



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107710441 B

(45) 授权公告日 2020.10.16

(21) 申请号 201680034905.8 原朋香

(22) 申请日 2016.06.10 (74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(65) 同一申请的已公布的文献号 代理人 刘多益 胡烨
申请公布号 CN 107710441 A

(43) 申请公布日 2018.02.16 (51) Int.Cl.

(30) 优先权数据 H01L 51/50 (2006.01)
2015-122398 2015.06.17 JP C07F 15/00 (2006.01)
2015-157207 2015.08.07 JP G02B 5/20 (2006.01)
2015-233283 2015.11.30 JP G09F 9/30 (2006.01)
2016-051311 2016.03.15 JP H01L 27/32 (2006.01)
H05B 33/02 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日 (56) 对比文件
2017.12.14 JP 2014152151 A, 2014.08.25
CN 103378300 A, 2013.10.30

(86) PCT国际申请的申请数据 US 2012235131 A1, 2012.09.20
PCT/IB2016/053427 2016.06.10 US 2011198988 A1, 2011.08.18
CN 101180304 A, 2008.05.14

(87) PCT国际申请的公布数据 WO 2016/203350 EN 2016.12.22 WO 2014156922 A1, 2014.10.02
JP 2009021336 A, 2009.01.29

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所 审查员 陈刚
地址 日本神奈川县

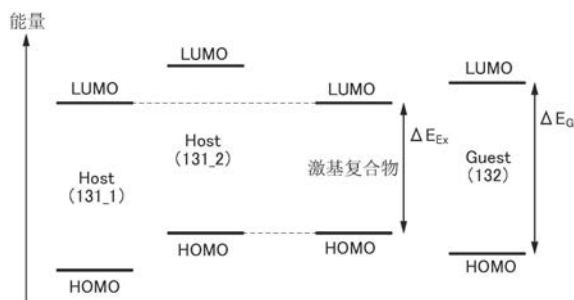
(72) 发明人 濑尾哲史 渡部刚吉 井上英子
山田唯 光森智美 高桥辰义 权利要求书5页 说明书166页 附图85页

(54) 发明名称

铱配合物、发光元件、显示装置、电子设备以及照明装置

(57) 摘要

本发明的一个方式的目的之一是提供一种发光效率高的发光元件。发光元件包括第一有机化合物、第二有机化合物及客体材料。第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级，第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级。客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级，客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级。客体材料具有将三重激发能转换为发光的功能。第一有机化合物和第二有机化合物形成激基复合物。



1. 一种发光元件,包括:
第一有机化合物;
第二有机化合物;以及
客体材料,
其中,所述第一有机化合物的LUMO能级低于所述第二有机化合物的LUMO能级,
所述第一有机化合物的HOMO能级低于所述第二有机化合物的HOMO能级,
所述客体材料的LUMO能级高于所述第一有机化合物的所述LUMO能级,
所述客体材料的HOMO能级低于所述第二有机化合物的所述HOMO能级,
所述客体材料的HOMO能级高于所述第一有机化合物的所述HOMO能级,
所述客体材料将三重激发能转换为发光,
并且,所述第一有机化合物和所述第二有机化合物形成激基复合物。
2. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述第一有机化合物的所述LUMO能级与所述第二有机化合物的所述HOMO能级之间的能量差大于或等于从所述客体材料的吸收端得到的迁移能量。
3. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述第一有机化合物的所述LUMO能级与所述第二有机化合物的所述HOMO能级之间的能量差大于或等于所述客体材料的发光能量。
4. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述客体材料的所述LUMO能级与所述客体材料的所述HOMO能级之间的能量差比从所述客体材料的吸收端得到的迁移能量大0.4eV以上。
5. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述客体材料的所述LUMO能级与所述客体材料的所述HOMO能级之间的能量差比所述客体材料的发光能量大0.4eV以上。
6. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述客体材料的发射光谱在400nm以上且小于505nm的波长区域中具有至少一个峰值。
7. 根据权利要求1所述的发光元件,其中所述激基复合物将激发能转移到所述客体材料。
8. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述激基复合物的发射光谱具有与所述客体材料的最低能量一侧的吸收带重叠的区域。
9. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述客体材料包含铱。
10. 根据权利要求9所述的发光元件,
其中所述客体材料包含配位于所述铱的配体,
并且所述配体包含含氮五元杂环骨架。
11. 根据权利要求10所述的发光元件,
其中所述配体包含三唑骨架或咪唑骨架。
12. 一种发光元件,包括:

铱配合物；

第一有机化合物；以及

第二有机化合物；

其中，所述第一有机化合物的LUMO能级低于所述第二有机化合物的LUMO能级，

所述第一有机化合物的HOMO能级低于所述第二有机化合物的HOMO能级，

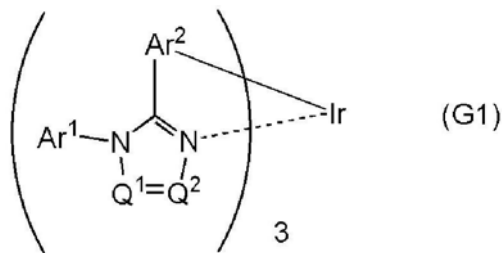
所述铱配合物的LUMO能级高于所述第一有机化合物的所述LUMO能级，

所述铱配合物的HOMO能级低于所述第二有机化合物的所述HOMO能级，

所述铱配合物的HOMO能级高于所述第一有机化合物的所述HOMO能级，

所述第一有机化合物和所述第二有机化合物形成激基复合物，

所述铱配合物以通式 (G1) 表示：



其中，Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基，

Ar²表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第二芳基，

Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R，

所述C-R所包含的R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一个，

Q¹和Q²中的至少一个表示所述C-R，

并且，所述第一芳基至所述第三芳基中的至少一个包括氰基。

13. 根据权利要求12所述的发光元件，

其中所述第一有机化合物的所述LUMO能级与所述第二有机化合物的所述HOMO能级之间的能量差大于或等于从所述铱配合物的吸收端得到的迁移能量。

14. 根据权利要求12所述的发光元件，其中所述第一有机化合物的所述LUMO能级与所述第二有机化合物的所述HOMO能级之间的能量差大于或等于所述铱配合物的发光能量。

15. 根据权利要求12所述的发光元件，

其中所述激基复合物将激发能转移到所述铱配合物。

16. 根据权利要求12所述的发光元件

其中所述激基复合物的发射光谱具有与所述铱配合物的最低能量一侧的吸收带重叠的区域。

17. 根据权利要求1或12所述的发光元件，

其中所述第一有机化合物传输电子，

并且所述第二有机化合物传输空穴。

18. 根据权利要求1或12所述的发光元件，

其中所述第一有机化合物包含缺π电子型芳杂环骨架，

并且所述第二有机化合物包含富π电子型芳杂环骨架和芳香族胺骨架中的至少一个。

19. 一种显示装置,包括:

权利要求12所述的发光元件;以及
滤色片和晶体管中的至少一个。

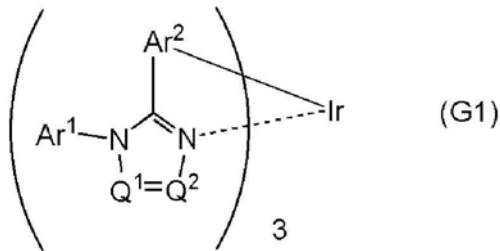
20. 一种电子设备,包括:

权利要求19所述的显示装置;以及
框体和触摸传感器中的至少一个。

21. 一种照明装置,包括:

权利要求12所述的发光元件;以及
框体和触摸传感器中的至少一个。

22. 一种以通式 (G1) 表示的铱配合物:



其中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基,

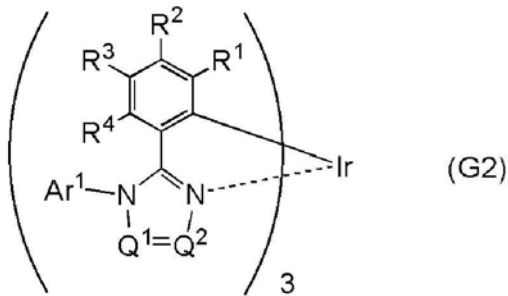
Ar²表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第二芳基,

Q¹及Q²中的一个表示N,Q¹及Q²中的另一个表示C-R,

所述C-R所包含的R表示碳原子数为6至13的第三芳基,所述第三芳基被取代并包括碳原子数为6至13的烷基用于取代基,

并且,所述第一芳基及所述第二芳基中的至少一个被取代并包括氰基用于取代基。

23. 一种以通式 (G2) 表示的铱配合物,



其中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基,

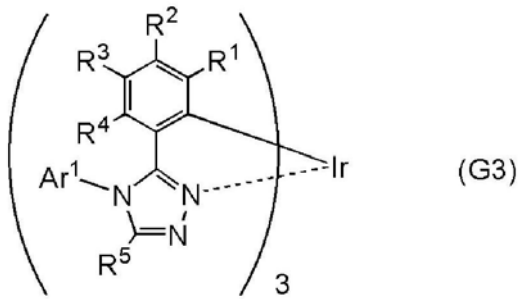
R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的第二芳基和氰基中的任一个,

Q¹及Q²中的一个表示N,Q¹及Q²中的另一个表示C-R,

所述C-R所包含的R表示碳原子数为6至13的第三芳基,所述第三芳基被取代并包括碳原子数为6至13的烷基用于取代基,

并且,所述第一芳基及所述第二芳基中的至少一个被取代并包括氰基用于取代基。

24. 根据权利要求23所述的铱配合物,其中所述铱配合物以通式 (G3) 表示:



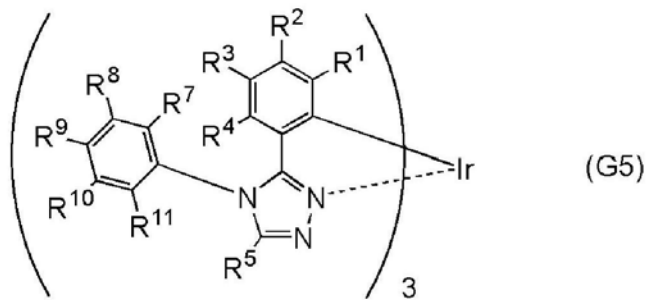
其中, R^5 表示碳原子数为6至13的第三芳基。

25. 根据权利要求23所述的铱配合物,

其中, Ar^1 表示取代的苯基,

并且, 所述取代的苯基包括氰基。

26. 根据权利要求23所述的铱配合物, 其中所述铱配合物以通式 (G5) 表示:



其中, R^5 表示碳原子数为6至13的第三芳基,

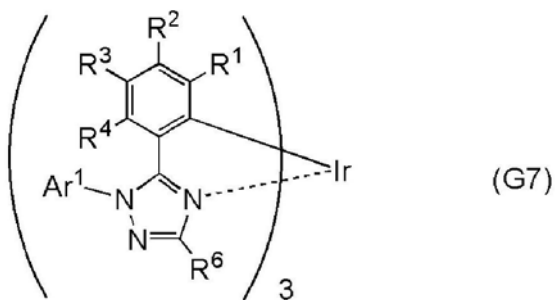
R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为1至6的烷基,

R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构,

R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、取代或未取代的苯基和氰基中的任一个,

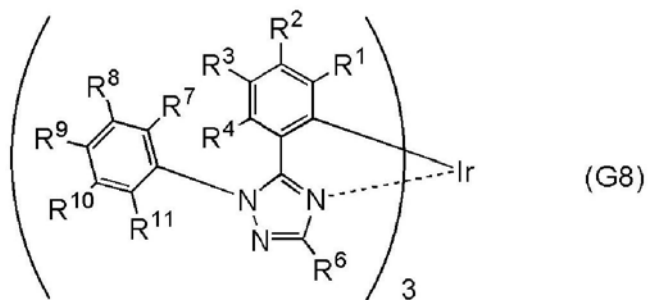
并且, 所述 R^8 至所述 R^{10} 中的至少一个包括氰基。

27. 根据权利要求23所述的铱配合物, 其中所述铱配合物以通式 (G7) 表示:



其中, R^6 表示碳原子数为6至13的第三芳基。

28. 根据权利要求23所述的铱配合物, 其中所述铱配合物以通式 (G8) 表示:



其中, R^6 表示碳原子数为6至13的第三芳基,

R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为1至6的烷基,

R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构,

R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、取代或未取代的苯基和氰基中的任一个,

并且, 所述 R^8 至所述 R^{10} 中的至少一个包括氰基。

29. 一种包括权利要求23所述的铱配合物的发光元件。

铱配合物、发光元件、显示装置、电子设备以及照明装置

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种发光元件或包括该发光元件的显示装置、电子设备及照明装置。

[0002] 注意,本发明的一个方式不局限于上述技术领域。本说明书等所公开的发明的一个方式的技术领域涉及一种物体、方法或制造方法。另外,本发明的一个方式涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或组合物(composition of matter)。更具体而言,作为本说明书所公开的本发明的一个方式的技术领域的例子,可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置、发光装置、照明装置、蓄电装置、存储装置、这些装置的驱动方法或制造方法。

背景技术

[0003] 近年来,对利用电致发光(Electroluminescence:EL)的发光元件的研究开发日益火热。这些发光元件的基本结构是在一对电极之间夹有包含发光物质的层(EL层)的结构。通过将电压施加到该元件的一对电极之间,可以获得来自发光物质的发光。

[0004] 因为上述发光元件是自发光型发光元件,所以使用该发光元件的显示装置具有如下优点:具有良好的可见度;不需要背光源;以及耗电量低等。并且,该显示装置还具有如下优点:能够被制造得薄且轻;以及响应速度快等。

[0005] 在将有机化合物用作发光物质并在一对电极间设置有包含该发光物质的EL层的发光元件(例如,有机EL元件)中,通过将电压施加到一对电极间,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到发光EL层,而使电流流过。而且,注入的电子与空穴复合而使发光有机化合物成为激发态,而可以获得发光。

[0006] 作为有机化合物所形成的激发态的种类,有单重激发态(S^*)及三重激发态(T^*),来自单重激发态的发光被称为荧光,来自三重激发态的发光被称为磷光。另外,在该发光元件中,单重激发态与三重激发态的统计学上的产生比例是 $S^*:T^*=1:3$ 。换言之,与使用发射荧光的化合物(荧光化合物)的发光元件相比,使用发射磷光的化合物(磷光化合物)的发光元件的发光效率更高。因此,近年来,对使用能够将三重激发态转换为发光的磷光化合物的发光元件积极地进行了开发(例如,参照专利文献1)。

[0007] 有机化合物激发所需要的能量依赖于有机化合物的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差,该能量差大致相当于单重激发态的能量。在使用磷光化合物的发光元件中,三重激发能被转换为发光的能量。由此,在有机化合物中形成的单重激发态与三重激发态之间能量差大时,为了使有机化合物激发时所需要的能量比发光的能量高,其间的差异相当于该能量差。为了使有机化合物激发时所需要的能量与发光的能量之间的能量差给发光元件的特性带来影响,发光元件的驱动电压增高。由此,正在研究降低驱动电压的方法(参照专利文献2)。

[0008] 此外,在使用磷光化合物的发光元件中,尤其在呈现蓝色发光的发光元件中,对具有较高的三重激发能级的稳定的化合物的开发是较困难的,所以还没有实现实用化。因此,

需要具有高发光效率且稳定的磷光化合物以及具有高发光效率且可靠性优良的磷光发光元件的开发。

[0009] [参考文献]

[0010] [专利文献]

[0011] [专利文献1]日本专利申请公开第2010-182699号公报

[0012] [专利文献2]日本专利申请公开第2012-212879号公报

发明内容

[0013] 作为具有高发光效率的磷光化合物,已知有铱配合物。此外,作为发光能量高的铱配合物,已知有作为其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物。虽然该含氮五元杂环骨架具有高的三重激发能,但是与含氮六元杂环骨架相比接收电子的特性低。由此,作为其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物的LUMO能级较高,电子载流子不容易被注入。因此,作为其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物难以因载流子的直接再结合而进行激发,所以高效率的发光是很困难的。

[0014] 由此,本发明的一个方式的目的之一是提供一种包含磷光化合物且发光效率高的发光元件。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种功耗得到减少的发光元件。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种可靠性高的发光元件。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的化合物。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种包含新颖的化合物的发光元件。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的发光元件。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的发光装置。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的显示装置。

[0015] 注意,上述目的的记载不妨碍其他目的的存在。本发明的一个方式并不一定需要实现所有上述目的。此外,可以从说明书等的记载得知并抽取上述目的以外的目的。

[0016] 本发明的一个方式是包含激基复合物的发光元件,该激基复合物能够高效率地激发磷光化合物。另外,本发明的一个方式是包含新颖的磷光化合物的发光元件,该磷光化合物能够呈现高发光能量的发光。

[0017] 由此,本发明的一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;以及客体材料,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差大于第一有机化合物的LUMO能级与第二有机化合物的HOMO能级之间的能量差,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0018] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;以及客体材料,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0019] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;

以及客体材料,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级与第一有机化合物的LUMO能级相等,客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0020] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;以及客体材料,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,客体材料的HOMO能级与第二有机化合物的HOMO能级相等,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0021] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;以及客体材料,其中,第一有机化合物的还原电位高于第二有机化合物的还原电位,第一有机化合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,客体材料的还原电位低于第一有机化合物的还原电位,客体材料的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0022] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;以及客体材料,其中,第一有机化合物的还原电位高于第二有机化合物的还原电位,第一有机化合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,客体材料的还原电位与第一有机化合物的还原电位相等,客体材料的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0023] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:第一有机化合物;第二有机化合物;以及客体材料,其中,第一有机化合物的还原电位高于第二有机化合物的还原电位,第一有机化合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,客体材料的还原电位低于第一有机化合物的还原电位,客体材料的氧化电位与第二有机化合物的氧化电位相等,客体材料具有能够将三重激发能转换为发光的功能,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0024] 另外,在上述各结构中,第一有机化合物的LUMO能级与第二有机化合物的HOMO能级之间的能量差优选为从客体材料的吸收端算出的迁移能量以上。

[0025] 另外,在上述各结构中,第一有机化合物的LUMO能级与第二有机化合物的HOMO能级之间的能量差优选为客体材料所呈现的发光能量以上。

[0026] 另外,在上述各结构中,客体材料的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差优选比从客体材料的吸收端算出的迁移能量大0.4eV以上。

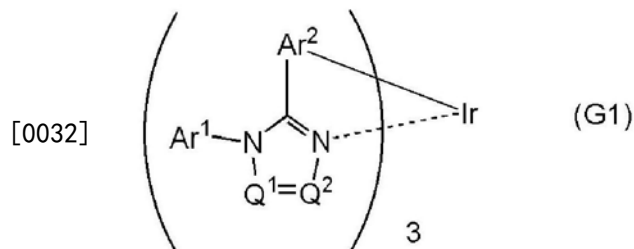
[0027] 另外,在上述各结构中,客体材料的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差优选比客体材料所呈现的发光能量大0.4eV以上。

[0028] 另外,在上述各结构中,客体材料所呈现的发光的发射光谱优选在400nm以上且小于505nm的波长区域中具有至少一个峰值。

[0029] 另外,在上述各结构中,激基复合物优选具有向客体材料供应激发能的功能。此外,激基复合物所呈现的发射光谱优选具有与客体材料的最低能量一侧的吸收带重叠的区域。

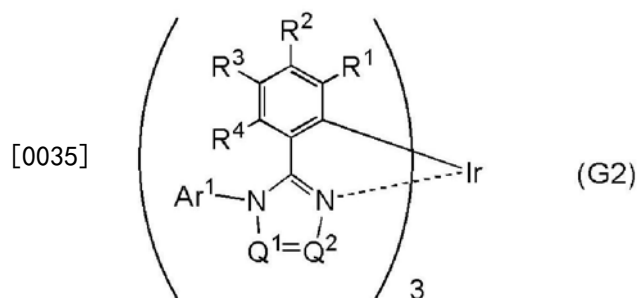
[0030] 另外,在上述各结构中,客体材料优选包含铱。此外,客体材料优选包含配位于铱的配体,并且配体优选具有含氮五元杂环骨架。此外,配体优选具有三唑骨架或咪唑骨架。

[0031] 本发明的另一个方式是一种以通式(G1)表示的铱配合物。



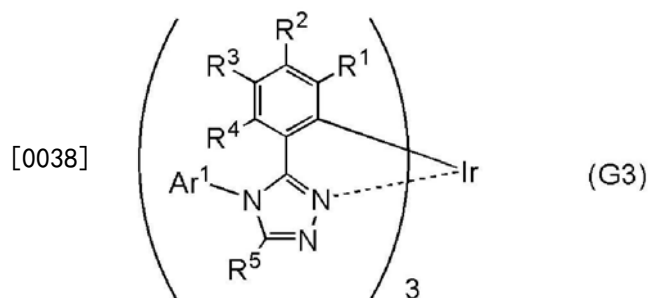
[0033] 在通式(G1)中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基。Ar²表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第二芳基。Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R,R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一个。Q¹和Q²中的至少一个具有C-R。第一芳基至第三芳基中的至少一个具有氰基。

[0034] 本发明的另一个方式是一种以通式(G2)表示的铱配合物。



[0036] 在通式(G2)中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基。R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的第四芳基和氰基中的任一个。Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R,R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一个。Q¹和Q²中的至少一个具有C-R。第一芳基、第三芳基、第四芳基和R¹至R⁴中的至少一个具有氰基。

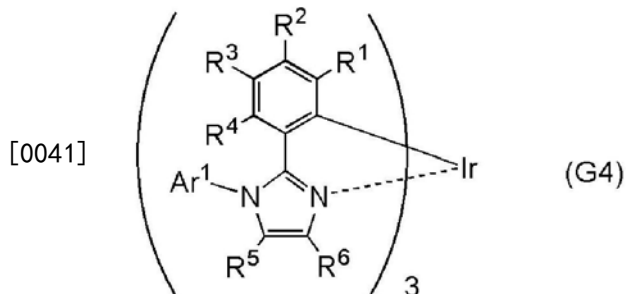
[0037] 本发明的另一个方式是一种以通式(G3)表示的铱配合物。



[0039] 在通式(G3)中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基。R¹至R⁴分别

独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的第四芳基和氰基中的任一个。 R^5 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一个。第一芳基、第三芳基、第四芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。

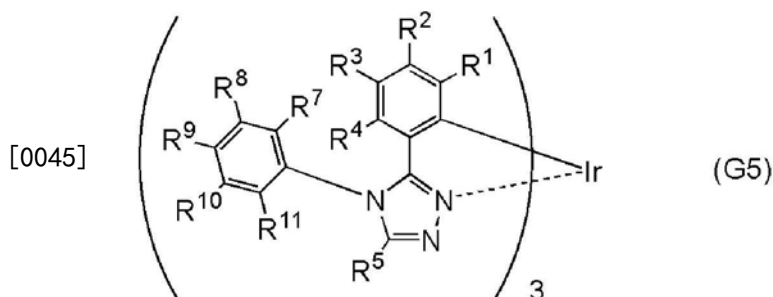
[0040] 本发明的另一个方式是一种以通式 (G4) 表示的铱配合物。



[0042] 在通式 (G4) 中, Ar^1 表示碳原子数为6至13的取代或未取代的第一芳基。 R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的第四芳基中的任一个。 R^5 及 R^6 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一个。第一芳基、第三芳基、第四芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。

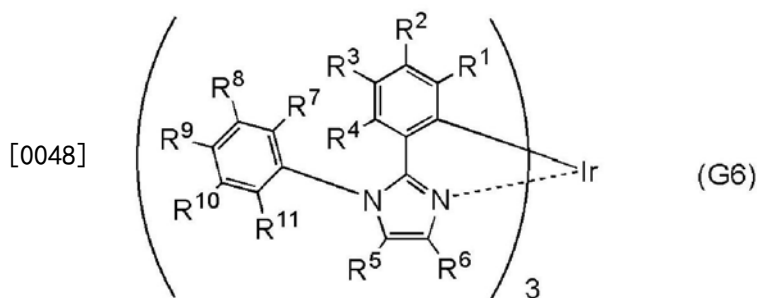
[0043] 另外, 在上述各结构中, Ar^1 优选为取代或未取代的苯基, 并且, 苯基优选具有氰基作为取代基。

[0044] 另外, 本发明的其他一个方式是一种以通式 (G5) 表示的铱配合物。



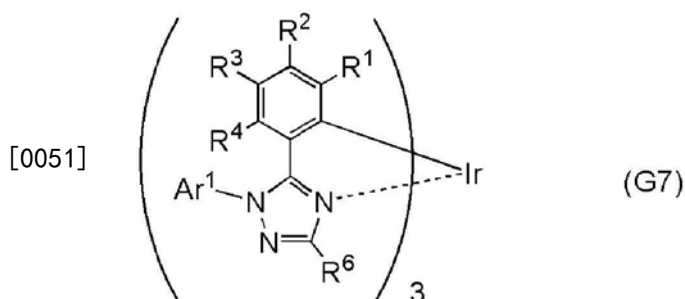
[0046] 在通式 (G5) 中, R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。 R^5 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。 R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为1至6的烷基, R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构。 R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。 R^8 至 R^{10} 中的至少一个具有氰基。

[0047] 本发明的另一个方式是一种以通式 (G6) 表示的铱配合物。



[0049] 在通式 (G6) 中, R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。 R^5 及 R^6 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。 R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为 1 至 6 的烷基, R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构, R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基、取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。 R^8 至 R^{10} 中的至少一个具有氰基。

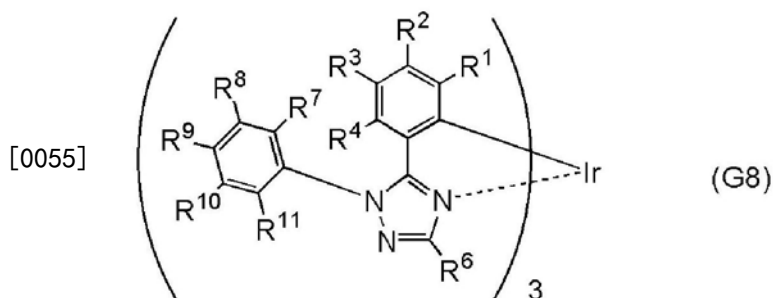
[0050] 本发明的另一个方式是一种以通式 (G7) 表示的铱配合物。



[0052] 在通式 (G7) 中, Ar^1 表示碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的第一芳基。 R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的第四芳基中的任一个。 R^6 表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的第三芳基中的任一个。第一芳基、第三芳基、第四芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。

[0053] 另外, 在上述结构中, Ar^1 优选为取代或未取代的苯基, 并且, 苯基优选具有氰基。

[0054] 本发明的另一个方式是一种以通式 (G8) 表示的铱配合物。



[0056] 在通式 (G8) 中, R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。 R^6 表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。 R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为 1 至 6 的烷基, R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构。 R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基、取代或未取代的苯基和氰基中

的任一个。 R^8 至 R^{10} 中的至少一个具有氰基。

[0057] 本发明的另一个方式是一种包括上述铱配合物中的任一个的发光元件。

[0058] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,铱配合物的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差大于第一有机化合物的LUMO能级与第二有机化合物的HOMO能级之间的能量差,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0059] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,铱配合物的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,铱配合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0060] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,铱配合物的LUMO能级与第一有机化合物的LUMO能级相等,铱配合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0061] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,铱配合物的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,铱配合物的HOMO能级与第二有机化合物的HOMO能级相等,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0062] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的还原电位高于第二有机化合物的还原电位,第一有机化合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,铱配合物的还原电位低于第一有机化合物的还原电位,铱配合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0063] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的还原电位高于第二有机化合物的还原电位,第一有机化合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,铱配合物的还原电位与第一有机化合物的还原电位相等,铱配合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0064] 本发明的另一个方式是一种发光元件,包括:上述铱配合物中的任一个;第一有机化合物;以及第二有机化合物,其中,第一有机化合物的还原电位高于第二有机化合物的还原电位,第一有机化合物的氧化电位高于第二有机化合物的氧化电位,铱配合物的还原电位低于第一有机化合物的还原电位,铱配合物的氧化电位与第二有机化合物的氧化电位相等,并且,第一有机化合物和第二有机化合物为形成激基复合物的组合。

[0065] 另外,在上述各结构中,激基复合物优选具有向铱配合物供应激发能的功能。此外,激基复合物所呈现的发光优选具有与铱配合物的最低能量一侧的吸收带重叠的区域。

[0066] 另外,在上述结构中,第一有机化合物的LUMO能级与第二有机化合物的HOMO能级之间的能量差优选为从铱配合物的吸收端算出的迁移能量以上。

[0067] 另外,在上述结构中,第一有机化合物的LUMO能级与第二有机化合物的HOMO能级之间的能量差优选为铱配合物所呈现的发光能量以上。

[0068] 另外,在上述各结构中,第一有机化合物优选具有能够传输电子的功能,并且第二有机化合物优选具有能够传输空穴的功能。此外,第一有机化合物优选具有缺 π 电子型芳杂环骨架,并且第二有机化合物优选具有富 π 电子型芳杂环骨架和芳香族胺骨架中的至少一个。

[0069] 本发明的另一个方式是一种显示装置,包括:上述各结构中的任一个的发光元件;以及滤色片和晶体管中的至少一个。本发明的另一个方式是一种电子设备,包括:该显示装置;以及框体和触摸传感器中的至少一个。本发明的另一个方式是一种照明装置,包括:上述各结构中的任一个的发光元件;以及框体和触摸传感器中的至少一个。另外,本发明的一个方式在其范畴内不仅包括具有发光元件的发光装置,还包括具有发光装置的电子设备。因此,本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(例如,照明装置)。另外,发光装置有时还被包括在如下模块内:连接器诸如FPC(Flexible Printed Circuit:柔性电路板)或TCP(Tape Carrier Package:载带封装)连接到发光装置的显示模块;在TCP端部上设置有印刷线路板的显示模块;或者IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass:玻璃上芯片)方式直接安装在发光元件上的显示模块。

[0070] 根据本发明的一个方式,可以提供一种包含磷光化合物且发光效率高的发光元件。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种功耗得到减少的发光元件。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种可靠性高的发光元件。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖的化合物。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种包含新颖的化合物的新颖的发光元件。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖的发光元件。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖的发光装置。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖的显示装置。

[0071] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个方式并不一定需要实现所有上述效果。另外,说明书、附图以及权利要求书等的记载中显然存在上述效果以外的效果,可以从说明书、附图以及权利要求书等的记载中获得上述效果以外的效果。

附图说明

[0072] 图1A和图1B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0073] 图2A和图2B是说明本发明的一个方式的发光元件的发光层中的能带的相关关系及能级的相关关系的图;

[0074] 图3A和图3B是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0075] 图4是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0076] 图5A和图5B都是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0077] 图6A和图6B都是本发明的一个方式的发光元件的截面示意图;

[0078] 图7A至图7C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面示意图;

[0079] 图8A至图8C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面示意图;

- [0080] 图9A和图9B是说明本发明的一个方式的显示装置的俯视图及截面示意图；
- [0081] 图10A和图10B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0082] 图11是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0083] 图12A和图12B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0084] 图13A和图13B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0085] 图14是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0086] 图15A和图15B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0087] 图16是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0088] 图17A和图17B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面示意图；
- [0089] 图18A和图18B是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图及电路图；
- [0090] 图19A和图19B是说明本发明的一个方式的显示装置的像素电路的电路图；
- [0091] 图20A和图20B是说明本发明的一个方式的显示装置的像素电路的电路图；
- [0092] 图21A和图21B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的立体图；
- [0093] 图22A至图22C是示出本发明的一个方式的显示装置及触摸传感器的一个例子的截面图；
- [0094] 图23A和图23B是示出本发明的一个方式的触摸面板的一个例子的截面图；
- [0095] 图24A和图24B是根据本发明的一个方式的触摸传感器的方框图及时序图；
- [0096] 图25是根据本发明的一个方式的触摸传感器的电路图；
- [0097] 图26是说明本发明的一个方式的显示模块的立体图；
- [0098] 图27A至图27G是说明本发明的一个方式的电子设备的图；
- [0099] 图28A至图28D是说明本发明的一个方式的电子设备的图；
- [0100] 图29A和图29B是说明本发明的一个方式的显示装置的立体图；
- [0101] 图30A至图30C是说明本发明的一个方式的发光装置的立体图及截面图；
- [0102] 图31A至图31D是说明本发明的一个方式的发光装置的截面图；
- [0103] 图32A和图32B是说明本发明的一个方式的电子设备的图，图32C是说明本发明的一个方式的照明装置的图；
- [0104] 图33是说明本发明的一个方式的照明装置的图；
- [0105] 图34是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0106] 图35是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0107] 图36是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0108] 图37是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0109] 图38是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0110] 图39是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0111] 图40是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0112] 图41是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0113] 图42是说明实施例中的发光元件的截面示意图；
- [0114] 图43A和图43B是说明实施例中的主体材料的电场发射光谱的图；
- [0115] 图44是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0116] 图45是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；

- [0117] 图46是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0118] 图47是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0119] 图48A和图48B是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0120] 图49是说明实施例中的化合物的吸收光谱的图；
- [0121] 图50是说明实施例中的发光元件的可靠性测试结果的图；
- [0122] 图51是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0123] 图52是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0124] 图53是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0125] 图54是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0126] 图55是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0127] 图56是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0128] 图57是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0129] 图58是说明实施例中的发光元件的电流密度-电压特性的图；
- [0130] 图59是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0131] 图60是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0132] 图61是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0133] 图62是说明实施例中的发光元件的可靠性测试结果的图；
- [0134] 图63是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0135] 图64是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0136] 图65是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0137] 图66是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0138] 图67是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0139] 图68是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0140] 图69是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0141] 图70是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0142] 图71是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0143] 图72是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0144] 图73是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0145] 图74是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0146] 图75是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0147] 图76是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0148] 图77是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0149] 图78是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0150] 图79是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0151] 图80是说明本发明的一个方式的化合物的液相色谱的图；
- [0152] 图81是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0153] 图82是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；
- [0154] 图83是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0155] 图84是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图；

- [0156] 图85是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0157] 图86是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0158] 图87是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0159] 图88是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0160] 图89是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0161] 图90是说明实施例中的主体材料的发射光谱的图；
- [0162] 图91是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0163] 图92是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0164] 图93是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0165] 图94是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0166] 图95是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0167] 图96是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0168] 图97是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0169] 图98是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0170] 图99是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0171] 图100是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0172] 图101是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0173] 图102是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0174] 图103是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0175] 图104是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0176] 图105是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0177] 图106是说明实施例中的主体材料的发射光谱的图；
- [0178] 图107是说明实施例中的发光元件的电流效率-亮度特性的图；
- [0179] 图108是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0180] 图109是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0181] 图110是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0182] 图111是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0183] 图112是说明实施例中的化合物的吸收光谱的图；
- [0184] 图113是说明实施例中的发光元件的电力效率-亮度特性的图；
- [0185] 图114是说明实施例中的发光元件的亮度-电压特性的图；
- [0186] 图115是说明实施例中的发光元件的外部量子效率-亮度特性的图；
- [0187] 图116是说明实施例中的发光元件的电场发射光谱的图；
- [0188] 图117是说明来自实施例中的发光元件的发光的图；
- [0189] 图118是本发明的一个方式的化合物的NMR谱；
- [0190] 图119是说明本发明的一个方式的化合物的吸收光谱及发射光谱的图。

具体实施方式

[0191] 以下,参照附图详细地说明本发明的实施方式。注意,本发明不局限于以下说明,其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形

式。因此,本发明不应该被解释为仅局限在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0192] 另外,为了便于理解,有时在附图等中示出的各结构的位置、大小及范围等并不表示其实际的位置、大小及范围等。因此,所公开的发明不一定局限于附图等所公开的位置、大小、范围等。

[0193] 此外,在本说明书等中,为了方便起见,附加了第一、第二等序数词,而其有时并不表示工序顺序或叠层顺序。因此,例如可以将“第一”适当地替换为“第二”或“第三”等进行说明。此外,本说明书等中所记载的序数词与用于指定本发明的一个方式的序数词有时不一致。

[0194] 注意,在本说明书等中,当利用附图说明发明的方式时,有时在不同的附图中共同使用表示相同的部分的符号。

[0195] 另外,根据情况或状况,在本说明书等中,可以将“膜”和“层”相互调换。例如,有时可以将“导电层”换称为“导电膜”。此外,有时可以将“绝缘膜”换称为“绝缘层”。

[0196] 另外,在本说明书等中,单重激发态(S*)是指具有激发能的单重态。另外,单重激发能级的最低能级(S1能级)是指最低单重激发态的激发能级。另外,三重激发态(T*)是指具有激发能的三重态。另外,三重激发能级的最低能级(T1能级)是指最低三重激发态的激发能级。此外,在本说明书等中,“单重激发态”及“单重激发态能级”也有时分别表示最低的单重激发态及S1能级。另外,“三重激发态”及“三重激发态能级”也有时分别表示最低的三重激发态及T1能级。

[0197] 另外,在本说明书等中,荧光化合物是指在从单重激发态返回到基态时在可见光区域发光的化合物。磷光化合物是指在从三重激发态返回到基态时在室温下在可见光区域发光的化合物。换言之,磷光化合物是指能够将三重激发能转换为可见光的化合物之一。

[0198] 此外,磷光发光能量或三重激发态能可以从磷光发光的最短波长一侧的发光峰值(包括肩峰)的波长导出。另外,通过在低温(例如10K)环境下的时间分辨光致发光谱可以观察到上述磷光发光。另外,热活化延迟荧光的发光能量可以从热活化延迟荧光的最短波长一侧的发光峰值(包括肩峰)的波长导出。

[0199] 另外,在本说明书等中,室温是指0℃以上且40℃以下中的任意温度。

[0200] 另外,在本说明书等中,蓝色的波长区域是指400nm以上且小于505nm的波长区域,蓝色的发光是在该波长区域具有至少一个发射光谱峰值的发光。另外,绿色的波长区域是指505nm以上且小于580nm的波长区域,绿色的发光是在该波长区域具有至少一个发射光谱峰值的发光。另外,红色的波长区域是指580nm以上且680nm以下的波长区域,红色的发光是在该波长区域具有至少一个发射光谱峰值的发光。

[0201] 实施方式1

[0202] 在本实施方式中,参照图1A至图2B说明本发明的一个方式的发光元件。

[0203] <发光元件的结构例子>

[0204] 首先,下面将参照图1A和图1B说明本发明的一个方式的发光元件的结构。

[0205] 图1A是本发明的一个方式的发光元件150的截面示意图。

[0206] 发光元件150包括一对电极(电极101及电极102)及该一对电极间的EL层100。EL层100至少包括发光层130。

[0207] 另外,图1A所示的EL层100除了发光层130以外还包括空穴注入层111、空穴传输层

112、电子传输层118及电子注入层119等功能层。

[0208] 在本实施方式中,虽然以一对电极中的电极101为阳极且电极102为阴极来进行说明,但是发光元件150的结构并不局限于此。也就是说,也可以将电极101用作阴极且将电极102用作阳极,倒序地层叠该电极间的各层。换言之,可以从阳极一侧依次层叠空穴注入层111、空穴传输层112、发光层130、电子传输层118及电子注入层119。

[0209] 注意,EL层100的结构不局限于图1A所示的结构,只要包括选自空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119中的至少一个即可。或者,EL层100也可以包括具有如下功能的功能层:能够减少空穴或电子的注入势垒;能够提高空穴或电子的传输性;能够阻碍空穴或电子的传输性;或者能够抑制电极所引起的猝灭现象等。功能层既可以是单层又可以是层叠有多个层的结构。

[0210] 图1B是示出图1A所示的发光层130的一个例子的截面示意图。图1B所示的发光层130包括主体材料131及客体材料132。另外,主体材料131包含有机化合物131_1和有机化合物131_2。

[0211] 作为客体材料132,可以使用发光有机化合物,作为该发光有机化合物,优选使用能够发射磷光的物质(下面,也称为磷光化合物)。在下面的说明中,说明作为客体材料132使用磷光化合物的结构。注意,也可以将客体材料132换称为磷光化合物。

[0212] <发光元件的发光机理>

[0213] 接着,下面将对发光层130的发光机理进行说明。

[0214] 发光层130中的主体材料131所包括的有机化合物131_1及有机化合物131_2形成激基复合物(Exciplex)。

[0215] 作为有机化合物131_1与有机化合物131_2的组合,只要是能够形成激基复合物的组合即可,优选其中一个是具有传输空穴的功能(空穴传输性)的化合物,另一个是具有传输电子的功能(电子传输性)的化合物。在该情况下,更容易形成供体-受体型的激基复合物,而可以高效地形成激基复合物。

[0216] 此外,作为有机化合物131_1与有机化合物131_2的组合,有机化合物131_1和有机化合物131_2中的一个的最高占据分子轨道(Highest Occupied Molecular Orbital,也称为HOMO)能级优选低于另一个,并且该一个的最低空分子轨道(Lowest Unoccupied Molecular Orbital,也称为LUMO)能级优选低于该另一个。

[0217] 例如,如图2A的能带图所示,当有机化合物131_1具有电子传输性且有机化合物131_2具有空穴传输性时,有机化合物131_1的HOMO能级优选低于有机化合物131_2的HOMO能级,并且有机化合物131_1的LUMO能级优选低于有机化合物131_2的LUMO能级。

[0218] 此时,由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物成为具有大致相当于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差的激发能的激基复合物。另外,有机化合物131_1的HOMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之差优选为0.1eV以上,更优选为0.2eV以上。同样地,有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的LUMO能级之差优选为0.1eV以上,更优选为0.2eV以上。由于该能量差,从一对电极(电极101及电极102)注入的电子载流子及空穴载流子分别容易注入到有机化合物131_1及有机化合物131_2,所以是优选的。注意,在图2A中,Host (131_1)表示有机化合物131_1,Host (131_2)表示有机化合物131_2,Guest (132)表示客体材料132, ΔE_{Ex} 表示有机化合物

131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差, ΔE_G 表示客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差。

[0219] 此外, 客体材料132的HOMO能级优选低于有机化合物131_2的HOMO能级, 并且客体材料132的LUMO能级优选高于有机化合物131_1的LUMO能级。也就是说, 客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差 (ΔE_G) 大于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差 (ΔE_{Ex})。由此, 可以抑制由客体材料132与有机化合物131_1或有机化合物131_2形成激基复合物。

[0220] 例如, 当客体材料132的HOMO能级为有机化合物131_2的HOMO能级以上, 在发光层130所包含的材料中HOMO能级最高的材料为客体材料132, 并且在发光层130所包含的材料中LUMO能级最低的材料为有机化合物131_1时, 有可能由客体材料132和有机化合物131_1形成激基复合物。尤其是, 客体材料132的HOMO能级与有机化合物131_1的LUMO能级之间的能量差比客体材料的发光能量越小, 越容易生成由客体材料132和有机化合物131_1形成的激基复合物。在此情况下, 因为客体材料132不容易单独生成激发态, 所以发光元件的发光效率会下降。

[0221] 例如, 当客体材料132的LUMO能级为有机化合物131_2的LUMO能级以下, 在发光层130所包含的材料中LUMO能级最低的材料为客体材料132, 并且在发光层130所包含的材料中HOMO能级最高的材料为有机化合物131_2时, 有可能由客体材料132和有机化合物131_2形成激基复合物。尤其是, 客体材料132的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差比客体材料的发光能量越小, 越容易生成由客体材料132和有机化合物131_2形成的激基复合物。在此情况下, 因为客体材料132不容易单独生成激发态, 所以发光元件的发光效率会下降。

[0222] 然而, 在本发明的一个方式的发光元件中, 因为可以抑制由客体材料132与有机化合物131_1或有机化合物131_2形成激基复合物, 所以可以制造具有高发光效率的发光元件。

[0223] 另外, 由于客体材料132的HOMO能级低于有机化合物131_2的HOMO能级, 客体材料132的LUMO能级高于有机化合物131_1的LUMO能级。在从一对电极(电极101及电极102)注入的载流子(空穴及电子)中, 从阳极注入的空穴在发光层130中容易注入到有机化合物131_2, 从阴极注入的电子容易注入到有机化合物131_1。

[0224] 从上述观点来看, 在本发明的一个方式中, 客体材料132的HOMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级或者客体材料132的LUMO能级与有机化合物131_1的LUMO能级也可以相等。但是, 根据如下所述的理由, 客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差 (ΔE_G) 优选大于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差 (ΔE_{Ex})。

[0225] 由于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差 (ΔE_{Ex}) 小于有机化合物131_1的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差以及有机化合物131_2的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差, 所以与有机化合物131_1及有机化合物131_2单独形成激发态时的能量相比, 形成激基复合物时在能量上更稳定。另外, 因为客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差 (ΔE_G) 大于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差 (ΔE_{Ex}), 所以与作为因注入到发光层130的载流子(空穴及

电子)的复合而形成的激发态相比,由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物在能量上更稳定。因此,由发光层130生成的激发态的大部分以由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物的状态存在。

[0226] 由于客体材料132是磷光发光材料,所以具有能够将三重激发能转换为发光的功能。三重激发态的能量比单重激发态稳定。由此,客体材料132能够呈现其能量小于LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)的发光。在此,本发明者找到:如果客体材料132所呈现的发光能量或从吸收光谱算出的迁移能量等于或小于 ΔE_{Ex} ,则即使在该客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)大于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差(ΔE_{Ex})的情况下,也可以将激发能从由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物转移到客体材料132,从而可以从客体材料132得到发光。在客体材料132的 ΔE_G 大于客体材料132所呈现的发光能量或从吸收光谱算出的迁移能量的情况下,为了直接电激发客体材料132而需要相当于 ΔE_G 的大电能量,由此驱动电压上升。然而,在上述本发明的一个方式中,由相当于 ΔE_{Ex} (小于 ΔE_G)的电能量电激发激基复合物,通过此时的能量转移得到来自客体材料132的发光,由此可以以低电压得到高效率地发射光的客体材料。也就是说,在 ΔE_G 相当大于客体材料132所呈现的发光能量或从吸收光谱算出的迁移能量的情况(例如,客体材料是蓝色发光材料的情况)下,本发明的一个方式是有益的。

[0227] 另外,在客体材料132包含重金属的情况下,因为自旋轨道相互作用(电子的自旋角运动量与轨道角运动量之间的相互作用)促进单重态与三重态之间的系间跨越,所以有时客体材料132中的单重基态与三重激发态之间的迁移不是禁戒的。因此,可以提高有关客体材料132的单重基态与三重激发态之间的迁移的发光效率及吸收的概率。由此,客体材料132优选包含自旋轨道相互作用大的金属元素,尤其优选包含铂族元素(钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)、锇(Os)、铱(Ir)或铂(Pt)),特别优选包含铱。通过包含铱,可以提高有关单重基态与三重激发态之间的直接迁移的吸收概率,所以是优选的。

[0228] 如上所述,如果从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(简称: ΔE_{G_abs})等于或小于 ΔE_{Ex} ,则即使在客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)大于有机化合物131_1的LUMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之间的能量差(ΔE_{Ex})的情况下,激发能从由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物高效率地转移到客体材料132。其结果,可以得到低驱动电压且高发光效率的发光元件,这是本发明的一个方式的特征之一。此时,满足 $\Delta E_{G_abs} \leq \Delta E_{Ex} < \Delta E_G$ (ΔE_{G_abs} 为 ΔE_{Ex} 以下, ΔE_{Ex} 小于 ΔE_G)。因此,在从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})小于客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)的情况下,本发明的一个方式的机理是优选的。换言之,在客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)大于从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})的情况下,本发明的一个方式的机理是优选的。具体而言,客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)优选比从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})大0.4eV以上。此外,因为客体材料132所呈现的发光能量等于或小于 ΔE_{G_abs} ,所以客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)优选比客体材料132所呈现的发光能量大0.4eV以上。发光能量可以从发射光谱的最短波长一侧的峰值波长(极大值或包括肩峰)导出。

[0229] 客体材料132的发光波长越短(发光能量越大),客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)越大,因此在电激发客体材料时需要大能量。然而,如果从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})等于或小于 ΔE_{Ex} ,则可以根据本发明以远小于 ΔE_G 的 ΔE_{Ex} 的能量激发客体材料132,由此可以减少发光元件的功耗。因此,在从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})和客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)之间的能量差大(即,尤其在呈现蓝色的发光的客体材料的情况下)的情况下,明显看出本发明的一个方式的机理的效果。

[0230] 注意,在从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})变小时,客体材料132所呈现的发光能量也变小,因此难以得到蓝色发光等具有高能量的发光。也就是说,在 ΔE_{G_abs} 与 ΔE_G 之差过大时,难以得到蓝色发光等具有高能量的发光。

[0231] 由此,客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)优选比从客体材料132的吸收端算出的迁移能量(ΔE_{G_abs})大0.4eV以上且0.8eV以下,更优选大0.5eV以上且0.8eV以下。此外,由于客体材料132所呈现的发光能量等于或小于 ΔE_{G_abs} ,所以客体材料132的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差(ΔE_G)优选比客体材料132所呈现的发光能量大0.4eV以上且0.8eV以下,更优选大0.5eV以上且0.8eV以下。

[0232] 另外,客体材料132的LUMO能级与有机化合物131_1的LUMO能级之差优选为0.05eV以上,更优选为0.1eV以上,进一步优选为0.2eV以上。此外,客体材料132的HOMO能级与有机化合物131_2的HOMO能级之差优选为0.05eV以上,更优选为0.1eV以上,进一步优选为0.2eV以上。通过满足上述条件,电子载流子及空穴载流子容易注入到有机化合物131_1及有机化合物131_2,所以是优选的。

[0233] 另外,客体材料132的HOMO能级可以高于或低于有机化合物131_1的HOMO能级。此外,客体材料132的LUMO能级可以高于或低于有机化合物131_2的LUMO能级。

[0234] 此外,根据上述LUMO能级与HOMO能级的关系,作为有机化合物131_1和有机化合物131_2的组合,有机化合物131_1和有机化合物131_2中的一个的氧化电位优选高于另一个的氧化电位,并且该一个的还原电位优选高于该另一个的还原电位。

[0235] 例如,当有机化合物131_1具有电子传输性且有机化合物131_2具有空穴传输性时,有机化合物131_1的氧化电位优选高于有机化合物131_2的氧化电位,并且有机化合物131_1的还原电位优选高于有机化合物131_2的还原电位。通过利用循环伏安法(CV)法而测量氧化电位及还原电位。

[0236] 另外,客体材料132的氧化电位优选高于有机化合物131_2的氧化电位,并且客体材料132的还原电位优选低于有机化合物131_1的还原电位。通过满足上述条件,如上所述那样可以抑制由客体材料132与有机化合物131_1或有机化合物131_2形成激基复合物。

[0237] 另外,当有机化合物131_1与有机化合物131_2的组合是具有空穴传输性的化合物与具有电子传输性的化合物的组合时,能够通过调整其混合比而容易地控制载流子的平衡。具体而言,具有空穴传输性的化合物:具有电子传输性的化合物优选在1:9至9:1(重量比)的范围内。另外,通过具有该结构,可以容易地控制载流子的平衡,由此也可以容易地对载流子复合区域进行控制。

[0238] 由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物在一个有机化合物中具有HOMO且在另一个有机化合物中具有LUMO,因此HOMO与LUMO的重叠极小。就是说,在该激

基复合物中,单重激发能级与三重激发能级之间的差异小。由此,在由有机化合物131_1和有机化合物131_2形成的激基复合物中,单重激发能级与三重激发能级之间的差异优选大于0eV且为0.2eV以下。

[0239] 在此,图2B示出发光层130中的有机化合物131_1、有机化合物131_2及客体材料132的能级相关。注意,图2B中的记载及符号表示的是如下:

[0240] Host (131_1):主体材料(有机化合物131_1);

[0241] Host (131_2):主体材料(有机化合物131_2);

[0242] Guest (132):客体材料132(磷光化合物);

[0243] S_{PH}:主体材料(有机化合物131_1)的S1能级;

[0244] T_{PH}:主体材料(有机化合物131_1)的T1能级;

[0245] S_{PG}:客体材料132(磷光化合物)的S1能级;

[0246] T_{PG}:客体材料132(磷光化合物)的T1能级;

[0247] S_{PE}:激基复合物的S1能级;以及

[0248] T_{PE}:激基复合物的T1能级。

[0249] 在本发明的一个方式的发光元件中,由发光层130所包含的有机化合物131_1和有机化合物131_2形成激基复合物。激基复合物的最低单重激发能级(S_{PE})与激基复合物的最低三重激发能级(T_{PE})互相相邻(参照图2B的路径E₇)。

[0250] 激基复合物是由两种物质形成的激发态,在是光激发的情况下,激基复合物通过处于激发态的一个物质与处于基态的另一个物质的相互作用而形成。当通过发射光而返回基态时,形成激基复合物的两种物质分别恢复原来的物质的状态。在是电激发的情况下,当一个物质处于激发态时,迅速地另一个物质起相互作用而形成激基复合物。或者,可以通过使一个物质接收空穴而另一个物质接收电子来迅速地形成激基复合物。此时,可以在两个物质中以单个物质都不形成激发态的方式形成激基复合物,所以在发光层130中形成的大部分的激发态可以作为激基复合物存在。激基复合物的激发能级(S_E或T_E)比形成激基复合物的主体材料(有机化合物131_1及有机化合物131_2)的单重激发能级(S_{PH})低,所以可以以更低的激发能形成主体材料131的激发态。由此,可以降低发光元件150的驱动电压。

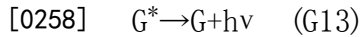
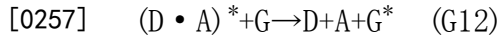
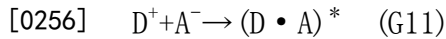
[0251] 然后,使激基复合物的单重激发能级(S_{PE})和三重激发能级(T_{PE})两者的能量转移到客体材料132(磷光化合物)的三重激发态的最低能级(T_{PG})来得到发光(参照图2B的路径E₈、E₉)。

[0252] 另外,激基复合物的三重激发能级(T_{PE})优选高于客体材料132的三重激发能级(T_{PG})。由此,所产生的激基复合物的单重激发能及三重激发能能够从激基复合物的单重激发能级(S_{PE})及三重激发能级(T_{PE})转移到客体材料132的三重激发能级(T_{PG})。

[0253] 通过使发光层130具有上述结构,可以高效地获得来自发光层130的客体材料132(磷光化合物)的发光。

[0254] 在本说明书等中,有时将上述路径E₇、E₈及E₉的过程称为ExTET(Exciplex-Triplet Energy Transfer:激基复合物-三重态能量转移)。换言之,在发光层130中,产生从激基复合物到客体材料132的激发能的供应。在此情况下,不一定必须使从T_{PE}向S_{PE}的反系间窜越的效率及由S_{PE}的发光量子收率高,因此可以选择更多种材料。

[0255] 上述反应可以以如下通式(G11)至(G13)表示。



[0259] 在通式(G11)所示的反应中,有机化合物131_1和有机化合物131_2中的一个接收空穴(D^+),另一个接收电子(A^-),由此有机化合物131_1和有机化合物131_2生成激基复合物($(D \cdot A)^*$)。另外,在通式(G12)中,产生从激基复合物($(D \cdot A)^*$)到客体材料132(G)的能量转移,由此生成客体材料132的激发态(G^*)。然后,如通式(G13)所示,激发态的客体材料132发射光($h\nu$)。

[0260] 注意,为了使激发能从激基复合物高效地转移到客体材料132,激基复合物的三重激发能级优选低于形成激基复合物的主体材料中的各有机化合物(有机化合物131_1和有机化合物131_2)的三重激发能级。由此,不容易产生各有机化合物所形成的激基复合物的三重激发能的猝灭,而高效地发生向客体材料132的能量转移。

[0261] 在有机化合物131_2具有供体性强的骨架时,注入到发光层130的空穴容易注入到有机化合物131_2而被传输。此外,在有机化合物131_1具有受主性强的骨架时,注入到发光层130的电子容易注入到有机化合物131_1而被传输。由此,有机化合物131_1及有机化合物131_2容易形成激基复合物。

[0262] 通过使发光层130具有上述结构,可以高效地获得来自发光层130的客体材料132的发光。

[0263] <能量转移机理>

[0264] 下面,对主体材料131与客体材料132的分子间的能量转移过程的控制因素进行说明。作为分子间的能量转移的机理,提出了福斯特(Förster)机理(偶极-偶极相互作用)和德克斯特(Dexter)机理(电子交换相互作用)的两个机理。注意,虽然在此对主体材料131与客体材料132的分子间的能量转移过程进行说明,但是在主体材料131为激基复合物时也是同样的。

[0265] 《福斯特机理》

[0266] 在福斯特机理中,在能量转移中不需要分子间的直接接触,通过主体材料131与客体材料132间的偶极振荡的共振现象发生能量转移。通过偶极振荡的共振现象,主体材料131给客体材料132供应能量,激发态的主体材料131成为基态,基态的客体材料132成为激发态。另外,算式1示出福斯特机理的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

$$[0267] \quad k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N_A R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \varepsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

[0268] 在算式1中, ν 表示振荡数, $f'_h(\nu)$ 表示主体材料131的归一化发射光谱(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光光谱,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光光谱), $\varepsilon_g(\nu)$ 表示客体材料132的摩尔吸光系数, N 表示阿伏伽德罗数, n 表示介质的折射率, R 表示主体材料131与客体材料132的分子间距, τ 表示所测量的激发态的寿命(荧光寿命或磷光寿命), c 表示光速, ϕ 表示发光量子收率(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光量子收率,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光量子收率), K^2 表示主体材料131和客体材料132的跃迁偶极矩的取向的系数(0至4)。此外,在无规取向中, $K^2 =$

2/3。

[0269] 《德克斯特机理》

[0270] 在德克斯特机理中,主体材料131和客体材料132接近于产生轨道的重叠的接触有效距离,通过交换激发态的主体材料131的电子和基态的客体材料132的电子,发生能量转移。另外,算式2示出德克斯特机理的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

$$[0271] \quad k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad \dots (2)$$

[0272] 在算式2中,h表示普朗克常数,K表示具有能量维数(energy dimension)的常数, ν 表示振荡数, $f'_h(\nu)$ 表示主体材料131的归一化发射光谱(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光光谱,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光光谱), $\varepsilon'_g(\nu)$ 表示客体材料132的归一化吸收光谱,L表示有效分子半径,R表示主体材料131与客体材料132的分子间距。

[0273] 在此,从主体材料131到客体材料132的能量转移效率 ϕ_{ET} 以算式3表示。在算式中, k_r 表示主体材料131的发光过程(当考虑由单重激发态的能量转移时,相当于荧光,而当考虑由三重激发态的能量转移时,相当于磷光)的速度常数, k_n 表示主体材料131的非发光过程(热失活或系间窜跃)的速度常数, τ 表示所测量的主体材料131的激发态的寿命。

$$[0274] \quad \phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau} \right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad \dots (3)$$

[0275] 从算式3可知,通过增大能量转移的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$,其他竞争的速度常数 $k_r + k_n (= 1/\tau)$ 相对变小,可以提高能量转移效率 ϕ_{ET} 。

[0276] 《用来提高能量转移的概念》

[0277] 在基于福斯特机理的能量转移中,作为能量转移效率 Φ_{ET} ,量子收率 Φ (在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光量子收率,在说明来自三重激发态的能量转移时是磷光量子收率)优选高。另外,主体材料131的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱)与客体材料132的吸收光谱(相当于从单重基态到三重激发态的迁移的吸收)的重叠优选大。再者,客体材料132的摩尔吸光系数优选高。这意味着主体材料131的发射光谱与呈现在客体材料132的最长波长一侧的吸收带重叠。

[0278] 另外,在基于德克斯特机理的能量转移中,为了增大速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$,主体材料131的发射光谱(在说明来自单重激发态的能量转移时是荧光光谱,在说明来自三重激发态的能量转移时是磷光光谱)与客体材料132的吸收光谱(相当于从单重基态到三重激发态的迁移的吸收)的重叠优选大。因此,能量转移效率的最优化可以通过使主体材料131的发射光谱与呈现在客体材料132的最长波长一侧的吸收带重叠而实现。

[0279] 与从主体材料131到客体材料132的能量转移同样地,在从激基复合物到客体材料132的能量转移过程中也发生基于福斯特机理及德克斯特机理的双方的能量转移。

[0280] 于是,本发明的一个方式提供一种发光元件,该发光元件作为主体材料131包括形成作用能够将能量高效地转移到客体材料132的能量供体的激基复合物的组合的有机化合物131_1和有机化合物131_2。可以以比单个有机化合物131_1和单个有机化合物131_2的激

发态低的激发能形成有机化合物131_1和有机化合物131_2所形成的激基复合物。由此,可以降低发光元件150的驱动电压。再者,为了使从激基复合物的单重激发能级到被用作能量受体的客体材料132的三重激发能级的能量转移容易产生,优选的是,该激基复合物的发射光谱与客体材料132的呈现在最长波长一侧(低能量一侧)的吸收带重叠。由此,可以提高客体材料132的三重激发态的产生效率。由于生成在发光层130中的激基复合物具有单重激发能级与三重激发能级接近的特征,所以通过使激基复合物的发射光谱与在客体材料132的最长波长一侧(低能量一侧)呈现的吸收带重叠,可以容易发生从激基复合物的三重激发能级到客体材料132的三重激发能级的能量转移。

[0281] <材料>

[0282] 接着,下面对根据本发明的一个方式的发光元件的构成要素的详细内容进行说明。

[0283] 《发光层》

[0284] 在发光层130的材料重量比中,主体材料131所占比例最大,客体材料132(磷光化合物)分散于主体材料131中。发光层130的主体材料131(有机化合物131_1和有机化合物131_2)的T1能级优选高于发光层130的客体材料(客体材料132)的T1能级。

[0285] 作为有机化合物131_1,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料。作为容易接收电子的材料(具有电子传输性的材料),可以使用含氮杂芳族化合物等包括缺 π 电子型芳杂环骨架的化合物以及锌类或铝类金属配合物等。作为包括缺 π 电子型芳杂环骨架的化合物的例子,可以举出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等。作为锌类或铝类金属配合物的例子,可以举出包括喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体或噻唑配体的金属配合物。

[0286] 具体而言,作为具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物,例如可以举出三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)等。另外,除此之外,还可以使用如双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有噁唑基类或噻唑类配体的金属配合物等。再者,除了金属配合物以外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、9-[4-(4,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑-3-基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzTAZ1)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBI_m-II)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)等杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(简称:7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(简称:

6mDBTPDBq-II)、2-[3-(3,9'-联-9H-咪唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mCzCzPDBq)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等具有二噻骨架的杂环化合物;2-{4-[3-(N-苯基-9H-咪唑-3-基)-9H-咪唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)等具有三噻骨架的杂环化合物;3,5-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)等具有吡啶骨架的杂环化合物;4,4'-双(5-甲基苯并噻唑基-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)等杂芳族化合物。在上述杂环化合物中,具有三噻骨架、二噻骨架(嘧啶、吡嗪、哒嗪)或吡啶骨架的杂环化合物稳定且可靠性良好,所以是优选的。尤其是,具有上述骨架的杂环化合物具有高电子传输性,也有助于降低驱动电压。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)、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 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,只要是电子传输性高于空穴传输性的物质,就可以使用上述物质以外的物质。

[0287] 作为有机化合物131_2,优选使用可以与有机化合物131_1形成激基复合物的物质。具体而言,有机化合物131_2优选包括富 π 电子型芳杂环骨架或芳香胺骨架等供体性高的骨架。作为包括富 π 电子型芳杂环骨架的化合物,可以举出二苯并噻吩衍生物、二苯并咪喃衍生物、咪唑衍生物等杂芳族化合物。此时,优选以有机化合物131_1与有机化合物131_2所形成的激基复合物的发光峰值与客体材料132(磷光化合物)的三重MLCT(从金属到配体的电荷转移: Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁的吸收带(具体为最长波长一侧的吸收带)重叠的方式选择有机化合物131_1、有机化合物131_2及客体材料132(磷光化合物)。由此,可以实现一种发光效率得到显著提高的发光元件。注意,在使用热活化延迟荧光材料代替磷光化合物的情况下,最长波长一侧的吸收带优选为单重态的吸收带。

[0288] 另外,作为有机化合物131_2,可以使用如下空穴传输性材料。

[0289] 作为空穴传输性材料,可以使用空穴传输性比电子传输性高的材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的材料。具体而言,可以使用芳香胺、咪唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0290] 作为能够被用作空穴传输性高的材料的芳香胺化合物,可以举出N,N'-二(对甲基)-N,N'-二苯基-对苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0291] 另外,作为咪唑衍生物,具体而言,可以举出3-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzDPA2)、3,6-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzTPN2)、3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)等。

[0292] 另外,作为咪唑衍生物,还可以举出4,4'-二(N-咪唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咪唑(简称:

CzPA)、1,4-双[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0293] 另外,作为芳烃,例如可以举出2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒽(简称:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、2-叔丁基蒽(简称:t-BuAnth)、9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒽(简称:DMNA)、2-叔丁基-9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-联蒽、10,10'-二苯基-9,9'-联蒽、10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽、10,10'-双[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒽、蒽、并四苯、红荧烯、茈、2,5,8,11-四(叔丁基)茈等。另外,除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。如此,更优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率且碳原子数为14以上且42以下的芳烃。

[0294] 注意,芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如,可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0295] 另外,也可以使用聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-[N'-(4-(4-二苯基氨基)苯基)苯基-N'-苯基氨基]苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等高分子化合物。

[0296] 另外,作为空穴传输性高的材料,例如,可以使用4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯氨基]联苯(简称:NPB或 α -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、4,4',4''-三(N,N-二苯氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联茈-2-基)-N-苯氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基茈-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基茈-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-茈-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-茈-2-基)氨基]-9H-茈-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯氨基-9H-茈-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、2-[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联茈(简称:DPASF)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)胺(简称:PCA1BP)、N,N'-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、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)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-茈-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-茈-2-胺(简称:PCBBiF)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]茈-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联茈-2-胺(简称:PCBASF)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯氨基]螺-9,9'-联茈(简称:PCASF)、2,7-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯氨基]-螺-9,9'-联茈(简称:DPA2SF)、N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(简称:YGA1BP)、N,

N'-双[4-(咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)等芳香族胺化合物等。另外,可以使用3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咪唑(简称:PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咪唑(简称:PCPPn)、3,3'-双(9-苯基-9H-咪唑)(简称:PCCP)、1,3-双(N-咪唑基)苯(简称:mCP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咪唑(简称:CzTP)、3,6-二(9H-咪唑-9-基)-9-苯基-9H-咪唑(简称:PhCzGI)、2,8-二(9H-咪唑-9-基)-二苯并噻吩(简称:Cz2DBT)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)、4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)-苯(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)、4-[3-(三亚苯-2-基)苯基]二苯并噻吩(简称:mDBTTP-II)等胺化合物、咪唑化合物、噻吩化合物、呋喃化合物、芴化合物、三亚苯化合物、菲化合物等。其中,具有吡咯骨架、呋喃骨架、噻吩骨架、芳香胺骨架的化合物稳定且可靠性良好,所以是优选的。具有上述骨架的化合物具有高空穴传输性,也有助于降低驱动电压。

[0297] 作为客体材料132(磷光化合物),可以举出铱、铈、铂类有机金属配合物或金属配合物,其中优选的是有机铱配合物,例如铱类邻位金属配合物。作为邻位金属化的配体,可以举出4H-三唑配体、1H-三唑配体、咪唑配体、吡啶配体、噻啶配体、吡嗪配体和异喹啉配体等。作为金属配合物可以举出具有卟啉配体的铂配合物等。

[0298] 此外,优选以客体材料132(磷光化合物)的LUMO能级高于有机化合物131_1的LUMO能级且客体材料132的HOMO能级低于有机化合物131_2的HOMO能级的方式选择有机化合物131_1、有机化合物131_2及客体材料132(磷光化合物)。由此,可以制造发光效率高且能够以低电压驱动的发光元件。

[0299] 作为在蓝色或绿色波长范围具有发光峰值的物质,例如可以举出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmp)₃)、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Mptz)₃)、三[4-(3-联苯)-5-异丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPrptz-3b)₃)、三[3-(5-联苯)-5-异丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPr5btz)₃)等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(Mptz1-mp)₃)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Prptz1-Me)₃)等具有1H-三唑骨架的有机金属铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:Ir(iPrpmi)₃)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶根(phenanthridinato)]铱(III)(简称:Ir(dmpimpt-Me)₃)等具有咪唑骨架的有机金属铱配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡啶基)硼酸盐(简称:FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸盐(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸盐(简称:Ir(CF₃ppy)₂(pic))、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIr(acac))等以具有吸电子基团的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱配合物。在上述金属配合物中,由于具有4H-三唑骨架、1H-三唑骨架及咪唑骨架等含氮五元杂环骨架的有机金属铱配合物的三重激发能很高并具有优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0300] 作为在绿色或黄色波长范围具有发光峰值的物质,例如可以举出三(4-甲基-6-苯

基嘧啶) 铱(III) (简称: Ir (mppm)₃)、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶) 铱(III) (简称: Ir (tBuppm)₃)、(乙酰丙酮根) 双(6-甲基-4-苯基嘧啶) 铱(III) (简称: Ir (mppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶) 铱(III) (简称: Ir (tBuppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双[4-(2-降苄基)-6-苯基嘧啶] 铱(III) (简称: Ir (nbppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶] 铱(III) (简称: Ir (mpmppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3] 苯基-κC} 铱(III) (简称: Ir (dmppm-dmp)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双(4,6-二苯基嘧啶) 铱(III) (简称: Ir (dppm)₂(acac)) 等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物、(乙酰丙酮根) 双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪) 铱(III) (简称: Ir (mppr-Me)₂(acac))、(乙酰丙酮根) 双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪) 铱(III) (简称: Ir (mppr-iPr)₂(acac)) 等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物、三(2-苯基吡啶-N, C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir (ppy)₃)、双(2-苯基吡啶根-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (ppy)₂(acac))、双(苯并[h]喹啉) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (bzq)₂(acac))、三(苯并[h]喹啉) 铱(III) (简称: Ir (bzq)₃)、三(2-苯基喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir (pq)₃)、双(2-苯基喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (pq)₂(acac)) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物、双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (dpo)₂(acac))、双{2-[4'-(全氟苯基) 苯基] 吡啶-N, C^{2'}} 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (p-PF-ph)₂(acac))、双(2-苯基苯并噁唑-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (bt)₂(acac)) 等有机金属铱配合物、三(乙酰丙酮根)(单菲罗啉) 铱(III) (简称: Tb(acac)₃(Phen)) 等稀土金属配合物。在上述金属配合物中, 由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率, 所以是特别优选的。

[0301] 另外, 作为在黄色或红色波长范围具有发光峰值的物质, 例如可以举出(二异丁酰甲烷根) 双[4,6-双(3-甲基苯基) 嘧啶根] 铱(III) (简称: Ir (5mdppm)₂(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基) 嘧啶根](二新戊酰基甲烷根) 铱(III) (简称: Ir (5mdppm)₂(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基) 嘧啶根](二新戊酰基甲烷根) 铱(III) (简称: Ir (d1npm)₂(dpm)) 等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物; (乙酰丙酮根) 双(2,3,5-三苯基吡嗪根) 铱(III) (简称: Ir (tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根) 铱(III) (简称: Ir (tppr)₂(dpm))、(乙酰丙酮根) 双[2,3-双(4-氟苯基) 喹喔啉] 合铱(III) (简称: Ir (Fd pq)₂(acac)) 等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物; 三(1-苯基异喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir (piq)₃)、双(1-苯基异喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir (piq)₂(acac)) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II) (简称: PtOEP) 等铂配合物; 以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲罗啉) 铕(III) (简称: Eu (DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噁吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲罗啉) 铕(III) (简称: Eu (TTA)₃(Phen)) 等稀土金属配合物。在上述金属配合物中, 由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率, 所以是特别优选的。另外, 具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以提供色度良好的红色发光。

[0302] 作为发光层130所包括的发光材料, 可以使用能够将三重激发能转换为发光的材料。作为该能够将三重激发能转换为发光的材料, 除了磷光化合物之外, 可以举出热活化延迟荧光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料。因此, 可以将有关磷光化合物的记载看作有关热活化延迟荧光材料的记载。注意, 热活化延迟荧光材料是指三重激发能级与单重激发能级的差较小且具有通过反系间窜越将能量从三重激发态转换为单

重激发态的功能的材料。因此,能够通过微小的热能量将三重激发态上转换(upconversion)为单重激发态(反系间窜越)并能够高效地呈现来自单重激发态的发光(荧光)。另外,可以高效地获得热活化延迟荧光的条件为如下:三重激发态能级与单重激发态能级的能量差大于0eV且为0.2eV以下,优选大于0eV且为0.1eV以下。

[0303] 当热活化延迟荧光材料由一种材料构成时,例如可以使用如下材料。

[0304] 首先,可以举出富勒烯或其衍生物、原黄素等吡啶衍生物、曙红(eosin)等。此外,可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金属卟啉。作为该含金属卟啉,例如也可以举出原卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Hemato IX))、粪卟啉四甲基酯-氟化锡配合物(SnF_2 (Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(SnF_2 (Etio I))、八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl_2OEP)等。

[0305] 另外,作为由一种材料构成的热活化延迟荧光材料,还可以使用具有富 π 电子型芳杂环及缺 π 电子型芳杂环的杂环化合物。具体而言,可以举出2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶并[2,3-a]吡啶-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、2-[4-[3-(N-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶-9-基]苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩恶嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吡啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶)苯基]硫砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'-H-螺[吡啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)等。该杂环化合物具有富 π 电子型芳杂环及缺 π 电子型芳杂环,因此电子传输性及空穴传输性高,所以是优选的。尤其是,在具有缺 π 电子型芳杂环的骨架中,二嗪骨架(咪唑骨架、吡嗪骨架、哒嗪骨架)或三嗪骨架稳定且可靠性良好,所以是优选的。另外,在具有富 π 电子型芳杂环的骨架中,吡啶骨架、吩恶嗪骨架、噻吩骨架、呋喃骨架及吡咯骨架稳定且可靠性良好,所以具有选自该骨架中的任何一个或多个是优选的。作为吡咯骨架,特别优选使用吡啶骨架、咪唑骨架及3-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶骨架。另外,在富 π 电子型芳杂环和缺 π 电子型芳杂环直接键合的物质中,富 π 电子型芳杂环的供体性和缺 π 电子型芳杂环的受主性都强,单重激发能级与三重激发能级的差异变小,所以是尤其优选的。

[0306] 发光层130也可以由两层以上的多个层形成。例如,在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层130的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。另外,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。另外,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料既可以是具有呈现相同颜色的发光的功用的材料,又可以是具有呈现不同颜色的发光的功用的材料。通过作为两层的发光层分别使用具有呈现彼此不同颜色的发光的功用的发光材料,可以同时得到多个发光。尤其是,优选选择用于各发光层的发光材料,以便通过组合两层发光层所发射的光而能够得到白色发光。

[0307] 另外,在发光层130中也可以包含主体材料131及客体材料132以外的材料。

[0308] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光层130。此外,除了上述材料以外,也可以包含量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0309] 《空穴注入层》

[0310] 空穴注入层111具有降低来自一对电极中的一个(电极101或电极102)的空穴的注入势垒促进空穴注入的功能,并例如使用过渡金属氧化物、酞菁衍生物或芳香胺等形成。作为过渡金属氧化物可以举出钼氧化物、钒氧化物、钽氧化物、钨氧化物、锰氧化物等。作为酞菁衍生物,可以举出酞菁或金属酞菁等。作为芳香胺,可以举出联苯胺衍生物或亚苯基二胺衍生物等。另外,也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物,典型的是:作为被自掺杂的聚噻吩的聚(乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)等。

[0311] 作为空穴注入层111,可以使用具有由空穴传输性材料和具有接收来自空穴传输性材料的电子的特性的材料构成的复合材料的层。或者,也可以使用包含具有接收电子的特性的材料的层与包含空穴传输性材料的层的叠层。在定态或者在存在有电场的状态下,电荷的授受可以在这些材料之间进行。作为具有接收电子的特性的材料,可以举出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮杂苯并菲衍生物等有机受体。具体而言,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F₄-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮杂苯并菲(简称:HAT-CN)等具有吸电子基团(卤基或氰基)的化合物。此外,也可以使用过渡金属氧化物、例如第4族至第8族金属的氧化物。具体而言,可以使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化镨等。特别优选使用氧化钼,因为其在大气中也稳定,吸湿性低,并且容易处理。

[0312] 作为空穴传输性材料,可以使用空穴传输性比电子传输性高的材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的材料。具体而言,可以使用作为能够用于发光层130的空穴传输性材料而举出的芳香胺、咪唑衍生物、芳烃、二苯乙烯衍生物等。上述空穴传输性材料也可以是高分子化合物。

[0313] 《空穴传输层》

[0314] 空穴传输层112是包含空穴传输性材料的层,可以使用作为空穴注入层111的材料所例示的空穴传输性材料。空穴传输层112具有将注入到空穴注入层111的空穴传输到发光层130的功能,所以优选具有与空穴注入层111的HOMO能级相同或接近的HOMO能级。

[0315] 另外,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。但是,只要是空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述物质以外的物质。另外,包括具有高空穴传输性的物质的层不限于单层,还可以层叠两层以上的由上述物质构成的层。

[0316] 《电子传输层》

[0317] 电子传输层118具有将从一对电极中的另一个(电极101或电极102)经过电子注入层119注入的电子传输到发光层130的功能。作为电子传输性材料,可以使用电子传输性比空穴传输性高的材料,优选使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的材料。作为容易接收电子的化合物(具有电子传输性的材料),可以使用含氮杂芳族化合物等缺 π 电子型杂芳族化合物或金属配合物等。具体而言,可以举出作为可用于发光层130的电子传输性材料而举出的包括喹啉配体、苯并喹啉配体、噁唑配体或噻唑配体的金属配合物。另外,还可以举出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、菲罗啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等。另外,优选是具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的物质。只要是电子传输性高于空穴传输性的物质,就可以使用上述物质以外的物质。另外,电子传输层118不限于单层,还可以层叠两层以上的由上述

物质构成的层。

[0318] 另外,还可以在电子传输层118与发光层130之间设置控制电子载流子的移动的层。该层是对上述电子传输性高的材料添加少量的电子俘获性高的物质的层,通过抑制电子载流子的移动,可以调节载流子的平衡。这种结构对抑制因电子穿过发光层而引起的问题(例如元件寿命的下降)发挥很大的效果。

[0319] 《电子注入层》

[0320] 电子注入层119具有降低来自电极102的电子的注入势垒促进电子注入的功能,例如可以使用第1族金属、第2族金属或它们的氧化物、卤化物、碳酸盐等。另外,也可以使用上述电子传输性材料和具有对电子传输性材料供应电子的特性的材料的复合材料。作为具有供电子特性的材料,可以举出第1族金属、第2族金属或它们的氧化物等。具体而言,可以使用氟化锂(LiF)、氟化钠(NaF)、氟化铯(CsF)、氟化钙(CaF₂)及锂氧化物(LiO_x)等碱金属、碱土金属或这些金属的化合物。另外,可以使用氟化铒(ErF₃)等稀土金属化合物。另外,也可以将电子盐用于电子注入层119。作为该电子盐,例如可以举出对钙和铝的混合氧化物以高浓度添加电子的物质等。另外,也可以将能够用于电子传输层118的物质用于电子注入层119。

[0321] 另外,也可以将有机化合物与电子给体(供体)混合形成的复合材料用于电子注入层119。这种复合材料因为通过电子给体在有机化合物中产生电子而具有优异的电子注入性和电子传输性。在此情况下,有机化合物优选是在传输所产生的电子方面性能优异的材料,具体而言,例如,可以使用如上所述的构成电子传输层118的物质(金属配合物、杂芳族化合物等)。作为电子给体,只要是对有机化合物呈现电子供给性的物质即可。具体而言,优选使用碱金属、碱土金属和稀土金属,可以举出锂、钠、铯、镁、钙、钇、镱等。另外,优选使用碱金属氧化物或碱土金属氧化物,可以举出锂氧化物、钙氧化物、钡氧化物等。此外,还可以使用氧化镁等路易斯碱。另外,也可以使用四硫富瓦烯(简称:TTF)等有机化合物。

[0322] 另外,上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层都可以通过蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等方法形成。此外,作为上述发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层,除了上述材料之外,也可以使用量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0323] 作为量子点,可以使用胶状量子点、合金型量子点、核壳(Core Shell)型量子点、核型量子点等。另外,也可以使用包含第2族与第16族、第13族与第15族、第13族与第17族、第11族与第17族或第14族与第15族的元素群的量子点。或者,可以使用包含镉(Cd)、硒(Se)、锌(Zn)、硫(S)、磷(P)、铟(In)、碲(Te)、铅(Pb)、镓(Ga)、砷(As)、铝(Al)等元素的量子点。

[0324] 《一对电极》

[0325] 电极101及电极102被用作发光元件的阳极或阴极。电极101及电极102可以使用金属、合金、导电性化合物以及它们的混合物或叠层体等形成。

[0326] 电极101和电极102中的一个优选使用具有反射光的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以举出包含铝(Al)或包含Al的合金等。作为包含Al的合金,可以举出包含Al及L(L表示钛(Ti)、钕(Nd)、镍(Ni)和镧(La)中的一个或多个)的合金等,例如为包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金等。铝具有低电阻率和高光反射率。此外,由于铝在地

壳中大量地含有且不昂贵,所以使用铝可以降低发光元件的制造成本。此外,也可以使用银(Ag)、包含Ag、N(N表示钇(Y)、Nd、镁(Mg)、镱(Yb)、Al、Ti、镓(Ga)、锌(Zn)、铟(In)、钨(W)、锰(Mn)、锡(Sn)、铁(Fe)、Ni、铜(Cu)、钯(Pd)、铱(Ir)和金(Au)中的一个或多个)的合金等。作为包含银的合金,例如可以举出如下合金:包含银、钯及铜的合金;包含银及铜的合金;包含银及镁的合金;包含银及镍的合金;包含银及金的合金;以及包含银及镱的合金等。除了上述材料以外,可以使用钨、铬(Cr)、钼(Mo)、铜及钛等的过渡金属。

[0327] 另外,从发光层获得的光透过电极101和电极102中的一个或两个被提取。由此,电极101和电极102中的至少一个优选使用具有使光透过的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以举出可见光透过率为40%以上且100%以下,优选为60%以上且100%以下,且电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的导电性材料。

[0328] 此外,电极101及电极102优选使用具有使光透过的功能及反射光的功能的导电性材料形成。作为该导电性材料,可以举出可见光的反射率为20%以上且80%以下,优选为40%以上且70%以下,且电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的导电性材料。例如,可以使用具有导电性的金属、合金和导电性化合物中的一种或多种。具体而言,铟锡氧化物(Indium Tin Oxide,以下称为ITO)、包含硅或氧化硅的铟锡氧化物(简称:ITSO)、氧化铟-氧化锌(Indium Zinc Oxide)、含有钛的氧化铟-锡氧化物、铟-钛氧化物、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟等金属氧化物。另外,可以使用具有透过光的程度(优选为1nm以上且30nm以下的厚度)的厚度的金属膜。作为金属,例如可以使用Ag、Ag及Al、Ag及Mg、Ag及Au以及Ag及Yb等的合金等。

[0329] 注意,在本说明书等中,作为具有透光的功能的材料,使用具有使可见光透过的功能且具有导电性的材料即可,例如有上述以ITO(Indium Tin Oxide)为代表的氧化物导电体、氧化物半导体或包含有机物的有机导电体。作为包含有机物的有机导电体,例如可以举出包含混合有机化合物与电子给体(供体)而成的复合材料、包含混合有机化合物与电子受体(受体)而成的复合材料等。另外,也可以使用石墨烯等无机碳类材料。另外,该材料的电阻率优选为 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下,更优选为 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下。

[0330] 另外,可以通过层叠多个上述材料形成电极101和电极102中的一个或两个。

[0331] 为了提高光提取效率,可以与具有使光透过的功能的电极接触地形成其折射率比该电极高的材料。作为这种材料,只要具有使可见光透过的功能就可,既可以为具有导电性的材料,又可以为不具有导电性的材料。例如,除了上述氧化物导电体以外,还可以举出氧化物半导体、有机物。作为有机物,例如可以举出作为发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层或电子注入层例示出的材料。另外,也可以使用无机碳类材料或具有使光透过的程度的厚度的金属薄膜。另外,也可以层叠多个具有几nm至几十nm厚度的层。

[0332] 当电极101或电极102被用作阴极时,优选使用功函数小(3.8eV以下)的材料。例如,可以使用属于元素周期表中的第1族或第2族的元素(例如,锂、钠及铯等碱金属、钙或锶等碱土金属、镁等)、包含上述元素的合金(例如,Ag及Mg或Al及Li)、铕(Eu)或Yb等稀土金属、包含上述稀土金属的合金、包含铝、银的合金等。

[0333] 当电极101或电极102被用作阳极时,优选使用功函数大(4.0eV以上)的材料。

[0334] 电极101及电极102也可以采用具有反射光的功能的导电性材料及具有使光透过的功能的导电性材料的叠层。在此情况下,电极101及电极102具有调整光学距离的功能以便使来自各发光层的所希望的光谐振而增强其波长的光,所以是优选的。

[0335] 作为电极101及电极102的成膜方法,可以适当地使用溅射法、蒸镀法、印刷法、涂敷法、MBE (Molecular Beam Epitaxy:分子束外延)法、CVD法、脉冲激光沉积法、ALD (Atomic Layer Deposition:原子层沉积)法等。

[0336] 《衬底》

[0337] 另外,本发明的一个方式的发光元件可以在由玻璃、塑料等构成的衬底上制造。作为在衬底上层叠的顺序,既可以从电极101一侧依次层叠又可以从电极102一侧依次层叠。

[0338] 另外,作为能够形成本发明的一个方式的发光元件的衬底,例如可以使用玻璃、石英或塑料等。或者,也可以使用柔性衬底。柔性衬底是可以弯曲的衬底,例如由聚碳酸酯、聚芳酯制成的塑料衬底等。另外,可以使用薄膜、无机蒸镀薄膜等。注意,只要在发光元件及光学元件的制造过程中起支撑物的作用,就可以使用其他材料。或者,只要具有保护发光元件及光学元件的功能即可。

[0339] 例如,在本发明等中,可以使用各种衬底形成发光元件。对衬底的种类没有特别的限制。作为该衬底的例子,例如可以使用半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、具有不锈钢箔的衬底、钨衬底、具有钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状的材料纤维素纳米纤维(CNF)或纸或者基材薄膜等。作为玻璃衬底的例子,有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等,可以举出如下例子。例如,可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)为代表的塑料。或者,作为例子,可以举出丙烯酸树脂等树脂等。或者,作为例子,可以举出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。或者,作为例子,可以举出聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。

[0340] 另外,也可以作为衬底使用柔性衬底,并在柔性衬底上直接形成发光元件。或者,也可以在衬底与发光元件之间设置剥离层。当剥离层上制造发光元件的一部分或全部,然后将其从衬底分离并转置到其他衬底上时可以使用剥离层。此时,也可以将发光元件转置到耐热性低的衬底或柔性衬底上。另外,作为上述剥离层,例如可以使用钨膜和氧化硅膜的无机膜的叠层结构或在衬底上形成有聚酰亚胺等树脂膜的结构等。

[0341] 也就是说,也可以使用一个衬底来形成发光元件,然后将发光元件转置到另一个衬底上。作为发光元件被转置的衬底的例子,除了上述衬底之外,还可以举出玻璃纸衬底、石材衬底、木材衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡胶衬底等。通过采用这些衬底,可以制造不易损坏的发光元件、耐热性高的发光元件、实现轻量化的发光元件或实现薄型化的发光元件。

[0342] 另外,也可以在上述衬底上例如形成场效应晶体管(FET),并且在与FET电连接的电极上制造发光元件150。由此,可以制造通过FET控制发光元件150的驱动的有源矩阵型显示装置。

[0343] 在本实施方式中,对本发明的一个方式进行说明。此外,在其他实施方式中,将对本发明的一个方式进行说明。但是,本发明的一个方式不局限于此。就是说,在本实施方式及其他实施方式中记载各种各样的发明的方式,由此本发明的一个方式不局限于特定的方式。例如,虽然示出了将本发明的一个方式应用于发光元件的例子,但是本发明的一个方式

不局限于此。例如,根据情况或状况,也可以不将本发明的一个方式应用于发光元件。此外,虽然在本发明的一个方式中示出了如下例子,该例子包括第一有机化合物、第二有机化合物以及具有能够将三重激发能转换为发光的功能的客体材料,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,但是本发明的一个方式不局限于此。在本发明的一个方式中,根据情况或状况,例如第一有机化合物的LUMO能级也可以没有低于第二有机化合物的LUMO能级。另外,第一有机化合物的HOMO能级也可以没有低于第二有机化合物的HOMO能级。另外,例如,在本发明的一个方式中示出第一有机化合物与第二化合物形成激基复合物的例子,但是本发明的一个方式不局限于此。在本发明的一个方式中,根据情况或状况,例如第一有机化合物与第二有机化合物也可以不形成激基复合物。此外,虽然在本发明的一个方式中示出了如下例子,在该例子中客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,但是本发明的一个方式不局限于此。在本发明的一个方式中,根据情况或状况,例如客体材料的LUMO能级也可以没有高于第一有机化合物的LUMO能级。另外,客体材料的HOMO能级也可以没有低于第二有机化合物的HOMO能级。

[0344] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0345] 实施方式2

[0346] 在本实施方式中,对能够适用于本发明的一个方式的发光元件的新颖的化合物进行说明。

[0347] 本发明的一个方式的化合物是作为其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物,该含氮五元杂环骨架至少具有包含氰基的取代基。虽然咪唑骨架或三唑骨架等含氮五元杂环骨架具有高的三重激发能级,但是与含氮六元杂环骨架相比接收电子的特性低。由此,作为其配体具有含氮五元杂环骨架的铱配合物的LUMO能级较高,电子载流子不容易被注入。然而,因为本发明的一个方式的铱配合物至少具有包含氰基的取代基,所以由于氰基的强电子吸引力而LUMO能级及HOMO能级下降。因此,通过将该铱配合物用于发光元件,可以制造发光效率良好的发光元件。另外,由于该铱配合物具有高的三重激发能级,所以通过将该铱配合物用于发光元件,可以制造呈现发光效率良好的呈现蓝色的发光元件。此外,由于该铱配合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以通过将该铱配合物用于发光元件,可以制造驱动寿命长的发光元件。如此,通过将本发明的一个方式的铱配合物用于发光元件,可以制造具有良好的发光特性且高性能的发光元件。

[0348] 此外,本发明的一个方式的化合物是具有配体的铱配合物,在该配体中,包含氰基的芳基键合于含氮五元杂环骨架。因为容易以高纯度合成该配体,所以可以抑制由杂质导致的劣化。另外,从元件特性的稳定性及可靠性的观点来看,键合于含氮五元杂环骨架的包含氰基的芳基的碳原子数优选为6至13。在此情况下,该铱配合物可以在较低的温度下进行真空蒸镀,所以不容易引起蒸镀时的热分解等劣化。

[0349] 此外,因为具有含氮五元杂环骨架所包含的氮原子通过亚芳基键合于氰基的配体的铱配合物可以保持高的三重激发能级,所以可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件。此外,可以得到与不包含氰基的发光元件相比呈现蓝色发光等能量高的发光并具有高发光效率的发光元件。再者,通过将氰基键合于如上所述的特定位置,该发光元件还具有呈现蓝色发光等能量高的发光并具有高可靠性的特征。另外,上述含氮五元杂环骨架

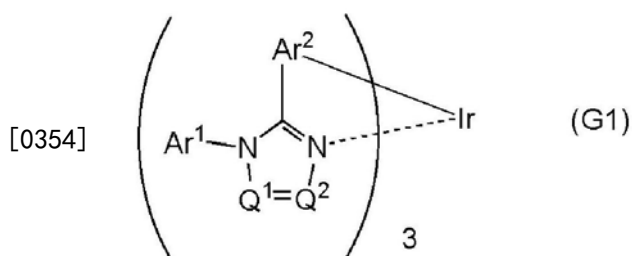
与氰基优选通过亚苯基等亚芳基键合。

[0350] 另外,在该亚芳基的碳原子数为6至13时,该铱配合物成为具有较低的分子量的化合物,由此得到适合于真空蒸镀(可以在较低的温度下进行真空蒸镀)的化合物。另外,一般而言,在很多情况下当分子量低时成膜后的耐热性很低,但是由于该铱配合物具有多个配体,因此具有即便配体的分子量低也能够确保充分的耐热性的优点。

[0351] 也就是说,该铱配合物不仅具有上述易蒸镀性、电化学稳定性,还具有三重激发能级高的特性。由此,在发光元件中,作为发光层的客体材料优选使用该铱配合物。尤其是,优选将该铱配合物用于蓝色发光元件的客体材料。

[0352] <铱配合物的例子1>

[0353] 上述铱配合物是以下述通式(G1)表示的铱配合物。



[0355] 在上述通式(G1)中,Ar¹及Ar²分别独立地表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。在该芳基具有取代基的情况下,作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。

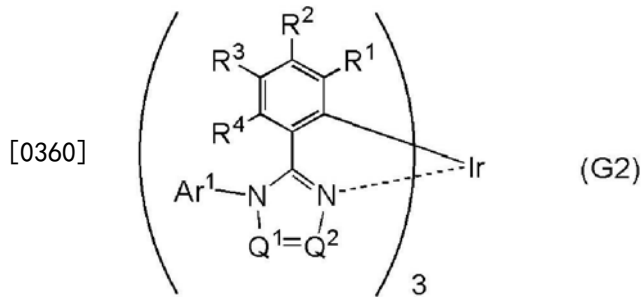
[0356] Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R,R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q¹和Q²中的至少一个具有C-R。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为1至6的卤代烷基,可以举出使用第17族元素(氟、氯、溴、碘、碲)取代至少一个氢的烷基。作为碳原子数为1至6的卤代烷基,可以举出氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言,可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数目及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。该芳基还可以具有取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。

[0357] 以Ar¹及Ar²表示的芳基和以R表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0358] <铱配合物的例子2>

[0359] 另外,本发明的一个方式的铱配合物优选为邻位金属配合物。上述铱配合物是以

下述通式 (G2) 表示的铱配合物。



[0361] 在上述通式 (G2) 中, Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。在该芳基具有取代基的情况下, 作为该取代基, 可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

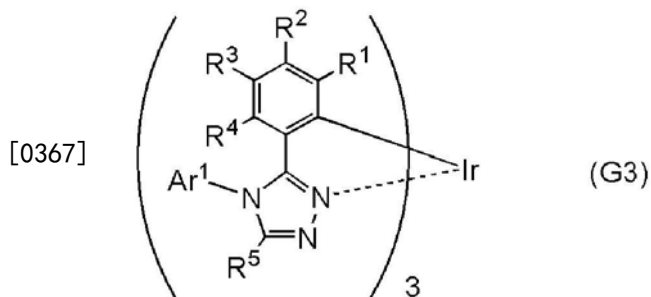
[0362] R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。如果R¹至R⁴都是氢, 则在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0363] Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R, R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q¹和Q²中的至少一个具有C-R。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为1至6的卤代烷基, 可以举出使用第17族元素(氟、氯、溴、碘、碲)取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言, 可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的种类及数量可以为一个或多个。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。该芳基还可以具有取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

[0364] 另外, 以Ar¹及R¹至R⁴表示的芳基、以R表示的芳基和R¹至R⁴中的至少一个具有氰基。

[0365] <铱配合物的例子3>

[0366] 在本发明的一个方式的铱配合物中, 通过作为配体具有4H-三唑骨架, 可以具有高的三重激发能级, 由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件, 所以是优选的。上述铱配合物是以下述通式 (G3) 表示的铱配合物。



[0368] 在上述通式 (G3) 中, Ar^1 表示碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。在该芳基具有取代基的情况下, 作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。

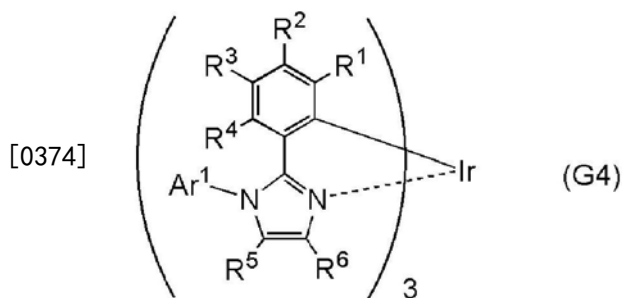
[0369] R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基、碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基和氰基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。如果 R^1 至 R^4 都是氢, 则在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0370] R^5 表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基, 可以举出使用第 17 族元素 (氟、氯、溴、碘、砷) 取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言, 可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数目及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。该芳基还可以具有取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。

[0371] 另外, 以 Ar^1 及 R^1 至 R^5 表示的芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。

[0372] <铱配合物的例子 4>

[0373] 在本发明的一个方式的铱配合物中, 通过作为配体具有咪唑骨架, 可以具有高的三重激发能级, 由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件, 所以是优选的。上述铱配合物是以下述通式 (G4) 表示的铱配合物。



[0375] 在上述通式 (G4) 中, Ar^1 表示碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。在该芳基具有取代基的情况下, 作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

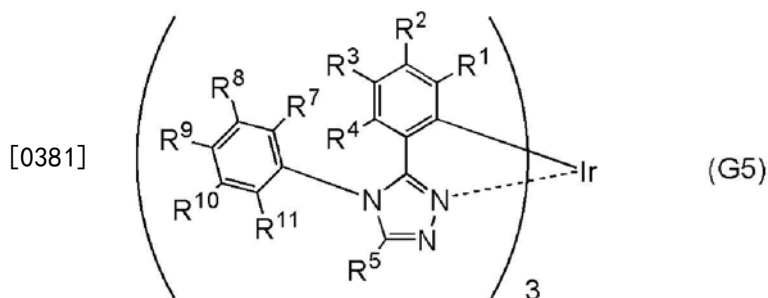
[0376] R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。如果 R^1 至 R^4 都是氢, 则在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0377] R^5 及 R^6 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基, 可以举出使用第 17 族元素 (氟、氯、溴、碘、碲) 取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言, 可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数目及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。该芳基还可以具有取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n -己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

[0378] 另外, 以 Ar^1 及 R^1 至 R^6 表示的芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。

[0379] <铱配合物的例子 5>

[0380] 在本发明的一个方式的铱配合物中, 当键合于含氮五元杂环骨架的氮的芳基为取代或未取代的苯基时, 可以在较低的温度下进行真空蒸镀并具有高的三重激发能级, 由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件, 所以是优选的。上述铱配合物是以下述通式 (G5) 和 (G6) 表示的铱配合物。

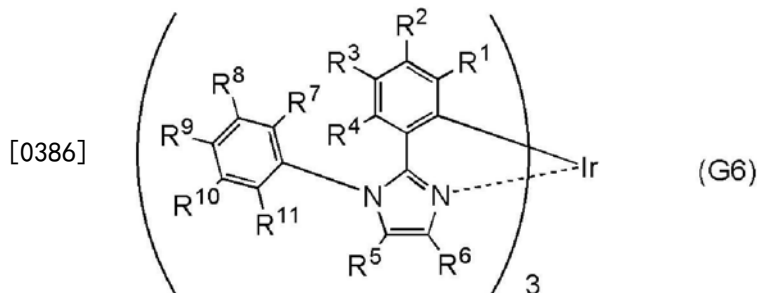


[0382] 在上述通式(G5)中, R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为1至6的烷基, R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。

[0383] R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。 R^8 至 R^{10} 中的至少一个优选具有氰基。

[0384] R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。如果 R^1 至 R^4 都是氢, 则在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0385] R^5 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为1至6的卤代烷基, 可以举出使用第17族元素(氟、氯、溴、碘、砷)取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言, 可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数目及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。该芳基还可以具有取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及苄基等。



[0387] 在上述通式 (G6) 中, R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为 1 至 6 的烷基, R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。

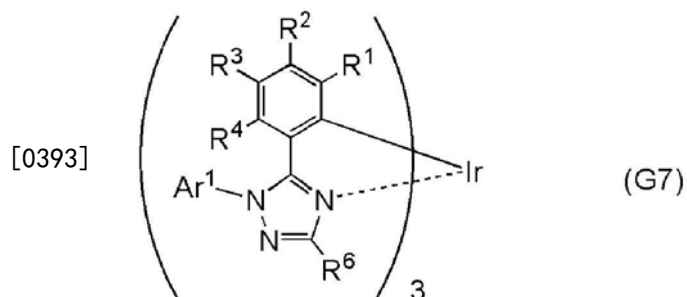
[0388] R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。 R^8 至 R^{10} 中的至少一个优选具有氰基。

[0389] R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。如果 R^1 至 R^4 都是氢, 则在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0390] R^5 及 R^6 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基, 可以举出使用第 17 族元素 (氟、氯、溴、碘、砷) 取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言, 可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数目及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。该芳基还可以具有取代基, 该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基, 可以选择碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基或者碳原子数为 6 至 13 的芳基。作为碳原子数为 1 至 6 的烷基, 具体地说, 可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及 n-己基等。作为碳原子数为 3 至 6 的环烷基, 具体地说, 可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。

[0391] <铱配合物的例子 6>

[0392] 在本发明的一个方式的铱配合物中, 通过作为配体具有 1H-三唑骨架, 可以具有高的三重激发能级, 由此可以适用于呈现蓝色发光等能量高的发光的发光元件, 所以是优选的。上述铱配合物是以下述通式 (G7) 和 (G8) 表示的铱配合物。



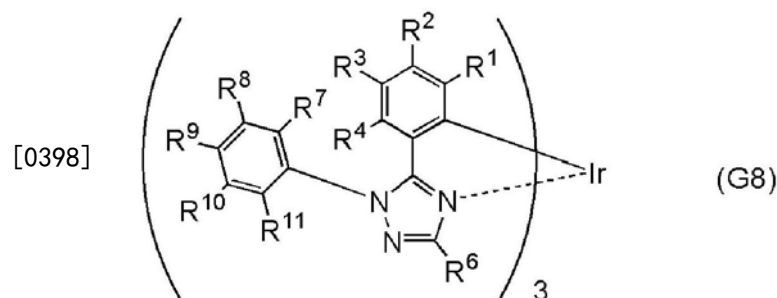
[0394] 在上述通式 (G7) 中, Ar^1 表示碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为 6 至 13 的芳基, 具体地说, 可以举出苯基、萘基、联苯基及茚基等。在该芳基具有取代

基的情况下,作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。

[0395] R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。如果 R^1 至 R^4 都是氢,则在易合成性或原料价格的方面上有利。

[0396] R^6 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为1至6的卤代烷基,可以举出使用第17族元素(氟、氯、溴、碘、砷)取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言,可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数目及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。该芳基还可以具有取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。

[0397] 另外,以 Ar^1 、 R^1 至 R^4 及 R^6 表示的芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。



[0399] 在上述通式(G8)中, R^7 及 R^{11} 表示碳原子数为1至6的烷基, R^7 及 R^{11} 具有彼此相同的结构。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。

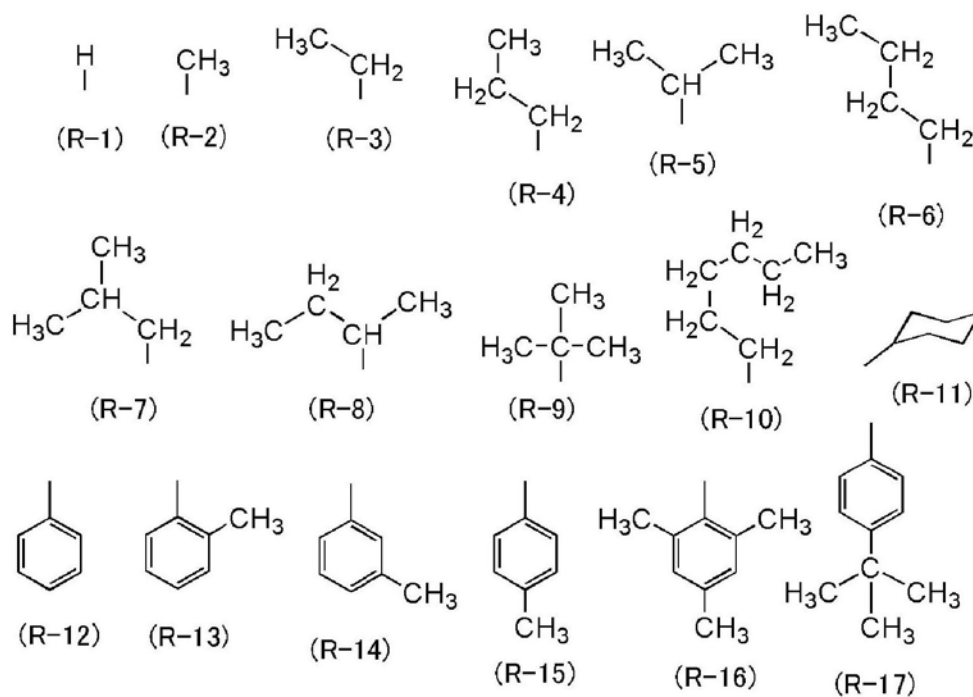
[0400] R^8 至 R^{10} 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。 R^8 至 R^{10} 中的至少一个优选具有氰基。

[0401] R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。如果 R^1 至 R^4 都是氢,则在易合成性或原料价格的方面上有利。

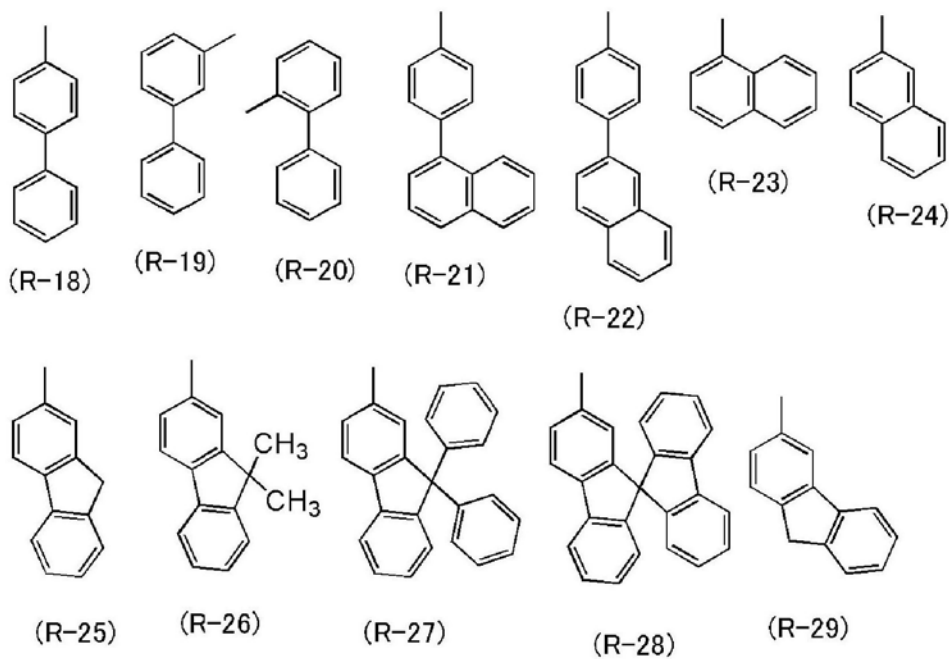
[0402] R^6 表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为1至6的卤代烷基,可以举出使用第17族元素(氟、氯、溴、碘、砷)取代至少一个氢的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。具体而言,可以举出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。该卤代烷基所包含的卤素的数量及种类可以为一个或多个。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。该芳基还可以具有取代基,该取代基也可以彼此键合而形成环。作为该取代基,可以选择碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基或者碳原子数为6至13的芳基。作为碳原子数为1至6的烷基,具体地说,可以举出甲基、乙基、丙基、异丙基、丁基、异丁基、叔丁基及n-己基等。作为碳原子数为3至6的环烷基,具体地说,可以举出环丙基、环丁基、环戊基及环己基等。作为碳原子数为6至13的芳基,具体地说,可以举出苯基、萘基、联苯基及茛基等。

[0403] <取代基的例子>

[0404] 作为以上述通式(G2)至(G8)的 R^1 至 R^4 表示的烷基及芳基,例如可以使用以下述结构式(R-1)至(R-29)表示的基。注意,可以用作烷基及芳基的基不局限于此。



[0405]



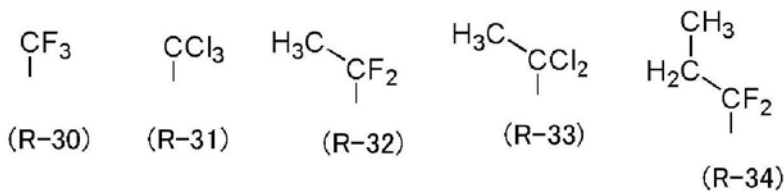
[0406] 此外,作为在通式(G1)至(G4)及(G7)中以Ar¹表示的芳基以及在通式(G1)中以Ar²表示的芳基,例如可以使用以上述结构式(R-12)至(R-29)表示的基。注意,可以用作Ar¹及Ar²的基不局限于此。

[0407] 此外,作为以通式(G5)、(G6)及(G8)的R⁷和R¹¹表示的烷基,例如可以使用以上述结构式(R-1)至(R-10)表示的基。注意,可以用作烷基的基不局限于此。

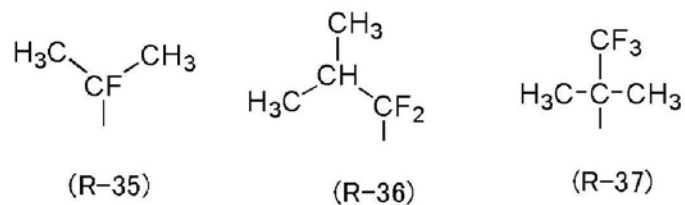
[0408] 此外,作为以通式(G5)、(G6)及(G8)的R⁸至R¹⁰表示的烷基或者取代或未取代的苯基,例如可以使用以上述结构式(R-1)至(R-22)表示的基。注意,可以用作烷基或苯基的基不局限于此。

[0409] 此外,作为以上述通式(G3)至(G6)的R⁵以及以通式(G4)、(G6)至(G8)的R⁶表示的烷基、芳基或卤代烷基,例如可以使用以上述结构式(R-1)至(R-29)以及以下述结构式(R-30)

至 (R-37) 表示的基。注意,可以用作烷基、芳基或卤代烷基的基不局限于此。

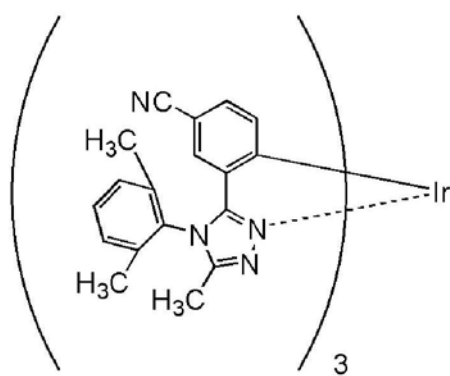
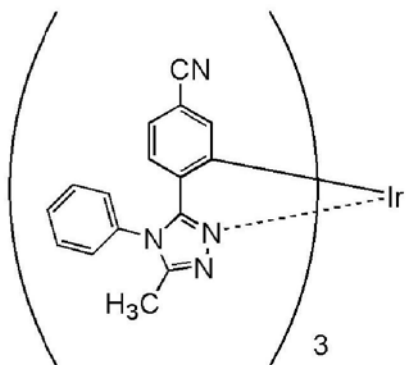


[0410]

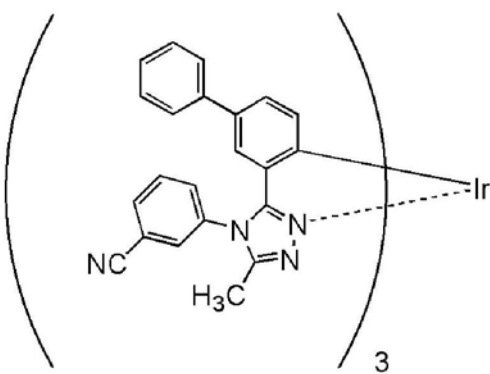
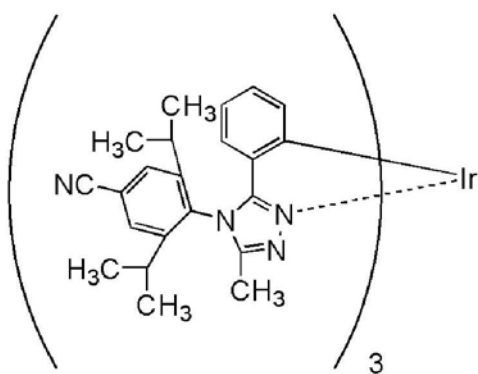
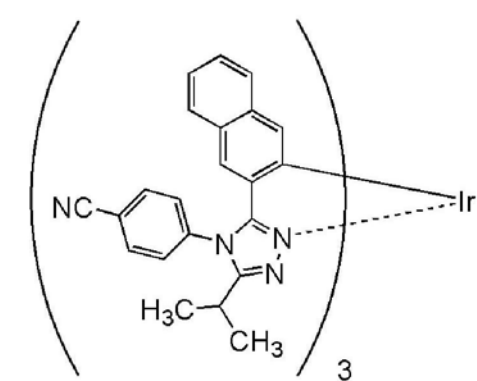
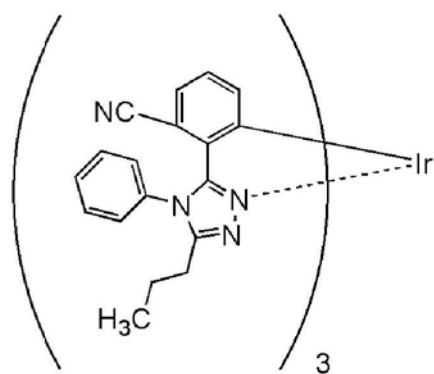


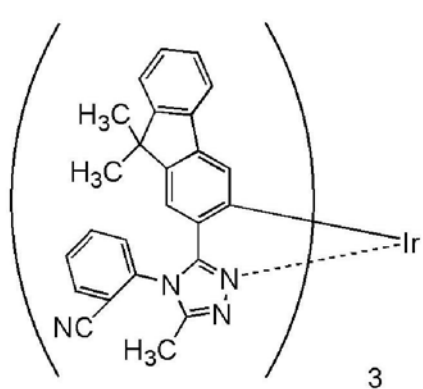
[0411] <铈配合物的具体例子>

[0412] 作为以上述通式 (G1) 至 (G8) 表示的铈配合物的具体结构,可以举出以下述结构式 (100) 至 (134) 表示的化合物等。注意,以通式 (G1) 至 (G8) 表示的铈配合物不局限于下述例子。

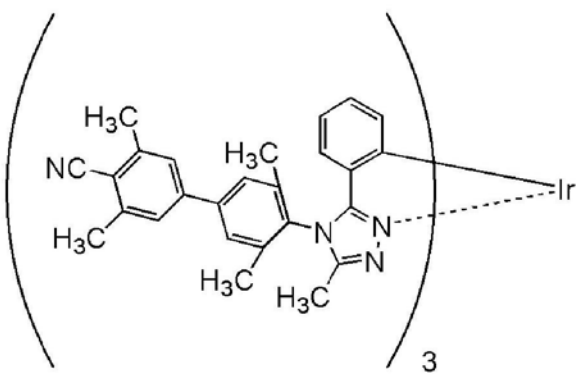


[0413]



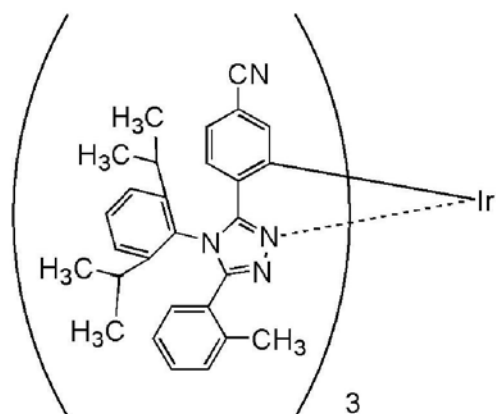


(106)

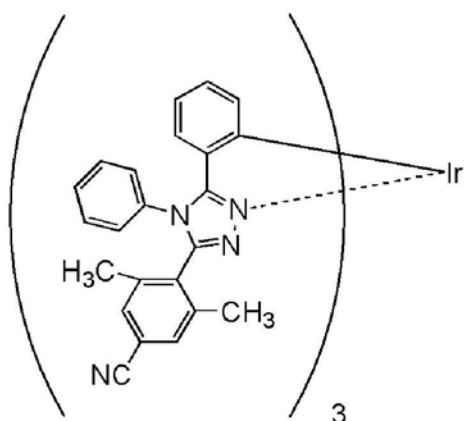


(107)

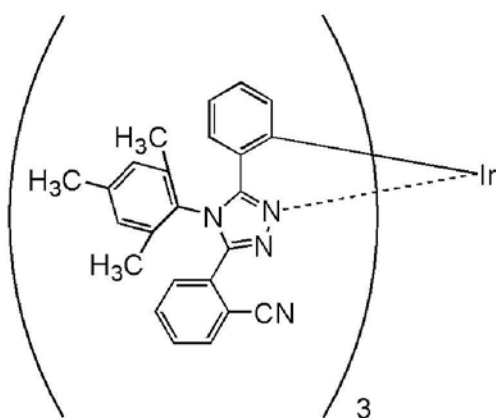
[0414]



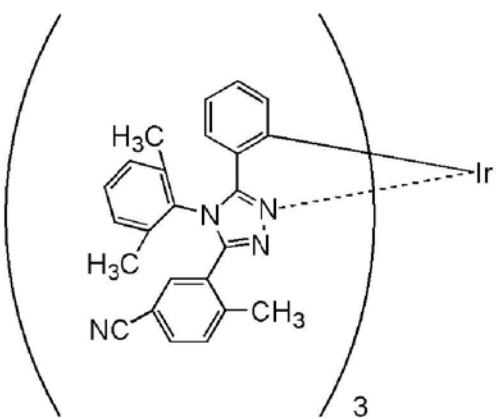
(108)



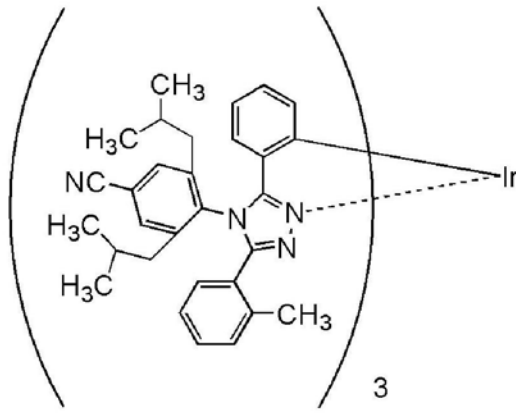
(109)



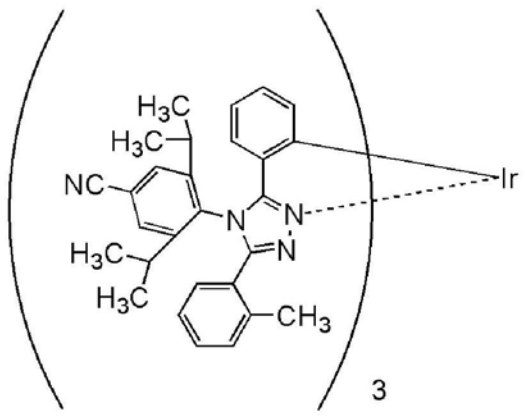
(110)



(111)

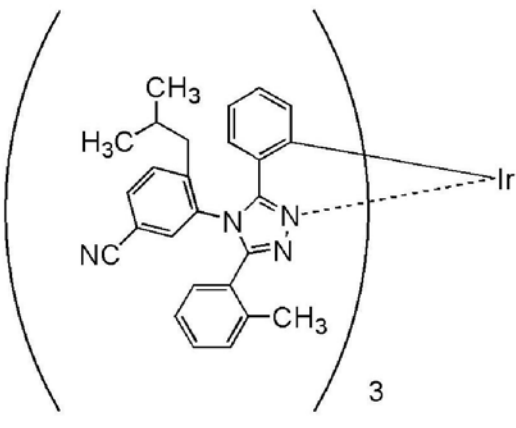


(112)

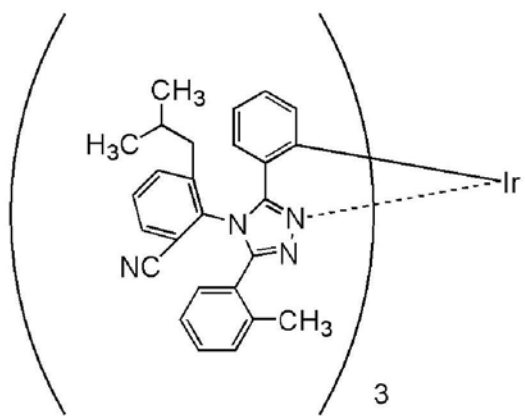


(113)

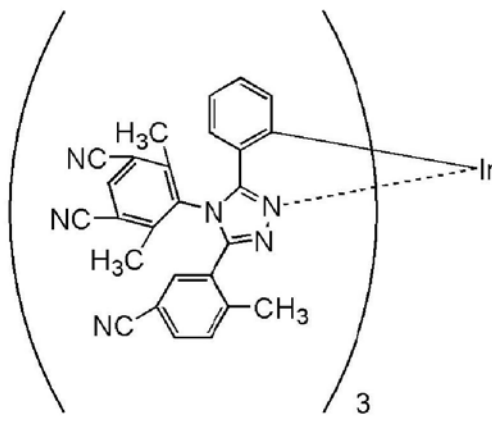
[0415]



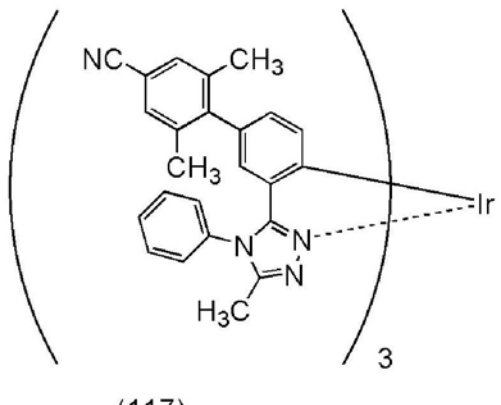
(114)



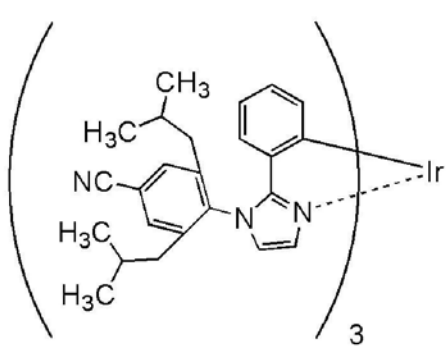
(115)



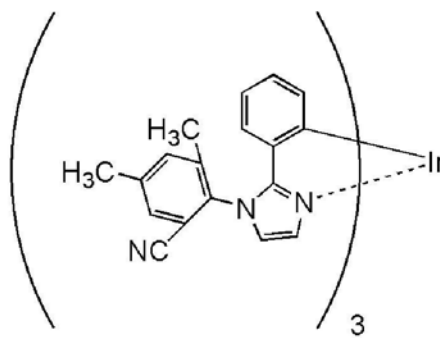
(116)



(117)

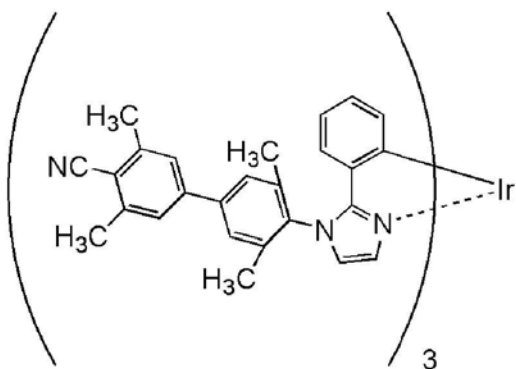


(118)

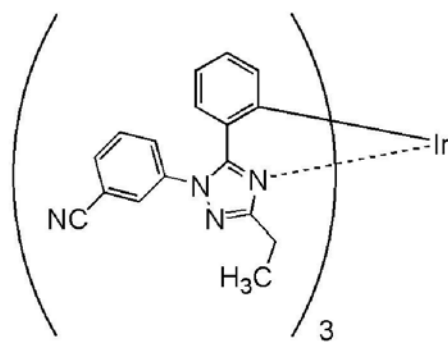


(119)

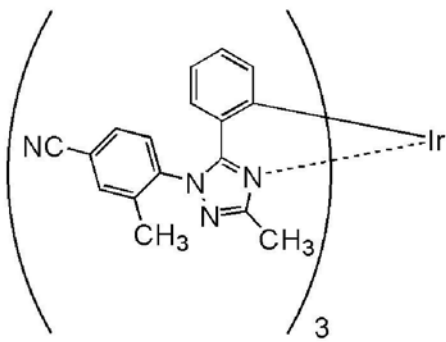
[0416]



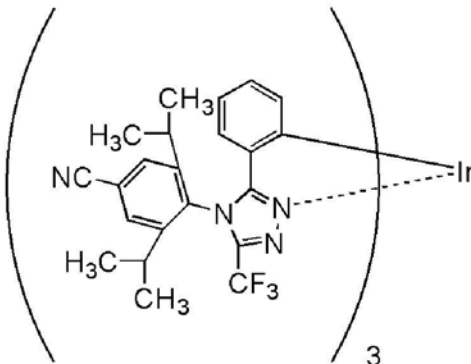
(120)



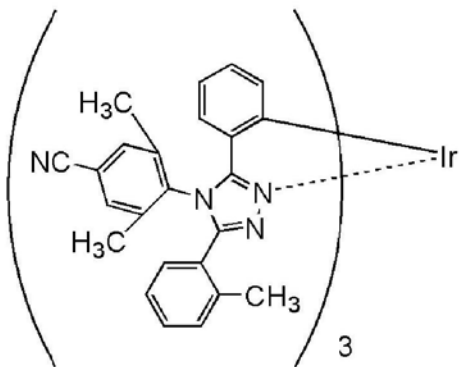
(121)



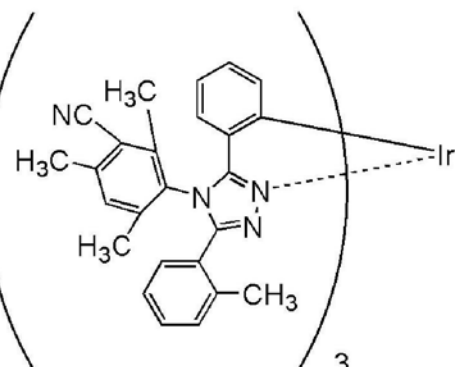
(122)



(123)

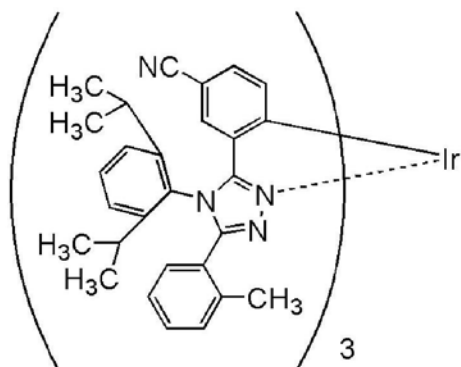


(124)

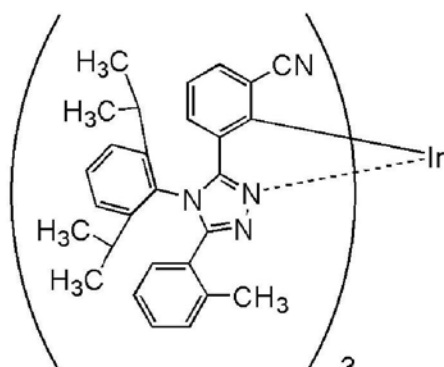


(125)

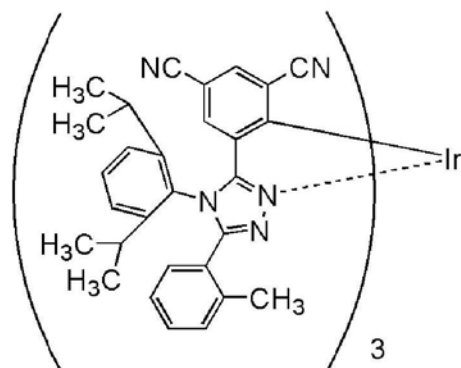
[0417]



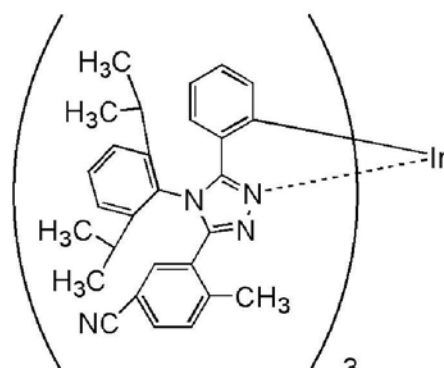
(126)



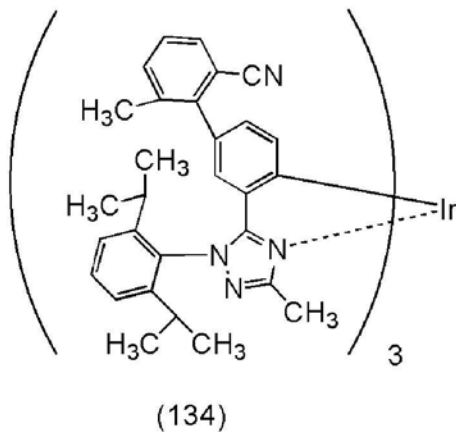
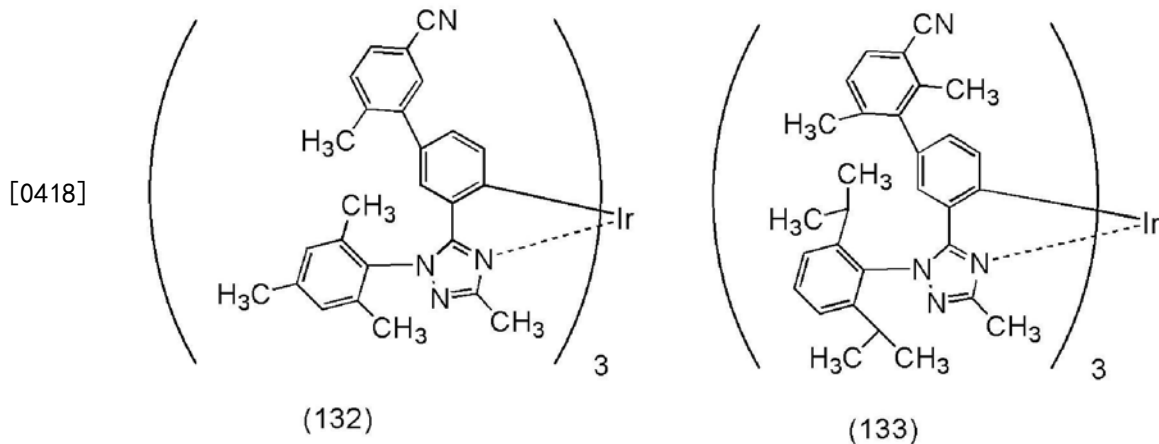
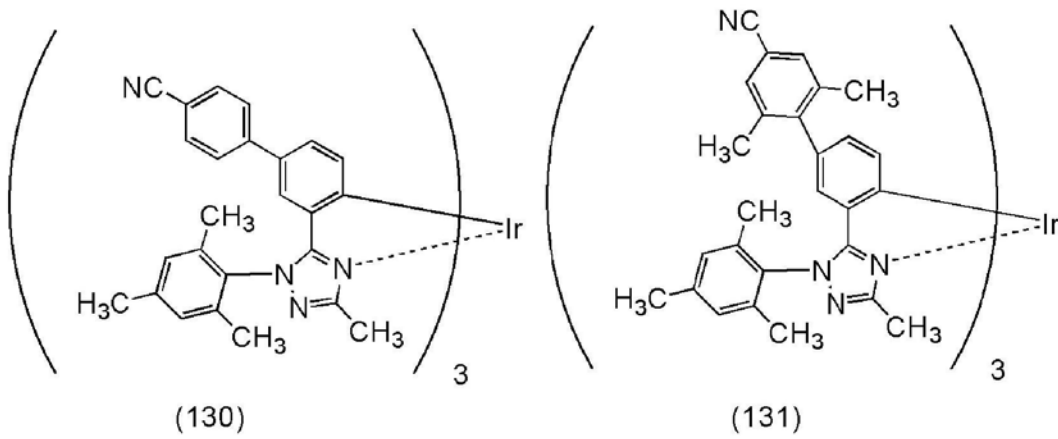
(127)



(128)



(129)



[0419] 如上所述,由于本发明的一个方式的铱配合物具有较低的HOMO能级及LUMO能级,所以适合于发光元件的客体材料。因此,可以制造发光效率良好的发光元件。另外,由于本发明的一个方式的铱配合物具有高的三重激发能级,所以尤其适合于蓝色发光元件的客体材料。因此,可以制造发光效率良好的蓝色发光元件。此外,由于本发明的一个方式的铱配合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以通过将该铱配合物用于发光元件,可以制造驱动寿命长的发光元件。如上所述,本发明的一个方式的铱配合物是适用于发光元件的材料。

[0420] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等方法沉积本发明的一个方式的铱配合物。

[0421] 本实施方式所示的化合物可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

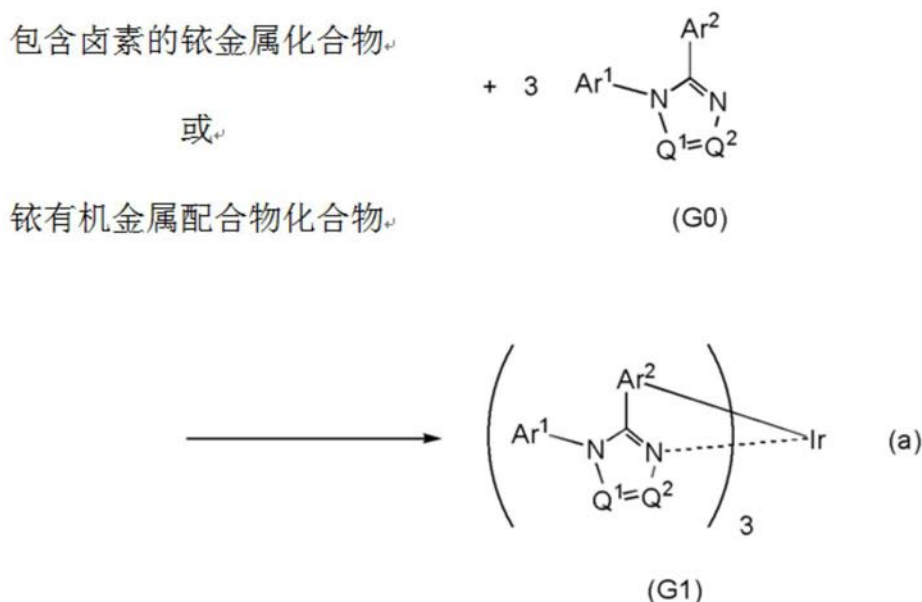
[0422] 实施方式3

[0423] 在本实施方式中,说明具有以通式 (G1)、(G3)、(G4) 及 (G7) 表示的结构 的铱配合物的合成方法的一个例子。作为铱配合物的合成方法可以利用各种反应。例如,通过进行下面 所示的合成反应,可以合成以通式 (G1)、(G3)、(G4) 及 (G7) 表示的铱配合物。注意,作为本发 明的一个方式的铱配合物的合成方法不局限于下面的合成方法。

[0424] <以通式 (G1) 表示的铱配合物的合成方法>

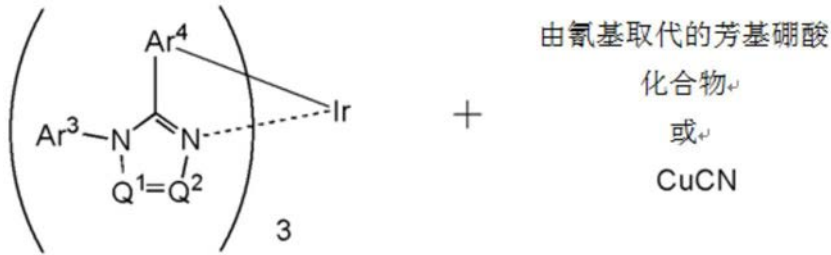
[0425] 对具有以通式 (G1) 表示的结构 的铱配合物的合成方法的例子进行说明。

[0426] 如以下合成方案 (a) 所示那样,在将以通式 (G0) 表示的含氮五元环衍生物与包含 卤素的铱金属化合物(氯化铱水合物、六氯铱酸铵等)或铱有机金属配合物化合物(乙酰丙 酮根配合物、二乙硫醚配合物等)混合之后进行加热,从而可以得到具有以通式 (G1) 表示的 结构的铱配合物。此外,也可以在将以通式 (G0) 表示的含氮五元环衍生物和包含卤素的铱 金属化合物或铱有机金属配合物化合物溶解在醇类溶剂(甘油、乙二醇、2-甲氧基乙醇、2- 乙氧基乙醇等)中之后进行该加热工序。

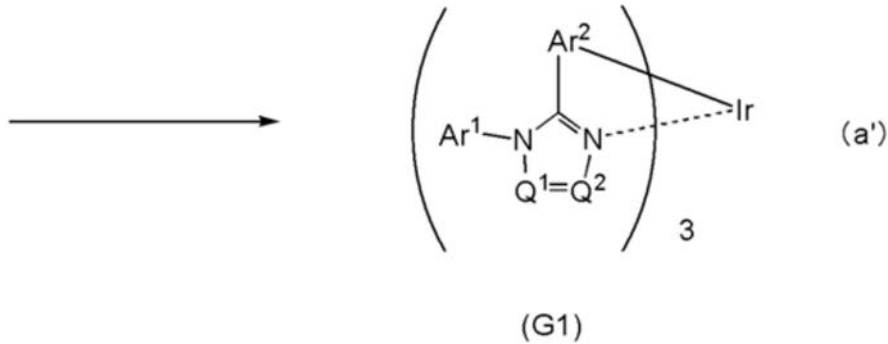


[0428] 在合成方案 (a) 中,Ar¹及Ar²分别独立地表示碳原子数为6至13的取代或未取代的 芳基。Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R,R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的 卤代烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q¹和Q²中的至少一个具有C-R。以Ar¹ 及Ar²表示的芳基和以R表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0429] 注意,具有以通式 (G1) 表示的结构 的铱配合物的合成方法不局限于合成方案 (a)。 例如,作为其他合成方法的一个例子,如下述合成方案 (a') 所示,通过使具有以Ar³和Ar⁴表 示的芳基中的至少一个由卤基取代的配体的铱配合物与由氰基取代的芳基硼酸化合物或 氰化铜起反应,可以得到具有以通式 (G1) 表示的结构 的铱配合物。另外,也可以使铱配合物 与由氰基取代的卤化芳基起反应,该铱配合物作为配体包含以Ar³和Ar⁴表示的芳基中的至 少一个是硼酸、硼酸酯或环状三醇硼酸盐的化合物。



[0430]



[0431] 在上述合成方案(a')中,Ar¹及Ar²分别独立地表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q¹及Q²分别独立地表示N或C-R,R表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基或碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。Q¹和Q²中的至少一个具有C-R。以Ar¹及Ar²表示的芳基和以R表示的芳基中的至少一个具有氰基。

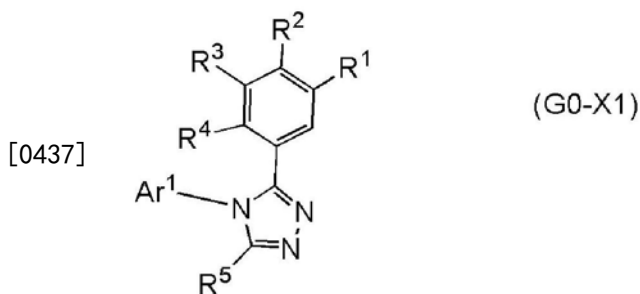
[0432] 如上所述,可以合成通式(G1)的铱配合物。

[0433] <以通式(G3)表示的铱配合物的合成方法>

[0434] 接着,对具有以通式(G3)表示的结构铱配合物的合成方法的一个例子进行说明。

[0435] 《1,2,4-三唑衍生物的合成方法》

[0436] 首先,对以下述通式(G0-X1)表示的1,2,4-三唑衍生物的合成方法的一个例子进行说明。

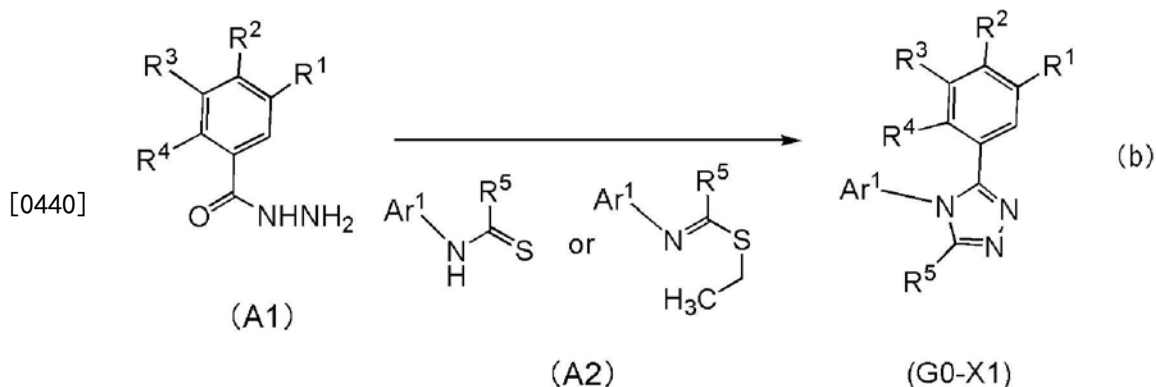


[0437]

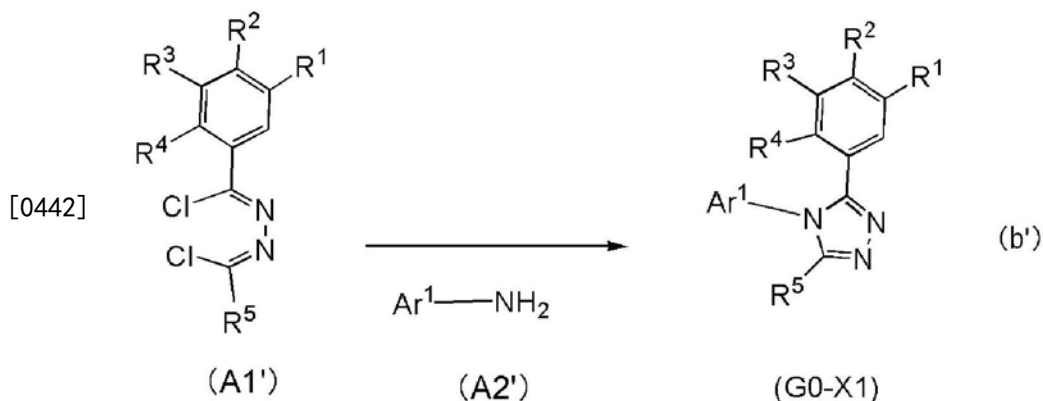
[0438] 在通式(G0-X1)中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一个。R⁵表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外,R¹至R⁴和以Ar¹及R¹至R⁵表示的芳基中的至少一个具有氰基。

[0439] 如下述合成方案(b)所示,通过使酰肼化合物(A1)与硫醚化合物或N-取代硫代酰

胺化合物 (A2) 起反应,可以得到以通式 (G0-X1) 表示的1,2,4-三唑衍生物。在合成方案 (b) 中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。R⁵表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外,以Ar¹及R¹至R⁵表示的芳基和R¹至R⁴中的至少一个具有氰基。



[0441] 注意,以通式 (G0-X1) 表示的1,2,4-三唑衍生物的合成方法不局限于合成方案 (b)。例如,作为其他合成方法的一个例子,如下述合成方案 (b') 所示,也有使二酰肼化合物 (A1') 与伯胺化合物 (A2') 起反应的方法。在合成方案 (b') 中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基、碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一个。R⁵表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外,以Ar¹及R¹至R⁵表示的芳基和R¹至R⁴中的至少一个具有氰基。



[0443] 如上所述,以通式 (G0-X1) 表示的1,2,4-三唑衍生物可以通过简单的合成方案合成。

[0444] 然后,通过与上述合成方案 (a) 同样的合成方法,在将以通式 (G0-X1) 表示的1,2,4-三唑衍生物与包含卤素的铈金属化合物(氯化铈水合物、六氯铈酸铵等)或铈有机金属配合物化合物(乙酰丙酮根配合物、二乙硫醚配合物等)混合之后进行加热,从而可以得到具有以通式 (G3) 表示的结构的铈配合物。

[0445] 如上所述,可以合成通式 (G3) 的铈配合物。

[0446] 此外,在本发明的一个方式中,为了得到铈配合物,该铈配合物是将以通式 (G3) 表示的1,2,4-三唑衍生物作为配体的邻位金属配合物,也可以对以 (G0-X1) 表示的1,2,4-三

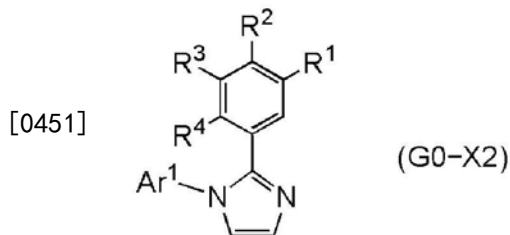
唑衍生物的五位(即, R^5) 导入取代基。尤其是, 在作为 R^5 使用碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个的情况下, 与作为 R^5 使用氢的情况相比, 可以提高合成方案(a)中的收率, 所以是优选的。

[0447] <以通式(G4)表示的铈配合物的合成方法>

[0448] 接着, 对具有以通式(G4)表示的结构铈配合物的合成方法的一个例子进行说明。

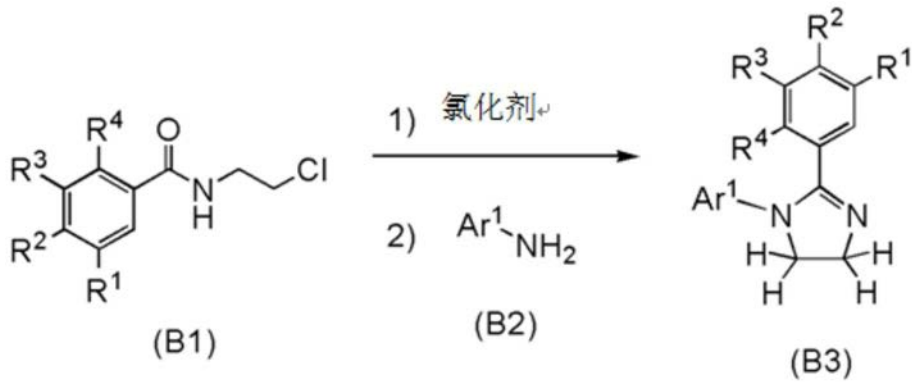
[0449] 《咪唑衍生物的合成方法》

[0450] 首先, 对以下述通式(G0-X2)表示的咪唑衍生物的合成方法的一个例子进行说明。

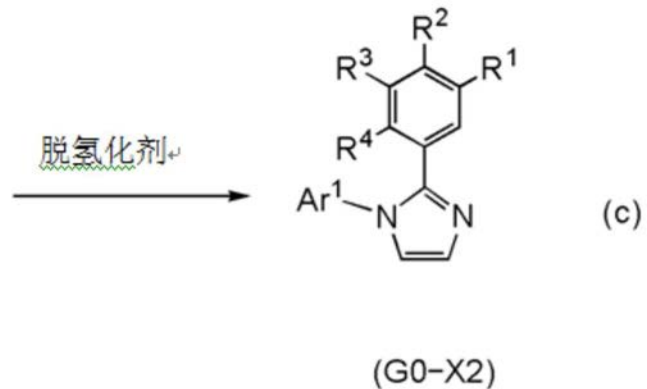


[0452] 在通式(G0-X2)中, Ar^1 表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。 R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基。另外, R^1 至 R^4 和以 Ar^1 及 R^1 至 R^4 表示的芳基中的至少一个具有氰基。

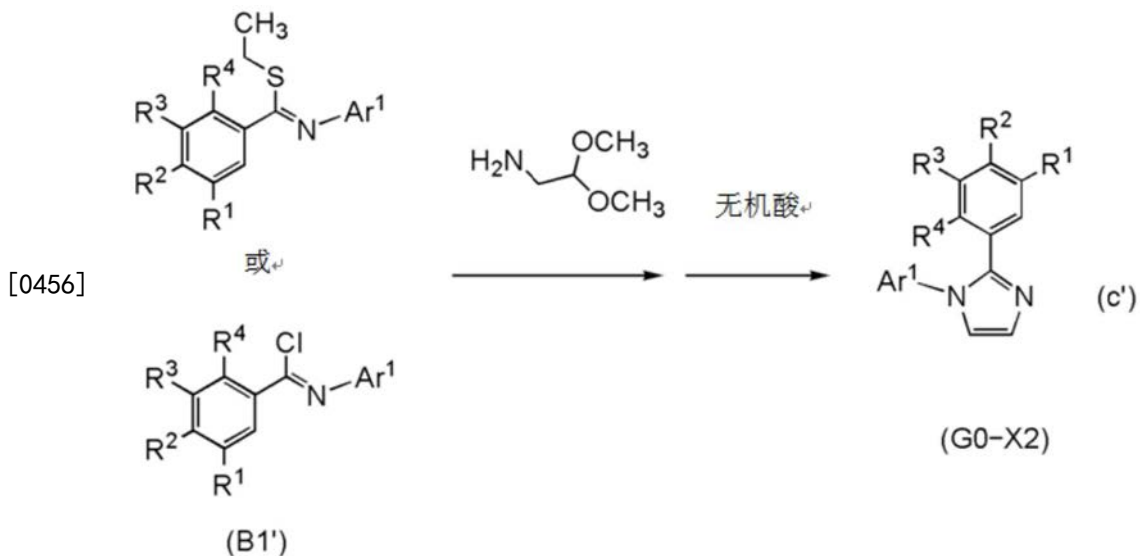
[0453] 如下述合成方案(c)所示, 首先使N-(2-氯乙基)苯甲酰胺化合物(B1)与氯化剂起反应, 然后与伯胺化合物(B2)起反应, 由此可以得到中间体(B3)。作为氯化剂, 可以举出五氯化磷或磷酰氯等。并且, 使中间体(B3)与脱氢化剂起反应, 由此可以得到以通式(G0-X2)表示的咪唑衍生物。作为脱氢化剂, 可以举出过锰酸钾或苯醌衍生物等。在合成方案(c)中, Ar^1 表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。 R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外, 以 Ar^1 及 R^1 至 R^4 表示的芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。



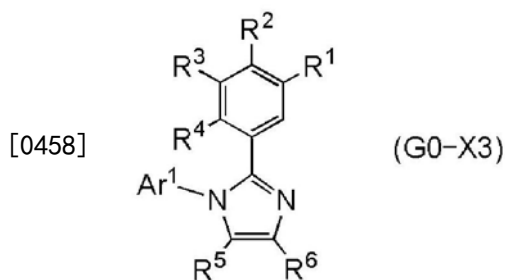
[0454]



[0455] 注意,以通式(G0-X2)表示的咪唑衍生物的合成方法不局限于合成方案(c)。例如,作为其他合成方法的一个例子,如下述合成方案(c')所示,也有在使硫醚化合物或亚胺氯化物(imino chloride)化合物(B1')与氨基乙醛二甲基缩醛(aminoacetaldehyde dimethyl acetal)起反应之后对其添加无机酸而起反应的方法。作为无机酸,可以举出磷酸或盐酸等。在合成方案(c')中, Ar^1 表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。 R^1 至 R^4 分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外,以 Ar^1 及 R^1 至 R^4 表示的芳基和 R^1 至 R^4 中的至少一个具有氰基。

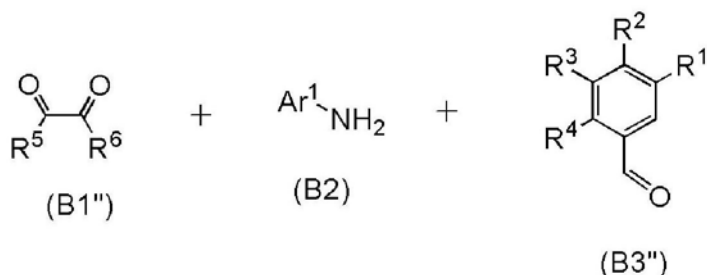


[0457] 接着,对以下述通式(G0-X3)表示的咪唑衍生物的合成方法的一个例子进行说明。

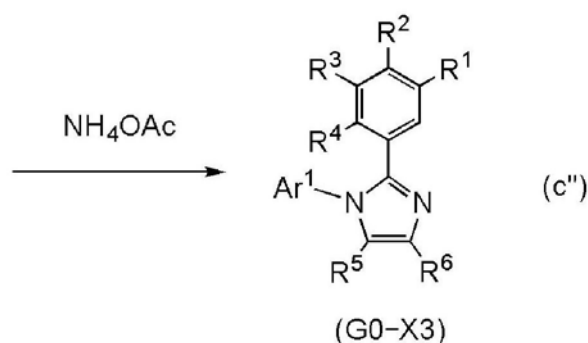


[0459] 在通式 (G0-X3) 中, Ar¹ 表示碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。R¹ 至 R⁴ 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。R⁵ 及 R⁶ 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。另外, 以 Ar¹ 及 R¹ 至 R⁶ 表示的芳基和 R¹ 至 R⁶ 中的至少一个具有氰基。

[0460] 如下述合成方案 (c'') 所示, 也有混合 β 二酮化合物 (B1'')、伯胺化合物 (B2)、苯甲醛 (benzaldehyde) 化合物 (B3'') 而起反应的方法。在合成方案 (c'') 中, Ar¹ 表示碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基。R¹ 至 R⁴ 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 3 至 6 的环烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。R⁵ 及 R⁶ 分别独立地表示氢、碳原子数为 1 至 6 的烷基、碳原子数为 1 至 6 的卤代烷基和碳原子数为 6 至 13 的取代或未取代的芳基中的任一个。另外, 以 Ar¹ 及 R¹ 至 R⁴ 表示的芳基和 R¹ 至 R⁴ 中的至少一个具有氰基。



[0461]



[0462] 如上所述, 以通式 (G0-X3) 表示的咪唑衍生物可以通过简单的合成方案合成。

[0463] 然后, 通过与上述合成方案 (a) 同样的合成方法, 在将以通式 (G0-X3) 表示的咪唑衍生物与包含卤素的铈金属化合物 (氯化铈水合物、六氯铈酸铵等) 或铈有机金属配合物化合物 (乙酰丙酮根配合物、二乙硫醚配合物等) 混合之后进行加热, 从而可以得到具有以通式 (G4) 表示的结构的铈配合物。

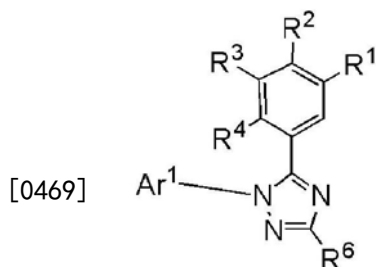
[0464] 如上所述, 可以合成通式 (G4) 的铈配合物。

[0465] <以通式 (G7) 表示的铈配合物的合成方法>

[0466] 接着,对具有以通式 (G7) 表示的结构铈配合物的合成方法的一个例子进行说明。

[0467] 《1H-1,2,4-三唑衍生物的合成方法》

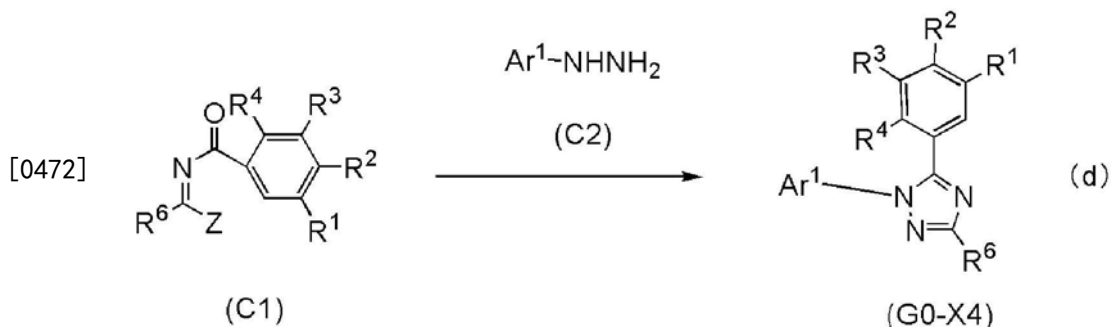
[0468] 首先,对以下述通式 (G0-X4) 表示的1H-1,2,4-三唑衍生物的合成方法的一个例子进行说明。



(G0-X4)

[0470] 在通式 (G0-X4) 中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。R⁶表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外,以Ar¹、R¹至R⁴及R⁶表示的芳基和R¹至R⁴中的至少一个具有氰基。

[0471] 如下述合成方案 (d) 所示,通过使酰基脒 (acylamidine) 化合物 (C1) 与肼化合物 (C2) 起反应而可以得到1H-1,2,4-三唑衍生物。此外,式中的Z表示因闭环反应而脱离的基(脱离基),例如可以举出烷氧基、烷硫基、氨基、氰基等。在上述合成方案 (d) 中,Ar¹表示碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基。R¹至R⁴分别独立地表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为3至6的环烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。R⁶表示氢、碳原子数为1至6的烷基、碳原子数为1至6的卤代烷基和碳原子数为6至13的取代或未取代的芳基中的任一个。另外,以Ar¹、R¹至R⁴及R⁶表示的芳基和R¹至R⁴中的至少一个具有氰基。



[0473] 注意,1H-1,2,4-三唑衍生物的合成方法不局限于合成方案 (d)。如上所述,以通式 (G0-X4) 表示的1H-1,2,4-三唑衍生物可以通过简单的合成方案合成。

[0474] 然后,通过与上述合成方案 (a) 同样的合成方法,在将以通式 (G0-X4) 表示的1H-1,2,4-三唑衍生物与包含卤素的铈金属化合物(氯化铈水合物、六氯铈酸铵等)或铈有机金属配合物化合物(乙酰丙酮根配合物、二乙硫醚配合物等)混合之后进行加热,从而可以得到具有以通式 (G7) 表示的结构铈配合物。

[0475] 本实施方式所示的化合物可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0476] 实施方式4

[0477] 在本实施方式中,参照图3A和图3B对在实施方式2中说明的使用铱配合物的发光元件的结构实例进行说明。

[0478] <发光元件的结构实例>

[0479] 图3A是本发明的一个方式的发光元件152的截面示意图。

[0480] 发光元件152在一对电极之间包括EL层100,EL层100中的一个层包含在实施方式2中说明的铱配合物。

[0481] 另外,EL层100至少包括发光层140。作为EL层100的结构,可以采用除了发光层140之外还包括实施方式1所示的空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118、电子注入层119的结构。注意,EL层100的叠层结构不局限于此。

[0482] 此外,作为本实施方式中的一对电极(电极101及电极102)、空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118、电子注入层119,可以使用实施方式1所记载的材料。

[0483] 另外,图3B是示出发光元件152所包括的发光层140的一个例子的截面示意图。发光层140包含主体材料141和客体材料142。作为主体材料141可以使用实施方式1中的主体材料131所记载的材料。也就是说,作为主体材料141所包含的有机化合物141_1及有机化合物141_2分别可以使用实施方式1中的有机化合物131_1及有机化合物131_2所记载的材料。

[0484] 此外,因为实施方式2所说明的铱配合物具有较低的HOMO能级及LUMO能级,所以适合于本发明的一个方式的发光元件的客体材料。也就是说,通过将实施方式2所说明的铱配合物用于发光元件152的客体材料142,可以制造发光效率高的发光元件。另外,由于该铱配合物的三重激发能级较高,所以可以制造发光效率高的呈现蓝色的发光元件。因此,通过采用本实施方式的结构,可以制造发光效率高且在蓝色波长范围中具有发射光谱峰值的发光元件。此外,由于该铱配合物对氧化及还原的反复具有高耐性,所以可以制造驱动寿命长的发光元件。

[0485] 另外,与图2A和图2B所示的发光机理同样,客体材料142的HOMO能级优选低于有机化合物141_2的HOMO能级,并且客体材料142的LUMO能级优选高于有机化合物141_1的LUMO能级。由于实施方式2所示的铱配合物具有较低的HOMO能级及LUMO能级,所以可以适用于上述结构的客体材料。也就是说,以客体材料142的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差大于有机化合物141_1的LUMO能级与有机化合物141_2的HOMO能级之间的能量差的方式选择有机化合物141_1、有机化合物141_2及客体材料142即可,作为该客体材料142优选使用实施方式2所示的铱配合物。通过采用上述结构,可以抑制由客体材料142与有机化合物141_1或有机化合物141_2形成激基复合物,由此可以制造发光效率高的发光元件。

[0486] 另外,实施方式2所示的铱配合物具有将三重激发能转换为发光的功能。由此,该铱配合物能够呈现其能量小于LUMO能级与HOMO能级之间的能量差的发光。因此,如果该铱配合物所呈现的发光或吸收的能量小于有机化合物141_1的LUMO能级与有机化合物141_2的HOMO能级之间的能量差,则即使在该铱配合物的LUMO能级与HOMO能级之间的能量差大于有机化合物141_1的LUMO能级与有机化合物141_2的HOMO能级之间的能量差的情况下,激发能也可以从由有机化合物141_1和有机化合物141_2形成的激基复合物转移到该铱配合物,由此可以从该铱配合物得到发光。

[0487] 另外,客体材料142的氧化电位优选高于有机化合物141_2的氧化电位,并且客体材料142的还原电位优选低于有机化合物141_1的还原电位。由于实施方式2所示的铱配合物具有较高的氧化电位及还原电位,所以可以适用于上述结构的客体材料。通过采用上述结构,可以抑制由客体材料142与有机化合物141_1或有机化合物141_2形成激基复合物,由此可以制造发光效率高的发光元件。通过利用循环伏安法(CV)法而测量氧化电位及还原电位。

[0488] 发光层140也可以由两层以上的多个层形成。例如,在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层140的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。另外,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。另外,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料既可以是具有呈现相同颜色的发光的功用的材料,又可以是具有呈现不同颜色的发光的功用的材料。通过作为两层的发光层分别使用具有呈现彼此不同颜色的发光的功用的发光材料,可以同时得到多个发光。尤其是,优选选择用于各发光层的发光材料,以便通过组合两层发光层所发射的光而能够得到白色发光。

[0489] 另外,在发光层140中也可以包含主体材料141及客体材料142以外的材料。

[0490] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光层140。此外,除了上述材料以外,也可以包含量子点等无机化合物或高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)。

[0491] 注意,关于本实施方式所示的发光元件152中的其他结构,可以参照实施方式1所示的发光元件150的结构。

[0492] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0493] 实施方式5

[0494] 在本实施方式中,参照图4对具有与实施方式1及实施方式4所示的结构不同的结构的发光元件进行说明。注意,在图4中使用与图1A相同的阴影线示出具有与图1A相同的功能的部分,而有时省略附图标记。此外,具有与图1A相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0495] 图4是发光元件250的截面示意图。

[0496] 图4所示的发光元件250在一对电极(电极101与电极102)之间具有多个发光单元(图4中的发光单元106和发光单元108)。多个发光单元中的一个优选具有与图1A和图1B或图3A和图3B所示的EL层100同样的结构。也就是说,图1A和图1B所示的发光元件150及图3A和图3B所示的发光元件152优选具有一个发光单元,而发光元件250优选具有多个发光单元。注意,在发光元件250中,虽然对电极101为阳极且电极102为阴极时的情况进行说明,但是作为发光元件250的结构也可以采用与此相反的结构。

[0497] 另外,在图4所示的发光元件250中,层叠有发光单元106和发光单元108,并且在发光单元106与发光单元108之间设置有电荷产生层115。另外,发光单元106和发光单元108可以具有相同结构或不同结构。例如,优选将图1A和图1B或图3A和图3B所示的EL层100适用于发光单元108。

[0498] 另外,发光元件250包括发光层170和发光层180。另外,发光单元106除了发光层170之外还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113及电子注入层114。此外,发

光单元108除了发光层180之外还包括空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118及电子注入层119。

[0499] 电荷产生层115既可以具有对空穴传输性材料添加有作为电子受体的受体性物质的结构,又可以具有对电子传输性材料添加有作为电子给体的供体性物质的结构。另外,也可以层叠这两种结构。

[0500] 当电荷产生层115包含由有机化合物与受体性物质构成的复合材料时,作为该复合材料使用可以用于实施方式1所示的空穴注入层111的复合材料即可。作为有机化合物,可以使用芳香胺化合物、咪唑化合物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等各种化合物。另外,作为有机化合物,优选使用其空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的有机化合物。但是,只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用这些以外的物质。因为由有机化合物和受体性物质构成的复合材料具有良好的载流子注入性以及载流子传输性,所以可以实现低电压驱动以及低电流驱动。注意,如发光单元108那样,在发光单元的阳极一侧的表面接触于电荷产生层115时,电荷产生层115还可以具有该发光单元的空穴注入层或空穴传输层的功能,所以在该发光单元中也可以具有不设置空穴注入层或空穴传输层的结构。

[0501] 注意,电荷产生层115也可以具有包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含其他材料的层的叠层结构。例如,电荷产生层115也可以使用包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含选自供电子性物质中的一个化合物和高电子传输性的化合物的层的组合形成。另外,也可以使用包含有机化合物和受体性物质的复合材料的层与包含透明导电材料的层的组合形成。

[0502] 夹在发光单元106与发光单元108之间的电荷产生层115只要具有在将电压施加到电极101和电极102之间时,将电子注入到一个发光单元且将空穴注入到另一个发光单元的结构即可。例如,在图4中,在以使电极101的电位高于电极102的电位的方式施加电压时,电荷产生层115将电子注入到发光单元106且将空穴注入到发光单元108。

[0503] 从光提取效率的观点来看,电荷产生层115优选具有可见光透过性(具体而言,电荷产生层115具有40%以上的可见光透过率)。另外,电荷产生层115即使其导电率小于一对电极(电极101及电极102)也发挥作用。

[0504] 通过使用上述材料形成电荷产生层115,可以抑制在层叠发光层时的驱动电压的增大。

[0505] 虽然在图4中说明了具有两个发光单元的发光元件,但是可以将同样的结构应用于层叠有三个以上的发光单元的发光元件。如发光元件250所示,通过在一对电极之间以由电荷产生层将其隔开的方式配置多个发光单元,可以实现在保持低电流密度的同时还可以进行高亮度发光,并且使用寿命更长的发光元件。另外,还可以实现功耗低的发光元件。

[0506] 另外,通过将实施方式1和实施方式4所示的结构应用于多个单元中的至少一个单元,可以提供一种发光效率高的发光元件。

[0507] 另外,在上述各结构中,用于发光单元106及发光单元108的客体材料(发光材料)既可以相同又可以不同。当发光单元106和发光单元108包含具有呈现相同颜色的功能的客体材料时,发光元件250成为以小电流值呈现高发光亮度的发光元件,所以是优选的。另外,当发光单元106和发光单元108包含具有呈现彼此不同颜色的发光的功能的客体材料时,发

光元件250成为呈现多色发光的发光元件,所以是优选的。此时,由于通过作为发光层170和发光层180中的一个或两个使用发光波长不同的多个发光物质,合成具有不同的发光峰值的光,因此发光元件250所呈现的发射光谱具有至少两个峰值。

[0508] 上述结构适合用来获得白色发光。通过使发光层170与发光层180的光为互补色的关系,可以获得白色发光。尤其优选以实现演色性高的白色发光或至少具有红色、绿色、蓝色的发光的方式选择客体材料。

[0509] 此外,也可以将发光层170和发光层180中的任一个或两个进一步分割为层状并使该被分割的层的每一个都含有不同的发光材料。也就是说,发光层170和发光层180中的一个或两个也可以由两层以上的多个层形成。例如,在从空穴传输层一侧依次层叠第一发光层和第二发光层来形成发光层的情况下,可以将具有空穴传输性的物质用作第一发光层的主体材料,并且将具有电子传输性的物质用作第二发光层的主体材料。在此情况下,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料也可以是相同或不同的材料。另外,第一发光层和第二发光层所包含的发光材料既可以是具有呈现相同颜色的发光的功能的材料,又可以是具有呈现不同颜色的发光的功能的材料。通过采用具有呈现彼此不同颜色的发光的功能的多个发光材料的结构,也可以得到由三原色或四种以上的发光颜色构成的演色性高的白色发光。

[0510] 作为能够用于发光层170及发光层180的材料,援用能够用于上述实施方式1所示的发光层130及实施方式4所示的发光层140的材料即可。此外,作为客体材料,优选使用实施方式2所示的铱配合物。由此,可以制造发光效率高的发光元件。

[0511] 另外,可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、喷墨法、涂敷法、凹版印刷等的方法形成发光单元106、发光单元108及电荷产生层115。

[0512] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0513] 实施方式6

[0514] 在本实施方式中,参照图5A至图8C说明具有与实施方式1、实施方式4及实施方式5所示的结构不同的结构的发光元件的例子。

[0515] <发光元件的结构例子1>

[0516] 图5A及图5B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图5A及图5B中使用与图1A相同的阴影线示出具有与图1A相同的功能的部分,而有时省略附图标记。此外,具有与图1A所示的功能相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0517] 图5A及图5B所示的发光元件260a及发光元件260b既可以是经过衬底200提取光的底部发射型发光元件,也可以是将光提取到与衬底200相反的方向的顶部发射型发光元件。注意,本发明的一个方式并不局限于此,也可以是将发光元件所发射的光提取到衬底200的上方及下方的双方的双发射(dual-emission)型发光元件。

[0518] 当发光元件260a及发光元件260b都是底部发射型时,电极101优选具有透过光的功能。另外,电极102优选具有反射光的功能。或者,当发光元件260a及发光元件260b是顶部发射型时,电极101优选具有反射光的功能。另外,电极102优选具有透过光的功能。

[0519] 发光元件260a及发光元件260b都在衬底200上包括电极101及电极102。另外,在电极101与电极102之间包括发光层123B、发光层123G及发光层123R。另外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层118及电子注入层119。

[0520] 另外,作为电极101的结构的一部分,发光元件260b包括导电层101a、导电层101a上的导电层101b、导电层101a下的导电层101c。也就是说,发光元件260b具有导电层101a被导电层101b与导电层101c夹持的电极101的结构。

[0521] 在发光元件260b中,导电层101b与导电层101c既可以由不同的材料形成,又可以由相同的材料形成。当电极101具有导电层101a被由相同的导电性材料形成的层夹持的结构时,容易通过电极101的形成过程中的蚀刻工序进行图案形成,所以是优选的。

[0522] 此外,在发光元件260b中,也可以仅包括导电层101b和导电层101c中的任一个。

[0523] 另外,电极101所包括的导电层101a、101b、101c都可以使用与实施方式1所示的电极101或电极102同样的结构及材料。

[0524] 在图5A及图5B中,在被电极101与电极102夹持的区域221B、区域221G与区域221R之间分别具有分隔壁145。分隔壁145具有绝缘性。分隔壁145覆盖电极101的端部,并具有与该电极重叠的开口部。通过设置分隔壁145,可以将各区域的衬底200上的电极101分别分为岛状。

[0525] 此外,发光层123B与发光层123G可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外,发光层123G与发光层123R可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外,发光层123R与发光层123B可以在与分隔壁145重叠的区域中具有彼此重叠的区域。

[0526] 分隔壁145只要具有绝缘性即可,使用无机材料或有机材料形成。作为该无机材料,可以举出氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等。作为该有机材料,例如可以举出丙烯酸树脂或聚酰亚胺树脂等感光树脂材料。

[0527] 注意,氮化硅膜是指其组成中氧含量多于氮含量的膜,优选在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的浓度范围内分别包含氧、氮、硅和氢。氮氧化硅膜是指其组成中氮含量多于氧含量的膜,优选在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的浓度范围内分别包含氮、氧、硅和氢。

[0528] 另外,发光层123R、发光层123G、发光层123B优选分别包含能够发射不同颜色的发光材料。例如,当发光层123R包含能够发射红色的发光材料时,区域221R呈现红色光;当发光层123G包含能够发射绿色的发光材料时,区域221G呈现绿色光;当发光层123B包含能够发射蓝色的发光材料时,区域221B呈现蓝色光。通过将具有这种结构的发光元件260a或发光元件260b用于显示装置的像素,可以制造能够进行全彩色显示的显示装置。另外,每个发光层的膜厚度既可以相同又可以不同。

[0529] 另外,发光层123B、发光层123G、发光层123R中的任一个或多个发光层优选包含实施方式1所示的发光层130和实施方式4所示的发光层140中的至少一个。此外,作为发光材料,发光层123B、发光层123G、发光层123R中的任一个或多个发光层优选包含实施方式2所示的铱配合物。由此,可以制造发光效率良好的发光元件。

[0530] 另外,发光层123B、发光层123G、发光层123R中的任一个或多个发光层也可以是两层以上的叠层。

[0531] 如上所述,通过使至少一个发光层包括实施方式1及实施方式4所示的发光层或实

施方式2所示的发光材料,并且将包括该发光层的发光元件260a或发光元件260b用于显示装置的像素,可以制造发光效率高的显示装置。也就是说,包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置可以减少功耗。

[0532] 另外,通过在提取光的电极的提取光的一侧设置光学元件(例如,滤色片、偏振片、反射防止膜),可以提高发光元件260a及发光元件260b的色纯度。因此,可以提高包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置的色纯度。另外,可以减少发光元件260a及发光元件260b的外光反射。因此,可以提高包括发光元件260a或发光元件260b的显示装置的对比度。

[0533] 注意,关于发光元件260a及发光元件260b中的其他构成要素,参照实施方式1、实施方式4或实施方式5中的发光元件的构成要素即可。

[0534] <发光元件的结构例子2>

[0535] 下面,参照图6A及图6B说明与图5A及图5B所示的发光元件不同的结构例子。

[0536] 图6A及图6B是示出本发明的一个方式的发光元件的截面图。在图6A及图6B中使用与图5A及图5B相同的阴影线示出具有与图5A及图5B相同的功能的部分,而有时省略附图标记。此外,具有与图5A及图5B所示的功能相同的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0537] 图6A及图6B是在一对电极之间具有发光层的发光元件的结构例子。图6A所示的发光元件262a是将光提取到与衬底200相反的方向的顶部发射型发光元件,并且图6B所示的发光元件262b是经过衬底200提取光的底部发射型发光元件。注意,本发明的一个方式并不局限于此,也可以是将发光元件所发射的光提取到形成有发光元件的衬底200的上方及下方的双方的双发射型发光元件。

[0538] 发光元件262a及发光元件262b在衬底200上都包括电极101、电极102、电极103、电极104。此外,在电极101与电极102之间、在电极102与电极103之间以及在电极102与电极104之间至少包括发光层170、发光层190及电荷产生层115。此外,还包括空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层113、电子注入层114、空穴注入层116、空穴传输层117、电子传输层118、电子注入层119。

[0539] 电极101包括导电层101a、在导电层101a上并与其接触的导电层101b。此外,电极103包括导电层103a、在导电层103a上并与其接触的导电层103b。电极104包括导电层104a、在导电层104a上并与其接触的导电层104b。

[0540] 图6A所示的发光元件262a及图6B所示的发光元件262b在由电极101及电极102夹持的区域222B与由电极102及电极103夹持的区域222G与由电极102及电极104夹持的区域222R之间都包括分隔壁145。分隔壁145具有绝缘性。分隔壁145覆盖电极101、电极103及电极104的端部,并包括与该电极重叠的开口部。通过设置分隔壁145,可以将各区域的衬底200上的该电极分别分为岛状。

[0541] 通过使用对空穴传输性材料添加电子受体(受体)的材料或对电子传输性材料添加电子给体(供体)的材料,可以形成电荷产生层115。当电荷产生层115的导电率与一对电极大致同样高时,由于因电荷产生层115而产生的载流子转移到相邻的像素,所以有时相邻的像素会产生发光。因此,为了抑制相邻的像素不正常地产生发光,电荷产生层115优选使用导电率低于一对电极的材料形成。

[0542] 发光元件262a及发光元件262b在从区域222B、区域222G及区域222R发射的光被提

取的方向上都包括设置有光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的衬底220。从各区域发射的光透过各光学元件射出到发光元件外部。也就是说，从区域222B发射的光透过光学元件224B射出，从区域222G发射的光透过光学元件224G射出，且从区域222R发射的光透过光学元件224R射出。

[0543] 光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R都具有选择性地使入射光中的呈现特定颜色的光透过的功能。例如，从区域222B发射的光透过光学元件224B成为蓝色光，从区域222G发射的光透过光学元件224G成为绿色光，从区域222R发射的光透过光学元件224R成为红色光。

[0544] 作为光学元件224R、光学元件224G、光学元件224B，例如可以采用着色层（也称为滤色片）、带通滤光片、多层膜滤光片等。此外，可以将颜色转换元件用作光学元件。颜色转换元件是将入射光转换为其波长比该入射光长的光的光学元件。作为颜色转换元件，优选使用利用量子点的元件。通过利用量子点，可以提高显示装置的色彩再现性。

[0545] 另外，也可以在光学元件224R、光学元件224G及光学元件224B上重叠地设置一个或多个其他光学元件。作为其他光学元件，例如可以设置圆偏振片或防反射膜等。通过将圆偏振片设置在显示装置中的发光元件所发射的光被提取的一侧，可以防止从显示装置的外部入射的光在显示装置的内部被反射而射出到外部的现象。另外，通过设置防反射膜，可以减弱在显示装置的表面被反射的外光。由此，可以清晰地观察显示装置所发射的光。

[0546] 在图6A及图6B中使用虚线的箭头示意性地示出透过各光学元件从各区域射出的蓝色(B)光、绿色(G)光、红色(R)光。

[0547] 在各光学元件之间包括遮光层223。遮光层223具有遮蔽从相邻的区域发射的光的功能。此外，也可以采用不设置遮光层223的结构。

[0548] 遮光层223具有抑制外光的反射的功能。此外，遮光层223具有防止从相邻的发光元件发射出的光的混合的功能。遮光层223可以使用金属、包含黑色颜料的树脂、碳黑、金属氧化物、包含多种金属氧化物的固溶体的复合氧化物等。

[0549] 另外，光学元件224B与光学元件224G也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外，光学元件224G与光学元件224R也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。另外，光学元件224R与光学元件224B也可以在与遮光层223重叠的区域中具有彼此重叠的区域。

[0550] 另外，关于衬底200及具有光学元件的衬底220的结构，参照实施方式1即可。

[0551] 并且，发光元件262a及发光元件262b具有微腔结构。

[0552] 《微腔结构》

[0553] 从发光层170及发光层190射出的光在一对电极（例如，电极101与电极102）之间被谐振。另外，发光层170及发光层190形成在所射出的光中的所希望的波长的光得到增强的位置。例如，通过调整从电极101的反射区域到发光层170的发光区域的光学距离以及从电极102的反射区域到发光层170的发光区域的光学距离，可以增强从发光层170射出的光中的所希望的波长的光。另外，通过调整从电极101的反射区域到发光层190的发光区域的光学距离以及从电极102的反射区域到发光层190的发光区域的光学距离，可以增强从发光层190射出的光中的所希望的波长的光。也就是说，当采用层叠多个发光层（在此为发光层170及发光层190）的发光元件时，优选分别将发光层170及发光层190的光学距离最优化。

[0554] 另外,在发光元件262a及发光元件262b中,通过在各区域中调整导电层(导电层101b、导电层103b及导电层104b)的厚度,可以增强发光层170及发光层190所发射的光中的所希望的波长的光。此外,为了增强从发光层170及发光层190发射的光,也可以在各区域中使空穴注入层111和空穴传输层112中的至少一个的厚度不同。

[0555] 例如,在电极101至电极104中,当能够反射光的导电性材料的折射率小于发光层170或发光层190的折射率时,以电极101与电极102之间的光学距离为 $m_B\lambda_B/2$ (m_B 表示自然数, λ_B 表示在区域222B中增强的光的波长)的方式调整电极101中的导电层101b的膜厚度。同样地,以电极103与电极102之间的光学距离为 $m_G\lambda_G/2$ (m_G 表示自然数, λ_G 表示在区域222G中增强的光的波长)的方式调整电极103中的导电层103b的膜厚度。并且,以电极104与电极102之间的光学距离为 $m_R\lambda_R/2$ (m_R 表示自然数, λ_R 表示在区域222R中增强的光的波长)的方式调整电极104中的导电层104b的膜厚度。

[0556] 例如,在难以严密地决定电极101至电极104的反射区域的情况下,通过假定将电极101至电极104的任意区域设定为反射区域,可以导出增强从发光层170或发光层190射出的光的光学距离。另外,在难以严密地决定发光层170及发光层190的发光区域的情况下,通过假定将发光层170及发光层190的任意区域设定为发光区域,可以导出增强从发光层170及发光层190射出的光的光学距离。

[0557] 如上所述,通过设置微腔结构调整各区域的一对电极之间的光学距离,可以抑制各电极附近的光的散射及光的吸收,由此可以实现高的光提取效率。

[0558] 另外,在上述结构中,导电层101b、导电层103b、导电层104b优选具有透过光的功能。另外,构成导电层101b、导电层103b、导电层104b的材料既可以相同又可以不同。当使用相同材料形成导电层101b、导电层103b、导电层104b时,使通过电极101、电极103及电极104的形成过程中的蚀刻工序的图案的形成变得容易,所以是优选的。另外,导电层101b、导电层103b、导电层104b也可以分别是两层以上的叠层。

[0559] 由于图6A所示的发光元件262a是顶部发射型发光元件,所以导电层101a、导电层103a及导电层104a优选具有反射光的功能。另外,电极102优选具有透过光的功能及反射光的功能。

[0560] 另外,由于图6B所示的发光元件262b是底部发射型发光元件,所以导电层101a、导电层103a及导电层104a优选具有透过光的功能及反射光的功能。另外,电极102优选具有反射光的功能。

[0561] 在发光元件262a及发光元件262b中,导电层101a、导电层103a、和导电层104a既可以使用相同的材料,又可以使用不同的材料。当导电层101a、导电层103a、导电层104a使用相同的材料时,可以降低发光元件262a及发光元件262b的制造成本。另外,导电层101a、导电层103a、导电层104a也可以分别是两层以上的叠层。

[0562] 另外,发光元件262a及发光元件262b中的发光层170和发光层190中的至少一个优选具有实施方式1及实施方式4所示的结构中的至少一个。此外,作为发光材料,优选包含实施方式2所示的铱配合物。由此,可以制造发光效率高的发光元件。

[0563] 例如,发光层170和发光层190中的一个或两个可以具有如发光层190a及发光层190b那样层叠有两层的结构。通过作为两层的发光层分别使用第一化合物及第二化合物这两种具有发射不同颜色的功能的发光材料,可以得到包含多种颜色的发光。尤其是,优选选

择各发光层的发光材料,以便通过组合发光层170和发光层190所发射的光而能够得到白色发光。

[0564] 发光层170和发光层190中的一个或两个也可以具有层叠有三层以上的结构,其中也可以包括不具有发光材料的层。

[0565] 如上所述,通过在显示装置的像素中使用具有实施方式1及实施方式4所示的发光层的结构中的至少一个的发光元件262a或发光元件262b,可以制造发光效率高的显示装置。也就是说,包括发光元件262a或发光元件262b的显示装置可以减少功耗。

[0566] 注意,关于发光元件262a及发光元件262b中的其他构成要素,可以参照发光元件260a或发光元件260b或者实施方式1、实施方式4及实施方式5所示的发光元件的构成要素。

[0567] <发光元件的制造方法>

[0568] 接着,参照图7A至图8C对本发明的一个方式的发光元件的制造方法进行说明。在此,对图6A所示的发光元件262a的制造方法进行说明。

[0569] 图7A至图8C是说明本发明的一个方式的发光元件的制造方法的截面图。

[0570] 下面将说明的发光元件262a的制造方法包括第一步骤至第七步骤的七个步骤。

[0571] 《第一步骤》

[0572] 第一步骤是如下工序:将发光元件的电极(具体为电极101的导电层101a、电极103的导电层103a以及电极104的导电层104a)形成在衬底200上(参照图7A)。

[0573] 在本实施方式中,在衬底200上形成具有反射光的功能的导电层,将该导电层加工为所希望的形状,由此形成导电层101a、导电层103a及导电层104a。作为上述具有反射光的功能的导电层,使用银、钯及铜的合金膜(也称为Ag-Pd-Cu膜或APC)。如此,通过经过对同一导电层进行加工的工序形成导电层101a、导电层103a、及导电层104a,可以降低制造成本,所以是优选的。

[0574] 此外,也可以在第一步骤之前在衬底200上形成多个晶体管。此外,上述多个晶体管可以与导电层101a、导电层103a及导电层104a电连接。

[0575] 《第二步骤》

[0576] 第二步骤是如下工序:在电极101的导电层101a上形成具有透过光的功能的透明导电层101b;在电极103的导电层103a上形成具有透过光的功能的透明导电层103b;以及在电极104的导电层104a上形成具有透过光的功能的透明导电层104b(参照图7B)。

[0577] 在本实施方式中,在具有反射光的功能的导电层101a、103a及104a上分别形成具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b,由此形成电极101、电极103及电极104。作为上述导电层101b、103b及104b使用ITO膜。

[0578] 另外,具有透过光的功能的导电层101b、103b及104b也可以在多个步骤中形成。通过在多个步骤中形成,可以在各区域中实现适当的微腔结构的膜厚度来形成导电层101b、103b及104b。

[0579] 《第三步骤》

[0580] 第三步骤是形成覆盖发光元件的各电极的端部的分隔壁145的工序(参照图7C)。

[0581] 分隔壁145包括与电极重叠的开口部。由于该开口部而露出的导电膜被用作发光元件的阳极。在本实施方式中,作为分隔壁145使用聚酰亚胺树脂。

[0582] 另外,在第一步骤至第三步骤中没有损伤EL层(包含有机化合物的层)的可能性,

由此可以使用各种各样的形成方法及微细加工技术。在本实施方式中,利用溅射法形成反射导电层,利用光刻法在该导电层上形成图案,然后利用干蚀刻法或湿蚀刻法将该导电层加工为岛状,来形成电极101的导电层101a、电极103的导电层103a以及电极104的导电层104a。然后,利用溅射法形成具有透明性的导电膜,利用光刻法在该具有透明性的导电膜上形成图案,然后利用湿蚀刻法将该具有透明性的导电膜加工为岛状,来形成电极101、电极103以及电极104。

[0583] 《第四步骤》

[0584] 第四步骤是形成空穴注入层111、空穴传输层112、发光层190、电子传输层113、电子注入层114及电荷产生层115的工序(参照图8A)。

[0585] 通过共蒸镀空穴传输性材料和包含受体性物质的材料,可以形成空穴注入层111。注意,共蒸镀是指使多个不同的物质分别从不同的蒸发源同时蒸发的蒸镀法。通过蒸镀空穴传输性材料,可以形成空穴传输层112。

[0586] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少一个的光的客体材料,可以形成发光层190。作为客体材料,可以使用发射荧光或磷光的发光有机化合物。另外,优选使用实施方式1及实施方式4所示的发光层的结构。另外,发光层190也可以是双层结构。此时,两个发光层优选都具有发射彼此不同颜色的发光物质。

[0587] 通过蒸镀电子传输性高的物质,可以形成电子传输层113。另外,通过蒸镀电子注入性高的物质,可以形成电子注入层114。

[0588] 通过蒸镀对空穴传输性材料添加有电子受体(受体)的材料或对电子传输性材料添加有电子给体(供体)的材料,可以形成电荷产生层115。

[0589] 《第五步骤》

[0590] 第五步骤是形成空穴注入层116、空穴传输层117、发光层170、电子传输层118、电子注入层119以及电极102的工序(参照图8B)。

[0591] 通过利用与上面所示的空穴注入层111相同的材料及方法,可以形成空穴注入层116。另外,通过利用与上面所示的空穴传输层112相同的材料及方法,可以形成空穴传输层117。

[0592] 通过蒸镀发射选自紫色、蓝色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、橙色和红色中至少一个的光的客体材料,可以形成发光层170。客体材料可以使用呈现荧光或磷光的发光有机化合物。此外,优选使用实施方式1及实施方式4所示的发光层的结构。另外,发光层170和发光层190中的至少一个优选具有实施方式1及实施方式4所示的发光层的结构。此外,发光层170及发光层190优选包含具有呈现彼此不同的发光的功能的发光有机化合物。

[0593] 作为电子传输层118,可以利用与上述电子传输层113同样的材料及同样的方法形成。另外,作为电子注入层119,可以利用与上述电子注入层114同样的材料及同样的方法形成。

[0594] 通过层叠具有反射性的导电膜与具有透光性的导电膜,可以形成电极102。电极102可以采用单层结构或叠层结构。

[0595] 通过上述工序,在衬底200上形成发光元件,该发光元件在电极101、电极103及电极104上分别包括区域222B、区域222G及区域222R。

[0596] 《第六步骤》

[0597] 第六步骤是在衬底220上形成遮光层223、光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R的工序(参照图8C)。

[0598] 将包含黑色颜料的树脂膜形成在所希望的区域中,来形成遮光层223。然后,在衬底220及遮光层223上形成光学元件224B、光学元件224G、光学元件224R。作为光学元件224B,在所希望的区域中形成包含蓝色颜料的树脂膜。作为光学元件224G,在所希望的区域中形成包含绿色颜料的树脂膜。作为光学元件224R,在所希望的区域中形成包含红色颜料的树脂膜。

[0599] 《第七步骤》

[0600] 第七步骤是如下工序:将形成在衬底200上的发光元件贴合到形成在衬底220上的遮光层223、光学元件224B、光学元件224G及光学元件224R,并使用密封剂来密封(未图示)。

[0601] 通过上述工序,可以形成图6A所示的发光元件262a。

[0602] 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。

[0603] 实施方式7

[0604] 在本实施方式中,参照图9A至图17B说明本发明的一个方式的显示装置。

[0605] <显示装置的结构实例1>

[0606] 图9A是示出显示装置600的俯视图,图9B是沿图9A中的点划线A-B、点划线C-D所示的部分的截面图。显示装置600包括驱动电路部(信号线驱动电路部601、扫描线驱动电路部603)以及像素部602。信号线驱动电路部601、扫描线驱动电路部603、像素部602具有控制发光元件的发光的功能。

[0607] 显示装置600还包括元件衬底610、密封衬底604、密封剂605、由密封剂605围绕的区域607、引绕布线608以及FPC609。

[0608] 注意,引绕布线608是用来传送输入到信号线驱动电路部601及扫描线驱动电路部603的信号且从被用作外部输入端子的FPC609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等的布线。注意,虽然在此只图示出FPC609,但是FPC609还可以安装有印刷线路板(PWB)。

[0609] 作为信号线驱动电路部601,形成组合N沟道型晶体管623和P沟道型晶体管624的CMOS电路。另外,信号线驱动电路部601或扫描线驱动电路部603可以利用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路。另外,虽然在本实施方式中示出在衬底的同一表面上设置形成有驱动电路部的驱动器和像素的显示装置,但是不需要必须在衬底上形成驱动电路部,而也可以在外部形成驱动电路部。

[0610] 另外,像素部602包括开关晶体管611、电流控制晶体管612以及与电流控制晶体管612的漏极电连接的下部电极613。注意,以覆盖下部电极613的端部的方式形成有分隔壁614。作为分隔壁614可以使用正型感光丙烯酸树脂膜。

[0611] 另外,为了获得良好的覆盖性,将分隔壁614的上端部或下端部形成为具有曲率的曲面。例如,在使用正型感光丙烯酸作为分隔壁614的材料的情况下,优选只使分隔壁614的上端部包括具有曲率(曲率半径为 $0.2\mu\text{m}$ 以上且 $3\mu\text{m}$ 以下)的曲面。作为分隔壁614,可以使用负型感光树脂或者正型感光树脂。

[0612] 对晶体管(晶体管611、612、623、624)的结构没有特别的限制。例如,作为晶体管也可以使用交错型晶体管。另外,对晶体管的极性也没有特别的限制,也可以采用包括N沟道型晶体管及P沟道型晶体管的结构或者只具有N沟道型晶体管和P沟道型晶体管中的一个的

结构。对用于上述晶体管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或结晶性半导体膜。作为半导体材料,可以使用第14族半导体(例如,包含硅的半导体)、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。作为晶体管,例如使用能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体,由此可以降低晶体管的关态电流(off-state current),所以是优选的。作为该氧化物半导体,例如可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M表示铝(Al)、镓(Ga)、钇(Y)、锆(Zr)、镧(La)、铈(Ce)、锡(Sn)、铪(Hf)或钕(Nd))等。

[0613] 在下部电极613上形成有EL层616及上部电极617。在此,将下部电极613用作阳极,将上部电极617用作阴极。

[0614] 另外,EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋转涂敷法等各种方法形成。另外,作为EL层616所包含的其他材料,也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包括低聚物、树枝状聚合物)。

[0615] 使用下部电极613、EL层616及上部电极617形成发光元件618。发光元件618优选具有实施方式1、实施方式4至实施方式6所示的结构。注意,当像素部包括多个发光元件时,也可以包括在实施方式1、实施方式4至实施方式6中记载的发光元件以及具有其他结构的发光元件。

[0616] 另外,通过使用密封剂605将密封衬底604贴合到元件衬底610,形成如下结构,即发光元件618安装在由元件衬底610、密封衬底604以及密封剂605围绕的区域607中。注意,在区域607中填充有填料,除了填充有惰性气体(氮或氩等)的情况以外,也有填充有可用于密封剂605的紫外线固化树脂或热固化树脂的情况,例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂。通过在密封衬底中形成凹部且在其中设置干燥剂,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0617] 另外,在密封衬底604的下方以与发光元件618重叠的方式设置光学元件621。此外,在密封衬底604的下方还设置遮光层622。作为光学元件621及遮光层622都可以采用与实施方式6所示的光学元件及遮光层同样的结构。

[0618] 另外,优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封剂605。另外,这些材料优选为尽可能地不容易使水或氧透过的材料。另外,作为用于密封衬底604的材料,可以使用玻璃衬底、石英衬底或由FRP(Fiber Reinforced Plastics;玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸等构成的塑料衬底。

[0619] 通过上述步骤,可以得到包括实施方式1、实施方式4至实施方式6所记载的发光元件及光学元件的显示装置。

[0620] <显示装置的结构实例2>

[0621] 下面,参照图10A和图10B及图11对显示装置的其他例子进行说明。另外,图10A和图10B及图11是本发明的一个方式的显示装置的截面图。

[0622] 图10A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的上部电极1026、密封层1029、密封衬底1031、密封剂1032等。

[0623] 另外,在图10A中,作为光学元件的例子,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。另外,还可以设置遮光层1035。对设置有着色层及遮光层的透明基材1033进行对准而将其固定到衬底1001上。另外,着色层及遮光层被覆盖层1036覆盖。另外,在图10A中,红色光、绿色光、蓝色光透过着色层,因此能够以三个颜色的像素呈现图像。

[0624] 图10B示出作为光学元件的例子将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在栅极绝缘膜1003和第一层间绝缘膜1020之间的例子。如上述那样,也可以将着色层设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0625] 在图11中,作为光学元件的例子,示出着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在第一层间绝缘膜1020和第二层间绝缘膜1021之间的例子。如此,着色层也可以设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0626] 另外,虽然以上说明了具有从形成有晶体管的衬底1001一侧提取光的结构(底部发射型结构)的显示装置,但是也可以采用具有从密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型结构)的显示装置。

[0627] <显示装置的结构实例3>

[0628] 图12A和图12B示出顶部发射型显示装置的截面图的一个例子。图12A和图12B是说明本发明的一个方式的显示装置的截面图,省略图10A和图10B及图11所示的驱动电路部1041、周边部1042等。

[0629] 在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。到制造连接晶体管与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与底部发射型显示装置同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该绝缘膜也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘膜1037可以使用与第二层间绝缘膜相同的材料或其他各种材料形成。

[0630] 虽然在此发光元件的下部电极1024R、1024G、1024B都被用作阳极,但是也可以被用作阴极。另外,在采用如图12A和图12B所示那样的顶部发射型显示装置的情况下,下部电极1024R、1024G、1024B优选具有反射光的功能。另外,在EL层1028上设置有上部电极1026。优选的是,通过上部电极1026具有反射光且使光透过的功能,在下部电极1024R、1024G、1024B和上部电极1026之间采用微腔结构,增强特定波长的光的强度。

[0631] 在采用图12A所示的顶部发射结构的情况下,可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素和像素之间的遮光层1035。另外,作为密封衬底1031,优选使用具有透光性的衬底。

[0632] 在图12A中,例示出设置多个发光元件并在该多个发光元件的每一个上设置着色层的结构,但是不局限于此。例如,如图12B所示,也可以以设置红色着色层1034R及蓝色着色层1034B而不设置绿色着色层的方式以红色、绿色、蓝色的三个颜色进行全彩色显示。如图12A所示,当对发光元件的每一个设置着色层时,发挥可以抑制外光反射的效果。另一方面,如图12B所示,当对发光元件设置红色着色层以及蓝色着色层而不设置绿色着色层时,绿色发光元件所发射出的光的能量损失少,因此发挥可以减少耗电量的效果。

[0633] <显示装置的结构例子4>

[0634] 虽然上述显示装置包括三种颜色(红色、绿色及蓝色)的子像素,但是也可以包括

四种颜色(红色、绿色、蓝色及黄色或者红色、绿色、蓝色、白色)的子像素。图13A至图15B示出包括下部电极1024R、1024G、1024B及1024Y的显示装置的结构。图13A、图13B及图14示出从形成有晶体管的衬底1001提取光的结构(底部发射型)的显示装置,图15A及图15B示出从密封衬底1031提取光的结构(顶部发射型)的显示装置。

[0635] 图13A示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)设置于透明的基材1033的显示装置的例子。另外,图13B示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)形成在第一层间绝缘膜1020与栅极绝缘膜1003之间的显示装置的例子。另外,图14示出将光学元件(着色层1034R、着色层1034G、着色层1034B、着色层1034Y)形成在第一层间绝缘膜1020与第二层间绝缘膜1021之间的显示装置的例子。

[0636] 着色层1034R具有透过红色光的功能,着色层1034G具有透过绿色光的功能,着色层1034B具有透过蓝色光的功能。另外,着色层1034Y具有透过黄色光的功能或者透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光的功能。当着色层1034Y具有透过选自蓝色、绿色、黄色、红色中的多个光的功能时,从着色层1034Y发射的光也可以是白色。发射黄色或白色的光的发光元件的发光效率高,因此包括着色层1034Y的显示装置可以降低功耗。

[0637] 另外,在图15A及图15B所示的顶部发射型显示装置中,在包括下部电极1024Y的发光元件中也与图12A的显示装置同样地优选在下部电极与上部电极1026与下部电极1024R、1024G、1024B、1024Y之间具有微腔结构。另外,在图15A的显示装置中,可以利用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B及黄色着色层1034Y)的密封衬底1031进行密封。

[0638] 透过微腔及黄色着色层1034Y发射的光是在黄色的区域具有发射光谱的光。由于黄色的视觉灵敏度(luminosity factor)高,所以发射黄色光的发光元件的发光效率高。由此,具有图15A的结构显示装置可以降低功耗。

[0639] 在图15A中,例示出设置多个发光元件并在该多个发光元件的每一个上设置着色层的结构,但是不局限于此。例如,如图15B所示,也可以以设置红色着色层1034R、绿色着色层1034G及蓝色着色层1034B而不设置黄色着色层的方式以红色、绿色、蓝色、黄色的四个颜色或红色、绿色、蓝色、白色的四个颜色进行全彩色显示。如图15A所示,当设置发光元件并在该发光元件的每一个上设置着色层时,发挥可以抑制外光反射的效果。另一方面,如图15B所示,当设置发光元件及红色着色层、绿色着色层及蓝色着色层而不设置黄色着色层时,黄色或白色的发光元件所发射出的光的能量损失少,因此发挥可以减少功耗的效果。

[0640] <显示装置的结构例子5>

[0641] 接着,图16示出本发明的其他一个方式的显示装置。图16是以图9A的点划线A-B、点划线C-D切断的截面图。另外,在图16中,具有与图9B所示的功能同样的功能的部分由相同的附图标记表示,有时省略其详细说明。

[0642] 图16所示的显示装置600在由元件衬底610、密封衬底604及密封剂605围绕的区域607中包括密封层607a、密封层607b及密封层607c。密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或多个例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂等树脂。另外,可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氮化铝等无机材料。通过

形成密封层607a、密封层607b及密封层607c,可以抑制水等杂质所引起的发光元件618的劣化,所以是优选的。另外,当形成密封层607a、密封层607b及密封层607c时,可以不设置密封剂605。

[0643] 另外,既可以形成密封层607a、密封层607b及密封层607c中的一个或两个,又可以形成四个以上的密封层。通过使密封层具有多层,可以高效地防止水等杂质从显示装置600的外部进入显示装置内部的发光元件618,所以是优选的。此外,当密封层具有多层时,其中层叠树脂和无机材料,所以是优选的。

[0644] <显示装置的结构例子6>

[0645] 本实施方式中的结构例子1至结构例子4所示的显示装置包括光学元件,但是本发明的一个方式也可以不包括光学元件。

[0646] 图17A及图17B所示的显示装置是从密封衬底1031一侧提取光的结构(顶部发射型结构)的显示装置。图17A是包括发光层1028R、发光层1028G及发光层1028B的显示装置的一个例子。图17B是包括发光层1028R、发光层1028G、发光层1028B及发光层1028Y的显示装置的一个例子。

[0647] 发光层1028R发射红色的光,发光层1028G发射绿色的光,发光层1028B发射蓝色的光。发光层1028Y具有发射黄色的光的功能或发射选自蓝色、绿色和红色中的多个光的功能。发光层1028Y所发射的光也可以为白色的光。发射黄色或白色的光的发光元件的发光效率高,因此包括发光层1028Y的显示装置可以降低功耗。

[0648] 图17A及图17B所示的显示装置在子像素中包括发射不同颜色的光的EL层,由此不需要设置被用作光学元件的着色层。

[0649] 密封层1029例如可以使用PVC(聚氯乙烯)类树脂、丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、环氧类树脂、硅酮类树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)类树脂或EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)类树脂等树脂。另外,可以使用氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、氧化铝、氮化铝等无机材料。通过形成密封层1029,可以抑制水等杂质所引起的发光元件的劣化,所以是优选的。

[0650] 另外,既可以形成单层或叠层的密封层1029,又可以形成四个以上的密封层1029。通过使密封层具有多层,可以高效地防止水等杂质从显示装置的外部进入显示装置内部,所以是优选的。此外,当密封层采用多层时,优选的是,其中层叠树脂和无机材料。

[0651] 密封衬底1031具有保护发光元件的功能即可。由此,密封衬底1031使用具有柔性的衬底或薄膜。

[0652] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式或本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0653] 实施方式8

[0654] 在本实施方式中,参照图18A至图20B说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置。

[0655] 注意,图18A是说明本发明的一个方式的显示装置的方框图,图18B是说明本发明的一个方式的显示装置所包括的像素电路的电路图。

[0656] <关于显示装置的说明>

[0657] 图18A所示的显示装置包括:具有显示元件的像素的区域(以下称为像素部802);配置在像素部802外侧并具有用来驱动像素的电路的电路部(以下称为驱动电路部804);具

有保护元件的功能的电路(以下称为保护电路806);以及端子部807。此外,也可以不设置保护电路806。

[0658] 驱动电路部804的一部分或全部优选与像素部802形成在同一衬底上。由此,可以减少构件的数量或端子的数量。当驱动电路部804的一部分或全部不与像素部802形成在同一衬底上时,驱动电路部804的一部分或全部可以通过COG或TAB(Tape Automated Bonding:卷带自动结合)安装。

[0659] 像素部802包括用来驱动配置为X行(X为2以上的自然数)Y列(Y为2以上的自然数)的多个显示元件的电路(以下称为像素电路801),驱动电路部804包括输出选择像素的信号(扫描信号)的电路(以下称为扫描线驱动电路804a)以及用来供应用于驱动像素的显示元件的信号(数据信号)的电路(以下称为信号线驱动电路804b)等驱动电路。

[0660] 扫描线驱动电路804a具有移位寄存器等。扫描线驱动电路804a通过端子部807被输入用来驱动移位寄存器的信号并输出信号。例如,扫描线驱动电路804a被输入起始脉冲信号、时钟信号等并输出脉冲信号。扫描线驱动电路804a具有控制被供应扫描信号的布线(以下称为扫描线GL₁至GL_X)的电位的功能。另外,也可以设置多个扫描线驱动电路804a,并通过多个扫描线驱动电路804a分别控制扫描线GL₁至GL_X。或者,扫描线驱动电路804a具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,扫描线驱动电路804a也可以供应其他信号。

[0661] 信号线驱动电路804b具有移位寄存器等。信号线驱动电路804b通过端子部807来接收用来驱动移位寄存器的信号和从其中得出数据信号(视频信号)的信号。信号线驱动电路804b具有根据视频信号生成写入到像素电路801的数据信号的功能。此外,信号线驱动电路804b具有响应于由于起始脉冲信号、时钟信号等的输入产生的脉冲信号而控制数据信号的输出的功能。另外,信号线驱动电路804b具有控制被供应数据信号的布线(以下称为数据线DL₁至DL_Y)的电位的功能。或者,信号线驱动电路804b具有能够供应初始化信号的功能。但是,不局限于此,信号线驱动电路804b可以供应其他信号。

[0662] 信号线驱动电路804b例如使用多个模拟开关等来构成。信号线驱动电路804b通过依次使多个模拟开关开启而可以输出对视频信号进行时间分割所得到的信号作为数据信号。此外,信号线驱动电路804b也可以包括移位寄存器等。

[0663] 脉冲信号及数据信号分别通过被供应扫描信号的多个扫描线GL之一及被供应数据信号的多个数据线DL之一被输入到多个像素电路801中的每一个。另外,多个像素电路801的每一个通过扫描线驱动电路804a来控制数据信号的写入及保持。例如,通过扫描线GL_m(m是X以下的自然数)从扫描线驱动电路804a对第m行第n列的像素电路801输入脉冲信号,并根据扫描线GL_m的电位而通过数据线DL_n(n是Y以下的自然数)从信号线驱动电路804b对第m行第n列的像素电路801输入数据信号。

[0664] 图18A所示的保护电路806例如连接于作为扫描线驱动电路804a和像素电路801之间的布线的扫描线GL。或者,保护电路806连接于信号线驱动电路804b和像素电路801之间的数据线DL。或者,保护电路806可以连接于扫描线驱动电路804a和端子部807之间的布线。或者,保护电路806可以连接于信号线驱动电路804b和端子部807之间的布线。此外,端子部807是指设置有用来从外部的电路对显示装置输入电源、控制信号及视频信号的端子的部分。

[0665] 保护电路806是在对与其连接的布线供应一定范围之外的电位时电连接该布线与其他布线的电路。

[0666] 如图18A所示,通过对像素部802和驱动电路部804分别设置保护电路806,可以提高显示装置对因ESD(Electro Static Discharge:静电放电)等而产生的过电流的耐性。但是,保护电路806的结构不局限于此,例如,也可以采用将扫描线驱动电路804a与保护电路806连接的结构或将信号线驱动电路804b与保护电路806连接的结构。或者,也可以采用将端子部807与保护电路806连接的结构。

[0667] 另外,虽然在图18A中示出由扫描线驱动电路804a和信号线驱动电路804b形成驱动电路部804的例子,但不局限于此。例如,也可以只形成扫描线驱动电路804a并安装另外准备的形成有信号线驱动电路的衬底(例如,由单晶半导体膜或多晶半导体膜形成的驱动电路衬底)。

[0668] <像素电路的结构例子>

[0669] 图18A所示的多个像素电路801例如可以采用图18B所示的结构。

[0670] 图18B所示的像素电路801包括晶体管852、854、电容器862以及发光元件872。

[0671] 晶体管852的源电极和漏电极中的一个电连接于被供应数据信号的布线(数据线DL_n)。并且,晶体管852的栅电极电连接于被供应栅极信号的布线(扫描线GL_m)。

[0672] 晶体管852具有控制数据信号的写入的功能。

[0673] 电容器862的一对电极中的一个电连接于被供应电位的布线(以下,称为电位供应线VL_a),另一个电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0674] 电容器862具有作为储存被写入的数据的存储电容器的功能。

[0675] 晶体管854的源电极和漏电极中的一个电连接于电位供应线VL_a。并且,晶体管854的栅电极电连接于晶体管852的源电极和漏电极中的另一个。

[0676] 发光元件872的阳极和阴极中的一个电连接于电位供应线VL_b,另一个电连接于晶体管854的源电极和漏电极中的另一个。

[0677] 作为发光元件872,可以使用实施方式1、实施方式4至实施方式6所示的发光元件。

[0678] 此外,电位供应线VL_a和电位供应线VL_b中的一个被施加高电源电位VDD,另一个被施加低电源电位VSS。

[0679] 例如,在具有图18B的像素电路801的显示装置中,通过图18A所示的扫描线驱动电路804a按行依次选择各行的像素电路801,并使晶体管852开启而写入数据信号的数据。

[0680] 当晶体管852被关闭时,被写入数据的像素电路801成为保持状态。并且,流过晶体管854的源电极与漏电极之间的电流量根据写入的数据信号的电位被控制,发光元件872以对应于流过的电流量的亮度发光。通过按行依次进行上述步骤,可以显示图像。

[0681] 另外,可以使像素电路具有校正晶体管的阈值电压等的变动的功能。图19A及图19B和图20A及图20B示出像素电路的例子。

[0682] 图19A所示的像素电路包括六个晶体管(晶体管303₁至303₆)、电容器304以及发光元件305。此外,布线301₁至301₅、布线302₁及布线302₂电连接到图19A所示的像素电路。注意,作为晶体管303₁至303₆,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0683] 图19B所示的像素电路是对图19A所示的像素电路增加晶体管303₇的结构。另外,布线301₆及布线301₇电连接到图19B所示的像素电路。在此,布线301₅与布线301₆可以

相互电连接。注意,作为晶体管303_7,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0684] 图20A所示的像素电路包括六个晶体管(晶体管308_1至308_6)、电容器304以及发光元件305。此外,布线306_1至306_3及布线307_1至307_3电连接到图20A所示的像素电路。在此,布线306_1与布线306_3可以相互电连接。注意,作为晶体管308_1至308_6,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0685] 图20B所示的像素电路包括两个晶体管(晶体管309_1及晶体管309_2)、两个电容器(电容器304_1及电容器304_2)以及发光元件305。另外,布线311_1至布线311_3、布线312_1及布线312_2电连接到图20B所示的像素电路。此外,通过采用图20B所示的像素电路的结构,例如可以利用电压输入-电流驱动方式(也称为CVCC方式)驱动像素电路。注意,作为晶体管309_1及309_2,例如可以使用p沟道型晶体管。

[0686] 另外,本发明的一个方式的发光元件可以适用于在显示装置的像素中包括有源元件的有源矩阵方式或在显示装置的像素中没有包括有源元件的无源矩阵方式。

[0687] 在有源矩阵方式中,作为有源元件(非线性元件)除晶体管外还可以使用各种有源元件(非线性元件)。例如,也可以使用MIM(Metal Insulator Metal:金属-绝缘体-金属)或TFD(Thin Film Diode:薄膜二极管)等。由于这些元件的制造工序少,因此能够降低制造成本或者提高成品率。另外,由于这些元件的尺寸小,所以可以提高开口率,从而能够实现低耗电量或高亮度化。

[0688] 作为除了有源矩阵方式以外的方式,也可以采用不使用有源元件(非线性元件)的无源矩阵型。由于不使用有源元件(非线性元件),所以制造工序少,从而可以降低制造成本或者提高成品率。另外,由于不使用有源元件(非线性元件),所以可以提高开口率,从而能够实现低耗电量或高亮度化等。

[0689] 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。

[0690] 实施方式9

[0691] 在本实施方式中,参照图21A至图25说明包括本发明的一个方式的发光元件的显示装置以及在该显示装置安装输入装置的电子设备。

[0692] <关于触摸面板的说明1>

[0693] 注意,在本实施方式中,作为电子设备的一个例子,对包括显示装置与输入装置的触摸面板2000进行说明。另外,作为输入装置的一个例子,对包括触摸传感器的情况进行说明。

[0694] 图21A及图21B是触摸面板2000的立体图。另外,在图21A及图21B中,为了明确起见,只示出触摸面板2000的典型的构成要素。

[0695] 触摸面板2000包括显示装置2501及触摸传感器2595(参照图21B)。此外,触摸面板2000还包括衬底2510、衬底2570以及衬底2590。另外,衬底2510、衬底2570以及衬底2590都具有柔性。注意,衬底2510、衬底2570和衬底2590中的任一个或全部可以不具有柔性。

[0696] 显示装置2501包括衬底2510上的多个像素以及向该像素供应信号的多个布线2511。多个布线2511被引导在衬底2510的外周部,其一部分构成端子2519。端子2519与FPC2509(1)电连接。另外,多个布线2511可以将来自信号线驱动电路2503s(1)的信号供应到多个像素。

[0697] 衬底2590包括触摸传感器2595以及与触摸传感器2595电连接的多个布线2598。多

个布线2598被引导在衬底2590的外周部,其一部分构成端子。并且,该端子与FPC2509(2)电连接。另外,为了明确起见,在图21B中以实线示出设置在衬底2590的背面一侧(与衬底2510相对的面一侧)的触摸传感器2595的电极以及布线等。

[0698] 作为触摸传感器2595,例如可以适用电容式触摸传感器。作为电容式触摸传感器,可以举出表面型电容式触摸传感器、投影型电容式触摸传感器等。

[0699] 作为投影型电容式触摸传感器,主要根据驱动方法的不同而分为自电容式触摸传感器、互电容式触摸传感器等。当采用互电容式触摸传感器时,可以同时检测出多个点,所以是优选的。

[0700] 注意,图21B所示的触摸传感器2595是采用了投影型电容式触摸传感器的结构。

[0701] 另外,作为触摸传感器2595可以适用可检测出手指等检测对象的接近或接触的各种传感器。

[0702] 投影型电容式触摸传感器2595包括电极2591及电极2592。电极2591电连接于多个布线2598之中的任何一个,而电极2592电连接于多个布线2598之中的任何其他一个。

[0703] 如图21A及图21B所示,电极2592都具有在一个方向上配置的多个四边形在角部相互连接的形状。

[0704] 电极2591都是四边形且在与电极2592延伸的方向交叉的方向上反复地配置。

[0705] 布线2594与其间夹着电极2592的两个电极2591电连接。此时,电极2592与布线2594的交叉部面积优选为尽可能小。由此,可以减少没有设置电极的区域的面积,从而可以降低透过率的偏差。其结果,可以降低透过触摸传感器2595的光的亮度偏差。

[0706] 注意,电极2591及电极2592的形状不局限于此,可以具有各种形状。例如,也可以采用如下结构:将多个电极2591配置为其间尽量没有间隙,并隔着绝缘层间隔开地设置多个电极2592,以形成不重叠于电极2591的区域。此时,通过在相邻的两个电极2592之间设置与这些电极电绝缘的虚拟电极,可以减少透过率不同的区域的面积,所以是优选的。

[0707] <关于显示装置的说明>

[0708] 接着,参照图22A说明显示装置2501的详细内容。图22A是沿图21B中的点划线X1-X2所示的部分的截面图。

[0709] 显示装置2501包括多个配置为矩阵状的像素。该像素都包括显示元件以及驱动该显示元件的像素电路。

[0710] 在以下说明中,说明将发射白色光的发光元件用作显示元件的例子,但是显示元件不局限于此。例如,也可以包括发光颜色不同的发光元件,以使来自各相邻的像素的发光颜色不同。

[0711] 作为衬底2510及衬底2570,例如,可以适当地使用水蒸气透过率为 $1 \times 10^{-5} \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下,优选为 $1 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下的具有柔性的材料。或者,优选将其热膨胀率大致相同的材料用于衬底2510及衬底2570。例如,线性膨胀系数优选为 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 以下,更优选为 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下,进一步优选为 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下。

[0712] 注意,衬底2510是叠层体,其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2510a、柔性衬底2510b以及贴合绝缘层2510a与柔性衬底2510b的粘合层2510c。另外,衬底2570是叠层体,其中包括防止杂质扩散到发光元件的绝缘层2570a、柔性衬底2570b以及贴合绝缘层2570a与柔性衬底2570b的粘合层2570c。

[0713] 粘合层2510c及粘合层2570c例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0714] 此外,在衬底2510与衬底2570之间包括密封层2560。密封层2560优选具有比空气大的折射率。此外,如图22A所示,当经过密封层2560提取光时,密封层2560可以兼作光学接合层。

[0715] 另外,可以在密封层2560的外周部形成密封剂。通过使用该密封剂,可以在由衬底2510、衬底2570、密封层2560及密封剂围绕的区域中配置发光元件2550R。注意,作为密封层2560,可以填充惰性气体(氮或氩等)。此外,可以在该惰性气体内设置干燥剂而吸收水分等。或者,可以使用丙烯酸类树脂或环氧类树脂等树脂。另外,作为上述密封剂,例如优选使用环氧类树脂或玻璃粉。此外,作为用于密封剂的材料,优选使用不使水分或氧透过的材料。

[0716] 另外,显示装置2501包括像素2502R。此外,像素2502R包括发光模块2580R。

[0717] 像素2502R包括发光元件2550R以及可以向该发光元件2550R供应电力的晶体管2502t。注意,将晶体管2502t用作像素电路的一部分。此外,发光模块2580R包括发光元件2550R以及着色层2567R。

[0718] 发光元件2550R包括下部电极、上部电极以及下部电极与上部电极之间的EL层。作为发光元件2550R,例如可以使用实施方式1、实施方式4至实施方式6所示的发光元件。

[0719] 另外,也可以在下部电极与上部电极之间采用微腔结构,增强特定波长的光的强度。

[0720] 另外,在密封层2560被设置于提取光一侧的情况下,密封层2560接触于发光元件2550R及着色层2567R。

[0721] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。由此,发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R,而向附图中的箭头所示的方向被射出到发光模块2580R的外部。

[0722] 此外,在显示装置2501中,在发射光的方向上设置遮光层2567BM。遮光层2567BM以围绕着色层2567R的方式设置。

[0723] 着色层2567R具有使特定波长区域的光透过的功能即可,例如,可以使用使红色波长区域的光透过的滤色片、使绿色波长区域的光透过的滤色片、使蓝色波长区域的光透过的滤色片以及使黄色波长区域的光透过的滤色片等。每个滤色片可以通过印刷法、喷墨法、利用光刻技术的蚀刻法等并使用各种材料形成。

[0724] 另外,在显示装置2501中设置有绝缘层2521。绝缘层2521覆盖晶体管2502t。此外,绝缘层2521具有覆盖起因于像素电路的凹凸的功能。另外,可以使绝缘层2521具有能够抑制杂质扩散的功能。由此,能够抑制由于杂质扩散而晶体管2502t等的可靠性降低。

[0725] 此外,发光元件2550R被形成于绝缘层2521的上方。另外,以与发光元件2550R所包括的下部电极的端部重叠的方式设置分隔壁2528。此外,可以在分隔壁2528上形成控制衬底2510与衬底2570的间隔的间隔物。

[0726] 扫描线驱动电路2503g(1)包括晶体管2503t及电容器2503c。注意,可以将驱动电路与像素电路经同一工序形成在同一衬底上。

[0727] 另外,在衬底2510上设置有能够供应信号的布线2511。此外,在布线2511上设置有端子2519。另外,FPC2509(1)电连接到端子2519。此外,FPC2509(1)具有供应视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等的功能。另外,FPC2509(1)也可以安装有印刷线路板(PWB)。

[0728] 此外,可以将各种结构的晶体管适用于显示装置2501。在图22A中,虽然示出了使用底栅型晶体管的情况,但不局限于此,例如可以将图22B所示的顶栅型晶体管适用于显示装置2501。

[0729] 另外,对晶体管2502t及晶体管2503t的极性没有特别的限制,例如,可以使用n沟道晶体管及p沟道晶体管,或者可以使用n沟道晶体管或p沟道晶体管。此外,对用于晶体管2502t及2503t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。另外,作为半导体材料,可以使用第14族半导体(例如,含有硅的半导体)、化合物半导体(包括氧化物半导体)、有机半导体等。通过将能隙为2eV以上,优选为2.5eV以上,更优选为3eV以上的氧化物半导体用于晶体管2502t和晶体管2503t中的任一个或两个,能够降低晶体管的关态电流,所以是优选的。作为该氧化物半导体,可以举出In-Ga氧化物、In-M-Zn氧化物(M表示Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Sn、Hf或Nd)等。

[0730] <关于触摸传感器的说明>

[0731] 接着,参照图22C说明触摸传感器2595的详细内容。图22C是沿图21B中的点划线X3-X4所示的部分的截面图。

[0732] 触摸传感器2595包括:在衬底2590上配置为交错形状的电极2591及电极2592;覆盖电极2591及电极2592的绝缘层2593;以及使相邻的电极2591电连接的布线2594。

[0733] 电极2591及电极2592使用具有透光性的导电材料形成。作为具有透光性的导电材料,可以使用氧化铟、铟锡氧化物、铟锌氧化物、氧化锌、添加有镓的氧化锌等导电氧化物。此外,还可以使用含有石墨烯的膜。含有石墨烯的膜例如可以通过使包含氧化石墨烯的膜还原而形成。作为还原方法,可以举出进行加热的方法等。

[0734] 例如,在通过溅射法将具有透光性的导电材料沉积在衬底2590上之后,可以通过光刻法等各种图案形成技术去除不需要的部分来形成电极2591及电极2592。

[0735] 另外,作为用于绝缘层2593的材料,例如可以使用丙烯酸树脂、环氧树脂等树脂、具有硅氧烷键的树脂、氧化硅、氮化硅、氧化铝等无机绝缘材料。

[0736] 另外,达到电极2591的开口设置在绝缘层2593中,并且布线2594与相邻的电极2591电连接。由于透光导电材料可以提高触摸面板的开口率,因此可以适用于布线2594。另外,因为其导电性高于电极2591及电极2592的材料可以减少电阻,所以可以适用于布线2594。

[0737] 电极2592延在一个方向上,多个电极2592设置为条纹状。此外,布线2594以与电极2592交叉的方式设置。

[0738] 夹着一个电极2592设置有一对电极2591。另外,布线2594电连接一对电极2591。

[0739] 另外,多个电极2591并不一定要设置在与一个电极2592正交的方向上,也可以设置为形成大于 0° 且小于 90° 的角。

[0740] 此外,一个布线2598与电极2591或电极2592电连接。另外,将布线2598的一部分用作端子。作为布线2598,例如可以使用金属材料诸如铝、金、铂、银、镍、钛、钨、铬、钼、铁、钴、铜或钡等或者包含该金属材料的合金材料。

- [0741] 另外,通过设置覆盖绝缘层2593及布线2594的绝缘层,可以保护触摸传感器2595。
- [0742] 此外,连接层2599电连接布线2598与FPC2509(2)。
- [0743] 作为连接层2599,可以使用各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)或各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等。
- [0744] <关于触摸面板的说明2>
- [0745] 接着,参照图23A说明触摸面板2000的详细内容。图23A是沿图21A中的点划线X5-X6所示的部分的截面图。
- [0746] 图23A所示的触摸面板2000是将图22A所说明的显示装置2501与图22C所说明的触摸传感器2595贴合在一起的结构。
- [0747] 另外,图23A所示的触摸面板2000除了图22A及图22C所说明的构成要素之外还包括粘合层2597及防反射层2567p。
- [0748] 粘合层2597以与布线2594接触的方式设置。注意,粘合层2597以使触摸传感器2595重叠于显示装置2501的方式将衬底2590贴合到衬底2570。此外,粘合层2597优选具有透光性。另外,作为粘合层2597,可以使用热固化树脂或紫外线固化树脂。例如,可以使用丙烯酸类树脂、氨基类树脂、环氧类树脂或硅氧烷类树脂。
- [0749] 防反射层2567p设置在重叠于像素的位置上。作为防反射层2567p,例如可以使用圆偏振片。
- [0750] 接着,参照图23B对与图23A所示的结构不同的结构的触摸面板进行说明。
- [0751] 图23B是触摸面板2001的截面图。图23B所示的触摸面板2001与图23A所示的触摸面板2000的不同之处是相对于显示装置2501的触摸传感器2595的位置。下面对不同的结构进行详细的说明,而对可以使用同样的结构的部分援用触摸面板2000的说明。
- [0752] 着色层2567R位于与发光元件2550R重叠的位置。此外,图23B所示的发光元件2550R将光射出到设置有晶体管2502t的一侧。由此,发光元件2550R所发射的光的一部分透过着色层2567R,而如图23B中的箭头所示那样被射出到发光模块2580R的外部。
- [0753] 另外,触摸传感器2595被设置于显示装置2501的衬底2510一侧。
- [0754] 粘合层2597位于衬底2510与衬底2590之间,并将触摸传感器2595贴合到显示装置2501。
- [0755] 如图23A及图23B所示,从发光元件射出的光可以经过衬底2510一侧和衬底2570一侧中的一个或两个射出。
- [0756] <关于触摸面板的驱动方法的说明>
- [0757] 接着,参照图24A及图24B对触摸面板的驱动方法的一个例子进行说明。
- [0758] 图24A是示出互电容式触摸传感器的结构的方框图。在图24A中,示出脉冲电压输出电路2601、电流检测电路2602。另外,在图24A中,以X1至X6的六个布线表示被施加有脉冲电压的电极2621,并以Y1至Y6的六个布线表示检测电流的变化的电极2622。此外,图24A示出在电极2621与电极2622彼此重叠的区域中形成的电容器2603。注意,电极2621与电极2622的功能可以互相调换。
- [0759] 脉冲电压输出电路2601是用来依次将脉冲电压施加到X1至X6的布线的电路。通过对X1至X6的布线施加脉冲电压,在形成电容器2603的电极2621与电极2622之间产生电场。通过利用该产生于电极之间的电场由于被遮蔽等而使电容器2603的互电容产生变化,可以

检测出被检测体的接近或接触。

[0760] 电流检测电路2602是用来检测电容器2603的互电容变化所引起的Y1至Y6的布线的电流变化的电路。在Y1至Y6的布线中,如果没有被检测体的接近或接触,所检测的电流值则没有变化,而另一方面,在由于所检测的被检测体的接近或接触而互电容减少的情况下,检测到电流值减少的变化。另外,通过积分电路等检测电流即可。

[0761] 接着,图24B示出图24A所示的互电容式触摸传感器中的输入/输出波形的时序图。在图24B中,在一个帧期间进行各行列中的被检测体的检测。另外,在图24B中,示出没有检测出被检测体(未触摸)和检测出被检测体(触摸)的两种情况。此外,图24B示出Y1至Y6的布线所检测出的电流值作为电压值的波形。

[0762] 依次对X1至X6的布线施加脉冲电压,Y1至Y6的布线的波形根据该脉冲电压变化。当没有被检测体的接近或接触时,Y1至Y6的波形根据X1至X6的布线的电压变化产生变化。另一方面,在有被检测体接近或接触的部位电流值减少,因而电压值的波形也产生变化。

[0763] 如此,通过检测互电容的变化,可以检测出被检测体的接近或接触。

[0764] <关于传感器电路的说明>

[0765] 另外,作为触摸传感器,图24A虽然示出在布线的交叉部只设置电容器2603的无源矩阵型触摸传感器的结构,但是也可以采用包括晶体管和电容器的有源矩阵型触摸传感器。图25示出有源矩阵型触摸传感器所包括的传感器电路的一个例子。

[0766] 图25所示的传感器电路包括电容器2603、晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613。

[0767] 对晶体管2613的栅极施加信号G2,对源极和漏极中的一个施加电压VRES,并且另一个与电容器2603的一个电极及晶体管2611的栅极电连接。晶体管2611的源极和漏极中的一个与晶体管2612的源极和漏极中的一个电连接,对另一个施加电压VSS。对晶体管2612的栅极施加信号G1,源极和漏极中的另一个与布线ML电连接。对电容器2603的另一个电极施加电压VSS。

[0768] 接下来,对图25所示的传感器电路的工作进行说明。首先,通过作为信号G2施加使晶体管2613成为开启状态的电位,与晶体管2611的栅极连接的节点n被施加对应于电压VRES的电位。接着,通过作为信号G2施加使晶体管2613成为关闭状态的电位,节点n的电位被保持。

[0769] 接着,由于手指等被检测体的接近或接触,电容器2603的互电容产生变化,由此节点n的电位由VRES变化。

[0770] 在读出工作中,作为信号G1施加使晶体管2612成为开启状态的电位。流过晶体管2611的电流,即流过布线ML的电流根据节点n的电位而产生变化。通过检测该电流,可以检测出被检测体的接近或接触。

[0771] 在晶体管2611、晶体管2612及晶体管2613中,优选将氧化物半导体层用作形成有其沟道区的半导体层。尤其是通过将这种晶体管用作晶体管2613,能够长期间保持节点n的电位,由此可以减少对节点n再次供应VRES的工作(刷新工作)的频度。

[0772] 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。

[0773] 实施方式10

[0774] 在本实施方式中,参照图26至图29B对包括本发明的一个方式的发光元件的显示模块及电子设备进行说明。

[0775] <关于显示模块的说明>

[0776] 图26所示的显示模块8000在上盖8001与下盖8002之间包括连接于FPC8003的触摸传感器8004、连接于FPC8005的显示装置8006、框架8009、印刷衬底8010、电池8011。

[0777] 例如可以将本发明的一个方式的发光元件用于显示装置8006。

[0778] 上盖8001及下盖8002可以根据触摸传感器8004及显示装置8006的尺寸可以适当改变形状或尺寸。

[0779] 触摸传感器8004能够是电阻膜式触摸传感器或电容式触摸传感器,并且能够被形成为与显示装置8006重叠。此外,也可以使显示装置8006的对置衬底(密封衬底)具有触摸传感器的功能。另外,也可以在显示装置8006的各像素内设置光传感器,而形成光学触摸传感器。

[0780] 框架8009除了具有保护显示装置8006的功能以外还具有用来遮断因印刷衬底8010的工作而产生的电磁波的电磁屏蔽的功能。此外,框架8009也可以具有作为散热板的功能。

[0781] 印刷衬底8010具有电源电路以及用来输出视频信号及时钟信号的信号处理电路。作为对电源电路供应电力的电源,既可以采用外部的商业电源,又可以采用另行设置的电池8011的电源。当使用商业电源时,可以省略电池8011。

[0782] 此外,在显示模块8000中还可以设置偏振片、相位差板、棱镜片等构件。

[0783] <关于电子设备的说明>

[0784] 图27A至图27G是示出电子设备的图。这些电子设备可以包括框体9000、显示部9001、扬声器9003、操作键9005(包括电源开关或操作开关)、连接端子9006、传感器9007(它具有测量或检测如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风9008等。另外,传感器9007可以如脉冲传感器及指纹传感器等那样具有测量生物信息的功能。

[0785] 图27A至图27G所示的电子设备可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种数据(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触控传感器的功能;显示日历、日期或时间等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;进行无线通信的功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据来将其显示在显示部上的功能;等。注意,图27A至图27G所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。另外,虽然在图27A至图27G中未图示,但是电子设备可以包括多个显示部。此外,也可以在该电子设备中设置照相机等而使其具有如下功能:拍摄静态图像的功能;拍摄动态图像的功能;将所拍摄的图像储存在存储介质(外部存储介质或内置于照相机的存储介质)中的功能;将所拍摄的图像显示在显示部上的功能;等。

[0786] 下面,详细地说明图27A至图27G所示的电子设备。

[0787] 图27A是示出便携式信息终端9100的立体图。便携式信息终端9100所包括的显示部9001具有柔性。因此,可以沿着所弯曲的框体9000的弯曲面组装显示部9001。另外,显示部9001具备触摸传感器,而可以用手指或触屏笔等触摸屏幕来进行操作。例如,通过触摸显示于显示部9001上的图标,可以启动应用程序。

[0788] 图27B是示出便携式信息终端9101的立体图。便携式信息终端9101例如具有电话机、电子笔记本和信息阅读装置等中的一种或多种的功能。具体而言,可以将其用作智能手机。注意,扬声器9003、连接端子9006、传感器9007等在图27B中未图示,但可以与图27A所示的便携式信息终端9100同样地设置在便携式信息终端9101中。另外,便携式信息终端9101可以将文字或图像信息显示在其多个面上。例如,可以将三个操作按钮9050(还称为操作图标或只称为图标)显示在显示部9001的一个面上。另外,可以将由虚线矩形表示的信息9051显示在显示部9001的另一个面上。此外,作为信息9051的例子,可以举出提示收到来自电子邮件、SNS(Social Networking Services:社交网络服务)或电话等的信息的显示;电子邮件或SNS等的标题或发送者姓名;日期;时间;电量;以及天线接收的强度等。或者,可以在显示有信息9051的位置上显示操作按钮9050等代替信息9051。

[0789] 图27C是示出便携式信息终端9102的立体图。便携式信息终端9102具有将信息显示在显示部9001的三个以上的面上的功能。在此,示出信息9052、信息9053、信息9054分别显示于不同的面上的例子。例如,便携式信息终端9102的使用者能够在将便携式信息终端9102放在上衣口袋里的状态下确认其显示(这里是信息9053)。具体而言,将打来电话的人的电话号码或姓名等显示在能够从便携式信息终端9102的上方观看这些信息的位置。使用者可以确认到该显示而无需从口袋里拿出便携式信息终端9102,由此能够判断是否接电话。

[0790] 图27D是示出手表型便携式信息终端9200的立体图。便携式信息终端9200可以执行移动电话、电子邮件、文章的阅读及编辑、音乐播放、网络通信、电脑游戏等各种应用程序。此外,显示部9001的显示面被弯曲,能够在所弯曲的显示面上进行显示。另外,便携式信息终端9200可以进行被通信标准化的近距离无线通信。例如,通过与可进行无线通信的耳麦相互通信,可以进行免提通话。此外,便携式信息终端9200包括连接端子9006,可以通过连接器直接向其他信息终端发送数据或从其他信息终端接收数据。另外,也可以通过连接端子9006进行充电。此外,充电工作也可以利用无线供电进行,而不通过连接端子9006。

[0791] 图27E至图27G是示出能够折叠的便携式信息终端9201的立体图。另外,图27E是展开状态的便携式信息终端9201的立体图,图27F是从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9201的立体图,图27G是折叠状态的便携式信息终端9201的立体图。便携式信息终端9201在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域而其显示的一览性强。便携式信息终端9201所包括的显示部9001由铰链9055所连接的三个框体9000来支撑。通过铰链9055使两个框体9000之间弯折,可以从便携式信息终端9201的展开状态可逆性地变为折叠状态。例如,可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径使便携式信息终端9201弯曲。

[0792] 作为电子设备,例如可以举出:电视装置(也称为电视或电视接收机);用于计算机等的监视器;数码相机或数码成像机等相机;数码相框;移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置);护目镜型显示装置(可穿戴显示装置);便携式游戏机;便携式信息终端;声音再现装置;弹珠机等大型游戏机等。

[0793] 图28A示出电视装置的一个例子。在电视装置9300中,显示部9001组装于框体9000中。在此示出利用支架9301支撑框体9000的结构。

[0794] 可以通过利用框体9000所具备的操作开关、另外提供的遥控操作机9311进行图

28A所示的电视装置9300的操作。另外,也可以在显示部9001中具备触摸传感器,通过用手指等触摸显示部9001可以进行显示部9001的操作。此外,也可以在遥控操作机9311中具备显示从该遥控操作机9311输出的数据的显示部。通过利用遥控操作机9311所具备的操作键或触摸屏,可以进行频道及音量的操作,并可以对显示在显示部9001上的图像进行操作。

[0795] 另外,电视装置9300采用具备接收机及调制解调器等的结构。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器将电视装置连接到有线或无线方式的通信网络,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。

[0796] 此外,由于本发明的一个方式的电子设备或照明装置具有柔性,因此也可以将该电子设备或照明装置沿着房屋及高楼的内壁或外壁、汽车的内部装饰或外部装饰的曲面组装。

[0797] 图28B示出汽车9700的外观。图28C示出汽车9700的驾驶座位。汽车9700包括车体9701、车轮9702、仪表盘9703、灯9704等。本发明的一个方式的显示装置或发光装置等可用于汽车9700的显示部等。例如,本发明的一个方式的显示装置或发光装置等可设置于图28C所示的显示部9710至显示部9715。

[0798] 显示部9710和显示部9711都是设置在汽车的挡风玻璃上的显示装置。通过使用具有透光性的导电材料来制造显示装置或发光装置等中的电极或布线,可以使本发明的一个方式的显示装置或发光装置等成为能看到对面的所谓的透明式显示装置。透明式显示部9710或显示部9711即使在驾驶汽车9700时也不会成为视野的障碍。因此,可以将本发明的一个方式的显示装置或发光装置等设置在汽车9700的挡风玻璃上。另外,当在显示装置或发光装置等中设置用来驱动显示装置或发光装置等的晶体管等时,优选采用使用有机半导体材料的有机晶体管、使用氧化物半导体的晶体管等具有透光性的晶体管。

[0799] 显示部9712是设置在立柱部分的显示装置。例如,通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9712,可以补充被立柱遮挡的视野。显示部9713是设置在仪表盘部分的显示装置。例如,通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9713,可以补充被仪表盘遮挡的视野。也就是说,通过显示来自设置在汽车外侧的成像单元的影像,可以补充死角,从而提高安全性。另外,通过显示补充看不到的部分的影像,可以更自然、更舒适地确认安全。

[0800] 图28D示出采用长座椅作为驾驶座位及副驾驶座位的汽车室内。显示部9721是设置在车门部分的显示装置。例如,通过将来自设置在车体的成像单元的影像显示在显示部9721,可以补充被车门遮挡的视野。另外,显示部9722是设置在方向盘的显示装置。显示部9723是设置在长座椅的中央部的显示装置。另外,通过将显示装置设置在被坐面或靠背部分等,也可以将该显示装置用作以该显示装置为发热源的座椅取暖器。

[0801] 显示部9714、显示部9715或显示部9722可以提供导航数据、速度表、转速计、行驶距离、加油量、排档状态、空调的设定以及其他各种信息。另外,使用者可以适当地改变显示部所显示的显示内容及布局等。另外,显示部9710至显示部9713、显示部9721及显示部9723也可以显示上述信息。显示部9710至显示部9715、显示部9721至显示部9723还可以被用作照明装置。此外,显示部9710至显示部9715、显示部9721至显示部9723还可以被用作加热装置。

[0802] 本发明的一个方式的电子设备可以包括二次电池,优选通过非接触电力传送对二次电池充电。

[0803] 作为二次电池,例如可以举出使用凝胶电解质的锂聚合物电池(锂离子聚合物电池)等锂离子二次电池、锂离子电池、镍氢电池、镍镉电池、有机自由基电池、铅蓄电池、空气二次电池、镍锌电池、银锌电池等。

[0804] 本发明的一个方式的电子设备也可以包括天线。通过由天线接收信号,可以在显示部上显示图像或数据等。另外,在电子设备包括二次电池时,可以将天线用于非接触电力传送。

[0805] 图29A和图29B所示的显示装置9500包括多个显示面板9501、铰链9511、轴承部9512。多个显示面板9501都包括显示区域9502、具有透光性的区域9503。

[0806] 多个显示面板9501具有柔性。以其一部分互相重叠的方式设置相邻的两个显示面板9501。例如,可以重叠相邻的两个显示面板9501的各具有透光性的区域9503。通过使用多个显示面板9501,可以实现屏幕大的显示装置。另外,根据使用情况可以卷绕显示面板9501,所以可以实现通用性高的显示装置。

[0807] 图29A和图29B示出相邻的显示面板9501的显示区域9502彼此分开的情况,但是不局限于此,例如,也可以通过没有间隙地重叠相邻的显示面板9501的显示区域9502,实现连续的显示区域9502。

[0808] 本实施方式所示的电子设备包括用来显示某些信息的显示部。注意,本发明的一个方式的发光元件也可以应用于不包括显示部的电子设备。另外,虽然在本实施方式中示出了电子设备的显示部具有柔性且可以在弯曲的显示面上进行显示的结构或能够使其显示部折叠的结构,但不局限于此,也可以采用不具有柔性且在平面部上进行显示的结构。

[0809] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0810] 实施方式11

[0811] 在本实施方式中,参照图30A至图31D对包括本发明的一个方式的发光元件的发光装置进行说明。

[0812] 图30A是本实施方式所示的发光装置3000的立体图,图30B是沿着图30A所示的点划线E-F切断的截面图。注意,在图30A中,为了避免繁杂而以虚线表示构成要素的一部分。

[0813] 图30A及图30B所示的发光装置3000包括衬底3001、衬底3001上的发光元件3005、设置于发光元件3005的外周的第一密封区域3007以及设置于第一密封区域3007的外周的第二密封区域3009。

[0814] 另外,来自发光元件3005的发光从衬底3001和衬底3003中的任一个或两个射出。在图30A及图30B中,说明来自发光元件3005的发光射出到下方一侧(衬底3001一侧)的结构。

[0815] 此外,如图30A及图30B所示,发光装置3000具有以被第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的方式配置发光元件3005的双密封结构。通过采用双密封结构,能够适当地抑制从外部侵入发光元件3005一侧的杂质(例如,水、氧等)。但是,并不一定必须要设置第一密封区域3007及第二密封区域3009。例如,可以只设置第一密封区域3007。

[0816] 注意,在图30B中,第一密封区域3007及第二密封区域3009以与衬底3001及衬底3003接触的方式设置。但是,不局限于此,例如,第一密封区域3007和第二密封区域3009中

的一个或两个可以以与形成在衬底3001的上方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。或者，第一密封区域3007和第二密封区域3009中的一个或两个可以以与形成在衬底3003的下方的绝缘膜或导电膜接触的方式设置。

[0817] 作为衬底3001及衬底3003的结构，分别采用与上述实施方式所记载的衬底200及衬底220同样的结构，即可。作为发光元件3005的结构，采用与上述实施方式所记载的发光元件同样的结构，即可。

[0818] 第一密封区域3007可以使用包含玻璃的材料(例如，玻璃粉、玻璃带等)。另外，第二密封区域3009可以使用包含树脂的材料。通过将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007，可以提高生产率及密封性。此外，通过将包含树脂的材料用于第二密封区域3009，可以提高抗冲击性及耐热性。但是，用于第一密封区域3007及第二密封区域3009的材料不局限于此，第一密封区域3007可以使用包含树脂的材料形成，而第二密封区域3009可以使用包含玻璃的材料形成。

[0819] 另外，上述玻璃粉例如可以包含氧化镁、氧化钙、氧化锶、氧化钡、氧化铯、氧化钠、氧化钾、氧化硼、氧化钒、氧化锌、氧化碲、氧化铝、二氧化硅、氧化铅、氧化锡、氧化磷、氧化钽、氧化铈、氧化铁、氧化铜、二氧化锰、氧化钼、氧化铌、氧化钛、氧化钨、氧化铋、氧化锆、氧化锂、氧化锑、硼酸铅玻璃、磷酸锡玻璃、钒酸盐玻璃或硼硅酸盐玻璃等。为了吸收红外光，玻璃粉优选包含一种以上的过渡金属。

[0820] 此外，作为上述玻璃粉，例如，在衬底上涂敷玻璃粉浆料并对其进行加热或照射激光等。玻璃粉浆料包含上述玻璃粉及使用有机溶剂稀释的树脂(也称为粘合剂)。注意，也可以在玻璃粉中添加吸收激光束的波长的光的吸收剂。此外，作为激光，例如优选使用Nd:YAG激光或半导体激光等。另外，激光照射形状既可以为圆形又可以为四角形。

[0821] 此外，作为上述包含树脂的材料，例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者，还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0822] 注意，当第一密封区域3007和第二密封区域3009中的任一个或两个使用包含玻璃的材料时，该包含玻璃的材料的热膨胀率优选近于衬底3001的热膨胀率。通过采用上述结构，可以抑制由于热应力而在包含玻璃的材料或衬底3001中产生裂缝。

[0823] 例如，在将包含玻璃的材料用于第一密封区域3007并将包含树脂的材料用于第二密封区域3009的情况下，具有如下优异的效果。

[0824] 第二密封区域3009被设置得比第一密封区域3007更靠近发光装置3000的外周部一侧。在发光装置3000中，越接近外周部，起因于外力等的应变越大。因此，使用包含树脂的材料对产生更大的应变的发光装置3000的外周部一侧，即为第二密封区域3009进行密封，并且使用包含玻璃的材料对设置于第二密封区域3009的内侧的第一密封区域3007进行密封，由此，即便发生起因于外力等的应变，发光装置3000也不容易损坏。

[0825] 另外，如图30B所示，在被衬底3001、衬底3003、第一密封区域3007及第二密封区域3009包围的区域中形成第一区域3011。此外，在被衬底3001、衬底3003、发光元件3005及第一密封区域3007包围的区域中形成第二区域3013。

[0826] 第一区域3011及第二区域3013例如优选填充有稀有气体或氮气体等惰性气体。或者，可以使用丙烯酸类树脂或环氧类树脂等树脂填充。注意，作为第一区域3011及第二区域

3013,与大气压状态相比,更优选为减压状态。

[0827] 另外,图30C示出图30B所示的结构的变形例。图30C是示出发光装置3000的变形例的截面图。

[0828] 在图30C所示的结构中,衬底3003的一部分设置有凹部,并且,该凹部设置有干燥剂3018。其他构成要素与图30B所示的构成要素相同。

[0829] 作为干燥剂3018,可以使用通过化学吸附来吸附水分等的物质或者通过物理吸附来吸附水分等的物质。作为可用作干燥剂3018的物质,例如可以举出碱金属的氧化物、碱土金属的氧化物(氧化钙或氧化钡等)、硫酸盐、金属卤化物、高氯酸盐、沸石或硅胶等。

[0830] 接着,参照图31A至图31D对图30B所示的发光装置3000的变形实例进行说明。注意,图31A至图31D是说明图30B所示的发光装置3000的变形实例的截面图。

[0831] 在图31A至图31D所示的发光装置中,不设置第二密封区域3009,而只设置第一密封区域3007。此外,在图31A至图31D所示的发光装置中,具有区域3014代替图30B所示的第二区域3013。

[0832] 作为区域3014,例如可以使用聚酯、聚烯烃、聚酰胺(尼龙、芳族聚酰胺等)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂、聚氨酯、环氧树脂。或者,还可以使用包含硅酮等具有硅氧烷键合的树脂的材料。

[0833] 通过将上述材料用于区域3014,可以实现所谓的固体密封的发光装置。

[0834] 另外,在图31B所示的发光装置中,在图31A所示的发光装置的衬底3001一侧设置衬底3015。

[0835] 如图31B所示,衬底3015具有凹凸。通过将具有凹凸的衬底3015设置于发光元件3005的提取光一侧,可以提高来自发光元件3005的光的光提取效率。注意,可以设置用作扩散板的衬底代替如图31B所示那样的具有凹凸的结构。

[0836] 此外,图31A所示的发光装置具有从衬底3001一侧提取光的结构,而另一方面,图31C所示的发光装置具有从衬底3003一侧提取光的结构。

[0837] 图31C所示的发光装置在衬底3003一侧包括衬底3015。其他构成要素是与图31B所示的发光装置同样的结构。

[0838] 另外,在图31D所示的发光装置中,不设置图31C所示的发光装置的衬底3003、3015,而只设置衬底3016。

[0839] 衬底3016包括位于离发光元件3005近的一侧的第一凹凸以及位于离发光元件3005远的一侧的第二凹凸。通过采用图31D所示的结构,可以进一步提高来自发光元件3005的光的光提取效率。

[0840] 因此,通过使用本实施方式所示的结构,能够实现由于水分或氧等杂质而导致的发光元件的劣化得到抑制的发光装置。或者,通过使用本实施方式所示的结构,能够实现光提取效率高的发光装置。

[0841] 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。

[0842] 实施方式12

[0843] 在本实施方式中,参照图32A至图33说明将本发明的一个方式的发光元件适用于各种照明装置及电子设备的情况的例子。

[0844] 通过将本发明的一个方式的发光元件形成在具有柔性的衬底上,能够实现包括具有曲面的发光区域的电子设备或照明装置。

[0845] 此外,还可以将应用了本发明的一个方式的发光装置适用于汽车的照明,其中该照明被设置于仪表盘、挡风玻璃、天花板等。

[0846] 图32A示出多功能终端3500的一个面的立体图,图32B示出多功能终端3500的另一个面的立体图。在多功能终端3500的框体3502中,组装有显示部3504、照相机3506、照明3508等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3508。

[0847] 将包括本发明的一个方式的发光装置的照明3508用作面光源。因此,不同于以LED为代表的点光源,能够得到指向性低的发光。例如,在将照明3508和照相机3506组合使用的情况下,可以在使照明3508点亮或闪烁的同时使用照相机3506来进行拍摄。因为照明3508具有面光源的功能,可以获得仿佛在自然光下拍摄般的照片。

[0848] 注意,图32A及图32B所示的多功能终端3500与图27A至图27G所示的电子设备同样地可以具有各种各样的功能。

[0849] 另外,可以在框体3502的内部设置扬声器、传感器(该传感器具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风等。此外,通过在多功能终端3500内部设置具有陀螺仪和加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置,可以判断多功能终端3500的方向(纵或横)而自动进行显示部3504的屏面显示的切换。

[0850] 另外,也可以将显示部3504用作图像传感器。例如,通过用手掌或手指触摸显示部3504,来拍摄掌纹、指纹等,能够进行个人识别。另外,通过在显示部3504中设置发射近红外光的背光或感测光源,也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。注意,可以将本发明的一个方式的发光装置适用于显示部3504。

[0851] 图32C示出安全灯(security light)3600的立体图。安全灯3600在框体3602的外侧包括照明3608,并且,框体3602组装有扬声器3610等。可以将本发明的一个方式的发光装置用于照明3608。

[0852] 安全灯3600例如在抓住或握住照明3608时进行发光。另外,可以在框体3602的内部设置有能够控制安全灯3600的发光方式的电子电路。作为该电子电路,例如可以为能够一次或间歇地多次进行发光的电路或通过控制发光的电流值能够调整发光的光量的电路。此外,也可以组装在照明3608进行发光的同时从扬声器3610发出很大的警报音的电路。

[0853] 安全灯3600因为能够向所有方向发射光,所以可以发射光或发出光和声音来恐吓歹徒等。另外,安全灯3600可以包括具有摄像功能的数码静态相机等照相机。

[0854] 图33是将发光元件用于室内照明装置8501的例子。另外,因为发光元件可以实现大面积化,所以也可以形成大面积的照明装置。此外,也可以通过使用具有曲面的框体来形成发光区域具有曲面的照明装置8502。本实施方式所示的发光元件为薄膜状,所以框体的设计的自由度高。因此,可以形成能够对应各种设计的照明装置。并且,室内的墙面也可以设置有大型的照明装置8503。另外,也可以在照明装置8501、照明装置8502、照明装置8503中设置触摸传感器,启动或关闭电源。

[0855] 另外,通过将发光元件用于桌子的表面一侧,可以提供具有桌子的功能的照明装

置8504。此外,通过将发光元件用于其他家具的一部分,可以提供具有家具的功能的照明装置。

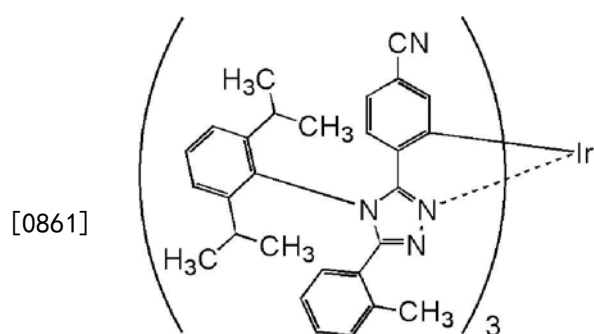
[0856] 如上所述,通过应用本发明的一个方式的发光装置,能够得到照明装置及电子设备。注意,不局限于本实施方式所示的照明装置及电子设备,该发光装置可以应用于各种领域的照明装置及电子设备。

[0857] 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。

[0858] 实施例1

[0859] <合成实例1>

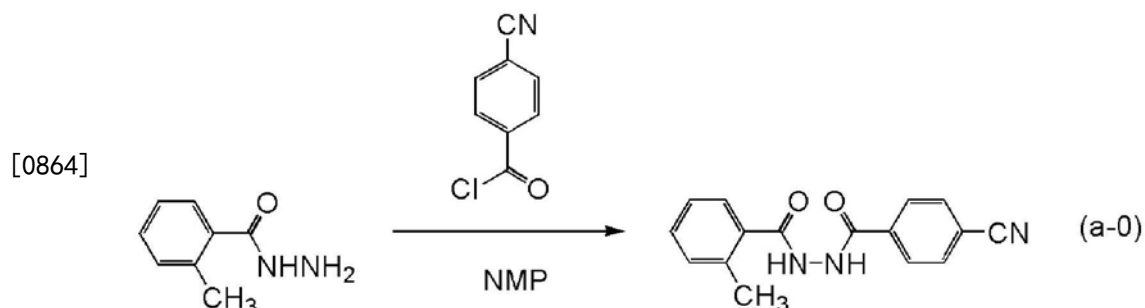
[0860] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的(OC-6-22)-三{5-氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III)(简称:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)的合成方法进行说明。下面示出fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的结构。



fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃

[0862] 《步骤1:N-4-氰基苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼的合成》

[0863] 将13g(89mmol)的邻甲苯酰肼(o-toluic hydrazide)及60mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)放入到300mL的三口烧瓶中,在用冰冷却的同时在氮气流下进行搅拌。将15g(91mmol)的4-氰基苯甲酰氯和30mL的NMP的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中,搅拌16小时并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到500mL的水中,而析出固体。交替使用水和1M盐酸对所析出的固体重复进行两次超声波洗涤。然后,使用乙醇进行超声波洗涤,以82%的收率获得20g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为N-4-氰基苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼。如下式子(a-0)示出步骤1的合成方案。



[0865] 《步骤2:N-氯-4-氰基苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒的合成》

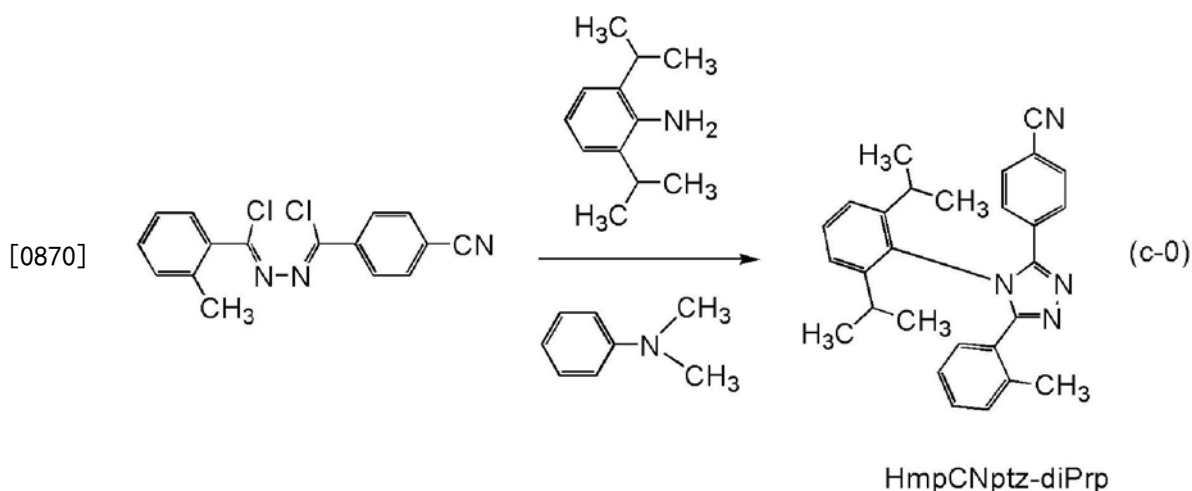
[0866] 将通过步骤1合成的20g(73mmol)的N-4-氰基苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼及500mL的甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中。将50g(240mmol)的五氯化磷放入到该混合溶液

中,在氮气流下以120℃进行7小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢添加到300mL的水中,在室温下搅拌30分钟。使该混合物的水层和有机层分离,利用甲苯对水层进行萃取。将所得到的萃取溶液和有机层的混合物缓慢添加到400mL的1M氢氧化钾水溶液中,在室温下搅拌30分钟。使该混合物的水层和有机层分离,利用甲苯对水层进行萃取。将得到的萃取溶液和有机层合并,依次使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤。在进行洗涤之后,对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用甲苯。浓缩所得到的馏分,而得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波,并通过进行抽滤将固体过滤,以72%的收率得到17g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为N-氯-4-氰基苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒。如下式子(b-0)示出步骤2的合成方案。



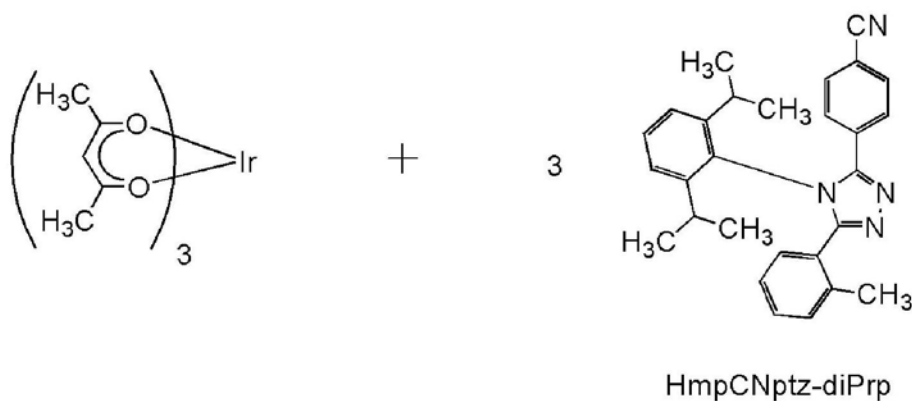
[0868] 《步骤3:5-(4-氰基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-3-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(简称:HmpCNptz-diPrp)的合成》

[0869] 将通过步骤2合成的N-氯-4-氰基苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒中的4.7g(16mmol)、17g(95mmol)的2,6-二异丙基苯胺及100mL的N,N-二甲基苯胺放入到500mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行8小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到300mL的1M盐酸中,搅拌1小时。使有机层和水层分离,使用乙酸乙酯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用己烷:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。对所得到的固体添加乙酸乙酯而照射超声波,并进行抽滤,以35%的收率得到4.7g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为5-(4-氰基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-3-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(简称:HmpCNptz-diPrp)。如下式子(c-0)示出步骤3的合成方案。

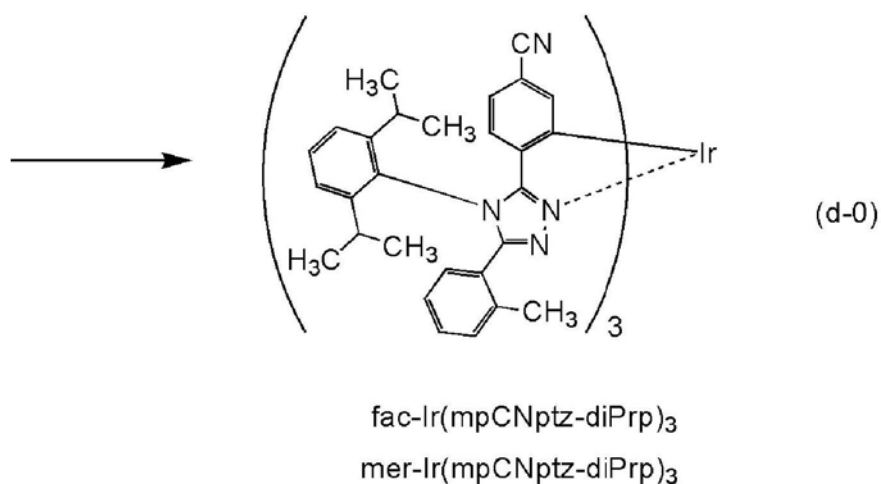


[0871] 《步骤4:fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的合成》

[0872] 将通过步骤3合成的4.7g (11mmol) 的HmpCNptz-diPrp及1.1g (2.2mmol) 的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行40小时的搅拌。将所得到的反应混合物添加到二氯甲烷中,对混合物进行过滤,而去除不溶物。浓缩得到的滤液而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:己烷=4:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。确认到得到的固体为面式异构体及经式异构体的异构体混合物。确认到根据¹H-NMR得到的异构体比为面式异构体:经式异构体=2:3。为了使异构体分离,再次通过硅胶柱层析法纯化。作为展开溶剂,首先使用二氯甲烷:己烷=1:1的混合溶剂,接着使用二氯甲烷:己烷=4:1的混合溶剂,通过硅胶薄层层析(TLC)确认到经式异构体的馏分没有了,然后作为展开溶剂使用二氯甲烷。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以10%的收率得到0.31g的黄色固体。通过利用梯度升华方法(train sublimation method)对所得到的黄色固体中的0.30g进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa且氩流量为5.0mL/min的条件下,以320℃加热24小时。在进行升华提纯之后,以70%的回收率得到0.21g的黄色固体。如下式子(d-0)示出步骤4的合成方案。



[0873]



[0874] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤4得到的黄色固体的质子(¹H)进行了测量。以下示出所得到的值。图34示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例1中得到了以上述结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃。

[0875] ¹H-NMRδ(CD₂Cl₂): 0.72-0.79 (m, 27H), 0.96 (d, 9H), 2.11-2.17 (m, 3H), 2.25 (s,

9H), 2.64-2.69 (m, 3H), 6.23 (d, 3H), 6.80 (d, 3H), 6.87-6.91 (m, 6H), 7.05 (s, 3H), 7.18-7.29 (m, 12H), 7.53 (t, 3H)。

[0876] <fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的特性>

[0877] 接着,对fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液(0.0100mmol/L)的紫外可见吸收光谱(以下,简称为吸收光谱)及发射光谱进行测量。作为吸收光谱的测量,使用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造,V550型),将该二氯甲烷溶液放在石英皿中,并在室温下进行测量。另外,作为发射光谱的测量,使用绝对PL量子收率测量装置(日本滨松光子学公司制造,C11347-01),在手套箱(日本Bright公司制造,LABstarM13(1250/780))中,在氮气氛围下将二氯甲烷脱氧溶液放在石英皿中,密封,并在室温下进行测量。图35示出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。另外,图35所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液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。

[0878] 如图35所示,从fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液观察到在513nm及550nm处具有发光峰值的绿色发光。

[0879] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(简称:LC/MS分析))对本实施例所得到的fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃进行质量(MS)分析。

[0880] 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(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7μm),柱温为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,以任意浓度将fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[0881] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=85:15,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

[0882] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ElectroSpray Ionization,简称:ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的m/z=1450.63的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是m/z=100至2000。图36示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0883] 由图36的结果可知,fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃主要在m/z=1031附近检测出子离子。因为图36示出来源于fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的重要的数据。

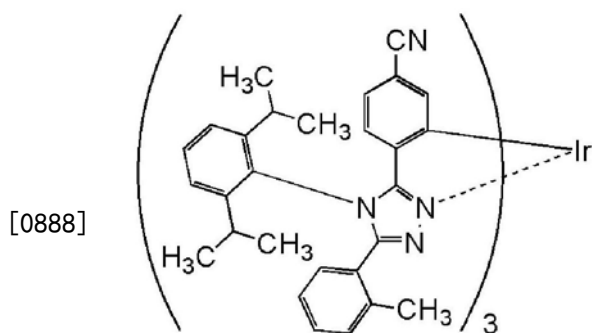
[0884] 另外,m/z=1031附近的子离子被估计为作为配体的HmpCNptz-diPrp从fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃脱离的状态下的阳离子,这是fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的特征之一。

[0885] 实施例2

[0886] <合成实例2>

[0887] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的(OC-6-21)-三{5-氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,

2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC} 铱 (III) (简称:mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃) 的合成方法进行说明。下面示出mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的结构。



mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃

[0889] 《mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的合成》

[0890] 利用硅胶柱层析法对通过实施例1的合成例1所记载的方法合成的面式异构体及经式异构体的异构体混合物进行纯化。作为展开溶剂,首先使用二氯甲烷:己烷=1:1的混合溶剂,接着使用二氯甲烷:己烷=4:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以12%的收率得到0.38g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的黄色固体中的0.37g进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa且氩流量为5.0mL/min的条件下,以305℃加热42小时。在进行升华提纯之后,以68%的回收率得到0.25g的黄色固体。

[0891] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤得到的黄色固体的质子(¹H)进行了测量。以下示出所得到的值。图37示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例2中得到了以上述结构式(108)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃。

[0892] ¹H-NMRδ (CD₂Cl₂): 0.40 (d, 3H), 0.63 (t, 6H), 0.72 (d, 3H), 0.92-1.01 (m, 21H), 1.07 (d, 3H), 2.14-2.19 (m, 1H), 2.29 (s, 3H), 2.38-2.54 (m, 9H), 2.60-2.66 (m, 2H), 6.16-6.25 (m, 3H), 6.77-6.86 (m, 5H), 6.92-6.99 (m, 4H), 7.13 (s, 1H), 7.20-7.30 (m, 11H), 7.34-7.40 (m, 3H), 7.48 (t, 1H), 7.55-7.59 (m, 2H)。

[0893] <mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的特性>

[0894] 接着,对mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液(0.0100mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图38示出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。

[0895] 如图38所示,从mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液观察到在518nm及556nm处具有发光峰值的绿色发光。

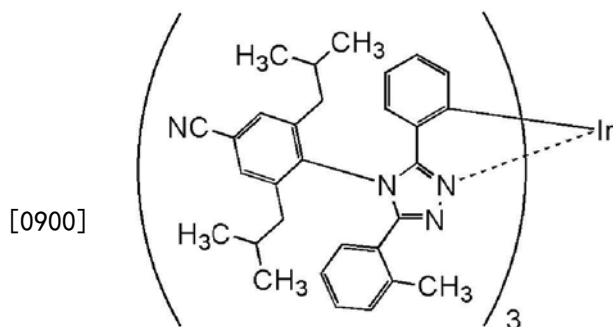
[0896] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对本实施例所得到的mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃进行质量(MS)分析。分析条件与实施例1同样。因为所得到的结果也是与实施例1同样的,所以虽然难以根据本测量决定面式异构体或经式异构体,但是由此可知破碎的特征与实施例1的化合物同样。

[0897] 实施例3

[0898] <合成实例3>

[0899] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(112)表示的本发明的一个方式的有机

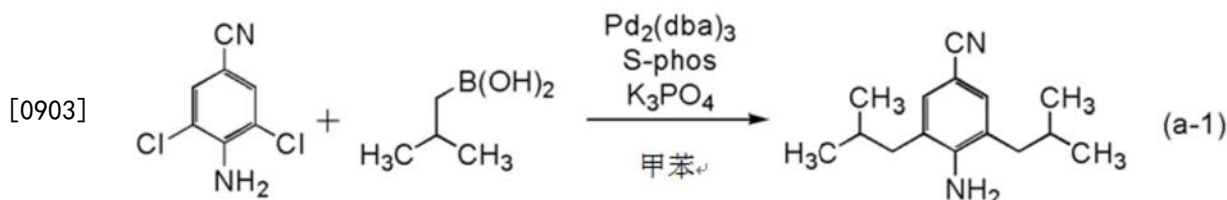
金属配合物的三{2-[4-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III) (简称:Ir(mpptz-diBuCNp)₃)的合成方法进行说明。下面示出Ir(mpptz-diBuCNp)₃的结构。



Ir(mpptz-diBuCNp)₃

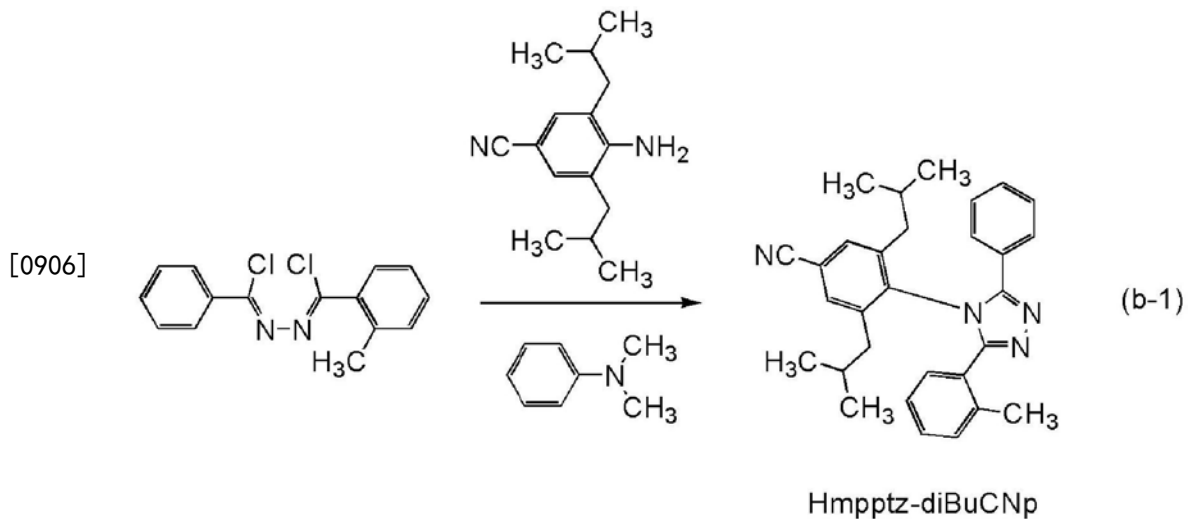
[0901] 《步骤1:4-氨基-3,5-二异丁基苯腈的合成》

[0902] 将9.4g (50mmol) 的4-氨基-3,5-二氯苯腈、26g (253mmol) 的异丁基硼酸、54g (253mmol) 的磷酸三钾、2.0g (4.8mmol) 的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos)以及500mL的甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中,并且对该烧瓶内进行氮气置换。在烧瓶中进行减压的同时进行搅拌,以使该混合物脱气。在脱气之后,对该混合物添加三(二亚苄基丙酮)铱(0),在氮气流下以130℃进行8小时的搅拌并使其起反应。对所得到的反应溶液添加甲苯,并且通过以硅藻土、氧化铝、硅藻土的顺序层叠的助滤剂进行过滤。浓缩所得到的滤液得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用甲苯。浓缩所得到的馏分,以87%的收率得到10g的黄色油状物。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色油状物为4-氨基-3,5-二异丁基苯腈。如下式子(a-1)示出步骤1的合成方案。



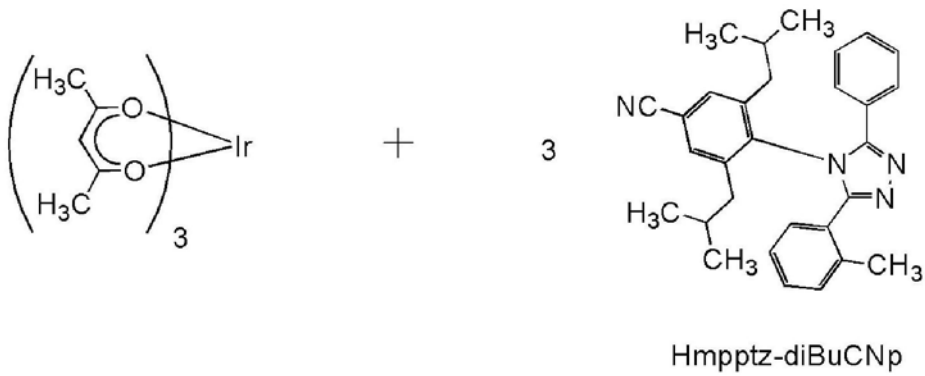
[0904] 《步骤2:4-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-3-(2-甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:Hmpptz-diBuCNp)的合成》

[0905] 将11g (48mmol) 的通过步骤1合成的4-氨基-3,5-二异丁基苯腈、4.7g (16mmol) 的N-(2-甲基苯基)氯亚甲基-N'-苯基氯亚甲基胍及40mL的N,N-二甲基苯胺放入到300mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行7小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到300mL的1M盐酸中,搅拌3小时。使有机层和水层分离,使用乙酸乙酯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用己烷:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波,并进行抽滤,以28%的收率得到2.0g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为Hmpptz-diBuCNp。如下式子(b-1)示出步骤2的合成方案。

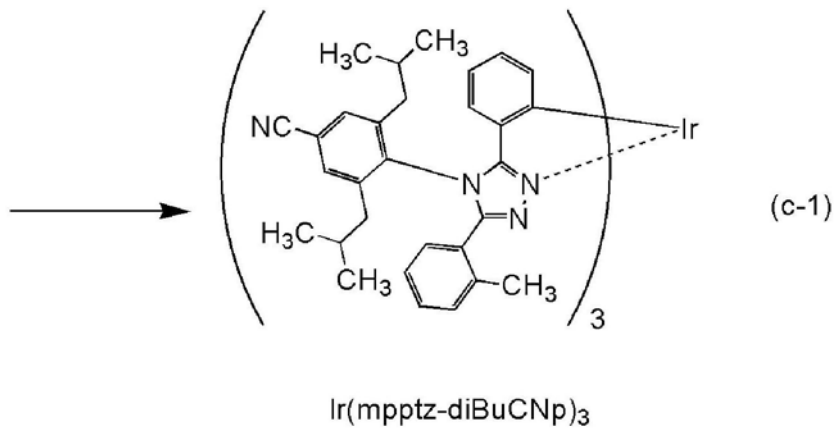


[0907] 《步骤3:三{2-[4-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III) (简称:Ir (mpptz-diBuCNp)₃) 的合成》

[0908] 将通过步骤2合成的2.0g (4.5mmol) 的Hmpptz-diBuCNp及0.44g (0.89mmol) 的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行43小时的搅拌并使其起反应。将所得到的反应混合物添加到二氯甲烷中,而去除不溶物。浓缩得到的滤液而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以23%的收率得到0.32g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的黄色固体中的0.31g进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa且氩流量为5.0mL/min的条件下,以310℃加热19小时。在进行升华提纯之后,以84%的回收率得到0.26g的黄色固体。如下式子(c-1)示出步骤3的合成方案。



[0909]



[0910] 利用核磁共振法 (NMR) 对通过上述步骤3得到的黄色固体的质子 (^1H) 进行了测量。以下示出所得到的值。图39示出 ^1H -NMR谱。由此可知,在本合成实例3中得到了以上述结构式 (112) 表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 。

[0911] ^1H -NMR δ (CDCl_3): 0.33 (d, 18H), 0.92 (d, 18H), 1.51-1.58 (m, 3H), 1.80-1.88 (m, 6H), 2.10-2.15 (m, 6H), 2.26-2.30 (m, 3H), 2.55 (s, 9H), 6.12 (d, 3H), 6.52 (t, 3H), 6.56 (d, 3H), 6.72 (t, 3H), 6.83 (t, 3H), 6.97 (d, 3H), 7.16 (t, 3H), 7.23 (d, 3H), 7.38 (s, 3H), 7.55 (s, 3H)。

[0912] < $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 的特性 >

[0913] 接着,对 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 的二氯甲烷溶液 (0.0104mmol/L) 的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图40示出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。

[0914] 如图40所示,从 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 的二氯甲烷溶液观察到在502nm处具有发光峰值的蓝色发光。

[0915] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析 (简称:LC/MS分析) 对本实施例所得到的 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 进行质量 (MS) 分析。

[0916] 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 (质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8 (2.1 \times 100mm, 1.7 μm), 柱温为40 $^\circ\text{C}$ 。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,以任意浓度将 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0 μL 。

[0917] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=90:10,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

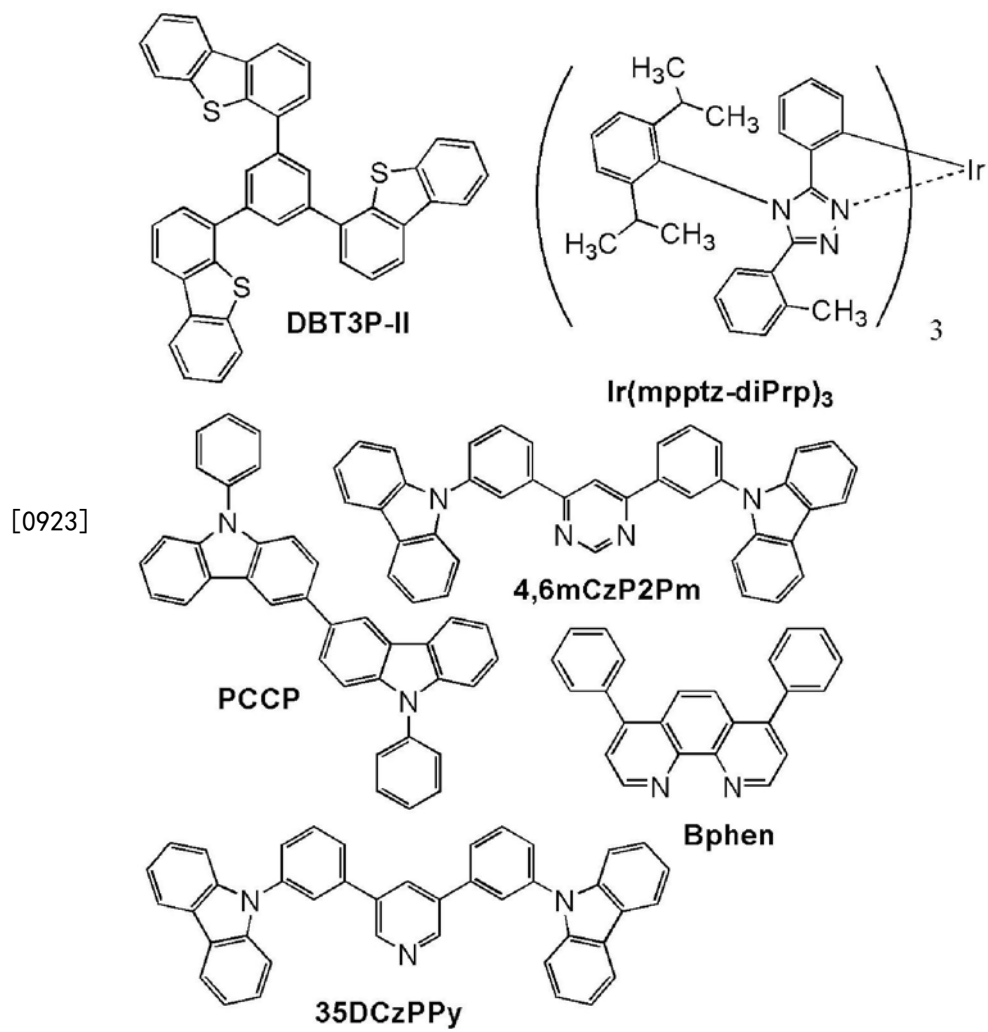
[0918] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的 $m/z=1534.73$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是 $m/z=100$ 至2000。图41示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[0919] 由图41的结果可知, $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 主要在 $m/z=1087$ 附近检测出子离子。因为图41示出来源于 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 的重要的数据。

[0920] 另外, $m/z=1087$ 附近的子离子被估计为作为配体的 Hmpptz-diBuCNp 从 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 脱离的状态下的阳离子,这是 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 的特征之一。

[0921] 实施例4

[0922] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件1及发光元件2)以及比较发光元件(比较发光元件1和比较发光元件2)的制造实例。图42示出在本实施例中制造的发光元件的截面示意图,表1示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例3。



[0924] [表1]

[0925]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 1	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	发光层	160(2)	10	35DczPPy: Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	1:0.06
		160(1)	30	35DczPPy:PCCP: Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	0.65:0.65:0.06
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5	
电极	101	70	ITSO	-	
发光 元件 2	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	发光层	160(2)	10	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	0.8:0.2:0.06
		160(1)	30	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	0.4:0.6:0.06
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5	
电极	101	70	ITSO	-	
比较 发光 元件 1	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	发光层	160(2)	10	35DCzPPy:Ir (mpptz-diPrp) ₃	1:0.06
		160(1)	30	35DCzPPy:PCCP: Ir (mpptz-diPrp) ₃	0.3:1:0.06
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5	
电极	101	70	ITSO	-	

[0926]	比较 发光 元件 2	电极	102	200	Al	-
		电子注入层	119	1	LiF	-
		电子传输层	118(2)	10	BPhen	-
			118(1)	20	4, 6mCzP2Pm	-
		发光层	160(2)	20	4, 6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diPrp) ₃	0.8:0.2:0.05
			160(1)	20	4, 6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diPrp) ₃	0.5:0.5:0.05
		空穴传输层	112	20	PCCP	-
		空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	110	ITSO	-		

[0927] <发光元件的制造>

[0928] 《发光元件1的制造》

[0929] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[0930] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)与氧化钼(MoO₃)的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[0931] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)。

[0932] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、PCCP与Ir(mpptz-diBuCNp)₃的重量比(35DCzPPy:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)₃)为0.65:1:0.65:0.06且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以35DCzPPy与Ir(mpptz-diBuCNp)₃的重量比(35DCzPPy:Ir(mpptz-diBuCNp)₃)为1:0.06且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,35DCzPPy对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir(mpptz-diBuCNp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[0933] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀35DCzPPy并以15nm的厚度蒸镀红菲咯啉(简称:BPhen)。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[0934] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[0935] 接着,在氮气气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件1。具体而言,将密封剂涂敷于形成在衬底200上的有机材料的周围,将该衬底200贴合到衬底220,以6J/cm²照射波长为365nm的紫外光,并且以80℃进行1小时的加热处理。通过上述工序得到发光元件1。

[0936] 《发光元件2的制造》

[0937] 发光元件2与上述发光元件1之间的不同之处只在于发光层160的形成工序。其他工序与发光元件1相同。

[0938] 作为发光元件2的发光层160,以4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,

6mCzP2Pm)、PCCP与Ir (mpptz-diBuCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diBuCNp)₃)为0.4:0.6:0.06且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-diBuCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diBuCNp)₃)为0.8:0.2:0.06且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (mpptz-diBuCNp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[0939] 《比较发光元件1的制造》

[0940] 比较发光元件1与上述发光元件1之间的不同之处只在于发光层160的形成工序。其他工序与发光元件1相同。

[0941] 作为比较发光元件1的发光层160,以35DCzPPy、PCCP与三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir (mpptz-diPrp)₃)的重量比(35DczPPy:PCCP:Ir (mpptz-diPrp)₃)为0.3:1:0.06且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以35DCzPPy与Ir (mpptz-diPrp)₃的重量比(35DczPPy:Ir (mpptz-diPrp)₃)为1:0.06且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,35DczPPy对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (mpptz-diPrp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[0942] 《比较发光元件2的制造》

[0943] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为110nm的ITO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[0944] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[0945] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diPrp)₃)为0.5:0.5:0.05且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diPrp)₃)为0.8:0.2:0.05且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (mpptz-diPrp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[0946] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以20nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以10nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀LiF。

[0947] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(A1)。

[0948] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封比较发光元件2。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到比较发光元件2。

[0949] <主体材料的发射光谱>

[0950] 在所制造的上述发光元件(发光元件1、发光元件2、比较发光元件1及比较发光元件2)中,PCCP、35DCzPPy、4,6mCzP2Pm被用作主体材料(第一有机化合物及第二有机化合物)。图43A和43B示出PCCP的薄膜、35DczPPy的薄膜、4,6mCzP2Pm的薄膜、35DCzPPy与PCCP的混合薄膜以及4,6mCzP2Pm与PCCP的混合薄膜的发射光谱的测量结果。

[0951] 为了测量上述发射光谱,通过真空蒸镀法在石英衬底上形成薄膜样品。在测量发

射光谱时,利用PL-EL测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造)并在室温(保持为23℃的气氛)下进行测量。此外,薄膜的厚度为50nm。混合薄膜中的两种化合物的混合比(第一有机化合物:第二有机化合物)为1:1。

[0952] 如图43A所示,35DCzPPy及PCCP的发射光谱的峰值波长分别为377nm及412nm,这是具有非常短波长的峰值波长的发射光谱。35DCzPPy与PCCP的混合薄膜的发射光谱的峰值波长为414nm,这是与PCCP的发射光谱相同的程度。因此,可以说35DCzPPy与PCCP的组合不形成激基复合物。

[0953] 另外,如图43B所示,4,6mCzP2Pm与PCCP的混合薄膜的发射光谱的峰值波长为501nm,这是与峰值波长为440nm的4,6mCzP2Pm以及峰值波长为412nm的PCCP的发射光谱不同的结果。如下面所说明,4,6mCzP2Pm的LUMO能级比PCCP的LUMO能级低,而PCCP的HOMO能级比4,6mCzP2Pm的HOMO能级高。此外,4,6mCzP2Pm与PCCP的混合薄膜的发光具有大概相当于4,6mCzP2Pm的LUMO能级与PCCP的HOMO能级之间的能量差的能量,并且该混合薄膜所呈现的发光的波长比4,6mCzP2Pm及PCCP的发光的波长较长(低能量),因此可以说该混合薄膜的发光是起因于这两种化合物所形成的激基复合物的发光。也就是说,4,6mCzP2Pm与PCCP的组合可以形成激基复合物,并且通过使用4,6mCzP2Pm和PCCP作为主体材料可以制造利用ExTET的发光元件。

[0954] 另外,如图40所示,Ir(mppztz-diBuCNp)₃的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一侧)的吸收带位于450nm附近,其具有与4,6mCzP2Pm和PCCP所形成的激基复合物所呈现的发射光谱重叠的区域。因此,包含4,6mCzP2Pm和PCCP作为主体材料的发光元件能够有效地将激发能转移到客体材料。

[0955] 如上所述,在发光元件1及比较发光元件1中,主体材料不形成激基复合物。另一方面,在发光元件2及比较发光元件2中,主体材料(即,4,6mCzP2Pm(第一有机化合物)及PCCP(第二有机化合物))的组合形成激基复合物。

[0956] 接着,测量被用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)的三重态激发能级(T1能级)。

[0957] 在测量三重态激发能级时,对各化合物的薄膜样品进行磷光发光测量。在该测量中,利用显微PL装置LabRAM HR-PL(由日本堀场制作所制造),将测量温度设定为10K,作为激发光使用He-Cd激光(325nm),使用CCD检测器。根据通过上述测量而得到的磷光光谱中的最短波长一侧的峰值算出三重态激发能级(T1能级)。

[0958] 第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)的磷光发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长分别为459nm及467nm,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)的三重态激发能级(T1能级)分别为2.70eV及2.66eV。

[0959] 此外,4,6mCzP2Pm及PCCP的磷光发射光谱的最短波长一侧的峰值波长比图43B所示的4,6mCzP2Pm与PCCP所形成的激基复合物的发射光谱的最短波长一侧的峰值波长更短。激基复合物具有其单重态激发能级(S1能级)与三重态激发能级(T1能级)之间的能量差小的特征,因此,根据发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长能够得到激基复合物的三重态激发能级(T1能级)。也就是说,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)的三重态激发能级(T1能级)高于激基复合物的三重态激发能级(T1能级)。

[0960] 此外,如下面所示,4,6mCzP2Pm及PCCP的三重态激发能级(T1能级)高于根据吸收

光谱的吸收端而得到的客体材料的迁移能量。

[0961] 由此,在本实施例中被用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)具有被用作主体材料时足够高的三重态激发能级(T1能级)。

[0962] <发光元件的特性>

[0963] 图44示出所制造的发光元件1、发光元件2、比较发光元件1及比较发光元件2的电流效率-亮度特性。图45示出亮度-电压特性。图46示出外部量子效率-亮度特性。图47示出电力效率-亮度特性。各发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[0964] 另外,表2示出1000cd/m²附近的发光元件1、发光元件2、比较发光元件1及比较发光元件2的元件特性。

[0965] [表2]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
发光元 件 1	3.8	0.84	(0.18, 0.47)	740	87	72	35
[0966] 发光元 件 2	3.2	1.3	(0.18, 0.48)	1100	86	85	34
比较发 光元件 1	4.2	1.3	(0.18, 0.42)	870	69	52	30
比较发 光元件 2	3.4	2.3	(0.30, 0.52)	1000	44	41	15

[0967] 另外,图48A示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件1及比较发光元件1中时的发射光谱,而图48B示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件2及比较发光元件2中时的发射光谱。

[0968] 如图44至图47以及表2所示,发光元件1具有高于比较发光元件1的发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件1的外部量子效率的最大值为35%,这是优异的数值。另外,如图48A所示,发光元件1呈现电致发射光谱的峰值波长为487nm且半峰全宽为65nm的蓝色发光。因此,通过将具有包含氰基的芳基作为配体的铱配合物用作客体材料,可以制造具有高发光效率的蓝色发光元件。

[0969] 另外,如图44至图47以及表2所示,发光元件2具有高于比较发光元件2的发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件2的外部量子效率的最大值为35%,这是优异的数值。此外,与发光元件1、比较发光元件1及比较发光元件2相比,发光元件2在较低的驱动电压下驱动。因此,发光元件2具有优异的电力效率。

[0970] 此外,如图48B所示,发光元件2呈现蓝色发光。发光元件2的电致发射光谱的峰值波长为487nm,其半峰全宽为65nm。另一方面,比较发光元件2的电致发射光谱的峰值波长为517nm,其半峰全宽较宽,为108nm。比较发光元件2的电致发射光谱明显地不同于使用相同客体材料的比较发光元件1的电致发射光谱。

[0971] <CV测量结果>

[0972] 在此,通过循环伏安(CV:cyclic voltammetry)测量对被用作上述发光元件的主

体材料(第一有机化合物及第二有机化合物)以及客体材料的化合物的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为 -4.94eV ,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[0973] 关于主体材料(PCCP、35DCzPPy及4,6mCzP2Pm),使用将该主体材料溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)而成的溶液,来测量氧化反应特性及还原反应特性。注意,一般来说,用于有机EL元件的有机化合物的折射率为1.7至1.8左右,并其相对介电常数为3左右,因此,当利用极性高的溶剂的DMF(相对介电常数为38)对包含氰基等极性高(特别是,吸电子性高)的取代基的化合物的氧化反应特性进行测量时,有时在精度上不足。因此,在本实施例中,利用将客体材料($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 及 $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$)溶解于极性低的氯仿(相对介电常数为4.8)而成的溶液,来测量氧化反应特性。另外,利用将客体材料溶解于DMF而成的溶液,来测量客体材料的还原反应特性。

[0974] 表3示出通过CV测量而得到的氧化电位、还原电位以及根据CV测量结果而算出的各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[0975] [表3]

简称	氧化电位 (V)	还原电位 (V)	根据氧化电位而算出的 HOMO 能级 (eV)	根据还原电位而算出的 LUMO 能级 (eV)
PCCP	0.69	-2.98	-5.63	-1.96
35DCzPPy	0.96	-2.56	-5.90	-2.39
4, 6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
$\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$	0.46	-2.46	-5.40	-2.49
$\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$	0.30	-2.98	-5.24	-1.96

[0976] 如表3所示,在发光元件2中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的还原电位高于第二有机化合物(PCCP)的还原电位,并且,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的氧化电位高于第二有机化合物(PCCP)的氧化电位。另外,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的LUMO能级,并且,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)能够形成激基复合物。因此,发光元件2具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[0977] 在比较发光元件2中,客体材料($\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$)的LUMO能级高于第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级,但是,客体材料($\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$)的HOMO能级比第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级高 0.3eV 以上。因此,客体材料($\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$)和第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)有可能形成激基复合物。

[0979] 在实际上,如图48B所示,比较发光元件2的电致发射光谱中的半峰全宽较宽,为108nm,这是明显不同于具有相同的客体材料的比较发光元件1的电致发射光谱。因此,在比较发光元件2中,客体材料(Ir(mpptz-diPrp)₃)和第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)形成激基复合物,其结果是,电致发射光谱向红色漂移。此外,由于同样的理由,比较发光元件2的电流效率及外部量子效率不足够高。

[0980] <客体材料的吸收光谱>

[0981] 接下来,图49示出用于上述发光元件的客体材料的Ir(mpptz-diPrp)₃的吸收光谱的测量结果。注意,Ir(mpptz-diBuCNp)₃的吸收光谱显示在实施例3的图40中。

[0982] 在该吸收光谱的测量中,制造溶解有Ir(mpptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液,并利用石英皿来测量吸收光谱。在该吸收光谱的测量中,利用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造的V550型)。从所测量出的样品的光谱减去石英皿的吸收光谱。

[0983] 接着,根据所测量出的吸收光谱的数据算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,Ir(mpptz-diBuCNp)₃的吸收端为478nm,其迁移能量为2.59eV。此外,Ir(mpptz-diPrp)₃的吸收端为471nm,其迁移能量为2.63eV。

[0984] 另一方面,关于根据表3所示的CV测量结果而算出的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差,Ir(mpptz-diBuCNp)₃为2.91eV,Ir(mpptz-diPrp)₃为3.28eV。

[0985] 因此,在Ir(mpptz-diBuCNp)₃及Ir(mpptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差分别比根据吸收端而算出的迁移能量大0.32eV及0.65eV。

[0986] 另外,由于图48A所示的发光元件1及比较发光元件1的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长分别为487nm及477nm,所以Ir(mpptz-diBuCNp)₃及Ir(mpptz-diPrp)₃的发光能量分别为2.55eV及2.60eV。

[0987] 因此,在Ir(mpptz-diBuCNp)₃及Ir(mpptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差分别比发光能量大0.36eV及0.68eV。

[0988] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.3eV以上,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.3eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[0989] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[0990] 另外,根据表3,发光元件2中的主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级之间的能量差为2.75eV。也就是说,在发光元件2中,相当于主体材料的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差(2.91eV)且大于根据吸收端而算出的迁移能量(2.59eV)。因此,在发光元件2中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[0991] <可靠性测试结果>

[0992] 接下来,图50示出上述发光元件的可靠性测试的测量结果。在该可靠性测试中,将各发光元件(发光元件1、发光元件2及比较发光元件1)的初始亮度设定为2000cd/m²,并以

一定电流密度连续驱动各发光元件。

[0993] 其结果是,在发光元件1、发光元件2及比较发光元件1中,直到亮度降低至初始亮度的90%为止所需要的时间(LT90)分别为54小时、160小时及40小时,因此,发光元件2具有特别优良的可靠性。

[0994] 在发光元件2中,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,第一有机化合物和第二有机化合物的组合形成激基复合物,并且,作为客体材料使用包含氰基的铱配合物。通过利用如发光元件2那样的方式,能够提供在实现高发光效率及低驱动电压的同时具有优良的可靠性的呈现蓝色发光的发光元件。

[0995] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供可靠性高的发光元件。另外,可以提供发光效率高且可靠性高的呈现蓝色发光的发光元件。

[0996] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[0997] 实施例5

[0998] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件3及发光元件4)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表4示出元件结构的详细内容。此外,所使用的化合物的结构及简称可以参照上述实施例。

[0999] [表4]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
[1000]	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	10	BPhen	-
		118 (1)	20	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160 (2)	20	4, 6mCzP2Pm:PCCP: fac-Ir (mpCNptz-diPrp) ₃	0.8:0.2:0.05
		160 (1)	20	4, 6mCzP2Pm:PCCP: fac-Ir (mpCNptz-diPrp) ₃	0.5:0.5:0.05
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	110	ITSO	-	
[1000]	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	10	BPhen	-
		118 (1)	20	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160 (2)	20	4,6mCzP2Pm:PCCP: mer-Ir (mpCNptz-diPrp) ₃	0.8:0.2:0.05
		160 (1)	20	4,6mCzP2Pm:PCCP: mer-Ir (mpCNptz-diPrp) ₃	0.5:0.5:0.05
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	110	ITSO	-	

[1001] <发光元件的制造>

[1002] 《发光元件3的制造》

[1003] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为110nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[1004] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[1005] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[1006] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、PCCP与fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃)为0.5:0.5:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃)为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1007] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以20nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并

以10nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1008] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1009] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件3。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件3。

[1010] 《发光元件4的制造》

[1011] 发光元件4与上述发光元件3之间的不同之处只在于发光层160的形成工序。其他工序与发光元件3相同。

[1012] 作为发光层160,以4,6mCzP2Pm、PCCP与mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)为0.5:0.5:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。换言之,发光元件4只在客体材料上不同于发光元件3。

[1013] <发光元件的特性>

[1014] 图51示出发光元件3及发光元件4的电流效率-亮度特性。图52示出亮度-电压特性。图53示出外部量子效率-亮度特性。图54示出电力效率-亮度特性。此外,在图51至图54中,还记载实施例4中制造的比较发光元件2的特性。各发光元件的测量在室温(保持为23°C的气氛)下进行。

[1015] 另外,表5示出1000cd/m²附近的发光元件3及发光元件4的元件特性。

[1016] [表5]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1017] 发光 元件 3	2.9	1.0	(0.35, 0.61)	880	84	91	24
发光 元件 4	3.1	1.2	(0.36, 0.59)	1000	81	82	24

[1018] 另外,图55示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件3及发光元件4中的发射光谱。

[1019] 如图51至图54以及表5所示,发光元件3及发光元件4具有高于比较发光元件2的发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件3及发光元件4的外部量子效率的最大值分别为25%及24%,这是优异的数值。此外,与比较发光元件2相比,发光元件3及发光元件4在较低的驱动电压下驱动。因此,发光元件3及发光元件4具有优异的电力效率。另外,如图55所示,发光元件3及发光元件4呈现绿色发光。发光元件3及发光元件4的电致发射光谱

的峰值波长分别为509nm及511nm。因此,通过将作为配体具有包含氰基的芳基的铱配合物用作客体材料,可以制造具有高发光效率的绿色发光元件。

[1020] <CV测量结果>

[1021] 在此,通过CV测量对上述发光元件的客体材料的电化学特性进行测量。其测量方法是与实施例4相同的。也就是说,利用将客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)溶解于氯仿而成的溶液,来测量客体材料的氧化反应特性,并且,利用将客体材料溶解于DMF而成的溶液来测量客体材料的还原反应特性。

[1022] 表6示出通过CV测量而得到的氧化电位、还原电位以及根据CV测量结果而算出的各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[1023] [表6]

简称	氧化电位 (V)	还原电位 (V)	根据氧化电位而算出的 HOMO 能级 (eV)	根据还原电位而算出的 LUMO 能级 (eV)
fac-Ir (mpCNptz-diPrp) ₃	0.91	-2.31	-5.85	-2.64
mer-Ir (mpCNptz-diPrp) ₃	0.86	-2.30	-5.80	-2.65

[1025] 根据表6以及实施例4的表3所示的CV测量结果,在发光元件3及发光元件4中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的还原电位高于第二有机化合物(PCCP)的还原电位,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的氧化电位高于第二有机化合物(PCCP)的氧化电位,客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)的还原电位低于第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的还原电位,并且,客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)的氧化电位高于第二有机化合物(PCCP)的氧化电位。另外,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的LUMO能级,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级,客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)的LUMO能级高于第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级,并且,客体材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃)的HOMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)能够形成激基复合物。因此,发光元件3及发光元件4都具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1026] <客体材料的吸收光谱>

[1027] 接着,根据用于上发光元件的客体材料的吸收光谱的测量结果算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的吸收光谱显示在实施例1的图35及实施例2的图38中。

[1028] 其结果是,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的吸收端为513nm,其迁移能量为2.42eV。此外,mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的吸收端为516nm,其迁移能量为2.40eV。

[1029] 另一方面,fac-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差为3.21eV,mer-Ir(mpCNptz-diPrp)₃的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差为3.15eV。上述值是根据表6所示的CV测量结果而算出的。

[1030] 因此,在fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差分别比根据吸收端而算出的迁移能量大0.79eV及0.75eV。

[1031] 另外,由于图55所示的发光元件3及发光元件4的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长分别为509nm及511nm,所以fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃的发光能量分别为2.44eV及2.43eV。

[1032] 因此,在fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差分别比发光能量大0.77eV及0.72eV。

[1033] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.4eV以上,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[1034] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

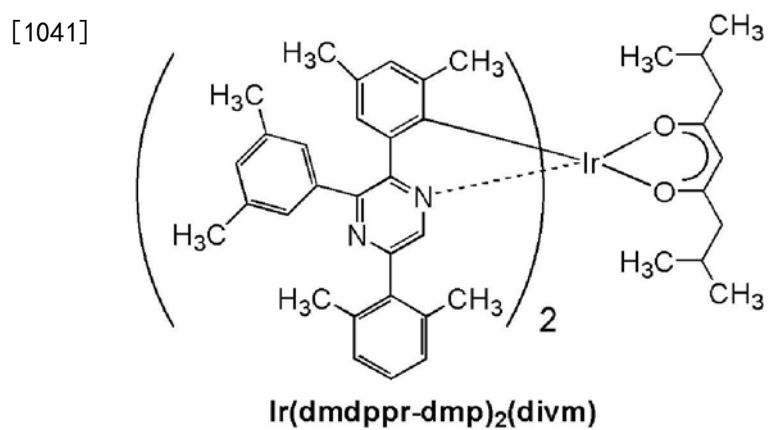
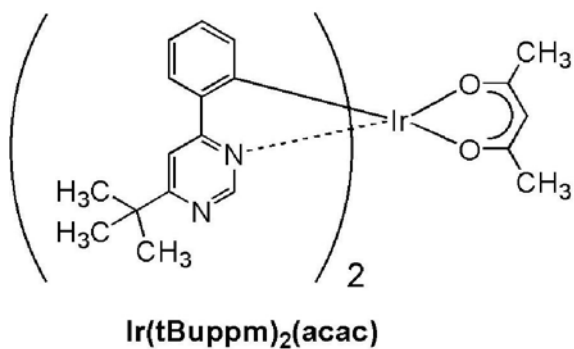
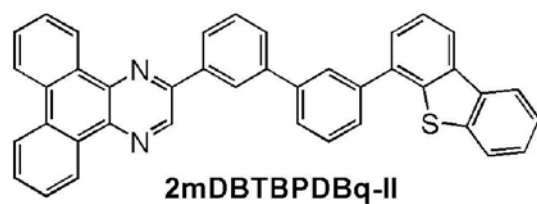
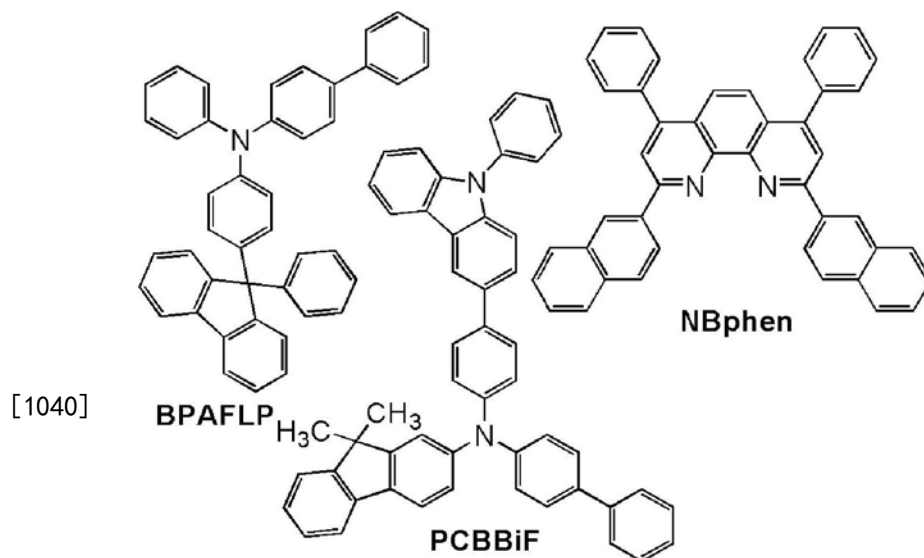
[1035] 另外,根据实施例4所示的表3,发光元件3及发光元件4的每一个中的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级(4,6mCzP2Pm和PCCP为主体材料)之间的能量差为2.75eV。也就是说,在发光元件3及发光元件4中,相当于由主体材料形成的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(fac-Ir (mpCNptz-diPrp)₃及mer-Ir (mpCNptz-diPrp)₃)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差(分别为3.21eV及3.15eV)且大于根据吸收端而算出的迁移能量(分别为2.42eV及2.40eV)。因此,在发光元件3及发光元件4中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1036] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高且功耗低的呈现绿色发光的发光元件。

[1037] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1038] 实施例6

[1039] 如实施方式5所示,通过组合本发明的一个方式的发光元件与其他发光元件,能够制造功耗低的显示装置。在本实施例中,示出可以适用于本发明的一个方式的显示装置中的发光元件(发光元件5至发光元件7)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表7示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例。



[1042] [表7]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 5	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	NBphen	-
		118 (1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	发光层	160 (2)	20	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (tBuppm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.05
		160 (1)	20	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (tBuppm) ₂ (acac)	0.7:0.3:0.05
	空穴传输层	112	20	BPAFLP	-
	空穴注入层	111	40	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	70	ITSO	-	
[1043] 发光 元件 6	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	Bphen	-
		118 (1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	发光层	160 (2)	20	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (divm)	0.8:0.2:0.05
		160 (1)	20	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir (dmdppr-dmp) ₂ (divm)	0.7:0.3:0.05
	空穴传输层	112	20	BPAFLP	-
	空穴注入层	111	50	BPAFLP:MoO ₃	1:0.5
电极	101	70	ITSO	-	
发光 元件 7	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	Bphen	-
		118 (1)	10	35DCzPPy	-
	发光层	160 (2)	10	35DCzPPy:Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	1:0.06
		160 (1)	30	35DCzPPy:PCCP: Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	0.65:0.65:0.06
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
[1044] 发光 元件 7	空穴注入层	111	15	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[1045] <发光元件的制造>

[1046] 《发光元件5的制造》

[1047] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²

(2mm×2mm)。

[1048] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为40nm的方式进行共蒸镀。

[1049] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯基胺(简称:BPAFLP)。

[1050] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)与(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)₂(acac))的重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac))为0.7:0.3:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后,以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与Ir(tBuppm)₂(acac)的重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac))为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,2mDBTBPDBq-II对应于第一有机化合物,PCBBiF对应于第二有机化合物,Ir(tBuppm)₂(acac)对应于客体材料(磷光化合物)。

[1051] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以20nm的厚度蒸镀2mDBTBPDBq-II并以15nm的厚度蒸镀2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(简称:NBPhen)。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1052] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1053] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件5。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件5。

[1054] 《发光元件6的制造》

[1055] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[1056] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以BPAFLP与MoO₃的重量比(BPAFLP:MoO₃)为1:0.5且厚度为50nm的方式进行共蒸镀。

[1057] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀BPAFLP。

[1058] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与双{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}(2,8-二甲基-4,6-壬烷二酮-κ²O,0')铱(III)(简称:Ir(dmdppr-dmp)₂(divm))的重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(divm))为0.7:0.3:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀,然后,以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)的重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(divm))为0.8:0.2:0.05且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,2mDBTBPDBq-II对应于一有机化合物,PCBBiF对应于二有机化合物,Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)对应于客体材料(磷光化合物)。

[1059] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以25nm的厚度蒸镀2mDBTBPDBq-II并以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1060] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1061] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件6。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件6。

[1062] 《发光元件7的制造》

[1063] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITS0膜。电极101的电极面积为 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)。

[1064] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与 MoO_3 的重量比(DBT3P-II I: MoO_3)为1:0.5且厚度为15nm的方式进行共蒸镀。

[1065] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[1066] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以35DCzPPy、PCCP与 $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$ 的重量比(35DCzPPy:PCCP: $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$)为0.65:0.65:0.06且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以35DCzPPy与 $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$ 的重量比(35DCzPPy: $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$)为1:0.06且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,35DCzPPy对应于一有机化合物,PCCP对应于二有机化合物, $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$ 对应于客体材料(磷光化合物)。

[1067] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀35DCzPPy并以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1068] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1069] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件7。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到比较发光元件7。

[1070] <发光元件的特性>

[1071] 图56示出所制造的发光元件5至发光元件7的电流效率-亮度特性。图57示出亮度-电压特性。图58示出电流密度-电压特性。图59示出外部量子效率-亮度特性。图60示出电力效率-亮度特性。各发光元件的测量在室温(保持为 23°C 的气氛)下进行。

[1072] 另外,表8示出 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 附近的发光元件5至发光元件7的元件特性。

[1073] [表8]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm^2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m^2)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1074] 发光元 件 5	2.9	0.810	(0.40, 0.59)	1030	127	138	32.7
发光元 件 6	3.3	2.24	(0.66, 0.34)	1100	48.9	46.5	28.1
发光元 件 7	4.0	1.63	(0.17, 0.41)	1110	68.0	53.4	30.1

[1075] 另外,图61示出当以 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度使电流流过发光元件5至发光元件7中的发射光谱。

[1076] 如图56至图60以及表8所示,发光元件5至发光元件7具有高电流效率。此外,发光元件5、发光元件6及发光元件7的外部量子效率的最大值分别为33%、29%及31%,这是优异的数值。此外,发光元件5至发光元件7都在较低的驱动电压下驱动。因此,发光元件5至发光元件7具有优异的电力效率。此外,如图61所示,发光元件5、发光元件6及发光元件7呈现电致发射光谱的峰值波长分别为543nm、612nm及483nm且色纯度高的绿色、红色及蓝色的发光。

[1077] <显示装置的功耗>

[1078] 估计利用上述所制造的发光元件5至发光元件7制造的显示装置的功耗。

[1079] 当估计显示装置的功耗时,在假定如下条件下进行计算:纵横比为16:9、对角线为4.3英寸、显示区域的面积为 50.97cm^2 、开口率(简称: R_A)为35%。

[1080] 当将发光元件5至发光元件7用作上述显示装置的显示元件时,根据下述算式(4),在具有发光元件5的结构的显示元件的亮度 L_5 为 $284\text{cd}/\text{m}^2$;具有发光元件6的结构的显示元件的亮度 L_6 为 $979\text{cd}/\text{m}^2$;具有发光元件7的结构的显示元件的亮度 L_7 为 $1309\text{cd}/\text{m}^2$ 的情况下,能够在显示区域的整体上以 $300\text{cd}/\text{m}^2$ 显示其色温为3500K的白色(色度(x,y)为(0.405, 0.391))。

[1081] $(L_5+L_6+L_7)R_A/3=300\text{cd}/\text{m}^2\cdots(4)$

[1082] 另外,此时的显示元件部的功耗可以估计为 $1.7\text{mW}/\text{cm}^2$ 。因此,可知通过利用具有发光元件5至发光元件7的结构的显示元件,能够制造功耗极低的显示装置。

[1083] <可靠性测试结果>

[1084] 接下来,图62示出发光元件5及发光元件6的可靠性测试的测量结果。在该可靠性测试中,将各发光元件(发光元件5及发光元件6)的初始亮度设定为 $5000\text{cd}/\text{m}^2$,并以一定电流密度连续驱动各发光元件。

[1085] 其结果是,在发光元件5及发光元件6中,直到其亮度降低至初始亮度的50%为止所需要的时间(LT50)分别可估计为20000小时以上及10000小时以上,因此,发光元件5及发光元件6具有优良的可靠性。

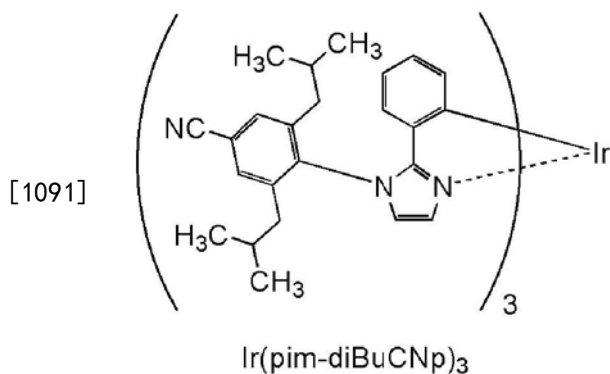
[1086] 也就是说,通过组合本发明的一个方式的呈现蓝色发光的发光元件(发光元件7)与如上述发光元件5及发光元件6那样具有优良的特性的绿色发光元件及红色发光元件,能够提供其三原色的发光效率都良好且可靠性高的发光元件以及显示装置。

[1087] 如上所述,通过组合本发明的一个方式的结构与本实施例的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供可靠性高的发光元件。另外,可以提供发光效率高、功耗低且可靠性高的显示装置。

[1088] 实施例7

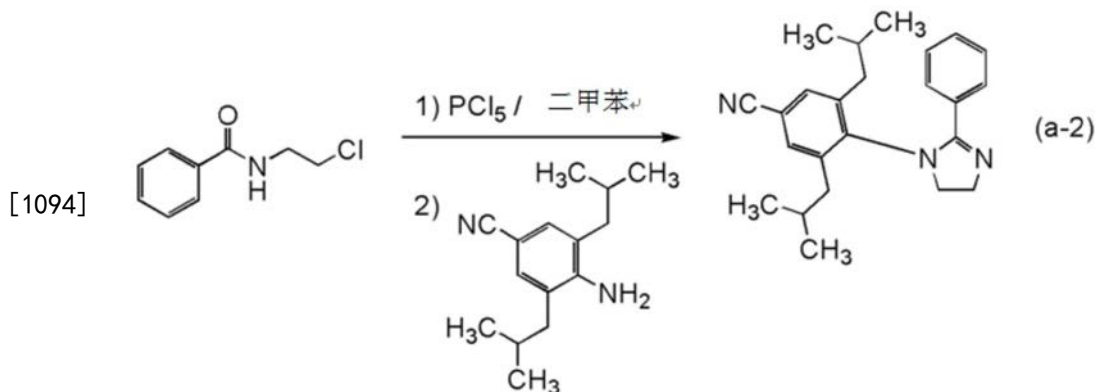
[1089] <合成实例4>

[1090] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(118)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{2-[1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-1H-咪唑-2-基- κN^3]苯基- κC }铱(III)(简称: $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$)的合成方法进行说明。下面示出 $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 的结构。



[1092] 《步骤1:1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-2-苯基-4,5-二氢-1H-咪唑的合成》

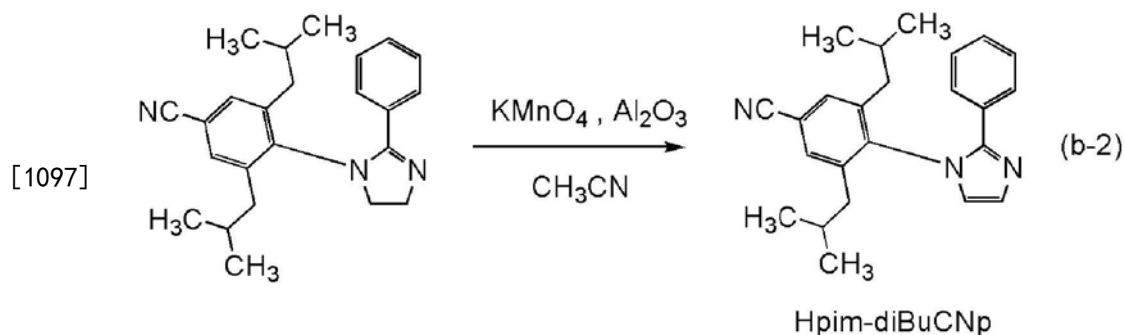
[1093] 将22g (117mmol) 的N-(2-氯乙基) 苯甲酰胺及260mL的脱水二甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中。将33g (158mmol) 的五氯化磷放入到该混合溶液中,以140℃进行1小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,冷却到室温,将28g (120mmol) 的4-氨基-3,5-二异丁基苯胺及60mL的脱水二甲苯的混合溶液滴加到该混合溶液中,以140℃进行5小时的加热搅拌。将该反应混合物缓慢滴加到500mL的水中,在室温下搅拌30分钟。对该混合物添加氯仿。将所得到的萃取溶液缓慢滴加到1M氢氧化钠水溶液,在室温下搅拌30分钟。使该混合物的水层和有机层分离,对得到的萃取溶液依次使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤。在进行洗涤之后,对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到固体。对所得到的固体添加乙酸乙酯/己烷的混合溶剂,并进行抽滤,以79%的收率得到33g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-2-苯基-4,5-二氢-1H-咪唑。如下式子(a-2)示出步骤1的合成方案。



[1095] 《步骤2:1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-2-苯基-1H-咪唑(简称:Hpim-diBuCNp)的合成》

[1096] 通过步骤1合成的1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-2-苯基-4,5-二氢-1H-咪唑中的15g (42mmol) 及乙腈放入到200mL的三口烧瓶中。将13g (84mmol) 的过锰酸钾及29g的氧化铝放入到研钵中并进行研碎,而得到粉末。将该粉末放入到上述混合溶液,在室温下搅拌17小时并使其起反应。通过硅藻土对该反应混合物进行抽滤。浓缩所得到的滤液得到油状物。对所得到的油状物添加甲苯,并且通过以硅藻土、氧化铝、硅藻土的顺序层叠的助滤剂进行过滤。浓缩所得到的滤液得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用己烷:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,以53%的收率得到8.0g的

无色油状物。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的无色油状物为1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-2-苯基-1H-咪唑(简称:Hpim-diBuCNp)。如下式子 (b-2) 示出步骤2的合成方案。

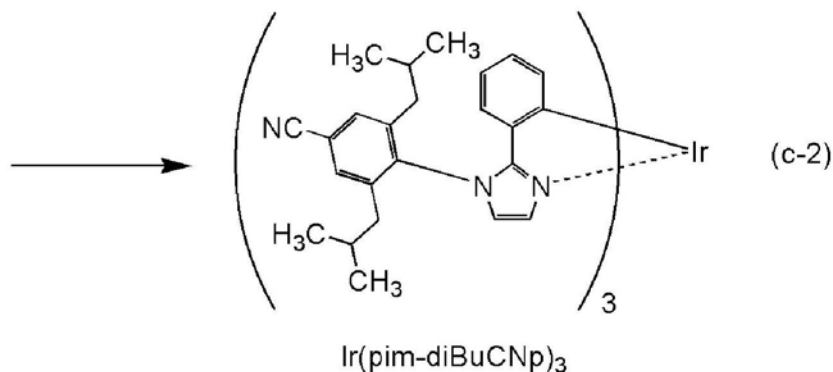


[1098] 《步骤3:三{2-[1-(4-氰基-2,6-二异丁基苯基)-1H-咪唑-2-基-κN³]苯基-κC}铱(III) (简称:Ir(pim-diBuCNp)₃)的合成》

[1099] 将通过步骤2合成的Hpim-diBuCNp中的5.0g (14mmol) 及1.4g (2.8mmol) 的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行38小时的搅拌并使其起反应。将甲苯添加到所得到的反应混合物中,而去除不溶物。浓缩得到的滤液而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,首先使用甲苯,接着使用甲苯:乙酸乙酯=9:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以18%的收率得到0.6g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的0.6g的黄色固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa且氩流量为5.0mL/min的条件下,以280℃加热17小时。在进行升华提纯之后,以67%的回收率得到0.4g的黄色固体。如下式子 (c-2) 示出步骤3的合成方案。



[1100]



[1101] 利用核磁共振法 (NMR) 对通过上述步骤3得到的黄色固体的质子 (¹H) 进行了测量。以下示出所得到的值。图63示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例4中得到了以上述结构

式(118)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir(pim-diBuCNp)₃。

[1102] ¹H-NMRδ(CDCl₃):0.43(d,9H),0.56(d,9H),0.79(t,18H),1.42-1.50(m,3H),1.73-1.81(m,3H),1.97-2.02(m,3H),2.12-2.17(m,3H),2.24-2.29(m,3H),2.46-2.50(m,3H),6.05(d,3H),6.40(t,3H),6.59(t,3H),6.71-6.76(m,9H),7.54(d,6H)。

[1103] <Ir(pim-diBuCNp)₃的特性>

[1104] 接着,对Ir(pim-diBuCNp)₃的二氯甲烷溶液(0.0115mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图64示出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。

[1105] 如图64所示,从Ir(pim-diBuCNp)₃的二氯甲烷溶液观察到在526nm处具有发光峰值的绿色发光。

[1106] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对本实施例所得到的Ir(pim-diBuCNp)₃进行质量(MS)分析。

[1107] 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(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7μm),柱温为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,以任意浓度将Ir(pim-diBuCNp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[1108] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=70:30,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

[1109] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的m/z=1261.60的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是m/z=100至2000。图65示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[1110] 由图65的结果可知,Ir(pim-diBuCNp)₃主要在m/z=905附近检测出子离子。因为图65示出来源于Ir(pim-diBuCNp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的Ir(pim-diBuCNp)₃的重要的数据。

[1111] 另外,m/z=905附近的子离子被估计为作为配体的Hpim-diBuCNp从Ir(pim-diBuCNp)₃脱离的状态下的阳离子,这是Ir(pim-diBuCNp)₃的特征之一。

[1112] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir(pim-diBuCNp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir(pim-diBuCNp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir(pim-diBuCNp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

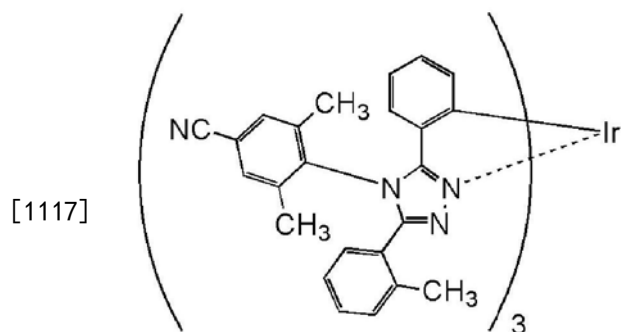
[1113] 由CV测量的结果可知,Ir(pim-diBuCNp)₃的氧化电位为0.28V,还原电位为-2.54V。另外,根据CV测量算出的Ir(pim-diBuCNp)₃的HOMO能级为-5.22eV,LUMO能级为-

2.41eV。

[1114] 实施例8

[1115] <合成实例5>

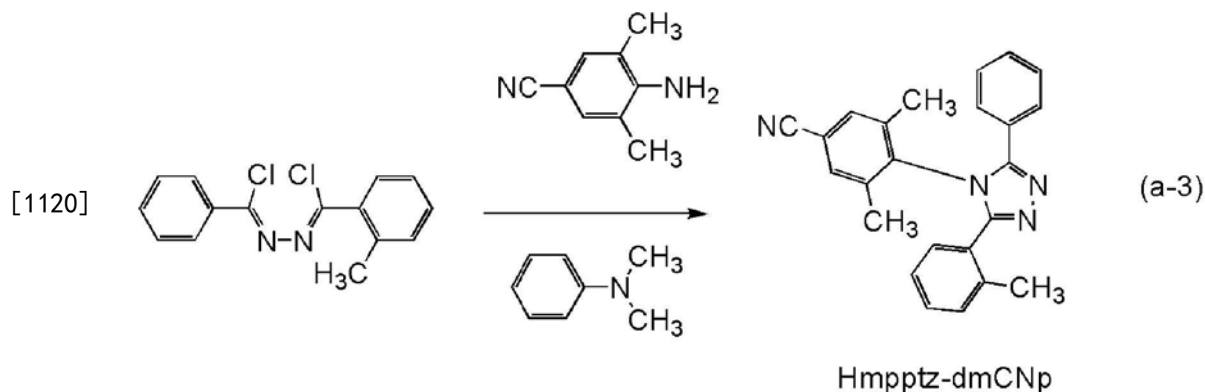
[1116] 在本合成实例5中,具体地例示出对在实施方式2中以结构式(124)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{2-[4-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmCNp)₃)的合成实例。下面示出Ir(mpptz-dmCNp)₃的结构。



Ir(mpptz-dmCNp)₃

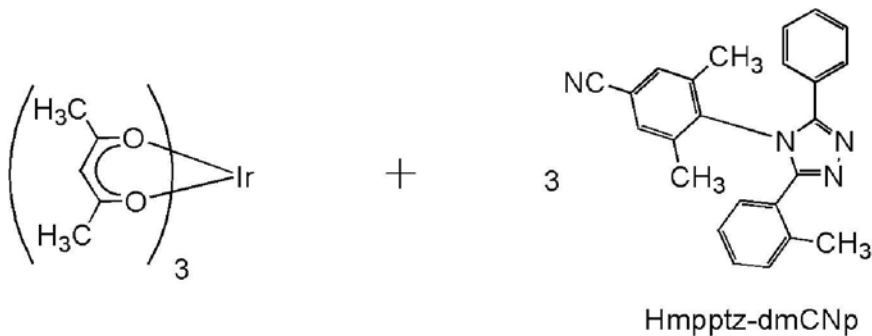
[1118] 《步骤1:4-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-3-(2-甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:Hmpptz-dmCNp)的合成》

[1119] 将6.5g(44mmol)的4-氨基-2,6-二甲基苯胺、10g(34mmol)的N-(2-甲基苯基)氯亚甲基-N'-苯基氯亚甲基胍及80mL的N,N-二甲基苯胺放入到300mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行21小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液滴加到300mL的1M盐酸中,搅拌3小时。使有机层和水层分离,使用甲苯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,首先使用甲苯:乙酸乙酯=10:1(v:v)的混合溶剂,接着将高极性溶剂比率逐渐地上升到甲苯:乙酸乙酯=2:1(v:v)。浓缩所得到的馏分而得到固体,利用乙酸乙酯使该固体再结晶,以27%的收率得到3.5g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为4-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-3-(2-甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:Hmpptz-dmCNp)。如下式子(a-3)示出步骤1的合成方案。

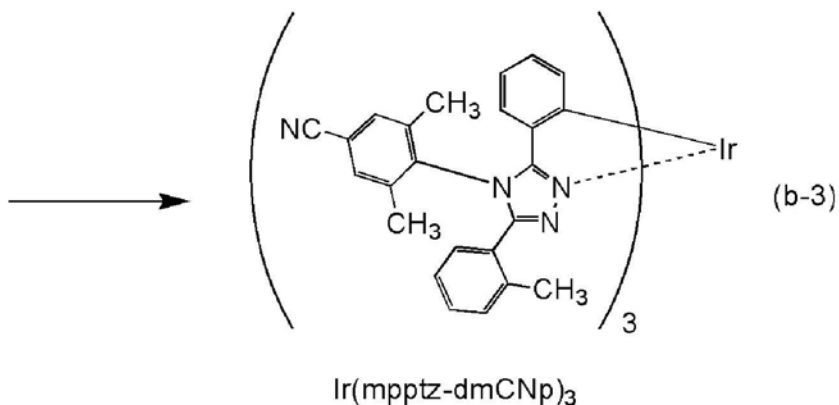


[1121] 《步骤2:三{2-[4-(4-氰基-2,6-二甲基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmCNp)₃)的合成》

[1122] 接着,将通过步骤1合成的Hmpptz-dmCNp中的3.0g (8.2mmol) 及0.81g (1.6mmol) 的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,以250℃进行37小时的加热并使其起反应。通过硅胶柱层析法使所得到的反应混合物纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:乙酸乙酯=20:1 (v:v) 的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯使得到的固体再结晶,以7.3%的收率得到150mg的黄色固体。如下式子 (b-3) 示出步骤3的合成方案。



[1123]



[1124] 利用核磁共振法 (NMR) 对通过上述步骤2得到的黄色固体的质子 (^1H) 进行了测量。以下示出所得到的值。图66示出 ^1H -NMR谱。由此可知,在本合成实例5中得到了以上述结构式 (124) 表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 。

[1125] ^1H -NMR δ (CDCl_3): 1.99 (s, 9H), 2.02 (s, 9H), 2.36 (s, 9H), 6.22 (d, 3H), 6.61 (t, 3H), 6.66 (d, 3H), 6.78 (t, 3H), 6.90-6.93 (m, 3H), 6.99 (d, 3H), 7.19-7.23 (m, 6H), 7.41 (s, 3H), 7.48 (s, 3H)。

[1126] < $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 的特性 >

[1127] 接着,对 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 的二氯甲烷溶液 (0.0100mmol/L) 的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图67示出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。

[1128] 如图67所示,从 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 的二氯甲烷溶液观察到在494nm处具有发光峰值的蓝绿色发光。

[1129] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析 (简称:LC/MS分析) 对本实施例所得到的 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 进行质量 (MS) 分析。

[1130] 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)

谱)分离,并利用沃特世公司制造的Xevo G2Tof MS进行MS分析(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8 (2.1×100mm,1.7μm),柱温为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,以任意浓度将Ir (mpptz-dmCNp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[1131] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=70:10,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

[1132] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的m/z=1282.45的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为70eV。另外,所检测的质量范围是m/z=100至1500。图68示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[1133] 由图68的结果可知,Ir (mpptz-dmCNp)₃主要在m/z=919及891附近检测出子离子。因为图68示出来源于Ir (mpptz-dmCNp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的Ir (mpptz-dmCNp)₃的重要的数据。

[1134] 另外,m/z=919附近的子离子被估计为作为配体的Hmpptz-dmCNp从Ir (mpptz-dmCNp)₃脱离的状态下的阳离子,并且m/z=891附近的子离子被估计为从m/z=919附近的子离子脱离两个甲基的状态下的阳离子,这是Ir (mpptz-dmCNp)₃的特征之一。

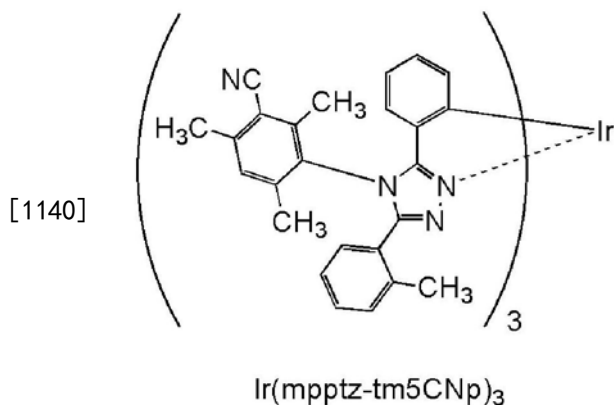
[1135] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir (mpptz-dmCNp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir (mpptz-dmCNp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir (mpptz-dmCNp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

[1136] 由CV测量的结果可知,Ir (mpptz-dmCNp)₃的氧化电位为0.48V,还原电位为-2.44V。另外,根据CV测量算出的Ir (mpptz-dmCNp)₃的HOMO能级为-5.42eV,LUMO能级为-2.51eV。

[1137] 实施例9

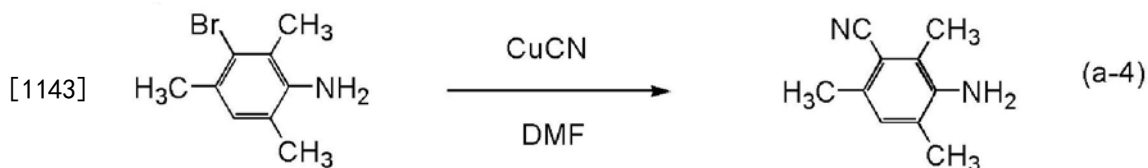
[1138] <合成实例6>

[1139] 在本合成实例6中,具体地例示出对在实施方式2中以结构式(125)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{2-[4-(3-氰基-2,4,6-三甲基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir (mpptz-tm5CNp)₃)的合成实例。下面示出Ir (mpptz-tm5CNp)₃的结构。



[1141] 《步骤1:3-氨基-2,4,6-三甲基苯腈的合成》

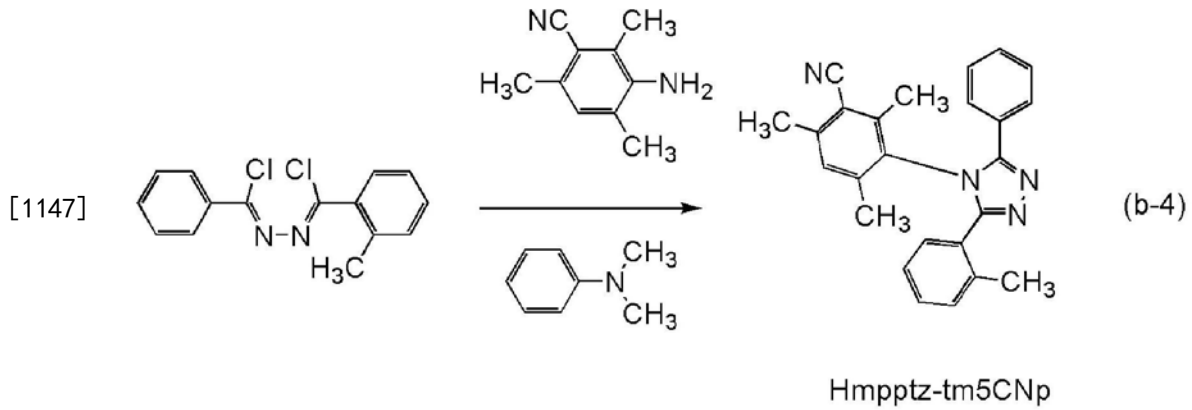
[1142] 将13g (61mmol) 的3-溴-2,4,6-三甲基苯胺、200mL的二甲基甲酰胺及8.2g (91mmol) 的氰化铜放入到500mL的三口烧瓶中,在氮气流下以150℃进行16小时的搅拌并使其起反应。对所得到的反应溶液添加100mL的氨水和100mL的水,在室温下进行搅拌。将所得到的混合物分离为有机层和水层,使用二氯甲烷对水层进行萃取,使用水及饱和食盐水对有机层进行洗涤。对所得到的有机层添加无水硫酸镁以进行干燥,对该混合物进行重力过滤来得到滤液。浓缩该滤液而得到褐色固体。使用乙醇对该褐色固体进行洗涤,以73%的收率得到7.1g的淡红色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的淡红色固体为3-氨基-2,4,6-三甲基苯腈。如下式子(a-4)示出步骤2的合成方案。



[1144] 《步骤2:4-(3-氰基-2,4,6-三甲基苯基)-3-(2-甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:Hmpptz-tm5CNp)的合成》

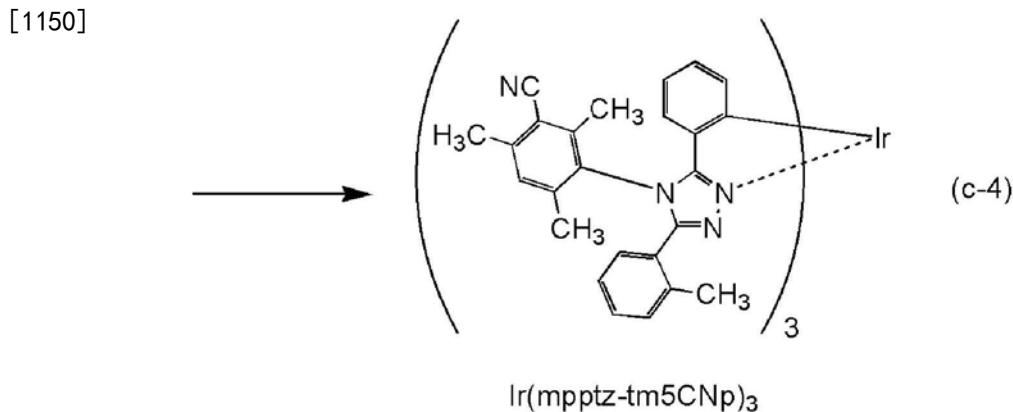
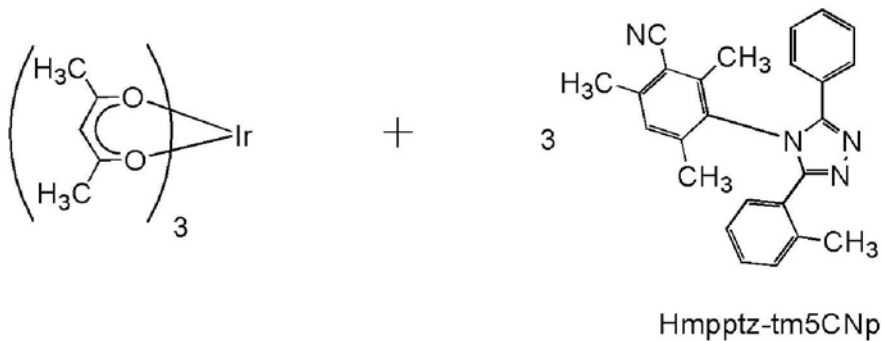
[1145] 接着,将通过步骤1合成的3-氨基-2,4,6-三甲基苯腈中的6.5g (41mmol)、9.4g (34mmol) 的N-(2-甲基苯基)氯亚甲基-N'-苯基氯亚甲基胍及110mL的N,N-二甲基苯胺放入到300mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行19小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到300mL的1M盐酸中,搅拌3小时。使有机层和水层分离,使用甲苯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水液进行洗涤,并对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,首先使用甲苯:乙酸乙酯=1:1(v:v)的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到白色固体。利用乙酸乙酯使所得到的白色固体再结晶,以40%的收率得到5.2g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为4-(3-氰基-2,4,6-三甲基苯基)-3-(2-甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:

[1146] Hmpptz-tm5CNp)。如下式子(b-4)示出步骤2的合成方案。



[1148] 《步骤3:三{2-[4-(3-氰基-2,4,6-三甲基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III) (简称:Ir (mpptz-tm5CNp)₃) 的合成》

[1149] 接着,将通过步骤2合成的Hmpptz-tm5CNp中的4.5g (12mmol) 及1.2g (2.4mmol) 的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,以250℃进行40小时的加热。通过硅胶柱层析法使所得到的反应混合物纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:乙酸乙酯=20:1 (v:v) 的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以25%的收率得到0.80g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的黄色固体中的0.31g进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为 4.7×10^{-3} Pa的条件下,以315℃加热16小时,然后以320℃加热8.5小时。在进行升华提纯之后,以58%的回收率得到0.18g的黄色固体。如下式子(c-4)示出步骤3的合成方案。



[1151] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤3得到的黄色固体的质子(¹H)进行了测量。以下示出所得到的值。图69示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例6中得到了以上述结构式(125)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir (mpptz-tm5CNp)₃。

[1152] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3): 1.37-2.18 (m, 18H), 2.30-2.34 (m, 9H), 2.56 (s, 9H), 6.20-6.22 (m, 3H), 6.58-6.62 (m, 3H), 6.72 (d, 3H), 6.75-6.78 (m, 3H), 6.91-7.02 (m, 6H), 7.05-7.07 (m, 3H), 7.19-7.20 (m, 6H)。

[1153] <Ir (mpptz-tm5CNp)₃的特性>

[1154] 接着,对Ir (mpptz-tm5CNp)₃的二氯甲烷溶液(0.0100mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图70示出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。

[1155] 如图70所示,从Ir (mpptz-tm5CNp)₃的二氯甲烷溶液观察到在484nm及502nm处具有发光峰值的蓝绿色发光。

[1156] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对本实施例所得到的Ir (mpptz-tm5CNp)₃进行质量(MS)分析。

[1157] 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(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7 μm),柱温为40 $^\circ\text{C}$ 。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,以任意浓度将Ir (mpptz-tm5CNp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0 μL 。

[1158] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=70:10,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

[1159] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的 $m/z=1324.49$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是 $m/z=100$ 至2000。图71示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[1160] 由图71的结果可知,Ir (mpptz-tm5CNp)₃主要在 $m/z=947$ 及919附近检测出子离子。因为图71示出来源于Ir (mpptz-tm5CNp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的Ir (mpptz-tm5CNp)₃的重要的数据。

[1161] 另外, $m/z=947$ 附近的子离子被估计为作为配体的Hmpptz-tm5CNp从Ir (mpptz-tm5CNp)₃脱离的状态下的阳离子,并且 $m/z=919$ 附近的子离子被估计为从 $m/z=947$ 附近的子离子脱离两个甲基的状态下的阳离子,这是Ir (mpptz-tm5CNp)₃的特征之一。

[1162] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir (mpptz-tm5CNp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir (mpptz-tm5CNp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir (mpptz-tm5CNp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

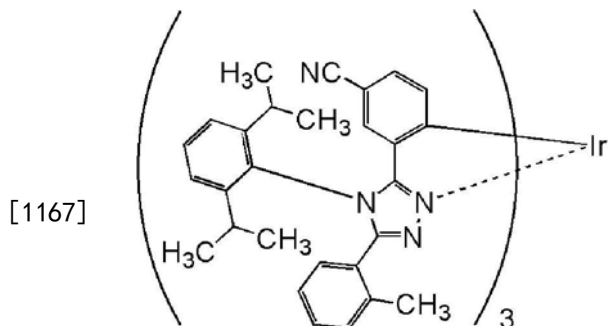
[1163] 由CV测量的结果可知,Ir (mpptz-tm5CNp)₃的氧化电位为0.46V,还原电位为-2.58V。另外,根据CV测量算出的Ir (mpptz-tm5CNp)₃的HOMO能级为-5.40eV,LUMO能级为-

2.37eV。

[1164] 实施例10

[1165] <合成实例7>

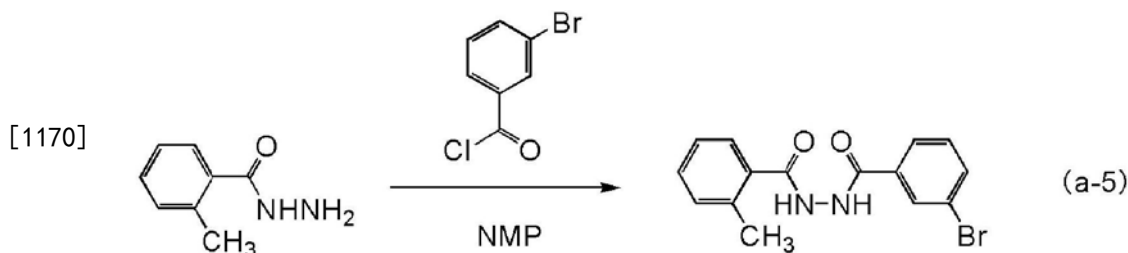
[1166] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(126)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{4-氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mp5CNptz-diPrp)₃)的合成方法进行说明。下面示出Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的结构。



Ir(mp5CNptz-diPrp)₃

[1168] 《步骤1:N-3-溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼的合成》

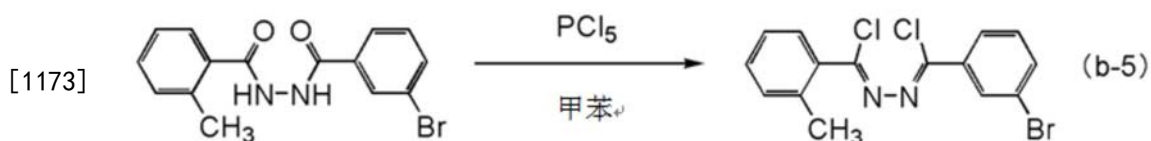
[1169] 将25g(166mmol)的邻甲苯酰肼及120mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)放入到500mL的三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内,在用冰冷却的同时进行搅拌。将37g(166mmol)的3-溴苯甲酰氯及50mL的NMP的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中,搅拌20小时并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到300mL的水中,而析出固体。交替使用水和1M盐酸对所析出的固体重复进行超声波洗涤。然后,使用乙醇进行超声波洗涤,以71%的收率获得40g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为N-3-溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼。如下式子(a-5)示出步骤1的合成方案。



[1171] 《步骤2:N-氯-3-溴苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒的合成》

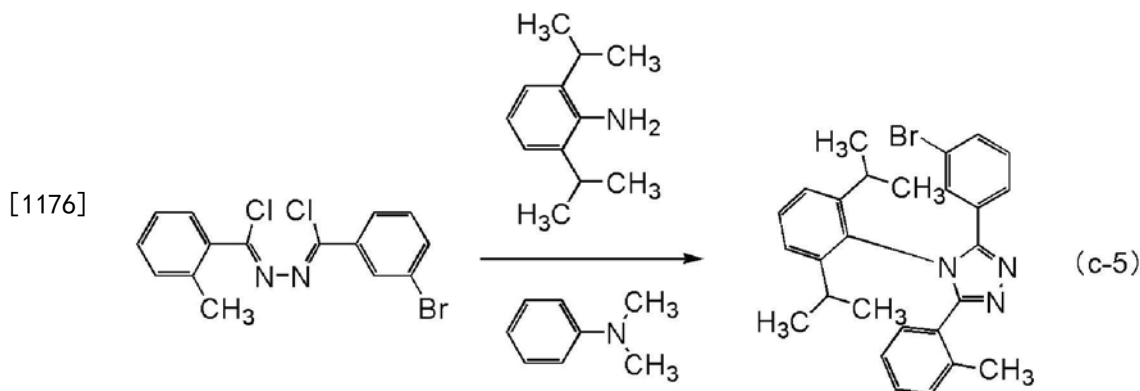
[1172] 将通过步骤1合成的40g(119mmol)的N-3-溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼及800mL的甲苯放入到2000mL的三口烧瓶中。将75g(360mmol)的五氯化磷放入到该混合溶液中,在氮气流下以120℃进行8小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢添加到400mL的水中,在室温下搅拌30分钟。在搅拌之后,通过过滤去除所析出的固体,将所得到的滤液分离为水层和有机层,利用甲苯对水层进行萃取。将所得到的萃取溶液和有机层的混合溶液缓慢添加到400mL的2M氢氧化钾水溶液中,在室温下搅拌48小时。使该混合物的水层和有机层分离,利用甲苯对水层进行萃取。对得到的萃取溶液和有机层的混合溶液使用饱和食盐水进行洗涤。对洗涤之后的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得

的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用甲苯。浓缩所得到的馏分,以97%的收率得到43g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为N-氯-3-溴苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒。如下式子(b-5)示出步骤2的合成方案。



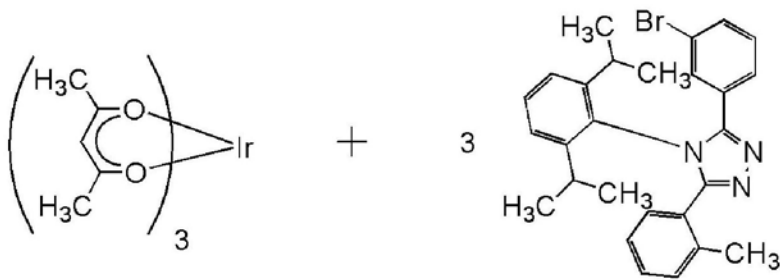
[1174] 《步骤3:3-(3-溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑的合成》

[1175] 将通过步骤2合成的N-氯-3-溴苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒中的30g (81.0mmol)、43g (243mmol)的2,6-二异丙基苯胺及250mL的N,N-二甲基苯胺放入到1000mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行13小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到500mL的3M盐酸中,搅拌30分钟。使有机层和水层分离,使用甲苯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用水、饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对其添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用己烷:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷的混合溶剂使得到的固体再结晶,以46%的收率得到18g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为3-(3-溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑。如下式子(c-5)示出步骤3的合成方案。

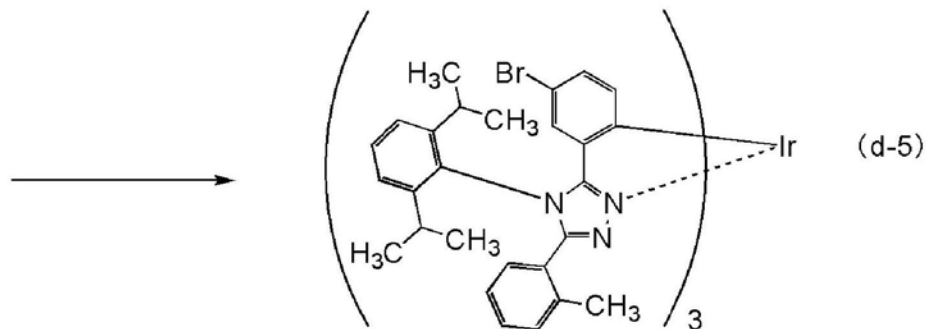


[1177] 《步骤4:三{4-溴-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)的合成》

[1178] 接着,将通过步骤3得到的3-(3-溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑中的4.8g (10mmol)及1.0g (2.0mmol)的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,以250℃进行40小时的加热并使其起反应。将所得到的反应混合物溶解于二氯甲烷中,通过抽滤去除不溶固体。通过硅胶柱层析法使所得到的滤液纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷。浓缩所得到的馏分,而得到固体。使用二氯甲烷和己烷的混合溶剂对该固体进行洗涤,以53%的收率得到1.7g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为三{4-溴-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)。如下式子(d-5)示出步骤4的合成方案。

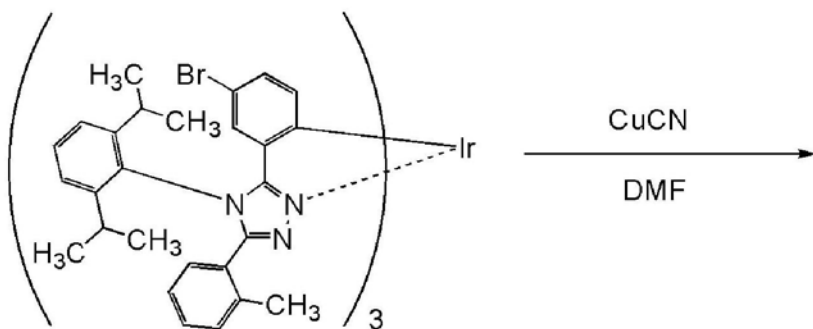


[1179]

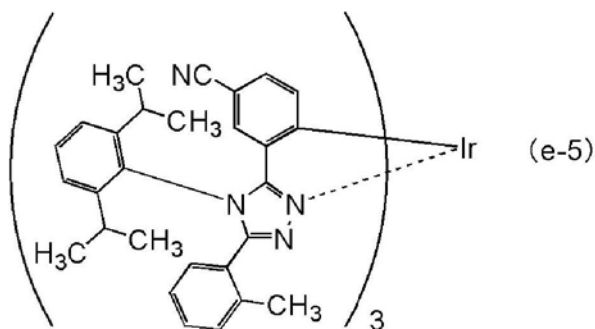


[1180] 《步骤5:三{4-氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III) (简称:Ir(mp5CNptz-diPrp)₃)的合成》

[1181] 接着,将通过步骤4得到的三{4-溴-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III)中的1.2g (0.74mmol)及10mL的二甲基甲酰胺(DMF)放入到50mL的三口烧瓶中,对该混合物添加0.30g (3.4mmol)的氰化铜,在氮气流下以150℃进行44小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,对反应溶液添加10mL的氨水和10mL的水,在室温下进行搅拌。使用二氯甲烷对所得到的混合溶液进行萃取,使用水及饱和食盐水对萃取溶液进行洗涤。对该溶液添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤来得到滤液。浓缩所得到的滤液而得到油状物。通过硅胶柱层析法使该油状物纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯使该固体再结晶,以57%的收率得到0.61g的黄色固体。如下式子(e-5)示出步骤5的合成方案。



[1182]

Ir(mp5CNptz-diPrp)₃

[1183] 利用核磁共振法 (NMR) 对通过上述步骤5得到的黄色固体的质子 (¹H) 进行了测量。以下示出所得到的值。图72示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例7中得到了以上述结构式(126)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir (mp5CNptz-diPrp)₃。

[1184] ¹H-NMRδ (CDCl₃): 0.74-0.80 (m, 27H), 0.93 (d, 9H), 2.13-2.17 (m, 3H), 2.32 (s, 9H), 2.65-2.70 (m, 3H), 6.33 (d, 3H), 6.81 (d, 3H), 6.91 (t, 3H), 6.96-7.01 (m, 6H), 7.12-7.27 (m, 9H), 7.30 (d, 3H), 7.56 (t, 3H)。

[1185] <Ir (mp5CNptz-diPrp)₃的特性>

[1186] 接着,对Ir (mp5CNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液(0.0100mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图73示出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。另外,图73所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液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。

[1187] 如图73所示,从Ir (mp5CNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液观察到在460nm及489nm处具有发光峰值的蓝色发光。

[1188] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对本实施例所得到的Ir (mp5CNptz-diPrp)₃进行质量(MS)分析。

[1189] 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(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7μm),柱温为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,以任意浓度将Ir (mp5CNptz-diPrp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[1190] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为

流动相A:流动相B=85:15,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

[1191] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的 $m/z=1451.64$ 的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是 $m/z=100$ 至2000。图74示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[1192] 由图74的结果可知,Ir(mp5CNptz-diPrp)₃主要在 $m/z=1031$ 附近检测出子离子。因为图74示出来源于Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的重要的数据。

[1193] 另外, $m/z=1031$ 附近的子离子被估计为作为配体的3-(3-氰基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(简称:Hmp5CNptz-diPrp)从Ir(mp5CNptz-diPrp)₃脱离的状态下的阳离子,这是Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的特征之一。

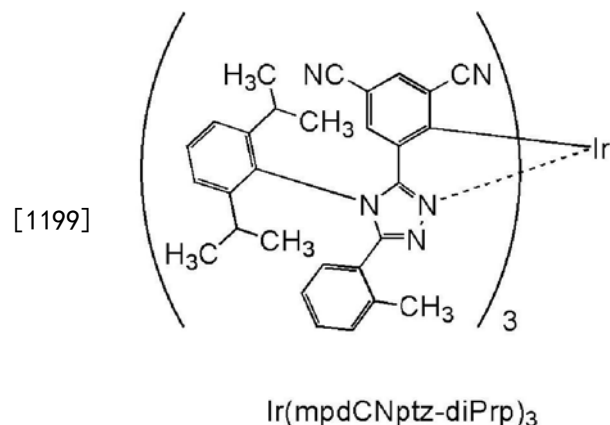
[1194] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir(mp5CNptz-diPrp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir(mp5CNptz-diPrp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

[1195] 由CV测量的结果可知,Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的氧化电位为0.96V,还原电位为-2.59V。另外,根据CV测量算出的Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的HOMO能级为-5.90eV,LUMO能级为-2.35eV。

[1196] 实施例11

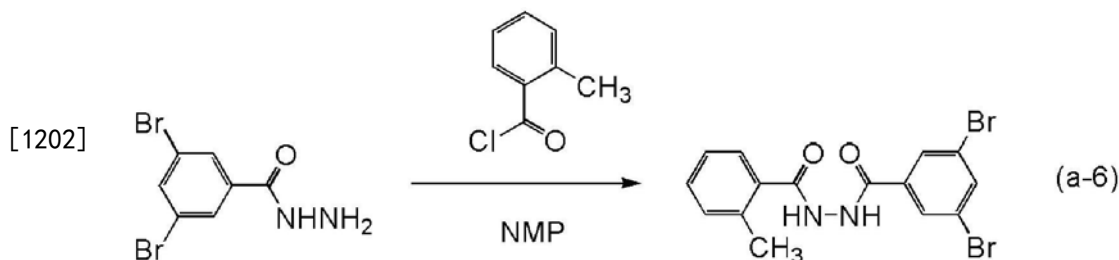
[1197] <合成实例8>

[1198] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(128)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{4,6-二氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III)(简称:Ir(mpdCNptz-diPrp)₃)的合成方法进行说明。下面示出Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的结构。



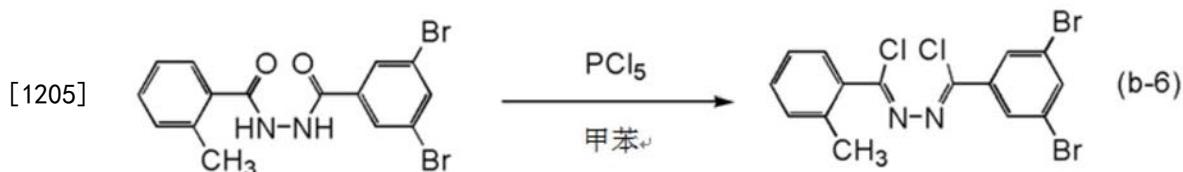
[1200] 《步骤1:N-3,5-二溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼的合成》

[1201] 将24g (80mmol) 的3,5-二溴苯甲酰肼及150mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)放入到500mL的三口烧瓶中,在用冰冷却的同时在氮气流下进行搅拌。将12g (80mmol) 的邻甲基苯甲酰氯及25mL的NMP的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中,搅拌20小时并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到300mL的水中,而析出固体。交替使用水和1M盐酸对所析出的固体重复进行超声波洗涤。然后,使用乙醇对固体进行超声波洗涤,以93%的收率获得31g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为N-3,5-二溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼。如下式子(a-6)示出步骤1的合成方案。



[1203] 《步骤2:N-氯-3,5-二溴苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒的合成》

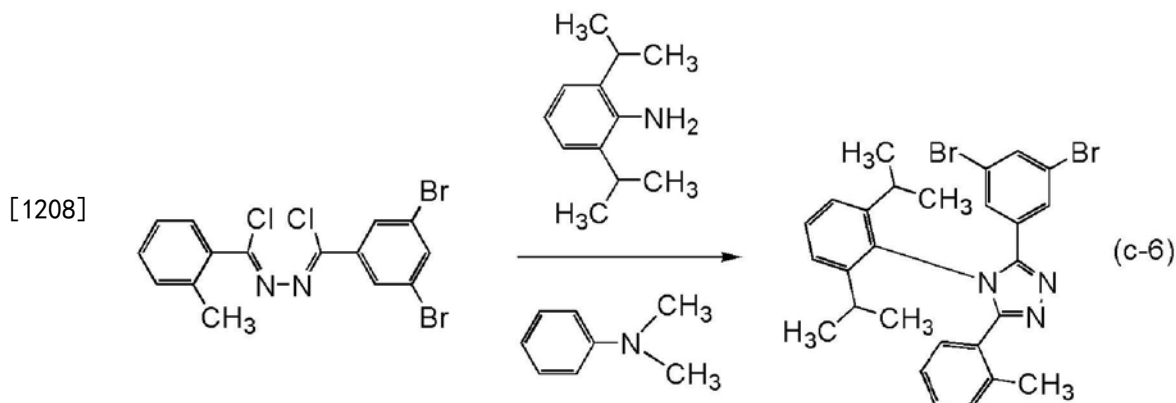
[1204] 将通过步骤1合成的31g (75mmol) 的N-3,5-二溴苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼及500mL的甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中。将50g (240mmol) 的五氯化磷添加到该混合溶液中,以120℃进行4小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢添加到500mL的水中,在室温下搅拌30分钟。将该混合物分离为水层和有机层,利用二氯甲烷对水层进行萃取。将得到的萃取溶液和有机层的混合溶液缓慢添加到400mL的1M氢氧化钠水溶液中,在室温下搅拌30分钟。将该混合物分离为水层和有机层,利用二氯甲烷对水层进行萃取。对得到的萃取溶液依次使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤。对洗涤之后的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波,并进行抽滤,以81%的收率得到27g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为N-氯-3,5-二溴苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒。如下式子(b-6)示出步骤2的合成方案。



[1206] 《步骤3:3-(3,5-二溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑的合成》

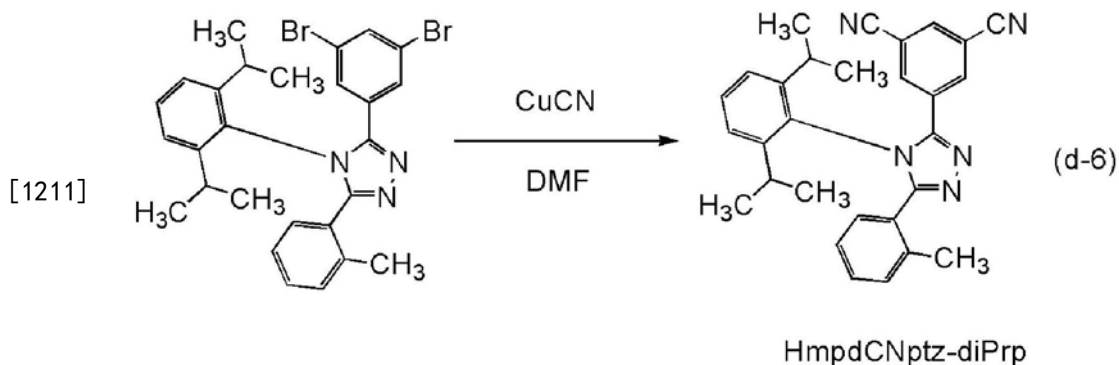
[1207] 将通过步骤2合成的27g (60mmol) 的N-氯-3,5-二溴苯基亚甲基-N'-氯-2-甲基苯基亚甲基脒、32g (180mmol) 的2,6-二异丙基苯胺及200mL的N,N-二甲基苯胺放入到500mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行14小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到500mL的3M盐酸中,搅拌1小时。使用乙酸乙酯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对该溶液添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用己烷:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波并进行抽滤,而得到固体。

利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以28%的收率得到9.4g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为3-(3,5-二溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑。如下式子(c-6)示出步骤3的合成方案。



[1209] 《步骤4:3-(3,5-二氰基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(简称:HmpdCNptz-diPrp)的合成》

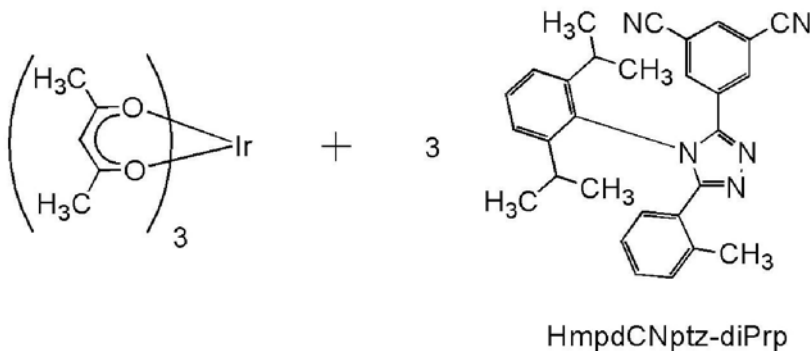
[1210] 将通过步骤3合成的3-(3,5-二溴苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑中的6.0g(11mmol)及36mL的N,N-二甲基甲酰胺放入到200mL的三口烧瓶中。将2.9g(33mmol)的氰化铜添加到该混合溶液中,以150℃进行29.5小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,对反应溶液添加60mL的氨水和60mL的水,在室温下搅拌2小时。对该混合物添加氯仿并对该混合物进行萃取。使用饱和食盐水对所得到的萃取溶液进行洗涤两次。对洗涤之后的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用乙酸乙酯:己烷=1:5的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以42%的收率得到2.0g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为3-(3,5-二氰基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑(简称:HmpdCNptz-diPrp)。如下式子(d-6)示出步骤4的合成方案。



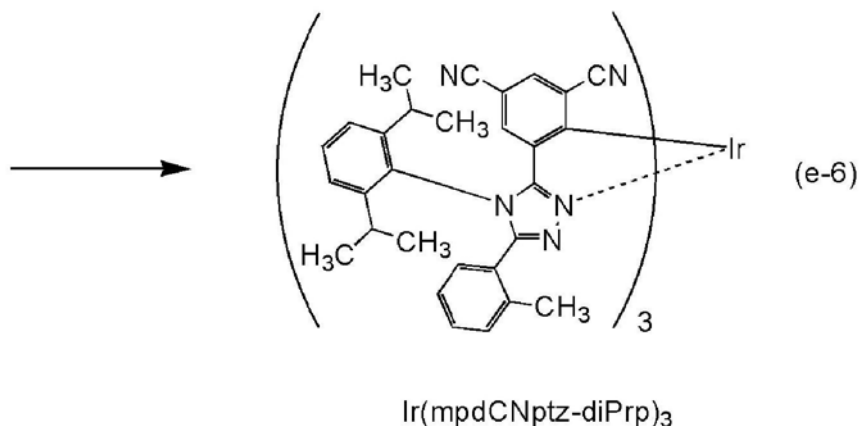
[1212] 《步骤5:三{4,6-二氰基-2-[4-(2,6-二异丙基苯基)-5-(2-甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpdCNptz-diPrp)₃)的合成》

[1213] 将通过步骤4合成的2.0g(4.5mmol)的HmpdCNptz-diPrp及0.44g(0.90mmol)的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行37小时的搅拌并使其起反应。将所得到的反应混合物溶解于二氯甲烷中,进行过滤,去除不溶物。浓缩所得到的滤液,而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,

首先使用二氯甲烷,接着使用二氯甲烷:乙酸乙酯=100:3的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以22%的收率得到0.31g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的0.31g的黄色固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为 3.0×10^{-3} Pa的条件下,以310℃加热38小时。在进行升华提纯之后,以60%的回收率得到0.19g的黄色固体。如下式子(e-6)示出步骤5的合成方案。



[1214]



[1215] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤5得到的黄色固体的质子(^1H)进行了测量。以下示出所得到的值。图75示出 ^1H -NMR谱。由此可知,在本合成实例中得到了以上述结构式(128)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir(mpdCNptz-diPrp)₃。

[1216] ^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 0.17 (d, 3H), 0.32 (d, 3H), 0.37 (d, 3H), 0.54 (d, 3H), 0.64-0.67 (m, 6H), 0.74-0.78 (m, 6H), 0.92 (d, 3H), 1.02 (d, 3H), 1.06-1.11 (m, 6H), 1.88-1.97 (m, 2H), 2.23-2.28 (m, 1H), 2.38 (s, 3H), 2.45 (s, 3H), 2.48 (s, 3H), 2.82-2.87 (m, 1H), 3.11-3.16 (m, 1H), 6.23 (d, 1H), 6.46 (d, 1H), 6.58 (d, 1H), 6.69 (d, 1H), 6.73 (d, 1H), 6.77-6.83 (m, 2H), 6.87-6.94 (m, 2H), 7.16-7.39 (m, 14H), 7.49-7.50 (m, 2H), 7.57 (t, 3H)。

[1217] <Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的特性>

[1218] 接着,对Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液(0.0125mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图76示出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。另外,图76所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液(0.0125mmol/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。

[1219] 如图76所示,从Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液观察到在470nm及499nm处

具有发光峰值的蓝色发光。

[1220] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(简称:LC/MS分析)对本实施例所得到的Ir(mpdCNptz-diPrp)₃进行质量(MS)分析。

[1221] 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(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7μm),柱温为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,以任意浓度将Ir(mpdCNptz-diPrp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[1222] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=80:20,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5。线性地改变组成比。

[1223] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的m/z=1526.62的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是m/z=100至2000。图77示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[1224] 由图77的结果可知,Ir(mpdCNptz-diPrp)₃主要在m/z=1081附近检测出子离子。因为图77示出来源于Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的重要的数据。

[1225] 另外,m/z=1081附近的子离子被估计为作为配体的HmpdCNptz-diPrp从Ir(mpdCNptz-diPrp)₃脱离的状态下的阳离子,这是Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的特征之一。

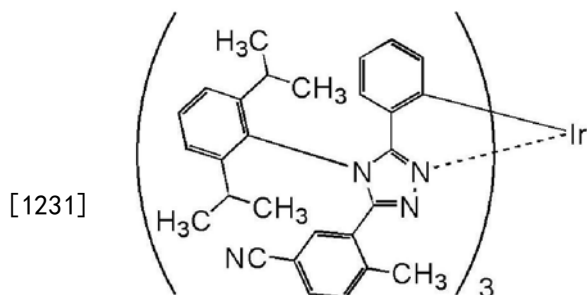
[1226] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir(mpdCNptz-diPrp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir(mpdCNptz-diPrp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

[1227] 由CV测量的结果可知,Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的还原电位为-2.20V。另外,根据CV测量算出的Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的LUMO能级为-2.75eV。另一方面,由于Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的氧化电位非常高,所以不能够测量出正确的值。因此,根据CV测量算出的Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的HOMO能级被估计为很低,即-6eV以下。

[1228] 实施例12

[1229] <合成实例9>

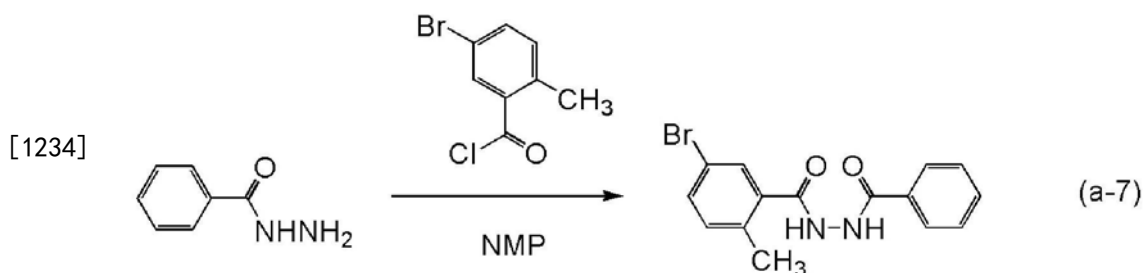
[1230] 在本实施例中,对在实施方式2中以结构式(129)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{2-[5-(5-氰基-2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mCNpptz-diPrp)₃)的合成方法进行说明。下面示出Ir(mCNpptz-diPrp)₃的结构。



$\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$

[1232] 《步骤1:N-5-溴-2-甲基苯甲酰基-N'-苯甲酰肼的合成》

[1233] 将15g (107mmol) 的苯甲酰肼及75mL的N-甲基-2-吡咯烷酮 (NMP) 放入到500mL的三口烧瓶中,在用冰冷却的同时在氮气流下进行搅拌。将25g (107mmol) 的5-溴-2-甲基苯甲酰氯及32mL的NMP的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中,搅拌23小时并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到500mL的水中,而析出固体。交替使用水和1M盐酸对所析出的固体重复进行超声波洗涤。然后,使用乙醇对固体进行超声波洗涤,以92%的收率获得33g的白色固体。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的白色固体为N-5-溴-2-甲基苯甲酰基-N'-苯甲酰肼。如下式子 (a-7) 示出步骤1的合成方案。



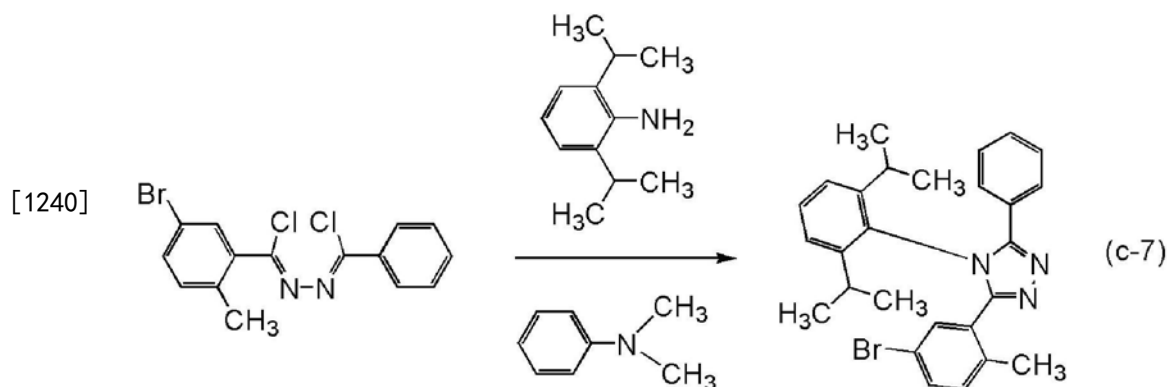
[1235] 《步骤2:N-氯-5-溴-2-甲基苯基亚甲基-N'-氯苯基亚甲基脒的合成》

[1236] 将通过步骤1合成的N-5-溴-2-甲基苯甲酰基-N'-苯甲酰肼中的27g (80mmol) 及500mL的甲苯放入到1000mL的三口烧瓶中。将50g (240mmol) 的五氯化磷添加到该混合溶液中,以120℃进行8小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将该反应溶液缓慢添加到500mL的水中,在室温下搅拌30分钟。将该混合物分离为水层和有机层,利用甲苯对水层进行萃取。回收得到的萃取溶液和有机层,将该有机层缓慢添加到400mL的1M氢氧化钠水溶液中,在室温下搅拌30分钟。将该混合物分离为水层和有机层,利用甲苯对水层进行萃取。对得到的萃取溶液依次使用饱和碳酸氢钠水溶液及饱和食盐水进行洗涤。对洗涤之后的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到固体。对所得到的固体添加己烷而照射超声波,并进行抽滤,以75%的收率得到22g的黄色固体。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的黄色固体为N-氯-5-溴-2-甲基苯基亚甲基-N'-氯苯基亚甲基脒。如下式子 (b-7) 示出步骤2的合成方案。



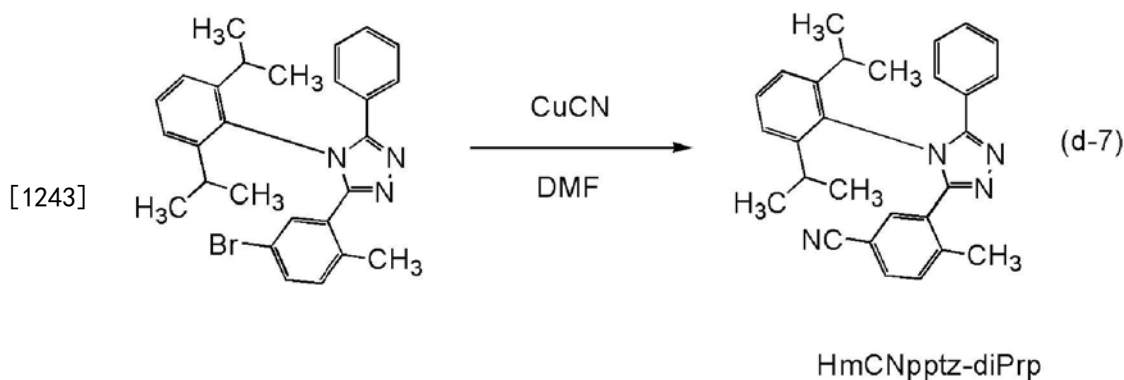
[1238] 《步骤3:3-(5-溴-2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑的合成》

[1239] 将通过步骤2合成的22g (66mmol) 的N-氯-5-溴-2-甲基苯基亚甲基-N'-氯苯基亚甲基脒、35g (199mmol) 的2,6-二异丙基苯胺及200mL的N,N-二甲基苯胺放入到500mL的三口烧瓶中,在氮气流下以160℃进行11.5小时的搅拌并使其起反应。在起反应之后,将反应溶液添加到500mL的3M盐酸中,搅拌1小时。使有机层和水层分离,使用乙酸乙酯对水层进行萃取。将有机层及得到的萃取溶液合并,使用饱和碳酸氢钠及饱和食盐水进行洗涤,并对得到的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,使用甲苯:乙酸乙酯=5:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以42%的收率得到13g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为3-(5-溴-2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑。如下式子(c-7)示出步骤3的合成方案。



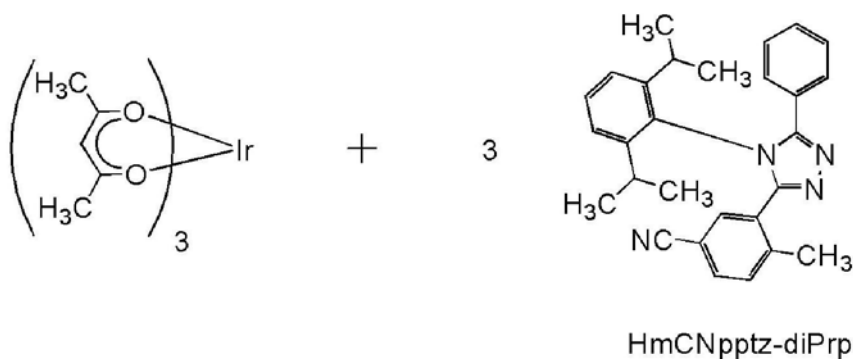
[1241] 《步骤4:3-(5-氰基-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:HmCNpptz-diPrp)的合成》

[1242] 将通过步骤3合成的3-(5-溴-2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑中的10g (21mmol) 及70mL的N,N-二甲基甲酰胺放入到300mL的三口烧瓶中。将2.8g (32mmol) 的氰化铜添加到该混合溶液中,以150℃进行43小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,对该反应溶液添加100mL的氨水和100mL的水,在室温下搅拌30分钟。对该混合物添加氯仿并对该混合物进行萃取。使用饱和食盐水对所得到的萃取溶液进行洗涤两次。对洗涤之后的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,而获得滤液。浓缩所得到的滤液得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,首先使用乙酸乙酯:己烷=1:5的混合溶剂,接着乙酸乙酯:己烷=1:3的混合溶剂。浓缩所得到的滤液,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以21%的收率得到1.9g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为3-(5-氰基-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:HmCNpptz-diPrp)。如下式子(d-7)示出步骤4的合成方案。

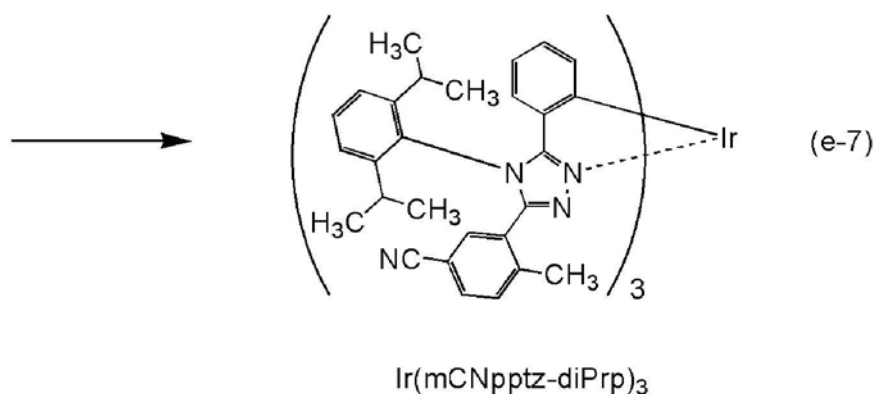


[1244] 《步骤5:三{2-[5-(5-氰基-2-甲基苯基)-4-(2,6-二异丙基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }铱(III) (简称:Ir(mCNpptz-diPrp)₃)的合成》

[1245] 将通过步骤4合成的1.9g (4.4mmol)的HmCNpptz-diPrp及0.43g (0.89mmol)的三(乙酰丙酮)铱(III)放入到安装有三通旋塞的反应容器中,在氩气流下以250℃进行40.5小时的搅拌并使其起反应。将所得到的反应混合物溶解于二氯甲烷中,进行过滤,去除不溶物。浓缩所得到的滤液,而得到固体。通过硅胶柱层析法使所得到的固体纯化。作为展开溶剂,首先使用二氯甲烷,接着使用二氯甲烷:乙酸乙酯=100:3的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固体再结晶,以21%的收率得到0.27g的黄色固体。通过利用梯度升华方法对所得到的0.27g的黄色固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为 8.6×10^{-3} Pa的条件下,以310℃加热17小时。在进行升华提纯之后,以61%的回收率得到0.16g的黄色固体。如下式子(e-7)示出步骤5的合成方案。



[1246]



[1247] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤5得到的黄色固体的质子(¹H)进行了测量。

以下示出所得到的值。图78示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例中得到了以上述结构式(129)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir(mCNpptz-diPrp)₃。

[1248] ¹H-NMR. δ (CD₂Cl₂): 0.72 (d, 9H), 0.80-0.83 (m, 18H), 0.93 (d, 9H), 2.15-2.21 (m, 3H), 2.35 (s, 9H), 2.69-2.74 (m, 3H), 6.21 (d, 3H), 6.52 (t, 3H), 6.70 (t, 3H), 6.80 (d, 3H), 7.07 (d, 3H), 7.29-7.31 (m, 6H), 7.34 (d, 3H), 7.45 (d, 3H), 7.56 (t, 3H)。

[1249] <Ir(mCNpptz-diPrp)₃的特性>

[1250] 接着,对Ir(mCNpptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液(0.0100mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图79示出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。另外,图79所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液(0.0100mmol/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。

[1251] 如图79所示,从Ir(mCNpptz-diPrp)₃的二氯甲烷溶液观察到在499nm处具有发光峰值的蓝绿色发光。

[1252] 接着,利用液相色谱-质谱联用分析(LC/MS分析)对本实施例所得到的Ir(mCNpptz-diPrp)₃进行质量(MS)分析。

[1253] 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(质量分析)。在LC分离中使用的色谱柱为ACQUITY UPLC BEH C8(2.1×100mm,1.7μm),柱温为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,以任意浓度将Ir(mCNpptz-diPrp)₃溶解于氯仿中,并且利用乙腈稀释来调节样品。此时,将注入量设定为5.0μL。

[1254] 在LC分离中利用改变流动相的组成的梯度法,检测开始后0分钟至1分钟的比率为流动相A:流动相B=80:20,然后改变组成,检测开始后10分钟的比率为流动相A:流动相B=95:5,并保持该比例直到检测开始后15分钟。线性地改变组成比。

[1255] 在MS分析中,通过电喷雾电离法(ESI)进行离子化。此时,将毛细管电压设定为3.0kV,将样品锥孔电压设定为30V,并且以正离子模式进行检测。在碰撞室(collision cell)内将以上述条件离子化了的m/z=1451.65的成分碰撞到氩气体来使其解离为子离子。将氩碰撞时的能量(碰撞能量)设定为50eV。另外,所检测的质量范围是m/z=100至2000。图80示出利用飞行时间(TOF)型MS检测被解离的子离子的结果。

[1256] 由图80的结果可知,Ir(mCNpptz-diPrp)₃主要在m/z=1031附近检测出子离子。因为图80示出来源于Ir(mCNpptz-diPrp)₃的特征,所以可以说这是用于识别包含在混合物中的Ir(mCNpptz-diPrp)₃的重要的数据。

[1257] 另外,m/z=1031附近的子离子被估计为作为配体的HmCNpptz-diPrp从Ir(mCNpptz-diPrp)₃脱离的状态下的阳离子,这是Ir(mCNpptz-diPrp)₃的特征之一。

[1258] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir(mCNpptz-diPrp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir(mCNpptz-diPrp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir(mCNpptz-diPrp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-

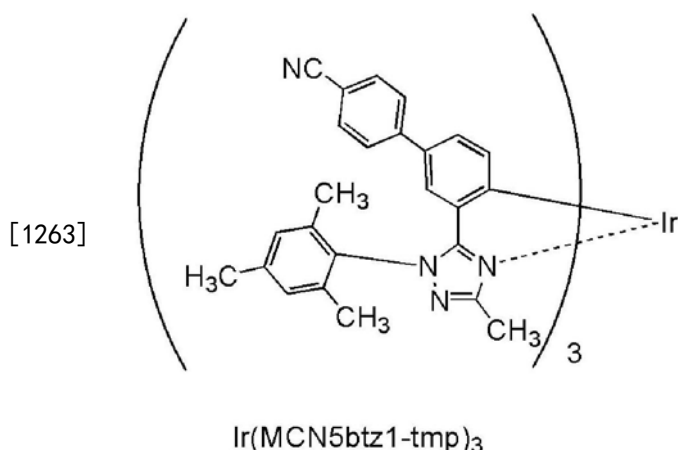
4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

[1259] 由CV测量的结果可知,Ir (mCNpptz-diPrp)₃的氧化电位为0.48V,还原电位为-2.51V。另外,根据CV测量算出的Ir (mCNpptz-diPrp)₃的HOMO能级为-5.42eV,LUMO能级为-2.43eV。

[1260] 实施例13

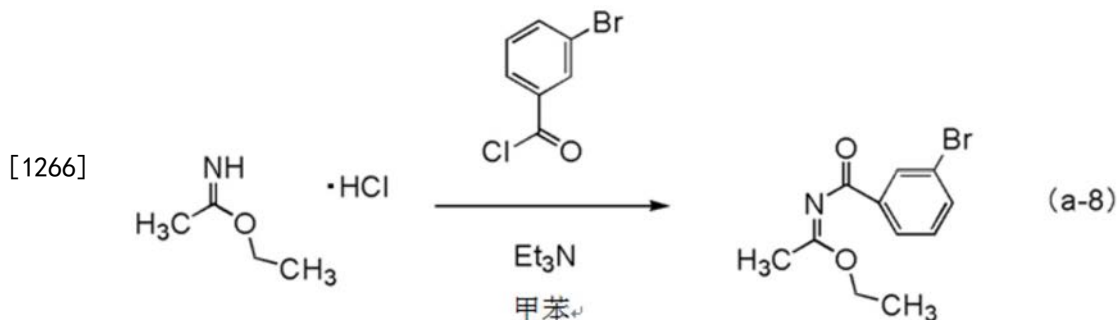
[1261] <合成实例10>

[1262] 在本合成实例中,具体地例示出对在实施方式2中以结构式(130)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{4'-氰基-3-[3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基-κN⁴]-1,1'-联苯-4-基-κC}铱(III)(简称:Ir(MCN5btz1-tmp)₃)的合成实例。下面示出Ir(MCN5btz1-tmp)₃的结构。



[1264] 《步骤1:N-(1-乙氧基乙烯基)-3-溴苯甲酰胺的合成》

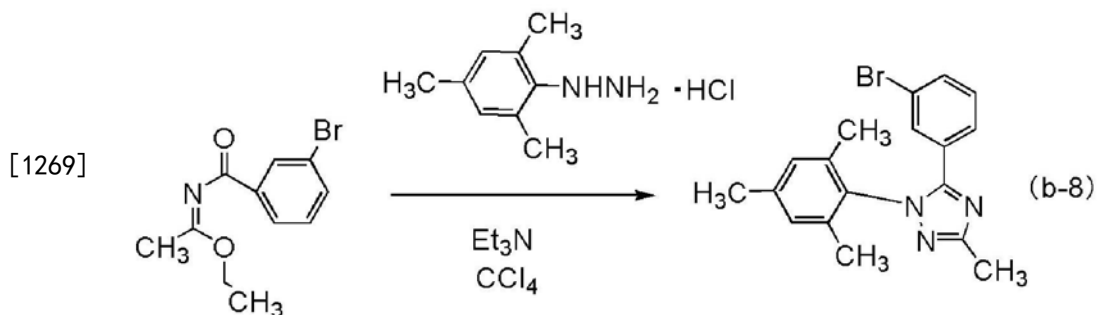
[1265] 将10g(81mmol)的乙基乙酰亚胺盐酸盐、150mL的甲苯及20g(202mmol)的三乙胺(Et₃N)放入到500mL的三口烧瓶中,在氮气流下在室温下搅拌10分钟。然后,将18g(81mmol)的3-溴苯甲酰氯和30mL甲苯的混合溶剂滴加到该混合物中,并在室温下搅拌24小时并使其起反应。在起反应之后,对所得到的反应溶液进行抽滤,而去除固体。浓缩所得到的滤液,而以87%的收率得到19g的黄色油状物。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色油状物为N-(1-乙氧基乙烯基)-3-溴苯甲酰胺。如下式子(a-8)示出步骤1的合成方案。



[1267] 《步骤2:5-(3-溴苯基)-1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑的合成》

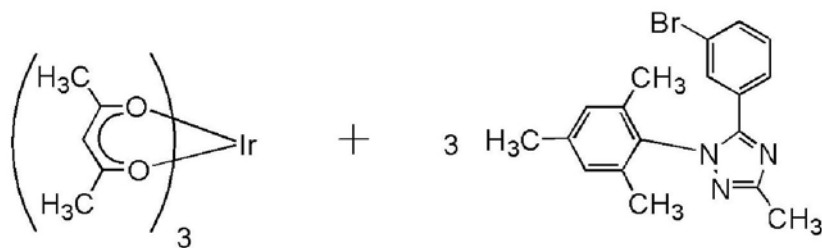
[1268] 接着,将13g(70mmol)的2,5,6-三甲基苯基胍盐酸盐及140mL的四氯化碳放入到500mL的三口烧瓶中,对该混合物添加14g(140mmol)的三乙胺(Et₃N),在室温下搅拌1小时。然后,添加在上述步骤1中合成的19g(70mmol)的N-(1-乙氧基乙烯基)-3-溴苯甲酰胺,在氮气流下在室温下搅拌17小时,并使其起反应。在起反应之后,对所得到的反应溶液添加水,

利用氯仿对水层进行萃取。将得到的萃取溶液和有机层合并,使用水及饱和食盐水进行洗涤。对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩滤液而得到油状物。通过硅胶柱层析法使所得到的油状物纯化。作为展开溶剂,首先使用二氯甲烷,然后使用二氯甲烷:乙酸乙酯=9:1 (v:v) 的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,以65%的收率得到16g的黄色油状物。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的黄色油状物为5-(3-溴苯基)-1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑。如下式子 (b-8) 示出步骤2的合成方案。

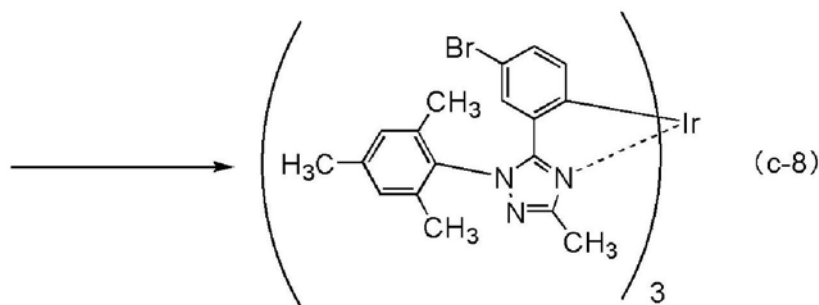


[1270] 《步骤3:三[3-溴-2-{1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑-5-基- κN^4 }苯基- κC]铱 (III) 的合成》

[1271] 接着,将通过步骤2得到的5-(3-溴苯基)-1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑中的5.2g (14mmol) 及1.4g (2.9mmol) 的三(乙酰丙酮)铱 (III) 放入到安装有三通旋塞的反应容器中,以250℃进行42小时的加热并使其起反应。在起反应之后,通过硅胶柱层析法使所得到的反应混合物纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:乙酸乙酯=40:1 (v:v) 的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使该固体再结晶,以22%的收率得到0.77g的黄色固体。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的黄色固体为三[3-溴-2-{1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑-5-基- κN^4 }苯基- κC]铱 (III)。如下式子 (c-8) 示出步骤3的合成方案。

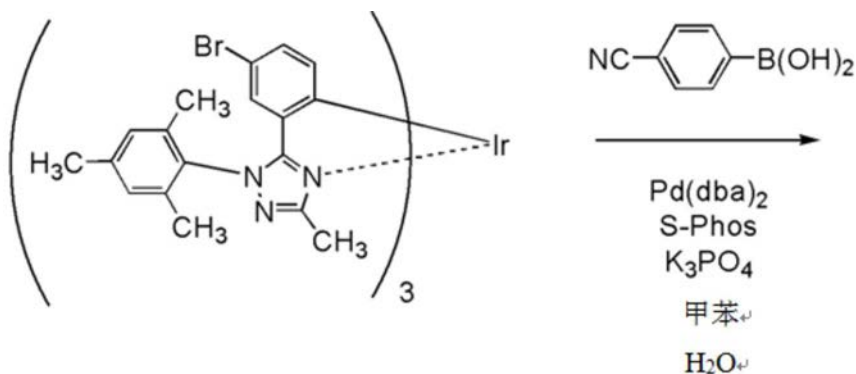


[1272]

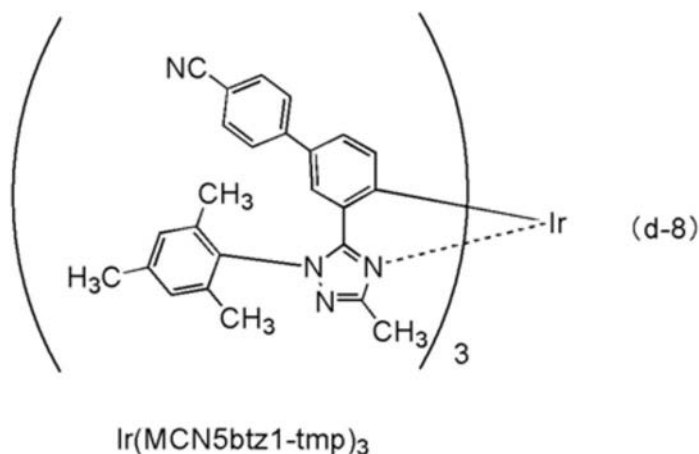


[1273] 《步骤4:三{4'-氰基-3-[3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基- κN^4]-1,1'-联苯-4-基- κC }铱 (III) (简称:Ir (MCN5btz1-tmp)₃) 的合成》

[1274] 接着,通过步骤3得到的三[3-溴-2-{1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑-5-基- κ^4 }苯基- κ^C]铱(III)中的0.76g(0.61mmol)、0.54g(3.67mmol)的4-氰基苯基硼酸、68mg(0.15mmol)的2-二环己基磷基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos)及0.59g(0.15mmol)的磷酸钾放入到100mL的三口烧瓶中,对该混合物添加40mL的甲苯及5mL的水,并对该烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加42mg(0.073mmol)的双(二亚苄基丙酮)钯(0),以90℃加热18小时。再者,对该混合物添加64mg(0.15mmol)的2-二环己基磷基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos)及42mg(0.073mmol)的双(二亚苄基丙酮)钯(0),以90℃进行3.5小时的加热搅拌。然后,将得到的萃取溶液和有机层合并,使用甲苯对水层进行萃取,使用水和饱和食盐水进行洗涤。对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩滤液而得到固体。通过硅胶柱层析法使该固体纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:乙酸乙酯=10:1(v:v)的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使该固体再结晶,以18%的收率得到0.146g的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为三{4'-氰基-3-[3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基- κ^4]-1,1'-联苯-4-基- κ^C }铱(III)(简称:Ir(MCN5btz1-tmp)₃)。如下式子(d-8)示出步骤4的合成方案。



[1275]



[1276] 利用核磁共振法(NMR)对通过上述步骤4得到的黄色固体的质子(¹H)进行了测量。以下示出所得到的值。图81示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例10中得到了以上述结构式(130)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir(MCN5btz1-tmp)₃。

[1277] ¹H-NMR δ (CDCl₃): 1.8(s, 9H), 2.15(s, 9H), 2.17(s, 9H), 2.44(s, 9H), 6.62(d, 3H), 6.67(d, 3H), 6.97(dd, 3H), 7.08(s, 3H), 7.15(s, 3H), 7.21(d, 6H), 7.51(d, 6H)。

[1278] <Ir(MCN5btz1-tmp)₃的特性>

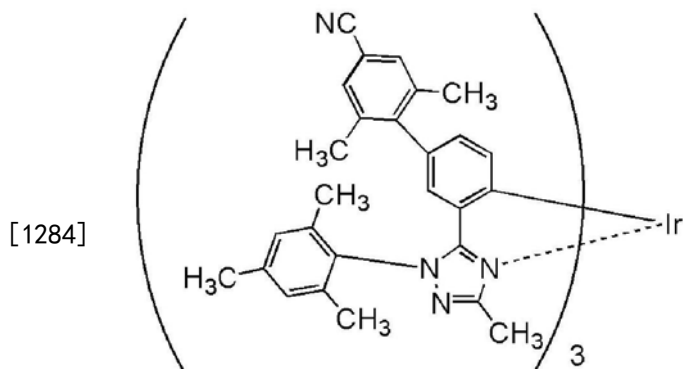
[1279] 接着,对Ir(MCN5btz1-tmp)₃的二氯甲烷溶液(0.0029mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图82示出得到的吸收光谱及发射光谱的测量结果。横轴表示波长,纵轴表示吸收强度及发光强度。另外,图82所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液放在石英皿中而测量的吸收光谱减去只将二氯甲烷放在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[1280] 如图82所示,从Ir(MCN5btz1-tmp)₃的二氯甲烷溶液观察到在506nm及541nm处具有发光峰值的绿色发光。

[1281] 实施例14

[1282] <合成实例11>

[1283] 在本实施例中,具体地例示出对在实施方式2中以结构式(131)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三{4'-氰基-2',6'-二甲基-3-[3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基-κN⁴]-1,1'-联苯-4-基-κC}铱(III)(简称:Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃)的合成实例。下面示出Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃的结构。

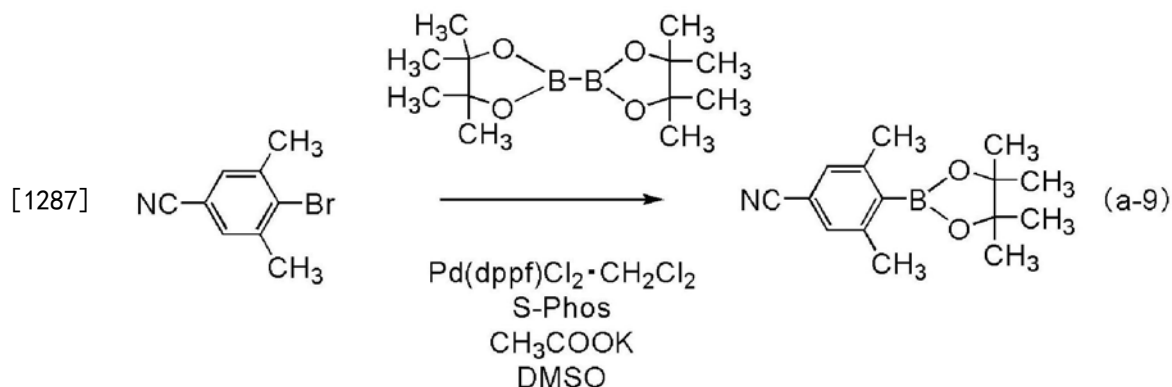


Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃

[1285] 《步骤1:4-氰基-2,6-二甲基苯基硼酸片呐醇酯的合成》

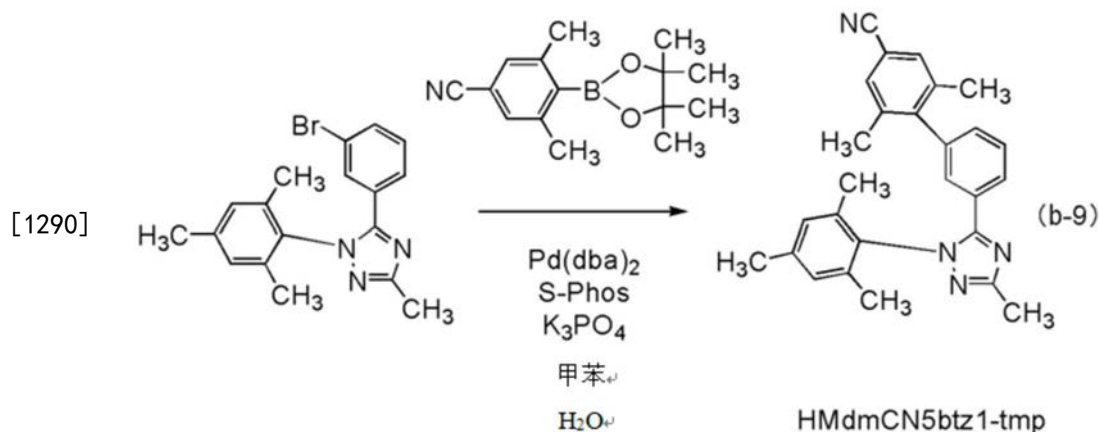
[1286] 首先,将5.0g(24mmol)的4-溴-3,5-二甲基苯腈、7.3g(29mmol)的双(戊酰)二硼、8.4g(86mmol)的乙酸钾及120mL的二甲亚砜(DMSO)放入到三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加0.20g(0.24mmol)的[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]钯(II)二氯甲烷加成物及0.20g(0.48mmol)的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos),以90℃进行7小时的加热搅拌。然后,还对该混合物添加0.20g(0.24mmol)的[1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁]钯(II)二氯甲烷加成物、0.20g(0.48mmol)的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos)及3.5g(14mmol)的双(戊酰)二硼,以100℃进行17小时的加热搅拌并使其起反应。对获得的反应溶液添加水,使有机层和水层分离,并使用甲苯对水层进行萃取。使用水及饱和食盐水对有机层及萃取溶液的混合溶液进行洗涤,并对该混合溶液添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到固体。通过快速柱层析法使该固体纯化。作为展开溶剂,首先使用甲苯:乙酸乙酯=10:1(v:v)的混合溶剂,接着使用甲苯:乙酸乙酯=5:1(v:v)的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。使用甲苯及己烷对该固体进行洗涤,以57%的收率得到3.5g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为4-氰基-2,6-二甲基苯基硼酸片呐醇酯。如下式子(a-9)示出步骤1的合成方

案。



[1288] 《步骤2:5-(4'-氰基-2',6'-二甲基-1,1'-联苯-3-基)-3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑(简称:HMdmCN5btz1-tmp)的合成》

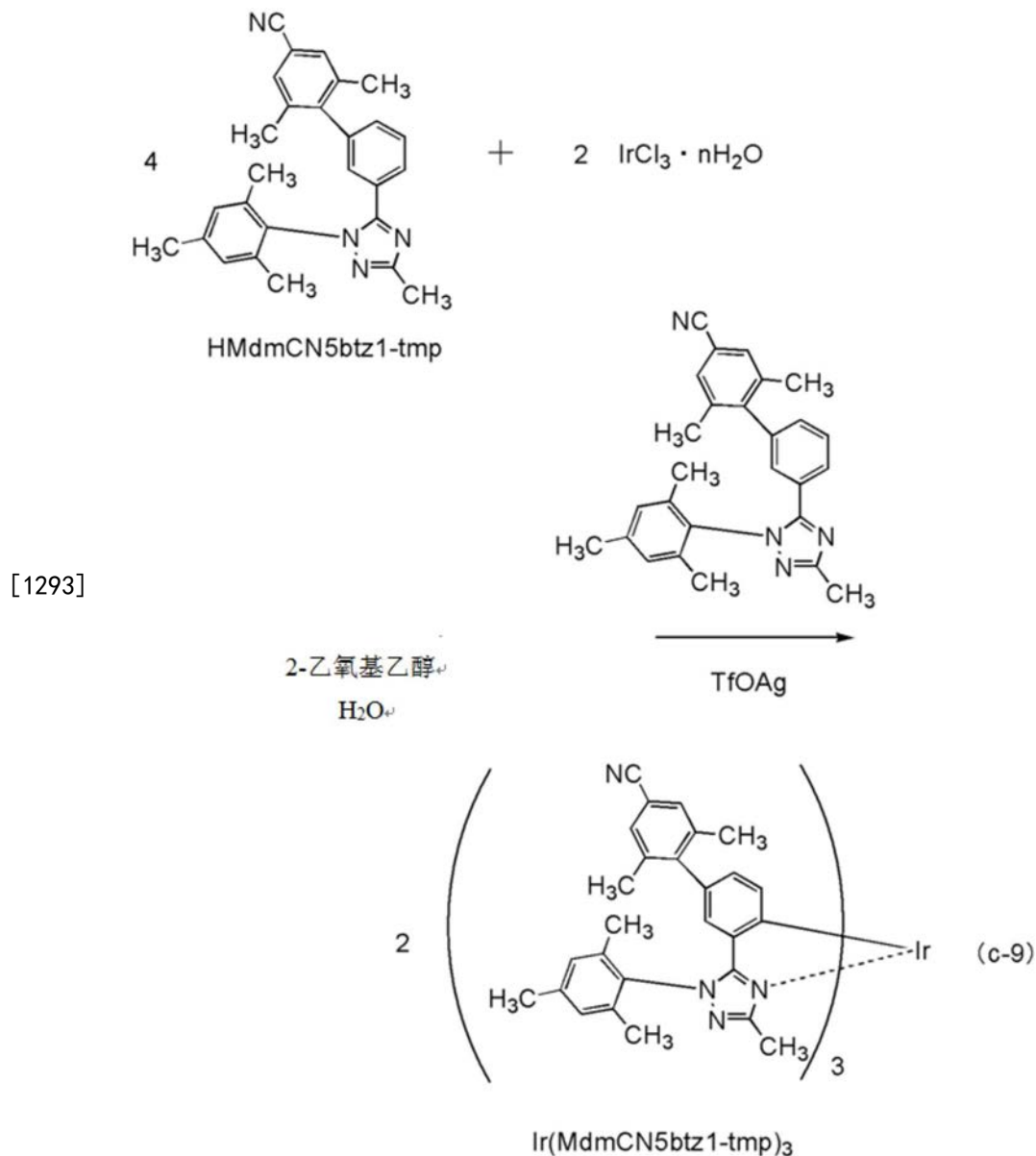
[1289] 接着,通过上述合成实例10的步骤2得到的4.0g (11mmol)的5-(3-溴苯基)-1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑、通过上述步骤1得到的3.2g (12mmol)的4-氰基-2,6-二甲基苯基硼酸片呐醇酯、4.1g (20mmol)的磷酸钾、75mL的甲苯及7mL的水放入到三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加0.26g (0.45mmol)的双(二亚苄基丙酮)钯(0)及0.37g (0.90mmol)的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos),以90℃进行7.5小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将得到的反应溶液分离为有机层和水层,使用甲苯对水层进行萃取,将萃取溶液和有机层合并,使用水和饱和食盐水进行洗涤。对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥,对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩滤液而得到油状物。通过快速柱层析法使该油状物纯化。作为展开溶剂使用甲苯,然后添加乙酸乙酯来提高极性,以使甲苯和乙酸乙酯的比例为4:1。浓缩所得到的馏分,而得到固体。使用乙醇对该固体进行洗涤,以85%的收率获得3.9g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为5-(4'-氰基-2',6'-二甲基-1,1'-联苯-3-基)-3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑(简称:HMdmCN5btz1-tmp)。如下式子(b-9)示出步骤2的合成方案。



[1291] 《步骤3:三{4'-氰基-2',6'-二甲基-3-[3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基-κN⁴]-1,1'-联苯-4-基-κC}铱(III)(简称:Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃)的合成》

[1292] 接着,将通过上述步骤2得到的配体的HMdmCN5btz1-tmp中的1.0g (2.5mmol)、0.33g (1.1mmol)的氯化铱水合物、15mL的2-乙氧基乙醇及5mL的水放入到50mL茄形烧瓶中,对烧瓶进行氩气置换。通过在100W、100℃的条件下对该烧瓶进行1小时的微波照射来加热,

并使其起反应。在起反应之后,浓缩所得到的反应溶液而得到黄色油状物。对该油状物添加 0.58g (2.2mmol) 的三氟甲基磺酸银、作为配体的HMdmCN5btz1-tmp中的 2.28g (5.61mmol), 对烧瓶进行氮气置换,以165℃进行23小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将所得到的反应混合物溶解于二氯甲烷中,进行抽滤而去除不溶固体。通过硅胶柱层析法使得到的滤液纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:乙酸乙酯=5:1 (v:v) 的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使该固体再结晶,以0.5%的收率得到8mg的黄色固体。利用核磁共振法 (NMR) 确认到得到的黄色固体为三{4'-氰基-2',6'-二甲基-3-[3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基-κN⁴]-1,1'-联苯-4-基-κC} 铱 (III) (简称:Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃)。如下式子 (c-9) 示出步骤3的合成方案。



[1294] 利用核磁共振法 (NMR) 对通过上述步骤3得到的黄色固体的质子 (¹H) 进行了测量。以下示出所得到的值。图83示出¹H-NMR谱。由此可知,在本合成实例11中得到了以上述结构式 (131) 表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃。

[1295] ¹H-NMRδ (CD₂Cl₂): 1.71 (s, 9H), 1.86 (s, 9H), 1.90 (s, 9H), 2.10 (s, 9H), 2.12 (s,

9H), 2.28 (s, 9H), 6.19 (d, 3H), 6.44 (dd, 3H), 6.70 (d, 3H), 6.95 (s, 3H), 7.00 (s, 3H), 7.25 (s, 6H)。

[1296] <Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的特性>

[1297] 接着,对Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的二氯甲烷溶液(0.014mmol/L)的吸收光谱及发射光谱进行测量。吸收光谱及发射光谱的测量方法与实施例1同样。图84示出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。另外,图84所示的吸收光谱表示从将二氯甲烷溶液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。

[1298] 如图84所示,从Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的二氯甲烷溶液观察到在462nm及490nm处具有发光峰值的蓝色发光。

[1299] 接着,通过循环伏安(CV)测量对Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C)。在氧化反应特性中,对将Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃溶解于氯仿的溶液进行测量,在还原反应特性中,对将Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃溶解于N,N-二甲基甲酰胺(简称:DMF)的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出HOMO能级及LUMO能级。

[1300] 由CV测量的结果可知,Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的氧化电位为0.72V,还原电位为-2.70V。另外,根据CV测量算出的Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的HOMO能级为-5.66eV,LUMO能级为-2.24eV。

[1301] 实施例15

[1302] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件8至发光元件11)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表9示出元件结构的详细内容。此外,所使用的化合物的结构及简称可以参照上述实施例。

[1303] [表9]

[1304]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
发光 元件 8	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160 (2)	10	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (pim-diBuCNp) ₃	0.6:0.4:0.125
		160 (1)	30	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (pim-diBuCNp) ₃	0.2:0.8:0.125
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	70	ITSO	-	
发光 元件 9	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	35DCzPPy	-
	发光层	160	40	35DCzPPy:PCCP: Ir (pim-diBuCNp) ₃	0.6:0.4:0.125
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-
发光 元件 10	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160 (2)	10	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mpptz-dmCNp) ₃	0.8:0.2:0.125
		160 (1)	30	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mpptz-dmCNp) ₃	0.4:0.6:0.125
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5

[1305]	发光 元件 11	电极	101	70	ITSO	-
		电极	102	200	Al	-
		电子注入层	119	1	LiF	-
		电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
			118 (1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
		发光层	160 (2)	10	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mpptz-tm5CNp) ₃	0.8:0.2:0.125
			160 (1)	30	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mpptz-tm5CNp) ₃	0.6:0.4:0.125
		空穴传输层	112	20	PCCP	-
空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5		
电极	101	70	ITSO	-		

[1306] <发光元件的制造>

[1307] 《发光元件8的制造》

[1308] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[1309] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[1310] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[1311] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir(pim-diBuCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(pim-diBuCNp)₃)为0.2:0.8:0.125且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir(pim-diBuCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(pim-diBuCNp)₃)为0.6:0.4:0.125且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir(pim-diBuCNp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1312] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1313] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1314] 接着,在氮气气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件8。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件8。

[1315] 《发光元件9的制造》

[1316] 发光元件9与上述发光元件8之间的不同之处只在于发光层160及电子传输层118的形成工序。其他工序与发光元件8相同。

[1317] 作为发光元件9的发光层160,以35DCzPPy、PCCP与Ir(pim-diBuCNp)₃的重量比(35DCzPPy:PCCP:Ir(pim-diBuCNp)₃)为0.6:0.4:0.125且厚度为40nm的方式进行共蒸镀。

在发光层160中,35DczPPy对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (pim-diBuCNp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1318] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀35DCzPPy并以15nm的厚度蒸镀BPhen。

[1319] 《发光元件10的制造》

[1320] 发光元件10与上述发光元件8之间的不同之处只在于发光层160的形成工序。其他工序与发光元件8相同。

[1321] 作为发光元件10的发光层160,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-dmCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-dmCNp)₃)为0.4:0.6:0.125且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-dmCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-dmCNp)₃)为0.8:0.2:0.125且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (mpptz-dmCNp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1322] 《发光元件11的制造》

[1323] 发光元件11与上述发光元件8之间的不同之处只在于发光层160的形成工序。其他工序与发光元件8相同。

[1324] 作为发光元件11的发光层160,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-tmCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-tmCNp)₃)为0.6:0.4:0.125且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mpptz-tmCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mpptz-diBuCNp)₃)为0.8:0.2:0.125且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (mpptz-tmCNp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1325] <发光元件的特性>

[1326] 图85示出所制造的发光元件8至发光元件11的电流效率-亮度特性。图86示出亮度-电压特性。图87示出外部量子效率-亮度特性。图88示出电力效率-亮度特性。各发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1327] 另外,表10示出1000cd/m²附近的发光元件8至发光元件11的元件特性。

[1328] [表10]

[1329]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率(%)
发光元 件 8	4.0	1.2	(0.23, 0.55)	780	66	52	23
发光元 件 9	5.0	1.1	(0.23, 0.57)	1000	93	58	32
发光元 件 10	3.3	1.1	(0.21, 0.50)	860	79	75	31
发光元 件 11	3.3	1.4	(0.21, 0.48)	1000	76	72	29

[1330] 另外,图89示出当以 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度使电流流过发光元件8至发光元件11中的发射光谱。

[1331] 如图85至图88以及表10所示,发光元件8至发光元件11具有高发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件8、发光元件9、发光元件10及发光元件11的外部量子效率的最大值分别为25%、32%、31%及30%,这是优异的数值。

[1332] 另外,如图89所示,发光元件8、发光元件9、发光元件10及发光元件11呈现电致发射光谱的峰值波长分别为498nm、502nm、488nm及485nm且半峰全宽分别为70nm、67nm、64nm及77nm的蓝色发光。也就是说,通过将作为配体具有包含氰基的芳基的铱配合物用作客体材料,可以制造具有高发光效率的蓝色发光元件。

[1333] 此外,如图85至图88以及表10所示,与发光元件9相比,发光元件8、发光元件10及发光元件11在较低的驱动电压下驱动。

[1334] 如上述实施例所示,在发光元件8、发光元件10及发光元件11中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的LUMO能级,并且,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)能够形成激基复合物。因此,发光元件8、发光元件10及发光元件11具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1335] 另外,根据上述实施例所示的 $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 的吸收光谱(图64)、 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 的吸收光谱(图67)以及 $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 的吸收光谱(图70)算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是, $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 的吸收端为484nm,其迁移能量为 2.56eV 。此外, $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 的吸收端为475nm,其迁移能量为 2.61eV 。此外, $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 的吸收端为474nm,其迁移能量为 2.62eV 。

[1336] 此外,如上述实施例所示,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)的三重态激发能级(T1能级)分别为 2.70eV 及 2.66eV ,其高于根据客体材料的吸收光谱的吸收端而得到的迁移能量。因此,用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)具有被用作主体材料时足够高的三重态激发能级(T1能级)。

[1337] 另外,关于根据CV测量结果而算出的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差, $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 为 2.81eV , $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 为 2.91eV , $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 为 3.03eV 。

[1338] 因此,在 $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 、 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 及 $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差分别比根据吸收端而算出的迁移能量大 0.25eV 、 0.30eV 及 0.41eV 。

[1339] 另外,由于图89所示的发光元件8、发光元件10及发光元件11的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长分别为498nm、488nm及485nm,所以 $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 、 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 及 $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 的发光能量分别为 2.49eV 、 2.54eV 及 2.56eV 。

[1340] 因此,在 $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 、 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 及 $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差分别比发光能量大 0.32eV 、 0.37eV 及 0.47eV 。

[1341] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差大于根据吸收端而算出的迁移能量,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能

量大0.3eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[1342] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

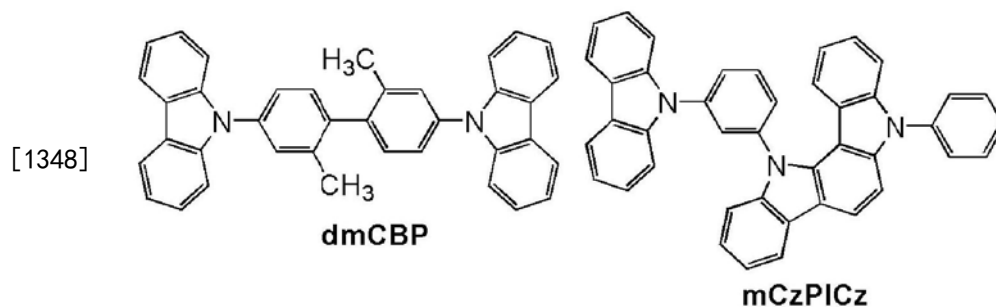
[1343] 另外,根据表3,发光元件8、发光元件10及发光元件11中的主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级之间的能量差为2.75eV。也就是说,在发光元件8、发光元件10及发光元件11中,相当于主体材料的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(Ir(pim-diBuCNp)₃、Ir(mpptz-dmCNp)₃及Ir(mpptz-tm5CNp)₃)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差(分别为2.81eV、2.91eV及3.03eV)且大于根据吸收端而算出的迁移能量(分别为2.56eV、2.61eV及2.62eV)。因此,在发光元件8、发光元件10及发光元件11中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1344] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高的呈现蓝色发光的发光元件。

[1345] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1346] 实施例16

[1347] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件12及发光元件13)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表11示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例。



[1349] [表11]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
[1350]	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160 (2)	10	4, 6mCzP2Pm:mCzPICz: Ir (mp5CNptz-diPrp) ₃	0.8:0.2:0.125
		160 (1)	30	4, 6mCzP2Pm:mCzPICz: Ir (mp5CNptz-diPrp) ₃	0.6:0.4:0.125
	空穴传输层	112	20	dmCBP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	70	ITSO	-	
[1351]	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160	40	4, 6mCzP2Pm:mCzPICz: Ir (mpdCNptz-diPrp) ₃	0.8:0.2:0.125
	空穴传输层	112	20	dmCBP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[1351] <发光元件的制造>

[1352] 《发光元件12的制造》

[1353] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm² (2mm×2mm)。

[1354] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[1355] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀4-4'-双(9-咔唑)-2,2'-二甲基联苯(简称:dmCBP)。

[1356] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、12-[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]-5,12-二氢-5-苯基-吡啶[3,2-a]咔唑(简称:mCzPICz)与Ir (mp5CNptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir (mp5CNptz-diPrp)₃)为0.6:0.4:0.125且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、mCzPICz与Ir (mp5CNptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir (mp5CNptz-diPrp)₃)为0.8:0.2:0.125且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,mCzPICz对应于第二有机化合物,Ir (mp5CNptz-diPrp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1357] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀

氟化锂 (LiF)。

[1358] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝 (Al)。

[1359] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件12。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件12。

[1360] 《发光元件13的制造》

[1361] 发光元件13与上述发光元件12之间的不同之处只在于发光层160的形成工序。其他工序与发光元件12相同。

[1362] 作为发光元件13的发光层160,以4,6mCzP2Pm、mCzPICz与Ir (mpdCNptz-diPrP)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir (mpdCNptz-diPrP)₃)为0.8:0.2:0.125且厚度为40nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,mCzPICz对应于第二有机化合物,Ir (mpdCNptz-diPrP)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1363] <主体材料的发射光谱>

[1364] 在此,图90示出所制造的上述发光元件(发光元件12及发光元件13)中用作主体材料(第一有机化合物及第二有机化合物)的4,6mCzP2Pm的薄膜、mCzPICz的薄膜、4,6mCzP2Pm与mCzPICz的混合薄膜的发射光谱的测量结果。

[1365] 为了测量上述发射光谱,通过真空蒸镀法在石英衬底上形成薄膜样品。在测量发射光谱时,利用PL-EL测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造)并在室温(保持为23℃的气氛)下进行测量。此外,薄膜的厚度为50nm。混合薄膜中的两种化合物的混合比(4,6mCzP2Pm:mCzPICz)为1:1。

[1366] 如图90所示,4,6mCzP2Pm与mCzPICz的混合薄膜的发射光谱的峰值波长为477nm,这是与峰值波长为440nm的4,6mCzP2Pm以及峰值波长为372nm的mCzPICz的发射光谱不同的结果。如下面所说明,4,6mCzP2Pm的LUMO能级比mCzPICz的LUMO能级低,而mCzPICz的HOMO能级比4,6mCzP2Pm的HOMO能级高。此外,4,6mCzP2Pm与mCzPICz的混合薄膜的发光具有大概相当于4,6mCzP2Pm的LUMO能级与mCzPICz的HOMO能级之间的能量差的能量,并且该混合薄膜所呈现的发光的波长比4,6mCzP2Pm及mCzPICz的发光的波长较长(低能量),因此可以说该混合薄膜的发光是起因于两种化合物所形成的激基复合物的发光。也就是说,4,6mCzP2Pm与mCzPICz的组合可以形成激基复合物,并且通过使用4,6mCzP2Pm和mCzPICz作为主体材料可以制造利用ExTET的发光元件。

[1367] 另外,如图73及图76所示,Ir (mp5CNptz-diPrp)₃及Ir (mpdCNptz-diPrp)₃的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一侧)的吸收带位于450nm附近,其具有与4,6mCzP2Pm和mCzPICz所形成的激基复合物所呈现的发射光谱重叠的区域。因此,包含4,6mCzP2Pm和mCzPICz作为主体材料的发光元件能够有效地将激发能转移到客体材料。

[1368] 如上所述,发光元件12及发光元件13具有第一有机化合物的4,6mCzP2Pm及第二有机化合物的mCzPICz作为主体材料,其中,第一有机化合物与第二有机化合物的组合形成激基复合物。

[1369] 接着,测量用作主体材料的第二有机化合物(mCzPICz)的三重态激发能级(T1能级)。第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的三重态激发能级(T1能级)是如上述实施例4所示的。

[1370] 在测量三重态激发能级时,对化合物的薄膜样品进行磷光发光测量。在该测量中,

利用显微PL装置LabRAM HR-PL(由日本堀场制作所制造),将测量温度设定为10K,作为激发光使用He-Cd激光(325nm),作为检测器使用CCD检测器。根据通过上述测量而得到的磷光光谱中的最短波长一侧的峰值算出三重态激发能级(T1能级)。

[1371] 第二有机化合物(mCzPICz)的磷光发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长为441nm,其三重态激发能级(T1能级)为2.81eV。另外,如实施例4所示,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的磷光发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长为459nm,其三重态激发能级(T1能级)为2.70eV。

[1372] 此外,4,6mCzP2Pm及mCzPICz的磷光发射光谱的最短波长一侧的峰值波长比图90所示的4,6mCzP2Pm与mCzPICz所形成的激基复合物的发射光谱的最短波长一侧的峰值波长更短。激基复合物具有其单重态激发能级(S1能级)与三重态激发能级(T1能级)之间的能量差小的特征,因此,根据发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长能够得到激基复合物的三重态激发能级(T1能级)。也就是说,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz)的三重态激发能级(T1能级)高于激基复合物的三重态激发能级(T1能级)。

[1373] 此外,如下面所示,4,6mCzP2Pm及mCzPICz的三重态激发能级(T1能级)高于根据吸收光谱的吸收端而得到的客体材料的迁移能量。

[1374] 由此,在本实施例中用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz)具有被用作主体材料时足够高的三重态激发能级(T1能级)。

[1375] <发光元件的特性>

[1376] 图91示出所制造的发光元件12及发光元件13的电流效率-亮度特性。图92示出亮度-电压特性。图93示出外部量子效率-亮度特性。图94示出电力效率-亮度特性。各发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1377] 另外,表12示出1000cd/m²附近的发光元件12及发光元件13的元件特性。

[1378] [表12]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1379] 发光元件 12	3.2	1.8	(0.16, 0.28)	840	47	46	26
发光元件 13	3.3	1.9	(0.18, 0.38)	1100	59	57	27

[1380] 另外,图95示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件12及发光元件13中时的发射光谱。

[1381] 如图91至图94以及表12所示,发光元件12及发光元件13具有高发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件12及发光元件13的外部量子效率的最大值分别为26%及28%,这是优异的数值。

[1382] 另外,如图95所示,发光元件12及发光元件13呈现电致发射光谱的峰值波长分别为464nm及471nm且半峰全宽分别为60nm及70nm的色纯度高的蓝色发光。也就是说,通过将作为配体具有包含氰基的芳基的铱配合物用作客体材料,可以制造具有高发光效率的蓝色发光元件。

[1383] 此外,如图91至图94以及表12所示,发光元件12及发光元件13在较低的驱动电压

下驱动。

[1384] <CV测量结果>

[1385] 在此,通过循环伏安(CV:cyclic voltammetry)测量对用作上述发光元件的主体材料的化合物(mCzPICz)的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C),对该化合物(mCzPICz)溶解于DMF而成的溶液进行测量。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[1386] 根据CV测量结果而得到的mCzPICz的氧化电位为0.68V,其还原电位为-3.00V,因此,通过CV测量而算出的mCzPICz的HOMO能级为-5.62eV,其LUMO能级为-1.95eV。此外,4,6mCzP2Pm以及客体材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)₃及Ir(mpdCNptz-diPrp)₃)的HOMO能级及LUMO能级可以参照上述实施例。

[1387] 如上所述,在发光元件12及发光元件13中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(mCzPICz)的LUMO能级,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(mCzPICz)的HOMO能级,客体材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)₃及Ir(mpdCNptz-diPrp)₃)的LUMO能级高于第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级,并且,客体材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)₃及Ir(mpdCNptz-diPrp)₃)的HOMO能级低于第二有机化合物(mCzPICz)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz)能够形成激基复合物。因此,发光元件12及发光元件13具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1388] 另外,根据上述实施例所示的Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的吸收光谱(图73)以及Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的吸收光谱(图76)算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,Ir(mp5CNptz-diPrp)₃的吸收端为467nm,其迁移能量为2.65eV。此外,Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的吸收端为466nm,其迁移能量为2.66eV。

[1389] 另一方面,关于根据CV测量结果而算出的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差,Ir(mp5CNptz-diPrp)₃为3.55eV,而Ir(mpdCNptz-diPrp)₃为3.25eV以上。

[1390] 因此,在Ir(mp5CNptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.9eV。在Ir(mpdCNptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.59eV以上。

[1391] 另外,由于图95所示的发光元件12及发光元件13的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长分别为464nm及471nm,所以Ir(mp5CNptz-diPrp)₃及Ir(mpdCNptz-diPrp)₃的发光能量分别为2.67eV及2.63eV。

[1392] 因此,在Ir(mp5CNptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.88eV。在Ir(mpdCNptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.62eV以上。

[1393] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.4eV以上,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差

比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[1394] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1395] 另外,发光元件12及发光元件13中的主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(mCzPICz)的HOMO能级之间的能量差为2.74eV。也就是说,在发光元件12及发光元件13中,相当于主体材料的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(Ir(mp5CNptz-diPrp)₃及Ir(mpdCNptz-diPrp)₃)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差且大于根据吸收端而算出的迁移能量(分别为2.65eV及2.66eV)。因此,在发光元件12及发光元件13中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1396] 如上所述,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,并且,第一有机化合物与第二有机化合物的组合能够形成激基复合物,由此,可以提供发光效率高且驱动电压低的呈现蓝色发光的发光元件。此外,作为本构成中的客体材料,优选使用包含氰基的铱配合物。

[1397] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高的呈现蓝色发光的发光元件。

[1398] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1399] 实施例17

[1400] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件14)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表13示出元件结构的详细内容。此外,所使用的化合物的结构及简称可以参照上述实施例。

[1401] [表13]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
[1402] 发光 元件 14	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
	发光层	160 (2)	10	4, 6mCzP2Pm:PCCP: Ir (mCNpptz-diPrp) ₃	0.8:0.2:0.125
		160 (1)	30	4, 6mCzP2Pm:PCCP:	0.4:0.6:0.125

[1403]				Ir (mCNpptz-diPrp) ₃	
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[1404] <发光元件14的制造>

[1405] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[1406] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[1407] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[1408] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mCNpptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mCNpptz-diPrp)₃)为0.4:0.6:0.125且厚度为30nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir (mCNpptz-diPrp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir (mCNpptz-diPrp)₃)为0.8:0.2:0.125且厚度为10nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir (mCNpptz-diPrp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1409] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1410] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1411] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件14。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件14。

[1412] <发光元件的特性>

[1413] 图96示出所制造的发光元件14的电流效率-亮度特性。图97示出亮度-电压特性。图98示出外部量子效率-亮度特性。图99示出电力效率-亮度特性。发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1414] 另外,表14示出1000cd/m²附近的发光元件14的元件特性。

[1415] [表14]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1416] 发光元件 14	3.4	1.4	(0.20, 0.46)	900	66	61	26

[1417] 另外,图100示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件14中时的发射光谱。

[1418] 如图96至图99以及表14所示,发光元件14具有高发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件14的外部量子效率的最大值为27%,这是优异的数值。另外,如图100所示,发光元件14呈现电致发射光谱的峰值波长为490nm且半峰全宽为70nm的蓝色发光。也

就是说,通过将作为配体具有包含氰基的芳基的铱配合物用作客体材料,可以制造具有高发光效率的蓝色发光元件。

[1419] 此外,如图96至图99以及表14所示,发光元件14在较低的驱动电压下驱动。

[1420] 如上述实施例所示,在发光元件14中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的LUMO能级,并且,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)能够形成激基复合物。因此,发光元件14具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1421] 另外,根据上述实施例所示的Ir(mCNpptz-diPrp)₃的吸收光谱(图79)算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,Ir(mCNpptz-diPrp)₃的吸收端为472nm,其迁移能量为2.63eV。

[1422] 此外,如上述实施例所示,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)的三重态激发能级(T1能级)分别为2.70eV及2.66eV,其高于根据客体材料的吸收光谱的吸收端而得到的迁移能量。因此,用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)具有被用作主体材料时足够高的三重态激发能级(T1能级)。

[1423] 另外,根据CV测量结果而算出的Ir(mCNpptz-diPrp)₃的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差为2.99eV。

[1424] 因此,在Ir(mCNpptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.36eV。

[1425] 另外,由于图100所示的发光元件14的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长为490nm,所以Ir(mCNpptz-diPrp)₃的发光能量为2.53eV。

[1426] 因此,在Ir(mCNpptz-diPrp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.46eV。

[1427] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.3eV以上,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[1428] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1429] 另外,根据表3,发光元件14中的主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级之间的能量差为2.75eV。也就是说,在发光元件14中,相当于主体材料的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(Ir(mCNpptz-diPrp)₃)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差(2.99eV)且大于根据吸收端而算出的迁移能量(2.63eV)。因此,在发光元件14中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1430] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高的呈现蓝色发光的发光元

件。

[1431] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1432] 实施例18

[1433] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件15)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表15示出元件结构的详细内容。此外,所使用的化合物的结构及简称可以参照上述实施例。

[1434] [表15]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
[1435]	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	30	4,6mCzP2Pm	-
	发光层	160	22	4,6mCzP2Pm:mCzPICz: Ir (MdmCN5btz1-tmp) ₃	0.4:0.6:0.125
	空穴传输层	112	20	dmCBP	-
[1436]	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITSO	-

[1437] <发光元件15的制造>

[1438] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[1439] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[1440] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀dmCBP。

[1441] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、mCzPICz与Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃)为0.4:0.6:0.125且厚度为22nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,mCzPICz对应于第二有机化合物,Ir (MdmCN5btz1-tmp)₃对应于客体材料(磷光化合物)。

[1442] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以30nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1443] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1444] 接着,在氮气气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件15。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件15。

[1445] <发光元件的特性>

[1446] 图101示出所制造的发光元件15的电流效率-亮度特性。图102示出亮度-电压特性。图103示出外部量子效率-亮度特性。图104示出电力效率-亮度特性。发光元件的测量在

室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1447] 另外,表16示出1000cd/m²附近的发光元件15的元件特性。

[1448] [表16]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1449] 发光元 件 15	3.2	1.9	(0.16, 0.28)	1000	53	52	30

[1450] 另外,图105示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件15中时的发射光谱。

[1451] 如图101至图104以及表16所示,发光元件15具有高发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件15的外部量子效率的最大值为31%,这是优异的数值。

[1452] 另外,如图105所示,发光元件15呈现电致发射光谱的峰值波长为464nm且半峰全宽为55nm的色纯度高的蓝色发光。也就是说,通过将作为配体具有包含氰基的芳基的铱配合物用作客体材料,可以制造具有高发光效率的蓝色发光元件。

[1453] 此外,如图101至图104以及表16所示,发光元件15在较低的驱动电压下驱动。

[1454] 如上述实施例所示,在发光元件15中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(mCzPICz)的LUMO能级,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(mCzPICz)的HOMO能级,客体材料(Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃)的LUMO能级高于第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级,并且,客体材料(Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃)的HOMO能级低于第二有机化合物(mCzPICz)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz)能够形成激基复合物。因此,发光元件15具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1455] 另外,根据上述实施例所示的Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃的吸收光谱(图82)算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃的吸收端为464nm,其迁移能量为2.67eV。

[1456] 此外,如上述实施例所示,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz)的三重态激发能级(T1能级)分别为2.70eV及2.81eV,其高于根据客体材料的吸收光谱的吸收端而得到的迁移能量。因此,用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzPICz)具有被用作主体材料时足够高的三重态激发能级(T1能级)。

[1457] 另外,根据CV测量结果而算出的Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差为3.42eV。

[1458] 因此,在Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.75eV。

[1459] 另外,由于图105所示的发光元件15的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长为464nm,所以Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃的发光能量为2.67eV。

[1460] 因此,在Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.75eV。

[1461] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.4eV以上,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[1462] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1463] 另外,根据表3,在发光元件15中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(mCzPICz)的HOMO能级(4,6mCzP2Pm和PCCP为主体材料)之间的能量差为2.74eV。也就是说,在发光元件15中,相当于主体材料的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(Ir(MdmCN5btz1-tmp)₃)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差(3.42eV)且大于根据吸收端而算出的迁移能量(2.67eV)。因此,在发光元件15中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

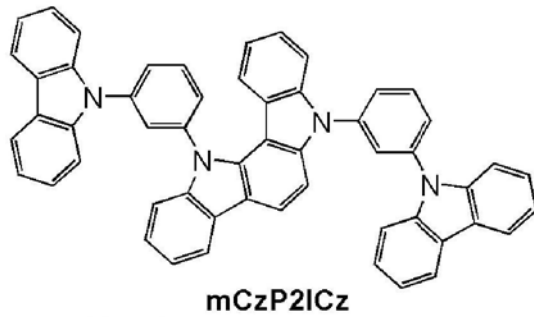
[1464] 如上所述,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,并且,第一有机化合物与第二有机化合物的组合能够形成激基复合物,由此,可以提供发光效率高且驱动电压低的呈现蓝色发光的发光元件。此外,作为本构成中的客体材料,优选使用包含氰基的铱配合物。

[1465] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高的呈现蓝色发光的发光元件。

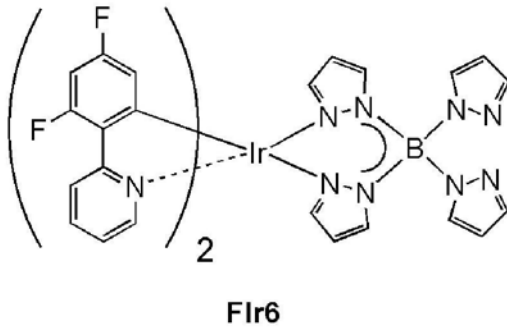
[1466] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1467] 实施例19

[1468] 在本实施例中,示出本发明的一个方式的发光元件(发光元件16)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表17示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例。



[1469]



[1470] [表17]

[1471]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比
发光元 件 16	电极	102	200	Al	-
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118 (2)	15	BPhen	-
		118 (1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	发光层	160	40	4,6mCzP2Pm: mCzP2ICz:FIr6	0.6:0.2:0.2
	空穴传输层	112	20	dmCBP	-
	空穴注入层	111	20	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
电极	101	70	ITSO	-	

[1472] <发光元件16的制造>

[1473] 作为电极101,在衬底200上形成厚度为70nm的ITSO膜。电极101的电极面积为4mm²(2mm×2mm)。

[1474] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为20nm的方式进行共蒸镀。

[1475] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀dmCBP。

[1476] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、5,12-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]-5,12-二氢-吡啶[3,2-a]咪唑(简称:mCzP2ICz)与FIr6的重量比(4,6mCzP2Pm:mCzP2ICz:FIr6)为0.6:0.2:0.2且厚度为40nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,mCzP2Icz对应于第二有机化合物,FIr6对应于客体材料(磷光化合物)。

[1477] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以10nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并

以15nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1478] 接着,作为电极102,在电子注入层119上以200nm的厚度沉积铝(Al)。

[1479] 接着,在氮气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件16。其具体方法与发光元件1相同。通过上述工序得到发光元件16。

[1480] <主体材料的发射光谱>

[1481] 在此,图106示出所制造的上述发光元件16中用作主体材料(第一有机化合物及第二有机化合物)的4,6mCzP2Pm的薄膜、mCzP2ICz的薄膜、4,6mCzP2Pm与mCzP2ICz的混合薄膜的发射光谱的测量结果。

[1482] 为了测量上述发射光谱,通过真空蒸镀法在石英衬底上形成薄膜样品。在测量发射光谱时,利用PL-EL测量装置(由日本滨松光子学株式会社制造)并在室温(保持为23℃的气氛)下进行测量。此外,薄膜的厚度为50nm。混合薄膜中的两种化合物的混合比(第一有机化合物:第二有机化合物)为1:1。

[1483] 如图106所示,4,6mCzP2Pm与mCzP2ICz的混合薄膜的发射光谱的峰值波长为460nm,这是与峰值波长为440nm的4,6mCzP2Pm以及峰值波长为388nm的mCzP2ICz的发射光谱不同的结果。如下面所说明,4,6mCzP2Pm的LUMO能级比mCzP2ICz的LUMO能级低,而mCzP2ICz的HOMO能级比4,6mCzP2Pm的HOMO能级高。此外,4,6mCzP2Pm与mCzP2ICz的混合薄膜的发光具有大概相当于4,6mCzP2Pm的LUMO能级与mCzP2ICz的HOMO能级之间的能量差的能量,并且该混合薄膜所呈现的发光的波长比4,6mCzP2Pm及mCzP2ICz的发光的波长较长(低能量),因此可以说该混合薄膜的发光是起因于两种化合物所形成的激基复合物的发光。也就是说,4,6mCzP2Pm与mCzP2ICz的组合可以形成激基复合物,并且通过使用4,6mCzP2Pm和mCzP2ICz作为主体材料可以制造利用ExTET的发光元件。

[1484] 由此,发光元件16是包含形成激基复合物的第一有机化合物和第二有机化合物作为主体材料的发光元件。

[1485] 另外,如下面所示,FIr6的吸收光谱中的最低能量一侧(长波长一侧)的吸收带具有与4,6mCzP2Pm和mCzP2ICz所形成的激基复合物所呈现的发射光谱重叠的区域。因此,包含4,6mCzP2Pm和mCzP2ICz作为主体材料的发光元件能够有效地将激发能转移到客体材料。

[1486] 接着,测量用作主体材料的mCzP2ICz的三重态激发能级(T1能级)。4,6mCzP2Pm的三重态激发能级(T1能级)是如上述实施例所示的。

[1487] 在测量三重态激发能级时,对化合物的薄膜样品进行磷光发光测量。在该测量中,利用显微PL装置LabRAM HR-PL(由日本堀场制作所制造),将测量温度设定为10K,作为激发光使用He-Cd激光(325nm),作为检测器使用CCD检测器。根据通过上述测量而得到的磷光光谱中的最短波长一侧的峰值算出三重态激发能级(T1能级)。

[1488] mCzP2ICz的磷光发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长为442nm,其三重态激发能级(T1能级)为2.81eV。另外,如上述实施例所示,4,6mCzP2Pm的三重态激发能级(T1能级)为2.70eV。

[1489] 此外,4,6mCzP2Pm及mCzP2ICz的磷光发射光谱的最短波长一侧的峰值波长比图106所示的4,6mCzP2Pm与mCzP2ICz所形成的激基复合物的发射光谱的最短波长一侧的峰值

波长更短。激基复合物具有其单重态激发能级(S1能级)与三重态激发能级(T1能级)之间的能量差小的特征,因此,根据发射光谱中的最短波长一侧的峰值波长能够得到激基复合物的三重态激发能级(T1能级)。也就是说,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzP2ICz)的三重态激发能级(T1能级)高于激基复合物的三重态激发能级(T1能级)。

[1490] 此外,如下面所示,4,6mCzP2Pm及mCzP2ICz的三重态激发能级(T1能级)高于根据吸收光谱的吸收端而得到的FIr6的迁移能量。

[1491] 由此,在本实施例中用作主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzP2ICz)具有被用作主体材料时足够高的三重态激发能级(T1能级)。

[1492] <发光元件的特性>

[1493] 图107示出所制造的发光元件16的电流效率-亮度特性。图108示出亮度-电压特性。图109示出外部量子效率-亮度特性。图110示出电力效率-亮度特性。发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1494] 另外,表18示出1000cd/m²附近的发光元件16的元件特性。

[1495] [表18]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	电流效率 (cd/A)	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1496] 发光元件 16	3.5	2.2	(0.15, 0.25)	980	46	41	29

[1497] 另外,图111示出当以2.5mA/cm²的电流密度使电流流过发光元件16中时的发射光谱。

[1498] 如图107至图110以及表18所示,发光元件16具有高发光效率(电流效率及外部量子效率)。此外,发光元件16的外部量子效率的最大值为30%,这是优异的数值。

[1499] 另外,如图111所示,发光元件16呈现电致发射光谱的峰值波长为458nm且半峰全宽为54nm的色纯度高的蓝色发光。

[1500] 此外,如图107至图110以及表18所示,发光元件16在较低的驱动电压下驱动。

[1501] <CV测量结果>

[1502] 在此,通过循环伏安(CV:cyclic voltammetry)测量对用作上述发光元件的主体材料的第二有机化合物(mCzP2ICz)及客体材料(FIr6)的电化学特性(氧化反应特性及还原反应特性)进行测量。在测量中,使用电化学分析仪(由BAS株式会社(BAS Inc.)制造,ALS型号600A或600C),对将各化合物溶解于DMF而成的溶液测量氧化反应特性及还原反应特性。在测量中,在适当的范围内改变工作电极相对于参考电极的电位,来获得氧化峰值电位以及还原峰值电位。另外,参考电极的氧化还原电位可被估计为-4.94eV,因此,从该数值和所得到的峰值电位可算出各化合物的HOMO能级及LUMO能级。

[1503] 表19示出根据CV测量结果而得到的氧化电位和还原电位以及通过CV测量而算出的各化合物的HOMO能级和LUMO能级。此外,4,6mCzP2Pm的测量值可以参照上述实施例。

[1504] [表19]

简称	氧化电位 (V)	还原电位 (V)	根据氧化电位而算 出的 HOMO 能级 (eV)	根据还原电位而算 出的 LUMO 能级 (eV)
[1505] mCzP2ICz	0.70	-3.03	-5.64	-1.92
4,6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
FIr6	1.18	-2.34	-6.12	-2.61

[1506] 如表19所示,在发光元件16中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(mCzP2ICz)的LUMO能级,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(mCzP2ICz)的HOMO能级,客体材料(FIr6)的LUMO能级高于第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级,并且,客体材料(FIr6)的HOMO能级低于第二有机化合物(mCzP2ICz)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzP2ICz),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(mCzP2ICz)能够形成激基复合物。因此,发光元件16具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1507] <客体材料的吸收光谱>

[1508] 接下来,图112示出上述发光元件所使用的客体材料的FIr6的吸收光谱的测量结果。

[1509] 在该吸收光谱的测量中,制造溶解有FIr6的二氯甲烷溶液,并利用石英皿来测量吸收光谱。在该吸收光谱的测量中,利用紫外可见分光光度计(由日本分光株式会社制造的V550型)。从所测量出的样品的光谱减去石英皿的吸收光谱。

[1510] 接着,根据所测量出的吸收光谱的数据算出吸收端,而估计在假设直接迁移时的迁移能量。其结果是,FIr6的吸收端为454nm,其迁移能量为2.73eV。

[1511] 另一方面,根据表19所示的CV测量结果而算出的FIr6的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差为3.52eV。

[1512] 因此,在FIr6中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.79eV。

[1513] 另外,由于图111所示的发光元件16的电致发射光谱的最短波长一侧的峰值波长为458nm,所以FIr6的发光能量为2.70eV。

[1514] 因此,在FIr6中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.82eV。

[1515] 也就是说,在用于上述发光元件的客体材料中,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比根据吸收端而算出的迁移能量大0.4eV以上,并且,LUMO能级和HOMO能级之间的能量差比发光能量大0.4eV以上。因此,在从一对电极注入的载流子在该客体材料中直接复合的情况下,需要相当于LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的大能量,从而需要较高的电压。

[1516] 然而,在本发明的一个方式的发光元件中,能够利用由激基复合物的能量迁移使客体材料激发,而不在客体材料中使载流子直接复合,所以可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

[1517] 另外,根据表19,发光元件16中的主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级和第二有机化合物(mCzP2ICz)的HOMO能级之间的能量差为2.76eV。也就是说,在

发光元件16中,相当于主体材料的激基复合物的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差的能量小于客体材料(FIr6)的LUMO能级和HOMO能级之间的能量差(3.52eV)且大于根据吸收端而算出的迁移能量(2.73eV)。因此,在发光元件16中,能够通过激基复合物使客体材料激发,从而可以降低驱动电压。因此,本发明的一个方式的发光元件可以降低功耗。

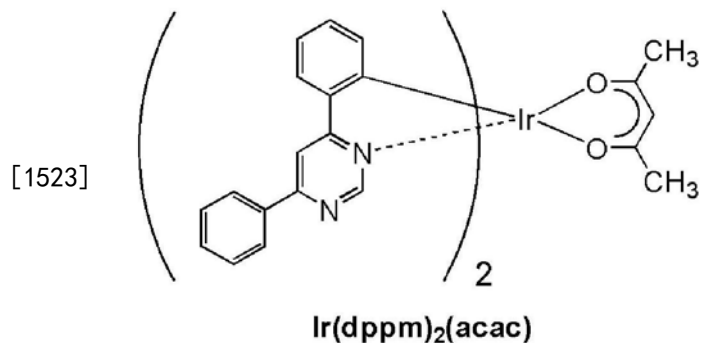
[1518] 如上所述,第一有机化合物的LUMO能级低于第二有机化合物的LUMO能级,第一有机化合物的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,客体材料的LUMO能级高于第一有机化合物的LUMO能级,客体材料的HOMO能级低于第二有机化合物的HOMO能级,并且,第一有机化合物与第二有机化合物的组合能够形成激基复合物,由此,可以提供发光效率高且驱动电压低的呈现蓝色发光的发光元件。

[1519] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高的呈现蓝色发光的发光元件。

[1520] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1521] 实施例20

[1522] 在本实施例中,示出适合于本发明的一个方式的照明装置的发光元件(发光元件17)的制造实例。在本实施例中制造的发光元件的截面示意图可以参照图42。表20示出元件结构的详细内容。此外,以下示出所使用的化合物的结构及简称。其他化合物可以参照上述实施例。



[1524] [表20]

	层	符号	膜厚度 (nm)	材料	重量比 *1)
[1525]	电极	102(2)	100	Ag	-
		102(1)	1	Ag:Mg	0.6:0.2
	电子注入层	119	1	LiF	-
	电子传输层	118(2)	20	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	发光层	160(2)	30	4,6mCzP2Pm:PCCP: Ir(dppm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.05
		160(1)	10	4,6mCzP2Pm:PCCP: Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	0.3:0.7:0.12
	空穴传输层	112	20	PCCP	-
	空穴注入层	111	30	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	电极	101	70	ITO	-

[1526]

*1) Ag:Mg比率由体积比表示

[1527] <发光元件17的制造>

[1528] 作为电极101,在使用折射率为1.84的高折射率玻璃的衬底200上通过溅射法形成厚度为70nm的ITO膜。形成该电极101,使得发光元件的发光面积为8100mm²(90mm×90mm)。

[1529] 接着,作为空穴注入层111,在电极101上以DBT3P-II与MoO₃的重量比(DBT3P-II:MoO₃)为1:0.5且厚度为30nm的方式进行共蒸镀。

[1530] 接着,作为空穴传输层112,在空穴注入层111上以20nm的厚度蒸镀PCCP。

[1531] 接着,作为发光层160,在空穴传输层112上以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir(mpptz-diBuCNp)₃的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)₃)为0.3:0.7:0.12且厚度为10nm的方式进行共蒸镀,然后,以4,6mCzP2Pm、PCCP与Ir(dppm)₂(acac)的重量比(4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(dppm)₂(acac))为0.8:0.2:0.05且厚度为30nm的方式进行共蒸镀。在发光层160中,4,6mCzP2Pm对应于第一有机化合物,PCCP对应于第二有机化合物,Ir(mpptz-diBuCNp)₃及Ir(dppm)₂(acac)对应于客体材料(磷光化合物)。

[1532] 接着,作为电子传输层118,在发光层160上依次以20nm的厚度蒸镀4,6mCzP2Pm并以20nm的厚度蒸镀BPhen。接着,作为电子注入层119,在电子传输层118上以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)。

[1533] 接着,作为电极102,在电子注入层119上用银(Ag)和镁(Mg)以1nm的厚度进行共蒸镀,然后沉积100nm厚的银(Ag)。在沉积Ag和Mg的共蒸镀膜时,以0.6:0.2的体积比(Ag:Mg)进行共蒸镀。

[1534] 接着,在氮气气氛的手套箱内使用有机EL用密封剂将衬底220固定于沉积有有机材料的衬底200上,由此密封发光元件17。其具体方法与发光元件1相同。

[1535] 接着,对衬底200的提取光一侧的表面进行消光加工而形成凹凸。通过上述工序得到发光元件17。

[1536] <发光元件的特性>

[1537] 图113示出所制造的发光元件17的电流效率-亮度特性。图114示出亮度-电压特性。图115示出外部量子效率-亮度特性。在发光元件的测量中,使用积分球测量发光元件所发射的总光通量。此外,该发光元件的测量在室温(保持为23℃的气氛)下进行。

[1538] 另外,表21示出1000cd/m²附近的发光元件17的元件特性。

[1539] [表21]

	电压 (V)	电流 (mA)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	相关色 温 (K)	duv	电力效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
[1540] 发光元件 17	2.9	60	(0.48, 0.47)	1030	2880	0.018	149	50

[1541] 另外,图116示出当将60mA的电流流过发光元件17中时的发射光谱。图117是示出发光元件17的发光状态的照片。

[1542] 如图113至图115以及表21所示,发光元件17的外部量子效率高且驱动电压低,由此其具有高电力效率。发光元件17的电力效率及外部量子效率的最大值分别为166lm/W及50%,这是非常优异的数值。

[1543] 如图116所示,发光元件17的电致发射光谱包括客体材料的Ir (mpptz-diBuCNp)₃所呈现的蓝色发光以及Ir (dppm)₂(acac)所呈现的橙色发光。此外,如表21所示,发光元件17呈现相关色温为2880K的电灯泡色的发光,其duv为0.02以下,这是良好的数值。也就是说,通过将作为配体具有包含氰基的芳基的铱配合物用作客体材料,可以制造适合于具有高发光效率的照明装置的发光元件。

[1544] 如上述实施例4所示,在发光元件17中,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的LUMO能级,并且,第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)的HOMO能级低于第二有机化合物(PCCP)的HOMO能级。因此,从一对电极注入的载流子(电子及空穴)高效地注入到主体材料的第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP),由此,该第一有机化合物(4,6mCzP2Pm)及第二有机化合物(PCCP)能够形成激基复合物。因此,发光元件17具有实现高发光效率及低驱动电压的优异特性。

[1545] 此外,如图117所示,发光元件17在发光面积为8100mm²的发光面整体上均匀地进行发光。如此,发光元件17是适合于照明装置的发光元件。

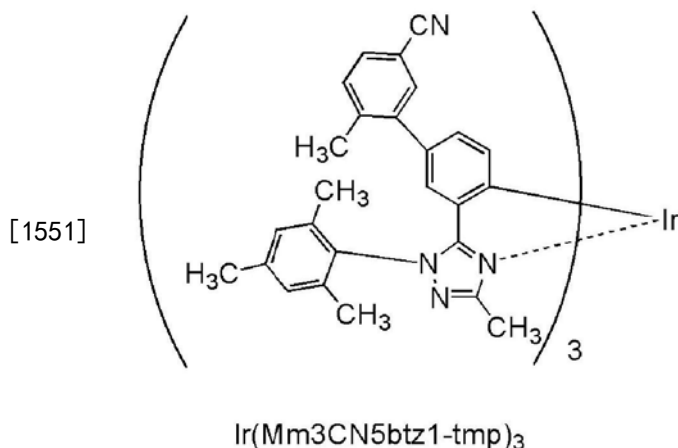
[1546] 如上所述,通过使用本发明的一个方式的结构,可以提供发光效率高的发光元件。另外,可以提供功耗低的发光元件。另外,可以提供发光效率高且呈现适合于照明装置的发光的发光元件。

[1547] 本实施方式所示的结构可以与其他实施例及实施方式适当地组合而使用。

[1548] 实施例21

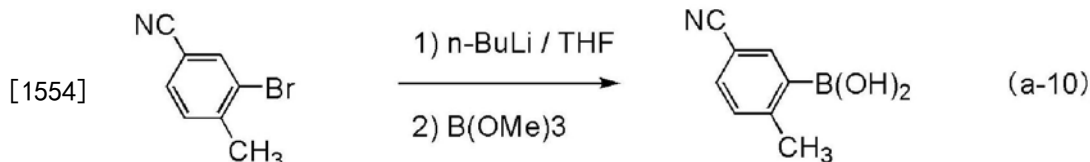
[1549] <合成实例12>

[1550] 在本合成实例中,具体地例示出对在实施方式2中以结构式(132)表示的本发明的一个方式的有机金属配合物的三[5'-氰基-2'-甲基-3-{3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑-5-基-κN⁴}-1,1'-联苯-4-基-κC]铱(III)(简称:Ir(Mm3CN5btz1-tmp)₃)的合成实例。下面示出Ir(Mm3CN5btz1-tmp)₃的结构。



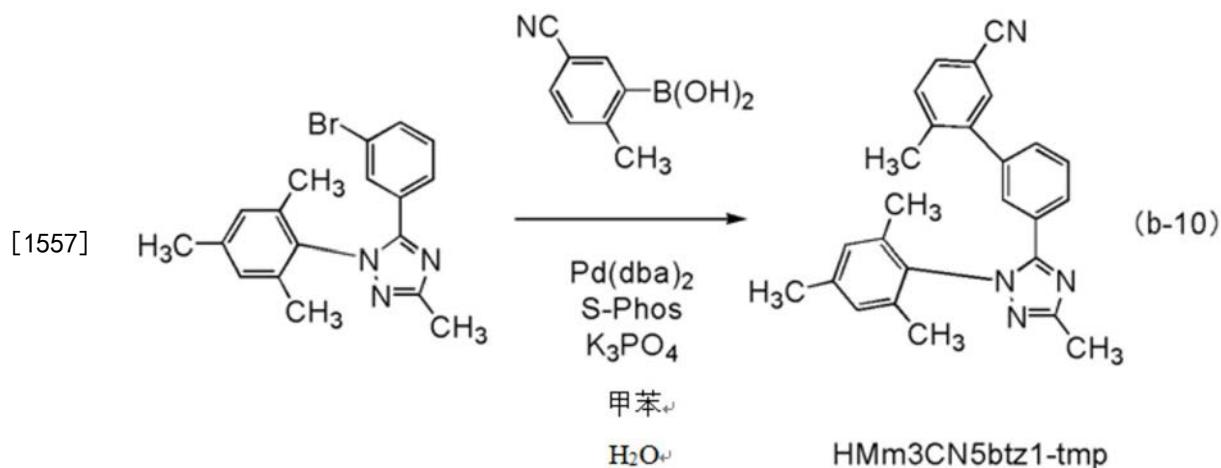
[1552] 《步骤1:5-氰基-2-甲基苯基硼酸的合成》

[1553] 首先,将9.5g (50mmol) 的3-溴-4-甲基苯腈放入到500mL的三口烧瓶中,对该烧瓶内进行氮气置换。对其添加250mL的四氢呋喃(THF),以 -78°C 进行30分钟的搅拌。将34mL (55mmol) 的1.63M正丁基锂(n-BuLi)的己烷溶液滴加到该混合溶液中,以 -78°C 进行1.5小时的搅拌。然后,在该混合溶液中添加7.3mL (65mmol) 的硼酸三甲酯,在将该混合溶液的温度上升到室温的同时搅拌20小时。然后,将100mL的1M盐酸添加到该溶液中,进行30分钟的搅拌。将获得的混合物分离为水层和有机层,并使用乙酸乙酯对水层进行萃取。将有机层及萃取溶液合并,使用饱和食盐水进行洗涤,并对获得的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤并浓缩滤液来得到固体。使用甲苯及己烷对该固体进行洗涤,以53%的收率得到4.3g的白色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的白色固体为5-氰基-2-甲基苯基硼酸。如下式子(a-10)示出步骤1的合成方案。



[1555] 《步骤2:5-(5'-氰基-2'-甲基-1,1'-联苯-3-基)-3-甲基-1-(2,4,6-三甲基苯基)-1H-1,2,4-三唑(简称:Hm3CN5btz1-tmp)的合成》

[1556] 接着,将7.6g (21mmol) 的通过步骤1得到的5-(3-溴苯基)-1-(2,4,6-三甲基苯基)-3-甲基-1H-1,2,4-三唑、5-氰基-2-甲基苯基硼酸中的4.12g (26mmol)、16g (77mmol) 的磷酸钾、130mL的甲苯及13mL的水放入到300mL的三口烧瓶中,对烧瓶内进行氮气置换。对该混合物添加0.84g (2.1mmol) 的双(二亚苄基丙酮)钼(0)及0.59g (1.0mmol) 的2-二环己基膦基-2',6'-二甲氧基联苯(S-phos),以 90°C 进行3.5小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将得到的反应溶液分离为有机层和水层,使用甲苯对得到的水层进行萃取。将萃取溶液和有机层合并,使用水和饱和食盐水进行洗涤,对得到的溶液添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩滤液而得到油状物。通过快速柱层析法使该油状物纯化。作为展开溶剂,使用甲苯:乙酸乙酯=5:1(v:v)的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,以78%的收率获得6.5g的黄色油状物。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色油状物为Hm3CN5btz1-tmp。如下式子(b-10)示出步骤2的合成方案。



[1558] 《步骤3: Ir (Mm3CN5btz1-tmp)₃的合成》

[1559] 接着,将通过上述步骤2得到的HMm3CN5btz1-tmp中的2.0g (5.1mmol)、0.69g (2.3mmol)的氯化铱水合物、21mL的2-乙氧基乙醇及7mL的水放入到50mL茄形烧瓶中,对烧瓶进行氩气置换。通过在100W、100℃的条件下对该烧瓶进行1小时的微波照射来加热,并使其起反应。在起反应之后,浓缩所得到的反应溶液而得到褐色油状物。对该油状物添加1.2g (4.6mmol)的三氟甲基磺酸银、4.5g (11.5mmol)的HMm3CN5btz1-tmp,对烧瓶进行氮气置换,以170℃进行23小时的加热搅拌并使其起反应。在起反应之后,将所得到的反应混合物溶解于二氯甲烷中,经过硅藻土进行抽滤而去除不溶固体。通过硅胶柱层析法使得到的滤液纯化。作为展开溶剂,使用二氯甲烷:乙酸乙酯=5:1 (v:v)的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,而得到固体。利用乙酸乙酯/己烷使该固体再结晶,以0.73%的收率得到23mg的黄色固体。利用核磁共振法(NMR)确认到得到的黄色固体为Ir (Mm3CN5btz1-tmp)₃。如下式子(c-10)示出步骤3的合成方案。

在石英皿中而测量的吸收光谱来得到的结果。

[1565] 如图119所示,从Ir (Mm3CN5btz1-tmp)₃的二氯甲烷溶液观察到在462nm及489nm处具有发光峰值的蓝色发光。

[1566] 附图标记说明

[1567] 100:EL层;101:电极;101a:导电层;101b:导电层;101c:导电层;102:电极;103:电极;103a:导电层;103b:导电层;104:电极;104a:导电层;104b:导电层;106:发光单元;108:发光单元;111:空穴注入层;112:空穴传输层;113:电子传输层;114:电子注入层;115:电荷产生层;116:空穴注入层;117:空穴传输层;118:电子传输层;119:电子注入层;123B:发光层;123G:发光层;123R:发光层;130:发光层;131:主体材料;131_1:有机化合物:,131_2:有机化合物:,132:客体材料;140:发光层;141:主体材料;141_1:有机化合物:,141_2:有机化合物:,142:客体材料;145:分隔壁;150:发光元件;152:发光元件;160:发光层;170:发光层;180:发光层;190:发光层;190a:发光层;190b:发光层;200:衬底;220:衬底;221B:区域;221G:区域;221R:区域;222B:区域;222G:区域;222R:区域;223:遮光层;224B:光学元件;224G:光学元件;224R:光学元件;250:发光元件;260a:发光元件;260b:发光元件;262a:发光元件;262b:发光元件;301_1:布线;301_5:布线;301_6:布线;301_7:布线;302_1:布线;302_2:布线;303_1:晶体管;303_6:晶体管;303_7:晶体管;304:电容元件;304_1:电容元件;304_2:电容元件;305:发光元件;306_1:布线;306_3:布线;307_1:布线;307_3:布线;308_1:晶体管;308_6:晶体管;309_1:晶体管;309_2:晶体管;311_1:布线;311_3:布线;312_1:布线;312_2:布线;600:显示装置;601:信号线驱动电路部;602:像素部;603:扫描线驱动电路部;604:密封衬底;605:密封剂;607:区域;607a:密封层;607b:密封层;607c:密封层;608:布线;609:FPC;610:元件衬底;611:晶体管;612:晶体管;613:下部电极;614:分隔壁;616:EL层;617:上部电极;618:发光元件;621:光学元件;622:遮光层;623:晶体管;624:晶体管;801:像素电路;802:像素部;804:驱动电路部;804a:扫描线驱动电路;804b:信号线驱动电路;806:保护电路;807:端子部;852:晶体管;854:晶体管;862:电容元件;872:发光元件;1001:衬底;1002:基底绝缘膜;1003:栅极绝缘膜;1006:栅电极;1007:栅电极;1008:栅电极;1020:层间绝缘膜;1021:层间绝缘膜;1022:电极;1024B:下部电极;1024G:下部电极;1024R:下部电极;1024Y:下部电极;1025:分隔壁;1026:上部电极;1028:EL层;1028B:发光层;1028G:发光层;1028R:发光层;1028Y:发光层;1029:密封层;1031:密封衬底;1032:密封剂;1033:基材;1034B:着色层;1034G:着色层;1034R:着色层;1034Y:着色层;1035:遮光层;1036:保护层;1037:层间绝缘膜;1040:像素部;1041:驱动电路部;1042:周缘部;2000:触摸面板;2001:触摸面板;2501:显示装置;2502R:像素;2502t:晶体管;2503c:电容元件;2503g:扫描线驱动电路;2503s:信号线驱动电路;2503t:晶体管;2509:FPC;2510:衬底;2510a:绝缘层;2510b:柔性衬底;2510c:粘合层;2511:布线;2519:端子;2521:绝缘层;2528:分隔壁;2550R:发光元件;2560:密封层;2567BM:遮光层;2567p:抗反射层;2567R:着色层;2570:衬底;2570a:绝缘层;2570b:柔性衬底;2570c:粘合层;2580R:发光模块;2590:衬底;2591:电极;2592:电极;2593:绝缘层;2594:布线;2595:触摸传感器;2597:粘合层;2598:布线;2599:连接层;2601:脉冲电压输出电路;2602:电流检测电路;2603:电容器;2611:晶体管;2612:晶体管;2613:晶体管;2621:电极;2622:电极;3000:发光装置;3001:衬底;3003:衬底;3005:发光元件;3007:密封区域;3009:密封区域;3011:区域;3013:区域;

3014:区域;3015:衬底;3016:衬底;3018:干燥剂;3500:多功能终端;3502:框体;3504:显示部;3506:相机;3508:照明;3600:灯;3602:框体;3608:照明;3610:扬声器;8000:显示模块;8001:上盖;8002:下盖;8003:FPC;8004:触摸传感器;8005:FPC;8006:显示装置;8009:框架;8010:印刷电路板;8011:电池;8501:照明装置;8502:照明装置;8503:照明装置;8504:照明装置;9000:框体;9001:显示部;9003:扬声器;9005:操作键;9006:连接端子;9007:传感器;9008:麦克风;9050:操作按钮;9051:信息;9052:信息;9053:信息;9054:信息;9055:铰链;9100:便携式信息终端;9101:便携式信息终端;9102:便携式信息终端;9200:便携式信息终端;9201:便携式信息终端;9300:电视装置;9301:支架;9311:遥控操作机;9500:显示装置;9501:显示面板;9502:显示区域;9503:区域;9511:轴部;9512:轴承部;9700:汽车;9701:车体;9702:车轮;9703:仪表盘;9704:灯;9710:显示部;9711:显示部;9712:显示部;9713:显示部;9714:显示部;9715:显示部;9721:显示部;9722:显示部;9723:显示部

[1568] 本申请基于2015年6月17日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-122398、2015年8月7日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-157207、2015年11月30日提交到日本专利局的日本专利申请No.2015-233283、2016年3月15日提交到日本专利局的日本专利申请No.2016-051311,通过引用将其完整内容并入在此。

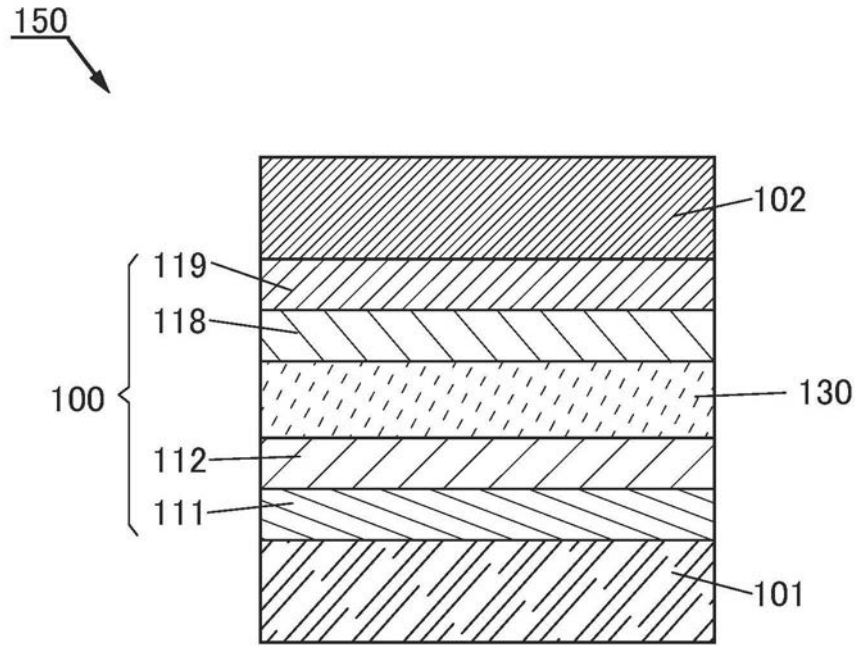


图1A

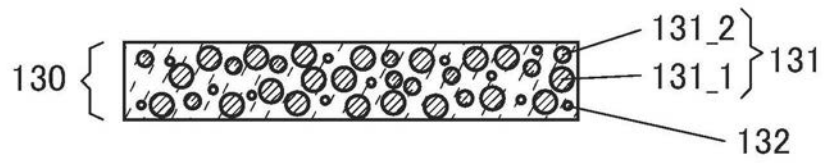


图1B

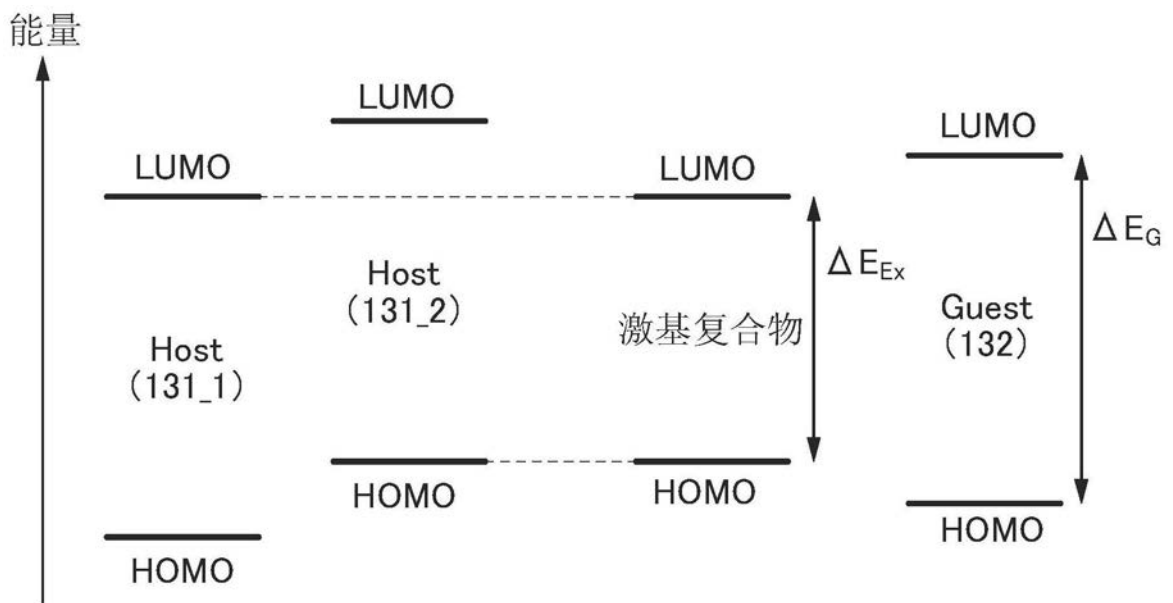


图2A

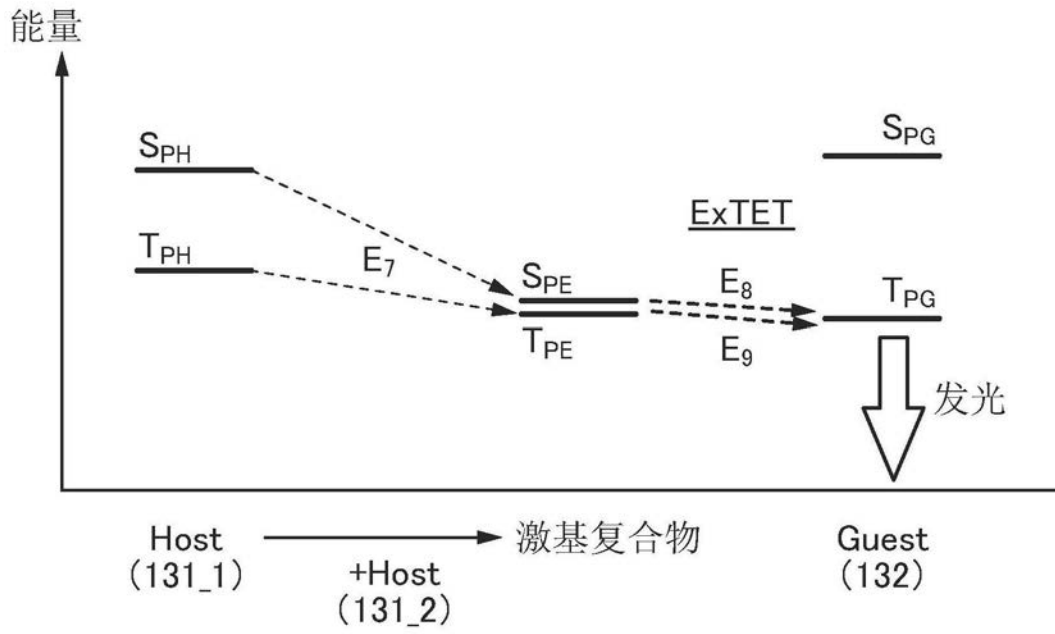


图2B

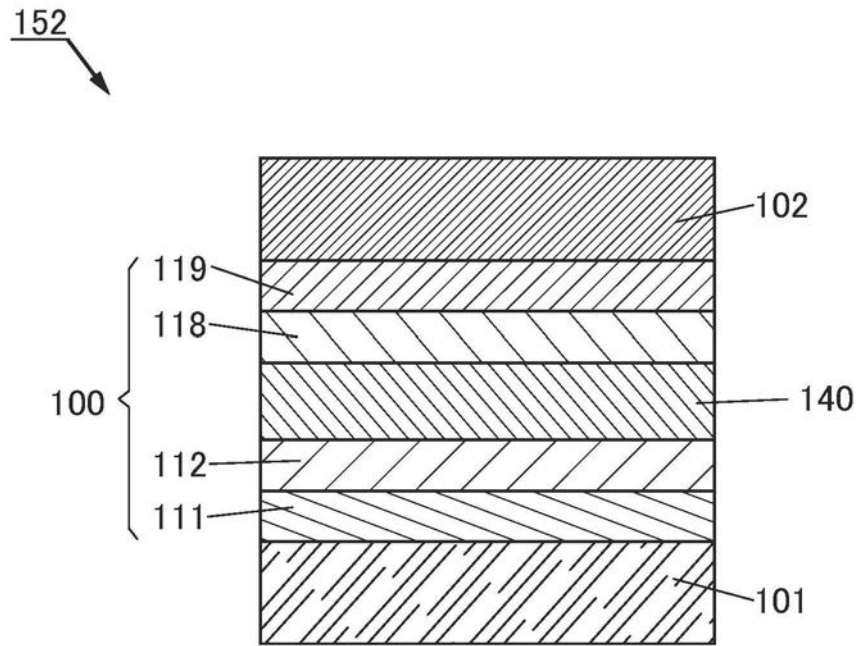


图3A

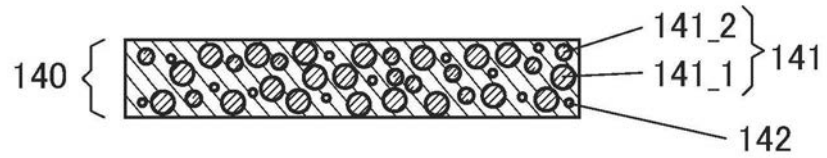


图3B

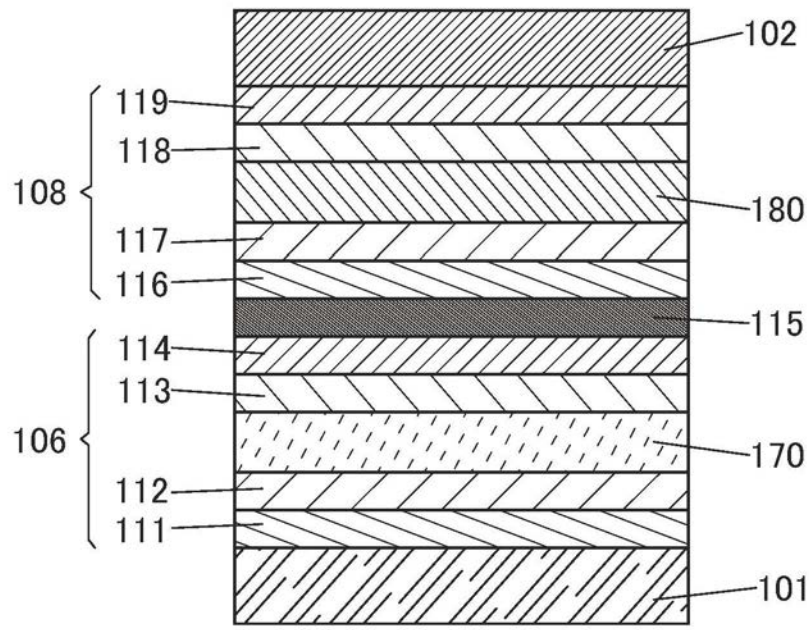


图4

260a

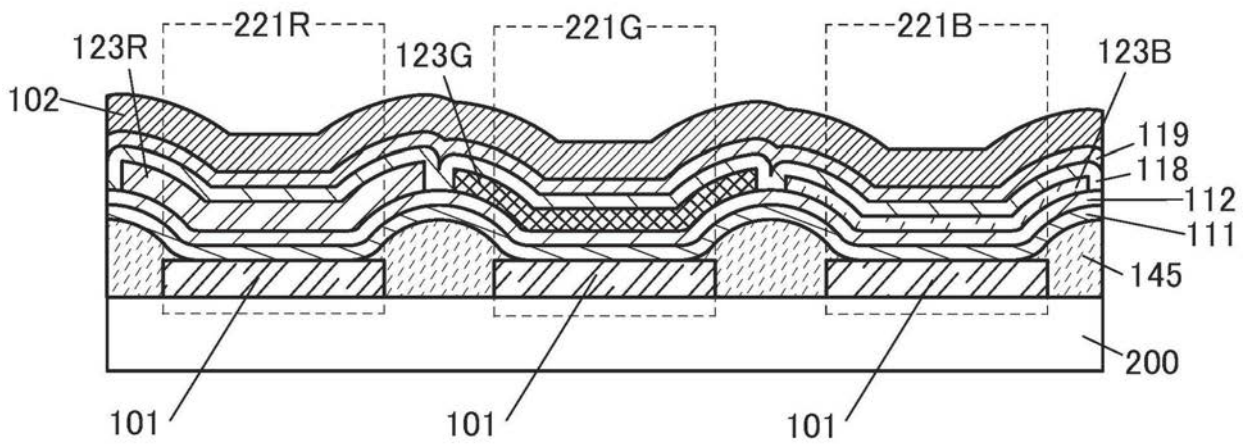


图5A

260b

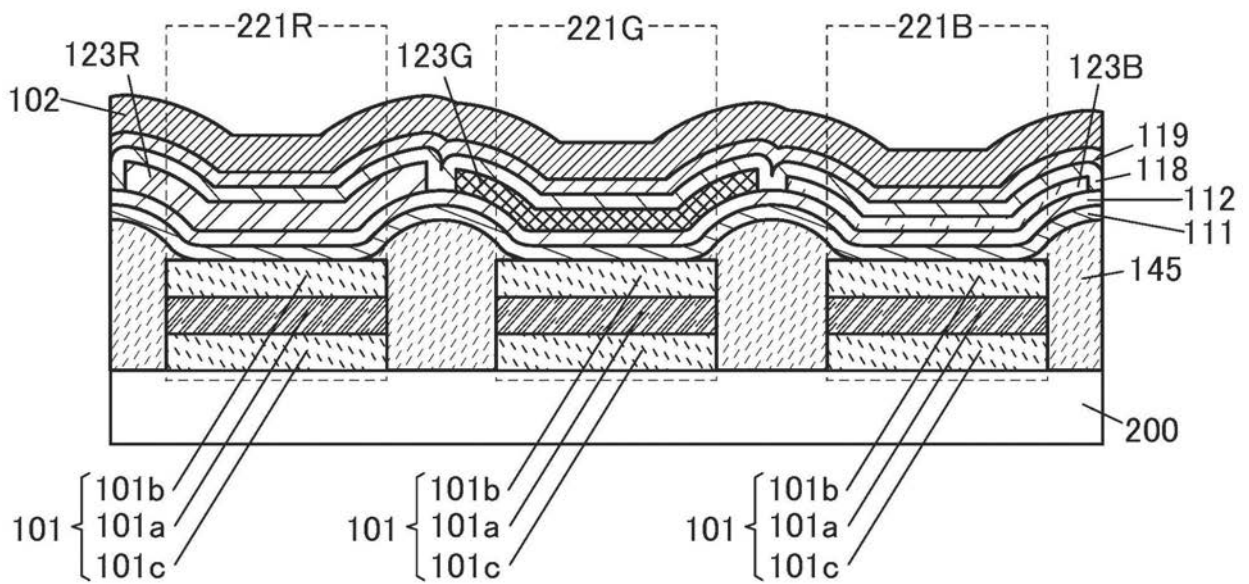


图5B

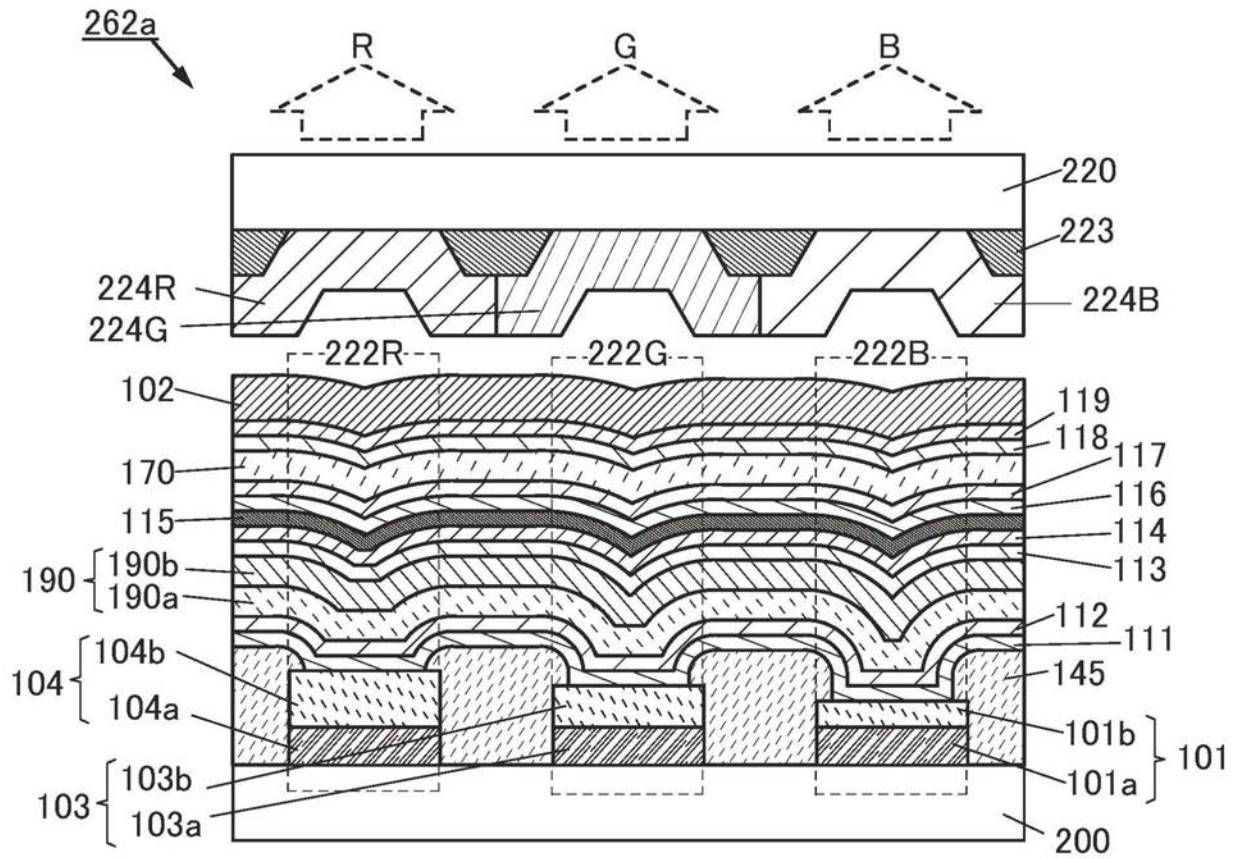


图6A

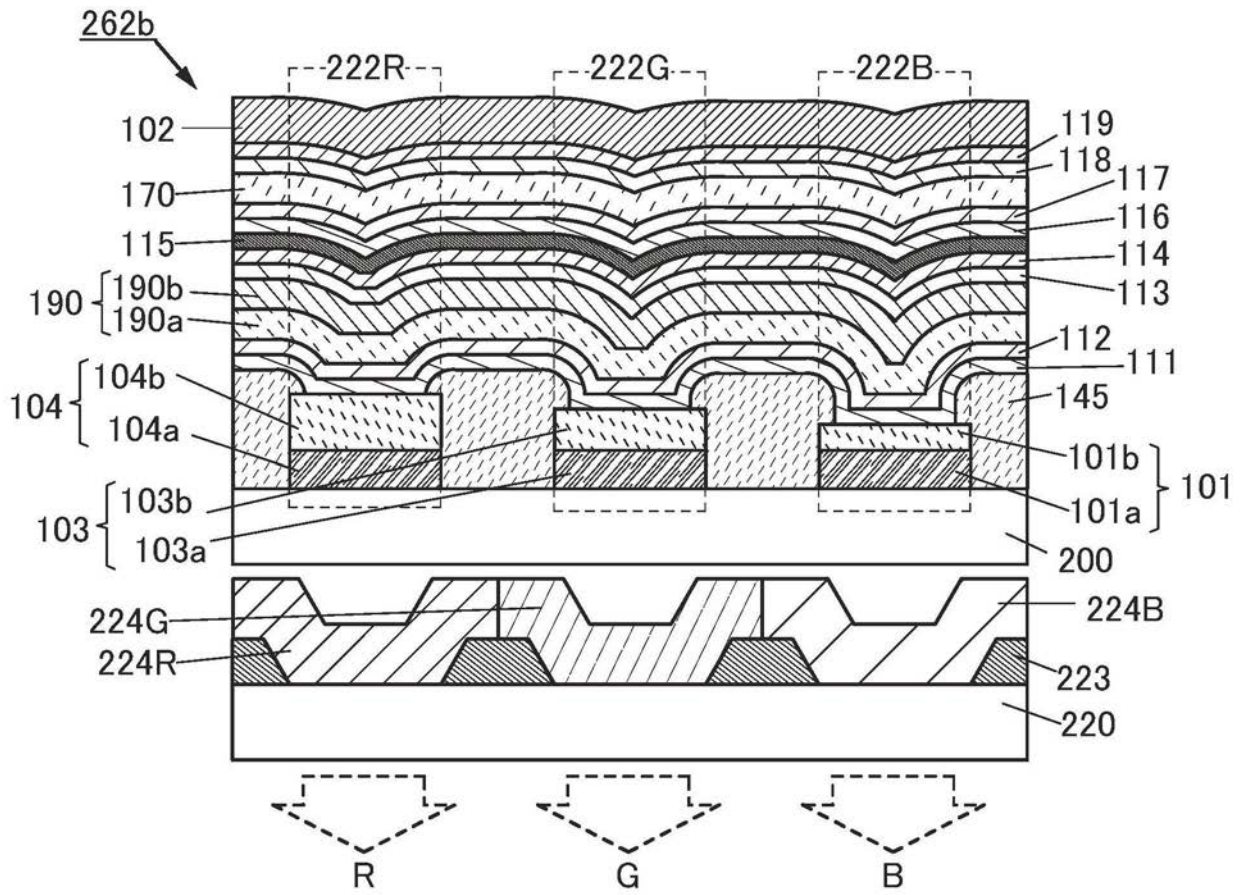


图6B

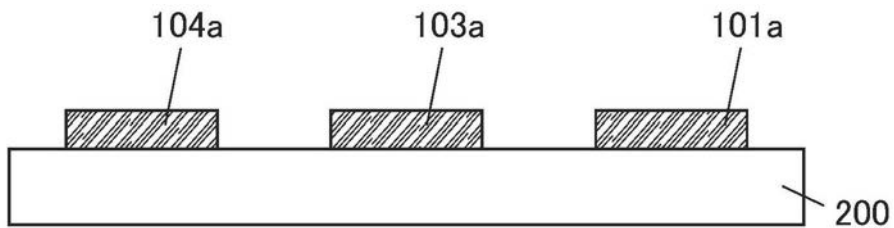


图7A

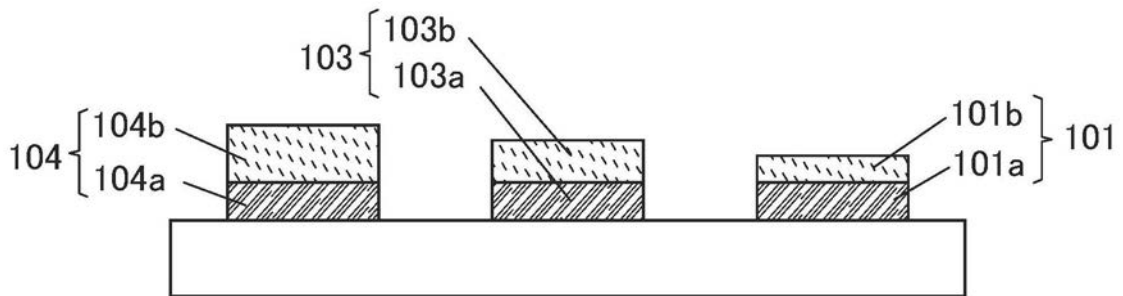


图7B

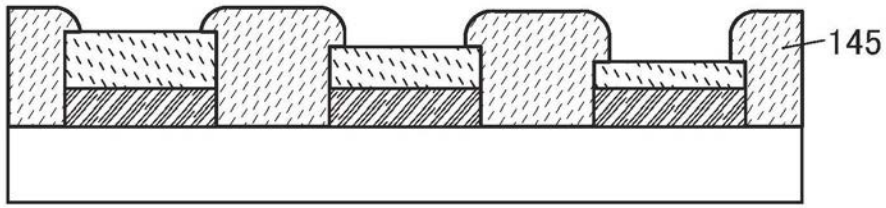


图7C

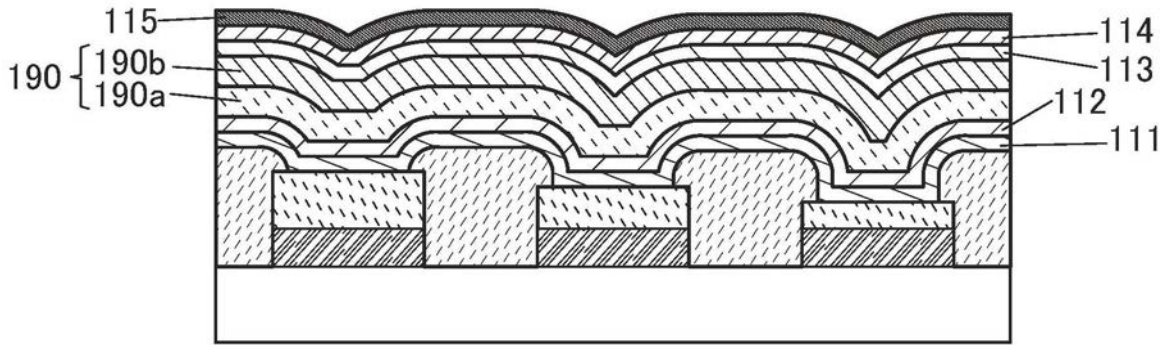


图8A

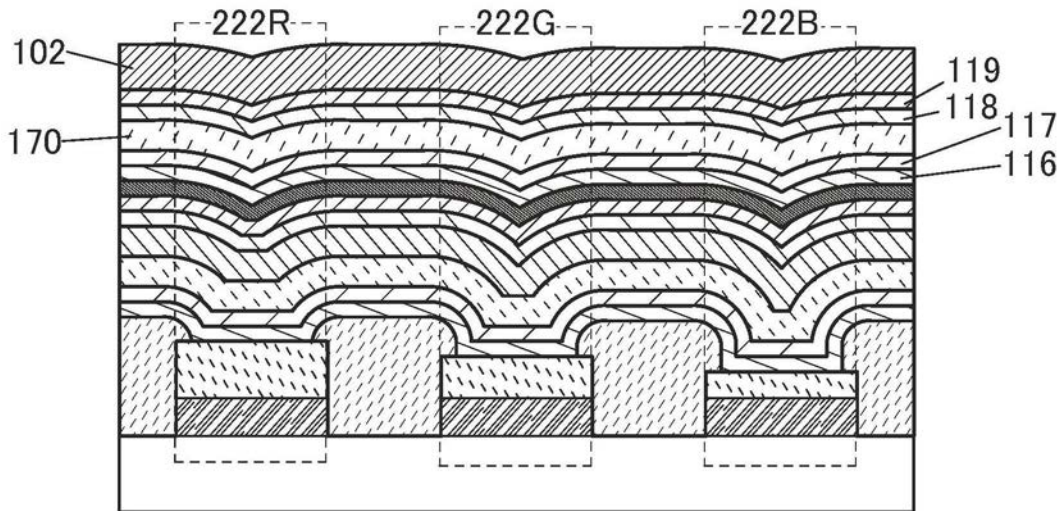


图8B

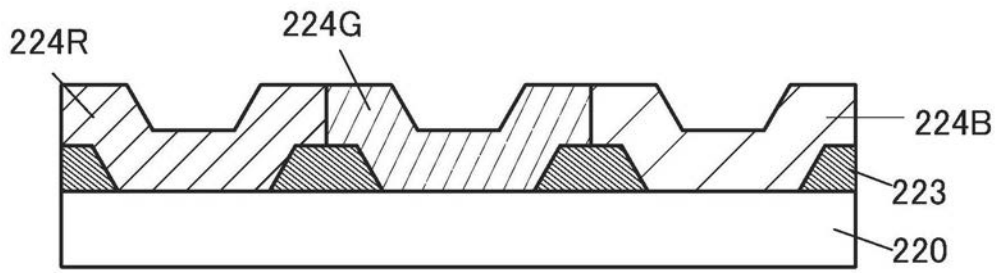


图8C

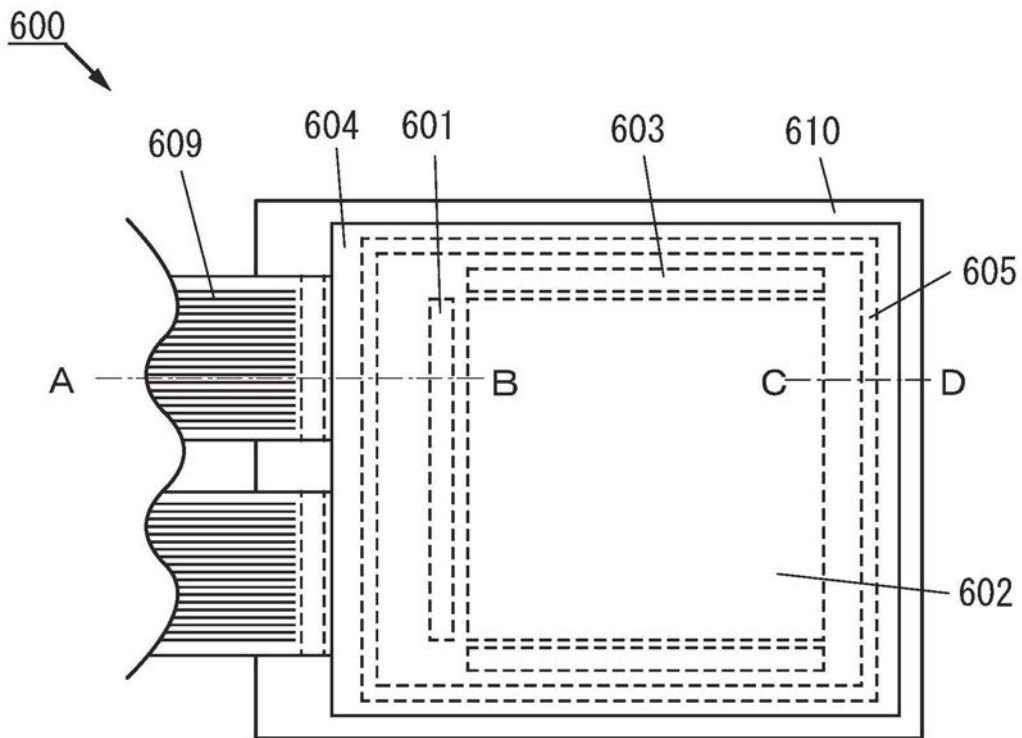


图9A

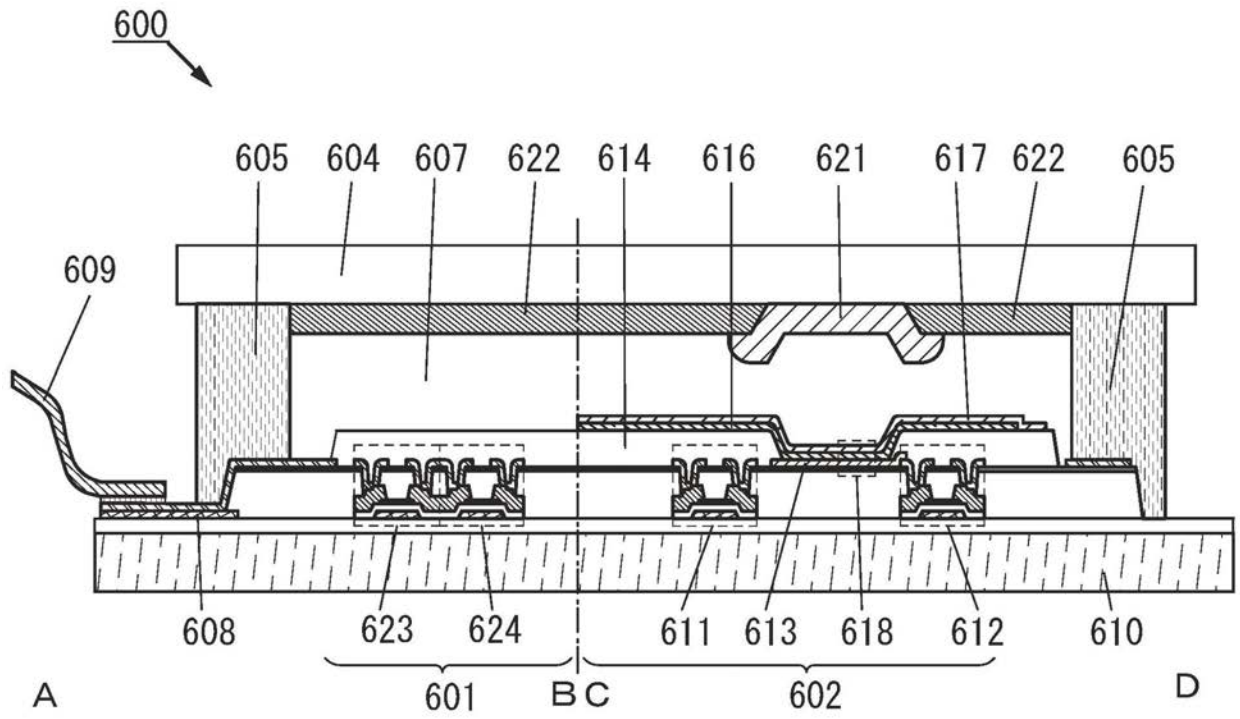


图9B

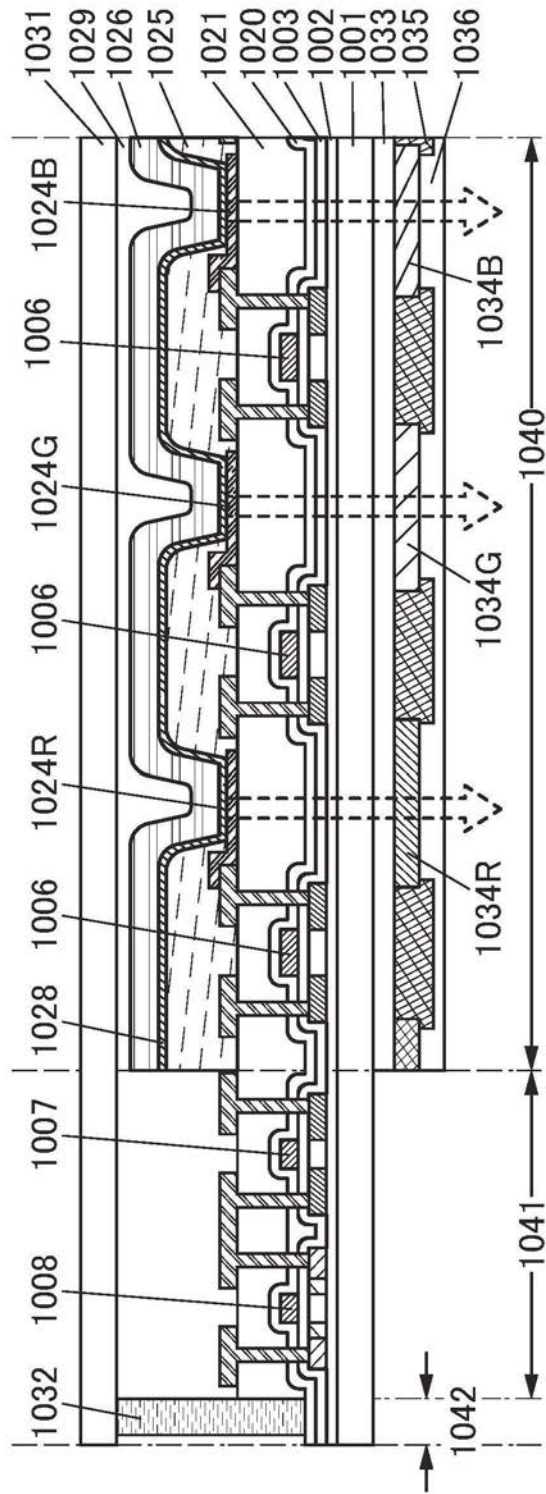


图10A

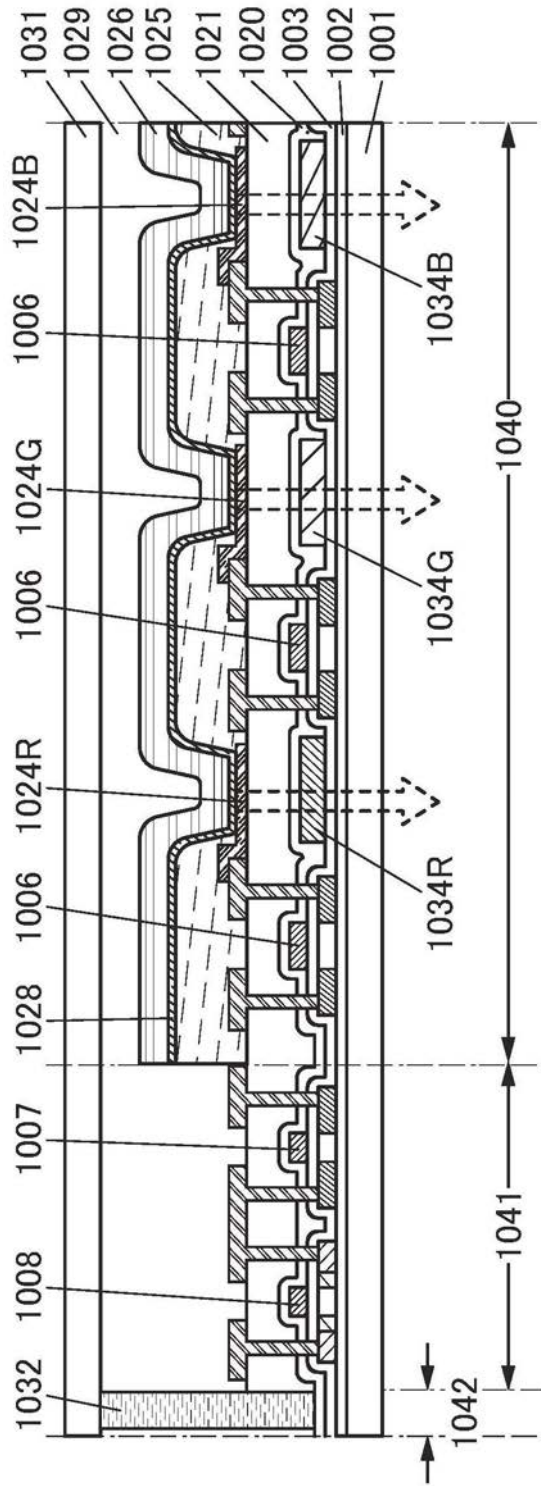


图10B

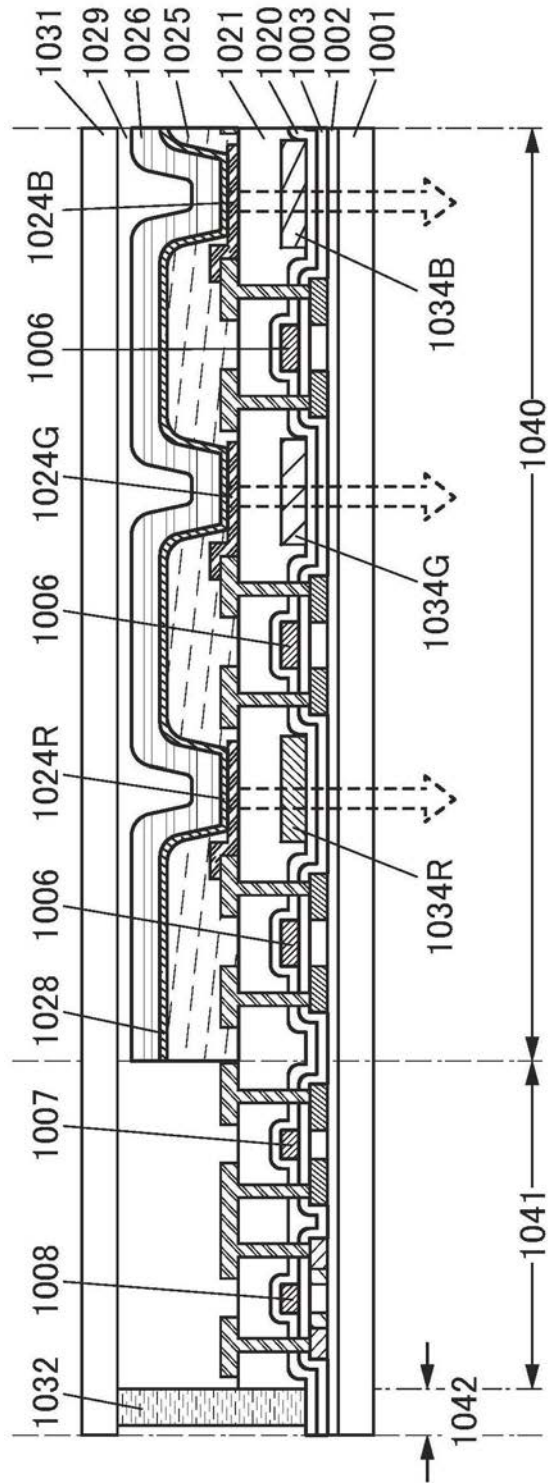


图11

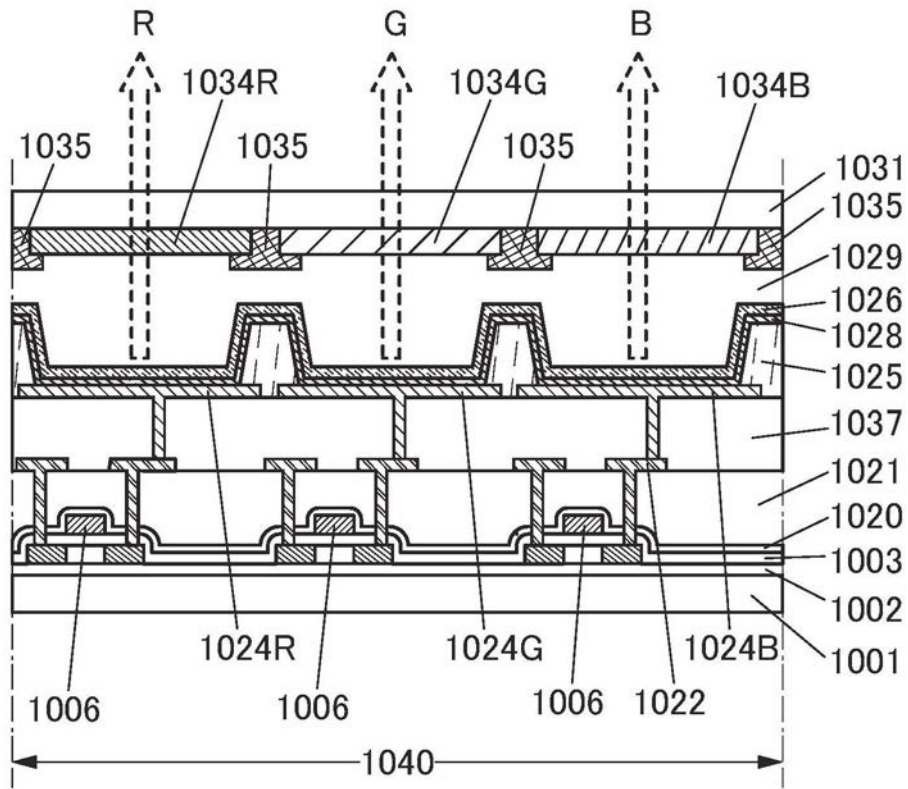


图12A

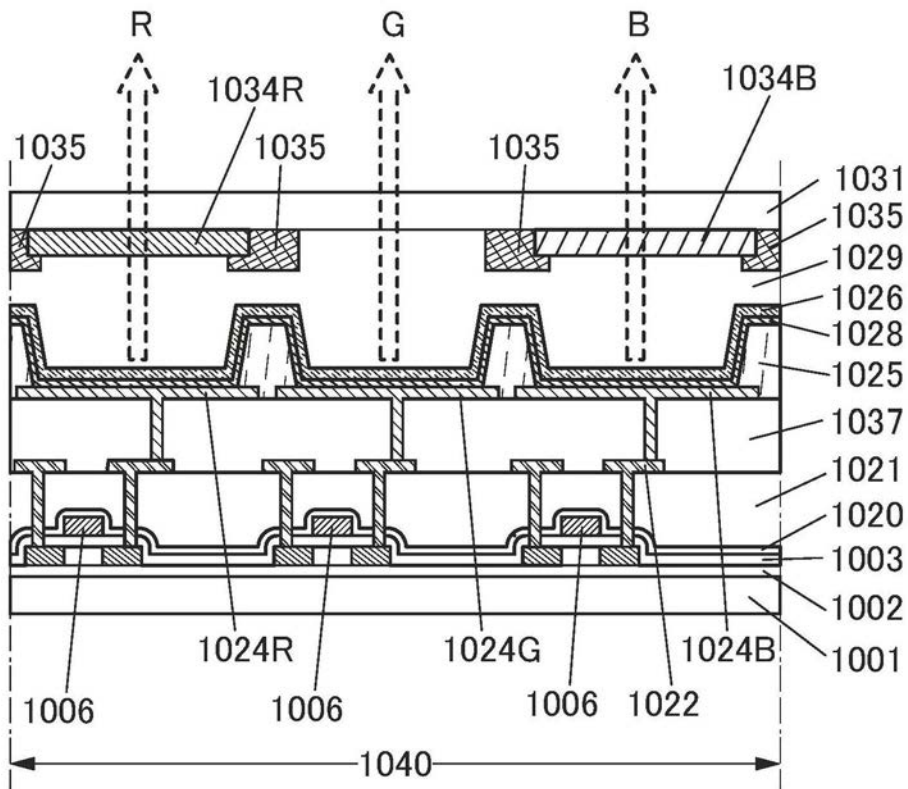


图12B

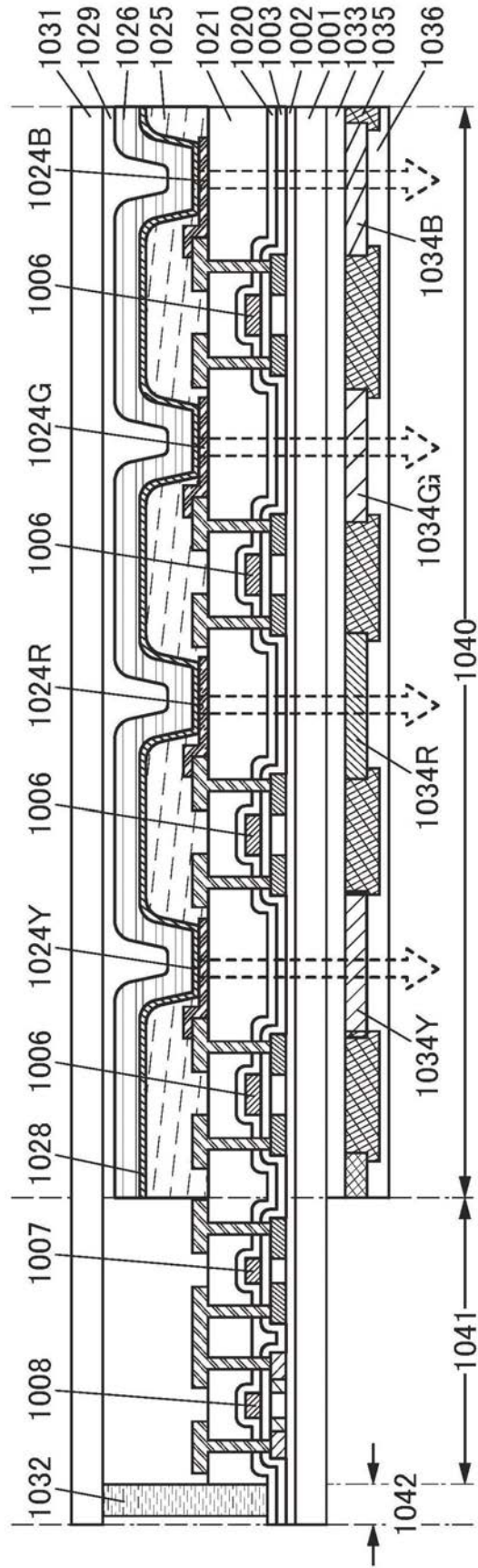


图13A

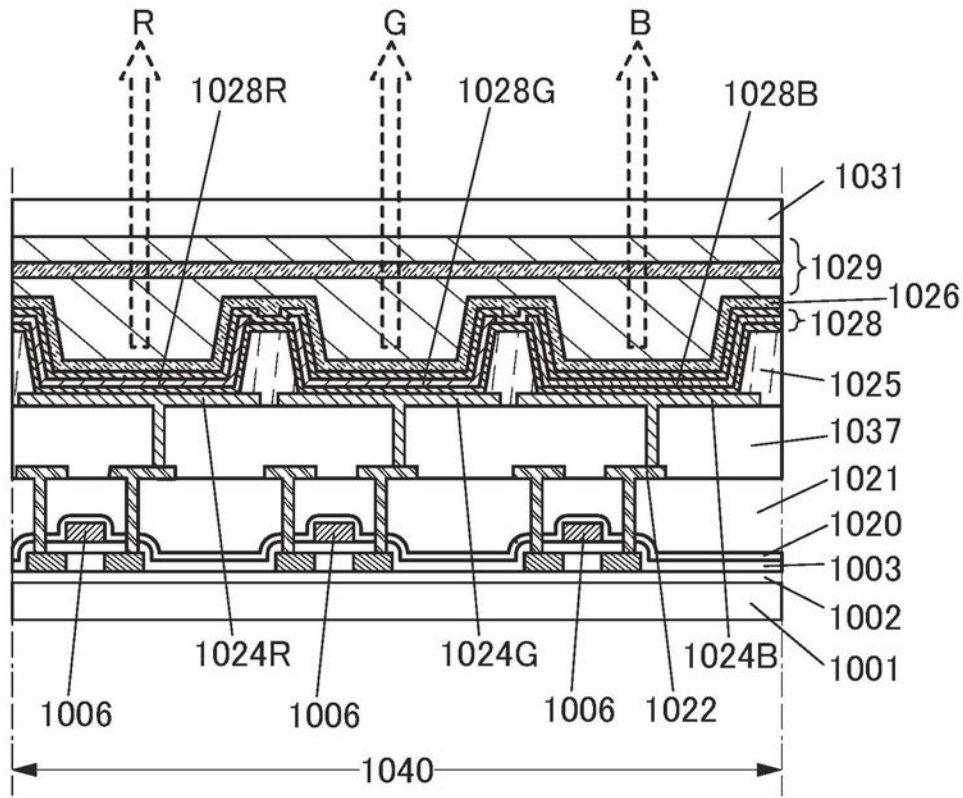


图17A

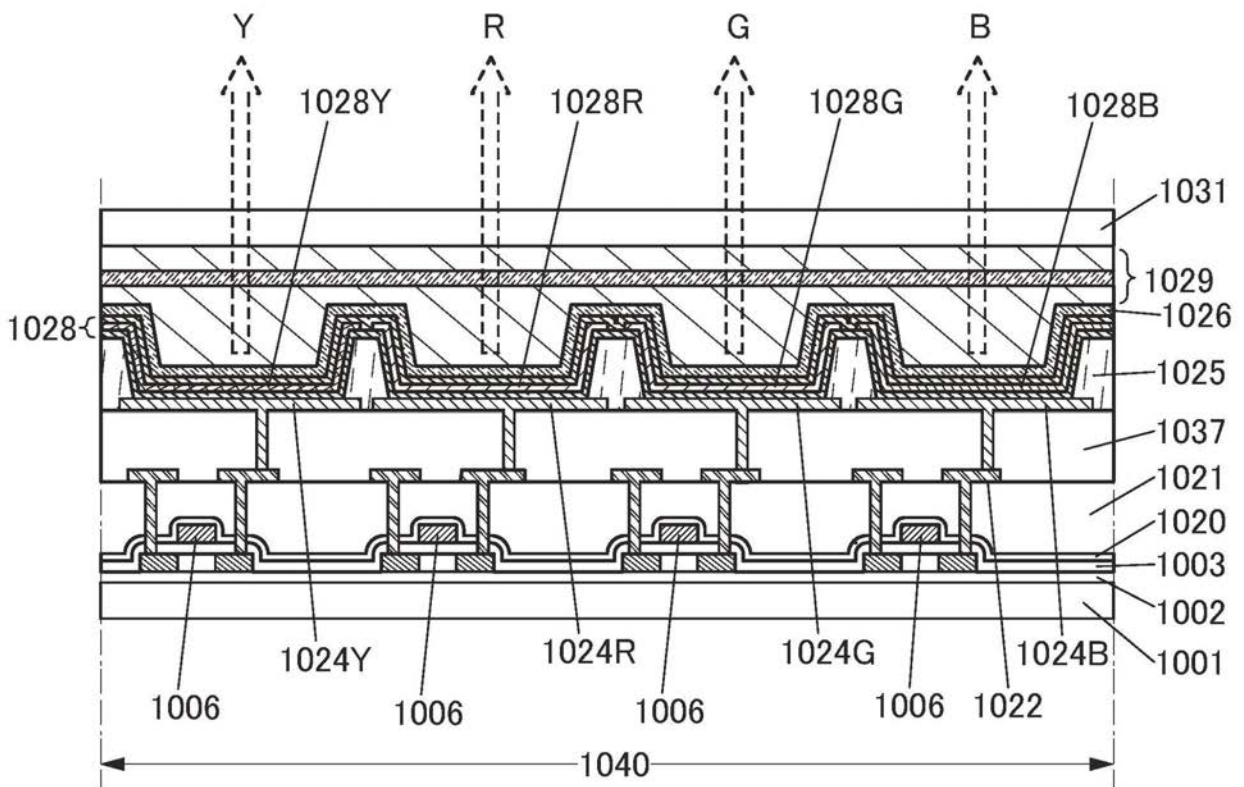


图17B

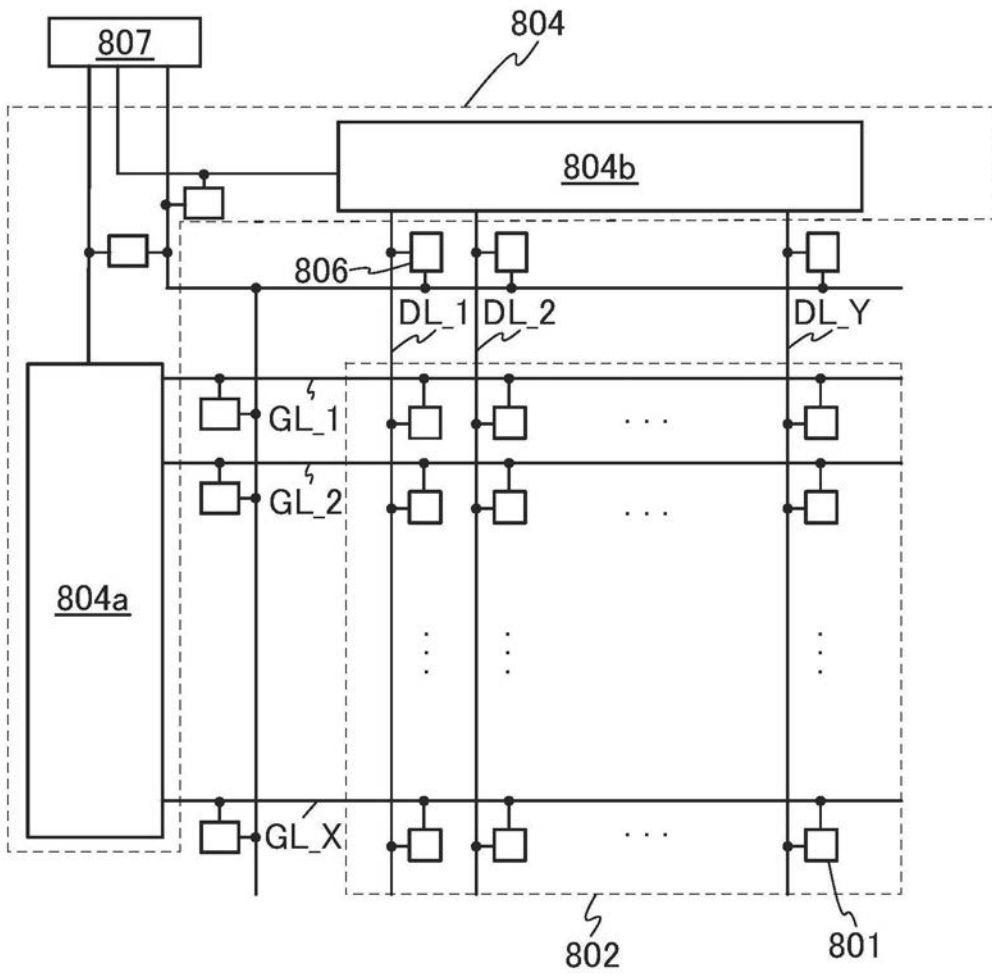


图18A

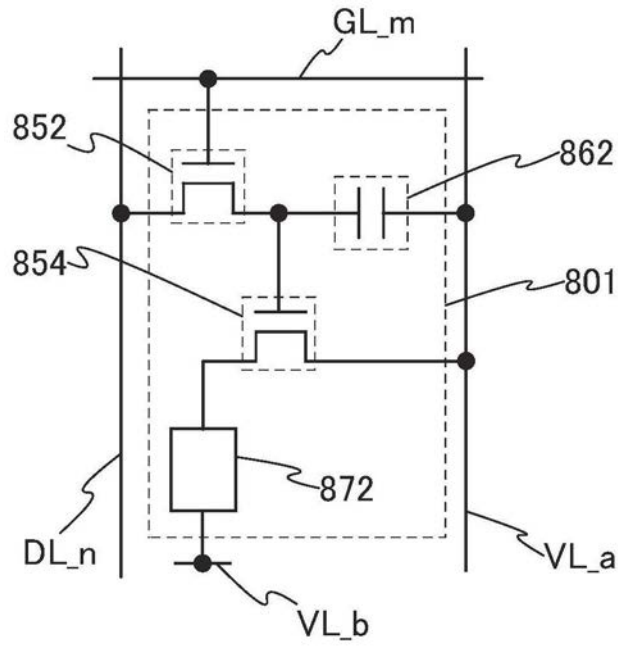


图18B

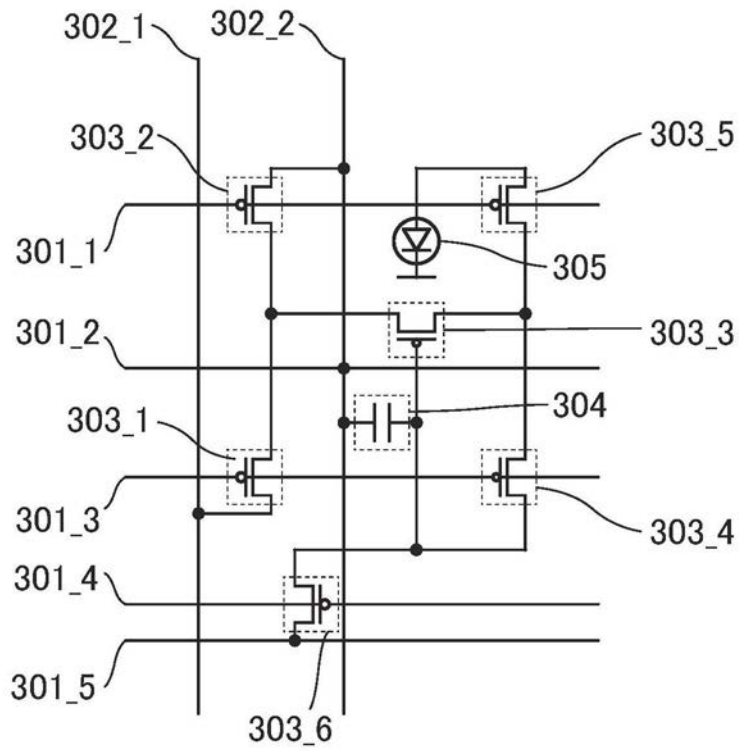


图19A

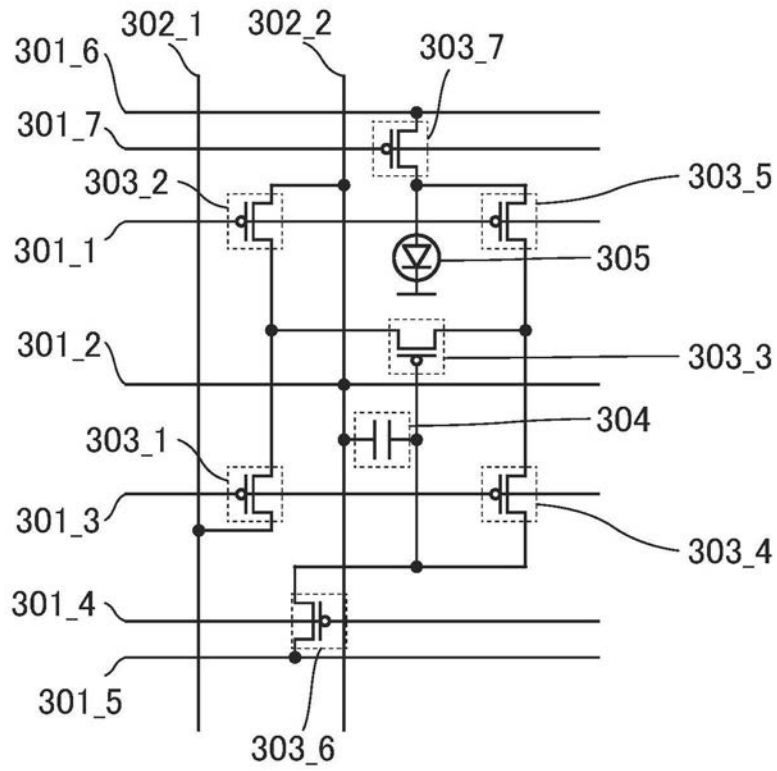


图19B

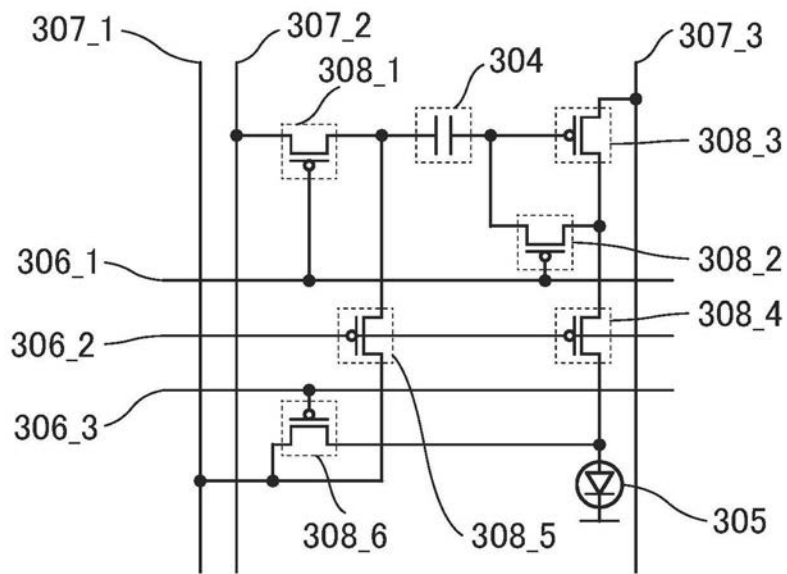


图20A

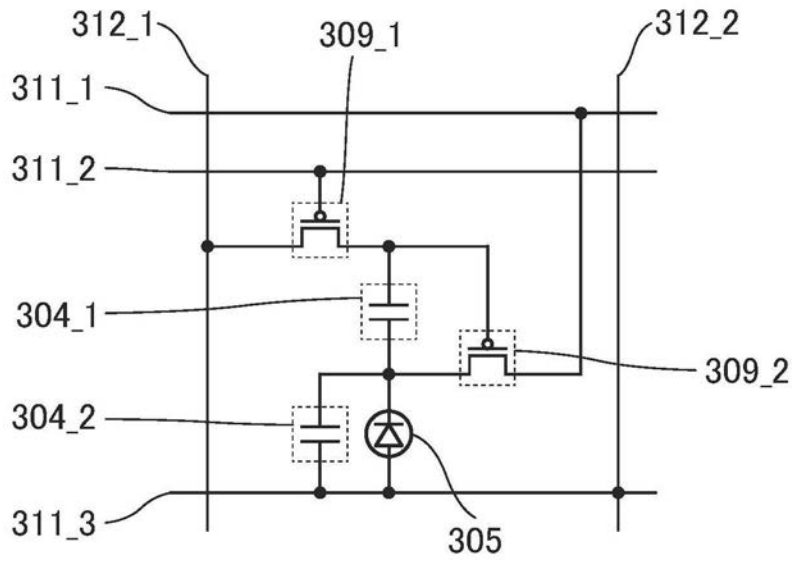


图20B

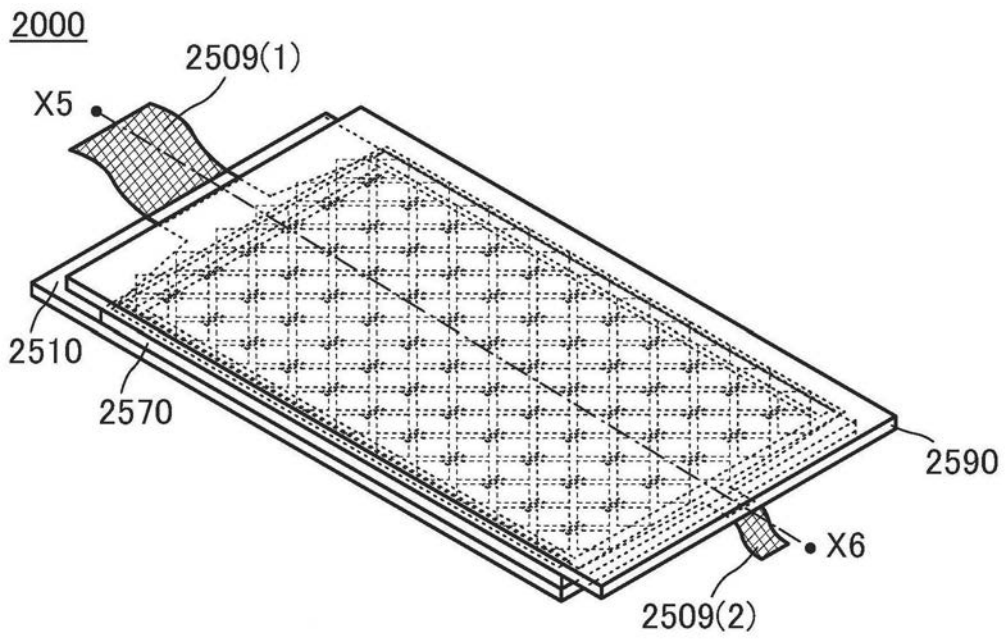


图21A

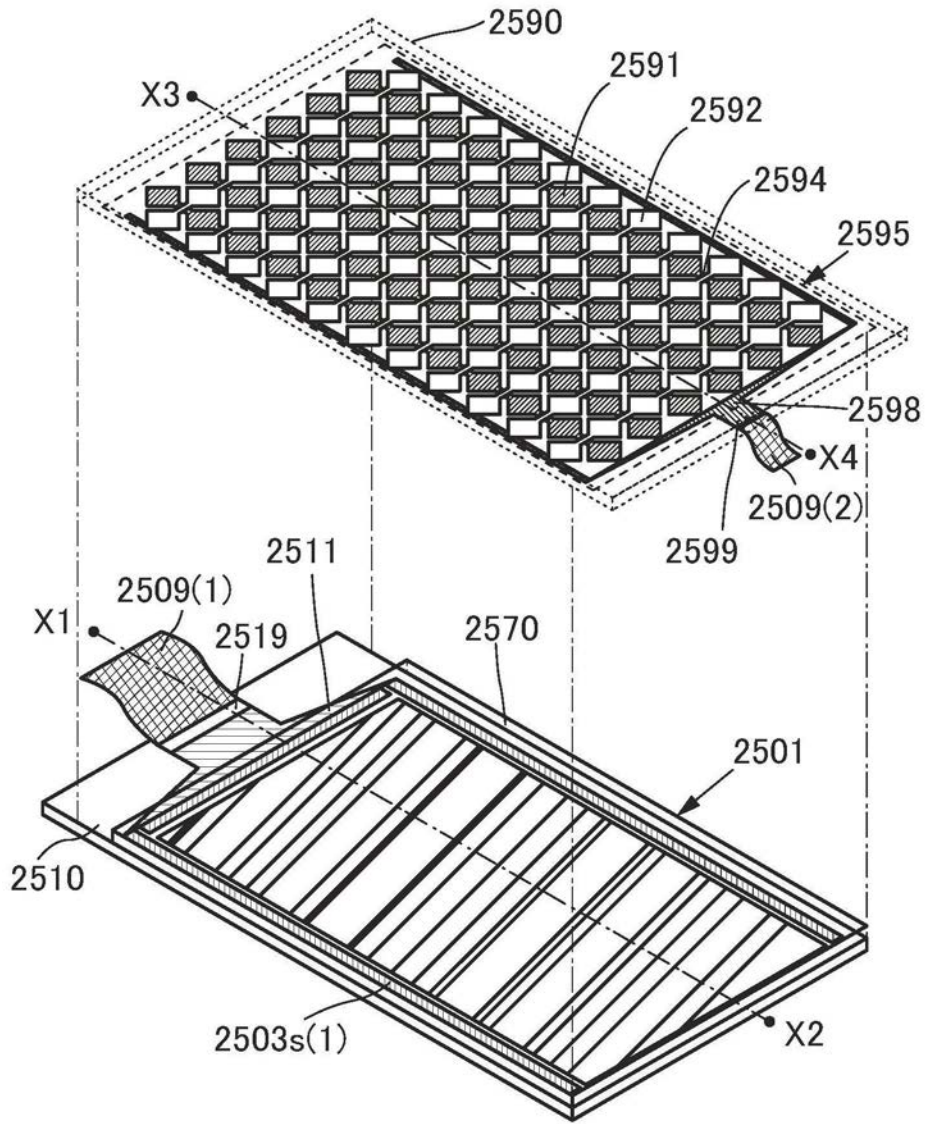


图21B

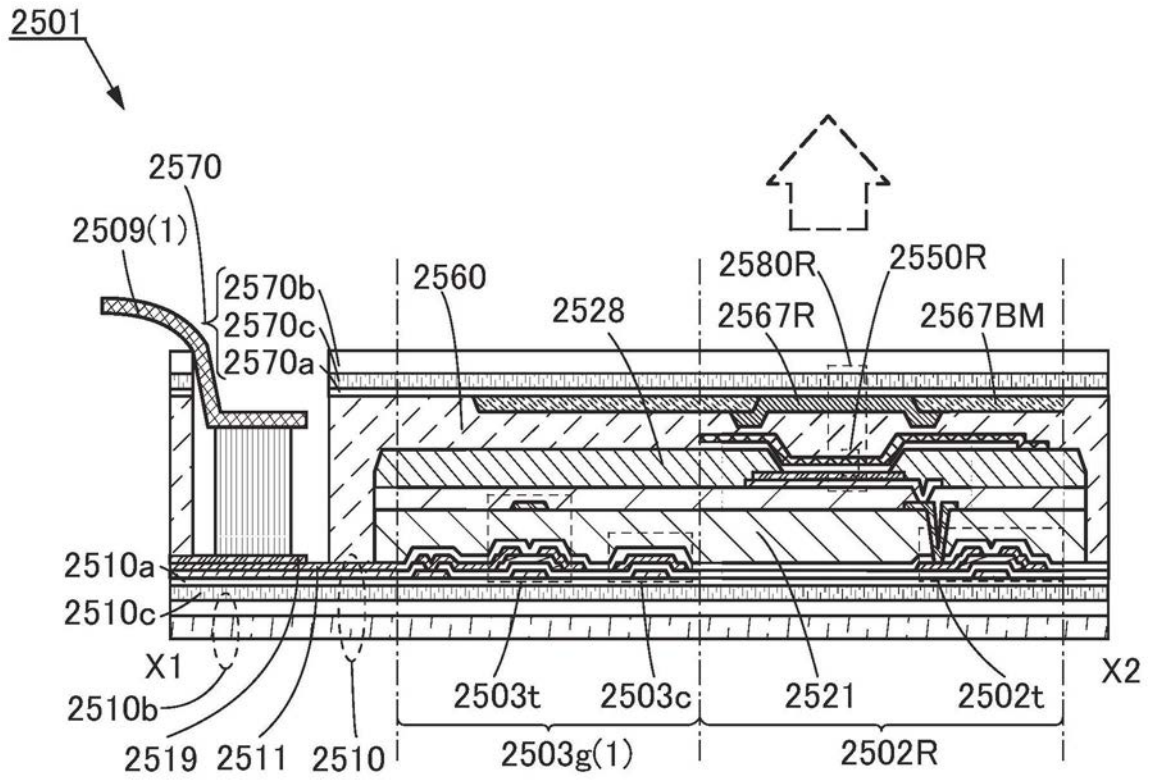


图22A

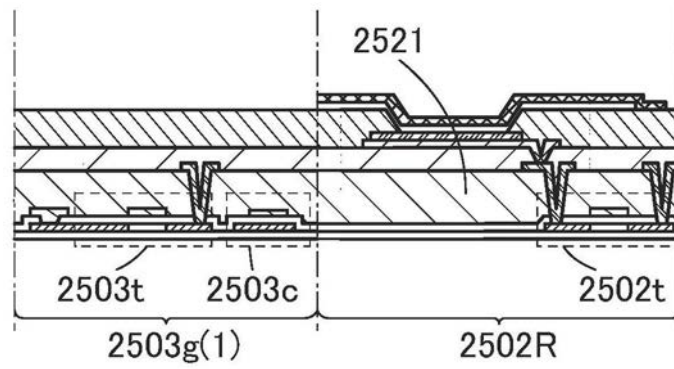


图22B

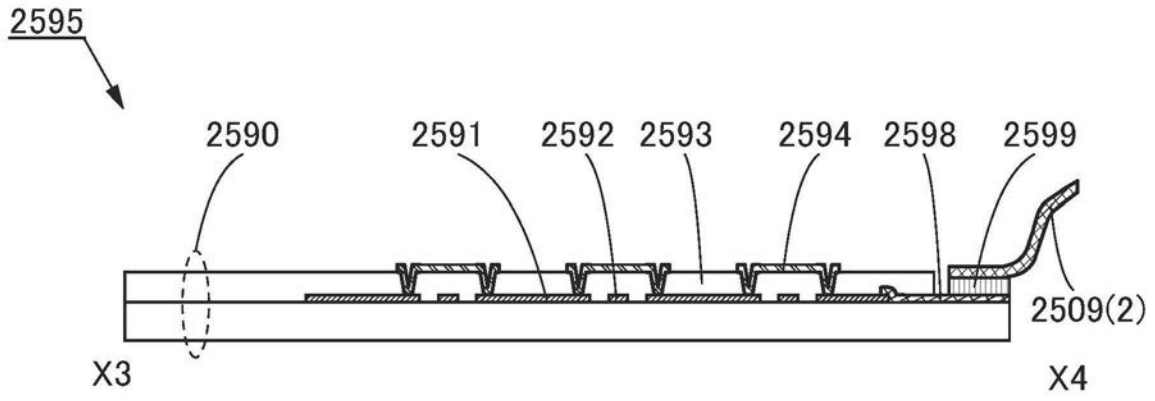


图22C

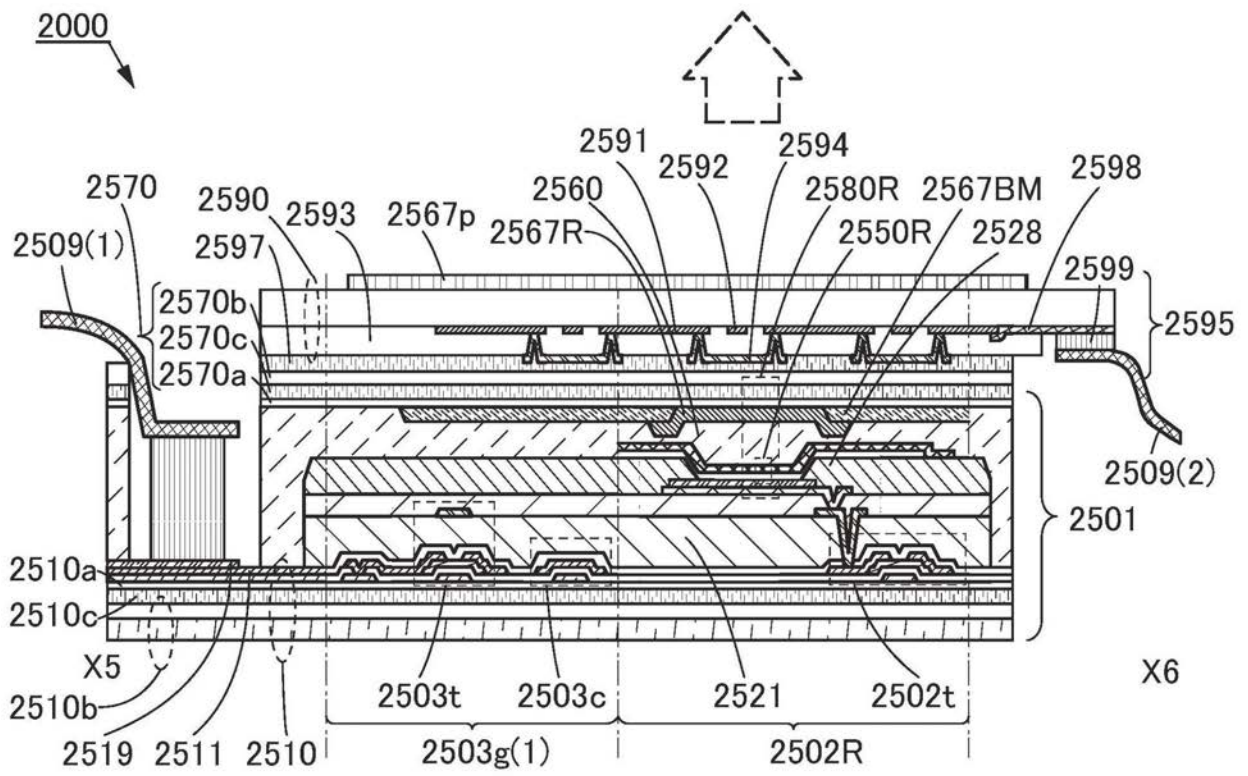


图23A

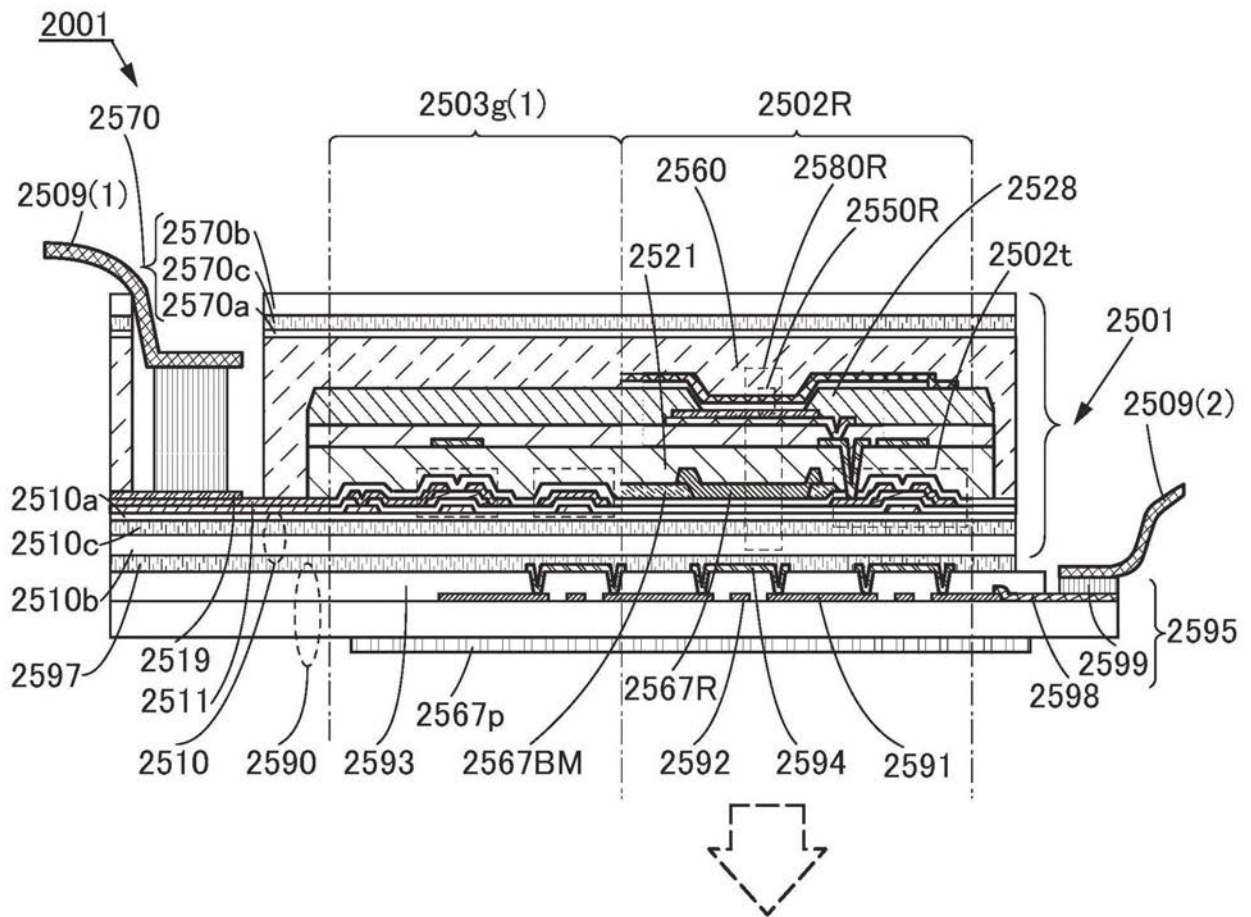


图23B

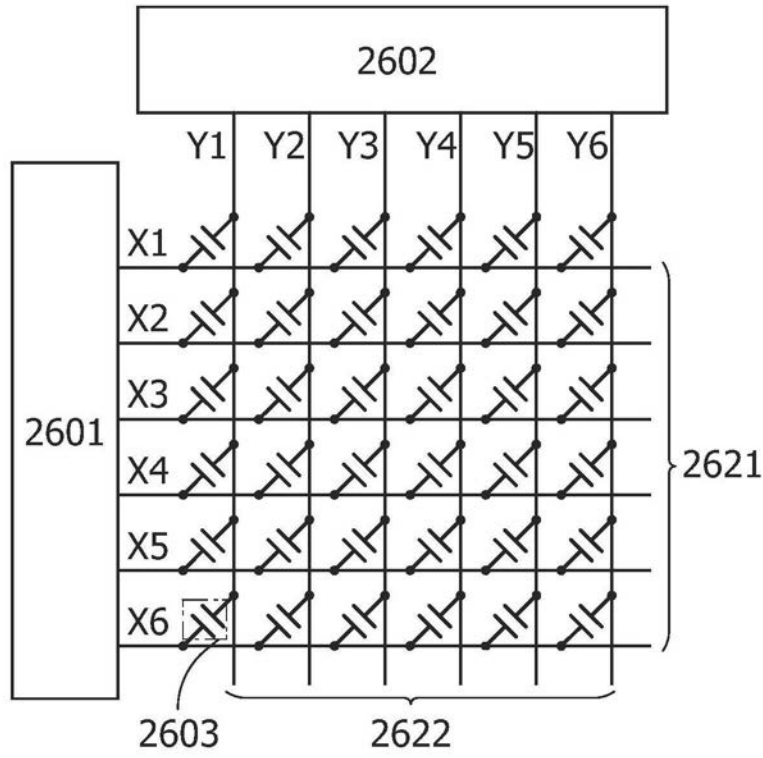


图24A

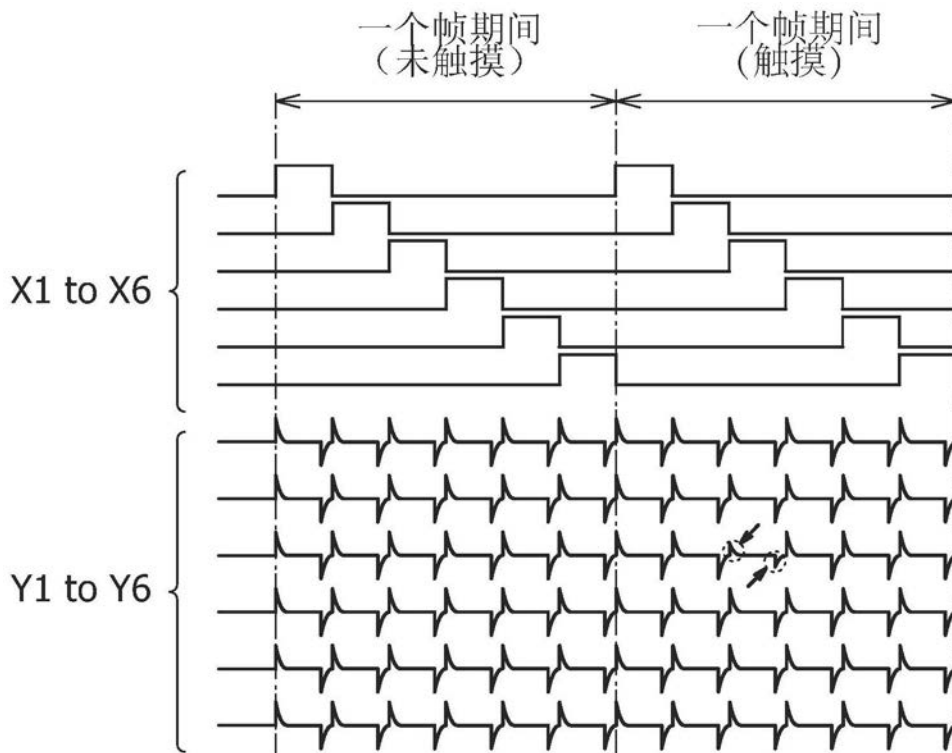


图24B

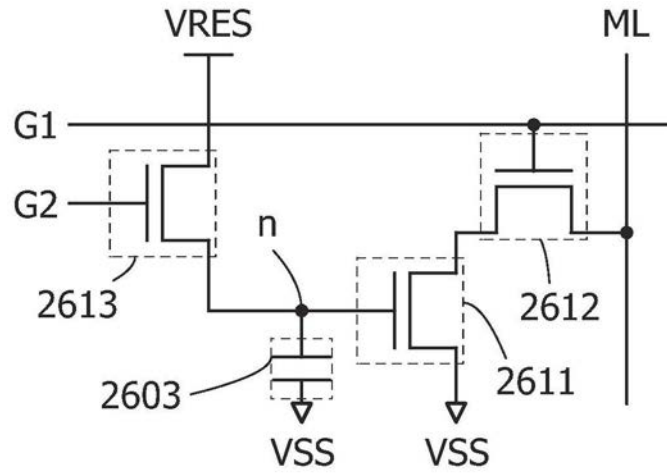


图25

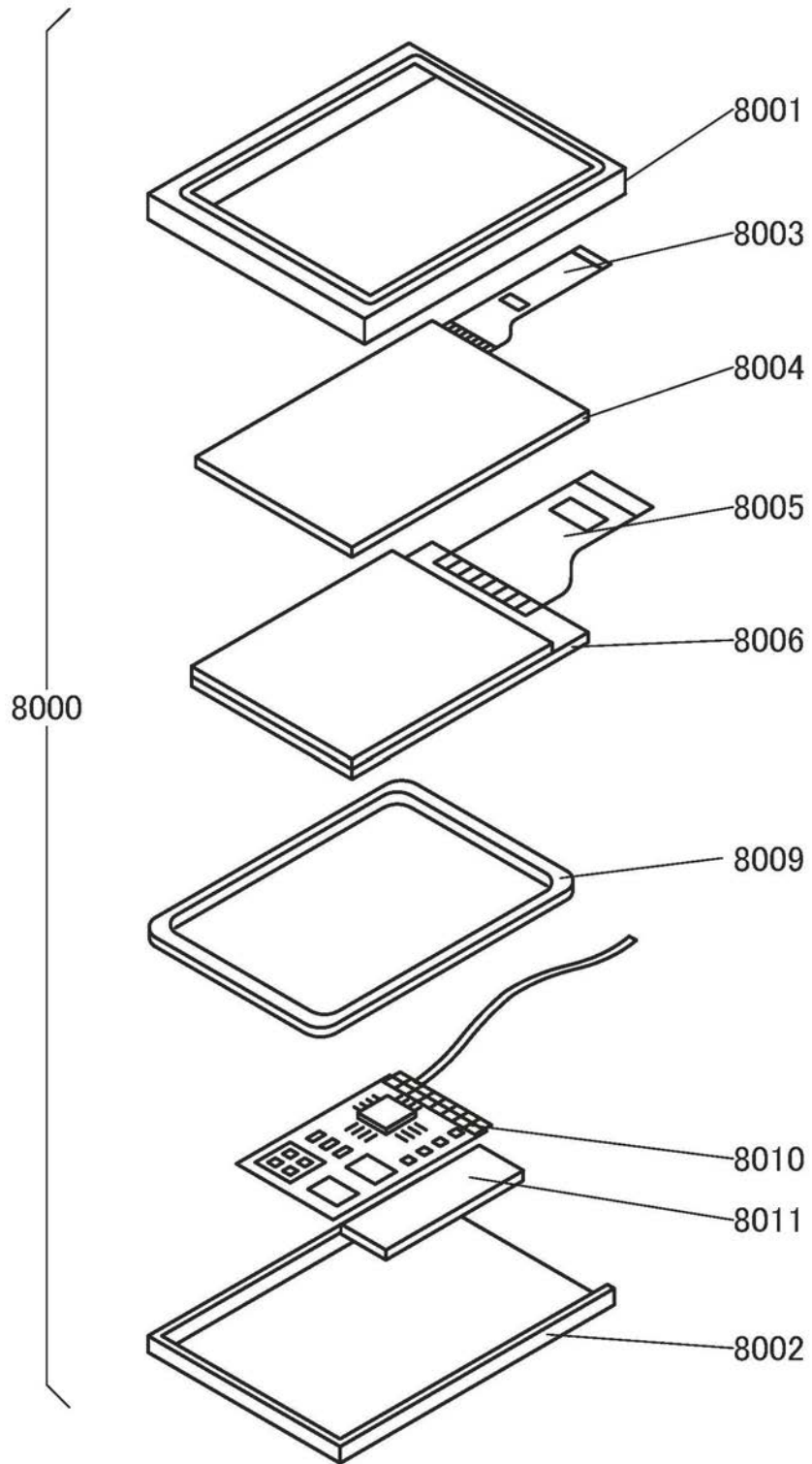


图26

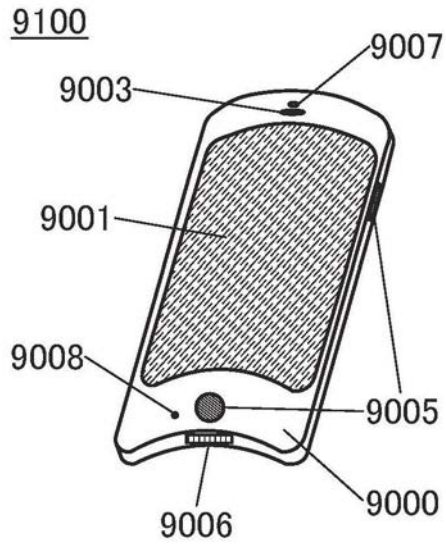


图27A

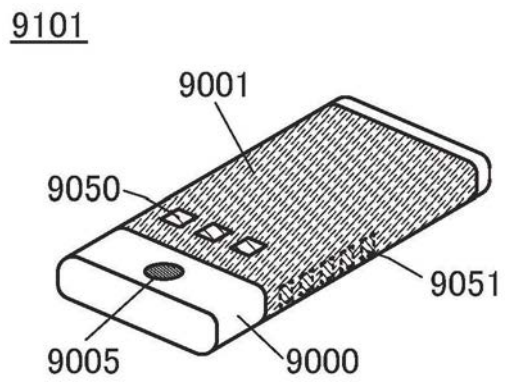


图27B

9102

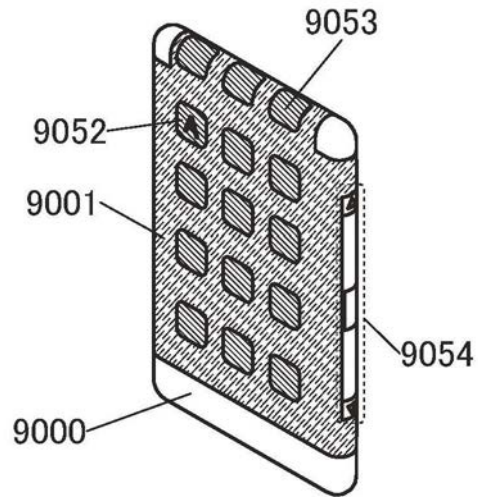


图27C

9200

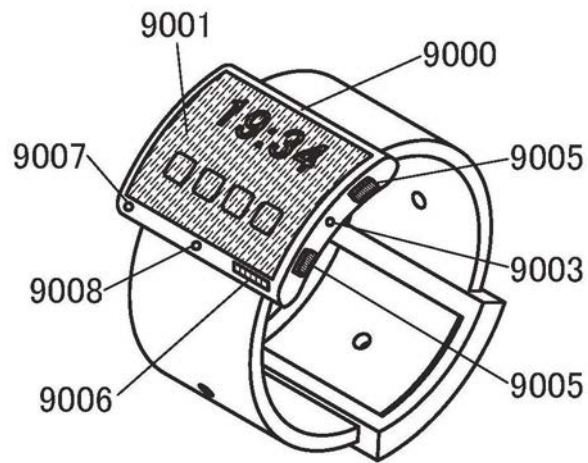


图27D

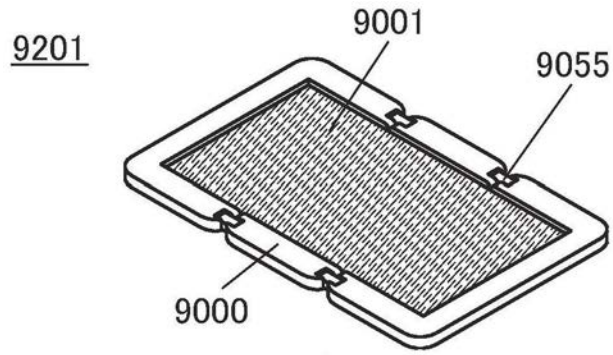


图27E

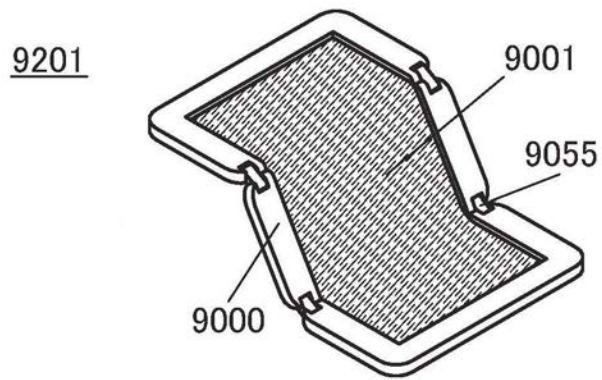


图27F

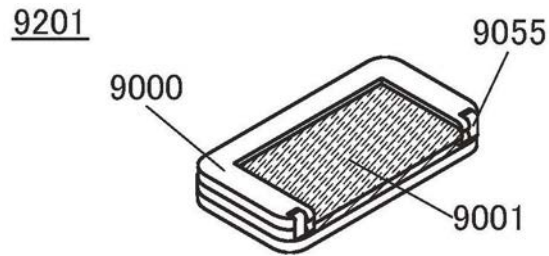


图27G

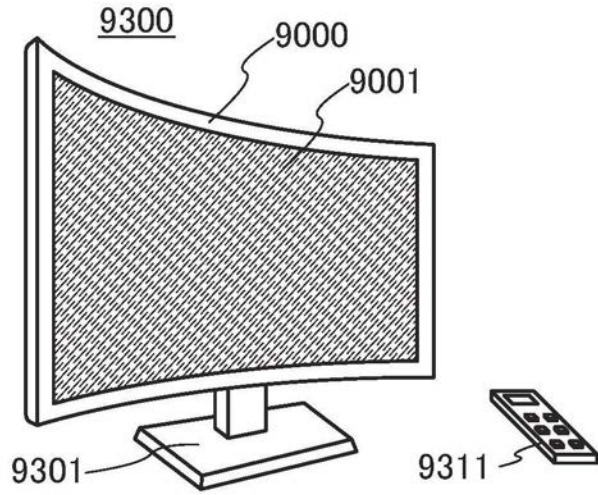


图28A

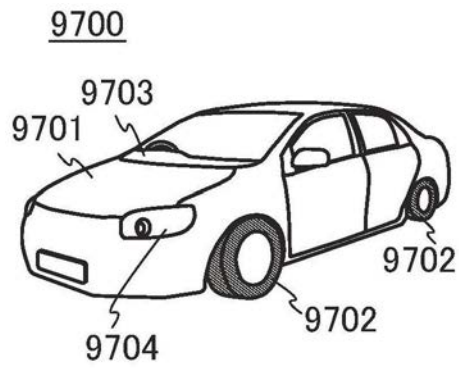


图28B

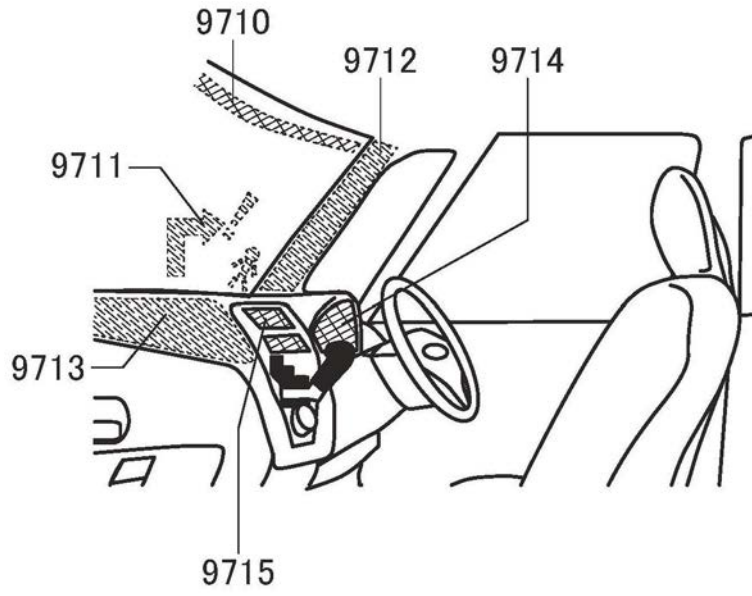


图28C

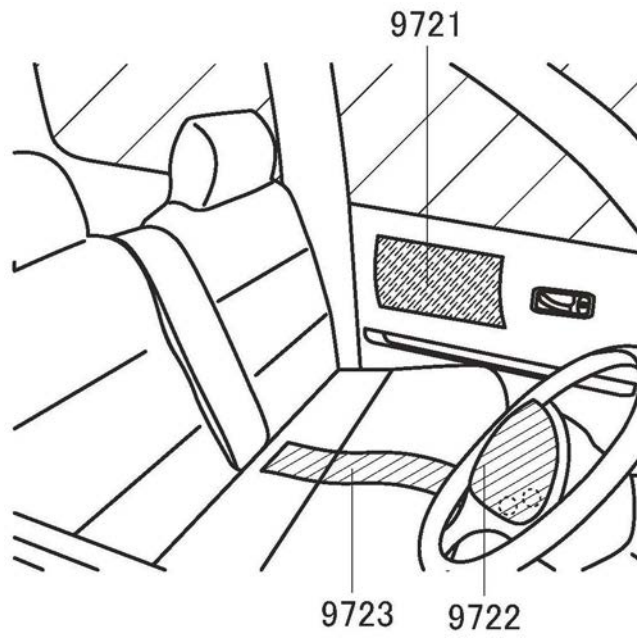


图28D

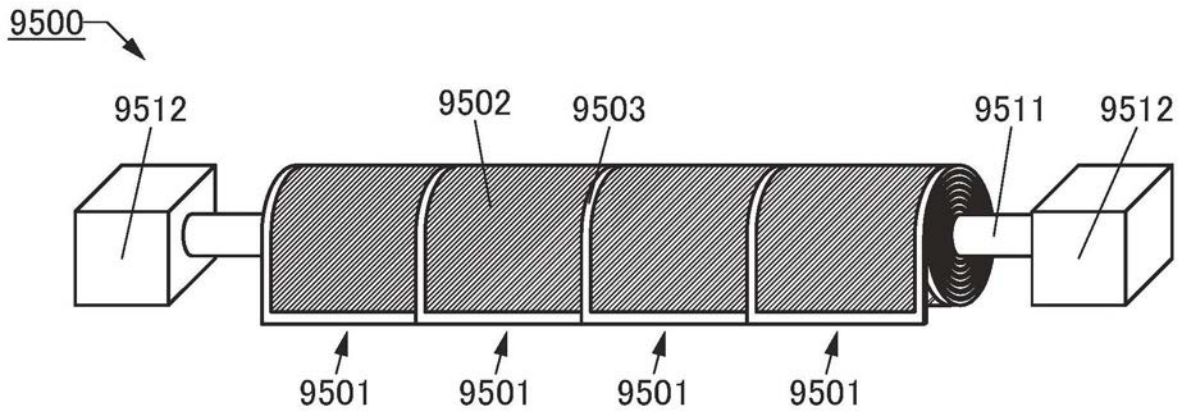


图29A

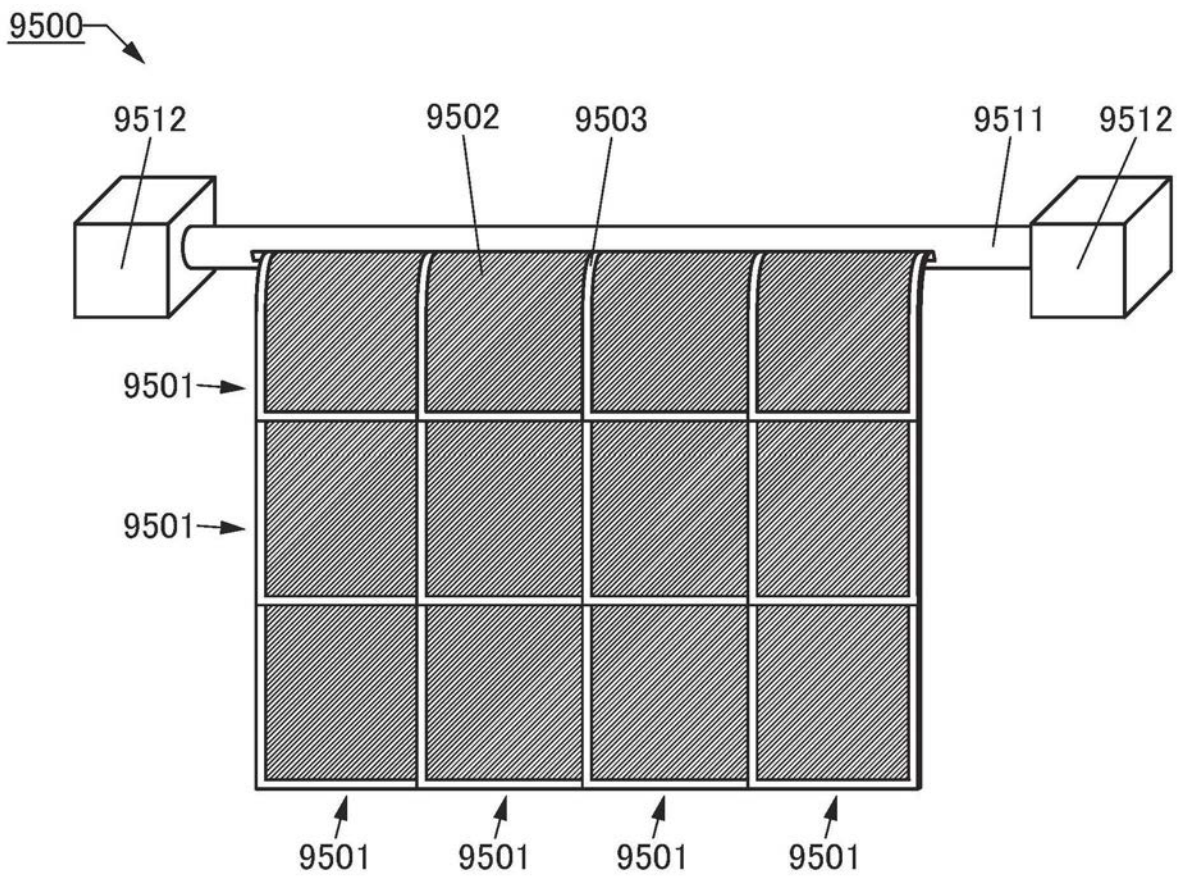


图29B

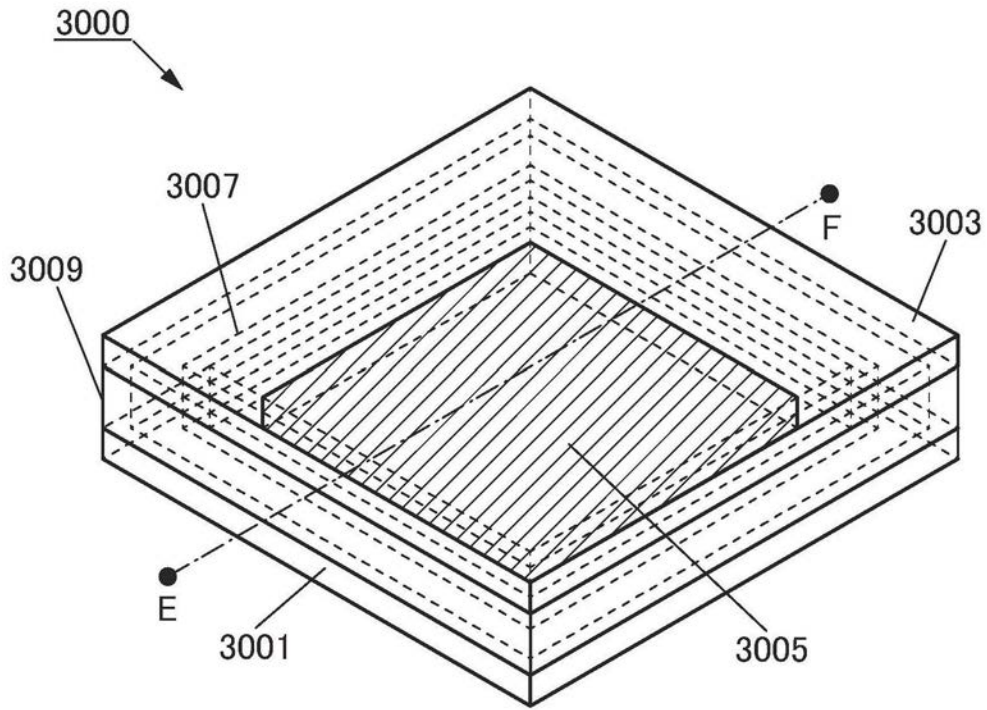


图30A

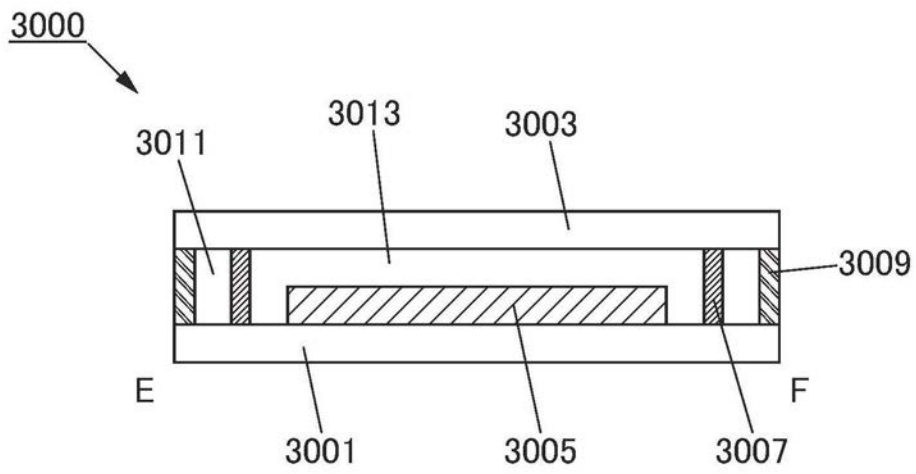


图30B

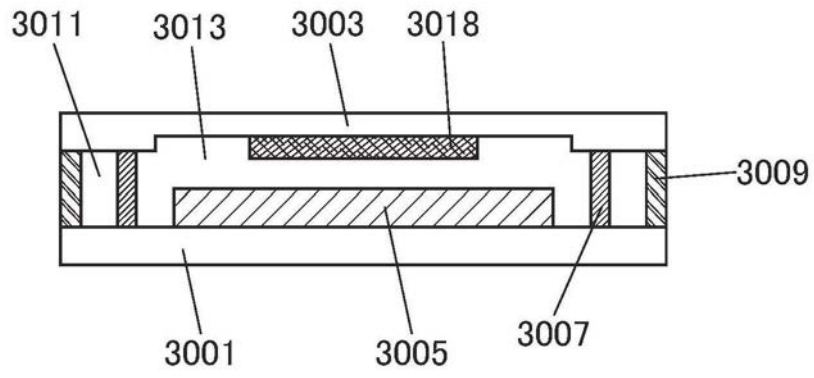


图30C

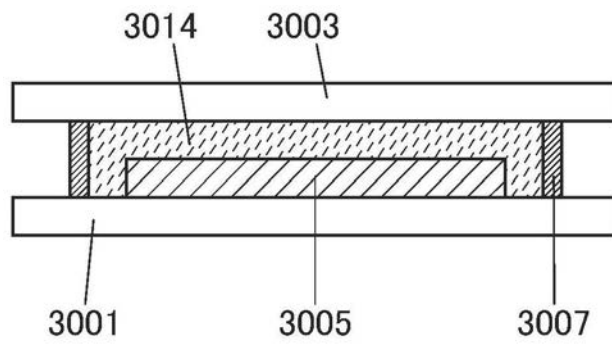


图31A

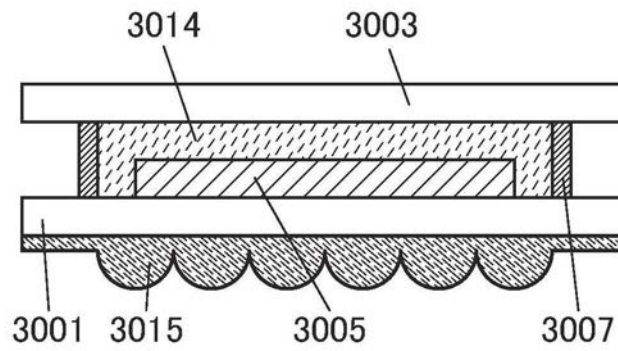


图31B

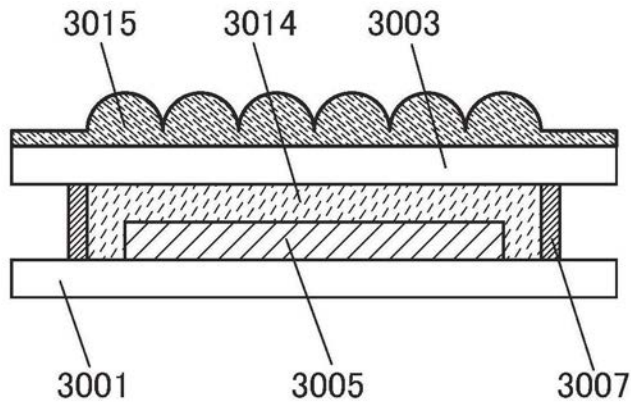


图31C

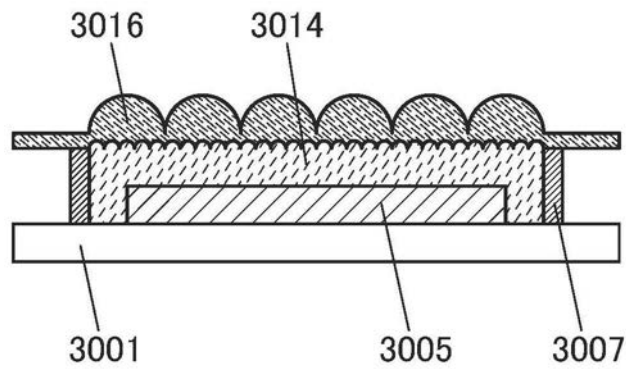


图31D

(A)

3500

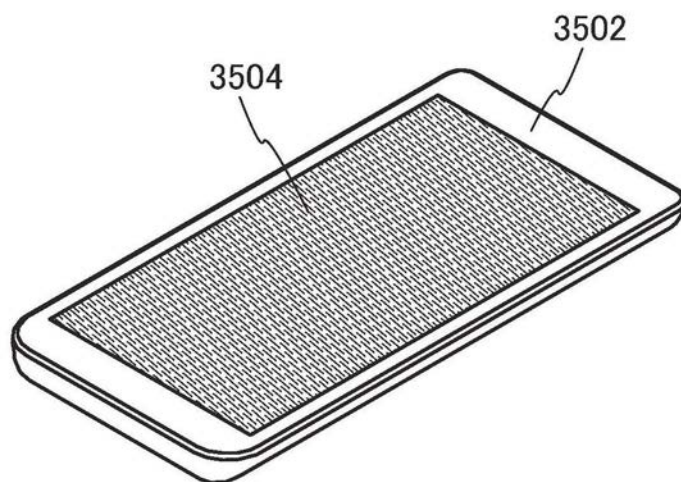


图32A

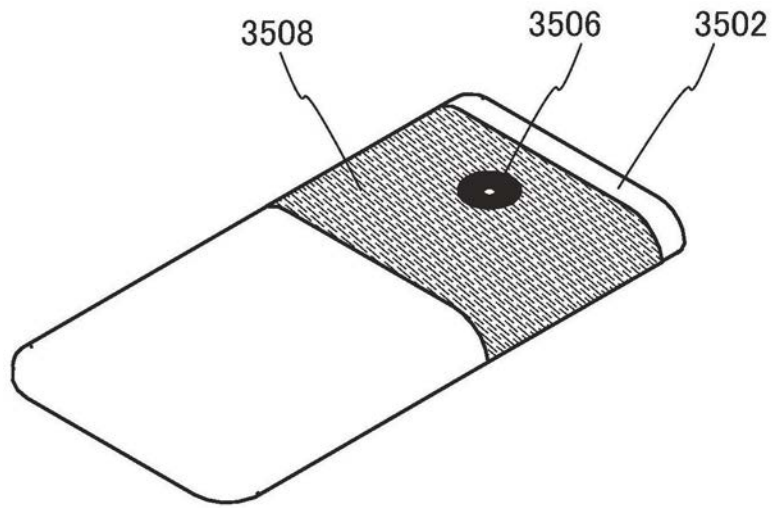


图32B

3600

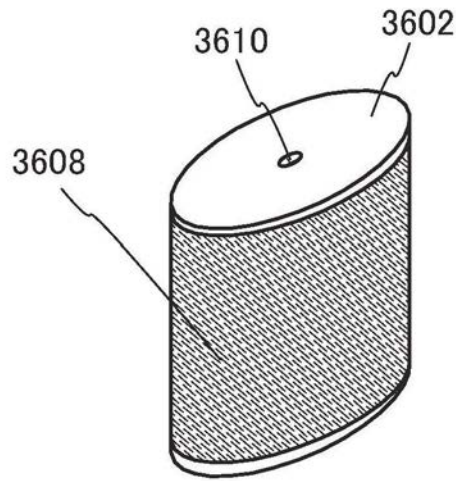


图32C

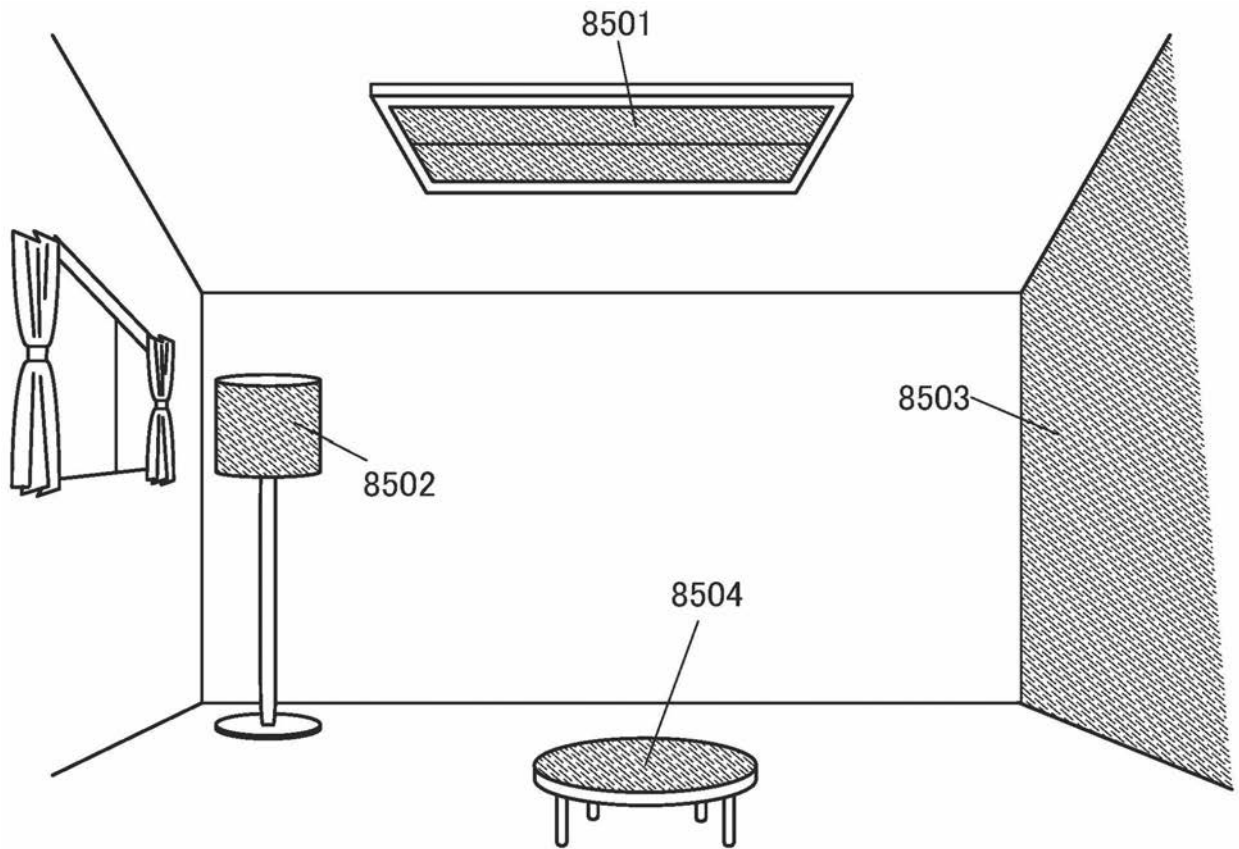


图33

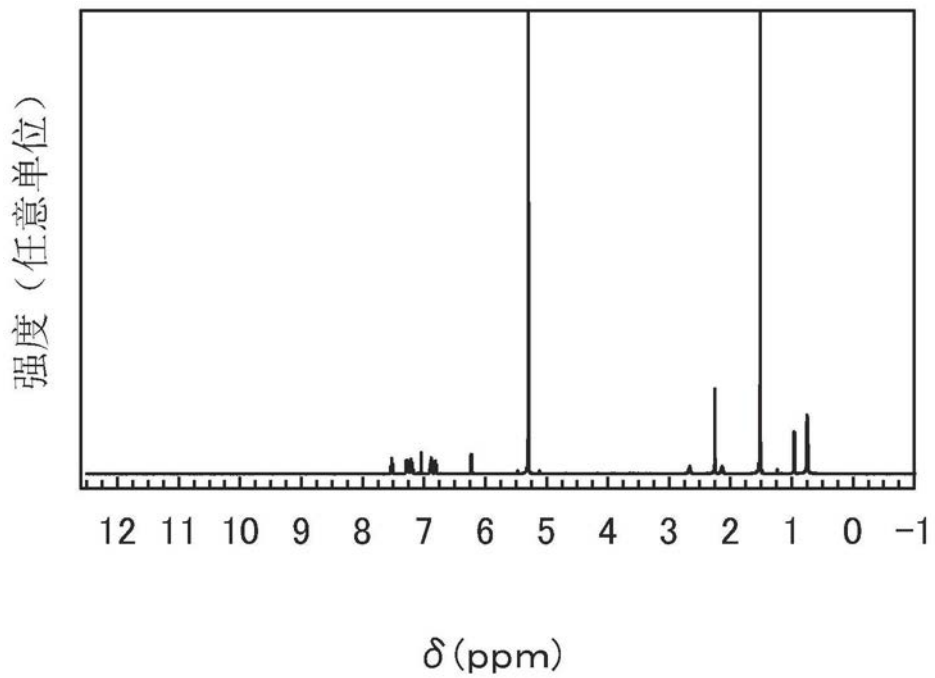


图34

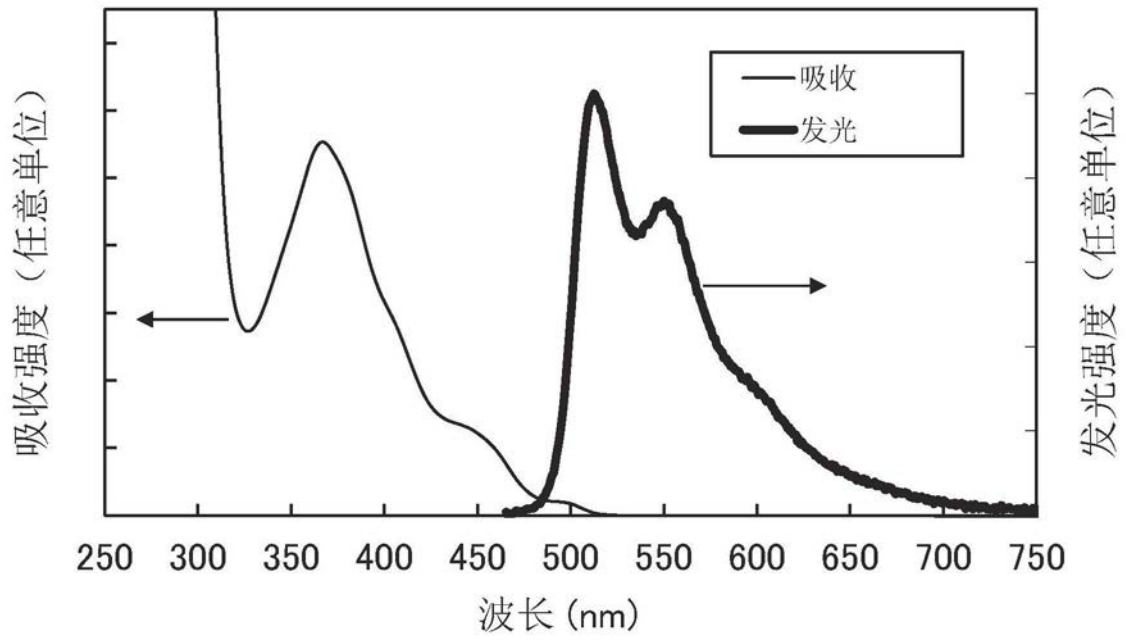


图35

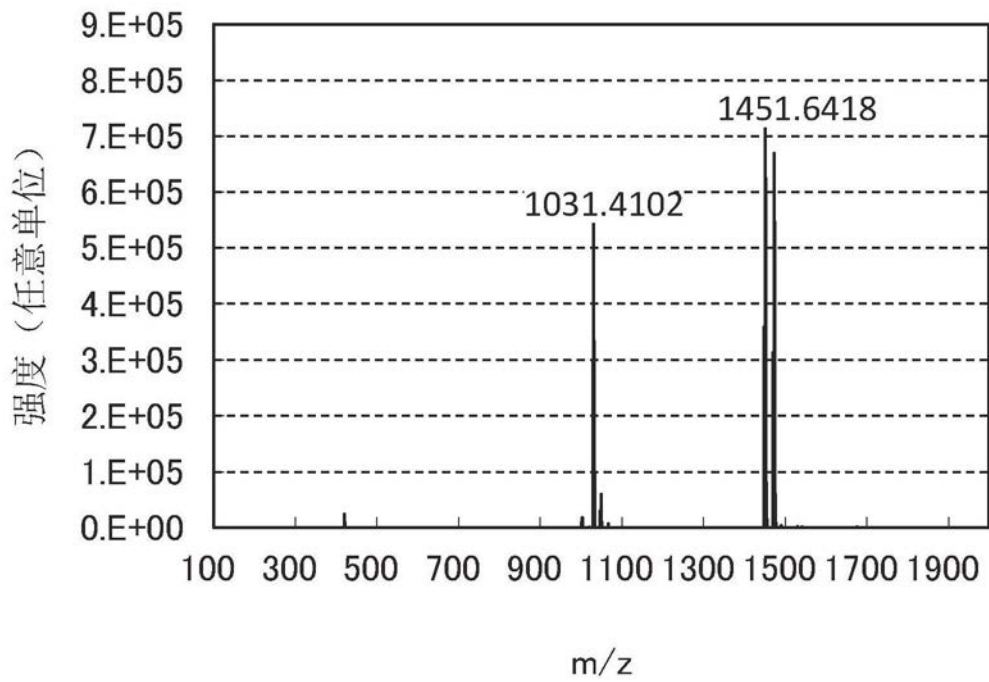


图36

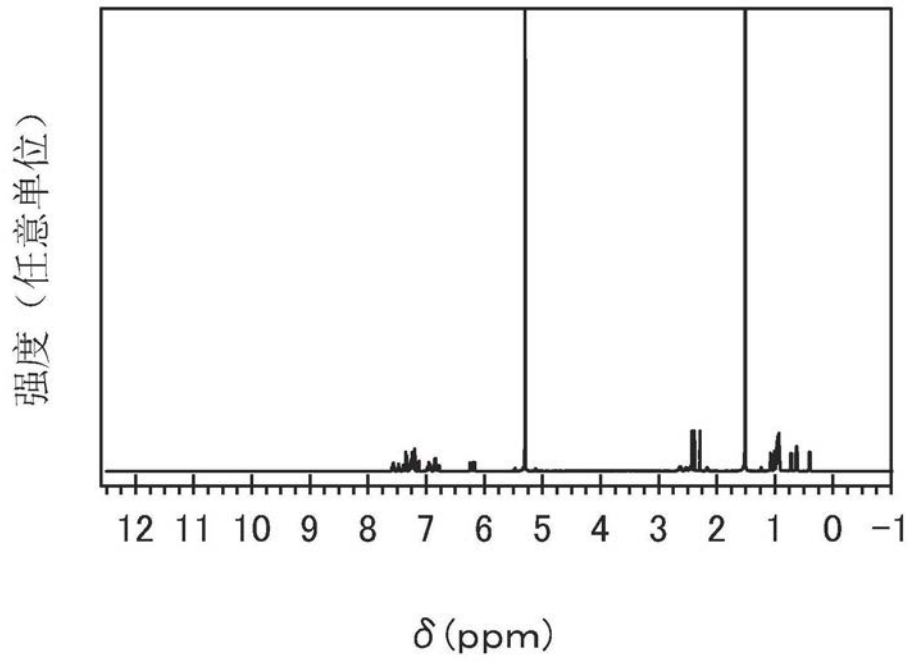


图37

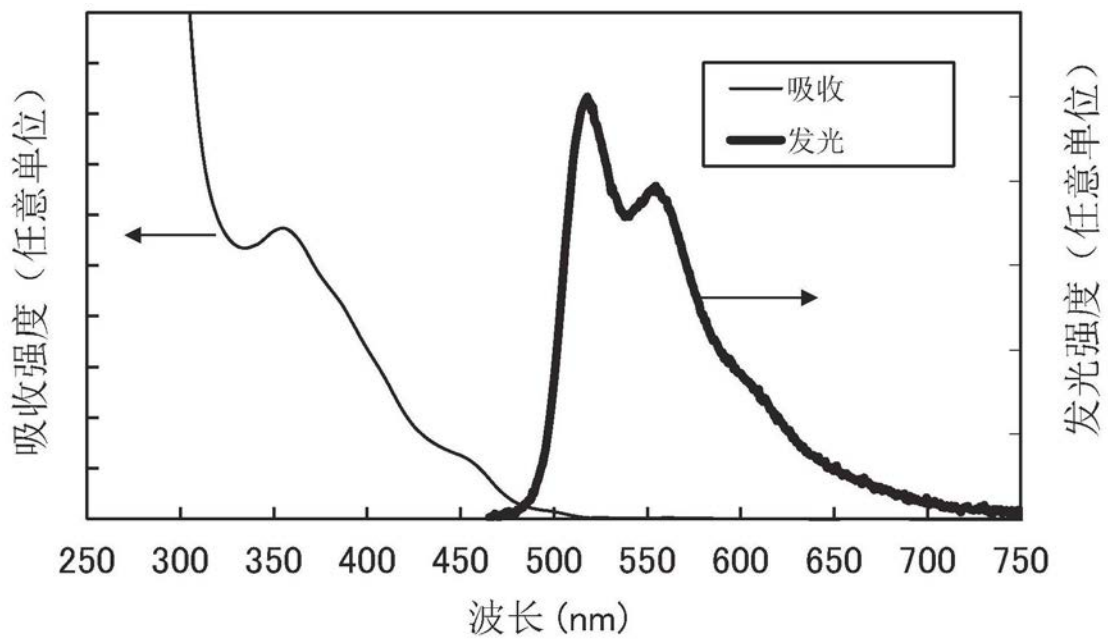


图38

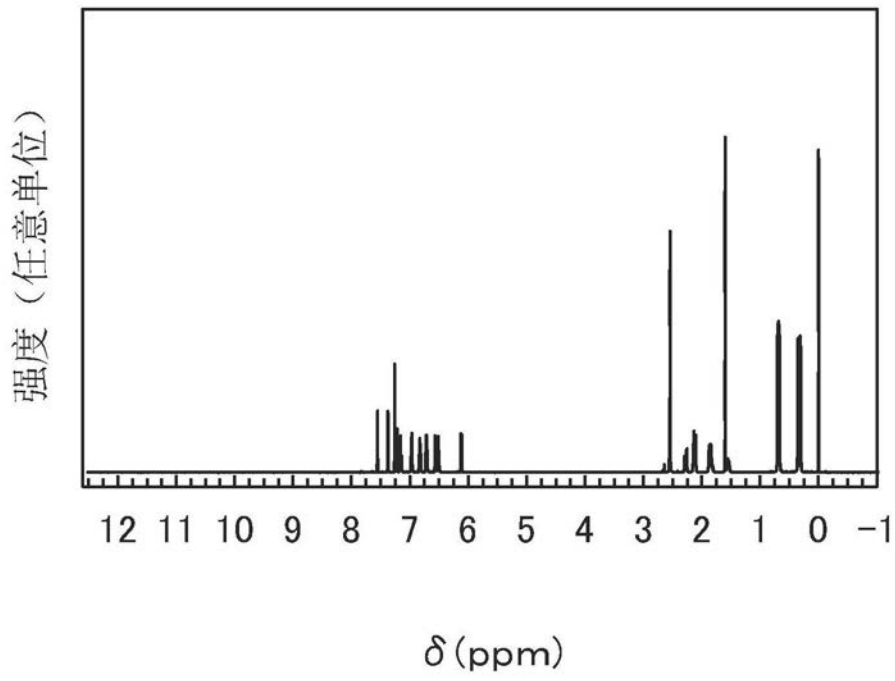


图39

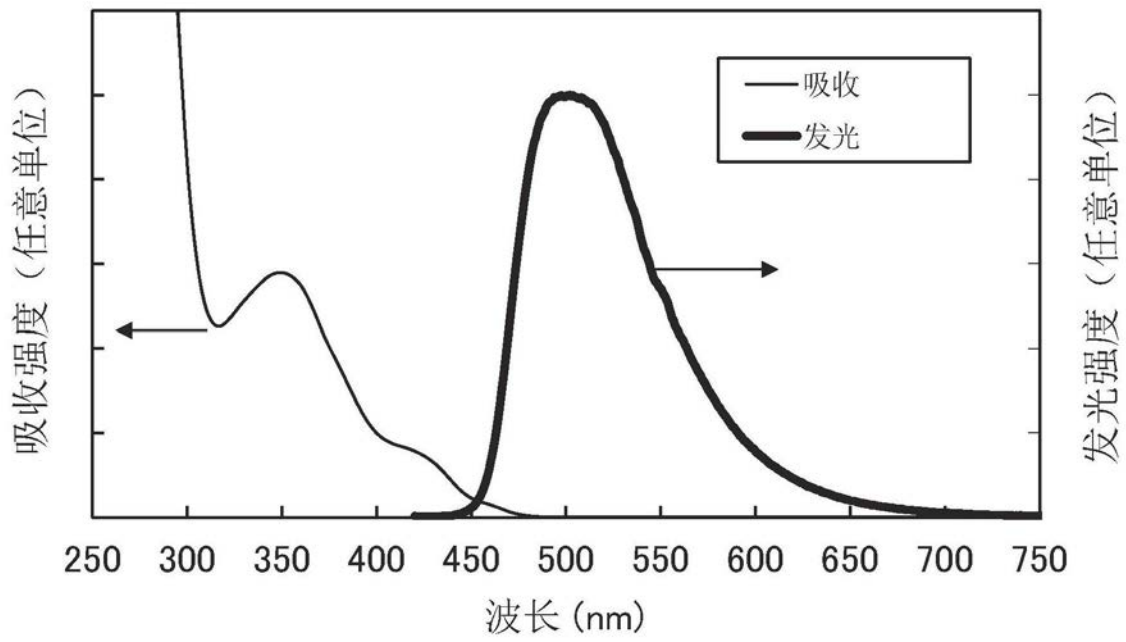


图40

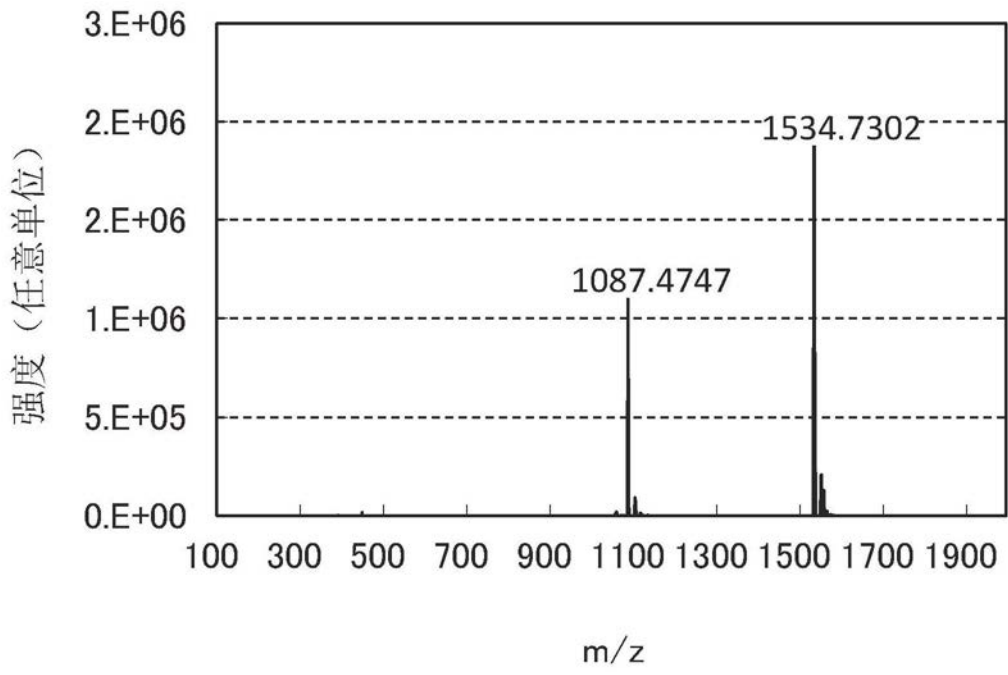


图41

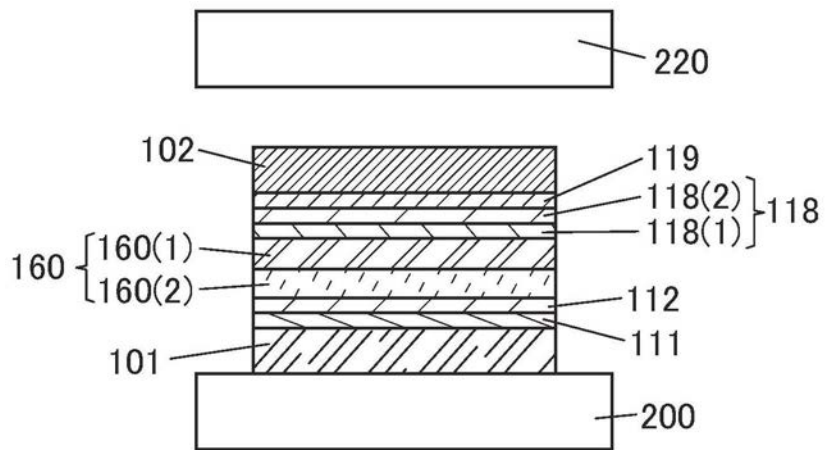


图42

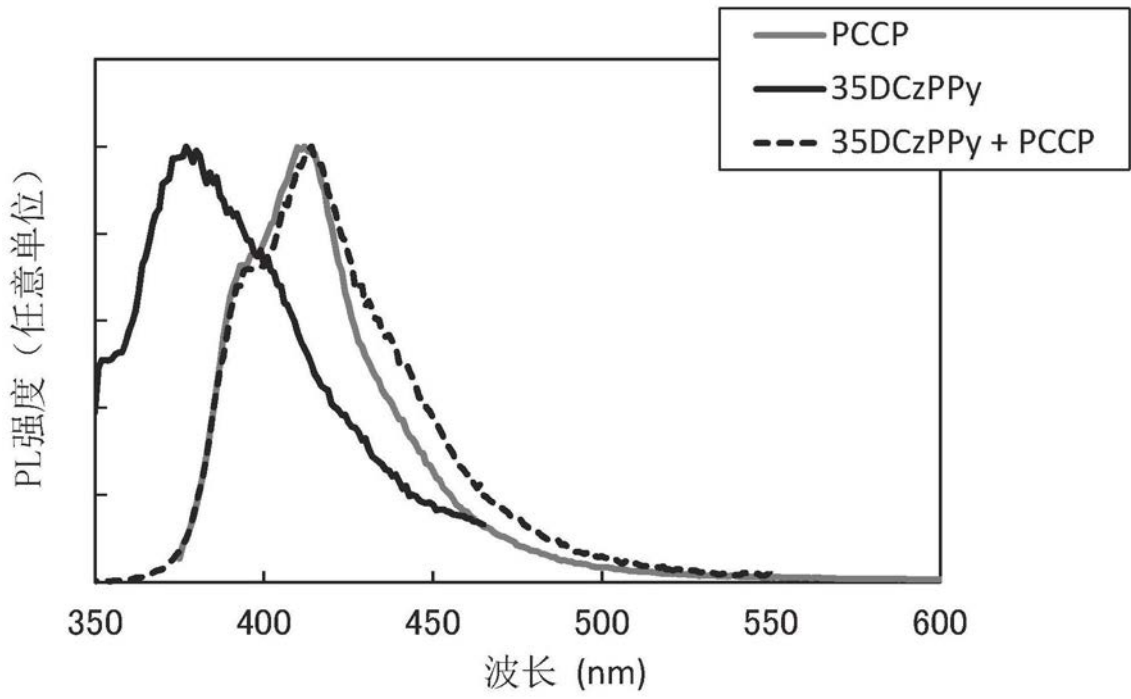


图43A

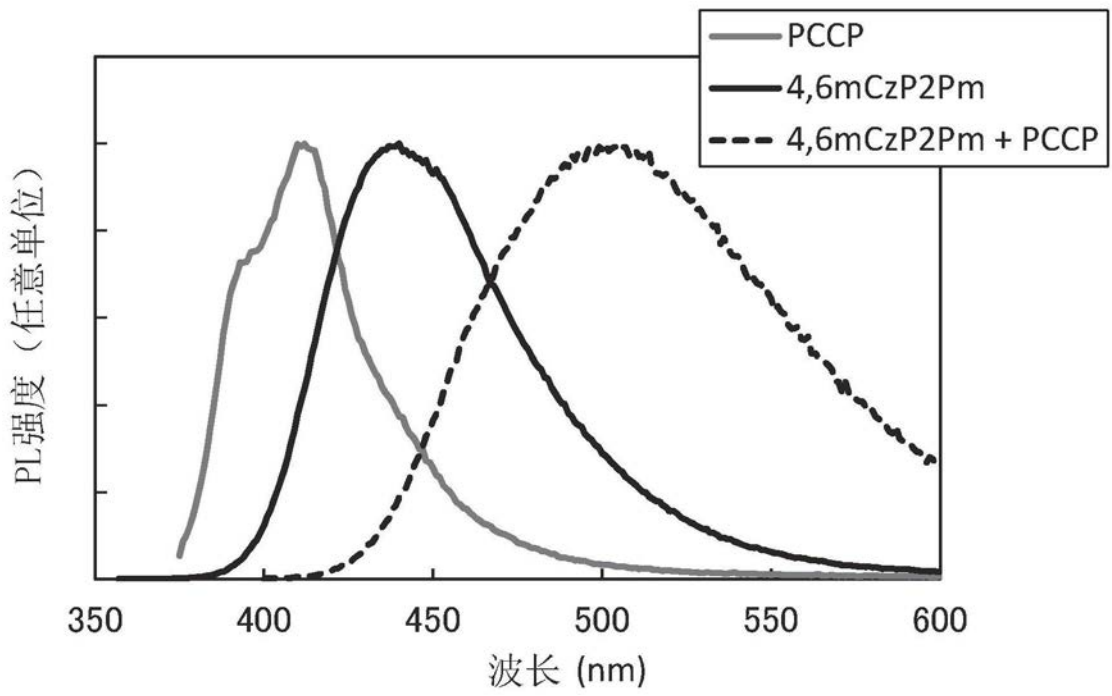


图43B

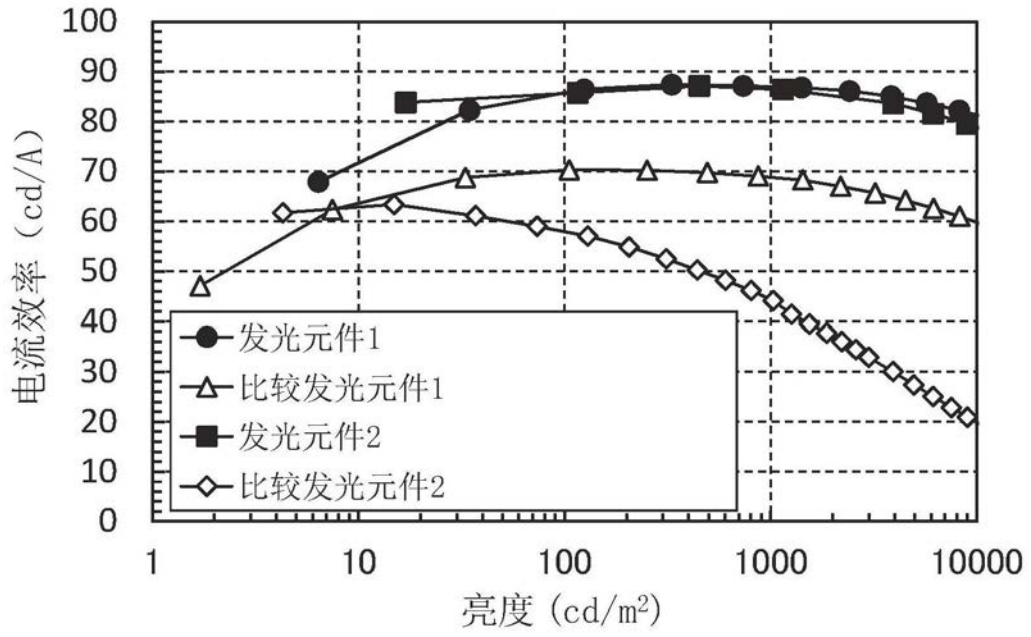


图44

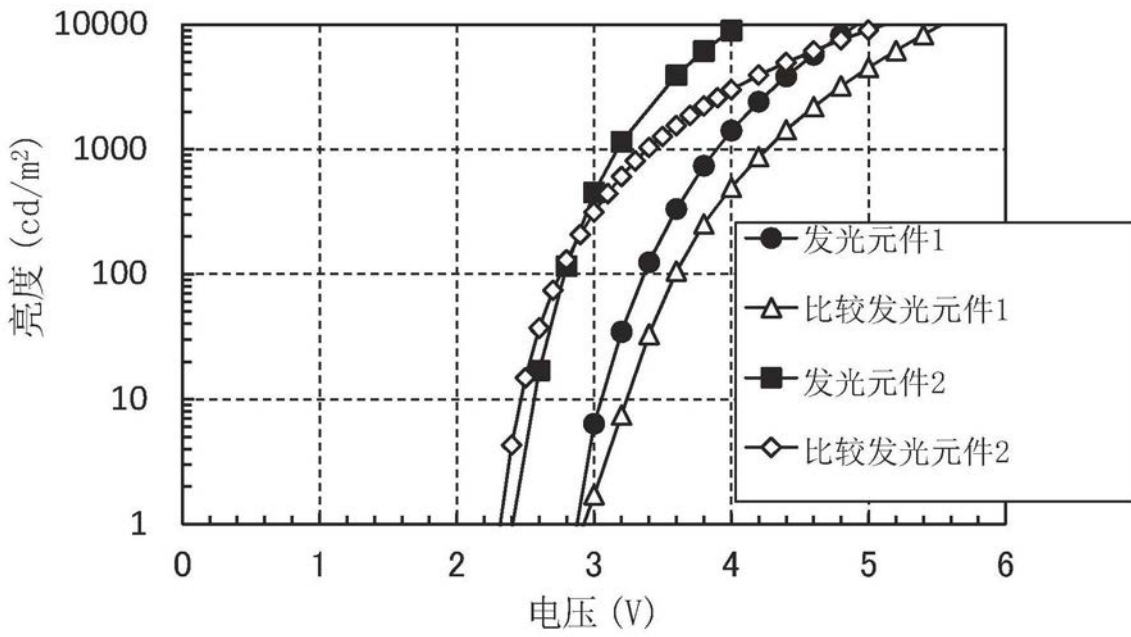


图45

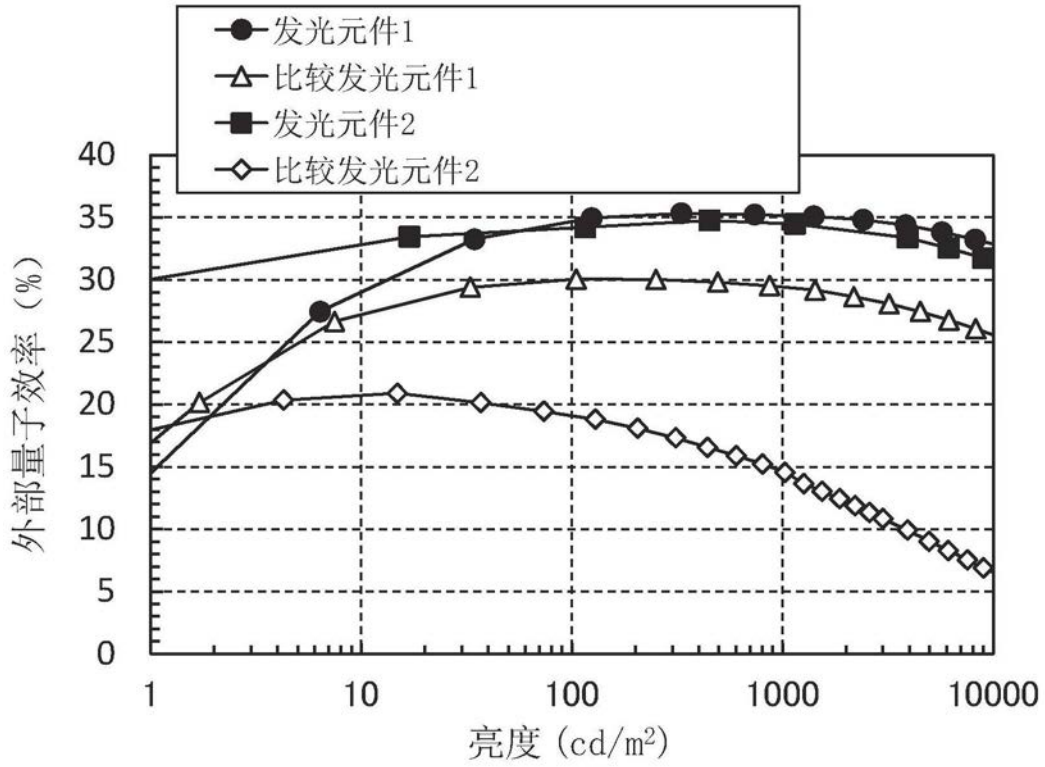


图46

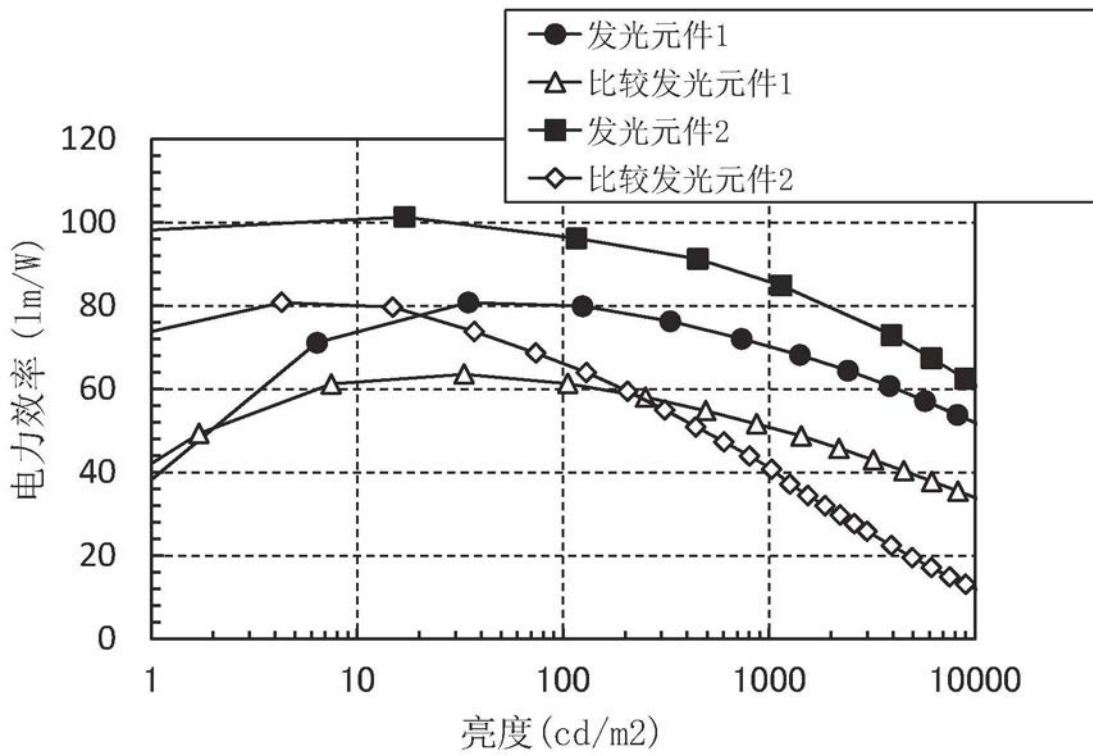


图47

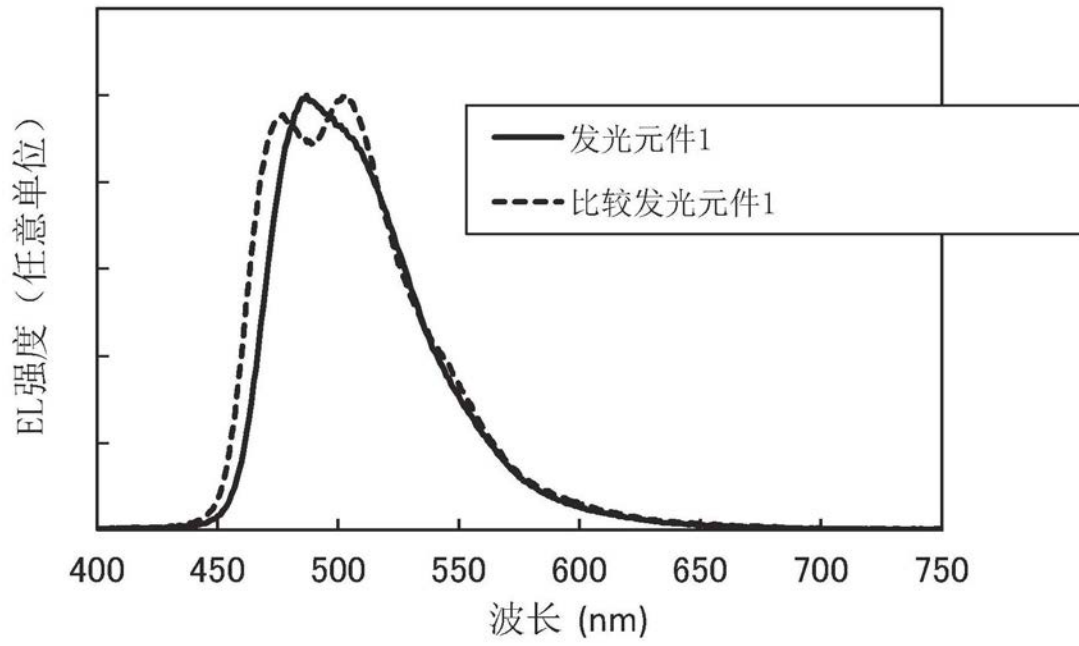


图48A

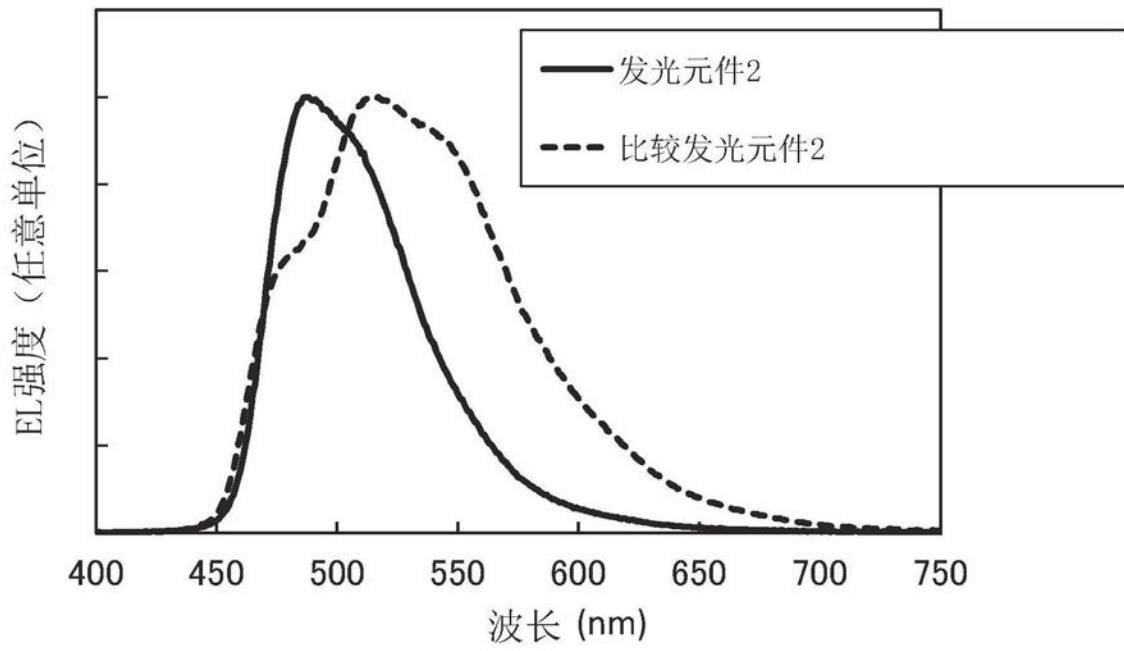


图48B

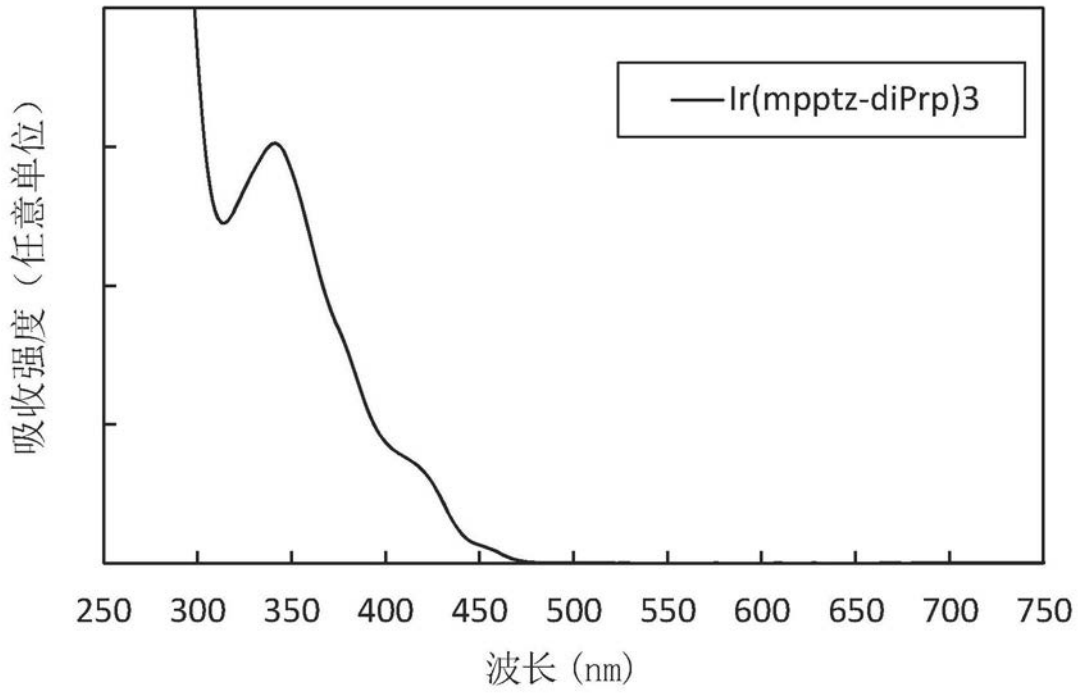


图49

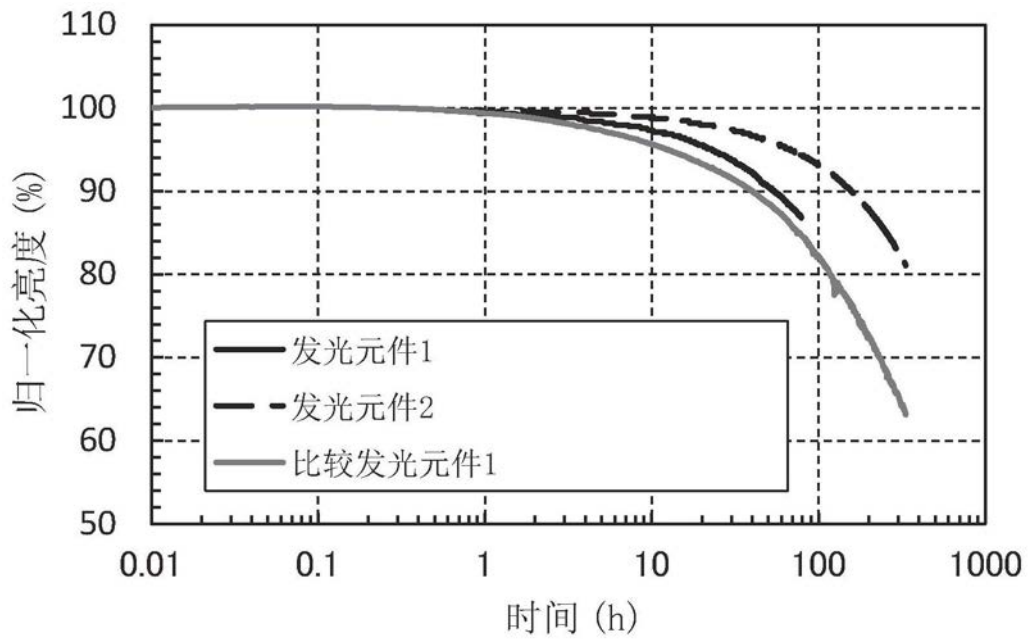


图50

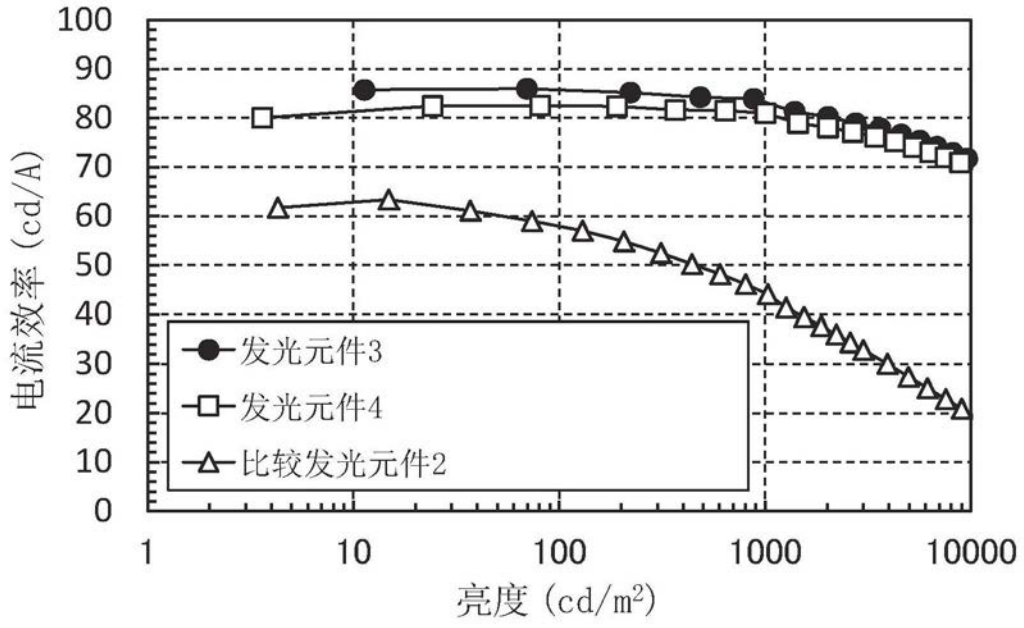


图51

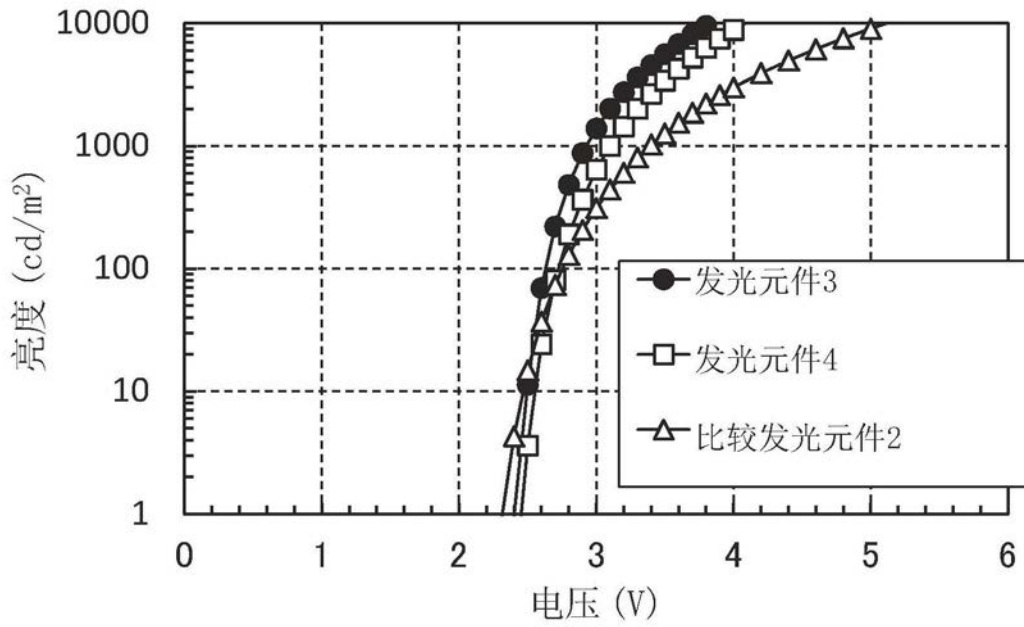


图52

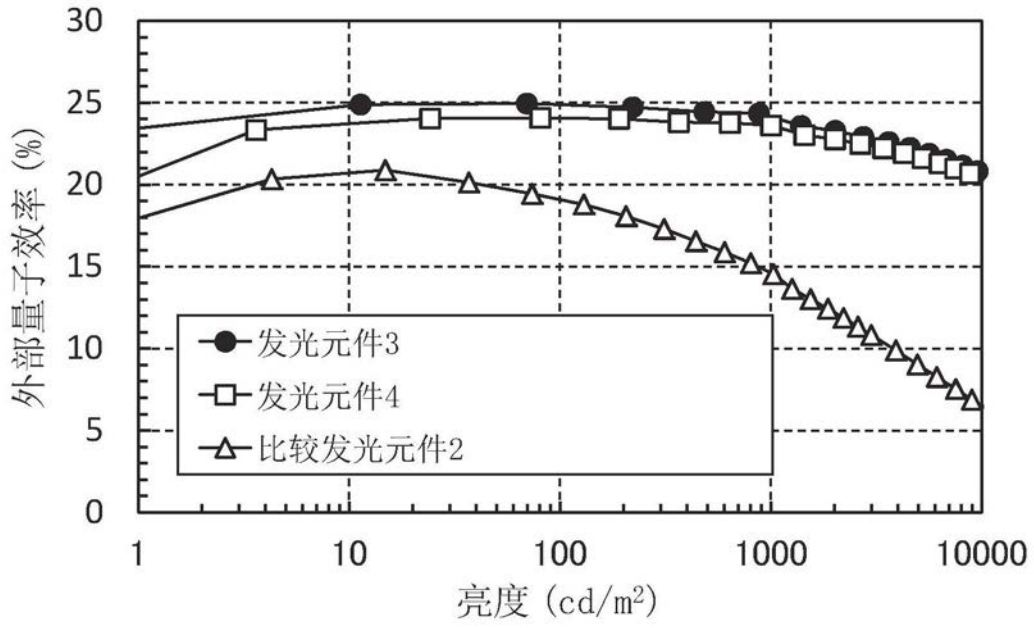


图53

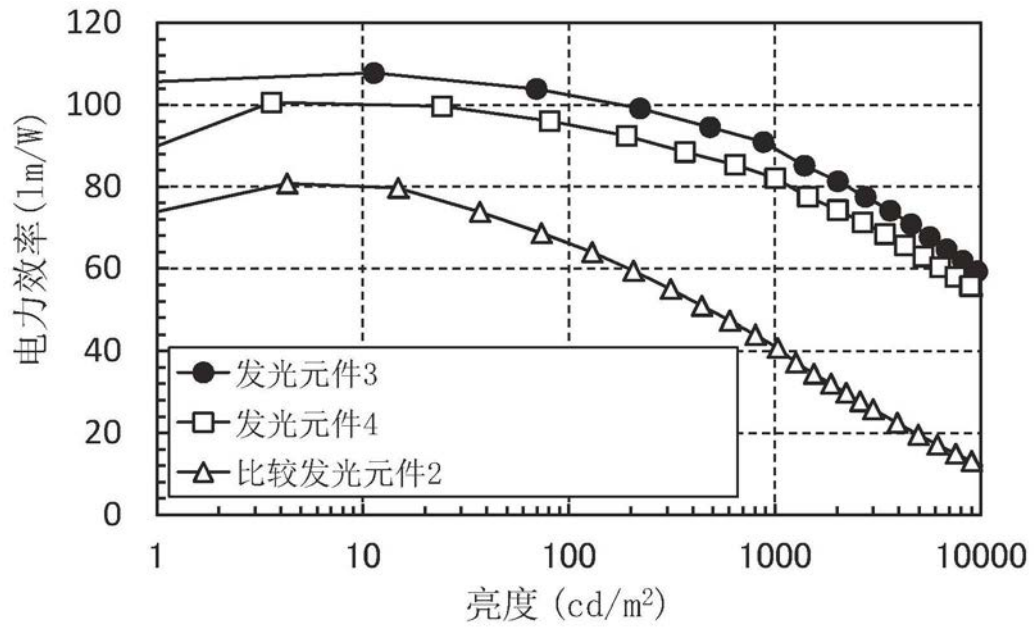


图54

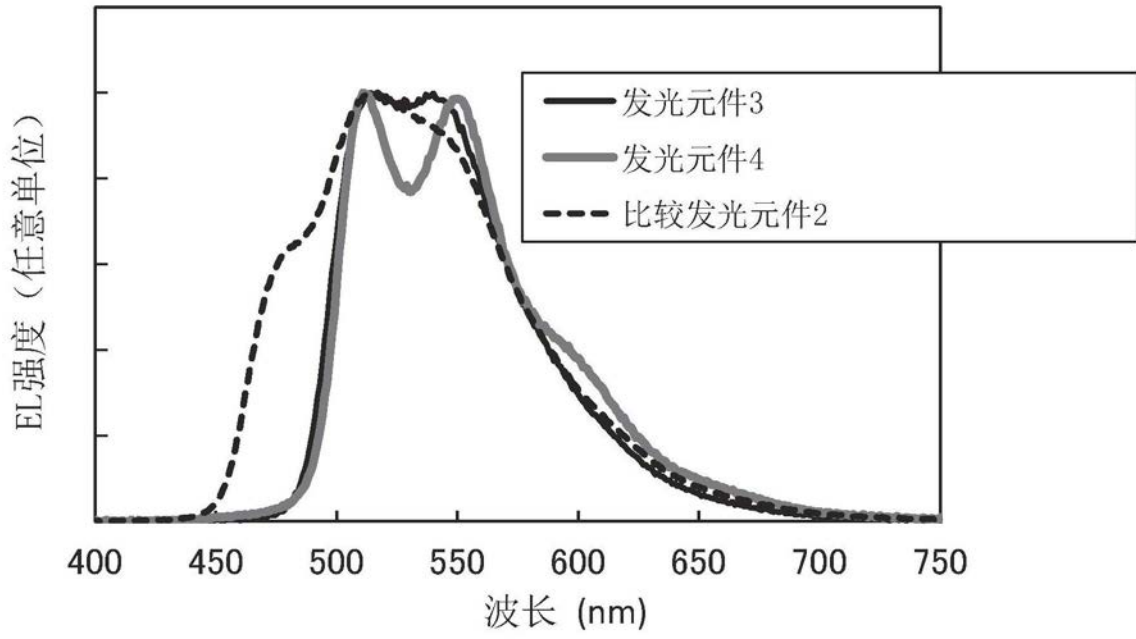


图55

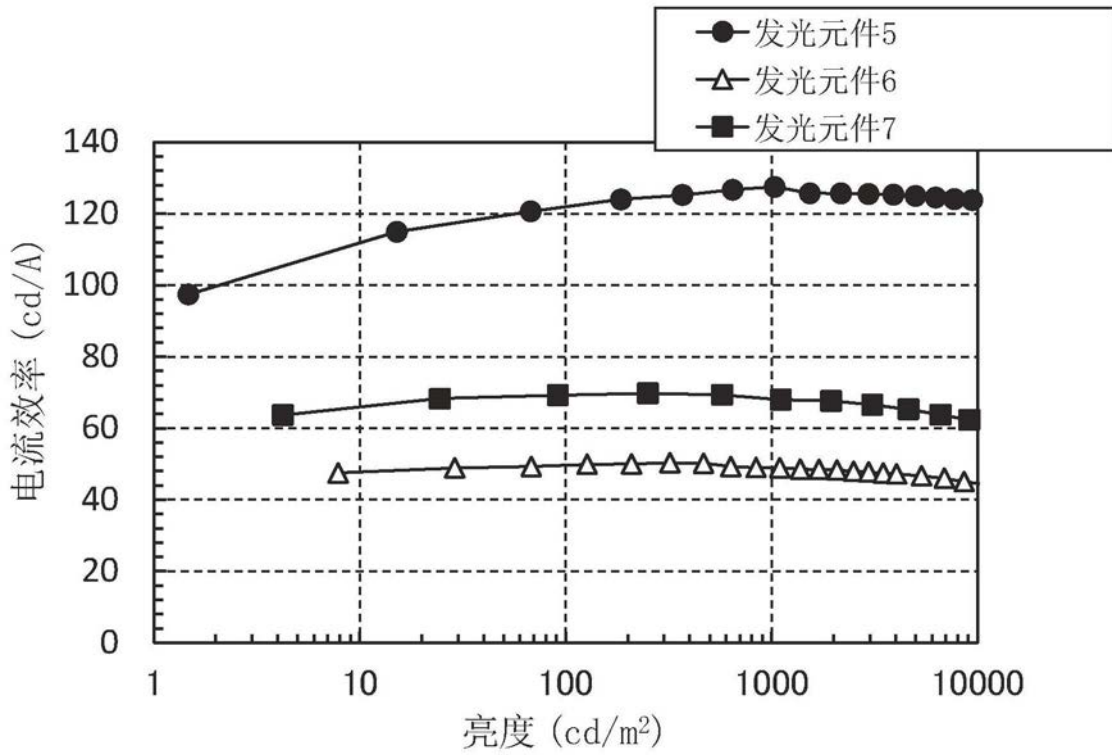


图56

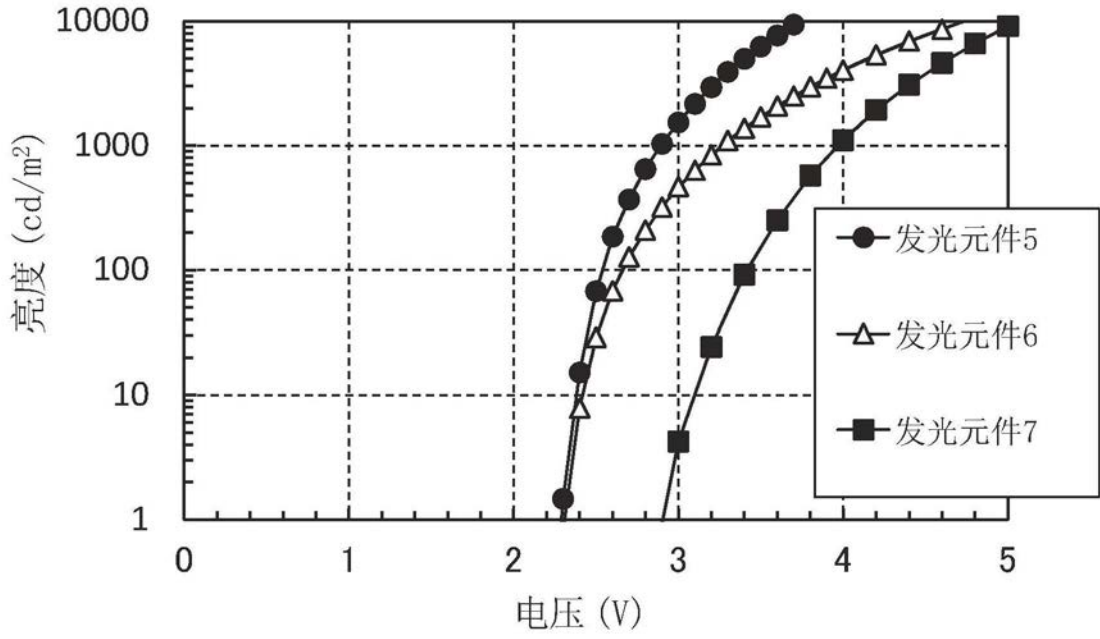


图57

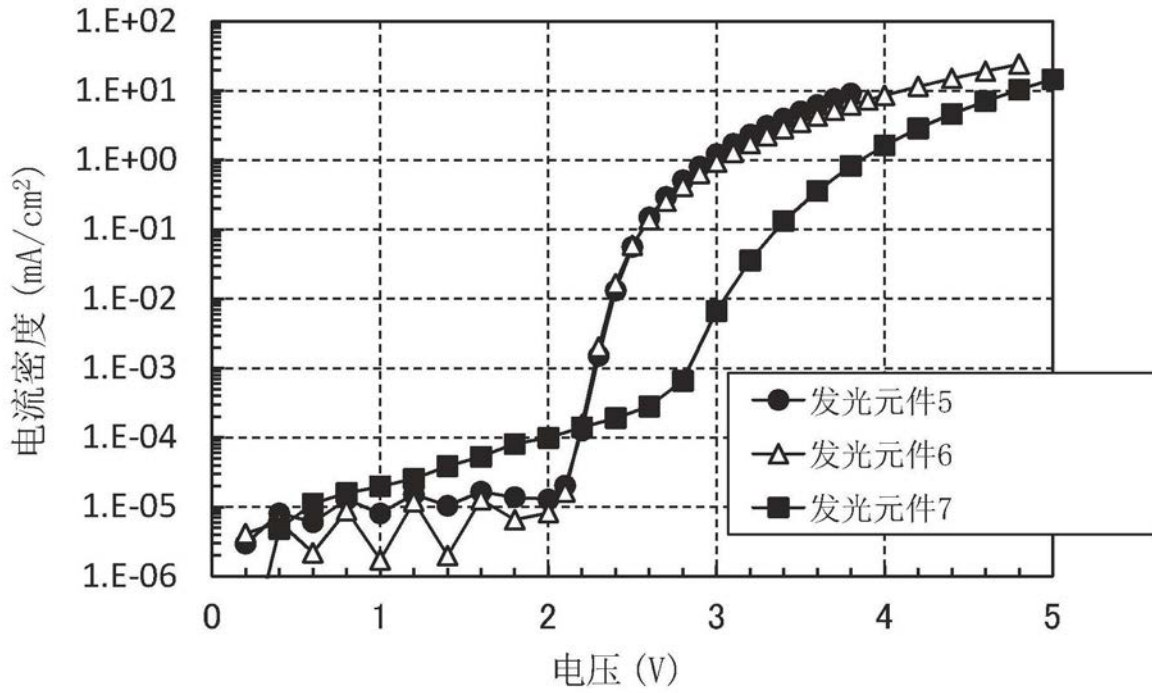


图58

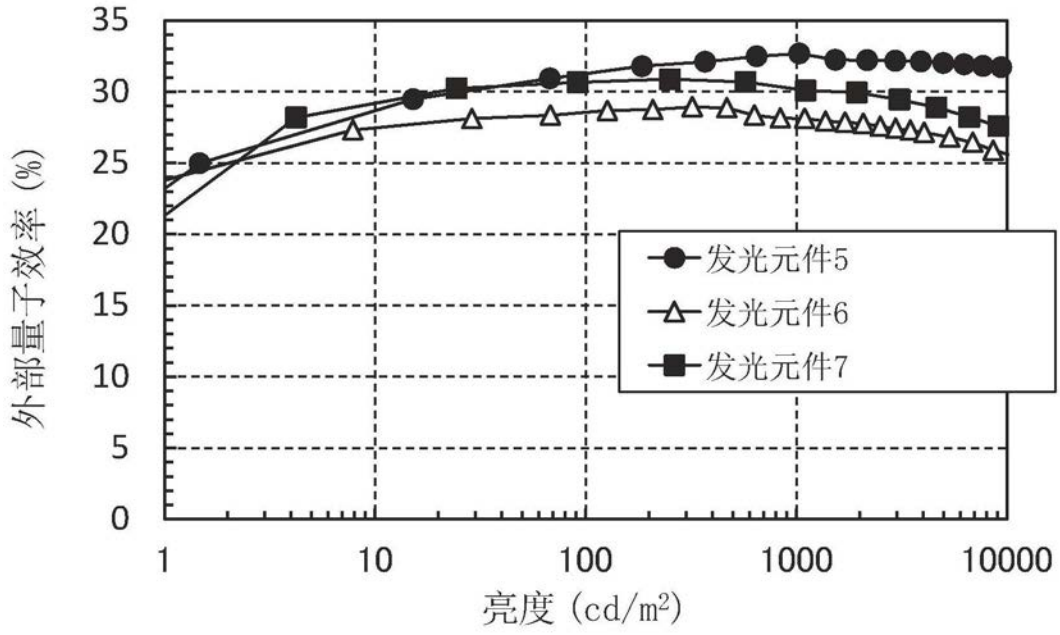


图59

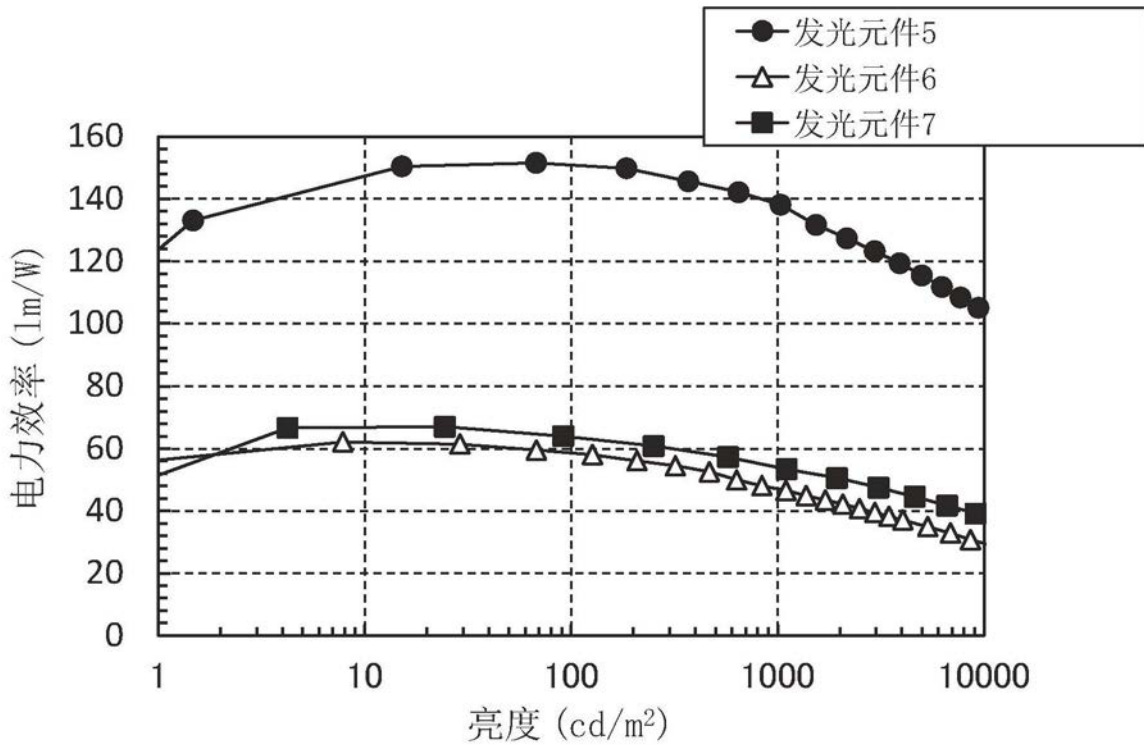


图60

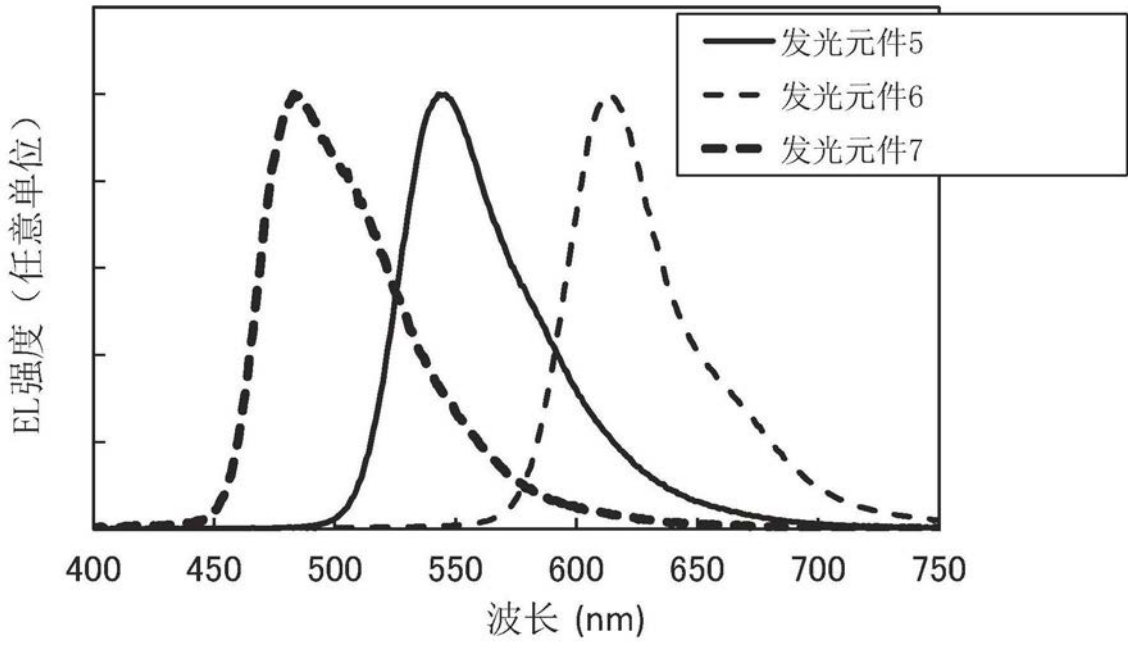


图61

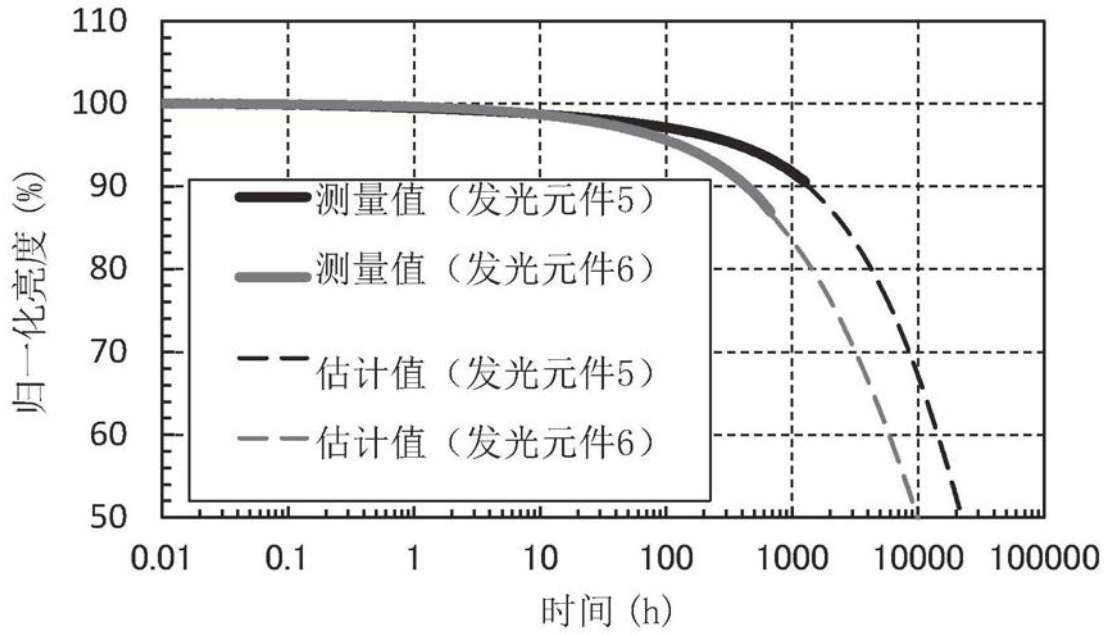


图62

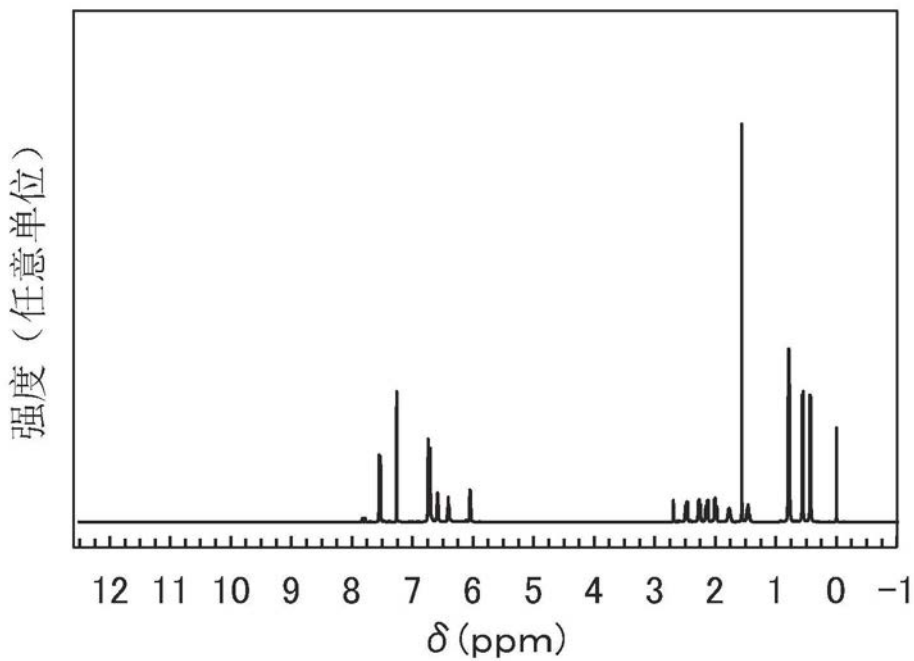


图63

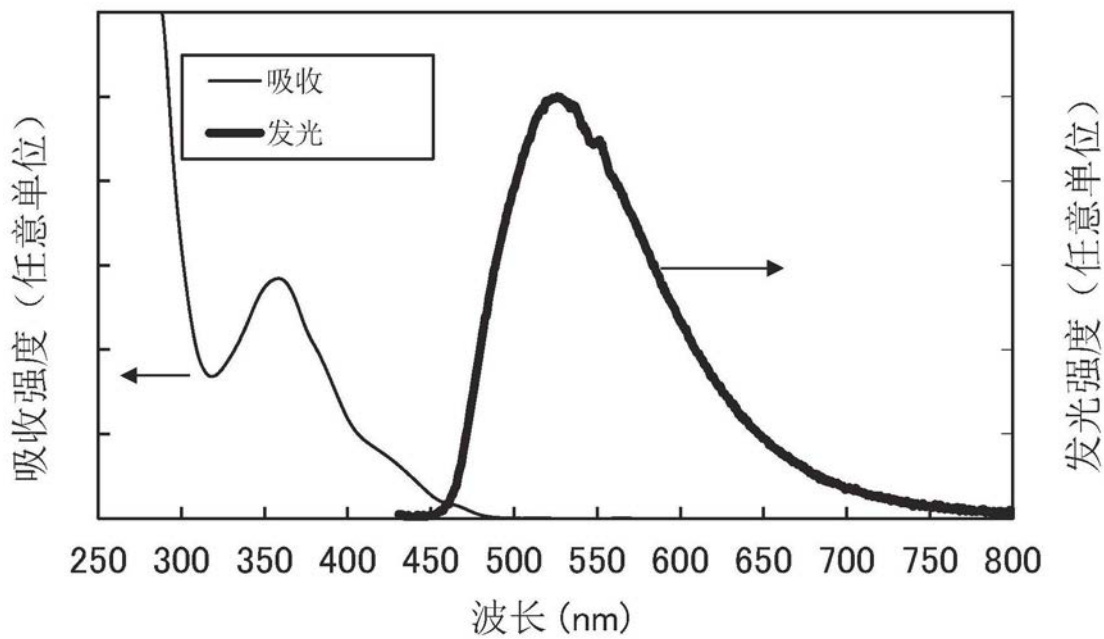


图64

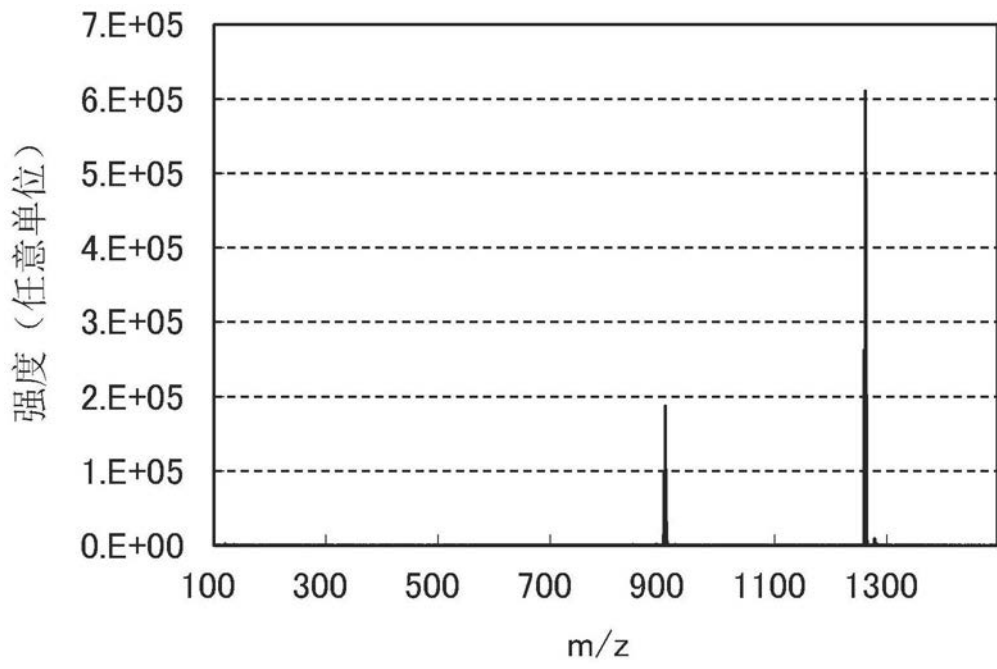


图65

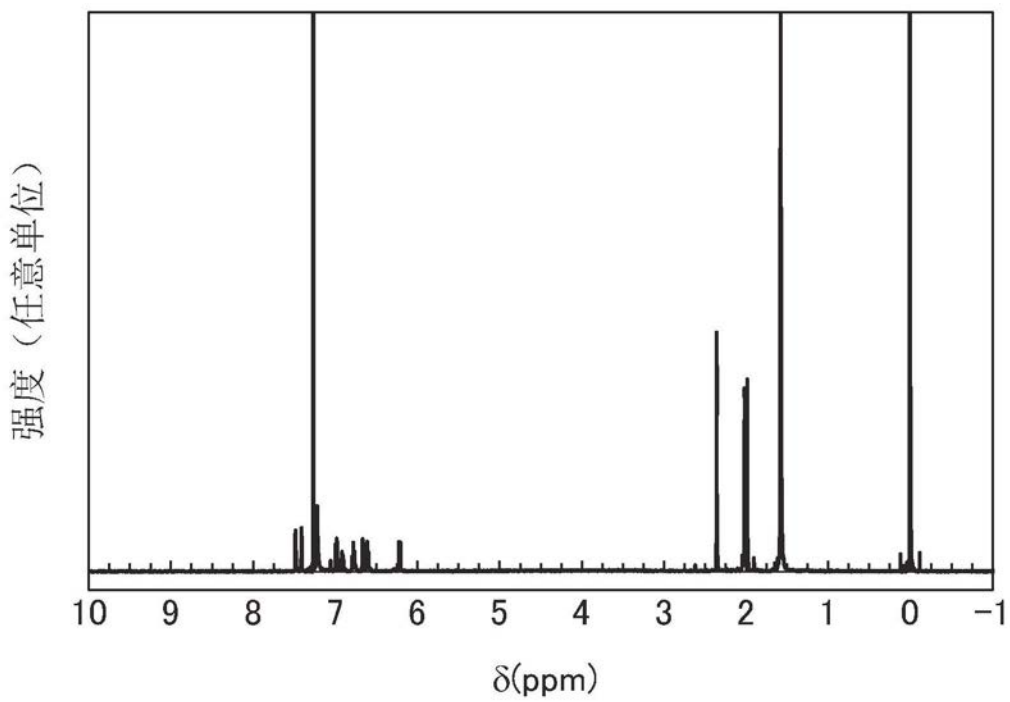


图66

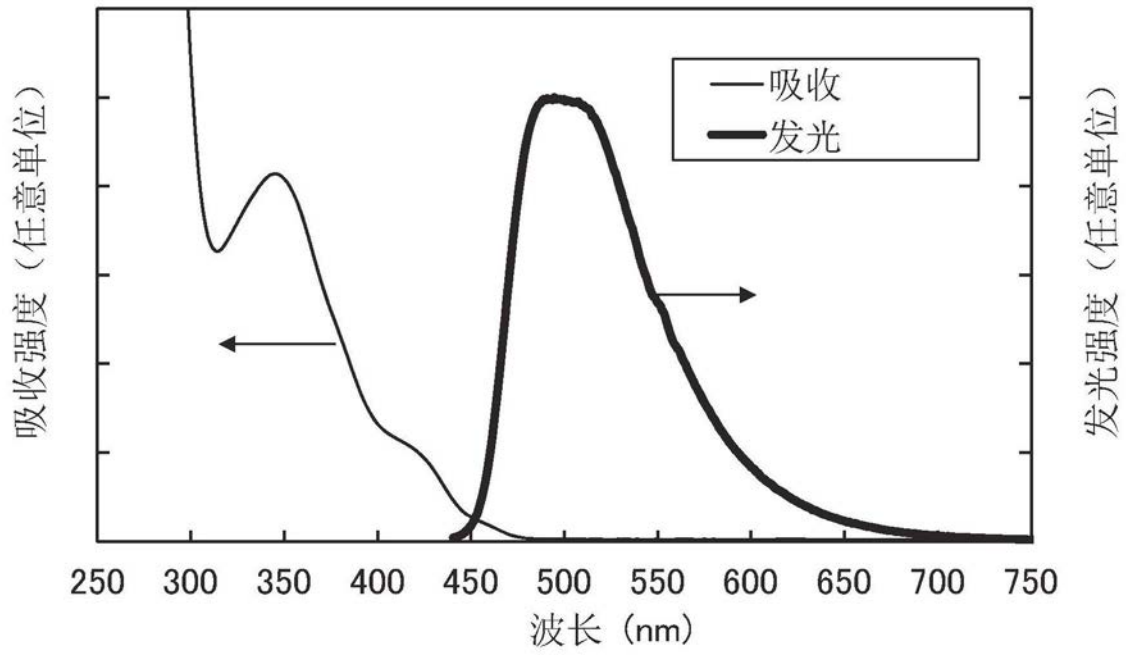


图67

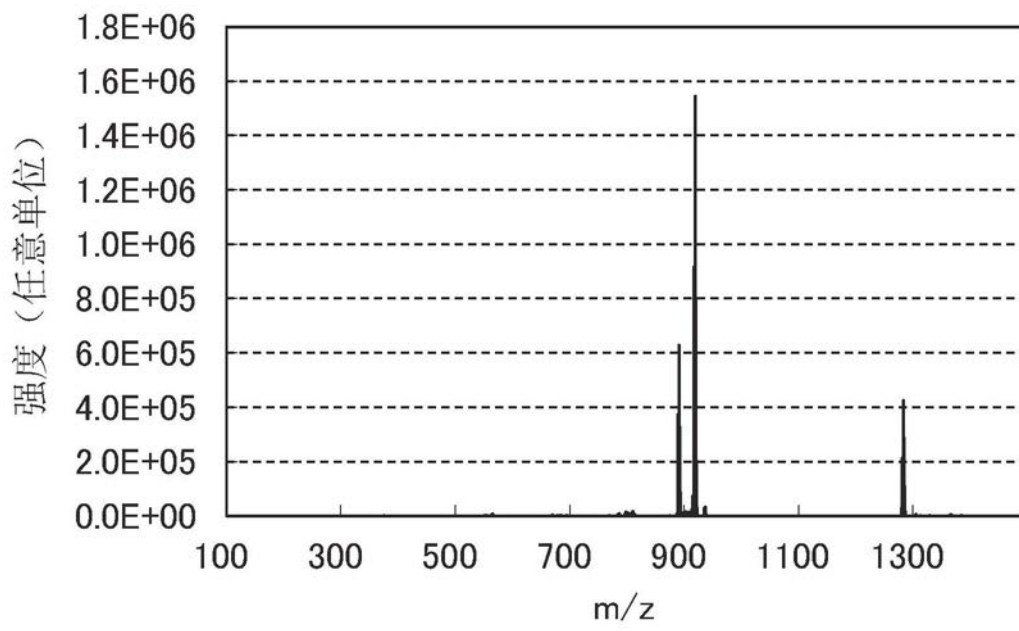


图68

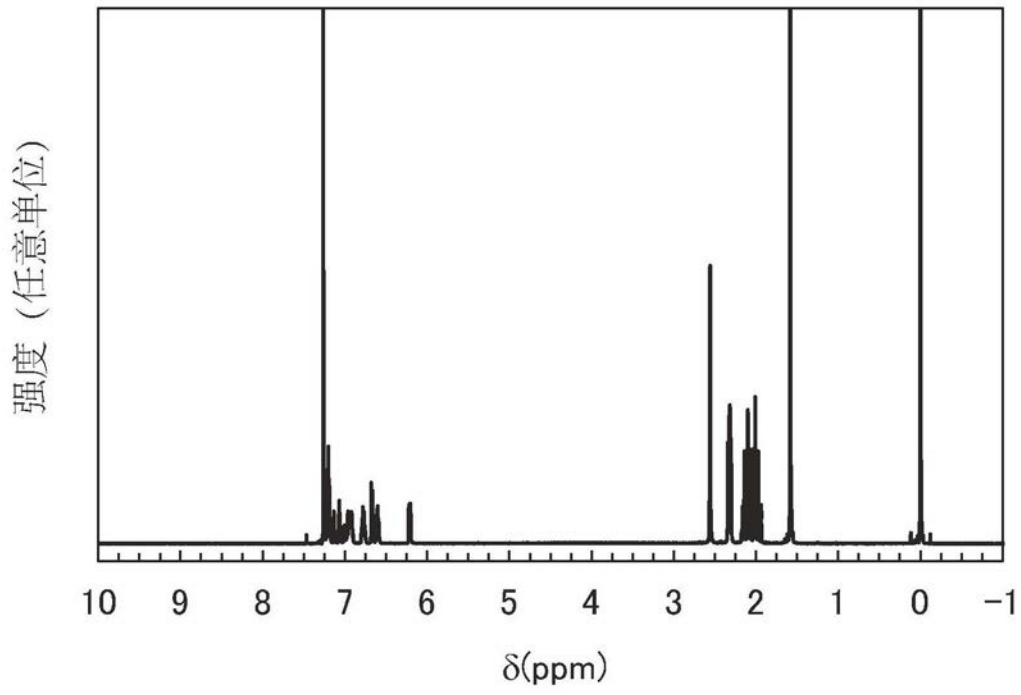


图69

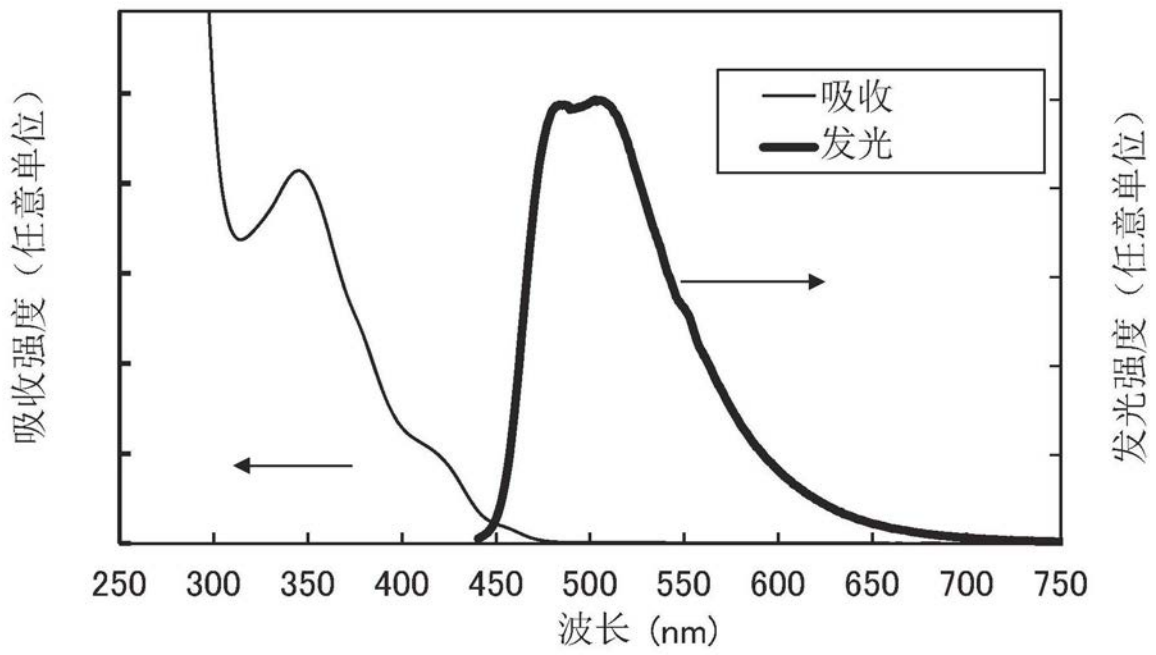


图70

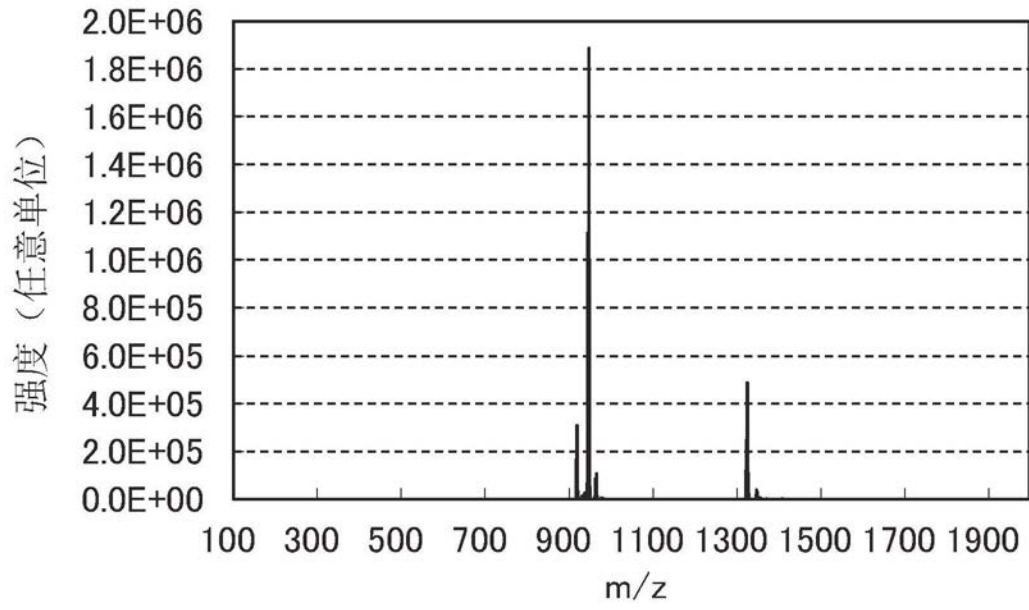


图71

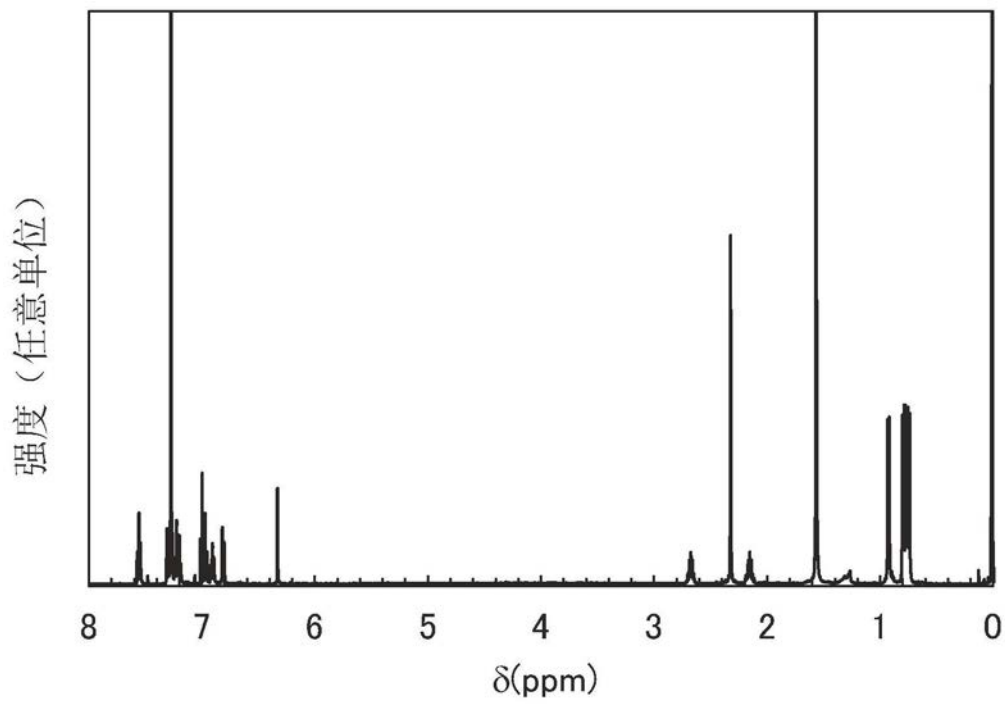


图72

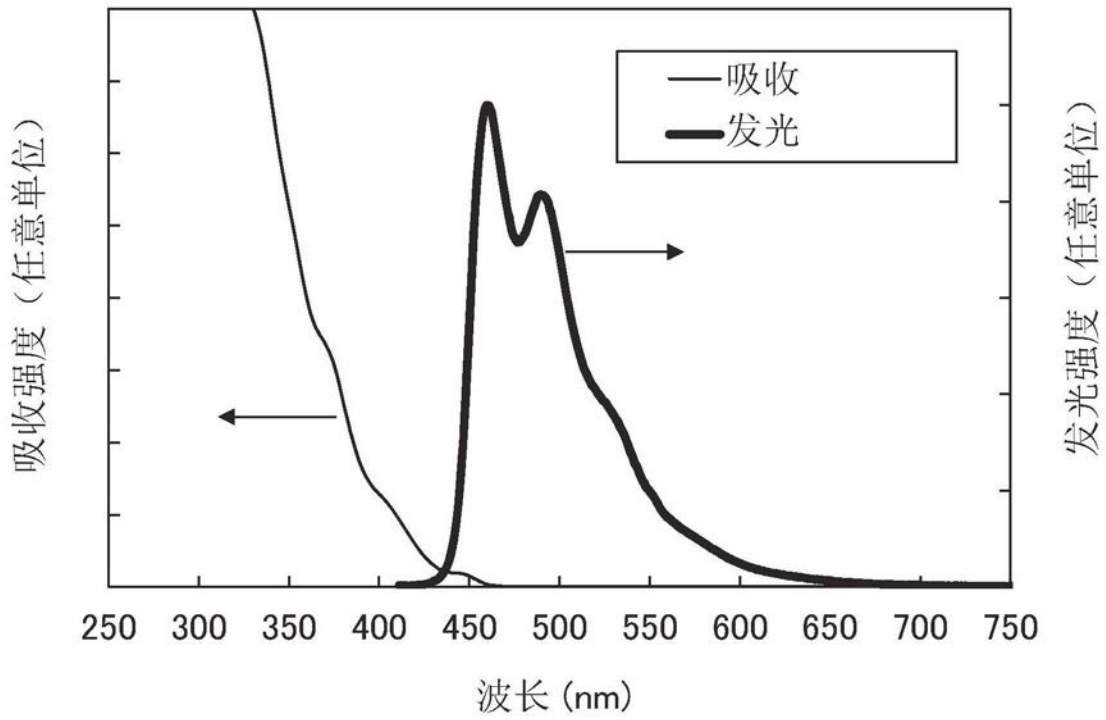


图73

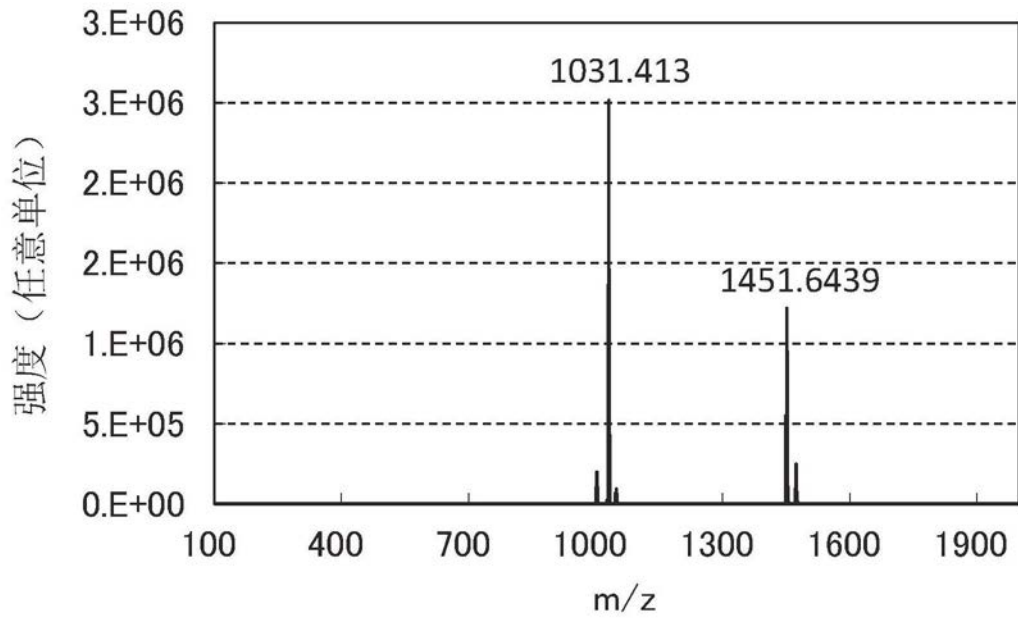


图74

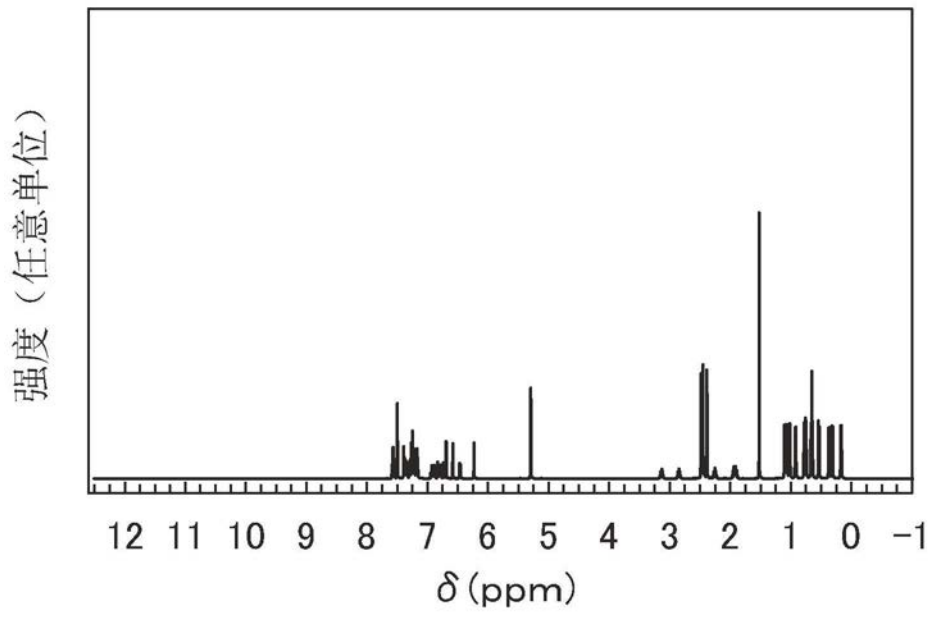


图75

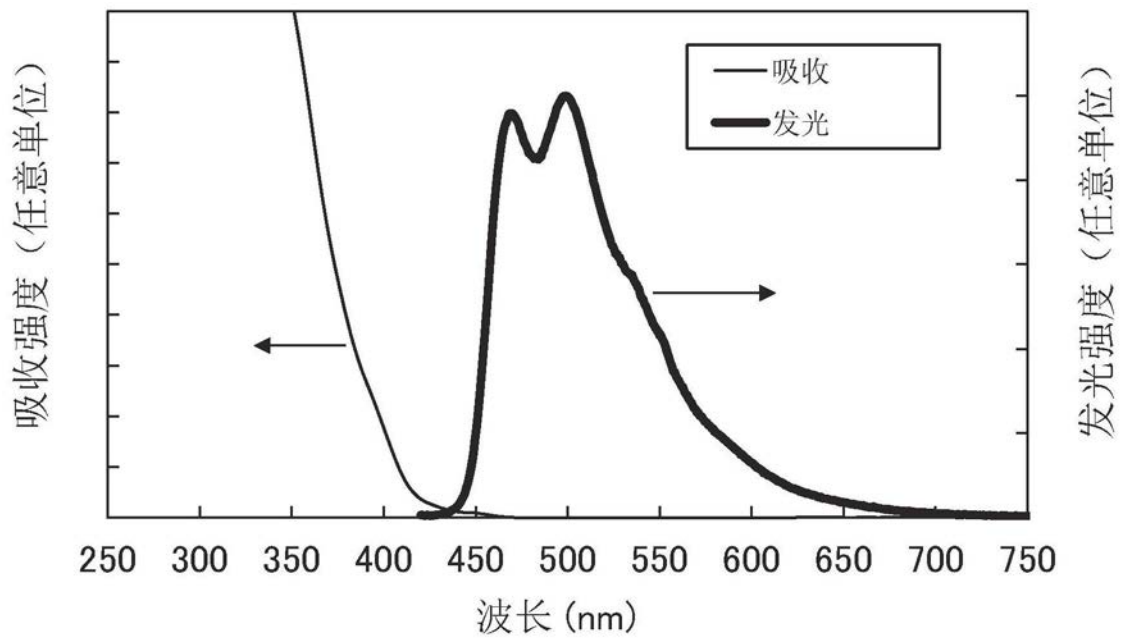


图76

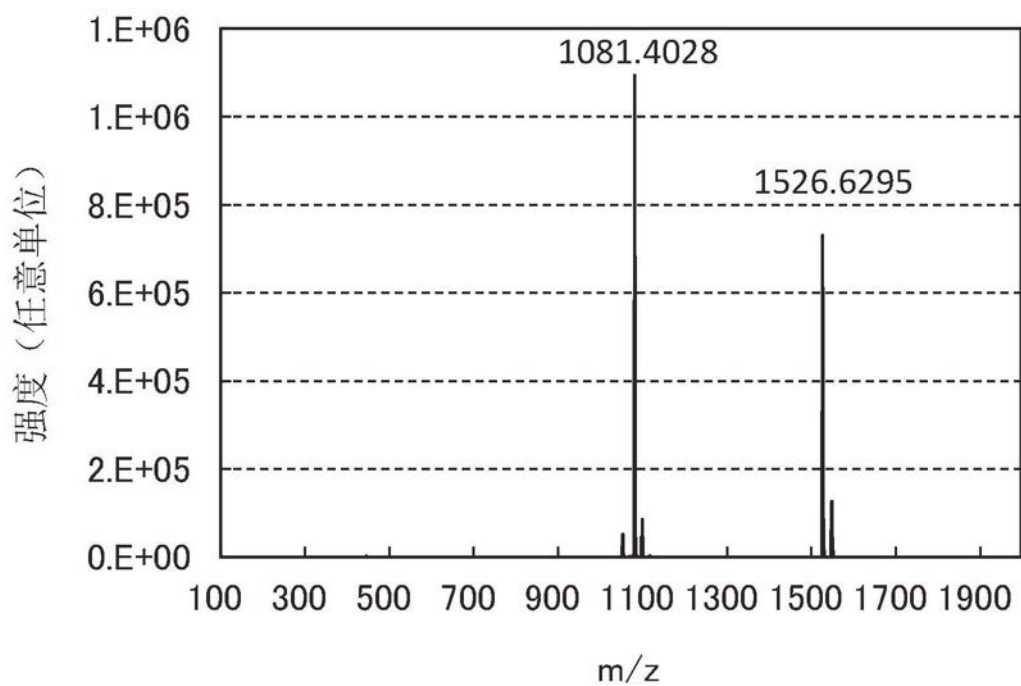


图77

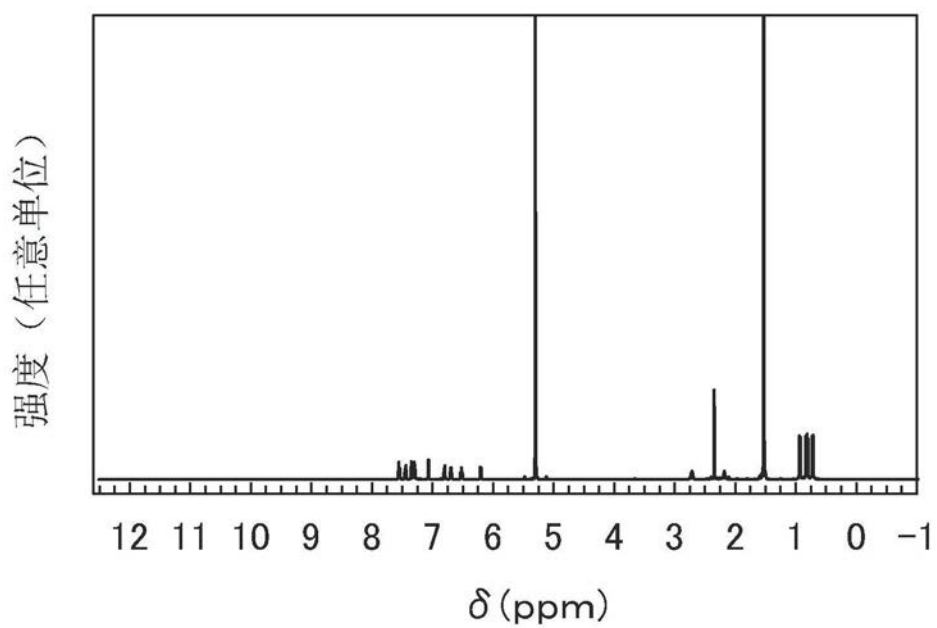


图78

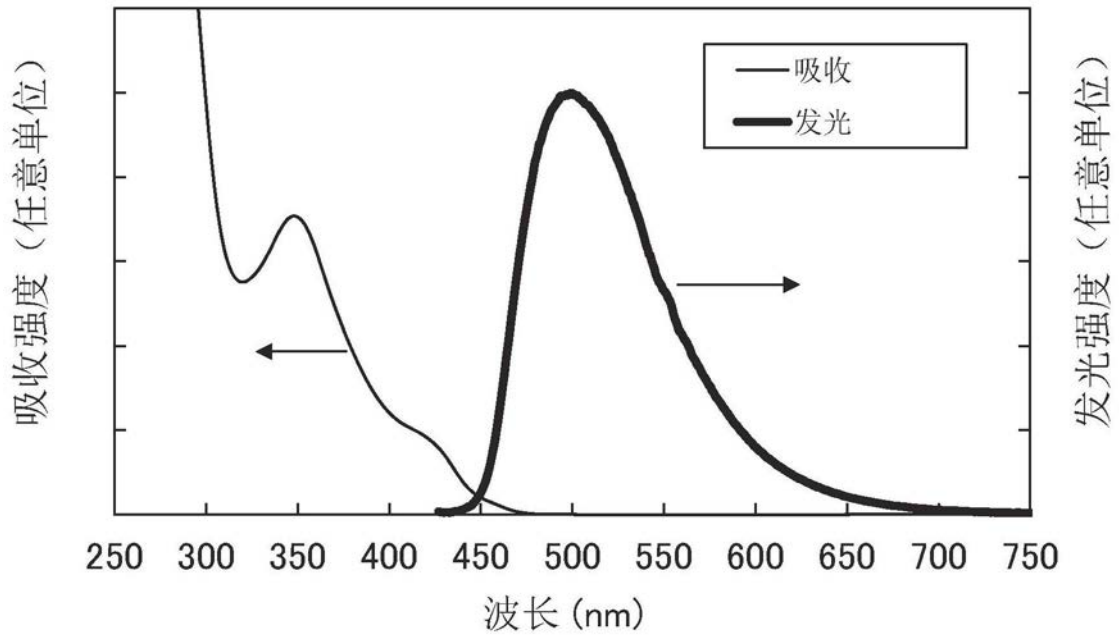


图79

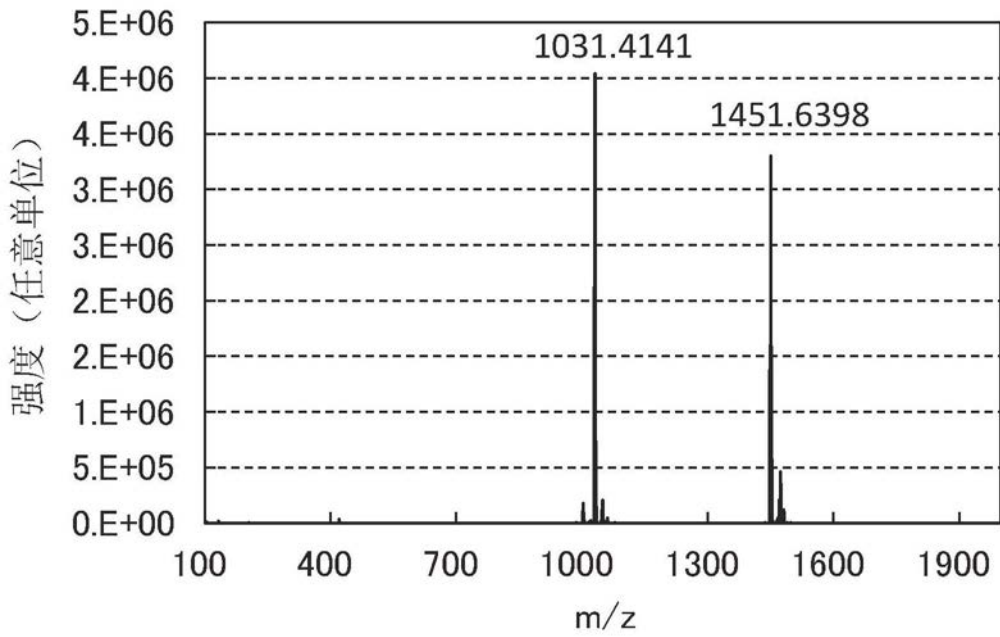


图80

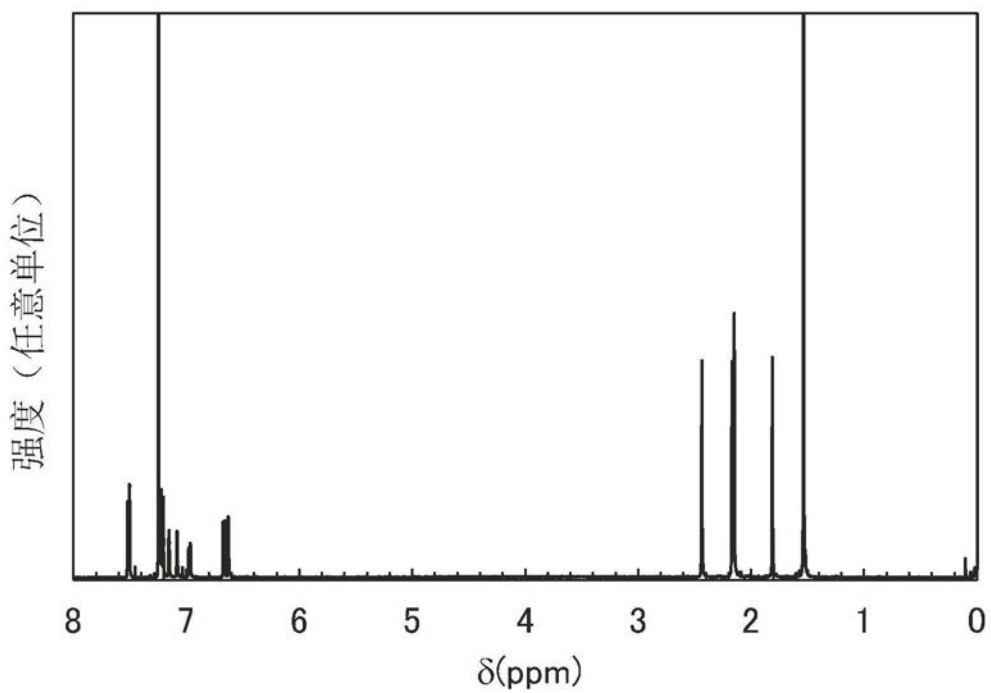


图81

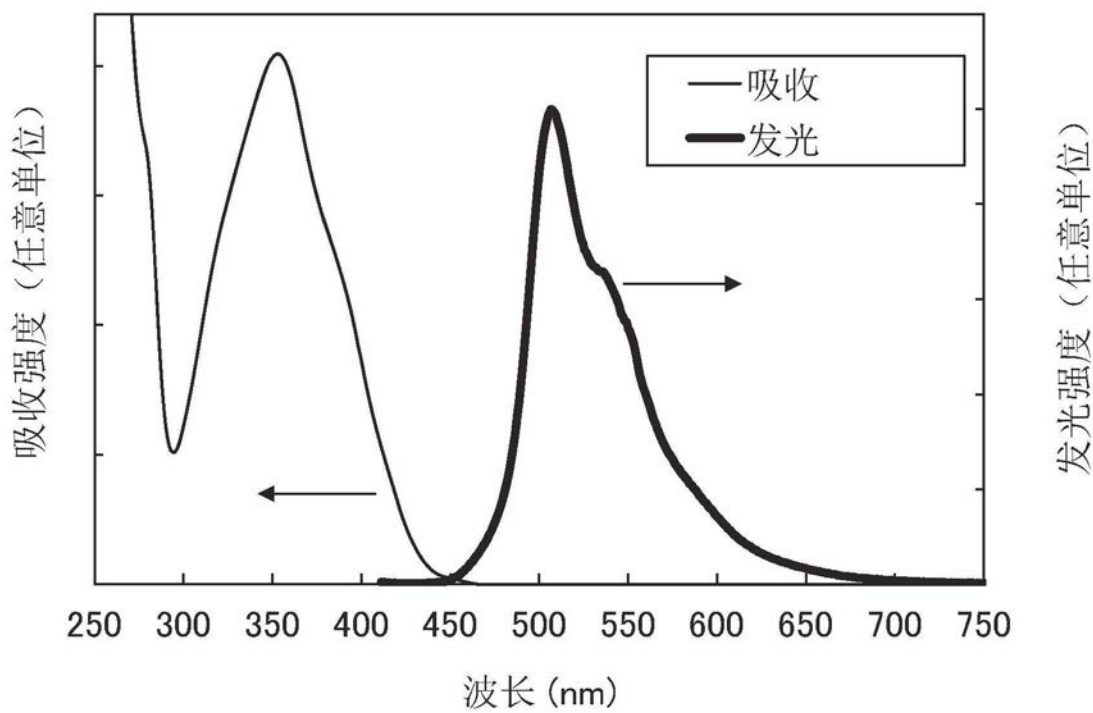


图82

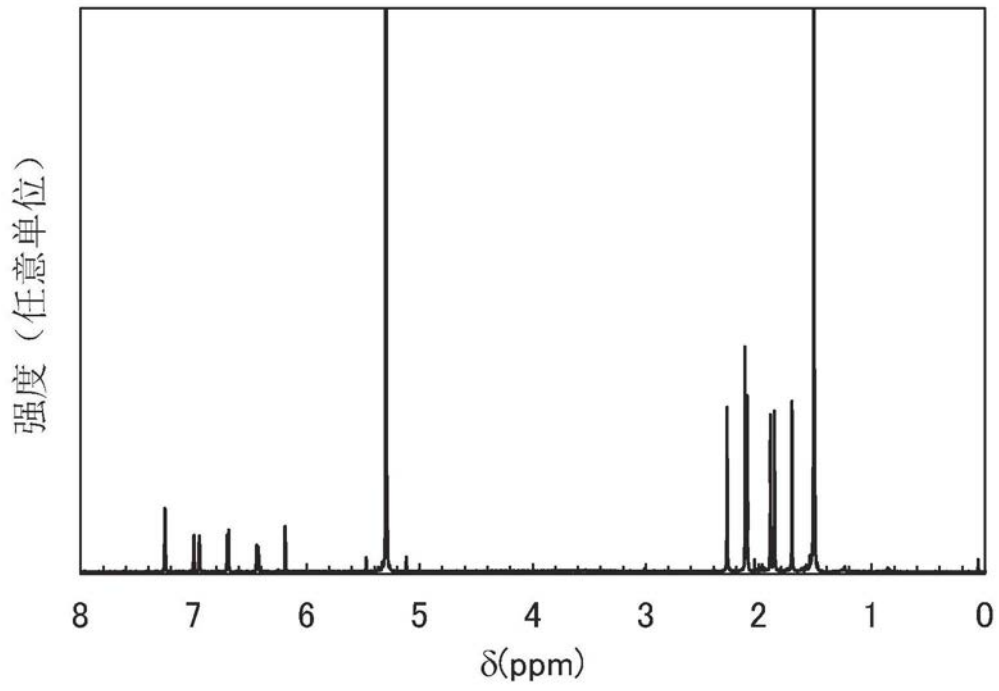


图83

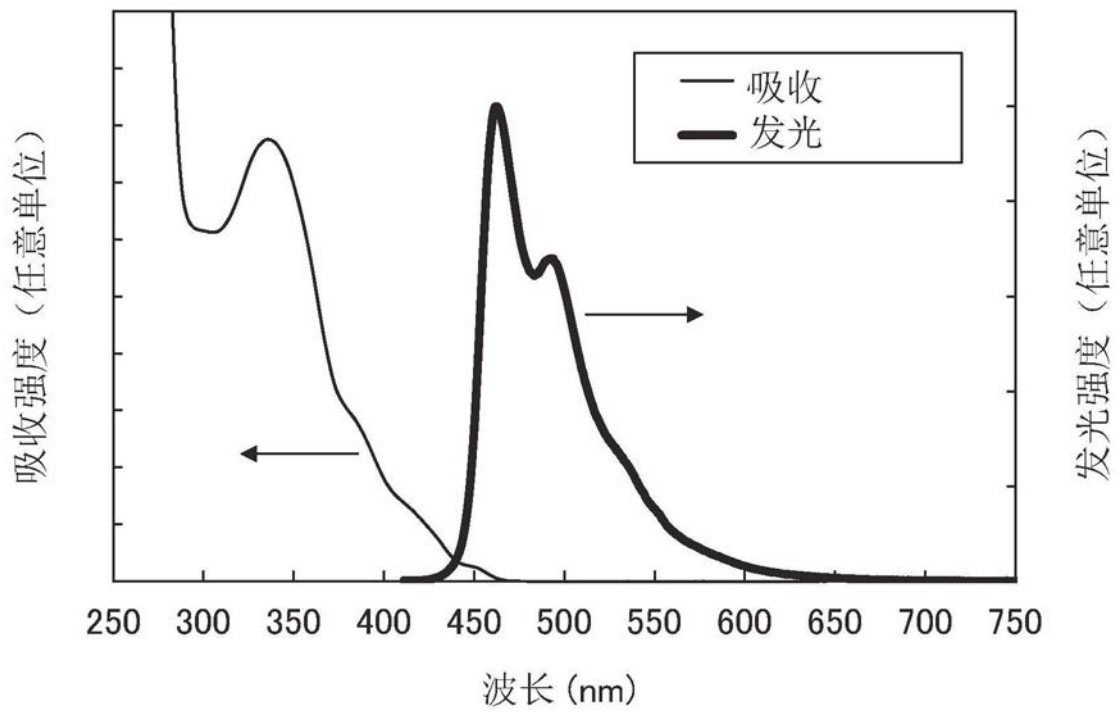


图84

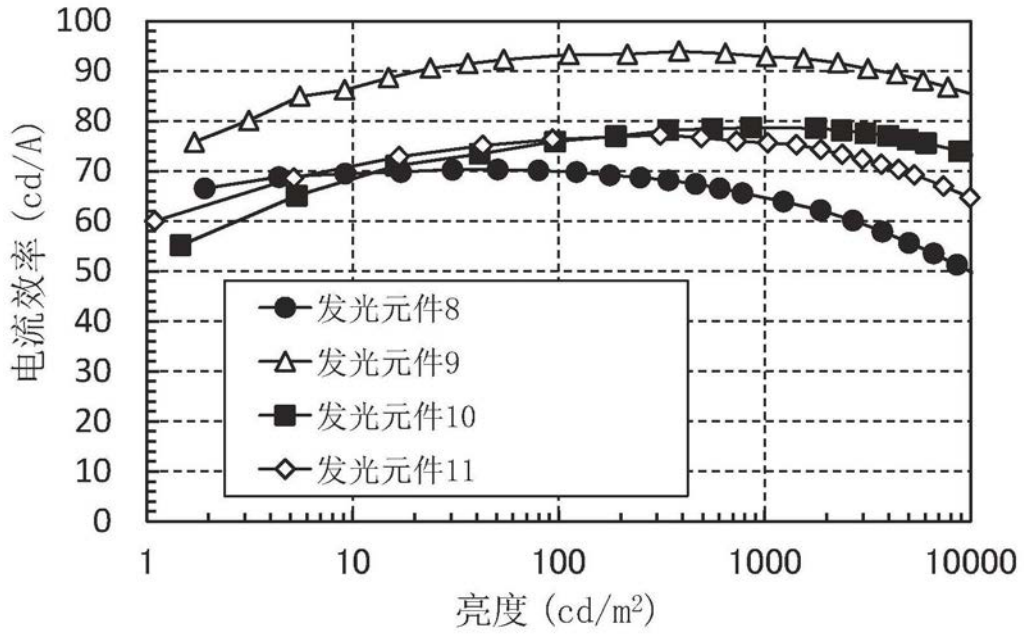


图85

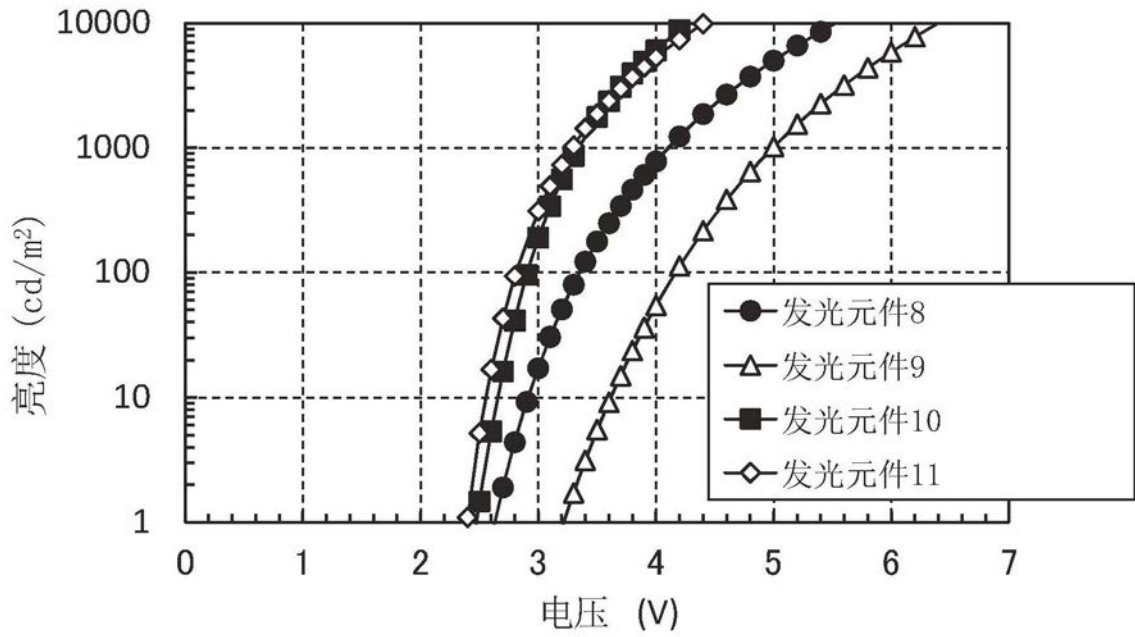


图86

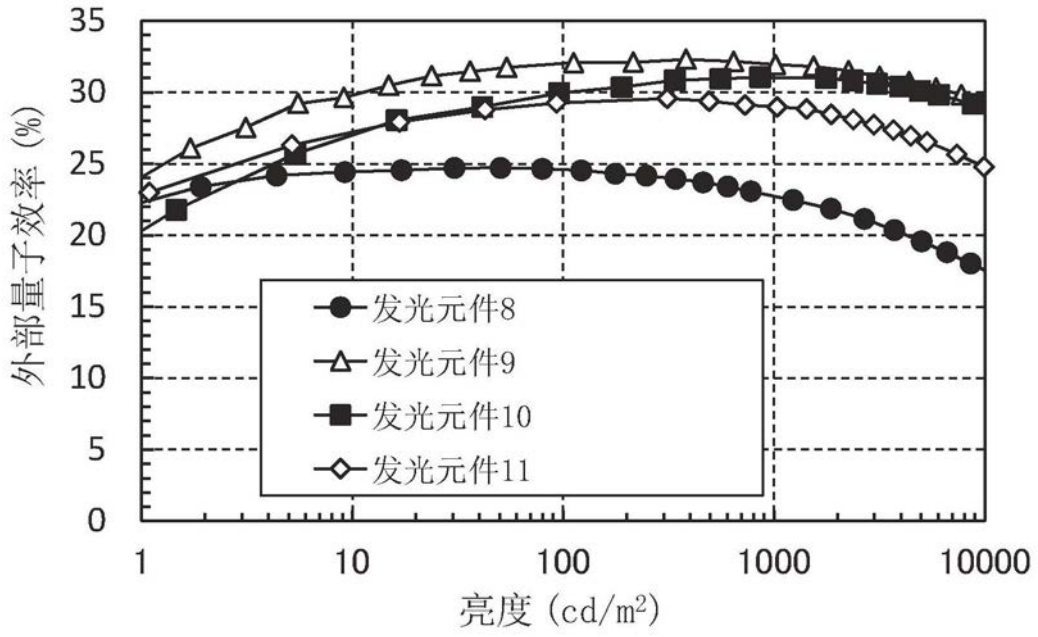


图87

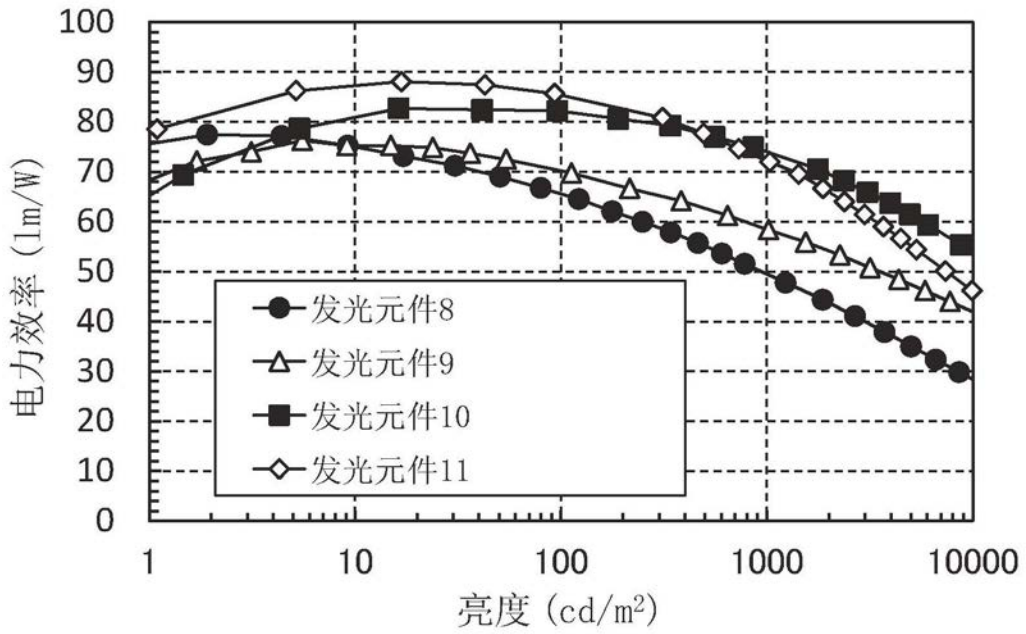


图88

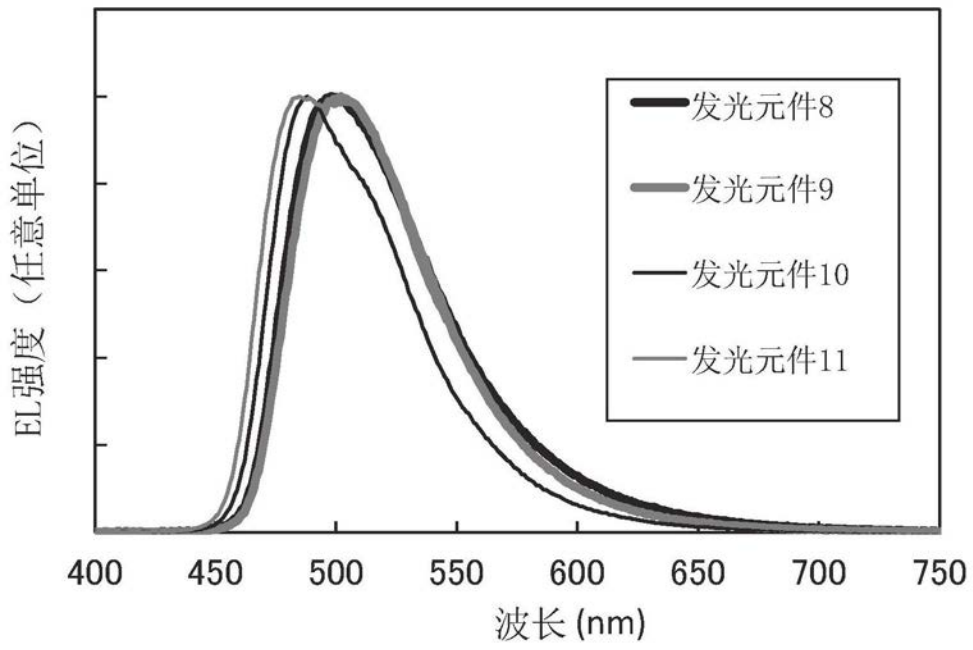


图89

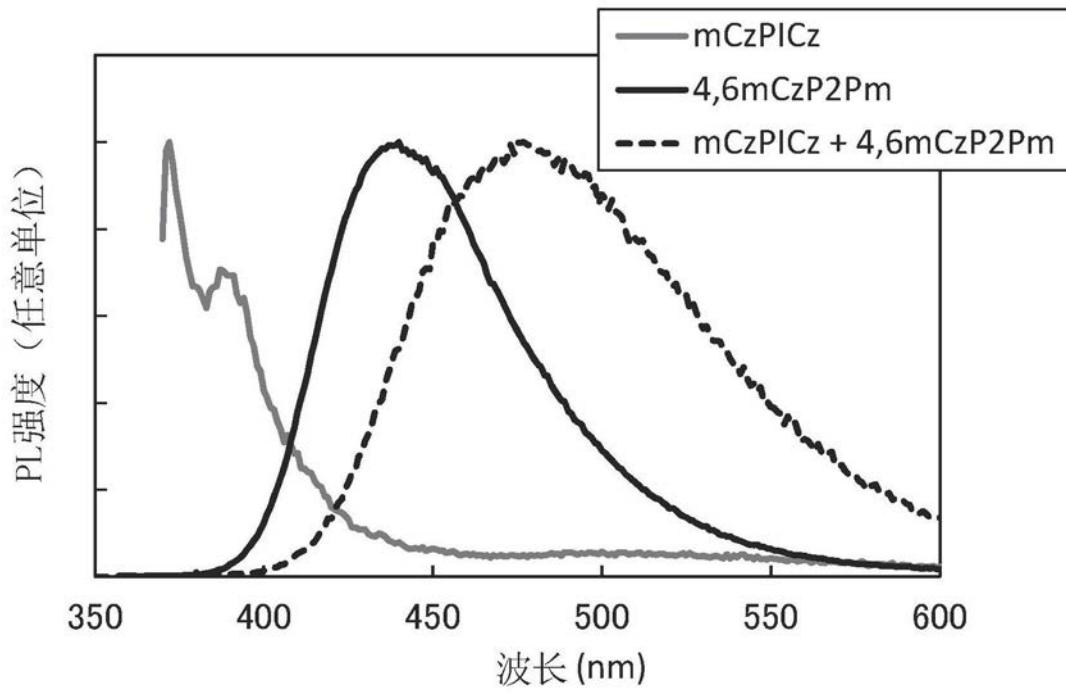


图90

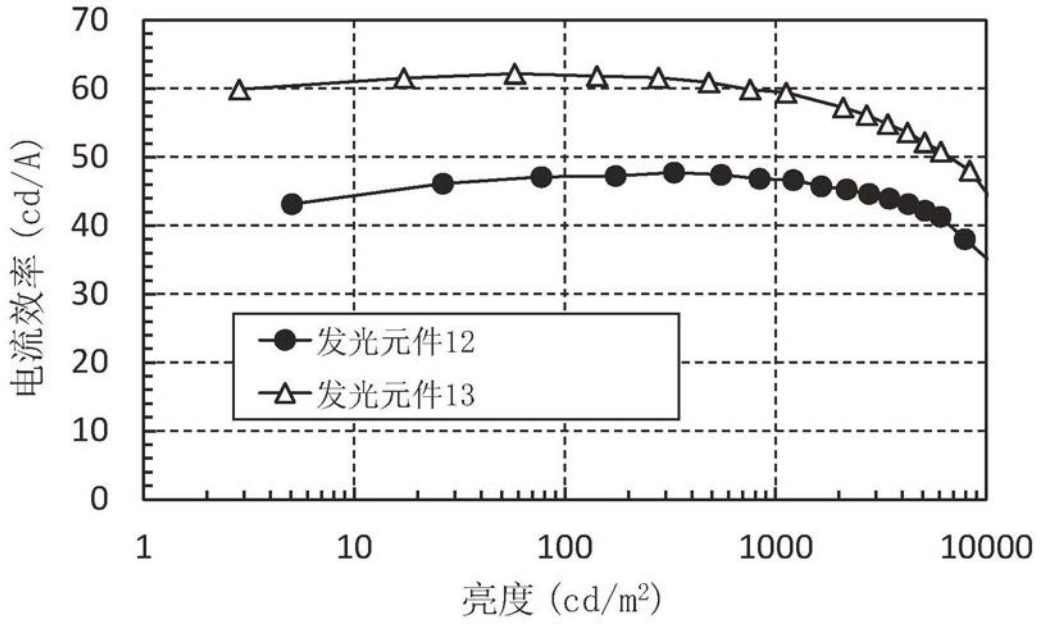


图91

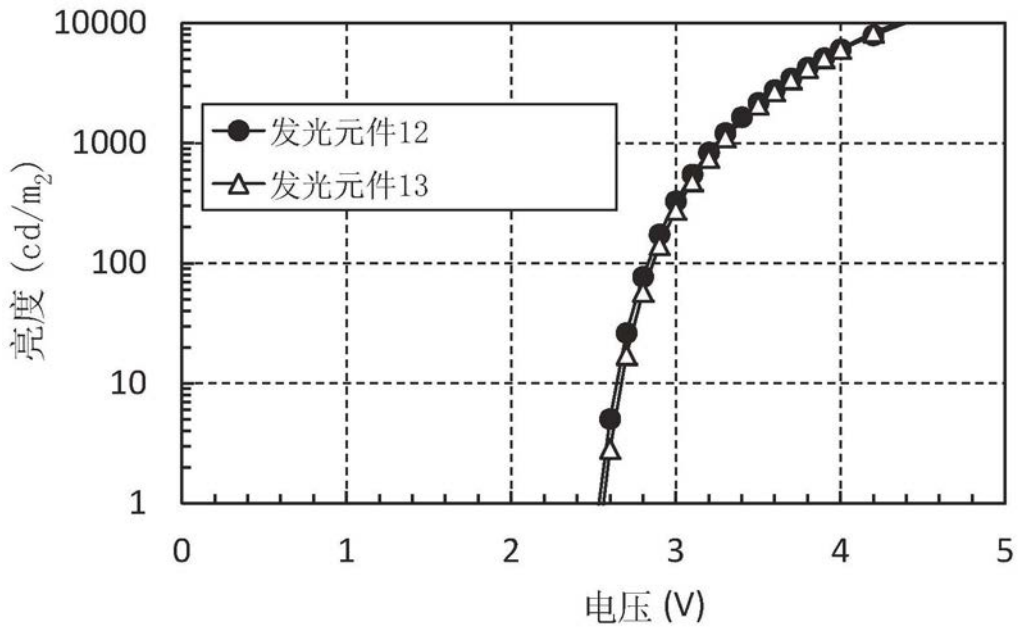


图92

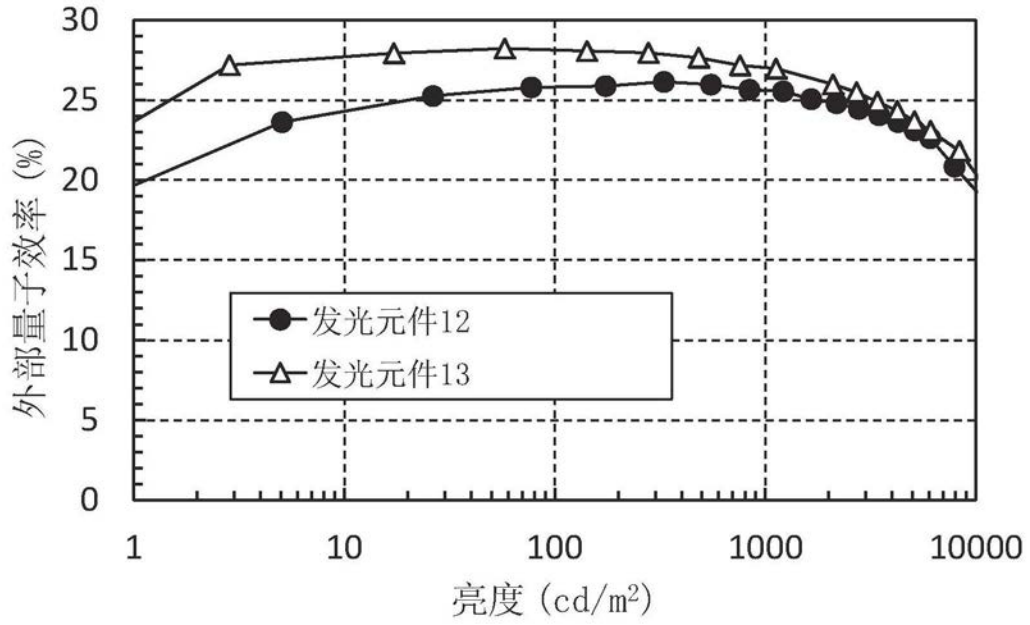


图93

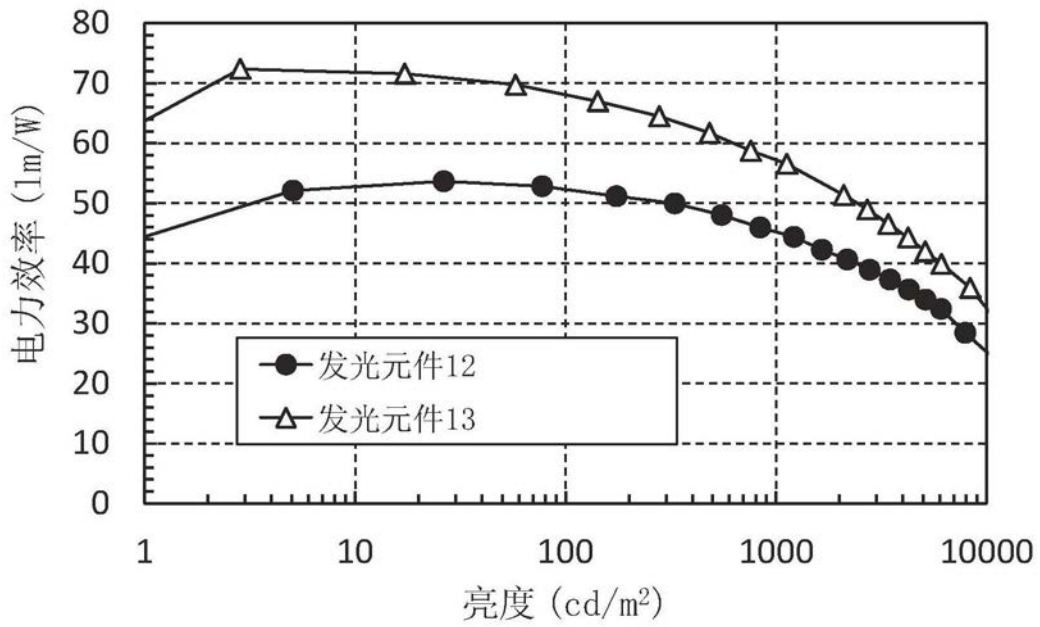


图94

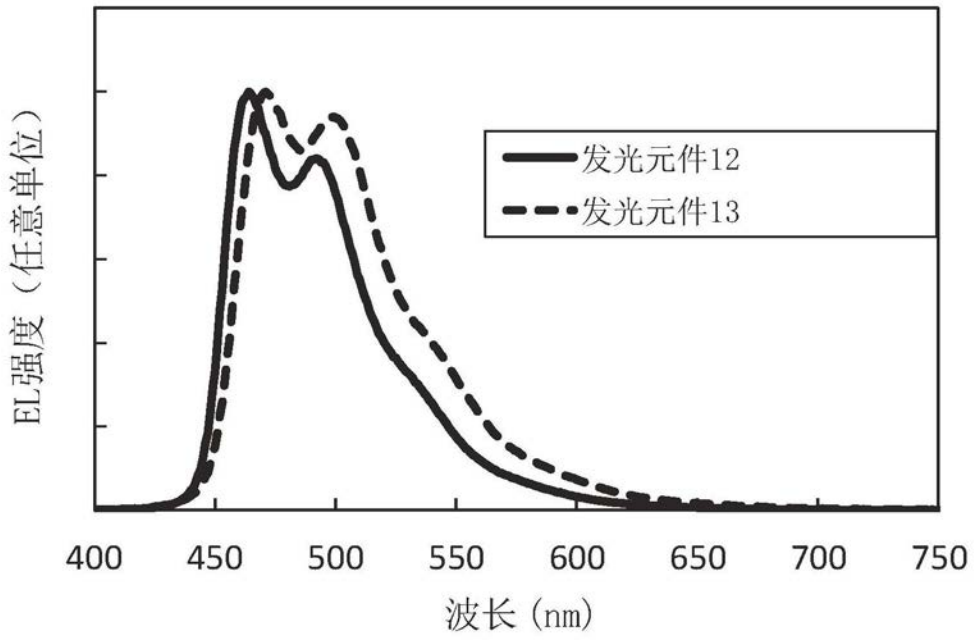


图95

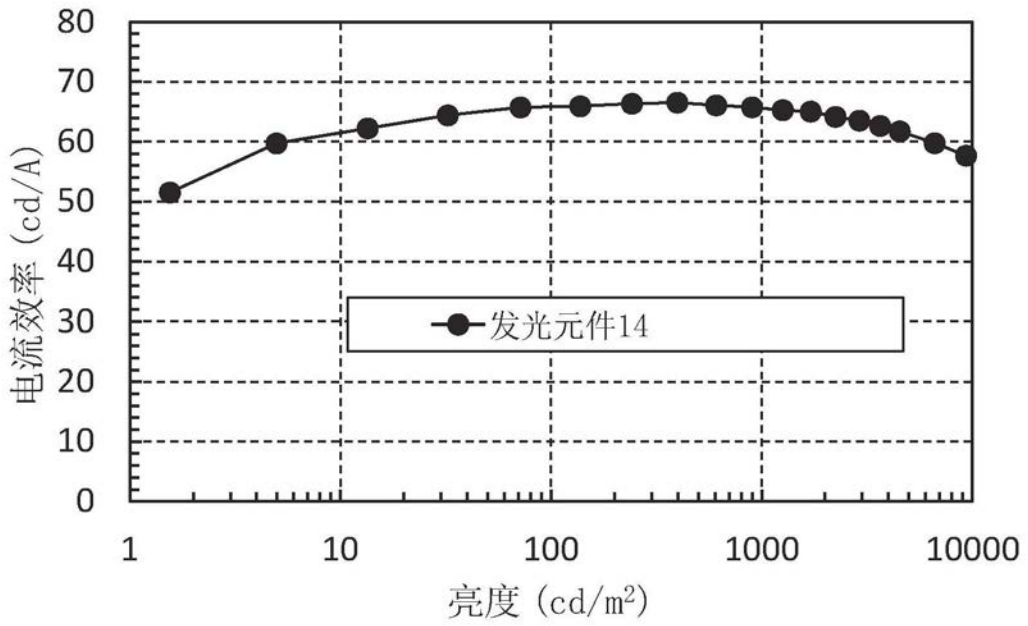


图96

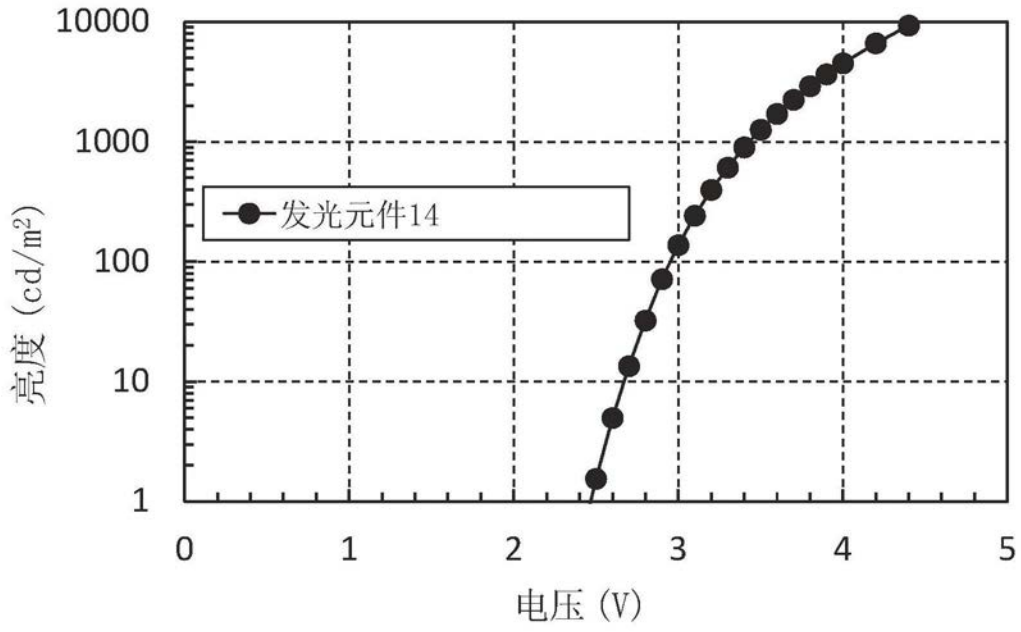


图97

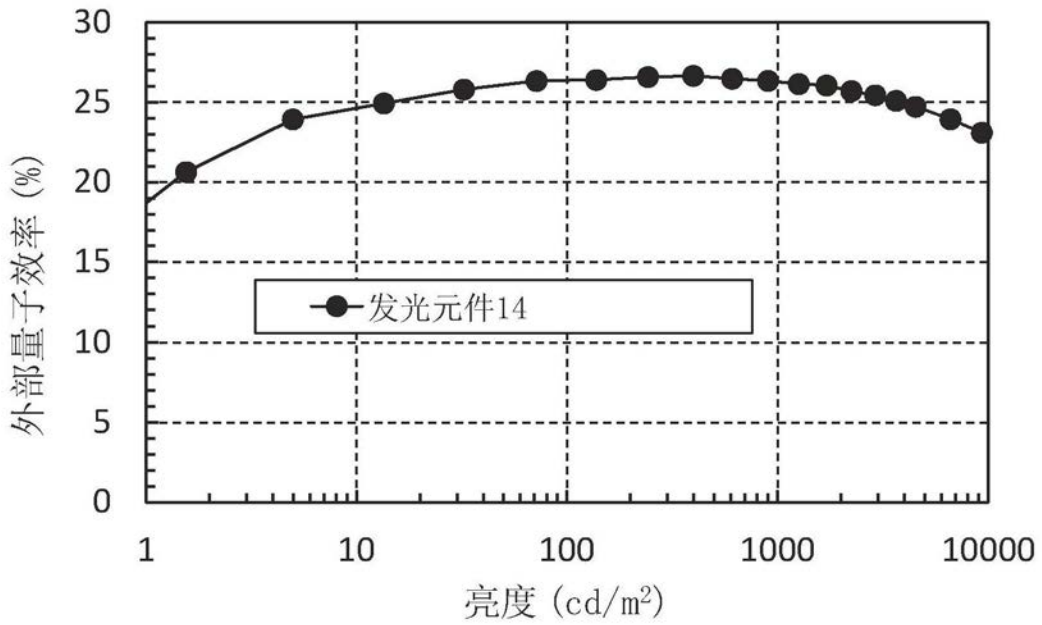


图98

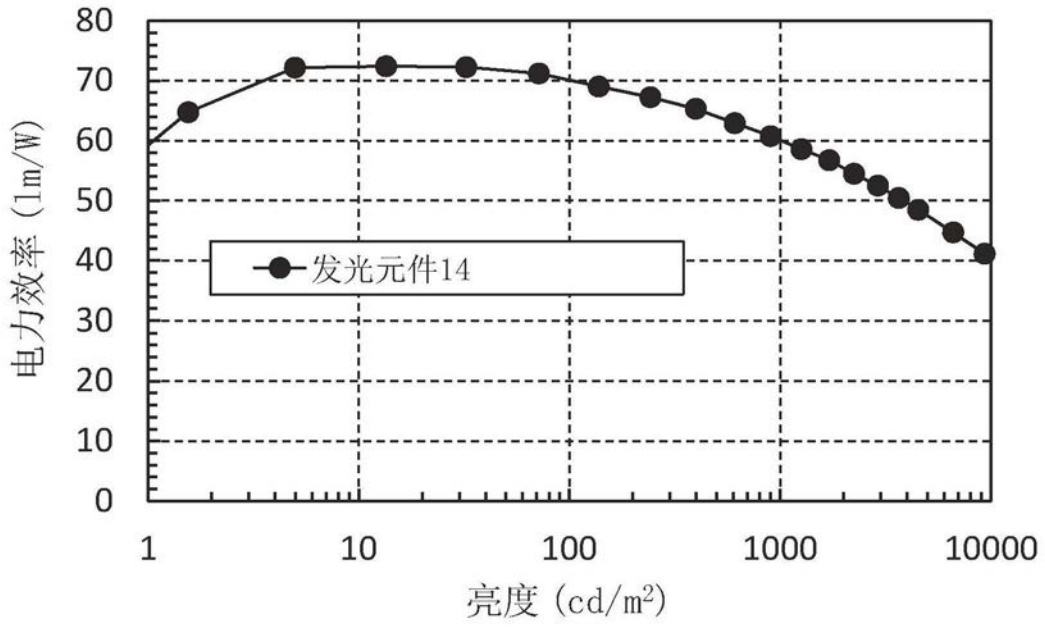


图99

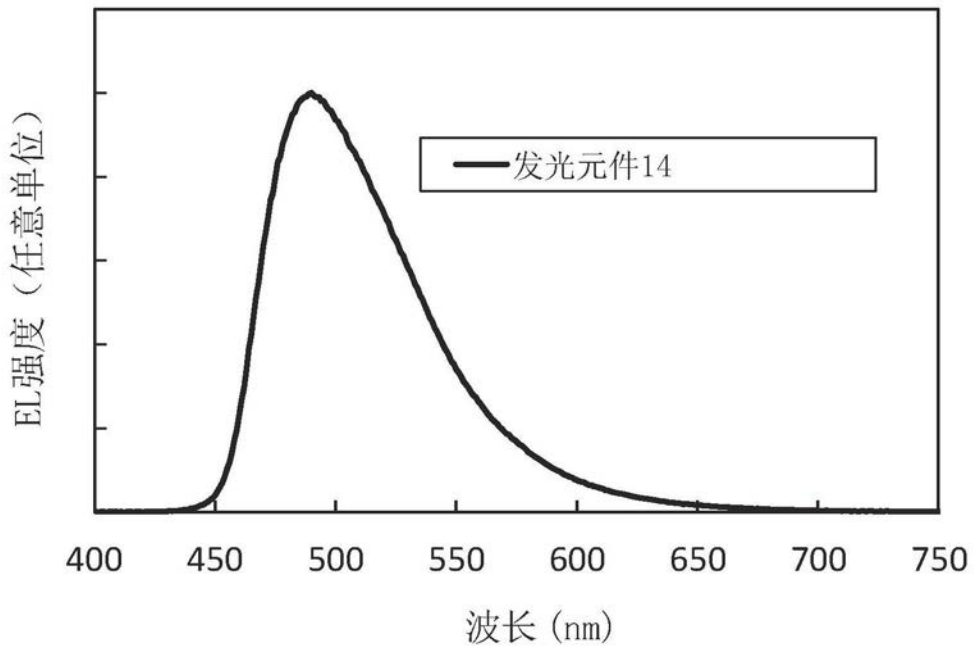


图100

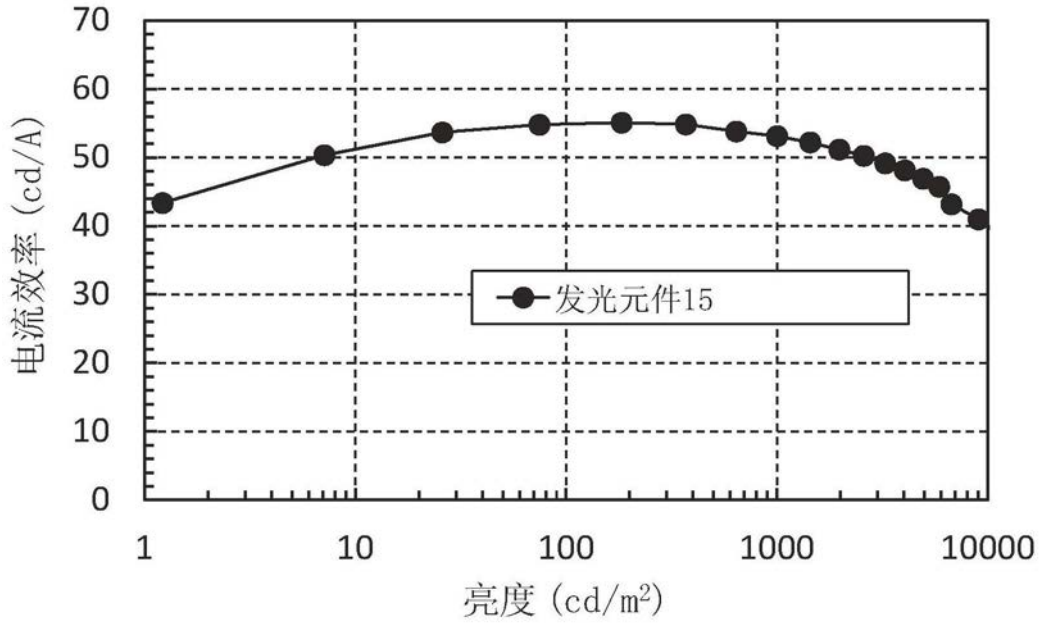


图101

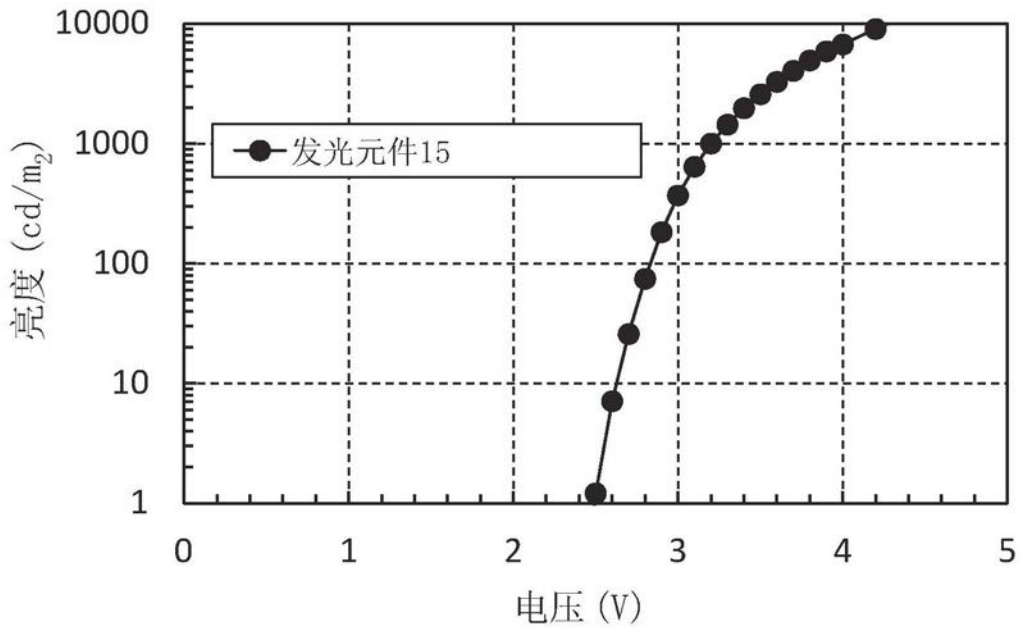


图102

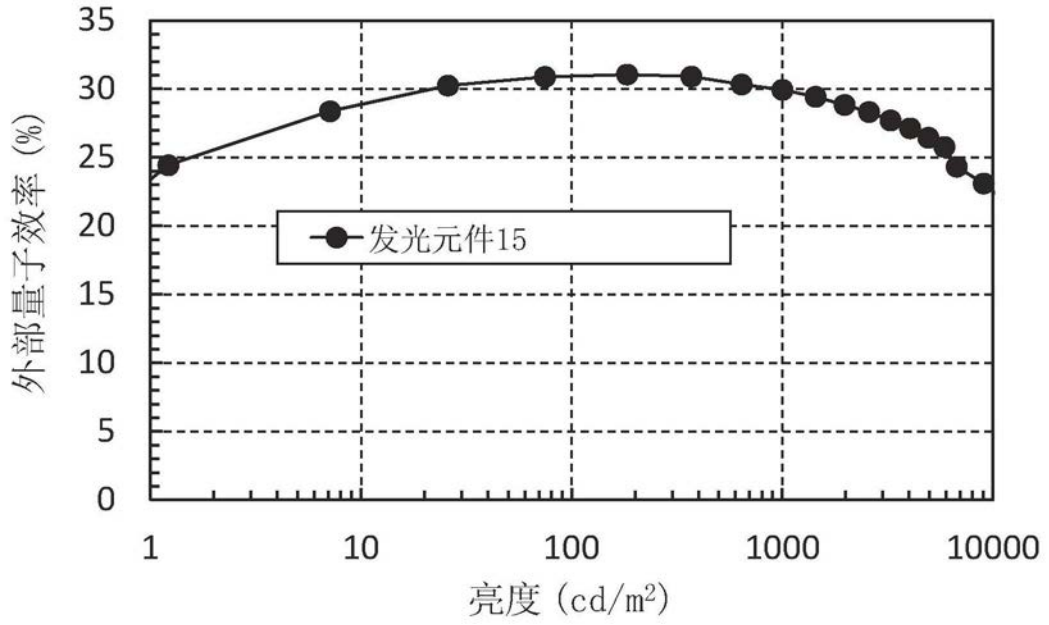


图103

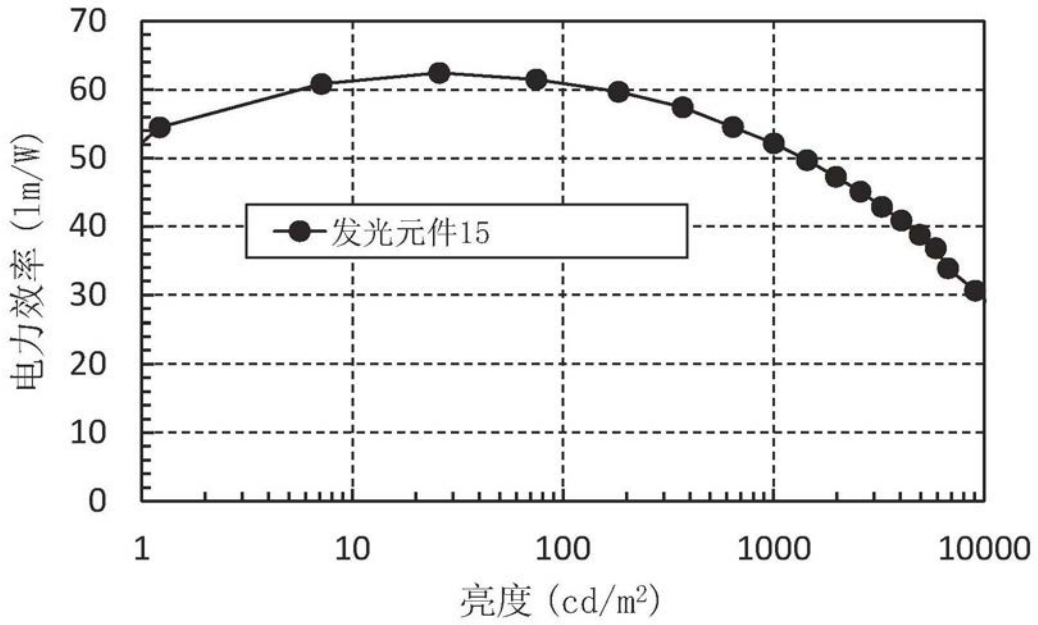


图104

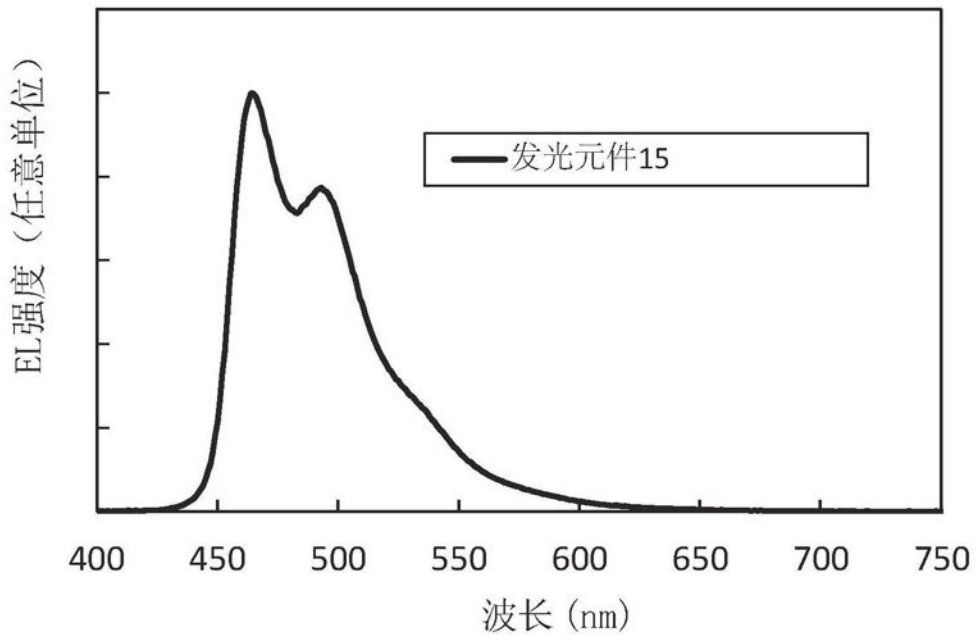


图105

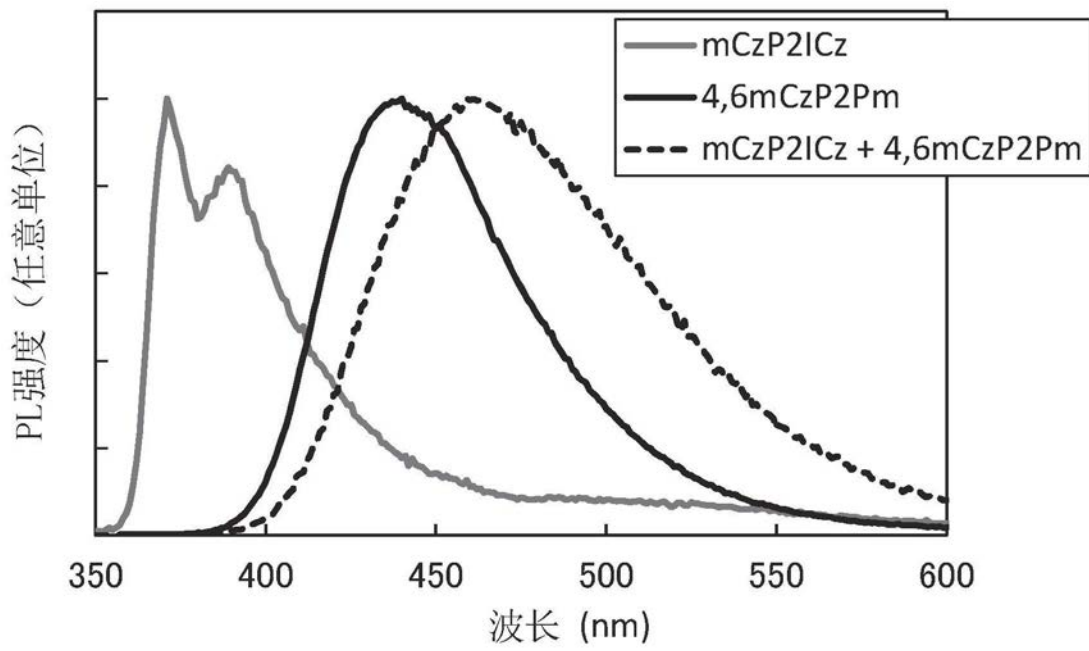


图106

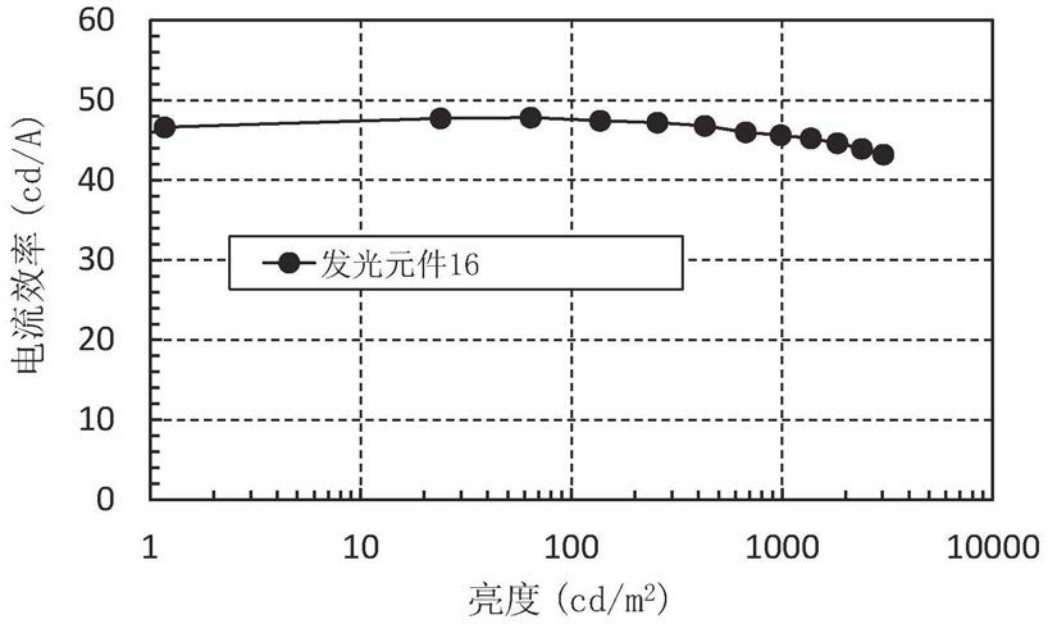


图107

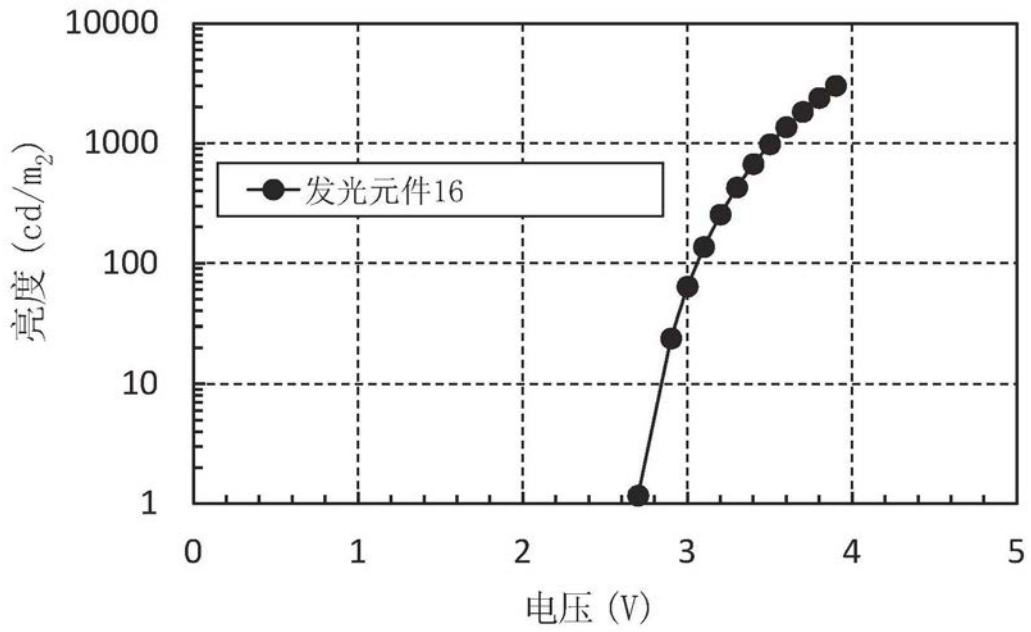


图108

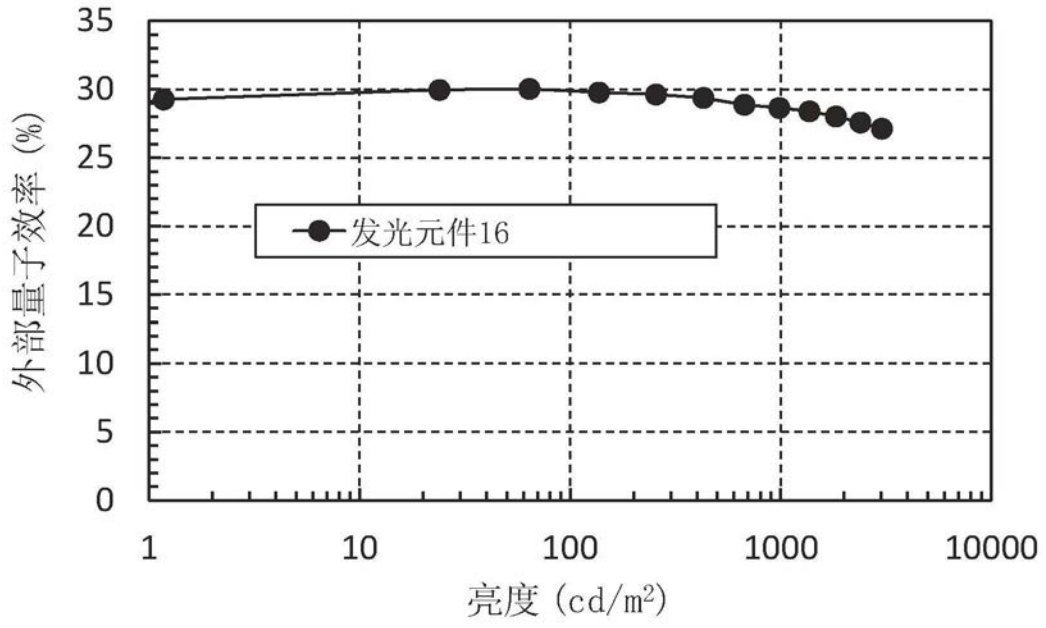


图109

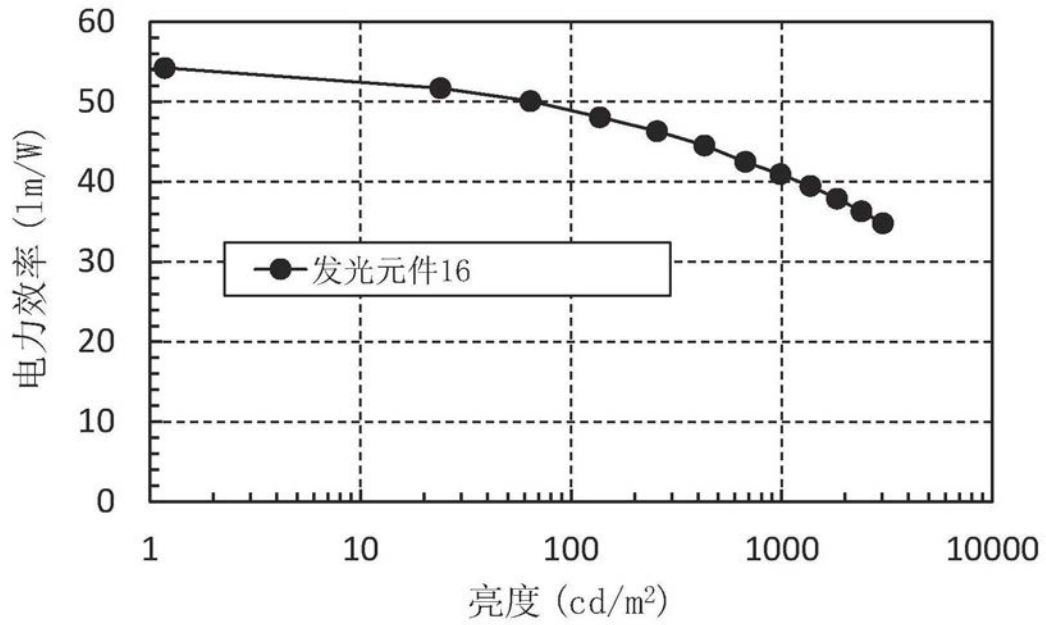


图110

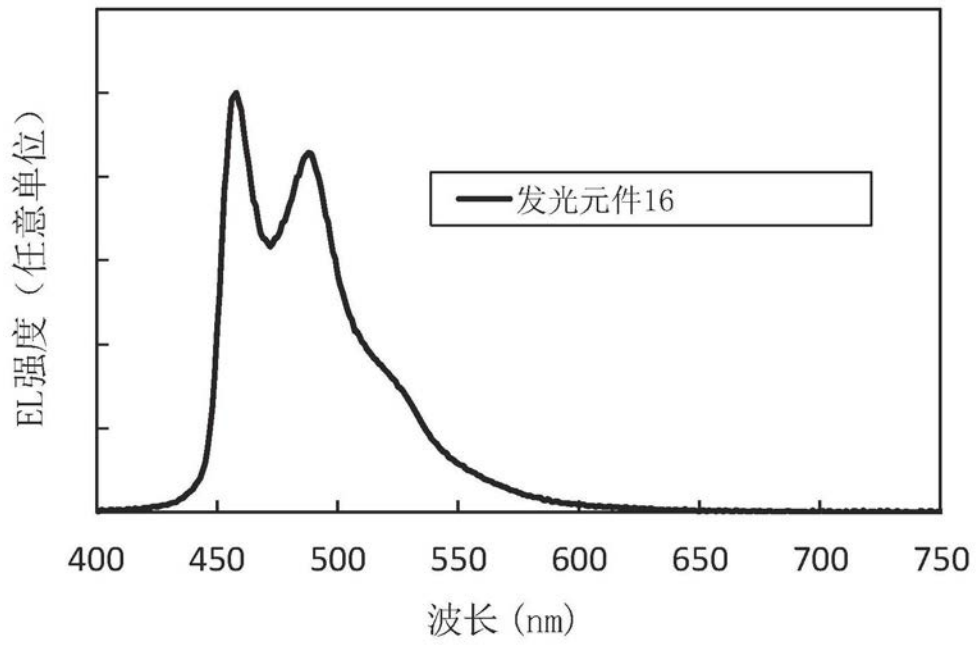


图111

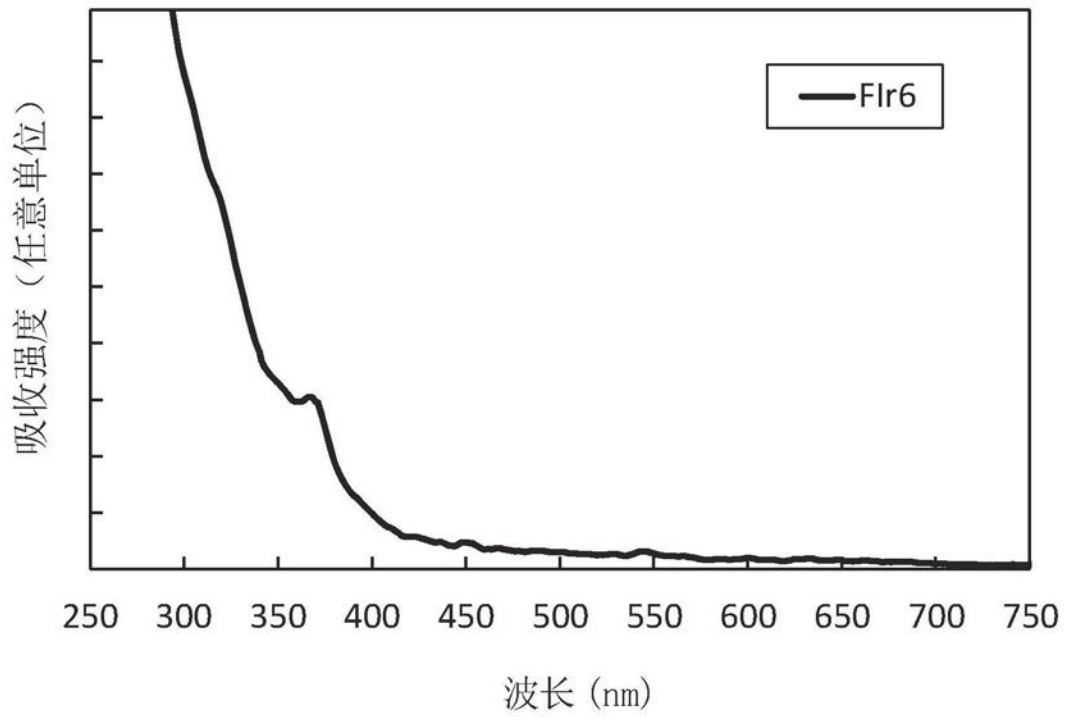


图112

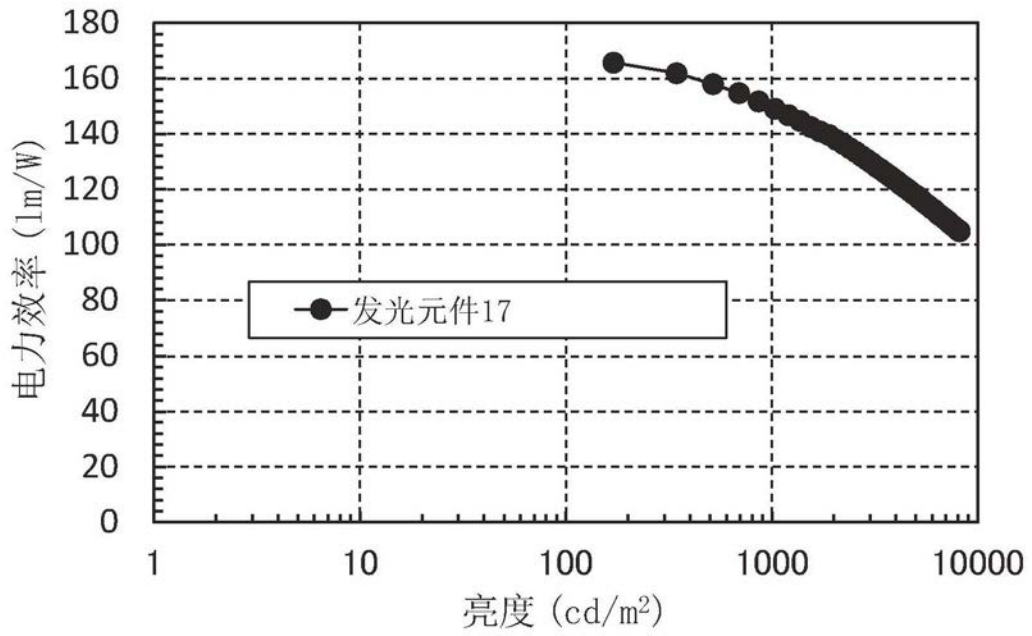


图113

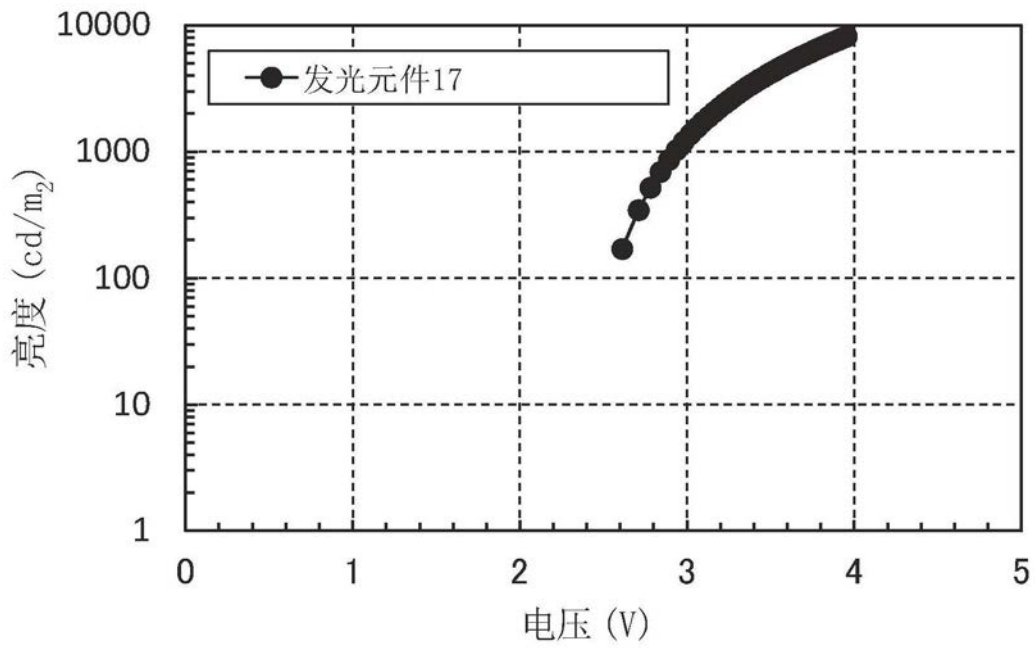


图114

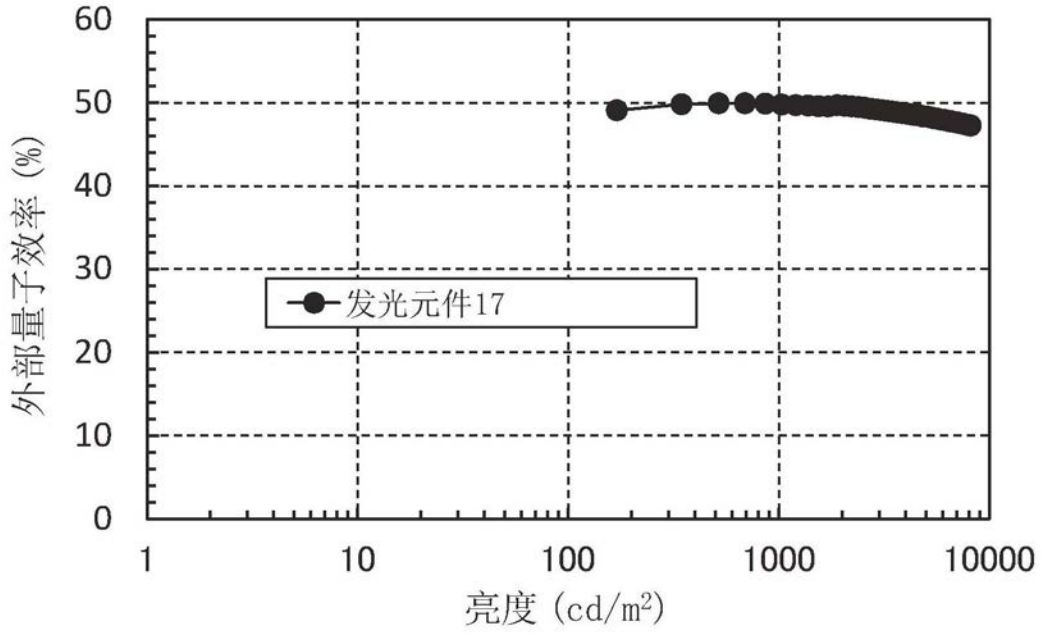


图115

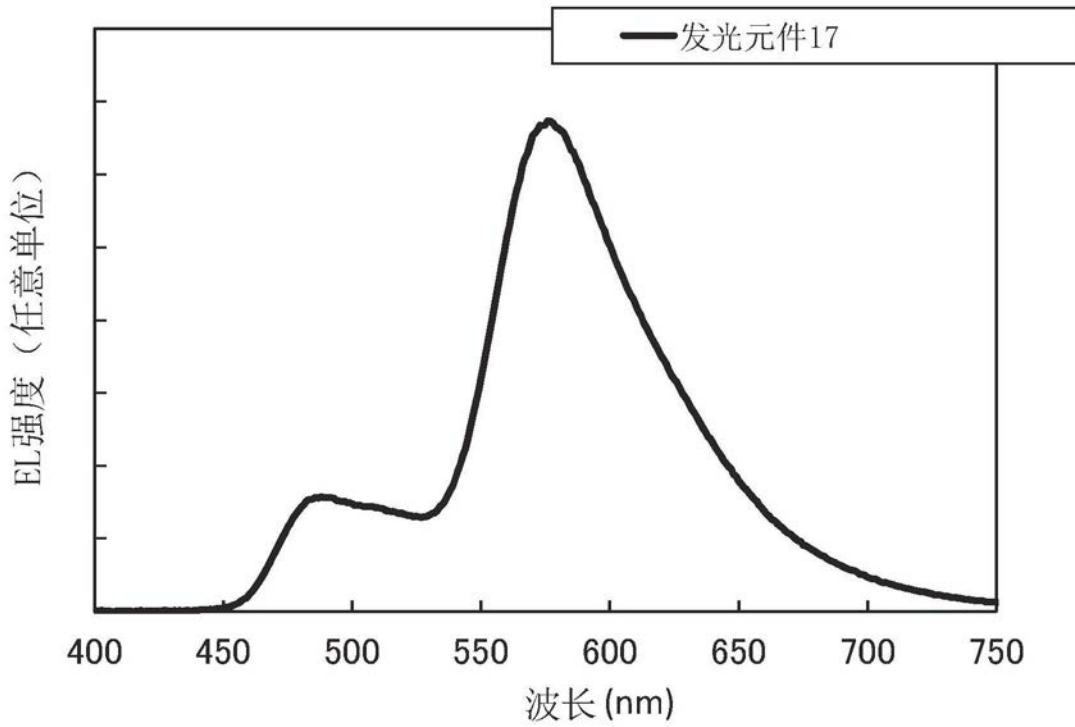


图116

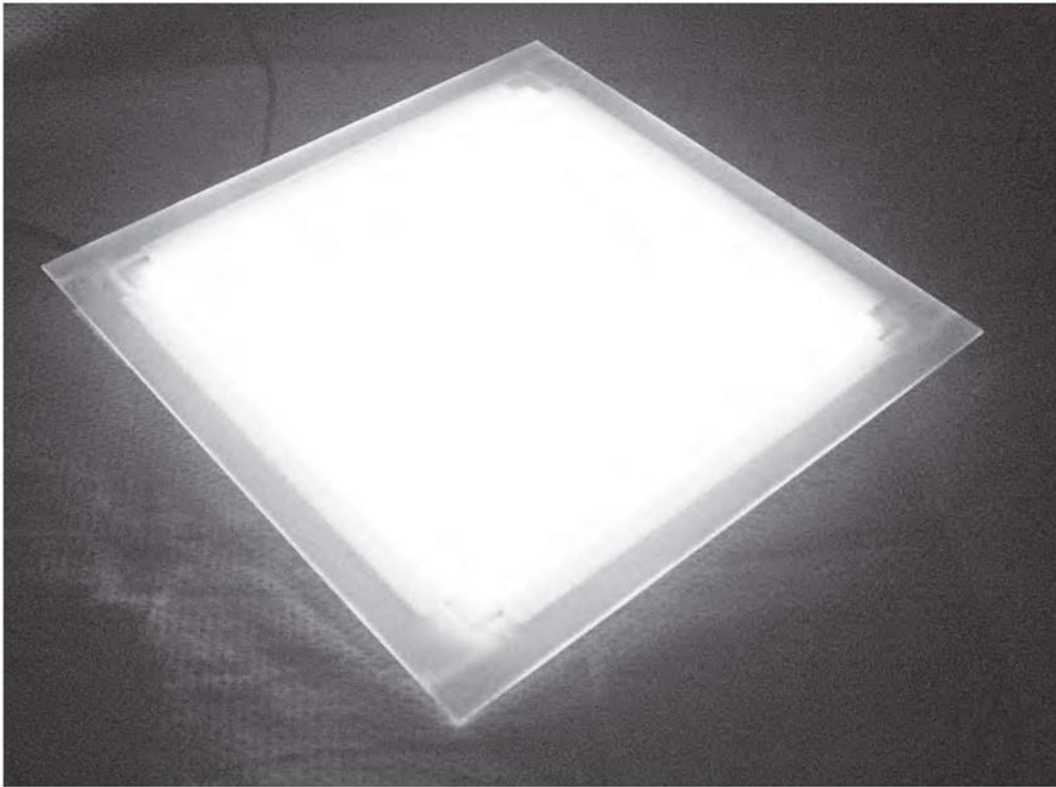


图117

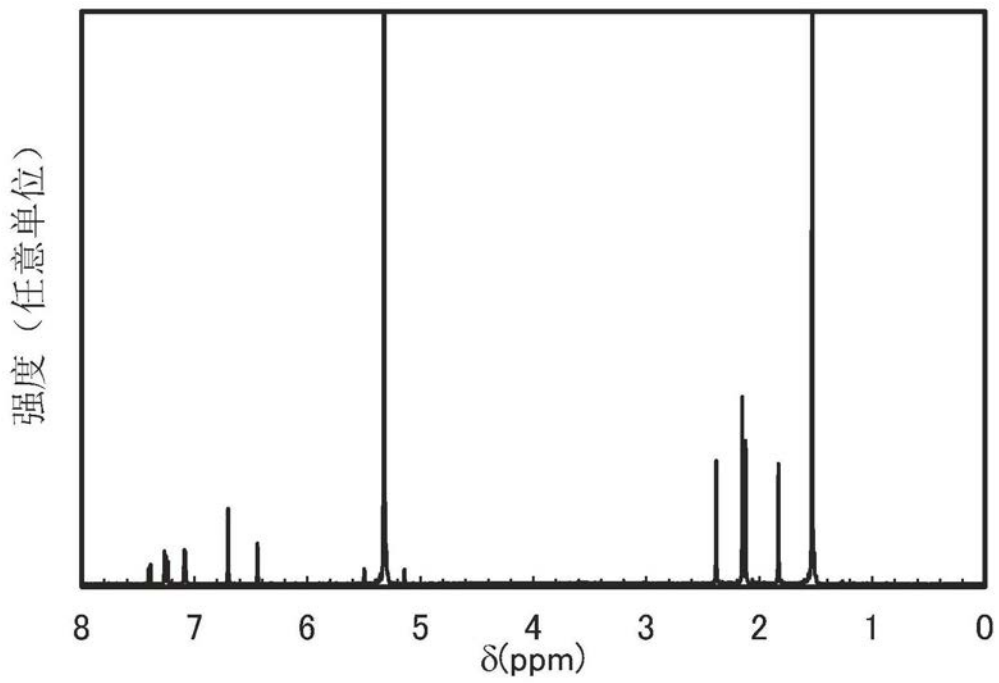


图118

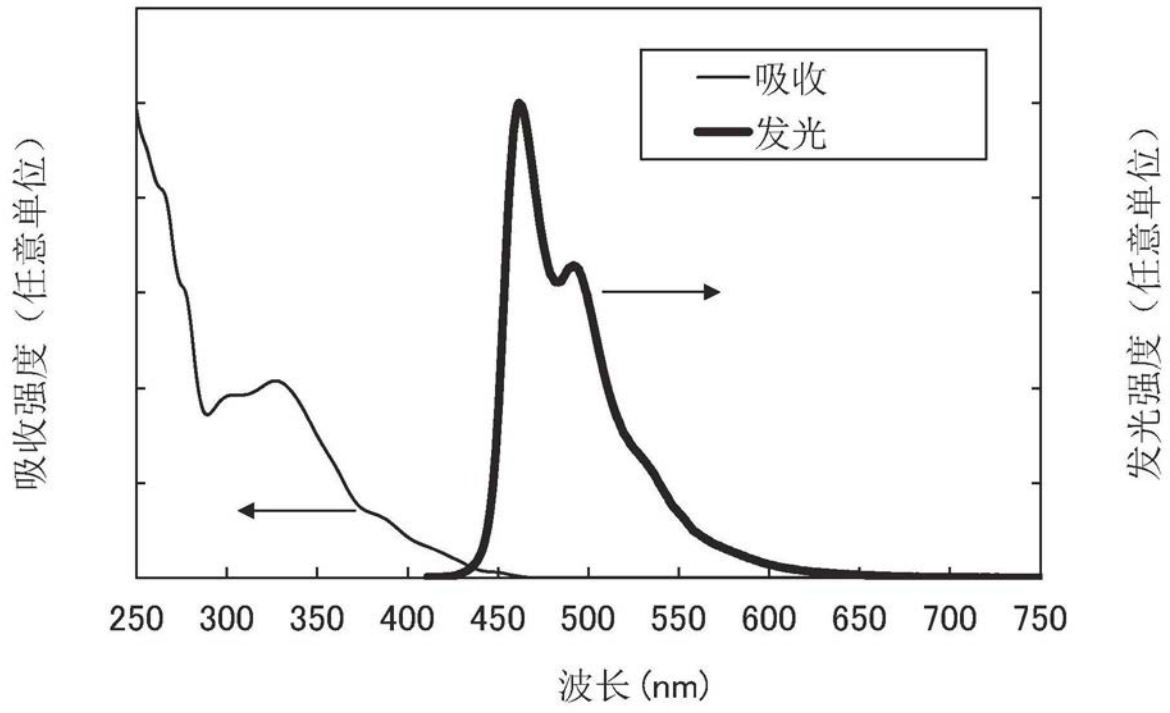


图119