

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510022868.2

[51] Int. Cl.

H01L 51/50 (2006.01)

H01L 51/52 (2006.01)

H05B 33/12 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 6 月 21 日

[11] 公开号 CN 1790768A

[22] 申请日 2005.12.12

[21] 申请号 200510022868.2

[30] 优先权

[32] 2004.12.13 [33] JP [31] 2004-360415

[71] 申请人 株式会社丰田自动织机

地址 日本爱知县

[72] 发明人 饭岛敏树 川澄一仁 长柄良明

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 孙秀武 邹雪梅

权利要求书 2 页 说明书 26 页 附图 1 页

[54] 发明名称

有机 EL 元件

[57] 摘要

一种有机 EL 元件，其在阳极和阴极间具有有机层，上述有机层含有含荧光掺杂剂的发光层、含磷光掺杂剂的发光层和双极层，上述双极层设在上述含荧光掺杂剂的发光层和上述含磷光掺杂剂的发光层之间。

1. 一种有机 EL 元件，其在阳极和阴极间具有有机层，上述有机层具有含荧光掺杂剂的发光层、含磷光掺杂剂的发光层和双极层，上述双极层设在上述含荧光掺杂剂的发光层和上述含磷光掺杂剂的发光层之间。

2. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述双极层含有空穴输送性材料和电子输送性材料。

3. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述双极层的膜厚为 2nm 以上 15nm 以下。

4. 如权利要求 2 所述的有机 EL 元件，上述空穴输送性材料的最高已占轨道（HOMO）能级的绝对值小于上述电子输送性材料的最高已占轨道能级的绝对值。

5. 如权利要求 2 所述的有机 EL 元件，上述空穴输送性材料的最低空轨道（LUMO）能级的绝对值小于上述电子输送性材料的最低空轨道能级的绝对值。

6. 如权利要求 2 所述的有机 EL 元件，上述空穴输送材料的玻璃化温度高于上述电子输送性材料的玻璃化温度。

7. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述含荧光掺杂剂的发光层设在比上述含磷光掺杂剂的发光层更靠近阴极侧。

8. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述荧光掺杂剂为蓝色荧光掺杂剂。

9. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述磷光掺杂剂为红色磷光掺杂剂。

10. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述磷光掺杂剂为绿色磷光掺杂剂。

11. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述含磷光掺杂剂的发光层含有红色磷光掺杂剂和绿色磷光掺杂剂。

12. 如权利要求 11 所述的有机 EL 元件，上述红色磷光掺杂剂的含有量少于上述绿色磷光掺杂剂的含有量。

13. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述含荧光掺杂剂的发光层的膜厚厚于上述含磷光掺杂剂的发光层的膜厚。

14. 如权利要求 2 所述的有机 EL 元件，上述有机层还含有含与

上述双极层的空穴输送性材料相同材料的空穴输送层。

15. 如权利要求 2 所述的有机 EL 元件，上述有机层还含有与上述双极层的电子输送性材料相同材料的电子输送层。

16. 如权利要求 1 所述的有机 EL 元件，上述双极层含有一种材料，该材料的三重态能隙大于上述磷光掺杂剂的三重态能隙。

17. 如权利要求 2 所述的有机 EL 元件，相对于上述双极层、含有 5 重量%以上 95 重量%以下的上述电子输送性材料。

有机 EL 元件

技术领域

5 本发明涉及有机 EL (场致发光) 元件。

背景技术

近年来, 作为对有机 EL 元件的期待, 可以举出在全色显示器件中的应用。作为使用有机 EL 元件进行全色显示的一种方法, 已知的
10 有通过滤色器将从有机 EL 元件发出的白光分成红、绿、蓝光。并且, 要求这里所使用的有机 EL 元件具有以下特性。

(i) 红、绿、蓝各种颜色的光强平衡良好、白色度高。

(ii) 发光效率高

(iii) 元件寿命长

15 一般来说, 有机 EL 元件以由阳极/有机发光层/阴极构成的层结构为基本, 通过在其上适当设计空穴注入层、空穴输送层、电子输送层、电子注入层等层来构成。并且, 在此有机发光层中, 分别从阳极和阴极注入的空穴和电子再次结合、生成激子, 通过此激子引起发光。一般认为这里所生成的激子中混存有单重态激子和三重态激子, 以统计
20 学理论上单重态激子:三重态激子=1:3 的比例生成。

由于目前的多数有机 EL 元件中, 使用了从单重态激子状态返回基态时发荧光的发光物质, 因此仅 25% 的单重态能量用于发光, 剩下的 75% 三重态能量最终作为热量被消耗。因此, 为了将三重态能量有效用于发光, 提出了在有机发光层中使用磷光物质 (磷光掺杂剂) 的
25 有机 EL 元件 (例如, 特开 2001-284056 号公报和特表 2002-525808 号公报)、在含有磷光掺杂剂的多个有机发光层之间设有由电子输送性材料构成的激子阻碍 (block) 层的有机 EL 元件 (例如, 特表 2004-522276 号公报)。但是, 这些有机 EL 元件中, 能够提高单色光的发光效率, 但是却无法制成红、绿、蓝的光强平衡良好的元件、无法得
30 到优异的白色发光。

因此, 提出了层压有含红色、绿色磷光掺杂剂的有机发光层和含蓝色荧光掺杂剂的有机发光层的有机 EL 元件 (例如, 特开 2004-227814

号公报)。

- 然而，在层压有含磷光掺杂剂的有机发光层和含荧光掺杂剂的有机发光层的现有有机 EL 元件中，磷光掺杂剂的三重态能量的一部分与荧光掺杂剂的三重态能量发生交换转移、作为热量被消耗掉，因此
- 5 存在无法实现高效率发光的问题。

发明内容

如上所述，在现有有机 EL 元件中，还没有优异的白色度、发光效率和元件寿命都满足的有机 EL 元件。

- 10 因此，本发明是为了解决上述课题而完成的，其目的在于提供白色度、发光效率和元件寿命都优异的有机 EL 元件。

- 本发明者们为了解决上述问题进行了深入研究、开发，结果发现，为了解决上述问题，在含荧光掺杂剂的发光层和含磷光掺杂剂的发光层之间设置空穴和电子（载流子）能共同移动的双极层是有效的，进而完成本发明。
- 15

即，本发明涉及的有机 EL 元件在阳极和阴极之间具备含有含荧光掺杂剂的发光层、含磷光掺杂剂的发光层和双极层的有机层，上述双极层设在上述含荧光掺杂剂的发光层与上述含磷光掺杂剂的发光层之间。

- 20 通过此构成，能够保持含荧光掺杂剂的发光层和含磷光掺杂剂的发光层之间的载流子平衡，同时可抑制三重态能量的交换转移(Dexter 移动)。

- 本发明在双极层含有空穴输送性材料和电子输送性材料时尤为有效。此双极层的膜厚优选在 2nm 以上 15nm 以下。此时，空穴输送性材料的最高已占轨道(HOMO)能级的绝对值优选小于电子输送性材料的最高已占轨道能级的绝对值；空穴输送性材料的最低空轨道(LUMO)能级的绝对值优选小于电子输送性材料的最低空轨道能级的绝对值。而且，空穴输送材料的玻璃化温度优选高于电子输送材料的玻璃化温度。相对于双极层，优选含有 5 重量%以上 95 重量%以下的电子输送性材料。
- 25
- 30

含荧光掺杂剂的发光层优选设在比含磷光掺杂剂的发光层更靠近阴极的一侧。荧光掺杂剂优选为蓝色荧光掺杂剂，磷光掺杂剂优选

为红色磷光掺杂剂和绿色磷光掺杂剂中的至少一种。

含磷光掺杂剂的发光层优选含有红色磷光掺杂剂和绿色磷光掺杂剂。此时，红色磷光掺杂剂的含有量优选少于绿色磷光掺杂剂的含有量。

- 5 含荧光掺杂剂的发光层的膜厚优选厚于含磷光掺杂剂的发光层的膜厚。

有机层优选还含有选自含与双极层的空穴输送性材料相同材料的空穴输送层、和含与双极层的电子输送性材料相同材料的电子输送层中的至少一个。

- 10 双极层优选含有一种材料，其三重态能隙大于磷光掺杂剂的三重态能隙。

附图说明

- 15 图 1 为用于说明本发明涉及的有机 EL 元件的层结构例的剖面图。

具体实施方式

以下参照附图详细说明本发明涉及的有机 EL 元件。图 1 为本发明涉及的有机 EL 元件的模式剖面图。

- 20 如图 1 所示，有机 EL 元件 10 通过在基板 11 上依次层压阳极 12、有机层 13 和阴极 14 而得到。有机层 13 的构成包括空穴输送层 15、含荧光掺杂剂的发光层 18（以下称为荧光发光层 18）、含磷光掺杂剂的发光层 16（以下称为磷光发光层 16）、设在荧光发光层 18 和磷光发光层 16 之间的双极层 17、及电子输送层 19。

- 25 首先，以图 1 为基础，详细说明本发明中的有机层。

- 30 本发明中，有机层 13 通过从阴极 14 侧开始依次层压电子输送层 19、荧光发光层 18、双极层 17、磷光发光层 16 和空穴输送层 15 而构成。通过如上所述地在荧光发光层 18 和磷光发光层 16 之间设置空穴和电子能够共同移动的双极层 17，能够在阳极 12 和阴极 14 之间施加直流电压时不破坏载流子平衡、抑制三重态能量的交换转移。

荧光发光层 18 主要是由荧光主体材料和荧光掺杂剂构成，其输送分别从阳极 12 和阴极 14 注入的空穴和电子、或者是其中之一，

使两者再次结合,产生激子,该激子返回基态时产生荧光。当荧光主体材料被激发时,发生偶极-偶极间能量转移和交换转移,激发荧光掺杂剂。另外,也有不经过主体材料、直接激发荧光掺杂剂的情况。其后,荧光掺杂剂从单重激发态返回到基态时,发出荧光。

- 5 上述荧光掺杂剂通常可以从具有高荧光量子产率(ϕ)的化合物中进行适当选择。

作为蓝色荧光掺杂体,只要是具有蓝色荧光发光功能的物质即可,没有特别限定。例如,可以是二苯乙烯胺衍生物、茈衍生物、衍生物、蒽衍生物、苯并噁唑衍生物、苯并噻唑衍生物、苯并咪唑衍生物、
10 蒎衍生物、二氮杂菲衍生物、二苯乙烯基苯衍生物、四苯基丁二烯衍生物等。其中可以使用4,4'-双[2-(9-乙基咔唑-2-基)-乙烯基]联苯(BCzVBi)、茈等。

作为使用蓝色荧光掺杂剂时的荧光主体材料,例如可以举出二苯乙烯基亚芳基衍生物、均二苯乙烯衍生物、咔唑衍生物、三芳基胺衍生物、蒽衍生物、茈衍生物、六苯并苯衍生物、双(2-甲基-8-喹啉)
15 (对-苯基苯酚)铝(BAlq)等。

作为红色荧光掺杂剂,只要是具有红色荧光发光功能的物质即可,没有特别限定。例如可以举出钿配合物、苯并吡喃衍生物、罗丹明衍生物、苯并噻吨衍生物、卟啉衍生物、油红(oil red)、2-(1,1-二甲基乙基)-6-(2-(2,3,6,7-四氢-1,1,7,7-四甲基-1H,5H-苯并(ij)
20 喹啉-9-基)乙烯基)-4H-吡喃-4H-亚基)丙二腈(DCJTb)、4-(二氟基亚甲基)-2-甲基-6-(对-二甲基氨基苯乙烯基)-4H-吡喃(DCM)等。

作为绿色荧光掺杂剂,只要是具有绿色荧光发光功能的物质即可,没有特别限定,可以举出例如香豆素衍生物、噻吡啶衍生物等。
25

作为使用红色荧光掺杂剂或绿色荧光掺杂剂时的荧光主体材料,可以举出例如二苯乙烯基亚芳基衍生物、二苯乙烯基苯衍生物、二苯乙烯胺衍生物、羟基喹啉类金属配合物、三芳基胺衍生物、噁二唑衍生物、氧二唑衍生物、二唑衍生物、寡噻吩衍生物、苯并吡喃
30 衍生物、三唑衍生物、苯并噁唑衍生物、苯并噻唑衍生物等,更具体的可以举出三(8-羟基喹啉)铝(Alq)、三苯基胺的4倍体、4,4'-双(2,2'-二苯基乙烯基)联苯(DPVBi)等。

相对于荧光主体材料, 荧光掺杂剂的含有量(掺入量)优选为 0.01 重量%以上 20 重量%以下, 更优选 0.1 重量%以上 10 重量%以下。作为荧光掺杂剂, 使用蓝色荧光掺杂剂时, 相对于荧光主体材料, 其含有量优选为 0.1 重量%以上 20 重量%以下。只要在此范围内, 就能够得到与从磷光发光层 16 的荧光发光相平衡的强度的荧光发光。

荧光发光层 18 可以通过使用上述荧光掺杂剂和荧光主体材料, 利用如溅射法、离子电镀法、真空蒸镀法、旋涂法、电子束蒸镀法等公知的成膜方法来形成。

磷光发光层 16 主要由磷光主体材料和磷光掺杂剂构成, 使分别从阳极 12 和阴极 14 注入的空穴和电子再次结合、形成单重态激子和三重态激子。主体材料的单重态激子向磷光材料的单重态激子进行能量转移, 主体材料的三重态激子向磷光材料的三重态激子进行能量转移。磷光材料的单重态激子通过项间交差成为三重态激子。另外, 也有磷光材料不通过主体材料直接被激发的情况。此三重态激子返回基态时发出磷光。

上述磷光掺杂剂可以从在有机 EL 元件的发光层中使用的公知的磷光掺杂剂中适当选择。

作为蓝色磷光掺杂剂, 只要是具有蓝色磷光发光功能的物质即可, 没有特别限定。例如可以举出铱、钌、铂、钨、铈、钕等的金属配合物。其中, 优选上述金属配合物的配位体中至少一个具有苯基吡啶骨架、二吡啶骨架、卟啉骨架等的配合物。更具体地说, 可以举出双[4,6-二氟苯基吡啶-N,C^{2'}]-甲基吡啶铱、三[2-(2,4-二氟苯基)吡啶-N,C^{2'}]-铱、二[2-(3,5-三氟甲基)吡啶-N,C^{2'}]-甲基吡啶铱、双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C^{2'})乙酰丙酮铱。

作为红色磷光掺杂剂, 只要是具有红色磷光发光功能的物质即可, 没有特别限定。例如可以举出铱、钌、铂、钨、铈、钕等的金属配合物, 还可以举出上述金属配合物的配位体中至少一个具有苯基吡啶骨架、二吡啶骨架、卟啉骨架等的配合物。更具体地说, 可以举出双[2-(2'-苯并[4,5- α]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]乙酰丙酮铱(btp2Ir(acac))、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-12H,23H-卟啉-铂(II)、双[2-(2'-苯并[4,5- α]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]-铱、双(2-苯基吡啶)乙酰丙酮铱。

作为绿色磷光掺杂剂，只要是具有绿色磷光发光功能的物质即可，没有特别限定。例如可以举出铍、钪、钼、铈、镧等的金属配合物。其中，优选上述金属配合物的配位体中至少一个具有苯基吡啶骨架、二吡啶骨架、卟啉骨架等的金属配合物。更具体地说，可以
5 举出面式(fac)-三(2-苯基吡啶)铱(Ir(ppy)_3)、双[2-苯基吡啶- $\text{N}, \text{C}^{2'}$]-乙酰丙酮铱、面式-三[5-氟-2-(5-三氟甲基-2-吡啶)苯基- C, N]铱。

另外，作为磷光主体材料，只要是其三重态能量大于磷光掺杂剂的三重态能量的材料即可，没有特别限定，例如可以举出咔唑衍生物、二氮杂菲衍生物、三唑衍生物、羟基喹啉类金属配合物。具体地
10 说，可以举出 4,4'- N, N' -二咔唑基联苯(CBP)、 N -二咔唑基-3,5-苯、聚(9-乙烯基咔唑)、4,4',4''-三(9-咔唑基)三苯胺、4,4'-双(9-咔唑基)-2,2'-二甲基联苯、2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-二氮杂菲(BCP)、3-苯基-4-(1'-萘基)-5-苯基咔唑、三(8-羟基喹啉)铝(Alq)、双-(2-甲基-8-羟基喹啉)-4-(苯基苯酚)铝等。

相对于磷光主体材料，磷光掺杂剂的含有量(掺杂量)优选为 0.01 重量%以上 30 重量%以下，更优选为 0.1 重量%以上 20 重量%以下。作为磷光掺杂剂，使用红色磷光掺杂剂时，相对于磷光主体材料，优选为 0.1 重量%以上 20 重量%以下；使用绿色磷光掺杂剂时，相对于磷光主体材料，优选为 0.1 重量%以上 20 重量%以下。只要在此范围
20 内，就能够得到与荧光发光层 18 的荧光发光相平衡的强度的磷光发光。

另外，通过在同一磷光发光层内添加多个磷光掺杂剂，则能够在能量从磷光主体材料转移至低能量的第一磷光掺杂剂后、使能量效率良好地转移至能量更低的第二磷光掺杂剂。特别是，通过在同一磷光
25 发光层中添加红色磷光掺杂剂和绿色磷光掺杂剂，可以进一步提高发光效率。此时，从提高发光效率的观点考虑，优选使红色磷光掺杂剂的含有量少于绿色磷光掺杂剂的含有量。

另外，将磷光发光层 16 制成两层以上的构造时，还能够改变在每层中添加的磷光掺杂剂。

磷光发光层 16 可以通过使用上述磷光掺杂剂和磷光主体材料、利用如溅射法、离子电镀法、真空蒸镀法、旋涂法、电子束蒸镀法等公知的成膜方法来形成。

考虑到白色度、元件寿命和发光效率等元件性能，荧光掺杂剂优选使用蓝色荧光掺杂剂。另外，作为磷光掺杂剂优选使用红色磷光掺杂剂和绿色磷光掺杂剂中的至少一种。

5 荧光发光层 18 的膜厚也取决于所选的材料，但优选为 1nm 以上 100nm 以下，更优选为 2nm 以上 50nm 以下。并且，通过使荧光发光层 18 的膜厚厚于磷光发光层 16 的膜厚，荧光和磷光的发光强度的平衡变得良好，能够进一步提高有机 EL 元件的白色度。

磷光发光层 16 的膜厚也取决于所选的材料，但优选为 0.1nm 以上 100nm 以下，更优选为 3nm 以上 15nm 以下。

10 双极层 17 由分别从阳极 12 和阴极 14 注入的空穴和电子能够共同移动的材料构成，确保荧光发光层 18 和磷光发光层 16 之间的一定距离、抑制磷光发光层 16 内的三重态能量向荧光发光层 18 的交换转移。

15 双极层 17 中所使用的材料只要是空穴和电子能共同移动（具有双极性）的材料即可，没有特别限定，例如可以举出单独具有双极性的材料、混合了空穴输送性材料和电子输送性材料的材料。

特别是作为构成双极层 17 的材料，选择三重态能隙大于磷光掺杂剂的三重态能隙大的物质，由此，可抑制磷光主体材料的三重态能量向双极层 17 的材料进行能量转移。在本发明中，所谓的三重态能隙是指基态和材料的三重激发态之间的能量差。

20 作为单独具有双极性的材料，可以举出咔唑衍生物、茚衍生物。更具体地可以举出 4,4'-N,N'-二咔唑基联苯（CBP），N,N'-二咔唑基-3,5-苯。

25 作为在混合空穴输送性材料和电子输送性材料形成双极层 17 时的空穴输送性材料，可以从有机 EL 元件的空穴输送层中所使用的公知材料等中选择任意的材料进行使用。

30 上述材料可以举出酞菁衍生物，三唑衍生物，三芳基甲烷衍生物，三芳基胺衍生物，噁唑衍生物，噁二唑衍生物，脞衍生物，茛衍生物，吡唑啉衍生物，聚硅烷衍生物，咪唑衍生物，苯二胺衍生物，氨基取代查尔酮衍生物，苯乙烯基萘衍生物、苯乙烯基胺衍生物等苯乙烯化合物，茚衍生物，硅氮烷衍生物，苯胺类共聚物，卟啉化合物，咔唑衍生物，多芳基烷烃衍生物，聚亚苯基乙烯及其衍生物，聚噻吩

及其衍生物,聚-N-乙烯基吡啶衍生物等,噻吩低聚物等导电性高分子低聚体,芳香族叔胺化合物,苯乙烯胺化合物,三胺类,四胺类,联苯胺类,丙炔二胺衍生物,对苯二胺衍生物,间苯二胺衍生物,1,1'-双(4-二芳基氨基苯基)环己烷,4,4'-二(二芳基氨基)联苯类,双

5 [4-(二芳基氨基)苯基]甲烷类,4,4''-二(二芳基氨基)三联苯类,4,4'''-二(二芳基氨基)四联苯类,4,4'-二(二芳基氨基)二苯基醚类,4,4'-二(二芳基氨基)二苯基硫烷类,双[4-(二芳基氨基)苯基]二甲基甲烷类、双[4-(二芳基氨基)苯基]-二(三氟甲基)甲烷类,2,2-二苯基乙烯化合物等。

- 10 作为三芳基胺衍生物,可以举出三苯基胺的2倍体、3倍体、4倍体和5倍体,4,4'-双[N-苯基-N-(4''-甲基苯基)氨基]联苯,4,4'-双[N-苯基-N-(3''-甲基苯基)氨基]联苯,4,4'-双[N-苯基-N-(3''-甲氧基苯基)氨基]联苯,N,N'-二苯基-N,N'-双(1-萘基)-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(NPB),4,4'-双[N-[4'-[N''-(1-萘基)-N''-苯基氨基]联苯基]-N-苯基氨基]联苯(NTPA),3,3'-二甲基-4,4'-双[N-苯基-N-(3''-甲基苯基)氨基]联苯,1,1-双[4'-[N,N-二(4''-甲基苯基)氨基]苯基]环己烷,9,10-双[N-(4'-甲基苯基)-N-(4''-正丁基苯基)氨基]菲,3,8-双(N,N-二苯基氨基)-6-苯基菲啉,4-甲基-N,N-双[4'',4'''-双[N',N''-二(4-甲基苯基)氨基]联苯-4-基]苯胺,N,N'-双[4-(二苯基氨基)苯基]-N,N'-二苯基-1,3-二氨基苯,N,N'-双[4-(二苯基氨基)苯基]-N,N'-二苯基-1,3-二氨基苯,N,N'-双[4-(二苯基氨基)苯基]-N,N'-二苯基-1,4-二氨基苯,5,5''-双[4-(双[4-甲基苯基]氨基)苯基]-2,2':5,2'-多噻吩,1,3,5-三(二苯基氨基)苯,4,4',4''-三(N-吡啶)三苯胺,4,4',4''-三[N-(3'''-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺,4,4',4''-三[N,N-双(4'''-叔丁基苯基-4''''-基)氨基]三苯胺,1,3,5-三[N-(4'-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]苯等。
- 15
- 20
- 25

- 作为卟啉化合物,可以举出如卟啉、1,10,15,20-四苯基-21H,23H-卟啉铜(II),1,10,15,20-四苯基-21H,23H-卟啉锌(II),5,10,15,20-四(五氟苯基)-21H,23H-卟啉;作为酞菁衍生物,可以举出硅酞菁氧化物、氯化铝酞菁、无金属酞菁类、二锂酞菁、四甲基酞菁铜、酞菁铜、酞菁铬、酞菁铈、酞菁铅、氧化钛酞菁、酞菁镁、八甲基酞菁铜等。
- 30

作为芳香族叔胺化合物和苯乙烯胺化合物，可以举出如 N,N,N',N'-四苯基-4,4'-二氨基苯、N,N'-二苯基-N,N'-双-(3-甲基苯基)-[1,1'-联苯基]-4,4'-二胺、2,2-双(4-二-对三氨基苯基)丙烷、1,1-双(4-二-对三氨基苯基)环己烷、N,N,N',N'-四对甲苯基-4,4'-二氨基苯、1,1-双(4-二-对三氨基苯基)-4-苯基环己烷、双(4-二甲基氨基-2-甲基苯基)苯基甲烷、双(4-二对甲苯基氨基苯基)苯基甲烷、N,N'-二苯基-N,N'-二(4-甲氧基苯基)-4,4'-二氨基联苯、N,N,N',N'-四苯基-4,4'-二氨基苯基醚、4,4'-双(二苯基氨基)四联苯、N,N,N-三(对-甲苯基)胺、4-(二-对甲苯基氨基)-4'-[4(二-对甲苯基氨基)苯乙烯基]均苯二乙烯、4-N,N-二苯基氨基-2-二苯基乙烯基苯、3-甲氧基-4'-N,N-二苯基氨基均苯二乙烯、N-苯基吡啶等。

其中，优选芳基-二(4-二芳基氨基苯基)胺类、对苯二胺衍生物、4,4'-二氨基联苯衍生物、4,4'-二氨基二苯基硫烷衍生物、4,4'-二氨基二苯基甲烷衍生物、4,4'-二氨基二苯基醚衍生物、4,4'-二氨基四苯基甲烷衍生物、4,4'-二氨基均苯二乙烯衍生物、1,1-二芳基环己烷类、4,4'-二氨基多苯基衍生物、5,10-二-(4-氨基苯基)蒽衍生物、2,5-二芳基吡啶、2,5-二芳基咪唑类、2,5-二芳基噻吩类、2,5-二芳基吡咯类、2,5-二芳基-1,3,4-噁二唑类、4-(二芳基氨基)均苯二乙烯类、4,4'-二(二芳基氨基)均苯二乙烯类、N,N-二芳基-4-(2,2-二苯基乙烯基)苯胺类、2,5-二芳基-1,3,4-三唑类、1,4-二(4-氨基苯基)萘衍生物、2,8-二(二芳基氨基)-5-噻吨类、1,3-二(二芳基氨基)异吲哚类等，更优选三[4-[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]苯基]胺、三[4-[N-(2-萘基)N-苯基氨基]苯基]胺等。

作为混合空穴输送层和电子输送层形成双极层 17 时的电子输送性材料，可以从在有机 EL 元件的电子输送层中使用的公知材料等中选择任意材料进行使用。

作为上述材料，可以举出如 1,3-双[5'-(对叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2'-基]苯、2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑等噁二唑衍生物、3-(4'-叔丁基苯基)-4-苯基-5-(4''-联苯)-1,2,4-三唑等三唑衍生物，三嗪衍生物，噻啉衍生物，噻噁啉衍生物，二苯醚衍生物，硝基取代茚酮衍生物，噻喃二氧化物衍生物，蒽醌二甲烷衍生物，噻喃二氧化物衍生物，萘基花等杂环四酸酐，碳化二亚胺，茚叉甲烷

衍生物，葱醌二甲烷衍生物，葱酮衍生物，二苯乙烯基吡嗪衍生物，硅杂环戊二烯衍生物，二氮杂菲衍生物，咪唑并吡啶衍生物等。

另外，还可以举出双(10-苯并[h]羟基喹啉)铍、5-羟基黄酮的铍盐、5-羟基黄酮的铝盐等有机金属配合物，8-羟基喹啉或其衍生物的金属配合物，如三(8-羟基喹啉)铝(Alq)、三(5,7-二氯-8-羟基喹啉)铝、双(2-甲基-8-羟基喹啉)(对-苯基苯酚)铝(BAlq)、三(5,7-二溴-8-羟基喹啉)铝、三(2-甲基-8-羟基喹啉)铝等植物激素(一般而言为8-羟基喹啉)等羟基喹啉类金属配合物等的含有螯合剂的金属螯合剂化合物。另外，还可以举出这些金属配合物的中心金属被替换成铍、铟、镓、铜、钙、锡、锌或铅的金属配合物等。优选使用无金属或金属酞菁，或者是它们的末端被置换为烷基、磺基等的物质。

其中，更优选使用2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-二氮杂菲(BCP)、3-苯基-4-(1'-萘)-5-苯基-1,2,4-三唑(TAZ)。另外通过选择玻璃化温度(T_g)高于电子输送性材料的玻璃化温度的空穴输送性材料，还能够阻碍元件发光色的变化和效率降低、防止使元件连续发光时的元件性能的降低。

相对于双极层17，优选含有5重量%以上95重量%以下的上述电子输送性材料，更优选含有20重量%以上80重量%以下。相对于双极层17、电子输送性材料小于5重量%时，从磷光发光层16向荧光发光层18的空穴移动减少，无法得到高效率的白色发光。另外，同样当相对于双极层17、电子输送性材料超过95重量%时，从磷光发光层16向荧光发光层18的电子移动增多，无法得到高效率的白色发光。因此，只要在双极层17中的电子输送性材料在上述范围内，就能够制成高发光效率、且白色度优异的有机EL元件。

另外，在作为空穴输送性材料和电子输送性材料的混合层形成双极层17时，优先选择使空穴输送性材料的HOMO的能级绝对值小于电子输送性材料的HOMO的能级绝对值的材料。另外，优先选择使空穴输送性材料的LUMO的能级绝对值小于电子输送性材料的LUMO的能级绝对值的材料。通过上述构成，能够充分实现双极功能、进一步提高发光效率。

本发明中的HOMO能级与离子化电位、LUMO能级与电子亲和力分别定义为相同含义。离子化电位和电子亲和力是以真空能级为基

础进行定义的。

离子化电位 (HOMO) 可以用光电子分光法或与其类似的测定法直接测定, 或者是以电化学测定的氧化电位为基准电位、校正之后求得。

- 5 电子亲和力 (LUMO) 可以通过将吸收光谱吸收端的能量作为带隙值、从离子化电位 (HOMO) 减掉带隙而求得。

10 双极层 17 可以利用上述材料、通过真空蒸镀法、溅射法、离子化蒸镀法、离子电镀法、电子束蒸镀法、旋涂法等公知的薄膜成膜法形成。此时, 双极层 17 的膜厚, 优选在 2nm 以上 15nm 以下, 更优选在 4nm 以上 10nm 以下。双极层 17 的膜厚以小于等于 1nm 形成时, 双极层 17 的三重态能量的交换转移的抑制功能下降。另外, 双极层 17 的膜厚以大于等于 15nm 形成时, 则有机 EL 元件的驱动电压增高。因此, 通过使双极层的膜厚在上述范围, 能够确保荧光发光层 18 和磷光发光层 16 之间的距离, 更有效地抑制三重态能量的转移。

- 15 空穴输送层 15 是从阳极注入空穴、将注入的空穴输送到磷光发光层 16 的层, 赋予有机 EL 元件以下特性:

(i) 降低驱动电压。

(ii) 由于稳定了从阳极 12 向磷光发光层 16 的空穴注入, 因此延长元件寿命。

- 20 (iii) 由于提高了阳极 12 和磷光发光层 16 的密合性, 因此提高发光面的均一性。

(iv) 覆盖了阳极 12 的凸起等, 可减少元件缺陷。

25 作为空穴输送层 15 所使用的材料, 只要是能够赋予空穴输送层 15 上述特性的材料即可, 没有特别限定, 可以从上述双极层 17 中所用的空穴输送性材料、可作为光传导材料的空穴注入材料使用的公知材料等中选择任意材料进行使用。从成本等方面考虑, 特别优选使用与双极层 17 所含空穴输送性材料相同的材料。

30 空穴输送层 15 可以由一种上述材料形成、也可以混合多种材料进而形成。另外, 还可以是由同一组成或不同组成的多个层形成的多层结构。

空穴输送层 15 可以通过使用上述材料, 利用溅射法、离子电镀法、真空蒸镀法、旋涂法、电子束蒸镀法等公知的成膜方法形成。空

穴输送层 15 的膜厚可取决于所使用的材料，通常为 5nm 以上 5 μ m 以下。

空穴输送层 15 的 HOMO，一般设定在阳极的功函数和发光层的 HOMO 之间。另外，当空穴输送层 15 设在比邻接的发光层更靠近光输出侧时，使其相对于输出光为透明。因此，从能够形成上述空穴输送层 15 的材料中适当选择在薄膜化时相对于上述光为透明的材料，一般按照相对于输出光的透过率大于 10%进行设定。

电子输送层 19 设在阴极 14 和荧光发光层 18 之间，是从阴极 14 注入电子、将注入的电子输送到荧光发光层 18 的层，赋予有机 EL 元件以下特性：

(i) 降低驱动电压。

(ii) 由于稳定了从阴极 14 向荧光发光层 18 的电子注入，因此延长元件寿命。

(iii) 由于提高了阴极 14 和荧光发光层 18 的密合性，因此可以提高发光面的均一性。

作为电子输送层 19 所使用的材料，只要是赋予了电子输送层 19 上述特性的材料即可，没有特别限定，可以从上述双极层中所用的电子输送性材料、可作为光传导材料的电子注入材料使用的公知材料等中选择任意材料进行使用。一般来说，优选使用 LUMO 在阴极功函数和邻接的发光层之间的材料。从成本等方面考虑，特别优选使用与双极层 17 所含电子输送性材料相同的材料形成电子输送层 19。

电子输送层 19 可以由一种上述材料形成，也可以是多个材料混合进而形成。还可以是由同一组成或不同组成的多个层形成的多层结构。

电子输送层 19 可以通过使用上述材料，利用溅射法、离子电镀法、真空蒸镀法、旋涂法、电子束蒸镀法等公知的成膜方法形成。电子输送层 19 的膜厚可取决于使用的材料，但通常为 5nm 以上 5 μ m 以下。

当电子输送层 19 设在比邻接的发光层更靠近光输出侧时，相对于输出的光必须为透明。因此，从能够形成上述电子输送层 19 的材料中适当选择在薄膜化时相对于上述光为透明的材料，一般按照相对于输出光的透过率大于 10%进行设定。

下面,对基板、阳极和阴极进行详细说明。

本发明中的基板 11 是用于支撑有机 EL 元件的板状部件。由于构成有机 EL 元件的各个层都非常薄,因此一般制成被基板 11 支撑的有机 EL 元件。以此目的来看,基板 11 优选具有平面平滑性。当基板 11 位于光输出侧时,基板 11 相对于输出光为透明。

作为基板 11 只要具有上述性能即可,可以使用公知的物质,例如可以举出玻璃基板、硅基板、石英基板等陶瓷基板,塑料基板,金属基板。另外还可以使用在上述基板上形成有金属箔的基板等。并且还可以使用由多个同种或不同种基板组合而成的复合基板。

本发明中的阳极 12 是用于向有机层 13 注入空穴的电极。因此,在阳极 12 中所使用的材料只要是能够赋予阳极 12 该性质的材料即可,一般来说可以选择金属、合金、导电性化合物和它们的混合物等公知的材料。

作为阳极 12 所使用的材料,例如可以是 ITO(铟锡氧化物)、IZO(铟锌氧化物)、IWO(铟钨氧化物)、氧化锡、氧化锌、锌铝氧化物、氮化钛等金属氧化物,金属氮化物;金、铂、银、铜、铝、镍、钴、铅、铬、钼、钨、钽、铌等金属和这些金属的合金、碘化铜的合金等;聚苯胺、聚噻吩、聚吡咯、聚亚苯基乙烯、聚(3-甲基噻吩)、聚苯硫醚等导电性高分子等。

当阳极 12 设在比有机层 13 更靠近光输出侧时,一般按照相对于输出光的透过率大于 10%进行设定。当输出可见光区域的光时,优选使用在可见光区域的透过率高的 ITO。

作为反射电极使用时,从上述材料内适当选择具有反射向外部输出的光的功能的材料,一般为金属、合金、金属化合物。

阳极 12 可以仅由上述一种材料形成,也可以是多个混合进而形成。另外还可以是由同一组成或不同组成的多个层形成的多层结构。并且,阳极 12 可以通过使用上述材料、利用溅射法、离子电镀法、真空蒸镀法、旋涂法、电子束蒸镀法等公知的薄膜形成法形成。

阳极 12 的膜厚取决于使用的材料,一般形成在 5nm 以上 1 μ m 以下,优选为 10nm 以上 1 μ m 以下,更优选为 10nm 以上 500nm 以下,特别优选为 10nm 以上 300nm 以下,最优选为 10nm 以上 200nm 以下的范围内。

阳极 12 的片材电阻优选设定为数百欧姆/片材以下，更优选设定为 5 欧姆/片材以上 50 欧姆/片材以下。

- 5 在阳极 12 的表面（与有机层 13 相接的面）可以进行紫外-臭氧清洁、富氧等离子清洁、氢等离子清洁。为了抑制有机 EL 元件的短路、缺陷的发生，可以通过将粒径微小化的方法、成膜后进行研磨的方法，作为平方平均值、将表面粗糙度控制在 20nm 以下。

另外，当阳极 12 的电阻高时，可设辅助电极降低电阻。辅助电极可以是在阳极 12 内部分并列设置银、铜、铬、铝、钛、铝合金、银合金等金属或它们的层压物得到的电极。

- 10 本发明中的阴极 14 是用于向有机层 13 中注入电子的电极。此阴极 14 优选使用由功函数小的金属、合金、导电性化合物和它们的混合物构成的电极材料。为了提高电子注入效率，优选使用功函数小于 4.5eV 的电极材料。作为上述电极材料，可以举出如锂、钠、镁、金、银、铜、铝、镧、钙、锡、钇、钛、锰、铬、钇、铝-钙合金、铝-锂
15 合金、铝-镁合金、镁-银合金、镁-镧合金、锂-镧合金、钠-钾合金、镁/铜混合物、铝/氧化铝混合物等。另外还可以使用可用作阳极用材料材料。

当阴极 14 设在比有机层 13 更靠近光输出侧时，按照相对于输出光的透过率大于 10% 进行设定、层压透明的导电性氧化物。

- 20 阴极 14 作为光反射电极使用时，从上述材料内适当选择具有反射向外部输出的光的性能的材料，一般为金属、合金、金属化合物。

阴极 14 可以是仅由上述材料单独形成，也可以由多个材料形成。例如，如果在镁中按照 5% 以上 10% 以下添加银、铜，则能够防止阴极 14 的氧化，并增高阴极 14 与有机层 13 的接合性。

- 25 阴极 14 可以通过使用上述材料，利用真空蒸镀法、溅射法、离子化蒸镀法、离子电镀法、电子束蒸镀法等公知的薄膜形成法形成。

阴极 14 的膜厚取决于使用的材料，一般形成在 5nm 以上 1 μ m 以下，优选为 10nm 以上 500nm 以下，最优选为 50nm 以上 200nm 以下的范围内。

- 30 阴极 14 的片材电阻优选设定在数百欧姆/片材以下。

通过上述层压结构表现白色时，能够将阴极和阳极间的磷光发光层 16、双极层 17 和荧光发光层 18 形成如下所述的层结构：

- (i) 蓝色荧光发光层/双极层/红色和绿色磷光发光层
(ii) 蓝色荧光发光层/双极层/红色磷光发光层/绿色磷光发光层
(iii) 蓝色荧光发光层/双极层/绿色磷光发光层/红色磷光发光层
(iv) 蓝色荧光发光层/双极层/红色荧光和绿色磷光发光层
5 (v) 蓝色荧光发光层/双极层/绿色荧光和红色磷光发光层
(vi) 蓝色荧光发光层/红色荧光发光层/双极层/绿色磷光发光层
(vii) 蓝色荧光发光层/绿色荧光发光层/双极层/红色磷光发光层
(viii) 蓝色荧光发光层/双极层/红色磷光发光层/双极层/绿色荧光
发光层
10 (ix) 蓝色荧光发光层/双极层/绿色磷光发光层/双极层/红色荧光
发光层
(x) 绿色磷光发光层/双极层/蓝色荧光发光层/双极层/红色磷光
发光层
(xi) 绿色荧光发光层/蓝色荧光发光层/双极层/红色磷光发光层
15 (xii) 绿色磷光发光层/双极层/蓝色荧光发光层/红色荧光发光层
其中,通过将荧光发光层 18 设在比磷光发光层 16 更靠近阴极侧、
进而形成元件,可以实现更优异的白光度和发光效率。
在上述层结构中,通过红色、绿色和蓝色表达白色,但是也可以
像蓝色发光层/黄色发光层、浅蓝色发光层/橙色发光层、绿色发光层/
20 紫色发光层那样,通过激发补色关系中的颜色来表达白光。当然,还
可以表达白色以外的颜色。
本发明涉及的有机 EL 元件的有机层并不限定由上述空穴输送层
15、荧光发光层 18、磷光发光层 16 和双极层 17、电子输送层 19 这样
5 种构成,在有机 EL 元件中可以适当含有或省略公知层。
25 更具体地说,可以形成如下元件构成。
(i) (阳极)/(荧光、磷光、双极层)/(阴极)
(ii) (阳极)/(荧光、磷光、双极层)/电子输送层/(阴极)
(iii) (阳极)/(荧光、磷光、双极层)/电子输送层/电子注入
层/(阴极)
30 (iv) (阳极)/空穴输送层/(荧光、磷光、双极层)/(阴极)
(v) (阳极)/空穴输送层/(荧光、磷光、双极层)/电子输送层
/(阴极)

(vi) (阳极)/空穴输送层/(荧光、磷光、双极层)/电子输送层/电子注入层/(阴极)

(vii) (阳极)/空穴注入层/空穴输送层/(荧光、磷光、双极层)/(阴极)

5 (viii) (阳极)/空穴注入层/空穴输送层/(荧光、磷光、双极层)/电子输送层/(阴极)

(ix) (阳极)/空穴注入层/空穴输送层/(荧光、磷光、双极层)/电子输送层/电子注入层/(阴极)

10 空穴注入层形成在阳极和空穴输送层之间、将从阳极注入的空穴输送至空穴输送层,赋予有机 EL 元件以下特性:

(i) 降低驱动电压

(ii) 由于稳定了从阳极向空穴输送层的空穴注入,因此延长元件寿命。

15 (iii) 由于提高了阳极和空穴输送层的密合性因此提高发光面的均一性。

(iv) 覆盖了阳极的凸起等,可减少元件缺陷。

作为空穴注入层所使用的材料,只要是能够赋予空穴注入层上述特性的材料即可,没有特别限定,可以直接使用上述空穴输送层 15 中所用的材料、或公知的材料。空穴注入层可以由单独的材料形成、也可以是由多个材料形成。

空穴注入层的膜厚为 0.1nm 以上 100nm 以下,优选为 0.3nm 以上 50nm 以下。

电子注入层形成在阴极 14 和电子输送层 19 之间、将从阴极 14 注入的电子输送到电子输送层 19,赋予有机 EL 元件以下特性:

25 (i) 降低驱动电压

(ii) 由于稳定了从阴极 14 向电子输送层 19 的电子注入,因此延长元件寿命。

(iii) 由于提高了阴极 14 和电子输送层 19 的密合性,因此提高发光面的均一性。

30 作为电子注入层所使用的材料,只要是赋予电子注入层上述特性的材料即可,没有特别限定,还可以使用公知的材料。例如氟化锂、氧化锂、氟化镁、氟化钙、氟化铯、氟化钡等碱金属、碱土类金属的

氟化物、氧化物、氯化物、硫化物等。电子注入层可以由单独的材料构成、也可以由多个材料构成。

电子注入层的膜厚为 0.1nm 以上 10nm 以下，优选为 0.3nm 以上 3nm 以下。

- 5 电子注入层可以在电子注入层中膜厚均一地形成、也可以不均一地形成，还可以形成岛状，可通过真空蒸镀法等公知的薄膜成膜方法形成。

接下来，对能够设在上述层之间的层进行说明。

- 10 可以在上述各层之间的至少一层上设置阻止空穴、电子等迁移的层（阻碍层）。例如，在将荧光发光层设在比双极层更靠近阴极侧时，可以设计与荧光发光层的阴极侧相邻接的空穴阻碍层。通过如上所述地设计空穴阻碍层，能够抑制空穴向阴极侧的通过、在荧光发光层中空穴和电子效率良好地再次结合，因此可提高发光效率。

- 15 作为空穴阻碍层中使用的材料，可以举出例如三唑衍生物、噁二唑衍生物、BAIq、二氮杂菲衍生物等已知的材料。特别通过使用与双极层所含空穴输送性材料相同的材料，不会缩短元件的寿命、可提高发光效率。

为了防止有机 EL 元件与氧、水分的接触，可以在基板的相反侧设有保护层（密封层、钝化膜）。

- 20 作为保护层所使用的材料，可以举出有机高分子材料、无机材料、甚至是光固化性树脂或热固化性树脂等。保护层中使用的材料可以单独使用、或者多个并用。保护层可以是单层结构、还可以是多层结构。

- 25 作为有机高分子材料，可以举出一氟三氟乙烯聚合物、二氟二氟乙烯聚合物、一氟三氟乙烯共聚物和二氟二氟乙烯聚合物的共聚物等氟类树脂，聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸酯等丙烯酸类树脂，环氧树脂、硅树脂、环氧硅酮树脂、聚苯乙烯树脂、聚酯树脂、聚碳酸酯树脂、聚酰胺树脂、聚亚胺树脂、聚酰胺-酰亚胺树脂、聚对二甲苯树脂、聚乙烯树脂、聚苯醚树脂等。

- 30 作为无机材料可以举出如聚硅氮烷、金刚石薄膜、非晶硅、电绝缘性玻璃、金属氧化物、金属氮化物、金属碳化物、金属硫化物等。

另外，也可以将有机 EL 元件密封在例如石蜡、液体石蜡、硅油、

氟烃油、添加有沸石的氟烃油等惰性物质中、进行保护。

当然，也可以通过罐密封进行保护。具体地说，为了阻断来自于外部的水分、氧，可将有机层用密封板、密封容器等密封部件进行密封。既可以仅在背面侧的电极侧设置密封部件，也可以用密封部件将有机 EL 元件全部覆盖。只要能够密封有机层、阻断外部空气即可，对密封部件的形状、大小、厚度等没有特别限定。作为密封部件所使用的材料可以使用玻璃、不锈钢、金属（铝等）、塑料（聚一氟三氟乙烯、聚酯、聚碳酸酯等）、陶瓷等。

在将密封部件设置在有机 EL 元件上时，还可以使用适当的密封剂（粘合剂）。当用密封部件覆盖全部有机 EL 元件时，也可不使用密封剂、在密封部件之间进行热熔结。作为密封剂可以使用紫外线固化树脂、热固化树脂、二液型固化树脂等。

并且可以在密封容器和有机 EL 元件之间的空间中插入水分吸收剂或惰性液体。水分吸收剂没有特别限定，具体可举出氧化钡、氧化钠、氧化钾、氧化钙、硫酸钠、硫酸钙、硫酸镁、五氧化磷、氯化钙、氯化镁、氯化铜、氯化铯、氯化镍、溴化钙、溴化钡、分子筛、沸石、氧化镁等。作为惰性液体可以使用石蜡类、液体石蜡类、氟类溶剂（全氟烷烃、全氟胺、全氟醚等）、氯类溶剂、聚硅油等。

通过本发明，由于保持了含荧光掺杂剂的发光层和含磷光掺杂剂的发光层之间的载流子平衡、同时抑制了三重态能量的交换转移，因此能够提供白色度、发光效率和元件寿命均优异的有机 EL 元件。

实施例

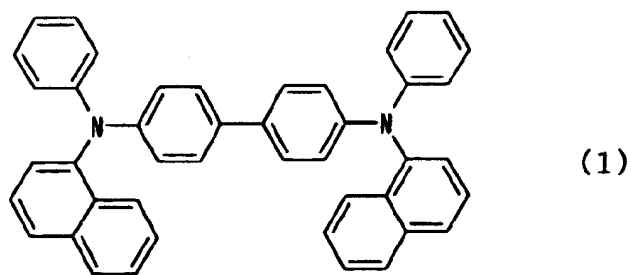
以下，通过实施例和比较例详细说明本发明。但是这些只是示例，并不限定本发明。

实施例 1

准备在一侧表面上形成了阳极 12（膜厚 150nm 的 ITO 层）的透明玻璃基板 11，进行基板洗涤。即，依次进行碱洗涤、纯水洗涤，干燥后再进行紫外线-臭氧洗涤。

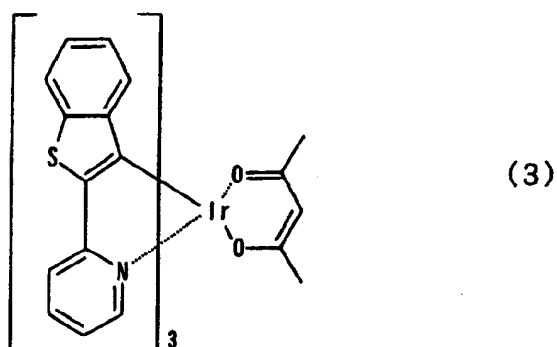
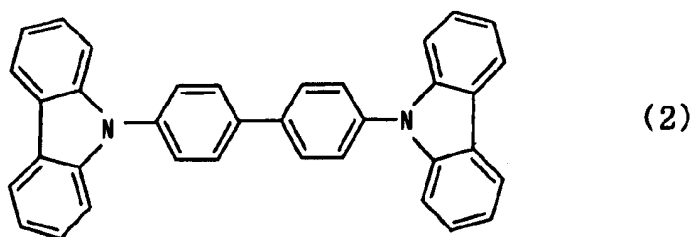
在进行了上述洗涤之后的基板 11 的阳极 12 上，利用真空蒸镀装置（碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 5.0×10^{-5} Pa），蒸镀下式（1）所示作为空穴输送性材料的 NPB、制作膜厚为 40nm 的层，此

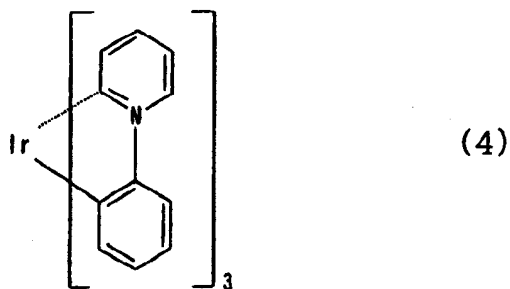
层为空穴输送层 15.



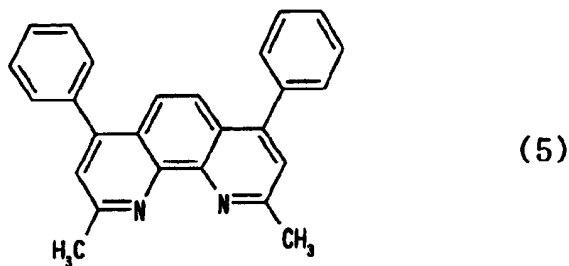
在空穴输送层 15 上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 $5.0 \times 10^{-5} \text{Pa}$), 共蒸镀下式 (2) 所示的作为磷光主体材料的 CBP (89.5 重量%)、下式 (3) 所示的作为红色磷光掺杂剂的 btp2Ir(acac) (0.5 重量%) 和下式 (4) 所示的作为绿色磷光掺杂剂的 Ir(ppy)₃ (10 重量%), 制作膜厚为 8nm 的层, 此层为磷光发光层 16.

10

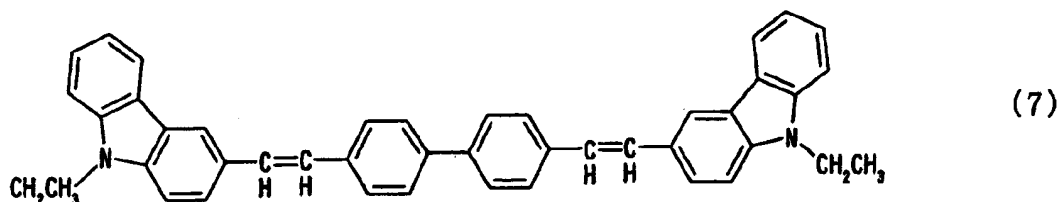
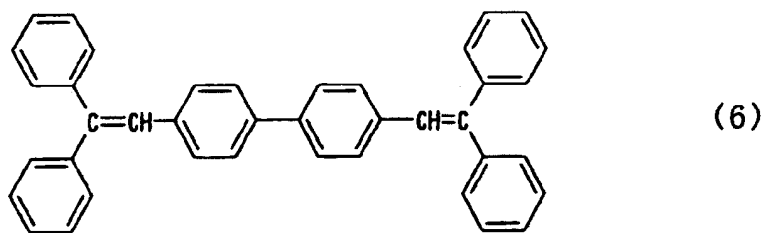




在磷光发光层 16 上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 5.0×10^{-5} Pa), 共蒸镀下式 (5) 所示的作为电子
 5 输送性材料的 BCP (50 重量%)、上述式 (1) 所示的作为空穴输送
 性材料的 NPB (50 重量%), 制作膜厚为 4nm 的层, 此层为双极层
 17.

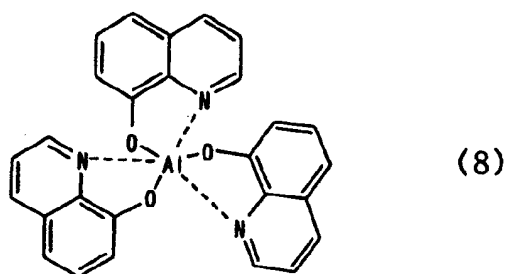


在双极层 17 上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、
 10 真空度约 5.0×10^{-5} Pa), 共蒸镀下式 (6) 所示的作为荧光主体材料
 的 DPVBi (96 重量%) 和下式 (7) 所示的作为荧光掺杂剂的 BCzVBi
 (4 重量%), 制作膜厚为 20nm 的层, 此层为荧光发光层 18.



在荧光发光层 18 上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 5.0×10^{-5} Pa), 蒸镀上述式 (5) 所示的 BCP, 制作膜厚为 6nm 的层, 此层为空穴阻碍层。

- 5 在空穴阻碍层上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 5.0×10^{-5} Pa), 蒸镀下式 (8) 所示的 Alq, 制作膜厚为 24nm 的层, 此层为电子输送层 19。



- 10 在电子输送层 19 上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 5.0×10^{-5} Pa), 制作膜厚为 1nm 的氟化锂 (LiF) 层, 此层为电子注入层。

- 15 在电子注入层上, 通过真空蒸镀装置 (碳坩埚、蒸镀速度 0.1nm/s、真空度约 5.0×10^{-5} Pa), 制作膜厚为 150nm 的铝 (Al) 层, 此层为阴极。

如上所述地完成有机 EL 元件后, 用公知的驱动电路将阳极 12 和阴极 14 连接起来, 作为发光效率测定在辉度为 1000cd/m^2 时的电功率

和白色度；作为有机 EL 元件寿命测定在初期辉度为 2400cd/m^2 时的连续电流下的初期辉度半衰期（到辉度变为 1200cd/m^2 时的时间，以下称为“半衰期”）。辉度的测定是利用辉度测定器（株式会社 TOPCON 制，商品名 BM7）进行的。结果示于表 1。

- 5 以下的实施例和比较例中所使用的化合物的简称总结如下。这些简称如下所示地与各化合物相对应。另外，给出各化合物的 HOMO 能级的绝对值、LUMO 能级的绝对值和玻璃化温度（ T_g ）。

NPB: N,N'-二苯基-N,N'-双（1-萘基）-（1,1'-联苯基）-4,4'-二胺（HOMO: 5.4eV 、LUMO: 2.4eV 、 T_g : 96°C ）

- 10 BCP: 2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-二氮杂菲（HOMO: 6.5eV 、LUMO: 3.0eV 、 T_g : 62°C ）

CBP: 4,4'-N,N'-二咔唑联苯（ T_g : 85°C ）

Ir(ppy)₃: 面式-三（2-苯基吡啶）铱

btp2Ir(acac): 双[2-（2'-苯并[4,5-a]噻吩基）吡啶-N,C^{3'}']乙酰丙酮铱

- 15 酮铱

Alq: 三（8-羟基喹啉）铝（ T_g : 175°C ）

BAlq: 双（2-甲基-8-羟基喹啉）（对苯基苯酚）铝（HOMO: 5.8eV 、LUMO: 3.0eV ）

- 20 SALq: 双（2-甲基-8-羟基喹啉）铝（Ⅲ）（HOMO: 6.0eV 、LUMO: 3.0eV ）

TPBI: 2,2',2''-（1,3,5-苯三酚）三-[1-萘基-1H-苯并咪唑]（HOMO: 5.8eV 、LUMO: 2.8eV 、 T_g : 63°C ）

OXD-7: 1,3-双（N,N-叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（HOMO: 6.4eV 、LUMO: 3.1eV ）

- 25 TAZ: 3-萘基-4-（1'-萘基）-5-萘基-1,2,4-三唑（HOMO: 5.8eV 、LUMO: 2.8eV ）

CuPc: 卟啉铜（Ⅱ）配合物（HOMO: 5.1eV 、LUMO: 2.1eV 、 T_g : 200°C 以上）

- 30 NTPA: 4,4'-双[N-[4'-[N''-（1-萘基）-N''-苯基氨基]联苯基]-N-苯基氨基]联苯（HOMO: 5.5eV 、LUMO: 2.5eV 、 T_g : 148°C ）

DPVBi: 4,4'-双（2,2'-二苯基乙烯基）联苯

BCzVBi: 4,4'-双[2-（9-乙基咔唑-2-基）乙烯基]联苯

实施例 2~6

在实施例 2~6 中,除了分别用 BA1q、SA1q、TPBI、OXD-7 和 TAZ 分别代替双极层 17 中的电子输送性材料 BCP 之外,其它与实施例 1 相同、制成有机 EL 元件。与实施例 1 同样地测定制得的实施例 2~5 6 的有机 EL 元件的电功率、白色度和半衰期。结果示于表 1。且,所示的电功率和半衰期是相对于实施例 1 的相对值。

实施例 7 和 8

在实施例 7 和 8 中,除了分别用 CuPc、NTPA 分别代替双极层 17 中的空穴输送性材料 NPB 之外,其它与实施例 1 相同地制成有机 EL 元件。与实施例 1 同样地测定制得的实施例 7 和 8 的有机 EL 元件的电功率、白色度和半衰期。结果示于表 1。且,所示的电功率和半衰期是相对于实施例 1 的相对值。

表 1

实施例	双极层的 构成	电功率	色度 x	色度 y	半衰期
1	BCP+NPB	1	0.32	0.33	1
2	BALq+NPB	0.96	0.31	0.34	1.03
3	SALq+NPB	0.94	0.30	0.33	0.89
4	TPBI+NPB	0.95	0.32	0.31	0.92
5	OXD-7+NPB	0.97	0.31	0.32	0.91
6	TAZ+NPB	0.98	0.33	0.31	0.86
7	BCP+CuPc	0.97	0.32	0.31	0.99
8	BCP+NTPA	1	0.34	0.31	1.04

实施例 9~12

- 5 在实施例 9~12 中,除了将双极层 17 中的空穴输送性材料:电子
 输送性材料的重量%比 50:50 分别替换成 80:20、60:40、40:60 和 20:80
 之外,其它与实施例 1 相同、制成有机 EL 元件。与实施例 1 同样地
 测定制得的实施例 9~12 的有机 EL 元件的电功率、白色度和半衰期。
 结果示于表 2。且,所示的电功率和半衰期是相对于实施例 1 的相对
 10 值。

表 2

实施例	NPB:BCP [重量%]	电功率	色度 x	色度 y	半衰期
9	80:20	0.82	0.29	0.28	0.79
10	60:40	0.94	0.30	0.31	0.94
11	40:60	0.98	0.34	0.36	0.76
12	20:80	0.94	0.39	0.39	0.65

15 实施例 13~16

在实施例 13~16 中，除了将磷光发光层 16、双极层 17 和荧光发光层 18 的层压顺序按照表 3 所示进行替换外，其它与实施例 1 相同、制成有机 EL 元件。与实施例 1 同样地测定制得的实施例 13~16 的有机 EL 元件的电功率、白色度和半衰期。结果示于表 3。且，所示的电功率和半衰期是相对于实施例 1 的相对值。

表 3

实施例	荧光发光层、双极层和磷光发光层的层压顺序 (从阳极侧到阴极侧)	电功率	色度 x	色度 y	半衰期
13	红色磷光发光层/绿色磷光发光层/双极层/蓝色荧光发光层	0.95	0.32	0.31	0.98
14	蓝色荧光发光层/双极层/红色和绿色磷光发光层	0.77	0.30	0.32	1
15	蓝色荧光发光层/双极层/绿色磷光发光层/红色磷光发光层	0.75	0.32	0.33	0.92
16	蓝色荧光发光层/双极层/红色磷光发光层/绿色磷光发光层	0.73	0.33	0.31	0.96

10 实施例 17 和 18

在实施例 17 中，将空穴阻碍层和电子输送层 19 变为一层（BCP 和 Alq 共蒸镀）、在实施例 18 中将空穴阻碍层省略，除此之外，其它与实施例 1 相同、制成有机 EL 元件。与实施例 1 同样地测定制得的实施例 17 和 18 的有机 EL 元件的电功率、白色度和半衰期。结果示于表 4。且，所示的电功率和半衰期是相对于实施例 1 的相对值。

表 4

实施例	电功率	色度 x	色度 y	半衰期
17	1.02	0.31	0.32	0.98
18	0.96	0.31	0.33	1.03

且, 上述实施例 1~18 中, 构成双极层 17 的空穴输送性材料的 HOMO 能级的绝对值小于构成双极层 17 的电子输送性材料的 HOMO 能级的绝对值。另外, 构成双极层 17 的空穴输送性材料的 LUMO 能级的绝对值小于构成双极层 17 的电子输送性材料的 LUMO 能级的绝对值。

比较例 1~4

在比较例 1~3 中, 分别仅用空穴输送性材料 (NPB) 形成膜厚为 4nm、仅用空穴输送性材料 (NPB) 形成膜厚为 2nm、仅用电子输送性材料 (BCP) 形成膜厚为 4nm 的双极层 17, 除此之外, 其它与实施例 1 相同、制成有机 EL 元件。另外, 在比较例 4 中, 除了不形成双极层 17 之外, 与实施例 1 相同、制成有机 EL 元件。与实施例 1 同样地测定制得的比较例 1~4 的有机 EL 元件的电功率、白色度和半衰期。结果示于表 5。且, 所示的电功率和半衰期是相对于实施例 1 的相对值。

表 5

比较例	电功率	色度 x	色度 y	半衰期
1	0.62	0.26	0.27	0.65
2	0.49	0.31	0.33	0.79
3	0.93	0.43	0.49	0.27
4	0.33	0.29	0.29	0.19

由表 1~5 可知, 在荧光发光层 18 和磷光发光层 16 之间设有双极层 17 的实施例 1~18 的有机 EL 元件, 与比较例 1~4 相比, 白色度、发光效率和元件寿命均优异。

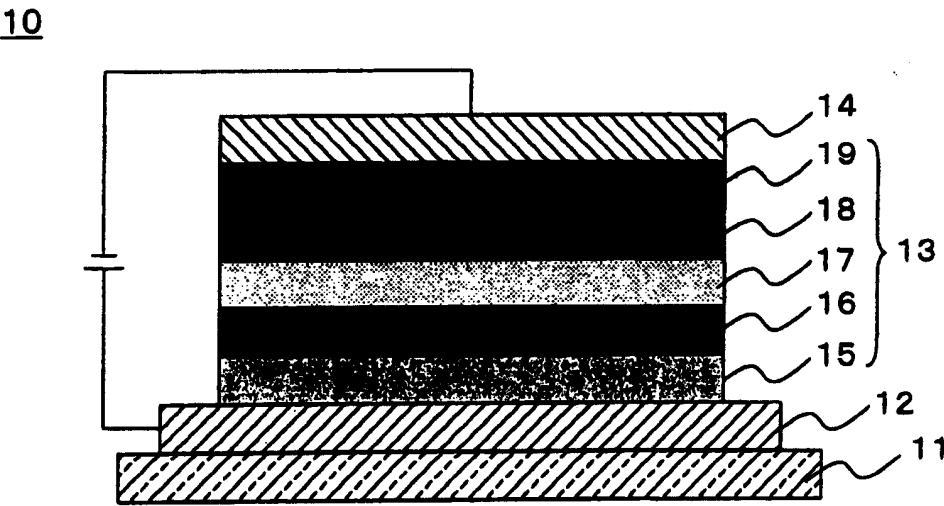


图 1