



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102157705 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 30

(21) 申请号 201110026712. 7

(22) 申请日 2006. 07. 10

(30) 优先权数据

2005-200953 2005. 07. 08 JP

(62) 分案原申请数据

200610101499. 0 2006. 07. 10

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 濑尾哲史 小島久味

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 徐予红 卢江

(51) Int. Cl.

H01L 51/54(2006. 01)

H01L 51/50(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2005/031798 A2, 2005. 04. 07, 说明书第 2 页第 15 行 - 第 37 页第 16 行、图 2A-7.

WO 2005/031798 A2, 2005. 04. 07, 说明书第 2 页第 15 行 - 第 37 页第 16 行、图 2A-7.

CN 1447629 A, 2003. 10. 08, 说明书第 5 页第 22 行 - 第 47 页第 10 行、图 8-41.

审查员 张念国

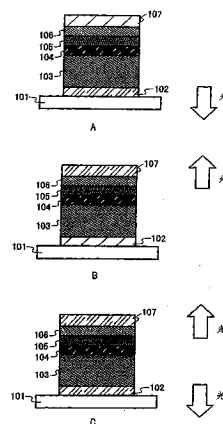
权利要求书2页 说明书46页 附图42页

(54) 发明名称

复合材料及其发光元件、发光装置和电子装置

(57) 摘要

本发明涉及复合材料及其发光元件、发光装置和电子装置。本发明涉及一种其中合成了有机化合物和无机化合物的电导率较佳的复合材料、一种在载流子注入特性上优于有机化合物的复合材料以及与金属具有低电阻的复合材料。此外,通过将所述复合材料应用于电流激励型发光元件,本发明提供一种在低驱动电压下工作的发光元件,并通过制造一种使用所述发光元件的发光装置来提供一种功率消耗低的发光装置。本发明提供了一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下相对于二甲基甲酰胺(DMF)中的二茂络铁的氧化-还原电势具有从0V至1.5V(相对于Fc/Fc+)范围的氧化峰电势,优选在0.1V至1.0V范围内(相对于Fc/Fc+)。



1. 一种复合材料,包括:

有机化合物,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺溶液中具有大于等于 4.8eV 小于等于 6.4eV 范围电离电势;以及

金属氧化物,

其中所述有机化合物选自 2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、蒽、并四苯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、戊省、六苯并苯和包括乙烯基团的芳香族烃。

2. 一种复合材料,包括:

有机化合物,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺溶液中具有大于等于 5.0eV 小于等于 6.0eV 范围电离电势;以及

金属氧化物,

其中所述有机化合物选自 2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、蒽、并四苯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、戊省、六苯并苯和包括乙烯基团的芳香族烃。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的复合材料,其中金属氧化物相对于有机化合物显示出接受电子特性。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的复合材料,其中金属氧化物为过渡金属氧化物或者属于周期表中 4 至 8 族的金属氧化物。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的复合材料,其中金属氧化物是从由氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铪构成的组中选择的一种或者多种。

6. 一种发光装置,包括:

位于衬底上的发光元件,所述发光元件包括:

位于一对电极之间的包括发光物质的层,

其中包括发光物质的层包含至少一个包括复合材料的层,

其中复合材料包括金属氧化物和有机化合物,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺溶液中具有大于等于 4.8eV 小于等于 6.4eV 范围电离电势,

其中所述有机化合物选自 2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、蒽、并四苯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、戊省、六苯并苯和包括乙烯基团的芳香族烃。

7. 一种发光装置,包括:

位于衬底上的发光元件,所述发光元件包括:

位于一对电极之间的包括发光物质的层,

其中包括发光物质的层包含至少一个包括复合材料的层,

其中复合材料包括金属氧化物和有机化合物,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺溶液中具有大于等于 5.0eV 小于等于 6.0eV 范围电离电势,

其中所述有机化合物选自 2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、蒽、并四苯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、戊省、六苯并苯和包括乙烯基团的芳香族烃。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的发光装置,其中至少一个包括复合材料的层设置成与该对电极中用作阳极的电极或者用作阴极的电极相接触。

9. 如权利要求 6 或 7 所述的发光装置,其中至少一个包括复合材料的层设置成分别与该对电极相接触。

10. 一种发光装置,包括:

位于衬底上的发光元件,所述发光元件包括:  
在一对电极之间堆叠的多个发光单元,  
其中多个发光单元至少包括第一发光单元和第二发光单元,  
其中第一发光单元包括第一发光物质和至少一个包含第一复合材料的层,  
其中第二发光单元包括第二发光物质和至少一个包含第二复合材料的层,  
其中第一复合材料和第二复合材料的每一个包括金属氧化物和有机化合物,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺溶液中具有大于等于 4.8eV 小于等于 6.4eV 范围的电离电势,

其中所述有机化合物选自 2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、蒽、并四苯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、戊省、六苯并苯和包括乙烯基团的芳香族烃。

11. 一种发光装置,包括:

位于衬底上的发光元件,所述发光元件包括:  
在一对电极之间堆叠的多个发光单元,  
其中多个发光单元至少包括第一发光单元和第二发光单元,  
其中第一发光单元包括第一发光物质和至少一个包含第一复合材料的层,  
其中第二发光单元包括第二发光物质和至少一个包含第二复合材料的层,  
其中第一复合材料和第二复合材料的每一个包括金属氧化物和有机化合物,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺溶液中具有大于等于 5.0eV 小于等于 6.0eV 范围的电离电势,

其中所述有机化合物选自 2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽(t-BuDNA)、蒽、并四苯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯、戊省、六苯并苯和包括乙烯基团的芳香族烃。

12. 如权利要求 10 或 11 所述的发光装置,还包括:

至少在第一发光单元和第二发光单元之间形成的电荷产生层。

13. 如权利要求 12 所述的发光装置,其中电荷产生层包括第三复合材料。

14. 如权利要求 6、7、10 和 11 中任一项所述的发光装置,其中金属氧化物相对于有机化合物显示出接受电子特性。

15. 如权利要求 6、7、10 和 11 中任一项所述的发光装置,其中金属氧化物为过渡金属氧化物或者属于周期表中 4 至 8 族的金属氧化物。

16. 如权利要求 6、7、10 和 11 中任一项所述的发光装置,其中金属氧化物是从由氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镧构成的组中选择的一种或者多种。

17. 如权利要求 6、7、10 和 11 中任一项所述的发光装置,其中至少一个包含第一复合材料的层设置成与该对电极中用作阳极的电极或者用作阴极的电极相接触。

18. 如权利要求 6、7、10 和 11 中任一项所述的发光装置,其中所述发光装置还包括用于控制发光元件的光发射的控制装置。

19. 如权利要求 6、7、10 和 11 中任一项所述的发光装置,其中所述发光装置包括在从由摄像机、数码相机、护目镜型显示器、导航系统、语音再现装置、计算机、游戏机、移动计算机、移动电话、便携式游戏机、电子书、配备有记录媒体的图像再现装置构成的组中所选择的电子装置中。

## 复合材料及其发光元件、发光装置和电子装置

[0001] 本申请是申请日为 2006 年 7 月 10 日、申请号为 200610101499.0、发明名称为“复合材料及其发光元件、发光装置和电子装置”的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种复合材料,在该复合材料中合成了有机化合物和无机化合物,该复合材料在注入载流子特性和载流子传输特性上优于有机化合物。此外,本发明涉及使用该复合材料的电流激励型发光元件。另外,本发明涉及具有该发光元件的发光装置和电子装置。

### 背景技术

[0003] 近年来,已经在积极地研究和开发使用具有发光属性的有机化合物的发光元件。这些发光元件基本上具有这样的结构,其中包括了具有发光属性的有机化合物的层插入在一对电极之间。通过对该元件施加电压,将电子和空穴从所述一对电极注入至包括了具有发光属性的有机化合物的层,以馈送电流。然后,载流子(电子和空穴)复合,因此通过具有发光属性的有机化合物形成了激发态。当激发态返回至基态时发出光。根据这样的机制,这种发光元件被称作电流激励型发光元件。

[0004] 作为通过有机化合物形成的激发态类型,可以给出单重激发态和三重激发态。从单重激发态发出的光被称为荧光,而从三重激发态发出的光被成为磷光。

[0005] 这种发光元件的巨大优势在于,这种发光元件可以制造得薄且重量轻,这是由于发光元件是由有机薄膜制成,例如,厚度接近 0.1 微米。此外,另一个优势是极高的响应速度,这是由于载流子注入和光发射之间的时间接近 1 微秒或者更小。这些特性被认为适合于平板显示装置。

[0006] 这种发光元件形成为薄膜形状。因此,可以通过形成大面积元件容易得到表面发射。而通过以白炽灯或者 LED 为代表的点光源或者以荧光灯为代表的线光源很难得到这种特性。因此,作为能够应用于照明等的表面光源,上述发光元件还具有较高的使用价值。

[0007] 同时,在近年来迅速发展的各种信息处理装置中包括的显示装置中,尤其要求降低功率消耗,并且已经试图降低发光元件的驱动电压以得到低功率消耗。此外,从商业化考虑,不但驱动电压的降低很重要,而且发光元件寿命的延长也很重要。因此,已经进行了实现寿命延长的发光元件的开发。

[0008] 例如,在专利文件 1 中,(专利文件 1:日本专利公开 No. H9-63771),通过使用具有高功函数的金属氧化物诸如氧化钼形成阳极来实现发光元件的驱动电压的降低。此外,同样得到了寿命长的有利效果。

[0009] 然而,为了延长寿命,专利文件 1 中描述的装置并不充分,因此需要开发实现更长寿命的技术。

### 发明内容

[0010] 鉴于前述问题,本发明的目标是提供一种其中合成了有机化合物和无机化合物并且电导率较佳的复合材料。本发明的另一目标是提供一种在载流子注入特性上优于有机化合物的复合材料。此外,本发明的另一目标是提供一种与金属具有低电阻的复合材料。

[0011] 此外,本发明的另一目标是通过将所述复合材料应用于电流激励型发光元件来提供一种在低驱动电压下工作的发光元件。此外,本发明的另一目标是通过制造一种使用所述发光元件的发光装置来提供一种功率消耗低的发光装置。

[0012] 作为勤奋研究的结果,发明人最终发现通过应用包括有机化合物和无机化合物的复合材料可以实现所述目标。

[0013] 换言之,本发明的一个特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)中相对于Ag/Ag<sup>+</sup>电极具有大于等于0V至小于等于1.5V(相对于Ag/Ag<sup>+</sup>)范围的氧化峰电势。

[0014] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)中相对于Ag/Ag<sup>+</sup>电极具有大于等于0.2V小于等于1.1V(相对于Ag/Ag<sup>+</sup>)范围的氧化峰电势。

[0015] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)中相对于二茂络铁的氧化-还原电势具有大于等于0V至小于等于1.5V(相对于Fc/Fc<sup>+</sup>)范围的氧化峰电势。

[0016] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)中相对于二茂络铁的氧化-还原电势具有大于等于0.1V小于等于1.0V(相对于Fc/Fc<sup>+</sup>)范围的氧化峰电势。

[0017] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)溶液中具有的电离电势大于等于4.8eV小于等于6.4eV。

[0018] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)溶液中具有的电离电势大于等于5.0eV小于等于6.0eV。

[0019] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,其中在二甲基甲酰胺(DMF)溶液中的半波电势(相对于Ag/Ag<sup>+</sup>)为0.2至0.9(相对于Ag/Ag<sup>+</sup>)。

[0020] 本发明的另一特征在于一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,其中在二甲基甲酰胺(DMF)溶液中的半波电势(相对于Fc/Fc<sup>+</sup>)为0.1至0.8(相对于Fc/Fc<sup>+</sup>)。

[0021] 在上述结构中,本发明的另一特征在于所述有机化合物为芳族胺化合物。

[0022] 此外,本发明的另一特征在于所述有机化合物为咪唑衍生物。

[0023] 此外,本发明的另一特征在于所述有机化合物为芳香族烃。

[0024] 此外,本发明的另一特征在于所述有机化合物为金属合成物。

[0025] 此外,本发明的另一特征在于所述有机化合物为有机金属合成物。

[0026] 此外,本发明的另一特征在于所述有机化合物为高分子化合物。

[0027] 在上述结构中,本发明的另一特征在于所述金属氧化物相对于有机化合物显示出接受电子特性。

[0028] 在上述结构中,金属氧化物优选的为过渡金属氧化物。特别地,优选的是周期表中

属于 4 至 8 族的金属的氧化物。更加优选的是,氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱中的一种或多种。

[0029] 此外,本发明的复合材料可以用于发光元件。因此本发明的另一特征在于发光元件具有位于一对电极之间的包括发光物质的层,所述包括发光物质的层包含包括上述复合材料的层。

[0030] 在上述结构中,可以提供包括本发明复合材料的层与所述一对电极中用作阳极的电极或者用作阴极的电极接触。此外,可以提供每个包含本发明的复合材料的层分别与所述一对电极接触。

[0031] 本发明的另一特征在于一种发光元件,所述发光元件在一对电极之间具有  $n$  个 ( $n$  为大于等于 2 的任意自然数) 层,在所述电极对之间所述  $n$  个层的每层都包括发光物质,并且在包括发光物质的第  $m$  层 ( $m$  为满足  $1 \leq m < n$  的任意自然数) 和包括发光物质的第  $(m+1)$  层之间具有包括上述复合材料的层。

[0032] 此外,具有上述发光元件的发光装置同样在本发明的范畴之内。本说明书中的发光装置包括图像显示装置、发光装置或者光源(包括照明装置)。另外,下述部件全部包括在发光装置中:其中连接器(诸如 FPC(柔性印刷电路)、TAB(带自动结合)或者 TCP(带载体封装))与配置有发光元件的面板连接的模块;在 TAB 带或者 TCP 端部配备有印刷电路板的模块;其中 IC(集成电路)通过 COG(玻璃上的芯片)方法直接安装至发光元件的模块。

[0033] 此外,其中将本发明的发光元件用于显示部分的电子装置也在本发明的范畴之内。因此,本发明的另一特征在于一种具有显示部分的电子装置,其中显示部分配备有上述的发光元件以及用于控制所述发光元件的光发射的控制装置。

[0034] 通过实施本发明,可以提供其中复合了有机化合物和无机化合物的复合材料,并且所述复合材料在载流子注入特性和载流子传输特性方面优于有机化合物。

[0035] 通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以实现低电压驱动和低电流驱动。

[0036] 通过将本发明的复合材料应用于发光装置,可以得到消耗功率低的发光装置。

## 附图说明

[0037] 图 1A- 图 1C 为本发明的发光元件的解释视图;

[0038] 图 2 为本发明的发光元件的解释视图;

[0039] 图 3A 至 3C 为本发明的发光元件的解释视图;

[0040] 图 4A 至 4C 为本发明的发光元件的解释视图;

[0041] 图 5A 至 5C 为本发明的发光元件的解释视图;

[0042] 图 6A 至 6C 为本发明的发光元件的解释视图;

[0043] 图 7A 和图 7B 为本发明的发光装置的解释视图;

[0044] 图 8 为本发明的发光装置的解释视图;

[0045] 图 9A 至图 9D 为使用本发明发光装置的电子装置的解释视图;

[0046] 图 10 为本发明的发光元件的解释视图;

[0047] 图 11 为使用本发明发光装置的电子装置的解释视图;

[0048] 图 12 为示出了二茂络铁的 CV 测量结果的视图;

[0049] 图 13 为示出了 NPB 的 CV 测量结果的视图;

- [0050] 图 14 为示出了 DNTPD 的 CV 测量结果的视图；
- [0051] 图 15 为示出了 PCzPCA1 的 CV 测量结果的视图；
- [0052] 图 16 为示出了 PCzPCN1 的 CV 测量结果的视图；
- [0053] 图 17 为示出了 CBP 的 CV 测量结果的视图；
- [0054] 图 18 为示出了 t-BuDNA 的 CV 测量结果的视图；
- [0055] 图 19 为示出了 DPVBi 的 CV 测量结果的视图；
- [0056] 图 20 为示出了 Alq 的 CV 测量结果的视图；
- [0057] 图 21 为示出了 BCP 的 CV 测量结果的视图；
- [0058] 图 22 为示出了 OXD-7 的 CV 测量结果的视图；
- [0059] 图 23 为示出了 TPBi 的 CV 测量结果的视图；
- [0060] 图 24 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0061] 图 25 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0062] 图 26 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0063] 图 27 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0064] 图 28 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0065] 图 29 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0066] 图 30 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0067] 图 31 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0068] 图 32 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0069] 图 33 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0070] 图 34 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0071] 图 35 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0072] 图 36 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0073] 图 37 为示出了本发明的发光元件和对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0074] 图 38 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0075] 图 39 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0076] 图 40 为示出了对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0077] 图 41 为示出了对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0078] 图 42 为示出了对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0079] 图 43 为示出了对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0080] 图 44 为示出了对比发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0081] 图 45 为示出了对比发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0082] 图 46 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0083] 图 47 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0084] 图 48 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0085] 图 49 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0086] 图 50 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0087] 图 51 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0088] 图 52 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；

- [0089] 图 53 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0090] 图 54 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0091] 图 55 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0092] 图 56 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0093] 图 57 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0094] 图 58 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0095] 图 59 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0096] 图 60 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0097] 图 61 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0098] 图 62 为示出了本发明的发光元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0099] 图 63 为示出了本发明的发光元件的亮度 - 电压特性的视图；
- [0100] 图 64 为本发明的发光元件的解释视图；
- [0101] 图 65 为示出了本发明发光元件的发光光谱；
- [0102] 图 66 为本发明的发光元件的解释视图；
- [0103] 图 67 为示出了实施例 20 中制造的元件的电流 - 电压特性的视图；
- [0104] 图 68A 和 68B 为每个示出了实施例 20 中制造的元件的电流 - 电压特性的视图。

### 具体实施方式

[0105] 在下文中,将参考附图等详细阐述本发明的实施例模式。然而,本发明并不局限于下面给出的阐述。本发明可以在各种实施例中实施,比较容易理解的是,其在模式和细节上的各种改变和变型相对于本领域的技术人员来讲是明显的。因此,应当注意的是,不能将本发明解释为局限在所描述的实施例模式。

#### [0106] 实施例模式 1

[0107] 本发明的复合材料具有包括金属氧化物和有机化合物的特征,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺 (DMF) 中相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  电极具有大于等于 0V 至小于等于 1.5V (相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) 范围的氧化峰电势,优选的大于等于 0.2V 小于等于 1.1V (相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ )。此外,本发明的复合材料还具有包括金属氧化物和有机化合物的特征:所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺 (DMF) 中相对于二茂络铁的氧化 - 还原电势具有大于等于 0V 至小于等于 1.5V (相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ ) 范围的氧化峰电势,优选的大于等于 0.1V 小于等于 1.0V (相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ )。此外,本发明的复合材料具有包括金属氧化物和有机化合物的特征,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺 (DMF) 溶液中具有大于等于 4.8eV 小于等于 6.4eV 范围的电离电势,优选的大于等于 5.0eV 小于等于 6.0eV。

[0108] 使用这样的结构,在本发明的复合材料中,通过金属氧化物容易氧化有机化合物。换言之,在本发明的复合材料中,很容易产生有机化合物的自由基阳离子。结果,相对于仅使用有机化合物的情况来讲可以增强复合材料的电导率。此外,可以提高向有机化合物注入载流子的性质 (特别是注入空穴性质)。另外,消除了对各种金属的电子势垒,并可以降低与金属的接触电阻。

[0109] 作为用于本发明复合材料的有机化合物,在上述范围内的每个具有氧化峰电势的各种复合物均可使用,诸如芳族胺化合物、咪唑衍生物、芳香族烃、金属合成物、有机金属合

成物或者高分子化合物（低聚物、树枝状高分子、聚合物等）。只要使用上述的化合物，则可以使用任何具有空穴传输特性的化合物和具有电子传输特性的化合物；然而，特别优选具有空穴传输特性的有机化合物。在下文中，将专门列出可以用于本发明的合成材料的有机化合物。

[0110] 例如，可以给出芳族胺化合物、4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基-氨基]-联苯（简称为NPB）、4,4'-二[N-(3-甲基苯基)-N-苯基-氨基]-联苯（简称为TPD）、4,4',4''-三(N,N-二苯基-氨基)-三苯胺（简称为TDATA）、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基-氨基]-三苯胺（简称为MTDATA）等。

[0111] 此外，可以给出N,N'-二(p-甲苯基)-N,N'-二苯基-p-苯二胺（简称为DTDPPA）、4,4',-二(N-(4-二对甲苯胺基苯基)-N-苯基氨基)-联苯（简称为DPAB）、4,4',-二(N-{4-[N-(3-甲苯基)-N-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)-联苯（简称为DNTPD）、1,3,5-三[(N-(4-二对甲苯胺基苯基)-N-苯基氨基]苯（简称为DPA3B）等。

[0112] 作为可以用于本发明的咪唑衍生物，可以给出3-[N-(9-苯基咪唑-3-yl)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑（简称为PCzPCA1）、3,6-二[N-(9-苯基咪唑-3-yl)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑（简称为PCzPCA2）、3-[N-(1-naphthyl)-N-(9-苯基咪唑-3-yl)氨基]-9-苯基咪唑（简称为PCzPCN1）等。

[0113] 此外，可以使用4,4'-二(N-咪唑)联苯（简称为CPB）、1,3,5-三[4-(N-咪唑)苯基]苯（简称为TCPB）等。

[0114] 作为可以用于本发明的芳香族烃，例如还可使用2-叔丁-9,10-二(2-萘基)蒽（简称为t-BuDNA）、蒽、9,10-联苯蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。除了这些之外，还可以使用戊省、六苯并苯等。因而，更加优选的是使用具有大于等于 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的空穴迁移率并具有14至42碳原子的芳香族烃。

[0115] 可以用于本发明的芳香族烃可以具有乙烯骨架。作为包括乙烯基团的芳香族烃，可以给出例如4,4'-双(2,2-二苯乙烯基)联苯（简称为:DPVBi）、9,10-双[4-(2,2-二苯乙烯基)苯基]蒽（简称为:DPVPA）等。

[0116] 作为能够用于本发明的金属合成物，例如，可以给出三(8-羟基喹啉)铝（简称为Alq）、双(8-羟基喹啉)锌（简称为Znq）等。

[0117] 作为能够用于本发明的有机金属合成物，例如，可以给出三(2-苯基吡啶)铱(III)（简称为Ir(ppy)<sub>3</sub>）、三[N-(2-吡啶基)吡唑]钴(III)（简称为Co(ppz)<sub>3</sub>）等。

[0118] 此外，还可以使用诸如聚(N-乙烯咪唑)（简称为PVK）或者聚(4-乙烯三苯胺)（简称为PVTTPA）的高分子化合物。

[0119] 此外，作为用于本发明复合材料的无机化合物，优选的是过渡金属氧化物。另外，优选的是周期表中属于4至8族的金属的氧化物。特别地，由于下列氧化物具有高接受电子特性，因此优选的是氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化镱。尤其是氧化钼更为优选，这是因为在空气中氧化钼稳定，并且易于处理。

[0120] 作为本发明的复合材料的制造方法，可以使用任何方法而不管湿法方法或干法方法。例如，本发明的复合材料可以通过共蒸发如上所述的有机化合物和无机化合物来制作或者通过施加和烘烤包含上述有机化合物和金属醇盐的溶液来制作。应当注意的是，氧化钼在真空条件下容易汽化，因此考虑到制作过程时，优选的是氧化钼。

[0121] 实施例模式 2

[0122] 本发明的发光元件具有位于一对电极之间的多个层。通过将具有高载流子注入特性或者具有高载流子传输特性的物质制作的层结合来堆叠多个层,以使得在与电极分开的位置中形成发光区域,换言之,使得载流子在与电极分开的位置复合。

[0123] 将参考图 1A 阐述本发明的发光元件的一种模式。

[0124] 在该实施例模式中,通过第一电极 102;在第一电极 102 上顺序堆叠的第一层 103、第二层 104、第三层 105 和第四层 106;以及其上提供的第二电极 107 来形成发光元件。应当注意的是,在该实施例模式中,在假定第一电极 102 用作阳极、第二电极 107 用作阴极的情况下进行说明。

[0125] 衬底 101 用作发光元件的支撑体。作为衬底 101,可以使用例如玻璃、塑料等。可使用除这些材料之外的材料,只要所述材料在发光元件的制造步骤中用作支撑体。

[0126] 作为第一电极 102,可以使用各种具有电导特性的金属、合金、化合物及其混合物。例如可以使用金 (Au)、铂 (Pt)、镍 (Ni)、钨 (W)、铬 (Cr)、钼 (Mo)、铁 (Fe)、钴 (Co)、钛 (Ti)、铜 (Cu)、钯 (Pd)、铝 (Al)、铝-硅 (Al-Si)、铝-钛 (Al-Ti)、铝-硅-铜 (Al-Si-Cu)、金属材料氮化物 (TiN) 等,也可使用氧化铟锡 (ITO)、包括硅的氧化铟锡、或者氧化铟锌 (其中 2 至 20wt% 的氧化锌 (ZnO) 混和在氧化铟中)。然而,在这些物质中,在使用第一电极作为阳极的情况下,优选由具有高功函数 (大于等于 4.0eV 的功函数) 的材料形成第一电极 102。

[0127] 应当注意的是,在本发明的发光元件中,用于第一电极 102 的材料并不局限于具有高功函数的材料,还可使用具有低功函数的材料。

[0128] 第一层 103 为包括实施例模式 1 中描述的复合材料的层。

[0129] 第二层 104 为由具有高空穴传输特性的物质形成的层,例如,诸如 4,4'-二 [N-(1-萘基)-N-苯基氨基]-联苯 (简称为 NPB)、N,N'-二 (3-甲基苯基)-N,N'-联苯基-[1,1'-联苯基]-4,4'-二胺 (简称为 TPD)、4,4',4''-三 (N,N'-二苯基氨基)-三苯胺 (简称为 TDATA)、或者 4,4',4''-三 [N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]-三苯胺 (简称为 MTDATA) 的芳族胺基化合物 (换句话说,具有苯环-氮键的化合物)。此处描述的物质主要是具有空穴迁移率大于等于  $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$  的物质。然而,可使用除了这些物质之外的物质,只要该物质的空穴传输特性比电子传输特性高。应当注意的是,第二层 104 不但可以是单层,而且可以具有其中由上述物质制成的两层或者多层堆叠在一起的结构。

[0130] 第三层 105 是包括具有高发光特性的物质的层。例如,第三层 105 通过自由结合诸如 N,N'-二甲基喹吖酮 (简称为 DMQd) 或者 3-(2-苯并噻唑)-7-二乙基氨基香豆素 (简称为香豆素 6) 的具有高发光特性的物质和诸如三 (8-羟基喹啉) 铝 (简称为 Alq) 或者 9,10-二 (2-萘基) 蒽 (简称为 DNA) 的具有高载流子传输特性和良好薄膜质量的物质 (即不容易晶化的物质) 形成。然而,由于 Alq 和 DNS 都是具有高发光特性的物质,因此第三层 105 可以具有单独使用这些物质中每种物质的结构。

[0131] 第四层 106 是由具有高电子传输特性的物质制成的层,例如具有喹啉骨架或者苯并喹啉骨架的金属合成物等物质,诸如三 (8-羟基喹啉) 铝 (简称为 Alq),三 (5-甲基-8-羟基喹啉) 铝 (简称为 Almq3),二 (10-羟基苯并喹啉) 铍 (简称为 BeBq2),或者双 (2-甲基-8-喹啉)4-联本氧基铝 (简称为 BA1q)。除此之外,还可以使用具有恶唑基或者噻唑基配合基的金属合成物等,诸如双 [2-(2-羟苯基) 苯并恶唑] 锌 (简称为 Zn (BOX) 2

或者双 [2-(2- 羟苯基) 苯并噻唑] 锌 (简称为 Zn(BTZ)2)。此外,除了金属合成物之外,还可使用 2-(4- 联苯基)-5-(4- 叔丁苯基)-1,3,4- 二唑 (简称为 PBD)、1,3- 双 [5-(p- 叔丁苯基)-1,3,4- 二唑 -2-y1] 苯 (简称为 OXD-7)、2,2',2''-(1,3,5- 次苯基) 三 (1- 苯基 -1H- 苯并咪唑) (简称为 TPBi)、3-(4- 叔丁苯基)-4- 苯基 -5-(4- 联苯基)-1,2,4- 二唑 (简称为 TAZ)、3-(4- 叔丁苯基)-4-(4- 乙基苯基)-5-(4- 联苯基)-1,2,4- 二唑 (简称为 p-EtTAZ)、4,7- 二苯基 -1,10- 二氧杂菲 (简称为 BPhen)、bathocuproin (简称为 BCP) 等。此处描述的物质主要是指具有电子迁移率大于等于  $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 。此外,除了上述物质可以用作第四层 106,只要物质的电子传输特性高于空穴传输特性则都可以使用。此外,第四层 106 不但可以是单层,而且可以具有其中由上述物质制成的两层或者多层堆叠在一起的结构。

[0132] 作为用于形成第二电极 107 的物质,可以使用金属、合金、具有电导特性的化合物、这些材料的混合物等具有低功函数的材料 (功函数为 3.8eV 或者更小)。作为这种阴极材料的特别实例,可以给出元素周期表中的 1 族或者 2 族元素,即诸如锂 (Li) 或者铯 (Cs) 的碱金属;诸如镁 (Mg)、钙 (Ca) 或者锶 (Sr) 的碱土金属;以及包括这些材料 (Mg:Ag, Al:Li) 的合金。然而,通过在第二电极 107 和第四电极 106 之间提供具有辅助电子注入功能的层,可以不考虑功函数的高或低而使用诸如 Al、Ag、ITO 或者包括硅的 ITO 的各种导电材料作为第二电极 107。

[0133] 作为具有辅助电子注入功能的层,可以使用碱土金属或碱金属的化合物,诸如氟化锂 (LiF)、氟化铯 (CsF) 或者氟化钙 (CaF<sub>2</sub>)。除此之外,可以使用其中碱金属或碱土金属包括在具有电子传输特性的物质构成的层中的物体,诸如,可以使用其中镁包括在 Alq 中的物体等。

[0134] 此外,可以使用各种方法作为用于形成第一层 103、第二层 104、第三层 105 和第四层 106 的方法,诸如蒸发方法、喷墨方法或旋涂方法。此外,可以使用不同的膜形成方法来形成每个电极或者每个层。

[0135] 根据具有上述结构的本发明的发光元件,电流根据第一电极 102 和第二电极 107 之间产生的电势差流动,在第三层 105 (该层是包括具有高发光特性的物质的层) 中空穴和电子复合以发射光。换言之,本发明的发光元件具有其中在第三层 105 中形成发光区域的结构。然而,整个第三层 105 不需要全用作发光区域,例如,可以仅在第三层 105 的第四层侧或者第二层 104 侧上形成发光区域。

[0136] 通过第一电极 102 和第二电极 107 之一或者同时通过该第一和第二电极提取出光发射。因此,第一电极 102 和第二电极 107 之一或者两者都是由具有透光特性的物质形成。在仅仅第一电极 102 由具有透光特性的物质形成的情况下,如图 1A 所示,经过第二电极 102 从衬底侧提取出光发射。可替代地,在仅仅第二电极 107 由具有透光特性的物质形成的情况下,如图 1B 所示,经过第二电极 107 从衬底的相对侧提取出光发射。此外,可替代地,在每一个第一电极 102 和第二电极 107 均由具有透光特性的物质制成的情况下,如图 1C 所示,经过第一电极 102 和第二电极 107 从衬底的衬底侧和相对侧都提取光发射。

[0137] 在第一电极 102 和第二电极 107 之间所提供的层的结构并不局限于上述结构。还可使用除上述结构之外的结构,只要该结构具有包括实施例模式 1 中描述的复合材料的层和这样一个区域,在该区域中空穴和电子在与第一电极 102 和第二电极 107 隔开的位置复

合,以使得发光区域和金属之间通过紧密接触产生的猝灭(quenching)降低。

[0138] 换句话说讲,层的堆叠结构并不特别受到限制,具有高电子传输特性的物质、具有高空穴传输特性的物质、具有高电子注入特性的物质、具有高空穴注入特性的物质、双极性物质(具有高电子传输特性和高空穴传输特性的物质)等可以与包括本发明的复合材料的层自由结合。此外,可以使用这样的结构,其中通过在第一电极 102 上提供一个包括氧化硅膜等的层来控制载流子的复合区域。

[0139] 如图 2 所示的发光元件具有这样的结构,其中由具有高电子传输特性的物质制成的第一层 303、包括具有高发光特性的物质的第二层 304 以及由具有高空穴传输特性的物质制成的第三层 305、包括本发明的复合材料的层第四层 306、用作阳极的第二电极 307 顺序堆叠在作为阴极的第一电极 302 上。附图标记 301 代表衬底。

[0140] 在该实施例模式中,在玻璃、塑料等制成的衬底上制造发光元件。通过在一个衬底上制作上述多个发光元件,可以制造无源发光装置。此外,除了玻璃、塑料等制成的衬底之外,可以在例如薄膜晶体管(TFT)阵列上制作发光元件。据此,可以制造有源矩阵发光装置,其中发光元件的驱动由 TFT 控制。TFT 的结构并未受到特别限制,可以是交错型 TFT 或者反向交错型 TFT。此外,形成在 TFT 阵列衬底上的驱动电路可以由 N-型 TFT 和 P 型 TFT 形成,或者使用 N-型 TFT 和 P 型 TFT 的任一种形成。此外,用于 TFT 的半导体的结晶度同样未受到特别的限制,可以使用非晶半导体,或者可以使用晶体半导体。

[0141] 本发明的发光元件具有包括实施例模式 1 描述的复合材料的层,即一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)中相对于 Ag/Ag<sup>+</sup> 电极具有的氧化峰电势在大于等于 0V 至小于等于 1.5V(相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)的范围内,优选的大于等于 0.2V 小于等于 1.1V(相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>);一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)中相对于二茂络铁的氧化-还原电势具有的氧化峰电势在大于等于 0V 至小于等于 1.5V(相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)的范围内,优选的大于等于 0.1V 小于等于 1.0V(相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>);或者一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料,所述有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺(DMF)溶液中具有的电离电势在大于等于 4.8eV 小于等于 6.4eV 的范围内,优选的大于等于 5.0eV 小于等于 6.0eV。由于本征地产生了载流子,因此本发明的复合材料具有高电导率;因而,可以实现发光元件的低电压驱动。

[0142] 此外,通过加厚包括复合材料的层,可以在不增加驱动电压的情况下提高光学设计的色纯度。

[0143] 此外,通过加厚包括复合材料的层,可以防止由于灰尘、碰撞等引起的短路,因而可以得到可靠性高的发光元件。例如,使用了包括复合材料层的发光元件的电极之间的厚度可以为 100nm 至 500nm,优选 200nm 至 500nm,而常规发光元件的电极之间的厚度为 100nm 至 150nm。

[0144] 此外,用于本发明发光元件的包括复合材料的层可以与电极形成欧姆接触,并与电极具有低的接触电阻。因此,选择电极材料可以不用考虑功函数等。换句话说讲,电极材料的选择可以增加。

[0145] 实施例模式 3

[0146] 在该实施例模式中,将参考图 5A 至 5C 和图 6A 至图 6C 阐述其具有的结构与实施

例模式 2 中所描述结构不同的发光元件。在该实施例模式所描述的结构中,可以提供包括本发明的复合材料的层,以与用作阴极的电极接触。

[0147] 图 5A 示出了本发明的发光元件的结构实例。该发光元件具有这样的结构,其中第一层 411、第二层 412 和第三层 413 堆叠在第一电极 401 和第二电极 402 之间。在该实施例模式中,将说明第一电极 401 用作阳极而第二电极 402 用作阴极的情况。

[0148] 与实施例模式 2 相同的结构可以用于第一电极 401 和第二电极 402。第一层 411 为包括具有高发光特性的物质的层。第二层 412 包括选自电子施主物质的化合物和具有高电子传输特性的化合物的层,第三层 413 为包括实施例模式 1 中描述的复合材料的层。作为包括在第二层 412 中的电子施主物质,优选碱金属、碱土金属或者这些物质的盐或者氧化物。具体地,可以给出锂、铯、钙、氧化锂、氧化钙、氧化钡、碳酸铯等。

[0149] 使用如图 5A 所示的结构,通过施加电压在第二层 412 和第三层 413 之间的界面附近给予和接收电子,从而产生电子和空穴。第二层 412 向第一层 411 传输电子,而第三层 413 向第二电极 402 传输空穴。换言之,第二层 412 和第三层 413 共同作为载流子产生层。此外,可以说第三层 413 具有向第二电极 402 传输空穴的功能。

[0150] 第三层 413 显示出极高的空穴注入特性和空穴传输特性。因而,可以降低驱动电压。在第三层 413 的厚度增加的情况下,驱动电压的增加可以得到抑止。

[0151] 此外,即使当第三层 413 加厚时,驱动电压的增加也可得到抑止。因此,可以自由设置第三层 413 的厚度,并可提高从第一层 411 发射的光的提取效率。另外,可以设置第三层 413 的厚度,以提高从第一层 411 发射的光的色纯度。

[0152] 当以图 5A 作为实例时,在通过溅射方法形成第二电极 402 等情况下,对于包括发光物质的第一层 411 的损坏降低。

[0153] 应当注意的是,通过改变用于第一电极 401 和第二电极 402 的材料,该实施例模式的发光元件还具有不同的变化。图 5B, 5C 和图 6A 至 6C 示出了这些变化的示意图。应当注意的是,在图 5B, 5C 和图 6A 至 6C 中同样使用了图 5A 中的附图标记,附图标记 400 表示用于支撑本发明的发光元件的衬底。

[0154] 图 5A 至图 5C 示出了第一层 411、第二层 412 和第三层 413 从衬底 400 侧顺序堆叠的情况。这时,当第一电极 401 具有透光特性而第二电极 402 具有光屏蔽特性(特别是反射性)时,光从衬底 400 侧发射,如图 5A 所示。当第一电极 401 具有光屏蔽特性(特别是反射性)而第二电极 402 具有透光特性时,光从与衬底 400 相对的侧发射,如图 5B 所示。另外,当每个第一电极 401 和第二电极 402 都具有透光特性时,可以使用这样的结构,其中光从衬底 400 侧和与衬底 400 相对的侧同时发射,如图 5C 所示。

[0155] 图 6A 至图 6C 示出了第三层 413、第二层 412 和第一层 411 从衬底 400 侧顺序堆叠的情况。这时,当第一电极 401 具有光屏蔽特性(特别是反射性)而第二电极 402 具有透光特性时,从衬底 400 侧提取光,如图 6A 所示。当第一电极 401 具有透光特性,第二电极 402 具有光屏蔽特性(特别是反射性)时,从与衬底 400 相对的侧提取光,如图 6B 所示。另外,当每个第一电极 401 和第二电极 402 都具有透光特性时,可以使用这样的结构,其中光从衬底 400 侧和与衬底 400 相对的侧同时发射,如图 6C 所示。

[0156] 在该实施例模式中,在制造发光元件的情况下,可以使用各种方法,而不管干法方法或者湿法方法。

[0157] 如图 5A 至 5C 所示,可以在形成第一电极 401 之后顺序堆叠第一层 411、第二层 412 和第三层 413,然后可以形成第二电极 402。可以替代的方案是,如图 6A 至 6C 所示,可以在形成第二电极 402 之后,顺序堆叠第三层 413、第二层 412 和第一层 411,然后可以形成第一电极 401。

[0158] 应当注意的是,该实施例模式可以与其它实施例模式适当地结合。

[0159] 实施例模式 4

[0160] 在该实施例模式中,将参考图 3A 至 3C 和图 4A 至图 4C 阐述其具有的结构与实施例模式 2 和 3 中所描述结构不同的发光元件。在该实施例模式所描述的结构中,可以提供每个包括本发明复合材料的层以分别与发光元件的两个电极接触。

[0161] 图 3A 示出了本发明的发光元件的结构实例。在该结构中,第一层 211、第二层 212、第三层 213 和第四层 214 堆叠在第一电极 201 和第二电极 202 之间。在该实施例模式中,将说明第一电极 201 用作阳极而第二电极 202 用作阴极的情况。

[0162] 第一电极 201 和第二电极 202 可以使用与实施例模式 2 所描述的结构。第一层 211 为包括实施例模式 1 中描述的复合材料的层,第二层 212 为包括具有高发光特性的物质的层。第三层 213 为包括电子施主物质和具有高电子传输特性的化合物的层。第四层 214 为包括实施例模式 1 所描述的复合材料的层。包括在第三层 213 中的电子施主物质优选的是碱金属、或碱土金属或者这些物质的盐或者氧化物。具体地,可以给出锂、铯、钙、氧化锂、氧化钙、氧化钡、碳酸铯等。

[0163] 使用如图 3A 所示的上述结构,通过施加电压在第三层 213 和第四层 214 之间的界面附近给予和接收电子,从而产生电子和空穴。第三层 213 向第二层 212 传输电子,而第四层 214 向第二电极 202 传输空穴。换言之,第三层 213 和第四层 214 共同作为载流子产生层。此外,可以说第四层 214 具有向第二电极 202 传输空穴的功能。应当注意的是,通过在第四层 214 和第二电极 202 之间额外地堆叠第二层和第三层还可形成串联的发光元件。

[0164] 此外,第一层 211 和第四层 214 呈现出极高的空穴注入特性和空穴传输特性。因而,可以降低发光元件的驱动电压。此外,当第一层 211 和第四层 214 加厚时,驱动电压的增加可以得到抑止。

[0165] 此外,即使当第一层 211 和第四层 214 加厚时,驱动电压的增加仍可得到抑止。因此,可自由设置第一层 211 和第四层 214 的厚度,并可提高从第二层 212 发射的光的提取效率。另外,可以设置第一层 211 和第四层 214 的厚度以提高从第二层 212 发射的光的色纯度。

[0166] 此外,在本实施例模式的发光元件中,可以将阳极和具有发光功能的第二层之间的层以及阴极和具有发光功能的第二层之间的层制作得异常厚,可以进一步有效地防止发光元件的短路。当以图 3A 作为实例时,在通过溅射方法形成第二电极 202 等情况下,对包括发光物质的第二层 212 的损坏可以降低。此外,通过使用相同材料形成第一层 211 和第四层 214,可以在具有发光功能的层的每侧上提供由相同材料构成的层,以将具有发光功能的层插入在其间。因而,可以期望得到抑止应力变形的效果。

[0167] 应当注意的是,通过改变用于第一电极 201 和第二电极 202 的材料,该实施例模式的发光元件还具有各种变型。图 3B, 3C 和图 4A 至 4C 示出了其示意图。应当注意的是,在图 3B, 3C 和图 4A 至 4C 中同样使用了图 3A 中的附图标记,附图标记 200 表示用于支撑本发

明的发光元件的衬底。

[0168] 图 3A 至图 3C 示出了第一层 211、第二层 212、第三层 213 和第四层 214 从衬底 200 侧顺序堆叠的情况。在这些实例中,当第一电极 201 具有透光特性而第二电极 202 具有光屏蔽特性(特别是反射性)时,光从衬底 200 侧发射,如图 3A 所示。当第一电极 201 具有光屏蔽特性(特别是反射性)而第二电极 202 具有透光特性时,光从与衬底 200 相对的侧发射,如图 3B 所示。另外,当每个第一电极 201 和第二电极 202 都具有透光特性时,可同时从衬底 200 侧和与衬底 200 相对的侧提取光,如图 3C 所示。

[0169] 图 4A 至图 4C 示出了第四层 214、第三层 213、第二层 212 和第一层 211 从衬底 200 侧顺序堆叠的情况。在这些实例中,当第一电极 201 具有光屏蔽特性(特别是反射性)而第二电极 202 具有透光特性时,从衬底 200 侧提取光,如图 4A 所示。另外,当第一电极 201 具有透光特性,第二电极 202 具有光屏蔽特性(特别是反射性)时,可从与衬底 200 相对的侧提取光,如图 4B 所示。另外,当每个第一电极 201 和第二电极 202 都具有透光特性时,可以使用这样的结构,其中光从衬底 200 侧和与衬底 200 相对的侧同时发射,如图 4C 所示。

[0170] 应当注意的是,还可使用这样的结构,其中第一层 211 包括从电子施主物质中选择的化合物以及具有高电子传输特性的化合物;第二层 212 包括发光物质;第三层 213 为包括实施例模式 1 中描述的复合材料的层;第四层 214 包括从电子施主物质中选择的化合物以及具有高电子传输特性的化合物。

[0171] 在该实施例模式中制造发光元件的情况下,可以使用各种方法,而不用考虑湿法方法或干法方法。

[0172] 如图 3A 至 3C 所示,可以在形成第一电极 201 之后顺序堆叠第一层 211、第二层 212、第三层 213 和第四层 214,然后可以形成第二电极 202。可以替代的方案是,如图 4A 至 4C 所示,可以在形成第二电极 202 之后,顺序堆叠第四层 214、第三层 213、第二层 212 和第一层 211,然后可以形成第一电极。

[0173] 应当注意的是,该实施例模式可以适当地与其它实施例模式结合。

[0174] 实施例模式 5

[0175] 在该实施例模式中,将阐述其具有的结构与实施例模式 2 至 4 中所描述的结构不同的发光元件。该实施例模式中描述的结构是这样一种结构,其中本发明的复合材料应用于发光元件(具有其中堆叠了多个发光单元的结构)的电荷产生层。

[0176] 在该实施例模式中,将阐述具有这样结构的发光元件,在该结构中堆叠了多个发光单元(后面称作是级联元件)。换言之,级联元件是在第一电极和第二电极之间具有多个发光单元的发光元件。图 66 示出了其中堆叠了两个发光单元的级联元件。

[0177] 在图 66 中,第一发光单元 511 和第二发光单元 512 堆叠在第一电极 501 和第二电极 502 之间。在第一发光单元 511 和第二发光单元 512 之间形成电荷产生层 513。

[0178] 各种材料可以用于第一电极 501 和第二电极 502。

[0179] 每一个第一发光单元 511 和第二发光单元 512 都可以具有不同结构。

[0180] 电荷产生层 513 包括实施例模式 1 中描述的本发明的复合材料。由于本发明的复合材料载流子注入特性和载流子传输特性较佳,因此,可以实现低电压驱动和低电流驱动。

[0181] 应当注意的是,可以使用本发明的复合材料和其它材料的结合来形成电荷产生层 513。例如,如实施例模式 3 所述,电荷产生层 513 可以使用由本发明复合材料制成的层以及

包括从电子施主物质中选择的一种化合物和具有高电子传输特性化合物的层的结合形成。另外,电荷产生层 513 可以使用由本发明的复合材料制成的层和透明导电膜的结合形成。

[0182] 在该实施例模式中阐述了具有两个发光单元的发光元件;然而,本发明的材料同样可以应用于其中堆叠了三个或者更多发光单元的发光元件。例如,在其中堆叠了 3 个发光单元的发光元件中,第一发光单元、第一电荷产生层、第二发光单元、第二电荷产生层和第三发光单元顺序堆叠。本发明的复合材料可以仅包括在电荷产生层的任一层中,或者包括在所有电荷产生层中。

[0183] 应当注意的是,该实施例模式可以与其它实施例模式适当结合。

[0184] 实施例模式 6

[0185] 在该实施例模式中,将阐述发光元件的光学设计。

[0186] 在实施例模式 2 至 5 所描述的每个发光元件中,通过区分发射每种颜色的发光元件中除第一电极和第二电极之外的至少一个层厚度,可以提高每种发射颜色的光提取效率。

[0187] 例如,如图 10 所示,单独发射红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 光的发光元件共享作为反射电极的第一电极 1101 和具有透光特性的第二电极 1102,并且该发光元件分别具有第一层 1111R、1111G 和 1111B、第二层 1112R、1112G 和 1112B、第三层 1113R、1113G 和 1113B、第四层 1114R、1114G 和 1114B。那么相对于每种发射颜色来讲,可以区分第一层 1111R、1111G 和 1111B 的厚度。

[0188] 应当注意的是,在图 10 示出的每个发光元件中,当施加电压使得第一电极 1101 的电势高于第二电极 1102 的电势时,空穴从第一层 1111 注入到第二层 1112。在第三层 1113 和第四层 1114 之间的界面附近给予和接收电子,从而产生电子和空穴。此外,第三层 1113 传输电子至第二层 1112,而第四层 1114 传输空穴至第二电极 1102。空穴和电子在第二层 1112 复合以使发光物质进入激发态。然后,当返回基态时,激发态的发光物质发射光。

[0189] 如图 10 所示,通过对于每种发射颜色来区分第一层 1111R、1111G 和 1111B 的厚度,就可防止由于在识别直接经过第二电极的光的情况和识别经过第二电极被第一电极反射的光的情况之间光路不同而引起的光提取效率降低。

[0190] 具体地,当光进入第一电极时,在反射光中出现反相,从而产生光干涉效应。因而,在发光区域和反射电极之间的光学距离(即,折射率 $\times$ 距离)为发射波长乘以 $(2m-1)/4$ ( $m$ 为任意正整数)时,即发射波长的 $1/4, 3/4, 5/4 \dots$ ,光外部提取效率增加。与此同时,在光学距离为发射波长乘以 $m/2$ ( $m$ 为任意正整数)时,即发射波长的 $1/2, 1, 3/2 \dots$ ,光外部提取效率降低。

[0191] 因此,在每种发射颜色的发光元件中,区分第一至第四层的任一层的厚度,以使得发光区域和反射电极之间的光学距离(即,折射率 $\times$ 距离)为发射波长乘以 $(2m-1)/4$ ( $m$ 为任意正整数)。

[0192] 特别地,在第一至第四层中,优选区分其中电子和空穴复合的层与反射电极之间的层的厚度。可以替代的方案是,可以区分其中电子和空穴复合的层与具有透光特性的电极之间的层的厚度。此外可替代地,可以区分所述两个层的厚度。因而,可以有效地提取出光。

[0193] 为了区分第一至第四层任意层的厚度,需要加厚所述层。本发明的发光元件的一

个特征在于,将包括实施例模式 1 中所描述的复合材料的层用做被加厚的层。

[0194] 通常由于驱动电压增加,加厚发光元件的层并不是优选的。然而,通过将实施例模式 1 中描述的复合材料作为将被加厚的层,可以降低驱动电压,这可以抑止由于加厚而产生的驱动电压增加。

[0195] 应当注意的是,图 10 示出了这样的情况:红色(R)发光元件的发光区域和反射电极之间的光学距离为  $1/4$  发射波长;绿色(G)发光元件的发光区域和反射电极之间的光学距离为  $3/4$  发射波长;蓝色(B)发光元件的发光区域和反射电极之间的光学距离为  $5/4$  发射波长。应当注意的是,本发明并不局限于这些值,m 的值可以适当设置。如图 10 所示,在每种发射颜色的发光元件中,发射波长的  $(2m-1)/4$  中的 m 值可以不同。

[0196] 通过加厚第一至第四层中的任一层,可以阻止第一和第二电极之间的短路并可提高生产率,这是极其优选的。

[0197] 如上所述,对于每种发射颜色来讲,可以区分本发明的发光元件中至少第一至第四层的厚度。这时,对于每种发射颜色来讲,优选区分其中电子和空穴复合的层与反射电极之间的层的厚度。如果包括实施例模式 1 中描述的复合材料的层用于需要加厚的层,则驱动电压没有增加,这是优选的。

[0198] 应当注意的是,该实施例使用了具有实施例模式 4 中所描述的结构发光元件进行阐述,但是它可以与其它实施例模式适当结合。

[0199] 实施例模式 7

[0200] 在该实施例模式中,将阐述具有本发明的发光元件的发光装置。

[0201] 在该实施例模式中,将参考图 7A 和 7B 阐述在像素部分具有本发明发光元件的发光装置。应当注意的是,图 7A 为示出了发光装置的顶视图,而图 7B 为图 7A 沿着线 A-A' 和 B-B' 的截面图。虚线指示的附图标记 601 表示驱动电路部分(源侧驱动电路);602 表示像素部分;603 表示驱动电路部分(栅侧驱动电路)。附图标记 604 表示密封衬底;605 表示密封剂;密封剂 605 围起来的部分为间隔 607。

[0202] 应当注意的是,引出导线 608 是用于传输将被输入至源侧驱动电路 601 和栅侧驱动电路 603 的信号的导线,并接收来自作为外部输入端子的 FPC(柔性印刷电路)609 的视频信号、时钟信号、启动信号、复位信号等。应当注意的是,此处仅仅示出了 FPC;然而,FPC 可以配备印刷线路板(PWB)。在该说明书中的发光装置不但包括发光装置本身还包括附加有 FPC 或者 PWB 的发光装置。

[0203] 随后,将参考图 7B 描述截面结构。驱动电路部分和像素部分形成在元件衬底 610 上。此处,示出了作为驱动电路部分的源侧驱动电路 601 和像素部分 602 中的一个像素。

[0204] 应当注意,n 沟道 TFT623 和 p 沟道 TFT624 结合的 CMOS 电路形成为源侧驱动电路 601。用于形成驱动电路的 TFT 可以使用各种电路形成,诸如 CMOS 电路、PMOS 电路或者 NMOS 电路。在该实施例模式中描述了其中在衬底上形成驱动电路的驱动器集成类型,但是这并不是必要的,驱动电路可以形成在衬底外,而并非在衬底上。

[0205] 像素部分 602 具有多个像素,每个像素包括开关 TFT 611、电流控制 TFT 612、以及电连接至电流控制 TFT 612 的漏极的第一电极 613。应当注意的是,形成绝缘体 614 以覆盖第一电极 613 的边缘部分。此处,使用了正性光敏丙烯酸树脂。

[0206] 形成绝缘体 614 以在其上边缘部分或者下边缘部分形成具有曲率的曲面,以使覆

盖更好。例如,在使用正性光敏丙烯酸树脂作为绝缘体 614 材料的情况下,绝缘体 614 优选成为仅在上边缘部分具有曲率半径(0.2 微米至 3 微米)的曲面。通过光辐射在刻蚀剂中变得不能溶解的负性或者通过光辐射在刻蚀剂中变得能溶解的正性均可以用作绝缘体 614。

[0207] 包括发光物质的层 616 和第二电极 617 形成在第一电极 613 上。此处,优选具有高功函数的材料用作作为阳极的第一电极 613 的材料。例如,可以通过以下方式形成第一电极 613:使用氮化钛膜和包括铝作为其主要成分的膜的堆叠层;使用氮化钛膜、包括铝作为其主要成分的膜和另一氮化钛膜的三层结构;或者使用单层膜诸如 ITO 膜、包括硅的氧化铟锡膜、包括 2 至 20wt% 的氧化锌的氧化铟膜、氮化钛膜、铯膜、钨膜、Zn 膜或者 Pt 膜。当第一电极 613 具有堆叠结构时,它可具有低电阻来作为导线,并形成较佳的欧姆接触。此外,第一电极 613 可以作为阳极工作。

[0208] 此外,通过各种方法形成包括发光物质的层 616,诸如使用蒸发掩模的蒸发方法、喷墨方法和旋涂方法。包括发光物质的层 616 具有包括实施例模式 1 中所描述的复合材料的层。另外,包含在包括发光材料的层 616 中的另一材料可以为低分子基材料、中分子基材料(包括低聚物和树枝状高分子)或者高分子基材料。此外,作为用于包括发光物质的层的材料,通常使用有机化合物的单层或者堆叠层。然而,本发明还包括这样的结构,其中无机化合物用于由有机化合物制成的部分薄膜。

[0209] 作为用于形成在包括发光物质的层 616 上并用作阴极的第二电极 617 的材料,优选使用具有低功函数(Al、Ag、Li、Ca、其合金或者合成物,诸如 MgAg、MgIn、AlLi、CaF<sub>2</sub>、LiF 或者氮化钙)的材料。在包括发光物质的层 616 中产生的光经过第二电极 617 透射的情况下,优选具有薄厚度的金属薄膜和透明导电膜(ITO、包括 2 至 20wt% 的氧化锌的氧化铟、包括硅的氧化铟锡、氧化锌(ZnO)等)的堆叠层用作第二电极 617。

[0210] 通过使用密封剂 605 将密封衬底 614 粘附在元件衬底 610 上,在元件衬底 610、密封衬底 604 和密封剂 605 包围的间隔 607 中提供发光元件 618。应当注意的是,间隔 607 使用填充剂填充,但是还存在间隔 607 使用密封剂 605 填充的情况和间隔 607 使用惰性气体(氦、氩等)填充的情况。

[0211] 应当注意的是,优选环氧树脂用作密封剂 605。理想的是该材料允许尽可能少的湿气和氧气渗入。作为密封衬底 604,除可使用玻璃衬底或者石英衬底之外,还可以使用由 FRP(玻璃纤维增强塑料)、PVF(聚氟乙烯)、Myler、聚脂、丙烯腈系纤维等制成的塑料衬底。

[0212] 如上所述,可以得到具有本发明的发光元件的发光装置。

[0213] 由于本发明的发光装置具有包括实施例模式 1 所述的复合材料的层,因此可以降低驱动电压,并降低功率消耗。

[0214] 此外,即使当包括复合材料的层被加厚时,本发明的发光装置仍可抑止驱动电压的增加。因此通过加厚包括复合材料的层,可以防止发光元件的短路。此外,可以通过光学设计实现光的外部提取效率的提高。因此,可以得到具有低功率消耗的可靠的发光装置。

[0215] 如上所述,在该实施例中,阐述了其中通过晶体管控制发光元件的驱动的有源发光装置。然而,还可以使用无源发光装置,在该无源发光装置中可在不需特别提供诸如晶体管的驱动元件的情况下驱动发光元件。图 8 示出了通过应用本发明制造的无源发光装置的

透视图。在图 8 中,将包括发光物质的层 955 提供在衬底 951 上的电极 952 和电极 956 之间。电极 952 的边缘部分使用绝缘层 953 覆盖。然后,隔断层 954 提供在绝缘层 953 上。隔断层 954 的侧壁倾斜以使一个侧壁与另一侧壁之间的距离朝着衬底表面变窄。换言之,在窄侧方向上隔断层 954 的横截面为梯形,而基底(面向与绝缘层 953 的平面方向相同的方向并与绝缘层 953 接触的一侧)短于上侧(面向与绝缘层 953 的平面方向相同的方向并不与绝缘层 953 接触的一侧)。通过以这样的方式提供隔断层 954,可以阻止由于静电等造成的发光元件的缺陷。此外,当无源发光装置包括以低驱动电压工作的本发明的发光元件时,该无源发光装置还可使用低功率消耗驱动。

#### [0216] 实施例模式 8

[0217] 在该实施例模式中,将阐明本发明的电子装置,在其部分中包括实施例模式 7 中描述的发光装置。本发明的电子装置包括包含有实施例模式 1 中描述的复合材料的层,并且具有低功率消耗的显示部分。此外,通过加厚包含有实施例模式 1 中描述的复合材料的层,还可提供具有高可靠性的显示部分的电子装置,其中由于细微的外来物质、来自外部的影响等引起的短路可以得到抑止。

[0218] 作为使用本发明的发光装置制造的电子装置,可以给出摄像机、数码相机、护目镜型显示器、导航系统、语音再现装置(汽车音响、音频组件等)、计算机、游戏机、便携式信息终端(移动计算机、移动电话、便携式游戏机、电子书等)、配备有记录媒体的图像再现装置(具体地,配备有能够再现记录媒体并显示图像的显示装置的装置,诸如数字多功能光盘(DVD))等。图 9A 至图 9D 给出了这些电子装置的具体实例。

[0219] 图 9A 示出了根据本发明的电视机装置,包括机壳 9101、支架 9102、显示部分 9103、扬声器部分 9104、视频输入端 9105 等。在电视机装置中,显示部分 9103 具有与实施例 2 至 6 中描述的那些发光元件类似的、布置在矩阵中的发光元件。发光元件的一个特征在于,发光效率高而驱动电压低。此外,可以防止由于细微的外来物质、来自外界的影响等引起的短路。包括发光元件的显示部分 9103 具有类似的特征。因此,在电视机装置中,图像质量很难恶化,并可得到低功率消耗。具有这样的特征,就可显著除去或者降低电视装置中的恶化补偿功能和功率源电路的数目;因此,可得到尺寸小重量轻的机壳 9101 和支架 9102。在根据本发明的电视机装置中,可以得到低功率消耗、高图像质量以及小尺寸和轻重量;因此,可以提供适合于居室环境的产品。

[0220] 图 9B 示出了根据本发明的计算机,包括主体 9201、机壳 9202、显示部分 9203、键盘 9204、外部连接端口 9205、定位鼠标 9206 等。在计算机中,显示部分 9203 具有与实施例模式 2 至 6 中描述的那些发光元件类似的、布置在矩阵中的发光元件。发光元件的另一特征在于,发光效率高而驱动电压低。此外,可以防止由于细微的外来物质、来自外界的影响等引起的短路。包括发光元件的显示部分 9203 具有类似的特征。因此,在计算机中,图像质量很难恶化,并可得到低功率消耗。具有这样的特征,就可显著除去或者降低计算机的恶化补偿功能和功率源电路的数目;因此,可得到尺寸小重量轻的主体 9201 和机壳 9202。在根据本发明的计算机中,得到了低功率消耗、高图像质量以及小尺寸和轻重量;因此,可以提供适合于居室环境的产品。此外,可以提供具有当携带时能够承受来自外部影响的显示部分的便携式计算机。

[0221] 图 9C 示出了根据本发明的移动电话,包括主体 9401、机壳 9402、显示部分 9403、

音频输入部分 9404、音频输出部分 9405、操作按键 9406、外部连接端口 9407、天线 9408 等。在移动电话中,显示部分 9403 具有与实施例 2 至 6 中描述的那些发光元件类似的、布置在矩阵中的发光元件。发光元件的另一特征在于,发光效率高而驱动电压低。此外,可以防止由于细微的外来物质、来自外界的影响等引起的短路。包括发光元件的显示部分 9403 具有类似的特征。因此,在移动电话中,图像质量很难恶化,并可得到低功率消耗。具有这样的特征,就可显著除去或者降低移动电话中的恶化补偿功能和功率源电路的数目;因此,可得到尺寸小重量轻的主体 9401 和机壳 9402。在根据本发明的移动电话中,可以得到低功率消耗、高图像质量以及小尺寸和轻重量;因此,可以提供适合于携带的产品。此外,可以提供具有当携带时能够承受影响的显示部分的产品。

[0222] 图 9D 示出了根据本发明的照相机,包括主体 9501、显示部分 9502、机壳 9503、外部连接端口 9504、遥控接收部分 9505、图像接收部分 9506、电池组 9507、音频输入部分 9508、操作按键 9509、目镜部分 9510 等。在照相机中,显示部分 9502 具有与实施例模式 2 至 6 中描述的那些发光元件类似的、布置在矩阵中的发光元件。发光元件的另一特征在于,发光效率高而驱动电压低,并可防止由于细微的外来物质、来自外界的影响等引起的短路。包括发光元件的显示部分 9502 具有类似的特征。因此,在照相机中,图像质量很难恶化,并可得到低功率消耗。具有这样的特征,就可显著除去或者降低照相机中恶化补偿功能和功率源电路的数目;因此,可得到尺寸小重量轻的主体 9501。在根据本发明的照相机中,可以得到低功率消耗、高图像质量以及小尺寸和轻重量;因此,可以提供适合于携带的产品。此外,可以提供具有当携带时能够承受影响的显示部分的产品。

[0223] 如上所述,本发明的发光装置的可以应用的范围如此之广,以使得该发光装置可以应用于各种领域的电子装置。通过使用本发明的发光装置,可以提供每个具有消耗功率低且可靠性高的显示部分的电子装置。

[0224] 本发明的发光装置具有高发光效率的发光元件,并且还可以用于照明装置。将参考图 11 阐述使用本发明的发光元件作为照明装置的一个模式。

[0225] 图 11 示出了使用本发明的发光装置作为背光的液晶显示装置的实例。图 11 中示出的液晶显示装置包括外壳 901、液晶层 902、背光 903 和外壳 904,液晶层 902 连接至驱动 IC905。本发明的发光装置用作背光 903,通过端子 906 提供电流。

[0226] 通过使用本发明的发光装置作为液晶显示装置的背光,可以得到功率消耗降低的背光。本发明的发光装置为平面发射型发光装置,并且具有大面积。因此,背光可以具有大面积,并且可以得到具有大面积的液晶显示装置。此外,发光装置具有薄的形状且消耗功率低;因此,还可实现薄型且功率消耗低的显示装置。

[0227] 实施例 1

[0228] 在该实施例中,将描述能够用于本发明复合材料的有机化合物的氧化特性的测量实例。氧化特性通过循环伏安法 (CV) 测量来测量。此外,使用电化学分析仪 (#ALS model 600A, BAS Inc. 制造) 用于测量。

[0229] 关于 CV 测量中使用的溶液,使用二甲基甲酰胺 (DMF) (99.8%, 目录编号: 22705-6, Sigma-Aldrich Co. 制造) 作为溶剂。支持电解质的四高氯酸盐 -n- 丁基铵 (n-Bu4NClO4) (目录编号: T0836, Tokyo Kasei Kogyo Co. Ltd 制造) 溶解在溶剂中以具有 100mmol/L 的浓度。另外,溶解将被测量的物体,以具有 1mmol/L 的浓度。此外,使用铂电

极 (PTE 铂电极, BAS Inc. 制造) 作为工作电极。使用铂电极 (VC-3Pt 反电极 (5cm), BAS Inc. 制造) 作为辅助电极。使用 Ag/Ag<sup>+</sup> 电极 (RE 5 非水的参考电极, BAS Inc. 制造) 作为参考电极。应当注意, 在室温 (20 至 25°C) 实施该测量。

[0230] (标准物质的 CV 测量)

[0231] 首先, 通过 CV 测量方法测量将成为标准物质的二茂络铁 (Fc) 的氧化 - 还原电势。通过氧化, 二茂络铁变为二茂络铁离子 (Fc<sup>+</sup>), 通过还原二茂络铁离子使得二茂络铁离子可逆地还原为二茂络铁。因此, 本发明使用“Fc/Fc<sup>+</sup>”氧化 - 还原电势 (定义为氧化峰电势和还原峰电势的中间电势) 作为标准值。

[0232] 图 12 示出了测量结果。正如测量所示, 相对于参考电极, 工作电极的电势从 -0.34V 变化至 0.80V, 然后从 0.80V 变化至 -0.34V。应当注意的是, 变化速度设置在 0.1V/s。图 12 示出了二茂络铁的氧化峰电势 (E<sub>pa</sub>) 为 0.12V, 而作为二茂络铁的氧化剂的二茂络铁离子的还原电势 (E<sub>pc</sub>) 为 0.05V。因此, 显示出二茂络铁的氧化 - 还原电势为  $(0.12+0.05)/2 \approx 0.09$  (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)。

[0233] (测量实例 1 ; NPB 的情况)

[0234] 在测量实例 1 中, 通过 CV 测量方法测量可以用作本发明复合材料的 NPB 的氧化峰电势。图 13 示出了其结果。如测量的, 工作电极的电势相对于参考电极从 -0.20V 变化至 0.80V, 然后从 0.80V 变化至 -0.20V。应当注意的是, 变化速度设置在 0.1V/s。从图 13 中, 显示出 NPB 的氧化峰电势 (E<sub>pa</sub>) 为 0.45 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)。

[0235] 因此, 假设将上面测量的二茂络铁的氧化 - 还原电势 (= 0.09 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 (0V), 则显示出 NPB 的氧化峰电势为 0.36 (V 相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)。

[0236] (测量实例 2 ; DNTPD 的情况)

[0237] 在该测量实例 2 中, 通过 CV 测量方法测量可以用作本发明的复合材料的 DNTPD 的氧化峰电势。图 14 示出了其结果。如测量所示, 工作电极的电势相对于参考电极从 -0.05V 变化至 1.20V, 然后从 1.20V 变化至 -0.05V。应当注意的是, 变化速度设置在 0.1V/s。从图 14 中, 显示出 DNTPD 的氧化峰电势 (E<sub>pa</sub>) 为 0.26 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)。

[0238] 因此, 假设将上面测量的二茂络铁的氧化 - 还原电势 (= 0.09 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 (0V), 则显示出 DNTPD 的氧化峰电势为 0.17 (V 相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)。

[0239] (测量实例 3 ; PCzPCA1 的情况)

[0240] 在测量实例 3 中, 通过 CV 测量方法测量可以用作本发明的复合材料的 PCzPCA1 的氧化峰电势。图 15 示出了其结果。如测量所示, 工作电极的电势相对于参考电极从 -0.16V 变化至 0.50V, 然后从 0.50V 变化至 -0.16V。应当注意的是, 变化速度设置在 0.1V/s。从图 15 中, 显示出 PCzPCA1 的氧化峰电势 (E<sub>pa</sub>) 为 0.27 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)。

[0241] 因此, 假设将上面测量的二茂络铁的氧化 - 还原电势 (= 0.09 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>)) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 (0V), 则显示出 PCzPCA1 的氧化峰电势为 0.18 (V 相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)。

[0242] (测量实例 4 ; PCzPCN1 的情况)

[0243] 在测量实例 4 中, 通过 CV 测量方法测量可以用作本发明的复合材料的 PCzPCN1 的

氧化峰电势。图 16 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.20\text{V}$  变化至  $0.50\text{V}$ ,然后从  $0.50\text{V}$  变化至  $-0.20\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 16 中,显示出 PCzPCN1 的氧化峰电势 ( $E_{pa}$ ) 为  $0.26\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ 。

[0244] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $=0.09\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示出 PCzPCN1 的氧化峰电势为  $0.17\text{V}$  相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ 。

[0245] (测量实例 5 ;CBP 的情况)

[0246] 在测量实例 5 中,通过 CV 测量方法测量可以用作本发明复合材料的 CBP 的氧化峰电势。图 17 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.20\text{V}$  变化至  $1.20\text{V}$ ,然后从  $1.20\text{V}$  变化至  $-0.20\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 17 中,显示出 CBP 的氧化峰电势 ( $E_{pa}$ ) 为  $1.00\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ 。

[0247] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $=0.09\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示出 CBP 的氧化峰电势为  $0.91\text{V}$  相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ 。

[0248] (测量实例 6 ;t-BuDNA 的情况)

[0249] 在测量实例 6 中,通过 CV 测量方法测量可以用作本发明的复合材料的 t-BuDNA 的氧化峰电势。图 18 示出了其结果。如测量所示,相对于参考电极,工作电极的电势从  $-0.30\text{V}$  变化至  $1.20\text{V}$ ,然后从  $1.20\text{V}$  变化至  $-0.30\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 18 中,显示出 t-BuDNA 的氧化峰电势 ( $E_{pa}$ ) 为  $0.89\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ 。

[0250] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $=0.09\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示出 t-BuDNA 的氧化峰电势为  $0.80\text{V}$  相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ 。

[0251] (测量实例 7 ;DPVBi 的情况)

[0252] 在测量实例 7 中,通过 CV 测量方法测量可以用作本发明的复合材料的 DPVBi 的氧化峰电势。图 19 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.10\text{V}$  变化至  $1.10\text{V}$ ,然后从  $1.10\text{V}$  变化至  $-0.10\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 19 中,显示出 DPVBi 的氧化峰电势 ( $E_{pa}$ ) 为  $1.00\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ 。

[0253] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $=0.09\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示出 DPVBi 的氧化峰电势为  $0.91\text{V}$  相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ 。

[0254] (测量实例 8 ;Alq 的情况)

[0255] 在测量实例 8 中,通过 CV 测量方法测量可以用作本发明的复合材料的 Alq 的氧化峰电势。图 20 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.52\text{V}$  变化至  $1.20\text{V}$ ,然后从  $1.20\text{V}$  变化至  $-0.52\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 20 中,显示出 Alq 的氧化峰电势 ( $E_{pa}$ ) 为  $0.82\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ 。

[0256] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $=0.09\text{V}$  相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示出 Alq 的氧化峰电势为  $0.73\text{V}$  相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ 。

[0257] (对比测量实例 1 ;BCP 的情况)

[0258] 在对比测量实例 1 中,通过 CV 测量方法测量不能用作本发明的复合材料的 BCP 的氧化峰电势。图 21 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.20\text{V}$  变化至  $2.00\text{V}$ ,然后从  $2.00\text{V}$  变化至  $-0.20\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 21,尽管电流超过了  $1.60\text{V}$  至  $2.00\text{V}$  之间测量范围的上限,然而至少在  $-0.2$  至  $1.60$  (V 相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) 之间并未观察到 BCP 的氧化峰电势。

[0259] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $= 0.09$  (V 相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ )) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示在  $-0.29$  至  $1.51$  (V 相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ ) 之间不存在 BCP 的氧化峰电势。

[0260] (对比测量实例 2, OXD-7 的情况)

[0261] 在对比测量实例 2 中,通过 CV 测量方法测量不能用作本发明的复合材料的 OXD-7 的氧化峰电势。图 22 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.47\text{V}$  变化至  $2.00\text{V}$ ,然后从  $2.00\text{V}$  变化至  $-0.47\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 22,尽管电流超过了  $1.60\text{V}$  至  $2.00\text{V}$  之间测量范围的上限,然而至少在  $-0.47$  至  $1.60$  (V 相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) 之间并未观察到 OXD-7 的氧化峰电势。

[0262] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $= 0.09$  (V 相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ )) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示在  $-0.56$  至  $1.51$  (V 相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ ) 之间不存在 OXD-7 的氧化峰电势。

[0263] (对比测量实例 3 ;TPBi 的情况)

[0264] 在对比测量实例 3 中,通过 CV 测量方法测量不能用作本发明的复合材料的 TPBi 的氧化峰电势。图 23 示出了其结果。如测量所示,工作电极的电势相对于参考电极从  $-0.40\text{V}$  变化至  $2.00\text{V}$ ,然后从  $2.00\text{V}$  变化至  $-0.40\text{V}$ 。应当注意的是,变化速度设置在  $0.1\text{V/s}$ 。从图 23,尽管电流超过了  $1.60\text{V}$  至  $2.00\text{V}$  之间测量范围的上限,然而至少在  $-0.40$  至  $1.60$  (V 相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ) 之间并未观察到 TPBi 的氧化峰电势。

[0265] 因此,假设将上面测量的二茂络铁的氧化-还原电势 ( $= 0.09$  (V 相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ )) (标准物质的 CV 测量) 设置为标准值 ( $0\text{V}$ ),则显示在  $-0.49$  至  $1.51$  (V 相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ ) 之间不存在 TPBi 的氧化峰电势。

[0266] 在表 1 中总结了上述结果。如表 1 所示,可用于本发明的复合材料的有机化合物在室温下在二甲基甲酰胺 (DMF) 中具有在  $0$  至  $1.5\text{V}$  范围的氧化峰电势 (相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ),在室温下在二甲基甲酰胺 (DMF) 中具有氧化峰电势 (相对于  $\text{Fc}/\text{Fc}^+$ ) 在  $0$  至  $1.5\text{V}$  范围内。另一方面,作为不能用于本发明的复合材料的有机化合物,在上述范围内没有观察到氧化峰电势。

[0267] [表 1]

[0268]

	有机化合物	Epa [V 相对于 Ag/Ag <sup>+</sup> ]	Epa [V 相对于 Fc/Fc <sup>+</sup> ]
测量实例 1	NPB	0.45	0.36
测量实例 2	DNTPD	0.26	0.17
测量实例 3	PCzPCA1	0.27	0.18
测量实例 4	PCzPCN1	0.26	0.17
测量实例 5	CBP	1.00	0.91
测量实例 6	t-BuDNA	0.89	0.80
测量实例 7	DPVBi	1.00	0.91
测量实例 8	Alq	0.82	0.73
对比测量实例 1	BCP	-	-
对比测量实例 2	OXD-7	-	-
对比测量实例 3	TBPi	-	-

[0269] “-”表示未观察到氧化峰电势

[0270] 接着,将使用实施例 1 中测量的有机化合物制造发光元件,并评价其特性。将在下面的实施例中示出结果。

[0271] 实施例 2

[0272] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外,将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0273] (发光元件 1)

[0274] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0275] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空以将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 NPB、氧化钼(VI)以及红荧烯,以形成包括本发明复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm,将 NPB、氧化钼(VI)以及红荧烯的重量比调整为 2 : 0.75 : 0.04。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。尽管在该实施例中添加了红荧烯,然而红荧烯并非必不可少的,仅使用 NPB 和氧化钼(VI)可以得到几乎相同的特性。

[0276] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0277] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0278] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0279] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以

形成电子注入层。

[0280] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的发光元件 1。

[0281] (对比发光元件 1)

[0282] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0283] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后,通过使用电阻加热的蒸发方法仅仅形成厚度 60nm 的 NPB。

[0284] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0285] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0286] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0287] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 1。

[0288] 图 24 示出了本发明的发光元件 1 和对比发光元件 1 的电流 - 电压特性。此外,图 25 示出了亮度 - 电压特性。在本发明的发光元件 1 中,得到 990cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 5.8V,此时电流为 0.351mA (电流密度为 8.78mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 11cd/A,功率效率为 6.11m/W。另一方面,在对比发光元件 1 中,得到 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 9.0V,此时电流为 0.363mA (电流密度为 9.07mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 11cd/A,功率效率为 3.91m/W。

[0289] 因此,在制作发光元件以接近 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度发光的情况下,同其中将仅使用有机化合物的层形成与电极接触的层的对比发光元件 1 相比,显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 1 中驱动电压和功率消耗都降低了。

[0290] 从上述结果,显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低驱动电压。此外,还显示出可以降低功率消耗。

[0291] 实施例 3

[0292] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外,将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0293] (发光元件 2)

[0294] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0295] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约 10<sup>-4</sup>Pa 之后,在第一电极上共蒸发 DNTPD、氧化钼 (VI) 以及红荧烯,以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm,将 DNTPD、氧化钼 (VI) 以及红荧烯的重量比调整

为 1 : 0.5 : 0.02。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。尽管在该实施例中添加了红荧烯,然而红荧烯并非必不可少的,仅仅使用 NPB 和氧化钼(VI)也可以得到几乎相同的特性。

[0296] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0297] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0298] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0299] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0300] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的发光元件 2。

[0301] (对比发光元件 2)

[0302] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0303] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 50nm 的 DNTPD。

[0304] 接着,在 DNTPD 上通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB。

[0305] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0306] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0307] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0308] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的对比发光元件 2。

[0309] 图 26 示出了本发明的发光元件 2 和对比发光元件 2 的电流 - 电压特性。此外,图 27 示出了亮度 - 电压特性。根据图 26 和 27,在本发明的发光元件 2 中,得到 950cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 5.8V,此时电流为 0.267mA(电流密度为 6.66mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 14cd/A,功率效率为 7.7lm/W。另一方面,在对比发光元件 2 中,得到 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 5.8V,此时电流为 0.331mA(电流密度为 8.27mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 12cd/A,功率效率为 6.6lm/W。

[0310] 因此,在制作发光元件以接近 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度发光的情况下,同其中仅仅使用有机化合物形成的层的对比发光元件 2 相比,尽管驱动电压与对比发光元件 2 基本相同,然而作为电流效率提高的结果仍显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 2 中功率消耗降低了。

[0311] 从上述结果,显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低功率消耗。

[0312] 实施例 4

[0313] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外,将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0314] (发光元件 3)

[0315] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0316] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 PCzPCA1 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm,将 PCzPCA1 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0317] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0318] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0319] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0320] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0321] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的发光元件 3。

[0322] (对比发光元件 3)

[0323] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0324] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 50nm 的 PCzPCA1。

[0325] 接着,在 PCzPCA1 上通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB。

[0326] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0327] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0328] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0329] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 3。

[0330] 图 28 示出了本发明的发光元件 3 和对比发光元件 3 的电流 - 电压特性。此外, 图 29 示出了亮度 - 电压特性。根据图 28 和 29, 在本发明的发光元件 3 中, 得到  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.4V, 此时电流为 0.269mA (电流密度为  $6.73\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外, 此时的电流效率为  $15\text{cd}/\text{A}$ , 功率效率为  $8.91\text{lm}/\text{W}$ 。另一方面, 在对比发光元件 3 中, 得到  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.8V, 此时电流为 0.282mA (电流密度为  $7.1\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外, 此时的电流效率为  $14\text{cd}/\text{A}$ , 功率效率为  $7.61\text{lm}/\text{W}$ 。

[0331] 因此, 在制作发光元件以接近  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度发光的情况下, 同其中将仅使用有机化合物的层形成与电极接触的层的对比发光元件 3 相比, 显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 3 中驱动电压和功率消耗都降低了。

[0332] 从上述结果, 显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低驱动电压。此外, 还显示出可以降低功率消耗。

[0333] 实施例 5

[0334] 在该实施例中, 将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外, 将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0335] (发光元件 4)

[0336] 首先, 通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡, 以形成第一电极。其厚度设置为 110nm, 电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0337] 接着, 将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上, 使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后, 在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后, 在第一电极上共蒸发 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm, 将 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0338] 接着, 通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB, 以形成空穴传输层。

[0339] 另外, 通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处, 将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而, 香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0340] 随后, 通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq, 以形成电子传输层。

[0341] 此外, 通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙, 以形成电子注入层。

[0342] 最后, 通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝, 以形成第二电极, 从而制造本发明的发光元件 4。

[0343] (对比发光元件 4)

[0344] 首先, 通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡, 以形成第一电极。其厚度设置为 110nm, 电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0345] 接着, 将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上, 使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后, 通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 50nm 的 PCzPCN1。

[0346] 接着, 在 PCzPCN1 上通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB。

[0347] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,将香豆素 6 分散在 Alq 制成的层中。

[0348] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0349] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0350] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 4。

[0351] 图 30 示出了本发明的发光元件 4 和对比发光元件 4 的电流 - 电压特性。此外,图 31 示出了亮度 - 电压特性。根据图 30 和 31,在本发明的发光元件 4 中,得到  $890\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.6V,此时电流为 0.267mA (电流密度为  $6.67\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为 13cd/A,功率效率为 7.5lm/W。另一方面,在对比发光元件 4 中,得到  $950\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 6.0V,此时电流为 0.336mA (电流密度为  $8.40\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为 11cd/A,功率效率为 5.9lm/W。

[0352] 因此,在制作发光元件以接近  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度发光的情况下,同其中将仅使用有机化合物的层形成为与电极接触的层的对比发光元件 4 相比,显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 4 中驱动电压和功率消耗都降低了。

[0353] 从上述结果,显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低驱动电压。此外,还显示出可以降低功率消耗。

[0354] 实施例 6

[0355] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外,将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0356] (发光元件 5)

[0357] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0358] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后,在第一电极上共蒸发 CBP 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm,将 CBP 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0359] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0360] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0361] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0362] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0363] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的发光元件 5。

[0364] (对比发光元件 5)

[0365] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0366] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 50nm 的 CBP。

[0367] 接着,在 CBP 上通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB。

[0368] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0369] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0370] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0371] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的对比发光元件 5。

[0372] 图 32 示出了本发明的发光元件 5 和对比发光元件 5 的电流 - 电压特性。此外,图 33 示出了亮度 - 电压特性。根据图 32 和 33,在本发明的发光元件 5 中,得到 890cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 5.4V,此时电流为 0.301mA (电流密度为 7.52mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 12cd/A,功率效率为 6.9lm/W。另一方面,在对比发光元件 5 中,得到 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 18V,此时电流为 0.386mA (电流密度为 9.65mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 11cd/A,功率效率为 1.9lm/W。

[0373] 因此,在制作发光元件以接近 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度发光的情况下,同其中将仅使用有机化合物的层形成与电极接触的层的对比发光元件 5 相比,显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 5 中驱动电压和功率消耗都降低了。

[0374] 从上述结果,显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低驱动电压。此外,还显示出可以降低功率消耗。

[0375] 实施例 7

[0376] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外,将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0377] (发光元件 6)

[0378] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0379] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约 10<sup>-4</sup>Pa 之后,在第一电极上共蒸发 t-BuDNA 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm,将 t-BuDNA 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸

发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0380] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0381] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0382] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0383] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0384] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的发光元件 6。

[0385] (对比发光元件 6)

[0386] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0387] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 50nm 的 t-BuDNA。

[0388] 接着,在 t-BuDNA 上通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB。

[0389] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0390] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0391] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0392] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 6。

[0393] 图 34 示出了本发明的发光元件 6 和对比发光元件 6 的电流 - 电压特性。此外,图 35 示出了亮度 - 电压特性。根据图 34 和 35,在本发明的发光元件 6 中,得到 970cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 5.4V,此时电流为 0.304mA (电流密度为 7.59mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 13cd/A,功率效率为 7.41lm/W。另一方面,在对比发光元件 6 中,得到 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 17.5V,此时电流为 0.369mA (电流密度为 9.22mA/cm<sup>2</sup>)。此外,此时的电流效率为 11cd/A,功率效率为 2.01lm/W。

[0394] 因此,在制作发光元件以接近 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度发光的情况下,同其中将仅使用有机化合物的层形成为与电极接触的层的对比发光元件 6 相比,显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 6 中驱动电压和功率消耗都降低了。

[0395] 从上述结果,显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低驱动电压。此外,还显示出可以降低功率消耗。

[0396] 实施例 8

[0397] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。此外,将使用对比实例来说明本发明的效果。

[0398] (发光元件 7)

[0399] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0400] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 DPVBi 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 120nm,将 DPVBi 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0401] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0402] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0403] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0404] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0405] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造本发明的发光元件 7。

[0406] (对比发光元件 7)

[0407] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为 2mm×2mm。

[0408] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。随后,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 50nm 的 DPVBi。

[0409] 接着,在 DPVBi 上通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB。

[0410] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在 NPB 上形成具有厚度为 37.5nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0411] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 37.5nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0412] 此外,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子传输层上形成厚度 1nm 的氟化钙,以形成电子注入层。

[0413] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 7。

[0414] 图 36 示出了本发明的发光元件 7 和对比发光元件 7 的电流 - 电压特性。此外,图 37 示出了亮度 - 电压特性。根据图 36 和 37,在本发明的发光元件 7 中,得到  $1100\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.6V,此时电流为 0.381mA (电流密度为  $9.53\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电

流效率为 11cd/A, 功率效率为 6.3lm/W。另一方面, 在对比发光元件 7 中, 得到 960cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 24.6V, 此时电流为 1.11mA (电流密度为 27.8mA/cm<sup>2</sup>)。此外, 此时的电流效率为 3.5cd/A, 功率效率为 0.44lm/W。

[0415] 因此, 在制作发光元件以接近 1000cd/m<sup>2</sup> 的亮度发光的情况下, 同其中将仅使用有机化合物的层形成为与电极接触的层的对比发光元件 7 相比, 显示出使用本发明复合材料的本发明的发光元件 7 中的驱动电压和功率消耗都降低了。

[0416] 从上述结果, 显示出可以通过将本发明的复合材料用作发光元件来降低驱动电压。此外, 还显示出可以降低功率消耗。

[0417] 实施例 9

[0418] 在该实施例中, 将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0419] (发光元件 8)

[0420] 首先, 通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡, 以形成第一电极。其厚度设置为 110nm, 电极面积设置为 2mm×2mm。

[0421] 接着, 将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上, 使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后, 在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约 10<sup>-4</sup>Pa 之后, 在第一电极上共蒸发 Alq、氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm, 将 Alq 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0422] 接着, 通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB, 以形成空穴传输层。

[0423] 另外, 通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处, 将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而, 香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0424] 随后, 通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq, 以形成电子传输层。

[0425] 此外, 通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而, 锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0426] 最后, 通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝, 以形成第二电极, 从而制造本发明的发光元件 8。

[0427] 图 38 示出了本发明的发光元件 8 的电流 - 电压特性。此外, 图 39 示出了亮度 - 电压特性。根据图 38 和 39, 在本发明的发光元件 8 中, 得到大于等于 1cd/m<sup>2</sup> 发光的电压为 5.2V, 得到大于等于 0.1cd/m<sup>2</sup> 发光的电压为 3.2V。

[0428] 当将注意集中在发光启动电压时 (得到大于等于 0.1cd/m<sup>2</sup> 发光的电压), 发光元件 8 并不次于上述实施例 1 至 7 所述的发光元件 (发光启动电压为 2.4V 至 2.6V)。因此, 这显示了其中观察到实施例 1 中的测量实例中所描述的氧化峰电势的化合物可以用作本发明的复合材料, 即使该化合物是诸如 Alq 的具有电子传输特性的化合物。此外, 使用该复合材料可以有效地操作发光元件。

[0429] (对比发光元件 11)

[0430] 首先, 通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡, 以形成第一电极。其厚度设置为 110nm, 电极面积设置为 2mm×2mm。

[0431] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 BCP 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 BCP 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0432] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0433] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0434] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0435] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0436] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 11。

[0437] 图 40 示出了对比发光元件 11 的电流 - 电压特性。此外,图 41 示出了亮度 - 电压特性。根据图 40 和 41,显示出对于对比发光元件要得到固定亮度的发光需要高电压。具体地,在对比发光元件 11 中,得到大于等于  $1\text{cd}/\text{m}^2$  发光的电压为 34V,得到大于等于  $0.1\text{cd}/\text{m}^2$  发光的电压 (发光启动电压) 为 30V。

[0438] 如上所述,显示了其中未观察到实施例 1 中对比测试实例中描述的氧化峰电势的化合物很难用于本发明的复合材料。此外,显示出使用该复合材料很难有效地操作发光元件。

[0439] (对比发光元件 12)

[0440] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0441] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 OXD-7 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 OXD-7 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0442] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0443] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0444] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0445] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0446] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形

成第二电极,从而制造对比发光元件 11。

[0447] 图 42 示出了对比发光元件 12 的电流 - 电压特性。此外,图 43 示出了亮度 - 电压特性。根据图 42 和 43,显示出对于对比发光元件要得到固定亮度的发光需要高电压。具体地,在对比发光元件 12 中,得到大于等于  $1\text{cd}/\text{m}^2$  发光的电压为 19V,得到大于等于  $0.1\text{cd}/\text{m}^2$  发光的电压(发光启动电压)为 16V。

[0448] 如上所述,显示了其中未观察到在实施例 1 中的对比测试实例中描述的氧化峰电势的化合物很难用于本发明的复合材料。此外,显示出使用该复合材料很难有效地操作发光元件。

[0449] (对比发光元件 13)

[0450] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0451] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后,在第一电极上共蒸发 TPBi 和氧化钼(VI)以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 TPBi 和氧化钼(VI)重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0452] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0453] 此外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0454] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0455] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0456] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极,从而制造对比发光元件 13。

[0457] 图 44 示出了对比发光元件 13 的电流 - 电压特性。此外,图 45 示出了亮度 - 电压特性。根据图 44 和 45,显示出对于对比发光元件要得到固定亮度的发光需要高电压。具体地,在对比发光元件 11 中,得到大于等于  $1\text{cd}/\text{m}^2$  发光的电压为 20V,得到大于等于  $0.1\text{cd}/\text{m}^2$  发光的电压(发光启动电压)为 17V。

[0458] 如上所述,显示了其中未观察到在实施例 1 中的对比测试实例中描述的氧化峰电势的化合物很难用于本发明的复合材料。此外,显示出使用该复合材料很难有效地操作发光元件。

[0459] 实施例 10

[0460] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0461] (发光元件 21)

[0462] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0463] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使

得上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 DNTPD 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 DNTPD 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0464] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0465] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0466] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0467] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0468] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将是本发明的发光元件 21。

[0469] 图 46 示出了对比发光元件 21 的电流 - 电压特性。此外,图 47 示出了亮度 - 电压特性。根据图 46 和 47,在本发明的发光元件 21 中,得到  $1100\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.8V,此时电流为 0.346mA (电流密度为  $8.66\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为 13cd/A,功率效率为 6.8lm/W。

[0470] 因此,这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0471] 实施例 11

[0472] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0473] (发光元件 22)

[0474] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0475] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后,在第一电极上共蒸发 PCzPCA1 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 PCzPCA1 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0476] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0477] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0478] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0479] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0480] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形

成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将是本发明的发光元件 22。

[0481] 图 48 示出了本发明的发光元件 22 的电流-电压特性。此外,图 49 示出了亮度-电压特性。根据图 48 和 49,在本发明的发光元件 22 中,得到  $1200\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.0V,此时电流为 0.396mA(电流密度为  $9.90\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为  $12\text{cd}/\text{A}$ ,功率效率为  $7.71\text{lm}/\text{W}$ 。

[0482] 因此,这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0483] 实施例 12

[0484] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0485] (发光元件 23)

[0486] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

[0487] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后,在第一电极上共蒸发 PCzPCN1 和氧化钼(VI)以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 PCzPCN1 和氧化钼(VI)重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0488] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0489] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0490] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0491] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 30nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0492] 最后,通过使用电阻加热的蒸发方法在电子注入层上形成厚度 200nm 的铝,以形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将是本发明的发光元件 23。

[0493] 图 50 示出了本发明的发光元件 23 的电流-电压特性。此外,图 51 示出了亮度-电压特性。根据图 50 和 51,在本发明的发光元件 23 中,得到  $1200\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.0V,此时电流为 0.300mA(电流密度为  $7.51\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为  $16\text{cd}/\text{A}$ ,功率效率为  $9.91\text{lm}/\text{W}$ 。

[0494] 因此,这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0495] 实施例 13

[0496] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0497] (发光元件 24)

[0498] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

[0499] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使

得上形成有第一电极的表面朝下放置。接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成具有厚度为 20nm 的铜酞菁 (CuPc)。

[0500] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 40nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0501] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.003 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0502] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0503] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 10nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0504] 接着,共蒸发 NPB 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将 NPB 和氧化钼 (VI) 的重量比调整为 1 : 0.5。

[0505] 在形成包括发光物质的层之后,通过溅射方法或者蒸发方法形成第二电极,所述包括发光物质的层通过层压空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层以及包括本发明复合材料的层形成。在该实施例中,通过使用电阻加热的蒸发方法在包括本发明复合材料的层上形成厚度 200nm 的铝,从而形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将是本发明的发光元件 24。

[0506] 图 52 示出了本发明的发光元件 24 的电流-电压特性。此外,图 53 示出了亮度-电压特性。根据图 52 和 53,显示出提供有包括本发明复合材料的层(将与用作阴极的电极接触)的发光元件用作发光元件。具体地,在本发明的发光元件 24 中,得到  $1200\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 7.8V,此时电流为 0.346mA (电流密度为  $8.66\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为  $14\text{cd}/\text{A}$ ,功率效率为  $5.6\text{lm}/\text{W}$ 。

[0507] 因此,这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0508] 实施例 14

[0509] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0510] (发光元件 25)

[0511] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0512] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后,在第一电极上共蒸发 NPB 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 NPB 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 4 : 1。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0513] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0514] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0515] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成

电子传输层。

[0516] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 10nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0517] 接着,共蒸发 NPB 和氧化钼 (VI) 以形成 10nm 厚的包括本发明的复合材料的层。将 NPB 和氧化钼 (VI) 的重量比调整为 4 : 1。

[0518] 在形成包括发光物质的层之后,通过溅射方法或者蒸发方法形成第二电极,所述包括发光物质的层通过层压包括本发明的复合材料的层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层、以及包括本发明复合材料的层形成。在该实施例中,通过使用电阻加热的蒸发方法在包括本发明复合材料的层上形成厚度 200nm 的铝,从而形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将是本发明的发光元件 25。

[0519] 图 54 示出了本发明的发光元件 25 的电流-电压特性。此外,图 55 示出了亮度-电压特性。根据图 54 和 55,显示出提供有包括本发明复合材料的层(分别与发光元件的两个电极接触)的发光元件用作发光元件。具体地,在本发明的发光元件 25 中,得到  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.4V,此时电流为 0.435mA(电流密度为  $10.9\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为 9.3cd/A,功率效率为 5.41lm/W。

[0520] 因此,这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0521] 实施例 15

[0522] 在该实施例中,将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0523] (发光元件 26)

[0524] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0525] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后,在第一电极上共蒸发 DNTPD 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 DNTPD 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0526] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0527] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0528] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0529] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 10nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0530] 接着,共蒸发 DNTPD 和氧化钼 (VI) 以形成 20nm 厚的包括本发明的复合材料的层。将 DNTPD 和氧化钼 (VI) 的重量比调整为 1 : 0.5。

[0531] 在形成包括发光物质的层之后,通过溅射方法或者蒸发方法形成第二电极,所述包括发光物质的层通过层压包括本发明的复合材料的层、空穴传输层、发光层、电子传输

层、电子注入层以及包括本发明复合材料的层形成。在该实施例中,通过使用电阻加热的蒸发方法在包括本发明的复合材料的层上形成厚度 200nm 的铝,从而形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将是本发明的发光元件 26。

[0532] 图 56 示出了本发明的发光元件 26 的电流-电压特性。此外,图 57 示出了亮度-电压特性。根据图 56 和 57,显示出提供有包括本发明复合材料的层(分别与发光元件的两个电极接触)的发光元件用作发光元件。具体地,在本发明的发光元件 26 中,得到  $1100\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.8V,此时电流为 0.322mA(电流密度为  $8.05\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的电流效率为  $13\text{cd}/\text{A}$ ,功率效率为  $7.31\text{lm}/\text{W}$ 。

[0533] 因此,这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件,可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0534] 实施例 16

[0535] 在该实施例中,将特别描述使用本发明复合材料的发光元件。

[0536] (发光元件 27)

[0537] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡,以形成第一电极。其厚度设置为 110nm,电极面积设置为  $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

[0538] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}\text{Pa}$  之后,在第一电极上共蒸发 PCzPCA1 和氧化钼(VI)以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm,将 PCzPCA1 和氧化钼(VI)重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0539] 接着,通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB,以形成空穴传输层。

[0540] 另外,通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处,将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 香豆素 6)。因而,香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0541] 随后,通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq,以形成电子传输层。

[0542] 此外,通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 10nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01(= Alq : 锂)。因而,锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0543] 接着,共蒸发 PCzPCA1 和氧化钼(VI)以形成 20nm 厚的包括本发明的复合材料的层。将 PCzPCA1 和氧化钼(VI)的重量比调整为 1 : 0.5。

[0544] 在形成包括发光物质的层之后,通过溅射方法或者蒸发方法形成第二电极,所述包括发光物质的层通过层压包括本发明的复合材料的层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层以及包括本发明复合材料的层形成。在该实施例中,通过使用电阻加热的蒸发方法在包括本发明的复合材料的层上形成厚度 200nm 的铝,从而形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将称作本发明的发光元件 27。

[0545] 图 58 示出了本发明的发光元件 27 的电流-电压特性。此外,图 59 示出了亮度-电压特性。根据图 58 和 59,显示出提供有包括本发明复合材料的层(分别与发光元件的两个电极接触)的发光元件用作发光元件。具体地,在本发明的发光元件 27 中,得到  $1200\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.6V,此时电流为 0.388mA(电流密度为  $9.70\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外,此时的

电流效率为 12cd/A, 功率效率为 6.81lm/W。

[0546] 因此, 这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件, 可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0547] 实施例 17

[0548] 在该实施例中, 将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0549] (发光元件 28)

[0550] 首先, 通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡, 以形成第一电极。其厚度设置为 110nm, 电极面积设置为 2mm×2mm。

[0551] 接着, 将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上, 使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后, 在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后, 在第一电极上共蒸发 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm, 将 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0552] 接着, 通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB, 以形成空穴传输层。

[0553] 另外, 通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处, 将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而, 香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0554] 随后, 通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq, 以形成电子传输层。

[0555] 此外, 通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 10nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而, 锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0556] 接着, 共蒸发 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 以形成 20nm 厚的包括本发明的复合材料的层。将 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 的重量比调整为 1 : 0.5。

[0557] 在形成包括发光物质的层之后, 通过溅射方法或者蒸发方法形成第二电极, 所述包括发光物质的层通过层压包括本发明的复合材料的层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层以及包括本发明复合材料的层形成。在该实施例中, 通过使用电阻加热的蒸发方法在包括本发明的复合材料的层上形成厚度 200nm 的铝, 从而形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将称作本发明的发光元件 28。

[0558] 图 60 示出了本发明的发光元件 28 的电流-电压特性。此外, 图 61 示出了亮度-电压特性。根据图 60 和 61, 显示出提供有包括本发明复合材料的层 (分别与发光元件的两个电极接触) 的发光元件用作发光元件。具体地, 在本发明的发光元件 28 中, 得到 1200cd/m<sup>2</sup> 的亮度需要的电压为 5.6V, 此时电流为 0.354mA (电流密度为 8.85mA/cm<sup>2</sup>)。此外, 此时的电流效率为 13cd/A, 功率效率为 7.41lm/W。

[0559] 因此, 这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件, 可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0560] 实施例 18

[0561] 在该实施例中, 将特别描述使用本发明的复合材料的发光元件。

[0562] (发光元件 29)

[0563] 首先, 通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡, 以形成第一电极。

其厚度设置为 110nm, 电极面积设置为 2mm×2mm。

[0564] 接着, 将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上, 使其上形成有第一电极的表面朝下放置。然后, 在对真空蒸发系统抽真空将压力降低至大约  $10^{-4}$ Pa 之后, 在第一电极上共蒸发 CBP 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。将层的厚度设置为 50nm, 将 CBP 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 1 : 0.5。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0565] 接着, 通过使用电阻加热的蒸发方法形成厚度 10nm 的 NPB, 以形成空穴传输层。

[0566] 另外, 通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在空穴传输层上形成具有厚度为 40nm 的发光层。此处, 将 Alq 和香豆素 6 的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 香豆素 6)。因而, 香豆素 6 将分散在 Alq 制成的层中。

[0567] 随后, 通过使用电阻加热的蒸发方法在发光层上形成厚度为 10nm 的 Alq, 以形成电子传输层。

[0568] 此外, 通过 Alq 和锂的共蒸发在电子传输层上形成厚度 10nm 的电子注入层。此处将 Alq 和锂的重量比调整为 1 : 0.01 (= Alq : 锂)。因而, 锂将分散在 Alq 制成的层中。

[0569] 接着, 共蒸发 CBP 和氧化钼 (VI) 以形成 20nm 厚的包括本发明的复合材料的层。将 CBP 和氧化钼 (VI) 的重量比调整为 1 : 0.5。

[0570] 在形成包括发光物质的层之后, 通过溅射方法或者蒸发方法形成第二电极, 所述包括发光物质的层通过层压包括本发明的复合材料的层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层以及包括本发明复合材料的层形成。在该实施例中, 通过使用电阻加热的蒸发方法在包括本发明的复合材料的层上形成厚度 200nm 的铝, 从而形成第二电极。在该实施例中制造的发光元件将称作本发明的发光元件 29。

[0571] 图 62 示出了本发明的发光元件 29 的电流-电压特性。此外, 图 63 示出了亮度-电压特性。根据图 60 和 61, 显示出提供有包括本发明复合材料的层 (分别与发光元件的两个电极接触) 的发光元件用作发光元件。具体地, 在本发明的发光元件 29 中, 得到  $1100\text{cd}/\text{m}^2$  的亮度需要的电压为 5.8V, 此时电流为 0.424mA (电流密度为  $10.6\text{mA}/\text{cm}^2$ )。此外, 此时的电流效率为  $11\text{cd}/\text{A}$ , 功率效率为  $5.71\text{lm}/\text{W}$ 。

[0572] 因此, 这显示了通过将本发明的复合材料应用于发光元件, 可以得到低电压驱动和低电流驱动。

[0573] 实施例 19

[0574] 将参考图 64 描述本发明的实施例。

[0575] 通过溅射方法在玻璃衬底 1300 上形成厚度 110nm 的氧化铟锡以形成包括氧化铟锡的层 1301。

[0576] 通过 NPB 和氧化钼的共蒸发, 在包括氧化铟锡的层 1301 上形成厚度为 50nm 包括 NPB 和氧化钼的层 1302, 以使得 NPB 和氧化钼的重量比为 1 : 0.25。此外, 共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。

[0577] 接着, 通过蒸发在包括 NPB 和氧化钼的层 1302 上形成 NPB 以形成厚度 10nm 的包括 NPB 的层 1303。

[0578] 通过 Alq、红荧烯和 DCJTI 的共蒸发在包括 NPB 的层 1303 上形成厚度为 37.5 的包括 Alq、红荧烯和 DCJTI 的层 1304, 使得 Alq-红荧烯-DCJTI 的重量比满足 1 : 1 : 0.02。

[0579] 然后通过蒸发在包括 Alq、红荧烯和 DCJTI 的层 1304 上形成 Alq 以形成厚度为 27.5nm 包括 Alq 的层 1305。

[0580] 通过 BCP 和锂的共蒸发在包括 Alq 的层 1305 上形成厚度为 10nm 的包括 BCP 和锂 (Li) 的层 1306,使得 BCP 和锂的重量比满足 1 : 0.005。

[0581] 通过 NPB 和氧化钼的共蒸发在包括 BCP 和锂的层 1306 上形成厚度 50nm 的包括 NPB 和氧化钼的层 1307,使得 NPB 和氧化钼的重量比满足 1 : 0.25。

[0582] 通过蒸发在包括 NPB 和氧化钼的层 1307 上形成 NPB 以形成厚度 10nm 的包括 NPB 的层 1308。

[0583] 通过 Alq 和香豆素 6 的共蒸发在包括 NPB 的层 1308 上形成厚度 37.5nm 的包括 Alq 和香豆素 6 的层 1309,使得 Alq 和香豆素 6 的重量比满足 1 : 0.005。

[0584] 接着,通过蒸发在包括 Alq 和香豆素 6 的层 1309 上形成 Alq 以形成厚度为 27.5nm 包括 Alq 的层 1310。

[0585] 通过 BCP 和锂的共蒸发在包括 Alq 的层 1310 上形成厚度 10nm 的包括 BCP 和锂 (Li) 的层 1311,使得 BCP 和锂的重量比满足 1 : 0.005。

[0586] 通过 NPB 和氧化钼的共蒸发在包括 BCP 和锂的层 1311 上形成厚度 50nm 的包括 NPB 和氧化钼的层 1312,使得 NPB 和氧化钼的重量比满足 1 : 0.25。

[0587] 随后,通过蒸发在包括 NPB 和氧化钼的层 1312 上形成 NPB 以形成厚度为 10nm 的包括 NPB 的层 1313。

[0588] 接着,通过蒸发在包括 NPB 的层上 1313 上形成 t-BuDNA 以形成厚度为 37.5nm 包括 t-BuDNA 的层 1314。

[0589] 接着,通过蒸发在包括 t-BuDNA 的层 1314 上形成 Alq 以形成厚度为 27.5nm 包括 Alq 的层 1315。

[0590] 通过 BCP 和锂 (Li) 的共蒸发,在包括 Alq 的层 1315 上形成厚度为 10nm 包括 BCP 和锂 (Li) 的层 1316,使得 BCP 和锂 (Li) 的重量比为满足 1 : 0.005。

[0591] 随后,通过蒸发在包括 BCP 和锂的层 1316 上形成铝,以形成厚度 200nm 的包括铝的层 1317。

[0592] 在这样制造的发光元件中,包括氧化铟锡的层 1301 用作阳极,包括铝的层 1317 用作阴极。

[0593] 包括 NPB 和氧化钼的层 1302 具有将空穴注入至包括 NPB 的层 1303 中的功能。同样,包括 NPB 和氧化钼的层 1307 具有将空穴注入至包括 NPB 的层 1308 中的功能。包括 NPB 和氧化钼的层 1312 具有将空穴注入至包括 NPB 的层 1313 中的功能。

[0594] 包括 NPB 的层 1303 具有将注入的空穴传输至包括 Alq、红荧烯和 DCJTI 的层 1304 的功能。包括 NPB 的层 1308 具有将注入的空穴传输至包括 Alq 和香豆素 6 的层 1309 的功能。包括 NPB 的层 1313 具有将注入的空穴传输至包括 t-BuDNA 的层 1314 的功能。

[0595] 包括 BCP 和锂的层 1316 具有将电子注入至包括 Alq 的层 1305 的功能。此外,包括 BCP 和锂的层 1311 具有将电子注入至包括 Alq 的层 1310 的功能。包括 BCP 和锂的层 1316 具有将电子注入至包括 Alq 的层 1315 的功能。

[0596] 包括 Alq 的层 1305 具有将注入的电子传输至包括 Alq、红荧烯和 DCJTI 的层 1304 的功能。包括 Alq 的层 1310 具有将从包括 BCP 和锂的层 1311 注入的电子传输至包括 Alq

和香豆素 6 的层 1309 的功能。包括 Alq 的层 1315 作为电子传输层,用于将从包括 BCP 和铯的层 1316 注入的电子传输至包括 t-BuDNA 的层 1314。

[0597] 在每个包括 NPB 和氧化钼的层 1302、1307 和 1312 中,氧化钼用作电子受主。另外,在每个包括 BCP 和铯的层 1306、1311 和 1316 中,铯作为电子施主。

[0598] 在该发光元件中,当对包括氧化铟锡的层 1301 和包括铝的层 1317 施加电压时,电流流过包括氧化铟锡的层 1301 和包括铝的层 1317。因此,包括 Alq、红荧烯和 DCJTI 的层 1304 发射具有 600nm 至 680nm 波长范围内的波峰的光。包括 Alq 和香豆素 6 的层 1309 发射具有 500nm 至 550nm 波长范围内的波峰的光。包括 t-BuDNA 的层 1314 发射具有 420nm 至 480nm 波长范围内的波峰的光。在这些层中产生的光经过包括氧化铟锡的层 1301 发射至外部。从上述描述可以看出,在该实施例的发光元件中,将显示出光发射波长较短(420nm 至 480nm)的层提供在比显示出光发射波长较长(600nm 至 680nm)的层距离具有高反射性的层(诸如包括铝的层 1317)更近的位置。因而,可以降低包括铝的层 1317 发射光和反射光的干涉。

[0599] 在图 65 示出了在该实施例中制造的发光元件发光情况下的发光光谱。在图 65 中,横轴代表波长(nm)、纵轴代表发射强度(任意单位)。根据图 65,显示出该实施例中制造的发光元件发射 450nm 至 620nm 波长范围内的光。0.979mA 处(电流密度为 24.5mA/cm<sup>2</sup>)的 CIE 色度坐标为  $x = 0.33, y = 0.46$ ,亮度为 1900cd/m<sup>2</sup>。因此,显示出该实施例中制造的发光元件发射白色光。

[0600] 通过制造上述的级联发光元件,可以得到具有高电流效率的发光元件。此外,如在该实施例中,可以得到在可见光区域的具有宽光谱的白色发光。此外,通过使用诸如氧化钼的具有低吸潮特性的物质进行制作,可以得到具有低恶化(由于湿气混合的原因)的发光元件。另外,在本发明的发光元件中,发射光和反射光的干涉低;因而,可以容易地调节发射光的色度。

[0601] 实施例 20

[0602] 在该实施例中,将测量包括本发明复合材料的层的电流-电压特性。

[0603] (元件 1)

[0604] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡(ITSO)以形成第一电极。将电极的尺寸设置为 2mm×2mm。

[0605] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。

[0606] 然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低之后,在第一电极上共蒸发 NPB 和氧化钼(VI)以形成包括本发明的复合材料的层。层的厚度设置为 200nm。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。NPB 和氧化钼(VI)重量比调整为 4:1。

[0607] 通过使用电阻加热的蒸发方法,在包括本发明的复合材料的层上形成铝(Al)以形成第二电极,从而制造元件 1。

[0608] (元件 2)

[0609] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡(ITSO)以形成第一电极。将电极的尺寸设置为 2mm×2mm。

[0610] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。

[0611] 然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低之后,在第一电极上共蒸发 DNTPD 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。层的厚度设置为 200nm。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。DNTPD 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 4 : 2。

[0612] 通过使用电阻加热的蒸发方法,在包括本发明的复合材料的层上形成铝 (Al) 以形成第二电极,从而制造元件 2。

[0613] (元件 3)

[0614] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡 (ITO) 以形成第一电极。将电极的尺寸设置为 2mm×2mm。

[0615] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。

[0616] 然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低之后,在第一电极上共蒸发 PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。层的厚度设置为 200nm。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。PCzPCN1 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 4 : 2。

[0617] 通过使用电阻加热的蒸发方法,在包括本发明的复合材料的层上形成铝 (Al) 以形成第二电极,从而制造元件 3。

[0618] (元件 4)

[0619] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡 (ITO) 以形成第一电极。将电极的尺寸设置为 2mm×2mm。

[0620] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。

[0621] 然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低之后,在第一电极上共蒸发 t-BuDNA 和氧化钼 (VI) 以形成包括本发明的复合材料的层。层的厚度设置为 200nm。共蒸发方法是指在一个处理室中从多个蒸发源同时实施蒸发的蒸发方法。t-BuDNA 和氧化钼 (VI) 重量比调整为 4 : 2。

[0622] 通过使用电阻加热的蒸发方法,在包括本发明的复合材料的层上形成铝 (Al) 以形成第二电极,从而制造元件 4。

[0623] (对比元件 5)

[0624] 首先,通过溅射方法在玻璃衬底上形成包括氧化硅的氧化铟锡 (ITO) 以形成第一电极。将电极的尺寸设置为 2mm×2mm。

[0625] 接着,将提供有第一电极的衬底固定到提供在真空蒸发系统中的衬底支架上,使得其上形成有第一电极的表面朝下放置。

[0626] 然后,在对真空蒸发系统抽真空将压力降低之后,在第一电极上形成包括 t-BuDNA 的层。层的厚度设置为 200nm。

[0627] 通过使用电阻加热的蒸发方法,在包括 t-BuDNA 的层上形成铝 (Al) 以形成第二电极,从而制造对比元件 5。

[0628] 通过两端方法来测量电流 - 电压特性, 假设在 ITSO 为阳极而 A1 为阴极的情况下为正向, 而 ITSO 为阴极而 A1 为阳极的情况为反向。

[0629] 图 67 示出了 25°C 下元件 1 至 3 的电流 - 电压特性的结果。在元件 1 至 3 中, 显示出电流以正向和反向流动, 其电流 - 电压特性相对于坐标轴原点对称。尽管在元件 1 至 3 中使用了不同的 ITSO 和 A1 电极, 但是电流 - 电压特性对称; 因而, 可以想到的是, 包括本发明复合材料的层和电极之间的界面并不具有肖特基接触。

[0630] 此外, 每个图 68A 和 68B 示出了元件 4 和对比元件 5 的电流 - 电压特性。应当注意图 68B 为图 68A 中电压值在 -2V 值 2V 范围内的放大视图。这显示出, 相对于具有仅包括有机化合物的层的对比发光元件 5, 对于元件 4 (包括具有本发明的复合材料的层) 来讲, 载流子容易从电极注入, 并且电导率高。此外, 同样在元件 4 中, 显示出电流以正向和反向流动, 其电流 - 电压特性相对于坐标轴原点对称。尽管在元件 1 至 3 中使用了不同的 ITSO 和 A1, 但是电流 - 电压特性对称; 因而, 可以想到的是, 包括本发明的复合材料的层和电极之间的界面并不是肖特基接触。

[0631] 实施例 21

[0632] 在该实施例中, 通过将实施例 1 中测量的每种物质的氧化峰电势的值转换为电子伏特 (eV) 来计算每种物质的电离电势。

[0633] 首先, 进行计算以算出实施例 1 中使用的参考电极电势所对应的是什么样的电子伏特电势能量。换言之, 计算  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  电极的电离电势。已公知的是, 在甲醇中二茂络铁的氧化 - 还原电势相对于标准氢电极为 +0.610 (V 相对于 SHE) (参考文献: Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, pp. 83-96, 2002)。同样公知的是, 标准氢电极电势为 4.44eV (参考文献: ToShihiro Ohnishi and Tamami Koyama, Highmolecular EL material, Kyoritsu shuppan, pp. 64-67)。因而, 显示出在甲醇中二茂络铁的氧化 - 还原电势的电势能为 5.05eV。

[0634] 另一方面, 使用在实施例 1 中使用的参考电极得到在甲醇中二茂络铁的氧化 - 还原电势为 +0.20V (相对于  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ )。因此假设实施例 1 中使用的参考电极的电势能为  $E_R$  (eV), 则可以得到  $E_R + 0.20 = 5.05$  (eV)。因此, 实施例 1 中使用的参考电极的电势  $E_R$  可以通过下式计算:  $5.05 - 0.20 = 4.85$  (eV)。

[0635] 此处, 在 DMF 溶液中每种物质的电离电势  $I_p$  可以通过使用下列等式计算得到:  $I_p = E_R + E_{pa} = 4.85 + E_{pa}$  [eV]。因此, 根据表 1 中的结果, 在下面表 2 中示出了每种物质的电离电势  $I_p$ 。应当注意的是, 在 4.85 (eV) 至 6.35 (eV) 的范围内没有观察到 BCP、OXD-7 和 TPBi 的电离电势。因此, 根据表 2, 可以应用于本发明复合材料的有机化合物的电离电势为 4.8 (eV) 至 6.4 (eV), 优选的是 5.0 (eV) 至 6.0 (eV)。

[0636] [表 2]

[0637]

	有机化合物	Epa [V 相对于 Ag/Ag <sup>+</sup> ]	电离电势 [eV]
测量实例 1	NPB	0.45	5.30
测量实例 2	DNTPD	0.26	5.11
测量实例 3	PCzPCA1	0.27	5.12
测量实例 4	PCzPCN1	0.26	5.11
测量实例 5	CBP	1.00	5.85
测量实例 6	t-BuDNA	0.89	5.74
测量实例 7	DPVBi	1.00	5.85
测量实例 8	Alq	0.82	5.67
对比测量实例 1	BCP	-	-
对比测量实例 2	OXD-7	-	-
对比测量实例 3	TPBi	-	-

[0638] “-”表示未观察到氧化峰电势或者电离电势。

[0639] 实施例 22

[0640] 在该实施例中,将从实施例 1 中测量的每种物质的氧化峰电势值来计算半波电势。

[0641] 在实施例 1 中测量了中性有机化合物释放电子成为阳离子的氧化反应的氧化峰电势 (Epa)。然而,通过使用阳离子接受电子返回中性有机化合物的还原反应的还原峰电势 (Epc) 的值,可以得到给出电子和接收电子(即,表观电势)的平衡状态的电势。可以认为表观电势近似与氧化峰电势 (Epa) 和还原峰电势 (Epc) 之间的中间值(即,半波电势)一致,并且不受温度或者速度变化影响。表 3 示出了实施例 1 中测量的每种物质的还原峰电势 (Epc) 和从实施例 1 中的测量值转换的半波电势 (E1/2) 的值。应当注意的是,实施例 1 中的测量值(三位数值)用于计算,在表 3 中通过三位数值的有效数字来表示计算的结果。此外,在表 3,通过与氧化峰电势 (Epa) 的情况相同的方式转换得到半波电势的值(相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)。

[0642] [表 3]

[0643]

	有机化 化合物	E <sub>pa</sub> [V 相对于 Ag/Ag <sup>+</sup> ]	E <sub>1/2</sub> [V 相对于 Ag/Ag <sup>+</sup> ]	E <sub>1/2</sub> [V 相对于 Fc/Fc <sup>+</sup> ]
测量 实例 1	NPB	0.30	0.37	0.28
测量 实例 2	DNTPD	0.16	0.21	0.12
测量 实例 3	PCzPCA1	0.20	0.24	0.15
测量 实例 4	PCzPCN1	0.19	0.22	0.13
测量 实例 5	CBP	-	-	-
测量 实例 6	t-BuDNA	0.76	0.82	0.73
测量 实例 7	DPVBi	-	-	-
测量 实例 8	Alq	-	-	-
对比测 量实例 1	BCP	-	-	-
对比测 量实例 2	OXD-7	-	-	-
对比测 量实例 3	TBPI	-	-	-

[0644] “-”表示未观察到氧化峰电势或者半波电势。

[0645] 根据表 3, 显示出可以用于本发明复合材料的有机化合物的半波电势 (V 相对于 Ag/Ag<sup>+</sup>) 为 0.2 至 0.9 (V 相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)。此外, 显示出可以用于本发明复合材料的有机化合物的半波电势 (相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>) 为 0.1 至 0.8 (相对于 Fc/Fc<sup>+</sup>)

[0646] 本申请基于 2005 年 7 月 8 日在日本专利局提交的日本专利申请号为 2005-200953 的申请,其所有内容包含在此作为参考。

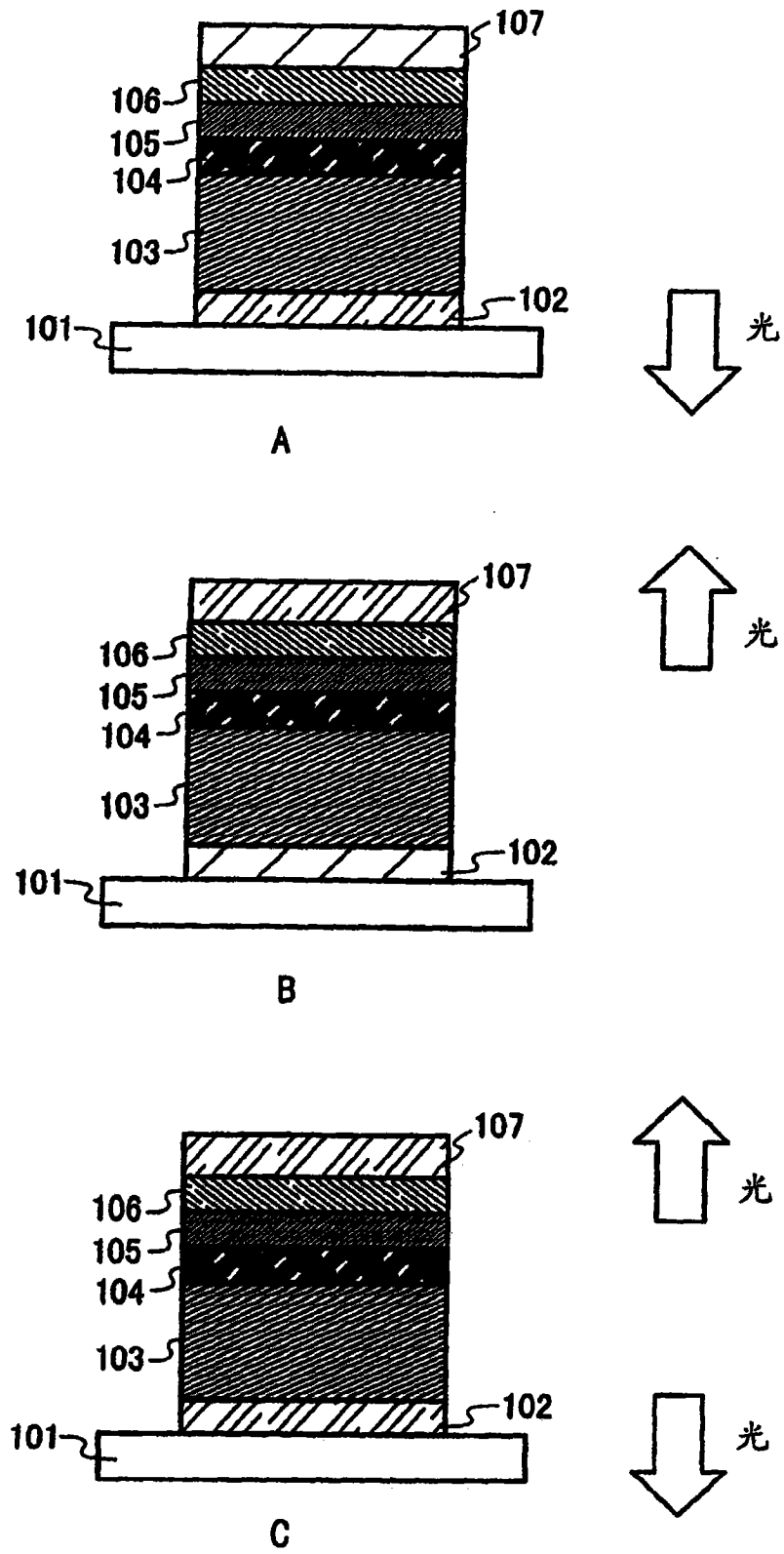


图 1

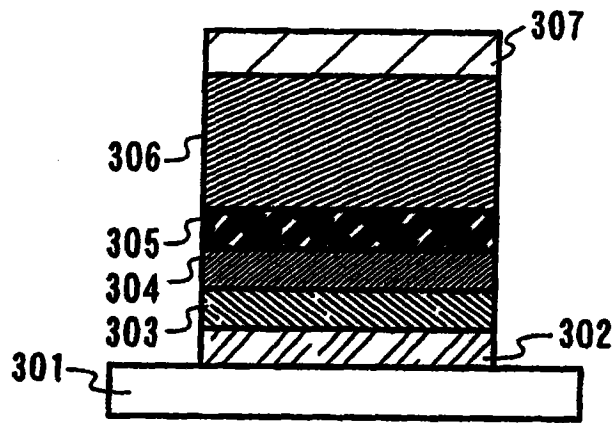


图 2

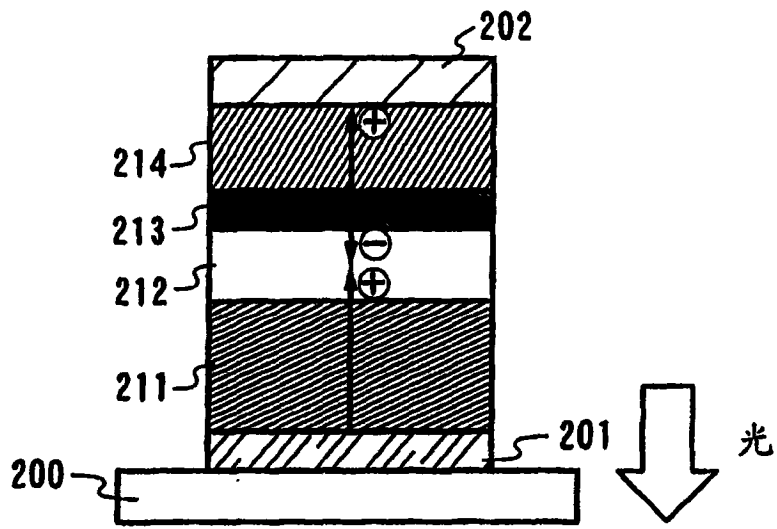


图 3A

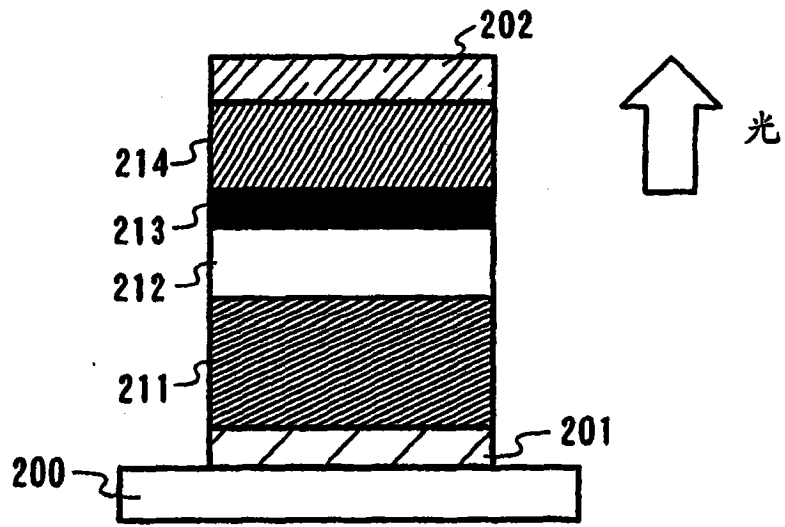


图 3B

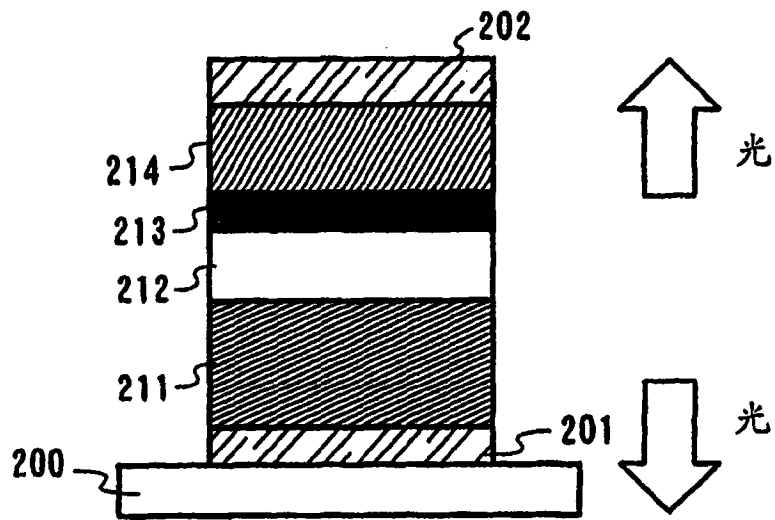


图 3C

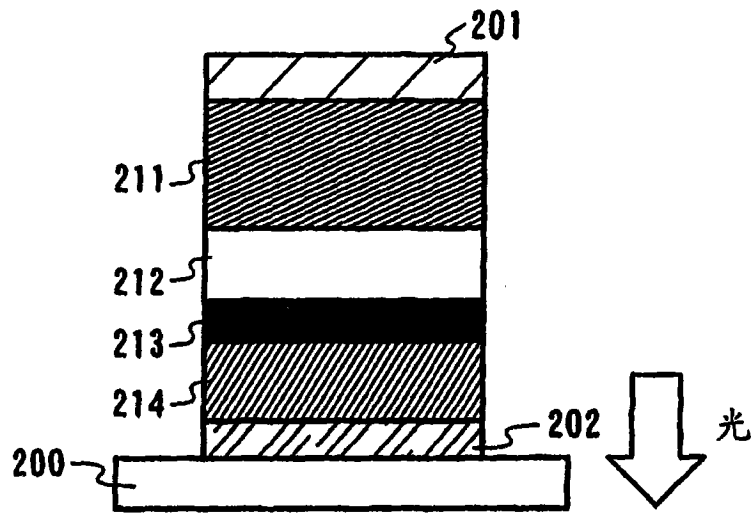


图 4A

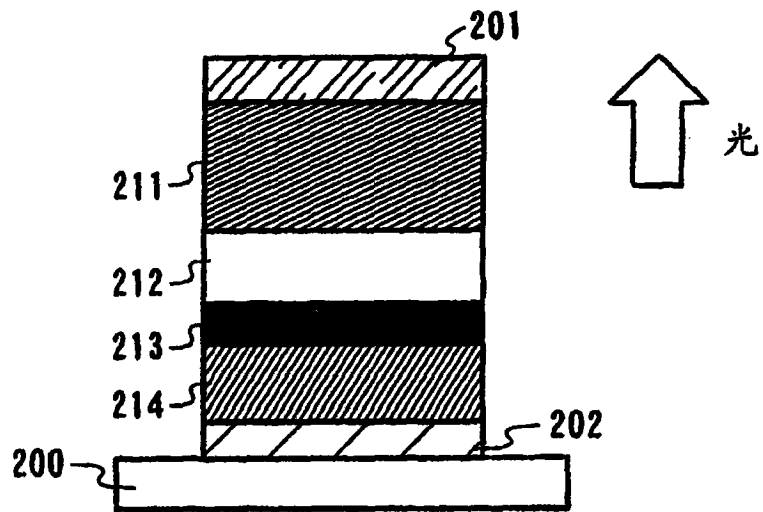


图 4B

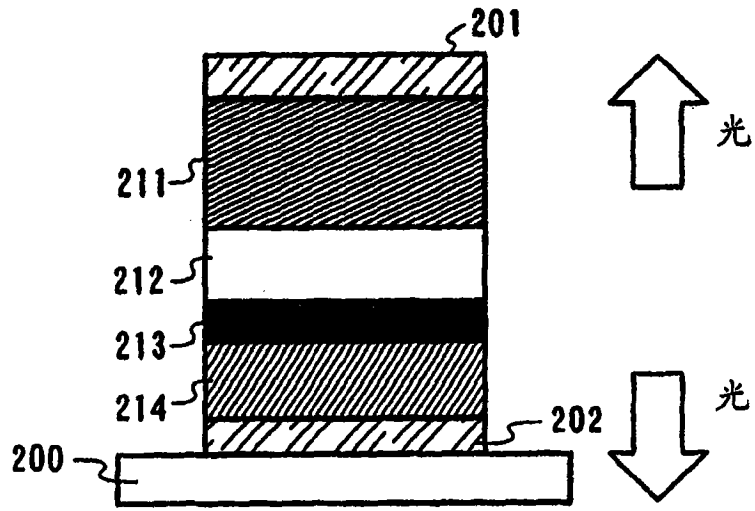


图 4C

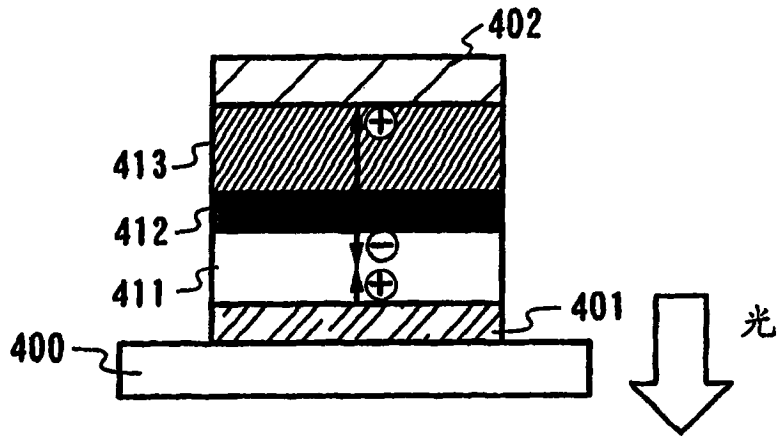


图 5A

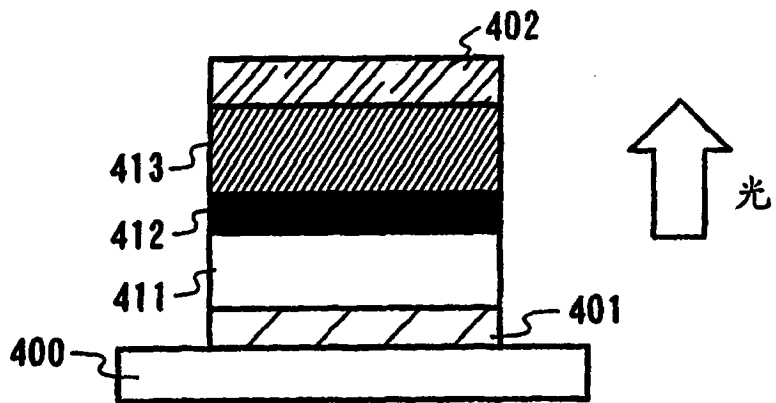


图 5B

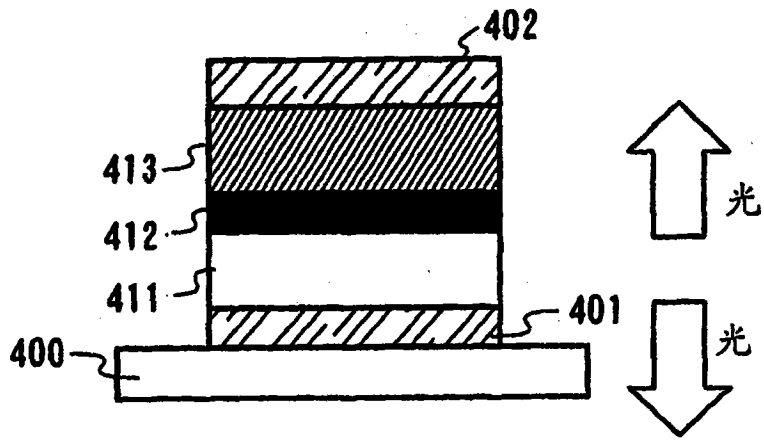


图 5C

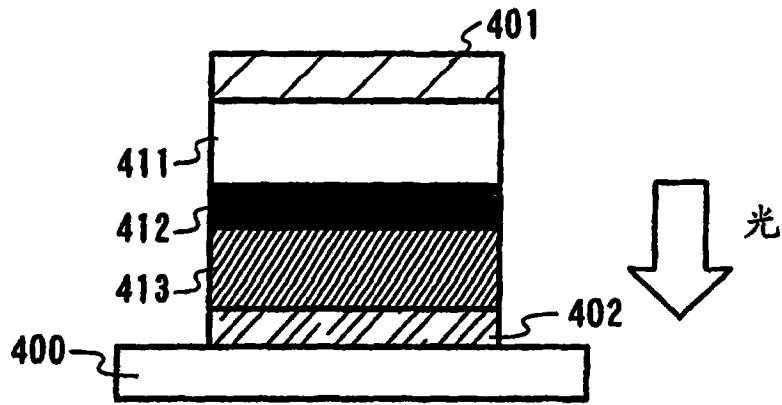


图 6A

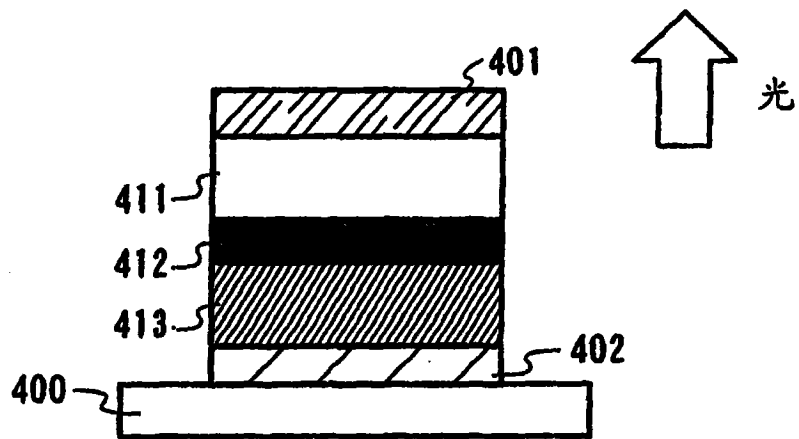


图 6B

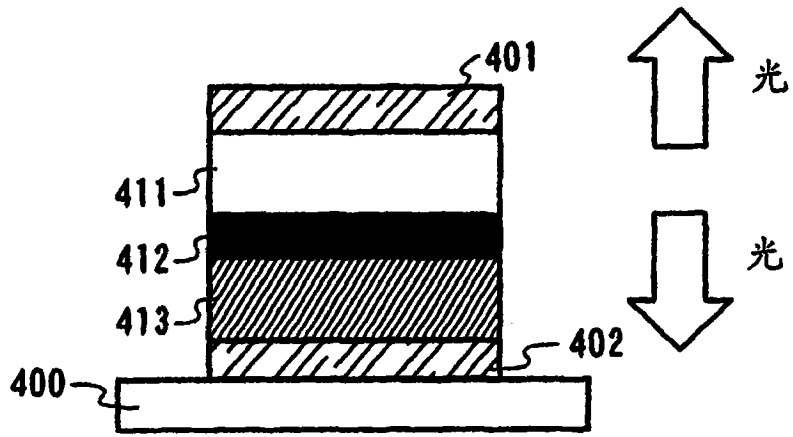


图 6C

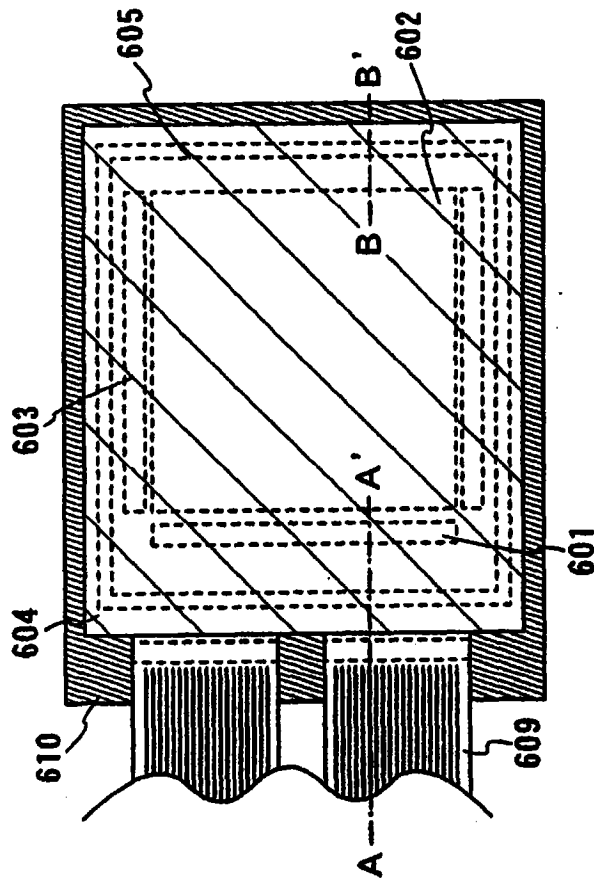


图 7A

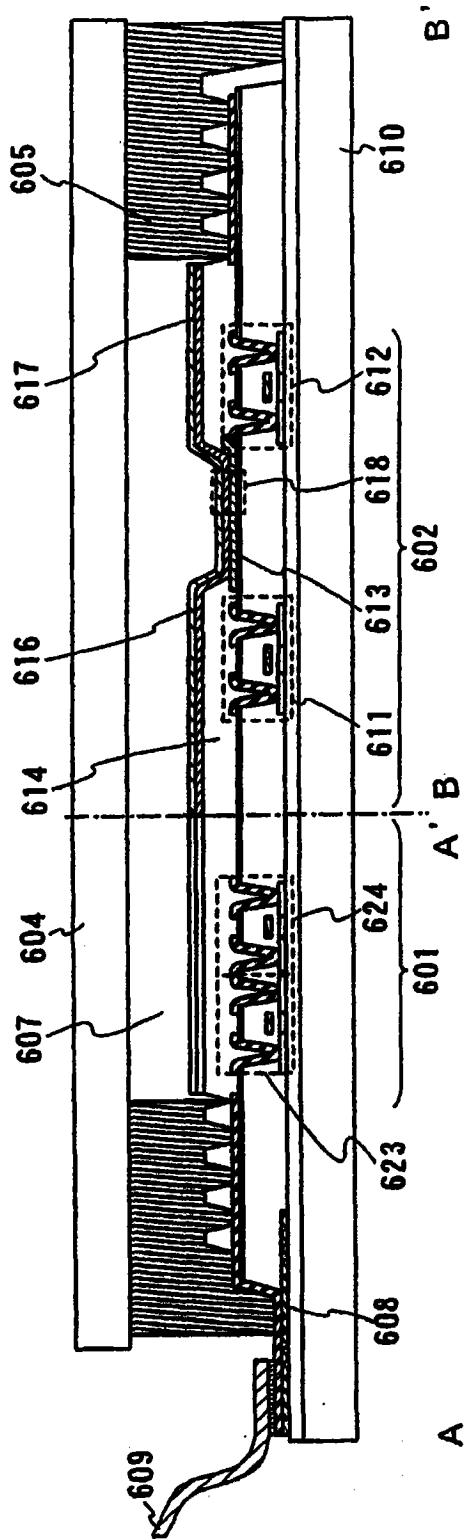


图 7B

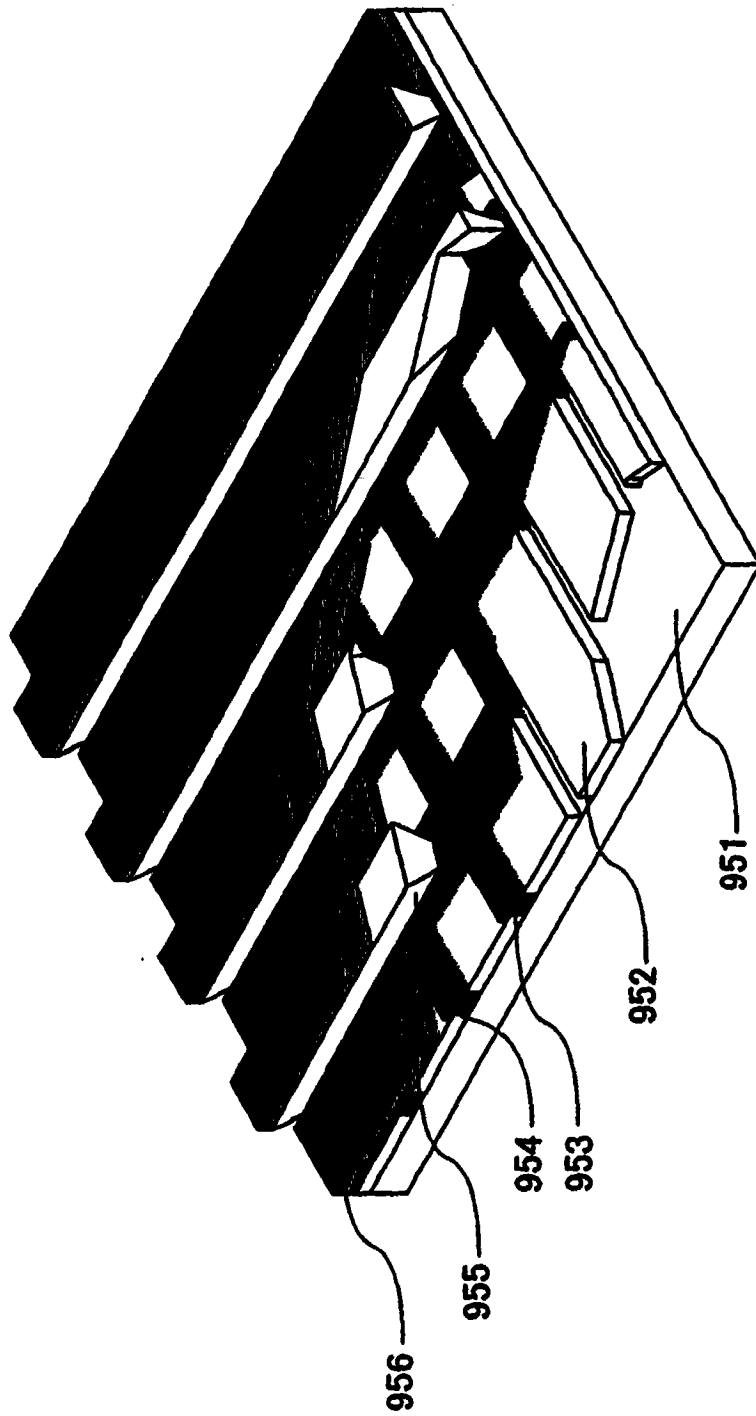


图 8

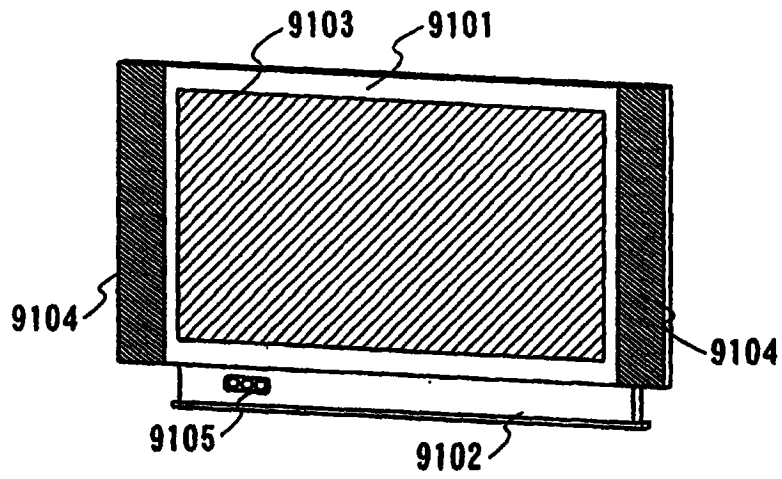


图 9A

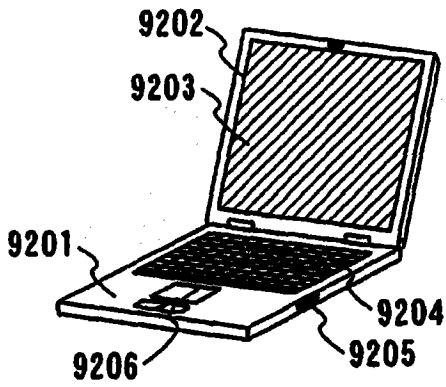


图 9B

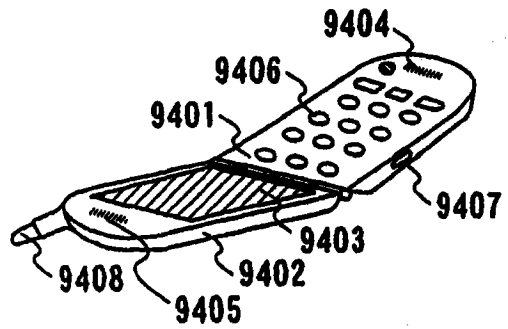


图 9C

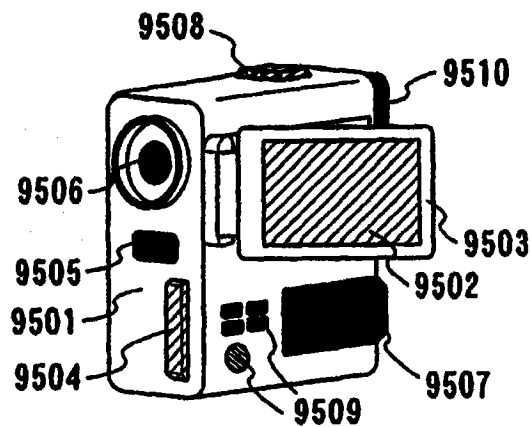


图 9D

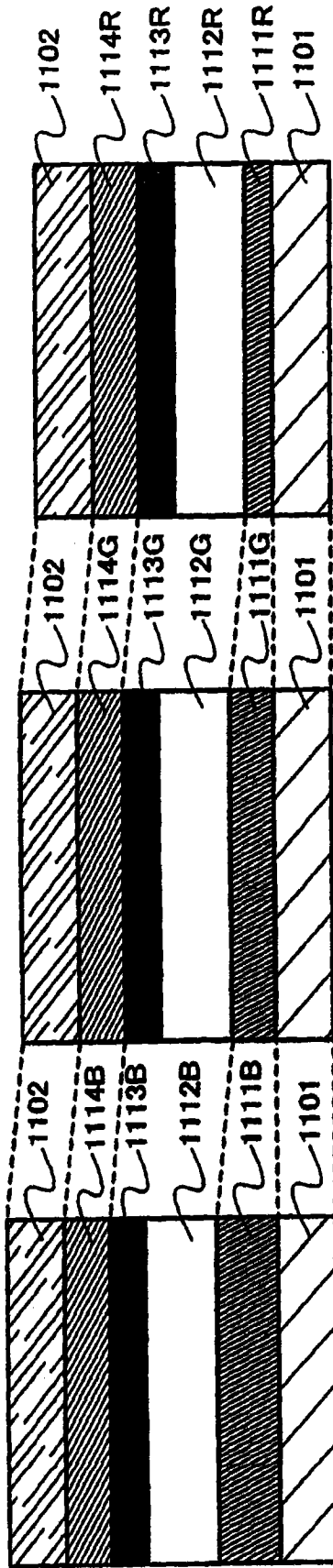


图 10

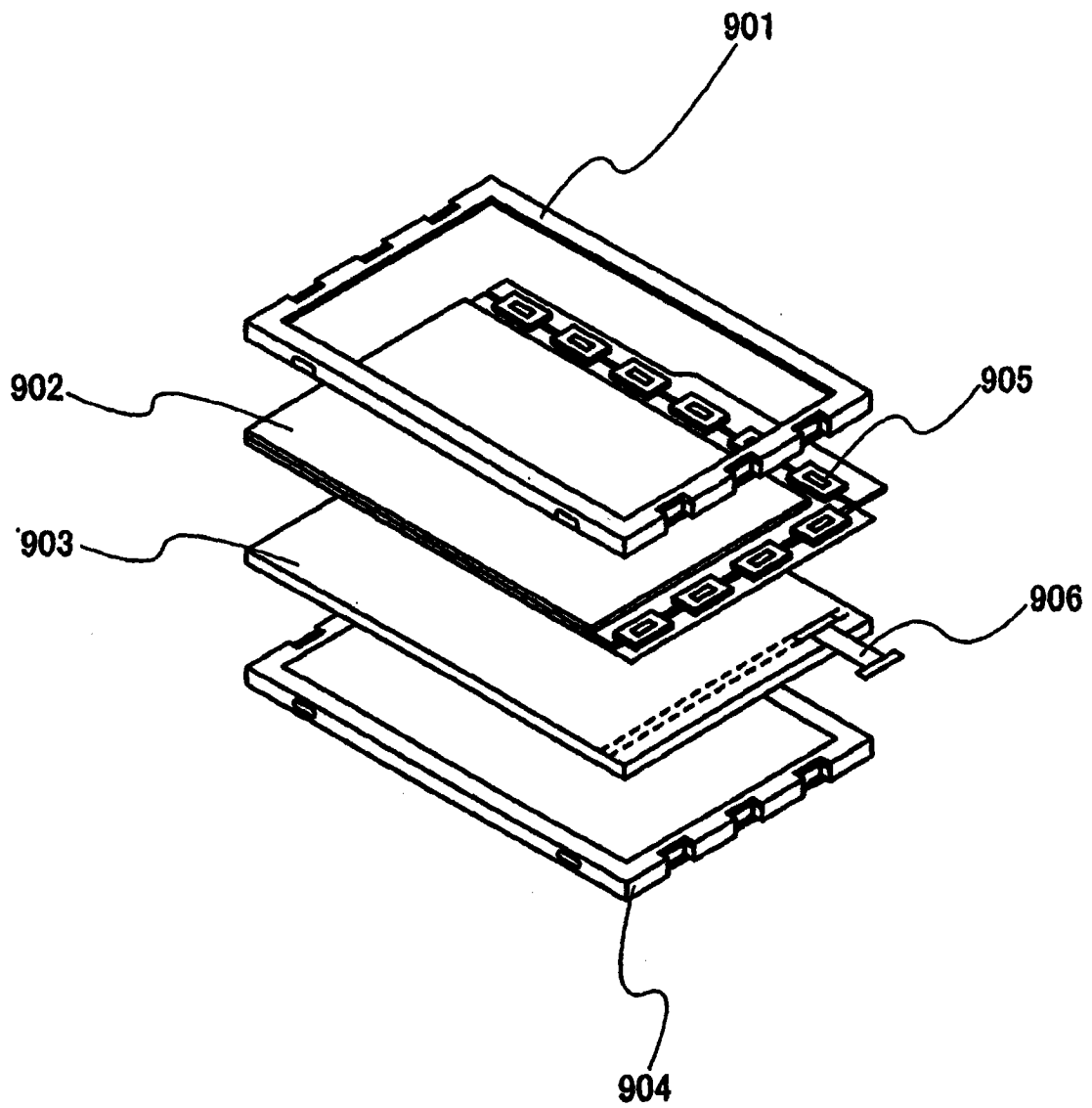


图 11

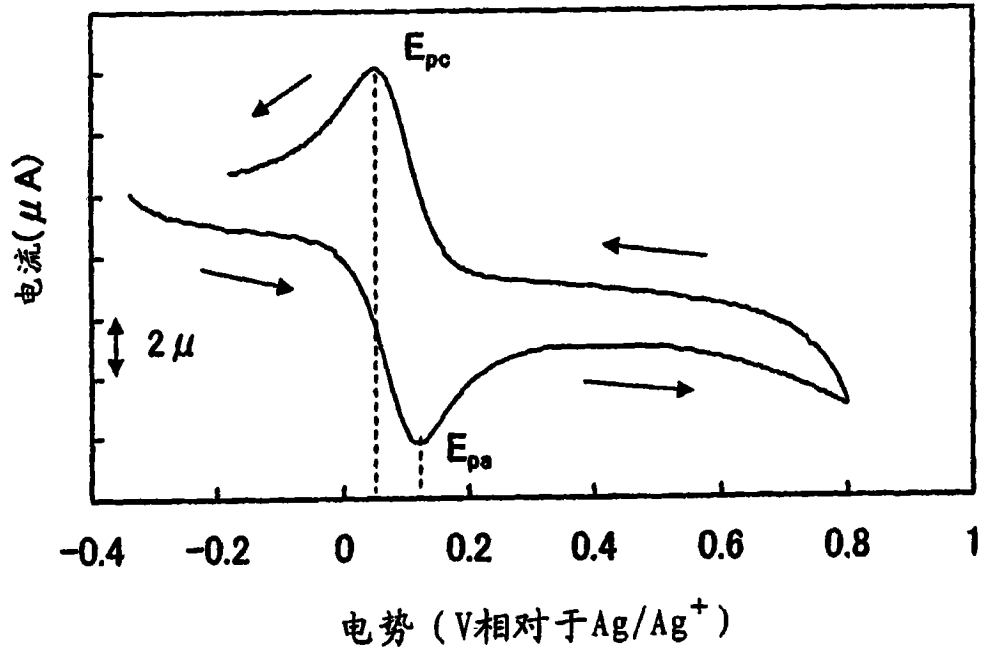


图 12

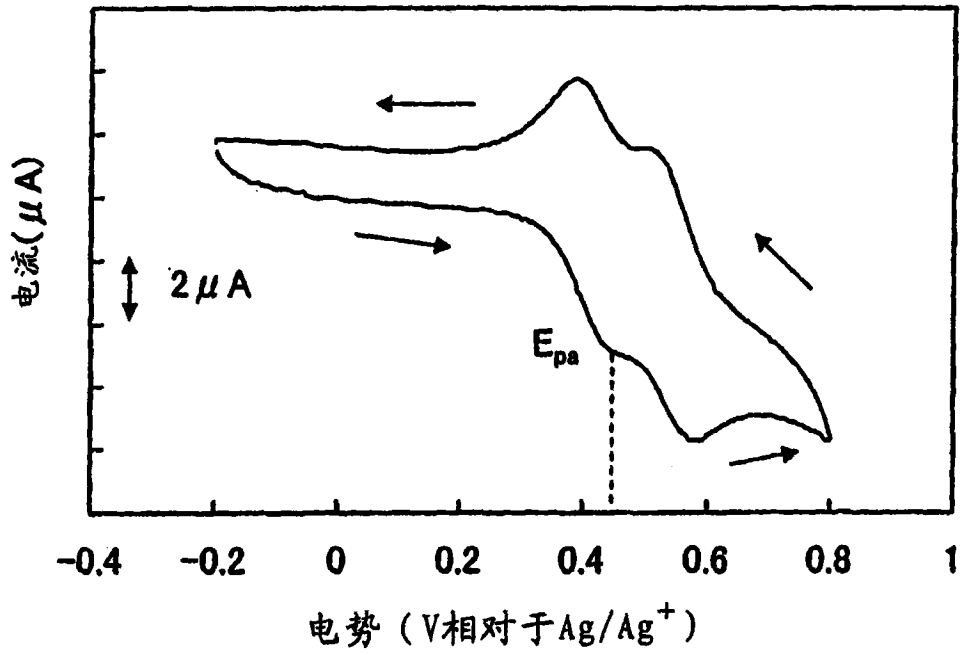


图 13

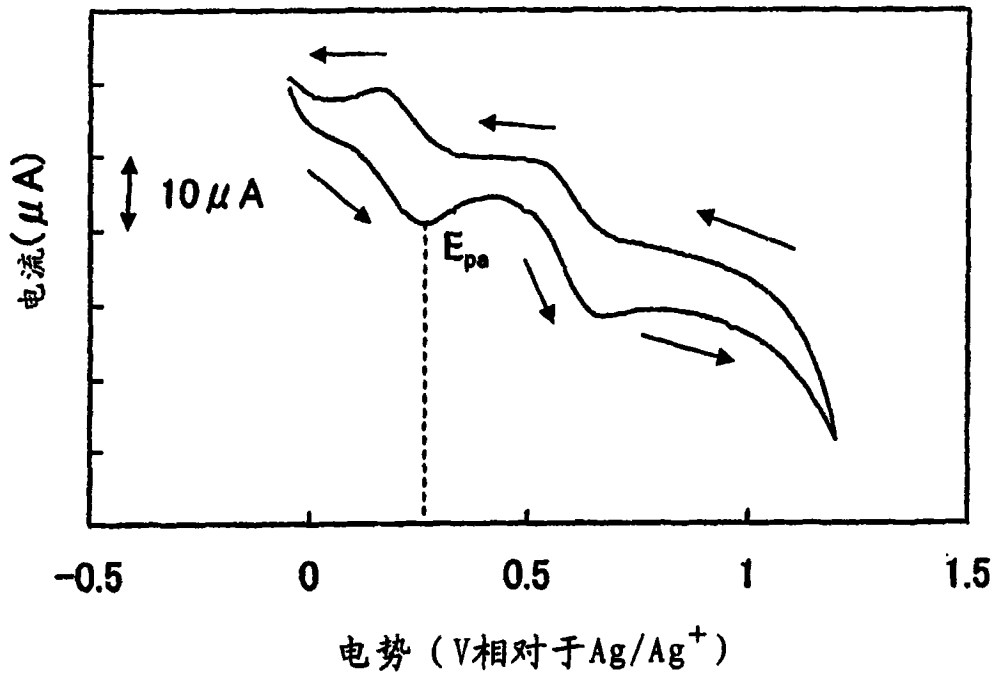


图 14

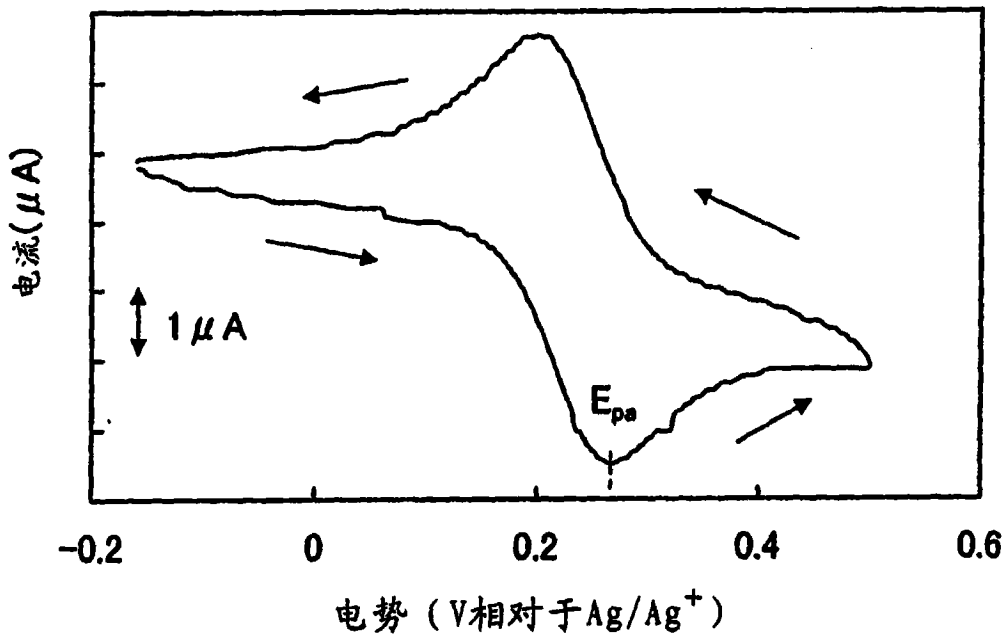


图 15

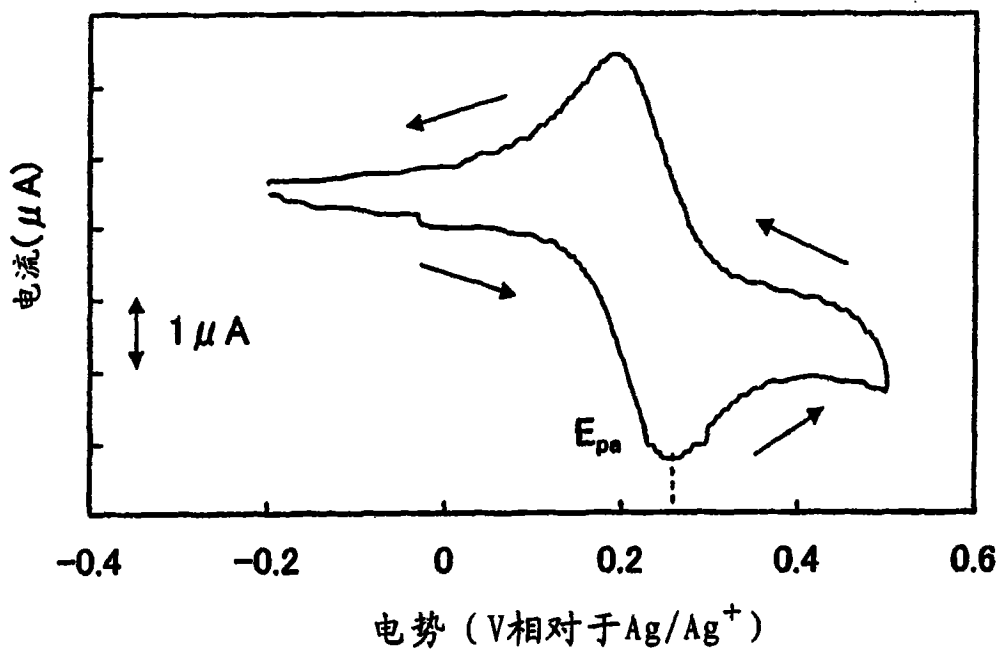


图 16

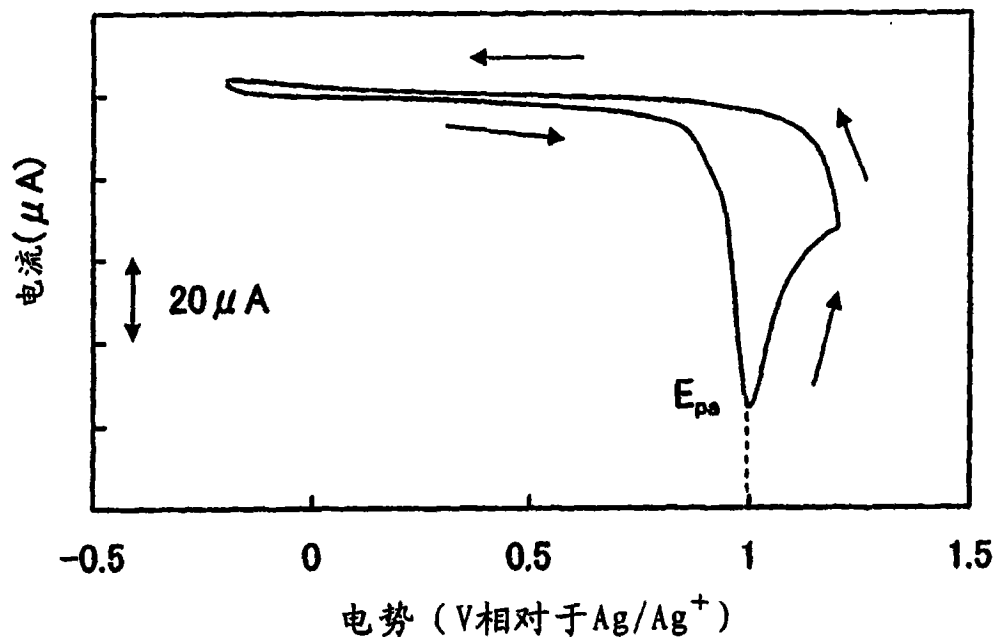


图 17

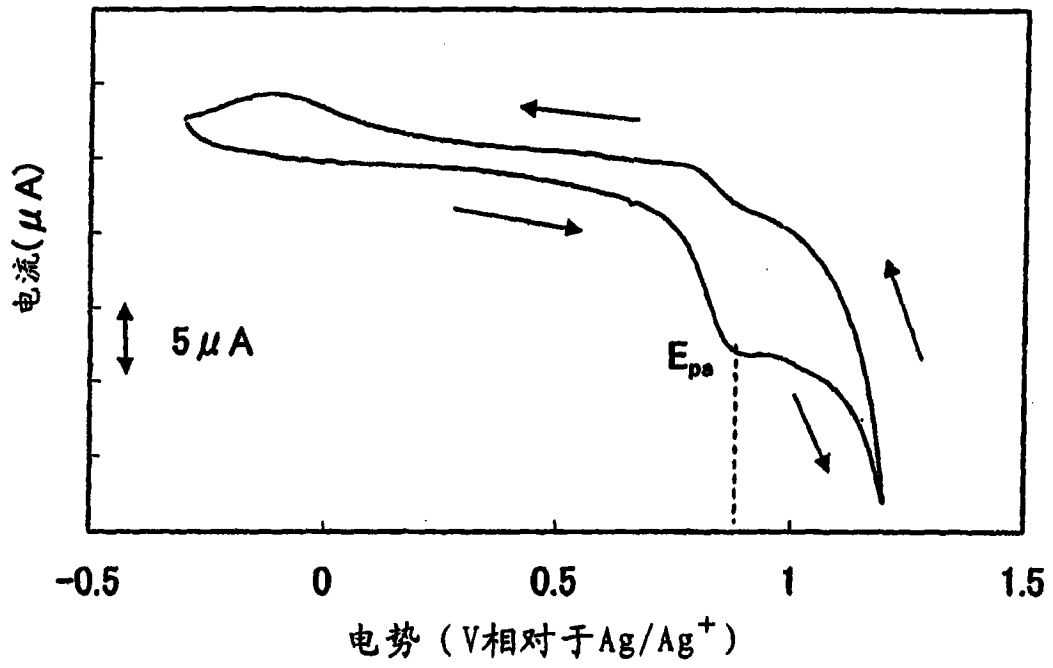


图 18

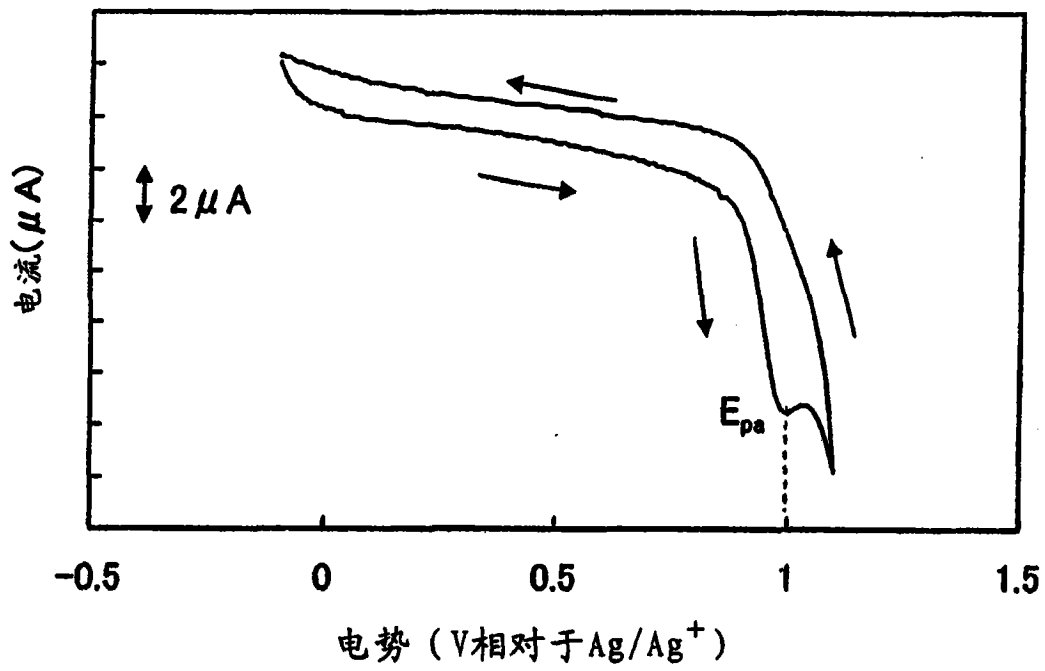


图 19

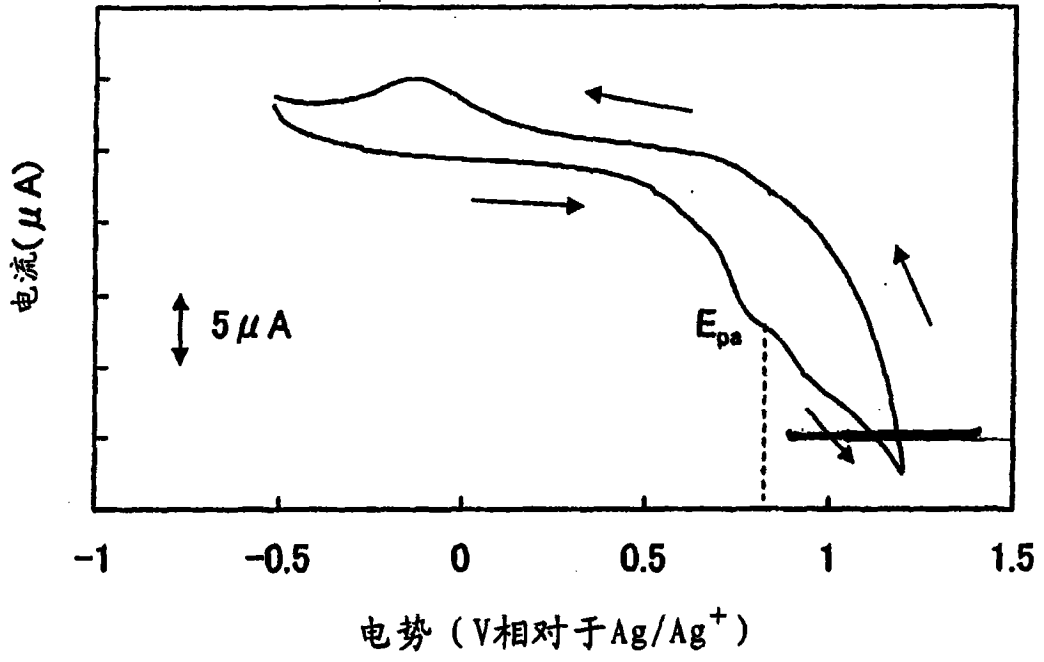


图 20

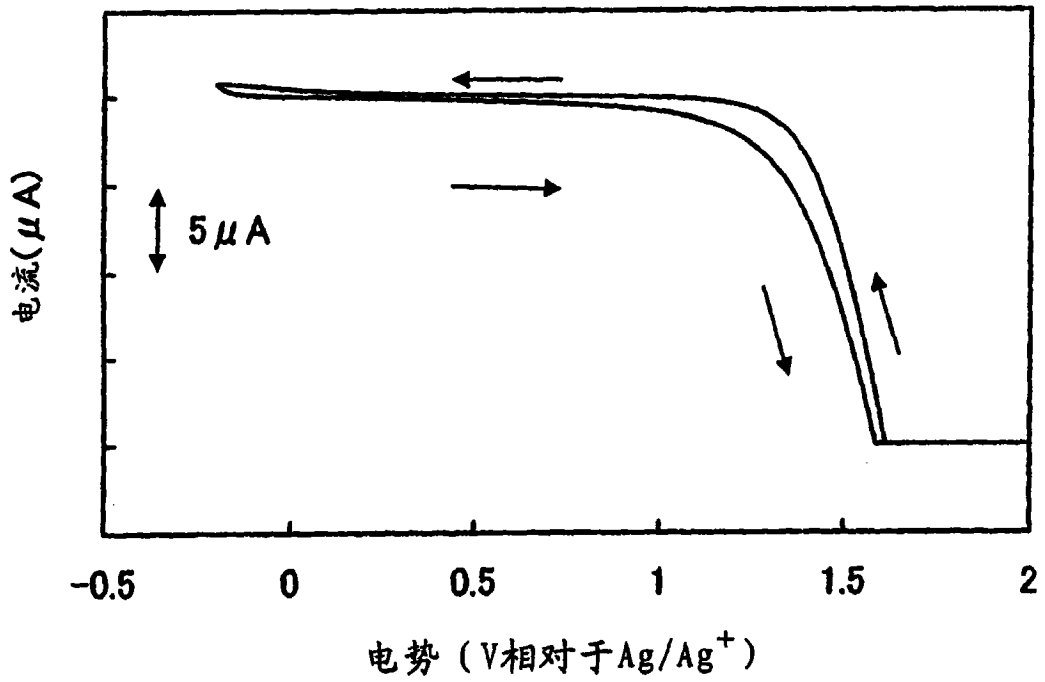


图 21

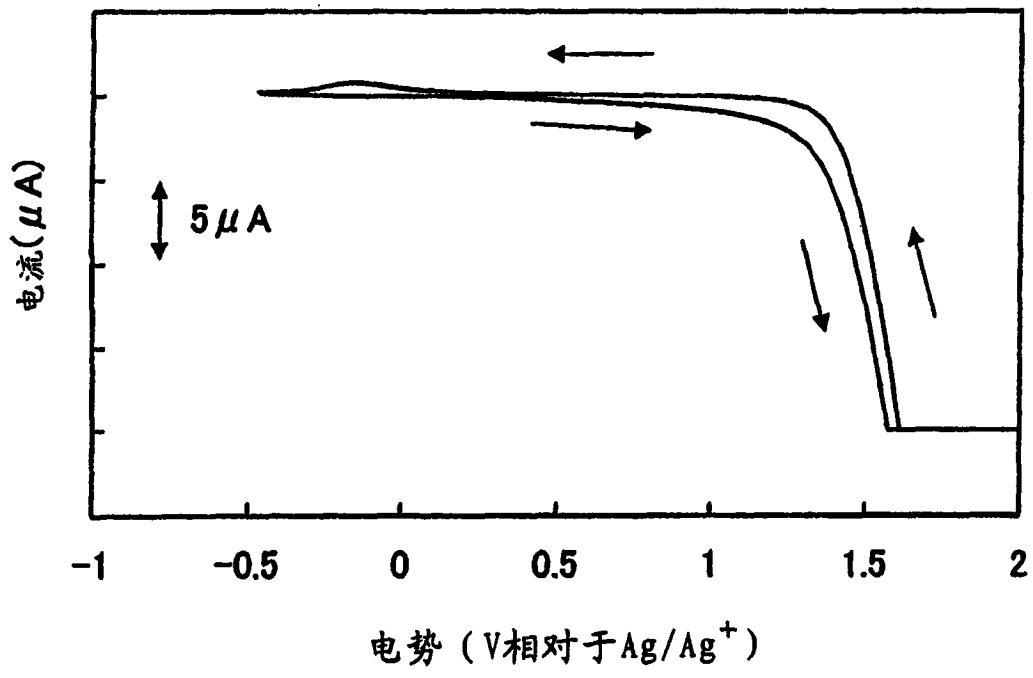


图 22

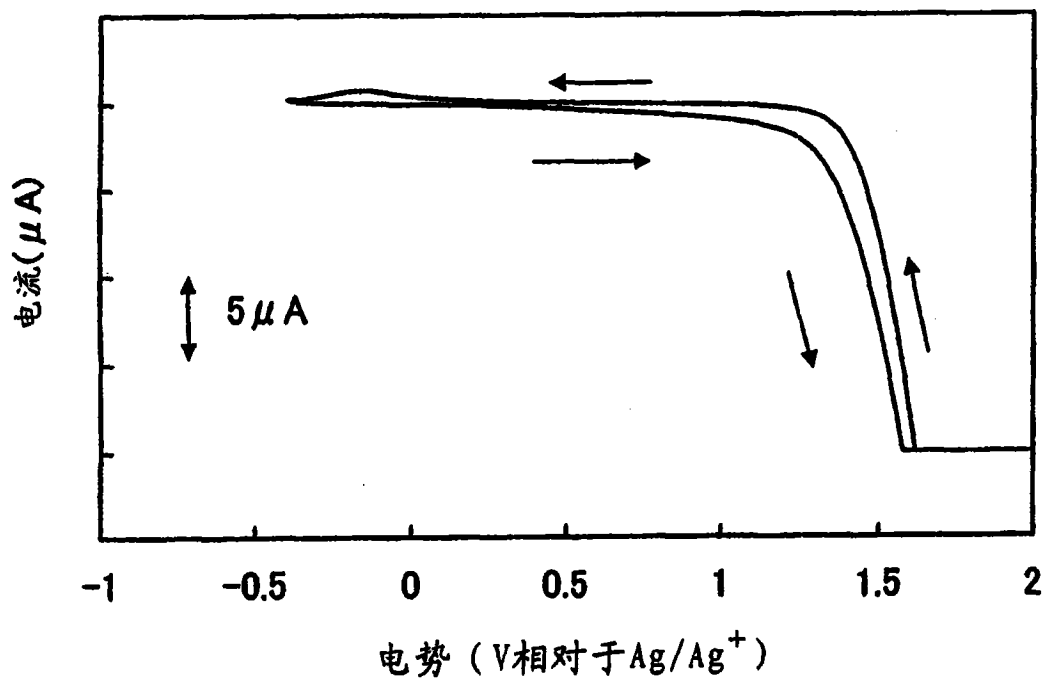


图 23

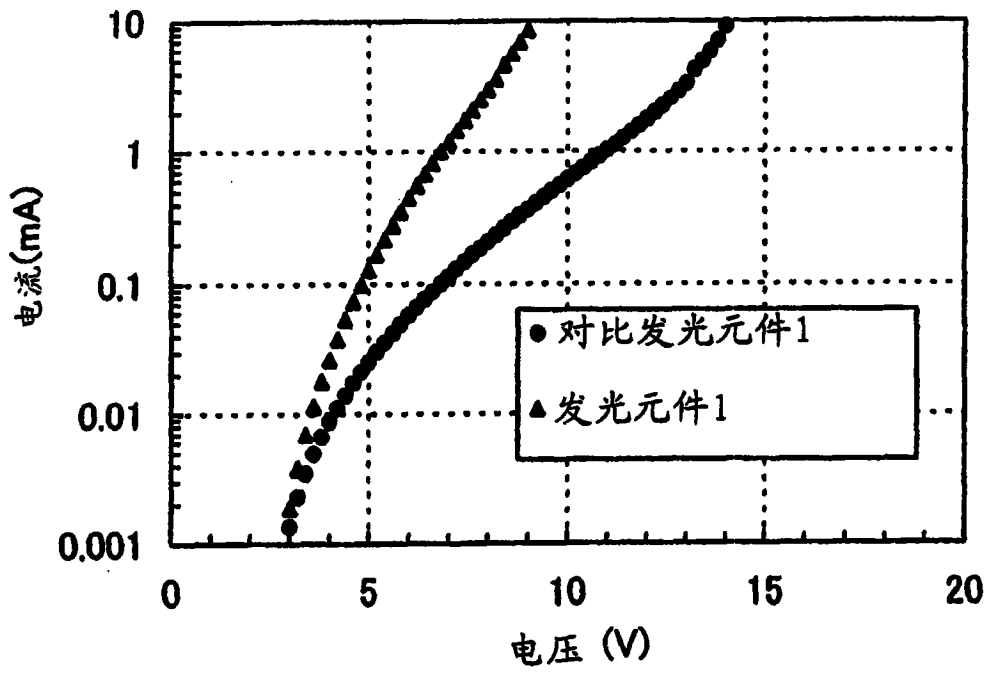


图 24

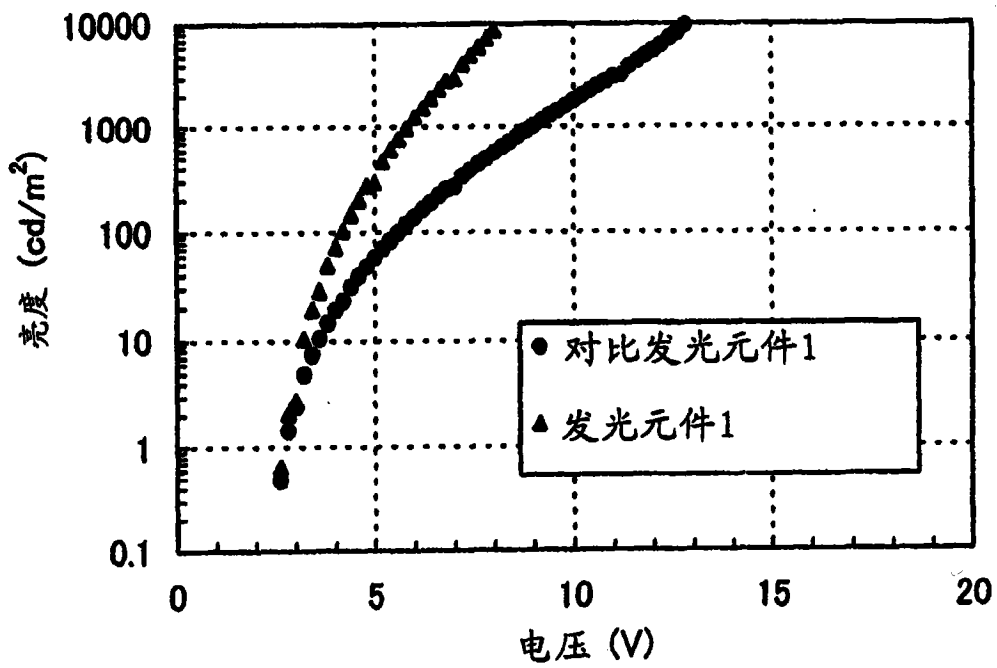


图 25

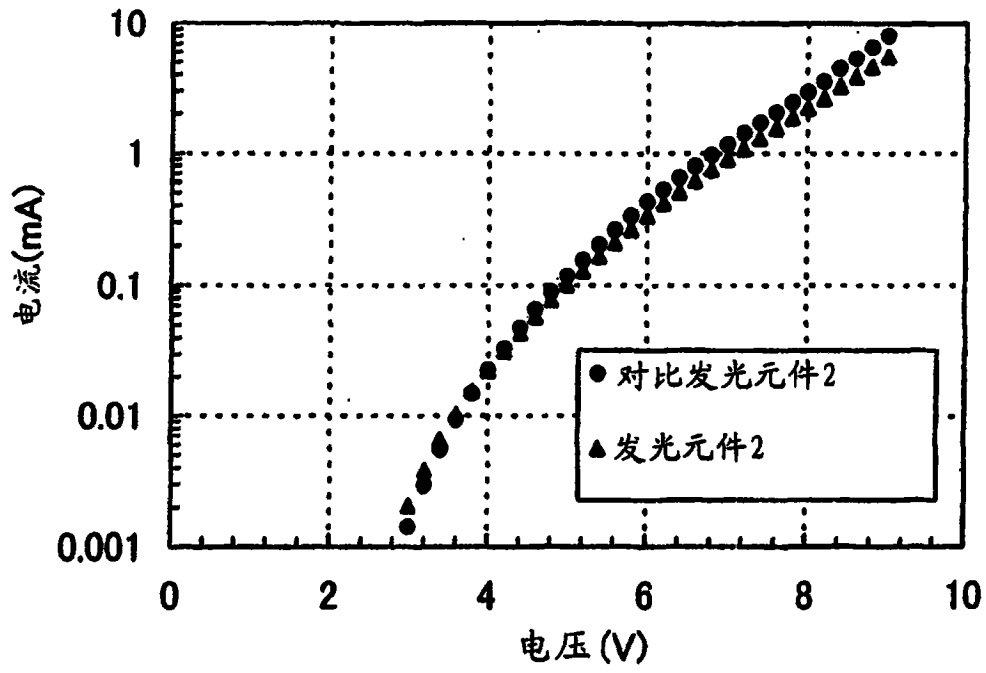


图 26

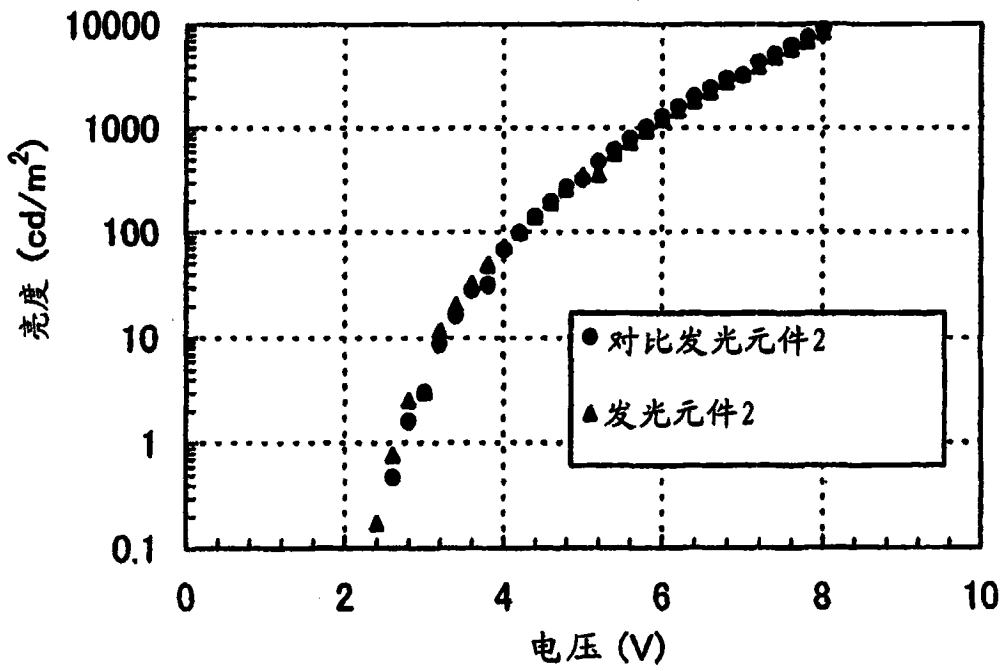


图 27

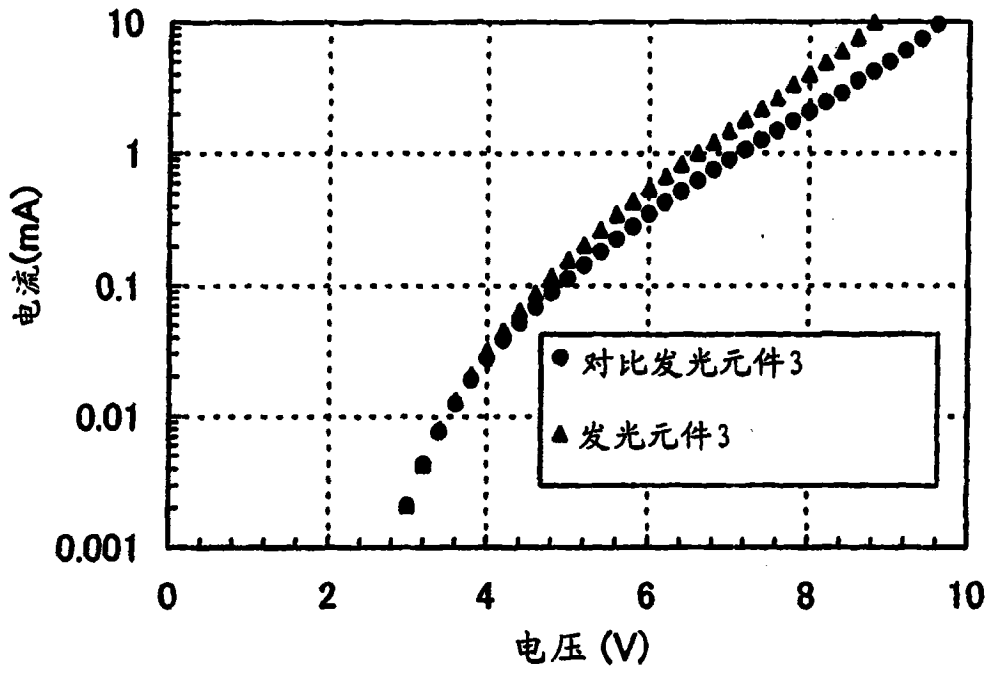


图 28

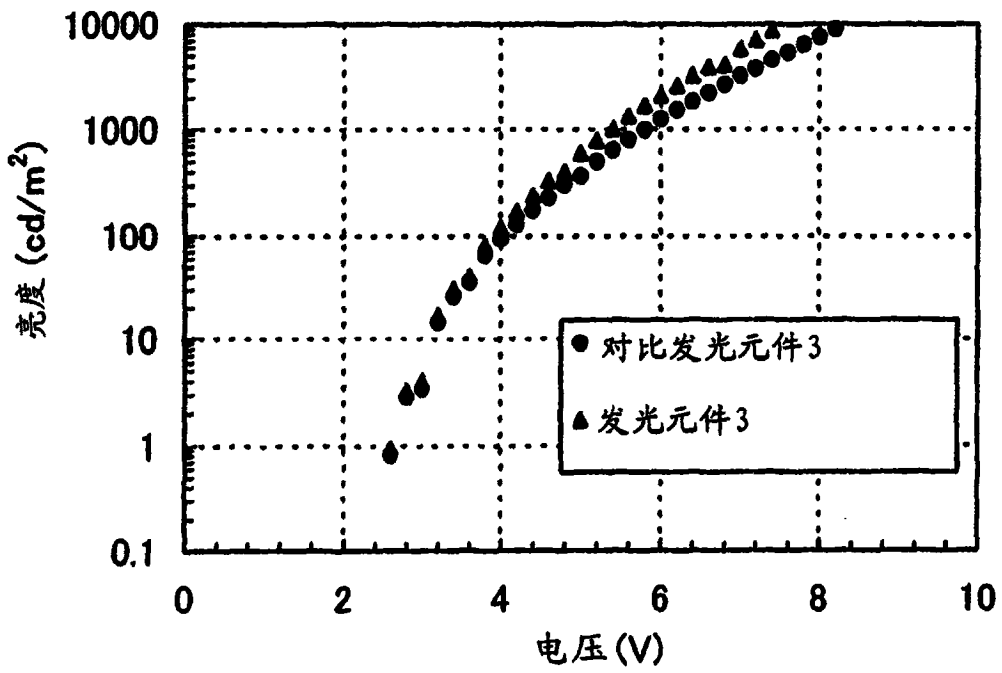


图 29

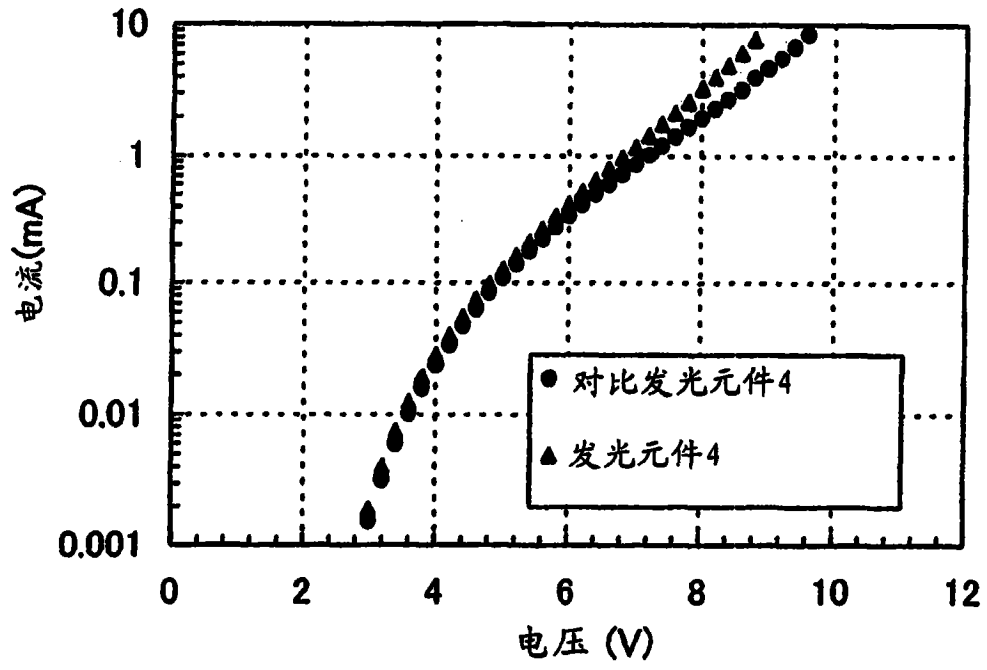


图 30

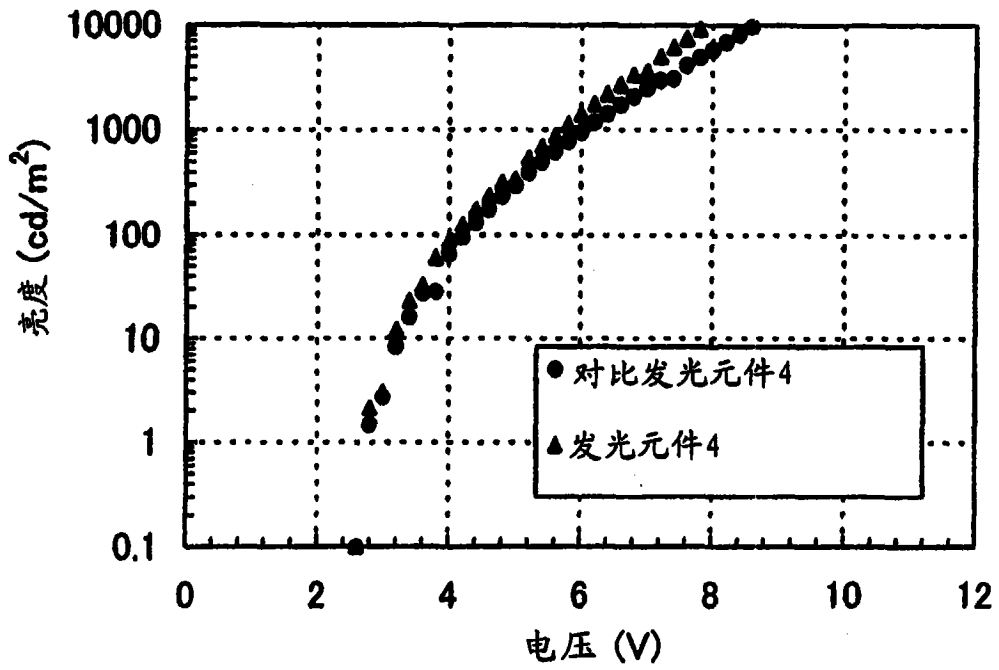


图 31

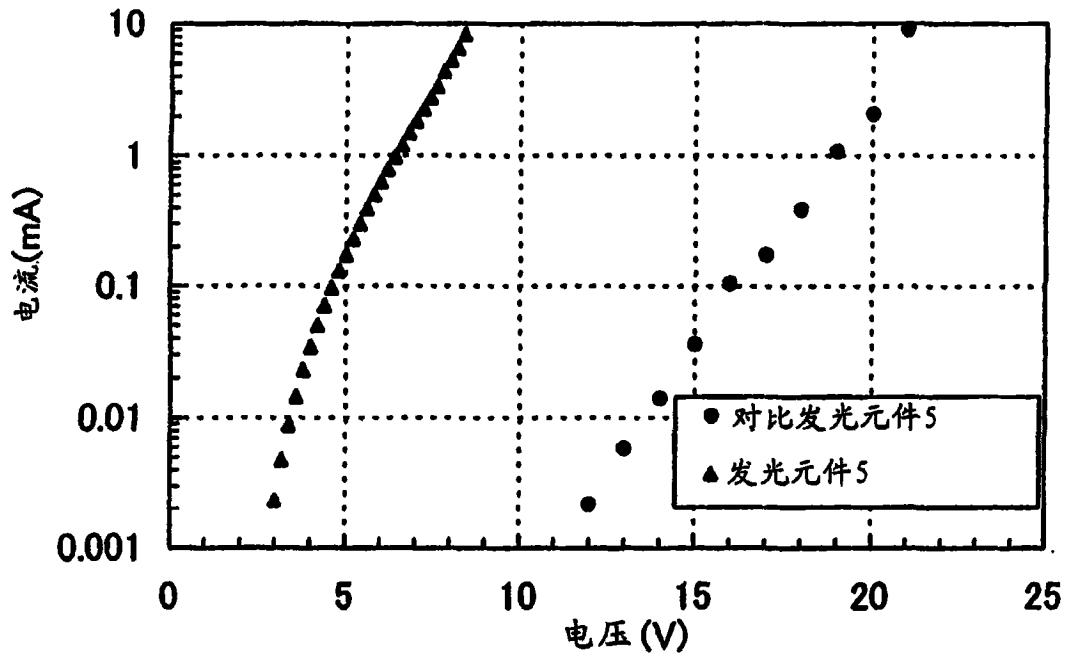


图 32

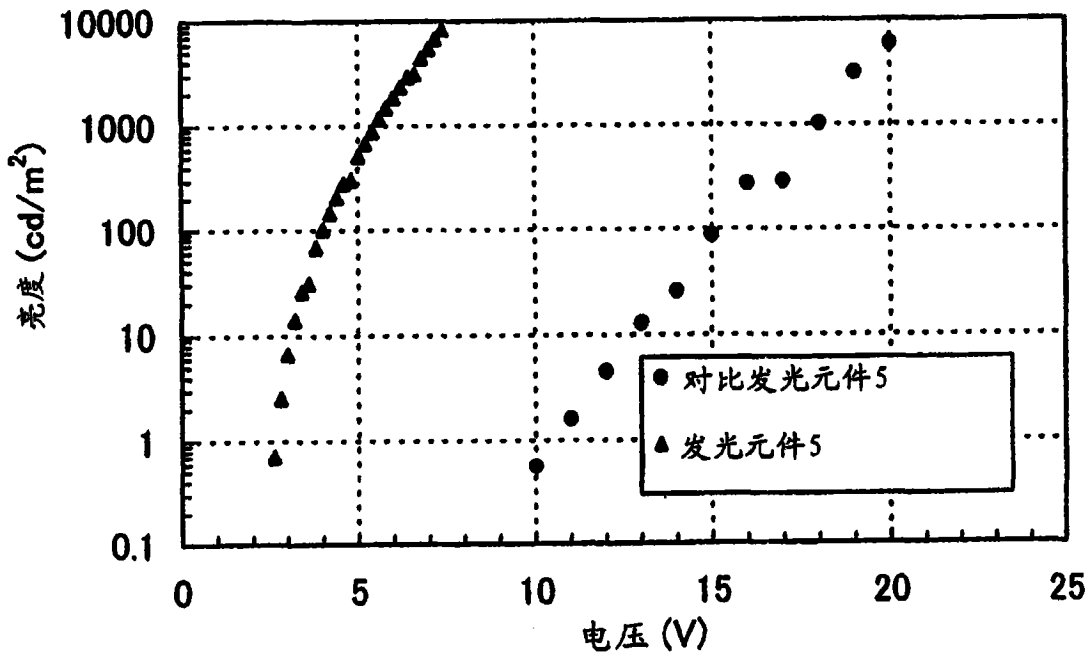


图 33

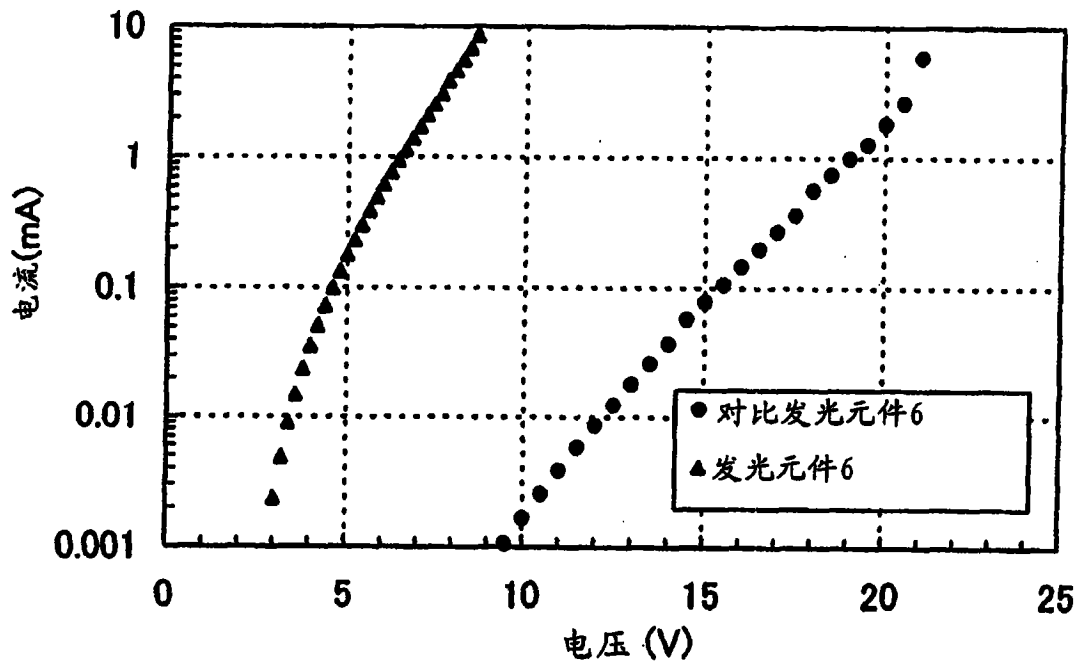


图 34

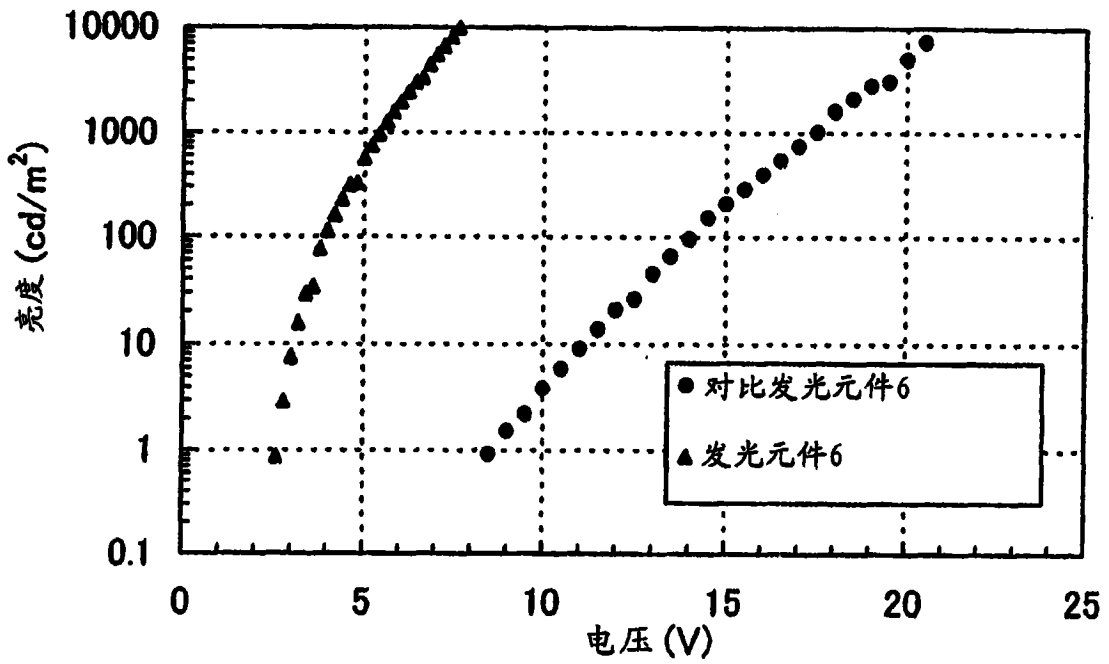


图 35

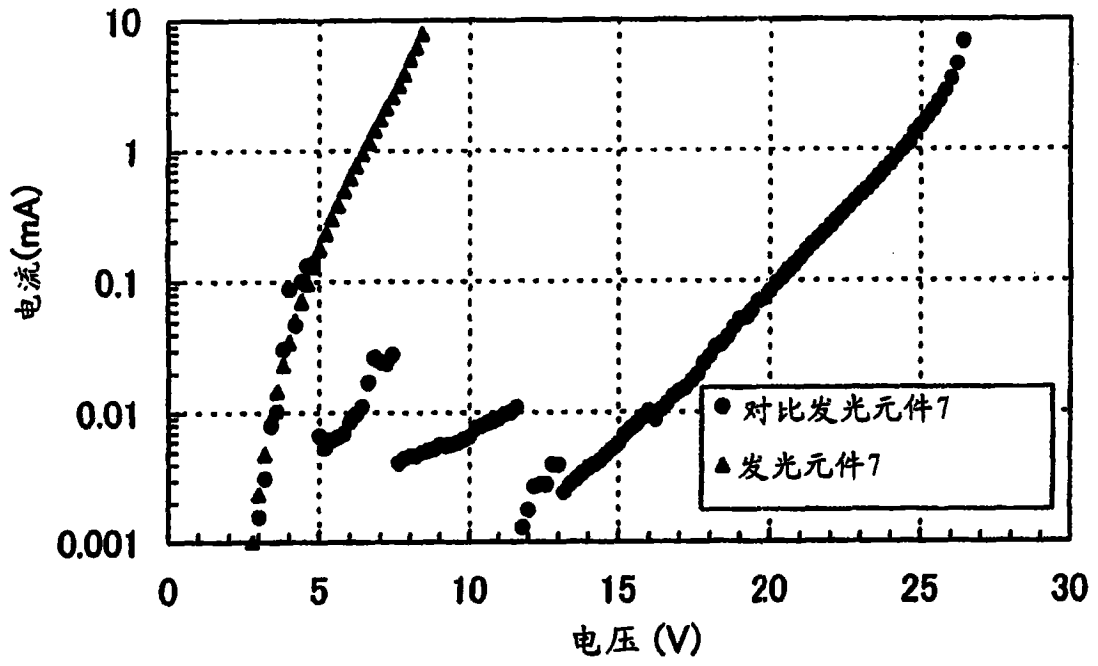


图 36

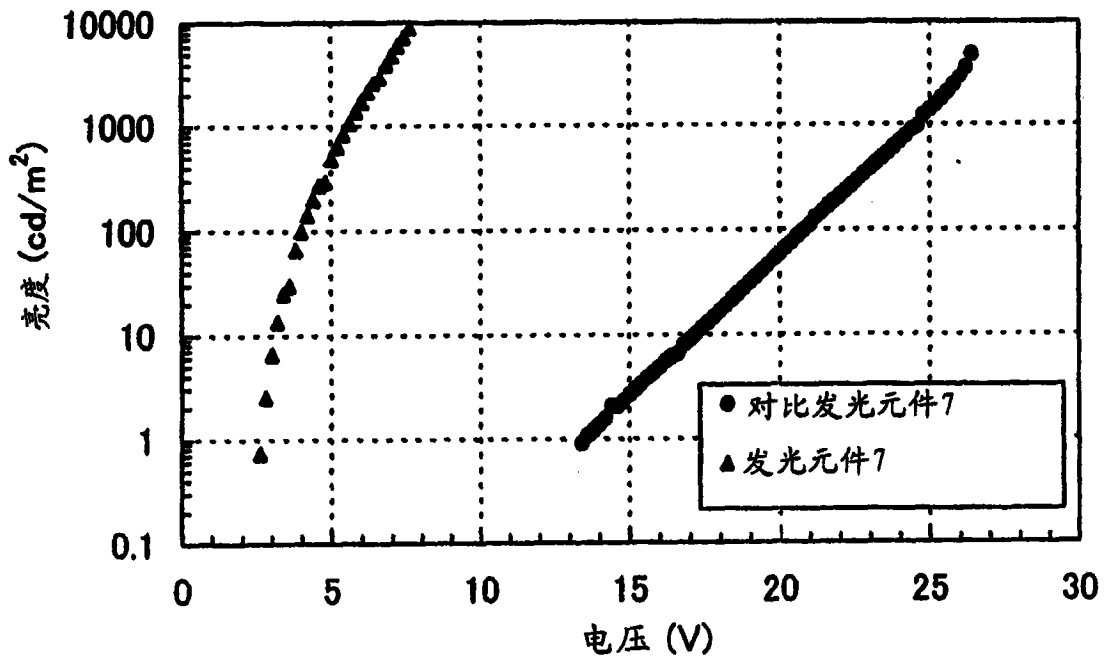


图 37

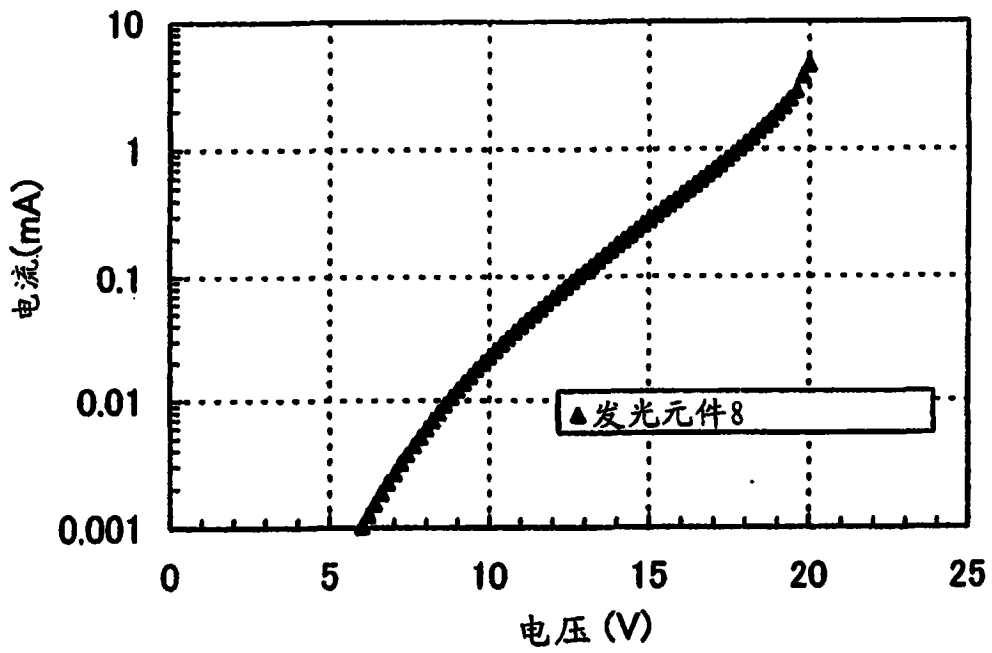


图 38

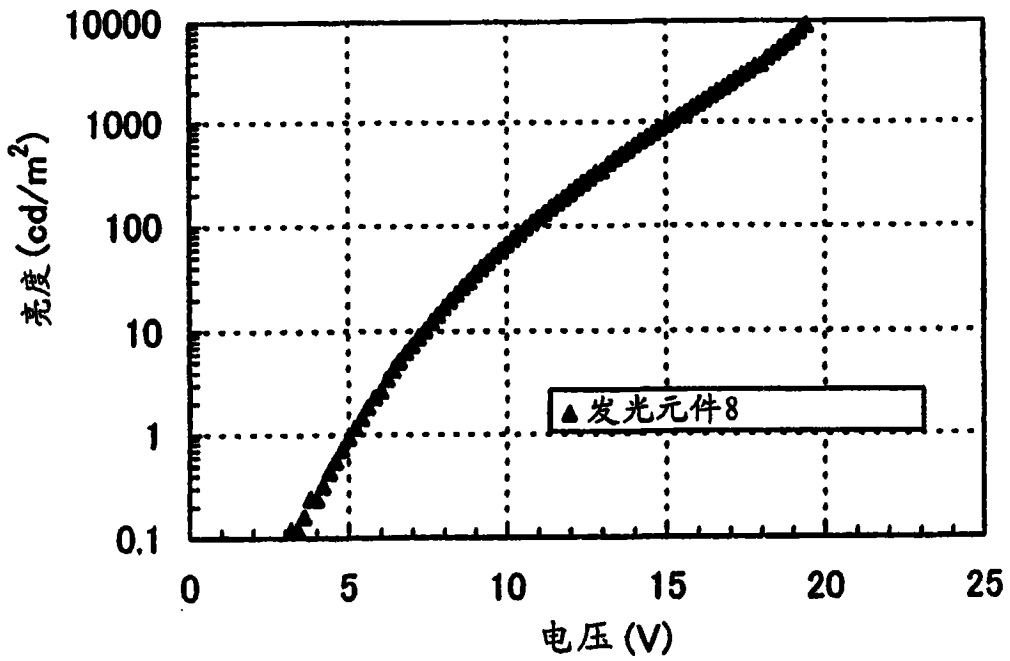


图 39

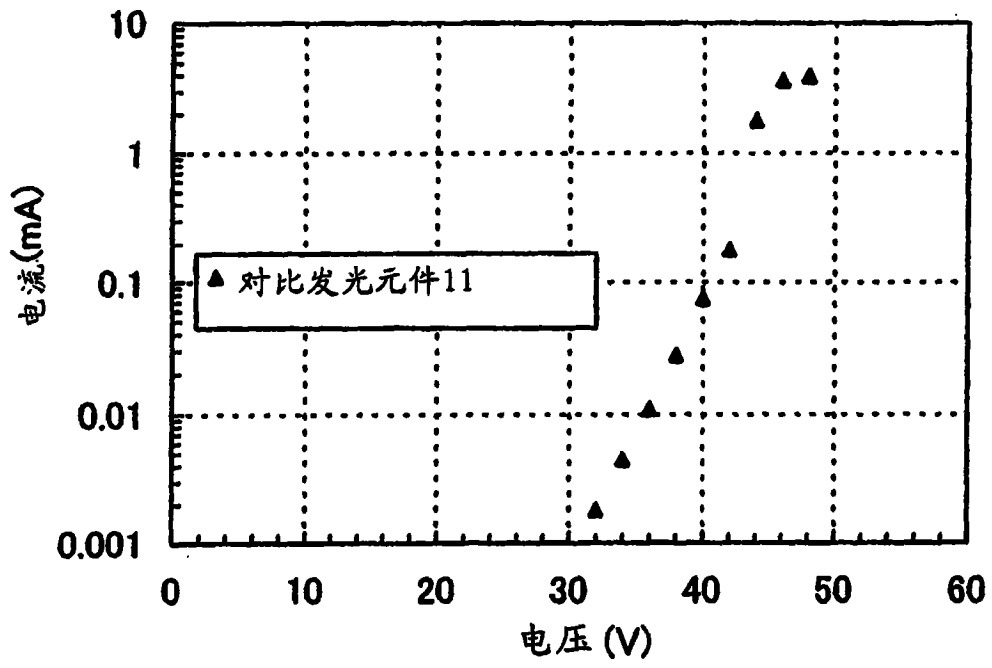


图 40

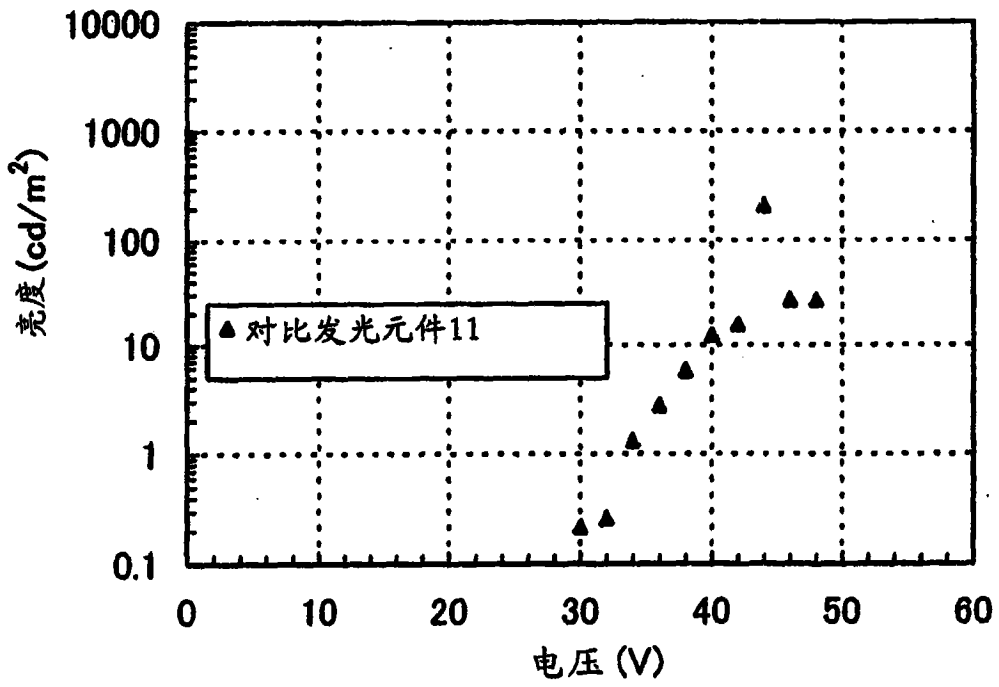


图 41

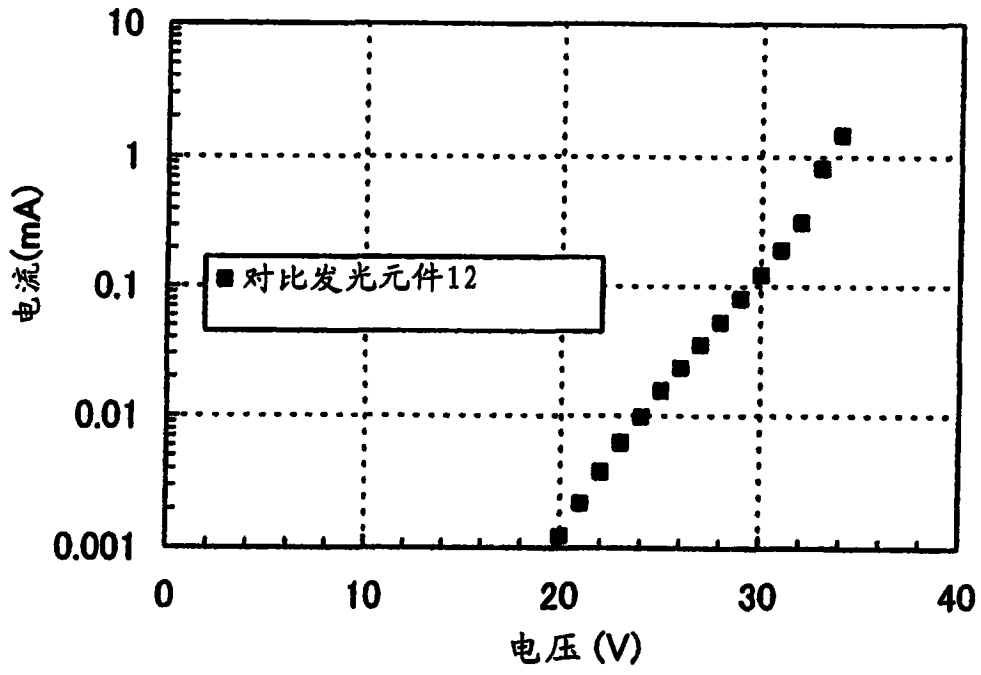


图 42

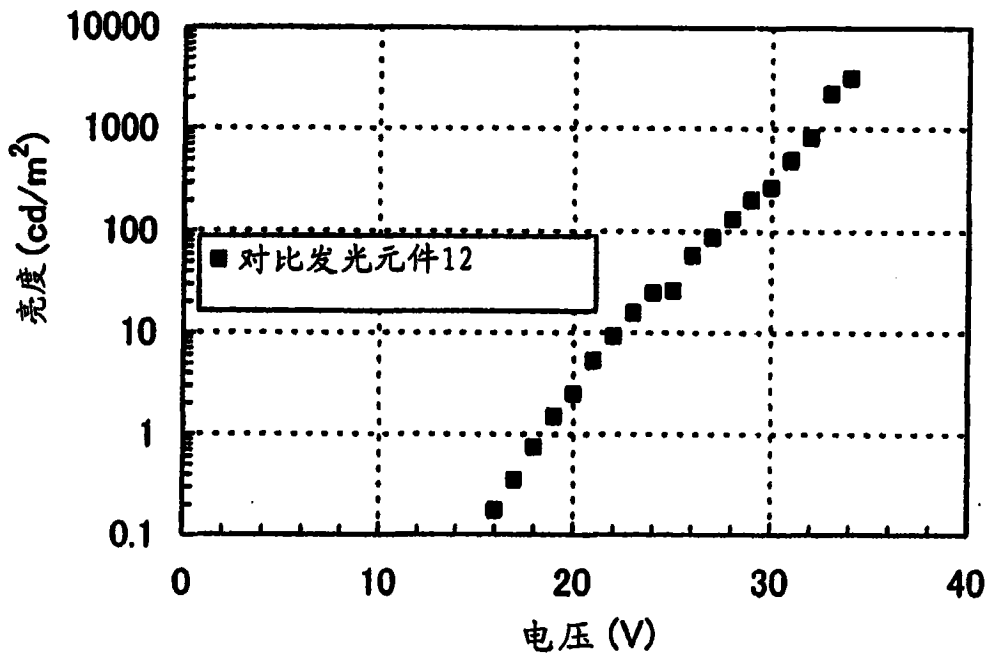


图 43

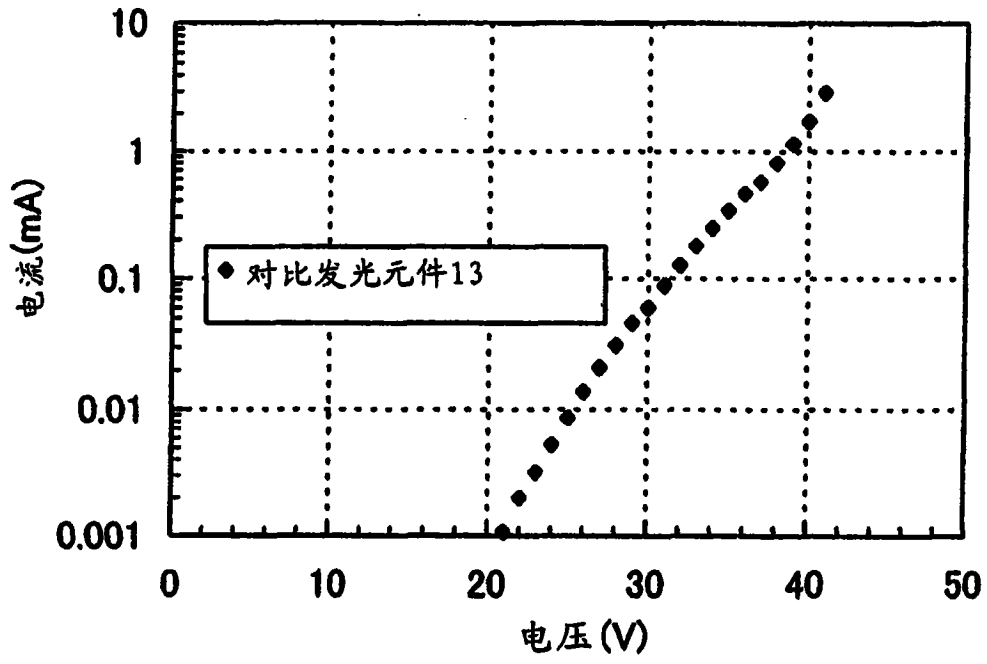


图 44

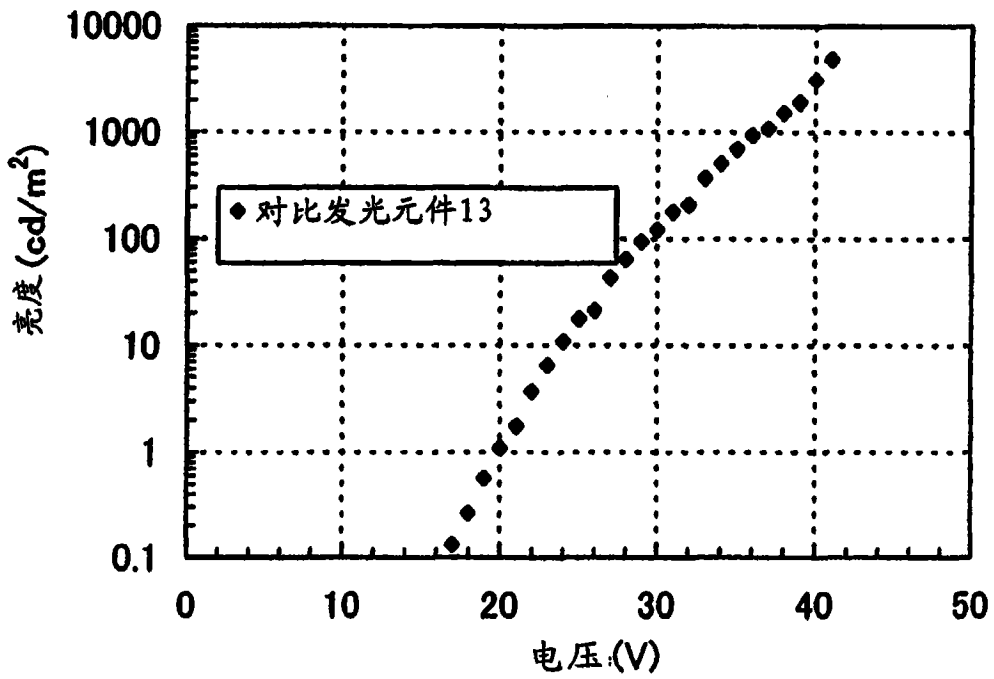


图 45

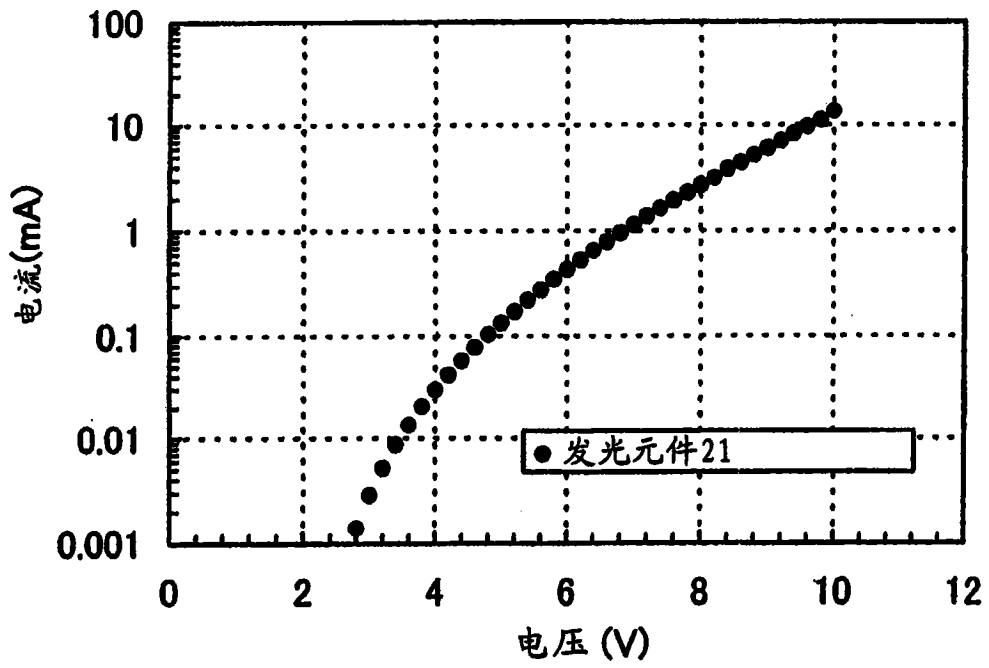


图 46

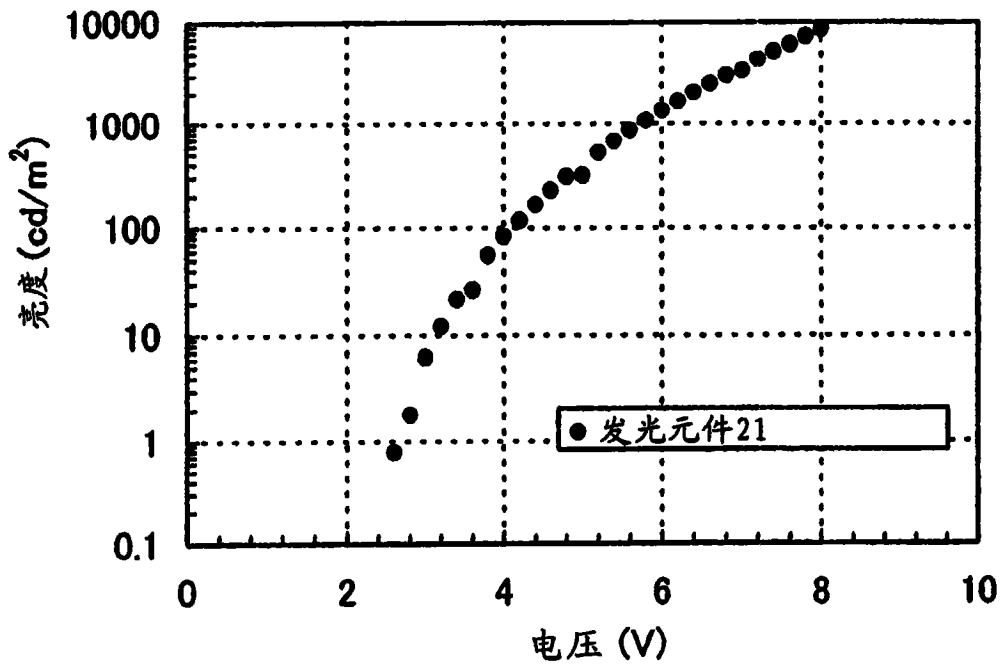


图 47

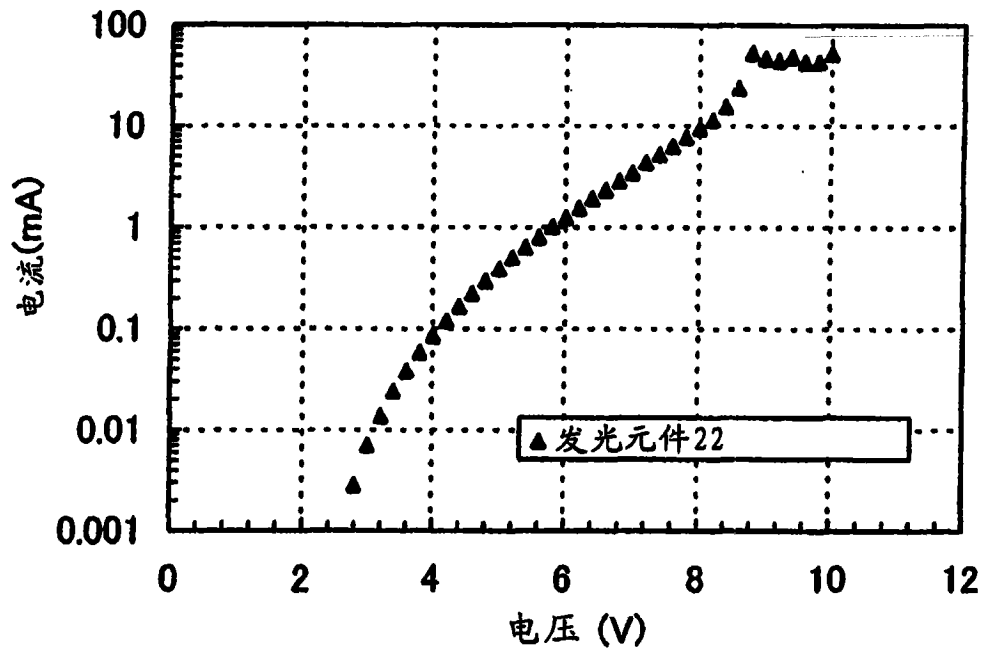


图 48

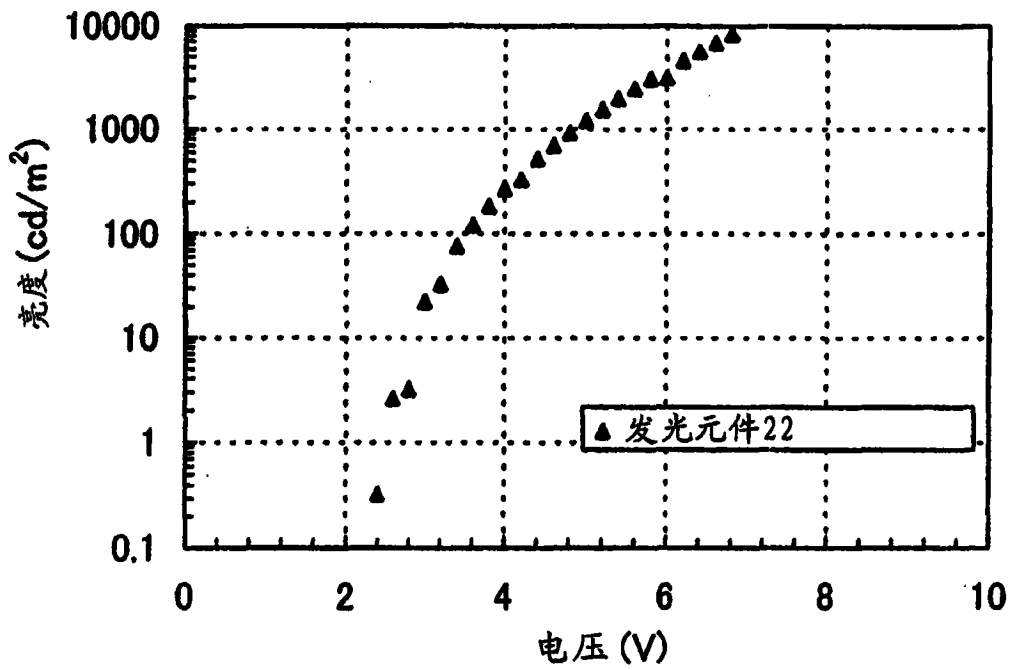


图 49

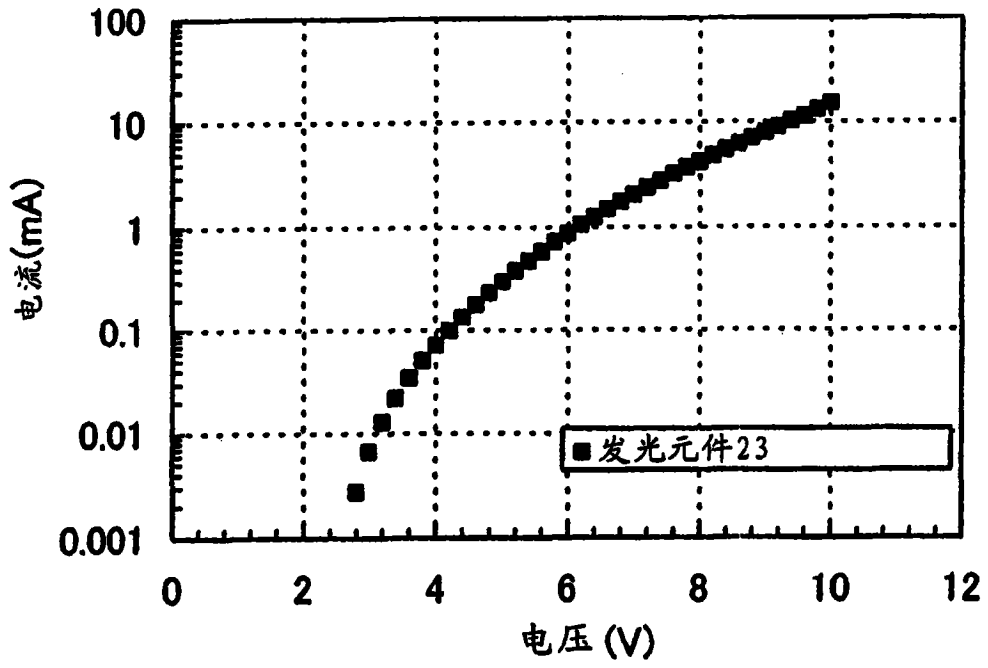


图 50

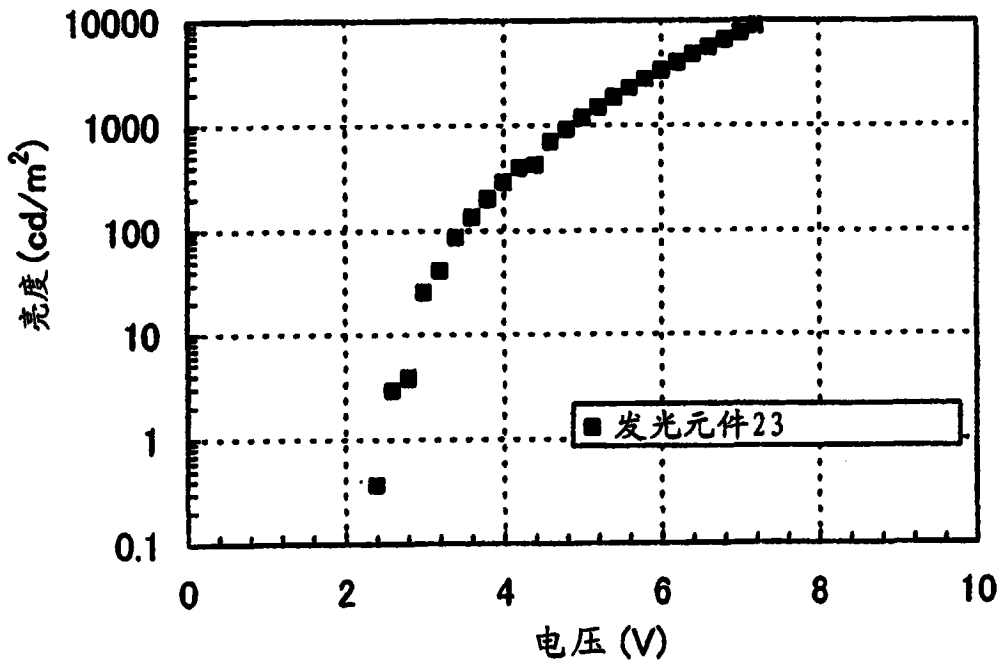


图 51

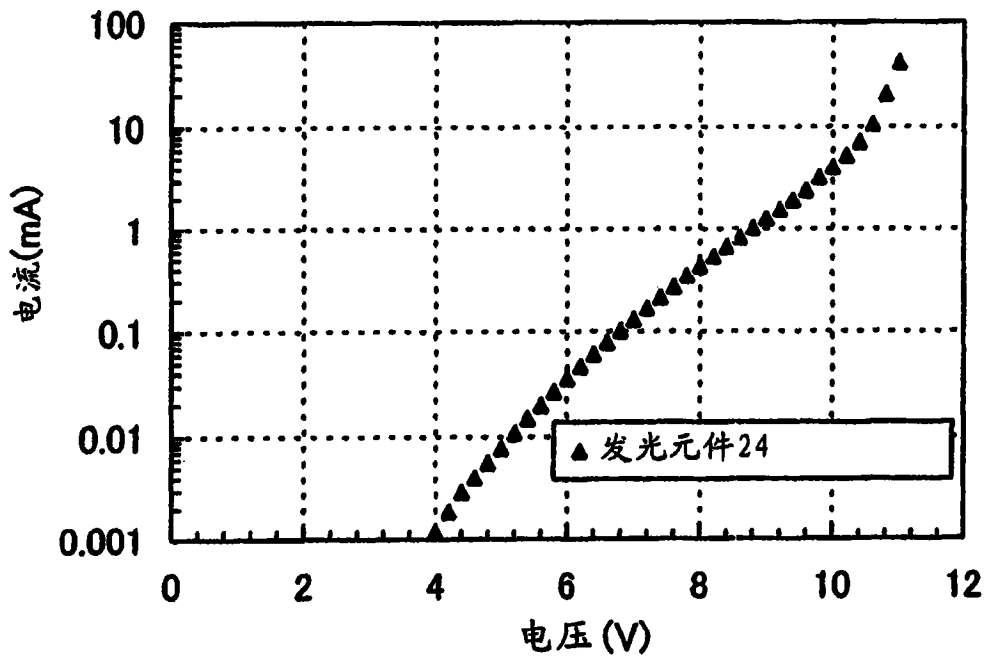


图 52

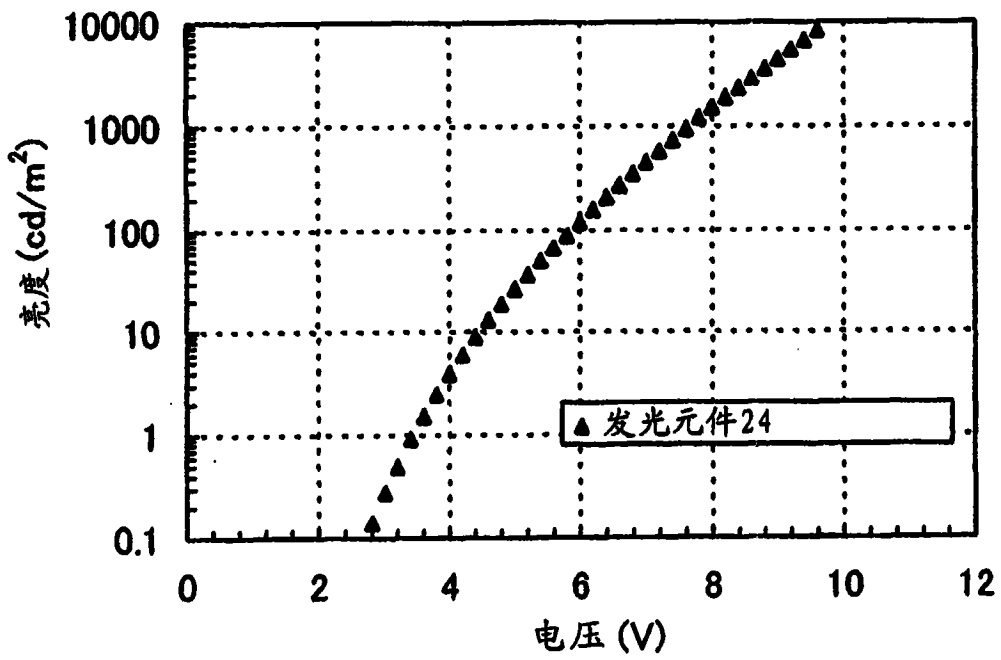


图 53

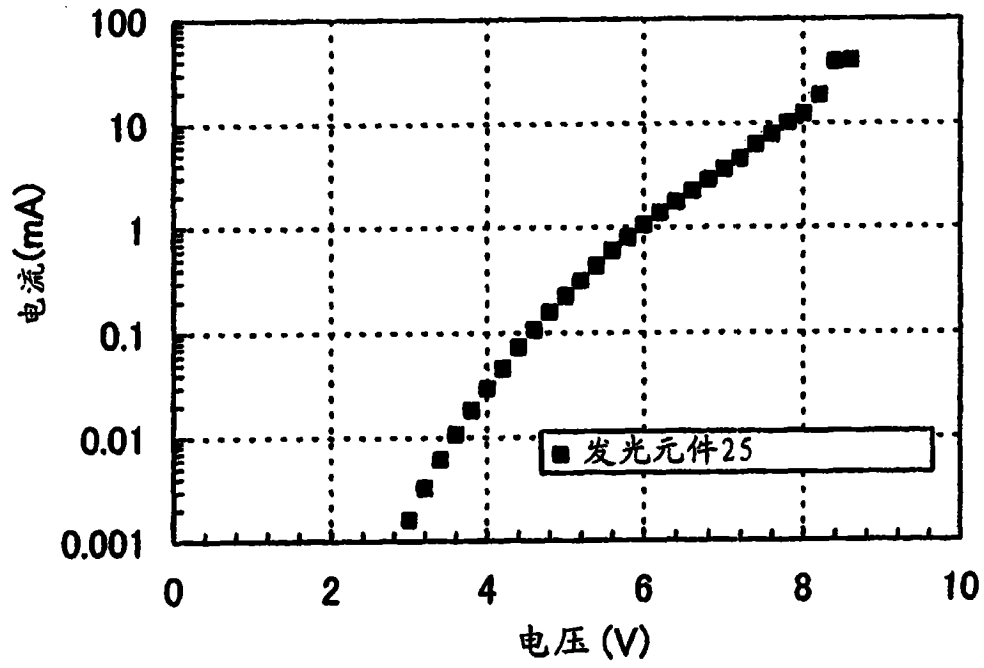


图 54

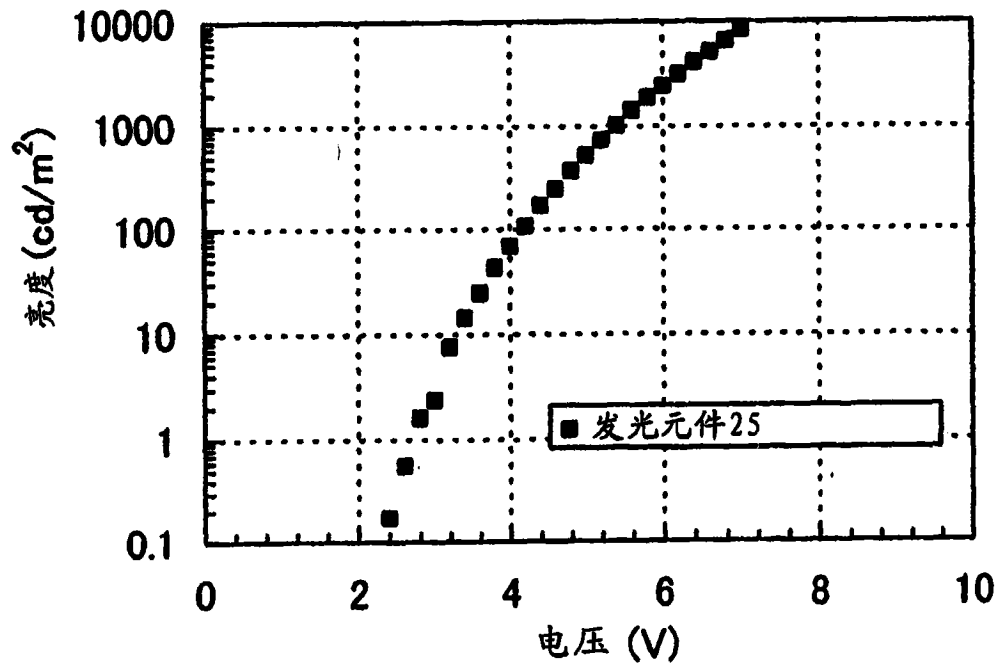


图 55

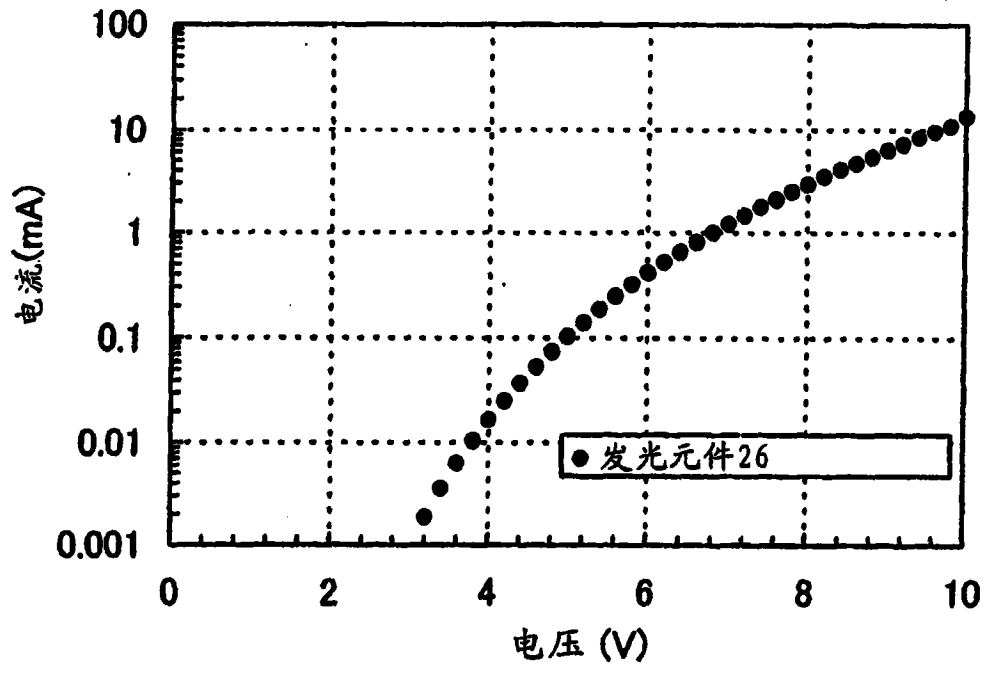


图 56

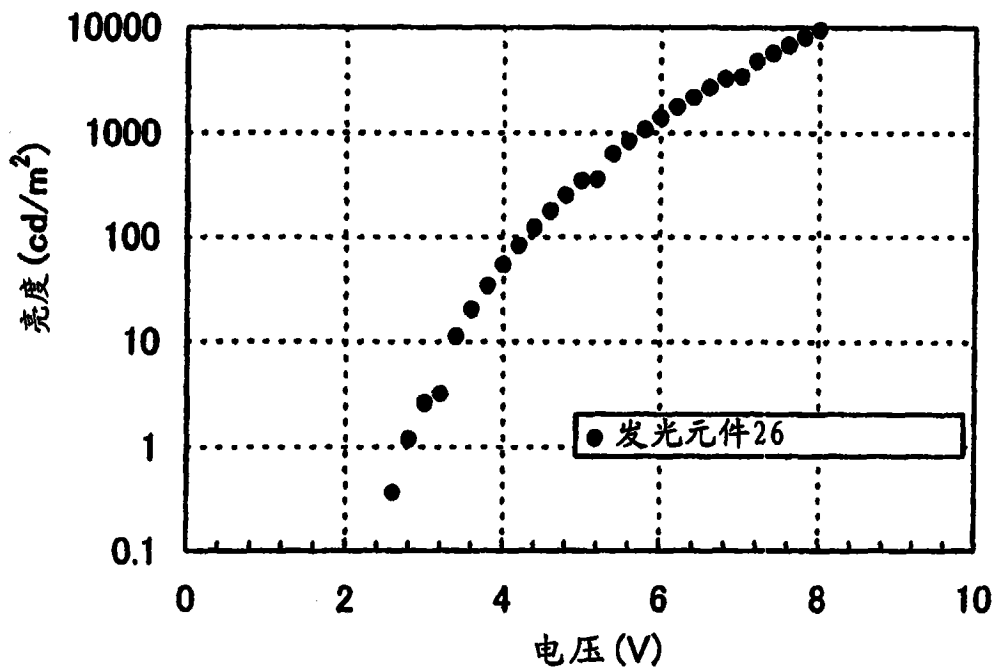


图 57

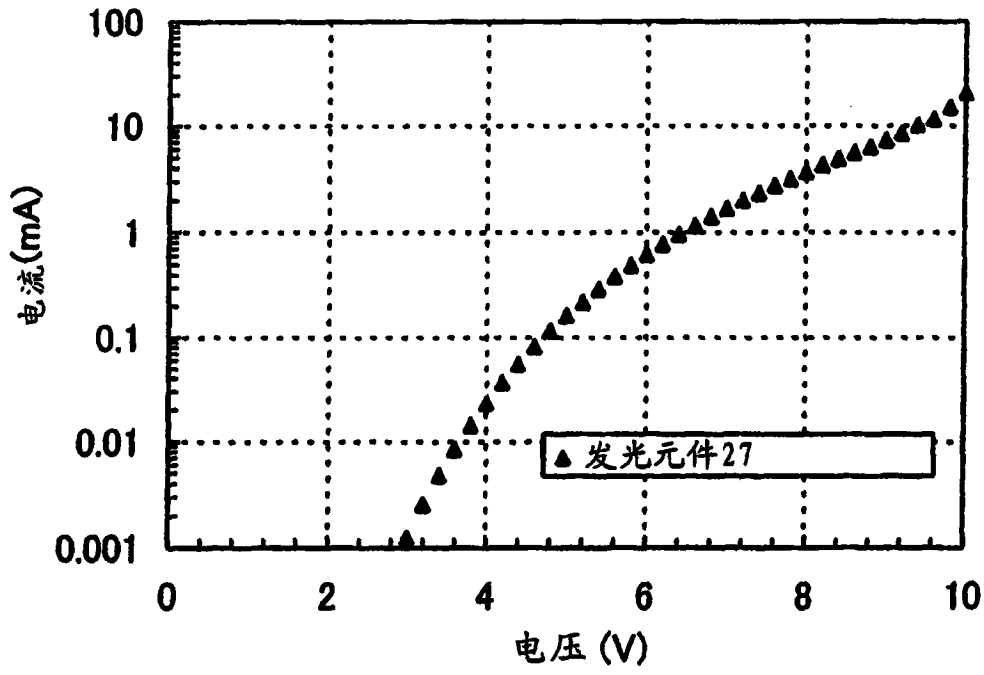


图 58

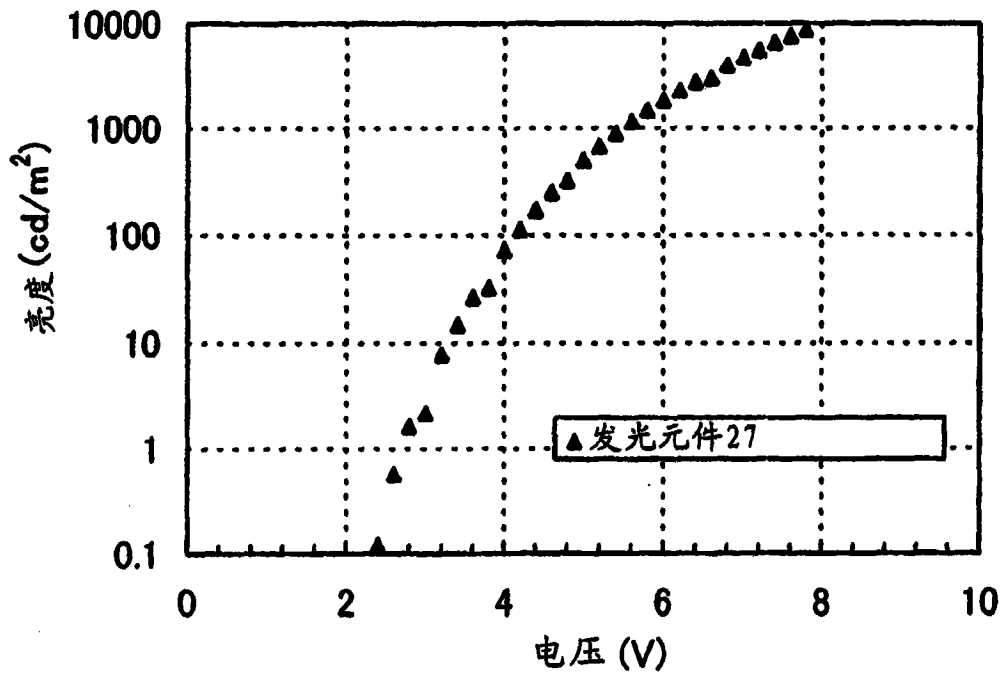


图 59

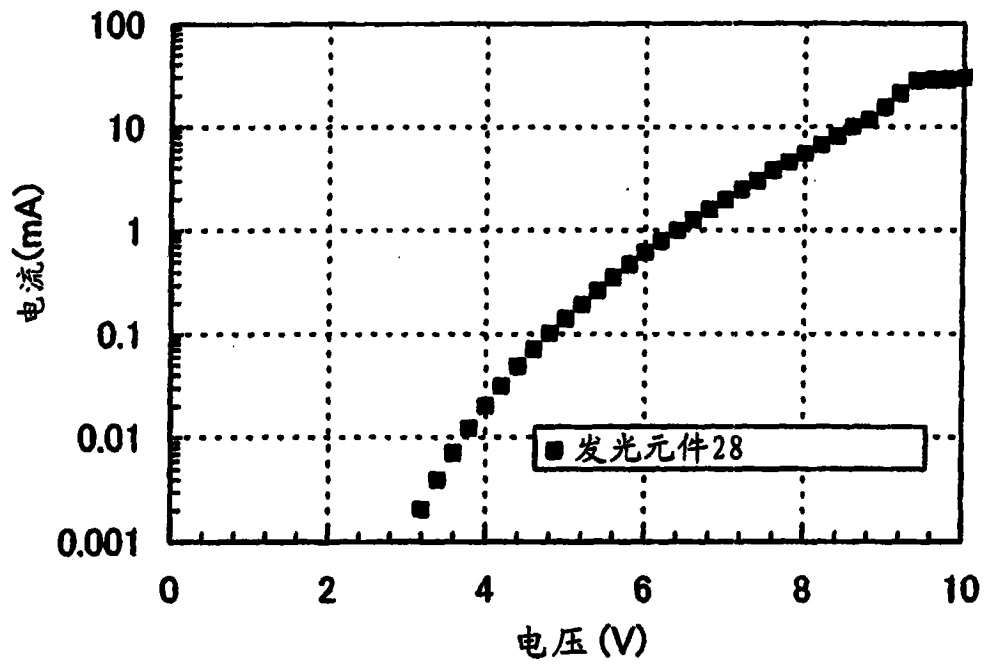


图 60

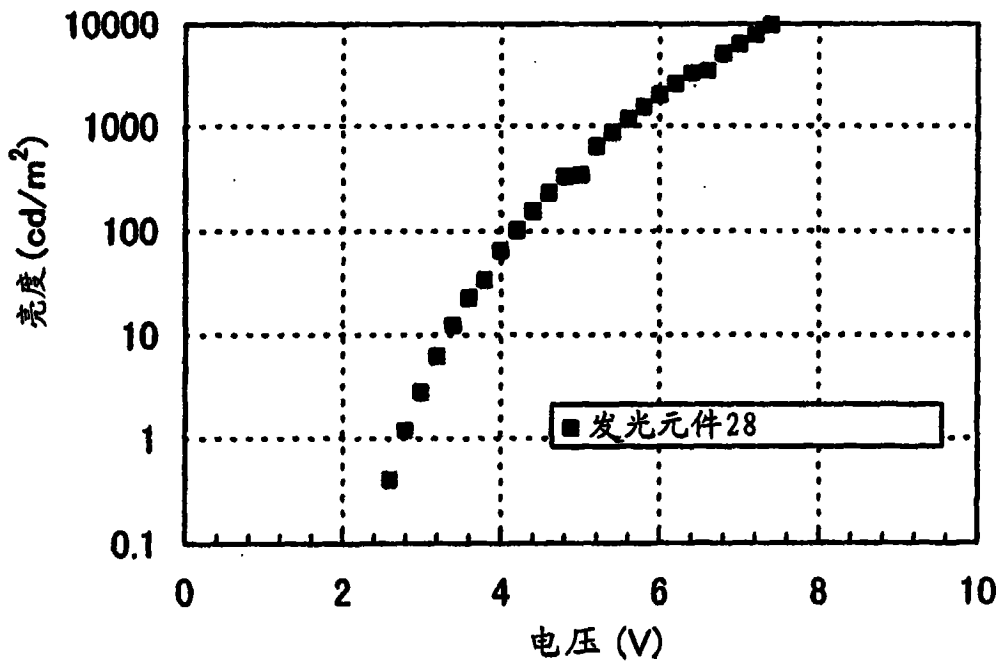


图 61

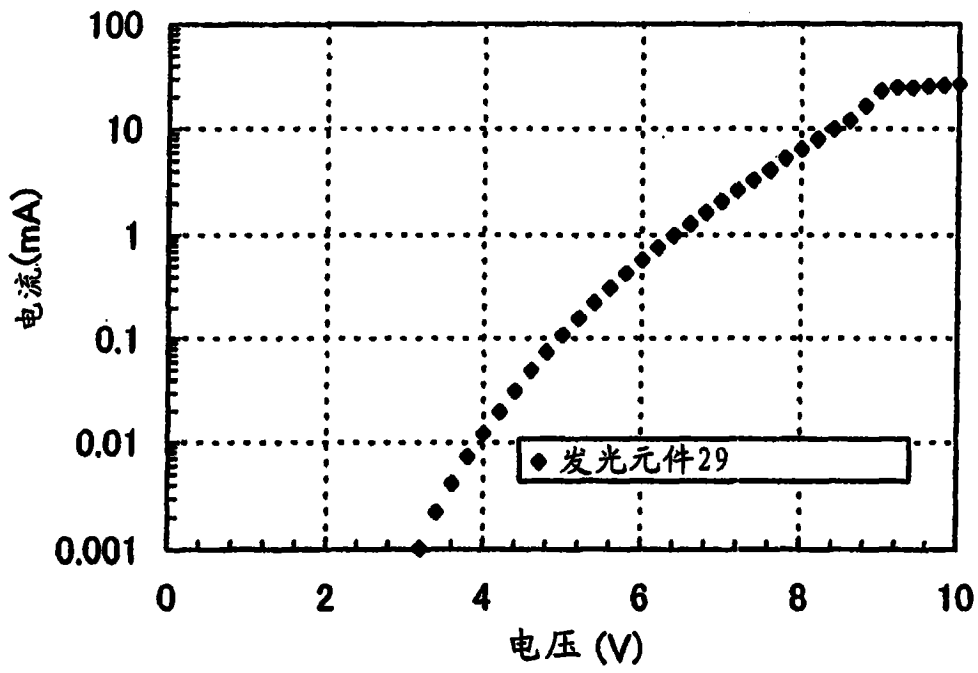


图 62

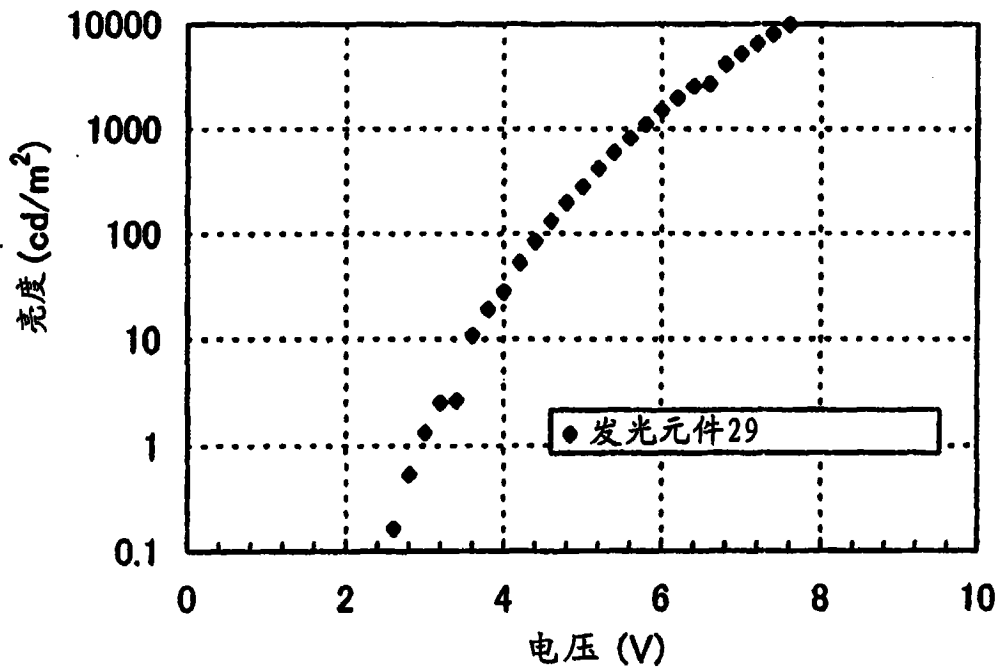


图 63

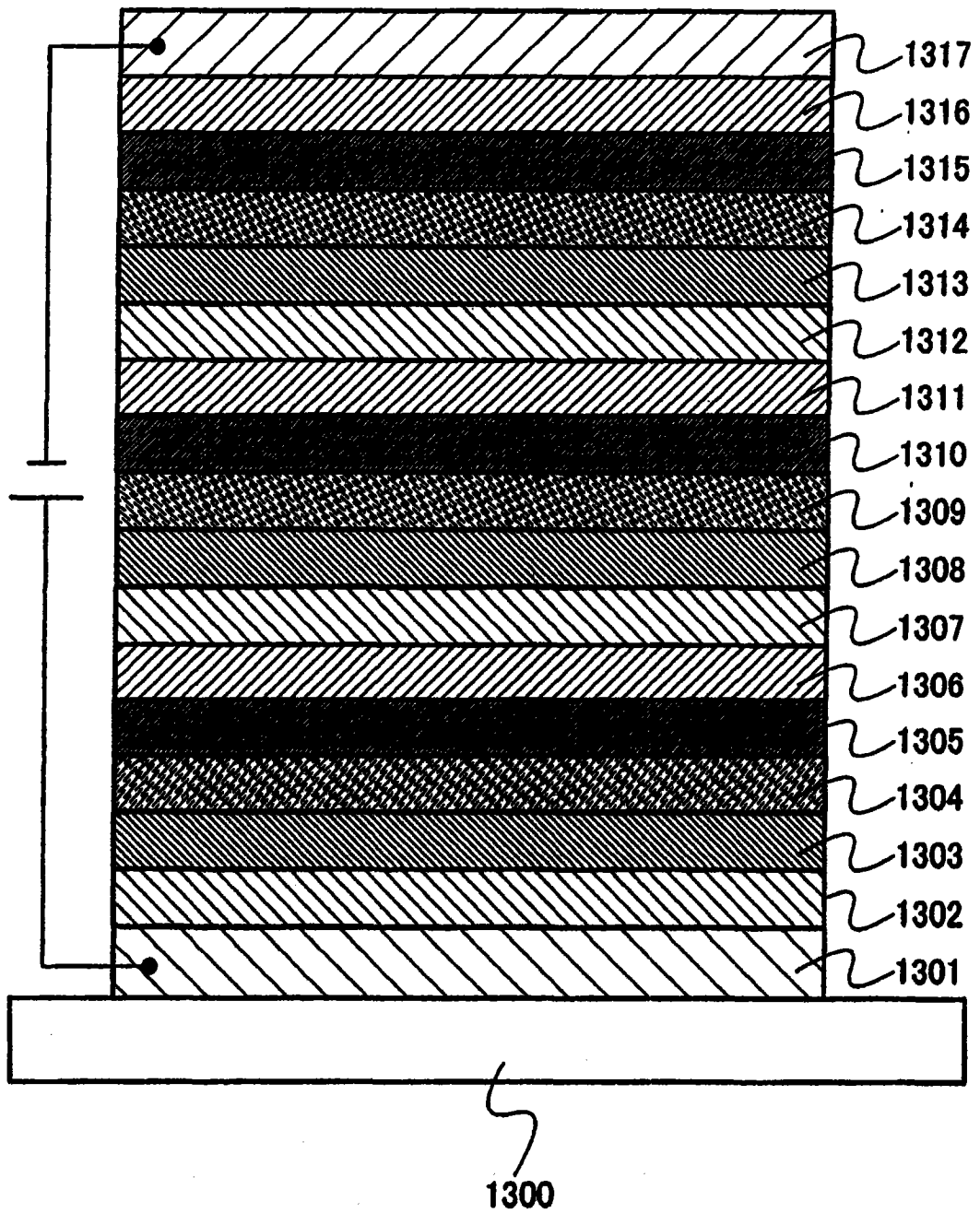


图 64

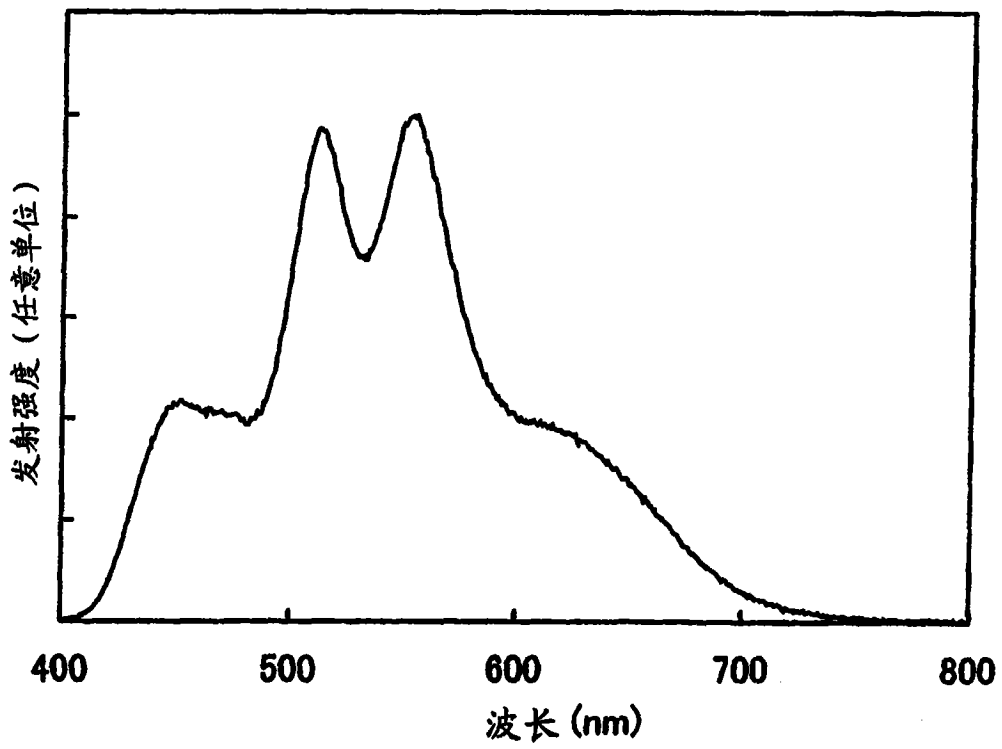


图 65

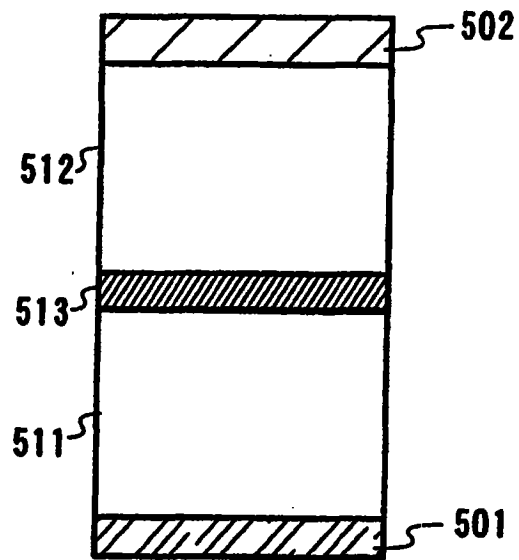


图 66

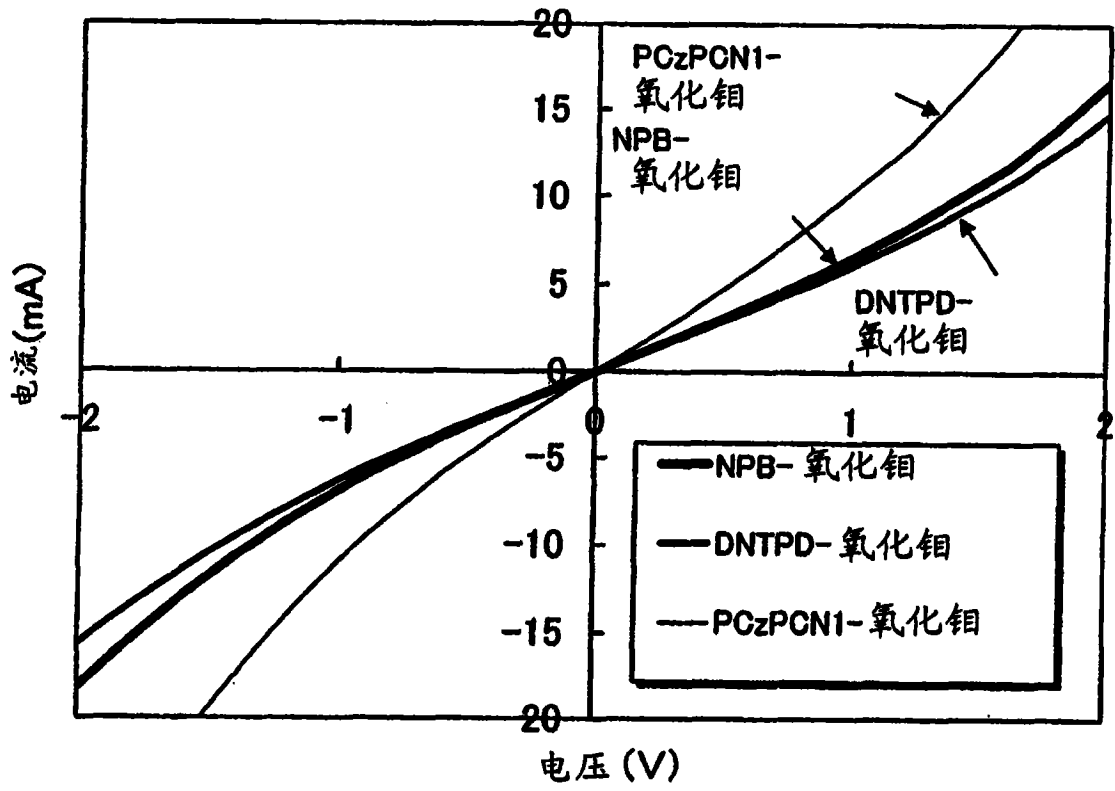


图 67

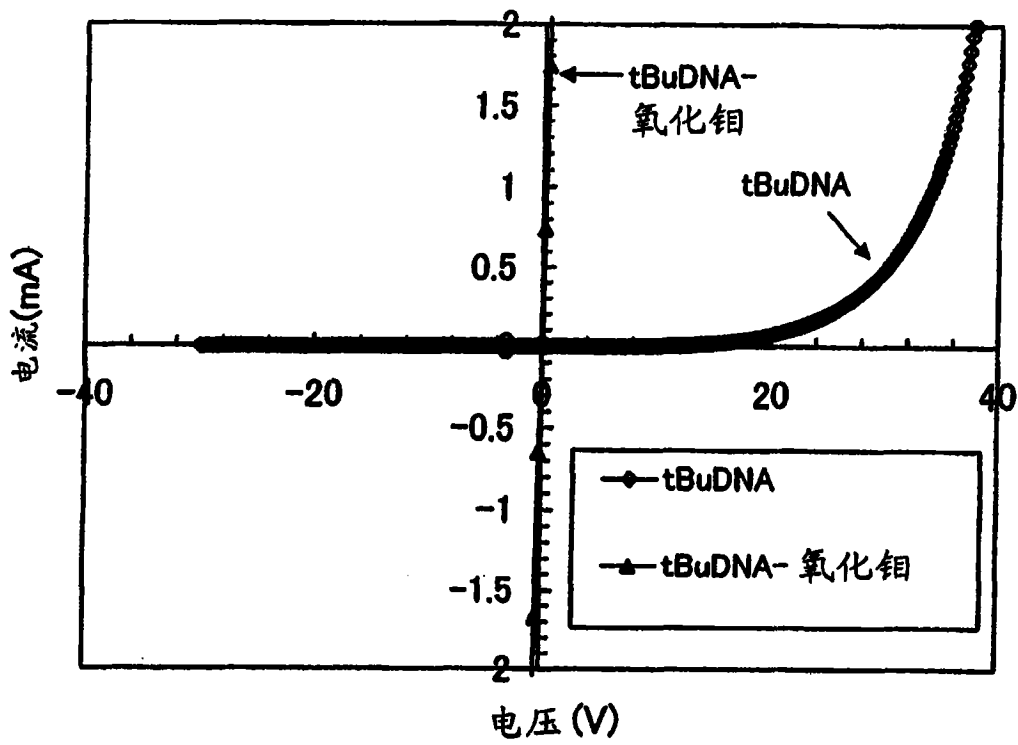


图 68A

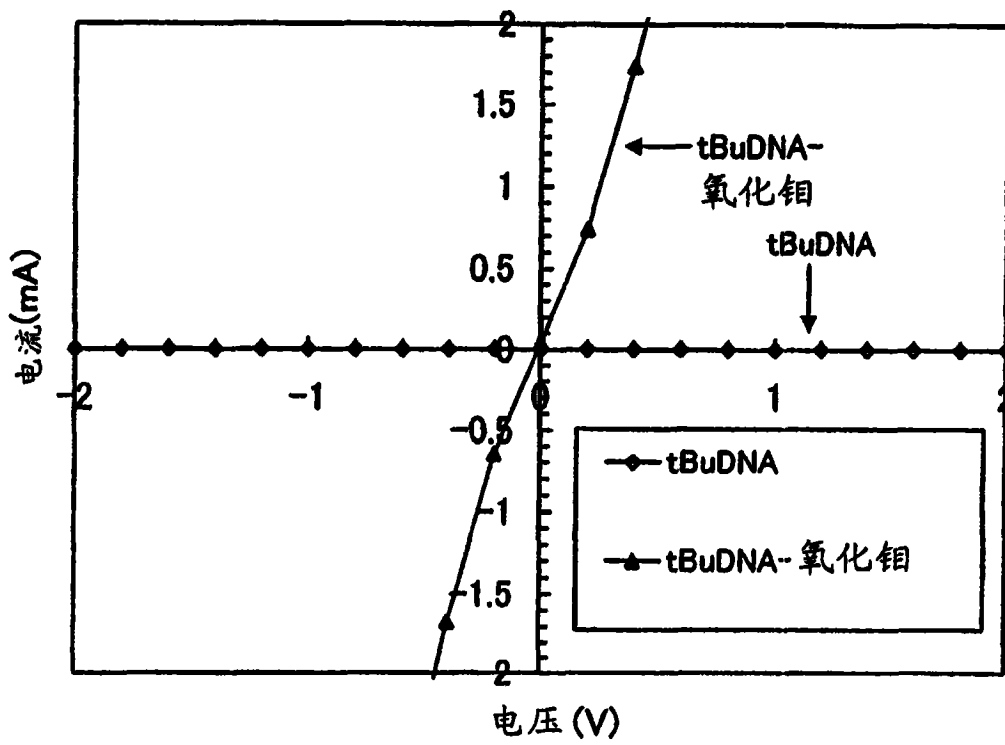


图 68B

专利名称(译)	复合材料及其发光元件、发光装置和电子装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN102157705B</a>	公开(公告)日	2014-04-30
申请号	CN201110026712.7	申请日	2006-07-10
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
[标]发明人	濑尾哲史 小岛久味		
发明人	濑尾哲史 小岛久味		
IPC分类号	H01L51/54 H01L51/50		
CPC分类号	H01L51/0061 H01L51/5088 H01L27/3209 H01L51/0072 H01L51/5278		
代理人(译)	卢江		
审查员(译)	张念国		
优先权	2005200953 2005-07-08 JP		
其他公开文献	CN102157705A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明涉及复合材料及其发光元件、发光装置和电子装置。本发明涉及一种其中合成了有机化合物和无机化合物的电导率较佳的复合材料、一种在载流子注入特性上优于有机化合物的复合材料以及与金属具有低电阻的复合材料。此外，通过将所述复合材料应用于电流激励型发光元件，本发明提供一种在低驱动电压下工作的发光元件，并通过制造一种使用所述发光元件的发光装置来提供一种功率消耗低的发光装置。本发明提供了一种包括金属氧化物和有机化合物的复合材料，所述有机化合物在室温下相对于二甲基甲酰胺(DMF)中的二茂络铁的氧化-还原电势具有从0V至1.5V(相对于Fc/Fc+)范围的氧化峰电势，优选在0.1V至1.0V范围内(相对于Fc/Fc+)。

