



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102255050 B

(45)授权公告日 2016.08.10

(21)申请号 201110087051.9

(22)申请日 2011.03.30

(30)优先权数据

2010-082926 2010.03.31 JP

(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

(72)发明人 能渡广美 濑尾哲史

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
31100

代理人 沙永生

(51)Int.Cl.

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

(56)对比文件

CN 1245581 A, 2000.02.23, 说明书第10页

第4行-第13页第7行.

CN 101034736 A, 2007.09.12, 说明书第25
页第9-17, 21-25行.

WO 02/071813 A1, 2002.09.12, 全文.

CN 101414665 A, 2009.04.22, 全文.

H. Nowatari et al.. Intermediate
Connector with Suppressed Voltage Loss
for White Tandem OLEDs.《SID 09 Digest:
SID International Symposium Digest of
Technical Papers》.2009, 899-902.

审查员 孔敏

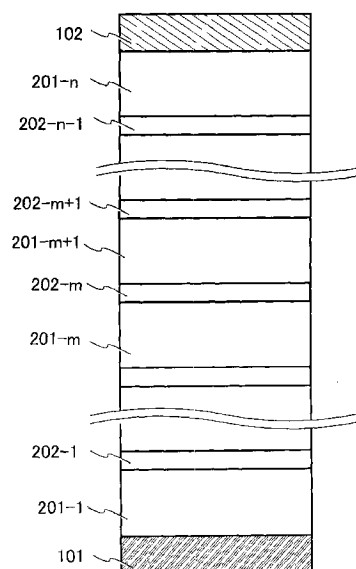
权利要求书4页 说明书37页 附图15页

(54)发明名称

发光元件, 发光器件, 电子器件和照明器件

(57)摘要

一种发光元件, 其以高亮度发光, 并且可以在低电压下驱动。所述发光元件包括位于阳极和阴极之间的 n 个(n 是大于或等于2的自然数)EL层, 包括介于从阳极计第 m (m 是自然数, $1 \leq m \leq n-1$)个EL层和第 $(m+1)$ 个EL层之间的第一层、第二层和第三层。所述第一层作为电荷产生区域, 具有空穴传输性质, 包含受体物质。所述第三层具有电子传输性质, 包含碱金属等。在所述第一和第三层之间提供由包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成的第二层, 从而在将第一层中产生的电子通过第三层注入第 m 个EL层的时候, 降低注入势垒。



1. 一种发光元件,其包括:

位于阳极和阴极之间的 n 个EL层, n 是大于或等于2的自然数;以及

从阳极计,介于第 m 个EL层和第 $(m+1)$ 个EL层之间的第一层,第二层和第三层, m 是大于或等于1且小于或等于 $(n-1)$ 的自然数,

其中,所述第一层提供在第 $(m+1)$ 个EL层和第二层之间,与所述第 $(m+1)$ 个EL层以及第二层接触,包含有机化合物和受体物质,

所述第二层提供在第一层和第三层之间,其与所述第一层和第三层接触,包含金属配合物,所述金属配合物包含金属-氧键和芳族配体,

所述第三层提供在所述第二层和第 m 个EL层之间,与所述第二层和第 m 个EL层接触,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物。

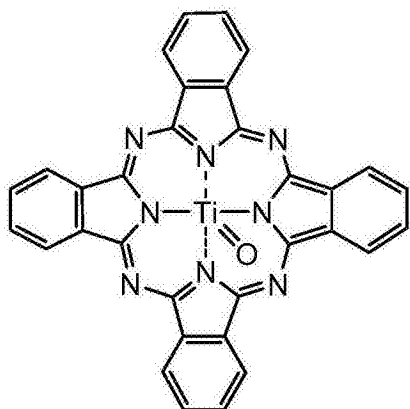
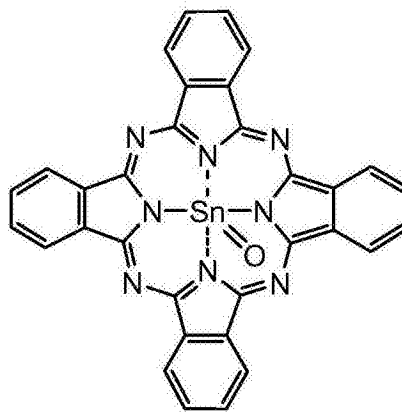
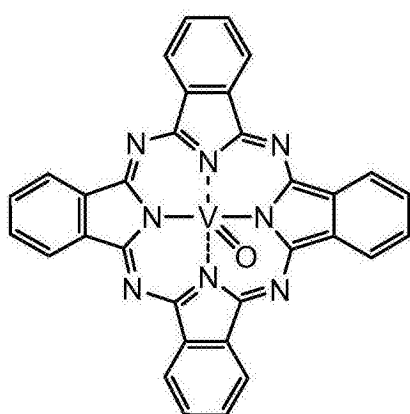
2. 如权利要求1所述的发光元件,

其特征在于,所述第一层作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,以及

所述第三层具有电子传输性质。

3. 如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,所述金属配合物是基于酞菁的材料。

4. 如权利要求3所述的发光元件,其特征在于,所述基于酞菁的材料是以下结构式所示的任意材料:



5. 如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,所述第二层的LUMO能级大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。

6. 如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,

所述第三层还包含电子传输物质,

在所述第三层中,所述碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物和稀土金属化合物中的一种与电子传输物质的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。

7.如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,

所述第三层还包含电子传输物质,

其中,所述第三层具有包含电子传输物质的层和包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物的层的层叠结构。

8.如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,所述受体物质是过渡金属的氧化物。

9.如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,所述受体物质是周期表第4-8族的任意金属的氧化物。

10.如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,所述受体物质是氧化钼。

11.如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,

所述第一层还包含空穴传输物质,

所述第一层具有包含空穴传输物质的层与包含受体物质的层的层叠结构。

12.如权利要求1所述的发光元件,其特征在于,所述第二层包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。

13.如权利要求12所述的发光元件,其特征在于,在所述第二层中,所述碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物和稀土金属化合物中的一种与金属配合物的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。

14.一种包含权利要求1所述的发光元件的发光器件。

15.一种包含权利要求14所述的发光器件的电子器件。

16.一种包含权利要求14所述的发光器件的照明器件。

17.一种发光元件,其包括:

位于阳极和阴极之间的n个EL层,n是大于或等于2的自然数;以及

从阳极计,介于第m个EL层和第(m+1)个EL层之间的第一层,第二层和第三层,m是大于或等于1且小于或等于(n-1)的自然数,

其中,所述第一层提供在第(m+1)个EL层和第二层之间,与所述第(m+1)个EL层以及第二层接触,包含受体物质,

所述第二层提供在第一层和第三层之间,其与所述第一层和第三层接触,包含金属配合物,所述金属配合物包含金属-氧双键和芳族配体,

所述第三层提供在所述第二层和第m个EL层之间,与所述第二层和第m个EL层接触,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物。

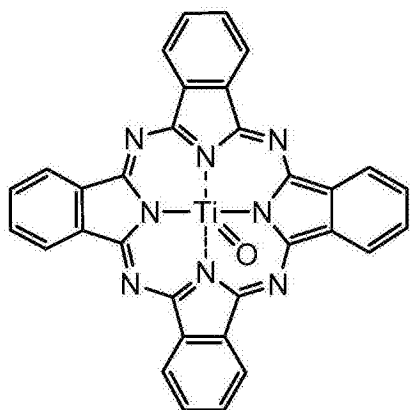
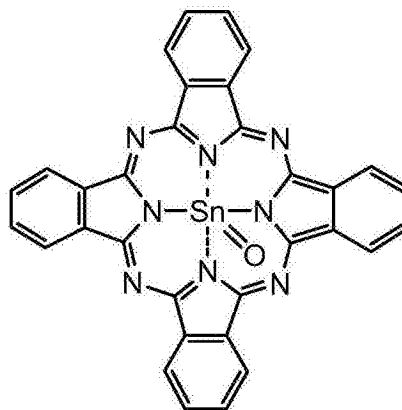
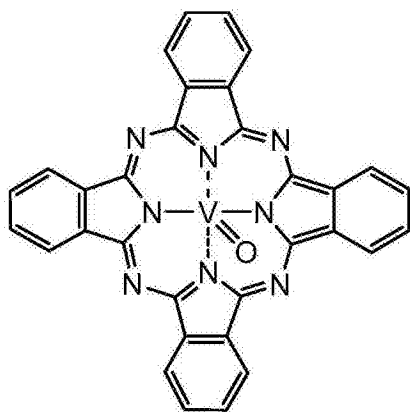
18.如权利要求17所述的发光元件,

其特征在于,所述第一层作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,以及

所述第三层具有电子传输性质。

19.如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,所述金属配合物是基于酞菁的材料。

20.如权利要求19所述的发光元件,其特征在于,所述基于酞菁的材料是以下结构式所示的任意材料:



21. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,所述第二层的LUMO能级大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。

22. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,

所述第三层还包含电子传输物质,

在所述第三层中,所述碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物和稀土金属化合物中的一种与电子传输物质的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。

23. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,

所述第三层还包含电子传输物质,

其中,所述第三层具有包含电子传输物质的层和包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物的层的层叠结构。

24. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,所述受体物质是过渡金属的氧化物。

25. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,所述受体物质是周期表第4-8族的任意金属的氧化物。

26. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,所述受体物质是氧化钼。

27. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,

所述第一层还包含空穴传输物质,

所述第一层具有包含空穴传输物质的层与包含受体物质的层的层叠结构。

28. 如权利要求17所述的发光元件,其特征在于,所述第二层包含碱金属、碱土金属、稀

土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。

29. 如权利要求28所述的发光元件,其特征在于,在所述第二层中,所述碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物和稀土金属化合物中的一种与金属配合物的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。

30. 一种包含权利要求17所述的发光元件的发光器件。

31. 一种包含权利要求30所述的发光器件的电子器件。

32. 一种包含权利要求30所述的发光器件的照明器件。

发光元件,发光器件,电子器件和照明器件

[0001] 发明背景

[0002] 1.发明领域

[0003] 本发明涉及包括电致发光层的发光元件(也称作EL元件);包括所述发光元件的发光器件;以及包括所述发光器件的电子器件和照明器件。

[0004] 2,相关领域描述

[0005] 包括电致发光层(也称作EL层)的发光元件包括将EL层夹在一对电极之间的结构。当在所述一对电极之间施加电压的时候,所述EL层发光。所述EL层包含有机化合物,包括至少一个含有发光物质的发光层。所述发光元件具有简单的结构。这种发光元件作为下一代平板显示器元件而吸引了人们的注意,这是因为这种发光元件具有以下特性:尺寸薄、重量轻、高响应速度、直流低压驱动。另外,所述发光元件是面光源,认为其可以作为光源,用作例如液晶显示器的背光或者照明。

[0006] 下面将对以上发光元件的发光机理进行描述。当在一对电极之间施加电压的时候,从阴极注入的电子与从阳极注入的空穴在EL层中重新结合。由于所述重新结合,释放出能量,造成发光。

[0007] 人们提出了一种发光元件,其中,为了提高发光元件的发光亮度,将多个发光单元(在本文中 also 称作EL层)叠置起来,提供的电流的电流密度与单层的情况相同(例如专利文献1)。

[0008] 专利文献1描述了一种发光元件,其中通过电荷产生层将多个发光单元分隔开。具体来说,在专利文献1所述的发光元件中,将包含五氧化二钒的电荷产生层叠置在第一发光单元的包含碱金属的电子注入层上,将第二发光单元叠置在所述电荷产生层之上。所述电荷产生层中包含的五氧化二钒是一种金属氧化物。

[0009] [参考文献]

[0010] 专利文献1:日本公开专利申请第2003-272860号。

发明内容

[0011] 在专利文献1所述的将多个发光单元叠置的发光元件中,将电荷产生层中产生的电子注入所述第一发光单元,用于第一发光单元的发光。与此同时,将电荷产生层产生的空穴注入第二发光单元,用于第二发光单元的发光。但是,在专利文献1中,所述包含电荷产生层(其包含金属氧化物)的发光元件在从电荷产生层将电子注入第一发光单元的时候具有高注入势垒;因此,需要使用高电压驱动所述发光元件。

[0012] 基于以上内容,本发明的一个实施方式的目的提供一种发光元件,其能够以高亮度发光,可以在低电压条件下驱动。另一个目的是提供一种发光器件,通过包括所述发光元件,降低该发光器件的能耗。另一个目的是提供包括所述发光器件的电子器件和照明器件。

[0013] 本发明的一个实施方式涉及一种发光元件,其包括位于阳极和阴极之间的 n 个(n 是大于或等于2的自然数)EL层,包括介于从阳极计第 m (m 是自然数, $1 \leq m \leq n-1$)个EL层和第

(m+1)个EL层之间的第一层、第二层和第三层。所述第一层提供在所述第(m+1)个EL层和第二层之间,其与所述第(m+1)个EL层和第二层接触,作为电荷产生区域,其具有空穴传输性质,包含受体物质。所述第二层提供在第一层和第三层之间,其与所述第一层和第三层接触,由金属配合物形成,所述金属配合物包含金属-氧键和芳族配体。所述第三层提供在所述第二层和第m个EL层之间,与所述第二层和第m个EL层接触,具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物。

[0014] 所述由包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成的第二层提供在所述第一层和第三层之间,其中第一层作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质,所述第三层具有电子传输性质,包含碱金属等,由此,可以在通过所述第三层将第一层中产生的电子注入第m个EL层的时候,降低注入势垒。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。另外,所述n个EL层提供在所述阳极和阴极之间,由此所述发光元件可以以高亮度发光。

[0015] 所述第二层中包含的金属配合物包含金属-氧键。所述第二层的LUMO 能级大于或等于-5.0eV,优选大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。因此,可以很容易地将电子从第一层传输到第二层,通过第三层,从第二层传输到第m个EL层。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0016] 本发明的另一个实施方式涉及一种发光元件,其包括位于阳极和阴极之间的n个(n是大于或等于2的自然数)EL层,包括介于从阳极计第m(m是自然数, $1 \leq m \leq n-1$)个EL层和第(m+1)个EL层之间的第一层、第二层和第三层。所述第一层提供在所述第(m+1)个EL层和第二层之间,其与所述第(m+1)个EL层和第二层接触,作为电荷产生区域,其具有空穴传输性质,包含受体物质。所述第二层提供在第一层和第三层之间,其与所述第一层和第三层接触,由金属配合物形成,所述金属配合物包含金属-氧双键和芳族配体。所述第三层提供在所述第二层和第m个EL层之间,与所述第二层和第m个EL层接触,具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物。

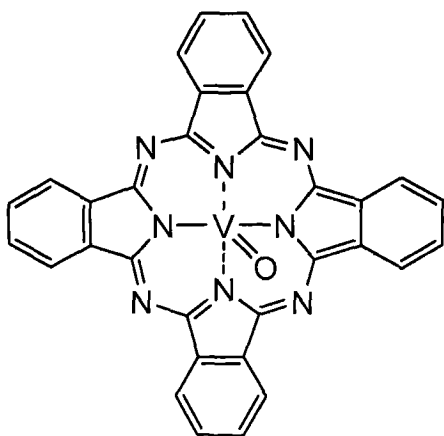
[0017] 所述由包含金属-氧双键和芳族配体的金属配合物形成的第二层提供在所述第一层和第三层之间,其中第一层作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质,所述第三层具有电子传输性质,包含碱金属等,由此,可以在通过所述第三层将第一层中产生的电子注入第m个EL层的时候,降低注入势垒。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。另外,所述n个EL层提供在所述阳极和阴极之间,由此所述发光元件可以以高亮度发光。

[0018] 所述第二层中包含的金属配合物具有金属-氧双键;因此,可以很容易地将电子从第一层传输到第二层,通过第三层,将电子从第二层传输到第m个EL层。这是因为所述金属-氧双键具有受体性质(容易接受电子的性质)。另外,认为具有金属-氧双键的金属配合物是稳定的。因此,可以在低电压稳定地驱动所述发光元件。

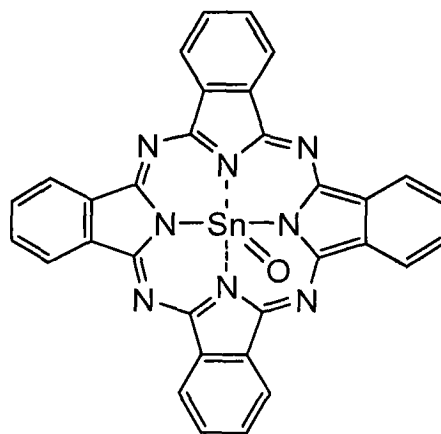
[0019] 在上述发光元件中,所述第二层中包含的金属配合物优选是基于酞菁的材料。

[0020] 在以上的发光元件中,所述第二层中包含的金属配合物是基于酞菁的材料,优选是以下的任意材料:氧钒基酞菁(VOPc),酞菁氧化锡(IV)配合物(SnOPc)和酞菁氧化钛配合物(TiOPc),它们的结构式如下。在以下所示的基于酞菁的材料中,中心金属(V, Sn或Ti)与氧原子键合;因此,所述基于酞菁的材料包含金属-氧双键。因此,电子可以更容易地给出和接受,使得发光元件可以在低电压下驱动。

[0021] [化学式1]

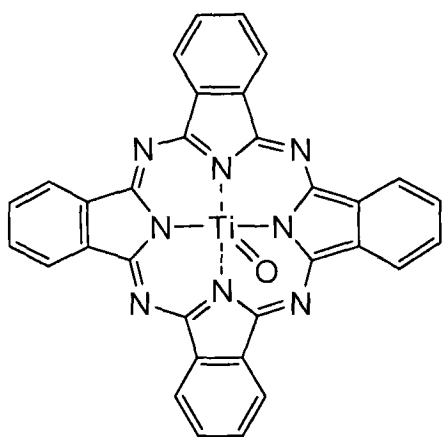


VOPc



SnOPc

[0022]



TiOPc

[0023] 在以上发光元件中,所述第三层具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。因此,电子可以在所述第三层中传输,可以将电子高效地从第二层通过第三层注入到EL层(第m个EL层)。另外,所述第三层包含上述金属或者上述金属化合物,因此可以在将第一层中产生的电子通过第二层和第三层注入到所述EL层(所述第m个EL层)的时候,一定程度上降低电子注入势垒。

[0024] 在上述发光元件中,可以使用具有以下性质的层作为第三层:该层包含电子传输物质,其中上述碱金属、上述碱土金属、上述稀土金属、上述碱金属化合物、上述碱土金属化合物或者上述稀土金属化合物与空穴传输物质的质量比大于或等于0.001:1,且小于或等于0.1:1,在此情况下,上述影响变得显著。

[0025] 在上述发光元件中,所述第三层包含电子传输物质。所述第三层可以是包含电子传输物质的层与包含上述金属或者上述金属化合物的层的层叠结构,不限于电子传输物质与上述金属或上述金属化合物包含在同一个膜中的结构。

[0026] 在上述发光元件中,所述第一层作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质。因此,在所述第一层中产生的空穴可以在所述第一层中高效地传输,空穴可以高效地注入所述EL层(所述第(m+1)个EL层)。另外,所述第一层包含受体物质,因此可以有效地作为电荷产生区域。另外,所述第一层包含受体物质;因此,在将第一层中产生的电子通过所

述第二层和第三层注入EL层(所述第m个EL层)的时候,电子注入势垒可以一定程度地降低。

[0027] 在上述发光元件中,可以使用过渡金属氧化物或者周期表第4-8族的金属的氧化物作为所述第一层包含的受体物质。所述材料具有很强的受体性质;因此例如在施加电压的时候,可以很容易地在所述第一层中产生电荷。

[0028] 在上述发光元件中,优选使用氧化钼作为第一层中包含的受体物质,在此情况下,上述效果变得显著。另外,氧化钼具有低的吸湿性,因此适合用作发光元件的材料。

[0029] 在上述发光元件中,所述第一层包含空穴传输物质。所述第一层不限于空穴传输物质和受体物质包含在同一个膜中的结构,还可以是包含空穴传输物质的层与包含受体的层的层叠结构。

[0030] 在以上发光元件中,所述第二层可以是包含以下物质的层:碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。当包含上述金属或者上述金属化合物的层用作第二层的时候,电子可以更容易地传输。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0031] 所述第二层可以是具有以下性质的层:其中上述金属或者上述金属化合物与金属配合物以0.001:1至0.1:1的质量比包含在该层中。在此情况下,上述效果变得显著。

[0032] 可以使用上述发光元件制造发光器件。另外,可以使用上述发光器件制造电子器件或照明器件。所述发光元件优选用于这些目的,在此情况下可以获得显著的效果。

[0033] 注意在本说明书中,发光器件表示图像显示器器件、发光器件、或者光源(包括照明器件)。而且,所述发光器件也包括所有以下模块中的任意模块:其中连接器(诸如FPC(柔性印刷电路)、TAB(带式自动接合)带或TCP(带载封装))连接于发光器件的模块;在TAB带或TCP端部装配印刷线路板的模块;包括通过COG(玻璃上的芯片(Chip on Glass))法直接安装在发光元件上的IC(集成电路)模块。

[0034] 注意,在此说明书中,“第一”和“第二”之类的序数是出于方便的目的,并不是用来表示步骤的顺序以及层的叠置顺序。另外,在此说明书中的序数并不表示本发明所述的特定名称。

[0035] 根据本发明的一个实施方式,由包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成的第二层位于第一层和第三层之间,因此在将第一层中产生的电子通过第三层注入所述EL层的时候,降低电子注入势垒。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。另外,所述多个EL层提供在所述阳极和阴极之间,由此所述发光元件可以以高亮度发光。

[0036] 所述第二层中包含的金属配合物具有金属-氧键;因此,可以很容易地将电子从第一层传输到第二层,通过第三层,将电子从第二层传输到EL层。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0037] 附图简要说明

[0038] 图1显示了发光元件的结构的一个例子。

[0039] 图2A显示发光元件的结构的一个例子,图2B显示发光元件的能带图的一个例子。

[0040] 图3A和3B是发光元件的能带图的例子。

[0041] 图4A显示发光元件的结构的一个例子,图4B显示发光元件的能带图的一个例子。

[0042] 图5显示了发光元件的能带图的一个例子。

[0043] 图6A显示发光元件的结构的一个例子,图6B显示发光元件的能带图的一个例子。

[0044] 图7A显示发光元件的结构的一个例子,图7B显示发光元件的能带图的一个例子。

[0045] 图8A和8B是发光元件的结构的一个例子。

[0046] 图9A显示发光元件的结构的一个例子,图9B显示发光元件的发射光谱的例子。

[0047] 图10A-10E显示了电子器件的例子。

[0048] 图11显示了照明器件的例子。

[0049] 图12显示了发光元件的特征。

[0050] 图13显示了发光元件的特征。

[0051] 图14显示了发光元件的特征。

[0052] 图15显示了发光元件的特征。

[0053] 图16显示了发光元件的特征。

[0054] 图17显示了发光元件的特征。

[0055] 图18显示了发光元件的特征。

[0056] 图19显示了发光元件的特征。

[0057] 发明详述

[0058] 下面将结合附图对本发明的实施方式和例子进行详细描述。应注意,本发明不限于以下说明,本领域技术人员可以很容易地理解,在不背离本发明精神和范围的前提下可以进行各种变动和改进。因此,本发明不应被解释为限制于以下给出的实施方式和实施例的描述。

[0059] (实施方式1)

[0060] 下面将参照图1,图2A和2B,图3A和3B,图4A和4B以及图5描述作为本发明一个实施方式的发光元件的结构的一个例子。

[0061] 图1显示的发光元件包括位于一对电极(阳极101和阴极102)之间的多个EL层201。当所述发光元件的结构包括n个(n是大于或等于2的自然数)层叠的层的时候,例如,所述发光元件包括EL层201-m(m是自然数, $1 \leq m \leq n-1$)(也称作第m个EL层)和EL层201-m+1(也称作第(m+1)个EL层)。另外,所述发光元件包括位于所述EL层201-1和EL层201-2(图中未显示)之间的中间层202-1;在EL层201-m和EL层201-m+1之间的中间层202-m(也称为第m个中间层);以及位于EL层201-n-1(图中未显示)和EL层201-n之间的中间层202-n-1(也称作第(n-1)个中间层)。注意所述中间层没有与电源等连接,因此处于浮动状态。所述多个EL层201各自由有机化合物形成,包括至少一个含有发光物质的发光层。

[0062] 图2A显示图1的发光元件的结构的一部分(EL层201-m,中间层202-m,EL层201-m+1)。如图2A所示,从阴极侧102起,所述中间层202-m包括第一层106,第二层105和第三层104。

[0063] 所述第一层106设置在所述EL层201-m+1和第二层105之间,并与这两个层接触。所述第一层106作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质。另外,所述第一层106包含空穴传输物质。认为空穴和电子通过以下方式产生:当在一对电极(阳极101和阴极102)之间施加电压的时候,例如,受体物质从空穴传输物质提取电子。所述第一层106中产生的电子注入EL层201-m中,用于EL层201-m的发光。与此同时,所述第一层106中产生的空穴注入EL层201-m+1中,用于EL层201-m+1的发光。所述第一层106的厚度大于或等于10纳米,且小于或等于200纳米。即使当第一层106的厚度增大的时候,电导性的变化很小;因此,

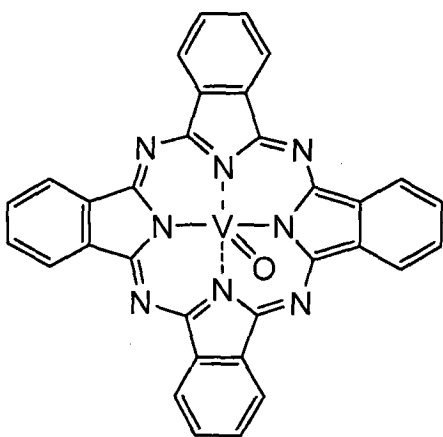
可以抑制发光元件的驱动电压的增大。通过调节第一层106的厚度,可以在不造成驱动电压升高的情况下,对发光进行光学调节。

[0064] 所述第二层105设置在所述第一层106和第三层104之间,并与这两个层接触。所述第二层105由包含金属-氧键以及芳族配体的金属配合物形成,具有接受第一层106中产生的电子并且通过第三层104为EL层201-m给出电子的功能。因此,所述第二层105作为电子中继层。另外,所述第二层105的LUMO能级高于或等于-5.0eV,优选高于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV,具有在将第一层106中产生的电子通过第三层104注入EL层201-m的时候,降低电子注入势垒的功能。由于所述金属-氧键,使得电子可以更容易地传输(给出和接受)。因此,通过提供第二层105,可以在低电压下驱动所述发光元件。

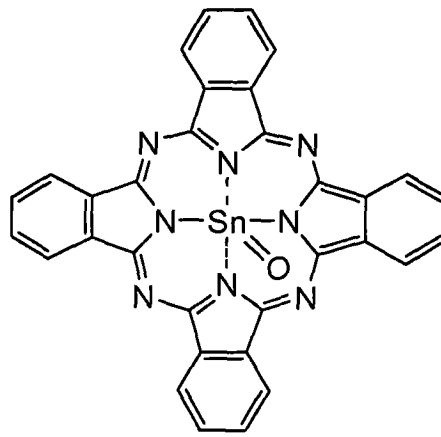
[0065] 所述金属配合物优选具有金属-氧双键。所述金属-氧双键具有受体性质(可以容易地接受电子的性质);因此,电子可以更容易地传输(给出和接受)。另外,认为具有金属-氧双键的金属配合物是稳定的。因此,通过使用具有金属-氧双键的金属配合物,可以在低电压下更稳定地驱动所述发光元件。

[0066] 所述金属配合物优选是基于酞菁的材料;具体来说,所述金属配合物优选是以下任意物质:氧钒基酞菁(VOPc),酞菁氧化锡(IV)配合物(SnOPc),以及酞菁氧化钛配合物(TiOPc),其由以下结构式表示。在以下所示的基于酞菁的材料中,中心金属(V,Sn或Ti)与氧原子键合;因此,所述基于酞菁的材料包含金属-氧键。因此,电子可以更容易地传输(给出和接受),使得发光元件可以在低电压下驱动。

[0067] [化学式2]

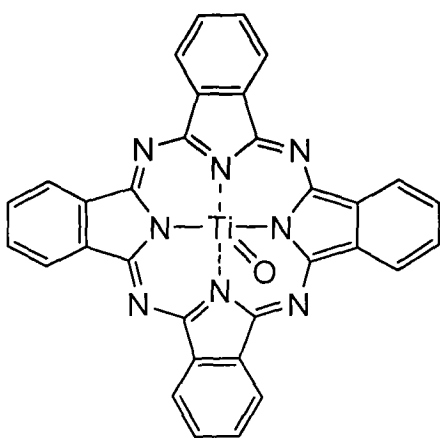


VOPc



SnOPc

[0068]



TiOPc

[0069] 所述第三层104设置在所述第二层105和EL层201-m之间,并与这两个层接触。所述第三层104具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物,具有将从第二层105接受的电子提供给EL层201-m的功能。所述电子可以高效地在第三层104中传输。因此,电子可以高效地从第二层105通过第三层104注入EL层201-m。另外,所述第三层104包含上述金属或者上述金属化合物,因此可以在将第一层106中产生的电子通过第二层105和第三层104注入到所述EL层201-m的时候,一定程度上降低电子注入缓冲。因此,所述第三层104作为电子注入缓冲层。

[0070] 在没有提供第二层105的情况下,第一层106(作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质)和第三层104(具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或者稀土金属化合物)互相直接接触。所述第一层106是p-型区域,所述第三层104是n-型区域;因此,当所述第一层106和第三层104互相接触的时候,形成p-n结,导致形成耗尽层。因此,提高了发光元件的驱动电压。

[0071] 与之相对的是,在本发明的一个实施方式中,在第一层106和第三层104之间提供第二层105,从而可以防止形成上述的耗尽层。因此,通过提供所述第二层105,可以抑制发光元件驱动电压的升高。

[0072] 另外,在没有提供第二层105的情况下,第一层106(作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质)和第三层104(具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金

属、碱金属化合物、碱土金属化合物或者稀土金属化合物)互相直接接触。所述第一层106中包含的受体物质具有很强的受体性质,所述第三层104中包含的上述金属或上述金属化合物具有很强的给体性质。因此,当所述第一层106和第三层104相互接触的时候,具有强受体性质的物质和具有强给体性质的物质相互接近的可能性增大了。当具有强受体性质的物质与具有强给体性质的物质相互接近的时候,所述物质发生相互作用,由此会抑制所述受体物质和给体物质的功能。因此,提高了发光元件的驱动电压。

[0073] 与之相对的是,在本发明的一个实施方式中,在所述第一层106和第三层104之间提供了第二层105,由此可以防止具有强受体性质的物质和具有强给体性质的物质之间发生相互作用。因此,通过提供所述第二层105,可以抑制发光元件驱动电压的升高。

[0074] 下面将结合能带图进行描述。

[0075] 图2B是图2A所示的元件结构的能带图。在图2B中,编号113表示EL层201-m的最低未占据分子轨道(LUMO)能级;114表示第二层105的LUMO能级;115表示第一层106中的受体物质的受体能级;117表示EL层201-m+1的LUMO能级。

[0076] 认为空穴和电子按照以下方式在第一层106中产生:当对EL元件施加电压的时候,受体物质从空穴传输物质提取电子。所述第一层106中产生的电子注入EL层201-m中,用于EL层201-m的发光。与此同时,所述第一层106中产生的空穴注入EL层201-m+1中,用于EL层201-m+1的发光。

[0077] 所述第一层106具有空穴传输性质;因此,第一层106中产生的空穴在该层中高效地传输。因此,可以将空穴高效地注入EL层201-m+1中。另外,所述第一层106包含受体物质,因此第一层106可以有效地作为电荷产生区域。另外,所述第一层106包含受体物质;因此,在将第一层106中产生的电子通过所述第二层105和第三层104注入EL层201-m的时候,电子注入缓冲可以一定程度地降低。

[0078] 所述第二层105由包含金属-氧键以及芳族配体的金属配合物形成,具有接受第一层106中的受体电子并且通过第三层104为EL层201-m提供电子的功能。因此,所述第二层105作为电子中继层。

[0079] 对第二层105的LUMO能级114进行控制,使其位于第一层106中的受体物质的受体能级115和EL层201-m的LUMO能级113之间。因此,当将第一层106中产生的电子注入EL层201-m的时候,电子注入势垒可以降低。具体来说,第二层105的LUMO能级114大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。另外,所述第二层105中包含的金属配合物的金属-氧键使得电子可以更容易传输(给出和接受)。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0080] 所述第二层105中包含的金属配合物优选包含金属-氧双键。所述金属-氧双键具有受体性质(可以容易地接受电子的性质);因此,电子可以更容易地传输(提供和接受)。图3A是此种情况的能带图的例子。在图3A中,编号116表示第一层106的最高占据分子轨道(HOMO)能级。所述包括金属-氧双键的金属配合物用于第二层105,因此不仅从第一层106的受体能级115产生电荷(空穴和电子),而且还能从第一层106的HOMO能级116直接产生。因此,通过使用具有金属-氧双键的金属配合物,可以在较低电压下驱动所述发光元件。

[0081] 将从第一层106的受体能级115传输到第二层105的LUMO能级114的电子给予第三层104。所述第三层104具有电子传输性质;因此,传输到第三层104的电子在该层中高效地传输,很容易地注入所述EL层201-m的LUMO能级113。所述第三层104包含上述碱金属、上述

碱土金属、上述稀土金属、上述碱金属化合物、上述碱土金属化合物、或者上述稀土金属化合物,因此具有一定程度降低电子注入势垒的功能。因此,可以更容易地传输电子。

[0082] 在此之后,在EL层201-m中,电子与从阳极101侧注入的空穴重新结合,使得EL层201-m发光。另一方面,在此第一层106中产生的空穴与从阴极102侧注入的电子在EL层201-m+1中重新结合,使得EL层201-m+1发光。

[0083] 如上所述,尽管所述第二层105由包括金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成,所述第二层105可以包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或者稀土金属化合物。相对于金属配合物,上述金属或者上述金属化合物作为给体物质。

[0084] 图3B是第二层105中包含碱金属等的情况的能带图的一个例子。在图3B中,编号120表示第二层105中的给体物质的给体能级。形成的给体能级120位于第一层106中的受体物质的受体能级115和EL层201-m的LUMO能级113之间。具体来说,给体物质的给体能级大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。

[0085] 所述给体能级120会影响第二层105的LUMO能级114。因此,电子可以很容易地从第一层106的受体能级115传输到第二层105的LUMO能级114。

[0086] 下面将对第一层106,第二层105和第三层104进行描述。

[0087] 所述第一层106作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质。另外,所述第一层106包含空穴传输物质。

[0088] 可以将许多种化合物用作所述空穴传输物质,例如芳胺化合物,咪唑衍生物,芳烃,或高分子化合物(例如低聚物,树枝状聚合物,或聚合物)。具体地,优选使用空穴迁移率大于或等于 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 的物质。但是,也可以使用不同于上述物质的其它物质,只要所述物质的空穴传输性质高于电子传输性质即可。

[0089] 芳胺化合物的具体例子包括4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(缩写:NPB), N,N'-二(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯基]-4,4'-二胺(缩写:TPD),4,4',4''-三(咪唑-9-基)三苯基胺(缩写:TCTA),4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯基胺(缩写:TDATA),4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯基胺(缩写:MTDATA),N,N'-二(4-甲基苯基)-N,N'-二苯基-p-苯二胺(缩写:DTDPPA),4,4'-二[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(缩写:DPAB),1,3,5-三[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(缩写:DPA3B),4-苯基-4'-(9-苯基苕-9-基)三苯基胺(缩写:BPAFLP),等。

[0090] 咪唑衍生物的具体例子包括3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(缩写:PCzPCA1),3,6-二[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(缩写:PCzPCA2),3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(缩写:PCzPCN1),等。另外,可以包括以下的物质:4,4'-二(N-咪唑基)联苯(缩写:CBP),1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯(缩写:TCPB),9-[4-(10-苯基-9-苕基)苯基]-9H-咪唑(缩写:CzPA),9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-苕基)苯基]-9H-咪唑(缩写:PCzPA),1,4-二[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯,等等。

[0091] 芳烃的具体例子包括2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)苕(缩写:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)苕、9,10-二(3,5-二苯基苯基)苕(缩写:DPPA)、2-叔丁基-9,10-二(4-苯基苯基)苕(缩写:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)苕(缩写:DNA)、9,10-二苯基苕(缩写:DPAnth),2-叔丁基苕(缩写:t-BuAnth),9,10-二(4-甲基-1-萘基)苕(缩写:DMNA)、9,10-二

[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基蒽、9,10-二[2-(1-萘基)苯基]蒽和2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽,2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽,9,9'-联蒽,10,10'-二苯基-9,9'-联蒽,10,10'-二(2-苯基苯基)-9,9'-联蒽,10,10'-二[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联蒽,蒽,并四苯,红荧烯,二萘嵌苯,2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。另外,所述芳烃可以具有乙烯基骨架。包含乙烯基骨架的芳烃的例子是4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(缩写:DPVBi)9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(缩写:DPVPA),等等。

[0092] 高分子化合物的具体例子包括聚(N-乙烯基吡唑)(缩写:PVK),聚(4-乙烯基三苯基胺)(缩写:PVTPA)等等。

[0093] 在此处,具体来说,优选所述空穴传输物质不含胺骨架。本发明人发现当第一层106是使用受体物质以及不含胺骨架的空穴传输物质形成的时候,所述第一层106作为电荷产生区域,尽管不会发生基于电荷传输相互作用的吸收。因此,在可见光区域不具有吸收峰,作为电荷产生区域的所述第一层106可以很容易地形成,由此可以避免由于吸光造成的发光效率降低。

[0094] 注意在作为相关技术给出的专利文献1中,通常认为很重要的一点是在作为电荷产生区域的层内,通过氧化-还原反应形成电荷传输配合物。另外,根据专利文献1,当用作空穴传输物质的有机化合物的电离势等于或高于5.7eV的时候,在有机化合物和受体物质之间发生氧化-还原反应的可能性较低。因此,为了促进氧化-还原反应的发生,通常认为用作空穴传输物质的有机化合物的电离势需要等于或低于5.7eV,具体来说是需要具有高电子-给体性质的物质,例如芳基胺。但是,当所述包含胺骨架的化合物与受体物质之间发生氧化-还原反应的时候,在可见光区域和红外区域发生基于电荷传输相互作用的吸收。实际上,专利文献1所示的吸收光谱显示,通过将具有芳基胺骨架的化合物与氧化钬混合,在大约500纳米和1300纳米的波长处产生新的吸收。另外,当具有芳基胺骨架的化合物与F₄-TCNQ混合的时候,在大约700nm,900nm和1200nm的波长处产生新的吸收。在此情况下,特别是在可见光区域的吸收峰会造成发光效率的减小。但是,通常认为电荷传输配合物的形成对于电荷产生层是必不可少的,认为吸收是不可避免的。

[0095] 与之相对的,在本发明的一个实施方式中,尽管第一层106是使用受体物质以及不含胺骨架的空穴传输物质形成的,所述第一层106作为电荷产生层,而不会发生基于电荷传输相互作用的吸收。在这样的作为电荷产生区域的层中,可以通过施加电场产生电荷,空穴和电子可以被注入EL层。此方面与作为电荷产生区域的常规的层不同。实际上,9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-吡唑(缩写:CzPA)是一种不含胺骨架的作为空穴传输物质的吡唑衍生物,其电离势为5.7eV(AC-2,理研公司(Riken Keiki Co.,Ltd.)的产品),其具有很高的电离势。可能是由于以上原因,即使将CzPA与作为受体物质的氧化钬混合,也不会发生基于电荷传输相互作用的吸收。但是,所述第一层106作为电荷产生区域;因此,在本发明的一个实施方式中可以使用CzPA。

[0096] 需要注意,不包括胺骨架的空穴传输物质的例子包括上述吡唑衍生物,例如CBP, TCPB, CzPA, PCzPA和1,4-二[4-(N-吡唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯;以及芳烃,例如t-BuDNA, DPPA, t-BuDBA, DNA, DPAnth, t-BuAnth, DMNA, 2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽, 9,10-二[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基蒽, 9,10-二[2-(1-萘基)苯基]蒽, 2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽, 2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽, 9,9'-联蒽, 10,10'-二苯基-9,9'-

联萘,10,10'-二(2-苯基苯基)-9,9'-联萘,10,10'-二[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联萘,萘,DPVBi和DPVPA。另外,可以使用咪唑衍生物的聚合物,例如PVK。

[0097] 可以使用过渡金属氧化物或者周期表第4-8族的金属的氧化物作为所述第一层106包含的受体物质。具体来说,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铯,这是因为它们具有高电子接受性质。氧化钼具有低吸湿性,因此是特别优选的。湿气会对EL元件造成负面影响。出于该原因,优选在EL元件中使用具有低吸湿性的材料。

[0098] 所述第一层106可以是具有以下性质的层:包含受体物质和空穴传输物质,其中受体物质与空穴传输物质的质量比为0.1:1至4.0:1。

[0099] 所述第一层不限于空穴传输物质和受体物质包含在同一个膜中的结构,还可以是包含空穴传输物质的层与包含受体物质的层的层叠的结构。注意对于层叠结构,所述包含空穴传输物质的层与所述EL层201-m+1接触。

[0100] 所述第一层106的厚度大于或等于10纳米,且小于或等于200纳米。即使当第一层106的厚度增大的时候,电导性的变化很小;因此,可以抑制发光元件的驱动电压的增大。通过调节第一层106的厚度,可以在不造成驱动电压升高的情况下,对发光进行光学调节。

[0101] 所述第二层105具有以下功能:快速地接受吸收到第一层106中的受体物质的电子,并通过第三层104将电子给予EL层201-m。所述第二层105由包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成。第二层105的LUMO能级114位于第一层106中的受体物质的受体能级115和EL层201-m的LUMO能级113之间。具体来说,所述LUMO能级优选大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。通过提供第二层105,使得可以在将第一层106产生的电子通过第三层104注入EL层201-m的时候,降低电子注入势垒。另外,因为所述金属配合物具有金属-氧键,可以更容易地给出和接受电子。所述金属配合物优选是基于酞菁的材料;具体来说,可以使用任意的VOPc,SnOPc和TiOPc。提供第二层105,从而可以在低电压下驱动发光元件。

[0102] 可以在所述第二层105添加给体物质,使得给体物质与金属配合物的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。给体物质的例子包括有机化合物,例如四硫并四苯(缩写:TTN),二茂镍,以及十甲基二茂镍,另外还包括碱金属、碱土金属、稀土金属、上述金属的化合物(例如碱金属化合物(例如氧化物,例如氧化锂,卤化物,以及碳酸盐,例如碳酸锂或碳酸铯),碱土金属化合物(例如氧化物,卤化物和碳酸盐),以及稀土金属化合物(例如氧化物,卤化物和碳酸盐))。

[0103] 所述第二层105的厚度大于或等于1纳米,且小于或等于40纳米。因为所述金属配合物具有金属-氧键,所述第二层105的厚度可以大于或等于10nm且小于或等于40nm。另外,通过加入给体物质,可以更容易地将电子注入所述EL层201-m,在较低的电压下驱动所述发光元件。

[0104] 所述第三层104具有将从第二层105接受的电子给予EL层201-m的功能。所述第三层104具有电子传输性质,包含碱金属、碱土金属、稀土金属、上述金属的化合物(例如碱金属化合物(例如氧化物,例如氧化锂,卤化物,以及碳酸盐,例如碳酸锂或碳酸铯),碱土金属化合物(例如氧化物,卤化物和碳酸盐),稀土金属化合物(例如氧化物,卤化物和碳酸盐))等等。另外,所述第三层104包含电子传输物质。

[0105] 可以将以下物质用作所述电子传输物质:具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金属配

合物,例如三(8-羟基喹啉(quinolinolato))铝(缩写:Alq)、三(4-甲基-8-羟基喹啉)铝(缩写:Almq₃)、二(10-羟基苯并[h]-喹啉)铍(缩写:BeBq₂)或二(2-甲基-8-羟基喹啉)(4-苯基酚酸)铝(缩写:BAIq)等。或者可以使用包含噻唑基或噻唑基配体的金属配合物等,例如二[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑合]锌(缩写:Zn(BOX)₂)或二[2-(2-羟基苯基)苯并噻唑合]锌(缩写:Zn(BTZ)₂)等。除了金属配合物以外,还可以使用2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(缩写:PBD)、1,3-二[5-(对-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(缩写:OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]咔唑(缩写:C011)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(缩写:TAZ)、红菲绕啉(缩写:BPhen)、浴铜灵(缩写:BCP)等。在此所述的物质主要是电子迁移率大于或等于 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 的那些物质。注意可以使用除此之外的物质,只要其电子传输性质高于空穴传输性质即可。此外,所述第三层104不限于单层,可以是由任意上述物质形成的两个或多个层的叠层。另外,可以使用高分子化合物,例如聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)](缩写:PF-Py)或聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-联吡啶-6,6'-二基)](缩写:PF-BPy)。

[0106] 可以将具有以下性质的层用作第三层104:其中包含上述碱金属、上述碱土金属、上述稀土金属、上述碱金属化合物、上述碱土金属化合物、或者上述稀土金属化合物以及所述电子传输物质,其中上述金属或者上述金属化合物与上述电子传输物质的质量比为0.001:1至0.1:1。

[0107] 所述第三层104可以高效地传输电子。因此,电子可以高效地从第二层105通过第三层104注入EL层201-m。另外,所述第三层104包含上述金属或者上述金属化合物,因此可以在将第一层106中产生的电子通过第二层105和第三层104注入到所述EL层201-m的时候,一定程度上降低电子注入势垒。

[0108] 所述第三层104可以是包含电子传输物质的层与包含上述金属或者上述金属化合物的层的层叠结构,不限于电子传输物质与上述金属或上述金属化合物包含在同一个膜中的结构。注意对于层叠结构,所述包含电子传输物质的层与所述EL层201-m接触。

[0109] 另外,所述第三层104的一部分或者整个第三层104可以作为包括在EL层201-m中的层的一部分。例如,可以将第三层104的一部分用作包括在EL层201-m中的电子传输层。

[0110] 所述第一层106,第二层105和第三层104可以通过很多种方法形成,不限于干法(例如真空蒸发法)和湿法(例如喷墨法和旋涂法)。

[0111] 下面将描述所述发光元件的其它结构。

[0112] 阳极101优选使用金属、合金、导电化合物或它们的混合物等形成,具有高功函(具体地,大于或等于4.0eV)。具体例子包括:氧化铟锡(ITO)、含硅或氧化硅的氧化铟锡、氧化铟锌(IZO)、含氧化钨和氧化锌的氧化铟等。

[0113] 或者,可以使用金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钨(W)、铬(Cr)、钼(Mo)、铁(Fe)、钴(Co)、铜(Cu)、钯(Pd)、钛(Ti)、金属材料的氮化物(例如氮化钛)、氧化钼、氧化钒、氧化钇、氧化钨、氧化锰、氧化钛等。或者,可以使用导电聚合物,例如,聚(3,4-亚乙基二氧噻吩)/聚(苯乙炔磺酸)(PEDOT/PSS)或聚苯胺/聚(苯乙炔磺酸)(PAni/PSS)。注意,当电荷产生区域与阳极101接触的时候,可以将很多种导电材料,例如Al和Ag用于阳极101,而不考虑它们的功函数。

[0114] 所述阳极101一般通过溅射法形成。例如,氧化铟-氧化锌(IZO)膜可采用溅射方法

使用在氧化铟中加入1-20重量%氧化锌的靶形成。可以使用其中氧化钨和氧化锌分别以0.5-5重量%和0.1-1重量%的量加入氧化铟的靶,通过溅射法形成包含氧化钨和氧化锌的氧化铟的膜。或者,可以通过溶胶-凝胶法等方法形成阳极101。

[0115] 阴极102优选使用金属、合金、导电化合物或它们的混合物等形成,具有高功函(具体地,等于或低于3.8eV)。例如,可以使用以下任意材料:周期表第1族或第2族的元素,它们为碱金属,例如锂(Li)或铯(Cs),碱土金属,例如镁(Mg),钙(Ca)或锶(Sr),或者它们的合金(例如Mg-Ag或Al-Li);稀土金属,例如铕(Eu)和镱(Yb)或者其合金;等等。可以通过真空蒸发法形成包含碱金属、碱土金属或其合金的膜。或者,可以通过溅射法形成包含碱金属或碱土金属的合金。另外,可以通过喷墨法等形成银糊料等。

[0116] 或者,所述阴极102可以使用碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物(例如氟化锂(LiF),氧化锂(LiO_x),氟化铯(CsF),氟化钙(CaF₂)或氟化铒(ErF₃))的膜与铝之类的金属的膜的叠层形成。

[0117] 注意在此实施方式所述的发光元件中,阳极和阴极中的至少一种可以具有传输可见光的性质。可以通过使用ITO之类的透明电极,或者通过减小电极的厚度,确保光传输性质。

[0118] 下面将描述多个EL层201的具体例子。

[0119] 所述多个EL层201各自包括至少一个含有发光物质的发光层。各个EL层201可以具有发光层和发光层以外的层的层叠结构。所述多个EL层201可以具有不同的层叠结构。所述多个EL层201可以由不同的材料形成。

[0120] 不同于发光层的层的例子包括含有空穴注入物质并且具有空穴注入性质的层(即空穴注入层),包含空穴传输物质并且具有空穴传输性质的层(即空穴传输层),包含电子传输物质并且具有电子传输性质的层(即电子传输层),包含电子注入物质并且具有电子注入性质的层(即电子注入层),包含双极性物质并且具有双极性质(电子传输和空穴传输性质)的层等。这些层可以根据适当的情况合并。另外,所述电荷产生层可以作为以下的形式提供:与EL层201-1中的阳极101接触的层,以及与EL层201-n中的阴极102接触的层。

[0121] 下面将描述用来形成空穴注入层,空穴传输层,发光层,电子传输层和电子注入层的物质的具体例子。

[0122] 所述空穴注入层是包含空穴注入物质的层。例如,可以将以下物质用作空穴注入物质:金属氧化物,例如氧化钼、氧化钒、氧化钽、氧化钨、氧化锰等。可以使用基于酞菁的化合物如酞菁(缩写:H₂Pc)或铜酞菁(II)(缩写:CuPc)。可以使用聚合物,例如PEDOT/PSS(缩写)。

[0123] 所述空穴传输层是包含空穴传输物质的层。可以将以下物质用作所述空穴传输物质:与以上给出的用于第一层106的空穴传输物质类似的任何物质。因此,将以上的描述结合于此。注意所述包含空穴传输物质的层不限于单层,可以是由任意上述物质形成的两个或多个层的叠层。

[0124] 发光层是包含发光物质的层。可以将下文所述的任何荧光化合物和磷光化合物用作所述发光物质。光的发射分为从单重激发态发射的光和从三重激发态发射的光。包含荧光化合物的发光层发射的光是从单重激发态发射的光,包含磷光化合物的发光层发射的光是从三重激发态发射的光。

[0125] 荧光化合物的例子包括N,N'-二[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-二胺(缩写:YGA2S),4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺(缩写:YGAPA),4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯基胺(缩写:2YGAPPA),N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(缩写:PCAPA),二萘嵌苯,2,5,8,11-四叔丁基二萘嵌苯(缩写:TBP),4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺(缩写:PCBAPA),N,N''-(2-叔丁基 蒽-9,10-二基-2-4,1-亚苯基)二[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](缩写:DPABPA),N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(缩写:2PCAPPA),N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(缩写:2DPAPPA),N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p] 蒽-2,7,10,15-四胺(缩写:DBC1),香豆素30,N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(缩写:2PCAPA),N-[9,10-二(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(缩写:2PCABPhA),N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(缩写:2DPAPA),N-[9,10-二(1,1'-联苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(缩写:2DPABPhA),9,10-二(1,1'-联苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(缩写:2YGABPhA),N,N,9-三苯基蒽-9-胺(缩写:DPhAPhA),香豆素545T,N,N'-二苯基喹吖酮(缩写:DPQd),红荧烯,5,12-二(1,1'-联苯-4-基)-6,11-二苯基并四苯(缩写:BPT),2-(2-{2-[4-(二甲基氨基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(缩写:DCM1),2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉(quinolizin)-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(缩写:DCM2),N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)并四苯-5,11-二胺(缩写:p-mPhTD),7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并[1,2-a]荧蒽-3,10-二胺(缩写: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(quinolizin)-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(缩写: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(quinolizin)-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(缩写:DCJTB),2-(2,6-二{2-[4-(二甲基氨基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亚基)丙烷二腈(缩写:BisDCM),2-{2,6-二[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亚基}丙烷二腈(缩写:BisDCJTM)等。

[0126] 磷光化合物的例子包括二[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶合(pyridinato)-N,C^{2'}]铱(III)四(1-吡啶基)硼酸盐(缩写:FIr6),二[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶合-N,C^{2'}]铱(III)皮考啉酸盐(缩写:FIrpic),二[2-(3',5'-二三氟甲基苯基)吡啶合-N,C^{2'}]铱(III)皮考啉酸盐(缩写:Ir(CF₃ppy)₂(pic)),二[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶合-N,C^{2'}]铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:FIr(acac)),三(2-苯基吡啶合)铱(III)(缩写:Ir(ppy)₃),二(2-苯基吡啶合)铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:Ir(ppy)₂(acac)),二(苯并[h]喹啉合(quinolinato))铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:Ir(bzq)₂(acac)),三(苯并[h]喹啉合)铱(III)(缩写:Ir(bzq)₃),二(2,4-二苯基-1,3-噁唑合-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:Ir(dpo)₂(acac)),二[2-(4'-全氟苯基苯基)吡啶合]铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:Ir(p-PF-ph)₂(acac)),二(2-苯基苯并噁唑合-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:Ir(bt)₂(acac)),(乙酰丙酮酸根合)二[2,3-二(4-氟苯基)-5-甲基吡嗪合]铱(III)(缩写:Ir(Fdppr-Me)₂(acac)),(乙酰丙酮酸根合)二{2-(4-甲氧基苯基)-3,5-二甲基吡嗪合}铱(III)(缩写:Ir(dmmoppr)₂(acac)),二[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶合-N,C^{3'}]铱(III)乙酰丙酮酸盐

(缩写:Ir(btp)₂(acac)),二(1-苯基异喹啉合-N,C^{2'})铱(III)乙酰丙酮酸盐(缩写:Ir(pi_q)₂(acac)),(乙酰丙酮酸根合)二[2,3-二(4-氟苯基)喹喔啉合]铱(III)(缩写:Ir(Fdpq)₂(acac)),(二新戊酰基甲烷合(methanato))二(2,3,5-三苯基吡嗪合)铱(III)(缩写:Ir(tppr)₂(dpm)),(乙酰丙酮酸根合)二(2,3,5-三苯基吡嗪合)铱(III)(缩写:Ir(tppr)₂(acac)),2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉铂(II)(缩写:PtOEP),三(乙酰丙酮酸根合)(单菲咯啉)铽(III)(缩写:Tb(acac)₃(Phen)),三(1,3-二苯基-1,3-丙烷二根合(propanedionato))(单菲咯啉)铕(III)(缩写:Eu(DBM)₃(Phen)),三[1-(2-噻吩甲酰基)-3,3,3-三氟乙酰丙酮酸根合](单菲咯啉)铕(III)(缩写:Eu(TTA)₃(Phen)),等等。

[0127] 注意所述发光层优选包括使得这些发光物质分散在主体材料中的结构。例如,可以将以下物质用作所述主体材料,芳胺化合物,例如NPB,TPD,TCTA,TDATA,MTDATA,或4,4'-二[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(缩写:BSPB)或者咔唑衍生物,例如PCzPCA1,PCzPCA2,PCzPCN1,CBP,TCPB或CzPA。

[0128] 或者,可以使用含有以下物质的空穴传输物质:高分子化合物,例如聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酰胺](缩写:PTPDMA)或者聚[N,N'-二(4-丁基苯基)-N,N'-二(苯基)联苯胺](缩写:Poly-TPD)。

[0129] 或者,可以将以下材料用作主体材料,例如电子传输物质,如包含喹啉骨架或者苯并喹啉骨架的金属配合物,如Alq₃,Almq₃,BeBq₂或BA1q;包含基于噻唑的配体或者基于噻唑的配体的金属配合物,例如Zn(BOX)₂或 Zn(BTZ)₂;PBD;OXD-7;CO11;TAZ;BPhen;或BCP。

[0130] 所述电子传输层是包含电子传输物质的层。可以将以下物质用作所述电子传输物质:与以上给出的用于第三层104的电子传输物质类似的任何物质。因此,将以上的描述结合于此。此外,所述电子传输层不限于单层,可以由任意上述物质形成的两个或多个层的叠层。

[0131] 所述电子注入层是包含电子注入物质的层。电子注入物质的例子包括碱金属或碱土金属,例如氟化锂(LiF),氟化铯(CsF)和氟化钙(CaF₂),以及它们的配混物。或者,可以将包含碱金属、碱土金属或其化合物(例如包含镁(Mg)的Alq(缩写))的电子传输物质用作所述电子注入物质。通过所述结构,使得可以提高由阴极102注入电子的效率。

[0132] 可以在所述EL层201-1或EL层201-n中提供电荷产生层。对于在EL层201-1或EL层201-n中提供电荷产生层的情况,所述电荷产生层包含空穴传输物质和受体物质。所述电荷产生层可以具有包含空穴传输物质的层与包含受体物质的层的层叠结构,不仅限于所述空穴传输物质和受体物质包含在同一个膜内的结构。注意对于层叠结构,所述包含受体物质的层与所述阳极101或阴极102接触。

[0133] 通过在EL层201-1或EL层201-n中提供电荷产生层,可以在无需考虑用来形成电极的物质的功函数的情况下形成阳极101或阴极102。注意所述EL层201-1或EL层201-n中提供的电荷产生层可以具有与上述第一层106类似的结构,可以使用与之类似的材料形成。因此,将以上的描述结合于此。

[0134] 注意可以通过以适当的组合将上述的层层叠起来,形成各个EL层201。另外,可以根据使用的材料,适当选择各种方法(例如干法和湿法)作为形成各个EL层201的方法。例如,可以使用真空蒸发法,喷墨法,旋涂法等等。另外,可以通过不同的形成方法形成各个层。

[0135] 将包含上述物质的层结合起来,由此可以制造本实施方式所述的发光元件。所述发光元件可以由上述发光物质发光。因此,可以通过改变用于发光层中的发光物质的种类,发射各种颜色的光。另外,可以将发射不同颜色的光的很多种发光物质用作发光物质,由此也可以获得具有宽光谱或者发射白光的发光。

[0136] 对于迄今为止描述的包括n个EL层的发光元件,无须再言,n可以为2或3。图4A显示发光元件的结构,在此情况下,n为2,图4B显示该发光元件的能带图。注意编号111和112分别表示阳极101和阴极102的费米能级。

[0137] 在图4A所示的发光元件中,在一对电极(阳极101和阴极102)之间提供各自包括发光区域的第一EL层103和第二EL层107,在所述第一EL层103和第二EL层107之间提供中间层203。从阴极102侧计,所述中间层203包括第一层106,第二层105和第三层104。

[0138] 所述第一层106设置在所述第二EL层107和第二层105之间,并与这两个层接触。所述第二层105设置在所述第一层106和第三层104之间,并与这两个层接触。所述第三层104设置在所述第二层105和第一EL层103之间,并与这两个层接触。

[0139] 下面将结合能带图4B进行描述。

[0140] 认为空穴和电子通过以下方式在第一层106中产生:当在一对电极(阳极101和阴极102)之间施加电压的时候,受体物质从空穴传输物质提取电子。另外,所述第一层106包含受体物质,因此可以有效地作为电荷产生区域。所述第一层106具有空穴传输性质;因此,第一层106中产生的空穴在该层中高效地传输。因此,所述空穴可以高效地注入第二EL层107。另外,所述第一层106包含受体物质;因此,在将第一层106中产生的电子通过所述第二层105和第三层104注入第一EL层103的时候,电子注入势垒可以一定程度地降低。

[0141] 所述第二层105由包含金属-氧键以及芳族配体的金属配合物形成,具有接受第一层106中产生的电子并且通过第三层104为第一EL层103提供电子的功能。因此,所述第二层105作为电子中继层。

[0142] 对第二层105的LUMO能级114进行控制,使其位于第一层106中的受体物质的受体能级115和第一EL层103的LUMO能级113之间。因此,当将第一层106中产生的电子注入第一EL层103的时候,电子注入势垒可以降低。另外,所述第二层105中包含的金属配合物的金属-氧键使得电子可以更容易传输(给出和接受)。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0143] 将从第一层106的受体能级115传输到第二层105的LUMO能级114的电子给予第三层104。所述第三层104具有电子传输性质;因此,传输到第三层104的电子在该层中高效地传输,很容易地注入所述第一EL层103的LUMO能级113。所述第三层104包含上述碱金属、上述碱土金属、上述稀土金属、上述碱金属化合物、上述碱土金属化合物、或者上述稀土金属化合物,因此具有一定程度降低电子注入势垒的功能。因此,可以更容易地传输电子。

[0144] 在此之后,在第一EL层103中,电子与从阳极101侧注入的空穴重新结合,使得第一EL层103发光。另一方面,在此第一层106中产生的空穴与从阴极102侧注入的电子在第二EL层107中重新结合,使得第二EL层107发光。

[0145] 图5是能带图,其中所述第二层105包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。

[0146] 图5中的编号120表示第二层105中上述金属或上述金属化合物的能级(也称作给体能级)。

[0147] 所述给体能级120会影响第二层105的LUMO能级114。因此,电子可以很容易地从第一层106的受体能级115传输到第二层105的LUMO能级114。因此,可以在较低电压驱动所述发光元件。

[0148] 另外,在此实施方式所述的发光元件可以在很多种基片上制造。可以将以下物质用作基片:例如玻璃、塑料、金属板、金属箔等等制造的基片。对于由基片侧提取发光元件发射的光的情况,优选使用透光性基片。注意还可以使用上述以外的基片,只要它们可以在发光元件的制造工艺中作为载体即可。

[0149] 应注意,本实施方式中所述的结构可以与其他实施方式中所述的任意结构适当组合。

[0150] 在以下所述的实施方式2-5中,为了方便起见,描述 $n=2$ 的发光元件。

[0151] (实施方式2)

[0152] 在此实施方式中,参照图6A和6B描述根据本发明一个实施方式的发光元件的结构,以及该发光元件的能带图的例子。在此实施方式中,实施方式1所述的发光元件的一个例子中,第三层104具有包含电子传输物质的层与包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物的层的层叠结构。

[0153] 如图6A所示,该实施方式所述的发光元件包括位于一对电极(阳极101和阴极102)之间的第一EL层103和第二EL层107。所述第一EL层103和第二EL层107各自包含至少一个含有发光物质的发光层。在所述第一EL层103和第二EL层107之间,从阴极102侧计,提供了第一层106,第二层105和第三层104。所述第一层106作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质。另外,所述第一层106包含空穴传输物质。所述第二层105由包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成。

[0154] 该实施方式的阳极101,阴极102,第一EL层103,第二层105,第一层106和第二EL层107可以具有实施方式1所述的结构,可以使用实施方式1所述的物质形成。

[0155] 所述第三层104包括以下的层的层叠结构:层104a,其与所述第二层105接触;以及层104b,其与所述第一EL层103接触。所述层104a包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。所述层104b是包含电子传输物质的层。

[0156] 可以将以下物质用作所述层104b中的电子传输物质:与以上实施方式1给出的用于第三层104的电子传输物质类似的任何物质。

[0157] 用于层104a的物质的例子包括以下具有高电子注入性质的物质:碱金属,例如锂(Li)和铯(Cs);碱土金属,例如镁(Mg),钙(Ca)和锶(Sr);稀土金属,例如铕(Eu)和镱(Yb);碱金属化合物(例如氧化锂氧化物,卤化物,以及碳酸盐,例如碳酸锂和碳酸铯);碱土金属化合物(例如氧化物,卤化物和碳酸盐);稀土金属化合物(例如氧化物,卤化物和碳酸盐);等等。这些具有高电子注入性质的物质是优选的,因为它们在空气中稳定,因此提供高产量,适于大规模生产。

[0158] 提供了上述金属或上述金属化合物的单层作为层104a。形成的层104a具有极小的厚度(具体来说,厚度大于或等于0.1nm,且小于或等于1nm),以防驱动电压增大。注意当在形成层104b之后,在层104b上形成层104a的情况下,用来形成层104a的物质可以部分存在于层104b中。换句话说,非常薄的层104a存在于第二层105和层104b之间的界面处。

[0159] 下面将结合能带图进行描述。

[0160] 图6B是图6A所示的元件结构的能带图。在图6B中,编号113表示第一EL层103的LUMO能级;114表示第二层105的LUMO能级;115表示第一层106中的受体物质的受体能级;117表示第二EL层107的LUMO能级。符号×表示包含在第三层104中、由上述金属或上述金属化合物形成的物质。

[0161] 认为空穴和电子通过以下方式在第一层106中产生:当在—对电极(阳极101和阴极102)之间施加电压的时候,受体物质从空穴传输物质提取电子。另外,所述第一层106包含受体物质,因此可以有效地作为电荷产生区域。所述第一层106具有空穴传输性质;因此,第一层106中产生的空穴在该层中高效地传输。因此,所述空穴可以高效地注入第二EL层107。另外,所述第一层106包含受体物质;因此,在将第一层106中产生的电子通过所述第二层105和第三层104注入第一EL层103的时候,电子注入势垒可以一定程度地降低。

[0162] 所述第二层105由包含金属-氧键以及芳族配体的金属配合物形成,具有接受第一层106中产生的电子并且通过第三层104为第一EL层103提供电子的功能。因此,所述第二层105作为电子中继层。

[0163] 对第二层105的LUMO能级114进行控制,使其位于第一层106中的受体物质的受体能级115和第一EL层103的LUMO能级113之间。因此,当将第一层106中产生的电子注入第一EL层103的时候,电子注入势垒可以降低。具体来说,第二层105的LUMO能级114优选约大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。另外,所述第二层105中包含的金属配合物的金属-氧键使得电子可以更容易传输(给出和接受)。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0164] 优选所述第二层105中包含的金属配合物具有金属-氧双键。所述金属-氧双键具有受体性质(可以容易地接受电子的性质);因此,电子可以更容易地传输(提供和接受)。因此,可以在较低电压驱动所述发光元件。

[0165] 将从第一层106的受体能级115传输到第二层105的LUMO能级114的电子给予第三层104(层104a和层104b)。通过在所述第二层105和层104b之间的界面处提供层104a,使得可以一定程度降低第一层106和层104b之间的注入势垒。因此,可以将第一层106中产生的电子很容易地注入层104b中。所述层104b具有电子传输性质;因此,传输到层104b的电子在该层中高效地传输,很容易地注入所述第一EL层103的LUMO能级113。注意所述层104b还可以作为第一EL层103的电子传输层。或者,还可以在—EL层103中另外形成电子传输层。当另外形成电子传输层的时候,用于层104b的电子传输物质与用于电子传输层的电子传输物质可以是相同的或者不同的。

[0166] 在此之后,在—EL层103中,电子与从阳极101侧注入的空穴重新结合,使得—EL层103发光。与之相对的是,在此第一层106中产生的空穴与从阴极102侧注入的电子在第二EL层107中重新结合,使得第二EL层107发光。

[0167] 在此实施方式中,所述第三层104包括以下的层的层叠结构:层104b,其包含电子传输物质;以及层104a,其包含金属或金属化合物。上文所述含有包括层104b和层104a的层叠结构的第三层104的发光元件的驱动电压,低于包括结构中电子传输物质和金属或金属化合物包含在同一个膜内的第三层的发光元件的驱动电压。

[0168] 本实施方式中所述的结构可以与其他实施方式中所述的任意结构适当组合。

[0169] 例如,如实施方式1所述,可以在所述第二层105添加给体物质,使得给体物质与金属配合物的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。在此情况下,可以将实施方式1

所述的任意给体物质用作给体物质。

[0170] (实施方式3)

[0171] 在此实施方式中,参照图7A和7B描述根据本发明一个实施方式的发光元件的结构,以及该发光元件的能带图的例子。在此实施方式中,在实施方式1所述的发光元件的所述第三层104包含电子传输物质,以及碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或稀土金属化合物。

[0172] 如图7A所示,该实施方式所述的发光元件包括位于一对电极(阳极101和阴极102)之间的第一EL层103和第二EL层107。所述第一EL层103和第二EL层107各自包含至少一个含有发光物质的发光层。在所述第一EL层103和第二EL层107之间,从阴极102侧计,提供了第一层106,第二层105和第三层104。所述第一层106作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质。另外,所述第一层106包含空穴传输物质。所述第二层105由包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物形成。

[0173] 该实施方式的阳极101,阴极102,第一EL层103,第二层105,第一层106和第二EL层107可以具有实施方式1所述的结构,可以使用实施方式1所述的物质形成。

[0174] 在第一EL层103和第二层105之间提供第三层104,其包含电子传输物质和碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或者稀土金属化合物。注意在此实施方式中,优选可以加入上述金属或者上述金属化合物,使得上述金属或上述金属化合物与电子传输物质的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。因此,可以获得具有高膜质量的第三层104。

[0175] 可以将以下物质用作所述第三层104中的电子传输物质:与以上实施方式1给出的用于第三层104的任意电子传输物质类似的物质。

[0176] 可以将以上实施方式1所述的用在第三层104中的金属或者金属化合物,用作用于第三层104的碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物或稀土金属化合物。

[0177] 在所述第一EL层103中,可以形成电子传输层108,使其与第三层104接触。对于在第一EL层103中形成电子传输层108的情况,第三层104中使用的电子传输物质和电子传输层108中使用的电子传输物质可以是相同的或者不同的。

[0178] 下面将结合能带图进行描述。

[0179] 图7B是图7A所示的元件结构的能带图。在图7B中,编号113表示第一EL层103的LUMO能级;114表示第二层105的LUMO能级;115表示第一层106中的受体物质的受体能级;117表示第二EL层107的LUMO能级。符号×表示包含在第三层104中、由上述金属或上述金属化合物形成的物质。

[0180] 认为空穴和电子通过以下方式在第一层106中产生:当在一对电极(阳极101和阴极102)之间施加电压的时候,受体物质从空穴传输物质提取电子。另外,所述第一层106包含受体物质,因此可以有效地作为电荷产生区域。所述第一层106具有空穴传输性质;因此,第一层106中产生的空穴在该层中高效地传输。因此,所述空穴可以高效地注入第二EL层107。另外,所述第一层106包含受体物质;因此,在将第一层106中产生的电子通过所述第二层105和第三层104注入第一EL层103的时候,电子注入势垒可以一定程度地降低。

[0181] 所述第二层105由包含金属-氧键以及芳族配体的金属配合物形成,具有接受第一

层106中产生的电子并且通过第三层104为第一EL层103提供电子的功能。因此,所述第二层105作为电子中继层。

[0182] 对第二层105的LUMO能级114进行控制,使其位于第一层106中的受体物质的受体能级115和第一EL层103的LUMO能级113之间。因此,当将第一层106中产生的电子注入第一EL层103的时候,电子注入势垒可以降低。具体来说,第二层105的LUMO能级114优选约大于或等于-5.0eV且小于或等于-3.0eV。另外,所述第二层105中包含的金属配合物的金属-氧键使得电子可以更容易传输(给出和接受)。因此,可以在低电压驱动所述发光元件。

[0183] 优选所述第二层105中包含的金属配合物具有金属-氧双键。所述金属-氧双键具有受体性质(可以容易地接受电子的性质);因此,电子可以更容易地传输(提供和接受)。因此,可以在较低电压驱动所述发光元件。

[0184] 将从第一层106的受体能级115传输到第二层105的LUMO能级114的电子给予第三层104。所述第三层104具有电子传输性质;因此,传输到第三层104的电子在该层中高效地传输,很容易地注入所述第一EL层103的LUMO能级113。此外,所述第三层104包含碱金属、碱土金属、稀土金属、碱金属化合物、碱土金属化合物、或者稀土金属化合物,因此具有一定程度降低电子注入势垒的功能。因此,可以更容易地传输电子。

[0185] 在此之后,在第一EL层103中,电子与从阳极101侧注入的空穴重新结合,使得第一EL层103发光。与之相对的是,在此第一层106中产生的空穴与从阴极102侧注入的电子在第二EL层107中重新结合,使得第二EL层107发光。

[0186] 本实施方式中所述的结构可以与其他实施方式中所述的任意结构适当组合。

[0187] 例如,如实施方式1所述,可以在所述第二层105添加给体物质,使得给体物质与金属配合物的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。在此情况下,可以将实施方式1所述的任意给体物质用作给体物质。

[0188] (实施方式4)

[0189] 在此实施方式中,结合图8A和8B描述作为本发明一个实施方式的发光元件的结构例子。在此实施方式中,将描述实施方式1所述的发光元件中的第一层106的结构。

[0190] 如图8A和8B所示,该实施方式所述的发光元件包括位于一对电极(阳极101和阴极102)之间的第一EL层103和第二EL层107。所述第一EL层103和第二EL层107各自包含至少一个含有发光物质的发光层。在所述第一EL层103和第二EL层107之间,从阴极102侧计,提供了第一层106,第二层105和第三层104。在图8A和8B中,阳极101,阴极102,第一EL层103,第三层104,第二层105和第二EL层107可以具有实施方式1-3所述的任意结构,可以使用实施方式1-3所述的任意物质形成。

[0191] 所述第一层106作为电荷产生区域,具有空穴传输性质,包含受体物质。另外,所述第一层106包含空穴传输物质。认为空穴和电子通过以下方式在第一层106中产生:当在一对电极(阳极101和阴极102)之间施加电压的时候,受体物质从空穴传输物质提取电子。

[0192] 图8A所示的第一层106具有以下结构:其中空穴传输物质和受体物质包含在同一个膜中。注意优选加入受体物质,使得受体物质与空穴传输物质的质量比为0.1:1至4.0:1。这有助于第一层106中的电荷的产生。

[0193] 在图8A中,将受体物质加入空穴传输物质中(也即是说,用受体物质掺杂空穴传输物质),即使当第一层106的厚度增大的时候,驱动电压的升高也可以受到抑制。因此,驱动

电压的提高可以受到抑制,可以通过光学调节提高色纯度。另外,当第一层106的厚度增大的时候,可以防止发光元件的短路。

[0194] 与之相对的是,图8B所示的第一层106包括以下的层的层叠结构:层106a,其与所述第二EL层107接触;以及层106b,其与所述第二层105接触。所述层106a包含空穴传输物质。所述层106b包含受体物质。

[0195] 在一些情况下,该第一层106表现出基于电荷传输相互作用的可见光吸收。对于包含空穴传输物质的层106a和包含受体物质的层106b相层叠的情况,电荷传输相互作用不会作用于整个第一层106,而是仅仅作用于层106a和层106b之间的界面上。出于这个原因,即使发生基于电荷传输相互作用的吸收,第一EL层103发射的光也比较不易被吸收,这是优选的。

[0196] 可以将以下物质用作所述第一层106中的空穴传输物质:与以上实施方式1给出的用于第一层106的任意空穴传输物质类似的物质。

[0197] 用于第一层106的受体物质的例子包括7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟喹啉并二甲烷(缩写:F₄-TCNQ),氯醌等。此外,给出过渡金属氧化物。另外,可以使用周期表第4-8族的金属的氧化物。具体来说,优选使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰和氧化铪,这是因为它们具有高电子接受性质。具体来说,氧化钼具有低吸湿性,因此是特别优选的。

[0198] 本实施方式中所述的结构可以与其他实施方式中所述的任意结构适当组合。

[0199] 例如,如实施方式1所述,可以在所述第二层105添加给体物质,使得给体物质与金属配合物的质量比大于或等于0.001:1且小于或等于0.1:1。在此情况下,可以将实施方式1所述的任意给体物质用作给体物质。

[0200] (实施方式5)

[0201] 在此实施方式中,结合图9A和9B描述作为本发明一个实施方式的发光元件的结构例子以及能带图的例子。

[0202] 如图9A所示,该实施方式所述的发光元件包括位于一对电极(阳极101和阴极102)之间的第一EL层103和第二EL层107。所述第一EL层103和第二EL层107各自由有机化合物形成,包括至少一个含有发光物质的发光层。在所述第一EL层103和第二EL层107之间,从阴极102侧计,提供了第一层106,第二层105和第三层104。在图9A中,阳极101,阴极102,第三层104,第二层105和第一层106可以具有实施方式1-4所述的任意结构,可以使用实施方式1-4所述的任意物质形成。

[0203] 所述第一EL层103包括:第一发光层103a,其发射光谱具有在蓝色到蓝绿色波长范围的峰值;第二发光层103b,其发射光谱具有在黄色到橙色波长范围的峰值。所述第一发光层103a包含第一发光物质。所述第二发光层103b包含第二发光物质。所述第二EL层107包括:第三发光层107a,其发射光谱具有在蓝绿色到绿色波长范围的峰值;第四发光层107b,其发射光谱具有在橙色到红色波长范围的峰值。所述第三发光层107a包含第三发光物质。所述第四发光层107b包含第四发光物质。所述第一发光层103a和第二发光层103b可以以相反的顺序层叠。所述第三发光层107a和第四发光层107b可以以相反的顺序层叠。

[0204] 当在一对电极(阳极101和阴极102)之间施加电压的时候,从阳极101注入的空穴以及在第一层106产生并且通过第二层105和第三层104注入的电子在第一发光层103a或第

二发光层103b中重新结合,从而获得第一光发射330。另外,从阴极102注入的电子以及在第一层106中产生并从第一层106注入的空穴在第三发光层107a或第四发光层107b中重新结合,从而得到第二光发射340。

[0205] 图9B显示了第一光发射330和第二光发射340的发射光谱示意图。第一光发射330是从第一发光层103a和第二发光层103b发出的光发射。因此,该发射光谱具有在蓝色到蓝绿色波长范围以及黄色到橙色波长范围的峰。换言之,第一EL层103具有双波长型白色或双波长型接近白色颜色的光发射。第二光发射340是从第三发光层107a和第四发光层107b发出的光发射。因此,该发射光谱具有在蓝绿色到绿色波长范围以及橙色到红色波长范围的峰。换言之,第二EL层107具有双波长型白色或双波长型接近白色颜色的光发射,其不同于第一EL层103的光发射。

[0206] 当第一光发射330和第二光发射340互相重叠的时候,所述发光元件可以具有覆盖以下范围的光发射:蓝色到蓝绿色波长范围,蓝绿色到绿色波长范围,黄色到橙色波长范围,以及橙色到红色波长范围。

[0207] 例如,第一发光层103a对整个发射光谱的贡献约为四分之一,即使第一发光层103a的发光亮度(其发射光谱在蓝色到蓝绿色波长范围具有峰)随着时间减弱或者由于电流密度的原因而变化;因此,色度的偏离较小。

[0208] 尽管以上所述的实施例中,第一EL层103的发射光谱在蓝色到蓝绿色波长范围以及黄色到橙色波长范围具有峰,第二EL层107的发射光谱在蓝绿色到绿色波长范围以及橙色到红色波长范围具有峰,但是第一EL层103和第二EL层107可以各自具有相反的发射光谱。换言之,可以使用一种结构,其中第二EL层107的发射光谱在蓝色至蓝绿色波长范围以及黄色至橙色波长范围具有峰,而第一EL层103的发射光谱在蓝绿色至绿色波长范围以及橙色至红色波长范围具有峰。另外,第一EL层103和第二EL层107可以各自具有以下结构:其中除了发光层以外的层(例如电子传输层和空穴传输层)层叠。

[0209] 接下来描述可以用于此实施方式所述的发光元件的EL层的发光物质。但是,可以用于该实施方式所述的发光元件的物质不限于下文所述的那些。

[0210] 例如,可以通过以下方式获得蓝光到蓝绿光发射:使用二苯基胺, TBP, 9,10-二苯基蒽等作为发光物质(也称作客体材料),并将所述客体材料分散在主体材料中。或者可以由以下物质产生蓝光到蓝绿光的发射:苯乙烯基亚芳基衍生物,例如DPVBi,或者蒽衍生物,例如DNA或t-BuDNA。可以使用聚合物,例如聚(9,9-二辛基芴)。另外,用于蓝光发射的客体材料的例子包括:苯乙烯胺衍生物,例如YGA2S和N,N'-二苯基-N,N'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)芪-4,4'-二胺(缩写:PCA2S)。具体来说,YGA2S是优选的,因为其在450纳米左右具有峰。另外,优选将蒽衍生物用作主体材料,其中合适的包括t-BuDNA和CzPA。具体来说,CzPA是优选的,因为其是电化学稳定的。

[0211] 可以通过以下方式获得蓝绿光到绿光的发射,例如:使用香豆素染料,例如香豆素30或香豆素6;FIrpic;Ir(ppy)₂(acac);等作为客体材料,将客体材料分散在主体材料中。或者,可以由以下金属配合物获得蓝绿光到绿光的发射,例如BAIq, Zn(BTZ)₂或二(2-甲基-8-羟基喹啉合(quinolinolato))氯化镓(Ga(mq)₂Cl)。可以使用聚合物,例如聚(对亚苯基亚乙烯基)。另外,可以通过将以上所述的二苯基胺或TBP以大于或等于5重量%的高浓度分散在主体材料中,制得蓝绿光至绿光的发射。另外,优选将蒽衍生物用作蓝绿色至绿色发

光层的客体材料,在此情况下可以获得高发光效率。例如,通过使用DPABPA,可以获得高效的蓝绿光发射。另外,优选使用在2位取代有氨基的蒽衍生物,在此情况下可以获得高效的绿光发射。具体来说,因为2PCAPA的寿命很长,其是适合的。对于这些材料的主体材料,优选蒽衍生物;其中上文描述的CzPA是电化学稳定的,因此是优选的。另外,对于通过将绿光发射和蓝光发射结合而制造在蓝色到绿色波长范围具有两个峰的发光元件,优选使用具有电子传输性质的蒽衍生物(例如CzPA)作为用于蓝光发射层的主体材料,优选将具有空穴传输性质的芳胺化合物(例如NPB)作为绿光发射层的主体材料,在此情况下,可以在蓝光发射层和绿光发射层之间的界面处获得光发射。换句话说,在此情况下,对于2PCAPA之类的绿光发射材料,优选将NPB之类的芳胺化合物用作主体材料。

[0212] 可以通过以下方式获得黄色至橙色的光发射,例如通过使用红荧烯,DCM1,DCM2,二[2-(2-噻吩基)吡啶合]乙酰丙酮酸根合铱(缩写:Ir(thp)₂(acac)),二(2-苯基喹啉合)乙酰丙酮酸根合铱(缩写:Ir(pq)₂(acac))等作为客体材料,将所述客体材料分散在主体材料中。具体来说,优选将并四苯衍生物(例如红荧烯)作为客体材料,因为其具有高效率 and 化学稳定性。在此情况下,优选将NPB之类的芳胺化合物用作主体材料。或者,可以将金属配合物,例如二(8-羟基喹啉合)锌(缩写:Znq₂)或二[2-肉桂酰基-8-羟基喹啉合]锌(缩写:Znsq₂)用作主体材料。再或者,可以使用聚合物,例如聚(2,5-二烷氧基-1,4-亚苯基亚乙烯基)。

[0213] 可以通过以下方式获得橙色至红色的光发射:例如使用BisDCM,4-(二氰基亚甲基)-2,6-二[2-(久洛尼定-9-基)乙炔基]-4H-吡喃(缩写:DCM1),2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氢-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙炔基]-4H-吡喃-4-亚基} 丙烷二腈(缩写:DCM2),Ir(thp)₂(acac)等作为客体材料,将该客体材料分散在主体材料中。或者,可以由Znq₂或Znsq₂之类的金属配合物获得橙色至红色的光发射。再或者,可以使用聚合物,例如聚(3-烷基噻吩)。优选将4H-吡喃衍生物,例如BisDCM,DCM2,DCJTI和BisDCJTM作为发射红光的客体材料,因为其具有高效率。具体来说,DCJTI和BisDCJTM是优选的,因为它们在大約620纳米具有发射峰。

[0214] 作为上述结构中的主体材料,优选使用发射波长比发光物质的发射波长短的主体材料,或者具有大的能带隙的主体材料。具体来说,实施方式1的例子中给出的空穴传输材料或者电子传输材料可以适当选择。或者,可以使用CBP,TCTA,TCPB等。

[0215] 通过将第一EL层的发射光谱与第二EL层的发射光谱合并,所述发光元件可以发出宽泛地覆盖蓝色至蓝绿色波长范围、蓝绿色至绿色波长范围、黄色至橙色波长范围、以及橙色至红色波长范围的白光发射。

[0216] 注意,可以通过以下方式使发射的光可以接近具有连续发射光谱的自然光:对各个层叠的层的厚度进行调节,故意略微地对光进行干涉,使得突出的尖峰的产生受到抑制,获得形状接近梯形的发射光谱。另外,可以通过调节各个层叠的层的厚度以及故意使得光略微干涉,从而改变发射光谱的峰的位置。通过调节各个层叠的层的厚度,使得发射光谱中出现的多个峰的强度基本上相同,通过减小峰之间的间隔,可以获得具有形状接近梯形的发射光谱的白光发射。

[0217] 为了由本实施方式所述的发光元件的各个第一EL层103以及第二EL层107获得白光,需要第一发光物质和第二发光物质以及第三发光物质和第四发光物质都发射光。出于

这个原因,空穴传输物质和电子传输物质都优选用作主体材料,以便控制第一EL层103和第二EL层107中的电荷传输性质。可以适当地将实施方式1给出的物质用作第一EL层103和第二EL层107中的空穴传输物质或者电子传输物质。

[0218] 例如,所述第一EL层103可以具有以下结构,其中,从阳极101侧计,以下的层依次层叠:包含空穴传输物质和第一发光物质的层,包含空穴传输物质和第二发光物质的层,以及包含电子传输物质和第二发光物质的层。另外,所述第二EL层107可以具有以下结构,其中,从阳极101侧计,以下的层依次层叠:包含空穴传输物质和第三发光物质的层,包含空穴传输物质和第四发光物质的层,以及包含电子传输物质和第四发光物质的层。

[0219] 另外,可以选择发射互补色光的物质作为所述第一发光物质和第二发光物质。另外,可以选择发射互补色光的物质作为所述第三发光物质和第四发光物质。互补色的例子包括蓝色和黄色,以及蓝绿色和红色。可以由例如上述发光物质适当选择发射蓝光、黄光、蓝绿光或红光的物质。

[0220] 如本实施方式所述,当EL层中包含具有不同发射波长的两种发光物质的时候,发射波长处于较短波长侧的发光物质的一部分激发能量转移到发射波长位于较长波长侧的发光物质,使得发射波长处于较长波长侧的发光物质可以发光。

[0221] 应注意,本实施方式中所述的结构可以与其他实施方式中所述的任意结构适当组合。

[0222] (实施方式6)

[0223] 在此实施方式中,将参照图10A-10E和图11描述使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件完成的各种电子器件和照明器件。

[0224] 以下给出了使用任意发光元件制造的发光器件的电子器件的例子:电视机器件(也称作电视机或电视接收器),计算机监控器等,照相机,例如数码照相机或数码摄像机,数码相框,移动电话(也称作手机或手机器件),便携式游戏机,便携式信息终端,音频重现器件,大型游戏机,例如弹球机等。图10A-10E显示了这些电子器件和照明器件的一些具体例子。

[0225] 图10A显示电视机器件的一个例子。在电视机器件9100中,显示器部分9103结合在外壳9101之内。所述显示器部分9103可以显示图像。可以使用以上实施方式所述的任何发光元件制造发光器件,所述发光器件可以用作所述显示器部分9103的图像显示器件或者作为其光源。另外,所述外壳9101由支架9105支撑。

[0226] 可以用外壳9101的操作开关或者独立的遥控器9110操纵所述电视机器件9100。可以使用遥控器9110的操控键9109调节频道和控制音量,由此控制显示器部分9103上显示的图像。另外,可以在所述遥控器9110上提供显示器部分9107,用来显示从遥控器9110输出的显示数据。

[0227] 注意为电视机器件9100提供接收器、调制解调器等。可以用接收器接收一般的电视广播。另外,当通过调制解调器,在有线或无线的情况下将显示器装置与通信网络连接的时候,可以进行单路(从发送者到接收者)、或双路(在发送者和接收者之间,在接收者之间等)信息通讯。

[0228] 使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件消耗功率较少。因此,当将所述发光器件用作电视机器件的显示器部分9103的图像显示器件的时候,或者作为其光源

的时候,所述电视机器件可以具有长的寿命。

[0229] 图10B显示电脑,其包括主体9201、外壳9202、显示器部分9203、键盘9204、外部连接端口9205、点击器件9206等。注意按照以下方式制造计算机:使用本发明一个实施方式所述的发光元件制造的发光器件用作显示器部分9203的图像显示器件,或者用作其光源。

[0230] 使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件消耗功率较少。因此,当将所述发光器件用作计算机的显示器部分9203的图像显示器件的时候,或者作为其光源的时候,所述计算机可以具有长的寿命。

[0231] 图10C显示便携式游戏机,其包括两个外壳,外壳9301和外壳9302,这两个外壳通过连接件9303连接,因此可以打开和折叠。显示器部分9304和显示器部分9305分别结合在外壳9301和外壳9302中。另外,图10C所示的便携式游戏机包括扬声器部分9306,记录介质插入部分9307,LED灯9308,输入装置(操控键9309,连接终端9310,传感器9311(具有测量作用力、位移、位置、速度、加速度、角速度、旋转频率、距离、亮度、液体、磁性、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电功率、辐射、流速、湿度、梯度、振动、气味或红外线的功能的传感器),或麦克风9312)等。无须再言,所述便携式游戏机的结构不限于以上结构,可以采用其它的结构,其中将使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件用于所述显示器部分9304和显示器部分9305中的至少一种或两种。所述便携式游戏机可以适当地包括另外的附件。图10C的便携式游戏机具有以下功能:读取存储介质中存储的程序或者数据,将其显示在显示器部分上,以及通过无线通信与另一个便携式游戏机分享信息。注意图10C所示的便携式游戏机具有各种功能,不限于上述功能。

[0232] 使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件消耗功率较少。因此,当将所述发光器件用作便携式游戏机的显示器部分9304和9305的图像显示器件的时候,或者作为其光源的时候,所述便携式游戏机可以具有长的寿命。

[0233] 图10D显示移动电话的一个例子。移动电话9400提供有结合在外壳9401中的显示器部分9402,操控按钮9403,外部连接端口9404,扬声器9405,麦克风9406等。注意按照以下方式制造移动电话9400:使用本发明一个实施方式所述的发光元件制造的发光器件用作显示器部分9402的图像显示器件,或者用作其光源。

[0234] 当用手指等接触图10D所示的移动电话9400的显示器部分9402的时候,可以将数据输入到移动电话9400中。使用者可以通过用手指等接触显示器部分9402拨打电话或者编辑信息。

[0235] 显示器部分9402主要有三种屏幕模式。第一种模式是主要用于显示图像的显示模式。第二种模式是主要用于输入文本之类的数据的输入模式。第三种模式是显示和输入模式,这是显示模式和输入模式的组合。

[0236] 例如,在拨打电话或者编辑信息的时候,显示器部分9402上选择主要用于输入文本的文本输入模式,以便可以输入在屏幕上显示的文本。在此情况下,优选在显示器部分9402的几乎整个屏幕上显示键盘或数字按键。

[0237] 当在移动电话9400内提供检测器件,包括用来检测倾斜度的传感器,例如陀螺仪或者加速传感器的时候,检测器件检测到移动电话9400的方向(移动电话9400是水平放置或者垂直放置,用于风景模式或者肖像模式),使得显示器部分9402的屏幕可以自动切换。

[0238] 通过接触显示器部分9402或者操作外壳9401的操控按键9403,切换屏幕模式。或

者可以根据,显示器部分9402上显示的图像的种类切换屏幕模式。例如,当显示器部分上显示的图像的信号是移动图像数据信号的时候,将屏幕模式切换到显示器模式。当信号是文本数据信号的时候,屏幕模式切换到输入模式。

[0239] 另外,在输入模式中,当没有通过接触显示器部分9402而输入持续一段时间,同时显示器部分9402的光学传感器检测到信号的时候,可以对屏幕模式进行控制,从输入模式切换到显示模式。

[0240] 所述显示器部分9402还可以作为图像传感器。例如,当显示器部分9402与手掌或者手指接触的时候,获取手掌印、指纹等的图像,从而进行个人身份确认。另外,通过提供在显示器部分发射近红外光的背光或传感光源,可以获取指纹、掌纹等的图像。

[0241] 使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件消耗功率较少。因此,当将所述发光器件用作移动电话9400的显示器部分9402的图像显示器件的时候,或者作为其光源的时候,所述移动电话可以具有长的寿命。

[0242] 图10E显示一种照明器件(台灯),其包括照明部分9501,灯罩9502,可调节臂9503,支架9504,底座9505和电源开关9506。注意按照以下方式制造照明器件:使用本发明一个实施方式所述的发光元件制造的发光器件用于照明部分9501(也称作光源)。注意,术语“照明器件”包括天花板灯(固定于天花板的照明器件),壁灯(悬挂在墙壁上的照明器件)等,以及图10E所示的台灯。

[0243] 使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件消耗功率较少。因此,当将所述发光器件用于照明器件(台灯)的照明部分9501(光源)的时候,所述照明器件(台灯)可以具有长的寿命。

[0244] 图11显示将使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件用于室内照明器件的例子。因为使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件还可以具有较大的面积,所述发光器件可以用作大面积照明器件,如图中所示的固定于天花板的照明器件1001。另外,所述发光器件可以用作挂壁式照明器件1002。因为使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件包括具有低驱动电压的发光元件,因此所述发光器件可以用作消耗较少功率的照明器件。如图11所示,图10E所示的台灯1003可以用于提供有内部照明器件的室内。

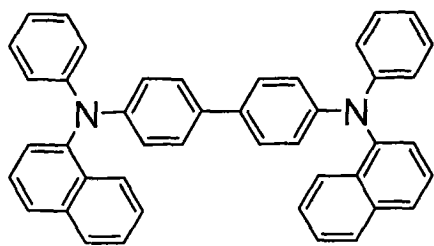
[0245] 如上文所述,可以通过使用本发明实施方式的发光元件制造的发光器件获得所述电子器件或者照明器件。使用本发明一个实施方式的发光元件制造的发光器件的适用范围非常宽,使得发光器件可以用于很宽泛领域的电子器件。

[0246] 应注意,本实施方式中所述的结构可以与其他实施方式中所述的任意结构适当组合。

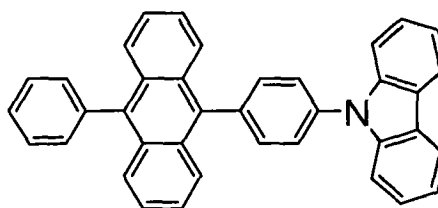
[0247] [实施例1]

[0248] 在本实施例中,参见图12和图13描述本发明一个实施方式的发光元件。在此实施例中,制造了发光元件A,B和C以及比较发光元件a,对这些发光元件的工作特征进行比较。在本实施例中使用的材料的结构式如下。

[0249] [化学式3]

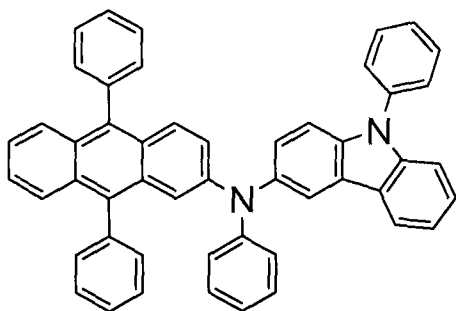


NPB

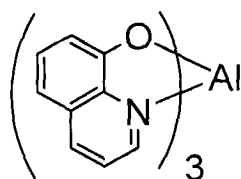


CzPA

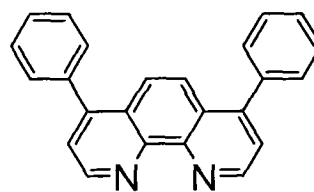
[0250]



2PCAPA

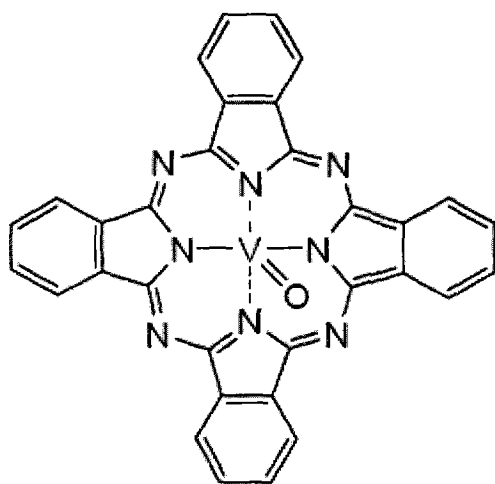


Alq

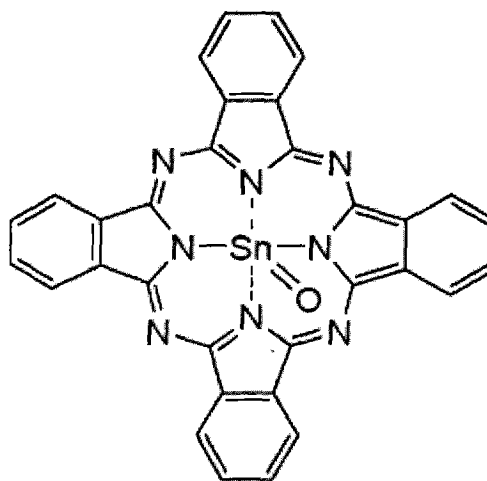


BPhen

[0251]



VOPc



SnOPc

[0252] 下文中将描述本实施例的发光元件A-C以及比较发光元件a的制造方法。所述发光元件A-C以及比较发光元件a之间的差别在于第二层的结构,以及是否存在第二层。除了上述差别以外,所述发光元件A-C和比较发光元件a具有相同的结构;因此,下面将对这些发光

元件的制造方法进行总体的描述。

[0253] 首先,通过溅射法将含硅或氧化硅的氧化铟锡沉积在玻璃基片上,沉积之厚度为110纳米,形成阳极(电极面积:2mm×2mm)。

[0254] 接下来,将所述提供有阳极的玻璃基片固定在基片支架上,所述基片支架设置在真空蒸发设备的沉积室内,使得其上形成有阳极的表面朝下。将所述真空蒸发设备中的压力减小到大约 10^{-4} Pa,然后将4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(缩写:NPB)(这是一种空穴传输物质)和氧化钼(VI)(这是一种受体物质)共蒸发,形成包含NPB和氧化钼(VI)的层。该层的厚度为50纳米。将NPB与氧化钼(VI)的质量比调节到4:1(=NPB:氧化钼(VI))。应注意,共蒸发法是一种蒸镀方法,该方法中,在一个处理室中同时由多个蒸发源进行蒸镀。所述包含NPB和氧化钼(VI)的层是包含有机化合物和无机化合物的复合材料的层,在施加电压的时候作为电荷产生层。

[0255] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的NPB,形成第一空穴传输层。

[0256] 接下来,共蒸发9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(缩写:CzPA)和N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(2PCAPA),形成第一发光层。将CzPA与2PCAPA的质量比调节到1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。CzPA是一种电子传输物质,2PCAPA是一种发射绿光的物质。第一发光层的厚度为30nm。

[0257] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的三(8-羟基喹啉合)铝(缩写:Alq),形成包含第一电子传输物质的层。

[0258] 通过上述方式,形成第一EL层,其包括电荷产生层,第一空穴传输层,第一发光层和第一包含电子传输物质的层。

[0259] 接下来,使用电阻加热,通过蒸发方法,沉积厚度10纳米的红菲绕啉(缩写:BPhen)。接下来,使用电阻加热,通过蒸发方法,沉积厚度约0.1纳米的氧化锂(Li_2O)。BPhen是一种电子传输物质。将包含BPhen的层和包含氧化锂的层层叠,形成第三层。

[0260] 接下来,通过使用电阻加热进行蒸发法,沉积厚度约为3纳米的向其中添加锂的任意VOPc,TiOPc和VOPc,作为包括金属-氧键和芳族配体的金属配合物,形成第二层。在发光元件A中,沉积VOPc;在发光元件B中,沉积TiOPc;在发光元件C中,沉积加入了锂(Li)的VOPc。在发光元件C中,将VOPc与Li的质量比调节到1:0.02(=VOPc:Li)。在比较发光元件a中没有形成第二层。

[0261] 接下来,将4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(缩写:NPB)(这是一种空穴传输物质)和氧化钼(VI)(这是一种受体物质)共蒸发,形成第一层。第一层的厚度为60纳米。将NPB与氧化钼(VI)的质量比调节到4:1(=NPB:氧化钼(VI))。

[0262] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的NPB,形成第二空穴传输层。

[0263] 接下来,将CzPA和2PCAPA共蒸发,形成第二发光层。将CzPA与2PCAPA的质量比调节到1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。CzPA是一种电子传输物质,2PCAPA是一种发射绿光的物质。第二发光层的厚度为30nm。

[0264] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的Alq,形成第二包含电子传输物质的层。

[0265] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积20纳米厚的BPhen,形成第三包含电子传输物质的层。接下来,使用电阻加热,通过蒸发方法,沉积厚度约1纳米的氟化锂(LiF),形

成电子注入层。

[0266] 通过以上方式,形成第二EL层,其包括所述第二空穴传输层,第二发光层,第二包含电子传输物质的层,第三包含电子传输物质的层,以及电子注入层。

[0267] 接下来,沉积厚度为200纳米的铝,形成阴极。由此,制得发光元件A-C以及比较发光元件a。

[0268] 下表1列出了发光元件A-C以及比较发光元件a的结构的部分。所述发光元件A-C各自对应于实施方式1、2或4描述的发光元件。注意所有的发光元件具有相同结构的阳极、第一EL层和第二EL层;因此省去了对第一EL层和第二EL层的详细描述。

[0269] [表1]

[0270]

	阳极	第一EL层	第三层	第二层	第一层	第二EL层	阴极
发光元件 A	NITO (110nm)	*	BPhen(20nm) \ Li ₂ O(0.1nm)	VOPc(3nm)	NPB:MoO _x (60nm 4:1)	*	Al (200nm)
发光元件 B				TiOPc(3nm)			
发光元件 C				VOPc:Li (3nm 1:0.02)			
比较发光元件 a				-			

[0271] *省去了对材料和厚度的描述。

[0272] 将通过上述步骤制造的发光元件A-C以及比较发光元件a在氮气气氛的手套箱中密封,防止所述发光元件暴露于空气。然后测量这些发光元件的工作特征。注意测量在室温下进行(气氛保持在25℃)。注意所有的发光元件发射波长约为520纳米的绿光,这些光来自作为发光物质的2PCAPA。

[0273] 图12列出了发光元件A-C以及比较发光元件a的电压-电流密度特征图。图13显示了它们的电流密度-电流效率特征图。表2显示了这些发光元件在大约1000cd/m²的主要特征的初始值。

[0274] [表2]

[0275]

	电压(V)	色度(x,y)	电流效率(cd/A)	外部量子效率(%)
发光元件A	7.6	(0.26,0.62)	24	7.1
发光元件B	7.6	(0.27,0.61)	24	7.2
发光元件C	7.8	(0.24,0.63)	24	7.0
比较发光元件a	9.2	(0.26,0.61)	25	7.3

[0276] 图12显示由于第二层的缘故,在对这些发光元件施加相同的电压的时候,发光元件A-C的电流密度大于比较发光元件a。换言之,对于相同的电流密度,发光元件A-C各自的驱动电压低于比较发光元件a。

[0277] 另外,图13显示的电流密度-电流效率特征表明,在任意电流密度之下,发光元件A-C的电流效率基本上与比较发光元件a相同。

[0278] 根据图12和图13的结果,发光元件A-C各自的驱动电压可以减小到低于比较发光

元件a,电流效率保持基本上与比较发光元件a的电流效率相同。

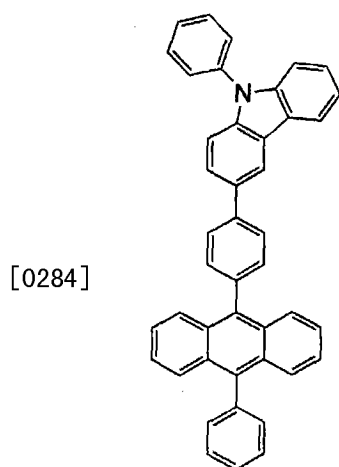
[0279] 如表2所示,在大约1000cd/m²下各个发光元件A-C的驱动电压(即A:7.6V,B:7.6V,C:7.8V)低于比较发光元件a的驱动电压(即9.2V)。所述发光元件A-C各自的色度基本上与比较发光元件a相同。所述发光元件A-C各自的电流效率基本上与比较发光元件a相同。所述发光元件A-C各自的外部量子效率基本上与比较发光元件a相同。

[0280] 如上所述,发光元件A-C各自的驱动电压低于比较发光元件a。换言之,发光元件A-C中提供的第二层各自具有显著的效果,第二层使得发光元件能够在低的电压下驱动。

[0281] [实施例2]

[0282] 在本实施例中,参见图14和图15描述本发明一个实施方式的发光元件。在此实施例中,制造了发光元件D和E以及比较发光元件b,对这些发光元件的工作特征进行比较。在本实施例中使用的材料的结构式如下。注意省去了实施例1使用的材料的结构式。

[0283] [化学式4]



PCzPA

[0285] 下文中将描述发光元件D和E以及比较发光元件b的制造方法。发光元件D和发光元件E之间的区别在于第一EL层、第一层和第二EL层的结构。发光元件D和比较发光元件b之间的区别在于是否存在第二层。除了上述差别以外,所述发光元件D和E以及比较发光元件b具有相同的结构;因此,下面将对这些发光元件的制造方法进行总体的描述。

[0286] 首先,通过溅射法将含硅或氧化硅的氧化铟锡沉积在玻璃基片上,沉积之厚度为110纳米,形成阳极(电极面积:2mm×2mm)。

[0287] 接下来,将所述提供有阳极的玻璃基片固定在基片支架上,所述基片支架设置在真空蒸发设备的沉积室内,使得其上形成有阳极的表面朝下。将所述真空蒸发设备中的压力减小到大约10⁻⁴Pa,然后将9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-苯基)苯基]-9H-咔唑(缩写:PCzPA)或NPB(这是一种空穴传输物质)和氧化钼(VI)(这是一种受体物质)共蒸发,形成包含PCzPA或NPB和氧化钼(VI)的层。该层的厚度为50纳米。将PCzPA或NPB与氧化钼(VI)的质量比调节到4:1(=PCzPA或NPB:氧化钼(VI))。在发光元件D和比较发光元件b中,形成包含PCzPA和氧化钼(VI)的层。在发光元件E中,形成包含NPB和氧化钼(VI)的层。应注意,共蒸发法是一种蒸镀方法,该方法中,在一个处理室中同时由多个蒸发源进行蒸镀。所述包含PCzPA或NPB和氧化钼(VI)的层是包含有机化合物和无机化合物的复合材料的层,在施加电压的时候作为电荷产生层。

[0288] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的PCzPA或NPB,形成第一空穴传输层。在发光元件D和比较发光元件b中,沉积PCzPA。在发光元件E中,沉积NPB。

[0289] 接下来,将CzPA和2PCAPA共蒸发,形成第一发光层。将CzPA与2PCAPA的质量比调节到1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。CzPA是一种电子传输物质,2PCAPA是一种发射绿光的物质。第一发光层的厚度为30nm。

[0290] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的Alq,形成第一包含电子传输物质的层。

[0291] 通过上述方式,形成第一EL层,其包括电荷产生层,第一空穴传输层,第一发光层和第一包含电子传输物质的层。

[0292] 接下来,使用电阻加热,通过蒸发方法,沉积厚度10纳米的BPhen。接下来,使用电阻加热,通过蒸发方法,沉积厚度约0.1纳米的氧化锂(Li₂O)。BPhen是一种电子传输物质。将包含BPhen的层和包含氧化锂的层层叠,形成第三层。

[0293] 接下来,作为包含金属-氧键和芳族配体的金属配合物,使用电阻加热,通过蒸发法沉积厚度约为2纳米的VOPc,在发光元件D和发光元件E中形成第二层。在比较发光元件b中没有形成第二层。

[0294] 接下来,共蒸发作为空穴传输物质的PCzPA或NPB以及作为受体物质的氧化钼(VI),形成所述第一层。第一层的厚度为60纳米。将PCzPA或NPB与氧化钼(VI)的质量比调节到4:1(=PCzPA或NPB:氧化钼(VI))。在发光元件D和比较发光元件b中,形成包含PCzPA和氧化钼(VI)的层。在发光元件E中,形成包含NPB和氧化钼(VI)的层。

[0295] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的PCzPA或NPB,形成第二空穴传输层。在发光元件D和比较发光元件b中,沉积PCzPA。在发光元件E中,沉积NPB。

[0296] 接下来,将CzPA和2PCAPA共蒸发,形成第二发光层。将CzPA与2PCAPA的质量比调节到1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。CzPA是一种电子传输物质,2PCAPA是一种发射绿光的物质。第二发光层的厚度为30nm。

[0297] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积10纳米厚的Alq,形成第二包含电子传输物质的层。

[0298] 接下来,使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积20纳米厚的BPhen,形成第三包含电子传输物质的层。接下来,使用电阻加热,通过蒸发方法,沉积厚度约1纳米的氟化锂(LiF),形成电子注入层。

[0299] 通过以上方式,形成第二EL层,其包括所述第二空穴传输层,第二发光层,第二包含电子传输物质的层,第三包含电子传输物质的层,以及电子注入层。

[0300] 接下来,沉积厚度为200纳米的铝,形成阴极。由此,制得发光元件D和E以及比较发光元件b。

[0301] 下表3列出了发光元件D和E以及比较发光元件b的结构。所述发光元件D和E各自对应于实施方式1、2或4描述的发光元件。

[0302] [表3]

[0303]

	阳极	第一 EL 层	第三层	第二层	第一层	第二 EL 层	阴极
发光元件 D	NITO (110nm)	PCzPA:MoOx (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	BPhen (10nm) \ Li ₂ O (0.1nm)	VOPc (2nm)	PCzPA:MoOx (60nm 4:1)	PCzPA (10nm) \ EML2 \ Alq (10nm) \ BPhen (20nm) \ LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件 E		NPB:MoOx (50nm 4:1) \ NPB(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		VOPc (2nm)	NPB:MoOx (60nm 4:1)	NPB (10nm) \ EML2 \ Alq (10nm) \ BPhen (20nm) \ LiF (1nm)	
发光元件 b		PCzPA:MoOx (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		-	PCzPA:MoOx (60nm 4:1)	PCzPA (10nm) \ EML2 \ Alq (10nm) \ BPhen (20nm) \ LiF(1nm)	

[0304] *EML 1,2=CzPA:2PCAPA(30nm,1:0.05)

[0305] 将通过上述步骤制造的发光元件D和E以及比较发光元件b在氮气气氛的手套箱中密封,防止所述发光元件暴露于空气。然后测量这些发光元件的工作特征。注意测量在室温下进行(气氛保持在25℃)。注意所有的发光元件发射波长约为520纳米的绿光,这些光来自作为发光物质的2PCAPA。

[0306] 图14列出了发光元件D和E以及比较发光元件b的电压-电流密度特征图。图15显示了它们的电流密度-电流效率特征图。表4显示了这些发光元件在大约1000cd/m²的主要特征的初始值。

[0307] [表4]

[0308]

	电压(V)	色度 (x,y)	电流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
发光元件 D	7.1	(0.23, 0.66)	28	8.3
发光元件 E	6.9	(0.24, 0.65)	27	8.1
比较发光元件 b	7.5	(0.23, 0.66)	27	8.1

[0309] 图14显示由于第二层的缘故,在对这些发光元件施加相同的电压的时候,发光元

件D和E的电流密度大于比较发光元件b。换言之,对于相同的电流密度,发光元件D和E各自的驱动电压低于比较发光元件b。

[0310] 另外,图15显示的电流密度-电流效率特征表明,在任意电流密度之下,发光元件D和E的电流效率基本上与比较发光元件b相同。

[0311] 根据图14和图15的结果,发光元件D和E各自的驱动电压可以减小到低于比较发光元件b,电流效率保持基本上与比较发光元件b的电流效率相同。

[0312] 如表4所示,在大约 1000cd/m^2 下各个发光元件D和E的驱动电压(即D:7.1V,E:6.9V)低于比较发光元件b的驱动电压(即7.5V)。所述发光元件D和E各自的色度基本上与比较发光元件b相同。所述发光元件D和E各自的电流效率基本上与比较发光元件b相同。所述发光元件D和E各自的外部量子效率基本上与比较发光元件b相同。

[0313] 如上所述,发光元件D和E各自的驱动电压低于比较发光元件b。换言之,发光元件D和E中提供的第二层各自具有显著的效果,第二层使得发光元件能够在低的电压下驱动。

[0314] 另外,如图15和表4所示,在发光元件D中,使用包含PCzPA和氧化钼(VI)的层作为电荷产生层和第一层,其电流效率高于发光元件E,后者使用包含NPB和氧化钼(VI)的层作为电荷产生层和第一层。以上情况的原因如下:相对于包含NPB和氧化钼(VI)的层,包含PCzPA和氧化钼(VI)的层几乎没有基于电荷传输相互作用的光吸收,因此在光提取时的光损失较小。

[0315] [实施例3]

[0316] 在本实施例中,参见图16和图17描述本发明一个实施方式的发光元件。在此实施例中,制造了发光元件F和E以及比较发光元件c,对这些发光元件的工作特征进行比较。

[0317] 除了第三层以外,发光元件F和G以及比较发光元件c分别按照实施例2所述的发光元件D和E以及比较发光元件b类似的方式制备。在发光元件F和G以及比较发光元件c中,通过用电阻加热进行蒸发工艺,沉积厚度为10纳米的加入了锂(Li)的BPhen,形成第三层。将BPhen与Li的质量比调节到1:0.02(=BPhen:Li)。由此,制得发光元件F和G以及比较发光元件c。

[0318] 下表5列出了发光元件F和G以及比较发光元件c的结构。所述发光元件F和G各自对应于实施方式1、3或4描述的发光元件。

[0319] [表5]

[0320]

	阳极	第一 EL 层	第三层	第二层	第一层	第二 EL 层	阴极
发光元件 F	NITO (110nm)	PCzPA:MoOx (50nm 4:1) \ PCzPA (10nm) \ EML1 \ Alq (10nm)	BPhen:Li (10nm 1:0.02)	VOPc (2nm)	PCzPA:MoOx (60nm 4:1)	PCzPA (10nm) \ EML2 \ Alq (10nm) \ BPhen (20nm) \ LiF (1nm)	Al (200nm)
发光元件 G		NPB:MoOx (50nm 4:1) \ NPB (10nm) \ EML1 \ Alq (10nm)		VOPc (2nm)	NPB:MoOx (60nm 4:1)	NPB (10nm) \ EML2 \ Alq (10nm) \ BPhen (20nm) \ LiF (1nm)	

[0321]

比较发光 元件 c		PCzPA:MoOx (50nm 4:1) \ PCzPA (10nm) \ EML1 \ Alq (10nm)		-	PCzPA:MoOx (60nm 4:1)	PCzPA (10nm) \ EML2 \ Alq (10nm) \ BPhen (20nm) \ LiF(1nm)	
--------------	--	--	--	---	--------------------------	---	--

[0322] *EML 1,2=CzPA:2PCAPA(30nm,1:0.05)

[0323] 对制得的发光元件F和G以及比较发光元件c的工作特征进行测量。注意测量在室温下进行(气氛保持在25℃)。注意所有的发光元件发射波长约为520纳米的绿光,这些光来自作为发光物质的2PCAPA。

[0324] 图16列出了发光元件F和G以及比较发光元件c的电压-电流密度特征图。图17显示了它们的电流密度-电流效率特征图。表6显示了这些发光元件在大约1000cd/m²的主要特征的初始值。

[0325] [表6]

[0326]

	电压(V)	色度(x,y)	电流效率(cd/A)	外部量子效率(%)
发光元件F	7.3	(0.25,0.65)	30	8.8
发光元件G	7.1	(0.25,0.65)	28	8.3
比较发光元件c	7.6	(0.24,0.65)	30	8.7

[0327] 图16显示由于第二层的缘故,在对这些发光元件施加相同的电压的时候,发光元件F和G的电流密度大于比较发光元件c。换言之,对于相同的电流密度,发光元件F和G各自的驱动电压低于比较发光元件c。

[0328] 另外,图17显示的电流密度-电流效率特征表明,在任意电流密度之下,发光元件F和G的电流效率基本上与比较发光元件c相同。

[0329] 根据图16和图17的结果,发光元件F和G各自的驱动电压可以减小到低于比较发光元件c,电流效率保持基本上与比较发光元件c的电流效率相同。

[0330] 如表6所示,在大约1000cd/m²下各个发光元件F和G的驱动电压(即F:7.3V,G:7.1V)低于比较发光元件c的驱动电压(即7.6V)。所述发光元件F和G各自的色度基本上与比较发光元件c相同。所述发光元件F和G各自的电流效率基本上与比较发光元件c相同。所述发光元件F和G各自的外部量子效率基本上与比较发光元件c相同。

[0331] 如上所述,发光元件F和G各自的驱动电压低于比较发光元件c。换言之,发光元件F和G中提供的第二层各自具有显著的效果,第二层使得发光元件能够在低的电压下驱动。

[0332] 另外,如图17和表6所示,在发光元件F中,使用包含PCzPA和氧化钼(VI)的层作为电荷产生层和第一层,其电流效率高于发光元件G,后者使用包含NPB和氧化钼(VI)的层作为电荷产生层和第一层。以上情况的原因如下:相对于包含NPB和氧化钼(VI)的层,包含PCzPA和氧化钼(VI)的层几乎没有基于电荷传输相互作用的光吸收,因此在光提取时的光损失较小。

[0333] [实施例4]

[0334] 在本实施例中,参见图18和图19描述本发明一个实施方式的发光元件。在此实施例中,制造了发光元件H和I以及比较发光元件d,对这些发光元件的工作特征进行比较。

[0335] 除了第三层以外,发光元件H和I以及比较发光元件d分别按照实施例2所述的发光元件H和I以及比较发光元件b的方式制备。在发光元件H和I以及比较发光元件d中,通过使用电阻加热进行蒸发工艺,沉积厚度为10纳米的加入了钙(Ca)的BPhen,形成第三层。将BPhen与Ca的质量比调节到1:0.08(=BPhen:Ca)。由此,制得发光元件H和I以及比较发光元件d。

[0336] 下表7列出了发光元件H和I以及比较发光元件d的结构。所述发光元件H和I各自对应于实施方式1、3或4描述的发光元件。

[0337] [表7]

[0338]

	阴极	第一 EL 层	第三层	第二层	第一层	第二 EL 层	阴极
发光元件 H	NITO (110nm)	PCzPA:MoOx (50nm 4:1) \ PCzPA (10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	BPhen:Ca (10nm 1:0.08)	VOPc (2nm)	PCzPA: MoOx (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	Al (200nm)

[0339]

发光元件 I	NPB:MoOx (50nm 4:1) \ NPB(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	VOPc (2nm)	NPB: MoOx (60nm 4:1)	NPB(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)
比较发光元件 d	PCzPA:MoOx (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	-	PCzPA: MoOx (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)

[0340] *EML 1,2=CzPA:2PCAPA(30nm,1:0.05)

[0341] 对制得的发光元件H和I以及比较发光元件d的工作特征进行测量。注意测量在室温下进行(气氛保持在25℃)。注意所有的发光元件发射波长约为520纳米的绿光,这些光来自作为发光物质的2PCAPA。

[0342] 图18列出了发光元件H和I以及比较发光元件d的电压-电流密度特征图。图19显示了它们的电流密度-电流效率特征图。表8显示了这些发光元件在大约1000cd/m²的主要特征的初始值。

[0343] [表8]

	电压(V)	色度 (x,y)	电流效率 (cd/A)	外部量子效率(%)
[0344] 发光元件 H	7.4	(0.23, 0.66)	27	7.9
发光元件 I	7.3	(0.23, 0.65)	26	7.6
比较发光元件 d	7.7	(0.22, 0.66)	27	7.9

[0345] 图18显示由于第二层的缘故,在对这些发光元件施加相同的电压的时候,发光元件H和I的电流密度大于比较发光元件d。换言之,对于相同的电流密度,发光元件H和I各自的驱动电压低于比较发光元件d。

[0346] 另外,图19显示的电流密度-电流效率特征表明,在任意电流密度之下,发光元件H和I的电流效率基本上与比较发光元件d相同。

[0347] 根据图18和图19的结果,发光元件H和I各自的驱动电压可以减小到低于比较发光元件d,电流效率保持基本上与比较发光元件d的电流效率相同。

[0348] 如表8所示,在大约1000cd/m²下各个发光元件H和I的驱动电压(即H:7.4V,I:7.3V)低于比较发光元件d的驱动电压(即7.7V)。所述发光元件H和I各自的色度基本上与比较发光元件d相同。所述发光元件H和I各自的电流效率基本上与比较发光元件d相同。所述发光元件H和I各自的外部量子效率基本上与比较发光元件d相同。

[0349] 如上所述,发光元件H和I各自的驱动电压低于比较发光元件d。换言之,发光元件H和I中提供的第二层各自具有显著的效果,第二层使得发光元件能够在低的电压下驱

动。

[0350] 另外,如图19和表8所示,在发光元件H中,使用包含PCzPA和氧化钼(VI)的层作为电荷产生层和第一层,其电流效率高于发光元件I,后者使用包含NPB和氧化钼(VI)的层作为电荷产生层和第一层。以上情况的原因如下:相对于包含NPB和氧化钼(VI)的层,包含PCzPA和氧化钼(VI)的层几乎没有基于电荷传输相互作用的光吸收,因此在光提取时的光损失较小。

[0351] 此申请基于2010年3月31日向日本专利局提交的日本专利申请2010-082926号,其整个内容通过引用结合于此。

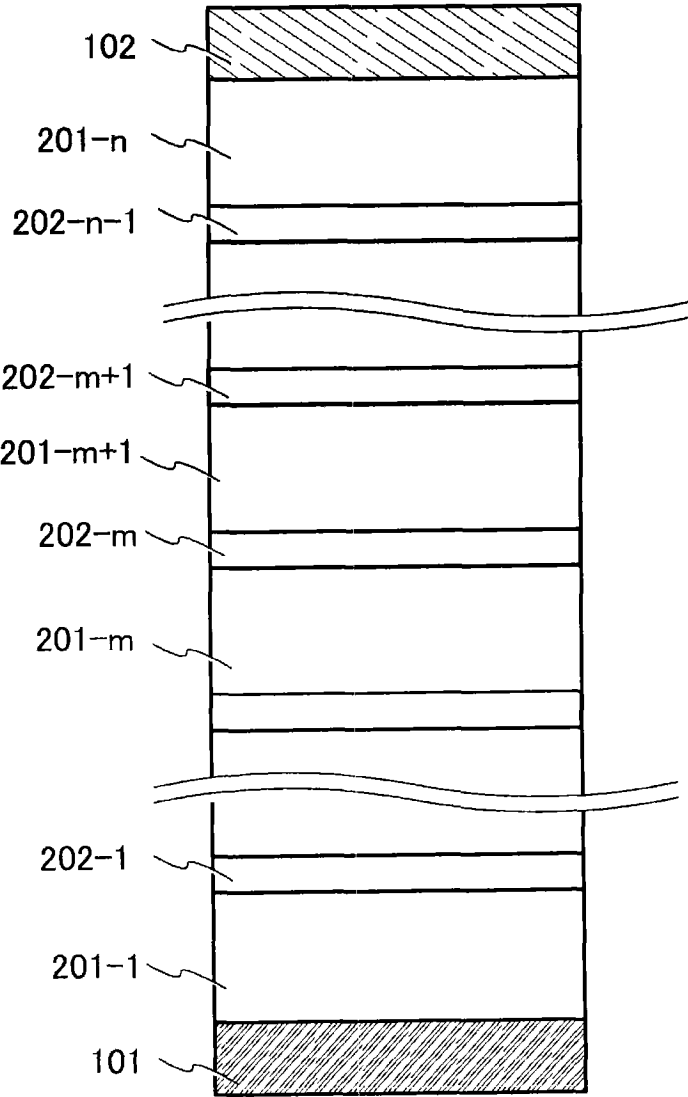


图1

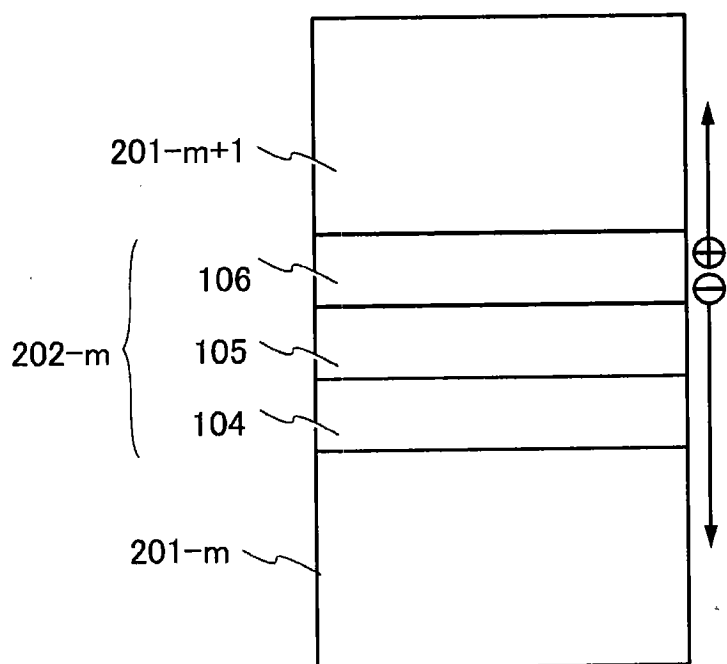


图2A

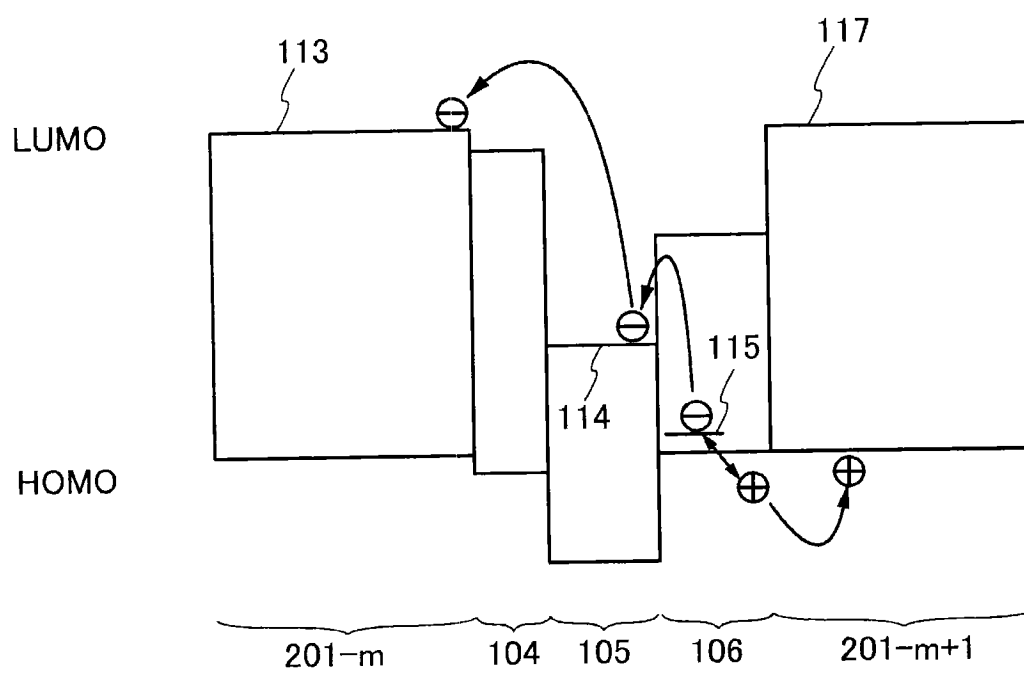


图2B

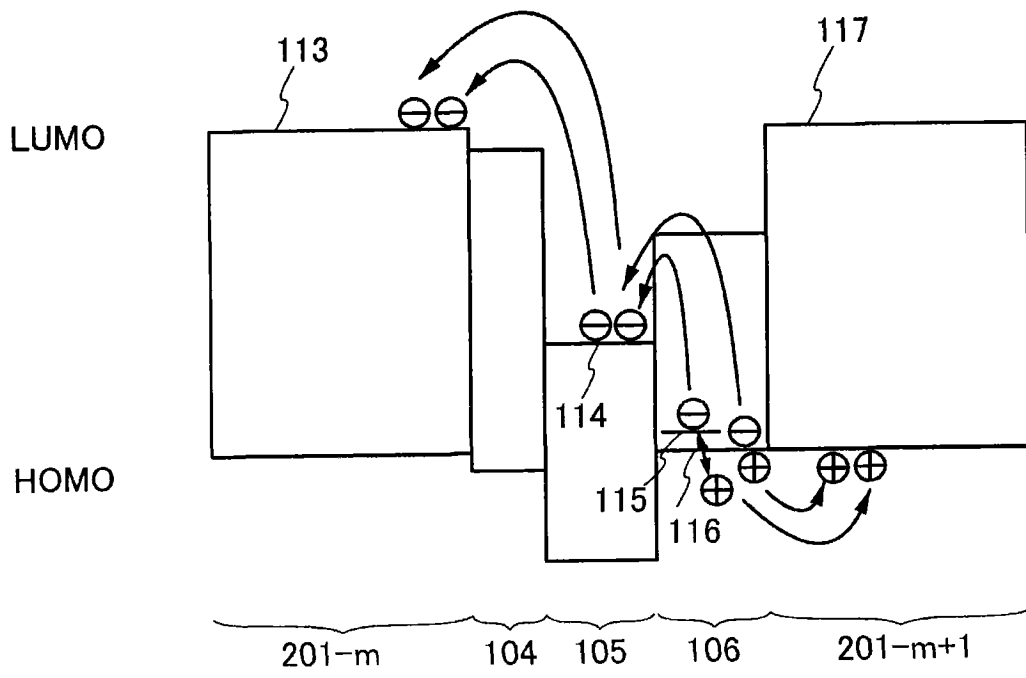


图3A

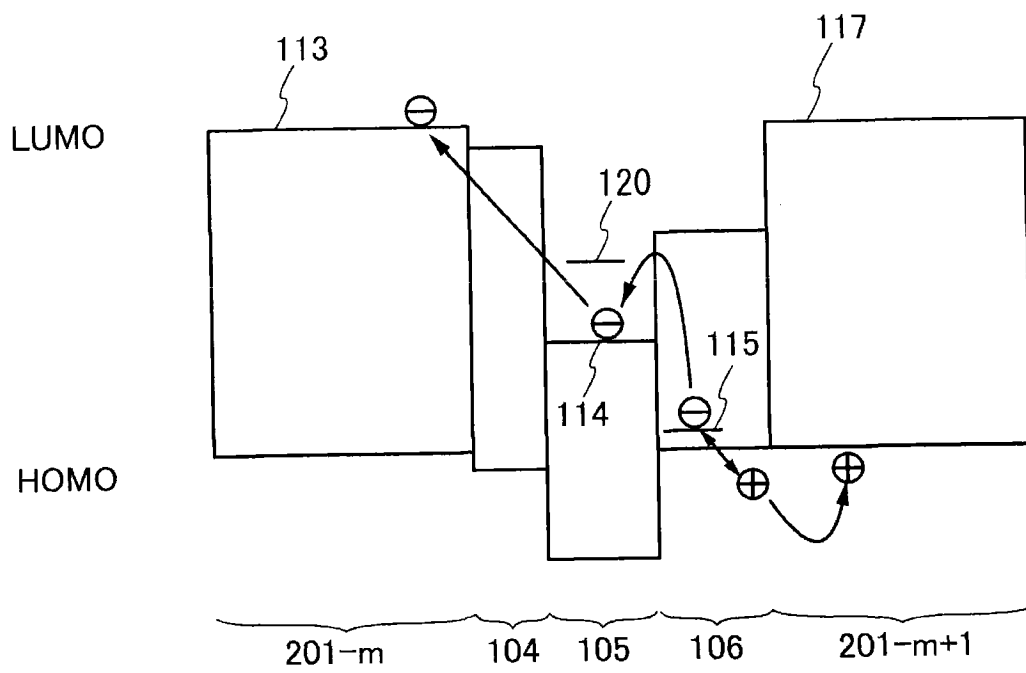


图3B

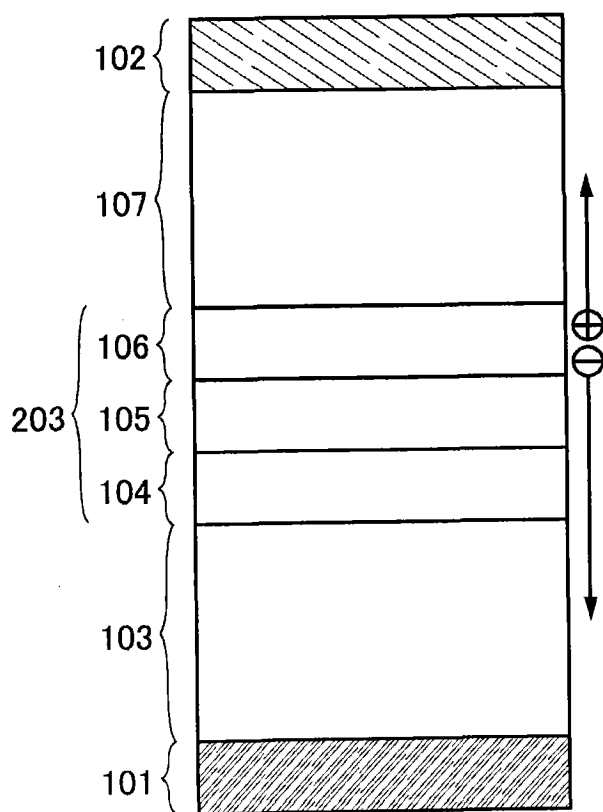


图4A

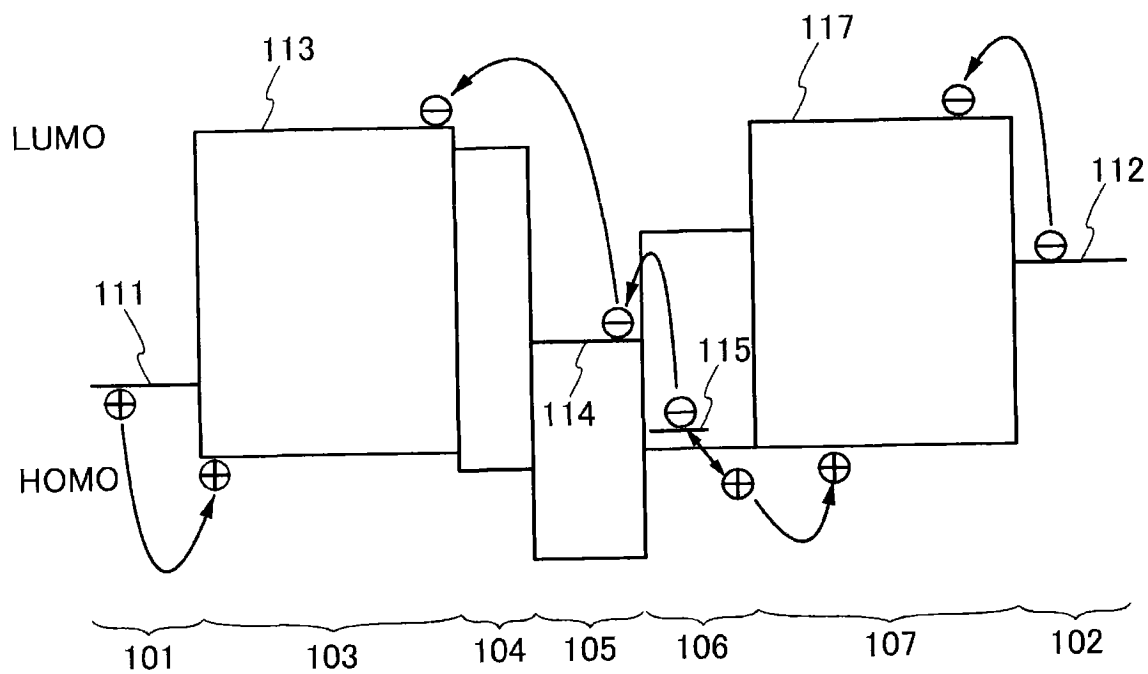


图4B

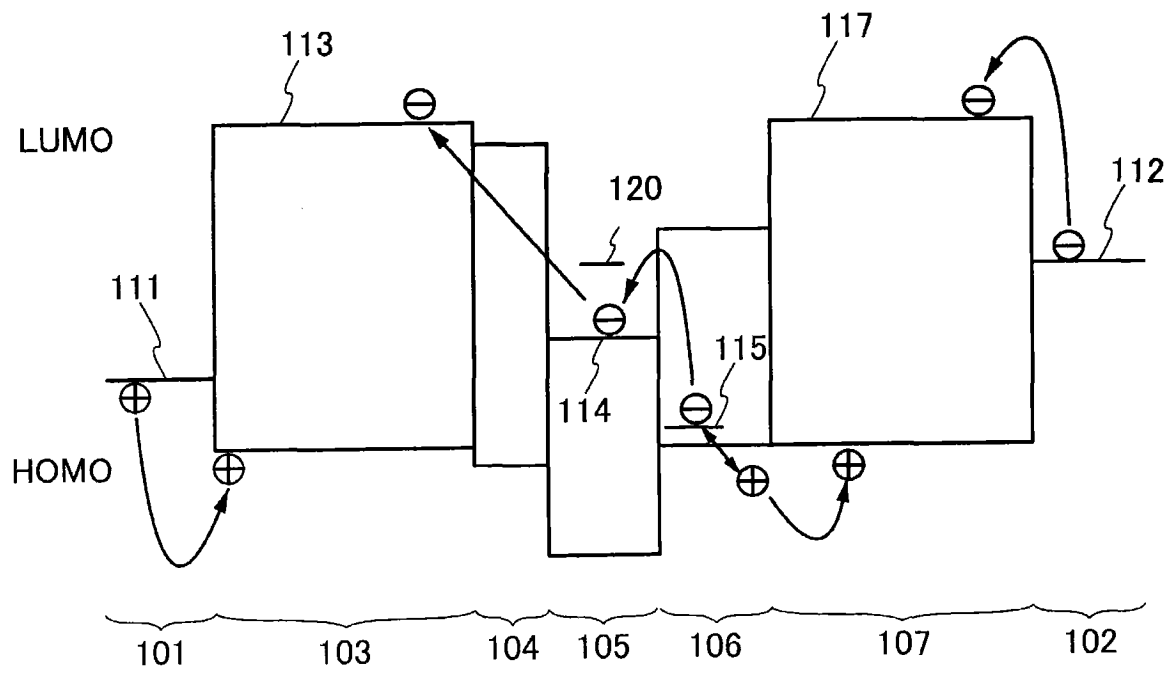


图5

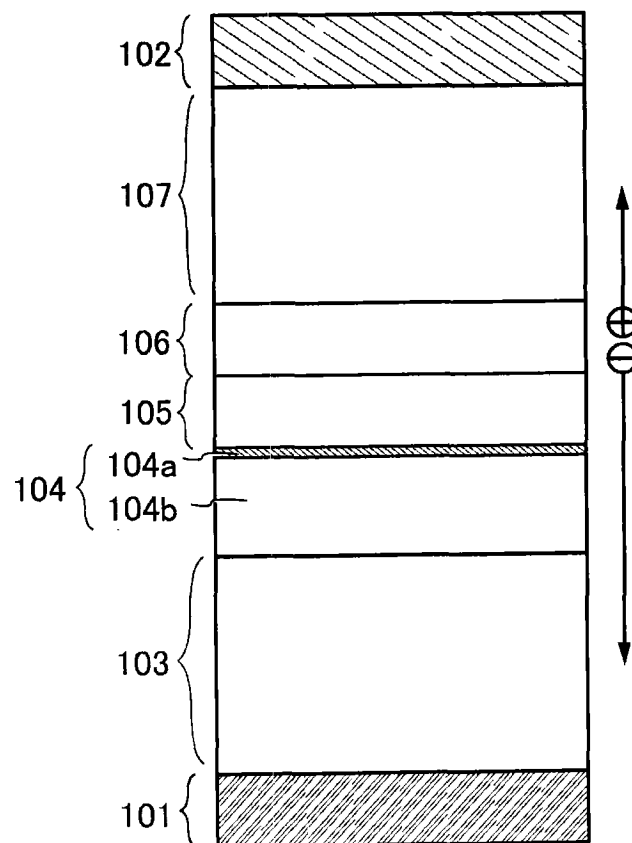


图6A

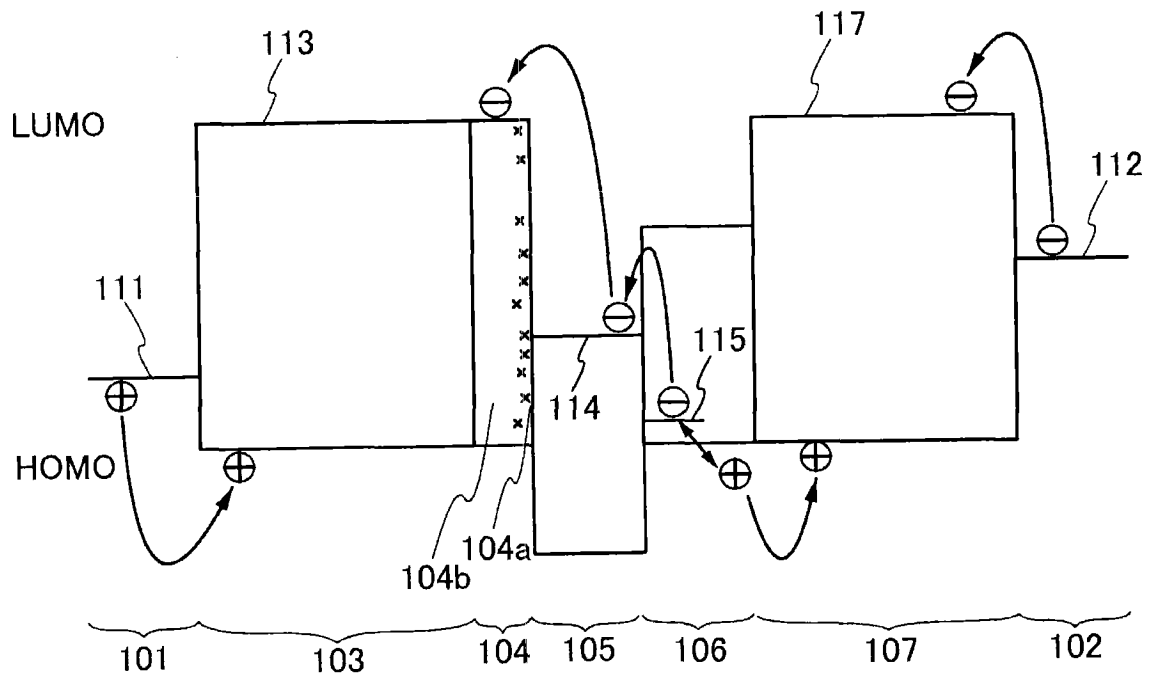


图6B

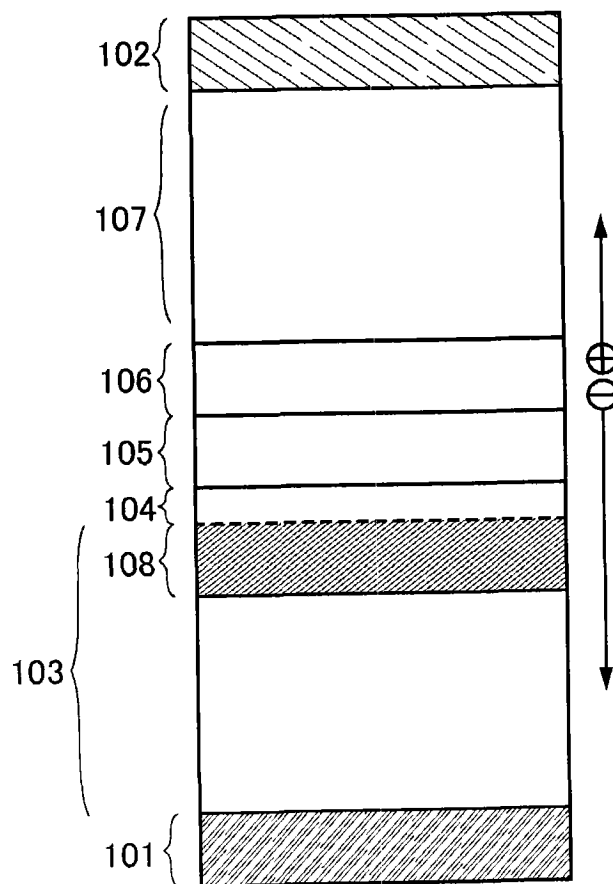


图7A

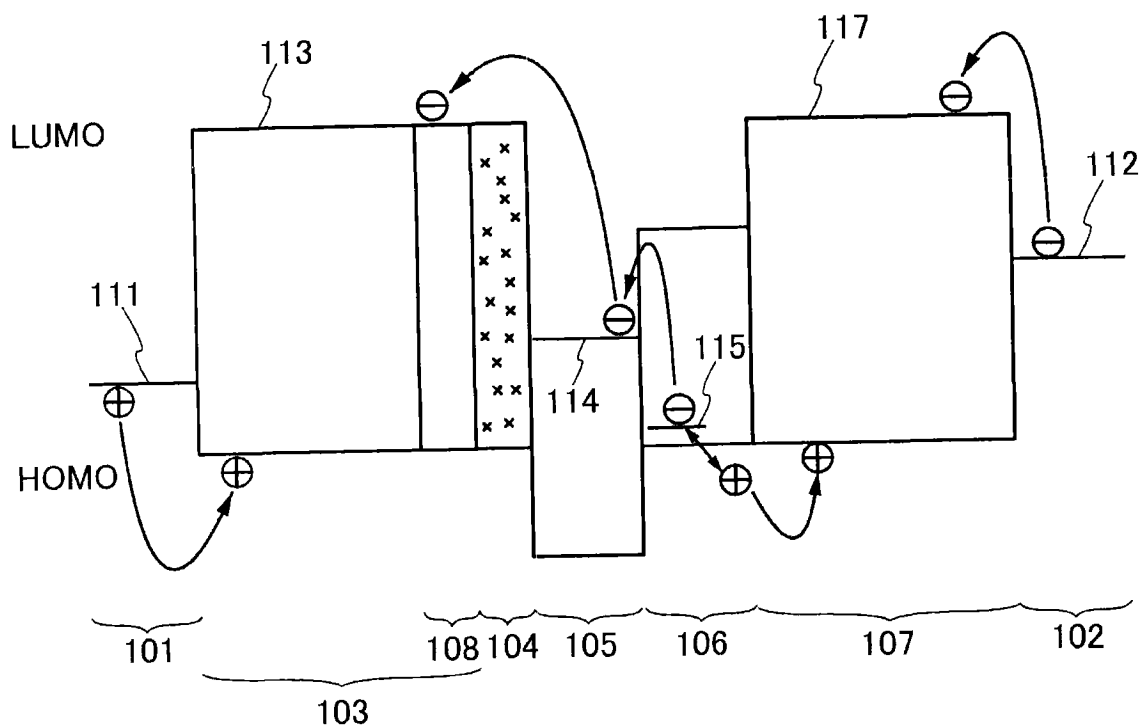


图7B

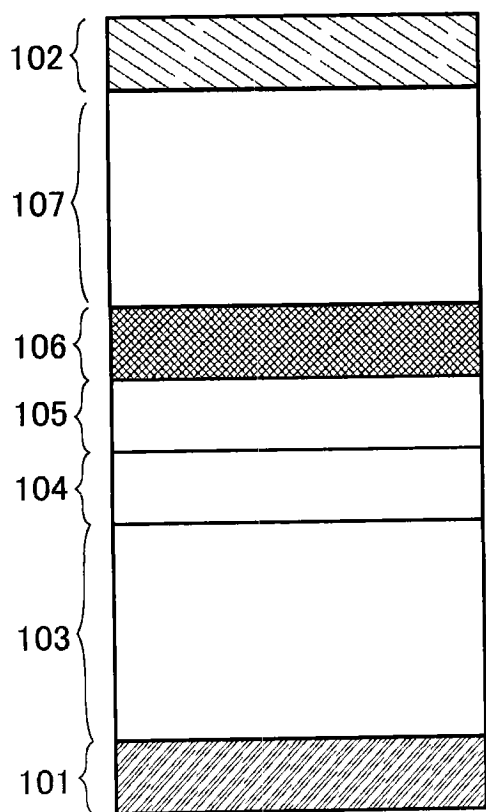


图8A

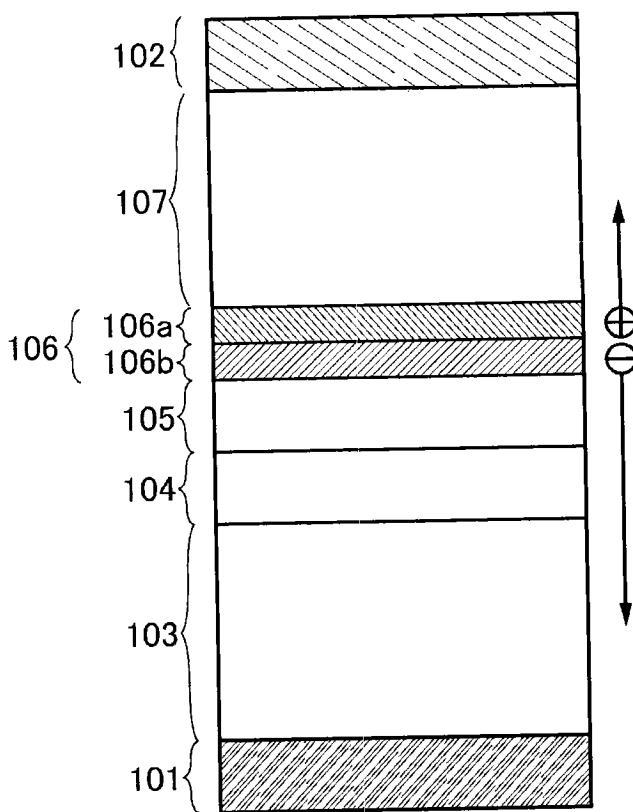


图8B

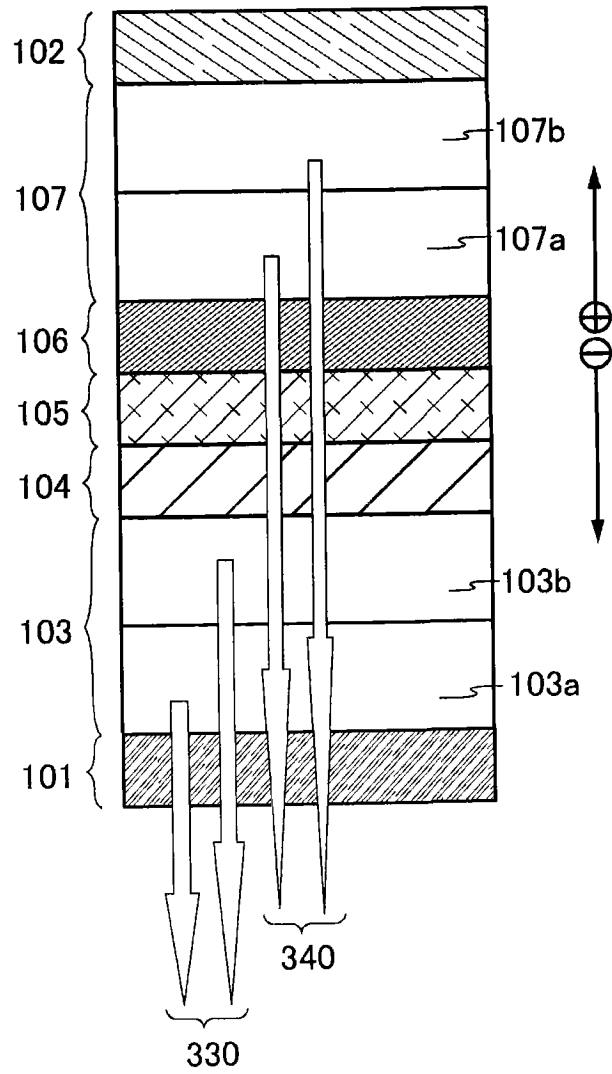


图9A

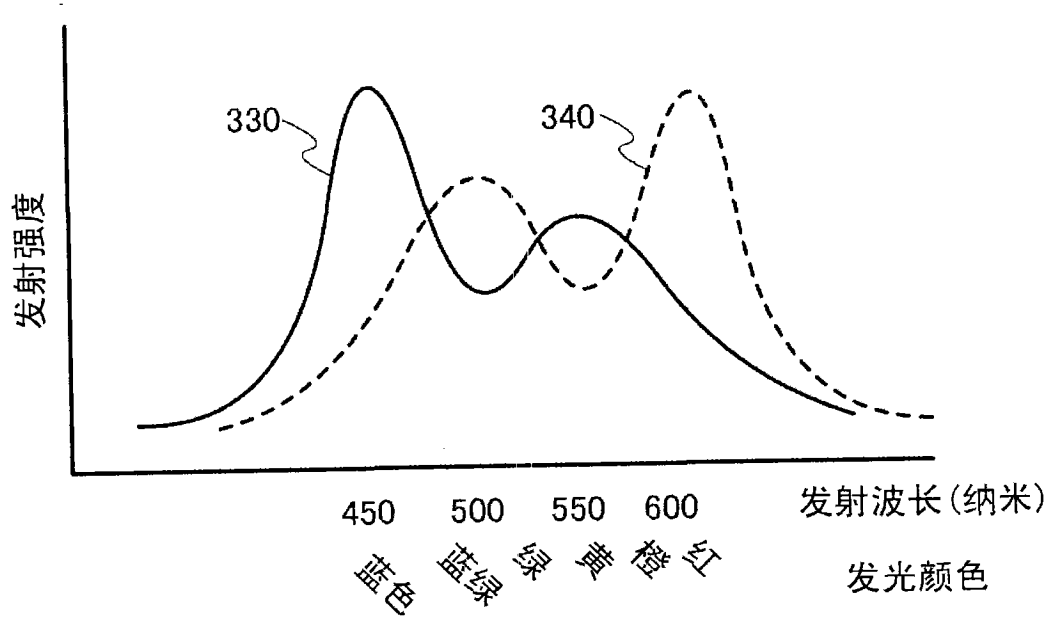


图9B

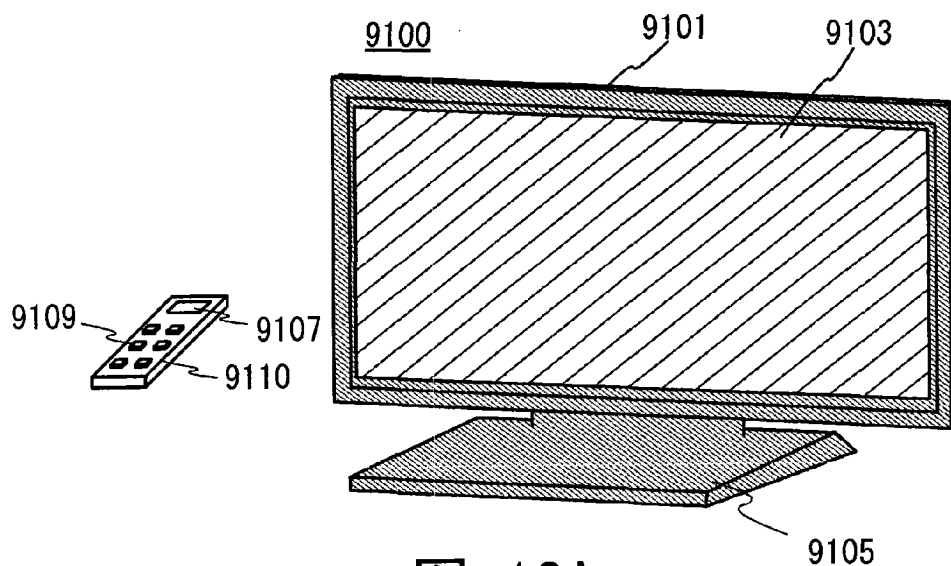


图 10A

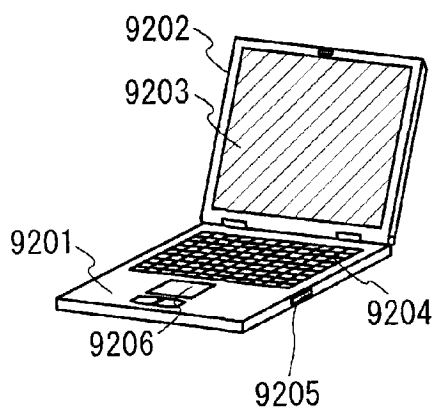


图 10B

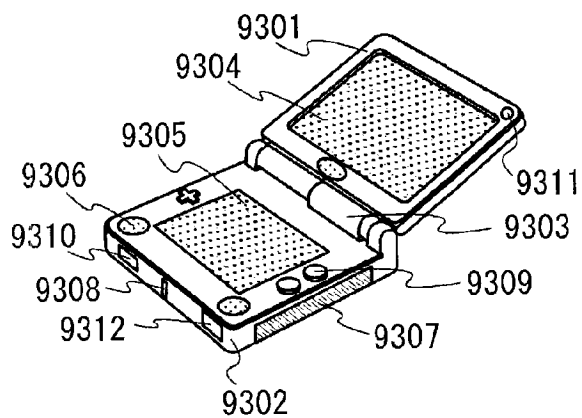


图 10C

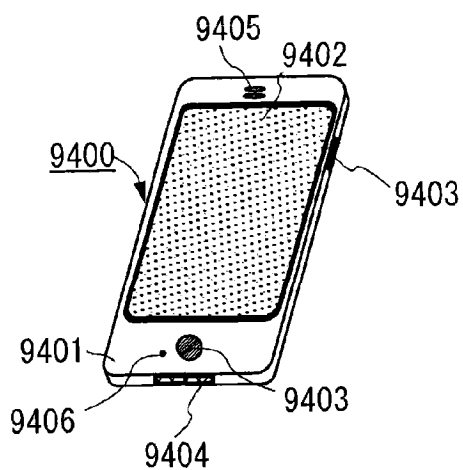


图 10D

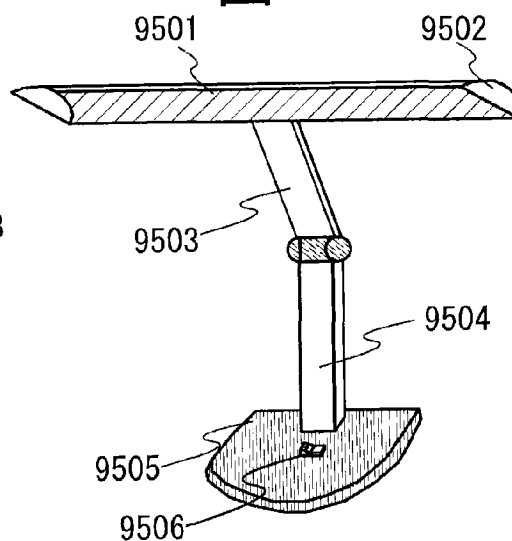


图 10E

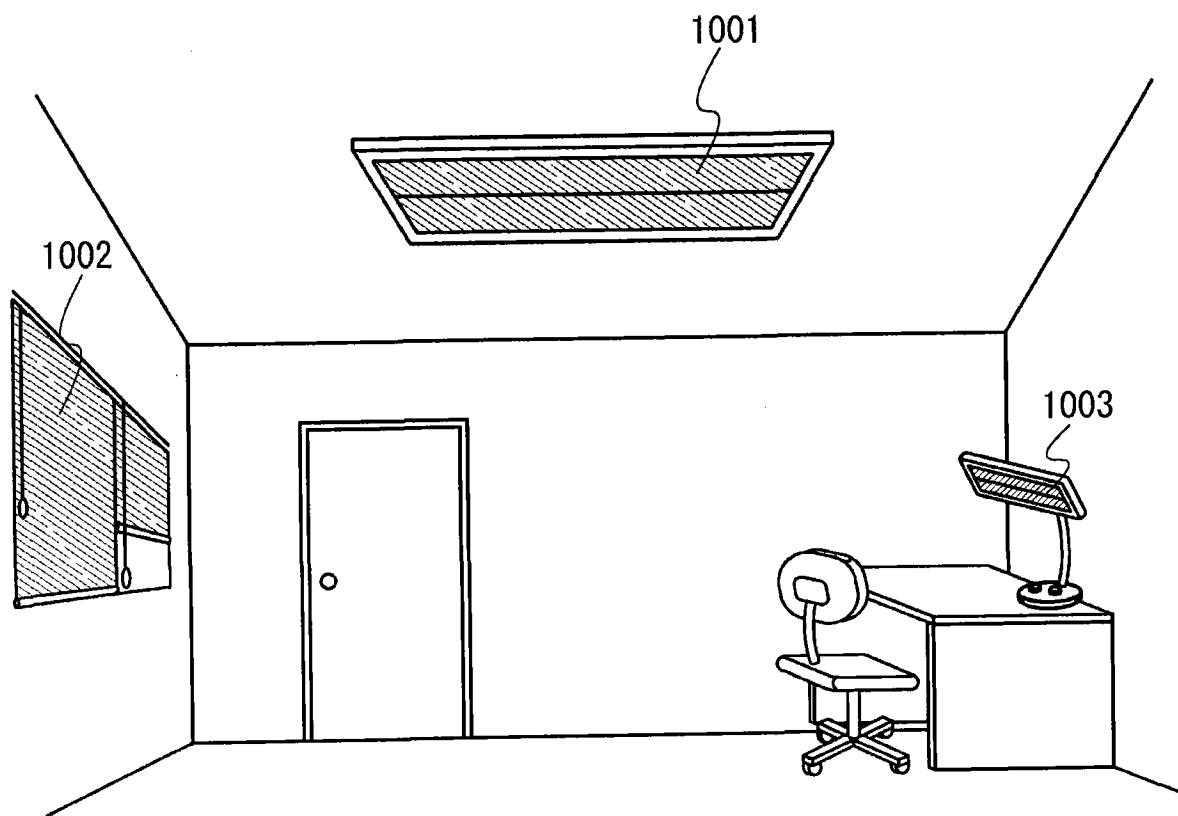


图11

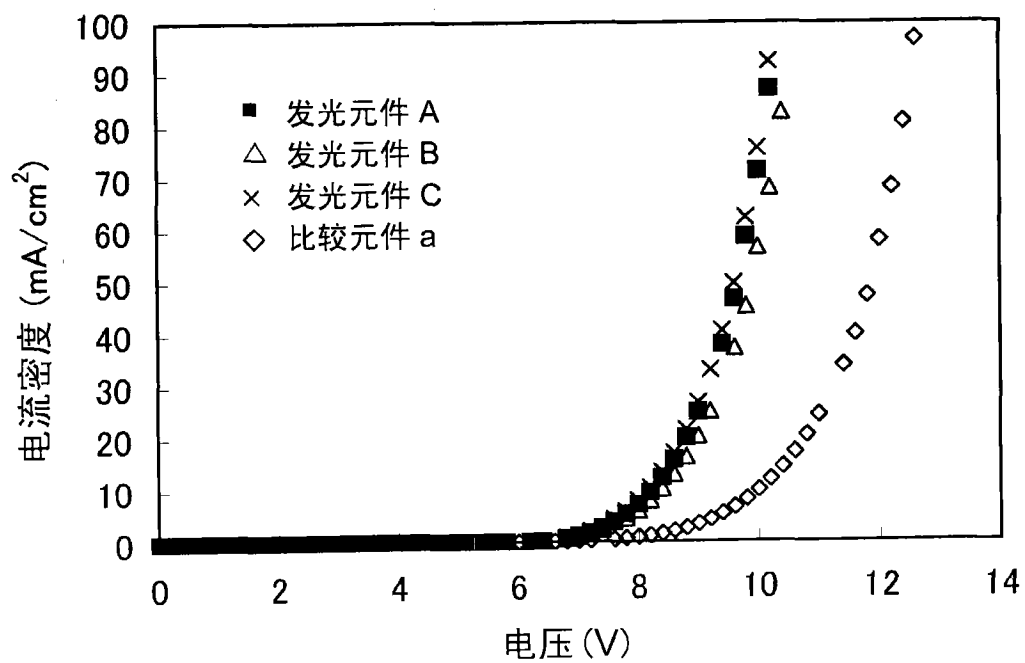


图12

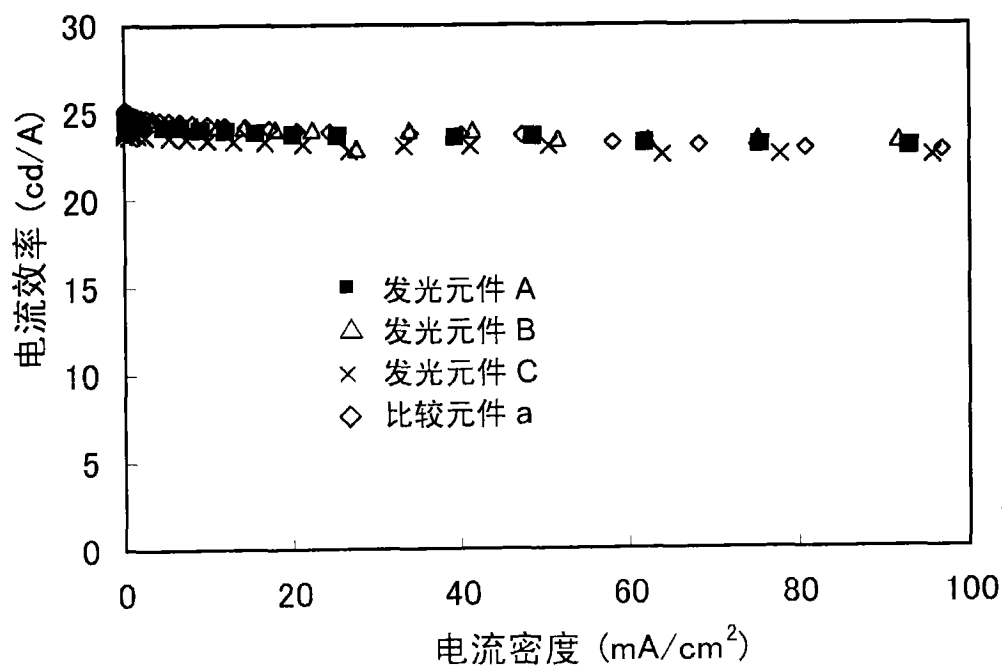


图13

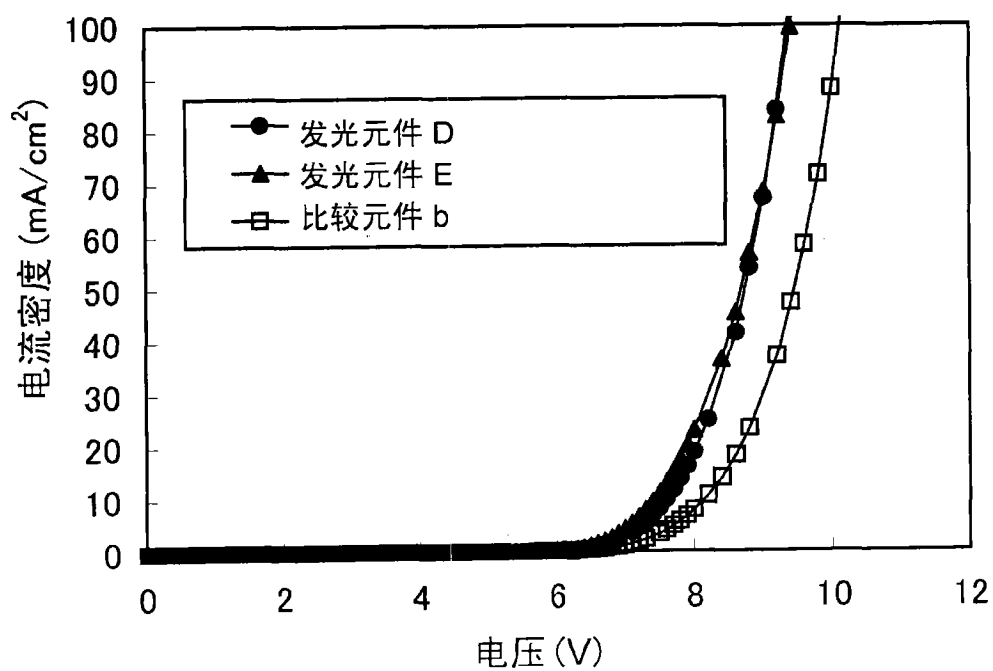


图14

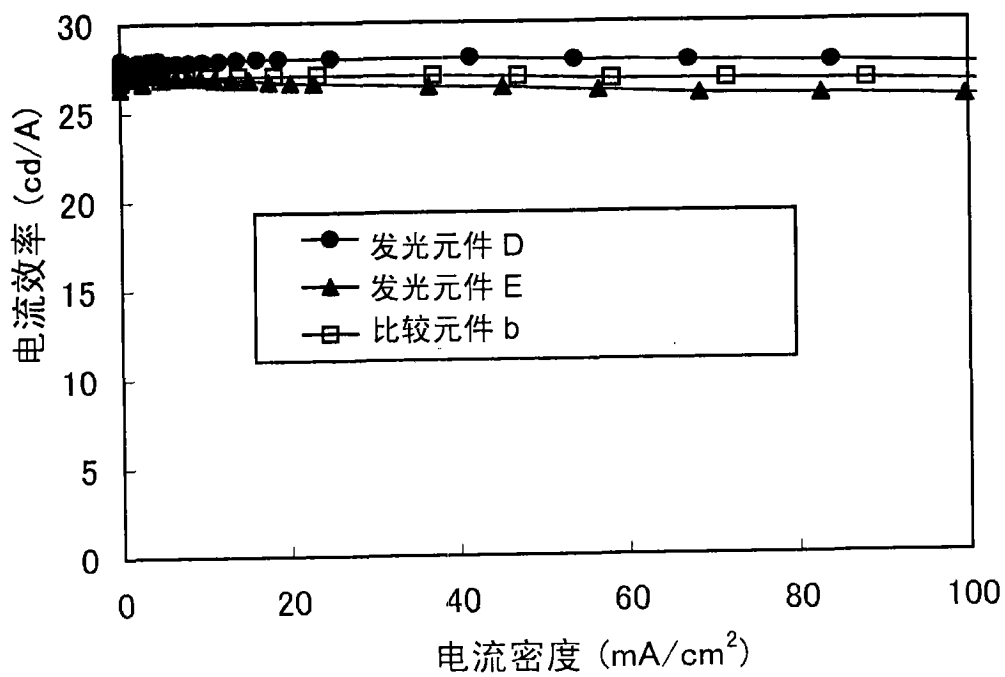


图15

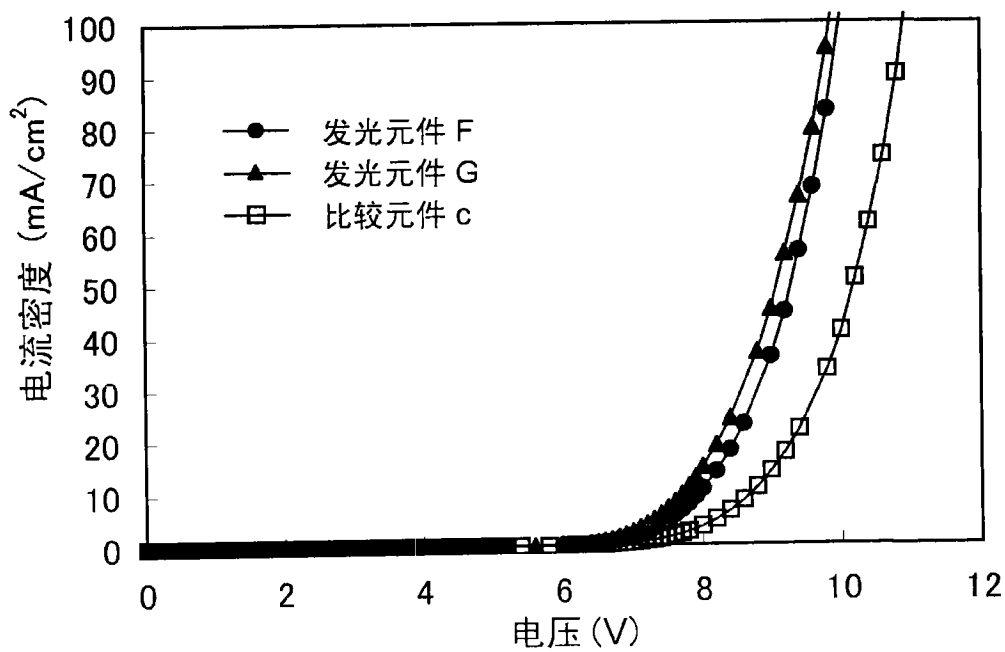


图16

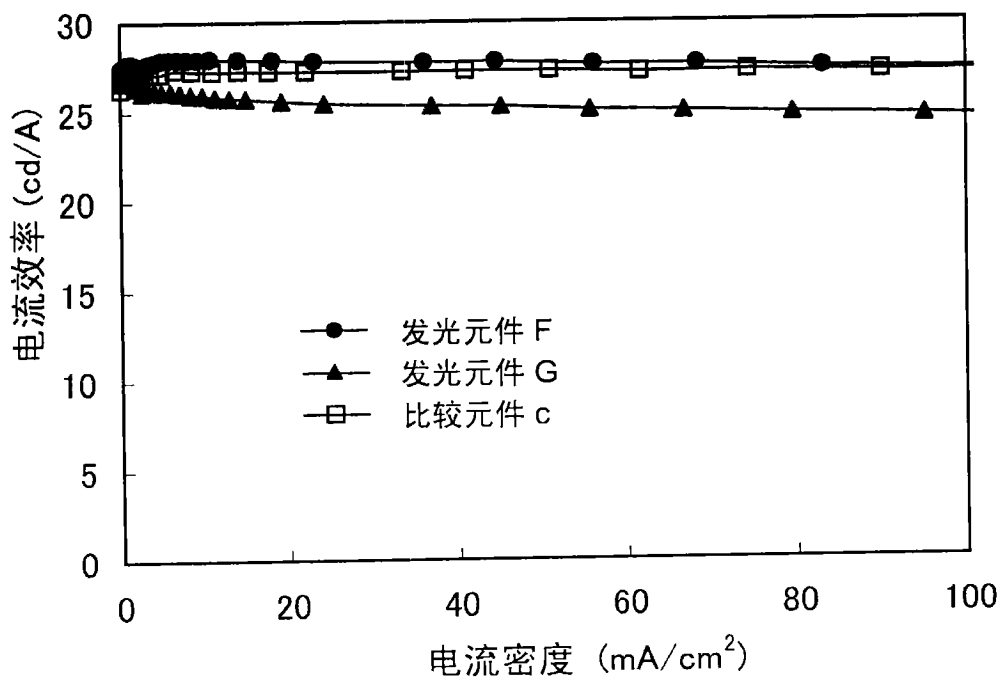


图17

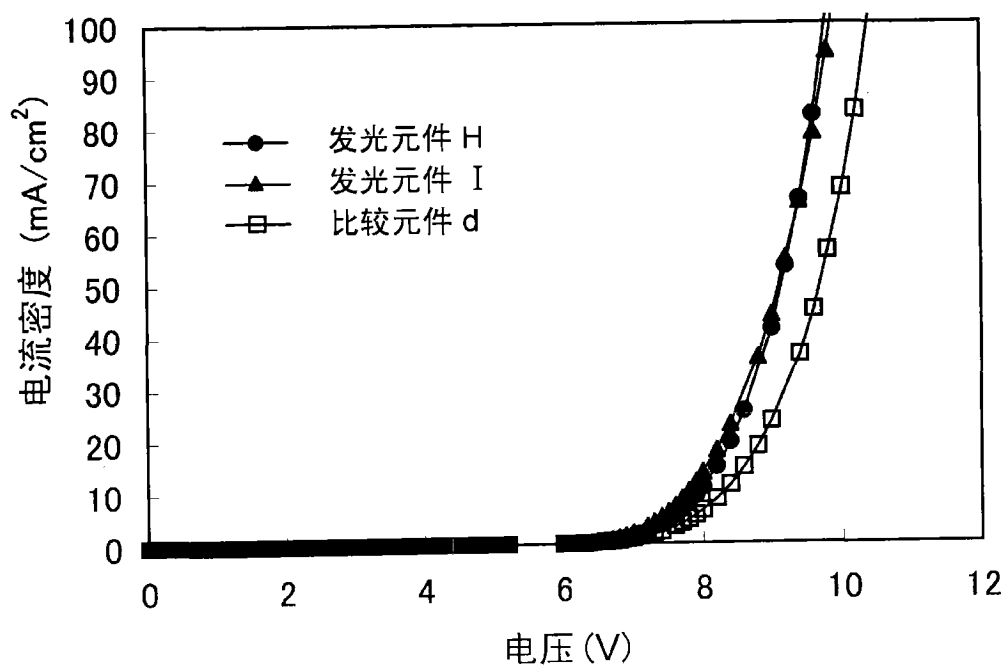


图18

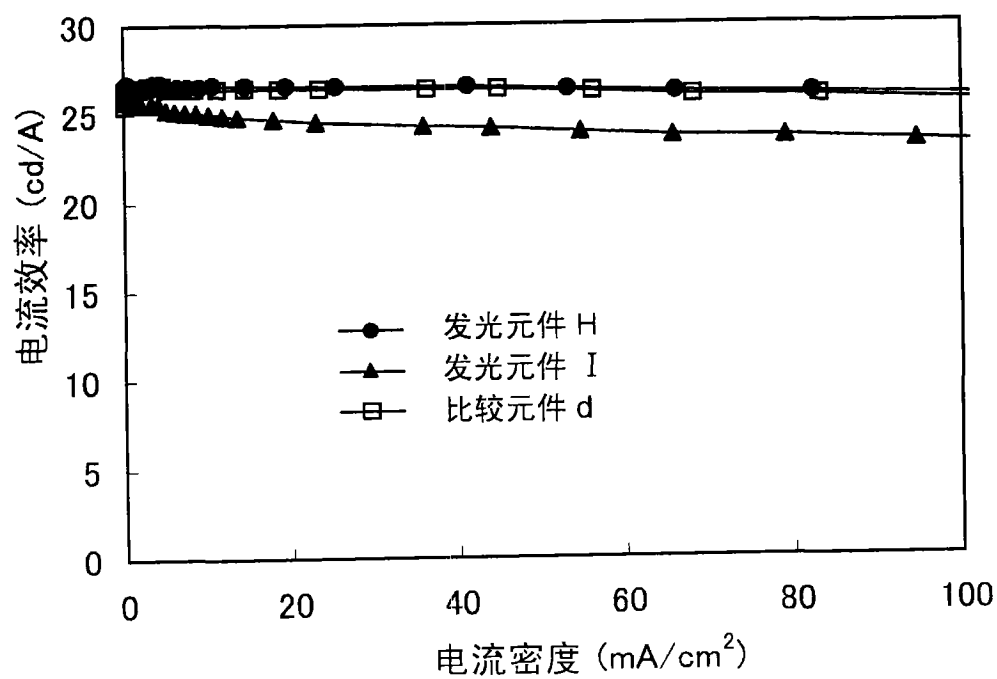


图19