[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 02815611.0

[51] Int. Cl.
C30B 29/54 (2006.01)
C30B 7/06 (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01)
H01L 51/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100334263C

[22] 申请日 2002.8.7 [21] 申请号 02815611.0

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 9 [33] JP [31] 242808/2001

[86] 国际申请 PCT/JP2002/008070 2002.8.7

[87] 国际公布 WO2003/016599 日 2003.2.27

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.9

[73] 专利权人 旭化成株式会社

地址 日本国大阪府

[72] 发明人 南方尚

[56] 参考文献

JP5 - 55568A 1993.3.5

EP0786820A2 1997.1.23

US6203933B1 2001.3.20

审查员 贾连锁

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 陈 昕

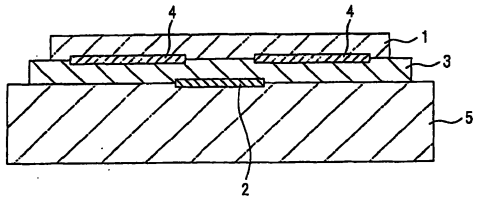
权利要求书 5 页 说明书 31 页 附图 12 页

[54] 发明名称

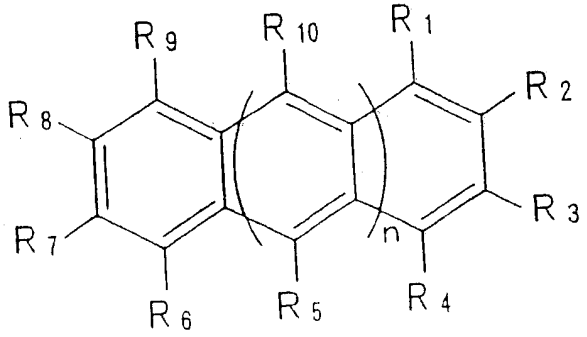
有机半导体元件

[57] 摘要

本发明涉及一种适合于电子学、光学、生物电子学等的有机半导体薄膜及其制造方法。 此外，涉及成为该有机半导体薄膜原料的有机半导体溶液。另外，涉及采用该有机半导体薄膜的有机半导体元件。 本发明的晶体管，是通过在玻璃基板(5)上依次叠层栅电极(2)、绝缘体层(3)、源电极及漏电极(4，4)，进而，在其上面涂布戊省的邻二氯苯溶液(0.05 质量%)，干燥，形成有机半导体薄膜(1)得到的。 可低成本且容易地形成该有机半导体薄膜(1)，由于几乎无缺陷，所以本发明能够提供电子特性优良的晶体管。



1.一种用于制造晶体管的包含有机半导体的溶液，其特征在于：含有多并苯化合物、由可溶解该多并苯化合物的多并苯化合物可溶性溶剂至少构成一部分的溶剂；上述多并苯化合物可溶性溶剂是芳香族卤代烃、脂肪族卤代烃、芳香族烃、内酯化合物及碳酸酯化合物中的至少1种，上述多并苯化合物是用化学式（I）表示的具有官能团R_1～R_{10}的化合物，这些官能团R_1～R_{10}中的至少一部分是由烷基、链烯基、炔基构成的脂肪族烃基、芳香族烃基、烷氧基、卤基、酰基、酯基、醚基、氨基、酰胺基、氰基、甲硅烷基、光反应性基或含有上述中2种以上基的官能团，其它部分是氢原子，

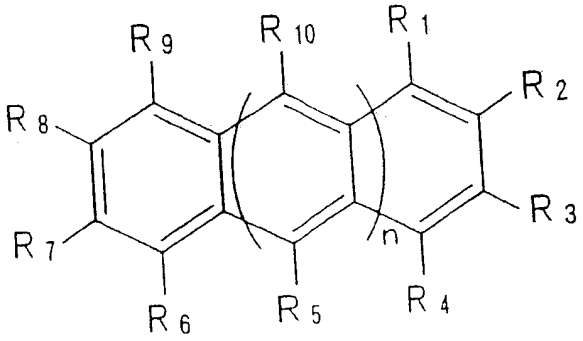


（I）

化学式（I）中的n是2～7的整数，上述多并苯化合物的含量为全体的0.01%～8质量%；上述多并苯化合物可溶性溶剂的含量占全体的10%～99.99质量%。

2.一种用于制造晶体管的包含有机半导体的溶液，其特征在于：含有多并苯化合物、由可溶解该多并苯化合物的多并苯化合物可溶性溶剂至少构成一部分的溶剂；上述多并苯化合物可溶性溶剂是芳香族卤代烃、脂肪族卤代烃、芳香族烃、内酯化合物及碳酸酯化合物中的至少1种，上述多并苯化合物是用化学式（I）表示的具有官能团R_1～R_{10}的化合物，官能团R_2、R_3、R_7、R_8中的至少一部分中是由烷基、链烯基、炔基构成的脂肪族烃基、芳香族烃基、烷氧基、卤基、酰基、酯基、醚基、氨基、酰胺基、氰基、甲硅烷基、光反应基或含有上述

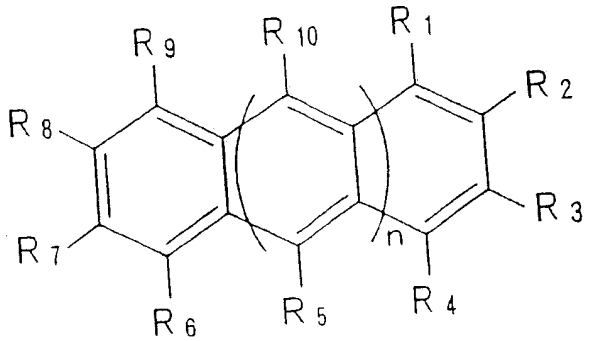
中 2 种以上基的官能团，其它部分及官能团 R_1、R_4、R_5、R_6、R_9、R_{10}是氢原子，



（I）

化学式（I）中的 n 是 2～7 的整数，上述多并苯化合物的含量为全体的 0.01%～8 质量%；上述多并苯化合物可溶性溶剂的含量占全体的 10%～99.99 质量%。

3.一种用于制造晶体管的包含有机半导体的溶液，其特征在于：含有多并苯化合物、由可溶解该多并苯化合物的多并苯化合物可溶性溶剂至少构成一部分的溶剂；上述多并苯化合物可溶性溶剂是芳香族卤代烃、脂肪族卤代烃、芳香族烃、内酯化合物及碳酸酯化合物中的至少 1 种，上述多并苯化合物是用化学式（I）表示的具有官能团 R_1～R_{10}的化合物，官能团 R_1、R_4、R_5、R_6、R_9、R_{10}中的至少一部分是由烷基、链烯基、炔基构成的脂肪族烃基、芳香族烃基、烷氧基、卤基、酰基、酯基、醚基、氨基、酰胺基、氰基、甲硅烷基、光反应基或含有上述中 2 种以上基的官能团，其它部分及官能团 R_2、R_3、R_7、R_8是氢原子，



（I）

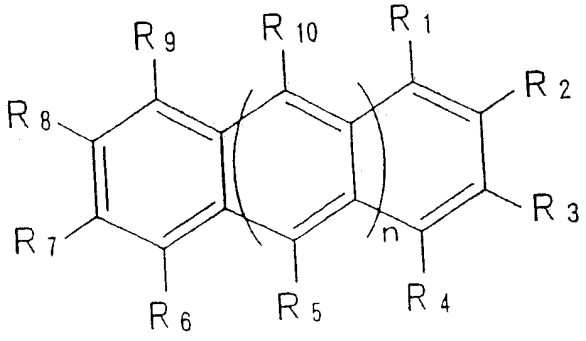
化学式（I）中的 n 是 2～7 的整数，上述多并苯化合物的含量为

全体的 0.01%～8 质量%；上述多并苯化合物可溶性溶剂的含量占全体的 10%～99.99 质量%。

4.如权利要求 1～3 中任何一项记载的包含有机半导体的溶液，其特征在于：上述芳香族卤代烃是二卤代芳香族烃。

5.如权利要求 1～3 中任何一项记载的包含有机半导体的溶液，其特征在于：含有占全体的 10 质量%以下的可和上述多并苯化合物形成电荷迁移络合物的电子供给性分子或电子接受性分子。

6. 一种用于制造晶体管的有机半导体薄膜，是含有多并苯化合物的有机半导体薄膜，其特征在于：上述多并苯化合物是用化学式（I）表示的具有官能团 R_1～R_{10} 的化合物，官能团 R_2、R_3、R_7、R_8 中的至少一部分是由烷基、链烯基、炔基构成的脂肪族烃基、芳香族烃基、烷氧基、卤基、酰基、酯基、醚基、氨基、酰胺基、氰基、甲硅烷基、光反应基或含有上述中 2 种以上基的官能团，其它部分及官能团 R_1、R_4、R_5、R_6、R_9、R_{10} 是氢原子，

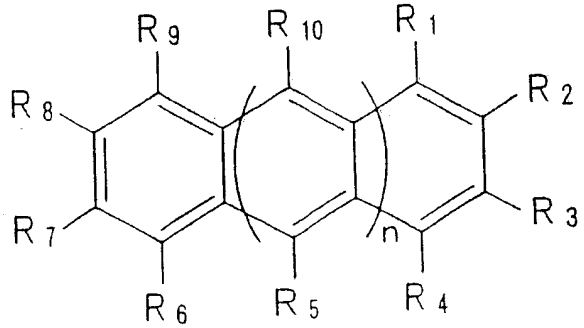


（I）

化学式（I）中的 n 是 2～7 的整数。

7.一种用于制造晶体管的有机半导体薄膜，是含有多并苯化合物的有机半导体薄膜，其特征在于：上述多并苯化合物是用化学式（I）表示的具有官能团 R_1～R_{10} 的化合物，官能团 R_1、R_4、R_5、R_6、R_9、

R_{10}中的至少一部分是由烷基、链烯基、炔基构成的脂肪族烃基、芳香族烃基、烷氧基、卤基、酰基、酯基、醚基、氨基、酰胺基、氰基、甲硅烷基、光反应基或含有上述中2种以上基的官能团，其它部分及官能团R_2、R_3、R_7、R_8是氢原子，



（I）

化学式（I）中的n是2～7的整数。

8.一种有机半导体薄膜，是从如权利要求1～3中任何一项记载的包含有机半导体的溶液气化上述溶剂而成。

9.一种有机半导体薄膜，是由权利要求1～3中任一项记载的包含有机半导体的溶液形成的有机半导体薄膜，其中，通过气化上述溶剂使能与上述多并苯化合物形成电荷迁移络合物的电子供给性分子或电子接受性分子占全体的10质量%以下，进而去除上述电子供给性分子或上述电子接受性分子的至少一部分。

10.如权利要求6～7中任何一项记载的有机半导体薄膜，是在基板上形成的结晶性的有机半导体薄膜，其特征在于上述多并苯化合物的分子长轴，相对于上述基板的表面，取向于垂直方向。

11.如权利要求6～7中任何一项记载的有机半导体薄膜，其特征在于：载流子迁移率在$0.03cm^2/V\cdot s$以上。

12.如权利要求6～7中任何一项记载的有机半导体薄膜，其特征在于：利用辐射能的照射所导致的上述光反应性基的反应，进行变性。

13.一种有机半导体薄膜的制造方法，其特征在于：在从权利要求1～3中任何一项记载的包含有机半导体的溶液气化上述溶剂而形成

的该有机半导体薄膜上，掺杂可和上述多并苯化合物形成电荷迁移络合物的电子供给性分子或电子接受性分子。

14.一种有机半导体薄膜的制造方法，其特征在于：在从权利要求1～3中任何一项记载的包含有机半导体溶液气化上述溶剂形成所述的半导体薄膜时，通过外加温度梯度、电场及磁场中的至少1种，控制上述多并苯化合物的晶体生长。

15.一种有机半导体元件，其特征在于：由权利要求6～7中任何一项记载的有机半导体薄膜或由权利要求13或14中任何一项记载的有机半导体薄膜的制造方法制造的有机半导体薄膜，构成其至少一部分。

16.如权利要求15记载的有机半导体元件，其特征在于：上述有机半导体薄膜的载流子迁移率在0.03cm^2/V·s以上。

17.一种晶体管，具有栅电极、电介质层、源电极、漏电极及半导体层，其特征在于：由权利要求1～3中任何一项记载的包含有机半导体的溶液形成的有机半导体薄膜或由权利要求1～3中任何一项记载的包含有机半导体的溶液所形成的有机半导体薄膜的制造方法制造的有机半导体薄膜构成上述半导体层。

18.如权利要求17记载的晶体管，其特征在于：上述有机半导体薄膜的载流子迁移率在0.03cm^2/V·s以上。

19.一种有机半导体元件或晶体管的制造方法，其特征在于：在制造权利要求15或16记载的有机半导体元件或权利要求17或18记载的晶体管时，通过印刷或涂布液体，形成具有上述有机半导体元件或上述晶体管的电极、电介质层及半导体层。

20.一种显示装置，具有由多个像素构成的像素面，其特征在于：在上述各像素上，设置权利要求15或16记载的有机半导体元件或权利要求17或18记载的晶体管。

21.一种显示装置的制造方法，其特征在于：在制造如权利要求20记载的显示装置时，通过印刷或涂布液体，形成具有上述有机半导体元件或上述晶体管的电极、电介质层及半导体层。

有机半导体元件

技术领域

本发明涉及一种适合于电子学、光学、生物电子学等的有机半导体薄膜及其制造方法。此外，涉及成为该有机半导体薄膜原料的有机半导体溶液。另外，涉及采用该有机半导体薄膜的有机半导体元件。

背景技术

采用有机半导体的装置，与以往的无机半导体装置相比，成膜条件适度，由于可在各种基板上形成半导体薄膜，或可在常温下成膜，可期待低成本化及通过在聚合物膜等上形成薄膜的软性化(flexible)。

作为有机半导体材料，正在与研究聚苯乙烯撑(Polyphenylenevinylene)、聚吡咯、聚噻吩、低聚噻吩一同研究蒽、丁省、戊省等多并苯化合物。据报道，特别是多并苯化合物由于分子间凝集力强，具有高结晶性，据此发现了高载流子迁移率和利用该载流子迁移率形成的优良的半导体装置特性。

作为多并苯化合物在装置中的利用方式，有蒸镀膜或单结晶，正在研究在晶体管、太阳能电池、激光器等中的应用(Shone 等，Science，289 卷，559 页(2000 年)；Shone 等，Science，287 卷，1022 页(2000 年)；Dimitrakopourasu 等，Journal of Applied Physics，80 卷，2501 页(1996 年)；Shone 等，Nature，403 卷，408 页(2000 年)；Croke 等，IEEE Transaction On Electron Devices，46 卷，1258 页(1999 年))。

但是，由于要在真空容器中制作这样的蒸镀膜、单结晶，所以，存在装置费用高、复杂，此外，在单结晶的情况下，可利用的元件尺寸被限定等问题。

另外，报告了在基板上涂布戊省的前体的溶液，通过加热处理制作多并苯化合物的一种即戊省的薄膜的方法(Brown 等，Journal of

Applied Physics，79 卷，2136 页（1996 年））。由于多并苯化合物具有难溶性，是从高溶解性的前体的溶液形成薄膜，通过热将前躯体变换成多并苯化合物。

但是，利用这样的前体的方法存在，为将上述前躯体变换成多并苯化合物，需要 150℃左右的高温处理的问题。此外，由于难于完全进行向多并苯化合物的变换反应，还存在，作为缺陷残存未反应部分，或由于高温产生变性，形成缺陷等问题。

此外，高桥等（Journal of American chemical Society，122 卷，12876 页（2000 年）；Graham 等（Journal of Organic chemistry，60 卷 5770 页（1995 年））；Anthony 等（Organic Letters，2 卷，85 页（2000 年））；Miller 等，（Organic Letters，2 卷，3979 页（2000 年））报告了具有取代基的多并苯化合物。在上述报告中，记载了在各种多并苯化合物中导入取代基的衍生物。但是，未记载有关作为有机半导体材料的特性及薄膜化。

为此，本发明的课题是，解决上述以往技术存在的问题，提供一种有机半导体溶液，能够低成本且容易地形成无缺陷的高结晶性有机半导体薄膜。此外，另一课题是提供一种无缺陷的有机半导体薄膜及其制造方法。另外的课题是提供一种电子特性优良的有机半导体元件。

发明内容

为达到上述目的，由以下构成组成本发明。即，本发明的有机半导体溶液，其特征在于，含有多并苯化合物、由可溶解该多并苯化合物的多并苯化合物可溶性溶剂至少构成一部分的溶剂，上述多并苯化合物可溶性溶剂是芳香族卤代烃、脂肪族卤代烃、芳香族烃、内酯化合物及碳酸酯化合物中的至少 1 种。

这样的有机半导体溶液，由于涂布在基板等底板(base)上，能够利用气化上述溶剂等方法制造有机半导体薄膜，所以，能够低成本且容易地制造有机半导体薄膜。此外，由于该有机半导体溶液是溶解多并苯化合物的溶液，所以，不存在利用前体的方法中存在的上述问题，即，制造时需要高温处理的问题及在有机半导体薄膜上易产生起因于

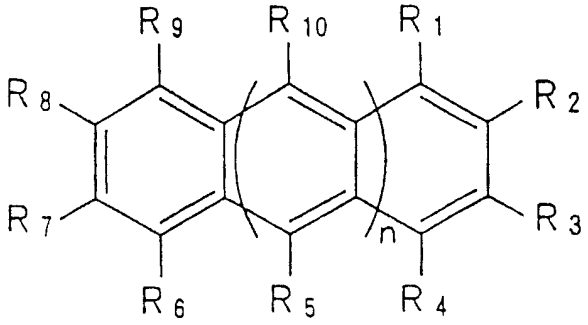
未反应部分或变性部分的缺陷的问题。

作为多并苯化合物，例如有蒽、丁省（并回苯）、戊省、己省、庚省、壬省(nanoacene)等。

此外，也可以是上述多并苯化合物的衍生物。即，也可以是在上述多并苯化合物中导入脂肪族卤代烃基（烷基、链烯基、炔基等）、芳香族烃基（苯基、萘基等）、烷氧基、卤基、酰基（苯酰基等）、酯基、醚基、氨基、羟基、酰胺基、氰基、甲硅烷基、光反应基或含有上述中 2 种以上基的官能团（苄基等）等这样的官能团的衍生物。此外，也可以是上述多并苯化合物的醌衍生物。进而也可以是富勒烯(fullerene)或与短碳纳米管(short carbon nanotube)附加的复合体。

另外，可以用上述的官能团取代结合在多并苯化合物的芳香环上的氢原子中的 1 个，也可以取代 2 个以上。此外，在取代 2 个以上时，各官能团可以是同一种类的，也可以是 2 种以上的官能团。另外，这些多并苯化合物及多并苯化合物的衍生物，可以单独采用，也可以混合 2 种以上地使用。

多并苯化合物的衍生物可以用以下的化学式（I）表示（化学式（I）中的官能团 R_1～R_{10} 是上述的官能团或氢原子，n 为 2～7 的整数。），但其特性因官能团的取代位置而异。



（I）

即，作为多并苯化合物的衍生物，有以下 3 种。

①化学式（I）中的官能团 R_2、R_3、R_7、R_8 中的至少一部分是如上述的官能团，其以外的所有官能团是氢原子的多并苯化合物

②官能团 R_1、R_4、R_5、R_6、R_9、R_{10} 中的至少一部分是如上述的官能团，其以外的所有官能团是氢原子的多并苯化合物

③官能团 R_2、R_3、R_7、R_8 中的至少一部分和官能团 R_1、R_4、R_5、R_6、R_9、R_{10} 中的至少一部分是如上述的官能团，其以外的所有官能团是氢原子的多并苯化合物

其中因为①的多并苯化合物的衍生物只在长轴方向的取代位置具有官能团，②的多并苯化合物的衍生物只在短轴方向的取代位置具有官能团，在有机半导体薄膜具有表现高迁移率的性质，所述优选。出现该性质的理由还不明确，但可以认为是，由于多并苯化合物的分子在薄膜中形成堆积(stacking)的结构，如③的多并苯化合物的衍生物，当在长轴方向和短轴方向的两方向的取代位置具有官能团时，载流子(carrier)的输送容易被官能团遮断。

在上述的各种官能团中，最优选碳数 1～15 的直链状、支链状或环状的脂肪族卤代烃基。如果是脂肪族烃基，可以是饱和烃基，也可以是不饱和烃基，不饱和烃基的不饱和键的位置没有特别限定。

在是不饱和烃基时，利用不饱和键提高官能团的刚直性。此外，也能够使不饱和键与其他分子反应，或使不饱和键相互间反应或聚合。另外，按上述那样使不饱和键反应了的多并苯化合物所构成的薄膜也能够用作有机半导体薄膜。

这样，如果在多并苯化合物中导入具有如不饱和烃基等之类的具有反应性、聚合性的官能团，通过使该官能团反应，能够使有机半导体薄膜变性。特别是，如果在多并苯化合物中导入具有光反应性、光聚合性的官能团，能够付与多并苯化合物感光性。因为具有感光性的多并苯化合物可以用作光图案形成材料，所以优选。

如果在由具有光反应性基团、光聚合性基团的多并苯化合物构成的有机半导体薄膜的规定部位，照射辐射能，能够使该部位变性。另外，能够利用照射部位和未照射部位的物性（相对于溶剂的溶解性或蒸汽压等）的差，进行图案形成。

此外，以调整有机半导体溶液粘度等目的，也可以通过在溶解具有光反应性基团、光聚合性基团的多并苯化合物的溶液中，照射辐射能，使该多并苯化合物变性。此外，以调整多并苯化合物相对于溶剂

的溶解性等目的，通过向块状(bulk)的具有光反应性基、光聚合性基的多并苯化合物，照射辐射能，也能够使该多并苯化合物变性。

作为光反应性基、光聚合性基的具体例子，可举出丙烯酰氧基、甲基丙烯酰氧基、肉桂酰氧基、肉桂酰基、丁二烯基、苯乙烯基、丁间二烯基、异戊二烯基、茂基、环己二烯基、羟基苯基等。

此外，作为辐射能，可以采用红外线、紫外线、可见光、微波、X射线、γ线、电子束等。

此外，有机半导体溶液整体中的多并苯化合物的含量优选0.01%～8质量%。如果低于0.01质量%，有产生形成的有机半导体薄膜的厚度极薄，或在上述底板产生未被覆有机半导体薄膜的区域等问题的危险。另外，如果超过8质量%，有产生容易从有机半导体溶液析出多并苯化合物等，使有机半导体溶液不稳定，或形成的有机半导体薄膜的表面变得粗糙等问题的危险。

为了避免产生上述的问题，多并苯化合物的含量更优选0.02%～5质量%，最优选0.05%～3质量%。

此外，作为本发明的多并苯化合物可溶性溶剂，优选芳香族卤代烃、脂肪族卤代烃、芳香族烃、内酯化合物及碳酸盐化合物。

作为芳香族卤代烃，例如有氯苯、溴苯、碘苯、邻二氯苯、间二氯苯、邻二溴苯、间二溴苯、邻二碘苯、间二碘苯、氯甲苯、溴甲苯、碘甲苯、二氯甲苯、二溴甲苯、二氟甲苯、氯二甲苯、溴二甲苯、碘二甲苯、氯乙基苯、溴乙基苯、碘乙基苯、二氯乙基苯、二溴乙基苯、氯环戊二烯、氯环戊二烯等。

此外，作为脂肪族卤代烃，例如有三溴甲烷、二氯甲烷、二氯乙烷、三氯乙烷、二氟乙烷、氟氯乙烷、氯丙烷、二氯丙烷、氯戊烷、氯己烷等。

此外，作为芳香族烃，例如有二甲苯、苯、甲基萘等。

此外，作为内酯化合物，例如有γ-丁内酯、丙内酯等。

此外，作为碳酸酯化合物，例如有二甲基碳酸酯、二乙基碳酸酯、甲基乙基碳酸酯、丙烯碳酸酯、丁烯碳酸酯等。

在上述的多并苯化合物可溶性溶剂中，芳香族卤代烃和脂肪族卤代烃，因为其对多并苯化合物的溶解性高，所以优选。特别是在芳香族卤代烃中，更优选二卤化芳香族烃，因为其对戊省或己省等缩合环数大的多并苯化合物，也显示出高的溶解性。

这些多并苯化合物可溶性溶剂，可单独或混合 2 种以上地用作有机半导体溶液的溶剂。此时，有机半导体溶液整体中的多并苯化合物可溶性溶剂的含量优选在 99.99 质量%以下。如果超过 99.99 质量%，由于多并苯化合物的含量变得过少，如前所述，有产生形成的有机半导体薄膜的厚度极薄，或在上述底板上产生未被覆有机半导体薄膜的区域等问题的危险。

此外，考虑到有机半导体薄膜制造时的溶剂的气化速度的调整及对涂布有机半导体溶液的底板的影响（溶解、膨润等），也可以混合多并苯化合物可溶性溶剂以外的溶剂，形成有机半导体溶液的溶剂。此时，有机半导体溶液整体中的多并苯化合物可溶性溶剂的含量优选 10 质量%以上。如果低于 10 质量%，由于多并苯化合物的溶解性降低，难于得到溶解足够量的多并苯化合物的有机半导体溶液。

在如此的有机半导体溶液中，也可以含有能够和多并苯化合物形成电荷迁移络合物的电子供给性分子（供电分子）或电子接受性分子（受电子分子）。如果这样，能够提高多并苯化合物的溶解性，调整高浓度溶液。

作为供电分子，可举出有，四硫富瓦烯、四甲基四硫富瓦烯、四硒硫富瓦烯等 TTF 化合物，四苯基二氨基二苯、亚四苯双胺、二苯基苯二胺等苯二胺系化合物，或聚乙烯咔唑等芳香族胺化合物、富勒烯（以 C_{60} 为代表的碳群）、碱金属络合物、碱土类金属络合物等。

在是富勒烯时，在从在多并苯化合物（例如戊省）中加成了富勒烯的加成体的溶液形成薄膜后，加热分解上述加成体，也可以形成多并苯化合物的薄膜。

此外，作为受电子分子，例如有，碘、溴、氯、氯化碘、溴化碘等的卤素，三氧化硫、二氧化硫、硫酸、硫酸盐等的氧化硫化合物，

硝酸、硝酸盐、二氧化氮等的氮氧化物，高氯酸、次氯酸等的卤代化合物，四氟硼酸、四氟硼酸盐、磷酸、磷酸盐等的酸及盐，四氰基醌二甲烷、四氯四氰基醌二甲烷、四氟四氰基醌二甲烷、四氰基乙烯、二氯二氰基醌、四氯醌等的有机化合物、二氧化碳气体、氧等。

对于这些供电分子及受电子分子，可以分别单独或 2 种以上混合使用。但是，如果混合使用供电分子及受电子分子，供电分子及受电子分子形成络合物，由于有损失多并苯化合物的溶解性的危险，所以不优选。

有机半导体溶液全体中的供电分子及受电子分子（将其统称为掺杂剂）的含量优选 10 质量%以下。如果超过 10 质量%，由于残存在有机半导体薄膜上的掺杂剂的残存量过大，容易形成掺杂剂造成的载流子缺陷。

多并苯化合物，在大气中的未掺杂状态下，为 p 型半导体，空穴成为载流子。然而，由于该载流子少，采用未掺杂状态的薄膜的元件容易形成高电阻，限定操作条件或元件结构。

因此，在元件的性能或结构方面，优选通过掺入掺杂剂调整载流子种及载流子密度。在含有受电子分子的多并苯化合物薄膜（有机半导体薄膜）中，由于通过受电子分子进一步增加空穴载流子，所以能够制作低电阻、高增益、高电流的元件。

另外，在含有供电分子的多并苯化合物薄膜中，随着供电分子含量的增加，空穴载流子减少，电子载流子增加。在该工序中，由于通过调整供电分子的含量，能够将半导体变化成 p 型、i 型、n 型，所以能够用作 i 型半导体、n 型半导体，或制作 p－i－n 结构、p－n 结构、n－p－n 结构、p－n－p 结构等多种半导体元件结构。

以下，说明本发明的有机半导体薄膜。

通过在基板等的底板上被覆上述的有机半导体溶液，然后，利用加热等方法气化上述溶剂，如此能够得到本发明的有机半导体薄膜。作为在底板上被覆有机半导体溶液的方法，除涂布及喷雾外，还有使底板接触有机半导体溶液的方法等。具体有，旋转涂、浸渍涂、丝网

印刷、喷墨印刷、刮板涂布、平版印刷、凹版印刷、凸版印刷等众所周知的方法。

上述的操作可以在通常的大气下或氮、氩等惰性气体保护性气氛下进行。但是，由于有时部分多并苯化合物溶液容易氧化，所以优选在惰性气体保护性气氛下进行溶液的制作、保存及有机半导体薄膜的制作。

此外，在气化溶剂时，通过利用底板附近的温度及保护性气氛的溶剂蒸气压调节气液界面的溶剂气化速度，能够控制结晶生长。另外，通过使底板与有机半导体溶液接触，也能够在过饱和状态下，在底板的表面上形成有机半导体薄膜。另外，根据需要，通过在有机半导体溶液和底板的界面，外加温度梯度、电场及磁场中的至少 1 种，也能够控制晶体生长。由于能够利用上述方法制造高结晶性的有机半导体薄膜，得到的有机半导体薄膜具有高结晶性，所以半导体特性优良。

此外，从有机半导体薄膜的稳定性、半导体特性方面考虑，优选残存在有机半导体薄膜中的溶剂量要低。由此，一般优选在形成有机半导体薄膜后，通过实施再度加热处理及/或减压处理，基本完全去除残存在有机半导体薄膜中的溶剂。

另外，在本发明的有机半导体薄膜中，多并苯化合物分子的长轴容易形成相对于底板面，向垂直方向取向的晶体。认为这是由于多并苯化合物分子的分子凝集力强，在分子面之间容易形成叠加的分子柱之故。因此，有机半导体薄膜的 X 射线衍射图形容易很强地显示晶体的（00n）面强度。认为用这样的有机半导体薄膜构成的有机半导体元件，具有载流子容易沿上述分子柱流动的性质。

本发明的有机半导体薄膜的特征在于载流子迁移率高，在用于晶体管等有机半导体元件时，优选 0.01cm^2/V· s 以上。更优选 0.03cm^2/V · s 以上，最优选 0.1cm^2/V· s 以上。

而且，通常的无机半导体薄膜，其结晶性受底板的材料的结晶性及面方位的影响，但本发明的有机半导体薄膜能与底板的材料的结晶性及面方位无关系地形成高结晶性的薄膜。由此，在底板的材料方面，

可采用与结晶性、非晶性无关的多种材料。

例如可举出有，玻璃、石英、氧化铝、蓝宝石，氮化硅及碳化硅等陶瓷，硅、锗、砷化镓、磷化镓、氮化镓等半导体，聚酯（聚乙烯对苯二甲酸酯、聚乙烯萘二甲酸酯等）、聚乙烯、聚丙烯、聚乙烯醇、乙撑乙烯醇共聚物、环状聚烯烃、聚酰亚胺、聚酰胺、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醚砜、聚砜、聚甲基丙烯酸甲酯等树脂、纸、无纺布等。

此外，底板的形状不做特别限定，但一般可以采用板状的底板（基板）。

另外，关于从含有掺杂剂的有机半导体溶液形成的有机半导体薄膜，也可以在有机半导体薄膜的形成时或形成后，通过去除掺杂剂的一部分或全部，制造有机半导体薄膜。

例如，在从含受电子分子碘的有机半导体溶液形成有机半导体薄膜后，通过在惰性气体气流下，在 150℃左右的温度下保温，可从有机半导体薄膜去除碘分子。

通过如此调节有机半导体薄膜中的掺杂剂的含量，能够调节载流子浓度，调节有机半导体薄膜的电子特性。此外，如果需要，也可以在有机半导体薄膜形成后，加入（掺杂）掺杂剂。

通过采用如此的有机半导体薄膜，能够制造适合于电子学、光学、生物电子学等领域的半导体元件。

作为如此的半导体元件的例子，例如有，二极管、晶体管、薄膜晶体管、存储器、光电二极管、发光二极管、发光晶体管、传感器等。

晶体管及薄膜晶体管可用于活性基体驱动方式显示器、液晶显示器、分散型液晶显示器、电泳型显示器、粒子旋转型显示元件、电致发光显示器、有机发光显示器、电子纸等多种显示元件。

晶体管及薄膜晶体管，在上述显示元件中，可用于显示像素的转换用晶体管、信号激励电路元件、存储器电路元件、信号处理电路元件等。

显示元件的转换用晶体管，配置在显示元件的各像素，转换各像素的显示。这样的活性驱动元件，由于不需要对置的导电性基板的图

案形成，与不具有根据电路构成转换像素的晶体管的无源驱动元件相比，能够简化像素配线。通常，每 1 个像素配置 1 个到多个转换用晶体管。这样的显示元件具有在基板面上交叉二维形成的数据线和栅线(gate line)的结构，数据线和栅线分别连接在晶体管的栅电极、源电极及漏电极(drain electrode)。另外，也可以分割数据线和栅线，也可以追加电流供给线及信号线。

此外，在显示元件的像素中，除像素配线及晶体管外，还可以并设电容器，赋予记录信号的功能。另外，在形成显示元件的基板上，也可以搭载数据线和栅线的激励器、像素信号的存储器、脉冲发生器、信号分割器、控制器等。

在半导体元件是晶体管时，作为该元件结构，例如有，基板/栅电极/绝缘体层（电介质层）/源电极·漏电极/半导体层的结构、基板/半导体层/源电极·漏电极/绝缘体层（电介质层）/栅电极/的结构、基板/源电极（或漏电极）/半导体层 + 绝缘体层（电介质层）+栅电极/漏电极（或源电极）的结构。此时，也可以分别设置多个源电极、漏电极及栅电极。此外，也可以在同一平面内设置多个半导体层，也可以叠层设置。

作为晶体管的构成，可以采用 MOS（金属－氧化物（绝缘体层）－半导体）型及双极型中的任何一种。由于多并苯化合物通常是 p 型半导体，所以，能够通过与掺杂施主形成 n 型半导体的多并苯化合物组合，或通过与多并苯化合物以外的 n 型半导体组合，构成元件。

作为双极型晶体管的元件结构，例如有，n 型半导体层/p 型半导体层/n 型半导体层的结构或 p 型半导体层/n 型半导体层/p 型半导体层的结构，在各半导体层连接电极。另外，至少在 1 个 p 型半导体层上使用本发明的有机半导体薄膜。

作为 n 型半导体，例如可以举出有，氧化锡、氧化锌、氧化钛、氧化铟等金属氧化物。此外，也可以使用非晶硅、结晶硅、聚硅烷、氟勒烯（C_{60} 等的碳群）、利用戊省和氟勒烯的狄而斯－啊德耳反应的加成体。另外，也可以使用聚苯胺、聚噻吩等聚合物。

此外，在半导体元件是二极管时，作为该元件结构，例如可以举出有，电极/n 型半导体层/p 型半导体层/电极的结构。另外，在 p 型半导体层可使用本发明的有机半导体薄膜，在 n 型半导体层可使用上述的 n 型半导体。

有机半导体薄膜内部或有机半导体薄膜表面和电极的接合面的至少一部分，能够形成肖特基接合及/或隧道(tunnel)接合。作为如此的接合结构的例子，例如有，电极/肖特基接合（隧道接合）/半导体层/电极的结构、电极/半导体层/隧道接合/半导体层/电极的结构、电极/肖特基接合（隧道接合）/半导体层/隧道接合/半导体层/电极的结构等。

这些肖特基接合及隧道接合不仅能够用于二极管特性的调节或隧道接合元件，如果在肖特基接合部及隧道接合部采用磁性材料、光应答性材料及电介质性材料，能够制造高功能元件。

此外，在采用本发明的有机半导体薄膜的 p 型半导体中，只通过适当采用肖特基接合及/或隧道接合，就能够形成二极管。

由于能够用简易结构制作二极管或晶体管，所以优选具有此种接合结构的有机半导体元件。此外，通过多个接合具有此种接合结构的有机半导体元件，也能够形成换流器、振荡器、存储器、传感器等元件。

此外，本发明的有机半导体元件也可以用作为 IC 卡、新式卡(smart card)及电子标记中的运算元件、记忆元件。此时，无论这些元件是接触型的，还是非接触型的，都能无问题地采用。

该 IC 卡、新式卡及电子标记可由存储器、脉冲发生器、信号分割器、控制器、电容器等构成，此外，还可以具有天线、电池。

此外，本发明的有机半导体元件能够用作传感器，能够应用于气体传感器、生物传感器、血液传感器、免疫传感器、人工视网膜(artifical retina)、味觉传感器等多种传感器。通常，当使测定对象接触或邻接在构成有机半导体元件的有机半导体薄膜上时，根据产生的有机半导体薄膜的电阻值的变化，能够分析测定对象物。

另外，如果用本发明的有机半导体元件构成二极管、具有肖特基

接合结构的元件、具有隧道接合结构的元件，该元件也能够用作光电变换元件、太阳能电池、红外线传感器等受光元件、光二极管，也能够用作发光元件。此外，如果用本发明的有机半导体元件构成晶体管，该晶体管可用作发光晶体管。在这些发光元件的发光层，可以使用众所周知的有机材料或无机材料。

作为上述半导体元件的制造方法，例如，在预先形成图案的电极、半导体、绝缘体层的规定区域，根据图形涂布上述有机半导体溶液，形成有机半导体薄膜的方法，以及，在形成有机半导体薄膜后，进行该薄膜的图案形成、电极形成、绝缘体层的形成的方法，都可以采用。

作为此时的有机半导体薄膜的图案形成方法，可以采用利用以有机半导体溶液作为油墨的印刷法，例如，丝网印刷、凹版印刷、胶版印刷、喷墨印刷、喷涂法等方法形成图形的方法。此外，也可以采用当在有机半导体薄膜上形成保护图形(resist pattern)或掩模层后，用多并苯化合物可溶性溶剂或等离子等，腐蚀有机半导体薄膜的方法。另外，也可以叠层形成有机半导体元件，或在形成有机半导体元件后设置保护层或遮光层。

另外，在如此的半单体元件的形成中，在为形成各种电极、绝缘体层、保护层等而采用溶液时，优选上述多并苯化合物可溶性溶剂不直接与有机半导体薄膜接触，在采用上述多并苯化合物可溶性溶剂时，优选设置保护有机半导体薄膜不受该溶剂侵害的阻挡层。

通过在玻璃、树脂等基板上形成有机半导体薄膜，能够制造采用此种有机半导体薄膜的半导体元件。而且，由于能够用印刷、涂布溶液等简便方法成膜有机半导体薄膜，所以，能够容易大面积地一次形成多个半导体元件。由此，能够价廉地制造半导体元件或采用该半导体元件的装置（上述的显示元件、运算元件、记忆元件等）。此外，采用有机半导体薄膜制造半导体元件也有助于采用半导体元件的装置的薄型化、轻量化。

下面，举例说明采用印刷、涂布等方法制造上述的 MOS 型结构的晶体管的方法。

首先，在基板上形成栅电极的图形后，形成绝缘体层、源电极及漏电极的图形。然后，在源电极及漏电极的间隙中形成半导体层，可得到晶体管。

此外，在基板上形成半导体层，再形成源电极及漏电极的图形后，也可以通过依次形成绝缘体层及栅电极的图形，制造晶体管。

另外，也可以在源电极及漏电极的之间加装半导体层，形成在膜厚度方向叠层了该 3 层的晶体管。此时，栅电极可以配置在半导体层中或源电极（漏电极）的附近。

由于通过印刷、涂布等方法能够形成所有上述的晶体管的构成要素即各电极、绝缘体层、半导体层，所以，不需要在真空下进行晶体管的制造，能够在常压下进行。

作为电极的材料，例如有金属、导电性陶瓷材料、碳、导电性有机材料等，但是，如果要利用印刷、涂布等方法形成电极，要求电极材料是液状的。因此，液状物能够直接单独用作电极材料，但非液状物需要分散在液体中使用。作为此种物质的例子，例如有，在液体中分散金、银、铜、铑、钯、镍、钴、铁、铝等的粉末的导电性浆料。

或者，前体若是液状的或容易溶液化的物质，能够使用前体。作为此种物质的例子，例如有，金、银、镍等的有机金属络合物及无机金属络合物的溶液。

此外，绝缘体层的材料优选电介质率高的材料，可以使用绝缘性陶瓷材料、有机化合物、聚合物等。但是，由于需要是与电极材料相同的液体状，所以优选上述材料的溶液、分散体、前体。例如，可以通过涂布或印刷醇盐或乙酰丙酮络合物或上述溶液得到薄膜，通过照射热、光等的辐射能量将其变换成氧化物或硫化物，形成绝缘体。此外，也能够优选使用聚偏氟乙烯、聚丙烯腈、聚酯、液晶聚合物等聚合物及具有极性的有机化合物。另外，也可以采用在上述有机化合物中分散陶瓷材料等高电介质体的材料。

此外，如果采用串联配置的多个印刷装置及/或涂布装置，由于能够在连续的薄片上，连续地印刷及/或涂布有机半导体溶液，在薄片上

连续地形成电极、电介质层及半导体层，能够制造有机半导体元件。

例如，如果是在制造具有基板/栅电极/绝缘体层（电介质层）/源电极·漏电极/半导体层的结构的晶体管时，使带状的基板依次通过串联配置的栅电极印刷装置、绝缘体层印刷装置、源电极·漏电极印刷装置和半导体印刷装置。如此，在基板上连续形成上述的晶体管构成要素，制造晶体管。

这样的连续的晶体管的制造方法，有设备负荷小，能缩短工序，大幅度削减作业者人数，降低成本等优点。此外，由于能够容易地在大面积的基板上一次形成多个薄膜晶体管，所以，能够价廉地制造大面积的显示装置。

关于印刷方法及涂布方法，能够采用丝网印刷、凹版印刷、胶印印刷、喷墨印刷、喷涂法、刮涂法等众所周知的方法。在多个印刷装置及/或涂布装置中，也可以采用相同的印刷方法、涂布方法，也可以采用每个构成要素采用不同的印刷方法、涂布方法。

在这样的连续的晶体管的制造生产线的下游侧，根据需要，也可以配置溶剂气化装置或多并苯化合物的结晶生长控制装置。

此外，如果予先准备将带状基板卷成滚筒状，从这种滚筒连续地向印刷装置及/或涂布装置供应基板，能够节省设备整体的空间。此外，由于基板的连续供给变得容易，所以能够提高晶体管的生产速度。另外，作为此种基板材料，优选聚乙烯对苯二酸酯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚醚砜、聚甲基丙烯酸甲酯等树脂。

此外，在上述的连续的晶体管生产线中，也可以根据要求，组合保护层印刷装置、气体阻挡层印刷装置、透明电极印刷装置等。如此，能够低成本、高速度制造更高度的结构的半导体元件（例如，具备有显示装置用的薄膜晶体管的基板）。

关于这样的连续的晶体管的制造方法，参照图 1 说明。图 1 是表示由串联配置的多个印刷装置构成的晶体管生产设备的概略图。

向栅电极印刷滚筒 7 供应从卷放滚筒 6 卷放的带状基板 12，印刷栅电极。然后，依次供给到电介质层印刷滚筒 8、源电极及漏电极印

刷滚筒 9、半导体层印刷滚筒 10，印刷电介质层、源电极、漏电极及半导体层。如此在基板 12 上形成栅电极/电介质层/源电极、漏电极/半导体层的结构的晶体管，卷曲在卷曲滚筒 11 上。

在如此利用印刷、涂布等方法制造半导体元件时，有时使用溶解构成要素即各电极、绝缘体层、半导体层的溶剂。于是，当在已形成的下层的上面叠层上层时，由于在下层接触上述溶剂，所以构成下层的材料的相对于上述溶剂的溶解性或膨润性成为问题。因此，在确定使用的溶剂的种类时需要考虑到上述问题。

此外，在利用印刷、涂布等方法形成的薄膜的侧面，形成与膜厚度相同程度的厚度的隔壁，也可以将形成薄膜的面作为平坦面。如果采用这样的构成，由于可以使积层的各层间产生的变形(difference in level between laminas)变小，所以有防止电极间短路且容易形成均匀厚度层的优点。

另外，从基板上剥离形成在基板上的图形，也可以复制在另外的基板上。此外，也可以在基板表面和背面的两面分别形成半导体元件或配线，形成连结叠层的各层间的配线。

附图说明

图 1 是表示由串联配置的多个印刷装置构成的晶体管制造设备的概略图。

图 2 是丁省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 3 是戊省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 4 是表示本发明的有机半导体元件的一种实施方式的电场效应晶体管的构成的剖面图。

图 5 是电场效应晶体管的电流电压曲线。

图 6 是四甲基戊省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 7 是采用四甲基戊省薄膜的晶体管的电流电压曲线。

图 8 是四己基戊省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 9 是采用四己基戊省薄膜的晶体管的电流电压曲线。

图 10 是四丁基戊省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 11 是四丙基戊省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 12 是采用四丙基戊省薄膜的晶体管的电流电压曲线。

图 13 是二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省薄膜的 X 射线衍射图形。

图 14 是采用二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省薄膜的晶体管的电流电压曲线。

图 15 是说明采用有机半导体薄膜的晶体管的印刷法的制造工序的剖面图。

具体实施方式

以下，参照附图，详细说明本发明的有机半导体溶液、有机半导体薄膜、有机半导体元件及其制造方法的实施方式。另外，本实施方式只是本发明的一例，所以，本发明不局限于本实施方式。

首先，说明用不具有取代基的多并苯化合物（结合在芳香环上的氢原子不被取代成其他官能团的多并苯化合物）形成的有机半导体薄膜及采用该有机半导体薄膜的有机半导体元件。

实施例 1

在邻二氯苯中溶解丁省，丁省浓度调整到 5 质量%的溶液。在玻璃基板上涂布该溶液，干燥，制作膜厚 350nm 的薄膜。测定该薄膜的 X 射线衍射图形（CuKα 线），结果表明，出现 c 轴晶格常数 1.3nm 的（00n）面（n = 1，2，3）的峰值（参照图 2），是结晶性的薄膜。

实施例 2

在邻二氯苯中溶解戊省，戊省浓度调整到 0.05 质量%的溶液。在玻璃基板上多次涂布该溶液，干燥，制作膜厚度 90nm 的薄膜。与实施例 1 同样，测定该戊省薄膜的 X 射线衍射图形，结果表明，出现 c 轴晶格常数 1.5nm 的（00n）面（n = 1，2，3，4，5）的峰值（参照图 3），是结晶性的薄膜。

实施例 3

关于己省，采用文献（南方 等，聚合物工艺进展，5 卷，602 页（1995 年））的方法。即，在碱存在下的乙醇中使萘二醛和蒽联氢醌反应，合成二羟基己省醌。用氢氧化锂铝还原二羟己省醌，合成二羟基己省，然后，用钯催化剂存在下的氧化亚铜进行脱氢，得到己省。然后，通过升华精制得到己省的晶体粉末。

在邻二氯苯中溶解如此合成的己省，己省浓度调整到 0.05 质量%的溶液。在惰性气体保护气氛中，在玻璃基板上多次涂布该溶液，干燥，制作薄膜。与实施例 1 同样，测定该己省薄膜的 X 射线衍射图形，结果表明，出现 c 轴晶格常数 1.8nm 的（00n）面（n = 2，3）的峰值，是结晶性的薄膜。

实施例 4～9 及比较例 1～4

与实施例 1 同样，在各种溶剂中溶解多并苯化合物，调整溶液，从该溶液制作薄膜。然后，测定该薄膜的 X 射线衍射图形。表 1 归纳示出多并苯化合物及溶剂的种类、溶液的浓度、薄膜的厚度、薄膜的结晶性。

从表 1 可以看出，实施例 4～9 与实施例 1～3 同样，得到具有 c 轴取向的结晶性的薄膜。相反，比较例 1～4，由于采用对多并苯化合物的溶解性极低的溶剂，几乎不能溶解多并苯化合物，所以得不到薄膜。另外，表 1 中的“< 0.01”表示多并苯化合物的浓度低于 0.01 质量%。

表 1

	多苯并化合物		溶剂	有机半导体薄膜的厚度 (nm)	有机半导体薄膜结晶性
	种类	浓度（质量%）			
实施例 4	丁省	1.5	三氯甲烷	600	结晶性，c 轴取向
实施例 5	丁省	0.4	甲苯	200	结晶性，c 轴取向
实施例 6	丁省	0.2	苯	100	结晶性，c 轴取向
实施例 7	丁省	0.08	碳酸丙烯酯	80	结晶性，c 轴取向
实施例 8	丁省	0.05	γ－丁内酯	50	结晶性，c 轴取向
实施例 9	戊省	0.09	三氯甲烷	120	结晶性，c 轴取向
比较例 1	丁省	<0.01	正丙醇	—	—
比较例 2	丁省	<0.01	二乙基醚	—	—
比较例 3	丁省	<0.01	醋酸乙酯	—	—
比较例 4	戊省	<0.01	环己烷	—	—

实施例 5

在溶解 3 质量%碘的邻二氯苯中溶解戊省，调整溶液（戊省 0.08 质量%、碘 3 质量%、邻二氯苯 96.92 质量%）。与实施例 2 同样将该溶液涂布在玻璃基板上，干燥，制成膜厚 150nm 的薄膜。与上述同样，测定该戊省薄膜的 X 射线衍射图形，结果表明，出现 c 轴晶格常数 1.9nm 的（00n）面（n = 1 ~ 8）的峰值，形成了结晶性的薄膜。

该薄膜稍微带有红色调，通过可见光谱测定中的 320nm 及 500nm 附近的吸收，能够确认含有作为掺杂剂的碘。

与上述同样，在蒸镀形成金属极的玻璃基板上形成上述的戊省薄膜。利用电极间电阻测定戊省薄膜的电导率，结果为 0.1S/cm（1/ohm· cm）。

实施例 6

在惰性气体气流中，150℃、10 分钟加热按实施例 5 制作的含有碘的戊省薄膜。测定加热后的戊省薄膜的 X 射线衍射图形，结果表明，

发现 c 轴晶格常数 1.5nm 的（00n）面（n = 2 ~ 6）的峰值，形成与按实施例 2 制作的戊省薄膜相同的结晶。另外，加热处理后的戊省薄膜呈现青色，在可见吸收光谱测定中，通过上述的来自碘的吸收的消失，可以清楚碘从薄膜脱离。

对在按实施例 5 制作的、蒸镀形成金属极的玻璃基板上形成的戊省薄膜，实施与上述相同的加热处理。如此，碘在从薄膜脱离后，测定电导率，结果为 10^{-4}S/cm。

实施例 7

在丁基锂的四氢呋喃(THF) - 甲苯（丁基锂 3 质量%、THF/甲苯 = 10/90）中，在惰性气体气流下，分散金属锂，然后，添加戊省粉末并使其溶解，调制溶液。过滤已得到的溶液，滤出溶解残存的戊省粉末及金属锂。通过用甲醇清洗该滤取物，只使金属锂溶解，干燥残存的戊省粉末，进行定量。结果表明，调整的溶液的戊省浓度为 0.06 质量%。

在惰性气体气流下，在基板上涂布、干燥上述戊省，制作厚度 20.6nm 的薄膜。用实施例 5 所用的方法测定该薄膜的电导率，结果为 0.002S/cm。从该结果可以看出，金属锂或丁基锂发挥掺杂剂的作用，降低了电阻值。

实施例 8

下面，参照图 4 说明本发明的有机半导体元件的一种实施方式的电场效应晶体管。

在玻璃基板 5 上，依次叠层通过图案形成电子束蒸镀金薄膜得到的栅电极 2、通过反应性离子腐蚀(RIE)图案形成溅射的 SiO_2 得到的绝缘体层 3、通过图案形成电子束蒸镀金薄膜得到的源电极及漏电极 4，4。然后，在其上面，涂布、干燥实施例 2 的戊省溶液，形成有机半导体薄膜 1，制作晶体管。

对该晶体管，测定了在栅电压为 10V 及 - 30V 时的源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流（参照图 5 的电流电压曲线）。结果表明，on/off 电流比为 10^5，迁移率为 0.2cm^2/V· s，可作为电

场效应晶体管工作。

实施例 9

除作为基板采用聚乙烯对苯二甲酸酯薄膜，作为有机半导体溶液采用实施例 5 的溶液外，其余与实施例 8 相同地制作晶体管。然后，在 120℃、10 分钟加热处理该晶体管。

对如此得到的晶体管，与实施例 8 相同地，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果表明，on/off 电流比为 10^5，迁移率为 $0.2cm^2/V\cdot s$。

下面，说明用具有取代基的多并苯化合物（结合在芳香环上的氢原子的至少 1 个被其他官能团取代的多并苯化合物）形成的有机半导体薄膜及采用该有机半导体薄膜的有机半导体元件。首先，说明具有取代基的多并苯化合物的合成方法。

2，3，9，10－四甲基戊省，除将苯二呋喃替换成苯四醛外，按与文献（美国化学学会杂志，114 卷，1388 页（1992 年）相同的方法合成。

2，3，9，10－四己基戊省，按与文献（有机快报，2 卷，85 页（2000 年）相同的方法合成。

2，3，9，10－四丁基戊省，除将 n－己基锂替换成 n－丁基锂外，按与上述的 2，3，9，10－四己基戊省基本相同的方法合成。

2，3，9，10－四丙基戊省，除将 n－己基锂替换成正丙基溴化镁外，按大致与上述的 2，3，9，10－四己基戊省相同的方法合成。

5，7，12，14－四氟戊省，通过还原戊省四酮(pentacene tetron)，并通过进一步地甲苯磺酰化及氟化而合成。

2，3－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省，按与文献（有机快报，2 卷，85 页（2000 年）相同的方法合成。

2，3－二丙基戊省，通过氟化在 2，3－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省的合成的过程中得到的 2，3－二溴戊省而合成。

6，13－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省，通过 6，13－戊省醌、正丙基镁溴化物和三异丙基甲硅烷基乙炔的格利雅反应而合成。

6，13－二苯基戊省，通过6，13－戊省醌和苯基镁溴化物的格利雅反应而合成。

5，7，12，14－四苯基戊省，通过5，7，12，14－戊省四酮和苯基镁溴化物的格利雅反应而合成。

6，13－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省，以6，13－戊省醌作为起始物质而合成。即，通过使6，13－戊省醌、正丙基镁溴化物和三异丙基甲硅烷基乙炔反应，得到6，13－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省，在将其溴化后，与三甲基甲硅烷基乙炔反应。

参考文献（材料进展，第11卷，480页（1999年），合成在戊省的中央环上加成了四氯苯的化合物。

实施例10

在氮保护性气氛下，在苯中溶解按上述方法合成的2，3，9，10－四甲基戊省，调整0.3质量%溶液。在2英寸硅晶片上旋转涂布（旋转速度1000rpm、15秒）该溶液后，气化苯，得到厚度120nm的薄膜。

用X射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离1.8nm的衍射峰（（001）、（002）、（003）面）（参照图6）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3，9，10－四甲基戊省结晶化。

此外，在表面上形成了厚度200nm的热氧化膜的n型硅基板上，利用电子束蒸镀法形成厚50nm的金属膜。然后，在该金属薄膜的表面涂布抗蚀剂（东京应化工业株式会社制，OFPR－80），通过曝光形成图案后，利用王水腐蚀形成电极图形。在具有该电极图形的表面上，旋转涂布上述四甲基戊省溶液，形成厚120nm的薄膜。如此，形成以金属极作为源电极及漏电极、以硅基板作为栅电极的电场效应晶体管(field-effect transistor)。

用探示器操作钨针，削取被覆在电极表面的四甲基戊省膜，调查源电极及漏电极的电极接触(contact)。通过在10V～－40V的范围内以10V的幅度(step)变化栅电压，同时使漏电压在0V～－40V的范围

内变化，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流（参照图 7）。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.35$cm^2/V \cdot s$。

实施例 11

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 2，3，9，10－四己基戊省溶解在甲苯中，调整 1 质量%溶液。在硅晶片上旋转涂布（旋转速度 2500rpm、15 秒）该溶液后，气化甲苯，得到厚 210nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 2.9nm 的衍射峰（（002）、（003）、（004）面）（参照图 8）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3，9，10－四己基戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，旋转涂布上述四己基戊省溶液，形成厚 220nm 的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流（参照图 9）。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.08$cm^2/V \cdot s$。

实施例 12

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 2，3，9，10－四丁基戊省溶解在苯中，调整 1 质量%溶液。在表面氧化了的硅基板上浸渍涂敷该溶液后，气化苯，得到厚 50nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 2.5nm 的衍射峰（（002）、（003）、（004）面）（参照图 10）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3，9，10－四丁基戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，浸渍涂敷上述四丁基戊省溶液，形成厚 50nm 的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.28cm^2/V s。

实施例 13

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 2，3，9，10－四丙基戊省溶解在苯中，调整 1 质量%溶液。在表面氧化了的硅基板上旋转涂布（旋转速度 3000rpm、10 秒）该溶液后，气化苯，得到厚 80nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 2.1nm 的衍射峰（（001）、（002）、（003）、（004）面）（参照图 11）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3，9，10－四丙基戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，旋转涂布上述四丙基戊省溶液，形成厚 90nm 的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流（参照图 12）。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.35cm^2/V s。

实施例 14

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 5，7，12，14－四氟戊省溶解在邻二氯苯中，调整 1 质量%溶液。在粘合在硅基板上的聚脂薄膜（厚度 188μm）上旋转涂布（旋转速度 500rpm、15 秒）该溶液后，气化邻二氯苯，得到厚 60nm 的薄膜。

此外，与实施例 10 同样，形成电场效应晶体管，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.05cm^2/V s。

实施例 15

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 2，3－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省溶解在甲苯中，调整 0.5 质量%溶液。在玻

璃基板上旋转涂布（旋转速度3000rpm、10秒）该溶液后，气化甲苯，得到厚550nm的薄膜。

用X射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离2.1nm的衍射峰（（001）、（002）、（003）、（004）面）（参照图13）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省结晶化。

此外，与实施例10同样，在形成了热氧化膜的n型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，旋转涂布上述2，3－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省溶液，形成厚600nm的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例10同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为0.08$cm^2/V \cdot s$。

实施例16

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的2，3－二氟戊省溶解在邻二氯苯中，调整0.1质量%溶液。在玻璃基板上旋转涂布（旋转速度3000rpm、10秒）该溶液后，气化邻二氯苯，得到厚50nm的薄膜。

用X射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离1.6nm的衍射峰。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3－二氟戊省结晶化。

此外，与实施例10同样，形成电场效应晶体管，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为0.2cm^2/V s。

实施例17

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的6，13－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省溶解在苯中，调整0.2质量%溶液。在玻

璃基板上旋转涂布（旋转速度 500rpm、15 秒）该溶液后，气化菜，得到厚 160nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 1.7nm 的衍射峰，可以清楚三异丙基甲硅烷基乙炔基相对于基板面，取向垂直方向，6，13－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，旋转涂布上述 6，13－二（三异丙基甲硅烷基乙炔基）戊省溶液，形成薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.12cm^2/V s。

实施例 18

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 2，3，9，10－四丁基戊省溶解在甲苯中，调整 0.2 质量%溶液。在玻璃硅基板上喷涂该溶液后，气化甲苯，得到厚 250nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 2.0nm 的衍射峰（（001）、（002）、（003）面）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，2，3，9，10－四丁基戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，喷涂上述四丁基戊省溶液，形成厚 50nm 的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.2cm^2/V s。

实施例 19

在玻璃基板（日本电气硝子株式会社的无碱玻璃，厚 0.6mm）上，电子束蒸镀镍薄膜（膜厚 50nm）。在该镍薄膜上涂布光抗蚀剂（东京

应化工业株式会社制，OFPR－80），用光掩模（佳能株式会社制，PLA）进行曝光及显影。然后，用按1:1:3（质量比）混合浓硝酸、浓盐酸和水的酸，腐蚀镍薄膜，进一步溶解残存的光抗蚀剂，形成栅电极的图形。

在如此形成的镍薄膜的图形上，在0.5Pa的压力下，一边流动氩气，一边RF－溅射（采用株式会社芝浦制作所制的CFS溅射机，基板温度120℃）SiO_2，形成膜厚200nm的SiO_2薄膜。

然后，在基板的表面上涂布上述光抗蚀剂，与上述同样，用光掩模进行曝光及显影。之后，利用电子束蒸镀形成厚10nm的钛薄膜后，叠层厚40nm的金薄膜，进而，用丙酮进行剥离(lift off)，形成钛及金薄膜的图形。

然后，在该基板的表面旋转涂布上述2，3，9，10－四丁基戊省的甲苯溶液，形成膜厚110nm的薄膜，制作晶体管。测定得到的晶体管的源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流，由此求出的载流子迁移率为0.18$cm^2/V\cdot s$。

实施例20

除用芳香族聚酰胺薄膜（旭化成株式会社制的Aramica，膜厚4.5μm）代替基板以外，与实施例19相同，制作晶体管。测定该晶体管的源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流，由此求出的载流子迁移率为0.22$cm^2/V\cdot s$。

实施例21

在玻璃基板（Corning公司制低碱玻璃7124）上，电子束蒸镀镍薄膜（膜厚50nm）。在该镍薄膜上涂布光抗蚀剂（东京应化工业株式会社制，OFPR－80），用光掩模（佳能株式会社制，PLA）进行曝光及显影。然后，用按1:1（质量比）混合浓硝酸和浓盐酸，用水稀释的酸溶液腐蚀镍薄膜，进一步溶解残存的光抗蚀剂，形成栅电极的图形及栅线。

在如此形成的镍薄膜的图形上，与实施例19同样，进行RF－溅射，形成膜厚200nm的SiO_2绝缘层，利用反应性离子腐蚀（甲烷－

氩气的等离子腐蚀）形成图形。此外，在其上面，在 0.4Pa 的压力下，一边流动氩气，一边 RF－溅射（采用株式会社芝浦制作所制的 CFS 溅射机）铟锡氧化物，形成膜厚 150nm 的铟锡氧化物薄膜。另外，靶材使用氧化铟/氧化锡 = 1/9 的烧结体。

然后，与实施例 19 同样，在该基板的表面上涂布光抗蚀剂，用光掩模进行曝光及显影。之后，用稀盐酸腐蚀后，再次进行光抗蚀剂的涂布，用光掩模进行曝光及显影。在得到的抗蚀剂图形上，利用电子束蒸镀形成厚 10nm 的钛薄膜后，叠层厚 40nm 的金薄膜，进而，用丙酮进行剥离，形成源电极、漏电极的图形和数据线。

在该基板的表面，丝网印刷涂布上述 2，3，9，10－四甲基戊省的甲苯溶液，在两电极之间的部分形成 2，3，9，10－四甲基戊省的半导体薄膜（膜厚 100nm），使源电极及漏电极连结。

另外，根据栅线和数据线区分的像素的尺寸为 1mm×1mm，形成在各像素中的铟锡氧化物薄膜区域的尺寸为 0.8mm×0.7mm。此外，晶体管的源电极及漏电极的宽度为 20μm，长度为 800μm，像素数为 16×64。

进而，在该基板的表面，涂布、干燥聚乙烯醇（Aldrich 公司,分子量 2 万）的 0.5 质量%水溶液，形成膜厚 40nm 的聚乙烯醇覆膜。进而，在其上面，旋转涂布通过在 N－甲基－2－吡咯烷酮中加热、反应 2,3,5-三羧基环戊基醋酸二酐和二氨基二苯基甲烷得到的聚酰亚胺溶液，通过在 130℃加热处理，形成液晶取向膜。然后，对该液晶取向膜实施摩擦处理。

然后，在该基板的表面的周边部分，涂布含有 10μm 的玻璃隔离物(glass spacers)的环氧树脂（ThreeBond 公司制 3026）。然后，在上述基板上，以具有铟锡氧化物薄膜的面作为内侧，重叠全面具有铟锡氧化物薄膜的玻璃板。于是，在基板和玻璃板之间，形成与上述玻璃隔离物的大小相对应的间隙。另外，不在上述整个周边部分涂布环氧树脂，设置一部分不涂布的部分。该部分成为在基板和玻璃板间的间隙中注入液晶性物质的注入口。

从上述注入口，注入显示扭曲向列型(twist nematic)液晶性的液晶性物质（4－氰基苯基－4'－戊基环己烷）及粒径 5μm 的隔离物（日本触媒化学工业株式会社制 Epista），用上述环氧树脂密封该注入口。最后，在玻璃板的表面上，安装偏光膜，完成液晶显示板(panel)。

在该液晶显示板的数据线取出电极和栅线取出电极，连接借助各向异性导电性膜连接了激励器的软性图形配线。另外，如果采用外部脉冲发生器驱动像素，能够在液晶显示板进行图形显示。

实施例 22

在设置了实施例 21 中制造的各电极及半导体薄膜的玻璃基板上，形成成为电子输送层及发光层的铝喹啉酚(alumiquinolinol)络合物薄膜（膜厚 50nm），进而，形成膜厚 30nm 的三苯基二胺衍生物（N，N'－二苯基－ N，N'－二甲苯酰联苯胺）薄膜。进而，在形成膜厚 100nm 的银镁薄膜后，在上述玻璃基板上，以具有铟锡氧化物薄膜的面作为内侧，放置全面具有铟锡氧化物薄膜的玻璃板。然后，实施与实施例 21 相同的配线。

如此得到的发光显示装置，通过采用外部的脉冲发生器驱动像素，能够图形发光。

实施例 23

在氮保护性气氛下，在甲苯中溶解按上述方法合成的 6，13－二苯基戊省，调整 1 质量%溶液。在硅晶片上旋转涂布（旋转速度 2500rpm、15 秒）该溶液后，气化甲苯，得到厚 350nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 1.47nm 的衍射峰（（001）、（002）、（003）面）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，6，13－二苯基戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金属膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面旋转涂布上述 6，13－二苯基戊省溶液，形成厚 380nm 的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏

电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.05cm^2/V s。

实施例 24

在氮保护性气氛下，将按如上所述方法合成的 5，7，12，14－四苯基戊省溶解在苯中，调整 1 质量%溶液。在硅晶片上旋转涂布（旋转速度 2500rpm、15 秒）该溶液后，气化苯，得到厚 400nm 的薄膜。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 1.49nm 的衍射峰（（001）、（002）面）。由于该面间距离与分子的长轴的长度对应，所以清楚，分子的长轴相对于基板面，取向垂直方向，5，7，12，14－四苯基戊省结晶化。

此外，与实施例 10 同样，在形成了热氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金薄膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面上，旋转涂布上述 5，7，12，14－四苯基戊省溶液，形成厚 400nm 的薄膜。

对于如此的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.03cm^2/V s。

实施例 25

下面，参照图 15A－15E 说明，通过利用印刷法形成电极、绝缘层、半导体层，制造薄膜晶体管的方法。

在玻璃基板 5（Corning 公司制无碱玻璃 0317，厚 0.5mm）上，利用丝网印刷涂布碳糊（Atchison 公司制 JEF010），形成栅电极 2 的图形。

然后，均匀涂布聚丙烯腈（Aldrich 公司，数均分子量 22600）的 N－甲基－2－吡咯烷酮溶液（1 质量%），形成膜厚 220nm 的绝缘膜 3。

然后，利用喷墨印刷法，在该玻璃基板 5 上图形涂布无电镀金液 (electroless gold plating liquid)（株式会社高纯度化学研究所制 K－24N）。然后，加热到 90℃，形成金薄膜（膜厚 60nm）的图形，形成源电极 4 及漏电极 4。

在进行了水洗及干燥后，采用硅橡胶制的印刷版，在玻璃基板 5 上，图形涂布上述 2，3，9，10－四甲基戊省的苯溶液（0.3 质量%），形成厚 120μm 的半导体层 1。

对于如此得到的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.28cm^2/V· s。

实施例 26

在氮保护性气氛下，在甲苯中溶解按上述方法合成的 6，13－二（三甲基硅烷基二乙炔基）戊省，调整 1 质量%溶液。在玻璃基板上旋转涂布（旋转速度 2500rpm、15 秒）该溶液后，气化甲苯，得到厚度 0.6μm 的薄膜。

在借助光掩模对该薄膜照射紫外线后，将玻璃基板浸渍在乙醇和甲苯的混合液（乙醇/甲苯 = 2/1）中，去除未照射部的 6，13－二（三甲基硅烷基二乙炔基）戊省。通过照射紫外线，由于乙炔基反应变性，在照射部残存薄膜，形成图形。

用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果表明，测到面间距离 1.82nm 的衍射峰（（001）、（002）面）。

此外，与实施例 10 同样，在具有厚 200nm 的氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金属膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面旋转涂布上述 6，13－二（三甲基硅烷基二乙炔基）戊省溶液，形成厚 0.6nm 的薄膜。然后，与上述同样，借助光掩模照射紫外线，进行形成图形，形成晶体管。

对于这样的电场效应晶体管，与实施例 10 同样，测定源电极和漏电极之间的电压及源电极和漏电极之间的电流。结果，观测到电流饱和，从该饱和区域求出的载流子迁移率为 0.12cm^2/V· s。

比较例

在氮保护性气氛下，在甲苯中溶解按上述方法合成的戊省上加成了四氯苯的中央环的化合物，调整 1 质量%溶液。

利用刮刀涂布，在玻璃基板上涂布该溶液，进行干燥，形成薄膜。

用触针式膜厚计测定了该薄膜的模厚度，为 220nm。

然后，将该玻璃板装入石英管，用加热炉在氩气流下加热。此时，以 50℃/分钟的升温速度升温到 200℃，在 200℃加热 10 分钟。

测定了所得薄膜的膜厚度，膜厚度的分布在 50～150nm，是表面粗糙的膜。用 X 射线衍射评价所得薄膜的结构，结果，测到微小的峰值（2θ：6.6°、面间距离：1.5nm）。

此外，与实施例 10 同样，在具有厚 200nm 的氧化膜的 n 型硅基板的表面上，形成由金属膜构成的电极图形。然后，在具有该电极图形的表面涂布上述甲苯溶液，与上述相同，在 200℃加热处理。

利用钨针探针，连通如此形成在基板上的元件的邻接金属极基座（源电极、漏电极）及该基板的背面的栅电极，与实施例 10 同样，测定两金属极间的电流及电压。另外，金属极的通路宽度为 50μm，通路长度为 500μm。

以栅电极的电压为－90V，以漏电极的电压为－50V，测定的结果电流值为大约 130nA，由此求出的载流子迁移率为 $2\times10^{-3}cm^2/V\cdot s$。

综上所述，如果采用本发明的有机半导体溶液，能够低成本且容易地形成无缺陷的多并苯化合物薄膜。

此外，由于本发明的有机半导体薄膜几乎无缺陷，而且具有高结晶性，所以半导体特性非常优良。

而且，本发明的有机半导体元件具有优良的电子特性。

图1

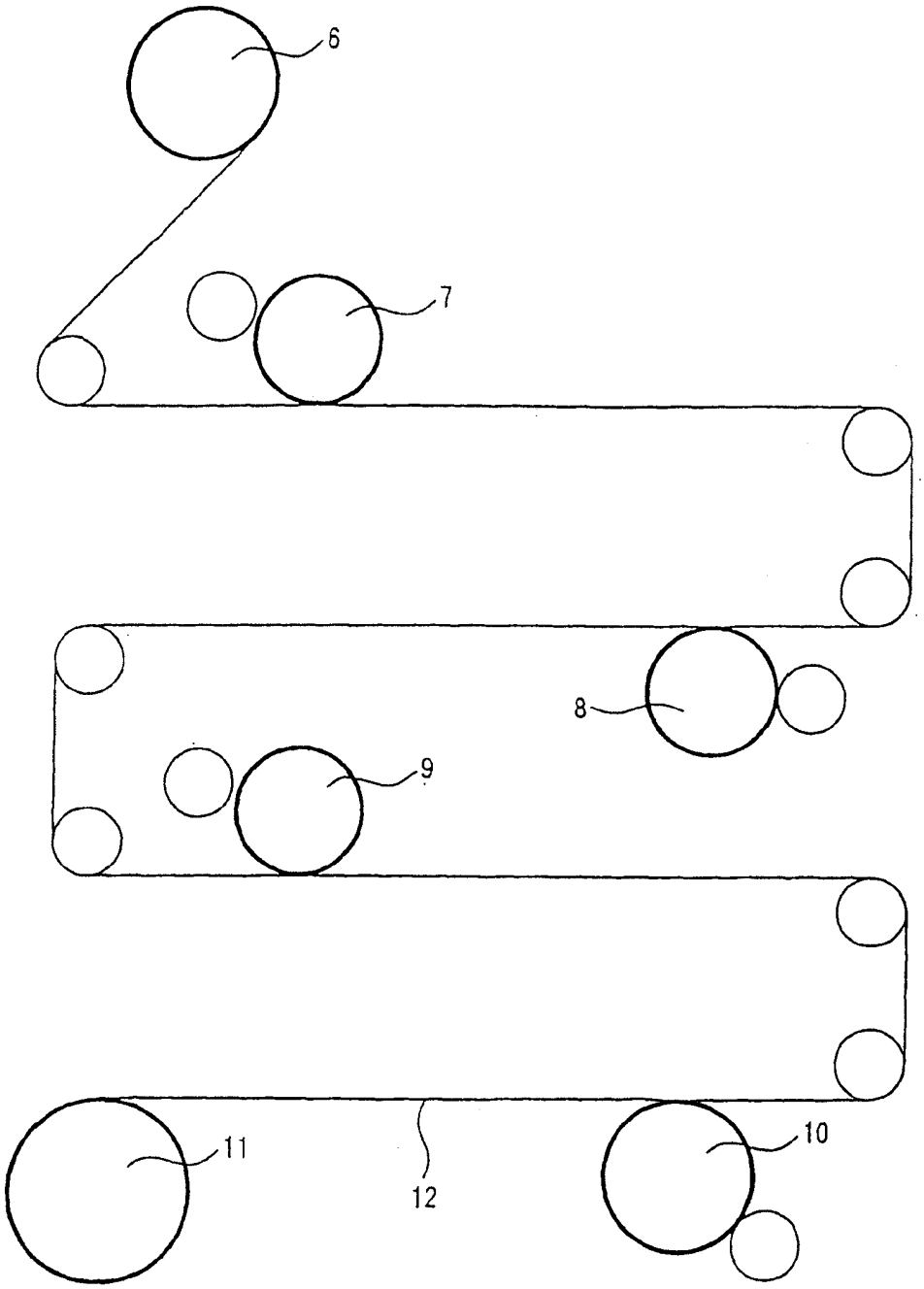


图2

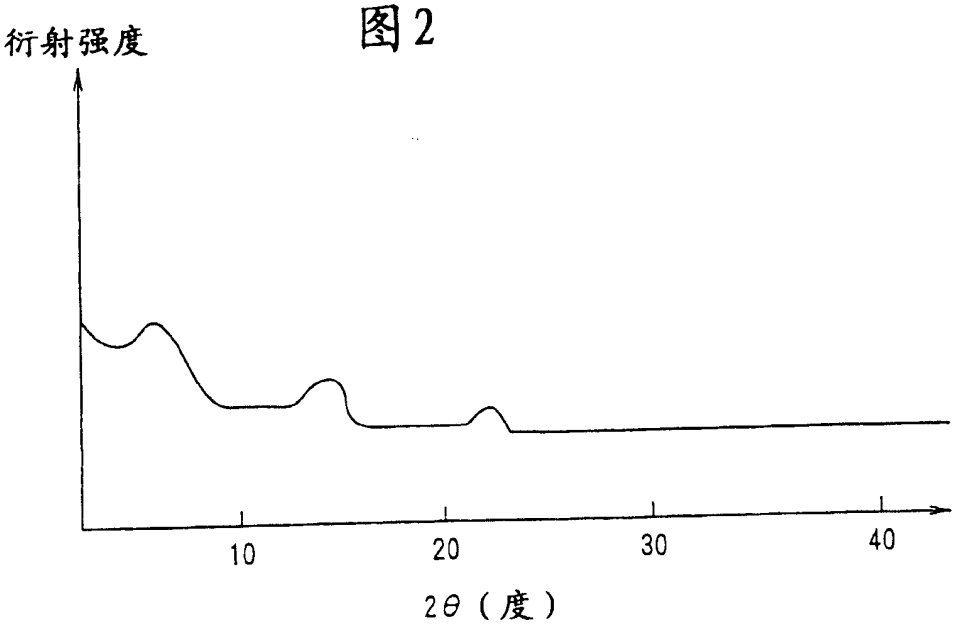


图3

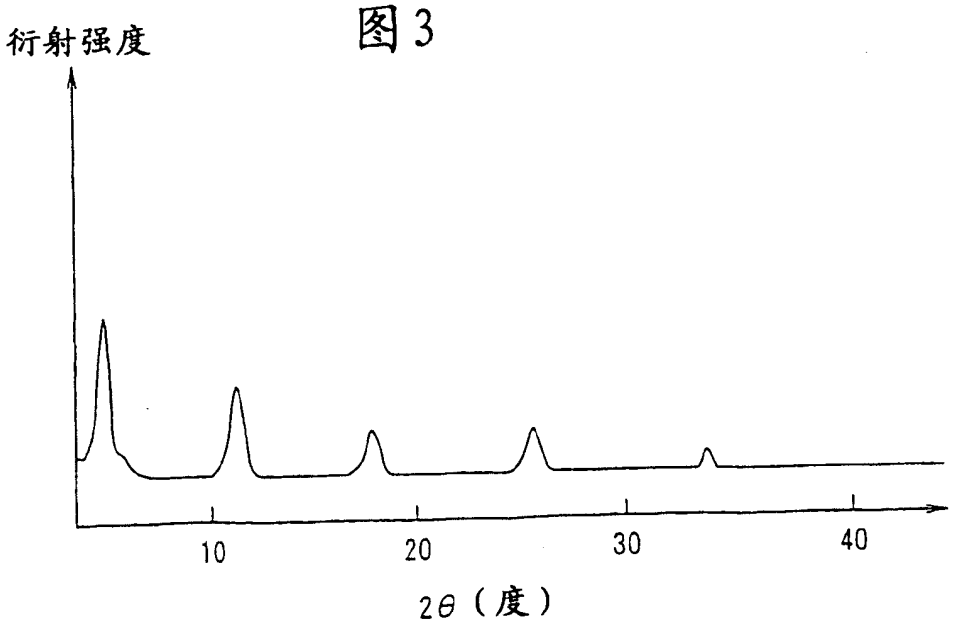


图4

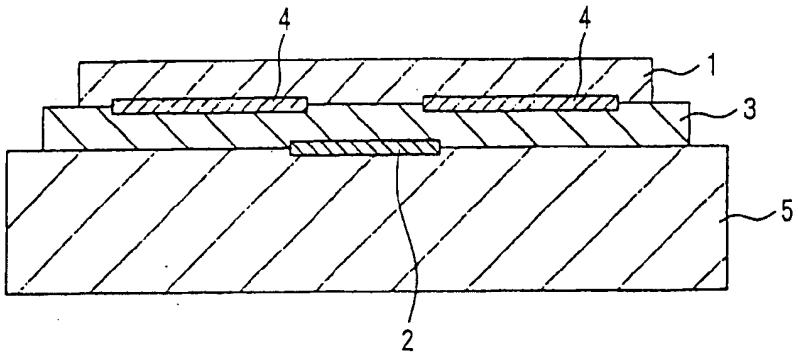

4
4
1
3
5
2

图5

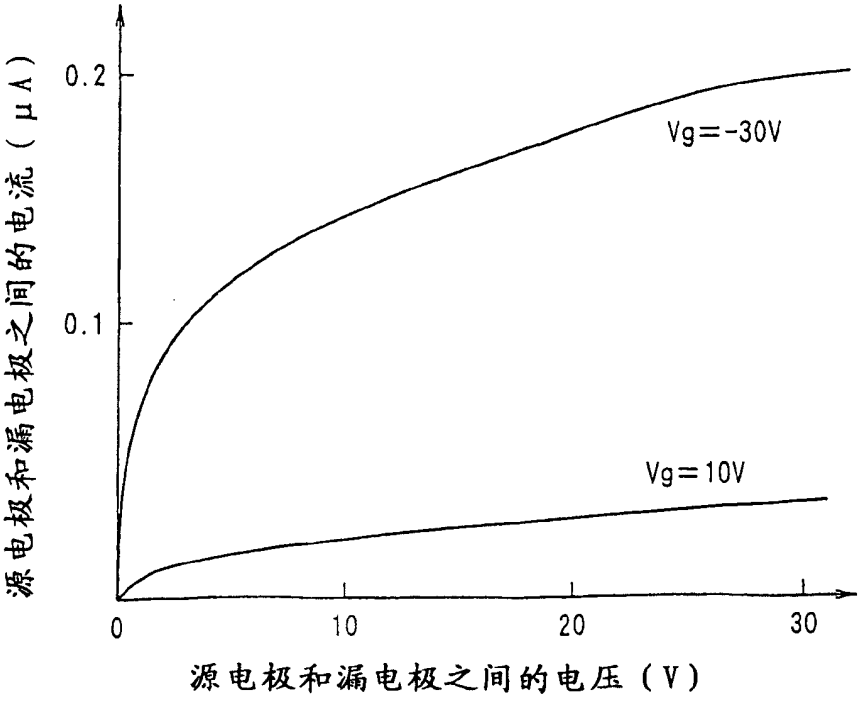

源电极和漏电极之间的电流（μA）
0.2
0.1
Vg=-30V
Vg=10V
0
10
20
30
源电极和漏电极之间的电压（V）

图6

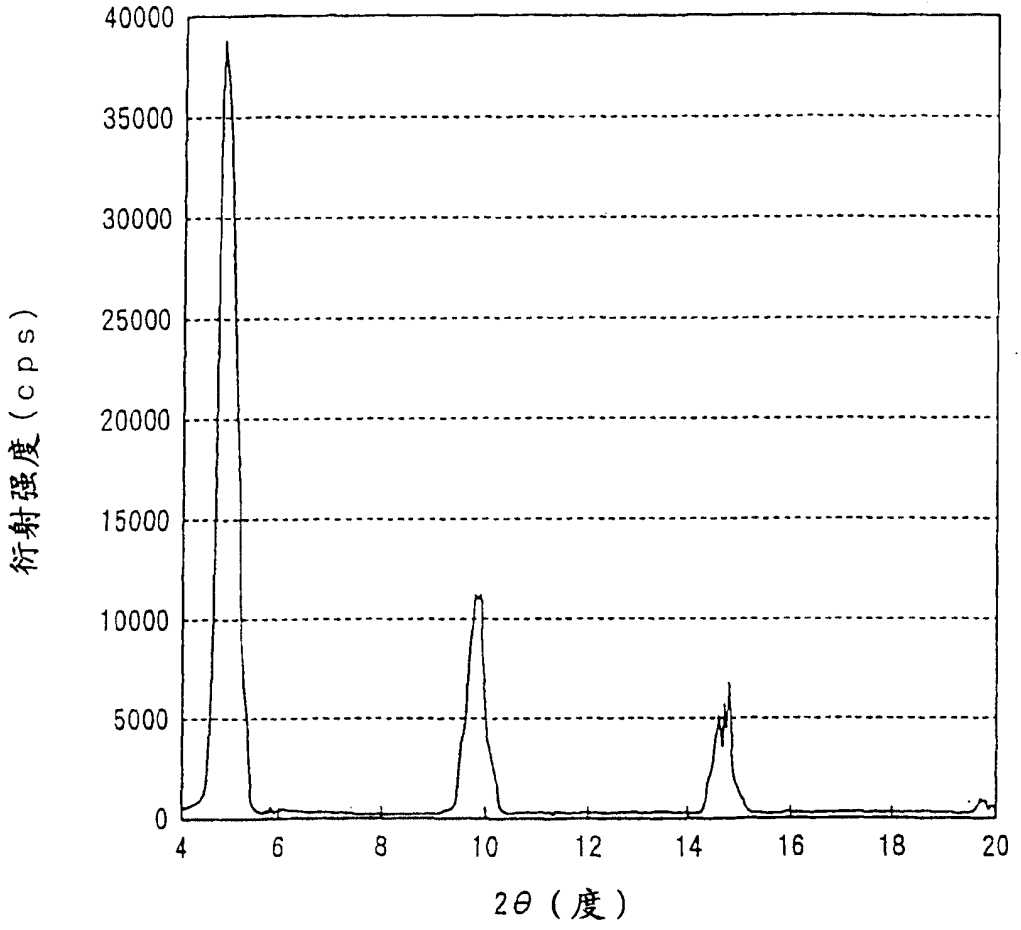

40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
衍射强度（cps）
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2θ（度）

图7

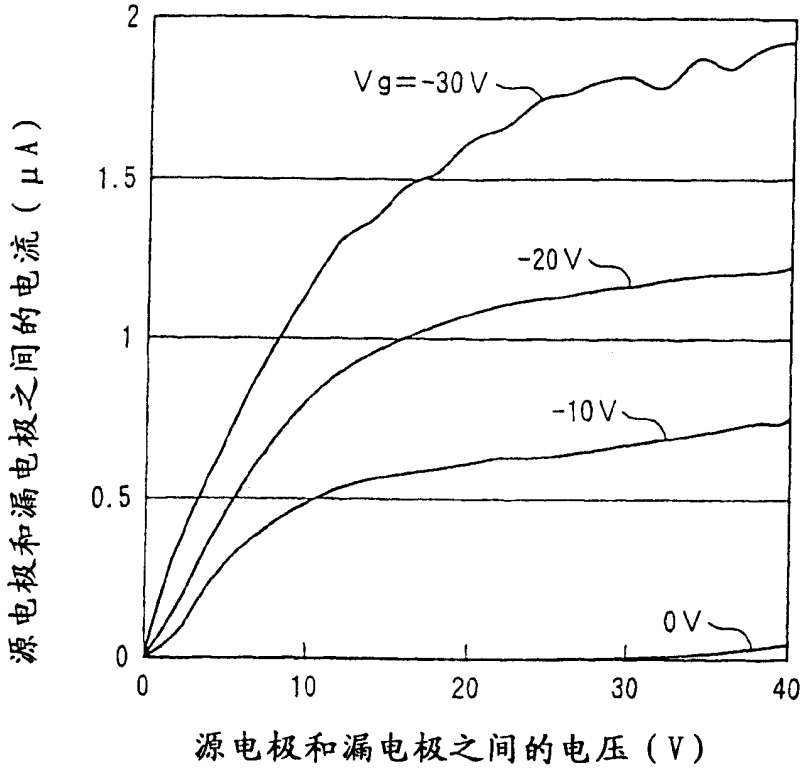

2
1.5
1
0.5
0
0
10
20
30
40
Vg=-30V
-20V
-10V
0V
源电极和漏电极之间的电流（μA）
源电极和漏电极之间的电压（V）

图8

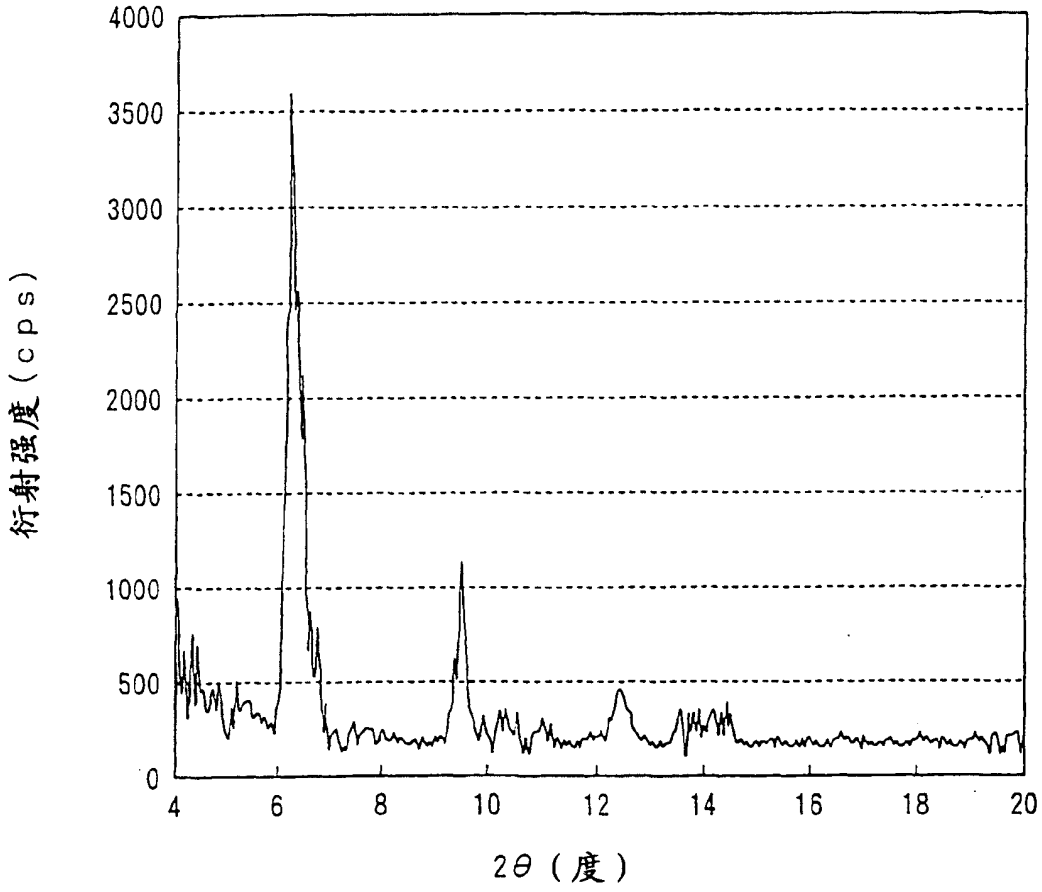

4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
衍射强度（cps）
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2θ（度）

图9

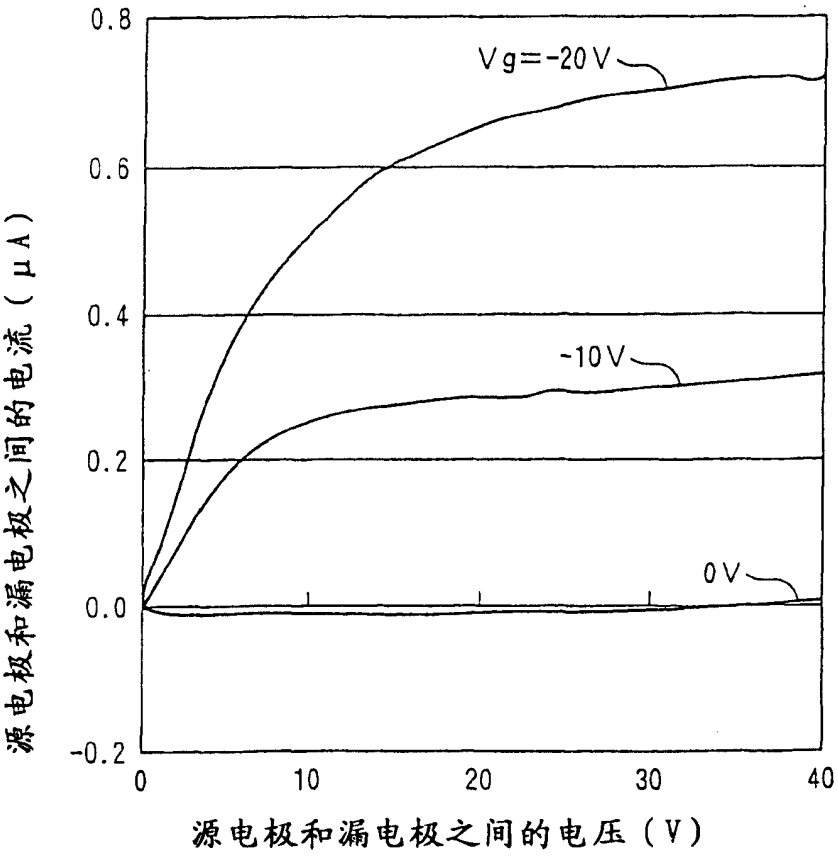

0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
0
10
20
30
40
Vg=-20V
-10V
0V
源电极和漏电极之间的电流（μA）
源电极和漏电极之间的电压（V）

图10

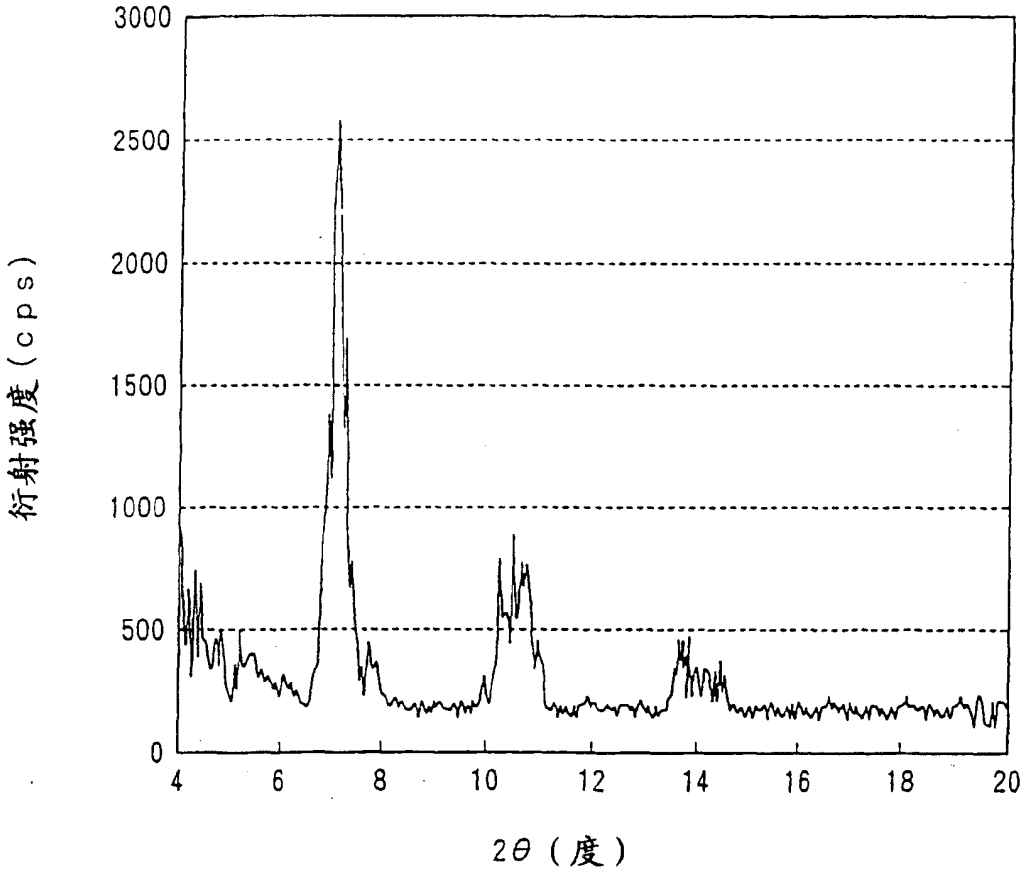


图11

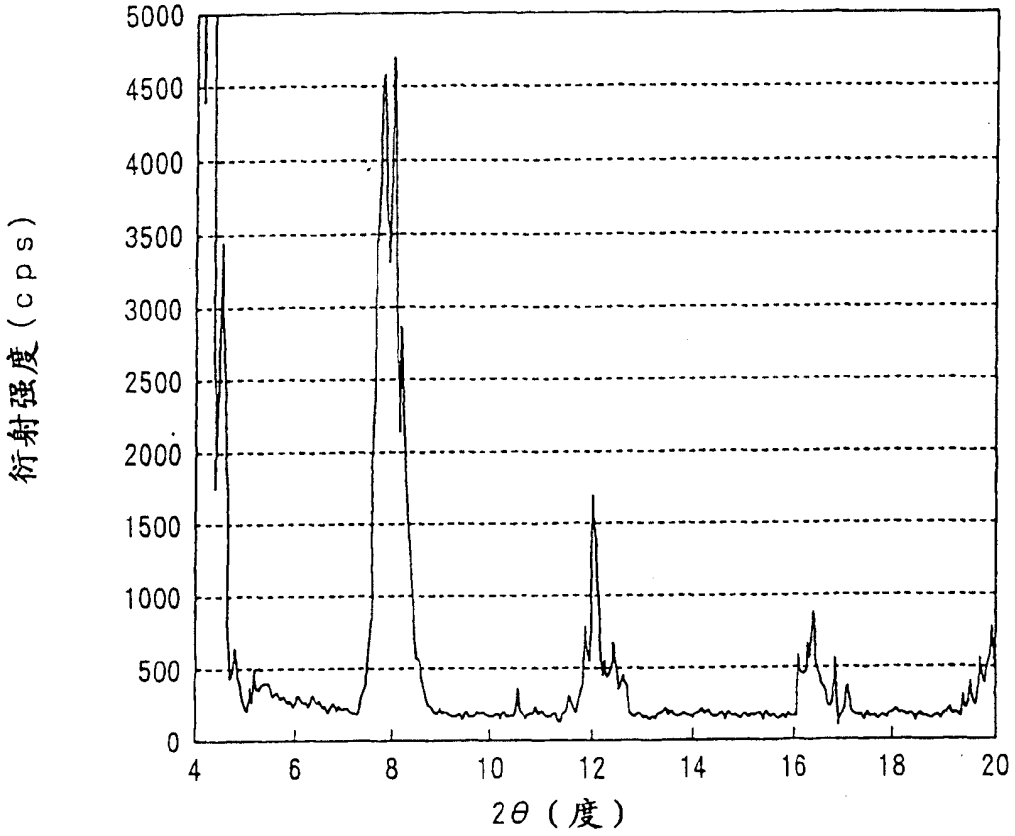

衍射强度（cps）
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2θ（度）

图12

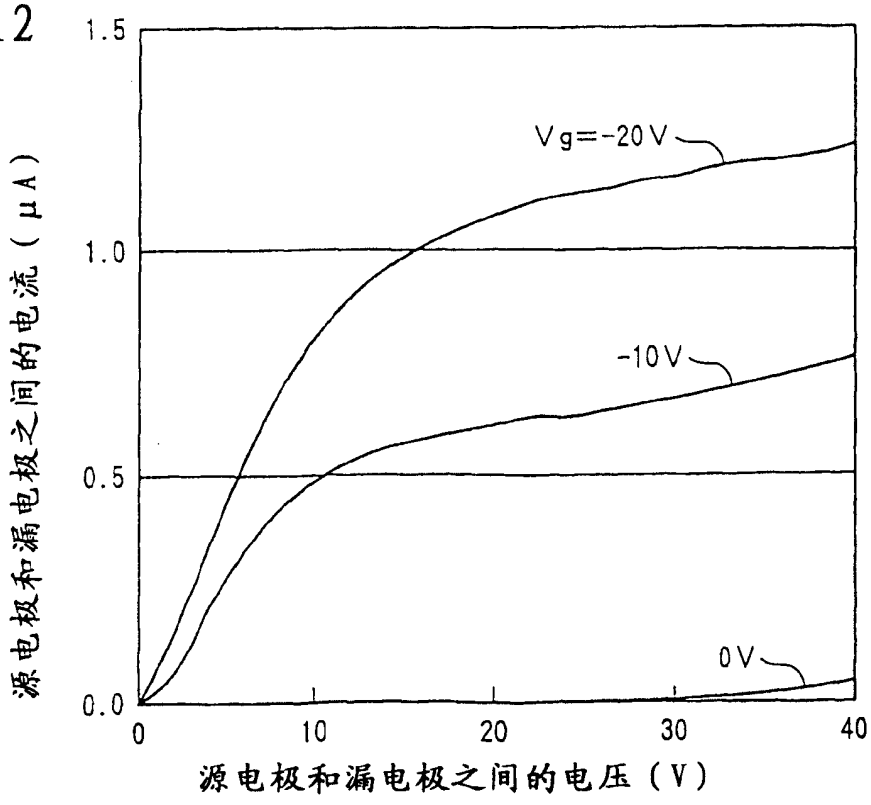

源电极和漏电极之间的电流（μA）
1.5
1.0
0.5
0.0
Vg=-20V
-10V
0V
0
10
20
30
40
源电极和漏电极之间的电压（V）

图13

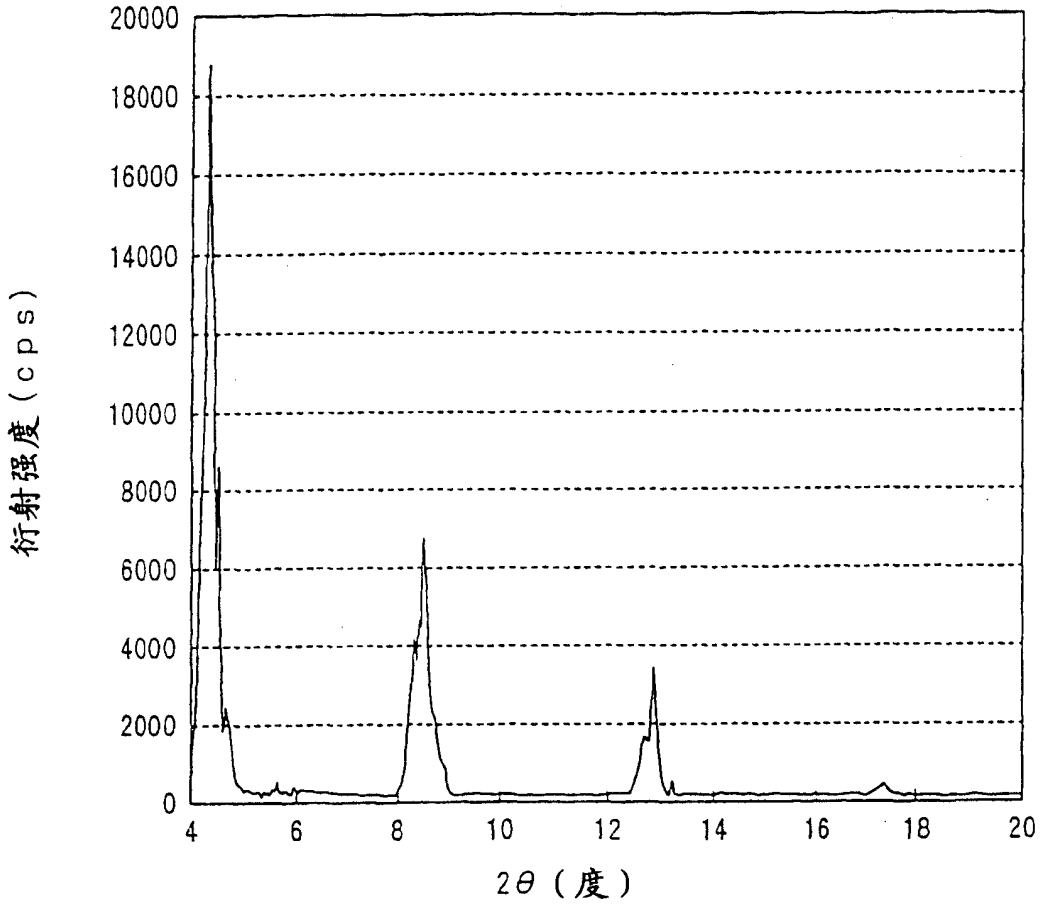

20000
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
衍射强度（cps）
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2θ（度）

图14

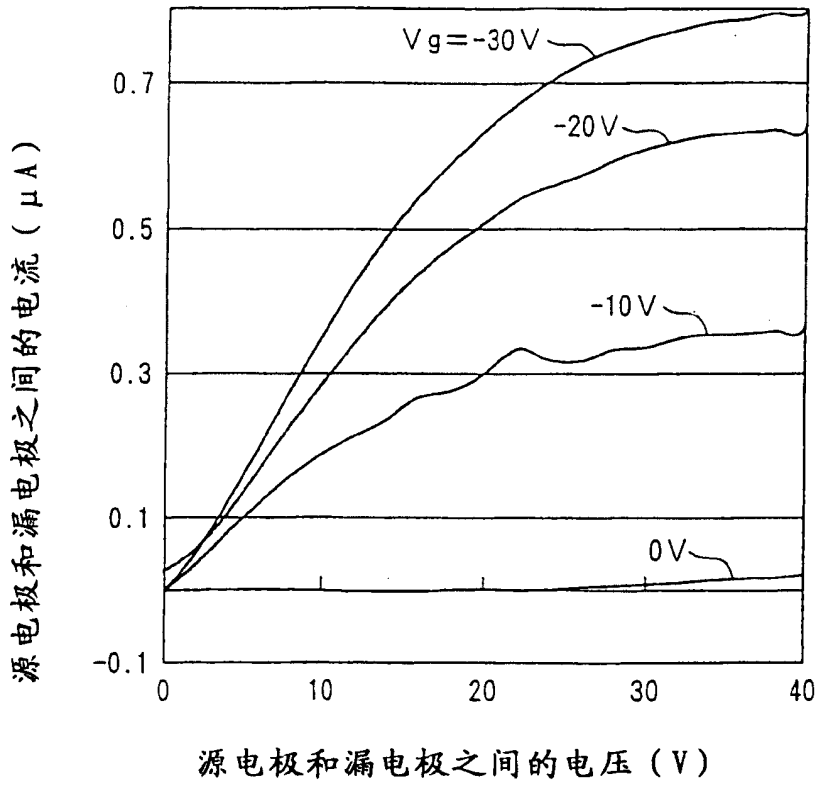

Vg=-30V
-20V
-10V
0V
0.7
0.5
0.3
0.1
-0.1
0
10
20
30
40
源电极和漏电极之间的电流（μA）
源电极和漏电极之间的电压（V）

图15

