

[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 200510065795.5

[51] Int. Cl.

H01L 29/786 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/20 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 100444406C

[22] 申请日 1997.1.20

[21] 申请号 200510065795.5

分案原申请号 97102280.1

[30] 优先权

[32] 1996. 1. 19 [33] JP [31] 26210/96

[32] 1996. 1. 20 [33] JP [31] 26037/96

[32] 1996. 1. 26 [33] JP [31] 32874/96

[32] 1996. 1. 26 [33] JP [31] 32875/96

[32] 1996. 1. 27 [33] JP [31] 32981/96

[32] 1996. 2. 20 [33] JP [31] 58334/96

[32] 1996. 3. 17 [33] JP [31] 88759/96

[32] 1996. 11. 19 [33] JP [31] 324645/96

[73] 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 山崎舜平 寺本聰 小山潤 尾形靖

早川昌彦 纳光明 大谷久

滨谷敏次

[56] 参考文献

JP7 - 99320A 1995. 4. 11

CN1206737C 2005. 6. 15

CN1090426A 1994. 8. 3

CN1109212A 1995. 9. 27

CN1102908A 1995. 5. 24

JP7 - 335905A 1995. 12. 22

JP7 - 335546A 1995. 12. 22

审查员 吴黎

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张雪梅 梁永

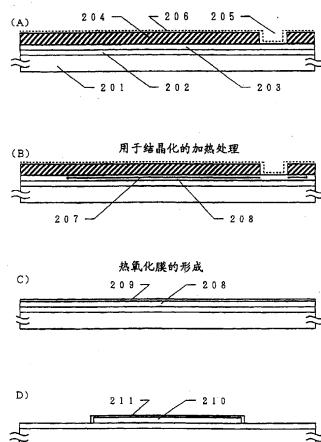
权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图 9 页

[54] 发明名称

半导体器件及其制造方法

[57] 摘要

本发明的目的是要得到具有良好的特性的薄膜晶体管。使非晶硅膜 203 的特定的区域 205 保持有选择地与镍元素相接。然后通过加热处理，进行用 207 示出的那种朝向与基板平行的方向的结晶生长。再通过在含有卤族元素的氧化性气氛中的加热处理，形成热氧化膜 209。此时，进行结晶性的改善、镍元素的吸杂。然后使上述结晶生长方向与源/漏区的联结方向一致来制造薄膜晶体管。通过这样做，可得到迁移率为  $200(\text{cm}^2/\text{Vs})$  以上， $S$  值为  $100(\text{mV}/\text{dec})$  以下的那种具有良好特性的 TFT。



1. 一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管，

其中所述结晶硅膜具有在预定的方向上带有连续性，并在所述预定的方向上具有延伸的结晶粒界的结晶结构；

其中所述预定方向为与薄膜晶体管的沟道形成区中的载流子移动方向成一个预定角度；

其中在所述结晶粒界处杂质偏析，和

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进半导体膜结晶的金属元素。

2. 一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管；

其中所述结晶硅膜具有在预定的方向上带有晶格连续性，并在与所述预定的方向成直角的方向上所述晶格连续性受到损害的结晶结构；

其中所述预定方向为与连接所述薄膜晶体管的源区和漏区的方向成一个预定角度；

其中杂质偏析的区域沿所述预定方向延伸，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进半导体膜结晶的金属元素。

3. 一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管，

其中所述结晶硅膜具有在预定的方向上带有晶格连续性并在与所述预定的方向成直角的方向上所述晶格连续性受到损害的结晶结构；

其中所述预定方向为与薄膜晶体管的沟道形成区中的载流子移动方向成一个预定角度；

其中杂质偏析的区域沿所述预定方向延伸，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进半导体膜结晶的金属元素。

4. 一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管；

其中该结晶硅膜在结晶粒界的延伸方向上是各向异性的；

其中所述方向与连接所述薄膜晶体管的源区和漏区的方向成一个预定

角度；

其中在所述结晶粒界处杂质偏析，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进硅膜结晶的金属元素。

5. 一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管；

其中该结晶硅膜在结晶粒界的延伸方向上是各向异性的；

其中所述方向与所述薄膜晶体管的沟道形成区中载流子的移动方向成一个预定角度；

其中在所述结晶粒界处杂质偏析，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进硅膜结晶的金属元素。

6. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述预定角度是 0 度。

7. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述金属元素包括镍。

8. 按照权利要求 7 的半导体器件，其特征在于：结晶硅膜以  $1 \times 10^{14}$  原子/ $\text{cm}^3$  ~  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  的浓度含有所述镍。

9. 按照权利要求 7 的半导体器件，其特征在于：结晶硅膜以  $1 \times 10^{16}$  原子/ $\text{cm}^3$  ~  $1 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  的浓度含有所述镍。

10. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述金属元素是从 Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au 构成的组中选出的一种或多种元素。

11. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述金属元素的浓度向着所述结晶硅膜的上表面和/或下表面增加。

12. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述结晶硅膜包含卤族元素，该卤族元素具有朝向所述结晶硅膜的上表面和/或下表面浓度增加的浓度分布。

13. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述结晶硅膜的膜厚是 100 埃 ~ 750 埃。

14. 按照权利要求 1-5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述结晶硅膜具有 500 - 2000 埃的宽度。

- 
15. 按照权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件，其特征在于：所述结晶硅膜的宽度在结晶硅膜的厚度到 2000 埃的范围内。
  16. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的有源矩阵液晶显示装置。
  17. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的有源矩阵 EL 显示装置。
  18. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的便携式信息终端。
  19. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的头戴式显示器。
  20. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的车辆导航系统。
  21. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的蜂窝式电话。
  22. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的便携式视频摄像机。
  23. 一种包括根据权利要求 1 - 5 中任一项的半导体器件的投影显示装置。

## 半导体器件及其制造方法

### 技术领域

本说明书公开的发明涉及具有结晶性的薄膜半导体。还涉及薄膜半导体的制造方法。还涉及利用该薄膜半导体的半导体器件。还涉及该半导体器件的制造方法。

背景技术已知在玻璃基板、石英基板上形成具有结晶性的硅膜并用该硅膜制造薄膜晶体管（以下称之为 TFT）的技术。

将该薄膜晶体管称之为高温多晶硅 TFT、低温多晶硅 TFT。

高温多晶硅 TFT 是利用 800℃、900℃ 以上的比较高的温度的加热处理作为结晶性硅膜的制造方法的技术。该技术可以说是利用单晶硅晶片的 IC 的制造工艺的派生技术。

当然，作为制造高温多晶硅 TFT 的基板，要利用能耐受上述加热温度的石英基板。

另一方面，低温多晶硅 TFT 利用廉价的玻璃基板（当然其耐热性相对于石英基板是较差的）作为基板。

在构成低温多晶硅 TFT 的结晶性硅膜的制造方面，利用玻璃基板能耐受的 600℃ 以下的加热或相对于玻璃基板来说几乎没有热损伤的激光退火技术。

高温多晶硅 TFT 具有能在基板上集成特性一致的 TFT 的特征。

另一方面，低温多晶硅 TFT 具有能利用廉价且容易大面积化的玻璃基板作为基板的特征。

还有，在目前的技术中，高温多晶硅 TFT 也好，低温多晶硅 TFT 也好，其特性没有大的差别。

即，在两者中都可得到迁移率约为  $50 \sim 100$  ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )，S 值约为 200 ~ 400 ( $\text{mV}/\text{dec}$ ) ( $V_D = 1\text{V}$ ) 的特性。

该特性与利用单晶硅晶片的 MOS 型晶体管的特性比较大为逊色。一般来说，利用单晶硅晶片的 MOS 型晶体管的 S 值约为 60 ~ 70 ( $\text{mV}/\text{dec}$ )。

在目前情况下，为了在同一基板上将有源矩阵型液晶显示装置的有源矩阵电路和周边驱动电路进行集成而利用 TFT。即，在同一基板上用 TFT 来制成有源矩阵电路和周边驱动电路。

在这种构成中，要求周边电路的源驱动器进行十几 MHz 以上的工作。但目前的用高温单晶硅 TFT 和低温多晶硅 TFT 构成的电路的工作速度的界限只达到几 MHz。

因而，目前的解决办法是将工作进行分割（称之为分割驱动）来构成液晶显示。但是，该方法存在由于分割的定时的微妙的偏移等原因而在画面上出现条状花纹等问题。

此外，正在考虑除了周边驱动电路以外，再将振荡电路、D/A 转换器、A/D 转换器、还有进行各种图象处理的数字电路集成于同一基板上。

但是，上述振荡电路、D/A 转换器、A/D 转换器、还有进行各种图象处理的数字电路需要在比周边驱动电路更高的频率下工作。

因而，用由目前的技术得到的高温多晶硅 TFT、低温多晶硅 TFT 来构成这些电路是困难的。

还有，能进行 100MHz 以上的工作的由利用单晶硅晶片的 MOS 晶体管构成的集成电路已达到实用化。

### 发明内容

在本说明书中公开的发明的一个目的是得到能构成上述那种高速工作（一般来说是几十 MHz 以上的工作速度）所要求的电路的薄膜晶体管。

此外，本发明的另一个目的是提供能得到与利用单晶硅晶片制造的 MOS 晶体管比美的那种特性的薄膜晶体管。另一个目的是提供该薄膜晶体管的制造方法。再一个目的是用具有那种良好特性的薄膜晶体管提供具有必要的功能的半导体器件。

在本说明书中公开的发明之一的特征在于这是一种利用了将在具有绝缘表面的基板上形成的结晶性硅膜作为有源层的薄膜晶体管的半导体器件：

该结晶性硅膜在预定的方向上具有带有连续性的结晶结构，并在上述预定的方向上具有延伸的结晶粒界；

在上述薄膜晶体管中，将联结源区和漏区的方向与上述预定方向形成具有一个预定角度；

在上述结晶粒界处杂质偏析。

具有上述那种结晶状态的结晶性硅膜的例子在图 6 和图 7 中示出。在图 7 中示出的是将图 6 的一部分进一步放大了的图。图 6 和图 7 中所示的是用透射电子显微镜 (TEM) 观察到的厚度为 250 埃的结晶性硅膜的表

面的照片。

为了得到图 6 和图 7 示出的那种硅膜，通过采用实施例 1 中示出的那种制造工序来实现。

在图 6 和图 7 中，示出从图的左下朝向右上具有连续性的结晶结构延伸的状态。此外也示出在该结晶结构的连续性延伸的方向上大体平行地形成多个结晶粒界的状态。

从图 7 示出的结晶结构可清楚看出，该结晶性硅膜是由多个具有在特定的方向上延伸的结晶结构的结晶体的集合来构成的。该结晶体的宽度约为 500 埃 ~ 2000 埃，或从约等于结晶性硅膜的膜厚 ~ 2000 埃。

即，在相对于结晶结构的连续性存在的方向成直角或大体直角的方向上，存在多个以一定间隔分开的清晰的结晶粒界，该方向成为结晶结构不连续的方向。即，在该方向上结晶结构的连续性受到损害。

在该结晶结构的连续性延伸的方向上大体上保持晶格结构的连续性，与其他方向比较，在载流子移动时的散射和陷阱等非常少。即，对于载流子来说，可看作是上述结晶结构连续的方向已变成为不受到或难以受到来自结晶粒界的散射的实质上的单晶状态。

而且已确认在上述结晶粒界处氧、卤族元素偏析的状态。这是通过分析使电子束聚焦进行照射时产生的 X 射线谱而确认的。一般认为，该氧、卤族元素在结晶化后的热氧化膜的形成时在结晶粒界处偏析。

上述发明的构成规定了该结晶结构的连续方向与联结薄膜晶体管的源区和漏区的方向的关系。如要达到高速工作的目标，则使上述的结晶结构的连续方向与联结源区和漏区的方向一致或大体一致是较为理想的。通过这样做，在 MOS 型的薄膜晶体管的工作中，可做成载流子最容易移动的结构。

此外，通过将上述两个方向的夹角设定为预定的角度，可控制要得到的薄膜晶体管的特性。例如，在同一基板上制造多个薄膜晶体管群时，通过形成多个使上述两个角度的夹角不同的晶体管群，可使该晶体管群的特性不同。

此外，在具有 N 字型、匚字型、还有 M 字型等形状的有源层弯曲的那种薄膜晶体管的情况下，可如下述那样来做。即，在联结源区和漏区的线不是直线而是曲线的那种薄膜晶体管情况下，可如下述那样来做。此时，将上述的结晶结构的连续性的方向设定为与沟道区中的载流子的移动方

向（对于作为整体来观察时的载流子的移动方向）一致。

在该情况下也可预期在载流子的移动方向与结晶结构的连续性的方向的夹角做成 0 度时可望得到最高速的工作。

本发明的另一种构成的特征在于：这是一种利用了将在具有绝缘表面的基板上形成的结晶性硅膜作为有源层的薄膜晶体管的半导体器件；

该结晶性硅膜在结晶粒界上具有各向异性；

在上述薄膜晶体管中，使联结源区和漏区的方向与上述延伸方向形成具有一个预定角度；

在上述结晶粒界处杂质偏析。

本发明的另一种构成特征在于：这是一种利用了将在具有绝缘表面的基板上形成的结晶性硅膜作为有源层的薄膜晶体管的半导体器件；

该结晶性硅膜在结晶粒界上具有各向异性；

在上述薄膜晶体管中，使沟道区中载流子的移动方向与上述延伸方向形成具有一个预定角度；

在上述结晶粒界处杂质偏析。

在本说明书中公开的发明的结晶性硅膜中，需要对于非晶硅膜导入以镍为代表的有助于硅的结晶化的金属元素，再进行加热处理，和在含有卤素的气氛中的加热处理。在用于形成该热氧化膜的加热处理的阶段中进行气氛中的氧和卤族元素朝向粒界的析出。

作为上述金属元素，在重现性和效果等方面来看，镍是极为理想的。一般来说，作为这种金属元素，可利用从 Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au 等选出的一种或多种金属。

在利用镍元素时，在硅膜中最终残留的镍的浓度约为  $1 \times 10^{14}$  原子/ $\text{cm}^3$  ~  $5 \times 10^{18}$  原子/ $\text{cm}^3$ 。如缩短热氧化膜的吸杂条件，该浓度的上限可降低到约  $5 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$ 。可利用 SIMS (2 次离子分析法) 来进行该浓度的监测。

一般来说，上述镍浓度的下限为  $1 \times 10^{16}$  原子/ $\text{cm}^3$ 。这是因为在考虑与成本的兼顾时，要排除附着于基板、器件上的镍元素的影响通常是困难的。

因而，在按照一般的制造工序的情况下，残留的镍元素的浓度为  $1 \times 10^{16}$  原子/ $\text{cm}^3$  ~  $5 \times 10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$ 。

此外，在热氧化膜的制造工序中，由于该金属元素在热氧化膜中移动

的原因，在所得到的结晶性硅膜的厚度方向上的镍元素的浓度分布中产生梯度或分布。

一般来说，可观察到，结晶性硅膜中的该金属元素的浓度在朝向形成热氧化膜的界面时该金属元素的浓度有变高的趋势。此外，也观察到，在某些条件，在朝向基板或衬底时，即，朝向背面一侧的界面时，该金属元素的浓度有变高的趋势。

此外，在热氧化膜的形成时气氛中含有卤族元素的情况下，该卤族元素也显示出与上述金属元素同样的浓度分布。即，显示出在朝向结晶性硅膜的表面和/或背面时含有浓度变高的浓度分布。本说明书中公开的发明的结晶性硅膜的膜厚做成 100 埃 ~ 450 埃较为理想，做成 150 埃 ~ 450 埃更为理想。通过做成这样的膜厚，就能以更清晰的形状，并以良好的重现性得到图 6、图 7 所示出的那种在一个方向上结晶性连续的独特的结晶结构。

该最终的结晶性硅膜的膜厚，要考虑因热氧化膜的形成而引起的膜厚的减少来决定。

本发明的另一种构成的特征是具有：

在具有绝缘表面的基板上边形成非晶硅膜的工序；

在上述非晶硅膜上局部地有选择地导入有助于硅的结晶化的金属元素的工序；

进行加热处理，在与基板平行的方向上从有选择地导入了金属元素的区域朝向其他区域进行结晶生长的工序；

通过在含有卤族元素的氧化性气氛中用电热炉进行 800℃ ~ 1100℃ 下的 30 分钟以上的加热处理来形成热氧化膜的工序；

除去上述热氧化膜的工序；以及：

使联结源区与漏区的方向与进行上述结晶生长的方向一致或大体一致的工序；

使杂质沿上述结晶生长方向偏析。

倘采用上述那种工序，可得到本说明书中公开的结晶性硅膜，还可得到利用该结晶结构的独特性的 MOS 型薄膜晶体管。

作为金属元素的导入方法，可举出涂敷含有该金属元素的溶液的方法，用 CVD 法的方法，用溅射法和蒸发法等的方法，利用含有该金属的电极进行等离子处理的方法。气体吸附法的方法等。

作为导入卤族元素的方法，可利用使氧化性气氛中（例如氧气）含有 HCl、HF、HBr、Cl<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>、Br<sub>2</sub>、CF<sub>4</sub> 等的方法。

此外，在热氧化膜形成时的气氛中同时进行氢气的导入，利用湿法氧化的作用也是有效的。

用于热氧化膜的形成的温度是极为重要的。如要得到用下述的那种单个元件可进行几十 MHz 以上的工作、S 值在 100 (mV/dec) 以下的 TFT 的话，有必要使热氧化膜的形成时的加热温度为 800℃ 以上或 900℃ 以上，前者较为理想，后者更为理想。

退火温度比该温度低的话，吸杂效果显著降低。而且，下限由被吸杂的物质的卤化物的蒸气压与退火时气氛的压力决定。即，卤化物的蒸气压比退火气氛的压力低时，吸杂效果变小。例如，在大气压 (760mmHg) 下进行退火时，氯化镍的蒸气压在 541 度下是 38.9mmHg，与此相比，在 994 度蒸气压是 820.6mmHg，因此在高温下吸杂效果显著提高。

还有，把该加热温度的上限定为本身即是石英基板的耐热温度的上限的约 1100℃ 是适当的。

本发明的另一种构成的特征是具有：

在具有绝缘表面的基板上形成非晶硅膜的工序；

在上述非晶硅膜上局部地有选择地导入有助于硅的结晶化的金属元素的工序；

进行加热处理，在与基板平行的方向上从有选择地导入了金属元素的区域朝向其他区域进行结晶生长的工序；

通过在含有卤族元素的氧化性气氛中用电热炉进行 800℃ ~ 1100℃ 下的 30 分钟以上的加热处理来形成热氧化膜的工序；

除去上述热氧化膜的工序；以及：

使沟道区中的载流子的移动方向与进行上述结晶生长的方向一致或大体一致的工序；并

使杂质沿上述结晶生长方向偏析。

上述构成着眼于沟道区的载流子的移动方向，规定了该方向与结晶生长方向（结晶结构中具有连续性的方向或结晶粒界延伸的方向）之间的关系。

该构成在联结源区与漏区的线部分是弯曲的情况下是有效的。

根据本发明，提供一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基

板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管，

其中所述结晶硅膜具有在预定的方向上带有连续性的结晶结构，并在所述预定的方向上具有延伸的结晶粒界；

其中所述预定方向为与薄膜晶体管的沟道形成区中的载流子移动方向成一个预定角度；

其中在所述结晶粒界处杂质偏析，和

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1\times10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进半导体膜结晶的金属元素。

根据本发明，提供一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管；

其中所述结晶硅膜具有在预定的方向上带有晶格连续性并在与所述预定的方向成直角的方向上所述晶格连续性受到损害的结晶结构；

其中所述预定方向为与连接所述薄膜晶体管的源区和漏区的方向成一个预定角度；

其中杂质偏析的区域沿所述预定方向延伸，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1\times10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进半导体膜结晶的金属元素。

根据本发明，提供一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管，

其中所述结晶硅膜具有在预定的方向上带有晶格连续性并在与所述预定的方向成直角的方向上所述晶格连续性受到损害的结晶结构；

其中所述预定方向为与薄膜晶体管的沟道形成区中的载流子移动方向成一个预定角度；

其中杂质偏析的区域沿所述预定方向延伸，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1\times10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进半导体膜结晶的金属元素。

根据本发明，提供一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管；

其中该结晶硅膜在结晶粒界的延伸方向上是各向异性的；

其中所述方向与连接所述薄膜晶体管的源区和漏区的方向成一个预定角度；

其中在所述结晶粒界处杂质偏析，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1\times10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进硅膜结晶的金属元素。

根据本发明，提供一种半导体器件，该器件具有在具有绝缘表面的基板上形成的包括结晶硅膜作为有源层的薄膜晶体管；

其中该结晶硅膜在结晶粒界的延伸方向上是各向异性的；

其中所述方向与所述薄膜晶体管的沟道形成区中载流子的移动方向成一个预定角度；

其中在所述结晶粒界处杂质偏析，并且

其中所述结晶硅膜包括浓度为  $1\times10^{17}$  原子/ $\text{cm}^3$  或更少的用于促进硅膜结晶的金属元素。

#### 附图说明

图 1 是示出薄膜晶体管的制造工序的图。

图 2 是示出薄膜晶体管的制造工序的图。

图 3 是示出薄膜晶体管的制造工序的图。

图 4 是示出薄膜晶体管的制造工序的图。

图 5 是示出薄膜晶体管的制造工序的图。

图 6 是电子显微镜拍摄的硅薄膜的照片。

图 7 是电子显微镜拍摄的硅薄膜的照片。

图 8 是示出利用了 TFT 的各种半导体器件的概要图。

图 9 是示出结晶生长的状态的模式图。

#### 具体实施方式

在通过对非晶硅膜进行加热使之结晶化从而得到结晶化硅膜的技术中，通过在使非晶硅膜的表面的一部分区域保持与镍元素相接的状态下进行加热处理，进行从上述一部分区域向其他区域和向与基板平行的方向的结晶生长。

而且，在进行上述结晶生长的硅膜表面上形成热氧化膜。该热氧化膜是通过在含有卤族元素的氧化性气氛中用电热炉进行 800℃ ~ 1100℃ 下的 30 分钟以上的加热处理来形成的。

然后除去该热氧化膜。在这样得到的结晶性硅膜中，结晶粒界在图 6 和图 7 中示出的那种特定的方向上延伸，在该方向上具有结晶结构连续的结构。

而且通过制造使结晶生长连续的方向与工作时载流子的移动方向一致的 TFT，可得到具有良好性能的 TFT。

#### 【实施例 1】

本实施例涉及对于非晶硅膜通过有选择地导入有助于硅的结晶化的金属元素，进行称之为横向生长的、朝向与基板平行的方向的结晶生长。

图 1 中示出本实施例的制造工序。首先，在石英基板 201 上形成厚度为 3000 埃的氧化硅膜作为基底膜 202。还有，如石英基板的表面平滑性良好并且清洗得很干净的话，该衬底膜 202 不是特别必要。

还有，在目前情况下利用石英基板作为基板是较理想的选择，但如果是能耐受加热处理温度的基板，则不限定于石英。

其次，用减压 CVD 法形成厚度为 600 埃的作为结晶性硅膜的起始膜的非晶硅膜 203。将该非晶硅膜的厚度做成 2000 埃以下是较为理想的。

其次，形成图中未示出的厚度为 1500 埃的氧化硅膜，通过对其刻蚀图形形成用 204 示出的掩模。该掩模在用 205 示出的区域中形成开口。在形成该开口 205 的区域中露出非晶硅膜 203。

开口 205 具有长边在图面的深度和眼前方向上的细长的长方形形状。该开口 205 的宽度做成在 20 微米以上是适当的。并且可以必要的长度来形成该长边的长度。

然后涂敷含有以换算成重量的为 10ppm 的镍元素的醋酸镍溶液。然后用图中未示出的旋转器进行旋转干燥以除去多余的溶液。

由此得到镍元素以用图 1 (A) 的点线 206 示出的状态存在的状态。在该状态下得到镍元素在开口 205 的底部保持与非晶硅膜的一部分有选择地相接的状态。

其次在含有 3% 的氢的、尽可能不含有氧的氮气气氛中进行 640℃、4 小时的加热处理。之后进行用图 1 (B) 的 207 示出的朝向与基板 201 平行的方向的结晶生长。在图 9 中示出从上面观察该结晶生长的状态的模式图。

该结晶生长是从导入镍元素的开口 205 的区域向周围进行的。将朝向与该基板平行的方向的生长称为横向生长或 lateral 生长。

用该结晶生长得到的横向生长的结晶性硅膜的表面，与以往的低温多晶硅、高温多晶硅比较，可得到平滑性非常好的表面。这是因为结晶粒界的延伸方向大体一致的缘故。

一般称之为多晶硅或 polysilicon 的硅膜，其表面的凹凸有  $\pm 100$  埃以上。但是在本实施例中示出的横向生长的情况下，观察到其表面的凹凸在  $\pm 30$  埃以下。该凹凸使得与栅绝缘膜之间的界面特性变坏，故尽可能减小该凹凸是较为理想的。

在上述的用于结晶化的加热处理条件中，可进行 100 微米以上的横向生长。故得到具有以这种方式横向生长的区域的硅膜 208。

可在 450℃ ~ 1100℃ (上限由基板的耐热性来限定) 下进行用于这种结晶生长的加热处理。如要确保某种程度的横向生长距离，则加热处理的温度在 600℃ 以上是较为理想的。但是，由将温度提高到该温度以上引起的结晶生长距离或结晶性的提高并不是那么大。

然后除去由用于有选择地导入镍元素的氧化硅膜构成的掩模 204。这样就得到图 1 (C) 示出的状态。

在该状态中，镍元素在膜中是不均匀的。特别是在形成了开口 205 的区域和用 207 示出的结晶生长的前端部分，镍元素以较高的浓度存在。因而，在有源层的形成中，避开那些区域是重要的。即，在有源层中不存在上述镍元素超常的区域是重要的。

在得到图 1 (C) 的状态后，可进行激光的照射。即，提高激光的照射，可进一步有助于结晶化。该激光的照射使膜中存在的镍元素的结块分散开，具有在其后容易除去镍元素的效果。还有，在该阶段中即使进行激光的照射，也不会再进行横向生长。

作为激光，可利用具有紫外区域的波长的准分子激光。例如，可利用 KrF 准分子激光（波长 248nm）、XeCl 准分子激光（波长 308nm）。

其次在还有 3% (体积) 的氧气氛中用电热炉进行 950℃ 的加热处理 30 分钟以上，形成 200 埃厚度的热氧化膜 209。随着热氧化膜的形成，硅膜 208 的膜厚减少约 100 埃。即，硅膜的膜厚为 500 埃。

在该工序中，随着热氧化膜的形成，膜中的具有不稳定的结合状态的硅元素在热氧化膜的形成中被利用。这样，膜中的缺陷减少，可得到更好的结晶性。

而且同时通过热氧化膜的形成和氯的作用从膜中进行镍元素的吸杂。

当然，在热氧化膜中，以较高的浓度引入镍元素。而相对来说硅膜 208 中的镍元素减少。

在热氧化膜 209 形成了之后，将该热氧化膜 209 除去。通过这样做来得到使镍元素的含有浓度减少的结晶性硅膜 208。这样得到的结晶性硅膜具有如图 6 或图 7 所示的在一个方向上结晶结构延伸（该方向与结晶生长方向一致）的结构。即，多个细长的圆柱形结晶体通过多个在一个方向上延伸的结晶粒界具有平行排列的结构。在该一个方向（该方向与结晶生长方向一致）上延伸的结晶粒界处氧和氯偏析。

上述的杂质偏析的结晶粒界部分成为势垒，具有限制载流子向结晶生长方向移动的功能。

其次进行图形刻蚀，形成在横向生长区域构成的图形 210。该岛状的区域 210 以后成为 TFT 的有源层。

在这里，进行图形的位置选择，使得联结源区和漏区的方向与结晶生长的方向一致。通过这样做，可使载流子的移动方向与结晶晶格连续地延伸方向一致，结果可得到具有良好特性的 TFT。

然后，在形成用 210 构成的图形后，形成厚度为 300 埃的热氧化膜 211。所形成的热氧化膜的膜厚的总计比最终的结晶性硅膜的膜厚要厚。该热氧化膜通过在含有 3% 的 HCL 的氧气气氛中用电热炉进行 950 °C、30 分钟以上的加热处理来得到。

通过形成热氧化膜 211，图形（将成为有源层的图形）210 的膜厚为 350 埃。

在该工序中也可得到与形成热氧化膜 209 时同样的效果。再者，该热氧化膜 209 将成为 TFT 的栅氧化膜的一部分。

其后，用等离子 CVD 法形成与热氧化膜一起构成栅绝缘膜的、厚度为 1000 埃的氧化硅膜 304。（图 2 (A)）

其次，用溅射法形成厚度为 4000 埃的用于形成栅电极的铝膜。使该铝膜中含有 0.2%（重量）的钪。

使该铝膜中含有钪是为了在以后的工序中抑制突起（hilllock）、金属须等的产生。所谓突起、金属须等是因加热时的铝的异常生长而引起的针状或刺状的突出部分。

形成了铝膜后，形成图中未示出的致密的阳极氧化膜。该阳极氧化膜是以含有 3% 的酒石酸的乙二醇溶液为电解溶液，以铝膜为阳极，以铂为阴极来进行的。在该工序中，在铝膜上形成厚度为 100 埃的、具有致密膜质的阴极氧化膜。

该图中未示出的阳极氧化膜具有提高与以后形成的光致抗蚀剂掩模的贴紧性的作用。

该阳极氧化膜的膜厚可通过阳极氧化时的外加电压来控制。

其次形成光致抗蚀剂掩模 306。然后利用该光致抗蚀剂掩模对铝膜进行图形刻蚀使之形成用 305 示出的图形。这样就得到图 2 (B) 示出的状态。

进行再一次的阳极氧化。在这里，以 3% 的草酸水溶液为电解溶液来使用。在该电解溶液中，通过进行以铝的图形 305 为阳极的阳极氧化，形成用 308 示出的多孔状的阳极氧化膜。

在该工序中，由于在上部存在贴紧性高的光致抗蚀剂掩模 306，故在铝图形的侧面有选择地形成阳极氧化膜 308。

可使该阳极氧化膜的膜厚生长到几微米。在这里，将该膜厚做成 6000 埃。再有，该生长距离可通过阳极氧化时间来控制。

然后除去光致抗蚀剂掩模 306。其次进行再一次的致密的阳极氧化膜的形成。即，再次进行上述的以含有 3% 的酒石酸的乙二醇溶液为电解溶液的阳极氧化。

在该工序中，由于电解溶液进入多孔状的阳极氧化膜 308 中，故形成用 309 示出的具有致密的膜质的阳极氧化膜。

将该致密的阳极氧化膜 309 的膜厚做成 1000 埃。通过外加电压进行该膜厚的控制。

在这里，对露出的氧化硅膜 304 进行刻蚀。而且同时刻蚀热氧化膜 300。该刻蚀利用干法刻蚀。然后，用混合了醋酸、硝酸和磷酸的混合酸除去多孔状的阳极氧化膜 308。这样就得到图 2 (B) 示出的状态。

在得到图 2 (D) 的状态后，进行杂质离子的注入。在这里，为了制造 N 沟型的薄膜晶体管，用等离子掺杂法进行 P (磷) 离子的注入。

在该工序中，形成重掺杂的 311 和 315 的区域及轻掺杂的 312 和 314 的区域。这是因为残存的氧化硅膜 310 起到半透过的掩模的作用，注入的离子的一部分在该处受到遮蔽。

然后通过进行激光（或使用灯的强光）的照射，进行杂质离子注入区域的活性化。这样就以自对准方式形成源区 311、沟道形成区 313、漏区 315、低浓度杂质区 312 和 314。

在这里，用 314 示出的是称为 LDD（轻掺杂漏）区的区域。（图 2(D)）

还有，在形成 2000 埃以上的那样厚的致密的阳极氧化膜 309 的膜厚时，可用该膜厚在沟道形成区 313 的外侧形成补偿（offset）栅区。

在本实施例中也形成补偿（offset）栅区，但由于其尺寸较小，故其存在引起的影响较小，而且由于图面变得复杂，故在图中未示出。

还有，在形成 2000 埃以上的那样厚的致密的阳极氧化膜 309 的膜厚时，由于需要 200V 以上的外加电压，故涉及重现性和安全性等，有必要加以注意。

其次，形成氧化硅膜、或氮化硅膜、或其叠层膜作为层间绝缘膜 316。也可使用在氧化硅膜或氮化硅膜上用树脂材料构成的层作为层间绝缘膜。

然后进行接触孔的形成，进行源电极 317 和漏电极 318 的形成。这样就完成了图 3 (E) 示出的薄膜晶体管。

本实施例中示出的 TFT 可得到在以往不能得到的极为良好的特性。

例如，在 NTFT (N 沟型的 TFT) 中，可得到迁移率为  $200 \sim 300 (\text{cm}^2/\text{Vs})$ , S

值为 75~90 (mV/dec) ( $V_D = 1V$ ) 这样的高性能。在 PTFT (P 沟型的 TFT ) 中, 可得到迁移率为  $120 \sim 180$  ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ ), S 值为  $75 \sim 100$  (mV/dec) ( $V_D = 1V$ ) 这样的高性能。

特别是 S 值, 与以往的高温多晶硅 TFT 和低温多晶硅 TFT 的值比较, 是  $1/2$  以下的令人惊异的良好的值。

### 【实施例 2】

本实施例涉及在实施例 1 中示出的构成中对栅绝缘膜的形成方法加以改进的例子。

图 3 中示出本实施例的制造工序。首先按照图 1 (A) 和 (B) 中示出的工序得到具有横向生长区域的结晶性硅膜 208。还有, 在这里将起始膜的非晶硅膜做成 500 埃。

在得到结晶性硅膜后, 通过在含有 3% 的 HCL 的氧气气氛中用电热炉进行  $950^\circ\text{C}$ 、30 分钟以上的加热处理, 形成厚度为 200 埃的热氧化膜 209。

(图 3 (A))

其次除去热氧化膜 209。然后, 通过进行图形刻蚀, 形成以后称为薄膜晶体管的有源层的图形 210。(图 3 (B))

其次通过等离子 CVD 法, 形成厚度为 1000 埃的栅绝缘膜 304。(图 3 (C))

其次通过在含有 3% 的 HCL 的氧气气氛中用电热炉进行  $950^\circ\text{C}$ 、30 分钟以上的加热处理, 形成厚度为 300 埃的热氧化膜 211。(图 3 (D))

此时, 热氧化膜在 CVD 氧化膜 304 的内侧生长, 在图 3 (D) 所示的状态下进行成膜。

所形成的热氧化膜的膜厚的总计比最终的结晶性硅膜的膜厚要厚。

在采用本实施例示出的制造工序时, 栅绝缘膜用热氧化膜 211 和 CVD 氧化膜 304 的叠层膜来构成。

在采用本实施例示出的制造工序时, 可使栅绝缘膜与有源层的界面处的界面态密度变低。

### 【实施例 3】

本实施例示出有源矩阵型的液晶显示装置的有源矩阵电路部分的制造工序。

图 4 中示出本实施例的制造工序的概略。首先, 按照图 1 和图 2 示出的工序得到图 2 (D) 示出的状态。(图 4 (A) 示出的状态)

其次用等离子 CVD 法形成厚度为 2000 埃的氮化硅膜 401 作为第一层间绝缘膜。再用旋转涂敷法形成聚酰亚胺膜 402。这样，得到图 4 (B) 中示出的状态。再有，除了聚酰亚胺以外可利用聚酰胺、聚酰亚胺酰胺 (polyimideamide) 作为树脂材料。

其次形成到达源区 311 和漏区 315 的接触孔，形成源电极 403 和漏电极 403。这些电极用钛膜和铝膜和钛膜的叠层膜来形成。还有，源电极 403 作为从源线延伸的电极来形成。（图 4 (C)）

漏电极 403 的一部分作为用于形成辅助电容的电极来形成。

在形成源和漏电极后，形成聚酰亚胺膜 404 作为第二层间绝缘膜。这样得到图 4 (C) 示出的状态。

其次在树脂层间绝缘膜 404 中形成开口，在形成用钛膜和铝膜的叠层膜构成的黑色矩阵 (BM) 405。该黑色矩阵 405 除了原来作为遮光膜的功能外，起到作为用于形成辅助电容的电极的功能。

形成黑色矩阵 405 后，形成聚酰亚胺树脂膜 406 作为第三层间绝缘膜。然后，形成通向漏电极 403 的接触孔，形成用 ITO 构成的像素电极 407。

这样就能得到在起到辅助电容的功能的黑色矩阵 405 的图形与像素电极 407 的图形之间夹着聚酰亚胺树脂膜 406 的结构。

#### 【实施例 4】

本实施例是在实施例 1 示出的构成中对栅电极或由栅电极延伸的栅极布线的接触孔的形成方法进行改进的例子。

在实施例 1 (参照图 2) 或实施例 3 示出的构成中，成为用栅电极的侧面和上面具有致密的膜质的阳极氧化膜覆盖的状态。

这种结构在形成以铝为材料的电极时，对于抑制突起、抑制布线之间的短路具有很大的效果。

但是存在因其牢固的膜质的缘故接触孔的形成比较困难的问题。

本实施例涉及解决该问题的构成。图 5 示出本实施例的制造工序。

首先，如图 5 (A) 所示，得到由结晶性硅膜构成的有源层图形 210。然后，得到热氧化膜 211 与 CVD 氧化膜 304 叠层的状态。

在这里，采用首先形成 CVD 氧化膜，其后形成热氧化膜的工序。

得到图 5 (A) 示出的状态后，形成铝膜，再形成厚度为 500 埃的氮化硅膜。然后，用光致抗蚀剂掩模 306 进行图形刻蚀，得到形成了 305 中示出的铝图形和其上的氮化硅膜 501 的状态。（图 5 (B)）

在得到图 5 (B) 示出的状态后，在配置了光致抗蚀剂掩模 306 的状态下形成多孔状的阳极氧化膜 308，再形成具有致密的膜质的阳极氧化膜 309。

这些阳极氧化膜只在构成栅电极的铝图形 307 的侧面有选择地形成。这是因为在铝图形的上面已存在氮化硅膜 501 的缘故。

阳极氧化膜的形成结束后，除去光致抗蚀剂掩模 306。然后再除去露出的氧化硅膜 304，再除去热氧化膜 211 的一部分。

这样就得到图 5 (C) 示出的状态。得到图 5 (C) 的状态后，除去光致抗蚀剂掩模 306，再除去多孔状的阳极氧化膜 308。

然后，再除去氮化硅膜 501。这样得到图 5 (D) 示出的状态。在该状态下用等离子掺杂法进行赋予导电类型的杂质的掺杂。

其结果是以自对准的方式形成源区 311、低浓度杂质区 312 和 314、沟道区 313、漏区 315。

杂质的掺杂结束后，通过进行激光的照射，进行掺杂时产生的损伤的退火和所掺杂的杂质的活性化。

这样就得到图 5 (D) 所示的状态。其次形成层间绝缘膜 502。然后形成接触孔，形成源电极 317、栅引出电极 503、漏电极 318，得到图 5 (E) 示出的状态。

在该工序中，通向栅电极 307 的接触孔的形成由于在栅电极的上面不存在阳极氧化膜，故能比较容易地进行。

还有，在图中是以在相同的截面上形成源/漏电极和栅电极那种方式来记述的，但实际上栅引出电极在从栅电极 307 延伸部分处形成。

### 【实施例 5】

本实施例是在实施例 1 示出的构成中利用玻璃基板作为基板的例子。

本实施例中利用变形点为 667℃的康宁 1737 玻璃基板作为基板。而且将用于结晶化的加热处理在 600℃、4 小时的条件下进行。

将用于热氧化膜的形成的加热处理在含有 3% 的 HCl 的氧气气氛中使用电热炉的 640℃的条件下进行。此时，所形成的热氧化膜的膜厚在处理时间 2 小时的情况下为约 30 埃。此时，与加入实施例 1 中示出的那种 950℃的加热处理时相比，其效果很小。

### 【实施例 6】

本实施例是在实施例 1 示出的构成中热氧化膜形成时的气氛中不含有

HCL 的情况下的例子。此时，与气氛中含有 HCL 的情况相比，镍的吸杂效果较小。

#### 【实施例 7】

本实施例是在实施例 1 示出的构成中在热氧化膜的形成后进行激光的照射时的例子。这样做的话，可进一步有助于结晶化。

#### 【实施例 8】

本实施例是示出利用了 TFT 的半导体器件的例子。图 8 中示出各种半导体器件的例子。

图 8 (A) 中示出的是称之为携带信息终端的装置，在主机 2001 中具备的有源矩阵型的液晶显示装置 2005 中可将需要的信息从内部的存储装置调出并进行显示，或可利用电话线显示所访问的信息。

作为显示装置的一种形态，也可考虑利用有源矩阵型的 EL 显示装置。在构成显示装置的有源矩阵电路与同一基板上，各种信息处理电路、存储电路做成集成电路 2006 并利用 TFT 进行集成化。

此外，在主机 2001 上设有摄像机部分 2002，通过对操作开关 2004 进行操作，可摄入所需要的图象信息。用摄像机部分 2002 摄入的图象从图象接受部分 2003 摄入装置内。

图 8 (B) 示出的是称之为头载显示器的显示装置。该装置将主机 2101 装于头部，借助于两个有源矩阵型液晶显示 2102，具有在眼前几个厘米的部位处显示图象的功能。在该装置中能以虚拟现实的方式见到图象。

图 8 (C) 示出的是车辆导航系统。该装置使用由天线 2204 接收的来自人造卫星的信号，具有监测位置的功能。而且在有源矩阵型的液晶显示装置显示监测的位置。并且，显示信息的选择通过操作开关 2203 来进行。

再者，可利用有源矩阵型的 EL 显示装置来代替液晶显示装置。

图 8 (D) 示出的是携带电话的例子。该装置的主机 2301 中设有天线 2306，并设有声音输入部分 2303 和声音输出部分 2302。

在打电话时，通过操作操作开关 2305 来进行。并且，在显示装置上显示各种图象信息。作为携带型的显示装置，利用有源矩阵型的液晶显示装置或有源矩阵型的 EL 显示装置。

图 8 (E) 示出的是携带型的视频摄像机。该装置具备将由图象接收部分 2406 摄入的图象存储于主机 2401 内放置的磁带的功能。

在集成化电路 2407 中对图象，进行各种数字处理。该集成化电路 2407

可由将以往利用的 IC 芯片组合起来的电路来构成，也可使用本说明书公开的那种 TFT 来构成。并且可用上述电路和 TFT 的组合来构成。

用图象接收部分 2406 接收的图象或内部磁带中存储的图象，在有源矩阵型的液晶显示装置 2402 中进行显示。装置的操作通过操作开关 2404 来进行。又，装置的电力通过电池 2405 来供给。

图 8(F)示出的是投影型的显示装置。该装置具有将由本体 2501 投影的图象在屏幕上显示的功能。

在主机 2501 上设有：光源 2502、将来自该光源的光进行光调制而形成图象的有源矩阵型的液晶显示装置 2503、用于对图象进行投影的光学系统 2504。

再有，作为液晶显示装置的形式，除了 (B) 中示出的装置之外，还可利用透射型或反射型的形式的任一种。

将利用本说明书中公开的发明而得到的 PTFT 和 NTFT 组合起来构成 9 级环形振荡器时，可进行 400 MHz 以上的振荡。

一般来说，如考虑用环形振荡器的振荡频率的 10% 进行实际电路的设计的话，则用上述的 TFT 应该可构成在约 40 MHz 频率下工作的电路。

因此，通过利用本说明书中公开的发明，可得到能构成要求高速工作（一般是几十 MHz 以上的工作速度）的电路的薄膜晶体管。

特别是关于 S 值，可得到 100 (mV/dec) 以下的、可与利用单晶硅晶片制造的 MOS 型晶体管比美的特性。

通过利用本说明书中公开的发明，可提供用 TFT 将要求各种高速工作的电路在同一基板上进行集成化的构成。并可提供其制造方法。

图 1

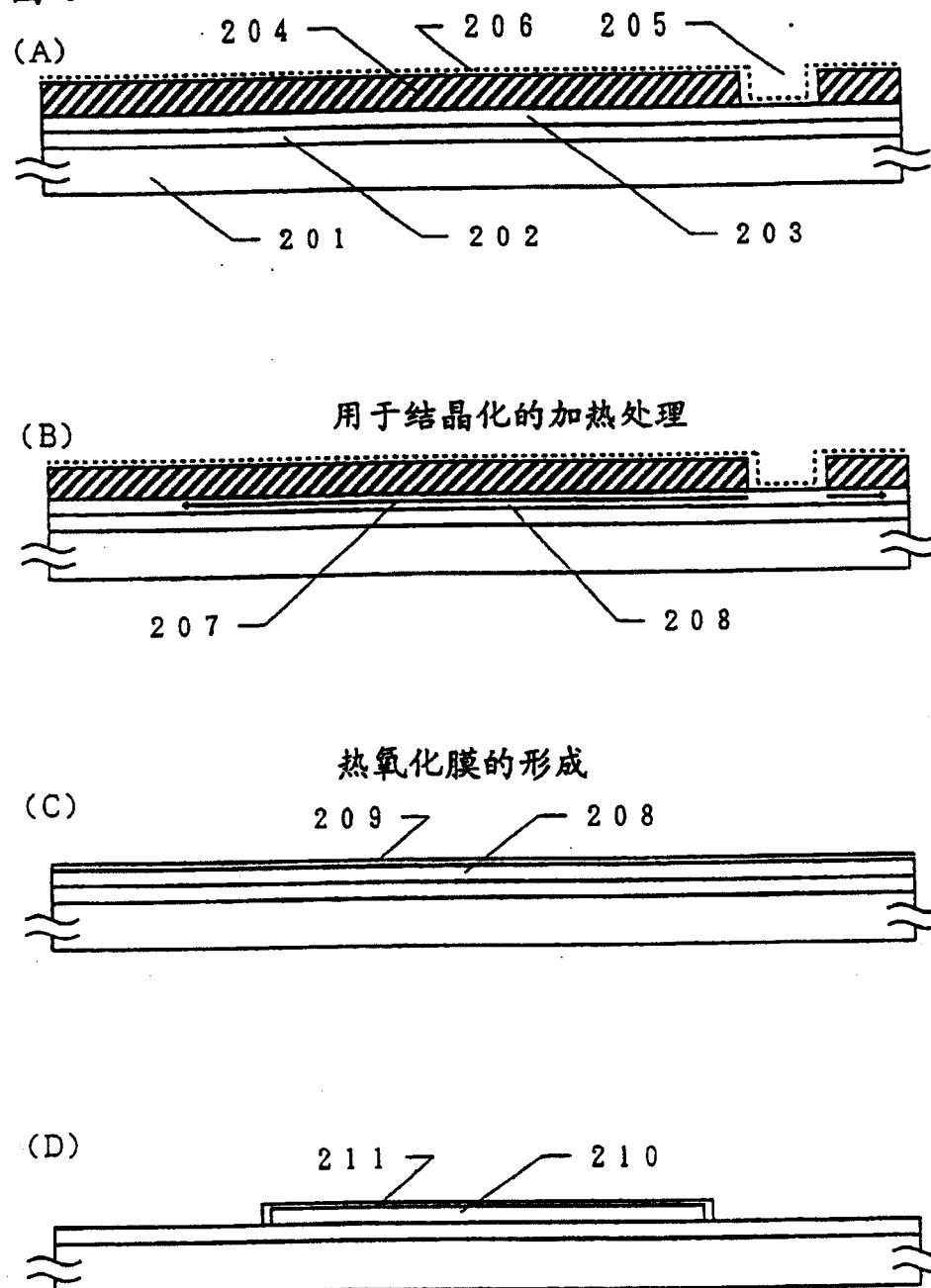


图 2

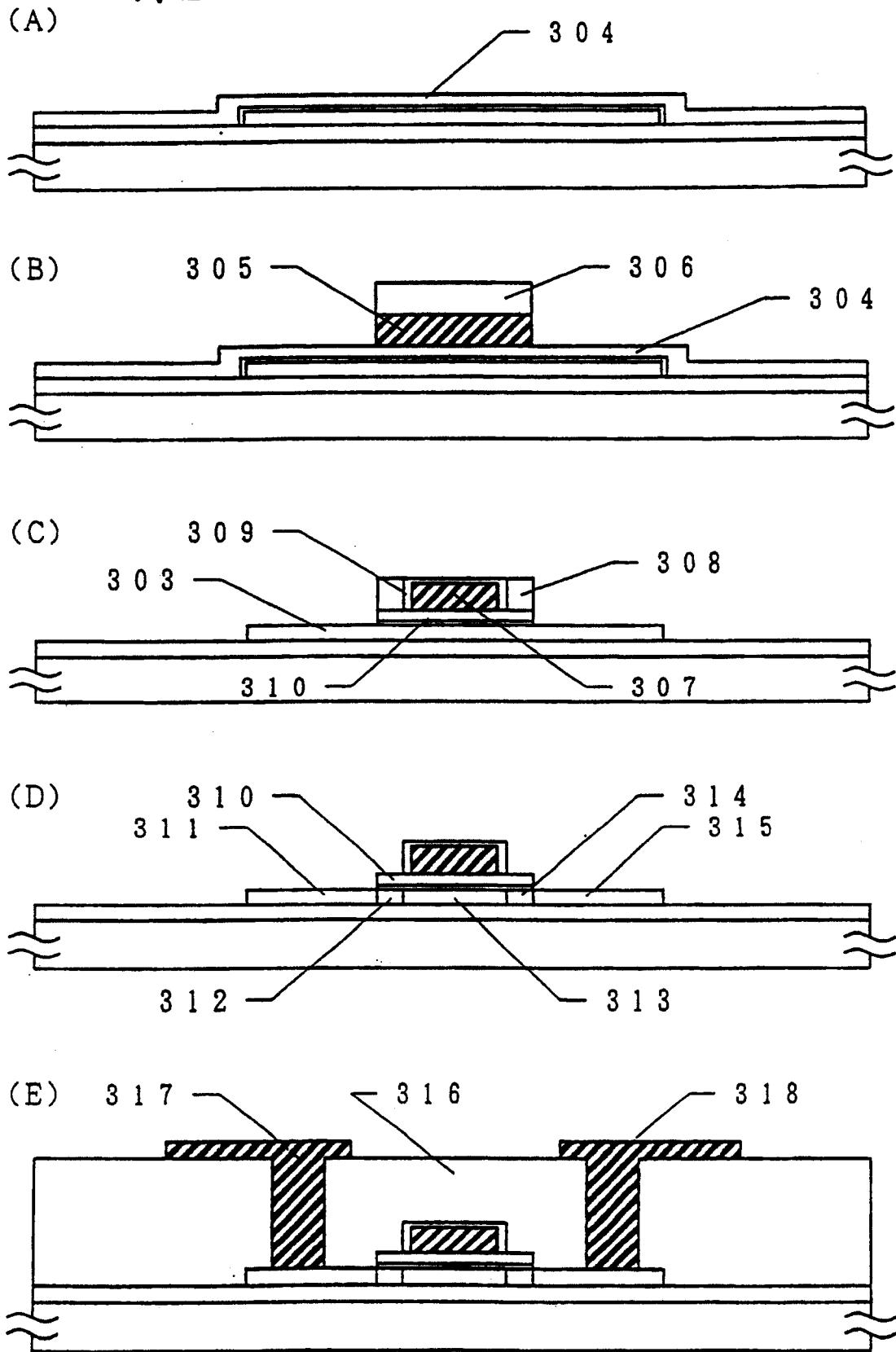


图 3

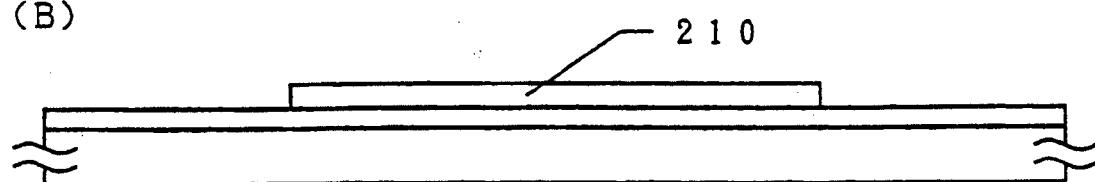
## 热氧化膜的形成

(A)



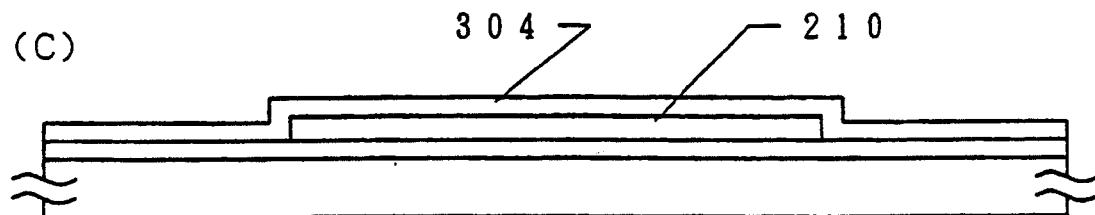
## 图形刻蚀

(B)



## 用CVD法得到的氧化硅膜的形成

(C)



## 热氧化膜的形成

(D)

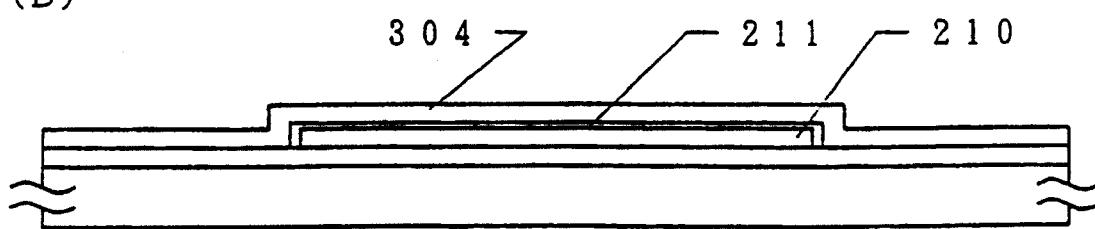
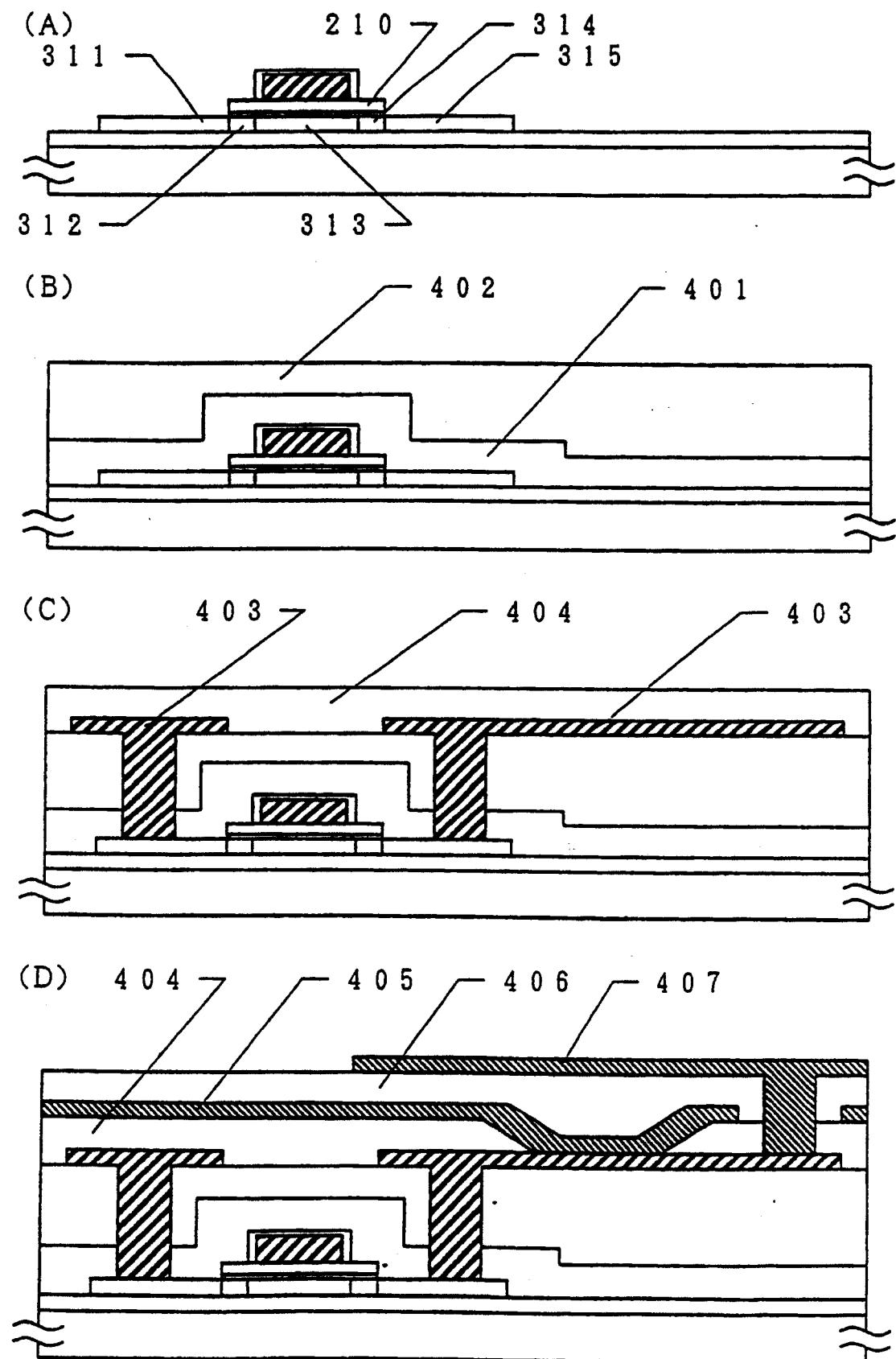
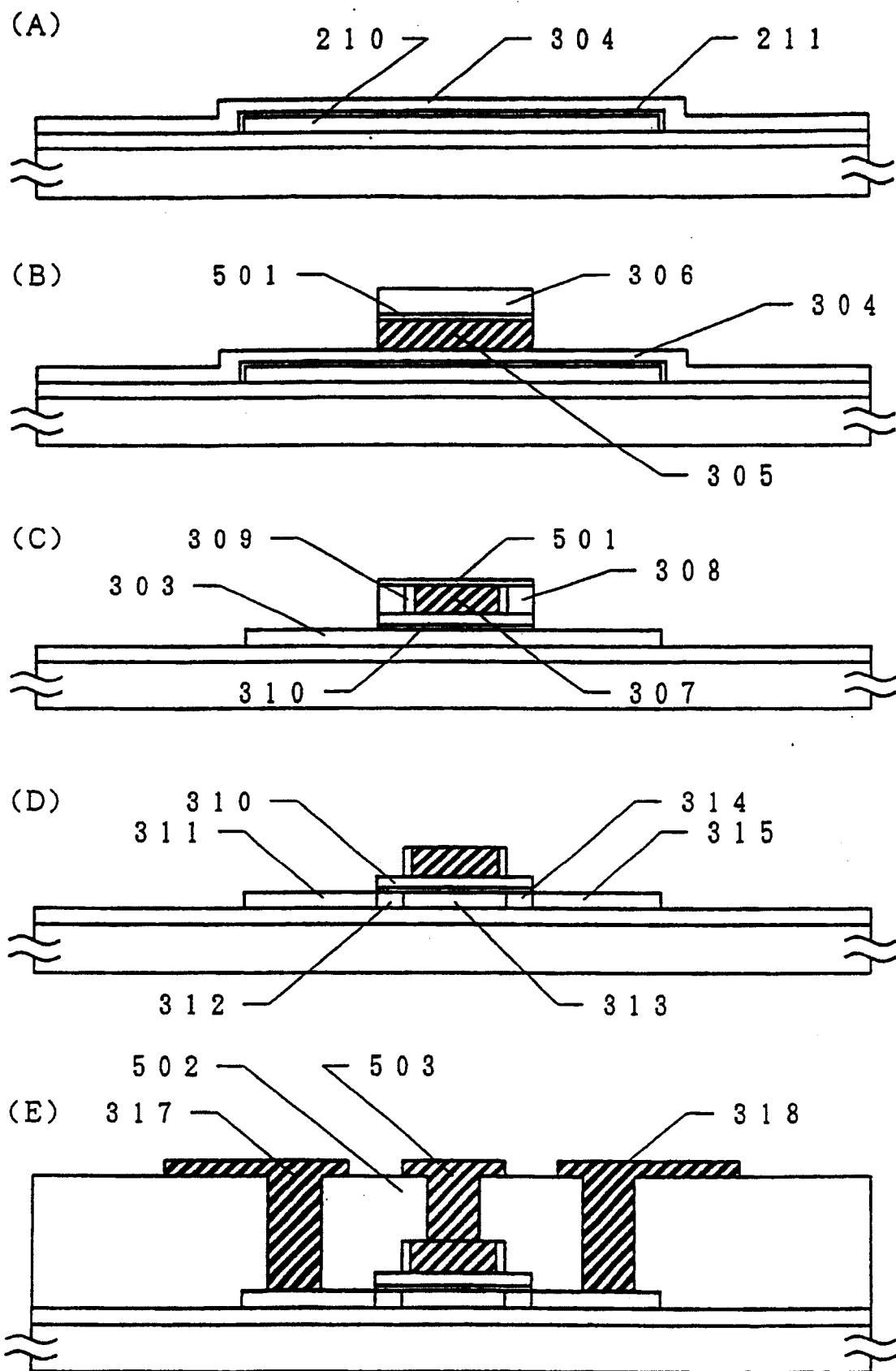


图 4



**图 5**

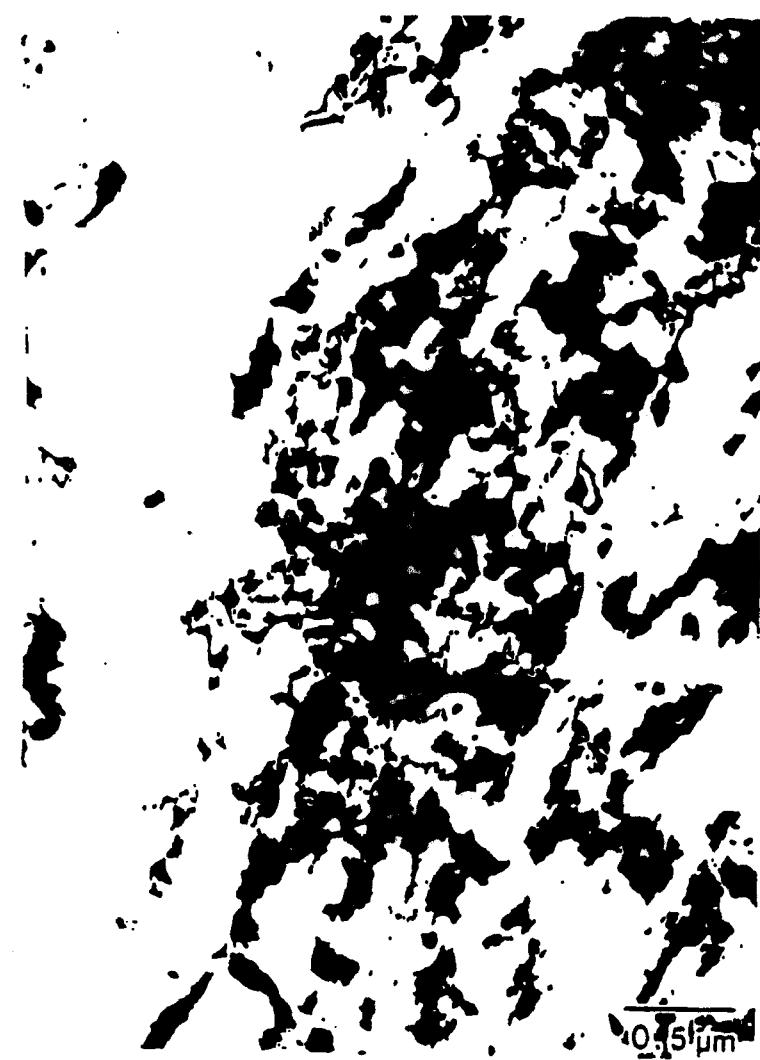
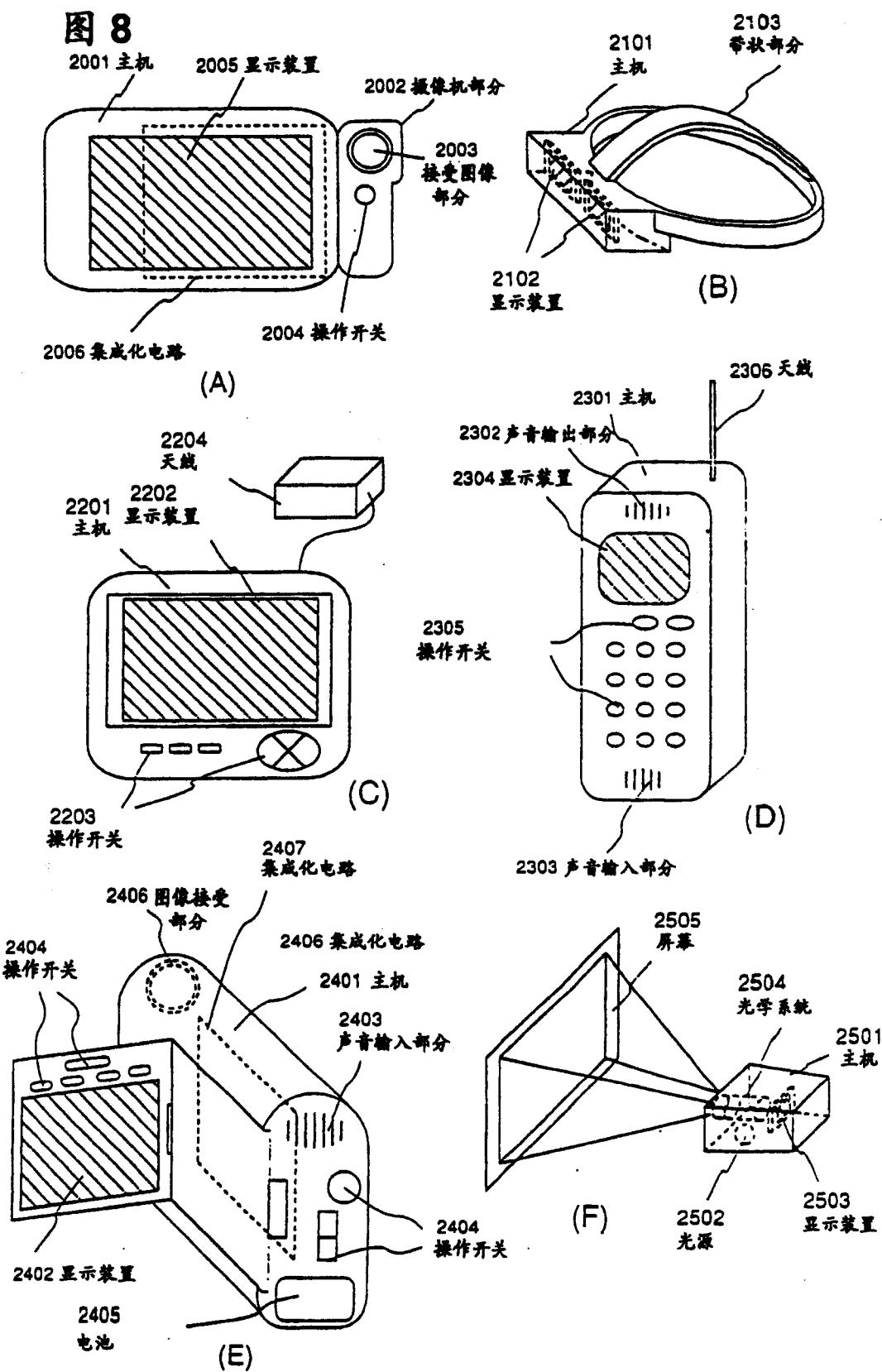


图 6



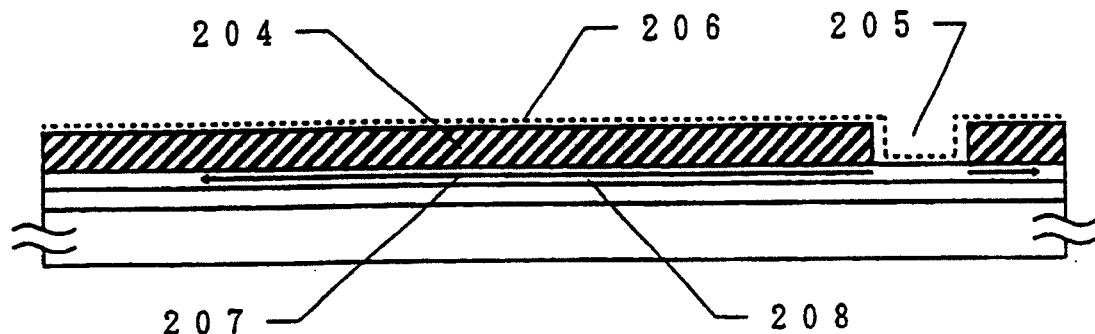
图 7

图 8



### 用于结晶化的加热处理

(A)



(B)

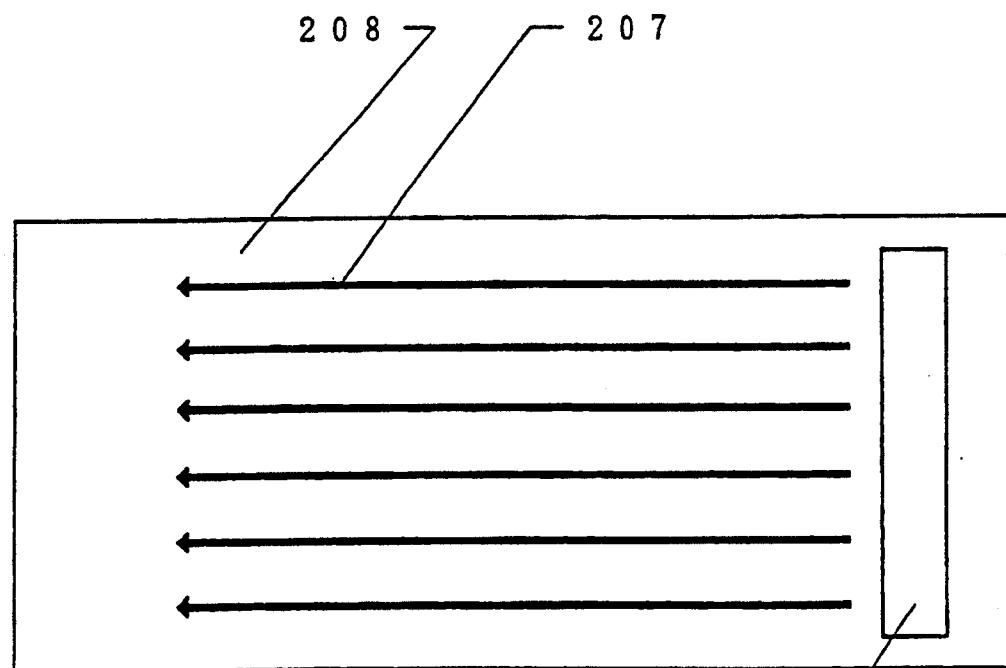


图 9

205