[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01L 51/20

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03146488.2

[43] 公开日 2004 年 2 月 18 日

[11] 公开号 CN 1476111A

[22] 申请日 2003.7.16 [21] 申请号 03146488.2

[30] 优先权

[32] 2002. 7.17 [33] JP [31] 208210/2002

[32] 2002. 7.17 [33] JP [31] 208211/2002

[71] 申请人 先锋株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 永山健一

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

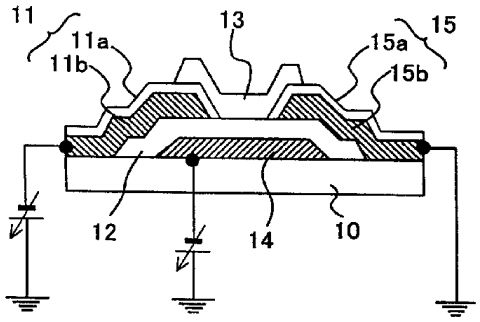
代理人 李 辉

权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 9 页

[54] 发明名称 有机半导体器件

[57] 摘要

一种有机半导体器件，其包含位于一对相互面对的电极对之间的具有载流子迁移性的有机半导体层。 至少一个所述的电极含有载流子传送层和传导层，该载流子传送层与有机半导体层接触，其逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，该传导层位于载流子传送层上，并具有比载流子传送层低的电阻率。



ISSN1008-4274

1.一种有机半导体器件，其包含位于一对相互面对的电极对之间的具有载流子迁移性的有机半导体层，其中，至少一个所述的电极含有载流子传送层和传导层，该载流子传送层与有机半导体层接触，其逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，该传导层位于载流子传送层上，并具有比载流子传送层低的电阻率。

2.根据权利要求1所述的有机半导体器件，其中，载流子传送层的逸出功在以有机半导体的电离电势为中心的±1eV的范围内。

3.根据权利要求2所述的有机半导体器件，其中，载流子传送层的逸出功在以有机半导体的电离电势为中心的±0.5eV的范围内。

4.根据权利要求1所述的有机半导体器件，其中，载流子传送层的最大层厚为1000Å。

5.根据权利要求4所述的有机半导体器件，其中，载流子传送层的最大层厚为500Å。

6.根据权利要求1所述的有机半导体器件，其中，载流子传送层配置为相互隔开的多个岛。

7.根据权利要求1所述的有机半导体器件，其中，所述的电极对为源极和漏极，有机半导体层沉积在源极和漏极之间以形成沟道，且该有机半导体器件还包括一个栅极，该栅极向源极和漏极之间的有机半导体层施加电压。

8.根据权利要求7所述的有机半导体器件，还包括栅绝缘层，该栅绝缘层使栅极与源极和漏极电绝缘。

9.根据权利要求7所述的有机半导体器件，其中，源极和漏极均位于该有机半导体层的一侧。

10.根据权利要求7所述的有机半导体器件，其中，源极和漏极分别位于有机半导体层的相对侧，将有机半导体层夹在中间。

11.根据权利要求8所述的有机半导体器件，其中，当栅绝缘层与传导层接触时，传导层由较载流子传送层具有更强的对栅绝缘层的粘着力

的材料制成。

12. 根据权利要求7所述的有机半导体器件，其中，所述的电极对为源极和漏极，有机半导体层在层的厚度方向上夹在源极和漏极之间，该有机半导体器件还包括置于该有机半导体层之内的栅极。

13. 根据权利要求12所述的有机半导体器件，其中，置于有机半导体层内的栅极具有栅格、梳状或条格状中的一种形状。

14. 一种有机半导体器件，其包含位于一对相互面对的电极对之间的具有载流子迁移性的有机半导体层，其中，至少一个电极是与有机半导体层接触的合金层，该合金层包含逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势的第一金属，以及电阻率比第一金属低的第二金属。

15. 根据权利要求14所述的有机半导体器件，其中，第一金属的逸出功在以有机半导体的电离电势为中心的±1eV的范围内。

16. 根据权利要求15所述的有机半导体器件，其中，第一金属的逸出功在以有机半导体的电离电势为中心的±0.5eV的范围内。

17. 根据权利要求14所述的有机半导体器件，其中，合金层的层厚范围是100Å至1μm。

18. 根据权利要求17所述的有机半导体器件，其中，合金层的层厚范围是100Å至3000Å。

19. 根据权利要求14所述的有机半导体器件，其中，合金层中第一金属的含量为至少0.01%原子百分比，优选的为至少0.1%原子百分比，更优选的为至少0.5%原子百分比，最大含量为50%原子百分比，优选的最大含量为20%原子百分比，更优选的最大含量为5%原子百分比。

20. 根据权利要求14所述的有机半导体器件，其中，所述的电极对为源极和漏极，有机半导体层位于源极和漏极之间形成沟道，该有机半导体器件还包括一个栅极，该栅极向源极和漏极之间的有机半导体层施加电压。

21. 根据权利要求20所述的有机半导体器件，还包括一个栅绝缘层，该层使栅极与源极和漏极绝缘。

22. 根据权利要求20所述的有机半导体器件，其中，源极和漏极都位

于有机半导体层的一边。

23. 根据权利要求20所述的有机半导体器件，其中，源极和漏极分别位于有机传导层的相对侧，将该层夹在中间。

24. 根据权利要求21所述的有机半导体器件，其中，当栅绝缘层与合金层接触时，第二金属由比第一金属具有更强的对栅绝缘层的粘着力的材料构成。

25. 根据权利要求14所述的有机半导体器件，其中，所述的电极对为源极和漏极，有机半导体层在层厚方向上夹在该电极对之间，且该有机半导体器件还包括插入在有机半导体层中的栅极。

26. 根据权利要求25所述的有机半导体器件，其中，插入在有机半导体层中的栅极具有栅格、梳状或条格状中的一种形状。

有机半导体器件

技术领域

本发明涉及有机半导体器件，其包含有机化合物的有机半导体层，其中使用了具有载流子迁移性的有机化合物。

背景技术

对于用作二极管、信号处理用的开关器件和放大晶体管的半导体，需要具备多种功能，诸如高的载流子迁移率、低的暗电流、低的驱动电压和复杂的器件结构，所以，无机半导体，例如硅，在半导体器件中扮演了主要角色。

在有机半导体领域中，利用光电转换特性的有机电致发光设备正在开发之中。此外，施加在有机半导体薄膜上的电压增大了载流子密度，这使得电流在有机半导体薄膜上的电极对之间流动。例如，通过有机半导体薄膜上的源极和漏极，以及位于两者之间用于在薄膜厚度方向上施加电压的栅极，可以对有机半导体薄膜的方向上流动的电流进行开关。因此，对有机晶体管进行了很多研究，以在信息传输、处理、记录及显示等技术领域中逐步使用有机半导体。在这些技术领域中，使用电信号来控制位于金属与有机半导体之间、或一个有机半导体与另一个有机半导体的连接界面处的有机半导体内的电子载流子和空穴载流子。

通过如下触式或上触式MOS-TFT，可以提供一种使用有机半导体薄膜的有机MOS-TFT结构。每个有机MOS-TFT包含在衬底上形成的栅极、栅绝缘层、源极和漏极，以及有机半导体层。用作栅极的材料是Ni、Cr或类似材料；用作栅绝缘层的是金属氧化物（如SiO_2或SiN）、无机材料（如氮化物）或树脂（如PMMA）；用作有机半导体层的材料是并五苯或类似材料。含有基本金属（如Pd或Au）的层用作源极和漏极。

然而，当含有基本金属（如Pd和Au）的层用作源极和漏极时，有机

半导体器件具有下述缺点，这阻止了该器件的实际应用：

1）加工电极图案非常困难，因为对Pd或Au进行湿蚀刻需要极强的酸（如王水），在蚀刻过程中这种酸可以损坏基础层（如栅极）；

2）器件的可靠性低，因为Pd或Au的薄膜与基础层薄膜的附着力小；

3）Pd和Au具有小的Clarke数，因此它们很昂贵；以及

4）与通常用作电极的材料（如Al）相比，Pd具有较高的电阻率。

发明内容

因此，本发明的一个目的在于提供一种有机半导体器件，该器件对电极具有更强的附着力、具有改进了的蚀刻特性和低的电阻。

根据本发明的有机半导体器件包含具有载流子迁移性的有机半导体层，其沉积在相向的电极对之间，其中，至少一个电极含有载流子传送层和传导层，该载流子传送层与有机半导体层接触，逸出功（work function）接近或等于有机半导体层的电离电势，该传导层位于载流子传送层上，并具有比载流子传送层低的电阻率。

根据本发明的有机半导体器件包含具有载流子迁移性的有机半导体层，其沉积在相向的电极对之间，其中，至少一个电极由与有机半导体层接触的合金层制成，该合金层包含第一金属和第二金属，第一金属的逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，第二金属的电阻率比第一金属低。

附图说明

图1是截面图，显示了根据本发明的一个实施例的有机晶体管；

图2是截面图，显示了根据本发明的另一个实施例的有机晶体管；

图3到图5是曲线图，分别显示了根据本发明的有机晶体管的源极和漏极之间的电流/电压特性；

图6是截面图，显示了根据本发明的另一个实施例的有机晶体管；

图7是截面图，显示了当根据本发明另一个实施例的有机晶体管用于TFT-LCD显示设备中时，显示设备的基板结构；

图8到图12是截面图，分别显示了根据本发明另一个实施例的有机晶体管；

图13和图14是曲线图，分别显示了根据本发明的有机晶体管的源极和漏极之间的电流/电压特性；

图15是截面图，显示了当根据本发明另一个实施例的有机晶体管用于TFT-LCD显示设备中时，显示设备的基板结构；

图16到图18是截面图，分别显示了根据本发明另一个实施例的有机晶体管。

具体实施方式

以下参照附图描述作为本发明的有机半导体器件实例的有机晶体管的实施例。

图1显示了根据本发明实施例的下触式有机晶体管。该有机晶体管包含在衬底10上形成的栅极14，在其上形成的栅绝缘层12，在其上形成的由具有载流子迁移性的有机化合物（如并五苯）制成的有机半导体层13，以及源极11和漏极15，这两个电极与有机半导体层13接触。衬底10由具有绝缘性能的材料（如玻璃）制成。源极11和漏极15分别包含载流子传送层11a和15a，以及在该载流子传送层上沉积的传导层11b和15b。栅极14向有机半导体层13施加电压，该有机半导体层13位于相向的源极11和漏极15之间。

图2显示了根据本发明另一个实施例的上触式有机晶体管。除形成顺序外，该上触式器件的结构与图1所示的下触式器件相同，这里首先沉积有机半导体层13，然后在其上沉积源极11和漏极15，并且首先沉积载流子传送层11a和15a，然后沉积传导层11b和15b。

有机半导体层13由施加电压时能够传输空穴和电子的有机化合物制成。有机半导体层13也可以具有多层结构，该多层结构包含各具有载流子传输能力的多个有机化合物薄膜。除具有高载流子迁移率的并五苯之外，稠环（fused ring）（如并三苯或并四苯）也可用于有机半导体。

当栅极被设定为通过栅绝缘层12施加电压时，栅极14使用常用的电

极材料，如Al、Cu、Ni或Cr，或其合金。

为减少电极和有机半导体之间的电子注入障碍，用作源极11和漏极15的材料的逸出功要接近或等于有机半导体的电离电势。例如，如图1所示，薄片层11a和11b与薄片层15a和15b被配置为含有两种和多种金属层，且分别用作源极11和漏极15，从而提供接近或等于有机半导体的电离电势的逸出功。更明确地说，源极11包含载流子传送层11a和传导层11b，载流子传送层11a与有机半导体层13接触，且其逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，传导层11b位于载流子传送层11a上，且其电阻率小于载流子传送层。与此相似，漏极15包含载流子传送层15a和传导层15b，载流子传送层15a与有机半导体层13接触，且其逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，传导层15b位于载流子传送层15a上，且其电阻率小于载流子传送层。

尤其重要的是，载流子传送层11a和15a的逸出功具有接近或等于有机半导体层的电离电势的特性，所以，载流子能够穿过有机半导体而移动。因此，适于把金属层作为载流子传送层，该金属层包含至少一种逸出功接近或等于有机半导体的电离电势的材料，适于把能够补偿载流子传送层尚未达到的特性的材料作为传导层11b和15b。当含有两种金属层的分层结构不足以改善这些特性时，该分层结构可以包含三种或多种金属层来进一步改善这些特性。虽然为了减少向有机半导体层的电子注入阻碍，把源极和漏极的载流子传送层11a和15a布置在有机半导体层的传导侧，该电极对的至少一个电极可包含载流子传送层和传导层，该载流子传送层与有机半导体层接触，其逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，该传导层位于载流子传送层上，其电阻率小于载流子传送层。

载流子传送层11a和15a使用金属、合金，或类似材料，它们包含至少一种逸出功接近或等于有机半导体的电离电势的材料。载流子传送层所包含的材料的逸出功适于在以将要使用的有机半导体的电离电势为中心的±1ev的范围内，更适于在±0.5ev的范围内。

例如，当把并五苯（一种电离电势为5.06ev的典型有机半导体材料）用于有机半导体层时，载流子传送层所包含的材料的逸出功适于在4.56

到5.56ev的范围内。满足上述性能的金属的实例有Rh、Ir、Ni、Pd、Pt、Au、As、Se、Te等等。上述基本金属或含有多种这些金属的合金可用作载流子传送层。

具有至少一种下述优异特性的金属可用于传导层11b和15b，这些优异特性包括比载流子传送层低的电阻率，允许精密构图的良好蚀刻特性，或更强的粘着力。当以第二、第三、第四和第五金属的顺序在传导层上布置金属层时，对于各种金属使用在下面至少一个方面具有优异特性的金属：比载流子传送层低的的电阻率，更好的蚀刻特性，或整个层对于基础层（例如图1中的栅绝缘层12）更强的粘着力。

具有低电阻率的金属实例有Al、Cu、Ag、Mo、W、Mg、Zn等等。上述金属中，具有特别低的电阻率的Al、Cu和Ag，及其合金，适于用作传导层11b和15b。

能够溶解在酸（主要包括磷酸）中的材料，诸如Al、Cu、Ag、Ni或Mo，或能够溶解在溶液(主要包括硝酸铈铵)中的材料，诸如Cr，表现出良好的湿蚀刻特性，这使得在这些材料上进行湿蚀刻很容易，从而这些材料适于用作传导层11b和15b。表1显示了电极材料和其电阻率以及可用的蚀刻剂。

表1

电极材料	比电阻(μΩ·cm)		蚀刻剂
	块状	薄膜	
ITO	-	120	多种酸，诸如氯化铁+盐酸等
Cr	12.9	30	硝酸铈铵溶液
Al	2.74	5	多种酸，诸如磷酸、硝酸或醋酸
Cu	1.7	2.5	多种酸，诸如磷酸、硝酸或醋酸
Ag	1.63	-	-
Au	2.2	3	王水或碘化钾溶液
Pt	10.8	-	王水或碘化钾溶液
Pd	10.6	-	王水或碘化钾溶液
Ni	7.04	50	多种酸
Mo	5.33	50	多种酸，诸如磷酸、硝酸或醋酸
Ta	13.1	25(α) 200(β)	氢氟酸
W	5.3	-	氢氟酸
Ti	47	200	氢氟酸

具有更高熔点的材料，诸如Cr、Mo、Ta、W或Ti，表现出强的粘着力，适于用作传导层11b和15b。因此，上述基本金属或其合金可用作传导层11b和15b。

太厚的载流子传送层11a和15a使低的电阻率和蚀刻特性受到消弱。因此，载流子传送层的层厚度适于为1000Å或更小，尤其适于为500Å或更小。与此相反，若载流子传送层太薄，则可以会削弱降低有机半导体层中注入障碍的效果。然而，即使层的厚度很小，通常也显示出效果。因此，与有机半导体层接触的载流子传送层的层厚度适于为1Å或以上，尤其适于为10Å或以上。

源极和漏极的沉积方法可从气相沉积、溅射、CVD（化学气相沉积）等等中选择。这些方法中，从材料易于使用和沉积设备简单的观点来看，溅射更可取。

沉积后在薄层上进行构图，以具有预定形状。构图可采用任何方法，然而，光刻处理更可取。光刻处理中，首先在薄层上形成具有预定形状的光刻胶，然后使用溶液进行湿蚀刻或使用气体进行干蚀刻。因此，去处光刻胶后可以获得具有预定图案的薄层。

当载流子传送层的蚀刻特性不同于传导层时，通过为每个薄层使用合适的蚀刻溶液或合适的蚀刻气体，分两步执行蚀刻处理。由于利用共同的蚀刻溶液或共同的蚀刻气体可以在一个步骤中完成蚀刻处理，所以载流子传送层和传导层适于具有相同的蚀刻特性。

在实施本发明时，下触式器件所选的传导层和上触式器件所选的传导层稍有不同。但都需要低的电阻率和更好的蚀刻特性。

如图1所示，当本发明用于下触式器件时，以传导层和载流子传送层的顺序布置源极和漏极。这种情况下，传导层对栅绝缘层12的粘着力非常重要。另一方面，如图2所示，当本发明用于上触式器件时，以载流子传送层和传导层的顺序布置源极和漏极。因此，传导层对栅绝缘层12的粘着力并不重要，但载流子传送层对栅绝缘层12的粘着力非常重要。

用于有机半导体层的并五苯是载流子传输材料，其具有高的空穴迁移率。当通过把并五苯用作有机半导体层而制作如图1所示的下触式器件

时，可以实现具有空穴传输性能的P型器件。

在有机半导体层中的载流子是空穴的情况下，有机半导体需要具有空穴传输性能或双极性传输性能的材料以至少传输空穴，从而空穴可以在其中通过。在载流子是电子的情况下，需要具有电子传输性能或双极性传输性能的材料以至少传输电子，从而电子可以在其中通过。具有空穴传输性能或双极性传输性能的材料的实例是铜酞菁或类似材料，电子传输材料的实例是三-8-羟基喹啉铝或类似材料。

选择位于每层电极中并与有机半导体层接触的用作载流子传送层的金属，使其逸出功与具有载流子传输性能的有机薄膜的电离电势基本相同。原因在于为了减小由相互接触的材料之间的能量势垒（energy barrier）而导致的能量差别，需要施加电压来实现载流子迁移性。更明确的说，低的能量势垒易于使载流子无阻力地移动。电离电势表示在真空能级和对应于最高能级价带的最高被占用分子轨道（HOMO）能级之间测量到的能量。金属或金属氧化物可用作载流子传送层的材料。这些材料的逸出功表示在0ev的真空能级和Fermi能级之间测量到的能量。需要注意的是，电离电势能量表示在具有空穴传输性能的材料上施加电压而阳离子化所需的功，电子亲和能表示在具有电子传输性能的材料上施加电压而阴离子化所需的功。

在根据本实施例的有机晶体管中，用作载流子传送层的具有更高逸出功的材料的实例是金属，诸如逸出功超过4.5lev的金，铂，钯，硒或镍，氧化铟锡（此后称为ITO），氧化铱锌，氧化锌及其合金，氧化锡，碘化铜等等。

另一方面，用作载流子传送层的具有低的逸出功的材料的实例是金属，诸如逸出功为4.5lev或更低的银，铅，锡，铝，钙，铟或铬，碱金属如锂，碱土金属如镁，其合金，碱金属化合物，碱土金属化合物，或类似材料。表2显示了待用材料的逸出功的实例。元素符号位于表2的每个格的上部，逸出功位于下部。

表2

Li 2.39	Be 3.37											B 4.5	C 4.39		
Na 2.27	Mg 3.46											Al 4.28	Si 4.1		
K 2.15	Ca 2.76	Sc 3.5	Ti 4.09	V 4.11	Cr 4.51	Mn 3.95	Fe 4.36	Co 4.18	Ni 4.84	Cu 4.47	Zn 3.74	Ga 3.96	Ge 4.56	As 5.11	Se 4.72
Rb 2.13	Sr 2.35	Y 3.2	Zr 3.84	Nb 4.1	Mo 4.27	Tc	Ru 4.52	Rh 4.65	Pd 4.82	Ag 4.28	Cd 3.92	In 4.12	Sn 4.11	Sb 4.08	Te 4.73
Cs 1.89	Ba 2.29	镧系	Hf 3.53	Ta 4.12	W 4.5	Re 5.1	Os 4.55	Ir 4.57	Pt 5.29	Au 4.58	Hg 4.52	Tl 3.76	Pb 4.02	Bi 4.28	Po

制造了下触式器件和用于比较的对比器件。所有实施例和所有对比例中，栅极和漏极的薄层的总厚度统一为2000Å。

[第一实施例]——采用下述程序制造如图1所示的下触式有机MOS-TFT。

(1)[形成栅极]——通过溅射方法在玻璃衬底上沉积一层厚度为1000Å的Cr。然后在Cr层上对Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112进行构图。把衬底浸泡在含有硝酸铈铵和过氯酸的水溶液中，以溶解并去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的Cr部分。最后把衬底浸泡在丙酮中，以去除光刻胶掩膜，从而在衬底上获得具有预定图案的栅极。

(2)[形成栅绝缘层]——通过溅射方法在衬底上已经形成的栅极图案上沉积一层厚度为1000Å的SiO_2。然后在SiO_2层上对Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112进行构图。在衬底上使用CF_4气体，以干蚀刻方式去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的SiO_2部分。最后在O_2等离子中去除光刻胶掩膜，从而在衬底上获得具有预定图案的SiO_2栅绝缘层。

(3)[形成源极和漏极]——在衬底上已经形成的栅绝缘层图案上，对Nippon Zeon有限公司制造的光刻胶掩膜ZPN1100进行构图。然后沉积层厚1500Å的Al作为传导层，随后通过溅射方法沉积层厚500Å的Pd作为载流子传送层。然后使用丙酮，通过剥离(lift-off)技术去除掩膜和掩膜上的金属层，从而获得各有预定图案的源极和漏极。由源极和漏极的图

案确定的沟道长度和沟道宽度分别为20μm和100μm。

（4）[形成有机半导体层]——利用具有预定图案的掩膜，采用电阻加热沉积方法，把衬底加热到60摄氏度，在衬底上已经形成的电极图案上沉积一层厚度为500Å的并五苯，从而形成有机半导体层。相应的，完成了有机MOS-TFT器件。

[第二实施例]——在第一实施例的第3段描述的厚度处，用作传导层的Al和用作载流子传送层的Pd分别为1800Å和200Å，除此之外，与第一实施例完全相同地完成有机MOS-TFT器件。

[第三实施例]——在第一实施例的第3段描述的形成源极和漏极处，通过溅射方法，沉积一层厚度为500Å的Cr作为第三金属层，以提高粘着力，接着沉积一层厚度为1300Å的Al作为传导层，接下来沉积一层厚度为200Å的Pd作为载流子传送层，从而形成具有三层结构的源极和漏极，除此之外，与第一实施例完全相同地完成有机MOS-TFT器件。

[第一对比例]——在第一实施例的第3段描述的形成源极和漏极处，使用了含有基本金属层的源极和漏极，通过溅射方法沉积一层厚度为2000Å的Pd而形成基本金属层，除此之外，与第一实施例完全相同地完成有机MOS-TFT器件。

[第四实施例]——通过沉积一层厚度为1800Å的Al作为传导层，接着沉积一层厚度为200Å的Ni作为载流子传送层，从而制造器件。由于Al和Ni表现出共同的蚀刻特性，这些层上的构图都是通过光刻工艺进行的。更明确地说，除了由以下步骤代替第一实施例的第3段所描述的步骤外，完成有机MOS-TFT器件的方式与第一实施例完全相同：

（3）[形成源极和漏极]——通过溅射方法，在衬底上已经形成的栅绝缘层图案上，沉积一层厚度为1800Å的Al作为传导层，此后沉积一层厚度为200Å的Ni作为载流子传送层。在Al/Ni层上，在Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112上进行构图。然后把衬底浸泡在含有磷酸和硝酸的混合酸中，以溶解并去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的Al/Ni部分。最后把衬底浸泡在丙酮中，以去除光刻胶掩膜，从而获得具有预定图案的源极和漏极。由源极和漏极的图案确定的沟道长度和沟道

宽度分别为20μm和100μm。

[第二对比例]——利用具有基本金属层的源极和漏极代替第一实施例的第3段所描述的源极和漏极，通过溅射方法沉积一层厚度为2000Å的Ni而形成所述的基本金属层，除此之外，与第一实施例完全相同地完成有机MOS-TFT器件。

[第五实施例]——采用下述程序制造如图2所示的上触式有机MOS-TFT。

（1）[形成栅极]——通过溅射方法在玻璃衬底上沉积一层厚度为1000Å的Cr。然后在Cr层上在Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112上进行构图。把衬底浸泡在含有硝酸铈铵和过氯酸的水溶液中，以溶解并去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的Cr部分。最后把衬底浸泡在丙酮中，以去除光刻胶掩膜，从而获得具有预定图案的栅极。

（2）[形成栅绝缘层]——通过溅射方法在衬底上已经形成的栅极图案上沉积一层厚度为1000Å的SiO_2。然后在SiO_2层上在Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112上进行构图。在衬底上使用CF_4气体，以干蚀刻方式去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的SiO_2部分。最后在O_2等离子中去除光刻胶掩膜，从而获得具有预定图案的SiO_2栅绝缘层。

（3）[形成有机半导体层]——利用掩膜，采用电阻加热沉积方法，把衬底加热到60摄氏度，在衬底上已经形成的栅绝缘层图案上沉积一层厚度为500Å的并五苯，从而形成有机半导体层。

（4）[形成源极和漏极]——利用掩膜，利用电阻加热沉积方法，沉积一层厚度为200Å的Pd作为载流子传送层，然后沉积一层厚度为1800Å的Al作为传导层，从而在衬底上已经形成的有机半导体层图案上形成预定的源极和漏极图案。由源极和漏极图案确定的沟道长度和沟道宽度分别为20μm和100μm。相应的，完成了有机MOS-TFT器件。

[第六实施例]——对应于第五实施例的第4段所描述的厚度，用作载流子传送层的Pd和用作传导层的Al分别为10Å和1990Å，除此之外，与第五实施例完全相同地完成有机MOS-TFT器件。

[第三对比例]——对应于第五实施例的第4段所描述的源极和漏极，

使用了含有基本金属层的源极和漏极，通过掩膜气相沉积方式，沉积一层厚度为2000Å的Pd而形成基本金属层，除此之外，与第五实施例完全相同地完成有机MOS-TFT器件。

[源极和漏极的粘着力]——当形成第一到第四实施例和第一到第二对比例的器件时，同时制造样本器件，通过溅射方法在样本器件上沉积SiO_2栅绝缘层和源极及漏极，以评估各层对作为基础层的SiO_2栅绝缘层的粘着力。通过以下步骤评估粘着力：

使用工具刀在SiO_2层的水平和竖直方向上都以1mm的间距切11次，以形成含有10行×10列的100个单元格的栅格。

在栅格上贴上胶带并压紧。

用力去除胶带，记数剩余的单元数目。表3显示了粘着力的评估结果。表3中需要注意的是，在电极材料的列中，按照所示的顺序显示了第二金属和第一金属的材料，数值表示材料的含量，在粘着力的列中，高的数值表示更强的粘着力，最大值为100。

表3

样本	薄层材料（）中的数值表示层厚，单位为Å	粘着力	薄膜电阻（Ω/□）	电特性
第一实施例	Al(1500)/Pd(500)	100	0.321	与第一对比例相同
第二实施例	Al(1800)/Pd(200)	100	0.269	与第一对比例相同
第三实施例	Cr(500)/Al(1300)/Pd(200)	100	0.368	与第一对比例相同
第一对比例	Pd(2000)	0	5.96	-
第四实施例	Al(1800)/Ni(200)	100	0.272	与第二对比例相同
第二对比例	Ni(2000)	100	9.63	-
第五实施例	Pd(200)/Al(1800)	-	0.276	与第三对比例相同
第六实施例	Pd(10)/Al(1990)	-	0.251	与第三对比例相同
第三对比例	Pd(2000)	-	6.12	-

已经证实，所有实施例的粘着力等于或强于那些对比例。与第一对比例中显示的Pd基本金属层的情况相比，第一到第三实施例中显示的粘着力有明显改善。

[源极和漏极薄层的电阻率]——形成实施例和对比例的器件时，同时制造多个样本器件，通过溅射方法在样本器件上沉积SiO_2栅绝缘层、源极和漏极，以评估各层的电阻率。通过四探针方法测量的厚度为2000Å的薄膜电阻作为比电阻。比电阻的测量结果见表3。可以肯定的是根据本发明的所有薄层具有比基本金属层更低的电阻。

[有机MOS-TFT器件的电特性]——对于根据实施例和对比例制造的有机MOS-TFT，固定栅极上的电压，改变源极和漏极之间的电压，测量源极和漏极之间的电流。测量结果见表3、图3、图4和图5。

由表3、图3、图4和图5可见，使用Al/Pd薄层和Cr/Al/Pd薄层用作源极和漏极的器件表现出的特性与使用Pd基本金属层的器件基本上相同。同样也证实了源极和漏极使用Al/Ni薄层的器件与使用Ni基本金属层的器件具有基本上相同的特性。

因此证实了虽然电特性与源极和漏极使用逸出功接近或等于传统有机半导体的基本金属的器件大致相同，根据本发明的器件改善了源极和漏极的低电阻率和粘着力中的至少一种特性。

图6显示了根据本发明的另一个实施例的下触式有机晶体管。当把本发明应用于下触式器件时，源极11和漏极15的载流子传送层11a和15a可配置为非常薄的岛状，如图6所示，传导层11b和15b也配置为具有更好的蚀刻特性，从而可以在源极和漏极上容易地进行构图。但是，岛状的载流子传送层11a和15a的厚度取决于材料和沉积方法，200Å或更小的厚度更合适。

当载流子传送层11a和15a被配置为具有岛状结构时，使用蚀刻溶液或蚀刻气体，仅蚀刻传导层，就能够完成对各包含传导层和载流子传送层的源极11和漏极15的蚀刻处理。这是因为载流子传送层的岛状结构使得可以通过岛状载流子传送层的开口浸入蚀刻溶液或蚀刻气体，从而蚀刻传导层。所以，载流子传送层在基础层上处于漂浮状态，然后被去除。

通过这种方式，可以一步完成蚀刻。

虽然本发明在上述实施例中已经适用于两种电极，即源极和漏极，但本发明可仅应用于一种电极，源极或漏极，或者可适用于除三极有机晶体管之外的双极有机晶体管的电极。此外，除了图1和图2所示的实施例之外，本发明还可适用于能够提供沟道使电流以源极、有机半导体和漏极的顺序流动的任意结构的有机半导体器件。

虽然上述实施例描述了单个TFT的制造，但可以使用根据本发明的TFT，例如，用来驱动如LCD或EL的显示设备的像素。更明确地说，通过在公共基板上形成至少一个根据本发明的有机晶体管，和其它必需器件，如电容器，像素电极等等，可以提供一种使用根据本发明的有机MOS-TFT的有源驱动显示设备。例如，图7显示了把本发明的特征应用于TFT-LCD显示设备的一种显示设备的基板结构。这种结构中，包含载流子传送层11a和传导层11b的源极11连接到LCD的像素电极20，有机半导体层13被保护层21所覆盖。

此外，本发明的特征可应用于SIT（静电感应晶体管）以作为具有如图8所示垂直结构的有机晶体管。SIT具有可以对在薄层的厚度方向上流动的电流进行开关的功能。SIT具有三端结构，在该结构中有机半导体层13夹在载流子传送层11a和15a之间，载流子传送层11a和15a分别包含在源极11和漏极15内，而源极11和漏极15都具有包含载流子传送层和传导层的薄层结构。SIT还包括在厚度方向置于有机半导体层13中间的多孔栅极14。可以通过在包围栅极的有机半导体内生成的耗尽层来控制漏极和源极之间的电流。向栅极14施加电压时生成耗尽层。

或者，如图9所示，有机晶体管可以可以具有由栅极14、源极11和漏极15相互层叠而组成的结构。源极11和漏极15各自包含传导层11b和15b，且载流子传送层11a和15a形成于衬底10上，而后，有机半导体层13、栅绝缘层12和栅极14以述的顺序形成，该顺序与图1所示的配置相反。

与此类似，如图10所示，有机晶体管可以可以具有源极11和漏极15分别包含传导层11b和15b的结构，且载流子传送层11a和15a将有机半导体层13夹在中间，栅极14通过栅绝缘层12隔离开。

如上所述，在根据本实施例的有机半导体器件中，与载流子迁移性有关的电极被配置为包含载流子传送层和传导层的层状结构，载流子传送层的逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，且传导层在粘着力、蚀刻特性和低电阻中的至少一个方面具有比载流子层更好的特性。因此，电子通过具有低障碍特性的载流子传送层注入有机半导体，从而实现了与使用基本金属层时相似的优异电特性。此外，在粘着力、蚀刻特性和低电阻中的至少一个方面，也实现了一种比使用由基本金属层构成的电极时更优异有机半导体。从而改进了电极材料组合的多样化。

图11示出了根据另一个实施例的下触式有机晶体管。这种有机晶体管包括在衬底10上形成的栅极14、在栅极14上形成的栅绝缘层12、在栅绝缘层12上形成的一个由具有载流子迁移性的有机化合物（如并五苯）制成的有机半导体层13，以及与有机半导体层13接触的源极11和漏极15。衬底10由具有绝缘特性的材料（如玻璃）制成。栅极14向位于相向的源极11和漏极15之间的有机半导体层13施加电压。

图12示出了根据另一个实施例的一种上触式有机晶体管。除形成顺序外，该上触式器件的结构与图11所示的下触式器件相同，这里首先沉积有机半导体层13，然后在其上沉积源极11和漏极15。

有机半导体层13和栅极14所使用的材料与前述实施例中的相同。

源极11和漏极15所用材料的逸出功要求接近或等于有机半导体的电离电势，以减小电极和半导体之间的电子注入障碍。例如，如图11所示，源极11和漏极15各使用了由两种或更多类型金属组成的合金层，从而具有逸出功接近或等于有机半导体的电离电势的特征。特别地，每一种合金层都由逸出功接近或等于有机半导体层13的第一金属和比第一金属具有更低电阻率的第二金属组成。

特别重要的是：第一金属的逸出功接近或等于有机半导体的电离电势，从而载流子可以通过有机半导体。因此，优选地通过以下方式来提供合金层：使用微量的金属层作为第一金属，其中第一金属包含至少一种逸出功接近或等于有机半导体电离电势的材料，并选择可以弥补第一金属所不具备的特性的金属作为第二金属。这些特性是：低的电阻率以

实现充分的电流，对于微小图案更好的蚀刻特性，以及整个层对于基础层更强的粘着力。当含有两种类型金属的合金层不足以改善这些特性时，合金层可以使用三种或更多种的金属来进一步改善其特性。

将包含至少一种逸出功接近或等于有机半导体电离电势的材料的金属、合金或者类似材料作为第一金属。优选的，第一金属中包含的材料的逸出功在以所使用的有机半导体的电离电势为中心的±1eV范围之内，更为优选的是在±0.5eV的范围之内。

例如，当使用并五苯（一种电离电势为5.06eV的典型有机半导体材料）作为有机半导体时，第一金属中包含的材料的逸出功优选在4.56至5.56eV之间。满足上述特性的金属实例是：Rh、Ir、Ni、Pd、Pt、Au、As、Se、Te等等。可以使用上述的一种基本金属或几种这些金属作为第一金属。

在如下方面具有至少一种优异特性的金属可以用作为第二金属，即：比第一金属更低的电阻率、可以实现精细构图的更好的蚀刻特性，以及整个层对于第一金属下的基础层（即图11中的栅绝缘层12）更强的粘着力。

在主要包含磷酸的酸中能被融解的材料，如Al、Cu、Ag、Ni或Mo，或者在主要包含硝酸铈铵的溶液中能被融解的金属，如Cr，都具有优异的湿蚀刻特性，可以容易地进行湿蚀刻，因此这些材料优选作为第二金属。可以使用上述表1中所示的电极材料、其电阻率以及可用的蚀刻剂。

具有更高熔点的材料，如Cr、Mo、Ta、W或Ti，具有很强的粘着力，适合作为第二金属。因此，上述的基本金属或其合金可用作为第二金属。

混在该合金层中的第一金属含量太大会削弱合金层的电阻性能、蚀刻特性和粘着力。因此，该合金中的第一金属的含量优选为50%原子百分比或更低，更为优选的是20%原子百分比或更低，最为优选的是5%原子百分比或更低。相反，第一金属的含量太少会降低减小有机半导体层注入障碍的效果。然而，即使是微小的量该合金通常也会显示出效果。因此，在合金层中第一金属的含量优选为0.01%原子百分比或更高，更为优选的是0.1%原子百分比或更高，最为优选的是0.5%原子百分比或更高。

这种合金以一种薄膜合金层的形式用于源极和漏极。

当合金层太厚时，蚀刻特性被削弱。因此，合金层的层厚范围优选为100Å至1μm，更为优选是100Å至3000Å。

源极和漏极的沉积方法可从利用多个蒸汽源的同时沉积（co-deposition）、溅射、CVD等等中选择。在这些方法中，从材料易于使用、合金成分的稳定性和沉积设备简单的观点来看，溅射更可取。沉积后在合金层上进行构图，以具有预定形状。进行构图可采用任何方法来进行构图，然而，优选使用光刻处理。在光刻处理中，首先在合金层上形成具有预定形状的光刻胶掩膜，然后使用溶液进行湿蚀刻或使用气体进行干蚀刻。因此，去除光刻胶掩膜后可以获得具有预定图案的合金层。

选择逸出功与具有载流子传输性能的有机薄膜的电离电势基本上相同的金属用作合金层中与有机半导体接触的第一金属。原因在于为了减少由相互接触的材料之间的能量势垒而导致的能量差别，需要施加电压来实现载流子迁移性。更明确的说，低的能量势垒易于使载流子无阻力地移动。

在根据本实施例的有机晶体管中用作第一金属的具有更高逸出功的材料的实例是金这样的逸出功超过4.51ev的金属、铂、钯、硒或镍。

另一方面，用作第一金属的具有低的逸出功的材料的实例是银这样的逸出功为4.51ev或更低的金属，铅、锡、铝、钙、铟、铬，碱金属如锂，碱土金属如镁，等等。可以使用上述表2中显示的材料。

器件的制造——制造了下触式器件和用于比较的对比器件。

[第七实施例]——采用下述程序制造如图11所示的下触式有机MOS-TFT。

（1）[形成栅极]——通过溅射方法在玻璃衬底上沉积一层厚度为1000Å的Cr。然后在Cr层上对Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112进行构图。把衬底浸泡在含有硝酸铈铵和过氯酸的水溶液中，以溶解并去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的Cr部分。最后把衬底浸泡在丙酮中，以去除光刻胶掩膜，从而在衬底上获得具有预定图案的栅

极。

（2）[形成栅绝缘层]——通过溅射方法在衬底上已经形成的栅极图案上沉积一层厚度为1000Å的SiO_2。然后在SiO_2层上对Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112进行构图。在衬底上使用CF_4气体，以干蚀刻方式去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的SiO_2部分。最后在O_2等离子中去除光刻胶掩膜，从而在衬底上获得具有预定图案的SiO_2栅绝缘层。

（3）[形成源极和漏极]——通过溅射方法，在衬底上已经形成的栅极图案上，使用包含Pd作为第一金属且含量为0.1%原子百分比的Ag-Pd合金靶，沉积一层厚度为1000Å的Ag-Pd合金层。然后在Ag-Pd层上对Tokyo Ohka Kogyo有限公司制造的光刻胶掩膜AZ6112进行构图。把衬底浸泡在含有磷酸、硝酸和醋酸的混合酸中，以溶解并去除没有被光刻胶掩膜覆盖的不需要的Ag-Pd部分。最后把衬底浸泡在丙酮中，以去除光刻胶掩膜，从而获得各具有预定图案的源极和漏极。由源极和漏极的图案确定的沟道长度和沟道宽度分别为20μm和100μm。

（4）[形成有机半导体层]——通过使用具有预定图案的掩膜，采用电阻加热沉积方法，把衬底加热到60摄氏度，在衬底上已经形成的电极图案上沉积一层厚度为500Å的并五苯，从而形成有机半导体层。相应的，完成了有机MOS-TFT器件。

[第八实施例]——用含有1%原子百分比的Pd的Ag-Pd合金层代替第七实施例的第（3）段中描述的合金来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第九实施例]——用含有5.0%原子百分比的Pd的Ag-Pd合金层代替第七实施例的第（3）段中描述的合金来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第十实施例]——用含有1.0%原子百分比的Pd和0.5%原子百分比的Cu的Ag-Pd-Cu合金层代替第七实施例的第（3）段中描述的合金来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第四对比例]——用Pd形成源极和漏极，从而制造了对比器件。因为在Pd上很难进行有选择的蚀刻而不损坏位于Pd层下的Cr层，因此使用剥离方法在Cr上进行构图。特别地，除了用以下的步骤代替第七实施例的第（3）段中描述的步骤外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件：

（3）[形成源极和漏极]——在衬底上已经形成的栅绝缘层图案上对Nippon Zeon有限公司制造的光刻胶掩膜ZPN1100进行构图。随后通过溅射方法沉积一层厚度为1000Å的Pd作为源极和漏极。源极和漏极各自具有通过使用丙酮的剥离技术而获得的预定图案。由源极和漏极的图案确定的沟道长度和沟道宽度分别为20μm和100μm。

[第五对比例]——用Ag代替第七实施例的第（3）段中描述的材料来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第十一实施例]——用含有2%原子百分比的Ni作为第一金属的Al-Ni合金层代替第七实施例的第（3）段中描述的合金来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第十二实施例]——用含有5%原子百分比的Ni的Al-Ni合金层代替第七实施例的第（3）段中描述的合金来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第六对比例]——用Ni代替第七实施例的第（3）段中描述的材料来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[第七对比例]——用Al代替第七实施例的第（3）段中描述的材料来形成源极和漏极，除此之外，以与第七实施例完全相同的方式完成有机MOS-TFT器件。

[源极和漏极的粘着力]——当形成实施例和对比例的器件时，同时制造样本器件，通过溅射方法在样本器件上沉积SiO_2栅绝缘层和源极及漏极，以评估各层对SiO_2栅绝缘层（基础层）的粘着力。通过以下步骤来评估粘着力：

使用工具刀在SiO_2层的水平和竖直方向上以1mm的间距切11次，以形成含有10行×10列的100个单元格的栅格。

在栅格上贴上胶带并压紧。

用力去除胶带，记数剩余的单元数目。表4显示了粘着力的评估结果。表4中需要注意的是，在电极材料的列中，按照所示的顺序显示了第二金属和第一金属的材料，数值表示材料的含量，在粘着力的列中，高的数值表示更强的粘着力，最大值为100。

表4

样本	电极材料	粘着力	薄膜电阻（Ω/□）	电特性
第七实施例	Ag-0.1Pd	100	0.242	与第四对比例相同
第八实施例	Ag-1Pd	100	0.278	与第四对比例相同
第九实施例	Ag-5Pd	100	0.478	与第四对比例相同
第十实施例	Ag-1Pd-0.5Cu	100	0.311	与第四对比例相同
第四对比例	Pd	0	3.08	-
第五对比例	Ag	100	0.223	差于第四对比例
第十一实施例	Al-2Ni	100	0.882	与第六对比例相同
第十二实施例	Al-5Ni	100	1.54	与第七对比例相同
第六对比例	Ni	100	4085	-
第七对比例	Al	100	0.509	差于第六对比例

已经证实，所有实施例的粘着力等于或强于那些对比例。对诸如Pd之类的贵金属的合金，粘着力有明显改善。

[源极和漏极合金层的电阻率]——形成实施例和对比例的器件时，同时制造样本器件，通过溅射方法在样本器件上沉积SiO_2栅绝缘层、源极和漏极，以评估各层的电阻率。通过四探针方法（four-probe method）测量的厚度为1000Å的薄膜电阻作为比电阻。比电阻的测量结果见表4。

已经证实，根据本发明的所有合金层具有比包含第一金属的基本金属层更低的电阻。

[有机MOS-TFT器件的电特性]——对于根据实施例和对比例而制造的有机MOS-TFT，固定栅极电压，改变源极和漏极之间的电压，测量源极和漏极之间的电流。测量结果见表4、图13和图14。

已经证实，使用Ag-Pd合金层和Ag-Pd-Cu合金层作为源极和漏极的器件表现出的特性与使用基本金属Pd层的器件基本上相同，且其特性优于使用Ag的器件。同样也证实了源极和漏极使用Al-Ni合金层的器件与使用Ni基本金属层的器件具有基本上相同的特性，且其特性优于使用Al的器件。

因此证实了，根据本发明的器件改善了下面的至少一种特性，即源极和漏极的低电阻率、蚀刻特性和粘着力，虽然电特性与源极和漏极使用逸出功接近或等于传统有机半导体的基本金属的器件基本上相同。同样也证实了，与源极和漏极使用诸如Ag或Al的基本金属的情况相比，根据实施例的器件具有更好的电特性。

虽然在上述实施例中该合金层用于两个电极，即源极和漏极，但该合金层可仅用于一个电极，即源极或漏极，或者可适用于除三极有机晶体管之外的双极有机晶体管的电极。此外，除了图11和图12所示的实施例之外，该合金层可适用于任何结构的提供沟道使电流以源极、有机半导体和漏极的顺序流动的有机半导体器件。

虽然上述实施例描述了单个TFT的制造，但可以使用根据本发明的TFT，例如，用来驱动如LCD或EL的显示设备的像素。更明确地说，通过在公共基板上形成根据本发明的至少一个有机晶体管，和其它必需器件，如电容器，像素电极等等，从而可以提供一种使用根据本发明的有机MOS-TFT的有源显示设备。例如，图15显示了把本发明的特征应用于TFT-LCD显示设备的一种显示设备的基板结构。这种结构中，包含第一金属和第二金属合金层的源极11连接到LCD的像素电极20，有机半导体层13被保护膜21覆盖。

此外，本发明的特征可适用于SIT（静电感应晶体管）以作为具有如

图16所示垂直结构的有机晶体管。SIT具有对在合金层的厚度方向上流动的电流进行开关的功能。SIT具有三端结构，在该结构中有机半导体层13夹在源极11和漏极15之间，源极11和漏极15各自包含第一金属和第二金属的合金层。SIT还具有在厚度方向上置于有机半导体层13中间的多孔栅极14。可以通过在包围栅极的有机半导体内生成的耗尽层来控制漏极和源极之间的电流。当向栅极14施加电压时生成耗尽层。

或者，如图17所示，有机晶体管可以具有由栅极14、源极11和漏极15相互层叠而组成的结构。在衬底10上形成各自包含第一金属和第二金属合金层的源极11和漏极15，其后，以所述的顺序形成有机半导体层13、栅绝缘层12和栅极14，该顺序与图11所示的结构次序相反。

与此类似，如图18所示，有机晶体管可以具有这样的结构：分别包含第一金属和第二金属合金层的源极11和漏极15将有机半导体层13夹在中间，栅极14通过栅绝缘层12与它们隔开。

如上所述，在根据本实施例的有机半导体器件中，具有载流子迁移功能的电极具有由第一金属和第二金属组成的合金层，其中第一金属的逸出功接近或等于有机半导体层的电离电势，第二金属在粘着力、蚀刻特性和低阻值中的至少一个方面与第一金属存在区别。因此，电子通过具有低障碍特性的第一金属注入到有机半导体中，从而实现了与在使用第一金属的基本金属层情况下相似的优异电特性。此外，也实现了一种至少在粘着力、蚀刻特性和低电阻之中一方面与使用由第一金属的基本金属层构成的电极具有不同特性的半导体。从而，可以改善电极材料组合的多样化。

应该理解，前面的说明和附图只是提出了当前本发明的优选实施例。本领域的技术人员应该理解，依照上述示教，在所公布的本发明范围内可以有多种形式的修改、补充及替代。因此，应该理解，本发明并不局限于所公开的实施例，而是可以在所附权利要求的完全范围内实施。

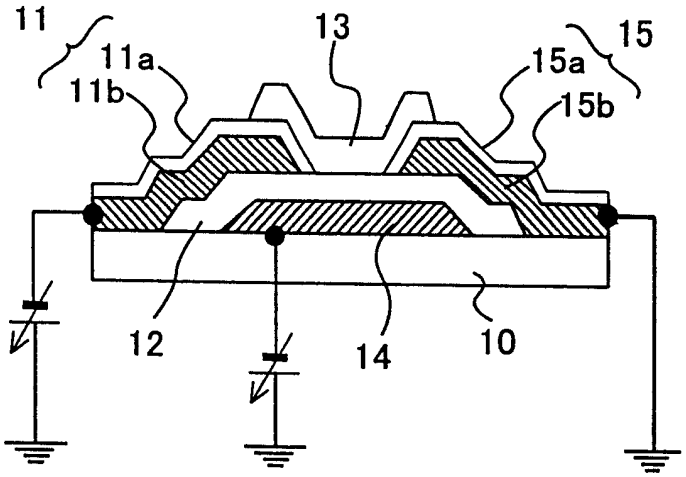


图 1

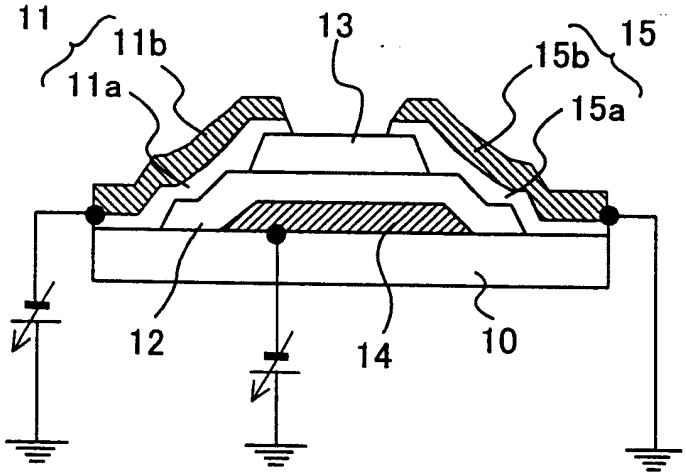


图 2

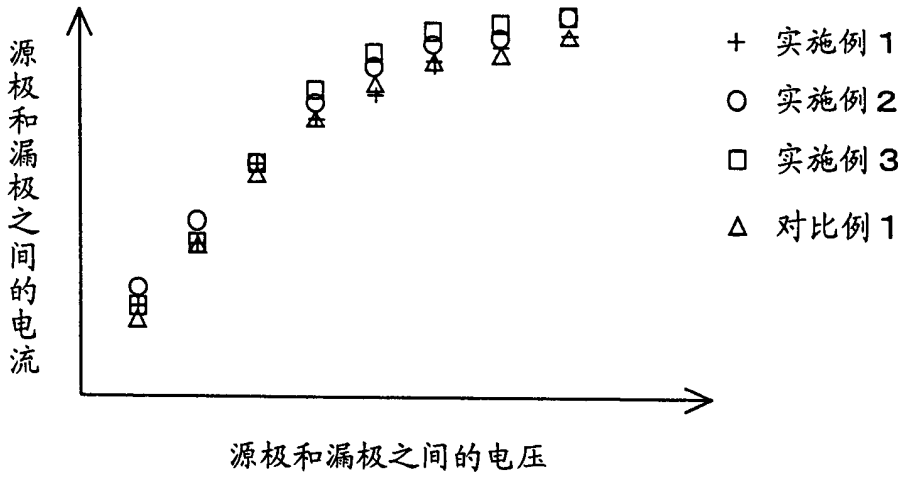

源极和漏极之间的电流
源极和漏极之间的电压
+ 实施例1
○ 实施例2
□ 实施例3
△ 对比例1

图 3

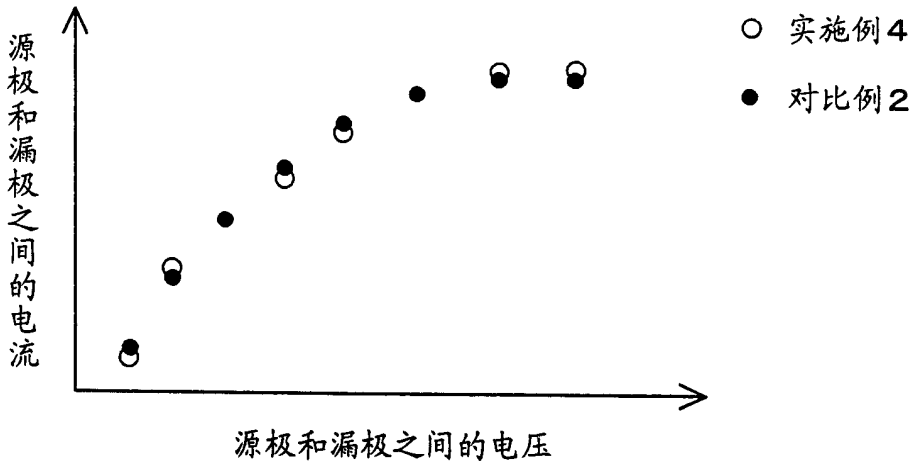

源极和漏极之间的电流
源极和漏极之间的电压
○ 实施例4
● 对比例2

图 4

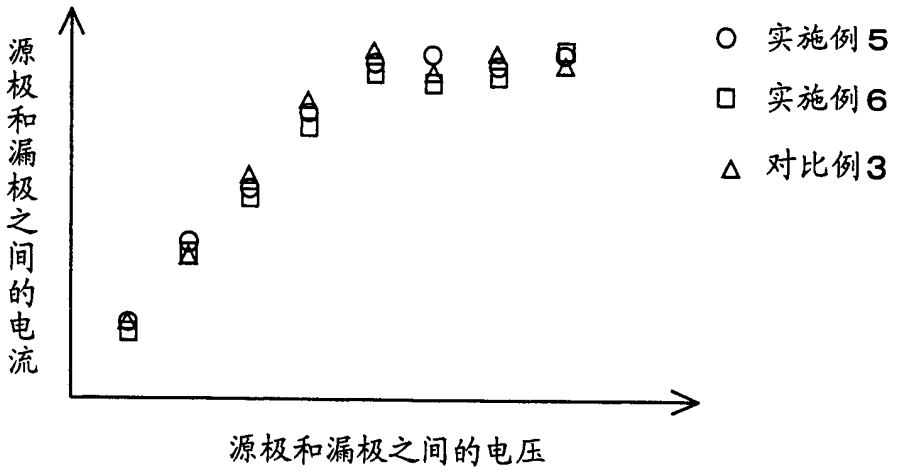

源极和漏极之间的电流
源极和漏极之间的电压
实施例5
实施例6
对比例3

图 5

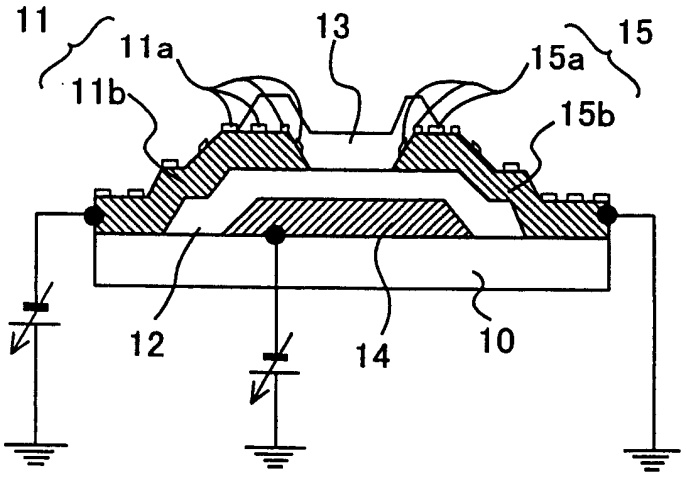

11
11a
11b
13
15
15a
15b
12
14
10

图 6

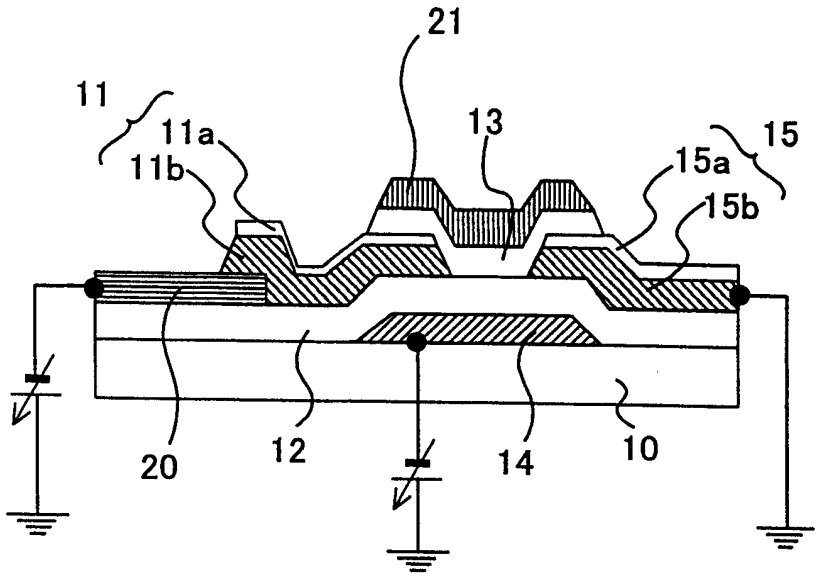

21
11
11a
11b
13
15
15a
15b
20
12
14
10

图 7

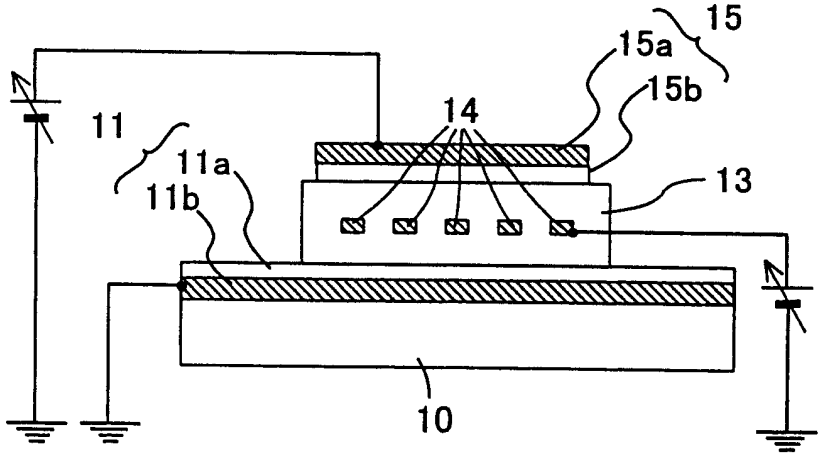

15
15a
15b
14
11
11a
11b
13
10

图 8

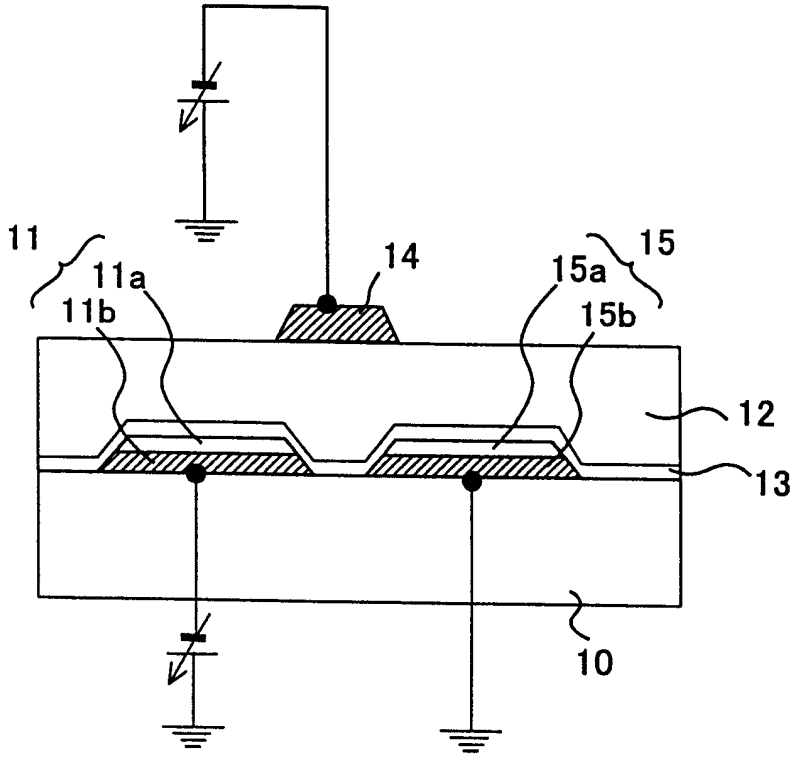


图 9

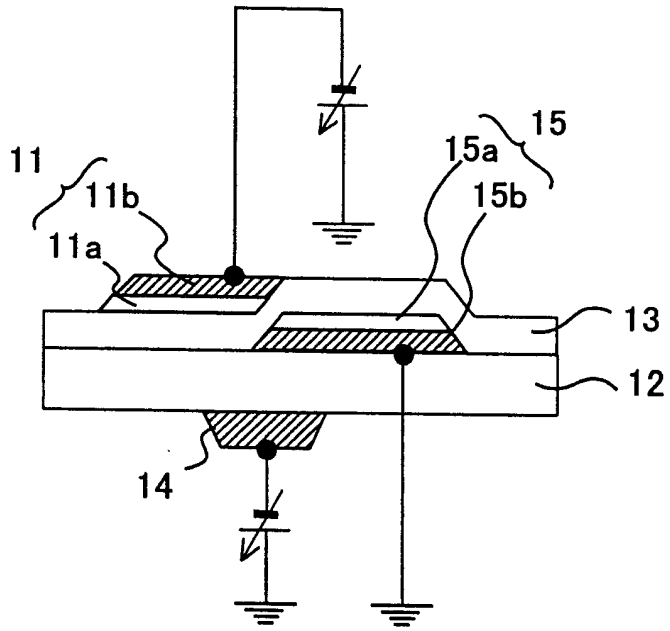


图 10

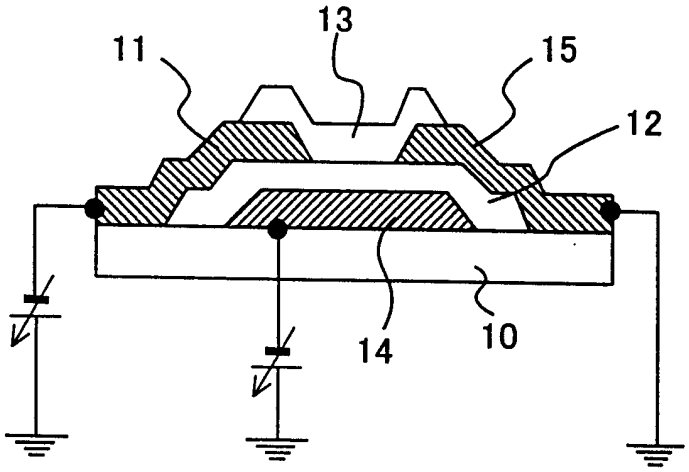


图 11

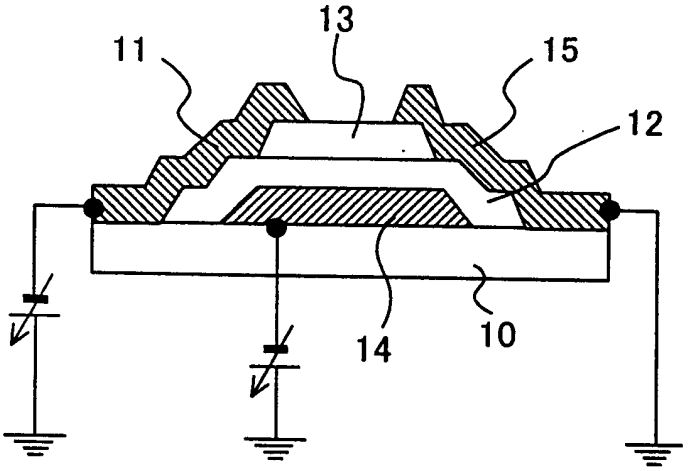


图 12

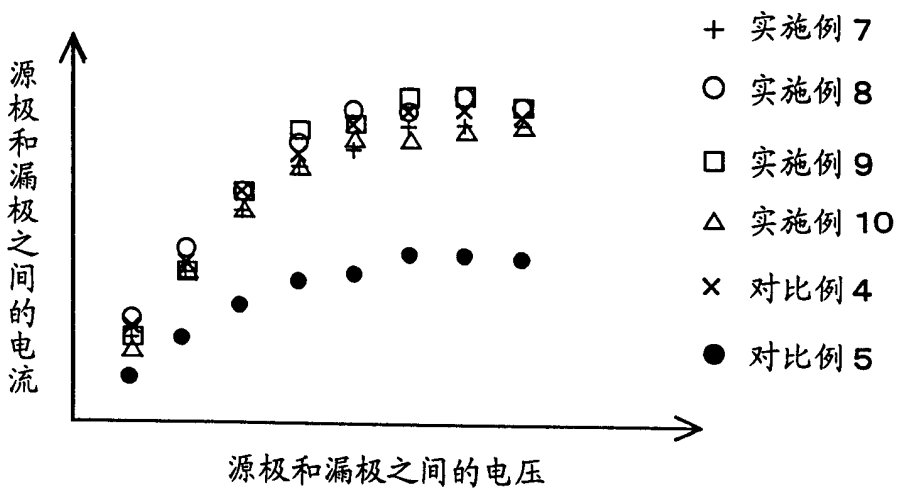

源极和漏极之间的电流
源极和漏极之间的电压
+ 实施例 7
○ 实施例 8
□ 实施例 9
△ 实施例 10
× 对比例 4
● 对比例 5

图 13

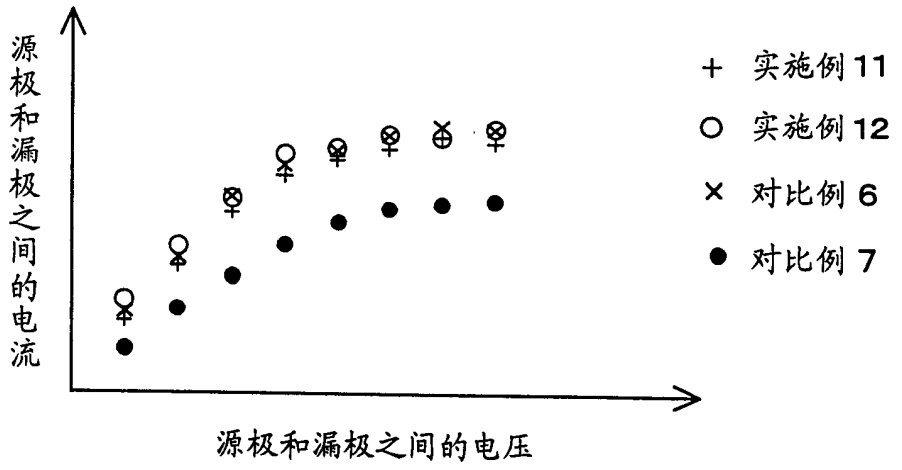

源极和漏极之间的电流
源极和漏极之间的电压
+ 实施例 11
○ 实施例 12
× 对比例 6
● 对比例 7

图 14

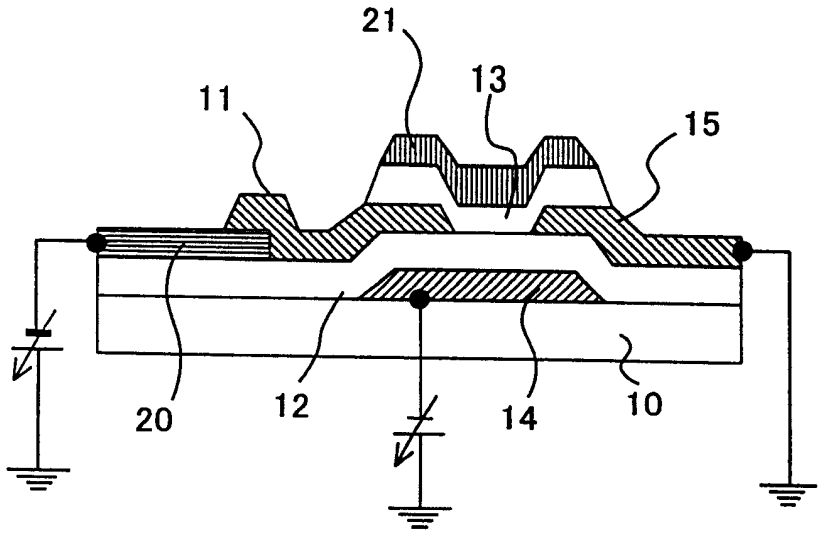


图 15

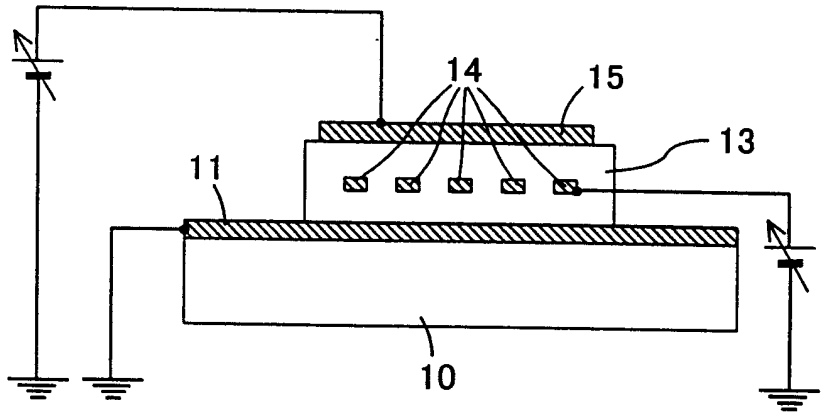


图 16

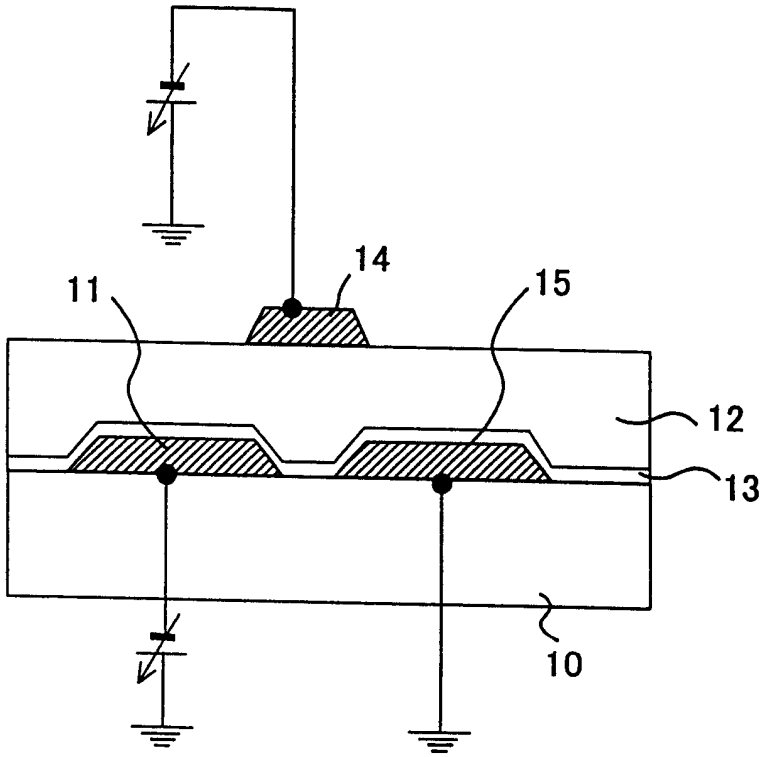


图 17

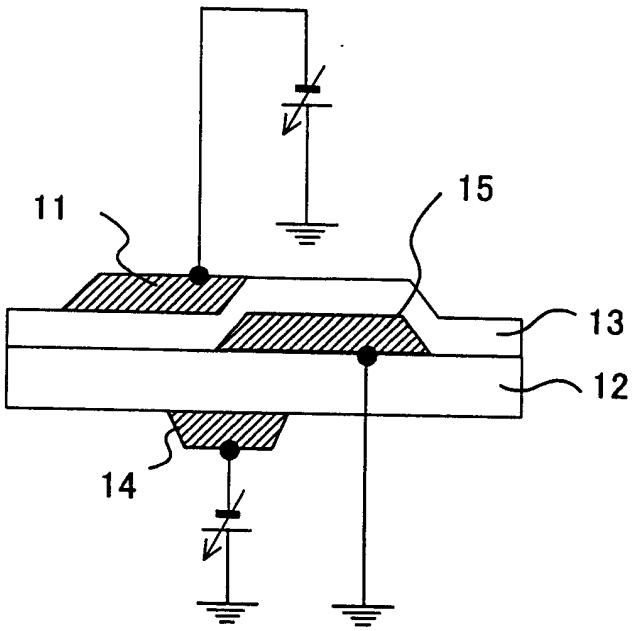


图 18