



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107359260 B

(45)授权公告日 2019.12.20

(21)申请号 201710477473.4

(51)Int.CI.

(22)申请日 2013.08.09

H01L 51/50(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01L 27/32(2006.01)

申请公布号 CN 107359260 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.11.17

CN 101728417 A, 2010.06.09,

(30)优先权数据

JP 2007027092 A, 2007.02.01,

2012-177795 2012.08.10 JP

JP 2006269232 A, 2006.10.05,

(62)分案原申请数据

WO 2011042443 A1, 2011.04.14,

201310345426.6 2013.08.09

US 2005221121 A1, 2005.10.06,

(73)专利权人 株式会社半导体能源研究所

JP H0785972 A, 1995.03.31,

地址 日本神奈川

Yuichi HINO et al.. Red Phosphorescent

(72)发明人 濑尾哲史 石曾根崇浩

Organic Light-Emitting Diodes Using

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

Mixture System of Small-Molecule and

利商标事务所 11038

Polymer Host.《Japanese Journal of Applied

代理人 贾成功

Physics》.2005, 摘要、第3-4节, 图1、2、4.

审查员 孔敏

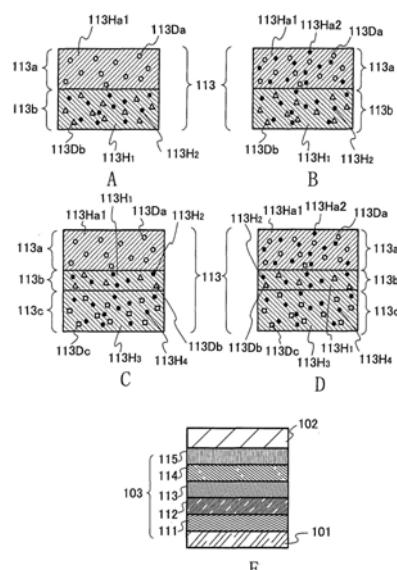
权利要求书2页 说明书40页 附图24页

(54)发明名称

发光元件、发光装置、显示装置、电子设备以及照明装置

(57)摘要

作为使用多个发光掺杂剂的发光元件提供该多个掺杂剂平衡地发光且发光效率高的发光元件;通过使用上述发光元件分别提供减少了耗电量的发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。一种发光元件,该发光元件包括分别包含不同的磷光发光材料的多个发光层,其中包含呈现长波长的发光的发光材料的发光层包含分别具有不同的传输极性的两种载流子传输化合物,并且包含呈现短波长的发光的发光材料的发光层包含主体材料,该主体材料的三重态激发能高于上述载流子传输化合物中的任何一种或两种的三重态激发能。



1. 一种发光装置,包括:

阳极;

所述阳极上的第一发光层,所述第一发光层包括第一磷光化合物以及第一主体材料;

所述第一发光层上的第二发光层,所述第二发光层包括第二磷光化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物;以及

所述第二发光层上的阴极,

其中所述第二磷光化合物的发射波长比所述第一磷光化合物的发射波长长,

其中所述第一主体材料的三重态激发能为所述第一电子传输化合物或所述第一空穴传输化合物的三重态激发能以上,

其中所述第一电子传输化合物和所述第一空穴传输化合物形成激基复合物,

其中所述激基复合物的发射光谱与所述第二磷光化合物的最低能量一侧的吸收带重叠,该吸收带源于从金属到配体的三重态电荷转移跃迁。

2. 根据权利要求1所述的发光装置,

其中所述激基复合物的发射峰值波长和所述第二磷光化合物的最低能量一侧的所述吸收带的峰值波长之间的能量差为0.2eV以下。

3. 一种发光装置,包括:

阳极;

所述阳极上的第一发光层,所述第一发光层包括第一化合物以及第一主体材料;

所述第一发光层上的第二发光层,所述第二发光层包括第二化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物;以及

所述第二发光层上的阴极,

其中所述第二化合物的发射波长比所述第一化合物的发射波长长,

其中所述第一主体材料的三重态激发能为所述第一电子传输化合物或所述第一空穴传输化合物的三重态激发能以上,

其中所述第一电子传输化合物和所述第一空穴传输化合物形成激基复合物,

其中所述第一化合物和所述第二化合物的至少一者为磷光化合物,

其中所述激基复合物的发射光谱与所述第二化合物的最低能量一侧的吸收带重叠,该吸收带源于从金属到配体的三重态电荷转移跃迁。

4. 根据权利要求3所述的发光装置,

其中所述激基复合物的发射峰值波长和所述第二化合物的最低能量一侧的所述吸收带的峰值波长之间的能量差为0.2eV以下。

5. 一种发光装置,包括:

阳极;

所述阳极上的第一发光层,所述第一发光层包括第一化合物以及第一主体材料;

所述第一发光层上的第二发光层,所述第二发光层包括第二化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物;以及

所述第二发光层上的阴极,

其中所述第二化合物的发射波长比所述第一化合物的发射波长长,

其中所述第一主体材料的三重态激发能为所述第一电子传输化合物或所述第一空穴

传输化合物的三重态激发能以上，

其中所述第一电子传输化合物和所述第一空穴传输化合物形成激基复合物，

其中所述第一化合物和所述第二化合物的至少一者为显示热活化延迟荧光的材料，

其中所述激基复合物的发射光谱与所述第二化合物的最低能量一侧的吸收带重叠，该吸收带源于从金属到配体的三重态电荷转移跃迁。

6. 根据权利要求5所述的发光装置，

其中所述激基复合物的发射峰值波长和所述第二化合物的最低能量一侧的所述吸收带的峰值波长之间的能量差为0.2eV以下。

7. 一种发光装置，包括：

阳极；

所述阳极上的第一发光层，所述第一发光层包括显示热活化延迟荧光的第一材料以及第一主体材料；

所述第一发光层上的第二发光层，所述第二发光层包括显示热活化延迟荧光的第二材料、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物；以及

所述第二发光层上的阴极，

其中所述显示热活化延迟荧光的第二材料的发射波长比所述显示热活化延迟荧光的第一材料的发射波长长，

其中所述第一主体材料的三重态激发能为所述第一电子传输化合物或所述第一空穴传输化合物的三重态激发能以上，

其中所述第一电子传输化合物和所述第一空穴传输化合物形成激基复合物，

其中所述激基复合物的发射光谱与所述第二材料的最低能量一侧的吸收带重叠，该吸收带源于从金属到配体的三重态电荷转移跃迁。

8. 根据权利要求7所述的发光装置，

其中所述激基复合物的发射峰值波长和所述显示热活化延迟荧光的第二材料的最低能量一侧的所述吸收带的峰值波长之间的能量差为0.2eV以下。

9. 根据权利要求1、3、5和7的任一项所述的发光装置，

其中所述第一主体材料具有空穴传输性。

10. 根据权利要求1、3、5和7的任一项所述的发光装置，

其中所述第一发光层还包括第二主体材料，

其中所述第二主体材料具有电子传输性，并且

其中所述第二主体材料的三重态激发能为所述第一电子传输化合物或所述第一空穴传输化合物的所述三重态激发能以上。

11. 根据权利要求10所述的发光装置，

其中所述第一主体材料和所述第二主体材料形成激基复合物。

12. 一种照明装置，其包括权利要求1、3、5和7的任一项所述的发光装置。

13. 一种电子设备，其包括权利要求1、3、5和7的任一项所述的发光装置。

发光元件、发光装置、显示装置、电子设备以及照明装置

[0001] 本申请是申请号为201310345426.6、申请日为2013年8月9日、发明名称为“发光元件、发光装置、显示装置、电子设备以及照明装置”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种将有机化合物用作发光物质的发光元件、显示装置、发光装置、电子设备以及照明装置。

背景技术

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

[0004] 因为这种发光元件是自发光型发光元件,所以具有优越于液晶显示器的特征诸如像素的可见度高,不需要背光灯等,由此,这种发光元件被认为适合于平板显示器元件。另外,使用这种发光元件的显示器可以被制造成薄且轻,这也是极大的优点。再者,响应速度非常快也是特征之一。

[0005] 因为这种发光元件可以将发光层形成为膜状,所以可以容易获得面发光。因此,可以容易形成大面积的元件。这是在以白炽灯和LED为代表的点光源或以荧光灯为代表的线光源中难以得到的特征。因此,上述利用电致发光的发光元件在作为可以应用于照明等的面光源的利用价值也高。

[0006] 在将有机化合物用于发光物质且在一对电极之间设置有该EL层的有机EL元件中,通过对一对电极之间施加电压,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到发光性的EL层,而形成电流。而且,被注入了的电子与空穴再结合而使发光有机化合物成为激发态,由此可以从被激发的发光有机化合物得到发光。

[0007] 作为由有机化合物形成的激发态,可以举出单重激发态和三重激发态,来自于单重激发态(S^*)的发光被称为荧光,而来自于三重激发态(T^*)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被认为是 $S^*:T^*=1:3$ 。

[0008] 至于由单重激发态发光的化合物(以下称为荧光化合物),在室温下通常仅观察到来自于单重激发态的发光(荧光),而观察不到来自于三重激发态的发光(磷光)。因此,基于 $S^*:T^*=1:3$ 的关系,使用荧光化合物的发光元件中的内部量子效率(相对于所注入的载流子而产生的光子的比例)的理论上的极限被认为是25%。

[0009] 另一方面,至于由三重激发态发光的化合物(以下称为磷光化合物),观察到来自于三重激发态的发光(磷光)。此外,在磷光化合物中,由于容易产生系间跨越(即从单重激发态转移到三重激发态),因此理论上能够将内部量子效率增加到100%。换句话说,可以得到比荧光化合物高的发光效率。由于上述理由,为了实现高效率发光元件,目前对使用磷光化合物的发光元件的开发日益火热。

[0010] 专利文献1公开了一种白色发光元件,该白色发光元件在发光区中包含多个发光

掺杂剂,该发光掺杂剂发射磷光。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] [专利文献1]日本PCT国际申请翻译2004-522276号公报

[0014] 虽然磷光化合物在理论上能够实现100%的内部量子效率,但是只有进行元件结构或材料搭配的最适化才实现高效率。尤其是,至于将多种不同的波长带(发光颜色)的磷光化合物用作发光掺杂剂的发光元件,当然需要考虑能量转移,而且需要进行该能量转移本身效率的最适化,要不然难以获得高发光效率。实际上,在上述专利文献1中,虽然使用发光掺杂剂都是磷光化合物的元件,但是其外部量子效率为3%至4%左右。根据该事实可以认为:即使考虑光取出效率,内部量子效率也是20%以下,该数值是作为磷光发光元件很低的。

[0015] 另外,使用不同发光颜色的掺杂剂的多色发光元件不仅需要提高发光效率,而且还需要使各发光颜色的掺杂剂平衡地发射光。但是,在实现高发光效率的同时保持各掺杂剂的发光平衡是很困难的。

发明内容

[0016] 鉴于上述问题,本发明的一实施方式的目的在于:作为使用多个发光掺杂剂的发光元件,提供一种该多个掺杂剂平衡地发光且发光效率高的发光元件。另外,本发明的一实施方式的目的在于:提供一种通过使用上述发光元件而减少耗电量的发光装置、显示装置、电子设备以及照明装置。

[0017] 本发明只要解决上述问题中的任一个即可。

[0018] 本发明的一实施方式提供一种发光元件,该发光元件包括分别包含不同的磷光发光材料的多个发光层,其中包含呈现长波长的发光的发光材料的发光层包含分别具有不同的传输极性的两种载流子传输化合物,并且包含呈现短波长的发光的发光材料的发光层包含主体材料,该主体材料的三重态激发能高于上述载流子传输化合物中的任何一种或两种的三重态激发能。像这样,通过采用能够使主体材料之间的能量转移效率得到提高的组合的主体材料和载流子传输化合物,可以得到本发明的一实施方式的发光元件。

[0019] 就是说,本发明的一实施方式是一种发光元件,在阳极与阴极之间包括:第一发光层,该第一发光层包含第一磷光化合物及第一主体材料;以及第二发光层,该第二发光层包含第二磷光化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物;其中,第二磷光化合物的发射波长比第一磷光化合物长,第一主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上,并且,第一发光层和第二发光层被设置为彼此接触。

[0020] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物形成激基复合物。

[0021] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一主体材料为电子传输化合物,并且第一发光层被设置在比第二发光层更接近阴极一侧。

[0022] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一主体材料为空穴传输化合物,并且第一发光层被设置在比第二发光层更接近阳极一侧。

[0023] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一发光层还包含第二主体材料,该第二主体材料为空穴传输化合物,并且第二主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上。

[0024] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一发光层还包含第二主体材料,该第二主体材料为电子传输化合物,并且第二主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上。

[0025] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一主体材料和第二主体材料形成激基复合物。

[0026] 另外,本发明的另一实施方式是一种发光元件,在阳极与阴极之间包括:第一发光层,该第一发光层包含第一磷光化合物及第一主体材料;第二发光层,该第二发光层包含第二磷光化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物;以及第三发光层,该第三发光层包含第三磷光化合物、第二电子传输化合物以及第二空穴传输化合物,其中,第二磷光化合物的发射波长比第一磷光化合物长,第三磷光化合物的发射波长比第二磷光化合物长,第一主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上,并且,第一发光层、第二发光层以及第三发光层依次被设置为彼此接触。

[0027] 另外,本发明的另一实施方式是一种发光元件,在阳极与阴极之间包括:第一发光层,该第一发光层包含第一磷光化合物及第一主体材料;第二发光层,该第二发光层包含第二磷光化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物;以及第三发光层,该第三发光层包含第三磷光化合物、第二电子传输化合物以及第二空穴传输化合物,其中,第二磷光化合物的发射波长比第一磷光化合物长,第三磷光化合物的发射波长比第二磷光化合物长,第一主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上,第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物的三重态激发能为第二电子传输化合物和第二空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上,并且,第一发光层、第二发光层以及第三发光层依次被设置为彼此接触。

[0028] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物形成激基复合物,并且第二电子传输化合物和第二空穴传输化合物形成激基复合物。

[0029] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一主体材料为电子传输化合物,并且第一发光层被设置在比第二发光层更接近阴极一侧。

[0030] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一主体材料为空穴传输化合物,并且第一发光层被设置在比第二发光层更接近阳极一侧。

[0031] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一发光层还包含第二主体材料,该第二主体材料为空穴传输化合物,并且第二主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上。

[0032] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一发光层还包含第二主体材料,该第二主体材料为电子传输化合物,并且第二主体材料的三重态激发能为第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能以上。

[0033] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一主体材料和第

二主体材料形成激基复合物。

[0034] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一电子传输化合物和第二电子传输化合物为同一材料。

[0035] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一空穴传输化合物和第二空穴传输化合物为同一材料。

[0036] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第一电子传输化合物和第二电子传输化合物为同一材料,并且第一空穴传输化合物和第二空穴传输化合物为同一材料。

[0037] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第二发光层的厚度为2nm以上且20nm以下。

[0038] 作为本发明的另一实施方式,在具有上述结构的发光元件中,第二发光层的厚度为5nm以上且10nm以下。

[0039] 另外,本发明的另一实施方式是一种具备上述结构的发光元件的发光装置、发光显示装置、电子设备及照明装置。

[0040] 注意,本说明书中的发光装置包括使用发光元件的图像显示器件。此外,如下模块都包括在发光装置中:发光装置安装有连接器诸如各向异性导电薄膜或TCP (Tape Carrier Package:带载封装) 的模块;在TCP的端部设置有印刷线路板的模块;通过COG (Chip On Glass:玻璃覆晶封装) 方式在发光装置上直接安装有IC (集成电路) 的模块。再者,本说明书中的发光装置还包括用于照明设备等的发光装置。

[0041] 本发明的一实施方式可以提供发光效率高的发光元件。本发明的一实施方式通过使用该发光元件可以提供减少了耗电量的发光装置、发光显示装置、电子设备以及照明装置中的任一种。

附图说明

[0042] 图1A至1E是发光元件的示意图;

[0043] 图2是发光元件的示意图;

[0044] 图3A和3B是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0045] 图4A和4B是无源矩阵型发光装置的示意图;

[0046] 图5A和5B是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0047] 图6是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0048] 图7A和7B是照明装置的示意图;

[0049] 图8A、8B1、8B2、8C以及8D是示出电子设备的图;

[0050] 图9是示出电子设备的图;

[0051] 图10是示出照明装置的图;

[0052] 图11是示出照明装置的图;

[0053] 图12是示出车载显示装置及照明装置的图;

[0054] 图13A至13C是示出电子设备的图;

[0055] 图14是示出发光元件1的发射光谱的图;

[0056] 图15是示出发光元件1的亮度-电流效率特性的图;

- [0057] 图16是示出发光元件1的亮度-外部量子效率特性的图；
- [0058] 图17是示出发光元件1的电压-亮度特性的图；
- [0059] 图18是示出发光元件1的亮度-功率效率特性的图；
- [0060] 图19是示出发光元件2及发光元件3的发射光谱的图；
- [0061] 图20是示出发光元件2及发光元件3的亮度-电流效率特性的图；
- [0062] 图21是示出发光元件2及发光元件3的亮度-外部量子效率特性的图；
- [0063] 图22是示出发光元件2及发光元件3的电压-亮度特性的图；
- [0064] 图23是示出发光元件2及发光元件3的亮度-功率效率特性的图；
- [0065] 图24是示出发光元件4的发射光谱的图；
- [0066] 图25是示出发光元件4的亮度-电流效率特性的图；
- [0067] 图26是示出发光元件4的亮度-外部量子效率特性的图；
- [0068] 图27是示出发光元件4的电压-亮度特性的图；
- [0069] 图28是示出发光元件4的亮度-功率效率特性的图；
- [0070] 图29是示出发光元件4的归一化亮度随时间的变化的图；
- [0071] 图30是示出35DCzPPy的磷光光谱的图；
- [0072] 图31是示出PCCP的磷光光谱的图；
- [0073] 图32是示出2mDBTPDBq-II的磷光光谱的图；
- [0074] 图33是示出PCBA1BP的磷光光谱的图；
- [0075] 图34是示出2mDBTBPDBq-II的磷光光谱的图；
- [0076] 图35是示出PCBNBB的磷光光谱的图。

具体实施方式

[0077] 以下，参照附图详细地说明本发明的实施方式。但是，本发明不局限于以下说明，所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实就是其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此，本发明不应该被解释为仅局限在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0078] 实施方式1

[0079] 首先，对本发明的一实施方式的发光元件的工作原理进行说明。本发明的宗旨在于：通过使用第一磷光化合物和呈现波长比该第一磷光化合物长的发光的第二磷光化合物，并使第一及第二磷光化合物高效地发光，来获得高效的多色发光元件。

[0080] 作为获得使用磷光化合物的多色发光元件的一般方法，可以举出以适当的比例将不同发光颜色的多个磷光化合物分散在某个主体材料中的方法。然而，在采用这种方法的情况下，由于呈现最长波长的发光的磷光化合物易于发光，所以非常难以设计及控制用来获得多色发光的元件结构（尤其是，主体材料中的各磷光化合物的浓度）。

[0081] 作为获得多色发光元件的另一个方法，可以举出将不同发光颜色的发光元件串联层叠的所谓串置结构（tandem structure）。例如，通过将蓝色发光元件、绿色发光元件、红色发光元件的三个发光元件串联层叠使它们同时发光，可以容易获得多色光（在此情况下，白色光）。作为元件结构，分别使蓝色、绿色、红色的各元件最适化即可，因此其设计及控制较容易。然而，由于层叠三个元件，所以层数增大，制造变复杂。另外，若在各元件的连接部

(所谓的中间层)中产生有关电接触的问题,则有可能导致驱动电压的增大,即电力浪费。

[0082] 另一方面,本发明的一实施方式的发光元件是一种发光元件,该发光元件在一对电极之间层叠有:包含第一磷光化合物及第一主体材料的第一发光层;以及包含呈现波长比第一磷光化合物长的发光的第二磷光化合物、第一电子传输化合物以及第一空穴传输化合物的第二发光层。此时,第一主体材料的三重态激发能高于第一电子传输化合物和第一空穴传输化合物中的任何一个的三重态激发能,并且与串置结构不同,第一发光层及第二发光层以彼此接触的方式设置。

[0083] 图1E示意性地示出上述本发明的一实施方式的发光元件的元件结构。图1E记载有第一电极101、第二电极102、EL层103。EL层103至少设置有发光层113,且也可以适当地设置其他层。在图1E中,作为一个例子示出设置有空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114及电子注入层115的结构。另外,第一电极101用作阳极,第二电极102用作阴极。

[0084] 另外,图1A及图1B是将该发光元件中的发光层113放大而表示的图。图1A及图1B示出第一发光层113a、第二发光层113b、层叠有该两层的发光层113、第一磷光化合物113Da、第二磷光化合物113Db、第一主体材料113Ha1、第一载流子传输化合物113H₁以及第二载流子传输化合物113H₂。另外,图1B是第一发光层113a还包含第二主体材料113Ha2时的模式图。另外,至于第一主体材料113Ha1和第二主体材料113Ha2的组合及第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂的组合,既可为其中之一彼此相同又可为其中双方彼此相同。另外,第一发光层113a和第二发光层113b的任一个可以位于阳极一侧或阴极一侧。另外,第一主体材料113Ha1和第二主体材料113Ha2中的一个为电子传输化合物,而其中另一个为空穴传输化合物。与此同样,第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂中的一个为电子传输化合物,而其中另一个为空穴传输化合物。

[0085] 通过调整包含在各发光层中的第一主体材料113Ha1、第二主体材料113Ha2、第一载流子传输化合物113H₁以及第二载流子传输化合物113H₂的混合比例,可以设定发光层内的再结合区域。至于第一主体材料113Ha1和第二主体材料113Ha2及第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂,如上所述那样,其中一个为电子传输化合物,而其中另一个为空穴传输化合物。因此,通过改变这些材料的混合比例,可以调整各发光层的载流子传输性,结果,可以容易控制再结合区域。

[0086] 如果在第二发光层113b中直接生成激子,则不容易得到第一磷光化合物113Da的发光,从而优选在第一发光层113a的内部或者在第一发光层113a与第二发光层113b之间的界面附近形成再结合区域。

[0087] 像这样,为了在第一发光层113a与第二发光层113b之间的界面附近形成载流子再结合区域,只要在第一发光层113a位于阳极一侧的情况下使第一发光层113a具有空穴传输性,而在第一发光层113a位于阴极一侧的情况下使第一发光层113a具有电子传输性,即可。再者,通过使第二发光层113b具有与第一发光层113a相反的传输性,可以在第一发光层113a与第二发光层113b之间的界面附近形成再结合区域。另外,为了在第一发光层113a的内部形成载流子再结合区域,只要以上述结构为基本提高第一发光层113a的双极性,即可。

[0088] 在采用图1A所示的结构的情况下,只要在第一发光层113a位于阳极一侧时使第一主体材料113Ha1具有空穴传输性,而在第一发光层113a位于阴极一侧时使第一主体材料113Ha1具有电子传输性,并改变第二发光层113b中的第一载流子传输化合物113H₁和第二

载流子传输化合物113H₂的混合比例以使第二发光层113b具有与第一发光层113a相反的载流子传输性,即可。

[0089] 就是说,在采用第二发光层113b及图1B所示的第一发光层113a的情况下,通过改变包含在发光层中的电子传输化合物和空穴传输化合物的混合比例,可以调整载流子传输性。

[0090] 但是,在再结合区域位于第一发光层113a的内部或者位于第一发光层113a与第二发光层113b之间的界面时,有时会有与第一磷光化合物相比第二磷光化合物113Db的发光强度比变小的情况。鉴于上述问题,在本发明的一实施方式中,在采用图1A所示的结构的情况下适当地组合材料,以使第一主体材料113Ha1的三重态激发能高于第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂中的任何一个或双方的三重态激发能。由此,由于载流子复合而产生的三重态激发能的一部分从第一主体材料113Ha1转移到第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂中的任何一个或双方的三重态激发能,来可以使第二磷光化合物113Db发光。

[0091] 另外,如图1B所示,在第一发光层113a还包含第二主体材料113Ha2的情况下也适当地组合材料,以使第二主体材料113Ha2的三重态激发能高于第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂中的任何一个或双方的三重态激发能。由此,由于载流子复合而产生的三重态激发能的一部分从第二主体材料113Ha2转移到第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂中的任何一个或双方的三重态激发能,来可以使第二磷光化合物113Db发光。

[0092] 像这样,通过采用考虑到在由于载流子复合而产生的激发能中占75%的三重态激发能的转移的结构,可以以所希望的强度得到第二磷光化合物113Db的发光。

[0093] 另一方面,在第一主体材料113Ha1或第二主体材料113Ha2的单重态激发能高于第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂的单重态激发能时,按照德克斯特(Dexter)机理发生能量转移。另外,在此情况下,如果第一主体材料113Ha1或第二主体材料113Ha2为荧光发光材料,则按照福斯特(Förster)机理发生能量转移。

[0094] 这里,为得到更高发光效率的发光元件而考虑到向磷光化合物的能量转移。在本说明书中,将能量供应到磷光化合物的物质被称为主体材料。

[0095] 因为在主体材料和磷光化合物中的双方中进行载流子的复合,所以为提高发光效率而需要使从主体材料到磷光化合物的能量转移效率得到提高。作为从主体材料到磷光化合物的能量转移,已知德克斯特机理和Förster机理的两种机理。

[0096] 以下述算式表示从主体分子到客体分子的能量转移效率 Φ_{ET} 。 k_r 表示发光过程(在来自于单重激发态的能量转移的观点来看时相当于荧光,而在来自于三重激发态的能量转移的观点来看时相当于磷光)的速度常数, k_n 表示非发光过程(热失活或系间跨越)的速度常数, τ 表示所检测出的激发态的寿命。

$$[0097] \Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}}$$

[0098] 首先,从上述算式可知,为了提高能量转移效率 Φ_{ET} ,使能量转移的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$ 比其他竞争的速度常数 $k_r + k_n (=1/\tau)$ 大得多即可。而且,为了增大该能量转移的速度常数 $k_{h^* \rightarrow g}$,在福斯特机理和德克斯特机理中的任一机理中,主体分子的发射光谱(在来自于单重激发态的能量转移的观点来看时相当于荧光光谱,而在来自于三重激发态的能量转移的观点来看时相当于磷光光谱)和客体分子(第二发光层中的磷光化合物)的吸收光谱的重叠越大越好。

[0099] 在此,在考虑到主体分子的发射光谱和磷光化合物的吸收光谱的重叠上,磷光化合物的吸收光谱中的最长波长(低能量)一侧的吸收带是重要的。

[0100] 在磷光化合物的吸收光谱中,最有助于发光的吸收带位于相当于从基态到三重激发态的直接跃迁的吸收波长附近,这是呈现在最长波长一侧的吸收带。由此,优选的是,主体材料的发射光谱(荧光光谱及磷光光谱)与磷光化合物的吸收光谱的最长波长一侧的吸收带重叠。

[0101] 例如,在有机金属络合物,尤其是发光铱络合物中,在很多情况下,最长波长一侧的吸收带在500nm至600nm附近出现宽吸收带。该吸收带主要来自三重MLCT(从金属到配体的电荷转移: Metal to Ligand Charge Transfer)跃迁。但是,可以认为在该吸收带的一部分中也包括来自三重 $\pi-\pi^*$ 跃迁及单重MLCT跃迁的吸收,这些吸收彼此重叠,在吸收光谱的最长波长一侧形成宽吸收带。从而,在作为客体材料使用有机金属络合物(尤其是铱络合物)时,优选形成如上所述那样存在于最长波长一侧的宽吸收带与主体材料的发射光谱大部分地重叠的状态。

[0102] 在此,首先,考虑来自于主体材料的三重激发态的能量转移。根据上述考察可知,当只考虑来自于三重激发态的能量转移时,只要使主体材料的磷光光谱与磷光化合物的最长波长一侧的吸收带大部分地重叠即可。

[0103] 然而,此时成为问题的是来自于主体分子的单重激发态的能量转移。在除了来自于三重激发态的能量转移以外,还高效地进行来自于单重激发态的能量转移时,从上述考察可知,除了主体材料的磷光光谱以外,还需要使荧光光谱与客体材料的最长波长一侧的吸收带重叠而设计。换言之,只有以主体材料的荧光光谱位于与磷光光谱大致相同的位置的方式设计主体材料,才能高效地进行来自于主体材料的单重激发态及三重激发态的双方的能量转移。

[0104] 但是,一般而言,由于单重态激发能级与三重态激发能级大不相同(单重态激发能级>三重态激发能级),所以荧光的发射波长与磷光的发射波长大不相同(荧光的发射波长<磷光的发射波长)。例如,在使用磷光化合物的发光元件中,通常使用的4,4'-二(N-咔唑基)联苯(缩写:CBP)在500nm附近具有磷光光谱,另一方面,荧光光谱位于400nm附近,两者之间具有100nm的间隔。从上述例子来看,以主体材料的荧光光谱位于与磷光光谱大致相同的位置的方式设计主体材料是极为困难的。

[0105] 另外,因为某一物质中的单重态激发能级高于三重态激发能级,所以其荧光光谱在于与客体材料的最长波长一侧的吸收光谱接近的波长区的主体材料的三重态激发能级低于客体材料的三重态激发能级。

[0106] 这里,说明作为由两种材料形成的激发状态的激基复合物。激基复合物的荧光光谱因呈现来自于两种材料中的最浅HOMO能级与最深LUMO能级的能量差的发光而位于比物

质单体的荧光光谱更长波长一侧。由此,可以在形成激基复合物的两个化合物的三重态激发能高于客体材料的三重态激发能的状态下最大限度提高来自于单重激发态的能量转移效率。

[0107] 再者,因为激基复合物处于三重态激发能级与单重态激发能级接近的状态,所以荧光光谱与磷光光谱存在于大致相同的位置。由此,可以使相当于从客体分子的单重基态到三重激发态的迁移的吸收(客体分子的吸收光谱中的存在于最长波长一侧的宽吸收带)与激基复合物的荧光光谱及磷光光谱的双方大部分地重叠,从而可以得到高能量转移效率的发光元件。

[0108] 像这样,在第二发光层中,第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂优选为形成激基复合物的组合。再者,通过使第二磷光化合物113Db的最低能量一侧的吸收带与该激基复合物的发射光谱重叠,可以得到高发光效率的发光元件。另外,在第二磷光化合物113Db的最低能量一侧的吸收带的峰值波长与该激基复合物的发射光谱的峰值波长的能量换算值的差值为0.2eV以下时,可以使各光谱大部分地彼此重叠,因此是优选的。

[0109] 另外,在采用图1B所示的结构的情况下,第一主体材料113Ha1和第二主体材料113Ha2优选为形成激基复合物的组合。再者,通过使第一磷光化合物113Da的最低能量一侧的吸收带与该激基复合物的发射光谱重叠,可以得到高发光效率的发光元件。另外,在第一磷光化合物113Da的最低能量一侧的吸收带的峰值波长与该激基复合物的发射光谱的峰值波长的能量换算值的差值为0.2eV以下时,可以使各光谱大部分地彼此重叠,因此是优选的。

[0110] 如上所述,激基复合物的发光来自于构成该激基复合物的两种物质中的最浅HOMO能级与最深LUMO能级的能量差。由此,在将激基复合物用作主体材料的情况下,可以通过改变材料的组合而改变发射光谱,从而可以容易得到与磷光化合物的长波长一侧的吸收光谱重叠的发射光谱。

[0111] 另外,第一主体材料113Ha1及第二主体材料113Ha2优选具有高于第一磷光化合物113Da的三重态激发能,以不使该第一磷光化合物113Da猝灭。另外,第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂优选具有高于第二磷光化合物113Db的三重态激发能,以不使该第二磷光化合物113Db猝灭。

[0112] 包括上述结构的发光元件具有高发光效率并能够从各磷光化合物平衡地得到发光。

[0113] 作为可以用于第一主体材料113Ha1、第二主体材料113Ha2、第一载流子传输化合物113H₁以及第二载流子传输化合物113H₂的电子传输化合物及空穴传输化合物,可以举出以下化合物。注意,第一主体材料113Ha1和第二主体材料113Ha2中的一个为电子传输化合物,而其中另一个为空穴传输化合物;第一载流子传输化合物113H₁和第二载流子传输化合物113H₂中的一个为电子传输化合物,而其中另一个为空穴传输化合物。在选择这些材料的组合时,优选选择形成激基复合物的组合。

[0114] 作为电子传输化合物,可以举出:双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPBO)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌

(II) (简称:ZnBTZ) 等的金属络合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:0XD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2"--(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBI_m-II)等的具有多唑骨架的杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]噁唑啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]噁唑啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]噁唑啉(简称:2mCzBPDBq)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]噁唑(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]噁唑(简称:4,6mDBTP2Pm-II)等的具有二噁骨架的杂环化合物;以及3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(吡啶基)苯-3-基]苯(简称:TmPyPB)等的具有吡啶骨架的杂环化合物,尤其是优选使用缺π电子杂芳族化合物。在上述材料中,具有二噁骨架的杂环化合物或具有吡啶骨架的杂环化合物具有良好可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二噁骨架(噁唑或吡啶)骨架的杂环化合物具有高电子传输性,也有助于降低驱动电压。

[0115] 作为空穴传输化合物,可以举出:4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4"-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4"-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-螺-9,9'-联芴-2-胺(简称:PCBASF)等的具有芳香胺骨架的化合物;1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)等的具有咔唑骨架的化合物;4,4',4"-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)等的具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4"-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)等的具有呋喃骨架的化合物,尤其是优选使用富π电子杂芳族化合物。在上述材料中,具有芳香胺骨架的化合物、具有咔唑骨架的化合物具有良好的可靠性和高空穴传输性并有助于降低驱动电压,所以是优选的。

[0116] 具有上述结构的发光元件是具有高发光效率且能够从多个发光物质得到发光的发光元件。另外,因为该发光元件与串置结构不同,所以制造工序不被复杂化,并且由中间层导致的电力损失也小。另外,作为白色发光元件的利用价值也高。

[0117] 另外,如图1C及1D所示,发光层113由第一发光层113a、第二发光层113b以及第三发光层113c的三层形成。此时,第一发光层113a与第二发光层113b的关系如上所述。

[0118] 第三发光层113c包含第三磷光化合物113Dc、第三载流子传输化合物113H₃及第四

载流子传输化合物 113H_4 。第三磷光化合物 113Dc 的发射波长比第二磷光化合物 113Db 长。另外,第三载流子传输化合物 113H_3 和第四载流子传输化合物 113H_4 中的一个为电子传输化合物,而其中另一个为空穴传输化合物。作为可以用于第三载流子传输化合物 113H_3 和第四载流子传输化合物 113H_4 的化合物,可以使用作为第一主体材料 113Ha1 、第二主体材料 113Ha2 、第一载流子传输化合物 113H_1 和第二载流子传输化合物 113H_2 举出的化合物。

[0119] 因为与第一载流子传输化合物 113H_1 和第二载流子传输化合物 113H_2 及第一主体材料 113Ha1 和第二主体材料 113Ha2 同样的理由,第三载流子传输化合物 113H_3 和第四载流子传输化合物 113H_4 优选形成激基复合物。另外,为了使从激基复合物到第三磷光化合物 113Dc 的能量转移最佳化,优选使该激基复合物的发射光谱与第三磷光化合物 113Dc 的最长波长一侧的吸收带重叠。通过使第三磷光化合物 113Dc 的最低能量一侧的吸收带的峰值波长与该激基复合物的发射光谱的峰值波长的能量换算值的差值为 0.2eV 以下,可以使各光谱大部分地彼此重叠,因此是优选的。另外,第三载流子传输化合物 113H_3 和第四载流子传输化合物 113H_4 优选具有高于第三磷光化合物 113Dc 的三重态激发能,以不使该第三磷光化合物 113Dc 猝灭。

[0120] 因为在位于第一发光层 113a 的内部或者位于第一发光层 113a 与第二发光层 113b 之间的界面附近的再结合区域中产生的复合能通过第二发光层 113b 转移到第三发光层 113c 而使其发光。由此,第一载流子传输化合物 113H_1 和第二载流子传输化合物 113H_2 的三重态激发能优选高于第三载流子传输化合物 113H_3 和第四载流子传输化合物 113H_4 中的任何一个的三重态激发能。

[0121] 另外,为了使再结合区域形成在第一发光层 113a 的内部或者形成在第一发光层 113a 与第二发光层 113b 之间的界面附近,第三发光层 113c 的传输性优选与第二发光层 113b 的传输性相同。再者,构成第三载流子传输化合物 113H_3 和第四载流子传输化合物 113H_4 的电子传输化合物和空穴传输化合物中的一个或两个也可以与构成第一载流子传输化合物 113H_1 和第二载流子传输化合物 113H_2 的电子传输化合物和空穴传输化合物中的一个或两个相同。由此,能够共同使用构成各层的材料,而有利于降低成本。

[0122] 至于图1E所示的具有图1C和1D所示的发光层 113 的结构的发光元件,第一发光层 113a 既可形成在阳极一侧又可形成在阴极一侧。

[0123] 在第一发光层 113a 形成在阳极一侧的情况下,第一发光层 113a 为具有空穴传输性的层,而第二发光层 113b 及第三发光层 113c 为具有电子传输性的层。关于第一发光层 113a 的传输性,在采用图1C所示的结构时使用空穴传输性材料作为第一主体材料 113Ha1 即可;在采用图1D所示的结构时改变第一主体材料 113Ha1 和第二主体材料 113Ha2 (即电子传输化合物和空穴传输化合物)的混合比例即可。与此同样,通过改变改变第一载流子传输化合物 113H_1 至第四载流子传输化合物 113H_4 的混合比例,可以使第二发光层 113b 及第三发光层 113c 具有所希望的传输性。

[0124] 在第一发光层 113a 形成在阴极一侧的情况下,第一发光层 113a 为具有电子传输性的层,而第二发光层 113b 及第三发光层 113c 为具有空穴传输性的层。关于第一发光层 113a 的传输性,在采用图1C所示的结构时使用电子传输性材料作为第一主体材料 113Ha1 即可;在采用图1D所示的结构时改变第一主体材料 113Ha1 和第二主体材料 113Ha2 (即电子传输化合物和空穴传输化合物)的混合比例即可。与此同样,通过改变改变第一载流子传输化合物

113H₁至第四载流子传输化合物113H₄的混合比例,可以使第二发光层113b及第三发光层113c具有所希望的传输性。

[0125] 再者,因为通过第二发光层113b能量转移到第三发光层113c,所以如果第二发光层113b过厚则能量不能转移到第三发光层113c,而不能从第三磷光化合物113Dc得到发光。因此,为了从第三磷光化合物113Dc得到发光,第二发光层113b的厚度优选为2nm至20nm,更优选为5nm至10nm。

[0126] 另外,在具有图1C和1D所示的发光层113的结构的发光元件中,通过使用呈现蓝色发光的化合物、呈现绿色发光的化合物以及呈现红色发光的化合物分别作为第一磷光化合物113Da、第二磷光化合物113Db以及第三磷光化合物113Dc,可以得到优良的白色发光(例如,与JIS的照明规格符合的白色发光)。该白色发光的演色性也高,并且该白色发光元件非常适用于照明。

[0127] 具有上述结构的发光元件为使用多个发光物质且发光效率高的发光元件,并能够从该多个发光物质平衡地发光。

[0128] 实施方式2

[0129] 在本实施方式中,以下将参照图1A至图1E说明实施方式1所说明的发光元件的详细结构的例子。

[0130] 本实施方式的发光元件在一对电极之间包括由多个层构成的EL层。在本实施方式中,发光元件由第一电极101、第二电极102、设置在第一电极101与第二电极102之间的EL层103构成。注意,在本实施方式中,以下假设第一电极101用作阳极且第二电极102用作阴极而进行说明。就是说,当以使第一电极101的电位高于第二电极102的电位的方式对第一电极101和第二电极102之间施加电压时,得到发光。

[0131] 由于第一电极101用作阳极,所以优选使用功函数大(具体为4.0eV以上)的金属、合金、导电化合物、以及它们的混合物等形成。具体地,例如可以举出氧化铟-氧化锡(ITO:铟锡氧化物)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)等。虽然通常通过溅射法形成这些导电金属氧化物膜,但是也可以应用溶胶-凝胶法等来制造。作为制造方法的例子,可以举出如下方法:使用相对于氧化铟添加有1wt%至20wt%的氧化锌的靶材通过溅射法形成氧化铟-氧化锌膜的方法。另外,可以使用相对于氧化铟添加有0.5wt%至5wt%的氧化钨和0.1wt%至1wt%的氧化锌的靶材通过溅射法形成包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)膜。另外,可以举出金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)或金属材料的氮化物(例如,氮化钛)等。也可以使用石墨烯。另外,通过将后述的复合材料用于EL层103中的接触于第一电极101的层,可以选择电极材料而与功函数无关。

[0132] EL层103的叠层结构只要具有实施方式1所示的发光层113的结构就没有特别的限制。例如,可以适当地组合空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层、载流子阻挡层等来构成EL层103的叠层结构。在本实施方式中,说明如下结构:EL层103包括在第一电极101上依次层叠的空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113、电子传输层114、电子注入层115。以下,示出构成各层的具体材料。

[0133] 空穴注入层111是包含空穴注入性高的物质的层。并且,可以使用钼氧化物、钒氧化物、钌氧化物、钨氧化物、锰氧化物等。另外,也可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称:

H_2Pc)、铜酞菁(简称:CuPc)等;芳香胺化合物如4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]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)等;或者高分子如聚(亚乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(简称:PEDOT/PSS)等来形成空穴注入层111。

[0134] 另外,作为空穴注入层111,可以使用在空穴传输物质中含有受体物质的复合材料。注意,通过使用在空穴传输物质中含有受体物质的复合材料,可以选择形成电极的材料而不顾及电极的功函数。就是说,作为第一电极101,除了功函数大的材料以外,还可以使用功函数小的材料。作为受体物质,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)、氯醌等。另外,可以举出过渡金属氧化物、以及属于元素周期表中的第4族至第8族的金属的氧化物。具体地,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化铼,因为其电子接受性高。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。

[0135] 作为用于复合材料的空穴传输物质,可以使用各种有机化合物如芳香胺化合物、咔唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等。作为用于复合材料的有机化合物,优选使用空穴传输性高的有机化合物。具体地,优选使用空穴迁移率为10⁻⁶cm²/Vs以上的物质。以下,具体地列举可以用作复合材料中的空穴传输物质的有机化合物。

[0136] 例如,作为芳香胺化合物,可以举出N,N'-二(对甲苯基)-N,N'-二苯基-对亚苯基二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]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-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0137] 作为可以用于复合材料的咔唑衍生物,可以具体地举出3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。

[0138] 另外,作为可以用于复合材料的咔唑衍生物,还可以举出4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、1,4-双[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0139] 作为可以用于复合材料的芳烃,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:DPAanth)、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、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。除此之外,还可以使用并五苯、晕苯等。像这样,更优选使用具有1×10⁻⁶cm²/Vs以上的空穴迁移率的芳烃,其碳原子数为14至42。

[0140] 注意,可以用于复合材料的芳烃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] 葷 (简称:DPVPA) 等。

[0141] 另外,还可以使用聚 (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。

[0142] 通过形成空穴注入层,使空穴注入性变为良好,从而可以获得驱动电压小的发光元件。

[0143] 空穴传输层112是包含空穴传输物质的层。作为空穴传输物质,例如可以使用芳香胺化合物等,诸如4,4'-双 [N- (1-萘基)-N-苯基氨基] 联苯 (简称:NPB)、N,N'-双 (3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺 (简称:TPD)、4,4',4"-三 (N,N-二苯基氨基) 三苯胺 (简称:TDATA)、4,4',4"-三 [N- (3-甲基苯基)-N-苯基氨基] 三苯胺 (简称:MTDATA)、4,4'-双 [N- (螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基] 联苯 (简称:BSPB)、4-苯基-4'- (9-苯基芴-9-基) 三苯胺 (简称:BPAFLP) 等。在此所述的物质具有高空穴传输性,空穴迁移率主要是 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,也可以将作为上述复合材料中的空穴传输物质举出的有机化合物用于空穴传输层112。另外,还可以使用诸如聚 (N-乙烯基咔唑) (简称:PVK) 或聚 (4-乙烯基三苯胺) (简称:PVTPA) 等的高分子化合物。另外,包含空穴传输物质的层不限于单层,也可以为两层以上的由上述物质构成的层的叠层。

[0144] 发光层113包括实施方式1所说明的结构。由此,本实施方式中的发光元件的发光效率高,并能够从所包含的多个磷光化合物平衡地发光。发光层113的主要结构,请参照实施方式1的记载。

[0145] 在发光层113中能够用作第一磷光化合物113Da至第三磷光化合物113Dc的材料只要是处于实施方式1所说明的关系的组合,就没有特别的限制。作为第一磷光化合物113Da至第三磷光化合物113Dc,例如可以举出如下物质。

[0146] 例如,可以举出:三 {2-[5- (2-甲基苯基)-4- (2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2] 苯基-κC} 铱 (III) (简称:Ir (mpptz-dmp) ₃)、三 (5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑) 铱 (III) (简称:Ir (Mptz) ₃)、三 [4- (3-联苯)-5-异丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑] 铱 (III) (简称:Ir (iPrptz-3b) ₃) 等的具有4H-三唑骨架的有机金属铱络合物;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) 等的具有1H-三唑骨架的有机金属铱络合物;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 (phenanthridinato)] 铱 (III) (简称:Ir (dmpimpt-Me) ₃) 等的具有咪唑骨架的有机金属铱络合物;以及双 [2- (4',6'-二氟苯基) 吡啶-N,C²] 铱 (III) 四 (1-吡唑基) 硼酸盐 (简称:FIr6)、双 [2- (4',6'-二氟苯基) 吡啶 (pyridinato)-N,C²] 铱 (III) 甲基吡啶 (picolinate) (简称:FIrpic)、双 {2- [3',5'-双 (三氟甲基) 苯基] 吡啶-N,C²} 铱 (III) 甲基吡啶 (简称:Ir (CF₃ppy) ₂ (pic))、双 [2- (4',6'-二氟苯基) 吡啶-N,C²] 铱 (III) 乙酰丙酮 (简称:FIracac) 等的以具有吸电子基的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱络合物。上述物质是发射蓝色磷光的化合物,并且在440nm至520nm具有发光的峰值。其中,具有4H-三唑、1H-三唑、咪唑等的多唑骨架的有机金属铱络合物具有高空穴俘获性。因此,在将上述化合物用作本发明的一实施方式的发光元件中的第一磷光

化合物,第一发光层比第二发光层更接近阴极一侧,并且第二发光层具有空穴传输性(具体而言,第二主体材料是空穴传输材料)的情况下,可以容易将载流子的再结合区域控制在第一发光层内,所以是优选的。另外,由于具有4H-三唑骨架的有机金属铱络合物具有优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0147] 另外,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)双(6-甲基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(mppm)₂(acac))、(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)₂(acac))、(乙酰丙酮)双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶]铱(III)(简称:Ir(nbppm)₂(acac))、(乙酰丙酮)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)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III)(简称:Ir(dppm)₂(acac))等的具有嘧啶骨架的有机金属铱络合物;(乙酰丙酮)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(mppr-Me)₂(acac))、(乙酰丙酮)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(mppr-iPr)₂(acac))等的具有吡嗪骨架的有机金属铱络合物;三(2-苯基吡啶-N,C²)铱(III)(简称:Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶-N,C²)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,C²)铱(III)(简称:Ir(pq)₃)、双(2-苯基喹啉-N,C²)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(pq)₂(acac))等的具有吡啶骨架的有机金属铱络合物;以及三(乙酰丙酮)(单菲咯啉)铽(III)(简称:Tb(acac)₃(Phen))等的稀土金属络合物。上述物质主要是发射绿色磷光的化合物,并且在500nm至600nm具有发光的峰值。其中,具有嘧啶、吡嗪等的二嗪骨架的有机金属铱络合物具有低空穴俘获性和高电子俘获性。因此,在将上述化合物用作本发明的一实施方式的发光元件中的第一磷光化合物,第一发光层比第二发光层更接近阳极一侧,并且第二发光层具有电子传输性(具体而言,第二主体材料是电子传输材料)的情况下,可以容易将载流子的再结合区域控制在第一发光层内,所以是优选的。另外,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱复合物具有特别优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

[0148] 另外,可以举出:双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶](二异丁酰基甲烷)铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶](二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶](二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:Ir(d1npm)₂(dpm))等的具有嘧啶骨架的有机金属铱络合物;(乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(dpm))、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(简称:Ir(Fdpq)₂(acac))等的具有吡嗪骨架的有机金属铱络合物;三(1-苯基异喹啉-N,C²)铱(III)(简称:Ir(piq)₃)、双(1-苯基异喹啉-N,C²)铱(III)乙酰丙酮(简称:Ir(piq)₂acac)等的具有吡啶骨架的有机金属铱络合物;2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)等的铂络合物;以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲咯啉)铕(III)(简称:Eu(TTA)₃(Phen))等的稀土金属络合物。上述物质是发射红色磷光的化合物,并且在600nm至700nm具有发光的峰值。其中,具有嘧啶、吡嗪等的二嗪骨架的有机金属铱络合物具有低空穴俘获性和高电子俘获性。因此,在将具有二嗪骨架的有机金属铱络合物用作第二磷光化合物,第一发光层比第二发光层更接近阴极一侧,并且第二发光层具有空穴传输性

(具体而言,第二主体材料是空穴传输材料)的情况下,可以容易将载流子的再结合区域控制在第一发光层内,所以是优选的。另外,由于具有嘧啶骨架的有机金属络合物具有特别优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。另外,由于具有吡嗪骨架的有机金属络合物可以获得色度良好的红色发光,所以通过将其用于白色发光元件,可以提高演色性。

[0149] 另外,除了上述磷光化合物以外,还可以从已知的磷光发光材料中选择第一磷光化合物113Da至第三磷光化合物113Dc而使用。

[0150] 另外,也可以使用显示热活化延迟荧光的材料、即热活化型延迟荧光(Thermally Activated Delayed Fluorescence:TADF)材料代替磷光化合物(第一磷光化合物113Da至第三磷光化合物113Dc)。在此,延迟荧光是指在保持与通常的荧光同样的光谱的同时寿命显著长的发光。其寿命为 10^{-6} 秒以上,优选为 10^{-3} 秒以上。作为热活化型延迟荧光材料,具体而言,可以举出富勒烯及其衍生物、普鲁黄等的吖啶衍生物以及伊红等。另外,可以举出包含镁(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-氟化锡络合物(简称:SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化锡络合物(简称:SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化锡络合物(简称:SnF₂(Hemato IX))、粪卟啉四甲酯-氟化锡络合物(简称:SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡络合物(简称:SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化锡络合物(简称:SnF₂(Etio I))以及八乙基卟啉-氯化铂络合物(简称:PtCl₂OEP)等。再者,还可以使用2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吲哚并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)等的具有富π电子芳杂环和缺π电子芳杂环的杂环化合物。另外,在富π电子芳杂环和缺π电子芳杂环直接键合的物质中,富π电子芳杂环的供体的性质和缺π电子芳杂环的受体的性质都变强而S₁与T₁之间的能量差变小,所以是特别优选的。

[0151] 可以用于上述第一主体材料113Ha1、第二主体材料113Ha2、第一载流子传输化合物113H₁至第四载流子传输化合物113H₄的材料如实施方式1所述,而省略其重复说明。

[0152] 发光层113可以通过利用真空蒸镀法的共蒸镀、使用混合溶液的喷墨法、旋涂法、浸渍涂布法等来制造。

[0153] 电子传输层114是包含电子传输物质的层。例如,电子传输层114是由如下具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属络合物等构成的层:三(8-羟基喹啉)铝(简称:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(简称:BA1q)等。除此之外,还可以使用双[2-(2-羟基苯基)苯并噁唑]锌(简称:Zn(BOX)₂)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)等具有噁唑类、噻唑类配体的金属络合物等。再者,除了金属络合物之外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、红菲绕啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)等。这里所述的物质具有高电子传输性,并是主要具有 10^{-6} cm²/Vs以上的电子迁移率的物质。注意,也可以将上述具有电子传输性的主体材料用于电子传输层114。

[0154] 另外,电子传输层114可以是单层,也可以是由上述物质构成的层的两层以上的叠层。

[0155] 另外,也可以在电子传输层和发光层之间设置控制电子载流子的移动的层。这是

对如上所述的电子传输性高的材料添加了少量的电子俘获性高的物质而成的层，并且通过抑制电子载流子的移动，可以调节载流子平衡。这种结构对抑制由于电子穿过发光层而发生的问题（例如，元件的使用寿命的降低）发挥很大的效果。

[0156] 另外，也可以在电子传输层114和第二电极102之间以接触于第二电极102的方式设置电子注入层115。作为电子注入层115，可以使用氟化锂（LiF）、氟化铯（CsF）、氟化钙（CaF₂）等的碱金属、碱土金属或它们的化合物。例如，可以使用将碱金属、碱土金属或它们的化合物包含在由具有电子传输性的物质构成的层中的层。通过作为电子注入层115使用在由具有电子传输性的物质构成的层中包含碱金属或碱土金属的层，可以从第二电极102高效地注入电子，因此是更优选的。

[0157] 作为形成第二电极102的物质，可以使用功函数小（具体为3.8eV以下）的金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等。作为这种阴极材料的具体例子，可以举出锂（Li）或铯（Cs）等碱金属、镁（Mg）、钙（Ca）或锶（Sr）等的属于元素周期表中的第1族或第2族的元素、包含它们的合金（MgAg、AlLi）、铕（Eu）、镱（Yb）等稀土金属、以及包含它们的合金等。然而，通过在第二电极102和电子传输层之间设置电子注入层，可以不顾及功函数的大小而将各种导电材料诸如Al、Ag、ITO、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡等用作第二电极102。可以通过溅射法、喷墨法、旋涂法等进行这些导电材料的成膜。

[0158] 另外，作为EL层103的形成方法，不论干式法或湿式法，都可以使用各种方法。例如，也可以使用真空蒸镀法、喷墨法或旋涂法等。另外，也可以根据各电极或各层使用不同的成膜方法。

[0159] 电极既可以通过利用溶胶-凝胶法等湿式法形成，又可以通过利用金属材料的膏剂的湿式法形成。另外，也可以通过溅射法、真空蒸镀法等干式法形成电极。

[0160] 在包括上述结构的发光元件中，电流因产生在第一电极101与第二电极102之间的电位差而流过，并且空穴与电子在为包含发光性高的物质的层的发光层113中复合，以进行发光。换句话说，发光区域形成在发光层113中。

[0161] 光经过第一电极101和第二电极102中的任一方或双方被取出到外部。因此，第一电极101和第二电极102中的任一方或双方由具有透光性的电极构成。当只有第一电极101具有透光性时，光经过第一电极101被取出。另外，当只有第二电极102具有透光性时，光经过第二电极102被取出。当第一电极101和第二电极102都具有透光性时，光经过第一电极101及第二电极102被取出。

[0162] 注意，设置在第一电极101与第二电极102之间的层的结构不局限于上述结构。但是，优选采用在离第一电极101及第二电极102远的部分设置空穴与电子复合的发光区域的结构，以便抑制由于发光区域与用于电极或载流子注入层的金属接近而发生的猝灭。

[0163] 另外，为了抑制从在发光层中产生的激子的能量转移，接触于发光层113的空穴传输层或电子传输层，尤其是接触于发光层113中的离发光区域近的一侧的载流子传输层优选使用如下物质构成：该物质所具有的三重态激发能比构成发光层的物质所具有的三重态激发能大。

[0164] 本实施方式中的发光元件可以在由玻璃、塑料等构成的衬底上制造。作为在衬底上制造发光元件的顺序，既可从第一电极101一侧依次层叠又可从第二电极102一侧依次层叠。发光装置既可以在一个衬底上形成有一个发光元件，又可以在一个衬底上形成有多个

发光元件。通过在一个衬底上制造多个这种发光元件,可以制造元件被分割了的照明装置或无源矩阵型发光装置。另外,也可以在由玻璃、塑料等构成的衬底上例如形成薄膜晶体管(TFT),并且在与TFT电连接的电极上制造发光元件。由此,可以制造通过TFT控制发光元件的驱动的有源矩阵型发光装置。注意,对TFT的结构没有特别的限制。TFT可以为交错型或反交错型。另外,对用于TFT的半导体的结晶性也没有特别的限制,而可以使用非晶半导体或结晶半导体。另外,形成在TFT衬底中的驱动电路既可以由N型及P型TFT构成,又可以只由N型和P型TFT中的任一方构成。

[0165] 本实施方式可以与其他实施方式适当地组合。

[0166] 实施方式3

[0167] 在本实施方式中,参照图2说明具有层叠有多个发光单元的结构的发光元件(以下也称为叠层型元件)的方式。该发光元件是在第一电极和第二电极之间具有多个发光单元的发光元件。作为一个发光单元采用与图1A至图1E所示的EL层103同样的结构。就是说,图1A至图1E所示的发光元件是具有一个发光单元的发光元件,而本实施方式的发光元件是具有多个发光单元的发光元件。

[0168] 在图2中,在第一电极501和第二电极502之间层叠有第一发光单元511和第二发光单元512,并且在第一发光单元511和第二发光单元512之间设置有电荷产生层513。第一电极501和第二电极502分别相当于图1A至图1E中的第一电极101和第二电极102,并且可以应用与图1A至图1E所说明的同样的。另外,第一发光单元511和第二发光单元512可以具有相同结构或不同结构。

[0169] 电荷产生层513包含由有机化合物和金属氧化物构成的复合材料。该由有机化合物和金属氧化物构成的复合材料可以使用可用于图1A至图1E所示空穴注入层111的复合材料。作为有机化合物,可以使用芳香胺化合物、咔唑化合物、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。注意,作为空穴传输有机化合物,优选应用其空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的有机化合物。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金属氧化物构成的复合材料具有优良的载流子注入性、载流子传输性,所以可以实现低电压驱动、低电流驱动。注意,在发光单元的阳极一侧的面接触于电荷产生层的情况下,因为该电荷产生层可以用作发光单元的空穴传输层,所以也可以不设置发光单元的空穴传输层。

[0170] 注意,也可以通过层叠包含由有机化合物和金属氧化物构成的复合材料的层与由其他材料构成的层来形成电荷产生层513。例如,也可以通过层叠包含由有机化合物和金属氧化物构成的复合材料的层与包含选自具有电子给予性的物质中的一个化合物和具有高电子传输性的化合物的层来形成电荷产生层513。另外,也可以通过层叠包含由有机化合物和金属氧化物构成的复合材料的层与透明导电膜来形成电荷产生层513。

[0171] 总之,夹在第一发光单元511和第二发光单元512之间的电荷产生层513只要是如下层即可:在将电压施加到第一电极501和第二电极502之间时,将电子注入到发光单元中的一方并且将空穴注入到发光单元中的另一方。例如,电荷产生层513是如下层即可:在图2中,在以使第一电极的电位高于第二电极的电位的方式施加电压的情况下,将电子注入到第一发光单元511并且将空穴注入到第二发光单元512。

[0172] 虽然在图2中说明了具有两个发光单元的发光元件,但是可以同样地应用层叠三

个以上的发光单元的发光元件。如根据本实施方式的发光元件,通过在一对电极之间将多个发光单元隔着电荷产生层配置,可以使该元件在保持低电流密度的同时在高亮度区域中发光,而能够实现长使用寿命的元件。另外,可以实现能够进行低电压驱动且耗电量低的发光装置。

[0173] 另外,通过使各发光单元的发光颜色不同,可以在整个发光元件中得到所希望的颜色的发光。例如,通过在具有两个发光单元的发光元件中使第一发光单元的发光颜色为红色和绿色并使第二发光单元的发光颜色为蓝色,可以得到在整个发光元件中进行白色发光的发光元件。

[0174] 注意,通过在多个单元中的至少一个中采用上述发光层113的结构,可以省略该单元的制造工序,而可以提供一种有利于实用化的多色发光元件。

[0175] 上述结构可以与其他实施方式或本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0176] 实施方式4

[0177] 在本实施方式中,将说明使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件制造的发光装置。

[0178] 在本实施方式中,参照图3A和图3B对使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件制造的发光装置进行说明。注意,图3A是示出发光装置的俯视图,并且图3B是沿图3A中的线A-B及线C-D切断的截面图。该发光装置作为用来控制发光元件的发光的单元包括由虚线表示的驱动电路部(源极线驱动电路)601、像素部602、驱动电路部(栅极线驱动电路)603。另外,附图标记604是密封衬底,附图标记605是密封剂,由密封剂605围绕的内侧是空间607。

[0179] 注意,引导布线608是用来传送输入到源极线驱动电路601及栅极线驱动电路603的信号的布线,并且从用作外部输入端子的FPC(柔性印刷电路)609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。注意,虽然在此只图示出FPC,但是该FPC还可以安装有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置不仅包括发光装置主体,而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0180] 下面,参照图3B说明截面结构。虽然在元件衬底610上形成有驱动电路部及像素部,但是在此示出作为驱动电路部的源极线驱动电路601和像素部602中的一个像素。

[0181] 作为源极线驱动电路601,形成组合n沟道型TFT 623和p沟道型TFT 624的CMOS电路。另外,驱动电路也可以利用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路形成。另外,虽然在本实施方式中示出在衬底上形成有驱动电路的驱动器一体型,但是不一定必须要采用该结构,驱动电路也可以形成在外部,而不形成在衬底上。

[0182] 另外,像素部602由多个像素形成,该多个像素分别包括开关TFT 611、电流控制TFT 612以及与该电流控制TFT 612的漏极电连接的第一电极613。注意,以覆盖第一电极613的端部的方式形成有绝缘物614。在此,使用正型光敏丙烯酸树脂膜形成绝缘物614。

[0183] 另外,为了得到良好的覆盖率,在绝缘物614的上端部或下端部形成具有曲率的曲面。例如,在使用正型光敏丙烯酸树脂作为绝缘物614的材料的情况下,优选只使绝缘物614的上端部包括具有曲率半径(0.2μm至3μm)的曲面。另外,作为绝缘物614,可以使用负型光敏树脂或者正型光敏树脂。

[0184] 在第一电极613上形成有EL层616及第二电极617。在此,优选使用具有功函数大的

材料作为用于用作阳极的第一电极613的材料。例如,除了可以使用诸如ITO膜、包含硅的铟锡氧化物膜、包含2wt%至20wt%的氧化锌的氧化铟膜、氮化钛膜、铬膜、钨膜、Zn膜、Pt膜等的单层膜以外,还可以使用由氮化钛膜和以铝为主要成分的膜构成的叠层膜、以及由氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜构成的三层结构膜等。注意,当采用叠层结构时,作为布线的电阻也低,可以得到良好的欧姆接触,还可以用作阳极。

[0185] 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。EL层616包括实施方式1至实施方式3所说明的结构。另外,作为构成EL层616的其他材料,也可以使用低分子化合物或者高分子化合物(包含低聚物、树枝状聚合物)。

[0186] 另外,作为用于形成在EL层616上并用作阴极的第二电极617的材料,优选使用具有功函数小的材料(Al、Mg、Li、Ca或它们的合金及化合物、MgAg、MgIn、AlLi等)。注意,当使产生在EL层616中的光透过第二电极617时,优选使用由膜厚度减薄了的金属薄膜和透明导电膜(ITO、包含2wt%至20wt%的氧化锌的氧化铟、包含硅的铟锡氧化物、氧化锌(ZnO)等)构成的叠层结构作为第二电极617。

[0187] 发光元件由第一电极613、EL层616、第二电极617形成。该发光元件是具有实施方式1至实施方式3所记载的结构的发光元件。再者,像素部形成有多个发光元件,并且本实施方式的发光装置也可以包括实施方式1至实施方式3所记载的发光元件和包括其他结构的发光元件的双方。

[0188] 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围绕的空间607中。注意,空间607中填充有填料,作为该填料,除了使用惰性气体(氮或氩等)以外,还可以使用密封剂605。通过在密封衬底中形成凹部且在其上设置干燥剂625,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0189] 注意,优选使用环氧类树脂或玻璃料作为密封剂605。另外,这些材料优选是尽可能地不使水或氧透过的材料。另外,作为用于密封衬底604的材料,除了可以使用玻璃衬底或石英衬底以外,还可以使用由FRP(玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0190] 如上所述,可以得到使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件制造的发光装置。

[0191] 因为本实施方式的发光装置使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,所以可以得到具有优良特性的发光装置。具体地,实施方式1至实施方式3所示的发光元件是发光效率良好的发光元件,因此可以实现降低了耗电量的发光装置。另外,因为可以得到驱动电压小的发光元件,所以可以得到驱动电压小的发光装置。

[0192] 如上所述,虽然在本实施方式中说明了有源矩阵型发光装置,然而,发光装置也可以为无源矩阵型。图4A和图4B示出通过使用本发明制造的无源矩阵型发光装置。注意,图4A是表示发光装置的立体图,并且图4B是沿线X-Y切断图4A而获得的截面图。在图4A和图4B中,在衬底951上的电极952与电极956之间设置有EL层955。电极952的端部被绝缘层953覆盖。在绝缘层953上设置有隔离层954。隔离层954的侧壁具有如下倾斜,即越接近衬底表面,两个侧壁之间的间隔越窄。换句话说,隔离层954的短边方向的截面是梯形,底边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953接触的边)比上边(朝向与绝缘层953的面方向

相同的方向并与绝缘层953不接触的边)短。如此,通过设置隔离层954,可以防止起因于静电等的发光元件的不良。另外,在无源矩阵型发光装置中,通过包括以低驱动电压工作的实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,可以以低耗电量进行驱动。另外,通过包括以低驱动电压工作的实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,可以以低耗电量进行驱动。另外,通过包括实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,可以得到高可靠性发光装置。

[0193] 另外,为了进行全色显示,在来自发光元件的光透射到发光装置的外部的光路上设置着色层或颜色转换层,即可。图5A和图5B示出通过设置着色层等实现全色化的发光装置的例子。图5A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的第二电极1029、密封衬底1031、密封剂1032等。另外,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。另外,还可以设置黑色层(黑矩阵)1035。对设置有着色层及黑色层的透明基材1033进行对准将其固定到衬底1001。另外,着色层及黑色层被覆盖层1036覆盖。另外,本实施方式包括光不透过着色层而透射到外部的发光层及光透过各颜色的着色层而透射到外部的发光层,不透过着色层的光成为白色光且透过着色层的光成为红色光、蓝色光、绿色光,因此能够以四个颜色的像素显示图像。

[0194] 另外,虽然以上说明了具有在形成有TFT的衬底1001一侧取出光的结构(底部发射型)的发光装置,但是也可以采用具有在密封衬底1031一侧取出发光的结构(顶部发射型)的发光装置。图6示出顶部发射型发光装置的截面图。在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。直到制造连接TFT与发光元件的阳极的连接电极为止的工序与底部发射型发光装置同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该第三层间绝缘膜1037也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘膜1037可以使用与第二层间绝缘膜相同的材料或其他已知的材料形成。

[0195] 虽然在此发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B是阳极,但是也可以是阴极。另外,在采用如图6所示的顶部发射型发光装置的情况下,第一电极优选为反射电极。EL层1028的结构采用实施方式1至实施方式3所说明的结构,采用能够获得白色发光的元件结构。当使用两层的EL层时,作为能够获得白色发光的结构,可以举出如下结构等:从一方的EL层中的发光层能够获得蓝色光,且从另一方的EL层中的发光层能够获得橙色光;以及从一方的EL层中的发光层能够获得蓝色光,且从另一方的EL层中的发光层能够获得红色光及绿色光。另外,当使用三层的EL层时,通过采用从各发光层能够获得红色发光、绿色发光、蓝色发光的结构,可以获得呈现白色发光的发光元件。另外,当采用实施方式1至实施方式3所示的结构时,获得白色发光的结构当然不局限于此。

[0196] 着色层设置在来自发光元件的光透射到外部的光路上。在图5A所示的底部发射型发光装置中,可以将着色层1034R、1034G、1034B设置在透明基材1033上并固定到衬底1001。另外,如图5B所示,也可以在栅极绝缘膜1003和第一层间绝缘膜1020之间设置着色层。在采用图6所示的顶部发射结构的情况下,也可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素与像素之间的黑色层(黑矩阵)1035。着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)、黑色层(黑矩阵)1035也可以被覆盖层1036覆盖。另外,作为密封衬底

1031, 使用具有透光性的衬底。

[0197] 通过对以如上所述的方式获得的有机发光元件的一对电极之间施加电压, 能够获得白色发光区域1044W。另外, 通过组合着色层, 能够获得红色发光区域1044R、蓝色发光区域1044B、绿色发光区域1044G。由于本实施方式的发光装置使用实施方式1至实施方式3所述的发光元件, 所以能够实现耗电量小的发光装置。

[0198] 另外, 虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色的四个颜色进行全色显示的例子, 但是并不局限于此。也可以以红色、绿色、蓝色的三个颜色进行全色显示。

[0199] 此外, 本实施方式可以与其他实施方式自由地组合。

[0200] 实施方式5

[0201] 在本实施方式中, 参照图7A和图7B对将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于照明装置的例子进行说明。图7B是照明装置的俯视图, 图7A是图7B中的沿着线e-f切割的截面图。

[0202] 在本实施方式的照明装置中, 在用作支撑体的具有透光性的衬底400上形成有第一电极401。第一电极401相当于实施方式1至实施方式3中的第一电极101。

[0203] 在第一电极401上设置有辅助电极402。本实施方式示出从第一电极401一侧取出光的例子, 所以第一电极401使用具有透光性的材料形成。辅助电极402是为了补偿具有透光性的材料的导电率的不足而设置的, 所以抑制第一电极401的高电阻引起电压下降而使发光表面的亮度变得不均匀。辅助电极402使用导电率至少比第一电极401的材料高的材料形成, 优选使用铝等导电率高的材料形成。另外, 优选辅助电极402中的不与第一电极401接触的表面被绝缘层覆盖。通过采用上述结构, 可以抑制不能取出的来自辅助电极402的上部的光, 结果可以抑制电力效率的下降。另外, 也可以在形成辅助电极402的同时形成用来对第二电极404供应电压的衬垫(pad)412。

[0204] 在第一电极401及辅助电极402上形成有EL层403。EL层403包括实施方式1至实施方式3所说明的结构。注意, 作为它们的结构, 参照各记载。另外, 优选当从平面看时, 将EL层403形成为比第一电极401大一点儿, 因为这样可以使EL层403具有抑制第一电极401与第二电极404之间的短路的作用绝缘层的功能。

[0205] 以覆盖EL层403的方式形成第二电极404。第二电极404相当于实施方式1至实施方式3中的第二电极102, 包括相同的结构。在本实施方式中, 从第一电极401一侧取出光, 所以第二电极404优选使用反射率高的材料形成。在本实施方式中, 通过使第二电极404与衬垫412连接, 将电压供应到第二电极404。

[0206] 如上所述, 本实施方式所示的照明装置具备包括第一电极401、EL层403以及第二电极404(以及辅助电极402)的发光元件。由于该发光元件是发光效率高的发光元件, 所以本实施方式的照明装置可以为耗电量小的照明装置。另外, 由于该发光元件是高可靠性发光元件, 所以可以使本实施方式中的照明装置为高可靠性照明装置。

[0207] 通过使用密封材料405固定密封衬底407进行具有上述结构的发光元件的密封来制造照明装置。也可以仅使用密封材料405中的一方。另外, 也可以在内侧的密封材料405中混合干燥剂, 由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0208] 另外, 通过以延伸到密封材料405的外部的方式设置衬垫412、第一电极401以及辅助电极402的一部分, 可以将其用作外部输入端子。另外, 也可以在其上设置安装有转换器

等的IC芯片420等。

[0209] 由于本实施方式所记载的照明装置在EL元件中包括实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,所以可以实现耗电量小的照明装置。另外,可以实现驱动电压低的照明装置。另外,可以实现高可靠性照明装置。

[0210] 实施方式6

[0211] 在本实施方式中,对在其一部分包括实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的电子设备的例子进行说明。实施方式1至实施方式3所记载的发光元件是发光效率良好且耗电量被降低了的发光元件。其结果,本实施方式所记载的电子设备可以实现包括耗电量被降低了的发光部的电子设备。另外,因为实施方式1至实施方式3所记载的发光元件是驱动电压小的发光元件,所以可以为驱动电压小的电子设备。

[0212] 作为采用上述发光元件的电子设备,可以例如举出电视装置(也称为电视机或电视接收机)、用于计算机等的监视器、数码相机、数码摄像机、数码相框、移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置、弹珠机等大型游戏机等。以下,示出这些电子设备的具体例子。

[0213] 图8A示出电视装置的一个例子。在电视装置中,框体7101中组装有显示部7103。另外,在此示出利用支架7105支撑框体7101的结构。可以利用显示部7103显示图像,并且将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件排列为矩阵状构成显示部7103。该发光元件可以为实现发光效率高的发光元件。另外,该发光元件可以为实现低驱动电压的发光元件。另外,该发光元件可以为实现长使用寿命的发光元件。因此,包括由该发光元件构成的显示部7103的电视装置可以为耗电量被降低了的电视装置。另外,该电视装置可以为驱动电压小的电视装置。另外,该电视装置可以为高可靠性电视装置。

[0214] 可以通过利用框体7101所具备的操作开关或另行提供的遥控操作机7110进行电视装置的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109,可以控制频道及音量,由此可以控制显示在显示部7103中的图像。另外,也可以在遥控操作机7110中设置用来显示从该遥控操作机7110输出的信息的显示部7107。

[0215] 另外,电视装置具备接收机、调制解调器等。可以通过接收机接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器连接到有线或无线方式的通信网络,能够进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的信息通信。

[0216] 图8B1示出计算机,该计算机包括主体7201、框体7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。另外,该计算机通过将与实施方式1至实施方式3所说明的发光元件相同的发光元件排列为矩阵状并用于显示部7203而制造。图8B1中的计算机也可以为如图8B2所示的方式。图8B2所示的计算机设置有第二显示部7210代替键盘7204及指向装置7206。第二显示部7210是触摸屏,通过利用手指或专用笔操作显示在第二显示部7210上的输入用显示,能够进行输入。另外,第二显示部7210不仅能够显示输入用显示,而且可以显示其他图像。另外,显示部7203也可以是触摸屏。因为两个屏面通过铰链部连接,所以可以防止当收纳或搬运时发生问题如屏面受伤、破坏等。该计算机通过将排列成矩阵形状的实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于显示部7203而制造。该发光元件可以实现高发光效率的发光元件。因此,具备包括该发光元件的显示部7203的计算机可以为耗电量被降低了的计算机。

[0217] 图8C示出便携式游戏机,该便携式游戏机由框体7301和框体7302的两个框体构成,并且通过连接部分7303可以开闭地连接。框体7301中组装有将实施方式1至实施方式3所说明的发光元件排列为矩阵状而制造的显示部7304,并且框体7302中组装有显示部7305。另外,图8C所示的便携式游戏机还具备扬声器部分7306、记录介质插入部分7307、LED灯7308、输入单元(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(包括测定如下因素的功能:力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动数、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线)、麦克风7312)等。当然,便携式游戏机的结构不局限于上述结构,只要在显示部7304和显示部7305中的至少一方或双方中使用将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件排列为矩阵状制造的显示部即可,而可以采用适当地设置有其他附属设备的结构。图8C所示的便携式游戏机具有如下功能:读出储存在记录介质中的程序或数据并将其显示在显示部上;以及通过与其他便携式游戏机之间进行无线通信而实现信息共享。另外,图8C所示的便携式游戏机的功能不局限于此,可以具有各种各样的功能。由于在上述包括显示部7304的便携式游戏中,用于显示部7304的发光元件具有良好的发光效率,从而该便携式游戏机可以为耗电量被降低了的便携式游戏机。另外,因为可以以低驱动电压驱动用于显示部7304的发光元件,所以该便携式游戏机可以为低驱动电压的便携式游戏机。另外,因为用于显示部7304的发光元件为长使用寿命的发光元件,所以该便携式游戏机可以为高可靠性便携式游戏机。

[0218] 图8D示出移动电话机的一个例子。移动电话机具备组装在框体7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。另外,移动电话机包括将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件排列为成矩阵状而制造的显示部7402。该发光元件可以实现发光效率高的发光元件。另外,该发光元件可以为驱动电压小的发光元件。另外,该发光元件可以为使用寿命长的发光元件。因此,具备包括该发光元件的显示部7402的移动电话机可以为耗电量被降低了的移动电话机。另外,该移动电话机可以为驱动电压小的移动电话机。另外,该移动电话机可以为高可靠性移动电话机。

[0219] 图8D所示的移动电话机也可以具有用手指等触摸显示部7402来输入信息的结构。在此情况下,能够用手指等触摸显示部7402来进行打电话或编写电子邮件等的操作。

[0220] 显示部7402主要有三种屏面模式。第一是以图像的显示为主的显示模式,第二是以文字等的信息的输入为主的输入模式,第三是混合显示模式和输入模式的两个模式的显示输入模式。

[0221] 例如,在打电话或编写电子邮件的情况下,可以采用将显示部7402主要用于输入文字的文字输入模式而输入在屏面上显示的文字。在此情况下,优选在显示部7402的屏面的大多部分中显示键盘或号码按钮。

[0222] 另外,通过在移动电话机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,可以判断移动电话机的方向(纵向或横向)而自动进行显示部7402的屏面显示的切换。

[0223] 另外,通过触摸显示部7402或对框体7401的操作按钮7403进行操作,来进行屏面模式的切换。或者,也可以根据显示在显示部7402上的图像的种类切换屏面模式。例如,当显示在显示部上的图像信号为动态图像的数据时,将屏面模式切换成显示模式,而当该图像信号为文字数据时,将屏面模式切换成输入模式。

[0224] 另外,当在输入模式下通过检测出显示部7402的光传感器所检测的信号而得知在一定期间内没有显示部7402的触摸操作输入时,也可以进行控制以将屏面模式从输入模式切换成显示模式。

[0225] 也可以将显示部7402用作图像传感器。例如,通过用手掌或手指触摸显示部7402,来拍摄掌纹、指纹等,能够进行个人识别。另外,通过在显示部中使用发射近红外光的背光灯或发射近红外光的感测用光源,也能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。

[0226] 另外,本实施方式所示的结构可以适当地与实施方式1至5所示的结构组合而使用。

[0227] 如上所述,具备实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的发光装置的应用范围极为广泛,而能够将该发光装置用于各种领域的电子设备。通过使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,可以得到耗电量被降低了的电子设备。

[0228] 图9示出将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于背光灯的液晶显示装置的一个例子。图9所示的液晶显示装置包括框体901、液晶层902、背光灯单元903以及框体904,液晶层902与驱动器IC905连接。另外,在背光灯单元903中使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,并且通过端子906将电流供应到背光灯903。

[0229] 通过将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于液晶显示装置的背光灯,可以得到耗电量被降低了的背光灯。另外,通过使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件,能够制造面发射的照明装置,还能够实现大面积化。由此能够实现背光灯的大面积化及液晶显示装置的大面积化。再者,使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的发光装置可以使厚度比现有的发光装置薄,所以还能够实现显示装置的薄型化。

[0230] 图10示出将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于作为照明装置的台灯的例子。图10所示的台灯包括框体2001和光源2002,并且作为光源2002使用实施方式1至实施方式3所记载的发光装置。

[0231] 图11示出将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于室内的照明装置3001的例子。因为实施方式1至实施方式3所记载的发光元件是耗电量被降低了的发光元件,所以能够提供耗电量被降低了的照明装置。另外,因为实施方式1至实施方式3所记载的发光元件能够实现大面积化,所以能够用于大面积的照明装置。另外,因为实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的厚度薄,所以能够制造实现薄型化的照明装置。

[0232] 还可以将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件安装在汽车的挡风玻璃或仪表盘上。图12示出将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件用于汽车的挡风玻璃或仪表盘的一个方式。显示区域5000至显示区域5005使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件设置。

[0233] 显示区域5000和显示区域5001是设置在汽车的挡风玻璃上的安装有实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的显示装置。通过使用具有透光性的电极形成第一电极和第二电极,可以将实施方式1至实施方式3所记载的发光元件形成为能看到对面的景色的所谓的透视式显示装置。若采用透视式显示,即使设置在汽车的挡风玻璃上,也不妨碍视界。另外,在设置用来驱动的晶体管等的情况下,优选使用具有透光性的晶体管,诸如使用有机半导体材料的有机晶体管或使用氧化物半导体的晶体管等。

[0234] 显示区域5002是设置在立柱部分的安装有实施方式1至实施方式3所记载的发光

元件的显示装置。通过在显示区域5002上显示来自设置在车厢上的成像单元的图像,可以补充被立柱遮挡的视界。另外,同样地,设置在仪表盘部分上的显示区域5003通过显示来自设置在汽车外侧的成像单元的图像,能够补充被车厢遮挡的视界的死角,而提高安全性。通过显示图像以补充不看到的部分,更自然且简单地确认安全。

[0235] 显示区域5004和显示区域5005可以提供导航信息、速度表、转速计、行车距离、加油量、排档状态、空调的设定以及其他各种信息。使用者可以适当地改变显示项目及布置。另外,这些信息也可以显示在显示区域5000至显示区域5003上。另外,也可以将显示区域5000至显示区域5005用作照明装置。

[0236] 实施方式1至实施方式3所记载的发光元件可以实现发光效率高的发光元件或者是耗电量小的发光装置。由此,即使设置多个显示区域5000至显示区域5005那样的大面积屏幕,也可以减少电池的负荷而舒适地使用。从而,使用实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的发光装置或照明装置可以适用于车载用发光装置或照明装置。

[0237] 图13A及图13B是翻盖式平板终端的一个例子。图13A是打开的状态,并且平板终端包括框体9630、显示部9631a、显示部9631b、显示模式切换开关9034、电源开关9035、省电模式切换开关9036、卡子9033以及操作开关9038。该平板终端通过将具备实施方式1至实施方式3所记载的发光元件的发光装置用于显示部9631a、显示部9631b的一方或双方来制造。

[0238] 在显示部9631a中,可以将其一部分用作触摸屏区域9632a,并且可以通过接触所显示的操作键9637来输入数据。此外,作为一个例子示出如下结构:显示部9631a的一半只具有显示的功能,另一半具有触摸屏的功能,但是不局限于该结构。也可以采用显示部9631a的整个区域具有触摸屏的功能的结构。例如,可以使显示部9631a的整个面显示键盘按钮来将其用作触摸屏,并且将显示部9631b用作显示画面。

[0239] 此外,在显示部9631b中与显示部9631a同样,也可以将其一部分用作触摸屏区域9632b。此外,通过使用手指或触屏笔等接触触摸屏上的键盘显示切换按钮9639的位置,可以在显示部9631b上显示键盘按钮。

[0240] 此外,也可以对触摸屏区域9632a和触摸屏区域9632b同时进行触摸输入。

[0241] 另外,显示模式切换开关9034能够切换竖屏显示和横屏显示等显示的方向并选择黑白显示或彩色显示等的切换。根据通过平板终端所内置的光传感器所检测的使用时的外光的光量,省电模式切换开关9036可以将显示的亮度设定为最适合的亮度。平板终端也可以内置光传感器、陀螺仪和加速度传感器等检测倾斜度的传感器等的其他检测装置。

[0242] 此外,图13A示出显示部9631b的显示面积与显示部9631a的显示面积相等的例子,但是不局限于此,既可以使一方显示部的尺寸和另一方显示部的尺寸不相等又可以使它们的显示质量有差异。例如显示部9631a和显示部9631b中的一方与另一方相比可以进行高精细的显示。

[0243] 图13B是合上的状态,并且本实施方式中的平板终端示出包括框体9630、太阳能电池9633、充放电控制电路9634、电池9635以及DCDC转换器9636的例子。此外,在图13B中,作为充放电控制电路9634的一个例子示出包括电池9635和DCDC转换器9636的结构。

[0244] 此外,翻盖式平板终端在不使用时可以合上框体9630。因此,可以保护显示部9631a和显示部9631b,而可以提供一种耐久性优越且从长期使用的观点来看可靠性优越的平板终端。

[0245] 此外,图13A及图13B所示的平板终端还可以具有如下功能:显示各种各样的信息(静态图像、动态图像、文字图像等);将日历、日期或时刻等显示在显示部上;对显示在显示部上的信息进行触摸输入操作或编辑的触摸输入;通过各种各样的软件(程序)控制处理等。

[0246] 通过利用安装在平板终端的表面上的太阳能电池9633,可以将电力供应到触摸屏、显示部或图像信号处理部等。注意,太阳能电池9633优选设置在框体9630的一个面或两个面,这是因为可以高效地对电池9635充电的缘故。

[0247] 另外,参照图13C所示的方框图对图13B所示的充放电控制电路9634的结构和工作进行说明。图13C示出太阳能电池9633、电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至开关SW3以及显示部9631,电池9635、DCDC转换器9636、转换器9638、开关SW1至开关SW3对应于图13B所示的充放电控制电路9634。

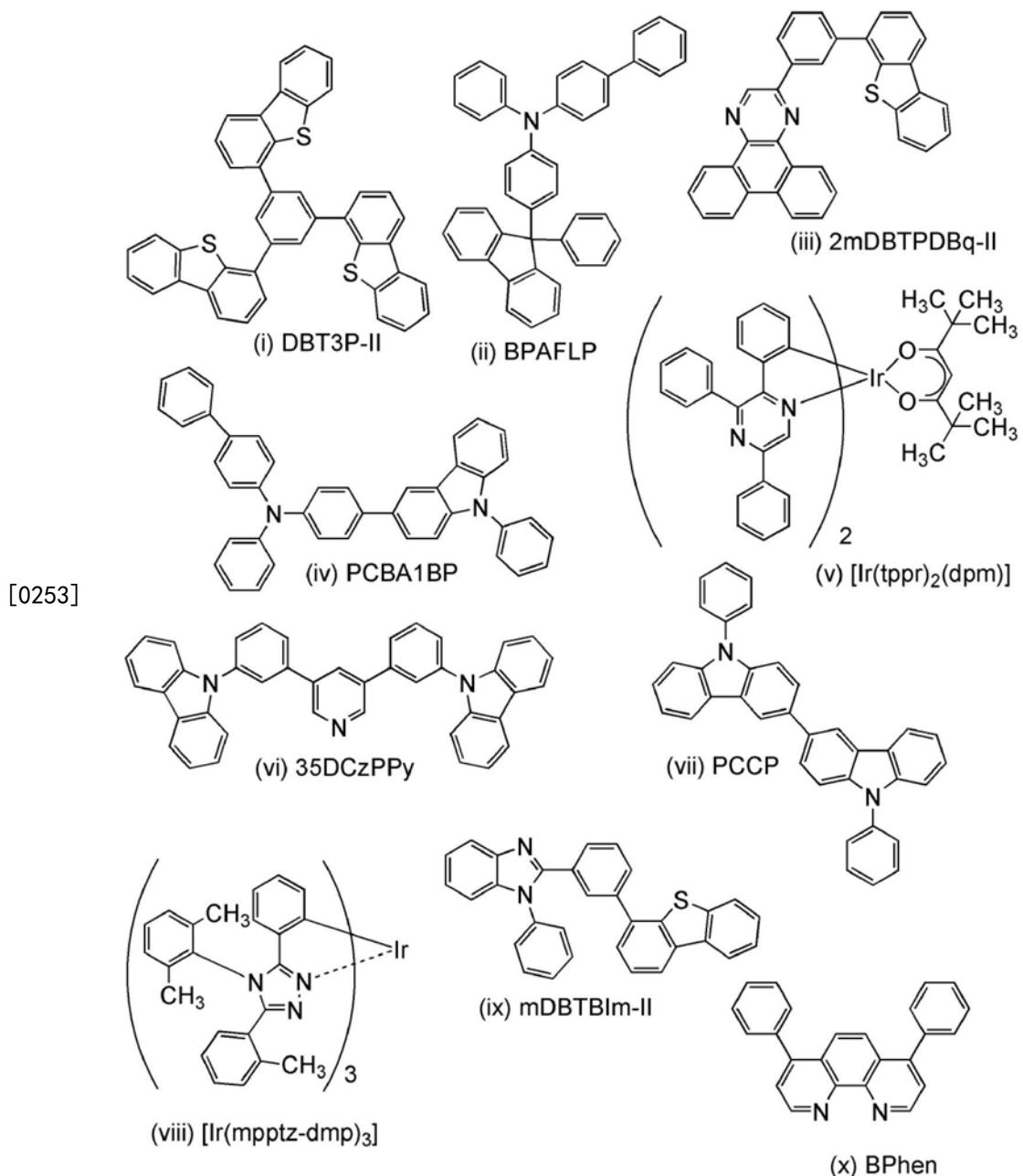
[0248] 首先,说明在利用外光使太阳能电池9633发电时的工作的例子。使用DCDC转换器9636对太阳能电池所产生的电力进行升压或降压以使它成为用来对电池9635进行充电的电压。并且,当利用来自太阳能电池9633的电力使显示部9631工作时使开关SW1导通,并且,利用转换器9638将来自太阳能电池9633的电力升压或降压到显示部9631所需要的电压。另外,可以采用当不进行显示部9631中的显示时,使SW1关闭且使SW2导通来对电池9635进行充电的结构。

[0249] 注意,作为发电单元的一个例子示出太阳能电池9633,但是发电单元不局限于此,也可以使用压电元件(piezoelectric element)或热电转换元件(珀耳帖元件(Peltier element))等其他发电单元进行电池9635的充电。也可以使用以无线(不接触)的方式收发电力来进行充电的无线电力传输模块或组合其他充电单元进行充电,并且也可以不包括发电单元。

[0250] 另外,只要具备上述显示部9631a和显示部9631b,就不局限于图13A及图13B所示的形状的平板终端。

[0251] 实施例1

[0252] 在本实施例中,说明实施方式1至实施方式3所记载的本发明的一实施方式的发光元件的制造方法及特性。以下示出本实施例所使用的有机化合物的结构式。



[0254] 接着,示出本实施例的发光元件的制造方法。

[0255] 首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),由此形成第一电极101。另外,将其厚度设定为110nm,且将其电极面积设定为2mm×2mm。在此,第一电极101是用作发光元件的阳极的电极。

[0256] 接着,作为为了在衬底上形成功能元件的预处理,在用水洗涤衬底表面并在200℃下进行焙烧1小时之后,进行UV臭氧处理370秒。

[0257] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀设备中,并在真空蒸镀设备内的加热室中以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底进行30分钟左右的冷却。

[0258] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将形成有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀设备内的衬底支架上,并将压力降低到 10^{-4} Pa左右,然后在第一电极101上通过利用电阻加热的蒸镀法共蒸镀由上述结构式(i)表示的4,4',4"- (苯-1,3,5-三基)

三(二苯并噻吩) (简称:DBT3P-II) 和氧化钼(VI), 从而形成空穴注入层111。空穴注入层111的厚度为40nm, 将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为4:2 (=DBT3P-II:氧化钼)。注意, 共蒸镀法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时进行蒸镀的蒸镀法。

[0259] 接着, 在空穴注入层111上形成由上述结构式(i i)表示的厚度为20nm的4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)膜, 由此形成空穴传输层112。

[0260] 再者, 在空穴传输层112上以0.5:0.5:0.05 (=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr)₂(dpm)])的重量比并以20nm的厚度共蒸镀由上述结构式(i ii)表示的2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、由上述结构式(iv)表示的4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、由上述结构式(v)表示的(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])形成第二发光层113b, 然后以0.5:0.5:0.06 (=35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])的重量比并以30nm的厚度共蒸镀由上述结构式(vi)表示的3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、由上述结构式(vii)表示的3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)、由上述结构式(viii)表示的三{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])形成第一发光层113a。

[0261] 然后, 在发光层113上形成厚度为10nm的由上述结构式(ix)表示2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIm-II)膜, 再者形成厚度为20nm的由上述结构式(x)表示的红菲绕啉(简称:BPhen)膜, 从而形成电子传输层114。

[0262] 在形成电子传输层114之后, 以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)形成电子注入层115。

[0263] 最后作为用作阴极的第二电极102以200nm的厚度蒸镀铝膜, 从而制造本实施例的发光元件1。

[0264] 另外, 在上述蒸镀过程中, 作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0265] 表1示出通过上述步骤来得到的发光元件1的元件结构。

[0266] [表1]

[0267]

第一电 极	空穴注入层	空穴 传输层	发光 层	电子传输层		电子注 入层	第二电 极		
发 光 元 件 1	ITS0 (110nm)	DBT3P-II:MoO _x (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	mDBTBIm -II (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	A1 (200nm)

[0268] *2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr)₂(dpm)] (0.5:0.5:0.05 20nm)

[0269] **35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃] (0.5:0.5:0.06 30nm)

[0270] 在氮气氛的手套箱中, 以不使发光元件1暴露于大气的方式使用玻璃衬底对发光元件1进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围, 在密封时在80℃的温度下进行1小时

的热处理)。

[0271] 对该发光元件的元件特性进行测量。注意,在室温(保持为25℃的气氛)下进行测量。

[0272] 图14示出使0.1mA的电流流过发光元件1时的发射光谱。由图14可知,发光元件1呈现包含来源于[$\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3$]的蓝色波长的光和来源于[$\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$]的红色波长的光的发射光谱。

[0273] 另外,图15示出发光元件1的亮度-电流效率特性,图16示出亮度-外部量子效率特性,图17示出电压-亮度特性,并且图18示出亮度-发光效率特性。另外,表2示出发光元件1在1000cd/m²附近时的主要特性。

[0274] [表2]

[0275]

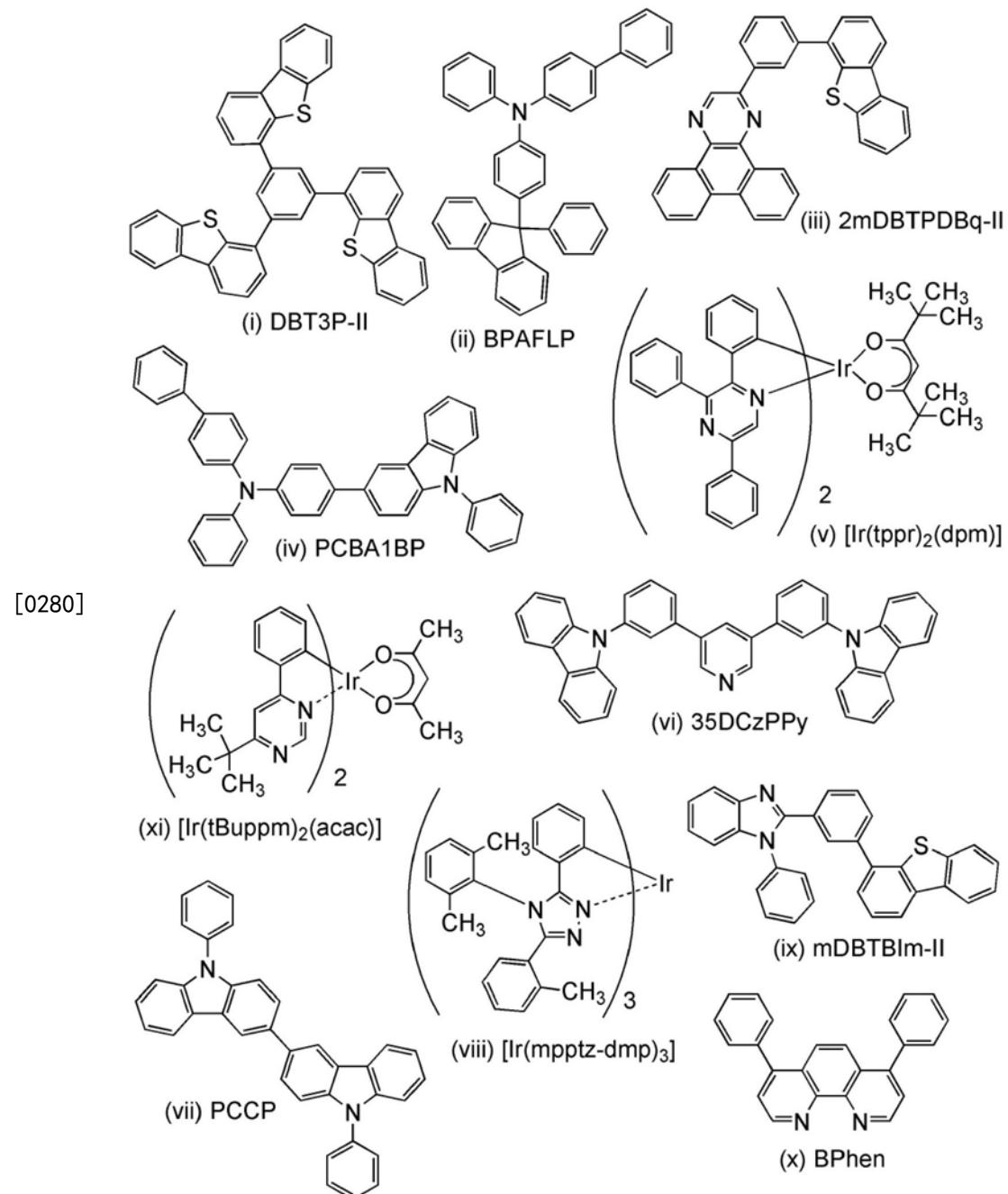
	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	电流 效率 (cd/A)	功率 效率 (1m/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 1	4. 6	0. 11	2. 6	(0. 53, 0. 36)	36	24	25

[0276] 由此可知,发光元件1具有优良的元件特性。尤其是,由图15及图16可知,发光元件1具有非常好的发光效率,并且其外部量子效率在实用亮度(1000cd/m²)附近呈现25%的高数值。另外,由图17可知,发光元件1具有优良的电压-亮度特性,并且驱动电压小的发光元件。结果,如图18所示,得到功率效率高的发光元件。

[0277] 由此可知,相当于本发明的一实施方式的发光元件1具有良好的元件特性,并且可以平衡地得到来自两种发光中心物质的光。

[0278] 实施例2

[0279] 在本实施例中,说明实施方式1至实施方式3所记载的本发明的一实施方式的发光元件的制造方法及特性。以下示出本实施例所使用的有机化合物的结构式。在本实施例中,制造在发光层113中包含第一发光层113a、第二发光层113b以及第三发光层113c的发光元件2及发光元件3。



[0281] 接着,示出本实施例的发光元件2的制造方法。

[0282] 首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),由此形成第一电极101。另外,将其厚度设定为110nm,且将其电极面积设定为2mm×2mm。在此,第一电极101是用作发光元件的阳极的电极。

[0283] 接着,作为为了在衬底上形成发光元件的预处理,在用水洗涤衬底表面并在200℃下进行焙烧1小时之后,进行UV臭氧处理370秒。

[0284] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀设备中,并在真空蒸镀设备内的加热室中以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底进行30分钟左右的冷却。

[0285] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将形成有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀设备内的衬底支架上,并将压力降低到 10^{-4} Pa左右,然后在第一电极101上通过利用电阻加热的蒸镀法共蒸镀DBT3P-II和氧化钼(VI),从而形成空穴注入层111。空

穴注入层111的厚度为40nm,将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为4:2(=DBT3P-II:氧化钼)。注意,共蒸镀法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时进行蒸镀的蒸镀法。

[0286] 接着,在空穴注入层111上形成厚度为20nm的BPAFLP膜,由此形成空穴传输层112。

[0287] 再者,在空穴传输层112上以0.5:0.5:0.05(=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr)₂(dpm)])的重量比并以10nm的厚度共蒸镀2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、[Ir(tppr)₂(dpm)]形成第三发光层113c,然后以0.5:0.5:0.05(=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的重量比并以5nm的厚度共蒸镀2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、由上述结构式(xi)表示的(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])形成第二发光层113b,然后以0.5:0.5:0.06(=35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])的重量比并以30nm的厚度共蒸镀35DCzPPy、PCCP、[Ir(mpptz-dmp)₃]形成第一发光层113a。

[0288] 然后,在发光层113上形成厚度为10nm的mDBTBIm-II膜,再者形成厚度为20nm的BPhen膜,从而形成电子传输层114。

[0289] 在形成电子传输层114之后,以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)形成电子注入层115。

[0290] 最后作为用作阴极的第二电极102以200nm的厚度蒸镀铝膜,从而制造本实施例的发光元件2。

[0291] 另外,在上述蒸镀过程中,作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0292] 接着,说明发光元件3的制造方法。通过将发光元件2中的第二发光层113b的厚度从5nm改变为10nm,制造发光元件3。其他结构与发光元件2相同。

[0293] 表3示出通过上述步骤来得到的发光元件2及发光元件3的元件结构。

[0294] [表3]

[0295]

	第一电 极	空穴注入 层	空穴传 输层	发光层			电子传输层		电子 注入 层	第二电 极
发 光 元 件 2	ITS0 (110nm)	DBT3P- II : Mo0x (4: 2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	***	mDBTBIm-II (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	A1 (200nm)
发 光 元 件 3	ITS0 (110nm)	DBT3P- II : Mo0x (4: 2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	****	***	mDBTBIm-II (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	A1 (200nm)

[0296] *2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr)₂(dpm)](0.5:0.5:0.05 10nm)

[0297] **2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.5:0.5:0.05 5nm)

[0298] ***35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃](0.5:0.5:0.06 30nm)

[0299] ****2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.5:0.5:0.05 10nm)

[0300] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件2及发光元件3暴露于大气的方式使用玻璃衬底对发光元件2及发光元件3进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时在80℃的温度下进行1小时的热处理)。

[0301] 对该发光元件的元件特性进行测量。注意,在室温(保持为25℃的气氛)下进行测量。

[0302] 图19示出使0.1mA的电流流过发光元件2及发光元件3时的发射光谱。由图19可知,发光元件2及发光元件3都呈现包含来源于[Ir(mpptz-dmp)₃]的蓝色波长的光、来源于[Ir(tBuppm)₂(acac)]的绿色波长的光以及来源于[Ir(tppr)₂(dpm)]的红色波长的光的发射光谱。尤其是,发光元件2发射符合照明中的JIS规格的光。

[0303] 另外,图20示出发光元件2及发光元件3的亮度-电流效率特性,图21示出亮度-外部量子效率特性,图22示出电压-亮度特性,并且图23示出亮度-功率效率特性。另外,表4示出发光元件2及发光元件3的在1000cd/m²附近时的主要特性。

[0304] [表4]

[0305]

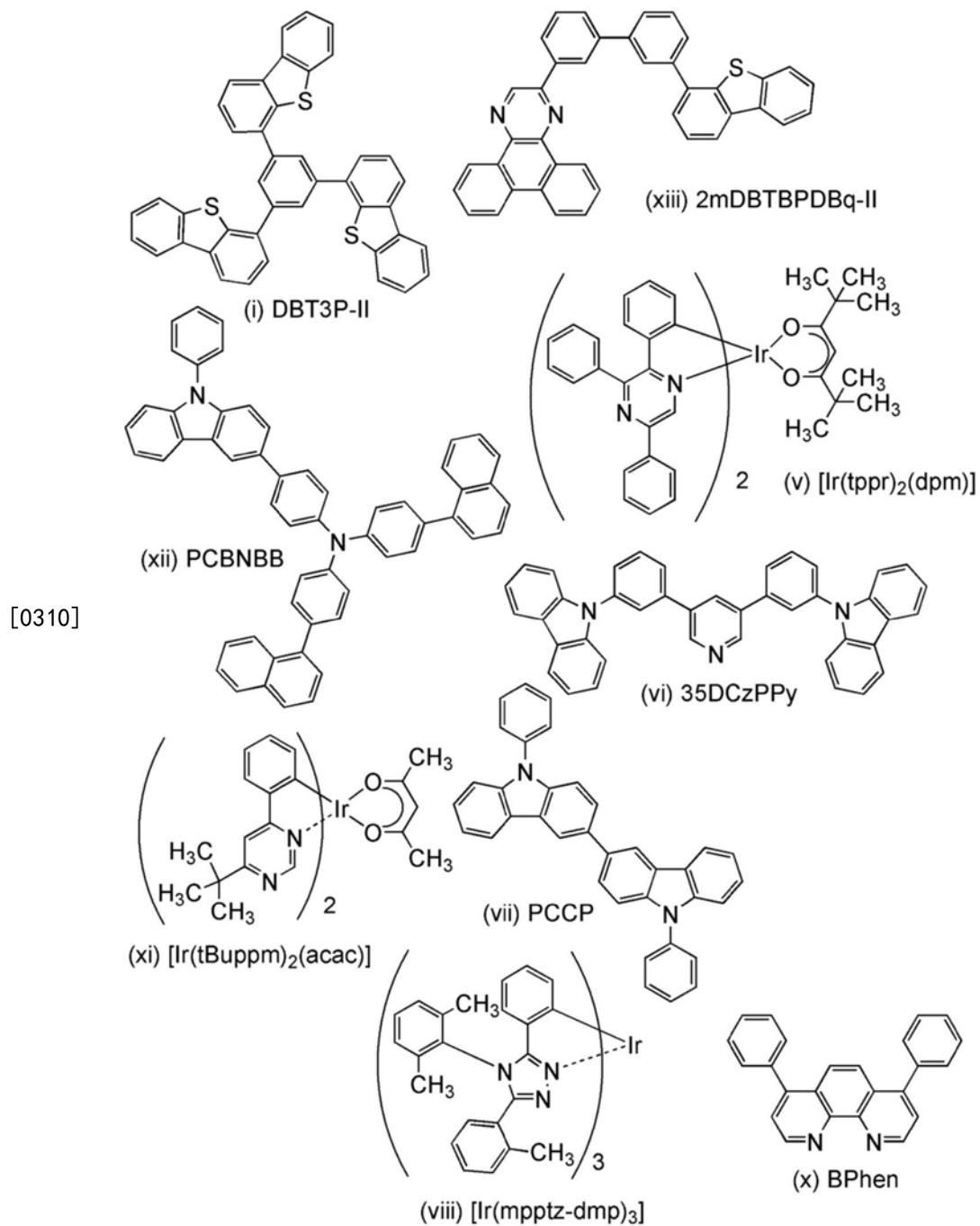
	电压 (V)	电流 (mA)	电流 密度 (mA/cm ²)	色度(x, y)	电流效率 (cd/A)	功率 效率 (1m/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 2	4.6	0.083	2.1	(0.46, 0.44)	47	32	22
发光元件 3	4.6	0.084	2.1	(0.44, 0.46)	52	36	22

[0306] 由此可知,发光元件2及发光元件3具有优良的元件特性。尤其是,由图20及图21可知,发光元件2及发光元件3具有非常良好的发光效率,并且其外部量子效率在实用亮度(1000cd/m²)附近呈现超过20%的高数值。另外,由图22可知,发光元件2及发光元件3具有优良的电压-亮度特性,并且驱动电压小的发光元件。结果,如图23所示,得到功率效率高的发光元件。

[0307] 由此可知,本发明的一实施方式的发光元件2及发光元件3具有良好的元件特性,并且可以平衡地得到来自三种发光中心物质的光。

[0308] 实施例3

[0309] 在本实施例中,说明实施方式1至实施方式3所记载的本发明的一实施方式的发光元件的制造方法及特性。以下示出本实施例所使用的有机化合物的结构式。在本实施例中,制造在发光层113中包含第一发光层113a、第二发光层113b以及第三发光层113c的发光元件4。



[0311] 接着,示出本实施例的发光元件4的制造方法。

[0312] 首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),由此形成第一电极101。另外,将其厚度设定为110nm,且将其电极面积设定为2mm×2mm。在此,第一电极101是用作发光元件的阳极的电极。

[0313] 接着,作为为了在衬底上形成发光元件的预处理,在用水洗涤衬底表面并在200℃下进行焙烧1小时之后,进行UV臭氧处理370秒。

[0314] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀设备中,并在真空蒸镀设备内的加热室中以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底进行30分钟左右的冷却。

[0315] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将形成有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀设备内的衬底支架上,并将压力降低到 10^{-4} Pa左右,然后在第一电极101

上通过利用电阻加热的蒸镀法共蒸镀DBT3P-II和氧化钼(VI),从而形成空穴注入层111。空穴注入层111的厚度为40nm,将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为4:2(=DBT3P-II:氧化钼)。注意,共蒸镀法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时进行蒸镀的蒸镀法。

[0316] 接着,在空穴注入层111上形成厚度为20nm的由上述结构式(xii)表示的4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)膜,由此形成空穴传输层112。

[0317] 再者,在空穴传输层112上以0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tppr)₂(dpm)])的重量比并以20nm的厚度共蒸镀由上述结构式(xiii)表示的2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDBq-II)、PCBNBB、[Ir(tppr)₂(dpm)]形成第三发光层113c,然后以0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的重量比并以10nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II、PCBNBB、[Ir(tBuppm)₂(acac)]形成第二发光层113b,然后以0.7:0.3:0.06(=35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])的重量比并以30nm的厚度共蒸镀35DCzPPy、PCCP、[Ir(mpptz-dmp)₃]形成第一发光层113a。

[0318] 然后,在发光层113上形成厚度为10nm的35DCzPPy膜,再者形成厚度为20nm的BPhen膜,从而形成电子传输层114。

[0319] 在形成电子传输层114之后,以1nm的厚度蒸镀氟化锂(LiF)形成电子注入层115。

[0320] 最后作为用作阴极的第二电极102以200nm的厚度蒸镀铝膜,从而制造本实施例的发光元件4。

[0321] 另外,在上述蒸镀过程中,作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0322] 表5示出通过上述步骤来得到的发光元件4的元件结构。

[0323] [表5]

[0324]

	第一电 极	空穴注入 层	空穴传输 层	发光层			电子传输层		电子 注入 层	第二电 极
发 光 元 件 4	ITS0 (110nm)	DBT3P- II : MoOx (4:2 40nm)	PCBNBB (20nm)	*	**	***	35DCzPPy (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	A1 (200nm)

[0325] *2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tppr)₂(dpm)](0.5:0.5:0.05 20nm)

[0326] **2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)₂(acac)](0.5:0.5:0.05 10nm)

[0327] ***35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃](0.7:0.3:0.06 30nm)

[0328] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件4暴露于大气的方式使用玻璃衬底对发光元件4进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时在80℃的温度下进行1小时的热处理)。

[0329] 对该发光元件的元件特性进行测量。注意,在室温(保持为25℃的气氛)下进行测

量。

[0330] 图24示出使0.1mA的电流流过发光元件4时的发射光谱。由图24可知,发光元件4呈现包含来源于[$\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3$]的蓝色波长的光、来源于[$\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$]的绿色波长的光以及来源于[$\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$]的红色波长的光的发射光谱。

[0331] 另外,图25示出发光元件4的亮度-电流效率特性,图26示出亮度-外部量子效率特性,图27示出电压-亮度特性,并且图28示出亮度-功率效率特性。另外,表6示出发光元件4在1000cd/m²附近时的主要特性。

[0332] [表6]

[0333]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (1m/W)	外部量子效率 (%)
发光元件 4	4.4	0.092	2.3	(0.53, 0.41)	38	27	23

[0334] 由此可知,发光元件4具有优良的元件特性。尤其是,由图25及图26可知,发光元件4具有非常良好的功率效率,并且其外部量子效率在实用亮度(1000cd/m²)附近呈现超过20%的高数值。另外,由图27可知,发光元件4具有优良的电压-亮度特性,并且驱动电压小的发光元件。结果,如图28所示,得到功率效率高的发光元件。

[0335] 由此可知,本发明的一实施方式的发光元件4具有良好的元件特性,并且可以平衡地得到来自三种发光中心物质的光。

[0336] 另外,图29示出通过在初始亮度为3000cd/m²且电流密度恒定的条件下驱动发光元件4而进行了可靠性测试的结果。图29示出以100%为初始亮度时的归一化亮度的变化。由上述结果可知,发光元件4是伴随驱动时间变化的亮度下降减小了的高可靠性发光元件。

[0337] 参考例1

[0338] 对在上述实施例中用于各发光元件的35DCzPPy、PCCP、2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、2mDBTBPDBq-II以及PCBNBB的三重态激发能进行测量。注意,通过测量各物质的磷光发光且将磷光发射波长换算为电子伏特,来求得三重态激发能。测量条件为如下:对各物质照射325nm的激发光,测量温度为10K。此外,在测量能级时,从吸收波长算出能级时的精确度比从发射波长算出能级时的精确度高。但是,因为三重态激发能的吸收极微弱而难以进行测量,所以在此通过测量位于磷光光谱的最短波长一侧的峰值波长来求得三重态激发能。因此,测量值有小的误差。

[0339] 图30至35示出所测量的磷光发光。此外,表7示出测量结果。从该结果可知:用于第一发光层的35DCzPPy及PCCP的三重态激发能比用于第二发光层或第三发光层的2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、2mDBTBPDBq-II以及PCBNBB高。

[0340] [表7]

[0341] 各物质的三重态激发能级

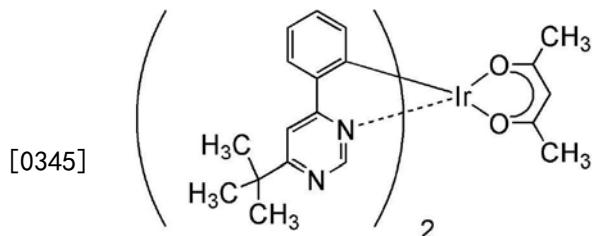
[0342]

35DCzPPy	2.74eV
PCCP	2.64eV
2mDBTPDBq-II	2.40eV

PCBA1BP	2.46eV
2mDBTBPDBq-II	2.41eV
PCBNBB	2.21eV

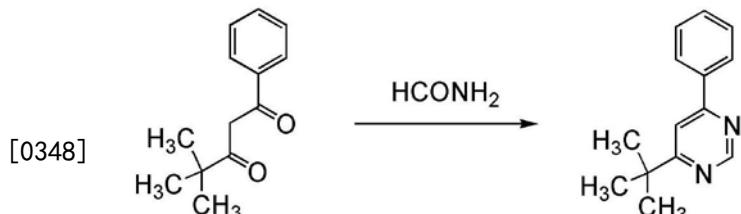
[0343] 参考例2

[0344] 以下示出在上述实施方式中使用的有机金属复合物的(乙酰丙酮)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(又称为:双[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基-κN3)苯基-κC](2,4-戊二酮-κ²0,0')铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的合成例。以下示出[Ir(tBuppm)₂(acac)]的结构。



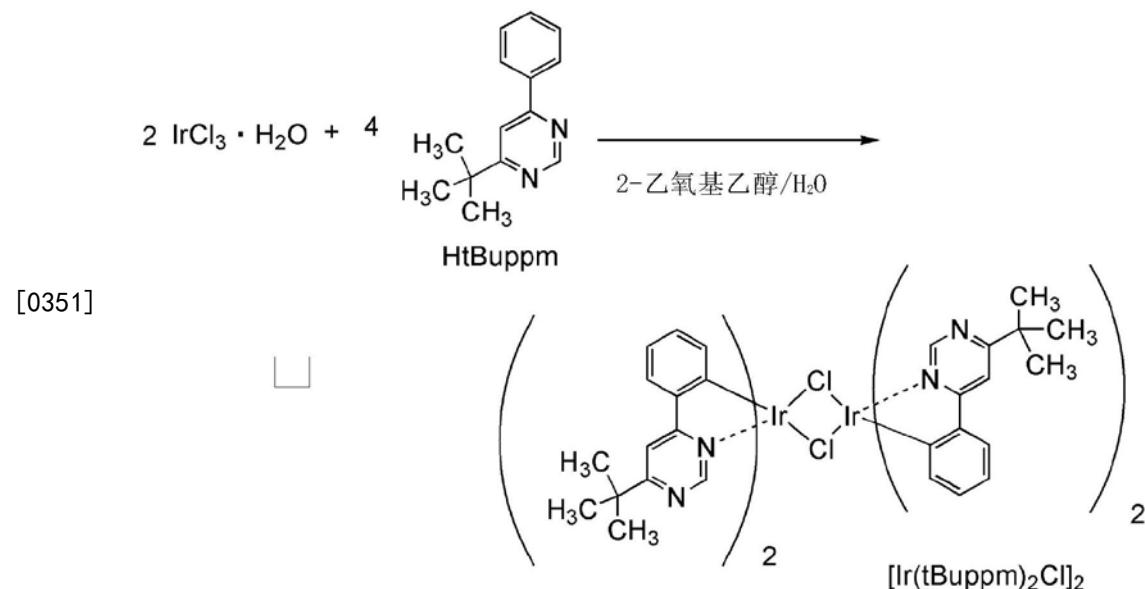
[0346] <步骤1:4-叔丁基-6-苯基嘧啶(简称:HtBuppm)的合成>

[0347] 首先,在装有回流管的茄形烧瓶中放入22.5g的4,4-二甲基-1-苯基戊烷-1,3-二酮和50g的甲酰胺,对内部进行氮置换。通过加热该反应容器使反应溶液回流5小时。然后,将该溶液注入到氢氧化钠水溶液,用二氯甲烷萃取有机层。用水、饱和盐水洗涤所得到的有机层,用硫酸镁进行干燥。过滤干燥之后的溶液。在蒸馏去除溶液的溶剂之后,通过使用己烷:醋酸乙酯=10:1(体积比)的展开溶剂的硅胶柱层析法精制所得到的残渣,得到了嘧啶衍生物HtBuppm(无色油状物,收率为14%)。以下示出步骤1的合成方案。



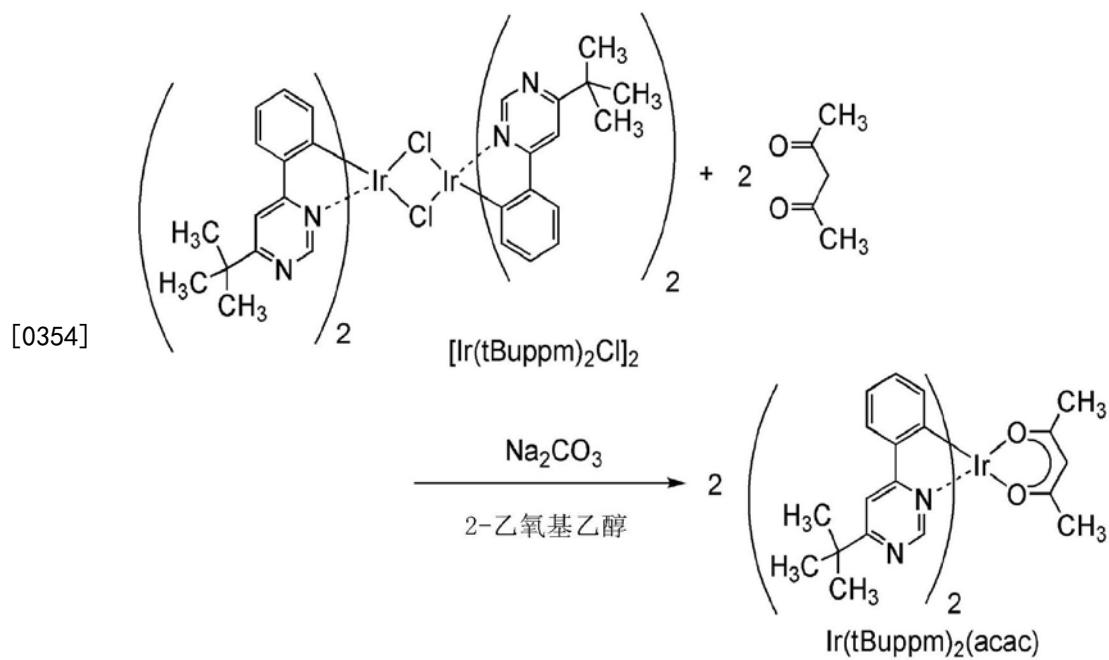
[0349] <步骤2:二-μ-氯-双[双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)](简称:[Ir(tBuppm)₂C1]₂)的合成>

[0350] 接着,在安装有回流管的茄形烧瓶中放入15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.49g的通过上述步骤1得到的HtBuppm及1.04g的氯化铱水合物(IrCl₃·H₂O),并对烧瓶内进行氮置换。然后,照射1小时的微波(2.45GHz,100W)来使其起反应。在蒸馏去除溶剂之后,使用乙醇抽滤所得到的残渣并进行洗涤,而得到双核络合物[Ir(tBuppm)₂C1]₂(黄绿色粉末,收率为73%)。以下示出步骤2的合成方案。



[0352] <步骤3: (乙酰丙酮) 双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶) 铑(III) (简称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$) 的合成>

[0353] 再者, 在安装有回流管的茄形烧瓶中加入40mL的2-乙氧基乙醇、1.61g的通过上述步骤2得到的双核络合物的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ 、0.36g的乙酰丙酮及1.27g的碳酸钠, 并对烧瓶内部进行氩置换。然后, 照射60分钟的微波 (2.45GHz, 120W), 来使其起反应。蒸馏去除溶剂, 使用乙醇抽滤所得到的残渣, 并使用水、乙醇对该残渣进行洗涤。使所得到的固体溶解于二氯甲烷, 并通过依次层叠有Celite (日本和光纯药工业株式会社、目录号码: 531-16855)、氧化铝、Celite的助滤材过滤该混合物。通过使用二氯甲烷和己烷的混合溶剂对蒸馏去除溶剂来得到的固体进行再结晶, 得到了目的物的黄色粉末 (收率为68%)。以下示出步骤3的合成方案。

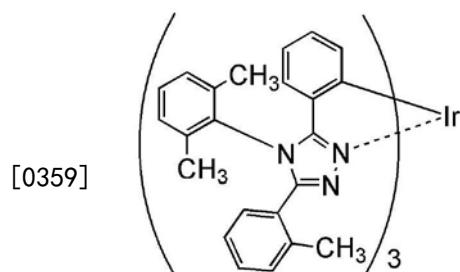


[0355] 以下示出利用核磁共振波谱法 (^1H NMR) 对通过上述步骤3得到的黄色粉末进行分析的结果。根据该结果可知获得了有机金属络合物 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 。

[0356] ^1H NMR. δ (CDCl₃) : 1.50 (s, 18H), 1.79 (s, 6H), 5.26 (s, 1H), 6.33 (d, 2H), 6.77 (t, 2H), 6.85 (t, 2H), 7.70 (d, 2H), 7.76 (s, 2H), 9.02 (s, 2H)

[0357] 参考例3

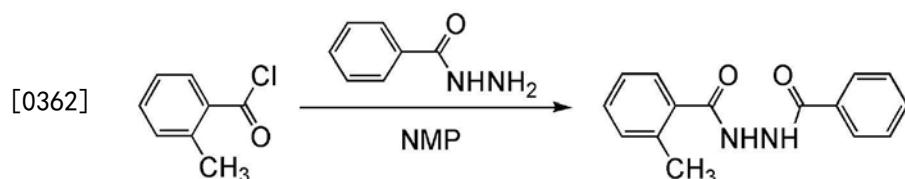
[0358] 在参考例中,说明在上述实施例中使用的三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ C}铱(III) (简称:[Ir(mpptz-dmp)₃])的合成方法。以下示出[Ir(mpptz-dmp)₃]的结构。



Ir(mpptz-dmp)₃

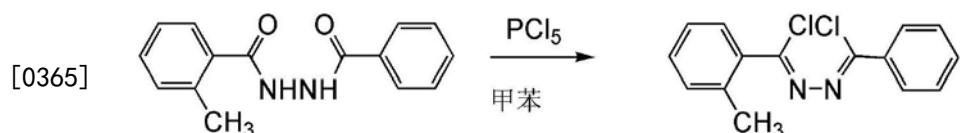
[0360] <步骤1:N-苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼的合成>

[0361] 首先,将15.0g (110.0mmol) 的苯甲酰肼、75mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP) 放入到300mL三颈烧瓶中,在用冰冷却的同时进行搅拌。将17.0g (110.0mmol) 的邻甲基苯甲酰氯和15mL的N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP) 的混合溶液缓慢滴加到该混合溶液中。在滴加之后,在室温下搅拌24小时。在以规定时间起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到500mL的水中,而析出白色固体。交替使用水和1M的盐酸对所析出的固体进行超声波清洗。然后,使用己烷进行超声波清洗,以70%的收率得到19.5g的N-苯甲酰-N'-2-甲基苯甲酰肼的白色固体。以下示出步骤1的合成方案。



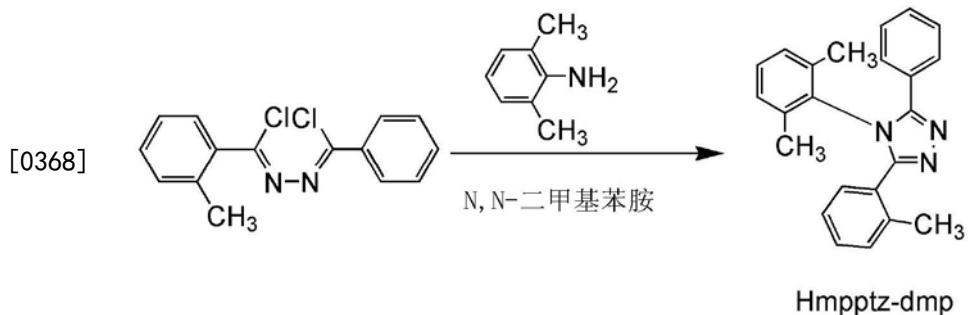
[0363] <步骤2:N-[1-氯-1-(2-甲基苯基)亚甲基-N'-[1-氯-(1-苯基)亚甲基]肼的合成>

[0364] 接着,将12.0g (47.2mmol) 的通过上述步骤1得到的N-苯甲酰基-N'-2-甲基苯甲酰肼、200mL的甲苯放入到500mL三颈烧瓶中。将19.4g (94.4mmol) 的五氯化磷加入到该混合溶液中,以120℃进行6小时的加热搅拌。在以规定时间起反应之后,将该反应溶液缓慢滴加到200mL的水中,搅拌1小时。在搅拌之后,分离有机层和水层,使用水及饱和碳酸氢钠水溶液对有机层进行洗涤。在洗涤之后,使用无水硫酸镁对有机层进行干燥。通过重力过滤从该混合物去除硫酸镁,浓缩滤液,由此以92%的收率得到12.6g的N-[1-氯-1-(2-甲基苯基)亚甲基]-N'-[1-氯-(1-苯基)亚甲基]肼的褐色液体。以下示出步骤2的合成方案。



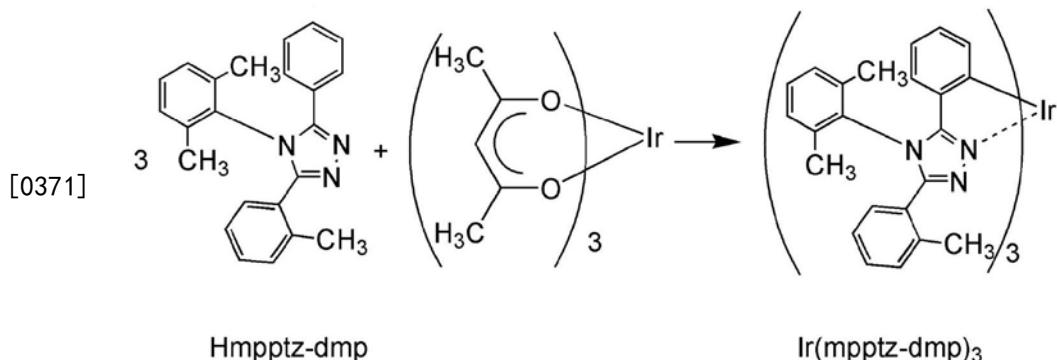
[0366] <步骤3:3-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑 (简称: Hmpptz-dmp) 的合成>

[0367] 首先,在500ml的茄形烧瓶中加入在上述步骤2中得到的12.6g (43.3mmol) 的N-[1-氯-1-(2-甲基苯基) 亚甲基]-N'-[1-氯-(1-苯基) 亚甲基] 肽、15.7g (134.5mmol) 的2,6-二甲基苯胺、100ml的N,N-二甲基苯胺,在120℃下加热搅拌20小时。在经过所定时间的反应之后,将该反应溶液缓慢加入到200ml的1N盐酸。对该溶液加入二氯甲烷,将目的物萃取到有机层。使用水、碳酸氢钠水溶液洗涤所得到的有机层且使用硫酸镁进行干燥。通过自然过滤去除硫酸镁,浓缩所得到的滤液,从而获得了黑色液体。通过硅胶柱层析法精制该液体。展开溶剂是乙酸乙酯:己烷=1:5。浓缩所获得的分部而获得白色固体。使用乙酸乙酯对该固体进行再结晶,以31%的收率获得了4.5g的Hmpptz-dmp的白色固体。以下示出步骤3的合成方案。



[0369] <步骤4: [Ir(mpptz-dmp)₃] 的合成>

[0370] 将通过上述步骤3获得的2.5g (7.4mmol) 的配体Hmpptz-dmp、0.7g (1.5mmol) 的三(乙酰丙酮) 铱 (III) 加入高温加热容器中, 进行脱气。在Ar气流下以250℃对该反应容器的内部进行48小时的加热搅拌。在所定时间的反应后, 使用二氯甲烷洗涤所得到的固体, 通过抽滤获得不溶物的绿色固体。使该固体溶解于甲苯, 通过氧化铝与硅藻土的叠层, 进行过滤。浓缩所得到的分组获得绿色固体。使用甲苯对该固体进行再结晶, 以45%的收率获得了0.8g的绿色粉末。以下示出步骤4的合成方案。



[0372] 此外,以下示出利用核磁共振波谱法($^1\text{H-NMR}$)分析通过上述步骤4得到的绿色粉末的结果。由此可知,在本合成方法中得到了 $[\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3]$ 。

[0373] $^1\text{H-NMR}$. δ (toluene-d8) : 1.82 (s, 9H), 1.90 (s, 9H), 2.64 (s, 9H), 6.56–6.62 (m, 9H), 6.67–6.75 (m, 9H), 6.82–6.88 (m, 3H), 6.91–6.97 (t, 3H), 7.00–7.12 (m, 6H), 7.63–7.67 (d, 3H)

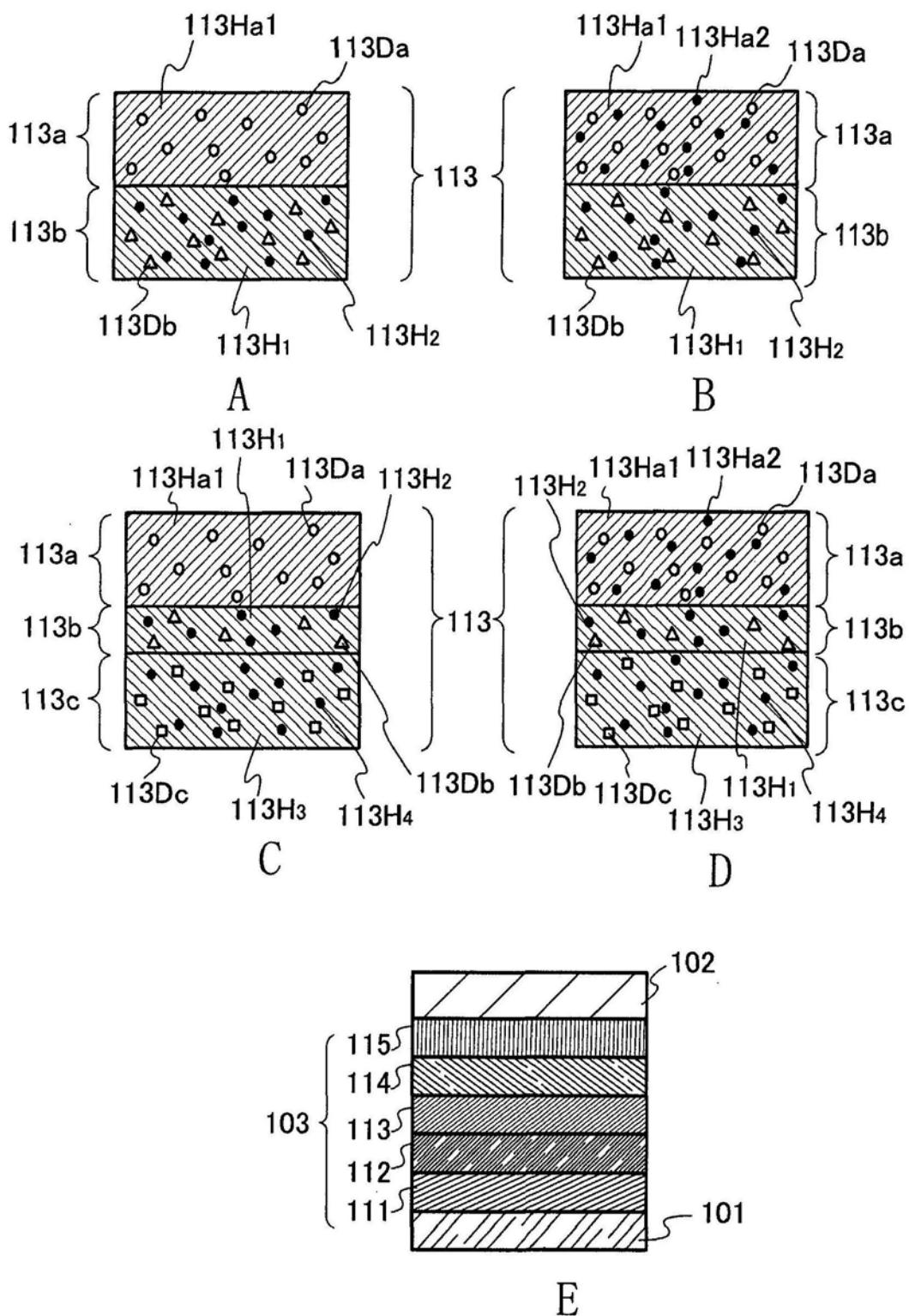


图1

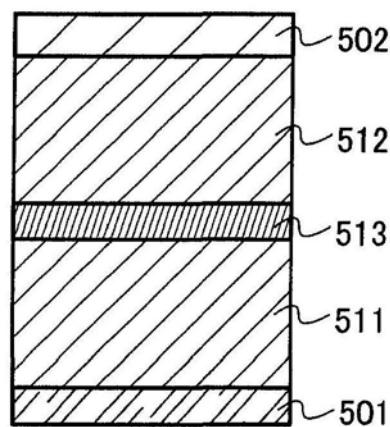


图2

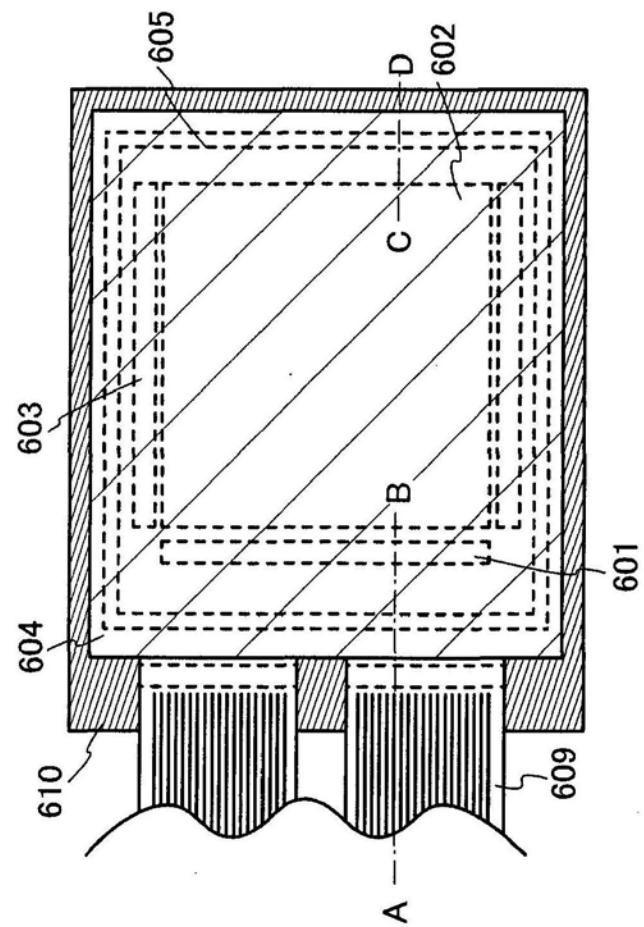


图3A

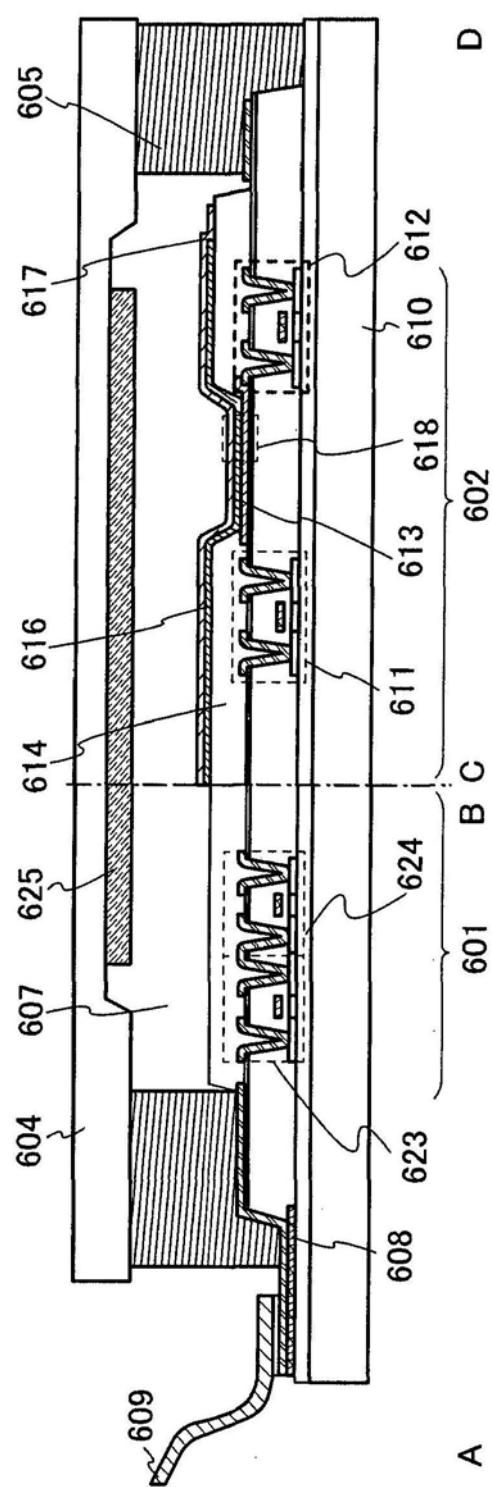


图3B

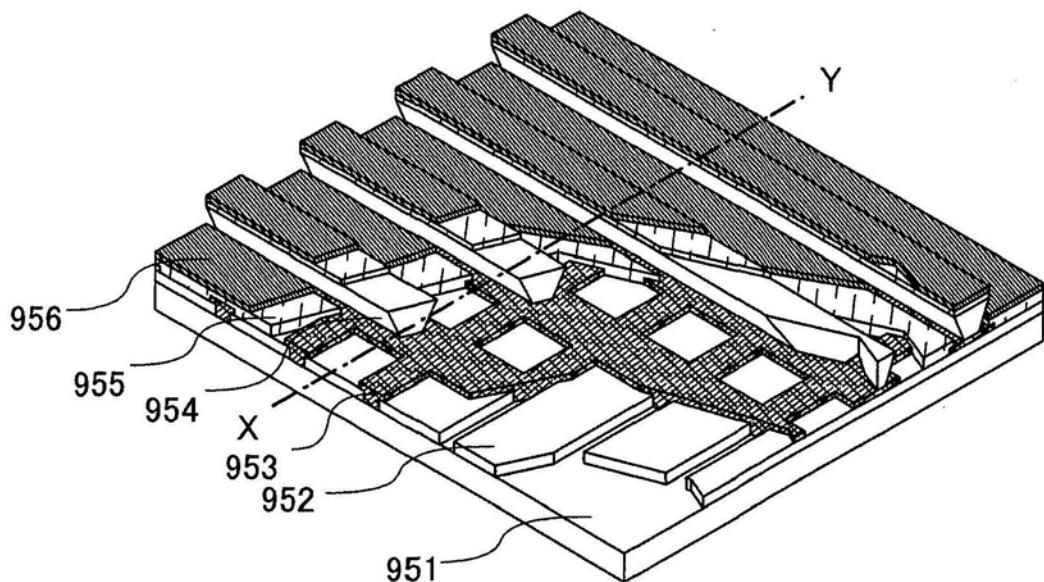


图4A

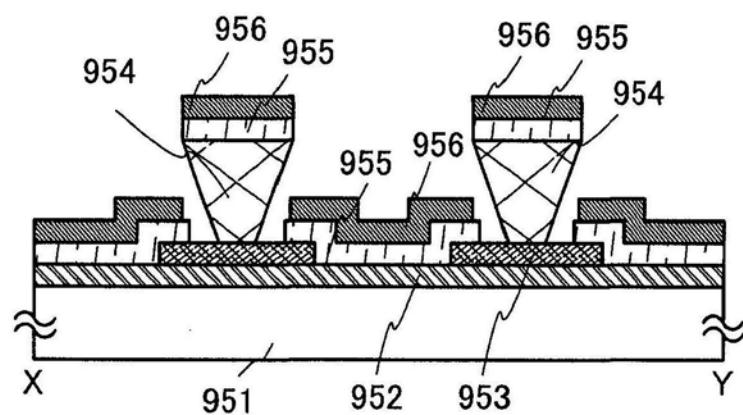
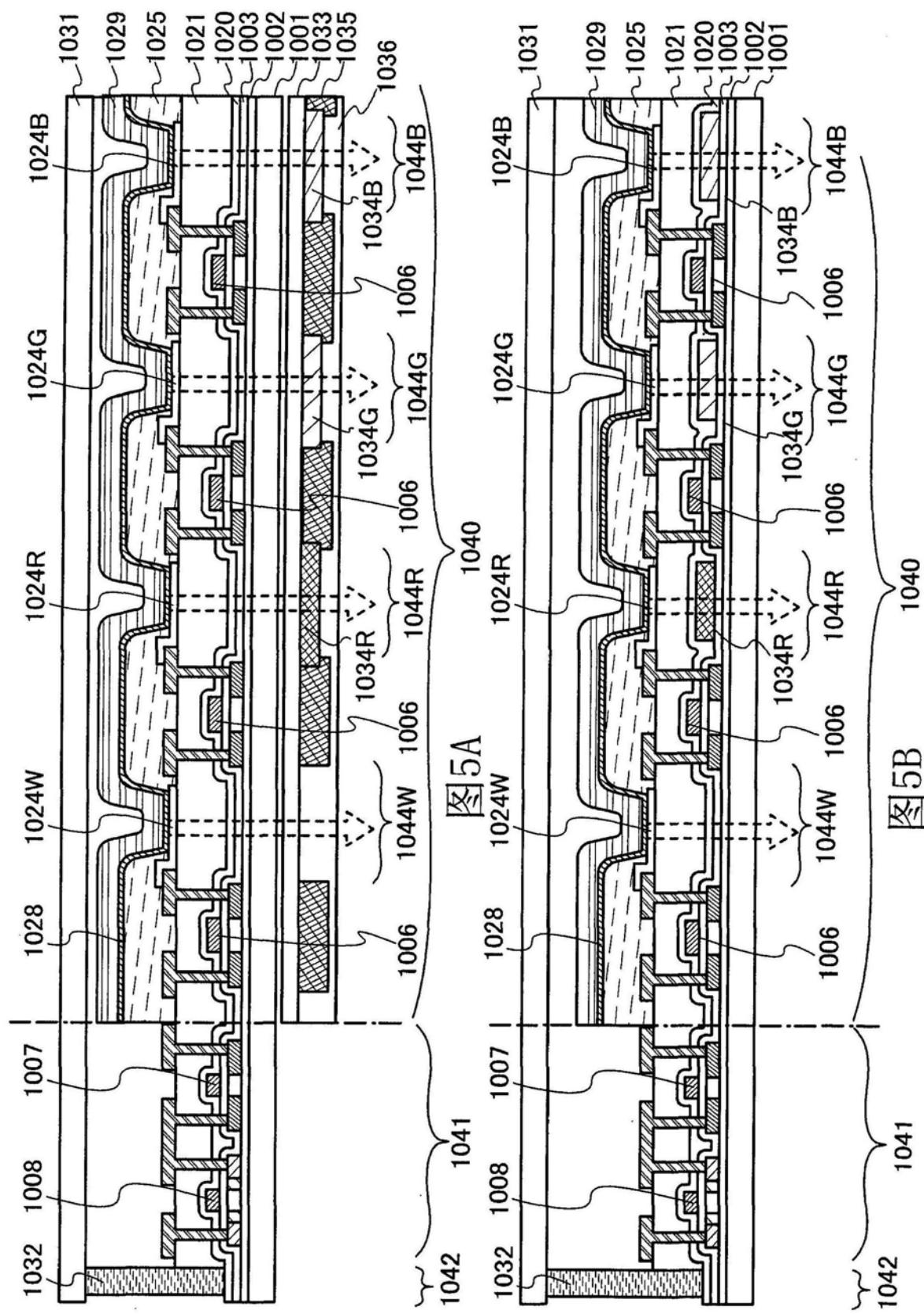


图4B



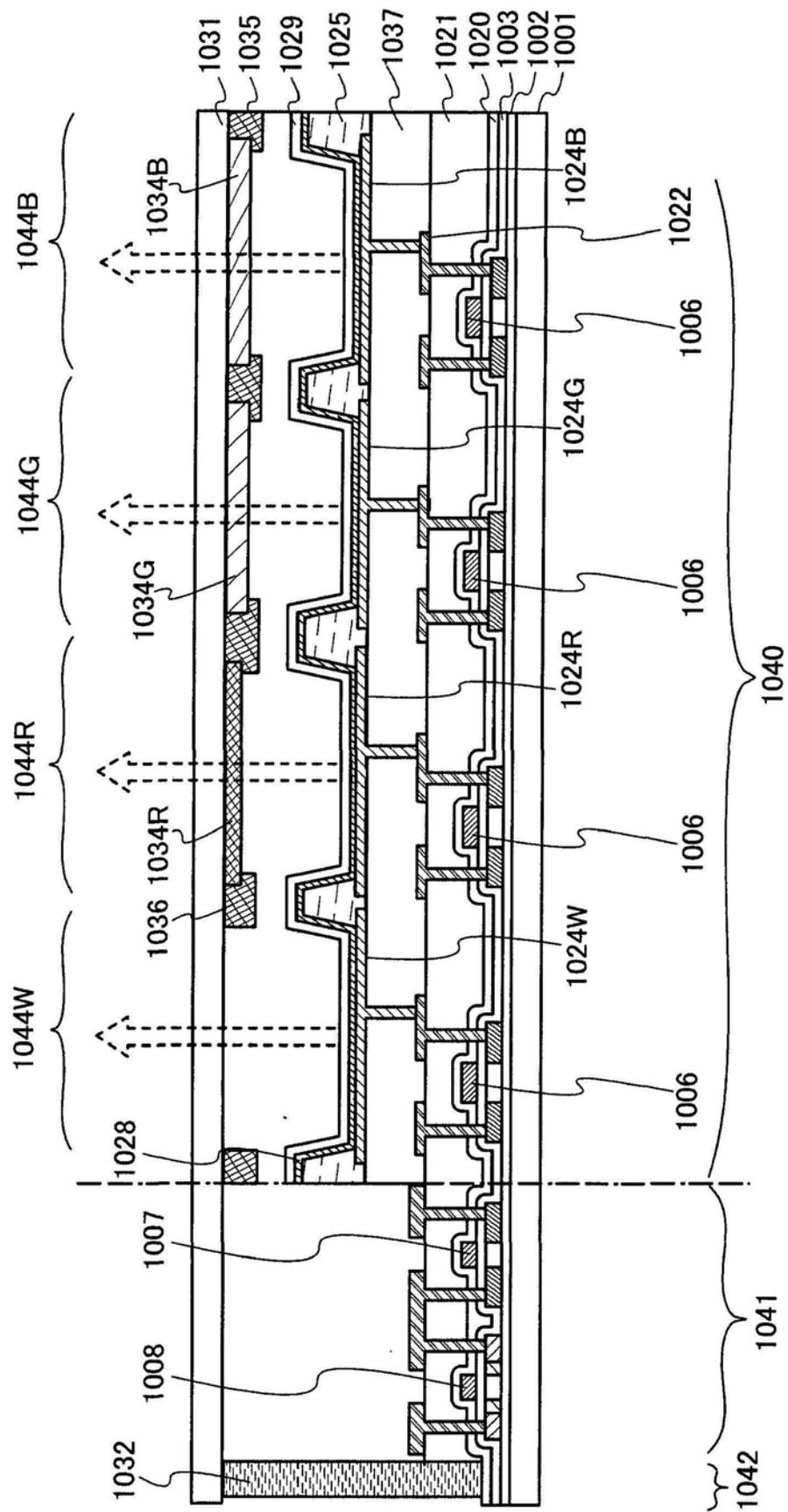


图6

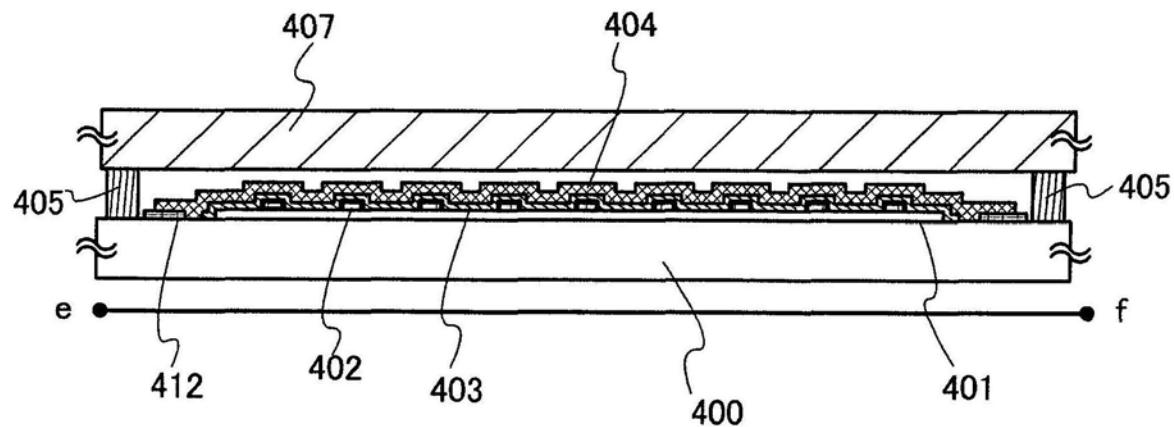


图7A

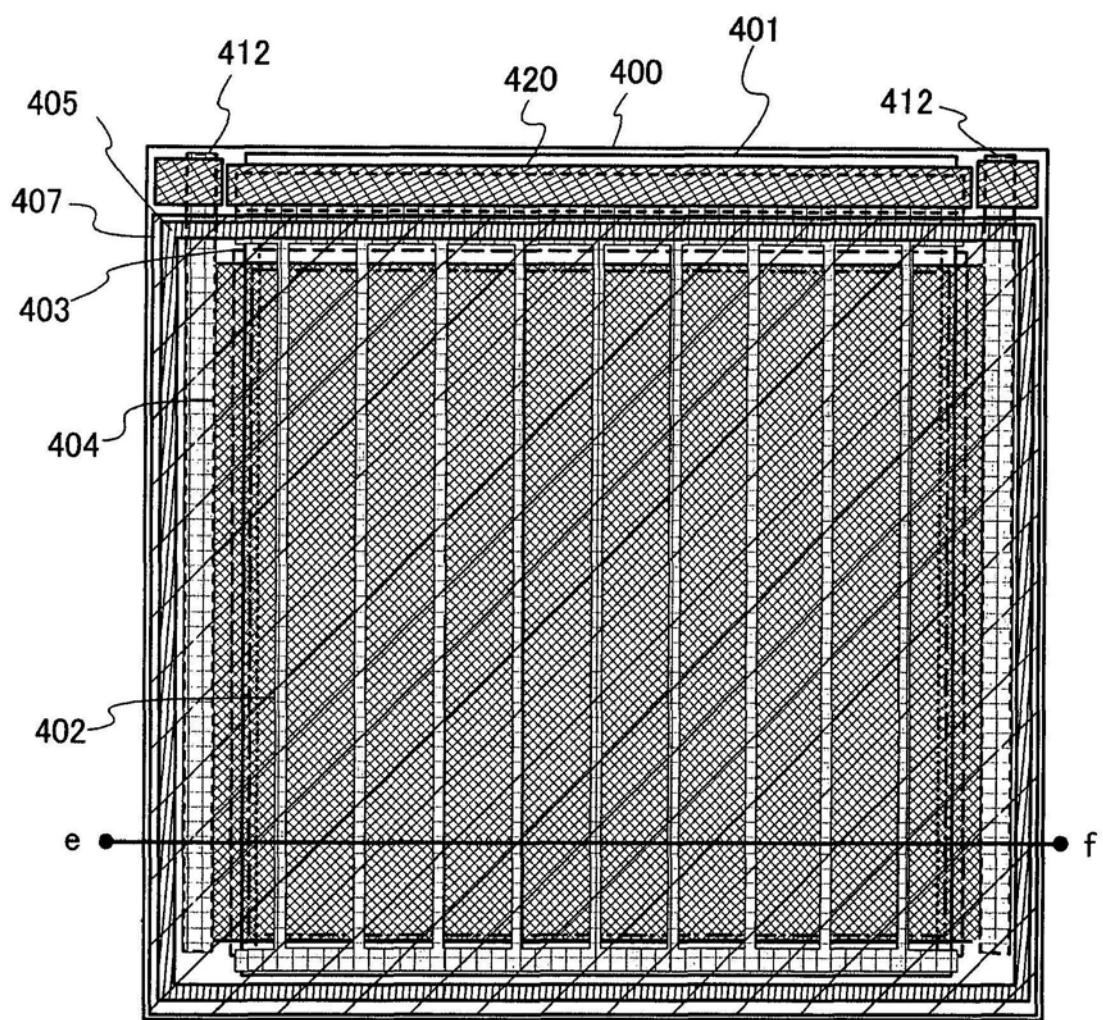


图7B

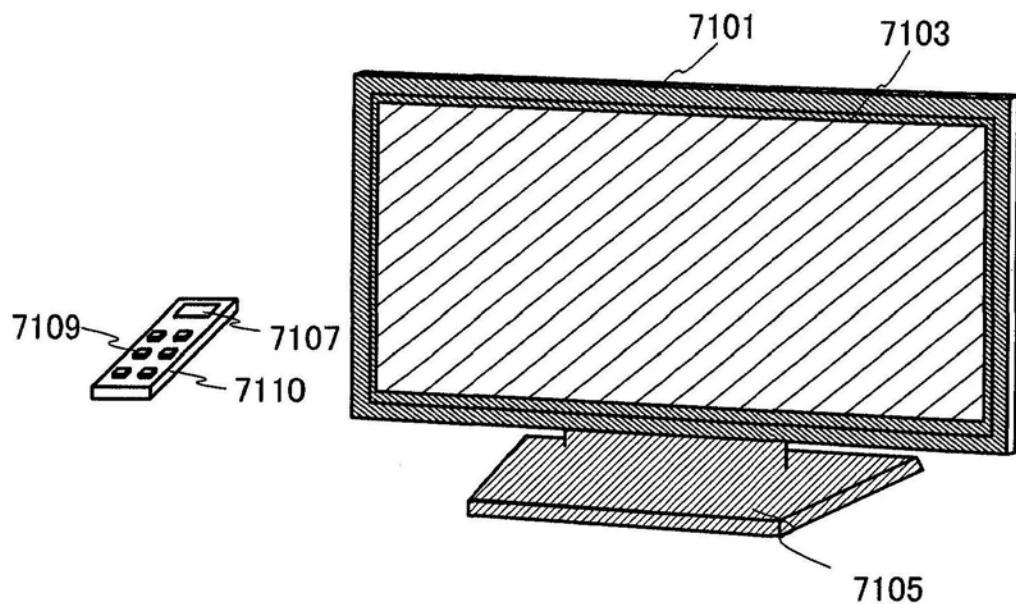


图8A

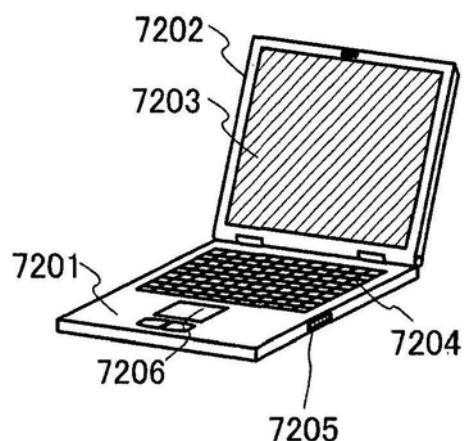


图8B1

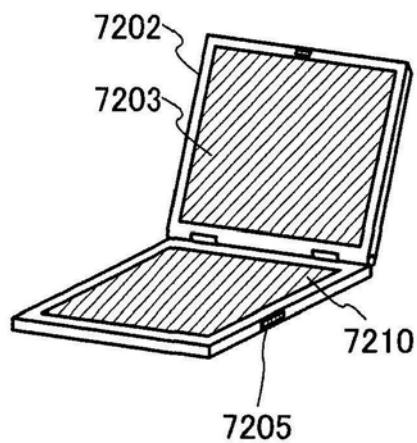


图8B2

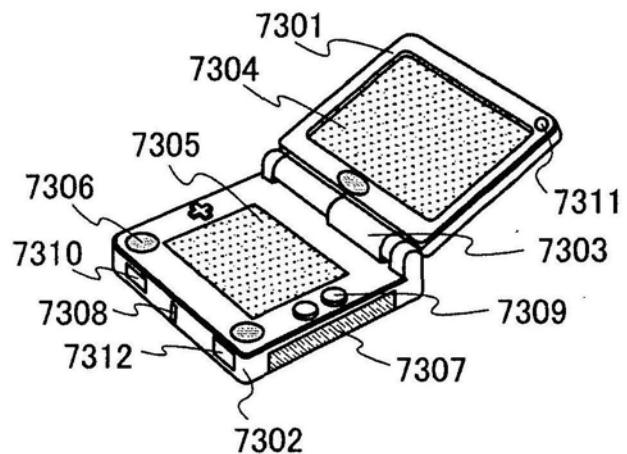


图8C

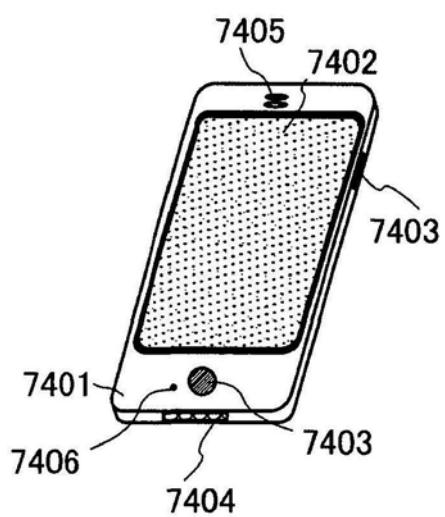


图8D

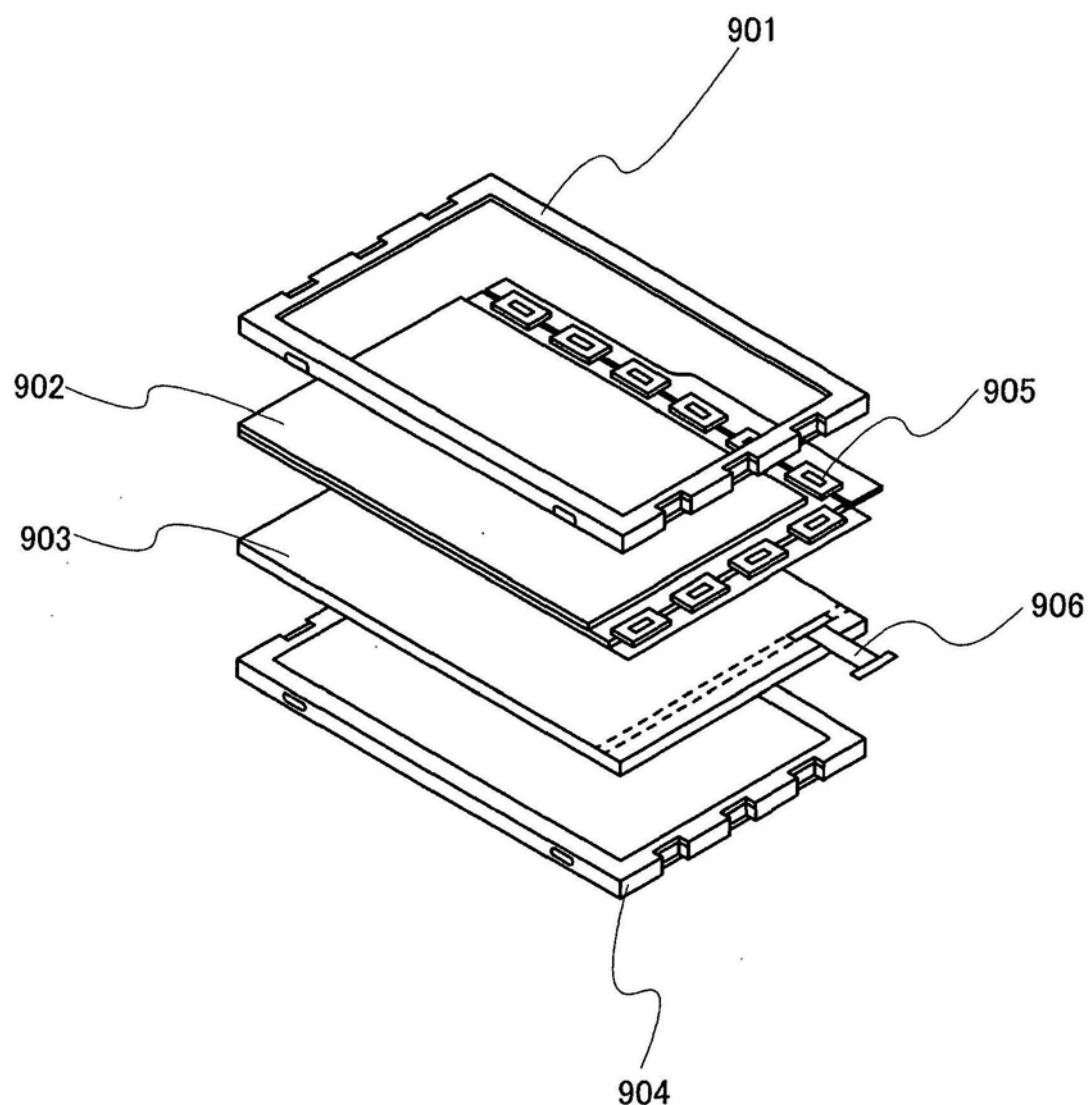


图9

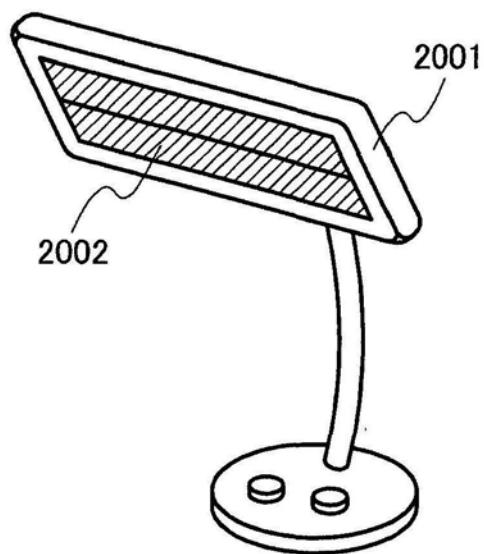


图10

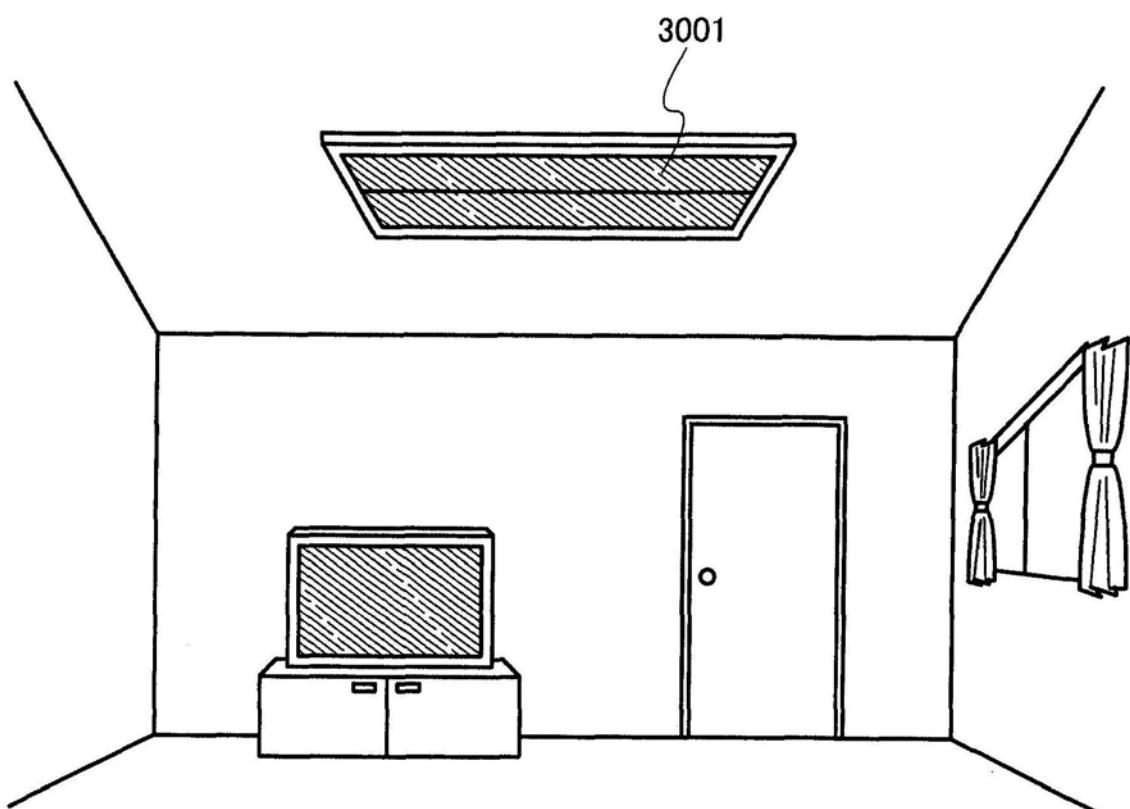


图11

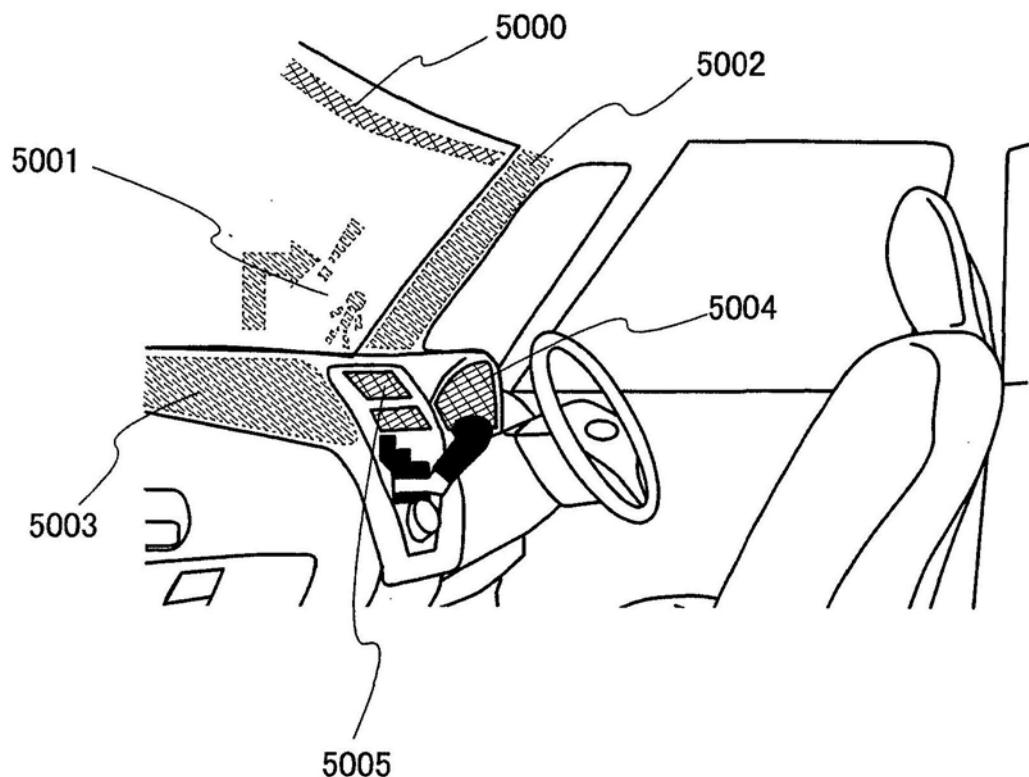


图12

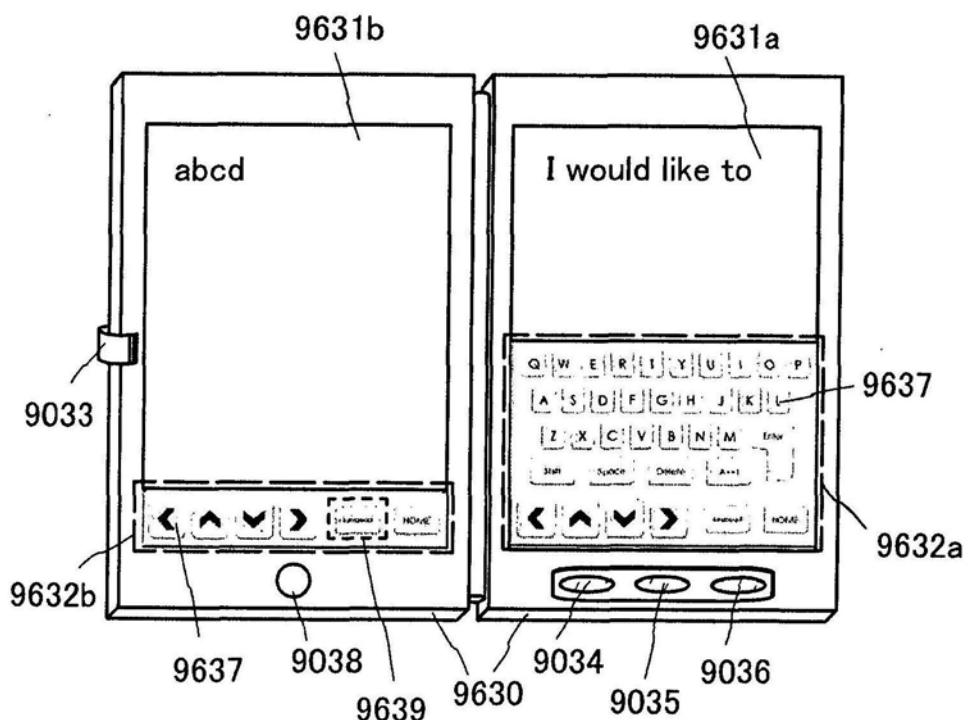


图13A

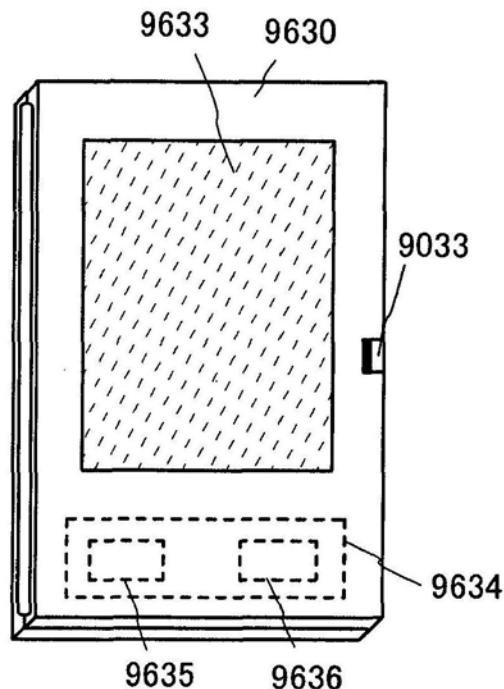


图13B

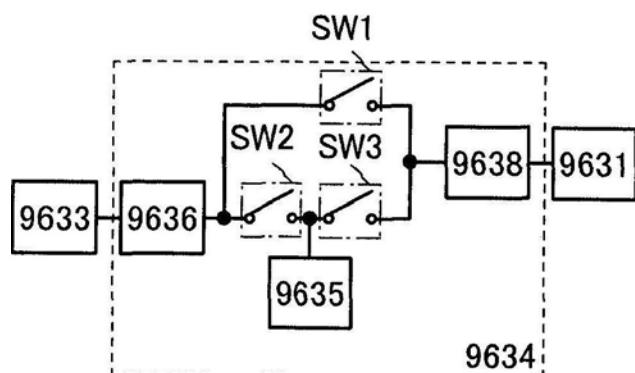


图13C

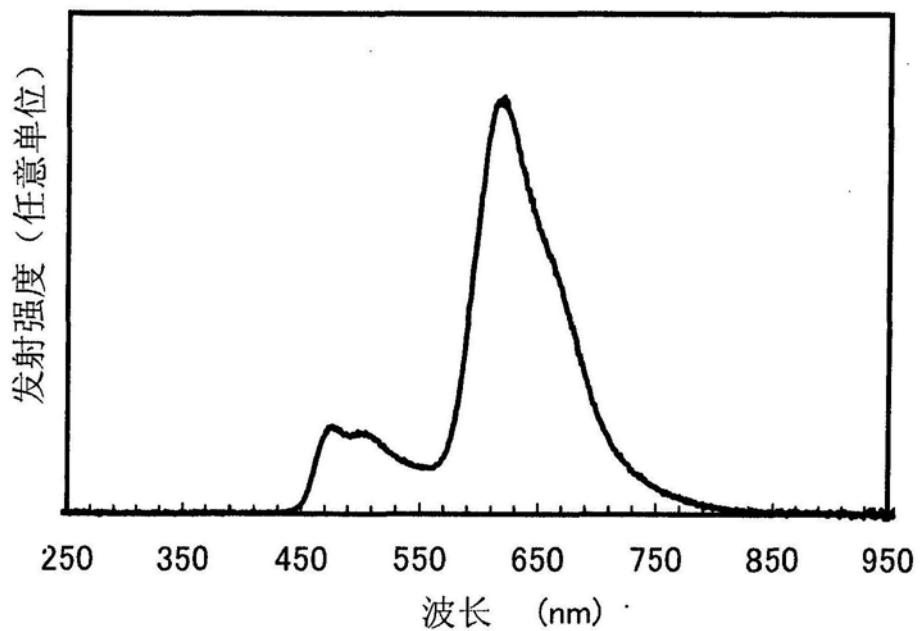


图14

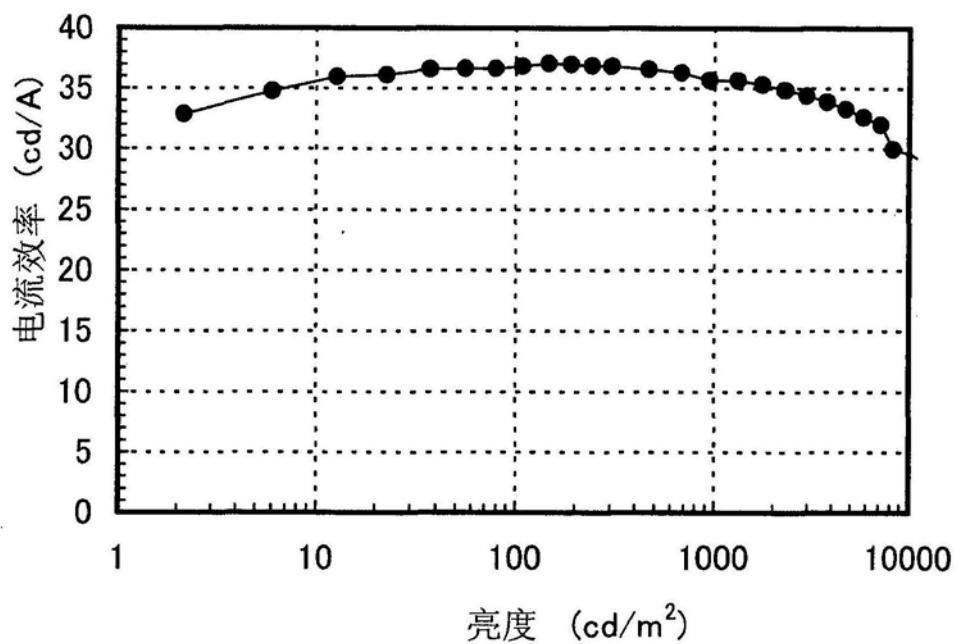


图15

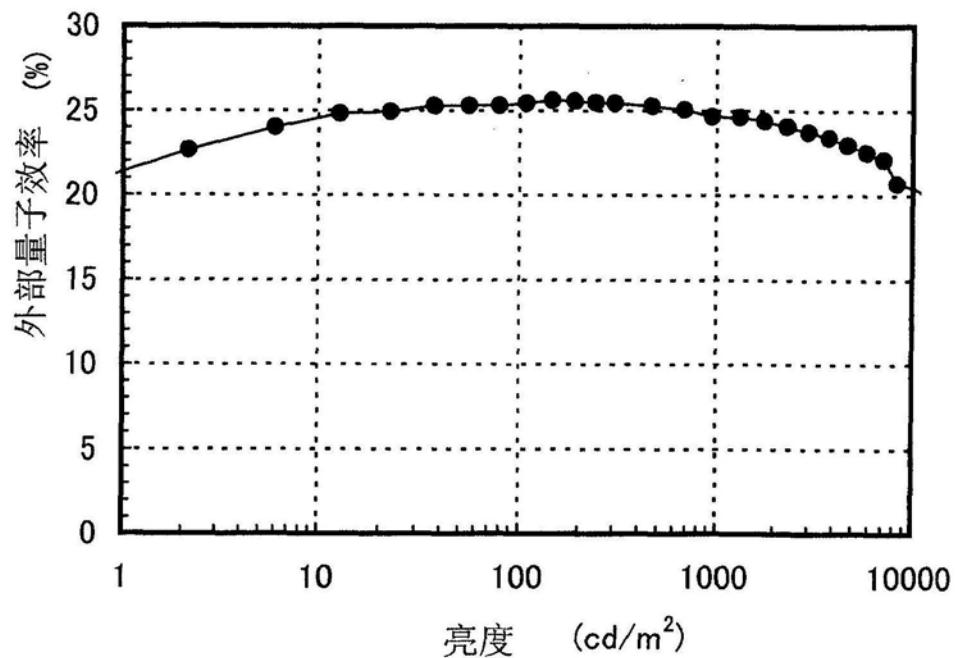


图16

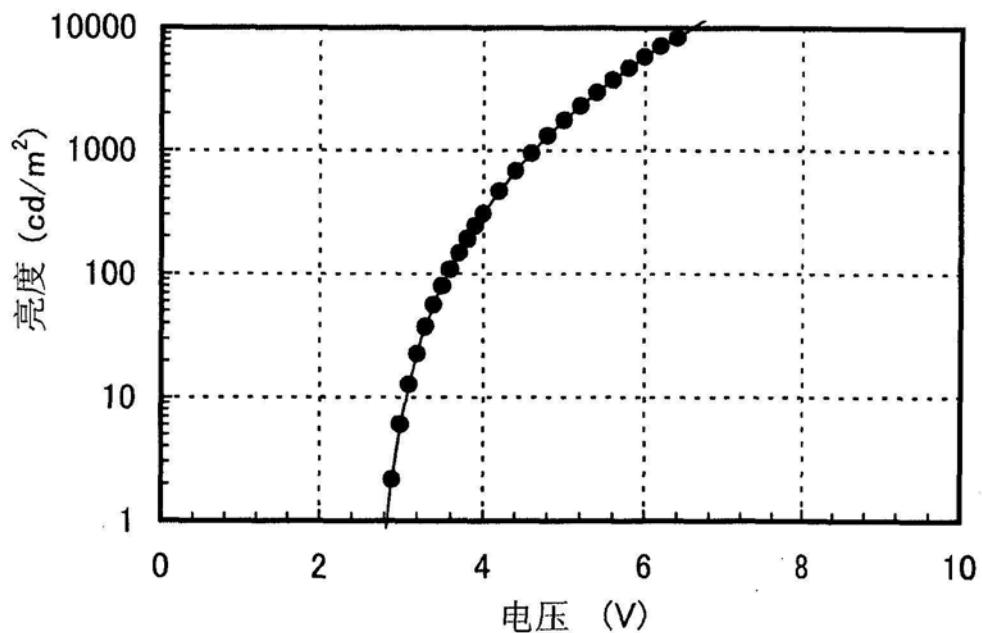


图17

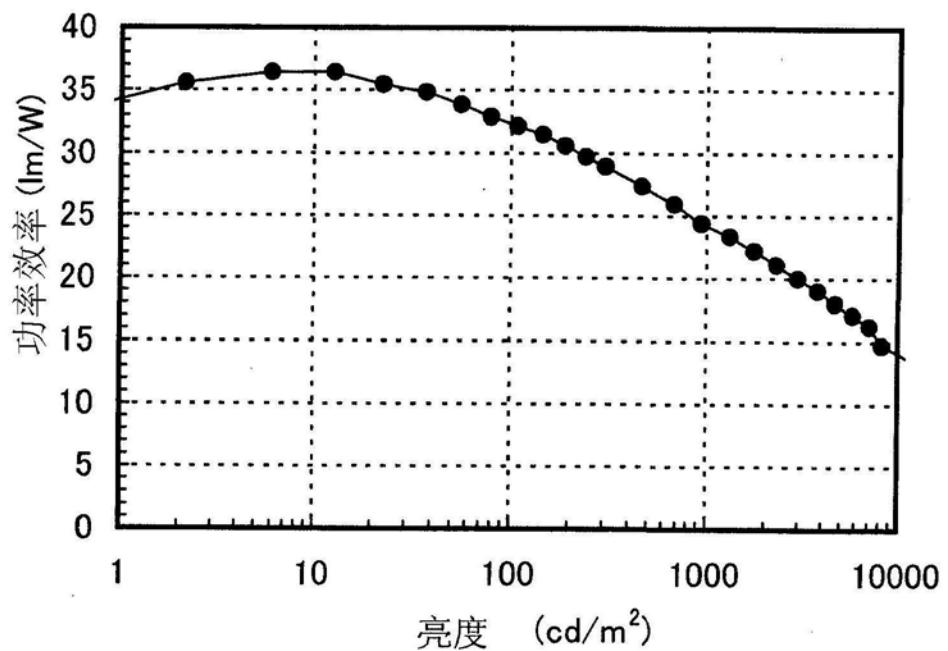


图18

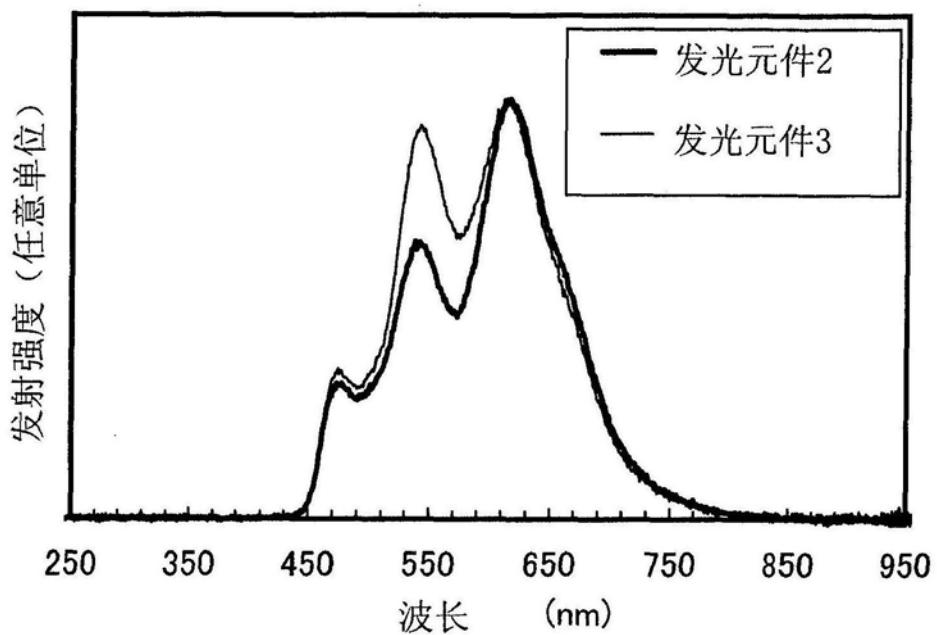


图19

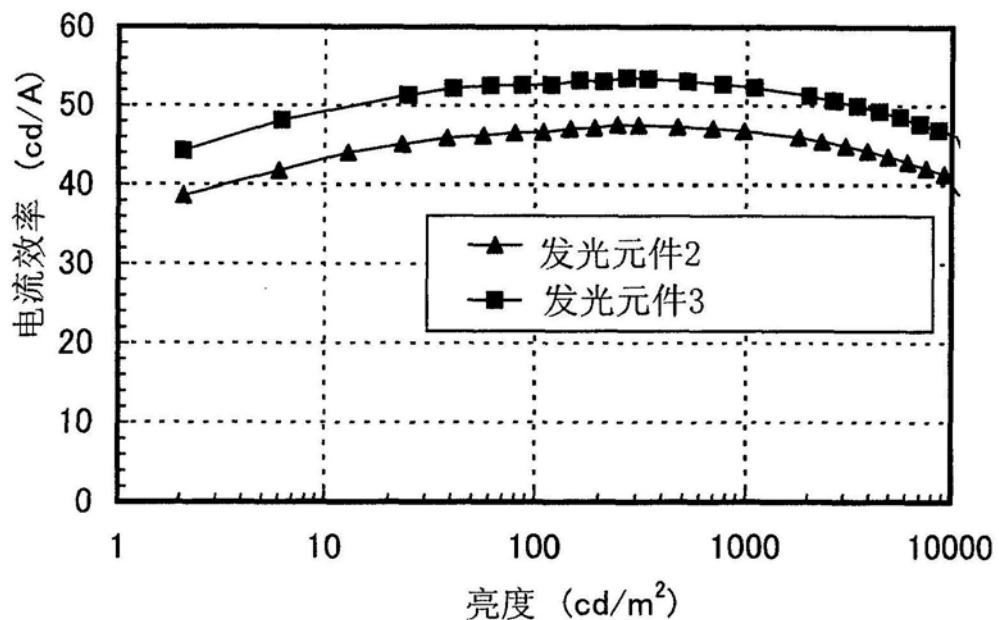


图20

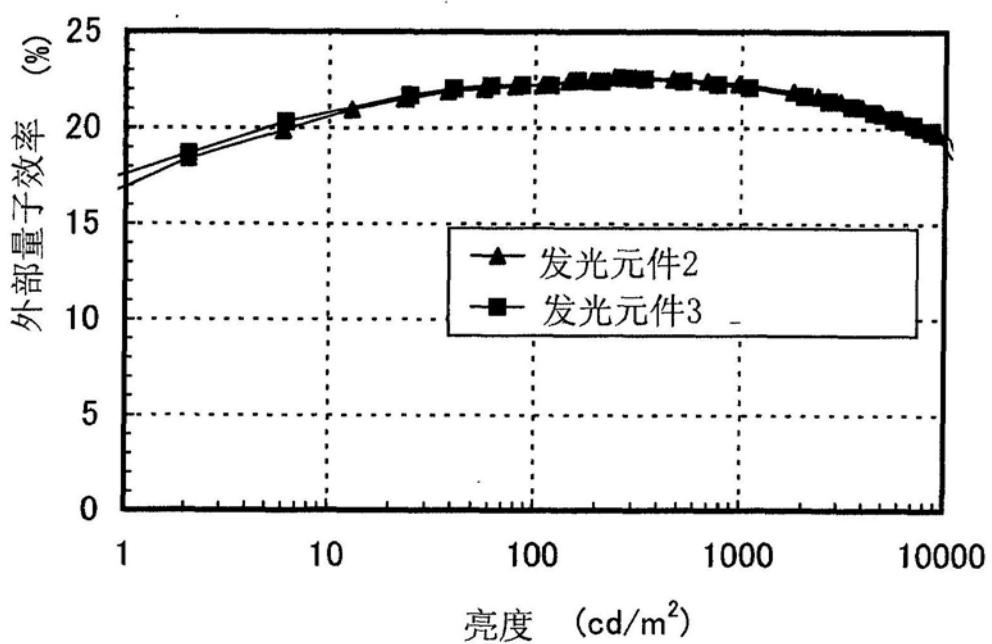


图21

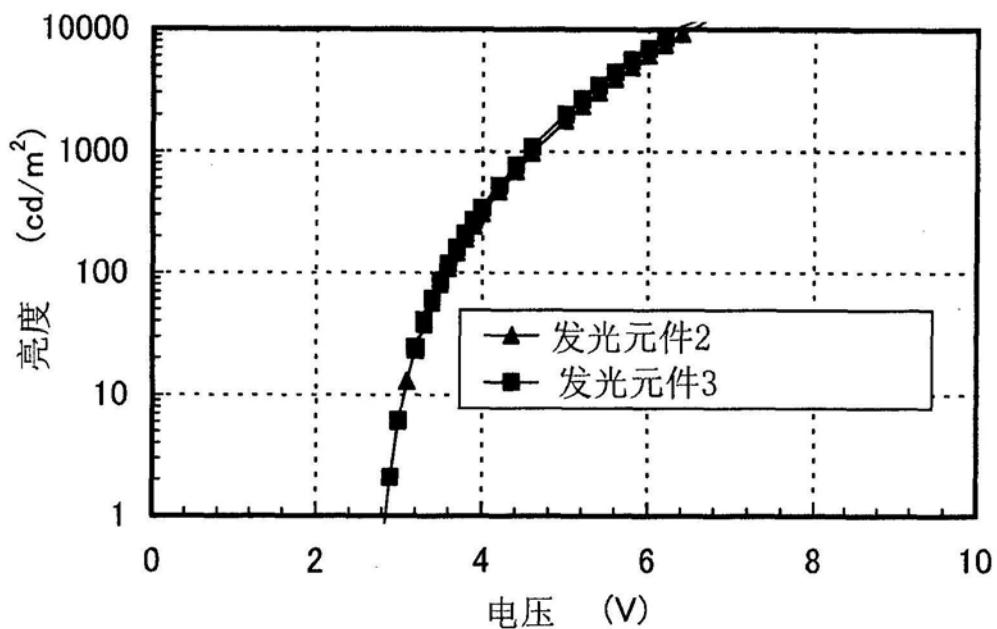


图22

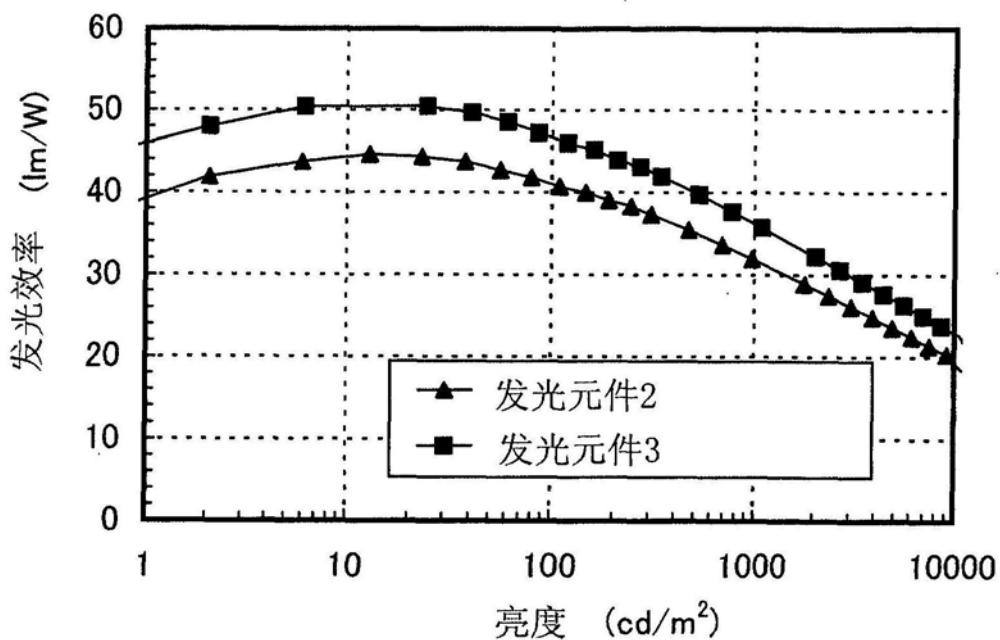


图23

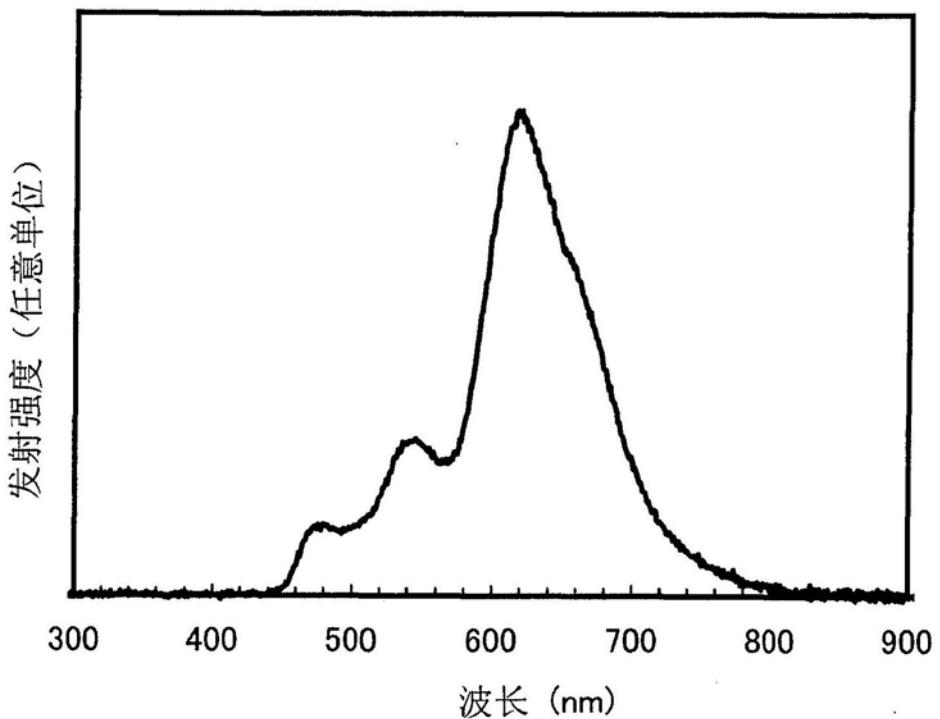


图24

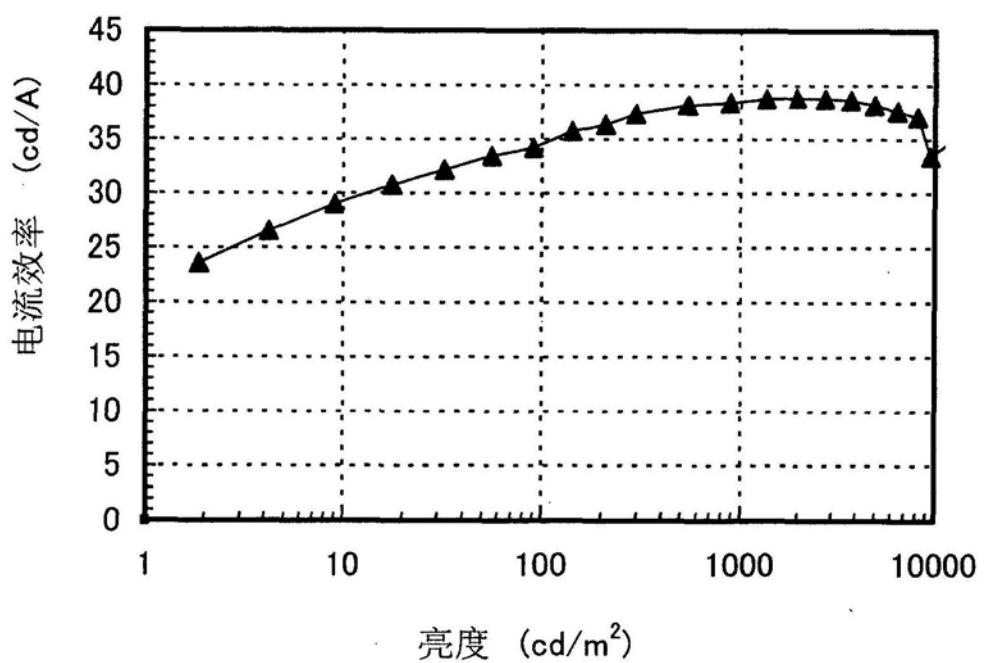


图25

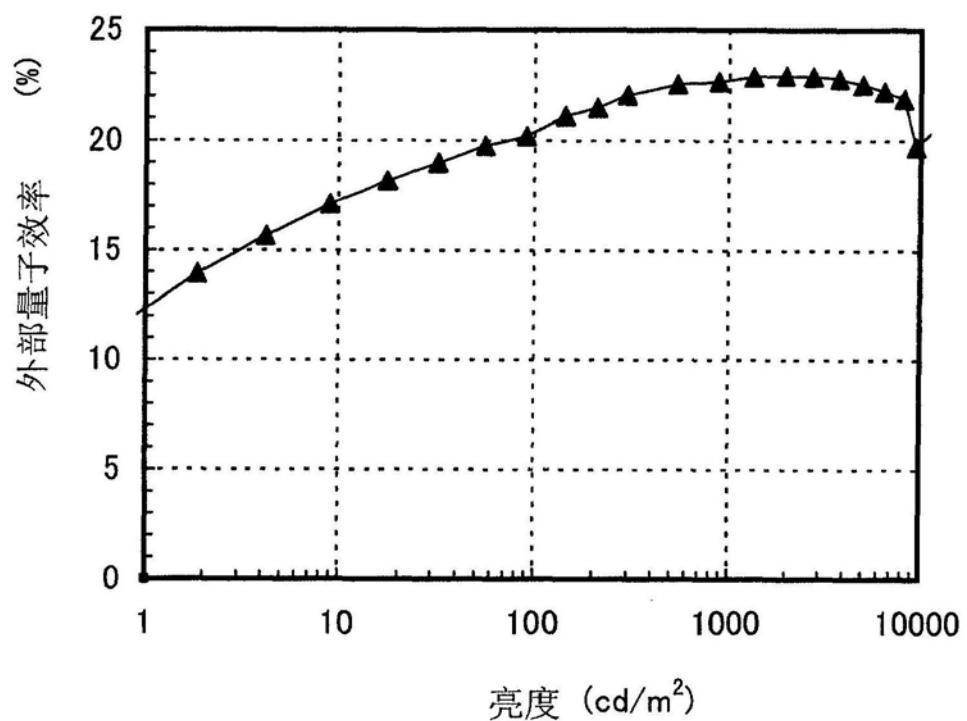


图26

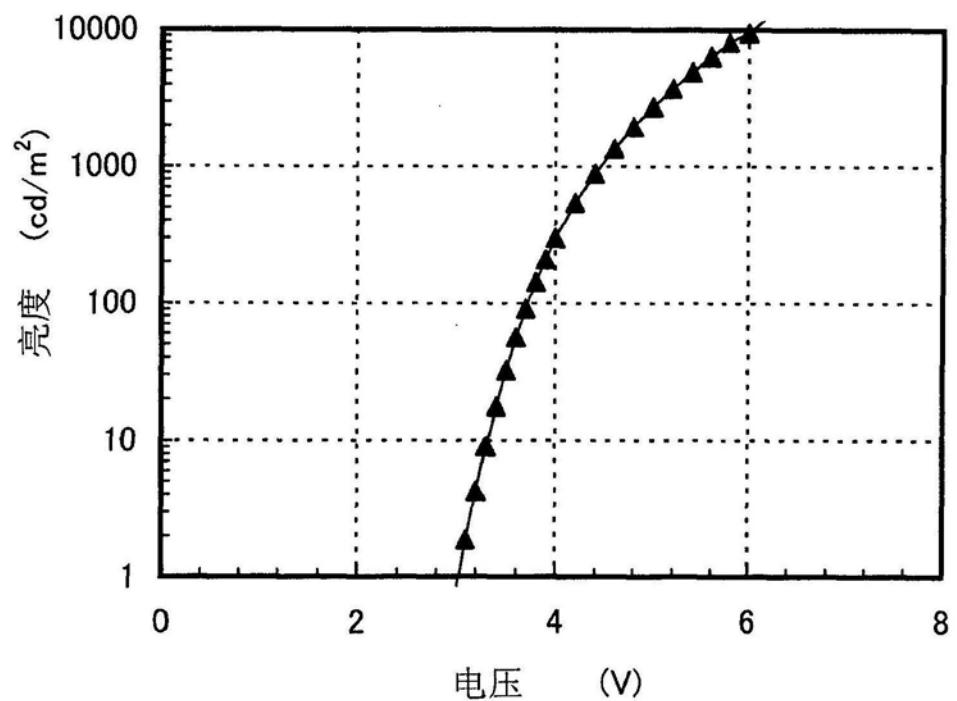


图27

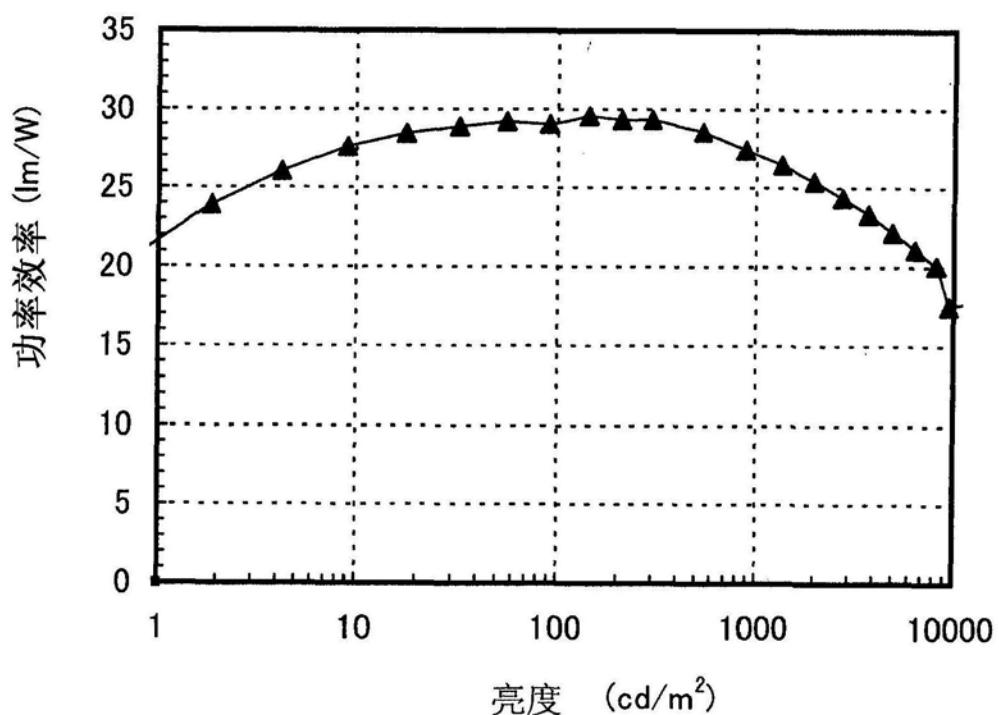


图28

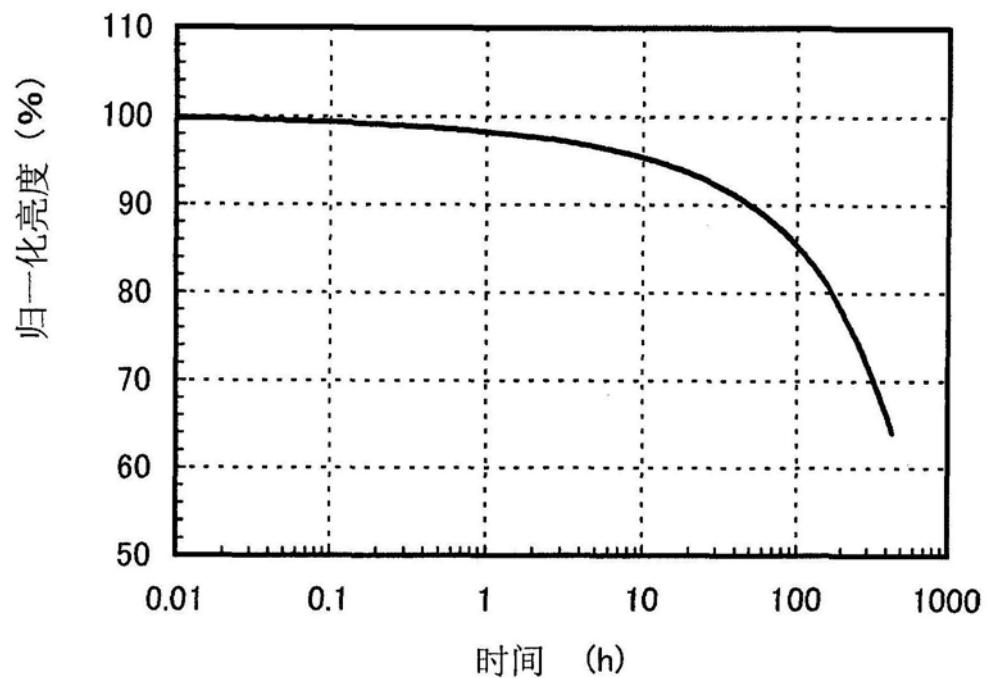


图29

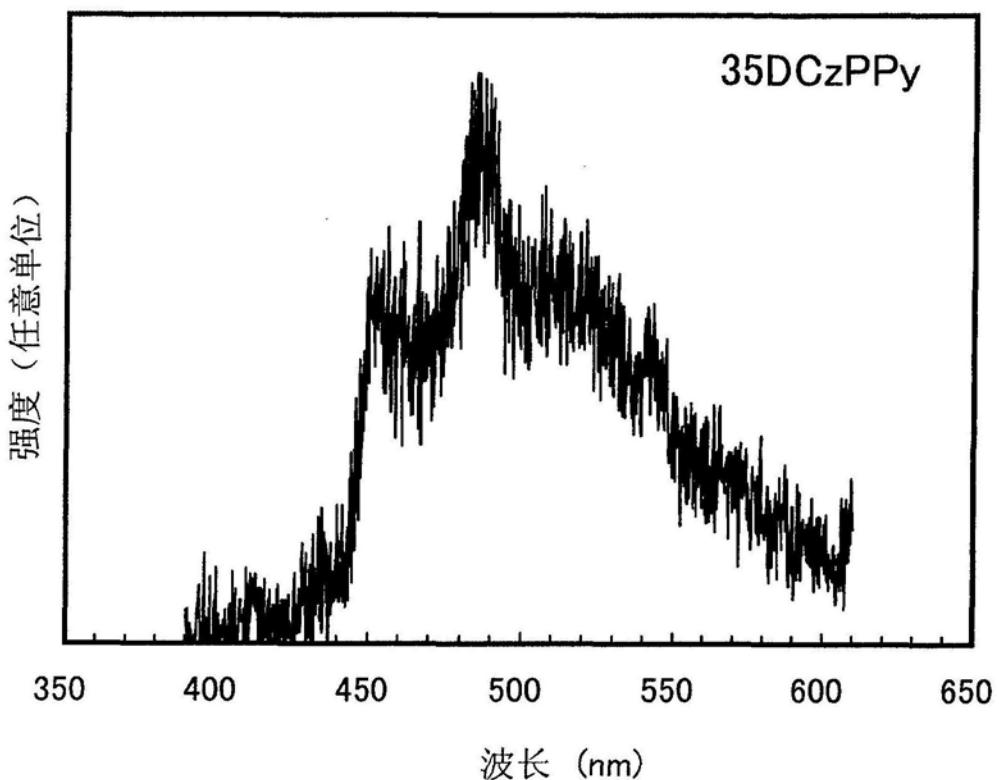


图30

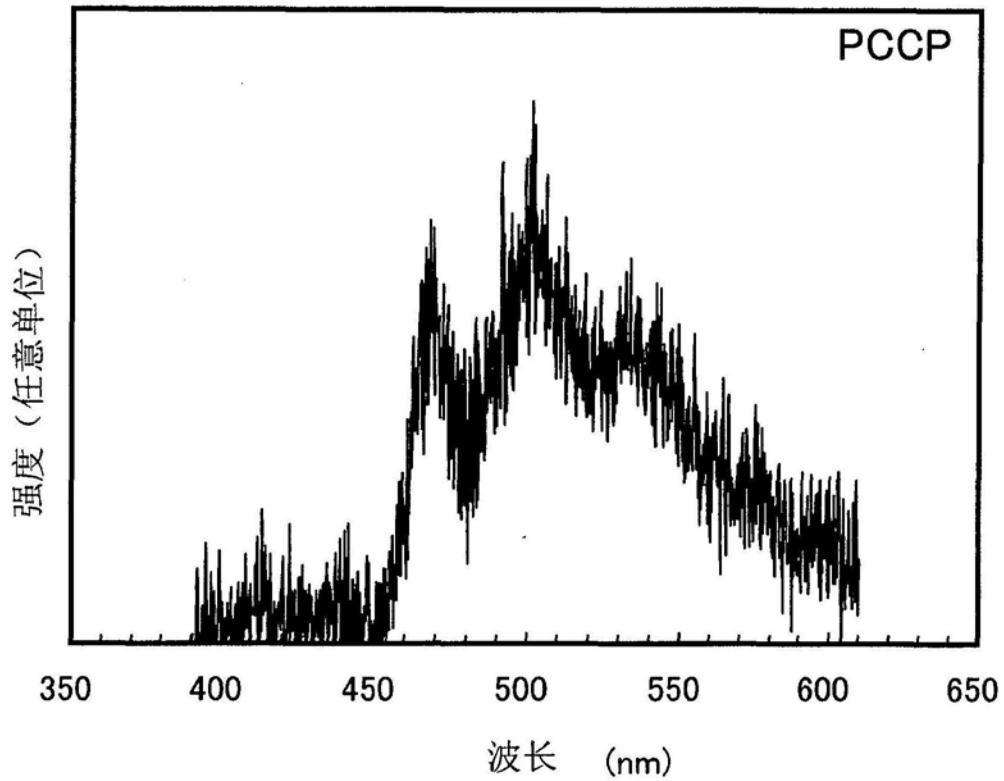


图31

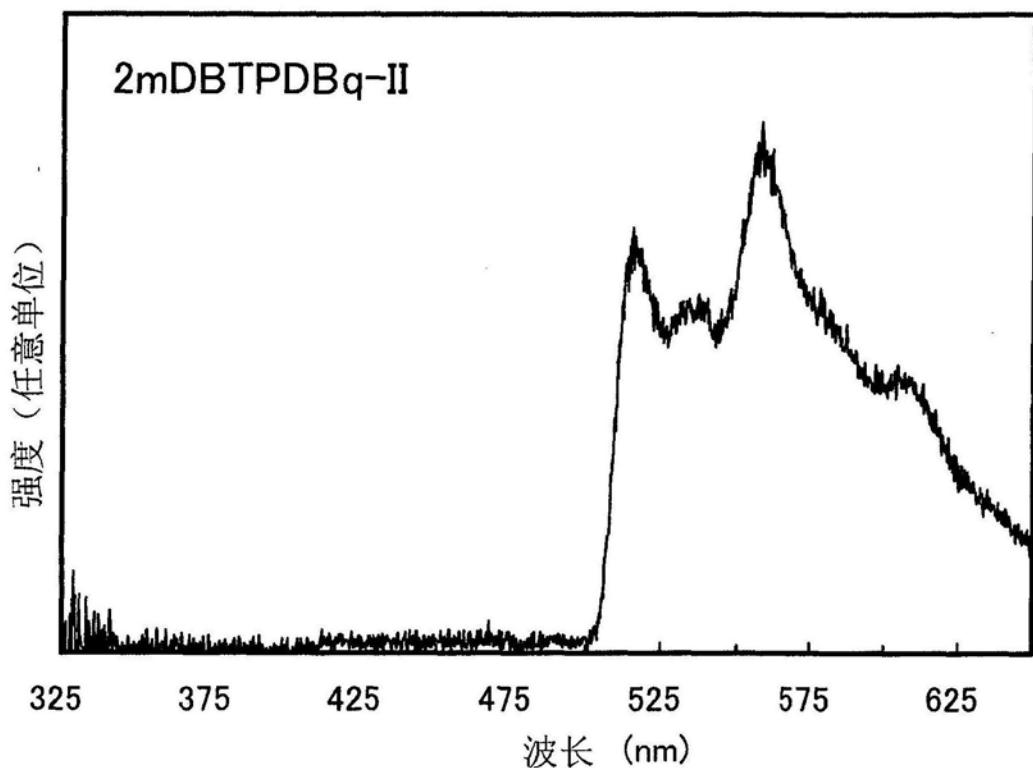


图32

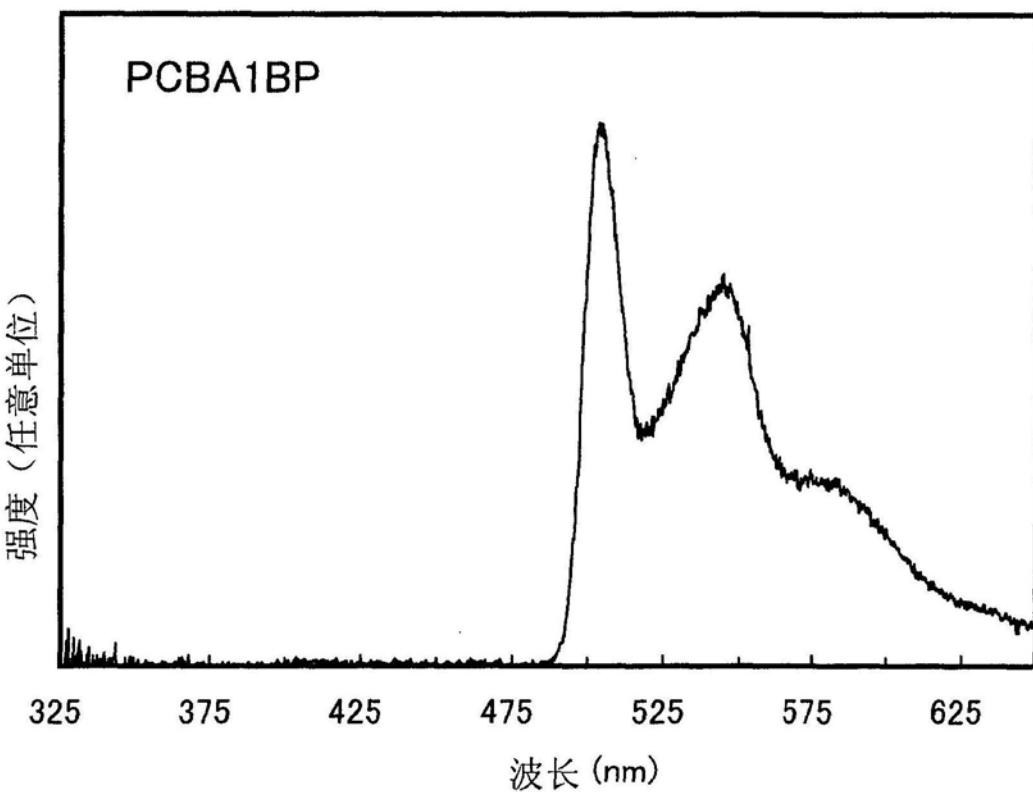


图33

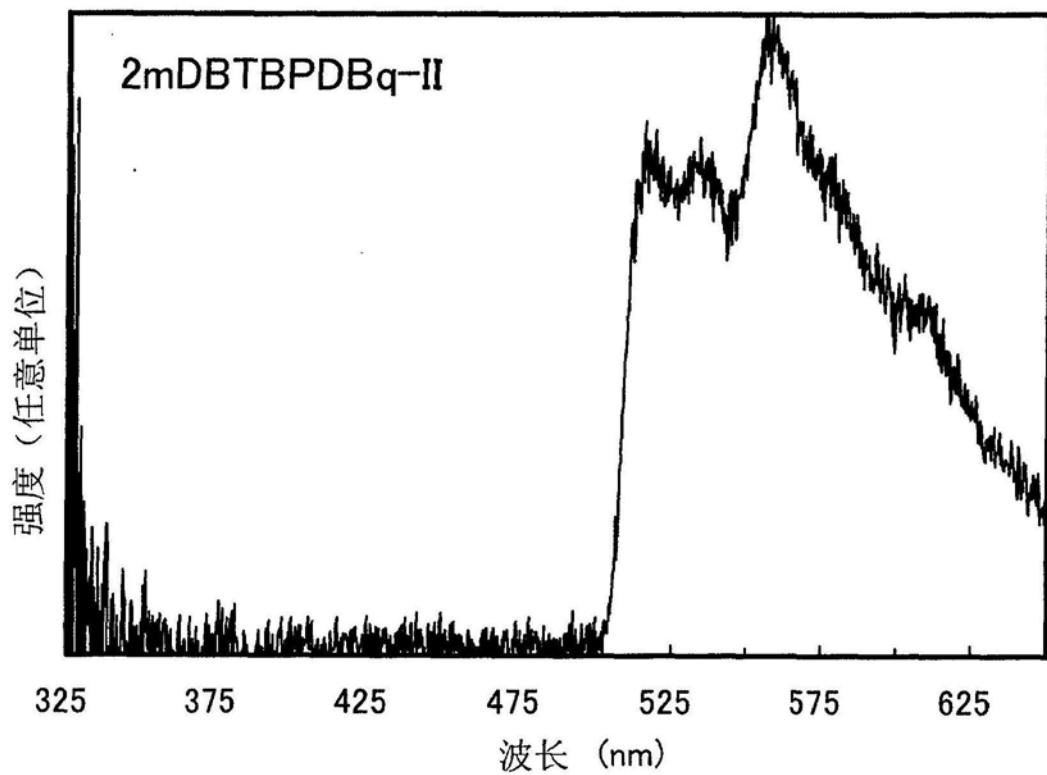


图34

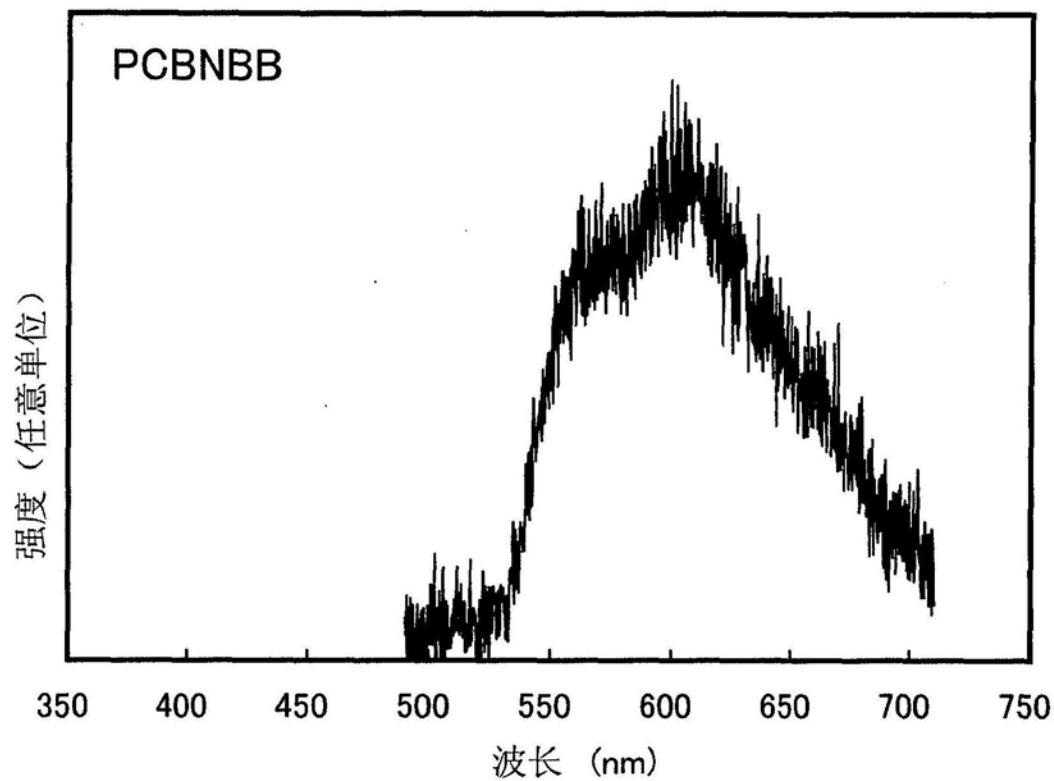


图35