



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1855570 B

(45) 授权公告日 2010.06.23

(21) 申请号 200610068053.2

W0 99/66540A2, 1999.12.23, 全文.

(22) 申请日 2006.03.24

US 6278127B1, 2001.08.21, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 刘深亮

2005-087133 2005.03.24 JP

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川

(72) 发明人 古川忍 今林良太

(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 11038

代理人 张浩

(51) Int. Cl.

H01L 51/05 (2006.01)

H01L 51/40 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开 2003-255857 A, 2003.09.10, 全文.

US 5500537A, 1996.03.19, 全文.

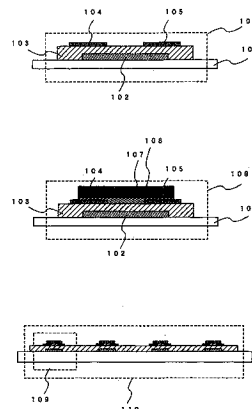
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 9 页

(54) 发明名称

半导体装置及其制造方法

(57) 摘要

本发明的目的是在保持传导载流子的沟道的有机半导体和栅极绝缘体层的界面的平坦性并且不降低成品率的情况下,形成具有结晶性高的有机半导体的有机晶体管。本发明的特征是将有机半导体层形成为叠层结构,至少上层的有机半导体层具有多晶状态或单晶状态,下层的有机半导体层由起到沟道作用的材料来构成。通过提供结晶性高的上层的有机半导体层,可以提高载流子迁移率,并且通过提供下层的有机半导体层,可以补充起因于该上层的有机半导体层的不充分的接触。



1. 一种半导体装置,包括:
栅极;
中间夹着栅极绝缘体层与所述栅极相邻的第一有机半导体层;以及
与所述第一有机半导体层相邻的第二有机半导体层,
其中,所述第二有机半导体层的结晶性比所述第一有机半导体层的结晶性更高,并且
所述第二有机半导体层的载流子迁移率比所述第一有机半导体层的载流子迁移率更高。
2. 一种半导体装置,包括:
栅极;
中间夹着栅极绝缘体层与所述栅极相邻的第一有机半导体层;以及
与所述第一有机半导体层相邻的第二有机半导体层,
其中,所述第一有机半导体层是多晶或非晶的,
所述第二有机半导体层是单晶的,并且
所述第二有机半导体层的载流子迁移率比所述第一有机半导体层的载流子迁移率更高。
3. 一种半导体装置,包括:
栅极;
中间夹着栅极绝缘体层与所述栅极相邻的第一有机半导体层;以及
与所述第一有机半导体层相邻的第二有机半导体层,
其中,所述第一有机半导体层是非晶的,
所述第二有机半导体层是多晶的,并且
所述第二有机半导体层的载流子迁移率比所述第一有机半导体层的载流子迁移率更高。
4. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层的膜厚度为 2 至 10nm。
5. 根据权利要求 2 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层的膜厚度为 2 至 10nm。
6. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层的膜厚度为 2 至 10nm。
7. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层和所述第二有机半导体层由同一材料形成。
8. 根据权利要求 2 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层和所述第二有机半导体层由同一材料形成。
9. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层和所述第二有机半导体层由同一材料形成。
10. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层和第二有机半导体层都含有选自并苯类材料、噻吩低聚物类材料、富勒烯、二苯嵌苯和芳族胺化合物中的材料。
11. 根据权利要求 2 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层和第二有机半导

体层都含有选自并苯类材料、噻吩低聚物类材料、富勒烯、二苯嵌苯和芳族胺化合物中的材料。

12. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层和第二有机半导体层都含有选自并苯类材料、噻吩低聚物类材料、富勒烯、二苯嵌苯和芳族胺化合物中的材料。

13. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其中所述半导体装置安装于选自电视装置、摄像设备、手机、PDA、便携式游戏机、计算机、音频放音装置和卡中的电子器具。

14. 根据权利要求 2 所述的半导体装置,其中所述半导体装置安装于选自电视装置、摄像设备、手机、PDA、便携式游戏机、计算机、音频放音装置和卡中的电子器具。

15. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其中所述半导体装置安装于选自电视装置、摄像设备、手机、PDA、便携式游戏机、计算机、音频放音装置和卡中的电子器具。

16. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其中所述半导体装置安装于计算机监视器。

17. 根据权利要求 2 所述的半导体装置,其中所述半导体装置安装于计算机监视器。

18. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其中所述半导体装置安装于计算机监视器。

19. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层形成于所述栅极绝缘体层上,并且所述第二有机半导体层形成于所述第一有机半导体层上。

20. 根据权利要求 2 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层形成于所述栅极绝缘体层上,并且所述第二有机半导体层形成于所述第一有机半导体层上。

21. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其中所述第一有机半导体层形成于所述栅极绝缘体层上,并且所述第二有机半导体层形成于所述第一有机半导体层上。

22. 一种半导体装置的制造方法,包括以下步骤:

在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层;

中间夹着所述栅极绝缘体层与所述栅极相邻地形成第一有机半导体层;以及

与所述第一有机半导体层相邻地形成第二有机半导体层,

其中,所述第二有机半导体层被形成为其结晶性比所述第一有机半导体层的结晶性更高,并且

所述第二有机半导体层的载流子迁移率比所述第一有机半导体层的载流子迁移率更高。

23. 一种半导体装置的制造方法,包括以下步骤:

在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层;

中间夹着所述栅极绝缘体层与所述栅极相邻地形成第一有机半导体层;以及

与所述第一有机半导体层相邻地形成第二有机半导体层,

其中,所述第一有机半导体层是多晶的或非晶的,

所述第二有机半导体层是单晶的,并且

所述第二有机半导体层的载流子迁移率比所述第一有机半导体层的载流子迁移率更高。

24. 一种半导体装置的制造方法,包括以下步骤:

在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层;

中间夹着所述栅极绝缘体层与所述栅极相邻地形成第一有机半导体层;以及

与所述第一有机半导体层相邻地形成第二有机半导体层，
其中，所述第一有机半导体层是非晶的，
所述第二有机半导体层是多晶的，并且
所述第二有机半导体层的载流子迁移率比所述第一有机半导体层的载流子迁移率更高。

25. 根据权利要求 22 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层使用蒸发沉积法、喷墨法、印刷法或压印法来制造。

26. 根据权利要求 23 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层使用蒸发沉积法、喷墨法、印刷法或压印法来制造。

27. 根据权利要求 24 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层使用蒸发沉积法、喷墨法、印刷法或压印法来制造。

28. 根据权利要求 22 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第二有机半导体层使用气相传输法来制造。

29. 根据权利要求 23 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第二有机半导体层使用气相传输法来制造。

30. 根据权利要求 24 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第二有机半导体层使用气相传输法来制造。

31. 根据权利要求 22 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层和所述第二有机半导体层由同一材料来形成。

32. 根据权利要求 23 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层和所述第二有机半导体层由同一材料来形成。

33. 根据权利要求 24 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层和所述第二有机半导体层由同一材料来形成。

34. 根据权利要求 22 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层形成于所述栅极绝缘体层上，并且所述第二有机半导体层形成于所述第一有机半导体层上。

35. 根据权利要求 23 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层形成于所述栅极绝缘体层上，并且所述第二有机半导体层形成于所述第一有机半导体层上。

36. 根据权利要求 24 所述的半导体装置的制造方法，其中所述第一有机半导体层形成于所述栅极绝缘体层上，并且所述第二有机半导体层形成于所述第一有机半导体层上。

半导体装置以及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用有机半导体的半导体装置以及其制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,对使用有机半导体的有机晶体管展开了积极的研究。由于通过利用有机半导体的特征容易形成薄膜,使在轻量且具有柔性的柔性衬底诸如是塑料衬底、薄膜衬底或纸张等上形成有机半导体装置被期待。另外,因为形成沟道的有机半导体材料非常廉价、其形成膜时的温度低、可以适用不用真空室的步骤诸如喷墨法、印刷法或压印(stamp)法等,所以有望大幅度地降低使用有机晶体管的一般半导体装置的制造成本。

[0003] 有机晶体管由玻璃衬底、栅极、栅极绝缘体层、源极、漏极以及有机半导体层构成。源极和漏极提供在有机半导体层的下面的结构称作底部接触孔型结构,而源极和漏极提供在有机半导体层的上面的结构称作顶部接触孔型结构。

[0004] 采用顶部接触型结构可以使有机晶体管的载流子迁移率更大。然而,该结构难以使用光刻等的步骤以便微细地加工图形等,为了进行微细加工,就有可能限定于底部接触型结构,该底部接触型结构在形成源极、漏极后形成有机半导体层。因此,有机晶体管的结构必须要根据其优点和缺点而适用。

[0005] 一般知道有机晶体管的载流子迁移率在很大程度上依赖于有机半导体的形态(非晶、多晶、单晶等的状态)。尤其是,使用有机半导体层的单晶的有机晶体管显示出高载流子迁移率,具有与非晶硅同样程度的载流子迁移率。获得有机物的良好单晶的方法可以举出液相成长法或气相传输法等。

[0006] 为了积极地将单晶用于有机晶体管来改善各种特性,选择性地涂敷使单晶成长的位置的技术是必须的。该独立涂敷单晶的典型方法是改变衬底部分的润湿性而选择性地使单晶成长。

[0007] 作为利用有机半导体层的单晶的例子,提出了如下结构:在栅极绝缘体层的表面上提供分散地形成有表面能源低的岛状凸起部分的岛状凸起部分层以提供控制并五苯蒸发淀积膜的结晶状态,并且以低电压驱动具有高载流子迁移率的有机半导体元件(例如,参照专利文献1)。

[0008] 另外,还提出了具有如下结构的有机晶体管:将纯水对于栅极绝缘体层表面的接触角限定于 50° 至 120° (包括 50° 和 120°),并且在栅极绝缘体层的表面上形成氟聚合物层(例如参照专利文献2)。

[0009] [专利文献1] 专利申请公开 2004-23021 号公报

[0010] [专利文献2] 专利申请公开 2001-94107 号公报

[0011] 如按上述专利文件1那样形成有机半导体层的单晶,则传导载流子的沟道的有机半导体层和栅极绝缘体层的界面失去平坦性,所以很难说充分应用了有机半导体的单晶所具有的载流子迁移率。

[0012] 另外,在上述专利文献2中,在不能使有机半导体层的单晶成长于整个沟道的情

况下,其成品率降低。

发明内容

[0013] 因此,本发明的目的是将有机半导体层的单晶或结晶性高的膜有效地适用于有机晶体管。

[0014] 鉴于上述问题,本发明的半导体装置的要点在于使有机半导体层为层叠结构,至少上层的有机半导体层具有多晶状态或单晶状态,下层的有机半导体层由起到沟道作用的材料来构成。在此情况下,多晶中一个晶粒的尺寸小于单晶的晶粒的尺寸。下层的有机半导体层的要点是具有与上层的有机半导体层相同或更低的结晶性。通过提供结晶性高的上层的有机半导体层可以提高载流子迁移率。此外,即使在该上层的有机半导体层在与衬底平行方向上的结晶相对于沟道面积没有充分地成长的情况下,由于下层的有机半导体层接触到源极以及漏极,因此也可以补充不充分的接触。

[0015] 作为结晶性高的有机半导体层的例子可以举出单晶状态的有机半导体层。这样的结晶性高的有机半导体层在因结晶条件或结晶状态而使在与衬底平行方向上的结晶相对于沟道面积没有充分地成长的情况等下,有可能该单晶和源极以及漏极或栅极绝缘体层的物理性接触不够充分。然而,即使在此情况下,由于提供于下层的有机半导体层接触到源极以及漏极或栅极绝缘体层,所以可以补充不充分的接触,从而可以用作沟道。

[0016] 具体来说,为了提高有机半导体的载流子迁移率,有机半导体层的单晶用于层叠的有机半导体层的上层,由多晶构成的有机半导体用于有机半导体层的下层。当然,下层的有机半导体层优选具有与上层的有机半导体层的结晶状态同样程度的状态,这是因为这样可以进一步降低载流子迁移率的电阻。此外,在本发明中,可以使用由非晶构成的有机半导体层用作下层的有机半导体层,因为非晶也可以发挥补充单晶不充分地接触到源极以及漏极的效果。

[0017] 在本发明的另一个结构中,可以使用由多晶构成的有机半导体层作为上层的有机半导体层,而将由非晶构成的有机半导体层用作下层的有机半导体层。当然,下层的有机半导体层优选具有与上层的有机半导体层的结晶状态同样程度的状态,这是因为这样可以进一步降低载流子迁移率的电阻。

[0018] 也就是说,下层的有机半导体层的材料只要结晶性比上层的有机半导体层低、且起到沟道作用即可。

[0019] 由单晶构成的有机半导体层的淀积方法可以使用气相传输法。并且可以沿选择性地形成的下层有机半导体层选择性地形成由单晶构成的有机半导体层。也就是说,通过提供下层的有机半导体层可以在沟道之间选择性地使单晶成长。

[0020] 具体来说,本发明的一种半导体装置,包括:栅极、中间夹栅极绝缘体层设置于栅极上的第一有机半导体层、接触地设置于第一有机半导体层上的第二有机半导体层,所述第二有机半导体层具有比第一有机半导体层更高的结晶性。

[0021] 本发明的其他半导体装置,包括:栅极、中间夹栅极绝缘体层设置于栅极上的第一有机半导体层、接触地设置于第一有机半导体层上的第二有机半导体层,所述第二有机半导体层具有比第一有机半导体层更大的晶粒。

[0022] 本发明的其他半导体装置,包括:栅极、中间夹栅极绝缘体层设置于栅极上的第一

有机半导体层、接触地设置于第一有机半导体层上的第二有机半导体层,所述第一有机半导体层具有多晶或非晶,所述第二有机半导体层具有单晶。

[0023] 本发明的其他半导体装置,包括:栅极、中间夹栅极绝缘体层设置于栅极上的第一有机半导体层、接触地设置于第一有机半导体层上的第二有机半导体层,所述第一有机半导体层具有非晶,所述第二有机半导体层具有多晶。

[0024] 本发明的其他半导体装置,包括:栅极、中间夹栅极绝缘体层设置于栅极上的第一有机半导体层、接触地设置于第一有机半导体层上的第二有机半导体层,所述第一有机半导体层具有单晶,第二有机半导体层具有由不同于第一有机半导体层的材料构成的单晶。

[0025] 以下具体地说明本发明的半导体装置的制造方法。

[0026] 本发明的半导体装置的制造方法如下:在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层,中间夹栅极绝缘体层在栅极上形成第一有机半导体层,和第一有机半导体层接触地形成第二有机半导体层,并且该第二有机半导体层形成为其晶粒大于第一有机半导体层的晶粒。

[0027] 本发明的半导体装置的其他制造方法如下:在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层,中间夹栅极绝缘体层在栅极上形成第一有机半导体层,和第一有机半导体层接触地形成第二有机半导体层,并且该第二有机半导体层形成为其结晶性高于第一有机半导体层的结晶性。

[0028] 本发明的半导体装置的其他制造方法如下:在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层,中间夹栅极绝缘体层在栅极上形成第一有机半导体层,和第一有机半导体层接触地形成第二有机半导体层,将所述第一有机半导体层形成为多晶或非晶,并且将所述第二有机半导体层形成为单晶。

[0029] 本发明的半导体装置的其他制造方法如下:在衬底上形成栅极和栅极绝缘体层,中间夹栅极绝缘体层在栅极上形成第一有机半导体层,和第一有机半导体层接触地形成第二有机半导体层,将所述第一有机半导体层形成为非晶,并将所述第二有机半导体层形成为多晶。

[0030] 根据本发明,可以高效率地、选择性地形成有机半导体层的单晶。并且,可以将该单晶用作沟道形成区域,结果可以提高载流子迁移率。

[0031] 另外,即使在有机半导体层的单晶在平行于衬底表面的方向上的成长相对于沟道面积不充分的情况下,根据本发明预先形成的有机半导体的薄膜,可以在第二有机半导体层没有充分形成的情况下,使该有机半导体的薄膜起到补充不充分的结晶成长的沟道的作用。结果,可以防止由有机半导体层的单晶的不充分的成长引起的不完善的沟道的形成,并且可以高成品率地提供具有高载流子迁移率的有机晶体管。

[0032] 另外,通过设置有机半导体层,可以改善有机半导体层的单晶(或者高结晶性的有机半导体层)和栅极绝缘体层的紧密性,并且可以降低有机晶体管的截止电流。此外,有机半导体层改善了有机半导体层的单晶(或者高结晶性的有机半导体层)和源极以及漏极的接触,结果可以降低载流子的注入屏障,增大导通电流,降低阈值电压的变化。

[0033] 进一步地,本发明由于选择性地使单晶成长,所以可以降低有机半导体材料的浪费。另外,本发明的有机晶体管的工作稳定,因而可以提供一种寿命长且制造方法简便的有机晶体管。

附图说明

- [0034] 图 1A 至 1C 是描述本发明的有机晶体管的制造步骤以及截面图的附图；
- [0035] 图 2A 至 2C 是描述本发明的有机晶体管的制造步骤以及截面图的附图；
- [0036] 图 3 是描述本发明的显示元件衬底的截面图；
- [0037] 图 4 是描述本发明的有机半导体装置的截面图；
- [0038] 图 5 是描述本发明的显示装置的截面图；
- [0039] 图 6A 和 6B 是描述本发明的有机晶体管的单晶的成长位置的选择性的附图；
- [0040] 图 7 是描述本发明的有机晶体管的晶体管特性的附图；
- [0041] 图 8A 至 8D 是描述安装有本发明的有机晶体管的电子器具的附图；
- [0042] 图 9A 和 9B 是描述本发明的有机晶体管的截面图。
- [0043] 选择图为图 1A 至 1C。

具体实施方式

[0044] 下面描述本发明的一种形式的例子。注意，本发明可以以多种不同形式被执行，在不脱离本发明的宗旨及范围的情况下各种变化和修改都是可能的，这对于所属领域的普通人员来说是显而易见的。因此，本发明不限于本实施方式的内容。

[0045] 实施方式 1

[0046] 参照图 1A 至 1C 描述本发明的有机晶体管和其制造方法的一个例子。

[0047] 在衬底 101 上形成栅极 102。作为栅极 102 的形成方法，可以通过光刻法将淀积的导电层加工为所希望的形状，或者通过喷墨法等喷射含有导电物的液滴来形成栅极 102。注意，本发明的栅极 102 的形成方法不局限于此。用于形成栅极 102 的材料可以使用例如铝、铜、金、银等。注意，用于形成本发明的栅极 102 的材料不局限于此，只要是具有导电性的材料即可。此外，衬底 101 可以使用由玻璃、石英等形成的衬底，或者由塑料、聚碳酸酯等形成的柔性衬底。注意，用于本发明的衬底不局限于此。此外，由于有机晶体管不需要高温处理，因此可以使用由塑料、聚碳酸酯等形成的柔性衬底，从而可以实现半导体装置的轻量化和薄型化，并且可以提高其柔软性。

[0048] 接着，覆盖栅极 102 地形成栅极绝缘体层 103。作为形成栅极绝缘体层 103 的方法，例如可以通过 CVD 方法等淀积氧化硅或氮化硅等的绝缘物，或者可以通过阳极氧化方法氧化栅极的表面来形成栅极绝缘体层 103。此外，可以使用浇铸 (cast) 方法、旋转方法、印刷方法、喷墨方法等涂敷聚酰亚胺、聚酰胺酸 (polyamic acid) 或聚乙烯苯酚等的有机物来形成栅极绝缘体层 103。注意，本发明的栅极绝缘体层不局限于此。

[0049] 接着，在栅极绝缘体层 103 上形成源极 104 和漏极 105 来制作有机晶体管形成区域 106 (图 1A)。形成源极 104 和漏极 105 的材料除了无机导电物例如金、银、钨之外，还可以使用含有聚 (乙烯二氧基噻吩) / 聚 (苯乙烯磺酸) 混合物 (PEDOT/PSS) 等的有机导电物等。注意，本发明的源极和漏极的材料不局限于此。另外，源极 104 和漏极 105 可以通过将使用溅射装置或蒸发淀积装置等的淀积装置形成的导电层加工为所希望的形状来形成，或者也可以通过喷墨法等喷射含有导电物的液滴来形成。注意，本发明的源极和漏极的形成方法不局限于此。

[0050] 在有机晶体管形成区域 106 中形成有机半导体层的单晶的区域上形成有机半导

体层 107。至少在源极和漏极之间形成有机半导体层 107。提供有机半导体层 107 的结果是可以在其上高效率地形成有机半导体层的单晶,还可以在该区域单晶成长。

[0051] 当如上所述地为了提高有机晶体管的载流子迁移率而形成有机半导体层的单晶时,因结晶条件或晶粒的形状等的结晶状态而使结晶在平行于衬底的方向上相对于沟道面积的成长不充分的情况下,有可能结晶不能形成于整个沟道面积,从而与源极以及漏极或栅极绝缘体层的物理性接触不充分。所以,本发明的特征是由有机半导体层 107 与源极以及漏极或栅极绝缘体层接触而补充不充分的接触,并且使该有机半导体层起到沟道作用。因此,有机半导体层 107 的材料只要是起到沟道作用的材料就可以。这样的有机半导体层 107 形成 2 至 10nm(包括 2nm 和 10nm) 的厚度。

[0052] 例如,有机半导体层 107 的材料可以使用诸如酞菁 (H_2Pc)、酞菁铜 ($CuPc$)、酞菁氧钛 ($TiOPc$) 以及酞菁氧钒 ($VoPc$) 等的酞菁类材料;诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等的并苯类材料;诸如六噻吩 (sexithiophene; α -6T) 和四噻吩 (quarterthiophene; α -4T) 等的噻吩低聚物类材料;诸如富勒烯 (C_{60}) 或二苯嵌苯等的其他材料。在此,优选使用具有高载流子迁移率的有机半导体诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等。这些具有高载流子迁移率的有机半导体诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等可以在之后形成有机半导体层的单晶。如此,有机半导体层 107 从紧密性、制造步骤的观点来看,优选使用与之后形成的有机半导体层的单晶同样的材料形成。

[0053] 但是,本发明的有机半导体层 107 的材料不局限于此,还可以使用芳香胺基化合物等的有机化合物,例如 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯胺]联苯 (α -NPD)、4,4'-双[N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]-联苯 (TPD)、4,4',4''-三(N,N-二苯胺)-三苯胺 (TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]-三苯胺 (MTDATA)、或 4,4'-双[N-{4-(N,N-二-m-三氨基)苯基}-N-苯胺]-联苯 (DNTPD) 等。

[0054] 这样的有机半导体层 107 可以使用蒸发淀积法、喷墨法、印刷法、或压印法等来形成。此外,在使用蒸发淀积法等的情况下,可以使用掩模选择性地形成有机半导体层 107。注意,本发明的有机半导体层的制造方法不局限于此。

[0055] 若是使用具有与之后要形成的有机半导体层的单晶相同程度的结晶状态的有机半导体来形成有机半导体层 107,则可以产生本发明的效果。例如,在作为之后要形成的有机半导体使用有机半导体层的单晶的情况下,可以将结晶性高诸如单晶状态或多晶状态等的有机半导体层用于有机半导体层 107。此外,在形成有机半导体层的多晶的情况下,可以使用具有多晶状态的有机半导体层形成有机半导体层 107。

[0056] 接着,在有机半导体层 107 上形成作为结晶性高的有机半导体层的有机半导体层的单晶 108,以形成有机晶体管 109(图 1B)。因为预先淀积了有机半导体层 107,所以可以选择性地、高效率地形成有机半导体层的单晶 108,并且可以使结晶成长。从而,可以将该单晶用作沟道形成区域,并且可以提高载流子迁移率。另外,可以将预先形成的有机半导体层 107 用作单晶的核。

[0057] 另外,有机半导体层的单晶 108 可以使用诸如酞菁 (H_2Pc)、酞菁铜 ($CuPc$)、酞菁氧钛 ($TiOPc$) 以及酞菁氧钒 ($VoPc$) 等的酞菁类材料;诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等的并苯类材料;诸如六噻吩 (sexithiophene; α -6T) 和四噻吩 (quarterthiophene; α -4T) 等的噻吩低聚物材料;诸如富勒烯 (C_{60}) 或二萘嵌苯等的其他材料,通过有机分

子束外延 (OMBE:Organic Molecular Beam Epitaxy) 方法、热壁外延 (HWE:Hot Wall Epitaxy) 方法、物理气相传输 (PVT:Physical Vapor Transport) 方法等的气相传输方法来形成。

[0058] 如此,上层的有机半导体层的特征是与下层的有机半导体层相比其结晶性更高。结晶性高换言之意味着晶粒尺寸大。结晶性高的有机半导体层可以提高载流子迁移率,并且可以通过下层的有机半导体层接触于源极以及漏极或绝缘层来补充该有机半导体层与源极以及漏极或栅极绝缘体层的不充分接触。

[0059] 注意,在有机晶体管中,大部分载流子流动于有机半导体层的栅极绝缘体层一侧。因此,依据为补充不充分的接触而提供的有机半导体层 107 的厚度,有可能电阻低的单晶和载流子容易流过的区域之间的距离变长,而使载流子不能高效率地流到单晶一侧。因此,有机半导体层 107 的厚度优选为 2(包括 2)至 10(包括 10)nm。

[0060] 此外,当在衬底 101 上包括复数个有机晶体管 109 的情况下,也可以通过同样的步骤形成有机半导体装置 110(图 1C)。

[0061] 根据以上步骤制造的本发明的有机晶体管 109 由于预先淀积了有机半导体层 107,所以可以选择性地形成有机半导体层的单晶 108,之后使结晶成长。从而可以将该单晶用作沟道形成区域,并且可以提高载流子迁移率。

[0062] 另外,如只有有机半导体层的单晶 108,则有可能结晶在平行于衬底的方向上相对于沟道面积不能充分地成长。在此情况下,形成于有机半导体层的单晶 108 下方的有机半导体层 107 由于接触于源极以及漏极或栅极绝缘体层而起到沟道作用,所以可以提高成品率。

[0063] 此外,通过提供有机半导体层 107,可以改善有机半导体层的单晶 108 和栅极绝缘体层 103 的紧密性。结果,可以降低有机晶体管 109 的截止电流。此外,通过提供有机半导体层 107,可以改善有机半导体层的单晶 108 和源极 104 以及漏极 105 的接触。结果,可以降低载流子的注入屏障而增大导通电流,并且可以降低阈值电压的变化。在本实施方式中,对于底部栅极型有机晶体管进行了说明,但是本发明也可以适用于顶部栅极型有机晶体管。下面参照图 9A 描述本实施方式的顶部栅极型有机晶体管 908 以及其制造方法。首先,通过公知方法在衬底 901 上形成源极 902 以及漏极 903。接着,通过蒸发淀积法、喷墨法、印刷法、压印法等,在源极 902 以及漏极 903 上形成第一有机半导体层 904。接着,通过 OMBE 方法、HWE 方法、PVT 方法等的气相传输法在第一有机半导体层 904 上形成第二有机半导体层 905。然后,通过公知方法在第二有机半导体层 905 上中间夹栅极绝缘体层 906 形成栅极 907。

[0064] 实施方式 2

[0065] 参照图 2A 至 2C 描述本发明的有机晶体管和其制造方法的一个例子。

[0066] 在衬底 201 上形成栅极 202。作为形成栅极 202 的方法,可以通过光刻法将淀积的导电层加工为所希望的形状,或者通过喷墨法等喷射含有导电物的液滴来形成栅极 202。但是,本发明的栅极 202 的形成方法不局限于此。用于形成栅极 202 的材料可以使用例如铝、铜、金、银等。但是,用于形成本发明的栅极 202 的材料不局限于此。此外,衬底 201 可以使用由玻璃、石英等形成的衬底,或者由塑料、聚碳酸酯等形成的柔性衬底。但是,本发明的衬底不局限于此。此外,由于有机晶体管不需要 600℃或更高的高温处理,因此,可以使

用塑料、聚碳酸酯等的柔性衬底,从而可以实现半导体装置的轻量化和薄型化,并且可以提高其柔软性。

[0067] 接着,覆盖栅极 202 地形成栅极绝缘体层 203。作为形成栅极绝缘体层 203 的方法,例如可以通过 CVD 方法等淀积诸如氧化硅或氮化硅等的绝缘物,或者可以通过阳极氧化方法氧化栅极的表面来形成栅极绝缘体层 203。但是,本发明的栅极绝缘体层的形成方法不局限于此。此外,可以使用浇铸方法、旋转方法、印刷方法、喷墨方法等通过涂敷例如聚酰亚胺、聚酰胺酸 (polyamic acid) 或聚乙烯苯酚等的有机物来形成栅极绝缘体层 203。如此,制作有机晶体管形成区域 204 (图 2A)。

[0068] 接着,如图 2B 所示那样,在有机晶体管形成区域 204 上的形成有机半导体层的单晶的区域上形成有机半导体层 205。至少在源极和漏极之间形成有机半导体层 205。提供有机半导体层 205 可以在其上高效率地形成有机半导体层的单晶,还可以在该区域使单晶成长。

[0069] 当如此这样为了提高有机晶体管的载流子迁移率而形成有机半导体层的单晶时,根据结晶条件或晶粒的形状等的结晶状态,在不能使结晶在平行于衬底的方向上相对于沟道面积充分地成长等的情况下,有可能使与源极以及漏极或栅极绝缘体层的物理性接触不充分。于是,本发明的特征是由有机半导体层 205 补充与源极以及漏极的接触,并且使有机半导体层 205 起到沟道作用。因此,有机半导体层 205 的材料只要是起到沟道作用的材料就可以。这样的有机半导体层 205 形成为 2 至 10nm (包括 2nm 和 10nm) 的厚度。

[0070] 例如,有机半导体层 205 的材料可以使用诸如酞菁 (H_2Pc)、酞菁铜 ($CuPc$)、酞菁氧钛 ($TiOPc$) 以及酞菁氧钒 ($VoPc$) 等的酞菁类材料;诸如蒽、并四苯 (tetracene)、并五苯等的并苯类材料;诸如六噻吩 (sexithiophene; α -6T) 和四噻吩 (quarterthiophene; α -4T) 等的噻吩低聚物类材料;诸如富勒烯 (C_{60}) 或二萘嵌苯等的其他材料。在此,优选使用具有高载流子迁移率的有机半导体诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等。这些具有高载流子迁移率的有机半导体诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等可以在之后形成有机半导体层的单晶。如此,有机半导体层 205 从紧密性、制造步骤的观点来看,优选使用与之后要形成的有机半导体层的单晶同样的材料形成。

[0071] 但是,本发明的有机半导体层 205 的材料不局限于此,还可以使用芳香胺基化合物等的有机化合物,例如 4,4'-双 [N-(1-萘基)-N-苯胺] 联苯 (α -NPD)、4,4'-双 [N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]-联苯 (TPD)、4,4',4''-三 (N,N-二苯胺)-三苯胺 (TDATA)、或 4,4',4''-三 [N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]-三苯胺 (MTDATA)、4,4'-双 [N-{4-(N,N-二-m-三氨基)苯基}-N-苯胺]-联苯 (DNTPD) 等。

[0072] 这样的有机半导体层 205 可以使用蒸发淀积法、喷墨法、印刷法、或压印法等来形成。此外,在使用蒸发淀积法等的情况下,可以使用掩模选择性地形成有机半导体层 205。注意,本发明的有机半导体层的制造方法不局限于此。

[0073] 若是使用具有与之后要形成的有机半导体层的单晶相同程度的结晶状态的有机半导体层来形成有机半导体层 205,则可以产生本发明的效果。例如,在作为之后要形成的有机半导体层使用有机半导体层的单晶的情况下,可以将结晶性高诸如单晶状态或多晶状态等的有机半导体层用于有机半导体层 205。此外,在形成有机半导体层的多晶的情况下,可以使用具有多晶状态的有机半导体层形成有机半导体层 205。

[0074] 接着,在有机半导体层 205 上形成作为结晶性高的有机半导体层的有机半导体层的单晶 206。因为预先淀积了有机半导体层 205,所以可以选择性地、高效率地形成有机半导体层的单晶 206,并且可以使结晶成长。从而可以将该单晶用作沟道形成区域,并且可以提高载流子迁移率。另外,将预先形成的有机半导体层 205 用作单晶的核。

[0075] 另外,有机半导体层的单晶 206 可以使用诸如酞菁 (H2Pc)、酞菁铜 (CuPc)、酞菁氧钛 (TiOPc) 以及酞菁氧钒 (VoPc) 等的酞菁材料;诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等的并苯类材料;诸如六噻吩 (sexithiophene; α -6T) 和四噻吩 (quarterthiophene; α -4T) 等的噻吩低聚物材料;诸如富勒烯 (C60) 或二萘嵌苯等的其他材料,通过气相传输方法来形成。

[0076] 如此,上层的有机半导体层的特征是与下层的有机半导体层相比其结晶性更高。结晶性高换言之意味着晶粒尺寸大。结晶性高的有机半导体层可以提高载流子迁移率,并且可以通过下层的有机半导体层接触于源极以及漏极或绝缘层来补充该有机半导体层和源极以及漏极或栅极绝缘体层的不充分的接触。

[0077] 注意,在有机晶体管中,大部分载流子流动在有机半导体层的栅极绝缘体层一侧。因此,依据为补充不充分的接触而提供的有机半导体层 205 的厚度,有可能电阻低的单晶和载流子容易流过的距离变长,而使载流子不能高效率地流到单晶一侧。因此,有机半导体层 205 的厚度优选为 2 至 10nm。

[0078] 接着,在有机半导体层的单晶 206 上形成源极 207、漏极 208 来完成有机晶体管 209 (图 2B)。形成源极 207 和漏极 208 的材料除了无机导电物例如金、银、钨之外,还可以使用含有聚(乙烯二氧基噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)混合物 (PEDOT/PSS) 等的有机导电物等。但是,本发明的源极和漏极的材料不局限于此。另外,源极 207 和漏极 208 可以通过将使用溅射装置或蒸发淀积装置等的淀积装置形成的导电层加工为所希望的形状来形成,或者也可以通过喷墨法等喷射含有导电物的液滴来形成。但是,本发明的源极以及漏极的形成方法不局限于此。

[0079] 此外,在衬底 201 上包括复数个有机晶体管 209 的情况下,也可以通过同样的步骤形成有机半导体装置 210 (图 2C)。

[0080] 根据上述步骤制造的本发明的有机晶体管 209 由于预先淀积了有机半导体层 205,所以可以选择性地形成有机半导体层的单晶 206,之后可以使结晶成长。从而可以将该单晶用作沟道形成区域,并且可以提高载流子迁移率。

[0081] 另外,如只有有机半导体层的单晶 206 则有可能使结晶在平行于衬底方向上相对于沟道面积不能充分地成长。在此情况下,形成于有机半导体层的单晶 206 下方的有机半导体层 205 接触于源极以及漏极或栅极绝缘体层而起到沟道作用,所以可以提高成品率。

[0082] 此外,通过提供有机半导体层 205,可以改善有机半导体层的单晶 206 和栅极绝缘体层 203 的紧密性。结果,可以降低有机晶体管 209 的截止电流。此外,通过提供有机半导体层 205,可以改善有机半导体层的单晶 206 和源极 207 以及漏极 208 的接触。结果,可以降低载流子的注入屏障而增大导通电流,并且可以降低阈值电压的变化。在本实施方式中,对于底部栅极型有机晶体管进行了说明,但是本发明也可以适用于顶部栅极型有机晶体管。下面将参照图 9B 描述本发明的顶部栅极型有机晶体管 918。首先,通过蒸发淀积法、喷墨法、印刷法、压印法等,在衬底 911 上形成第一有机半导体层 912。接着,通过 OMBE 方法、HWE

方法、PVT 方法等的气相传输法在第一有机半导体层 912 上形成第二有机半导体层 913。接着,通过公知方法在第二有机半导体层 913 上形成源极 914 以及漏极 915。然后,通过公知方法在源极 914 以及漏极 915 上中间夹栅极绝缘体层 916 形成栅极 917。

[0083] 实施方式 3

[0084] 参照图 3 至 5 描述本发明的有机半导体装置和其制造方法的一个例子。

[0085] 在衬底 301 上形成栅极 302。形成栅极 302 的方法,如上述实施方式那样,可以通过光刻法将淀积的导电层加工为所希望的形状,或者通过喷墨法等喷射含有导电物的液滴来形成。用于形成栅极 302 的材料,如上述实施方式那样,可以使用例如铝、铜、金、银等。此外,衬底 301 如上述实施方式那样,可以使用由玻璃、石英等形成的衬底,或者例如由塑料、聚碳酸酯等形成的柔性衬底。

[0086] 接着,覆盖栅极 302 地形成栅极绝缘体层 303。作为形成栅极绝缘体层 303 的方法,如上述实施方式那样,例如可以通过 CVD 方法等淀积诸如氧化硅或氮化硅的绝缘物,或者可以通过阳极氧化方法来氧化栅极的表面来形成栅极绝缘体层 303。此外,可以使用浇铸方法、旋转方法、印刷方法、喷墨方法等通过涂敷例如聚酰亚胺、聚酞胺酸 (polyamic acid) 或聚乙烯苯酚等的有机物来形成栅极绝缘体层 303。

[0087] 接着,在栅极绝缘体层 303 上形成源极 304、漏极以及发光元件的阳极 305 来制作有机半导体装置形成区域 306 (图 3)。源极 304、漏极 305 的材料,如上述实施方式那样,除了无机导电物例如金、银、钨之外,还可以使用含有聚(乙烯二氧基噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)混合物 (PEDOT/PSS) 等的有机导电物等。此外,发光元件的阳极 305 的材料也除了无机导电物例如金、银、钨之外,还可以使用含有聚(乙烯二氧基噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)混合物 (PEDOT/PSS) 等的有机导电物等。

[0088] 另外,在使阳极具有透光性的情况下,可以将上述材料形成得非常薄,也可以使用透明导电材料的氧化铟锡 (ITO)、氧化锌 (ZnO)、氧化铟锌 (IZO)、添镓的氧化锌 (GZO)、含有氧化硅的氧化铟锡 (ITSO)。注意,本发明的阳极材料不局限于这些。此外,这样的源极 304、漏极以及发光元件的阳极 305 可以通过将使用溅射装置或蒸发淀积装置等的淀积装置形成的导电层加工为所希望的形状来形成,或者也可以通过喷墨法等喷射含有导电物的液滴来形成。但是,形成源极 304、漏极以及发光元件的阳极 305 的方法不局限于这些形成方法。在本实施方式中,采用漏极兼用作阳极 305 的结构。

[0089] 接着,如图 4 所示那样,在漏极以及发光元件的阳极 305 上形成空穴传输性有机半导体层 307。空穴传输性有机半导体层 307 的形成方法可以使用例如蒸发淀积法、旋转涂敷法、印刷法或喷墨法等。但是,不局限于这些形成方法。

[0090] 接着,在空穴传输性有机半导体层 307 上形成发光层、电子传输性有机半导体层 308。空穴传输性有机半导体层 307 具有包含空穴传输性物质和对于该空穴传输性物质有电子受体性的物质的层。空穴传输性物质是空穴传输性高于电子传输性的物质。可以采用例如芳族胺化合物或酞菁系材料等的有机化合物,所述芳族胺化合物是比如 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯胺]联苯(缩写:α-NPD)、4,4'-双[N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]联苯(缩写:TPD)、4,4',4''-三(N,N-二苯胺)三苯胺(缩写:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]三苯胺(缩写:MTDATA)或者 4,4'-双{N-[4-(N,N-二-m-甲苯基胺)苯基]-N-苯胺}联苯(缩写:DNTPD)等,所述酞菁系材料是比如酞菁(缩写:H₂Pc)、酞菁

铜 (CuPc) 或者酞菁氧钒 (缩写:VOPc) 等。对于空穴传输性物质有电子受体性的物质可以使用金属氧化物,例如钼氧化物、钒氧化物或铈氧化物等。

[0091] 空穴传输性有机半导体层 307 的形成方法可以使用例如蒸发淀积法、旋转涂敷法、印刷法或喷墨法等。但是,空穴传输性层的材料或形成方法不局限于这些。

[0092] 发光层可以使用这样一种层:发光物质分散于由具有比发光物质具有的能隙更大的能隙的物质来构成的层中。注意,发光物质是发光效率良好、可以发射所希望的发光波长的光的物质。注意,能隙是在 LUMO 能级和 HOMO 能级之间的能隙。

[0093] 为了获得红色发光,可以将下面的物质应用到发光层:4-二氰亚甲基-2-异丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基久洛尼定-9-某基)乙烯基]4H-吡喃(缩写:DCJTI)、4-二氰亚甲基-2-甲基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基久洛尼定-9-某基)乙烯基]4H-吡喃(缩写:DCJT)、4-二氰亚甲基-2-特-丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基久洛尼定-9-某基)乙烯基]4H-吡喃(缩写:DCJTB)、吡啶醇(periflanthene)、2-5-二氰-1,4-双[2-(10-甲氧基-1,1,7,7-四甲基久洛尼定-9-某基)乙烯基]苯、双[2,3-二(4-氟苯基)喹啉]铱(乙酰丙酮化)(缩写:Ir[Fdpq]2acac)等。然而,本发明不局限于这些材料,还可以采用发光谱的峰值处于 600 至 680nm(包括 600nm 和 680nm)的发光物质。

[0094] 为了获得绿色发光,可以将下面的物质应用到发光层:N,N'-二甲基喹吡啶酮(缩写:DMQd)、香豆素 6、香豆素 545T、三(8-喹啉)铝(缩写:Alq₃)等。然而,本发明不限于这些材料,还可以采用发光谱的峰值处于 500 至 550nm(包括 500nm 和 550nm)的发光物质。

[0095] 为了获得蓝色发光,可以将下面的物质应用于发光层:9,10-双(2-萘基)-特-丁基(缩写:t-BuDNA)、9,9'-二萘、9,10-联苯基(缩写:DPA)、9,10-双(2-萘基)萘(缩写:DNA)、双(2-甲基-8-喹啉)-4-苯酚-镓(缩写:BGaq)、双(2-甲基-8-喹啉)-4-苯酚-铝(缩写:BA1q)等。然而,本发明不局限于这些材料,还可以采用发光谱的峰值处于 420 至 500nm(包括 420nm 和 500nm)的发光物质。

[0096] 发光层的形成方法例如可以使用蒸发淀积法、旋转涂敷法、印刷法或喷墨法等。但是,发光层的材料或形成方法不局限于这些。

[0097] 电子传输性有机半导体层 308 具有包含电子传输性物质和对于该电子传输性物质有电子给与性的物质的层。注意,电子传输性物质是电子传输性高于空穴传输性的物质。例如,除了可以采用金属络合物,比如三(8-喹啉)铝(缩写:Alq₃)、三(4-甲基-8-喹啉)铝(缩写:Almq₃)、双(10-羟苯基[h]-喹啉)铍(缩写:BeBq₂)、双(2-甲基-8-喹啉)-4-苯基苯酚-铝(缩写:BA1q)、双[2-(2-羟苯基)苯并噻唑]锌(缩写:Zn(BOX)₂)或者双[2-(2-羟苯基)苯并噻唑]锌(缩写:Zn(BTZ)₂)以外,还可采用 2-(4-联苯)-5-(4-特-正丁基苯基)-1,3,4-恶二唑(缩写:PBD)、1,3-双[5-(p-特-正丁基苯基)-1,3,4-恶二唑-2-某基]苯(缩写:OXD-7)、3-(4-特-正丁基苯基)-4-苯基-5-(4-联苯)-1,2,4-三唑(缩写:TAZ)、3-(4-特-正丁基苯基)-4-(4-乙烷基苯基)-5-(4-联苯)-1,2,4-三唑(缩写:p-EtTAZ)、红菲绕啉(bathophenanthroline)(缩写:BPhen)、浴铜灵(bathocuproin)(缩写:BCP)、4,4'-双(5-甲基-苯噻唑-2-某基)芪(缩写:BzOS)等。然而,电子传输性物质并不限于这些材料。

[0098] 电子传输性有机半导体层 308 的形成方法可以使用例如蒸发淀积法、旋转涂敷法、印刷法或喷墨法等。但是,电子传输性层的材料或形成方法不局限于这些。

[0099] 接着,在电子传输性有机半导体层 308 上形成发光元件的阴极 309。发光元件的阴极 309 的材料可以使用无机导电物,例如铝、镁或钙等。此外,在使阴极具有透光性的情况下,可以将上述材料形成得非常薄,也可以使用透明导电材料的氧化铟锡 (ITO)、氧化锌 (ZnO)、氧化铟锌 (IZO)、添镓的氧化锌 (GZO)、含有氧化硅的氧化铟锡 (ITSO)。注意,本发明的阴极材料不局限于这些。

[0100] 由发光元件的阳极 305、空穴传输性有机半导体层 307、发光层以及电子传输性有机半导体层 308、发光元件的阴极 309 来构成的部分成为发光元件 310。

[0101] 接着,在有机半导体装置形成区域 306 中要形成沟道的区域上形成有机半导体层 311。也就是说,在形成有机半导体层的单晶的区域上,选择性地形成有机半导体层 311。因为提供了有机半导体层 311,所以可以在其上高效率地形成有机半导体层的单晶,还可以在该区域使单晶成长。

[0102] 有机半导体层 311 可以使用起到沟道作用的材料来形成,具体来说,可以从上述实施方式所示的材料中选择。这样的有机半导体层 311 形成为 2 至 10nm (包括 2nm 和 10nm) 的厚度。有机半导体层 311 的形成方法可以使用例如蒸发淀积法、旋转涂敷法、印刷法或压印法等。然而,本发明的有机半导体层 311 的形成方法不局限于这些。

[0103] 若是使用具有与之后要形成的有机半导体层的单晶相同程度的结晶状态的有机半导体层来形成有机半导体层 311,则可以产生本发明的效果。例如,在作为之后形成的有机半导体层使用有机半导体层的单晶的情况下,可以将结晶性高诸如单晶状态或多晶状态等的有机半导体层用于有机半导体层 311。此外,在形成有机半导体层的多晶的情况下,可以使用具有多晶状态的有机半导体层形成有机半导体层 311。

[0104] 接着,在有机半导体层 311 上形成作为结晶性高的有机半导体层的有机半导体层的单晶 312,以完成有机晶体管 313。有机半导体层的单晶 312 的形成方法,如上述实施方式那样,例如可以使用诸如酞菁 (H2Pc)、酞菁铜 (CuPc)、酞菁氧钛 (TiOPc) 以及酞菁氧钒 (VoPc) 等的酞菁类材料;诸如蒽、并四苯 (tetracene) 和并五苯等的并苯类材料;诸如六噻吩 (sexithiophene; α -6T) 和四噻吩 (quarterthiophene; α -4T) 等的噻吩低聚物材料;诸如富勒烯 (C60) 或二萘嵌苯等的其他材料,通过气相传输方法来形成。此外,在本发明中,由于预先形成了有机半导体层 311,所以可以选择性地、高效率地形成有机半导体层的单晶 312,并可以使结晶成长。

[0105] 由这样的发光元件 310 以及有机晶体管 313 来构成有机半导体装置 314。

[0106] 此外,在衬底 301 上有复数个有机半导体装置 314 的情况下,可以通过同样的步骤形成显示装置 315 (图 5)。

[0107] 根据上述步骤制作的本发明的有机半导体装置 314 因为预先形成了有机半导体层 311,所以可以选择性地形成有机半导体层的单晶 312,然后使结晶成长。还可以将该单晶用作沟道形成区域,从而可以提高载流子迁移率。

[0108] 另外,如只有有机半导体层的单晶 312 则有可能使结晶在与衬底平行的方向上相对于沟道面积不能充分地成长。在此情况下,由于形成于有机半导体层的单晶 312 下方的有机半导体层 311 起到沟道作用,所以可以提高成品率。

[0109] 此外,通过提供有机半导体层 311,可以改善有机半导体层的单晶 312 和栅极绝缘体层 303 的紧密性。结果,可以降低有机晶体管 313 的截止电流。此外,通过提供有机半导

体层 311,可以改善有机半导体层的单晶 312 和源极 304 以及漏极 305 的接触。结果,可以降低载流子的注入屏障而增大导通电流,并且可以降低阈值电压的变化。本实施方式可以与上述实施方式自由地组合。

[0110] 实施方式 4

[0111] 本发明的有机晶体管可以安装到如下所示的电子器具:电视装置(也简称为电视或者电视接收机)、摄像设备(数码相机、数码摄像机等)、便携式电话装置(也简称为便携式电话机或者手机)、PDA 等的便携式信息终端、便携式游戏机、计算机监视器、计算机、汽车音响等的音频放音装置、家用游戏机等包括记录介质的图像再现装置等。本发明的有机晶体管特别适用作像素部分的开关晶体管。下面参照图 8A 到 8D 说明这些电子器具的具体例子。

[0112] 图 8A 所示的便携式电话机包括主体 9101、显示部分 9102 等。作为显示部分 9102 的开关晶体管,可以安装本发明的有机晶体管。结果,安装具有高载流子迁移率的有机晶体管,可以提供通过低温度步骤来制造的便携式电话机。

[0113] 图 8B 所示的便携式计算机包括主体 9401、显示部分 9402 等。作为显示部分 9402 的开关晶体管,可以安装本发明的有机晶体管。结果,安装具有高载流子迁移率的有机晶体管,可以提供通过低温度步骤来制造的便携式计算机。

[0114] 图 8C 所示的电视机包括主体 9501、显示部分 9502 等。作为显示部分 9502 的开关晶体管,可以安装本发明的有机晶体管。结果,安装具有高载流子迁移率的有机晶体管,可以提供通过低温度步骤来制造的电视机。

[0115] 图 8D 所示的卡包括支撑体 9541、显示部分 9542 以及组合到支撑体 9541 内的存储器等的集成电路芯片 9543 等。作为显示部分 9542 的开关晶体管,可以安装本发明的有机晶体管。结果,安装具有高载流子迁移率的有机晶体管,可以提供通过低温度步骤来制造的卡。

[0116] 本发明可以将载流子迁移率高的有机晶体管适用于电子器具的像素部分的开关晶体管。从而,可以实现电子器具的低耗电量化和低成本化。本实施方式可以与上述实施方式自由地组合。

[0117] 实施例

[0118] 在本实施例中,对于通过实施本发明而可以得到良好的晶体管特性进行说明。

[0119] 在石英衬底 101 上通过溅射法形成 100nm 厚度的钨。然后,通过光刻法加工该钨来形成栅极 102。通过 CVD 法在栅极 102 上形成 SiON 的栅极绝缘体层 103。

[0120] 通过溅射法在栅极绝缘体层 103 上形成 100nm 厚度的钨,使用光刻法加工来形成源极 104、漏极 105。源极、漏极的沟道长度是 5 μ m,沟道宽度是 8mm。

[0121] 通过蒸发淀积法在栅极绝缘体层 103、源极 104 以及漏极 105 上形成 2.5nm 厚的并五苯作为有机半导体层 107。

[0122] 接着,通过气相传输法在有机半导体层 107 上形成有机半导体层的单晶 108。在本实施例中,使用气相传输法形成并五苯的单晶。因为有机半导体具有即使仅仅混入几 ppm 的杂质,也会受到严重影响特性,所以要使有机半导体层的单晶成长其提纯程度必须足够。当对有机化合物提纯时,最关键的是利用各个化合物和杂质的化学特性的差异而进行最合适的提纯。在本实施例中,作为单晶的并五苯使用通过升华提纯法提纯 6 次或更多次

的并五苯。作为最终的杂质混入基准,有机半导体层的纯度优选为 99.9%或更多。

[0123] 使用该样品对并五苯进行根据气相传输法的单晶成长。气相传输法是如下方法;使载运气体慢慢地流到具有温度梯度的玻璃管中,用载运气体输运在高温部分升华了的样品而使结晶成长。在本实施例中,使作为载运气体的 Ar 以 10ml/min 流到真空排气了的玻璃管内,并使玻璃管内的真空度大致为 25Pa,然后将作为样品的并五苯加热到 220℃。升华的并五苯由 Ar 的载运气体输运,从而可以在有机半导体层 107 的并五苯上,选择性地形成单晶。

[0124] 图 6A 和 6B 示出有机晶体管 109 的状态。在图 6A 中,虚线的左边是有机半导体层 107 的并五苯未淀积的区域,虚线的右边是有机半导体层 107 的并五苯淀积为 2.5nm 厚的区域。图 6B 示出淀积有机半导体层的单晶 108 的状态。可以看到在有机半导体层 107 的并五苯未淀积的区域中,有机半导体层的单晶 108 未淀积,但是,在淀积了有机半导体层 107 的并五苯的区域中,淀积有有机半导体层的单晶 108。还可以看到通过提供有机半导体层 107 的并五苯,有机半导体层的单晶 108 被高效率地、选择性地淀积。

[0125] 因此,为了获得质量好的有机半导体层的单晶,通过调整条件例如选择合适的载运气体、控制流量、调整玻璃管的温度梯度的分布、控制过饱和度(平衡蒸气压和实际上的蒸气压的差异程度)等,而可以高效地获得尺寸更大、更加优质的单晶。如上所述,在有机半导体层 107 的并五苯上形成有机半导体层的单晶 108,来制造有机晶体管 109。

[0126] 在室温的真空中,对有机晶体管 109 进行了测量。将有机晶体管 109 安装在低温恒温器内,在使用螺旋泵排气到 1.0×10^0 Pa 或更低后进行测量。图 7 示出测出的 I_d - V_g 特性。这是将漏极电压固定为 -10V,并施加 -30 至 30V(包括 -30V 和 30V)的栅极电压而测出的结果。

[0127] 根据本发明,通过插入并五苯的有机半导体层,改善了栅极绝缘体层和并五苯的单晶的紧密性,并且将截止电流降低到了 10^{-11} A。另外,改善源极、漏极和并五苯的单晶的接触的结果是可以降低载流子的注入屏障,增大导通电流,降低阈值电压的变化。此外,通过要在形成单晶的面上预先形成并五苯的有机半导体层 107,可以防止只有并五苯的单晶 108 而形成不完善的沟道,并五苯的有机半导体层 107 起到补充沟道未形成部分的沟道作用,从而可以以高成品率获得有机晶体管 109。并且,可以选择性地使并五苯的单晶成长,以降低有机半导体材料(并五苯)的浪费。

[0128] 本说明书根据 2005 年 3 月 24 日在日本专利局受理的日本专利申请编号 2005-087133 而制作,所述申请内容包括在本说明书中。

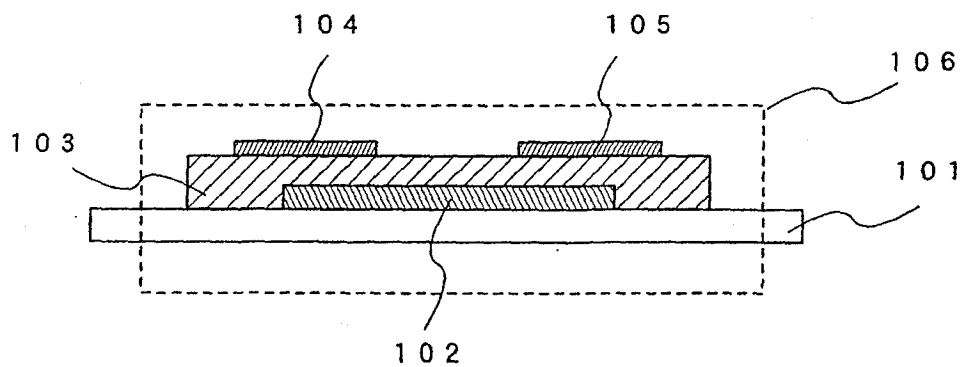


图 1A

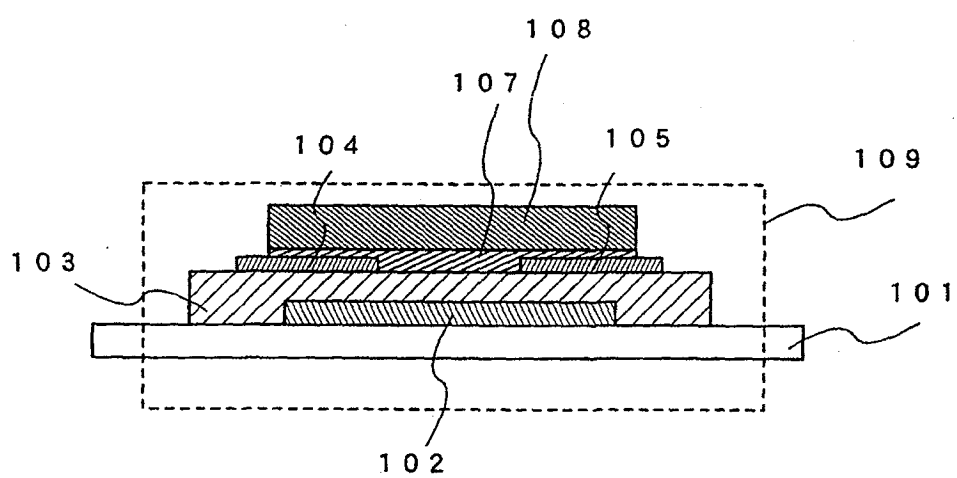


图 1B

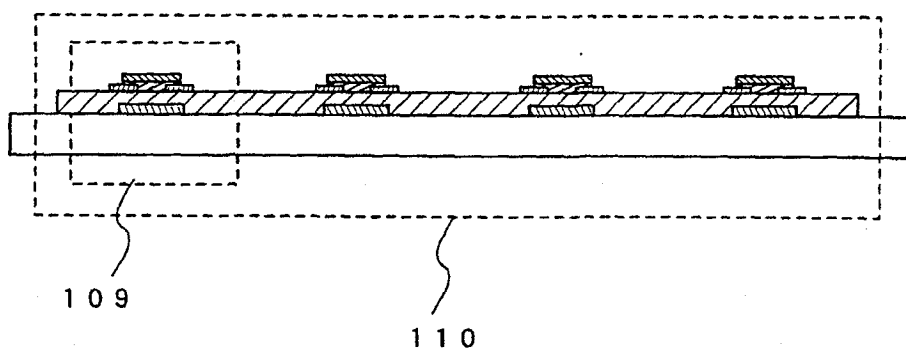


图 1C

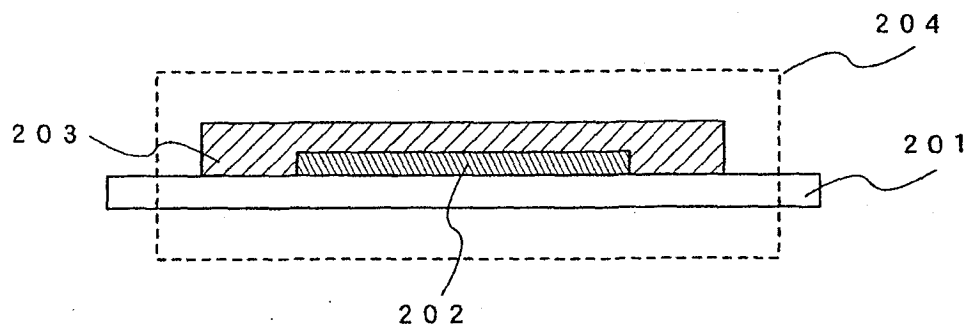


图 2A

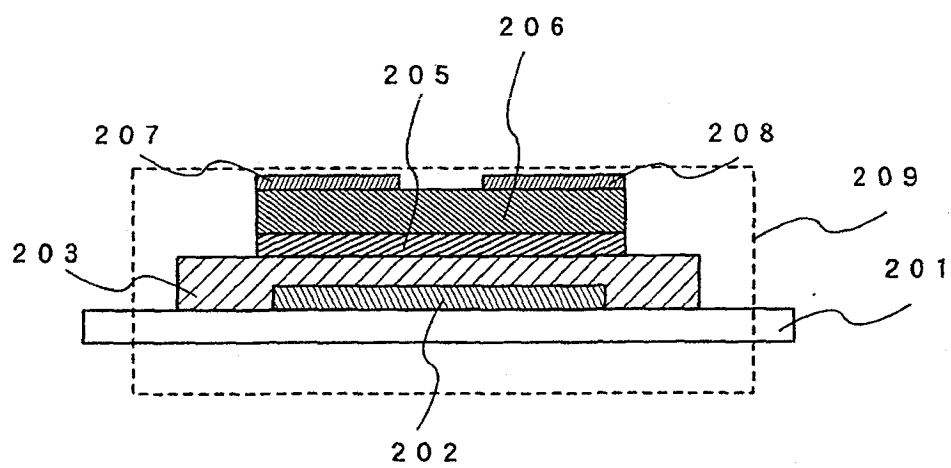


图 2B

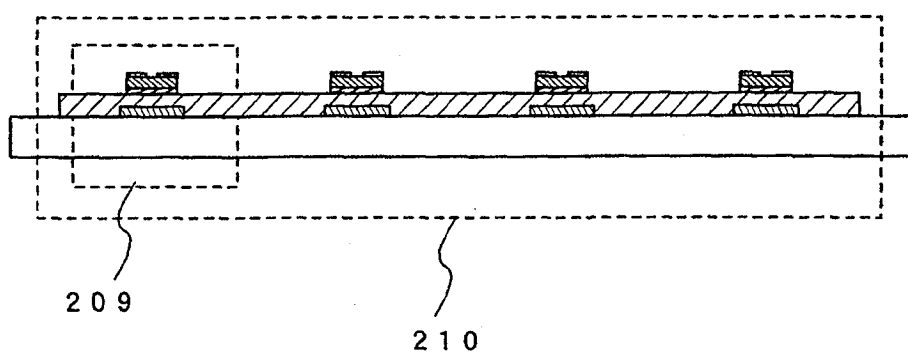


图 2C

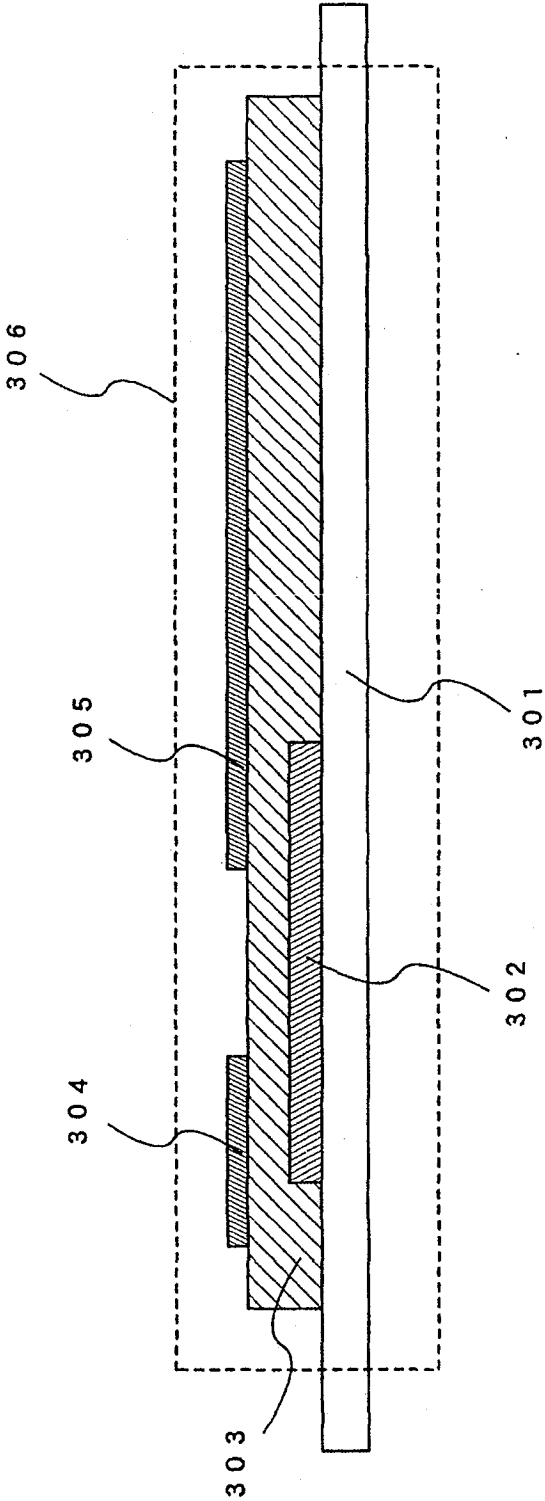


图 3

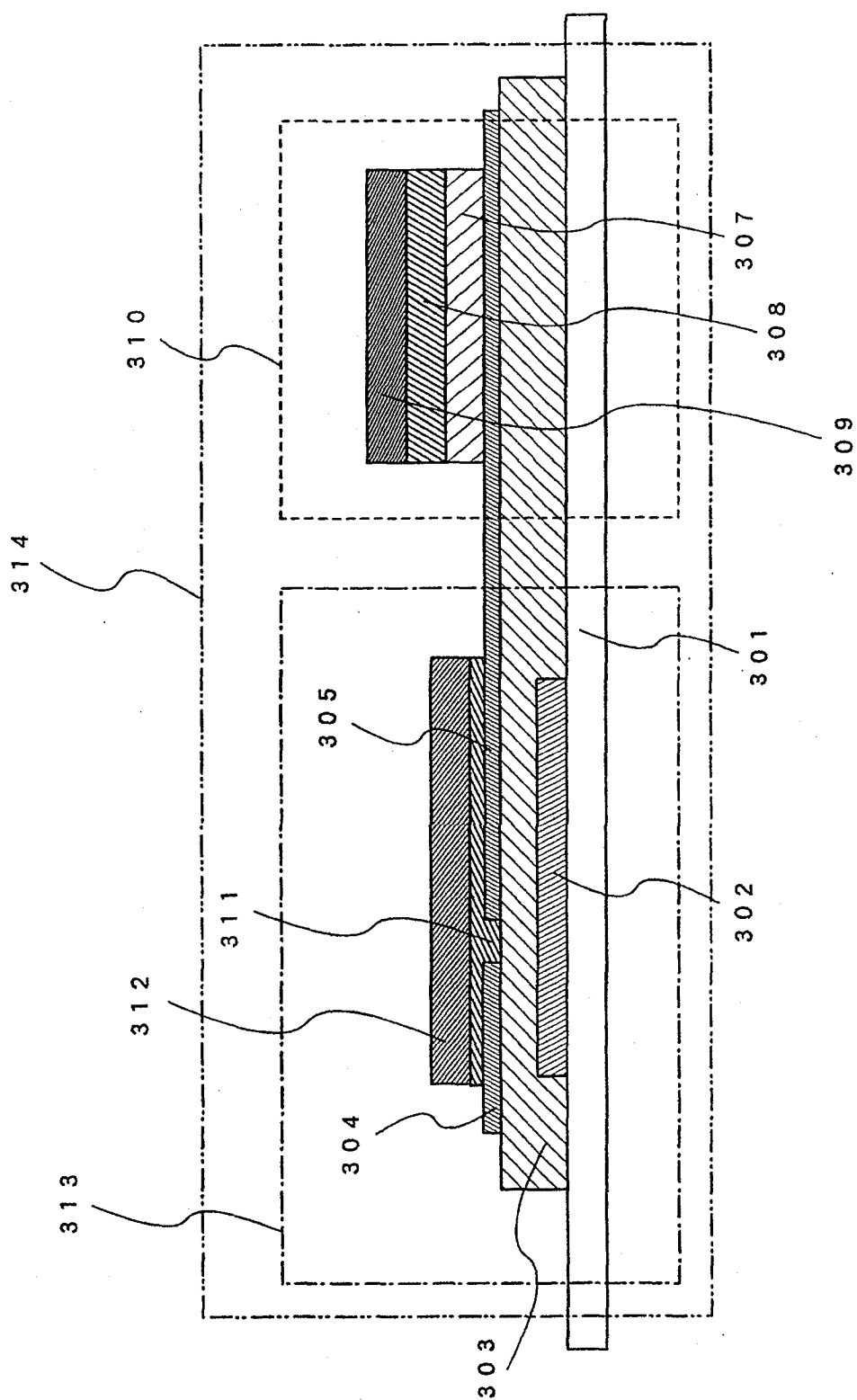


图 4

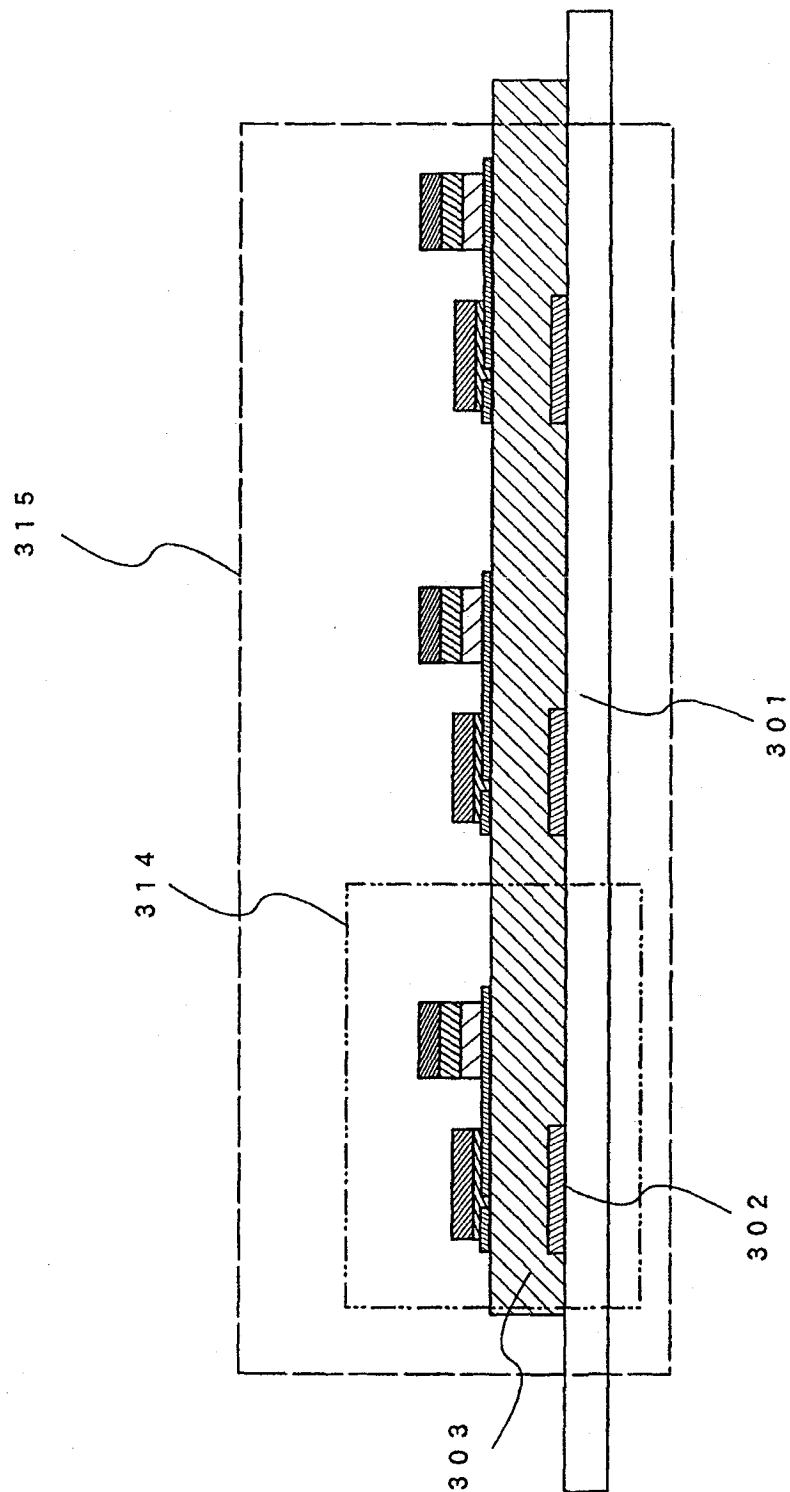


图 5

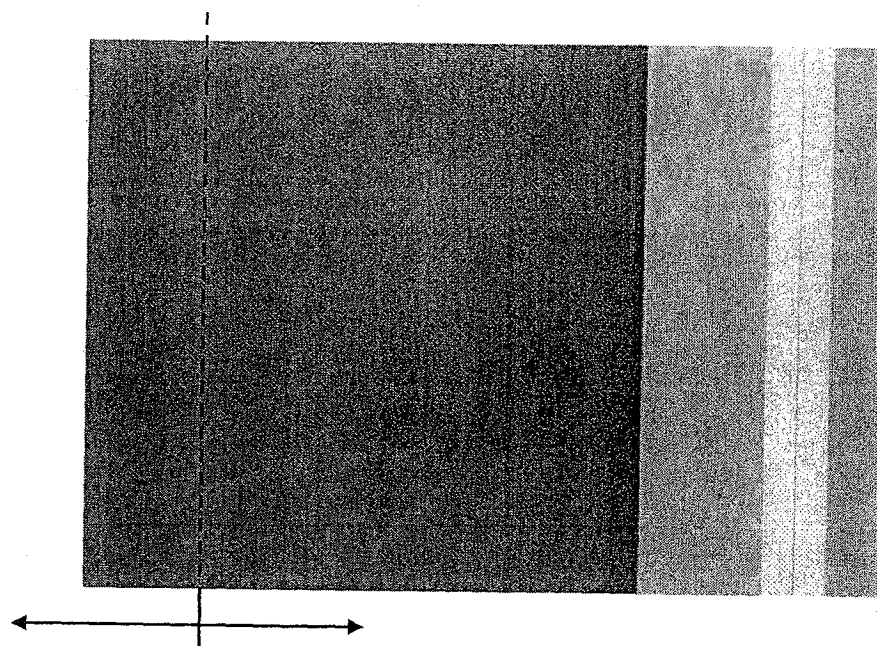


图 6A



图 6B

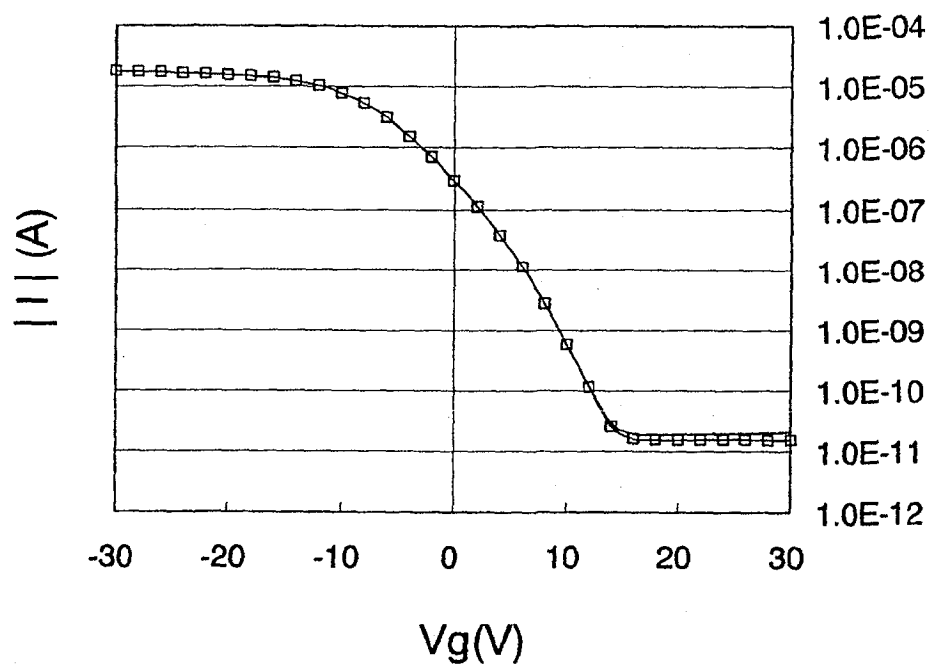


图 7

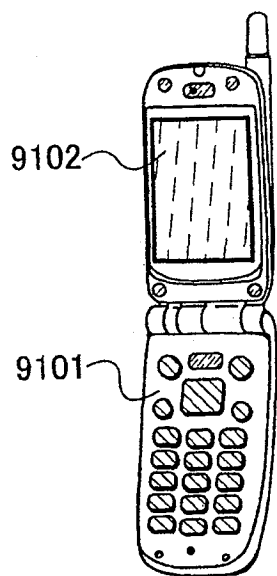


图 8A

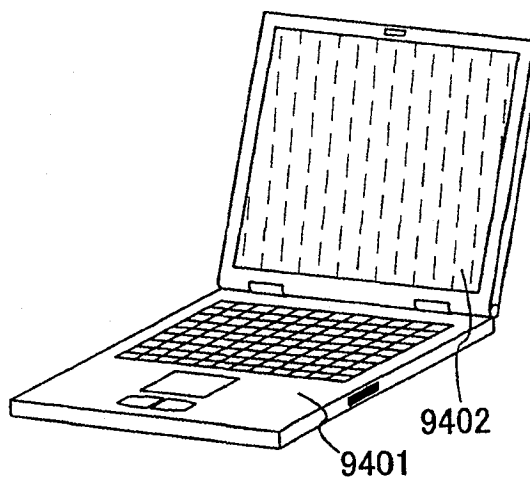


图 8B

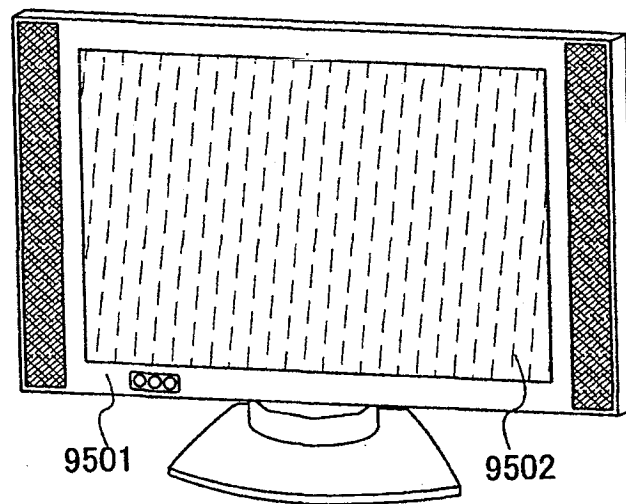


图 8C

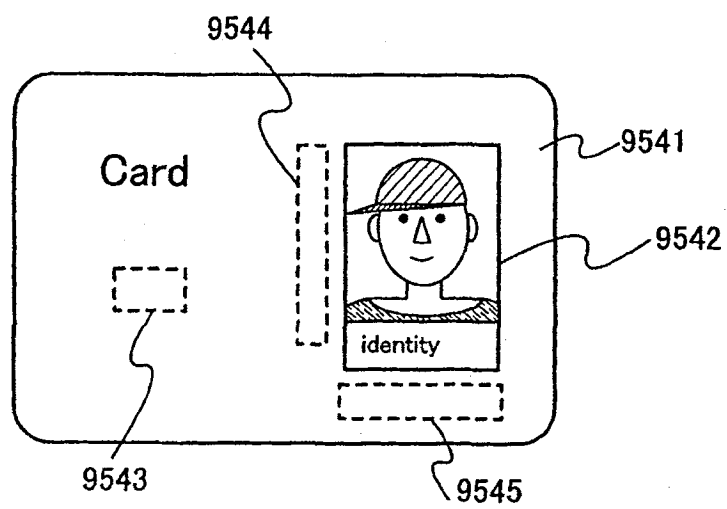


图 8D

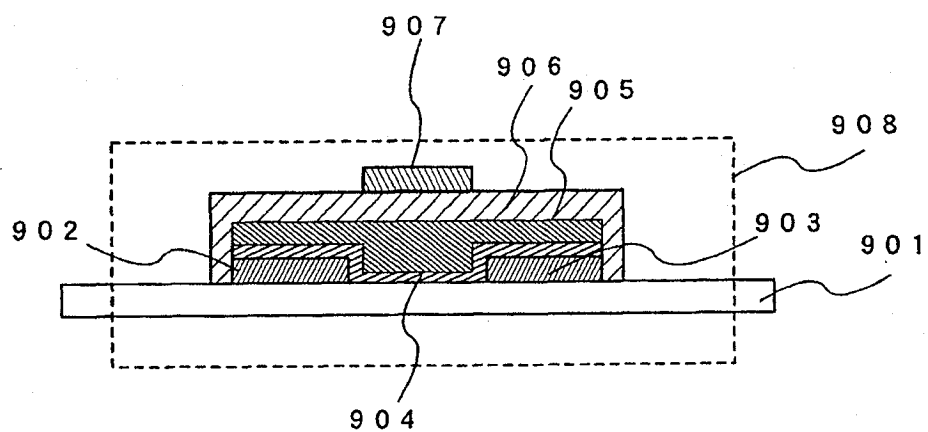


图 9A

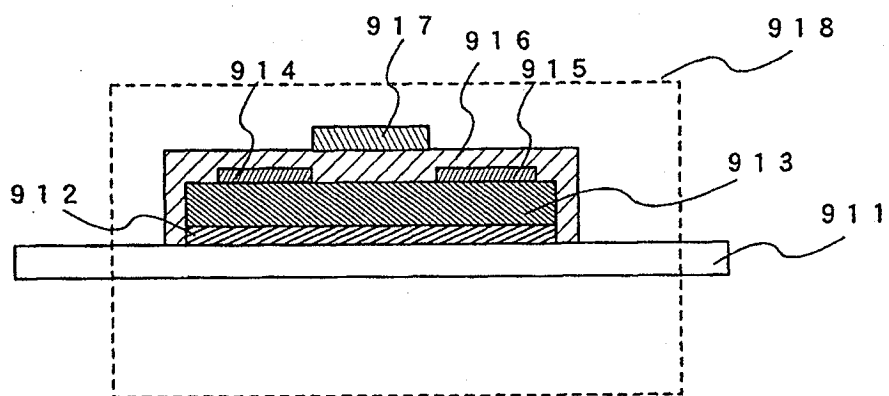


图 9B