



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114300628 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 08

(21) 申请号 202111355265.X

大泽信晴 佐佐木俊毅 山崎舜平

(22) 申请日 2019.10.03

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

(30) 优先权数据

代理人 童春媛 初明明

2018-191681 2018.10.10 JP

2018-191678 2018.10.10 JP

2018-191887 2018.10.10 JP

2018-225260 2018.11.30 JP

2019-020057 2019.02.06 JP

2019-087060 2019.04.30 JP

(51) Int.Cl.

H01L 51/50 (2006.01)

H01L 51/54 (2006.01)

H01L 27/32 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

201980026537.6 2019.10.03

(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 瀬尾哲史 铃木恒德 奥山拓梦

泷田悠介 桥本直明 瀬尾广美

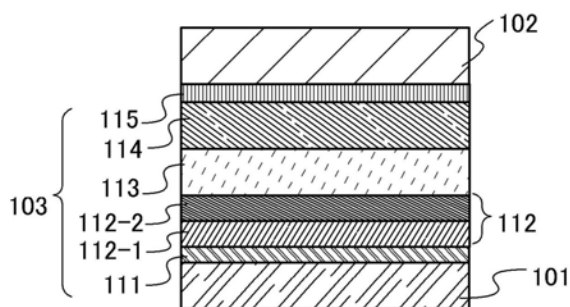
权利要求书2页 说明书69页 附图46页

(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

提供一种新颖的发光器件。另外,提供一种发光效率良好的发光器件。另外,提供一种寿命长的发光器件。提供一种驱动电压低的发光器件。提供一种发光器件,其中EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层及第四层。所述第一层包含第一有机化合物和第二有机化合物。第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物对所述第二有机化合物呈现电子接受性。第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。



1. 一种发光器件, 包括:

阳极;

阴极; 以及

位于所述阳极与所述阴极之间的EL层,

其中, 所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层及第四层,

所述第一层与所述阳极接触,

所述第四层与所述发光层接触,

所述第一层包含第一有机化合物和第二有机化合物,

所述第二层包含第三有机化合物,

所述第三层包含第四有机化合物,

所述发光层包含第五有机化合物和第六有机化合物,

所述第四层包含第七有机化合物和第八物质,

所述第一有机化合物对所述第二有机化合物呈现电子接受性,

所述第五有机化合物是发光中心物质,

所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下,

并且, 所述第八物质是有机配合物。

2. 根据权利要求1所述的发光器件,

其中所述第三有机化合物与所述第二有机化合物的HOMO能级之差为0.2eV以下,

并且所述第三有机化合物的HOMO能级与所述第二有机化合物的HOMO能级相同或更深。

3. 一种发光器件, 包括:

阳极;

阴极; 以及

位于所述阳极与所述阴极之间的EL层,

其中, 所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层及第四层,

所述第一层与所述阳极接触,

所述第四层与所述发光层接触,

所述第一层包含第一有机化合物和第二有机化合物,

所述第二层包含第三有机化合物,

所述第三层包含第四有机化合物,

所述发光层包含第五有机化合物和第六有机化合物,

所述第四层包含第七有机化合物和第八物质,

所述第一有机化合物对所述第二有机化合物呈现电子接受性,

所述第二有机化合物包含第一空穴传输性骨架,

所述第三有机化合物包含第二空穴传输性骨架,

所述第四有机化合物包含第三空穴传输性骨架,

所述第五有机化合物是发光中心物质,

所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下,

所述第一空穴传输性骨架、所述第二空穴传输性骨架及所述第三空穴传输性骨架分别独立为咪唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架和蒽骨架中的任一个,

并且,所述第八物质是有机配合物。

4.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第七有机化合物包含蒽骨架。

5.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。

6.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

7.根据权利要求6所述的发光器件,其中所述劣化曲线具有亮度超过100%的部分。

8.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第七有机化合物包含蒽骨架和杂环骨架。

9.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第七有机化合物的电子迁移率小于所述第六有机化合物的电子迁移率。

10.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第四有机化合物的HOMO能级与所述第三有机化合物的HOMO能级之差为0.2eV以下。

11.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第四有机化合物的HOMO能级与所述第三有机化合物的HOMO能级相同或更深。

12.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第二有机化合物包含二苯并咪唑骨架。

13.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第二有机化合物与所述第三有机化合物是相同物质。

14.根据权利要求1或3所述的发光器件,其中所述第五有机化合物为蓝色荧光材料。

15.一种电子设备,包括:

权利要求1或3所述的发光器件;以及  
传感器、操作按钮、扬声器或麦克风中的至少一种。

16.一种照明装置,包括:

权利要求1或3所述的发光器件;以及  
外壳。

## 发光器件、发光装置、电子设备及照明装置

本申请是申请日为2019年10月3日,申请号为201980026537.6 (PCT/IB2019/058406),发明名称为“发光器件、发光装置、电子设备及照明装置”的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0001] 本发明的一个实施方式涉及一种发光元件、发光器件、显示模块、照明模块、显示装置、发光装置、电子设备及照明装置。注意,本发明的一个实施方式不局限于上述技术领域。本说明书等所公开的发明的一个实施方式的技术领域涉及一种物体、方法或制造方法。本发明的一个实施方式涉及一种程序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或者组合物(composition of matter)。具体而言,作为本说明书所公开的本发明的一个实施方式的技术领域的例子,可以举出半导体装置、显示装置、液晶显示装置、发光装置、照明装置、蓄电装置、存储装置、摄像装置、它们的驱动方法以及它们的制造方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,使用有机化合物且利用电致发光(EL:Electroluminescence)的发光器件(有机EL器件)的实用化非常活跃。在这些发光器件的基本结构中,在一对电极之间夹有包含发光材料的有机化合物层(EL层)。通过对该元件施加电压,注入载流子,利用该载流子的复合能量,可以获得来自发光材料的发光。

[0003] 因为这种发光器件是自发光型发光器件,所以当用于显示器的像素时比起液晶有可见度更高、不需要背光源等优势。另外,使用这种发光器件的显示器可以被制造成薄且轻,这也是极大的优点。再者,非常高速的响应也是该发光器件的特征之一。

[0004] 因为这种发光器件的发光层可以在二维上连续地形成,所以可以获得面发光。这是在以白炽灯及LED为代表的点光源或者以荧光灯为代表的线光源中难以得到的特征。所以,作为可应用于照明等的面光源,上述发光器件的利用价值也高。

[0005] 如上所述,使用发光器件的显示器或照明装置适用于各种各样的电子设备,为了追求具有更良好的效率或寿命的发光器件的研究开发日益活跃。

[0006] 专利文献1公开了在接触于空穴注入层的第一空穴传输层与发光层之间设置其HOMO能级介于第一空穴注入层的HOMO能级与主体材料的HOMO能级之间的空穴传输材料的结构。

[0007] 发光器件的特性明显得到了提高,但是还不足以对应对效率和耐久性等各种特性的高度要求。

[参考文献]

[专利文献]

[0008] [专利文献1]国际公开第2011/065136号小册子

## 发明内容

[0009] 本发明的一个实施方式的目的之一是提供一种新颖的发光器件。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种发光效率良好的发光器件。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种寿命良好的发光器件。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种驱动电压低的发光器件。

[0010] 本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种可靠性高的发光装置、电子设备及显示装置。本发明的一个实施方式的另一目的是提供一种功耗低的发光装置、电子设备及显示装置。

[0011] 本发明只要实现上述目的中的任一个即可。

[0012] 本发明的一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极、位于所述阳极与所述阴极间的EL层。所述EL层包括发光层。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0013] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极、位于所述阳极与所述阴极间的EL层。所述EL层从阳极侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层和第四层。所述第一层与所述阳极接触,并且所述第一层包含第一有机化合物和第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物和第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物是对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物是发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0014] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0015] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第三有机化合物与所述第二有机化合物的HOMO能级差为0.2eV以下。所述第三有机化

合物的HOMO能级与所述第二有机化合物的HOMO能级相同或更深。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0016] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第二有机化合物包含第一空穴传输性骨架。所述第三有机化合物包含第二空穴传输性骨架。所述第四有机化合物包含第三空穴传输性骨架。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第一空穴传输性骨架、所述第二空穴传输性骨架及所述第三空穴传输性骨架分别独立为咔唑骨架、二苯并咪唑骨架、二苯并噻吩骨架和蒽骨架中的任一个。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0017] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物和第八物质。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第七有机化合物是具有蒽骨架的有机化合物。所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0018] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物和第八物质。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第三有机化合物与所述第二有机化合物的HOMO能级差为0.2eV以下。所述第三有机化合物的HOMO能级与所述第二有机化合物的HOMO能级相同或更深。所述第七有机化合物是具有蒽骨架的有机化合物。所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0019] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物及第八物质。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第二有机化合物包含第一空穴传输性骨架。所述第三有机化合物包含第二空穴传输性骨架。所述第四有机化合物包含第三空穴传输性骨架。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第一空穴传输性骨架、所述第二空穴传输性骨架及所述第三空穴传输性骨架分别独立为咔唑骨架、二苯并咪唑骨架、二苯并噻吩骨架和蒽骨架中的任一个。所述第七有机化合物是具有蒽骨架的有机化合物。所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。并且,示出当向所述发光器件提供恒定电流时获得的发光亮度变化的劣化曲线具有极大值。

[0020] 本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述劣化曲线具有亮度超过100%的部分。

[0021] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。

[0022] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第三有机化合物与所述第二有机化合物的HOMO能级差为0.2eV以下。所述第三有机化合物的HOMO能级与所述第二有机化合物的HOMO能级相同或更深。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。

[0023] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。

物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第二有机化合物包含第一空穴传输性骨架。所述第三有机化合物包含第二空穴传输性骨架。所述第四有机化合物包含第三空穴传输性骨架。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第一空穴传输性骨架、所述第二空穴传输性骨架及所述第三空穴传输性骨架分别独立为咔唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架和蒽骨架中的任一个。所述第七有机化合物在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。所述第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上。

[0024] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物和第八物质。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第七有机化合物是具有蒽骨架的有机化合物。所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。

[0025] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物和第八物质。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第三有机化合物与所述第二有机化合物的HOMO能级差为0.2eV以下。所述第三有机化合物的HOMO能级与所述第二有机化合物的HOMO能级相同或更深。所述第七有机化合物是具有蒽骨架的有机化合物。所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。

[0026] 本发明的另一个实施方式是一种发光器件,包括阳极、阴极以及所述阳极与所述阴极之间的EL层。所述EL层从阳极一侧依次包括第一层、第二层、第三层、发光层、第四层。所述第一层与所述阳极接触。所述第四层与所述发光层接触。所述第一层包含第一有机化合物及第二有机化合物。所述第二层包含第三有机化合物。所述第三层包含第四有机化合物。所述发光层包含第五有机化合物及第六有机化合物。所述第四层包含第七有机化合物及第八物质。所述第一有机化合物为对所述第二有机化合物呈现电子接受性的有机化合物。所述第二有机化合物包含第一空穴传输性骨架。所述第三有机化合物包含第二空穴传输性骨架。所述第四有机化合物包含第三空穴传输性骨架。所述第五有机化合物为发光中心物质。所述第二有机化合物的HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下。所述第一空穴传输性骨架、所述第二空穴传输性骨架及所述第三空穴传输性骨架分别独立为咔唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架和蒽骨架中的任一个。所述第七有机化合物是具有蒽骨架的



有机化合物。所述第八物质是碱金属或碱土金属的有机配合物。

[0027] 本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第七有机化合物是具有蒽骨架和杂环骨架的有机化合物。

[0028] 本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第七有机化合物的电子迁移率小于所述第六有机化合物的电子迁移率。

[0029] 本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第四有机化合物的HOMO能级与所述第三有机化合物的HOMO能级之差为0.2eV以下。

[0030] 另外,本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第四有机化合物的HOMO能级比所述第三有机化合物的HOMO能级深。

[0031] 另外,本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第二有机化合物为具有二苯并呋喃骨架的有机化合物。

[0032] 本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第二有机化合物与所述第三有机化合物为相同物质。

[0033] 本发明的另一个实施方式是具有上述结构的发光器件,其中所述第五有机化合物为蓝色荧光材料。

[0034] 本发明的另一个实施方式是在上述结构中包括传感器、操作按钮、扬声器或麦克风的电子设备。

[0035] 本发明的另一个实施方式是在上述结构中包括晶体管或衬底的发光装置。

[0036] 本发明的另一个实施方式是在上述结构中包括外壳的照明装置。

[0037] 注意,在本说明书中,发光装置包括使用发光器件的图像显示器件。另外,如下模块有时包括发光装置:发光器件安装有连接器诸如各向异性导电膜或TCP (Tape Carrier Package:带载封装) 的模块;在TCP的端部设置有印刷线路板的模块;以及通过COG (Chip On Glass:玻璃覆晶封装) 方式在发光器件上直接安装有IC (集成电路) 的模块。再者,照明装置等有时包括发光装置。

[0038] 本发明的一个实施方式能够提供一种新颖的发光器件。本发明的另一个实施方式能够提供一种寿命良好的发光器件。本发明的另一个实施方式能够提供一种发光效率良好的发光器件。

[0039] 本发明的另一个实施方式能够提供一种可靠性高的发光装置、电子设备及显示装置。本发明的另一个实施方式能够提供一种功耗低的发光装置、电子设备及显示装置。

[0040] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个实施方式并不需要具有所有上述效果。这些效果以外的效果从说明书、附图、权利要求书等的记载是显然的,并可以从所述记载中抽出。

## 附图说明

[0041] 在附图中:

图1A至图1C是发光器件的示意图;

图2A和图2B是说明长寿命化的图;

图3A和图3B是说明亮度上升的图;

图4A和图4B是有源矩阵型发光装置的示意图;

图5A和图5B是有源矩阵型发光装置的示意图；  
图6是有源矩阵型发光装置的示意图；  
图7A和图7B是无源矩阵型发光装置的示意图；  
图8A和图8B是示出照明装置的图；  
图9A、图9B1、图9B2和图9C是示出电子设备的图；  
图10A至图10C是示出电子设备的图；  
图11是示出照明装置的图；  
图12是示出照明装置的图；  
图13是示出车载显示装置及照明装置的图；  
图14A和图14B是示出电子设备的图；  
图15A至图15C是示出电子设备的图；  
图16示出发光器件1的亮度-电流密度特性；  
图17示出发光器件1的电流效率-亮度特性；  
图18示出发光器件1的亮度-电压特性；  
图19示出发光器件1的电流-电压特性；  
图20示出发光器件1的外部量子效率-亮度特性；  
图21示出发光器件1的发射光谱；  
图22示出发光器件1的归一化亮度-时间变化特性；  
图23示出发光器件2的亮度-电流密度特性；  
图24示出发光器件2的电流效率-亮度特性；  
图25示出发光器件2的亮度-电压特性；  
图26示出发光器件2的电流-电压特性；  
图27示出发光器件2的外部量子效率-亮度特性；  
图28示出发光器件2的发射光谱；  
图29示出发光器件2的归一化亮度-时间变化特性；  
图30示出发光器件3的亮度-电流密度特性；  
图31示出发光器件3的电流效率-亮度特性；  
图32示出发光器件3的亮度-电压特性；  
图33示出发光器件3的电流-电压特性；  
图34示出发光器件3的外部量子效率-亮度特性；  
图35示出发光器件3的发射光谱；  
图36示出发光器件3的归一化亮度-时间变化特性；  
图37是示出仅电子元件的结构图；  
图38示出仅电子元件的电流密度-电压特性；  
图39示出直流电压为7.0V且ZADN:LiQ为1:1时算出的电容C的频率特性；  
图40示出直流电压为7.0V且ZADN:LiQ为1:1时的 $-\Delta B$ 的频率特性；  
图41示出各有机化合物的电子迁移率的电场强度依赖性；  
图42示出发光器件4的亮度-电流密度特性；  
图43示出发光器件4的电流效率-亮度特性；

图44示出发光器件4的亮度-电压特性；  
图45示出发光器件4的电流-电压特性；  
图46示出发光器件4的外部量子效率-亮度特性；  
图47示出发光器件4的发射光谱；  
图48示出发光器件4的归一化亮度-时间变化特性；  
图49示出发光器件5的亮度-电流密度特性；  
图50示出发光器件5的电流效率-亮度特性；  
图51示出发光器件5的亮度-电压特性；  
图52示出发光器件5的电流-电压特性；  
图53示出发光器件5的外部量子效率-亮度特性；  
图54示出发光器件5的发射光谱；  
图55示出发光器件5的归一化亮度-时间变化特性；  
图56示出发光器件6的亮度-电流密度特性；  
图57示出发光器件6的电流效率-亮度特性；  
图58示出发光器件6的亮度-电压特性；  
图59示出发光器件6的电流-电压特性；  
图60示出发光器件6的外部量子效率-亮度特性；  
图61示出发光器件6的发射光谱；  
图62示出发光器件6的归一化亮度-时间变化特性；  
图63示出发光器件7的亮度-电流密度特性；  
图64示出发光器件7的电流效率-亮度特性；  
图65示出发光器件7的亮度-电压特性；  
图66示出发光器件7的电流-电压特性；  
图67示出发光器件7的外部量子效率-亮度特性；  
图68示出发光器件7的发射光谱；  
图69示出发光器件7的归一化亮度-时间变化特性；  
图70示出发光器件8及发光器件9的亮度-电流密度特性；  
图71示出发光器件8及发光器件9的电流效率-亮度特性；  
图72示出发光器件8及发光器件9的亮度-电压特性；  
图73示出发光器件8及发光器件9的电流-电压特性；  
图74示出发光器件8及发光器件9的外部量子效率-亮度特性；  
图75示出发光器件8及发光器件9的发射光谱；  
图76示出发光器件8及发光器件9的归一化亮度-时间变化特性。

### 具体实施方式

[0042] 以下,参照附图详细地说明本发明的实施方式。但是,本发明不局限于以下说明,而所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实就是其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围的情况下可以被变换为各种各样的形式。因此,本发明的一个实施方式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。

## [0043] (实施方式1)

图1A是示出本发明的一个实施方式的发光器件的图。本发明的一个实施方式的发光器件包括阳极101、阴极102、EL层103,该EL层包括空穴注入层111、空穴传输层112、发光层113以及电子传输层114。

[0044] 虽然在图1A中的EL层103中除了上述以外还示出电子注入层115,但是发光器件的结构不局限于此。只要具有上述结构,就也可以包括具有其他功能的层。

[0045] 空穴注入层111包括第一有机化合物及第二有机化合物。第一有机化合物是对第二有机化合物呈现电子接受性的物质。第二有机化合物是HOMO能级为-5.7eV以上且-5.4eV以下的具有较深HOMO能级的物质。通过使第二有机化合物具有较深的HOMO能级可以容易地向空穴传输层112注入空穴。

[0046] 第一有机化合物可以使用具有吸电子基团(尤其是氟基那样的卤基或氰基)的有机化合物等,可以从这样的物质中适当地选择对上述第二有机化合物呈现电子接受性的物质。作为这种有机化合物,可以举出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(简称:F<sub>4</sub>-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-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)、2-(7-二氰基亚甲基-1,3,4,5,6,8,9,10-八氟-7H-茈-2-亚基)丙二腈等。吸电子基团键合于具有多个杂原子的稠合芳香环的化合物诸如HAT-CN等热稳定,所以是优选的。包括吸电子基团(尤其是如氟基等卤基、氰基)的[3]轴烯衍生物的电子接收性非常高所以是优选的,具体而言,可以举出: $\alpha, \alpha', \alpha''$ -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。

[0047] 第二有机化合物优选为具有空穴传输性的有机化合物,优选具有咔唑骨架、二苯并咪唑骨架、二苯并噻吩骨架及蒽骨架中的任意个。尤其是,可以为具有包括二苯并咪唑环或二苯并噻吩环的取代基的芳香胺、包括萘环的芳香单胺、或者9-苄基通过亚芳基键合于胺的氮的芳香单胺。注意,当这些第二有机化合物是包括N,N-双(4-联苯)氨基的物质时,可以制造寿命良好的发光器件,所以是优选的。作为上述第二有机化合物,具体而言,可以举出N-(4-联苯)-6,N-二苯基苯并[b]萘并[1,2-d]咪唑-8-胺(简称:BnfABP)、N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]咪唑-8-胺(简称:BBABnf)、4,4'-双(6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]咪唑-8-基)-4''-苯基三苯基胺(简称:BnfBB1BP)、N,N-双(4-联苯)苯并[b]萘并[1,2-d]咪唑-6-胺(简称:BBABnf(6))、N,N-双(4-联苯)苯并[b]萘并[1,2-d]咪唑-8-胺(简称:BBABnf(8))、N,N-双(4-联苯)苯并[b]萘并[2,3-d]咪唑-4-胺(简称:BBABnf(II)(4))、N,N-双[4-(二苯并咪唑-4-基)苯基]-4-氨基-p-三联苯基(简称:DBfBB1TP)、N-[4-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-N-苯基-4-联苯胺(简称:ThBA1BP)、4-(2-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA $\beta$ NB)、4-[4-(2-萘基)苯基]-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA $\beta$ NBi)、4-(2;1'-联萘基-6-基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA $\alpha$ N $\beta$ NB)、4,4'-二苯基-4''-(7;1'-联萘基-2-基)三苯基胺(简称:BBA $\alpha$ N $\beta$ NB-03)、4,4'-二苯基-4''-(7-苯基)萘基-2-基三苯基胺(简称:BBAP $\beta$ NB-03)、4-(6;2'-联萘基-2-基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA( $\beta$ N2)B)、4-(2;2'-联萘基-7-基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA( $\beta$ N2)B-03)、4-(1;2'-联萘基-4-基)-4',4''-二苯基三苯基胺(简称:BBA $\beta$ N $\alpha$ NB)、4-(1;2'-联萘基-5-基)-4',4''-二苯基三苯基胺

基胺(简称:BBA $\beta$ N $\alpha$ NB-02)、4-(4-联苯基)-4'- (2-萘基)-4''-苯基三苯基胺(简称:TPBi $\alpha$  $\beta$ NB)、4-(3-联苯基)-4'- [4-(2-萘基)苯基]-4''-苯基三苯基胺(简称:mTPBi $\alpha$  $\beta$ NBi)、4-(4-联苯基)-4'- [4-(2-萘基)苯基]-4''-苯基三苯基胺(简称:TPBi $\alpha$  $\beta$ NBi)、4-(1-萘基)-4'- 苯基三苯基胺(简称: $\alpha$ NBA1BP)、4,4'-双(1-萘基)三苯基胺(简称: $\alpha$ NBB1BP)、4,4'-二苯基-4''-[4'-(咪唑-9-基)联苯-4-基]三苯基胺(简称:YGTBi1BP)、4'-[4-(3-苯基-9H-咪唑-9-基)苯基]三(1,1'-联苯-4-基)胺(简称:YGTBi1BP-02)、4-[4'-(咪唑-9-基)联苯-4-基]-4'-(2-萘基)-4''-苯基三苯基胺(简称:YGTBi $\beta$ NB)、N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-N-[4-(1-萘基)苯基]-9,9'-螺双[9H-芴]-2-胺(简称:PCBNBSF)、N,N-双([1,1'-联苯基]-4-基)-9,9'-螺双[9H-芴]-2-胺(简称:BBASF)、N,N-双([1,1'-联苯基]-4-基)-9,9'-螺双[9H-芴]-4-胺(简称:BBASF(4))、N-(1,1'-联苯-2-基)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9,9'-螺双[9H-芴]-4-胺(简称:oFBiSF)、N-(4-联苯基)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)二苯并呋喃-4-胺(简称:FrBiF)、N-[4-(1-萘基)苯基]-N-[3-(6-苯基二苯并呋喃-4-基)苯基]-1-萘基胺(简称:mPDBfBNBN)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯基胺(简称:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯基胺(简称:mBPAFLP)、4-苯基-4'-[4-(9-苯基芴-9-基)苯基]三苯基胺(简称:BPAFLBi)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯基胺(简称:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯基胺(简称:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯基胺(简称:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯基胺(简称:PCBNBB)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9,9'-螺双[9H-芴]-2-胺(简称:PCBASf)、N-(1,1'-联苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(简称:PCBBiF)等。

[0048] 空穴传输层112包括第一空穴传输层112-1和第二空穴传输层112-2。第一空穴传输层112-1位于比第二空穴传输层112-2更靠近阳极101一侧。注意,有时第二空穴传输层112-2还同时具有电子阻挡层的功能。

[0049] 第一空穴传输层112-1包括第三有机化合物,第二空穴传输层112-2包括第四有机化合物。

[0050] 第三有机化合物及第四有机化合物优选为具有空穴传输性的有机化合物。第三有机化合物及第四有机化合物可以同样地使用能够用作上述第二有机化合物的有机化合物。

[0051] 作为第二有机化合物的HOMO能级和第三有机化合物的HOMO能级,优选以第三有机化合物的HOMO能级更深且其差为0.2eV以下的方式选择各个材料。更优选的是,第二有机化合物和第三有机化合物为相同物质。

[0052] 另外,作为第三有机化合物的HOMO能级和第四有机化合物的HOMO能级,优选第四有机化合物的HOMO能级更深。优选以其差为0.2eV以下的方式选择各自的材料。通过使第二有机化合物至第四有机化合物的HOMO能级具有上述关系,可以使空穴顺利地注入到各层中,由此可以防止驱动电压上升及发光层中空穴过少的状态。

[0053] 优选的是,第二有机化合物至第四有机化合物分别具有空穴传输性骨架。作为该空穴传输性骨架,优选使用不会使上述有机化合物的HOMO能级过浅的咪唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架及蒽骨架。当相邻层的材料(例如第二有机化合物和第三有机化合物或第三有机化合物和第四有机化合物)中共用上述空穴传输性骨架时,可以顺利地进行空穴注入,所以是优选的。作为上述空穴传输性骨架尤其优选使用二苯并呋喃骨架。

[0054] 另外,通过使相邻层包含的材料(例如第二有机化合物和第三有机化合物或第三有机化合物和第四有机化合物)为相同材料可以顺利地进行空穴的注入,因此是优选的结构。尤其优选第二有机化合物和第三有机化合物为相同材料。

[0055] 发光层113包括第五有机化合物和第六有机化合物。第五有机化合物为发光中心物质,第六有机化合物是用来分散第五有机化合物的主体材料。

[0056] 发光中心材料可以是荧光发光物质、磷光发光物质、呈现热活化延迟荧光(TADF)的物质或其他发光材料。另外,可以为单层,也可以由包含不同发光材料的多个层构成。注意,在本发明的一个实施方式中,优选将发光层113用作呈现荧光发光的层,尤其是,呈现蓝色荧光发光的层。

[0057] 在发光层113中,作为可以用作荧光发光物质的材料,例如,可以举出5,6-双[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-2,2'-联吡啶(简称:PAP2BPy)、5,6-双[4'-(10-苯基-9-蒎基)联苯基-4-基]-2,2'-联吡啶(简称:PAPP2BPy)、N,N'-二苯基-N,N'-双[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6FLPAPrn)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-双[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]茈-1,6-二胺(简称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-双[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(简称:YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒎基)三苯胺(简称:YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒎基)三苯胺(简称:2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒎基)-9H-咔唑-3-胺(简称:PCAPA)、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯(简称:TBP)、4-(10-苯基-9-蒎基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(简称:PCBAPA)、N,N''-(2-叔丁基蒎-9,10-二基-2-4,1-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-蒎基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒎基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPPA)、N,N,N',N',N'',N'',N'',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒎(chrysene)-2,7,10,15-四胺(简称:DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯基-2-基)-2-蒎基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(简称:2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPAPA)、N-[9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-2-蒎基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(简称:2DPABPhA)、9,10-双(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒎-2-胺(简称:2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒎-9-胺(简称:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吖酮(简称:DPQd)、红荧烯、5,12-双(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(简称:BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(简称:p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并[1,2-a]荧蒎-3,10-二胺(简称:p-mPhAFD)、2-{2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTI)、2-{2-叔丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:DCJTB)、2-(2,6-双{2-[4-(二甲氨基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亚基)丙二腈(简称:BisDCM)、2-{2,6-双[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙二腈(简称:BisDCJTM)、N,N'- (茈-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)、3,10-双[N-(9-苯基-9H-呋喃-2-基)-N-苯基氨基]萘并[2,3-b;6,7-b']双苯并呋喃(简称:3,10PCA2Nbf (IV)-02)、3,10-双[N-(二苯并呋喃-3-基)-N-苯基氨基]萘并[2,3-b;6,7-b']双苯并呋喃(简称:3,10FrA2Nbf (IV)-02)等。尤其是,以1,6FLPAPrn、1,6mMemFLPAPrn、1,6BnfAPrn-03等茈二胺化合物为代表的稠合芳族二胺化合物具有合适的空穴俘获性且良好的发光效率及可靠性,所以是优选的。此外,还可以使用其他荧光发光物质。

[0058] 在发光层113中,当作为发光中心材料使用磷光发光物质时,例如可以使用如下材料,三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- $\kappa$ N2]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>])等具有4H-三唑骨架的有机金属铱配合物;三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]铱(III)(简称:[Ir(Mptz1-mp)<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铱配合物;fac-三[1-(2,6-二异丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]铱(III)(简称:[Ir(iPrpmi)<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铱配合物;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)吡啶甲酸酯(简称:FIrpic)、双{2-[3',5'-双(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C<sup>2'</sup>}铱(III)吡啶甲酸酯(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))等以具有拉电子基的苯基吡啶衍生物为配体的有机金属铱配合物。上述物质是发射蓝色磷光的化合物,并且是在440nm至520nm具有发光峰的化合物。

[0059] 另外,可以举出:三(4-甲基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(mppm)<sub>3</sub>])、三(4-叔丁基-6-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)<sub>3</sub>])、(乙酰丙酮根)双(6-甲基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)铱(III)(简称:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双[6-(2-降冰片基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:[Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙酰丙酮根)双[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根]铱(III)(简称:Ir(mpmppm)<sub>2</sub>(acac))、(乙酰丙酮根)双(4,6-二苯基嘧啶根)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-苯基吡嗪根)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-苯基吡嗪根)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)]等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;以及三(乙酰丙酮根)(单菲咯啉)铽(III)(简称:[Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)]等稀土金属配合物。上述物质主要是发射绿色磷光的化合物,并且在500nm至600nm具有发光峰。注意,由于具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物具有特别优异的可靠性及发光效率,所以是特别优选的。

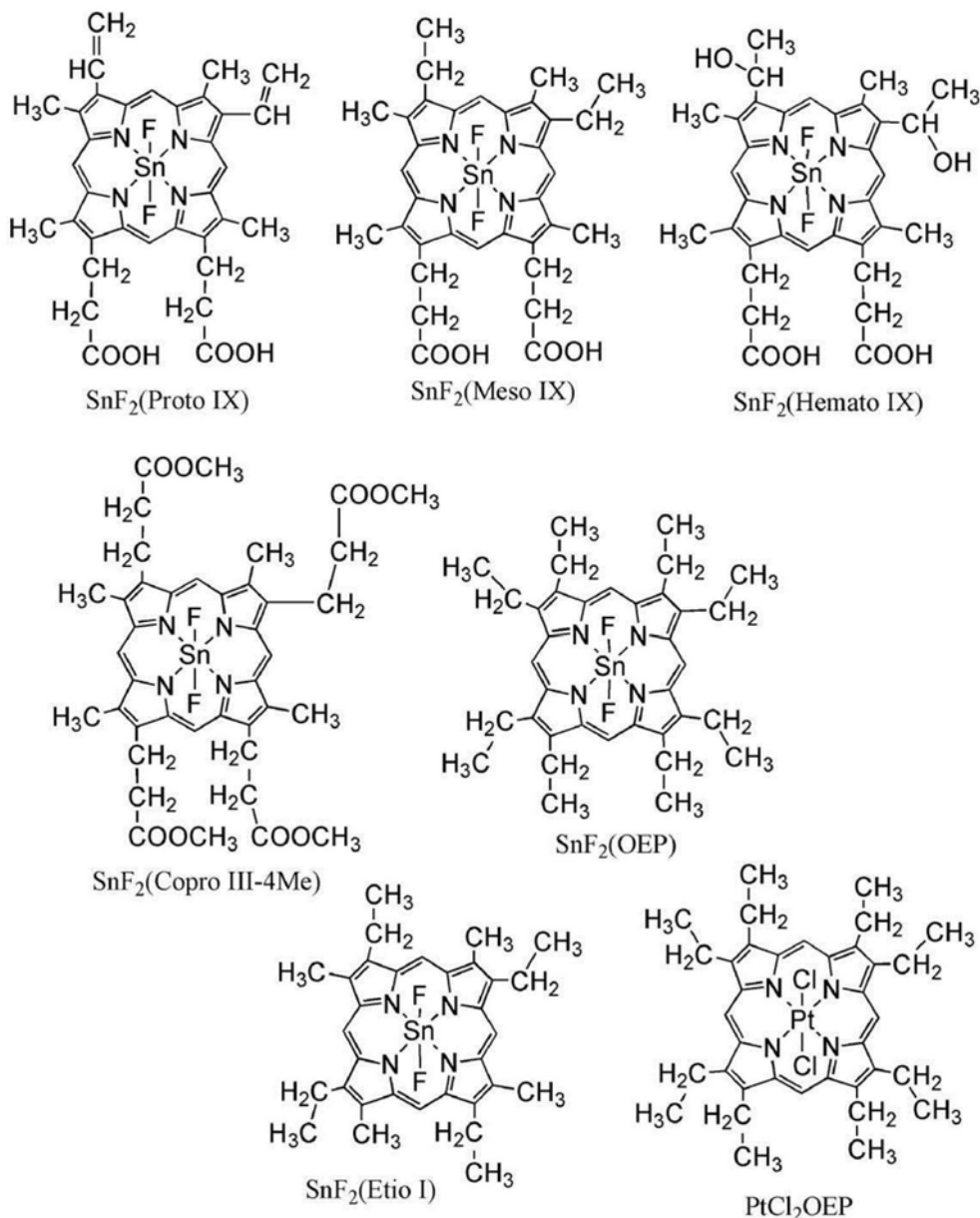
[0060] 另外,可以举出:(二异丁酰基甲烷根)双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶基]铱(III)(简称:[Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)])、双[4,6-双(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)])、双[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(dlnpm)<sub>2</sub>(dpm)])等具有嘧啶骨架的有机金属铱配合物;(乙酰丙酮根)双(2,3,5-三苯基吡嗪根)铱(III)(简称:[Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)])、双(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊酰基甲烷根)铱(III)(简称:[Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)])、(乙酰丙酮根)双[2,3-双(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(简称:[Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)])等具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物;三(1-苯基异喹啉-N,C<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)])等具有吡啶骨架的有机金属铱配合物;2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(简称:PtOEP)等的铂配合物;以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(单菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟丙酮](单菲咯啉)铕(III)(简称:[Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)])等稀土金属配合物。上述物质是发射红色磷光的化合物,并且在600nm至700nm具有发光峰。另外,具有吡嗪骨架的有机金属铱配合物可以获得色度良好的红色发光。

[0061] 另外,除了上述磷光化合物以外,还可以选择已知的磷光发光材料而使用。

[0062] 作为TADF材料可以使用富勒烯及其衍生物、吡啶及其衍生物以及伊红衍生物等。另外,还可以举出包含镁(Mg)、锌(Zn)、镉(Cd)、锡(Sn)、铂(Pt)、铟(In)或钯(Pd)等含金属卟啉。作为该含金属卟啉,例如,也可以举出由下述结构式表示的原卟啉-氟化锡配合物(SnF<sub>2</sub>(Proto IX))、中卟啉-氟化锡配合物(SnF<sub>2</sub>(Meso IX))、血卟啉-氟化锡配合物(SnF<sub>2</sub>(Hemato IX))、粪卟啉四甲酯-氟化锡配合物(SnF<sub>2</sub>(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化锡配合物(SnF<sub>2</sub>(OEP))、初卟啉-氟化锡配合物(SnF<sub>2</sub>(Etio I))以及八乙基卟啉-氯化铂配合物(PtCl<sub>2</sub>OEP)等。

[0063] [化学式1]

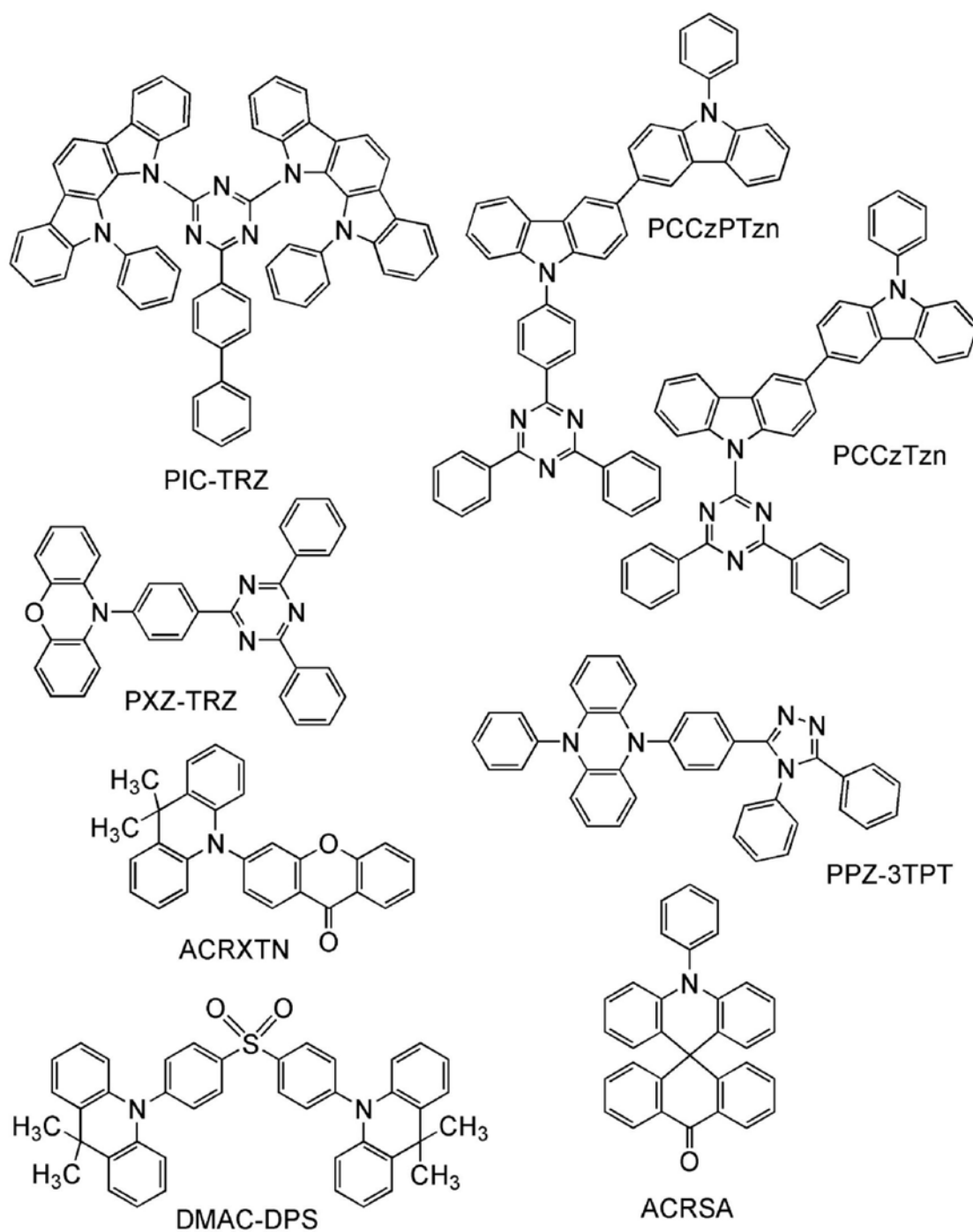




[0064] 另外,还可以使用由下述结构式表示的2-(联苯-4-基)-4,6-双(12-苯基吡啶[2,3-a]吡啶-11-基)-1,3,5-三嗪(简称:PIC-TRZ)、9-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)-9'-苯基-9H,9'-H-3,3'-联吡啶(简称:PCCzTzn)、2-{4-[3-(N-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩恶嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(简称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氢吩恶嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三唑(简称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-二甲基-9H-吡啶-10-基)-9H-氧杂蒽-9-酮(简称:ACRXTN)、双[4-(9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶)苯基]硫砷(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 $\pi$ 电子型杂芳环和缺 $\pi$ 电子型杂芳环的一方或双方的杂环化合物。该杂环化合物具有富 $\pi$ 电子型杂芳环和缺 $\pi$ 电子型杂芳环,电子传输性和空穴传输性都高,所以是优选的。在具有缺 $\pi$ 电子杂芳环的骨架中,吡啶骨架、二嗪骨架(噻啶骨架、吡嗪骨架、哒嗪骨架)及三嗪骨架稳定且可靠性良好,所以是优选的。尤其是,苯并呋喃并噻啶骨架、苯并噻吩并噻啶骨架、苯并呋喃并吡嗪骨架、苯并噻吩并吡嗪骨架的电子接受性高且可靠性良好,所以是优选的。在具有富 $\pi$ 电子杂芳环的骨架

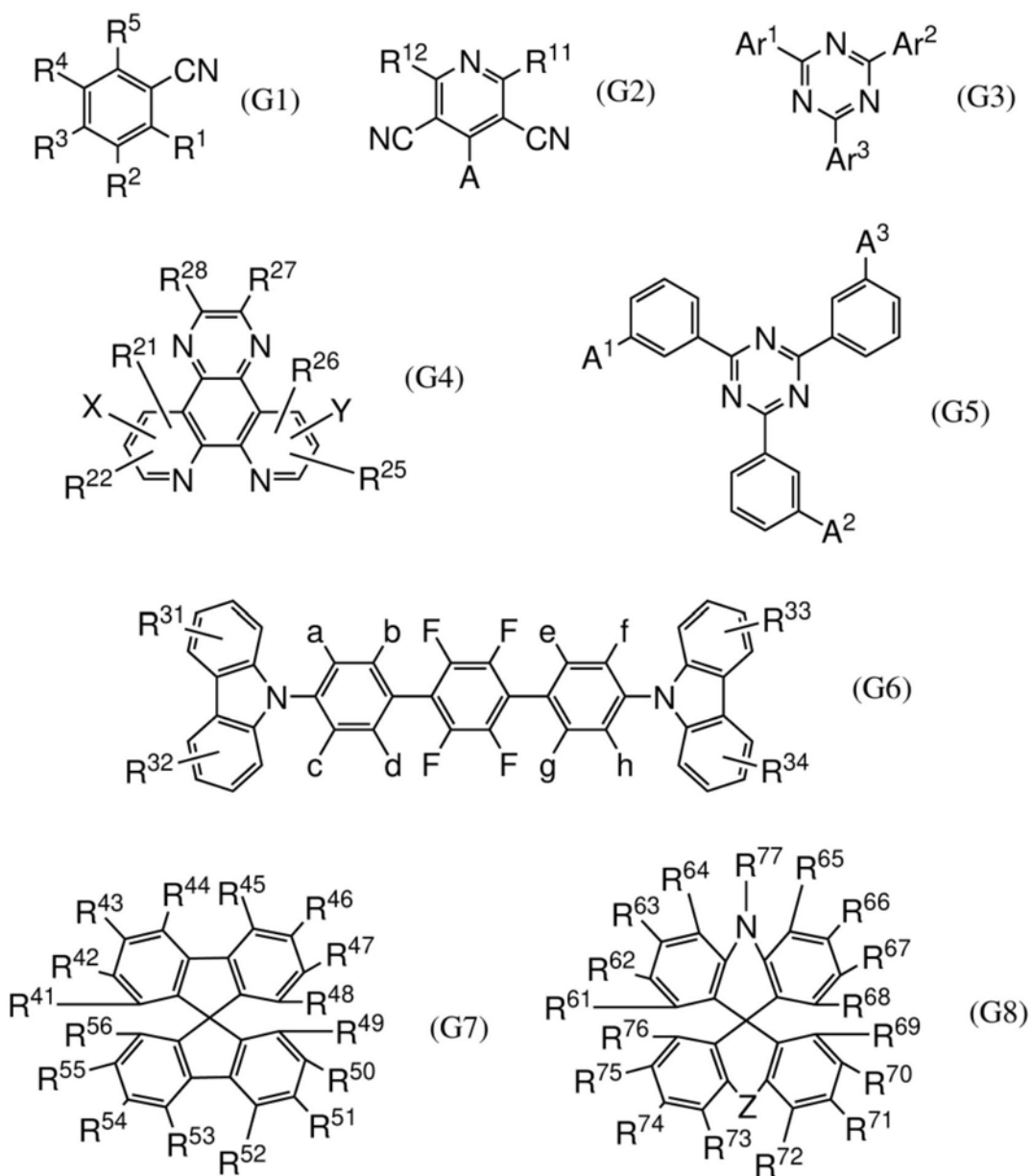
中,吡啶骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架、呋喃骨架、噻吩骨架及吡咯骨架稳定且可靠性良好,所以优选具有上述骨架中的至少一个。作为呋喃骨架优选使用二苯并呋喃骨架。作为噻吩骨架优选使用二苯并噻吩骨架。作为吡咯骨架,特别优选使用吲哚骨架、咔唑骨架、吲哚咔唑骨架、联咔唑骨架、3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑骨架。注意,在富 $\pi$ 电子型芳杂环和缺 $\pi$ 电子型芳杂环直接键合的物质中,富 $\pi$ 电子芳杂环的电子供给性和缺 $\pi$ 电子型芳杂环的电子接受性都高而 $S_1$ 能级与 $T_1$ 能级之间的能量差变小,可以高效地获得热活化延迟荧光,所以是特别优选的。注意,也可以使用键合有氰基等吸电子基团的芳环代替缺 $\pi$ 电子型芳杂环。作为富 $\pi$ 电子骨架,可以使用芳香胺骨架、吩噻骨架等。作为缺 $\pi$ 电子骨架,可以使用氧杂蒽骨架、二氧化噻吨(thioxanthene dioxide)骨架、噁二唑骨架、三唑骨架、咪唑骨架、蒽醌骨架、苯基硼烷或boranthrene等含硼骨架、苯甲腈或氰苯等具有腈基或氰基的芳香环或杂芳环、二苯甲酮等羰骨架、氧化膦骨架、砷骨架等。如此,可以使用缺 $\pi$ 电子骨架及富 $\pi$ 电子骨架代替缺 $\pi$ 电子杂芳环以及富 $\pi$ 电子杂芳环中的至少一个。

[0065] [化学式2]

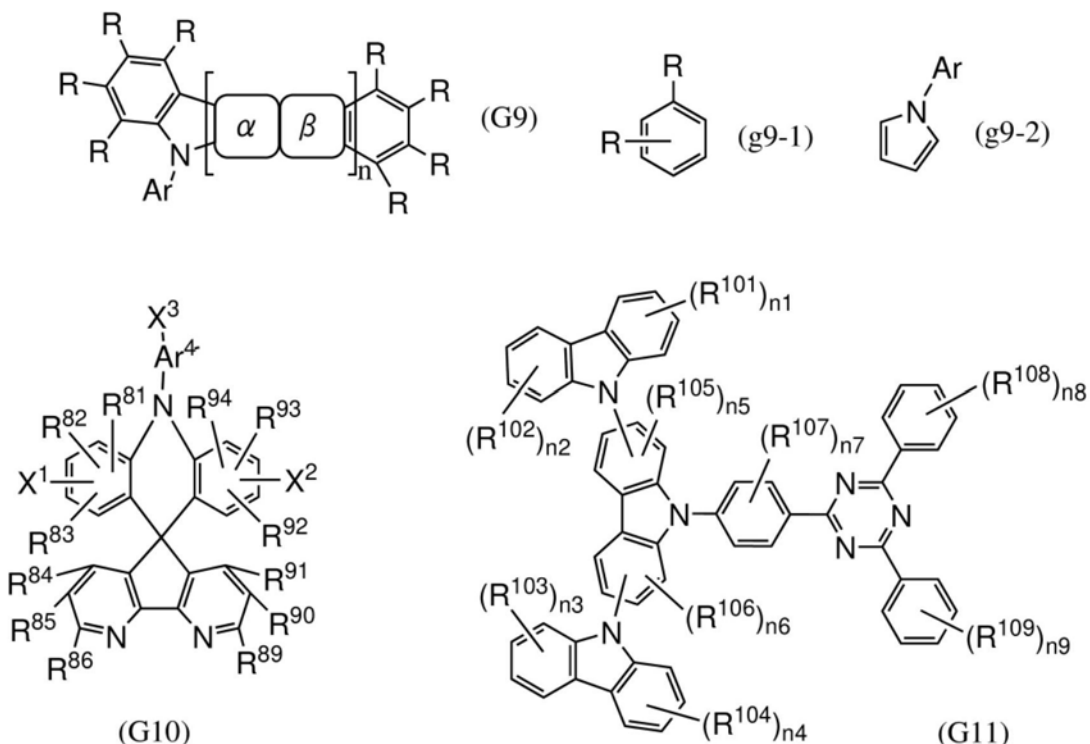


[0066] TADF材料优选为由下述通式(G1)至通式(G11)表示的物质。

[0067] [化学式3]



[0068] [化学式4]



[0069] 但是,在上述通式(G1)中, $R^1$ 至 $R^5$ 中的至少一个表示氰基, $R^1$ 至 $R^5$ 中的至少一个表示取代或未取代的9-呋唑基、取代或未取代的1,2,3,4-四氢-9-呋唑基、取代或未取代的1-吡啶基或者取代或未取代的二芳基氨基,剩下的 $R^1$ 至 $R^5$ 分别独立地表示氢原子或取代基。

[0070] 在上述通式(G2)中, $R^{11}$ 及 $R^{12}$ 分别独立地表示氢原子或任意取代基,A表示可具有取代基的杂芳基或可具有取代基的芳基氨基的至少一个直接或者通过其他的芳香基与吡啶环的4位碳键合在一起的取代基。

[0071] 在上述通式(G3)中, $Ar^1$ 至 $Ar^3$ 表示芳基、 $Ar^1$ 至 $Ar^3$ 中的至少一个表示被二苯并-1,4-噁嗪基或二苯并-1,4-噻嗪基取代的芳基。

[0072] 在上述通式(G4)中,X表示取代或未取代的芳烃基、取代或未取代的芳族杂环基、取代或未取代的稠合多环芳族基或者被选自芳烃基、芳族杂环基或稠合多环芳族基中的基取代的二取代氨基。Y表示氢原子、氘原子、氟原子、氯原子、氰基、硝基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷基、可具有取代基的碳原子数为2至6的直链状或支链状的烯基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷氧基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷氧基、取代或未取代的芳烃基、取代或未取代的芳族杂环基、取代或未取代的稠合多环芳族基、取代或未取代的芳氧基、或被选自芳烃基、芳族杂环基或稠合多环芳族基中的基取代的二取代氨基。 $R^{21}$ 、 $R^{22}$ 、 $R^{25}$ 至 $R^{28}$ 可以彼此相同也可以彼此不同,其分别独立地表示氢原子、氘原子、氟原子、氯原子、氰基、硝基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷基、可具有取代基的碳原子数为2至6的直链状或支链状的烯基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷氧基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷氧基、取代或未取代的芳烃基、取代或未取代的芳族杂环基、取代或未取代的稠合多环芳族基、取代或未取代的芳氧基、或被选自芳烃基、芳族杂环基或稠合多环芳族基中的基取代的二取代氨基。 $R^{21}$ 、 $R^{22}$ 、 $R^{25}$ 至 $R^{28}$ 也可以通过单键、取代或未取代的亚甲基、氧原

子或硫原子彼此键合形成环。

[0073] 在上述通式 (G5) 中,  $A^1$  至  $A^3$  分别独立地表示取代或未取代的二苯并呋喃基。

[0074] 在上述通式 (G6) 中,  $R^{31}$  至  $R^{34}$  及  $a$  至  $h$  分别独立地表示氢原子、取代或未取代的碳原子数为1至20的烷基、取代或未取代的碳原子数为1至20的烷氧基、取代或未取代的碳原子数为6至20的芳基、或氨基。

[0075] 在上述通式 (G7) 中,  $R^{41}$  至  $R^{48}$  分别独立地为氢原子或供电子基团, 至少  $R^{41}$  至  $R^{48}$  中的一个表示供电子基团。 $R^{49}$  至  $R^{56}$  分别独立地为氢原子或三嗪 (triazino) 基以外的吸电子基团, 至少  $R^{49}$  至  $R^{56}$  中的一个表示三嗪 (triazino) 基以外的吸电子基团。注意,  $R^{41}$  至  $R^{56}$  中的11至14个为氢原子。

[0076] 在上述通式 (G8) 中,  $R^{61}$  至  $R^{68}$  及  $R^{77}$  分别独立地为氢原子或供电子基团, 至少  $R^{61}$  至  $R^{68}$  及  $R^{77}$  中的一个表示供电子基团。 $R^{69}$  至  $R^{76}$  分别独立地为氢原子或 $\alpha$ 位不具有非共用电子对的吸电子基团。 $Z$ 表示单键或 $=C=Y$ ,  $Y$ 表示S、C(CN)<sub>2</sub>或C(COOH)<sub>2</sub>。注意,  $Z$ 为单键时,  $R^{69}$ 至 $R^{76}$ 中的至少一个为 $\alpha$ 位不具有非共用电子对的吸电子基团。

[0077] 在上述通式 (G9) 中, 环 $\alpha$ 表示与相邻环在任意位置稠合的由式 (g9-1) 表示的芳香环, 环 $\beta$ 表示与相邻环在任意位置稠合的由式 (g9-2) 表示的杂环。式 (G9) 和式 (g9-2) 中的Ar独立地表示芳烃基或芳族杂环基。式 (G9) 和式 (g9-1) 中的R独立地表示氢或选自碳原子数为1至10的烷基、碳原子数为1至10的烷氧基、碳原子数为1至10的烷硫基、碳原子数为1至10的烷基氨基、碳原子数为2至10的酰基、碳原子数为7至20的芳烷基、取代或未取代的碳原子数为6至30的芳烃基及取代或未取代的碳原子数为3至30的芳香族六元杂环基中的1价取代基, 相邻的取代基可以彼此键合形成环。 $n$ 表示1以上且4以下的整数。

[0078] 在上述通式 (G10) 中,  $X^1$ 、 $X^2$ 、 $X^3$ 可以相同也可以不同, 其分别独立地表示氢原子、氘原子、氟原子、氯原子、氰基、硝基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷基、可具有取代基的碳原子数为2至6的直链状或支链状的烯基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷氧基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷氧基、取代或未取代的芳烃基、取代或未取代的芳族杂环基、取代或未取代的稠合多环芳族基、取代或未取代的芳氧基或者被选自芳烃基、芳族杂环基或稠合多环芳族基中的基取代的二取代氨基。至少  $X^1$ 、 $X^2$ 、 $X^3$  中的一个为取代或未取代的芳烃基、取代或未取代的芳族杂环基、取代或未取代的稠合多环芳族基、或被选自芳烃基、芳族杂环基或稠合多环芳族基中的基取代的二取代氨基。 $Ar^4$ 表示取代或未取代的2价芳烃基、取代或未取代的2价杂芳烃基、或取代或未取代的2价稠合多环芳烃基。 $R^{81}$ 至 $R^{86}$ 、 $R^{89}$ 至 $R^{94}$ 可以彼此相同也可以彼此不同, 其分别独立地表示氢原子、氘原子、氟原子、氯原子、氰基、硝基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷基、可具有取代基的碳原子数为2至6的直链状或支链状的烯基、可具有取代基的碳原子数为1至6的直链状或支链状的烷氧基、可具有取代基的碳原子数为5至10的环烷氧基、取代或未取代的芳烃基、取代或未取代的芳族杂环基、取代或未取代的稠合多环芳族基、取代或未取代的芳氧基、或被选自芳烃基、芳族杂环基或稠合多环芳族基中的基取代的二取代氨基。 $R^{81}$ 至 $R^{86}$ 、 $R^{89}$ 至 $R^{94}$ 也可以通过单键、取代或未取代的亚甲基、氧原子或硫原子彼此键合形成环。

[0079] 在上述通式 (G11) 中,  $R^{101}$ 至 $R^{104}$ 分别独立地表示取代或未取代的芳基、取代或未取

代的杂芳基、取代或未取代的烷基或取代或未取代的环烷基,  $R^{105}$  及  $R^{106}$  分别独立地表示取代或未取代的烷基,  $R^{107}$ 、 $R^{108}$  及  $R^{109}$  分别独立地表示取代或未取代的芳基或者取代或未取代的烷基,  $n_1$  至  $n_4$  及  $n_7$  分别独立地表示 0 至 4 中的任意整数,  $n_5$  及  $n_6$  分别独立地表示 0 至 3 中的任意整数,  $n_8$  及  $n_9$  分别独立地表示 0 至 5 中的任意整数。当分别与  $R^{101}$  至  $R^{109}$  对应的  $n_1$  至  $n_9$  为 2 以上的整数时, 多个  $R^{101}$  可以彼此相同也可以彼此不同,  $R^{102}$  至  $R^{109}$  也是同样的。

[0080] 注意, TADF 材料是指 S1 能级和 T1 能级之差较小且具有通过反系间窜越将三重激发能转换为单重激发能的功能的材料。因此, 能够通过微小的热能量将三重激发能上转换 (up-convert) 为单重激发能 (反系间窜越) 并能够高效地产生单重激发态。此外, 可以将三重激发能转换为发光。

[0081] 以两种物质形成激发态的激基复合物 (Exciplex) 因 S1 能级和 T1 能级之差极小而具有将三重激发能转换为单重激发能的 TADF 材料的功能。

[0082] 作为 T1 能级的指标, 可以使用在低温 (例如, 77K 至 10K) 下观察到的磷光光谱。关于 TADF 材料, 优选的是, 当以通过在荧光光谱的短波长侧的尾处引切线得到的外推线的波长能量为 S1 能级并以通过在磷光光谱的短波长侧的尾处引切线得到的外推线的波长能量为 T1 能级时, S1 与 T1 之差为 0.3eV 以下, 更优选为 0.2eV 以下。

[0083] 当使用 TADF 材料作为发光中心材料时, 主体材料的 S1 能级优选比 TADF 材料的 S1 能级高, 主体材料的 T1 能级优选比 TADF 材料的 T1 能级高。

[0084] 作为发光层的主体材料, 可以使用具有电子传输性的材料、具有空穴传输性的材料及上述 TADF 材料等各种载流子传输材料。

[0085] 作为具有空穴传输性的材料, 可以举出: 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯 (简称: NPB)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺 (简称: TPD)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-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)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺 (简称: PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺 (简称: PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺 (简称: PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺 (简称: PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芴-2-胺 (简称: PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9'-螺双[9H-芴]-2-胺 (简称: PCBASF) 等具有芳香胺骨架的化合物; 1,3-双(N-咔唑基)苯 (简称: mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)联苯 (简称: CBP)、3,6-双(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑 (简称: CzTP)、3,3'-双(9-苯基-9H-咔唑) (简称: PCCP) 等具有咔唑骨架的化合物; 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩) (简称: DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩 (简称: DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩 (简称: DBTFLP-IV) 等具有噻吩骨架的化合物; 以及 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃) (简称: DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃 (简称: mmDBFFLBi-II) 等具有呋喃骨架的化合物。在上述材料中, 具有芳香胺骨架的化合物、具有咔唑骨架的化合物具有良好的可靠性和高空穴传输性并有助于降低驱动电压, 所以是优选的。此外, 也可以使用作为上述第二有机化合物的例子举出的有机化合物。

[0086] 作为具有电子传输性的材料, 例如可以举出: 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)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnPB0)、双[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]锌(II)(简称:ZnBTZ)等金属配合物;2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、1,3-双[5-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(简称:C011)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:mDBTBIIm-II)、2-[4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)等具有多唑骨架的杂环化合物;2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)联苯-3-基]二苯并[f,h]喹喔啉(简称:2mCzBPDBq)、4,6-双[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mPnP2Pm)、4,6-双[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(简称:4,6mDBTP2Pm-II)等具有二噻骨架的杂环化合物;以及3,5-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(简称:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(简称:TmPyPB)等的具有吡啶骨架的杂环化合物。在上述材料中,具有二噻骨架的杂环化合物及具有吡啶骨架的杂环化合物具有良好的可靠性,所以是优选的。尤其是,具有二噻(嘧啶或吡嗪)骨架的杂环化合物具有高电子传输性,也有助于降低驱动电压。

[0087] 作为能够用作主体材料的TADF材料,可以使用与上述同样的材料。当使用TADF材料作为主体材料时,由TADF材料生成的三重激发能经反系间窜跃转换为单重激发能并进一步能量转移到发光中心物质,由此可以提高发光器件的发光效率。此时,TADF材料被用作能量供体,发光中心物质被用作能量受体。

[0088] 当上述发光中心物质为荧光发光物质时这是非常有效的。此时,为了得到高发光效率,TADF材料的S1能级优选比荧光发光物的S1能级高。此外,TADF材料的T1能级优选比荧光发光物质的S1能级高。因此,TADF材料的T1能级优选比荧光发光物质的T1能级高。

[0089] 此外,优选使用呈现与荧光发光物质的最低能量一侧的吸收带的波长重叠的发光TADF材料。由此,激发能顺利地由TADF材料转移到荧光发光物质,可以高效地得到发光,所以是优选的。

[0090] 为了高效地从三重激发能通过反系间窜跃生成单重激发能,优选在TADF材料中产生载流子复合。此外,优选的是在TADF材料中生成的三重激发能不转移到荧光发光物质。为此,荧光发光物质优选在荧光发光物质所具有的发光体(成为发光的原因的骨架)的周围具有保护基。作为该保护基,优选为不具有 $\pi$ 键的取代基,优选为饱和烃。具体而言,可以举出碳原子数为3以上且10以下的烷基、取代或未取代的碳原子数为3以上且10以下的环烷基、碳原子数为3以上且10以下的三烷基硅基,更优选具有多个保护基。不具有 $\pi$ 键的取代基由于几乎没有传输载流子的功能,所以对载流子传输或载流子复合几乎没有影响,可以使TADF材料与荧光发光物质的发光体彼此远离。在此,发光体是指在荧光发光物质中成为发光的原因的原子团(骨架)。发光体优选为具有 $\pi$ 键的骨架,优选包含芳香环,并优选具有稠合芳香环或稠合杂芳环。作为稠合芳香环或稠合杂芳环,可以举出菲骨架、二苯乙烯骨架、吡啶酮骨架、吩恶嗪骨架、吩噻嗪骨架等。尤其是,具有萘骨架、蒽骨架、苝骨架、蒽骨架、三苯骨架、并四苯骨架、苝骨架、花骨架、香豆素骨架、喹吡啶酮骨架、萘并双苯并呋喃骨架



的荧光发光物质具有高荧光量子收率,所以是优选的。

[0091] 在将荧光发光物质用作发光中心物质的情况下,作为主体材料,优选使用具有蒽骨架的材料。通过将具有蒽骨架的物质用作荧光发光物质的主体材料,可以实现发光效率及耐久性都良好的发光层。在用作主体材料的具有蒽骨架的物质中,具有二苯基蒽骨架(尤其是9,10-二苯基蒽骨架)的物质在化学上稳定,所以是优选的。在主体材料具有咔唑骨架的情况下,空穴的注入/传输性得到提高,所以是优选的,尤其是,在包含苯环稠合到咔唑的苯并咔唑骨架的情况下,其HOMO能级比咔唑浅0.1eV左右,空穴容易注入,所以是更优选的。尤其是,在主体材料具有二苯并咔唑骨架的情况下,其HOMO能级比咔唑浅0.1eV左右,不仅空穴容易注入,而且空穴传输性及耐热性也得到提高,所以是优选的。因此,进一步优选用作主体材料的物质是具有9,10-二苯基蒽骨架及咔唑骨架(或者苯并咔唑骨架或二苯并咔唑骨架)的物质。注意,从上述空穴注入/传输性的观点来看,也可以使用苯并芴骨架或二苯并芴骨架代替咔唑骨架。作为这种物质的例子,可以举出9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:PCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(简称:PCPN)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(简称:CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃(简称:2mBnfPPA)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)联苯-4'-基}蒽(简称:FLPPA)、9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(简称: $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth)等。注意,CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPA呈现非常良好的特性,所以是优选的。

[0092] 注意,主体材料也可以是混合多种物质的材料,当使用混合的主体材料时,优选混合具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料。通过混合具有电子传输性的材料和具有空穴传输性的材料,可以使发光层113的传输性的调整变得更加容易,也可以更简便地进行复合区域的控制。具有空穴传输性的材料和具有电子传输性的材料的含量的重量比例为1:19至19:1即可。

[0093] 注意,作为上述混合的材料的一部分,可以使用磷光发光物质。磷光发光物质在作为发光中心材料使用荧光发光物质时可以被用作对荧光发光物质供应激发能的能量供体。

[0094] 另外,也可以使用这些混合了的材料形成激基复合物。通过以形成发射与发光材料的最低能量一侧的吸收带的波长重叠的光的激基复合物的方式选择混合材料,可以使能量转移变得顺利,从而高效地得到发光,所以是优选的。另外,通过采用该结构可以降低驱动电压,因此是优选的。

[0095] 注意,形成激基复合物的材料的至少一个可以为磷光发光物质。由此,可以高效地将三重激发能经反系间窜跃转换为单重激发能。

[0096] 关于高效地形成激基复合物的材料的组合,具有空穴传输性的材料的HOMO能级优选为具有电子传输性的材料的HOMO能级以上。此外,具有空穴传输性的材料的LUMO能级优选为具有电子传输性的材料的LUMO能级以上。注意,材料的LUMO能级及HOMO能级可以从通过循环伏安(CV)测定测得的材料电化学特性(还原电位及氧化电位)求出。

[0097] 激基复合物的形成例如可以通过如下方法确认:对具有空穴传输性的材料的发射光谱、具有电子传输性的材料的发射光谱及混合这些材料而成的混合膜的发射光谱进行比较,当观察到混合膜的发射光谱比各材料的发射光谱向长波长一侧漂移(或者在长波长一侧具有新的峰值)的现象时说明形成有激基复合物。或者,对具有空穴传输性的材料的瞬态

光致发光(PL)、具有电子传输性的材料的瞬态PL及混合这些材料而成的混合膜的瞬态PL进行比较,当观察到混合膜的瞬态PL寿命与各材料的瞬态PL寿命相比具有长寿命成分或者延迟成分的比率变大等瞬态响应不同时说明形成有激基复合物。此外,可以将上述瞬态PL称为瞬态电致发光(EL)。换言之,与对具有空穴传输性的材料的瞬态EL、具有电子传输性的材料的瞬态EL及这些材料的混合膜的瞬态EL进行比较,观察瞬态响应的不同,可以确认激基复合物的形成。

[0098] 电子传输层114与发光层113接触地设置。电子传输层114具有电子传输性且包括HOMO能级为-6.0eV以上的第七有机化合物。第七有机化合物是具有电子传输性的有机化合物,优选包含葱骨架。另外,电子传输层114也可以包含为碱金属或碱土金属的有机配合物的第八物质。也就是说,电子传输层114既可以仅由第七有机化合物构成,也可以由如第七有机化合物和第八物质的混合材料等由第七有机化合物及其他物质形成的混合材料构成。

[0099] 更优选的是上述第七有机化合物包含葱骨架和杂环骨架,作为该杂环骨架优选为含氮五元环骨架。第七有机化合物优选包含如吡唑环、咪唑环、恶唑环、噻唑环那样的环中含有两个杂原子的含氮五元环骨架。

[0100] 作为其他的可以用作第七有机化合物的具有电子传输性的有机化合物,可以使用能够用于上述主体材料的具有电子传输性的有机化合物或能够用于上述荧光发光物质的主体材料的有机化合物。

[0101] 作为上述碱金属或碱土金属的有机配合物,优选使用锂的有机配合物,尤其优选8-羟基喹啉锂(简称:Liq)。

[0102] 优选构成电子传输层114的材料在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率为 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。

[0103] 另外,优选构成电子传输层114的材料在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率低于第六有机化合物或构成发光层113的材料在电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率。通过降低电子传输层中的电子的传输性可以控制向发光层的电子的注入量,由此可以防止发光层变成电子过多的状态。

[0104] 当发光层变为电子过多的状态时,如图2A所示,发光区域113-1被限定在部分区域中而使该部分的负担变大导致劣化加速。此外,电子不能进行复合而穿过发光层也会导致寿命及发光效率下降。在本发明的一个实施方式中,通过降低电子传输层114中的电子的传输性,如图2B所示,可以使发光区域113-1变宽以使对构成发光层113的材料的负担得以分散。由此,可以提供寿命长且发光效率良好的发光器件。

[0105] 在具有上述结构的发光器件中,在通过电流密度恒定的条件下的驱动测试得到的劣化曲线中有时示出具有极大值的形状。也就是说,本发明的一个实施方式的发光器件的劣化曲线有时成为随着时间推移具有亮度上升部分的形状。呈现该劣化举动的发光器件可以利用该亮度上升使其与驱动初期的急剧劣化(即,所谓的初始劣化)相抵。由此,可以实现初始劣化小且具有非常良好的驱动寿命的发光器件。

[0106] 当取这种具有极大值的劣化曲线的微分时,存在该值为0的部分。换言之,存在劣化曲线的微分为0的部分的本发明的一个实施方式的发光器件可以为初始劣化小寿命非常长的发光器件。

[0107] 如图3A所示,可以认为该现象是对发光无用的复合发生在非发光复合区域114-1

而产生的。在具有上述结构的本发明的发光器件中,在驱动初期由于空穴的注入势垒小及电子传输层114的电子传输性较低,所以发光区域113-1(即,复合区域)以靠近电子传输层114一侧的状态形成。另外,由于电子传输层114中的第七有机化合物的HOMO能级为-6.0eV以上较高,所以部分空穴到达电子传输层114而在电子传输层114中发生复合,由此形成非发光复合区域114-1。当第六有机化合物与第七有机化合物的HOMO能级之差为0.2eV以内时也有可能发生该现象。

[0108] 随着驱动时间的推移载流子的平衡发生变化,如图3B所示发光区域113-1(复合区域)逐渐向空穴传输层112一侧移动。由于非发光复合区域114-1减少,复合的载流子的能量可以有效地用于发光而使亮度上升。该亮度上升与发光器件的驱动初期出现的亮度急剧下降(即,所谓的初始劣化)相抵消。由此,可以提供初始劣化小驱动寿命长的发光器件。

[0109] 由于可以抑制初始劣化,所以可以大幅减少有机EL装置的巨大缺点之一的烧屏(burn-in)问题以及为了减少该问题在出货前进行的老化(aging)工序所需的时间及劳力。

[0110] 具有如上那样的结构的本发明的一个实施方式的发光器件可以为寿命长的发光器件。

[0111] (实施方式2)

接着,对上述发光器件的详细结构和材料的例子进行说明。如上所述本发明的一个实施方式的发光器件在一对电极(阳极101和阴极102)间包括由多个层构成的EL层103。该EL层103从阳极101一侧包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、发光层113以及电子传输层。

[0112] 对EL层103中的其他层没有特别的限制,可以采用空穴注入层、空穴传输层、电子传输层、电子注入层、载流子阻挡层、激子阻挡层、电荷产生层等各种层结构。

[0113] 阳极101优选使用功函数大(具体为4.0eV以上)的金属、合金、导电化合物以及它们的混合物等形成。具体地,例如可以举出氧化铟-氧化锡(ITO:Indium Tin Oxide,铟锡氧化物)、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡、氧化铟-氧化锌、包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)等。虽然通常通过溅射法形成这些导电金属氧化物膜,但是也可以应用溶胶-凝胶法等来形成。作为形成方法的例子,可以举出使用对氧化铟添加有1wt%至20wt%的氧化锌的靶材通过溅射法形成氧化铟-氧化锌的方法等。另外,可以使用对氧化铟添加有0.5wt%至5wt%的氧化钨和0.1wt%至1wt%的氧化锌的靶材通过溅射法形成包含氧化钨及氧化锌的氧化铟(IWZO)。另外,可以举出金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)或金属材料的氮化物(例如,氮化钛)等。此外,也可以使用石墨烯。注意,虽然在此举出功函数大且典型地用于形成阳极的材料的物质,但是在本发明的一个实施方式中,作为空穴注入层111使用包含具有空穴传输性的有机化合物和对该有机化合物呈现电子接受性的物质的复合材料,因此可以在选择电极材料时无需顾及功函数。

[0114] 作为EL层103的叠层结构,对如下两种结构进行说明:如图1A所示,采用包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、发光层113、电子传输层114及电子注入层115的结构;如图1B所示,采用包括空穴注入层111、第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层112-2、发光层113、电子传输层114及电荷产生层116的结构。下面具体地示出构成各层的材料。

[0115] 因为对空穴注入层111、空穴传输层112(第一空穴传输层112-1、第二空穴传输层

112-2)、发光层113及电子传输层114在实施方式1中详细地进行了说明,所以省略重复记载。参照实施方式1的记载。

[0116] 可以在电子传输层114和阴极102之间设置由氟化锂(LiF)、氟化铯(CsF)、氟化钙( $\text{CaF}_2$ )等的碱金属、碱土金属或它们的化合物形成的电子注入层115。例如,电子注入层115可以使用将碱金属、碱土金属或它们的化合物包含在由具有电子传输性的物质构成的层中的层或电子化合物(electride)。作为电子化合物,例如可以举出对钙和铝的混合氧化物以高浓度添加电子的物质等。

[0117] 另外,可以在电子传输层114与阴极102之间设置电荷产生层116,而代替电子注入层115(图1B)。电荷产生层116是通过施加电位,可以对与该层的阴极一侧接触的层注入空穴,并且对与该层的阳极一侧接触的层注入电子的层。电荷产生层116至少包括P型层117。P型层117优选使用上述构成空穴注入层111的复合材料来形成。另外,P型层117也可以将作为构成复合材料的材料包含上述呈现电子接受性的物质的膜和包含空穴传输材料的膜层叠来形成。通过对P型层117施加电位,电子和空穴分别注入到电子传输层114和用作阴极的阴极102,使得发光器件工作。

[0118] 注意,电荷产生层116除了包括P型层117之外,优选还包括电子中继层118及电子注入缓冲层119中的任一个或两个。

[0119] 电子中继层118至少包含具有电子传输性的物质,并且能够防止电子注入缓冲层119和P型层117的相互作用,并顺利地传递电子。优选将电子中继层118所包含的具有电子传输性的物质的LUMO能级设定在P型层117中的电子接受性物质的LUMO能级与电子传输层114中的接触于电荷产生层116的层所包含的物质的LUMO能级之间。具体而言,电子中继层118中的具有电子传输性的物质的LUMO能级优选为-5.0eV以上,更优选为-5.0eV以上且-3.0eV以下。注意,作为电子中继层118中的具有电子传输性的物质,优选使用酞菁类材料或具有金属-氧键合和芳香配体的金属配合物。

[0120] 电子注入缓冲层119可以使用电子注入性高的物质。例如,可以使用碱金属、碱土金属、稀土金属或者这些物质的化合物(碱金属化合物(包括氧化锂等氧化物、卤化物、碳酸锂及碳酸铯等碳酸盐)、碱土金属化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐)或稀土金属的化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐))等。

[0121] 在电子注入缓冲层119包含具有电子传输性的物质及电子供体性物质的情况下,作为电子供体性物质,除了碱金属、碱土金属、稀土金属和这些物质的化合物(碱金属化合物(包括氧化锂等氧化物、卤化物、碳酸锂及碳酸铯等碳酸盐)、碱土金属化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐)或稀土金属的化合物(包括氧化物、卤化物、碳酸盐))以外,还可以使用四硫并四苯(tetrathianaphthacene)(简称:TTN)、二茂镍、十甲基二茂镍等有机化合物。作为具有电子传输性的物质,可以使用与上面所说明的用于电子传输层114的材料同样的材料形成。

[0122] 作为阴极102,可以使用功函数小(具体为3.8eV以下)的金属、合金、导电化合物或者它们的混合物等。作为这种阴极材料的具体例子,可以举出锂(Li)及铯(Cs)等碱金属、镁(Mg)、钙(Ca)以及锶(Sr)等的属于元素周期表中的第1族和第2族的元素、包含它们的合金( $\text{MgAg}$ 、 $\text{AlLi}$ )、铕(Eu)、镱(Yb)等稀土金属以及包含它们的合金等。然而,通过在阴极102和电子传输层之间设置电子注入层,可以不顾及功函数的大小而将各种导电材料诸如Al、Ag、

ITO、包含硅或氧化硅的氧化铟-氧化锡等用作阴极102。这些导电材料可以通过真空蒸镀法、溅射法等干式法、喷墨法、旋涂法等形式。另外,可以采用利用溶胶-凝胶法等湿式法或利用金属材料的膏剂的湿式法。

[0123] 另外,作为EL层103的形成方法,不论干式法或湿式法,都可以使用各种方法。例如,也可以使用真空蒸镀法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、丝网印刷法、喷墨法或旋涂法等。

[0124] 另外,也可以通过使用不同成膜方法形成上面所述的各电极或各层。

[0125] 注意,设置在阳极101与阴极102之间的层的结构不局限于上述结构。优选的是,采用在离阳极101及阴极102远的部分设置空穴与电子复合的发光区域的结构,以便抑制由于发光区域与用于电极及载流子注入层的金属接近而发生的猝灭。

[0126] 另外,为了抑制从在发光层中产生的激子的能量转移,接触于发光层113的如空穴传输层和电子传输层,尤其是靠近发光层113中的复合区域的载流子传输层优选使用如下物质构成,即具有比构成发光层的发光材料或者包含在发光层中的发光材料所具有的带隙大的带隙的物质。

[0127] 接着,参照图1C说明具有层叠有多个发光单元的结构 of 发光器件(以下也称为叠层型元件或串联元件)的方式。该发光器件是在阳极和阴极之间具有多个发光单元的发光器件。一个发光单元具有与图1A所示的EL层103大致相同的结构。就是说,图1A或图1B所示的发光器件是具有一个发光单元的发光器件,而图1C所示的发光器件是具有多个发光单元的发光器件。

[0128] 在图1C中,在阳极501和阴极502之间层叠有第一发光单元511和第二发光单元512,并且在第一发光单元511和第二发光单元512之间设置有电荷产生层513。阳极501和阴极502分别相当于图1A中的阳极101和阴极102,并且可以应用与图1A的说明同样的材料。另外,第一发光单元511和第二发光单元512可以具有相同结构,也可以具有不同结构。

[0129] 电荷产生层513具有在对阳极501及阴极502施加电压时,对一个发光单元注入电子并对另一个发光单元注入空穴的功能。就是说,在图1C中,在以阳极的电位比阴极的电位高的方式施加电压的情况下,电荷产生层513只要是对第一发光单元511注入电子并对第二发光单元512注入空穴的层即可。

[0130] 电荷产生层513优选具有与图1B所示的电荷产生层116同样的结构。因为有机化合物与金属氧化物的复合材料具有良好的载流子注入性及载流子传输性,从而能够实现低电压驱动及低电流驱动。在发光单元的阳极一侧的面接触于电荷产生层513的情况下,电荷产生层513还可以具有发光单元的空穴注入层的功能,所以在发光单元中也可以不设置空穴注入层。

[0131] 当在电荷产生层513中设置电子注入缓冲层119时,因为该电子注入缓冲层119具有阳极一侧的发光单元中的电子注入层的功能,所以在阳极一侧的发光单元中不一定必须设置电子注入层。

[0132] 虽然在图1C中说明了具有两个发光单元的发光器件,但是可以同样地应用层叠三个以上的发光单元的发光器件。如根据本实施方式的发光器件,通过在一对电极之间将多个发光单元使用电荷产生层513隔开并配置,该元件可以在保持低电流密度的同时实现高亮度发光,并且能够实现寿命长的元件。另外,可以实现能够进行低电压驱动且低功耗的发

光装置。

[0133] 通过使各发光单元的发光颜色不同,可以以整个发光器件得到所希望的颜色色的发光。例如,通过在具有两个发光单元的发光器件中获得来自第一发光单元的红色和绿色的发光颜色以及来自第二发光单元的蓝色的发光颜色,可以得到在整个发光器件中进行白色发光的发光器件。作为层叠三个以上的发光单元的发光器件的结构,例如,可以采用第一发光单元包括第一蓝色发光层,第二发光单元包括黄色或黄绿色发光层及红色发光层,第三发光单元包括第二蓝色发光层的串联型装置。该串联型装置与上述发光器件同样可以得到白色发光。

[0134] 上述EL层103、第一发光单元511、第二发光单元512及电荷产生层等各层及电极例如可以利用蒸镀法(包括真空蒸镀法)、液滴喷射法(也称为喷墨法)、涂敷法、凹版印刷法等方法形成。此外,各层及电极也可以包含低分子材料、中分子材料(包括低聚物、树枝状聚合物)或者高分子材料。

[0135] (实施方式3)

在本实施方式中,对使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件的发光装置进行说明。

[0136] 在本实施方式中,参照图4A和图4B对使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件而制造的发光装置进行说明。注意,图4A是示出发光装置的俯视图,并且图4B是沿图4A中的线A-B及线C-D切断的截面图。该发光装置作为用来控制发光器件的发光的单元包括由虚线表示的驱动电路部(源极线驱动电路)601、像素部602、驱动电路部(栅极线驱动电路)603。附图标记604是密封衬底,附图标记605是密封材料,附图标记607是由密封材料605围绕的空间。

[0137] 引导布线608是用来传送输入到源极线驱动电路601及栅极线驱动电路603的信号的布线,并且从用作外部输入端子的FPC(柔性印刷电路)609接收视频信号、时钟信号、起始信号、复位信号等。虽然在此只图示出FPC,但是该FPC还可以安装有印刷线路板(PWB)。本说明书中的发光装置不仅包括发光装置主体,而且还包括安装有FPC或PWB的发光装置。

[0138] 下面,参照图4B说明截面结构。在元件衬底610上形成有驱动电路部及像素部。在此,示出作为驱动电路部的源极线驱动电路601和像素部602中的一个像素。

[0139] 除了可以使用由玻璃、石英、有机树脂、金属、合金、半导体等构成的衬底以外,还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics:纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯或丙烯酸树脂等构成的塑料衬底,而制造元件衬底610。

[0140] 对用于像素及驱动电路的晶体管的结构没有特别的限制。例如,可以采用反交错型晶体管或交错型晶体管。另外,顶栅型晶体管或底栅型晶体管都可以被使用。对用于晶体管的半导体材料没有特别的限制,例如可以使用硅、锗、碳化硅、氮化镓等。或者可以使用In-Ga-Zn类金属氧化物等的包含铟、镓、锌中的至少一个的氧化物半导体。

[0141] 对用于晶体管的半导体材料的结晶性也没有特别的限制,可以使用非晶半导体或结晶半导体(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)。当使用结晶半导体时可以抑制晶体管的特性劣化,所以是优选的。

[0142] 在此,氧化物半导体优选用于设置在上述像素及驱动电路中的晶体管和用于在后面说明的触摸传感器等的晶体管等半导体装置。尤其优选使用其带隙比硅宽的氧化物半导

体。通过使用带隙比硅宽的氧化物半导体,可以降低晶体管的关态电流(off-state current)。

[0143] 上述氧化物半导体优选至少包含铟(In)或锌(Zn)。更优选的是,上述氧化物半导体包含以In-M-Zn类氧化物(M为Al、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、Ce或Hf等金属)表示的氧化物的氧化物半导体。

[0144] 以下对能够用于本发明的一个实施方式的氧化物半导体进行说明。

[0145] 氧化物半导体被分为单晶氧化物半导体和非单晶氧化物半导体。作为非单晶氧化物半导体,例如可以举出CAAC-OS(c-axis aligned crystalline oxide semiconductor)、多晶氧化物半导体、nc-OS(nano crystalline oxide semiconductor)、a-like OS(amorphous-like oxide semiconductor)及非晶氧化物半导体等。

[0146] CAAC-OS具有c轴取向性,其多个纳米晶在a-b面方向上连结而结晶结构具有畸变。注意,畸变是指在多个纳米晶连结的区域中晶格排列一致的区域与其他晶格排列一致的区域之间的晶格排列的方向变化的部分。

[0147] 纳米晶基本上为六角形,但是不局限于正六角形,有时为非正六角形。纳米晶有时在畸变中具有五角形及七角形等晶格排列。注意,在CAAC-OS中,即使在畸变附近也难以观察到明确的晶界(也称为grain boundary)。即,可知由于晶格排列畸变,可抑制晶界的形成。这是由于CAAC-OS因为a-b面方向上的氧原子排列的低密度及因金属元素被取代而使原子间的键合距离产生变化等而能够包容畸变。

[0148] CAAC-OS有具有层状结晶结构(也称为层状结构)的倾向,在该层状结晶结构中层叠有包含铟及氧的层(下面称为In层)和包含元素M、锌及氧的层(下面称为(M,Zn)层)。注意,铟和元素M彼此可以取代,在用铟取代(M,Zn)层中的元素M的情况下,也可以将该层表示为(In,M,Zn)层。在用元素M取代In层中的铟的情况下,也可以将该层表示为(In,M)层。

[0149] CAAC-OS是结晶性高的氧化物半导体。另一方面,在CAAC-OS中不容易观察明确的晶界,因此不容易发生起因于晶界的电子迁移率的下降。氧化物半导体的结晶性有时因杂质的进入或缺陷的生成等而降低。因此,可以说CAAC-OS是杂质及缺陷(氧空位(也称为 $V_O$ (oxygen vacancy))等)少的氧化物半导体。因此,具有CAAC-OS的氧化物半导体的物理性质稳定。因此,包含CAAC-OS的氧化物半导体具有高耐热性及高可靠性。

[0150] 在nc-OS中,微小的区域(例如1nm以上且10nm以下的区域,特别是1nm以上且3nm以下的区域)中的原子排列具有周期性。nc-OS在不同的纳米晶之间观察不到结晶取向的规律性。因此,在膜整体中观察不到取向性。所以,有时nc-OS在某些分析方法中与a-like OS或非晶氧化物半导体没有差别。

[0151] 注意,在包含铟、镓和锌的氧化物半导体的一种的铟-镓-锌氧化物(以下,IGZO)有时在由上述纳米晶构成时具有稳定的结构。尤其是,IGZO有在大气中不容易进行晶体生长的倾向,所以有时与由大结晶(在此,几mm的结晶或者几cm的结晶)形成时相比由小结晶(例如,上述纳米结晶)形成时在结构上稳定。

[0152] a-like OS是具有介于nc-OS与非晶氧化物半导体之间的结构的氧化物半导体。a-like OS包含空洞或低密度区域。也就是说,a-like OS的结晶性比nc-OS及CAAC-OS的结晶性低。

[0153] 氧化物半导体可以具有各种结构及各种特性。本发明的一个实施方式的氧化物半

导体也可以包括非晶氧化物半导体、多晶氧化物半导体、a-like OS、nc-OS、CAAC-OS中的两种以上。

[0154] 另外,除了上述氧化物半导体之外还可以使用CAC(Cloud-Aligned Composite)-OS。

[0155] CAC-OS在材料的一部分中具有导电性的功能,在材料的另一部分中具有绝缘性的功能,作为材料的整体具有半导体的功能。注意,在将CAC-OS用于晶体管的半导体层的情况下,导电性的功能是使被用作载流子的电子(或空穴)流过的功能,绝缘性的功能是不使被用作载流子的电子流过的功能。通过导电性的功能和绝缘性的功能的互补作用,可以使CAC-OS具有开关功能(开启/关闭的功能)。通过在CAC-OS中使各功能分离,可以最大限度地提高各功能。

[0156] 另外,CAC-OS具有导电性区域及绝缘性区域。导电性区域具有上述导电性的功能,绝缘性区域具有上述绝缘性的功能。此外,在材料中,导电性区域和绝缘性区域有时以纳米粒子级分离。另外,导电性区域和绝缘性区域有时在材料中不均匀地分布。此外,有时观察到其边缘模糊而以云状连接的导电性区域。

[0157] 此外,在CAC-OS中,导电性区域和绝缘性区域有时以0.5nm以上且10nm以下,优选为0.5nm以上且3nm以下的尺寸分散在材料中。

[0158] 此外,CAC-OS由具有不同带隙的成分构成。例如,CAC-OS由具有起因于绝缘性区域的宽隙的成分及具有起因于导电性区域的窄隙的成分构成。在该结构中,当使载流子流过时,载流子主要在具有窄隙的成分中流过。此外,具有窄隙的成分与具有宽隙的成分互补作用,与具有窄隙的成分联动地在具有宽隙的成分中载流子流过。因此,在将上述CAC-OS或CAC-metal oxide用于晶体管的沟道形成区域时,在晶体管的导通状态中可以得到高电流驱动力,即大通态电流及高场效应迁移率。

[0159] 也就是说,也可以将CAC-OS称为基质复合材料(matrix composite)或金属基质复合材料(metal matrix composite)。

[0160] 通过作为半导体层使用上述氧化物半导体材料,可以实现电特性的变动被抑制的可靠性高的晶体管。

[0161] 由于具有上述半导体层的晶体管的关态电流较低,因此能够长期间保持经过晶体管而储存于电容器中的电荷。通过将这种晶体管用于像素,能够在保持各显示区域所显示的图像的灰度的状态下,停止驱动电路。其结果是,可以实现功耗极低的电子设备。

[0162] 为了实现晶体管的特性稳定化等,优选设置基底膜。作为基底膜,可以使用氧化硅膜、氮化硅膜、氧氮化硅膜、氮氧化硅膜等无机绝缘膜并以单层或叠层制造。基底膜可以通过溅射法、CVD(Chemical Vapor Deposition:化学气相沉积)法(等离子体CVD法、热CVD法、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:有机金属化学气相沉积)法等)、ALD(Atomic Layer Deposition:原子层沉积)法、涂敷法或印刷法等形成。注意,基底膜若不需要则也可以不设置。

[0163] 注意,FET623示出形成在驱动电路部601中的晶体管的一个。另外,驱动电路也可以利用各种CMOS电路、PMOS电路或NMOS电路形成。虽然在本实施方式中示出在衬底上形成有驱动电路的驱动器一体型,但是不一定必须采用该结构,驱动电路也可以形成在外部,而不形成在衬底上。



[0164] 像素部602由多个像素形成,该多个像素都包括开关FET 611、电流控制FET 612以及与该电流控制FET 612的漏极电连接的阳极613,但是并不局限于此。像素部602也可以包括组合三个以上的FET和电容器。

[0165] 注意,形成绝缘物614来覆盖阳极613的端部。在此,可以使用正型感光丙烯酸形成绝缘物614。

[0166] 为了获得后面形成的EL层等的良好的覆盖性,将绝缘物614的上端部或下端部形成成为具有曲率的曲面。例如,在使用正型感光丙烯酸树脂作为绝缘物614的材料的情况下,优选只使绝缘物614的上端部包括具有曲率半径(0.2 $\mu\text{m}$ 至3 $\mu\text{m}$ )的曲面。作为绝缘物614,可以使用负型感光树脂或者正型感光树脂。

[0167] 在阳极613上形成有EL层616及阴极617。在此,优选使用具有高功函数的材料作为用于阳极613的材料。例如,除了可以使用诸如ITO膜、包含硅的铟锡氧化物膜、包含2wt%至20wt%的氧化锌的氧化铟膜、氮化钛膜、铬膜、钨膜、Zn膜、Pt膜等的单层膜以外,还可以使用由氮化钛膜和以铝为主要成分的膜构成的叠层膜以及由氮化钛膜、以铝为主要成分的膜和氮化钛膜构成的三层结构等。通过采用叠层结构,可以实现较低的布线电阻值及良好的欧姆接触,另外,其可用作阴极。

[0168] EL层616通过使用蒸镀掩模的蒸镀法、喷墨法、旋涂法等各种方法形成。EL层616包括实施方式1及实施方式2所示的结构。另外,作为构成EL层616的其他材料,也可以使用低分子化合物或高分子化合物(包含低聚物、树枝状聚合物)。

[0169] 作为用于形成在EL层616上的阴极617的材料,优选使用具有功函数小的材料(Al、Mg、Li、Ca、或它们的合金或化合物(MgAg、MgIn、AlLi等)等)。当使产生在EL层616中的光透过阴极617时,优选使用由膜厚度减薄了的金属薄膜和透明导电膜(ITO、包含2wt%至20wt%的氧化锌的氧化铟、包含硅的铟锡氧化物、氧化锌(ZnO)等)构成的叠层作为阴极617。

[0170] 注意,发光器件由阳极613、EL层616、阴极617形成。该发光器件是实施方式1及实施方式2所示的发光器件。另外,像素部由多个发光器件构成,本实施方式的发光装置也可以包括实施方式1及实施方式2所示的发光器件和具有其他结构的发光器件的双方。

[0171] 通过使用密封材料605将密封衬底604贴合到元件衬底610,将发光器件618设置在由元件衬底610、密封衬底604以及密封材料605围绕的空间607中。空间607中既可以填充有填料,又可以填充有惰性气体(氮或氩等)或密封材料。通过在密封衬底中形成凹部且在其中设置干燥剂,可以抑制水分所导致的劣化,所以是优选的。

[0172] 另外,优选使用环氧类树脂或玻璃粉作为密封材料605。这些材料优选为尽可能地使水或氧透过的材料。作为用于密封衬底604的材料,除了可以使用玻璃衬底或石英衬底以外,还可以使用由FRP(Fiber Reinforced Plastics;玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸树脂等构成的塑料衬底。

[0173] 虽然在图4A和图4B中没有示出,但是也可以在阴极上设置保护膜。保护膜可以由有机树脂膜或无机绝缘膜形成。另外,也可以以覆盖密封材料605的露出部分的方式形成保护膜。另外,保护膜可以覆盖一对衬底的表面及侧面、密封层、绝缘层等的露出侧面而设置。

[0174] 作为保护膜可以使用不容易透过水等杂质的材料。因此,可以能够高效地抑制水等杂质从外部扩散到内部。

[0175] 作为构成保护膜的材料,可以使用氧化物、氮化物、氟化物、硫化物、三元化合物、金属或聚合物等。例如,该材料可以含有氧化铝、氧化钪、硅酸钪、氧化镧、氧化硅、钛酸锶、氧化钽、氧化钛、氧化锌、氧化铌、氧化锆、氧化锡、氧化钇、氧化铈、氧化铪、氧化铟、氧化钒、氮化铝、氮化钪、氮化硅、氮化钽、氮化钛、氮化铌、氮化钼、氮化锆、氮化镓、含有钛及铝的氮化物、含有钛及铝的氧化物、含有铝及锌的氧化物、含有锰及锌的硫化物、含有铈及锶的硫化物、含有铟及铝的氧化物、含有钇及锆的氧化物等。

[0176] 保护膜优选通过台阶覆盖性(step coverage)良好的成膜方法来形成。这种方法中之一是原子层沉积(ALD:Atomic Layer Deposition)法。优选将可以通过ALD法形成的材料用于保护膜。通过ALD法可以形成致密且裂缝或针孔等缺陷被减少或具备均匀的厚度的保护膜。另外,可以减少当形成保护膜时加工部材受到的损伤。

[0177] 通过ALD法可以将均匀且缺陷少的保护膜形成在具有复杂的凹凸形状的表面或触摸屏的顶面、侧面以及背面上。

[0178] 如上所述,可以得到使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件制造的发光装置。

[0179] 因为本实施方式中的发光装置使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件,所以可以得到具有优良特性的发光装置。具体而言,实施方式1及实施方式2所示的发光器件是寿命长的发光器件,从而可以实现可靠性良好的发光装置。使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件的发光装置的发光效率良好,由此可以实现低功耗的发光装置。

[0180] 图5A和图5B示出通过形成呈现白色发光的发光器件设置着色层(滤色片)等来实现全彩色化的发光装置的例子。图5A示出衬底1001、基底绝缘膜1002、栅极绝缘膜1003、栅电极1006、1007、1008、第一层间绝缘膜1020、第二层间绝缘膜1021、周边部1042、像素部1040、驱动电路部1041、发光器件的阳极1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁1025、EL层1028、发光器件的阴极1029、密封衬底1031、密封材料1032等。

[0181] 在图5A中,将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)设置在透明基材1033上。另外,还可以设置黑矩阵1035。对设置有着色层及黑矩阵的透明基材1033进行对准而将其固定到衬底1001上。注意,着色层及黑矩阵1035被保护层1036覆盖。图5A示出具有光不透过着色层而透射到外部的发光层及光透过各颜色的着色层而透射到外部的发光层。不透过着色层的光成为白色光且透过着色层的光成为红色光、绿色光、蓝色光,因此能够以四个颜色的像素呈现图像。

[0182] 图5B示出将着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)形成在栅极绝缘膜1003和第一层间绝缘膜1020之间的例子。如上述那样,也可以将着色层设置在衬底1001和密封衬底1031之间。

[0183] 在以上说明的发光装置中,虽然说明了具有从形成有FET的衬底1001一侧取出光的结构(底部发射型)的发光装置,但是也可以采用具有从密封衬底1031一侧取出发光的结构(顶部发射型)的发光装置。图6示出顶部发射型发光装置的截面图。在此情况下,衬底1001可以使用不使光透过的衬底。到制造用来使FET与发光器件的阳极连接的连接电极为止的工序与底部发射型发光装置同样地进行。然后,以覆盖电极1022的方式形成第三层间绝缘膜1037。该绝缘膜也可以具有平坦化的功能。第三层间绝缘膜1037可以使用与第二层间绝缘膜相同的材料或其他公知材料形成。

[0184] 虽然在此发光器件的阳极1024W、1024R、1024G、1024B都是阳极,但是也可以形成成为阴极。另外,在采用如图6所示那样的顶部发射型发光装置的情况下,阳极优选为反射电极。EL层1028的结构采用实施方式1及实施方式2所示的EL层103的结构,并且采用能够获得白色发光的元件结构。

[0185] 在采用图6所示的顶部发射结构的情况下,可以使用设置有着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)的密封衬底1031进行密封。密封衬底1031也可以设置有位于像素和像素之间的黑矩阵1035。着色层(红色着色层1034R、绿色着色层1034G、蓝色着色层1034B)、黑矩阵也可以被保护层1036覆盖。注意,作为密封衬底1031,使用具有透光性的衬底。虽然在此示出了以红色、绿色、蓝色、白色的四个颜色进行全彩色显示的例子,但是并不局限于此,也可以以红色、黄色、绿色、蓝色的四个颜色或红色、绿色、蓝色的三个颜色进行全彩色显示。

[0186] 在顶部发射型的发光装置中,可以优选地适用微腔结构。将反射电极用作阳极且将透反式电极用作阴极,由此可以得到具有微腔结构的发光器件。该具有微腔结构的发光器件在反射电极与透反式电极之间至少含有EL层,并且至少含有成为发光区域的发光层。

[0187] 注意,反射电极是其可见光反射率为40%至100%,优选为70%至100%,并且其电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下的膜。另外,透反式电极是其可见光反射率为20%至80%,优选为40%至70%,并且其电阻率为 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下的膜。

[0188] 从EL层所包含的发光层射出的光被反射电极和透反式电极反射,并且谐振。

[0189] 在该发光器件中,通过改变透明导电膜、上述复合材料及载流子传输材料等的厚度而可以改变反射电极与透反式电极之间的光程。由此,可以在反射电极与透反式电极之间加强谐振的波长的光且使不谐振的波长的光衰减。

[0190] 注意,被反射电极反射回来的光(第一反射光)会给从发光层直接入射到透反式电极的光(第一入射光)带来很大的干涉。因此,优选将反射电极与发光层的光程调节为 $(2n-1)\lambda/4$ (注意,n为1以上的自然数, $\lambda$ 为要放大的光的波长)。通过调节该光程,可以使第一反射光与第一入射光的相位一致,由此可以进一步放大从发光层发射的光。

[0191] 注意,在上述结构中,EL层可以含有多个发光层,也可以只含有一个发光层。上述串联型发光器件也可以与多个EL层组合,例如,也可以采用如下结构:在一个发光器件中夹着电荷产生层设置多个EL层,在每个EL层中形成一个或多个发光层。

[0192] 通过采用微腔结构,可以加强指定波长的正面方向上的发光强度,由此可以实现低功耗化。注意,在为使用红色、黄色、绿色以及蓝色的四个颜色的子像素显示图像的发光装置的情况下,因为可以获得由于黄色发光的亮度提高效果,而且可以在所有的子像素中采用适合各颜色的波长的微腔结构,所以能够实现具有良好的特性的发光装置。

[0193] 因为本实施方式中的发光装置使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件,所以可以得到具有优良特性的发光装置。具体而言,实施方式1及实施方式2所示的发光器件是寿命长的发光器件,从而可以实现可靠性良好的发光装置。使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件的发光装置的发光效率良好,由此可以实现低功耗的发光装置。

[0194] 虽然到这里说明了有源矩阵型发光装置,但是下面说明无源矩阵型发光装置。图7A和图7B示出通过使用本发明制造的无源矩阵型发光装置。注意,图7A是示出发光装置的透视图,并且图7B是沿图7A的线X-Y切断而获得的截面图。在图7A和图7B中,在衬底951上的

电极952与电极956之间设置有EL层955。电极952的端部被绝缘层953覆盖。在绝缘层953上设置有隔离层954。隔离层954的侧壁具有如下倾斜,即越接近衬底表面,两个侧壁之间的间隔越窄。换句话说,隔离层954的短边方向的截面是梯形,底边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953接触的边)比上边(朝向与绝缘层953的面方向相同的方向并与绝缘层953不接触的边)短。如此,通过设置隔离层954,可以防止起因于静电等的发光器件的不良。另外,在无源矩阵型发光装置中,通过使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件,也可以得到可靠性良好的发光装置或者低功耗的发光装置。

[0195] 以上说明的发光装置能够控制配置为矩阵状的微小的多个发光器件中的每一个,所以该发光装置适用于进行图像显示的显示装置。

[0196] 本实施方式可以与其他实施方式自由地组合。

[0197] (实施方式4)

在本实施方式中,参照图8A和图8B对将实施方式1及实施方式2所示的发光器件用于照明装置的例子进行说明。图8B是照明装置的俯视图,图8A是沿着图8B的线e-f切断的截面图。

[0198] 在本实施方式的照明装置中,在用作支撑体的具有透光性的衬底400上形成有阳极401。阳极401相当于实施方式2中的阳极101。当从阳极401一侧取出光时,阳极401使用具有透光性的材料形成。

[0199] 在衬底400上形成用来对阴极404供应电压的焊盘412。

[0200] 在阳极401上形成有EL层403。EL层403相当于实施方式1及实施方式2中的EL层103的结构或组合发光单元511、发光单元512以及电荷产生层513的结构等。作为它们的结构,参照各记载。

[0201] 以覆盖EL层403的方式形成阴极404。阴极404相当于实施方式2中的阴极102。当从阳极401一侧取出光时,阴极404使用反射率高的材料形成。通过使阴极404与焊盘412连接,将电压供应到阴极404。

[0202] 如上所述,本实施方式所示的照明装置具备包括阳极401、EL层403以及阴极404的发光器件。由于该发光器件是发光效率高的发光器件,所以本实施方式的照明装置可以提供低功耗的照明装置。

[0203] 使用密封材料405、406将形成有具有上述结构的发光器件的衬底400和密封衬底407固定来进行密封,由此制造照明装置。可以仅使用密封材料405和406中的一个。内侧的密封材料406(在图8B中未图示)可以与干燥剂混合,由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0204] 通过以延伸到密封材料405、406的外部的方式设置焊盘412和阳极401的一部分,可以将其用作外部输入端子。另外,也可以在外部输入端子上设置安装有转换器等IC芯片420等。

[0205] 以上,本实施方式所记载的照明装置在EL元件中使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件,可以实现可靠性良好的发光装置。另外,可以实现低功耗的发光装置。

[0206] (实施方式5)

在本实施方式中,对在其一部分包括实施方式1及实施方式2所示的发光器件的电子设备的例子进行说明。实施方式1及实施方式2所示的发光器件是寿命良好且可靠性良好的发光器件。其结果是,本实施方式所记载的电子设备可以实现包括可靠性良好的发光部

的电子设备。

[0207] 作为采用上述发光器件的电子设备,例如可以举出电视装置(也称为电视机或电视接收机)、用于计算机等的显示器、数码相机、数码摄像机、数码相框、移动电话机(也称为移动电话、移动电话装置)、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置、弹珠机等大型游戏机等。以下,示出这些电子设备的具体例子。

[0208] 图9A示出电视装置的一个例子。在电视装置中,外壳7101中组装有显示部7103。在此,示出利用支架7105支撑外壳7101的结构。可以利用显示部7103显示图像,并且将实施方式1及实施方式2所示的发光器件排列为矩阵状而构成显示部7103。

[0209] 可以通过利用外壳7101所具备的操作开关或另行提供的遥控操作机7110进行电视装置的操作。通过利用遥控操作机7110所具备的操作键7109,可以控制频道及音量,由此可以控制显示在显示部7103中的图像。另外,也可以采用在遥控操作机7110中设置用来显示从该遥控操作机7110输出的信息的显示部7107的结构。

[0210] 注意,电视装置采用具备接收机、调制解调器等结构。可以通过接收机接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器连接到有线或无线方式的通信网络,能够进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的信息通信。

[0211] 图9B1示出计算机,该计算机包括主体7201、外壳7202、显示部7203、键盘7204、外部连接端口7205、指向装置7206等。注意,该计算机通过将实施方式1及实施方式2所示的发光器件排列为矩阵状并用于显示部7203而制造。图9B1中的计算机也可以为如图9B2所示的方式。图9B2所示的计算机设置有第二显示部7210代替键盘7204及指向装置7206。第二显示部7210是触摸屏,通过利用指头或专用笔操作显示在第二显示部7210上的输入用显示,能够进行输入。第二显示部7210不仅能够显示输入用显示,而且可以显示其他图像。另外,显示部7203也可以是触摸屏。因为两个屏面通过铰链部连接,所以可以防止当收纳或搬运时发生问题如屏面受伤、破坏等。

[0212] 图9C示出便携式终端的一个例子。便携式终端具备组装在外壳7401中的显示部7402、操作按钮7403、外部连接端口7404、扬声器7405、麦克风7406等。注意,便携式终端包括将实施方式1及实施方式2所示的发光器件排列为矩阵状而制造的显示部7402。

[0213] 图9C所示的便携式终端也可以具有用指头等触摸显示部7402来输入信息的结构。在此情况下,能够用指头等触摸显示部7402来进行打电话或编写电子邮件等的操作。

[0214] 显示部7402主要有三种屏面模式。第一模式是以图像的显示为主的显示模式。第二模式是以文字等的信息的输入为主的输入模式。第三模式是混合显示模式和输入模式的两个模式的显示输入模式。

[0215] 例如,在打电话或编写电子邮件的情况下,可以采用将显示部7402主要用于输入文字的文字输入模式而输入在屏面上显示的文字。在此情况下,优选在显示部7402的屏面的大部分中显示键盘或号码按钮。

[0216] 通过在便携式终端内部设置具有陀螺仪或加速度传感器等检测倾斜度的传感器的检测装置,可以判断便携式终端的方向(纵或横)而自动进行显示部7402的屏面显示的切换。

[0217] 通过触摸显示部7402或对外壳7401的操作按钮7403进行操作,来进行屏面模式的切换。此外,也可以根据显示在显示部7402上的图像的种类切换屏面模式。例如,当显示在

显示部上的图像信号为动态图像的数据时,将屏面模式切换成显示模式。当该图像信号为文字数据时,将屏面模式切换成输入模式。

[0218] 另外,当在输入模式下通过检测出显示部7402的光传感器所检测的信号而得知在一定期间内没有显示部7402的触摸操作输入时,也可以进行控制以将屏面模式从输入模式切换成显示模式。

[0219] 也可以将显示部7402用作图像传感器。例如,通过用手掌或指头触摸显示部7402,来拍摄掌纹、指纹等,能够进行个人识别。另外,通过在显示部中使用发射近红外光的背光源或发射近红外光的感测用光源,也能够拍摄指静脉、手掌静脉等。

[0220] 注意,本实施方式所示的结构可以与实施方式1至实施方式4所示的结构适当地组合来使用。

[0221] 如上所述,具备实施方式1及实施方式2所示的发光器件的发光装置的应用范围极为广泛,而能够将该发光装置用于各种领域的电子设备。通过使用实施方式1及实施方式2所示的发光器件,可以得到可靠性高的电子设备。

[0222] 图10A为示出扫地机器人的一个例子的示意图。

[0223] 扫地机器人5100包括顶面上的显示器5101及侧面上的多个照相机5102、刷子5103及操作按钮5104。虽然未图示,但是扫地机器人5100的底面设置有轮胎和吸入口等。此外,扫地机器人5100还包括红外线传感器、超声波传感器、加速度传感器、压电传感器、光传感器、陀螺仪传感器等各种传感器。另外,扫地机器人5100包括无线通信单元。

[0224] 扫地机器人5100自动行走,检测垃圾5120,从底面的吸入口吸引垃圾。

[0225] 扫地机器人5100对照相机5102所拍摄的图像进行分析,由此可以判断墙壁、家具或台阶等障碍物的有无。在通过图像分析检测布线等可能会绕在刷子5103上的物体的情况下,可以停止刷子5103的旋转。

[0226] 可以在显示器5101上显示电池的剩余电量和所吸引的垃圾的量等。可以在显示器5101上显示扫地机器人5100的行走路径。另外,显示器5101可以是触摸面板,可以将操作按钮5104显示在显示器5101上。

[0227] 扫地机器人5100可以与智能手机等便携式电子设备5140互相通信。照相机5102所拍摄的图像可以显示在便携式电子设备5140上。因此,扫地机器人5100的拥有者在出门时也可以知道房间的情况。另外,可以使用智能手机等便携式电子设备确认显示器5101的显示内容。

[0228] 可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示器5101。

[0229] 图10B所示的机器人2100包括运算装置2110、照度传感器2101、麦克风2102、上部照相机2103、扬声器2104、显示器2105、下部照相机2106、障碍物传感器2107及移动机构2108。

[0230] 麦克风2102具有检测使用者的声音及周围的声音等的功能。另外,扬声器2104具有发出声音的功能。机器人2100可以使用麦克风2102及扬声器2104与使用者交流。

[0231] 显示器2105具有显示各种信息的功能。机器人2100可以将使用者所希望的信息显示在显示器2105上。显示器2105可以安装有触摸面板。此外,显示器2105可以是可拆卸的信息终端,通过将该信息终端设置在机器人2100的所定位置,可以进行充电及数据的收发。

[0232] 上部照相机2103及下部照相机2106具有对机器人2100的周围环境进行摄像的功

能。障碍物传感器2107可以检测机器人2100使用移动机构2108移动时的前方的障碍物的有无。机器人2100可以使用上部照相机2103、下部照相机2106及障碍物传感器2107认知周围环境而安全地移动。可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示器2105。

[0233] 图10C是示出护目镜型显示器的一个例子的图。护目镜型显示器例如包括外壳5000、显示部5001、扬声器5003、LED灯5004、连接端子5006、传感器5007(它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5008、显示部5002、支撑部5012、耳机5013等。

[0234] 可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示部5001及显示部5002。

[0235] 图11示出将实施方式1及实施方式2所示的发光器件用于作为照明装置的台灯的例子。图11所示的台灯包括外壳2001和光源2002,并且作为光源2002可以使用实施方式3所记载的照明装置。

[0236] 图12示出将实施方式1及实施方式2所示的发光器件用于室内的照明装置3001的例子。实施方式1及实施方式2所示的发光器件是可靠性高的发光器件,从而可以实现可靠性良好的照明装置。另外,因为实施方式1及实施方式2所示的发光器件能够实现大面积化,所以能够用于大面积的照明装置。另外,因为实施方式1及实施方式2所示的发光器件的厚度薄,所以能够制造实现薄型化的照明装置。

[0237] 还可以将实施方式1及实施方式2所示的发光器件安装在汽车的挡风玻璃或仪表盘上。图13示出将实施方式1及实施方式2所示的发光器件用于汽车的挡风玻璃和仪表盘的一个实施方式。显示区域5200至显示区域5203包括实施方式1及实施方式2所示的发光器件。

[0238] 显示区域5200和显示区域5201是设置在汽车的挡风玻璃上的安装有实施方式1及实施方式2所示的发光器件的显示装置。通过使用具有透光性的电极制造阳极和阴极,可以将实施方式1及实施方式2所示的发光器件形成为能看到对面的景色的所谓的透视式显示装置。透视式显示装置即使在汽车的挡风玻璃上也可以不妨碍视界地设置。在设置用来驱动的晶体管等的情况下,优选使用具有透光性的晶体管,诸如使用有机半导体材料的有机晶体管或使用氧化物半导体的晶体管等。

[0239] 显示区域5202是设置在立柱部分的安装有实施方式1及实施方式2所示的发光器件的显示装置。通过在显示区域5202上显示来自设置在车厢上的成像单元的图像,可以补充被立柱遮挡的视界。同样地,设置在仪表盘部分上的显示区域5203通过显示来自设置在汽车外侧的成像单元的图像,能够补充被车厢遮挡的视界。因此,可以消除死角,而提高安全性。通过显示图像以补充不看到的部分,更自然且简单地确认安全。

[0240] 显示区域5203可以通过显示导航信息、速度表、转速表、行车距离、加油量、排档状态、空调的设定等提供各种信息。使用者可以适当地改变显示内容或布置。注意,这些信息也可以显示在显示区域5200至显示区域5203上。另外,也可以将显示区域5200至显示区域5203用作照明装置。

[0241] 图14A和图14B示出可折叠的便携式信息终端5150。可折叠的便携式信息终端5150包括外壳5151、显示区域5152及弯曲部5153。图14A示出展开状态的便携式信息终端5150。图14B示出折叠状态的便携式信息终端5150。虽然便携式信息终端5150具有较大的显示区

域5152,但是通过将便携式信息终端5150折叠,便携式信息终端5150变小而可便携性好。

[0242] 可以由弯曲部5153将显示区域5152折叠成一半。弯曲部5153由可伸缩的构件和多个支撑构件构成。在折叠显示区域时,可伸缩的构件被拉伸,以弯曲部5153具有2mm以上,优选为3mm以上的曲率半径的方式进行折叠。

[0243] 注意,显示区域5152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)。可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示区域5152。

[0244] 图15A至图15C示出能够折叠的便携式信息终端9310。图15A示出展开状态的便携式信息终端9310。图15B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15C示出折叠状态的便携式信息终端9310。便携式信息终端9310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。

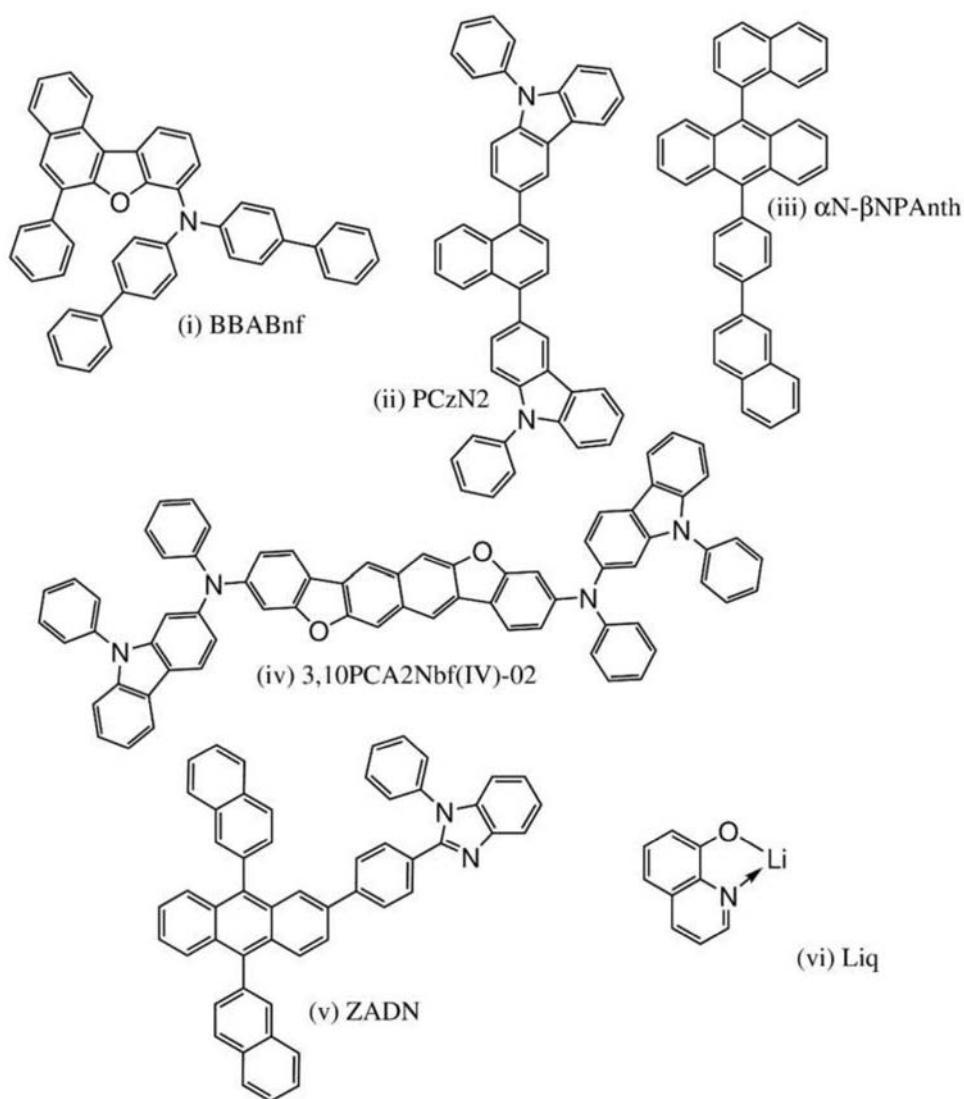
[0245] 显示面板9311由铰链部9313所连接的三个外壳9315支撑。注意,显示面板9311也可以为安装有触摸传感器(输入装置)的触控面板(输入输出装置)。通过在两个外壳9315之间的铰链部9313处弯折显示面板9311,可以使便携式信息终端9310从展开状态可逆性地变为折叠状态。可以将本发明的一个实施方式的发光装置用于显示面板9311。

#### [实施例1]

[0246] 在本实施例中对本发明的一个实施方式的发光器件1进行说明。以下示出发光器件1使用的有机化合物的结构式。

[0247] [化学式3]





[0248] (发光器件1的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟(ITSO)来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为2mm×2mm。

[0249] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以200℃烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0250] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}$ Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,在170℃的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0251] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式(i)所表示的N,N'-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与NDP-9(分析工房株式会社(Analysis Atelier Corporation),材料序列号:1S20170124)的重量比为1:0.1(=BBABnf:NDP-9)且厚度为10nm的方式进行共蒸镀,由此形成空穴注入层111。

[0252] 接着,在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为20nm的方式蒸镀

BBABnf, 然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCzN2), 由此形成空穴传输层112。注意, 第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0253] 接着, 以上述结构式(iii)所表示的9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(简称: $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth)与(iv)所表示的3,10-双[N-(9-苯基-9H-咔唑-2-基)-N-苯基氨基]萘并[2,3-b;6,7-b']双苯并呋喃(简称:3,10PCA2Nbf(IV)-02)的重量比为1:0.015(= $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀, 由此形成发光层113。

[0254] 然后, 在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)与上述结构式(vi)所示的8-羟基喹啉锂(简称:Liq)的重量比为1:0.9(=ZADN:Liq)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀, 来形成电子传输层114。

[0255] 在形成电子传输层114之后, 以1nm的厚度蒸镀Liq来形成电子注入层115。接着, 以200nm的厚度蒸镀铝来形成阴极102。由此, 制造本实施例的发光器件1。

[0256] 发光器件1的元件结构如下表所示。

[0257] [表1]

	空穴 注入层	空穴 传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
	10nm	20nm	10nm	25nm	25nm	1nm
发光 器件 1	BBABnf: NDP-9 (1: 0.1)	BBABnf	PCzN2	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 3, 10PCANbf(IV)-02 (1:0.015)	ZADN:Liq (1:0.9)	Liq

[0258] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0259] [表2]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnt	-5.85	-2.74	—
ZADN	—	-2.87	—
ZADN:Liq (1:1)	—	—	$3.1 \times 10^{-6}$

[0260] 在氮气气氛的手套箱中,以不使该发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对该发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0261] 图16示出发光器件1的亮度-电流密度特性。图17示出电流效率-亮度特性。图18示出亮度-电压特性。图19示出电流-电压特性。图20示出外部量子效率-亮度特性。图21示出发射光谱。表3示出发光器件1的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0262] [表3]

	电压(V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率(%)
发光器件 1	4.2	0.42	10.4	0.14	0.12	10.8	11.1

[0263] 由图16至图21及表3可知,本发明的一个实施方式的发光器件1是特性良好的蓝色发光器件。

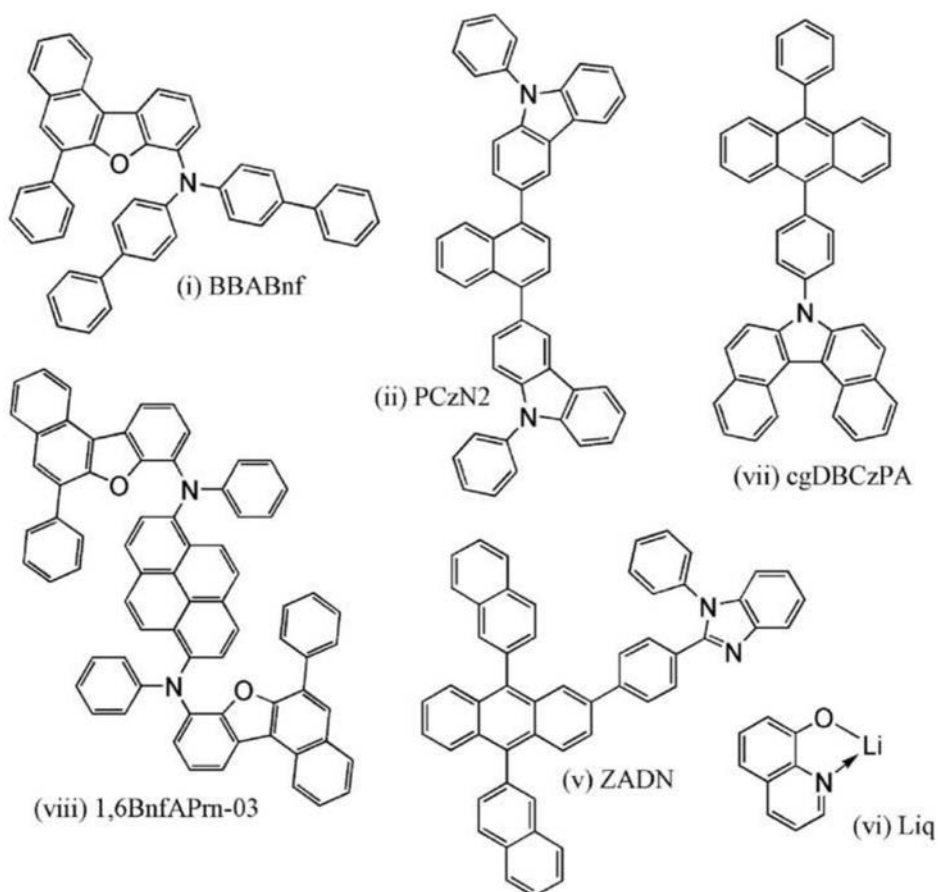
[0264] 图22是示出电流密度为50mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图22所示,在经过600小时时也保持初始亮度的90%左右的亮度。由此可知,随着驱动时间的累积的亮度下降极小,并且本发明的一个实施方式的发光器件1的寿命非常长。

[0265] 在发光器件1的劣化曲线中,亮度在一次下降后上升。也就是说,劣化曲线具有极大点。由于具有该劣化举动,所以发光器件1是寿命非常长的发光器件。

[实施例2]

[0266] 在本实施例中,对本发明的一个实施方式的发光器件2进行说明。以下示出在发光器件2中使用的有机化合物的结构式。

[0267] [化学式4]



[0268] (发光器件2的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟(ITSO)来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0269] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以 $200^\circ\text{C}$ 烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0270] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}\text{Pa}$ 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 $170^\circ\text{C}$ 的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0271] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式(i)所表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与NDP-9(分析工房株式会社,材料序列号:1S20170124)的重量比为1:0.1(=BBABnf:NDP-9)且厚度为10nm的方式共蒸镀,由此形成空穴注入层111。

[0272] 接着,在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为20nm的方式蒸镀BBABnf,然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCzN2),由此形成空穴传输层112。注意,第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0273] 接着,将由上述结构式(vii)表示的7-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)与由(viii)表示的N,N'-(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)以重量比为1:0.03(=cgDBCzPA:1,

6BnfAPrn-03) 且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成发光层113。

[0274] 然后,在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)与由上述结构式(vi)表示的8-羟基喹啉锂(简称:Liq)的重量比为1:1(=ZADN:Liq)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成电子传输层114。

[0275] 形成电子传输层114之后以Liq的厚度为1nm的方式进行蒸镀形成电子注入层115。然后,以铝的膜度为200nm的方式进行蒸镀形成阴极102。由此,制造本实施例的发光器件2。

[0276] 发光器件2的元件结构如下表所示。

[0277] [表4]

	空穴 注入层	空穴 传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
		10nm	20nm	10nm	25nm	1nm
发光 器件 2	BBABnf: NDP-9 (1: 0.1)	BBABnf	PCzN2	cgDBCzPA: 1, 6BnfAPrn-03 (1:0.03)	ZADN:Liq (1:1)	Liq

[0278] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0279] [表5]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
cgDBCzPA	-5.69	-2.74	$7.7 \times 10^{-5}$
ZADN	—	-2.87	—
ZADN:Liq (1:1)	—	—	$3.1 \times 10^{-6}$

[0280] 在氮气氛围的手套箱中,以不使发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对该发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0281] 图23示出发光器件2的亮度-电流密度特性。图24示出电流效率-亮度特性。图25示出亮度-电压特性。图26示出电流-电压特性。图27示出外部量子效率-亮度特性。图28示出发射光谱。表6示出发光器件2的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0282] [表6]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率 (%)
发光器件 2	3.6	0.43	10.7	0.14	0.13	9.5	9.4

[0283] 由图23至图28及表6可知,本发明的一个实施方式的发光器件2是特性良好的蓝色发光器件。

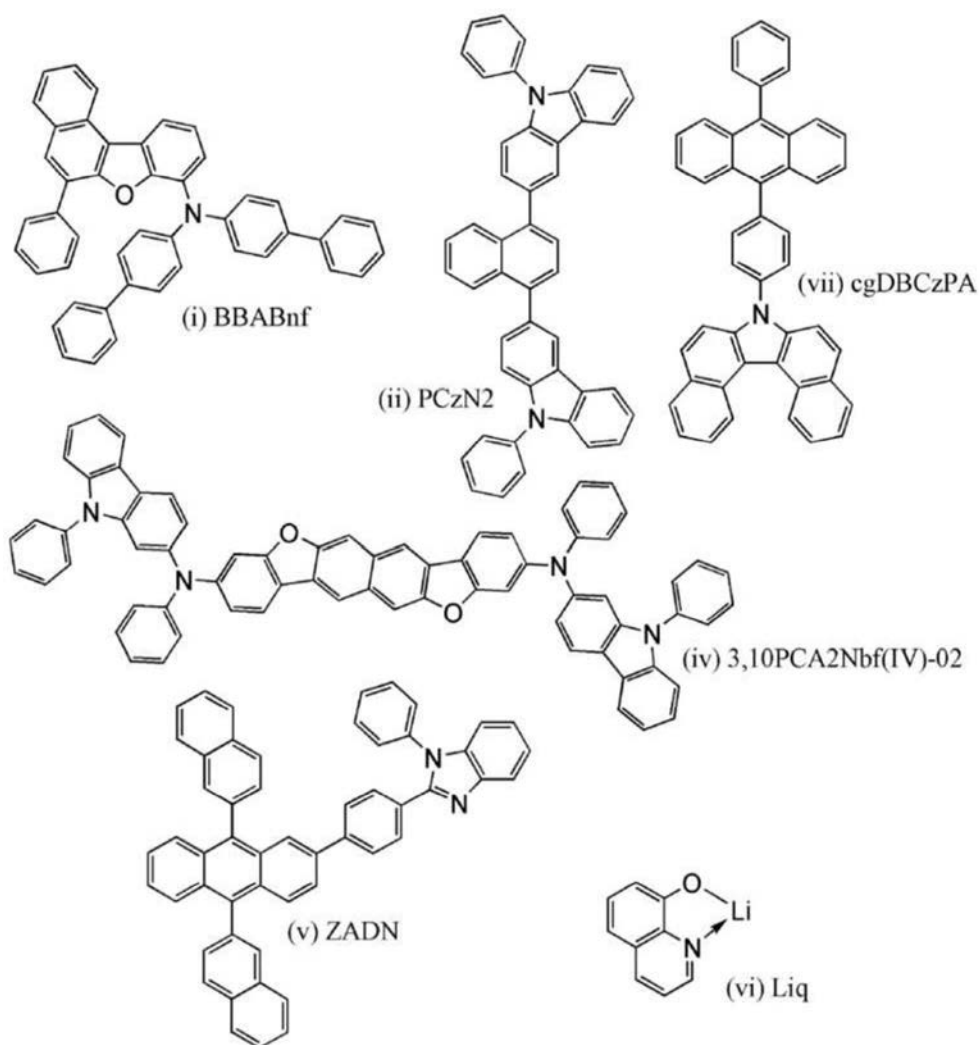
[0284] 图29示出电流密度50mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图29所示,在经过300小时时也保持初始亮度的97%以上的亮度。由此可知,随着驱动时间的累积的亮度下降特别小,并且本发明的一个实施方式的发光器件2的寿命非常长。

[0285] 在发光器件2的劣化曲线中,亮度在一次亮度下降后上升。由此可知,劣化曲线具有极大值。通过具有上述那样的劣化举动,发光器件2的初始劣化得到抑制而具有非常长的寿命。

### [实施例3]

[0286] 在本实施例中,对本发明的一个实施方式的发光器件3进行说明。以下示出在发光器件3中使用的有机化合物的结构式。

[0287] [化学式5]



## [0288] (发光器件3的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟(ITSO)来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0289] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以 $200^{\circ}\text{C}$ 烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0290] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}\text{Pa}$ 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 $170^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0291] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式(i)所表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与NDP-9(分析工房株式会社,材料序列号:1S20170124)的重量比为1:0.1(=BBABnf:NDP-9)且厚度为10nm的方式共蒸镀,由此形成空穴注入层111。

[0292] 接着,在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为20nm的方式蒸镀BBABnf,然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑(简称:PCzN2)),由此形成空穴传输层112。注意,第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0293] 接着,将由上述结构式(vii)表示的7-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(简称:cgDBCzPA)与由(iv)表示的3,10-双[N-(9-苯基-9H-咔唑-2-基)-N-苯基氨基]萘并[2,3-b;6,7-b']双苯并呋喃(简称:3,10PCA2Nbf(IV)-02)以重量比为1:0.015(=cgDBCzPA:3,10PCA2Nbf(IV)-02)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成发光层113。

[0294] 然后,在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒎基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)与由上述结构式(vi)表示的8-羟基喹啉锂(简称:Liq)的重量比为1:1(=ZADN:Liq)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成电子传输层114。

[0295] 形成电子传输层114之后以Liq的厚度为1nm的方式进行蒸镀形成电子注入层115。然后,以铝的膜度为200nm的方式进行蒸镀形成阴极102。由此,制造本实施例的发光器件3。

[0296] 发光器件3的元件结构如下表所示。

[0297] [表7]

	空穴 注入层	空穴 传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
	10nm	20nm	10nm	25nm	25nm	1nm
发光 器件 3	BBABnf: NDP-9 (1: 0.1)	BBABnf	PCzN2	cgDBCzPA: 3, 10PCANbf(IV)-02 (1:0.015)	ZADN:Liq (1:1)	Liq

[0298] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的

表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0299] [表8]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
cgDBCzPA	-5.69	-2.74	$7.7 \times 10^{-5}$
ZADN	—	-2.87	—
ZADN:Li <sub>q</sub> (1:1)	—	—	$3.1 \times 10^{-6}$

[0300] 在氮气气氛的手套箱中,以不使该发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0301] 图30示出发光器件3的亮度-电流密度特性。图31示出电流效率-亮度特性。图32示出亮度-电压特性。图33示出电流-电压特性。图34示出外部量子效率-亮度特性。图35示出发射光谱。表9示出发光器件3的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0302] [表9]

	电压 (V)	电流(mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率(%)
发光器件 3	3.5	0.39	9.6	0.14	0.11	10.5	11.1

[0303] 由图30至图35及表9可知,本发明的一个实施方式的发光器件3是特性良好的蓝色发光器件。

[0304] 图36示出电流密度50mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图36所示,本发明的一个实施方式的发光器件3在经过300小时时也保持初始亮度的94%以上的亮度,由此可知随着驱动时间的累积的亮度下降特别小且寿命非常长。

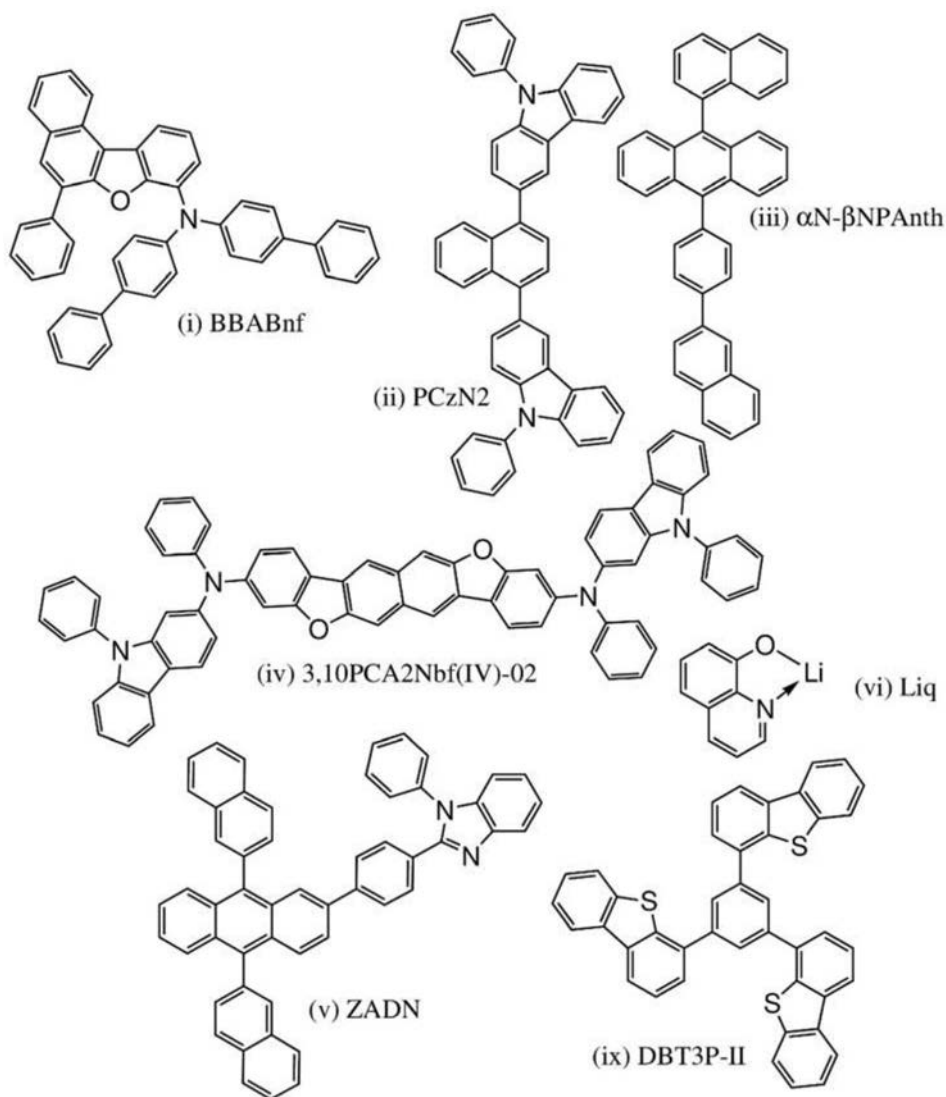
[0305] 在发光器件3的劣化曲线中,亮度在一次亮度下降后上升。由此可知,劣化曲线具有极大值。通过具有上述那样的劣化举动,发光器件3的初始劣化得到抑制而具有非常长的寿命。

[实施例4]

[0306] 本实施例中对本发明的一个实施方式的发光器件4进行说明。以下示出发光器件4使用的有机化合物的结构式。

[0307] [化学式6]





#### [0308] (发光器件4的制造方法)

首先,作为反射电极利用溅射法形成100nm厚的银(Ag)、钯(Pd)、铜(Cu)的合金膜(Ag-Pd-Cu(APC)膜),然后作为透明电极利用溅射法形成85nm厚的含有氧化硅的铟锡氧化物(ITSO),由此形成阳极101。电极面积为 $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )。

[0309] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以 $200^\circ\text{C}$ 烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0310] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}\text{Pa}$ 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 $170^\circ\text{C}$ 的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0311] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式(i)所表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与NDP-9(分析工房株式会社,材料序列号:1S20170124)的重量比为1:0.05(=BBABnf:NDP-9)且厚度为10nm的方式进行共蒸镀,由此形成空穴注入层111。

[0312] 接着,在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为25nm的方式蒸镀

BBABnf, 然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为10nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCzN2), 由此形成空穴传输层112。注意, 第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0313] 接着, 以上述结构式(iii)所表示的9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(简称: $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth)与(iv)所表示的3,10-双[N-(9-苯基-9H-咔唑-2-基)-N-苯基氨基]萘并[2,3-b;6,7-b']双苯并呋喃(简称:3,10PCA2Nbf(IV)-02)的重量比为1:0.015(= $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀, 由此形成发光层113。

[0314] 然后, 在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)与上述结构式(vi)所示的8-羟基喹啉锂(简称:Liq)的重量比为1:1(=ZADN:Liq)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀, 来形成电子传输层114。

[0315] 形成电子传输层114之后, 以厚度为1nm的方式蒸镀Liq形成电子注入层115。以银(Ag)与镁(Mg)的体积比为1:0.1且厚度为15nm的方式进行蒸镀形成阴极102。由此, 制造出发光器件4。阴极102是具有反射光的功能及使光透过的功能的透反式电极, 本实施例的发光器件4是从阴极102取出光的顶部发射元件。阴极102上蒸镀有80nm厚的由上述结构式(ix)表示的1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)-苯(简称:DBT3P-II), 由此可以提高取出效率。

[0316] 发光器件4的元件结构如下表所示。

[0317] [表10]

	空穴 注入层	空穴 传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
		10nm	25nm		25nm	1nm
发光 器件 4	BBABnf: NDP-9 (1: 0.05)	BBABnf	PCzN2	$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth: 3, 10PCANbf(IV)-02 (1:0.015)	ZADN:Liq (1:1)	Liq

[0318] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0319] [表11]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
$\alpha$ N- $\beta$ NPAnth	-5.85	-2.74	—
ZADN	—	-2.87	—
ZADN:Liq (1:1)	—	—	$3.1 \times 10^{-6}$

[0320] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对发光器件4的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0321] 图42示出发光器件4的亮度-电流密度特性。图43示出电流效率-亮度特性。图44示出亮度-电压特性。图45示出电流-电压特性。图46示出外部量子效率-亮度特性。图47示出发射光谱。表12示出发光器件4的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0322] [表12]

	电压(V)	电流(mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子效率(%)
发光器件 4	5.2	0.87	21.9	0.14	0.05	4.7	9.1

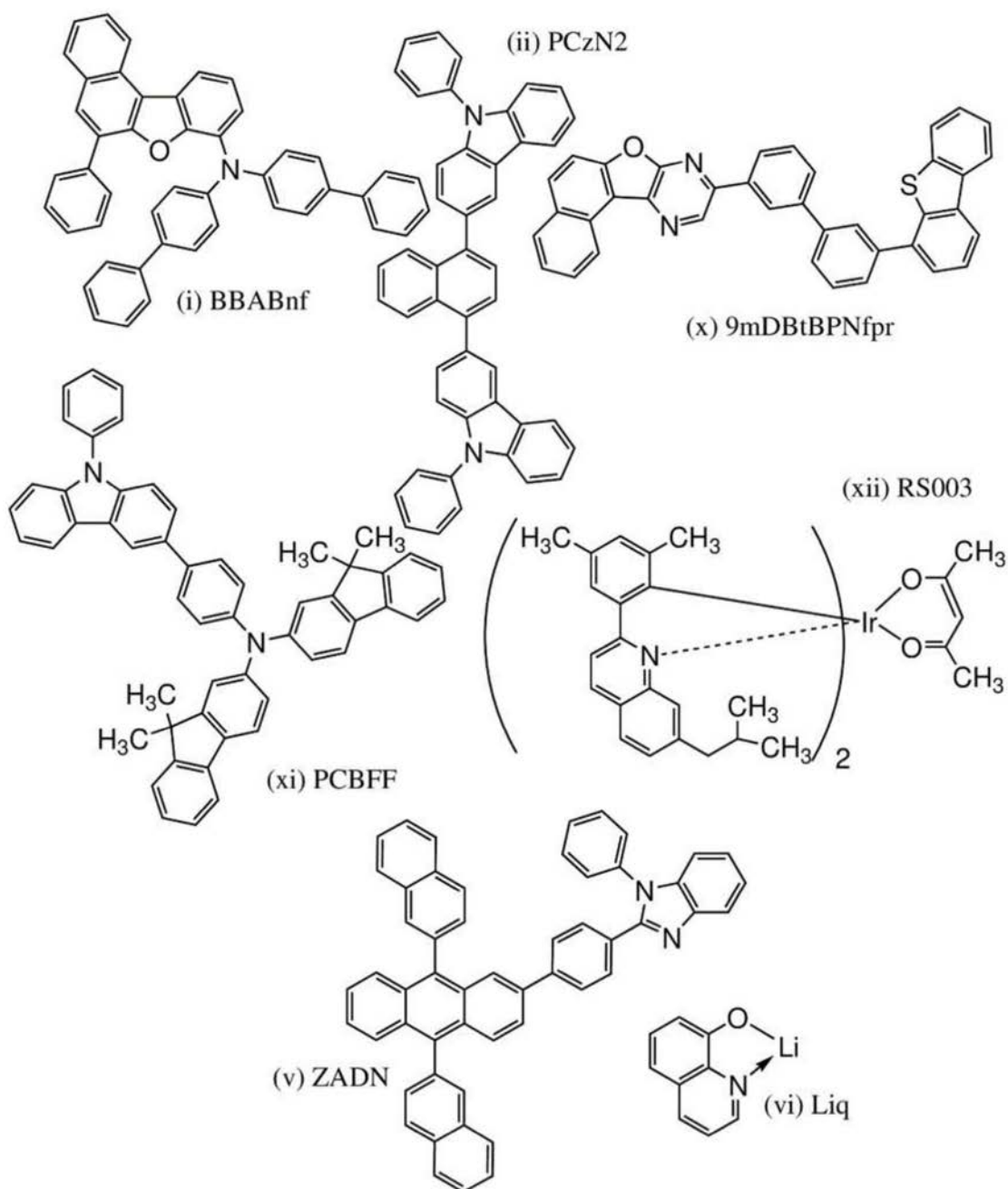
[0323] 由图42至图47及表12可知,本发明的一个实施方式的发光器件4是特性良好的蓝色发光器件。

[0324] 图48示出初期亮度为1300cd/m<sup>2</sup>时电流密度恒定的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图48所示,本发明的一个实施方式的发光器件4在经过1000小时时也保持初始亮度的95%左右的亮度,由此可知随着驱动时间的累积的亮度下降极小且寿命长。

[实施例5]

[0325] 在本实施例中,对本发明的一个实施方式的发光器件5进行说明。以下示出在发光器件5中使用的有机化合物的结构式。

[0326] [化学式7]



[0327] (发光器件5的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟(ITSO)来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为2mm×2mm。

[0328] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以200℃烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0329] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}$ Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,在170℃的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0330] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式(i)所表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与

NDP-9 (分析工房株式会社, 材料序列号: 1S20170124) 的重量比为1:0.1 (=BBABnf:NDP-9) 且厚度为10nm的方式共蒸镀, 由此形成空穴注入层111。

[0331] 接着, 在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为20nm的方式蒸镀BBABnf, 然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为80nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑) (简称:PCzN2), 由此形成空穴传输层112。注意, 第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0332] 接着, 将由上述结构式(x)表示的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)、由上述结构式(xi)表示的N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-双(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)胺 (简称:PCBFF)、由上述结构式(xii)表示的双[4,6-二甲基-2-(7-(2-甲基丙基)-2-喹啉-κN)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ<sup>2</sup>O,0')铱(III) (简称:RS003))以重量比为0.5:0.5:0.05 (=9mDBtBPNfpr:PCBFF:RS003) 且厚度为65nm的方式进行共蒸镀形成发光层113。

[0333] 然后, 在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑 (简称:ZADN) 与由上述结构式(vi)表示的8-羟基喹啉锂 (简称:Liq) 的重量比为1:1 (=ZADN:Liq) 且厚度为20nm的方式进行共蒸镀形成电子传输层114。

[0334] 形成电子传输层114之后以Liq的厚度为1nm的方式进行蒸镀形成电子注入层115。然后, 以铝的膜度为200nm的方式进行蒸镀形成阴极102。由此, 制造本实施例的发光器件5。

[0335] 发光器件5的元件结构如下表所示。

[0336] [表13]

	空穴 注入层	空穴传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
	10nm	20nm	80nm	65nm	20nm	1nm
发光 器件 5	BBABnf: NDP-9 (1: 0.1)	BBABnf	PCzN2	9mDBtBPNfpr:PCBFF: RS003 (0.5: 0.5: 0.05)	ZADN:Liq (1:1)	Liq

[0337] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0338] [表14]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
ZADN	-5.82	-2.87	—
ZADN:Liq (1:1)	—	—	3.5×10 <sup>-6</sup>

[0339] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0340] 图49示出发光器件5的亮度-电流密度特性。图50示出电流效率-亮度特性。图51示出亮度-电压特性。图52示出电流-电压特性。图53示出外部量子效率-亮度特性。图54示出发射光谱。表15示出发光器件5的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0341] [表15]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率(%)
发光器件 5	4.4	0.29	7.2	0.67	0.33	13.1	12.4

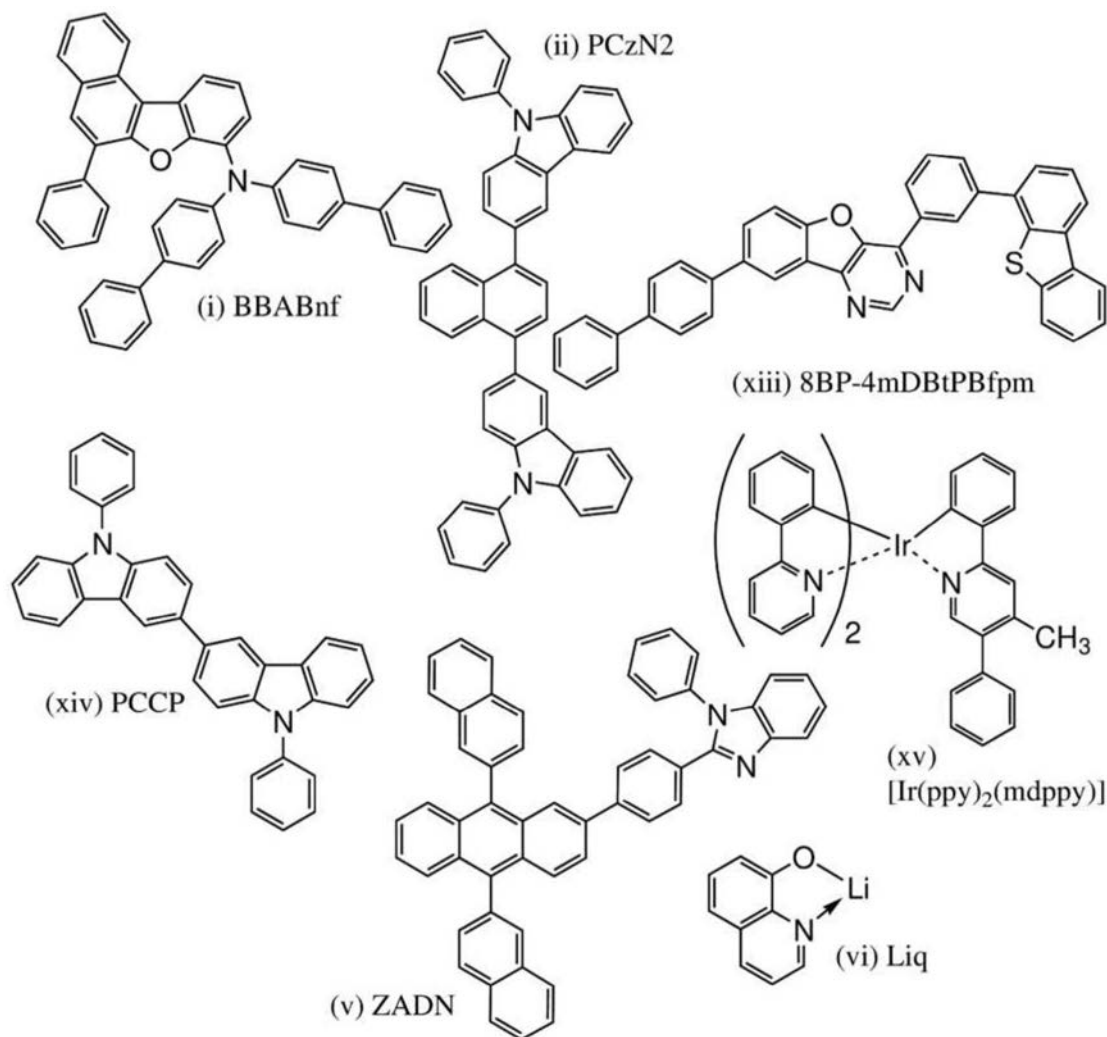
[0342] 由图49至图54及表15可知,本发明的一个实施方式的发光器件5是特性良好的红色发光器件。

[0343] 图55示出电流密度75mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表(劣化曲线)。如图55所示,在经过100小时时也保持初始亮度的99%以上的亮度。由此可知,随着驱动时间的累积的亮度下降特别小,并且本发明的一个实施方式的发光器件5的寿命非常长。该劣化曲线呈现具有极大值的特征形状,通过具有该劣化举动,发光器件5能够成为寿命非常长的发光器件。

[实施例6]

[0344] 在本实施例中,对本发明的一个实施方式的发光器件6进行说明。以下示出在发光器件6中使用的有机化合物的结构式。

[0345] [化学式8]



[0346] (发光器件6的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟(ITSO)来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为 $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )。

[0347] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以200℃烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0348] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}\text{Pa}$ 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℃的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0349] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式(i)所表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与NDP-9(分析工房株式会社,材料序列号:1S20170124)的重量比为1:0.1(=BBABnf:NDP-9)且厚度为10nm的方式共蒸镀,由此形成空穴注入层111。

[0350] 接着,在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为15nm的方式蒸镀BBABnf,然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为40nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-吡唑)(简称:PCzN2),由此形成空穴传输层112。注意,第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0351] 接着,将由上述结构式(xiii)表示的8-(1,1'-联苯-4-基)-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶(简称:8BP-4mDBtPBfpm)、由上述结构式(xiv)表示的3,3'-双(9-苯基-9H-吡唑)(简称:PCCP)、由上述结构式(xv)表示的[2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]双[2-(2-吡啶基-κN)苯基-κC]铱(III)(简称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)])以重量比为0.4:0.6:0.1(=8BP-4mDBtPBfpm:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)])且厚度为45nm的方式进行共蒸镀形成发光层113。

[0352] 然后,在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)与由上述结构式(vi)表示的8-羟基喹啉锂(简称:Liq)的重量比为1:0.9(=ZADN:Liq)且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成电子传输层114。

[0353] 形成电子传输层114之后以Liq的厚度为1nm的方式进行蒸镀形成电子注入层115。然后,以铝的膜度为200nm的方式进行蒸镀形成阴极102。由此,制造本实施例的发光器件6。

[0354] 发光器件6的元件结构如下表所示。

[0355] [表16]

	空穴 注入层	空穴传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
	10nm	15nm	40nm	45nm	25nm	1nm
发光 器件 6	BBABnf: NDP-9 (1: 0.1)	BBABnf	PCzN2	8BP-4mDBtBPBfpm: PCCP: [Ir(ppy) <sub>2</sub> (mdppy)] (0.4: 0.6: 0.1)	ZADN:Liq (1:0.9)	Liq

[0356] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0357] [表17]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
ZADN	-5.82	-2.87	—
ZADN:Liq (1:1)	—	—	3.5×10 <sup>-6</sup>

[0358] 在氮气气氛的手套箱中,以不使发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。



[0359] 图56示出发光器件6的亮度-电流密度特性。图57示出电流效率-亮度特性。图58示出亮度-电压特性。图59示出电流-电压特性。图60示出外部量子效率-亮度特性。图61示出发射光谱。表18示出发光器件6的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0360] [表18]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率 (%)
发光器件 6	3.7	0.05	1.2	0.33	0.63	80.8	21.7

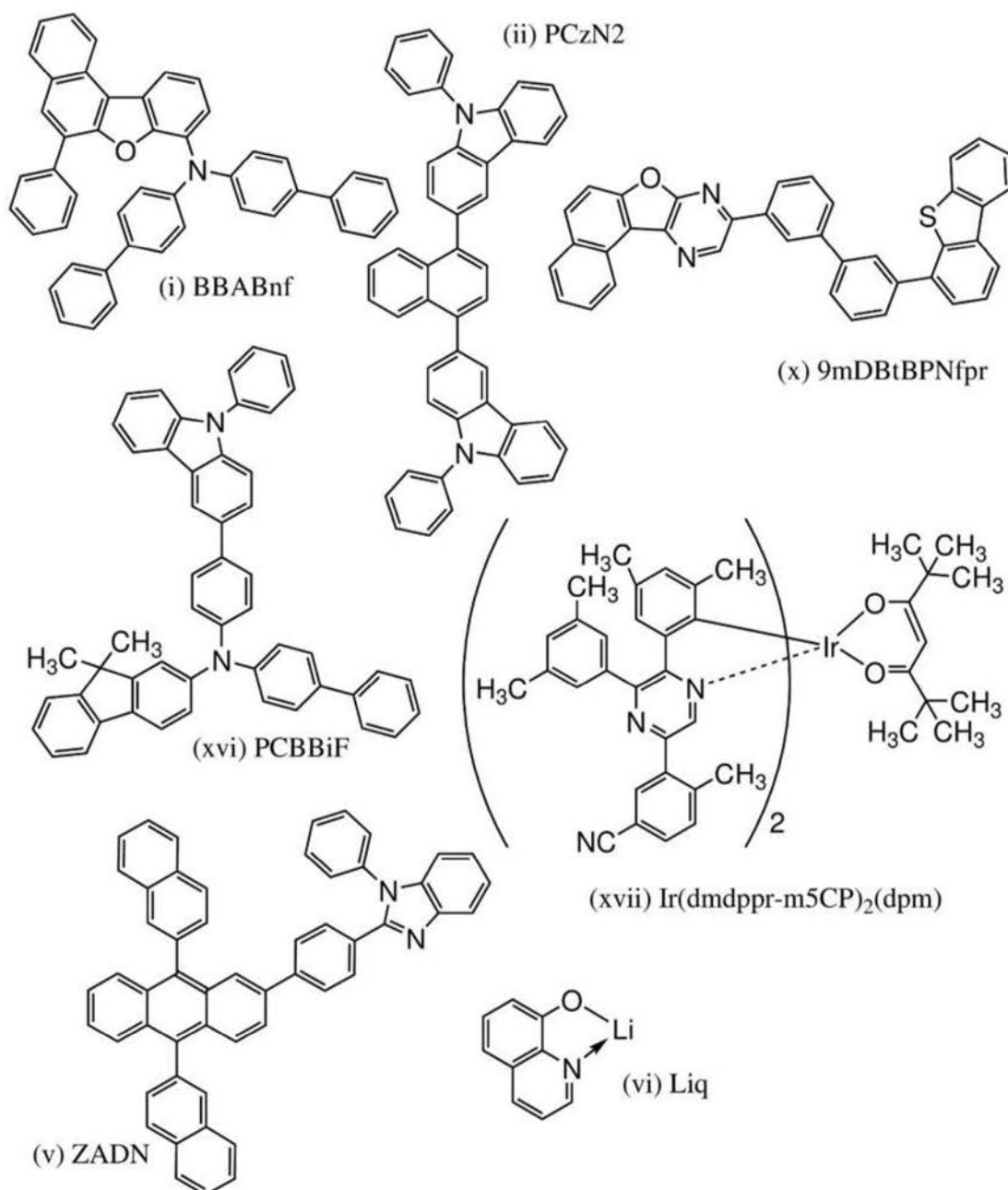
[0361] 由图56至图61及表18可知,本发明的一个实施方式的发光器件6是特性良好的绿色发光器件。

[0362] 图62示出电流密度50mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图62所示,在经过200小时时也保持初始亮度的80%以上的亮度。由此可知,随着驱动时间的累积的亮度下降特别小,并且本发明的一个实施方式的发光器件6的寿命非常长。

[实施例7]

[0363] 在本实施例中,对本发明的一个实施方式的发光器件7进行说明。以下示出在发光器件7中使用的有机化合物的结构式。

[0364] [化学式9]



[0365] (发光器件7的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟 (ITSO) 来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为2mm×2mm。

[0366] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以200℃烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0367] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}$ Pa左右的真空蒸镀装置中,并在真空蒸镀装置内的加热室中,在170℃的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0368] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以上述结构式 (i) 所表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与

NDP-9 (分析工房株式会社, 材料序列号: 1S20170124) 的重量比为1:0.1 (=BBABnf:NDP-9) 且厚度为10nm的方式共蒸镀, 由此形成空穴注入层111。

[0369] 接着, 在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为55nm的方式蒸镀BBABnf, 然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为30nm的方式蒸镀上述结构式(ii)所表示的3,3'-(萘-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑) (简称:PCzN2), 由此形成空穴传输层112。注意, 第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0370] 接着, 将由上述结构式(x)表示的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)、由上述结构式(xvi)表示的N-(1,1'-联苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺 (简称:PCBBiF)、由上述结构式(xvii)表示的双{4,6-二甲基-2-[5-(5-氰-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,0')铱(III) (简称:[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)]以重量比为0.8:0.2:0.1 (=9mDBtBPNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-m5CP)<sub>2</sub>(dpm)])且厚度为60nm的方式进行共蒸镀形成发光层113。

[0371] 然后, 在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑 (简称:ZADN) 与由上述结构式(vi)表示的8-羟基喹啉锂 (简称:Liq) 的重量比为1:0.9 (=ZADN:Liq) 且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成电子传输层114。

[0372] 形成电子传输层114之后以Liq的厚度为1nm的方式进行蒸镀形成电子注入层115。然后, 以铝的膜度为200nm的方式进行蒸镀形成阴极102。由此, 制造本实施例的发光器件7。

[0373] 发光器件7的元素结构如下表所示。

[0374] [表19]

	空穴 注入层	空穴传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
	10nm	55nm	30nm	60nm	25nm	1nm
发光 器件 7	BBABnf: NDP-9 (1: 0.1)	BBABnf	PCzN2	9mDBtBPNfpr: PCBBiF: [Ir(dmdppr-m5CP) <sub>2</sub> (dpm)] (0.8: 0.2: 0.1)	ZADN:Liq (1:0.9)	Liq

[0375] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0376] [表20]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
ZADN	-5.82	-2.87	—
ZADN:LiQ (1:1)	—	—	3.5×10 <sup>-6</sup>

[0377] 在氮气氛的手套箱中,以不使发光器件暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0378] 图63示出发光器件7的亮度-电流密度特性。图64示出电流效率-亮度特性。图65示出亮度-电压特性。图66示出电流-电压特性。图67示出外部量子效率-亮度特性。图68示出发射光谱。表21示出发光器件7的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0379] [表21]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率(%)
发光器件 7	4.4	0.28	7.0	0.71	0.29	13.9	28.4

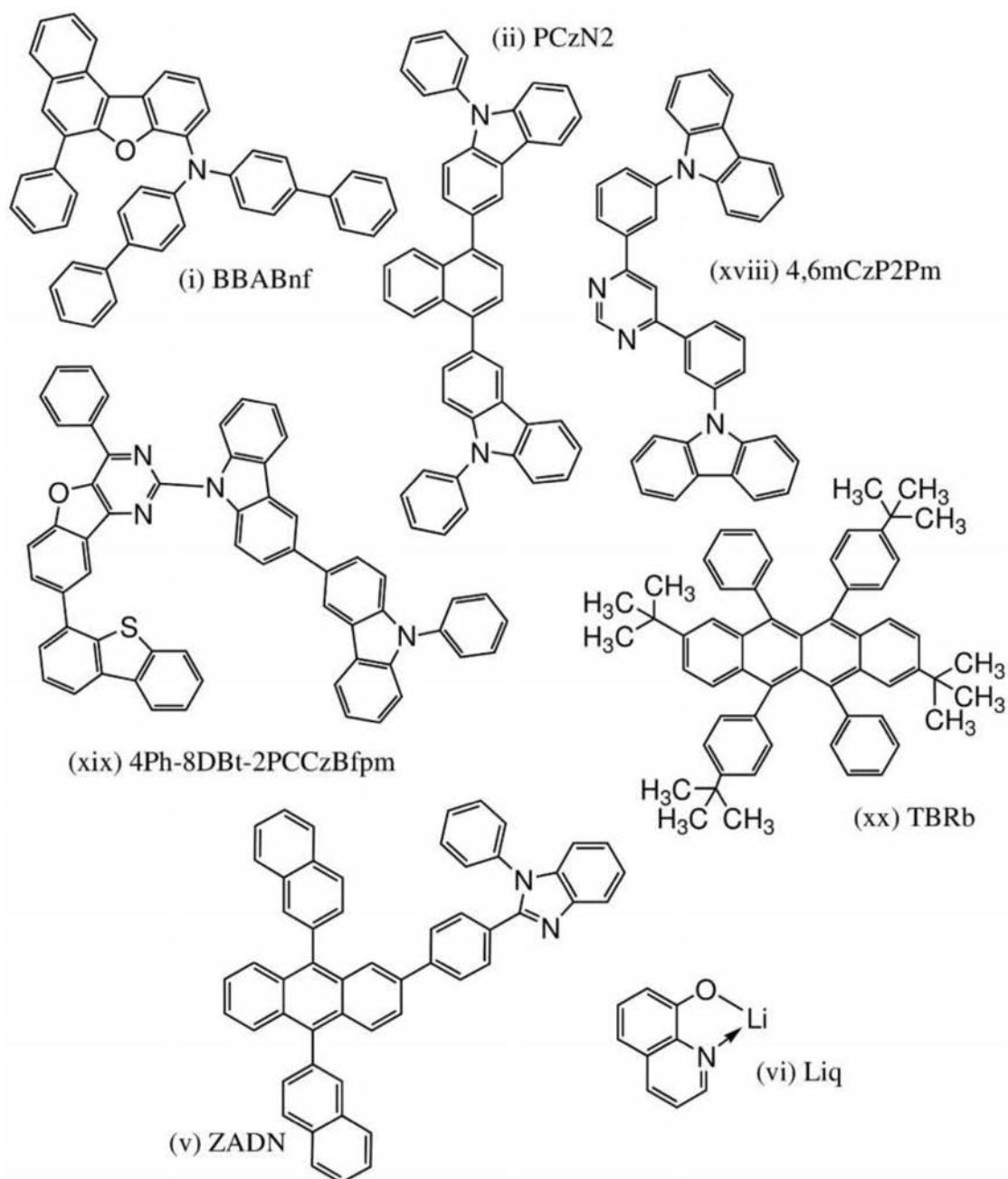
[0380] 由图63至图68及表21可知,本发明的一个实施方式的发光器件7是特性良好的红色发光器件。

[0381] 图69示出电流密度75mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图69所示,在经过400小时时也保持初始亮度的90%以上的亮度。由此可知,随着驱动时间的累积的亮度下降特别小,并且本发明的一个实施方式的发光器件7的寿命非常长。

[实施例8]

[0382] 在本实施例中,对本发明的一个实施方式的发光器件8及发光器件9进行说明。以下示出在发光器件8及发光器件9中使用的有机化合物的结构式。

[0383] [化学式10]



[0384] (发光器件8的制造方法)

首先,在玻璃衬底上通过溅射法形成含氧化硅的氧化锡铟(ITSO)来形成阳极101。其厚度为70nm,电极面积为 $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )。

[0385] 接着,作为用来在衬底上形成发光器件的预处理,用水洗涤衬底表面,以 $200^\circ\text{C}$ 烘烤1小时,然后进行370秒的UV臭氧处理。

[0386] 然后,将衬底放入其内部被减压到 $10^{-4}\text{Pa}$ 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 $170^\circ\text{C}$ 的温度下进行真空烘烤30分钟,然后对衬底进行冷却30分钟左右。

[0387] 接着,以使形成有阳极101的面朝下的方式将形成有阳极101的衬底固定在设置于真空蒸镀装置内的衬底支架上。并且,在阳极101上通过利用电阻加热的蒸镀法以由上述结构式(i)表示的N,N-双(4-联苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(简称:BBABnf)与

NDP-9 (分析工房株式会社, 材料序列号: 1S20170124) 的重量比为1:0.05 (=BBABnf:NDP-9) 且厚度为10nm的方式进行共蒸镀形成空穴注入层111。

[0388] 接着, 在空穴注入层111上作为第一空穴传输层112-1以厚度为40nm的方式蒸镀BBABnf, 然后作为第二空穴传输层112-2以厚度为20nm的方式蒸镀由上述结构式(ii)表示的3,3'-(蔡-1,4-二基)双(9-苯基-9H-咔唑)(简称:PCzN2), 由此形成空穴传输层112。注意, 第二空穴传输层112-2也被用作电子阻挡层。

[0389] 接着, 将由上述结构式(xviii)表示的4,6-双[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(简称:4,6mCzP2Pm)、由上述结构式(xx)表示的8-(二苯并噻吩-4-基)-4-苯基-2-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)-[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶(简称:4Ph-8DBt-2PCCzBfpm)、由上述结构式(xii)表示的2,8-二-叔丁基-5,11-双(4-叔丁基苯基)-6,12-二苯基并四苯(简称:TBRb)以重量比为1.0:0.1:0.01 (=4,6mCzP2Pm:4Ph-8DBt-2PCCzBfpm:TBRb) 且厚度为40nm的方式进行共蒸镀形成发光层113。

[0390] 然后, 在发光层113上以由上述结构式(v)表示的2-{4-[9,10-二(蔡-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(简称:ZADN)与由上述结构式(vi)表示的8-羟基喹啉锂(简称:Liq)的重量比为1:1 (=ZADN:Liq) 且厚度为25nm的方式进行共蒸镀形成电子传输层114。

[0391] 在形成电子传输层114之后, 以1nm的厚度蒸镀Liq来形成电子注入层115。接着, 以200nm的厚度蒸镀铝来形成阴极102。由此, 制造本实施例的发光器件8。

[0392] (发光器件9的制造方法)

除了将发光器件8中的第一空穴传输层112-1形成30nm厚并不使用TBRb形成发光层113之外, 发光器件9与发光器件8以同样的方法制造。

[0393] 发光器件8及发光器件9的元件结构如下表所示。

[0394] [表22]

	空穴 注入层	空穴 传输层		发光层	电子 传输层	电子 注入层
		1	2			
		10nm	20nm			
发光 器件 8	BBABnf: NDP-9 (1: 0.05)	*1	PCzN2	4, 6mCzP2Pm: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm : TBRb (1:0.1:0.01)	ZADN:Liq (1:1)	Liq
发光 器件 9				4, 6mCzP2Pm: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm (1:0.1)		

\*1 发光器件8:40nm

发光器件9:30nm

[0395] 注意,发光层中使用的4Ph-8DBt-2PCCzBfpm是呈现热活化延迟荧光(TADF)的物质。发光器件8将4Ph-8DBt-2PCCzBfpm用作主体材料。发光器件9具有能量被转移到作为荧光发光物质的TBRb的发光机制,而作为TADF材料的4Ph-8DBt-2PCCzBfpm自身发光。

[0396] 以下示出在本实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级及电子迁移率的表。对电场强度[V/cm]的平方根为600时的电子迁移率进行测定。

[0397] [表23]

	HOMO 能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)	电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)
BBABnf	-5.56	—	—
PCzN2	-5.71	—	—
ZADN	-5.82	-2.87	—
ZADN:Li <sub>q</sub> (1:1)	—	—	3.5×10 <sup>-6</sup>

[0398] 在氮气气氛的手套箱中,以不暴露于大气的方式使用玻璃衬底进行密封处理(将密封材料涂敷在元件的周围,在密封时进行UV处理并在80℃的温度下进行1小时的热处理)。然后,对发光器件的初期特性及可靠性进行测量。注意,测定在室温下进行。

[0399] 图70示出发光器件8及发光器件9的亮度-电流密度特性。图71示出电流效率-亮度特性。图72示出亮度-电压特性。图73示出电流密度-电压特性。图74示出外部量子效率-亮度特性。图75示出发射光谱。表24示出发光器件8及发光器件9的1000cd/m<sup>2</sup>附近的主要特性。

[0400] [表24]

	电压 (V)	电流 (mA)	电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 x	色度 y	电流效率 (cd/A)	外部量子 效率(%)
发光器件 8	4.8	0.10	2.6	0.41	0.54	34.5	10.3
发光器件 9	4.8	0.12	3.1	0.25	0.53	33.4	11.6

[0401] 由图70至图75及表24可知,本发明的一个实施方式的发光器件8及发光器件9具有良好的发光效率。

[0402] 图76示出电流密度50mA/cm<sup>2</sup>的条件下的相对于驱动时间的亮度变化的图表。如图76所示,通过分别将TADF用于主体材料和发光材料,本发明的一个实施方式的发光器件8及发光器件9可以具有长寿命。

[0403] <参考例1>

在本参考例中,对在各实施例中使用的有机化合物的HOMO能级、LUMO能级以及电子迁移率的算出方法进行说明。

[0404] HOMO能级及LUMO能级可以根据循环伏安法(CV)测定算出。

[0405] 作为测定装置,使用电化学分析仪(BAS株式会社(BAS Inc.)制造的ALS型号600A

或600C)。以如下方法调制用于CV测定的溶液：作为溶剂，使用脱水二甲基甲酰胺(DMF)(株式会社Aldrich制造,99.8%，目录号码:22705-6)，使作为支持电解质的高氯酸四正丁铵( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ )(东京化成工业株式会社(Tokyo Chemical Industry Co.,Ltd.)制造,目录号码:T0836)以100mmol/L的浓度溶解,且使测定对象以2mmol/L的浓度溶解而调制。作为工作电极使用铂电极(BAS株式会社(BAS Inc.)制,PTE铂电极),作为辅助电极使用铂电极(BAS株式会社(BAS Inc.)制,VC-3用Pt对电极(5cm)),作为参比电极使用Ag/Ag<sup>+</sup>电极(BAS株式会社(BAS Inc.)制,RE7非水溶剂型参比电极)。注意,在室温下(20℃至25℃)进行测量。另外,将CV测定时的扫描速度统一为0.1V/sec,测量出相对于参考电极的氧化电位Ea[V]及还原电位Ec[V]。Ea为氧化-还原波之间的中间电位,Ec为还原-氧化波之间的中间电位。在此,已知在本实施例中使用的参考电极的相对于真空能级的势能为-4.94[eV],因此利用HOMO能级[eV]=-4.94-Ea、LUMO能级[eV]=-4.94-Ec这两个算式分别求得HOMO能级及LUMO能级。

[0406] 电子迁移率可以通过阻抗谱法(Impedance Spectroscopy:IS法)测定。

[0407] 作为EL材料的载流子迁移率的测定方法,已知有飞行时间法(Time-of-flight:TOF法)或从空间电荷限制电流(Space-charge-limited current:SCLC)的I-V特性来求出的方法(SCLC法)等。TOF法与实际上的有机EL元件相比需要膜厚度更厚的样品。SCLC法具有不能得到载流子迁移率的电场强度依赖性等的缺点。在IS法中,由于测定所需要的有机膜的厚度薄,即几十nm左右,所以可以使用较少量的EL材料形成膜,可以在采用近于实际上的EL元件的膜厚度的情况下测定迁移率。在该方法中,还可以得到载流子迁移率的电场强度依赖性。

[0408] 在IS法中,对EL元件施加微小正弦波电压信号( $V=V_0[\exp(j\omega t)]$ ),从其响应电流信号( $I=I_0\exp[j(\omega t+\phi)]$ )的电流振幅与输入信号的相位差求出EL元件的阻抗。通过从高频电压变化到低频电压而将其施加到元件,可以使具有有助于阻抗的各种弛豫时间的成分分离并进行测定。

[0409] 这里,阻抗的倒数的导纳Y(=1/Z)如下述算式(1)那样可以由导电G及电纳B表示。

[0410] [算式1]

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB \quad \dots(1)$$

[0411] 再者,通过单一电荷注入(single injection)模型,可以算出下述算式(2)及(3)。这里,g(算式(4))为微分电导。在算式中,C表示静电电容(电容), $\theta$ 表示渡越角( $\omega t$ ), $\omega$ 表示角频率,t表示渡越时间。作为分析使用电流方程、泊松方程、电流连续方程,并忽略扩散电流及陷阱态的存在。

[0412] [算式2]

$$G = \frac{g\theta^3}{6} \frac{\theta - \sin \theta}{(\theta - \sin \theta)^2 + \left( \frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1 \right)^2} \quad \dots(2)$$



$$B = \omega C = \frac{g\theta^3}{6} \frac{\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1}{(\theta - \sin \theta)^2 + \left(\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1\right)^2} \dots (3)$$

$$g = \frac{9}{4} \varepsilon \mu \frac{V_0}{d^3} \dots (4)$$

[0413] 从静电电容的频率特性算出迁移率的方法为 $-\Delta B$ 法。从导电的频率特性算出迁移率的方法为 $\omega \Delta G$ 法。

[0414] 实际上,首先,制造想要算出电子迁移率的材料仅电子元件。仅电子元件是以作为载流子只流过电子的方式设计的元件。在本说明书中,对从静电电容的频率特性算出迁移率的方法( $-\Delta B$ 法)进行说明。图37示出所使用的仅电子元件的示意图。

[0415] 这次为了用于测定制造的仅电子元件如图37所示那样在阳极201与阴极202之间包括第一层210、第二层211及第三层212。将要求出其电子迁移率的材料用作第二层211的材料。这次以ZADN与Li<sub>q</sub>为1:1(重量比)的共蒸镀膜的电子迁移率的测定为例进行说明。具体的结构例子如下表所示。

[0416] [表25]

阳极			第一层	第二层	第三层	阴极
100nm	50nm	100nm	1nm	200nm	1nm	100nm
APC	NITO	Al	Li <sub>q</sub>	ZADN:Li <sub>q</sub> (1:1)	Li <sub>q</sub>	Al

[0417] 图38示出了使用ZADN及Li<sub>q</sub>的共蒸镀膜作为第二层211形成的仅电子元件的电流密度-电压特性。

[0418] 阻抗测定在5.0V至9.0V的范围内施加直流电压的同时在交流电压为70mV、频率为1Hz至3MHz的条件下进行测定。从这里得到的阻抗的倒数的导纳(上述(1)算式)算出电容。图39示出施加电压为7.0V时算出的电容C的频率特性。

[0419] 由于由微小电压信号注入的载流子所产生的空间电荷不能完全跟上微小交流电压,电容C的频率特性是从电流产生相位差得到的。膜中的载流子的走行时间被所注入的载流子到达对置电极的时间T定义,由以下算式(5)表示。

[0420] [算式3]

$$T = \frac{4}{3} \frac{L^2}{\mu V_0} \dots (5)$$

[0421] 负电纳变化( $-\Delta B$ )对应于静电电容变化 $-\Delta C$ 乘以角频率 $\omega$ 的值( $-\omega \Delta C$ )。由算式(3)导出最低频率一侧的峰频率 $f'_{\max}$ ( $=\omega_{\max}/2\pi$ )与走行时间T之间满足以下算式(6)的关系。

[0422] [算式4]

$$T = \frac{4.5}{2\pi f'_{\max}} \quad \dots (6)$$

[0423] 图40示出从上述测定算出的(即直流电压为7.0V时的) $\Delta B$ 的频率特性。在附图中以箭头示出从图40求出的最低频率一侧的峰频率 $f'_{\max}$ 。

[0424] 由于从由上述测定及分析得到的 $f'_{\max}$ 求出走行时间 $T$ (参照上述算式(6)),所以可以从上述算式(5)求出这里的电压为7.0V时的电子迁移率。通过在直流电压为5.0V至9.0V范围内进行同样的测定,可以算出各电压(电场强度)的电子迁移率,因此也可以测定迁移率的电场强度依赖性。

[0425] 图41示出通过上述算出法获得的各有机化合物的电子迁移率的最终电场强度依赖性,表10示出从图41读出的电场强度[V/cm]的平方根为 $600[\text{V}/\text{cm}]^{1/2}$ 时的电子迁移率的值。

[0426] [表26]

	电子迁移率 ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )
cgDBCzPA	$7.7 \times 10^{-5}$
2mDBtBPDBq-II	$2.2 \times 10^{-5}$
ZADN: Liq	$3.5 \times 10^{-6}$
(1: 1)	

[0427] 如上所述可以算出电子迁移率。关于详细的测定方法,参照Takayuki Okachi等人的“Japanese Journal of Applied Physics”Vol.47, No.12, 2008, pp.8965-8972。

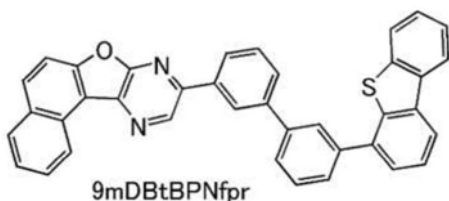
[0428] <参考例2>

实施例中使用的9mDBtBPNfpr及8BP-4mDBtPBfpm为未公开的物质,对各个合成方法进行说明。

[0429] 《9mDBtBPNfpr的合成方法》

在实施例1中,对由结构式(x)所示的9-[ (3'-二苯并噻吩-4-基) 联苯-3-基] 蔡并[1', 2': 4, 5] 呋喃并[2, 3-b] 吡嗪(简称:9mDBtBPNfpr)的合成方法进行说明。以下示出9mDBtBPNfpr的结构。

[0430] [化学式11]

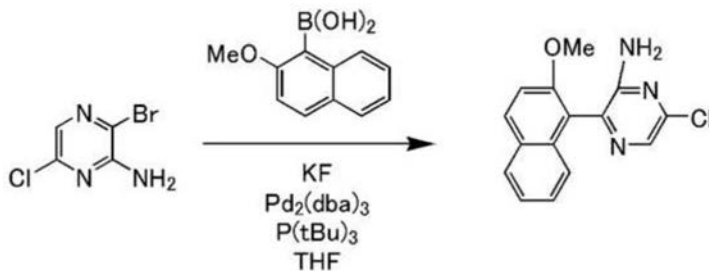


[0431] (步骤1:6-氯-3-(2-甲氧基萘-1-基)吡嗪-2-胺的合成)

首先,将3-溴-6-氯吡嗪-2-胺4.37g、2-甲氧基萘-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,对烧瓶内的空气进行氮置换。在减压下搅拌烧瓶内的混合物以进行脱气,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。

[0432] 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)。以下示出步骤1的合成方案。

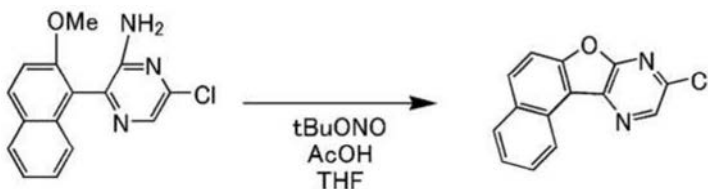
[0433] [化学式12]



[0434] (步骤2:9-氯萘并[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-甲氧基萘-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,对烧瓶内的空气进行氮置换。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)。以下示出步骤2的合成方案。

[0435] [化学式13]



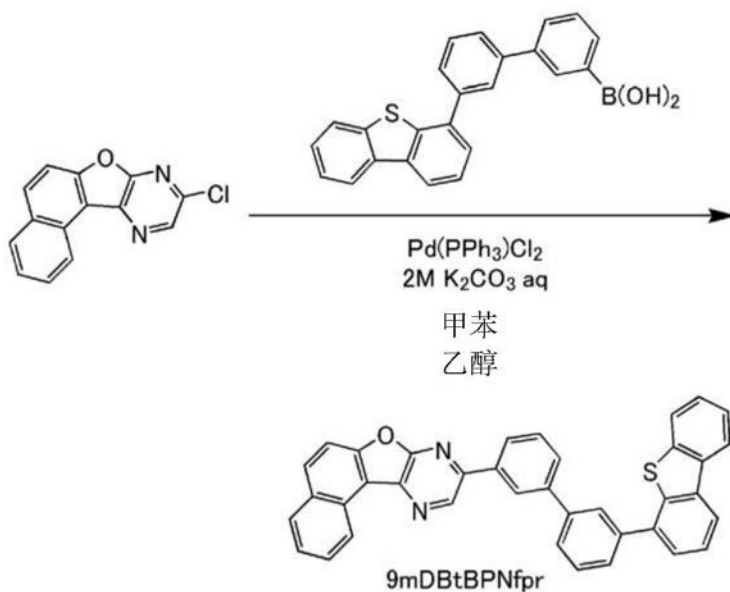
[0436] (步骤3:9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)联苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(简称:9mDBtBPNfpr)的合成)

将上述步骤2中得到的9-氯萘并[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,对烧瓶内的空气进行氮置换。在减压下搅拌烧瓶内的混合物以进行脱气,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℃搅拌18小时以使其反应。

[0437] 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)。

[0438] 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且氙气体流量为15mL/分的条件下,以315℃对固体进行加热。在升华纯化之后,以89%的回收率获得目的物的淡黄色固体2.34g。以下示出步骤3的合成方案。

[0439] [化学式14]



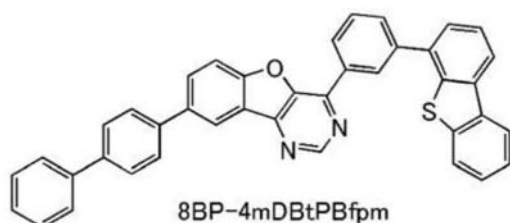
[0440] 以下示出上述步骤3中得到的淡黄色固体的核磁共振光谱法 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 的分析结果。由该结果可知获得9mDBtBPNfpr。

[0441]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ) : 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)。

[0442] 《8BP-4mDBtPBfpm的合成方法》

在实施例中,对由结构式(xiii)所示的8-(1,1'-联苯-4-基)-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶(简称:8BP-4mDBtPBfpm)的合成方法进行说明。以下示出8BP-4mDBtPBfpm的结构。

[0443] [化学式15]



[0444] (8-(1,1'-联苯-4-基)-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶的合成)

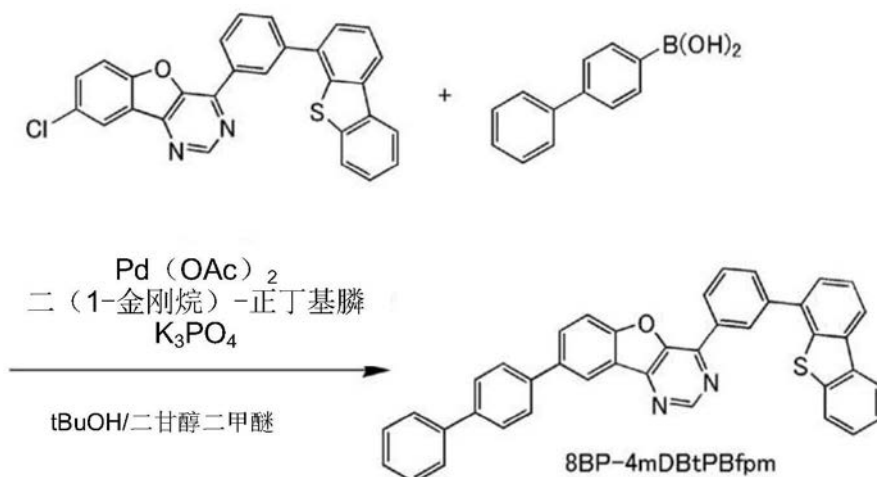
将8-氯-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶1.37g、4-联苯基硼酸0.657g、磷酸三钾1.91g、二甘醇二甲醚30mL、t-丁醇0.662g放入三口烧瓶中。在减压下搅拌来进行脱气,用氮气置换烧瓶内的空气。

[0445] 将该混合物加热至60℃,加入醋酸钯(II)23.3mg、二(1-金刚烷)-正丁基膦66.4mg,以120℃进行搅拌27小时。对该反应液加入水,进行抽滤,利用水、乙醇及甲苯对所得到的滤渣进行洗涤。将该滤渣溶解于加热的甲苯中,使用依次填充有硅藻土、矾土及硅藻土的助滤剂进行过滤。将所得到的溶液浓缩并干燥,利用甲苯进行重结晶,由此以74%的收率得到目的物的白色固体1.28g。

[0446] 通过梯度升华法,使1.26g的该白色固体升华纯化。在升华纯化中,在以10mL/min的流量使氩气体流过且压力为2.56Pa的条件下,以310℃对固体进行加热。在升华纯化之

后,以80%的回收率得到1.01g的目的物的淡黄色固体。以下示出该合成方案。

[0447] [化学式16]



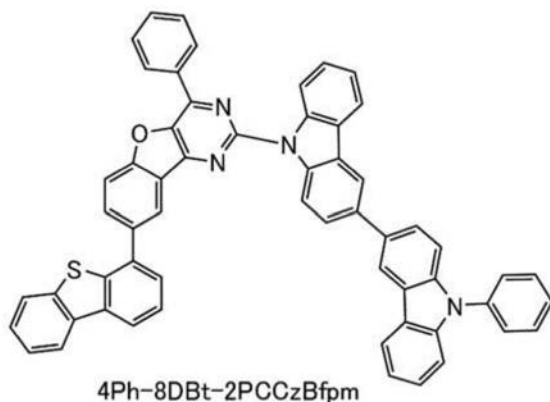
[0448] 以下示出上述反应中得到的淡黄色固体的利用核磁共振光谱法 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 的分析结果。由该结果可知获得8BP-4mDBtPBfpm。

[0449]  $^1\text{H-NMR}$ ,  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ ): 7.39 (t, 1H)、7.47-7.53 (m, 4H)、7.63-7.67 (m, 2H)、7.68 (d, 2H)、7.75 (d, 2H)、7.79-7.83 (m, 4H)、7.87 (d, 1H)、7.98 (d, 1H)、8.02 (d, 1H)、8.23-8.26 (m, 2H)、8.57 (s, 1H)、8.73 (d, 1H)、9.05 (s, 1H)、9.34 (s, 1H)。

[0450] 《4Ph-8DBt-2PCCzBfpm的合成方法》

在实施例中,对由结构式(xix)所示的8-(二苯并噻吩-4-基)-4-苯基-2-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)-[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶(简称:4Ph-8DBt-2PCCzBfpm)的合成方法进行说明。以下示出4Ph-8DBt-2PCCzBfpm的结构。

[0451] [化学式17]



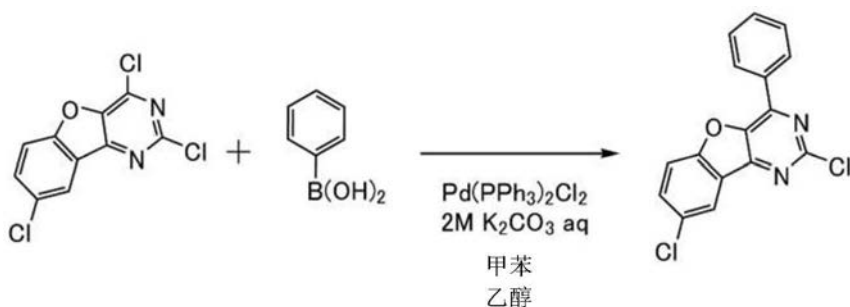
[0452] (步骤1;2,8-二氯-4-苯基[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶的合成)

将2,4,8-三氯[1]苯并呋喃[3,2-d]嘧啶10g (37mmol)、苯基硼酸4.5g (371mmol)、2M碳酸钾水溶液37mL、甲苯180mL、乙醇18mL放入500mL的三口烧瓶中。对该烧瓶内的混合物进行脱气,用氮气置换烧瓶内的空气。对该混合物加入1.3g (1.8mmol)的双(三苯基膦)二氯化钯(II),以80℃搅拌16小时。

[0453] 经过指定时间之后,浓缩所得到的反应混合物,添加水并进行抽滤。使用乙醇对所得到的滤渣进行洗涤,而得到固体。将该固体溶解于甲苯,通过依次层叠硅藻土、矾土、硅藻土而成的过滤剂进行抽滤。浓缩所得到的滤液,以91%的收率得到11g的目的物的白色固

体。以下示出步骤1的合成方案。

[0454] [化学式18]

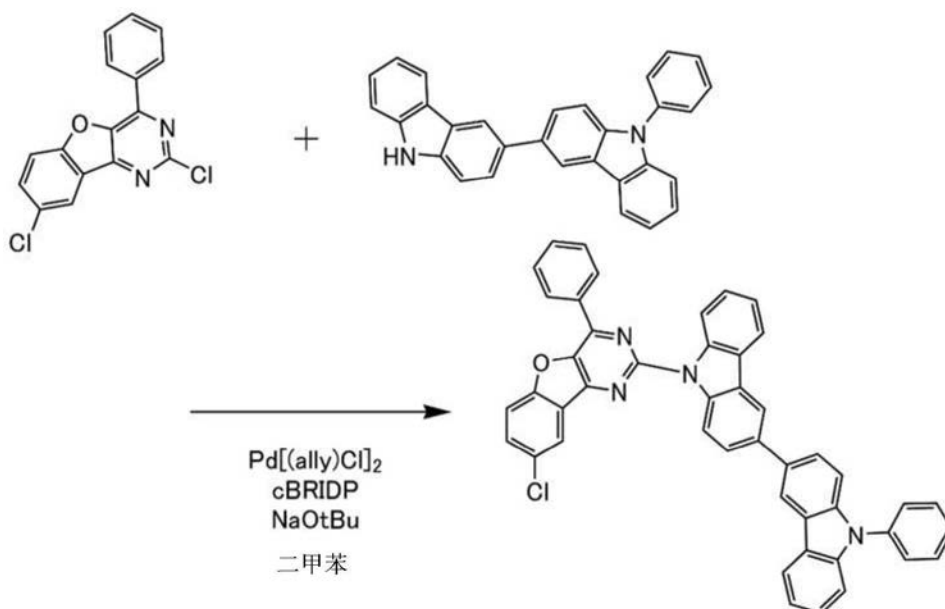


[0455] (步骤2; 8-氯-4-苯基-2-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶的合成)

将5.0g (16mmol)的通过步骤1得到的2,8-二氯-4-苯基[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、6.5g (16mmol)的9-苯基-3,3'-联-9H-咔唑、3.1g (32mmol)的叔丁醇钠以及150mL的二甲苯放在300mL三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。其中加入224mg (0.64mmol)的二叔丁基(1-甲基-2,2-二苯基环丙)膦(简称:cBRIDP)以及58mg (0.16mmol)的氯化烯丙基钯(II)二聚物,以90℃搅拌7小时。

[0456] 对所得到的反应混合物添加水,使用甲苯对水层进行萃取。将所得到的萃取溶液和有机层合并,使用饱和食盐水进行洗涤,对有机层添加无水硫酸镁以进行干燥。对所得到的混合物进行重力过滤,浓缩滤液以得到固体。通过硅胶柱色谱法对该固体进行精炼。作为展开溶剂,使用甲苯:己烷=1:1的混合溶剂。浓缩所得到的馏分,以50%的收率得到5.5g的目的物的黄色固体。以下示出步骤2的合成方案。

[0457] [化学式19]



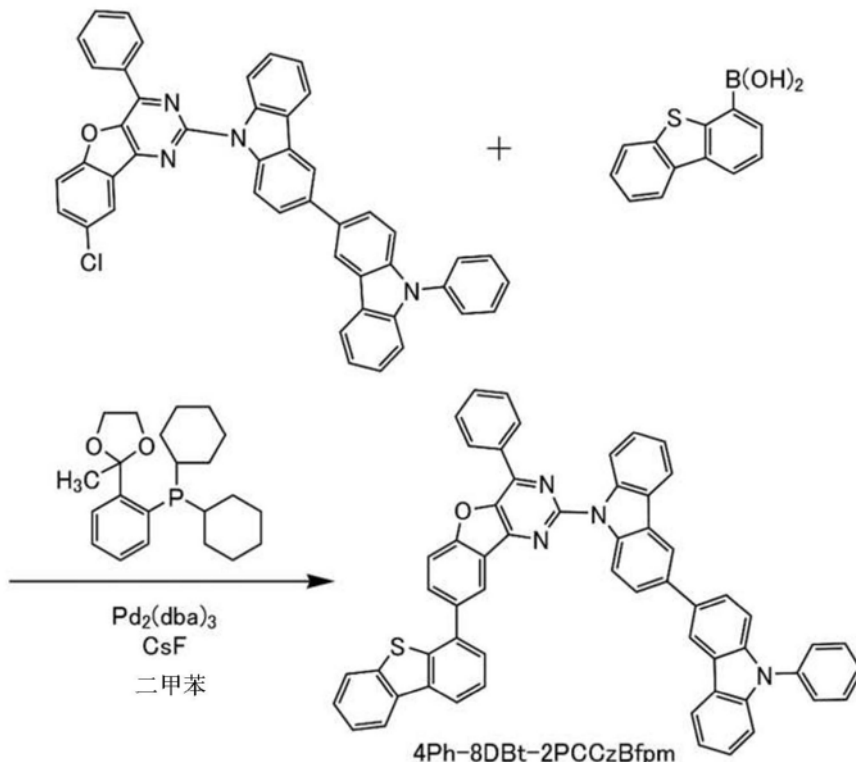
[0458] (步骤3: 4Ph-8DBt-2PCCzBfpm的合成)

将2.25g (3.3mmol)的通过上述步骤2得到的8-氯-4-苯基-2-(9'-苯基-3,3'-联-9H-咔唑-9-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、0.82g (3.6mmol)的4-二苯并噻吩硼酸、1.5g (9.8mmol)的氟化铯以及35mL的二甲苯放在三口烧瓶中,用氮气置换烧瓶内的空气。

[0459] 将该混合物的温度上升到60℃,其中加入60mg (0.065mmol) 的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)及77mg (0.2mmol)的2'-(二环己基膦基)苯乙酮乙烯缩酮,以100℃加热并搅拌16小时。再者,其中加入30mg (0.032mmol)的三(二亚苄基丙酮)二钯(0)及36mg (0.1mmol)的2'-(二环己基膦基)苯乙酮乙烯缩酮,以110℃加热并搅拌7小时,并且以120℃加热并搅拌7小时。

[0460] 对所得到的反应物添加水并进行抽滤,使用乙醇对滤渣进行洗涤。将该固体溶解于甲苯,通过依次层叠硅藻土、矾土、硅藻土而成的过滤剂进行抽滤。浓缩所得到的滤液,使用甲苯进行重结晶,以68%的收率得到1.87g的目的物的黄色固体。以下示出合成方案。

[0461] [化学式20]



[0462] 通过梯度升华法,使0.90g的所得到的黄色固体升华纯化。升华纯化在压力为 $1.58 \times 10^{-2}$ Pa、加热温度400℃的条件下对固体进行加热。升华纯化后,以86%的回收率获得0.78g的目的物的黄色固体。

[0463] 以下示出上述反应中得到的黄色固体的利用核磁共振光谱法( $^1\text{H-NMR}$ )的分析结果。由该结果可知在本合成例中得到了4Ph-8DBt-2PCCzBfpm。

[0464]  $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ ): 7.33 (t, 1H), 7.41-7.53 (m, 7H), 7.59 (t, 1H), 7.62-7.70 (m, 7H), 7.72-7.75 (m, 2H), 7.83 (dd, 1H), 7.87 (dd, 1H), 7.93-7.95 (m, 2H), 8.17 (dd, 1H), 8.23-8.26 (m, 4H), 8.44 (d, 1H), 8.52 (d, 1H), 8.75 (d, 1H), 8.2 (d, 2H), 9.02 (d, 1H), 9.07 (d, 1H)。

符号说明

[0465] 101:阳极、102:阴极、103:EL层、111:空穴注入层、112:空穴传输层、112-1:第一空穴传输层、112-2:第二空穴传输层、113:发光层、113-1:发光区域、114:电子传输层、114-1:非发光复合区域、115:电子注入层、116:电荷产生层、117:P型层、118:电子中继层、119:电子注入缓冲层、201:阳极、202:阴极、210:第一层、211:第二层、212:第三层、400:衬底、401:

阳极、403:EL层、404:阴极、405:密封材料、406:密封材料、407:密封衬底、412:焊盘、420:IC芯片、501:阳极、502:阴极、511:第一发光单元、512:第二发光单元、513:电荷产生层、601:驱动电路部(源极线驱动电路)、602:像素部、603:驱动电路部(栅极线驱动电路)、604:密封衬底、605:密封材料、607:空间、608:布线、609:FPC(柔性印刷电路)、610:元件衬底、611:开关FET、612:电流控制FET、613:阳极、614:绝缘物、616:EL层、617:阴极、618:发光器件、951:衬底、952:电极、953:绝缘层、954:隔离层、955:EL层、956:电极、1001:衬底、1002:基底绝缘膜、1003:栅极绝缘膜、1006:栅电极、1007:栅电极、1008:栅电极、1020:第一层间绝缘膜、1021:第二层间绝缘膜、1022:电极、1024W:阳极、1024R:阳极、1024G:阳极、1024B:阳极、1025:分隔壁、1028:EL层、1029:阴极、1031:密封衬底、1032:密封材料、1033:透明基材、1034R:红色着色层、1034G:绿色着色层、1034B:蓝色着色层、1035:黑矩阵、1036:保护层、1037:第三层间绝缘膜、1040:像素部、1041:驱动电路部、1042:周边部、2001:外壳、2002:光源、2100:机器人、2110:运算装置、2101:照度传感器、2102:麦克风、2103:上部照相机、2104:扬声器、2105:显示器、2106:下部照相机、2107:障碍物传感器、2108:移动机构、3001:照明装置、5000:外壳、5001:显示部、5002:显示部、5003:扬声器、5004:LED灯、5006:连接端子、5007:传感器、5008:麦克风、5012:支撑部、5013:耳机、5100:扫地机器人、5101:显示器、5102:照相机、5103:刷子、5104:操作按钮、5150:便携式信息终端、5151:外壳、5152:显示区域、5153:弯曲部、5120:垃圾、5200:显示区域、5201:显示区域、5202:显示区域、5203:显示区域、7101:外壳、7103:显示部、7105:支架、7107:显示部、7109:操作键、7110:遥控操作机、7201:主体、7202:外壳、7203:显示部、7204:键盘、7205:外部连接端口、7206:指向装置、7210:第二显示部、7401:外壳、7402:显示部、7403:操作按钮、7404:外部连接端口、7405:扬声器、7406:麦克风、9310:便携式信息终端、9311:显示面板、9313:铰链、9315:外壳。

本申请基于2018年10月10日提交到日本专利局的日本专利申请No.2018-191681、2018年10月10日提交到日本专利局的日本专利申请No.2018-191678、2018年10月10日提交到日本专利局的日本专利申请No.2018-191887、2018年11月30日提交到日本专利局的日本专利申请No.2018-225260、2019年2月6日提交到日本专利局的日本专利申请No.2019-020057以及2019年4月30日提交到日本专利局的日本专利申请No.2019-087060,通过引用将其完整内容并入在此。



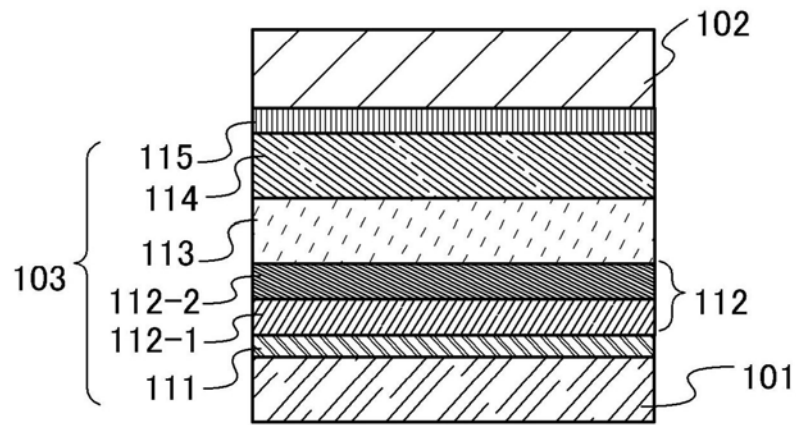


图1A

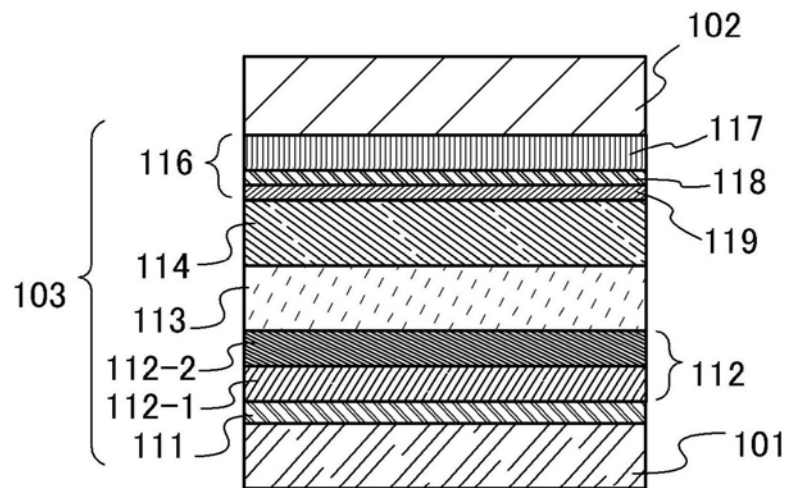


图1B

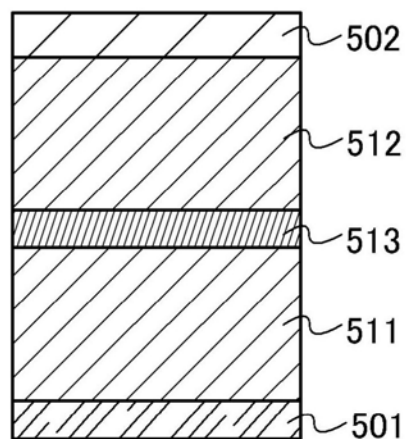


图1C

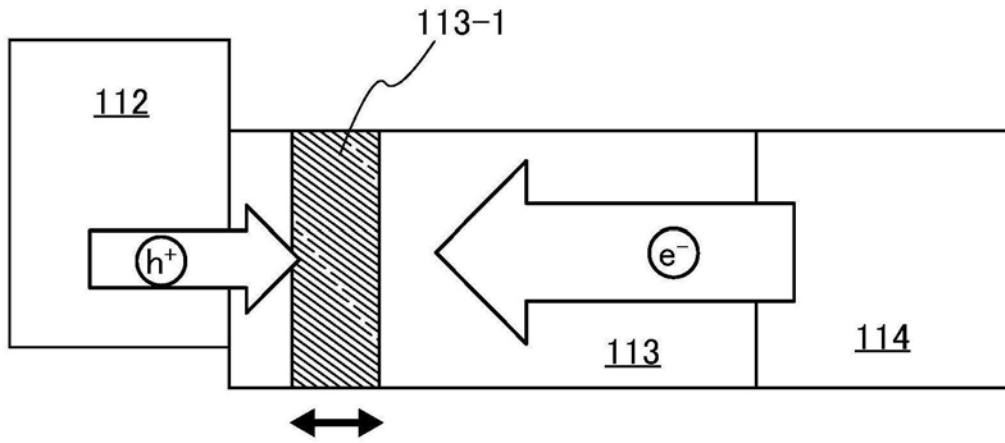


图2A

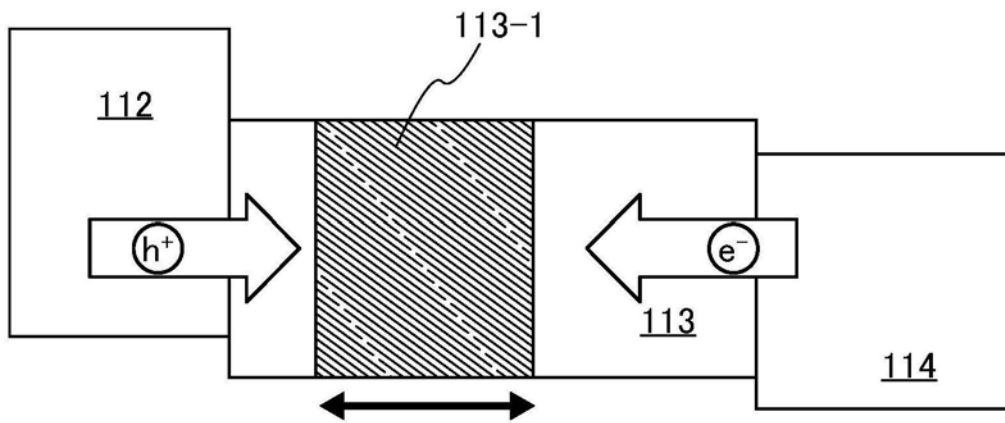


图2B

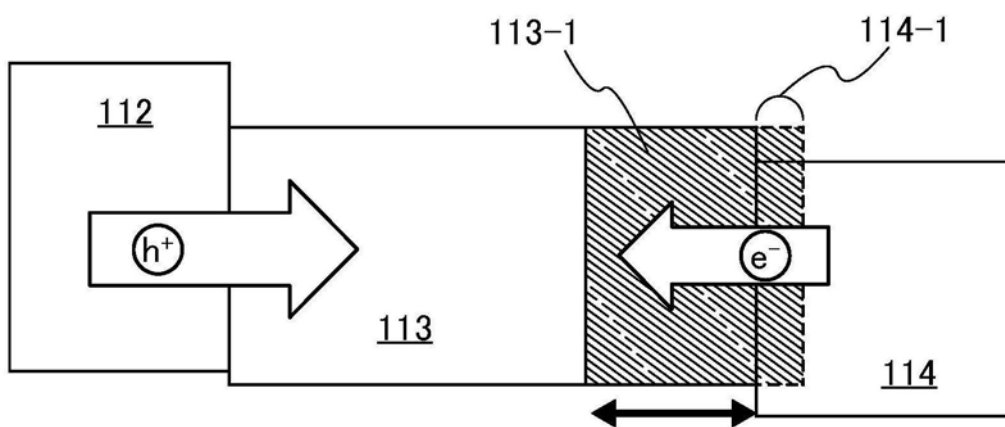


图3A

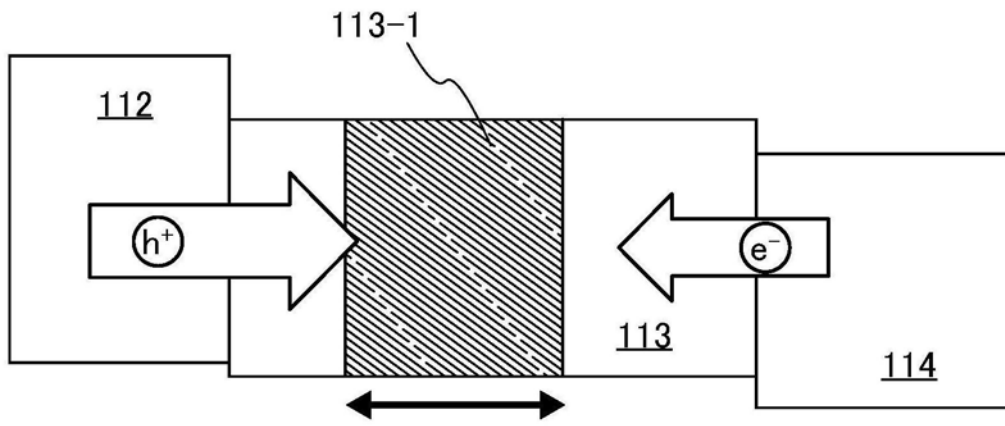


图3B

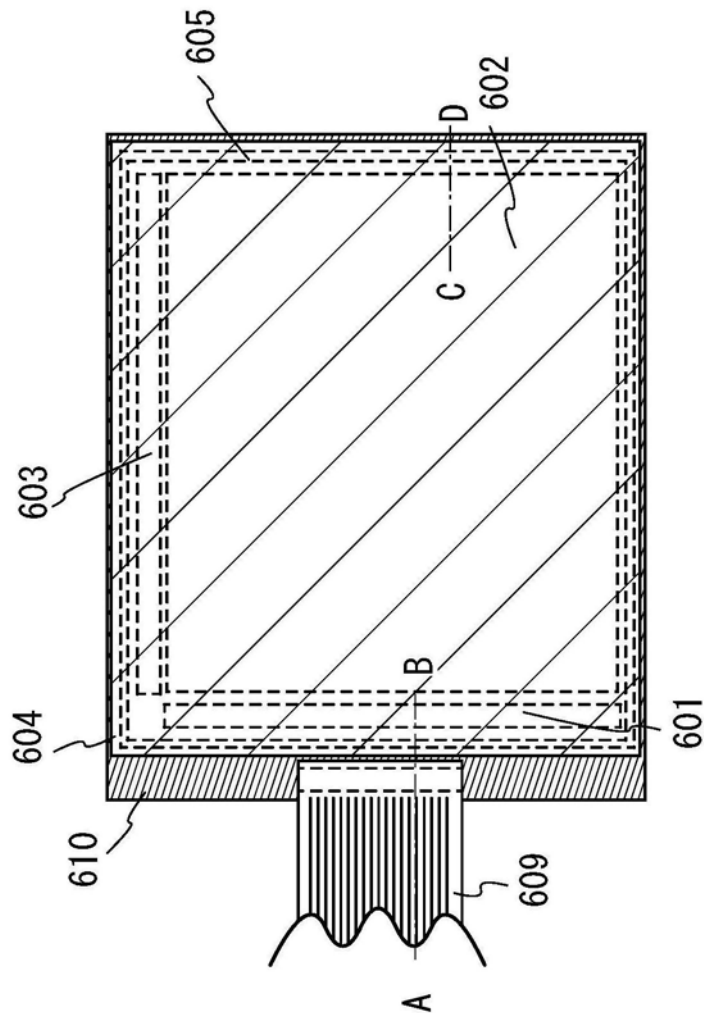


图4A

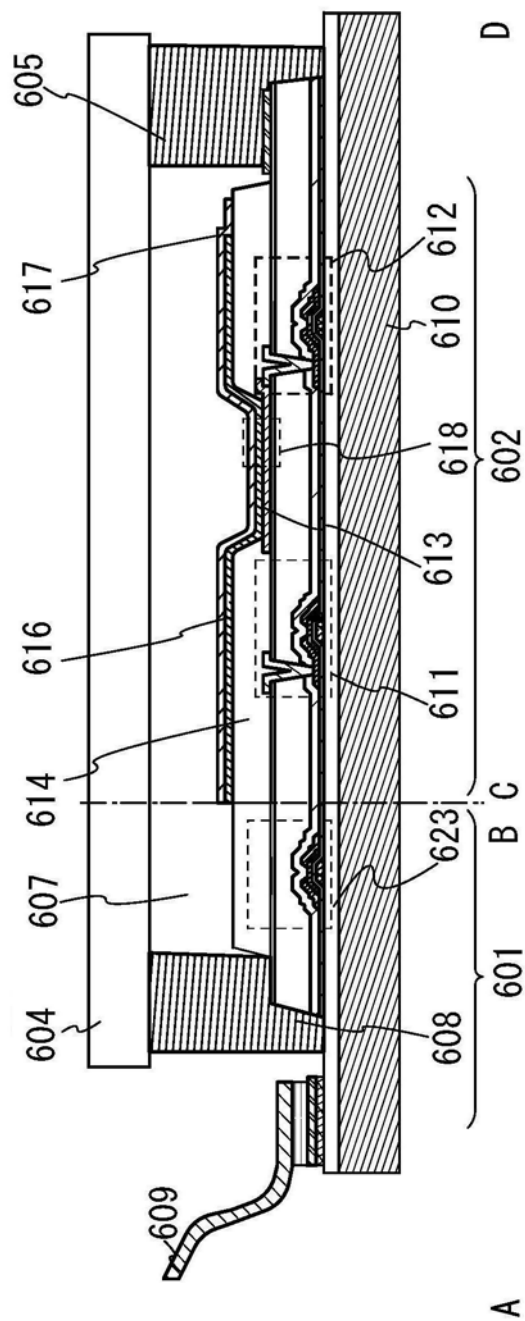


图4B

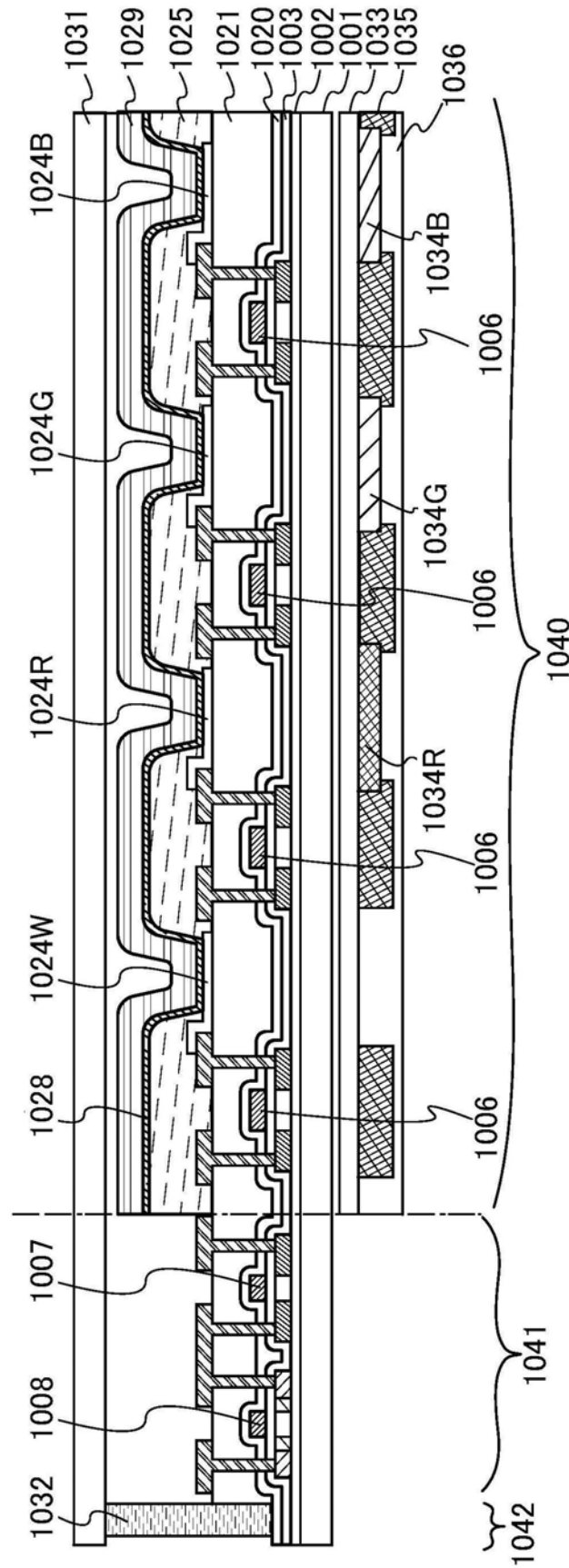


图5A



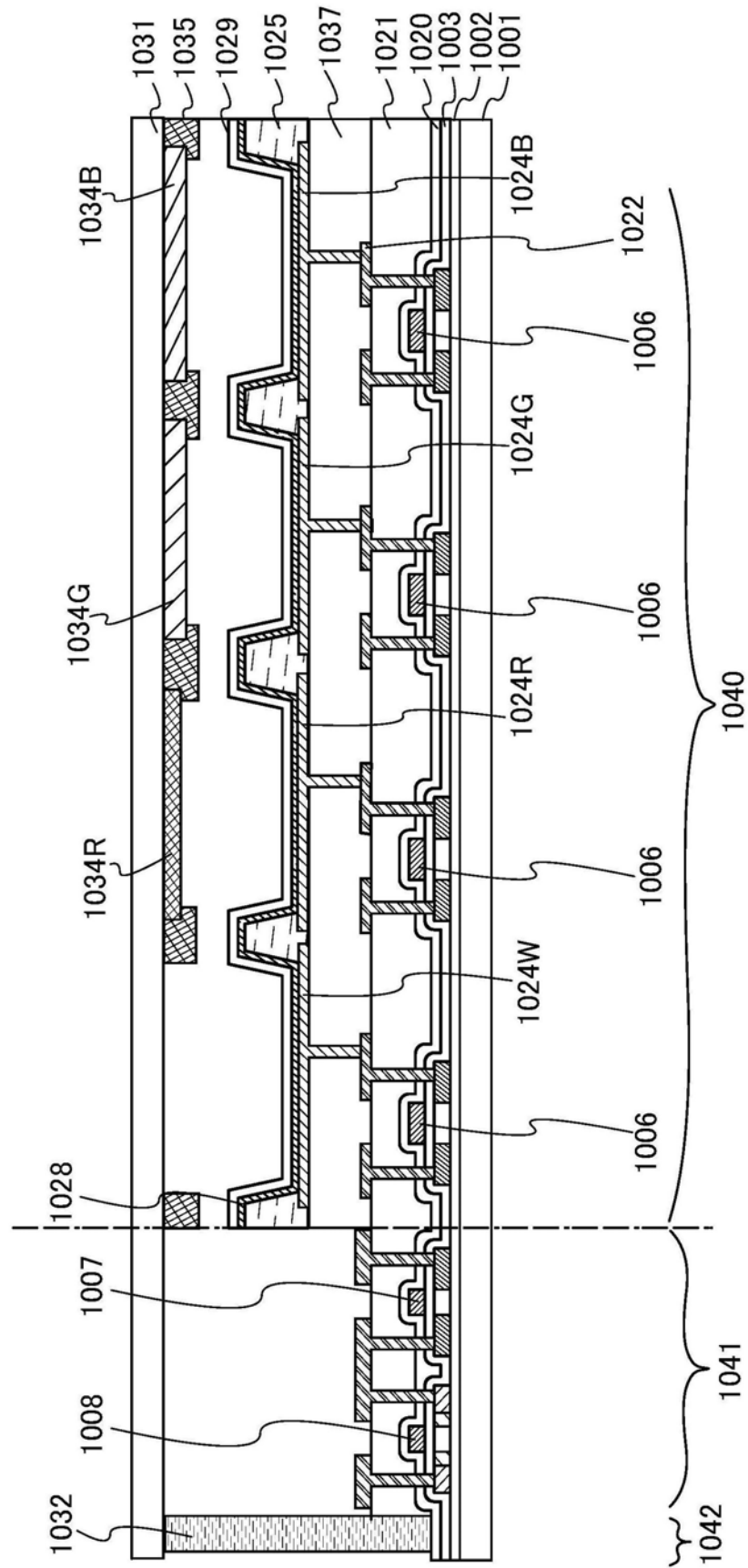


图6

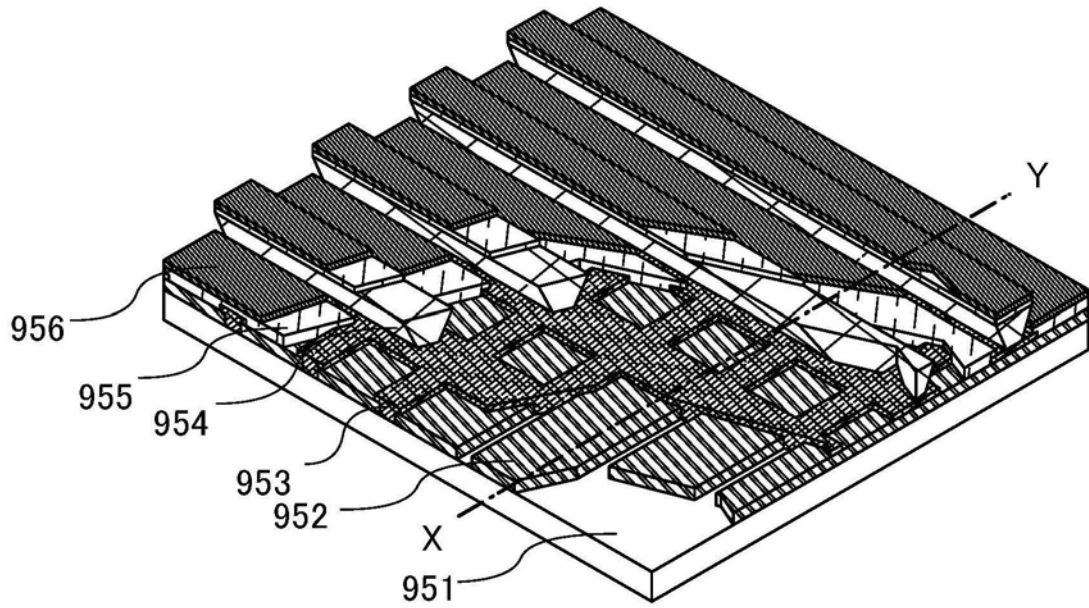


图7A

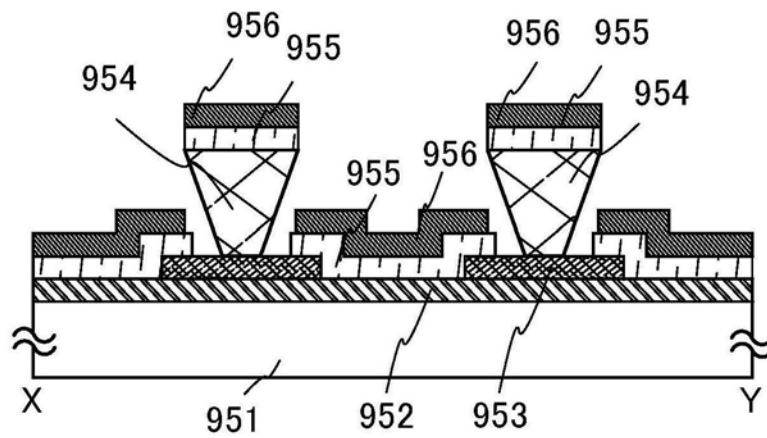


图7B



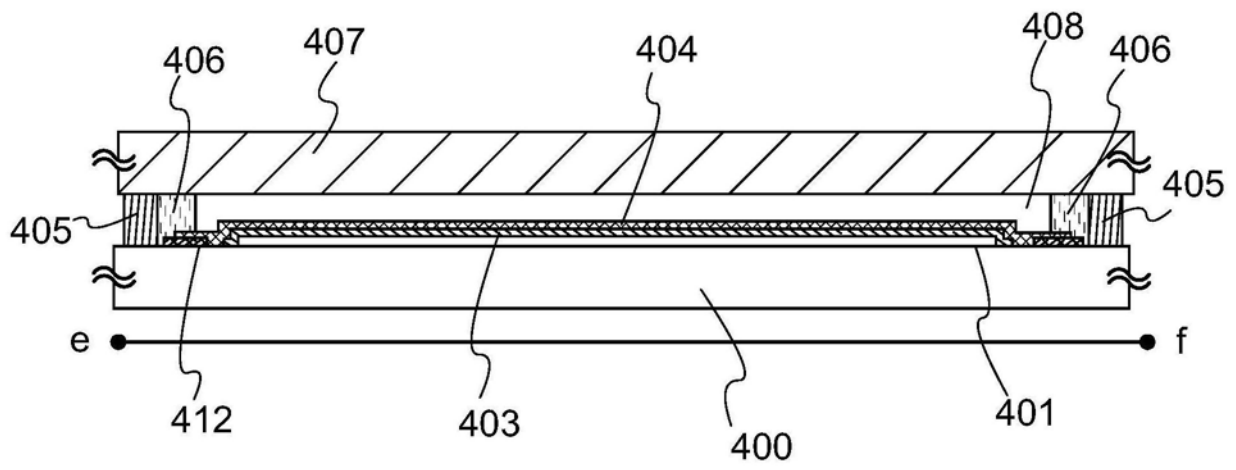


图8A

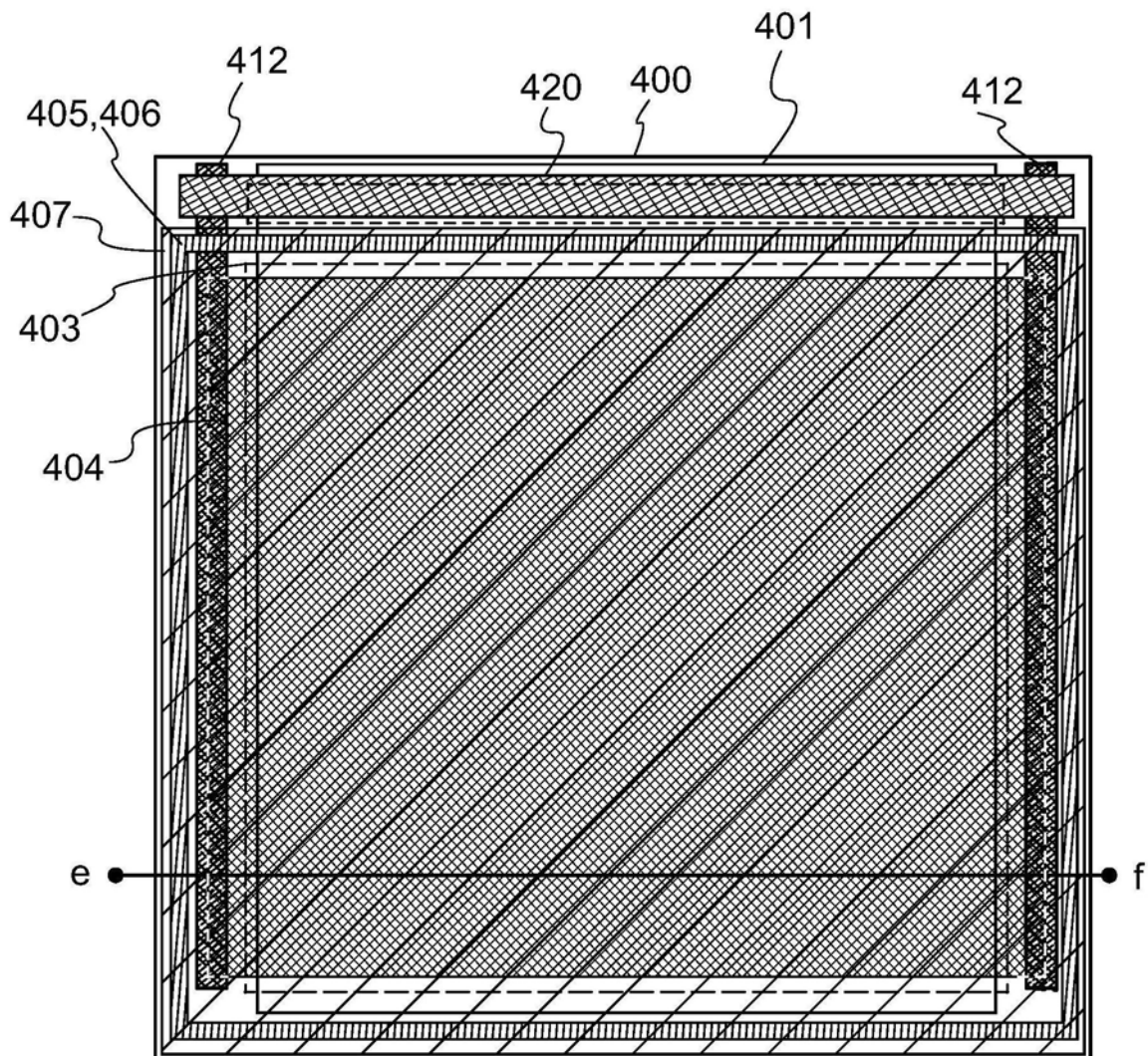


图8B

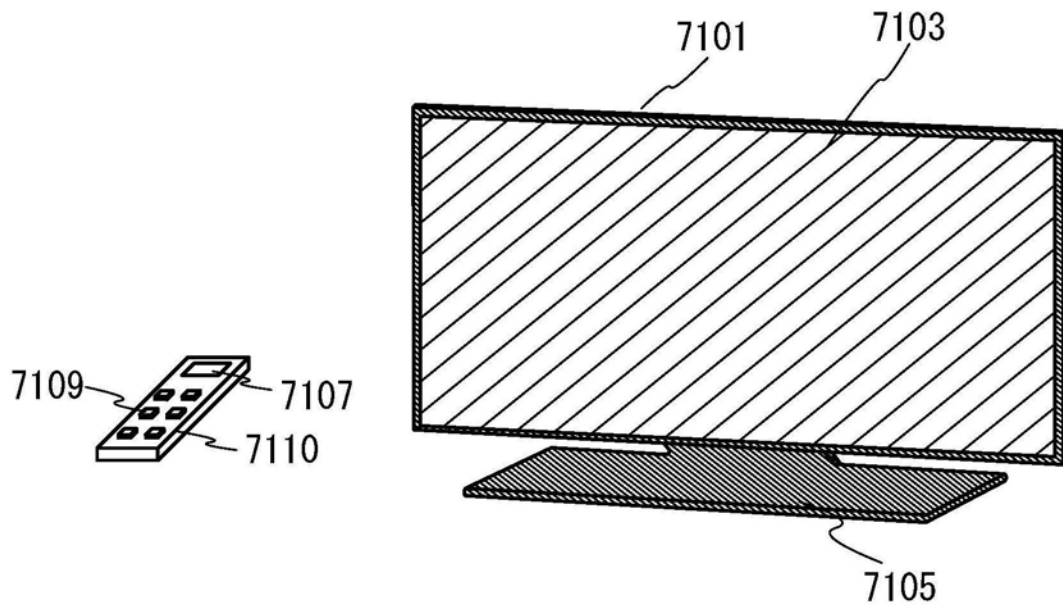


图9A

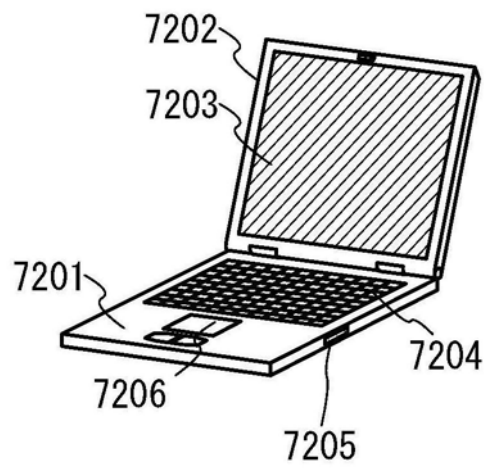


图9B1

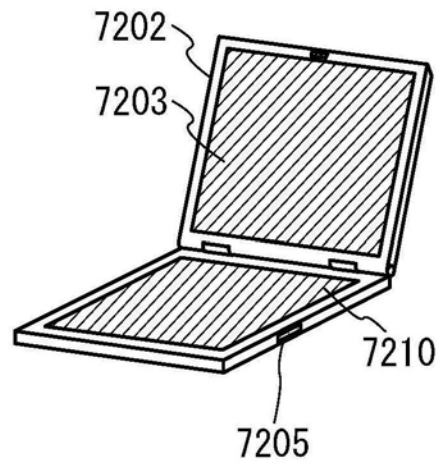


图9B2

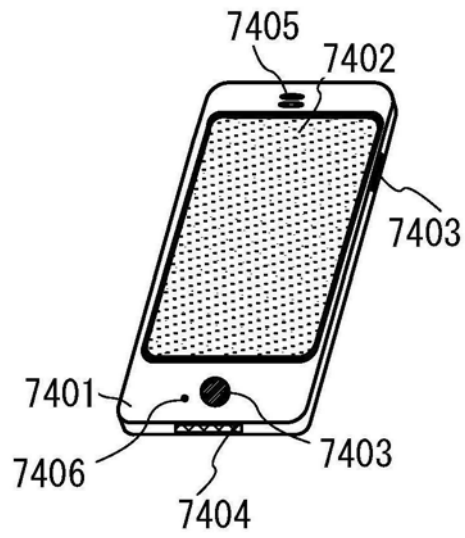


图9C

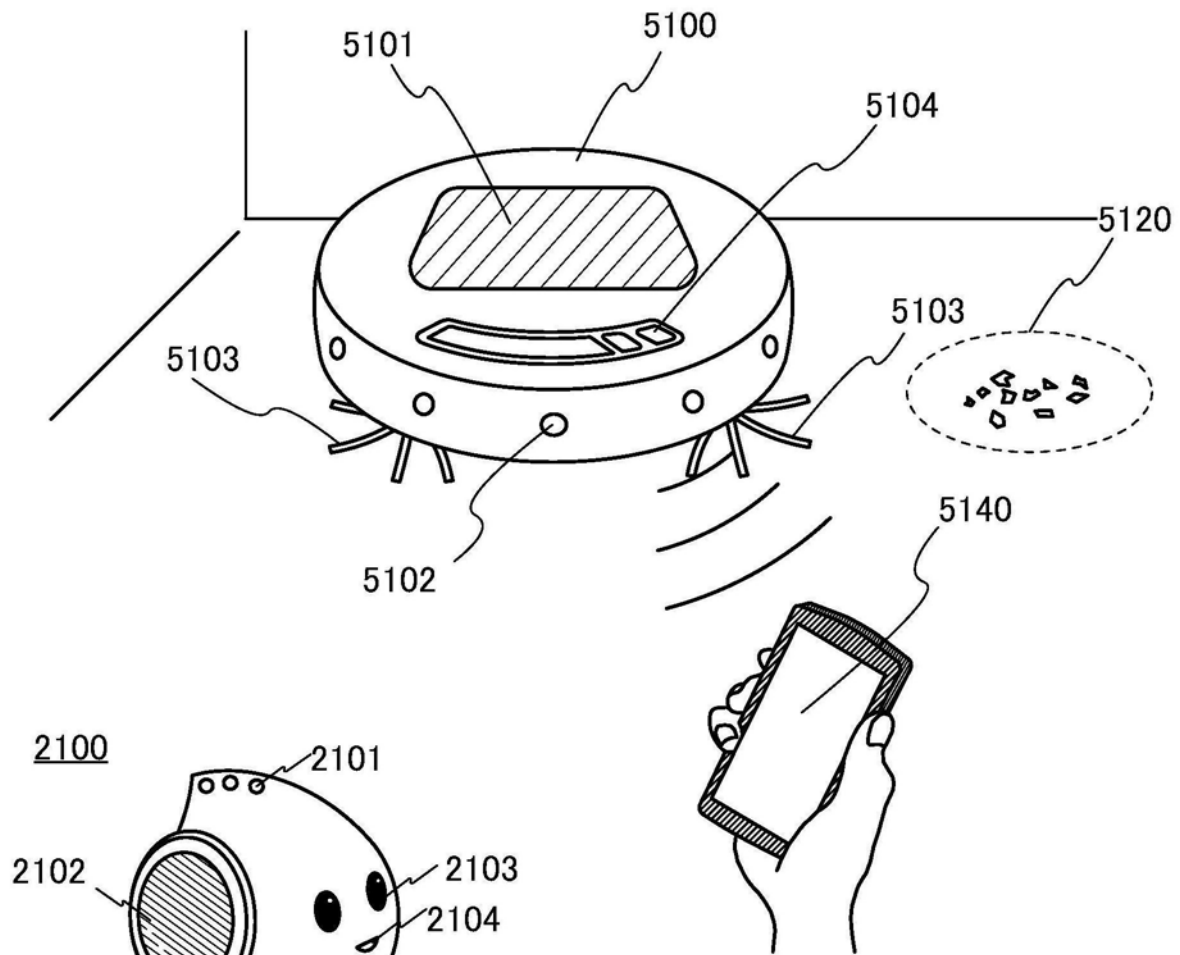


图10A

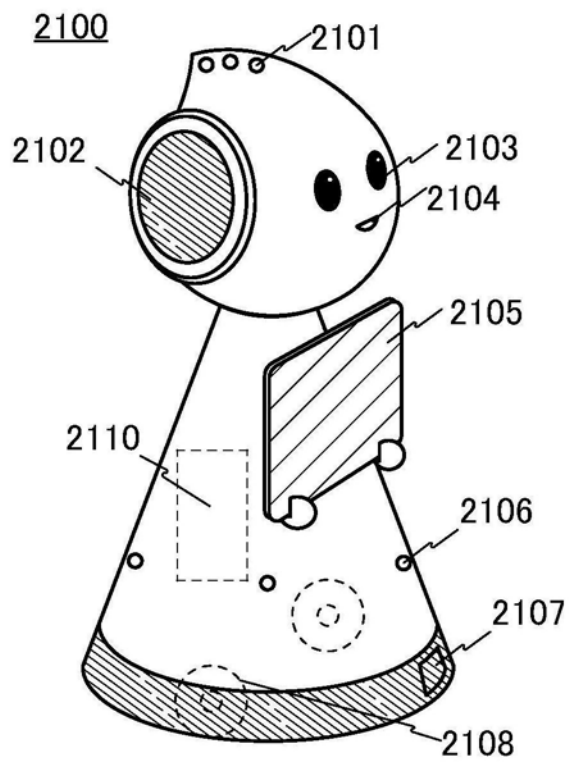


图10B

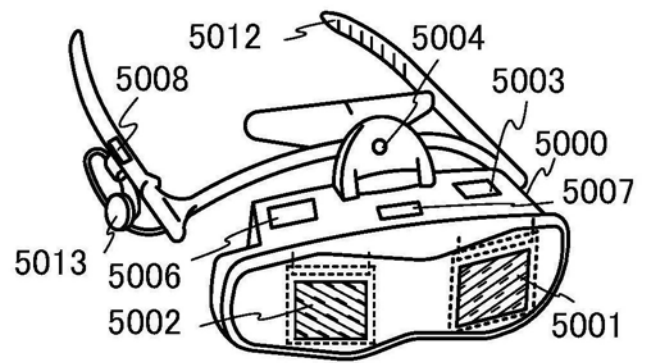


图10C

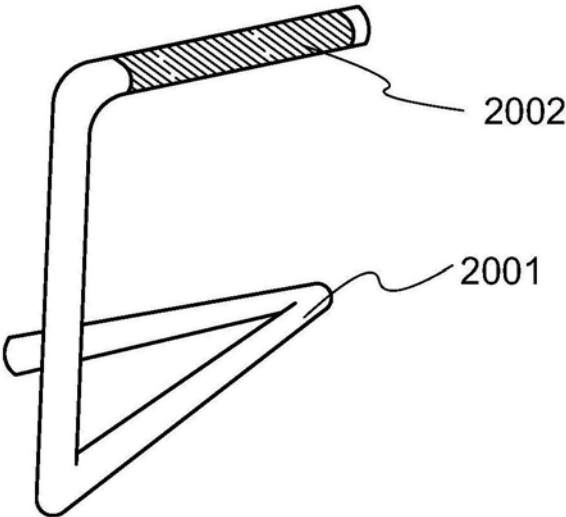


图11

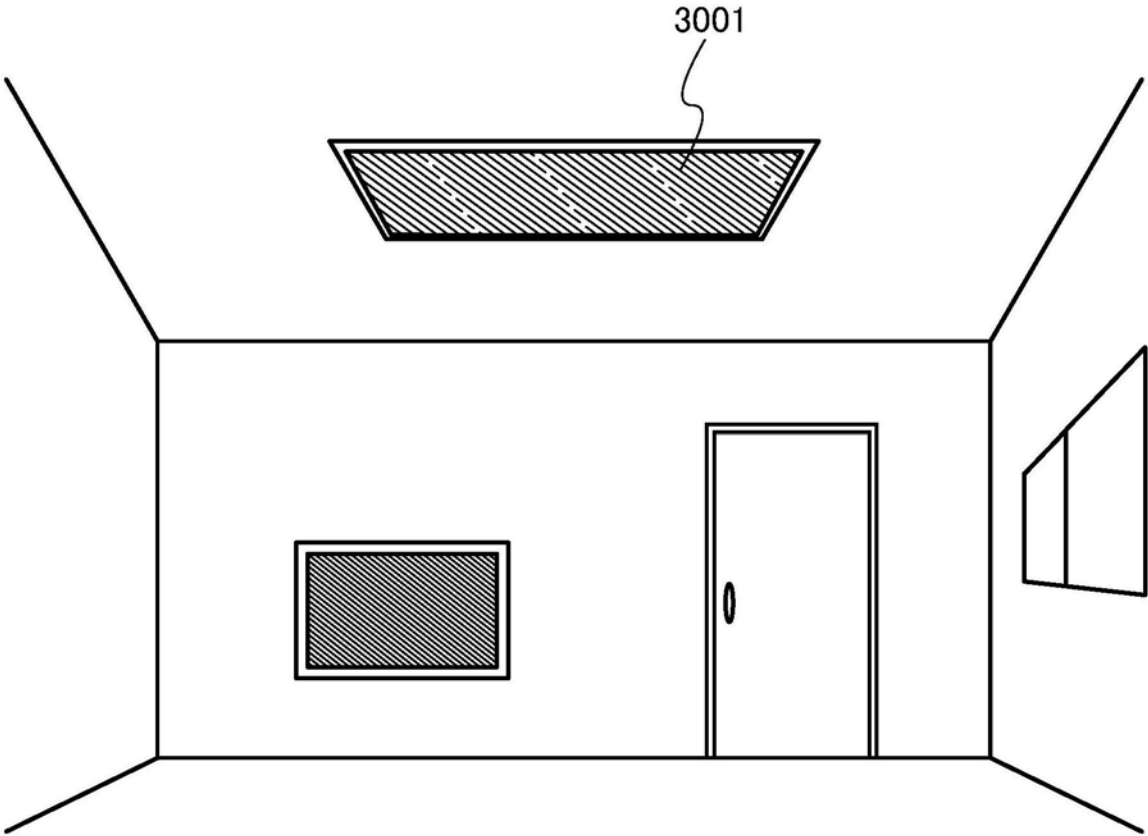


图12

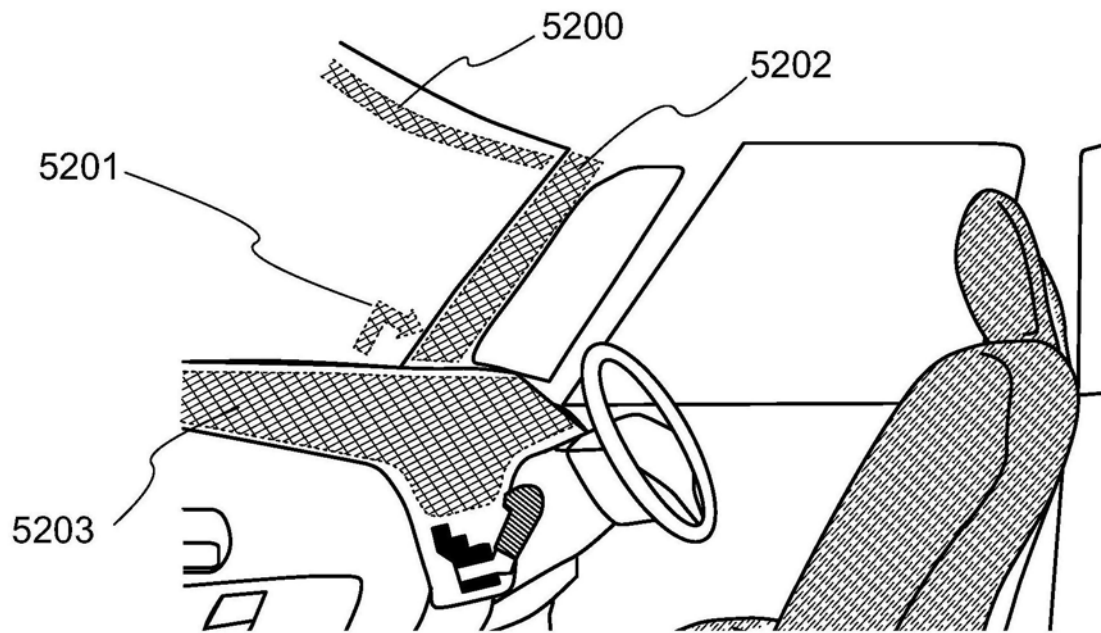


图13

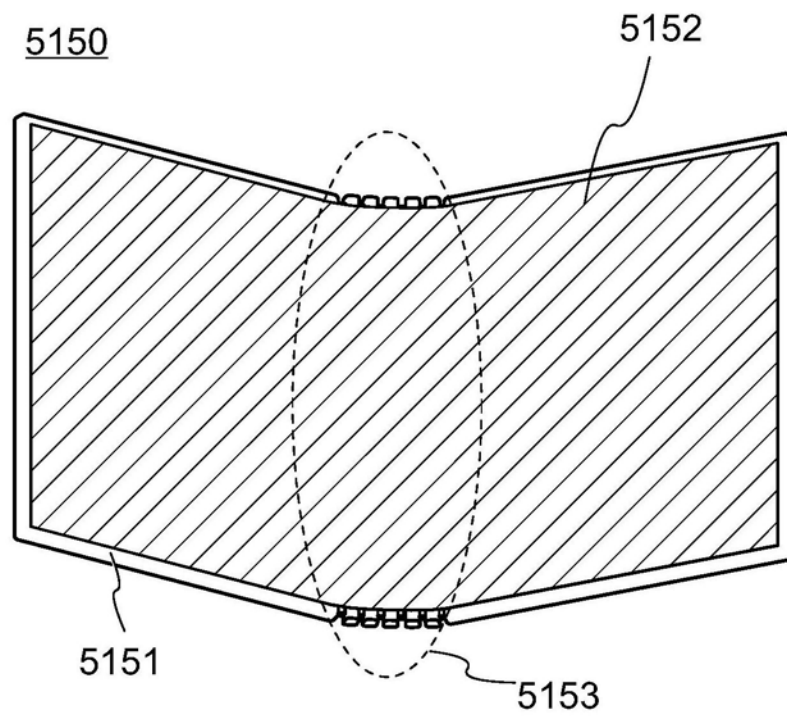


图14A

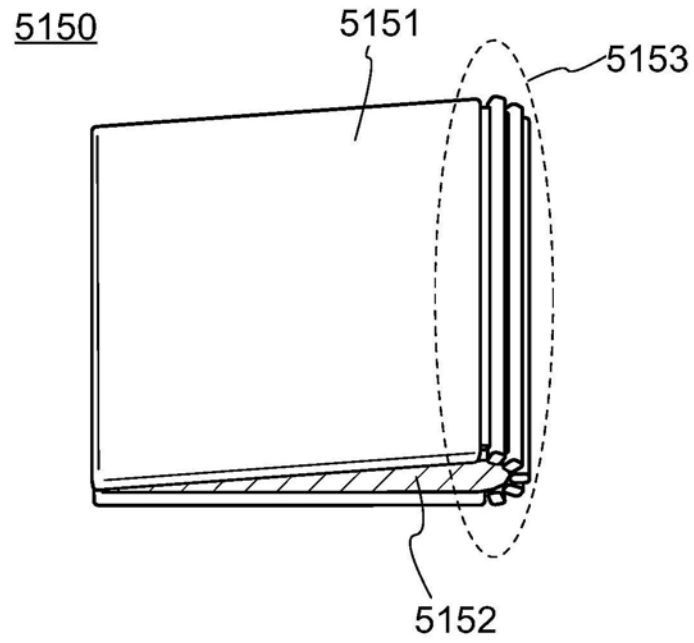


图14B

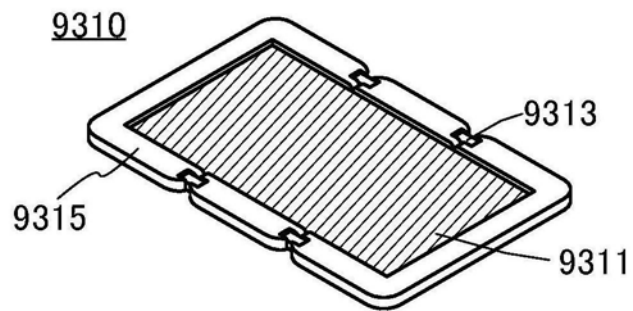


图15A

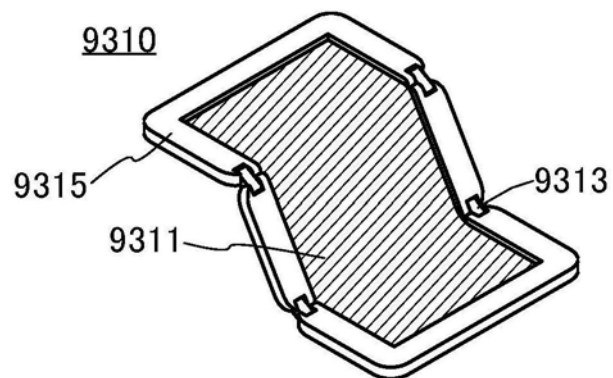


图15B

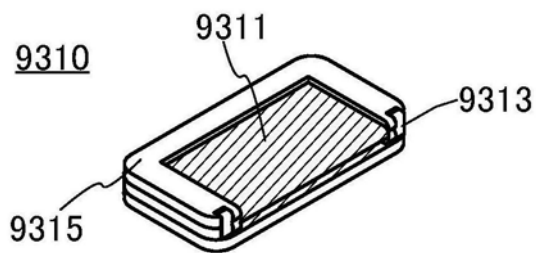


图15C

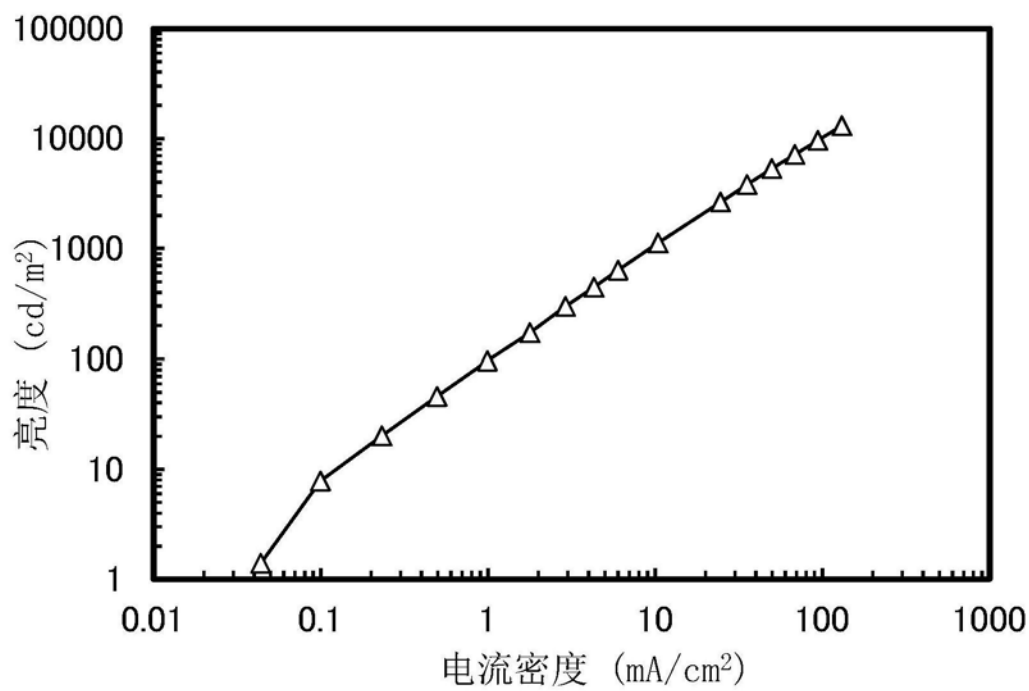


图16



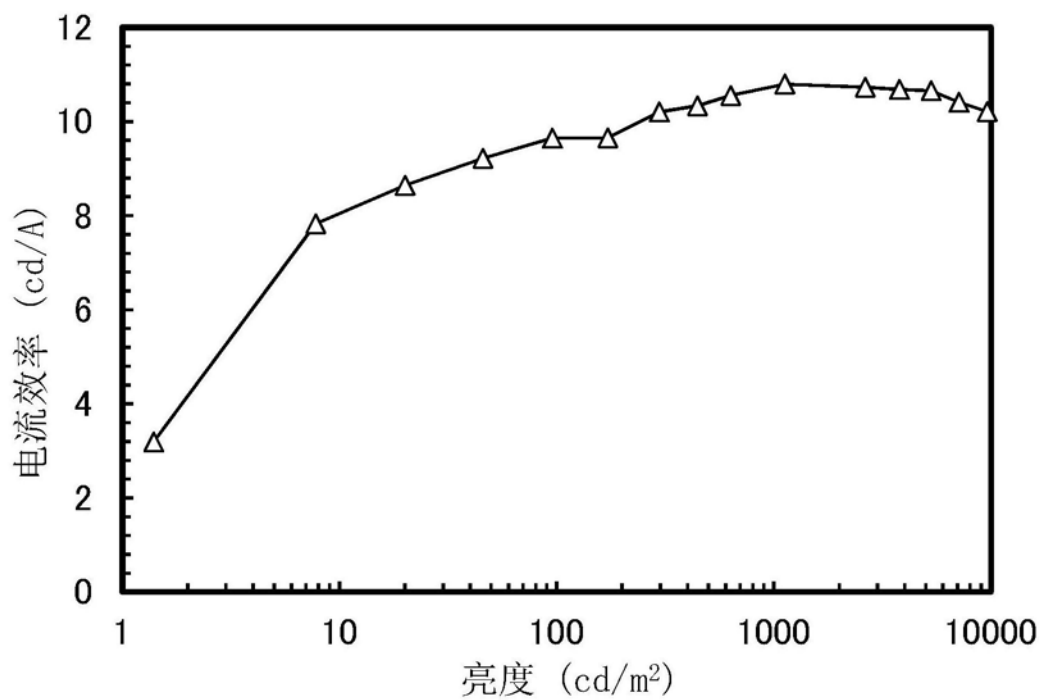


图17

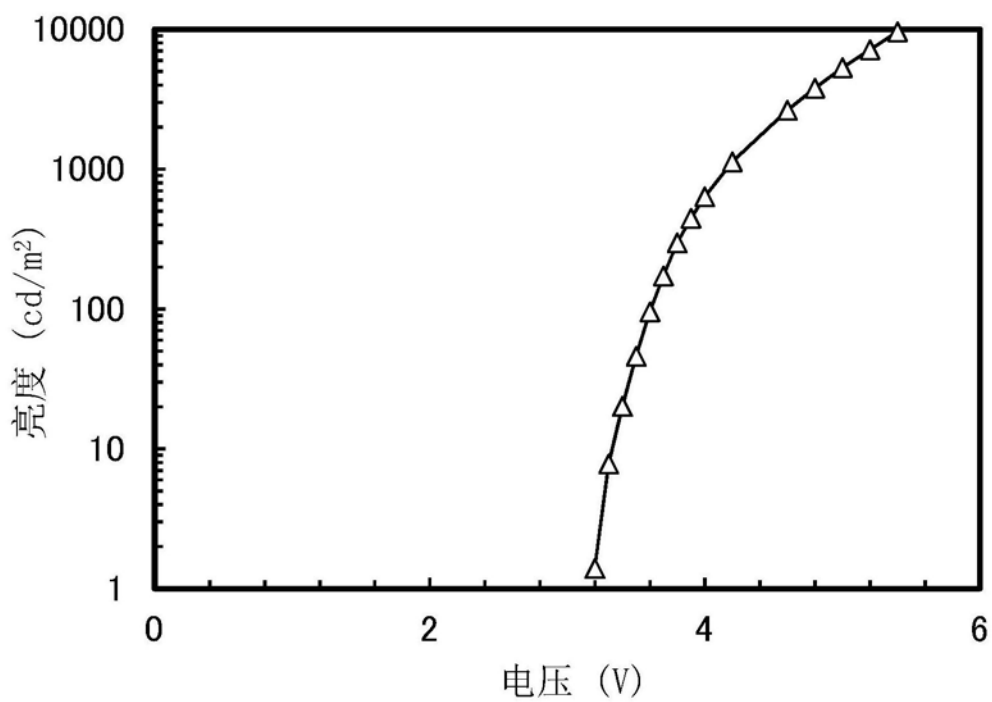


图18

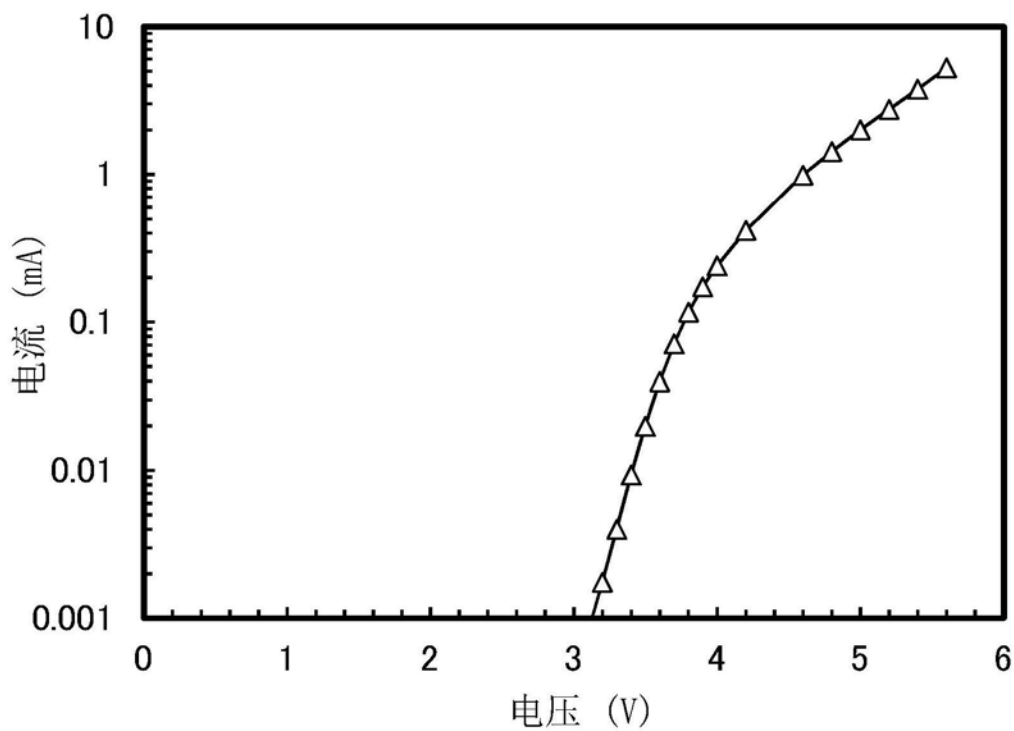


图19

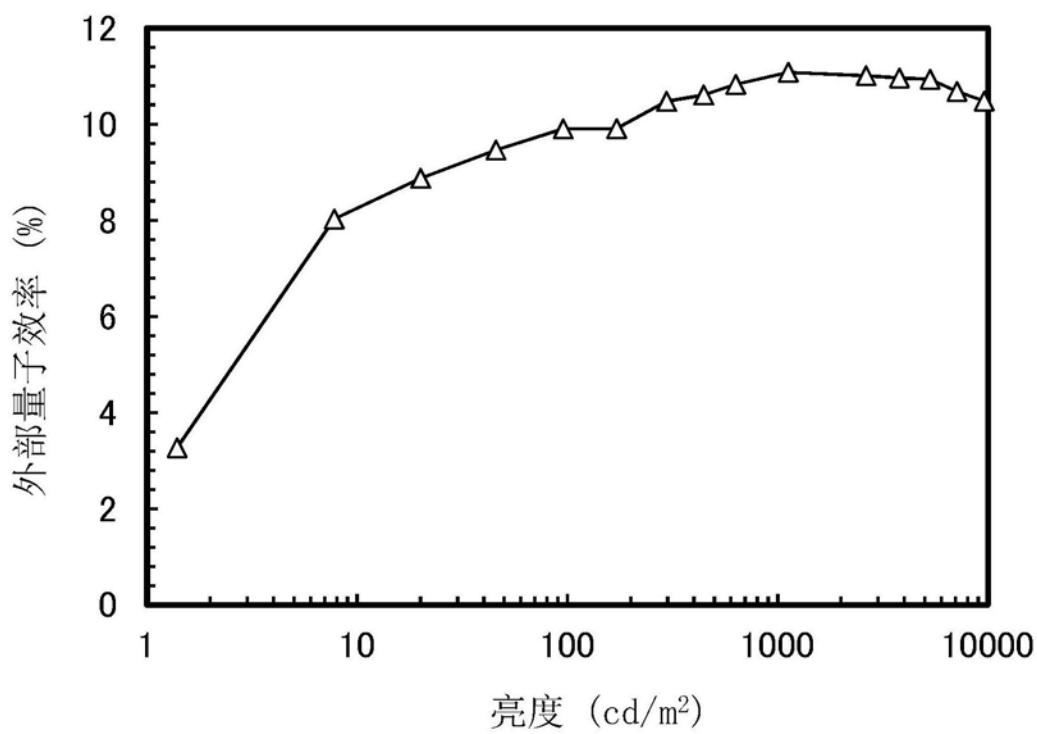


图20

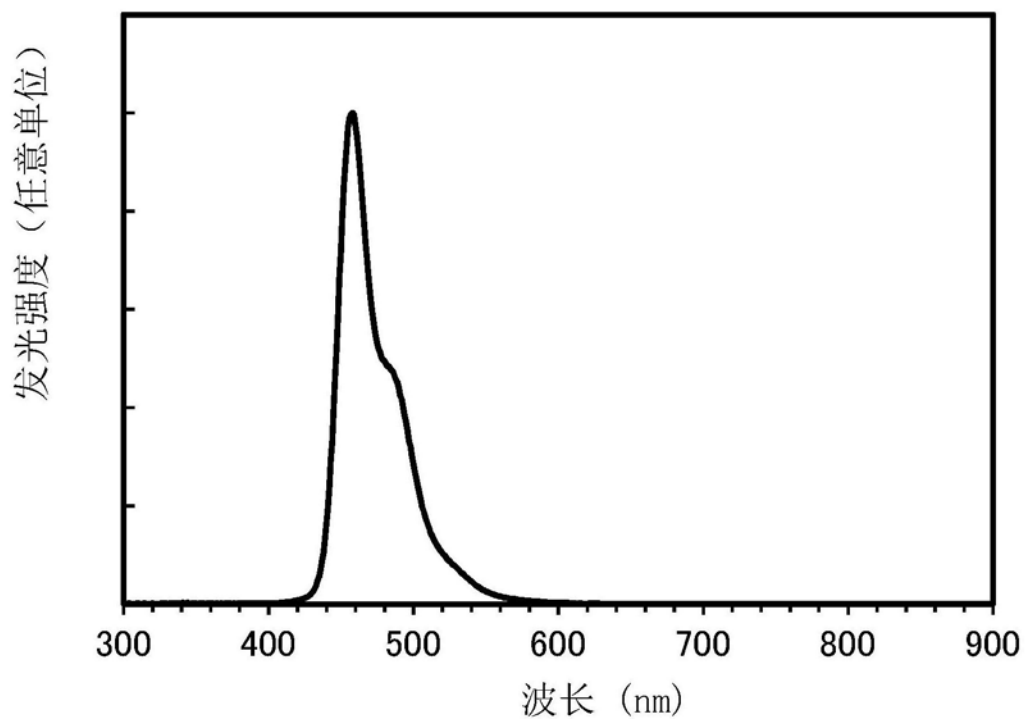


图21

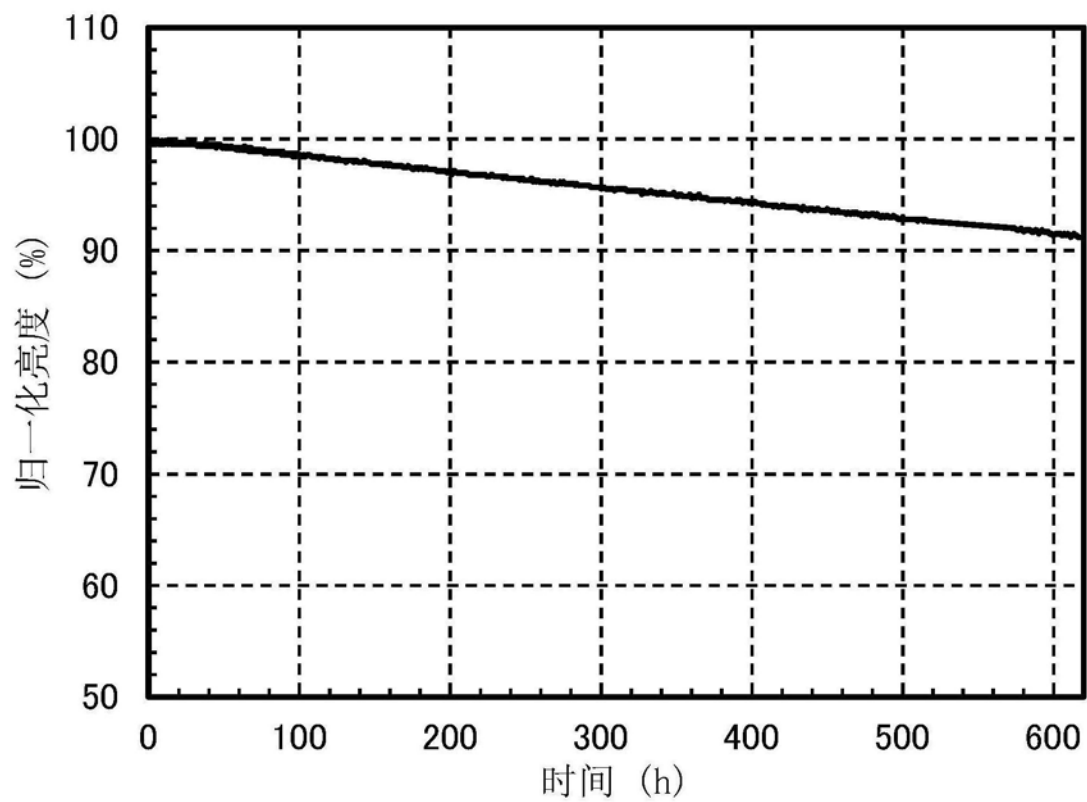


图22

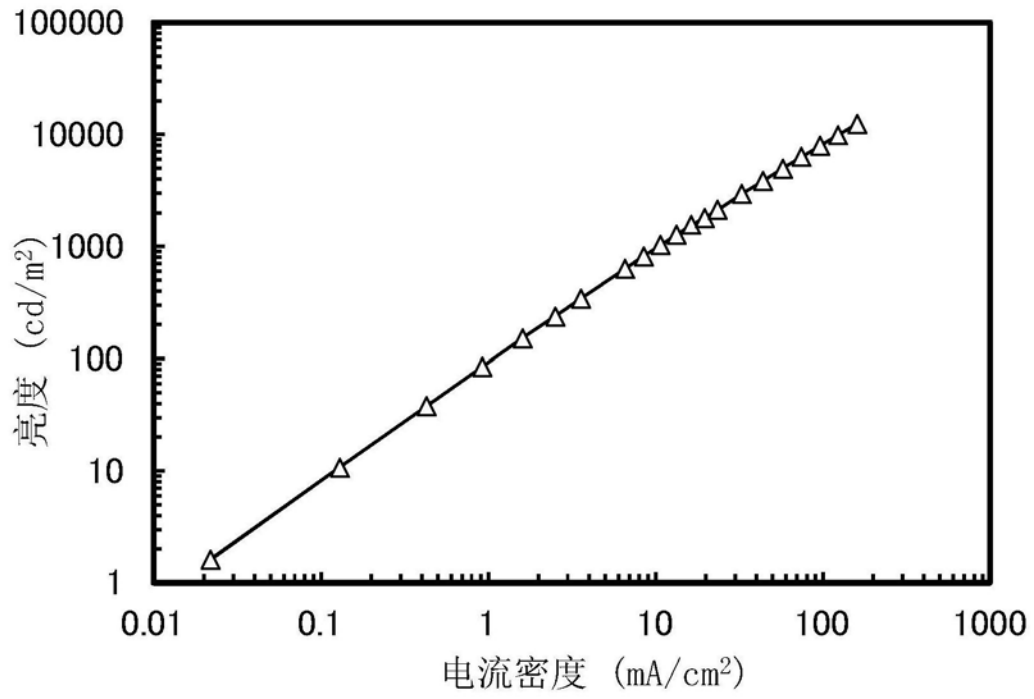


图23

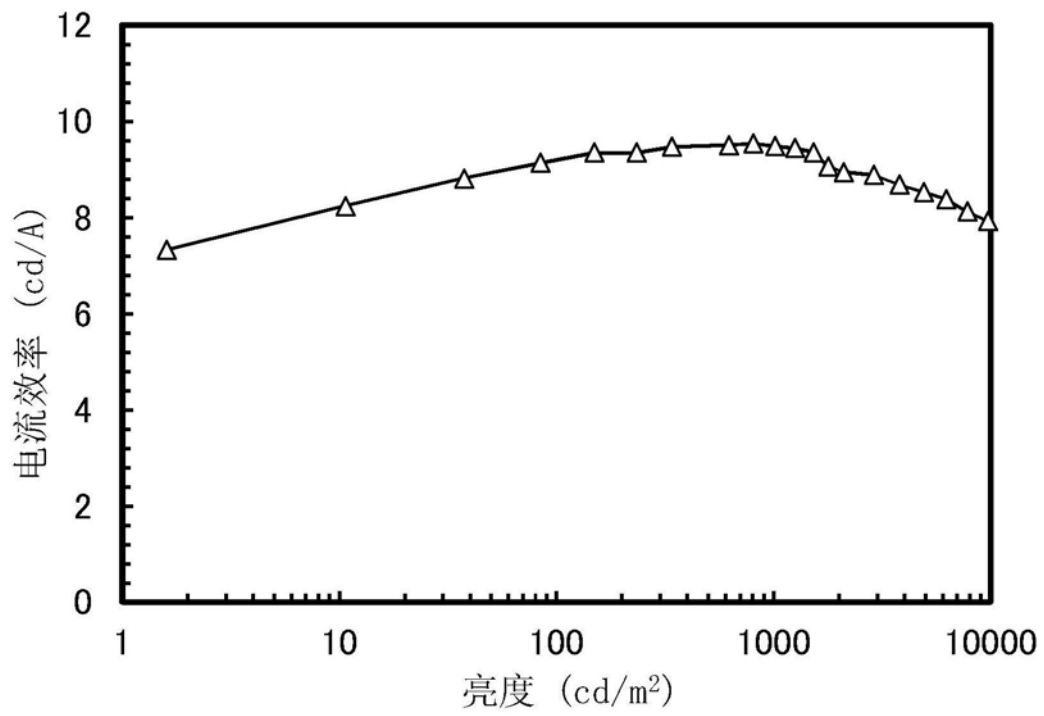


图24

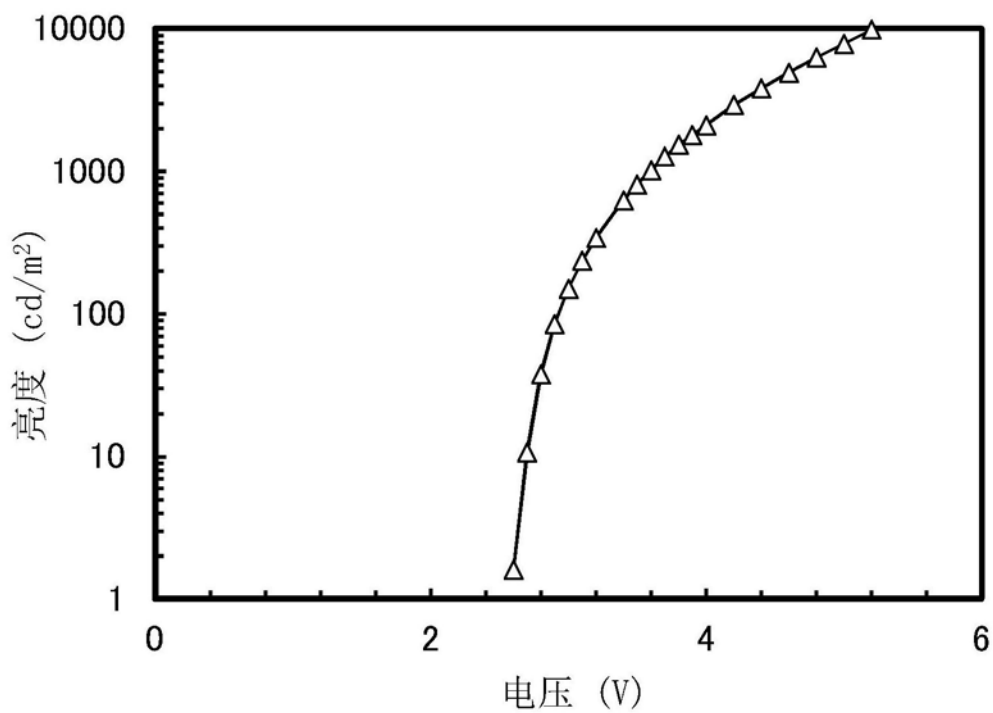


图25

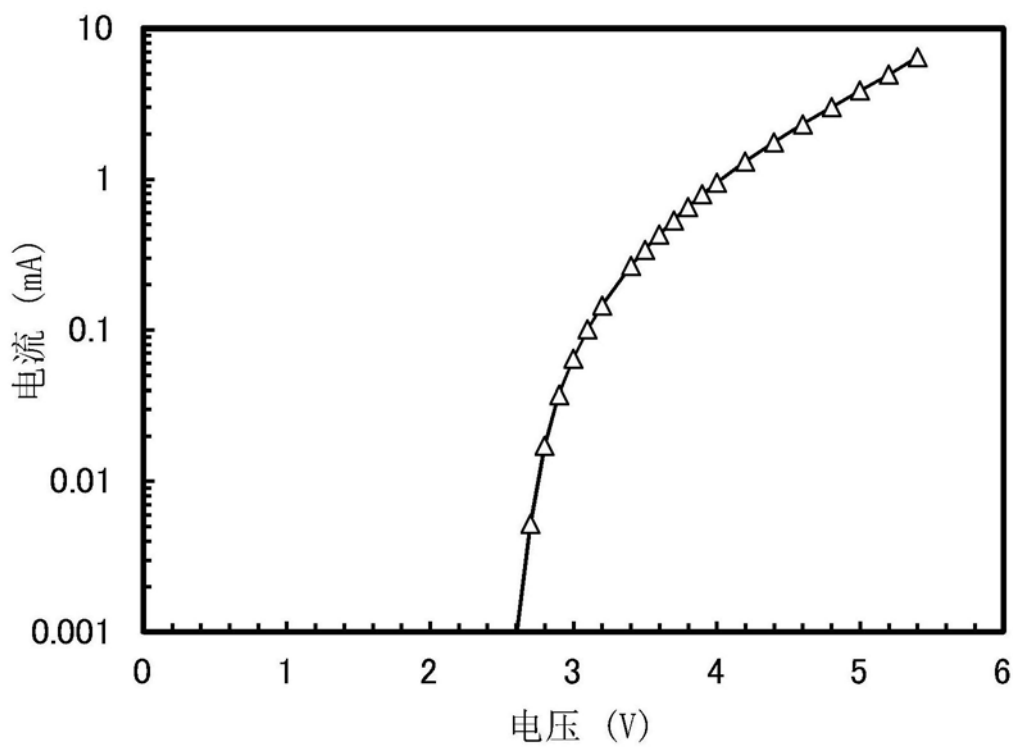


图26

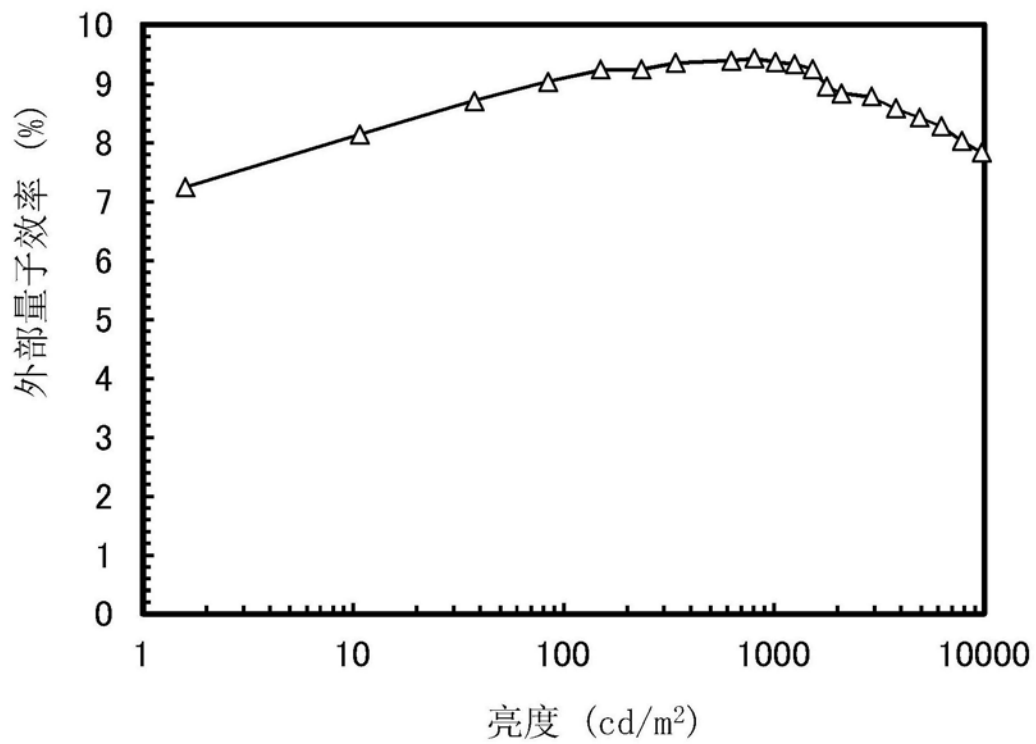


图27

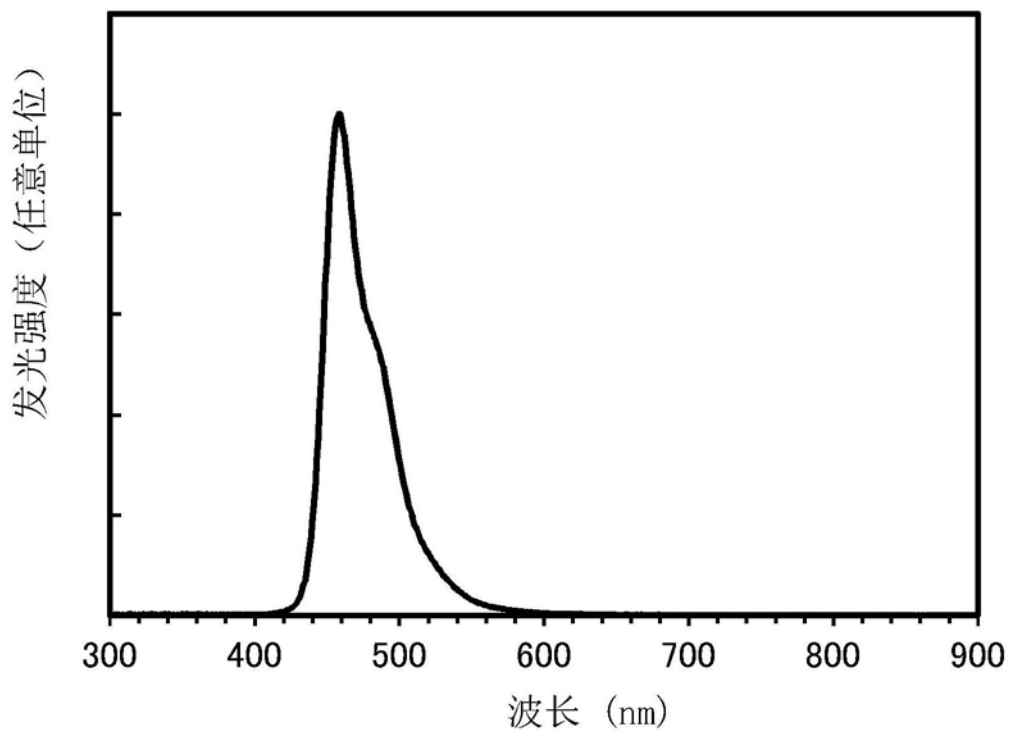


图28

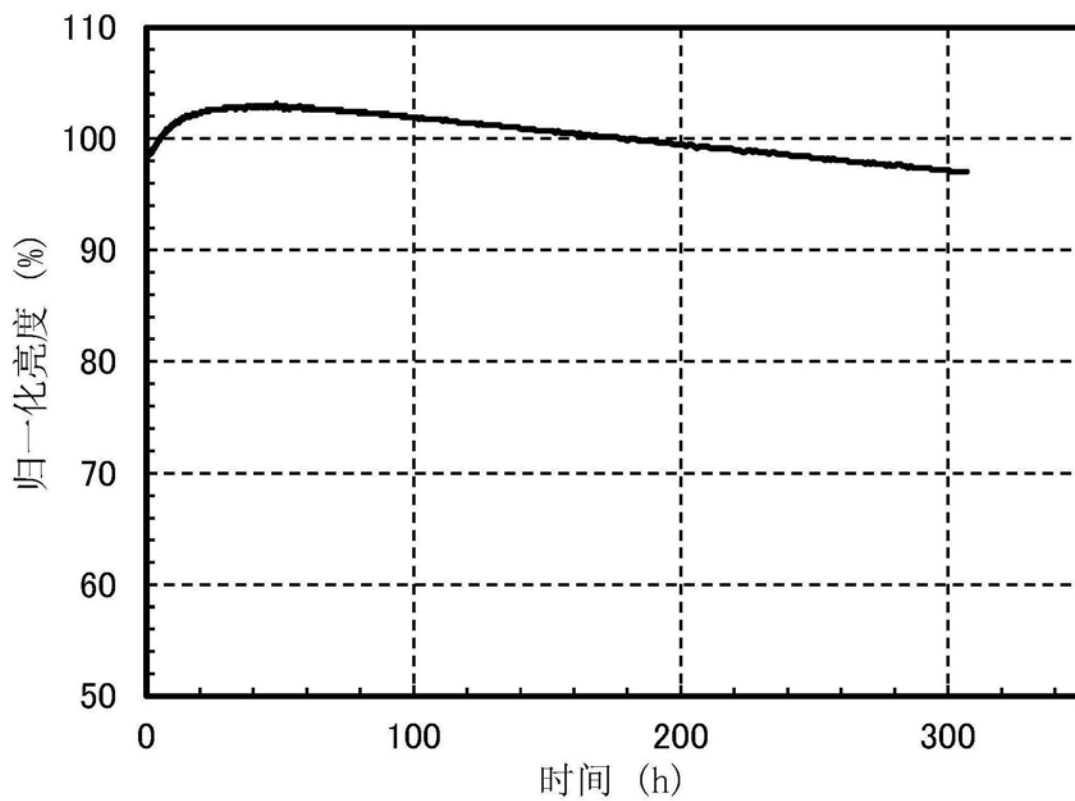


图29

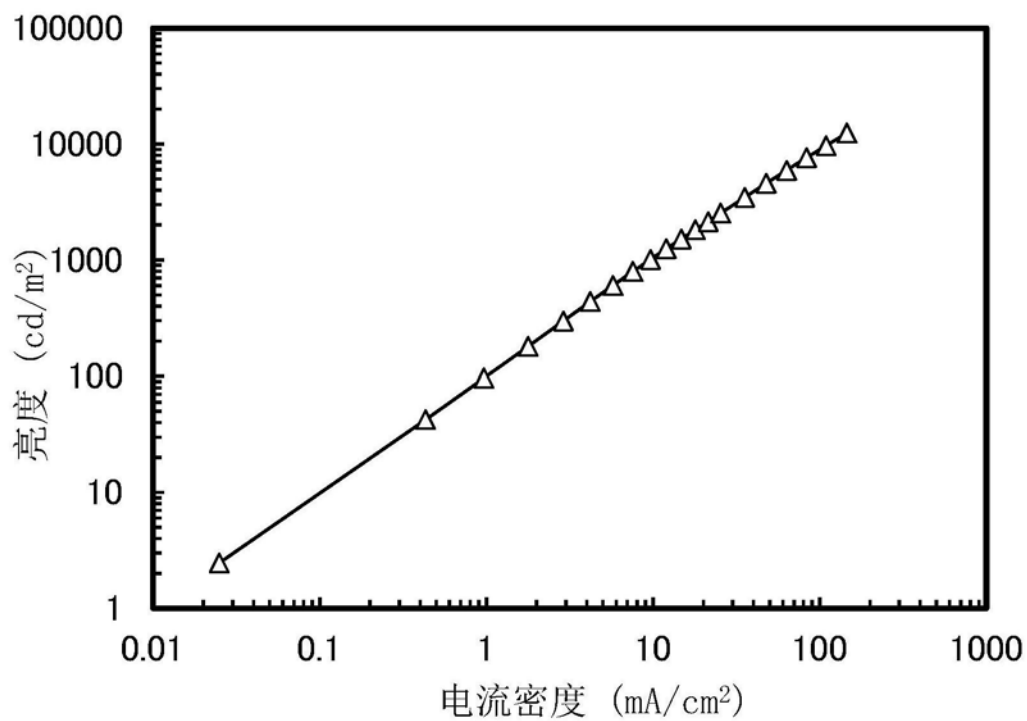


图30

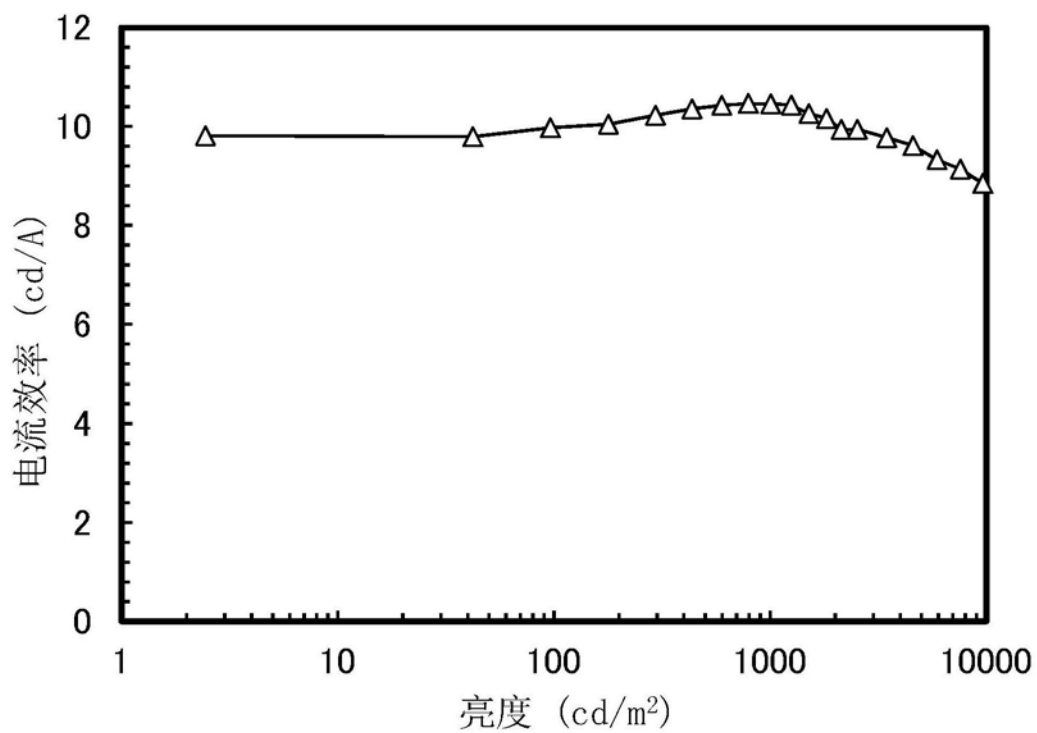


图31

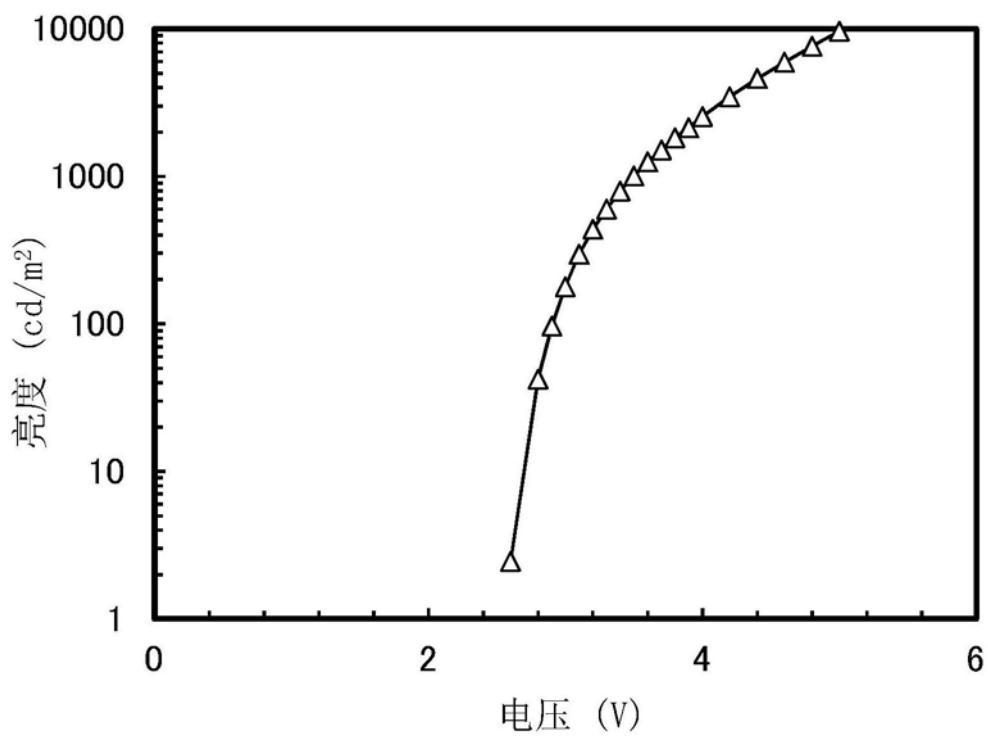


图32



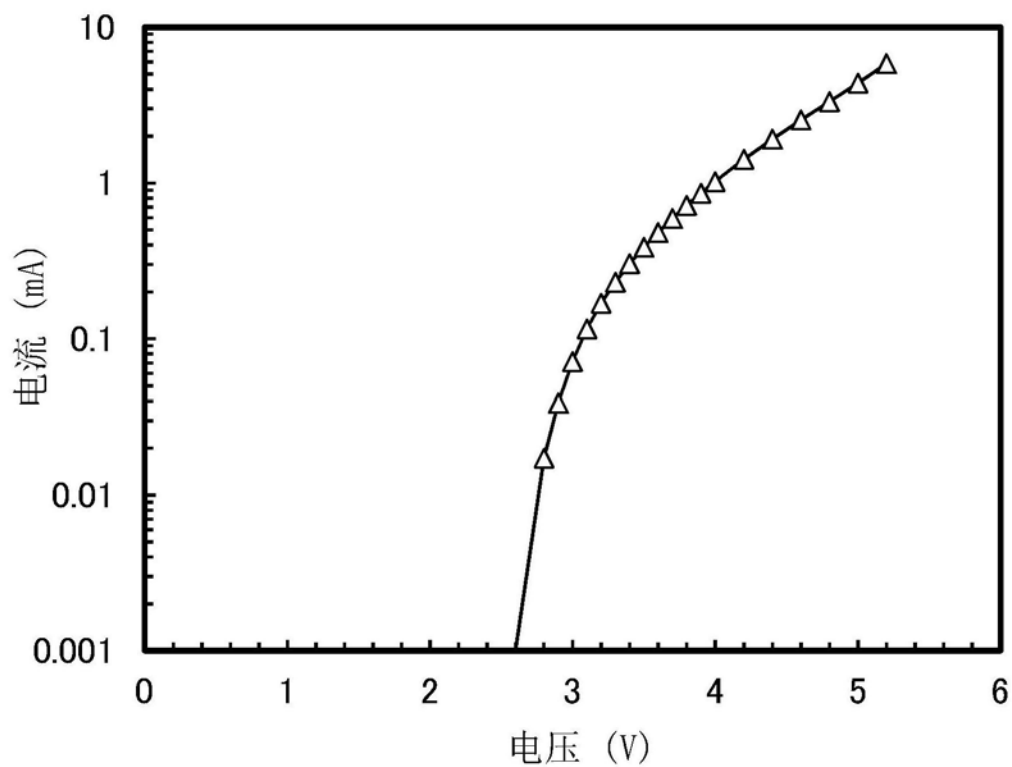


图33

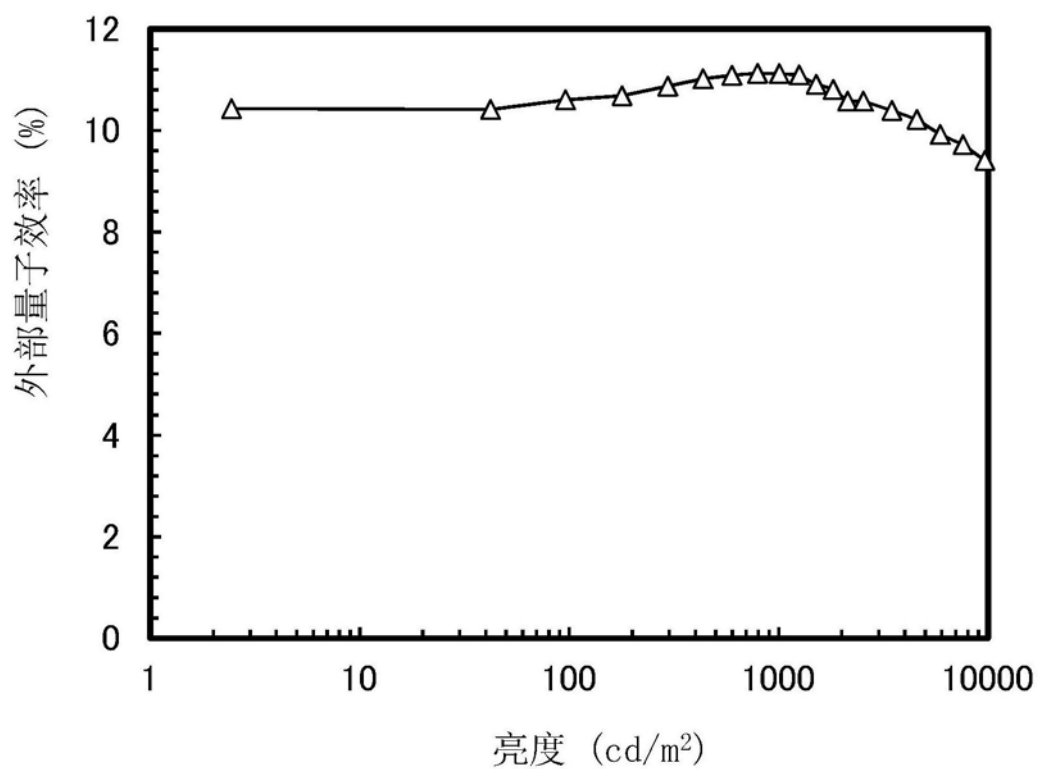


图34

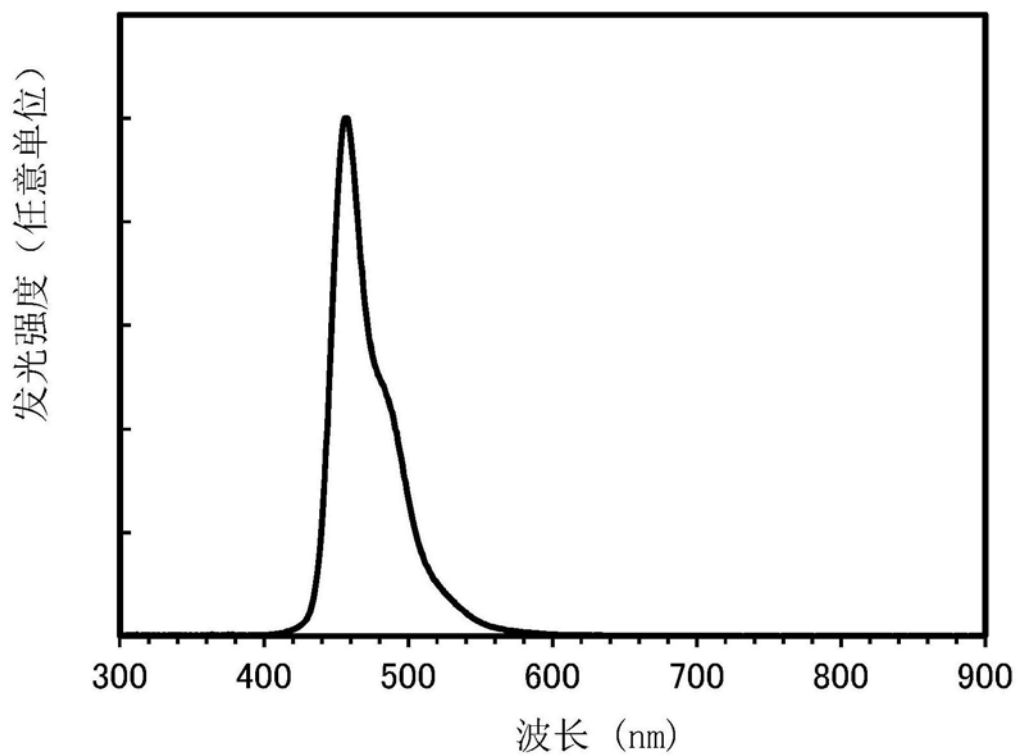


图35

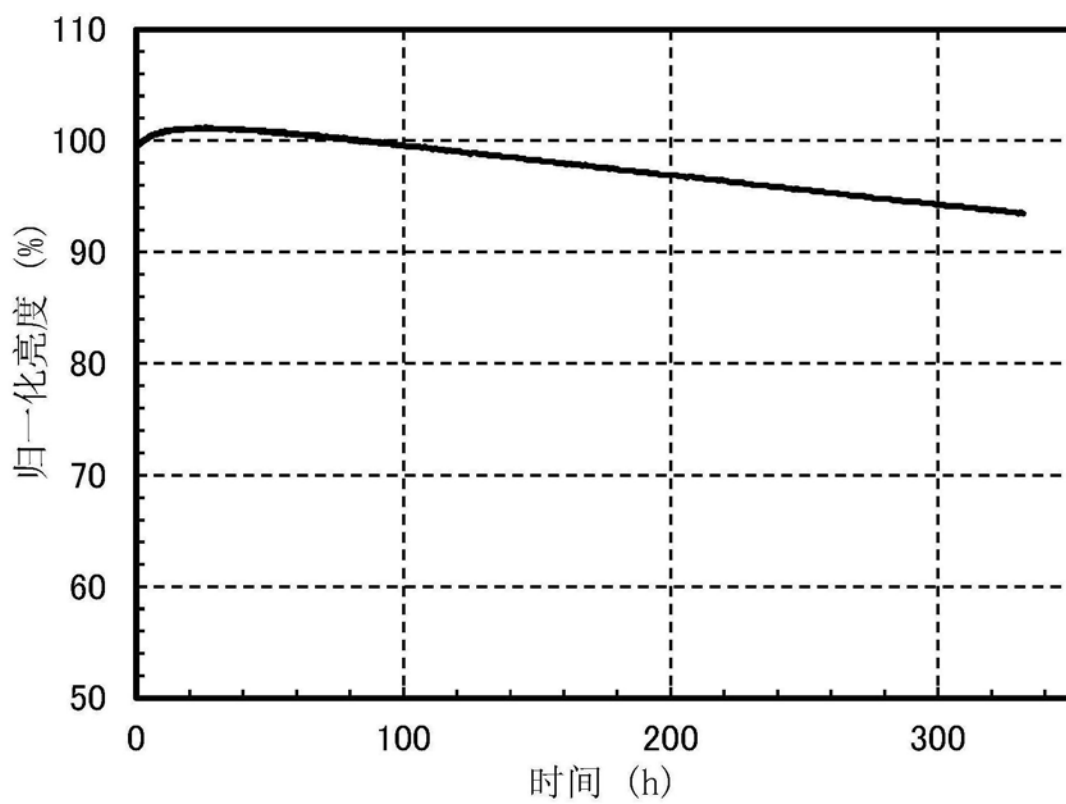


图36

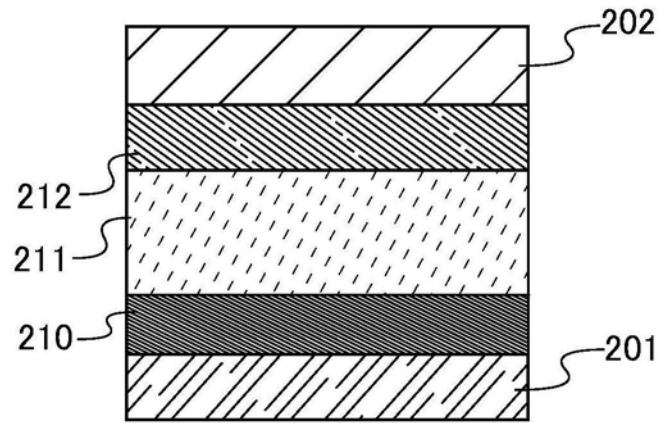


图37

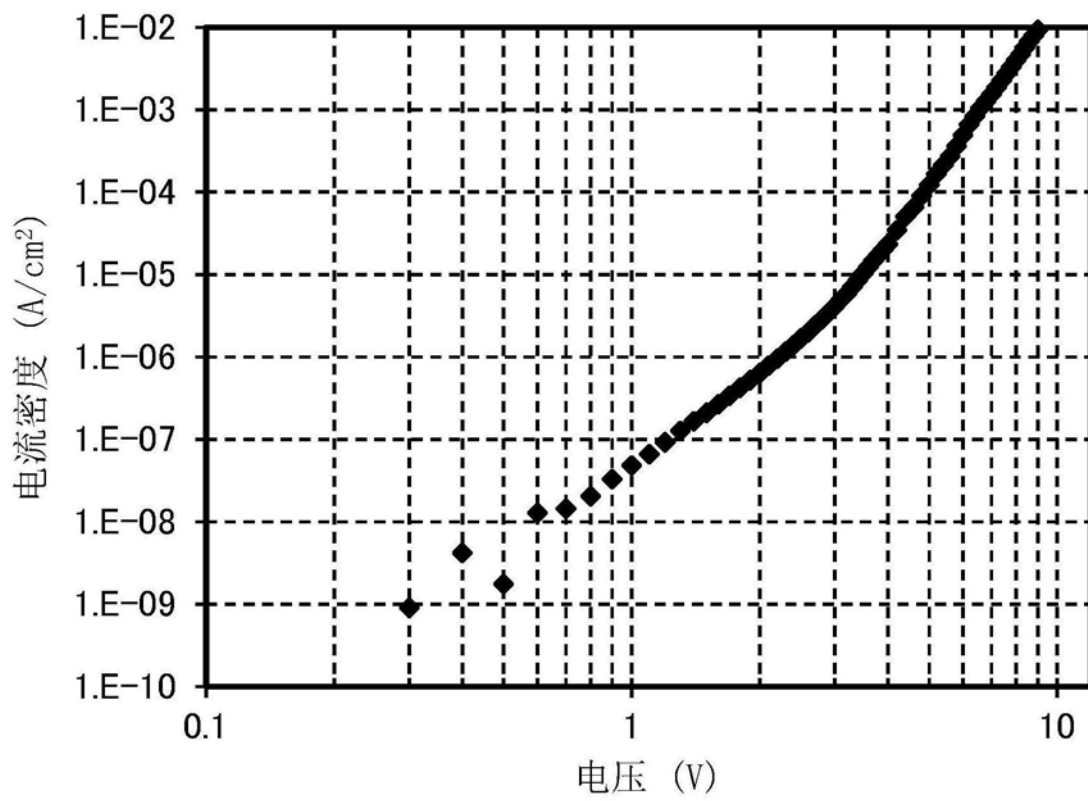


图38

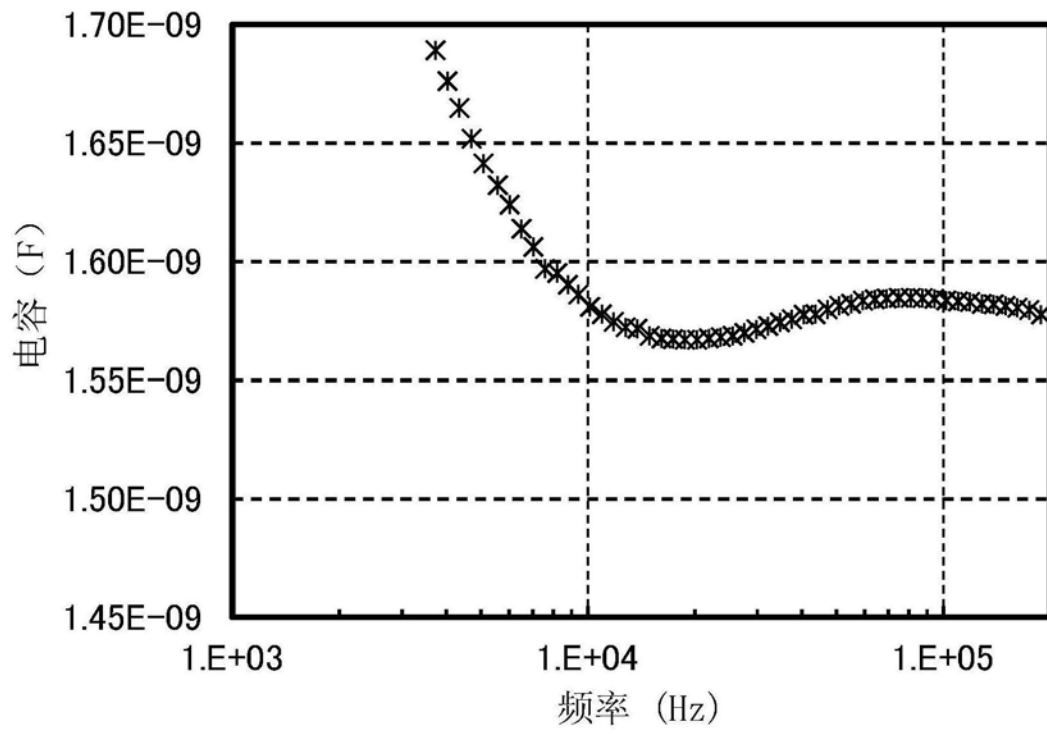


图39

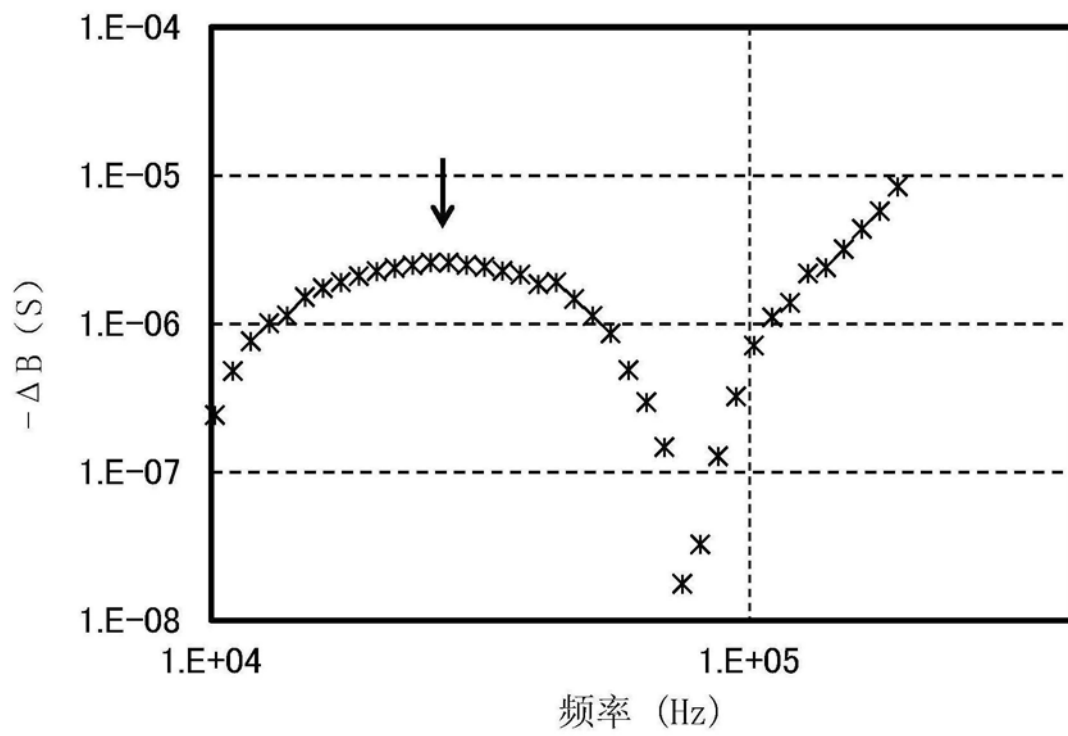


图40

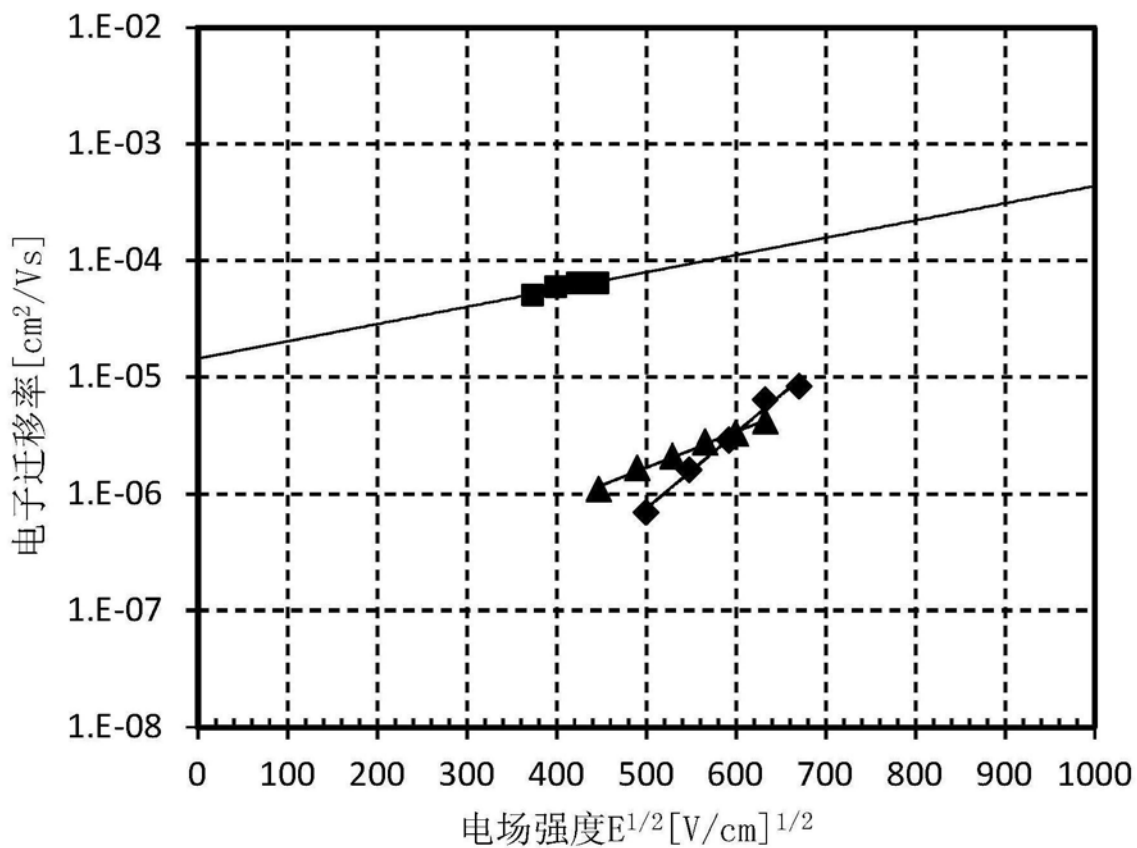


图41

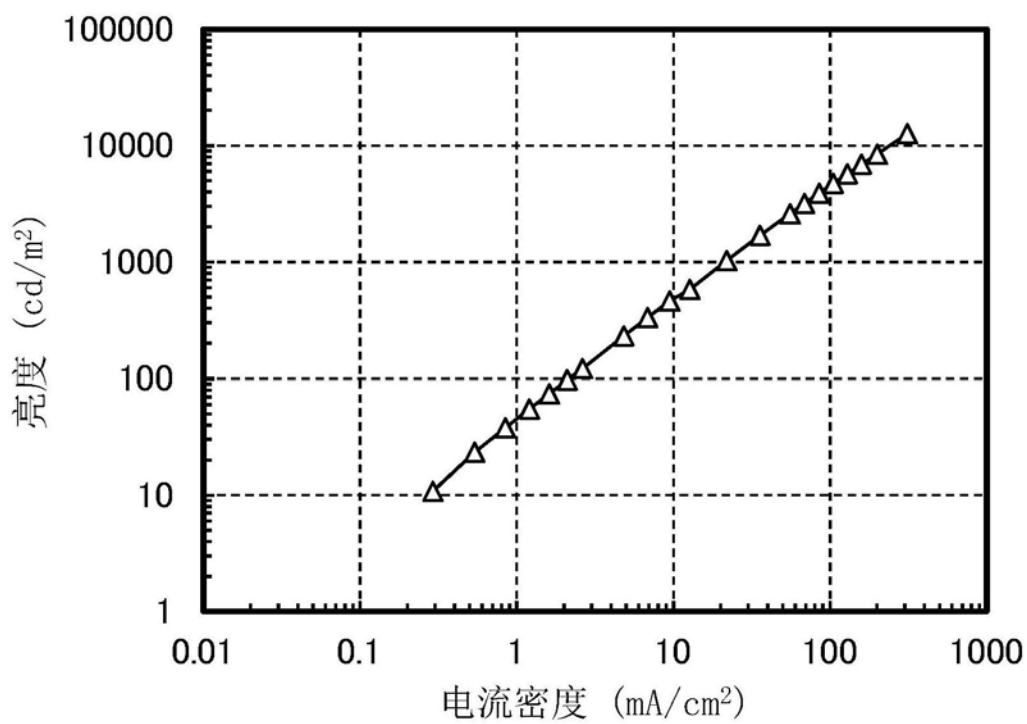


图42

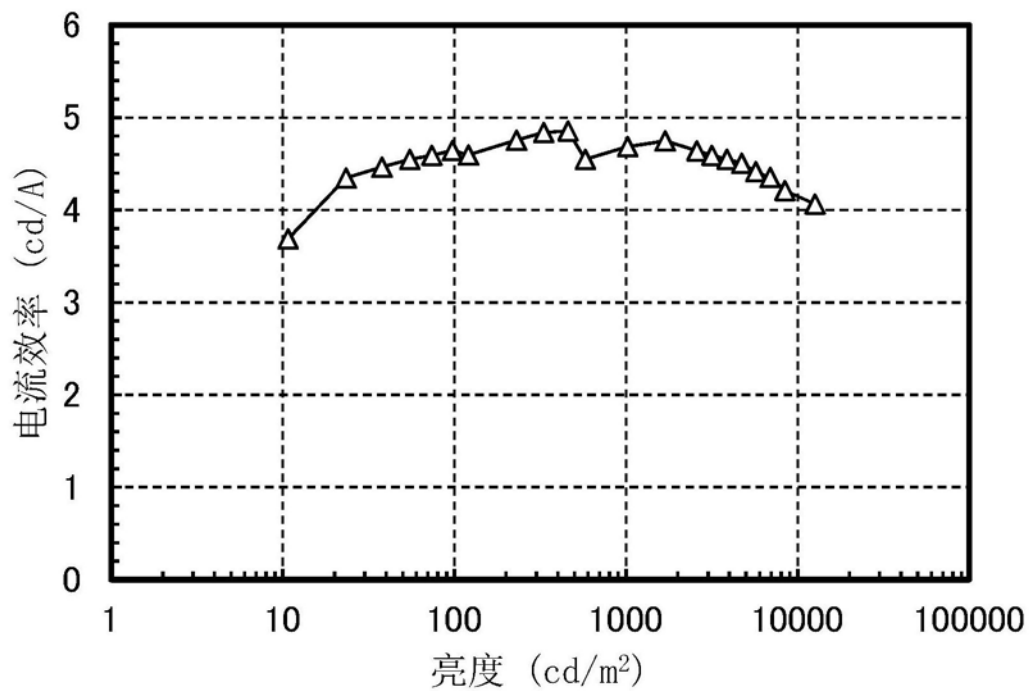


图43

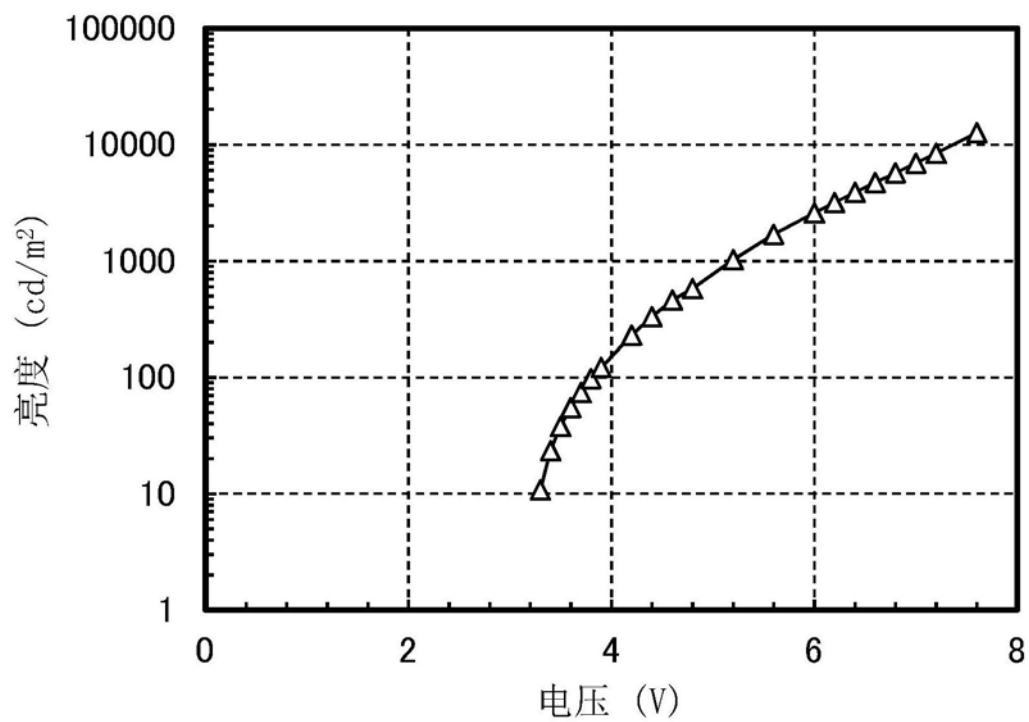


图44

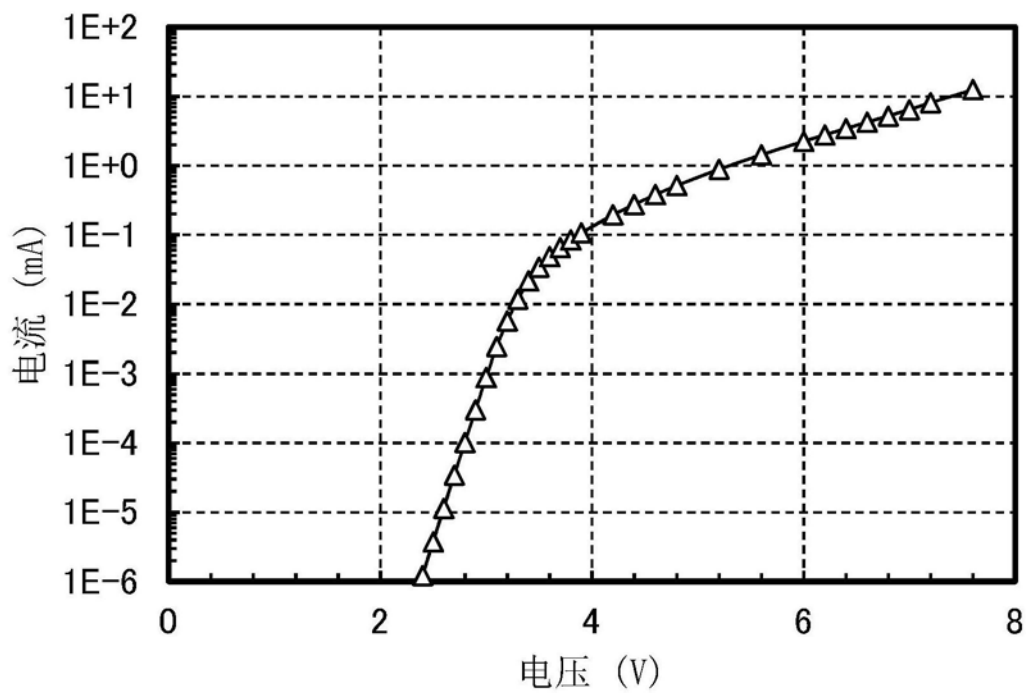


图45

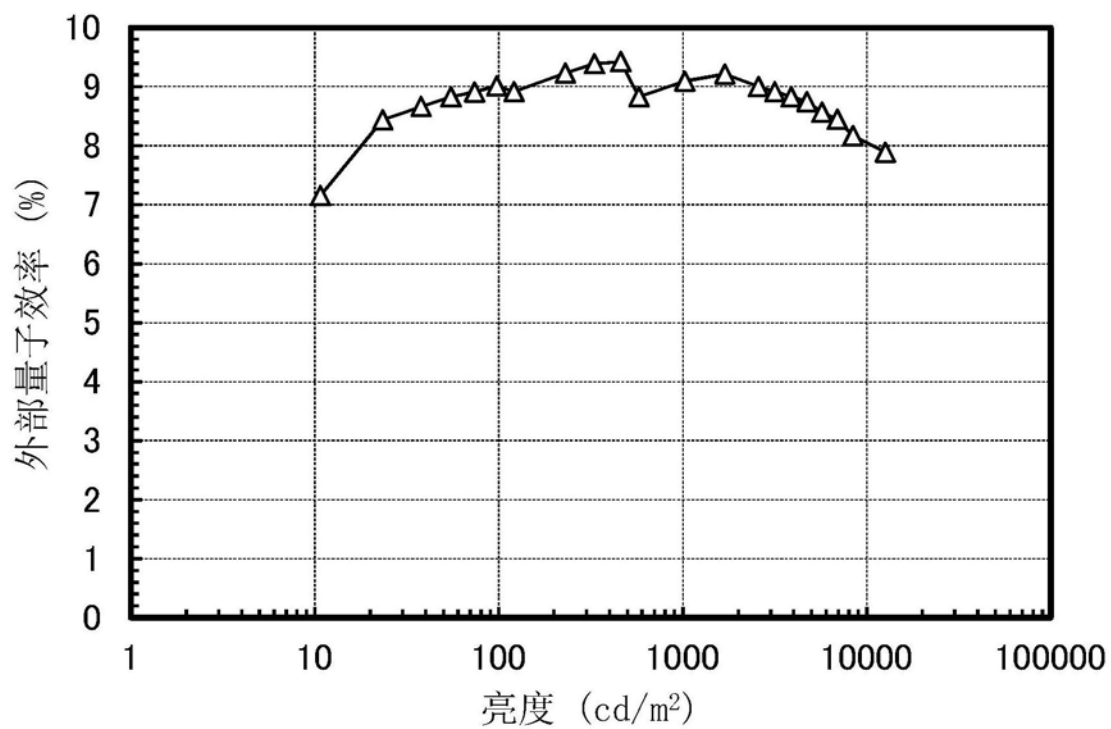


图46

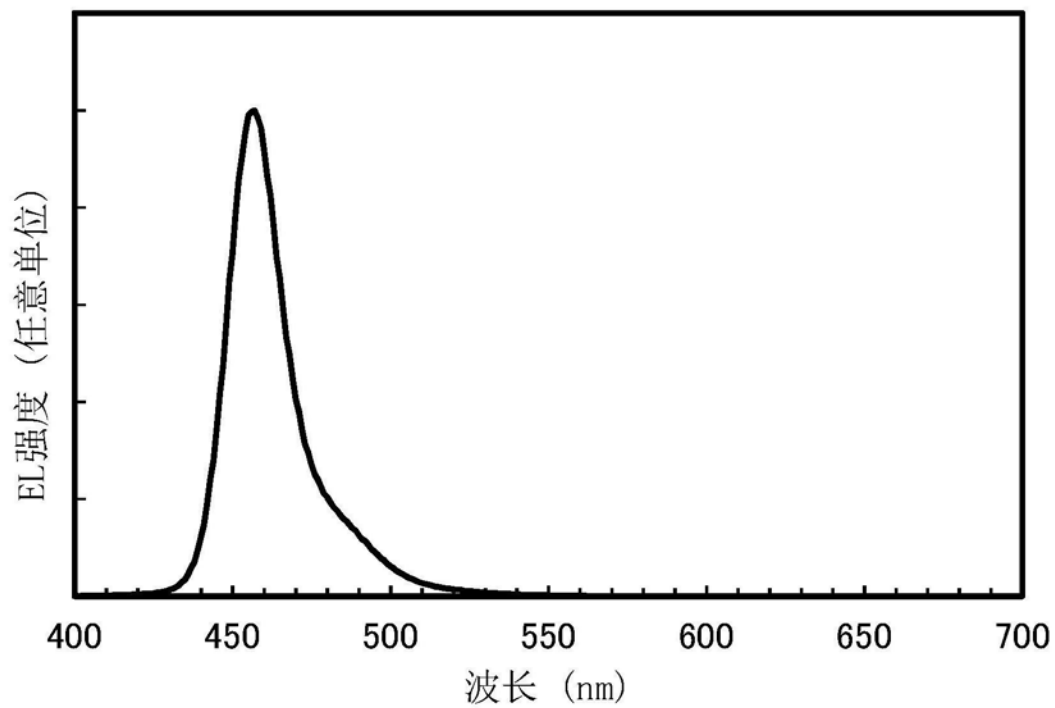


图47

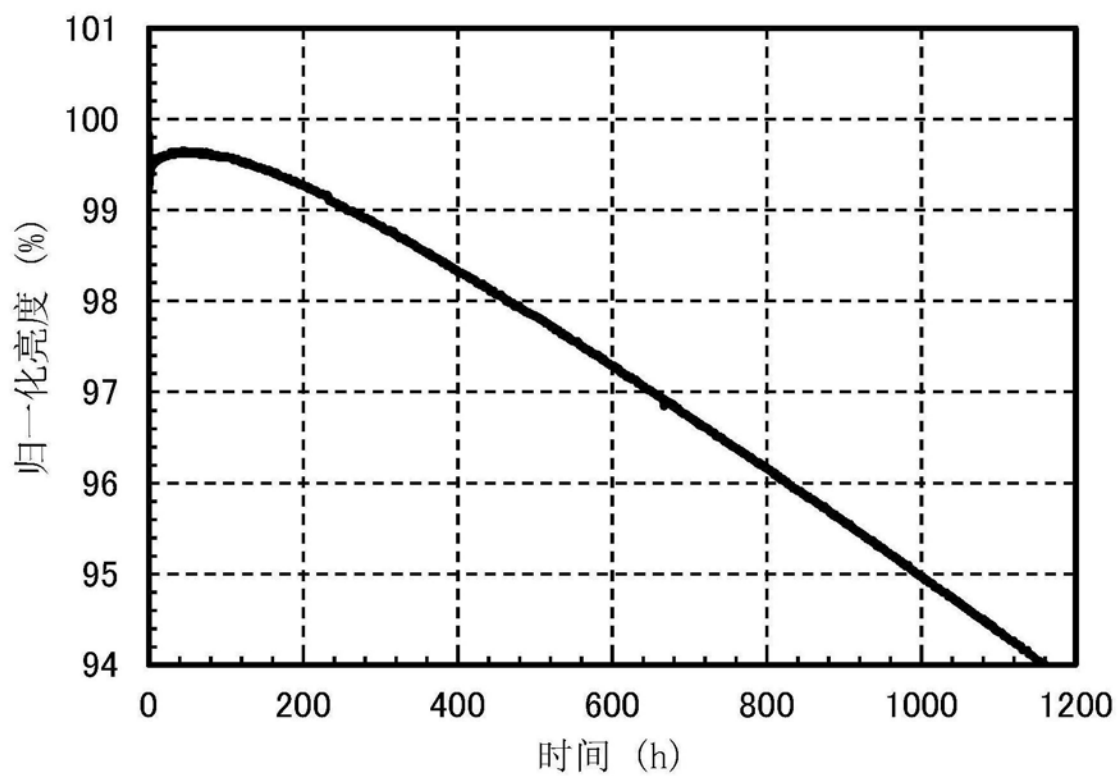


图48



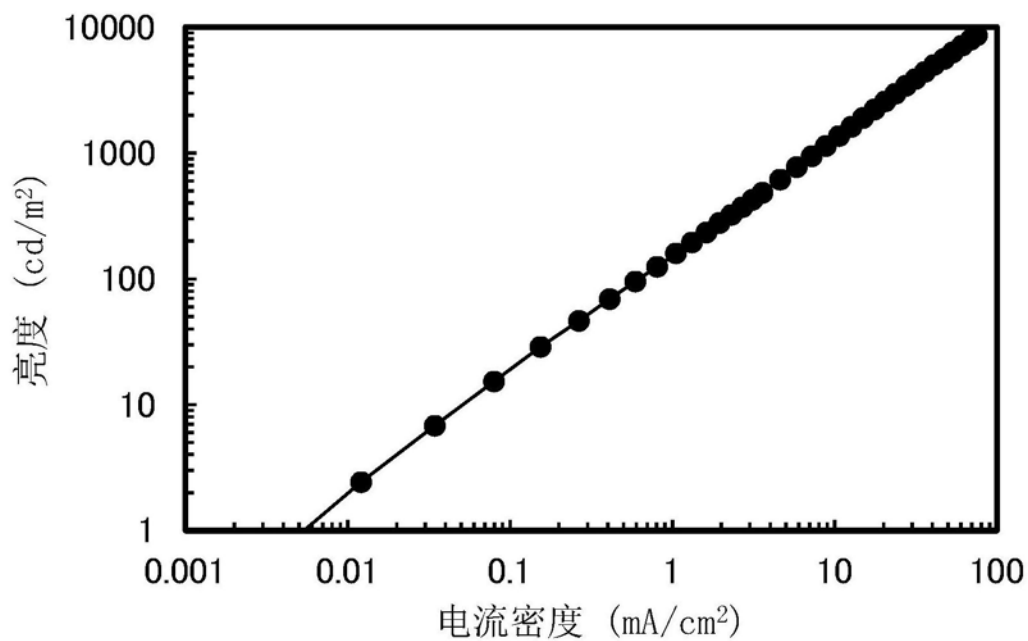


图49

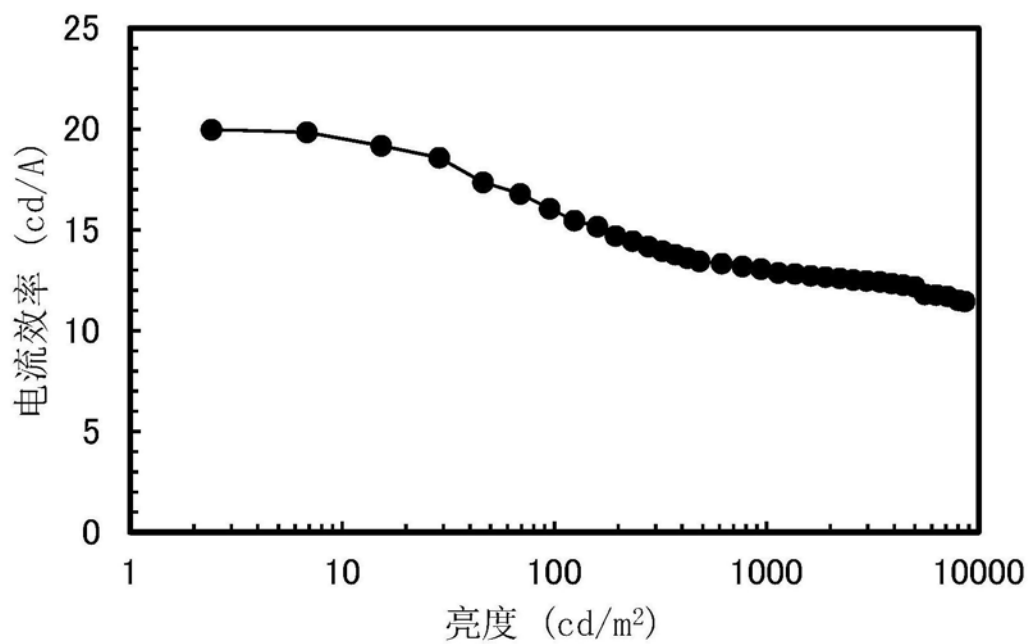


图50

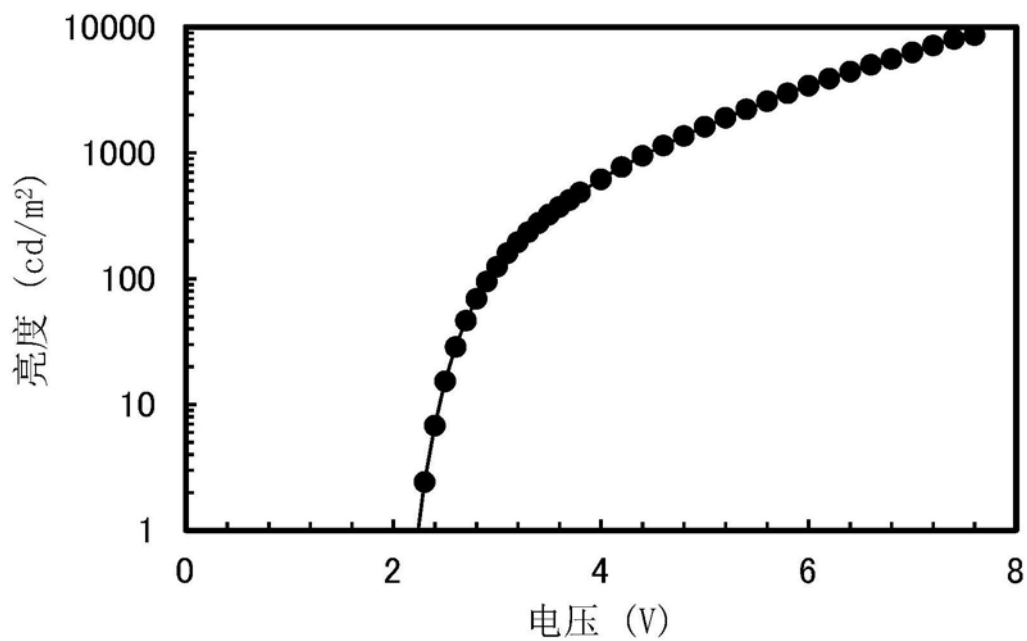


图51

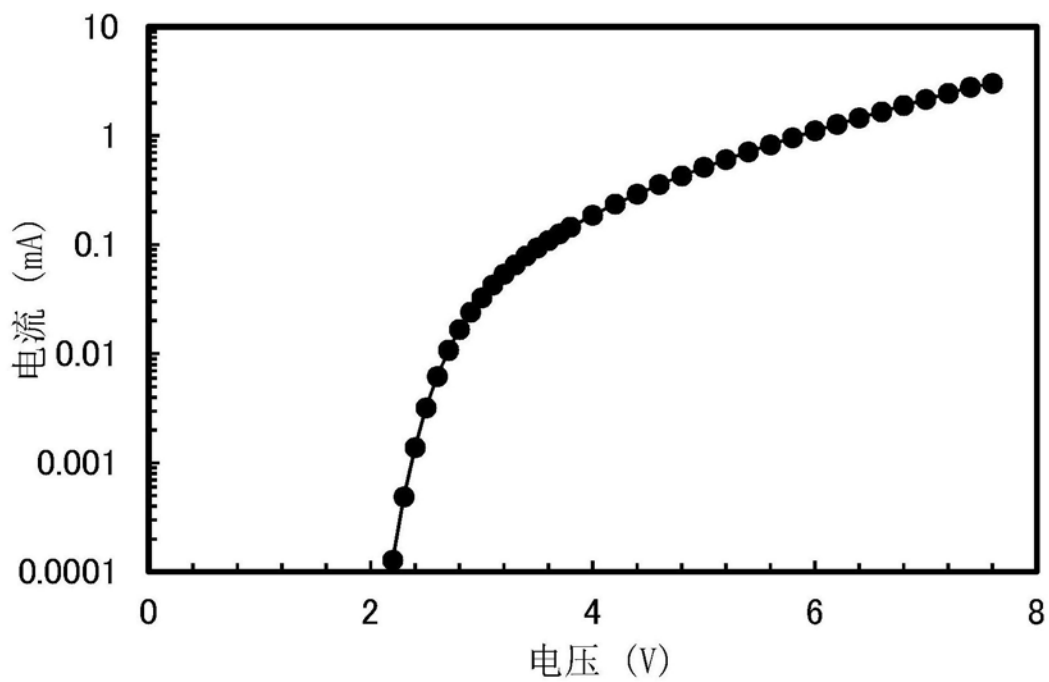


图52

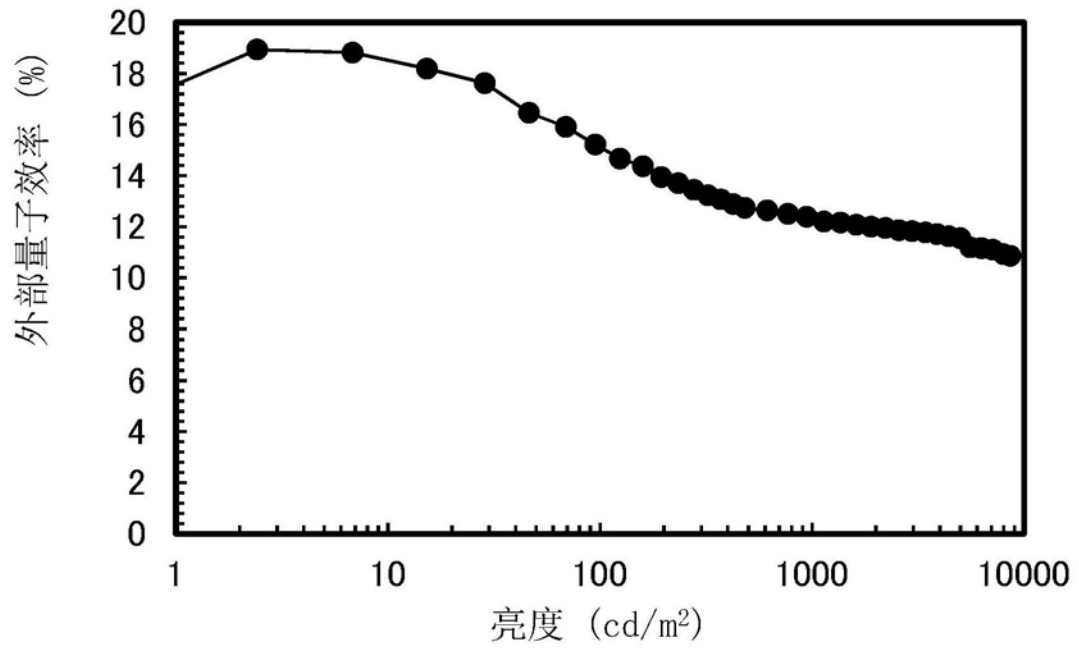


图53

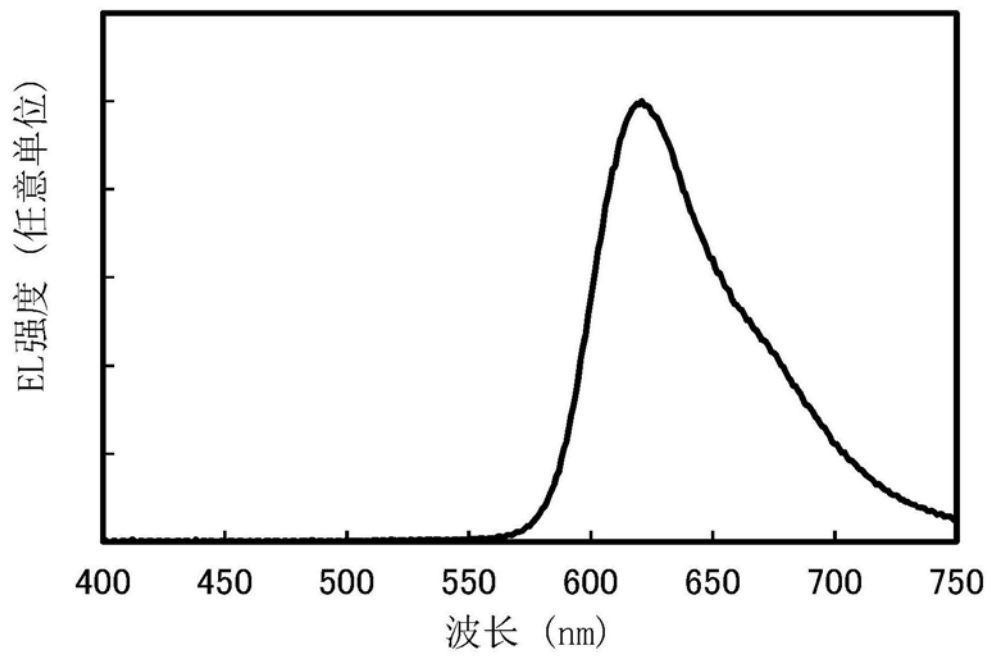


图54

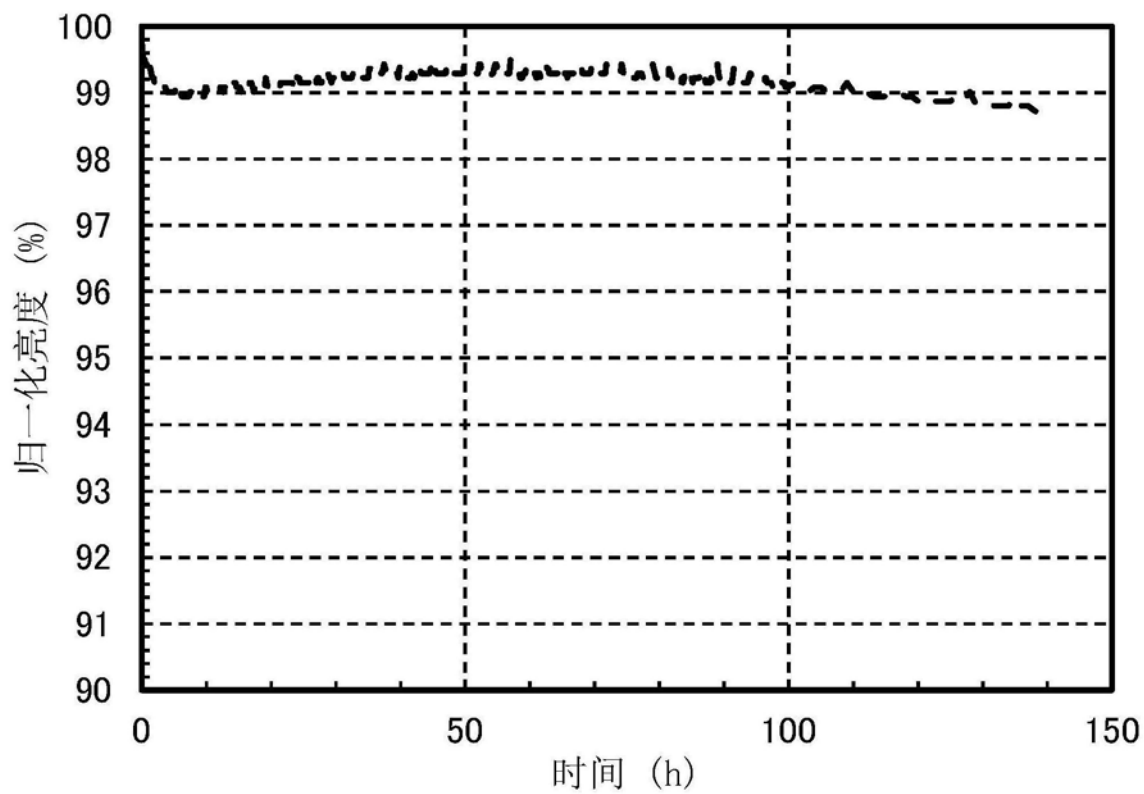


图55

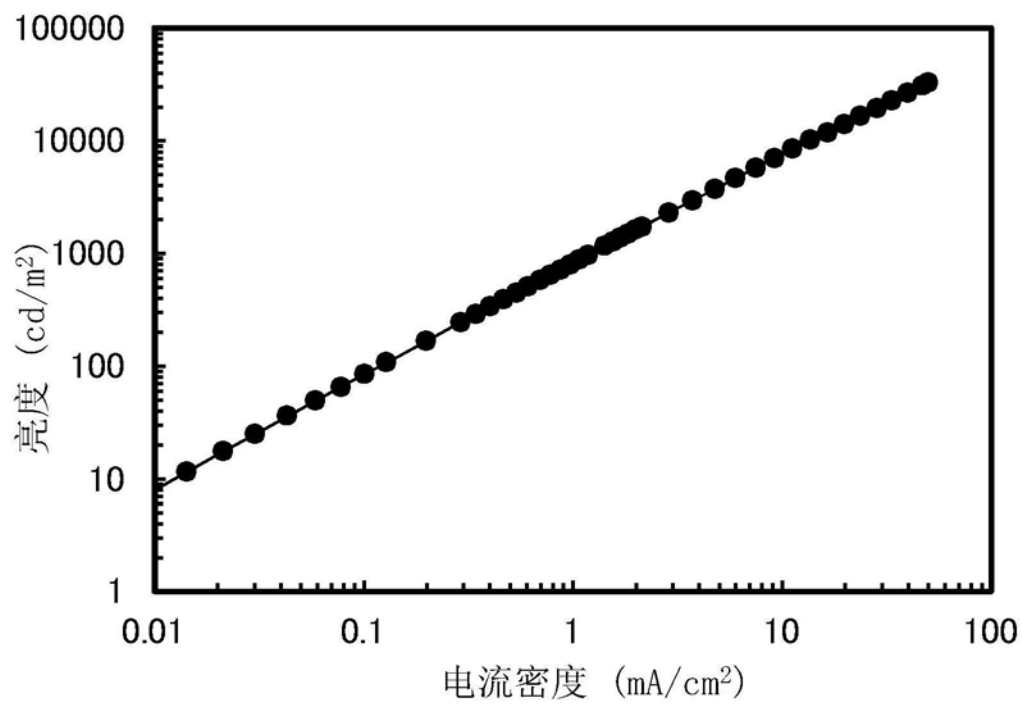


图56

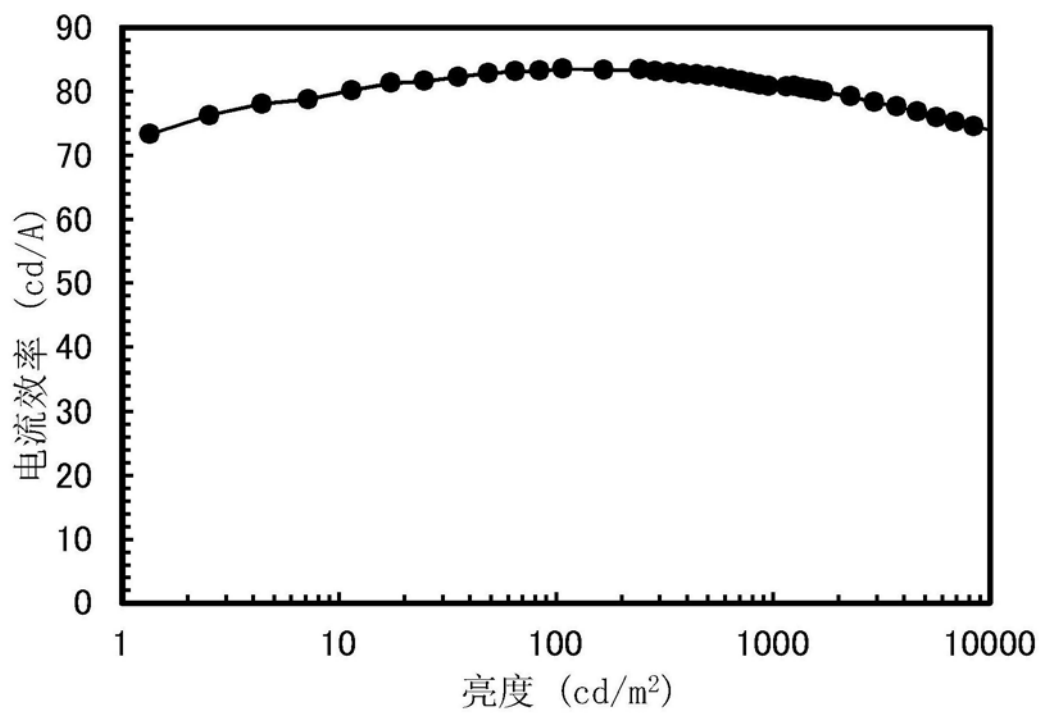


图57

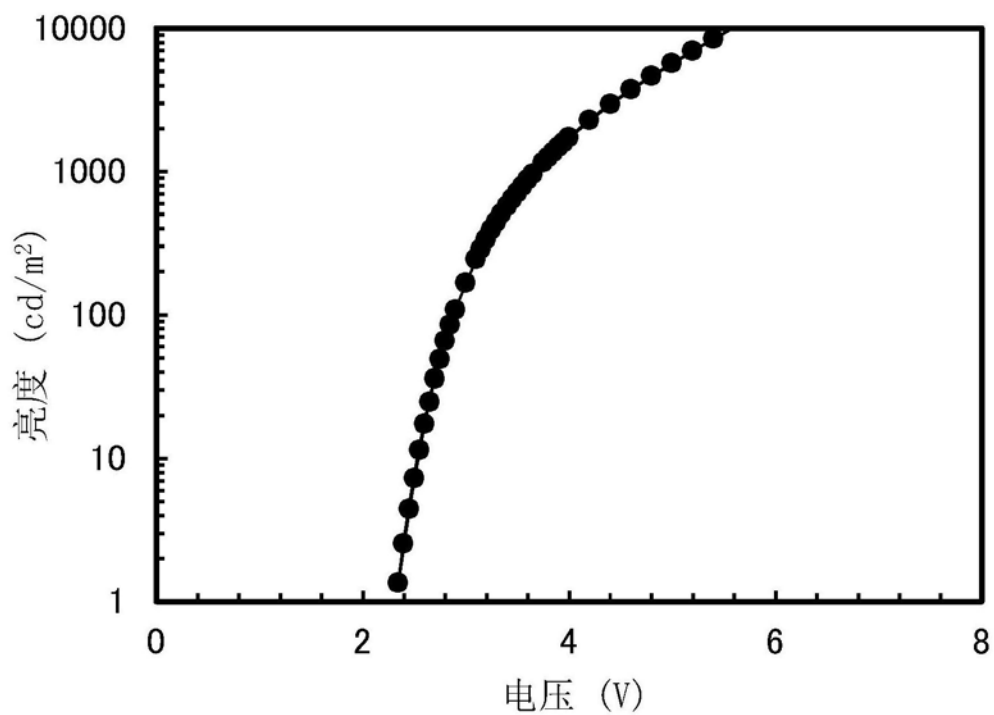


图58

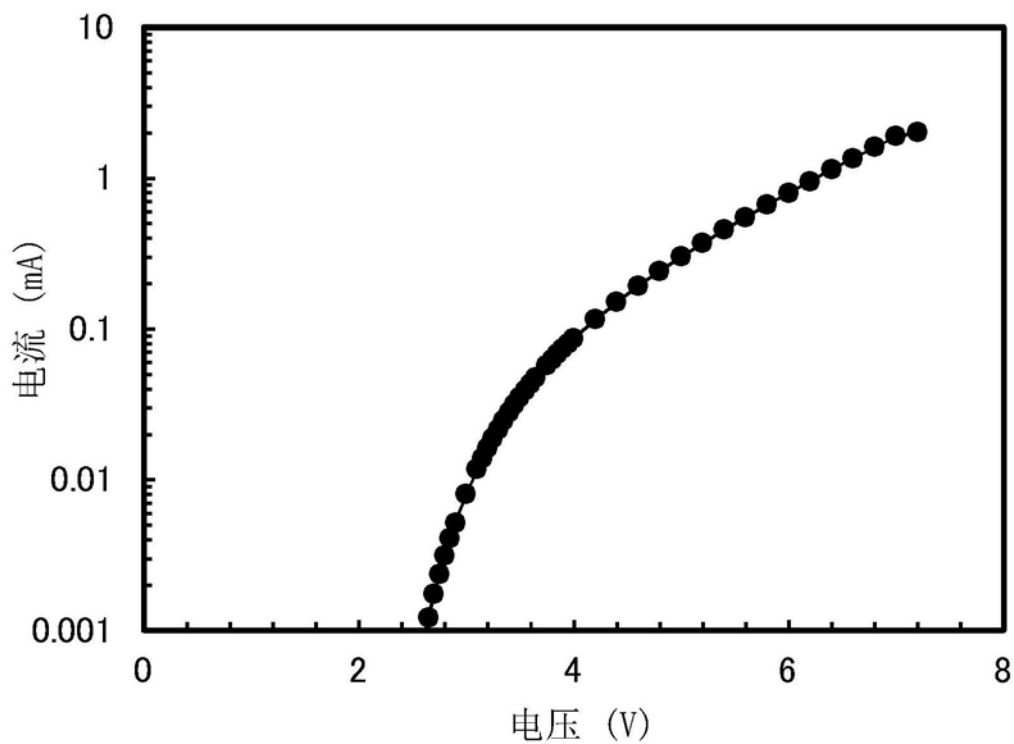


图59

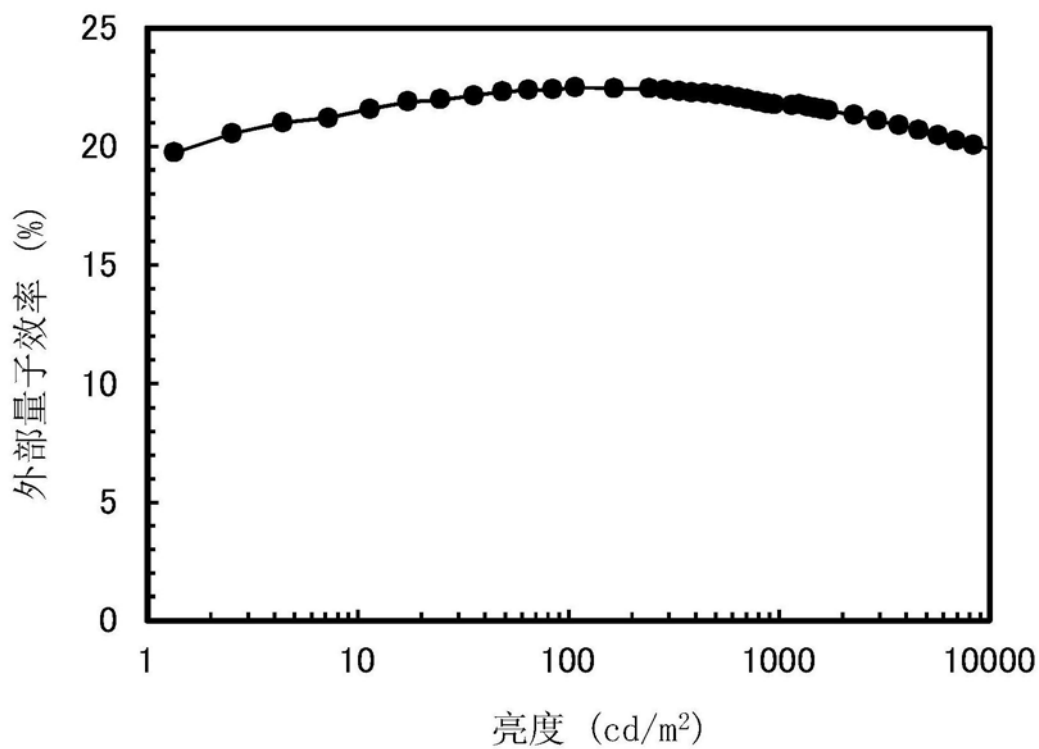


图60

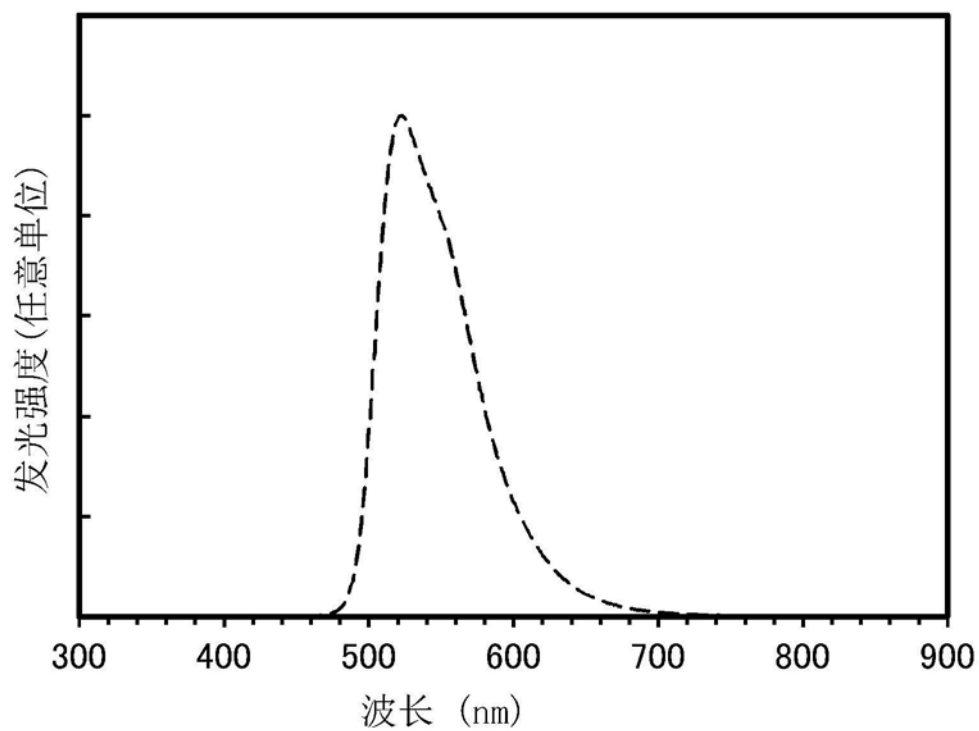


图61

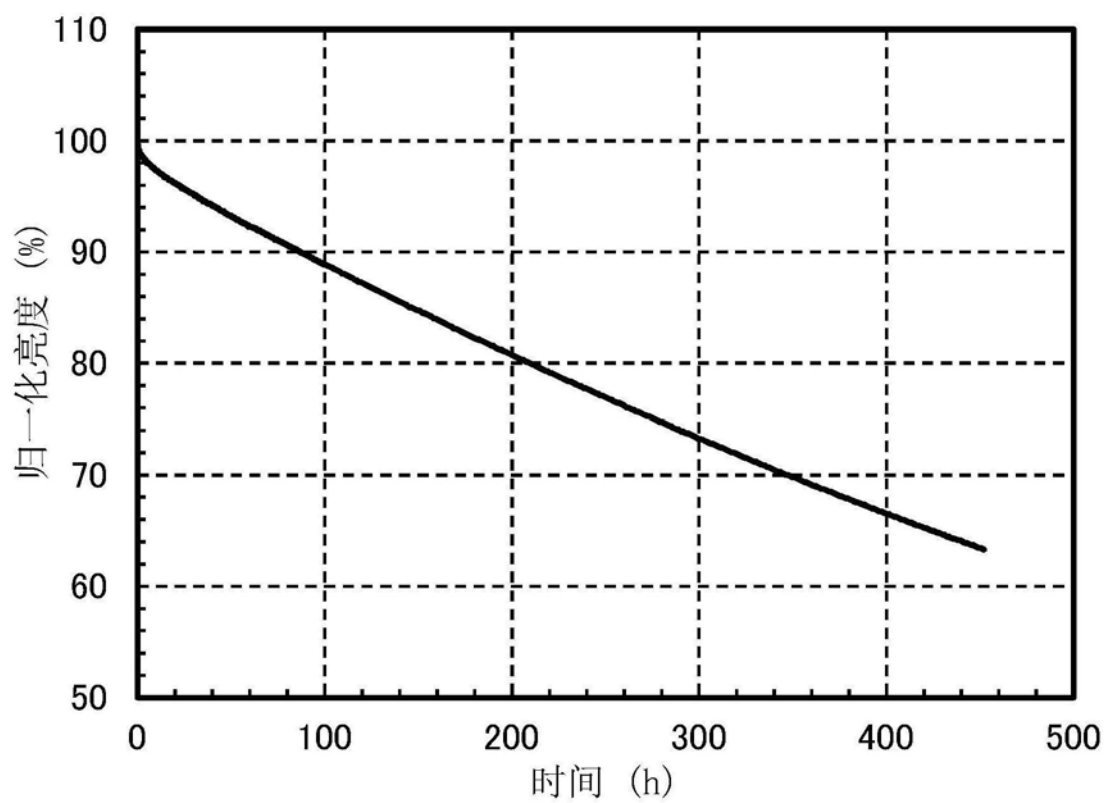


图62

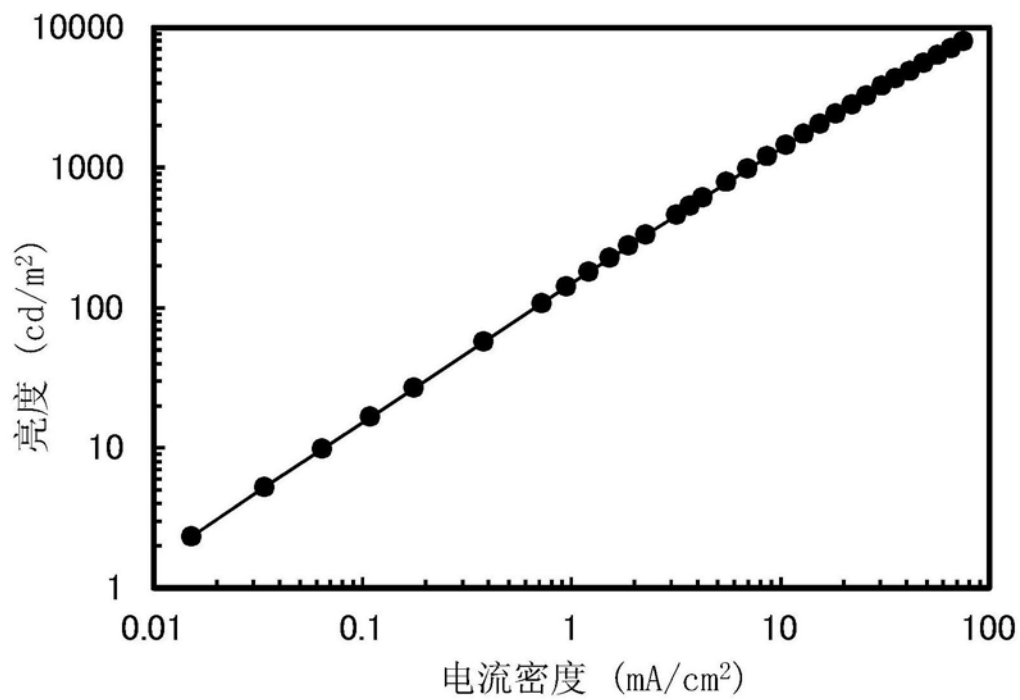


图63

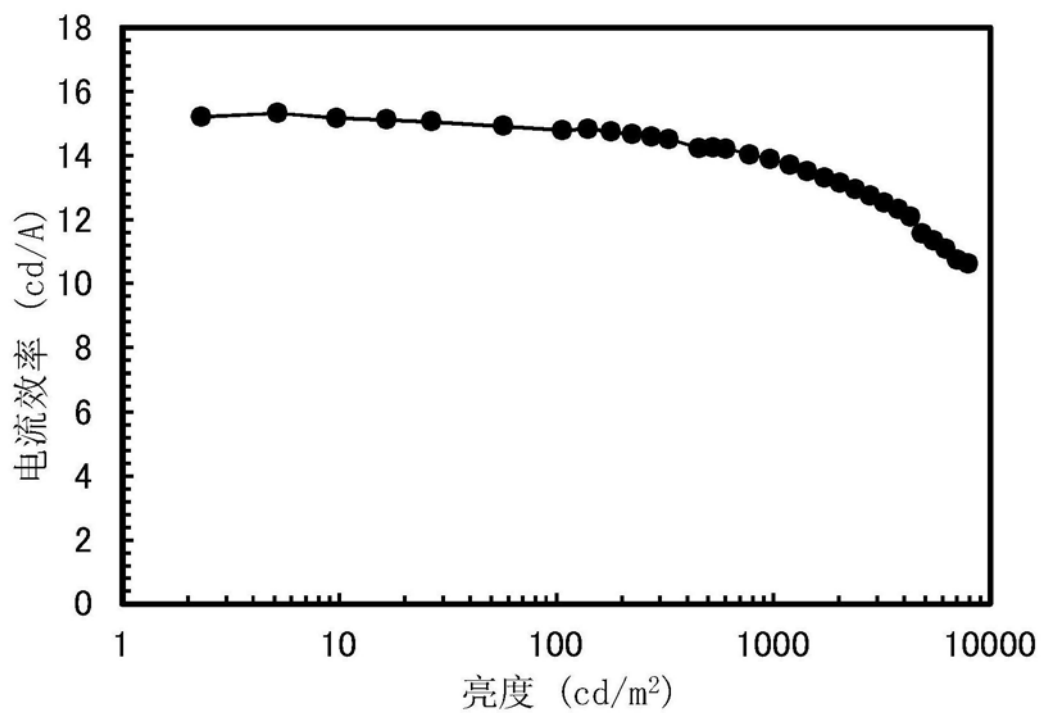


图64



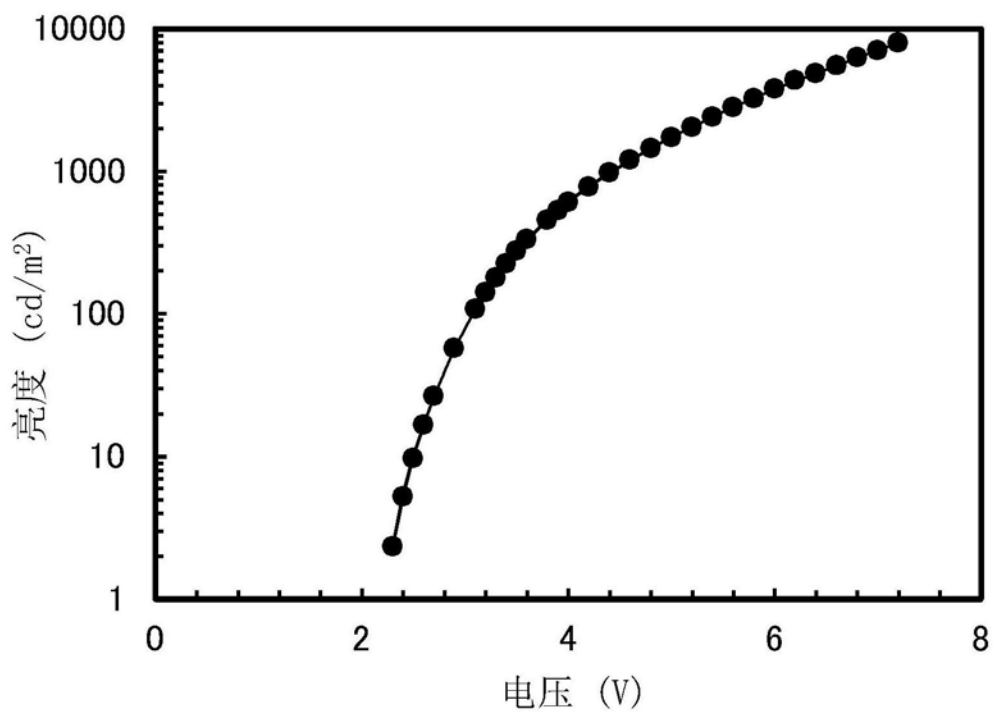


图65

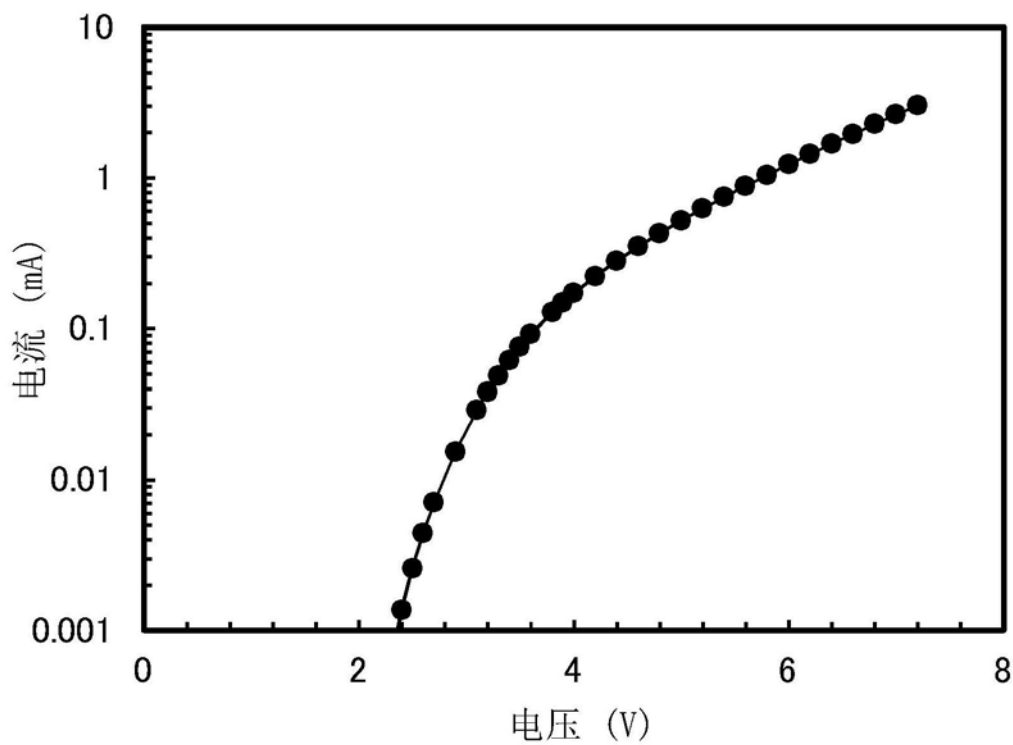


图66

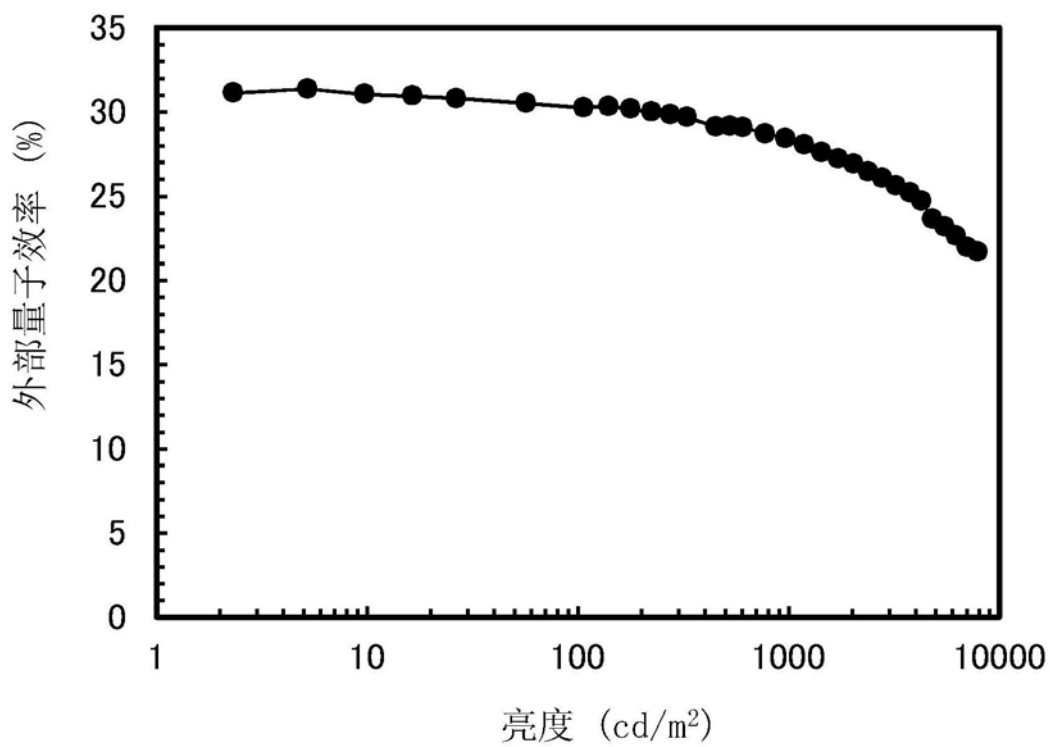


图67

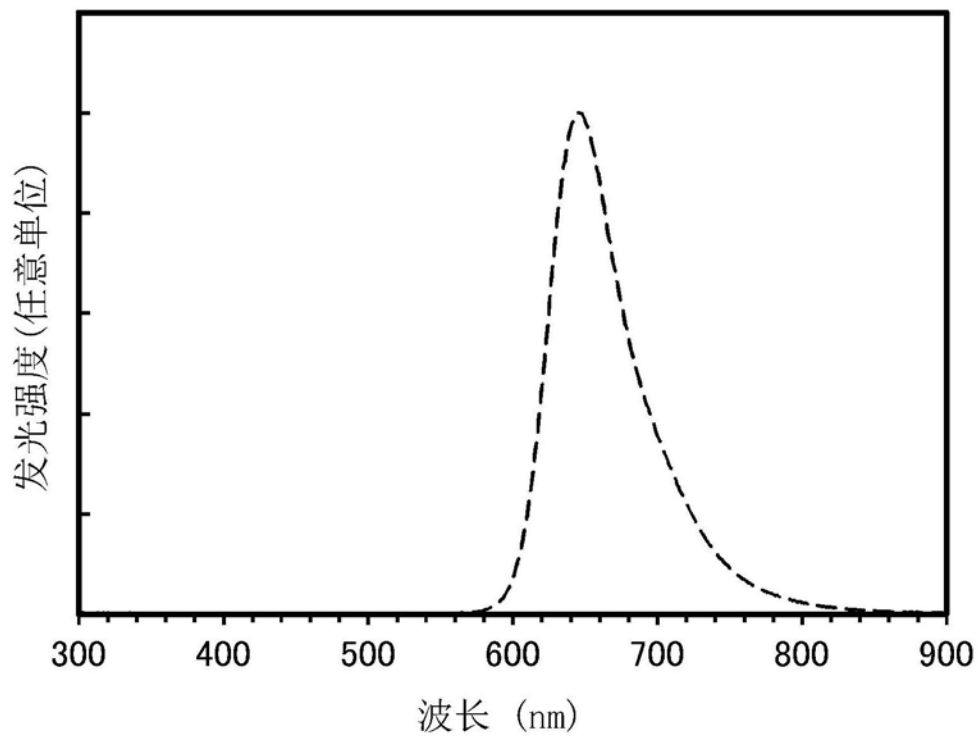


图68

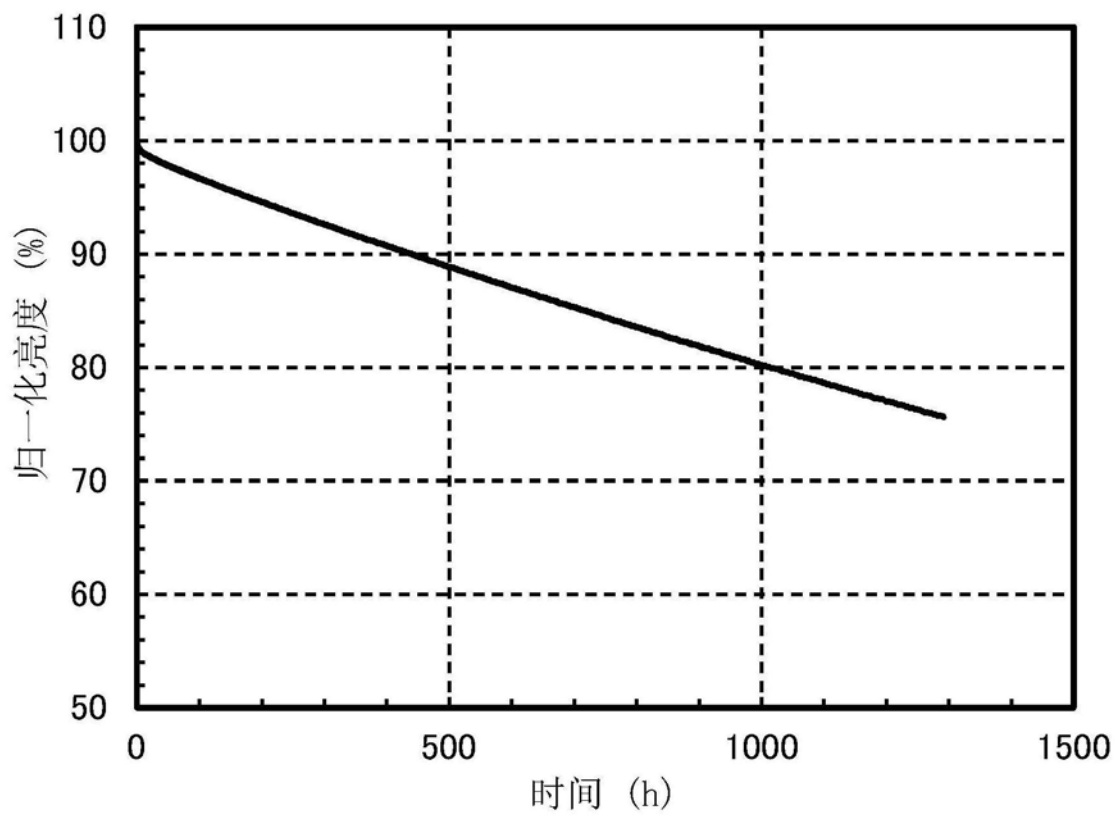


图69

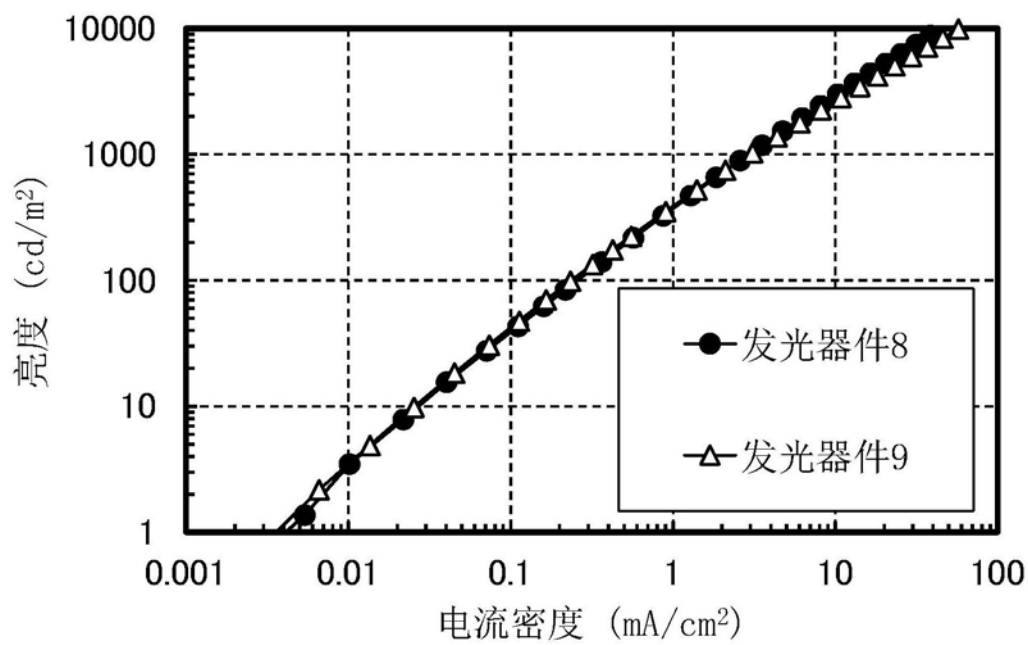


图70

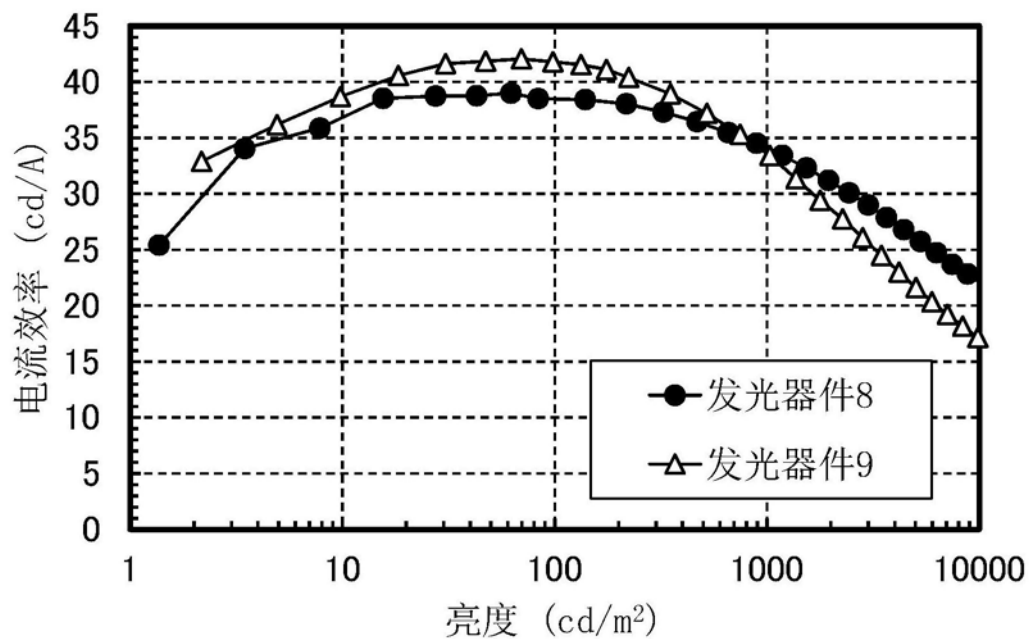


图71

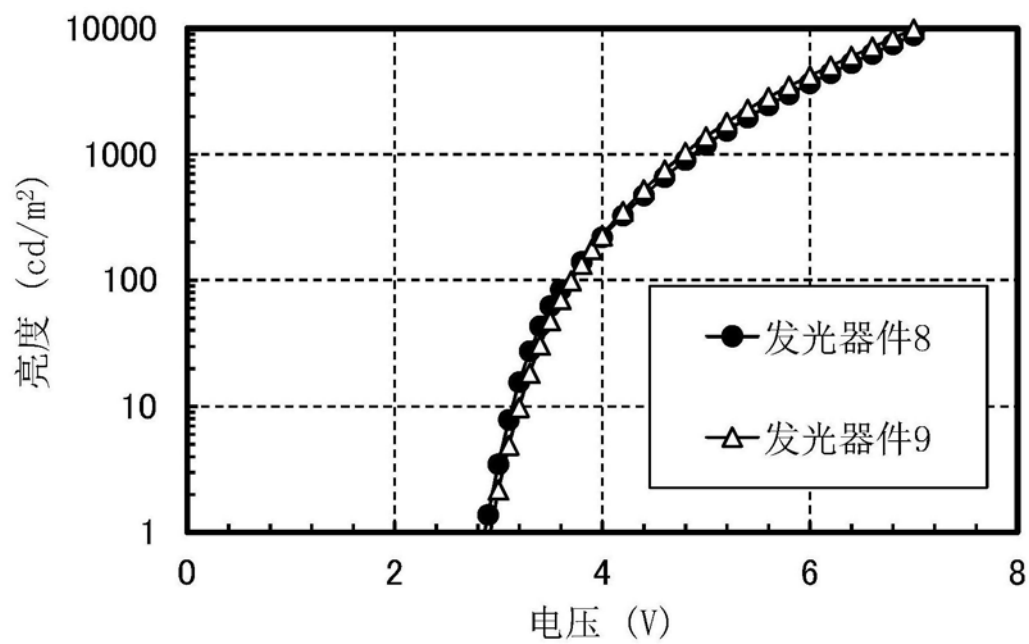


图72

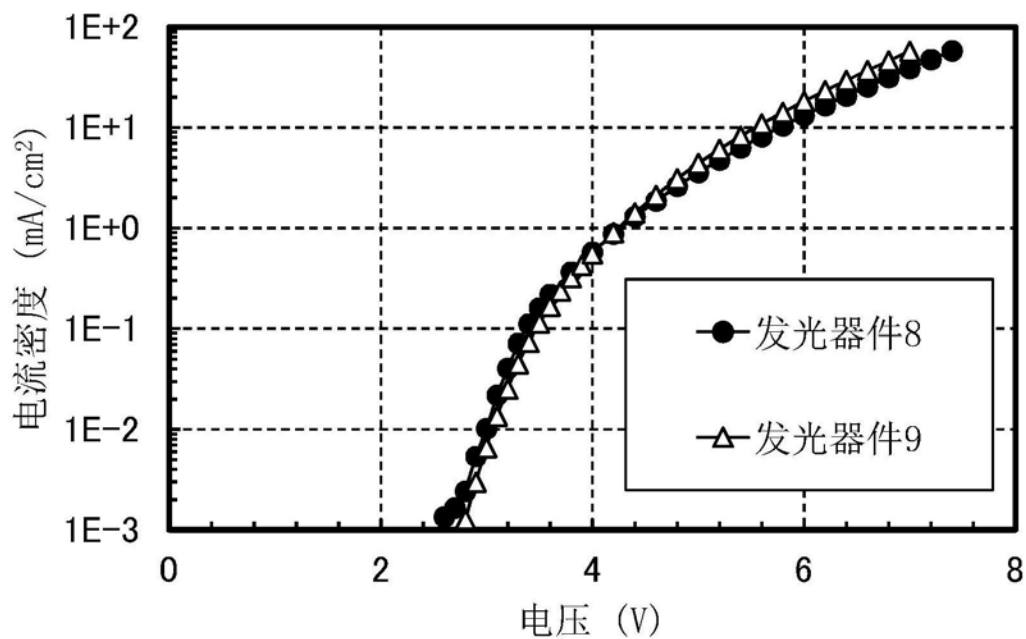


图73

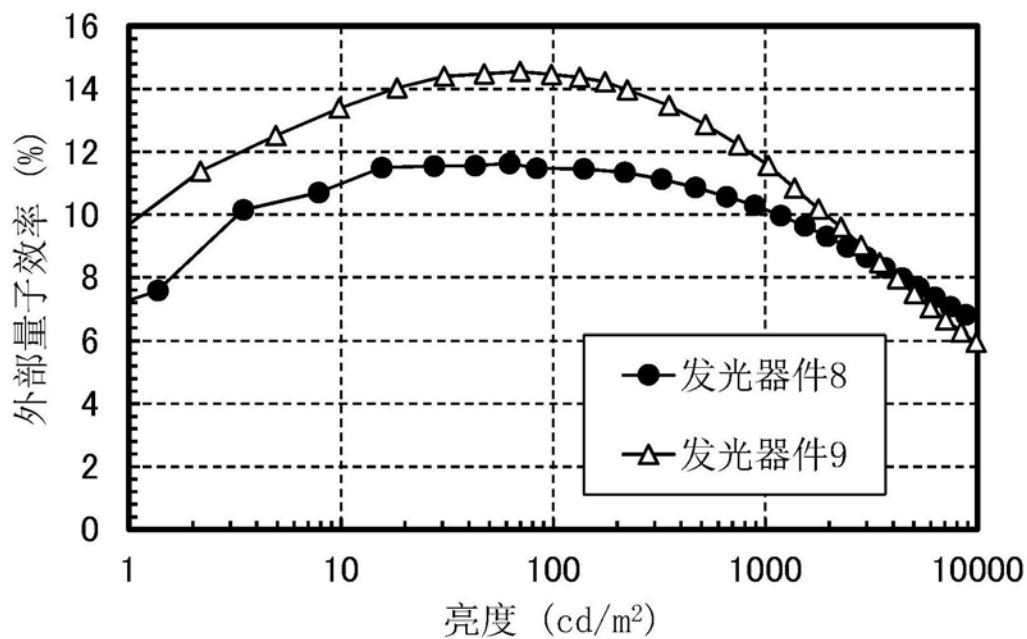


图74

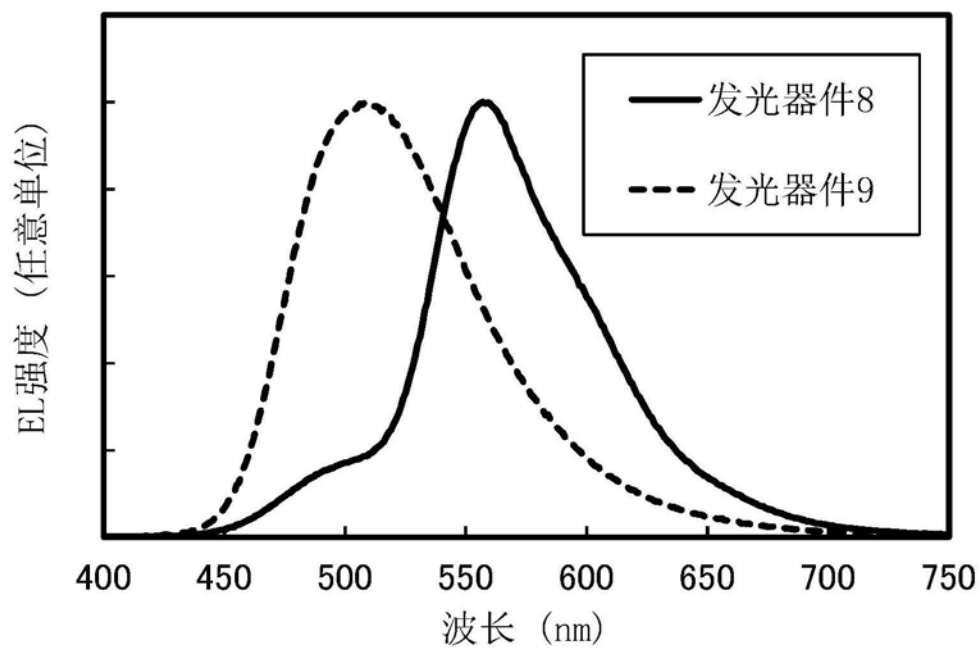


图75

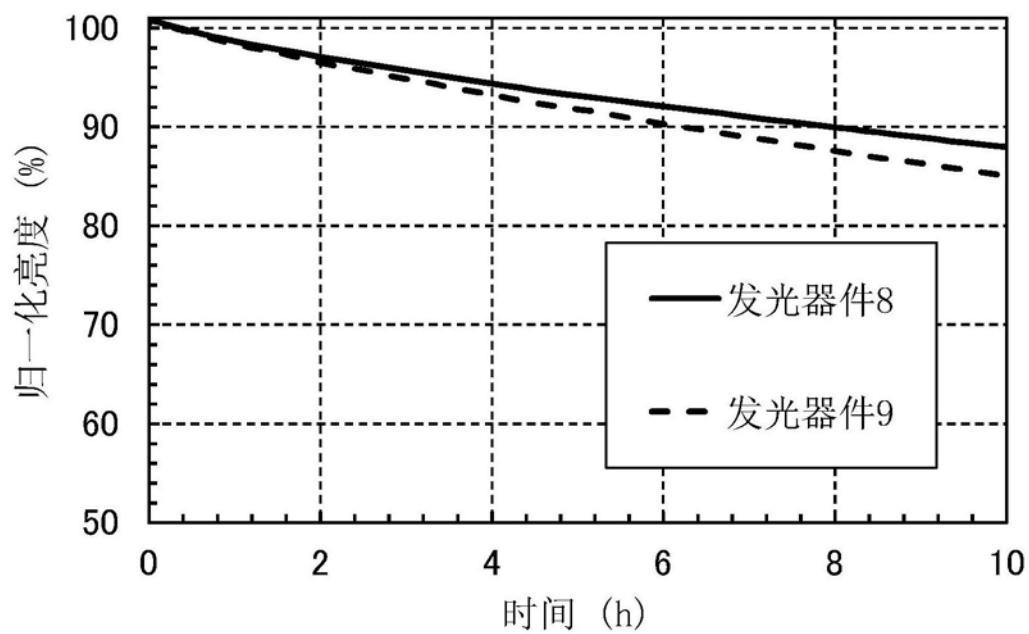


图76