

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01109738.8

[51] Int. Cl.

C23C 14/08 (2006.01)

C23C 14/48 (2006.01)

H05B 33/10 (2006.01)

H05B 33/26 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237199C

[22] 申请日 2001.3.29 [21] 申请号 01109738.8

[30] 优先权

[32] 2000. 6. 21 [33] JP [31] 186106/2000

[71] 专利权人 日本板硝子株式会社

地址 日本大阪

[72] 发明人 和田俊司 加藤之启

审查员 韩 伟

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 韩 宏

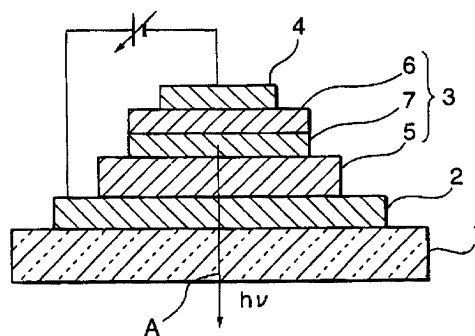
权利要求书 1 页 说明书 16 页 附图 2 页

[54] 发明名称

具有透明导电薄膜的基片和使用该基片的有机电致发光装置

[57] 摘要

提供一种具有一透明导电薄膜的基片，该透明导电薄膜的逸出功高、表面光滑性好、电阻率低，从而确保耗电低、显示质量高。使用 SnO_2 含量为 4-6wt% 的 ITO 烧结压坯用离子镀敷法在一玻璃基片 1 的表面上形成一 ITO 薄膜 2。如此生成的 ITO 薄膜 2 的表面的逸出功为 4.9-5.5eV，表面粗糙度为 1-10nm，电阻率 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ 或以下。还提供一种使用该基片的有机 EL 装置，在该装置中，一有机多层薄膜(空穴迁移层 5、发光层 7 和电子迁移层 6)层压在该 ITO 薄膜 2 的表面上，然后一金属薄膜层 4 层压在该有机多层薄膜的表面上。



1、一种具有透明导电薄膜的基片，包括一透明基片，一形成在所述透明基片的一表面上的透明导电薄膜，其中，所述透明导电薄膜的逸出功为 4.9-5.5eV、表面粗糙度为 1-10nm、电阻率 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下，及其中所述透明导电薄膜与层压在所述透明导电薄膜的表面上的一空穴迁移层之间的能垒等于或小于 0.7eV。

2、按权利要求 1 所述的具有一透明导电薄膜的基片，其特征在于，通过使用作为待气化材料的氧化锡与氧化铟的混合物的氧化铟锡用离子镀敷法在该透明基片表面上形成该透明导电薄膜；所述氧化铟锡中的氧化锡含量为 4-6wt%。

3、一种有机电致发光装置，包括：

具有透明导电薄膜的基片，包括一透明基片和一形成在所述透明基片的一表面上的透明导电薄膜，其中，所述透明导电薄膜的逸出功为 4.9-5.5eV、表面粗糙度为 1-10nm、电阻率为 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下；以及

包括由有机材料形成的的空穴迁移层的多层薄膜，所述多层薄膜层压在所述具有透明导电薄膜的基片的所述透明导电薄膜的一表面上；

其中所述透明导电薄膜与所述空穴迁移层之间的能垒等于或小于 0.7eV。

4、按权利要求 3 所述的有机电致发光装置，其特征在于，所述多层薄膜进一步包括一层压在所述空穴迁移层上的发光层和一层压在所述发光层上的电子迁移层。

具有透明导电薄膜的基片和使用该基片的有机电致发光装置

技术领域

本发明涉及一种具有透明导电薄膜的基片和使用该基片的有机电致发光（下面称为“EL”）装置，特别涉及一种基片和一种有机 EL 装置，该基片上有用作一 EL 显示装置的一电极（阳极）的透明导电薄膜，该有机 EL 装置包括一层压到该透明导电薄膜上的有机多层薄膜。

背景技术

该有机 EL 装置为一种显示装置，具有由一个位于一阳极和一阴极之间、由一空穴迁移层、一发光层和一电子迁移层构成的有机多层薄膜，用来进行基于电荷喷射/再结合的发光操作。新近，由于有机 EL 装置用作显示装置所具有的优点，即驱动电压低、可使用种种有机材料发出各种颜色的荧光，因此有机 EL 装置得到大力研究和开发。

在这样一种有机 EL 装置中，从阳极喷射的空穴和从阴极喷射的电子穿过空穴迁移层和电子迁移层到达发光层后再结合，进行发光操作。阴极使用铝（AL）之类金属材料，阳极使用高透明度、低电阻的氧化铟锡（下面称为“ITO”）。

在上述有机 EL 装置中, 当空穴从阳极注入发光层中时, 空穴从阳极经阳极与空穴迁移层之间的一能垒移动到空穴迁移层。但是, 普通 ITO 薄膜的逸出功远小于空穴迁移层的离子化电位 I_p (空穴迁移层的离子化电位一般为 5.5-5.6eV, 而由喷镀法形成的 ITO 薄膜表面的逸出功为 4.2-4.7eV), 注入发光层中的空穴和电子失去平衡, 造成驱动电压的升高。因此, 为了降低驱动电压, 必须提高空穴注入空穴迁移层中的效率, 为此, 需要减小阳极与空穴迁移层之间的能垒。

此外, 在该有机 EL 装置中, 如用作阳极的透明导电薄膜的表面的粗糙度 (凸起部与下凹部之间的高度差) 很高, 该表面的凸起部上会集中生成强电场, 造成凸起部处微微发生放电, 从而该装置容易损坏, 形成无法发光的黑点。总之, 该有机 EL 装置的使用寿命缩短。因此要求透明导电薄膜表面的粗糙度低, 即非常光滑。

为满足上述要求, 日本专利公告 No.8-167479 (下面称为第一现有技术) 提出了一种方法, 该方法对一用作透明导电薄膜的 ITO 薄膜进行退火以使该 ITO 薄膜表面光滑, 然后对所得表面进一步进行退火或等离子体处理以减小该阳极与该空穴迁移层之间的能垒。

确切说, 在该第一现有技术中, 把由 ITO 形成的非晶粒子沉积到该基片上后, 在 100—500°C 温度下、非氧化环境中进行退火, 使粒子生长晶体, 从而该 ITO 薄膜的表面粗糙度为 10nm 或 10nm 以下。此外, 在 100—500°C 温度下、氧化环境中对该表面进行退火或用等离子体照射该表面, 使得该 ITO 薄膜的该表面的逸出功大于普通 ITO 薄膜的逸出功, 从而减小阳极与该 ITO 薄膜的空穴迁移层之间的能

垒。

但是，在该第一现有技术中，尽管可提高该 ITO 薄膜的逸出功并把表面粗糙度减小到 10nm 或以下而获得良好的光滑度，但由于该 ITO 薄膜用喷镀法形成，因此该薄膜的电阻率高达 $2 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以上。

确切说，与晶体显示装置之类电压驱动装置不同，作为电流驱动装置的有机 EL 装置的耗电和显示质量易受接线电阻的影响。为避免这一点，需要减小用作阳极的透明导电薄膜（ITO 薄膜）的电阻，为此，需要减小该 ITO 薄膜的电阻率。但是，由普通喷镀法形成的上述第一现有技术的 ITO 薄膜的电阻率很高，从而不仅造成使用该 ITO 薄膜的有机 EL 装置由于接线电阻高而耗电增加，而且还使显示质量降低，从而使得该 ITO 薄膜无法使用于当今图象显示要求极精确的 EL 显示装置中。

此外，上述第一现有技术的缺点还在于，由于需要退火之类后处理，因此薄膜制作过程复杂。

作为另一现有技术，有人提出在 ITO 上添加具有高逸出功的金属氧化物，例如氧化钪、氧化钼或氧化钒（日本专利公告 No.2000-72526；下面称为“第二现有技术”）。

第二现有技术在 ITO 上添加其逸出功比普通 ITO 高的上述金属氧化物，从而提高用作透明导电薄膜的 ITO 薄膜的表面的逸出功。这可减小阳极与空穴迁移层之间的能垒。

但是，第二现有技术的缺点是，由于把氧化钪或氧化钼之类特殊、

昂贵的金属氧化物添加到 ITO 上，因此制造成本提高。此外，与第一现有技术一样，第二现有技术使用喷镀法形成的 ITO 薄膜的电阻率高达 $7 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以上。与第一现有技术一样，这造成耗电增加，显示质量下降。从而第二现有技术制成的 ITO 薄膜无法实际使用于高精度 EL 显示装置中。

还有人提出又一种现有技术，该现有技术的 ITO 薄膜呈双层结构，其交界面与一空穴迁移层接触的一 ITO 薄膜的逸出功提高（日本专利公告 No.2000-68073；下面称为“第三现有技术”）。

第三现有技术通过在用喷镀法形成 ITO 薄膜的过程中改变氧气的局部压力来提高空穴的喷射特性，使得该 ITO 薄膜界面部的离子化电位 I_p 即逸出功更接近空穴迁移层的离子化电位 I_p 。

确切说，第三现有技术薄膜生成过程中改变氧气的局部压力，从而所生成的 ITO 薄膜呈双层结构，这两层的离子化电位 I_p 不同。但是，与第一和第二现有技术一样，第三现有技术也是用喷镀法形成 ITO 薄膜，因此该 ITO 薄膜的电阻率很高，造成耗电增加，显示质量下降。因此，该 ITO 薄膜的问题也是无法实际使用于高精度 EL 显示装置中。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种具有一透明导电薄膜的基片和使用该基片的有机 EL 装置，该透明导电薄膜逸出功高、表面光滑、电阻率减小，从而确保耗电减小、显示质量提高。

要求在一有机 EL 装置中用作阳极的透明导电薄膜具有高逸出功、良好的表面光滑性、电阻率减小的特性，以减小耗电、提高显示质量。

但是，如与上述现有技术一样使用喷镀法形成 ITO 薄膜，为获得具有所需低电阻率的 ITO 薄膜，就需要把玻璃基片加热到 300°C 或以上。此外，在这种情况下，为确保薄膜的重复生产，ITO 薄膜的生产速度必然极低，从而无法实现大规模生产。此外，如上所述靠把玻璃基片加热到 300°C 或以上温度生成的 ITO 薄膜的表面粗糙度高达 30nm 或以上。

另一方面，如用公知喷镀法在一透明基片上生成一透明导电薄膜，就逸出功和表面粗糙度而言，所生成的透明导电薄膜的逸出功和粗糙度的值在一定程度上可满足需要。但是，在工业上很难大规模生产电阻率低至 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下的透明导电薄膜，因此很难降低耗电和提高显示质量。

鉴于上述情况，本发明人经大量研究后发现，如把作为透明导电材料的氧化锡 (SnO_2) 含量为 4—6wt% 的 ITO 烧结压坯用作待气化材料，用离子镀敷法在一透明基片上生成透明导电薄膜，就可获得具有可用于有机 EL 装置、满足逸出功、光滑性、电阻率所有这些特性要求的透明导电薄膜的基片。

本发明基于上述发现，提供一种具有一透明导电薄膜的基片，包括一透明基片，一形成在该透明基片一表面上的透明导电薄膜，其中，该透明导电薄膜的逸出功为 4.9-5.5eV、表面粗糙度为 1-10nm、电阻

率为 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下，及其中所述透明导电薄膜与层压在所述透明导电薄膜的表面上的一空穴迁移层之间的能垒等于或小于 0.7eV。最好是，使用作为待气化材料的氧化锡与氧化铟的混合物氧化铟锡用离子镀敷法在该透明基片该表面上形成该透明导电薄膜，氧化铟锡中的氧化锡的含量为 4-6wt%。

当把具有该透明导电薄膜的上述基片用作一有机 EL 装置中的基片时，就可确保空穴注入空穴迁移层中的效率（空穴注入效率）提高、良好的光滑性以及接线电阻减小。此外，无需复杂的后处理即可获得生产率也大为提高的具有透明导电薄膜的基片。

此外，通过把一有机多层薄膜层压在该具有高逸出功、良好光滑性和低电阻率的透明导电薄膜的一表面上，就可获得驱动电压低、使用寿命长、显示质量高、耗电少的一有机 EL 装置。

即，本发明有机 EL 装置的特征在于，包括：具有透明导电薄膜的基片，包括一透明基片和一形成在所述透明基片的一表面上的透明导电薄膜，其中，所述透明导电薄膜的逸出功为 4.9-5.5eV、表面粗糙度为 1-10nm、电阻率为 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下；以及包括由有机材料形成的空穴迁移层的多层薄膜，所述多层薄膜层压在所述具有透明导电薄膜的基片的所述透明导电薄膜的一表面上；其中所述透明导电薄膜与所述空穴迁移层之间的能垒等于或小于 0.7eV。

按照该有机 EL 装置，包括该由有机材料制成的空穴迁移层的该多层薄膜层压在透明导电薄膜的该表面上，从而可减小该空穴迁移层与该透明导电薄膜之间的能垒，把驱动电压减小到 20V 或以下。同时，透明导电薄膜的良好光滑性可提高使用寿命，其低电阻率减小了

耗电，从而可在低耗电下获得高显示质量。即，对该有机 EL 装置的所有特性要求都可得到满足。

此外，空穴迁移层的离子化电位 I_p 一般为 5.5-5.6eV。因此，当使用该具有该透明导电薄膜的基片制成一有机 EL 装置时，空穴迁移层与透明导电薄膜之间的能垒减小到 0.7eV 或以下，从而可提高空穴从阳极注入空穴迁移层中的空穴注入效率。从而可降低驱动电压。

从下述结合附图的详细说明中可清楚看出本发明的上述和其他目的、特征和优点。

附图说明

图 1 为简示出本发明有机 EL 装置的结构剖面图；以及

图 2 简示出一用来制造一使用在本发明有机 EL 装置中的具有透明导电薄膜的基片的离子镀敷装置的内部结构。

具体实施方式

下面结合示出本发明一实施例的附图详细说明本发明。

图 1 为简示出本发明有机 EL 装置的结构剖面图。

在该图中，标号 1 表示一由钠钙硅酸盐之类制成的玻璃基片。该玻璃基片的一表面上层压有一作为一透明导电薄膜的 ITO 薄膜 2，该 ITO 薄膜的一表面上层压有一有机多层薄膜 3。此外，该有机多层薄膜 3 的一表面上层压有一金属薄膜层 4。

该有机多层薄膜 3 由一迁移该 ITO 薄膜 2 中的空穴的空穴迁移层 5、一迁移该金属薄膜层 4 中的电子的电子迁移层 6 和该电子迁移层 6 与该空穴迁移层 5 之间的一发光层 7 构成。空穴迁移层 5、电子迁移层 6 和发光层 7 都由有机材料制成。

确切说，制造空穴迁移层 5 的有机材料可使用三苯基二胺或 m-MTDATA（例如 4, 4', 4''-三(N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基)三苯基胺）。制造电子迁移层 6 的有机材料可使用 silole 衍生物或环戊二烯衍生物。

发光层 7 的底料中含有掺杂剂。制造该底料的有机材料可使用喹啉铝合成物或 DPVBi（distylylbiphenyl 衍生物）。

制造金属薄膜层 4 的金属材料可使用 Al、Mg、In、Ag、In-Li、Mg-Sr、Al-Sr 等。

在上述结构的有机 EL 装置中，当在用作阳极的 ITO 薄膜 2 与用作阴极的金属薄膜 4 层之间施加一电压时，空穴从 ITO 薄膜 2 经空穴迁移层 5 到达发光层 7，而电子从金属薄膜层 4 经电子迁移层 6 到达发光层 7，空穴和电子在发光层 7 中重新结合，在箭头“A”所示方向上发出几乎所有的光。

在该实施例中，ITO 薄膜 2 的特性设置成：逸出功为 4.9-5.5eV，表面粗糙度为 1-10nm，电阻率为 $1.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot m - 1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 。此外，把 SnO₂ 含量为 4-6wt% 的 ITO 压坯用作薄膜生成压块（待气化材料），使用离子镀敷方法，很容易在玻璃基片 1 上形成具有上述设定值的 ITO 薄膜 2。

下面详细说明把逸出功、表面粗糙度、电阻率和 SnO_2 含量设定在上述范围中的理由。

(1) 逸出功

空穴从 ITO 薄膜 2 经空穴迁移层 5 注入发光层 7 中。为减小该有机 EL 装置的驱动电压，要求提高空穴迁移效率。为此，必须减小 ITO 薄膜 2 与空穴迁移层 5 之间的能垒。确切说，用作空穴迁移层 5 的三苯基二胺之类有机材料的离子化电位 I_p 通常为 5.5-5.6eV。因此，需要把 ITO 薄膜 2 的逸出功的值提高到接近空穴迁移层 5 的 5.5-5.6eV 的离子化电位 I_p 。为提高空穴迁移效率、从而把驱动电压降低到所需值（例如 20V 或以下），必须把 ITO 薄膜 2 与空穴迁移层 5 之间的能垒降低到 0.7eV 或以下。为满足这一要求，在该实施例中，ITO 薄膜 2 的逸出功设定成 4.9-5.5eV。

(2) 表面粗糙度

如 ITO 薄膜 2 的表面极粗糙或不平整，该表面的凸起部上就会集中生成电场，造成这些凸起部处微微放电，从而使得该装置容易损坏，形成不再发光的黑点，缩短该有机 EL 装置的使用寿命。因此，为保持该装置的良好发光特性和使用寿命。必须减小 ITO 薄膜 2 的表面粗糙度。为此，在该实施例中，在考虑生产率的同时把表面粗糙度设定成 1—10nm。

(3) 电阻率

由于该有机 EL 装置为一电流驱动装置，因此耗电和显示质量易受接线电阻的影响。因此，为获得低耗电和良好的显示质量，要求用

作阳极的 ITO 薄膜 2 的电阻低,从而必须减小 ITO 薄膜 2 的电阻率。确切说,当 ITO 薄膜 2 的电阻率超过 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 时,接线电阻造成耗电增加,从而耗电增加,显示质量下降。另一方面,技术上很难把 ITO 薄膜 2 的电阻率设定为 $1.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下。因此,在该实施例中,ITO 薄膜 2 的电阻率设定为 $1.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot m - 1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 。

(4) ITO 烧结压坯的 SnO_2 含量

为把 ITO 薄膜 2 的逸出功、表面粗糙度和电阻率设定在上述范围内,要求使用离子镀敷法在玻璃基片上形成一 ITO 薄膜 2。在该方法中,用作薄膜生成压块的 ITO 烧结压坯的 SnO_2 含量即 SnO_2/ITO 比例在实现上述目标方面是一个重要因素。

确切说,如 SnO_2/ITO 比例小于 4wt%,尽管逸出功得以提高,但所得电阻率超过 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$,造成耗电增加,显示质量下降。另一方面,如 SnO_2/ITO 比例大于 6wt%,所得电阻率也会超过 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 。此外,此时逸出功也下降,因此 ITO 薄膜 2 与空穴迁移层 5 之间的能垒增加,驱动电压也得提高。因此,在该实施例中, SnO_2/ITO 比例设定为 4—6wt%。

下面说明在玻璃基片 1 上生成上述 ITO 薄膜 2 的方法。

图 2 简示出用来生成具有一透明导电薄膜的基片的离子镀敷装置的内部结构。

在该图中,一用作薄膜生成室的真空容器 8 的一侧壁上有一出口 9,与之相对的侧壁上有一空心圆柱部 10。该空心圆柱部 10 中装有

一压力梯度型等离子体枪 12，空心圆柱部 10 的外圆周上绕有一会聚线圈 11。

该等离子体枪 12 由一包括一电磁线圈 13、与该空心圆柱部 10 连接的第二中间电极 14；一包括一环形永久磁铁 15、与第二中间电极 14 并排的第一中间电极 16；一阴极 17 和一位于阴极 17 与第一中间电极 16 之间的空心圆柱形玻璃管 18 构成。

电磁线圈 13 由电源 19 励磁，而会聚线圈 11 由电源 20 励磁。应该指出，电源 19 和 20 都为可调电源。

第一和第二中间电极 14 和 16 分别经降压电阻 21 和 22 与一可调型主电源 23 的一端（正极）连接。该主电源 23 的另一端（负极）与阴极 17 连接。此外，一辅助放电电源 24 和一降压电阻 25 经一开关 26 与该主电源 23 并联。

该玻璃管 18 中包括一用钨制成、紧固在阴极 17 上的空心圆柱件 27、一用钽制成的管 28 和一用 LaB6 制成、在管 28 前方紧固在空心圆柱件 27 上的盘形件 29。一放电气体（例如含有一定量氧气的氩气）以箭头“B”所示方向从管 28 输入等离子体枪 12 中。

该真空容器 8 底部有一用来放置用作一薄膜生成压块的一 ITO 烧结压坯 30 的主炉 31。该主炉 31 的圆周上有一副炉 32。主炉 31 用铜之类传热良好的导电材料制成，有一接收等离子体枪 12 发出的等离子体束的凹座。此外，主炉 31 与主电源 23 的正极连接，形成吸引等离子体束的阳极。

与主炉一样，副炉 32 也用铜之类传热良好的导电材料制成。副

炉 32 中有一环形永久磁铁 33 和一由一可调电源 35 励磁的电磁铁 34。确切说，副炉 32 有一环绕主炉 31 的环形容器，该环形永久磁铁 33 和该电磁铁 34 同轴地层压在其中，电磁铁 34 与电源 35 连接，从而由环形永久磁铁 33 生成的磁场与由电磁铁 34 生成的磁场互相重叠。在这种情况下，由环形永久磁铁 33 生成的中心边磁场的方向与由电磁铁 34 生成的中心边磁场的方向相同。改变电源 35 的电压即可改变电磁铁 34 中的电流。

此外，与主炉 31 一样，副炉 32 也经一降压电阻 36 与主电源 23 的正极连接，形成一阳极。

真空容器 8 的顶部有一加热器 37，把玻璃基片 1 加热到预定温度。

在上述结构的离子镀敷装置中， SnO_2 含量为 4—6wt% 的 ITO 烧结压坯 30 放置在主炉 31 的凹座中，一放电气体从等离子体枪 12 的阴极 17 一边供应给管 28。管 28 与主炉之间发生放电，从而生成等离子体束。该等离子体束被环形永久磁铁 15 和电磁线圈 13 会聚，受会聚线圈 11 以及副炉 32 中的环形永久磁铁 33 和电磁铁 34 生成的磁场的引导，到达主炉 31。

该 ITO 烧结压坯 30 在主炉中被等离子体束加热、气化。气化生成的粒子被等离子体束离子化后沉积在被加热器 37 加热的玻璃基片 1 上，从而在玻璃基片 1 上生成 ITO 薄膜 2。

举例

下面详细说明本发明各例子。

本发明人用 SnO_2 含量不同的 5 种 ITO 烧结压坯用离子镀敷法制备具有透明导电薄膜的基片。

确切说,把 SnO_2 含量为在本发明范围内的 4—6wt% 的 ITO 烧结压坯用作薄膜生成压块,用离子镀敷法在下述放电条件下在玻璃基片 1 上形成厚度为 150nm 的 ITO 薄膜 2,从而生成三种测试件(例 1—例 3)。

[放电条件]

放电气体: $\text{Ar}+\text{O}_2$

放电电流: 200A

真空容器中的压力: $2.66 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ($2.0 \times 10^{-3} \text{Torr}$)

放电气体中氧气的局部压力: $2.66 \times 10^{-2} \text{Pa}$ ($2.0 \times 10^{-4} \text{Torr}$)

玻璃基片 1 的温度: 200°C 。

此外,把 SnO_2 含量为 3wt% 和 10wt% 的 ITO 烧结压坯用作薄膜生成压块,在与上述例 1—3 相同的放电条件下在玻璃基片 1 上形成厚度为 150nm 的 ITO 薄膜 2,从而生成两种测试件(对照例 1、2)。

然后,把 SnO_2 含量为 10wt% 的 ITO 烧结压坯用作薄膜生成目标,用一 DC 喷镀装置在下述条件下进行喷镀,在一玻璃基片 1 上形成一 ITO 薄膜 2,从而生成一测试件(对照例 3)。

[喷镀条件]

喷镀气体: $\text{Ar}+\text{O}_2$ (其中,氧气含量为 10 vol%)

喷镀气体压力： $4\times 10^{-1}\text{Pa}$ ($3.0\times 10^{-3}\text{Torr}$)

电源功率：600W

玻璃基片温度：200℃

此外，把离子化电位为 5.6eV 的三苯基二胺沉积在每一测试件的表面上，生成一空穴迁移层 5。然后把掺杂有喹吖酮（约为 0.5wt%）的喹啉铝合成物沉积在上述空穴迁移层的表面上，从而生成一发光层 7。此外，把 silole 衍生物沉积在该发光层 7 的表面上，从而生成一电子迁移层 6，最后，把铝沉积在该电子迁移层 6 上，生成一金属薄膜层 4，从而生成一有机 EL 装置。

应该指出，上述空穴迁移层 5、发光层 7、电子迁移层 6 和金属薄膜层 4 都用公知的真空沉积法生成，使得空穴迁移层 5、发光层 7、电子迁移层 6 和金属薄膜层 4 的薄膜厚度分别为 5nm、7nm、40nm 和 40nm。

然后，测量各测试件 2 的逸出功、电阻率、该 ITO 薄膜 2 的一表面的表面粗糙度和用作一有机 EL 装置的测试件的驱动电压。

表 1 示出 ITO 薄膜 2 的各特性（逸出功、电阻率、表面粗糙度）和有机 EL 装置的驱动电压的值。此外，从 ITO 薄膜 2 的逸出功中减去空穴迁移层 5 的离子化电位 I_p (5.6eV) 得出各测试件 2 的能垒。

表 1

		SnO ₂ /ITO (wt%)	逸出功 (eV)	表面粗糙 度(nm)	电阻率 ($\times 10^{-4}$ $\Omega \cdot \text{m}$)	能 垒 (eV)	驱动电 压 (V)	评 价
例子	1	6	4.9	8	1.5	0.7	20	O

		5	5.2	7	1.3	0.4	17	○
		4	5.5	6	1.6	0.1	10	○
对 照 例		3*	5.6	7	1.9*	0	8	×
		10*	4.8*	6	1.9*	0.8*	23*	×
		10*	4.7*	32*	1.7*	0.9*	25*	×

（注：带星号的值不在本发明范围内）

在表 1 中，用 Riken Keiki Co., Ltd 制造的“表面分析装置 AC-1”测量逸出功。用 4 探针方法测量表面电阻后算出电阻率。用 Seiko Instruments Inc.制造的原子力显微镜“SPM3700”测量各测试件表面上 $1\mu\text{m}^2$ 面积的凹凸不平，算出表面粗糙度。此外，测量与测试件中每平方厘米 0.01A 电流对应的电压算出驱动电压。

从表 1 中显然可知，对照例 1 的逸出功高达 5.6eV，能垒为 0eV，因此驱动电压只须 8V，表面粗糙度低至 7nm。因此，ITO 薄膜 2 表面上不发生电场的局部集中，该薄膜的使用寿命长。但是，由于该 ITO 薄膜 2 用 SnO_2 含量为 3wt% 的 ITO 烧结压坯制成，因此电阻率高达 $1.9 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ ，因此接线电阻（耗电）增加。因此对照例 1 的耗电增加，显示质量下降。

此外，对照例 2 的表面粗糙度只有 6nm，从而可防止 ITO 薄膜 2 表面上发生电场局部集中，确保使用寿命长。但是，由于该 ITO 薄膜 2 用 SnO_2 含量为 10wt% 的 ITO 烧结压坯制成，因此逸出功下降到 4.8eV。这使得该 ITO 薄膜 2 的能垒提高到 0.8eV，从而驱动电压增加到 23V。而且，与对照例 1 一样，该薄膜的电阻率高达 1.90×10^{-4}

$\Omega \cdot m$ ，造成接线电阻增大。因此对照例 2 也是耗电增加，显示质量下降。

此外，在对照例 3 中，由于使用 SnO_2 含量为 10wt% 的 ITO 烧结压坯，在 $200^{\circ}C$ 较低基片温度下进行喷镀生成该 ITO 薄膜 2，因此与离子镀敷法一样，对照例 3 的逸出功低，需要较高驱动电压。此外，对照例 3 的表面粗糙度高达 32nm，从而造成电场在表面凸起部上的局部集中，因此该装置容易损坏，使用寿命降低。此外，对照例 3 的电阻率高，造成耗电增加，显示质量下降。

与此对照，例 1-3 的 ITO 薄膜的 SnO_2 含量为 4-6wt%，因此它们的逸出功为 4.9-5.5eV，表面粗糙度为 6-8nm，电阻率为 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$ 或以下。从而驱动电压可减小到 20V 或以下，表面光滑，使用寿命长，耗电少，显示质量高。因此可满足有机 EL 装置的所有特性要求。

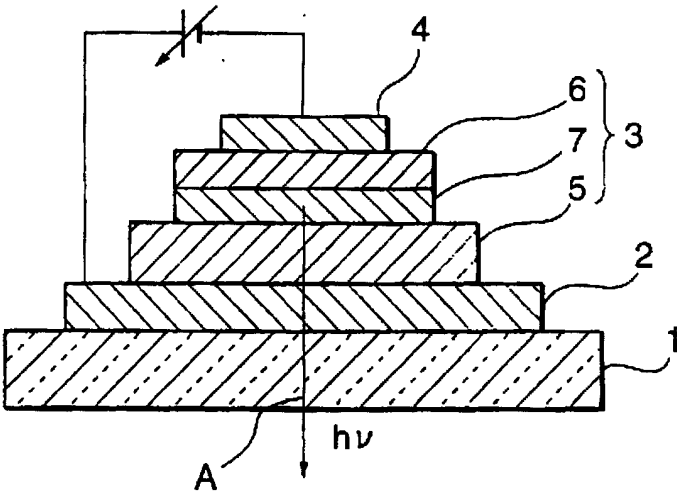


图1

图2

