(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110642894 A
(43)申请公布日 2020.01.03

(21)申请号 201910999931.X

(22)申请日 2012.12.12

(30)优先权数据
2011-282465 2011.12.23 JP

(62)分案原申请数据
201280063836.5 2012.12.12

(71)申请人 株式会社半导体能源研究所
地址 日本神奈川

(72)发明人 井上英子 山口知也 濑尾广美
濑尾哲史 铃木邦彦 金元美树

(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 刘强

(51)Int.Cl.
C07F 15/00(2006.01)

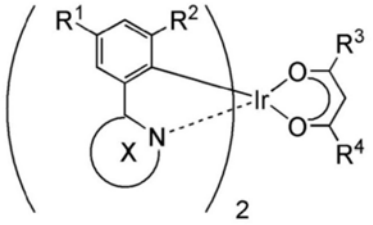
权利要求书1页 说明书86页 附图38页

(54)发明名称

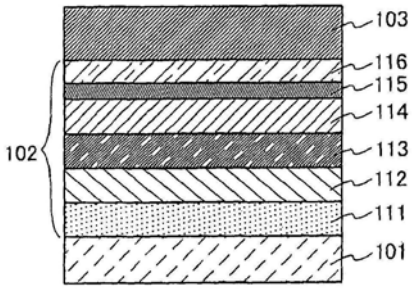
有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备以及照明装置

(57)摘要

本发明提供有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备以及照明装置。本发明的一个方式是作为具有新骨架的新颖物质提供一种发光效率高且由于发射光谱的半宽度变夹而其色纯度得到提高的有机金属配合物。本发明的一个方式是一种将包括配位原子的氮在内包含两个以上的氮的六元环的芳杂环和β-二酮用作配体的有机金属配合物。在通式(G1)中,X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。此外,R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

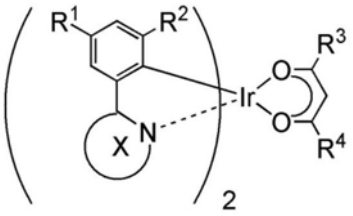


(G1)



CN 110642894 A

1.一种以通式(G1)表示的有机金属配合物，



(G1)

其中，X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环，

并且，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备以及照明装置

[0001] 本申请是申请号为201610455384.5、申请日为2012年12月12日、发明名称为“有机金属配合物、发光元件、发光装置、电子设备以及照明装置”的中国专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明的一个方式涉及一种有机金属配合物。尤其是，本发明的一个方式涉及一种能够将三重激发态转换成发光的有机金属配合物。另外，本发明的一个方式涉及一种使用有机金属配合物的发光元件、发光装置、电子设备及照明装置。

背景技术

[0003] 有机化合物通过吸收光成为激发态。通过经过该激发态，有时发生各种反应(光化学反应)或产生发光(luminescence)。因此，有机化合物应用于各种用途。

[0004] 作为光化学反应的一个例子，已知单态氧与不饱和有机分子的反应(加氧(oxygen addition))。因为氧分子的基态是三重态，所以单态的氧(单态氧)不通过直接光激发而产生。但是，在其他三重激发态分子的存在下产生单态氧，而发生加氧反应。此时，能够形成三重激发态分子的化合物被称为光敏剂。

[0005] 如上所述，为了产生单态氧，需要使用能够通过光激发形成三重激发态分子的光敏剂。但是，因为通常的有机化合物的基态是单态，所以到三重激发态的光激发是禁戒跃迁，不容易产生三重激发态分子。因此，作为这种光敏剂，需求容易发生从单重激发态到三重激发态的系间跨越(intersystem crossing)的化合物(或者，允许直接光激发到三重激发态的禁戒跃迁的化合物)。换言之，这种化合物可以用作光敏剂，可以说是有益的。

[0006] 这种化合物常常发射磷光。磷光是指由于多重体的不同能量之间的跃迁而产生的发光。在通常的有机化合物中，磷光是指当从三重激发态回到单重激发态时产生的发光(另一方面，当从单重激发态回到单重基态时的发光被称为荧光)。能够发射磷光的化合物，即能够将三重激发态转换成发光的化合物(以下，称为磷光化合物)的应用领域包括以有机化合物为发光物质的发光元件。

[0007] 这种发光元件的结构是在电极之间设置包含作为发光物质的有机化合物的发光层的简单的结构。发光元件具有薄型轻量、高速响应性及直流低电压驱动等的特性，由此作为下一代的平板显示元件受到关注。另外，包括这种发光元件的显示器还具有优异的对比度、清晰的图像质量及广视角的特征。

[0008] 以有机化合物为发光物质的发光元件具有载流子注入型的发光机理。换言之，通过将发光层夹在电极之间并施加电压，从电极注入的电子和空穴重新结合，以使发光物质成为激发态，当该激发态回到基态时发光。与上述光激发的情况同样，激发态的种类包括单重激发态(S^*)和三重激发态(T^*)。在发光元件中，单重激发态和三重激发态的统计学上的生成比率被认为是$S^*:T^*=1:3$。

[0009] 在能够将单重激发态转换成发光的化合物(以下称为荧光化合物)中，在室温下仅

观察到来自单重激发态的发光(荧光),而观察不到来自三重激发态的发光(磷光)。因此,基于S^*:T^*=1:3的关系,包含荧光化合物的发光元件中的内量子效率(所产生的光子相对于所注入的载流子的比率)的理论上的极限被认为是25%。

[0010] 另一方面,在包含上述磷光化合物的发光元件的情况下,内量子效率在理论上可以提高到75%至100%。换言之,可以实现包含荧光化合物的发光元件的3倍至4倍的发光效率。根据这些理由,为了实现高效率的发光元件,近年来对包含磷光化合物的发光元件积极地进行研究开发。尤其是,作为磷光化合物,以铱等为中心金属的有机金属配合物由于其高磷光量子产率而已受到关注(例如,参照专利文献1、专利文献2、专利文献3)。

[0011] [参考文献]

[0012] [专利文献]

[0013] [专利文献1]日本专利申请公开2007-137872号公报

[0014] [专利文献2]日本专利申请公开2008-069221号公报

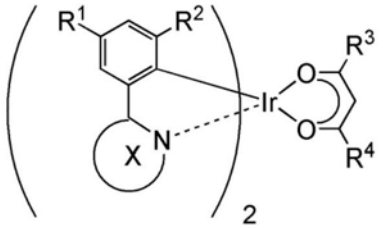
[0015] [专利文献3]国际公开第2008-035664号小册子

发明内容

[0016] 如在上述专利文献1至专利文献3中报告那样,对呈现各种各样的发光颜色的磷光材料进行开发,但是目前关于色纯度高的红色材料的报告少。

[0017] 于是,在本发明的一个方式中,作为具有新骨架的新颖物质,提供一种发光效率高且由于发射光谱的半宽度变窄而其色纯度得到提高的有机金属配合物。此外,本发明的一个方式提供一种升华性良好的新颖的有机金属配合物。本发明的一个方式提供一种发光效率高的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

[0018] 本发明的一个方式是一种将包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环和β-二酮用作配体的有机金属配合物。就是说,本发明的一个方式是包括以通式(G1)表示的结构的有机金属配合物。

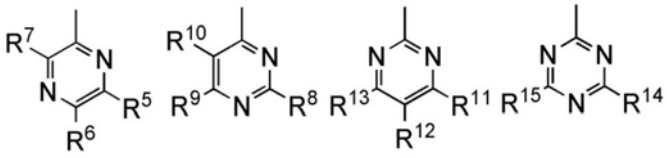
[0019] 

(G1)

[0020] 在通式中,X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。结合于X的取代基的例子包括取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基以及具有取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基的苯基。此外,R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0021] 在通式(G1)中,因为R^1和R^2分别是取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基,所以可以扩大使用与铱结合的苯环的碳原子形成的二面角。如后面所述那样,通过扩大二面角,在理论上可以减少有机金属配合物的发射光谱的第二峰值,而可以缩小半宽度。此外,特别优选的是R^1和R^2分别表示甲基。

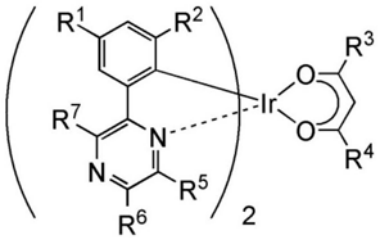
[0022] 在上述结构中，包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的取代或未取代的芳杂环优选为通式(X1)至(X4)中的任一个。

[0023] 

(X1) (X2) (X3) (X4)

[0024] 注意，在通式中，R^5至R^{15}分别表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。与苯基结合的取代基的例子包括取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

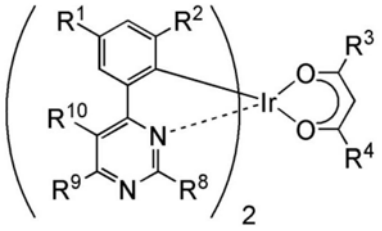
[0025] 本发明的另一个方式是以通式(G2)表示的有机金属配合物。

[0026] 

(G2)

[0027] 在通式中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基，R^5至R^7分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。此外，R^5、R^6也可以表示氢。

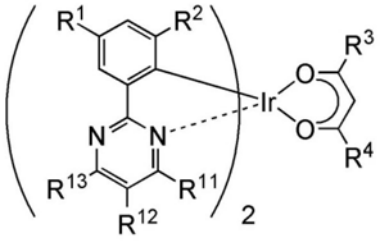
[0028] 本发明的另一个方式是以通式(G3)表示的有机金属配合物。

[0029] 

(G3)

[0030] 在通式中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。此外，R^8至R^{10}分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。R^8及R^{10}也可以表示氢。

[0031] 本发明的另一个方式是以通式(G4)表示的有机金属配合物。

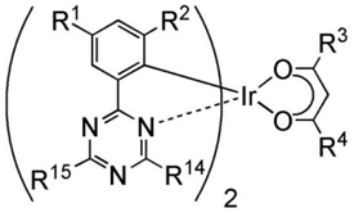
[0032] 

(G4)

[0033] 在通式中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。此外，R^{11}至R^{13}

分别表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。R^{11}也可以表示氢，优选的是R^{12}和R^{13}中的任一个表示氢。

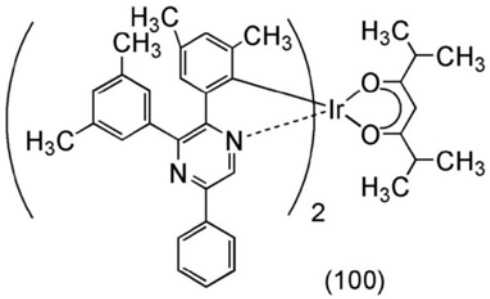
[0034] 本发明的另一个方式是以通式(G5)表示的有机金属配合物。

[0035] 

(G5)

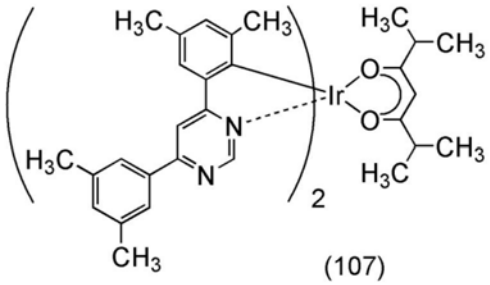
[0036] 在通式中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。此外，R^{14}、R^{15}分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。R^{14}、R^{15}也可以表示氢。

[0037] 本发明的另一个方式是以结构式(100)表示的有机金属配合物。

[0038] 

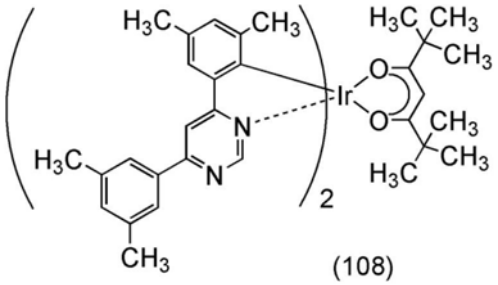
(100)

[0039] 本发明的另一个方式是以结构式(107)表示的有机金属配合物。

[0040] 

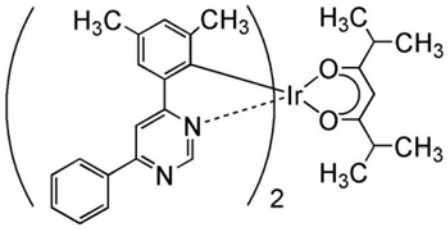
(107)

[0041] 本发明的另一个方式是以结构式(108)表示的有机金属配合物。

[0042] 

(108)

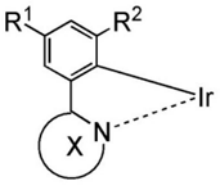
[0043] 本发明的另一个方式是以结构式(109)表示的有机金属配合物。

[0044] 

(109)

[0045] 此外，因为如下理由，本发明的一个方式的有机金属配合物是非常有效的：有机金属配合物可以发射磷光，即能够从三重激发态得到发光并呈现发光，所以在将该有机金属配合物应用于发光元件时，可以实现高效率化。因此，本发明的一个方式也包括使用本发明的一个方式的有机金属配合物的发光元件。

[0046] 并且，本发明的另一个方式是将包括以通式(G0)表示的结构的有机金属配合物用作发光物质的发光元件。

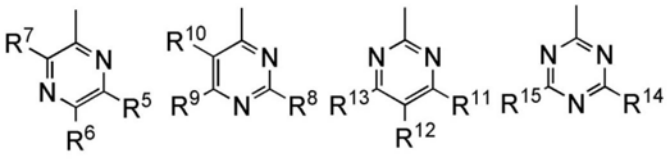
[0047] 

(G0)

[0048] 在通式中，X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。结合于X的取代基的例子包括取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基、取代或未取代的苯基以及具有取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基的苯基。此外，R^1、R^2分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0049] 在通式(G0)中，因为R^1和R^2分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基，所以可以扩大使用与铱结合的苯环的碳原子形成的二面角。如后面所述那样，通过扩大二面角，在理论上可以减少有机金属配合物的发射光谱的第二峰值，而可以缩小半宽度。该效果只要使用具有以通式(G0)表示的结构且发射来源于上述结构的光的发光材料，就在理论上得到，而与其骨架无关。因此，包括以通式(G0)表示的结构且发射来源于上述结构的光的发光材料(包括聚合物及复合材料等)是本发明的方式。此外，将包括以通式(G0)表示的结构且发射来源于上述结构的光的发光材料用作发光物质的发光元件是本发明的一个方式。此外，特别优选的是R^1和R^2分别表示甲基。

[0050] 在上述结构中，取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环优选为通式(X1)至(X4)中的任一个。

[0051] 

(X1) (X2) (X3) (X4)

[0052] 注意，在通式中，R^5至R^{15}分别表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。与苯基结合的取代基的例子包括取代或未取代的碳原子数为1至6的

烷基。

[0053] 本发明的其他的方式不仅是具有发光元件的发光装置,而也是具有发光装置的电子设备及照明装置。本说明书中的发光装置是指图像显示装置及光源(包括照明装置)。另外,发光装置在其范畴内包括如下模块的全部:发光装置连接于连接器的模块诸如FPC(Flexible printed circuit:柔性印刷电路)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装);将印刷线路板设置于TCP端部的模块;以及通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)方式将IC(集成电路)直接安装到发光元件上的模块。

[0054] 作为具有新骨架的新颖物质,本发明的一个方式可以提供一种发光效率高且由于发射光谱的半宽度变窄而其色纯度得到提高的有机金属配合物。此外,本发明的一个方式可以提供一种升华性良好的新颖的有机金属配合物。此外,本发明的一个方式通过使用新颖的有机金属配合物,可以提供一种发光效率高的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。此外,本发明的一个方式可以提供一种耗电量低的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

附图说明

[0055] 图1说明发光元件的结构;

[0056] 图2说明发光元件的结构;

[0057] 图3A和图3B说明发光元件的结构;

[0058] 图4说明发光装置;

[0059] 图5A和图5B说明发光装置;

[0060] 图6A至图6D说明电子设备;

[0061] 图7A至图7C说明电子设备;

[0062] 图8说明照明装置;

[0063] 图9示出以结构式(100)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱;

[0064] 图10示出以结构式(100)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱;

[0065] 图11示出以结构式(107)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱;

[0066] 图12示出以结构式(107)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱;

[0067] 图13示出以结构式(108)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱;

[0068] 图14示出以结构式(108)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱;

[0069] 图15说明发光元件;

[0070] 图16示出发光元件1的电流密度-亮度特性;

[0071] 图17示出发光元件1的电压-亮度特性;

[0072] 图18示出发光元件1的亮度-电流效率特性;

[0073] 图19示出发光元件1的电压-电流特性;

[0074] 图20示出发光元件1的发射光谱;

[0075] 图21示出发光元件1的可靠性;

[0076] 图22示出发光元件1的可靠性；

[0077] 图23示出发光元件2的电流密度-亮度特性；

[0078] 图24示出发光元件2的电压-亮度特性；

[0079] 图25示出发光元件2的亮度-电流效率特性；

[0080] 图26示出发光元件2的电压-电流特性；

[0081] 图27示出发光元件2的发射光谱；

[0082] 图28示出发光元件2的可靠性；

[0083] 图29示出发光元件2的可靠性；

[0084] 图30示出发光元件3的电流密度-亮度特性；

[0085] 图31示出发光元件3的电压-亮度特性；

[0086] 图32示出发光元件3的亮度-电流效率特性；

[0087] 图33示出发光元件3的电压-电流特性；

[0088] 图34示出发光元件3的发射光谱；

[0089] 图35示出发光元件3的可靠性；

[0090] 图36示出发光元件3的可靠性；

[0091] 图37示出以结构式(100)表示的有机金属配合物的TG-DTA结果；

[0092] 图38示出[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)和[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)的磷光光谱；

[0093] 图39示出[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)和[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)之间的苯环的碳原子形成的二面角中的比较结果；

[0094] 图40示出以结构式(121)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0095] 图41示出以结构式(121)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

[0096] 图42示出以结构式(121)表示的有机金属配合物的TG-DTA结果；

[0097] 图43示出以结构式(122)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0098] 图44示出以结构式(122)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

[0099] 图45示出以结构式(122)表示的有机金属配合物的TG-DTA结果；

[0100] 图46示出以结构式(122)表示的有机金属配合物的LC-MS测量结果；

[0101] 图47示出以结构式(123)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0102] 图48示出以结构式(123)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

[0103] 图49示出以结构式(123)表示的有机金属配合物的LC-MS测量结果；

[0104] 图50示出以结构式(124)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0105] 图51示出以结构式(124)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光谱；

[0106] 图52示出以结构式(124)表示的有机金属配合物的TG-DTA结果；

[0107] 图53示出以结构式(124)表示的有机金属配合物的LC-MS测量结果；

[0108] 图54示出以结构式(125)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0109] 图55示出以结构式(125)表示的有机金属配合物的紫外·可见吸收光谱及发射光

谱；

[0110] 图56示出以结构式(125)表示的有机金属配合物的TG-DTA结果；

[0111] 图57示出发光元件4至发光元件7的电流密度-亮度特性；

[0112] 图58示出发光元件4至发光元件7的电压-亮度特性；

[0113] 图59示出发光元件4至发光元件7的亮度-电流效率特性；

[0114] 图60示出发光元件4至发光元件7的电压-电流特性；

[0115] 图61示出发光元件4至发光元件7的发射光谱；

[0116] 图62示出发光元件4至发光元件7的可靠性；

[0117] 图63示出发光元件4至发光元件7的可靠性；

[0118] 图64示出以结构式(126)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0119] 图65示出以结构式(127)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱；

[0120] 图66示出以结构式(106)表示的有机金属配合物的^{1}H-NMR谱。

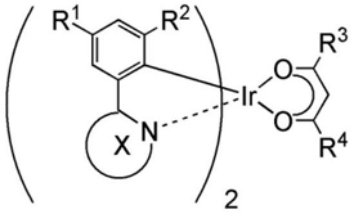
具体实施方式

[0121] 下面，参照附图详细地说明本发明的实施方式。但是，本发明不局限于以下说明的内容，其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此，本发明不应该被解释为仅限定在下面所示的实施方式所记载的内容中。

[0122] 实施方式1

[0123] 在本实施方式中，说明本发明的方式的有机金属配合物。

[0124] 本发明的一个方式的有机金属配合物是一种将包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环和β-二酮用作配体的有机金属配合物。此外，在本实施方式中说明的将包括配位原子的氮在内包含两个以上的氮的六元环的芳杂环和β-二酮用作配体的有机金属配合物的一个方式是包括以通式(G1)表示的结构的有机金属配合物。

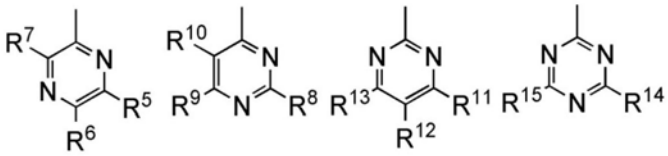
[0125] 

(G1)

[0126] 在通式(G1)中，X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。此外，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0127] 此外，作为R^1至R^4中的取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基的具体例子，可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基、戊基、异戊基、仲戊基、叔戊基、新戊基、己基、异己基、仲己基、叔己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基以及2,3-二甲基丁基等。

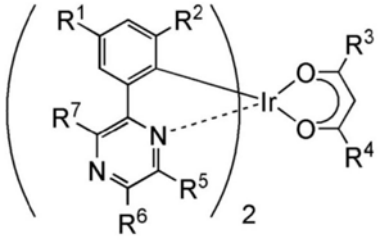
[0128] 作为取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环X的具体例子，优选为通式(X1)至(X4)中的任一个。

[0129] 

(X1) (X2) (X3) (X4)

[0130] 此外，本发明的一个方式的有机金属配合物具有如下优点：通过使取代或未取代的碳原子数为1至6的两个烷基结合于与金属铱及取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环结合的苯基的2位和4位，所得到的发射光谱的半宽度变窄，因此可以提高色纯度。此外，通过使配体具有β-二酮结构，有机溶剂中的有机金属配合物的溶解度得到提高而容易进行精炼，所以是优选的。为了实现发光效率高的有机金属配合物，优选具有β-二酮结构。通过具有β-二酮结构，有升华性得到提高且蒸发能力良好的优点。

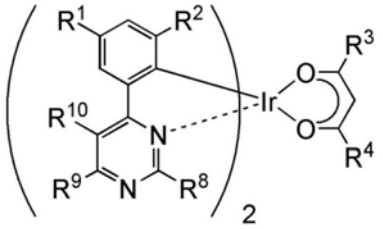
[0131] 本发明的一个方式是以通式(G2)表示的有机金属配合物。

[0132] 

(G2)

[0133] 在通式(G2)中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基，R^5至R^7分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。此外，R^5、R^6也可以表示氢。R^1至R^7的具体例子包括通式(G1)的R^1至R^4的具体例子。此外，R^5至R^7中的取代或未取代的苯基也可以分别具有取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

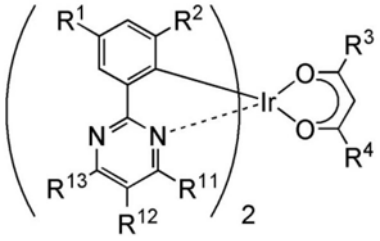
[0134] 本发明的一个方式是以通式(G3)表示的有机金属配合物。

[0135] 

(G3)

[0136] 在通式(G3)中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。此外，R^8至R^{10}分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。此外，R^8及R^{10}也可以表示氢。R^1至R^4以及R^8至R^{10}的具体例子包括通式(G1)的R^1至R^4的具体例子。此外，R^8至R^{10}中的取代或未取代的苯基也可以分别具有取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

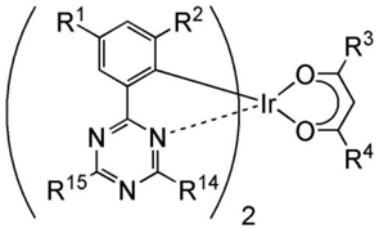
[0137] 本发明的一个方式是以通式(G4)表示的有机金属配合物。

[0138] 

(G4)

[0139] 在通式(G4)中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。此外，R^{11}至R^{13}分别表示氢、取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。此外，R^{11}也可以表示氢，优选的是R^{12}和R^{13}中的任一个表示氢。R^1至R^4以及R^{11}至R^{13}的具体例子包括通式(G1)的R^1至R^4的具体例子。此外，R^{11}至R^{13}中的取代或未取代的苯基也可以分别具有取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

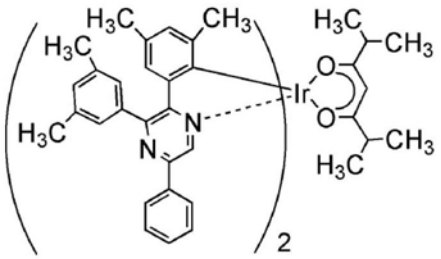
[0140] 本发明的一个方式是以通式(G5)表示的有机金属配合物。

[0141] 

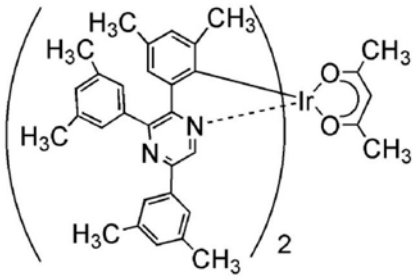
(G5)

[0142] 在通式(G5)中，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。此外，R^{14}、R^{15}分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基或者取代或未取代的苯基。另外，R^{14}、R^{15}也可以表示氢。R^1至R^4以及R^{14}、R^{15}的具体例子包括通式(G1)的R^1至R^4的具体例子。此外，R^{14}、R^{15}中的取代或未取代的苯基也可以分别具有取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0143] 接着，示出上述本发明的一个方式的有机金属配合物的具体结构式(结构式(100)至(127))。注意，本发明不局限于此。

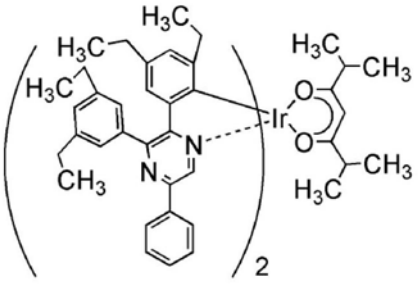


(100)

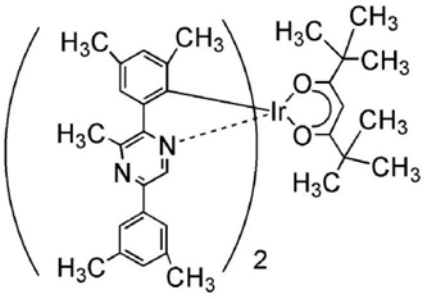


(101)

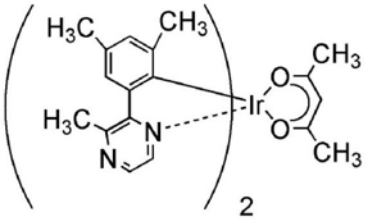
[0144]



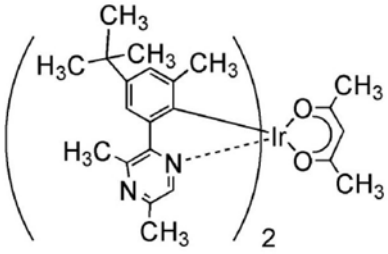
(102)



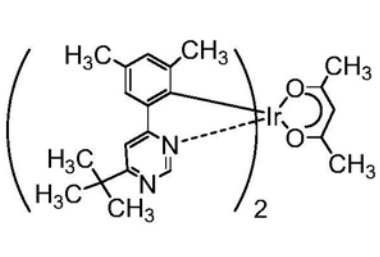
(103)



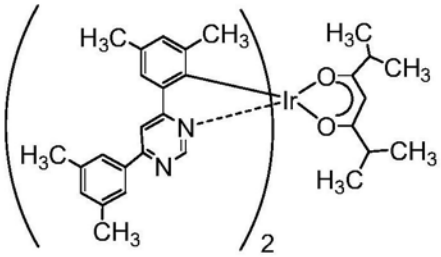
(104)



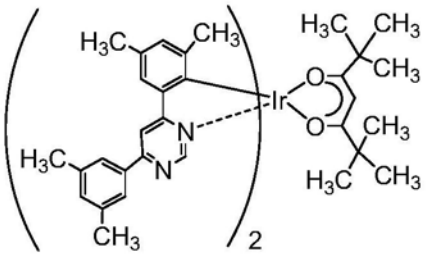
(105)



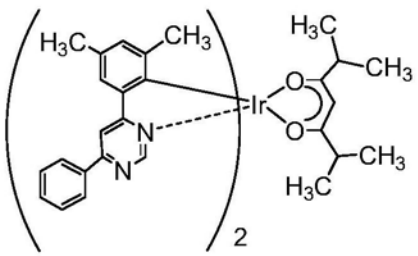
(106)



(107)

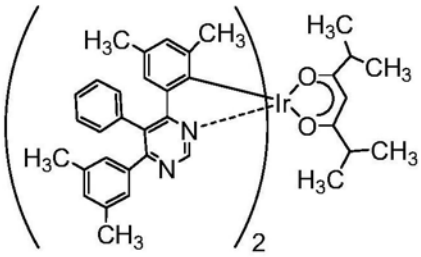


(108)

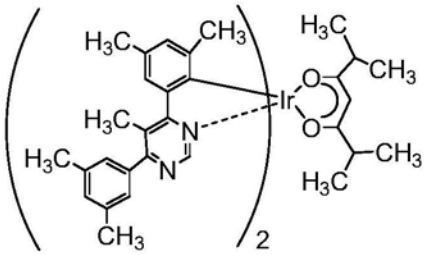


(109)

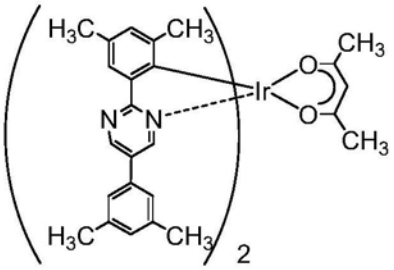
[0145]



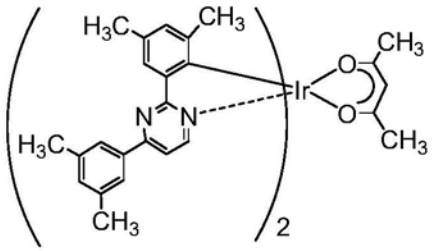
(110)



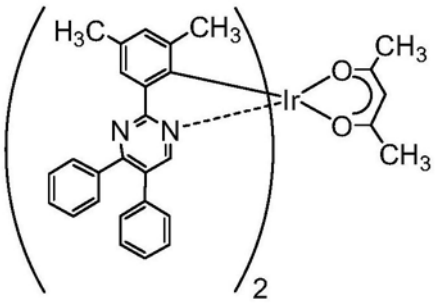
(111)



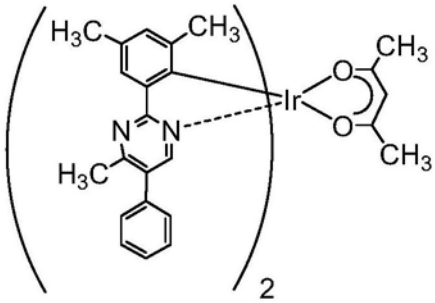
(112)



(113)

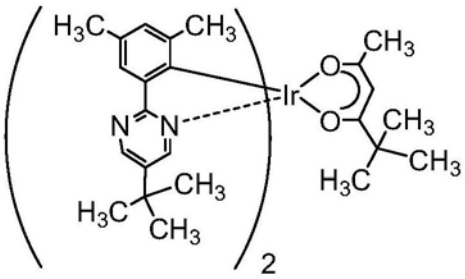


(114)

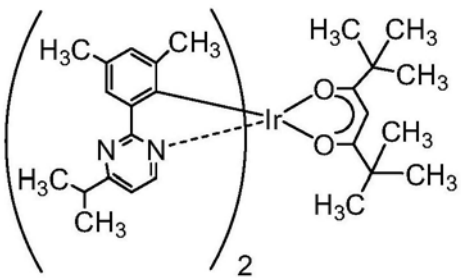


(115)

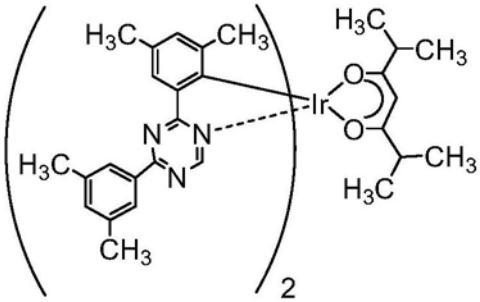
[0146]



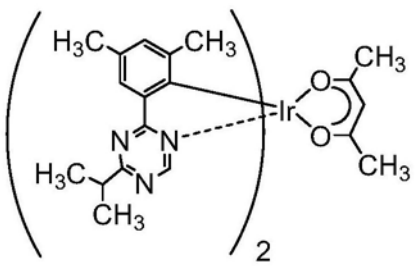
(116)



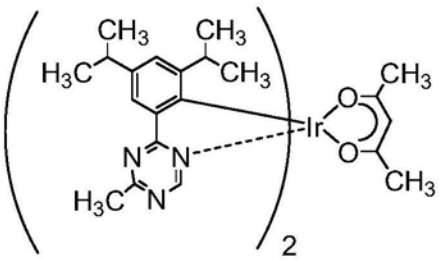
(117)



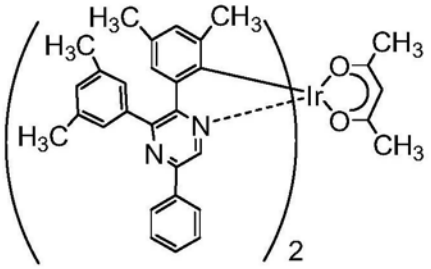
(118)



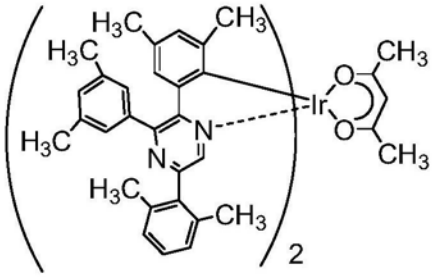
(119)



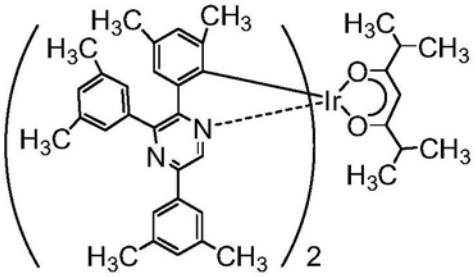
(120)



(121)

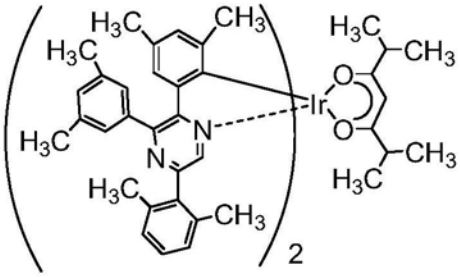


(122)

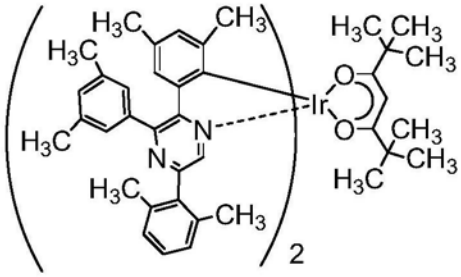


(123)

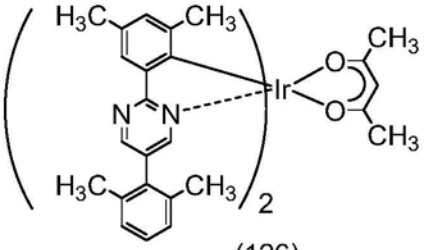
[0147]



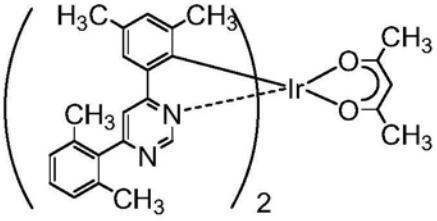
(124)



(125)



(126)



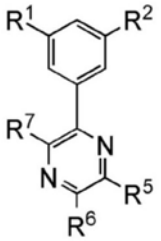
(127)

[0148] 注意,以结构式(100)至(127)表示的有机金属配合物是能够发射磷光的新颖物质。此外,作为这些物质,根据配体的种类可能有几何异构体和立体异构体。本发明的一个方式的有机金属配合物包括所有这些异构体。

[0149] 接着,说明包括以通式(G1)表示的结构的有机金属配合物的合成方法的一个例子。

[0150] 《以通式(G0-X1)表示的六元环的杂环衍生物的合成方法》

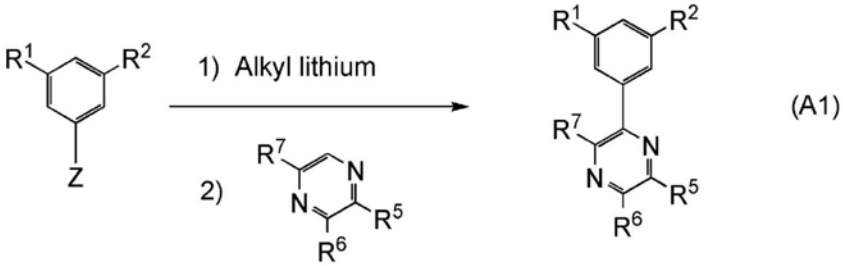
[0151] 说明以通式(G0-X1)表示的六元环的杂环衍生物的合成方法的一个例子。

[0152] 

(G0-X1)

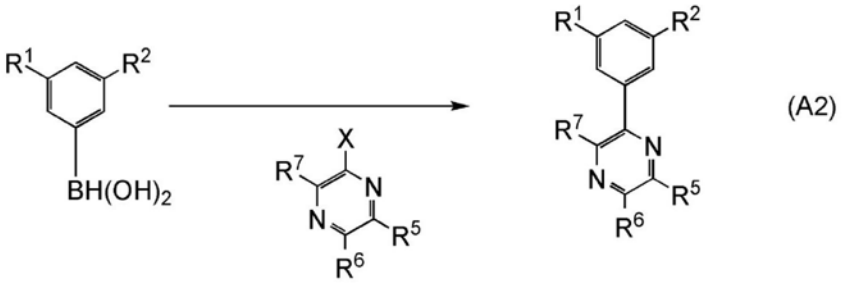
[0153] 在通式(G0-X1)中，R^1、R^2及R^5至R^7分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。R^5、R^6也可以表示氢。

[0154] 以下，示出以通式(G0-X1)表示的六元环的杂环的吡嗪衍生物的四种合成方案(A1)、(A2)、(A3)、(A4)。

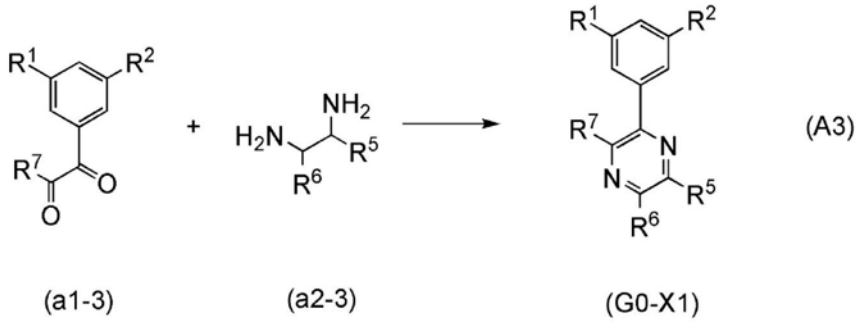


(a1-1) (a2-1) (G0-X1)

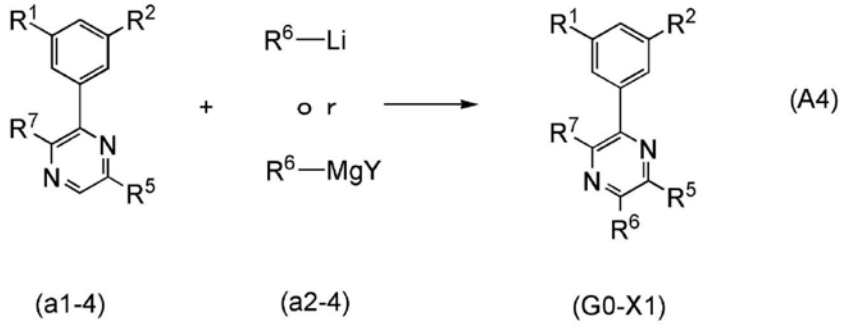
[0155]



(a1-2) (a2-2) (G0-X1)



[0156]



[0157] 在合成方案(A1)中,通过使用烷基锂等使3,5-二取代苯基的卤化物(a1-1)锂化且使其与吡嗪(a2-1)起反应,可以得到衍生物(G0-X1)。

[0158] 在合成方案(A2)中,通过使3,5-二取代苯基的硼酸(a1-2)与吡嗪的卤化物(a2-2)耦合,可以得到衍生物(G0-X1)。

[0159] 在合成方案(A3)中,通过使3,5-二取代苯基的二酮(a1-3)与二胺(a2-3)起反应,可以得到衍生物(G0-X1)。

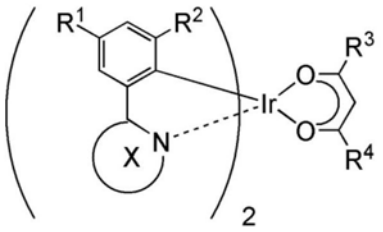
[0160] 在合成方案(A4)中,通过使3,5-二取代苯基的吡嗪(a1-4)与锂化合物或者格氏(Grignard)试剂(a2-4)起反应,可以得到衍生物(G0-X1)。注意,在式中,Y表示卤素。

[0161] 除了上述四种方法以外,作为衍生物(G0-X1)的合成方法还存在有多个已知的合成方法。因此,可以使用任何方法。

[0162] 因为在市场上销售多种上述方案中的化合物(a1-1)、(a2-1)、(a1-2)、(a2-2)、(a1-3)、(a2-3)、(a1-4)、(a2-4)或可以合成上述化合物(a1-1)、(a2-1)、(a1-2)、(a2-2)、(a1-3)、(a2-3)、(a1-4)、(a2-4),所以可以合成多种以通式(G0-X1)表示的吡嗪衍生物。因此,本发明的一个方式的有机金属配合物具有配体的种类丰富的特征。

[0163] 《以通式(G1)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的合成方法》

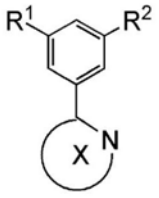
[0164] 接着,说明使用以通式(G0)表示的六元环的杂环衍生物形成的以通式(G1)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的合成方法。

[0165] 

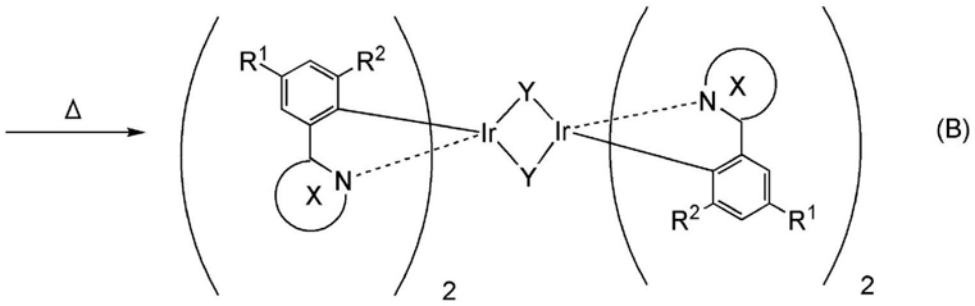
(G1)

[0166] 注意，在通式(G1)中，X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。此外，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0167] 以下，示出以通式(G1)表示的有机金属配合物的合成方案(B)。

包含卤素的铱化合物 + 

(LG0)

[0168] 

(P)

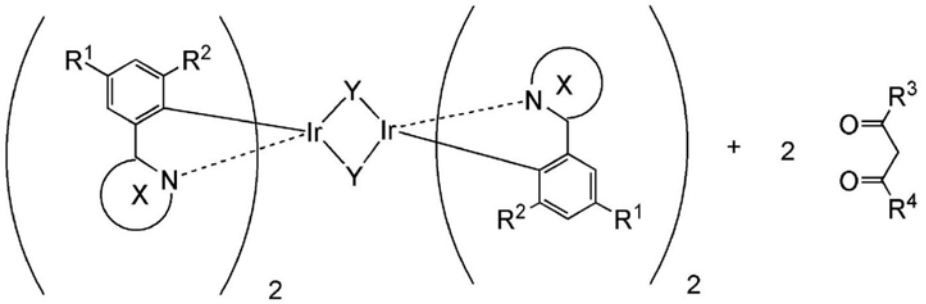
[0169] 注意，在合成方案(B)中，X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。此外，Y表示卤素，R^1、R^2分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0170] 如合成方案(B)所示那样，通过使用无溶剂或单独的醇类溶剂(甘油、乙二醇、2-甲氧基乙醇、2-乙氧基乙醇等)或者一种以上的醇类溶剂和水的混合溶剂且在惰性气体气氛下，对以通式(LG0)表示的六元环的杂环衍生物和包含卤素的铱化合物(氯化铱、溴化铱、碘化铱等)进行加热，可以得到具有由卤素桥接的结构的有机金属配合物的一种的双核配合物(P)。

[0171] 对加热单元没有特别的限制，也可以使用油浴(oil bath)、沙浴(sand bath)或铝块。此外，还可以作为加热单元使用微波。

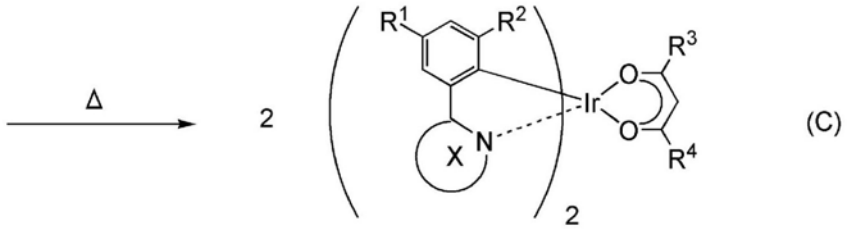
[0172] 并且，如合成方案(C)所示那样，通过在惰性气体气氛下使利用合成方案(B)可以得到的双核配合物(P)与β-二酮衍生物起反应，β-二酮衍生物的质子脱离且单阴离子的β-二酮衍生物给中心金属的铱配位。因此，可以得到以通式(G1)表示的本发明的一个方式的

有机金属配合物。



(P)

[0173]



(G1)

[0174] 注意，在合成方案(C)中，X表示取代或未取代的包括配位原子的氮原子在内包含两个以上的氮原子的六元环的芳杂环。此外，Y表示卤素，R^1至R^4分别表示取代或未取代的碳原子数为1至6的烷基。

[0175] 对加热单元没有特别的限制，也可以使用油浴、沙浴或铝块。此外，还可以作为加热单元使用微波。

[0176] 以上，虽然说明了本发明的一个方式的有机金属配合物的合成方法的一个例子，但是本发明不局限于此，也可以通过任何其他的合成方法合成。

[0177] 因为上述本发明的一个方式的有机金属配合物能够发射磷光，所以可以将其用作发光材料或发光元件的发光物质。

[0178] 通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物，可以得到一种发光效率高的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。此外，本发明的一个方式可以得到一种耗电量低的发光元件、发光装置、电子设备或照明装置。

[0179] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0180] 实施方式2

[0181] 在本实施方式中，参照图1说明将本发明的一个方式的实施方式1中示出的有机金属配合物用于发光层的发光元件。

[0182] 在本实施方式所示的发光元件中，如图1所示，在一对电极(第一电极(阳极)101与第二电极(阴极)103)之间夹有包括发光层113的EL层102，EL层102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等而形成。

[0183] 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中重新结合以使有机金属配合物成为激发态。并且，当该处于

激发态的有机金属配合物回到基态时发光。像这样，本发明的一个方式的有机金属配合物用作发光元件中的发光物质。

[0184] EL层102中的空穴注入层111是包含空穴传输性高的物质和受主物质的层。当受主物质从空穴传输性高的物质抽出电子时，产生空穴。因此，空穴隔着空穴传输层112从空穴注入层111注入到发光层113。

[0185] 电荷产生层(E)116是包含空穴传输层高的物质和受主物质的层。由于受主物质从空穴传输性高的物质抽出电子，因此被抽出的电子隔着电子传输层114从具有电子注入性的电子注入层115注入到发光层113。

[0186] 下面，对制造本实施方式所示的发光元件时的具体例子进行说明。

[0187] 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，除了氧化铟-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)、钛(Ti)之外，还可以使用属于元素周期表中第1族或第2族的元素，即碱金属诸如锂(Li)或铯(Cs)、碱土金属诸如钙(Ca)或锶(Sr)、镁(Mg)及包含它们的合金(MgAg、AlLi)；稀土金属诸如铕(Eu)或镱(Yb)及包含它们的合金；以及石墨烯等。第一电极(阳极)101及第二电极(阴极)103可以通过溅射法或蒸镀法(包括真空蒸镀法)等来形成。

[0188] 作为用于空穴注入层111、空穴传输层112及电荷产生层(E)116的空穴传输性高的物质，例如可以举出4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯胺]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-二苯胺)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4"-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯胺]联苯(简称:BSPB)等芳香胺化合物；3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯胺]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯胺]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。除上述以外，还可以使用4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)等的咔唑衍生物等。在此所述的物质主要是各自具有$10^{-6}cm^2/Vs$以上的空穴迁移率的物质。注意，还可以使用除上述物质之外的物质，只要该物质的空穴传输性高于电子传输性。

[0189] 再者，还可以使用聚(N-乙烯咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯胺)苯基]苯基-N'-苯胺}苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等高分子化合物。

[0190] 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中第4族至第8族的金属的氧化物。具体地说，氧化钼是特别优选的。

[0191] 发光层113作为用作发光物质的客体材料包含实施方式1所示的有机金属配合物，且作为主体材料使用其三重激发态能比该有机金属配合物的三重激发态能大的物质。

[0192] 作为用来使上述有机金属配合物成为分散状态的物质(即，主体材料)，例如优选包括:具有芳基胺骨架的化合物诸如2,3-双(4-二苯基氨基苯基)喹喔啉(简称:TPAQn)和

NPB;咔唑衍生物诸如CBP和4,4',4"-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA);以及金属配合物诸如双[2-(2-羟基苯基)吡啶根合]锌(简称:Znpp$_2$)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(简称:Zn(BOX)$_2$)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(简称:BAlq)和三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq$_3$)。另外,也可以使用高分子化合物诸如PVK。

[0193] 另外,在发光层113包含上述有机金属配合物(客体材料)和主体材料的情况下,可以从发光层113得到发光效率高的磷光发光。

[0194] 电子传输层114是包含电子传输性高的物质的层。作为电子传输层114,可以使用金属配合物诸如Alq$_3$、三(4-甲基-8-羟基喹啉合)铝(简称:Almq$_3$)、双(10-羟基苯并[h]-喹啉合)铍(简称:BeBq$_2$)、BAlq、Zn(BOX)$_2$或双[2-(2-羟基苯基)-苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)$_2$)。此外,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)、或4,4'-双(5-甲基苯并噁唑-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)。另外,还可以使用高分子化合物诸如聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、或聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)。在此所述的物质主要是电子迁移率为$10^{-6}cm^2/Vs$以上的物质。另外,只要是电子传输性比空穴传输性高的物质,就可以将上述物质之外的物质用作电子传输层114。

[0195] 另外,作为电子传输层114,不仅采用单层,而且可以采用含有上述物质的层的两层以上的叠层。

[0196] 电子注入层115是包含电子注入性高的物质的层。作为电子注入层115,可以使用氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF$_2$)或锂氧化物(LiO$_x$)等碱金属、碱土金属或它们的化合物。此外,可以使用氟化铒(ErF$_3$)等稀土金属化合物。另外,也可以使用上述构成电子传输层114的物质。

[0197] 或者,也可以将有机化合物与电子给体(供体)混合而成的复合材料用于电子注入层115。这种复合材料的电子注入性及电子传输性高,因为电子给体使得电子产生在有机化合物中。在此情况下,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。具体地说,例如,可以使用如上所述的构成电子传输层114的物质(金属配合物和杂芳族化合物等)。作为电子给体,只要使用对有机化合物呈现电子给体性的物质,即可。具体地说,优选使用碱金属、碱土金属和稀土金属,可以举出锂、铯、镁、钙、铒、镱等。另外,可以举出碱金属氧化物或碱土金属氧化物,例如锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外,可以使用氧化镁等路易斯碱。或者,也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0198] 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分别可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法等的方法形成。

[0199] 在上述发光元件中,因在第一电极101和第二电极103之间产生的电位差而电流流过,并且因在EL层102中空穴和电子重新结合而发光。然后,该发光穿过第一电极101和第二电极103中的一个或两个取出到外部。因此,第一电极101和第二电极103中的一个或两个为具有透光性的电极。

[0200] 因为如上所说明的发光元件可以发射来源于有机金属配合物的磷光，所以与使用荧光化合物的发光元件相比，可以实现高效率的发光元件。

[0201] 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有机金属配合物来制造的发光元件的一个例子。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和有源矩阵型发光装置。还可以制造在其他实施方式所说明的包括与上述发光元件不同的发光元件的具有微腔结构的发光装置等。上述发光装置的每一个包括在本发明中。

[0202] 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由N型TFT和P型TFT中的一个或两个形成。并且，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、结晶半导体膜和氧化物半导体膜等。

[0203] 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而实施。

[0204] 实施方式3

[0205] 在本实施方式中，作为本发明的一个方式说明一种发光元件，其中除了有机金属配合物之外，还将其他两种以上的有机化合物用于发光层。

[0206] 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与阴极202)之间包括EL层203。另外，EL层203至少具有发光层204，除此之外，EL层203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，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。

[0207] 本实施方式所示的发光层204包含使用实施方式1所示的有机金属配合物的磷光化合物205、第一有机化合物206及第二有机化合物207。另外，磷光化合物205是发光层204中的客体材料。此外，在发光层204中，第一有机化合物206和第二有机化合物207中的含有率多的一个为发光层204中的主体材料。

[0208] 在发光层204具有将上述客体材料分散到主体材料的结构时，可以抑制发光层的晶化。另外，可以抑制由于客体材料的高浓度导致的浓度猝灭并提高发光元件的发光效率。

[0209] 另外，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(T_1能级)优选高于磷光化合物205的T_1能级。这是因为如下缘故：当第一有机化合物206(或第二有机化合物207)的T_1能级低于磷光化合物205的T_1能级，则第一有机化合物206(或第二有机化合物207)使有助于发光的磷光化合物205的三重激发态能猝灭(quench)，而导致发光效率的降低。

[0210] 在此，为了提高从主体材料到客体材料的能量转移效率，考虑了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)。根据该机理，优选的是，主体材料的发射光谱(从单重激发态的能量转移中的荧光光谱，从三重激发态的能量转移中的磷光光谱)与客体材料的吸收光谱(更详细地说，最长波长(最低能量)一侧的吸收带中的光谱)的重叠的部分大。但是，通常难以使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重叠。这是因为如下缘故：因为主体材料的磷光光谱位于比荧光光谱长的波长(低能量)一侧，所以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)一侧的吸收带中的吸

收光谱重叠，则主体材料的T_1能级低于磷光化合物的T_1能级，而导致上述猝灭的问题。另一方面，为了避免猝灭的问题，当将主体材料的T_1能级设定为高于磷光化合物的T_1能级时，主体材料的荧光光谱漂移到短波长(高能量)一侧，因此该荧光光谱不与客体材料的最长波长(低能量)一侧的吸收带中的吸收光谱重叠。从而，通常，难以将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重叠以最大限度地提高主体材料的从单重激发态的能量转移。

[0211] 于是，在本实施方式中，第一有机化合物206和第二有机化合物207的组合优选形成激基复合物(也称为“exciplex”)。此时，在发光层204中，第一有机化合物206和第二有机化合物207在载流子(电子及空穴)重新结合时形成激基复合物。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，当为了使激基复合物的发射光谱与客体材料的吸收光谱的重叠的部分大而选择第一有机化合物206和第二有机化合物207时，可以最大限度地提高从单重激发态的能量转移。另外，关于三重激发态，也可以认为产生来自激基复合物的能量转移，而不产生来自主体材料的能量转移。

[0212] 作为磷光化合物205，使用实施方式1所示的有机金属配合物。作为第一有机化合物206和第二有机化合物207的组合，只要是产生激基复合物的组合即可，即优选组合容易接受电子的化合物(电子俘获化合物)和容易接受空穴的化合物(空穴俘获化合物)。

[0213] 作为容易接受电子的化合物，例如可以举出2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、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)。

[0214] 作为容易接受空穴的化合物，例如可以举出4-苯基-4’-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(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’-联芴(简称:DPA2SF)、N,N’-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N’-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N-(9,9-二甲基-2-N’,N’-二苯基氨基-9H-芴-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、N,N’,N”-三苯基-N,N’,N”-三(9-苯基咔唑-3-基)-苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-螺环-9,9’-联芴(简称:PCASF)、2-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-螺环-9,9’-联芴(简称:DPASF)、N,N’-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N’-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)、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-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N’-苯基-N’-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨基]-9H-芴-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA2)、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-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)。

[0215] 关于上述第一有机化合物206和第二有机化合物207,本发明不局限于上述例子。只要是能够形成激基复合物的组合,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,与磷光化合物205的吸收光谱的峰值相比,该激基复合物的发射光谱的峰值具有长波长,即可。

[0216] 另外,在由容易接受电子的化合物和容易接受空穴的化合物构成第一有机化合物206和第二有机化合物207的情况下,可以根据其混合比控制载流子平衡。具体而言,优选第一有机化合物和第二有机化合物的比例为1:9至9:1。

[0217] 因为在本实施方式所示的发光元件中能够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的重叠的能量转移而提高能量转移效率,所以可以实现外量子效率高的发光元件。

[0218] 另外,作为本发明的其他结构,也可以采用如下结构:作为除了磷光化合物205(客体材料)的其他两种有机化合物(第一有机化合物206及第二有机化合物207)使用空穴俘获性的主体分子及电子俘获性的主体分子来形成发光层204,以便得到将空穴和电子导入到存在于两种主体分子中的客体分子而使客体分子成为激发态的现象(即,Guest Coupled with Complementary Hosts:GCCH,客体与互补主体的耦合)。

[0219] 此时,作为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,分别可以使用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。

[0220] 另外,虽然本实施方式所示的发光元件是发光元件的结构的一个例子,但是也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。还可以制造在其他实施方式所说明的包括与上述发光元件不同的发光元件的具有微腔结构的发光装置。上述发光装置的每一个包括在本发明中。

[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由N型TFT和P型TFT中的一个或两个形成。并且,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、结晶半导体膜和氧化物半导体膜等。

[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而实施。

[0223] 实施方式4

[0224] 在本实施方式中,作为本发明的一个方式,对将电荷产生层设置在多个EL层之间的发光元件(以下,称为串联型发光元件)进行说明。

[0225] 本实施方式所示的发光元件是如图3A所示那样的在一对电极(第一电极301与第二电极304)之间具有多个EL层(第一EL层302(1)和第二EL层302(2))的串联型发光元件。

[0226] 在本实施方式中,第一电极301用作阳极的电极,第二电极304用作阴极的电极。另外,作为第一电极301及第二电极304,可以采用与实施方式2类似的结构。此外,虽然多个EL层(第一EL层302(1)和第二EL层302(2))可以具有与实施方式2或实施方式3所示的EL层的结构类似的结构,但是上述EL层中的任一个也可以具有与实施方式2或实施方式3所示的EL层的结构类似的结构。换言之,第一EL层302(1)和第二EL层302(2)既可以具有相同结构,又可以具有不同的结构,并且,可以应用与实施方式2或实施方式3类似的结构。

[0227] 另外，在多个EL层(第一EL层302(1)和第二EL层302(2))之间设置有电荷产生层(I)305。电荷产生层(I)305具有如下功能：当对第一电极301和第二电极304施加电压时，将电子注入到一个EL层中，且将空穴注入到另一个EL层中。在本实施方式中，当以第一电极301的电位高于第二电极304的方式施加电压时，电子从电荷产生层(I)305被注入到第一EL层302(1)中，且将空穴被注入到第二EL层302(2)中。

[0228] 另外，从光提取效率的观点来看，电荷产生层(I)305优选具有透射可见光的性质(具体而言，对于电荷产生层(I)305具有40％以上的可见光透射率)。另外，电荷产生层(I)305即使在其电导率小于第一电极301或第二电极304也发挥作用。

[0229] 电荷产生层(I)305既可以具有对空穴传输性高的有机化合物添加有电子受体(受体)的结构，又可以具有对电子传输性高的有机化合物添加有电子给体(供体)的结构。或者，也可以层叠有这两种结构。

[0230] 在采用对空穴传输性高的有机化合物添加有电子受体的结构的情况下，作为空穴传输性高的有机化合物，例如可以使用芳族胺化合物诸如NPB、TPD、TDATA、MTDATA或4,4’-双[N-(螺-9,9’-联芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称：BSPB)等。在此所述的物质主要是空穴迁移率为$10^{-6}cm^2/Vs$以上的物质。注意，只要是空穴传输性比电子传输性高的有机化合物，就可以使用上述物质之外的物质。

[0231] 另外，作为电子受体，可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟喹啉并二甲烷(简称：F_4-TCNQ)、氯醌等。另外，还可以举出过渡金属氧化物。另外，可以举出属于元素周期表中第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言，优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铼，这是因为它们具有高电子接受性。尤其，优选使用氧化钼，因为氧化钼在大气中稳定且其吸湿性低，所以容易进行处理。

[0232] 另一方面，在采用对电子传输性高的有机化合物添加有电子给体的结构的情况下，作为电子传输性高的有机化合物，例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物诸如Alq、$Almq_3$、$BeBq_2$或BAlq等。此外，除此之外，还可以使用具有噁唑基配体或噻唑基配体的金属配合物诸如$Zn(BOX)_2$或$Zn(BTZ)_2$。再者，除了金属配合物之外，还可以使用PBD、OXD-7、TAZ、BPhen、BCP等。在此所述的物质主要是电子迁移率为$10^{-6}cm^2/Vs$以上的物质。另外，只要是电子传输性比空穴传输性高的有机化合物，就可以使用上述物质之外的物质。

[0233] 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、13族的金属及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。此外，也可以将如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)的有机化合物用作电子给体。

[0234] 另外，通过使用上述材料形成电荷产生层(I)305，可以抑制层叠EL层造成的驱动电压的增大。

[0235] 虽然在本实施方式中，对具有两个EL层的发光元件进行说明，但是，如图3B所示那样，本发明可以类似地应用于层叠n个(注意，n是3以上)EL层(302(1)至302(n))的发光元件。在如根据本实施方式的发光元件那样在一对电极之间具有多个EL层的情况下，通过将电荷产生层(I)(305(1)至305(n-1))分别设置在EL层与EL层之间，可以在保持低电流密度的同时可以得到高亮度区域中的发光。因为可以保持低电流密度，所以可以实现长寿命元

件。另外，因为当作为应用例子采用照明装置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，可以实现能够进行低电压驱动且耗电量低的发光装置。

[0236] 通过使各EL层发射互不相同颜色的光，可以使发光元件整体发射所需颜色的光。例如，通过以使第一EL层的发光颜色和第二EL层的发光颜色处于补色关系的方式形成具有两个EL层的发光元件，作为发光元件整体可以得到发射白色光的发光元件。注意，词语“补色关系”表示在颜色混合时得到非彩色的颜色关系。也就是说，当混合处于补色关系的颜色的光和从发光物质得到的光时，可以得到白色发光。

[0237] 另外，具有三个EL层的发光元件的情况也与此同样。例如，当第一EL层的发射色是红色，第二EL层的发射色是绿色，第三EL层的发射色是蓝色时，发光元件作为整体可以得到白色发光。

[0238] 注意，本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0239] 实施方式5

[0240] 在本实施方式中，对本发明的一个方式的发光装置进行说明。

[0241] 本实施方式所示的发光装置具有利用一对电极之间的光的共振效应的光学微谐振腔(micro optical resonator)(微腔)结构。如图4所示，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至少具有用作发光区域的发光层404(404R、404G、404B)，除此之外，EL层405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，发光层404包含本发明的一个方式的有机金属配合物。

[0242] 在本实施方式中，对如图4所示的包括具有不同结构的发光元件(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。

[0243] 第一发光元件(R)410R具有在反射电极401上依次层叠有如下层的结构：第一透明导电层403a；其一部分包括第一发光层(B)404B、

[0244] 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。

[0245] 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)都具有反射电极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以上且480nm以下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以上且550nm以下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以上且760nm以下的波长区域中具有峰值的光(λ_R)。由此，在任何发光元件(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，从而可以发射具有覆盖可见光区的宽(broad)的发射光谱的光。注意，上述波长满足$\lambda_B<\lambda_G<\lambda_R$的关系。

[0246] 本实施方式所示的各发光元件分别具有在反射电极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光由具有光学微谐振腔(微腔)的功能的反射电极401和半透射·半反射电极402共振。另外,反射电极401使用具有反射性的导电材料形成,并使用可见光的反射率为40%至100%,优选为70%至100%,且电阻率为$1\times10^{-2}\Omega$cm以下的膜。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,并使用可见光的反射率为20%至80%,优选为40%至70%,且电阻率为$1\times10^{-2}\Omega$cm以下的膜。

[0247] 在本实施方式中,通过使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)的厚度彼此不同,来按每个发光元件改变反射电极401与半透射·半反射电极402之间的光学距离。换言之,在从各发光元件的各发光层发射的具有宽的发射光谱的光中,具有在反射电极401与半透射·半反射电极402之间共振的波长的光可以在其间不共振的波长的光衰减时变强。所以,当按每个元件改变反射电极401与半透射·半反射电极402之间的光学距离时,可以取出不同波长的光。

[0248] 另外,光学距离(也称为光径长)是指实际上的距离乘以折射率而求得的值,在本实施方式中其是指实际上的厚度乘以n(折射率)而求得的值。换言之,"光学距离=实际上的厚度×n"。

[0249] 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的总厚度设为$m\lambda_R/2$(注意,m是自然数),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的总厚度设为$m\lambda_G/2$(注意,m是自然数),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的总厚度设为$m\lambda_B/2$(注意,m是自然数)。

[0250] 如上所述,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被取出,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被取出,并且从包括于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被取出。另外,从各发光元件被取出的光分别从半透射·半反射电极402一侧被射出。

[0251] 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,所以认定反射电极401和半透射·半反射电极402中的任意的位置为反射区域都可以充分地获得上述效果。

[0252] 接着,在第一发光元件(R)410R中,通过将从反射电极401到第三发光层(R)404R的光学距离调节为所希望的厚度($(2m'+1)\lambda_R/4$(注意,m'是自然数)),可以放大从第三发光层(R)404R发射的光。从第三发光层(R)404R发射的光的由反射电极401反射的光(第一反射光)与从第三发光层(R)404R直接入射到半透射·半反射电极402的光(第一入射光)发生干涉。所以,通过将从反射电极401到第三发光层(R)404R的光学距离调节为所希望的值($(2m'+1)\lambda_R/4$(注意,m'是自然数)),可以使第一反射光与第一入射光的相位一致,从而可以放大从第三发光层(R)404R发射的光。

[0253] 另外,严格而言,从反射电极401到第三发光层(R)404R的光学距离可以为从反射电极401中的反射区域与第三发光层(R)404R中的发光区域之间的光学距离。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,所以认定

反射电极401中的任意的位置为反射区域且第三发光层(R)404R中的任意的位置为发光区域,都可以充分获得上述效果。

[0254] 接着,在第二发光元件(G)410G中,通过将从反射电极401到第二发光层(G)404G的光学距离调节为所希望的厚度((2m”+1)λ_G/4(注意,m”是自然数)),可以放大从第二发光层(G)404G发射的光。因为从第二发光层(G)404G发射的光中的由反射电极401反射的光(第二反射光)与从第二发光层(G)404G直接入射到半透射·半反射电极402的光(第二入射光)发生干涉。所以,通过将从反射电极401到第二发光层(G)404G的光学距离调节为所希望的值((2m”+1)λ_G/4(注意,m”是自然数)),可以使第二反射光与第二入射光的相位一致,从而可以放大从第二发光层(G)404G发射的光。

[0255] 另外,严格而言,从反射电极401到第二发光层(G)404G的光学距离可以为从反射电极401中的反射区域到第二发光层(G)404G中的发光区域的光学距离。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,所以认定反射电极401中的任意的位置为反射区域且第二发光层(G)404G中的任意的位置为发光区域,都可以充分获得上述效果。

[0256] 接着,在第三发光元件(B)410B中,通过将从反射电极401到第一发光层(B)404B的光学距离调节为所希望的厚度((2m”’+1)λ_B/4(注意,m”’是自然数)),可以放大从第一发光层(B)404B发射的光。因为从第一发光层(B)404B发射的光中的由反射电极401反射的光(第三反射光)与从第一发光层(B)404B直接入射到半透射·半反射电极402的光(第三入射光)发生干涉。所以,通过将从反射电极401到第一发光层(B)404B的光学距离调节为所希望的值((2m”’+1)λ_B/4(注意,m”’是自然数)),可以使第三反射光与第三入射光的相位一致,从而可以放大从第一发光层(B)404B发射的光。

[0257] 另外,在第三发光元件中,严格而言,从反射电极401到第一发光层(B)404B的光学距离可以为从反射电极401中的反射区域到第一发光层(B)404B中的发光区域的光学距离。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,所以认定反射电极401中的任意的位置为反射区域且第一发光层(B)404B中的任意的位置为发光区域,都可以充分获得上述效果。

[0258] 另外,在上述结构中,虽然每个发光元件在EL层中包括多个发光层,但是本发明不局限于此。例如,也可以采用如下结构:将上述结构与实施方式4所说明的串联型发光元件组合,隔着电荷产生层在一个发光元件中设置多个EL层,且在各EL层中形成一个或多个发光层。

[0259] 本实施方式所示的发光装置具有微腔结构,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,因此不需要分别形成R、G及B的颜色的发光元件。从而,根据容易实现高精细显示等的理由,从实现全彩色显示的角度来看上述结构是有利的。另外,因为能够加强特定波长的正面方向的发光强度,所以可以降低耗电量。该结构是当将其应用于使用三种颜色以上的像素的彩色显示器(图像显示装置)时特别有效的,但是也可以将其用于照明等的用途。

[0260] 实施方式6

[0261] 在本实施方式中,对具有将本发明的一个方式的有机金属配合物用于发光层的发光元件的发光装置进行说明。

[0262] 上述发光装置既可以是无源矩阵型发光装置，又可以是有源矩阵型发光装置。此外，可以将其他实施方式所说明的发光元件应用于本实施方式所示的发光装置。

[0263] 在本实施方式中，参照图5A和图5B对有源矩阵型发光装置进行说明。

[0264] 另外，图5A是示出发光装置的俯视图，图5B是沿图5A中的链式线A-A'切割的截面图。根据本实施方式的有源矩阵型发光装置具有设置在元件衬底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)504(504a及504b)。将像素部502、驱动电路部503及驱动电路部504由密封剂505密封在元件衬底501与密封衬底506之间。

[0265] 此外，在元件衬底501上设置引导布线507。引导布线507用于连接对驱动电路部503及驱动电路部504传达来自外部的信号(例如，视频信号、时钟信号、起始信号及复位信号等)或电位的外部输入端子。在此，示出作为外部输入端子设置FPC(柔性印刷电路)508的例子。虽然在此只表示FPC508，但是该FPC也可以安装有印刷线路板(PWB)。在其范畴内，本说明书中的发光装置不仅包括发光装置主体，而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0266] 接着，参照图5B说明截面结构。在元件衬底501上形成有驱动电路部及像素部，但是在此示出源极线驱动电路的驱动电路部503及像素部502。

[0267] 驱动电路部503示出形成有组合n沟道型TFT509和p沟道型TFT510的CMOS电路的例子。另外，包括在驱动电路部中的电路也可以使用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路形成。虽然本实施方式示出将驱动电路形成在衬底上的驱动器一体型，但是不一定需要如此，也可以将驱动电路形成在外部而不形成在衬底上。

[0268] 像素部502由包括开关用TFT511、电流控制用TFT512及与电流控制用TFT512的布线(源电极或漏电极)电连接的第一电极(阳极)513的多个像素形成。另外，以覆盖第一电极(阳极)513的端部的方式形成有绝缘物514。在本实施方式中，使用正型的光敏丙烯酸树脂形成绝缘物514。

[0269] 为了得到层叠在绝缘物514上的膜的良好的覆盖率，优选将绝缘物514的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面。例如，在作为绝缘物514的材料使用正型的光敏丙烯酸树脂的情况下，优选使绝缘物514的上端部具备具有曲率半径(0.2μm至3μm)的曲面。此外，作为绝缘物514，可以使用负性光敏树脂或正性光敏树脂。绝缘物514的材料不局限于有机化合物，而还可以使用无机化合物诸如氧化硅、氧氮化硅等。

[0270] 在第一电极(阳极)513上层叠有EL层515及第二电极(阴极)516。在EL层515中至少设置有发光层，且在发光层中包含本发明的一个方式的有机金属配合物。另外，在EL层515中，除了发光层之外，还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。

[0271] 由第一电极(阳极)513、EL层515及第二电极(阴极)516的叠层结构形成发光元件517。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与作为外部输入端子的FPC508电连接。

[0272] 虽然在图5B所示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。在像素部502中分别选择性地形成能够得到三种(R、G、B)发光的发光元件，以可以形成能够进行全彩色显示的发光装置。此外，也可以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。

[0273] 再者，通过利用密封剂505将密封衬底506与元件衬底501贴合在一起，得到在由元件衬底501、密封衬底506及密封剂505围绕的空间518中具备有发光元件517的结构。空间518也可以填充有惰性气体(氮、氩等)或密封剂505。

[0274] 作为密封剂505，优选使用环氧类树脂。这些材料优选是尽量不透过水分、氧的材料。作为密封衬底506，可以使用玻璃衬底、石英衬底或者由FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics：玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯或丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0275] 通过上述步骤，可以得到有源矩阵型发光装置。

[0276] 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而实施。

[0277] 实施方式7

[0278] 在本实施方式中，参照图6A至图6D以及图7A至图7C对使用应用本发明的一个方式的有机金属配合物来制造的发光装置的各种各样的电子设备的例子进行说明。

[0279] 作为应用发光装置的电子设备的例子，可以举出电视装置(也称为电视或电视接收机)、计算机等的显示器、相机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、移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、音频再现装置、弹珠机等的大型游戏机等。图6A至图6D示出这些电子设备的具体例子。

[0280] 图6A示出电视装置的一个例子。在电视装置7100中，框体7101组装有显示部7103。由显示部7103能够显示影像，并可以将发光装置用于显示部7103。此外，在此框体7101由支架7105支撑。

[0281] 可以通过利用框体7101所具备的操作开关或分离的遥控操作机7110进行电视装置7100的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109，可以进行频道及音量的控制，并可以对在显示部7103上显示的映像进行控制。此外，也可以在遥控操作机7110中设置显示从该遥控操作机7110输出的数据的显示部7107。

[0282] 另外，电视装置7100具备接收机及调制解调器等。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。再者，当调制解调器将电视装置7100连接到有线或无线方式的通信网络时，从而进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的数据通信。

[0283] 图6B示出计算机，该计算机包括主体7201、框体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。此外，该计算机是通过将发光装置用于其显示部7203来制造的。

[0284] 图6C示出便携式游戏机，该便携式游戏机包括框体7301和框体7302的两个框体，并且通过连接部7303可以开闭地连接。框体7301组装有显示部7304，而框体7302组装有显示部7305。此外，图6C所示的便携式游戏机还具备扬声器部7306、记录介质插入部7307、LED灯7308、输入单元(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(包括测定如下因素的功能：力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动频率、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线)、麦克风7312)等。当然，便携式游戏机的结构不局限于上述结构，只要将发光装置用于显示部7304和显示部7305中的至少一个即可，并且还可以适当地包括其他辅助设备。图6C所示的便携式游戏机具有如下功能：读出储存在记录介质中的程序或数据并将其显示在显示部上；以

及通过与其他便携式游戏机进行无线通信而实现信息共享。图6C所示的便携式游戏机的功能不局限于此，而该便携式游戏机可以具有各种各样的其他功能。

[0285] 图6D示出移动电话机的一个例子。移动电话机7400具备组装在框体7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。另外，移动电话机7400将发光装置用于显示部7402来制造。

[0286] 当图6D所示的移动电话机7400的显示部7402用手指等触摸时，数据可以输入到移动电话机7400。此外，可以用手指等触摸显示部7402进行例如打电话及制作电子邮件的操作。

[0287] 显示部7402的屏幕主要有如下三个模式。第一模式是以图像显示为主的显示模式。第二模式是以文字等数据输入为主的输入模式。第三模式是混合显示模式与输入模式的两个模式的显示及输入模式。

[0288] 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，以进行显示在屏幕上的文字的输入操作，即可。在此情况下，优选的是，在显示部7402的屏幕的大多部分上显示键盘或号码按钮。

[0289] 当在移动电话机7400内部设置具有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，判断移动电话机7400的方向(判断移动电话机水平或垂直地放置以用于横屏显示或竖屏显示模式)，而可以对显示部7402的屏幕显示进行自动切换。

[0290] 通过触摸显示部7402或对框体7401的操作按钮7403进行操作，切换屏幕模式。也可以根据显示在显示部7402上的图像种类切换屏幕模式。例如，当显示在显示部上的图像信号为动态图像的数据信号时，将屏幕模式切换成显示模式。当该信号为文字数据的信号时，将屏幕模式切换成输入模式。

[0291] 另外，在输入模式中，当在信号由显示部7402中的光传感器检测的一定期间中没有显示部7402的触摸操作输入时，也可以进行控制以将屏幕模式从输入模式切换成显示模式。

[0292] 还可以将显示部7402用作图像传感器。例如，通过用手掌或手指触摸显示部7402，来拍摄掌纹、指纹等，而可以进行身份识别。此外，通过在显示部中使用发射近红外光的背光灯或发射近红外光的感测光源，可以拍摄手指静脉、手掌静脉等的图像。

[0293] 图7A和图7B示出能够折起来的平板终端。图7A是打开的状态的平板终端。平板终端包括框体9630、显示部9631a、显示部9631b、显示模式切换开关9034、电源开关9035、省电模式切换开关9036、卡子9033以及操作开关9038。将发光装置用于显示部9631a和显示部9631b的一方或双方来制造该平板终端。

[0294] 显示部9631a的一部分可以用作触摸屏的区域9632a，并且可以在接触所显示的操作键9637时输入数据。虽然作为一个例子示出显示部9631a的一半的区域只具有显示的功能，并且另一半的区域也具有触摸屏的功能的结构，但是显示部9631a不局限于该结构。显示部9631a中的整个区域也可以具有触摸屏的功能。例如，显示部9631a可以在整个区域中显示键盘按钮来将其用作触摸屏，并且可以将显示部9631b用作显示屏幕。

[0295] 与显示部9631a同样，显示部9631b的一部分可以用作触摸屏的区域9632b。当显示在触摸屏上的键盘显示切换按钮9639使用手指或触屏笔等接触时，可以在显示部9631b上显示键盘。

[0296] 也可以在触摸屏的区域9632a和触摸屏的区域9632b中同时进行触摸输入。

[0297] 显示模式切换开关9034例如能够切换竖屏显示或横屏显示等显示以及黑白显示或彩色显示。根据通过平板终端所内置的光传感器所检测的使用时的外光的光量，省电模式切换开关9036可以控制显示的亮度。除了光传感器以外，包括陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器等的其他检测装置还可以内置在平板终端中。

[0298] 此外，图7A示出显示部9631a的显示面积与显示部9631b的显示面积相同的例子，但是不局限于此，显示部中的一个的尺寸及显示质量也可以与另一个的尺寸及显示质量不同。例如，显示部9631a和9631b中的一个也可以与另一个相比显示高精细的图像。

[0299] 图7B是合上的状态的平板终端。平板终端包括框体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。在图7B中，作为充放电控制电路9634的一个例子示出具有电池9635和DCDC转换器9636的结构。

[0300] 平板终端可以折起来，因此在不使用平板终端时可以合上框体9630。其结果，可以保护显示部9631a和显示部9631b，因此可以提供一种从长期使用的观点来看具有良好的耐久性且具有良好的可靠性的平板终端。

[0301] 此外，图7A和图7B所示的平板终端还可以具有如下功能：显示各种各样的数据(静态图像、动态图像、文字图像等)；将日历、日期或时刻等显示在显示部上；通过触摸输入对显示在显示部上的数据进行操作或编辑的触摸输入；通过各种各样的软件(程序)控制处理等。

[0302] 安装在平板终端的表面的太阳能电池9633可以将电力供应到触摸屏、显示部或图像信号处理部等。此外，优选的是，太阳能电池9633可以设置在框体9630的一个面或双面，以进行供应电力的电池9635的充电。当作为电池9635使用锂离子电池时，有小型化等的优点。

[0303] 参照图7C所示的方框图对图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相当于图7B所示的充放电控制电路9634。

[0304] 首先，说明利用外光使太阳能电池9633发电时的工作的例子。使用DCDC转换器9636对太阳能电池9633所产生的电力进行升压或降压以使它成为用来对电池9635进行充电的电压。并且，当利用来自太阳能电池9633的电力使显示部9631工作时使开关SW1导通，并且，利用转换器9638将其升压或降压到显示部9631所需要的电压。另外，当不进行显示部9631上的显示时，也可以使开关SW1截止且使开关SW2导通来对电池9635进行充电。

[0305] 注意，作为发电单元的一个例子示出太阳能电池9633，但是不局限于此，电池9635也可以使用压电元件(piezoelectric element)或热电转换元件(珀耳帖元件(Peltier element))等其他发电单元进行充电。例如，电池9635也可以使用以无线(不接触)的方式能够收发电力来进行充电的无线电力传输模块或组合其他充电方法进行充电。

[0306] 当然，只要具备本实施方式所说明的显示部，本发明的一个方式不局限于图7A至图7C所示的电子设备。

[0307] 如上所述，通过应用本发明的一个方式的发光装置，可以得到电子设备。发光装置具有极为宽的应用范围，而可以应用于各种领域的电子设备。

[0308] 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而实施。

[0309] 实施方式8

[0310] 在本实施方式中，参照图8对应用包含本发明的一个方式的有机金属配合物的发光装置的照明装置的例子进行说明。

[0311] 图8示出将发光装置用于室内照明装置8001的例子。因为发光装置可以实现大面积化，所以也可以用于大面积的照明装置。此外，也可以通过使用具有曲面的框体来得到发光区域具有曲面的照明装置8002。包括在本实施方式所示的发光装置中的发光元件为薄膜状，由此可以更自由地设计框体。因此，可以以各种方式精心设计照明装置。再者，室内的墙面也可以具备大型的照明装置8003。

[0312] 另外，当将发光装置用于桌子的表面时，可以得到具有桌子的功能的照明装置8004。当将发光装置用于其他家具的一部分时，可以得到具有家具的功能的照明装置。

[0313] 如上所述，可以得到应用发光装置的各种各样的照明装置。另外，这种照明装置也包括在本发明的方式中。

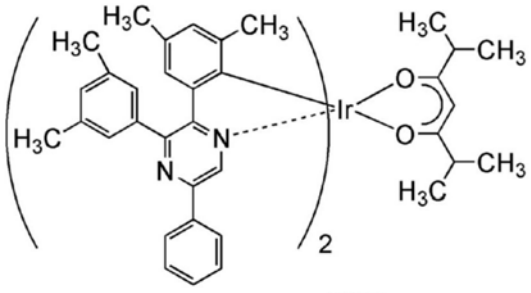
[0314] 另外，本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

[0315] 实施例1

[0316] 《合成实例1》

[0317] 在本实施例中，说明以实施方式1的结构式(100)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)的结构。

[0318]



(100)

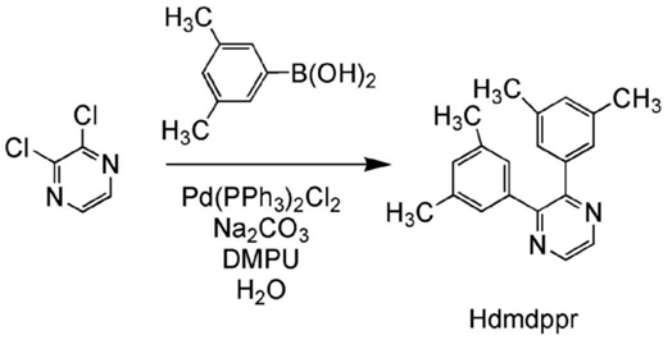
[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)]

[0319] <步骤1:2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr)的合成>

[0320] 首先，将5.00g的2,3-二氯吡嗪、10.23g的3,5-二甲基苯硼酸、7.19g的碳酸钠、0.29g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，进一步将2.55g的3,5-二甲基苯硼酸、1.80g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的乙腈放入到烧瓶中，再次照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。

[0321] 然后，在该溶液中加水，使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液、水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。过滤干燥之后的溶液。蒸馏而去除

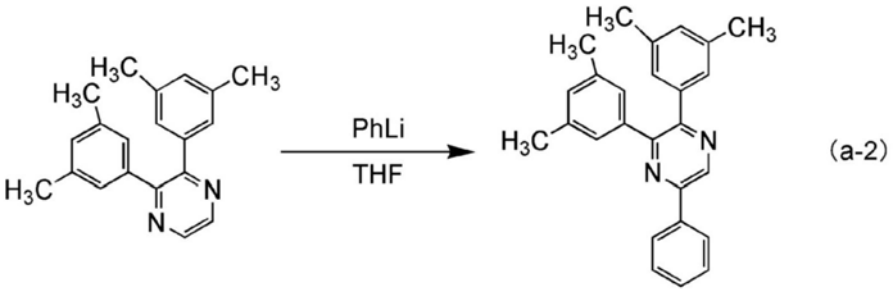
该溶液的溶剂，并利用己烷:乙酸乙酯＝5:1(体积比)的展开溶剂的快速柱层析法精炼所得到的残渣。蒸馏而去除溶剂，利用二氯甲烷:乙酸乙酯＝10:1(体积比)的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体，而得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr(简称)(白色粉末，收率为44％)。此外，使用微波合成装置(CEM公司制造，Discover)照射微波。以下述(a-1)示出步骤1的合成方案。

[0322] 

Hdmdppr (a-1)

[0323] <步骤2:2,3-双(3,5-二甲基苯基)-5-苯基吡嗪(简称:Hdmdppr-P)的合成>

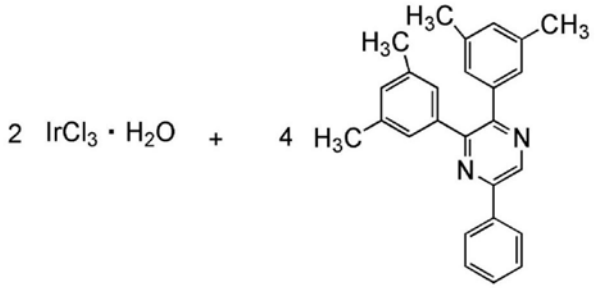
[0324] 首先，将4.28g的通过步骤1得到的Hdmdppr(简称)和80mL的dryTHF放入到三口烧瓶中，并利用氮气置换其内部。在用冰冷却烧瓶之后，滴加9.5mL的苯基锂(1.9M丁醚溶液)，并且在室温下搅拌混合物23.5小时。将反应溶液注入水中，并利用氯仿萃取溶液。将所得到的有机层使用水和饱和食盐水洗涤且利用硫酸镁干燥。对所得到的混合物添加氧化锰，搅拌该混合物30分钟。然后，过滤溶液，蒸馏而去除溶剂。利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣，而得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-P(简称)(橙色油，收率为26％)。以下述(a-2)示出步骤2的合成方案。

[0325] 

Hdmdppr Hdmdppr-P (a-2)

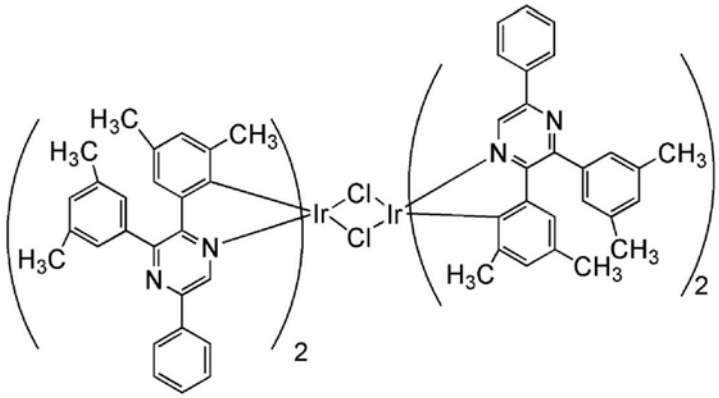
[0326] <步骤3:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$)的合成>

[0327] 接着，将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.40g的通过步骤2得到的Hdmdppr-P(简称)和0.51g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并利用氩气置换其内部。然后，照射微波(2.45GHz，100W)1小时，而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后，将所得到的残渣使用乙醇抽滤并洗涤，而得到双核配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$(简称)(红褐色粉末，收率为58％)。以(a-3)示出步骤3的合成方案。



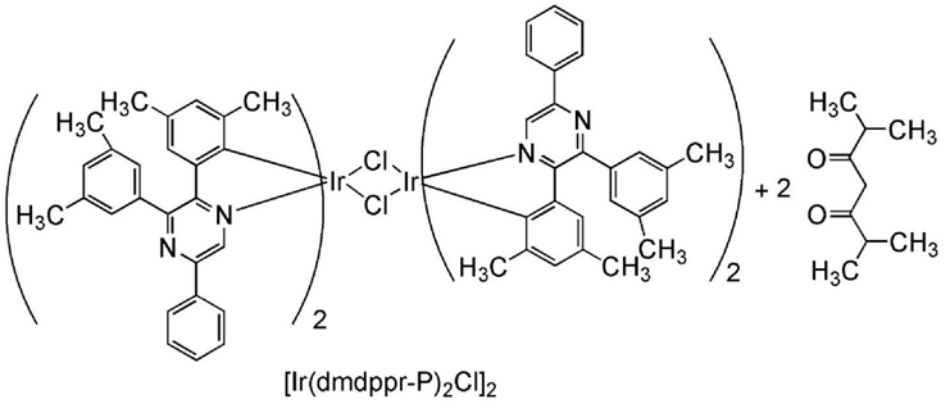
2-ethoxyethanol / H_2O

[0328]



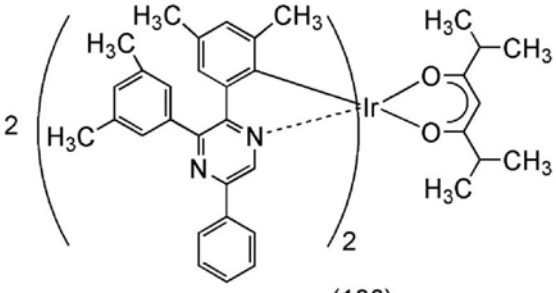
[0329] <步骤4:双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)])的合成>

[0330] 并且,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.94g的通过步骤3得到的双核配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$、0.23g的二异丁酰甲烷(简称:Hdibm)和0.52g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,并使用乙醇抽滤所得到的残渣。通过使用水、乙醇洗涤所得到的固体并使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶,得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)作为深红色粉末(收率为75%)。以(a-4)示出步骤4的合成方案。



$[Ir(dmdppr\text{-}P)_2Cl]_2$

[0331] Na_2CO_3, 2-ethoxyethanol



(100)

$[Ir(dmdppr\text{-}P)_2(dibm)]$

[0332] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过上述合成方法得到的深红色粉末的结果。图9示出^{1}H-NMR谱。从该结果可知,在合成实例1中得到了以结构式(100)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)。

[0333] ^{1}H-NMR.δ($CDCl_3$):0.79(d,6H),0.96(d,6H),1.41(s,6H),1.96(s,6H),2.24-2.28(m,2H),2.41(s,12H),5.08(s,1H),6.46(s,2H),6.82(s,2H),7.18(s,2H),7.39-7.50(m,10H),8.03(d,4H),8.76(s,2H)。

[0334] 接着,测量[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为"吸收光谱")及发射光谱。当测量吸收光谱时,在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型)并将二氯甲烷溶液(0.062mmol/L)放在石英皿中。此外,当测量发射光谱时,在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造,FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.010mmol/L)放在石英皿中。图10示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果,横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图10中有两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。图10中的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.062mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0335] 如图10所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)在640nm附近具有发光峰值,并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

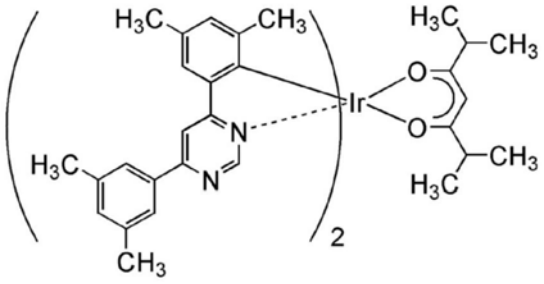
[0336] 并且,使用高真空差式型差热天平(Bruker AXS K.K.制造,TG/DTA2410SA)测量所得到的[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)的失重率。在真空度为1×10^{-3}Pa下,温度以10℃/min

的速率上升。其结果，如图37所示那样，可知：本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)的失重率为100％，并且该有机金属配合物呈现良好的升华性。作为比较例子，示出甲基没有与3位及5位键合的化合物A的失重率。通过与化合物A的失重率78％进行比较，可知本发明的一个方式的有机金属配合物的升华性得到提高，因为在3位及5位具有甲基。

[0337] 实施例2

[0338] 《合成实例2》

[0339] 在本实施例中，说明以实施方式1的结构式(107)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^{2}O,O')铱(III)(简称：[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)的结构。

[0340] 

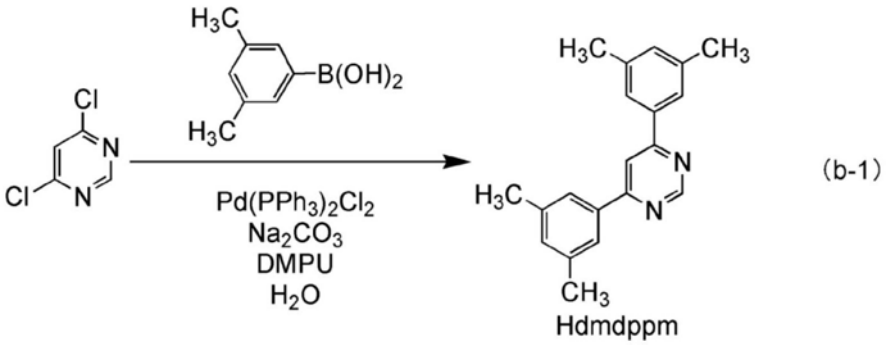
(107)

[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)]

[0341] <步骤1：4,6-双(3,5-二甲基苯基)嘧啶(简称：Hdmdppm)的合成>

[0342] 首先，将5.97g的4,6-二氯嘧啶、12.04g的3,5-二甲基苯硼酸、8.48g的碳酸钠、0.34g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的1,3-二甲基-3,4,5,6-四氢-2(1H)嘧啶酮(简称：DMPU)放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，进一步将2.58g的3,5-二甲基苯硼酸、1.78g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的DMPU放入到烧瓶中，再次照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。

[0343] 然后，将所得到的残渣使用水抽滤且使用水、乙醇洗涤。通过在将所得到的固体溶解于二氯甲烷中，经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤之后使用乙醇洗涤，得到了目的物的嘧啶衍生物Hdmdppm(白色粉末，收率为56％)。注意，使用微波合成装置(CEM公司制造，Discover)照射微波。以(b-1)示出步骤1的合成方案。

[0344] 

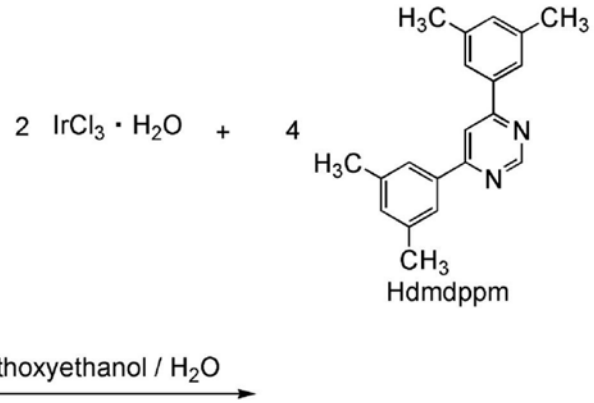
(b-1)

Hdmdppm

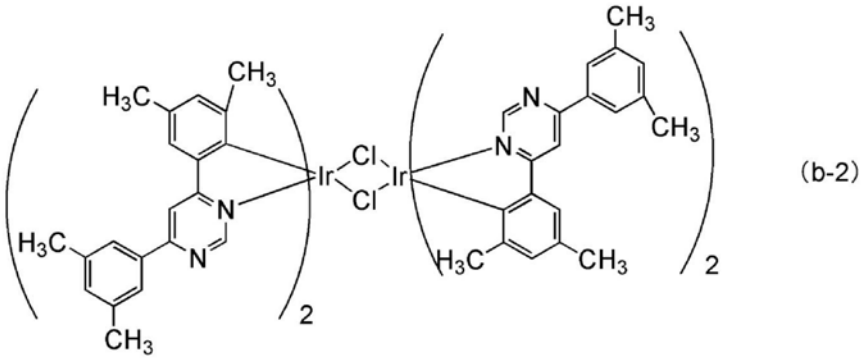
[0345] <步骤2：二-μ-氯-四{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-

κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$)的合成>

[0346] 接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、2.10g的通过步骤1得到的Hdmdppm(简称)和1.07g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用乙醇抽滤并洗涤,而得到双核配合物[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$(简称)(红褐色粉末,收率为74%)。以(b-2)示出步骤2的合成方案。



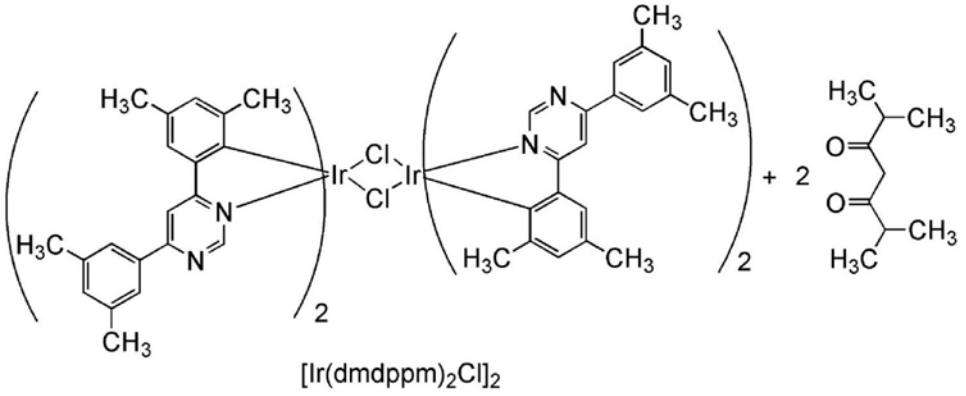
[0347]



(b-2)

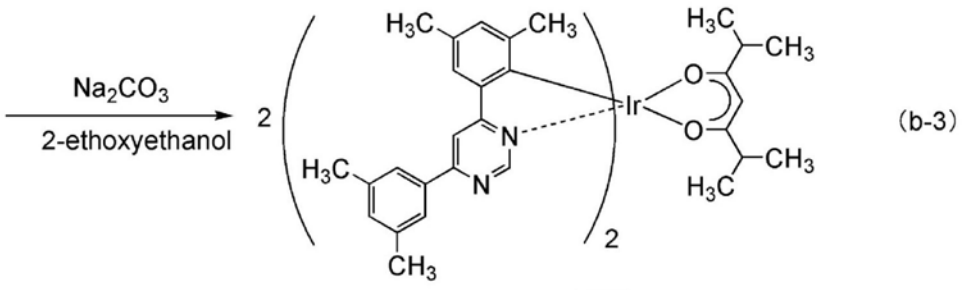
[0348] <步骤3:双{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-k^{2}O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)])的合成>

[0349] 并且,将30mL的2-乙氧基乙醇、1.09g的通过步骤2得到的双核配合物[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.32g的二异丁酰甲烷(简称:Hdibm)和0.72g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,并使用乙醇抽滤所得到的残渣。通过使用水、乙醇对所得到的固体进行洗涤并使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶,得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)作为红色粉末(收率为62%)。以(b-3)示出步骤3的合成方案。



[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$

[0350]



(107)

[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)]

[0351] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过上述合成方法得到的红色粉末的结果。图11示出^{1}H-NMR谱。从该结果可知,在合成实例2中得到了以结构式(107)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)。

[0352] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$):0.69(d,6H),0.82(d,6H),1.51(s,6H),2.17-2.23(m,2H),2.31(s,6H),2.45(s,12H),5.19(s,1H),6.61(s,2H),7.17(s,2H),7.56(s,2H),7.82(s,4H),8.11(d,2H),8.88(d,2H)。

[0353] 接着,测量[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为"吸收光谱")及发射光谱。当测量吸收光谱时,在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型)并将二氯甲烷溶液(0.072mmol/L)放在石英皿中。此外,当测量发射光谱时,在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造,FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.072mmol/L)放在石英皿中。图12示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图12中有两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。注意,图12中的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.072mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

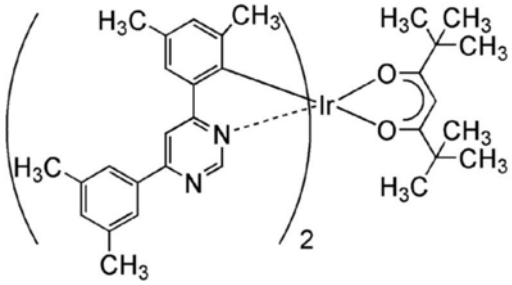
[0354] 如图12所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)在609nm附近具有发光峰值,并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

[0355] 实施例3

[0356] 《合成实例3》

[0357] 在本实施例中,说明以实施方式1中的结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,2',6,

6'-四甲基-3,5-庚二酮-κ²O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)₂(dpm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppm)₂(dpm)](简称)的结构。

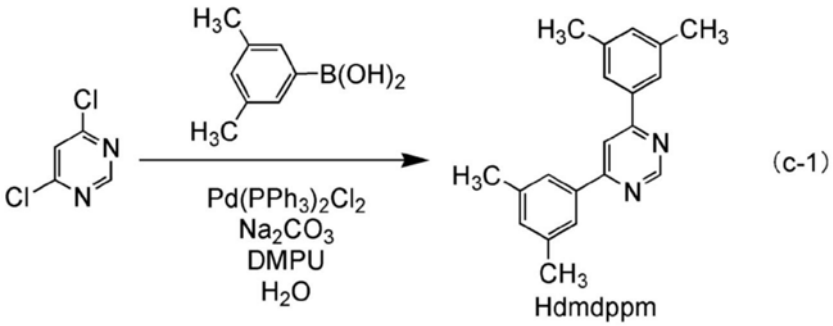
[0358] 

(108)
[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)]

[0359] 〈步骤1:4,6-双(3,5-二甲基苯基)嘧啶(简称:Hdmdppm)的合成〉

[0360] 首先,将5.97g的4,6-二氯嘧啶、12.04g的3,5-二甲基苯硼酸、8.48g的碳酸钠、0.34g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的1,3-二甲基-3,4,5,6-四氢-2(1H)嘧啶酮(简称:DMPU)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。在此,进一步将2.58g的3,5-二甲基苯硼酸、1.78g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的DMPU放入到烧瓶中,再次照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。

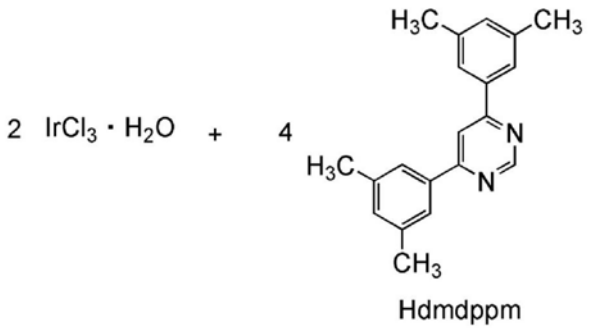
[0361] 然后,将所得到的残渣使用水抽滤且使用水、乙醇洗涤。通过在将所得到的固体溶解于二氯甲烷中,经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤剂进行过滤之后使用乙醇洗涤,得到了所产生的嘧啶衍生物Hdmdppm(简称)(白色粉末,收率为56%)。注意,使用微波合成装置(CEM公司制造,Discover)照射微波。以(c-1)示出步骤1的合成方案。

[0362] 

(c-1)

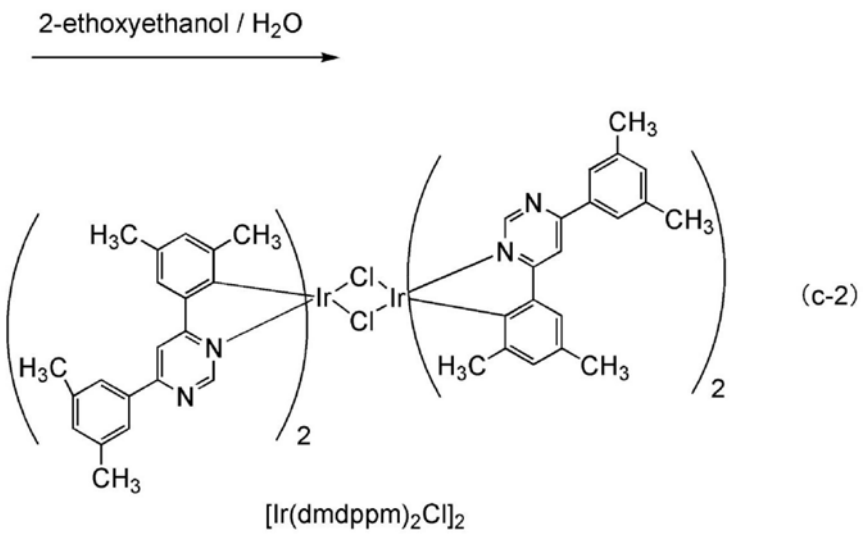
[0363] 〈步骤2:二-μ-氯-四{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$)的合成〉

[0364] 接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、2.10g的通过步骤1得到的Hdmdppm(简称)和1.07g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用乙醇抽滤并洗涤,来得到双核配合物[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$(简称)(红褐色粉末,收率为74%)。以(c-2)示出步骤2的合成方案。



Hdmdppm

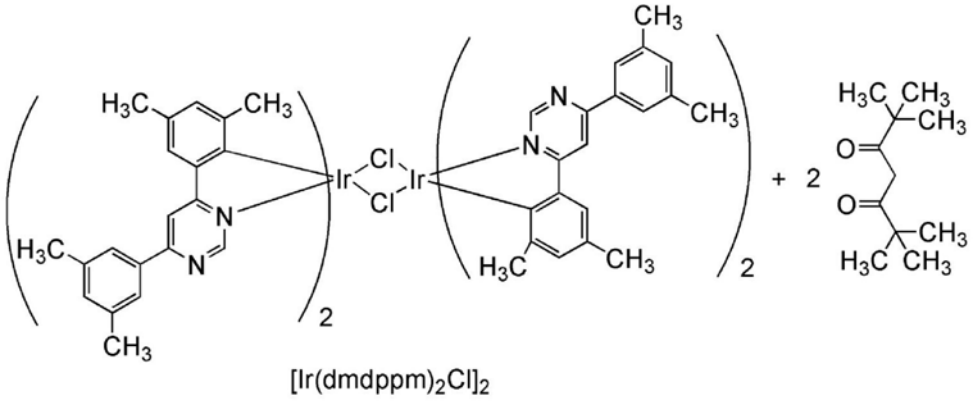
[0365]



$[Ir(dmdppm)_2Cl]_2$

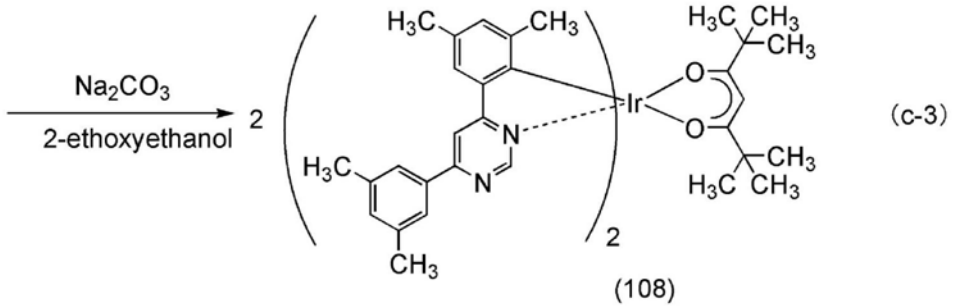
[0366] <步骤3:双{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,2',6,6'-四甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)])的合成>

[0367] 并且,将30mL的2-乙氧基乙醇、1.08g的通过步骤2得到的双核配合物[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.37g的二新戊酰甲烷(dipivaloylmethane)(简称:Hdpm)和0.71g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,并使用乙醇抽滤所得到的残渣。使用水、乙醇洗涤所得到的固体。在将所得到的固体溶解于二氯甲烷中,经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤。之后,使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶,由此得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)作为红色粉末(收率为21%)。以(c-3)示出步骤3的合成方案。



[Ir(dmdppm)$_2$Cl]$_2$

[0368]



(108)
[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)]

[0369] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过上述合成方法得到的红色粉末的结果。图13示出^{1}H-NMR谱。从该结果可知,在合成实例3中得到了以结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)。

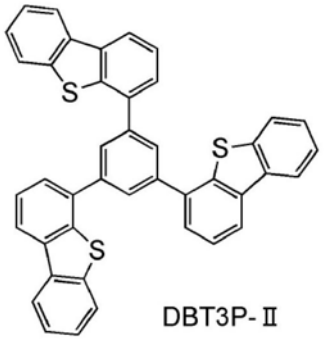
[0370] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$):0.84(s,18H),1.51(s,6H),2.31(s,6H),2.45(s,12H),5.52(s,1H),6.60(s,2H),7.17(s,2H),7.55(s,2H),7.81(s,4H),8.10(s,2H),8.84(d,2H)。

[0371] 接着,测量[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为"吸收光谱")及发射光谱。当测量吸收光谱时,在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型)并将二氯甲烷溶液(0.070mmol/L)放在石英皿中。当测量发射光谱时,在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造,FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.070mmol/L)放在石英皿中。图14示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果,横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图14中有两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。注意,图14中的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.070mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

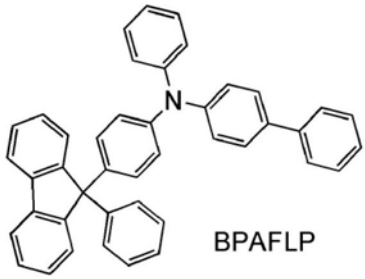
[0372] 如图14所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)在615nm附近具有发光峰值,并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

[0373] 实施例4

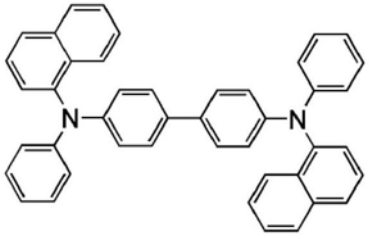
[0374] 在本实施例中,参照图15说明将以结构式(100)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)用于发光层的发光元件1。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。



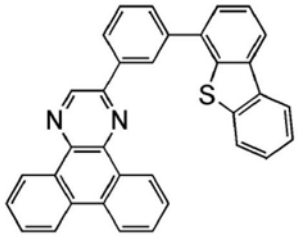
DBT3P-Ⅱ



BPAFLP

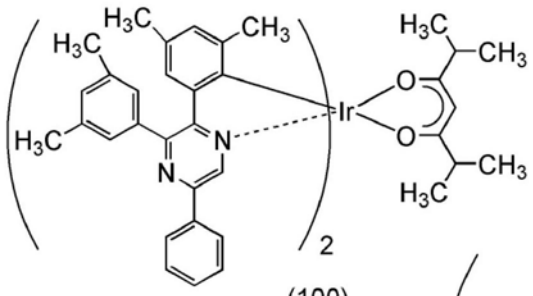


NPB



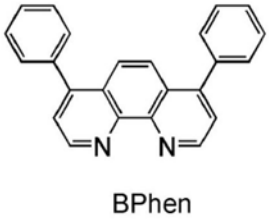
2mDBTPDBq-Ⅱ

[0375]

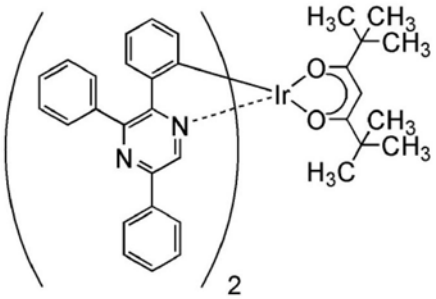


(100)

[Ir(dmppr-P)$_2$(dibm)]



BPhen



[Ir(tppr)$_2$(dpm)]

[0376] 《发光元件1的制造》

[0377] 首先，在玻璃衬底1100上通过溅射法沉积包含氧化硅的氧化铟锡(ITSO)，由此形成用作阳极的第一电极1101。将其厚度设定为110nm，且将其电极面积设定为2mm×2mm。

[0378] 接着，作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理，使用水对衬底表面进行洗涤，以200℃进行1小时的焙烧，然后进行370秒钟的UV臭氧处理。

[0379] 然后，在将衬底放入到压力被减少到10^{-4}Pa左右的真空蒸镀装置中，并在真空蒸镀装置的加热室中，以170℃进行30分钟的真空焙烧之后，对衬底1100进行30分钟左右的冷却。

[0380] 接着，以使形成有第一电极1101的面朝下的方式将衬底1100固定到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，即通过真空蒸镀法，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。

[0381] 在使真空蒸镀装置的压力减少到10^{-4}Pa之后，通过共蒸镀1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)以满足DBT3P-II(简称):氧化钼＝4:2(质量比)的关系，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。另外，共蒸镀是指使不同的多个物质从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0382] 接着，通过蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)，来形成空穴传输层1112。

[0383] 接着，如下所述，在空穴传输层1112上形成发光层1113。共蒸镀2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)])，以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)])(简称)＝0.8:0.2:0.05(质量比)的关系。发光层1113的厚度为40nm。

[0384] 接着，通过在发光层1113上依次蒸镀10nm的2mDBTPDBq-II(简称)、20nm的红菲绕啉(简称:BPhen)，形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者，通过在电子传输层1114上蒸镀1nm的氟化锂，形成电子注入层1115。

[0385] 最后，在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝膜来形成用作阴极的第二电极1103，而得到发光元件1。另外，在所有上述蒸镀过程中，蒸镀都采用电阻加热法。

[0386] 表1示出通过上述步骤得到的发光元件1的元件结构。

[0387] [表1]

[0388]

	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	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	BPhen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

[0389] *2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0390] **2mDBTPDBq-II(10nm)

[0391] 此外，将所制造的发光元件1在氮气气氛的手套箱中密封，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)。

[0392] 《发光元件1的工作特性》

[0393] 对所制造的发光元件1的工作特性进行测量。另外，在室温(保持为25℃的气氛)下进行测量。

[0394] 图16示出发光元件1的电流密度-亮度特性。在图16中，纵轴表示亮度(cd/m^2)，横轴表示电流密度(mA/cm^2)。图17示出发光元件1的电压-亮度特性。在图17中，纵轴表示亮度(cd/m^2)，横轴表示电压(V)。此外，图18示出发光元件1的亮度-电流效率特性。在图18中，纵轴表示电流效率(cd/A)，横轴表示亮度(cd/m^2)。图19示出发光元件1的电压-电流特性。在图19中，纵轴表示电流(mA)，横轴表示电压(V)。

[0395] 从图18可知，将本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)用于发光层的一部分的发光元件1是高效率的元件。表2示出1000cd/m^{2}附近的发光元件1的主要初期特性值。

[0396] [表2]

[0397]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm^2)	色度 (x,y)	亮度 (cd/m^2)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	量子效率 (%)
发光元件1	3.3	0.22	5.6	(0.69,0.31)	920	16.0	16.0	26.0

[0398] 从上述结果可知,在本实施例中制造的发光元件1是亮度高且电流效率高的发光元件。并且可知,关于色纯度,呈现高纯度的红色发光。

[0399] 图20示出以2.5mA/cm^{2}的电流密度使电流流过发光元件1时的发射光谱。如图20所示那样,发光元件1的发射光谱在640nm附近具有峰值,可知该峰值来源于有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)的发光。此外,图20还示出比较发光元件1的发射光谱作为比较例子。代替在发光元件1中被使用的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)使用有机金属配合物[Ir(tppr)$_2$(dpm)](简称)而制造比较发光元件1。由此,确认到发光元件1的发射光谱的半宽度比比较发光元件1小。这可以认为是在有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(dibm)](简称)的结构中甲基结合于与铱结合的苯基的2位和4位的效果。因此,可以说发光元件1是发光效率高且色纯度高的发光元件。

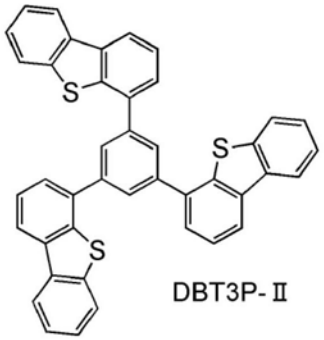
[0400] 进行发光元件1的可靠性测试。图21及图22示出可靠性测试的结果。在图21中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试的一个中,在将初期亮度设定为5000cd/m^{2}且电流密度为固定的条件下,驱动发光元件1。在100小时之后,发光元件1保持初期亮度的68%左右。此外,在图22中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在其他可靠性测试中,将电流值设定为0.3mA,驱动发光元件1。在100小时之后,发光元件1保持初期亮度的90%左右。

[0401] 因此,可知:在以不同条件进行的可靠性测试中,发光元件1呈现高可靠性。此外,可知:通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物,可以得到寿命长的发光元件。

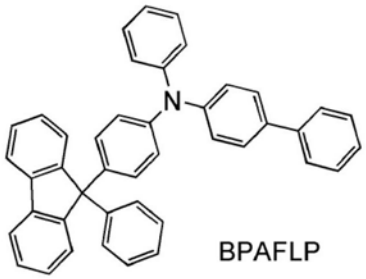
[0402] 实施例5

[0403] 在本实施例中,说明将以结构式(107)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)用于发光层的发光元件2。注意,在本实施例中的发光元件2的说明中,参照在实施例4中用于发光元件1的说明的图15。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

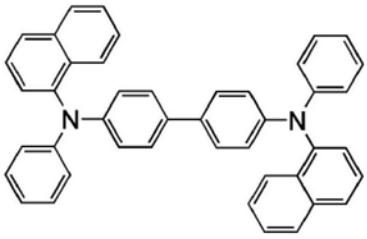
[0404]



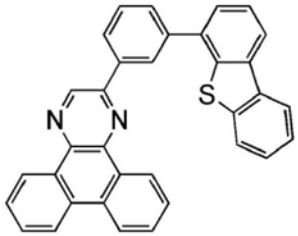
DBT3P-Ⅱ



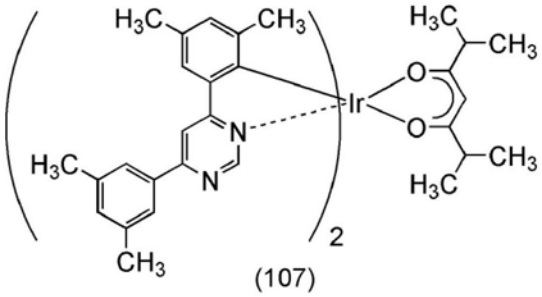
BPAFLP



NPB

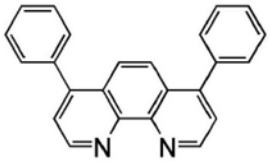


2mDBTPDBq-Ⅱ

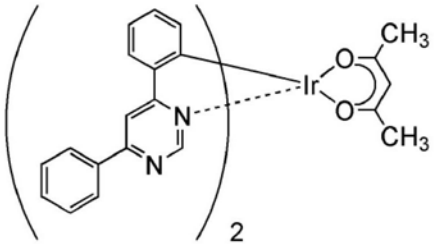


(107)

[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)]



BPhen



[Ir(dppm)$_2$(acac)]

[0405] 《发光元件2的制造》

[0406] 首先，在由玻璃制造的衬底1100上通过溅射法沉积包含氧化硅的氧化铟锡(ITSO)，由此形成用作阳极的第一电极1101。其厚度为110nm，且其电极面积为2mm×2mm。

[0407] 接着，作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理，使用水对衬底表面进行洗涤，以200℃进行1小时的焙烧，然后进行370秒钟的UV臭氧处理。

[0408] 然后，在将衬底放入到压力被减少到10^{-4}Pa左右的真空蒸镀装置中，并在真空蒸镀装置的加热室中，以170℃进行30分钟的真空焙烧之后，对衬底1100进行30分钟左右的冷却。

[0409] 接着，以使形成有第一电极1101的面朝下的方式将衬底1100固定到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，即通过真空蒸镀法，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。

[0410] 在将真空蒸镀装置的压力减少到10^{-4}Pa之后，通过共蒸镀1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)以满足DBT3P-II(简称):氧化钼＝4:2(质量比)的关系，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。另外，共蒸镀是指使不同的多个物质从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0411] 接着，通过蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)，来形成空穴传输层1112。

[0412] 接着，如下所述，在空穴传输层1112上形成发光层1113。共蒸镀2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、双{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)])，以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)])(简称)＝0.8:0.2:0.05(质量比)的关系。发光层1113的厚度为40nm。

[0413] 接着，通过在发光层1113上依次蒸镀10nm的2mDBTPDBq-II(简称)、20nm的红菲绕啉(简称:BPhen)，形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者，通过在电子传输层1114上蒸镀1nm的氟化锂，形成电子注入层1115。

[0414] 最后，在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝膜来形成用作阴极的第二电极1103，而得到发光元件2。另外，在所有上述蒸镀过程中，蒸镀都采用电阻加热法。

[0415] 表3示出通过上述步骤得到的发光元件2的元件结构。

[0416] [表3]

[0417]

	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2	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	BPhen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

[0418] *2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0419] **2mDBTPDBq-II(10nm)

[0420] 此外，将所制造的发光元件2在包含氮气气氛的手套箱中密封，以不使发光元件2暴露于大气(具体而言，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)。

[0421] 《发光元件2的工作特性》

[0422] 对所制造的发光元件2的工作特性进行测量。另外，在室温(保持为25℃的气氛)下进行测量。

[0423] 图23示出发光元件2的电流密度-亮度特性。在图23中，纵轴表示亮度(cd/m^2)，横轴表示电流密度(mA/cm^2)。图24示出发光元件2的电压-亮度特性。在图24中，纵轴表示亮度(cd/m^2)，横轴表示电压(V)。此外，图25示出发光元件2的亮度-电流效率特性。在图25中，纵轴表示电流效率(cd/A)，横轴表示亮度(cd/m^2)。图26示出发光元件2的电压-电流特性。在图26中，纵轴表示电流(mA)，横轴表示电压(V)。

[0424] 从图25可知，将本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)用于发光层的一部分的发光元件2是高效率的元件。表4示出亮度为1000cd/m^2附近的发光元件2的主要初期特性值。

[0425] [表4]

[0426]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm^2)	色度 (x,y)	亮度 (cd/m^2)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	量子效率 (%)
发光元件2	2.9	0.062	1.6	(0.62,0.38)	870	56	60	31

[0427] 从上述结果可知,在本实施例中制造的发光元件2是亮度高且电流效率良好的发光元件。并且可知,关于色纯度,发光元件呈现高纯度的红橙色发光。

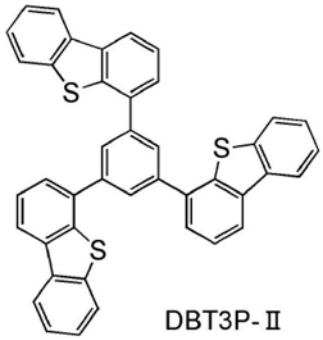
[0428] 图27示出以2.5mA/cm^2的电流密度使电流流过发光元件2时的发射光谱。如图27所示那样,发光元件2的发射光谱在610nm附近具有峰值,可知该峰值来源于有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)的发光。此外,图27还示出比较发光元件2的发射光谱作为比较例子。代替用于发光元件2的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)使用有机金属配合物[Ir(dppm)$_2$(acac)](简称)而制造该比较发光元件2。因此,观察到发光元件2的发射光谱的半宽度比比较发光元件2小。这可以认为是在有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dibm)](简称)的结构中甲基结合于与铱结合的苯基的2位和4位的效果。因此,可以说发光元件2是发光效率高且色纯度高的发光元件。

[0429] 进行发光元件2的可靠性测试。图28及图29示出可靠性测试的结果。在图28中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试的一个中,在将初期亮度设定为5000cd/m^2且电流密度为固定的条件下,驱动发光元件2。在100小时之后,发光元件2保持初期亮度的86%左右。此外,在图29中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在其他可靠性测试中,将电流值设定为0.3mA,驱动发光元件2。在100小时之后,发光元件2保持初期亮度的90%左右。

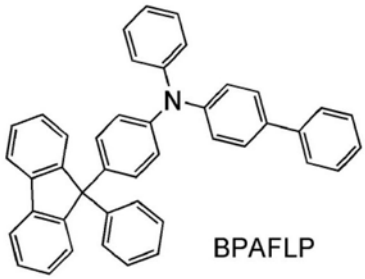
[0430] 因此,可知:在以不同条件进行的可靠性测试中,发光元件2呈现高可靠性。此外,可知:通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物,可以得到使用寿命长的发光元件。

[0431] 实施例6

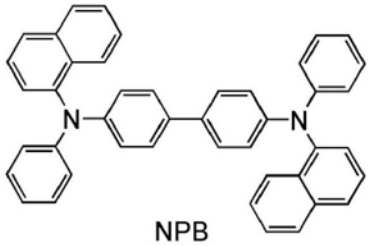
[0432] 在本实施例中,说明将以结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)用于发光层的发光元件3。注意,在本实施例中的发光元件3的说明中,参照在实施例4中用于发光元件1的说明的图15。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。



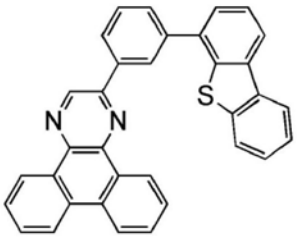
DBT3P-Ⅱ



BPAFLP

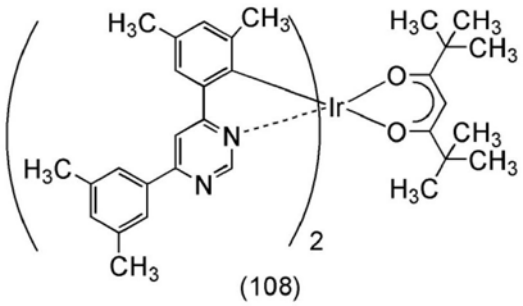


NPB



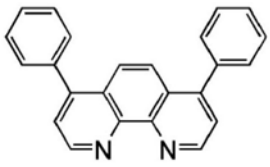
2mDBTPDBq-Ⅱ

[0433]

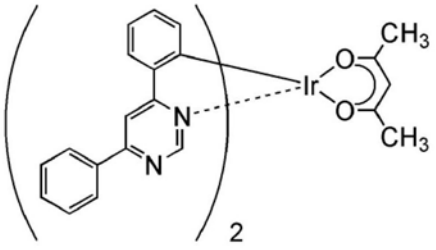


(108)

[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)]



BPhen



[Ir(dppm)$_2$(acac)]

[0434] 《发光元件3的制造》

[0435] 首先，在由玻璃制造的衬底1100上通过溅射法沉积包含氧化硅的氧化铟锡(ITSO)，由此形成用作阳极的第一电极1101。其厚度为110nm，且电极面积为2mm×2mm。

[0436] 接着，作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理，使用水对衬底表面进行洗涤，以200℃进行1小时的焙烧，然后进行370秒钟的UV臭氧处理。

[0437] 然后，在将衬底放入到压力被减少到10^{-4}Pa左右的真空蒸镀装置中，并在真空蒸镀装置的加热室中，以170℃进行30分钟的真空焙烧之后，对衬底1100进行30分钟左右的冷却。

[0438] 接着，以使形成有第一电极1101的面朝下的方式将衬底1100固定到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，即通过真空蒸镀法，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。

[0439] 在将真空蒸镀装置的压力减少到10^{-4}Pa之后，通过共蒸镀1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)以满足DBT3P-II(简称):氧化钼＝4:2(质量比)的关系，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。另外，共蒸镀是指使不同的多个物质从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0440] 接着，通过蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)，来形成空穴传输层1112。

[0441] 接着，如下所述，在空穴传输层1112上形成发光层1113。共蒸镀2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称NPB)、双{2-[6-(3,5-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]-4,6-二甲基苯基-κC}(2,2',6,6'-四甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)])，以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)])(简称)＝0.8:0.2:0.025(质量比)的关系。发光层1113的厚度为40nm。

[0442] 接着，通过在发光层1113上依次蒸镀10nm的2mDBTPDBq-II(简称)、20nm的红菲绕啉(简称:BPhen)，形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者，通过在电子传输层1114上蒸镀1nm的氟化锂，形成电子注入层1115。

[0443] 最后，在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝膜来形成用作阴极的第二电极1103，而得到发光元件3。另外，在所有上述蒸镀过程中，蒸镀都采用电阻加热法。

[0444] 表5示出通过上述步骤得到的发光元件3的元件结构。

[0445] [表5]

[0446]

	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3	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	BPhen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

[0447] *2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0448] **2mDBTPDBq-II(10nm)

[0449] 此外，将所制造的发光元件3在包含氮气气氛的手套箱中密封，以不使发光元件3暴露于大气(具体而言，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)。

[0450] 《发光元件3的工作特性》

[0451] 对所制造的发光元件3的工作特性进行测量。另外，在室温(保持为25℃的气氛)下进行测量。

[0452] 图30示出发光元件3的电流密度-亮度特性。在图30中，纵轴表示亮度(cd/m^2)，横轴表示电流密度(mA/cm^2)。图31示出发光元件3的电压-亮度特性。在图31中，纵轴表示亮度(cd/m^2)，横轴表示电压(V)。此外，图32示出发光元件3的亮度-电流效率特性。在图32中，纵轴表示电流效率(cd/A)，横轴表示亮度(cd/m^2)。图33示出发光元件3的电压-电流特性。在图33中，纵轴表示电流(mA)，横轴表示电压(V)。

[0453] 从图32可知，将本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)用于发光层的一部分的发光元件3是高效率的元件。表6示出亮度为1000cd/m^{2}附近的发光元件3的主要初期特性值。

[0454] [表6]

[0455]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm^2)	色度 (x,y)	亮度 (cd/m^2)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	量子效率 (%)
发光元件3	3	0.091	2.3	(0.62,0.38)	1200	52	55	30.3

[0456] 从上述结果可知,在本实施例中制造的发光元件3是亮度高且电流效率良好的发光元件。并且可知,关于色纯度,发光元件呈现高纯度的红橙色发光。

[0457] 图34示出以2.5mA/cm^2的电流密度使电流流过发光元件3时的发射光谱。如图34所示那样,发光元件3的发射光谱在610nm附近具有峰值,可知该峰值来源于有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)的发光。此外,图34还示出比较发光元件3的发射光谱作为比较例子。代替用于发光元件3的有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)使用有机金属配合物[Ir(dppm)$_2$(acac)](简称)而制造该比较发光元件3。由此,观察到发光元件3的发射光谱的半宽度比比较发光元件3小。这可以认为是在有机金属配合物[Ir(dmdppm)$_2$(dpm)](简称)的结构中甲基结合于与铱结合的苯基的2位和4位的效果。因此,可以说发光元件3是发光效率高且色纯度高的发光元件。

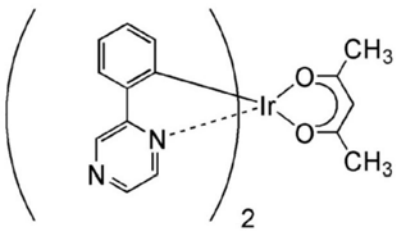
[0458] 进行发光元件3的可靠性测试。图35及图36示出可靠性测试的结果。在图35中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试的一个中,在将初期亮度设定为5000cd/m^2且电流密度为固定的条件下,驱动发光元件3。在100小时之后,发光元件3保持初期亮度的85%左右。此外,在图36中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在其他可靠性测试中,将电流值设定为0.3mA,驱动发光元件3。在100小时之后,发光元件3保持初期亮度的90%左右。

[0459] 因此,可知:在以不同条件进行的可靠性测试中,发光元件3呈现高可靠性。此外,可知:通过使用本发明的一个方式的有机金属配合物,可以得到使用寿命长的发光元件。

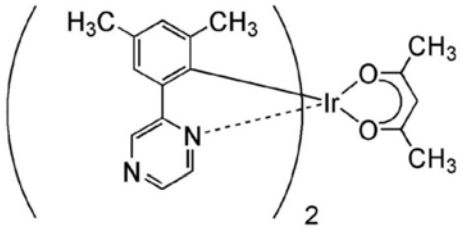
[0460] 实施例7

[0461] 在本实施例中,说明通过计算得到的磷光光谱。此外,以下示出在本实施例中使用的有机金属配合物的化学式。

[0462]



[Ir(ppr)$_2$(acac)]



[Ir(dmppr)$_2$(acac)]

[0463] 《计算例子》

[0464] 利用密度泛函法(DFT)计算出[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)和本发明的一个方式的有机金属配合物的类比模型(analogue model)的[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)的单重基态(S_0)和最低三重激发态(T_1)的最稳定结构。并且,对每一个的最稳定的结构进行振动分析,求得S_0和T_1的振动状态之间的跃迁概率,来计算出磷光光谱。在DFT中,以势能、电子间静电能、电

子的运动能、包括所有的复杂的电子间的互相作用的交换相关能的总和表示所有的能量。在DFT中，由于使用以电子密度表示的单电子势的泛函(函数的函数)近似表示交换相关作用，所以能够高速计算。在此，使用作为混合泛函的B3PW91规定涉及交换相关能的各参数的权重。

[0465] 此外，将作为基底函数的6-311G(对各原子价轨道使用三个缩短函数的三重分裂价层(triple-split valence)基底类的基底函数)用于H、C、N、O原子，将作为基底函数的LanL2DZ用于Ir原子。通过上述基底函数，例如关于氢原子，考虑了1s至3s的轨道，并且关于碳原子，考虑了1s至4s、2p至4p的轨道。再者，为了提高计算精度，作为极化基底类，对氢原子加上p函数，对氢原子以外的原子加上d函数。此外，作为量子化学计算程序，使用Gaussian09。使用高性能计算机(SGI株式会社制造，Altix4700)来进行计算。

[0466] 此外，图38示出通过上述计算方法得到的[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)和本发明的一个方式的有机金属配合物的类比模型的[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)的磷光光谱。在该计算中，将半宽度设定为135cm^{-1}，并且考虑Franck-Condon因子。

[0467] 如图38所示那样，在[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)的磷光光谱中，640nm附近的第二峰值的强度大，另一方面在[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)的磷光光谱中，690nm附近的第二峰值的强度小。这些第二峰值来源于配体中的C-C键或C-N键的伸缩振动。在[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)中，这些伸缩振动的振动状态之间的跃迁概率小。其结果是，可知本发明的一个方式的有机金属配合物的类比模型的[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)的光谱比[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)的光谱窄。

[0468] 在通过上述计算方法得到的[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)和本发明的一个方式的有机金属配合物的类比模型的[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)中，对使用苯环的碳原子形成的二面角进行比较。表7示出比较结果。图39示出使用苯环的碳原子形成的相互进行比较的二面角的位置。

[0469] [表7]

[0470]

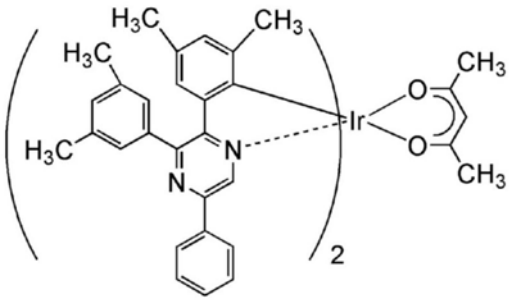
	[Ir(ppr)$_2$(acac)]	[Ir(dmppr)$_2$(acac)]
S_0	1.2°	3.8°
T_1	-1.7°	6.1°

[0471] 如表7所示那样，在[Ir(ppr)$_2$(acac)](简称)中，由于S_0和T_1的二面角的值小，所以可以认为：苯环的平面性高，并且配体中的C-C键或C-N键的伸缩振动的振动状态之间的跃迁概率大。另一方面，在[Ir(dmppr)$_2$(acac)](简称)中，由于S_0和T_1的二面角的值大，所以可以认为：苯环的平面性低，并且配体中的C-C键或C-N键的伸缩振动的振动状态之间的跃迁概率小。这可以认为是结合于苯基的两个甲基的效果。就是说，发现：当两个烷基结合于与铱结合的苯基的2位和4位时，磷光光谱的半宽度窄，而发光的色纯度高。

[0472] 实施例8

[0473] 《合成实例4》

[0474] 在合成实例4中，说明以实施方式1的结构式(121)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^{2}O,O')铱(III)(简称：[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)的结构。

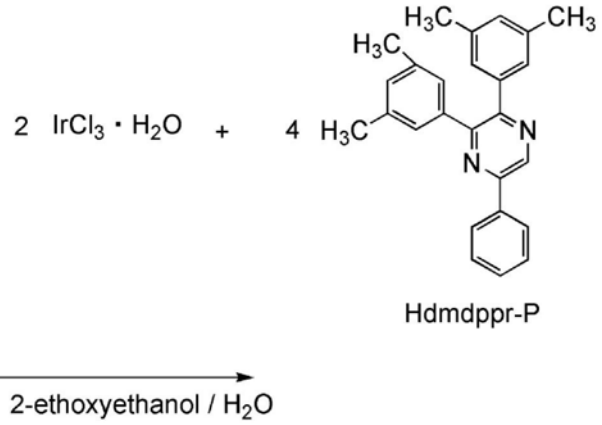
[0475] 

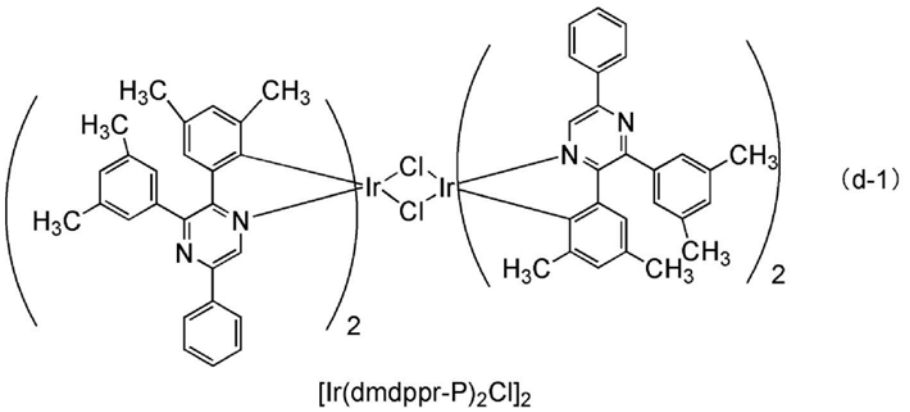
(121)

[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)]

[0476] <步骤1:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$)的合成>

[0477] 首先,将30mL的2-乙氧基乙醇、10mL的水、3.18g的Hdmdppr-P(简称)和1.27g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的圆底烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用乙醇抽滤并洗涤,而得到双核配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$(简称)(红褐色粉末,收率为67%)。以(d-1)示出步骤1的合成方案。



[0478] 

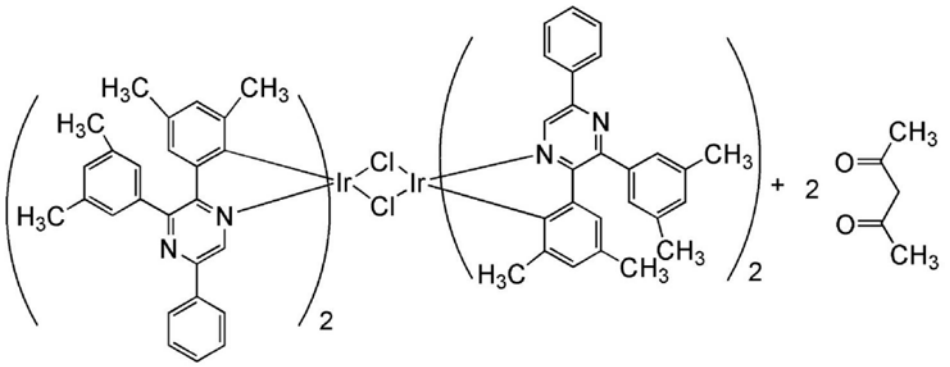
(d-1)

[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$

[0479] <步骤2:双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)])的合成>

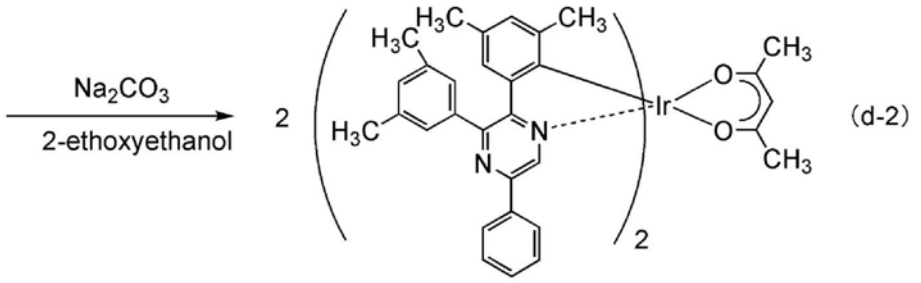
[0480] 并且,将40mL的2-乙氧基乙醇、2.8g的通过上述步骤1得到的双核配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.46g的乙酰丙酮(简称:Hacac)和1.6g的碳酸钠放入到安装有回

流管的圆底烧瓶中，并利用氩气置换烧瓶内。然后，照射1小时的微波(2.45GHz，120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂，将所得到的残渣使用乙醇抽滤且使用水、乙醇洗涤。通过利用乙酸乙酯：己烷＝1：10的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体，并且使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶，而得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)作为深红色粉末(收率为24％)。以(d-2)示出步骤2的合成方案。



[Ir(dmdppr-P)$_2$Cl]$_2$

[0481]



(121)

[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)]

[0482] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤2得到的深红色粉末的结果。图40示出^{1}H-NMR谱。由此可知，在合成实例4中得到了以结构式(121)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)。

[0483] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$)：1.41(s,6H)，1.81(s,6H)，1.95(s,6H)，2.42(s,12H)，5.06(s,1H)，6.46(s,2H)，6.81(s,2H)，7.19(s,2H)，7.41-7.49(m,10H)，8.05(d,4H)，8.83(s,2H)。

[0484] 接着，测量[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面，简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时，在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造，V550型)并将二氯甲烷溶液(0.085mmol/L)放在石英皿中。此外，当测量发射光谱时，在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造，FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.085mmol/L)放在石英皿中。图41示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果，横轴表示波长，纵轴表示吸收强度及发光强度。在图41中有两个实线，细的实线表示吸收光谱，粗的实线表示发射光谱。注意，图41所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.085mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石

英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0485] 如图41所示那样，本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)在633nm附近具有发光峰值，并且从二氯甲烷溶液观察到红色的发光。

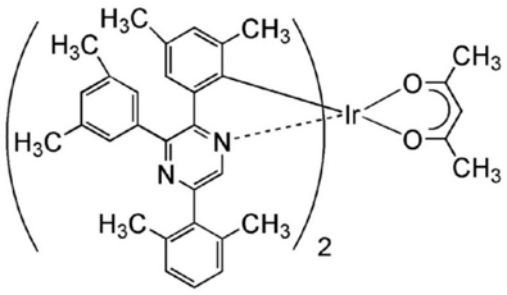
[0486] 并且，使用高真空差式型差热天平(Bruker AXS K.K.制造，TG-DTA2410SA)测量[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)的失重率。在真空度为8×10^{-4}Pa下以10℃/min的速度升温。其结果，如图42所示那样，可知本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)的失重率为100％，并且该有机金属配合物呈现良好的升华性。

[0487] 实施例9

[0488] 《合成实例5》

[0489] 在合成实例5中，说明以实施方式1的结构式(122)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)的结构。

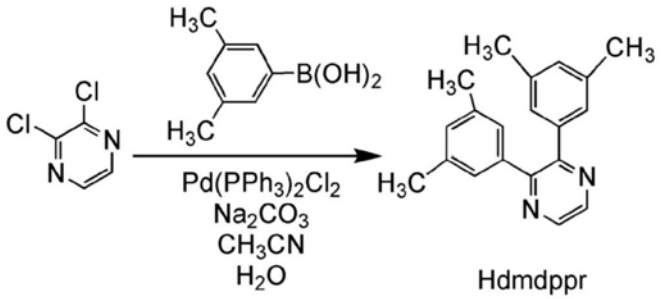
[0490]



(122)
[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)]

[0491] <步骤1:2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr)的合成>

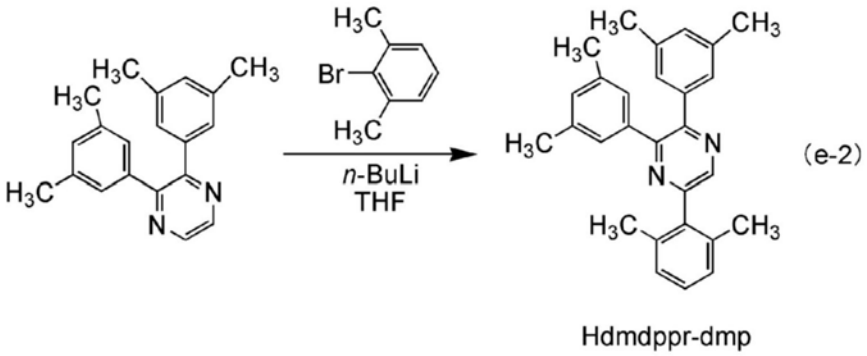
[0492] 首先，将5.00g的2,3-二氯吡嗪、10.23g的3,5-二甲基苯硼酸、7.19g的碳酸钠、0.29g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，进一步将2.55g的3,5-二甲基苯硼酸、1.80g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的乙腈放入到烧瓶中，再次照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。然后，在该溶液中加水，使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液、水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂，并利用己烷:乙酸乙酯＝5:1的展开溶剂的快速柱色谱法使所得到的残渣精炼。蒸馏而去除溶剂，并利用二氯甲烷:乙酸乙酯＝10:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体，来得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr(简称)(白色粉末，收率为44％)。此外，使用微波合成装置(CEM公司制造，Discover)照射微波。以(e-1)示出步骤1的合成方案。

[0493] 

(e-1)

[0494] <步骤2:5-(2,6-二甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-dmp)的合成>

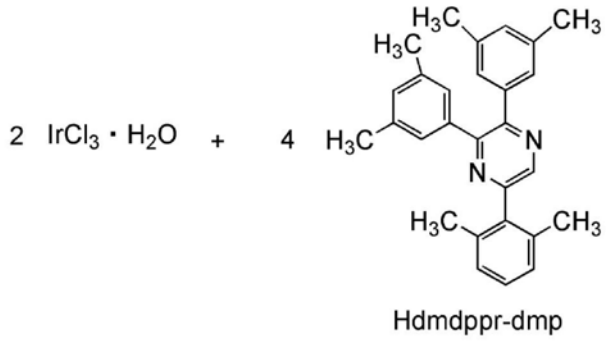
[0495] 接着,将2.81g的2-溴-m-二甲苯和30mL的dryTHF放入到200mL三口烧瓶中,并利用氮气置换其内部。在将烧瓶冷却到-78℃之后,滴加9.4mL的正丁基锂(己烷中的1.6M的正丁基锂溶液),以-78℃搅拌1小时。在此,添加4.01g的通过步骤1得到的Hdmdppr(简称)和40mL的dryTHF,在室温下搅拌混合物16.5小时。将反应溶液注入水中,并利用氯仿萃取溶液。将所得到的有机层使用水和饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。对所得到的混合物添加氧化锰,并搅拌该混合物30分钟。然后,过滤溶液,蒸馏而去除溶剂。利用二氯甲烷:己烷=1:1的展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣,而得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-dmp(简称)(黄白色粉末,收率为10%)。以(e-2)示出步骤2的合成方案。

[0496] 

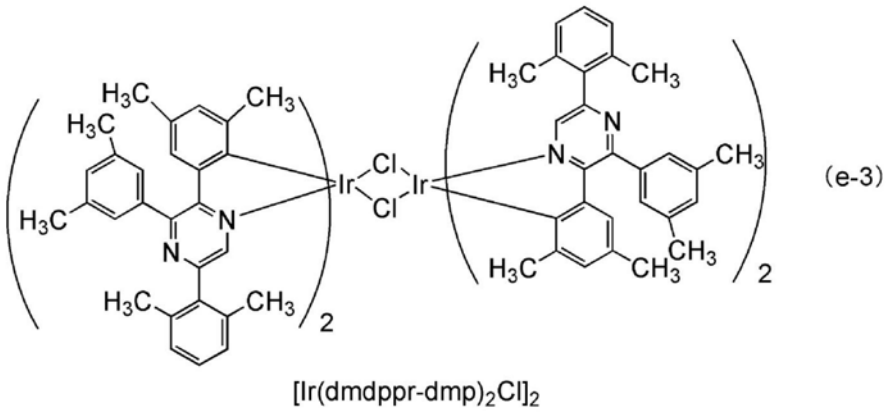
(e-2)

[0497] <步骤3:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:$[Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2Cl]_2$)的合成>

[0498] 接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.12g的通过步骤2得到的Hdmdppr-dmp(简称)和0.39g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用己烷抽滤并洗涤,而得到双核配合物$[Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2Cl]_2$(简称)(红褐色粉末,收率为98%)。以(e-3)示出步骤3的合成方案。

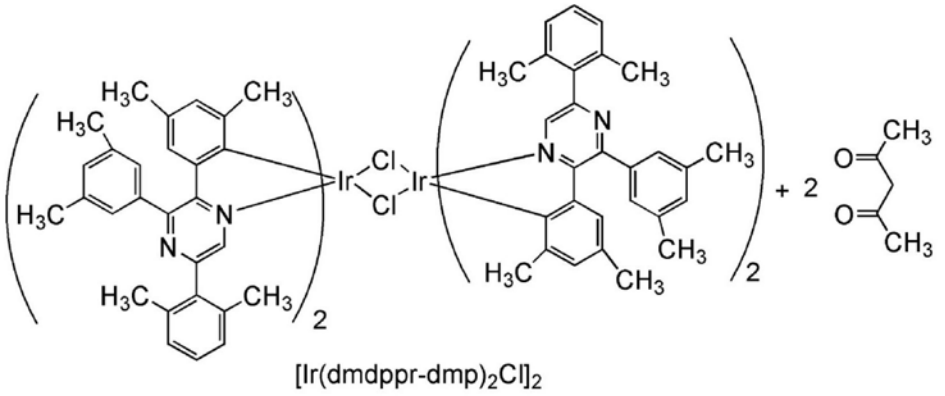


[0499]



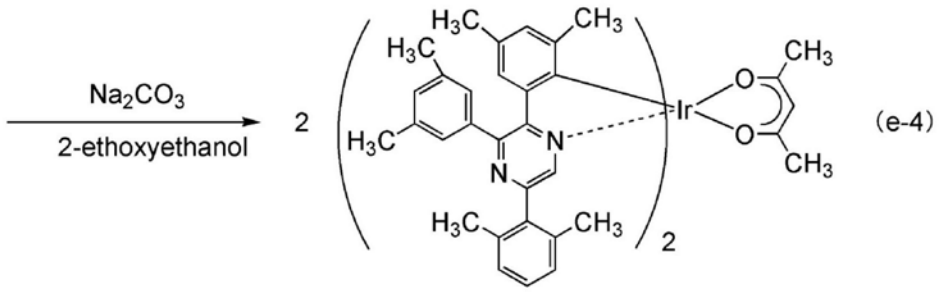
[0500] <步骤4:双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)])的合成>

[0501] 再者,将30mL的2-乙氧基乙醇、1.28g的通过步骤3得到的双核配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.19g的乙酰丙酮(简称:Hacac)和0.68g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,使用乙醇抽滤所得到的残渣。使用水、乙醇对所得到的固体进行洗涤。在将所得到的固体溶解于二氯甲烷中,经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤。之后,使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶,而得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)作为红色粉末(收率为51%)。以(e-4)示出步骤4的合成方案。



[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$

[0502]



(122)
[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)]

[0503] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤4得到的红色粉末的结果。图43示出^{1}H-NMR谱。由此可知,在合成实例5中得到了以结构式(122)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)。

[0504] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$):1.48(s,6H),1.75(s,6H),1.94(s,6H),2.12(s,12H),2.35(s,12H),5.17(s,1H),6.47(s,2H),6.81(s,2H),7.08(d,4H),7.12(s,2H),7.18(t,2H),7.40(s,4H),8.36(s,2H)。

[0505] 接着,测量[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为"吸收光谱")及发射光谱。当测量吸收光谱时,在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型)并将二氯甲烷溶液(0.062mmol/L)放在石英皿中。此外,当测量发射光谱时,在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造,FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.062mmol/L)放在石英皿中。图44示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果,横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图44中有两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。注意,图44所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.062mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0506] 如图44所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)在610nm附近具有发光峰值,并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

[0507] 再者,使用高真空差式型差热天平(Bruker AXS K.K.制造,TG-DTA2410SA)测量所得到的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)的失重率。在真空度为8×10^{-4}Pa下以10℃/min的

速度升温。其结果，如图45所示那样，可知本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)的失重率为100％，并且该有机金属配合物呈现良好的升华性。

[0508] 接着，利用液相色谱质谱分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry，简称:LC/MS分析)对通过本实施例得到的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)进行分析。

[0509] 在LC/MS分析中，利用沃特世(Waters)公司制造的ACQUITY UPLC进行LC(液相色谱)分离，并利用沃特世公司制造的Xevo G2Tof MS进行MS分析(质谱分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm，1.7μm)，色谱柱温度为40℃。作为流动相A使用乙腈，作为流动相B使用0.1％的甲酸水溶液。另外，以预定浓度将[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)溶解于氯仿中并利用乙腈稀释混合物来准备样品。其注入量为5.0μL。

[0510] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法。检测开始后0分钟至1分钟的比例为流动相A:流动相B＝85:15，然后改变组成，检测开始后10分钟的比例为流动相A:流动相B＝95:5。线性地改变组成。

[0511] 在MS分析中利用电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization，简称:ESI)进行离子化。毛细管电压为3.0kV，样品锥孔电压为30V。利用正模式进行检测。所检测的质量范围为m/z＝100至1200。

[0512] 在碰撞室(collision cell)中使在如上条件下分离并离子化了的m/z＝1075.45的成分碰撞到氩气体来解离为产物离子。碰撞氩时的能量(碰撞能量:collision energy)为70eV。图46示出利用飞行时间质谱(TOF)型MS检测被解离的产物离子的结果。

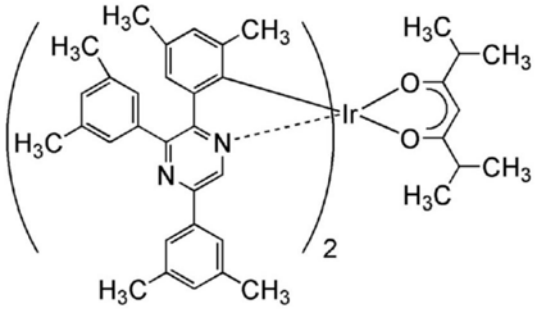
[0513] 从图46的结果可知，在以结构式(122)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)中，主要在m/z＝973.38附近，m/z＝957.35附近，m/z＝679.18附近，m/z＝577.13附近，m/z＝477.10附近检测出产物离子。此外，因为图46所示的结果示出来源于[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)的特征，所以可以说当鉴定包含在混合物中的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)时，这个结果是重要的数据。

[0514] m/z＝973.38附近的产物离子可以认为是从以结构式(122)表示的化合物脱离乙酰丙酮和质子的状态下的阳离子，这是本发明的一个方式的有机金属配合物的特征之一。m/z＝957.35附近的产物离子可以认为是从m/z＝973.38附近的产物离子脱离甲基的结果，这表示本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)包含甲基。

[0515] 实施例10

[0516] 《合成实例6》

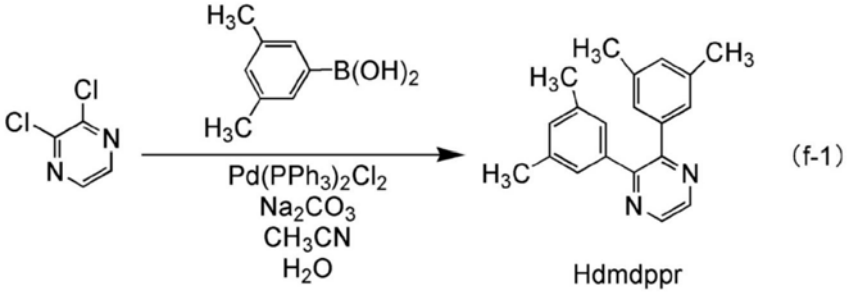
[0517] 在合成实例6中，说明以实施方式1的结构式(123)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[3,5-双(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)的结构。

[0518] 

(123)
[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)]

[0519] <步骤1:2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr)的合成>

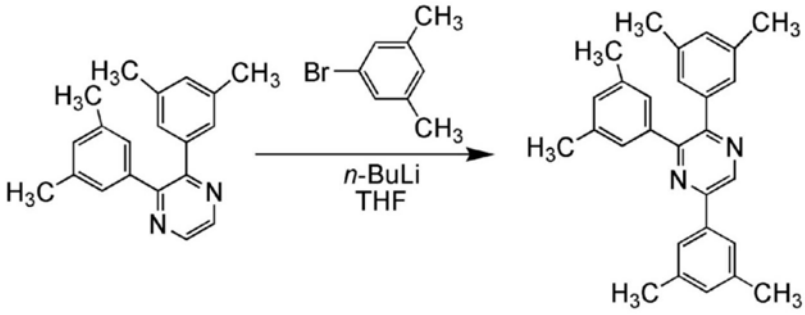
[0520] 首先,将5.00g的2,3-二氯吡嗪、10.23g的3,5-二甲基苯硼酸、7.19g的碳酸钠、0.29g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。在此,进一步将2.55g的3,5-二甲基苯硼酸、1.80g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的乙腈放入到烧瓶中,再次照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。然后,在该溶液中加水,使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液、水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后,过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂,并利用己烷:乙酸乙酯=5:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼得到的残渣。蒸馏而去除溶剂,利用二氯甲烷:乙酸乙酯=10:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体,来得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr(简称)(白色粉末,收率为44%)。此外,使用微波合成装置(CEM公司制造,Discover)照射微波。以(f-1)示出步骤1的合成方案。

[0521] 

(f-1)

[0522] <步骤2:2,3,5-三(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmtppr)的合成>

[0523] 首先,将2.81g的5-溴-m-二甲苯和30mL的dryTHF放入到200mL三口烧瓶中,并利用氮气置换其内部。在将烧瓶冷却到-78℃之后,滴加9.4mL的正丁基锂(己烷中的1.6M的正丁基锂溶液),以-78℃搅拌1小时。在此,添加4.02g的通过步骤1得到的Hdmdppr(简称)和40mL的dryTHF,在室温下搅拌混合物18小时。将反应溶液注入水中,并利用氯仿萃取溶液。将所得到的有机层使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。对所得到的混合物添加氧化锰,并搅拌该混合物30分钟。然后,过滤溶液,蒸馏而去除溶剂。利用二氯甲烷:己烷=1:1的展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣,而得到目的物的吡嗪衍生物Hdmtppr(简称)(橙色油,收率为37%)。以(f-2)示出步骤2的合成方案。

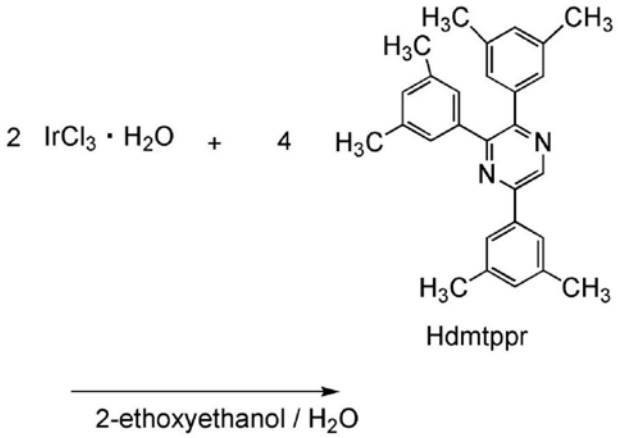
[0524] 

(f-2)

Hdmtppr

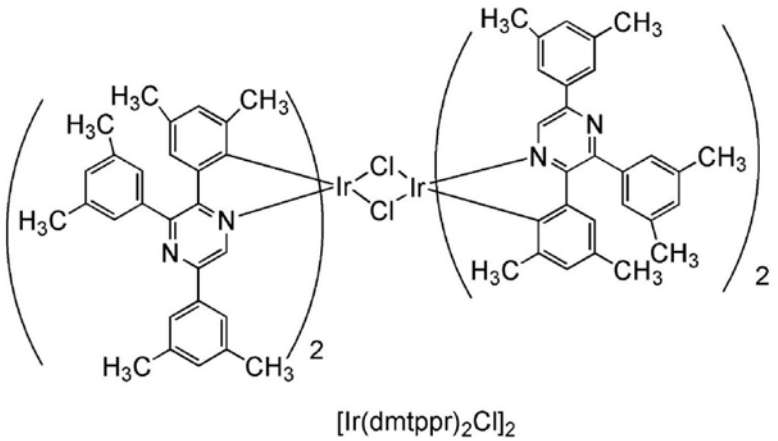
[0525] <步骤3:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[3,5-双(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmtppr)$_2$Cl]$_2$)的合成>

[0526] 接着,将30mL的2-乙氧基乙醇、10mL的水、1.95g的通过步骤2得到的Hdmtppr(简称)和0.72g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用乙醇抽滤并洗涤,而得到双核配合物[Ir(dmtppr)$_2$Cl]$_2$(简称)(红褐色粉末,收率为78%)。以(f-3)示出步骤3的合成方案。



Hdmtppr

[0527]



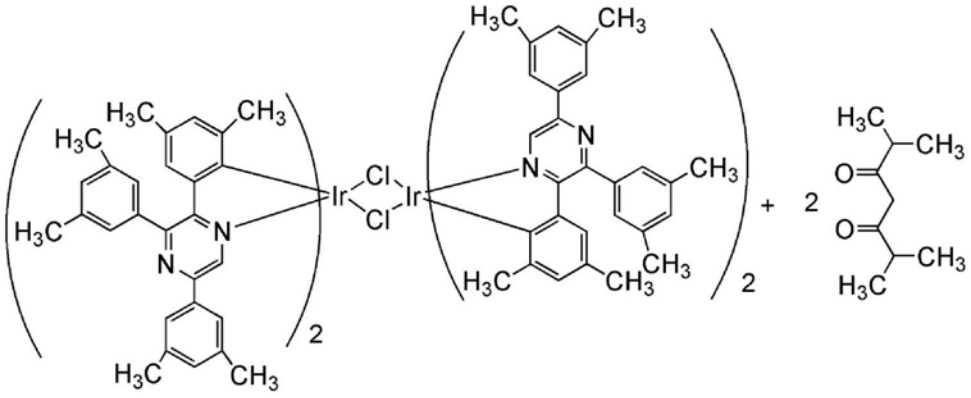
(f-3)

[Ir(dmtppr)$_2$Cl]$_2$

[0528] <步骤4:双{4,6-二甲基-2-[3,5-双(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)])的合成>

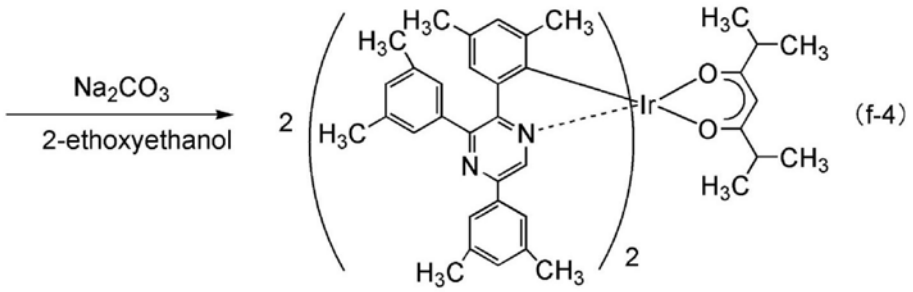
[0529] 再者,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.89g的通过步骤3得到的双核配合物[Ir

(dmtppr)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.20g的二异丁酰甲烷(简称:Hdibm)和0.47g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,200W)60分钟。在此,添加0.20g的Hdibm,再次照射微波(2.45GHz,200W)60分钟。蒸馏而去除溶剂,添加0.20g的Hdibm、0.47g的碳酸钠、30mL的2-乙氧基乙醇。利用氩气置换烧瓶内。然后,照射2小时的微波(2.45GHz,200W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,使用乙醇抽滤所得到的残渣。使用水、乙醇洗涤所得到的固体。在将所得到的固体溶解于二氯甲烷中,经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤。之后,使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶,得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)作为深红色粉末(收率为73%)。以(f-4)示出步骤4的合成方案。



$[Ir(dmtppr)_2Cl]_2$

[0530]



(123)

$[Ir(dmtppr)_2(dibm)]$

[0531] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤4得到的深红色粉末的结果。图47示出^{1}H-NMR谱。由此可知,在合成实例6中得到了以结构式(123)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)。

[0532] ^{1}H-NMR.δ($CDCl_3$):0.78(d,6H),0.99(d,6H),1.41(s,6H),1.96(s,6H),2.24-2.30(m,2H),2.35(s,12H),2.42(s,12H),5.07(s,1H),6.46(s,2H),6.78(s,2H),7.04(s,2H),7.18(s,2H),7.47(s,2H),7.49(s,2H),7.67(s,4H),8.77(s,2H)。

[0533] 接着,测量[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为"吸收光谱")及发射光谱。当测量吸收光谱时,在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型)并将二氯甲烷溶液(0.068mmol/L)放在石英皿中。此外,当测量发射光谱时,在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造,FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.31μmol/L)放在石英皿中。图48示出所得到的吸收光谱

及发射光谱的测量结果，横轴表示波长，纵轴表示吸收强度及发光强度。在图48中有两个实线，细的实线表示吸收光谱，粗的实线表示发射光谱。注意，图48所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.068mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0534] 如图48所示那样，本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)在629nm附近具有发光峰值，并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

[0535] 接着，利用液相色谱质谱分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry，简称:LC/MS分析)对通过本实施例得到的[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)进行分析。

[0536] 在LC/MS分析中，利用沃特世(Waters)公司制造的ACQUITY UPLC进行液相色谱(LC)分离，并利用沃特世公司制造的Xevo G2Tof MS进行质谱(MS)分析。LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm，1.7μm)，色谱柱温度为40℃。作为流动相A使用乙腈，作为流动相B使用0.1％甲酸水溶液。另外，以预定浓度将[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)溶解于氯仿中并利用乙腈稀释混合物来准备样品。其注入量为5.0μL。

[0537] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法。检测开始后0分钟至1分钟的比例为流动相A:流动相B＝90:10。然后改变组成，以检测开始后2分钟的比例为流动相A:流动相B＝95:5的方式，且保持相同的比例直至检测开始后10分钟。线性地改变组成。

[0538] 在MS分析中利用电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization，简称:ESI)进行离子化。将毛细管电压设定为3.01075kV，将样品锥孔电压设定为30V。利用正模式进行检测。所检测的质量范围为m/z＝100至1200。

[0539] 在碰撞室(collision cell)中使在如上条件下分离并离子化了的m/z＝1131.52的成分碰撞到氩气体来解离为产物离子。碰撞氩时的能量(碰撞能量:collision energy)为70eV。图49示出利用飞行时间质谱(TOF)型MS检测被解离的产物离子的结果。

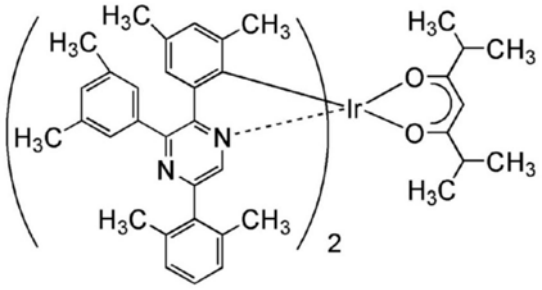
[0540] 从图49的结果可知，在以结构式(123)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)中，主要在m/z＝973.38附近，m/z＝583.17附近检测出产物离子。此外，因为图49所示的结果示出来源于[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)的特征，所以可以说当鉴定包含在混合物中的[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)时，这个结果是重要的数据。

[0541] m/z＝973.38附近的产物离子可以认为是从以结构式(123)表示的化合物脱离乙酰丙酮和质子的状态下的阳离子，这是本发明的一个方式的有机金属配合物的特征之一。此外，m/z＝583.17附近的产物离子可以认为是从以结构式(123)表示的化合物脱离配体Hdmtppr-dmp(简称)和乙酰丙酮的状态下的阳离子，这是本发明的一个方式的有机金属配合物的特征之一。

[0542] 实施例11

[0543] 《合成实例7》

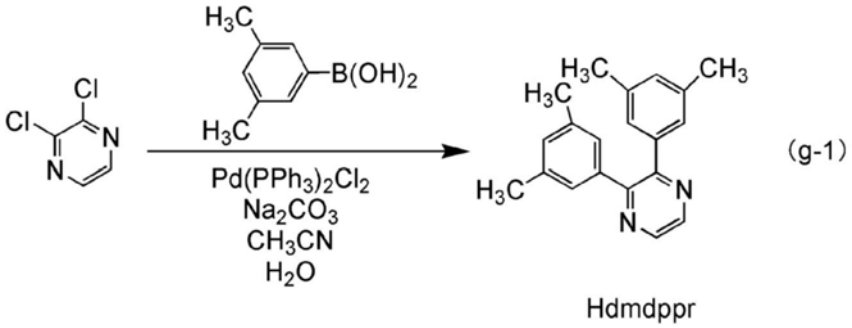
[0544] 在合成实例7中，说明以实施方式1的结构式(124)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^{2}O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)的结构。

[0545] 

(124)
[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)]

[0546] <步骤1:2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr)的合成>

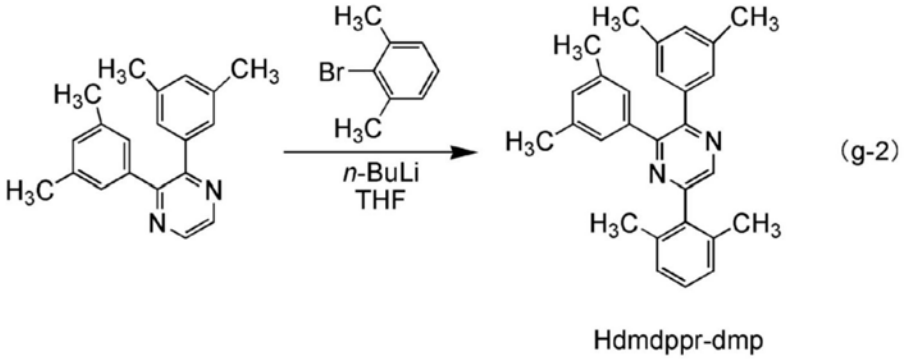
[0547] 首先,将5.00g的2,3-二氯吡嗪、10.23g的3,5-二甲基苯硼酸、7.19g的碳酸钠、0.29g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。在此,进一步将2.55g的3,5-二甲基苯硼酸、1.80g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的乙腈放入到烧瓶中,再次照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。然后,在该溶液中加水,使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液、水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后,过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂,并利用己烷:乙酸乙酯=5:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼得到的残渣。蒸馏而去除溶剂,利用二氯甲烷:乙酸乙酯=10:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体,来得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr(简称)(白色粉末,收率为44%)。此外,使用微波合成装置(CEM公司制造,Discover)照射微波。以(g-1)示出步骤1的合成方案。

[0548] 

Hdmdppr (g-1)

[0549] <步骤2:5-(2,6-二甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-dmp)的合成>

[0550] 首先,将2.81g的2-溴-m-二甲苯和30mL的dryTHF放入到200mL三口烧瓶中,并利用氮气置换其内部。在将烧瓶冷却到-78℃之后,滴加9.4mL的正丁基锂(己烷中的正丁基锂的1.6M的溶液),以-78℃搅拌1小时。在此,添加4.01g的通过步骤1得到的Hdmdppr(简称)和40mL的dryTHF,在室温下搅拌混合物16.5小时。将反应溶液注入水中,并利用氯仿萃取溶液。将所得到的有机层使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。对所得到的混合物添加氧化锰,并搅拌该混合物30分钟。然后,过滤溶液,蒸馏而去除溶剂。利用二氯甲烷:己烷=1:1的展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣,而得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-dmp(简称)(黄白色粉末,收率为10%)。以(g-2)示出步骤2的合成方案。

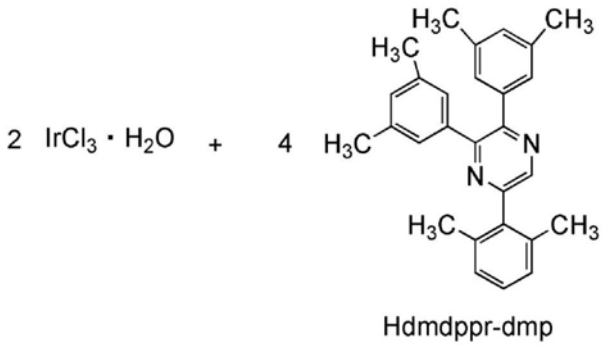
[0551] 

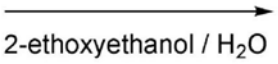
(g-2)

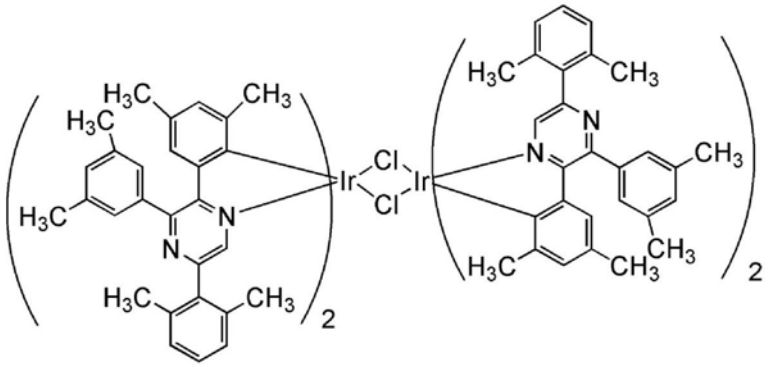
Hdmdppr-dmp

[0552] <步骤3:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$)的合成>

[0553] 接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.12g的通过步骤2得到的Hdmdppr-dmp(简称)和0.39g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用己烷抽滤并洗涤,而得到双核配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$(简称)(红褐色粉末,收率为98%)。以(g-3)示出步骤3的合成方案。



[0554] 



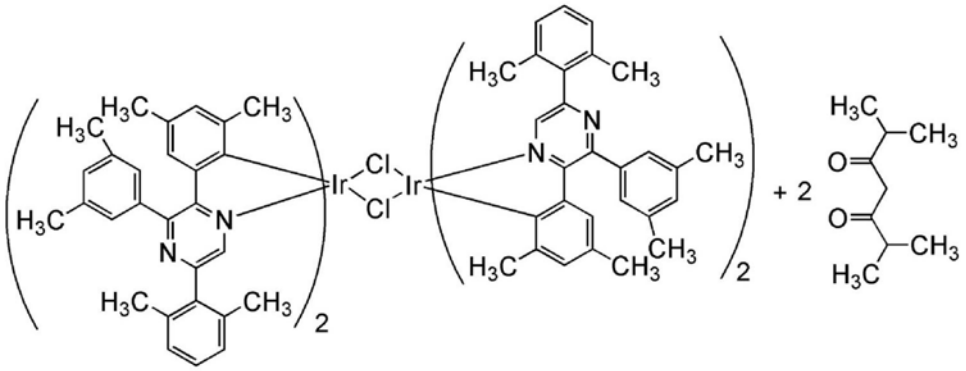
(g-3)

[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$

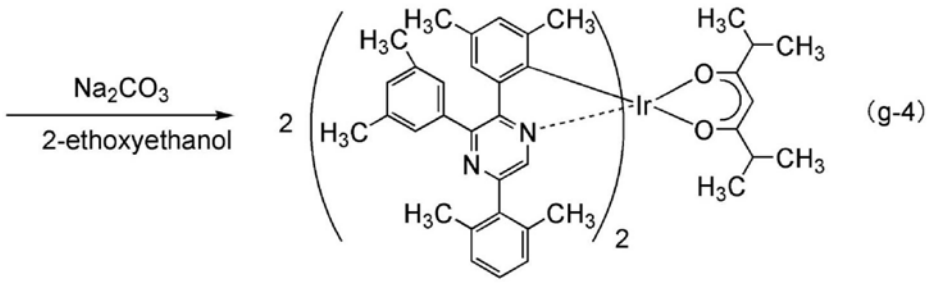
[0555] <步骤4:双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)])的合成>

[0556] 再者,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.80g的通过步骤3得到的双核配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.19g的二异丁酰甲烷(简称:Hdibm)和0.42g的碳酸钠放入到安装有回流

管的回收烧瓶中，并利用氩气置换烧瓶内。然后，照射60分钟的微波(2.45GHz，120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂，将所得到的残渣溶解于二氯甲烷中，经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤。之后，使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂使该残渣再结晶，得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)作为红色粉末(收率为48%)。以(g-4)示出步骤4的合成方案。



[0557]



(124)
[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)]

[0558] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤4得到的红色粉末的结果。图50示出^{1}H-NMR谱。由此可知，在合成实例7中得到了以结构式(124)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)。

[0559] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$)：0.80(d,6H)，0.81(d,6H)，1.47(s,6H)，1.95(s,6H)，2.10(s,12H)，2.23-2.28(m,2H)，2.34(s,12H)，5.19(s,1H)，6.48(s,2H)，6.81(s,2H)，7.06(d,4H)，7.11(s,2H)，7.16(t,2H)，7.40(s,4H)，8.22(s,2H)。

[0560] 接着，测量[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面，简单地称为“吸收光谱”)及发射光谱。当测量吸收光谱时，在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造，V550型)并将二氯甲烷溶液(0.059mmol/L)放在石英皿中。此外，当测量发射光谱时，在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造，FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.059mmol/L)放在石英皿中。图51示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果，横轴表示波长，纵轴表示吸收强度及发光强度。在图51中有两个实线，细的实线表示吸收光谱，粗的实线表示发射光谱。注意，图51所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.059mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在

石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0561] 如图51所示那样，本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)在616nm附近具有发光峰值，并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

[0562] 并且，使用高真空差式型差热天平(Bruker AXS K.K.制造，TG-DTA2410SA)测量[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)的失重率。在真空度为1×10^{-3}Pa下将升温速度设定为10℃/min并使温度上升。其结果，如图52所示那样，可知本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)的失重率为100％，并且该有机金属配合物呈现良好的升华性。

[0563] 接着，利用液相色谱质谱分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry，简称：LC/MS分析)对通过本实施例得到的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)进行分析。

[0564] 在LC/MS分析中，利用沃特世(Waters)公司制造的ACQUITY UPLC进行液相色谱(LC)分离，并利用沃特世公司制造的Xevo G2Tof MS进行质谱(MS)分析。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm，1.7μm)，色谱柱温度为40℃。作为流动相A使用乙腈，作为流动相B使用0.1％甲酸水溶液。另外，以预定浓度将[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)溶解于氯仿中并利用乙腈稀释混合物来准备样品。其注入量为5.0μL。

[0565] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法。检测开始后0分钟至1分钟的比例为流动相A：流动相B＝90：10，然后改变组成，检测开始后10分钟的比例为流动相A：流动相B＝95：5。线性地改变组成。

[0566] 在MS分析中利用电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization，简称：ESI)进行离子化。毛细管电压为3.0kV，样品锥孔电压为30V。利用正模式进行检测。所检测的质量范围为m/z＝100至1200。

[0567] 在碰撞室(collision cell)中使在如上条件下分离并离子化了的m/z＝1131.52的成分碰撞到氩气来解离为产物离子。碰撞氩时的能量(碰撞能量：collision energy)为70eV。图53示出利用飞行时间质谱(TOF)型MS检测被解离的产物离子的结果。

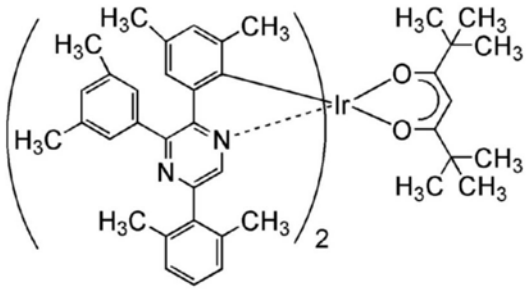
[0568] 从图53的结果可知，在以结构式(124)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)中，主要在m/z＝973.39附近，m/z＝959.36附近，m/z＝581.16附近，m/z＝555.15附近，m/z＝393.23附近检测出产物离子。此外，因为图53所示的结果示出来源于[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)的特征，所以可以说当鉴定包含在混合物中的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)时，这个结果是重要的数据。

[0569] m/z＝973.38附近的产物离子可以认为是从以结构式(124)表示的化合物脱离乙酰丙酮和质子的状态下的阳离子，这是本发明的一个方式的有机金属配合物的特征之一。m/z＝959.36附近的产物离子可以认为是从m/z＝973.38附近的产物离子脱离甲基的结果，这表示本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)包含甲基。

[0570] 实施例12

[0571] 《合成实例8》

[0572] 在合成实例8中，说明以实施方式1的结构式(125)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2',6,6'-四甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称：[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)的结构。

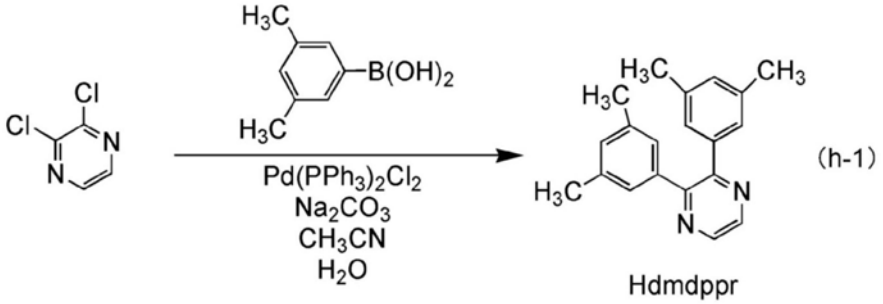
[0573] 

(125)

[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)]

[0574] <步骤1:2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr)的合成>

[0575] 首先,将5.00g的2,3-二氯吡嗪、10.23g的3,5-二甲基苯硼酸、7.19g的碳酸钠、0.29g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换其内部。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。在此,进一步将2.55g的3,5-二甲基苯硼酸、1.80g的碳酸钠、0.070g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$、5mL的水、5mL的乙腈放入到烧瓶中,再次照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。然后,在该溶液中加水,使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液、水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后,过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂,利用己烷:乙酸乙酯=5:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的残渣。蒸馏而去除溶剂,利用二氯甲烷:乙酸乙酯=10:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体,来得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr(简称)(白色粉末,收率为44%)。此外,使用微波合成装置(CEM公司制造,Discover)照射微波。以(h-1)示出步骤1的合成方案。

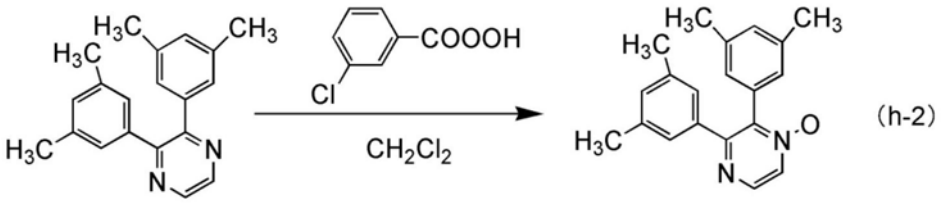
[0576] 

(h-1)

Hdmdppr

[0577] <步骤2:2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-1-氧的合成>

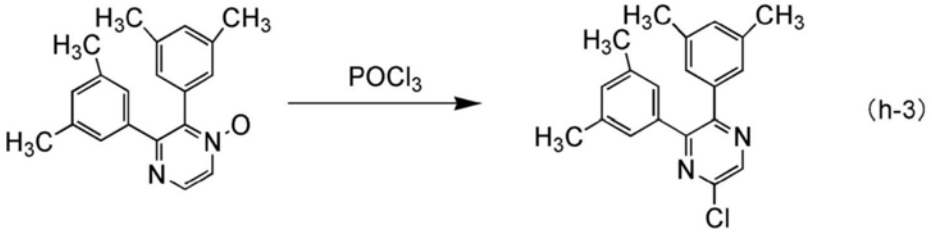
[0578] 接着,将6.6g的通过步骤1得到的Hdmdppr(简称)、7.8g的3-氯过氧化苯甲酸和90mL的二氯甲烷放入到300mL三口烧瓶中,并利用氮气置换其内部。在室温下搅拌混合物24小时之后,将反应溶液注入水中,并利用二氯甲烷萃取溶液。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后,过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂,而得到目的物的吡嗪衍生物(黄色粉末,收率为100%)。以(h-2)示出步骤2的合成方案。

[0579] 

(h-2)

[0580] <步骤3:5-氯-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪的合成>

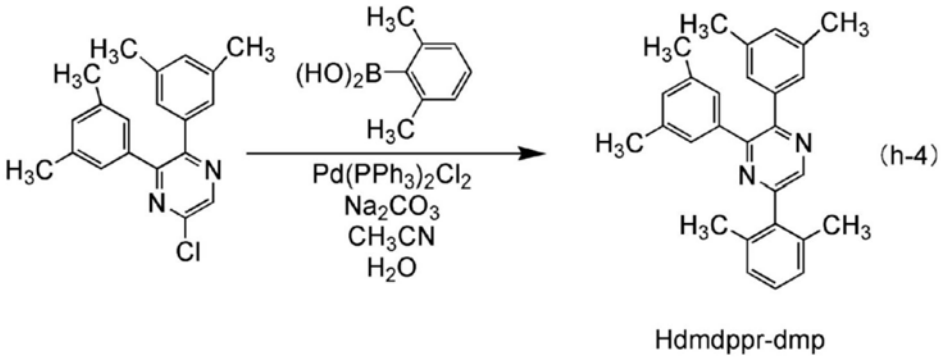
[0581] 接着,将7.0g的通过步骤2得到的2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-1-氧放入到100mL三口烧瓶中,并利用氮气置换其内部。在此,添加20mL的磷酰氯,以100℃搅拌1小时。将反应溶液注入水中,并利用氯仿萃取溶液。将所得到的有机层使用饱和碳酸氢钠水溶液、水和饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂,而得到目的物的吡嗪衍生物(灰色粉末,收率为90%)。以(h-3)示出步骤3的合成方案。

[0582] 

(h-3)

[0583] <步骤4:5-(2,6-二甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-dmp)的合成>

[0584] 接着,将1.21g的通过步骤3得到的5-氯-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪、1.10g的2,6-二甲基苯硼酸、0.78g的碳酸钠、15mg的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$、14mL的水、14mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并对混合物用氩进行15分钟的鼓泡。对该反应容器照射微波(2.45GHz,100W)3个小时。在此,进一步将0.55g的2,6-二甲基苯硼酸、0.39g的碳酸钠、7mg的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$放入到烧瓶中,并对混合物用氩进行15分钟的鼓泡。再次对该反应容器照射3小时的微波(2.45GHz,100W来进行加热。抽滤混合物,并使用乙醇洗涤所得到的固体。将所得到的固体溶解于二氯甲烷中,并经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤,得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-dmp(简称)(白色粉末,收率为89%)。以(h-4)示出步骤4的合成方案。

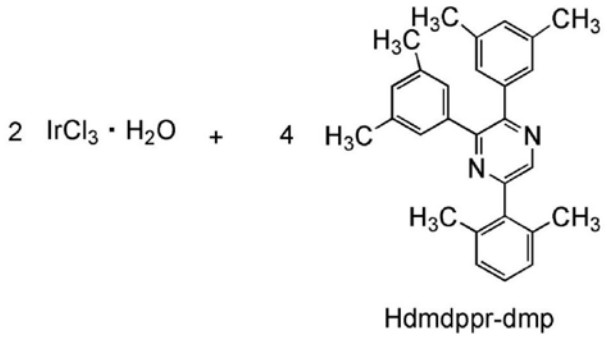
[0585] 

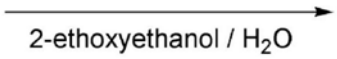
(h-4)

Hdmdppr-dmp

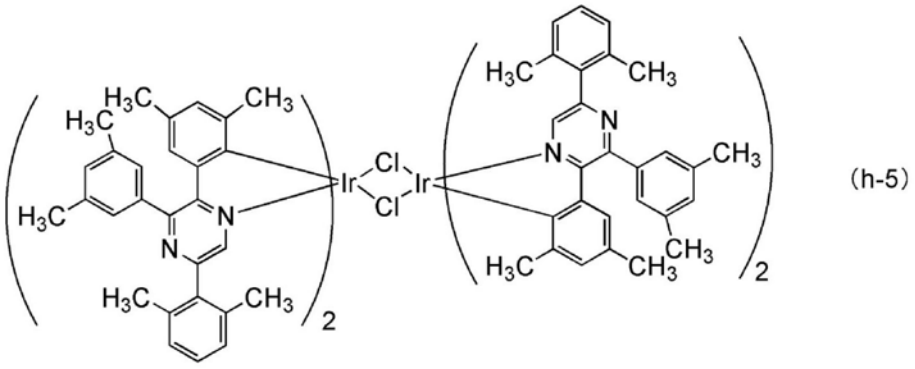
[0586] <步骤5:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:$[Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2Cl]_2$)的合成>

[0587] 接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.12g的通过步骤4得到的Hdmdppr-dmp(简称)和0.39g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,使用己烷抽滤所得到的残渣并洗涤来得到双核配合物$[Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2Cl]_2$(简称)(红褐色粉末,收率为98%)。以(h-5)示出步骤3的合成方案。



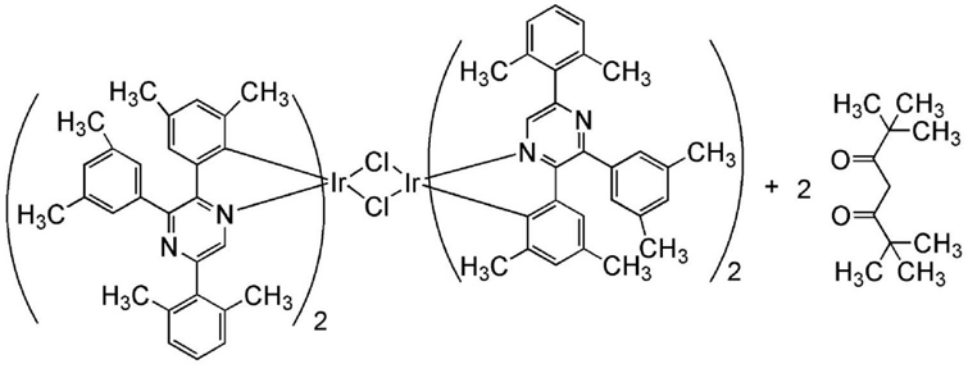


[0588]



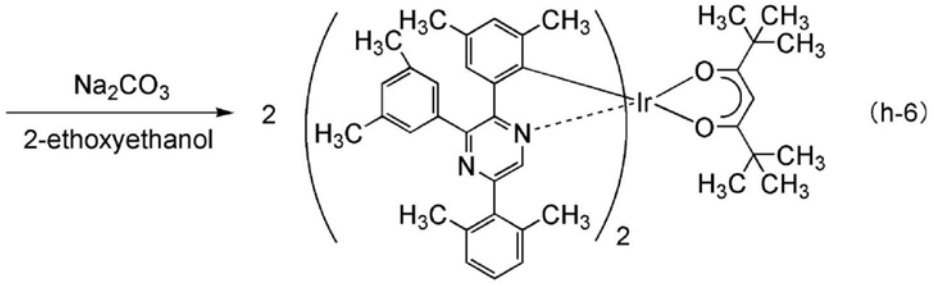
[0589] <步骤6:双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2',6,6'-四甲基-3,5-庚二酮-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)])的合成>

[0590] 并且,将30mL的2-乙氧基乙醇、1.38g的通过步骤5得到的双核配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.39g的二新戊酰甲烷(简称:Hdpm)和0.73g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射60分钟的微波(2.45GHz,120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,使用甲醇抽滤所得到的残渣。使用水、甲醇对所得到的固体进行洗涤。将所得到的固体溶解于二氯甲烷中,经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤。之后,使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂使该固体再结晶,而得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)作为深红色粉末(收率为59%)。以(h-6)示出步骤6的合成方案。



$[Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2Cl]_2$

[0591]



(125)

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

[0592] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤6得到的深红色粉末的结果。图54示出^{1}H-NMR谱。由此可知,在合成实例8中得到了以结构式(125)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)。

[0593] ^{1}H-NMR.δ($CDCl_3$):0.90(s,18H),1.46(s,6H),1.95(s,6H),2.10(s,12H),2.34(s,12H),5.57(s,1H),6.47(s,2H),6.81(s,2H),7.06(d,4H),7.11(s,2H),7.16(t,2H),7.38(s,4H),8.19(s,2H)。

[0594] 接着,测量[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)的二氯甲烷溶液的紫外可见吸收光谱(下面,简单地称为"吸收光谱")及发射光谱。当测量吸收光谱时,在室温下使用紫外可见分光光度计(日本分光株式会社制造,V550型)并将二氯甲烷溶液(0.058mmol/L)放在石英皿中。此外,当测量发射光谱时,在室温下使用荧光分光光度计(日本滨松光子学株式会社制造,FS920)并将脱气的二氯甲烷溶液(0.058mmol/L)放在石英皿中。图55示出所得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果,横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。在图55中有两个实线,细的实线表示吸收光谱,粗的实线表示发射光谱。注意,图55所示的吸收光谱是从将二氯甲烷溶液(0.058mmol/L)放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[0595] 如图55所示那样,本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)在618nm附近具有发光峰值,并且从二氯甲烷溶液观察到红橙色的发光。

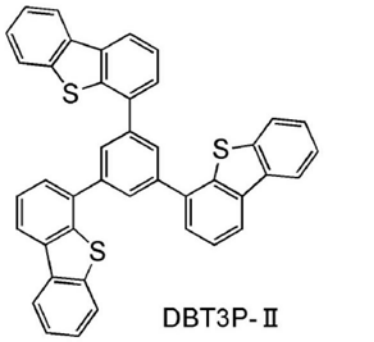
[0596] 并且,使用高真空差式型差热天平(Bruker AXS K.K.制造,TG/DTA2410SA)测量[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)的失重率。在真空度为1×10^{-3}Pa下将升温速度设定为10℃/min并使温度上升。其结果,如图56所示那样,可知本发明的一个方式的有机金属配合物

[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)](简称)的失重率为97％,并且该有机金属配合物呈现良好的升华性。

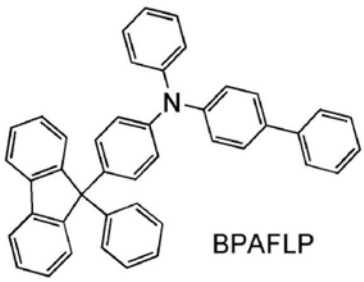
[0597] 实施例13

[0598] 在本实施例中,说明在每一个中将本发明的一个方式的有机金属配合物用于发光层的发光元件:使用以结构式(121)表示的[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)的发光元件4;使用以结构式(122)表示的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)的发光元件5;使用以结构式(123)表示的[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)的发光元件6;以及使用以结构式(124)表示的[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)的发光元件7。注意,当说明本实施例中的发光元件4至发光元件7时,参照在实施例4中用于发光元件1的说明的图15。以下示出在本实施例中使用的材料的化学式。

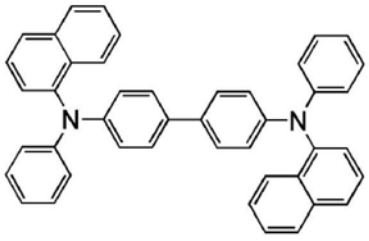
[0599]



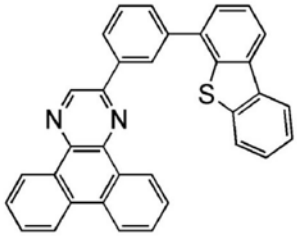
DBT3P-Ⅱ



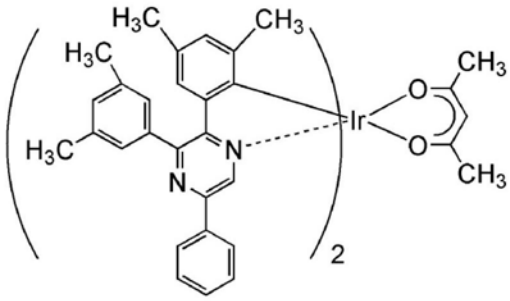
BPAFLP



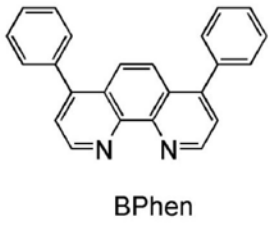
NPB



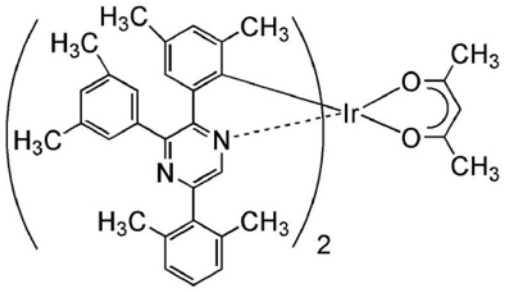
2mDBTPDBq-Ⅱ



(121)
[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)]

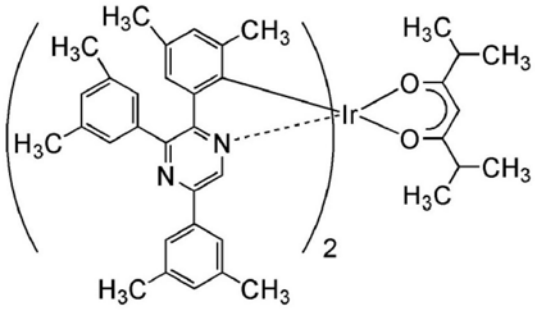


BPhen

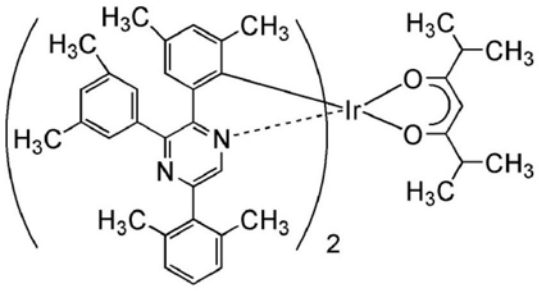


(122)
[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)]

[0600]



(123)
[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)]



(124)
[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)]

[0601] 《发光元件4至发光元件7的制造》

[0602] 首先，在由玻璃制造的衬底1100上通过溅射法沉积包含氧化硅的氧化铟锡(ITSO)，由此形成用作阳极的第一电极1101。其厚度为110nm，且其电极面积为2mm×2mm。

[0603] 接着，作为用来在衬底1100上形成发光元件的预处理，使用水对衬底表面进行洗涤，以200℃进行1小时的焙烧，然后进行370秒钟的UV臭氧处理。

[0604] 然后，在将衬底放入到压力被减少到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，以170℃进行30分钟的真空焙烧之后，对衬底1100进行30分钟左右的冷却。

[0605] 接着，以使形成有第一电极1101的面朝下的方式将衬底1100固定到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，即通过真空蒸镀法，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。

[0606] 在使真空蒸镀装置的压力减少到10^{-4}Pa之后，通过共蒸镀1,3,5-三(二苯并噻吩-

4-基)苯(简称:DBT3P-II)和氧化钼(VI)以满足DBT3P-II(简称):氧化钼=4:2(质量比)的关系,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20nm。另外,共蒸镀是指使不同的多个物质从不同的多个蒸发源同时蒸发的蒸镀法。

[0607] 接着,通过蒸镀20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP),来形成空穴传输层1112。

[0608] 接着,如下所述,在空穴传输层1112上形成发光层1113。当采用发光元件4时,共蒸镀2mDBTPDBq-II(简称)、NPB(简称)、[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称),以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)=0.8:0.2:0.05(质量比)。发光层1113的厚度为40nm。当采用发光元件5时,共蒸镀2mDBTPDBq-II(简称)、NPB(简称)、[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称),以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)=0.8:0.2:0.05(质量比)。发光层1113的厚度为40nm。当采用发光元件6时,共蒸镀2mDBTPDBq-II(简称)、NPB(简称)、[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称),以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)=0.8:0.2:0.05(质量比)。发光层1113的厚度为40nm。当采用发光元件7时,共蒸镀2mDBTPDBq-II(简称)、NPB(简称)、[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称),以满足2mDBTPDBq-II(简称):NPB(简称):[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)=0.8:0.2:0.05(质量比)。发光层1113的厚度为40nm。

[0609] 接着,通过在发光层1113上依次蒸镀20nm的2mDBTPDBq-II(简称)、20nm的红菲绕啉(简称:BPhen),形成具有叠层结构的电子传输层1114。再者,通过在电子传输层1114上蒸镀1nm的氟化锂,形成电子注入层1115。

[0610] 最后,在电子注入层1115上蒸镀200nm厚的铝膜来沉积用作阴极的第二电极1103,而得到发光元件4至发光元件7。另外,在所有上述蒸镀过程中,蒸镀都采用电阻加热法。

[0611] 表8示出通过上述步骤得到的发光元件4至发光元件7的元件结构。

[0612] [表8]

[0613]

	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	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTPDBq-II (20nm)	BPhen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件5				**				
发光元件6				***				
发光元件7				****				

[0614] *2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0615] **2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0616] ***2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0617] ****2mDBTPDBq-II:NPB:[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](0.8:0.2:0.05 40nm)

[0618] 此外,将所制造的发光元件4至发光元件7在氮气气氛的手套箱中密封,以不使发光元件4至发光元件7暴露于大气(具体而言,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)。

[0619] 《发光元件4至发光元件7的工作特性》

[0620] 对所制造的发光元件4至发光元件7的工作特性进行测量。另外,在室温(保持为25

℃的气氛)下进行测量。

[0621] 图57示出发光元件4至发光元件7的电流密度-亮度特性。在图57中,纵轴表示亮度(cd/m^2),横轴表示电流密度(mA/cm^2)。图58示出发光元件4至发光元件7的电压-亮度特性。在图58中,纵轴表示亮度(cd/m^2),横轴表示电压(V)。此外,图59示出发光元件4至发光元件7的亮度-电流效率特性。在图59中,纵轴表示电流效率(cd/A),横轴表示亮度(cd/m^2)。图60示出发光元件4至发光元件7的电压-电流特性。在图60中,纵轴表示电流(mA),横轴表示电压(V)。

[0622] 从图59可知,将本发明的方式的有机金属配合物[Ir(dmdppr-P)$_2$(acac)](简称)(结构式(121))、[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(acac)](简称)(结构式(122))、[Ir(dmtppr)$_2$(dibm)](简称)(结构式(123))、[Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dibm)](简称)(结构式(124))用于发光层的一部分的发光元件4至发光元件7都是高效率的元件。表9示出1000cd/m^2附近的发光元件4至发光元件7的主要初期特性值。

[0623] [表9]

[0624]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm^2)	色度 (x, y)	亮度 (cd/m^2)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	量子效率 (%)
发光元件4	3.9	0.22	5.5	(0.68, 0.32)	1100	20	16	25
发光元件5	3.3	0.1	2.5	(0.66, 0.34)	1000	40	38	29
发光元件6	3.3	0.19	4.8	(0.68, 0.32)	920	19	18	23
发光元件7	3.3	0.088	2.2	(0.66, 0.34)	850	38	37	27

[0625] 从上述结果可知,在本实施例中制造的发光元件4至发光元件7是亮度高且电流效率良好的发光元件。并且可知,关于色纯度,呈现高纯度的红橙色发光。

[0626] 图61示出以2.5mA/cm^2的电流密度使电流流过发光元件4至发光元件7时的发射光谱。如图61所示那样,发光元件5及发光元件7的发射光谱在617nm附近具有峰值并且发光元件4及发光元件6的发射光谱在630nm附近具有峰值。可知该峰值来源于包含在每一个的发光元件的有机金属配合物的发光。此外,确认到发光元件4至发光元件7的发射光谱的半宽度都小。这可以认为是在本实施例中使用的有机金属配合物的结构中甲基结合于与铱结合的苯基的2位和4位的效果。因此,可以说发光元件4至发光元件7是发光效率高且色纯度高的发光元件。

[0627] 进行发光元件4至发光元件7的可靠性测试。图62及图63示出可靠性测试的结果。在图62中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在可靠性测试的一个中,在将初期亮度设定为5000cd/m^2且电流密度为固定的条件下,驱动发光元件4至发光元件7。其结果是,发光元件4的100小时之后的亮度保持初期亮度的60%左右,发光元件5的38小时之后的亮度保持初期亮度的88%左右,发光元件6的40小时之后的亮度保持初期亮度的80%左右,发光元件7的39小时之后的亮度保持初期亮度的86%左右。此外,在图63中,纵轴表示初期亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示元件的驱动时间(h)。此外,在其他可靠性测试中,将电流值设定为0.3mA,驱动发光元件4至发光元件7。其结果是,发光元件4的100小时之后的亮度保持初期亮度的86%左右,发光元件5的

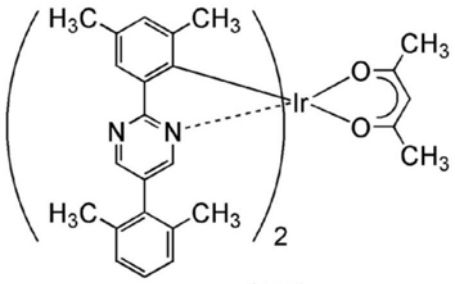
100小时之后的亮度保持初期亮度的91％左右，发光元件6的100小时之后的亮度保持初期亮度的90％左右，发光元件7的100小时之后的亮度保持初期亮度的86％左右。

[0628] 因此，可知：在以不同条件进行的可靠性测试中，发光元件4至发光元件7都呈现高可靠性。此外，可知：通过应用本发明的一个方式的有机金属配合物，可以得到使用寿命长的发光元件。

[0629] 实施例14

[0630] 《合成实例9》

[0631] 在合成实例9中，说明以实施方式1的结构式(126)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-2-嘧啶基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^2O,O')铱(III)(简称：[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)])的合成方法。以下示出[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)](简称)的结构。

[0632] 

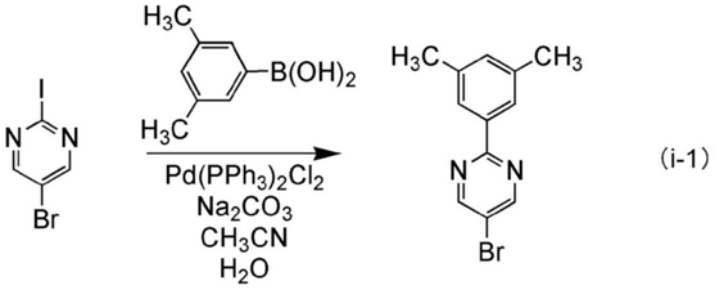
(126)

[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)]

[0633] <步骤1：5-溴-2-(3,5-二甲基苯基)嘧啶的合成>

[0634] 首先，将2.97g的5-溴-2-碘嘧啶、1.62g的3,5-二甲基苯硼酸、1.21g的碳酸钠、0.093g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$)、20mL的水以及20mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。对该反应容器照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，进一步将0.40g的3,5-二甲基苯硼酸、0.30g的碳酸钠、0.024g的Pd(PPh$_3$)$_2$Cl$_2$放入到烧瓶中，并用氩进行15分钟的鼓泡。对该反应容器再次照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。

[0635] 接着，在该溶液中加水，使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后，过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂，利用己烷：乙酸乙酯＝5：1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的残渣。利用二氯甲烷：己烷＝1：1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼浓缩馏分来得到的固体，而得到目的物的嘧啶衍生物(白色粉末，收率为33％)。此外，使用微波合成装置(CEM公司制造，Discover)照射微波。以(i-1)示出步骤1的合成方案。

[0636] 

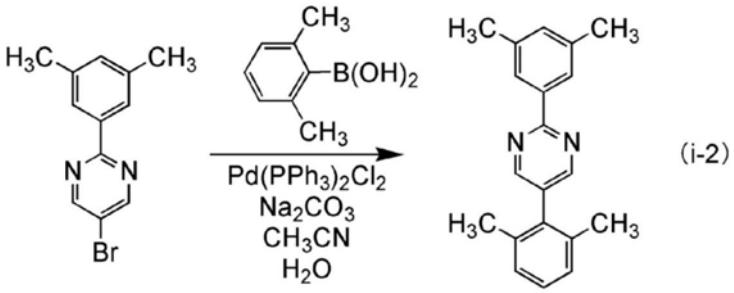
(i-1)

[0637] <步骤2：5-(2,6-二甲基苯基)-2-(3,5-二甲基苯基)嘧啶(简称：Hdmppm2-dmp)的

合成>

[0638] 接着，将0.91g的5-溴-2-(3,5-二甲基苯基)嘧啶、1.05g的2,6-二甲基苯硼酸、0.74g的碳酸钠、0.029g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh3)2Cl2)、13mL的水以及13mL的乙腈放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。对该反应容器照射4小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，进一步将1.07g的2,6-二甲基苯硼酸、0.73g的碳酸钠、0.029g的Pd(PPh3)2Cl2放入到烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。对该反应容器再次照射3小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。然后，使用水抽滤所得到的混合物。利用甲苯:己烷＝1:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体，而得到目的物的嘧啶衍生物Hdmppm2-dmp(简称)(白色粉末，收率为83％)。以(i-2)示出步骤2的合成方案。

[0639]

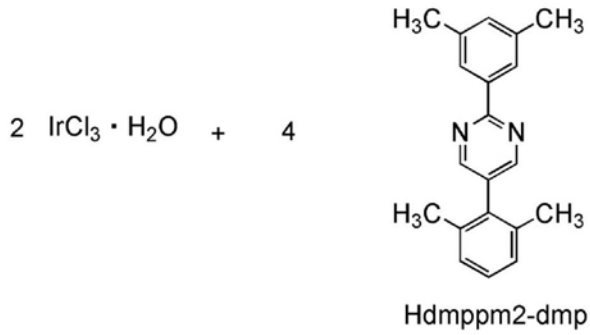


(i-2)

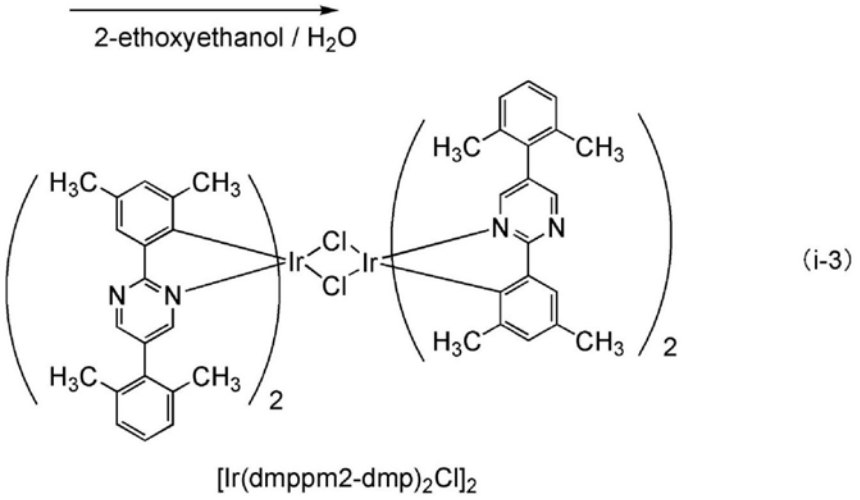
Hdmppm2-dmp

[0640] <步骤3:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-2-嘧啶基-κN]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(dmppm2-dmp)2Cl]2)的合成>

[0641] 接着，将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、0.83g的通过步骤2得到的Hdmppm2-dmp(简称)和0.39g的氯化铱水合物(IrCl3·H2O)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并利用氩气置换烧瓶内。然后，照射微波(2.45GHz，100W)1小时，而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后，使用己烷抽滤并洗涤所得到的残渣来得到双核配合物[Ir(dmppm2-dmp)2Cl]2(简称)(茶色粉末，收率为91％)。以(i-3)示出步骤3的合成方案。



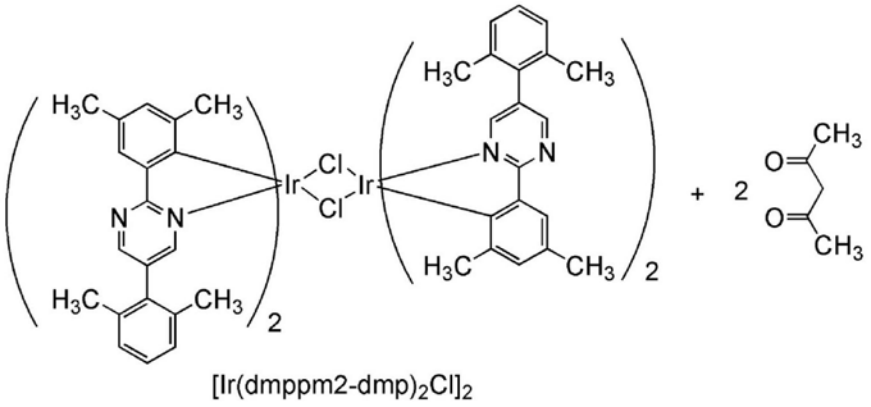
[0642]



(i-3)

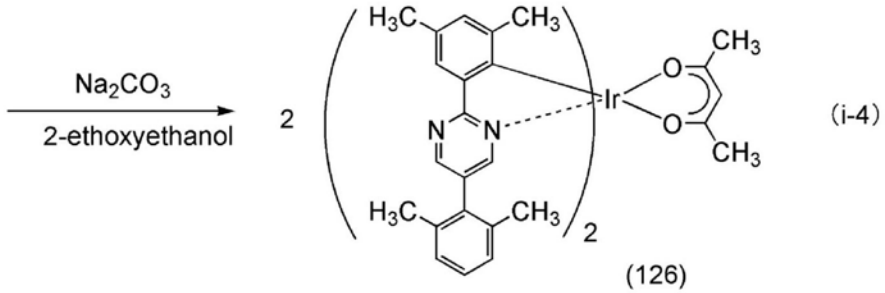
[0643] <步骤4:双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-2-嘧啶基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)])的合成>

[0644] 接着,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.95g的通过步骤3得到的双核配合物[Ir(dmppm2-dmp)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.18g的乙酰丙酮(简称:Hacac)和0.63g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,120W)60分钟。在此,添加0.18g的Hacac,再次照射60分钟的微波(2.45GHz,200W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,使用甲醇抽滤所得到的残渣。使用水、甲醇对所得到的固体进行洗涤。通过在利用己烷:乙酸乙酯=5:1的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的固体之后,使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂使该固体再结晶,得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)](简称)作为黄橙色粉末(收率为14%)。以(i-4)示出步骤4的合成方案。



[Ir(dmppm2-dmp)$_2$Cl]$_2$

[0645]



[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)]

[0646] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤4得到的黄橙色粉末的结果。图64示出^{1}H-NMR谱。由此可知,在合成实例9中得到了以结构式(126)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmppm2-dmp)$_2$(acac)](简称)。

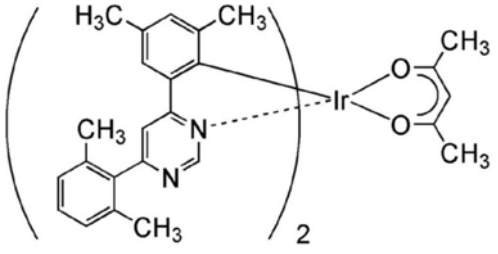
[0647] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$):1.58(s,6H),1.62(s,6H),2.03(s,6H),2.15(s,6H),2.28(s,6H),5.17(s,1H),6.63(d,2H),7.15(t,4H),7.24(t,2H),7.81(d,2H),8.39(d,2H),8.53(d,2H)。

[0648] 实施例15

[0649] 《合成实例10》

[0650] 在合成实例10中,说明以实施方式1的结构式(127)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^{2}O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)])的合成方法。以下示出[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)](简称)的结构。

[0651]



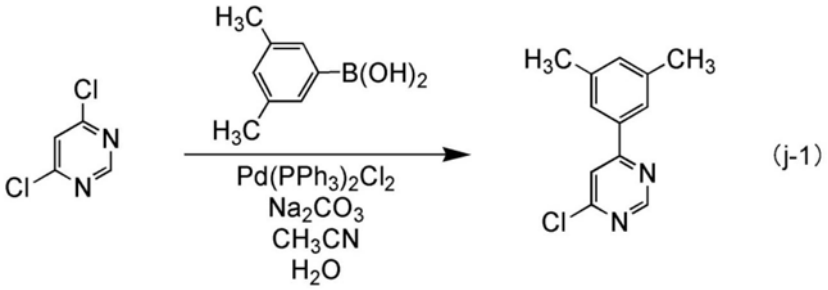
(127)

[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)]

[0652] <步骤1:4-氯-6-(3,5-二甲基苯基)嘧啶的合成>

[0653] 首先，将5.05g的4,6-二氯嘧啶、5.08g的3,5-二甲基苯硼酸、3.57g的碳酸钠、0.14g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)($Pd(PPh_3)_2Cl_2$)、20mL的乙腈以及20mL的水放入到安装有回流管的圆底烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。然后，照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在加热之后，添加2.54g的3,5-二甲基苯硼酸、1.79g的碳酸钠、0.066g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。

[0654] 接着，照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在加热之后，添加1.27g的3,5-二甲基苯硼酸、0.091g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。并且，照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。使用二氯甲烷萃取有机层，将萃取溶液使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后，过滤溶液。在蒸馏而去除该溶液的溶剂之后，利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣，而得到目的物的嘧啶衍生物(黄色结晶，收率为31％)。此外，使用微波合成装置(CEM公司制造，Discover)照射微波。以(j-1)示出步骤1的合成方案。

[0655] 

(j-1)

[0656] <步骤2:6-(2,6-二甲基苯基)-4-(3,5-二甲基苯基)嘧啶(简称:Hdmppm-dmp)的合成>

[0657] 接着，将1.18g的通过步骤1得到的4-氯-6-(3,5-二甲基苯基)嘧啶、0.754g的2,6-二甲基苯硼酸、0.535g的碳酸钠、0.036g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)($Pd(PPh_3)_2Cl_2$)、10mL的乙腈以及10mL的水放入到安装有回流管的圆底烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。此外，添加0.380g的2,6-二甲基苯硼酸、0.268g的碳酸钠、0.020g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。

[0658] 接着，照射3小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，添加0.404g的2,6-二甲基苯硼酸、0.277g的碳酸钠、0.019g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。照射3小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。此外，添加10mL的乙腈以及10mL的水，并照射3小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。使用二氯甲烷萃取有机层，将萃取溶液使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂来得到残渣。

[0659] 同样地，将1.13g的通过步骤1得到的4-氯-6-(3,5-二甲基苯基)嘧啶、0.802g的2,6-二甲基苯硼酸、0.548g的碳酸钠、0.040g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$、20mL的乙腈以及20mL的水放入到安装有回流管的圆底烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。接着，照射2小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，添加0.408g的2,6-二甲基苯硼酸、0.288g的碳酸钠、0.021g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。

[0660] 接着，照射4小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。添加7mL的乙腈、0.214g的2,6-二甲基苯硼酸、0.273g的碳酸钠、0.020g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。并且，照射2.5小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。使用二氯甲烷萃取有机层，将萃

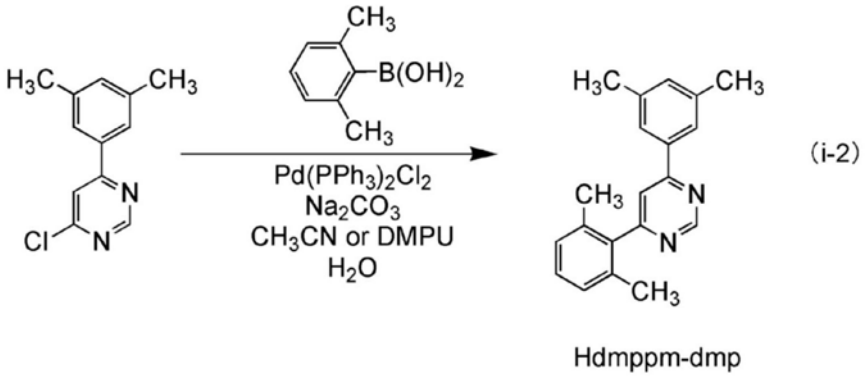
取溶液使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂来得到残渣。

[0661] 利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的两个残渣。将浓缩馏分来得到的固体溶解于二氯甲烷中，经过依次层叠有硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤来得到0.3g的粗晶(crude crystal)(黄色)。

[0662] 接着，将1.10g的通过上述硅胶柱色谱法得到的4-氯-6-(3,5-二甲基苯基)嘧啶、0.753g的2,6-二甲基苯硼酸、0.534g的碳酸钠、0.038g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$、20mL的1,3-二甲基-3,4,5,6-四氢-2(1H)嘧啶酮(简称:DMPU)以及20mL的水放入到安装有回流管的圆底烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。然后，照射1小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，添加0.376g的2,6-二甲基苯硼酸、0.269g的碳酸钠、0.011g的$Pd(PPh_3)_2Cl_2$，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。

[0663] 接着，照射2小时的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。使用二氯甲烷萃取有机层，将萃取溶液使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂来得到残渣。将该残渣和黄色粗晶组合且利用以二氯甲烷和乙酸乙酯为展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼，而得到目的物的嘧啶衍生物Hdmppm-dmp(简称)(黄色油状物，收率为34％)。以(j-2)示出步骤2的合成方案。

[0664]

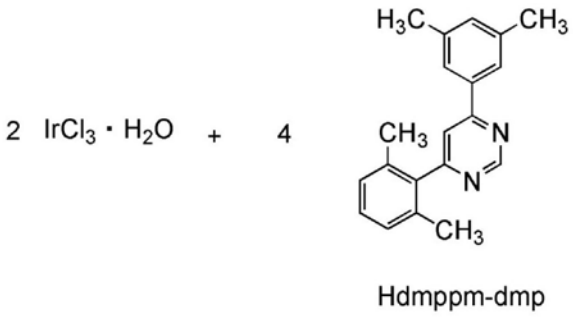


(i-2)

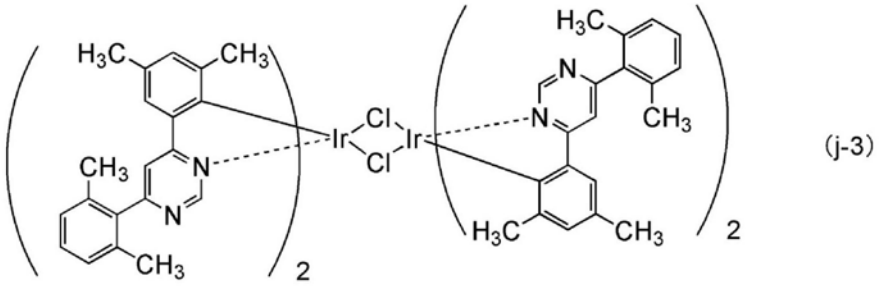
Hdmppm-dmp

[0665] <步骤3:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}二铱(III)(简称:$[Ir(dmppm\text{-}dmp)_2Cl]_2$)的合成>

[0666] 接着，将30mL的2-乙氧基乙醇、10mL的水、1.00g的通过步骤2得到的Hdmppm-dmp(简称)和0.568g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的圆底烧瓶中，并利用氩气置换烧瓶内。然后，照射微波(2.45GHz，100W)1小时，而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后，将所得到的残渣使用己烷抽滤并洗涤来得到双核配合物$[Ir(dmppm\text{-}dmp)_2Cl]_2$(简称)(黑色固体，收率为79％)。以(j-3)示出步骤3的合成方案。

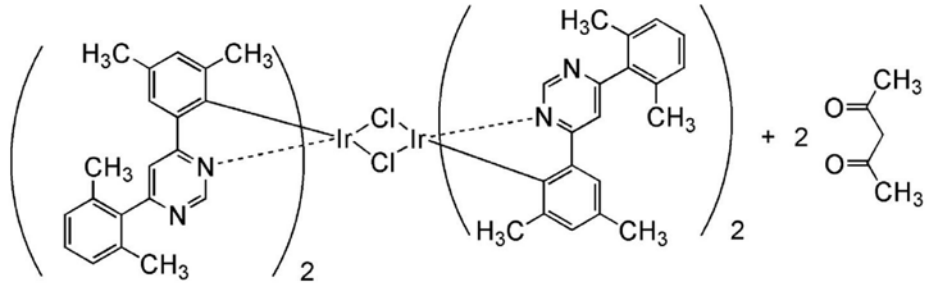


[0667]



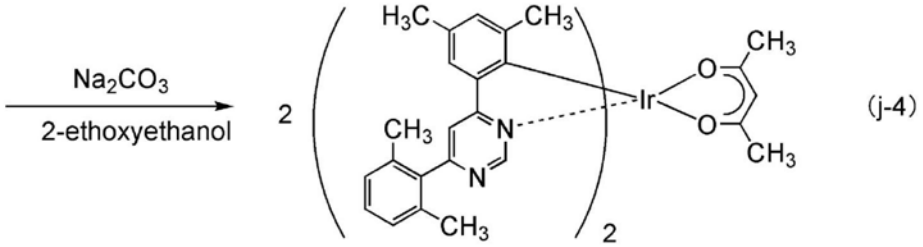
[0668] <步骤4:双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ0,0')铱(III)(简称:[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)])的合成>

[0669] 接着,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.606g的通过步骤3得到的双核配合物[Ir(dmppm-dmp)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.138g的乙酰丙酮(简称:Hacac)和0.489g的碳酸钠放入到安装有回流管的圆底烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射1小时的微波(2.45GHz,120W)来进行加热。蒸馏而去除溶剂,利用乙酸乙酯:己烷=1:2的展开溶剂的快速柱色谱法精炼所得到的残渣。之后,使用二氯甲烷和己烷的混合溶剂使该残渣再结晶,而得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)](简称)作为深红色粉末(收率为50%)。以(j-4)示出步骤4的合成方案。



[Ir(dmppm-dmp)$_2$Cl]$_2$

[0670]



(127)

[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)]

[0671] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤4得到的深红色粉末的结果。图65示出^{1}H-NMR谱。由此可知,在合成实例10中得到了以结构式(127)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(dmppm-dmp)$_2$(acac)](简称)。

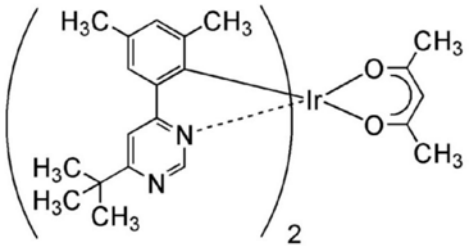
[0672] ^{1}H-NMR.δ(DMSO-d6):1.43(s,6H),1.70(s,6H),2.19(s,12H),2.18(s,6H),5.34(s,1H),6.54(s,2H),7.23(d,4H),7.30-7.33(m,2H),7.79(s,2H),8.23(s,2H),8.95(ds,2H)。

[0673] 实施例16

[0674] 《合成实例11》

[0675] 在合成实例11中,说明以实施方式1的结构式(106)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物双{4,6-二甲基-2-[6-叔丁基-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^{2}O,O')铱(III)(简称:[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)])的合成方法。以下示出[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)](简称)的结构。

[0676]



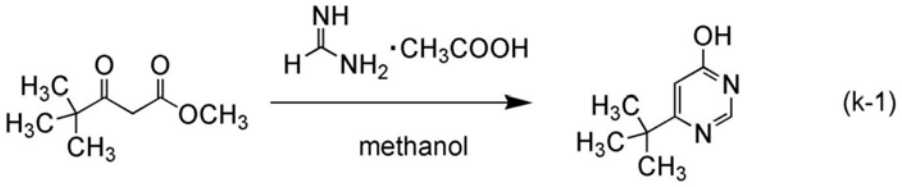
(106)

[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)]

[0677] <步骤1:4-叔丁基-6-羟基嘧啶的合成>

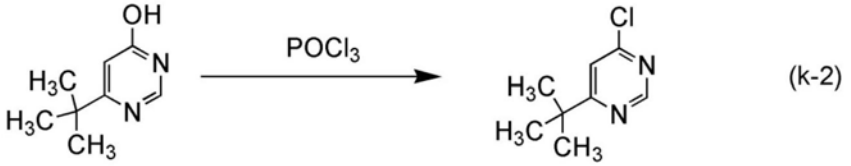
[0678] 首先,将7.2g的甲脒盐酸盐、7.5g的甲醇钠及70mL的甲醇放入到100mL三口烧瓶中。此时,对该混合溶液加入10g的甲基4,4-二甲基-3-氧代戊酸酯。在室温下搅拌混合物24

小时。然后，对该反应溶液加入17mL的水和7.2mL的乙酸的混合溶液，在室温下搅拌混合物。对该混合物进行浓缩，将所得到的残渣溶解于水中。使用乙酸乙酯萃取溶液。将所得到的萃取溶液使用饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后，过滤溶液。在蒸馏而去除该溶液的溶剂之后，使用乙酸乙酯洗涤所得到的固体，而得到目的物的嘧啶衍生物(白色固体，收率为49％)。以(k-1)示出步骤1的合成方案。

[0679] 

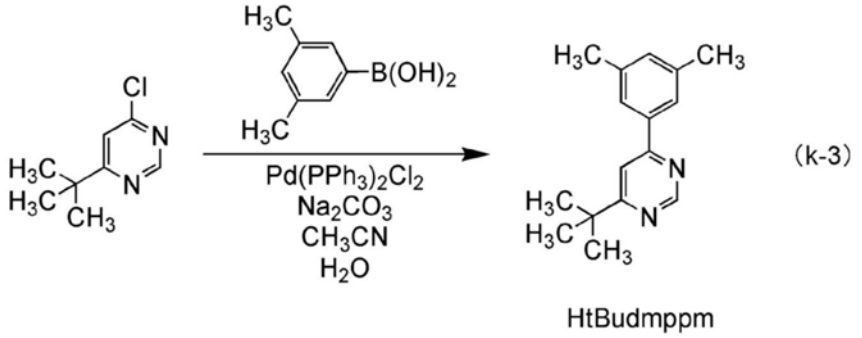
[0680] <步骤2:4-叔丁基-6-氯嘧啶的合成>

[0681] 接着，将4.7g的通过步骤1得到的4-叔丁基-6-羟基嘧啶和14mL的磷酰氯放入到50mL三口烧瓶中，加热并回流1.5小时。回流之后，在减压下蒸馏而去除磷酰氯。将所得到的残渣溶解于二氯甲烷中，使用水、饱和碳酸氢钠水溶液洗涤并使用硫酸镁干燥。在干燥之后，过滤溶液。在蒸馏而去除该溶液的溶剂之后，利用己烷:乙酸乙酯＝10:1的展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣，而得到目的物的嘧啶衍生物(白色固体，收率为78％)。以(k-2)示出步骤2的合成方案。

[0682] 

[0683] <步骤3:4-叔丁基-6-(3,5-二甲基苯基)嘧啶(简称:HtBudmppm)的合成>

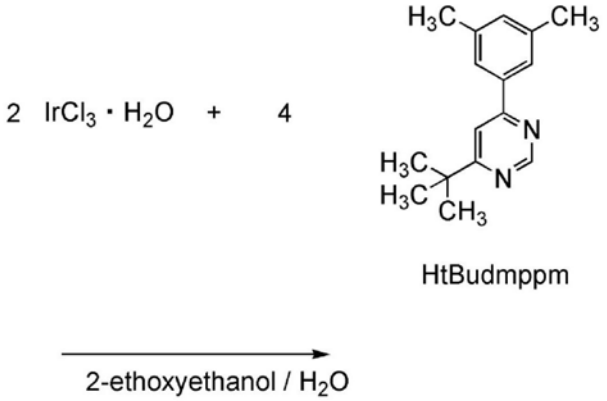
[0684] 接着，将2.01g的通过步骤2得到的4-叔丁基-6-氯嘧啶、3.63g的3,5-二甲基苯硼酸、2.48g的碳酸钠、0.10g的双(三苯基膦)二氯化钯(II)(Pd(PPh3)2Cl2)、20mL的水、20mL的DMF放入到安装有回流管的回收烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。对该反应容器照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。在此，进一步将0.90g的3,5-二甲基苯硼酸、0.64g的碳酸钠、0.025g的Pd(PPh3)2Cl2放入到烧瓶中，并用氩对混合物进行15分钟的鼓泡。对该反应容器再次照射60分钟的微波(2.45GHz，100W)来进行加热。然后，在该溶液中加水，使用二氯甲烷萃取有机层。将所得到的有机层使用水、饱和食盐水洗涤且使用硫酸镁干燥。在干燥之后，过滤溶液。蒸馏而去除该溶液的溶剂，并利用二氯甲烷:乙酸乙酯＝10:1的展开溶剂的硅胶柱色谱法精炼所得到的残渣，来得到目的物的嘧啶衍生物HtBudmppm(简称)(淡黄色油，收率为96％)。此外，使用微波合成装置(CEM公司制造，Discover)照射微波。以(k-3)示出步骤3的合成方案。

[0685] 

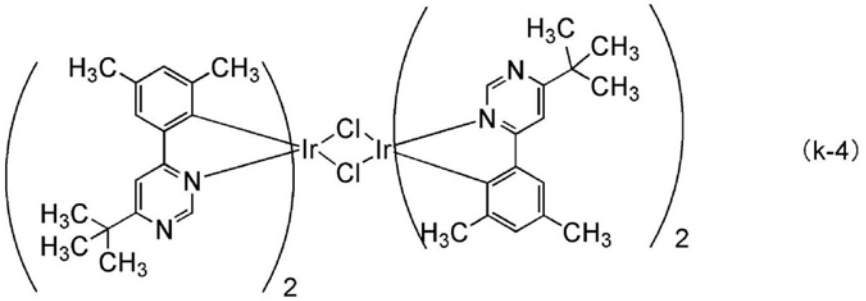
(k-3)

[0686] <步骤4:二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[6-叔丁基-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}二铱(III)(简称:[Ir(tBudmppm)$_2$Cl]$_2$)的合成>

[0687] 接着,将30mL的2-乙氧基乙醇、10mL的水、2.69g的通过步骤3得到的HtBudmppm(简称)、1.48g的氯化铱水合物($IrCl_3 \cdot H_2O$)(西格玛奥德里奇公司制造)放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,100W)1小时,而使其起反应。在蒸馏而去除溶剂之后,将所得到的残渣使用乙醇抽滤并洗涤,而得到双核配合物[Ir(tBudmppm)$_2$Cl]$_2$(简称)(绿色粉末,收率为62%)。以(k-4)示出步骤4的合成方案。



[0688]



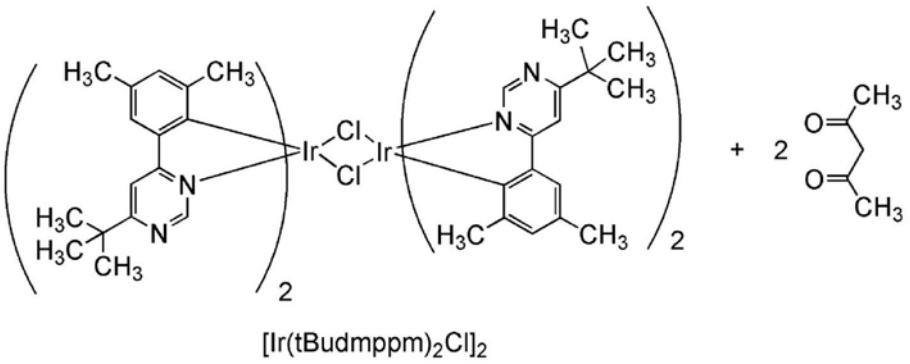
(k-4)

[Ir(tBudmppm)$_2$Cl]$_2$

[0689] <步骤5:双{4,6-二甲基-2-[6-叔丁基-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ^2O,O')铱(III)(简称:[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)])的合成>

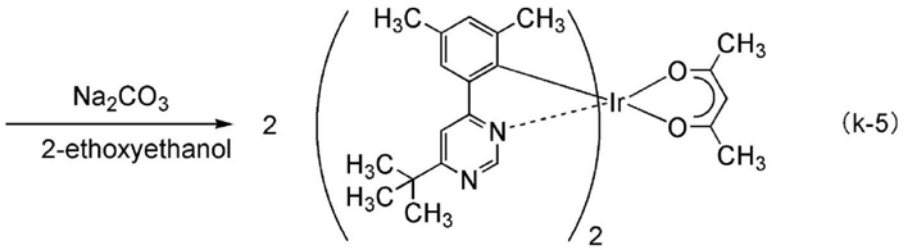
[0690] 并且,将30mL的2-乙氧基乙醇、0.98g的通过步骤4得到的双核配合物[Ir(tBudmppm)$_2$Cl]$_2$(简称)、0.21g的乙酰丙酮(简称:Hacac)以及0.73g的碳酸钠放入到安装有回流管的回收烧瓶中,并利用氩气置换烧瓶内。然后,照射微波(2.45GHz,200W)60分钟。在此,添加0.21g的Hacac(简称),并再次照射60分钟的微波(2.45GHz,100W)来进行加热。蒸馏

而去除溶剂，并使用乙醇抽滤所得到的残渣。使用水、乙醇洗涤所得到的固体。将所得到的固体溶解于二氯甲烷中，经过依次层叠硅藻土、矾土、硅藻土的助滤材进行过滤。之后，使用二氯甲烷和乙醇的混合溶剂使该固体再结晶，而得到本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)](简称)作为黄橙色粉末(收率为61％)。以(k-5)示出步骤5的合成方案。



[Ir(tBudmppm)$_2$Cl]$_2$

[0691]



(106)

[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)]

[0692] 以下示出利用核磁共振法(^{1}H-NMR)分析通过步骤5得到的黄橙色粉末的结果。图66示出^{1}H-NMR谱。由此可知，在合成实例11中得到了以结构式(106)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物[Ir(tBudmppm)$_2$(acac)](简称)。

[0693] ^{1}H-NMR.δ(CDCl$_3$)：1.38(s,6H)，1.46(s,18H)，1.69(s,6H)，2.26(s,6H)，5.17(s,1H)，6.55(s,2H)，7.43(s,2H)，7.71(s,2H)，8.87(s,2H)。

[0694] 附图标记说明

[0695] 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：开关用

TFT,512:电流控制用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,1100:衬底,1101:第一电极,1102:EL层,1103:第二电极,1111:空穴注入层,1112:空穴传输层,1113:发光层,1114:电子传输层,1115:电子注入层,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:指向装置,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,9639:切换按钮。

[0696] 本申请基于2011年12月23日提交到日本专利局的日本专利申请No.2011-282465,通过引用将其完整内容并入在此。

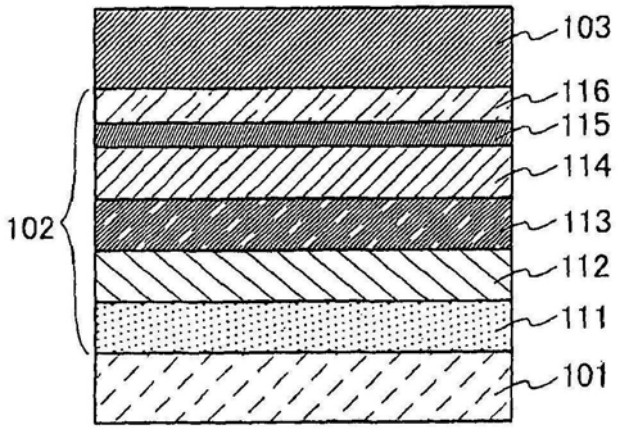

103
116
115
114
113
112
111
101
102

图1

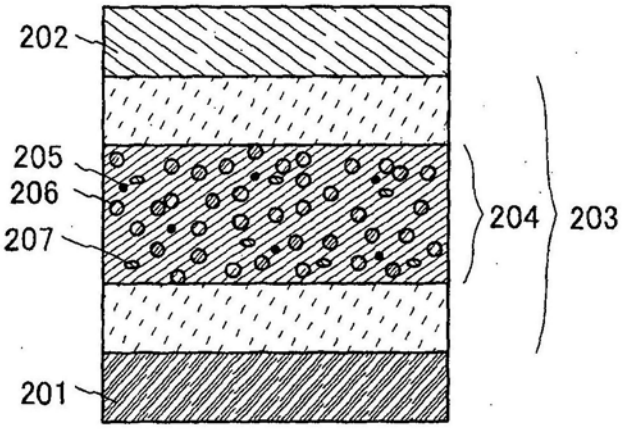

202
205
206
207
204
203
201

图2

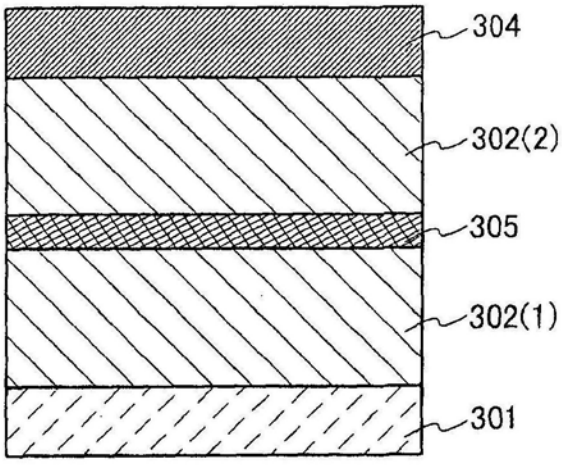

304
302(2)
305
302(1)
301

图3A

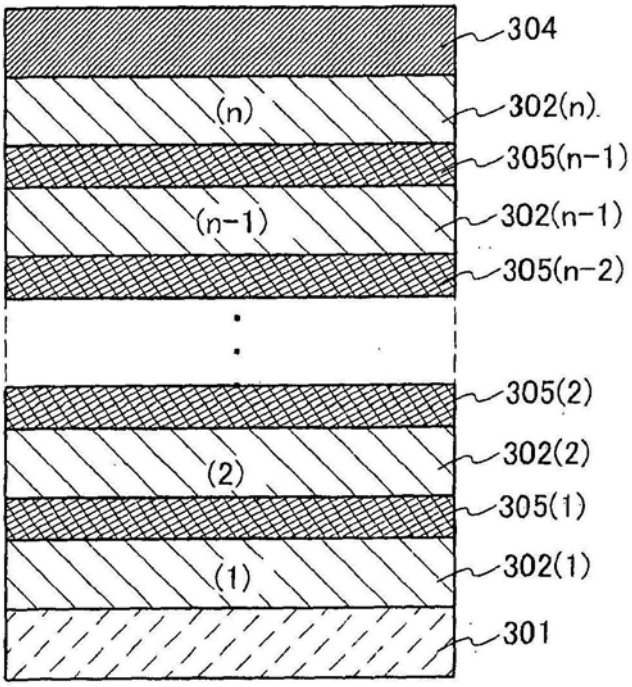

304
(n)
302(n)
305(n-1)
(n-1)
302(n-1)
305(n-2)
305(2)
(2)
302(2)
305(1)
(1)
302(1)
301

图3B

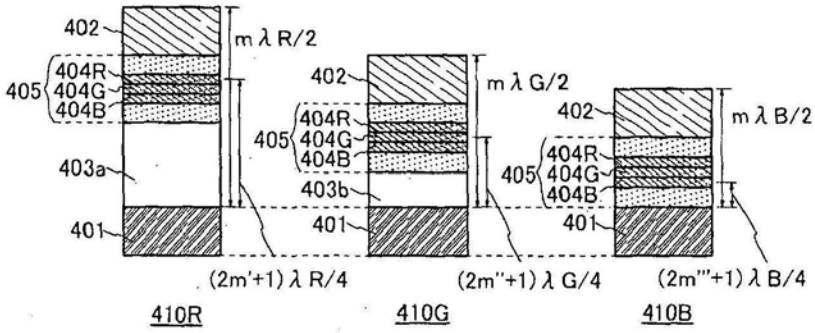

402
m λ R/2
405
404R
404G
404B
403a
401
(2m'+1) λ R/4
410R
402
m λ G/2
405
404R
404G
404B
403b
401
(2m''+1) λ G/4
410G
402
m λ B/2
405
404R
404G
404B
401
(2m'''+1) λ B/4
410B

图4

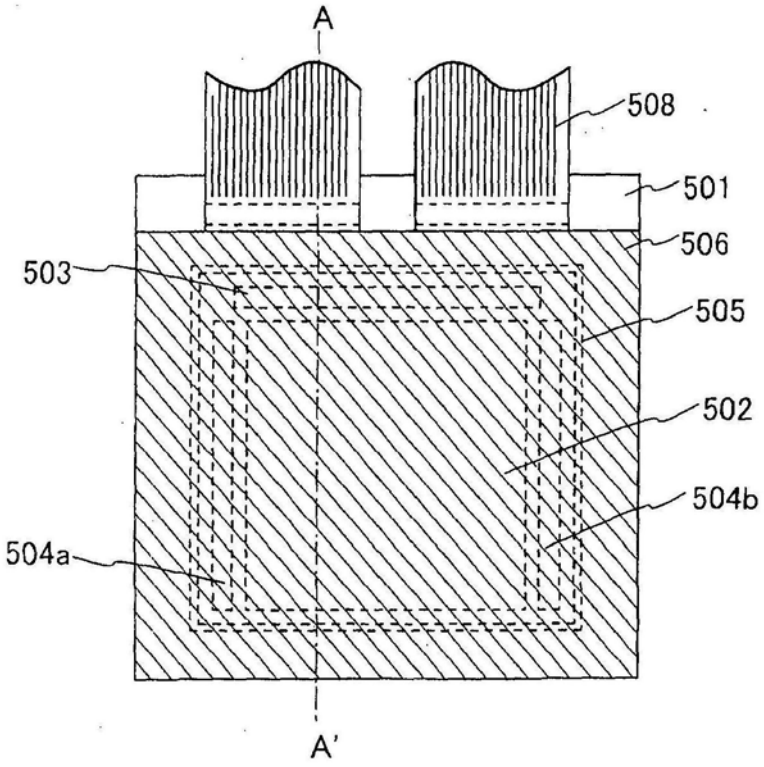

A
508
501
506
503
505
502
504b
504a
A'

图5A

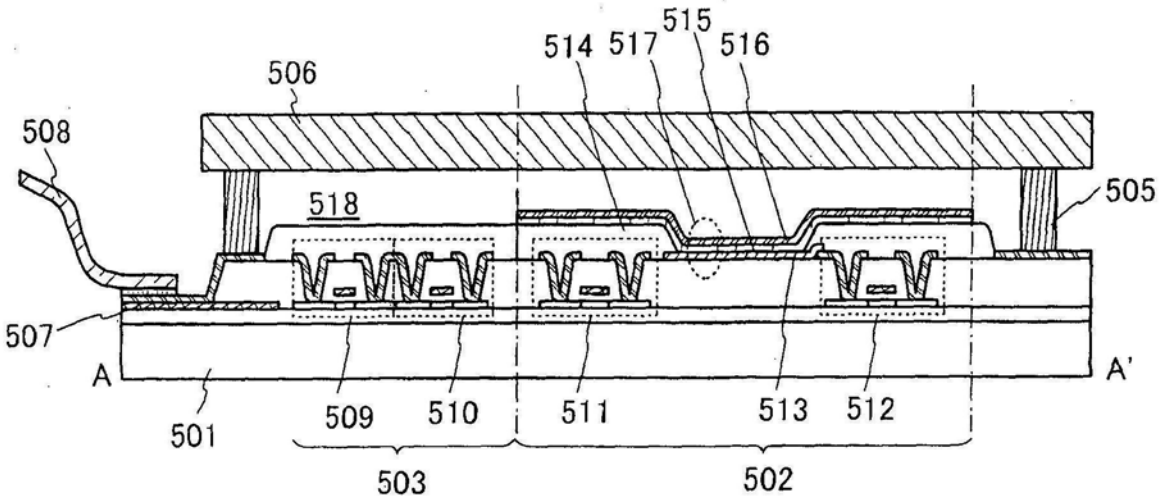

514
517
515
516
506
508
518
505
507
A
A'
501
509
510
511
513
512
503
502

图5B

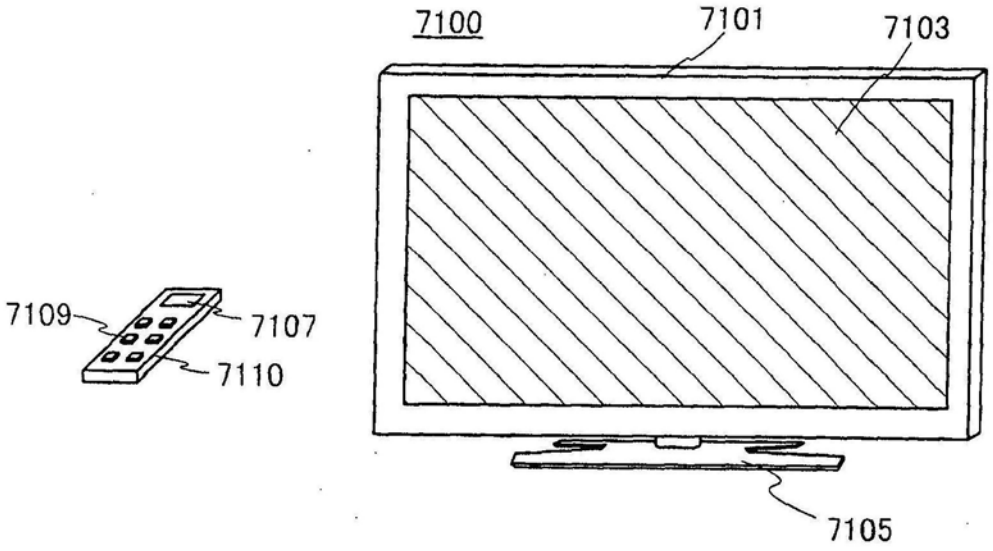

7100
7101
7103
7109
7107
7110
7105

图6A

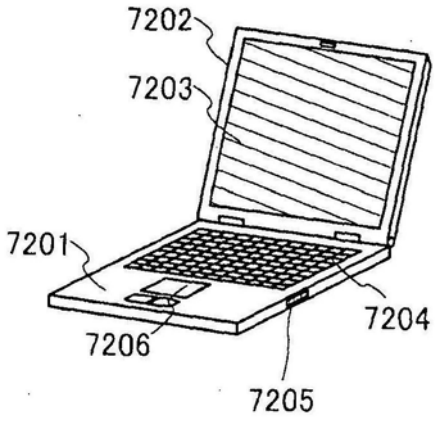

7202
7203
7201
7204
7206
7205

图6B

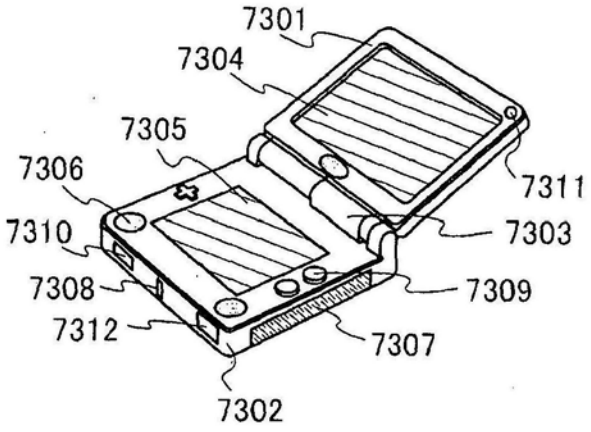

7301
7304
7305
7306
7311
7310
7303
7308
7309
7312
7307
7302

图6C

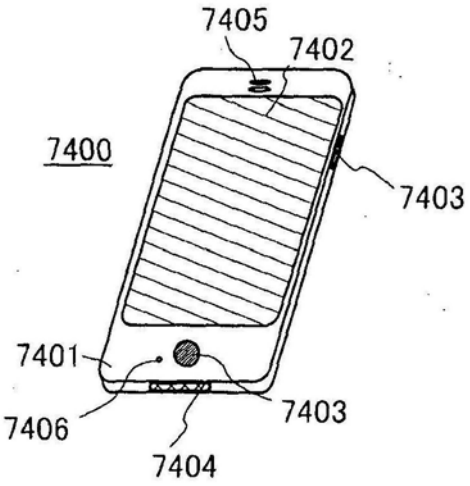

7405
7402
7400
7403
7401
7403
7406
7404

图6D

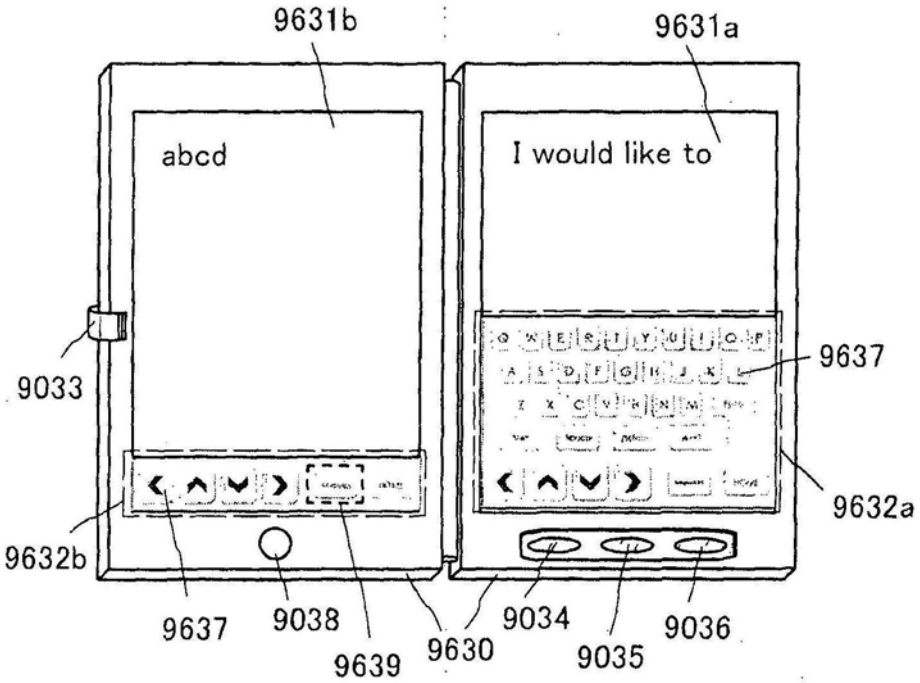

9631b
9631a
abcd
I would like to
9033
9637
9632a
9632b
9637
9038
9639
9630
9034
9035
9036

图7A

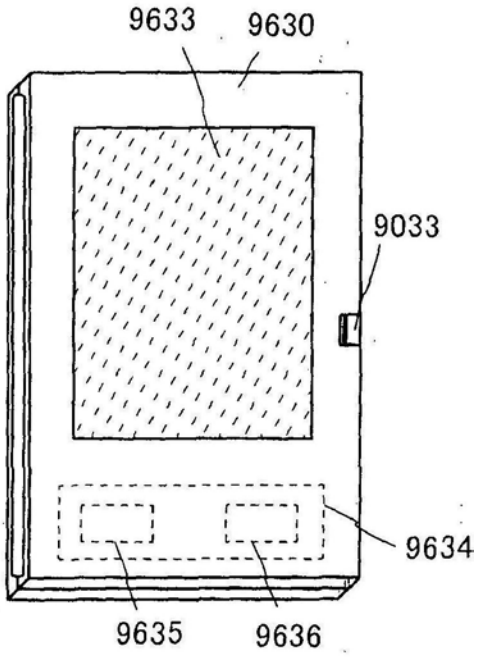

9633
9630
9033
9634
9635
9636

图7B

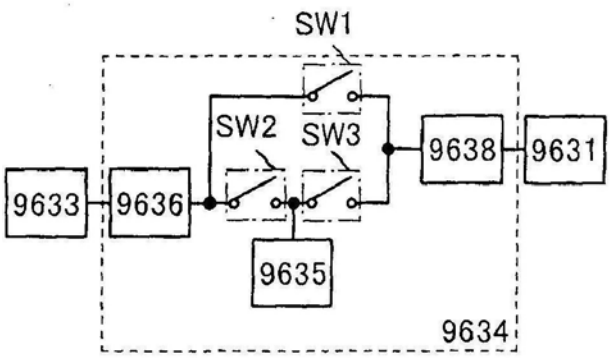

SW1
SW2
SW3
9638
9631
9633
9636
9635
9634

图7C

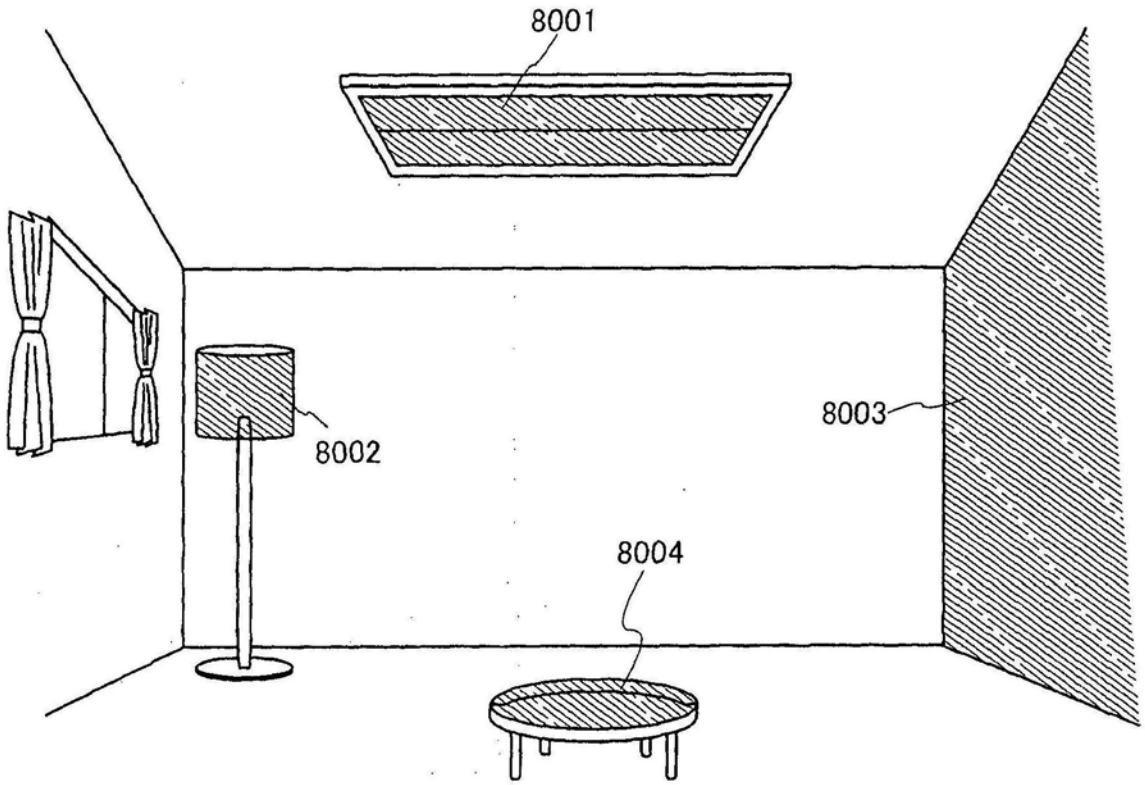


图8

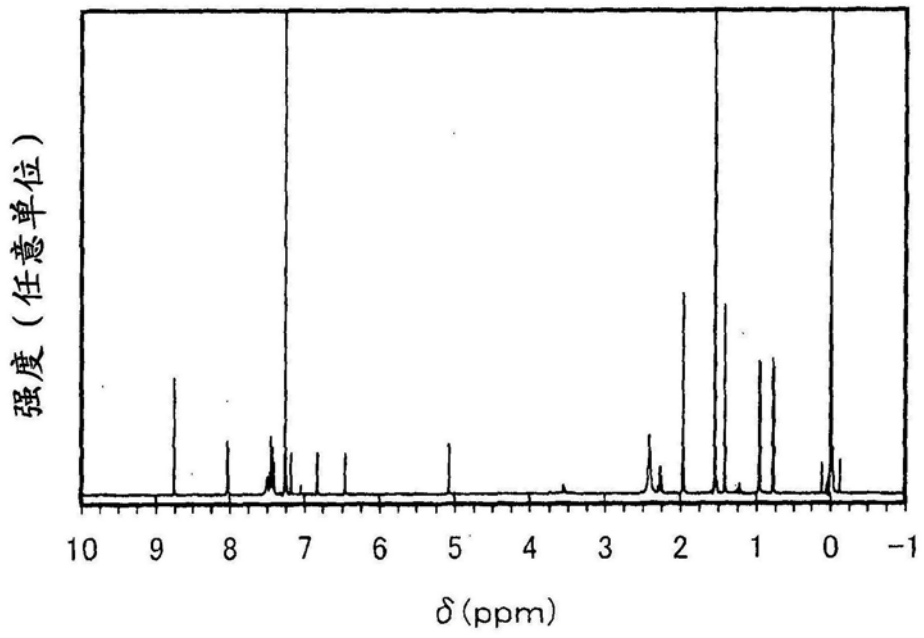


图9

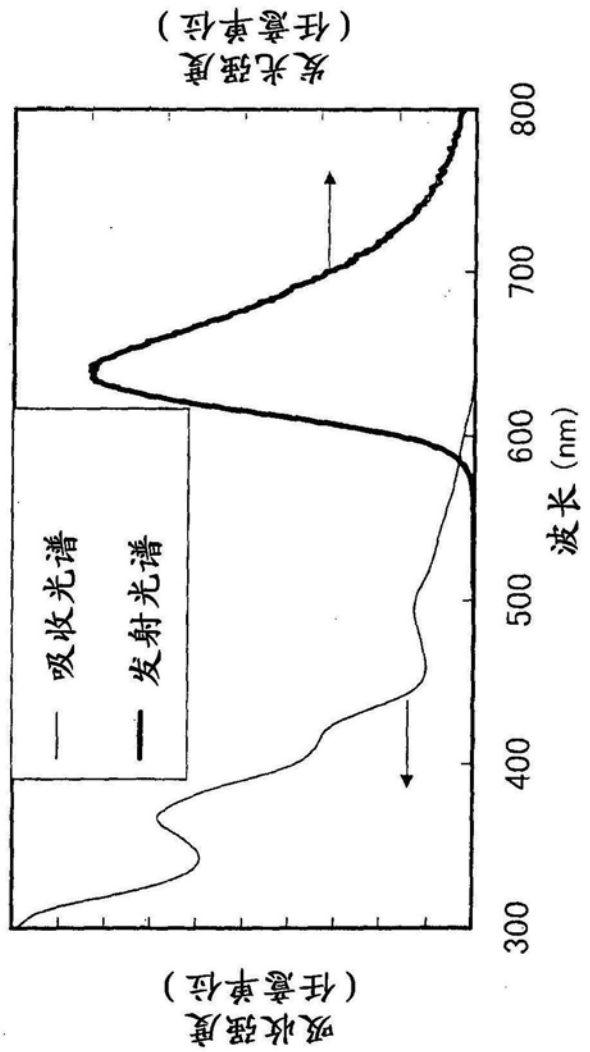


图10

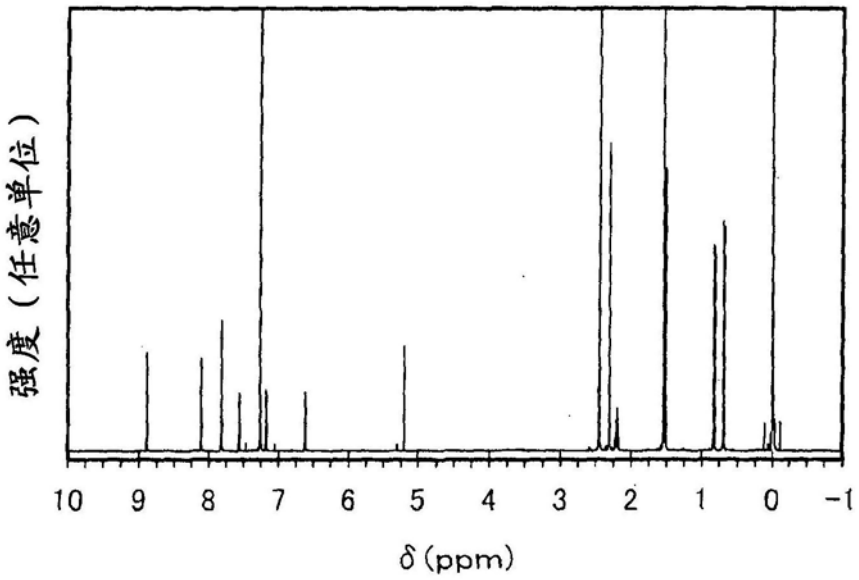


图11

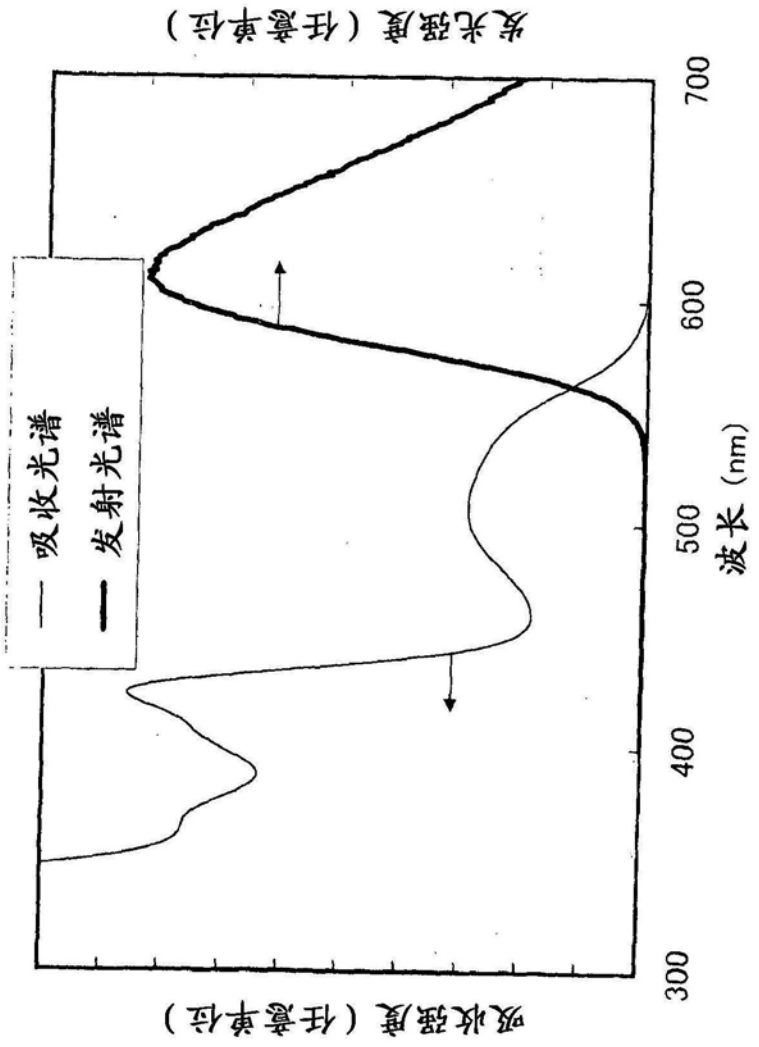


图12

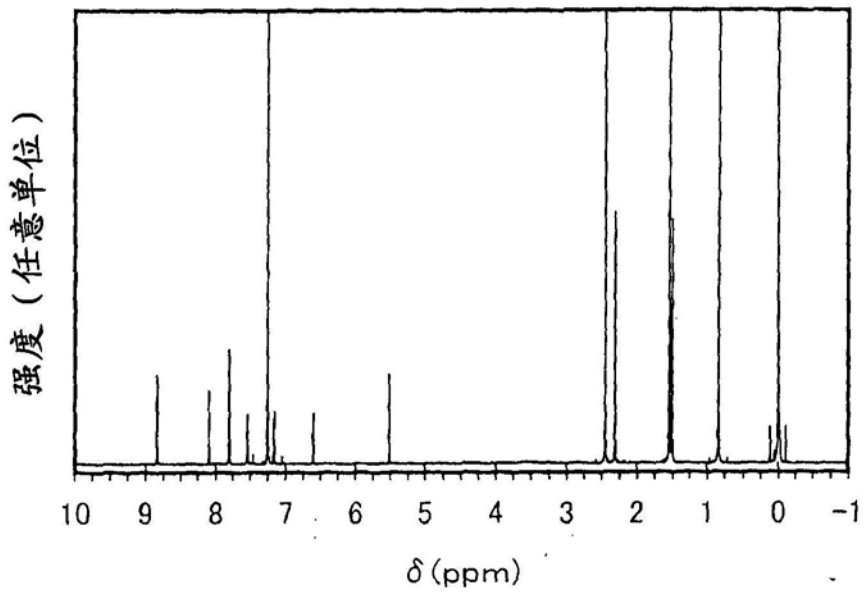

强度（任意单位）
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
−1
δ(ppm)

图13

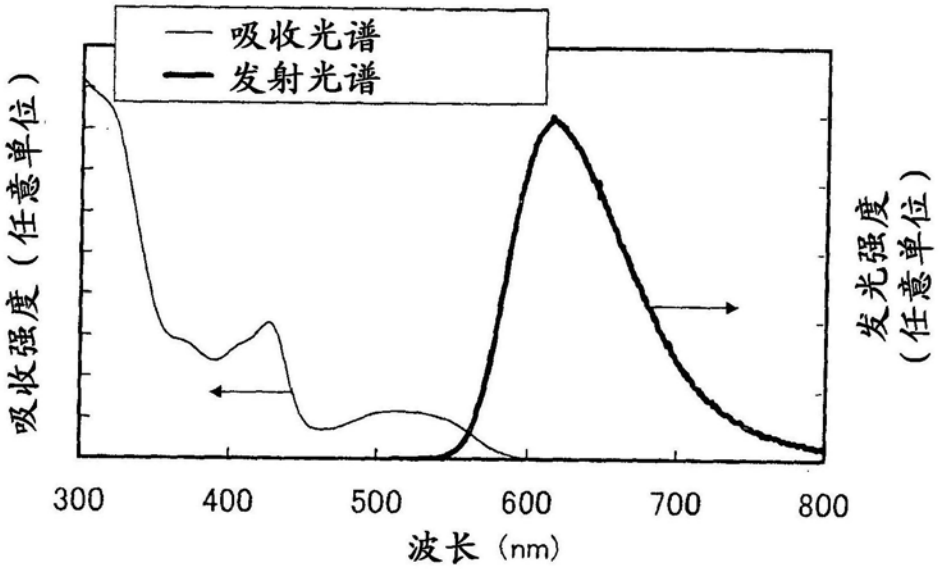

吸收光谱
发射光谱
吸收强度（任意单位）
发光强度（任意单位）
300
400
500
600
700
800
波长（nm）

图14

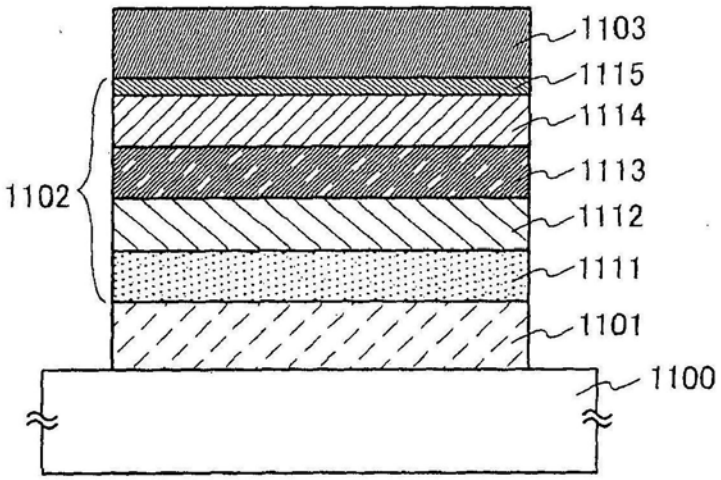

1103
1115
1114
1113
1112
1111
1101
1100
1102

图15

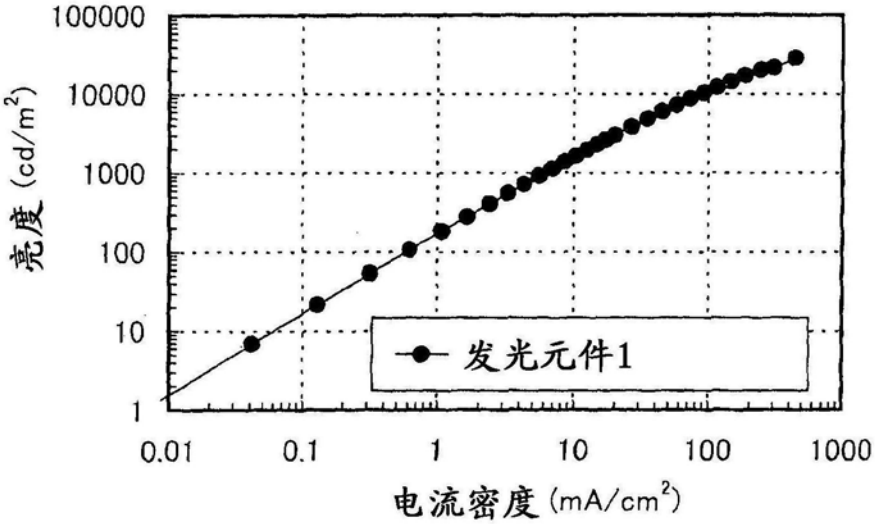

100000
10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
电流密度 (mA/cm²)
发光元件1

图16

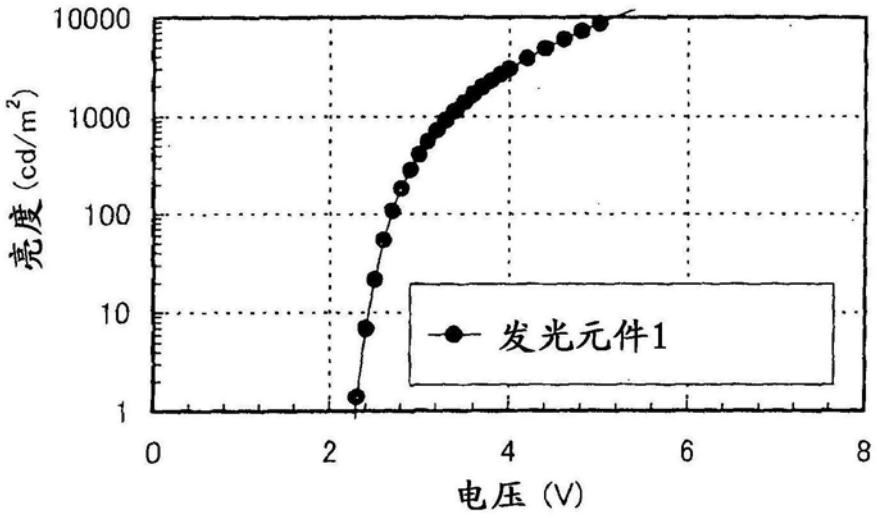

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件1

图17

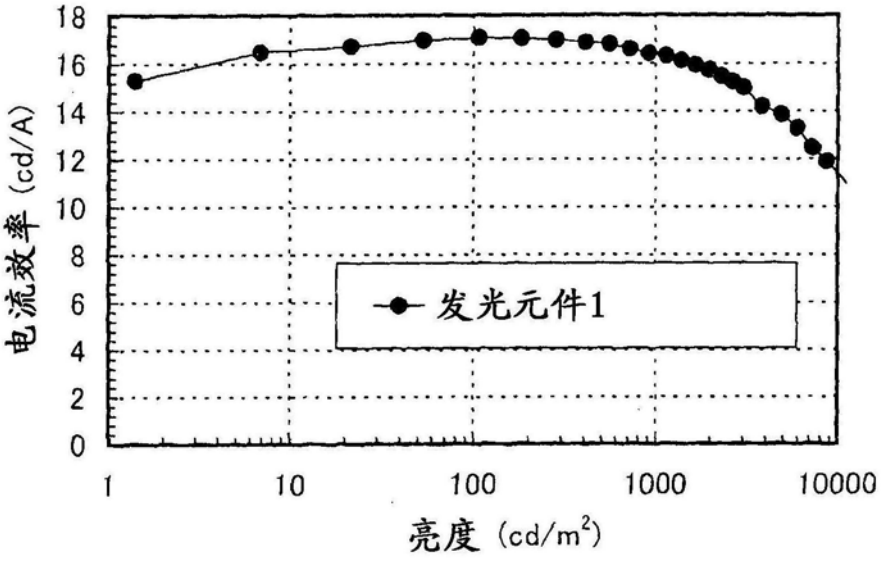

18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
电流效率 (cd/A)
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件1

图18

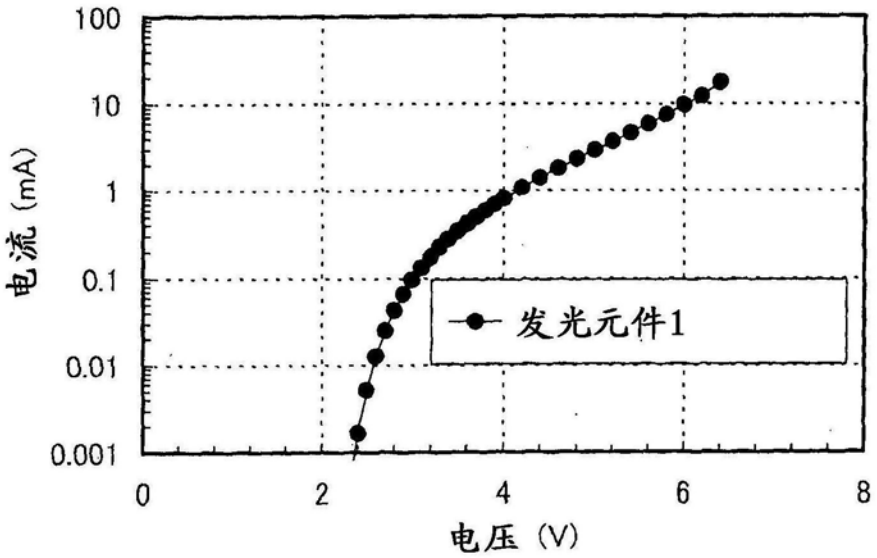

100
10
1
0.1
0.01
0.001
电流（mA）
0
2
4
6
8
电压（V）
发光元件1

图19

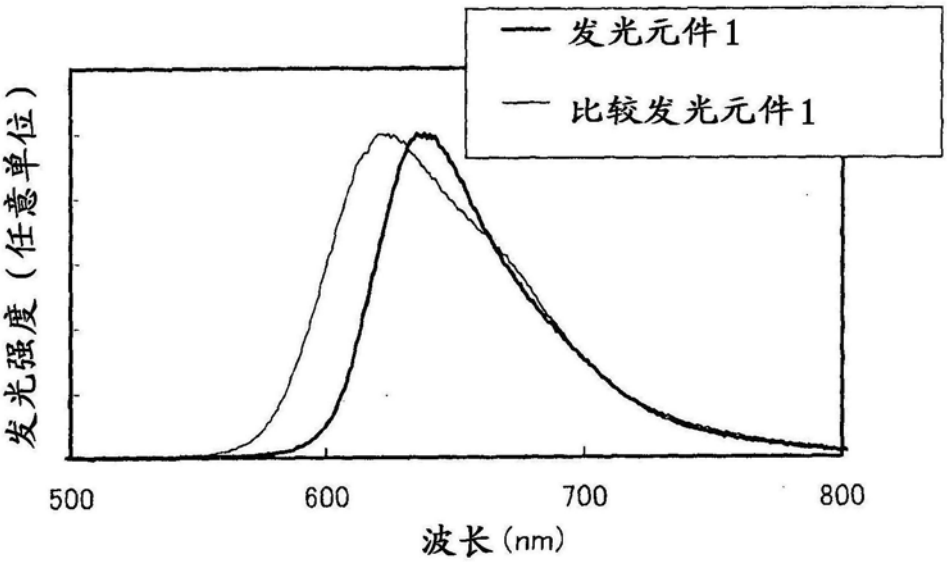

发光元件1
比较发光元件1
发光强度（任意单位）
500
600
700
800
波长（nm）

图20

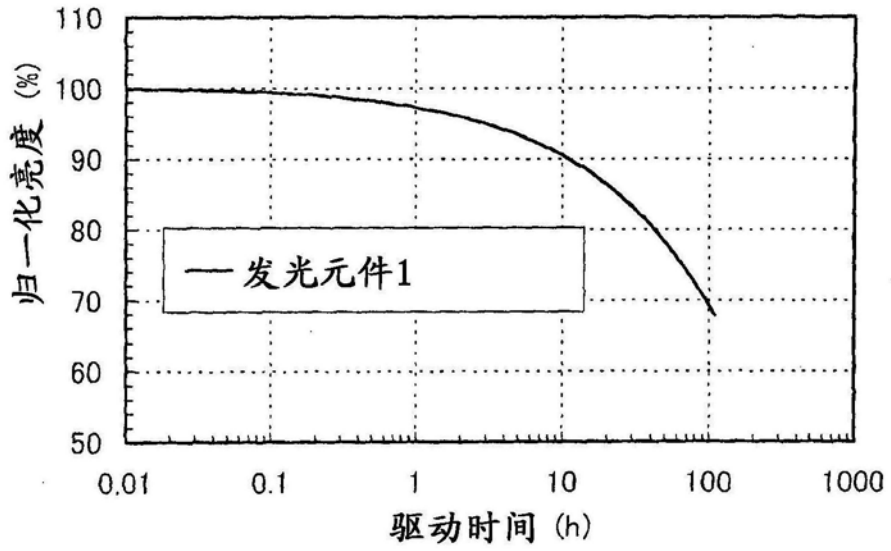

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度 (%)
发光元件1
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间 (h)

图21

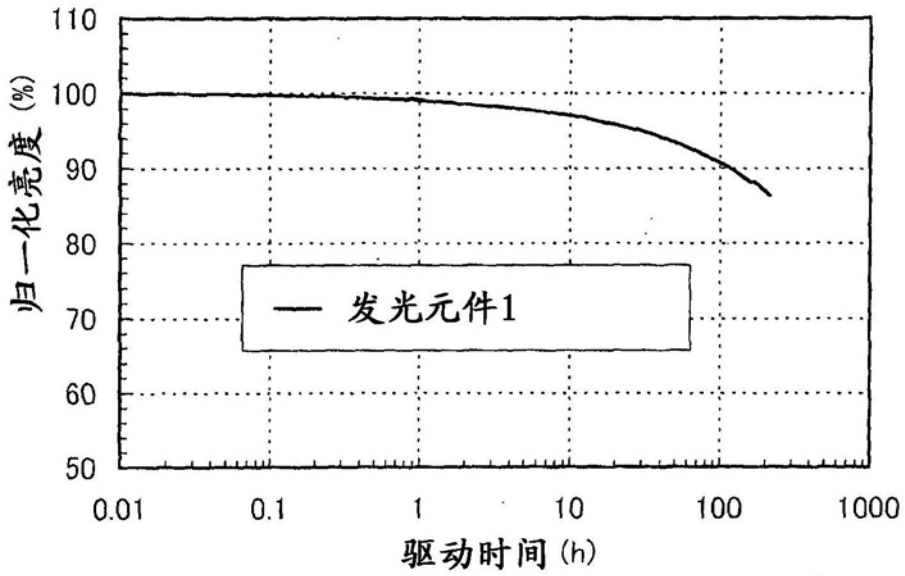

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度 (%)
发光元件1
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间 (h)

图22

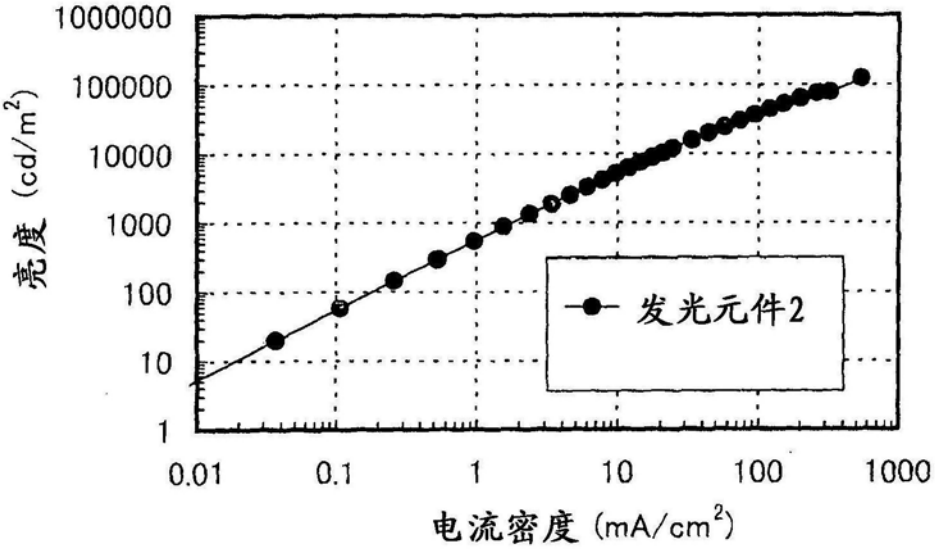

1000000
100000
10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
电流密度 (mA/cm²)
发光元件2

图23

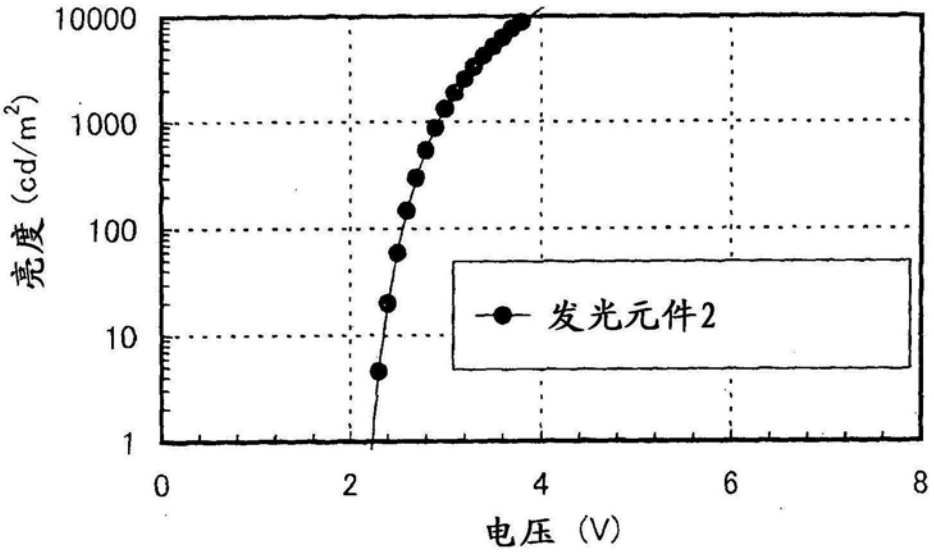

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件2

图24

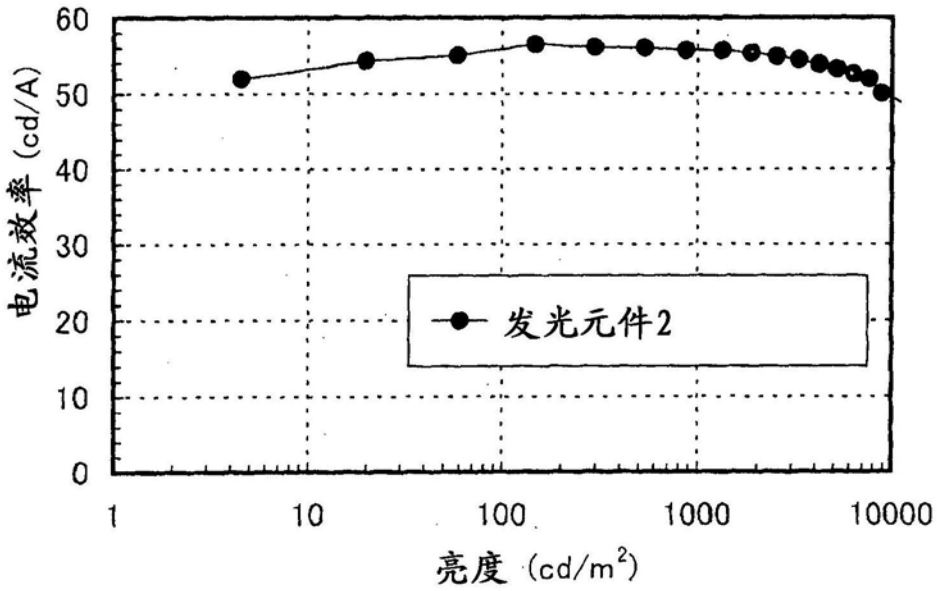

电流效率 (cd/A)
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件2

图25

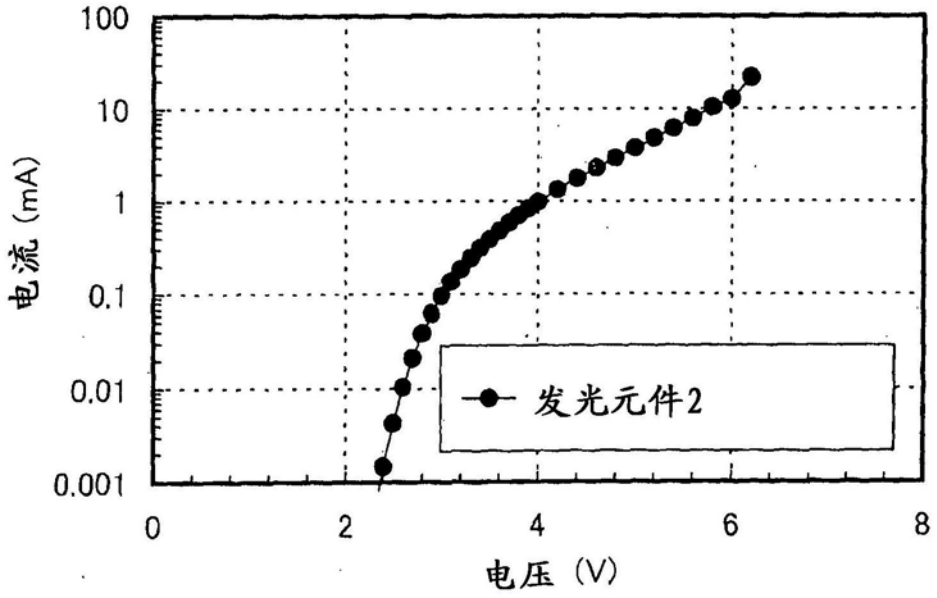

电流 (mA)
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件2

图26

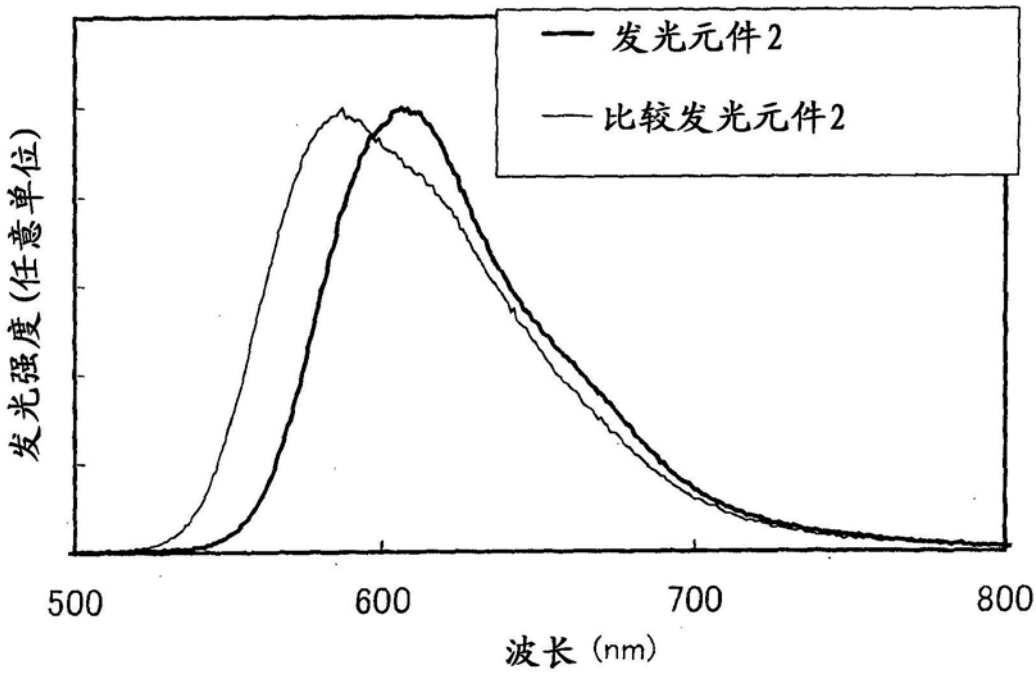

发光元件2
比较发光元件2
发光强度(任意单位)
500
600
700
800
波长 (nm)

图27

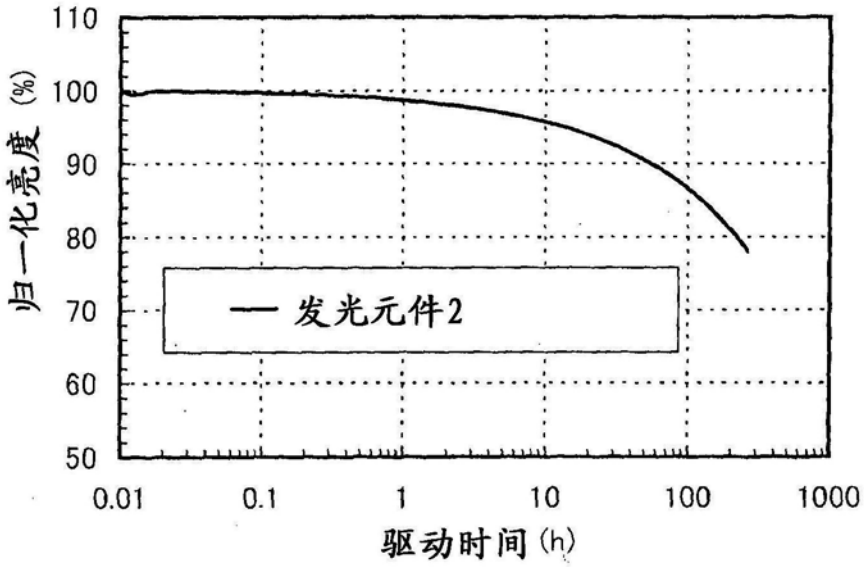

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度 (%)
发光元件2
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间 (h)

图28

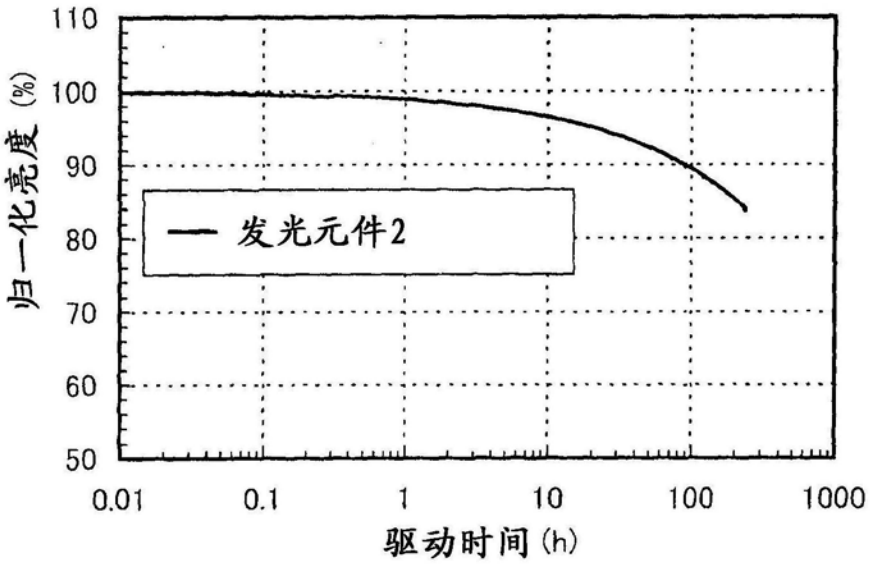

归一化亮度 (%)
110
100
90
80
70
60
50
发光元件2
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间 (h)

图29

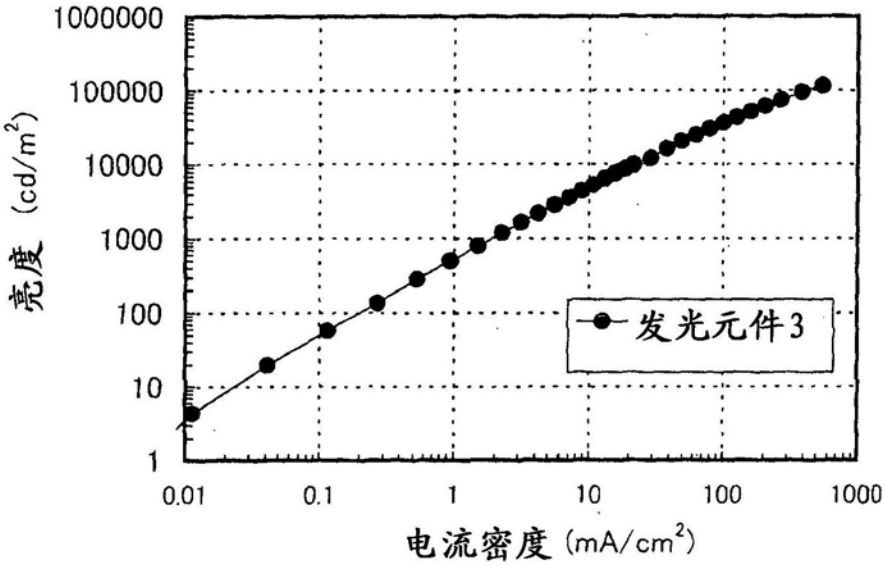

亮度 (cd/m²)
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
发光元件3
0.01
0.1
1
10
100
1000
电流密度 (mA/cm²)

图30

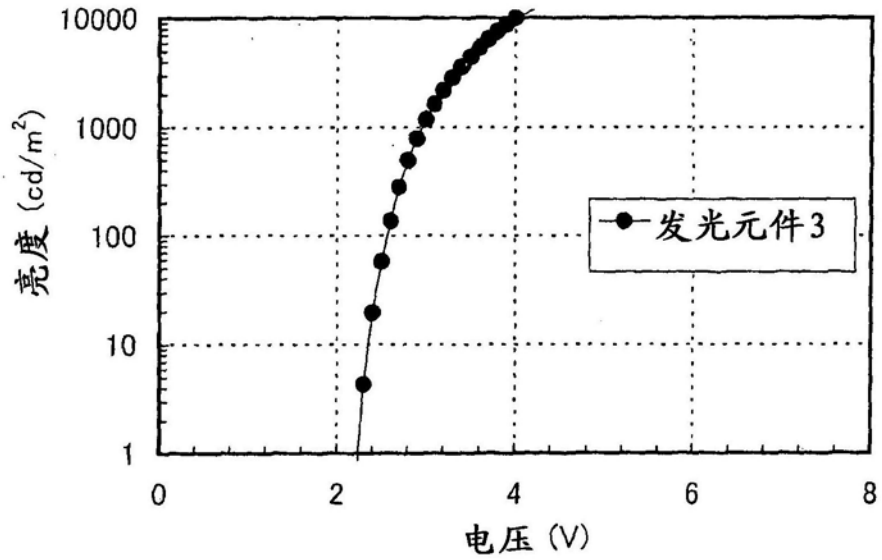

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件3

图31

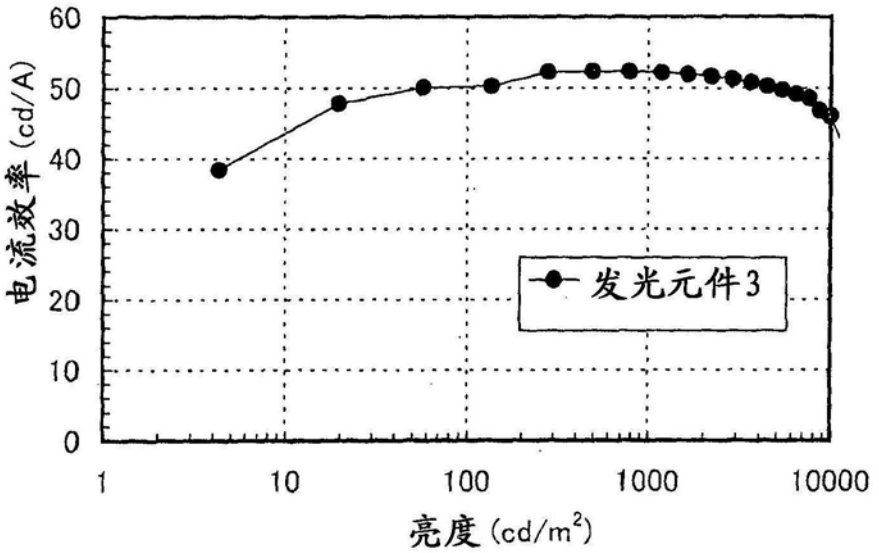

60
50
40
30
20
10
0
电流效率 (cd/A)
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件3

图32

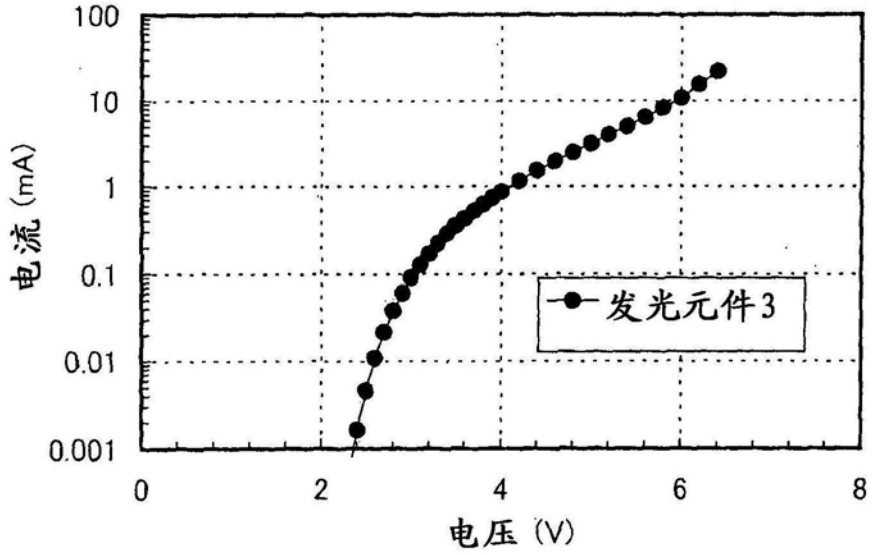

100
10
1
0.1
0.01
0.001
电流 (mA)
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件3

图33

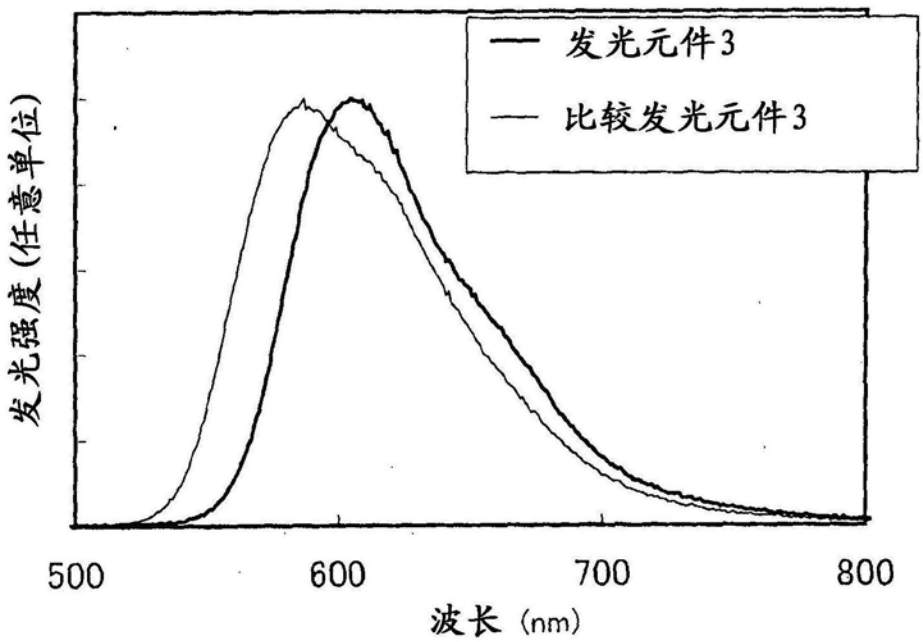

发光元件3
比较发光元件3
发光强度 (任意单位)
500
600
700
800
波长 (nm)

图34

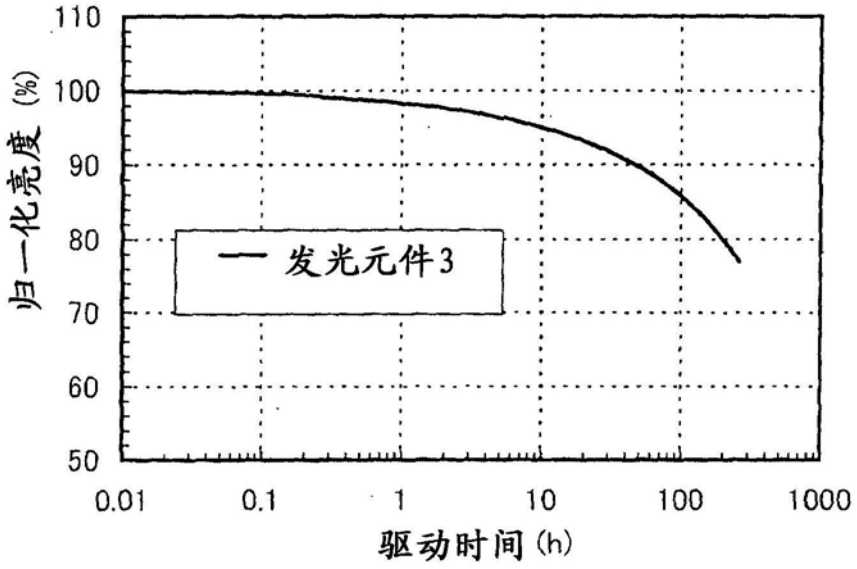

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度 (%)
发光元件3
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间 (h)

图35

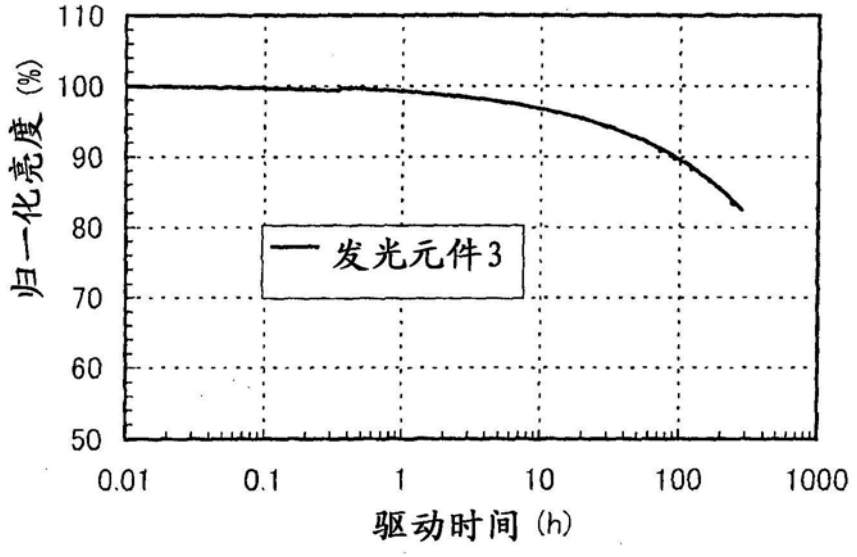

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度 (%)
发光元件3
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间 (h)

图36

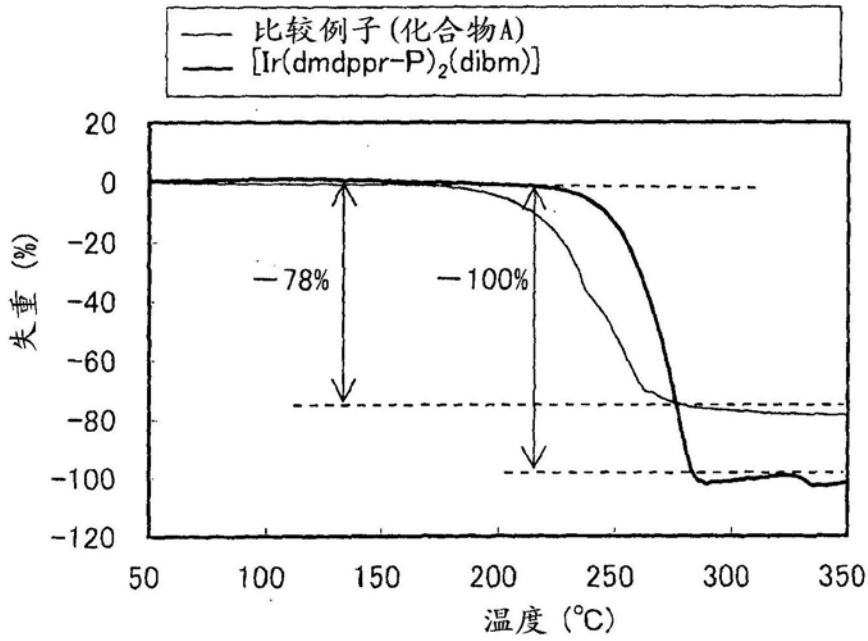

比较例子(化合物A)
[Ir(dmdppr-P)2(dibm)]
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
失重(%)
-78%
-100%
50
100
150
200
250
300
350
温度(℃)

图37

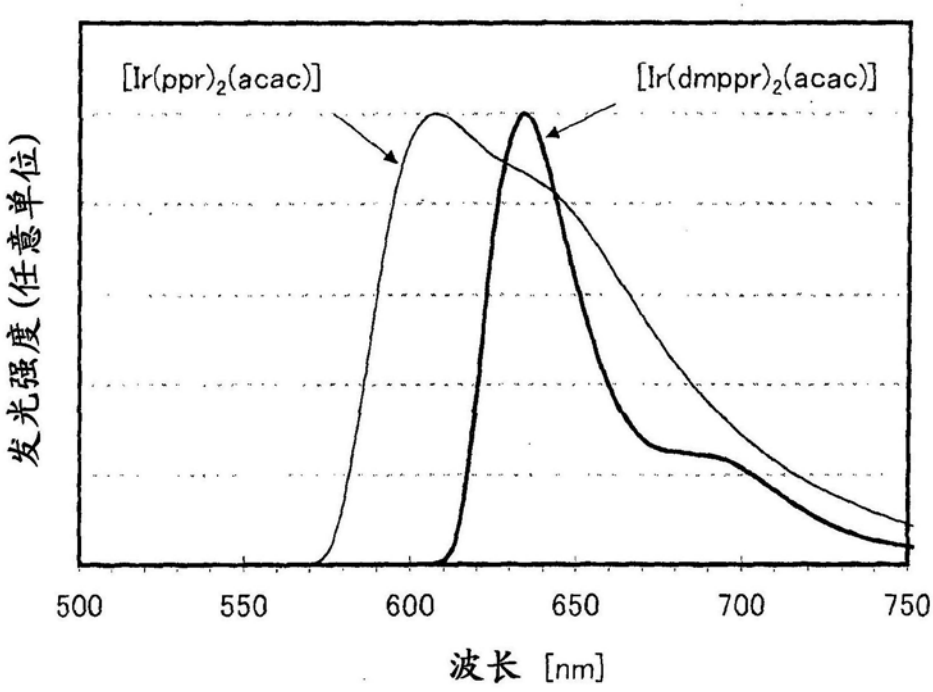

[Ir(ppr)2(acac)]
[Ir(dmppr)2(acac)]
发光强度(任意单位)
500
550
600
650
700
750
波长 [nm]

图38

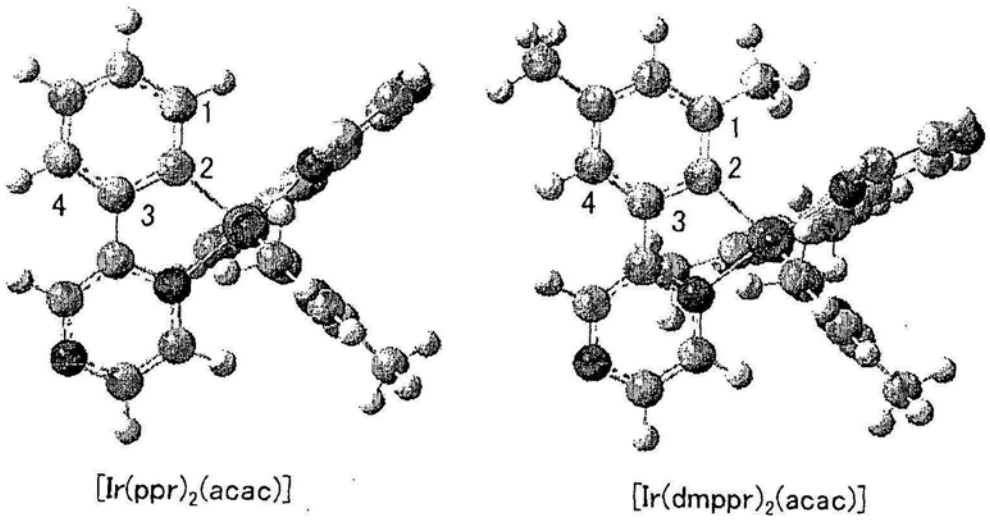

1
2
3
4
[Ir(ppr)2(acac)]
1
2
3
4
[Ir(dmppr)2(acac)]

图39

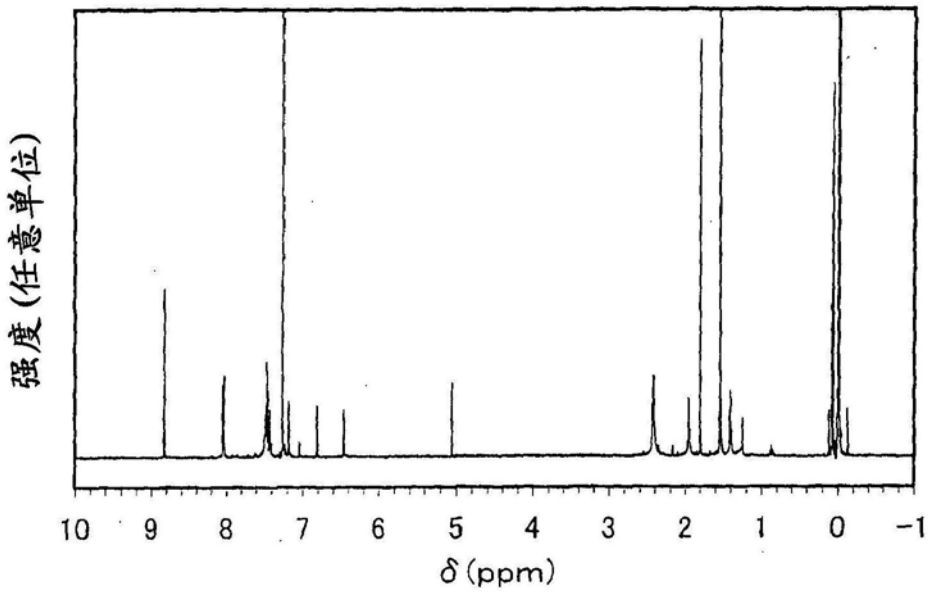

强度(任意单位)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
−1
δ(ppm)

图40

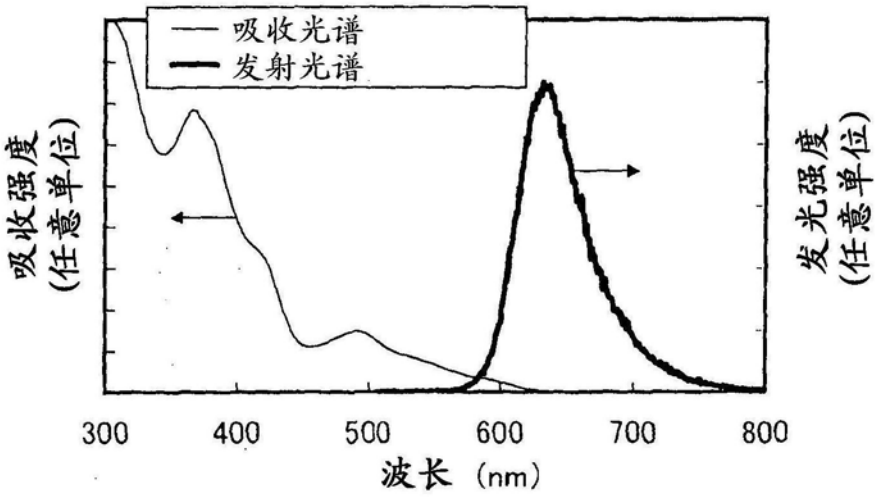

吸收光谱
发射光谱
吸收强度
(任意単位)
发光强度
(任意単位)
300
400
500
600
700
800
波长 (nm)

图41

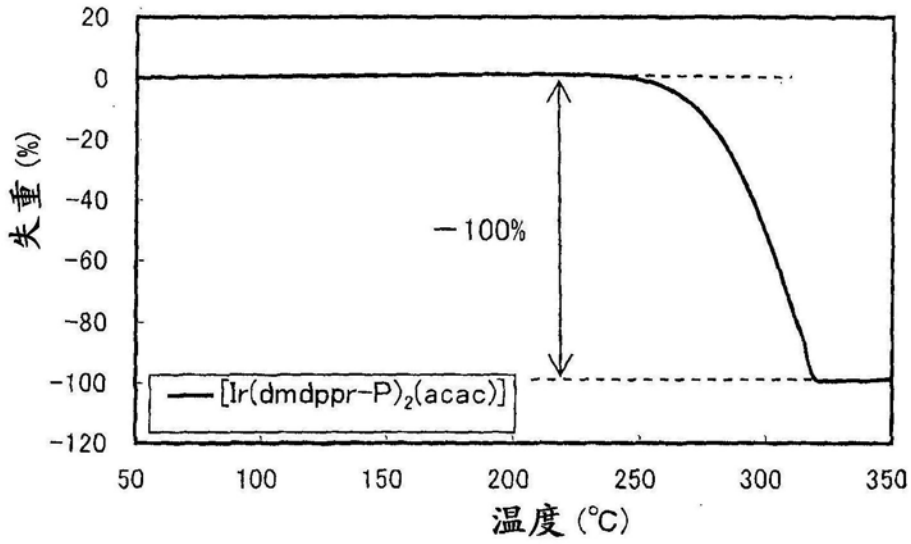

20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
失重 (%)
-100%
[Ir(dmdppr-P)2(acac)]
50
100
150
200
250
300
350
温度 (℃)

图42

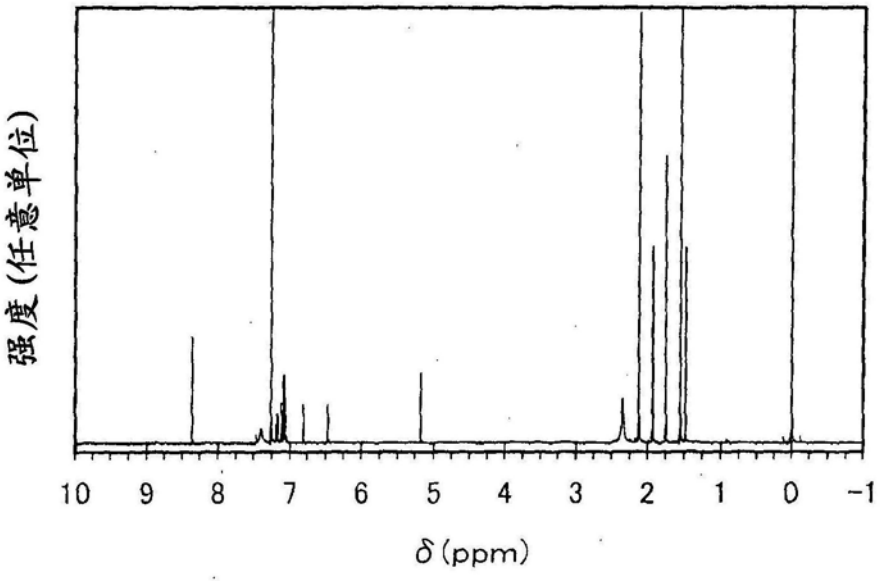

强度(任意单位)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
δ(ppm)

图43

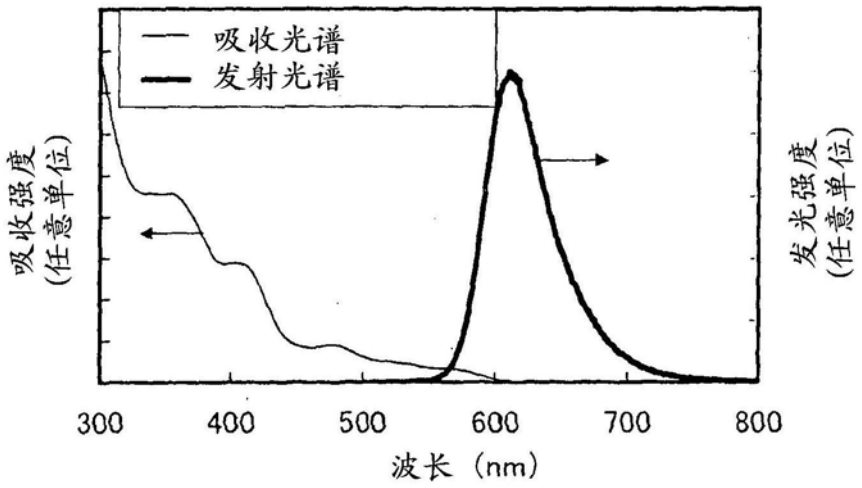

吸收光谱
发射光谱
吸收强度
(任意单位)
发光强度
(任意单位)
300
400
500
600
700
800
波长 (nm)

图44

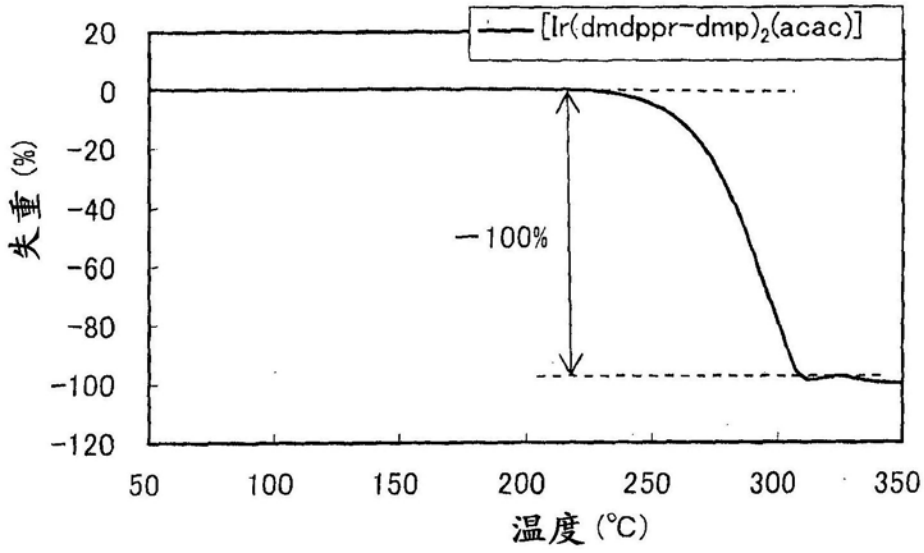

[Ir(dmdppr-dmp)2(acac)]
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
失重(%)
-100%
50
100
150
200
250
300
350
温度(℃)

图45

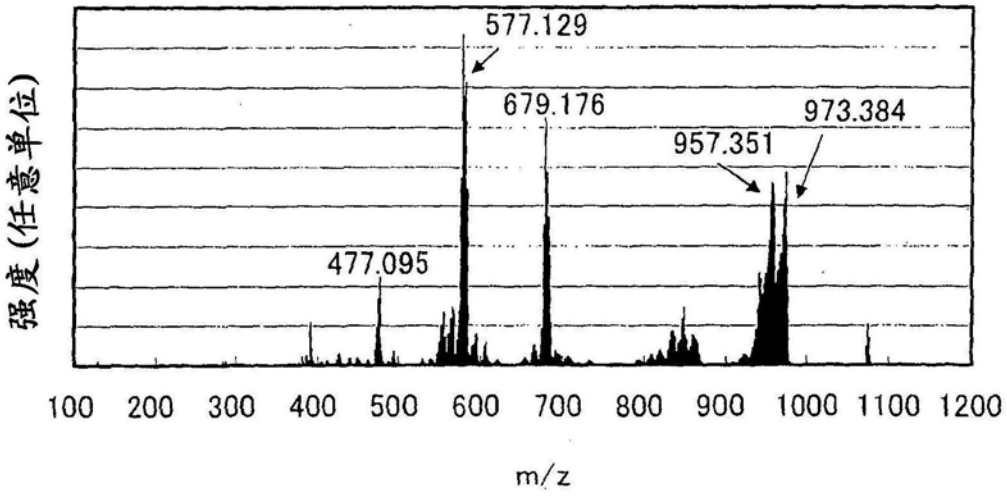

577.129
679.176
973.384
957.351
477.095
强度(任意单位)
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
m/z

图46

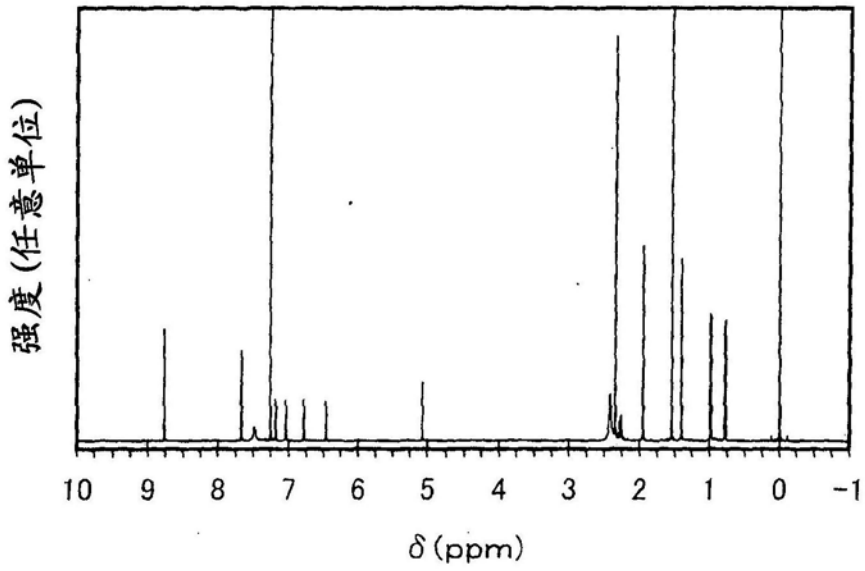

强度(任意单位)
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
δ(ppm)

图47

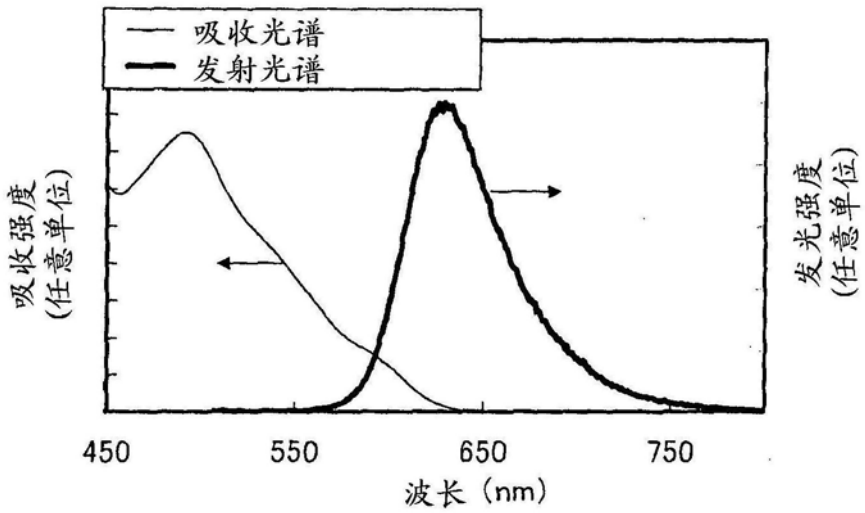

吸收光谱
发射光谱
吸收强度
(任意单位)
发光强度
(任意单位)
450
550
650
750
波长（nm）

图48

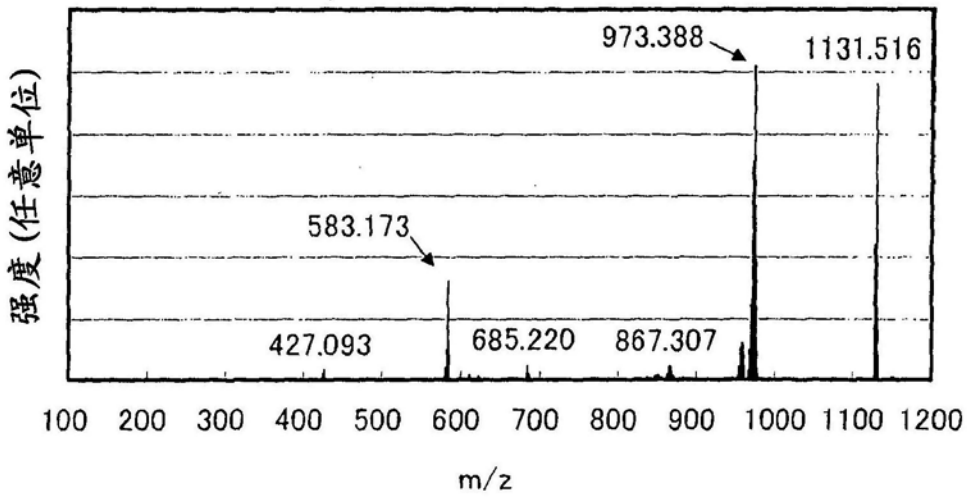

973.388
1131.516
583.173
427.093
685.220
867.307
强度(任意单位)
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200
m/z

图49

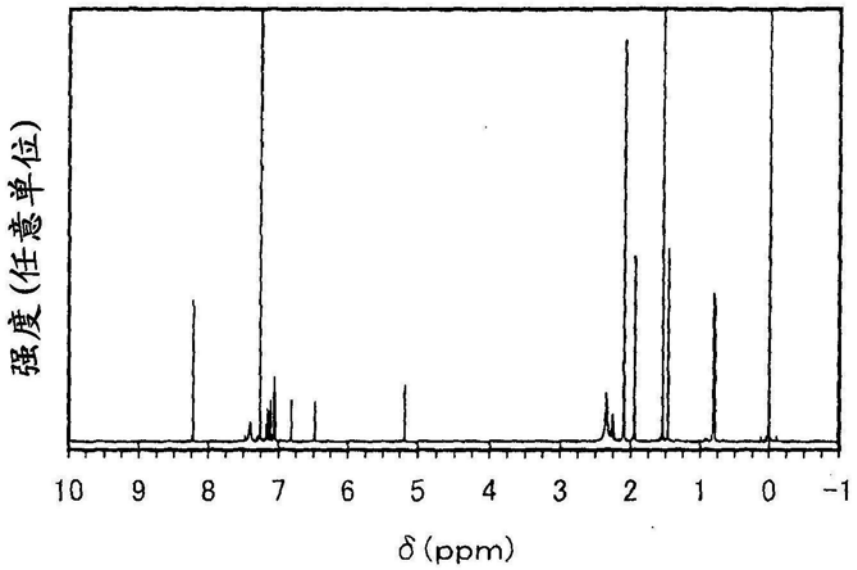

强度(任意单位)
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1
δ(ppm)

图50

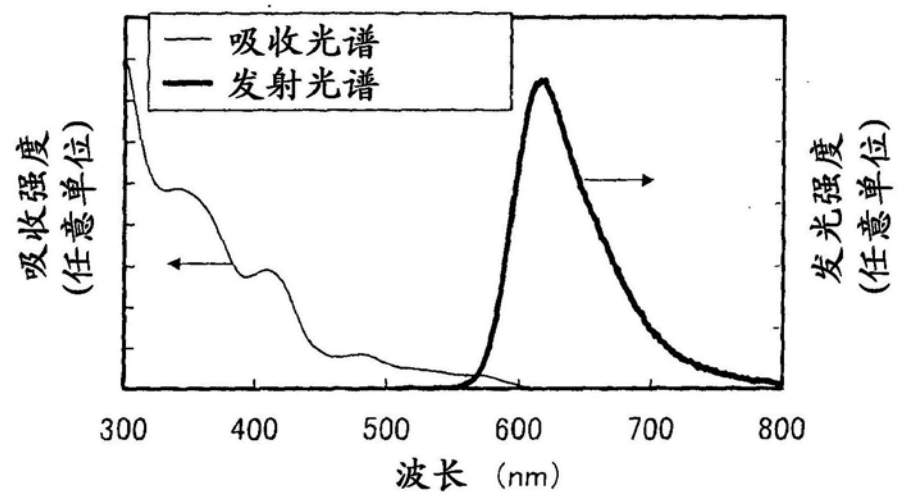

吸收光谱
发射光谱
吸收强度
(任意単位)
发光强度
(任意単位)
300
400
500
600
700
800
波长 (nm)

图51

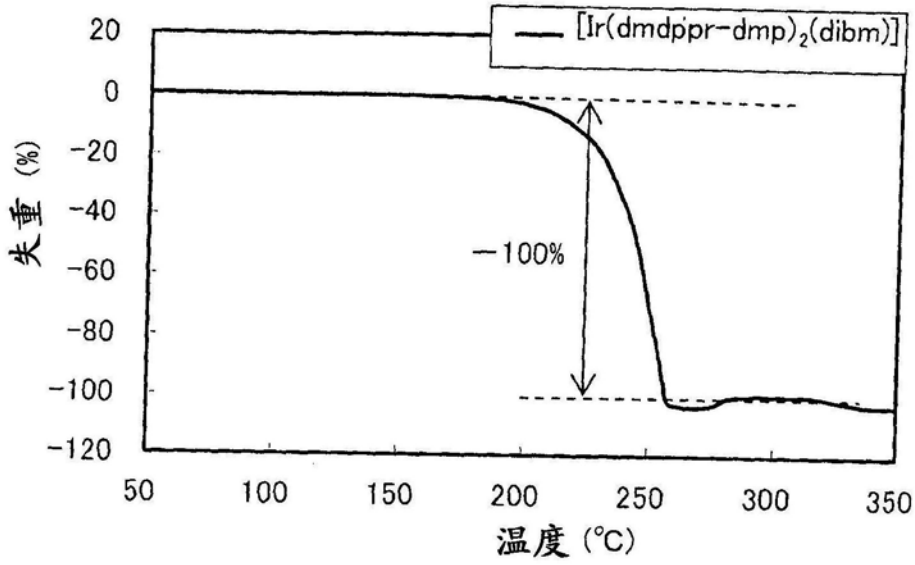

[Ir(dmdppr-dmp)2(dibm)]
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
失重 (%)
-100%
50
100
150
200
250
300
350
温度 (℃)

图52

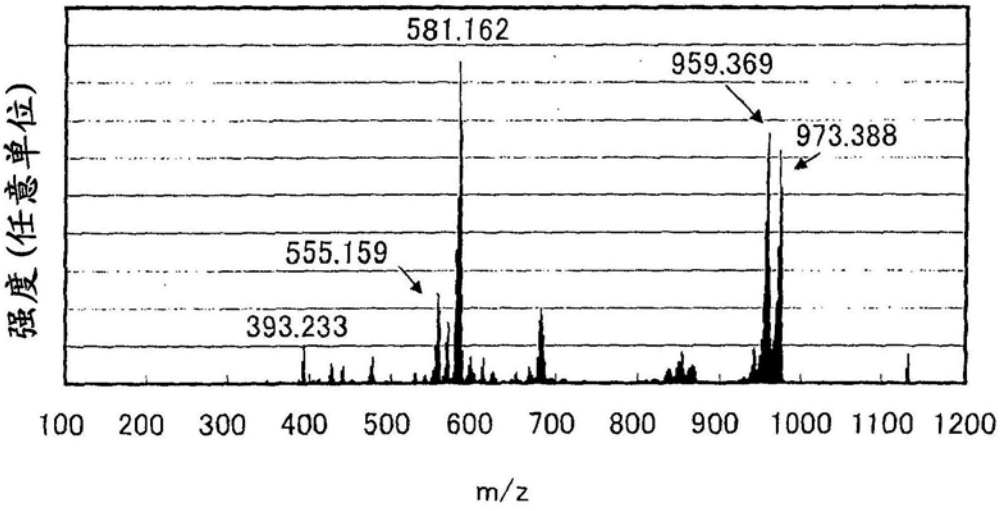

581.162
959.369
973.388
555.159
393.233
强度(任意单位)
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200
m/z

图53

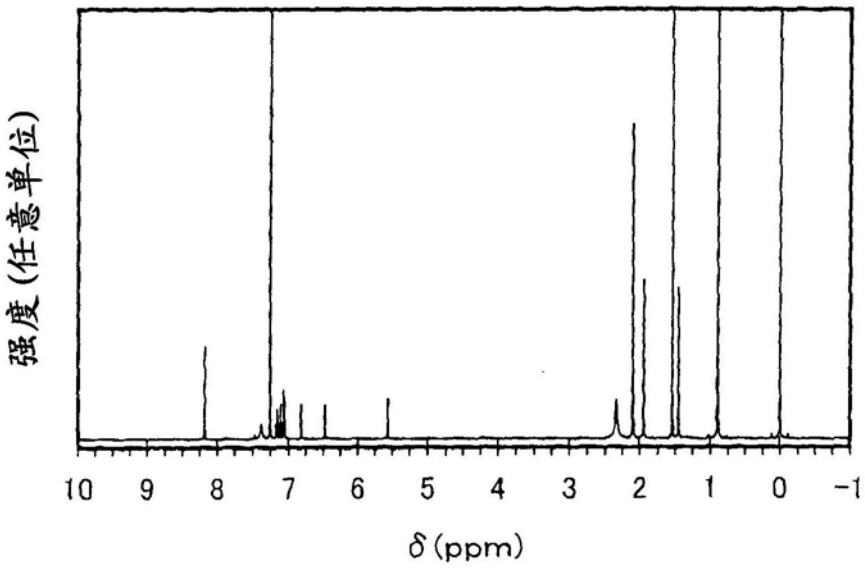

强度(任意单位)
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1
δ(ppm)

图54

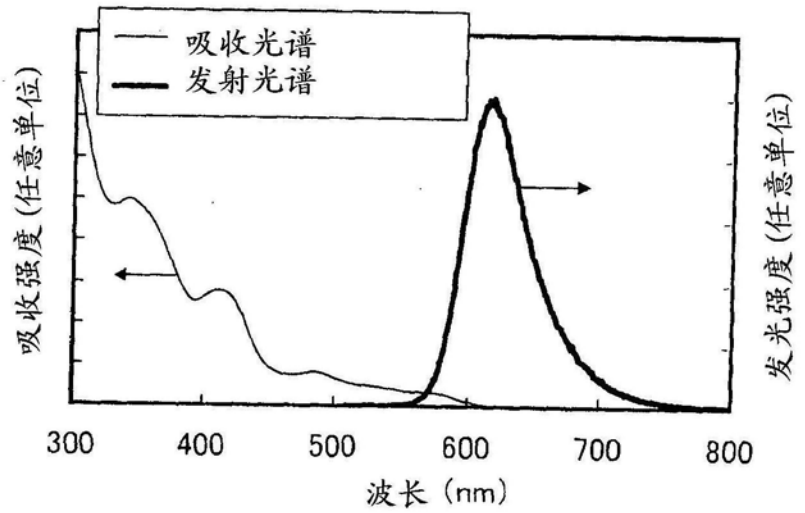

吸收光谱
发射光谱
吸收强度(任意单位)
发光强度(任意单位)
300
400
500
600
700
800
波长（nm）

图55

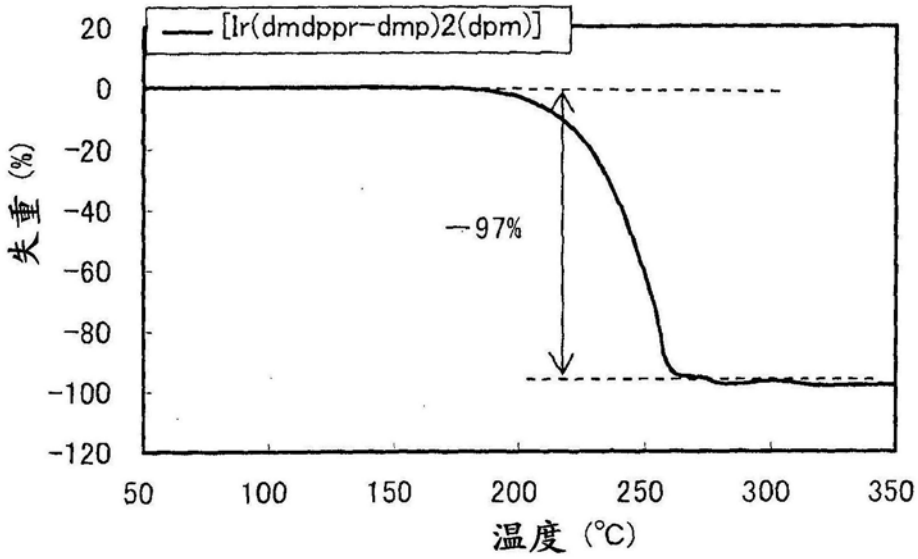

[Ir(dmdppr-dmp)2(dpm)]
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
失重(%)
-97%
50
100
150
200
250
300
350
温度（℃）

图56

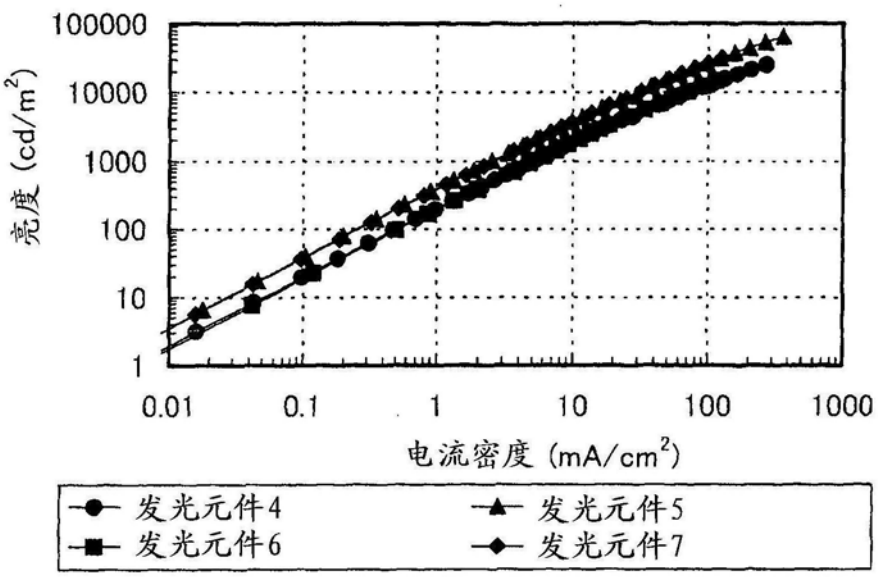

100000
10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
电流密度 (mA/cm²)
发光元件4
发光元件5
发光元件6
发光元件7

图57

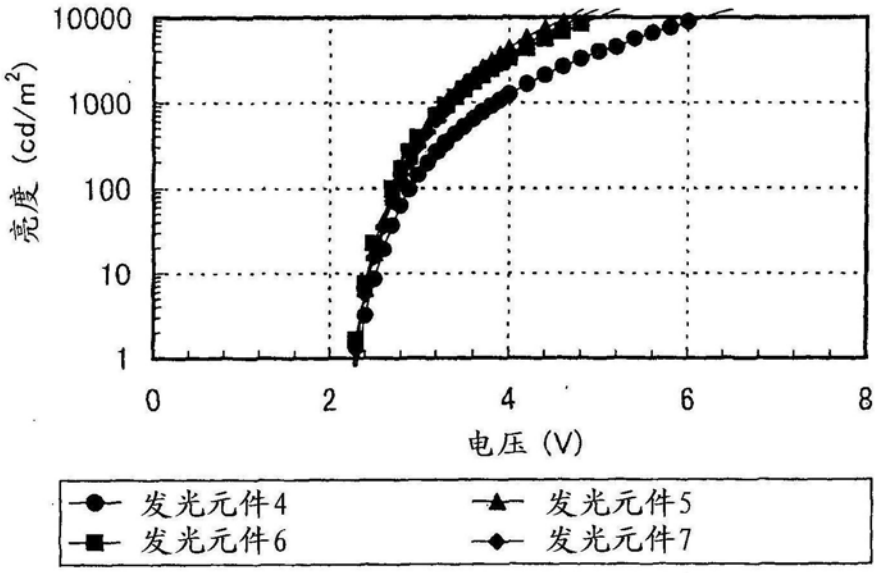

10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件4
发光元件5
发光元件6
发光元件7

图58

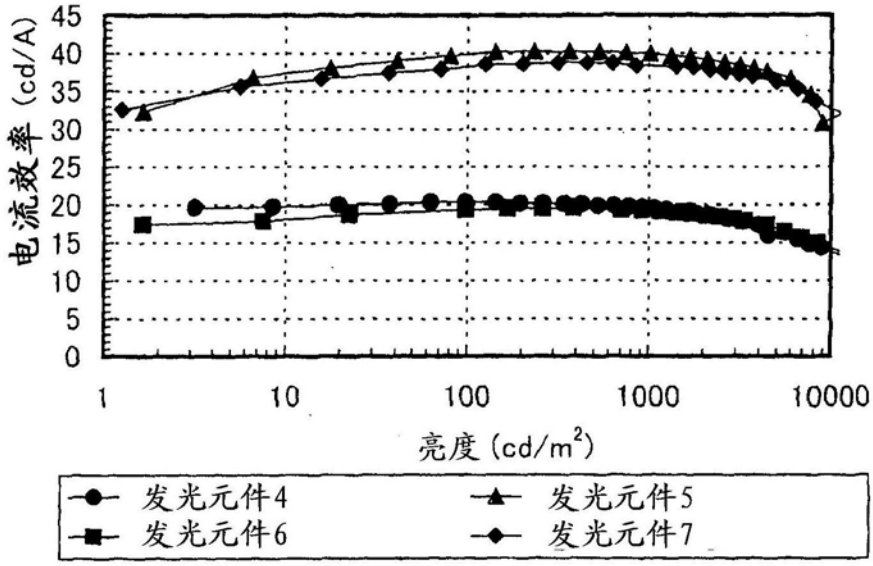

电流效率 (cd/A)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
发光元件4
发光元件5
发光元件6
发光元件7

图59

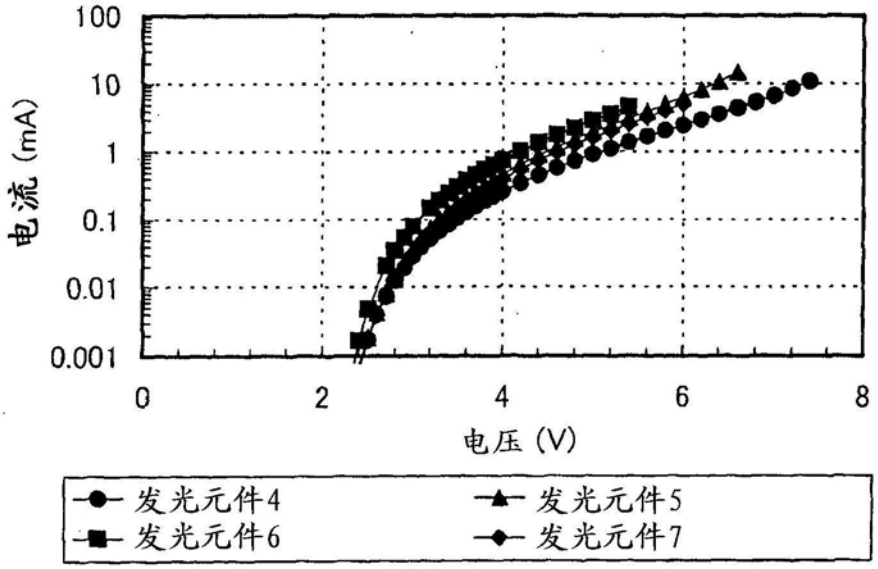

电流 (mA)
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0
2
4
6
8
电压 (V)
发光元件4
发光元件5
发光元件6
发光元件7

图60

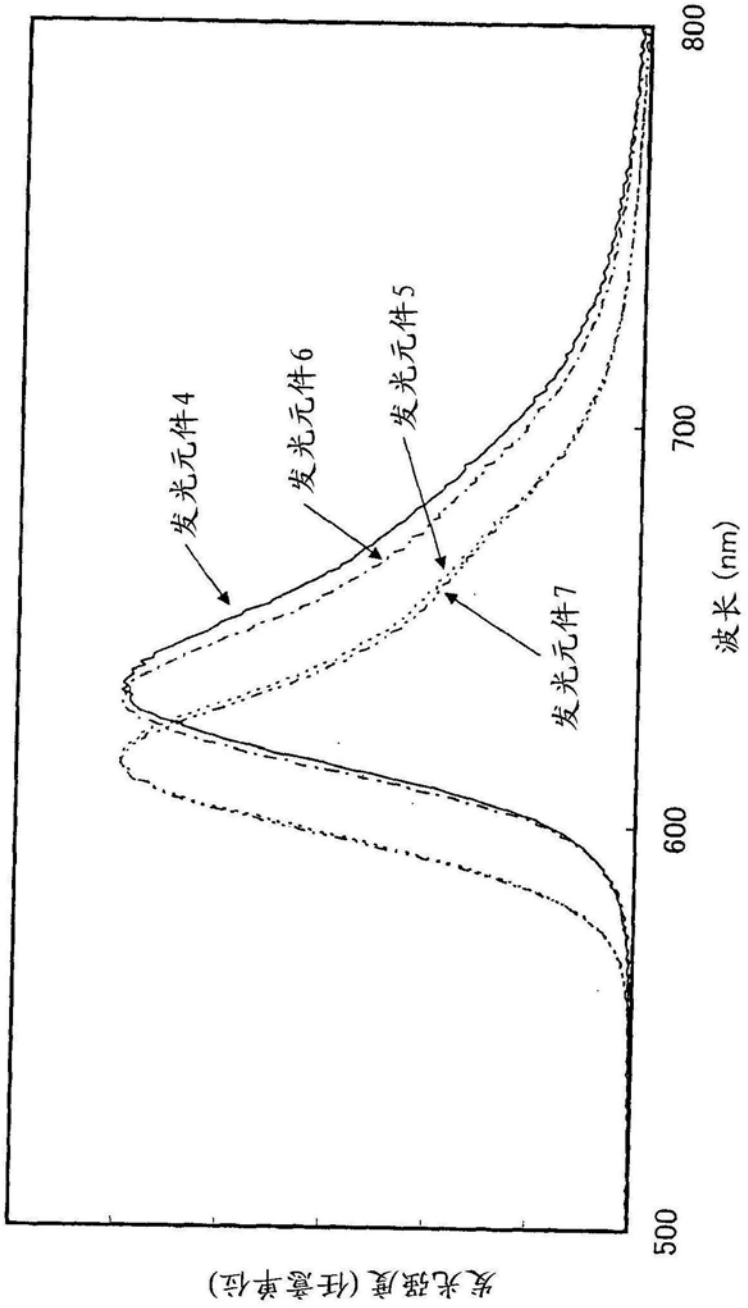


图61

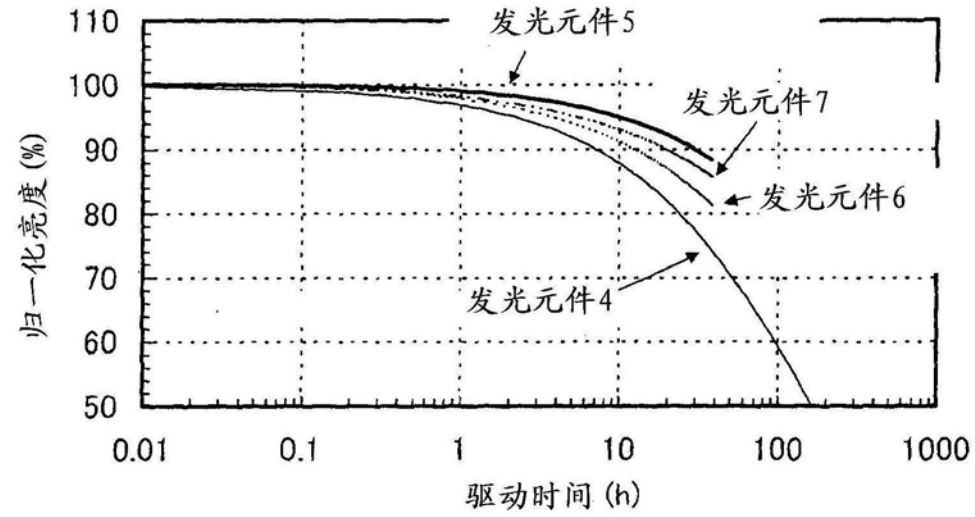

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间(h)
发光元件5
发光元件7
发光元件6
发光元件4

图62

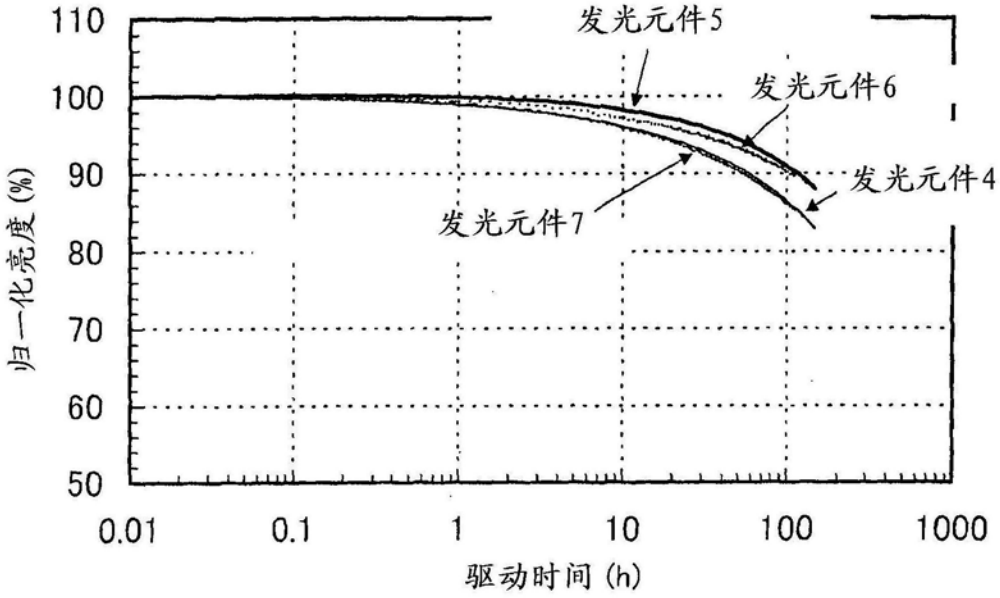

110
100
90
80
70
60
50
归一化亮度(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
驱动时间(h)
发光元件5
发光元件6
发光元件4
发光元件7

图63

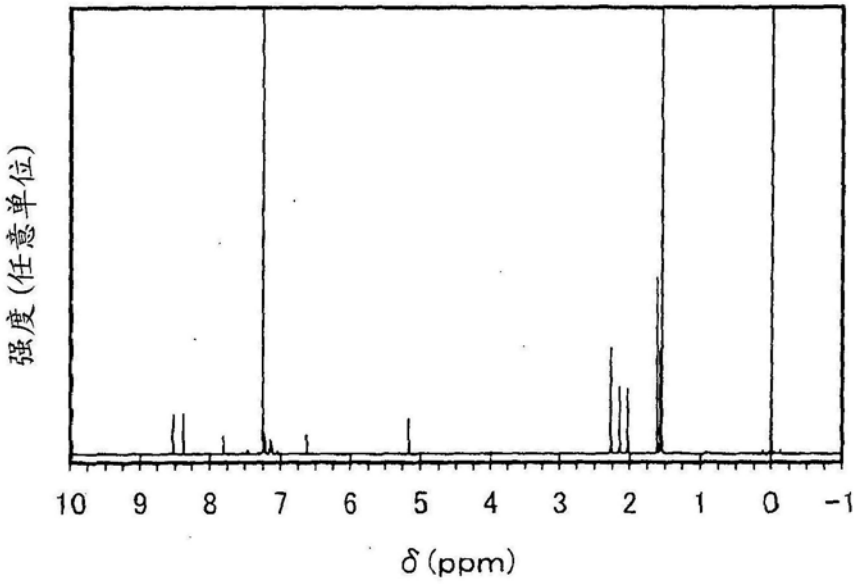


图64

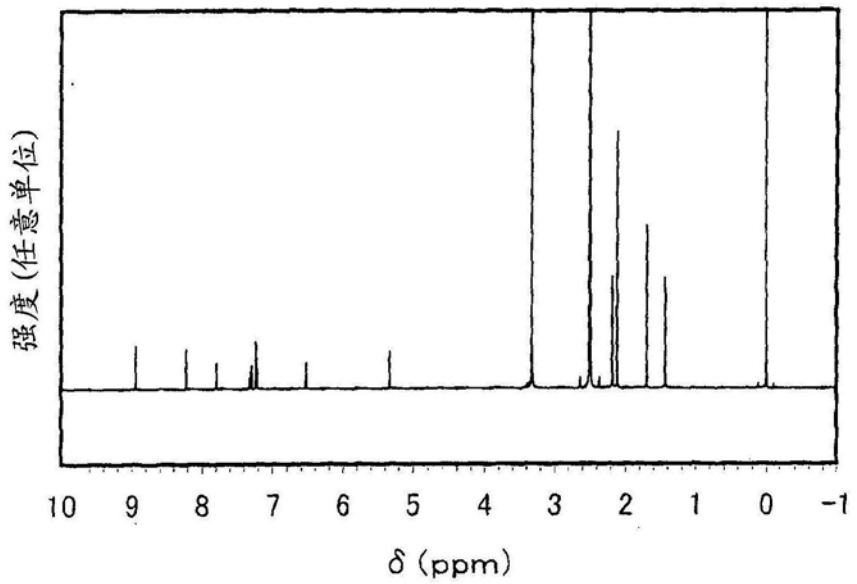


图65

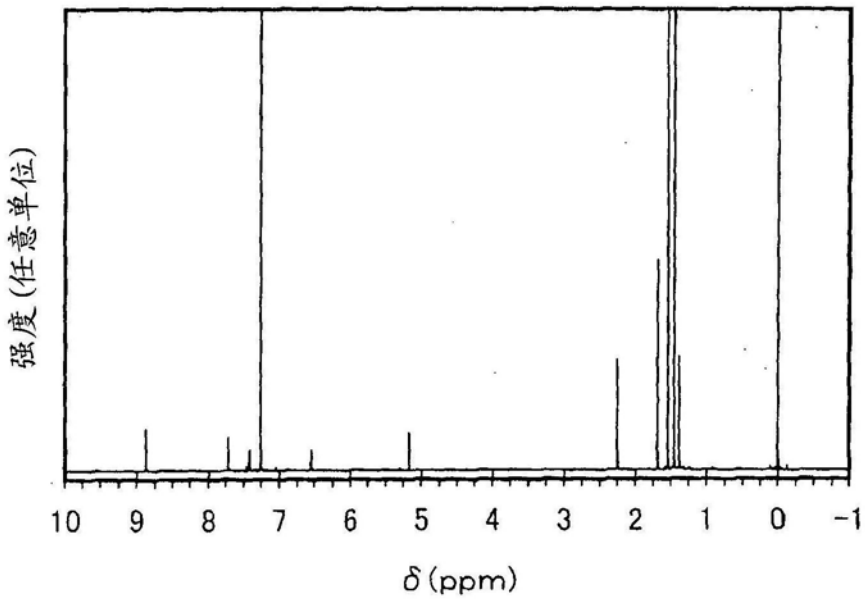


图66