



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118660478 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 17

(21) 申请号 202410671250.1

H10K 85/60 (2023.01)

(22) 申请日 2019.08.27

H10K 85/10 (2023.01)

(30) 优先权数据

G09F 9/30 (2006.01)

2018-172929 2018.09.14 JP

G09F 9/33 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

201980060079.8 2019.08.27

(71) 申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 濑尾哲史

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

专利代理师 童春媛 彭昶

(51) Int. Cl.

H10K 50/11 (2023.01)

H10K 59/10 (2023.01)

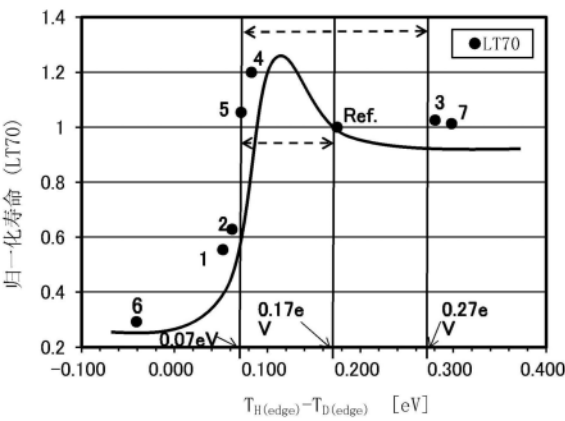
权利要求书2页 说明书62页 附图37页

(54) 发明名称

发光器件、发光装置、电子设备及照明装置

(57) 摘要

本发明的一个方式提供一种在发光层中将能量从主体材料高效地转移到客体材料且具有高可靠性的发光器件。本发明的一个方式是一种发光器件,其中,通过使发光层中的主体材料及客体材料的T1能级及S1能级在一定范围内,能够将能量从主体材料高效地转移到客体材料,并且可以提高可靠性。



1. 一种发光器件, 包括:

一对电极之间的发光层,

其中, 所述发光层包含第一有机化合物、第二有机化合物及磷光发光物质,

T1能级 ( $T_{D(edge)}$ ) 及T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 满足算式 (1):

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \cdots (1),$$

S1能级 ( $S'_{H(edge)}$ ) 与所述T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 之差满足算式 (2):

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.408\text{eV} \cdots (2),$$

所述T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 表示从所述第一有机化合物和所述第二有机化合物的磷光光谱的短波长一侧的发光端导出的T1能级中较低的一方,

所述T1能级 ( $T_{D(edge)}$ ) 表示从所述磷光发光物质的吸收光谱的吸收端导出的T1能级,

并且, 所述S1能级 ( $S'_{H(edge)}$ ) 表示从混合所述第一有机化合物和所述第二有机化合物而成的材料的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出的S1能级。

2. 一种发光器件, 包括:

一对电极之间的发光层,

其中, 所述发光层包含第一有机化合物、第二有机化合物及磷光发光物质,

T1能级 ( $T_{D(edge)}$ ) 及T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 满足算式 (1):

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.17\text{eV} \cdots (1),$$

S1能级 ( $S'_{H(edge)}$ ) 与所述T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 之差满足算式 (2):

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.408\text{eV} \cdots (2),$$

所述T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 表示从所述第一有机化合物和所述第二有机化合物的磷光光谱的短波长一侧的发光端导出的T1能级中较低的一方,

所述T1能级 ( $T_{D(edge)}$ ) 表示从所述磷光发光物质的吸收光谱的吸收端导出的T1能级,

并且, 所述S1能级 ( $S'_{H(edge)}$ ) 表示从混合所述第一有机化合物和所述第二有机化合物而成的材料的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出的S1能级。

3. 根据权利要求1或2所述的发光器件, 其中所述S1能级 ( $S'_{H(edge)}$ ) 与所述T1能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 之差满足算式 (3):

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.4\text{eV} \cdots (3)。$$

4. 根据权利要求1或2所述的发光器件, 其中所述第一有机化合物和所述第二有机化合物形成激基复合物。

5. 根据权利要求1或2所述的发光器件, 其中所述第一有机化合物为缺 $\pi$ 电子型杂芳族化合物。

6. 根据权利要求1或2所述的发光器件,

其中所述第一有机化合物包含二噻环或三噻环。

7. 根据权利要求1或2所述的发光器件,

其中所述第一有机化合物具有呋喃并二噻骨架的呋喃环与芳香环稠合的结构。

8. 根据权利要求1或2所述的发光器件,

其中所述第二有机化合物为呋唑衍生物。

9. 根据权利要求1或2所述的发光器件,

其中所述第二有机化合物为联呋唑衍生物。

10. 根据权利要求9所述的发光器件，  
其中所述联吡唑衍生物为3,3'-联吡唑衍生物。
11. 一种发光装置，包括：  
第一发光器件；  
第二发光器件；以及  
第三发光器件，  
其中，所述第一发光器件、所述第二发光器件和所述第三发光器件中的每一个包括：  
第一电极；  
在所述第一电极上的发光层；和  
在所述发光层上的第二电极，  
其中所述发光层包含第一有机化合物、第二有机化合物及磷光发光物质，  
所述第一有机化合物是8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶，  
并且所述第二有机化合物是联吡唑衍生物。
12. 根据权利要求11所述的发光装置，其中晶体管电连接到所述第一发光器件。
13. 根据权利要求12所述的发光装置，其中所述晶体管包含氧化物半导体。

## 发光器件、发光装置、电子设备及照明装置

本申请是分案申请,母案的申请号为201980060079.8(国际申请号PCT/IB2019/057171),申请日为2019年8月27日,发明名称为“发光器件、发光装置、电子设备及照明装置”。

### 技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种发光器件、发光装置、电子设备及照明装置。本发明的一个方式不局限于上述技术领域。就是说,本发明的一个方式涉及一种物体、方法、制造方法或驱动方法。另外,本发明的一个方式涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或组合物(composition of matter)。

### 背景技术

[0002] 由于在一对电极之间夹有EL层的发光器件(也称为有机EL器件)具有薄型轻量、对输入信号的高速响应性及低功耗等特性,所以使用上述发光器件的显示器被期待用作下一代平板显示器。

[0003] 发光器件通过在—对电极之间施加电压,从各电极注入的电子和空穴在EL层中复合而EL层所包含的发光物质(有机化合物)成为激发态,当该激发态返回到基态时发光。另外,作为激发态的种类,可以举出单重激发态( $S^*$ )和三重激发态( $T^*$ ),其中由单重激发态的发光被称为荧光,而由三重激发态的发光被称为磷光。另外,在发光器件中,单重激发态和三重激发态的统计学上的生成比例被认为是 $S^*:T^*=1:3$ 。从发光物质得到的发射光谱是该发光物质特有的,并且通过将不同种类的有机化合物用作发光物质,可以得到发射各种发光颜色的发光器件。

[0004] 关于这种发光器件,为了提高其器件特性和可靠性,正在积极地进行器件结构的改进、材料的开发等(例如,参照专利文献1)。

[参考文献]

[0005] [专利文献1]日本专利申请公开第2010-182699号公报

### 发明内容

[0006] 为了提高发光器件的器件特性和可靠性,在考虑发光器件的发光层中的主体材料与客体材料之间的能量转移的机理的同时减少器件驱动引起的损伤是重要的。

[0007] 于是,本发明的一个方式提供一种在发光层中将能量从主体材料高效地转移到客体材料且具有高可靠性的发光器件。

[0008] 注意,这些目的的记载不妨碍其他目的的存在。注意,本发明的一个方式并不需要实现所有上述目的。注意,说明书、附图以及权利要求书等的记载中显然存在上述目的以外的目的,可以从说明书、附图以及权利要求书等的记载中获得上述目的以外的目的。

[0009] 本发明的一个方式是一种发光器件,其中,通过使发光层中的主体材料及客体材料的T1能级及S1能级在一定范围内,能够将能量从主体材料高效地转移到客体材料,并且

可以提高可靠性。

[0010] 本发明的一个方式是一种发光器件,包括一对电极之间的EL层,其中,EL层包括发光层,发光层包含第一有机化合物、第二有机化合物及发光物质,第一有机化合物的T1能级和第二有机化合物的T1能级中较低的一方的T1能级( $T_{H(edge)}$ )及发光物质的T1能级( $T_{D(edge)}$ )满足下述算式(1),并且,混合第一有机化合物和第二有机化合物而成的材料的S1能级( $S'_{H(edge)}$ )与 $T_{H(edge)}$ 之差满足下述算式(2)。

[0011] [算式1]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \cdots (1)$$

[0012] (注意, $T_{H(edge)}$ 表示从第一有机化合物和第二有机化合物的磷光光谱的短波长一侧的发光端导出的T1能级中较低的一方的T1能级。 $T_{D(edge)}$ 表示从发光物质的吸收光谱的吸收端导出的T1能级。 $S'_{H(edge)}$ 表示从混合第一有机化合物和第二有机化合物而成的材料的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出的S1能级)。

[0013] [算式2]

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.5\text{eV} \cdots (2)$$

[0014] 本发明的另一个方式是一种发光器件,包括一对电极之间的EL层,其中,EL层包括发光层,发光层包含第一有机化合物、第二有机化合物及发光物质,第一有机化合物的T1能级和第二有机化合物的T1能级中较低的一方的T1能级( $T_{H(edge)}$ )及发光物质的T1能级( $T_{D(edge)}$ )满足下述算式(3),并且,混合第一有机化合物和第二有机化合物而成的材料的S1能级( $S'_{H(edge)}$ )与 $T_{H(edge)}$ 之差满足下述算式(4)。

[0015] [算式3]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.17\text{eV} \cdots (3)$$

[0016] (注意, $T_{H(edge)}$ 表示从第一有机化合物和第二有机化合物的磷光光谱的短波长一侧的发光端导出的T1能级中较低的一方的T1能级。 $T_{D(edge)}$ 表示从发光物质的吸收光谱的吸收端导出的T1能级。 $S'_{H(edge)}$ 表示从混合第一有机化合物和第二有机化合物而成的材料的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出的S1能级)。

[0017] [算式4]

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.5\text{eV} \cdots (4)$$

[0018] 在上述个结构中,第一有机化合物和第二有机化合物是形成激基复合物的组合,并且S1能级( $S'_{H(edge)}$ )从激基复合物的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出。

[0019] 在上述各结构中,第一有机化合物优选为缺 $\pi$ 电子型杂芳族化合物。此外,第一有机化合物优选具有吡啶环、二噻环或三噻环结构。更优选的是,第一有机化合物具有呋喃并二噻骨架的呋喃环与芳香环稠合的结构。

[0020] 在上述各结构中,发光物质为磷光发光物质的发光器件包括在本发明的一个方式中。此外,第二有机化合物为咪唑衍生物,优选的是咪唑衍生物为联咪唑衍生物的发光器件包括在本发明的一个方式中。作为第二有机化合物尤其优选的是3,3'-联咪唑衍生物。注意,这些咪唑衍生物优选不包括芳香胺骨架(具体而言,三芳基胺骨架)。

[0021] 另外,本发明的一个方式不仅包括具有上述发光器件(也称为发光元件)的发光装置,而且还包括具有发光器件或发光装置的电子设备(具体而言,具有发光器件或发光装置及连接端子或者操作键的电子设备)以及具有发光器件或发光装置的照明装置(具体而言,

具有发光器件或发光装置及外壳的照明装置)。因此,本说明书中的发光装置是指图像显示装置或光源(包括照明装置)。另外,发光装置还包括如下模块:发光装置安装有连接器诸如FPC(Flexible printed circuit;柔性印刷电路)或TCP(Tape Carrier Package;载带封装)的模块;在TCP端部设置有印刷线路板的模块;或者IC(集成电路)通过COG(Chip On Glass;玻璃覆晶封装)方式直接安装到发光器件的模块。

[0022] 通过本发明的一个方式,可以提供一种能够在发光层中将能量从主体材料高效地转移到客体材料且可以提高可靠性的新颖的发光器件。

[0023] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。注意,本发明的一个方式并不需要实现所有上述效果。注意,说明书、附图以及权利要求书等的记载中显然存在上述效果以外的效果,可以从说明书、附图以及权利要求书等的记载中获得上述效果以外的效果。此外,可以提供一种能够提高器件的可靠性的新颖的发光器件。

## 附图说明

[0024] 图1是示出相对于 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的归一化寿命的关系的图。

图2是示出相对于 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的归一化外量子效率的关系的图。

图3是示出从磷光光谱算出 $T_{H(edge)}$ 的方法的图。

图4是示出从磷光光谱算出 $T_{H(edge)}$ 的方法的图。

图5是示出从磷光光谱算出 $T_{H(edge)}$ 的方法的图。

图6是示出从磷光光谱算出 $T_{D(edge)}$ 的方法的图。

图7是示出从吸收光谱算出 $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的方法的图。

图8A是说明发光器件的结构图,图8B是说明发光器件的结构图。

图9A是说明发光装置的图,图9B是说明发光装置的图,图9C是说明发光装置的图。

图10A是说明发光装置的顶面的图,图10B是说明发光装置的截面的图。

图11A是说明移动计算机的图;图11B是说明便携式图像再生装置的图;图11C是说明数码相机的图;图11D是说明便携式信息终端的图;图11E是说明便携式信息终端的图;图11F是说明电视装置的图;图11G是说明便携式信息终端的图。

图12A、图12B及图12C是说明电子设备的图。

图13A及图13B是说明汽车的图。

图14A及图14B是说明照明装置的图。

图15是说明发光器件的图。

图16是示出发光器件1及对比发光器件a1的亮度-电流密度特性的图。

图17是示出发光器件1及对比发光器件a1的亮度-电压特性的图。

图18是示出发光器件1及对比发光器件a1的电流效率-亮度特性的图。

图19是示出发光器件1及对比发光器件a1的电流-电压特性的图。

图20是示出发光器件1及对比发光器件a1的发射光谱的图。

图21是示出发光器件1及对比发光器件a1的可靠性的图。

图22是示出发光器件2及对比发光器件a2的亮度-电流密度特性的图。

图23是示出发光器件2及对比发光器件a2的亮度-电压特性的图。

图24是示出发光器件2及对比发光器件a2的电流效率-亮度特性的图。

图25是示出发光器件2及对比发光器件a2的电流-电压特性的图。

图26是示出发光器件2及对比发光器件a2的发射光谱的图。

图27是示出发光器件2及对比发光器件a2的可靠性的图。

图28是示出发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的亮度-电流密度特性的图。

图29是示出发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的亮度-电压特性的图。

图30是示出发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的电流效率-亮度特性的图。

图31是示出发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的电流-电压特性的图。

图32是示出发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的发射光谱的图。

图33是示出发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的可靠性的图。

图34是示出发光器件5及对比发光器件a4的亮度-电流密度特性的图。

图35是示出发光器件5及对比发光器件a4的亮度-电压特性的图。

图36是示出发光器件5及对比发光器件a4的电流效率-亮度特性的图。

图37是示出发光器件5及对比发光器件a4的电流-电压特性的图。

图38是示出发光器件5及对比发光器件a4的发射光谱的图。

图39是示出发光器件5及对比发光器件a4的可靠性的图。

图40是示出发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的亮度-电流密度特性的图。

图41是示出发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的亮度-电压特性的图。

图42是示出发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的电流效率-亮度特性的图。

图43是示出发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的电流-电压特性的图。

图44是示出发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的发射光谱的图。

图45是示出发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的可靠性的图。

图46是示出发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的亮度-电流密度特性的图。

图47是示出发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的亮度-电压特性的图。

图48是示出发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的电流效率-亮度特性的图。

图49是示出发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的电流-电压特性的图。

图50是示出发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的发射光谱的图。

图51是示出发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的可靠性的图。

图52是示出发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的亮度-电流密度特性的图。

图53是示出发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的亮度-电压特性的图。

图54是示出发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的电流效率-亮度特性的图。

图55是示出发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的电流-电压特性的图。

图56是示出发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的发射光谱的图。

图57是示出发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的可靠性的图。

图58是示出发光器件10及发光器件11的亮度-电流密度特性的图。

图59是示出发光器件10及发光器件11的亮度-电压特性的图。

图60是示出发光器件10及发光器件11的电流效率-亮度特性的图。

图61是示出发光器件10及发光器件11的电流-电压特性的图。

图62是示出发光器件10及发光器件11的发射光谱的图。

图63是示出发光器件10及发光器件11的可靠性的图。

图64是有机化合物的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-\text{mCP})_2(\text{dpm})]$ 的 $^1\text{H}$ -NMR谱。

图65是有机化合物的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-\text{m3CP})_2(\text{dpm})]$ 的 $^1\text{H}$ -NMR谱。

## 具体实施方式

[0025] 以下利用附图详细地说明本发明的实施方式。注意,本发明不局限于下述说明,其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此,本发明不应该被解释为仅局限在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0026] 此外,为了便于理解,有时在附图等中示出的各结构的位置、大小及范围等并不表示其实际的位置、大小及范围等。因此,所公开的发明不一定局限于附图等所公开的位置、大小、范围等。

[0027] 注意,在本说明书等中,当利用附图说明发明的结构时,有时在不同的附图中共同使用表示相同的部分的符号。

[0028] (实施方式1)

在本实施方式中,说明本发明的一个方式的发光器件。发光器件具有在一对电极之间夹有EL层的结构,EL层至少包括发光层,还可以设置空穴注入层、空穴传输层、电子传输层及电子注入层等功能层。

[0029] 发光层包含发光物质(客体材料)及主体材料。注意,本发明的一个方式的发光器件的发光层包括被用作主体材料的多个有机化合物(例如,第一有机化合物及第二有机化合物(或者,主体材料及辅助材料)等)。

[0030] 在发光层中,因载流子(空穴及电子)的复合而生成的激发态的主体材料的能量转移到客体材料,客体材料发光,由此发光器件发光。注意,在本实施方式所说明的发光器件中,包括多个主体材料(第一有机化合物及第二有机化合物),并通过从混合它们的材料的激发态(包括由多个主体材料形成激基复合物的情况及不形成激基复合物的情况)到客体(磷光发光物质)的能量转移来得到磷光发光。注意,在从混合的材料的重三重激发态到客体材料的能量转移中,在不容易发生反系间窜跃的情况(不占优势的情况)下,混合的材料中的T1能级较低的一方的能量转移。

[0031] 在上述混合有第一有机化合物和第二有机化合物的主体材料中,在不容易发生反系间窜跃的情况(不占优势的情况)下需要至少满足下面的两个条件中的任一个。

[0032] 在第一条件中,至少第一有机化合物及第二有机化合物都不容易发生反系间窜跃。具体而言,在第一有机化合物及第二有机化合物各自中,单重激发能级(S1能级)与三重激发能级(T1能级)之差的 $\Delta E_{\text{st}}$ 为0.2eV以上。此时,当第一有机化合物和第二有机化合物



不形成激基复合物时,混合有第一有机化合物和第二有机化合物的材料的S1能级( $S'_{H(edge)}$ )(从混合材料的荧光光谱导出)与第一有机化合物的T1能级及第二有机化合物的T1能级中较低的一方的T1能级( $T_{H(edge)}$ )之差总是0.2eV以上。因此,混合有第一有机化合物和第二有机化合物的主体材料不容易发生反系间窜跃。

[0033] 在第二条件中,需要考虑第一有机化合物和第二有机化合物形成激基复合物的情况。在形成激基复合物时,还形成低于第一有机化合物及第二有机化合物的S1能级的新的S1能级。也就是说,激基复合物的S1能级成为混合的材料的S1能级( $S'_{H(edge)}$ )(从激基复合物的荧光光谱导出)。此时,当第一有机化合物及第二有机化合物的T1能级充分高时,在激基复合物中会发生反系间窜跃。因此,在激基复合物不容易发生反系间窜跃的条件中,激基复合物的S1能级(即 $S'_{H(edge)}$ )与 $T_{H(edge)}$ 之差为0.2eV以上。

[0034] 如上所述,在混合有第一有机化合物和第二有机化合物的主体材料中,根据该主体材料是否形成激基复合物,当混合有第一有机化合物和第二有机化合物的材料的S1能级( $S'_{H(edge)}$ )(从混合材料的荧光光谱导出)与第一有机化合物的T1能级及第二有机化合物的T1能级中较低的一方的T1能级( $T_{H(edge)}$ )之差为0.2eV以上时,不容易发生反系间窜跃。此时,作为三重激发能量的转移,从混合有第一有机化合物和第二有机化合物的主体材料中的T1能级较低的一方到客体材料的转移占优势。也就是说,本发明人认为混合有第一有机化合物和第二有机化合物的主体材料中的T1能级较低的一方的化合物的三重激发能级( $T_{H(edge)}$ )决定这种发光器件的寿命。

[0035] 首先,关于能量转移的主体材料的 $T_{H(edge)}$ 与客体材料的 $T_{D(edge)}$ 之能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )的值对外量子效率的影响,如实施例1所示,从多个主体材料的各磷光光谱及客体材料的吸收光谱分别算出 $T_{H(edge)}$ 及 $T_{D(edge)}$ ,基于标准器件的值算出归一化外量子效率,由此得到如图2所示那样的结果,即归一化外量子效率无论上述能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )如何都是相同的。因此,可以说主体材料的 $T_{H(edge)}$ 的位置对发光效率的影响较小。

[0036] 然而,在图1中的只使用号码表示的各发光器件中,如发光器件6(图1中的标绘6)所示,当产生吸热性的三重激发能量转移时,发光器件的寿命及可靠性下降。另一方面,发光器件4(图1中的标绘4)和发光器件5(图1中的标绘5)的寿命急剧得到提高,其长于标准器件(Ref.)。如此,为了确保寿命,需要满足 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值不仅是0以上,而且是一定程度的正值。这是本发明的构成要素之一。也就是说,从图1导出 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值需要为0.07eV以上。注意,由后面的实施例3及实施例4可知,若 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值为下限值+0.2eV左右,即0.27eV以下则可以得到长寿命,因此将上限值设定为0.27eV以下。

[0037] 在此,即便 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值为0.07eV以上,标准器件、发光器件3及发光器件7的寿命也短于发光器件4及发光器件5。这些器件的主体材料容易发生反系间窜跃( $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 小于0.2eV)。根据这些结果,在受到反系间窜跃的影响的器件的寿命下降的假定上设定 $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 满足0.2eV以上的条件。在后述的实施例3中, $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的值为0.4eV左右也可以得到长寿命,由此将 $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的上限值设定为0.5eV。也就是说,作为不容易发生主体材料的反系间窜跃且可以得到长寿命的条件,设定 $\Delta E_{s \rightarrow t} = S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 为0.2eV以上且0.5eV以下的范围。作为得到长寿命的发光器件的参数使用上述条件。

[0038] 注意,在标准器件中, $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值有可能与主体材料的反系间窜跃相

比更有影响,  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  的上限值优选为 0.17eV。

[0039] 总之, 在本发明的一个方式的发光器件中, 发光层中的主体材料的  $T_{H(edge)}$  与客体材料的  $T_{D(edge)}$  之能量差 ( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ ) 在 0.07eV 以上且 0.27eV 以下的范围内, 优选在 0.07eV 以上且 0.17eV 以下的范围内, 并且主体材料的  $S'_{H(edge)}$  与主体材料的  $T_{H(edge)}$  之能量差 ( $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ ) 在 0.2eV 以上且 0.5eV 以下的范围内。

[0040] 注意, 上述条件可以以算式 (1) 及算式 (2) 表示。但是, 当进一步着眼于  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  的上限值时, 与算式 (1) 相比算式 (3) 是更优选的。

[0041] [算式5]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \cdots (1)$$

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.5\text{eV} \cdots (2)$$

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.17\text{eV} \cdots (3)$$

[0042] 因此, 本发明的一个方式的发光器件包括一对电极之间的 EL 层, EL 层包括发光层, 发光层包括第一有机化合物、第二有机化合物及发光物质, 第一有机化合物的 T1 能级和第二有机化合物的 T1 能级中较低的一方的 T1 能级 ( $T_{H(edge)}$ ) 及发光物质的 T1 能级 ( $T_{D(edge)}$ ) 满足上述算式 (1), 并且混合第一有机化合物和第二有机化合物的材料的 S1 能级 ( $S'_{H(edge)}$ ) 与  $T_{H(edge)}$  之差满足上述算式 (2)。注意, 第一有机化合物及第二有机化合物也可以是形成激基复合物的组合。

[0043] 注意, 上述算式 (1) 及算式 (2) 中的  $T_{H(edge)}$  表示从在发光层中被用作主体材料的第一有机化合物和第二有机化合物的磷光光谱的短波长一侧的发光端导出的 T1 能级中较低的一方的 T1 能级。 $T_{D(edge)}$  表示从发光物质的吸收光谱的吸收端导出的 T1 能级。 $S'_{H(edge)}$  表示从混合第一有机化合物和第二有机化合物而成的材料的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出的 S1 能级。将在实施例 1 中详细地说明它们的具体例子。

[0044] (实施方式 2)

在本实施方式中, 参照图 8A 和图 8B 说明本发明的一个方式的发光器件。

[0045] 《发光器件的结构》

图 8A 和图 8B 示出包括在一对电极之间具有发光层的 EL 层的发光器件的一个例子。具体而言, 在第一电极 101 与第二电极 102 之间夹有 EL 层 103。例如, 当将第一电极 101 用作阳极时, EL 层 103 具有依次层叠有空穴注入层 111、空穴传输层 112、发光层 113、电子传输层 114 及电子注入层 115 作为功能层的结构。作为其他发光器件的结构, 通过具有包括以在一对电极之间夹有电荷产生层的方式形成的多个 EL 层的结构 (串联结构) 而可以进行低电压驱动的发光器件、以及通过在一对电极之间形成光学微腔谐振器 (微腔) 结构而提高光学特性的发光器件等也包括在本发明的一个方式中。电荷产生层具有如下功能: 在对第一电极 101 和第二电极 102 施加电压时, 对相邻的 EL 层中的一个注入电子并对另一个 EL 层注入空穴的功能。

[0046] 另外, 上述发光器件的第一电极 101 和第二电极 102 中的至少一个为具有透光性的电极 (透明电极、半透射-半反射电极等)。在具有透光性的电极为透明电极的情况下, 透明电极的可见光透过率为 40% 以上。另外, 在该电极为半透射-半反射电极的情况下, 半透射-半反射电极的可见光反射率为 20% 以上且 80% 以下, 优选为 40% 以上且 70% 以下。另外, 这些电极的电阻率优选为  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  以下。

[0047] 另外,在上述本发明的一个方式的发光器件中,在第一电极101和第二电极102中的一个为具有反射性的电极(反射电极)的情况下,具有反射性的电极的可见光反射率为40%以上且100%以下,优选为70%以上且100%以下。另外,该电极的电阻率优选为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下。

[0048] <第一电极及第二电极>

作为形成第一电极101及第二电极102的材料,如果可以满足上述两个电极的功能则可以适当地组合下述材料。例如,可以适当地使用金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等。具体而言,可以举出In-Sn氧化物(也称为ITO)、In-Si-Sn氧化物(也称为ITSO)、In-Zn氧化物、In-W-Zn氧化物。除了上述以外,还可以举出铝(Al)、钛(Ti)、铬(Cr)、锰(Mn)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)、镓(Ga)、锌(Zn)、铟(In)、锡(Sn)、钼(Mo)、钽(Ta)、钨(W)、钯(Pd)、金(Au)、铂(Pt)、银(Ag)、钇(Y)、钕(Nd)等金属以及适当地组合它们的合金。除了上述以外,可以使用属于元素周期表中第1族或第2族的元素(例如,锂(Li)、铯(Cs)、钙(Ca)、锶(Sr))、铕(Eu)、镱(Yb)等稀土金属、适当地组合它们的合金以及石墨烯等。

[0049] 注意,这些电极可以通过溅射法及真空蒸镀法形成。

[0050] <空穴注入层>

空穴注入层111是将空穴从阳极的第一电极101注入到EL层103的层,包含有机受体材料及空穴注入性高的材料。

[0051] 有机受体材料可以通过与其HOMO能级的值接近于LUMO能级的值的其他有机化合物之间发生电荷分离,来在该有机化合物中产生空穴。因此,作为有机受体材料可以使用具有醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮杂三亚苯衍生物等吸电子基团(卤基或氰基)的化合物。例如,可以使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: $F_4$ -TCNQ)、3,6-二氟-2,5,7,7,8,8-六氰基对醌二甲烷、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氟-1,4,5,8,9,12-六氮杂三亚苯(简称:HAT-CN)、1,3,4,5,7,8-六氟四氰(hexafluorotetracyano)-萘醌二甲烷(naphthoquinodimethane)(简称:F6-TCNNQ)等。在有机受体材料中,HAT-CN的受体性较高,膜质量具有热稳定性,所以是尤其优选的。另外,[3]轴烯衍生物的电子接收性非常高所以特别优选的。具体而言,可以使用: $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-环丙烷三亚基三[4-氰-2,3,5,6-四氟苯乙腈]、 $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-环丙烷三亚基三[2,6-二氯-3,5-二氟-4-(三氟甲基)苯乙腈]、 $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-环丙烷三亚基三[2,3,4,5,6-五氟苯乙腈]等。

[0052] 作为空穴注入性高的材料,可以举出钼氧化物、钒氧化物、钽氧化物、钨氧化物、锰氧化物等过渡金属氧化物。除了上述以外,可以使用酞菁类化合物如酞菁(简称: $H_2Pc$ )、铜酞菁( $CuPc$ )等。

[0053] 另外,可以使用如下低分子化合物的芳香胺化合物等,诸如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-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、4,4'-双[N-{N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基}苯基]-N-苯基氨基联苯(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)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)等。

[0054] 另外,可以使用高分子化合物(低聚物、枝状聚合物或聚合物),诸如聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酸酯](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。或者,还可以使用添加有酸的高分子化合物,诸如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(简称:PEDOT/PSS)或聚苯胺/聚(苯乙烯磺酸)(PAni/PSS)等。

[0055] 作为空穴注入性高的材料,也可以使用包含空穴传输性材料及受体材料(电子受体材料)的复合材料。在此情况下,由受体材料从空穴传输性材料抽出电子而在空穴注入层111中产生空穴,空穴通过空穴传输层112注入到发光层113中。另外,空穴注入层111可以采用由包含空穴传输性材料及受体材料(电子受体材料)的复合材料构成的单层,也可以采用分别使用空穴传输性材料及受体材料(电子受体材料)形成的层的叠层。

[0056] 作为空穴传输性材料,优选为具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。另外,只要是空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述以外的物质。

[0057] 空穴传输性材料优选为富 $\pi$ 电子型杂芳族化合物(例如,咔唑衍生物及呋喃衍生物)、芳香胺(具有芳香胺骨架的化合物)等空穴传输性高的材料。

[0058] 作为上述咔唑衍生物(具有咔唑骨架的化合物),可以举出联咔唑衍生物(例如,3,3'-联咔唑衍生物)、具有咔唑基的芳香胺等。

[0059] 作为上述联咔唑衍生物(例如,3,3'-联咔唑衍生物),具体而言,可以举出3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)、9,9'-双(1,1'-联苯-4-基)-3,3'-联-9H-咔唑、9,9'-双(1,1'-联苯-3-基)-3,3'-联-9H-咔唑、9-(1,1'-联苯-3-基)-9'-(1,1'-联苯-4-基)-9H,9'H-3,3'-联咔唑(简称:mBPCCBP)、9-(2-萘基)-9'-苯基-9H,9'H-3,3'-联咔唑(简称: $\beta$ NCCP)等。

[0060] 此外,作为具有上述咔唑基的芳香胺,具体而言,可以举出4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBA1BP)、N-(4-联苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:PCBiF)、N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)胺(简称:PCA1BP)、N,N'-双(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(简称:PCA2B)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(简称:PCA3B)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺(简称:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-二芴-2-胺(简称:PCBASF)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzPCN1)、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA1)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzDPA2)、3,6-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咔唑(简称:PCzTPN2)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:PCASF)、N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(简称:YGA1BP)、N,N'-双[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,

N'-二苯基-9,9-二甲基芴-2,7-二胺(简称:YGA2F)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)三苯胺(简称:TCTA)等。

[0061] 作为咔唑衍生物,除了上述以外,还可以举出3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPPn)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、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)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)等。

[0062] 作为上述呋喃衍生物(具有呋喃骨架的化合物),具体而言,可以举出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。

[0063] 作为上述芳香胺,具体而言,可以举出4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB或 $\alpha$ -NPD)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)氨基]-9H-芴-7-基}苯基胺(简称:DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯基氨基-9H-芴-7-基)二苯基胺(简称:DPNF)、2-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]螺-9,9'-二芴(简称:DPASF)、2,7-双[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-螺-9,9'-二芴(简称:DPA2SF)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:1'-TNATA)、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:m-MTDATA)、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。

[0064] 作为空穴传输性材料,还可以使用聚(N-乙烯基咔唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酸酰胺](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。

[0065] 注意,空穴传输性材料不局限于上述材料,可以将已知的各种材料中的一种或多组的组合作为空穴传输性材料。

[0066] 作为用于空穴注入层111的受体材料,可以使用属于元素周期表中的第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,可以举出氧化钼、氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钨、氧化锰、氧化镱。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。此外,可以使用上述有机受体材料。

[0067] 注意,空穴注入层111可以利用已知的各种成膜方法形成,例如可以利用真空蒸镀法形成。

**[0068] <空穴传输层>**

空穴传输层112是将从第一电极101经过空穴注入层111注入的空穴传输到发光层113中的层。另外,空穴传输层112是包含空穴传输性材料的层。因此,作为空穴传输层112,可以使用能够用于空穴注入层111的空穴传输性材料。

**[0069]** 注意,在本发明的一个方式的发光器件中,优选作为发光层113使用与用于空穴传输层112的有机化合物相同的有机化合物。这是因为:通过将相同的有机化合物用于空穴传输层112和发光层113,高效地将空穴从空穴传输层112传输到发光层113。

**[0070] <发光层>**

发光层113是包含发光物质的层。对可用于发光层113的发光物质没有特别的限制,可以使用将单重激发能量转换为可见光区域的光的发光物质或将三重激发能量转换为可见光区域的光的发光物质。另外,可以适当地使用呈现蓝色、紫色、蓝紫色、绿色、黄绿色、黄色、橙色、红色等发光颜色的物质。

**[0071]** 在本发明的一个方式的发光器件中,发光层113包含发光物质(客体材料)及一种或多种的有机化合物(主体材料等)。但是,作为在此使用的有机化合物(主体材料等),优选使用其能隙大于发光物质(客体材料)的物质。注意,作为一种或多种的有机化合物(主体材料等),可以举出能够用于上述空穴传输层112的空穴传输性材料及能够用于下述电子传输层114的电子传输性材料等有机化合物。

**[0072]** 具体而言,发光层113包含第一有机化合物、第二有机化合物及发光物质。作为第一有机化合物优选使用电子传输性材料,作为第二有机化合物优选使用空穴传输性材料。作为发光物质优选使用磷光发光物质。

**[0073]** 作为发光层113的其他结构,可以采用通过具有多个发光层分别包含不同的发光物质而呈现不同发光颜色的结构(例如,组合处于补色关系的发光颜色而得到的白色发光)。此外,可以采用一个发光层包含不同的多个发光物质的结构。

**[0074]** 另外,作为上述发光物质,例如可以举出如下物质。

**[0075]** 作为将单重激发能量转换成发光的发光物质,可以举出发射荧光的物质(荧光发光物质),例如可以举出茈萘衍生物、蒽衍生物、三亚苯衍生物、茈萘衍生物、呋喃衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、二苯并喹啉衍生物、喹啉衍生物、吡啶衍生物、嘧啶衍生物、菲衍生物、萘衍生物等。尤其是茈萘衍生物的发光量子产率高,所以是优选的。作为茈萘衍生物的具体例子,可以举出N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-茈萘-9-基)苯基]茈萘-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-茈萘-9-基)苯基]茈萘-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(二苯并呋喃-2-基)-N,N'-二苯基茈萘-1,6-二胺(简称:1,6FrAPrn)、N,N'-双(二苯并噻吩-2-基)-N,N'-二苯基茈萘-1,6-二胺(简称:1,6ThAPrn)、N,N'-(茈萘-1,6-二基)双[(N-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-6-胺](简称:1,6BnfAPrn)、N,N'-(茈萘-1,6-二基)双[(N-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-8-胺](简称:1,6BnfAPrn-02)、N,N'-(茈萘-1,6-二基)双[(6,N-二苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-8-胺](简称:1,6BnfAPrn-03)等。

**[0076]** 除了上述以外,可以使用5,6-双[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒽基)联苯-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPy)、N,N'-双[4-(9H-呋喃-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-

唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-唑-3-胺(简称:PCAPA)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-4'-(9-苯基-9H-唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPBA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、N,N''-(2-叔丁基蒽-9,10-二基-2,4,1-亚苯基)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-蒽基)苯基]-9H-唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)等。

[0077] 作为将三重激发能量转换为发光的发光物质,例如可以举出发射磷光的物质(磷光发光物质)或呈现热活化延迟荧光的热活化延迟荧光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料。

[0078] 作为磷光发光物质,可以举出有机金属配合物、金属配合物(铂配合物)、稀土金属配合物等。这种物质分别呈现不同的发光颜色(发光峰值),因此根据需要适当地选择而使用。

[0079] 作为呈现蓝色或绿色且其发射光谱的峰值波长为450nm以上且570nm以下的磷光发光物质,可以举出如下物质。

[0080] 例如,可以举出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- $\kappa N^2$ ]苯基- $\kappa C$ ]铱(III)(简称:[Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:[Ir(Mptz)<sub>3</sub>])、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)<sub>3</sub>])、三[3-(5-联苯)-5-异丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:[Ir(iPr5btz)<sub>3</sub>])等具有4H-三唑骨架的有机金属配合物;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)<sub>3</sub>])、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)铱(III)(简称:[Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>])等具有1H-三唑骨架的有机金属配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:[Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>])、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)<sub>3</sub>])等具有咪唑骨架的有机金属配合物;以及双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C<sup>2'</sup>]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<sup>2'</sup>]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<sup>2'</sup>}铱(III)吡啶甲酸盐(简称:[Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)])、双[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C<sup>2'</sup>]铱(III)乙酰丙酮(简称:FIr(acac))等以具有吸电子基团的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属配合物等。

[0081] 作为呈现绿色或黄色且其发射光谱的峰值波长为495nm以上且590nm以下的磷光发光物质,可以举出如下物质。

[0082] 例如,可以举出三(4-甲基-6-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(mppm)<sub>3</sub>])、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)<sub>3</sub>])、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双[6-(2-降苄基)-4-苯基嘧啶]铱(III)(简称:[Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶]铱(III)(简称:[Ir(mpppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-

嘧啶基- $\kappa N^3$ ]苯基- $\kappa C$ ]铱(III) (简称:[Ir(dmppm-dmp)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶)铱(III) (简称:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物; (乙酰丙酮根)双(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)铱(III) (简称:[Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双(5-异丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)铱(III) (简称:[Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物; 三(2-苯基吡啶根-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) (简称:[Ir(ppy)<sub>3</sub>])、双(2-苯基吡啶根-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)])、双(苯并[h]喹啉)铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)])、三(苯并[h]喹啉)铱(III) (简称:[Ir(bzq)<sub>3</sub>])、三(2-苯基喹啉-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) (简称:[Ir(pq)<sub>3</sub>])、双(2-苯基喹啉-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)])、双[2-(2-吡啶基- $\kappa N$ )苯基- $\kappa C$ ][2-(4-苯基-2-吡啶基- $\kappa N$ )苯基- $\kappa C$ ]铱(III) (简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)])、双[2-(2-吡啶基- $\kappa N$ )苯基- $\kappa C$ ][2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基- $\kappa N$ )苯基- $\kappa C$ ]等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物; 双(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)])、双{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶-N,C<sup>2'</sup>}铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)])、双(2-苯基苯并噁唑-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)])等有机金属配合物、三(乙酰丙酮根)(单菲罗啉)铽(III) (简称:[Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)])等稀土金属配合物。

[0083] 作为呈现黄色或红色且其发射光谱的峰值波长为570nm以上且750nm以下的磷光发光物质,可以举出如下物质。

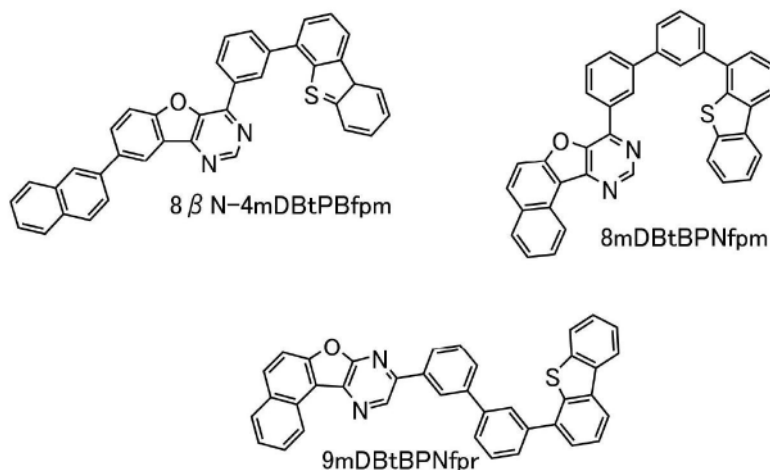
[0084] 例如,可以举出(二异丁酰甲烷根)双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根]铱(III) (简称:[Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)])、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰甲烷)铱(III) (简称:[Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)])、(二新戊酰甲烷)双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根]铱(III) (简称:[Ir(dlnpm)<sub>2</sub>(dpm)])等具有嘧啶骨架的有机金属配合物; (乙酰丙酮)双(2,3,5-三苯基吡嗪)铱(III) (简称:[Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊酰甲烷)铱(III) (简称:[Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)])、双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- $\kappa N$ ]苯基- $\kappa C$ }(2,6-二甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2 O, O'$ )铱(III) (简称:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)])、双{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰-2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa N$ ]苯基- $\kappa C$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2 O, O'$ )铱(III) (简称:[Ir(dmdppr-dmCP)<sub>2</sub>(dpm)])、(乙酰丙酮)双[2-甲基-3-苯基喹喔啉合(quinoxalinato)]-N,C<sup>2'</sup>]铱(III) (简称:[Ir(mpq)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双(2,3-二苯基喹喔啉合(quinoxalinato))-N,C<sup>2'</sup>]铱(III) (简称:[Ir(dpq)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合(quinoxalinato)]铱(III) (简称:[Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属配合物; 三(1-苯基异喹啉-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) (简称:[Ir(piq)<sub>3</sub>])、双(1-苯基异喹啉-N,C<sup>2'</sup>)铱(III) 乙酰丙酮(简称:[Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)])、双[4,6-二甲基-2-(2-喹啉- $\kappa N$ )苯基- $\kappa C$ ](2,4-戊二酮根- $\kappa^2 O, O'$ )铱(III) (简称:[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)])等具有吡啶骨架的有机金属配合物; 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II) (简称:[PtOEP])等铂配合物; 以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲罗啉)铕(III) (简称:[Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲罗啉)铕(III) (简称:[Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)])等稀土金属配合物。

[0085] 此外,作为上述能够用于发光层113的第一有机化合物,优选使用电子传输性材料。因此,优选使用缺 $\pi$ 电子型杂芳族化合物。具体而言,通过具有吡啶环、二嗪环或三嗪环结构,LUMO能级下降,由此容易传输电子。例如,可以举出4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶



(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等嘧啶衍生物、2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-联-9H-咔唑(简称:mPCCzPTzn-02)等三嗪衍生物、3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶)苯基]苯(简称:TmPyPB)等吡啶衍生物。作为缺 $\pi$ 电子型杂芳族化合物,尤其优选使用具有呋喃并二噻骨架的呋喃环与芳香环稠合的结构有机化合物,下面示出具体例子。注意,这些电子传输性材料可以用于下述电子传输层114。

[0086] [化学式1]



[0087] 另一方面,作为上述能够用于发光层113的第二有机化合物,优选使用空穴传输性材料。因此,优选使用富 $\pi$ 电子型杂芳族化合物(例如,咔唑衍生物及呋喃衍生物)、芳香胺(具有芳香胺骨架的化合物)等空穴传输性高的材料。

[0088] 注意,第二有机化合物在其HOMO能级过浅时与第一有机化合物形成激基复合物且 $S_{H(edge)}$ 变小,由此容易发生反系间窜跃的问题。因此,在上述材料中,优选使用HOMO能级较深的咔唑衍生物。作为咔唑衍生物(具有咔唑骨架的化合物),联咔唑衍生物(尤其是,3,3'-联咔唑衍生物)的稳定性很高,所以是优选的。如上所述,为了不使HOMO能级过浅,上述咔唑衍生物优选不具有芳香胺骨架(具体而言,三芳基胺骨架)。

[0089] 作为上述联咔唑衍生物(例如,3,3'-联咔唑衍生物),具体而言,可以举出3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCCP)、9,9'-双(1,1'-联苯-4-基)-3,3'-联-9H-咔唑、9,9'-双(1,1'-联苯-3-基)-3,3'-联-9H-咔唑、9-(1,1'-联苯-3-基)-9'-(1,1'-联苯-4-基)-9H,9'H-3,3'-联咔唑(简称:mBPCCBP)、9-(2-萘基)-9'-苯基-9H,9'H-3,3'-联咔唑(简称: $\beta$ NCCP)等。

[0090] 因为优选与发光物质(荧光发光物质、磷光发光物质)组合使用,所以除了上述有机化合物之外,作为可以用于发光层113的有机化合物,还可以举出以下所示的有机化合物(其一部分是如上所说明的)。

[0091] 在发光物质是荧光发光物质的情况下,作为优选与荧光发光物质组合而使用的有机化合物,可以举出蒽衍生物、并四苯衍生物、菲衍生物、芘衍生物、蒽(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]蒽(chrysene)衍生物等稠合多环芳香化合物。

[0092] 作为优选与荧光发光物质组合而使用的有机化合物的具体例子,可以举出9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:DPCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(简称:DPhPA)、YGAPA、PCAPA、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPBA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯基蒽(chrysene)、N,N,N',N',N'',N'',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、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)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)-联苯-4'-基}-蒽(简称:FLPPA)、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、9,9'-联蒽(简称:BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(简称:DPNS)、9,9'-(二苯乙烯-4,4'-二基)二菲(简称:DPNS2)、1,3,5-三(1-萘)苯(简称:TPB3)、5,12-二苯基并四苯、5,12-双(联苯-2-基)并四苯等。

[0093] 在发光物质是磷光发光物质的情况下,作为优选与磷光发光物质组合而使用的有机化合物,选择其三重激发能量大于发光物质的三重激发能量(基底状态和三重激发态的能量差)的有机化合物即可。注意,当为了形成激基复合物,组合而使用多个有机化合物(例如,第一主体材料及第二主体材料(或主体材料及辅助材料)等)与发光物质时,优选与磷光发光物质混合而使用这些多个有机化合物。

[0094] 通过采用这样的结构,可以高效地得到利用从激基复合物到发光物质的能量转移的ExTET(Exciplex-Triplet Energy Transfer:激基复合物-三重态能量转移)的发光。作为多个有机化合物的组合,优选使用容易形成激基复合物的组合,特别优选组合容易接收空穴的化合物(空穴传输性材料)与容易接收电子的化合物(电子传输性材料)。

[0095] 作为在发光物质是磷光发光物质时优选与磷光发光物质组合而使用的有机化合物(主体材料、辅助材料),可以举出芳香胺、咔唑衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、锌类金属配合物或铝类金属配合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹喔啉衍生物、二苯并喹喔啉衍生物、嘧啶衍生物、吡嗪衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、菲罗啉衍生物等。

[0096] 此外,作为它们的具体例子,可以举出2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、3-(4-叔丁基苯基)-4-(4-乙基苯基)-5-(4-联苯基)-1,2,4-三唑(简称:p-EtTAZ)等三唑衍生物;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)、4,4'-双(5-甲基苯并噻唑-2-基)二苯乙烯(简称:BzOs)、红菲绕啉(简称:Bphen)、浴铜灵(简称:BCP)、2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-菲罗啉(简称:NBphen)、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)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:7mDBTPDBq-II)及6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:6mDBTPDBq-II)等喹喔啉衍生物或二苯并喹喔啉衍生物。

[0097] 此外,可以举出4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)等嘧啶衍生物;2-[4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-联-9H-咔唑(简称:mPCCzPTzn-02)等三嗪衍生物;3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶)苯基]苯(简称:TmPyPB)等吡啶衍生物;等。

[0098] 此外,可以使用聚(2,5-吡啶二基)(简称:PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](简称:PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](简称:PF-BPy)等高分子化合物。

[0099] 另外,在将多个有机化合物用于发光层113的情况下,也可以混合形成激基复合物的两种化合物(第一有机化合物及第二有机化合物)和发光物质。在此情况下,可以适当地组合各种有机化合物,但是为了高效地形成激基复合物,特别优选组合容易接收空穴的化合物(空穴传输性材料)和容易接收电子的化合物(电子传输性材料)。另外,作为空穴传输性材料及电子传输性材料的具体例子,可以使用本实施方式所示的材料。通过采用上述结构,可以同时实现高效率、低电压以及长寿命。

[0100] TADF材料是指能够利用微小的热能量将三重激发态上转换(up-convert)为单重激发态(逆系间窜越)并高效率地发射来自单重激发态的发光(荧光)的材料。可以高效率地获得热活化延迟荧光的条件为如下: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。TADF材料所发射的延迟荧光是指具有与一般的荧光同样的光谱但寿命非常长的发光。其寿命为 $10^{-6}$ 秒以上,优选为 $10^{-3}$ 秒以上。

[0101] 作为TADF材料,例如可以举出富勒烯或其衍生物、普鲁黄素等吡啶衍生物、伊红等。另外,可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等的含金属卟啉。作为含金属卟啉,例如,也可以举出原卟啉-氟化锡配合物(简称: $\text{SnF}_2$ (ProtoIX))、中卟啉-氟化锡配合物(简称: $\text{SnF}_2$ (Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(简称: $\text{SnF}_2$ (Hemato IX))、粪卟啉四甲酯-氟化锡配合物(简称: $\text{SnF}_2$ (Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(简称: $\text{SnF}_2$ (OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(简称: $\text{SnF}_2$ (Etio I))以及八乙基卟啉-氯化铂配合物(简称: $\text{PtCl}_2\text{OEP}$ )等。

[0102] 除了上述以外,可以使用2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、2-[4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吡啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶)苯基]砜(简称:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,

10'-H-螺[吡啶-9,9'-蒽]-10'-酮(简称:ACRSA)等具有富 $\pi$ 电子型杂芳环及缺 $\pi$ 电子型杂芳环的杂环化合物。

[0103] 另外,在富 $\pi$ 电子型杂芳环和缺 $\pi$ 电子型杂芳环直接键合的物质中,富 $\pi$ 电子型杂芳环的供体性和缺 $\pi$ 电子型杂芳环的受体性都强,单重激发态与三重激发态之间的能量差变小,所以是尤其优选的。

[0104] 另外,在使用TADF材料的情况下,可以与其他有机化合物组合。尤其TADF材料可以与上述的主体材料、空穴传输性材料及电子传输性材料组合。优选将实施方式1所示的本发明的一个方式的有机化合物用作与TADF材料组合的主体材料。

[0105] 此外,可以将上述材料与低分子材料或高分子材料组合而使用。在成膜中,可以适当地使用已知的方法(真空蒸镀法、涂敷法、印刷法等)。

[0106] <电子传输层>

电子传输层114是将从第二电极102由后述的电子注入层115注入的电子传输到发光层113中的层。另外,电子传输层114是包含电子传输性材料的层。作为用于电子传输层114的电子传输性材料,优选为具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的电子迁移率的物质。另外,只要是电子传输性高于空穴传输性的物质,可以使用上述以外的物质。此外,电子传输层114即使是单层也起作用,但是在根据需要采用两层以上的叠层结构时,可以提高器件特性。

[0107] 作为能够用于电子传输层114的有机化合物,可以使用具有呋喃并二噻吩骨架的呋喃环与芳香环稠合的结构的有机化合物、具有喹啉骨架的金属配合物、具有苯并喹啉骨架的金属配合物、具有噻唑骨架的金属配合物、具有噻唑骨架的金属配合物等,还可以使用噻二唑衍生物、三唑衍生物、咪唑衍生物、噻唑衍生物、噻唑衍生物、菲罗啉衍生物、具有喹啉配体的喹啉衍生物、苯并喹啉衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、吡啶衍生物、联吡啶衍生物、嘧啶衍生物、含氮杂芳族化合物等缺 $\pi$ 电子型杂芳族化合物等电子传输性高的材料(电子传输性材料)。

[0108] 作为电子传输性材料的具体例子,可以举出:2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(简称:2mDBTBPDq-II)、5-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三噻-2-基)苯基]-7,7-二甲基-5H,7H-茚并[2,1-b]呋喃(简称:mINc(II)PTzn)、4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm)、3,8-双[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]苯并呋喃并[2,3-b]吡啶(简称:3,8mDBtP2Bfpr)、4,8-双[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:4,8mDBtP2Bfpm)、9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡啶(简称:9mDBtBPNfpr)、8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8mDBtBPNfpm)、8-[(2,2'-联萘)-6-基]-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8( $\beta$ N2)-4mDBtPBfpm)、三(8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Alq<sub>3</sub>)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(III)(简称:Almq<sub>3</sub>)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(II)(简称:BeBq<sub>2</sub>)、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基苯酚)铝(III)(简称:BA1q)、双(8-羟基喹啉)锌(II)(简称:Znq)、等具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配合物;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)、双[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑]锌(II)(简称:Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等具有噻唑骨架或噻唑骨架的金属配合物等。

[0109] 再者,除了金属配合物以外,还可以使用PBD、OXD-7、C011等噁二唑衍生物;TAZ、p-EtTAZ等三唑衍生物;TPBI、mDBTBI-m-II等咪唑衍生物(包括苯并咪唑衍生物);BzOs等噁唑衍生物;BPhen、BCP、NBPhen等菲罗啉衍生物;2mDBTPDBq-II、2mDBTBPDBq-II、2mCzBPDBq、2CzPDBq-III、7mDBTPDBq-II、6mDBTPDBq-II等喹喔啉衍生物或二苯并喹喔啉衍生物;35DCzPPy、TmPyPB等吡啶衍生物;4,6mPnP2Pm、4,6mDBTP2Pm-II、4,6mCzP2Pm等嘧啶衍生物;PCCzPTzn、mPCCzPTzn-02等三嗪衍生物。

[0110] 另外,还可以使用PPy、PF-Py、PF-BPy等高分子化合物。

[0111] <电子注入层>

电子注入层115是用来提高从阴极注入电子的效率的层,优选使用阴极材料的功函数的值与用于电子注入层115的材料的LUMO能级的值之差小(0.5eV以下)的材料。因此,作为电子注入层115,可以使用锂、铯、氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙( $\text{CaF}_2$ )、8-(羟基喹啉)锂(简称:LiQ)、2-(2-吡啶基)苯酚锂(简称:LiPP)、2-(2-吡啶基)-3-羟基吡啶(pyridinolato)锂(简称:LiPPy)、4-苯基-2-(2-吡啶基)苯酚锂(简称:LiPPP)、锂氧化物( $\text{LiO}_x$ )、碳酸铯等碱金属、碱土金属或者它们的化合物。此外,可以使用氟化铒( $\text{ErF}_3$ )等稀土金属化合物。

[0112] 此外,如图8B所示的发光器件那样,通过在两个EL层(103a、103b)之间设置电荷产生层104,可以具有多个EL层层叠在一对电极之间的结构(也称为串联结构)。注意,在本实施方式中,图8A所说明的空穴注入层(111)、空穴传输层(112)、发光层(113)、电子传输层(114)和电子注入层(115)各自的功能及材料是与图8B所说明的空穴注入层(111a、111b)、空穴传输层(112a、112b)、发光层(113a、113b)、电子传输层(114a、114b)和电子注入层(115a、115b)相同的。

[0113] <电荷产生层>

在图8B所示的发光器件中,电荷产生层104具有如下功能:当第一电极101(阳极)和第二电极102(阴极)之间被施加电压时,对EL层103a注入电子且对EL层103b注入空穴的功能。电荷产生层104既可以具有对空穴传输性材料添加电子受体(受体)的结构,也可以具有对电子传输性材料添加电子给体(供体)的结构。或者,也可以层叠有这两种结构。另外,通过使用上述材料形成电荷产生层104,可以抑制在层叠EL层时的驱动电压的增大。

[0114] 在电荷产生层104具有对空穴传输性材料添加电子受体的结构的情况下,作为空穴传输性材料可以使用本实施方式所示的材料。另外,作为电子受体,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称: $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ )、氯醌等。另外,可以举出属于元素周期表中第4族至第8族的金属的氧化物。具体而言,可以举出氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化镧等。

[0115] 在电荷产生层104具有对电子传输性材料添加电子供体的结构的情况下,作为电子传输性材料可以使用本实施方式所示的材料。另外,作为电子给体,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属或属于元素周期表中第2族、第13族的金属及它们的氧化物或碳酸盐。具体而言,优选使用锂(Li)、铯(Cs)、镁(Mg)、钙(Ca)、镱(Yb)、铟(In)、氧化锂、碳酸铯等。此外,也可以将如四硫萘并萘(tetrathianaphthacene)等有机化合物用作电子给体。

[0116] 虽然图8B示出层叠有两个EL层103的结构,但是通过在不同的EL层之间设置电荷产生层可以使其成为三个以上的叠层结构。

**[0117] <衬底>**

本实施方式所示的发光器件可以形成在各种衬底上。注意,对衬底的种类没有特定的限制。作为该衬底的例子,可以举出半导体衬底(例如,单晶衬底或硅衬底)、SOI衬底、玻璃衬底、石英衬底、塑料衬底、金属衬底、不锈钢衬底、包含不锈钢箔的衬底、钨衬底、包含钨箔的衬底、柔性衬底、贴合薄膜、包含纤维状材料的纸或基材薄膜等。

**[0118]** 作为玻璃衬底的例子,有钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃、钠钙玻璃等。作为柔性衬底、贴合薄膜、基材薄膜等,可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)为代表的塑料、丙烯酸树脂等合成树脂、聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺、聚酰亚胺、芳族聚酰胺树脂、环氧树脂、无机蒸镀薄膜、纸类等。

**[0119]** 另外,当制造本实施方式所示的发光器件时,可以利用蒸镀法等真空工艺或旋涂法、喷墨法等溶液工艺。作为蒸镀法,可以利用溅射法、离子镀法、离子束蒸镀法、分子束蒸镀法、真空蒸镀法等物理蒸镀法(PVD法)或化学气相沉积法(CVD法)等。尤其是,可以利用蒸镀法(真空蒸镀法)、涂敷法(浸涂法、染料涂布法、棒式涂布法、旋涂法、喷涂法等)、印刷法(喷墨法、丝网印刷(孔版印刷)法、胶版印刷(平版印刷)法、柔版印刷(凸版印刷)法、照相凹版印刷法、微接触印刷法、纳米压印法等)等方法形成包括在发光器件的EL层中的功能层(空穴注入层(111、111a、111b)、空穴传输层(112、112a、112b)、发光层(113、113a、113b)、电子传输层(114、114a、114b)、电子注入层(115、115a、115b)以及电荷产生层(104))。

**[0120]** 另外,本实施方式所示的构成发光器件的EL层(103、103a、103b)的各功能层(空穴注入层(111、111a、111b)、空穴传输层(112、112a、112b)、发光层(113、113a、113b)、电子传输层(114、114a、114b)、电子注入层(115、115a、115b)以及电荷产生层(104))的材料不局限于此,只要为可以满足各层的功能的材料就可以组合地使用。作为一个例子,可以使用高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)、中分子化合物(介于低分子与高分子之间的化合物:分子量为400至4000)、无机化合物(量子点材料等)等。作为量子点材料,可以使用胶状量子点材料、合金型量子点材料、核壳(CoreShell)型量子点材料、核型量子点材料等。

**[0121]** 本实施方式所示的结构可以适当地与其他实施方式所示的结构组合而使用。

**[0122] (实施方式3)**

在本实施方式中,说明本发明的一个方式的发光装置。图9A所示的发光装置是形成在第一衬底201上的晶体管(FET)202和发光器件(203R、203G、203B、203W)电连接而成的有源矩阵型发光装置,多个发光器件(203R、203G、203B、203W)共同使用EL层204,并且采用根据各发光器件的发光颜色分别调整了各发光器件的电极之间的光学距离的微腔结构。另外,采用从EL层204得到的发光穿过形成在第二衬底205上的滤色片(206R、206G、206B)射出的顶部发射型发光装置。

**[0123]** 在图9A所示的发光装置中,将第一电极207用作反射电极,并将第二电极208用作半透射-半反射电极。作为用来形成第一电极207及第二电极208的电极材料,可以参照其他实施方式而适当地使用。

**[0124]** 另外,在图9A中,例如,在以发光器件203R、203G、203B、203W分别作为红色发光器件、绿色发光器件、蓝色发光器件、白色发光器件的情况下,如图9B所示,将发光器件203R中的第一电极207与第二电极208之间的距离调整为光学距离200R,将发光器件203G中的第一电极207与第二电极208之间的距离调整为光学距离200G,并且将发光器件203B中的第一电

极207与第二电极208之间的距离调整为光学距离200B。另外,如图9B所示,通过在发光器件203R中将导电层210R层叠在第一电极207上,并在发光器件203G中将导电层210G层叠在第一电极207上,可以进行光学调整。

[0125] 在第二衬底205上形成有滤色片(206R、206G、206B)。滤色片使特定波长范围的可见光透过并遮阻特定波长范围的可见光。因此,如图9A所示,通过在与发光器件203R重叠的位置上设置只使红色波长范围的光透过的滤色片206R,可以从发光器件203R得到红色光。另外,通过在与发光器件203G重叠的位置上设置只使绿色波长范围的光透过的滤色片206G,可以从发光器件203G得到绿色光。另外,通过在与发光器件203B重叠的位置上设置只使蓝色波长范围的光透过的滤色片206B,可以从发光器件203B得到蓝色光。但是,可以从发光器件203W得到白色光,而不设置滤光片。另外,也可以在各滤色片的端部设置有黑色层(黑矩阵)209。再者,滤色片(206R、206G、206B)或黑色层209也可以被由透明材料构成的保护层覆盖。

[0126] 虽然在图9A中示出在第二衬底205一侧取出光的结构(顶部发射型)的发光装置,但是也可以采用如图9C所示那样在形成有FET202的第一衬底201一侧取出光的结构(底部发射型)的发光装置。在底部发射型发光装置中,将第一电极207用作半透射-半反射电极,并将第二电极208用作反射电极。另外,作为第一衬底201,至少使用具有透光性的衬底。另外,如图9C所示,将滤色片(206R'、206G'、206B')设置在比发光器件(203R、203G、203B)更靠近第一衬底201的一侧即可。

[0127] 另外,虽然在图9A中示出发光器件为红色发光器件、绿色发光器件、蓝色发光器件以及白色发光器件的情况,但是本发明的一个方式的发光器件不局限于该结构,也可以使用黄色发光器件或橙色发光器件。作为用来制造这些发光器件的EL层(发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层等)的材料,可以参照其他实施方式而适当地使用。在此情况下,需要根据发光器件的发光颜色而适当地选择滤色片。

[0128] 通过采用上述结构,可以得到具备发射多个颜色的光的发光器件的发光装置。

[0129] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0130] (实施方式4)

在本实施方式中,对本发明的一个方式的发光装置进行说明。

[0131] 通过采用本发明的一个方式的发光器件的器件结构,可以制造有源矩阵型发光装置或无源矩阵型发光装置。另外,有源矩阵型发光装置具有组合了发光器件和晶体管(FET)的结构。由此,无源矩阵型发光装置和有源矩阵型发光装置都包括在本发明的一个方式中。另外,可以将其他实施方式所示的发光器件应用于本实施方式所示的发光装置。

[0132] 在本实施方式中,首先参照图10A及图10B说明有源矩阵型发光装置。

[0133] 图10A是发光装置的俯视图,图10B是沿着图10A中的点划线A-A'进行切割的截面图。有源矩阵型发光装置具有设置在第一衬底301上的像素部302、驱动电路部(源极线驱动电路)303以及驱动电路部(栅极线驱动电路)(304a、304b)。将像素部302及驱动电路部(303、304a、304b)用密封剂305密封在第一衬底301与第二衬底306之间。

[0134] 在第一衬底301上设置有引线307。引线307与作为外部输入端子的FPC308电连接。FPC308用来对驱动电路部(303、304a、304b)传递来自外部的信号(例如,视频信号、时钟信号、起始信号或复位信号等)或电位。另外,FPC308也可以安装有印刷线路板(PWB)。安装有

这些FPC和PWB的状态也可以包括在发光装置的范畴内。

[0135] 图10B示出截面结构。

[0136] 像素部302由具有FET (开关用FET) 311、FET (电流控制用FET) 312以及电连接于FET312的第一电极313的多个像素构成。对各像素所具有的FET的个数没有特别的限制,而根据需要适当地设置即可。

[0137] 对FET309、310、311、312没有特别的限制,例如可以采用交错型晶体管或反交错型晶体管。另外,也可以采用顶栅型或底栅型等的晶体管结构。

[0138] 另外,对可用于上述FET309、310、311、312的半导体的结晶性没有特别的限制,可以使用非晶半导体和具有结晶性的半导体(微晶半导体、多晶半导体、单晶半导体或其一部分具有结晶区域的半导体)中的任一个。通过使用具有结晶性的半导体,可以抑制晶体管特性的劣化,所以是优选的。

[0139] 作为上述半导体,例如可以使用第14族元素、化合物半导体、氧化物半导体、有机半导体等。典型地是,可以使用包含硅的半导体、包含砷化镓的半导体或包含铟的氧化物半导体等。

[0140] 驱动电路部303包括FET309及FET310。FET309及FET310既可以由包含单极性(N型和P型中的任一个)晶体管的电路形成,也可以由包含N型晶体管及P型晶体管的CMOS电路形成。另外,也可以采用外部具有驱动电路的结构。

[0141] 第一电极313的端部由绝缘物314覆盖。绝缘物314可以使用负型感光树脂或正型感光树脂(丙烯酸树脂)等有机化合物或者氧化硅、氮化硅、氮化硅等无机化合物。绝缘物314的上端部或下端部优选有具有曲率的曲面。由此,可以使形成在绝缘物314上的膜具有良好的覆盖性。

[0142] 在第一电极313上层叠有EL层315及第二电极316。EL层315具有发光层、空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、电荷产生层等。

[0143] 作为本实施方式所示的发光器件317的结构,可以应用其他实施方式所示的结构或材料。虽然在此未图示,但是第二电极316与作为外部输入端子的FPC308电连接。

[0144] 虽然在图10B所示的截面图中仅示出一个发光器件317,但是,在像素部302中多个发光器件被配置为矩阵状。通过在像素部302中分别选择性地形成能够得到三种(R、G、B)颜色的发光的发光器件,可以形成能够进行全彩色显示的发光装置。另外,除了可以得到三种(R、G、B)颜色的发光的发光器件以外,例如也可以形成能够得到白色(W)、黄色(Y)、品红色(M)、青色(C)等颜色的发光的发光器件。例如,通过对能够得到三种(R、G、B)颜色的发光的发光器件追加能够得到上述多种发光的发光器件,可以获得色纯度的提高、耗电量的降低等效果。另外,也可以通过与滤色片组合来实现能够进行全彩色显示的发光装置。作为滤色片的种类,可以使用红色(R)、绿色(G)、蓝色(B)、青色(C)、品红色(M)、黄色(Y)等。

[0145] 通过使用密封剂305将第二衬底306与第一衬底301贴合在一起,使第一衬底301上的FET(309、310、311、312)和发光器件317位于由第一衬底301、第二衬底306和密封剂305围绕的空间318。另外,空间318可以填充有惰性气体(如氮气或氩气等),也可以填充有有机物(包括密封剂305)。

[0146] 可以将环氧树脂或玻璃粉用作密封剂305。另外,作为密封剂305,优选使用尽量未使水分和氧透过的材料。另外,第二衬底306可以使用与第一衬底301同样的材料。由此,可



以使用其他实施方式所示的各种衬底。作为衬底,除了玻璃衬底和石英衬底之外,还可以使用由FRP(Fiber-Reinforced Plastics:纤维增强塑料)、PVF(polyvinylfluoride:聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。从粘合性的观点来看,在作为密封剂使用玻璃粉的情况下,作为第一衬底301及第二衬底306优选使用玻璃衬底。

[0147] 如上所述,可以得到有源矩阵型发光装置。

[0148] 另外,当在柔性衬底上形成有源矩阵型发光装置时,可以在柔性衬底上直接形成FET及发光器件,也可以在具有剥离层的其他衬底上形成FET及发光器件之后通过施加热、力量、激光照射等使FET与发光器件在剥离层分离再将其转置于柔性衬底。另外,作为剥离层,例如可以使用钨膜及氧化硅膜的无机膜的叠层或聚酰亚胺等有机树脂膜等。另外,作为柔性衬底,除了可以形成晶体管的衬底之外,还可以举出纸衬底、玻璃纸衬底、芳族聚酰胺薄膜衬底、聚酰亚胺薄膜衬底、布衬底(包括天然纤维(丝、棉、麻)、合成纤维(尼龙、聚氨酯、聚酯)或再生纤维(醋酯纤维、铜氨纤维、人造纤维、再生聚酯)等)、皮革衬底、橡皮衬底等。通过使用这种衬底,可以实现良好的耐性及耐热性且轻量化及薄型化。

[0149] 另外,在驱动有源矩阵型发光装置所具有的发光器件时,可以使发光器件以脉冲状(例如,使用kHz、MHz等频率)发光并将该光用于显示。使用上述有机化合物形成的发光器件具有优良的频率特性,可以缩短发光器件的驱动时间而减少功耗。此外,因驱动时间的缩短而发热得到抑制,由此可以减轻发光器件的劣化。

[0150] 本实施方式所示的结构可以适当地与其他实施方式所示的结构组合而使用。

[0151] (实施方式5)

在本实施方式中,对采用本发明的一个方式的发光器件或包括本发明的一个方式的发光器件的发光装置的各种电子设备及汽车的例子进行说明。注意,可以将发光装置主要用于本实施方式所说明的电子设备中的显示部。

[0152] 图11A至图11E所示的电子设备可以包括外壳7000、显示部7001、扬声器7003、LED灯7004、操作键7005(包括电源开关或操作开关)、连接端子7006、传感器7007(具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风7008等。

[0153] 图11A示出移动计算机,该移动计算机除了上述以外还可以包括开关7009、红外端口7010等。

[0154] 图11B示出具备记录媒体的便携式图像再现装置(例如DVD再现装置),该便携式图像再现装置除了上述以外还可以包括第二显示部7002、记录介质读取部7011等。

[0155] 图11C示出具有电视接收功能的数码相机,该数码相机除了上述以外还可以包括天线7014、快门按钮7015、图像接收部7016等。

[0156] 图11D示出便携式信息终端。便携式信息终端具有将信息显示在显示部7001的三个以上的面上的功能。在此,示出信息7052、信息7053、信息7054分别显示于不同的面上的例子。例如,在将便携式信息终端放在上衣口袋里的状态下,使用者能够确认显示在从便携式信息终端的上方看到的位置上的信息7053。使用者可以确认显示而无需从口袋里拿出便携式信息终端,能够判断是否接电话。

[0157] 图11E示出便携式信息终端(包括智能手机),该便携式信息终端可以在外壳7000

中包括显示部7001、操作键7005等。便携式信息终端也可以设置有扬声器、连接端子、传感器等。另外,便携式信息终端可以将文字或图像信息显示在其多个面上。在此,示出显示有三个图标7050的例子。另外,可以将由虚线矩形表示的信息7051显示在显示部7001的另一个面上。作为信息7051的例子,可以举出提示收到来自电子邮件、SNS (Social Networking Services: 社交网络服务) 或电话等的信息;电子邮件或SNS等的标题;电子邮件或SNS等的发送者姓名;日期;时间;电池余量;以及天线接收信号强度等。或者,可以在显示有信息7051的位置上显示图标7050等。

[0158] 图11F是大型电视装置(也称为电视机或电视接收器),可以包括外壳7000、显示部7001等。另外,在此示出由支架7018支撑外壳7000的结构。另外,通过利用另外提供的遥控操作机7111等可以进行电视装置的操作。另外,显示部7001也可以具备触摸传感器,通过用手指等触摸显示部7001可以进行操作。遥控操作机7111也可以具备显示从该遥控操作机7111输出的数据的显示部。通过利用遥控操作机7111所具备的操作键或触摸面板,可以进行频道及音量的操作,并可以对显示在显示部7001上的图像进行操作。

[0159] 图11A至图11F所示的电子设备可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触摸面板功能;显示日历、日期或时刻等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;无线通信功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在记录介质中的程序或数据来将其显示在显示部上的功能等。此外,包括多个显示部的电子设备可以具有在一个显示部主要显示图像信息而在另一个显示部主要显示文本信息的功能,或者具有通过将考虑了视差的图像显示于多个显示部上来显示三维图像的功能等。再者,在具有图像接收部的电子设备中,可以具有如下功能:拍摄静态图像的功能;拍摄动态图像的功能;对所拍摄的图像进行自动或手动校正的功能;将所拍摄的图像储存在记录介质(外部或内置于相机)中的功能;将所拍摄的图像显示在显示部的功能等。注意,图11A至图11F所示的电子设备的可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。

[0160] 图11G是手表型便携式信息终端,例如可以被用作智能手表。该手表型便携式信息终端包括外壳7000、显示部7001、操作按钮7022、7023、连接端子7024、表带7025、麦克风7026、传感器7029、扬声器7030等。显示部7001的显示面弯曲,因此能够沿着弯曲的显示面进行显示。此外,该手表型便携式信息终端例如通过与可进行无线通信的耳麦相互通信可以进行免提通话。此外,通过利用连接端子7024,可以与其他信息终端进行数据传输或进行充电。充电也可以通过无线供电进行。

[0161] 安装在兼作框架(bezel)部分的外壳7000中的显示部7001具有非矩形状的显示区域。显示部7001可以显示表示时间的图标以及其他图标等。此外,显示部7001也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸面板(输入输出装置)。

[0162] 图11G所示的智能手表可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触摸面板功能;显示日历、日期或时刻等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;无线通信功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在记录介质中的程序或数据来将其显示在显示部上的功能等。

[0163] 外壳7000的内部可具有扬声器、传感器(具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)、麦克风等。

[0164] 可以将本发明的一个方式的发光装置用于本实施方式所示的电子设备的各显示部,由此可以实现长寿命的电子设备。

[0165] 作为使用发光装置的电子设备,可以举出图12A至图12C所示的能够折叠的便携式信息终端。图12A示出展开状态的便携式信息终端9310。图12B示出从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9310。图12C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域所以显示一览性强。

[0166] 显示部9311由通过铰链部9313连接的三个外壳9315来支撑。此外,显示部9311也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触摸面板(输入输出装置)。此外,显示部9311通过铰链部9313使两个外壳9315之间弯折,由此可以使便携式信息终端9310从展开状态可逆性地变为折叠状态。可以将本发明的一个方式的发光装置用于显示部9311。另外,可以实现长寿命的电子设备。显示部9311中的显示区域9312是位于折叠状态的便携式信息终端9310的侧面的显示区域。在显示区域9312中可以显示信息图标或者使用频率高的应用软件或程序的快捷方式等,能够顺利地进行信息的确认或应用程序的启动。

[0167] 图13A及图13B示出使用发光装置的汽车。就是说,可以与汽车一体地形成发光装置。具体而言,可以用于图13A所示的汽车的外侧的灯5101(包括车身后部)、轮胎的轮毂5102、车门5103的一部分或整体等。另外,可以用于图13B所示的汽车内侧的显示部5104、方向盘5105、变速杆5106、座位5107、内部后视镜5108、挡风玻璃5109等。除此之外,也可以用于玻璃窗的一部分。

[0168] 如上所述,可以得到使用本发明的一个方式的发光装置的电子设备或汽车。此时,可以实现长寿命的电子设备。能够使用的电子设备或汽车不局限于本实施方式中示出的电子设备或汽车,在各种领域可以应用。

[0169] 注意,本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而使用。

[0170] (实施方式6)

在本实施方式中,参照图14A和图14B说明应用本发明的一个方式的发光装置或其一部分的发光器件而制造的照明装置的结构。

[0171] 图14A和图14B示出照明装置的截面图的例子。图14A是在衬底一侧提取光的底部发射型照明装置,而图14B是在密封衬底一侧提取光的顶部发射型照明装置。

[0172] 图14A所示的照明装置4000在衬底4001上包括发光器件4002。另外,照明装置4000在衬底4001的外侧包括具有凹凸的衬底4003。发光器件4002包括第一电极4004、EL层4005以及第二电极4006。

[0173] 第一电极4004与电极4007电连接,第二电极4006与电极4008电连接。另外,也可以设置与第一电极4004电连接的辅助布线4009。此外,在辅助布线4009上形成有绝缘层4010。

[0174] 衬底4001与密封衬底4011由密封剂4012粘合。另外,优选在密封衬底4011与发光器件4002之间设置有干燥剂4013。由于衬底4003具有如图14A所示那样的凹凸,因此可以提

高在发光器件4002中产生的光的提取效率。

[0175] 图14B所示的照明装置4200在衬底4201上包括发光器件4202。发光器件4202包括第一电极4204、EL层4205以及第二电极4206。

[0176] 第一电极4204与电极4207电连接,第二电极4206与电极4208电连接。另外,也可以设置与第二电极4206电连接的辅助布线4209。另外,也可以在辅助布线4209下设置绝缘层4210。

[0177] 衬底4201与具有凹凸的密封衬底4211由密封剂4212粘合。另外,也可以在密封衬底4211与发光器件4202之间设置阻挡膜4213及平坦化膜4214。由于密封衬底4211具有如图14B所示那样的凹凸,因此可以提高在发光器件4202中产生的光的提取效率。

[0178] 作为上述照明装置的应用例子,可以举出室内照明的天花射灯。作为天花射灯,有天花安装型灯或天花嵌入型灯等。这种照明装置可以由发光装置与外壳或覆盖物的组合构成。

[0179] 除此以外,也可以应用于能够照射地面上以提高安全性的脚灯。例如,能够将脚灯有效地利用于卧室、楼梯或通路等。在此情况下,可以根据房间的尺寸或结构而适当地改变其尺寸或形状。另外,也可以组合发光装置和支撑台构成安装型照明装置。

[0180] 另外,也可以应用于薄膜状照明装置(片状照明)。因为将片状照明贴在墙上而使用,所以可以节省空间地应用于各种用途。另外,容易实现大面积化。另外,也可以将其贴在具有曲面的墙或外壳上。

[0181] 通过将本发明的一个方式的发光装置或其一部分的发光器件用于上述以外的室内家具的一部分,可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0182] 如上所述,可以得到使用发光装置的各种各样的照明装置。另外,这种照明装置包括在本发明的一个方式中。

[0183] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式所示的结构适当地组合而实施。

#### [实施例1]

[0184] 在本实施例中示出制造使用T1能级不同的主体材料的多个发光器件,并调查用于发光器件的发光层中的主体材料的T1能级与发光物质(磷光发光物质)的激发能量之间的关系给该发光器件的可靠性带来的影响而得到的结果。

[0185] 注意,在本实施例中,下表1示出制造的各发光器件的结构。

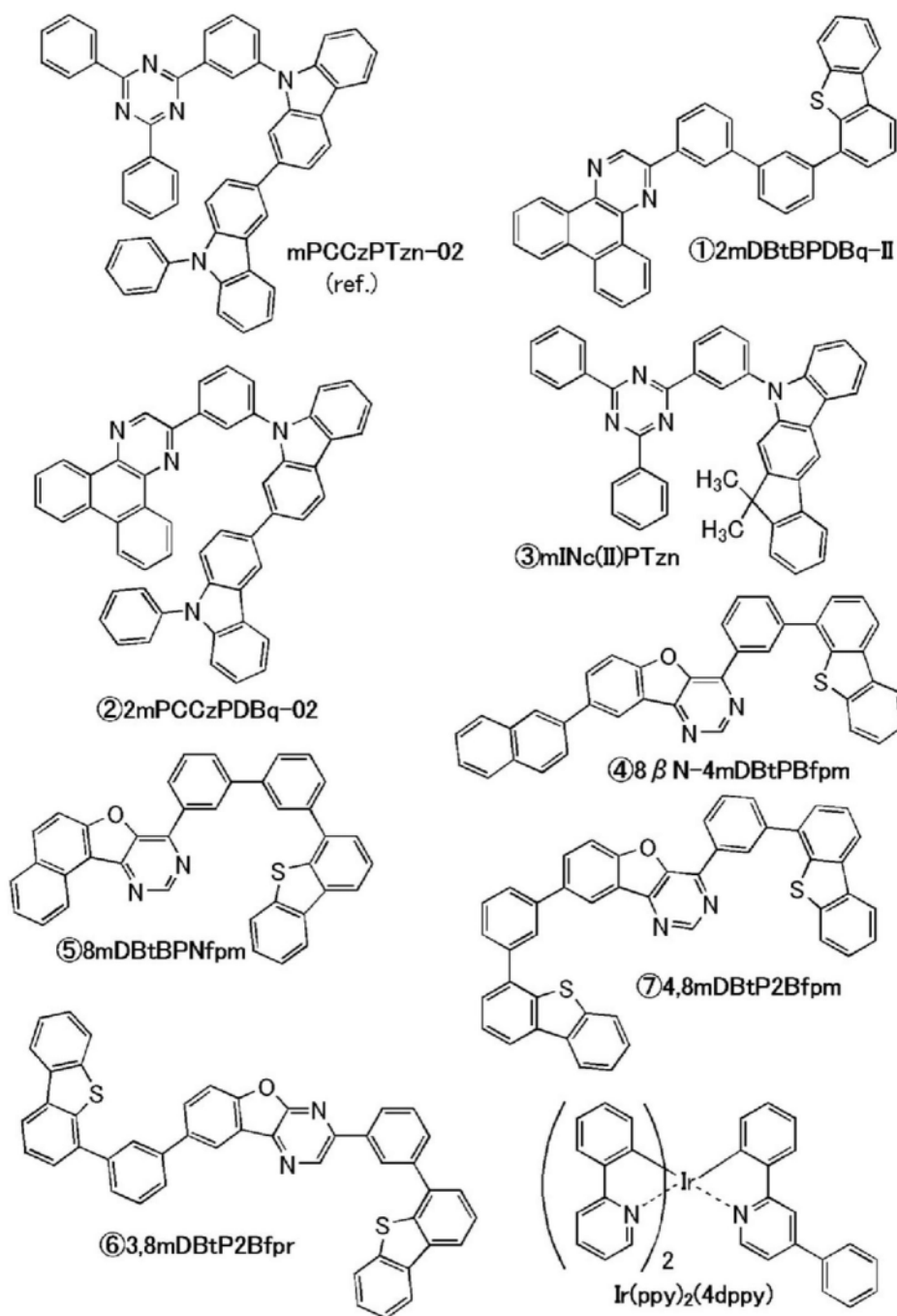
[0186] [表1]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层*（主体材 料中的一种）	电子传输层		电子 注入层	第二 电极
标准器件				mPCCzPTzn-02 (40nm)	mPCCzPTzn-02 (20nm)			
发 光 器 件 1 (对比例)	ITS0 (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	2mDBTBPDq-II (40nm)	2mDBTBPDq-II (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发 光 器 件 2 (对比例)				2mPCCzPDBq-02 (40nm)	2mPCCzPDBq-02 (20nm)			
发 光 器 件 3 (对比例)				mINc (II) PTzn (40nm)	mINc (II) PTzn (20nm)			
发 光 器 件 4				8βN-4mDBtPBfpm (40nm)	8βN-4mDBtPBfpm (20nm)			
发 光 器 件 5				8mDBtBPNfpm (40nm)	mPCCzPTzn-02 (20nm)			
发 光 器 件 6 (对比例)				3, 8mDBtP2Bfpr (40nm)	3, 8mDBtP2Bfpr (20nm)			
发 光 器 件 7 (对比例)				4, 8mDBtP2Bfpm (40nm)	4, 8mDBtP2Bfpm (20nm)			

\*发光层所包含的其他材料:PCCP、[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]

[0187] 此外,以下示出在表1所示的各发光器件中使用的主体材料及客体材料(磷光发光物质)的分子结构。

[0188] [化学式2]



[0189] 在本实施例中,为了比较各主体材料的T<sub>1</sub>能级,从磷光光谱的短波长一侧的发光端(光谱的Onset)算出T<sub>H(edge)</sub>。

[0190] 磷光光谱的发光端是:在短波长一侧的棱线上,在最短波长一侧的峰值的半值附近划切线时该切线与横轴交叉的点的波长。根据该值可以算出T<sub>H(edge)</sub>。例如,在图3所示的磷光光谱中,在最短波长一侧的峰值(483nm)的半值附近划切线时该切线与横轴交叉的点(462nm)是发光端。并且,根据该值可以求出图3所示的呈现磷光光谱的物质的T<sub>H(edge)</sub>为2.684eV。

[0191] 注意,图3示出用于表1所示的发光器件3的发光层中的材料的磷光光谱。发光器件3的发光层包含主体材料的5-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-7,7-二甲基-5H,7H-茚并[2,1-b]呋唑(简称:mINc(II)PTzn)、3,3'-双(9-苯基-9H-呋唑)(简称:PCCP)及客

体材料(磷光发光物质)的[2-(4-苯基-2-吡啶基- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C]双[2-(2-吡啶基- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C]铱(III)(简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] )。

[0192] 于是,对mINc(II)PTzn及PCCP的磷光光谱分别进行测量,图4示出mINc(II)PTzn的磷光光谱,图5示出PCCP的磷光光谱。

[0193] 从图4的磷光光谱可知,mINc(II)PTzn的短波长一侧的发光端(光谱的Onset)是462nm,换算为能量的值是2.684eV。此外,从图5的结果可知,PCCP的短波长一侧的发光端(光谱的Onset)是456nm,换算为能量的值是2.719eV。

[0194] 因此,在发光器件3的发光层中,相当于第一有机化合物的mINc(II)PTzn的T1能级和相当于第二有机化合物的PCCP的T1能级中较低的一方的T1能级(mINc(II)PTzn的T1能级)是2.684eV,因此发光器件3的 $T_{H(edge)}$ 可以是2.684eV。此外,在没有反系间窜跃的情况下,发光层中的从主体材料到客体材料(发光物质)的三重激发能量转移从PCCP和mINc(II)PTzn中的T1能级较低的一方即mINc(II)PTzn产生。

[0195] 注意,对于表1所示的各发光器件中的主体材料进行与发光器件3同样的测量,其结果,各发光器件的能够从第一有机化合物、第二有机化合物的磷光光谱算出的 $T_{H(edge)}$ 与表1的在发光层中被用作主体材料的材料的 $T_{H(edge)}$ 一致(即,各主体材料的T1能级低于PCCP)。因此,在各发光器件的发光层中,三重激发能量从具有下表2所示的 $T_{H(edge)}$ 的主体材料转移到客体材料(发光物质)。

[0196] [表2]

	主体材料		主体材料 $T_{H(edge)} [eV]$
标准器件	ref.	mPCCzPTzn-02	2.578
发光器件 1 (对比例)	①	2mDBTBPDBq-II	2.455
发光器件 2 (对比例)	②	2mPCCzPDBq-02	2.465
发光器件 3 (对比例)	③	mINc (II) PTzn	2.684
发光器件 4	④	8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm	2.485
发光器件 5	⑤	8mDBtBPNfpm	2.475
发光器件 6 (对比例)	⑥	3, 8mDBtP2Bfpr	2.362
发光器件 7 (对比例)	⑦	4, 8mDBtP2Bfpm	2.701

[0197] 接着,算出表1所示的用于各发光器件的发光层中的客体材料( $[Ir(ppy)_2(4dppy)]$ )的 $T_{D(edge)}$ 。 $T_{D(edge)}$ 可以从 $[Ir(ppy)_2(4dppy)]$ 的吸收光谱的吸收端算出。

[0198] 吸收光谱的吸收端是:在吸收光谱的最长波长一侧的棱线上,在最长波长一侧的峰值或肩峰的半值附近划切线时该切线与横轴交叉的点的波长。根据该值可以算出 $T_{D(edge)}$ 。例如,在图6所示的吸收光谱中,在最长波长一侧的肩峰(490nm附近)的半值附近划切线时该切线与横轴交叉的点(516nm)是吸收端。并且,根据该值可以求出客体材料( $[Ir(ppy)_2(4dppy)]$ )的 $T_{D(edge)}$ 为2.403eV。

[0199] 于是,算出各发光器件中的主体材料的 $T_{H(edge)}$ 与客体材料的 $T_{D(edge)}$ 之能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )。表3示出其结果。

[0200] [表3]



	主体材料		$T_{H(edge)} - T_{D(edge)} [eV]^*$
标准器件	ref.	mPCCzPTzn-02	0.175
发光器件 1 (对比例)	①	2mDBTBPDq-II	0.052
发光器件 2 (对比例)	②	2mPCCzPDBq-02	0.062
发光器件 3 (对比例)	③	mINc (II) PTzn	0.281
发光器件 4	④	8βN-4mDBtPBfpm	0.082
发光器件 5	⑤	8mDBtBPNfpm	0.072
发光器件 6 (对比例)	⑥	3, 8mDBtP2Bfpr	-0.041
发光器件 7 (对比例)	⑦	4, 8mDBtP2Bfpm	0.298

\* $T_{D(edge)} = 2.403 [eV]$  (吸收端: 516nm)

[0201] 此外,测量各发光器件的外量子效率,从测量结果算出以标准器件的值为标准的归一化外量子效率(参照表4)。其结果,由图2可知,归一化外量子效率无论主体材料的 $T_{H(edge)}$ 与客体材料的 $T_{D(edge)}$ 之能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )如何都是相同的。在发光器件6中, $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 为负值,由此可认为是吸热性的三重激发能量转移,但是这差异不影响到发光效率。也就是说, $T_{H(edge)}$ 的位置对发光效率的影响很小。然而,本发明人发现对可靠性的影响很大。

[0202] 在此,对直到各发光器件的亮度衰减到初始亮度的70%为止的时间(LT70)进行测量,根据测量结果算出以标准器件的值为标准的归一化寿命(参照表4)。图1示出其结果。

[0203] [表4]

	主体材料		归一化外量子效率	归一化寿命 (LT70)
标准器件	ref.	mPCCzPTzn-02	1.000	1.000
发光器件 1 (对比例)	①	2mDBtBPDBq-II	1.012	0.555
发光器件 2 (对比例)	②	2mPCCzPDBq-02	1.000	0.628
发光器件 3 (对比例)	③	mINc (II) PTzn	1.029	1.026
发光器件 4	④	8βN-4mDBtPBfpm	1.046	1.200
发光器件 5	⑤	8mDBtBPNfpm	1.056	1.054
发光器件 6 (对比例)	⑥	3, 8mDBtP2Bfpr	0.967	0.292
发光器件 7 (对比例)	⑦	4, 8mDBtP2Bfpm	0.946	1.013

[0204] 发光器件6的效率,但其寿命大幅度地减少。换言之,三重激发能量的吸热性的能量转移的效率较高,但其寿命大幅度地减少。更重要的是,发光器件1和发光器件2的行动。在这些器件中,可以被估计为产生发热性的三重激发能量转移(即 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 转换为正值),但其寿命减少。也就是说,该区域是发热性能量转移区域,一般认为是主体材料的能量(在效率的观点上)充分高的区域,但在寿命的观点上不充分高。另一方面,发光器件4及发光器件5的寿命急剧得到提高,其长于标准器件。如此,为了确保寿命,需要满足 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值不仅是0以上,而且是一定程度的正值。这是本发明的构成要素之一。也就是说,从图1导出 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值需要为0.07eV以上。

[0205] 另一方面,即便 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值为0.07eV以上,标准器件、发光器件3及发光器件7的寿命短于发光器件4及发光器件5。这应该考虑 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值及/或反系间窜跃的影响。注意,如下所述,标准器件、发光器件3及发光器件7受到反系间窜跃的影响,若 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值与反系间窜跃相比更影响到寿命下降,则 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值更优选为0.17eV(这是因为标准器件、发光器件3及发光器件7的 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 分别为0.175eV、0.281eV及0.298eV)。

[0206] 接着,说明反系间窜跃的影响。在本实施例所制造的各发光器件中,激基复合物由多个主体材料(第一有机化合物及第二有机化合物)形成而将能量转移到客体(磷光发光物质),其结果得到磷光发光。在这种发光器件中,若发光层几乎不发生反系间窜跃时,则在原理上将能量从载流子的复合所生成的25%的单重激子和75%的三重激子的每一个转移到

客体(磷光发光物质)。第一有机化合物及第二有机化合物不形成激基复合物的情况也是同样的,这是本发明的宗旨。然而,在主体材料的S1能级(在形成激基复合物时为激基复合物的S1能级)与 $T_{H(edge)}$ 之能量差为0.2eV以内的情况下,主体材料的反系间窜跃占优势,因此在从主体材料到客体材料的能量转移中,从单重激发态的路径占优势。在本发明的一个方式中,如上所述,在从三重激发态的能量转移占优势的情况下初次发生效果,从单重激发态的路径占优势的状态不是优选的。

[0207] 也就是说,在关于主体材料的 $T_{H(edge)}$ 与客体材料的 $T_{D(edge)}$ 之间的能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )的条件、以及上述不发生反系间窜跃的条件下,即能量从所生成的75%的三重激子直接转移到客体材料的情况下有效果。在此,从图1所示的结果可知,在本实施例所制造的发光器件中,标准器件、发光器件3及发光器件7的归一化寿命短于发光器件4及发光器件5。以下示出在标准器件、发光器件3及发光器件7的主体材料中发生反系间窜跃的条件。

[0208] 首先,从发光器件3的发光层所包含的混合mINc(II)PTzn和PCCP而成的材料(在形成激基复合物时为激基复合物)的荧光光谱的短波长一侧的发光端导出S1能级,将其算出为混合mINc(II)PTzn和PCCP的材料的 $S'_{H(edge)}$ 。

[0209] 荧光光谱的发光端示出:在短波长一侧的棱线上,在最短波长一侧的峰值的半值附近划切线时该切线与横轴交叉的点的波长。根据该值可以算出 $S'_{H(edge)}$ 。例如,在图7所示的荧光光谱中,在最短波长一侧的峰值(513nm)的半值附近划切线时该切线与横轴交叉的点(448nm)是发光端。并且,根据该值可以求出图7所示的呈现荧光光谱的物质的 $S'_{H(edge)}$ 为2.768eV。因此,可以被求出为 $\Delta E_{s,t} = S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} = 0.084\text{eV}$ 。

与此同样,标准器件的 $\Delta E_{s,t}$ 被求出为0.171eV。

[0210] 在此,表5示出 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 为0.07eV以上的标准器件、发光器件3至5及发光器件7的 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 及 $\Delta E_{s,t} = S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的数值。

[0211] [表5]

	主体材料	$T_{H(edge)}$ [eV]	$T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ [eV]*	$S'_{H(edge)}$ [eV]	$S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ [eV]
标准器件	mPCCzPTzn-02	2.578	0.175	2.749	0.171
发光器件3 (对比例)	mINc(II)PTzn	2.684	0.281	2.768	0.084
发光器件4	8βN-4mDBtPBfpm	2.485	0.082	2.786	0.301
发光器件5	8mDBtBPNfpm	2.475	0.072	2.792	0.317
发光器件7 (对比例)	4,8mDBtP2Bfpm	2.701	0.298	2.831	0.130

\* $T_{D(edge)} = 2.403\text{[eV]}$  (吸收端:516nm)

[0212] 标准器件满足 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 为0.07eV以上且0.27eV以下的条件,但是 $\Delta E_{s,t}$ 小于

0.2eV,这是发生反系间窜跃的条件。此外, $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 不满足0.07eV以上且0.17eV以下的条件。发光器件3及发光器件7还不满足 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 为0.07eV以上且0.27eV以下的条件,并且 $\Delta E_{s,t}$ 小于0.2eV。由此,这些器件的寿命短于发光器件4及发光器件5。

[0213] 另一方面,发光器件4及发光器件5满足 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 为0.07eV以上且0.27eV以下的条件, $\Delta E_{s,t}$ 都在0.3eV以上且小于0.4eV的范围内,反系间窜跃不占优势。其结果,发光器件4及发光器件5是在本实施例中寿命最长的器件。此外,这些器件满足 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 为0.07eV以上且0.17eV以下的条件。

[0214] 注意,在 $\Delta E_{s,t}$ 过大时,激发能量比客体材料过大,从而容易发生起因于单重激发态的劣化。因此, $\Delta E_{s,t}$ 优选为0.5eV以下。

[0215] 如上所述,根据本实施例的结果可知,本发明的一个方式的发光器件可以在如下条件下具有长寿命:主体材料的 $T_{H(edge)}$ 与客体材料的 $T_{D(edge)}$ 之能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )在0.07eV以上且0.27eV以下的范围内,优选在0.07eV以上且0.17eV以下的范围内,并且主体材料的 $S'_{H(edge)}$ 与主体材料的 $T_{H(edge)}$ 之能量差( $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ )在0.2eV以上且0.5eV以下的范围内。

[0216] 注意,上述条件可以以算式(1)及算式(2)表示。但是,当进一步着眼于 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值时,与算式(1)相比算式(3)是更优选的。

[0217] [算式6]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \cdots (1)$$

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.5\text{eV} \cdots (2)$$

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.17\text{eV} \cdots (3)$$

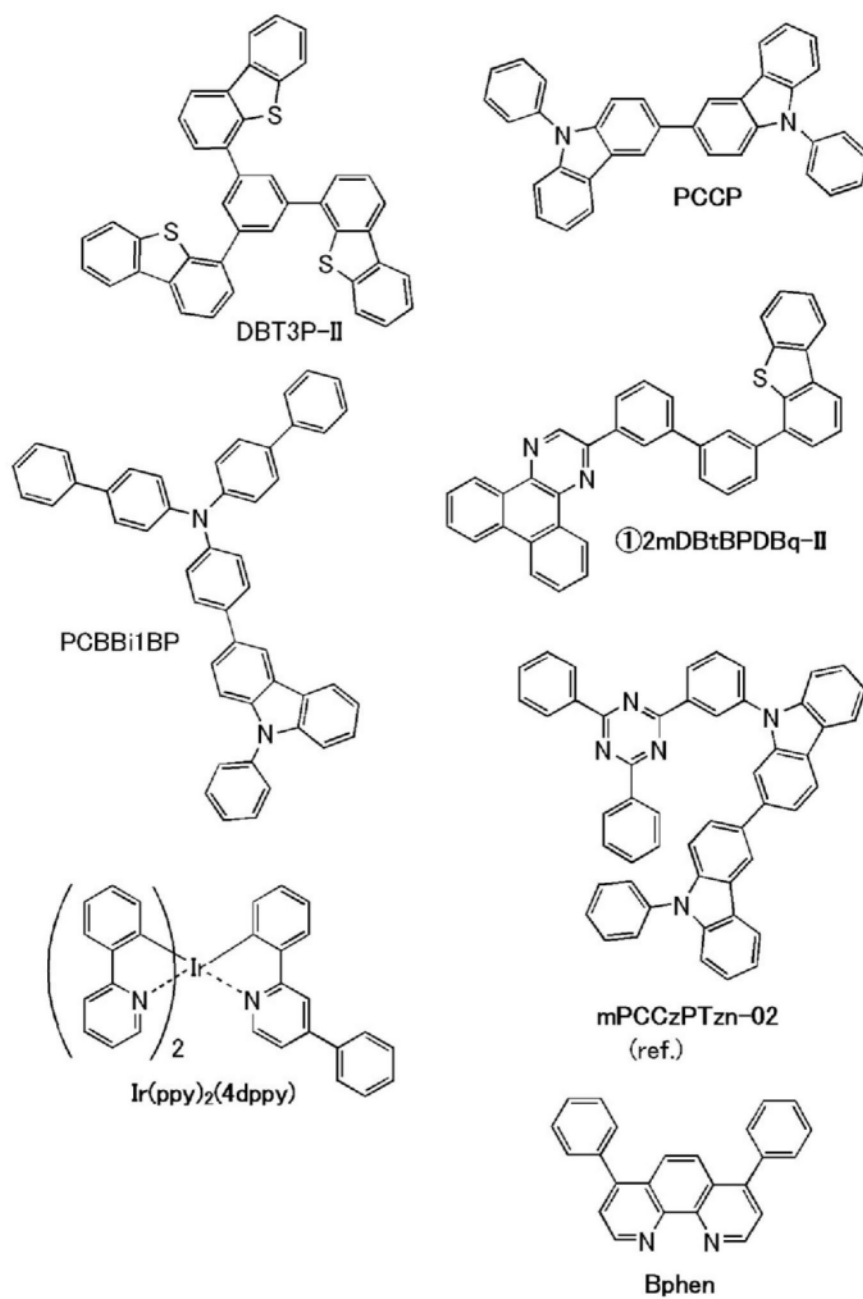
[0218] 注意,关于在本实施例中使用的标准器件、发光器件1至发光器件7,将在实施例2中说明其制造方法及器件特性。

[实施例2]

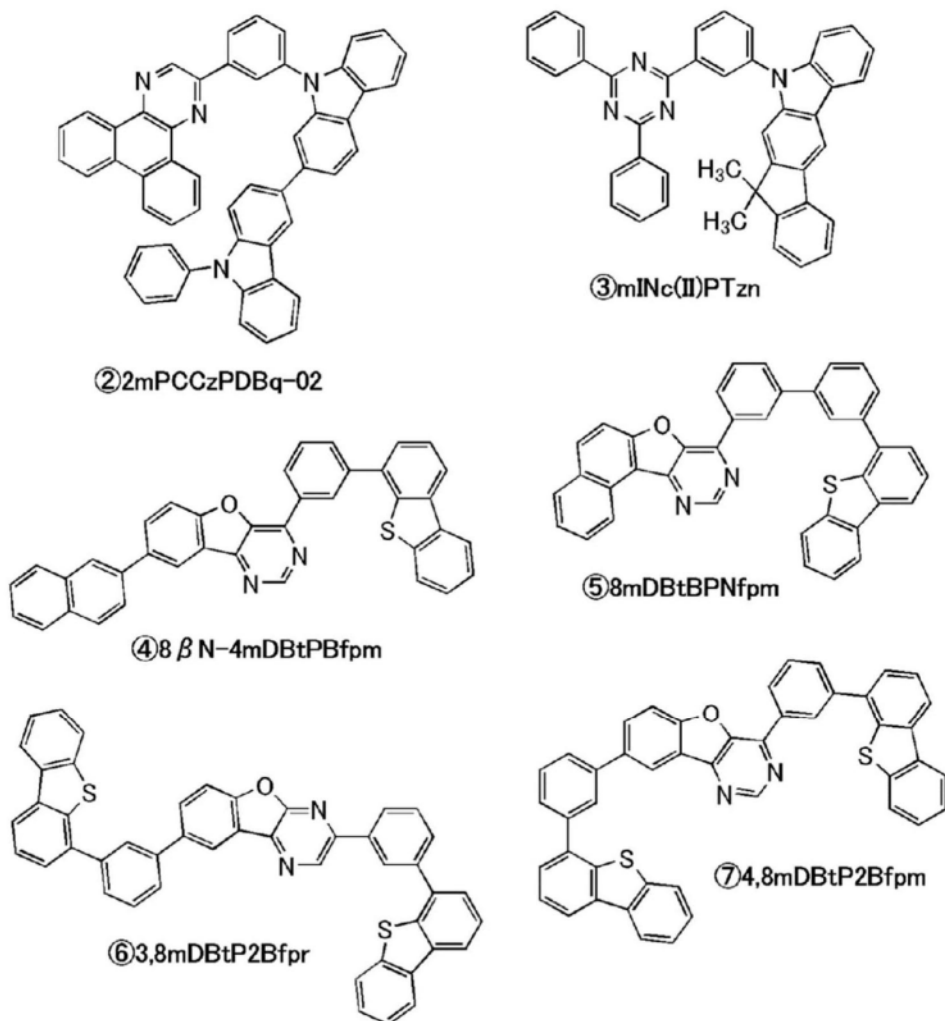
[0219] 在本实施例中,示出制造EL层902的叠层结构不同的多个发光器件(发光器件1至发光器件7)而得到的器件特性。另外,作为对比发光器件,按照发光器件(发光器件1至发光器件7)分别制造在发光层913中至少包含9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-联-9H-咔唑(简称:mPCCzPTzn-02)的多个对比发光器件(对比发光器件a1至a5),将它们与各发光器件进行比较。注意,在本实施例中制造的发光器件(发光器件1至发光器件7及对比发光器件a1至a5)都在发光层913中使用发光物质(双[2-(2-吡啶基-κN)苯基-κC][2-(4-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]铱(III)(简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]))。

[0220] 下面,说明上述发光器件的具体器件结构及其制造方法。注意,在本实施例中说明的发光器件的器件结构如图15所示。此外,下面示出在本实施例中使用的材料的化学式。附上化学式的简称的号码与实施例1相同。

[0221] [化学式3]



[0222] [化学式4]



[0223] 首先,在本实施例中,说明发光器件1及用来进行比较的对比发光器件a1的制造方法。注意,各发光器件的具体结构如下表6所示。

[0224] [表6]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层	电子 注入层	第二 电极
发光器件1	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:150nm)	PCBBiBP (20nm)	*	2mDBtBPDBq-II (20nm)	Bphen (15nm) LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 a1	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:150nm)	PCBBiBP (20nm)	**	mPCCzPTzn-02 (20nm)	Bphen (15nm) LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2mDBtBPDBq-II:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)](0.6:0.4:0.140nm)

\*\*mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)](0.6:0.4:0.140nm)

[0225] 《发光器件的制造》

〈发光器件1和对比发光器件a1的制造〉

如图15所示,本实施例所示的发光器件具有如下结构:在形成于衬底900上的第一电极901上依次层叠有空穴注入层911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914以及电子注入层915,且在电子注入层915上层叠有第二电极903。

[0226] 首先,在衬底900上形成第一电极901。电极面积为 $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )。

另外,作为衬底900使用玻璃衬底。第一电极901通过利用溅射法形成厚度为70nm的包含氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)而形成。

[0227] 在此,作为预处理,利用水对衬底表面进行洗涤,在 $200^\circ\text{C}$ 的温度下焙烧1小时,然后进行UV臭氧处理370秒。然后,将衬底放入其内部被减压到 $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,在 $170^\circ\text{C}$ 的温度下进行真空焙烧30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0228] 接着,在第一电极901上形成空穴注入层911。在真空蒸镀装置内被减压到 $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 之后,将DBT3P-II和氧化钼以质量比为DBT3P-II:

氧化钼=2:1且厚度为50nm的方式共蒸镀,以形成空穴注入层911。

[0229] 接着,在空穴注入层911上形成空穴传输层912。以厚度为20nm的方式蒸镀PCBBi1BP,以形成空穴传输层912。

[0230] 接着,在空穴传输层912上形成发光层913。

[0231] 在发光器件1的发光层913中,使用2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDq-II)及3,3'-双(9-苯基-9H-吡唑)(简称:PCCP),并且作为客体材料(磷光发光物质)使用[2-(4-苯基-2-吡啶基- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ]双[2-(2-吡啶基- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ]铱(III)(简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]),以重量比为mINc(II)PTzn:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]=0.6:0.4:0.1的方式进行共蒸镀。将其厚度设定为40nm。

[0232] 在对比发光器件a1中,使用9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-联-9H-吡唑(简称:mPCCzPTzn-02)及PCCP,并且作为客体材料(磷光发光物质)使用[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)],以重量比为mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]=0.6:0.4:0.1的方式进行共蒸镀。将其厚度设定为40nm。

[0233] 接着,在发光层913上形成电子传输层914。

[0234] 在发光器件1中,以2mDBTBPDq-II的厚度为20nm且Bphen的厚度为15nm的方式依次进行蒸镀,形成电子传输层914。在对比发光器件a1中,以mPCCzPTzn-02的厚度为20nm且Bphen的厚度为15nm的方式依次进行蒸镀,形成电子传输层914。

[0235] 接着,在电子传输层914上形成电子注入层915。电子注入层915通过以厚度为1nm的方式蒸镀氟化锂(LiF)而形成。

[0236] 接着,在电子注入层915上形成第二电极903。第二电极903通过以厚度为200nm的方式蒸镀铝而形成。在本实施例中,第二电极903被用作阴极。

[0237] 通过上述工序在衬底900上形成在一对电极之间夹有EL层的发光器件。另外,上述工序中说明的空穴注入层911、空穴传输层912、发光层913、电子传输层914以及电子注入层915是构成本发明的一个方式中的EL层的功能层。另外,在上述制造方法的蒸镀过程中,都利用电阻加热法进行蒸镀。

[0238] 另外,使用另一衬底(未图示)密封如上所述那样制成的发光器件。使用另一衬底(未图示)进行密封时,在氮气氛的手套箱内将涂敷有因紫外光线而固化的密封剂的另一衬

底(未图示)固定于衬底900上,并以密封剂附着于衬底900上形成的发光器件的周围的方式将衬底彼此粘合。在密封时以 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 照射365nm的紫外光,并且以 $80^\circ\text{C}$ 进行1小时的加热处理来使密封剂稳定化。

[0239] 《发光器件的工作特性1》

对所制造的各发光器件的工作特性进行测量。测量在室温(保持为 $25^\circ\text{C}$ 的气氛)下进行。作为发光器件1及对比发光器件a1的工作特性的结果,图16示出电流密度-亮度特性,图17示出电压-亮度特性,图18示出亮度-电流效率特性,图19示出电压-电流特性。

[0240] 此外,下面的表7示出 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0241] [表7]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	色度 (x, y)	亮度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	电流效率 ( $\text{cd}/\text{A}$ )	功率效率 ( $\text{lm}/\text{W}$ )	外量子效率 (%)
发光器件 1	3.5	0.047	1.2	(0.45, 0.54)	950	81	73	24
对比发光 器件 a1	3.3	0.045	1.1	(0.45, 0.54)	900	79	75	24

[0242] 图20示出以 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图20可知各发光器件的发射光谱都在561nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})]$ 的发光。

[0243] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图21示出可靠性测试的结果。在图21中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以2mA的恒流驱动测试。

[0244] 接着,示出具有与上述各发光器件不同的结构的发光器件(发光器件2及对比发光器件a2)。注意,这些发光器件也可以利用与上述发光器件同样的方法制造。下表8示出具体结构。

[0245] [表8]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层		电子 注入层	第二 电极
发光器件 2	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBi1BP (20nm)	*	2mPCCzPDBq-02 (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 a2	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBi1BP (20nm)	**	mPCCzPTzn-02 (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2mPCCzPDBq-02:PCCP: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})]$ (0.8:0.2:0.140nm)



\*\*mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)](0.6:0.4:0.140nm)

[0246] 注意,表8中的2mPCCzPDBq-02表示2-{3-[2-(N-苯基-9H-吡唑-3-基)-9H-吡唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉。

[0247] 《发光器件的工作特性2》

对所制造的发光器件2及对比发光器件a2的工作特性进行测量。

测量在室温下进行。图22至图25示出其结果。

[0248] 此外,下面的表9示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0249] [表9]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光器件2	3.4	0.045	1.1	(0.47, 0.53)	860	76	70	24
对比发光 器件 a2	3.3	0.051	1.3	(0.46, 0.53)	990	78	74	24

[0250] 图26示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图26可知各发光器件的发射光谱都在560nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的发光。

[0251] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图27示出可靠性测试的结果。在图27中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以2mA的恒流驱动测试。

[0252] 接着,示出具有与上述各发光器件不同的结构的发光器件(发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3)。注意,这些发光器件也可以利用与上述发光器件同样的方法制造。下表10示出具体结构。

[0253] [表10]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层		电子 注入层	第二 电极
发光器件 3	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	mINc (II) PTzn (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
发光器件 4	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	8βN-4mDBtPBfpm (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 a3	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	***	mPCCzPTzn-02 (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*mINc (II) PTzn:PCCP: [Ir (ppy)<sub>2</sub> (4dppy)] (0.6:0.4:0.140nm)

\*\*8βN-4mDBtPBfpm:PCCP: [Ir (ppy)<sub>2</sub> (4dppy)] (0.6:0.4:0.140nm)

\*\*\*mPCCzPTzn-02:PCCP: [Ir (ppy)<sub>2</sub> (4dppy)] (0.6:0.4:0.140nm)

[0254] 注意,表10中的mINc (II) PTzn表示5-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-7,7-二甲基-5H,7H-茚并[2,1-b]呋唑,8βN-4mDBtPBfpm表示4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶。

[0255] 《发光器件的工作特性3》

对所制造的发光器件3、发光器件4及对比发光器件a3的工作特性进行测量。测量在室温下进行。图28至图31示出其结果。

[0256] 此外,下面的表11示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0257] [表11]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光器件 3	3.1	0.038	0.94	(0.46, 0.53)	740	78	79	25
发光器件 4	3.1	0.037	0.92	(0.46, 0.53)	730	80	81	25
对比发光 器件 a3	3.3	0.050	1.3	(0.46, 0.53)	960	77	73	23

[0258] 图32示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图32可知各发光器件的发射光谱都在564nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的[Ir (ppy)<sub>2</sub> (4dppy)]的发光。

[0259] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图33示出可靠性测试的结果。在图33中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以2mA的恒流驱动测试。

[0260] 接着,示出具有与上述各发光器件不同的结构的发光器件(发光器件5及对比发光器件a4)。注意,这些发光器件也可以利用与上述发光器件同样的方法制造。下表12示出具体结构。

[0261] [表12]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层		电子 注入层	第二 电极
发光器件 5	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	mPCCzPTzn-02 (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 a4	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	mPCCzPTzn-02 (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*8mDBtBPNfpm:PCCP:Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)(0.6:0.4:0.140nm)

\*\*mPCCzPTzn-02:PCCP:Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)(0.6:0.4:0.140nm)

[0262] 注意,表11中的8mDBtBPNfpm表示8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶。

[0263] 《发光器件的工作特性4》

对所制造的发光器件5及对比发光器件a4的工作特性进行测量。测量在室温下进行。图34至图37示出其结果。

[0264] 此外,下面的表13示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0265] [表13]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光器件 5	3.2	0.044	1.1	(0.45, 0.54)	960	88	86	26
对比发光 器件 a4	3.2	0.041	1.0	(0.45, 0.54)	850	82	80	24

[0266] 图38示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图38可知各发光器件的发射光谱都在559nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的发光。

[0267] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图39示出可靠性测试的结果。在图39中,纵

轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以2mA的恒流驱动测试。

[0268] 接着,示出具有与上述各发光器件不同的结构的发光器件(发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5)。注意,这些发光器件也可以利用与上述发光器件同样的方法制造。下表14示出具体结构。

[0269] [表14]

	第一 电极	空穴注入层	空穴传输层	发光层	电子传输层	电子 注入层	第二 电极
发光器件 6	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	3,8mDBtP2Bfpr (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
发光器件 7	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	4,8mDBtP2Bfpm (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm) Al (200nm)
对比发光 器件 a5	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:150nm)	PCBBi1BP (20nm)	***	mPCCzPTzn-02 (20nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm) Al (200nm)

\*3,8mDBtP2Bfpr:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)](0.6:0.4:0.140nm)

\*\*4,8mDBtP2Bfpm:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)](0.6:0.4:0.140nm)

\*\*\*mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)](0.6:0.4:0.140nm)

[0270] 注意,表14中的3,8mDBtP2Bfpr表示3,8-双[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]苯并呋喃并[2,3-b]吡嗪,4,8mDBtP2Bfpm表示4,8-双[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶。

[0271] 《发光器件的工作特性5》

对所制造的发光器件6、发光器件7及对比发光器件a5的工作特性进行测量。测量在室温下进行。图40至图43示出其结果。

[0272] 此外,下面的表15示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0273] [表15]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
--	-----------	------------	-------------------------------	--------------	----------------------------	----------------	----------------	--------------

发光器件 6	3.4	0.052	1.3	(0.47, 0.53)	980	75	69	23
发光器件 7	3.8	0.059	1.5	(0.45, 0.54)	1100	76	63	23
对比发光器件 a5	3.3	0.045	1.1	(0.45, 0.54)	900	80	76	24

[0274] 图44示出以 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图44可知各发光器件的发射光谱都在560nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})]$ 的发光。

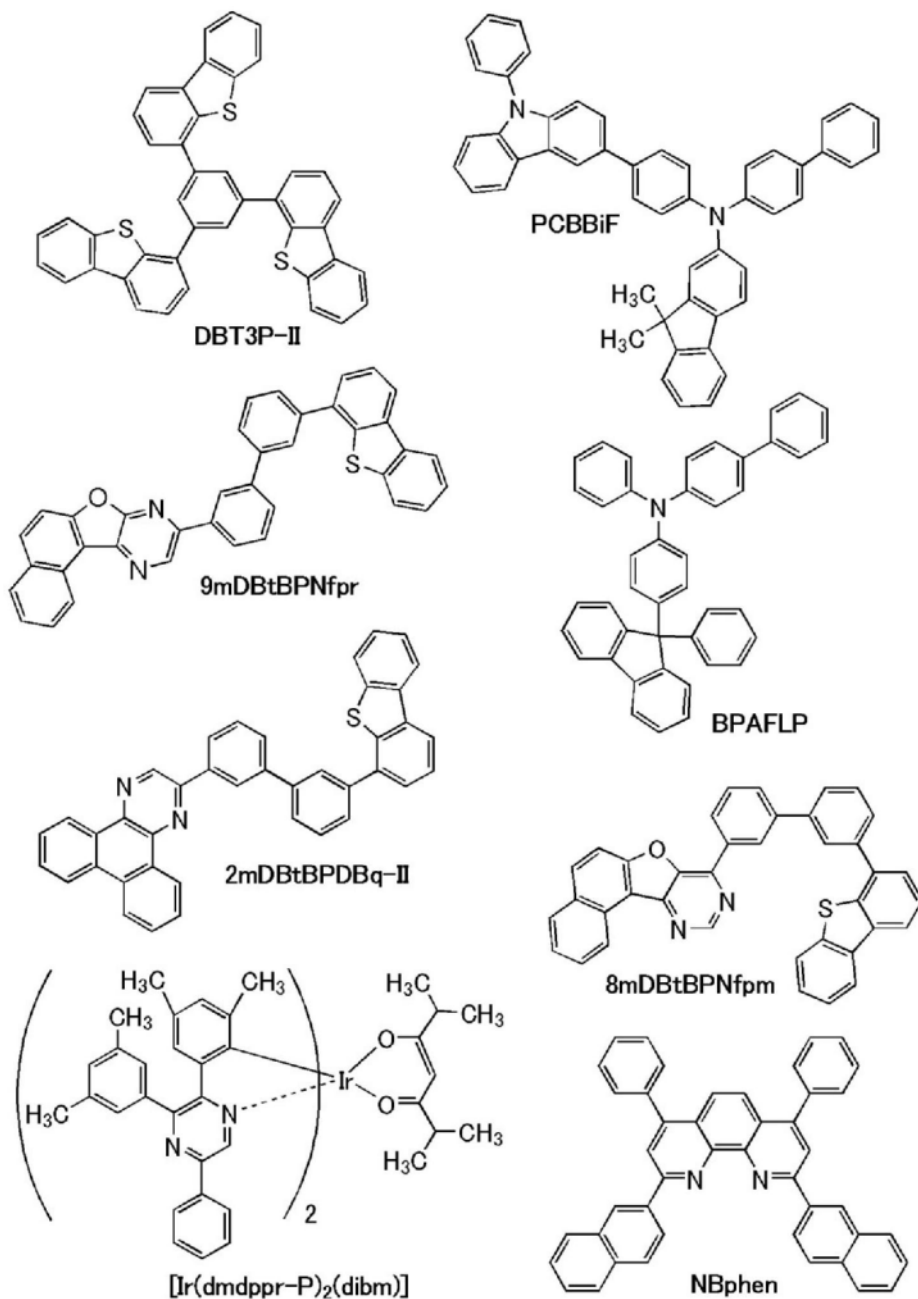
[0275] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图45示出可靠性测试的结果。在图45中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以2mA的恒流驱动测试。

#### [实施例3]

[0276] 在本实施例中,说明制造将其发光波长比实施例1及实施例2所示的发光器件更长的客体材料用于发光层中的发光器件的情况。注意,在本实施例中使用的客体材料是双{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,6-二甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )铱(III)(简称: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ )。在本实施例中说明的发光器件的器件结构如图15所示,制造方法与实施例2同样。

[0277] 以下示出本实施例中的用于各发光器件的材料的化学式。另外,下表16示出各发光器件的具体结构。

[0278] [化学式5]



[0279] [表16]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层	电子 注入层	第二 电极
--	----------	-------	-----------	-----	-------	-----------	----------

发光器件 8	ITS0 (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:175nm)	BPAFLP (20nm)	*	9mDBtBPNfpr (30nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 b1	ITS0 (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:175nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBtBPDBq-II (30nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 b2	ITS0 (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:175nm)	BPAFLP (20nm)	***	8mDBtBPNfpm (30nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*9mDBtBPNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)](0.75:0.25:0.140nm)

\*\*2mDBtBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)](0.75:0.25:0.140nm)

\*\*\*8mDBtBPNfpm:PCBBiF:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)](0.75:0.25:0.140nm)

[0280] 注意,表16中的BPAFLP表示4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯基胺。9mDBtBPNfpr表示9-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪,2mDBtBPDBq-II表示2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉,8mDBtBPNfpm表示8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶,PCBBiF表示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。

[0281] 《发光器件的工作特性》

对所制造的发光器件8、对比发光器件b1及对比发光器件b2的工作特性进行测量。测量在室温下进行。图46至图49示出其结果。

[0282] 此外,下面的表17示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0283] [表17]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光器件 8	3.2	0.25	6.2	(0.71, 0.29)	930	15	15	26
对比发光 器件 b1	3.7	0.29	7.2	(0.71, 0.29)	1000	14	12	25
对比发光 器件 b2	3.7	0.31	7.7	(0.71, 0.29)	1000	13	11	22

[0284] 图50示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图50可知各发光器件的发射光谱都在640nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)]的发光。

[0285] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图51示出可靠性测试的结果。在图51中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以3mA的恒流驱动测试。

[0286] 根据上述工作特性的结果算出各发光器件的归一化外量子效率及归一化寿命(LT70)。表18示出其结果。注意,以对比发光器件b1的值为标准使各发光器件归一化来进行计算。

[0287] [表18]

	主体材料	归一化外量子效率	归一化寿命(LT70)
发光器件 8	9mDBtBPNfpr	1.034	2.689
对比发光器件 b1	2mDBTBPDQ-II	1.000	1.000
对比发光器件 b2	8mDBtBPNfpm	0.876	1.094

[0288] 另外,与实施例1同样地算出:混合在本实施例中制造的各发光器件的发光层所包含的PCBBiF和表18所示的主体材料而成的材料(在形成激基复合物时为激基复合物)的 $T_{H(edge)}$ 和 $S'_{H(edge)}$ 以及客体材料( $[Ir(ppy)_2(4dpp)]$ )的 $T_{D(edge)}$ 。表19示出其结果。注意, $[Ir(dmdppr-P)_2(dibm)]$ 的 $T_{D(edge)}$ 是1.974eV。

[0289] [表19]

	主体材料	$T_{H(edge)}$ [eV]	$T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ [eV]*	$S'_{H(edge)}$ [eV]	$S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ [eV]
发光器件8	9mDBtBPNfpr	2.175	0.201	2.583	0.408
对比发光器件b1	2mDBTBPDQ-II	2.455	0.481	2.743	0.288
对比发光器件b2	8mDBtBPNfpm	2.475	0.501	2.621	0.146

\* $T_{D(edge)} = 1.974$  [eV] (吸收端:628nm)

[0290] 如表18所示,发光器件8的归一化寿命长于对比发光器件b1及对比发光器件b2。根据表19的结果可知,只有发光器件8满足实施方式1所示的算式(1)及算式(2)的两个条件,即 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值为0.07eV以上且0.27eV以下,并且 $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的值为0.2eV以上且0.5eV以下,由此发光器件8具有长寿命。

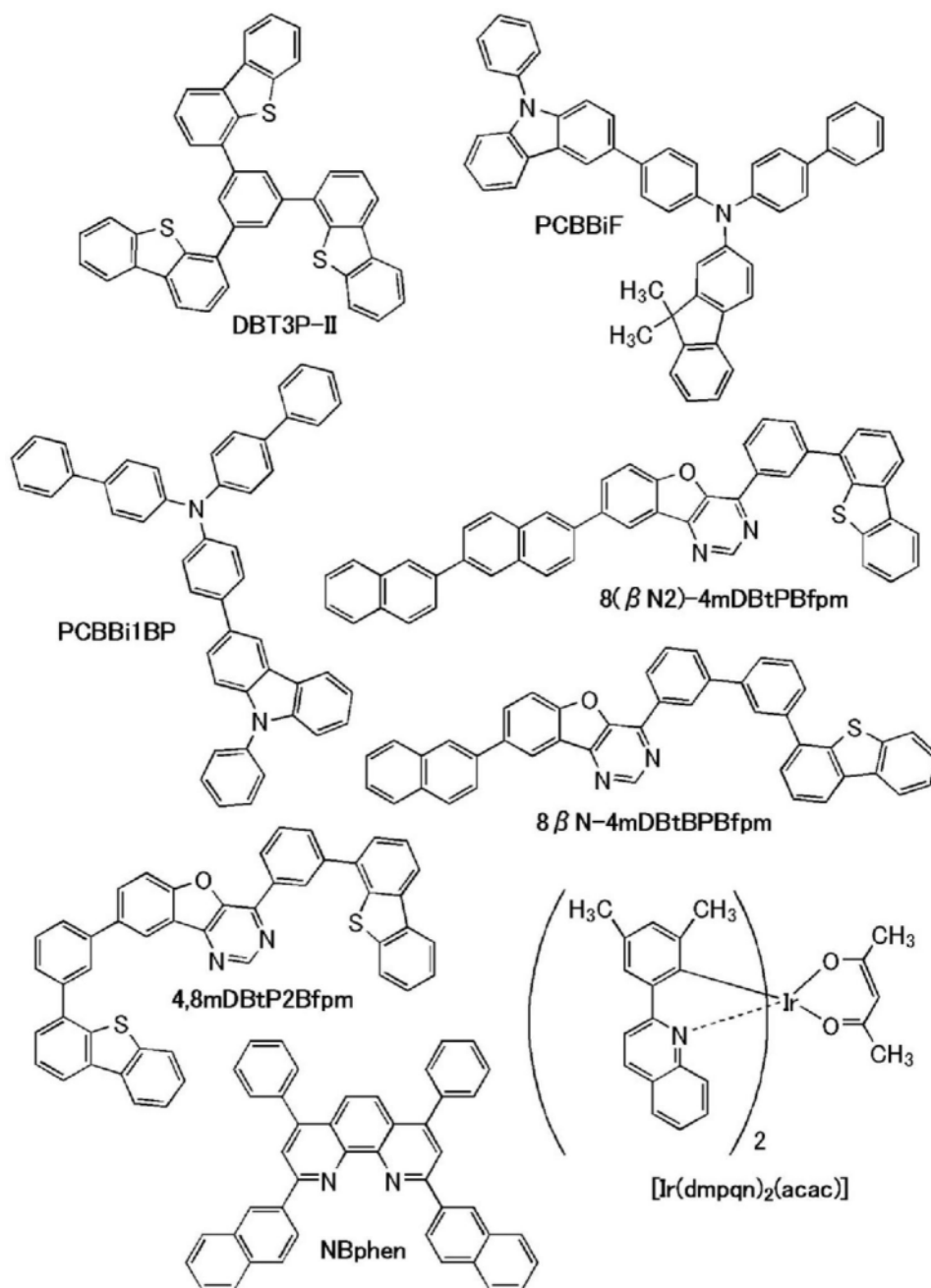
[实施例4]

[0291] 在本实施例中,说明与实施例3所示的发光器件同样地制造将发光波长长的客体材料用于发光层中的发光器件的情况。注意,在本实施例中使用的客体材料是双[4,6-二甲基-2-(2-喹啉-κN)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ<sup>2</sup>O,0')铱(III)(简称: $[Ir(dmpqn)_2(acac)]$ )。在本实施例中说明的发光器件的器件结构如图15所示,制造方法与实施例2同样。

[0292] 以下示出本实施例中的用于各发光器件的材料的化学式。另外,下表20示出各发光器件的具体结构。

[0293] [化学式6]





[0294] [表20]

	第一 电极	空穴 注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层	电子 注入层	第二 电极
--	----------	-----------	-----------	-----	-------	-----------	----------

发光器件 9	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:160nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	8( $\beta$ N2)-4mDBtPBfpm (25nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 c1	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:160nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	4,8mDBtP2Bfpm (25nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
对比发光 器件 c2	ITO (70nm)	DBT3P-II:MoOx (2:160nm)	PCBBi1BP (20nm)	***	8 $\beta$ N-4mDBtBPBfpm (25nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*8( $\beta$ N2)-4mDBtPBfpm:PCBBiF:[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)](0.75:0.25:0.140nm)

\*\*4,8mDBtP2Bfpm:PCBBiF:[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)](0.75:0.25:0.140nm)

\*\*\*8 $\beta$ N-4mDBtBPBfpm:PCBBiF:[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)](0.75:0.25:0.140nm)

[0295] 注意,表20中的PCBBi1BP表示4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯基胺,8( $\beta$ N2)-4mDBtPBfpm表示8-[(2,2'-联萘)-6-基]-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶,4,8mDBtP2Bfpm表示4,8-双[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶,8 $\beta$ N-4mDBtBPBfpm表示4-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶。

[0296] 《发光器件的工作特性》

对所制造的发光器件9、对比发光器件c1及对比发光器件c2的工作特性进行测量。测量在室温下进行。图52至图55示出其结果。

[0297] 此外,下面的表21示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0298] [表21]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光器件 9	3.7	0.31	7.7	(0.68, 0.32)	1100	14	12	16
对比发光 器件 c1	3.6	0.27	6.8	(0.68, 0.32)	970	14	12	16
对比发光 器件 c2	3.6	0.28	6.9	(0.68, 0.32)	1100	14	12	16

[0299] 图56示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图56可知各发光器件的发射光谱都在626nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)]的发光。

[0300] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图57示出可靠性测试的结果。在图57中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以3mA的恒流驱动测试。

[0301] 根据上述工作特性的结果算出各发光器件的归一化外量子效率及归一化寿命(LT70)。表22示出其结果。注意,以对比发光器件c1的值为标准使各发光器件归一化来进行计算。

[0302] [表22]

	主体材料	归一化外量子效率	归一化寿命 (LT90)
发光器件 9	8 ( $\beta$ N2) -4mDBtPBfpm	1.034	4.300
对比发光器件 c1	4, 8mDBtP2Bfpm	1.000	1.000
对比发光器件 c2	8 $\beta$ N-4mDBtBPBfpm	0.876	2.182

[0303] 另外,与实施例1同样地算出:混合在本实施例中制造的各发光器件的发光层所包含的PCBBiF和表22所示的主体材料而成的材料(在形成激基复合物时为激基复合物)的 $T_{H(edge)}$ 和 $S'_{H(edge)}$ 以及客体材料( $[Ir(dmpqn)_2(acac)]$ )的 $T_{D(edge)}$ 。表23示出其结果。注意, $[Ir(dmpqn)_2(acac)]$ 的 $T_{D(edge)}$ 是2.039eV。

[0304] [表23]

	主体材料	$T_{H(edge)}$ [eV]	$T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ [eV]*
发光器件9	8 ( $\beta$ N2) -4mDBtPBfpm	2.288	0.249
对比发光器件c1	4, 8mDBtP2Bfpm	2.701	0.662
对比发光器件c2	8 $\beta$ N-4mDBtBPBfpm	2.485	0.445

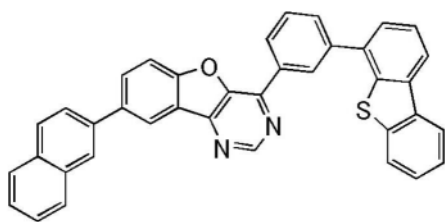
\* $T_{D(edge)} = 2.039$  [eV] (吸收端:608nm)

[0305] 如表22所示,发光器件9的归一化寿命长于对比发光器件c1及对比发光器件c2。在发光器件9中, $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的值被估计为0.4eV左右。根据表23的结果可知,只有发光器件9满足实施方式1所示的算式(1)及算式(2)的两个条件,即 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值为0.07eV以上且0.27eV以下,并且 $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的值为0.2eV以上且0.5eV以下,由此发光器件9具有长寿命。

[0306] (参考合成例1)

说明在实施例2中使用的有机化合物的4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm)的合成方法。以下示出8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm的结构式。

[0307] [化学式7]



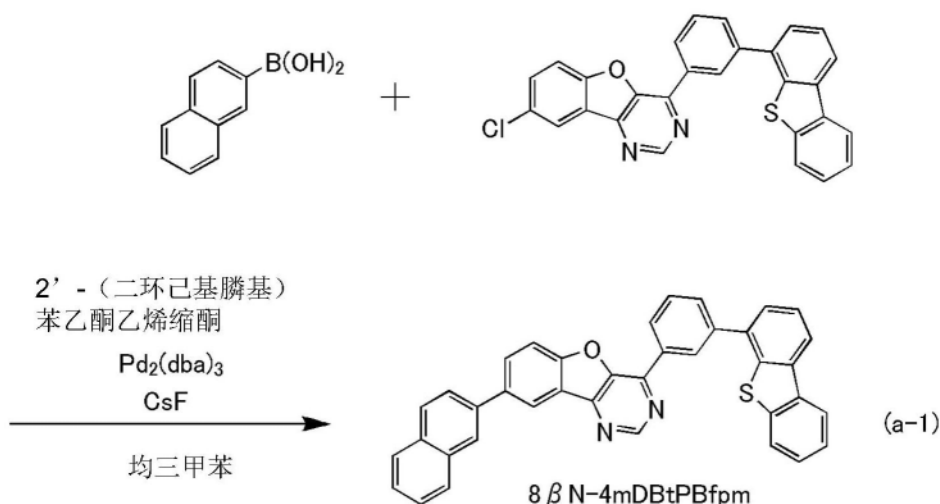
8βN-4mDBtPBfpm

[0308] <4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8βN-4mDBtPBfpm)的合成>

首先,加入8-氯-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶1.5g、2-萘硼酸0.73g、氟化铯1.5g、均三甲苯32mL,用氮气置换100mL的三口烧瓶内的空气,加入2'-(二环己基膦基)苯乙酮乙烯缩酮70mg、三(二亚苄基丙酮)二钯(0)(简称: Pd<sub>2</sub>(dba)<sub>3</sub>) 89mg,在氮气流下以120℃进行搅拌5小时。对所得到的反应物加入水,进行过滤,依次使用水及乙醇对滤渣进行洗涤。

[0309] 将该滤渣溶解于甲苯中,使用依次填充有硅藻土、矾土及硅藻土的助滤剂进行过滤。浓缩所得到的溶液的溶剂,进行重结晶,由此以64%的收率得到目的物的淡黄色固体1.5g。下述式(a-1)示出该合成方案。

[0310] [化学式8]



[0311] 通过梯度升华法,使1.5g的所得到的淡黄色固体升华纯化。在升华纯化中,在以10mL/min的流量使氩气体流过且压力为2.0Pa的条件下,以290℃对固体进行加热。在升华纯化之后,以39%的回收率得到0.60g的目的物的黄色固体。

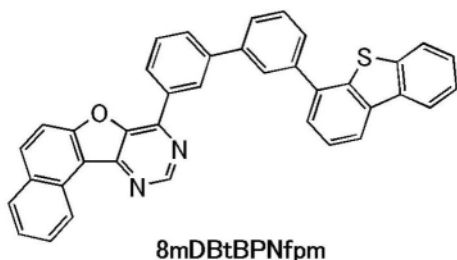
[0312] 以下示出所得到的黄色固体的利用核磁共振光谱法(<sup>1</sup>H-NMR)的分析结果。

[0313] <sup>1</sup>H-NMR. δ (TCE-d<sub>2</sub>): 7.45-7.50 (m, 4H)、7.57-7.62 (m, 2H)、7.72-7.93 (m, 8H)、8.03 (d, 1H)、8.10 (s, 1H)、8.17 (d, 2H)、8.60 (s, 1H)、8.66 (d, 1H)、8.98 (s, 1H)、9.28 (s, 1H)。

[0314] (参考合成例2)

说明在本实施例2中使用的有机化合物的8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-联苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(简称:8mDBtBPNfpm)的合成方法。以下示出8mDBtBPNfpm的结构。

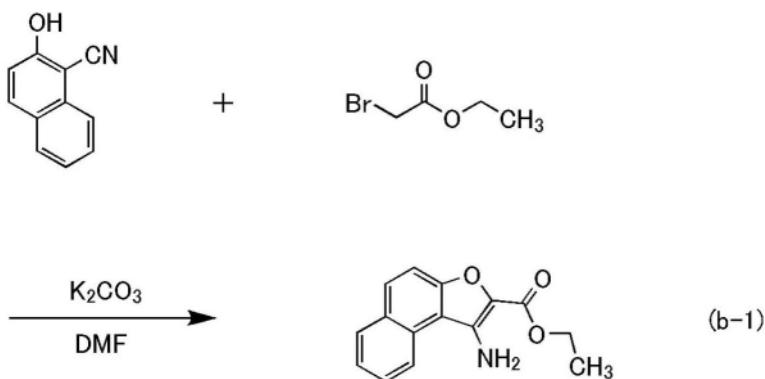
[0315] [化学式9]



[0316] 〈步骤1:1-氨基-萘并[2,1-b]呋喃-2-羧酸乙酯的合成〉

首先,在烧瓶中放入4.0g的2-羟基萘-1-甲腈、6.6g的碳酸钾,对烧瓶内进行氮气置换,添加30mL的DMF、4.0g的溴代乙酸乙酯,在80℃的温度下进行16小时的加热。将所得的反应物放入100mL的冰水中进行急速冷却,搅拌1小时后进行过滤。通过利用水对所得到的滤物进行洗涤并利用乙醇及水使其再结晶,以72%的收率得到4.4g的目的物(茶色固体)。下述(b-1)示出步骤1的合成方案。

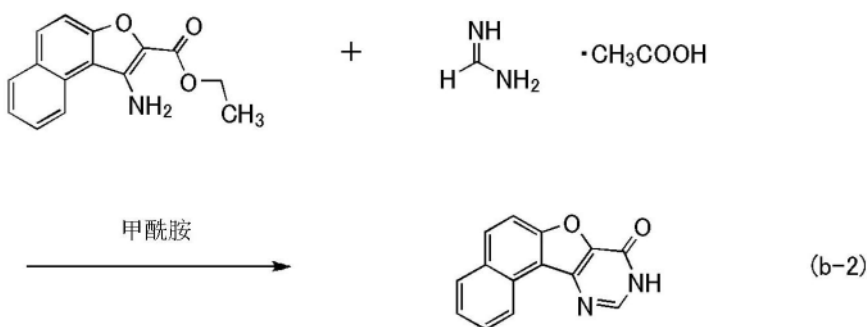
[0317] [化学式10]



[0318] 〈步骤2: 茚并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-8(9H)-酮的合成〉

接着,在烧瓶中放入4.4g的上述步骤1合成的1-氨基-萘并[2,1-b]呋喃-2-羧酸乙酯、1.8g的甲脒乙酸盐、25mL的甲酰胺,在160℃的温度下进行8小时的加热。对所得到的反应物添加100mL的水而进行过滤,对滤物进行洗涤,以96%的收率得到3.9g的目的物(褐色固体)。下述(b-2)示出步骤2的合成方案。

[0319] [化学式11]

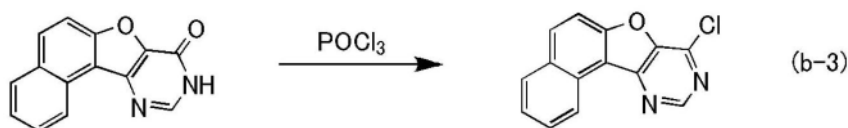


[0320] 〈步骤3:8-氯-萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶的合成〉

接着,在烧瓶中放入3.9g的上述步骤2合成的萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-8(9H)-酮、15mL的磷酰氯,在氮气流下氙且100℃的温度下进行6小时的加热。将所得的反应物放入100mL的冰水中进行急速冷却后,添加330mL的3M的氢氧化钠水溶液,搅拌1小

时。过滤上述反应物,利用乙醇对滤物进行洗涤,以42%的收率得到1.8g的目的物(黄色固体)。下述(b-3)示出步骤3的合成方案。

[0321] [化学式12]

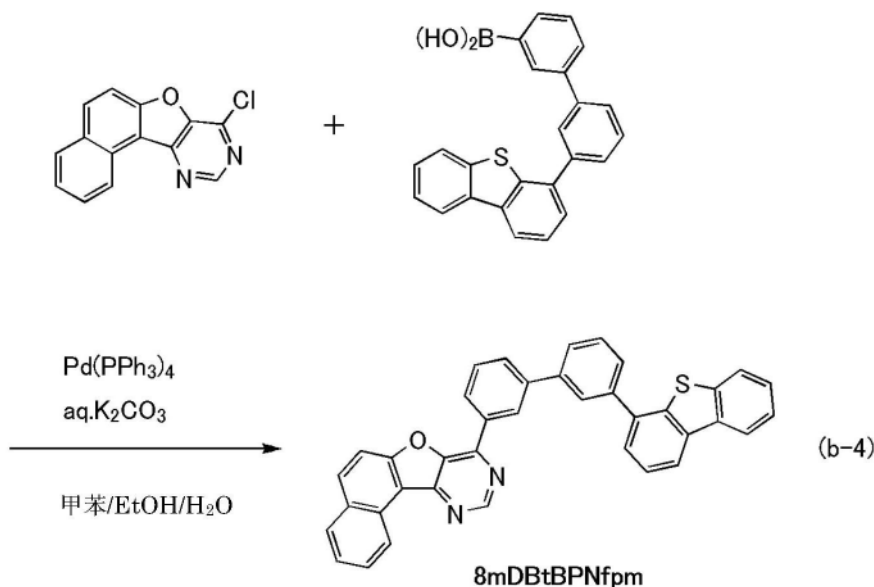


[0322] 〈步骤4:8mDBtBPNfpm的合成〉

接着,在烧瓶中放入1.8g的在上述步骤3中合成的8-氯-萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶、2.9g的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、15mL的2M的碳酸钾水溶液、150mL的甲苯、以及15mL的乙醇,对烧瓶内进行氮气置换。对上述混合物中添加0.29g的四(三苯基膦)钯(0),在氮气氛围且95℃的温度下进行12小时的加热。过滤所得到的反应物,利用水对所得到的滤物进行洗涤,然后利用乙醇再进行洗涤。

[0323] 接着,使所得到的滤物溶解于甲苯中,并使其经过依次层叠有硅藻土、氧化铝、硅藻土的助滤剂后,用甲苯再结晶,以95%的收率得到3.6g的淡黄色固体的目的物。下述(b-4)示出步骤4的合成方案。

[0324] [化学式13]



[0325] 通过梯度升华方法对所得到的3.6g的淡黄色固体进行升华纯化。在利用梯度升华方法的升华纯化中,在压力为2.7Pa且氩气流速为5mL/min的条件下,在310℃的温度下进行上述淡黄色固体的加热。在升华纯化之后,以73%的收率得到2.7g的淡黄色固体。

[0326] 下面示出利用上述合成方法得到的淡黄色固体的核磁共振光谱法(<sup>1</sup>H-NMR)的分析结果。

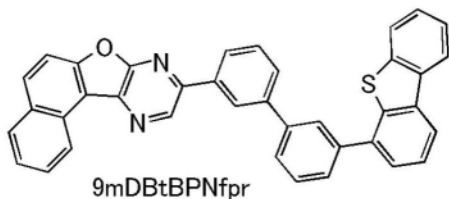
[0327] <sup>1</sup>H-NMR. δ (TCE-d<sub>2</sub>): 7.45-7.52 (m, 2H)、7.60-7.71 (m, 4H)、7.74-7.86 (m, 6H)、7.92 (d, 1H)、8.05 (d, 1H)、8.12 (d, 1H)、8.16 (s, 1H)、8.19-8.22 (m, 2H)、8.64 (d, 1H)、8.96 (s, 1H)、9.23 (d, 1H)、9.32 (s, 1H)。

[0328] (参考合成例3)

说明在实施例3中使用的有机化合物的9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]萘

并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(简称:9mDBtBPNfpr)的合成方法。以下示出9mDBtBPNfpr的结构。

[0329] [化学式14]

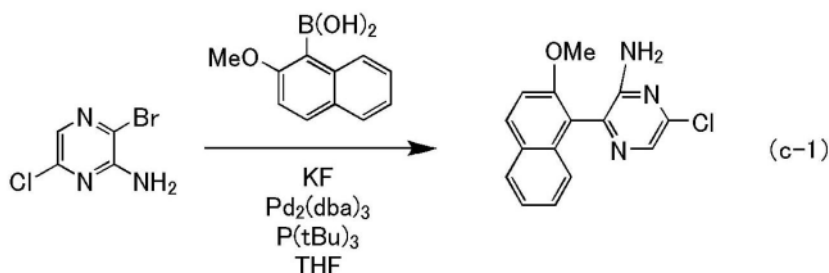


[0330] <步骤1;6-氯-3-(2-甲氧基萆-1-基)吡嗪-2-胺的合成>

首先,将3-溴-6-氯吡嗪-2-胺4.37g、2-甲氧基萆-1-硼酸4.23g、氟化钾4.14g及脱水四氢呋喃75mL放入安装有回流管的三口烧瓶内,对其内部进行氮置换。在减压下搅拌烧瓶内混合物以进行脱气,然后添加三(二亚苄基丙酮)二钯(0)(简称: $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ )0.57g及三叔丁基膦(简称: $\text{P}(\text{tBu})_3$ )4.5mL,以80℃搅拌54小时使其反应。

[0331] 经过指定时间之后,对所得到的混合物进行抽滤,浓缩滤液。然后,通过以甲苯:乙酸乙酯=9:1为展开溶剂的硅胶柱色谱法进行纯化,得到目的物的吡嗪衍生物(以36%的收率得到黄白色粉末2.19g)。以下(c-1)示出步骤1的合成方案。

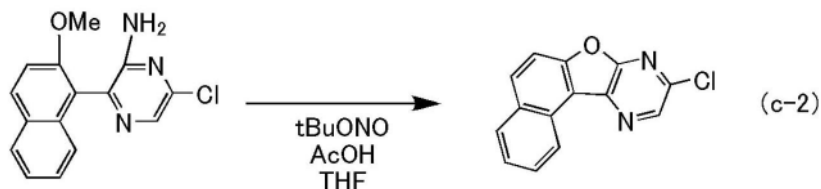
[0332] [化学式15]



[0333] <步骤2;9-氯萆并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪的合成>

接着,将上述步骤1中得到的6-氯-3-(2-甲氧基萆-1-基)吡嗪-2-胺2.18g、脱水四氢呋喃63mL及冰醋酸84mL放入三口烧瓶内,对其内部进行氮置换。在将烧瓶冷却到-10℃之后,滴加亚硝酸叔丁酯2.8mL,以-10℃搅拌30分钟且以0℃搅拌3小时。经过指定时间之后,对所得到的悬浮液添加水250mL并进行抽滤,来得到目的物的吡嗪衍生物(以77%的收率得到黄白色粉末1.48g)。以下(c-2)示出步骤2的合成方案。

[0334] [化学式16]



[0335] <步骤3;9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]萆并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(简称:9mDBtBPNfpr)的合成>

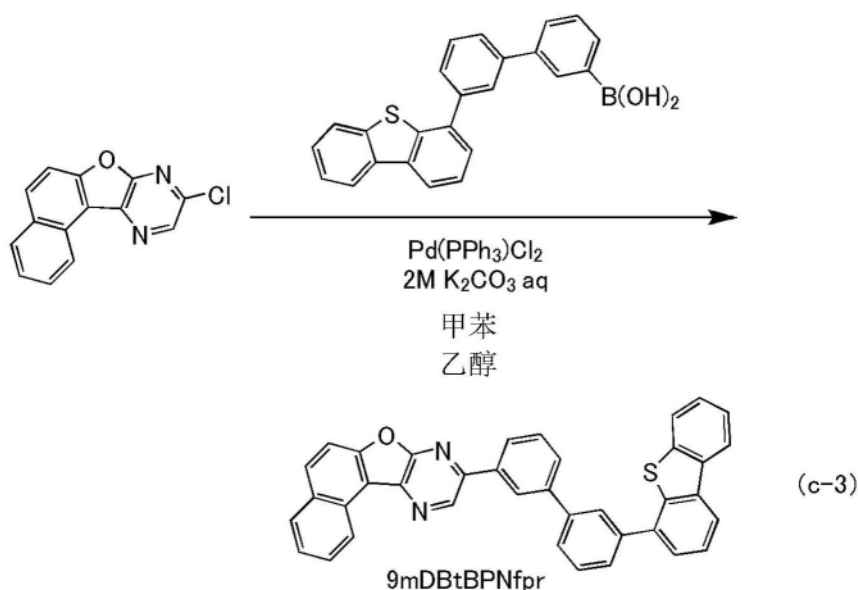
接着,将上述步骤2中得到的9-氯萆并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪1.48g、3'-(4-二苯并噻吩)-1,1'-联苯-3-硼酸3.41g、2M碳酸钾水溶液8.8mL、甲苯100mL及乙醇10mL放入三口烧瓶内,对其内部进行氮置换。在减压下搅拌烧瓶内混合物以进行脱气,然后添加

双(三苯基膦)二氯化钯(II) (简称:  $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ ) 0.84g, 以80°C搅拌18小时以使其反应。

[0336] 经过指定时间之后, 对所得到的悬浮液进行抽滤并使用水及乙醇进行洗涤。将所得到的固体溶解于甲苯, 经过依次层叠硅藻土、矾土、硅藻土的助滤剂进行过滤, 然后使用甲苯及己烷的混合溶剂进行再结晶, 来得到目的物(以82%的收率得到淡黄色固体2.66g)。

[0337] 利用梯度升华法对所得到的淡黄色固体2.64g进行升华纯化。升华纯化条件为如下: 在压力为2.6Pa且氩气体流量为15mL/分的条件下, 以315°C对固体进行加热。在升华纯化之后, 以89%的收率获得目的物的淡黄色固体2.34g。以下(c-3)示出步骤3的合成方案。

[0338] [化学式17]



[0339] 以下示出上述步骤3中得到的淡黄色固体的核磁共振光谱法( $^1\text{H}$ -NMR)的分析结果。

[0340]  $^1\text{H}$ -NMR.  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 7.47-7.51 (m, 2H)、7.60-7.69 (m, 5H)、7.79-7.89 (m, 6H)、8.05 (d, 1H)、8.10-8.11 (m, 2H)、8.18-8.23 (m, 3H)、8.53 (s, 1H)、9.16 (d, 1H)、9.32 (s, 1H)。

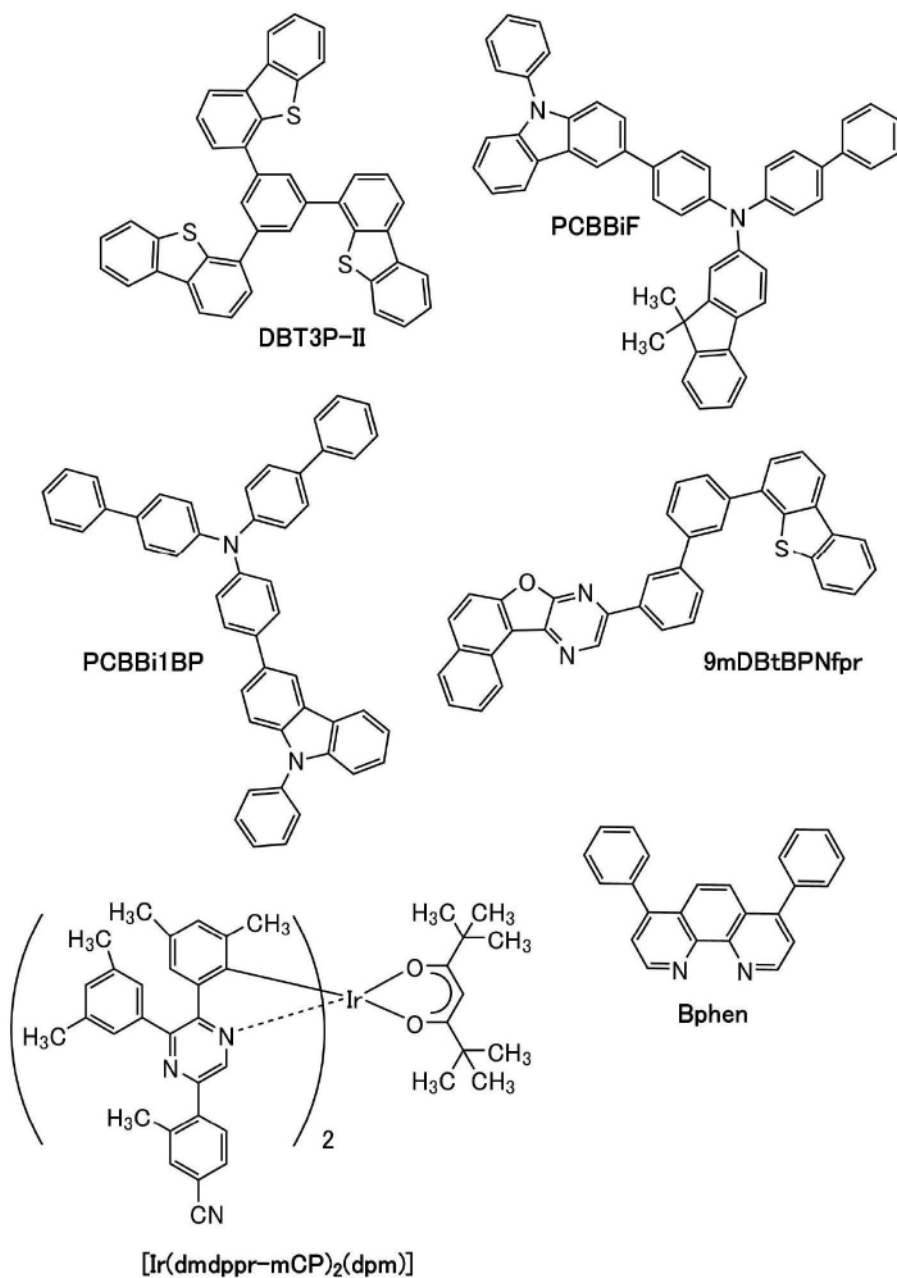
[实施例5]

[0341] 在本实施例中, 说明与实施例3所示的发光器件同样地制造发光波长长的客体材料用于发光层中的发光器件的情况。注意, 在本实施例中使用的客体材料是双{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$ )铱(III) (简称:  $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-\text{mCP})_2(\text{dpm})]$ )。在本实施例中说明的发光器件的器件结构如图15所示, 制造方法与实施例2同样。

[0342] 以下示出本实施例中的用于各发光器件的材料的化学式。另外, 下表24示出各发光器件的具体结构。

[0343] [化学式18]





[0344] [表24]

	第一 电极	空穴注入层	空穴 传输层	发光层	电子传输层	电子 注入层	第二 电极
发光器件 10	ITSO	DBT3P-II:MoOx	PCBBi1BP	*	9mDBtBPNfpr	NBphen	Al
发光器件 11	(70nm)	(2:170nm)	(20nm)	**	(30nm)	(15nm)	(1nm) (200nm)

\*9mDBtBPNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)](0.8:0.2:0.140nm)

\*\*9mDBtBPNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)](0.8:0.2:0.0540nm)

[0345] 注意,表24中的PCBBi1BP表示4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺,9mDBtBNfpr表示9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪。

[0346] 《发光器件的工作特性》

对所制造的发光器件10及对比发光器件11的工作特性进行测量。测量在室温下进行。图58至图61示出其结果。

[0347] 此外,下面的表25示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各发光器件的主要初始特性值。

[0348] [表25]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x, y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	电流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外量子效率 (%)
发光器件 10	3.7	0.41	10.0	(0.71, 0.29)	1000	9.9	8.4	26
发光器件 11	3.5	0.35	8.7	(0.70, 0.30)	980	11	10	27

[0349] 图62示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的电流密度使电流流过各发光器件时的发射光谱。从图62可知发光器件10及发光器件11的发射光谱分别在654nm附近及652nm附近具有峰值,该峰值来源于包含在发光层913中的[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]的发光。此外,由外量子效率的测量结果可知,各发光器件具有高效率。

[0350] 接着,进行各发光器件的可靠性测试。图63示出可靠性测试的结果。在图63中,纵轴表示初始亮度为100%时的归一化亮度(%),横轴表示器件的驱动时间(h)。作为可靠性测试,进行以3mA(75mA/cm<sup>2</sup>)的恒流驱动测试。

[0351] 根据上述工作特性的结果可知,发光器件10及发光器件11的寿命(LT95)分别为235小时及252小时。虽然它们以75mA/cm<sup>2</sup>的电流密度驱动,但是其寿命非常长。

[0352] 另外,与实施例1同样地算出:混合在本实施例中制造的各发光器件的发光层所包含的PCBBiF和9mDBtBPNfpr而成的材料(在形成激基复合物时为激基复合物)的T<sub>H(edge)</sub>和S'<sub>H(edge)</sub>以及客体材料([Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)])的T<sub>D(edge)</sub>。表26示出其结果。注意,[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]的T<sub>D(edge)</sub>是1.953eV。

[0353] [表26]

	主体材料	T <sub>H(edge)</sub> [eV]	T <sub>H(edge)</sub> -T <sub>D(edge)</sub> [eV]*	S' <sub>H(edge)</sub> [eV]	S' <sub>H(edge)</sub> -T <sub>H(edge)</sub> [eV]
发光器件 10 及 11	9mDBtBPNfpr	2.175	0.222	2.583	0.408

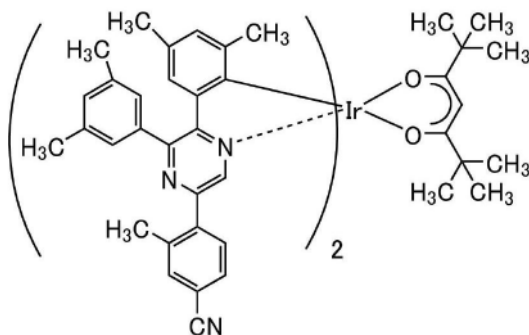
\* $T_{D(edge)} = 1.953 [eV]$  (吸收端: 635nm)

[0354] 发光器件10及发光器件11都具有高发光效率和长寿命。根据表26的结果可知, 发光器件10及发光器件11都满足实施方式1所示的算式(1)及算式(2)的两个条件, 即 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的值为0.07eV以上且0.27eV以下, 并且 $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 的值为0.2eV以上且0.5eV以下, 由此发光器件10及发光器件11具有长寿命。

[0355] (参考合成例4)

说明在实施例5中使用的有机金属配合物的双{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa N$ ]苯基- $\kappa C$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2 O, O'$ )铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]的结构。

[0356] [化学式19]

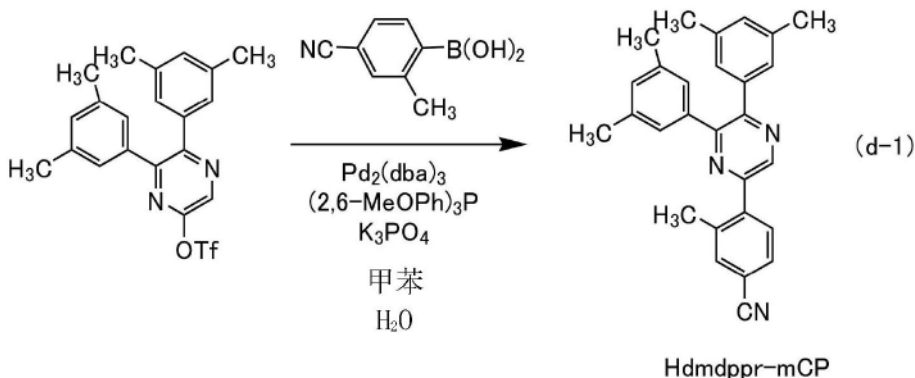


[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]

[0357] <步骤1: 5-(4-氰基-2-甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-mCP)的合成>

首先, 将1.97g的三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.89g的4-氰基-2-甲基苯基硼酸、3.48g的磷酸三钾、37mL的甲苯以及3.7mL的水放入三口烧瓶中, 用氮气置换烧瓶内的空气。通过在减压下于烧瓶内进行搅拌, 以进行脱气, 然后添加0.042g的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)和0.082g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦, 回流7小时。在经过指定时间之后, 使用甲苯进行萃取。然后, 利用以己烷:乙酸乙酯=5:1(体积比)为展开溶剂的硅胶柱层析进行纯化, 以得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-mCP(简称)(白色固体, 收量为1.16g, 收率为65%)。以下示出步骤1的合成方案(d-1)。

[0358] [化学式20]

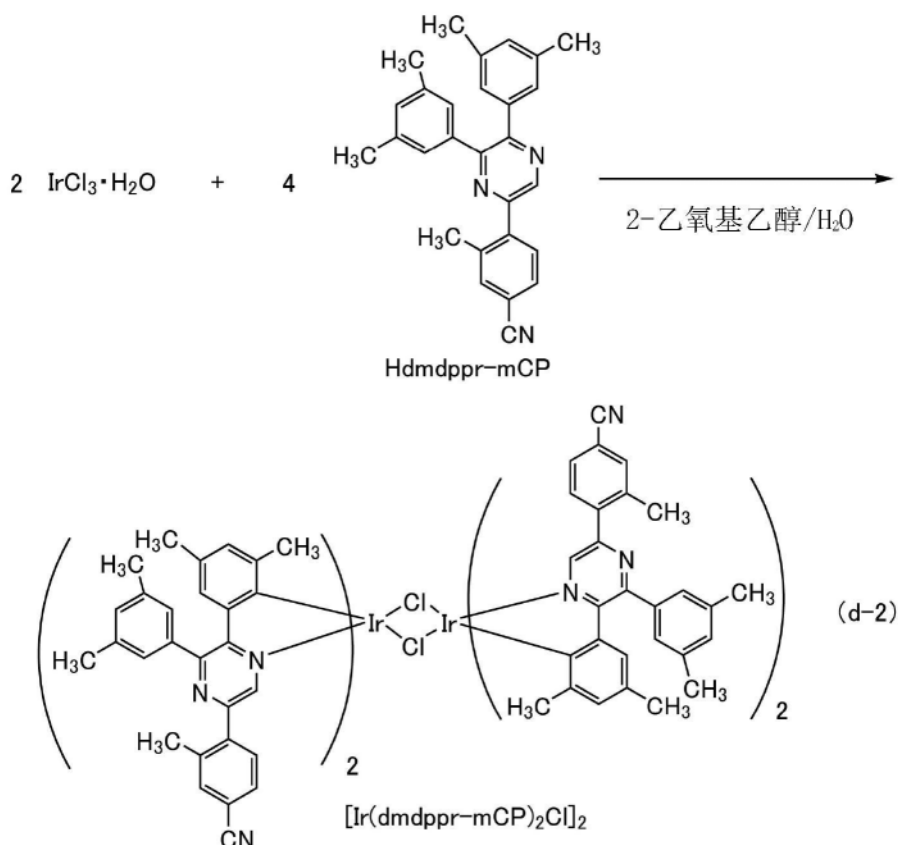


[0359] <步骤2: 二- $\mu$ -氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa N$ ]苯基- $\kappa C$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2 O, O'$ )铱(III)的合成>

基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ ]二铱(III) (简称:  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2\text{Cl}]_2$ ) 的合成>

接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.16g的通过上述步骤1得到的Hdmdppr-mCP (简称)、0.42g的氯化铱水合物 ( $\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (日本古屋金属公司制造) 放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射2小时的微波 (2.45GHz, 100W) 来使其反应。在经过指定时间之后,对所得到的残渣用甲醇进行抽滤并洗涤,由此得到双核配合物  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2\text{Cl}]_2$  (简称) (橙褐色固体,收量为1.12g,收率为76%)。以下示出步骤2的合成方案(d-2)。

[0360] [化学式21]

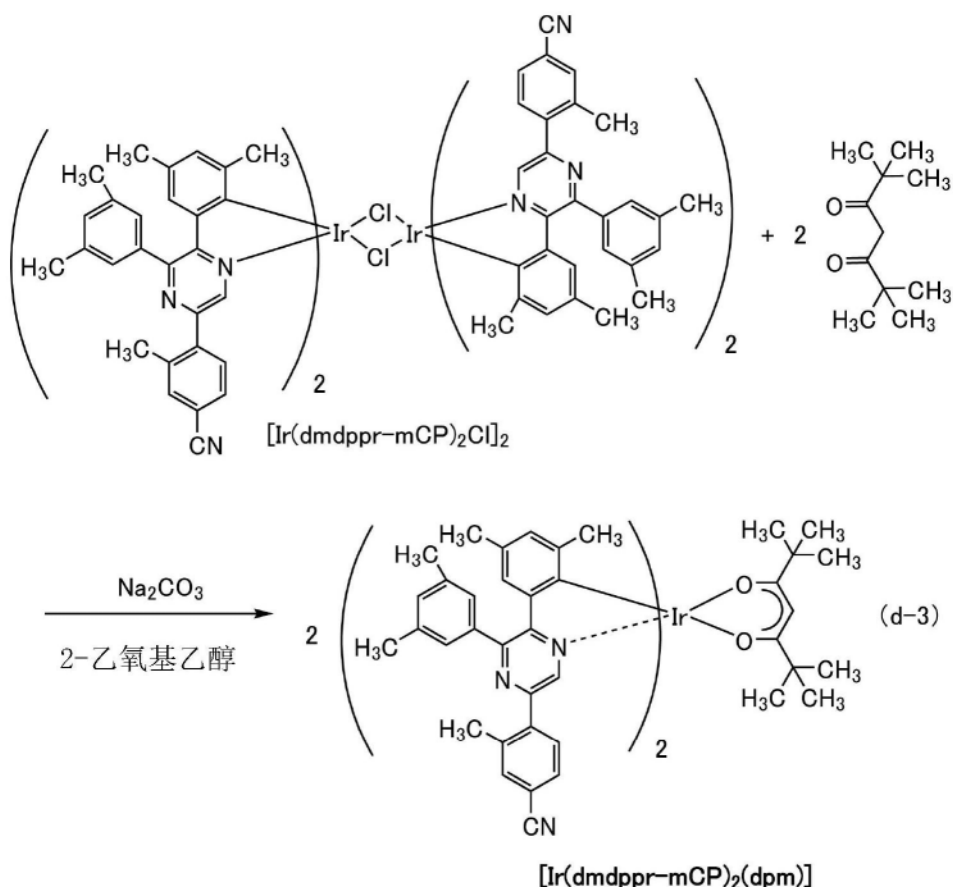


[0361] <步骤3:  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$  的合成>

再者,将20mL的2-乙氧基乙醇、1.11g的通过上述步骤2得到的双核配合物  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2\text{Cl}]_2$  (简称)、0.29g的二叔戊酰甲烷 (简称:Hdpm) 以及0.56g的碳酸钠放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射2小时的微波 (2.45GHz, 100W) 来使其反应。蒸馏而去除溶剂,利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱层析对所得到的残渣进行纯化,然后使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂进行再结晶,由此得到有机金属配合物的  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$  的深红色固体 (收量为0.60g,收率为48%)。

[0362] 利用梯度升华方法对所得到的0.60g的深红色固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa、氩流量为10.5mL/min的条件下,以315℃加热固体。在该升华提纯之后,得到目的物的深红色固体 (收量为0.48g,收率为80%)。以下示出步骤3的合成方案(d-3)。

[0363] [化学式22]



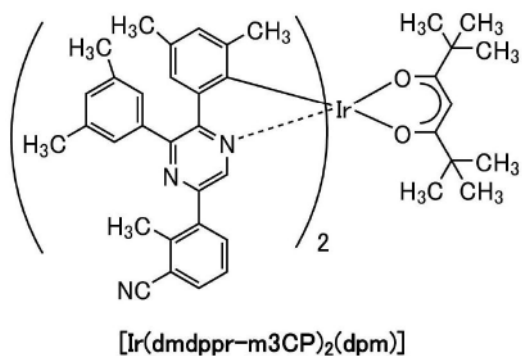
[0364] 以下示出通过核磁共振氢谱 (<sup>1</sup>H-NMR) 分析在上述步骤3中得到的深红色固体的结果。此外,图64示出<sup>1</sup>H-NMR谱。由此可知,得到了以上述结构式(101)表示的有机金属配合物的 [Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]。

[0365] <sup>1</sup>H-NMR. δ (CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>): 0.91 (s, 18H)、1.41 (s, 6H)、1.94 (s, 6H)、2.37 (s, 12H)、2.45 (s, 6H)、5.62 (s, 1H)、6.48 (s, 2H)、6.82 (s, 2H)、7.19 (s, 2H)、7.36 (s, 4H)、7.49 (d, 2H)、7.57 (d, 2H)、7.60 (s, 2H)、8.42 (s, 2H)。

[0366] (参考合成例5)

说明可用于本发明的一个方式的发光器件的有机金属配合物的双{4,6-二甲基-2-[5-(3-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ<sup>2</sup>O,O')铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)])的合成方法。以下示出 [Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)] 的结构。

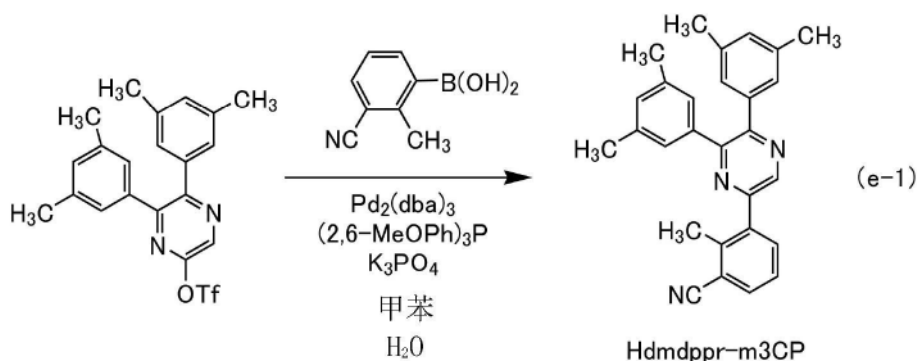
[0367] [化学式23]



[0368] <步骤1:5-(3-氰基-2-甲基苯基)-2,3-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪(简称:Hdmdppr-m3CP)的合成>

首先,将2.15g的三氟甲烷磺酸5,6-双(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.95g的3-氰基-2-甲基苯基硼酸、3.76g的磷酸三钾、40mL的甲苯以及4.0mL的水放入三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。通过在减压下于烧瓶内进行搅拌,以进行脱气,然后添加0.045g的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)和0.087g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦,回流7.5小时。在经过指定时间之后,使用甲苯进行萃取。然后,利用以己烷:乙酸乙酯=5:1(体积比)为展开溶剂的硅胶柱层析进行纯化,以得到目的物的吡嗪衍生物Hdmdppr-m3CP(简称)(白色固体,收量为1.57g,收率为80%)。以下示出步骤1的合成方案(e-1)。

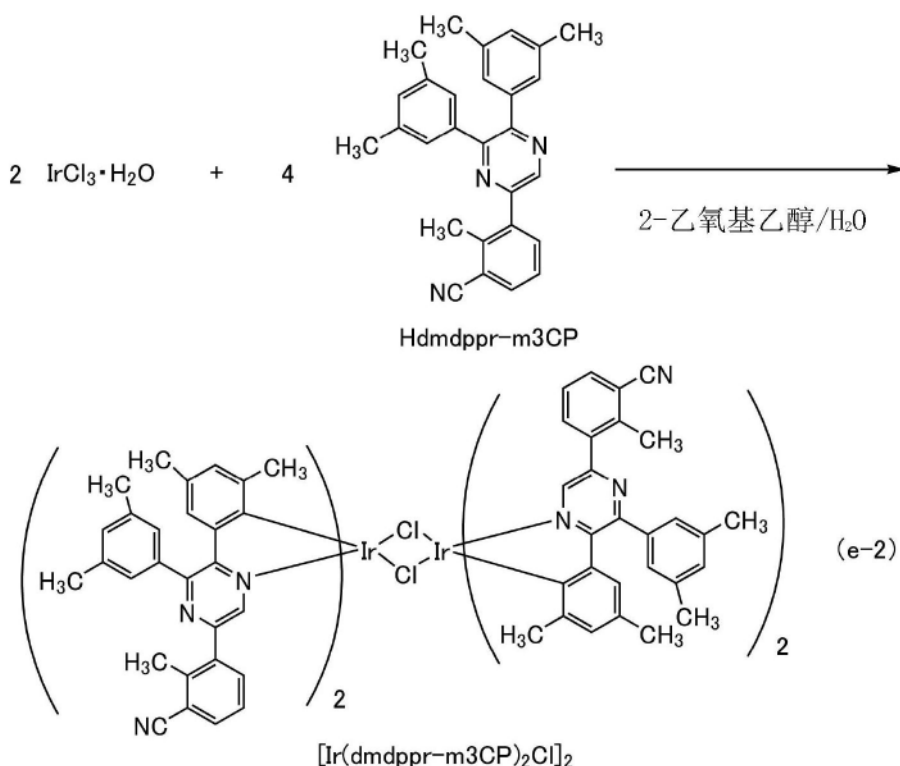
[0369] [化学式24]



[0370] <步骤2:二- $\mu$ -氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(3-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }二铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>)的合成>

接着,将15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.57g的通过上述步骤1得到的Hdmdppr-m3CP(简称)、0.57g的氯化铱水合物(IrCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)(日本古屋金属公司制造)放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射2小时的微波(2.45GHz,100W)来使其反应。在经过指定时间之后,对所得到的残渣用甲醇进行抽滤并洗涤,由此得到双核配合物[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(简称)(红橙色固体,收量为1.44g,收率为73%)。以下示出步骤2的合成方案(e-2)。

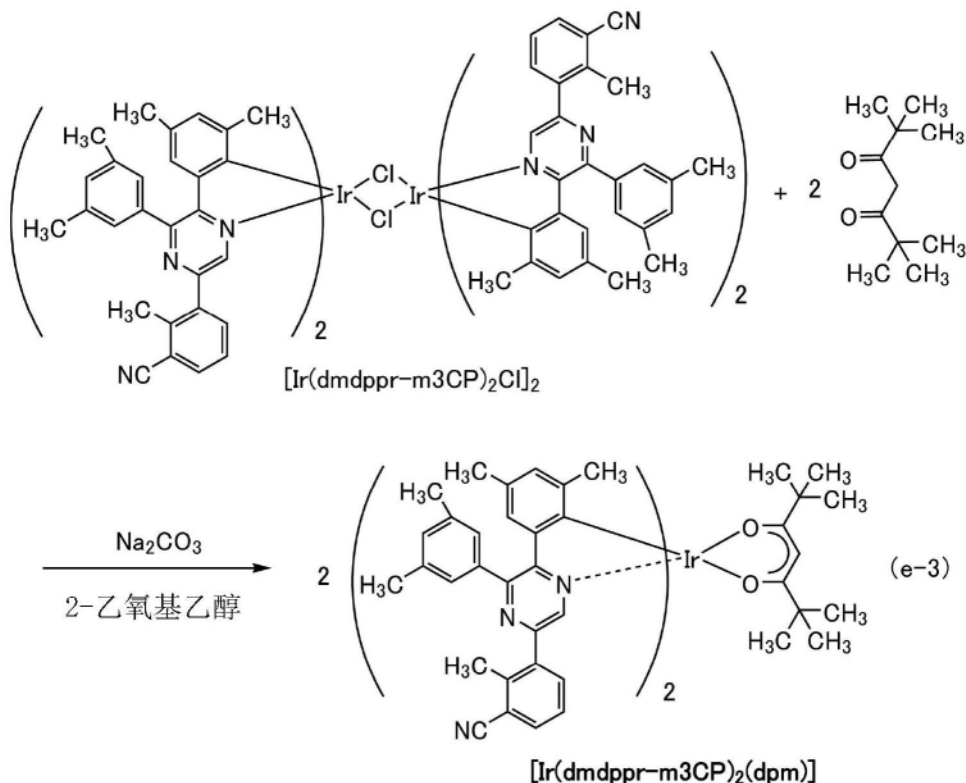
[0371] [化学式25]



[0372] <步骤3:双{4,6-二甲基-2-[5-(3-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )铱(III)(简称:[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)]的合成>

再者,将20mL的2-乙氧基乙醇、1.44g的通过上述步骤2得到的双核配合物[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(简称)、0.39g的二叔戊酰甲烷(简称:Hdpm)以及0.74g的碳酸钠放入到具备回流管的茄形烧瓶中,用氩气置换烧瓶内的空气。然后,照射2小时的微波(2.45GHz, 100W)来使其反应。蒸馏而去除溶剂,利用以二氯甲烷为展开溶剂的硅胶柱层析对所得到的残渣进行纯化,然后使用二氯甲烷和甲醇的混合溶剂进行再结晶,由此得到[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)](简称)的深红色固体(收量为1.01g,收率为61%)。利用梯度升华方法对所得到的0.96g的深红色固体进行升华提纯。在升华提纯中,在压力为2.6Pa、氩流量为10.5mL/min的条件下,以305℃加热固体。在该升华提纯之后,得到目的物的深红色固体(收量为0.71g,收率为74%)。以下示出步骤3的合成方案(e-3)。

[0373] [化学式26]



[0374] 以下示出通过核磁共振氢谱( $^1\text{H-NMR}$ )分析在上述步骤3中得到的深红色固体的结果。此外,图65示出 $^1\text{H-NMR}$ 谱。由此可知,在本合成例子中得到了以上述结构式(100)表示的有机金属配合物的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m3CP})_2(\text{dpm})]$ 。

[0375]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 0.92 (s, 18H)、1.42 (s, 6H)、1.95 (s, 6H)、2.37 (s, 12H)、2.59 (s, 6H)、5.64 (s, 1H)、6.49 (s, 2H)、6.83 (s, 2H)、7.19 (s, 2H)、7.34-7.40 (m, 6H)、7.58 (d, 2H)、7.70 (d, 2H)、8.39 (s, 2H)。

#### 符号说明

[0376] 101:第一电极,102:第二电极,103:EL层,103a、103b:EL层,104:电荷产生层,111、111a、111b:空穴注入层,112、112a、112b:空穴传输层,113、113a、113b:发光层,114、114a、114b:电子传输层,115、115a、115b:电子注入层,200R、200G、200B:光学距离,201:第一衬底,202:晶体管(FET),203R、203G、203B、203W:发光器件,204:EL层,205:第二衬底,206R、206G、206B:滤色片,206R'、206G'、206B':滤色片,207:第一电极,208:第二电极,209:黑色层(黑矩阵),210R、210G:导电层,301:第一衬底,302:像素部,303:驱动电路部(源极线驱动电路),304a、304b:驱动电路部(栅极线驱动电路),305:密封剂,306:第二衬底,307:引线,308:FPC,309:FET,310:FET,311:FET,312:FET,313:第一电极,314:绝缘物,315:EL层,316:第二电极,317:发光器件,318:空间,900:衬底,901:第一电极,902:EL层,903:第二电极,911:空穴注入层,912:空穴传输层,913:发光层,914:电子传输层,915:电子注入层,4000:照明装置,4001:衬底,4002:发光器件,4003:衬底,4004:第一电极,4005:EL层,4006:第二电极,4007:电极,4008:电极,4009:辅助布线,4010:绝缘层,4011:密封衬底,4012:密封剂,4013:干燥剂,4200:照明装置,4201:衬底,4202:发光器件,4204:第一电极,4205:EL层,4206:第二电极,4207:电极,4208:电极,4209:辅助布线,4210:绝缘层,4211:密封衬底,4212:密封剂,4213:阻挡膜,4214:平坦化膜,5101:灯,5102:轮毂,5103:车门,5104:显示



部,5105:方向盘,5106:变速杆,5107:座位,5108:内部后视镜,5109:挡风玻璃,7000:外壳,7001:显示部,7002:第二显示部,7003:扬声器,7004:LED灯,7005:操作键,7006:连接端子,7007:传感器,7008:麦克风,7009:开关,7010:红外端口,7011:记录介质读取部,7014:天线,7015:快门按钮,7016:图像接收部,7022、7023:操作按钮,7024:连接端子,7025:表带,7026:麦克风,7029:传感器,7030:扬声器,7050:图标,7051、7052、7053、7054:信息,7111遥控操作机,9310:便携式信息终端,9311:显示部,9312:显示区域,9313:铰链部,9315:外壳

本申请基于2018年9月14日提交到日本专利局的日本专利申请No.2018-172929,通过引用将其完整内容并入在此。

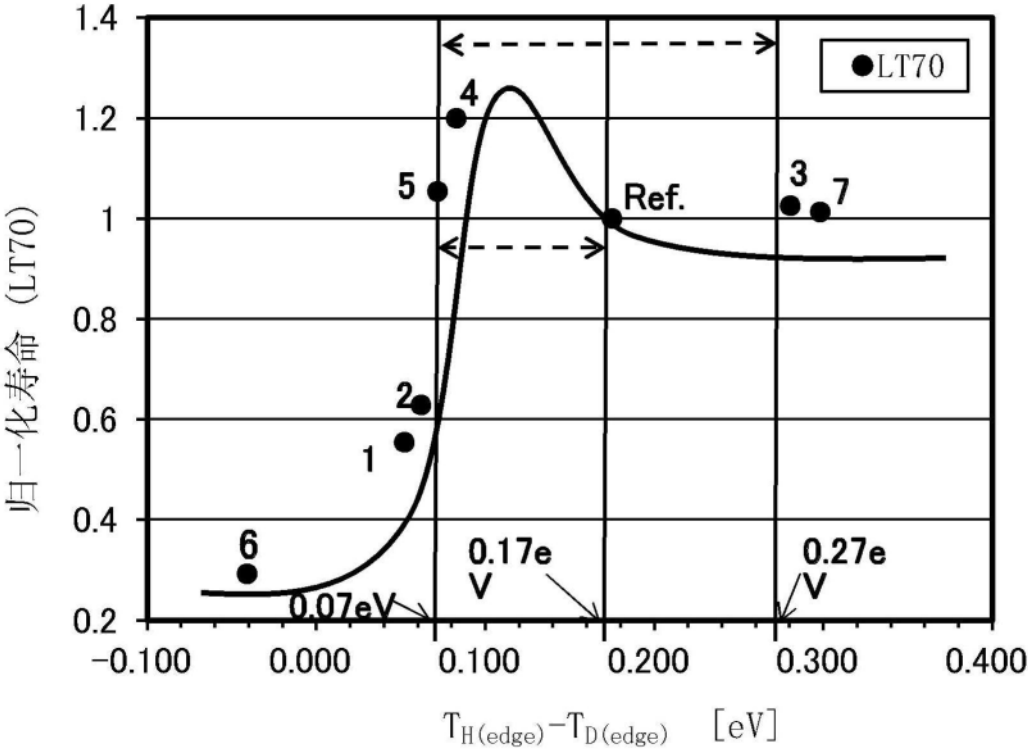


图1

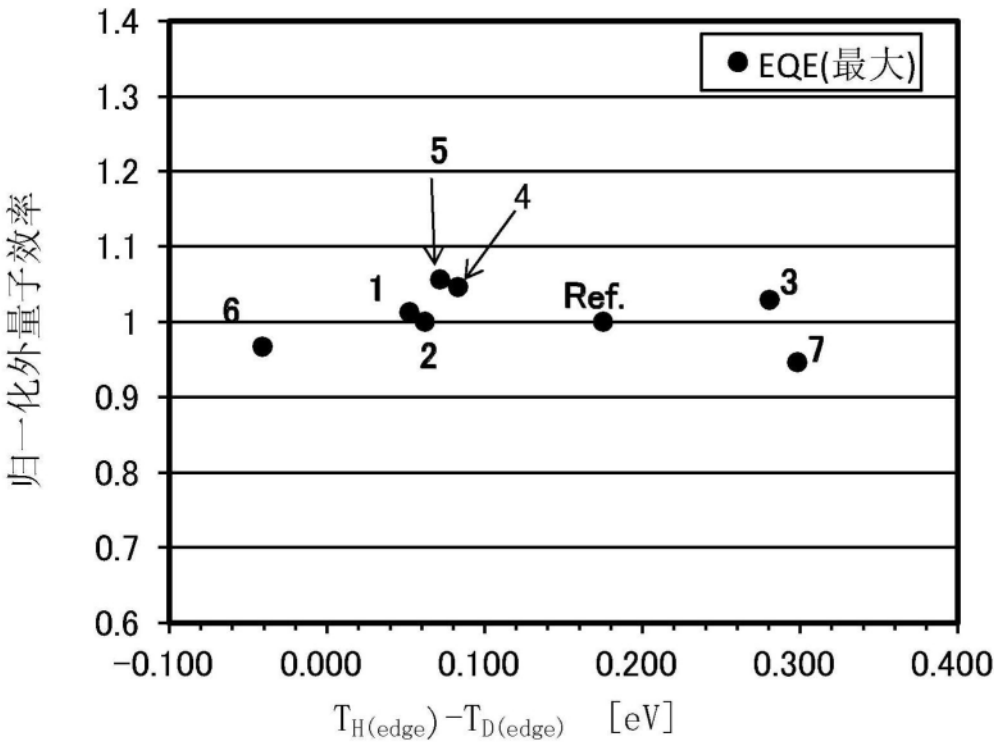


图2

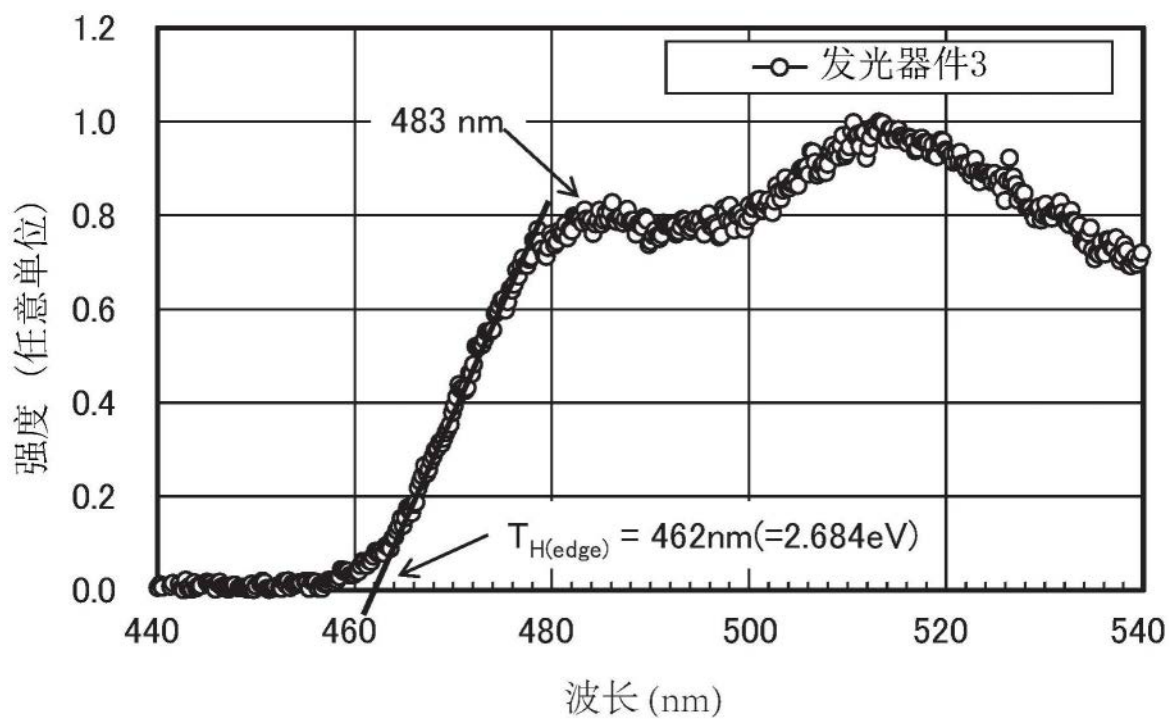


图3

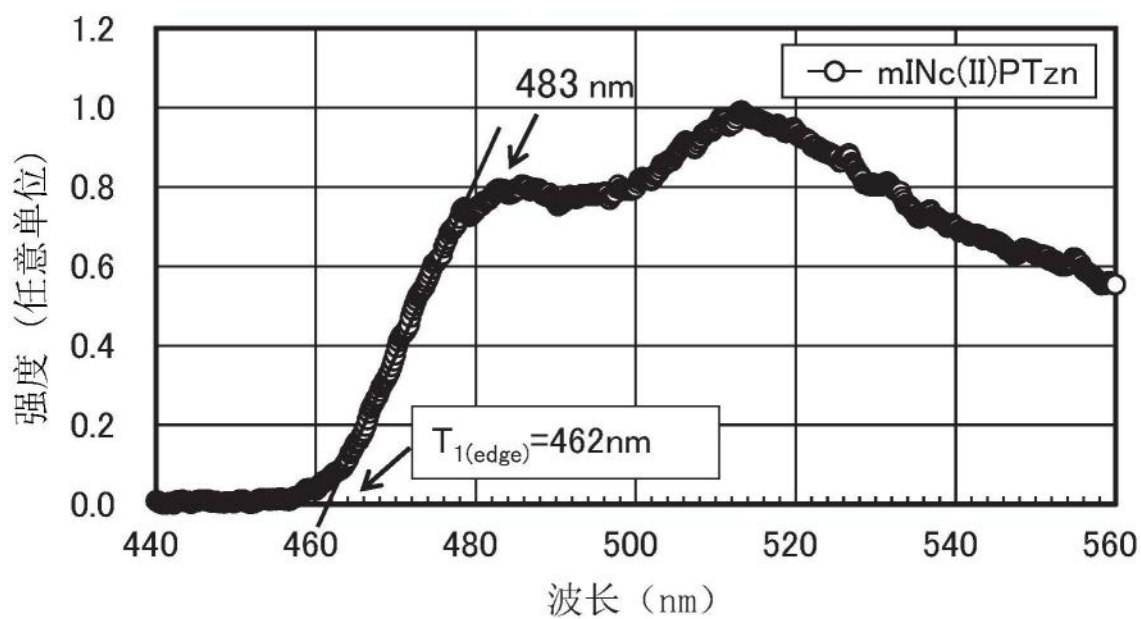


图4

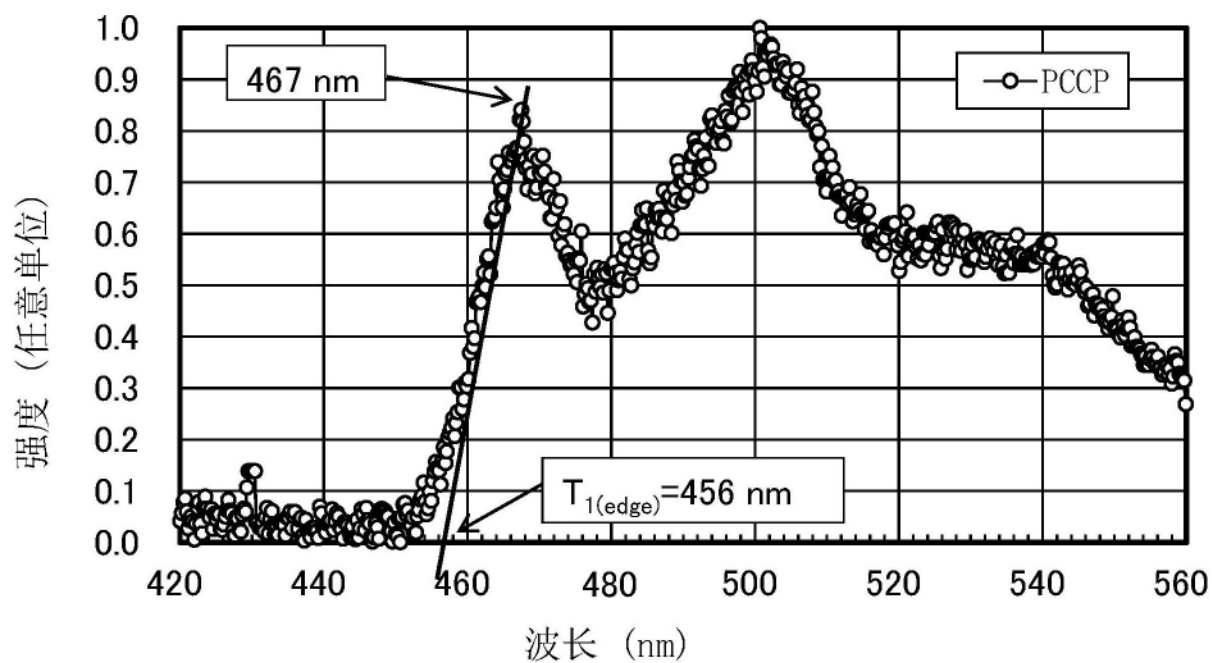


图5

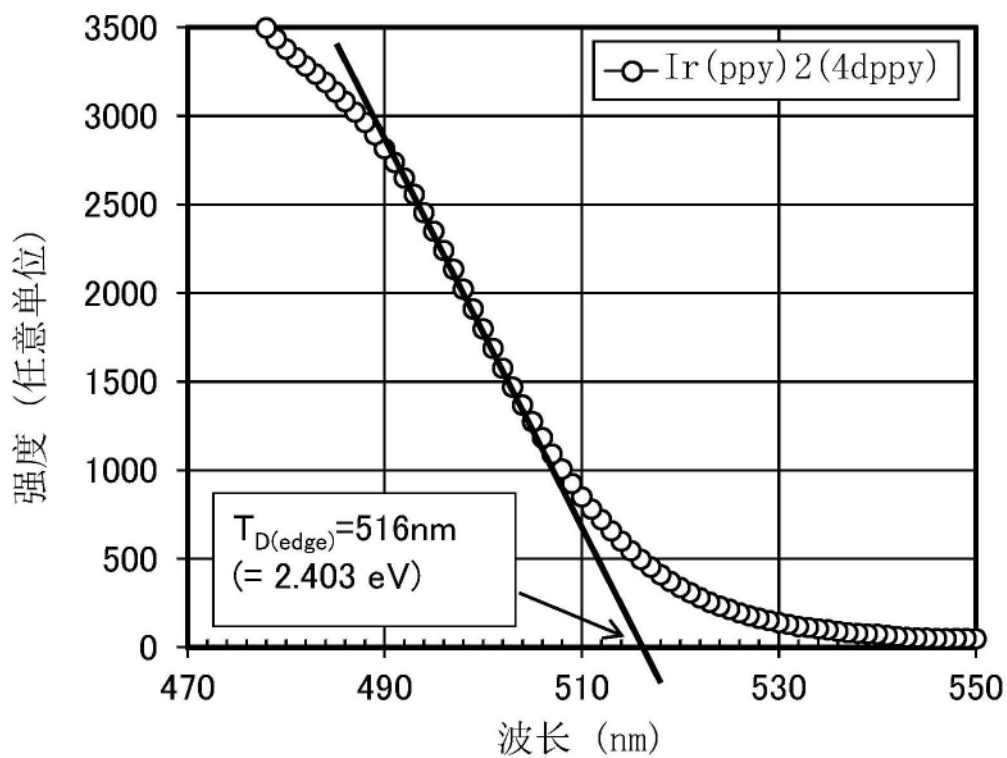


图6

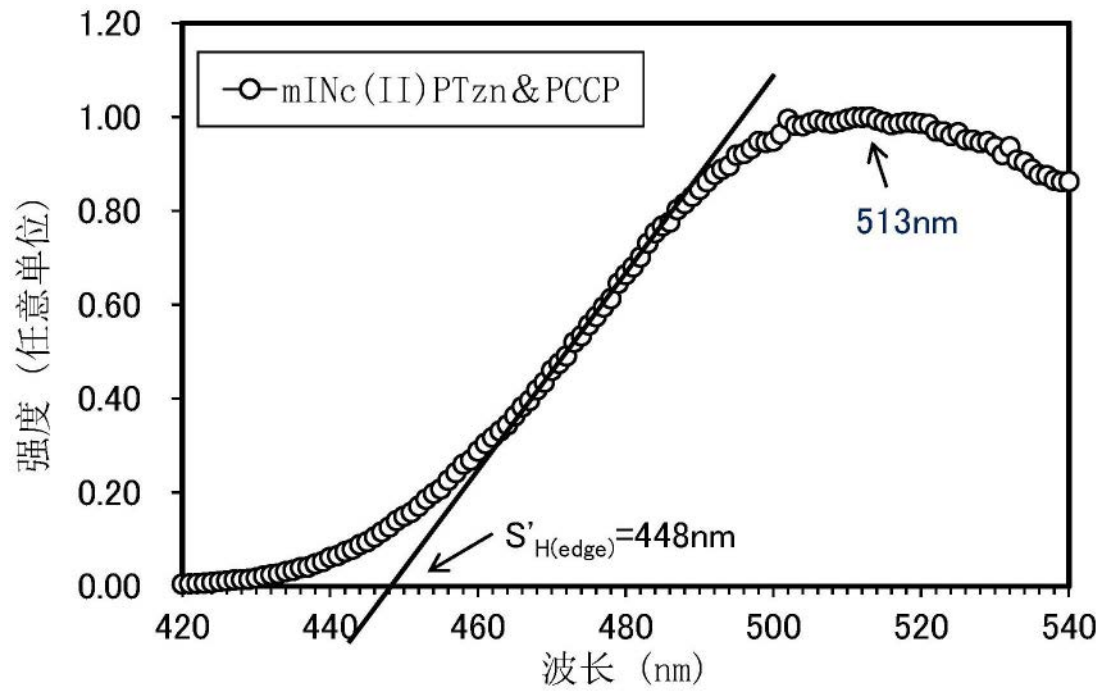


图7

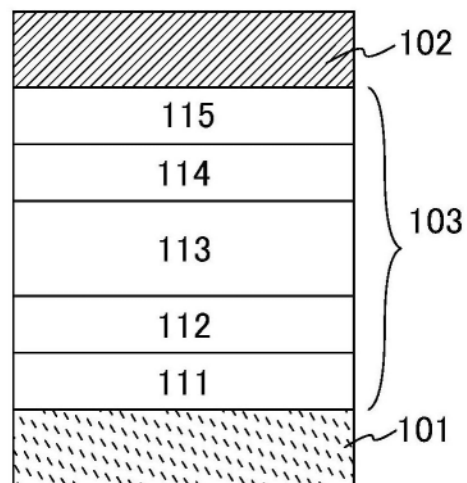


图8A



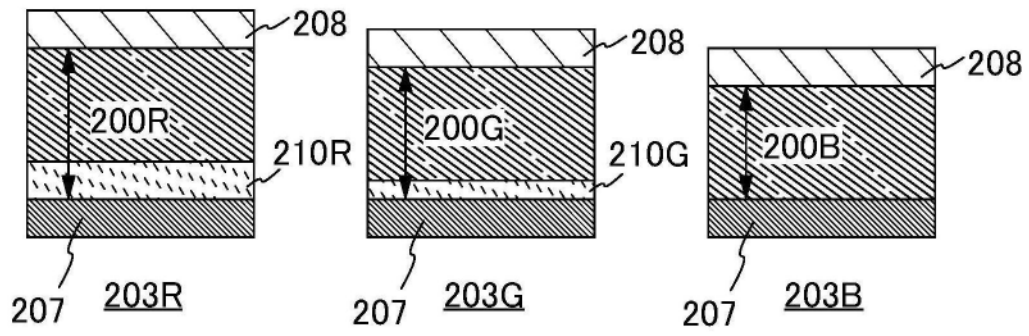


图9B

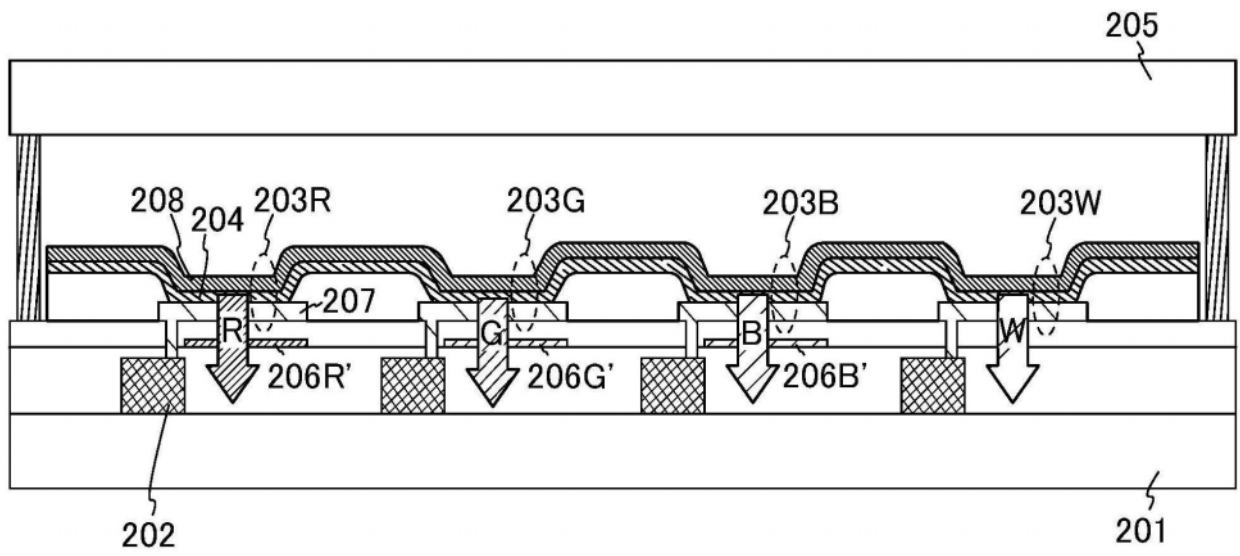


图9C

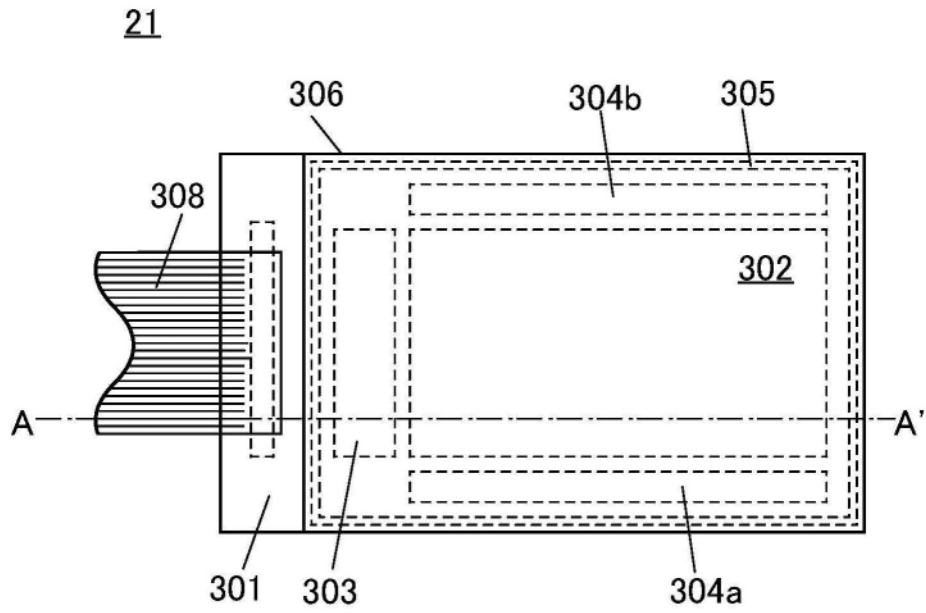


图10A

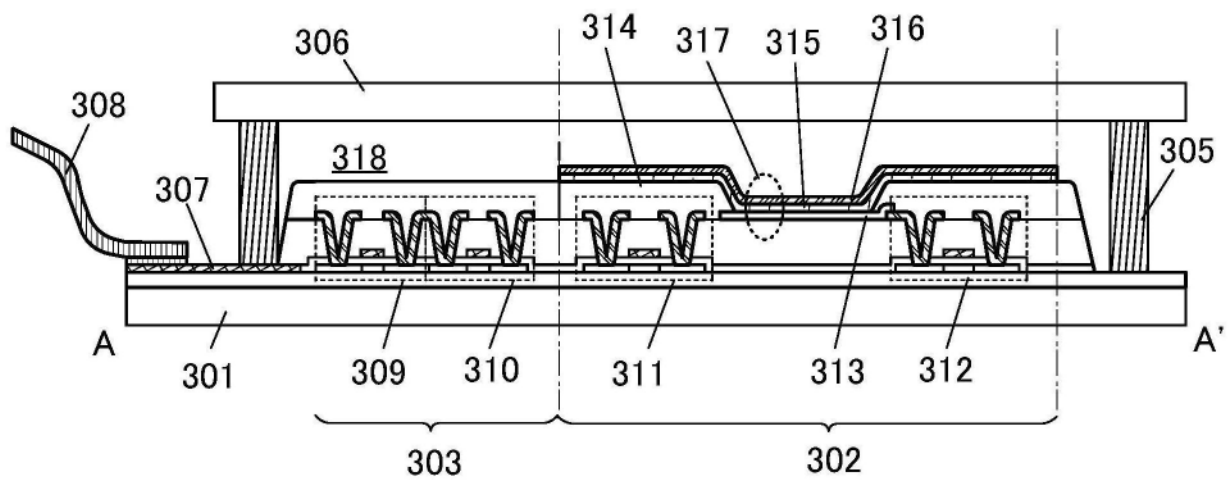


图10B



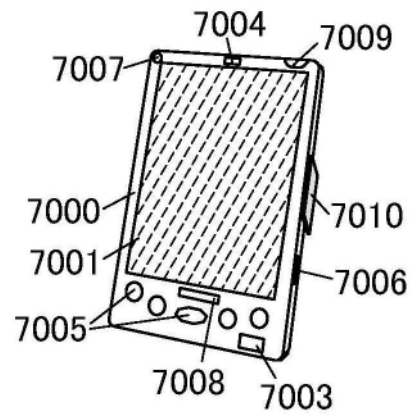


图11A

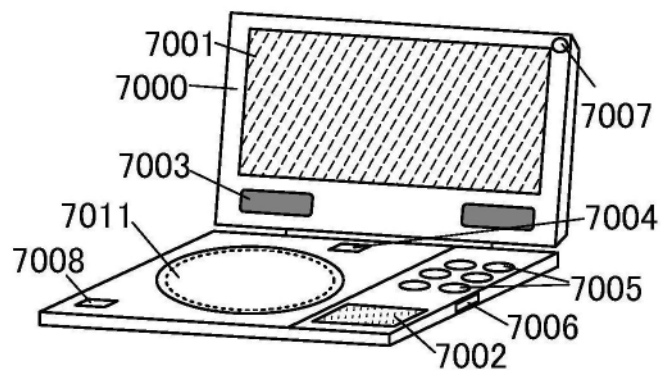


图11B

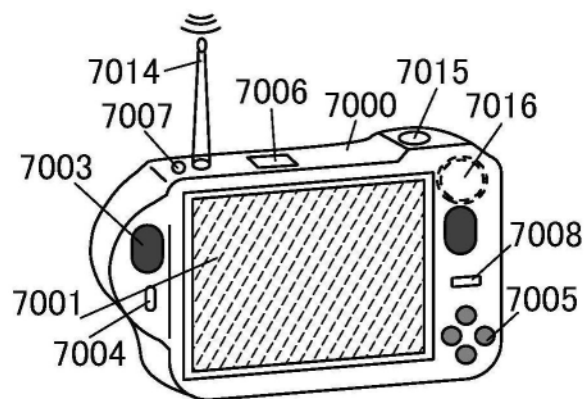


图11C

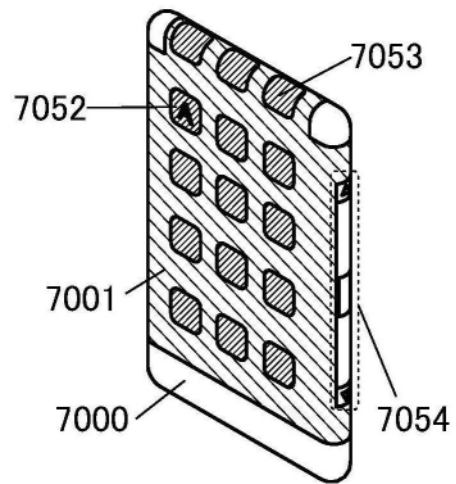


图11D

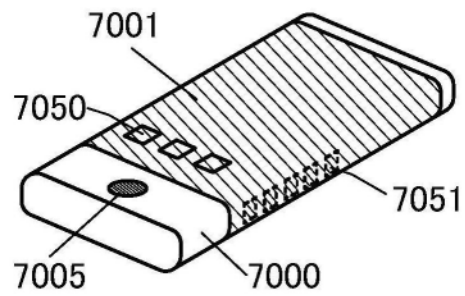


图11E

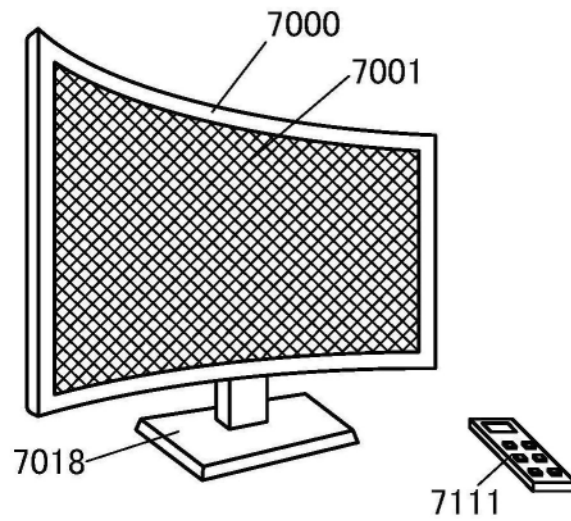


图11F

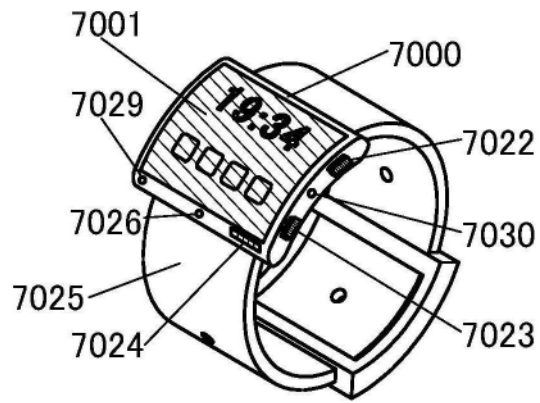


图11G

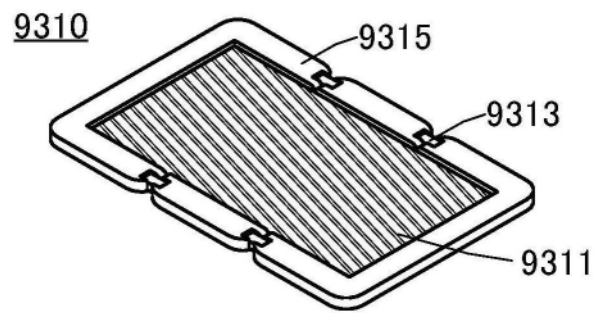


图12A

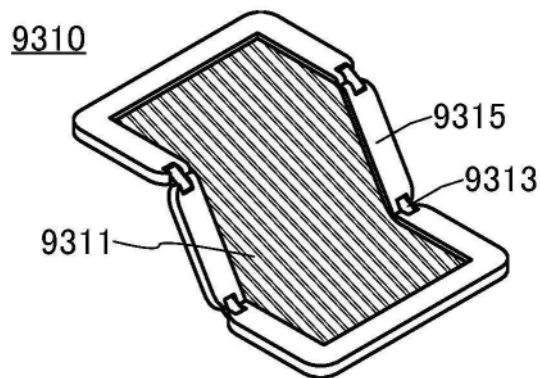


图12B

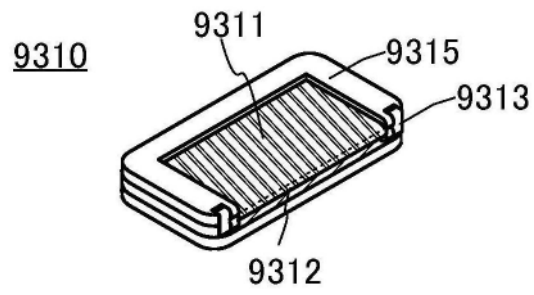


图12C

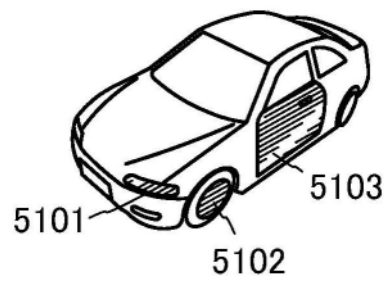


图13A

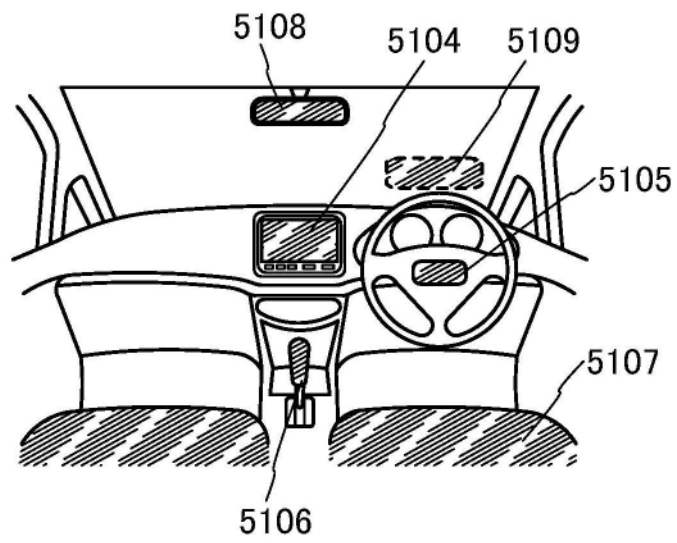


图13B

4000

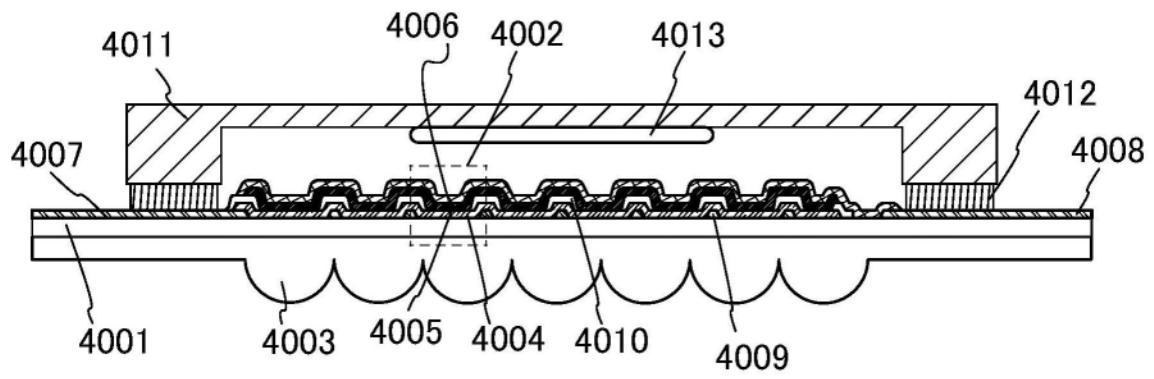


图14A

4200

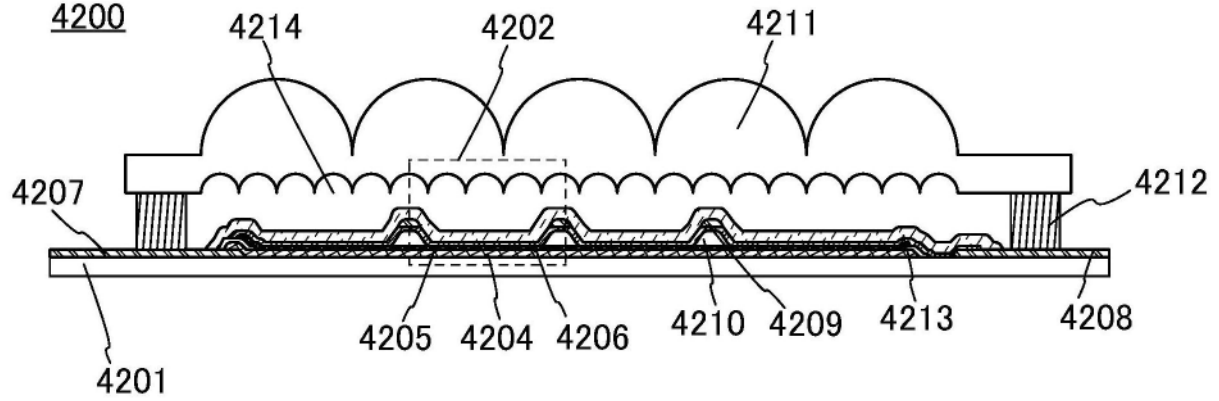


图14B

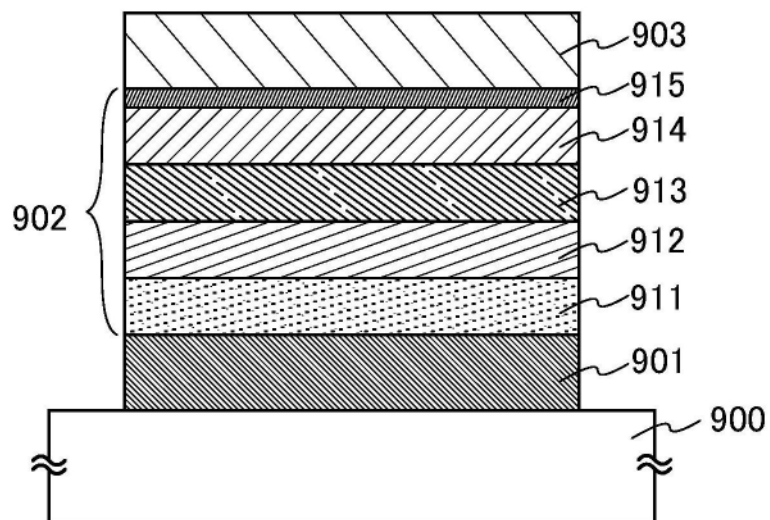


图15

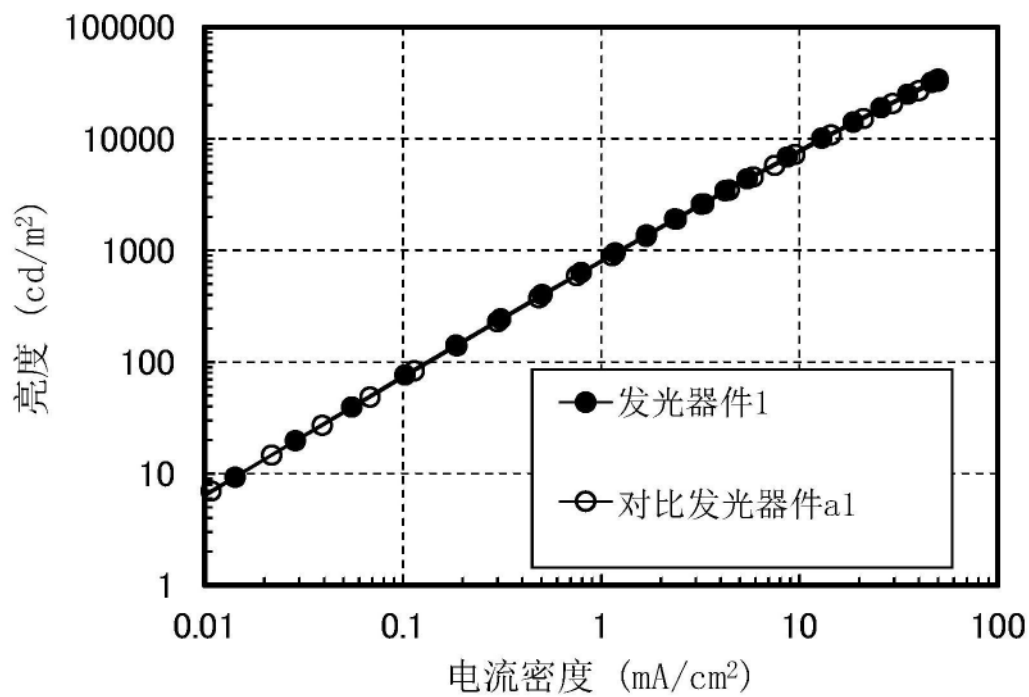


图16

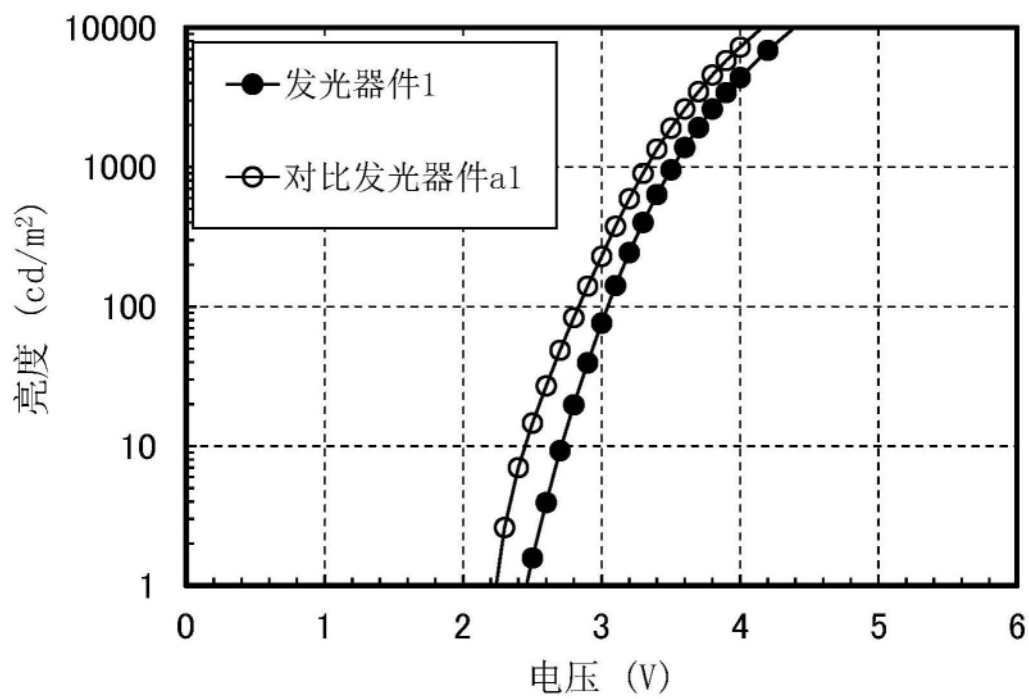


图17

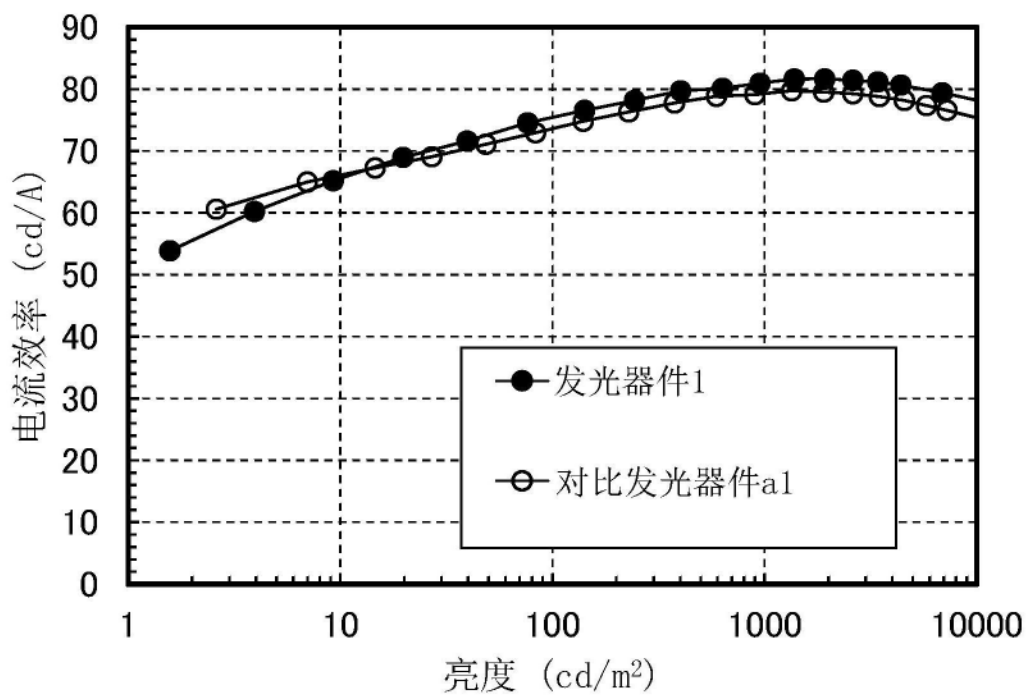


图18

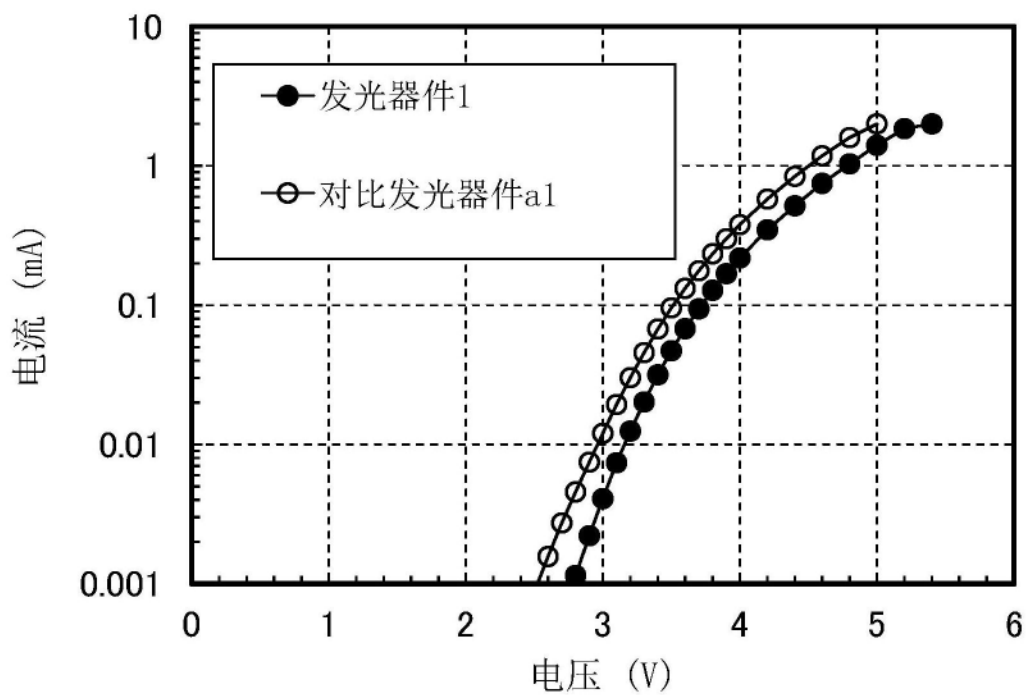


图19

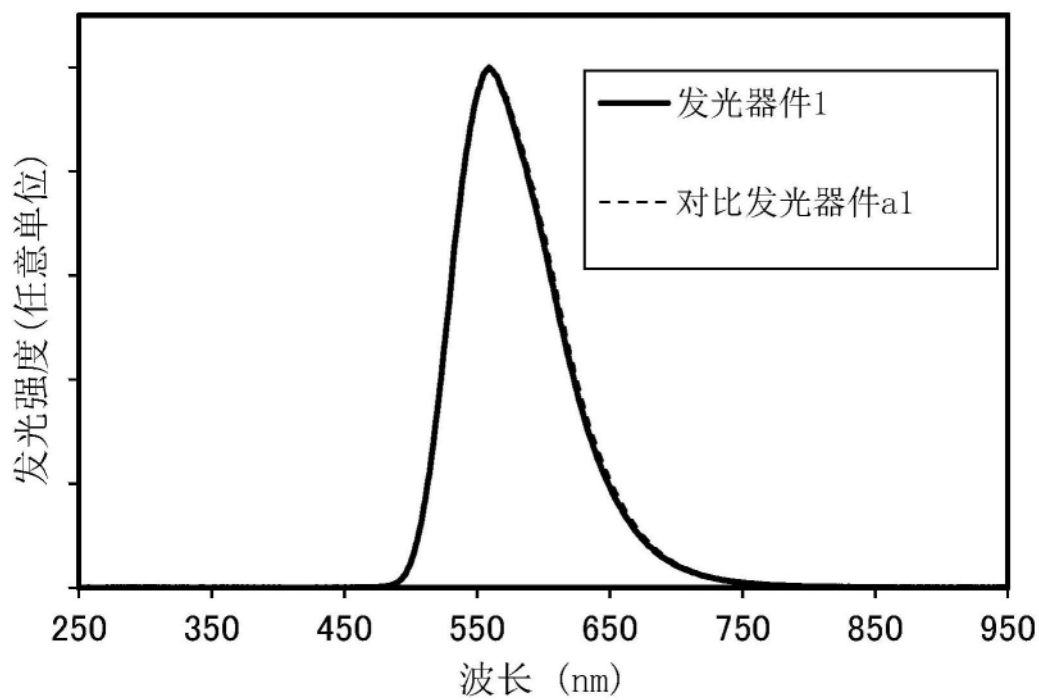


图20

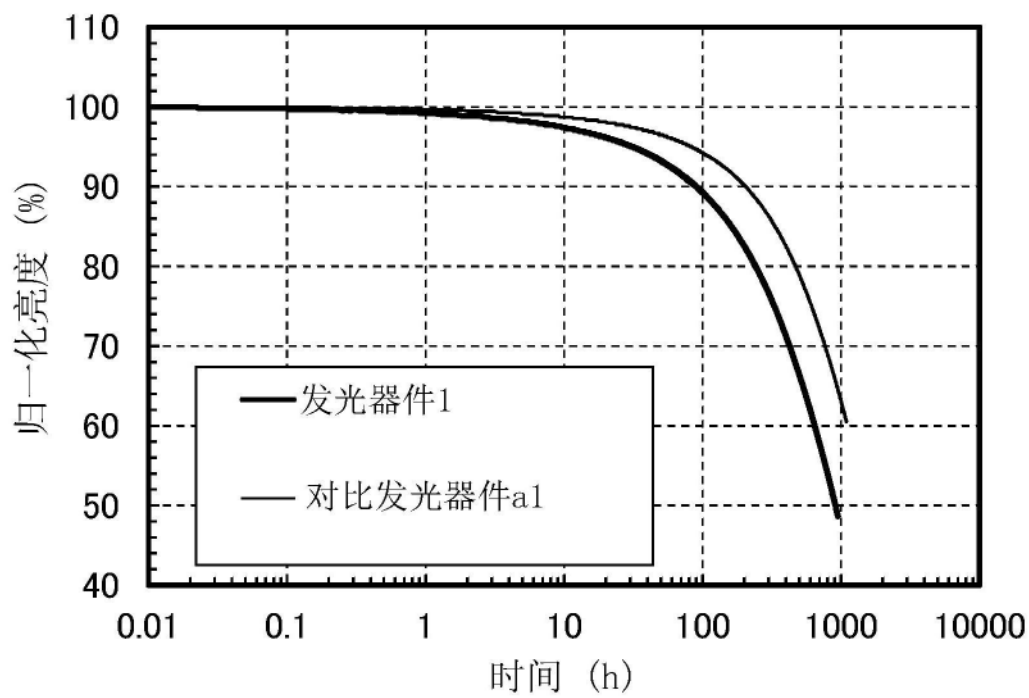


图21



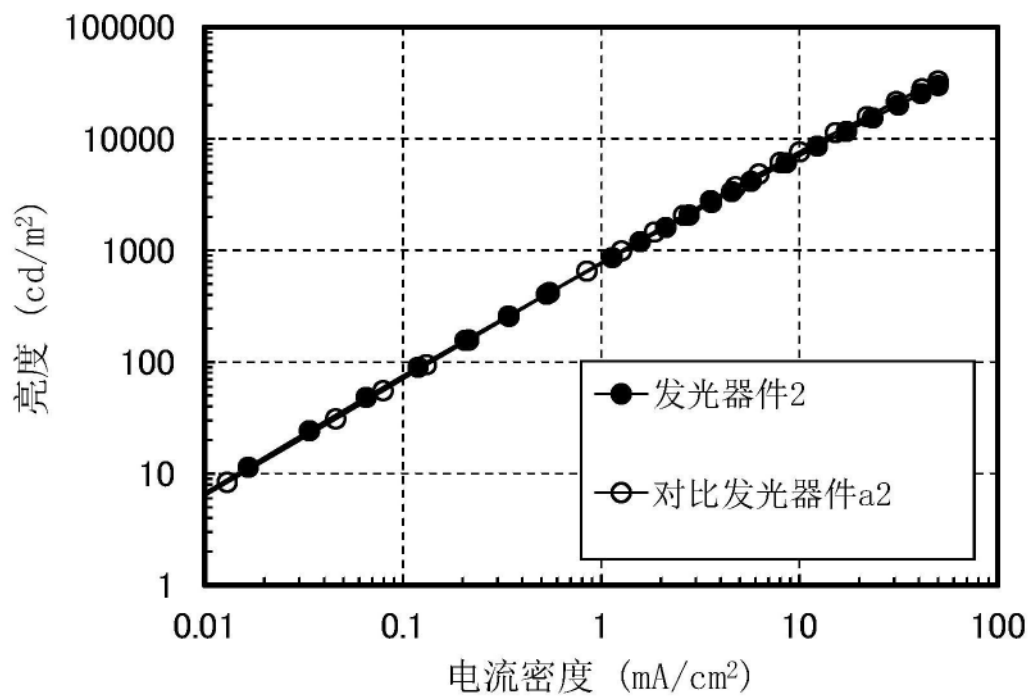


图22

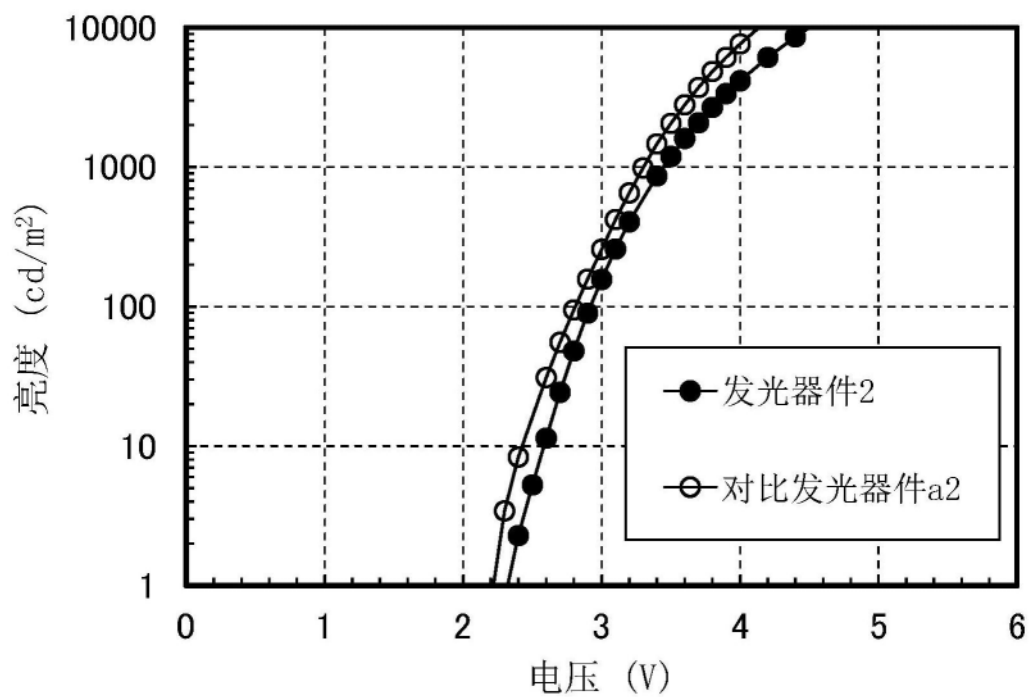


图23

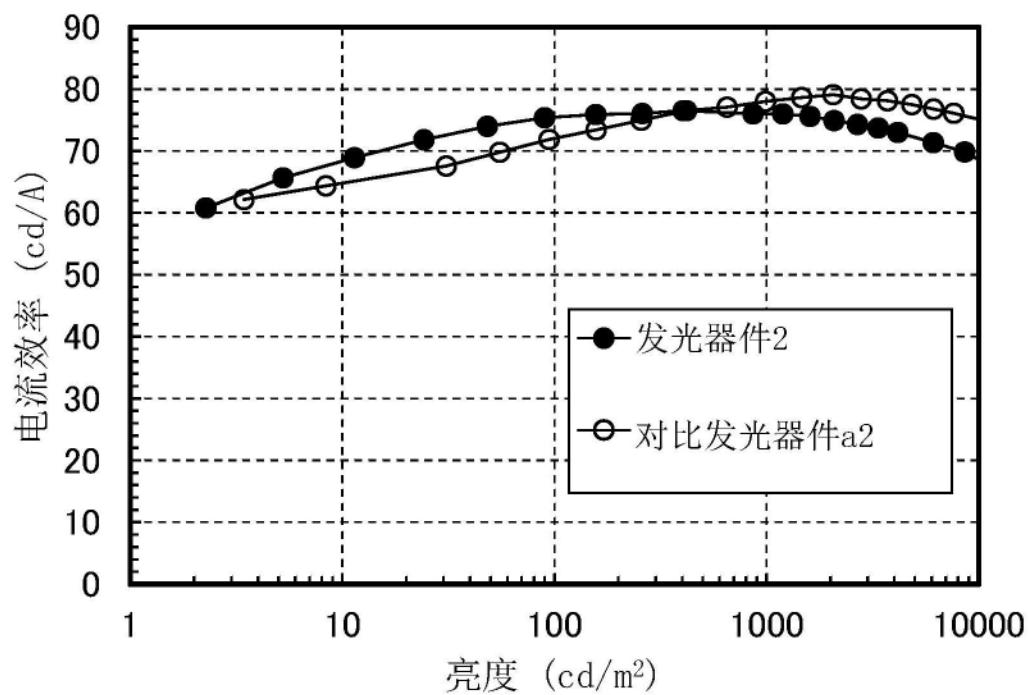


图24

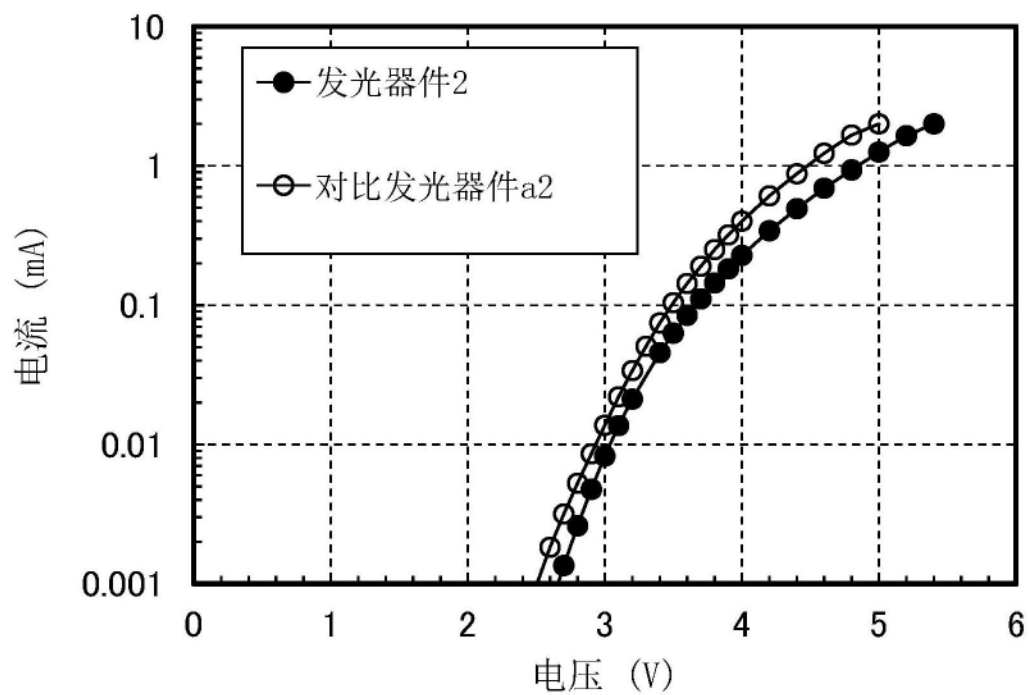


图25

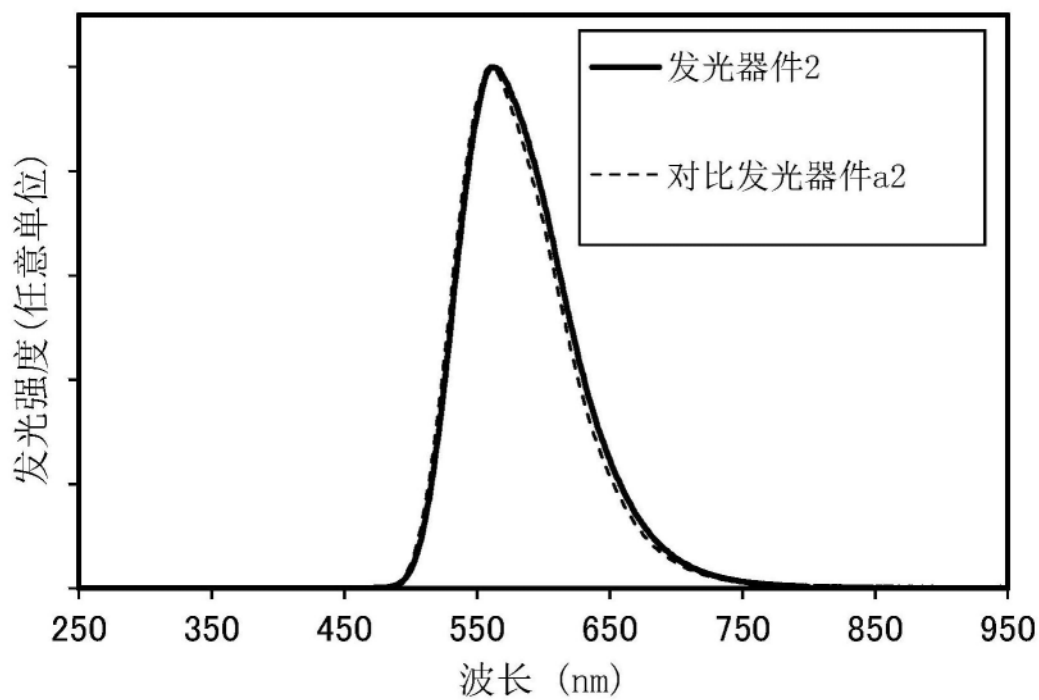


图26

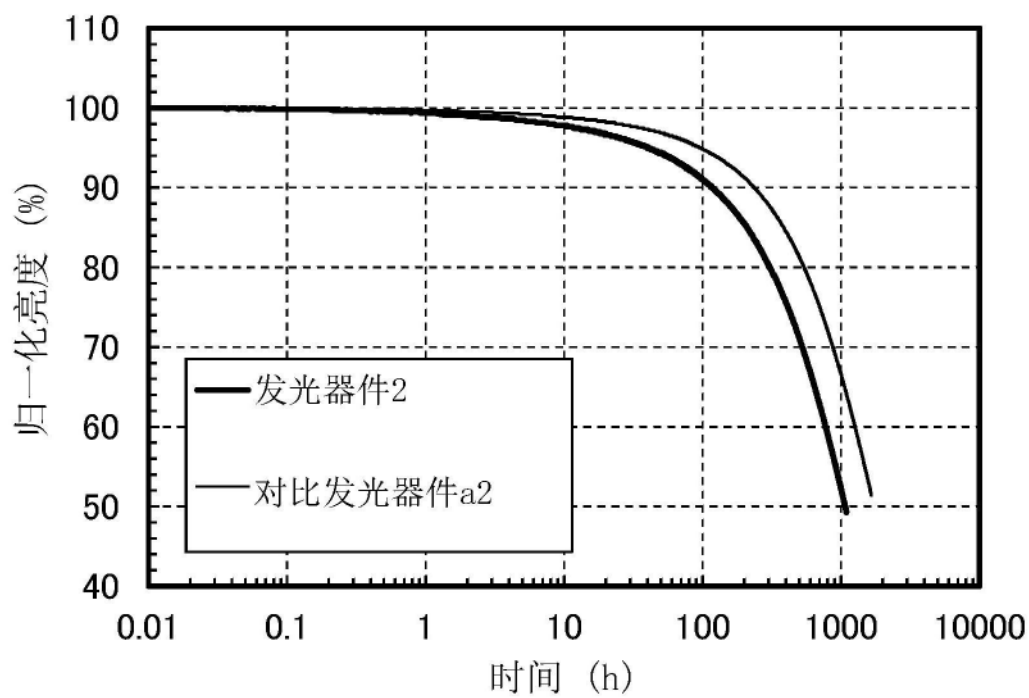


图27

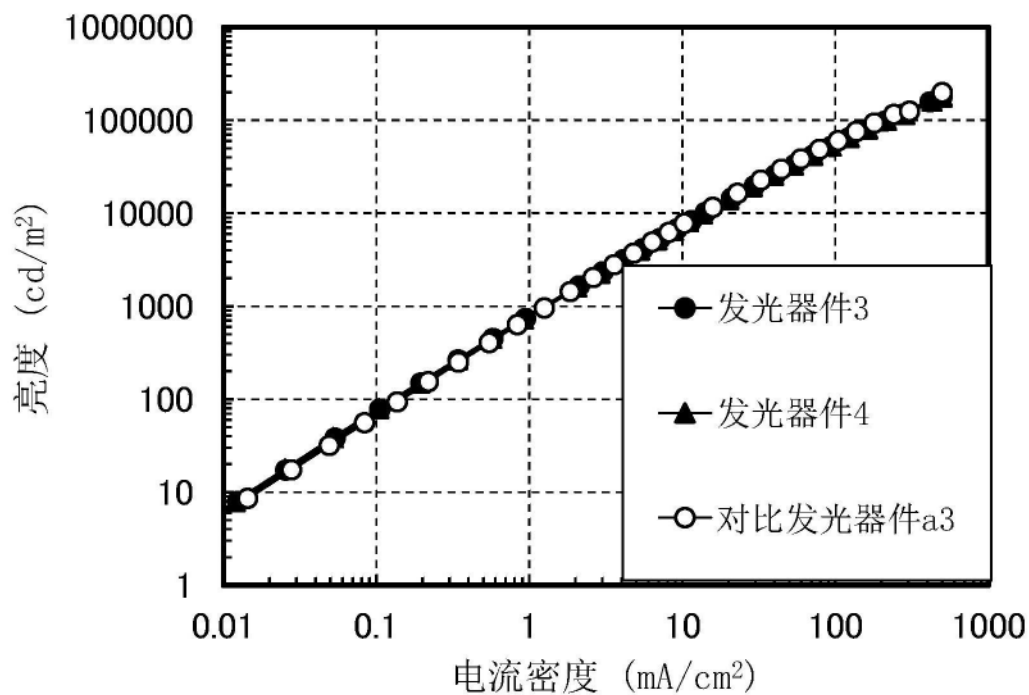


图28

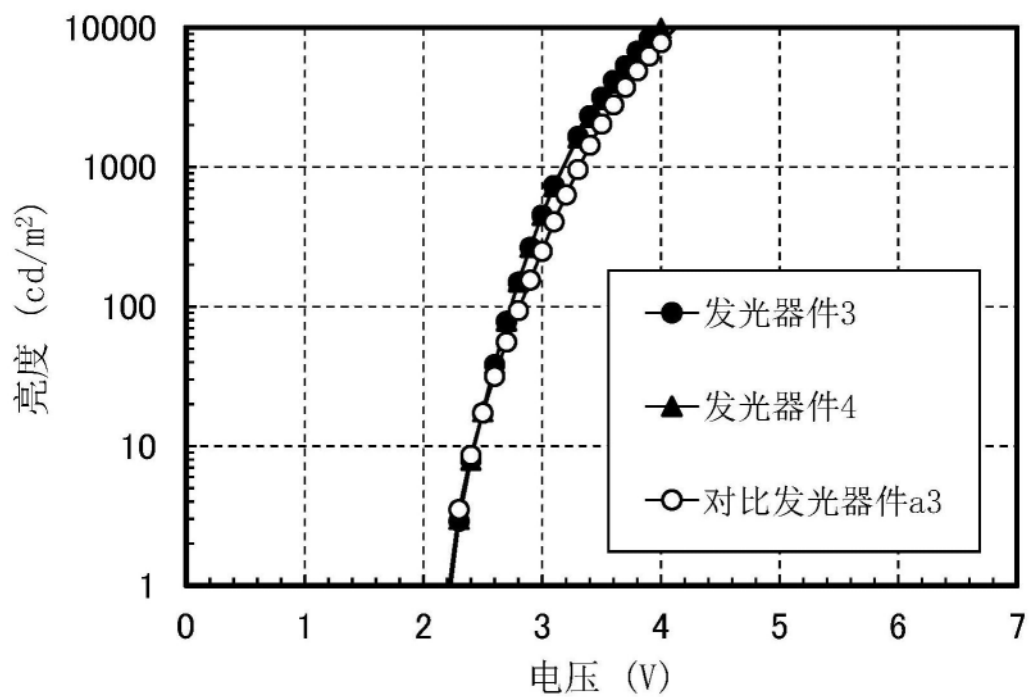


图29

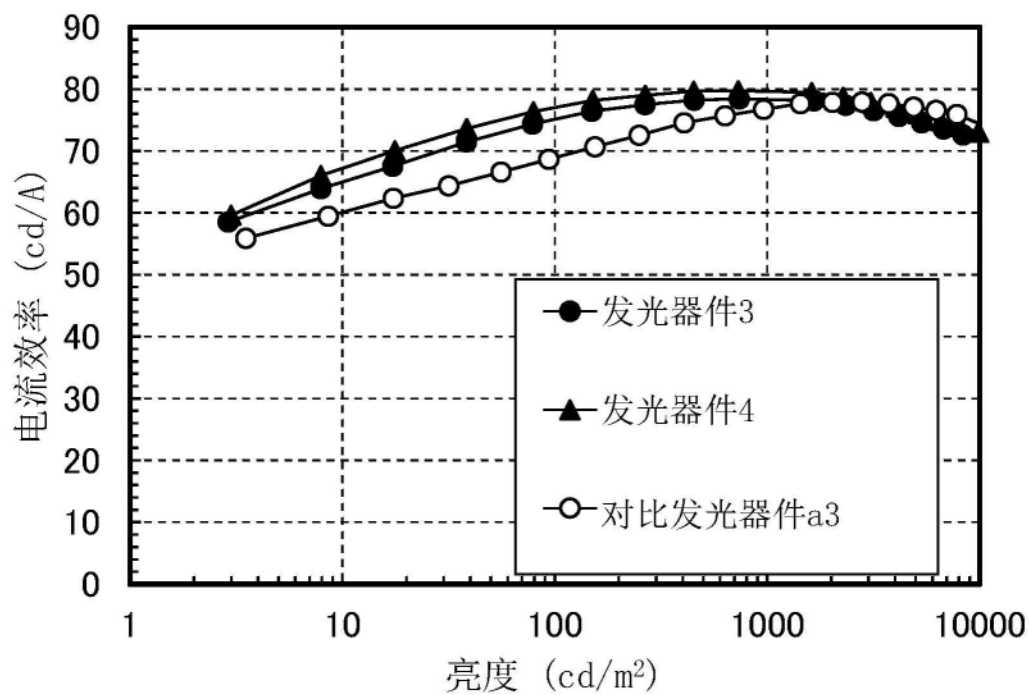


图30

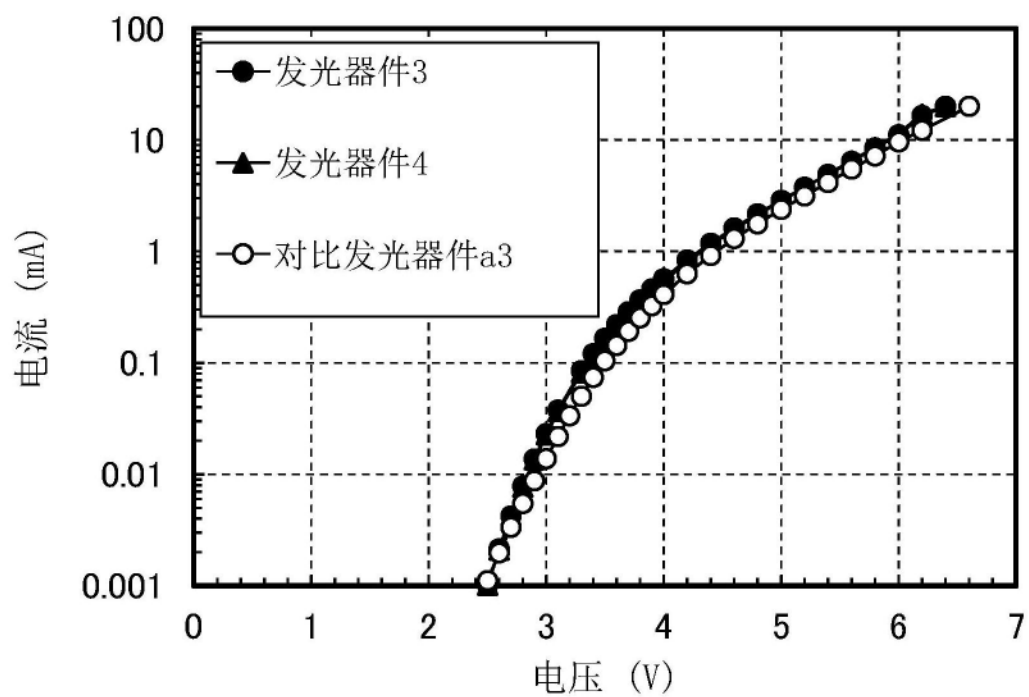


图31

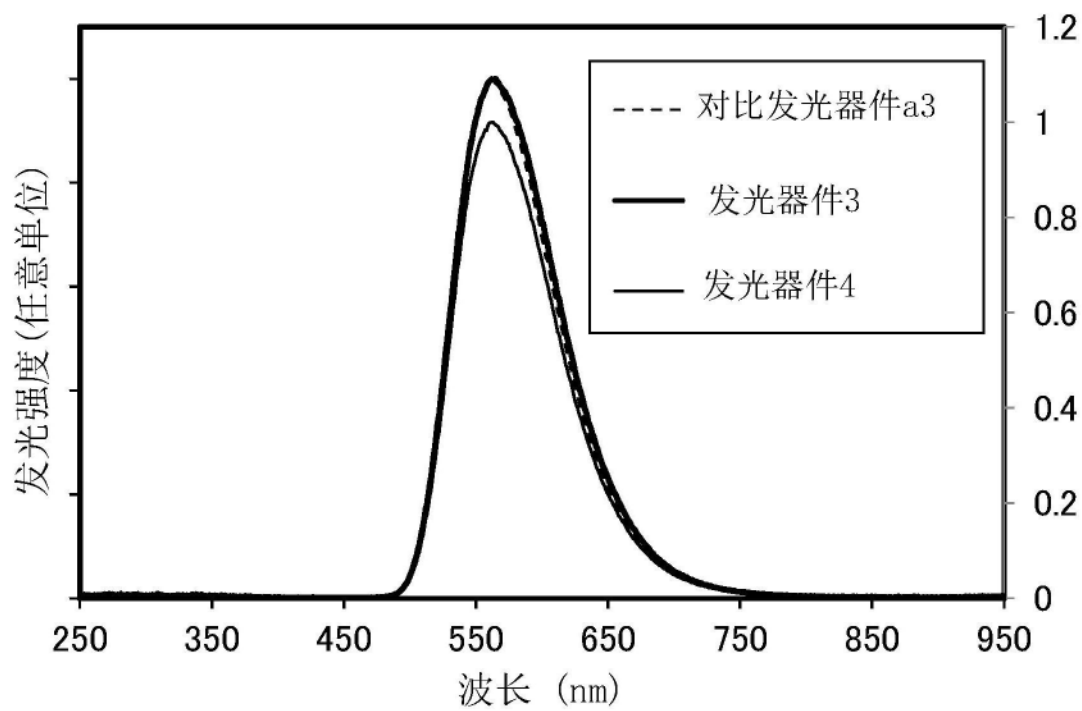


图32

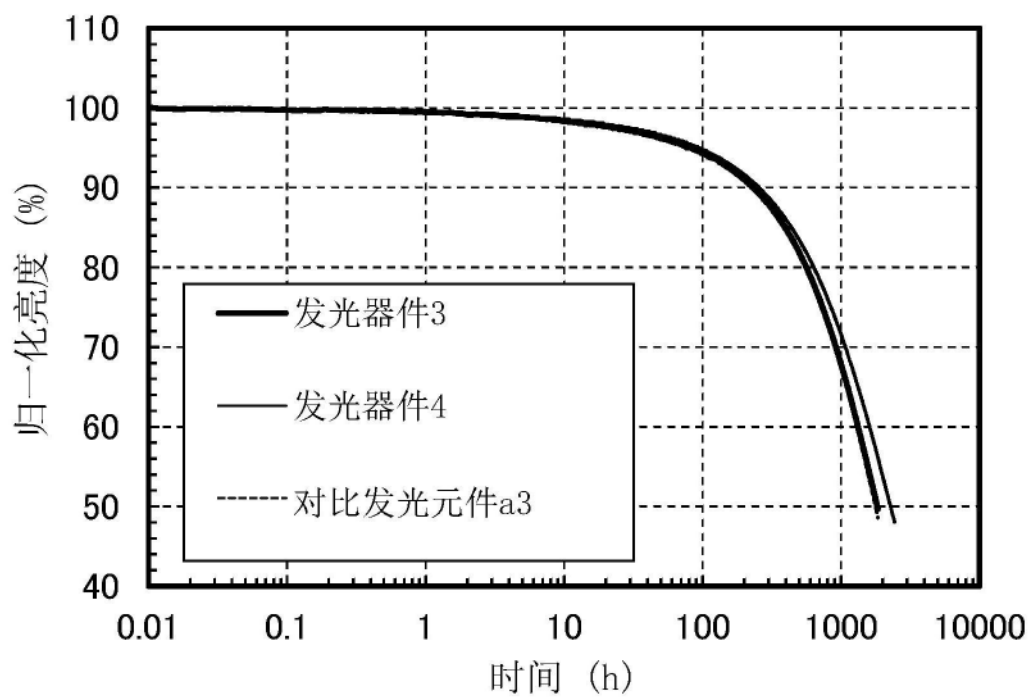


图33

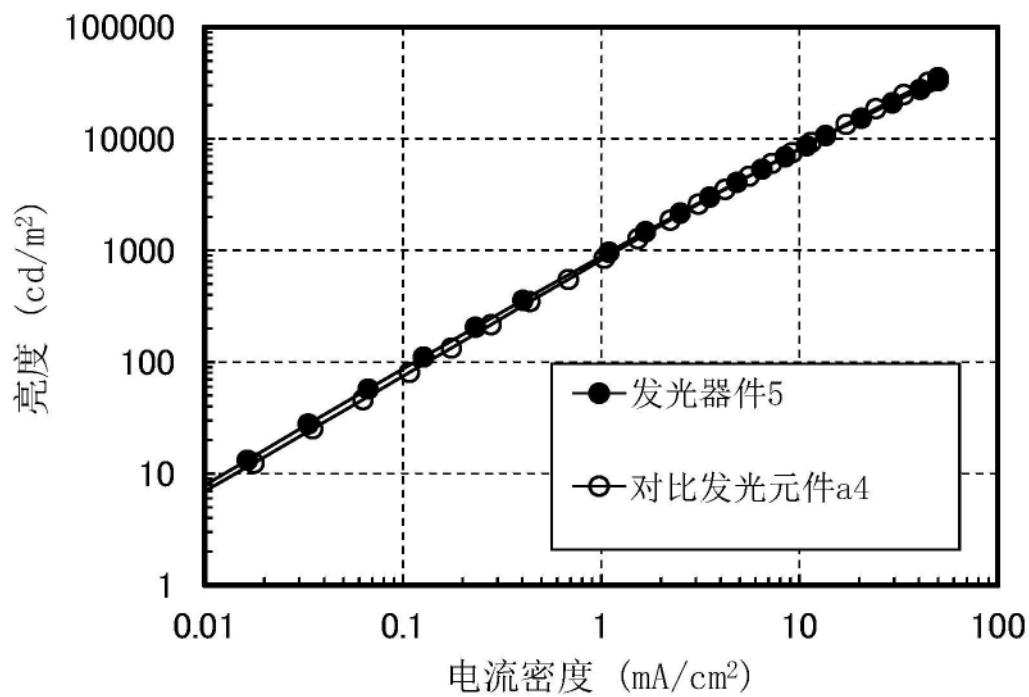


图34

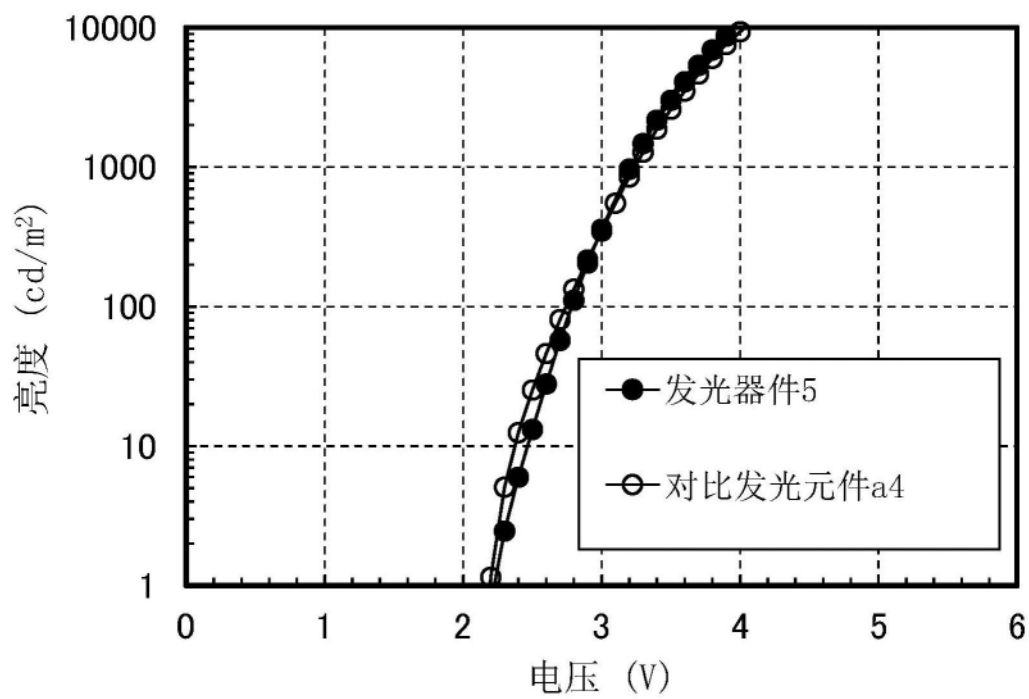


图35

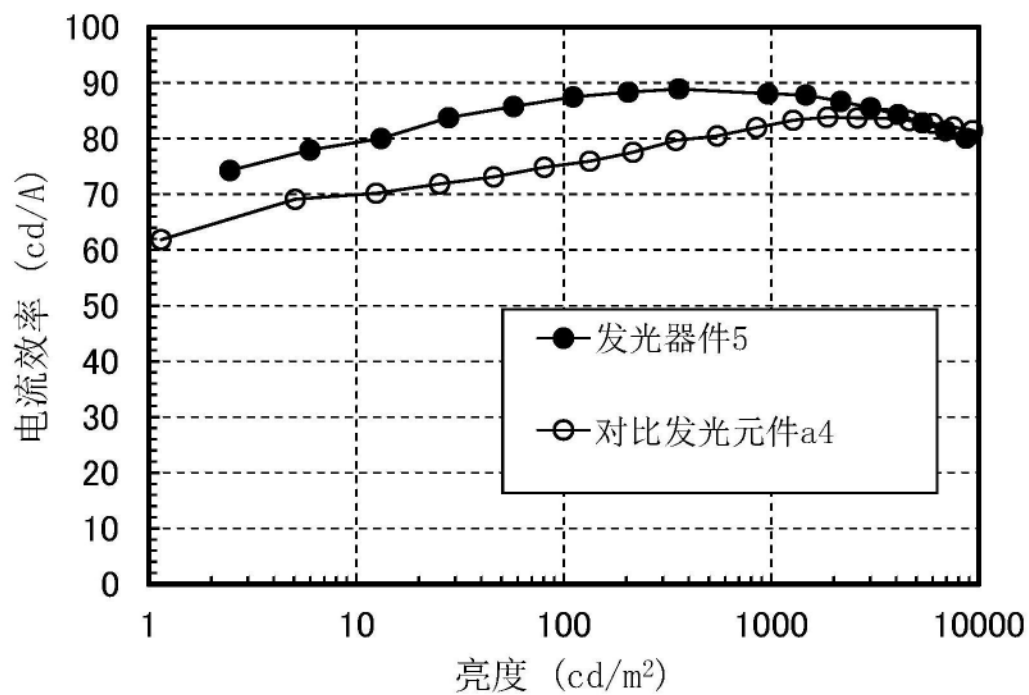


图36

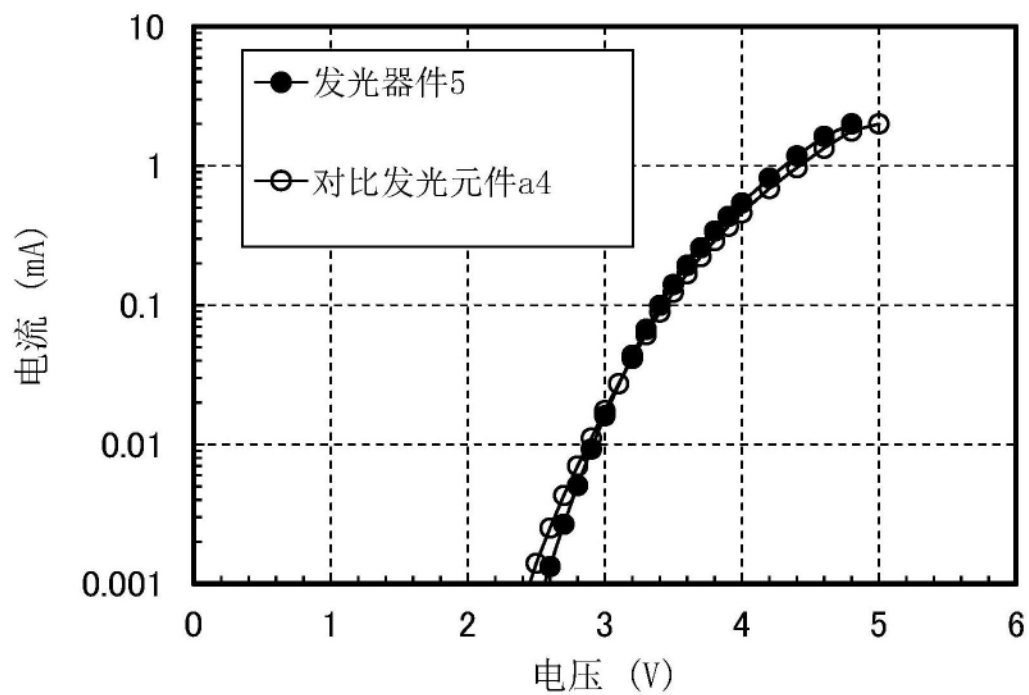


图37



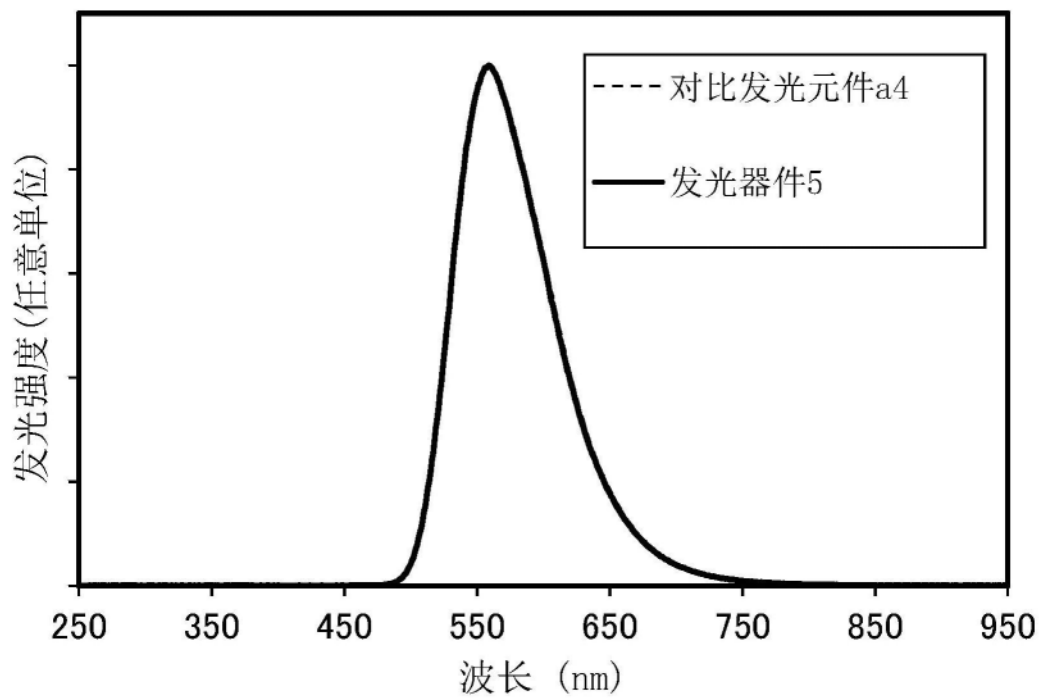


图38

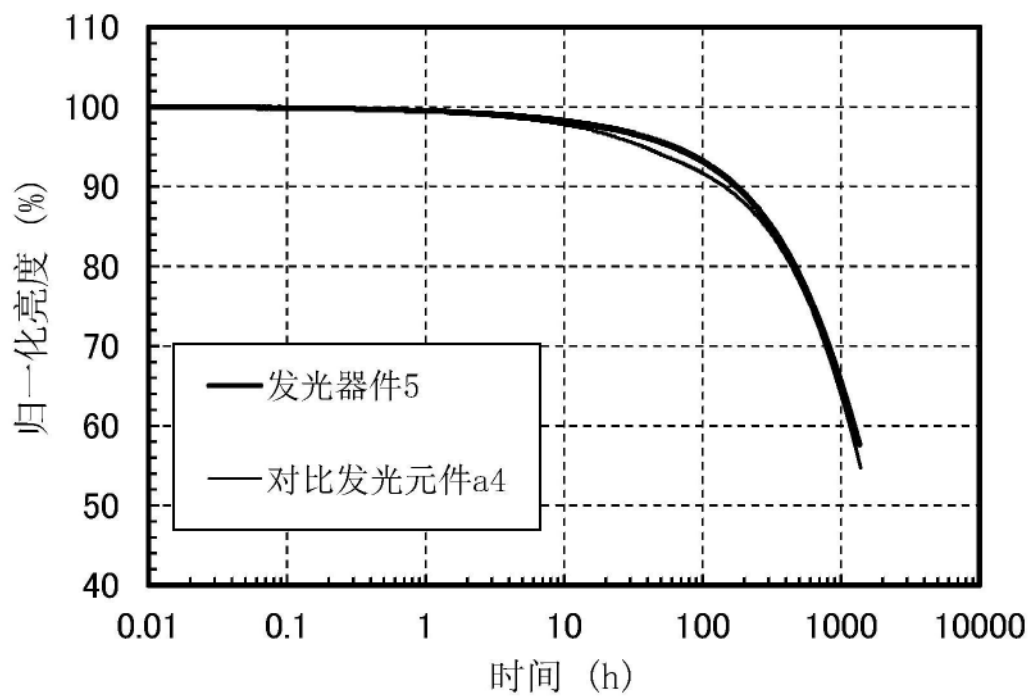


图39

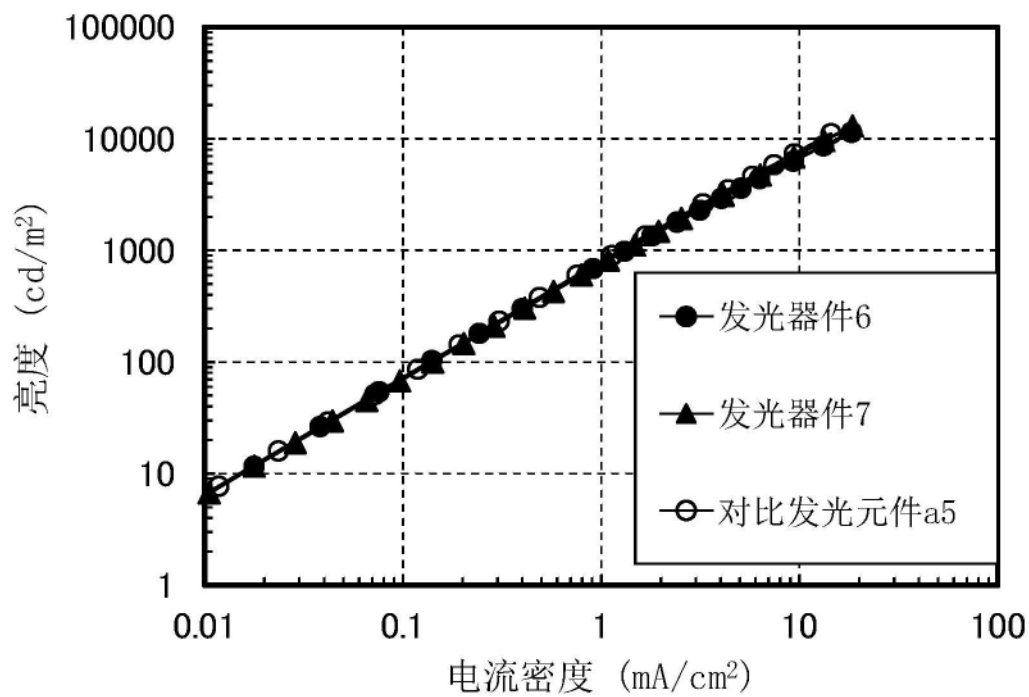


图40

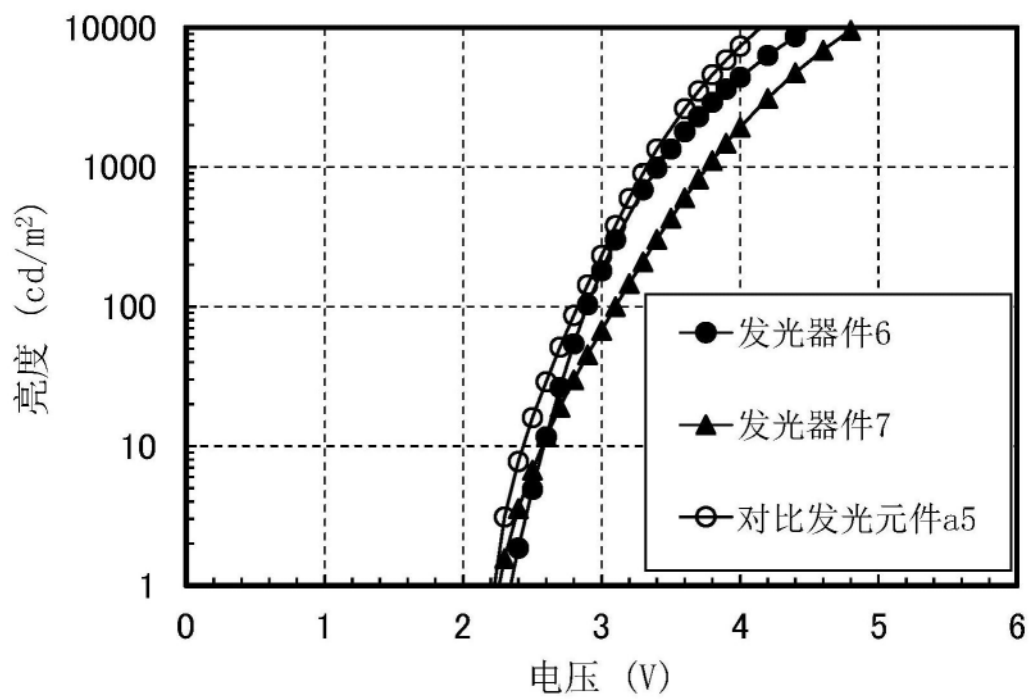


图41

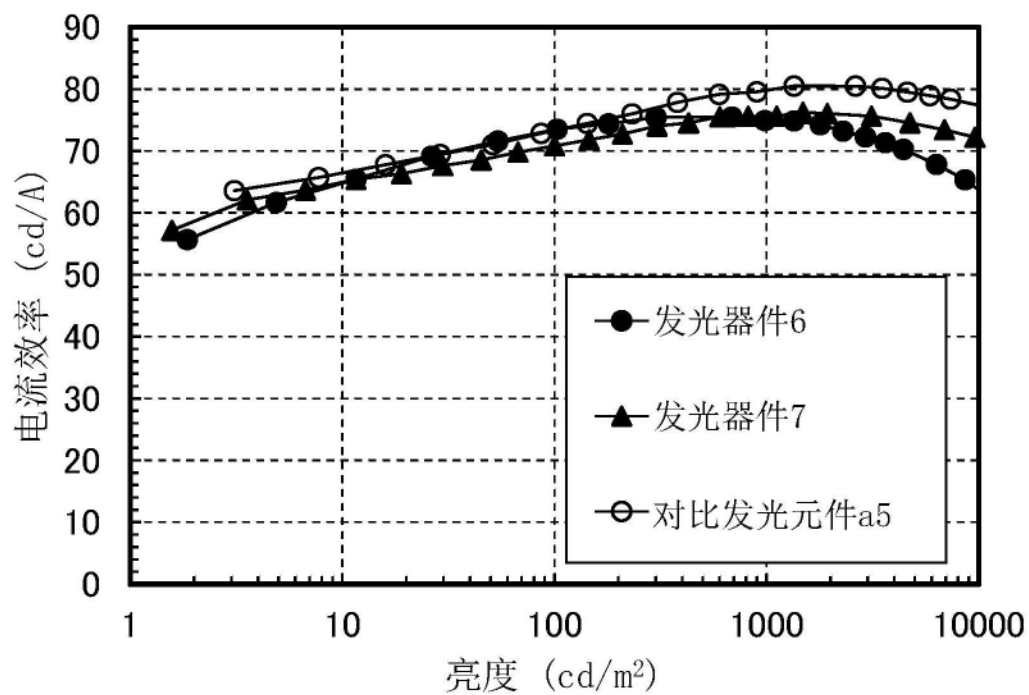


图42

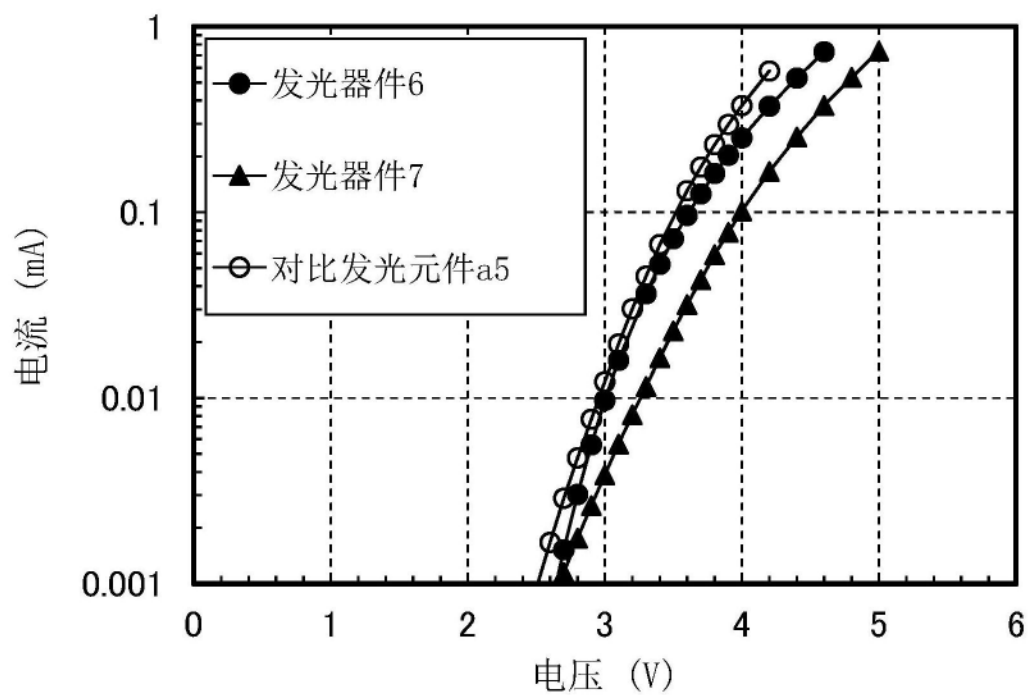


图43

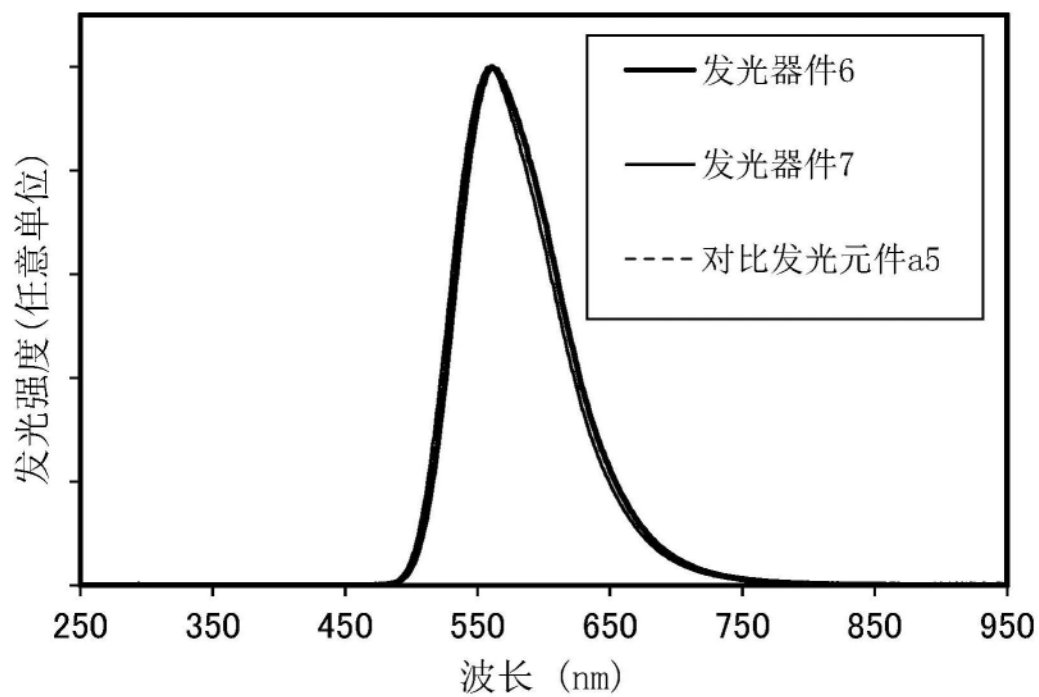


图44

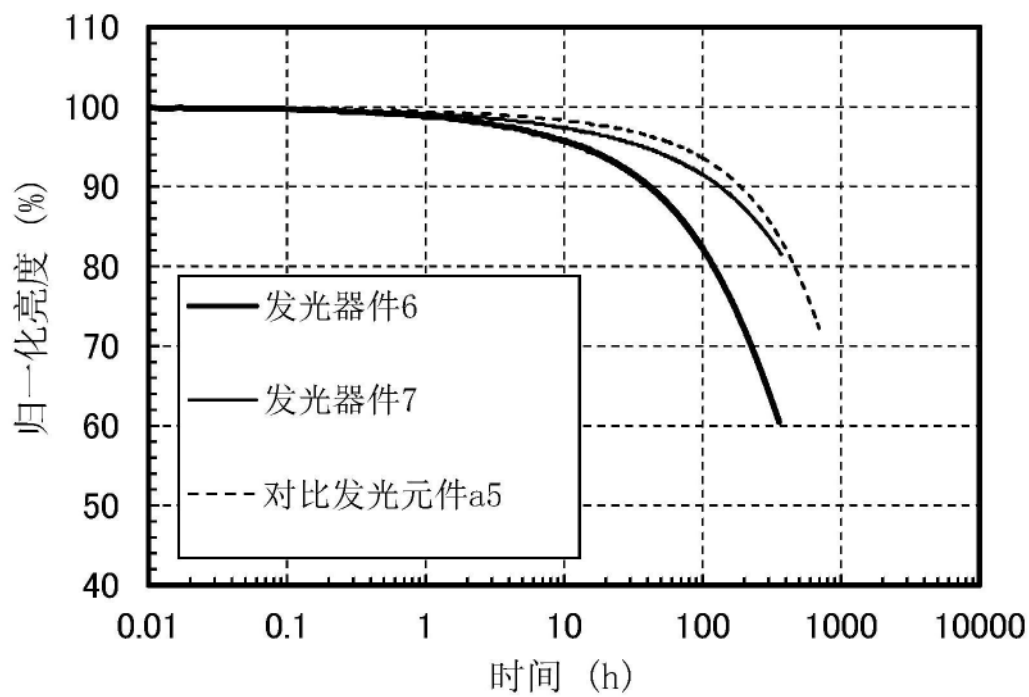


图45

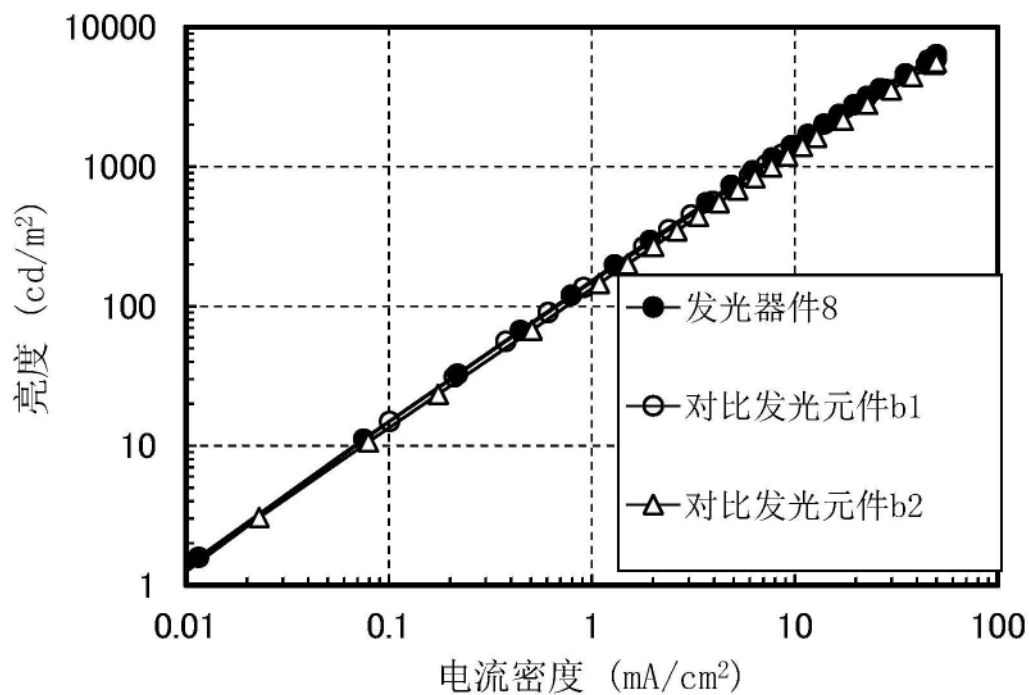


图46

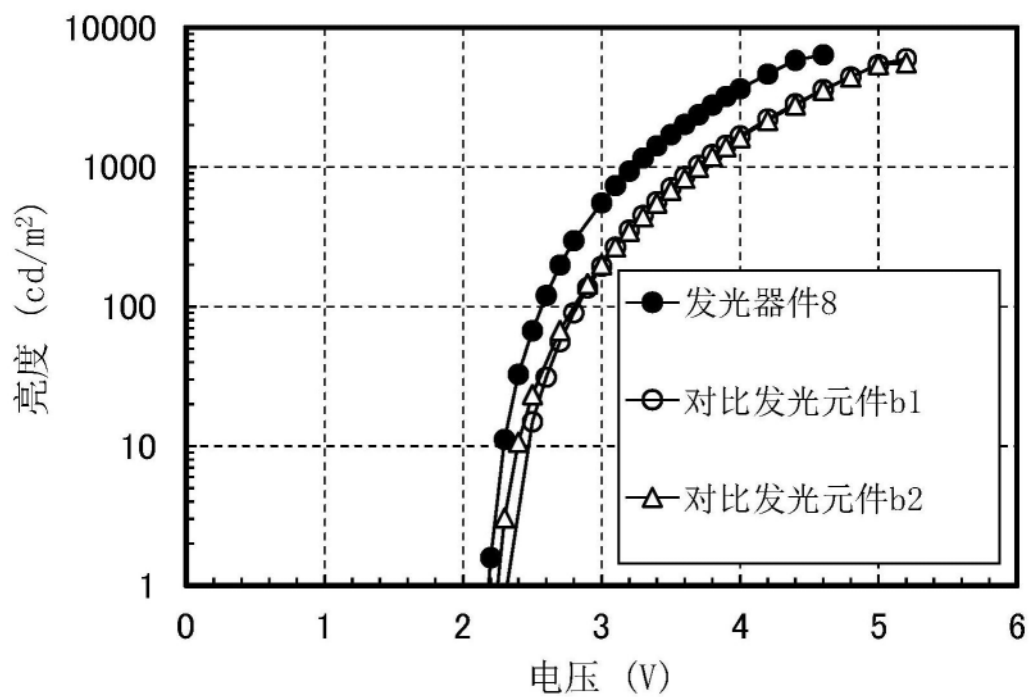


图47

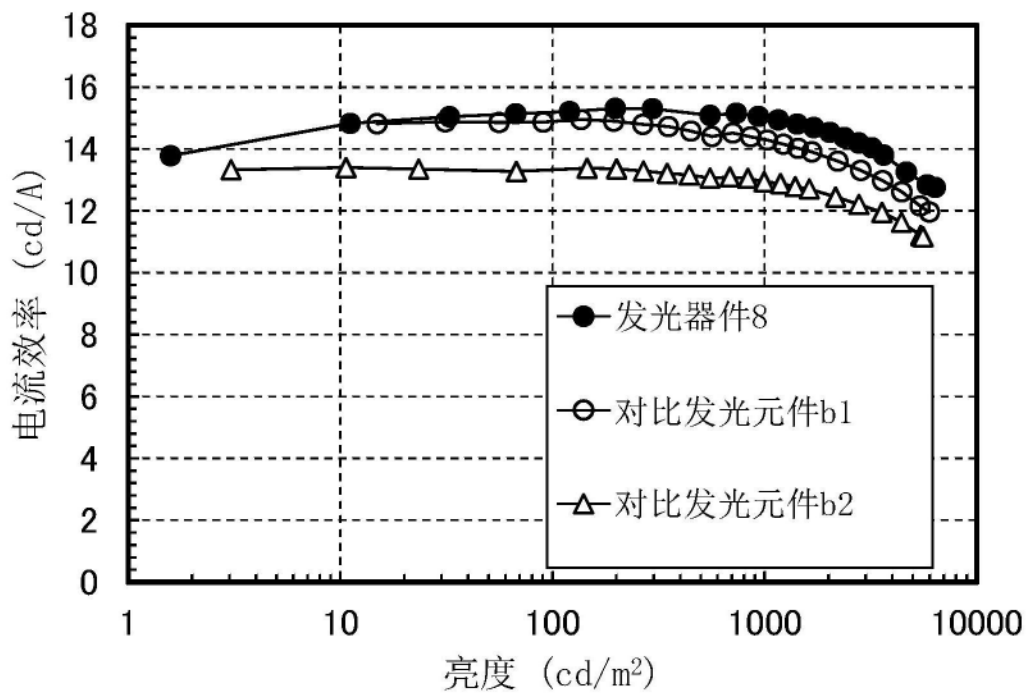


图48

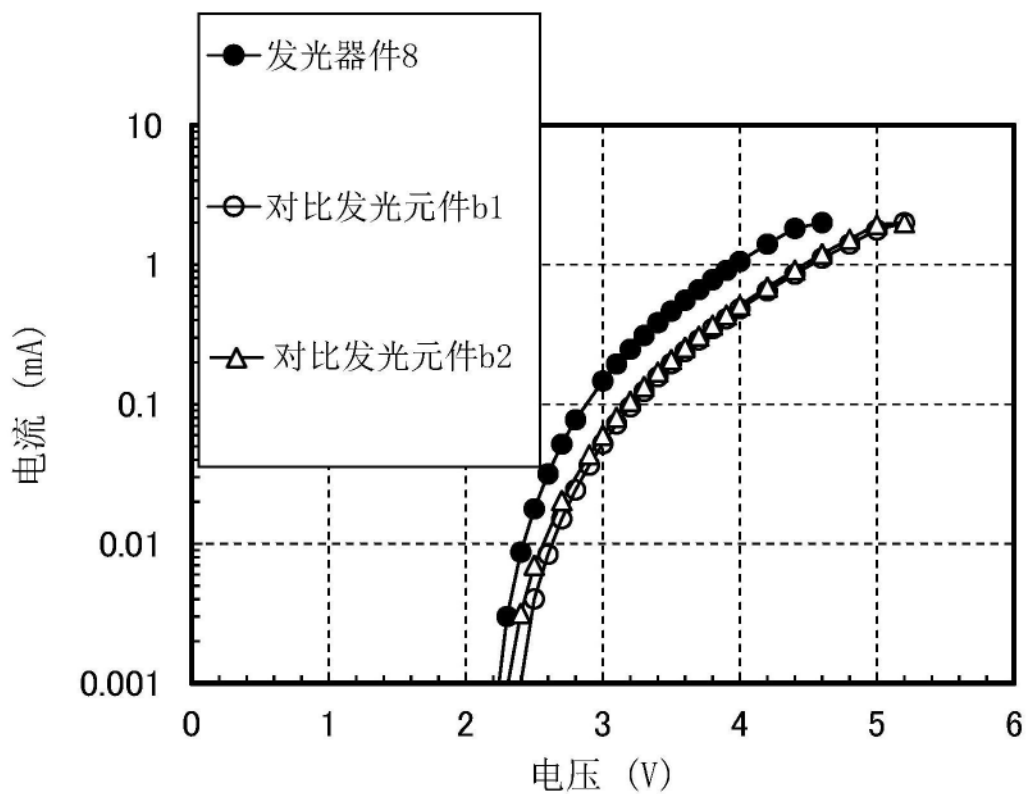


图49

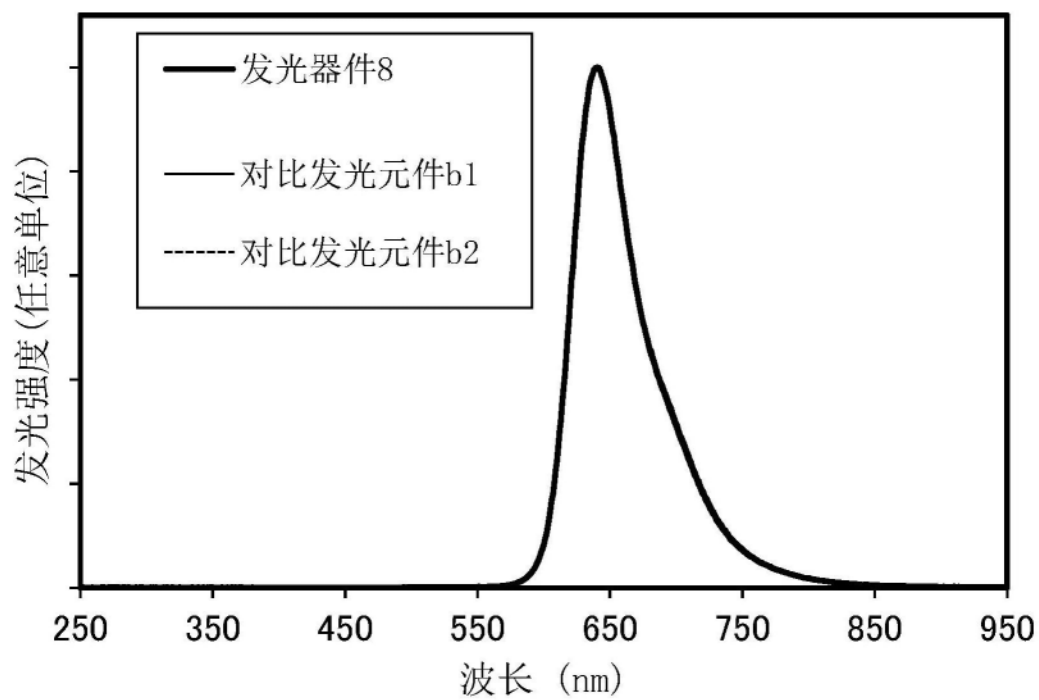


图50

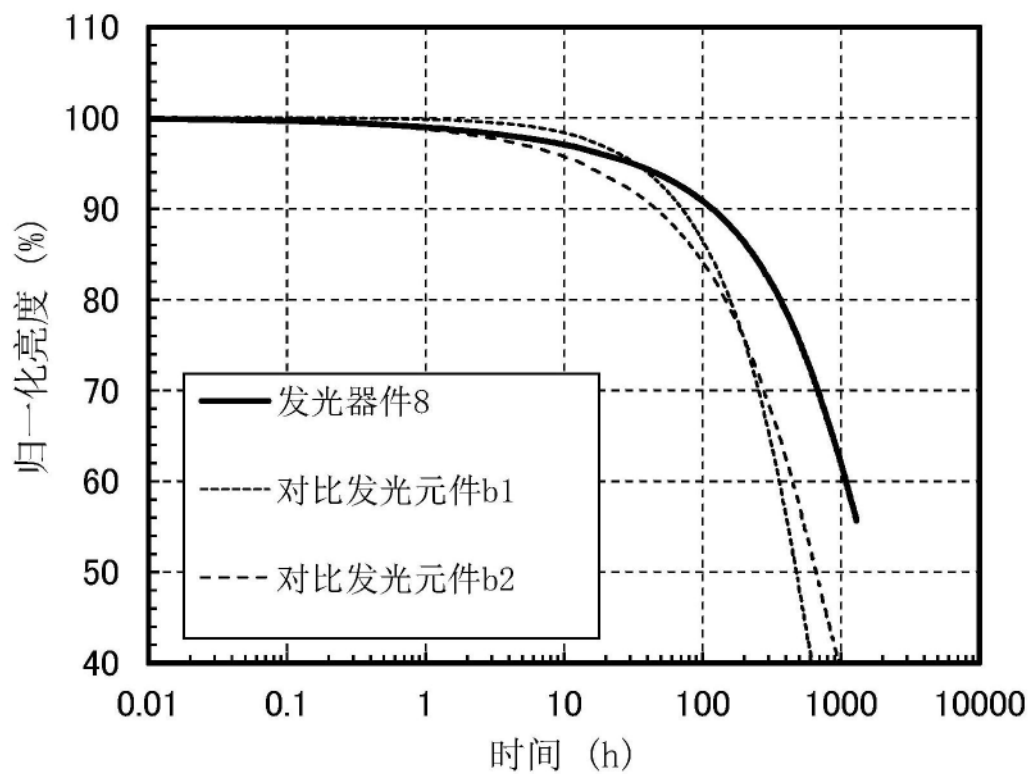


图51

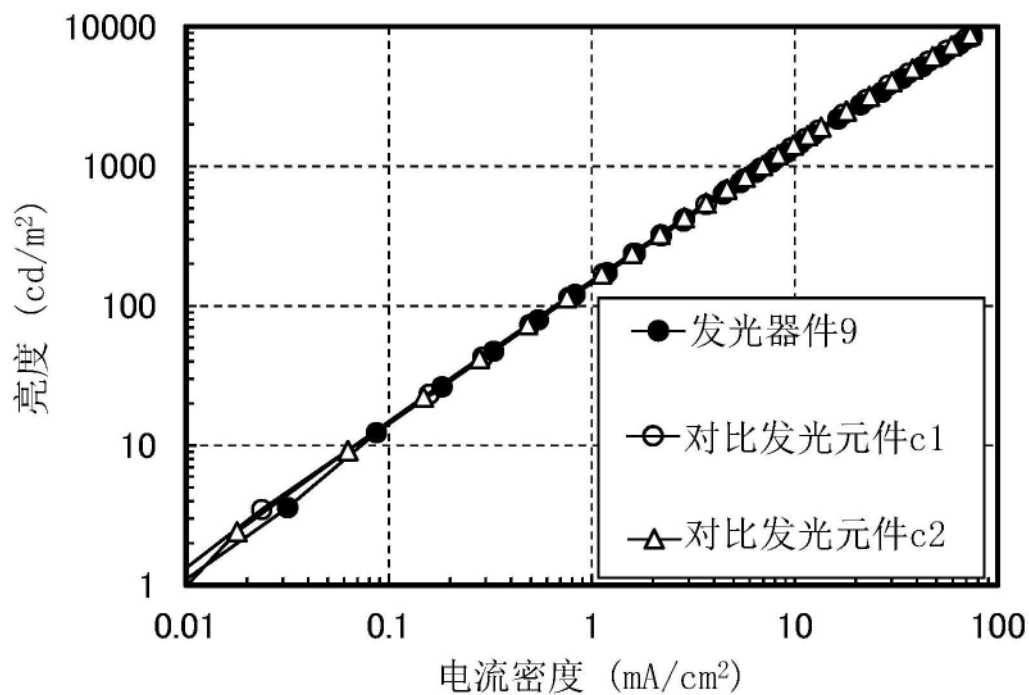


图52

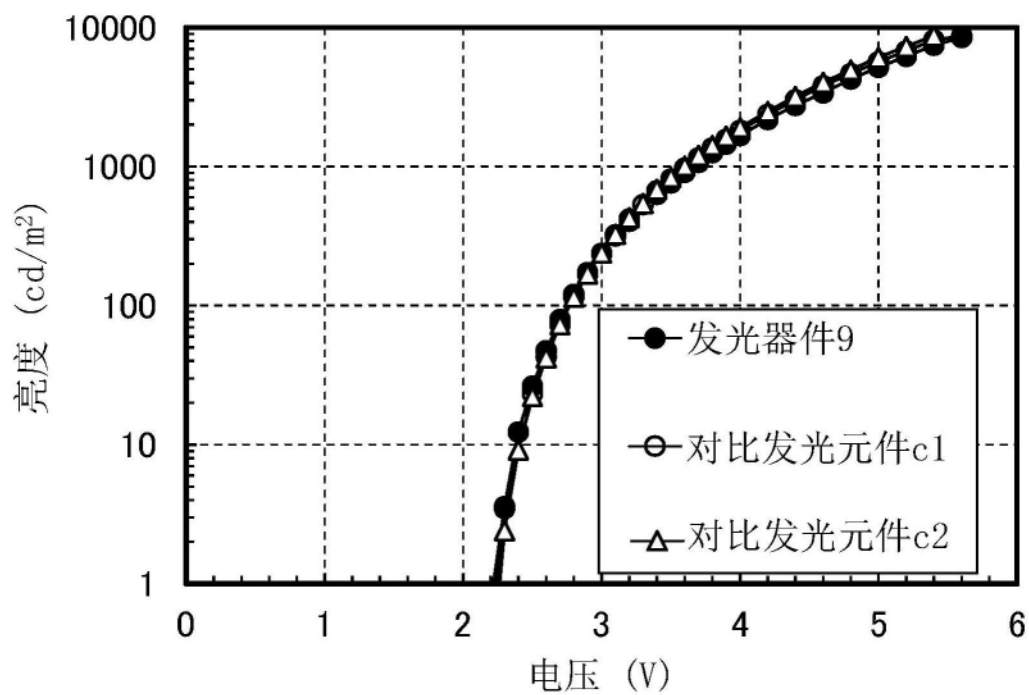


图53



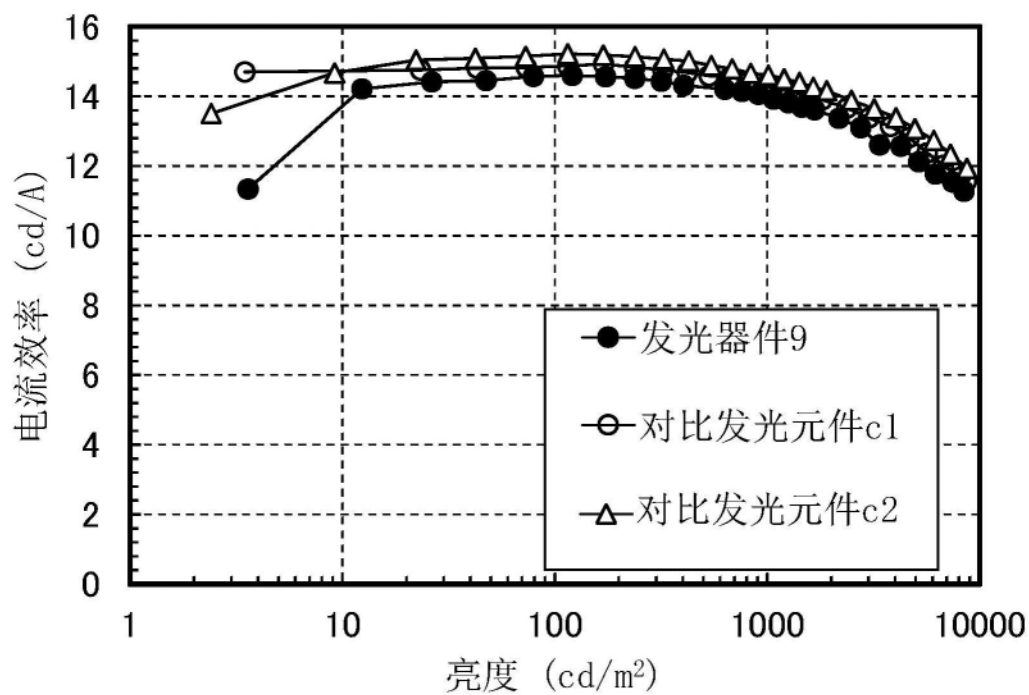


图54

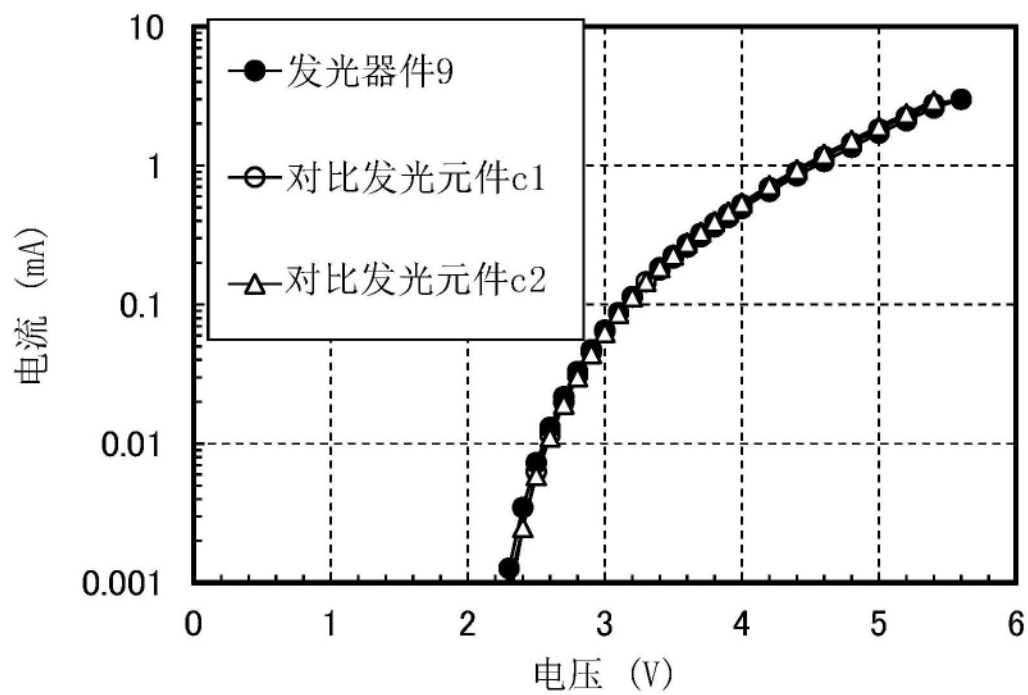


图55

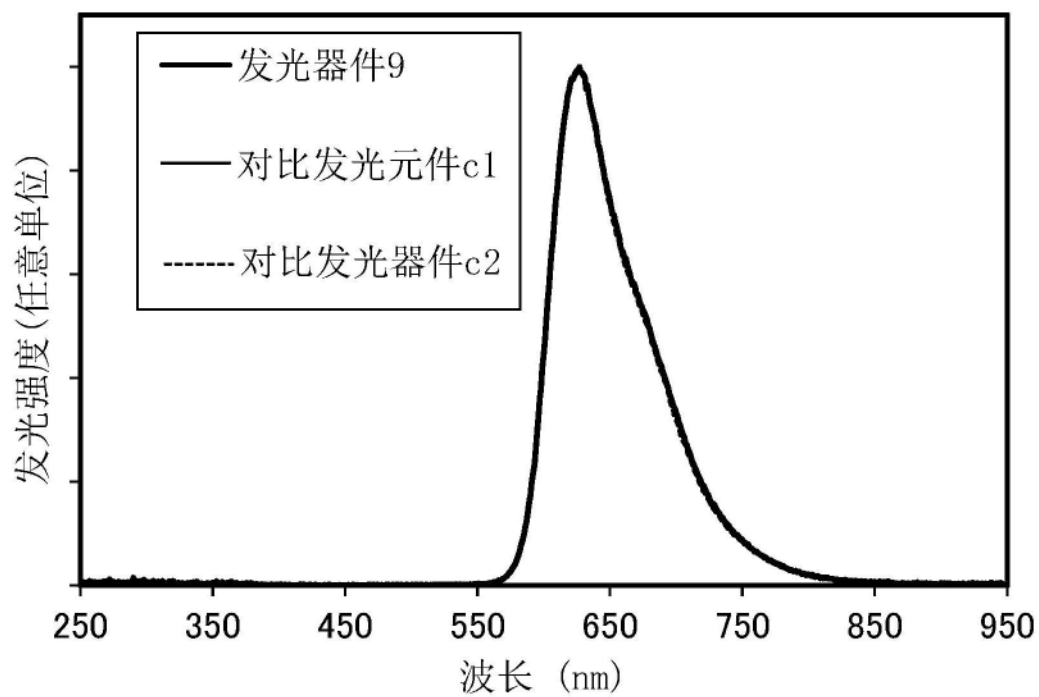


图56

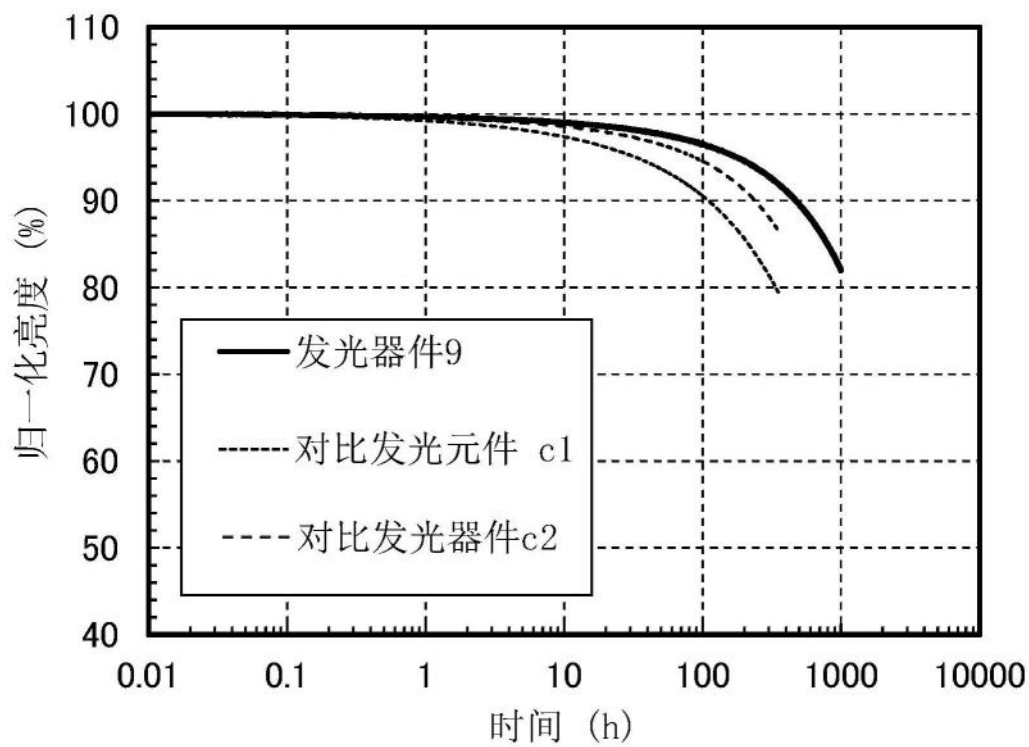


图57

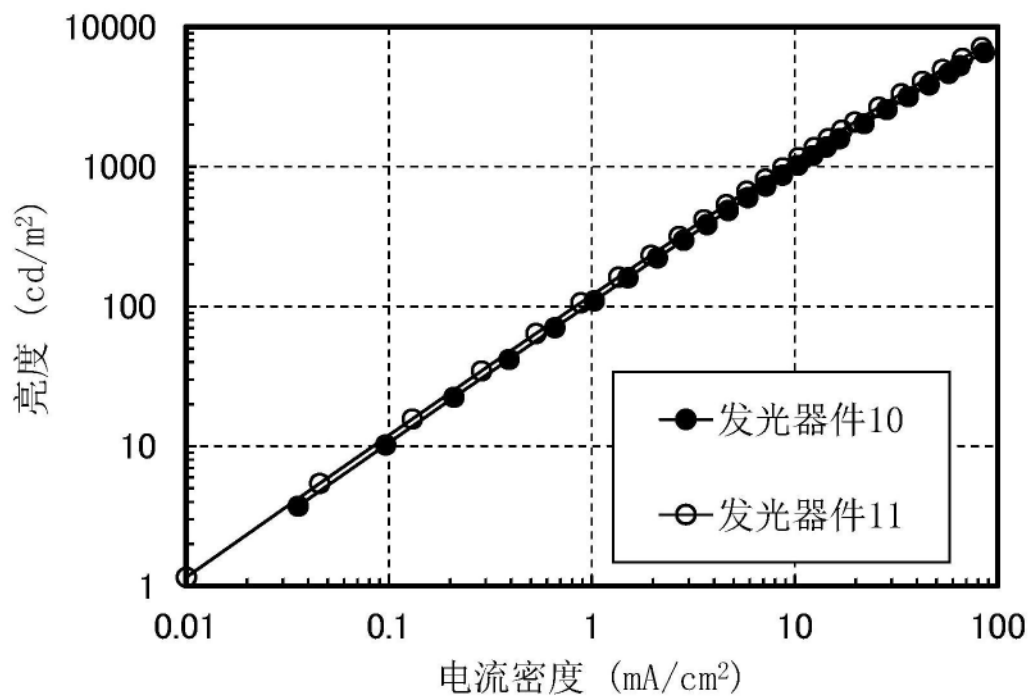


图58

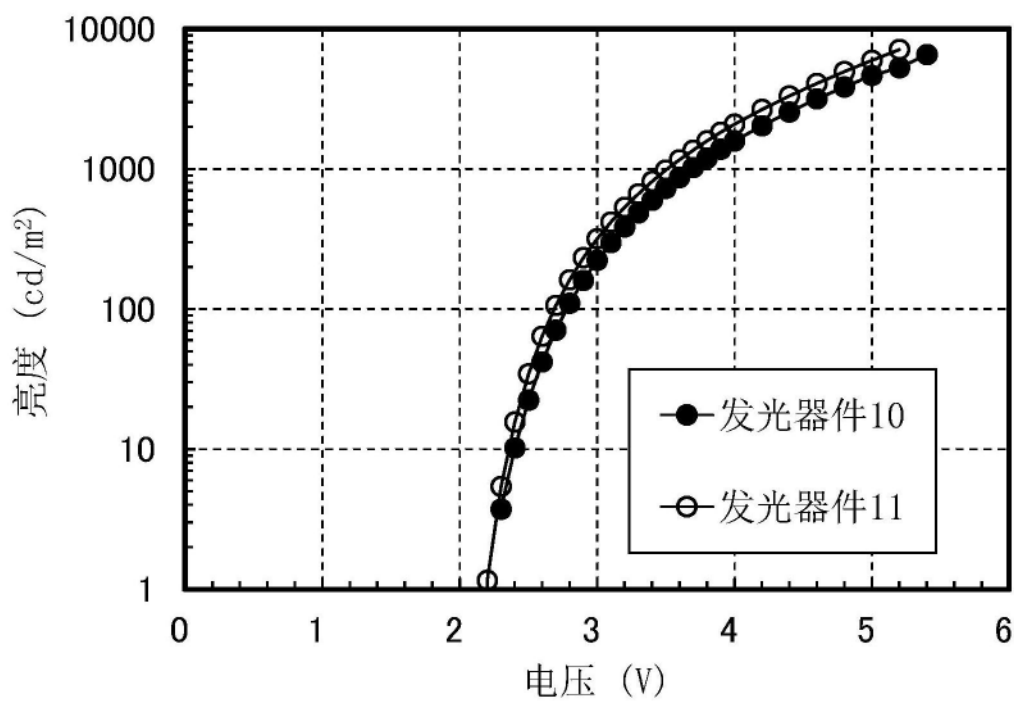


图59

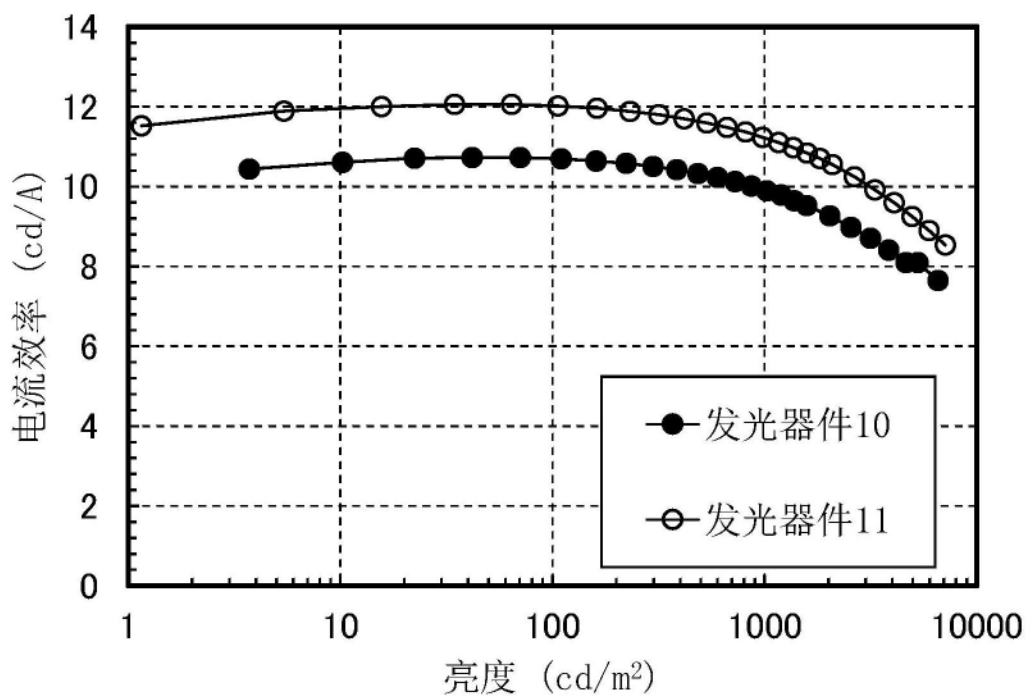


图60

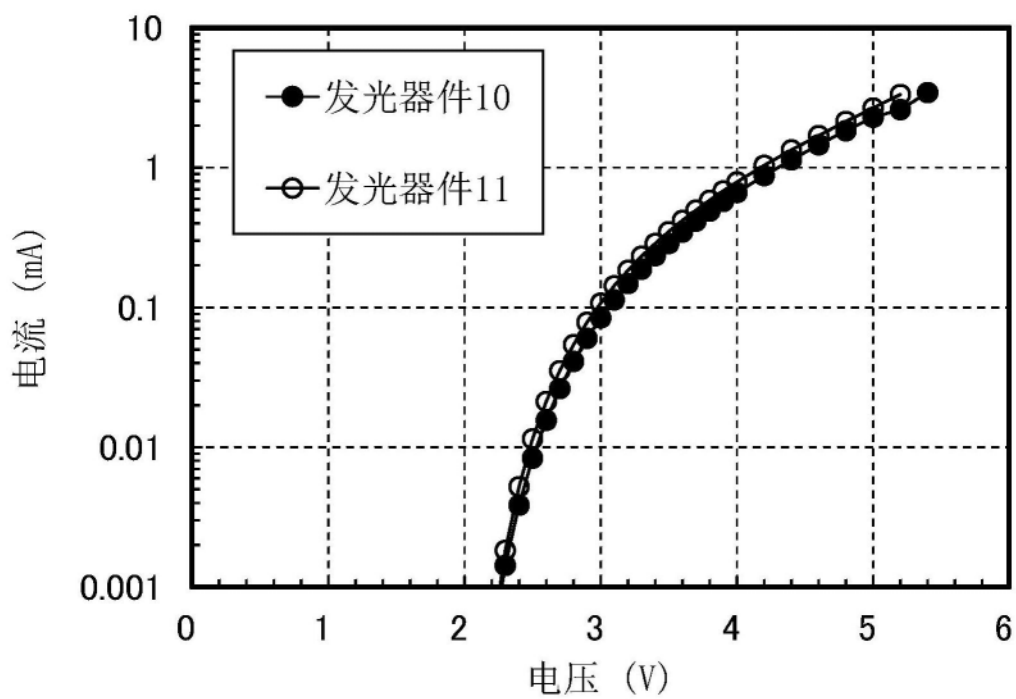


图61

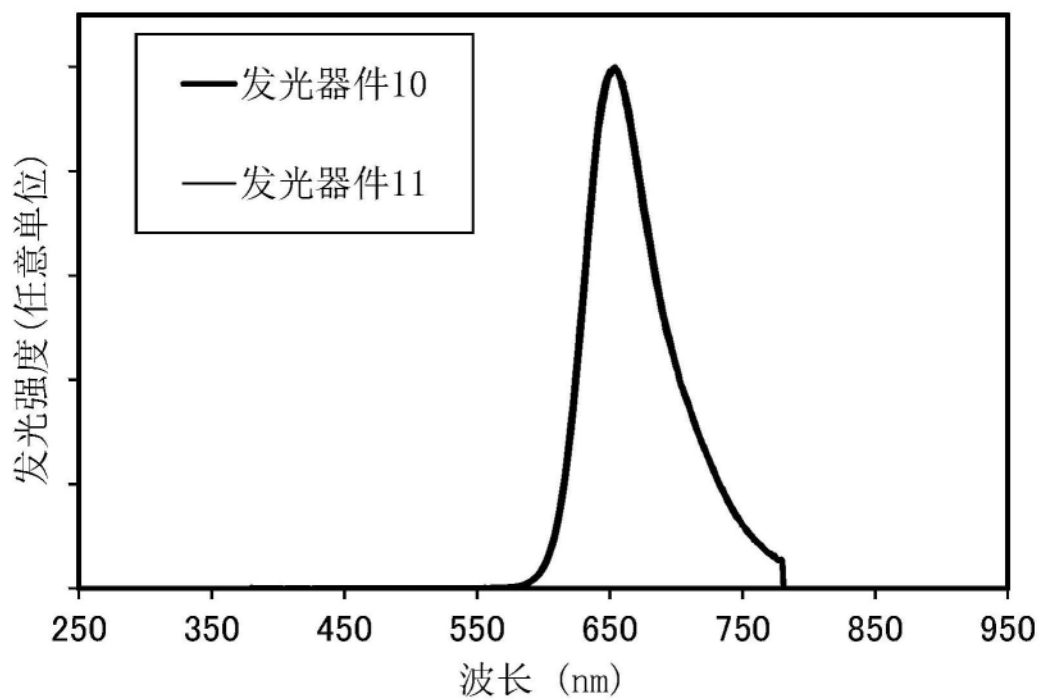


图62

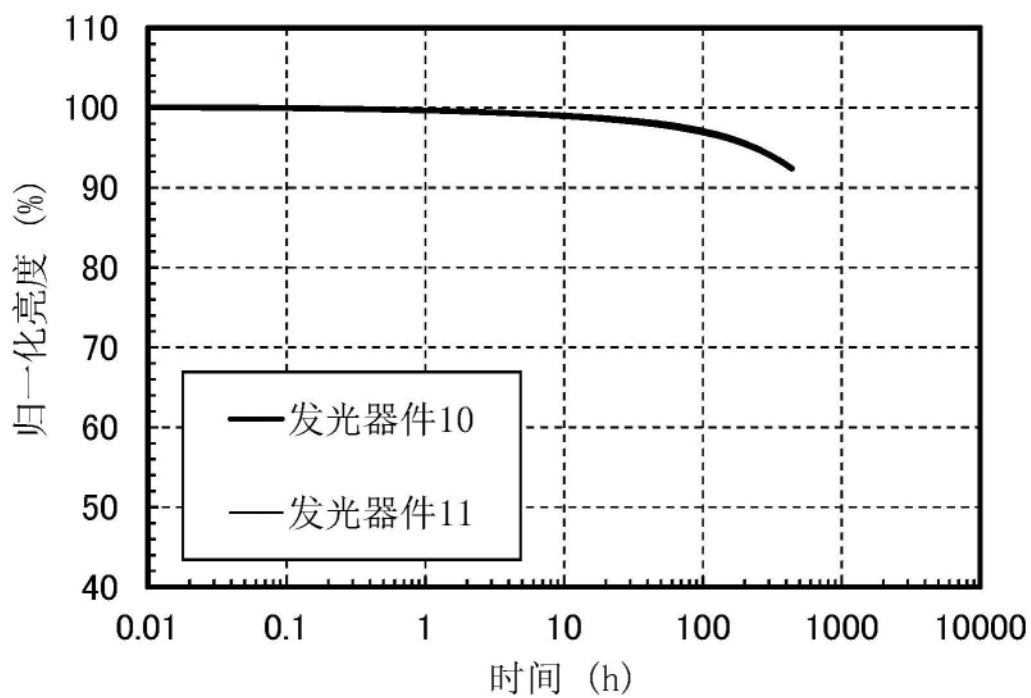


图63

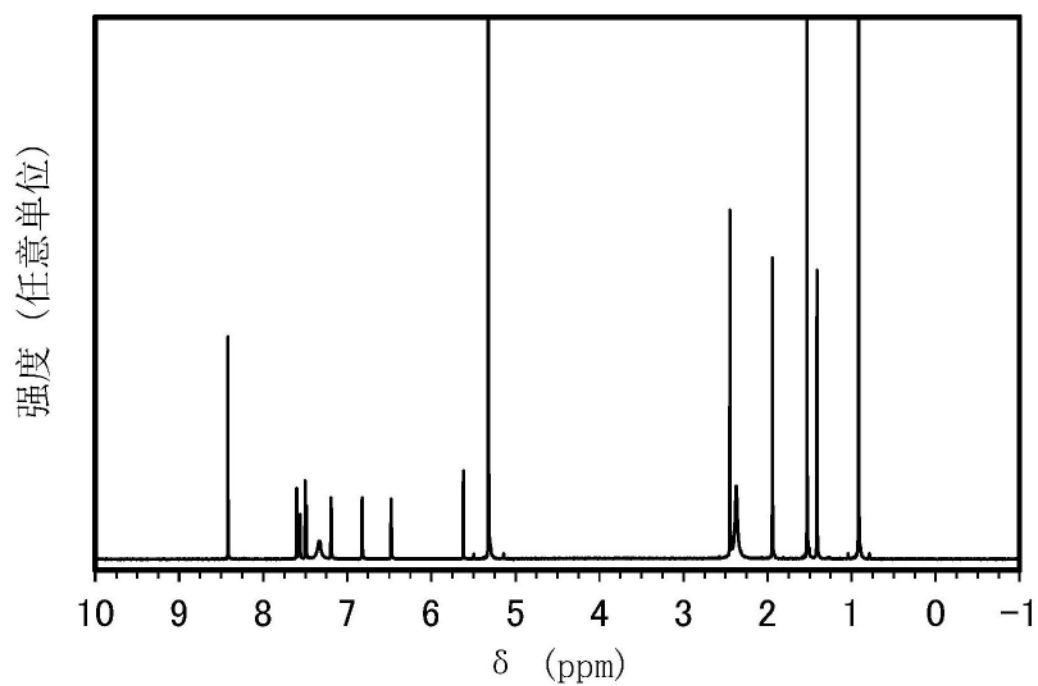


图64

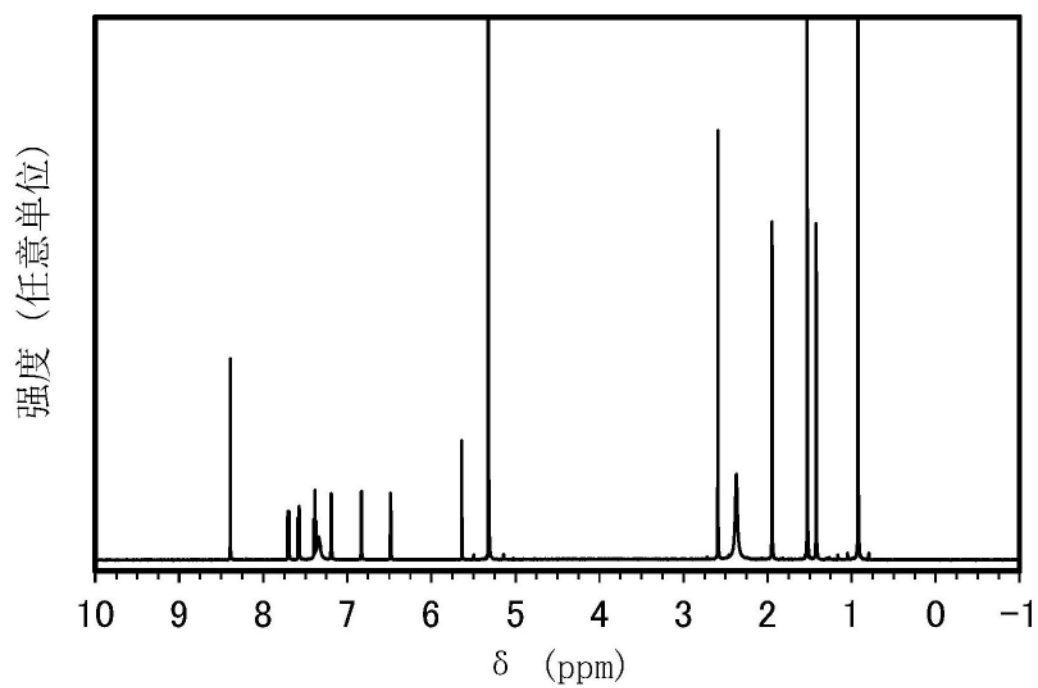


图65