

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H01L 51/52 (2006.01)  
H05B 33/22 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03822084.9

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 100448060C

[22] 申请日 2003.3.13 [21] 申请号 03822084.9

[86] 国际申请 PCT/JP2003/003027 2003.3.13

[87] 国际公布 WO2004/082338 日 2004.9.23

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.17

[73] 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 中山昌哉 板井雄一郎 木下正儿  
儿玉淳

[56] 参考文献

US5709959A 1998.1.20

JP6-36877A 1994.2.10

JP2001-357975A 2001.12.26

JP2002-43063A 2002.2.8

审查员 蔚文晋

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

代理人 高龙鑫 张龙哺

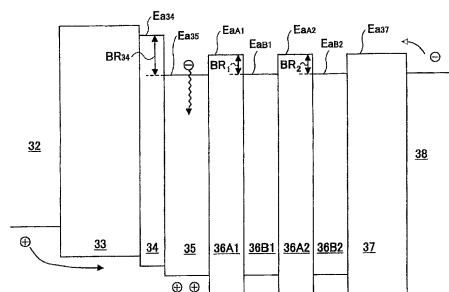
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 11 页

[54] 发明名称

有机电致发光元件以及有机电致发光显示器

[57] 摘要

一种有机 EL 元件，具有透明的基板(31)、在基板(31)上依次形成正极(32)、空穴注入层(33)、空穴输送层(34)、发光层(35)、电子输送叠层体(36)、负极侧电子输送层(37)、负极(38)的构成，电子输送叠层体(36)具有交替叠层电子亲和性相互不同的 2 种电子输送层(36A、36B)的构成。增加了从负极(38)注入的电子电流量，而和空穴电流量达到均衡，提高了发光效率。



1. 一种有机电致发光元件，其特征在于，  
具有：正极、形成在正极上的发光层、形成在发光层上的载流子输送叠层体、形成在载流子输送叠层体上的负极，  
上述载流子输送叠层体是交替叠层第1载流子输送层和第2载流子输送层而构成，  
上述第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子输送性不同，  
上述第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子亲和性不同，  
上述载流子输送叠层体中第1载流子输送层和第2载流子输送层的重复数目在2~10的范围内。
2. 如权利要求1所述的有机电致发光元件，其特征在于，第1载流子输送层和第2载流子输送层分别由2~50nm的膜厚构成。
3. 如权利要求1所述的有机电致发光元件，其特征在于，上述第1载流子输送层的电子亲和性比第2载流子输送层小，且膜厚与上述第2载流子输送层相同或者比其小。
4. 如权利要求1所述的有机电致发光元件，其特征在于，上述第1载流子输送层以及第2载流子输送层中的任意一方由与发光层相同的材料构成。
5. 如权利要求1所述的有机电致发光元件，其特征在于，在上述载流子输送叠层体和负极之间还具有电子输送层，  
上述电子输送层的能隙与第1载流子输送层以及第2载流子输送层中任意大的一方相同或者比其大。
6. 一种具有如上述权利要求1~5所述的有机电致发光元件的有机电致发光显示器。

## 有机电致发光元件以及有机电致发光显示器

### 技术领域

本发明一般涉及光电子元件以及使用光电子元件的平板显示器，特别是涉及有机电致发光元件以及有机电致发光显示器。

近年来，市场需求从过去的大型、较重的 CRT（负极射线管、布劳恩管）显示器向薄型、重量轻的平板显示器转移。作为平板显示器，液晶显示器、等离子显示器已经得到实用化，并应用在家庭电视影像接收机、个人电脑用显示器等方面。

近来，作为下一代的平板显示器，电致发光显示器（下面，称为“EL 显示器”），特别是有机 EL 显示器受到关注。对于构成有机 EL 显示器的有机 EL 元件，自从将空穴输送性和电子输送性的各种有机薄膜进行叠层得到的叠层性元件的报告（C.W.Tang and S.A.VanSlyke, Applied Physics Letters vol.51, 913(1987)）以来，作为以 10V 或其以下的低电压发光的大面积发光元件得到普遍关心，对它的研究非常盛行。有机 EL 显示器与液晶显示器比较，由于是自然发光型而不需要背光，可以实现薄型化，可以制成结构简单、具有挠性的显示器，所以可以期待将其应用的范围扩大。另一方面，在实用化方面，有机 EL 显示器仍然留有长寿命化的课题。

### 背景技术

图 1 是在先的有机 EL 元件的概略截面图。如图 1 所示，有机 EL 元件 10 具有这样的结构，在透明绝缘基板 11 上依次形成透明正极 12、空穴注入层 13、空穴输送层 14、发光层 15、电子输送层 16、负极 18。有机 EL 元件 10，将空穴从透明正极 11 注入到空穴注入层 13，另一方面从负极 19 注入电子，由于空穴以及电子在发光层 15 再结合并放出能量，激励发光层 15 中包含的有机荧光物质等而发光。辉度由再结合的空穴以及电子的单位时间的再结合量决定，此外，由于发光效率用相对于消耗电流的辉度来表示，所以发光中给与的电子量和空穴量的均衡程度好的话，就能提高发光效率。

有机 EL 元件 10，其透明正极 12 用 ITO（氧化铟锡：Indium Tin Oxide）

形成，该 ITO 的表面用 UV 臭氧和氧元素等离子体等进行氧化处理，通过将功函数与空穴注入层的电离能（イオン化ポテンシャル）整合，降低从透明正极 12 向空穴注入层 13 的空穴注入障壁，增加了空穴电流量。

另一方面，负极 18 中，使用向电子输送层 16 的电子注入障壁小的具有低功函数的金属的 Li、Mg 或者它们的合金 Al-Li、Mg-Ag 等。近来已知，通过将 LiF/Al 这样的金属氟化物作为电子注入层而导入，即使将单体 Al 用于负极 18，也能够展示出与使用 Li、Mg 等的低功函数金属的单体或者它们的合金作为负极的元件同等的向有机膜的电子注入能力，而且发光效率等元件特性也示出和使用低功函数金属作为负极的情况下同等或者更高的值（L. S. Hung, C. W. Tang Tang, and M. G. Mason, Applied Physics Letters vol.70(2), 152(1997)）。

但是，即使对负极 18 导入这样的低功函数金属的单体或合金、或者 LiF 等的电子注入层，到达发光层 15 的电子电流量，与空穴电流量相比仍然较少，由于电子电流量和空穴电流量的不平衡，存在这样的问题，即浪费了对发光没有贡献的空穴电流，不能充分的提高发光效率。

而且，为了在发光效率较低的情况下得到充分的辉度，需要增加施加的电压来使得流过更多的电流量，然而在施加了过度的电压时，在正极 12 和空穴注入层 13、以及负极 18 和电子输送层 16 的界面上容易产生化学反应，使得空穴注入层 13、电子输送层 16 发生变质而降低其功能，并进而容易引起元件的损坏。因此，存在不能充分确保元件的寿命的问题。

此外，在日本专利申请特开 2002-43063 号公报中公开了这样的技术方案：通过设置多层电子输送区域而提高载流子向发光层的注入和降低工作电压。然而，该公报中对于多层电子输送区域的结构没有公开具体构成。

专利文献 1：日本专利申请特开 2002-43063 号公报；

专利文献 2：日本专利申请特开 2001-357975 号公报。

## 发明内容

因此，本发明以提供一种解决上述问题的、崭新且有用的有机电致发光元件以及有机电致发光显示器为概括的主题。

本发明的更具体的主题是提供一种发光效率优良、可以实现长寿命化的

有机电致发光元件。

根据本发明的一个观点，

提供一种有机电致发光元件，其特征在于，

具有：正极、形成在正极上的发光层、形成在发光层上的载流子输送叠层体、形成在载流子输送叠层体上的负极，

上述载流子输送叠层体是交替叠层第1载流子输送层和第2载流子输送层而构成，

上述第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子输送性不同。

这里，电子输送性由形成第1载流子输送层以及第2载流子输送层的有机材料的电子亲和性、电离能、能隙（エネルギーギャップ）等决定。

根据本发明，通过在发光层和负极之间设置相互之间电子输送性不同的第1载流子输送层和第2载流子输送层交替叠层的载流子输送叠层体，可以增加注入到发光层的电子电流量。结果，本发明的有机电致发光元件，通过均衡电子电流量和空穴电流量，从而具有高的发光效率，还具有长的寿命。

上述第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子亲和性不同。通过使得第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子亲和性不同，形成多重量子阱，可以增加电子电流量。而且，电子亲和性，由构成载流子输送层等的材料的传导体的下端的能量和真空水平之间的能量差表示，用正值表示。

另外，本发明还提供一种有机电致发光元件，其特征在于，具有：正极、形成在正极上的发光层、形成在发光层上的载流子输送叠层体、形成在载流子输送叠层体上的负极，上述载流子输送叠层体是交替叠层第1载流子输送层和第2载流子输送层而构成，上述第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子输送性不同，上述第1载流子输送层和第2载流子输送层相互之间电子亲和性不同，上述载流子输送叠层体中第1载流子输送层和第2载流子输送层的重复数目在2~10的范围内。

根据本发明的其他观点，提供具备上述任何一个有机电致发光元件的有机电致发光显示器。

根据本发明，能够实现具有高的发光效率和长的寿命的有机电致发光显示器。

## 附图说明

图 1 是现有的有机 EL 元件的截面图。

图 2 是本发明的元件结构体的截面图。

图 3 是图 2 所示的元件结构体的 I-V 特性图。

图 4 是本发明的第 1 实施形式的有机 EL 元件的截面图。

图 5 是第 1 实施形式的有机 EL 元件的能量图。

图 6 是用于说明求取能隙的方法的图。

图 7 是用于说明求取电离能的方法的图。

图 8 是表示实施例以及比较例的有机 EL 元件中所使用的电子输送层以及空穴输送层的特性值的图。

图 9 是表示第 1~第 3 实施例以及第 1~第 2 比较例的有机 EL 元件的层结构和评价结果的图。

图 10 是表示第 4~第 5 实施例以及第 3~第 4 比较例的有机 EL 元件的层结构和评价结果的图。

图 11 是本发明的第 2 实施形式的有机 EL 显示器的分解立体图。

附图标记说明：

31…基板、32…正极、33…空穴注入层、34…空穴输送层、35…发光层、36…电子输送叠层体、37…负极侧电子输送层、38…负极、36A1・36A2…第 1 电子输送层、36B1・36B2…第 2 电子输送层、50…有机 EL 显示器

## 具体实施方式

首先本申请发明人对实行本发明的过程进行说明。本申请发明人进行如下所示的实验，得到这样的认识：通过作为本申请的特征的在发光层和负极之间设置交替叠层具有不同的电子输送性的电子输送层的电子输送叠层体，可以增加可注入的电流密度。

图 2 是本试验中使用的本发明的元件结构体的截面图。参照图 2，元件结构体 20 由基板 21、形成在基板 21 上的正极 22、在正极 22 上交替叠层 2 个不同的电子输送层 26A、26B 的电子输送叠层体 25、叠层在电子输送叠层体 26 上的负极侧电子输送层 27、形成在负极侧电子输送层 27 上的负极 28 构成。正极 22 使用 Al，负极 28 使用 LiF/Al。此外，负极侧电子输送层 27 使用 TYE704（东洋インキ公司生产，商品名）。电子输送叠层体 26 从正极侧起叠层第 1 电子输送层 26A1、第 2 电子输送层 26B1，并进一步按该顺序交替叠层第 1 电子输送层 26A2、第 2 电子输送层 26B2。这里，第 1 电子输送层 26A 使用 TYE704，第 2 电子输送层 26B 使用 TYG201（东洋インキ公司生产，商品名）。虽然已知 TYG201（东洋インキ公司生产，商品名）为绿色发光材料，这里也可以用作电子输送层。制造叠层的重复数目 N=1、3、

4 的元件结构体，而且为了进行比较还制造除了电子输送叠层体之外其它都相同的元件，即重复数目  $N=0$  的元件结构体。电子输送叠层体 26（在 {} 内表示）以及负极侧电子输送层 27 的厚度如下所示。而且，在各个元件结构体中，为了使得来自负极的电子注入障壁具有相同的条件，而设置负极侧电子输送层 26。

$N=0$ : TYG201(80nm)

$N=1$ : {[TYG201(30nm)/TYE704(30nm)]<sub>1</sub>}/TYG201(20nm)

$N=3$ : {[TYG201(10nm)/TYE704(10nm)]<sub>3</sub>}/TYG201(20nm)

$N=4$ : {[TYG201(7.5nm)/TYE704(7.5nm)]<sub>4</sub>}/TYG201(20nm)

为了测定流过电子输送叠层体 25 的电流量，在正极 22 和负极 28 之间以 0.5V 的增量施加直流 0~10V 的电压，用电流计测定流过元件的电流量。

图 3 是表示图 2 所示元件结构体的 I-V 特性的图。参照图 3， $N=0$  和  $N=1$  的元件相比较具有大致相等的电流量，或者  $N=1$  稍稍小些。另一方面  $N=3$  以及  $N=4$  中电流量大幅度增加，可知重复数目越多则电流量增加。因此，通过将具有相互不同的电子输送性的 2 个电子输送层 25A、25B 重复叠层，能够增加电子电流量，随着叠层数目的增多，能够流过与空穴电流量取得平衡的充分的电子电流量。推测是因为通过交替叠层电子亲和性不同的电子输送层而形成多重量子阱，根据多重量子阱效果而增加了电子电流量。而且， $N=1$  的情况下电流量没有增加的理由根据推测应该是， $N=1$  的情况下没有形成多重量子阱的原因。

如上所述，本申请发明人实现了一种具备叠层了不同的电子输送层的电子输送叠层体的有机 EL 元件的发明。

（第 1 实施形式）

下面，参照附图对本发明的实施形式的有机 EL 元件进行说明。

图 4 是本发明的实施形式的有机 EL 元件的截面图。图 5 是图 4 所示的本实施形式的有机 EL 元件的能量图的一个例子。图 5 中， $E_a$  表示电子亲和性， $E_g$  表示能隙， $I_p$  表示电离能。参照图 4 以及图 5，本实施形式的有机 EL 元件 30 由透明的基板 31、和在基板 31 上依次形成的正极 32、空穴注入层 33、空穴输送层 34、发光层 35、电子输送叠层体 36、负极侧电子输送层 37、负极 38 构成。

基板 31, 可以使用例如玻璃、石英等的透明性绝缘基板、Si 等的半导体基板、PET 和 PEN 等的薄膜、PVA 等的树脂基板等。此外, 还可以在这些基板上以矩阵状的形式形成控制有机 EL 元件的导通、断开的 TFT (薄膜晶体管)。基板 31 的厚度, 可以根据这些基板的材料进行适当的选择, 但大致是 200 微米~1000 微米。

正极 32 是用蒸镀法或溅射法而由 Al 等的导电材料形成在基板 31 上, 从空穴注入性的观点来看, 优选功函数较大的 Au、Cr、Mo 等。但是, 光从正极侧发射的情况下, 由 ITO 或氧化铟等的透明材料形成。

空穴注入层 33 和空穴输送层 34 采用 HOMO 高、即电离能小的材料。作为代表性的材料, 可以列举出酞菁铜 (CuPc), 星爆型氨的 m-MTDATA、2-TNATA、TPD,  $\alpha$ -NPD 等。而且, 为了在正极和空穴输送层之间注入更多的空穴, 还可以设置空穴注入层。空穴注入层可以采用上述的酞菁铜 (CuPc)、星爆型氨的 m-MTDATA、2-TNATA。

此外, 最好空穴输送层 34 相对于发光层 35 其电子亲和性较小。可以在发光层积蓄电子, 可以增加发光层的空间电子密度。具体而言, 如图 5 所示, 空穴输送层 34 的电子亲和性  $E_{a34}$  和发光层的电子亲和性  $E_{a35}$  之间的关系为  $E_{a34} < E_{a35}$ , 形成高度  $BR_{34} (=E_{a35} - E_{a34})$  的能量障壁。

而且, 还可以将电离能不同的空穴输送层交替叠层而设置。通过相对于空穴形成能量障壁而抑制空穴电流量, 可以谋求和电子电流量之间的均衡。

发光层 35 使用 Alq3 (tris(8-hydroxyquinolio) aluminium)、Znq2、Balq2 等的金属络合物类材料、PZ10、EM2 等的色素类材料等。此外, 还可以使用将红荧烯、TPB 等的色素掺杂到 Alq3 等的宿主材料中而形成的物质。

负极侧电子输送层 37, 用与构成后述的电子输送叠层体 36 的电子输送层相同的材料构成。尤其, 负极侧电子输送层 37, 与构成电子输送叠层体 36 的电子输送层比较, 优选能隙的大小与其相等或者比之更大。由此能够防止负极侧电子输送层 37 的发光。

负极 38 采用功函数较小、Li 等的金属或它的合金 Mg-Ag、Al-Li 等。此外, 还可以使用像 LiF/Al 这样的导入了金属氟化物等的电子注入层的负极。

电子输送叠层体 36, 由具有不同的电子输送性的第 1 电子输送层 36A 以及第 2 电子输送层 36B 交替的叠层而构成。这里, 不同的电子输送性就是,

例如 HOMO 和 LUMO（最低空分子轨道）、导电性等不同的意思。本实施形式中在下面对电子输送层 36A 以及第 2 电子输送层 36B 电子亲和性彼此不同的情况进行说明。

第 1 电子输送层 36A 以及第 2 电子输送层 36B 可以采用 8-羟基喹啉的金属螯合物、金属硫代木质酸盐化合物、噁二唑金属螯合物、三嗪、4,4'-二(2,2-二苯基乙烯基)联苯等。8-羟基喹啉的金属螯合物中优选的可以列举出 Alq<sub>3</sub>（三(8-羟基喹啉酸)铝)、Balq(二(8-羟基喹啉酸盐)-(4-苯基苯酚)铝)、二 PBD 等。此外，金属硫代木质酸盐化合物中优选的可以列举出二(8-喹啉硫醇)锌、二(8-喹啉硫醇)镉、三(8-喹啉硫醇)镓、三(8-喹啉硫醇)铟等。此外，噁二唑金属螯合物中优选的可以列举出二[2-(2-羟基苯基)-5-苯基-1,3,4-噁二草酸]锌、二[2-(2-羟基苯基)-5-苯基-1,3,4-噁二草酸]铍、二[2-(2-羟基苯基)-5-(1-萘基)-1,3,4-噁二草酸]锌、二[2-(2-羟基苯基)-5-(1-萘基)-1,3,4-噁二草酸]铍等。

第 1 电子输送层 36A 和第 2 电子输送层 36B，采用上述的电子输送层的材料使得第 1 电子输送层 36A 的电子亲和性为  $E_{aA}$ ，第 2 电子输送层 36B 的电子亲和性为  $E_{aB}$  时，进行选择使得电子亲和性的关系为  $E_{aA} < E_{aB}$ 。具有这样的关系的材料的选择中采用后述的测定法，求出电子亲和性即可。

电子从负极 38 向发光层 35 流动，在电子输送叠层体 36 中，例如从第 2 电子输送层 36B<sub>2</sub> 到第 1 电子输送层 36A<sub>2</sub> 的界面上根据这样的 2 个层的电子亲和性的差  $E_{B2} - E_{A2}$ ，形成能量障壁  $BR_2$ ，而形成阱型位势。从第 2 电子输送层 36B<sub>1</sub> 到第 1 电子输送层 36A<sub>1</sub> 也同样，形成能量障壁  $BR_1$ ，而形成阱型位势。因此，推测形成多重量子阱并增加了电子电流量。

第 1 电子输送层 36A 以及第 2 电子输送层 36B 的膜厚，可以根据第 1 电子输送层 36A 以及第 2 电子输送层 36B 的重复数目适当选择，设定在 2nm~50nm（优选 5nm~20nm）的范围内。比 50nm 更厚则使得有机 EL 元件整体的厚度过厚，导致合适的施加电压过大，容易在正极或者负极以及与它们连接的空穴注入层或者负极侧电子输送层之间的界面上发生电化学反应，对有机 EL 元件的寿命产生恶劣的影响。此外厚度比 2nm 更薄时连续膜形成不易，会扰乱阱型位势的周期性。

第 1 电子输送层 36A 以及第 2 电子输送层 36B 的膜厚分别设定为在上述

范围内的规定膜厚。使得多重量子阱的周期性良好。而且，第1电子输送层36A以及第2电子输送层36B的膜厚可以是相同的，也可以是不同的。

而且，第1电子输送层36A，其薄膜也可以比第2电子输送层36B薄。第1电子输送层36A由于其电子亲和性小具有作为障壁层的功能，通过将障壁层薄层化，还可以进一步增加电子电流量。

此外，第1电子输送层36A以及第2电子输送层36B的重复数目设定为2~10（优选为2~4）。比10大会导致有机EL元件的厚度过厚，比2小则无法形成多重量子阱。

而且，用下面的测定条件和测定方法可以求出电子输送层、空穴输送层等的能隙、电离能以及电子亲和性。

能隙 $E_g$ ，可以测定光吸收波谱，将光吸收波谱的长波长端的能量作为能隙。具体而言，以与形成上述有机EL元件的各层的条件相同的条件，单独将测定对象的电子输送层形成为厚度为50nm的薄膜。使用可以测定光吸收波谱的分光光度计装置（日立制作所公司生产，商品名：スペクトロフォトメーターU-4100），在大气中将从紫外到可视光区域的光照射到厚膜上来测定光吸收波谱（波长依赖性）。

图6是表示光吸收波谱的特性图。参照图6，光吸收波谱的长波长侧的延长部分的直线部分LN1向长波长侧以近似直线的方式外延的直线，和背景部分的直线部分BG1向短波长侧以近似直线的方式外延的直线之间的交点CP1的波长换算成能量而作为能隙 $E_g$ 。

电离能 $I_p$ ，是将用紫外线光电子分析法测定的光电子放出的阈值能量作为电离能 $I_p$ 。具体而言，形成与在能隙 $E_g$ 的测定中采用的厚膜相同的厚膜来进行使用，在大气中用紫外线照射薄膜，使用大气环境型紫外线光电子分析装置（理研计器公司制造，商品名：AC-1），测定所放出的光电子数目，从入射紫外线的能量和光电子数目之间的关系求出。测定条件是，入射紫外线的能量范围为3.8~6.2eV，紫外线强度是20nW。

图7是表示光电子数目的平方根和入射紫外线的能量之间的关系的一个例子的特性图。参照图7，特性线上升的直线部分LN2向低能量侧以近似直线的方式外延的直线，和从背景部分的直线部分向更高能量侧以近似直线的方式外延的直线之间的交点CP2的能量作为电离能 $I_p$ 。

而且，电子亲和性  $E_a$ ，由上述求出的电离能  $I_p$  和能隙  $E_g$  之间的差 ( $E_a=I_p-E_g$ ) 求出。

采用这样的方法，对各个电子输送材料测定能隙、电离能、以及电子亲和性，可以对构成电子输送叠层体的电子输送层的组合进行选择。

图 8 是表示构成如下说明的本发明的实施例以及并非根据本发明的比较例的有机 EL 元件的电子输送层以及空穴输送层的能隙、电离能、以及电子亲和性的测量值的图。下面示出根据图 8 所示的测量值所进行的实施例和比较例。

### 第 1 实施例

在玻璃基板上，采用 ITO 而通过溅射法形成厚度 150nm 的正极，在氧气环境中用 UV 光照射正极表面 20 分钟，进行 UV 臭氧处理。然后，依次形成作为空穴注入层的 2-TNATA（厚度 40nm），作为空穴输送层的  $\alpha$ -NPD（厚度 10nm），作为发光层的 TYG201（厚度 20nm）。

然后将 TYE704（厚度 15nm）和 TYG201（厚度 15nm）的组，从 TYE704 开始重复 2 次，而形成电子输送叠层体。而且，在电子输送叠层体上形成一层 TYE704（厚度 20nm），最后形成 LiF/Al 构成的负极。

本实施例的有机 EL 元件，电压 3V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $913\text{cd/m}^2$ ，发光效率为  $8.40\text{cd/A}$ 。

### 第 2 实施例

本实施例的有机 EL 元件，除了作为电子输送叠层体而将 TYE704（厚度 10nm）和 TYG201（厚度 10nm）的组重复 3 次之外，与第 1 实施例相同。

本实施例的有机 EL 元件，在电压 3V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $1075\text{cd/m}^2$ ，发光效率为  $9.70\text{cd/A}$ 。

### 第 3 实施例

本实施例的有机 EL 元件，除了作为电子输送叠层体而将 TYE704（厚度 7.5nm）和 TYG201（厚度 7.5nm）的组重复 4 次之外，与第 1 实施例相同。

本实施例的有机 EL 元件，在电压 3V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $1017\text{cd/m}^2$ ，发光效率为  $8.89\text{cd/A}$ 。

### 第 1 比较例

本比较例的有机 EL 元件，除了形成 TYG201（厚度 50nm）作为发光层，

且形成 1 层 TYG201(厚度 50nm)的电子输送层来代替电子输送叠层体之外,与第 1 实施例相同。

本比较例的有机 EL 元件,在电压 3V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $967\text{cd/m}^2$ ,发光效率为  $8.25\text{cd/A}$ 。

#### 第 2 比较例

本比较例的有机 EL 元件,除了设置 1 组 TYE704(厚度 30nm)和 TYG201(厚度 30nm)的组作为电子输送叠层体之外,与第 1 实施例相同。

本比较例的有机 EL 元件,在电压 4V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $750\text{cd/m}^2$ ,发光效率为  $7.48\text{cd/A}$ 。

图 9 表示第 1~第 3 实施例、以及第 1~第 2 比较例的层结构和评价结果。参照图 9,在作为电子输送叠层体的 TYE704 和 TYG201 的叠层的重复数目在 2 或其以上的情况下,与第 1 比较例那样的电子输送叠层体是 1 层电子输送层的情况、和第 2 比较例那样的重复数目为 1 的情况相比较,可知增加了发光效率。此外,第 2 实施例的有机 EL 元件的发光效率最大,由此推测是因为电子电流量和空穴电流量均衡。从发光辉度的方面来看,可知第 2 实施例的有机 EL 元件是最大的。

然后,针对在构成电子输送叠层体的 TYE704 和 TYG201 中、用 Alq3 置换 TYG201 的实施例和比较例进行说明。

#### 第 4 实施例

本实施例的有机 EL 元件,除了用 Alq3(厚度 10nm)代替 TYG201(厚度 10nm)作为电子输送叠层体之外,与第 2 实施例相同,重复数目为 3。

本实施例的有机 EL 元件,在电压 5V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $994\text{cd/m}^2$ ,发光效率为  $7.52\text{cd/A}$ 。

#### 第 5 实施例

本比较例的有机 EL 元件,除了电子输送叠层体的各层的厚度为 7.5nm,重复数目为 4 之外与第 4 实施例相同。

本实施例的有机 EL 元件,在电压 5V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为  $1021\text{cd/m}^2$ ,发光效率为  $7.44\text{cd/A}$ 。

#### 第 3 比较例

本比较例的有机 EL 元件,用 Alq3(厚度 30nm)构成 1 层的电子输送

层来代替电子输送叠层体，用 TYG201（厚度 50nm）来作为与负极连接的电子输送层，除此之外，与第 4 实施例相同。

本比较例的有机 EL 元件，在电压 5V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为 1058cd/m<sup>2</sup>，发光效率为 6.68cd/A。

#### 第 4 比较例

本比较例的有机 EL 元件，除了电子输送叠层体的各层的厚度为 30nm，重复数目为 1 之外与第 4 实施例相同。

本比较例的有机 EL 元件，在电压 5V 以上观测到绿色发光。施加 10V 电压时得到的辉度为 1005cd/m<sup>2</sup>，发光效率为 6.75cd/A。

图 10 是表示第 4~第 5 实施例以及第 3~第 4 比较例的层结构和评价结果的图。参照图 10，作为电子输送叠层体的 TYE704 和 Alq3 的叠层的重复数目在 3 以上的情况，与第 3 比较例那样的电子输送叠层体就是 1 层电子输送层的情况、以及第 4 比较例那样的重复数目为 1 的情况相比较，可知增加了发光效率。

而且，比较第 2~第 3 实施例和第 4~第 5 实施例的有机 EL 元件具有相同重复数目的实施例之间时，将 TYG201 层和 TYE704 层叠层的第 2~第 3 实施例的有机 EL 元件一方，和将 Alq3 层和 TYE704 层叠层的第 4~第 5 实施例的有机 EL 元件相比较，可知相对于重复数目为 1 的比较例（分别为第 2 比较例，第 4 比较例）的发光效率的提高率较高。如图 8 所示，作为其理由，Alq3 层和 TYE704 层的电子亲和性的差为 0.10eV，相对于此，TYG201 层和 TYE704 层的电子亲和性的差为 0.23eV，将 TYG201 层和 TYE704 层相组合的方法，更加充分的形成多重量子阱。结果，由此推测产生了更加显著的多重量子阱效果。

#### （第 2 实施形式）

图 11 是本发明的第 2 实施形式的有机 EL 显示器的分解立体图。参照图 11，有机 EL 显示器 50，由玻璃基板 51、呈条状形成在玻璃基板上的负极 51、与负极 51 相对向而垂直并呈条状形成的正极 54、在负极 52 和正极 54 之间形成的叠层体 53 等构成。而且，有机 EL 显示器 50，虽然在图中未示出，但还由驱动施加在负极和正极之间的电压的驱动电路、防止暴露于水蒸气和氧气中的密封材料等构成。

有机 EL 显示器 50, 通过向所期望的区域的负极 52 和正极 54 施加电压, 可以使得该所期望的区域发光。有机 EL 显示器 50 的特征在于, 负极 52、叠层体 53、以及正极 54 是由本发明的有机 EL 元件构成。因此, 能够实现一种发光效率优秀、长寿命化的有机 EL 显示器。

虽然上面对本发明的优选实施例进行了说明, 但是本发明不限于该特定的实施形式, 而是可以在权利要求的范围内所记载的本发明的范围内进行各种变形和变更。

例如, 本实施例中, 有机 EL 元件在基板上从正极侧开始依次堆叠形成也可以, 也可以从负极侧开始形成。

### 工业上的可利用性

根据本发明, 在有机电致发光元件中, 通过在发光层的负极侧设置用电子输送性不同的电子输送层交替叠层的电子输送叠层体, 可以提供一种发光效率优秀、长寿命化的有机电致发光元件。

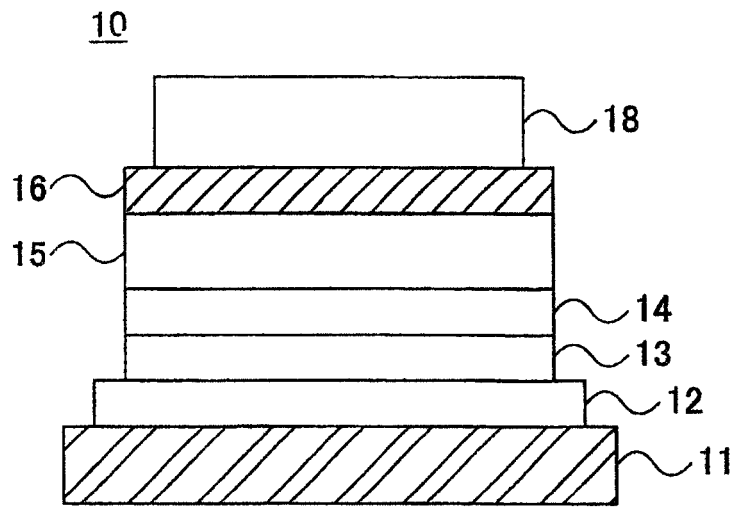


图 1

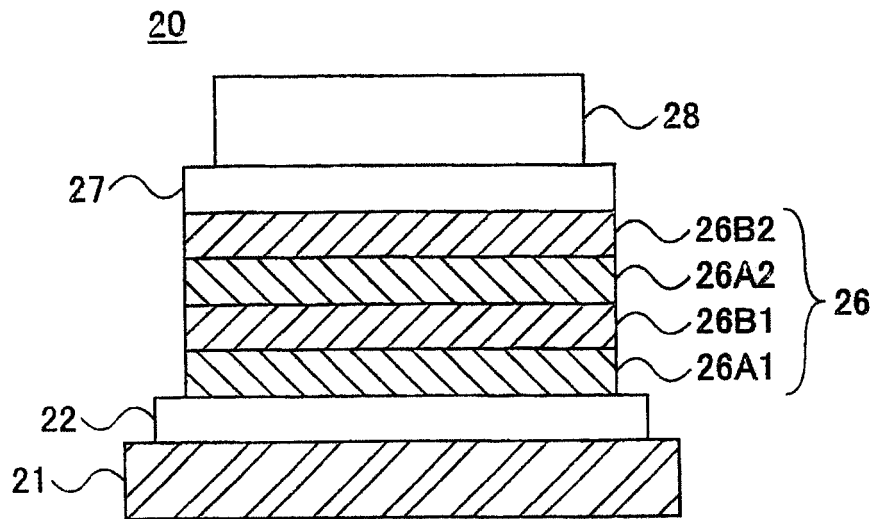


图 2

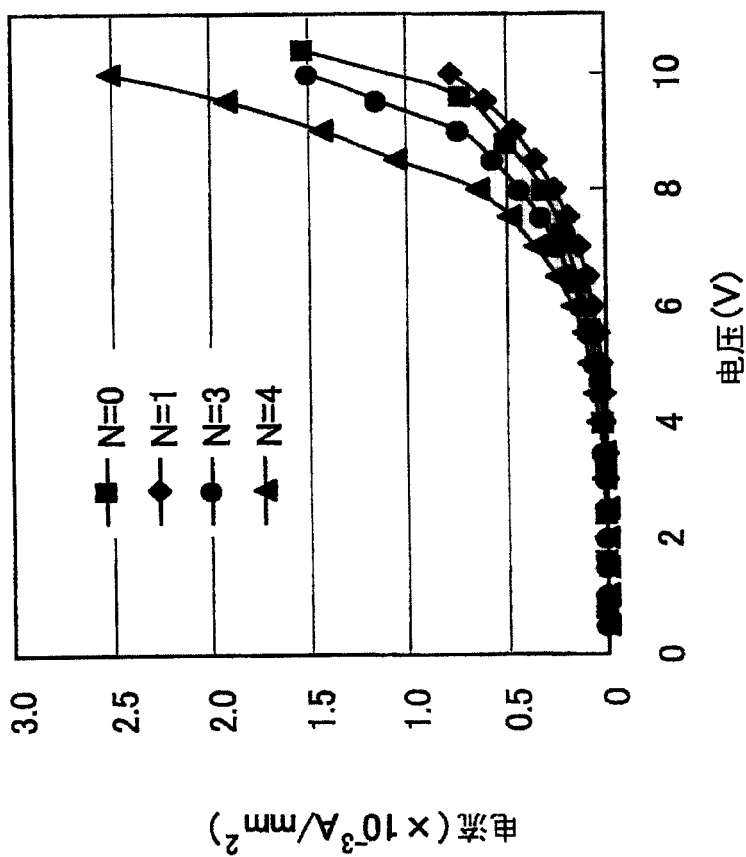


图 3

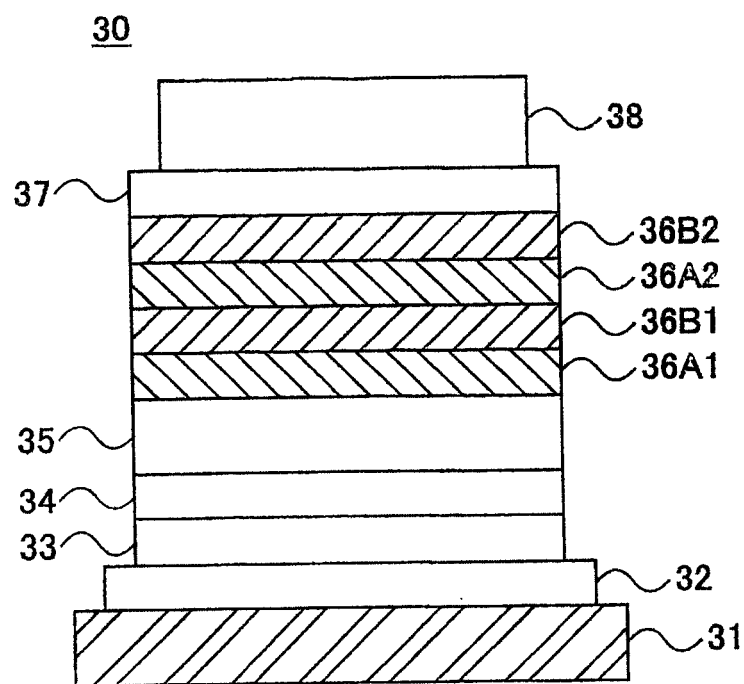


图 4

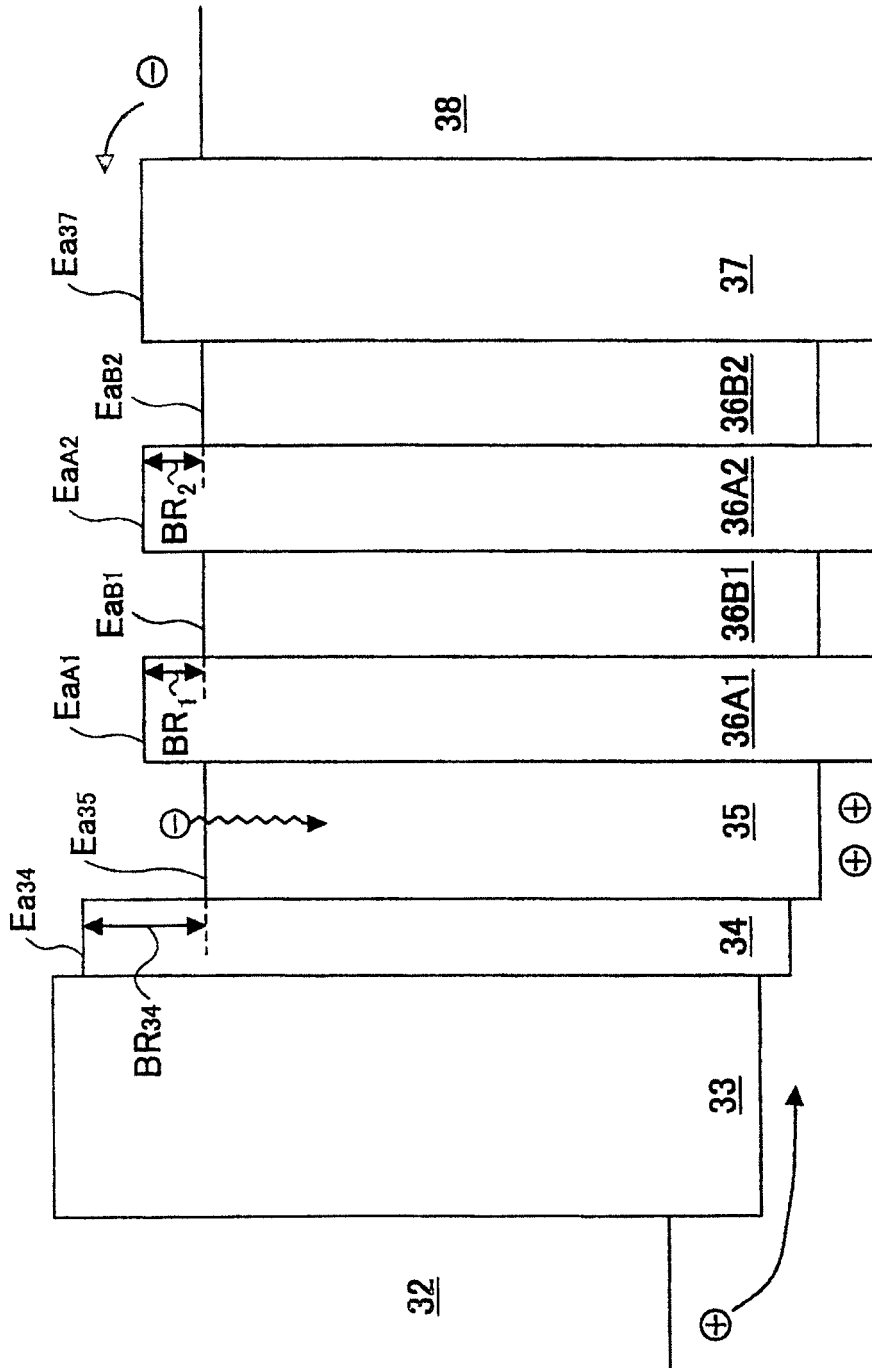


图 5

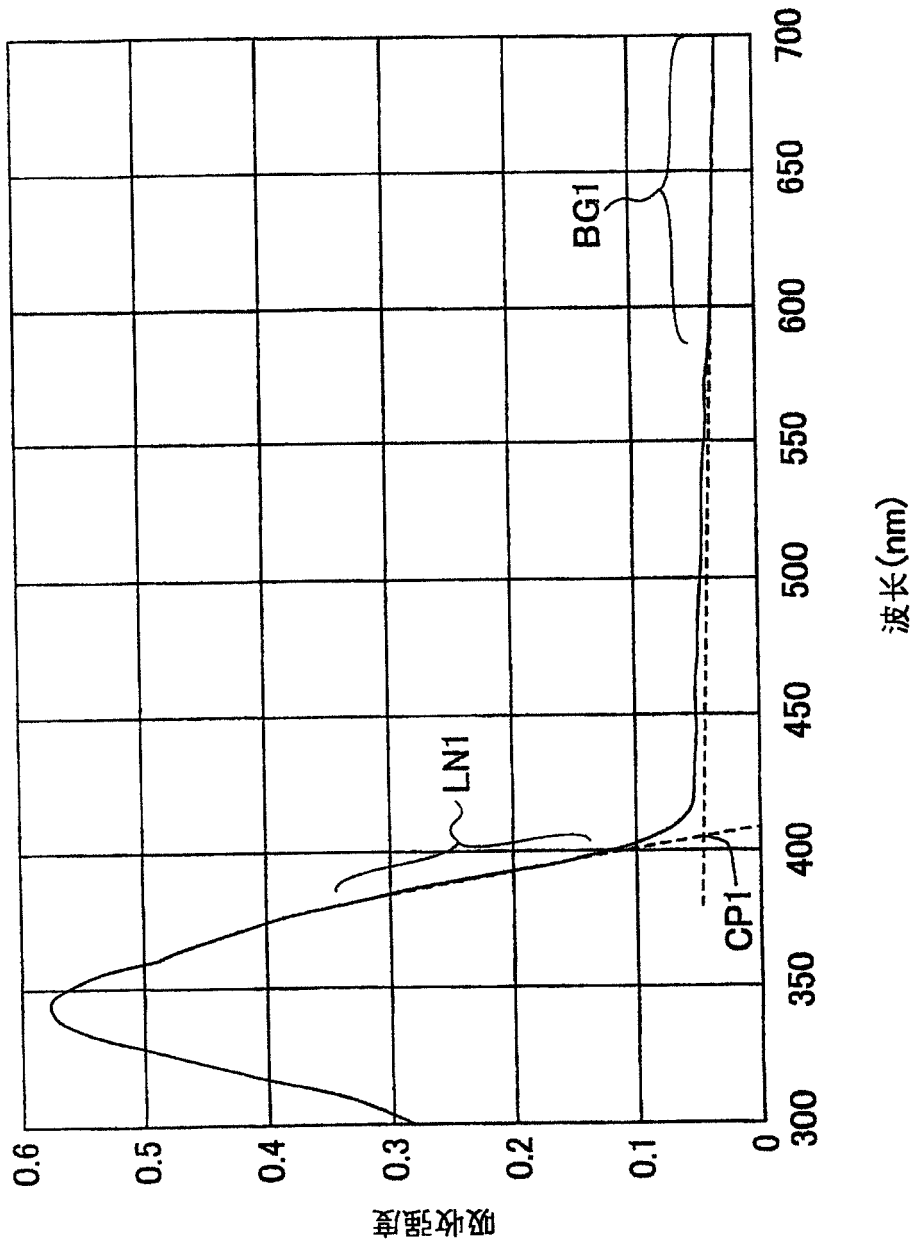


图 6

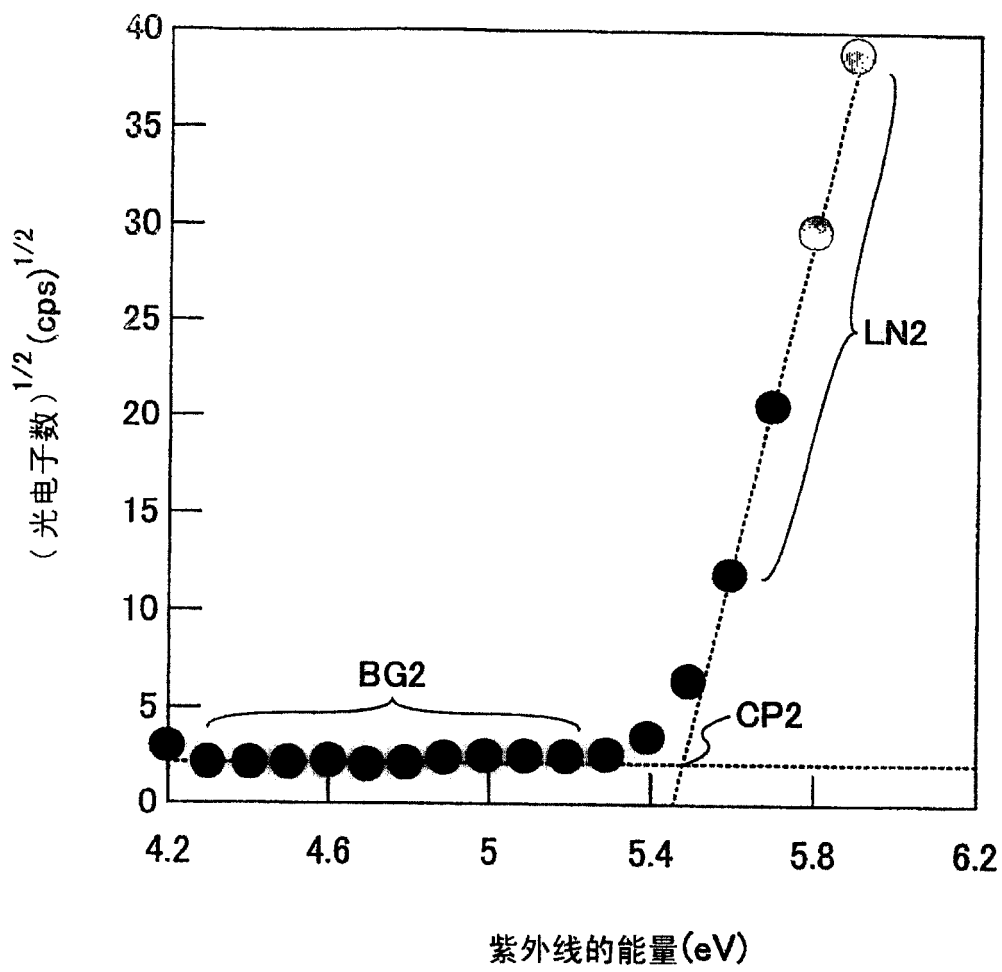


图 7

层的材料	电子亲和性 $E_a(\text{eV})$	能隙 $E_g(\text{eV})$	电离能 $I_p(\text{eV})$
TYG-201层	3.20	2.40	5.60
TYE-704层	2.97	2.76	5.73
Alq3层	3.07	2.71	5.78
$\alpha$ -NPD层	2.42	3.04	5.46
2-TNATA层	2.19	3.00	5.19

图 8

	第1 实施例	第2 实施例	第3 实施例	第1 比较例	第2 比较例
负极	LiF/Al	LiF/Al	LiF/Al	LiF/Al	LiF/Al
电子输送层	TYE704(20nm)	TYE704(20nm)	TYE704(20nm)	TYE704(20nm)	TYE704(20nm)
电子输送叠层体	反复数目 TYG201(15nm) } 2 TYE704(15nm) }	反复数目 TYG201(10nm) } 3 TYE704(10nm) }	反复数目 TYG201(7.5nm) } 4 TYE704(7.5nm) }	TYG201(50nm)	反复数目 TYG201(30nm) } 1 TYE704(30nm) }
发光层	TYG201(20nm)	TYG201(20nm)	TYG201(20nm)	TYG201(50nm)	TYG201(20nm)
空穴输送层	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)
空穴注入层	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)
正极	ITO	ITO	ITO	ITO	ITO
发光阈值 (V)	3	3	3	4	4
电流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	10.86	11.09	11.44	11.73	10.03
发光辉度 (cd/m <sup>2</sup> )	913	1075	1017	967	750
发光效率 (cd/m)	8.40	9.70	8.89	8.25	7.48

图 9

	第 4 实施例	第 5 实施例	第 3 比较例	第 4 比较例
负极	LiF/Al	LiF/Al	LiF/Al	LiF/Al
电子输送层	TYE704(20nm)	TYE704(20nm)	TYG201(50nm)	TYE704(20nm)
电子输送叠层体	反复数目 Alq3(10nm) TYE704(10nm) } 3	反复数目 Alq3(7.5nm) TYE704(7.5nm) } 4	Alq3(30nm)	反复数目 Alq3(30nm) TYE704(30nm) } 1
发光层	TYG201(20nm)	TYG201(20nm)	TYG201(20nm)	TYG201(20nm)
空穴输送层	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)	$\alpha$ -NPD(10nm)
空穴注入层	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)	2-TANA(40nm)
正极	ITO	ITO	ITO	ITO
发光阈值(V)	5	5	5	5
电流密度(mA/cm <sup>2</sup> )	13.22	13.72	15.84	14.48
发光辉度(cd/m <sup>2</sup> )	994	1021	1058	1005
发光效率(cd/m)	7.52	7.44	6.68	6.75

图 10

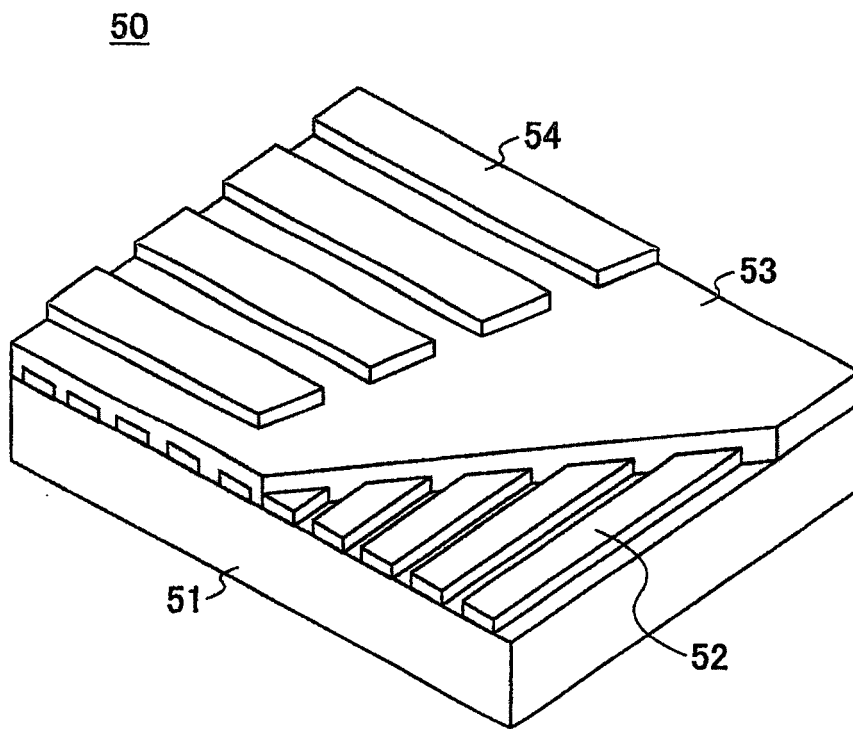


图 11

专利名称(译)	有机电致发光元件以及有机电致发光显示器		
公开(公告)号	<a href="#">CN100448060C</a>	公开(公告)日	2008-12-31
申请号	CN03822084.9	申请日	2003-03-13
[标]申请(专利权)人(译)	富士通株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士通株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	中山昌哉 板井雄一郎 木下正儿 儿玉淳		
发明人	中山昌哉 板井雄一郎 木下正儿 儿玉淳		
IPC分类号	H01L51/52 H05B33/22 H01L51/00 H01L51/50 H05B33/00 H05B33/14		
CPC分类号	H01L51/0059 H01L51/006 H01L51/0077 H01L51/0078 H01L51/0081 H01L51/5048		
代理人(译)	张龙嘯		
其他公开文献	CN1682574A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

一种有机EL元件，具有透明的基板(31)、在基板(31)上依次形成正极(32)、空穴注入层(33)、空穴输送层(34)、发光层(35)、电子输送叠层体(36)、负极侧电子输送层(37)、负极(38)的构成，电子输送叠层体(36)具有交替叠层电子亲和性相互不同的2种电子输送层(36A、36B)的构成。增加了从负极(38)注入的电子电流，而和空穴电流达到均衡，提高了发光效率。

