



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105794321 B

(45)授权公告日 2018.05.22

(21)申请号 201480065816.0

(22)申请日 2014.11.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105794321 A

(43)申请公布日 2016.07.20

(30)优先权数据

2013-249486 2013.12.02 JP

2014-097803 2014.05.09 JP

2014-180913 2014.09.05 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.06.02

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/066182 2014.11.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/083025 EN 2015.06.11

(73)专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川

(72)发明人 大泽信晴 野中裕介 石曾根崇浩
濑尾哲史 川田琢也

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 何杨

(51)Int.Cl.

H05B 33/12(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 102757782 A, 2012.10.31,

CN 102757782 A, 2012.10.31,

US 2013/0240851 A1, 2013.09.19,

CN 103000820 A, 2013.03.27,

CN 103081155 A, 2013.05.01,

审查员 丁瑞平

权利要求书2页 说明书46页 附图23页

(54)发明名称

发光元件、显示模块、照明模块、发光装置、
显示装置、电子设备以及照明装置

(57)摘要

本发明的一个实施方式的目的是提供一种使用荧光及磷光且有利于实用化的多色发光元件。该发光元件具有包含主体材料和荧光物质的第一发光层、具有空穴传输性的物质及具有电子传输性的物质的分离层以及包含两种形成激基复合物的有机化合物和能够将三重态激发能转换为发光的物质的第二发光层的叠层结构。注意,从第一发光层发射的光在比第二发光层短波长一侧具有发射光谱峰的发光元件是更有效的。

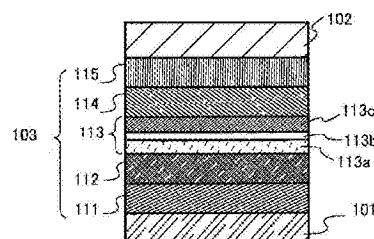


图1A

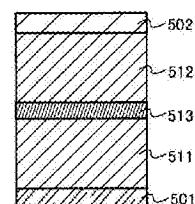


图1B

1. 一种发光元件,包括:
一对电极;以及
所述一对电极之间的EL层,
其中,所述EL层包括第一发光层、第二发光层以及设置在所述第一发光层和所述第二发光层之间的第一层,
所述第一层与所述第一发光层和所述第二发光层直接接触,
所述第一发光层的发射光谱存在于比所述第二发光层的发射光谱短波长一侧,
所述第一发光层包括荧光物质和主体材料,
所述第二发光层包括能够将三重态激发能转换为发光的物质、第一有机化合物及第二有机化合物,
并且,所述第一有机化合物和所述第二有机化合物形成第一激基复合物。
2. 根据权利要求1所述的发光元件,其中所述第一层包括具有空穴传输性的物质及具有电子传输性的物质。
3. 根据权利要求2所述的发光元件,其中所述具有空穴传输性的物质和所述具有电子传输性的物质形成第二激基复合物。
4. 根据权利要求1所述的发光元件,其中所述第一层的厚度大于0nm且为20nm以下。
5. 根据权利要求1所述的发光元件,其中所述第一层的厚度为1nm以上且10nm以下。
6. 根据权利要求2所述的发光元件,其中所述第一有机化合物是所述具有空穴传输性的物质且所述第二有机化合物是所述具有电子传输性的物质。
7. 根据权利要求1所述的发光元件,其中能量从所述第一激基复合物转移到所述能够将三重态激发能转换为发光的物质。
8. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述主体材料的单重态激发能级比所述荧光物质的单重态激发能级高,
并且所述主体材料的三重态激发能级比所述荧光物质的三重态激发能级低。
9. 根据权利要求2所述的发光元件,其中所述主体材料的三重态激发能级比所述具有空穴传输性的物质及所述具有电子传输性的物质的三重态激发能级低。
10. 根据权利要求1所述的发光元件,其中所述主体材料为具有稠合芳香环骨架的有机化合物。
11. 根据权利要求1所述的发光元件,其中所述主体材料为具有蒽骨架的有机化合物。
12. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述主体材料为具有蒽骨架的有机化合物,
并且所述荧光物质为具有芘骨架的有机化合物。
13. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述第二发光层包括n个层,
n为2以上的整数,
并且所述n个层包含具有不同的发射光谱并能够将三重态激发能转换为发光的n种物质。
14. 根据权利要求1所述的发光元件,
其中所述第二发光层包括第一磷光物质及第二磷光物质作为所述能够将三重态激发

能转换为发光的物质，

并且所述第一磷光物质及所述第二磷光物质具有不同的发射光谱。

15. 根据权利要求14所述的发光元件，

其中所述第一磷光物质发射红色区域的光，

所述第二磷光物质发射绿色区域的光，

并且所述荧光物质发射蓝色区域的光。

16. 根据权利要求15所述的发光元件，

其中所述第一磷光物质在580nm至680nm处有发射光谱峰，

所述第二磷光物质在500nm至560nm处具有发射光谱峰，

并且所述荧光物质在400nm至480nm处具有发射光谱峰。

17. 根据权利要求14所述的发光元件，

其中所述第二发光层包括第一磷光层及第二磷光层，

所述第一磷光层包括所述第一磷光物质，

并且所述第二磷光层包括所述第二磷光物质。

18. 根据权利要求17所述的发光元件，其中在所述第一磷光层中所述第一磷光物质呈现载流子俘获性。

19. 根据权利要求18所述的发光元件，其中所述载流子俘获性是电子俘获性。

20. 一种包括权利要求1所述的发光元件的显示模块。

21. 一种包括权利要求1所述的发光元件的照明模块。

22. 一种发光装置，包括：

权利要求1所述的发光元件；以及

用来控制所述发光元件的单元。

23. 一种显示装置，包括：

显示部中的权利要求1所述的发光元件；以及

用来控制所述发光元件的单元。

24. 一种照明装置，包括：

照明部中的权利要求1所述的发光元件；以及

用来控制所述发光元件的单元。

25. 一种包括权利要求1所述的发光元件的电子设备。

发光元件、显示模块、照明模块、发光装置、显示装置、电子设备以及照明装置

技术领域

[0001] 本发明的一个实施方式涉及一种包含有机化合物作为发光物质的发光元件、显示模块、照明模块、显示装置、发光装置、电子设备以及照明装置。

[0002] 注意,本发明的一个实施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。本发明的一个实施方式涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或者组合物(composition of matter)。更具体地,本说明书所公开的本发明的一个实施方式的技术领域的例子包括半导体装置、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、它们的驱动方法以及它们的制造方法。

背景技术

[0003] 近年来,对使用有机化合物并利用电致发光(EL:Electroluminescence)的发光元件(有机EL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有机化合物层(EL层)。通过对上述元件施加电压,可以获得来自发光物质的发光。

[0004] 这种发光元件是自发光型发光元件,因此具有如下优点:像素的可见度比液晶显示装置高以及不需要背光,且被认为适合于平板显示器元件。另外,包括这种发光元件的显示器可以被制造成薄且轻的显示器,这也是极大的优点,并具有非常快的应答速度。

[0005] 因为这种发光元件可以获得面发光。该特征在利用以白炽灯和LED为代表的点光源或者以荧光灯为代表的线光源中难以得到。因此,发光元件作为用于照明装置等的光源具有非常高的利用价值。

[0006] 在这种有机EL元件中,电子和空穴分别从阴极和阳极注入到EL层。被注入了的电子与空穴复合而使具有发光性的有机化合物激发,由此可以发光。

[0007] 有机化合物的激发态可以是单重激发态或三重激发态,来自单重激发态(S^*)的发光被称为荧光,而来自三重激发态(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率被认为是 $S^*:T^*=1:3$ 。

[0008] 在由单重激发态发光的化合物(以下称为荧光物质)中,在室温下通常仅观察到荧光,而观察不到磷光。因此,基于1:3的 $S^*:T^*$ 的关系,使用荧光物质的发光元件中的内量子效率(相对于所注入的载流子的所产生的光子的比率)的理论上的极限被认为是25%。

[0009] 另一方面,在从三重激发态发光的化合物(以下称为磷光化合物)中,可以在常温下观察到磷光。此外,在磷光化合物中,由于容易产生系间窜越(从单重激发态到三重激发态的激发能的转移),因此理论上能够使内量子效率上升到100%。换句话说,使用磷光物质的发光元件能够实现比使用荧光物质的发光元件高的发光效率。基于上述理由,为了得到高效率的发光元件,近年来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,该白色发光元件包括包含发射磷光的多种

发光掺杂剂的发光区域。专利文献2公开了一种元件(所谓的串联元件),在该元件中在荧光层与磷光层之间设置有中间层(电荷产生层)。

[0011] [参考文献]

[0012] [专利文献1]PCT国际申请日语译文第2004-522276号公报

[0013] [专利文献2]日本公开的专利申请第2006-120689号公报

[0014] 作为以白色发光元件为代表的多色发光元件,如专利文献2那样已开发了包括荧光层(发射短波长的光的层)、磷光层(发射长波长的光的层)以及荧光层和磷光层之间的中间层(电荷产生层)的元件,且部分地被实用化。该元件具有夹着中间层使两个发光元件串联的结构。

[0015] 在这种结构中,使用荧光作为使用寿命会有问题的短波长的光并且使用磷光作为长波长的光。虽然通过采用这种结构,发光效率比使用磷光作为短波长和长波长的发光的元件低,但是可以获得具有稳定的特性的多色发光元件。

[0016] 具有上述结构的多色发光元件具有高可靠性而适合实用化,另一方面,为了获得一个发光元件,该多色发光元件需要形成较多的膜,这阻碍发光元件的实用化。

[0017] 多色元件在磷光层和荧光层之间设置中间层有几个理由。其中之一就是为了防止荧光层所引起的磷光猝灭。

[0018] 通常,在荧光层中作为主体材料使用具有以蒽等为代表的稠合芳香环(尤其是,稠合芳烃环)骨架的物质。这是因为如下缘故:当使用具有稠合芳香环骨架的物质作为荧光层的主体材料时,可以稳定地获得特性良好的发光元件,但是通常有如下缺点:具有稠合芳香环骨架的物质的三重态能级低。由此,当接触地设置荧光层和磷光层时,在磷光层中产生的三重态激发能转移到荧光层的主体材料的三重态能级而使三重态激发能失活。由于三重态激子的使用寿命长,所以激子的扩散距离长,不仅是在荧光层与磷光层之间的界面产生的激发能,在磷光层的内部生成的激发能也因荧光层的主体材料失活。因此,发光效率大幅度地下降。

[0019] 对荧光层使用三重态激发能大的主体材料来解决上述问题。但是,此时主体材料的单重激发能比主体材料的三重态激发能高,所以主体材料的单重激发态与荧光掺杂剂的单重激发态之间的能量差太大了,所以从主体材料到荧光掺杂剂的能量转移不够。由此,在荧光层中,发光效率不足够。其结果是,有时主体材料的无辐射衰变过程增大而降低元件的特性(尤其是使用寿命)。当主体材料的单重态激发能较高时,该主体材料的HOMO-LUMO能隙也必须大。这导致驱动电压的上升。

发明内容

[0020] 于是,本发明的一个实施方式的一个目的是提供一种新颖发光元件。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种使用荧光及磷光且有利于实用化的多色发光元件。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种使用荧光及磷光的多色发光元件,因形成该发光元件时的层的数量少而制造工序少并且有利于实用化。

[0021] 本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种使用荧光及磷光且具有高发光效率的多色发光元件。

[0022] 本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种使用荧光及磷光的多色发光元件,

形成该多色发光元件时的层的数量比较少,有利于实用化并且具有高发光效率。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种新颖发光元件。

[0023] 本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种通过使用上述发光元件而以低成本制造的显示模块、照明模块、发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。

[0024] 本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种通过使用上述发光元件而耗电量被降低的显示模块、照明模块、发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。

[0025] 本发明只要实现上述目的中的至少一个即可。

[0026] 能够实现上述目的的发光元件具备叠层结构,该叠层结构包括包含主体材料和荧光物质的第一发光层、分离层以及包含形成激基复合物的两种有机化合物和能够将三重态激发能转换为发光的物质的第二发光层。注意,第一发光层比第二发光层在更短波长一侧具有发射光谱峰的发光元件更有效地实现上述目的。

[0027] 本发明的一个实施方式是一种包括一对电极以及位于一对电极之间的EL层的发光元件。EL层至少包括第一发光层、第二发光层以及位于第一及第二发光元件之间的分离层。第一发光层的发射光谱存在于比第二发光层的发射光谱更短波长一侧。第一发光层至少包含荧光物质和主体材料。第二发光层至少包含能够将三重态激发能转换为发光的物质、第一有机化合物及第二有机化合物。第一有机化合物和第二有机化合物形成激基复合物。

[0028] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中分离层包含具有空穴传输性的物质及具有电子传输性的物质。

[0029] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中具有空穴传输性的物质和具有电子传输性的物质形成第二激基复合物。

[0030] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中分离层的厚度大于0nm且为20nm以下。

[0031] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中分离层的厚度为1nm以上且10nm以下。

[0032] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中具有空穴传输性的物质和具有电子传输性的物质的组合与第一有机化合物和第二有机化合物的组合相同。

[0033] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中能量从第一激基复合物转移到能够将三重态激发能转换为发光的物质。

[0034] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中主体材料的单重态激发能级大于荧光物质的单重态激发能级,并且,主体材料的三重态激发能级小于荧光物质的三重态激发能级。

[0035] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中主体材料的三重态激发能级小于具有空穴传输性的物质的三重态激发能级及具有电子传输性的物质的三重态激发能级。

[0036] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中主体材料是具有稠合芳香环骨架的有机化合物。

[0037] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中主体材料是具有蒽骨架的有机化合物。

[0038] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中主体材料是具有蒽骨架的有机化合物,并且荧光物质是具有芘骨架的有机化合物。

[0039] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中第二发光层包含 n (n 为2以上的整数)个层,并且 n 个层包含具有不同的发射光谱并能够将三重态激发能转换为发光的 n 种物质。

[0040] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中第二发光层包含发射光谱互相不同的第一磷光物质及第二磷光物质作为能够将三重态激发能转换为发光的物质。

[0041] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中第一磷光物质在红色区域发光,第二磷光物质在绿色区域发光,并且,荧光物质在蓝色区域发光。

[0042] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中第一磷光物质在580nm至680nm处具有发射光谱峰,第二磷光物质在500nm至560nm处具有发射光谱峰,并且,荧光物质在400nm至480nm处具有发射光谱峰。

[0043] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中第二发光层包括第一磷光层和第二磷光层,第一磷光层包含第一磷光物质,并且,第二磷光层包含第二磷光物质。

[0044] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中第一磷光物质在第一磷光层内呈现载流子俘获性。

[0045] 本发明的另一个实施方式是一种具有上述结构的发光元件,其中载流子俘获性为电子俘获性。

[0046] 本发明的另一个实施方式是一种包括上述发光元件中的任一个的显示模块。

[0047] 本发明的另一个实施方式是一种包括上述发光元件中的任一个的照明模块。

[0048] 本发明的另一个实施方式是一种包括上述发光元件中的任一个及用来控制发光元件的单元的发光装置。

[0049] 本发明的另一个实施方式是一种包括显示部中的上述发光元件中的任一个及用来控制发光元件的单元的显示装置。

[0050] 本发明的另一个实施方式是一种包括照明部中的上述发光元件中的任一个及用来控制发光元件的单元的照明装置。

[0051] 本发明的另一个实施方式是一种包括上述发光元件中的任一个的电子设备。

[0052] 另外,本说明书中的发光装置在其范畴中包括使用发光元件的图像显示装置。此外,本说明书中的发光装置的范畴包括如下模块:发光元件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:玻璃上芯片) 方式在发光元件上直接安装有IC (集成电路) 的模块。再者,该范畴还包括用于照明设备等的发光装置。

[0053] 在本发明的一个实施方式中,可以提供一种新颖发光元件。

[0054] 本发明的一个实施方式可以提供一种使用荧光及磷光的多色发光元件,形成该多色发光元件时的层的数量比较少并且有利于实用化。

[0055] 本发明的另一个实施方式可以提供一种使用荧光及磷光的多色发光元件,该多色发光元件具有高发光效率。

[0056] 本发明的另一个实施方式可以提供一种使用荧光及磷光的多色发光元件,形成该多色发光元件时的层的数量比较少,有利于实用化并且具有高发光效率。

[0057] 本发明的另一个实施方式可以提供一种通过使用上述发光元件中的任一个而以低成本制造的显示模块、照明模块、发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。

[0058] 本发明的另一个实施方式可以提供一种通过使用上述发光元件中的任一个而耗电量被降低的显示模块、照明模块、发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个实施方式并不需要实现所有上述效果。其他效果是从说明书、附图、权利要求书等的记载中显然的,并且可以从说明书、附图、权利要求书等的记载中被得出。

附图说明

- [0059] 图1A和1B是发光元件的示意图;
- [0060] 图2A和2B是有源矩阵型发光装置的示意图;
- [0061] 图3A和3B是有源矩阵型发光装置的示意图;
- [0062] 图4是有源矩阵型发光装置的示意图;
- [0063] 图5A和5B是无源矩阵型发光装置的示意图;
- [0064] 图6A和6B是示出照明装置的图;
- [0065] 图7A至7D是示出电子设备的图;
- [0066] 图8是示出光源装置的图;
- [0067] 图9是示出照明装置的图;
- [0068] 图10是示出照明装置的图;
- [0069] 图11是示出车载显示装置及照明装置的图;
- [0070] 图12A至12C是示出电子设备的图;
- [0071] 图13是示出发光元件1至4的电流密度-亮度特性的图;
- [0072] 图14是示出发光元件1至4的亮度-电流效率特性的图;
- [0073] 图15是示出发光元件1至4的电压-亮度特性的图;
- [0074] 图16是示出发光元件1至4的亮度-外量子效率特性的图;
- [0075] 图17示出发光元件1至4的发射光谱;
- [0076] 图18是示出发光元件5的电流密度-亮度特性的图;
- [0077] 图19是示出发光元件5的亮度-电流效率特性的图;
- [0078] 图20是示出发光元件5的电压-亮度特性的图;
- [0079] 图21是示出发光元件5的亮度-外量子效率特性的图;
- [0080] 图22是发光元件5的发射光谱;
- [0081] 图23是发光元件5的亮度-CIE色度特性的图;
- [0082] 图24是示出发光元件6及7的电流密度-亮度特性的图;
- [0083] 图25是示出发光元件6及7的亮度-电流效率特性的图;
- [0084] 图26是示出发光元件6及7的电压-亮度特性的图;
- [0085] 图27是示出发光元件6及7的亮度-外量子效率特性的图;
- [0086] 图28是发光元件6及7的发射光谱;

- [0087] 图29是发光元件8的发射光谱；
- [0088] 图30是示出发光元件9的电流密度-亮度特性的图；
- [0089] 图31是示出发光元件9的亮度-电流效率特性的图；
- [0090] 图32是示出发光元件9的电压-亮度特性的图；
- [0091] 图33是示出发光元件9的亮度-外量子效率特性的图；
- [0092] 图34是发光元件9的发射光谱；
- [0093] 图35是示出实施例5的照明装置的亮度-功率效率特性的图。

具体实施方式

[0094] 以下,将参照附图说明本发明的实施方式。注意,本发明不局限于以下说明,而所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实就是其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换及修改。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。

[0095] 图1A是本发明的一个实施方式的发光元件的示意图。该发光元件至少包括一对电极(第一电极101、第二电极102)以及包括发光层113的EL层103。发光层113具有依次层叠有第一发光层113a、分离层113b和第二发光层113c而互相接触的叠层结构。

[0096] 在图1A中,虽然还图示出EL层103中的空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114以及电子注入层115,但是该叠层结构为一个例子,本发明的一个实施方式的发光元件的EL层103的结构不局限于此。注意,在图1A中,第一电极101用作阳极,第二电极102用作阴极。

[0097] 第一发光层113a包含荧光物质和主体材料。另外,第二发光层113c包含第一有机化合物、第二有机化合物及磷光化合物。另外,在具有该结构的发光层中,第一有机化合物和第二有机化合物的组合优选形成第一激基复合物。

[0098] 通过具有上述结构,可以使来源于荧光物质的光能够高效地从第一发光层113a发射以及使来源于磷光物质的光能够高效地从第二发光层113c发射。注意,在该发光元件中,即使在第一发光层113a与第二发光层113c之间不设置有电荷产生层(例如,即使发光元件不是串联元件),也可以高效率地获得荧光和磷光。

[0099] 一般来说,当荧光层和磷光层不被电荷产生层分离地包括在同一EL层中以发光时,发光效率大幅度地降低。这是因为如下缘故:通常,因使用具有以蒽等为代表的稠合芳香环(尤其是稠合芳烃环)骨架的物质作为主体材料而荧光层的主体材料的三重态激发能较低,并且,产生在磷光层中的三重态激发能转移到荧光层而导致无辐射衰变。现在,在荧光层中,难以不使用具有稠合芳香环骨架的物质而得到所希望的发光波长、良好的元件特性及高可靠性,所以难以获得具有荧光层与磷光层被包括在同一个EL层中的结构的发光元件的良好特性。

[0100] 另外,三重激发态的弛豫时间很长,激子的扩散距离长,由于扩散而使在磷光层中生成的激子的大部分也转移到荧光层中,而导致激子的无辐射衰变的发生。这使问题更严重。

[0101] 现在,难以使用不具有稠合芳香环骨架的材料得到所希望的发光波长、良好的元件特性或高可靠性。因此难以获得相邻地形成有荧光层和磷光层的发光元件的良好特性。

[0102] 在本实施方式的发光元件中,通过采用如下结构可以解决上述问题:第二发光层113c中的第一有机化合物及第二有机化合物形成激基复合物,三重态激发能从该激基复合物转移到磷光物质中而可以得到发光。

[0103] 激基复合物处于由两种物质构成的激发态(本发明的一个实施方式中的第一有机化合物及第二有机化合物)。在激基复合物释放能量时,形成了激基复合物的两种物质被用作原来的两种不同物质。就是说,激基复合物自身不具有基态,并且原则上不容易发生激基复合物之间的能量转移或者从其他物质向激基复合物的能量转移。

[0104] 对于在发光元件中生成激基复合物来说时,通过使第一有机化合物和第二有机化合物中的任一个作为阳离子与第一有机化合物和第二有机化合物中的另一个作为阴离子而彼此相邻,直接形成激基复合物的过程(电致激基复合物(electroplex)过程)可认为是占优势的。此外,即使第一有机化合物和第二有机化合物中的一个处于激发态,也迅速地与所述第一有机化合物和第二有机化合物中的另一个相互作用来形成激基复合物,因此第二发光层113c中的大部分激子以激基复合物存在。激基复合物的能隙比第一有机化合物及第二有机化合物小。进而,当以激基复合物的三重态激发能比第一有机化合物及第二有机化合物中的至少一个(优选的是双方)的三重态激发能低的方式选择第一有机化合物及第二有机化合物时,几乎不会产生从激基复合物向第一有机化合物及第二有机化合物的能量转移。另外,如上所述,也几乎不会产生激基复合物之间的能量转移。其结果是,来自激基复合物的激发能转移到磷光物质而转换为发光。因此,在第二发光层113c中几乎不会发生激子的扩散。由此,可以解决上述问题。

[0105] 在此,在作为荧光层的第一发光层113a与作为磷光层的第二发光层113c接触时,在其界面有可能稍微产生从激基复合物或磷光掺杂剂向第一发光层113a的主体材料的能量转移(尤其是,三重态-三重态的能量转移)。如上所述,激基复合物中的激子不容易扩散且容易转移到磷光掺杂剂,所以激子的影响比较小。但是当在该界面中存在与第一发光层113a的主体材料接触的磷光掺杂剂时,主体材料由于德克斯特(Dexter)机理所引起的能量转移而使该磷光掺杂剂的发光大幅度地猝灭。于是,通过在第一发光层113a与第二发光层113c之间形成分离层113b,可以抑制在第一发光层113a与第二发光层113c之间的界面中的能量转移,并可以以更好的特性发射磷光及荧光。

[0106] 在本发明的一个实施方式中,当使第一发光层113a具有因三重态-三重态湮灭(annihilation)(T-T湮灭:TTA)而容易生成单重激发态的结构时,可以在第一发光层113a中将产生在第一发光层113a中的三重态激发能转换为荧光。由此,本发明的一个实施方式的发光元件可以减少能量损失。为了使发光层113a具有因TTA而容易生成单重激发态的结构,优选以主体材料的单重态激发能级大于荧光物质的单重态激发能级且主体材料的三重态激发能级小于荧光物质的三重态激发能级的方式选择第一发光层113a中的主体材料和荧光物质。作为满足上述关系的主体材料和荧光物质的组合,优选组合作为主体材料具有蒽骨架的材料与作为荧光物质具有芘骨架的材料等。

[0107] 注意,当第一发光层113a太厚时,不容易得到来自第二发光层113c的发光。当第一发光层113a太薄时,不容易得到来自第一发光层113a的发光。因此,第一发光层113a的厚度优选为5nm以上且20nm以下。

[0108] 此外,在第一发光层113a形成在阳极一侧的情况下,第一发光层113a优选具有空

穴传输性。此时,优选使用具有高空穴传输性的双极性的材料。作为该材料,优选使用具有蒽骨架的材料。再者,在荧光物质的空穴俘获性高(例如后述的稠合芳族胺化合物)的情况下,为了均衡地且高效率地得到磷光及荧光,荧光物质的浓度优选为5%以下,更优选为1%以上且4%以下,进一步优选为1%以上且3%以下。注意,在荧光物质的HOMO能级高于主体材料的HOMO能级的情况下该荧光物质显示出空穴俘获性。

[0109] 虽然只要能够形成激基复合物就对第二发光层113c中的第一有机化合物和第二有机化合物的组合没有限制,但是一个有机化合物优选为具有空穴传输性的材料,另一个有机化合物优选为具有电子传输性的材料。此时,容易形成供体-受体型的激发态,由此可以高效率地形成激基复合物。另外,第一有机化合物和第二有机化合物的组合是具有空穴传输性的物质和具有电子传输性的物质的组合时,通过调整混合比率可以容易地控制载流子平衡。具体地,具有空穴传输性的物质与具有电子传输性的物质的重量比优选为1:9至9:1。由于可以容易地控制具有该结构的发光元件中的载流子平衡,所以也可以容易调整复合区域。再者,本发明的一个实施方式的发光元件的特征之一是,如上所述地通过控制载流子平衡可以调整发光颜色。

[0110] 在第二发光层113c中磷光物质的最低能量一侧的吸收带与第一激基复合物的发射光谱重叠,从而可以使从第一激基复合物向磷光物质的能量转移最优化,且发光元件可以具有更良好的发光效率。当磷光物质的最低能量一侧的吸收带的峰值波长和激基复合物的发射光谱的峰值波长的能量换算值之间的差优选为0.2eV以下时,吸收带和发射光谱的重叠很大。注意,磷光物质的最低能量一侧的吸收带优选为三重态的吸收带,并且在使用热活化延迟荧光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料代替磷光物质的情况下,最低能量一侧的吸收带优选为单重态的吸收带。

[0111] 在本发明的一个实施方式的发光元件中包含在第二发光层113c中的发光物质优选为能够将三重态激发能转换为发光的物质。在本说明书中,可以将“磷光物质”换称为“TADF材料”,并将“磷光层”换称为“TADF发光层”。TADF材料是指能够由于微小的热能量使三重激发态上转换到单重激发态(能够进行逆系间窜越),并高效率地呈现来自单重激发态的发光(荧光)的物质。另外,可以高效率地获得TADF的条件为如下:三重激发能级和单重激发能级之间的能量差为0eV以上且0.2eV以下,优选为0eV以上且0.1eV以下。磷光物质和TADF材料都是能够将三重态激发能转换为发光的物质。

[0112] 在本实施方式的发光元件中,载流子的复合区域优选不形成在局部而在某种程度上被分布。为此,优选各发光层具有适度的载流子俘获性。在第一发光层113a形成在阳极一侧且第二发光层113c形成在阴极一侧的结构中,第一发光层113a的荧光物质优选具有空穴俘获性,而第二发光层113c的磷光物质优选具有电子俘获性。在第一发光层113a形成在阴极一侧且第二发光层113c形成在阳极一侧的结构中,第一发光层113a的荧光物质优选具有电子俘获性,而第二发光层113c的磷光物质优选具有空穴俘获性。作为电子俘获性高的物质,可以举出具有包含嘧啶骨架、吡嗪骨架等二嗪骨架的配体的过渡金属复合物(铱复合物及铂复合物等)。注意,在磷光物质的LUMO能级低于第一有机化合物及第二有机化合物的LUMO能级的情况下,该磷光物质显示出电子俘获性。

[0113] 分离层113b也可以使用单个物质形成,但是分离层113b优选包含具有空穴传输性的物质及具有电子传输性的物质。这些物质更优选形成激基复合物。通过改变相对于具有

电子传输性的物质的具有空穴传输性的物质的混合比例,可以容易控制载流子平衡,从而如第二发光层113c的情况那样可以进行发光颜色的调整。

[0114] 构成分离层113b的材料的单重态激发能及三重态激发能优选与第一发光层113a的主体材料相等或高于第一发光层113a的主体材料。此外,当在分离层113b中形成第二激基复合物时,如上所述,因为不容易产生向激基复合物的能量转移,所以也可以第二激基复合物的单重态激发能及三重态激发能低于主体材料。

[0115] 构成分离层113b的材料的单重态激发能及三重态激发能不受到第二发光层113c的第一激基复合物的单重态激发能及三重态激发能的限制。就是说,构成分离层113b的材料的单重态激发能及三重态激发能也可以高于或低于第二发光层113c的第一激基复合物的单重态激发能及三重态激发能。在一般结构中,当分离层的激发能低于第二发光层113c的激发能时,第二发光层113c的发光显著减少,但是在本发明的一个实施方式的结构中,第二发光层113c的激子大部分以激基复合物的形态存在,由此激子不容易扩散而能量损失少。

[0116] 在分离层113b包含具有空穴传输性的物质及具有电子传输性的物质的情况下,这些物质的组合优选与构成第二发光层113c的第一有机化合物和第二有机化合物的组合相同,此时可以抑制驱动电压的上升。换句话说,优选的是,第一有机化合物和第二有机化合物中的一个分离层113b中的具有空穴传输性的物质,且第一有机化合物和第二有机化合物中的另一个是分离层113b中的具有电子传输性的物质。就是说,在分离层113b中形成的第二激基复合物优选与在第二发光层113c中形成的第一激基复合物相同。

[0117] 注意,在本发光元件中,来自第一发光层113a的发光比来自第二发光层113c的发光在更短波长一侧具有发射峰。使用呈现短波长的发光的磷光物质的元件的发光亮度有劣化快的趋势。于是,使用以短波长发光的荧光物质,从而可以提供亮度劣化小的发光元件。在这种发光元件中,在为荧光层的第一发光层113a与为磷光层的第二发光层113c之间只设置几nm厚的分离层113b。由此,这种发光元件中的形成EL层的层的数量及厚度小于串联元件,因此本发明的一个实施方式的发光元件有成本效益,适合批量生产。此外,由于如上所述用来形成EL层的层的数量少,所以可以减薄EL层的厚度,该发光元件在光学上是有利的(即,光提取效率高)。再者,可以实现低驱动电压且以5V以下驱动电压高效率地获得荧光和磷光的发光元件。

[0118] 此外,虽然荧光层与磷光层相邻,但是由于如上述那样在磷光层中使用激基复合物而不容易发生三重态激发能的失活,从而容易同时实现磷光和荧光。

[0119] 在本实施方式的发光元件中,从第一发光层113a和第二发光层113c得到具有不同的发光波长的光,以使发光元件可以成为多色发光元件。由此,发光元件可以使用从多个发光物质发射的光的组合提供各种发光颜色。

[0120] 另外,这种发光元件适合于获得白色发光。通过使第一发光层113a和第二发光层113c发射互补色的光,可以获得白色发光。另外,通过将发光波长不同的多个发光物质用于发光层中的一个或双方,可以得到由三原色或四种以上的颜色构成的演色性高的白色发光。在此情况下,也可以将各个发光层划分为层并使该被划分的层的每一个含有不同的发光物质。这种白色发光元件利用磷光,具有高发光效率,并且因为白色发光元件与串联型发光元件相比膜的数量少且层厚度薄,可以廉价制造。另外,该白色发光元件由于层厚度薄而

提高光提取效率。

[0121] 接着,以下参照图1A说明如上所说明的发光元件的详细结构的例子。

[0122] 本实施方式的发光元件在一对电极之间具有包括多个层的EL层。在本实施方式中,发光元件包括第一电极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。注意,在本实施方式中,第一电极101被用作阳极且第二电极102被用作阴极。该叠层顺序也可以相反。就是说,第一发光层113a也可以形成在阴极一侧,而第二发光层113c也可以形成在阳极一侧。

[0123] 由于第一电极101用作阳极,所以第一电极101优选使用功函数大(具体为4.0eV以上的功函数)的金属、合金、导电化合物、以及它们的混合物等的任一种形成。具体地,例如可以举出氧化铟-氧化锡(ITO:Indium Tin Oxide,铟锡氧化物)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)。虽然通常通过溅射法形成这些导电金属氧化物的膜,但是也可以应用溶胶-凝胶法等来形成。例如,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沉积氧化铟-氧化锌的方法。可以使用相对于氧化铟分别添加有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)的膜。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。

[0124] 只要发光层113具有上述结构,则EL层103的叠层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、中间层等来构成EL层103。在本实施方式中,EL层103具有如下结构: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。

[0125] 空穴注入层111是包含具有空穴注入性的物质的层。可以使用钼氧化物、钒氧化物、钨氧化物、钨氧化物、钨氧化物、钨氧化物等。另外,也可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称:H₂Pc)、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;或者高分子化合物如聚(3,4-乙烯二氧基噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)等来形成空穴注入层111。

[0126] 另外,作为空穴注入层111,可以使用在具有空穴传输性的物质中含有受体性物质的复合材料。注意,通过使用在具有空穴传输性的物质中含有受体性物质的复合材料,可以选择形成电极的材料而不考虑电极的功函数。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。作为受体性物质,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、氧化镱,因为其电子接受性高。这些之中,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。

[0127] 作为用于复合材料的具有空穴传输性的物质,可以使用各种有机化合物如芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物(例如低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)等。用于

复合材料的有机化合物优选是具有空穴传输性的物质。具体地,优选使用空穴迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。以下,具体地列举可以用作复合材料中的具有空穴传输性的物质的有机化合物。

[0128] 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-对苯二胺(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)以及1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)。

[0129] 作为可以用于复合材料的咪唑衍生物,可以具体地举出3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA2)以及3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)。

[0130] 另外,作为可以用于复合材料的咪唑衍生物,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)以及1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯。

[0131] 另外,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: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'-联蒽以及蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯。其他例子为并五苯及晕苯。特别优选使用具有 $1 \times 10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的碳原子数为14至42的芳烃。

[0132] 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)以及9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)。

[0133] 另外,其他例子为聚(N-乙烯基咪唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTTPA)、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。

[0134] 通过形成空穴注入层,实现高空穴注入性,从而可以以低电压驱动发光元件。

[0135] 空穴传输层112是包含具有空穴传输性的物质的层。作为具有空穴传输性的物质,例如可以使用芳香胺化合物,诸如4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、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'-联苐-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)以及4-苯基-4'-(9-苯基苐-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)。在此列举的物质具有高空穴传输性,主要是空穴迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。另外,也可以将作为上述复合材料中的具有空穴传

输性的物质所举出的有机化合物用于空穴传输层112。另外,也可以使用诸如聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)及聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)等高分子化合物。另外,包含具有空穴传输性的物质的层不限于单层,也可以为两层以上的包含上述物质的层的叠层。

[0136] 在本发明的一个实施方式的发光元件中的第一发光层113a设置在阳极侧的情况下,用于空穴传输层112的物质的HOMO能级优选与第一发光层113a中的主体材料的HOMO能级接近(能量差为0.2eV以下)。由此可以防止过多空穴被陷阱态俘获并使空穴能够流入分离层113b及第二发光层113c。因此,可以容易以高效率、均衡地得到荧光及磷光。

[0137] 发光层113具有如上所说明的结构。即,在第一电极上依次层叠有第一发光层113a、分离层113b及第二发光层113c。第一发光层113a包含主体材料和荧光物质,第二发光层113c包含第一有机化合物、第二有机化合物以及能够将三重激发能量转换为发光的物质(磷光化合物或TADF材料)。

[0138] 在第一发光层113a中,作为可以用作荧光物质的材料,例如可以举出如下物质。另外,还可以使用如下物质以外的荧光材料。

[0139] 作为该荧光物质,可以举出5,6-双[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒎基)联苯-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPy)、N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-芘-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-芘-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒎基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒎基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四-叔-丁基二萘嵌苯(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒎基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔-丁基蒎-9,10-二基-2-4,1-苯撑基)双[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](简称:DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒎基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒎基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N'',N''',N''''-八苯基二苯并[g,p]□(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒎基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒎基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒎-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒎-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖啶酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)萘并[1,2-a]荧蒎-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:DCJTI)、2-{2-叔-丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[i,j]喹啉-9-基)乙烯基]-

4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:DCJTB)、2-(2,6-双{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(简称:BisDCM)以及2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(简称:BisDCJTM)。由于具有高空穴俘获性、高发光效率及高可靠性,因此以1,6FLPAPrn及1,6mMemFLPAPrn等茈二胺化合物为代表的稠合芳族二胺化合物是尤其优选的。

[0140] 在第一发光层113a中,作为可以用作主体材料的物质,例如可以举出如下物质。

[0141] 可以举出蒽化合物诸如9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃(简称:2mBnfPPA)以及9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)联苯-4'-基}蒽(简称:FLPPA)。在将具有蒽骨架的物质用作主体材料时,可以实现具有高发光效率及耐久性的发光层。由于呈现非常良好的特性,因此CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPA是尤其优选的。

[0142] 在第二发光层113c中,作为能够将三重态激发能转换为发光的物质,有磷光物质及TADF材料,磷光物质及TADF材料例如可以举出如下物质。

[0143] 作为磷光物质,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-kN2]苯基-kC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmp)₃)、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Mptz)₃)、三[4-(3-联苯)-5-异丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(iPrptz-3b)₃)等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:Ir(Mptz1-mp)₃)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:Ir(Prptz1-Me)₃)等具有1H-三唑骨架的有机金属铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:Ir(iPrpmi)₃)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶(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-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-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸(简称:Ir(CF₃ppy)₂(pic))、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIr(acac))等以具有拉电子基的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱配合物。上述物质是发射蓝色磷光的化合物,并且在440nm至520nm具有发射峰。

[0144] 作为其他例子,有: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))、双[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基-kN3)苯基-kC](2,4-戊二酮根-κ²O,0')铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙酰丙酮)双[4-(2-降冰片基)-6-苯基嘧啶根]铱(III)(内型及外型混合物)(简称:Ir(nbppm)₂(acac))、(乙酰丙酮)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(mppmm)₂(acac))、(乙酰丙酮)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)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-N,

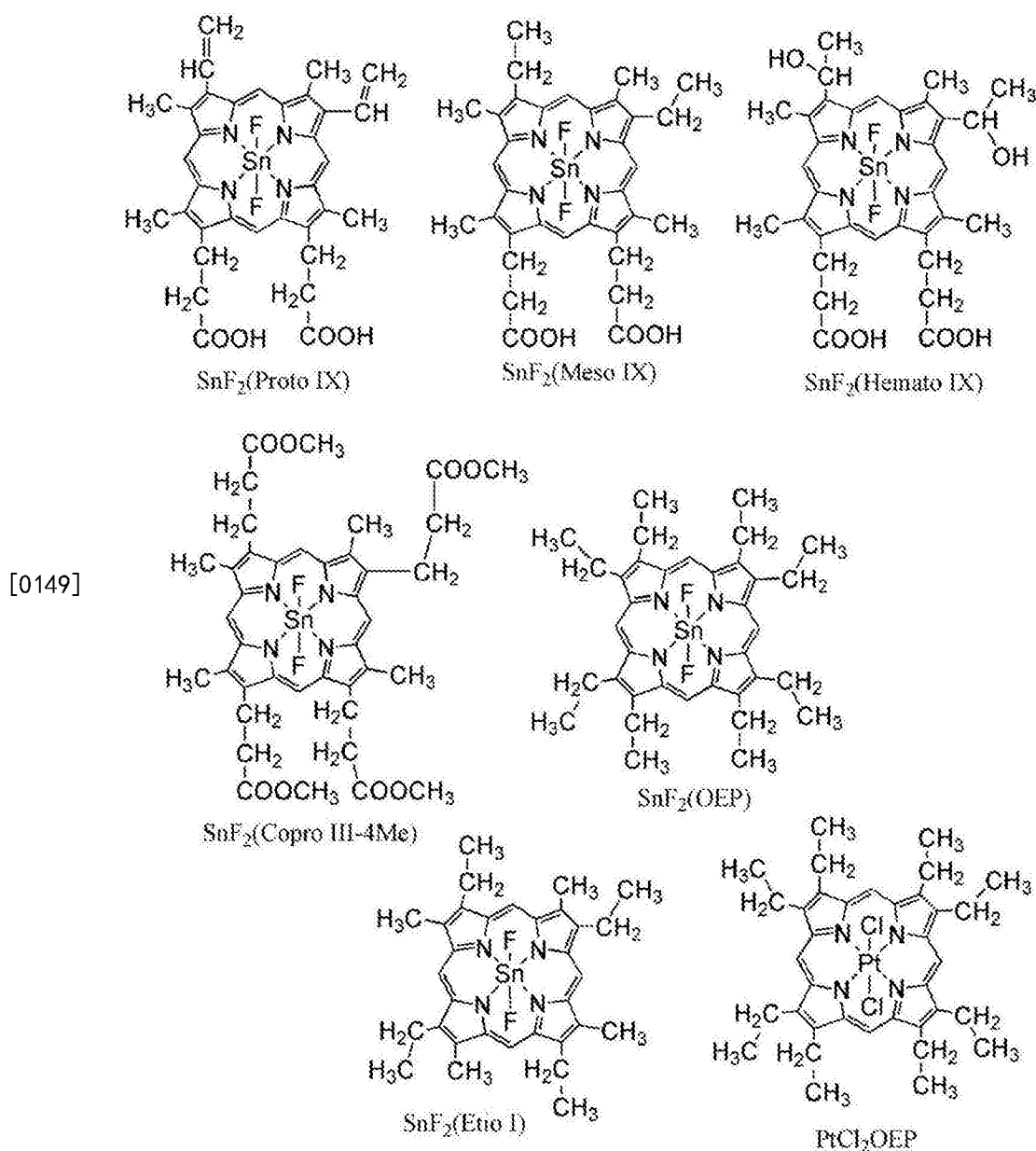
C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir(ppy)₂(acac))、双(苯并[h]喹啉)铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir(bzq)₂(acac))、三(苯并[h]喹啉)铱(III) (简称: Ir(bzq)₃)、三(2-苯基喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir(pq)₃)、双(2-苯基喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir(pq)₂(acac)) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 以及三(乙酰丙酮)(单菲咯啉) 铽(III) (简称: Tb(acac)₃(Phen)) 等稀土金属配合物。上述物质主要是发射绿色磷光的化合物, 并且在500nm至600nm具有发射峰。注意, 由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有特别优异的可靠性及发光效率, 所以是特别优选的。

[0145] 作为其他例子, 有: (二异丁酰基甲烷) 双[4,6-双(3-甲基苯基) 嘧啶] 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) 嘧啶根] (二新戊酰基甲烷) 铱(III) (简称: Ir(dlnpm)₂(dpm)); (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] 铱(III) (简称: Ir(Fdpq)₂(acac)) 等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物; 三(1-苯基异喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) (简称: Ir(piq)₃)、双(1-苯基异喹啉-N, C^{2'}) 铱(III) 乙酰丙酮(简称: Ir(piq)₂(acac)) 等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II) (简称: PtOEP) 等铂配合物; 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)) 等稀土金属配合物。上述物质是发射红色磷光的化合物, 并且在600nm至700nm具有发射峰。另外, 具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以获得色度良好的红色发光。

[0146] 还可以使用上述磷光化合物以外的其他磷光材料。

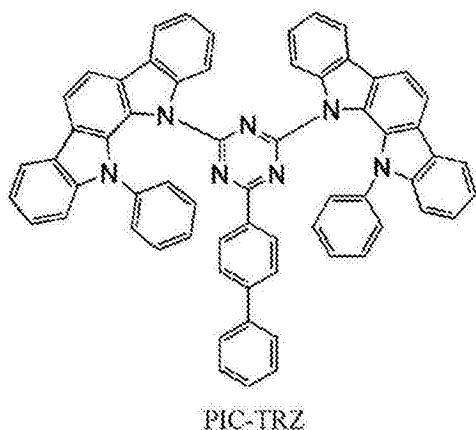
[0147] 作为TADF材料, 可以使用如下材料。

[0148] 可以举出富勒烯及其衍生物、原黄素等吡啶衍生物以及曙红等。另外, 可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)的卟啉等含金属卟啉。作为该含金属卟啉, 例如, 也可以举出由下述结构表示的原卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Hemato IX))、粪卟啉四甲酯-氟化锡配合物(SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(SnF₂(Etio I))以及八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl₂(OEP))等。



[0150] 另外,还可以使用由下述结构式表示的2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)等具有富 π 电子型芳杂环和缺 π 电子型芳杂环的杂环化合物。因为富 π 电子型芳杂环和缺 π 电子型芳杂环而优选使用该杂环化合物,由此其电子传输性和空穴传输性高。注意,特别优选使用富 π 电子型芳杂环直接键合于缺 π 电子型芳杂环的物质,这是因为富 π 电子芳杂环的供体的性质和缺 π 电子型芳杂环的受体的性质都变强,而S₁能级与T₁能级之间的能量差变小。

[0151]



[0152] 作为可以用作上述第一有机化合物及第二有机化合物的材料,只要是满足上述条件的组合就没有特别的限制,可以选择各种载流子传输材料。

[0153] 例如,作为具有电子传输性的物质,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:BAIq)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等具有多唑骨架的杂环化合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)等具有多唑骨架的杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)等具有二噻骨架的杂环化合物;以及2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTPDBQu-II)、3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等具有吡啶骨架的杂环化合物。其中,具有二噻骨架的杂环化合物和具有吡啶骨架的杂环化合物具有高可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二噻(嘧啶或吡啶)骨架的杂环化合物具有高电子传输性,有助于降低驱动电压。

[0154] 另外,作为具有空穴传输性的物质,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'-联苄-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基苄-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基苄-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]苄-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-联苄-2-胺(简称:PCBASF)等具有芳香胺骨架的化合物;1,3-双(N-咔唑基)苯(简称:mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP)、3,6-双(3,

5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(简称:CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(简称:DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(简称:mmDBFFLBi-II)等具有呋喃骨架的化合物。其中,具有芳香胺骨架的化合物、具有咔唑骨架的化合物具有高可靠性和高空穴传输性,有助于降低驱动电压,所以是优选的。

[0155] 另外,可以与上述载流子传输材料同样地从各种物质中选择载流子传输材料而使用。作为第一有机化合物及第二有机化合物,优选选择具有比磷光化合物的三重态能级(基态与三重激发态的能量差)大的三重态能级的物质。另外,作为第一有机化合物和第二有机化合物的组合,优选选择如下组合:使得能够形成呈现具有与磷光物质的最低能量的吸收带的波长重叠的波长的发光的激基复合物。

[0156] 再者,通过将第一有机化合物和第二有机化合物中的一个作为具有电子传输性的物质,将另一个作为具有空穴传输性的物质,这样的组合有利于形成激基复合物。另外,通过改变各化合物的含量,可以容易调整发光层的传输性并可以简单地控制复合区域。具有空穴传输性的物质的含量和具有电子传输性的物质的含量的比率可以为具有空穴传输性的物质:具有电子传输性的材料=1:9至9:1。

[0157] 作为构成分离层113b的材料,可以使用能够用作第一有机化合物及第二有机化合物的上述材料。

[0158] 第二发光层113c也可以被分成两层以上的层,此时在各个层中优选包含不同的发光物质。尤其是,优选采用如下结构:第二发光层113c被分成第一磷光层及第二磷光层,从第一磷光层得到红色发光(在580nm至680nm处具有发射光谱峰的发光),从第二磷光层得到绿色发光(在500nm至560nm处具有发射光谱峰的发光),并且从第一发光层113a得到蓝色发光(在400nm至480nm处具有发射光谱峰的发光),此时可以得到演色性良好的白色发光。注意,在此情况下,从发光元件的耐久性的观点来看,优选以第一发光层113a、第一磷光层以及第二磷光层的顺序层叠。再者,第一发光层113a优选形成在阳极一侧,此时可以得到良好的特性。

[0159] 电子传输层114是包含具有电子传输性的物质的层。例如,电子传输层114是使用如下具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等形成的层: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-苯基苯酚盐)铝(简称:BA1q)等。还可以使用双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称:Zn(BOX)₂)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)等具有噻唑类或噻唑类配体的金属配合物等。再者,除了金属配合物之外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噻二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噻二唑-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,并主要是具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 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物质用于电子传输层114。

[0160] 另外,电子传输层114可以是单层,也可以是含有上述物质的层的不同的两层以上的叠层。

[0161] 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。这是对上述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,并且该层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。

[0162] 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使用具有电子传输性的物质形成的层中而得到的层。通过作为电子注入层115使用在由使用具有电子传输性的物质形成的层中包含碱金属或碱土金属而得到的层,可以从第二电极102高效率地注入电子,因此是优选的。

[0163] 作为第二电极102,可以使用功函数小(具体为3.8eV以下的功函数)的金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等的任一种。作为这种阴极材料的具体例子,可以举出锂(Li)或铯(Cs)等碱金属、镁(Mg)、钙(Ca)或者锶(Sr)等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(例如,MgAg、AlLi)、铕(Eu)、镱(Yb)等稀土金属、以及包含它们的合金。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,可以不考虑功函数的大小而将各种导电材料诸如Al、Ag、ITO、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡等用作第二电极102。这些导电材料的沉积可以通过溅射法、喷墨法、旋涂法等进行。

[0164] 另外,作为EL层103的形成方法,不论干式法或湿式法,可以使用各种方法。例如,可以使用真空蒸镀法、喷墨法或旋涂法。另外,也可以根据各电极或各层使用不同的形成方法。

[0165] 电极既可以通过利用溶胶-凝胶法的湿式法形成,又可以通过利用金属材料糊的湿式法形成。另外,也可以通过溅射法、真空蒸镀法等干式法形成电极。

[0166] 发光经过第一电极101和第二电极102中的任一方或双方被取出。因此,第一电极101和第二电极102中的任一方或双方是透光电极。当只有第一电极101是透过电极时,发光经过第一电极101被取出。当只有第二电极102是透过电极时,发光经过第二电极102被取出。当第一电极101和第二电极102的双方都是透过电极时,发光经过第一电极101和第二电极102由两个电极被取出。

[0167] 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。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和载流子注入层的金属接近而发生的猝灭。

[0168] 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的空穴传输层和电子传输层,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:该物质具有比构成发光层的发光物质或者包含在发光层中的发光中心物质所具有的带隙大的带隙。

[0169] 可以将本实施方式的发光元件形成在玻璃衬底、石英衬底、半导体衬底、塑料衬底(聚酯、聚烯烃、聚酰胺(例如,尼龙或芳族聚酰胺)、聚酰亚胺、聚碳酸酯或丙烯酸树脂)上。另外,也可以将发光元件形成在玻璃衬底、石英衬底或半导体衬底上,然后将其转置到塑料

衬底上。

[0170] 在发光装置中,虽然一个发光元件可以制造在一个衬底上,但是多个发光元件也可以制造在一个衬底上。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,也可以在玻璃、塑料等的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。由此,可以制造通过FET控制发光元件的驱动的有源矩阵型发光装置。注意,对FET的结构没有特别的限制。另外,对于FET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FET衬底中的驱动电路既可以由N型及P型FET构成,又可以仅由N型和P型FET中的任一方构成。

[0171] 本实施方式可以与其他实施方式适当地组合。

[0172] 接着,参照图1B说明具有层叠有多个发光单元的结构 of 发光元件(以下也称为叠层型元件)的方式。在该发光元件中,第一电极和第二电极之间具有多个发光单元。作为一个发光单元,具有与图1A所示的EL层103同样的结构。就是说,图1A所示的发光元件具有一个发光单元,本实施方式的发光元件具有多个发光单元。

[0173] 在图1B中,在第一电极501和第二电极502之间层叠有第一发光单元511和第二发光单元512,并且在第一发光单元511和第二发光单元512之间设置有电荷产生层513。第一电极501和第二电极502分别相当于图1A中的第一电极101和第二电极102,并且可以应用与图1A所说明的同样的材料。另外,第一发光单元511和第二发光单元512可以具有相同结构或不同结构。

[0174] 电荷产生层513具有包含有机化合物和金属氧化物的复合材料。作为该包含有机化合物和金属氧化物的复合材料,可以使用图1A所示的可以用于空穴注入层111的复合材料。另外,当发光单元的阳极一侧的表面与电荷产生层接触时,可以使电荷产生层具有发光单元的空穴传输层的功能,所以该发光单元也可以不设置空穴传输层。

[0175] 电荷产生层513也可以具有包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层与包含其他材料的层的叠层结构。例如,也可以组合包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层与包含选自具有电子给予性的物质中的化合物和具有电子传输性的物质的层。另外,也可以将包含有机化合物和金属氧化物的复合材料的层与透明导电膜组合。

[0176] 虽然在图1B中说明了具有两个发光单元的发光元件,但是本发明可以同样地应用于层叠三个以上的发光单元的发光元件。如根据本实施方式的发光元件,通过在一对电极之间将多个发光单元使用电荷产生层隔开并配置,该发光元件可以在保持低电流密度的同时,在高亮度区域发光。由此,可以实现能够进行低电压驱动且耗电量低的发光装置。

[0177] 另外,通过在多个单元中的至少一个中使用上述发光层113的结构,可以缩减该单元的制造工序的数目,从而可以提供一种有利于实用化的多色发光元件。

[0178] 另外,上述结构可以与其他实施方式或本实施方式中的其他结构适当地组合。

[0179] (发光装置)

[0180] 接着说明本发明的一个实施方式的发光装置。

[0181] 使用上述发光元件制造本发明的一个实施方式的发光装置。注意,图2A是示出发光装置的俯视图,并且图2B是沿图2A中的线A-B及线C-D切断的截面图。该发光装置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作为用来控制发光元件的发光的单元。另外,附图标记604是密封衬底,附图标记605是密封剂,607是由密封剂605围绕的空间。空间607也可以充满着干燥的惰性气体或用来固体密封的树脂。密封材料605与用来固体密封的树脂可以相同或不同。

[0182] 注意,引线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本身,而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0183] 下面,参照图2B说明截面结构。虽然在元件衬底610上形成有驱动电路部及像素部,但是在此示出作为驱动电路部的源极线驱动电路601和像素部602中的一个像素。

[0184] 在源极线驱动电路601中,形成组合有n沟道型FET623和p沟道型FET624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,但是本发明的一个实施方式不限于该型,驱动电路也可以形成在衬底的外部上。

[0185] 另外,像素部602包含多个像素,该多个像素包括开关FET611、电流控制FET612以及与该电流控制FET612的漏极电连接的第一电极613。以覆盖第一电极613的端部的方式形成有绝缘物614。在本实施方式中,使用正型光敏丙烯酸树脂膜形成绝缘物614。

[0186] 为了提高覆盖率,优选将绝缘物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(0.2 μ m至3 μ m)的曲面。作为绝缘物614,可以使用负型光敏树脂或者正型光敏树脂。

[0187] 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,还可以使用包括氮化钛膜和以铝为主要成分的膜的叠层膜以及包括氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜的三层结构膜等。注意,当采用叠层结构时,能够降低布线的电阻,可以得到良好的欧姆接触,可以进一步发挥阳极的功能。

[0188] 另外,EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋涂法等各种方法形成。EL层616包括与图1A或图1B所示的结构类似的结构。另外,作为构成EL层616的其他材料,可以使用低分子量化合物或高分子量化合物(包括低聚物、树枝状聚合物)。

[0189] 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(例如Al、Mg、Li、Ca、或它们的合金或者它们的化合物,如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,优选使用金属薄膜和透明导电膜(例如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)的叠层作为第二电极617。

[0190] 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。空间607中填充有填料,且也可以填充有惰性气体(氮或氩等)、树脂或密封剂605。优选在密封衬底中形成有凹部且在该凹部中设置干燥剂,从而可以抑制水分所导致的劣化。

[0191] 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,还可以使用由纤维增强塑料(FRP:Fiber Reinforced Plastic)、聚氟乙烯(PVF)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0192] 本发明的一个实施方式的发光装置可以具有低耗电量。照明装置可以是廉价的。

[0193] 图3A和3B示出通过形成呈现白色发光的发光元件并设置着色层(滤色片)等来实现全彩色显示的发光装置的例子。图3A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光元件的第二电极1029、密封衬底1031、密封剂1032等。

[0194] 另外,在图3A中,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。另外,还可以设置黑色层(黑矩阵)1035。对设置有着色层及黑色层的透明基材1033进行对准而将其固定到衬底1001。另外,着色层及黑色层被覆盖层1036覆盖。在图3A中,从发光层的一部分发射的光不透过着色层,而从发光层的另一部分发射的光透过着色层。由于不透过着色层的光为白色光而透过任何一个着色层的光为红色光、蓝色光、或绿色光,因此能够以四个颜色的像素呈现图像。

[0195] 图3B示出将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在栅极绝缘膜1003和第一层间绝缘膜1020之间的例子。如图3B所示,也可以将着色层设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0196] 虽然以上说明了具有在形成有FET的衬底1001一侧取出光的结构(底部发射型)的发光装置,但是也可以采用具有在密封衬底1031一侧取出光的结构(顶部发射型)的发光装置。图4示出顶部发射型发光装置的截面图。在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。到制造连接FET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。

[0197] 虽然在此发光元件的第一电极1024W、1024R、1024G、1024B都是阳极,但是也可以是阴极。另外,在采用如图4所示那样的顶部发射型发光装置的情况下,第一电极优选为反射电极。EL层1028的结构采用与图1A所示的EL层103的结构类似的结构,且采用该结构能够获得白色发光。

[0198] 在采用图4所示的顶部发射结构的情况下,可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素和像素之间的黑色层(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)和黑色层(黑矩阵)1035也可以被覆盖层覆盖。另外,作为密封衬底1031,使用具有透光性的衬底。

[0199] 虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色的四个颜色进行全彩色显示的例子,但是并不局限于此。也可以以红色、绿色、蓝色的三个颜色进行全彩色显示。

[0200] 因为本实施方式的发光装置使用图1A或1B所示的发光元件制造,所以可以具有优良特性。具体地,图1A或1B所示的发光元件是发光效率良好的发光元件,从而可以实现降低

了耗电量的发光装置。另外,图1A或1B所示的发光元件比较容易实现量产化,从而可以以低成本提供发光装置。

[0201] 上面说明了有源矩阵型发光装置,下面说明无源矩阵型的发光装置。图5A和5B示出通过使用本发明的一个实施方式制造的无源矩阵型发光装置。注意,图5A是示出发光装置的透视图,并且图5B是沿线X-Y切断图5A而获得的截面图。在图5A和5B中,在衬底951上的电极952与电极956之间设置有EL层955。电极952的端部被绝缘层953覆盖。在绝缘层953上设置有隔离层954。隔离层954的侧壁具有如下倾斜,即越接近衬底表面,两个侧壁之间的间隔越窄。换句话说,隔离层954的短边方向的截面是梯形,底边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953接触的边)比上边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向但不与绝缘层953接触的边)短。通过上述方式设置隔离层954,可以防止起因于静电等的发光元件的不良。另外,在无源矩阵型发光装置中,通过使用图1A或1B所示的发光效率良好的发光元件,可以具有低耗电量。另外,该发光元件为容易实现量产化的发光元件,从而可以以低成本提供发光装置。

[0202] 因为能够控制以上说明的发光装置中的配置为矩阵状的许多微小发光元件中的每一个,所以本发明的发光装置可以适当地用于显示图像的显示装置。

[0203] (照明装置)

[0204] 参照图6A和6B对将图1A或1B所示的发光元件用于照明装置的例子进行说明。图6B是照明装置的俯视图,图6A是图6B中的沿着线e-f切断的截面图。

[0205] 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相当于图1A中的第一电极101。当从第一电极401一侧取出光时,第一电极401使用具有透光性的材料形成。

[0206] 另外,在衬底400上形成用来对第二电极404供应电压的焊盘412。

[0207] 在第一电极401上形成有EL层403。EL层403的结构例如相当于图1A中的EL层103的结构或组合图1B中的第一发光单元511、第二发光单元512以及电荷产生层513的结构。作为它们的结构,参照所对应的记载。

[0208] 以覆盖EL层403的方式形成第二电极404。第二电极404相当于图1A中的第二电极102。当从第一电极401一侧取出光时,第二电极404使用反射率高的材料形成。通过使第二电极404与焊盘412连接,电压被供应至此。

[0209] 如上所述,本发明的一个实施方式的照明装置具备包括第一电极401、EL层403以及第二电极404的发光元件。

[0210] 使用密封剂405、406将具有上述结构的发光元件固定在衬底407上来进行密封,由此完成照明装置。也可以仅使用密封剂405和406中的一方。另外,也可以使内侧的密封剂406(在图6B中未图示)与干燥剂混合,由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0211] 另外,当焊盘412和第一电极401的一部分延伸到密封剂405和406的外部时,可以将该延伸的部分用作外部输入端子。另外,也可以在外部输入端子上设置安装有转换器等

的IC芯片420等。

[0212] 如上所述,由于本实施方式所记载的照明装置包括作为EL元件的图1A或1B所记载的发光元件,所以可以实现耗电量低的照明装置。另外,可以实现驱动电压低的照明装置。另外,可以实现低成本的照明装置。

[0213] (电子设备)

[0214] 接着,对每个包括图1A或1B所示的发光元件的电子设备的例子进行说明。图1A或1B所示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的每一个均实现包括耗电量被降低了的发光部。另外,因为图1A或1B所示的发光元件包括的层的数量少,所以可以实现低成本的电子设备。

[0215] 作为采用上述发光元件的电子设备,可以例如举出电视装置(也称为电视机或电视接收机)、用于计算机等的显示器、数码相机、数码摄像机等影像拍摄装置、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。

[0216] 图7A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,并且将图1A或1B所示的发光元件排列为矩阵状而构成显示部7103。

[0217] 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输出的数据的显示部7107。

[0218] 另外,电视装置采用具备接收机、调制解调器等结构。可以通过接收机接收一般的电视广播。再者,当通过调制解调器将显示装置连接到有线或无线方式的通信网络时,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)的数据通信。

[0219] 图7B1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,该计算机通过将图1A或1B所示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7B1中的计算机也可以为如图7B2所示的方式。图7B2所示的计算机设置有第二显示部7210代替键盘7204及指向装置7206。第二显示部7210是触摸屏,通过利用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,所以可以防止当贮存或搬运时发生问题如屏面受伤、破坏等。注意,该计算机通过将图1A或1B所示的发光元件在显示部7203中排列为矩阵状而制造。

[0220] 图7C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中组装有将图1A或1B所示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7C所示的便携式游戏机还具备扬声器部7306、记录介质插入部7307、LED灯7308、输入单元(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(包括测量如下因素的功能:力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动数、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射、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图1A或1B所示的发光元件排列为矩阵状制造的显示部即可,而可以采用适当地设置有其他附属设备的结构。图7C所示的便携式游戏机具有如下功能:读出储存在记录介质中的程序或数

据并将其显示在显示部上;以及通过与其他便携式游戏机之间进行无线通信而实现信息共享。另外,图7C所示的便携式游戏机的功能不局限于此,可以具有各种各样的功能。

[0221] 图7D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,移动电话机包括将图1A或1B所示的发光元件排列为矩阵状而制造的显示部7402。

[0222] 图7D所示的移动电话机也可以具有用手指等触摸显示部7402来向移动电话机输入数据的结构。在此情况下,能够用手指等触摸显示部7402来进行打电话和编写电子邮件等的操作。

[0223] 显示部7402主要有三种屏面模式。第一是以图像显示为主的显示模式,第二是以文字等的数据的输入为主的输入模式,第三是混合显示模式和输入模式这两种模式的显示输入模式。

[0224] 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。

[0225] 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(移动电话机的屏幕方向为纵向或横向)而自动进行显示部7402的屏面显示的切换。

[0226] 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的信号为动态图像数据的信号时,将屏面模式切换成显示模式,而当该信号为文字数据时,将屏面模式切换成输入模式。

[0227] 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。

[0228] 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或发射近红外光的感测用光源,能够拍摄手指静脉、手掌静脉等。

[0229] 如上所述,包括图1A或1B所示的发光元件的发光装置的应用范围极为广泛,而能够将该发光装置用于各种领域的电子设备。通过使用图1A或1B所示的发光元件,可以得到耗电量被降低了的电子设备。

[0230] 图8示出将图1A或1B所示的发光元件用于背光的液晶显示装置的一个例子。图8所示的液晶显示装置包括框体901、液晶层902、背光单元903以及框体904,液晶层902与驱动器IC905连接。另外,在背光单元903中使用图1A或1B所示的发光元件,并且通过端子906将电流供应到背光单元903。

[0231] 通过将图1A或1B所示的发光元件用于液晶显示装置的背光,可以得到耗电量被降低了的背光。另外,通过使用图1A或1B所示的发光元件,能够制造面发射的照明装置,还能够实现大面积化的面发射的照明装置。由此能够实现背光的大面积化及液晶显示装置的大面积化。再者,使用图1A或1B所示的发光元件的发光装置可以使厚度比现有的发光装置薄,所以还能够实现显示装置的薄型化。

[0232] 图9示出将图1A或1B所示的发光元件用于作为照明装置的台灯的例子。图9所示的台灯包括框体2001和光源2002。作为光源2002使用图1A或1B所示的照明元件。

[0233] 图10示出将图1A或1B所示的发光元件用于室内的照明装置3001的例子。另外,因为图1A或1B所示的发光元件能够实现大面积化,所以该发光元件能够用于大面积的照明装置。另外,因为图1A或1B所示的发光元件的厚度薄,所以能够制造实现薄型化的照明装置。

[0234] 还可以将图1A或1B所示的发光元件安装在汽车的挡风玻璃或仪表盘上。图11示出将图1A或1B所示的发光元件用于汽车的挡风玻璃或仪表盘的一个实施方式。显示区域5000至显示区域5005都包括图1A或1B所示的发光元件。

[0235] 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图1A或1B所示的发光元件的显示装置。通过使用透光电极形成第一电极和第二电极,可以将图1A或1B所示的发光元件形成为能看到对面的景色的所谓的透视式显示装置。透视式显示装置不妨碍视野,所以可以设置在汽车的挡风玻璃中。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。

[0236] 显示区域5002是设置在立柱部分的安装有图1A或1B所示的发光元件的显示装置。通过在显示区域5002上显示来自设置在车厢上的成像单元的图像,可以补充被立柱遮挡的视野。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车厢外侧的成像单元的图像,能够补充被车厢遮挡的视野,而提高安全性。通过显示图像以补充驾驶者看不到的部分,对驾驶者来说更简单且舒适地确认安全。

[0237] 显示区域5004和显示区域5005可以提供导航信息、速度计、转速计、行车距离、油量、排档状态、空调的设定以及其他各种信息。使用者可以适当地改变显示内容及布置。另外,这些信息也可以显示在显示区域5000至显示区域5003上。另外,也可以将显示区域5000至显示区域5005用作照明装置。

[0238] 图1A或1B所示的发光元件是可以实现发光效率高和耗电量小的发光元件。由此,即使设置多个显示区域5000至显示区域5005那样的大面积屏面,也可以减少电池的负荷而舒适地使用。从而,使用图1A或1B所示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。

[0239] 图12A及12B是折叠式平板终端的一个例子。在图12A中,平板终端是打开的状态,并且包括框体9630、显示部9631a、显示部9631b、显示模式切换按钮9034、电源按钮9035、省电模式切换按钮9036、夹子9033以及操作按钮9038。该平板终端通过将具备图1A或1B所示的发光元件的发光装置用于显示部9631a、显示部9631b的一方或双方来制造。

[0240] 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。虽然作为一个例子示出显示部9631a中的仅一半区域具有显示的功能而另一半区域还具有触摸屏的功能,但是显示部9631a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的整个区域显示键盘按钮来将其用作触摸屏,并且将显示部9631b用作显示屏幕。

[0241] 此外,在显示部9631b中与显示部9631a同样,也可以将显示部9631b的一部分用作触摸屏区域9632b。此外,当通过使用手指或触屏笔等接触用于显示/隐藏触摸屏上的键盘的切换按钮9639时,可以在显示部9631b上显示键盘。

[0242] 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。

[0243] 另外,显示模式切换按钮9034例如能够实现竖屏显示和横屏显示等显示的切换及黑白显示和彩色显示的切换。根据通过平板终端所内置的光传感器所检测的使用时的平板终端的外光的量,省电模式切换按钮9036可以将显示的亮度设定为最合适的亮度。平板终端除了包括光传感器,还可以包括检测倾斜度的传感器(例如陀螺仪、加速度传感器等)等其他检测装置。

[0244] 虽然图12A示出显示部9631b的显示面积与显示部9631a的显示面积相等的例子,但是本发明的一个实施方式不局限于此。显示部9631b与显示部9631a可以具有不同的面积或具有不同的显示质量。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更高清晰度的显示。

[0245] 在图12B中,平板终端是被折叠的状态,并且包括框体9630、太阳能电池9633、充放电控制电路9634、电池9635以及DC-DC转换器9636的例子。注意,在图12B中,作为充放电控制电路9634的一个例子示出包括电池9635和DC-DC转换器9636的结构。

[0246] 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。

[0247] 此外,图12A及12B所示的平板终端还可以具有如下功能:显示各种各样的数据(静态图像、动态图像、文字图像等);将日历、日期或时刻等显示在显示部上;对显示在显示部上的数据进行操作或编辑的触摸输入;通过各种各样的软件(程序)控制处理等。

[0248] 安装在平板终端的表面上的太阳能电池9633将电力供应到触摸屏、显示部和图像信号处理部等。注意,太阳能电池9633优选设置在框体9630的一个面或两个面,可以高效率地对电池9635充电。

[0249] 另外,参照图12C所示的方框图对图12B所示的充放电控制电路9634的结构和工作进行说明。图12C示出太阳能电池9633、电池9635、DC-DC转换器9636、转换器9638、开关SW1至开关SW3以及显示部9631,电池9635、DC-DC转换器9636、转换器9638、开关SW1至开关SW3对应于图12B所示的充放电控制电路9634。

[0250] 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DC-DC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电力具有用来对电池9635进行充电的电压。并且,当利用来自太阳能电池9633充电的电池9635供应的电力使显示部9631工作时打开开关SW1,并且,利用转换器9638将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,关闭SW1且打开SW2来对电池9635进行充电的结构。

[0251] 注意,作为发电装置的一个例子示出太阳能电池9633,但是发电装置不局限于此,也可以使用压电元件(piezoelectric element)或热电转换元件(peltier element)等其他发电装置进行电池9635的充电。也可以通过使用以无线(不接触)的方式收发电力来进行充电的无接触电力传输模块或组合其他充电装置进行电池9635的充电,并且也可以不包括发电单元。

[0252] 另外,只要具备上述显示部9631,本发明的一个实施方式就不局限于图12A至12C所示的形状的平板终端。

[0256] (发光元件1的制造方法)

[0257] 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)膜,由此形成第一电极101。注意,其膜厚度为110nm,而其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。在此,第一电极101被用作发光元件的阳极。

[0258] 接着,在为了在衬底上形成发光元件的预处理中,用水洗涤衬底表面,以 200°C 烘焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0259] 然后,将衬底传送到其内部压力被降低到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以 170°C 进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0260] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将设置有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。将真空蒸镀装置内的压力降低到 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)与氧化钼(VI),从而形成空穴注入层111。将空穴注入层111的厚度设定为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。

[0261] 接着,在空穴注入层111上以20nm的厚度沉积结构式(ii)所表示的3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn),从而形成空穴传输层112。

[0262] 在空穴传输层112上以5nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(iii)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和结构式(iv)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn),以使cgDBCzPA和1,6mMemFLPAPrn的重量比为1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn),从而形成用作荧光层的第一发光层113a。然后,以2nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(v)所表示的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)与结构式(vi)所表示的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-芴-2-胺(简称:PCBBiF),以使2mDBTBPDBq-II和PCBBiF的重量比为0.6:0.4(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF),从而形成分离层113b。然后,以5nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(vii)所表示的双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- κN]苯基- κC }(2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)}铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])来形成第一磷光层113c-1,以使2mDBTBPDBq-II和PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]的重量比为0.2:0.8:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]);以20nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(viii)所表示的双[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- κN3)苯基- κC](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)}铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])来形成第二磷光层113c-2,以使2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(tBuppm)₂(acac)]的重量比为0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:

[Ir(tBuppm)₂(acac)])。通过上述步骤,形成用作磷光层的第二发光层113c。由此,在发光元件1中,发光层113包括第一发光层113a及第二发光层113c。

[0264] 注意,在磷光层(第二发光层113c)中,2mDBTBPDBq-II和PCBBiF形成激基复合物。此外,其发光波长与[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]及[Ir(tBuppm)₂(acac)]的最长波长一侧的吸收带重叠,而能量转移的效率。

[0265] 再者,作为荧光层(第一发光层113a)中的主体材料的cgDBCzPA的单重态激发能大

于作为荧光物质的1,6mMemFLPAPrn的单重态激发能。并且, cgDBCzPA的三重态激发能小于1,6mMemFLPAPrn的三重态激发能。由此在荧光层(第一发光层113a)中,容易得到伴随三重态-三重态湮灭而产生的单重态激子的再生成及发光。

[0266] 然后,在磷光层(第二发光层113c)上以10nm的厚度沉积2mDBTBPDBq-II,并以15nm的厚度沉积以结构式(ix)表示的红菲绕啉(简称:BPhen),由此形成电子传输层114。

[0267] 在形成电子传输层114之后,通过蒸镀以1nm的厚度沉积氟化锂(LiF),来形成电子注入层115。最后,通过蒸镀以200nm的厚度沉积铝,来形成用作阴极的第二电极102。通过上述工序制造本实施例的发光元件1。

[0268] 注意,在上述所有蒸镀步骤中,都采用电阻加热法进行蒸镀。

[0269] (发光元件2及3的制造方法)

[0270] 发光元件2及3是发光元件1的分离层113b的厚度分别变更为5nm和10nm的元件。

[0271] (发光元件4的制造方法)

[0272] 发光元件4具有从发光元件1的结构去除分离层113b的结构。

[0273] 在氮气氛的手套箱中,以不暴露于大气的方式使用玻璃衬底密封发光元件1至4的各个(具体地,将密封剂涂敷在元件的外边缘,在密封时进行UV辐照处理,然后在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后对这些发光元件的可靠性进行测量。注意,测量是在室温(保持为25℃的气氛)下进行的。

[0274] 表1示出发光元件1至4的元件结构。

[0275] [表1]

[0276]

空穴注入层	空穴传输层	第一发光层	分离层	第二发光层		电子传输层		电子注入层
DBT3P-II : MoOx 2: 1	PCPPn	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPrn 1: 0.03	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
40nm	20nm	5nm	X	5nm	20nm	10nm	15nm	1nm

[0277] *2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.6:0.4

[0278] X:发光元件1 2nm,发光元件2 5nm,发光元件3 10nm,发光元件4 0nm

[0279] **2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)=0.2:0.8:0.05

[0280] ***2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac)=0.7:0.3:0.05

[0281] 图13示出发光元件1至4的电流密度-亮度特性。图14示出发光元件1至4的亮度-电流效率特性。图15示出发光元件1至4的电压-亮度特性。图16示出发光元件1至4的亮度-外量子效率特性。图17示出发光元件1至4的发射光谱。

[0282] 根据该特性可知:虽然发光元件1至4不包括中间层,但是在1000cd/m²附近发光元件1至4的电流效率大约为40cd/A以上,且其外量子效率大约为18%以上。由此可知,发光元件1至4具有高发光效率。1000cd/m²附近的驱动电压也低,即3V以上且低于4V的范围内,比串联型发光元件低得多。并且,发光元件1至3具有非常良好的发光效率:1000cd/m²附近的外量子效率为19%以上。表2列举发光元件1至4的1000cd/m²附近的主要特性值。

[0283] [表2]

[0284]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子 效率 (%)	能量效 率 (%)	相关 色温 (K)	duv
发光元件1	3.1	1.8	47	48	20	14	2570	0.011
发光元件2	3.2	2.0	43	42	19	13	2520	0.01
发光元件3	3.3	2.8	40	38	19	12	2180	0.006
发光元件4	3.2	2.5	45	44	18	12	2930	0.016

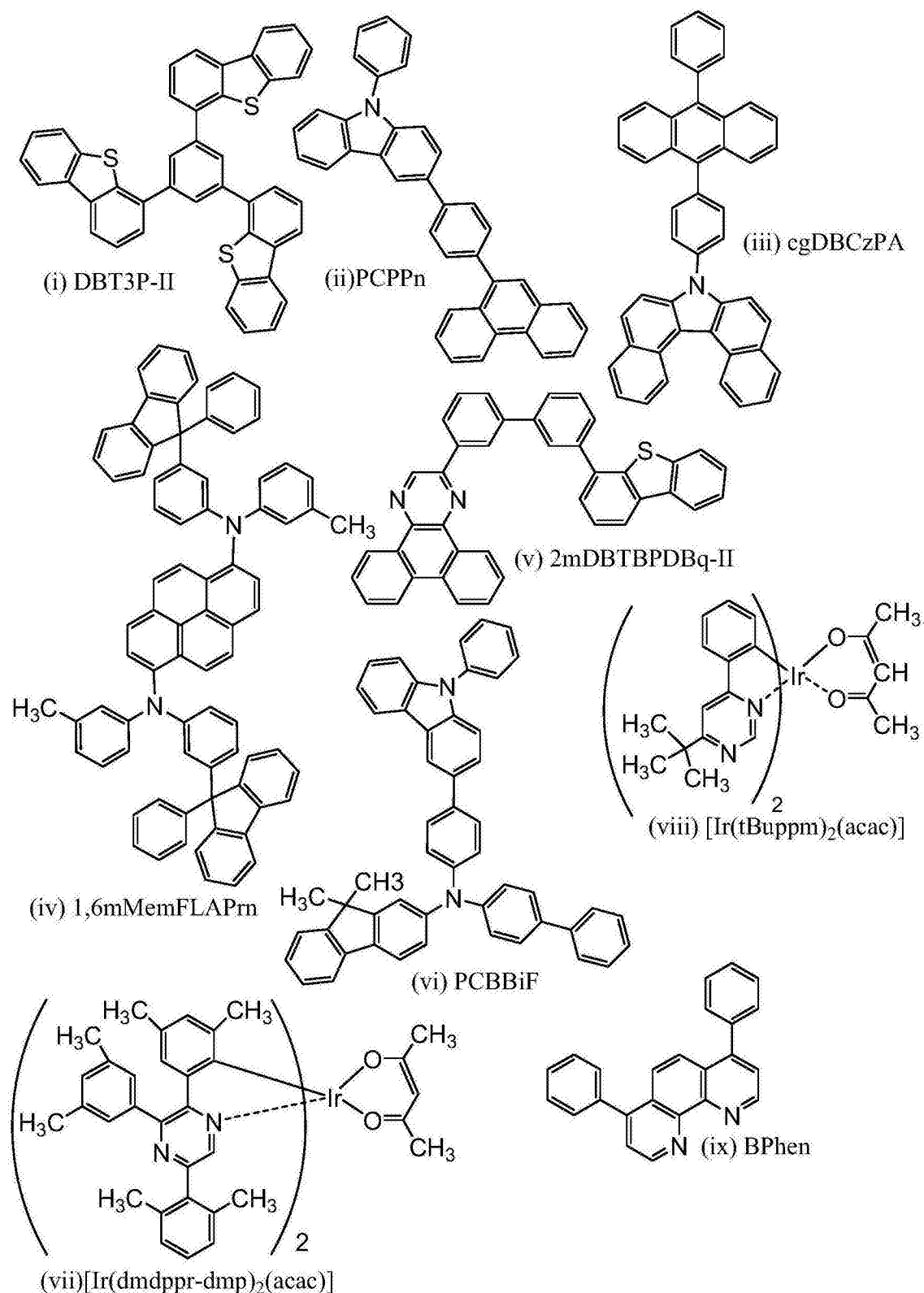
[0285] 图17中的发射光谱示出可观察到来源于[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]的红色发光、来源于[Ir(tBuppm)₂(acac)]的绿色发光以及来源于1,6mMemFLPAPrn的蓝色发光。由此可知,可以充分获得来自作为荧光层的第一发光层113a和作为磷光层的第二发光层113c的发光。

[0286] 如上所述,发光元件1至4具有均衡且良好的特性,并且可以容易且以低成本制造。这是因为:通过作为磷光层的能量供体使用激基复合物来抑制激子扩散并且三重态激发能的无辐射衰变得到低;伴随荧光层的主体材料中的三重态-三重态湮灭而产生延迟荧光,从而发光效率得到提高。通过使用分离层113b,抑制从磷光层(第二发光层113c)向荧光层(第一发光层113a)的界面上的能量转移,所以发光元件1至3可以具有更良好的特性。

[0287] 实施例2

[0288] 在本实施例中说明作为本发明的一个实施方式的发光元件的发光元件5的制造方法及特性。下面示出用于发光元件5的有机化合物的结构式。

[0289]



[0290] (发光元件5的制造方法)

[0291] 在玻璃衬底上通过溅射法形成包含氧化硅的铟锡氧化物 (ITO) 膜, 来形成第一电极101。厚度为110nm, 而电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。在此, 第一电极101被用作发光元件的阳极。

[0292] 接着, 在为了在衬底上形成发光元件的预处理中, 用水洗涤衬底表面, 以 200°C 烘

焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0293] 然后,将衬底传送到其内部压力被降低到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0294] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将设置有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。将真空蒸镀装置内的压力降低到 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由共蒸镀来沉积结构式(i)所表示的4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)与氧化钼(VI),来形成空穴注入层111。将其厚度设定为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。

[0295] 接着,在空穴注入层111上以10nm的厚度沉积结构式(ii)所表示的3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn),从而形成空穴传输层112。

[0296] 在空穴传输层112上以5nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(iii)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和结构式(iv)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-芘-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn),以使cgDBCzPA和1,6mMemFLPAPrn的重量比为1:0.04(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn),从而形成用作荧光层的第一发光层113a。然后,以2nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(v)所表示的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)与结构式(vi)所表示的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-芴-2-胺(简称:PCBBiF),以使2mDBTBPDBq-II和PCBBiF的重量比为0.6:0.4(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF),从而形成分离层113b。然后,以5nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(vii)所表示的双{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ²O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])来形成第一磷光层113c-1,以使2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]的重量比为0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]);以20nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(viii)所表示的双[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基-κN3)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ²O,O')铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])来形成第二磷光层113c-2,以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(tBuppm)₂(acac)]的重量比为0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)])。通过上述步骤,形成用作磷光层的第二发光层113c。

[0297] 注意,在磷光层(第二发光层113c)中,2mDBTBPDBq-II和PCBBiF形成激基复合物。其发光波长与[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]及[Ir(tBuppm)₂(acac)]的最长波长一侧的吸收带重叠,而能量转移的效率较高。

[0298] 作为荧光层(第一发光层113a)中的主体材料的cgDBCzPA的单重态激发能高于作为荧光物质的1,6mMemFLPAPrn的单重态激发能。并且,cgDBCzPA的三重态激发能低于1,6mMemFLPAPrn的三重态激发能,由此在荧光层(第一发光层113a)中,容易得到伴随三重态-三重态湮灭而产生的单重态激子的再生成及发光。

[0299] 然后,在磷光层(第二发光层113c)上以10nm的厚度沉积2mDBTBPDBq-II,再者以15nm的厚度沉积结构式(ix)所表示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0300] 在形成电子传输层114之后,通过蒸镀以1nm的厚度沉积氟化锂(LiF)来形成电子

注入层115。最后,通过蒸镀以200nm厚度沉积铝,来形成用作阴极的第二电极102。通过上述步骤,制造本实施例的发光元件5。

[0301] 另外,在上述所有蒸镀步骤中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0302] 在氮气氛的手套箱中,以不暴露于大气的方式使用玻璃衬底密封发光元件5(具体地,将密封材料涂敷在元件的外边缘,在密封时进行UV处理,然后在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后对发光元件5的可靠性进行测量。注意,测量是在室温(保持为25℃的气氛)下进行的。

[0303] 表3示出发光元件5的元件结构。

[0304] [表3]

[0305]

空穴注入层	空穴传输层	第一发光层	分离层	第二发光层		电子传输层		电子注入层
DBT3P-II : MoOx 2: 1	PCPPn	cgDBCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 1: 0.04	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
40nm	10nm	5nm	2nm	5nm	20nm	10nm	15nm	1nm

[0306] *2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.6:0.4

[0307] **2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)=0.5:0.5:0.05

[0308] ***2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac)=0.7:0.3:0.05

[0309] 关于发光元件5,图18示出电流密度-亮度特性。图19示出亮度-电流效率特性。图20示出电压-亮度特性。图21示出亮度-外量子效率特性。图22示出发射光谱,并且图23示出亮度-CIE色度特性。

[0310] 根据该特性可知:虽然发光元件5不包括中间层,但是在1000cd/m²附近发光元件5的电流效率大约为40cd/A以上,且其外量子效率大约为18%以上。由此可知,发光元件5具有高发光效率。驱动电压也低,即3V以上且低于4V的范围内,比串联型发光元件低得多。表4列举发光元件5的1000cd/m²附近的主要特性值。

[0311] [表4]

[0312]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)	能量效率 (%)	相关色温 (K)	duv
发光元件 5	3.2	2.5	46	46	18	12	3010	0.017

[0313] 再者,图22中的发射光谱示出可观察到来源于[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]的红色发光、来源于[Ir(tBuppm)₂(acac)]的绿色发光以及来源于1,6mMemFLPAPrn的蓝色发光。由此可知,可以充分获得来自作为荧光层的第一发光层113a和作为磷光层的第二发光层113c的发光。

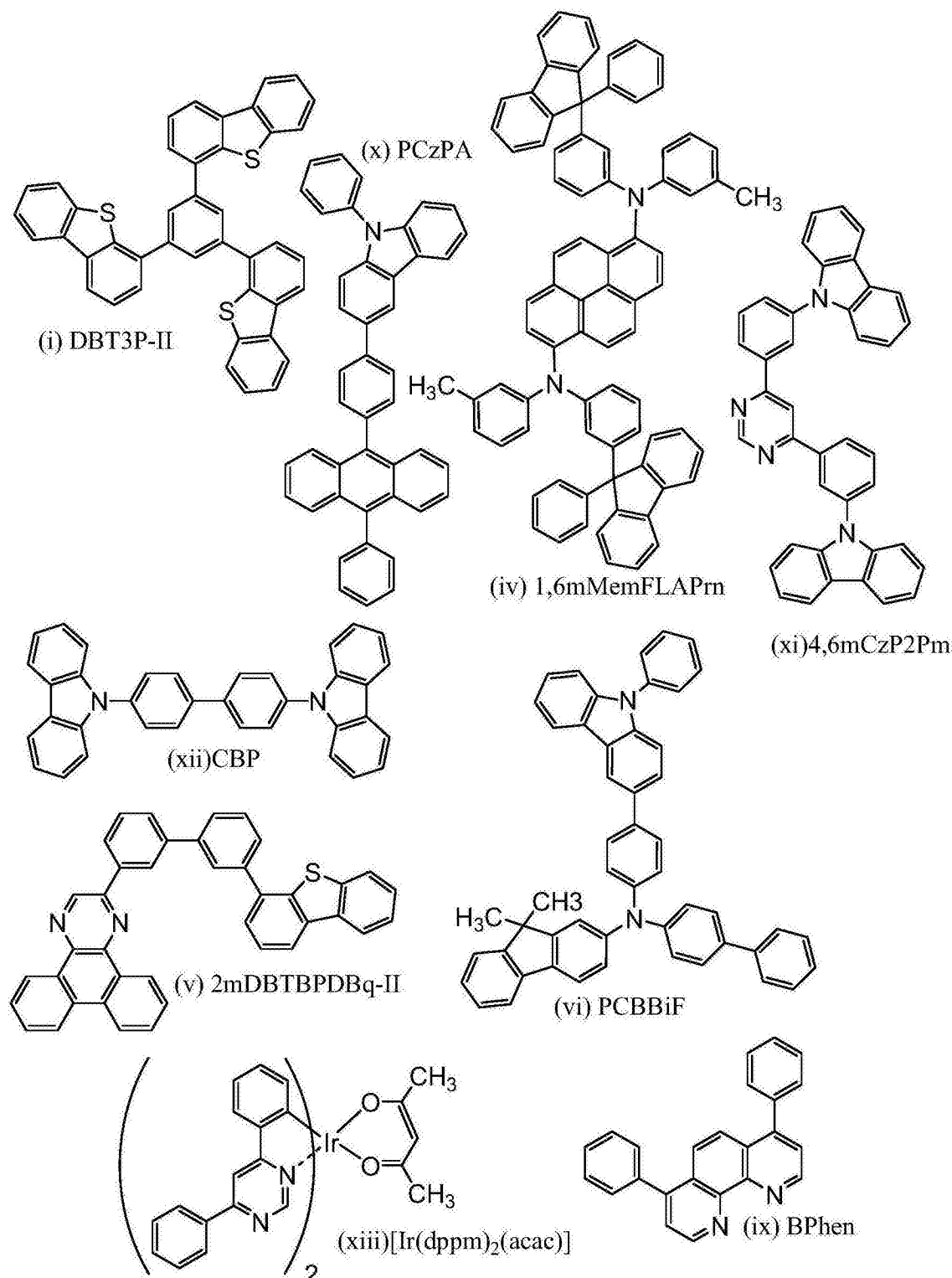
[0314] 从图23所示的亮度-CIE色度特性可知,发光元件5在实用亮度区域中颜色变化非常小。注意,100cd/m²附近的颜色变化因磷光和荧光之间的发光开始电压的差异而产生的。磷光层的发光开始电压比荧光层低,由此在低亮度区域中仅观察到磷光,也在100cd/m²附近观察到荧光。因此在100cd/m²附近产生颜色变化。在磷光和荧光都稳定的实用亮度区域中,颜色变化非常小。

[0315] 如上所述,本发明的一个实施方式的发光元件5具有均衡且良好的特性,并且可以容易且以低成本制造。这是因为:通过作为磷光层的能量供体使用激基复合物来抑制激子扩散并且三重态激发能的无辐射衰变得得到降低;伴随荧光层的主体材料中的三重态-三重态湮灭而产生延迟荧光,从而发光效率得到提高。通过使用分离层113b,抑制从磷光层(第二发光层113c)向荧光层(第一发光层113a)的界面上的能量转移,所以发光元件5具有更良好的特性。

[0316] 实施例3

[0317] 在本实施例中说明作为本发明的一个实施方式的发光元件的发光元件6及7的制造方法及特性。下面示出用于发光元件6及7的有机化合物的结构式。

[0318]



[0319] (发光元件6的制造方法)

[0320] 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) 膜, 来形成第一电极101。厚度为110nm, 而电极面积为2mm×2mm。在此, 第一电极101被用作发光元件的阳极。

[0321] 接着, 在为了在衬底上形成发光元件的预处理中, 用水洗涤衬底表面, 以200℃烘焙1小时, 并进行370秒的UV臭氧处理。

[0322] 然后, 将衬底传送到其内部压力被降低到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀装置中, 并且在真

空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0323] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将设置有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。将真空蒸镀装置内的压力降低到 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由共蒸镀来沉积结构式(i)所表示的4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)与氧化钼(VI),从而形成空穴注入层111。将其厚度设定为30nm,将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为2:1(=DBT3P-II:氧化钼)。

[0324] 接着,在空穴注入层111上以20nm的厚度沉积结构式(x)所表示的9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA),从而形成空穴传输层112。

[0325] 在空穴传输层112上以5nm的厚度通过共蒸镀沉积PCzPA和1,6mMemFLPAPrn以使PCzPA和1,6mMemFLPAPrn的重量比为1:0.05(=PCzPA:1,6mMemFLPAPrn),从而形成用作荧光层的第一发光层113a。接着,以2nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(xi)所表示的4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)与结构式(xii)所表示4,4'-二(N-咔唑基)联苯(简称:CBP),以使4,6mCzP2Pm和CBP的重量比为0.4:0.6(=4,6mCzP2Pm:CBP),从而形成分离层113b。然后,以20nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDq-II、PCBBiF与结构式(xiii)所表示的(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂(acac)]),以使2mDBTBPDq-II、PCBBiF和[Ir(dppm)₂(acac)]的重量比为0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]),从而形成用作磷光层的第二发光层113c。

[0326] 注意,在磷光层(第二发光层113c)中,2mDBTBPDq-II和PCBBiF形成激基复合物。其发光波长与[Ir(dppm)₂(acac)]的最长波长一侧的吸收带重叠,而能量转移的效率。

[0327] 作为荧光层(第一发光层113a)中的主体材料的PCzPA的单重态激发能高于作为荧光物质的1,6mMemFLPAPrn的单重态激发能。并且,PCzPA的三重态激发能低于1,6mMemFLPAPrn的三重态激发能,由此在荧光层(第一发光层113a)中,容易得到伴随三重态-三重态湮没而产生的单重态激子的再生成及发光。

[0328] 然后,在磷光层(第二发光层113c)上以10nm的厚度沉积2mDBTBPDq-II,再者以15nm的厚度沉积BPhen,来形成电子传输层114。

[0329] 在形成电子传输层114之后,通过蒸镀以1nm的厚度沉积氟化锂(LiF)来形成电子注入层115。最后,通过蒸镀以200nm的厚度沉积铝,来形成用作阴极的第二电极102。经由上述步骤,来制造本实施例的发光元件6。

[0330] 另外,在上述所有蒸镀步骤中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0331] (发光元件7的制造方法)

[0332] 仅使用4,6mCzP2Pm形成发光元件6的分离层113b的步骤以外,以与发光元件6同样的步骤制造发光元件7。

[0333] 在氮气氛的手套箱中,以不暴露于大气的方式使用玻璃衬底密封发光元件6及7(具体地,将密封材料涂敷在元件的外边缘,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后对发光元件6及7的可靠性进行测量。注意,测量是在室温(保持为25℃的气氛)下进行的。

[0334] 表5示出发光元件6及7的元件结构。

[0335] [表5]

[0336]

空穴注入层	空穴传输层	第一发光层	分离层	第二发光层	电子传输层		电子注入层
DBT3P-II : MoOx 2: 1 30nm	PCzPA 20nm	PCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 1: 0.05 10nm	*	2mDBT BPDBq-II : PCBBiF : Ir(dppm) ₂ (acac) 0.8: 0.2: 0.05 20nm	2mDBT BPDBq-II 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm

[0337] *发光元件6 4,6mC zP2Pm:CBP=0.4:0.6

[0338] 发光元件7 4,6mCzP2Pm

[0339] 图24示出发光元件6及7的电流密度-亮度特性。图25示出发光元件6及7的亮度-电流效率特性。图26示出发光元件6及7的电压-亮度特性。图27示出发光元件6及7的亮度-外量子效率特性。图28示出发光元件6及7的发射光谱。

[0340] 上述结果表示发光元件6及7都在1000cd/m²附近具有高发光效率,即电流效率为20cd/A以上。另外,发光元件6及7的驱动电压也低,即3V以上且低于4V的范围内,比串联型发光元件低得多。表6列举发光元件6及7的1000cd/m²附近的主要特性值。

[0341] [表6]

[0342]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率(%)	能量效率 (%)	相关色温 (K)	duv
发光元件6	3.1	1.7	31	32	12	9	2710	0.003
发光元件7	3.3	4.8	23	22	10	6	3540	0.009

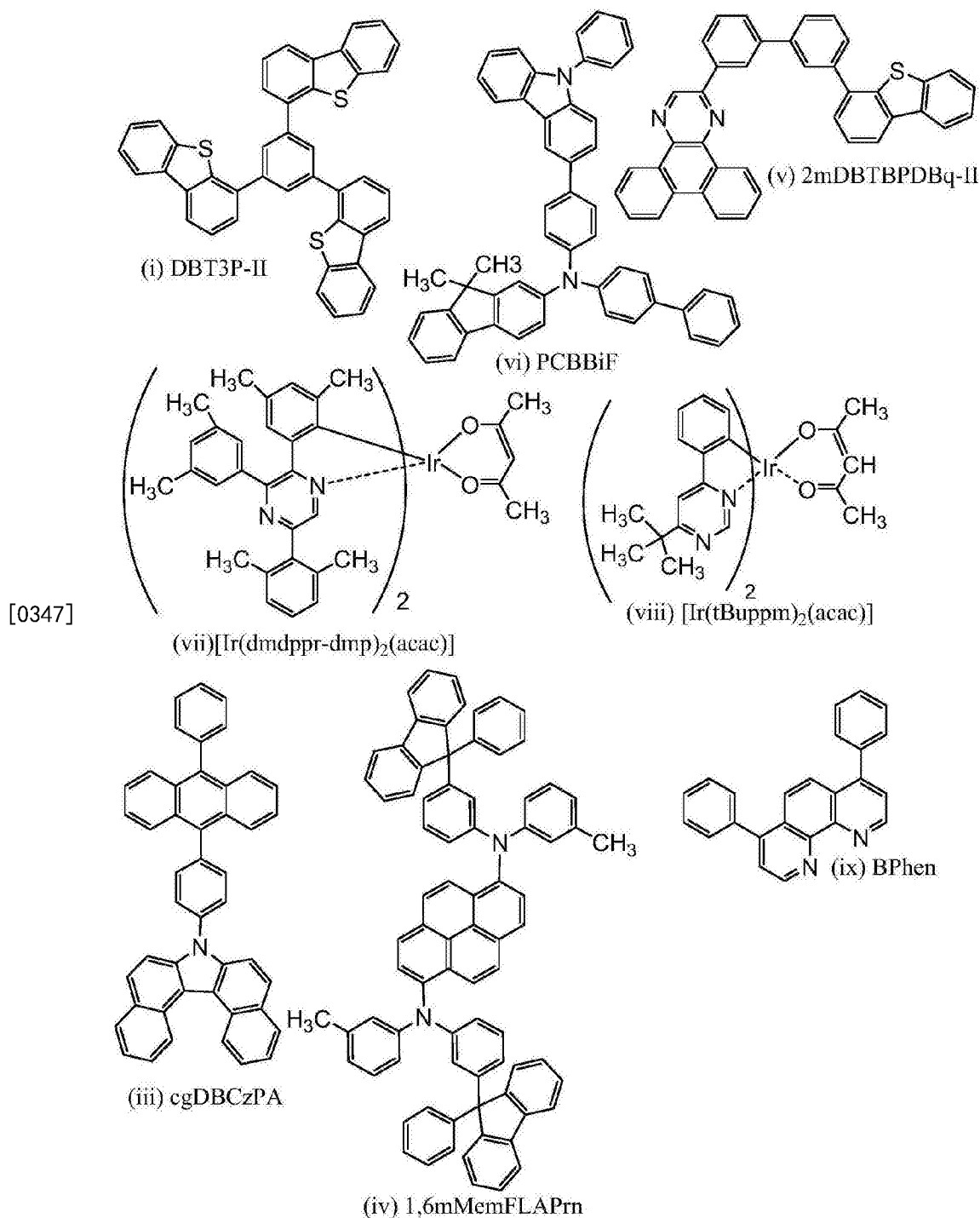
[0343] 再者,发射光谱示出可观察到来源于[Ir(dppm)₂(acac)]的橙色发光以及来源于1,6mMemFLPAPrn的蓝色发光。由此可知,在发光元件6及7中可以充分获得来自作为荧光层的第一发光层113a和作为磷光层的第二发光层113c的发光。

[0344] 如上所述,发光元件6及7具有均衡且良好的特性,并且可以容易且以低成本制造。这是因为:通过作为磷光层的能量供体使用激基复合物来抑制激子扩散并且三重态激发能

的无辐射衰变得到降低;伴随荧光层的主体材料的三重态-三重态湮灭而产生延迟荧光,从而发光效率得到提高。通过使用分离层113b,抑制从磷光层(第二发光层113c)向荧光层(第一发光层113a)的界面上的能量转移,这也是特性良好的原因。发光元件6具有比发光元件7良好的特性,由此分离层113b优选由具有空穴传输性的物质及具有电子传输性的物质形成。并且,它们形成激基复合物的组合是更优选的。

[0345] 实施例4

[0346] 在本实施例中说明作为本发明的一个实施方式的发光元件的发光元件8的制造方法及特性。在发光元件8中,第一发光层113a形成在阴极一侧,且第二发光层113c形成在阳极一侧。下面示出用于发光元件8的有机化合物的结构式。



[0348] (发光元件8的制造方法)

[0349] 在 $n=1.84$ 的高折射率的玻璃衬底上通过溅射法以110nm的厚度形成铟锡氧化物(ITO)膜,来形成第一电极101。其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0350] 接着,在为了在衬底上形成发光元件的预处理中,用水洗涤衬底表面,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0351] 然后,将衬底传送到其内部压力被降低到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以 190°C 进行60分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0352] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将设置有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。将真空蒸镀装置内的压力降低到 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由共蒸镀来沉积结构式(i)所表示的4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)与氧化钼(VI),来形成空穴注入层111。将其厚度设定为30nm,将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为1:0.5(=DBT3P-II:氧化钼)。

[0353] 接着,在空穴注入层111上以20nm的厚度沉积结构式(vi)所表示的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-芴-2-胺(简称:PCBBiF),从而形成空穴传输层112。

[0354] 在空穴传输层112上以15nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(v)所表示的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)、结构式(vi)所表示的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-芴-2-胺(简称:PCBBiF)与结构式(vii)所表示的双[4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- κN]苯基- κC](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-dmp) $_2$ (acac)]),以使2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(dmdppr-dmp) $_2$ (acac)]的重量比为0.1:0.9:0.06(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp) $_2$ (acac)]),来形成第一磷光层113c-1;以5nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(viii)所表示的双[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- $\kappa\text{N}3$)苯基- κC](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm) $_2$ (acac)]),以使2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(tBuppm) $_2$ (acac)]的重量比为0.5:0.5:0.06(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm) $_2$ (acac)]),来形成第二磷光层113c-2。通过上述步骤,形成用作磷光层的第二发光层113c。然后,以2nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II与PCBBiF,以使2mDBTBPDBq-II和PCBBiF的重量比为0.5:0.5(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF),来形成分离层113b。然后,以20nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(iii)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和结构式(iv)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn),以使cgDBCzPA和1,6mMemFLPAPrn的重量比为1:0.025(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn),来形成用作荧光层的第一发光层113a。通过上述步骤,形成发光层113。

[0355] 注意,在磷光层(第二发光层113c)及分离层113b中,2mDBTBPDBq-II和PCBBiF形成激基复合物。其发光波长与[Ir(dmdppr-dmp) $_2$ (acac)]及[Ir(tBuppm) $_2$ (acac)]的最长波长一侧的吸收带重叠,而能量转移的效率 high。

[0356] 作为荧光层(第一发光层113a)中的主体材料的cgDBCzPA的单重态激发能高于作

为荧光物质的1,6mMemFLPAPrn的单重态激发能。并且,cgDBCzPA的三重态激发能低于1,6mMemFLPAPrn的三重态激发能,由此在荧光层(第一发光层113a)中,容易得到伴随三重态-三重态湮没而产生的单重态激子的再生成及发光。

[0357] 然后,在磷光层(第一发光层113a)上以10nm的厚度沉积cgDBCzPA,再者以15nm的厚度沉积结构式(ix)所表示的红菲绕啉(简称:BPhen),来形成电子传输层114。

[0358] 在形成电子传输层114之后,通过蒸镀以1nm的厚度沉积氟化锂(LiF)来形成电子注入层115。最后,通过蒸镀沉积1nm厚的银-镁合金(1:0.5)及150nm厚的银,来形成用作阴极的第二电极102。通过上述步骤,制造本实施例的发光元件8。另外,在上述所有蒸镀步骤中,通过电阻加热法进行蒸镀。

[0359] 表7示出发光元件8的元件结构。

[0360] [表7]

[0361]

空穴注入层	空穴传输层	第二发光层			第一发光层	电子传输层		电子注入层
DBT3P-II : MoOx 1:0.5	PCBBiF	*	**	***	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPrn 1: 0.03	cgDBCzPA	BPhen	LiF
30nm	20nm	15nm	5nm	2nm	5nm	10nm	15nm	1nm

[0362] *2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)=0.1:0.9:0.06

[0363] **2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac)=0.5:0.5:0.06

[0364] ***2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.5:0.5

[0365] 在氮气氛的手套箱中,以不暴露于大气的方式使用玻璃衬底密封发光元件8(具体地,将密封材料涂敷在元件的外边缘,在密封时进行UV处理,然后在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后对发光元件8的特性进行测量。另外,在室温(保持为25℃的气氛)下使用积分球进行测量。表8示出电流密度为3.75mA/cm²时的特性值。

[0366] [表8]

[0367]

	电压 (V)	相关色温 (K)	duv	平均演色性指数 Ra	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光元件 8	2.8	2840	0.0149	87	57	21

[0368] 发光元件8呈现良好的外量子效率及功率效率。发光元件8的驱动电压也比串联型发光元件低得多,即为2.8V。

[0369] 图29示出发光元件8的发射光谱。根据该发射光谱可知,观察到来源于 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})]$ 的红色发光、来源于 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的绿色发光以及来源于1,6mMemFLPAPrn的蓝色发光。由此可知,可以充分获得来自作为荧光层的第一发光层113a和作为磷光层的第二发光层113c的发光。

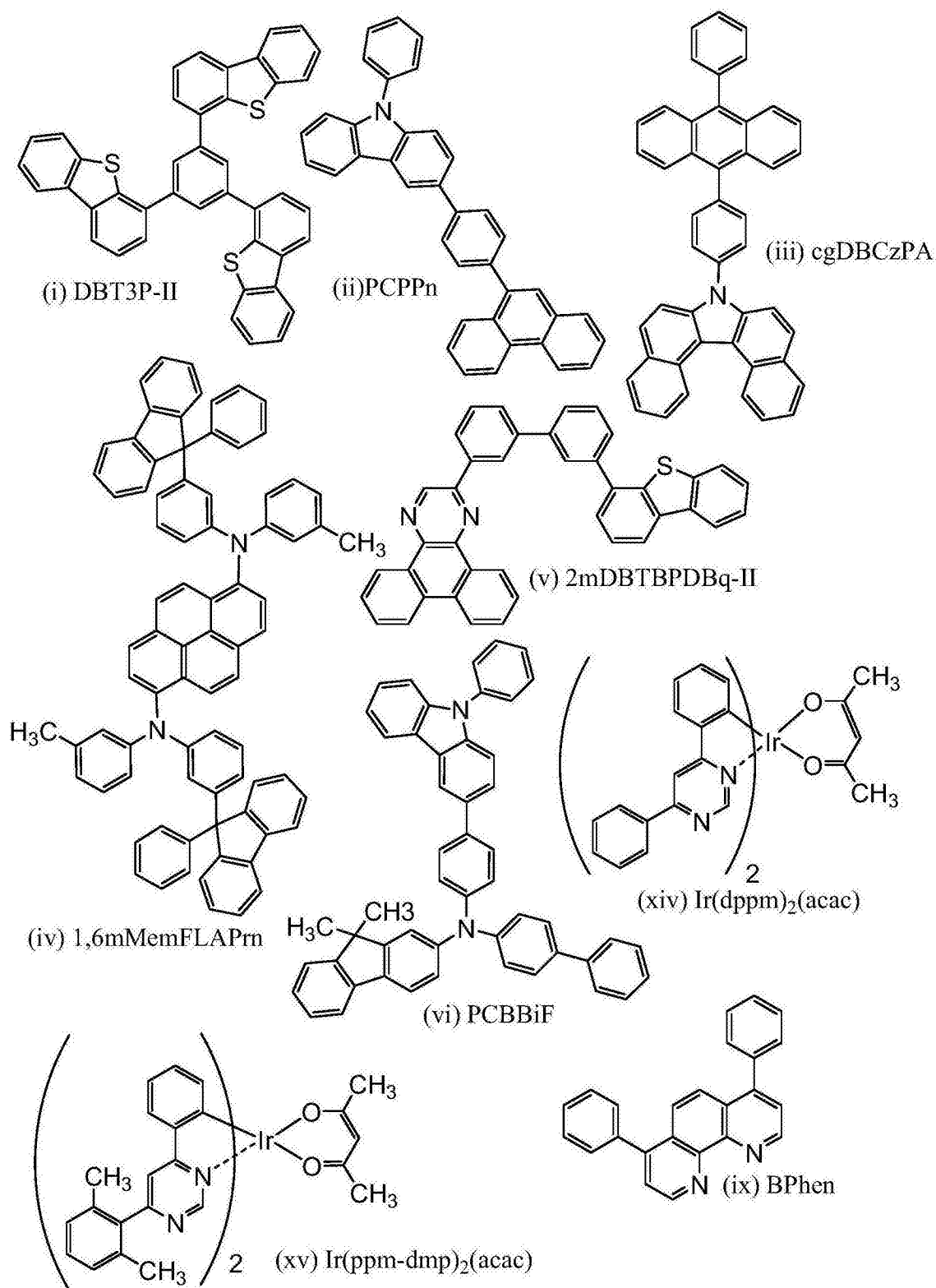
[0370] 发光元件8的平均演色性指数(Ra)为87,这意味着发光元件8的演色性也良好,并且duv(离黑体辐射轨迹的偏差)也小,因此发光元件8适用于照明。此外,发光元件8具有电灯泡色的2840K的颜色温度。

[0371] 如上所述,发光元件8具有均衡且良好的特性,并且可以容易且以低成本制造。这是因为:通过作为磷光层的能量供体使用激基复合物来抑制激子扩散并且三重态激发能的无辐射衰变得得到降低;伴随荧光层的主体材料的三重态-三重态湮没而产生延迟荧光,从而发光效率得到提高。

[0372] 实施例5

[0373] 在本实施例中说明作为本发明的一个实施方式的发光元件的发光元件9的制造方法及特性。下面示出用于发光元件9的有机化合物的结构式。

[0374]



[0375] (发光元件9的制造方法)

[0376] 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)膜,来形成第一电极101。厚度为110nm,而电极面积为2mm×2mm。这里,第一电极101作为发光元件的阳极发挥作用。

[0377] 接着,在为了在衬底上形成发光元件的预处理中,用水洗涤衬底表面,以200℃烘

焙1小时,并进行370秒的UV臭氧处理。

[0378] 然后,将衬底传送到其内部压力被降低到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀装置中,并且在真空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空烘焙后,将衬底冷却30分钟左右。

[0379] 接着,以使形成有第一电极101的面朝下的方式将设置有第一电极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。将真空蒸镀装置内的压力降低到 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由共蒸镀来沉积由结构式(i)表示的4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(简称:DBT3P-II)与氧化钼(VI),从而形成空穴注入层111。将空穴注入层111的厚度设定为15nm,将DBT3P-II与氧化钼的重量比调节为2:1(=DBT3P-II:氧化钼)。

[0380] 接着,在空穴注入层111上以20nm的厚度沉积结构式(ii)所表示的3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn),从而形成空穴传输层112。

[0381] 再者,在空穴传输层112上以5nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(iii)所表示的7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)和结构式(iv)所表示的N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-芘-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn),以使cgDBCzPA和1,6mMemFLPAPrn的重量比为2:0.1(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn),来形成用作荧光层的第一发光层113a。然后,以2nm的厚度通过共蒸镀沉积结构式(v)所表示的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)与结构式(vi)所表示的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-芴-2-胺(简称:PCBBiF),以使2mDBTBPDBq-II和PCBBiF的重量比为0.4:1.6(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF),来形成分离层113b。然后,以5nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(xiv)所表示的(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(dppm)₂(acac)]),以使2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(dppm)₂(acac)]的重量比为0.8:1.2:0.12(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]),由此形成第一磷光层113c-1;以15nm的厚度通过共蒸镀沉积2mDBTBPDBq-II、PCBBiF与结构式(xv)所表示的双{2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κO,O')铱(III)(简称:[Ir(ppm-dmp)₂(acac)]),以使2mDBTBPDBq-II、PCBBiF和[Ir(ppm-dmp)₂(acac)]的重量比为1.6:0.4:0.12(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(ppm-dmp)₂(acac)]),由此形成第二磷光层113c-2。通过上述步骤,形成用作磷光层的第二发光层113c。如上所述,发光元件9中的发光层113由第一发光层113a及第二发光层113c形成。

[0382] 注意,在磷光层(第二发光层113c)中,2mDBTBPDBq-II和PCBBiF形成激基复合物。其发光波长与[Ir(dppm)₂(acac)]及[Ir(ppm-dmp)₂(acac)]的最长波长侧的吸收带重叠,而能量转移的效率高。

[0383] 作为荧光层(第一发光层113a)的主体材料的cgDBCzPA的单重态激发能大于作为荧光物质的1,6mMemFLPAPrn的单重态激发能。并且,cgDBCzPA的三重态激发能小于1,6mMemFLPAPrn的三重态激发能。由此在荧光层(第一发光层113a)中,容易得到伴随三重态-三重态湮灭而产生的单重态激子的再生成及发光。

[0384] 然后,在磷光层(第二发光层113c)上以10nm的厚度沉积2mDBTBPDBq-II,并且以15nm的厚度沉积以结构式(ix)表示的红菲绕啉(简称:BPhen),由此形成电子传输层114。

[0385] 在形成电子传输层114之后,通过蒸镀以1nm的厚度沉积氟化锂(LiF),从而形成电

子注入层115。最后,以1nm的厚度通过共蒸镀沉积银(Ag)和镁(Mg),以使银和镁的重量比为1:0.5,由此形成用作阴极的第二电极102。然后,通过溅射法以150nm的厚度沉积银。通过上述步骤,制造本实施例的发光元件9。

[0386] 另外,在上述所有蒸镀步骤中,作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0387] 在氮气氛的手套箱中,以不暴露于大气的方式使用玻璃衬底密封发光元件9(具体地,将密封材料涂敷在元件的外边缘,在密封时进行UV处理,然后在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后对发光元件9的可靠性进行测量。注意,测量是在室温(保持为25℃的气氛)下进行的。

[0388] 表9示出发光元件9的元件结构。

[0389] [表9]

[0390]

空穴注入层	空穴传输层	第一发光层	分离层	第二发光层		电子传输层		电子注入层
DBT3P-II : MoOx 2: 1	PCPPn	cgDBCzPA : 1, 6mMem FLPAPrn 2: 0.1	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
15nm	20nm	5nm	2nm	5nm	15nm	10nm	15nm	1nm

[0391] *2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.4:1.6

[0392] **2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dppm)₂(acac)=0.8:1.2:0.12

[0393] ***2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(ppm-dmp)₂(acac)=1.6:0.4:0.12

[0394] 图30示出发光元件9的电流密度-亮度特性。图31示出发光元件9的亮度-电流效率特性。图32示出发光元件9的电压-亮度特性。图33示出发光元件9的亮度-外量子效率特性。图34示出发光元件9的发射光谱。

[0395] 根据该特性可知:虽然发光元件9不包括中间层,但是在1000cd/m²附近发光元件9的电流效率大约为70cd/A附近,且其外量子效率大约为22%以上。由此可知,发光元件9具有高发光效率。另外,发光元件9的驱动电压为2.9V,比串联型发光元件低得多。

[0396] [表10]

[0397]

	电压 (V)	电流密度 (mA/cm ²)	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)	相关色温 (K)
发光元件9	2.9	1.3	69	75	22	2730

[0398] 如发射光谱所示,观察到来源于[Ir(dppm)₂(acac)]及[Ir(ppm-dmp)₂(acac)]的磷

光以及来源于1,6mMemFLPAPrn的荧光。由此可知,可以充分获得来自作为荧光层的第一发光层113a和作为磷光层的第二发光层113c的发光。

[0399] 如上所述,发光元件9以非常高的发光效率呈现白色发光,并且容易且以低成本制造。这是因为:通过作为磷光层的能量供体使用激基复合物来抑制激子扩散并且三重态激发能的无辐射衰变得到降低;伴随荧光层的主体材料中的三重态-三重态湮没而产生延迟荧光,从而发光效率得到提高。通过使用分离层113b,抑制从磷光层(第二发光层113c)向荧光层(第一发光层113a)的界面上的能量转移,所以发光元件9可以具有更良好的特性。

[0400] 以如下方式制造有机EL照明装置:将具有与发光元件9相同且包括70nm厚的第一电极的结构的元件以发光面积为90mm×90mm的方式形成在折射率为1.84的玻璃衬底上,并且对衬底的发射光的面进行了磨砂。

[0401] 图35示出有机EL照明装置的亮度-功率效率特性。该有机EL照明装置的颜色温度为2700K且 $duv=0.019$,与电灯泡色的规格一致,且该照明装置在亮度为1500cd/m²附近具有140lm/W的非常高的功率效率。

[0402] 符号说明

[0403] 101:第一电极;102:第二电极;103:EL层;111:空穴注入层;112:空穴传输层;113:发光层;113a:第一发光层;113b:分离层;113c:第二发光层;113c-1:第一磷光层;113c-2:第二磷光层;114:电子传输层;115:电子注入层;400:衬底;401:第一电极;403:EL层;404:第二电极;405:密封材料;406:密封材料;407:密封衬底;412:焊盘;420:IC芯片;501:第一电极;502:第二电极;511:第一发光单元;512:第二发光单元;513:电荷产生层;601:驱动电路部(源极线驱动电路);602:像素部;603:驱动电路部(栅极线驱动电路);604:密封衬底;605:密封材料;607:空间;608:布线;609:FPC(柔性印刷电路);610:元件衬底;611:开关FET;612:电流控制FET;613:第一电极;614:绝缘物;616:EL层;617:第二电极;618:发光元件;623:n沟道型FET;624:p沟道型FET;901:框体;902:液晶层;903:背光单元;904:框体;905:驱动器IC;906:端子;951:衬底;952:电极;953:绝缘层;954:隔离层;955:EL层;956:电极;1001:衬底;1002:基底绝缘膜;1003:栅极绝缘膜;1006:栅电极;1007:栅电极;1008:栅电极;1020:第一层间绝缘膜;1021:第二层间绝缘膜;1022:电极;1024W:发光元件的第一电极;1024R:发光元件的第一电极;1024G:发光元件的第一电极;1024B:发光元件的第一电极;1025:分隔壁;1028:EL层;1029:发光元件的第二电极;1031:密封衬底;1032:密封材料;1033:透明基材;1034R:红色着色层;1034G:绿色着色层;1034B:蓝色着色层;1035:黑色层(黑矩阵);1036:覆盖层;1037:第三层间绝缘膜;1040:像素部;1041:驱动电路部;1042:周边部;2001:框体;2002:光源;3001:照明装置;5000:显示区域;5001:显示区域;5002:显示区域;5003:显示区域;5004:显示区域;5005:显示区域;7101:框体;7103:显示部;7105:支架;7107:显示部;7109:操作键;7110:遥控操作机;7201:主体;7202:框体;7203:显示部;7204:键盘;7205:外部连接端口;7206:指向装置;7210:第二显示部;7301:框体;7302:框体;7303:连接部分;7304:显示部;7305:显示部;7306:扬声器;7307:记录介质插入部分;7308:LED灯;7309:操作键;7310:连接端子;7311:传感器;7401:框体;7402:显示部;7403:操作按钮;7404:外部连接端口;7405:扬声器;7406:麦克风;9033:卡子;9034:开关;9035:电源开关;9036:开关;9038:操作开关;9630:框体;9631:显示部;9631a:显示部;9631b:显示部;9632a:触摸屏区域;9632b:触摸屏区域;9633:太阳能电池;9634:充放电控制电路;

9635:电池;9636:DC-DC转换器;9637:操作键;9638:转换器;9639:按钮

[0404] 本申请基于2013年12月2日向日本专利局提交的日本专利申请第2013-249486号、2014年5月9日向日本专利局提交的日本专利申请第2014-097803号以及2014年9月5日向日本专利局提交的日本专利申请第2014-180913号,其全部内容通过引用纳入本文。

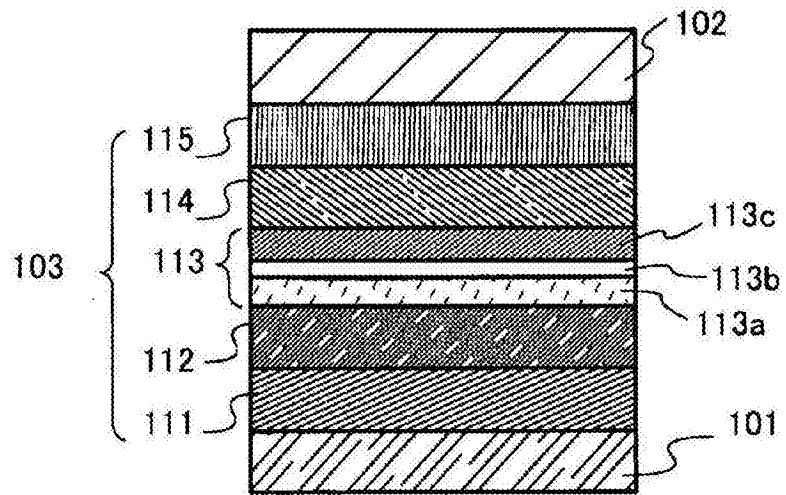


图1A

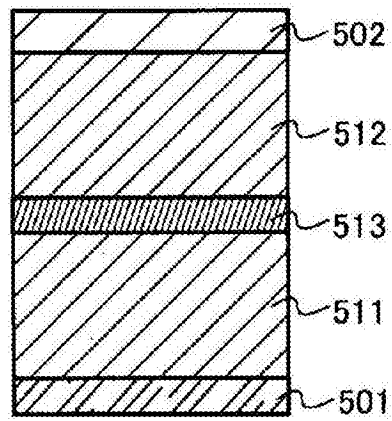


图1B

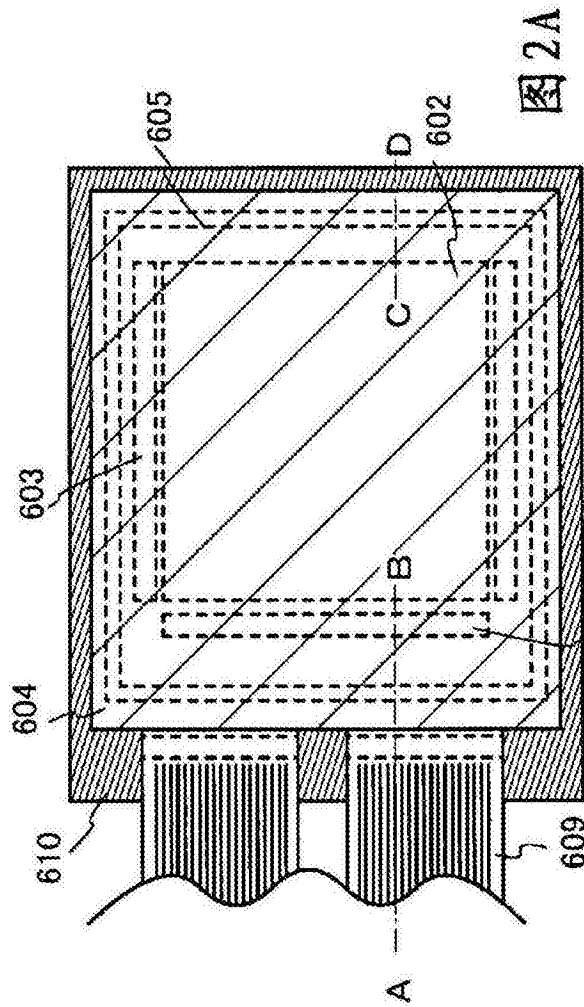


图2A

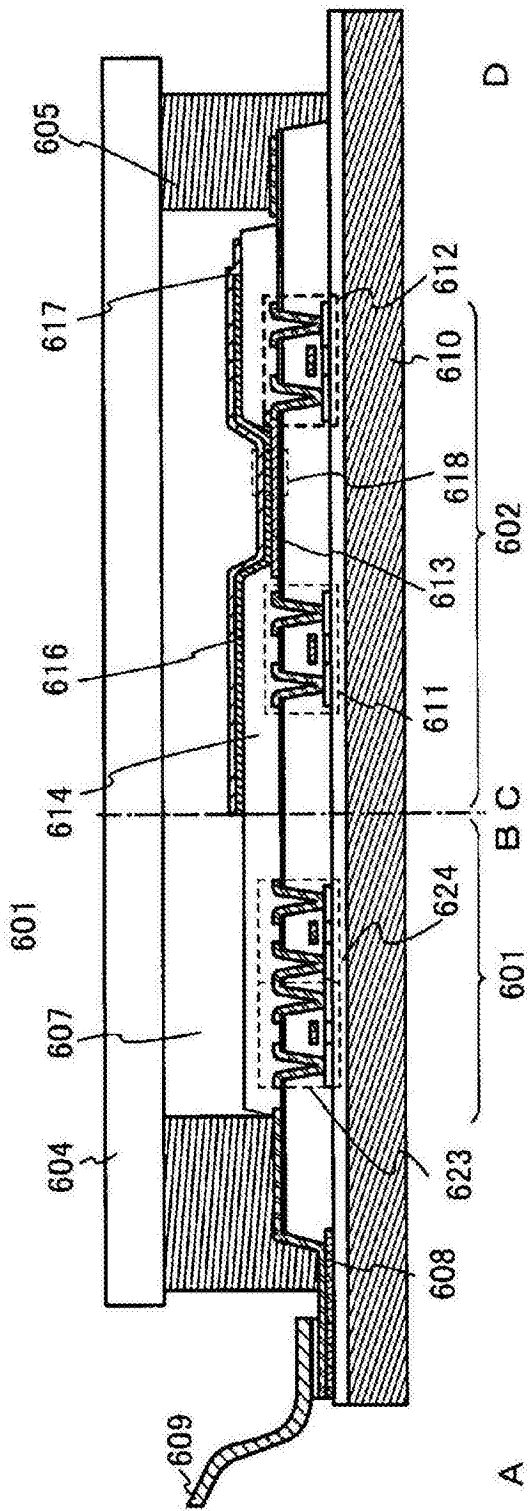


图2B

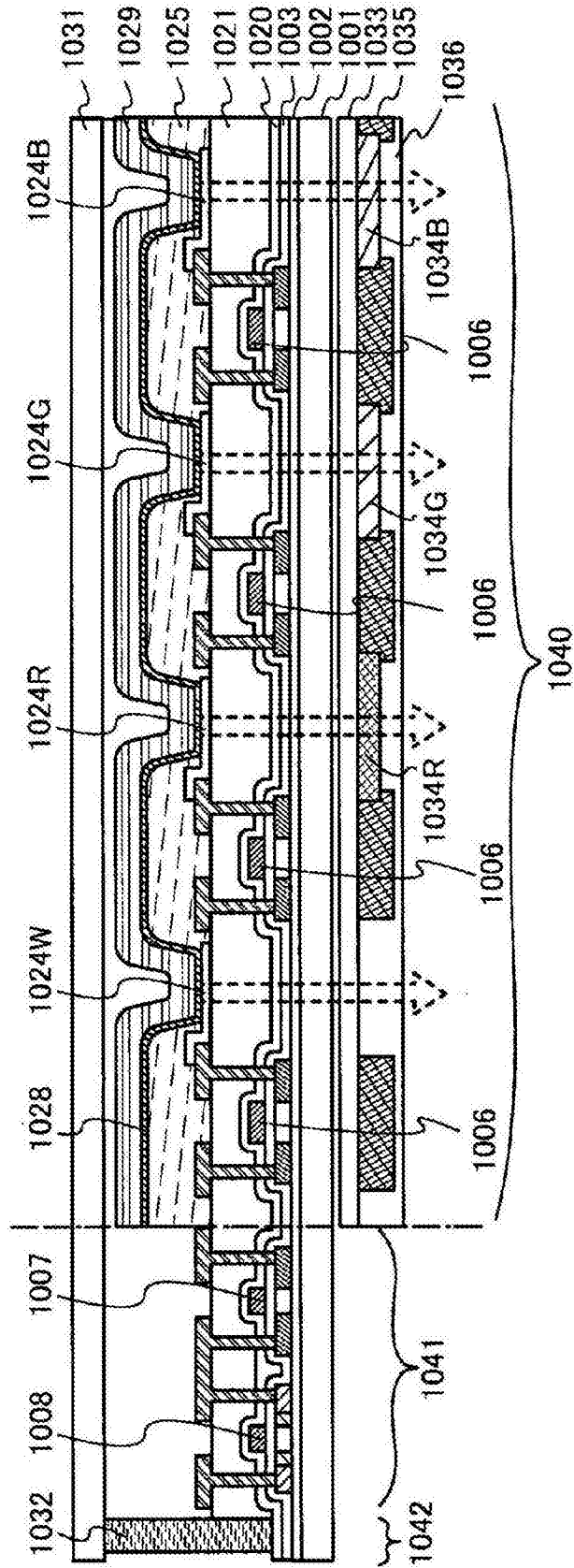


图3A

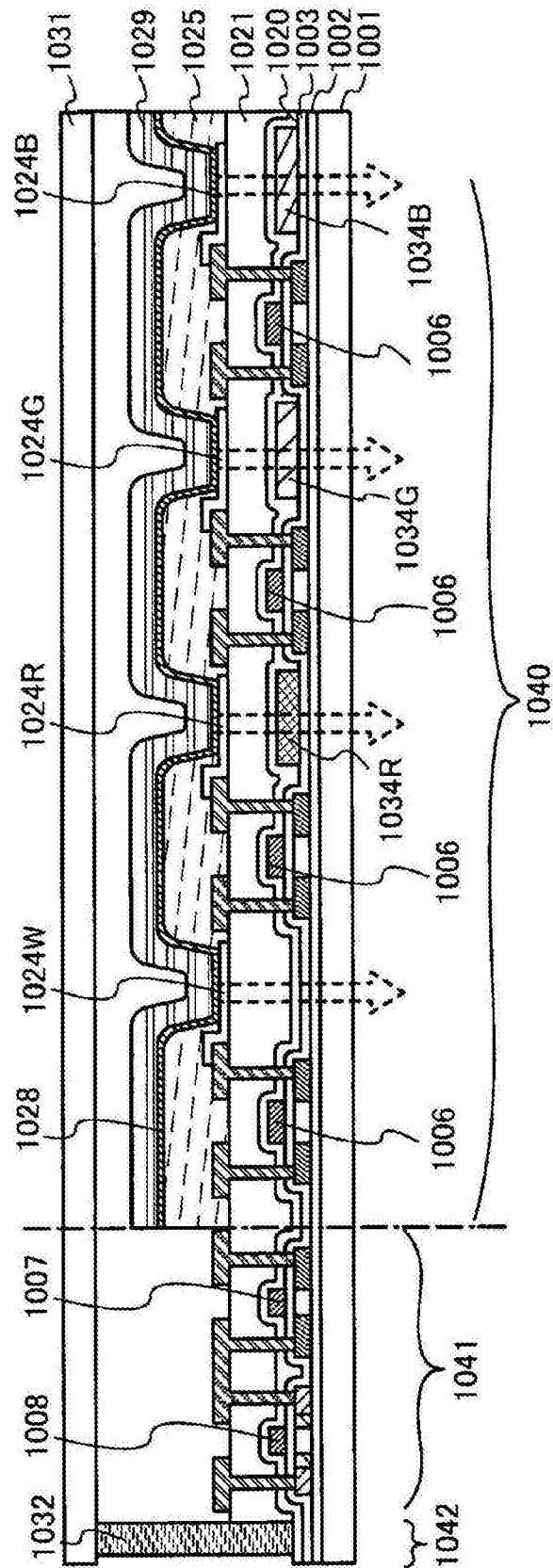


图3B

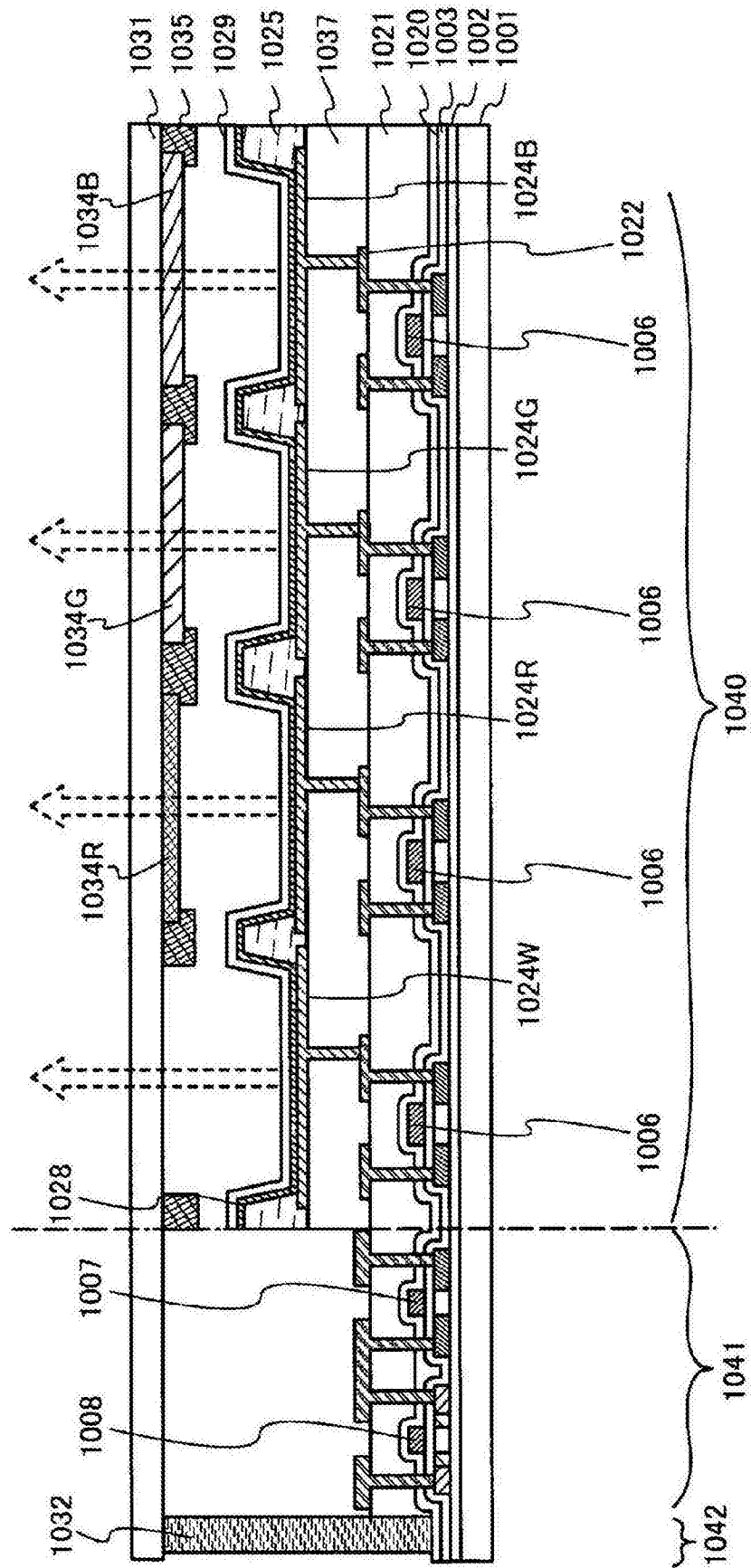


图4

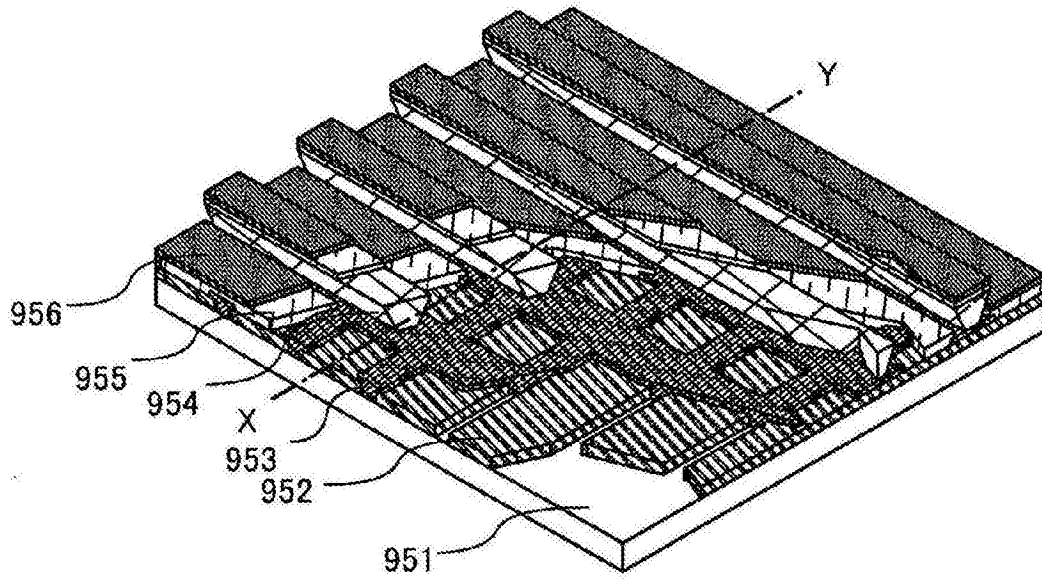


图5A

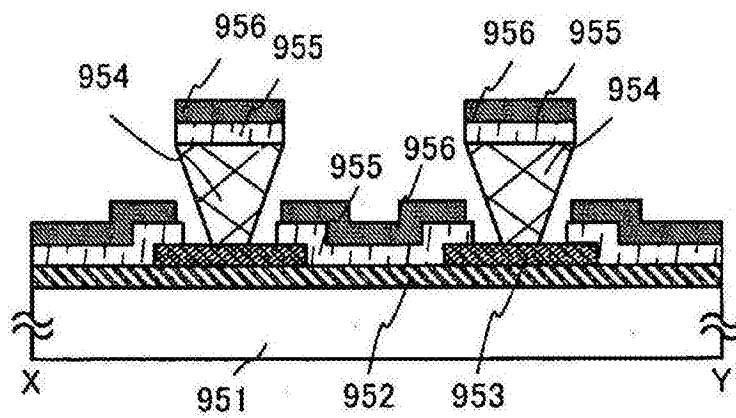


图5B

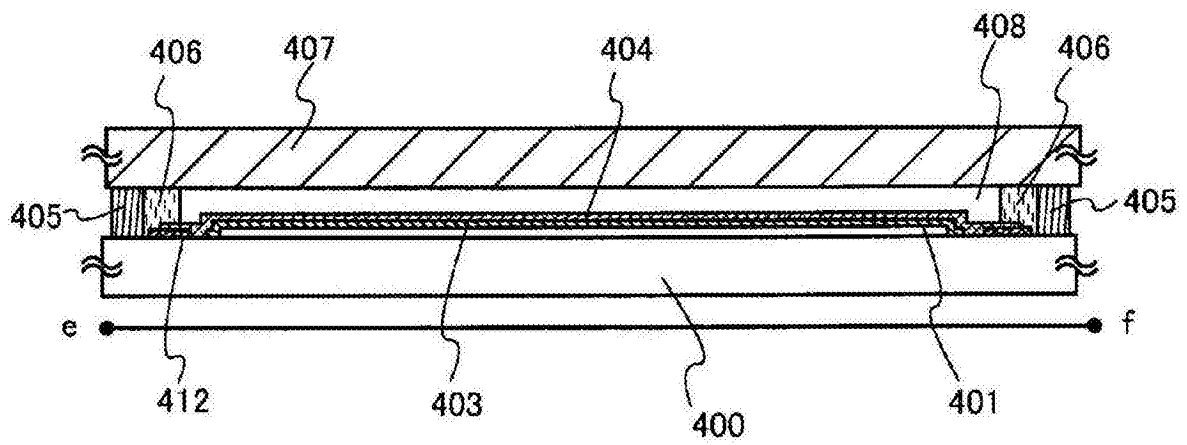


图6A

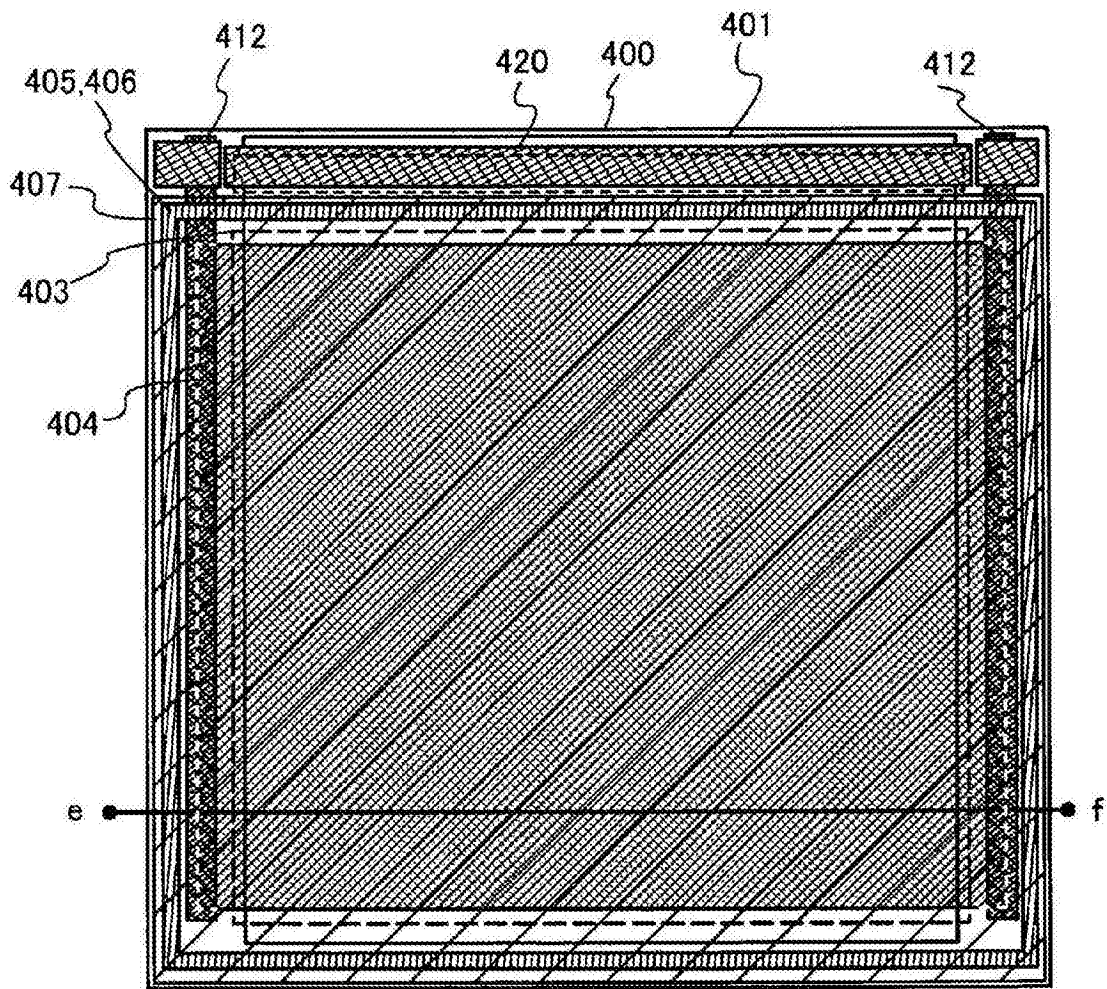


图6B

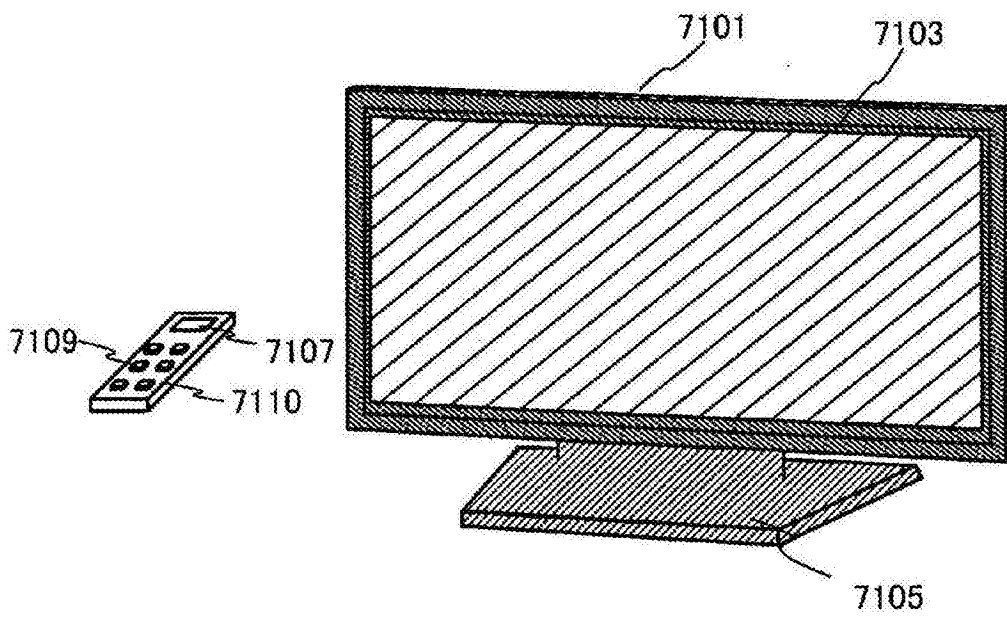


图7A

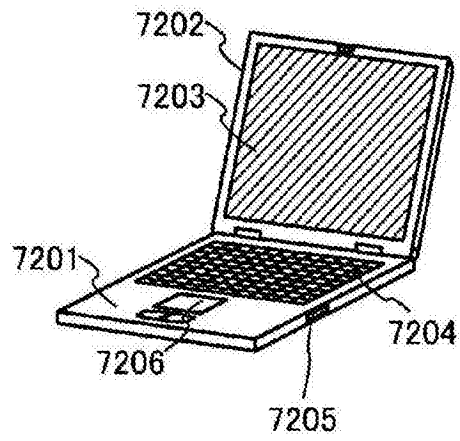


图7B1

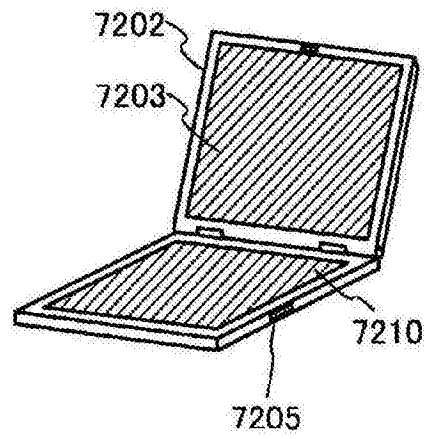


图7B2

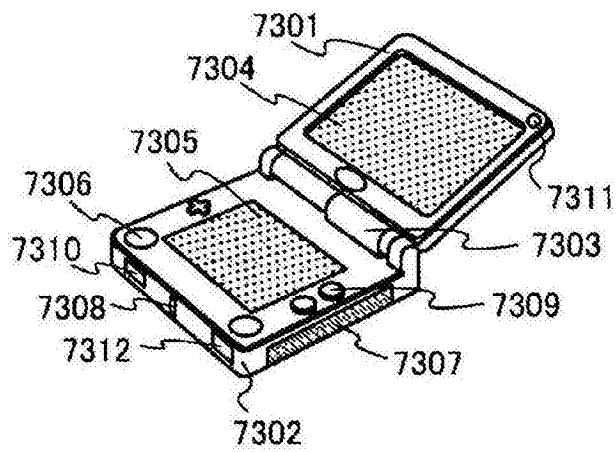


图7C

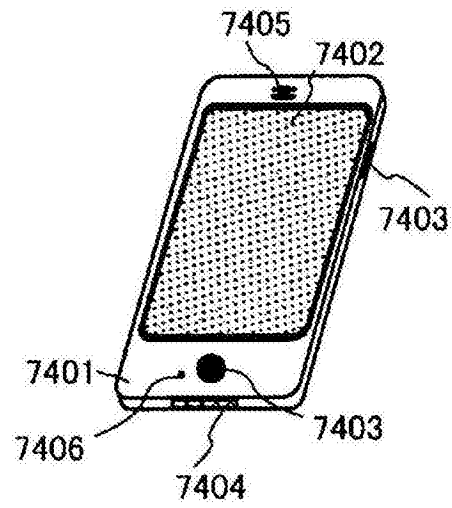


图7D

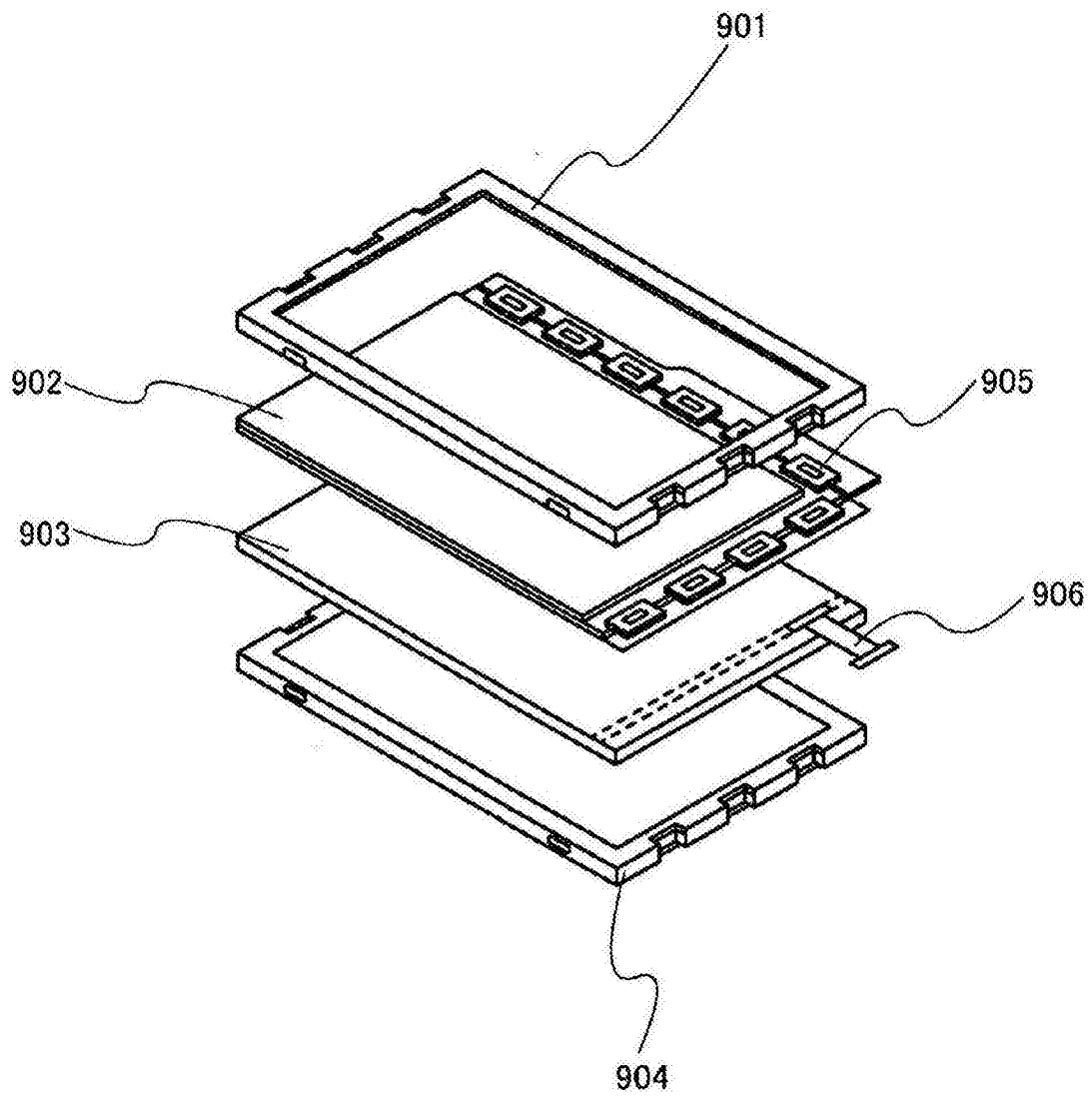


图8

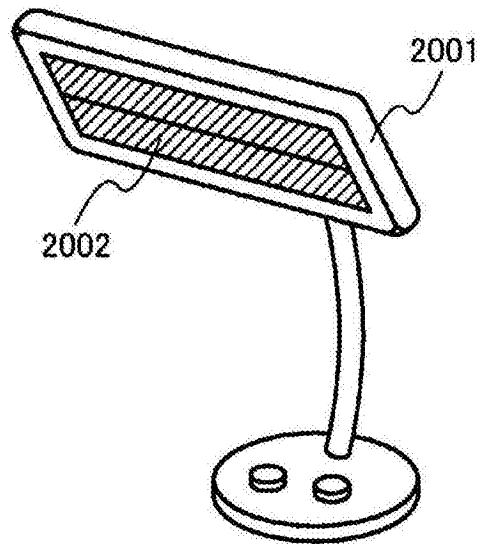


图9

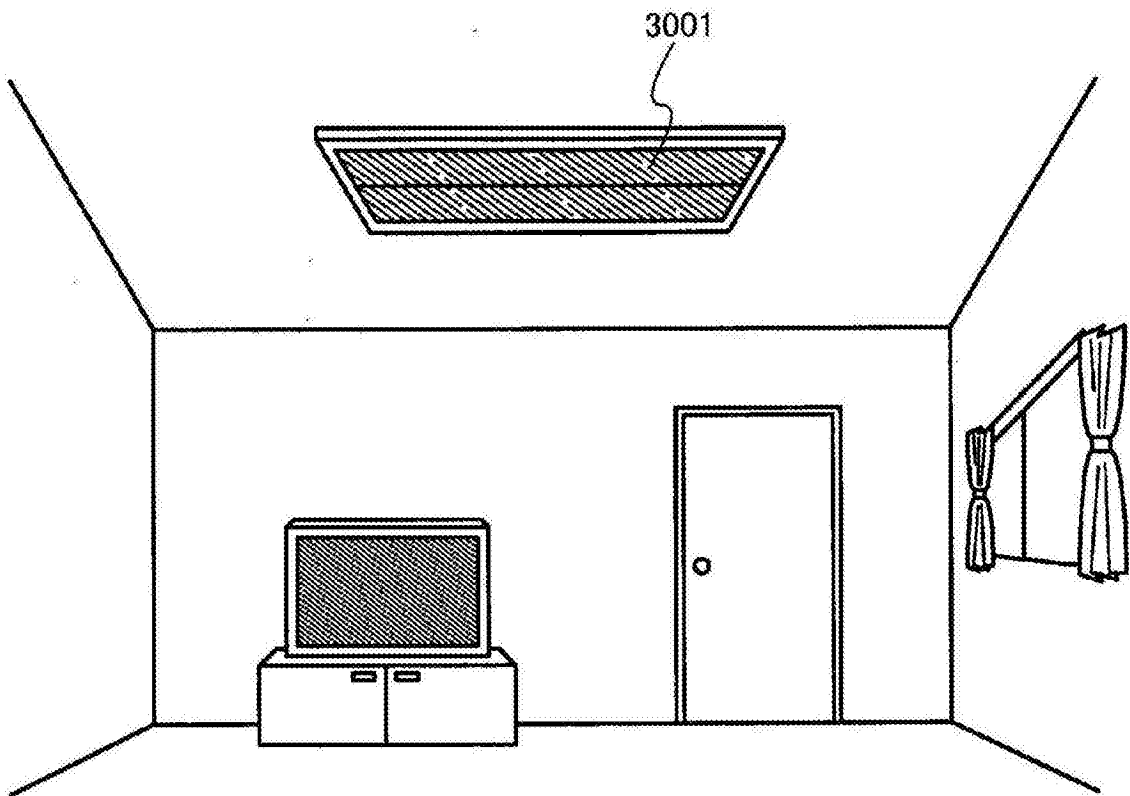


图10

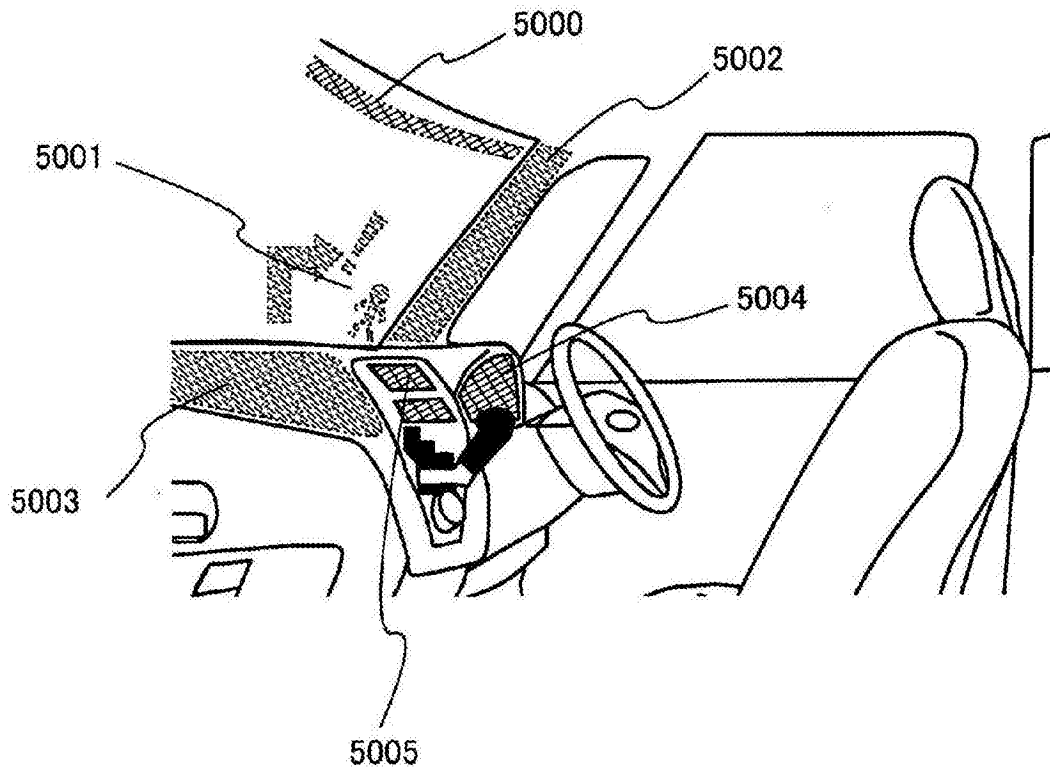


图11

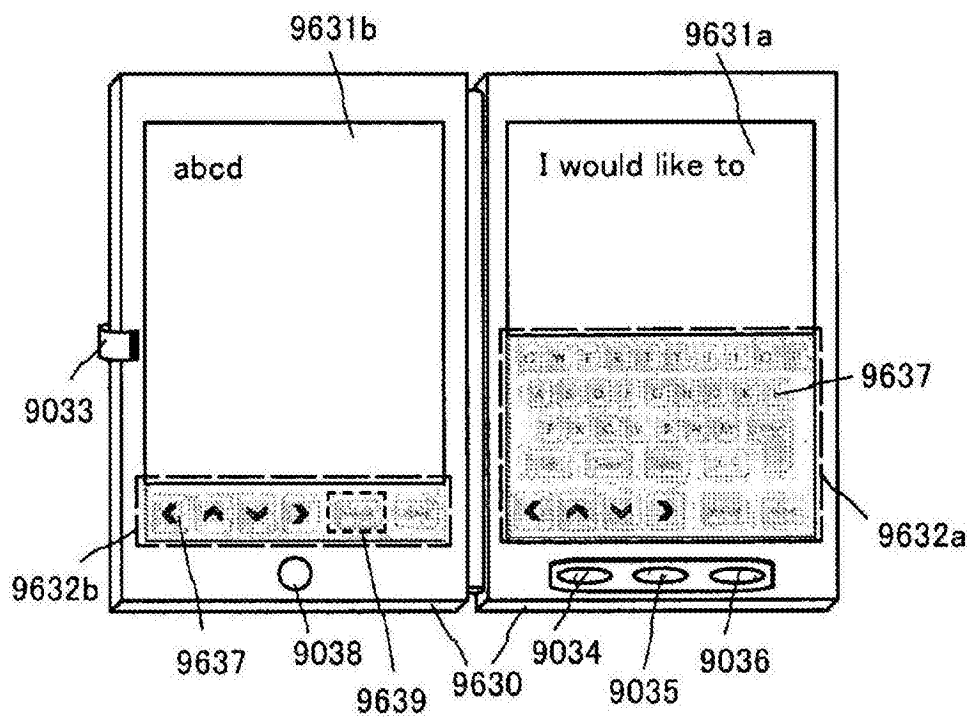


图12A

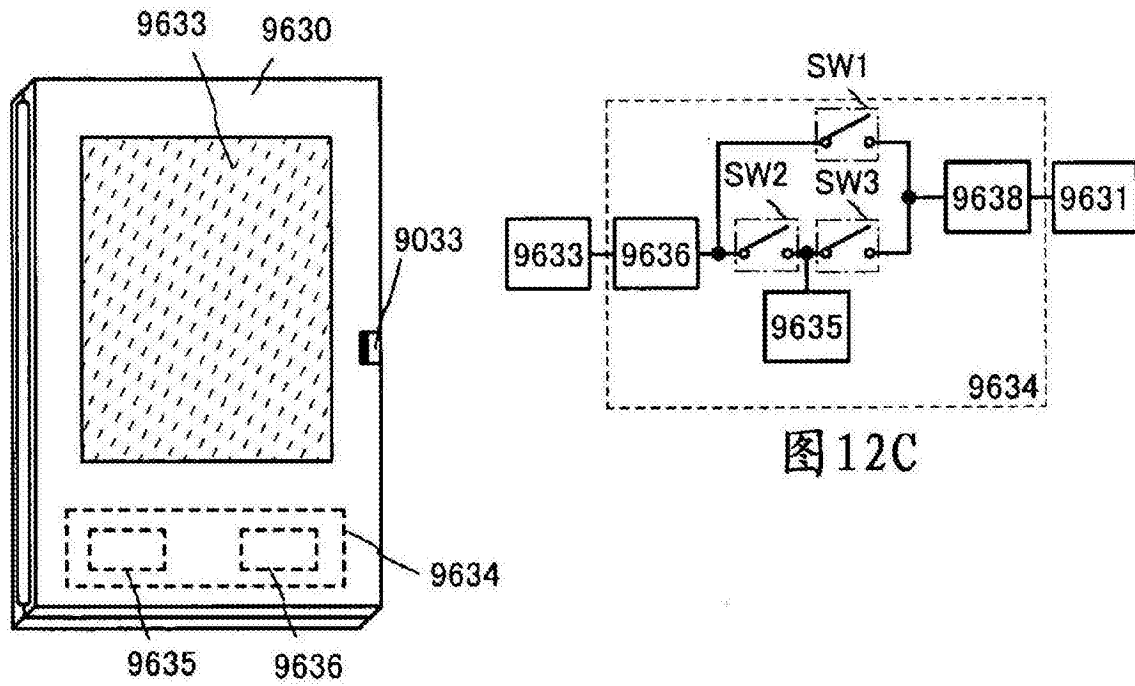


图 12B

图 12C

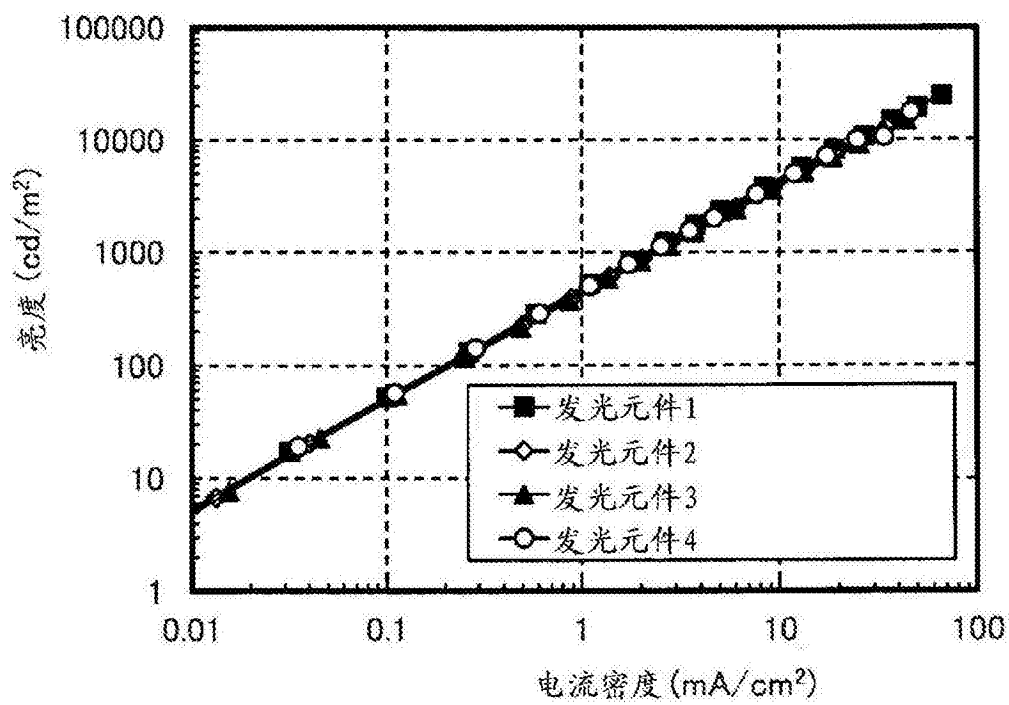


图13

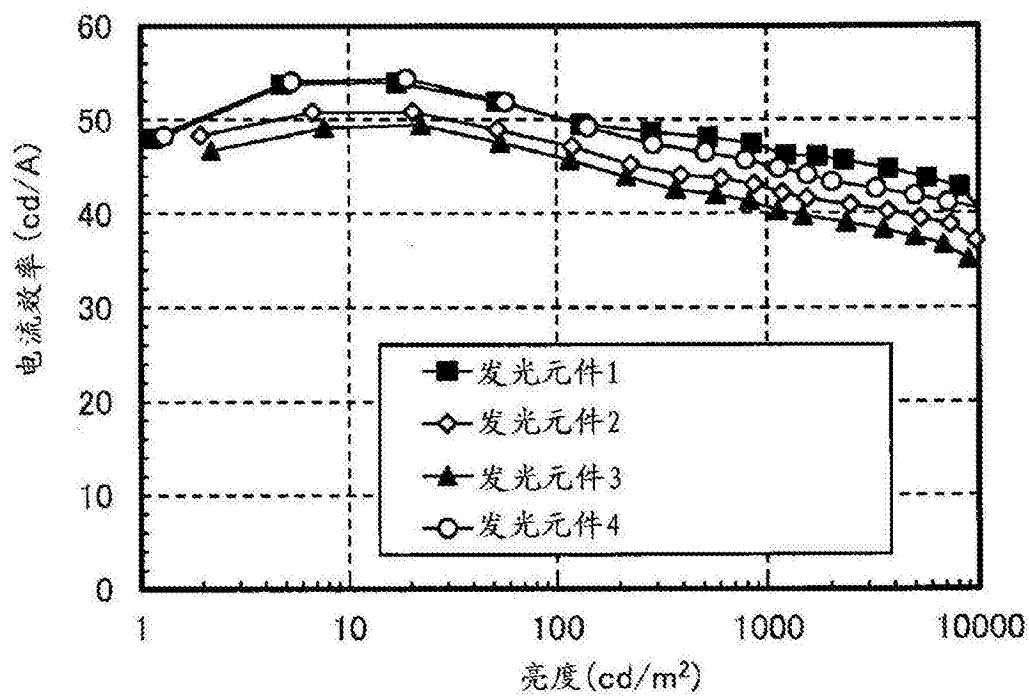


图14

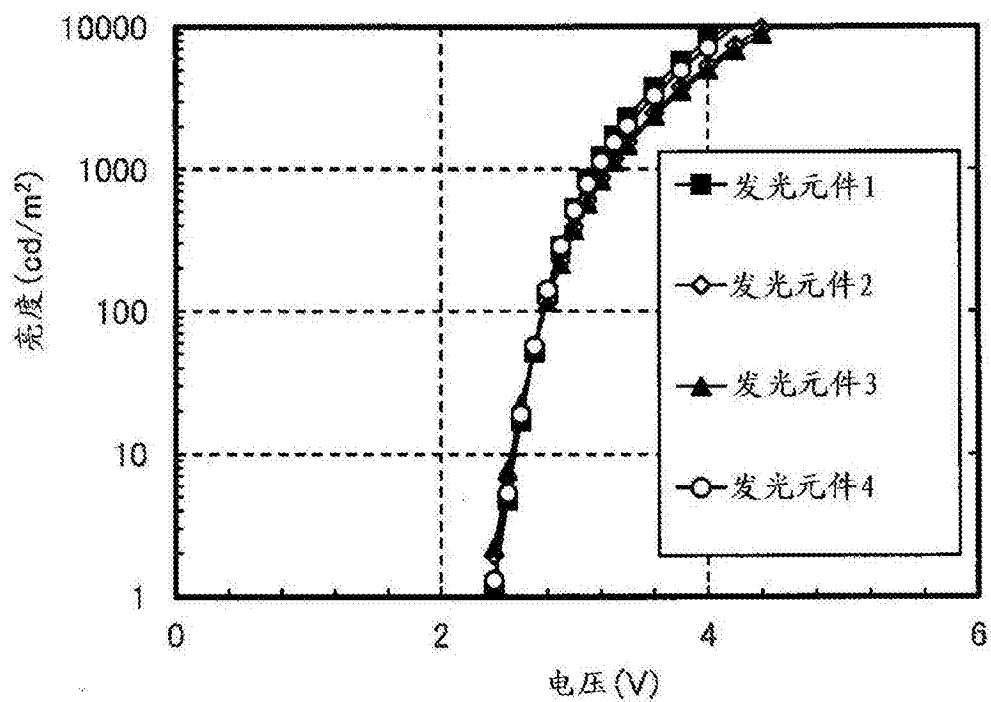


图15

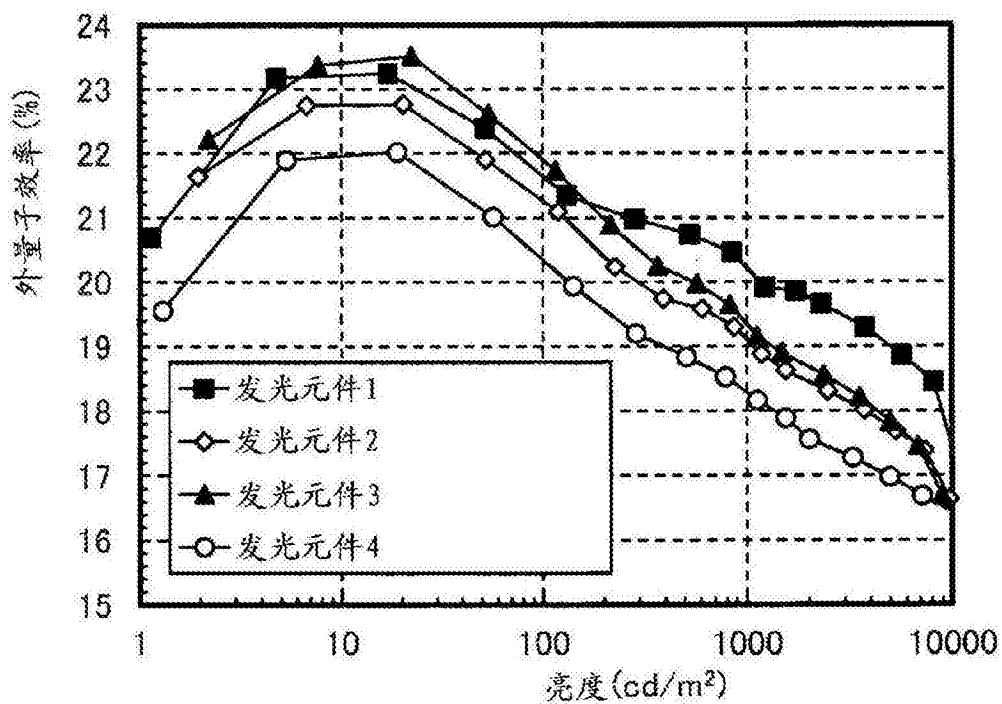


图16

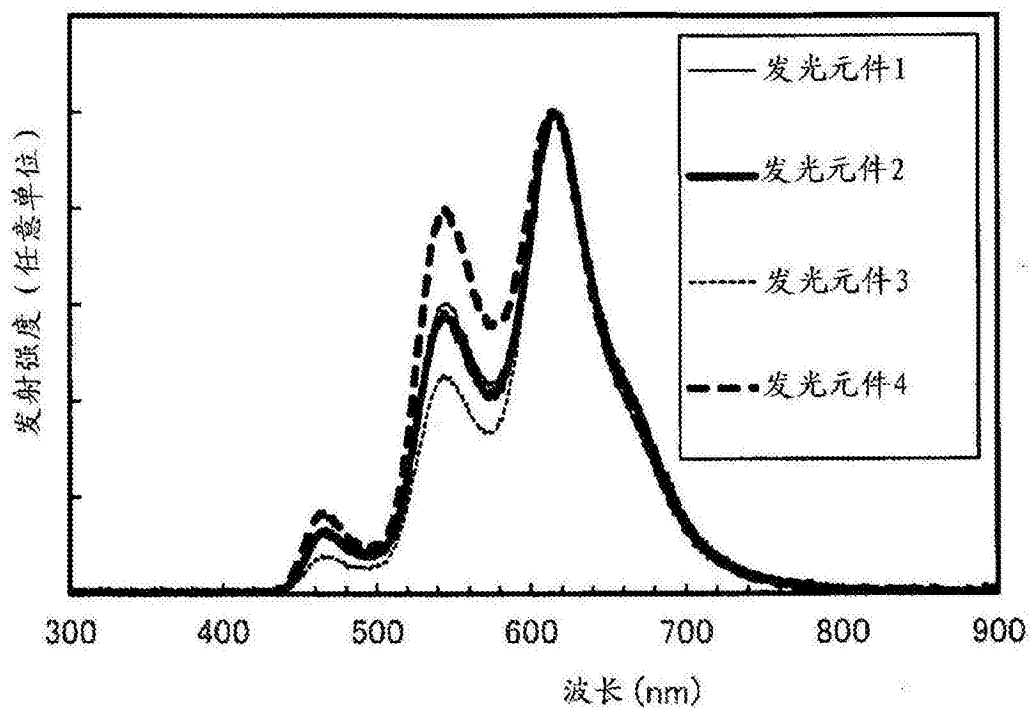


图17

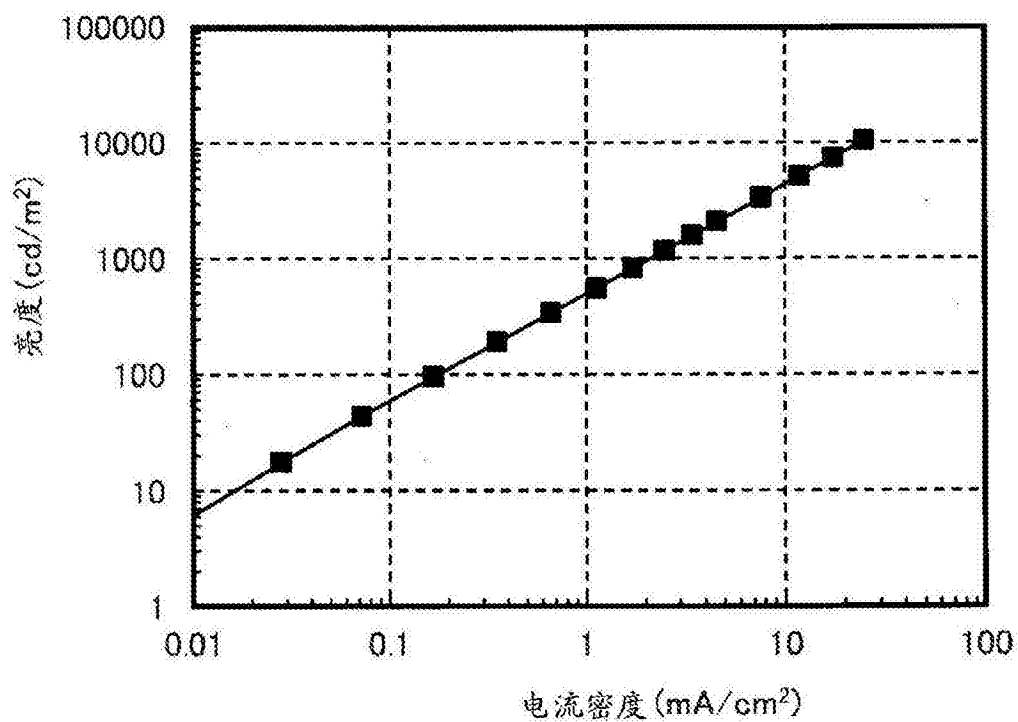


图18

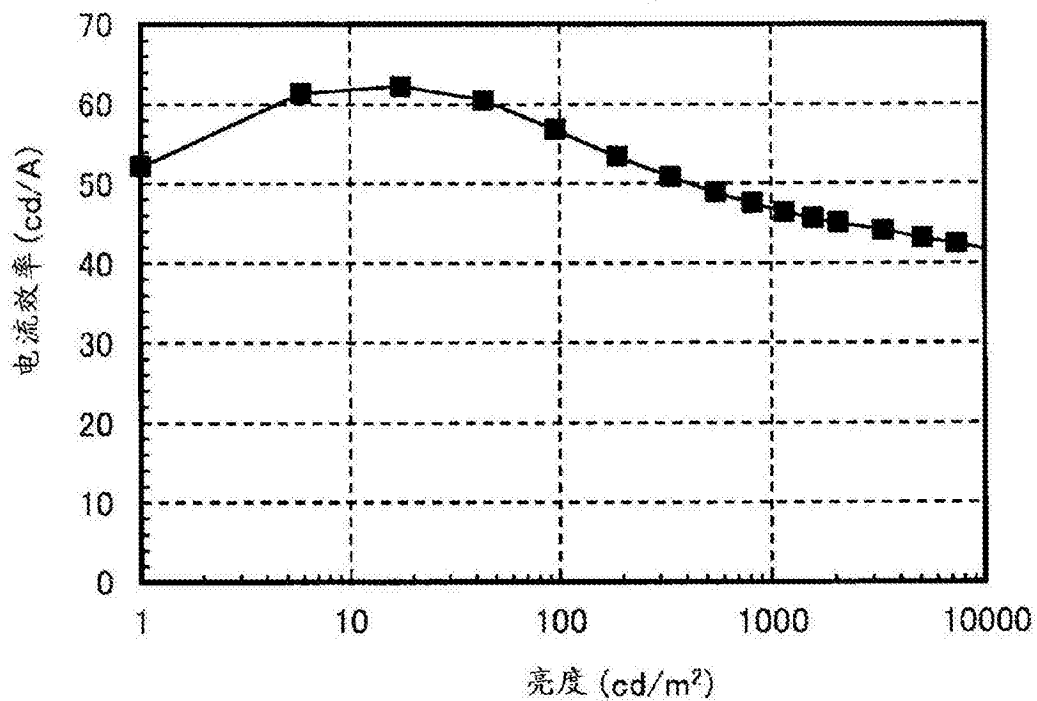


图19

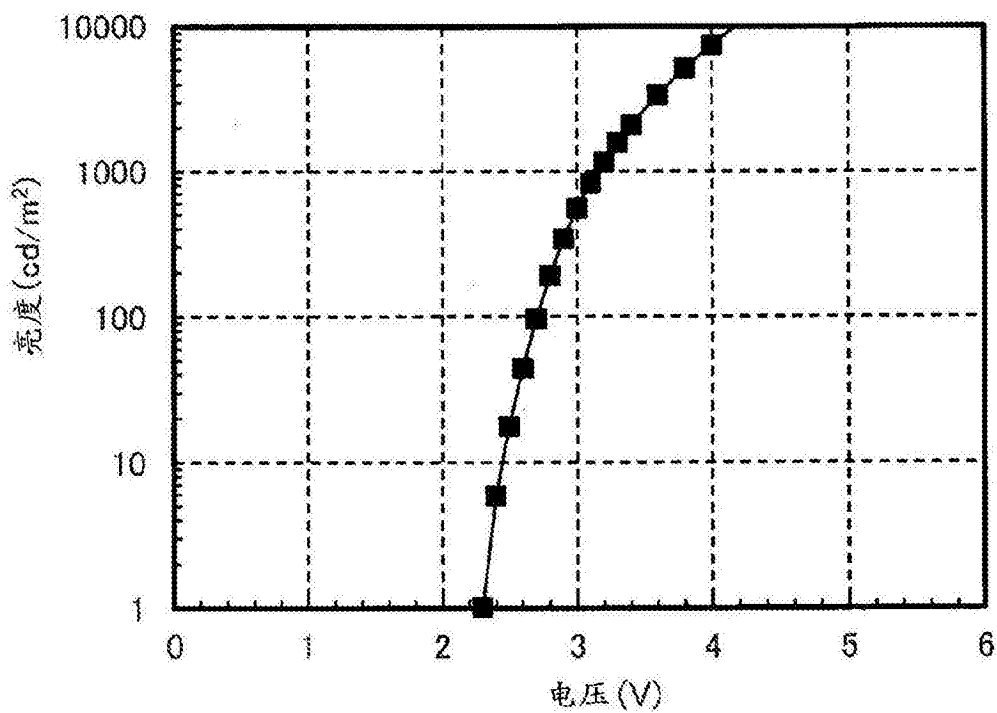


图20

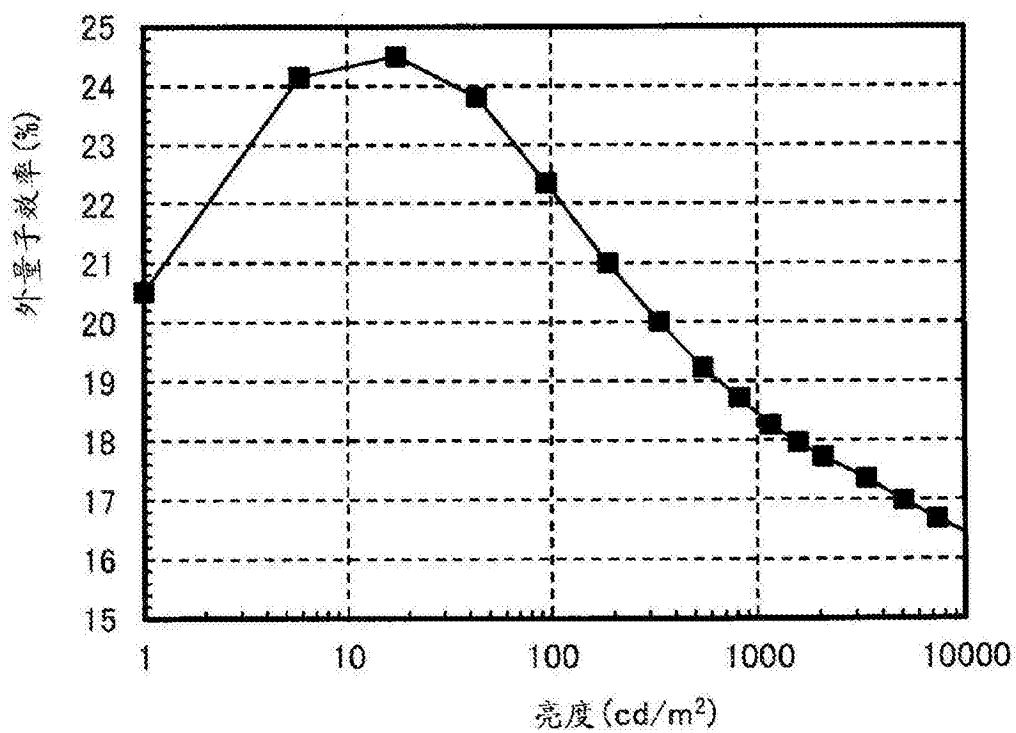


图21

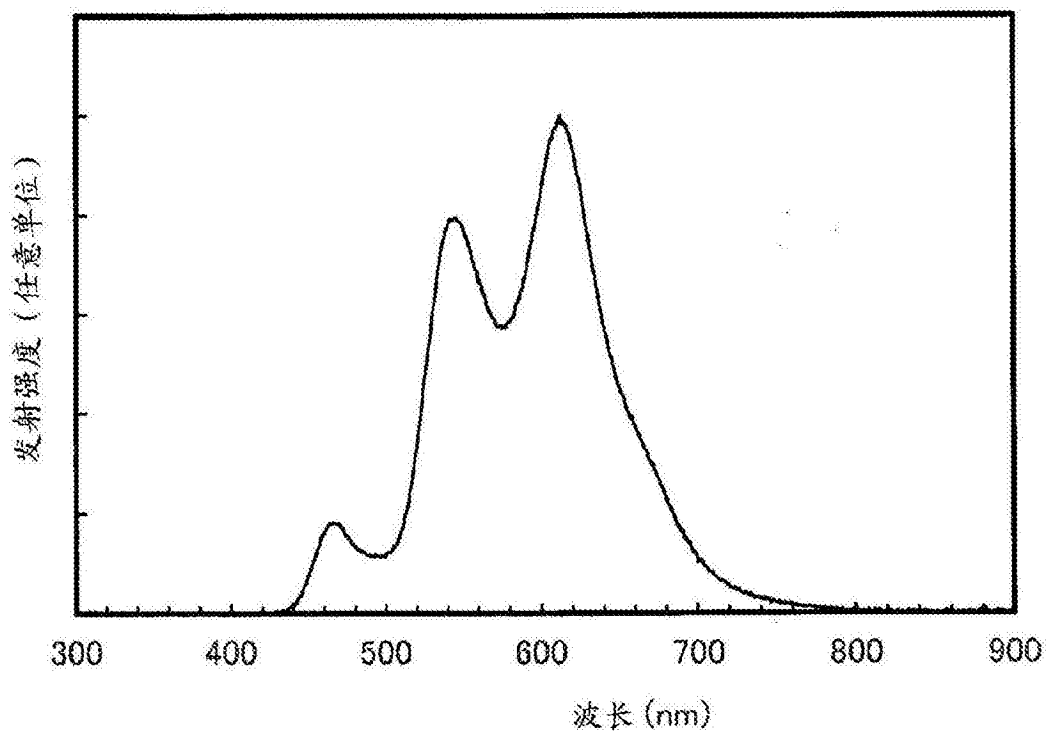


图22

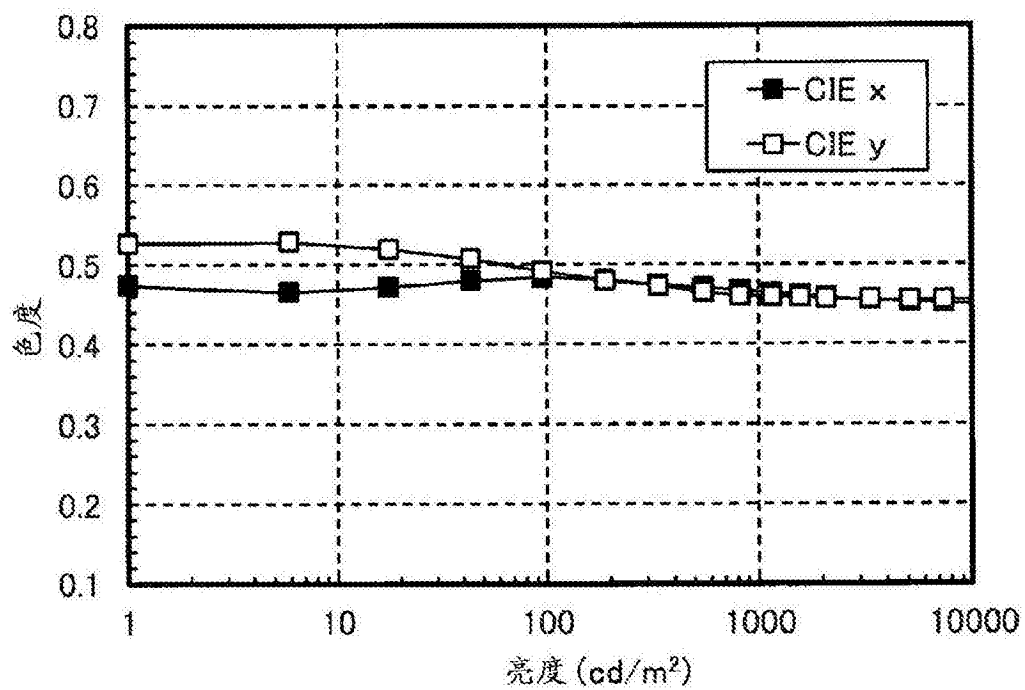


图23

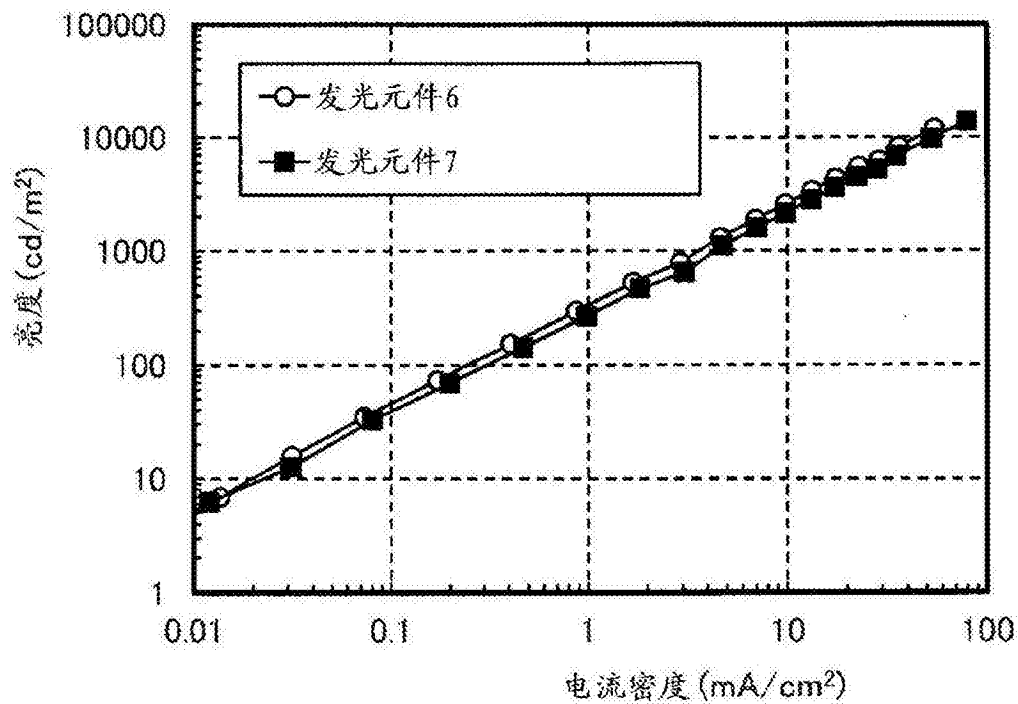


图24

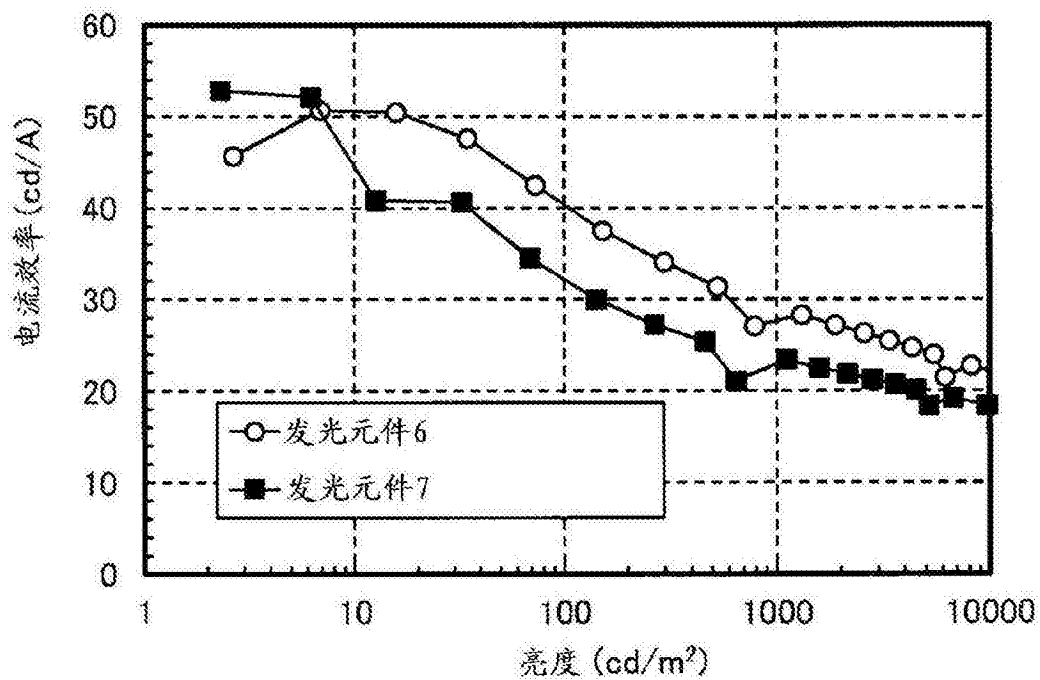


图25

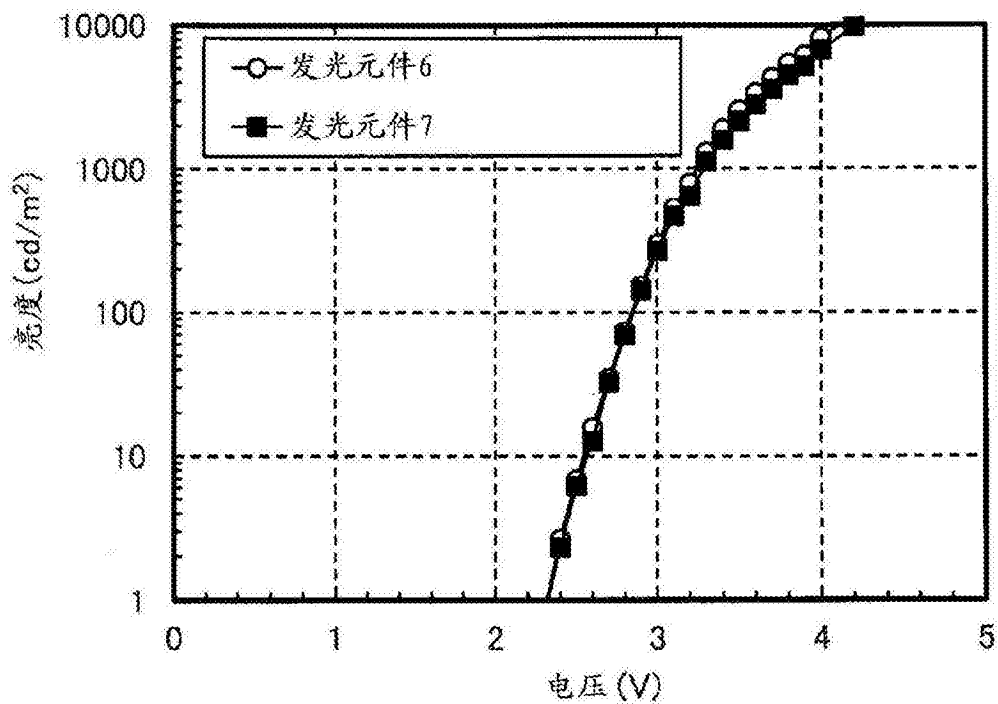


图26

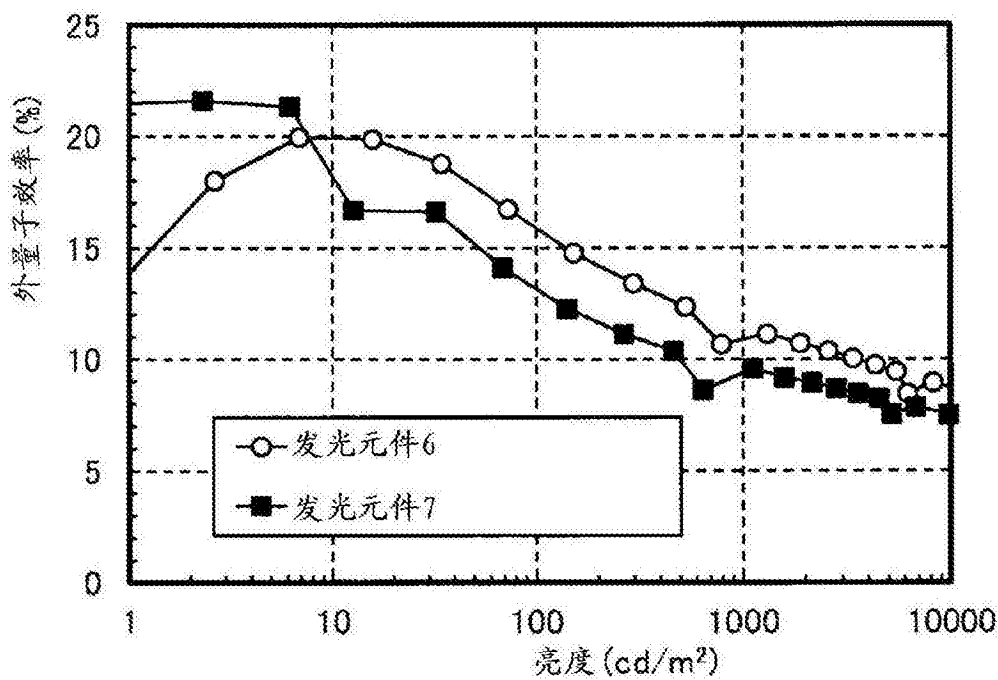


图27

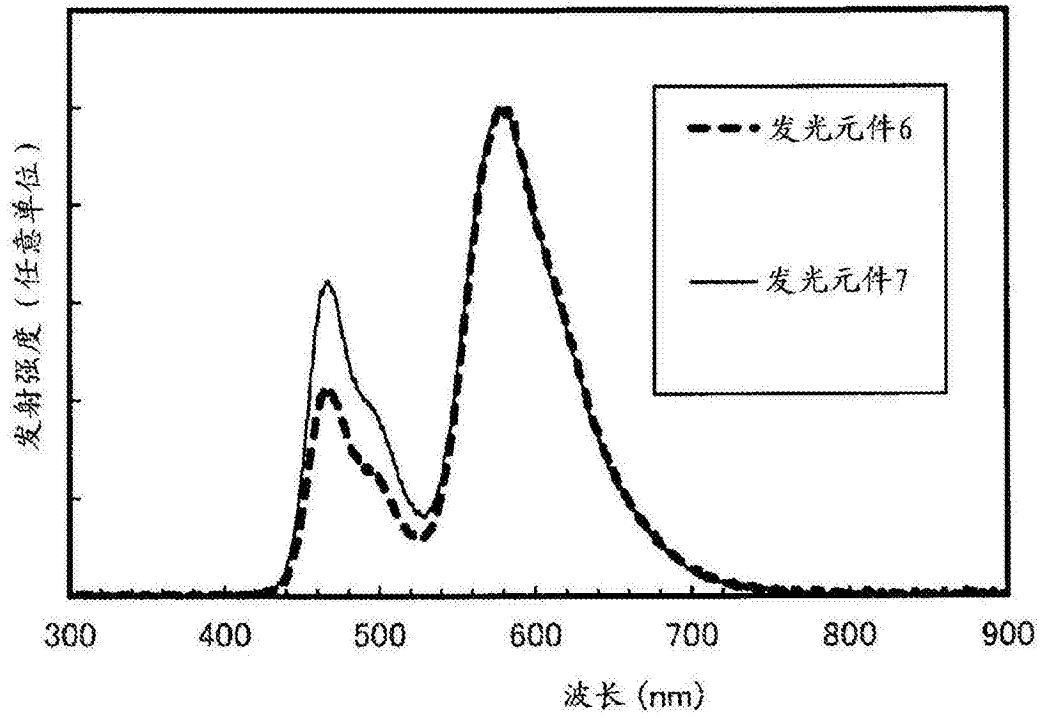


图28

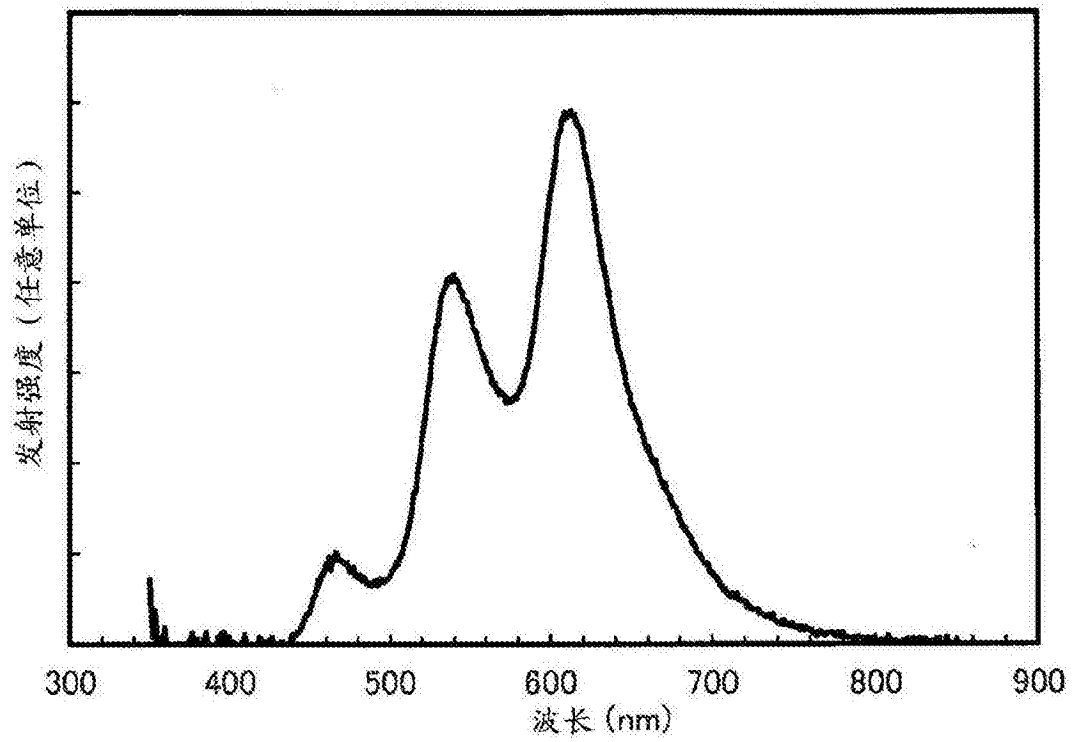


图29

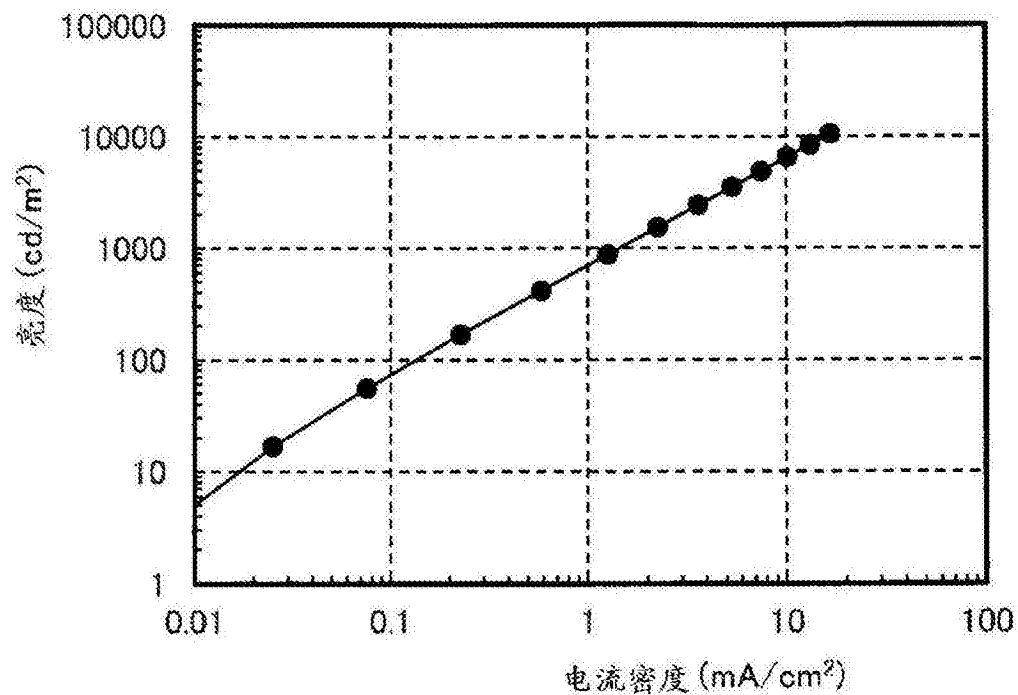


图30

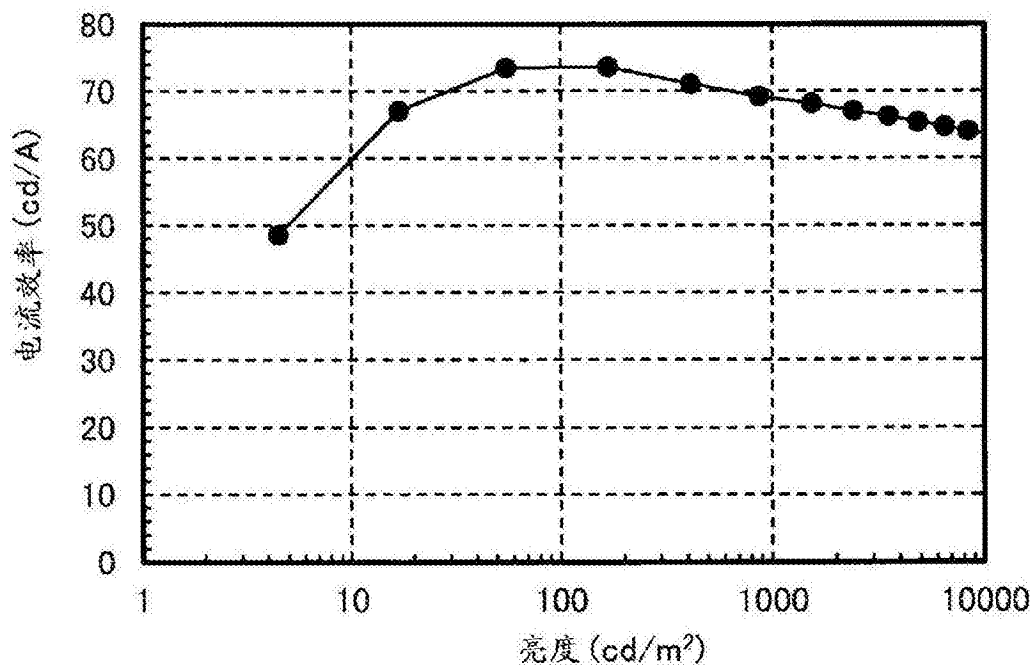


图31

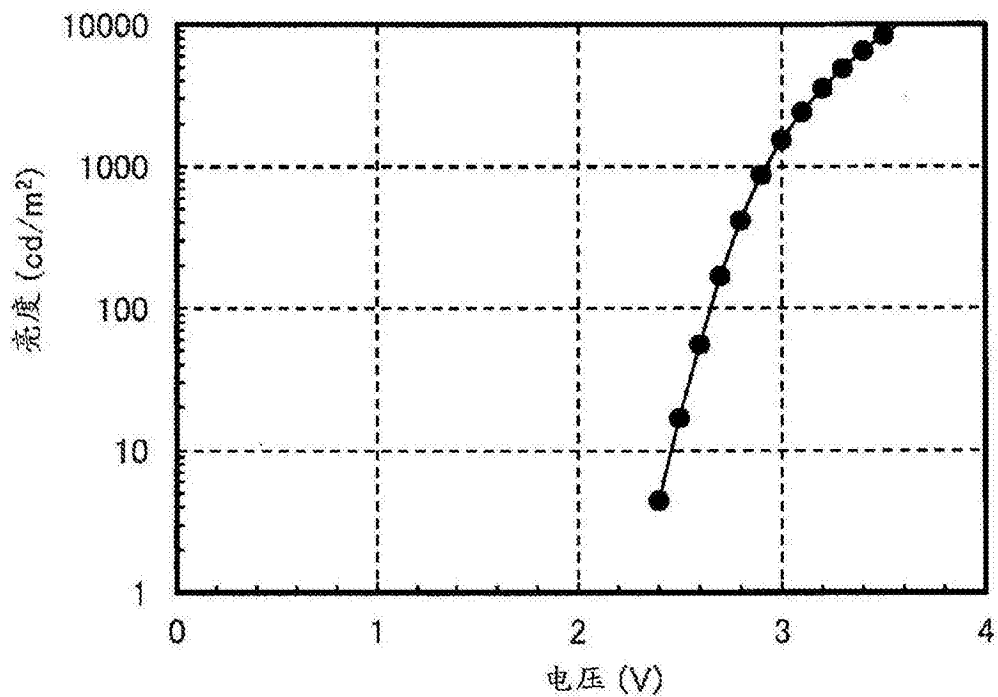


图32

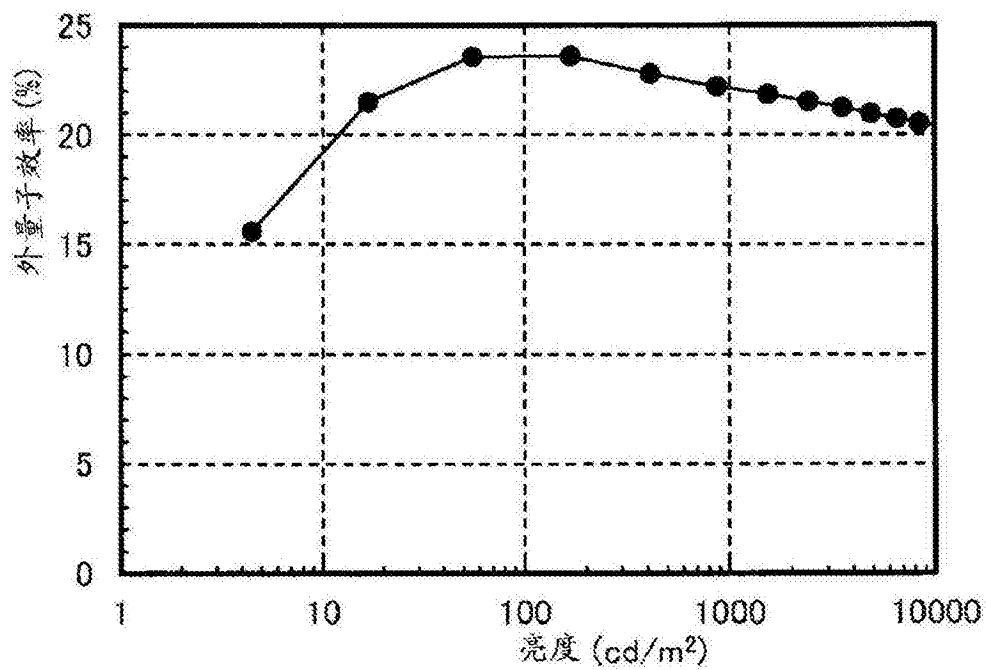


图33

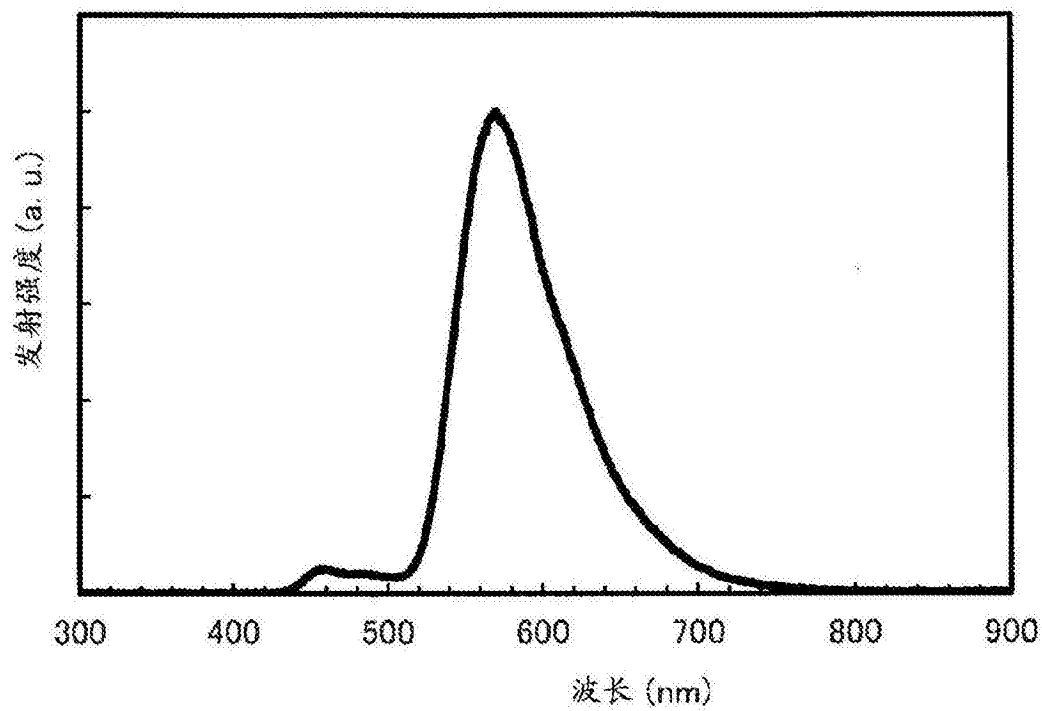


图34

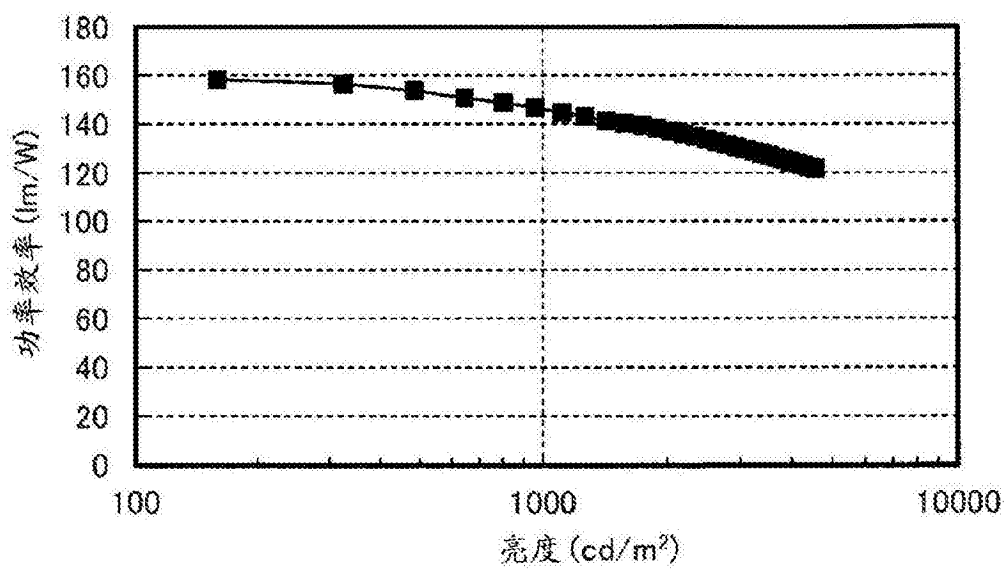


图35