



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106369416 B

(45)授权公告日 2020.03.17

(21)申请号 201610837840.2

(22)申请日 2013.02.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106369416 A

(43)申请公布日 2017.02.01

(30)优先权数据
2012-057241 2012.03.14 JP

(62)分案原申请数据
201380013767.1 2013.02.28

(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 山崎舜平 濑尾哲史 平形吉晴
石兽根崇浩

(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 李英

(51)Int.Cl.
F21S 6/00(2006.01)
F21S 8/04(2006.01)
H05B 33/14(2006.01)
H05B 33/20(2006.01)
C09K 11/06(2006.01)
F21Y 115/10(2016.01)

(56)对比文件
CN 101752514 A,2010.06.23,
CN 1541035 A,2004.10.27,
CN 101667628 A,2010.03.10,

审查员 吴腊红

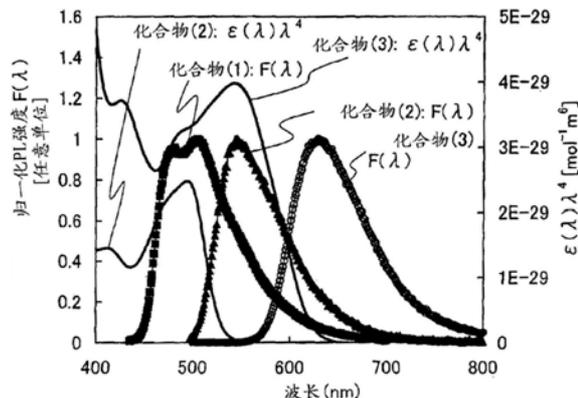
权利要求书4页 说明书36页 附图28页

(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

本发明提供一种发光元件、发光装置、显示装置、电子设备以及照明装置。目的在于：作为使用多个发光掺杂剂的发光元件，提供发光效率高的发光元件。另外，本发明的一个方式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、发光模块、发光显示装置、电子设备及照明装置。注意到作为分子间的能量转移机理之一的福斯特机理。通过使提供能量的分子的发光波长与波长的4次方乘以接受能量的分子的吸收光谱而成的曲线中的最长波长一侧的局部极大的峰值重叠，可以高效地实现上述福斯特机理中的能量转移。



1. 一种发光元件,包括:

第一电极;

所述第一电极上的第一发光层,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,包括:

第二磷光化合物;以及

第二主体材料;

所述第二发光层上的第三发光层,包括:

第三磷光化合物;以及

第三主体材料;

所述第三发光层上的第二电极;

其中,所述第一磷光化合物发射蓝色光,

其中,所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在440nm至520nm的波长范围内,

其中,所述第二磷光化合物发射波长比从所述第一磷光化合物发射的光的波长长的光,

其中,所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在520nm至600nm的波长范围内,

其中,所述第三磷光化合物发射波长比从所述第二磷光化合物发射的光的波长长的光,

其中,所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值大于所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值,

其中, λ 表示波长,

并且,其中, $\epsilon(\lambda)$ 表示波长 λ 时的摩尔吸光系数。

2. 一种发光元件,包括:

第一电极;

所述第一电极上的第一发光层,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,包括:

第二磷光化合物;以及

第二主体材料;

所述第二发光层上的第三发光层,包括:

第三磷光化合物;以及

第三主体材料;

所述第三发光层上的第二电极;

其中,所述第一磷光化合物发射蓝色光,

其中,所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在440nm至

520nm的波长范围内，

其中，所述第二磷光化合物在520nm至600nm的范围内具有磷光的发光峰值波长，

其中，所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在520nm至600nm的波长范围内，

其中，所述第三磷光化合物发射波长比从所述第二磷光化合物发射的光的波长长的光，

其中，所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值大于所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值，

其中， λ 表示波长，

并且，其中， $\epsilon(\lambda)$ 表示波长 λ 时的摩尔吸光系数。

3. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中所述第一发光层具有电子传输性，并且其中所述第二发光层及所述第三发光层分别具有空穴传输性。

4. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中所述第一主体材料具有电子传输性，并且其中所述第二主体材料及所述第三主体材料分别具有空穴传输性。

5. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中所述第一发光层具有空穴传输性，并且其中所述第二发光层及所述第三发光层分别具有电子传输性。

6. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中所述第一主体材料具有空穴传输性，并且其中所述第二主体材料及所述第三主体材料分别具有电子传输性。

7. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中所述第一发光层与所述第二发光层接触，并且所述第二发光层与所述第三发光层接触。

8. 根据权利要求1或2所述的发光元件，其中所述第二发光层的厚度为5nm以上且20nm以下。

9. 一种发光元件，包括：

第一电极；

所述第一电极上的第一发光层，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，包括：

第二磷光化合物；以及

第二主体材料；

所述第二发光层上的第三发光层，包括：

第三磷光化合物；以及

第三主体材料；

所述第三发光层上的第二电极；

其中，所述第一磷光化合物在440nm至520nm的范围内具有磷光的发光峰值波长，

其中，所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在440nm至520nm的波长范围内，

其中，所述第二磷光化合物在520nm至600nm的范围内具有磷光的发光峰值波长，

其中，所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在520nm至

600nm的波长范围内，

其中，所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值大于所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值，

其中， λ 表示波长，

并且，其中， $\epsilon(\lambda)$ 表示波长 λ 时的摩尔吸光系数。

10. 一种发光元件，包括：

第一电极；

所述第一电极上的第一发光层，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，包括：

第二磷光化合物；以及

第二主体材料；

所述第二发光层上的第三发光层，包括：

第三磷光化合物；以及

第三主体材料；

所述第三发光层上的第二电极；

其中，所述第一磷光化合物发射蓝色光，

其中，从所述第一磷光化合物到所述第二磷光化合物的能量转移通过使用所述第一磷光化合物的光致发光光谱和所述第二磷光化合物的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 在440nm至520nm波长范围内的重叠而发生，

其中，所述第二磷光化合物的发光峰值波长比所述第一磷光化合物的发光峰值波长长，

其中，从所述第二磷光化合物到所述第三磷光化合物的能量转移通过使用所述第二磷光化合物的光致发光光谱和所述第三磷光化合物的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 在520nm至600nm波长范围内的重叠而发生，

其中，所述第三磷光化合物的发光峰值波长比所述第二磷光化合物的发光峰值波长长，

其中，所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在440nm至520nm的波长范围内，

其中，所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的局部极大值在520nm至600nm的波长范围内，

其中，所述第三磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值大于所述第二磷光化合物的函数 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的位于最长波长一侧的所述局部极大值，

其中， λ 表示波长，

并且，其中， $\epsilon(\lambda)$ 表示波长 λ 时的摩尔吸光系数。

11. 根据权利要求9或10所述的发光元件，

其中所述第二发光层的厚度为20nm以下。

12. 一种照明装置，该照明装置包括权利要求1、2、9和10中任一项所述的发光元件。

13. 一种发光装置,包括:

权利要求1、2、9和10中任一项所述的发光元件;以及
控制所述发光元件的单元。

14. 一种显示装置,包括:

显示部中的权利要求1、2、9和10中任一项所述的发光元件;以及
控制所述发光元件的单元。

15. 一种电子设备,该电子设备包括权利要求1、2、9和10中任一项所述的发光元件。

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201380013767.1、申请日为2013年02月28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”的中国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。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,并在诸如像素的可见度高且不需要背光灯的方面具有优于液晶显示器的优点,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在可以被制造成薄且轻方面也是非常有利的。再者,应答速度非常快也是这种元件的特征之一。

[0005] 因为这种发光元件的发光层可以以膜状形成,所以可以获得面发光。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,上述发光元件也极有潜力用作可以应用于照明等的面光源。

[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包含该有机化合物的层的有机EL元件的情况中,通过对一对电极之间施加电压,导致电子和空穴分别从阴极和阳极注入到包含具有发光性的有机化合物的层,而使电流流过。而且,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成为激发态以提供发光。

[0007] 应注意作为由有机化合物形成的激发态包括单重激发态和三重激发态,由单重激发态(S^*)的发光被称为荧光,而由三重激发态(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] 在从单重激发态发光的化合物(以下称为荧光化合物)中,在室温下通常仅观察到由单重激发态的发光(荧光),而观察不到由三重激发态的发光(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,观察到由三重态激发的发光(磷光)。此外,在磷光化合物中,由于容易产生系间窜越(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,可以实现比荧光化合物高的发光效率。由于所述理由,为了实现高效率的发光元件,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,该白色发光元件具有包括多种发光掺杂剂的发光区域且该发光掺杂剂发射磷光。

[0011] [专利文献1]日本PCT国际申请翻译2004-522276号公报

发明内容

[0012] 虽然磷光化合物在理论上能够实现100%的内部量子效率,但是在不进行元件结构或与其他材料的组合的最优化的情况下难以实现高效率。尤其是,在包括多种不同带(发光颜色)的磷光化合物作为发光掺杂剂的发光元件中,当然需要考虑能量转移,而且需要将该能量转移本身的效率最优化,要不然难以获得高效率的发光。实际上,在上述专利文献1中,即使当发光元件的发光掺杂剂都是磷光化合物时,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时,内部量子效率也是20%以下。作为磷光发光元件,该内部量子效率值低。

[0013] 在使用显示不同发光颜色的掺杂剂的多色发光元件(例如,组合了蓝色、绿色、红色而成的白色发光元件)中,不仅需要提高发光效率,而且需要获得显示各发光颜色的掺杂剂的发射光之间的良好平衡。在实现高发光效率的同时保持各掺杂剂的发光平衡是困难的。

[0014] 于是,本发明的一个方式的目的在于提供一种使用多种发光掺杂剂的发光效率高的发光元件。另外,本发明的一个方式的另一个目的在于:通过使用上述发光元件提供分别具有减少了的耗电量的发光装置、显示装置、电子设备及照明装置。

[0015] 本发明只要达到上述目的中的至少一个即可。

[0016] 在本发明的一个方式中,注目到作为分子间的能量转移机理之一的福斯特机理,通过采用如下分子组合,可以高效地实现上述福斯特机理中的能量转移,上述分子组合是使提供能量的分子的发射光谱的峰与波长的4次方乘以接受能量的分子的吸收光谱而成的特性曲线中的具有最长波长一侧的局部极大的峰彼此重叠的组合。在此,上述能量转移的一个特征是,不是从主体到掺杂剂的一般的能量转移,而是掺杂剂之间的能量转移。如此,通过采用使掺杂剂之间的能量转移的效率高的组合的掺杂剂,并设计使各掺杂剂分子之间适当地分离的元件结构,可以获得本发明的一个方式的发光元件。

[0017] 换言之,本发明的一个方式是一种发光元件,该发光元件在一对电极之间包括:第一发光层,其中发射蓝色光的第一磷光化合物分散在第一主体材料中;第二发光层,其中在440nm至520nm的范围内具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的位于最长波长一侧的局部极大值A且发射其波长比从所述第一磷光化合物发射的蓝色光长的光的第二磷光化合物分散在第二主体材料中;以及第三发光层,其中在520nm至600nm的范围内具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的位于最长波长一侧的局部极大值B且发射其波长比从所述第二磷光化合物发射的光长的光的第三磷光化合物分散在第三主体材料中,在该发光元件中,依次层叠有所述第一发光层至第三发光层。注意, $\epsilon(\lambda)$ 表示各磷光化合物的摩尔吸光系数并是波长 λ 的函数。

[0018] 另外,本发明的另一个方式是一种发光元件,在一对电极之间包括:第一发光层,其中发射蓝色光的第一磷光化合物分散在第一主体材料中;第二发光层,其中在440nm至520nm的范围内具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的位于最长波长一侧的局部极大值A且在520nm至600nm的范围内具有磷光发光的峰值波长的第二磷光化合物分散在第二主体材料中;以及第三发光层,其中在520nm至600nm的范围内具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的位于最长波长一侧的局部极大值B且发射其波长比所述第二磷光化合物长的光的第三磷光化合物分散在第三

主体材料中,在该发光元件中,依次层叠有所述第一发光层至第三发光层。注意, $\epsilon(\lambda)$ 表示各磷光化合物的摩尔吸光系数并是波长 λ 的函数。

[0019] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述局部极大值B比所述局部极大值A大。

[0020] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述第一发光层具有电子传输性,并且所述第二发光层及所述第三发光层具有空穴传输性。

[0021] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述第一主体材料具有电子传输性,并且所述第二主体材料及所述第三主体材料具有空穴传输性。

[0022] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述第一发光层具有空穴传输性,并且所述第二发光层及所述第三发光层具有电子传输性。

[0023] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述第一主体材料具有空穴传输性,并且所述第二主体材料及所述第三主体材料具有电子传输性。

[0024] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中按顺序以彼此接触的方式层叠有所述第一发光层至第三发光层。

[0025] 另外,本发明的另一个方式是具有上述结构的发光元件,其中所述第二发光层的厚度为5nm以上且20nm以下,优选为5nm以上且10nm以下。

[0026] 另外,本发明的另一个方式是一种具备具有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。

[0027] 注意,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器件。此外,如下模块都包括在本说明书中的发光装置的范畴中: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:玻璃覆晶)方式在发光元件上直接安装有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。

[0028] 本发明的一个方式可以提供一种发光效率高的发光元件。本发明的一个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、电子设备及照明装置。

附图说明

[0029] 图1A至图1C是发光元件的示意图;

[0030] 图2是示出发光层的能量转移的图;

[0031] 图3A和图3B是说明从蓝色磷光化合物的福斯特能量转移的图;

[0032] 图4A和图4B是说明从蓝色磷光化合物的福斯特能量转移的图;

[0033] 图5是说明从蓝色磷光化合物的福斯特能量转移的图;

[0034] 图6A和图6B是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0035] 图7A和图7B是无源矩阵型发光装置的示意图;

[0036] 图8A和图8B是有源矩阵型发光装置的结构示意图;

[0037] 图9是有源矩阵型发光装置的示意图;

[0038] 图10A和图10B是照明装置的示意图;

[0039] 图11A、图11B1、图11B2、图11C以及图11D是示出电子设备的图;

[0040] 图12是示出电子设备的图;

- [0041] 图13是示出照明装置的图；
- [0042] 图14是示出照明装置及显示装置的图；
- [0043] 图15是示出车载显示装置及照明装置的图；
- [0044] 图16A至图16C是示出电子设备的图；
- [0045] 图17是示出发光元件1及发光元件2的电流密度-亮度特性的图；
- [0046] 图18是示出发光元件1及发光元件2的亮度-电流效率特性的图；
- [0047] 图19是示出发光元件1及发光元件2的电压-亮度特性的图；
- [0048] 图20是示出发光元件1及发光元件2的亮度-色度特性的图；
- [0049] 图21是示出发光元件1及发光元件2的亮度-功率效率特性的图；
- [0050] 图22是示出发光元件1及发光元件2的亮度-外部量子效率特性的图；
- [0051] 图23是示出发光元件1及发光元件2的发射光谱的图；
- [0052] 图24是说明从蓝色磷光化合物的福斯特能量转移的图；
- [0053] 图25是示出发光元件3的电流密度-亮度特性的图；
- [0054] 图26是示出发光元件3的亮度-电流效率特性的图；
- [0055] 图27是示出发光元件3的电压-亮度特性的图；
- [0056] 图28是示出发光元件3的亮度-色度特性的图；
- [0057] 图29是示出发光元件3的亮度-功率效率特性的图；
- [0058] 图30是示出发光元件3的亮度-外部量子效率特性图；
- [0059] 图31是示出发光元件3的发射光谱的图；
- [0060] 图32是示出发光元件4的电流密度-亮度特性的图；
- [0061] 图33是示出发光元件4的亮度-电流效率特性的图；
- [0062] 图34是示出发光元件4的电压-亮度特性的图；
- [0063] 图35是示出发光元件4的亮度-色度特性的图；
- [0064] 图36是示出发光元件4的亮度-功率效率特性的图；
- [0065] 图37是示出发光元件4的亮度-外部量子效率特性的图；
- [0066] 图38是示出发光元件4的发射光谱的图；
- [0067] 图39是示出发光元件4的时间-归一化亮度特性的图。

具体实施方式

[0068] 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在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以进行各种改变和改进。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的说明。

[0069] 实施方式1

[0070] 对本发明的一个方式的发光元件的工作原理进行说明。本发明的宗旨在于:通过使用发射蓝色光的第一磷光化合物(具体而言,在440nm至520nm具有发光的峰值的磷光化合物或者呈现CIE色度(x,y)是 $0.12 \leq x \leq 0.25$ 且 $0.05 \leq y \leq 0.5$ 的色域的发光颜色的磷光化合物)和发射其波长比从该第一磷光化合物发射的蓝色光长的光(例如,绿色光或红色光)的第二磷光化合物及第三磷光化合物,并使所有第一磷光化合物至第三磷光化合物高效地

发光,来获得高效的多色发光元件。

[0071] 作为获得使用磷光化合物的多色发光元件的一般的方法,可以举出以适当的比率将不同发光颜色的多种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,由于发射最长波长的光的磷光化合物易发光,所以非常难以设计并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)。

[0072] 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其同时发光,可以容易获得多色光(在此情况下,白色光)。作为元件结构,将蓝色、绿色、红色的各元件分别最优化即可,因此其设计和控制较容易。然而,由于层叠三个元件,所以层数增大,制造变复杂。另外,当元件之间的连接部(所谓的中间层)的电接触产生问题时,有可能导致驱动电压的增大,即电力浪费。

[0073] 另一方面,本发明的一个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包括:在第一主体材料中分散有发射蓝色光的第一磷光化合物的第一发光层;在第二主体材料中分散有发射其波长比从所述第一磷光化合物发射的光长的光的第二磷光化合物的第二发光层;以及在第三主体材料中分散有发射其波长比从所述第二磷光化合物发射的光长的光的第三磷光化合物的第三发光层,其中按顺序层叠有所述第一发光层至第三发光层。此时,与串置结构不同,第一发光层至第三发光层的各发光层也可以以彼此接触的方式设置。

[0074] 图1A至图1C示意性地示出上述本发明的一个方式的发光元件的元件结构。图1C示出第一电极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1C所示的结构中,认为可设置有空穴注入层111、空穴传输层112、电子传输层114及电子注入层115。注意,假设第一电极101用作阳极,第二电极102用作阴极。

[0075] 图1A、图1B是将该发光元件中的发光层113放大而示出的图。图1A、图1B示出第一发光层113B、第二发光层113G、第三发光层113R、为该三层的组合的发光层113、第一磷光化合物113Bd、第二磷光化合物113Gd、第三磷光化合物113Rd、第一主体材料113Bh、第二主体材料113Gh、第三主体材料113Rh及复合区域113ex。图1A是第一发光层113B设置在阴极一侧时的示意图,而图1B是第一发光层113B设置在阳极一侧时的示意图。不管是上述哪一种情况,由于各磷光化合物(第一磷光化合物至第三磷光化合物)分散在主体材料中,所以各磷光化合物被各主体材料彼此隔离。另外,第一主体材料至第三主体材料可以彼此相同或不同。

[0076] 在此情况下,在各磷光化合物之间,电子交换相互作用(所谓的德克斯特(Dexter)机理)所引起的能量转移被抑制。换言之,可以防止如下现象,即在第一磷光化合物113Bd被激发了之后,该激发能量由德克斯特机理转移到第二磷光化合物113Gd或第三磷光化合物113Rd的现象。另外,还可以防止如下现象,即在第二磷光化合物113Gd被激发了之后,该激发能量由德克斯特机理转移到第三磷光化合物113Rd的现象。因此,可以抑制发射最长波长的光的第三磷光化合物113Rd主要发光的现象。另外,由于当在第三发光层113R中直接生成激子时第三磷光化合物113Rd也主要发光,所以载流子的复合区域113ex优选在第一发光层113B内、或者第一发光层113B与第二发光层113G的界面近旁(即,以第一磷光化合物113Bd为主进行激发)。

[0077] 但是若完全抑制从第一磷光化合物113Bd的能量转移,则相反不能获得第三磷光化合物113Rd的发光。因此,在本发明的一个方式中,以使发射蓝色光的第一磷光化合物113Bd的激发能量部分地转移到第二磷光化合物113Gd且使第二磷光化合物113Gd的激发能量部分地转移到第三磷光化合物113Rd的方式进行元件设计。通过利用偶极-偶极相互作用(福斯特(Förster)机理),可以实现上述被隔离了的分子间的能量转移。

[0078] 在此,将说明福斯特机理。以下,将提供激发能量的分子记载为能量供体,并且将接受激发能量的分子记载为能量受体。换言之,在本发明的一个方式中,能量供体、能量受体都是磷光化合物,并被主体材料彼此隔离。

[0079] 福斯特机理在能量转移中不需要分子间的直接接触。通过能量供体和能量受体间的偶极振荡的共振现象发生能量转移。由于偶极振荡的共振现象,能量供体向能量受体供应能量,因此处于激发态的能量供体变为基态且处于基态的能量受体变为激发态。算式(1)示出通过福斯特机理的能量转移的速度常数 k_F 。

[0080] [算式1]

$$[0081] \quad k_F = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{F(\nu)\epsilon(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

[0082] 在算式(1)中, ν 表示频率, $F(\nu)$ 表示能量供体的被标准化了的发射光谱(在从单重激发态的能量转移的情况下是荧光光谱,且在从三重激发态的能量转移的情况下是磷光光谱), $\epsilon(\nu)$ 表示能量受体的摩尔吸光系数, N 表示阿伏伽德罗数, n 表示介质的折射率, R 表示能量供体和能量受体的分子间距离, τ 表示所测量的激发态的寿命(荧光寿命或磷光寿命), c 表示光速, ϕ 表示发光量子产率(在从单重激发态的能量转移的情况下是荧光量子产率,且在从三重激发态的能量转移的情况下是磷光量子产率), K^2 是表示能量供体和能量受体的跃迁偶极矩的取向的系数(0至4)。此外,在无规取向中 $K^2=2/3$ 。

[0083] 根据算式(1)可知,对于通过福斯特机理的能量转移(福斯特能量转移),可以给出如下内容作为必要条件:1.不使能量供体与能量受体离得太远(与距离 R 有关);2.使能量供体发光(与发光量子产率 ϕ 有关);以及3.能量供体的发射光谱与能量受体的吸收光谱具有重叠部分(与积分项有关)。

[0084] 在此,如参考图1A至图1C所说明的,由于各磷光化合物(第一磷光化合物至第三磷光化合物)分散在各主体材料中,且各磷光化合物被各主体材料彼此隔离,所以距离 R 至少具有一分子以上(1nm以上)的距离。因此,不是在第一磷光化合物产生的所有激发能量通过福斯特机理转移到第二磷光化合物或第三磷光化合物。另一方面,若 R 是长到10nm至20nm左右或更小,则可以进行福斯特能量转移,这是指例如通过将图1A和图1B中的第二发光层113G的厚度设定为20nm以下,产生部分的能量转移,从而可以使第一磷光化合物113Bd、第二磷光化合物113Gd、第三磷光化合物113Rd都发射光。

[0085] 图2示出本发明的一个方式的如下发光元件中的各磷光化合物间的福斯特能量转移的示意图,该发光元件使用:发射蓝色光的第一磷光化合物113Bd;发射其波长比从所述第一磷光化合物发射的光长的光(例如,绿色光)的第二磷光化合物113Gd;以及发射其波长比从所述第二磷光化合物113Gd发射的光长的光(例如,红色光)的第三磷光化合物113Rd。图2示出在电极10与电极11之间层叠有第一发光层113B、第二发光层113G及第三发光层

113R的结构。另外,电极10和电极11中的任一方用作阳极,而另一方用作阴极。如图2所示,首先在第一磷光化合物113Bd产生的单重激发态(S_B)通过系间窜越被转换为三重激发态(T_B)。换言之,第一发光层113B中的激子基本上被集约到 T_B 。

[0086] 接着,该 T_B 状态的激子的能量的一部分被转换为蓝色发光,但是通过利用福斯特机理可以使激子的能量部分地转移到第二磷光化合物113Gd的三重激发态(T_G)。这是因为第一磷光化合物113Bd具有发光性(磷光量子产率 ϕ 高)且第二磷光化合物113Gd中观察到相当于从单重基态到三重激发态的电子迁移的直接吸收(存在三重激发态的吸收光谱)的缘故。当满足上述条件时,可以实现从 T_B 到 T_G 的三重态-三重态福斯特能量转移。另外,虽然所占的贡献小,但是若满足福斯特能量转移的条件则会产生从 T_B 到第三磷光化合物113Rd的单重激发态(S_R)的能量转移。如下所述,当第三磷光化合物113Rd是红色发光材料时,容易产生上述能量转移。 S_R 通过系间窜越被转换为第三磷光化合物113Rd的三重激发态(T_R),以有助于第三磷光化合物113Rd的发光。另外,由于福斯特机理中的能量供体(在此,第一磷光化合物113Bd)需要具有发光性,所以第一磷光化合物113Bd的磷光量子产率优选为0.1以上。

[0087] 另外,由于在很多情况下第二磷光化合物113Gd的单重激发态(S_G)的能量比第一磷光化合物113Bd的三重激发态(T_B)的能量高,所以在很多情况下不太有助于上述能量转移。因此,在此省略其说明。

[0088] 再者,第二磷光化合物113Gd的三重态 T_G 状态的激子的能量的一部分被转换为发光(例如,绿色发光),但是通过利用福斯特机理,可以使激子的能量部分地转移到第三磷光化合物113Rd的三重激发态(T_R)。这是因为第二磷光化合物113Gd具有发光性(磷光量子产率 ϕ 高)且第三磷光化合物113Rd中观察到相当于从单重基态到三重激发态的电子迁移的直接吸收(存在三重激发态的吸收光谱)的缘故。当满足上述条件时,可以实现从 T_G 到 T_R 的三重态-三重态福斯特能量转移。另外,由于福斯特机理中的能量供体(在此,第二磷光化合物113Gd)需要具有发光性,所以第二磷光化合物113Gd的磷光量子产率优选为0.1以上。

[0089] 通过上述能量转移生成的 T_R 被转换为第三磷光化合物113Rd的发光(例如,红色发光)。像这样,可以从第一磷光化合物至第三磷光化合物分别获得发光。

[0090] 另外,为了使上述福斯特能量转移高效地产生在作为掺杂剂的磷光化合物之间且不使能量转移到主体材料,优选不使第一主体材料至第三主体材料在蓝色波长范围内具有吸收光谱。具体而言,吸收光谱的吸收端优选为440nm以下。像这样,通过不转移通过主体材料(具体地,第二主体材料或第三主体材料)而在掺杂剂之间直接进行能量转移,可以抑制产生多余的能量转移的路径,且可以实现高发光效率。

[0091] 另外,第一主体材料优选具有比第一磷光化合物高的三重激发态能,以便不使发射蓝色光的第一磷光化合物猝灭。

[0092] 如上所述,本发明的一个方式的基本思想是采用如下元件结构:在使用主体材料及叠层结构使第一磷光化合物至第三磷光化合物彼此隔离的状态下以发射最短波长的光的第一磷光化合物为主进行激发的元件结构。在这种元件结构中,由于能量部分地由福斯特机理转移至特定距离(20nm以下),所以发射蓝色光的第一磷光化合物的激发能量部分地转移到第二磷光化合物,再者第二磷光化合物的激发能量部分地转移到第三磷光化合物,从而可以从第一磷光化合物至第三磷光化合物分别获得发光。

[0093] 但是,在此,在本发明的一个方式中更重要的是考虑到能量转移而选择材料及元件结构。

[0094] 为了产生福斯特能量转移,需要使能量供体的发光量子产率 ϕ 高,但是由于在本发明的一个方式中使用磷光化合物(具体地,磷光量子产率为0.1以上的发光化合物),所以不产生问题。重要的是,使算式(1)的积分项大,即顺利地使能量供体的发射光谱 $F(\nu)$ 与能量受体的摩尔吸光系数 $\epsilon(\nu)$ 重叠。

[0095] 一般地认为:需要在能量受体的摩尔吸光系数 $\epsilon(\nu)$ 大的波长区域中重叠能量供体的发射光谱 $F(\nu)$ 即可(换言之,使 $F(\nu)\epsilon(\nu)$ 的积大即可)。但是,在福斯特机理中,该思想不一定是真的。这是因为算式(1)的积分项与频率 ν 的4次方成反比而存在波长依赖性的缘故。

[0096] 为了便于理解,首先对算式(1)进行变形。当光的波长为 λ 时,满足 $\nu=c/\lambda$,因此算式(1)可以被改写为下述算式(2)。

[0097] [算式2]

$$[0098] \quad k_F = \frac{9000K^2\phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N\tau R^6} \int F(\lambda)\epsilon(\lambda)\lambda^4 d\lambda \quad \dots (2)$$

[0099] 就是说,可知波长 λ 越大,积分项越大。简单地,可以认为越靠近长波长一侧,越容易产生能量转移。换言之,即使摩尔吸光系数 $\epsilon(\lambda)$ 大的波长区域与 $F(\lambda)$ 重叠也不够,需要使 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 大的区域与 $F(\lambda)$ 重叠。

[0100] 因此,为了提高从发射蓝色光的第一磷光化合物113Bd(具体而言,在440nm至520nm具有发光的峰值的磷光化合物)的能量转移效率,作为本发明的一个方式的发光元件中的第二磷光化合物113Gd,使用如下磷光化合物,即在440nm至520nm的范围内具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的位于最长波长一侧的局部极大值A并发射其波长比从所述第一磷光化合物113Bd发射的光的长的磷光化合物(具体而言,在520nm至600nm的范围内具有发光的峰值的磷光化合物)。另外,为了提高从第二磷光化合物113Gd的能量转移效率,作为第三磷光化合物113Rd,使用如下磷光化合物,即在520nm至600nm的范围内具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的位于最长波长一侧的局部极大值B并发射其波长比从所述第二磷光化合物113Gd发射的光的长的磷光化合物。另外,由于各磷光化合物的发光分别是上述发光,所以当用于照明时可以获得演色性高的发光,且当用于显示器时可以高效地获得色度高的发光。

[0101] 为了便于理解上述磷光化合物的结构(尤其是,局部极大值A、B),以下参照具体例子进行说明。在此,以如下情况为例子进行说明:作为发射蓝色光的第一磷光化合物113Bd使用下述化合物(1)(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 N2]苯基- κ C}铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmp)₃)),作为发射其波长比从第一磷光化合物113Bd发射的光的光(绿色发光)的第二磷光化合物113Gd使用下述化合物(2)((乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:Ir(tBuppm)₂(acac))),作为发射其波长比从第二磷光化合物113Gd发射的光的光(红色发光)的第三磷光化合物113Rd使用下述化合物(3)(双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(dpm)))。

[0102] [化学式1]

当于从单重基态到三重激发态的电子迁移的直接吸收(例如,三重态MLCT吸收)。通过采用这种结构,高效地产生图2所示的三重态-三重态的能量转移。

[0109] 在此,图5示出将图3B和图4B总记在同一图上并还记载作为第三磷光化合物的化合物(3)的PL光谱的图。可知可以进行如下分阶段的能量转移,即首先使用化合物(1)的PL光谱与化合物(2)的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重叠(局部极大值A附近)进行从化合物(1)到化合物(2)的能量转移,并且然后使用化合物(2)的PL光谱与化合物(3)的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重叠(局部极大值B附近)进行从化合物(2)到化合物(3)的能量转移。另外,也可以进行从作为第一磷光化合物的化合物(1)到作为第三磷光化合物的化合物(3)的直接能量转移。这是因为如下缘故:根据图5可知,在与化合物(3)的三重态MLCT吸收带(局部极大值B附近)相比短波长一侧化合物(1)的PL光谱 $F(\lambda)$ 与化合物(3)的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 重叠。这意味着存在三重态-单重态的福斯特型能量转移(图2中的 T_B-S_R 能量转移)。

[0110] 从上述图3A至图5可知的重要事实是:与第二磷光化合物相比,第三磷光化合物由于 λ^4 的影响更容易接受能量(容易成为能量受体)。第二磷光化合物及第三磷光化合物的最长波长一侧的三重态MLCT吸收带的摩尔吸光系数 $\epsilon(\lambda)$ 都是 $5000[M^{-1}cm^{-1}]$ 左右,大致相等。然而,如图5所示的那样,当比较 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的局部极大值A与局部极大值B时,局部极大值B是局部极大值A的1.6倍左右。这是 λ^4 的项所造成的影响,并示出有化合物的吸收带越靠近长波长, $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 越大的趋势。因此,与第二磷光化合物相比,第三磷光化合物易接受能量。

[0111] 因此,注目到如下元件结构(图1A至图1C所示的结构),在该元件结构中,按顺序层叠有第一发光层至第三发光层,且载流子的复合区域在第一发光层内、或者第一发光层与第二发光层的界面近旁(即,主要使第一磷光化合物激发)。当采用该元件结构时,与包含第二磷光化合物的第二发光层相比,包含第三磷光化合物的第三发光层更远离载流子的复合区域。像这样,通过分别将容易接受能量的第三磷光化合物设置于远离复合区域的区域且将相对不易接受能量的第二磷光化合物设置于接近复合区域的区域,可以平衡地得到来自第一磷光化合物至第三磷光化合物的各磷光化合物的发光。其结果,可以获得发光效率高且光谱的平衡性良好的发光元件。

[0112] 另外,为了获得上述复合区域,优选使第一发光层具有电子传输性且使上述第二发光层及上述第三发光层具有空穴传输性(图1A)。具体而言,例如,作为第一主体材料使用电子传输性的材料,且作为第二主体材料及所述第三主体材料使用空穴传输性的材料,即可。

[0113] 另外,作为获得上述复合区域的另一个方式,优选第一发光层具有空穴传输性且所述第二发光层及所述第三发光层具有电子传输性(图1B)。具体而言,例如,作为第一主体材料使用空穴传输性的材料,作为第二主体材料及所述第三主体材料使用电子传输性的材料,即可。

[0114] 再者,为了在获得来自第二发光层的发光的同时还获得来自第三发光层的发光,当考虑到福斯特能量转移的距离 R 时,优选第二发光层的厚度为5nm以上且20nm以下,更优选地为5nm以上且10nm以下。

[0115] 实施方式2

[0116] 在本实施方式中,以下将参照图1A至图1C说明实施方式1所说明的发光元件的详细结构的例子。

质的有机化合物。

[0123] 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)、1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)等。

[0124] 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)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)等。

[0125] 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)、1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0126] 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、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。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。

[0127] 注意,可以用于复合材料的芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0128] 另外,也可以使用聚(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)甲基丙烯酸酰胺](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。

[0129] 通过形成空穴注入层,使空穴传输性变为良好,从而可以获得驱动电压小的发光元件。

[0130] 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)等。在此所述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空穴传输物质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-乙烯基咪唑)(简称:PVK)或聚(4-乙烯

基三苯胺) (简称:PVTPA) 之类的高分子化合物。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包含上述物质的层的叠层。

[0131] 发光层113是包含发光物质的层。由于发光层113具有与实施方式1所说明的结构类似的结构, 所以可以将本实施方式中的发光元件形成为发光效率非常好的发光元件。作为发光层113的结构及材料, 参照实施方式1的记载。

[0132] 对在发光层113中能够用作发光物质或发光中心物质的材料没有特别的限制。作为上述发光物质或发光中心物质, 例如可以举出如下那样的物质。

[0133] 作为第一磷光化合物, 优选选择发射蓝色光的化合物, 例如可以选择在440nm至520nm具有发光的峰值的磷光化合物。具体而言, 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- κ N2]苯基- κ C}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)等的具有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]菲啉根(phenanthridinato)]铱(III) (简称: Ir(dmpimpt-Me)₃)等的具有咪唑骨架的有机金属铱配合物; 以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡唑基)硼酸盐(简称: FIr6)、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)吡啶甲酸盐(简称: FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C^{2'}}铱(III)吡啶甲酸盐(简称: Ir(CF₃ppy)₂(pic))、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮化物(简称: FIr(acac))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配合物。其中, 具有4H-三唑、1H-三唑、咪唑等的多唑基骨架的有机金属铱配合物具有高空穴俘获性。因此, 当本发明的一个方式的发光元件中的第一发光层具有电子传输性的情况下(具体而言, 在第一主体材料是电子传输材料的情况下), 通过将具有多唑基骨架的有机金属铱配合物用作第一磷光化合物, 可以将载流子的复合区域控制在第一发光层内或第一发光层与第二发光层的界面近旁, 所以是优选的。另外, 由于具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物具有优异的可靠性及发光效率, 所以是特别优选的。

[0134] 第二磷光化合物使用发射其波长比从第一磷光化合物发射的光长的光的化合物即可, 优选可以选择例如在520nm至600nm具有发光的峰值的磷光化合物。具体而言, 可以举出: 三(4-甲基-6-苯基嘧啶根)铱(III) (简称: Ir(mppm)₃)、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶根)铱(III) (简称: Ir(tBuppm)₃)、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶根)铱(III) (简称: Ir(mppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III) (简称: Ir(tBuppm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶根]铱(III) (简称: Ir(nbppm)₂(acac))、双{2-[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-嘧啶基- κ N3]苯基- κ C}(2,4-戊二酮根- κ ²O,0')铱(III) (简称: Ir(mpmpm)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)铱(III) (简称: Ir(dppm)₂(acac))等的具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物; (乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III) (简称: Ir(mppr-Me)₂(acac))、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根)铱(III) (简称: Ir(mppr-iPr)₂(acac))等的具有吡嗪骨架的有机金属铱

配合物；三(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)(简称:Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮化物(简称:Ir(ppy)₂acac)、双(苯并[h]喹啉)铱(III)乙酰丙酮化物(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)乙酰丙酮化物(简称:Ir(pq)₂(acac))等的具有吡啶骨架的有机金属铱配合物；以及三(乙酰丙酮根)(单菲咯啉)铽(III)(简称:Tb(acac)₃(Phen))等的稀土金属配合物。其中,具有嘧啶、吡嗪等的二嗪骨架的有机金属铱配合物具有低空穴俘获性低和高电子俘获性。因此,当本发明的一个方式的发光元件中的第二发光层具有空穴传输性的情况下(具体而言,在第二主体材料是空穴传输材料的情况下),通过将具有二嗪骨架的有机金属铱配合物用作第二磷光化合物,可以将载流子的复合区域控制在第一发光层内或第一发光层与第二发光层的界面近旁,所以是优选的。另外,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。

[0135] 第三磷光化合物使用发射其波长比从第二磷光化合物发射的光长的光的化合物即可,优选可以选择例如在600nm至700nm具有发光的峰值的红色发光的磷光化合物。具体而言,可以举出:双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二异丁酰(butylyl)甲桥)铱(III)(简称:Ir(5mdppm)₂(dibm))、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(5mdppm)₂(dpm))、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(d1npm)₂(dpm))等的具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物；(乙酰丙酮根)双(2,3,5-三苯基吡嗪根)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(acac))、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:Ir(tppr)₂(dpm))、(乙酰丙酮根)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(简称:Ir(Fdpq)₂(acac))等的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)乙酰丙酮化物(简称:Ir(piq)₂acac)等的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)等的铂配合物；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))等的稀土金属配合物。其中,具有嘧啶、吡嗪等的二嗪骨架的有机金属铱配合物具有低空穴俘获性和高电子俘获性。因此,当本发明的一个方式的发光元件中的第三发光层具有空穴传输性的情况下(具体而言,在第三主体材料是空穴传输材料的情况下),通过将具有二嗪骨架的有机金属铱配合物用作第三磷光化合物,可以将载流子的复合区域控制在第一发光层内或第一发光层与第二发光层的界面近旁,所以是优选的。另外,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。另外,由于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,所以通过将有机金属铱配合物用于本发明的一个方式的白色发光元件,可以提高演色性。

[0136] 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具有实施方式1所示的关系的第一磷光材料、第二磷光材料及第三磷光材料而使用。

[0137] 另外,对能够用作上述第一主体材料至第三主体材料的材料没有特别的限制,选择各种载流子传输材料并以能够获得图1A至图1C所示的元件结构的方式适当地组合该材料即可。此时,如上所述,优选组合电子传输性的主体材料与空穴传输性的主体材料。

[0138] 例如,作为具有电子传输性的主体材料,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:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等的金属配合物;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-咪唑(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-(二苯并噁吩-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-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噁吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、2-[3'-(9H-咪唑-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-(4-二苯并噁吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)等的具有二嗪骨架的杂环化合物;以及3,5-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等的具有吡啶骨架的杂环化合物。其中,具有二嗪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,具有二嗪骨架(嘧啶或吡嗪)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。

[0139] 另外,作为具有空穴传输性的主体材料,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'-联苈-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基苈-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基苈-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苈-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苈-2-胺(简称:PCBASF)等的具有芳香胺骨架的化合物;1,3-双(N-咪唑基)苯(简称:mCP)、4,4'-二(N-咪唑基)联苯(简称:CBP)、3,6-双(3,5-二苯基苈基)-9-苯基咪唑(简称:CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咪唑)(简称:PCCP)等的具有咪唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噁吩)(简称:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-苈-9-基)苈基]二苯并噁吩(简称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-苈-9-基)苈基]-6-苯基二苯并噁吩(简称:DBTFLP-IV)等的具有噁吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并咪喃)(简称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-苈-9-基)苈基]苈基}二苯并咪喃(简称:mmDBFFLBi-II)等的具有咪喃骨架的化合物。其中,具有芳香胺骨架的化合物、具有咪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。

[0140] 另外,除了上述主体材料以外,也可以从已知的物质中选择主体材料而使用。作为主体材料,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隙)大的三重态能级的物质。另外,优选上述主体材料在蓝色波长范围内不具有吸收光谱。具体而言,吸收光谱的吸收端优选在440nm以下。

[0141] 具有如上所述的结构的光层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。

[0142] 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是含有如下具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物等的层: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、噻唑类配位体的金属配合物等。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,主要是电子迁移率为 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物质。注意,也可以将上述具有电子传输性的主体材料的任意用于电子传输层114。

[0143] 另外,电子传输层114不限于单层,也可以是含有上述物质的层的两层以上的叠层。

[0144] 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传输的层。这是对上述那样的电子传输性高的材料添加了少量的电子捕捉性高的物质而成的层,并且通过抑制电子载流子的传输,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。

[0145] 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有效地注入电子,因此是优选的。

[0146] 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中的任意。作为这种阴极材料的具体例子,可以举出锂(Li)和铯(Cs)等碱金属、镁(Mg)、钙(Ca)和锶(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)和镱(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中的任意诸如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、旋涂法等对这些导电材料进行成膜。

[0147] 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中的任意。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形成EL层103。

[0148] 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。

[0149] 在具有上述那样的结构的光元件中,电流因产生在第一电极101和第二电极102之间的电位差而流过,并且空穴和电子在为包含发光性高的物质的层的光层113中复合,

以进行发光。换句话说,在发光层113中形成有发光区域。

[0150] 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到外部。因此,第一电极101和第二电极102中的任一方或双方是透光性的电极。当只有第一电极101具有透光性时,发光经过第一电极101被取出。另外,当只有第二电极102具有透光性时,发光经过第二电极102被取出。当第一电极101和第二电极102都是具有透光性的电极时,发光经过第一电极101和第二电极102被取出。

[0151] 注意,设置在第一电极101和第二电极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,以便阻止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。

[0152] 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,尤其是接触于离发光层113中的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,即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的物质。

[0153] 本实施方式中的发光元件可以在由玻璃、塑料等的衬底上制造。作为在衬底上叠层所述层的方式,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衬底上的驱动用电路既可以由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。

[0154] 本实施方式可以与其他实施方式适当地组合。

[0155] 实施方式3

[0156] 在本实施方式中,将说明使用实施方式1及实施方式2所记载的发光元件制造的发光装置。

[0157] 在本实施方式中,参照图6A和图6B对使用实施方式1及实施方式2所记载的发光元件制造的发光装置进行说明。注意,图6A是示出发光装置的俯视图,并且图6B是沿图6A中的A-B及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625是干燥剂,附图标记605是密封材料,由密封材料605围绕的空间是空间607。

[0158] 注意,附图标记608表示如下的布线,其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、复位信号等信号。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在其范畴中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。

[0159] 下面,参照图6B说明截面结构。虽然驱动电路部及像素部在元件衬底610上形成,

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。

[0160] 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电路例如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,但是不需要必须形成在衬底上。驱动电路也可以形成在外部,而不形成在衬底上。

[0161] 另外,像素部602包括多个像素,该多个像素包括开关TFT 611、电流控制TFT 612以及与电流控制TFT 612的漏极电连接的第一电极613。注意,为了覆盖第一电极613的端部,形成有绝缘物614。在此,使用正型感光丙烯酸树脂膜形成绝缘物614。

[0162] 另外,为了得到良好的覆盖性,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,在使用正型感光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 μm 至3 μm)的曲面。另外,作为绝缘物614,可以使用负型感光树脂或者正型感光树脂。

[0163] 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,可以使用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,氮化钛膜和以铝为主要成分的膜的叠层膜,氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜的三层叠层膜等。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。

[0164] 另外,EL层616通过例如使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋涂法等各种方法中的任意而形成。EL层616包括与实施方式1及实施方式2所说明的结构类似的结构。另外,作为包含于EL层616的其他材料,也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包含低聚物、树枝状聚合物)中的任意。

[0165] 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、或它们的合金或化合物、例如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)的叠层结构作为第二电极617。

[0166] 发光元件包括第一电极613、EL层616、第二电极617。该发光元件是实施方式1及实施方式2所记载的发光元件。再者,在本实施方式的发光装置中,像素部形成有多个发光元件,并且也可以包括实施方式1及实施方式2所记载的发光元件和具有其他结构的发光元件的双方。

[0167] 另外,通过使用密封材料605将密封衬底604贴合到元件衬底610,提供如下结构,即发光元件618安装在由元件衬底610、密封衬底604、以及密封材料605围绕的空间607中。注意,空间607中可填充有填料,也可填充有惰性气体(氮或氩等)或密封材料605。优选在密封衬底中形成凹部且在其上设置干燥剂625,在这种情况下可以抑制水分所导致的劣化。

[0168] 注意,优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封材料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,作为密封衬底604,可以使用玻璃衬底或石英衬底或由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。

[0169] 如上所述,可以得到使用实施方式1及实施方式2所记载的发光元件制造的发光装

置。

[0170] 因为本实施方式的发光装置使用实施方式1及实施方式2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及实施方式2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。

[0171] 如上所述,在本实施方式中说明了有源矩阵型发光装置。然而,发光装置还可以为无源矩阵型。图7A和图7B示出通过使用本发明制造的无源矩阵型发光装置。注意,图7A是示出发光装置的立体图,并且图7B是沿X-Y切断图7A而获得的截面图。在图7A和图7B中,在衬底951上,在电极952和电极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的面方向同样的方向并与绝缘层953接触的边)比上边(朝向与绝缘层953的面方向同样的方向并与绝缘层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,通过包括可以低驱动电压工作的实施方式1及实施方式2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及实施方式2所记载的发光元件,可以得到可靠性高的发光装置。

[0172] 另外,为了进行全彩色显示,在用来使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8A和图8B示出通过设置着色层等实现全彩色化的发光装置的例子。图8A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、包含有机化合物的层1028、发光元件的第二电极1029、密封衬底1031、密封材料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。另外,在本实施方式中,来自部分发光层的光不透过着色层,而来自其他发光层的光透过各颜色的着色层,不透过着色层的光成为白色光且透过着色层之一的光成为红色光、蓝色光、绿色光,因此能够以四个颜色的像素呈现图像。

[0173] 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9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类似地进行。然后,形成第三层间绝缘膜1037以覆盖电极1022。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类似的材料,且可选地可使用任何其他已知的材料形成。

[0174] 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9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。包含有机化合物的层1028形成为具有类似于实施方式1及实施方式2所说明的结构的结构,由此能够获得白色发光。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，只要采用实施方式1及实施方式2所示的结构，获得白色发光的结构当然不局限于此。

[0175] 着色层设置在来自发光元件的光透射到发光装置外部的光路上。在图8A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8B所示的那样，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9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）、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。

[0176] 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，通过使用着色层，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及实施方式2所述的发光元件，所以能够实现耗电量小的发光装置。

[0177] 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彩色显示的例子，但是没有特别限制。也可以以红色、绿色、蓝色的三个颜色进行全彩色显示。

[0178] 此外，本实施方式可以与任何其他实施方式自由地组合。

[0179] 实施方式4

[0180] 在本实施方式中，参照图10A和图10B对将实施方式1及实施方式2所记载的发光元件用于照明装置的例子进行说明。图10B是照明装置的俯视图，图10A是图10B中的沿着e-f切断的截面图。

[0181] 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3中的第一电极101。

[0182] 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，具有抑制第一电极401的高电阻引起电压下降使发光表面的亮度变得不均匀的功能。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表面中的不与第一电极401接触的部分被绝缘层覆盖。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，可以降低反应电流，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供应电压的焊盘412。

[0183] 在第一电极401及辅助电极402上形成有EL层403。EL层403具有实施方式1及实施方式2所说明的结构。注意，作为它们的结构，参照各记载。另外，优选当从上面看时，将EL层403形成为比第一电极401稍微大，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之间的短路的作为绝缘层的功能。

[0184] 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3中的第二

电极102,具有类似的功能。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,第二电极404与焊盘412连接,由此被施加电压。

[0185] 如上所述,本实施方式所示的照明装置具有包括第一电极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可靠性高的照明装置。

[0186] 通过使用密封材料405、406将具有上述结构的发光元件固定于密封衬底407且进行密封来制造照明装置。也可以仅使用密封材料405和406中的一方。另外,也可以在内侧的密封材料406中混合干燥剂,其可以吸附水分而提高可靠性。

[0187] 另外,当将焊盘412、第一电极401以及辅助电极402的一部分延伸到密封材料405、406的外部时,可以将延伸的部分用作外部输入端子。另外,也可以在其上设置安装有转换器等的IC芯片420。

[0188] 如上所述,由于本实施方式所记载的照明装置包括实施方式1及实施方式2所记载的发光元件作为EL元件,所以可以成为耗电量小的照明装置。另外,可以为驱动电压低的照明装置。另外,可以为可靠性高的照明装置。

[0189] 实施方式5

[0190] 在本实施方式中,对包括实施方式1及实施方式2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及实施方式2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成为具有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及实施方式2所记载的发光元件是驱动电压小的发光元件,所以电子设备可以低的电压驱动。

[0191] 作为采用上述发光元件的电子设备的例子,可以举出电视装置(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。

[0192] 图11A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,利用支架7105支撑框体7101。可以利用显示部7103显示图像,并且在发光部7103,将实施方式1及实施方式2所记载的发光元件排列为矩阵状。该发光元件可以成为发光效率高的发光元件。另外,该发光元件可以成为驱动电压低的发光元件。另外,该发光元件可以成为使用寿命长的发光元件。因此,具有由该发光元件构成的显示部7103的电视装置可以成为耗电量被降低了的电视装置。另外,该电视装置可以成为驱动电压小的电视装置。另外,该电视装置可以成为可靠性高的电视装置。

[0193] 可以通过利用框体7101所具备的操作开关或另外提供的遥控操作机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,并且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。

[0194] 另外,电视装置提供有接收机、调制解调器等。可以通过接收机接收一般的电视广播。再者,当通过调制解调器以有线或无线方式将电视装置连接到通信网络,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。

[0195] 图11B1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,该计算机通过将实施方式2或实施方式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11B1中的计算机也可以为如图11B2所示的方式。图11B2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,所以可以防止发生问题,例如当收纳或搬运时防止屏幕受伤、破坏等。该发光元件可以成为高发光效率的发光元件。因此,具有使用该发光元件形成的显示部7203的计算机可以成为耗电量被降低了的计算机。

[0196] 图11C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7303可以开闭地连接。框体7301中组装有包括实施方式1及实施方式2所说明的排列为矩阵状的发光元件的显示部7304,并且框体7302中组装有显示部7305。另外,图11C所示的便携式游戏机还具备扬声器部7306、记录介质插入部7307、LED灯7308、输入单元(操作键7309、连接端子7310、传感器7311(包括测定如下因素的功能:力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、转动频率、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、斜率、振动、气味或红外线)、麦克风7312)等。当然,便携式游戏机的结构不局限于上述结构,只要在显示部7304和显示部7305中的至少一方或双方中使用包括实施方式1及实施方式2所记载的排列为矩阵状的发光元件的显示部即可,且该结构可包括其他适当地设置的附属设备。图11C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11C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。由于用于显示部7304的发光元件具有良好的发光效率,所以具有上述显示部7304的便携式游戏机可以为耗电量被降低的便携式游戏机。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成为驱动电压低的便携式游戏机。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成为可靠性高的便携式游戏机。

[0197] 图11D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7400具有包括实施方式1及实施方式2所记载的排列为成矩阵状的发光元件的显示部7402。该发光元件可以成为发光效率高的发光元件。另外,该发光元件可以成为驱动电压小的发光元件。另外,该发光元件可以成为使用寿命长的发光元件。因此,具有包括使用该发光元件形成的显示部7402的移动电话机可以成为耗电量被降低了的移动电话机。另外,该移动电话机可以成为驱动电压小的移动电话机。另外,该移动电话机可以成为可靠性高的移动电话机。

[0198] 当图11D所示的移动电话机的显示部7402用手指触摸时,可将数据输入到移动电话机。在此情况下,能够用手指等触摸显示部7402来进行打电话或制作电子邮件等的操作。

[0199] 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。

[0200] 例如，在打电话或制作电子邮件的情况下，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。

[0201] 另外，当在移动电话机内部设置具有例如陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置，可以判断移动电话机的方向(纵或横)而自动进行显示部7402的屏面显示的切换(移动电话机针对横向或纵向模式是水平放置还是垂直放置)。

[0202] 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，而当信号为文字数据时，将屏面模式切换成输入模式。

[0203] 另外，当在输入模式下在一定期间内没有显示部7402的触摸操作输入而检测出显示部7402的光传感器所检测的信号时，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。

[0204] 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。

[0205] 另外，本实施方式所示的结构可以适当地与实施方式1至实施方式4所示的结构组合而使用。

[0206] 如上所述，具备实施方式1及实施方式2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及实施方式2所记载的发光元件，可以得到耗电量被降低了的电子设备。

[0207] 图12示出将实施方式1及实施方式2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12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及实施方式2所记载的发光元件，并且通过端子906将电流供应到背光灯单元903。

[0208] 通过将实施方式1及实施方式2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2所记载的发光元件，能够制造面发射的照明装置，及进一步的大面积化的照明装置。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2所记载的发光元件的发光装置的厚度可以比现有的发光装置薄，所以还能够实现显示装置的薄型化。

[0209] 图13示出将实施方式1及实施方式2所记载的发光元件用于作为照明装置的台灯的例子。图13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4所记载的发光装置。

[0210] 图14示出将实施方式1及实施方式2所记载的发光元件用于室内的照明装置3001及显示装置3002的例子。因为实施方式1及实施方式2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及实施方式2

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及实施方式2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。

[0211] 还可以将实施方式1及实施方式2所记载的发光元件安装在汽车的挡风玻璃或仪表盘上。图15示出将实施方式2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5000至显示5005使用实施方式1及实施方式2所记载的发光元件设置。

[0212] 显示5000和显示5001是设置在汽车的挡风玻璃上的安装有实施方式1及实施方式2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及实施方式2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。该透视式显示装置甚至可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。

[0213] 显示5002是设置在立柱部分的安装有实施方式1及实施方式2所记载的发光元件的显示装置。通过在显示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,类似地,设置在仪表盘部分上的显示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,这导致盲区的消除并提高安全性。通过显示图像以补充驾驶者不看到的部分,可以使驾驶者更自然且简单地确认安全。

[0214] 显示5004和显示5005可以提供例如导航信息、速度表、转速计、行车距离、油量表、变速排档指示、空调的设定的各种信息。使用者可以适当地自由改变显示内容及布置。另外,这些信息也可以显示在显示5000至显示5003上。另外,也可以将显示5000至显示5005用作照明装置。

[0215] 实施方式1及实施方式2所记载的发光元件是发光效率高且耗电量小的发光元件。由此,即使设置多个显示5000至显示5005那样的大面积屏面,电池的负荷也小,这提供了舒适的应用。从而,使用实施方式1及实施方式2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。

[0216] 图16A及图16B是折叠式平板终端的一个例子。图16A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。在该平板终端中,显示部9631a、显示部9631b的一方或双方使用具备实施方式1及实施方式2所记载的发光元件的发光装置而形成。

[0217] 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用作显示屏。

[0218] 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用于在显示屏上显示/隐藏键盘的切换按钮9639,可以在显示部9631b上显示键盘按钮。

[0219] 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。

[0220] 另外,显示模式切换开关9034例如能够在竖屏显示和横屏显示等之间、黑白显示

或彩色显示之间切换显示。根据通过平板终端所内置的光传感器所检测的使用时的外光的光量,省电模式切换开关9036可以控制将显示的亮度。平板终端除了光传感器以外还可以内置包括例如陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器等的其他检测装置。

[0221] 虽然图16A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。显示部9631a和显示部9631b可具有不同的显示面积和不同的显示质量。例如显示部9631a和显示部9631b中的一方可显示更高清晰度的图像。

[0222] 图16B是折叠的状态。该平板终端包括框体9630、太阳能电池9633、充放电控制电路9634、电池9635以及DCDC转换器9636。此外,作为一个例子,在图16B中,示出具有电池9635和DCDC转换器9636的充放电控制电路9634。

[0223] 此外,折叠式平板终端在不使用时可以折叠框体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。

[0224] 此外,图16A及图16B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。

[0225] 通过利用安装在平板终端的表面的太阳能电池9633,可以将电力供应到触摸屏、显示部或图像信号处理部等。另外,可以通过将太阳能电池9633设置在框体9630的单面或双面,来高效地对电池9635进行充电。

[0226] 另外,参照图16C所示的方框图对图16B所示的充放电控制电路9634的结构和工作进行说明。图16C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16B所示的充放电控制电路9634。

[0227] 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,当显示部9631不显示图像时,使SW1截止且使SW2导通来对电池9635进行充电。

[0228] 注意,虽然作为发电单元的一个例子示出太阳能电池9633,但是发电单元特别受限,也可以使用例如压电元件(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。也可以使用能够以无线(不接触)的方式收发电力来进行充电的非接触电力传输模块或组合其他充电单元进行充电,而不一定必须要设置发电单元。

[0229] 另外,只要具备上述显示部9631,就不局限于图16A至图16C所示的形状的平板终端。

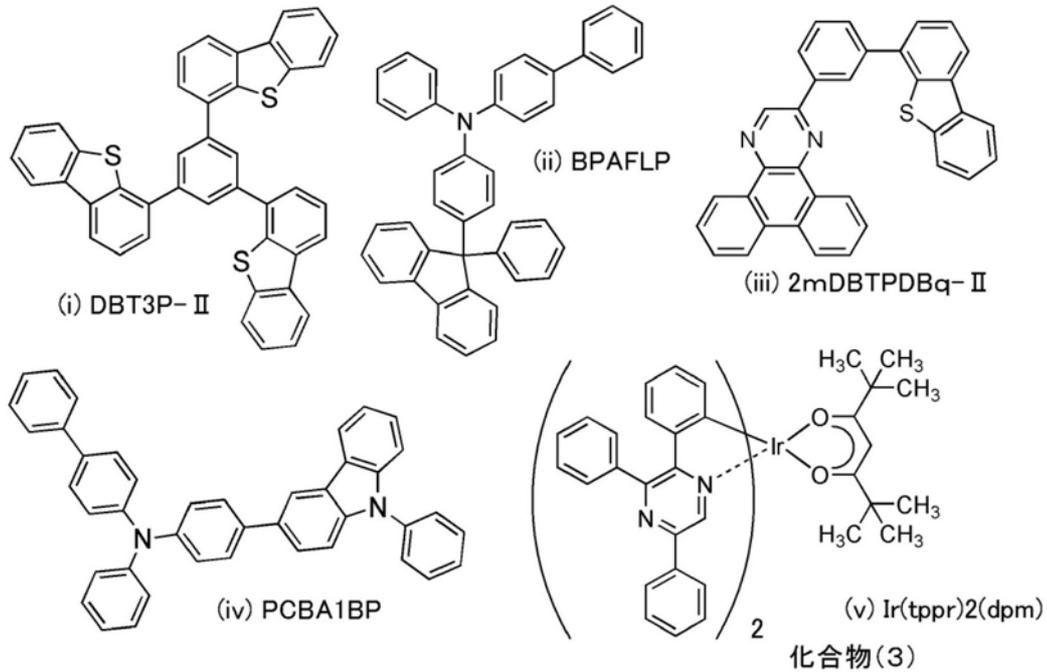
[0230] 实施例1

[0231] 在本实施例中,说明使用实施方式1所说明的化合物(1)至化合物(3)的相当于本发明的一个方式的发光元件1及发光元件2。在本实施例中的发光元件中,由于作为用于第一发光层113B、第二发光层113G及第三发光层113R的磷光化合物分别使用实施方式1所说

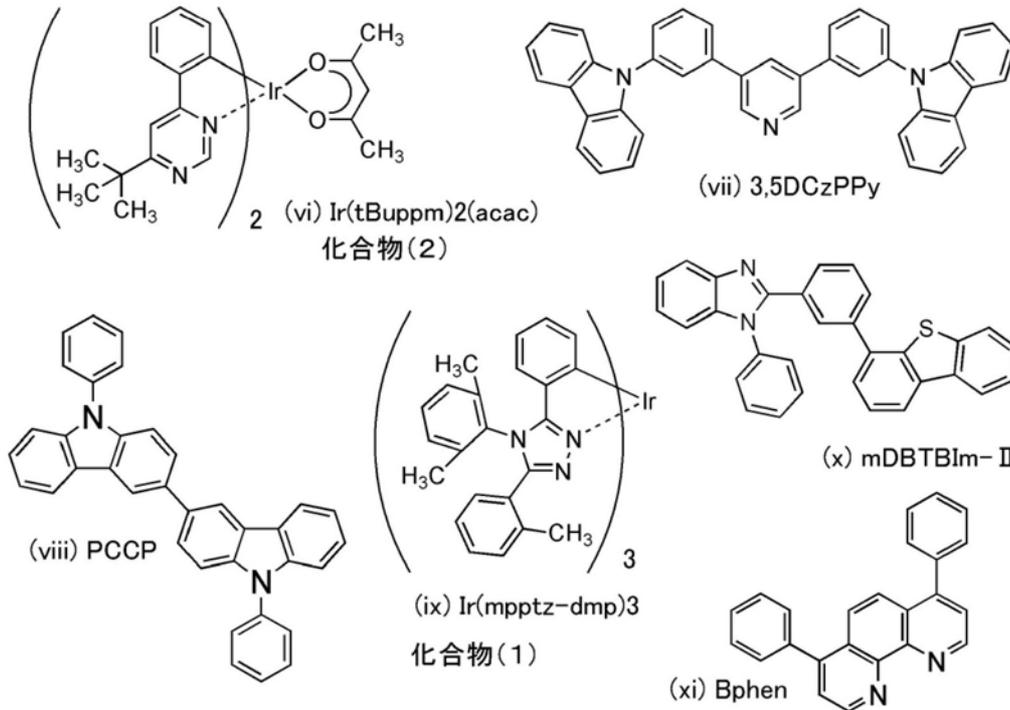
明的化合物(1)、化合物(2)及化合物(3),所以作为各发光波长(F(λ))及ε(λ)λ⁴的关系与参照图5在实施方式1中说明的关系相同。。

[0232] 以下示出用于本实施例中的发光元件的物质。

[0233] [化学式2]



[0234]



[0235] 以下示出本实施例的发光元件1及发光元件2的制造方法。

[0236] (发光元件1的制造方法)

[0237] 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)膜,由此形成第一电极101。另外,其厚度为110nm,且其电极面积为2mm×2mm。在此,第一电极101是用作发光元件的阳极的电极。

[0238] 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。

[0239] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 10^{-4} Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中以170℃进行30分钟的真空焙烧,然后对衬底进行30分钟左右的冷却。

[0240] 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装置内的衬底支架上,并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)。另外,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。

[0241] 接着,在空穴注入层111上形成厚度为20nm的由上述结构式(ii)表示的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。

[0242] 再者,在空穴传输层112上以0.5:0.5:0.05(=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr)₂(dpm)])的质量比并以10nm的厚度共蒸镀由上述结构式(iii)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-吡啶-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、由上述结构式(v)表示的双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])(化合物(3))制造第三发光层113R,然后以0.5:0.5:0.05(=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的质量比并以5nm的厚度共蒸镀2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、由上述结构式(vi)表示的(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])(化合物(2))形成第二发光层113G,再者以0.5:0.5:0.06(=35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])的质量比并以30nm的厚度共蒸镀由上述结构式(vii)表示的3,5-双[3-(9H-吡啶-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、由上述结构式(viii)表示的3,3'-双(9-苯基-9H-吡啶)(简称:PCCP)、由上述结构式(ix)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]) (化合物(1))形成第一发光层113B,从而形成发光层113。

[0243] 另外,2mDBTPDBq-II与PCBA1BP形成激基复合物,并且35DCzPPy与PCCP形成激基复合物。再者,2mDBTPDBq-II具有电子传输性且PCBA1BP具有空穴传输性,并且通过以0.5:0.5的比率使发光层包含该物质,使第二发光层113G及第三发光层113R具有空穴传输性。另外,35DCzPPy具有电子传输性且PCCP具有空穴传输性,并且通过以0.5:0.5的比率使发光层包含该物质,使第一发光层113B具有电子传输性。

[0244] 然后,在发光层113上形成厚度为10nm的由上述结构式(x)表示的2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)膜,再者形成厚度为20nm的由上述结构式(xi)表示的红菲绕啉(简称:BPhen),从而形成电子传输层114。

[0245] 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,最后作为用作阴极的第二电极102以200nm的厚度蒸镀铝,从而制造本实施例的发光元件1。

[0246] 另外,在上述蒸镀过程中,作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0247] (发光元件2的制造方法)

[0248] 发光元件2通过与发光元件1相同的结构、工序形成,发光元件2与发光元件1的不

同之处在于:在发光元件2中,将第二发光层113G的厚度形成为10nm。

[0249] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件暴露于大气的方式使用玻璃衬底对发光元件1及发光元件2进行密封处理(具体地,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),然后对这些发光元件的可靠性进行测量。另外,在室温下(在保持于25℃的气氛中)执行测量。

[0250] 关于发光元件1及发光元件2,图17示出电流密度-亮度特性,图18示出亮度-电流效率特性,图19示出电压-亮度特性,图20示出亮度-色度特性,图21示出亮度-功率效率特性,图22示出亮度-外部量子效率特性,并且图23示出发射光谱。

[0251] 如上所述可知:发光元件1在实用亮度的1000cd/m²附近呈现非常良好的特性,即电流效率为47cd/A,外部量子效率为22%,功率效率为32lm/W。另外,还可知:发光颜色是2930K的暖白色,且呈现良好的演色性,即平均演色性指数(general color rendering index) Ra为91.7。还可知:发光元件2在实用亮度的1000cd/m²附近呈现非常高的效率,即电流效率为52cd/A,外部量子效率为22%,功率效率为36lm/W。另外,根据图20还可知:在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件1及发光元件2中,色度的亮度依赖性小。

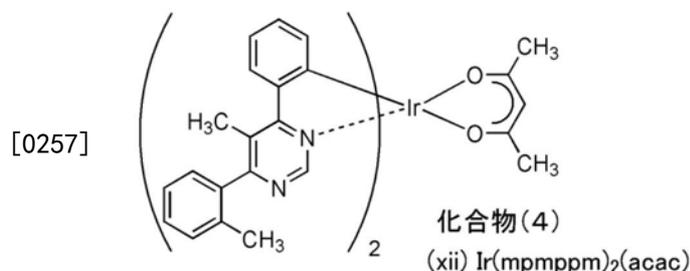
[0252] 另外,由于各发光层的传输性而发光元件1及发光元件2的载流子的复合区域在第一发光层113B与第二发光层113G的界面近旁,尽管如此第二发光层113G为5nm厚的发光元件1及第二发光层113G为10nm厚的发光元件2都充分获得第三发光层113R的发光。另外,由于来自第一发光层113B至第三发光层113R分别所包含的发光物质的光明显显现于光谱中,所以可知有效且平衡地进行激发能量的转移。

[0253] 实施例2

[0254] 在本实施例中,说明具有与实施例1不同的结构的本发明的一个方式的发光元件(发光元件3)。发光元件3是使用作为呈现黄色发光颜色的磷光化合物的化合物(4)(双{2-[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ²O,0')铱(III)(简称:[Ir(mpmpm)₂(acac)])代替在实施例1中使用的第二化合物[Ir(tBuppm)₂(acac)])的发光元件。另外,作为用于发光元件3的其他物质,使用与实施例1中的发光元件1及发光元件2相同的物质。

[0255] 以下示出化合物(4)([Ir(mpmpm)₂(acac)])的结构式。由于在实施例1中示出了其他化合物,所以在此省略其他化合物的说明。

[0256] [化学式3]



[0258] 在此,图24示出用于发光元件3的三种磷光化合物的发光波长F(λ),以及化合物(3)及化合物(4)的发光波长F(λ)与ε(λ)λ⁴的关系。在本实施例的发光元件中,如图24所示,第一发光层113B包含发射蓝色光的作为第一磷光化合物的化合物(1)。另外,第二发光层113G包含化合物(4),该化合物(4)是发射其波长比从第一磷光化合物发射的光长的光(发

光峰值波长566nm)且位于由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的最长波长一侧的局部极大值A在440nm至520nm的范围内(512nm)的第二磷光化合物。第三发光层113R包含化合物(3),该化合物(3)发射其波长比从第二磷光化合物发射的光长的光且位于由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函数的最长波长一侧的局部极大值B在520nm至600nm的范围内(542nm附近)的第三磷光化合物。另外,根据图24还可知:上述局部极大值B比上述局部极大值A大。

[0259] 以下示出本实施例的发光元件3的制造方法。

[0260] (发光元件3的制造方法)

[0261] 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)膜,由此形成第一电极101。另外,其厚度为110nm,且其电极面积为 $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。在此,第一电极101是用作发光元件的阳极的电极。

[0262] 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°C 下进行焙烧1小时之后,进行UV臭氧处理370秒。

[0263] 然后,将衬底放入到其内部被减压到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中以 170°C 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。

[0264] 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装置内的衬底支架上,并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)。另外,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。

[0265] 接着,在空穴注入层111上形成厚度为20nm的由上述结构式(ii)表示的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。

[0266] 再者,在空穴传输层112上以0.5:0.5:0.05(=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr)₂(dpm)])的质量比并以20nm的厚度共蒸镀由上述结构式(iii)表示的2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTPDBq-II)、由上述结构式(iv)表示的4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、由上述结构式(v)表示的双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷)铱(III)(简称:[Ir(tppr)₂(dpm)])(化合物(3))制造第三发光层113R,然后以0.5:0.5:0.05(=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(mpmpm)₂(acac)])的质量比并以5nm的厚度共蒸镀2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、由上述结构式(xii)表示的双{2-[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-咪唑基- $\kappa\text{N}3$]苯基- κC }(2,4-戊二酮根- $\kappa\text{O},\text{O}'$)铱(III)(简称:[Ir(mpmpm)₂(acac)])(化合物(4))形成第二发光层113G,再者以0.5:0.5:0.06(=35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])的质量比并以30nm的厚度共蒸镀由上述结构式(vii)表示的3,5-双[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、由上述结构式(viii)表示的3,3'-双(9-苯基-9H-咪唑)(简称:PCCP)、由上述结构式(ix)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- $\kappa\text{N}2$]苯基- κC }铱(III)(简称:[Ir(mpptz-dmp)₃]) (化合物(1))形成第一发光层113B,从而形成发光层113。

[0267] 另外,2mDBTPDBq-II与PCBA1BP形成激基复合物,并且35DCzPPy与PCCP形成激基复合物。再者,2mDBTPDBq-II具有电子传输性且PCBA1BP具有空穴传输性,并且通过以0.5:0.5的比率使发光层包含该物质,使第二发光层113G及第三发光层113R具有空穴传输性。另外,

35DCzPPy具有电子传输性且PCCP具有空穴传输性,并且通过以0.5:0.5的比率使发光层包含该物质,使第一发光层113B具有电子传输性。

[0268] 然后,在发光层113上形成厚度为10nm的由上述结构式(x)表示的2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)膜,再者形成厚度为20nm的由上述结构式(xi)表示的红菲绕啉(简称:BPhen),从而形成电子传输层114。

[0269] 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,最后作为用作阴极的第二电极102以200nm的厚度蒸镀铝,从而制造本实施例的发光元件3。

[0270] 另外,在上述蒸镀过程中,作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0271] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件暴露于大气的方式使用玻璃衬底对发光元件3进行密封处理(具体地,将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时在80°C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。另外,在室温下(在保持于25°C的气氛中)执行测量。

[0272] 关于发光元件3,图25示出电流密度-亮度特性,图26示出亮度-电流效率特性,图27示出电压-亮度特性,图28示出亮度-色度特性,图29示出亮度-功率效率特性,图30示出亮度-外部量子效率特性,并且图31示出发射光谱。

[0273] 如上所述可知:发光元件3在实用亮度的1000cd/m²附近呈现非常良好的特性,即电流效率为48cd/A,外部量子效率为23%,功率效率为32lm/W。另外,还可知:发光颜色是3860K的白色光,且呈现良好的演色性,即平均演色性指数Ra为85.1。另外,根据图20还可知:在作为本发明的一个方式的发光元件的发光元件3中,色度的亮度依赖性小。

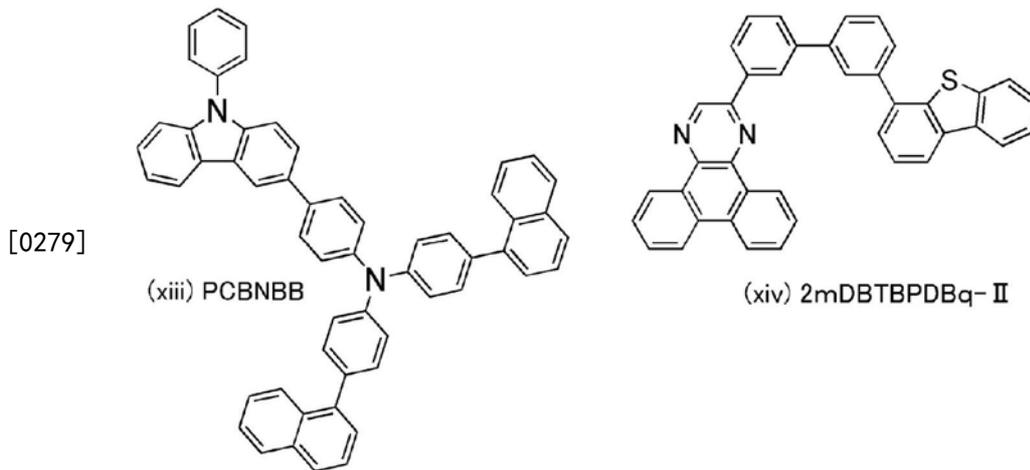
[0274] 另外,由于各发光层的传输性而发光元件3的载流子的复合区域在第一发光层113B与第二发光层113G的界面近旁,尽管如此能够充分获得第三发光层113R的发光。另外,由于来自第一发光层113B至第三发光层113R分别所包含的发光物质的光明显显现于光谱中,所以可知在发光元件3中有效且平衡地进行激发能量的转移。

[0275] 实施例3

[0276] 在本实施例中,说明具有与实施例1及实施例2不同结构的本发明的一个方式的发光元件4。在发光元件4中:使用由下述结构式(xiii)表示的4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)代替实施例1的发光元件中的BPAFLP及PCBA1BP;以及使用由下述结构式(xiv)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)代替35DCzPPy的一部分及2mDBTPDBq-II。另外,由于各发光层所包含的磷光化合物与实施例1类似,所以发光波长F(λ)与 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的关系类似于实施例1中描述的关系。

[0277] 以下示出PCBNBB及2mDBTBPDBq-II的结构式。由于作为其他化合物使用实施例1所记载的化合物,所以在此省略其说明。参照实施例1。

[0278] [化学式4]



[0280] 以下示出本实施例的发光元件4的制造方法。

[0281] (发光元件4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)膜,由此形成第一电极101。另外,其厚度为110nm,且其电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。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°C 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 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中以 170°C 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装置内的衬底支架上,并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)。另外,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PCBNBB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(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tppr)₂(dpm)])的质量比并以10nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II、PCBNBB、[Ir(tppr)₂(dpm)]制造第三发光层113R,然后以0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的质量比并以10nm的厚度共蒸镀2mDBTBPDBq-II、PCBNBB、[Ir(tBuppm)₂(acac)]形成第二发光层113G,再者以0.7:0.3:0.06(=35DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])的质量比并以30nm的厚度共蒸镀35DCzPPy、PCCP、[Ir(mpptz-dmp)₃]形成第一发光层113B,从而形成发光层113。

[0288] 另外,2mDBTBPDBq-II与PCBNBB形成激基复合物,并且35DCzPPy与PCCP形成激基复合物。再者,2mDBTBPDBq-II具有电子传输性且PCBNBB具有空穴传输性,并且通过以0.5:0.5的比率使发光层包含该物质,使第二发光层113G及第三发光层113R具有空穴传输性。另外,35DCzPPy具有电子传输性且PCCP具有空穴传输性,并且通过以0.5:0.5的比率使发光层包含该物质,使第一发光层113B具有电子传输性。

[0289] 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,从而形成电子传输层114。

[0290] 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,最后作为用作阴极的第二电极102以200nm的厚度蒸镀铝,从而制造本实施例的发光元件4。

[0291] 另外,在上述蒸镀过程中,作为蒸镀都采用电阻加热法。

[0292] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光元件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(具体地,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),然后对这些发光元件的可靠性进行测量。另外,在室温下(在保持于25℃的气氛中)执行测量。

[0293] 关于发光元件4,图32示出电流密度-亮度特性,图33示出亮度-电流效率特性,图34示出电压-亮度特性,图35示出亮度-色度特性,图36示出亮度-功率效率特性,图37示出亮度-外部量子效率特性,并且图38示出发射光谱。

[0294] 如上所述可知:发光元件4在实用亮度的1000cd/m²附近呈现非常良好的特性,即电流效率为39cd/A,外部量子效率为21%,功率效率为29lm/W。另外,还可知:发光颜色是2260K,且呈现良好的演色性,即平均演色性指数Ra为93.4。

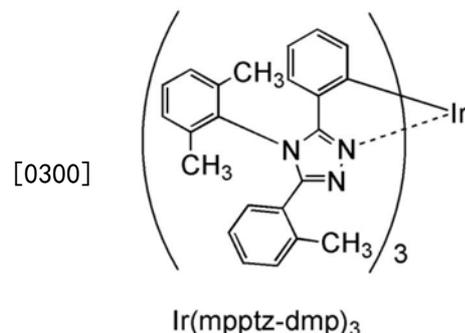
[0295] 另外,由于各发光层的传输性而发光元件4的载流子的复合区域在第一发光层113B与第二发光层113G的界面近旁,尽管如此能够充分获得第三发光层113R的发光。另外,由于来自第一发光层113B至第三发光层113R分别所包含的发光物质的光明显显于光谱中,所以可知有效且平衡地进行激发能量的转移。

[0296] 进行了可靠性测试。在可靠性测试中,在初始亮度为3000cd/m²且电流密度恒定的条件下以初始亮度为100%测量随着驱动时间经过而产生的亮度变化。图39示出其结果。根据图39可知:虽然发光元件4是从各发光层获得的发光都是磷光的所谓全磷光元件,但是在经过440小时之后发光元件4也保持初始亮度的65%,因此本发明的一个方式的发光元件4是元件的耐久性也良好的发光元件。

[0297] (参考例1)

[0298] 说明在上述实施方式中使用的有机金属配合物三{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])的合成方法。另外,以下示出[Ir(mpptz-dmp)₃](简称)的结构。

[0299] [化学式5]

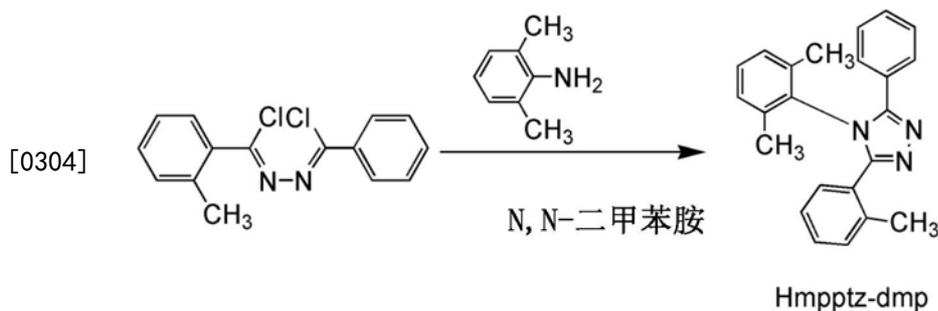


[0301] <步骤1:3-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-5-苯基-4H-1,2,4-三唑(简称:Hmpptz-dmp)的合成>

[0302] 首先,在500ml的回收烧瓶中加入12.6g(43.3mmol)的N-[1-氯-1-(2-甲基苯基)亚甲基(methylidene)]-N'-[1-氯-(1-苯基)亚甲基]胍、15.7g(134.5mmol)的2,6-二甲苯胺、

100ml的N,N-二甲苯胺,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。通过重力过滤去除硫酸镁,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炼该液体。展开溶剂是乙酸乙酯:己烷=1:5。浓缩所得到的馏分而获得白色固体。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1的合成方案。

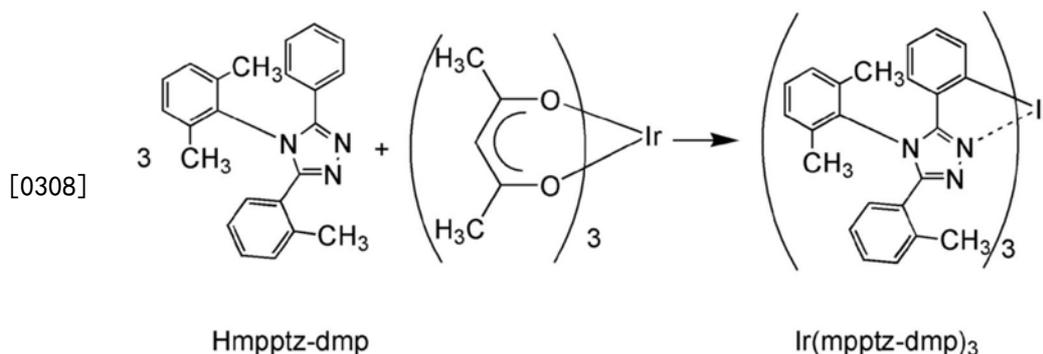
[0303] [化学式6]



[0305] <步骤2:三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κC]苯基-κC}铱(III)(简称:Ir(mpptz-dmp)₃)的合成>

[0306] 将通过上述步骤1获得的2.5g(7.4mmol)的配体Hmpptz-dmp、0.7g(1.5mmol)的三(乙酰丙酮根)铱(III)加入用于高温加热的容器中,进行脱气。在Ar气流下以250℃对该反应容器的内部的混合物进行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,通过矾土与硅藻土(Celite)的叠层,进行过滤。浓缩所得到的馏分获得绿色固体。使用甲苯对该固体进行再结晶,以45%的收率获得了0.8g的磷光有机金属铱配合物[Ir(mpptz-dmp)₃](简称)的绿色粉末。以下示出步骤2的合成方案。

[0307] [化学式7]



[0309] 此外,以下示出利用核磁共振分光法(¹H-NMR)分析通过上述步骤2得到的绿色粉末的结果。由此可知,在上述合成方法中得到了有机金属配合物Ir(mpptz-dmp)₃(简称)。

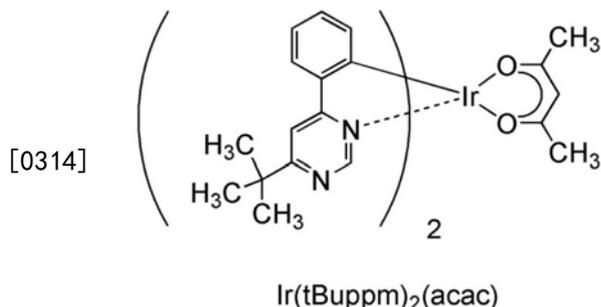
[0310] ¹H-NMR. δ (toluene-d₈): 1.82 (s, 3H), 1.90 (s, 3H), 2.64 (s, 3H), 6.56-6.62 (m, 3H), 6.67-6.75 (m, 3H), 6.82-6.88 (m, 1H), 6.91-6.97 (t, 1H), 7.00-7.12 (m, 2H), 7.63-7.67 (d, 1H).

[0311] (参考例2)

[0312] 以下示出在上述实施方式中使用的有机金属配合物(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-

4-苯基嘧啶根) 铱 (III) (别称: 双[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- κ N3) 苯基- κ C] (2,4-戊二酮根- κ^2 O, O') 铱 (III)) (简称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$) 的合成例。另外, 以下示出 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的结构。

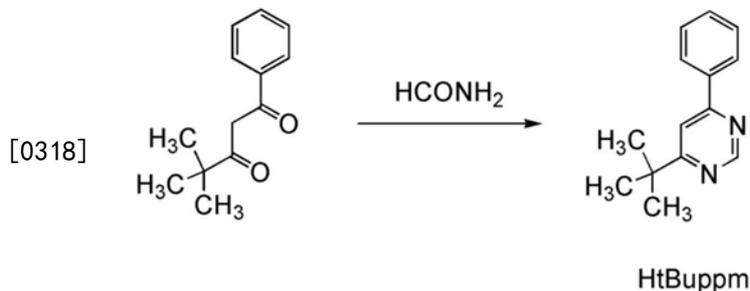
[0313] [化学式8]



[0315] <步骤1: 4-叔丁基-6-苯基嘧啶 (简称: HtBuppm) 的合成>

[0316] 首先, 在装有回流管的回收烧瓶中放入22.5g的4,4-二甲基-1-苯基戊烷-1,3-二酮和50g的甲酰胺, 对烧瓶内的空气进行氮置换。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。在蒸馏去除该溶液的溶剂之后, 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。

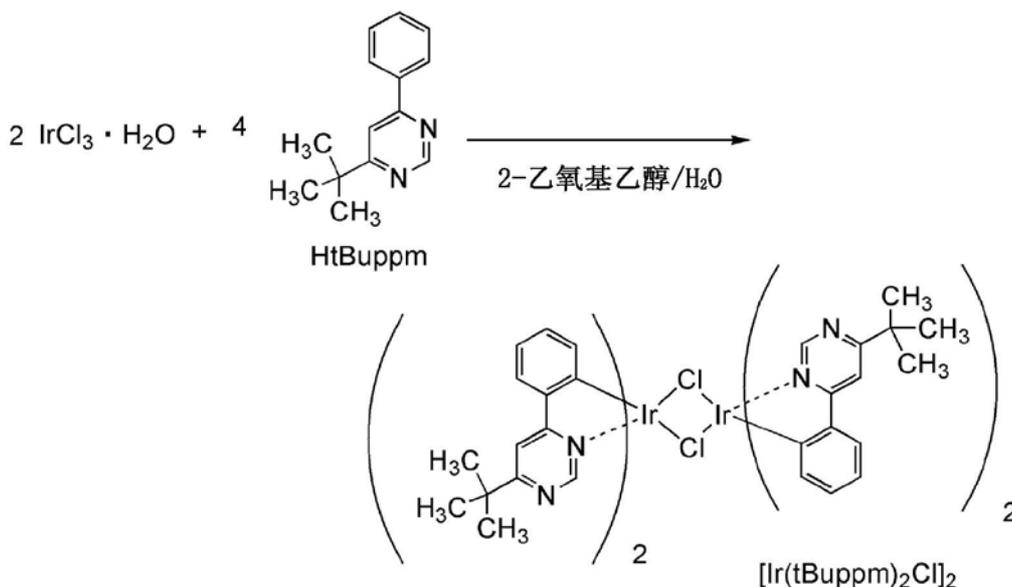
[0317] [化学式9]



[0319] <步骤2: 二- μ -氯-双[双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根) 铱 (III)] (简称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$) 的合成>

[0320] 接着, 在安装有回流管的回收烧瓶中放入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 ($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 并对烧瓶内的空气进行氮置换。然后, 照射1小时的微波 (2.45GHz, 100W) 来使其起反应。在蒸馏去除该溶剂之后, 使用乙醇抽滤所得到的残渣并进行洗涤, 而得到双核配合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ (黄绿色粉末, 收率为73%)。以下示出步骤2的合成方案。

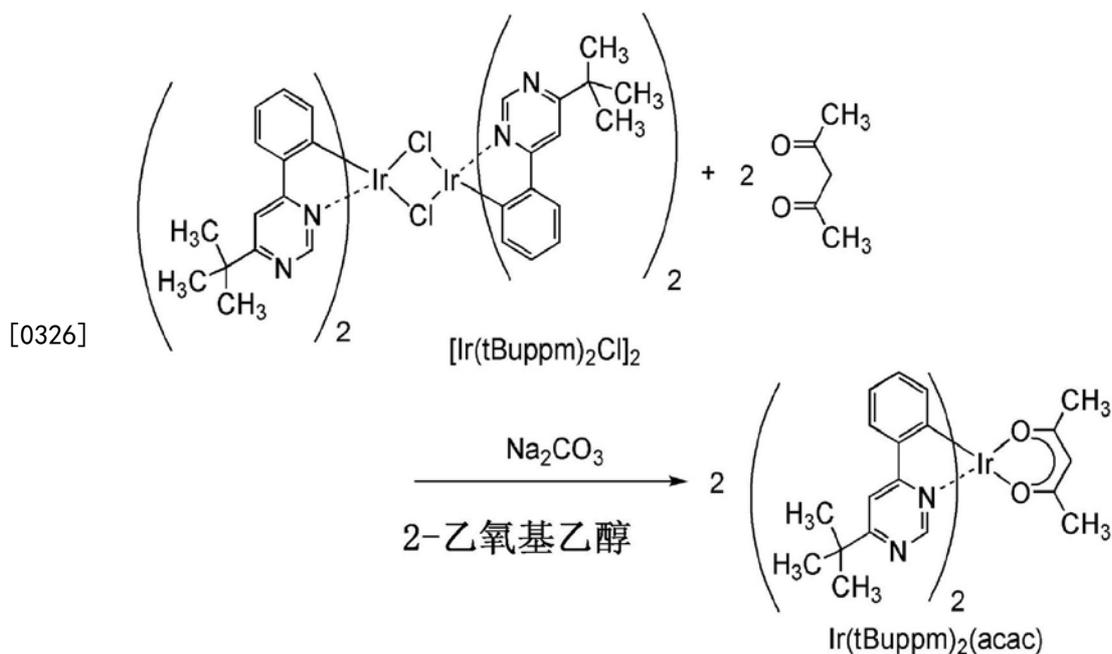
[0321] [化学式10]



[0323] <步骤3: (乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III) (简称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])的合成>

[0324] 再者,在安装有回流管的回收烧瓶中加入40mL的2-乙氧基乙醇、1.61g的通过上述步骤2得到的双核配合物的 [Ir(tBuppm)₂Cl]₂、0.36g的乙酰丙酮及1.27g的碳酸钠,并对烧瓶内部的空气进行氩置换。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基,并通过依次层叠有硅藻土(日本和光纯药工业株式会社、目录号码:531-16855)、氧化铝、硅藻土的助滤材过滤该混合物。通过使用二氯甲基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。

[0325] [化学式11]



[0327] 以下示出利用核磁共振分光法 (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配合物Ir (tBuppm)₂(acac)。

[0328] 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)。

[0329] 附图标记说明

[0330] 10: 电极, 11: 电极, 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, 113B: 第一发光层, 113Bd: 第一磷光化合物, 113Bh: 第一主体材料, 113G: 第二发光层, 113Gd: 第二磷光化合物, 113Gh: 第二主体材料, 113R: 第三发光层, 113Rd: 第三磷光化合物, 113Rh: 第三主体材料, 113ex: 复合区域, 114: 电子传输层, 115: 电子注入层, 400: 衬底, 401: 第一电极, 402: 辅助电极, 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, 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TFT, 612: 电流控制TFT, 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TFT, 624: p沟道型TFT, 625: 干燥剂, 901: 框体, 902: 液晶层, 903: 背光灯单元, 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: 包含有机化合物的层, 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, 1044W: 白色发光区域, 1044R: 红色发光区域, 1044B: 蓝色发光区域, 1044G: 绿色发光区域, 2001: 框体, 2002: 光源, 3001: 照明装置, 3002: 显示装置, 5000: 显示, 5001: 显示, 5002: 显示, 5003: 显示, 5004: 显示, 5005: 显示, 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, 7304: 显示部, 7305: 显示部, 7306: 扬声器部, 7307: 记录介质插入部, 7308: LED灯, 7309: 操作键, 7310: 连接端子, 7311: 传感器, 7400: 移动电话, 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: DCDC转换器, 9637: 操作键, 9638: 转换器, 9639: 按钮

[0331] 本申请基于2012年3月14日提交到日本专利局的日本专利申请No. 2012-057241, 通过引用将其完整内容并入在此。

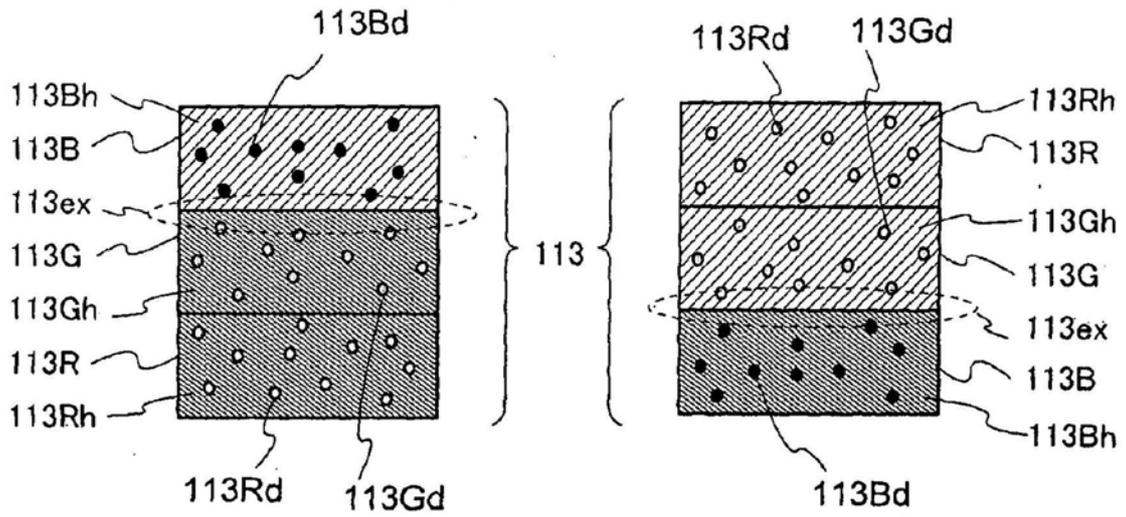


图1A

图1B

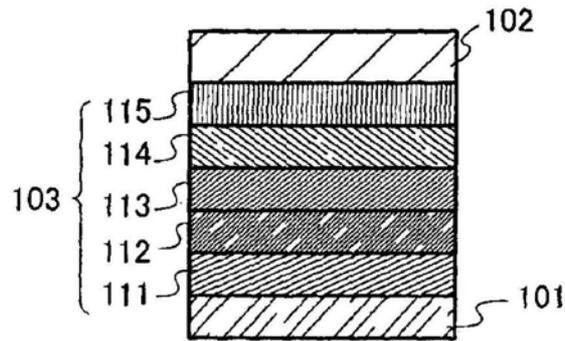


图1C

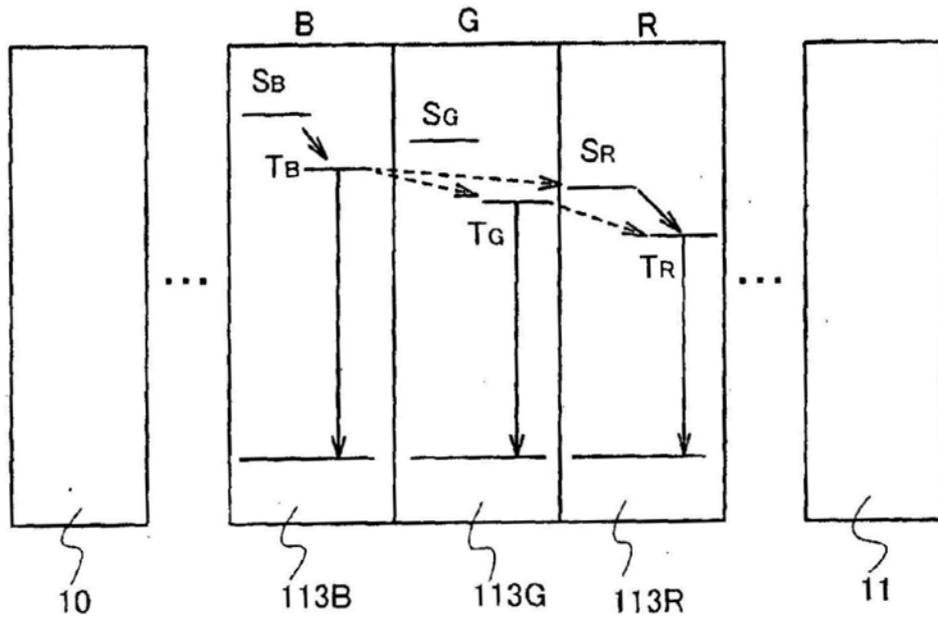


图2

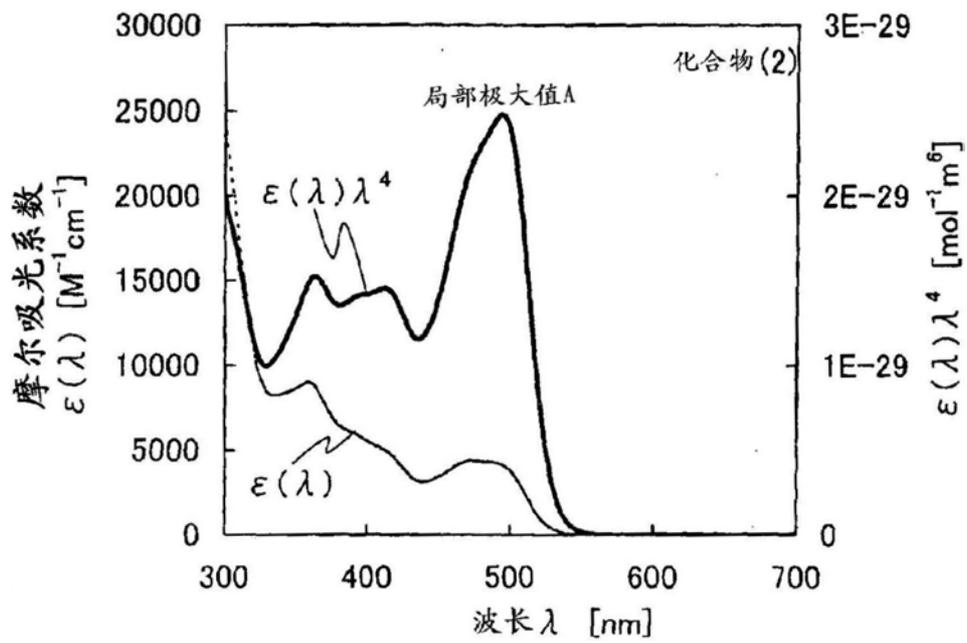


图3A

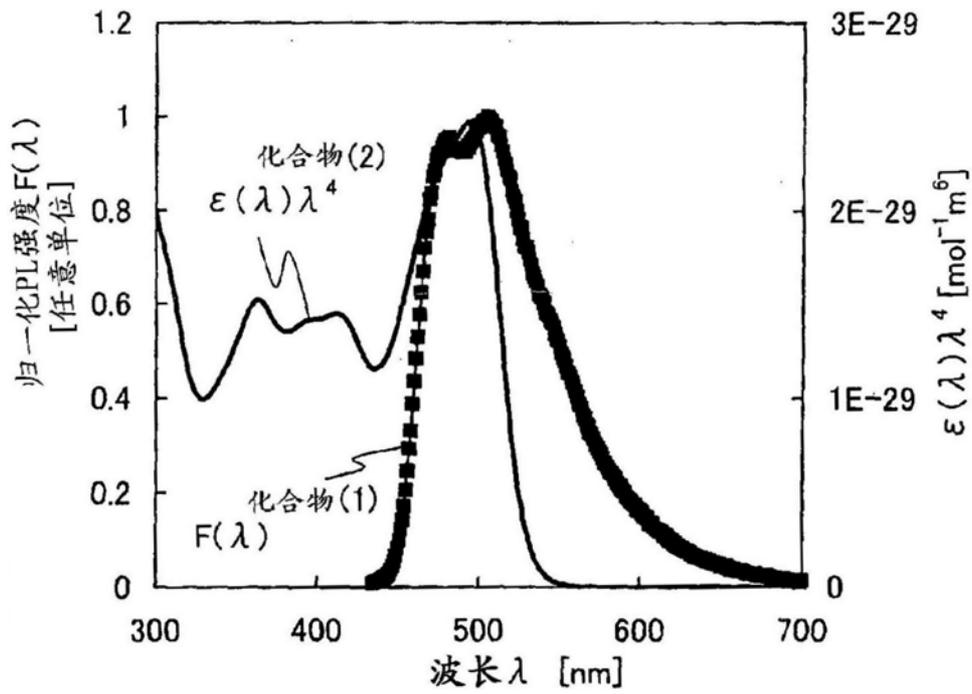


图3B

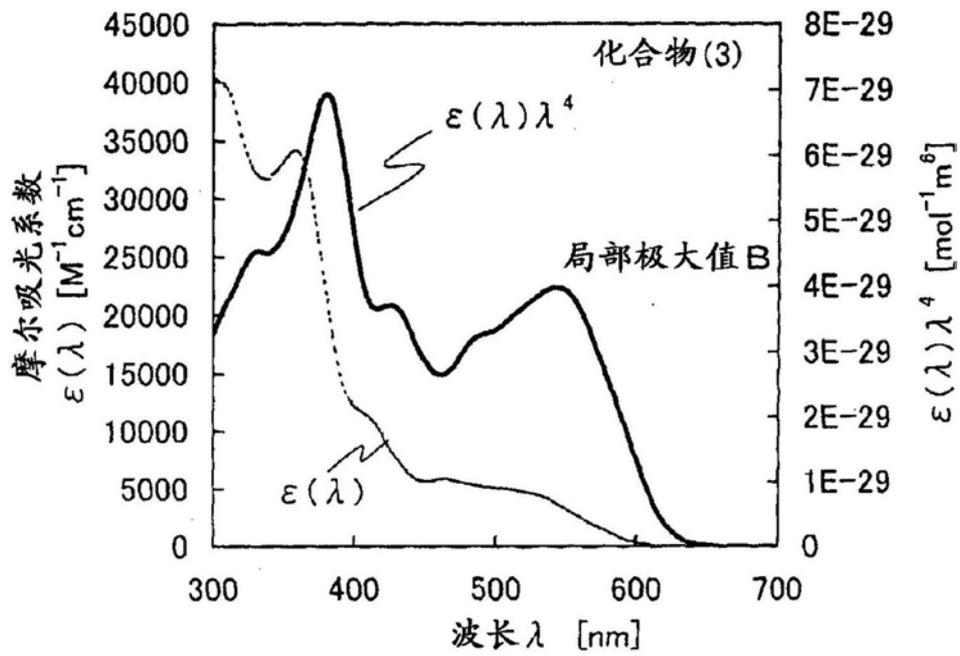


图4A

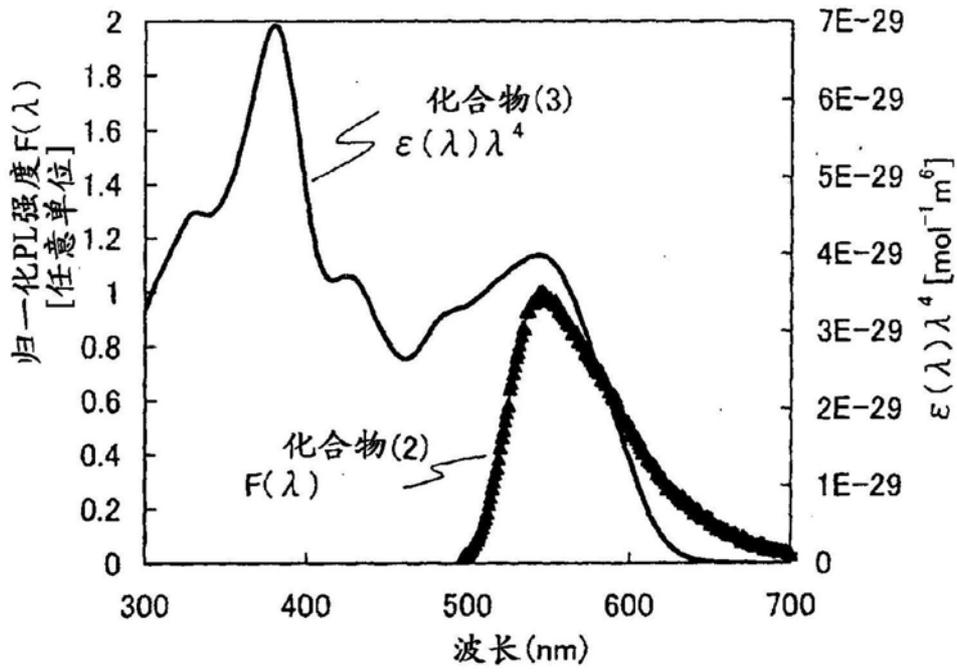


图4B

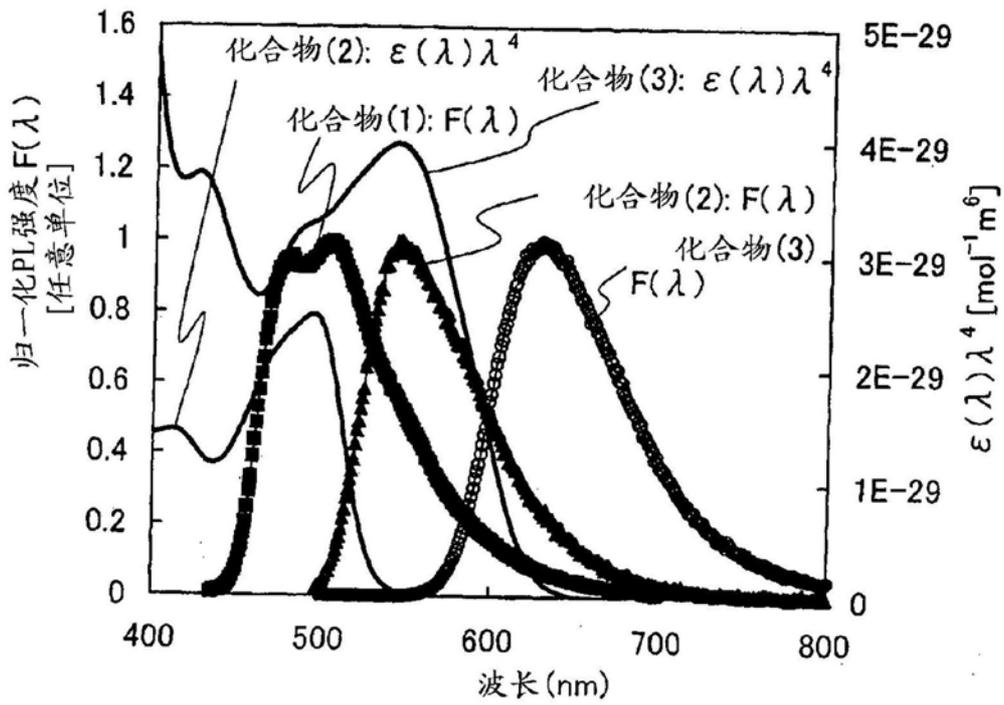


图5

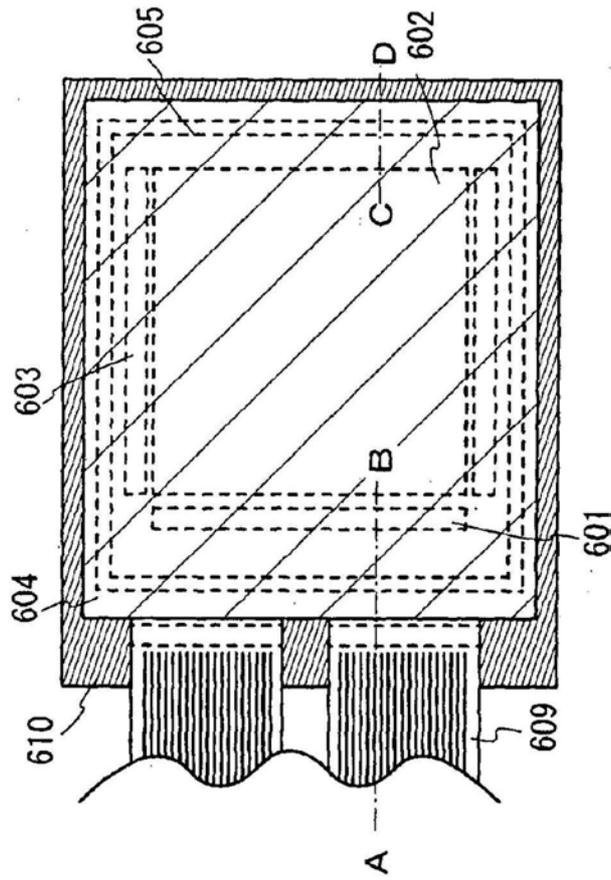


图6A

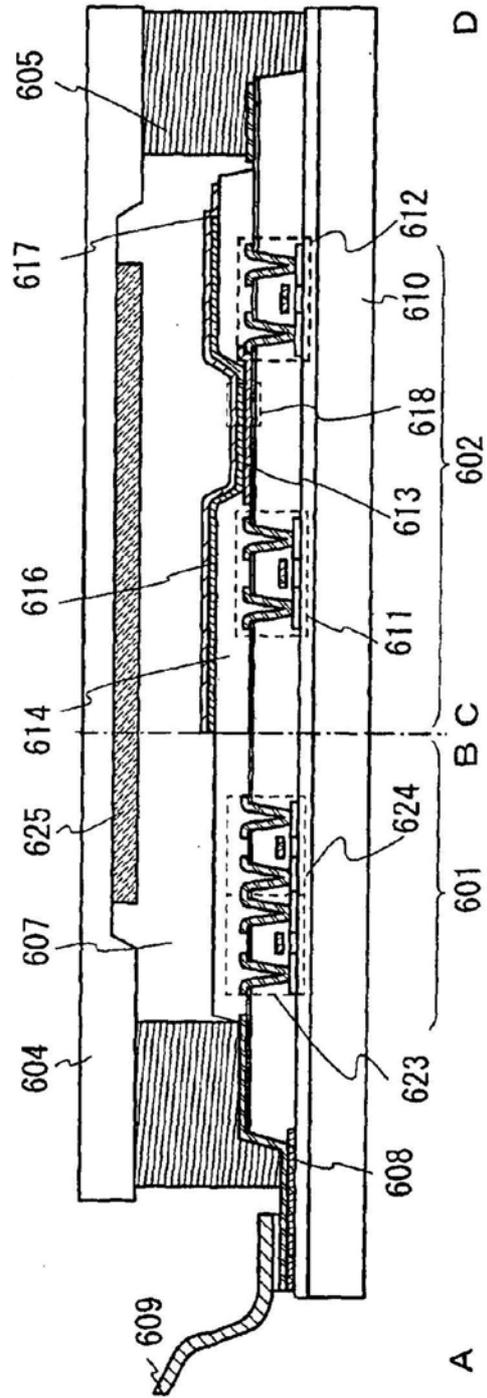


图6B

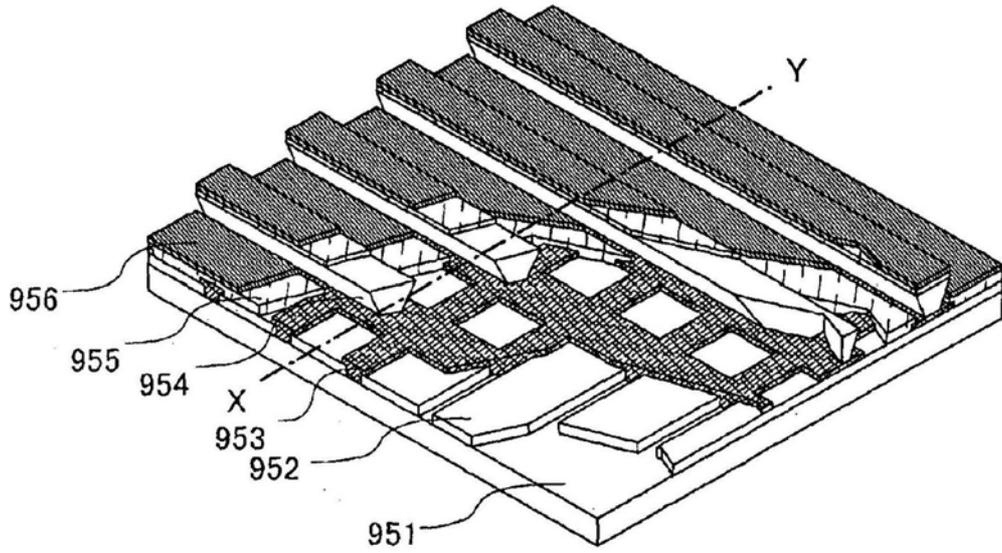


图7A

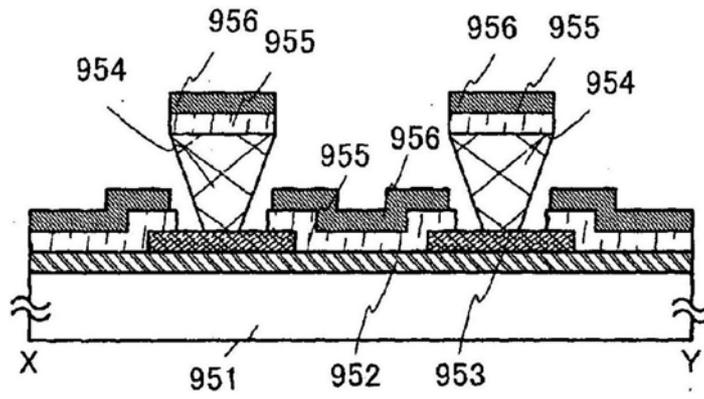


图7B

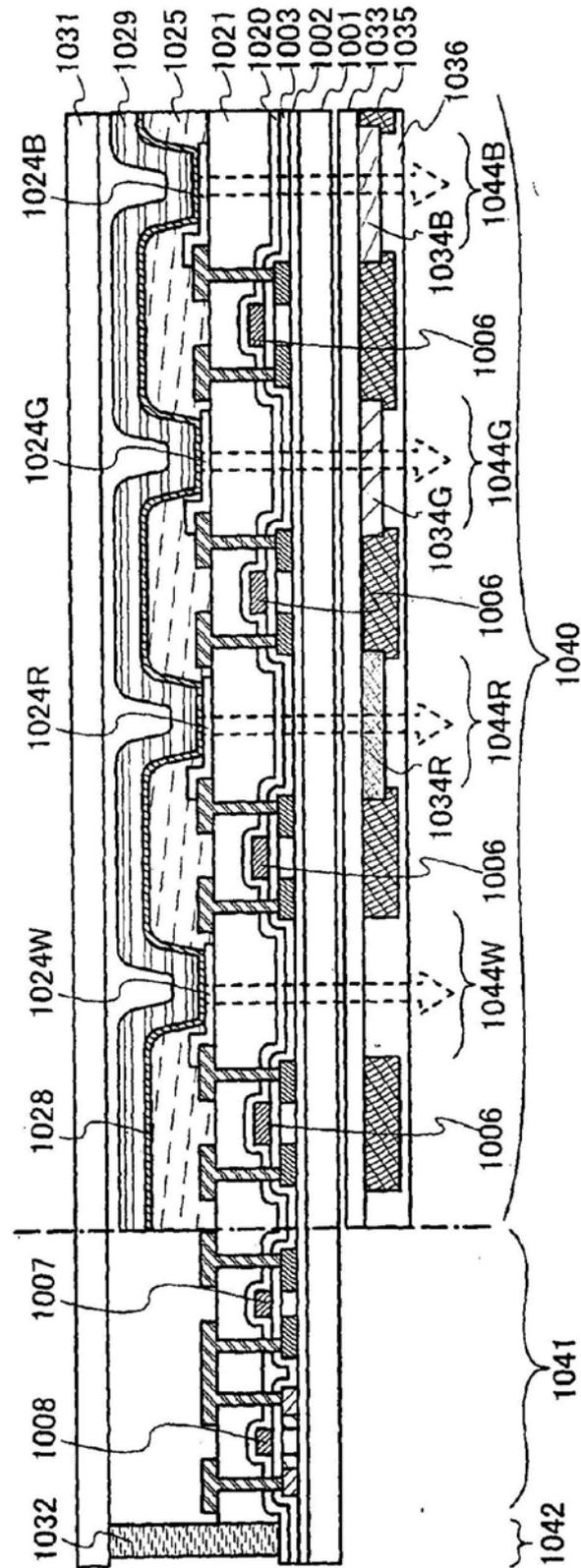


图8A

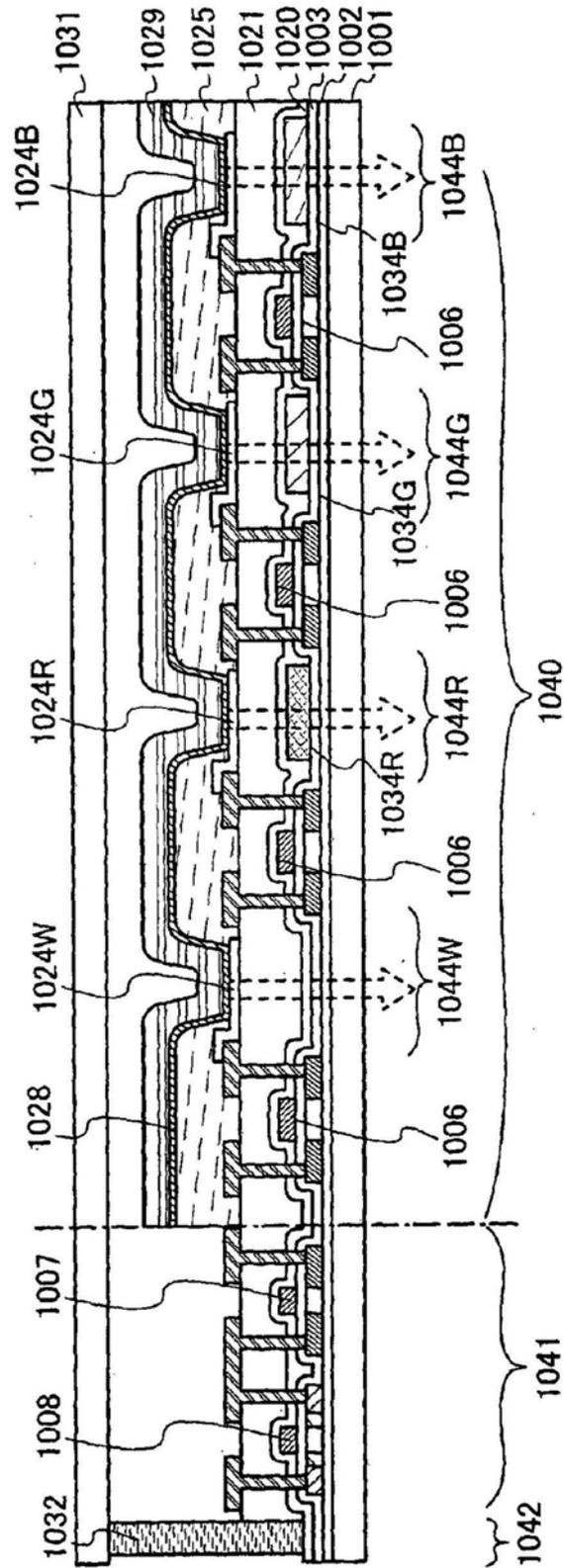


图8B

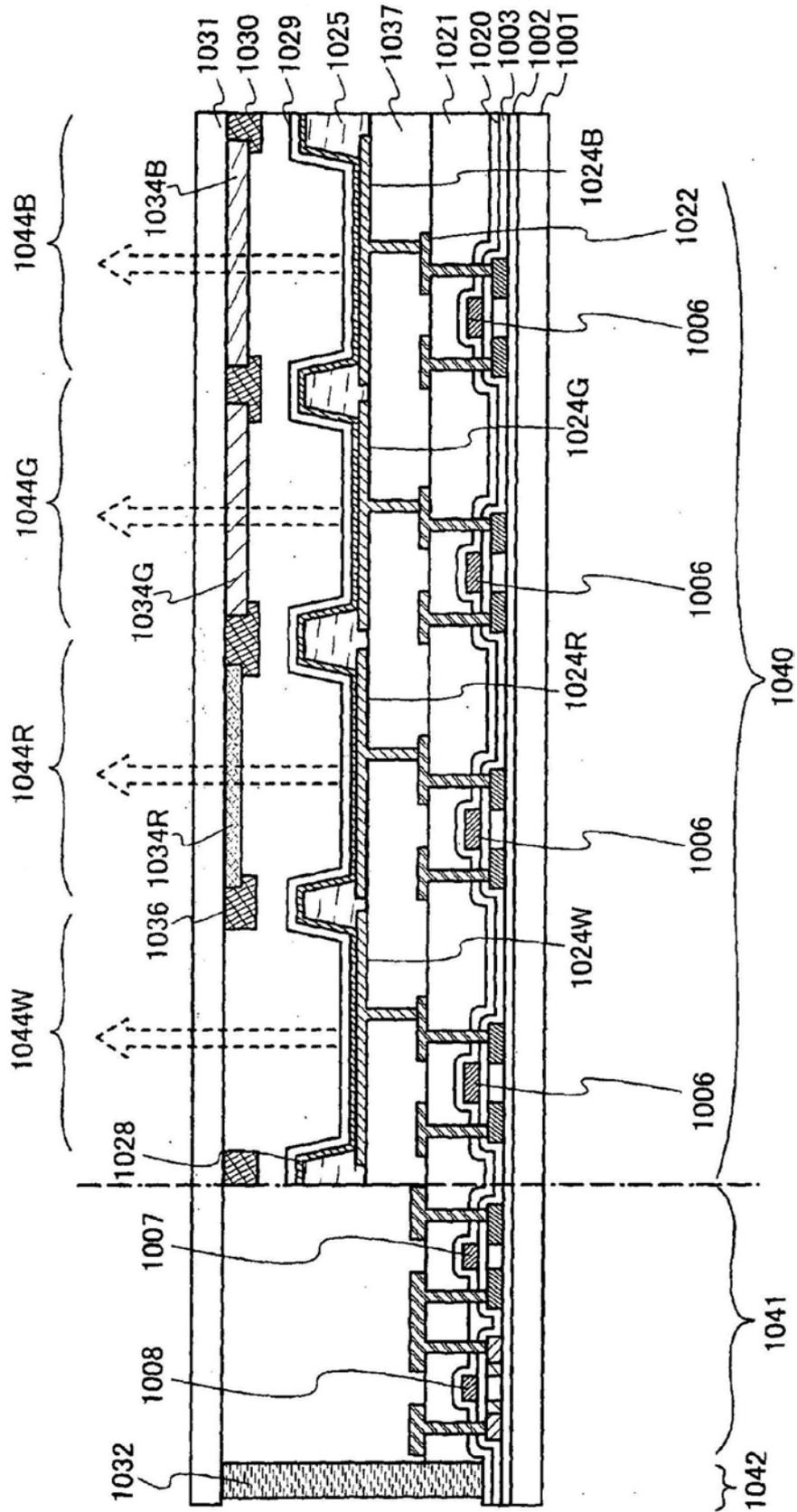


图9

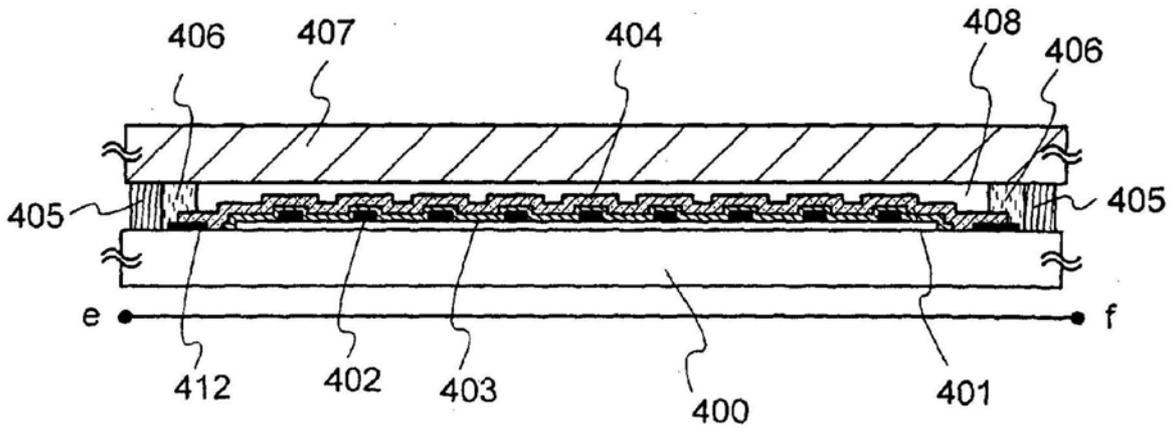


图10A

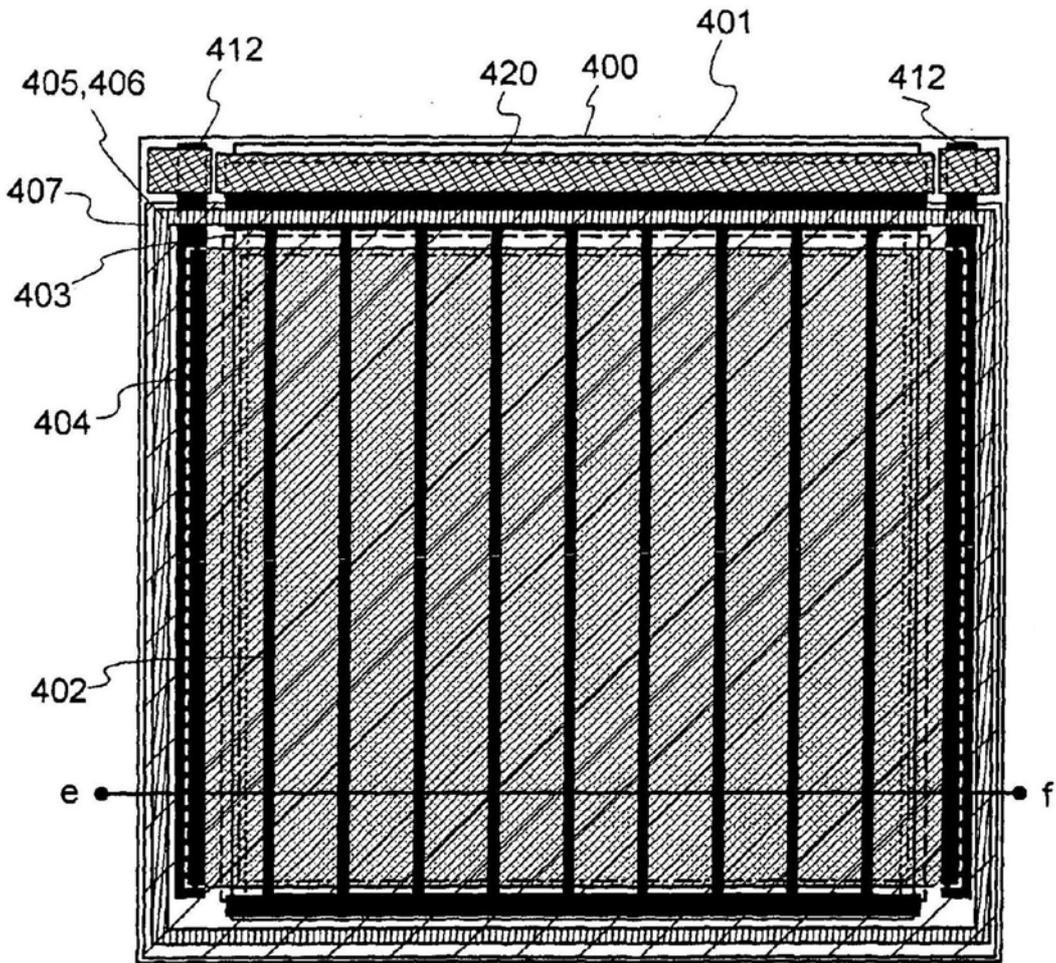


图10B

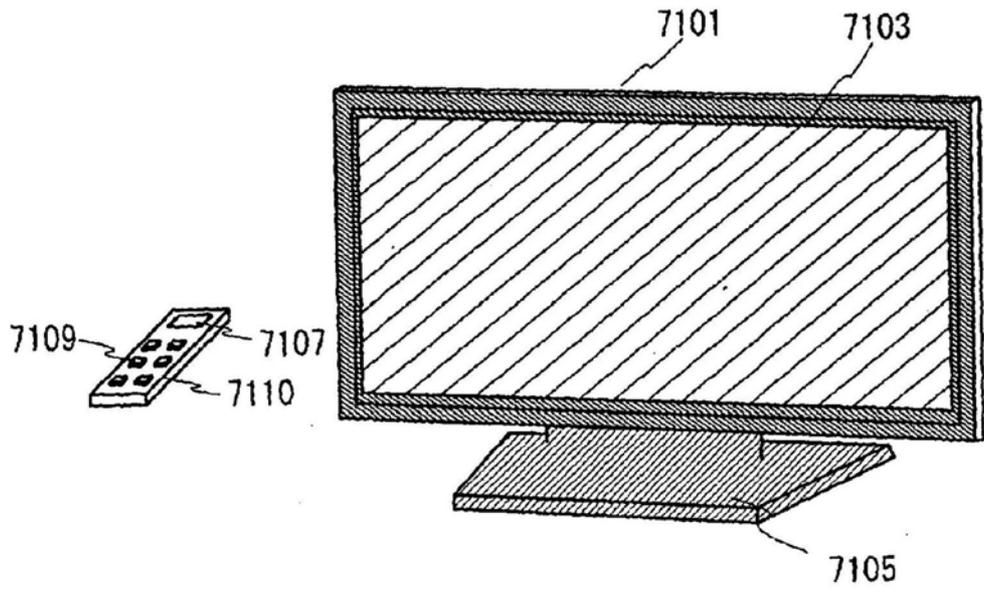


图11A

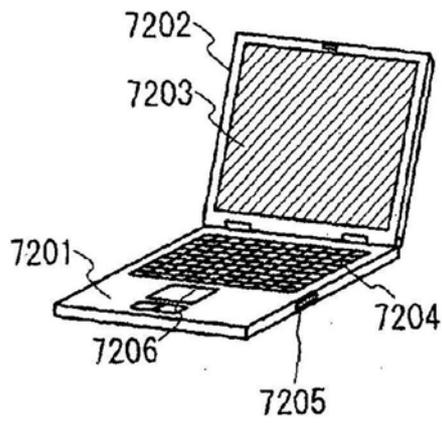


图11B1

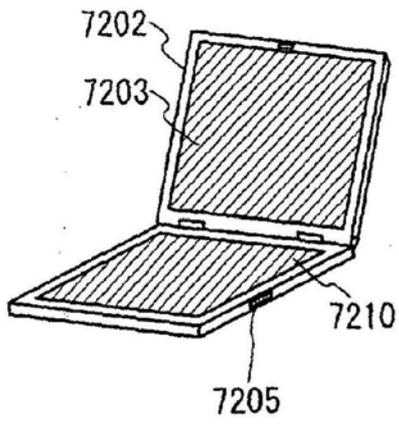


图11B2

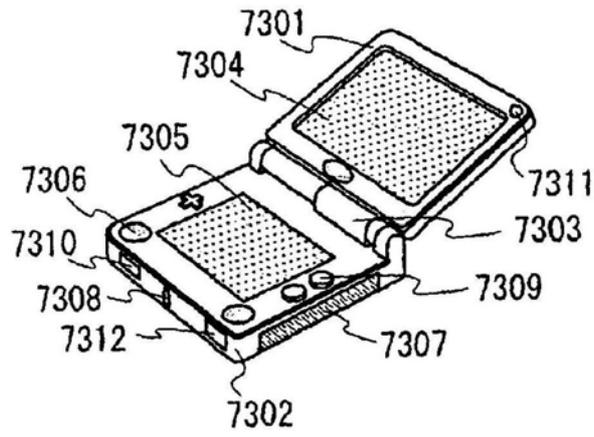


图11C

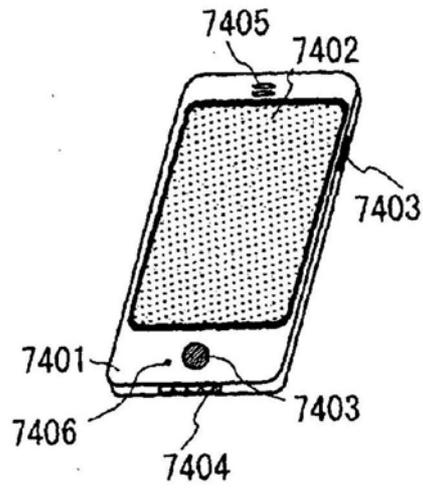


图11D

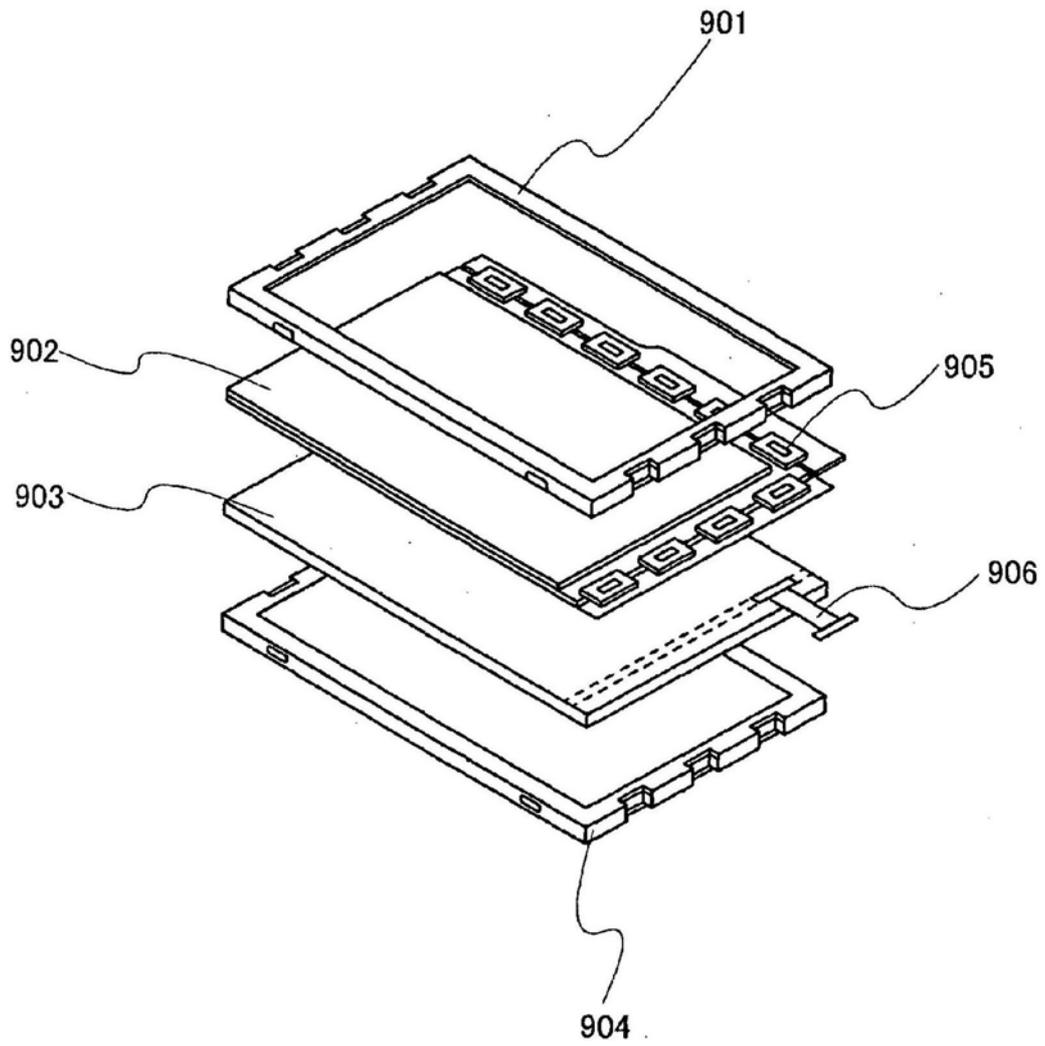


图12

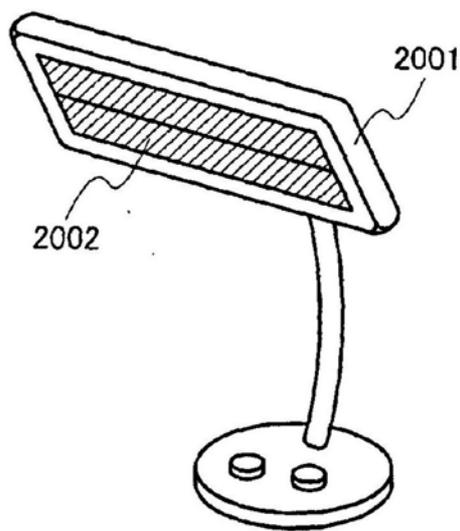


图13

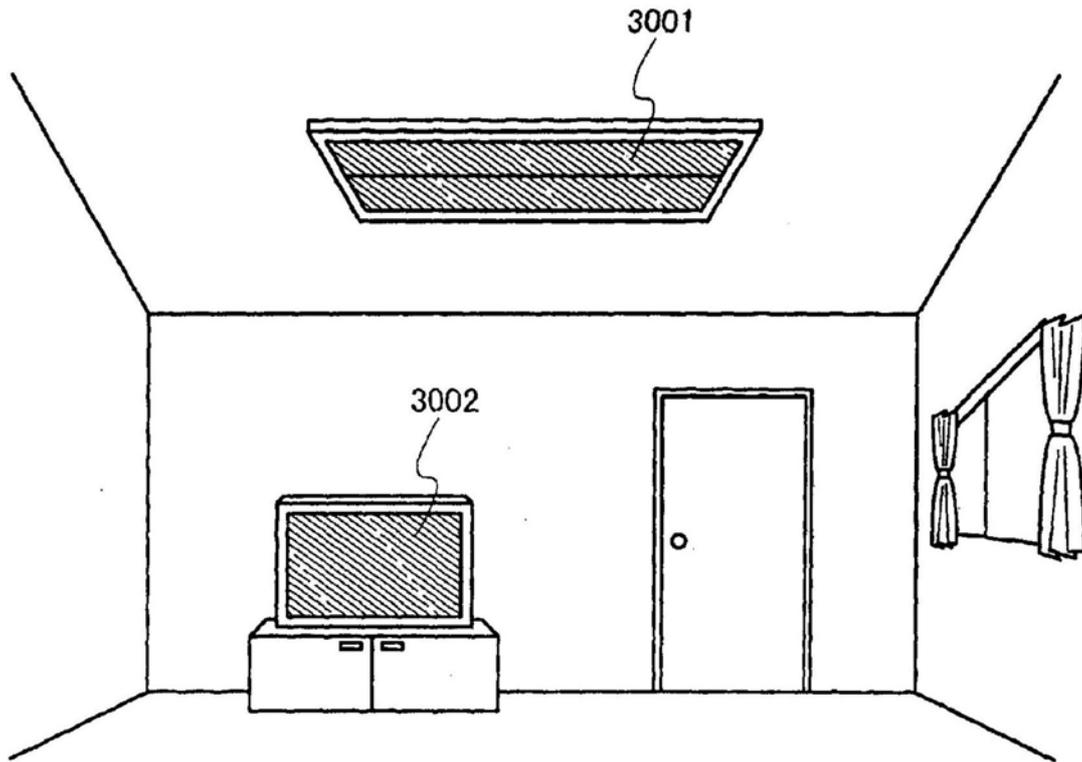


图14

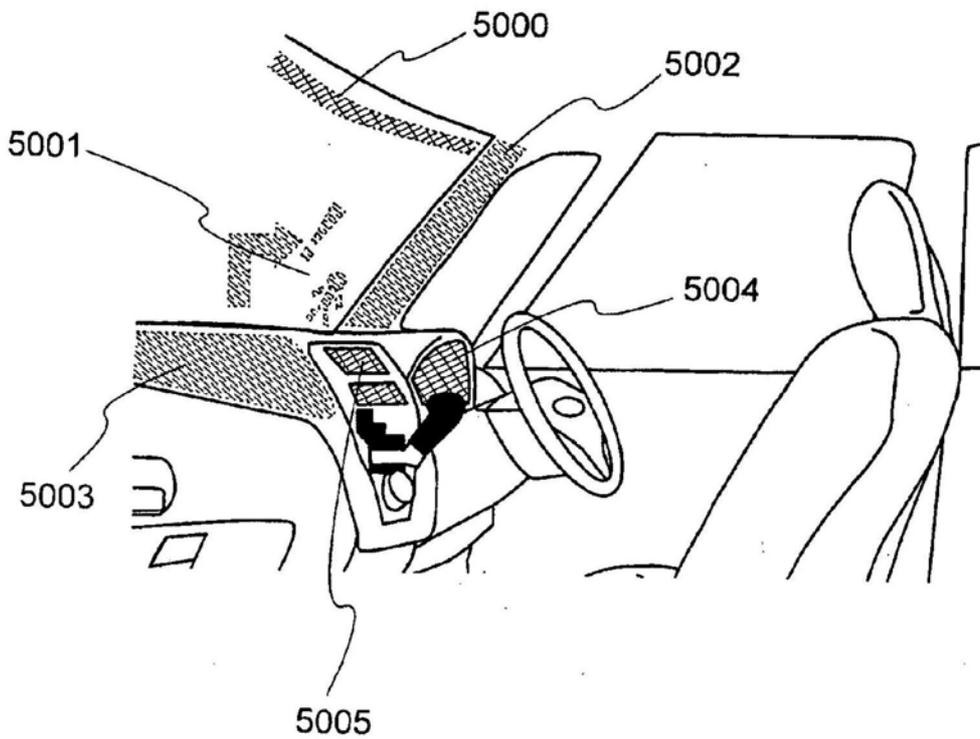


图15

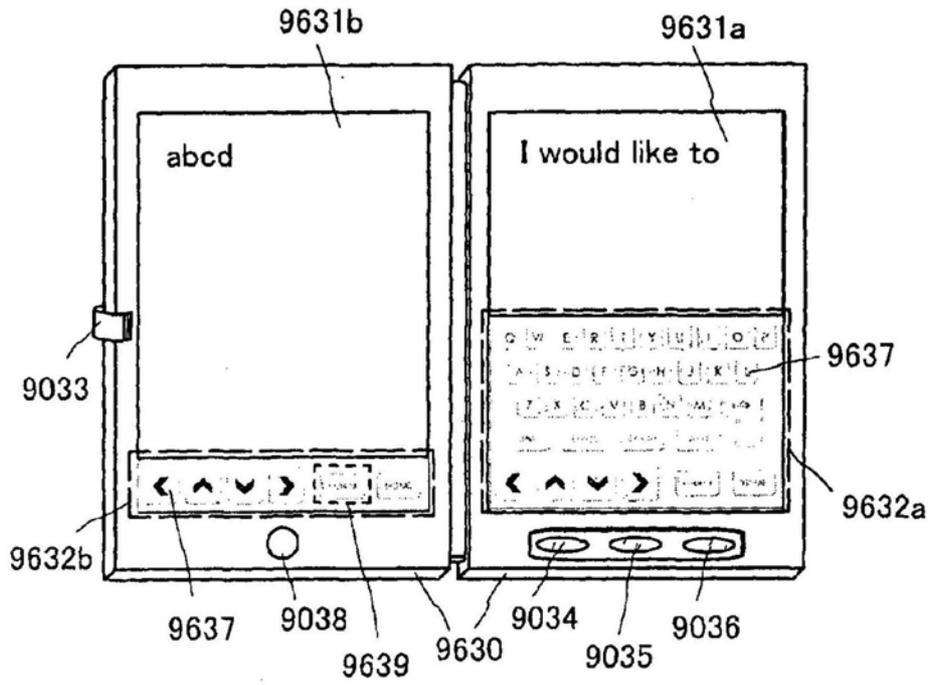


图16A

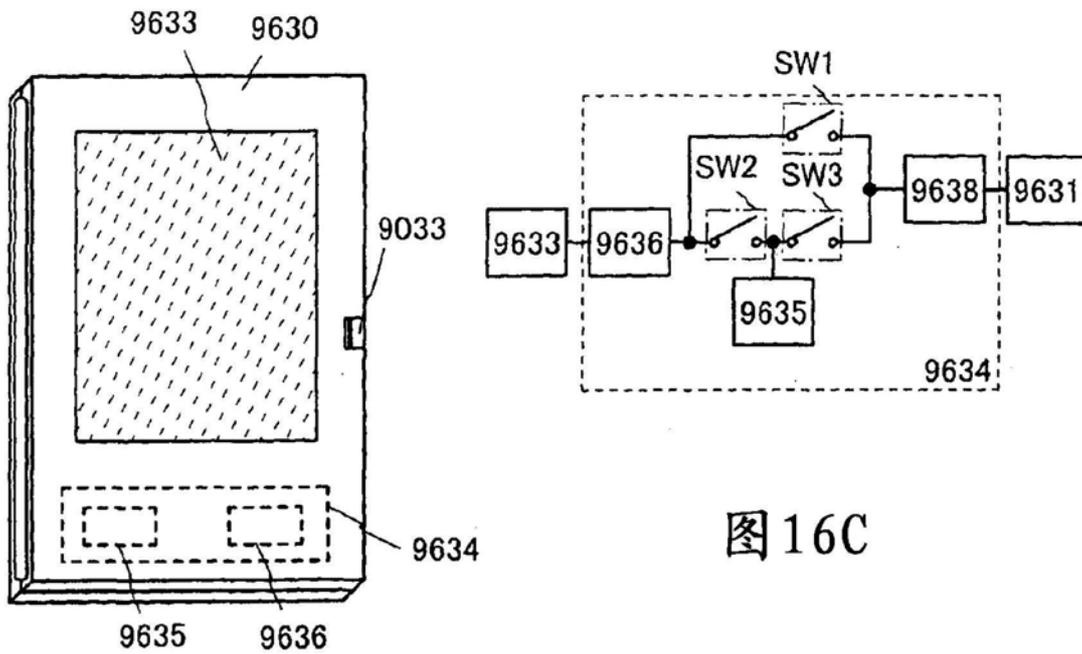


图16C

图16B

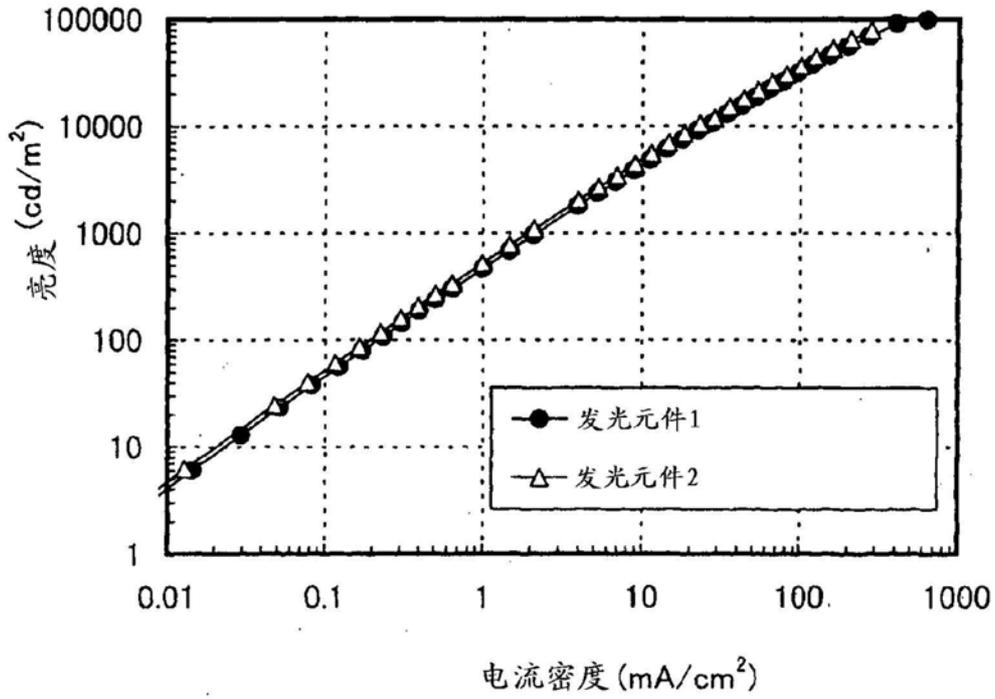


图17

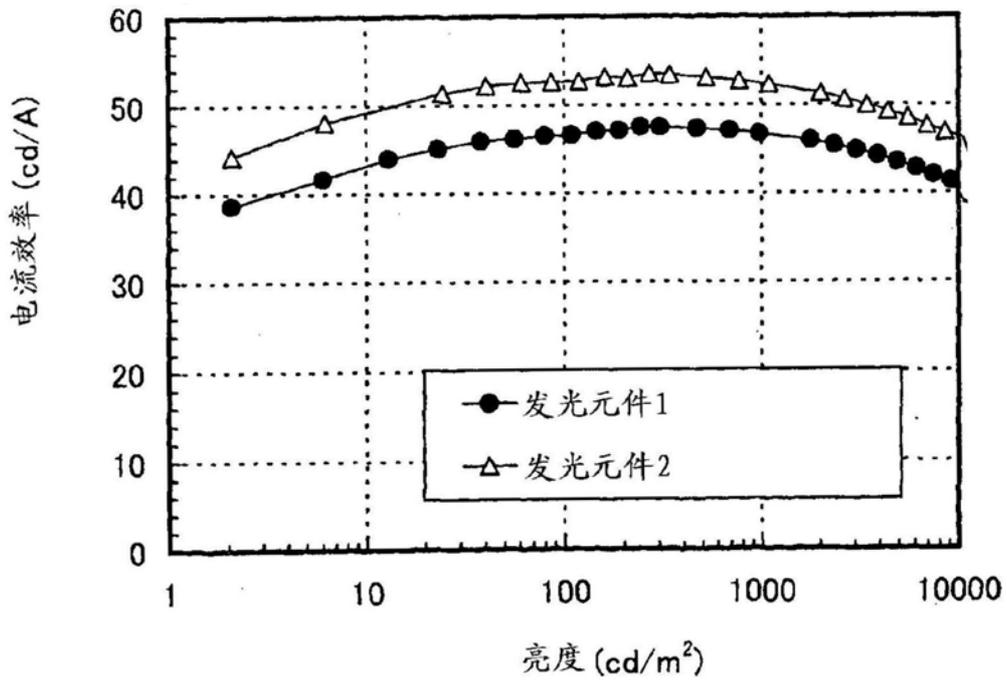


图18

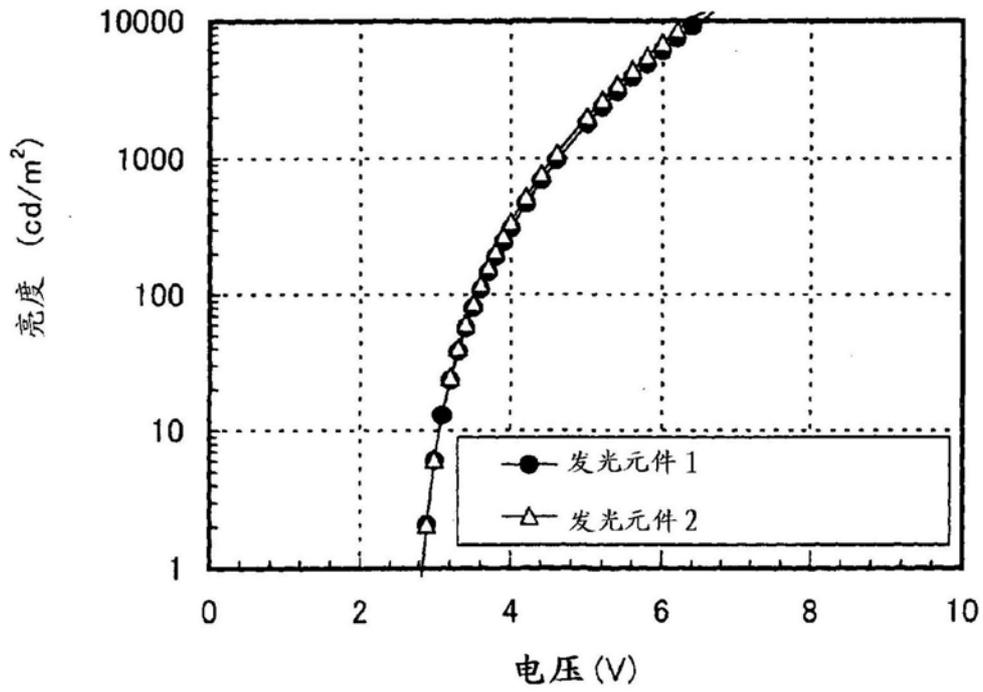


图19

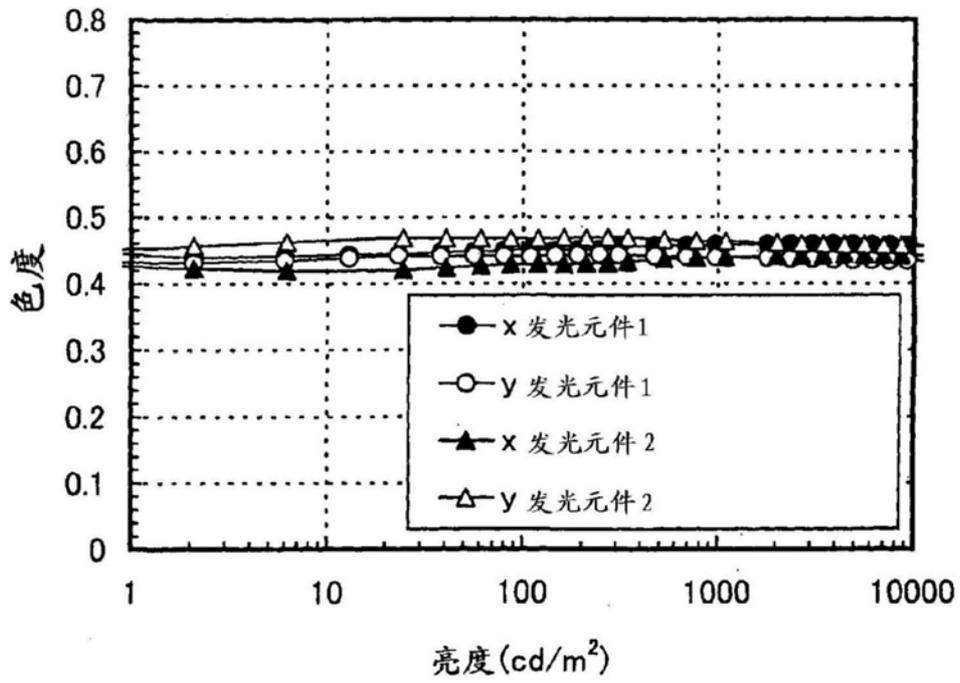


图20

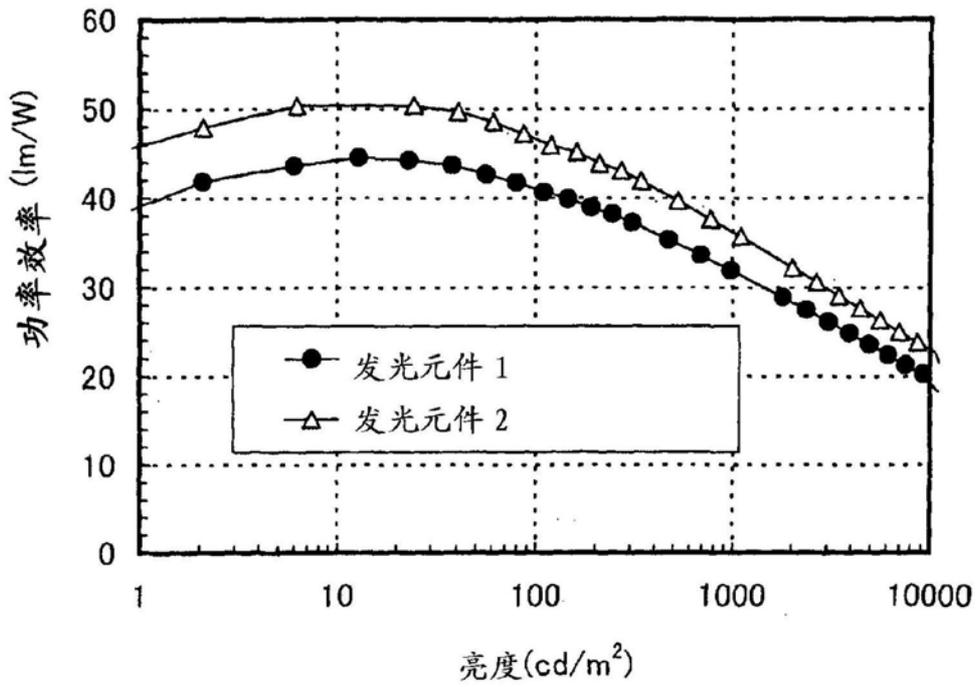


图21

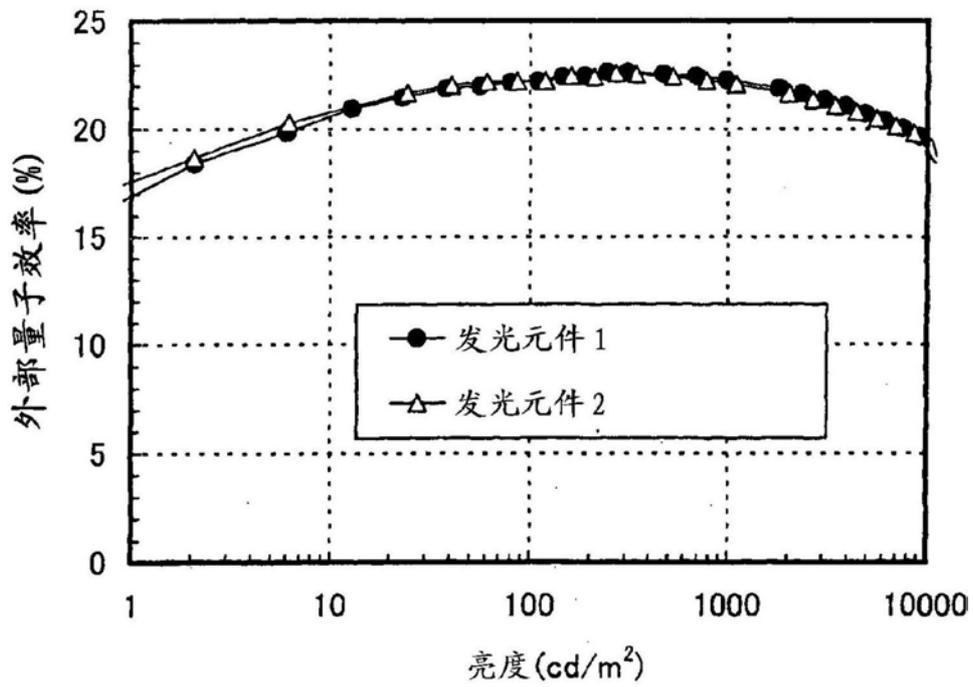


图22

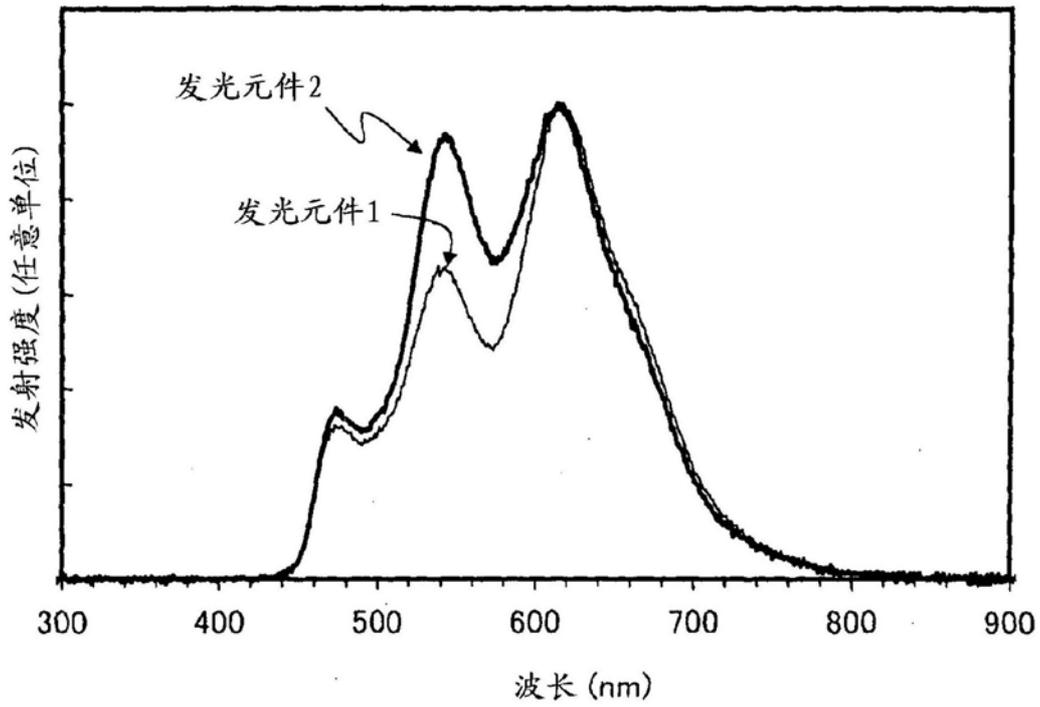


图23

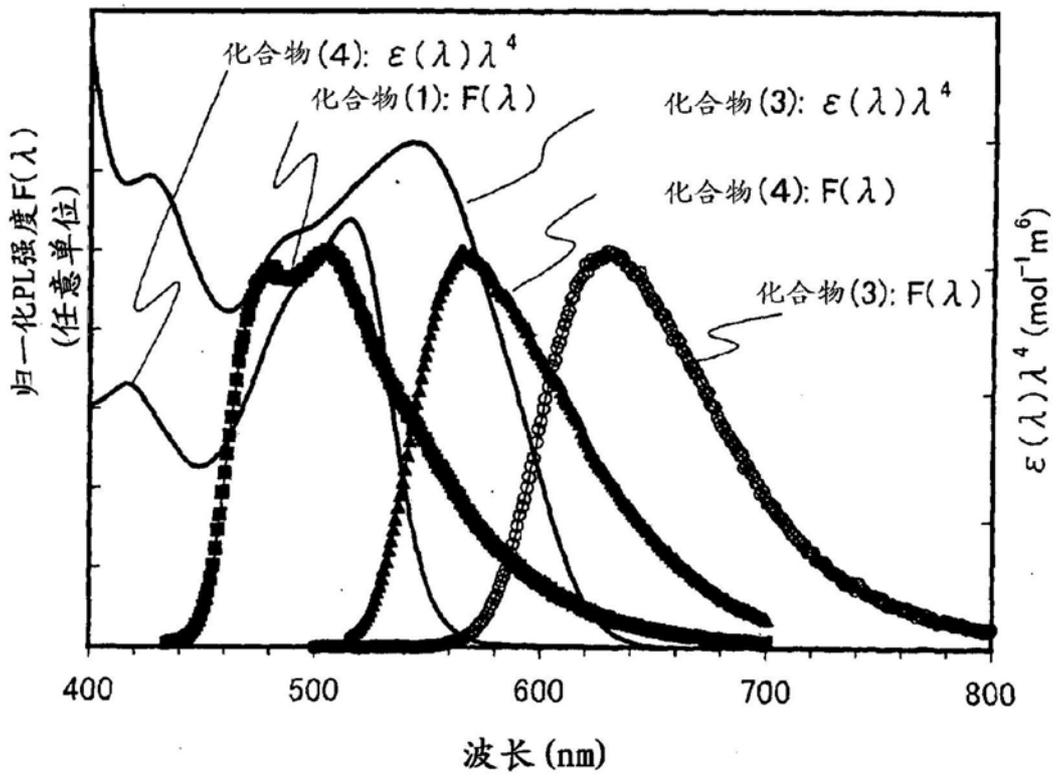


图24

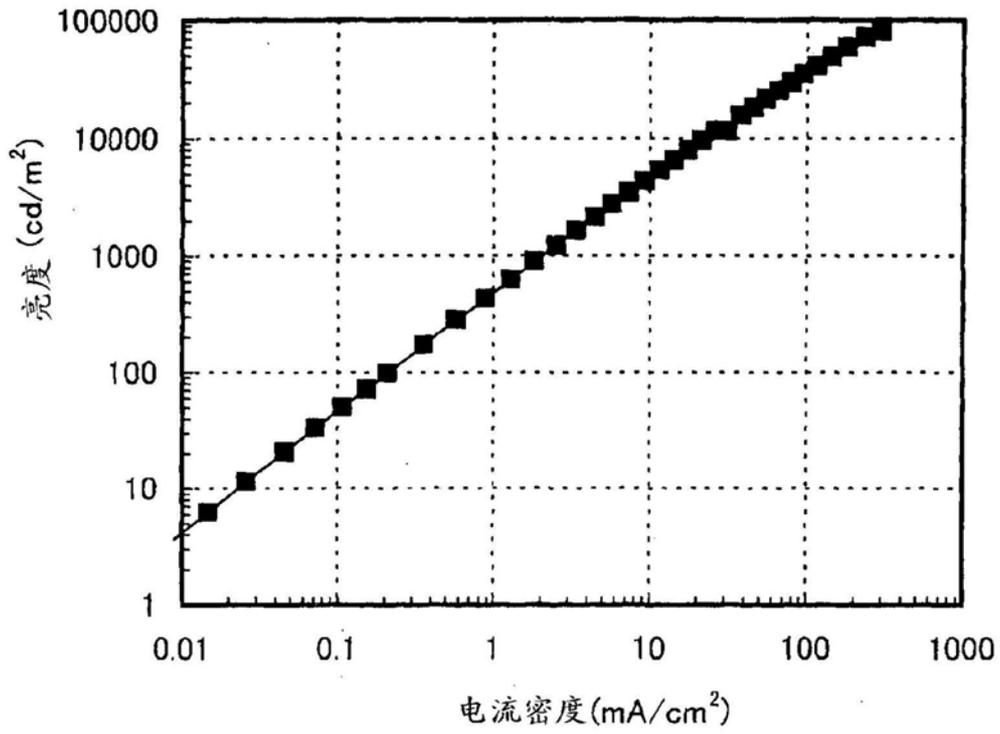


图25

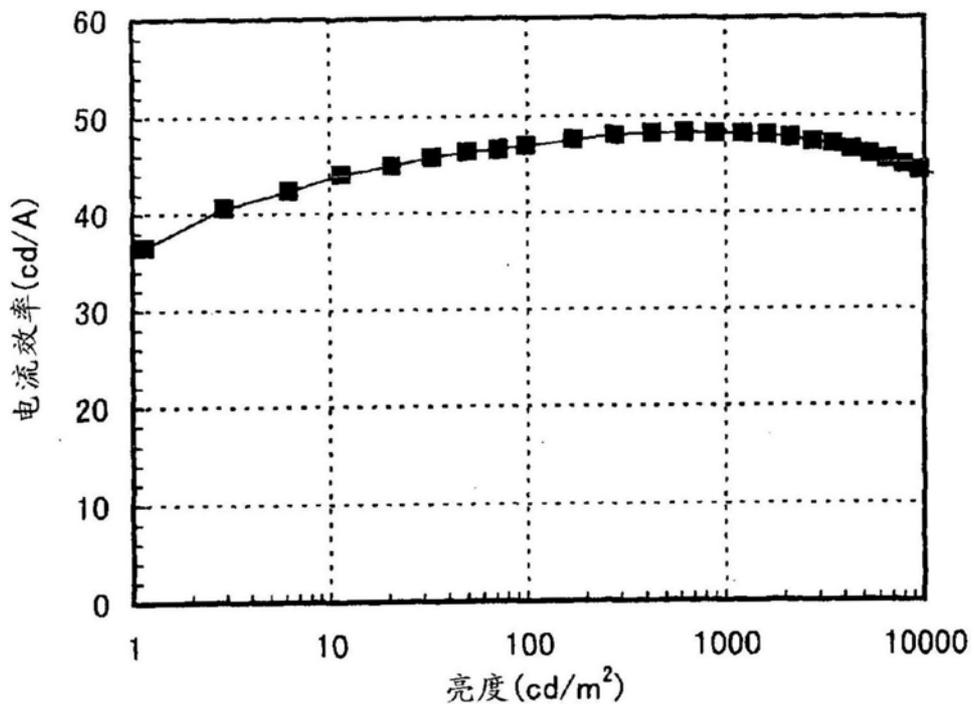


图26

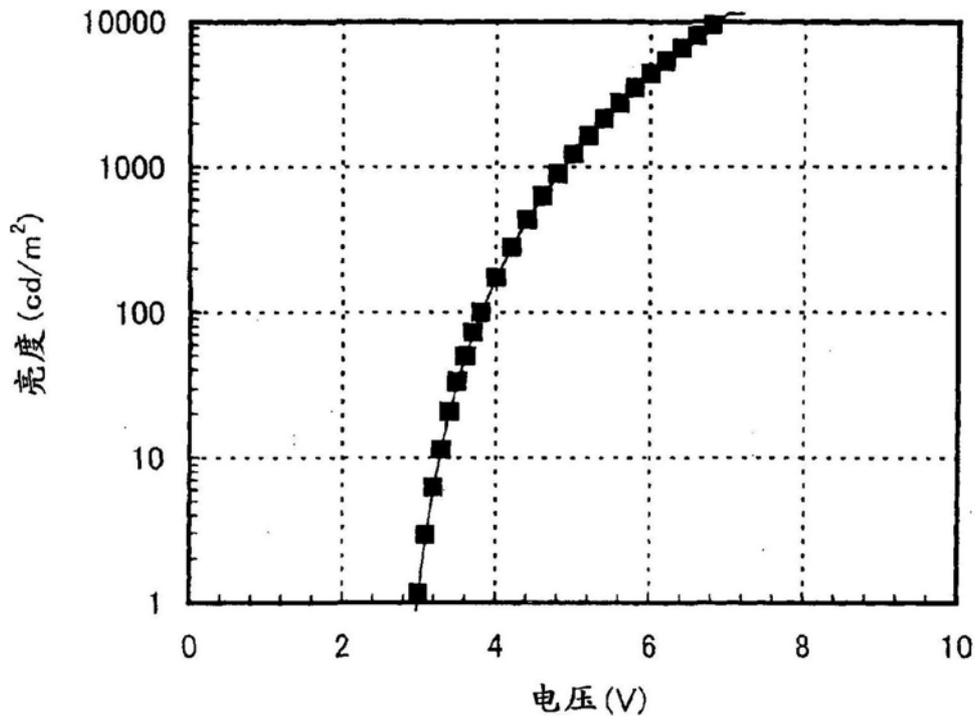


图27

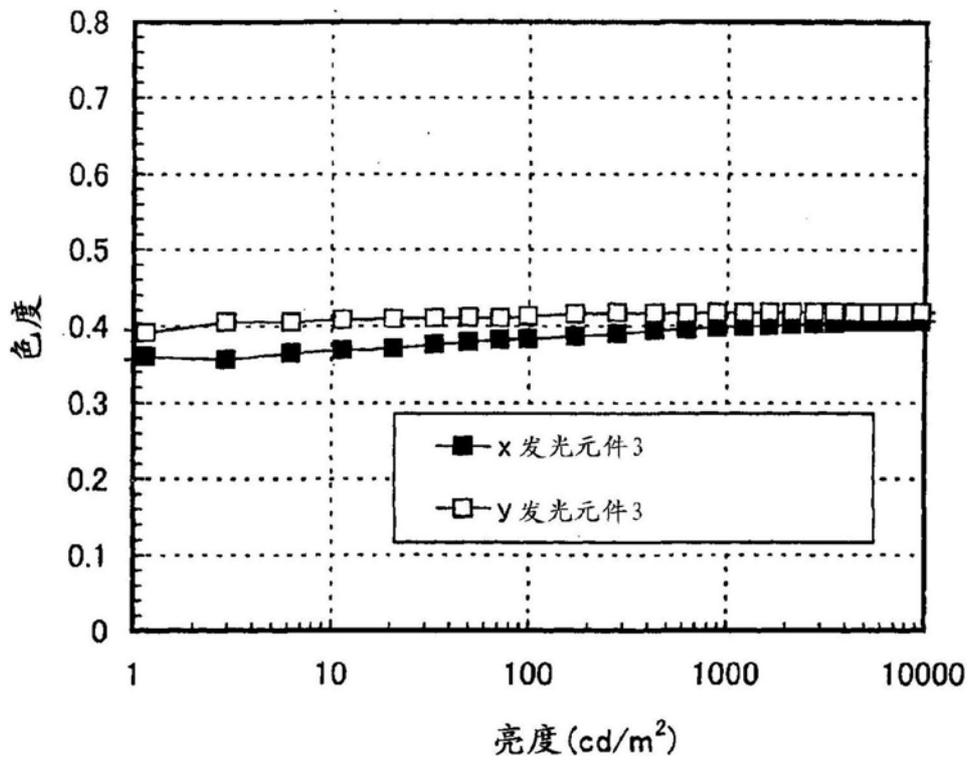


图28

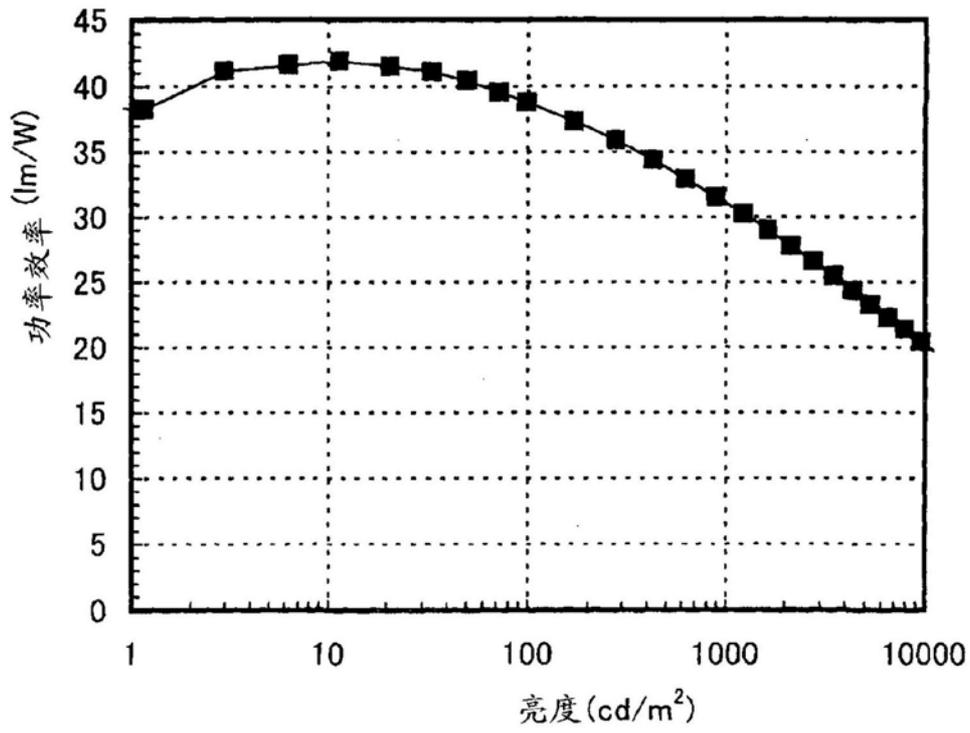


图29

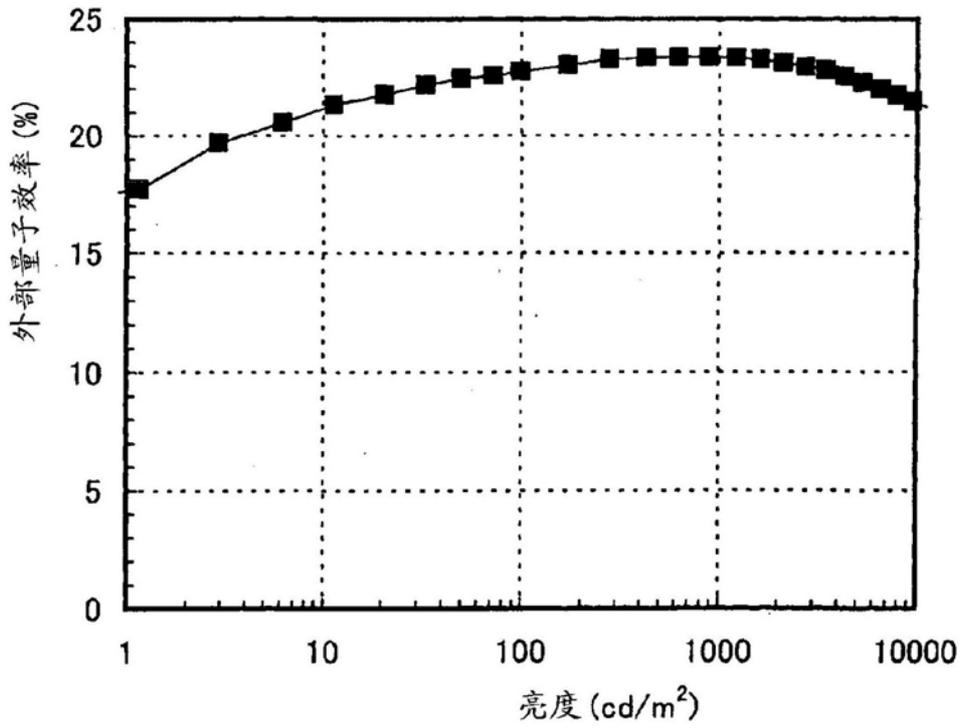


图30

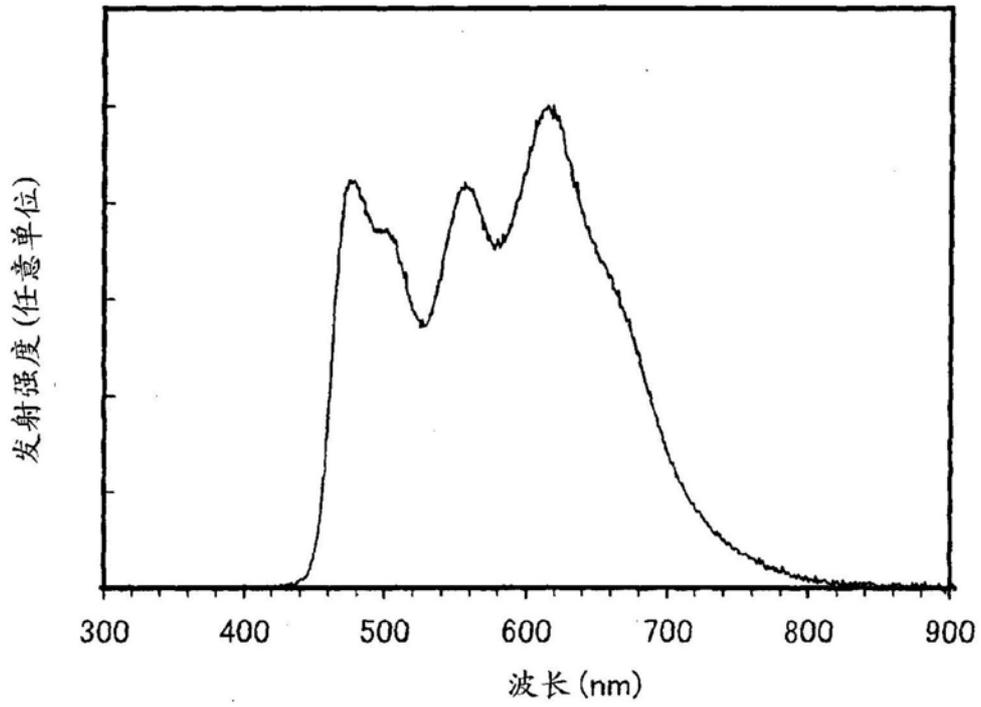


图31

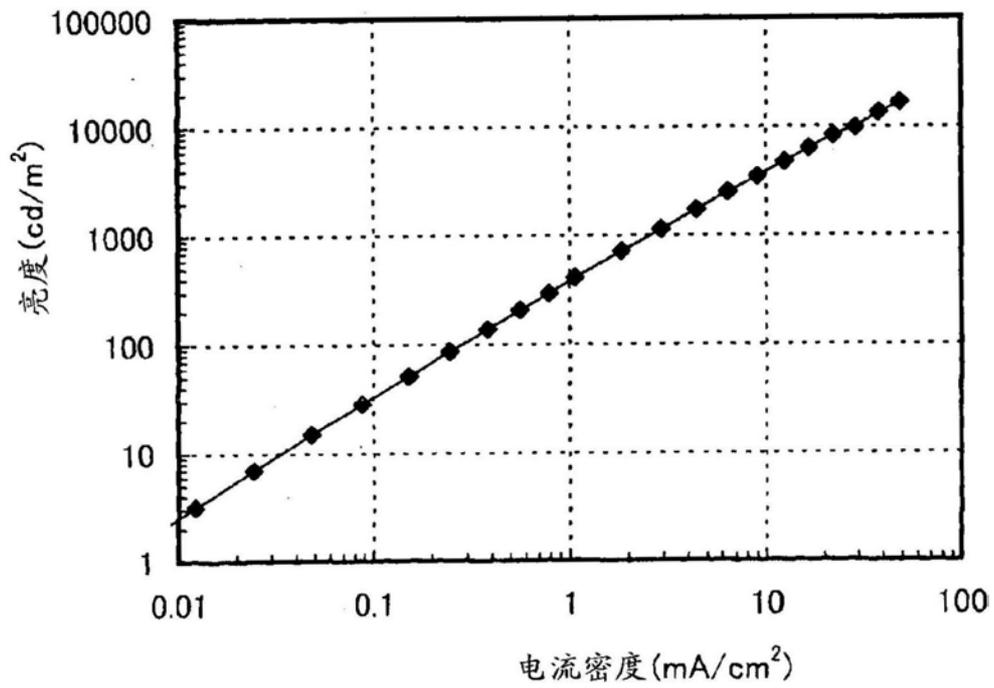


图32

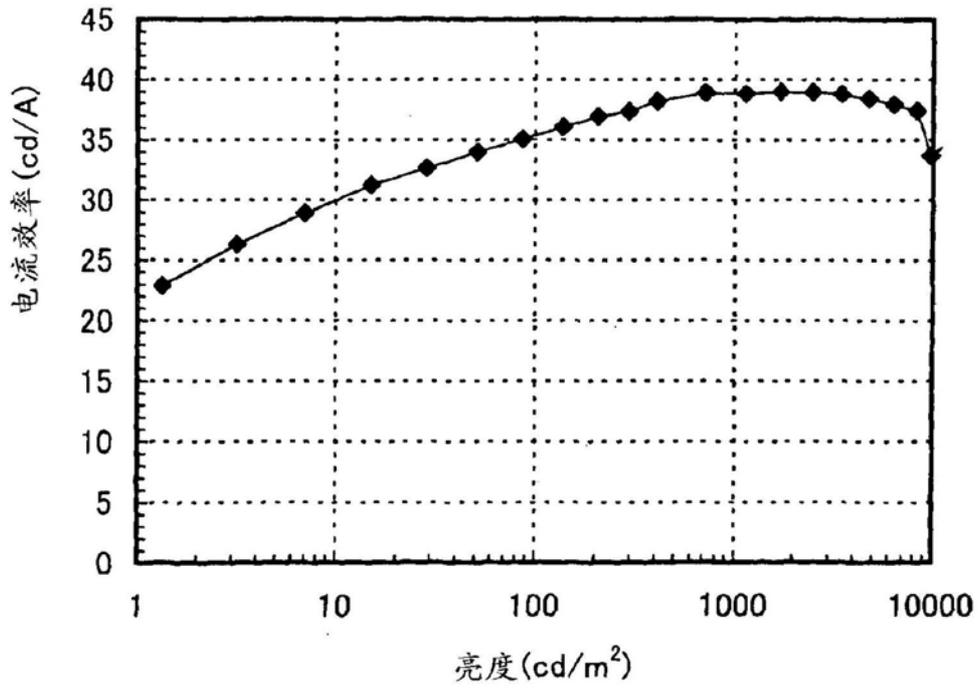


图33

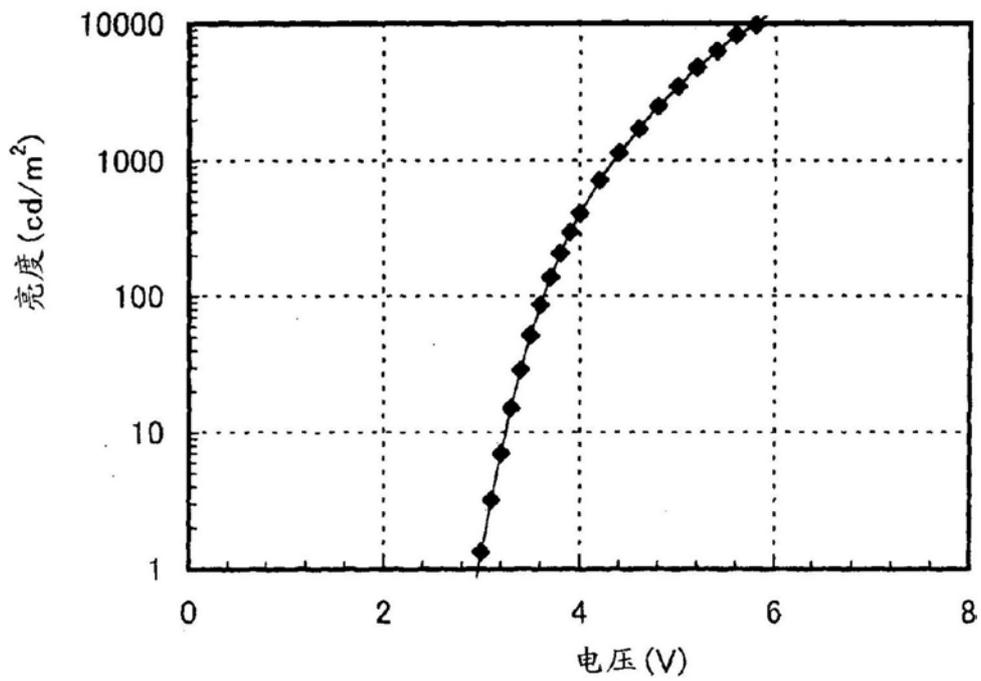


图34

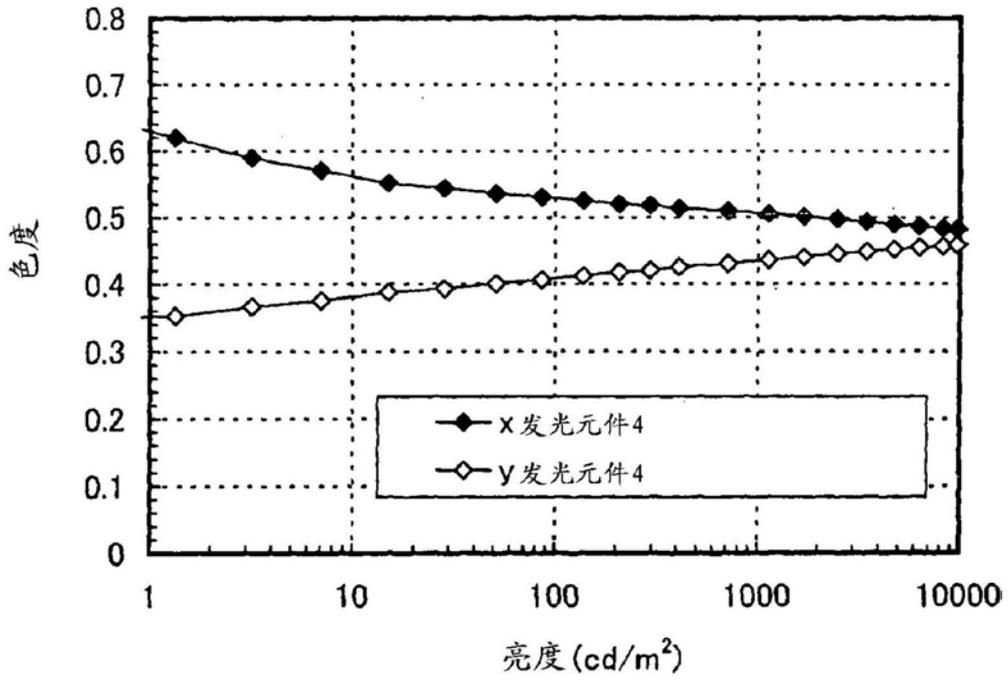


图35

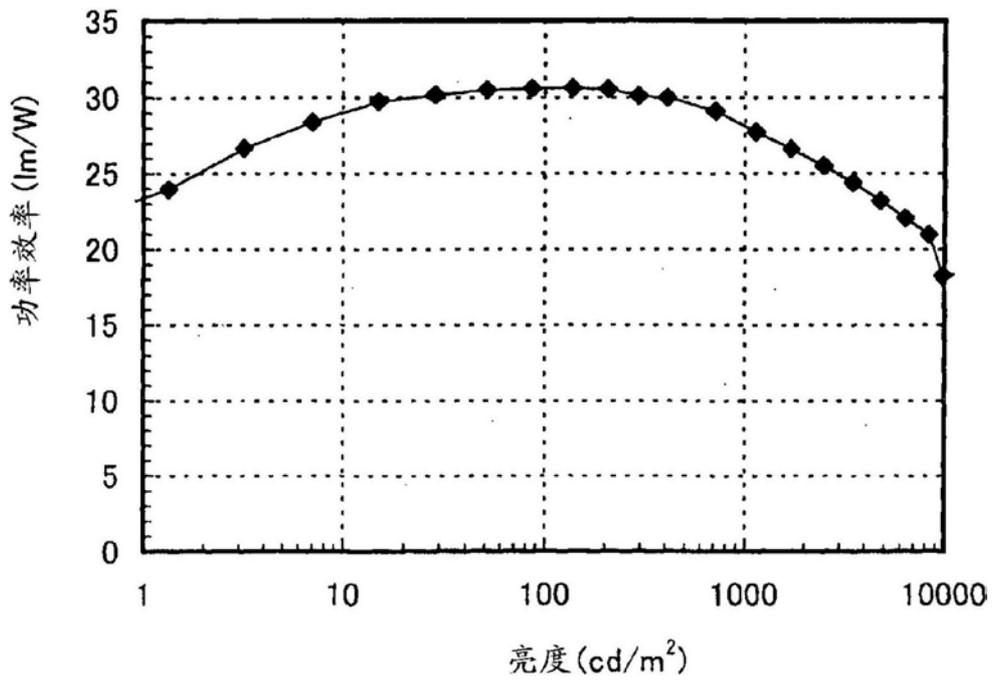


图36

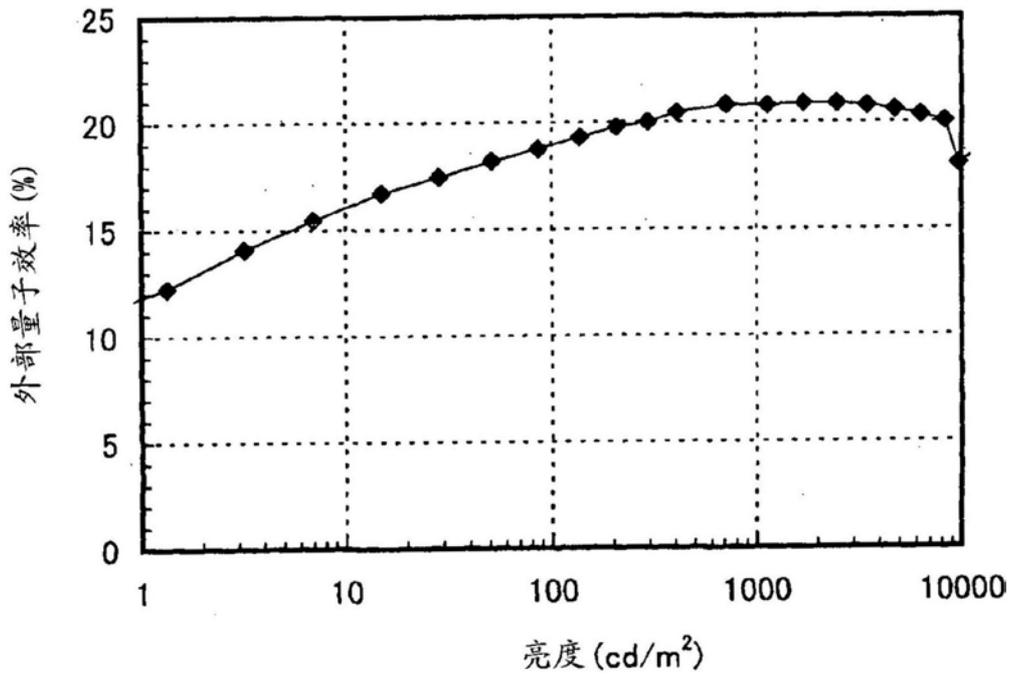


图37

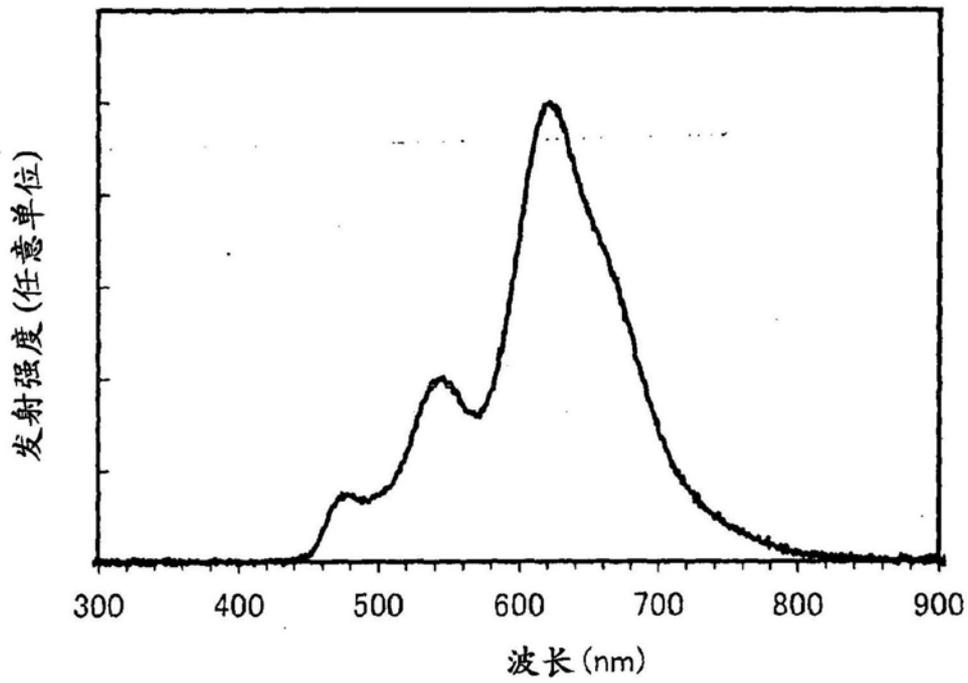


图38

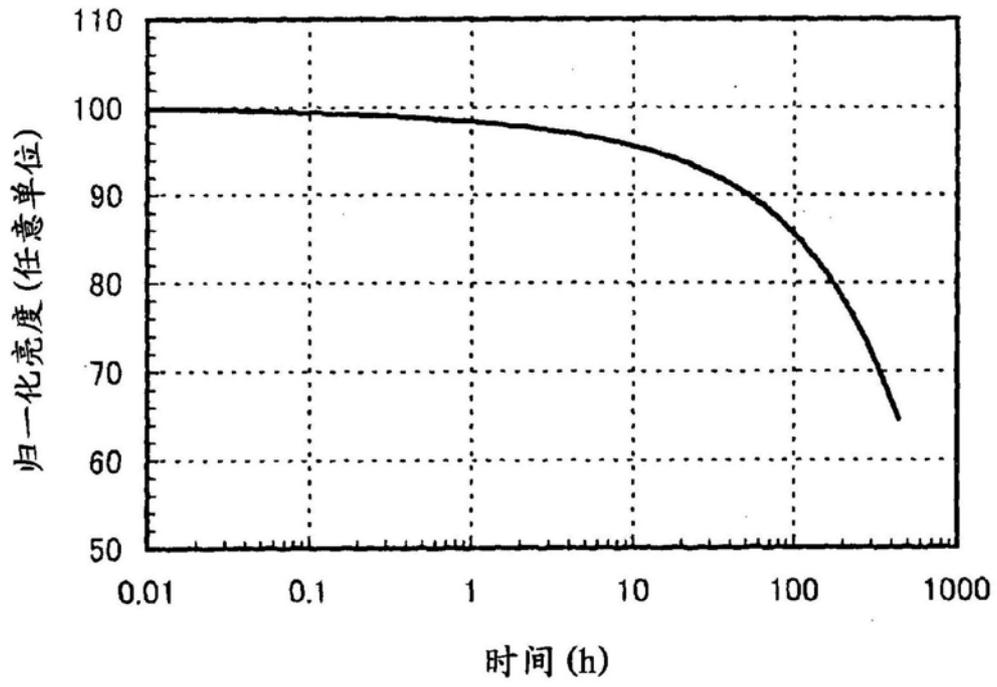


图39