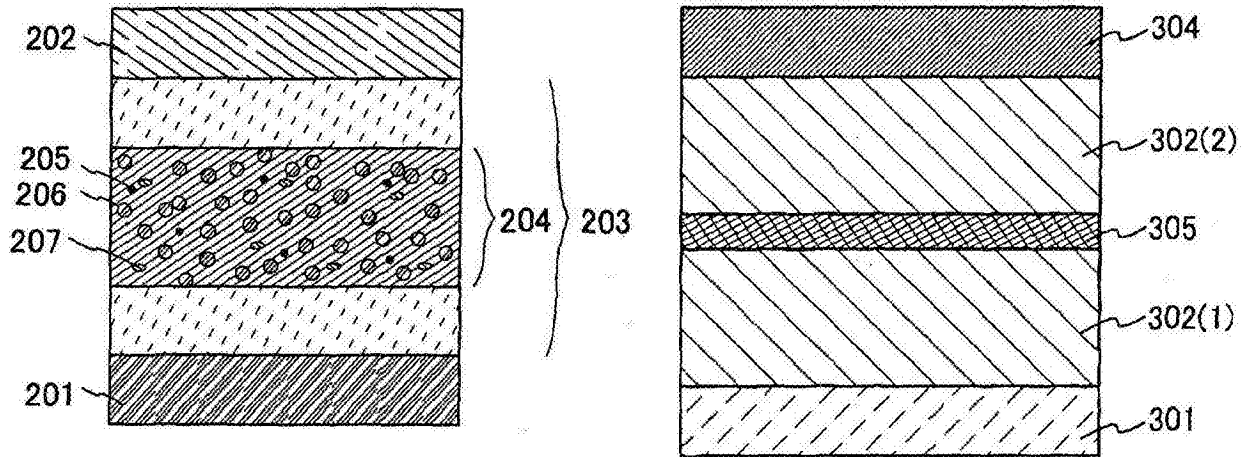


图2

图3A

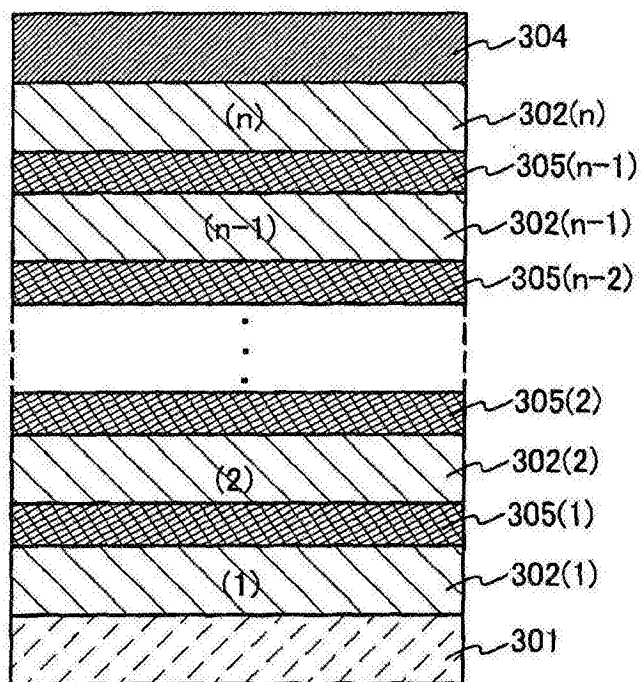


图3B

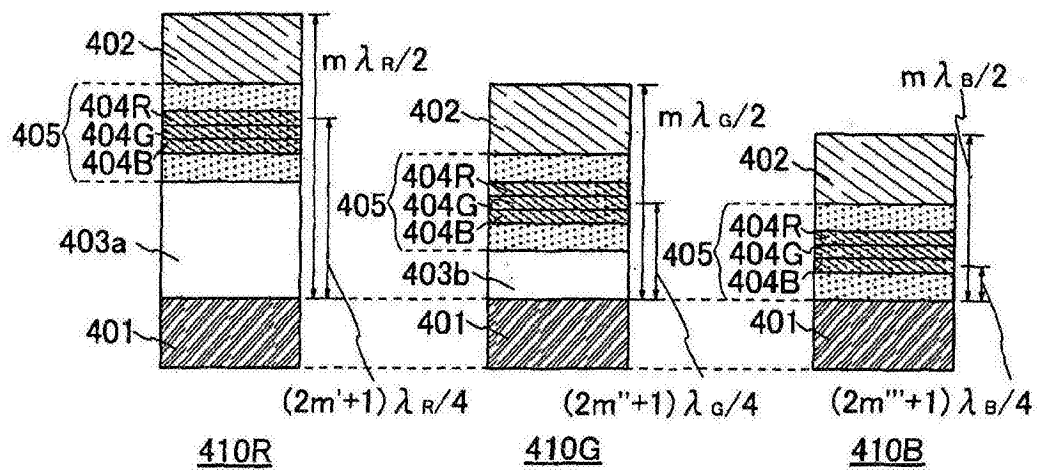


图4

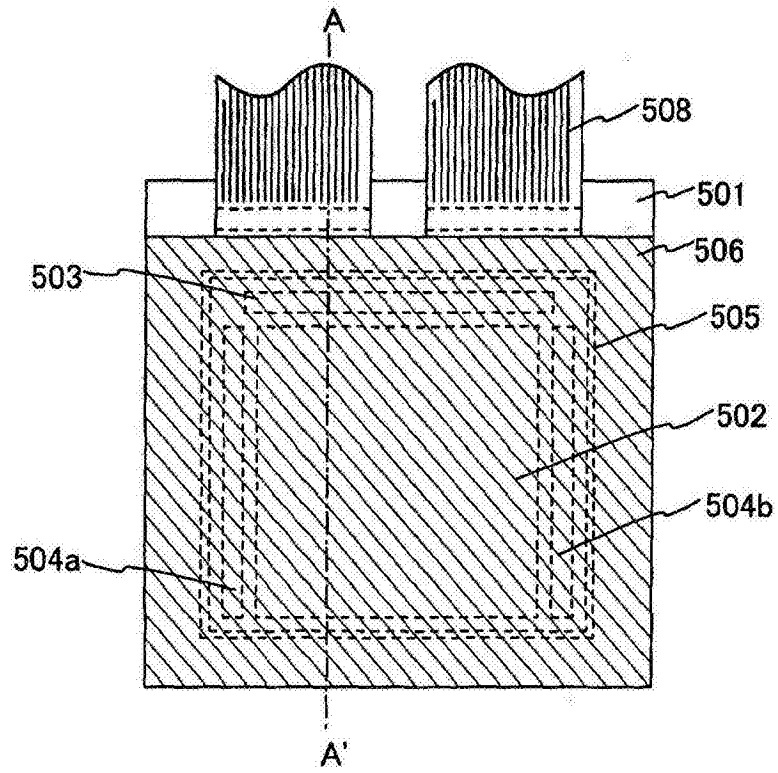


图5A

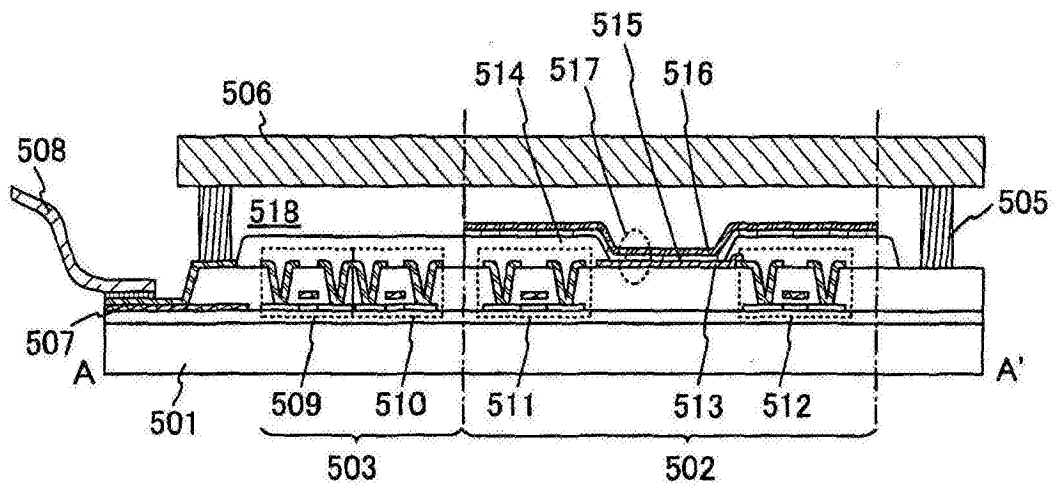


图5B

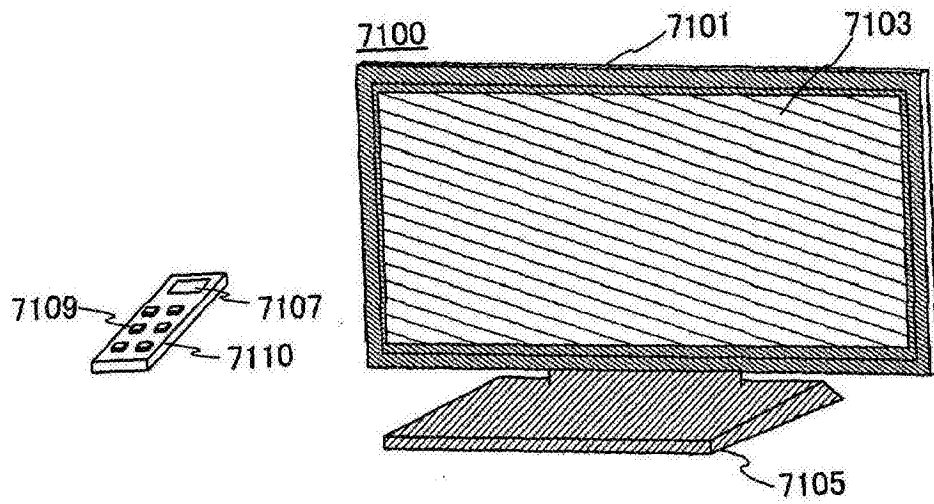


图6A

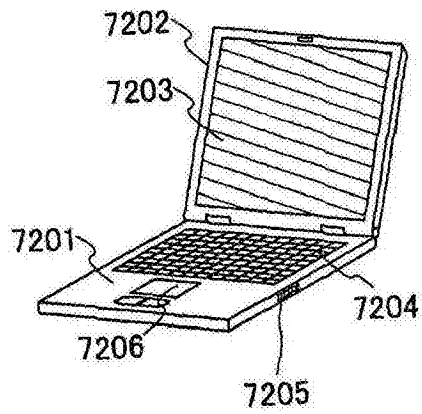


图6B

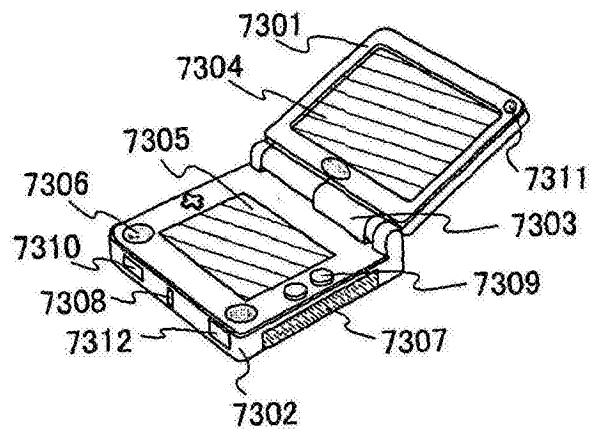


图6C

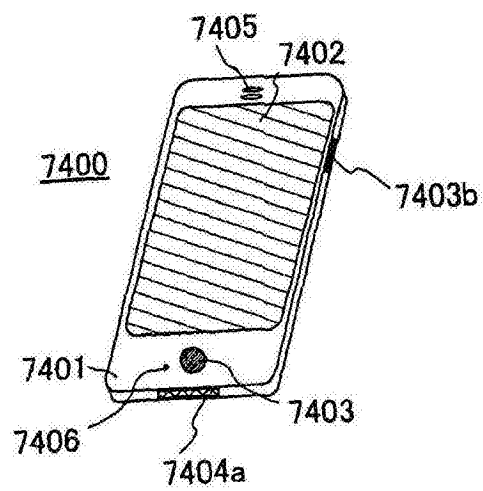


图6D

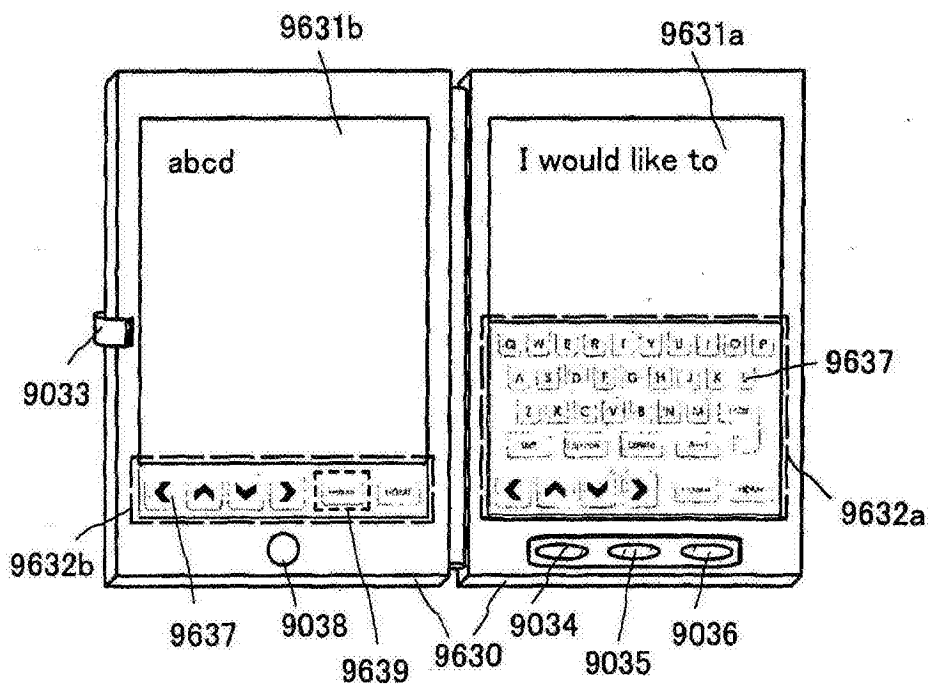


图7A

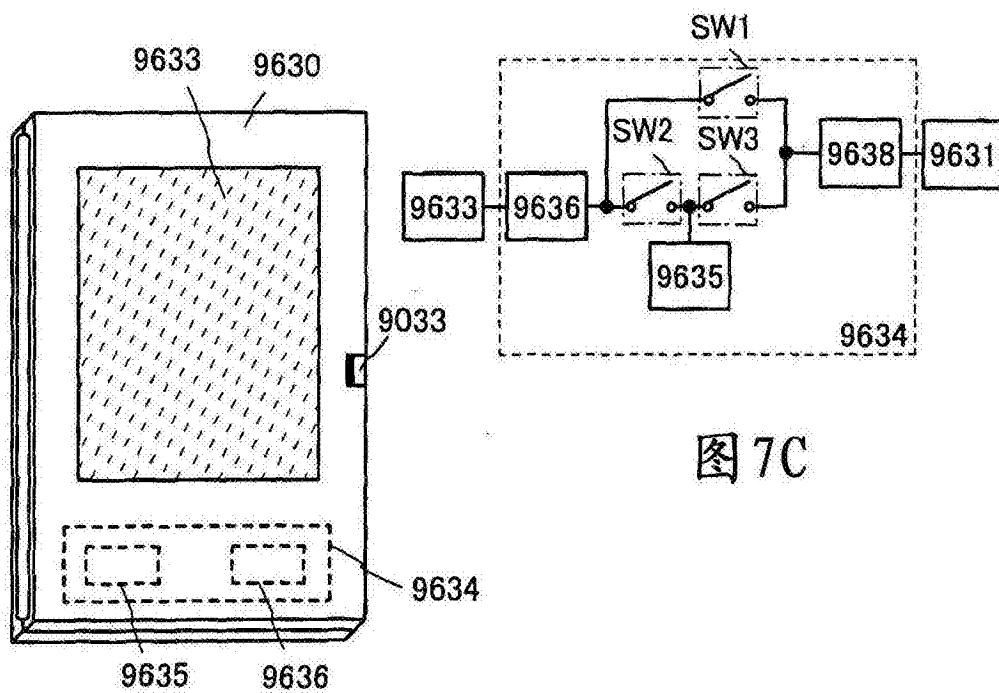


图 7B

图 7C

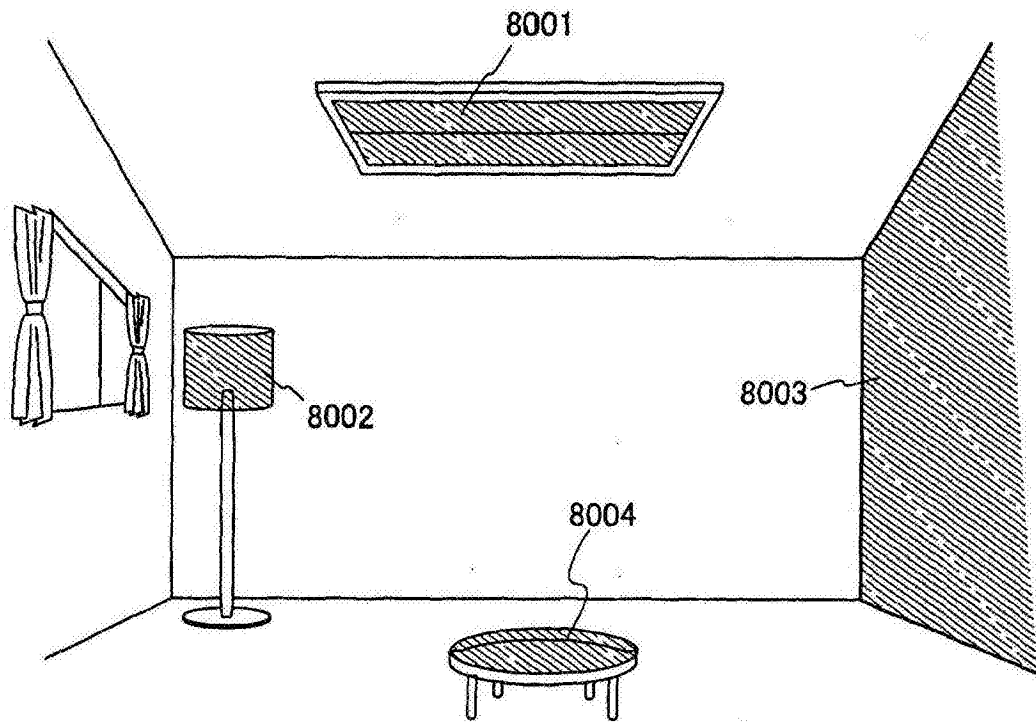


图8

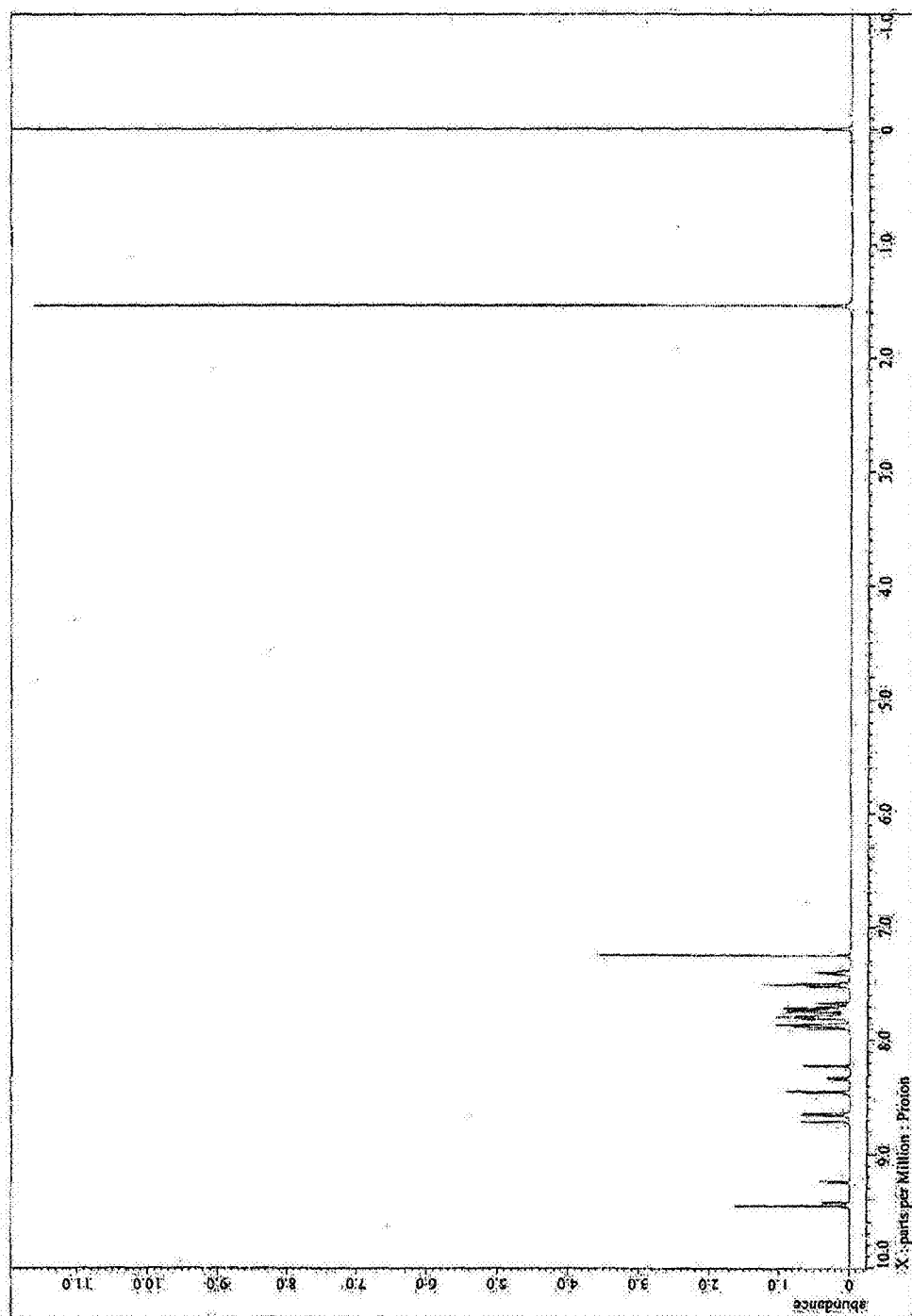


图9

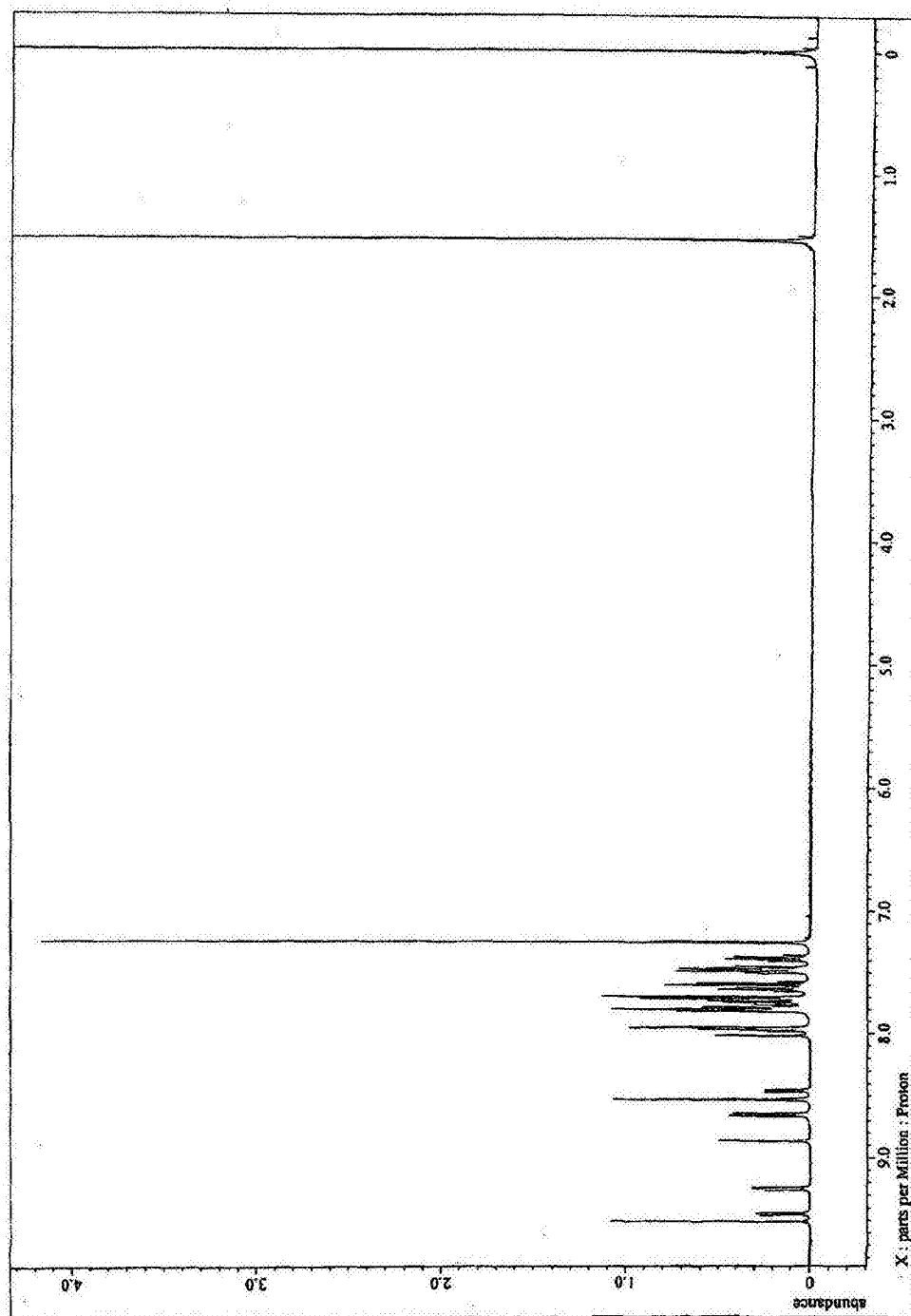


图10

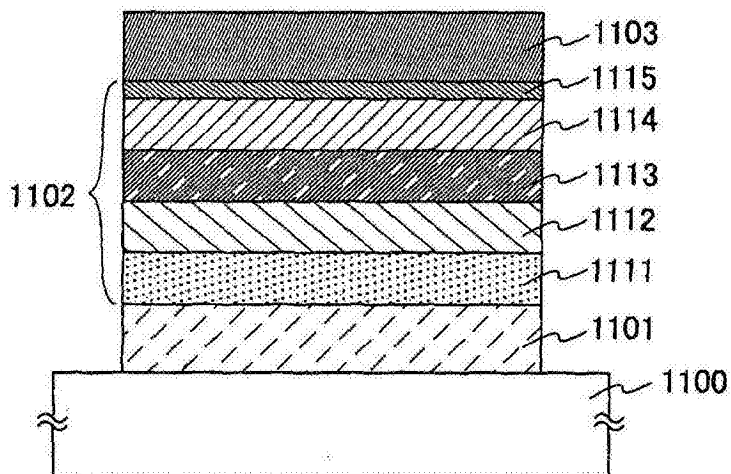


图11

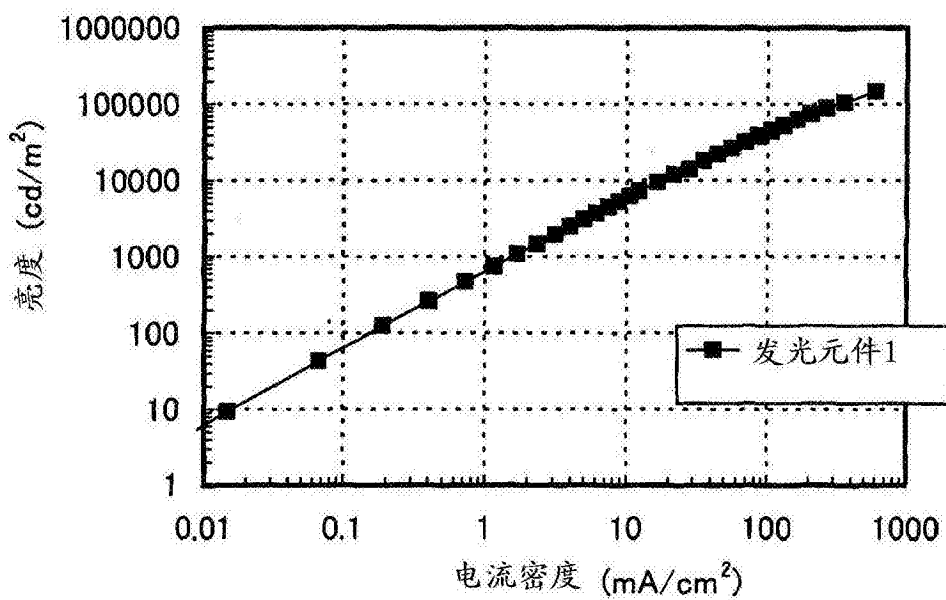


图12

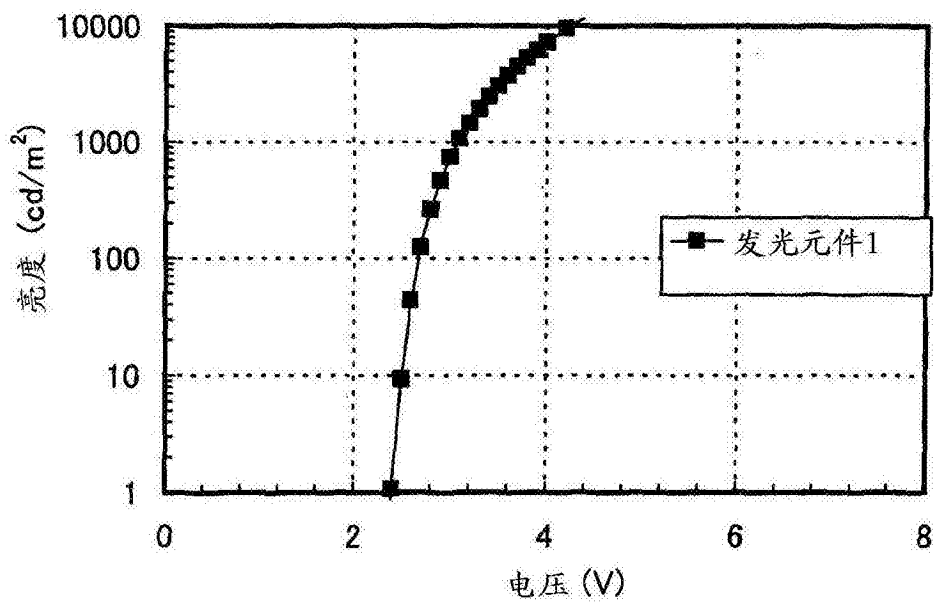


图13

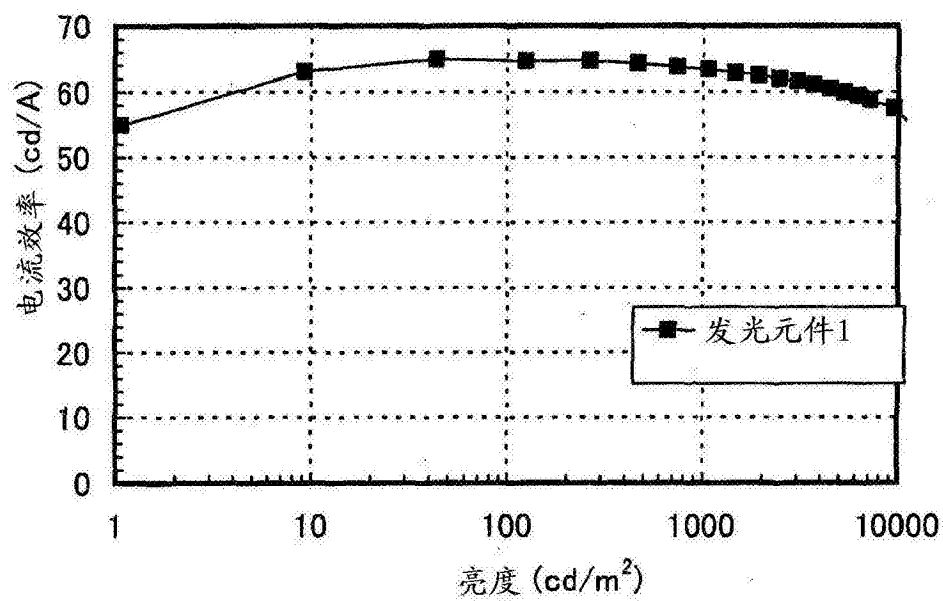


图14

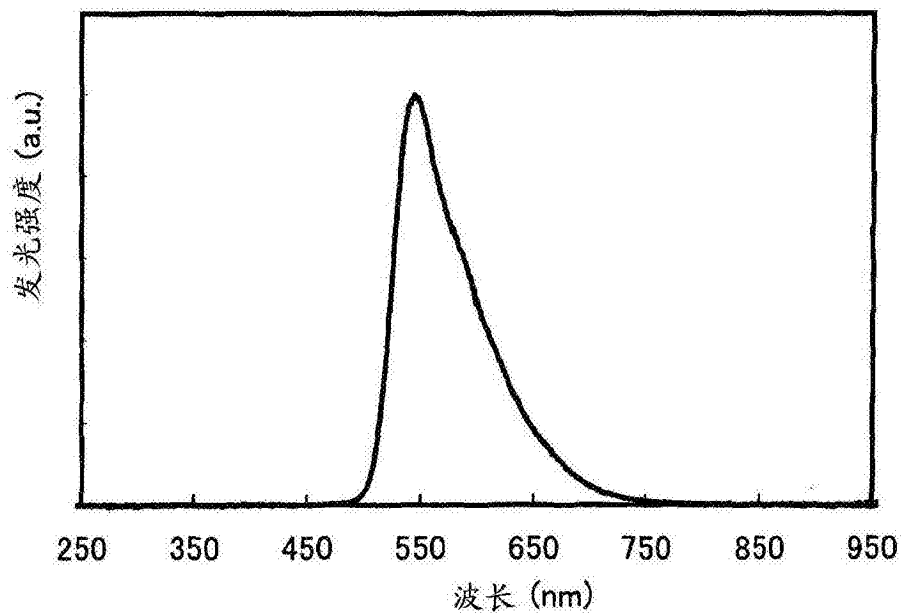


图15

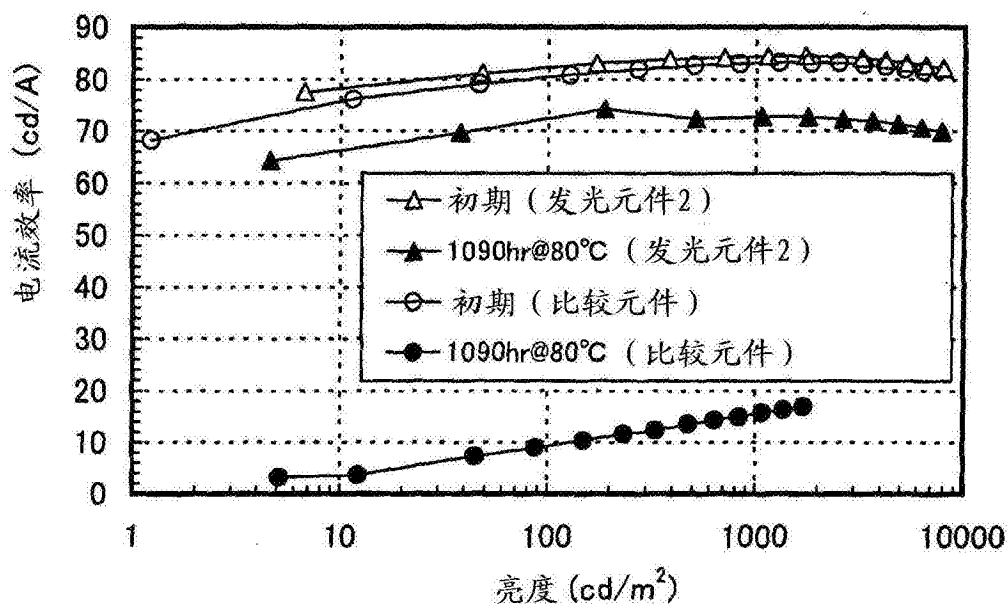


图16

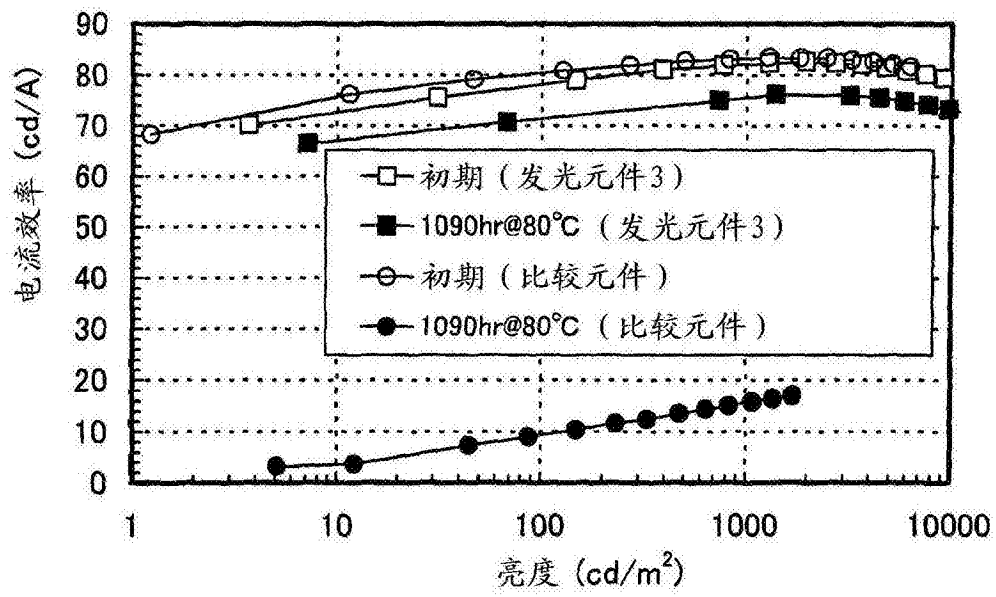


图17

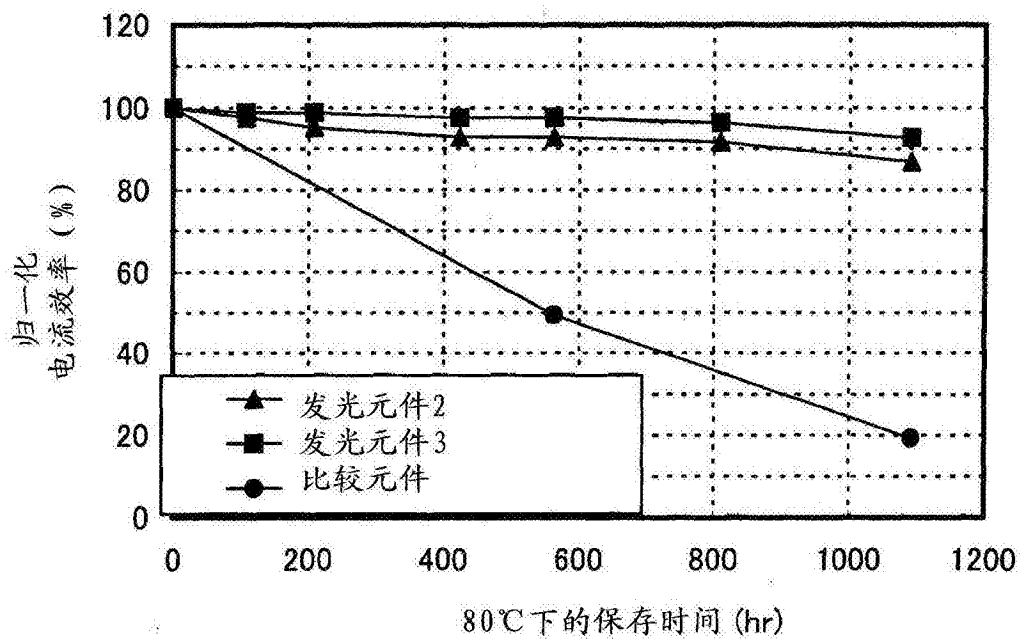


图18

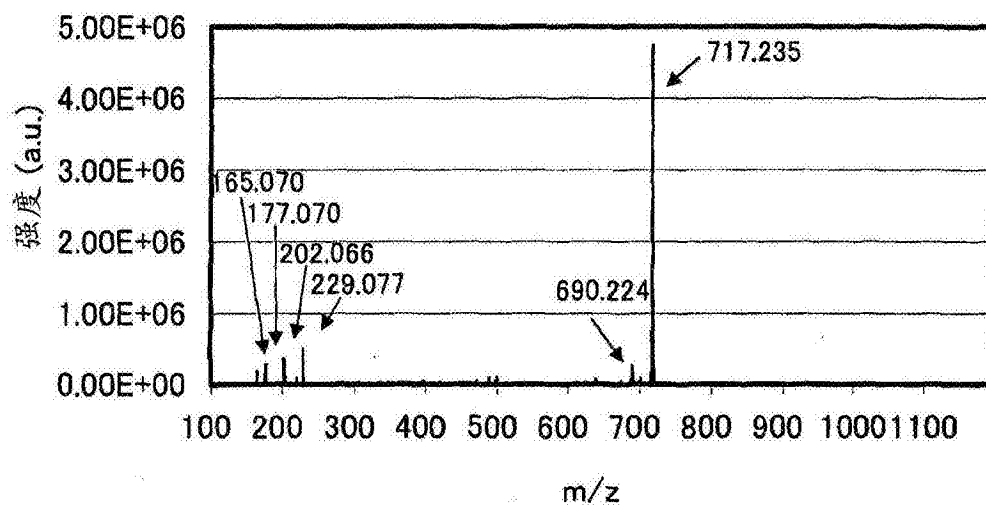


图19

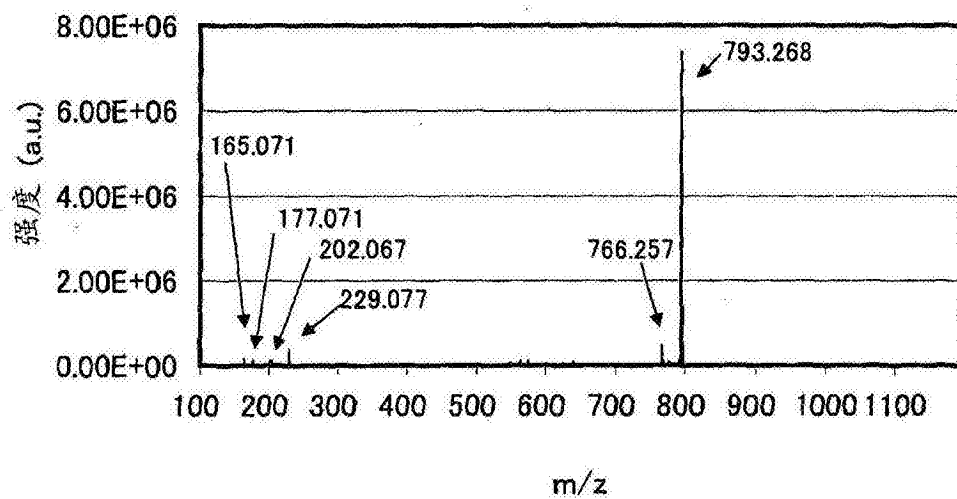


图20

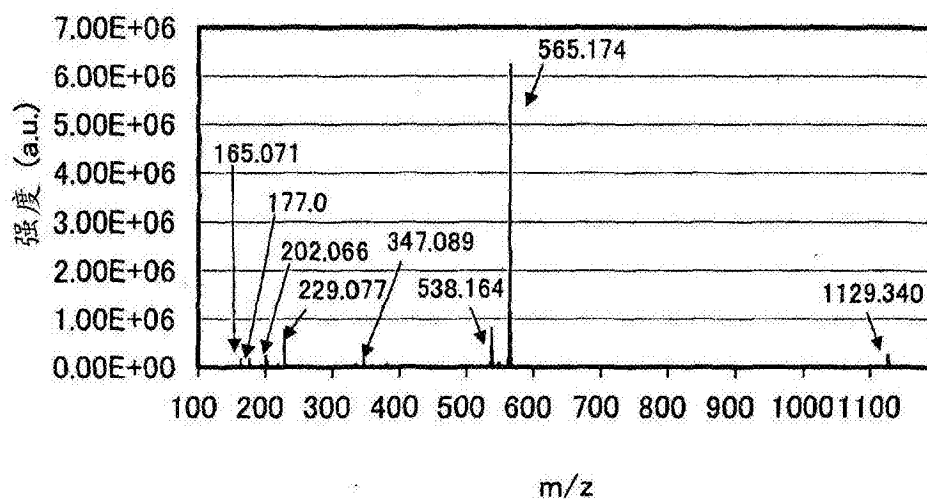


图21

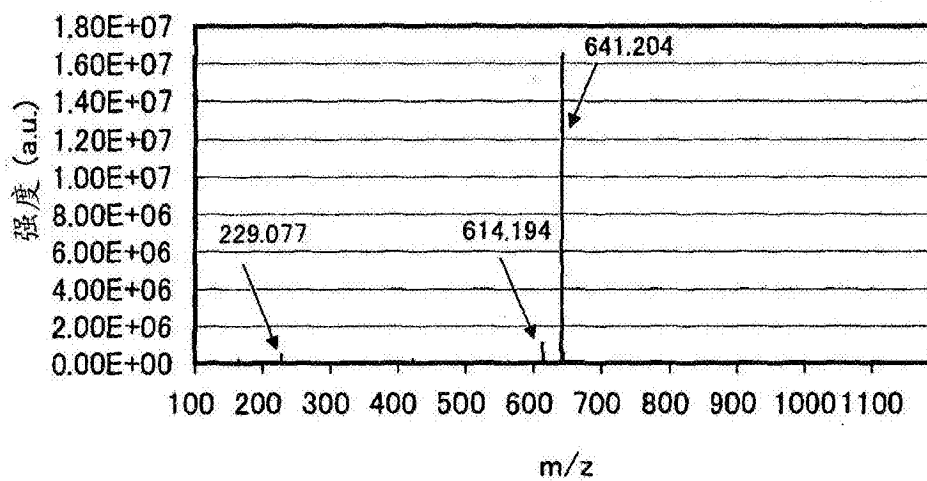


图22A

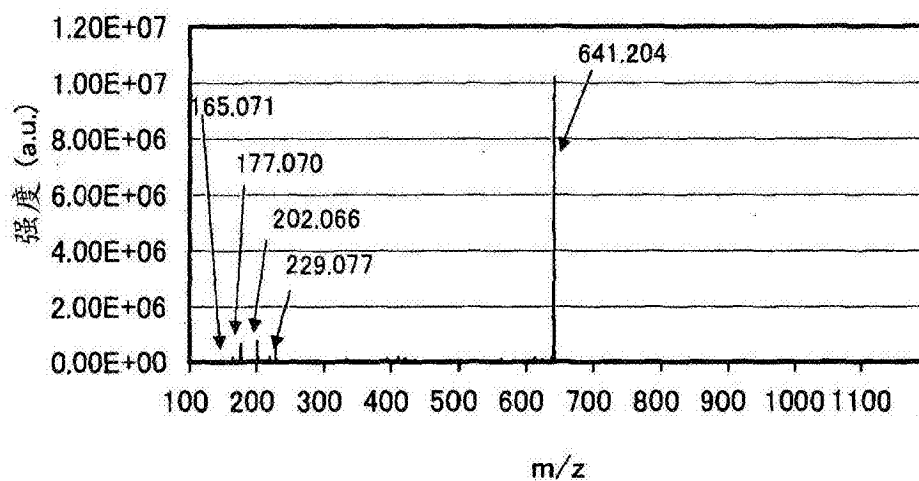


图22B

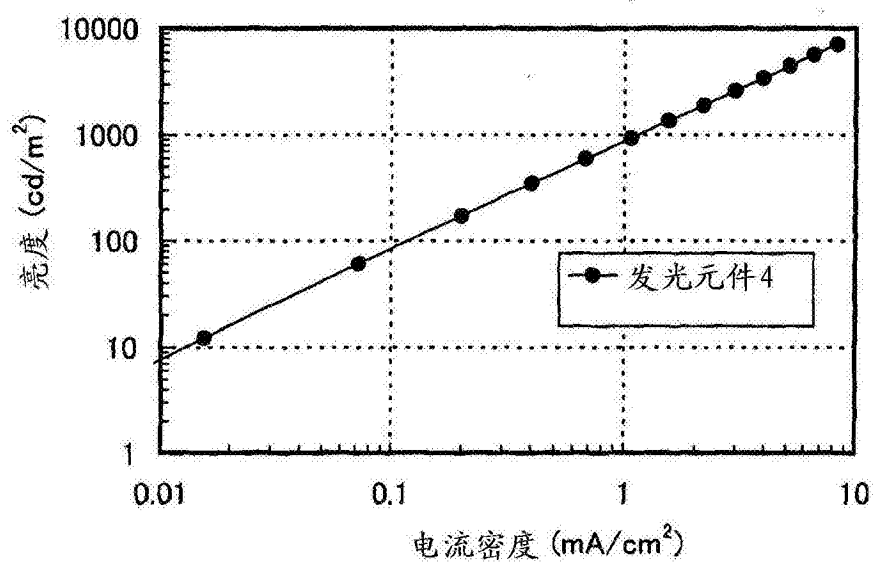


图23

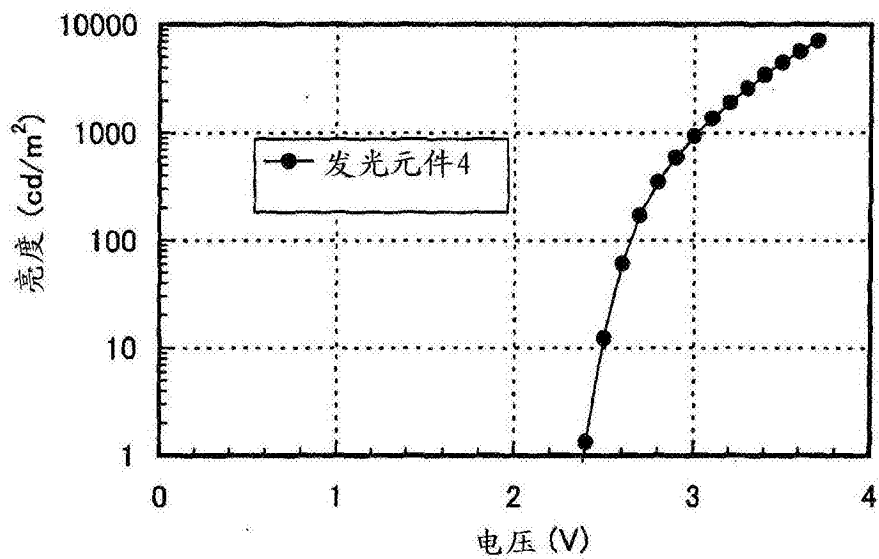


图24

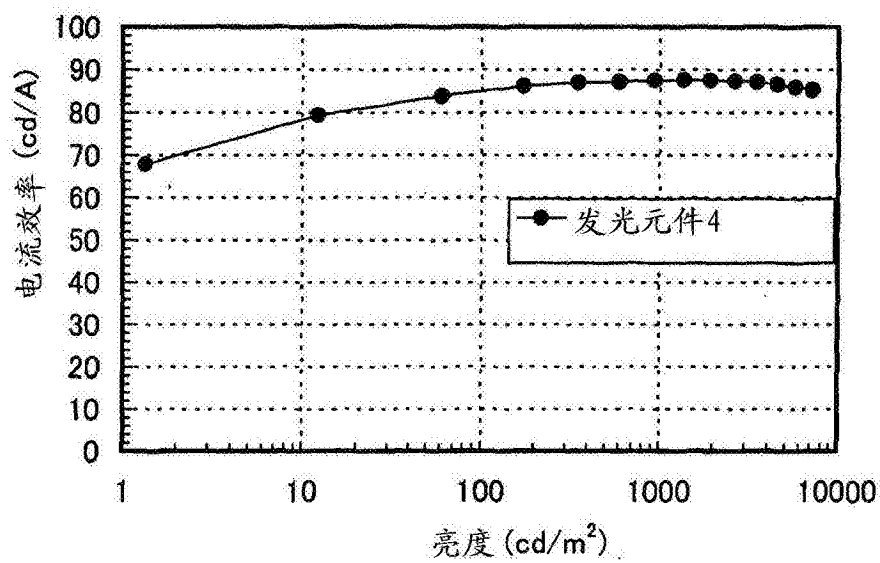


图25

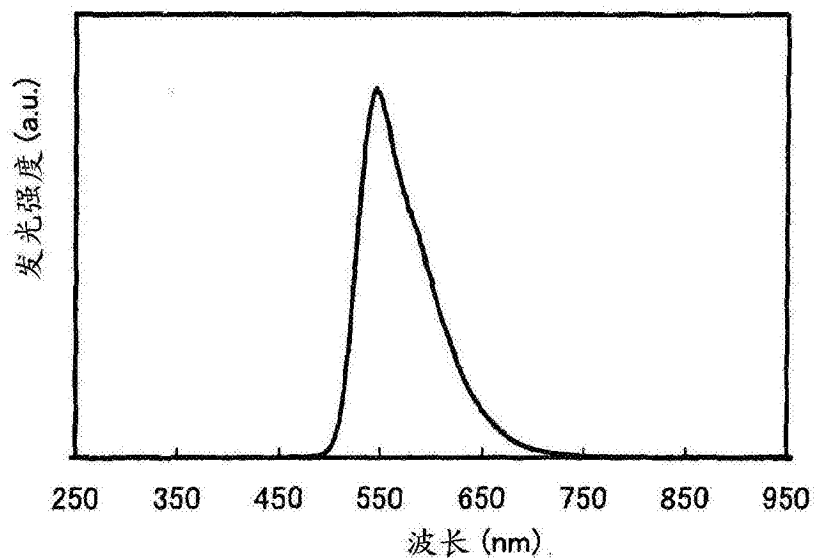


图26

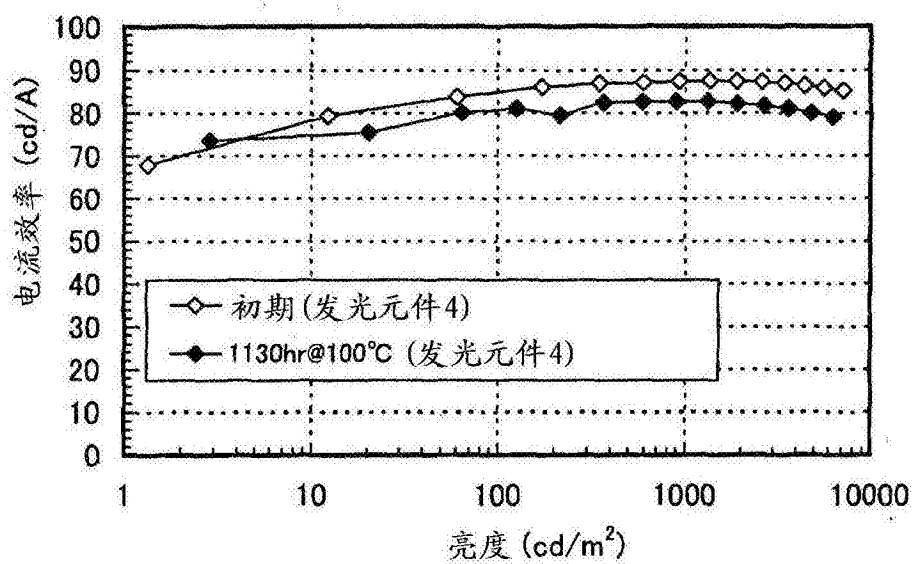


图27

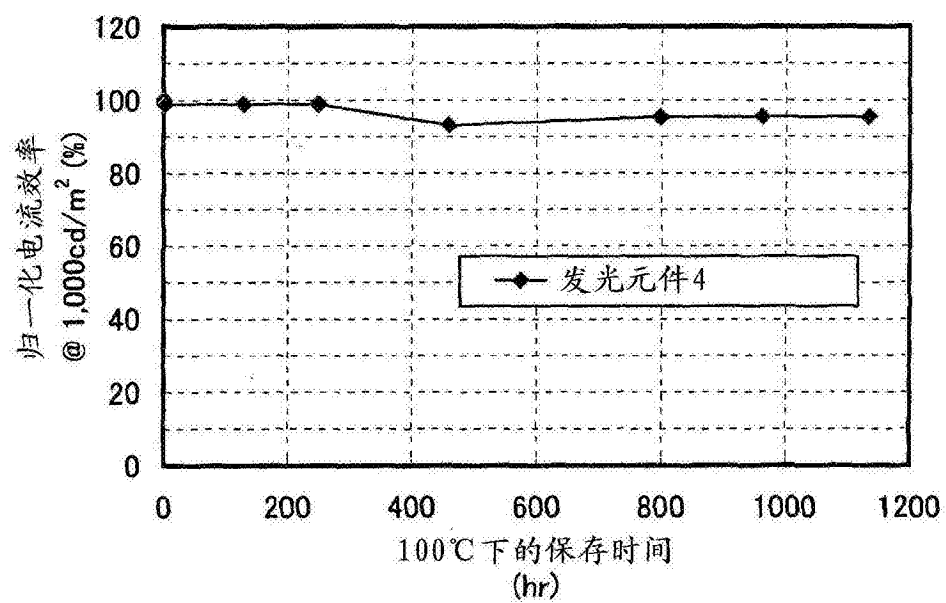


图28

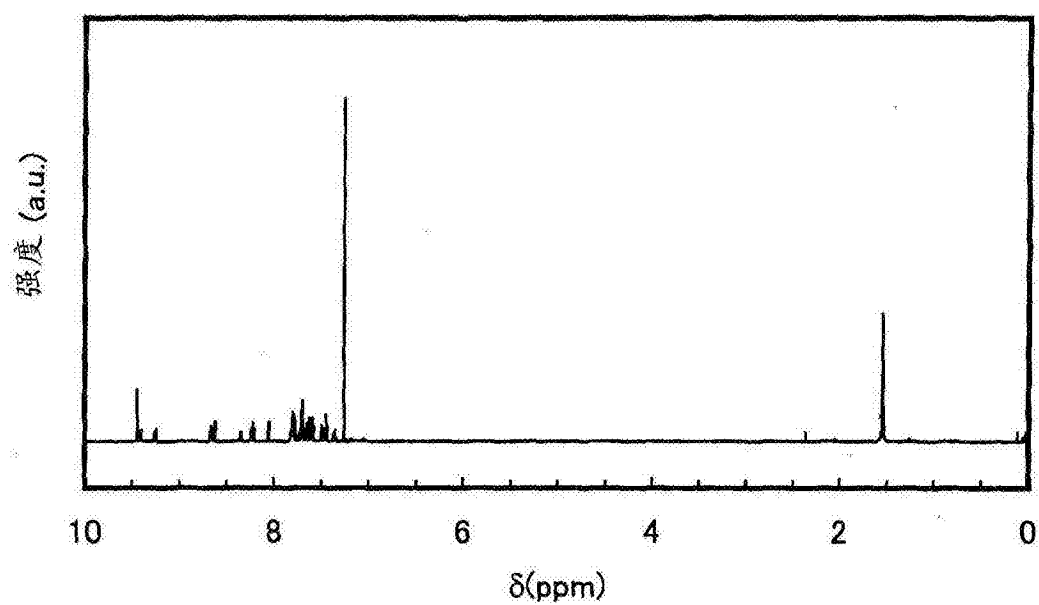


图29A

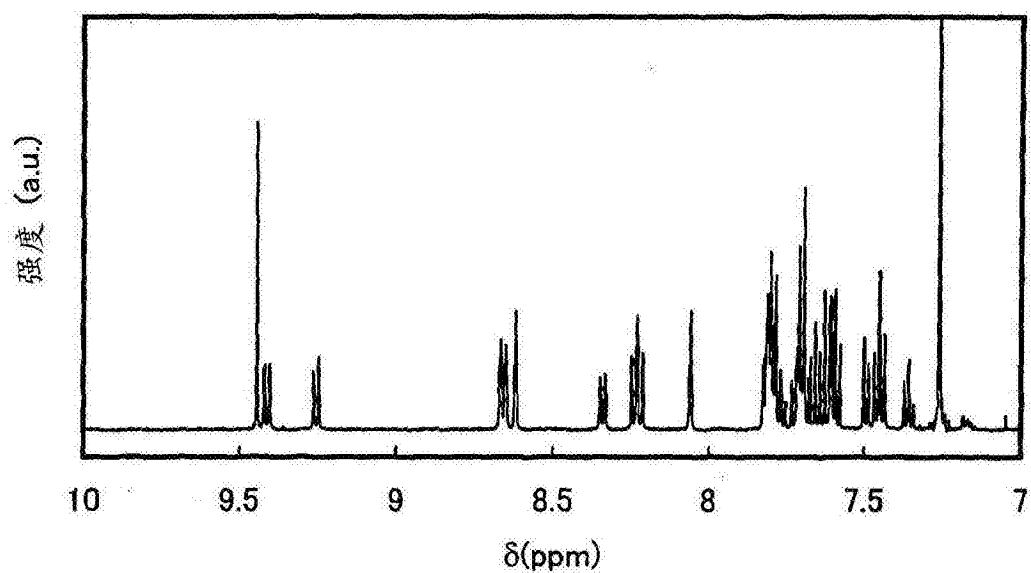


图29B

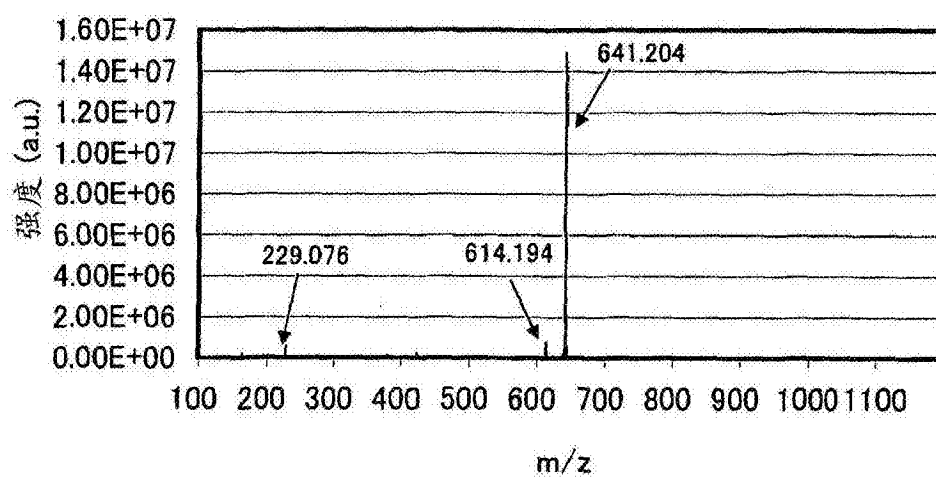


图30A

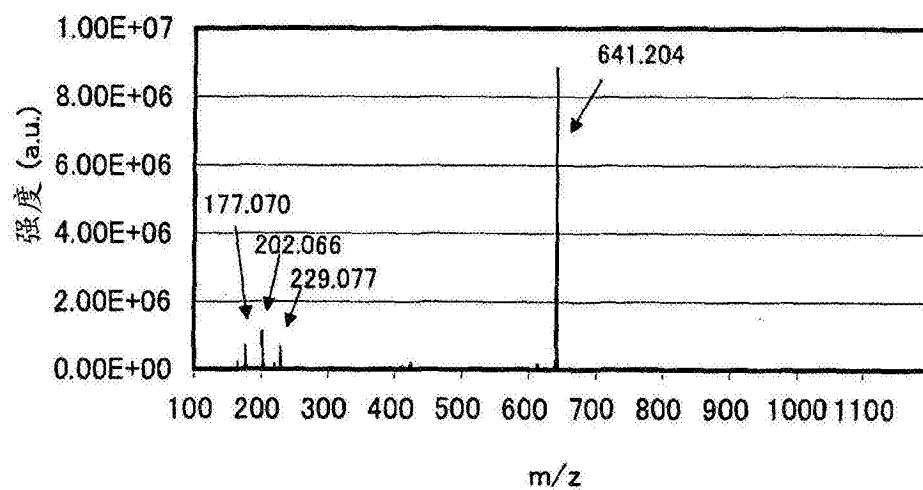


图30B

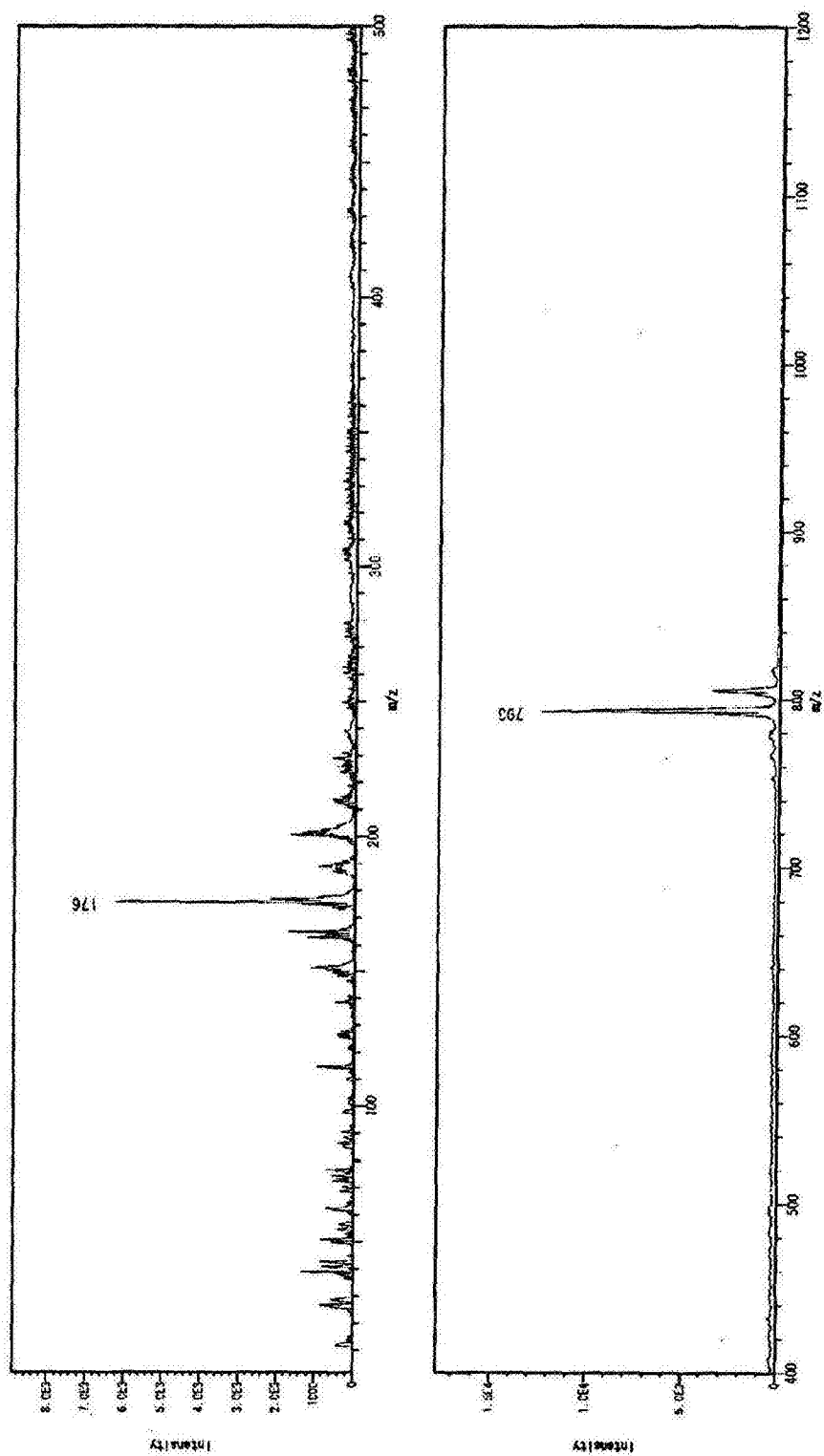


图31

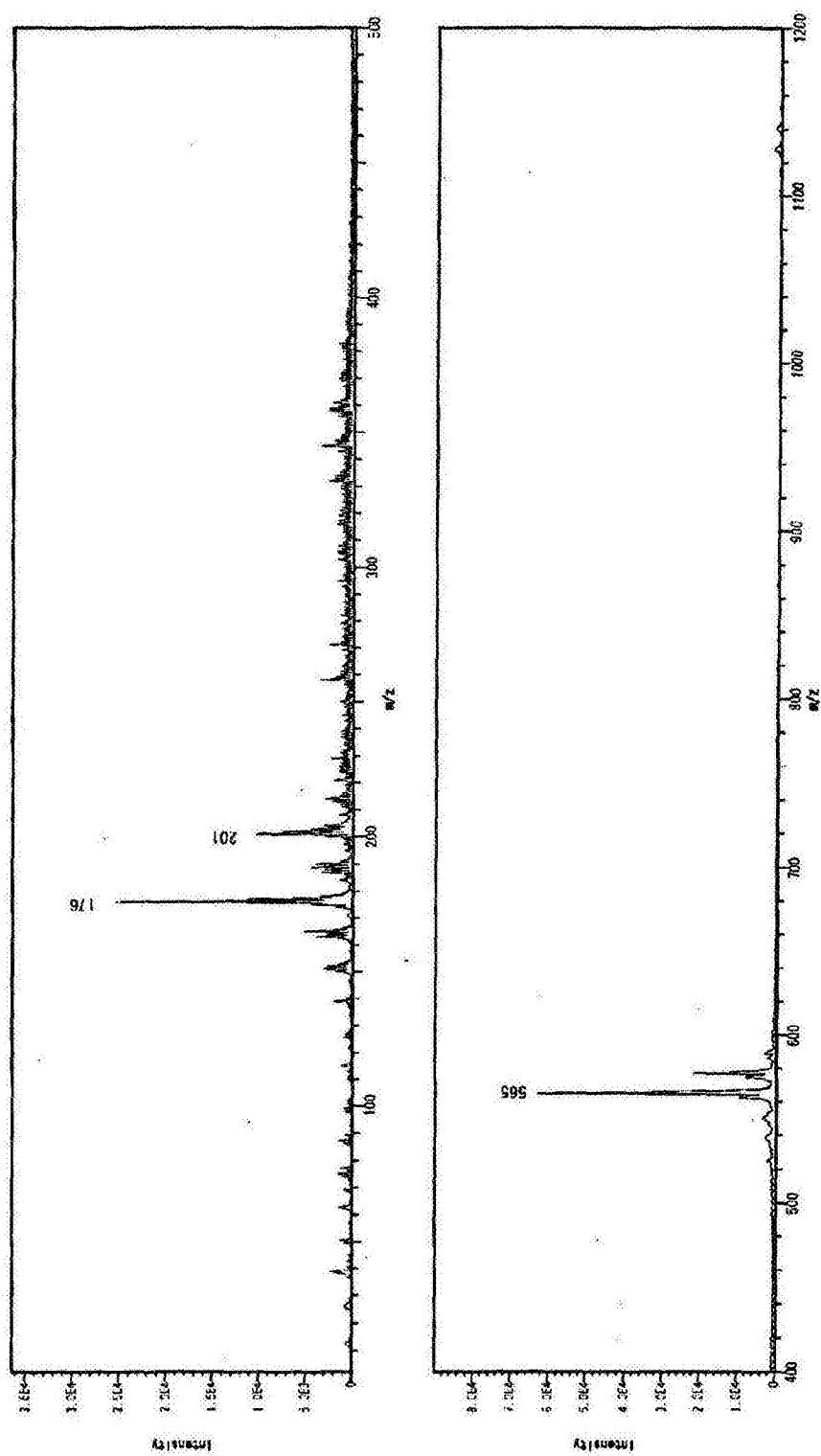


图32

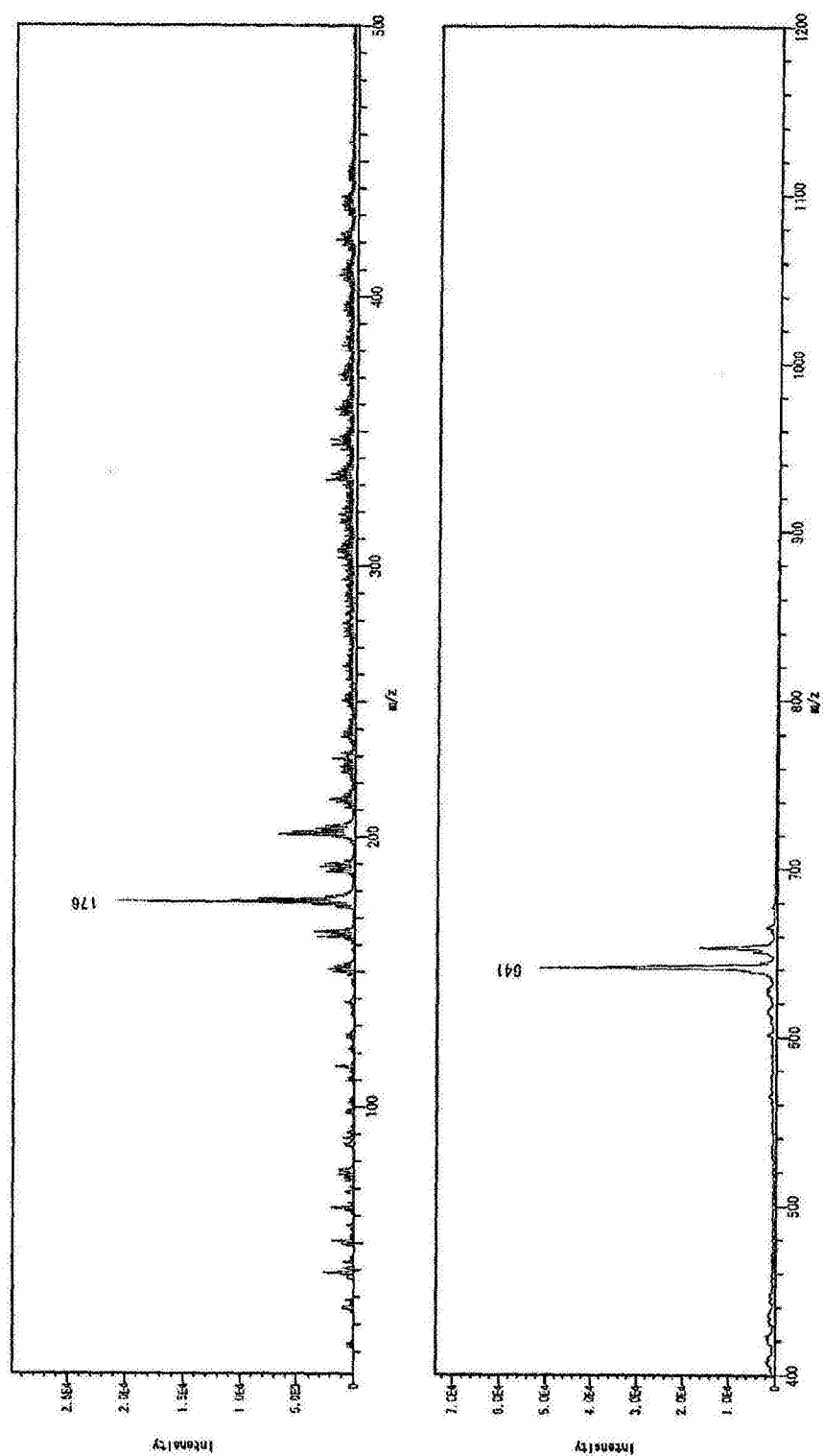


图33

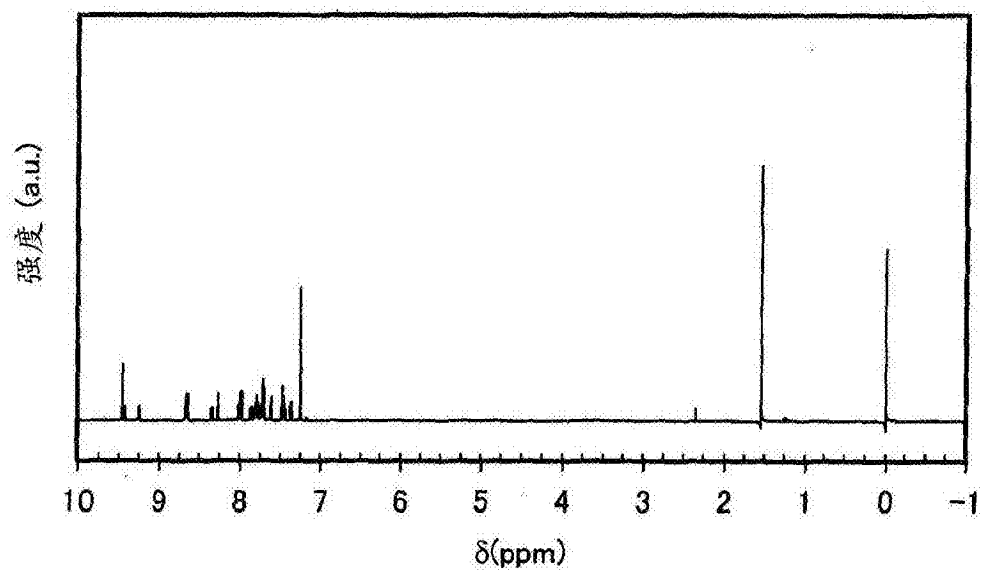


图34A

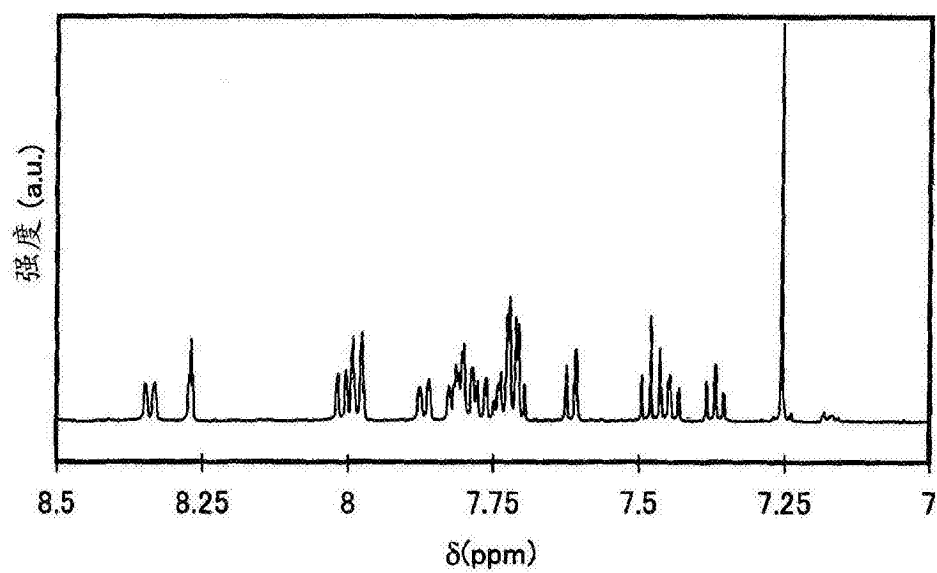


图34B

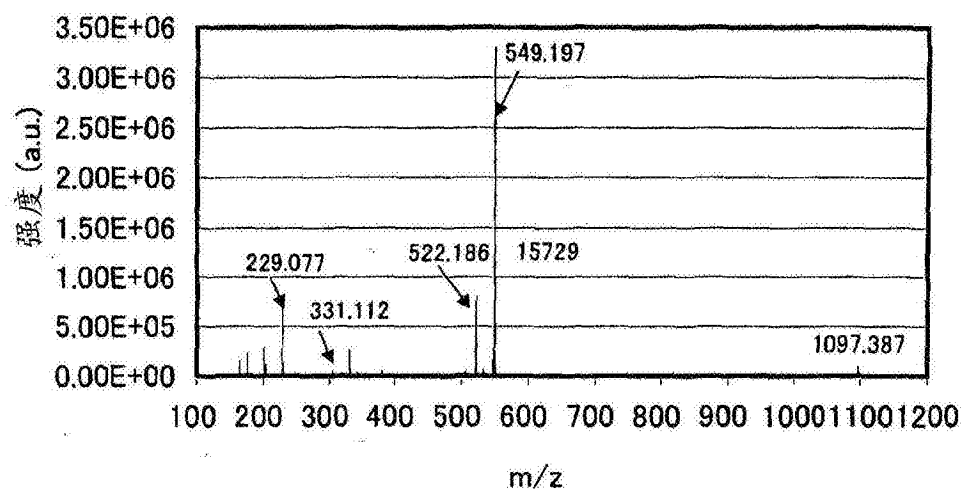


图35