

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

H01L 21/00

H01L 21/20 H01L 21/324



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96110920.3

[43]公开日 1997年6月4日

[11] 公开号 CN 1151085A

分案原申请号 94116165.X

[22]申请日 94.7.27

[30]优先权

[32]93.7.27 [33]JP[31]204774 / 93

[32]93.7.30 [33]JP[31]208996 / 93

[71]申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县

[72]发明人 张宏勇 大沼英人 竹村保彦

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

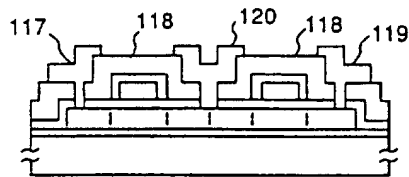
代理人 萧掬昌 王忠忠

权利要求书 4 页 说明书 26 页 附图页数 9 页

[54]发明名称 半导体器件及其制造方法

[57]摘要

将图形转移到经退火而结晶的硅膜上之后，经强射线短时间辐照使硅膜退火。具体地讲，在退火结晶工艺中，将促进结晶化的元素如镍掺入其内。用强射线辐照也使退火未结晶的区结晶，形成致密的硅膜。在掺入促进结晶化的金属元素之后，在含卤化物的气氛中对退火而结晶的硅膜进行强射线辐照，完成光的短时间辐照。在卤化气氛中经强射线辐照或加热使硅膜表面氧化，在硅膜上形成氧化膜，然后腐蚀掉氧化膜，结果去掉硅膜中的镍。



权 利 要 求 书

- 1.一种制造半导体器件的方法，包括：
在衬底上形成非单晶硅膜；
5 形成催化元素用以促进与其接触的硅的结晶；
将所说衬底脱氢；
在形成所说催化元素后通过热退火使非单晶硅膜结晶；
所说热退火后，在含卤素化合物气体的氧化气体中通过将所说硅
膜氧化以在所说硅膜上形成氧化层；然后
10 除去所说氧化层以露出所说硅膜的表面。
- 2.根据权利要求1的方法，其特征在于，在所说氧化层形成期间，
改善了所说硅膜的结晶性。
- 3.根据权利要求2的方法，其特征在于，所说脱氢是在约450℃
下进行约一小时。
- 15 4.一种制造半导体器件的方法，包括：
在衬底上形成催化元素膜；
形成非单晶硅膜与所说催化元素相接触，所说催化元素促进与其
接触的所说硅膜的结晶；
将所说衬底脱氢；
20 在形成所说催化元素后，用热退火使非单晶硅膜结晶；
在所说热退火后，于含卤素化合物气体的气氛中用光辐照所说硅
膜以在的说硅膜上形成氧化层；然后
用刻蚀法除去所说氧化层。
- 5.根据权利要求4的方法，其特征在于，它还包括：用光辐照所
25 说硅膜以增加经热退火的非单晶硅膜的结晶性，其中所说硅膜的结晶
性是通过所说光的辐射而改善的。
- 6.根据权利要求5的方法，其特征在于，所说脱氢是在约450℃

下进行约一小时。

7.一种制造半导体器件的方法，包括下列步骤：

在绝缘表面上形成非单晶半导体膜；

所说半导体膜设有能促进所说半导体膜结晶的催化材料；

5 进行设有所说催化材料的半导体膜的结晶；

在所说结晶后于含有卤素化合物气体的氧化气氛中氧化所说半
导体膜以在其一曝露的表面上形成所说半导体层的氧化层；以及
除去所说氧化层。

10 8.根据权利要求7的方法，其特征在于，所说卤素是从氟和氯所
组成的组合中选出的。

9.根据权利要求7的方法，其特征在于，所说卤素化合物气体是
从HCl、CCl₄和SiCl₄所组成的组合中选出的。

10.根据权利要求7的方法，其特征在于，所说卤素化合物气体是
从NF₃和C₂F₆组成的组合中选出的。

15 11.根据权利要求7的方法，其特征在于，所说结晶是通过加热所
说半导体层来进行的。

12.根据权利要求7的方法，其特征在于，它还包括在所说半导体
层中形成所说半导体器件的有源区。

13.根据权利要求7的方法，其特征在于，所说半导体层包括硅。

20 14.一种制造半导体器件的方法，包括下列步骤：

在绝缘表面上形成非单晶半导体膜；

为所说半导体膜提供能促进所说半导体膜的结晶的催化材料；

进行设有所说催化材料的所说半导体膜的结晶；

25 膜，以在其露出的表面上形成所说半导体层的氧化层。

15.根据权利要求14的方法，其特征在于，所说卤素化合物气体
从NH₃和C₂F₆组成的组合中选出。

16.根据权利要求14的方法，其特征在于，所说结晶通过加热所

说半导体层来进行。

17.根据权利要求 14 的方法，其特征在于，它还包括在所说半导体层中形成所说半导体器件的有源区。

18.根据权利要求 14 的方法，其特征在于，所说半导体层包括硅。

5 19.一种制造半导体器件的方法，包括下列步骤：

在绝缘表面上形成非单晶半导体膜；

为所说半导体膜提供能促进所说半导体膜结晶的催化材料；

进行设有所说催化材料的所说半导体膜的第一结晶；

10 在所说第一结晶后，于含卤素化合物气体的气氛中进行所说半导体膜的第二结晶，以减少在所说半导体膜中的所说催化材料的浓度。

20.根据权利要求 19 的方法，其特征在于，所说卤素从氟和氯组成的组合中选出。

21.根据权利要求 19 的方法，其特征在于，所说卤素化合物气体从 HCl、CCl₄ 和 SiCl₄ 组成的组合中选出。

15 22.根据权利要求 19 的方法，其特征在于，所说卤素化合物气体从 NF₃ 和 C₂F₆ 组成的组合中选出。

23.根据权利要求 19 的方法，其特征在于，所说结晶通过加热所说半导体层来进行。

20 24.根据权利要求 19 的方法，其特征在于，它还包括在所说半导体层中形成所说半导体器件的有源区。

25.根据权利要求 19 的方法，其特征在于，所说半导体层包括硅。

26.一种制造半导体器件的方法，包括下列步骤：

在绝缘表面上形成非单晶半导体膜；

25 淀积一与部分所说半导体膜接触的催化材料，此种材料能促进的说半导体膜的结晶；

进行设有所说催化材料的所说半导体膜的结晶，以使结晶从所说部分进行到基本上和所说绝缘表面平行的所说半导体膜的邻近部分；

在所说结晶后于含有卤化合物气体的气氛中氧化所说半导体

膜, 以在其露出表面上形成所说半导体层的氧化层; 以及
除去所说氧化层。

27.根据权利要求 26 的方法, 其特征在于, 它还包括在所说半导体层中形成所说半导体器件的有源层的步骤。

5 28.根据权利要求 26 的方法, 其特征在于, 所说半导体层包括硅。

29.一种制造半导体器件的方法, 包括下列步骤:

在绝缘表面上形成非单晶半导体膜;

为所说半导体膜提供能促进所说半导体膜的结晶的催化材料;

进行设有所说催化材料的所说半导体膜的结晶;

10 将所说半导体膜构图成岛状半导体;

在含有卤素化合物气体的氧化气氛中氧化所说岛状半导体, 以在其露出的表面上形成所说半导体层的氧化层; 以及

除去所说氧化层以露出所说岛状半导体的表面。

15 30.根据权利要求 29 的方法, 其特征在于, 它还包括在除去所说氧化层后于所说岛状半导体的露出表面上形成栅绝缘层的步骤。

说明书

半导体器件及其制造方法

5 本发明涉及一种制造半导体器件的方法，通过在由玻璃或类似物制成的绝缘衬底上或各种衬底上形成的绝缘膜上淀积非单晶硅(下文称 Si)膜制备半导体器件，如薄膜晶体管(TFT)、薄膜二极管(TFD)、以及包括晶体管和二极管的薄膜集成电路，特别是用于有源液晶显示器(LCD)的薄膜集成电路。

10 近来已开发出一种半导体器件，其中的 TFT 被装配在由玻璃或类似物制成的一种绝缘衬底上，如有源液晶显示器，和一图象传感器，其中的 TFT 被用于驱动用象素。

一般薄膜 Si 半导体被用于上述器件中使用的 TFT。上述薄膜 Si 半导体包括两种类型半导体，它们是非晶 Si 半导体(a-Si)和结晶 Si 半导体。非晶 Si 半导体被使用得最普遍，因为它易于在低温用汽相工艺
15 制造，而且适于批量生产；但其导电性比结晶 Si 半导体低。

所以，人们强烈要求产生一种由结晶 Si 半导体来制作 TFT 的制作方法，可得到下文将述的高速特性。作为一种结晶 Si 半导体，多晶硅，微晶硅，包括结晶成分的非晶硅以及介于结晶和非晶中间状态的
20 半导非晶硅都是公知的。

作为薄膜结晶 Si 半导体的制作方法，下列方法是公知：

(1)直接淀积结晶膜。

(2)首先淀积非晶体半导体膜，然后用激光束能量使其结晶。

(3)首先淀积非晶半导体膜，然后长时间施加热能(退火)使其结
25 晶。

然而，用 1)所述的方法在一个衬底的所有表面上形成有良好的半导电特性的膜，在技术上也是困难的。该法还有一个成本问题，低廉

价格的玻璃衬底是不能使用的，因为膜的形成温度是 600 °C 或更高。用此法在低温淀积其有良好特性的膜是困难的。当晶体垂直于衬底生长时，用此方法形成膜不适于具有均匀电导率的 TFT。

5 例如，若将现今使用最普遍的准分子激光器用于 2) 所述的方法，该法也有生产量低的问题，因为激光束辐照的面积小。该法还有另一个问题，激光的稳定性不足以在大面积衬底的所有表面上形成均匀的膜。还有，该法还要求在真空中用激光辐照和加热衬底，以使结晶完好。所以该法也存在着生产量的限的问题。

10 与(1)和(2)所述方法相比，(3)所述方法有其优越性，可用该法加工大面积的衬底。然而，此法也要求 600 °C 或更高的温度，加热在其上形成非晶膜的衬底。若使用低廉的玻璃衬底，加热温度必定降低。特别是在现在，LCD 屏变得愈来愈大，所以，对于这种大屏幕来说要求使用大尺寸的玻璃衬底，若使用大尺寸的玻璃衬底，则存在一个严重的问题，即制作半导体器件必不可少的加热工艺将引起收缩和挠曲，
15 这将降低掩模对准的精确度。特别是，使用现今应用得最普遍的由 Corning 公司生产的由 No. 7059 玻璃制造的衬底，在 593 °C 的温度就发生挠曲，由于加热在现有结晶工艺中会发生严重的形变。在常规工艺中结晶所要的加热时间超过 20 ~ 30 小时，所以既要求降低加热温度，又要求缩短加热时间。

20 本发明之目的在于提供解决上述问题的途径。详述之，其目的在于提供一种在较低的加热温度获得良好结晶的工艺，换言之，减低玻璃衬底在使用一种靠加热使由非晶硅制成的膜结晶的方法中的作用。

本发明的另一个目的在于提供一种降低或去掉已加入到硅膜中的金属元素(催化金属元素)以促进结晶化的途径。

25 按本发明的第一种工艺，在一种包含 10 ~ 90% 的氯气，诸如氯化氢(HCl)、四氯化碳(CCl₄)及四氯化硅(SiCl₄)或氟气，诸如三氟化氮(NF₃)及六氟化二碳(C₂F₆)的环境气氛中，用强光辐照在被促进结晶化的金属元素结晶的硅膜表面，选择加热结晶的硅膜。在用强光辐照过

程中，用微波或高频激发产生的等离子体具有促进反应的效果。

5 如果根据本发明辐照强光束，如介于近红外线和可见光之间的光，最好波长为 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 的光(例如峰值波长为 $1.3 \mu\text{m}$ 的红外线)，只要求光束辐照 $10 \sim 1000$ 秒的较短时间，加热硅膜表面，直至 $900 \sim 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 。因上述波长的光被硅膜吸收，而基本上不被衬底吸收，若光束只辐照上述的短时间，能对 Si 膜选择加热，而对衬底不起作用。

10 尤其是可见光，特别是 $0.5 \mu\text{m}$ 或更短波长的光被本征或基本上本征的非晶硅吸收得很好，能转变为热。波长为 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 的近红外线或可见辐射能有效地被本征或基本上本征只含 10^{17}cm^{-3} 或更低的磷或硼的结晶硅膜吸收，能转变为热。另一方面波长为 $10 \mu\text{m}$ 或更长的远红外辐射被玻璃衬底吸收，能转变为热。然而，若大多数光是波长 $4 \mu\text{m}$ 或更短的光，仅有很少一点光被玻璃吸收。即，波长为 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 的近红外线或可见辐射适宜来选择加热在玻璃衬底上形成的结晶 Si 膜。

15 若使用的是波长短于上述光的紫外线，它们不仅被 Si 膜吸收，同时也被大多数衬底材料吸收，因而，辐照光的最合适的时间应更短。例如，对波长为 248nm 的光，则要求上述时间为 1 秒或更短。若上述光辐照时间长于上述时间，光将被衬底吸收很多，这将引起衬底的形变。如上所述，光的总量必须这样来选择，用光辐照极短的时间即使硅膜表面的温度暂时超过 $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 。由于 Si 膜表面的温度的瞬时上升或下降使第一次辐照不能完全氧化 Si 膜。所以，要求多次辐照。在此情况下，所形成的氧化膜的厚度与辐照次数有关。

20 用准分子激光器一类的脉冲振荡激光作光源，以其紫外线辐照上述的极短时间是理想的。各种准分子激光器发射脉宽为 100ns 或更短的激光。可使用一种等效于激光的光。

25 当衬底温度为 $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 或更低时，最好为 $400 \text{ }^\circ\text{C}$ 或更低，同时根据本发明用强光束辐照衬底上形成的膜，可增强氧化作用。

在上述高温下，Si 膜中的一种金属元素将与环境气氛中的氯气或氟气反应，尽管这种反应进行的时间极短，便在 Si 膜表面已形成金

属氯化物或氟化物。因其沸点低，而蒸发到环境气氛中，减低了硅膜中此种金属元素的浓度。还有，在强光辐照工艺完成后，也可用纯水清洗 Si 膜表面，完全去掉所形成的金属氯化物或氟化物。用上述工艺还可以同时去掉 Si 膜中所含的其余元素，例如硅性元素，如钠和钾。

5 在此类退火中，Si 膜往往起皮，因 Si 膜和衬底的热膨胀系数不同及所说 Si 膜表面和所说的衬底和所说的 Si 膜间的界面之间的温度差异所致。若膜覆盖整个衬底或衬底的大面积上，膜的起皮尤为明显。因而，最好的将膜分割成适宜的小面积，充分拉开膜与膜之间的间距，不吸收过量的热来防止膜的起皮。因为根据上述方法可防止经 Si 膜使
10 整个衬底被加热，可把衬底因热而收缩限制到最小程度。

 因辐照强光使膜的温度上升，更促进了 Si 膜的结晶化，这是本发明的第二位的效果。人们观察到，在由添加的镍使 Si 膜结晶过程中，针状晶体不是在膜厚的方向而是沿衬底表面的方向生长。上述针状晶体的宽度大约是 Si 膜厚度的 0.5 ~ 3 倍，横向即沿侧边方向不怎么生长。因而，在晶体之间留下非晶区或程度正好与它们相同的结晶区。
15 在上述非晶区内，甚至经长时间退火也未完全结晶化，若将此类半导体用于 TFT，则完全会发生不能增强 TFT 特性的问题。

 根据本发明采用强光束辐照工艺可获得 600 °C 或更高的高温，本发明有助于促进上述仅在低程度结晶的面的进一步结晶化。即，这是
20 因为根据本发明，晶体沿针状晶体侧面外延生长，使非晶区结晶。

 根据本发明，当用强光辐照时，可被热能形成许多硅的悬空键。在含氢的气氛中在 200 ~ 450 °C 温度下的热退火可减少(即中和)这些悬空键，可以增强各种半导体器件，如薄膜晶体管(TFT)和薄膜二极管(TFD)的特性和可靠性。

25 在根据本发明方法的第二种工艺中，在含 10 ~ 90% 的氟气或氟气的氧化环境气氛中，在由催化剂金属元素结晶的受热 Si 膜表面上形成氧化。就氧化温度而论，以不使衬底翘曲或收缩的温度是理想的。例如，在 550 °C 的温度下，在该膜的表面上，形成厚度为 40 ~ 100 Å

的氧化膜。

此时，用微波或高频激发产生的等离子体具有促进反应的效果。在上述气氛中，不仅可用加热法，而且也可用强光辐照法形成氧化物。

存在于 Si 膜内，特别是靠近表面大量金属元素被上述氧化膜的形成选择吸收到氧化物中。然后，在腐蚀工艺中，去掉所说的氧化膜，
5 可将此类金属元素除掉或减少。在此类工艺中，通过热氧化和辐照强光的氧化将热能或光能赋给该 Si 膜，同时改善了该硅膜的结晶性。

在此类强光束辐照工艺之后，再次实行退火，还可进一步增强本发明的效果。

10 根据本发明，如上所述硅膜中的催化剂金属元素作为氯化物或氟化物被淀积在 Si 膜的表面，或蒸发或大量转移成氧化物再腐蚀掉。其结果是 Si 膜中的金属元素的浓度可降至工艺处理前的五分之一或更低。同时，在氧化过程中用辐照强光或加热使 Si 膜变热，可以增强结晶化。即使用强光辐照玻璃衬底，它几乎不怎么吸收红外线，因而不用加热即可实行光退火，以致在工业上因为软化或收缩而不能使用玻璃衬底。
15

在根据本发明方法的第三种工艺中，在 600 °C 或更低的温度下由热而结晶的非单晶半导体膜上辐照强光或激光，以便促进过一步结晶化。同时因辐照强光或激光，也使所说膜的性能致密。第三种工艺之
20 特征在于上述膜性能致密。详述之，在所说的第三种工艺中，用激光辐照在所说的硅膜上，或用近红外线和可见光之间的光，最好是波长为 0.5 ~ 4 μm 的光，例如峰值波长为 1.3 μm 的红外线，在所说的硅膜上辐照约 10 ~ 1000 秒较短的时间。加热促进结晶化。第三种工艺之特征在于促进结晶化。理想的是所用光的波长基本上被吸收到 Si 膜，
25 而不被玻璃衬底吸收。还有在此种退火中，因为 Si 膜和衬底热膨胀系数之间的不同以及 Si 膜表面和衬底与 Si 膜间的界面温度的差异，常使 Si 膜起皮。若膜覆盖在整个衬底上，则起皮尤为明显。所以，将膜全分割成小面积并使膜与膜之间留出足够的间隔，使之不吸收过量的热

量，防止膜的起皮。因为通过 Si 膜仅加热衬底表面的一部分，则可将由热导致的所述衬底的收缩抑制到最小。

5 本发明包括：第一步，用退火产生结晶硅膜；第二步，实行与对 Si 膜刻图有关的工艺处理；以及第三步，用强光加热该 Si 膜。在第二和第三步工艺之间，在 Si 膜上可形成用于第三步工艺不吸收光(即透过强光)的绝缘膜。该绝缘膜可由氮化硅或氧化硅制成。对在第三步工艺实行的辐照，可使用激光。

10 可见光，特别是波长短于 $0.5\ \mu\text{m}$ 的光能很好的被本征或基本上本征的非晶硅吸收并能转变为热。根据本发明的一种工艺，波长为 $0.5\ \mu\text{m} \sim 4\ \mu\text{m}$ 的光被用于辐照。上述波长的光可有效的被本征或基本上本征(含 10^{17}cm^{-3} 或更低的磷或硼)的结晶硅膜所吸收，并能转变为热。波长为 $10\ \mu\text{m}$ 或更长的极远红外线可被玻璃衬底吸收，使所说的衬底变热，然而，若大多数光的波长为 $4\ \mu\text{m}$ 或更短，玻璃就不怎么变热。即为使结晶硅膜进一步结晶，则要求波长为 $0.5 \sim 4\ \mu\text{m}$ 的光。

15 在采取使用促进已结晶的硅结晶化的金属元素，如镍进行结晶化的作本发明的上述的第一步、以便在此普通固相晶体生长温度低的温度下实现结晶化的情况下，本发明的效果是显著的。适宜于本发明可促进结晶化的元素，可使用属于第八族元素的 Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir 以及 Pt。也可以使用属于 3d 元素的 Sc、Ti、V、Cr、Mn、Cu 及 Zn。还有实验证明，Au 及 Ag 也能促进结晶化。
20 在上述元素当中，Ni 具有显著的效果，并用由它结晶的结晶硅膜校验 TFT 的运作。

25 显而易见，在添加这些元素中任一种元素的 Si 膜中，针状晶体不是在膜厚的方向而是沿衬底表面的方向生长。然而，整个表面不是均匀结晶，在晶体之间留下非晶区或结晶低到与非晶区相同程度的区域。

如上所述，在 Si 膜中添加这些金属元素中的任一种，晶体生长成针状，然而，它们几乎不怎么横向即不沿其侧向生长。上述针状晶体

的宽度大约为 Si 膜厚度的 0.5 ~ 3 倍。因而，在所说的非晶区，经长期退火结晶化是不完全均匀的。若 TFT 使用了带有上述非晶区的半导体，就发现了 TFT 特性未完全增强的问题。

5 本发明的第三步，通过在 800 ~ 1300 °C (用热电偶与硅接触测量) 有助于促进位于针状晶体如梳齿状之间结晶度低的区的进一步结晶化。这是因为晶体沿针状晶体侧面方向外延生长，使非晶区结晶。

10 在 400 ~ 650 °C，典型的在 500 ~ 600 °C 温度下退火结晶的薄膜 Si 半导体中，除有源元件，例如形成薄膜晶体管(TFT)的区域之外的部分可在图形转移和腐蚀工艺中去掉。用辐照可见辐射或近红外线，硅膜可被选择加热，促进其进一步结晶化，使针状晶体横向生长的疏散区如岛区的结晶。此时，因玻璃衬底或类似物几乎不吸收红外线，不用加热可实施光退火，以致于因为软化或收缩使所说的玻璃衬底不能经在工业上使用。

15 特别是，若在退火中使用促进结晶化的金属元素，通过促进沿结晶不充分的针状晶体侧向的结晶化，可产生结晶很致密的半导体薄膜。上述的实施例 1 表示，根据本发明，例如用 Raman 波谱仪可增大 Si 膜中的结晶区。

实施例 2 ~ 4 表示根据本发明制作的 TFT 工艺的实例。

根据本发明另一方面的制造半导体器件的一种方法包括：

20 在一衬底上形成含有催化元素的非单晶硅膜；

经热退火使非单晶硅膜结晶；

形成呈岛状的非单晶硅膜的图形；

用光辐照非单晶硅膜促进其结晶化；

在图形中形成栅电极；

25 用栅电极作掩膜，将杂质引入图形；以及

加热使杂质激活。

图 1(A) ~ 图 1(E) 表示根据实施例 1 和 2 的 TFT 制造工艺。

图 2(A) ~ 图 2(E) 表示根据实施例 3 的 TFT 制造工艺。

图 3(A)~图 3(E)表示根据实施例 4 的 TFT 制造工艺。

图 4 表示用 Raman 波谱仪测得的根据实施例 1 制成的 Si 膜的结果。

图 5(A)~图 5(B)表示在实施例 1 所设定的温度的实例。

5 图 6(A)~图 6(E)表示根据实施例 5 的 TFT 的制造工艺。

图 7(A)~图 7(E)表示根据实施例 6 的 TFT 制造工艺。

图 8(A)~图 8(E)表示根据实施例 7 的 TFT 制造工艺。

图 9(A)~图 9(E)表示根据实施例 8 的 TFT 制造工艺。

10 实施例 1 涉及在玻璃衬底上形成的 Si 薄膜结晶度的改善。将参照图 1(A)~(C)给以说明。首先,通过溅射在衬底 101(No. 7059, Corning Inc 制)形成厚 200 \AA 的氧化硅底膜 102, 然后, 设置一金属掩模或氧化硅或氮化硅制的掩模 103。在掩模 103 的狭缝处露出所说的底膜 102。即, 当从上看图 1(A)所示的状态, 在所说的狭缝处露出所说的底膜 102, 而其余部分被掩蔽。设置掩模 103 之后, 通过溅射, 在 100 所示的区域上选择淀积 $5 \sim 200 \text{ \AA}$, 例如 20 \AA 厚的镍膜。镍被选择引入
15 所说区域 100。

然后, 去掉掩模 103。通过等离子 CVD 淀积厚 $300 \sim 1500 \text{ \AA}$, 如 800 \AA 的本征(I型)非晶 Si 膜。

20 接着, 在不活泼的氮气气氛(低于常压)在 $550 \text{ }^\circ\text{C}$ 温度下退火 8 小时或在 $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 退火 4 小时, 使所说的本征非晶硅膜结晶。在选择淀积镍膜的所说区域 100, 所说的结晶 Si 膜 104 是垂直于所说的衬底 101 结晶的。如箭头 105 所示, 晶体生长从所说的区域 100 开始, 在除所说的区域 100 的区域内朝横向(平行于衬底)进行(图 1(B))。

在此工艺之后, 对 Si 膜光刻腐蚀 $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ 通过图形转移和腐蚀工艺在衬底上形成许多个 $100 \mu\text{m}$ 见方的岛状 Si 膜 104'。用峰值为 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$, 在本工艺中用 $0.8 \sim 1.4 \mu\text{m}$ 的可见光或近红外线或激光辐照 $30 \sim 600$ 秒, 以促进所说的 Si 膜 104' 的结晶化(图 1(C))。
25

对红外线的光源, 使用卤素灯。可见光和近红外线的强度调节

到，从监视器上测出的单晶硅片上的温度可在 800 ~ 1300 °C，典型值为 900 ~ 1200 °C。

具体地讲，监视埋入 Si 片的热电偶的温度，将其值反馈给红外线的光源。在实施例 1 中，温度的上升或下降如图 5(A)和 5(B)所示。温度以 50 ~ 200 °C/S 的恒定速率上升，通过自然冷却以 20 ~ 100 °C/S 的速度下降。

图 5(A)表示由升温时间 ‘a’、恒温时间 ‘b’ 及降温时间 ‘c’ 三步过程组成的普通温度操作过程。然而，在此情况下，当衬底被快速地从室温到 1000 °C 的高温加热，然后快速地从高温到室温冷却时，该变化对 Si 膜和衬底具有极大的影响，而使 Si 膜起皮。

为解决此问题，如图 5(B)所示，拟定预热时间 ‘d’ 和后加热时间 ‘f’，最好是在恒温时间之前，将衬底保持在 200 ~ 500 °C 的温度，这对衬底和 Si 膜就没有显著的影响。

较理想的是为辐照红外线时，在所说的衬底上形成氧化硅或氮化硅膜作为保护膜。这是因为能使 Si 膜 104 的表面状态保持得较好。因而，所说的保护膜在 H₂ 气氛中形成的。在所说的 H₂ 气氛中可混入 0.1 ~ 10% 的 HCl、氢的卤化物、氟化物、氯化物及溴化物的混合物。

因对结晶的 Si 膜实行选择可见光和近红外线的辐照，因而可将玻璃衬底的加热抑制到最低程度。这种方法对降低 Si 膜中的缺陷或悬空键是很有效的。在加热结晶工艺之后辐照可见光或近红外线也是极其重要的。若突然将红外线辐照在非晶 Si 膜上，未经事先退火结晶，不可能得到良好的晶体。

图 4 表示根据实施例 1 制得的结晶 Si 膜的 Raman 波谱。“C-Si”表示作为参考样品测得的单晶硅片 Raman 扫描的强度。图 4 中的“1100 °C，180sec”是指辐照红外线的温度是 1100 °C、辐照 180 秒。如图所示，Raman 散射的强度随红外线的辐照而增强，然而，它表示晶体的体积百分比的增加。以此方式，使结晶化不充分的区域，经过辐照红外线而结晶。

实施例 2 描述如图 1(A)~(E)所示, 通过在玻璃衬底上形成的结晶 Si 膜, 形成 P 沟 TFT(PTFT)和 N 沟 TFT(NTFT)的互补电路的工艺过程。实施例 2 的构形用于有源 LCD 的象素电极的开关元件、外围驱动电路、还有图象传感器以及集成电路。

5 图 1 表示根据实施例 2 的工艺的剖面图。首先, 通过溅射在衬底 101(No. 7059, Corning Inc 制)上淀积厚 2000 \AA 的氧化硅底膜 102。当所说的衬底被冷却到发生挠曲的温度(下文称挠曲温度)时, 或在底膜淀积之前或之后, 在比挠曲温度高的温度将衬底退火之后, 以 $0.1 \sim 1.0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 降温, 可降低在后序的, 使所说的衬底温度上升的工艺(包
10 括根据本发明的红外线辐照)中所说的衬底的收缩, 并简化了掩模的对准。理想的是在将 No. 7059 衬底(Corning Inc 制)在 $620 \sim 660 \text{ }^\circ\text{C}$ 温度退火 $1 \sim 4$ 小时之后, 以 $0.1 \sim 1.0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 最好以 $0.1 \sim 0.3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 工在温度下降到 $450 \sim 590 \text{ }^\circ\text{C}$ 时取出衬底。

在所说的底膜淀积之后, 设置由氮化硅膜等等形成的掩膜 103。
15 通过掩膜 103 的狭缝露出底膜 102。即, 当从上方观看图 1(A)所示的状态, 通过所说的掩膜的狭缝露出底膜 102, 其余部分被掩蔽。在设置掩膜 103 之后, 通过溅射在区域 100 选择淀积厚 $5 \sim 200 \text{ \AA}$ 例如厚 20 \AA 的硅化镍膜(化学式 NiSiX , $0.4 < X < 2.5$ 例如 $X = 2.0$)。镍被选择地引入区域 100(图 1(A))。

20 接着, 去掉掩膜 103, 通过等离子 CVD 淀积厚 $300 \sim 1500 \text{ \AA}$ 例如厚 500 \AA 的本征(I型)非晶 Si 膜 104。在 $550 \text{ }^\circ\text{C}$ 不活泼的气氛(含低于大气压的氮或氩)退火 $4 \sim 8$ 小时, 使非晶硅膜结晶。此时, 在选择淀积了硅化镍膜的区域 100 内, 促进结晶 Si 膜 104 沿垂直所说的衬底 101 的方向的结晶化。在除所说的区域 100 以外的区域内, 如箭头
25 105(图 1(B))所示促进晶体从所说的区域 100 横向(平行于所说的衬底)的生长。

在上述工艺之后, 在所说的 Si 膜上设置图形, 形成分散的有源层 104', 如 TFT 岛区。此时, 重要的是确定设有晶体生长的前缘存在即

设有结晶和非晶 Si 区域之间的含高浓度镍的边界的存在。照此方式，可使源漏之间的迁移不受沟道形成区的影响。综合考虑 TFT 沟道的长度和宽度，规定有源层 104' 的尺度。该有源层最小尺寸为 $50\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$ ，最大尺寸为 $100\ \mu\text{m} \times 1000\ \mu\text{m}$ 。

5 在一衬底上形成大量的此种有源层。通过辐照峰为 $0.5 \sim 4\ \mu\text{m}$ 的红外光或激光，根据本实施例辐照 $30 \sim 180$ 秒，进一步促进所说的有源层的结晶。对所说的层的温度应当为 $800 \sim 1300\ ^\circ\text{C}$ ，一般为 $900 \sim 1200\ ^\circ\text{C}$ 。在本实施例中，当辐照红外线或激光时，温度为 $1100\ ^\circ\text{C}$ 。为较好的保持有源层表面的状态，在含 H_2 的气氛中实行辐照。正如在
10 本工艺中那样，有源层被选择加热，将玻璃衬底上的热抑制到最小限度。对降低有源层中的缺陷或悬空键(图 1(C))，选择加热是很有效的。

然后，通过等离子 CVD 淀积厚 $1000\ \text{\AA}$ 的氧化硅膜 106 作栅绝缘膜。对于化学汽相淀积(CVD)中所用的材料气体使用四乙氧基硅烷 (TEOS, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) 和氧，在淀积工艺中衬底的温度应是 $300 \sim 550$
15 $^\circ\text{C}$ 。本实施例中当淀积氧化硅膜时的衬底温度是 $400\ ^\circ\text{C}$ 。

当淀积作为栅绝缘膜的氧化硅膜 106 之后，再次通过辐照可见光或近红外线实施退火。由于退火，可能取消主要在氧化硅膜 106 和硅膜 104 间界面及靠近界面的能级。退火对绝缘栅场效应半导体器件是极其有用的，器件中栅绝缘膜和沟道形成区之间界面的特性是极为重要的。
20

接着，通过溅射淀积厚 $6000 \sim 8000\ \text{\AA}$ ，例如厚 $6000\ \text{\AA}$ 的铝(含 $0.01 \sim 0.02\%$ 的铟)。将铝膜图形转移并腐蚀，再形成栅电极 107 和 109。将所说的铝电极表面阳极氧化，在其表面形成氧化层 108 和 110。在含 $1 \sim 5\%$ 的酒石酸的乙二醇溶液中进行阳极氧化。氧化层 108 和
25 110 的厚度为 $2000\ \text{\AA}$ 。因为氧化层 108 和 110 的厚度正是在后序的离子注入工艺中形成栅极区域偏移的距离，所说的偏移栅极区域的长度可在所说的阳极氧化工艺中确定。

然后，用栅电极 107 和周围的氧化层 108 及栅电极 109 和周围的

氧化层 110 作掩模, 通过离子注入(也称等离子掺杂), 将 P 型或 N 型导电杂质引入有源层区域(包括源、漏和沟道)。把磷化氢(PH_3)和乙硼烷(B_2H_6)用作掺杂气体。在前一种情况下, 加热电压应为 60 ~ 90KV, 例如使 80KV。在后一种情况, 应是 40 ~ 80KV, 例如使用 65KV。剂量应是 $1 \times 10^{15} \sim 8 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$, 例如掺磷时为 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$, 掺硼时为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 。掺杂中, 通过用光刻胶掩蔽一个区域, 选择掺杂每个元素。其结果, 形成 N 型掺杂区 114 和 116, 以及 P 型掺杂区 111 和 113。这表示形成 P 沟道 TFT(PTFT)区和 N 沟道 TFT(NTFT)区。

然后, 辐照激光实施退火。对于激光使用波长为 248nm、脉宽为 20nsec 的 KrF 准分子激光, 但是也可使用其它激光。至于辐照光的条件, 能量密度应是 $200 \sim 400 \text{mJ/cm}^2$, 例如使用 250mJ/cm^2 。至于激光辐照的照射次数应是每个地方照 2 ~ 10 次, 例如采用分两次照射。当辐照所说的激光时, 衬底被加热到 $200 \sim 450 \text{ }^\circ\text{C}$, 以增强其效果(图 1(D))。

在本工艺中, 也可用可见光或近红外线实行灯光退火。可见光或近红外线容易添加 $10^{19} \sim 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 的磷或硼的结晶硅或非晶硅吸收可实行等效于在 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 或更高温度下退火的有效退火。若掺入了磷或硼, 即使近红外线也能完全被杂质散射吸收。即使用肉眼观测也可看到, 因为它是黑的。另一方面, 可见光或近红外线几乎不会会被玻璃衬底吸收。因为玻璃衬底仅被加热很短时间, 玻璃衬底不会被加热到高温, 仅仅是因为时间短, 上述灯光退火是最适宜于发生玻璃衬底收缩工艺的方法。

接着, 通过等离子 CVD 淀积厚 6000 \AA 氧化硅膜 118 作层间绝缘体。对于所说的层间绝缘体, 可以使用聚酰亚胺或氧化硅和聚酰亚胺制成的双层。再有, 形成电接触孔, 并用金属材料, 例如用氮化钛和铝的多层膜形成 TFT 的电极和布线 117、120 和 119。最后, 在 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度在低于一个大气压氢的气氛中实行退火 30 分钟, 完成 TFT 互补半导体电路(图 1(E))。

具体地说，在本发明中，重要的是在后一步工艺中，在氢气氛中加热至 250 ~ 400 °C，使在用可见光或近红外线的光退火工艺引起的悬空键中和。

5 上述电路是 CMOS。在所说的工艺中，可同时形成两只 TFT，将它们从中间割开可同时形成独立的两只 TFT。

在实施例 2 中，就掺杂 Ni 的方法而论，在底膜 102 上非晶 Si 膜 104 之下选择淀积 Ni 膜(因为很薄，可能观察不到膜)，采用由此处实施晶体生长之方法。但是，在形成非晶 Si 膜 104 之后，可以选择淀积硅化镍膜。即，从非晶 Si 膜在上面和从下面均可实施晶体生长。也可
10 采用事先淀积非晶 Si 膜，再通过离子注入将镍离子选择掺入所说的非晶硅膜 104 之方法。上述方法之特点是镍元素的浓度精确可控。镍也可以用等离子增强化学汽相淀积(PCVD)或用 CVD 掺杂。

实施例 3 涉及在有源 LCD 中为每个象素设置 N 沟 TFT 作开关元件的情况。将讨论一个象素的情况，可是大量(一般有数十万)的其它象素也是以相同的结构形成的。当然，P 沟 TFT 也可用作开关元件来
15 替代 N 沟 TFT。N 沟或 P 沟 TFT 可用于外围电路来替代 LCD 的象素，也可用于图象传感器以及其它器件。即，可当作薄膜晶体管使用的 TFT 也可用于任何目的。

图 2 表示根据实施例 3 的工艺过程剖面图。在实施例 3 中，关于
20 衬底 201，使用的是 No. 7059 衬底(Corning Inc.制厚 1.1mm，300 × 400mm)。首先，通过等离子 CVD 淀积厚 2000 Å 的氧化硅制成的底膜。对于用于 CVD 的材料气体，使用的是 TEOS 和氧。然后，为选择掺镍，形成氮化硅膜制成的掩模 203，通过溅射淀积厚 5 ~ 20 Å 例如 20 Å 的镍膜。如上所述，选择在区域 204 形成镍膜(图 2(A))。

25 通过低压化学汽相淀积(LPCVD)或等离子 CVD 淀积厚 100 Å 非晶 Si 膜 205。在 450 °C 的温度下实施 1 小时脱氢之后，通过退火使非晶 Si 膜结晶。退火是在 550 °C 温度的氮气氛中连续进行 8 小时。因镍膜形成在非晶 Si 膜 205 下面的区域 204 内，在此退火中结晶由此处发

生。在所说的结晶化中，在形成镍膜的区域 204 内，硅晶体是沿垂直于衬底 201 方向生长的。如图 2(B) 中箭头所示，在未形成镍膜的区域(区域 205)，晶体沿平行于衬底的方向生长(图 2(B))。

在退火工艺之后，将结晶的硅膜刻图，只留下岛状的 TFT 的有源层 205'，其余的全去掉。此时，重要的是在有源层没有生长晶体前缘存在，尤其是在沟道形成区没有生长晶体的前缘存在。具体地讲，理想的是图 2(B) 所示硅膜 205 的至少结晶化的前缘和掺镍的区域 204 被腐蚀掉，而平行于所说的衬底生长晶体的结晶硅膜 205 的中部被用作有源层。要防止在所说的前缘集中所含的镍对 TFT 的特性有坏的影响，因为镍被包含在晶体生长的前缘和集中掺杂的区域内。用可见光和红外辐射辐照在所说的岛状有源层 205' 上，再用光在 1100 °C 退火 30 秒。激光可用来替代近红外线(图 2(C))。

通过等离子 CVD 在氧气氛中用 TEOS 形成氧化硅栅绝缘膜(厚 70 ~ 120nm，一般为 120nm)。此时衬底表面为 350 °C。然后，用 CVD 形成主要包含公知的多晶硅的膜，通过图形转移和腐蚀形成栅电极 207。在所说的多晶硅中添加 0.1 ~ 5% 的作为掺杂剂的磷，以增强电导率。

然后，通过离子注入掺入作为 N 型掺杂剂的磷，以自对准方式形成源区 208，沟道形成区 209 和漏区 210。通过 KrF 激光辐照，改善于离子注入而使结晶度受到损坏的硅膜的结晶度。此时激光能量的密度为 50 ~ 300mJ/cm²。通过激光辐照，TFT 源或漏的薄层电阻相当于 300 ~ 8000 Ω/□。此工艺中可用可见光和近红外辐射经进行光退火(图 2(D))。

然后，用氧化硅或聚酰亚胺形成一层绝缘体 211，再用 ITO 形成象素电极 212。形成电接触孔在 TFT 的源或漏区用铬或铝多层膜形成电极 213 和 214。一个电极 214 还与 ITO 212 相连接。最后，将通过所有上述工艺的衬底在 200 ~ 400 °C 温度的氢气中作 2 小时退火，使之氢化。结果，完成 TFT。在许多其它象素区也同时实施此工艺。为

增强耐湿性，在整个衬底的表面上用氮化硅形成钝化膜(图 2(E)).

因为使用已经受沿载流子运动方向晶体生长的结晶硅膜作为本实施例制作的 TFT 的包括源、漏和沟道形成区的有源层，载流子不会跨过晶粒的边界，即载流子沿针状晶体的晶粒边界运动。因而，可得到具有高载流子迁移率的 TFT。按实施例 3 制作 TFT 是 N 沟型，其迁移率为 $90 \sim 130(\text{cm}^2/\text{Vs})$ 。与已有的使用通过在 600°C 温度经 48 小时退火而结晶化获得结晶硅膜的 N 沟 TFT 的 $50 \sim 70(\text{cm}^2/\text{Vs})$ 迁移率相比较，上述 N 沟 TFT 具备大大增强的特性。若未用可见或红外辐射或激光辐照实行退火，迁移率基本上是低的，开-关速率也是低的。这揭示用强烈的辐照或激光促进结晶化的工艺对增强 TFT 的可靠性是有用的。

参考图 3，描述实施例 4。首先，在玻璃衬底 301 上形成底膜 302，再通过等离子 CVD 淀积厚 $300 \sim 800 \text{ \AA}$ 非晶硅膜 304。使用与实施例 1 相同的厚 1000 \AA 的氧化硅掩模 303 在区域 300 形成镍膜。然后，在 550°C 在温度使上述衬底退火 8 小时，以使硅膜 304 结晶。此时，晶体生长如箭头 305 所示平行于衬底(图 3(A))。

然后，在硅膜 304 上作图形转移并腐蚀该膜，形成有源层区如岛区 306 和 307。此时，由 300 表示的区域是直接掺杂并含有高浓度镍的区域。在晶体生长的边缘，如实施例 2 和 3 所示，也含有高浓度的镍。经证实，在这些区域内，镍的浓度与上述区域之间的结晶区相比要高出近一位数。因而，在本实施例中，通过在除高浓度镍区域以外的区域做图形转移并腐蚀形成有源元件，例如为形成 TFT 的区域。有源层区 306 和 307。即，有意地排除含镍浓度高的区域。通过在垂直方向具有各向异性的反应离子刻蚀(RIE)腐蚀有源层区。本实施例中有源层内镍的浓度近似为 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (图 3(B))。

在本实施例中，用有源层 306 和 307 获得互补 TFT 电路。即，在这点上，在本实施例的电路中，PTFT 和 NTFT 是隔开的，所说的电路与实施例 2 的图 1(D)所示的电路是不同的。即，在图 1(D)所示的构

形中，两个 TFT 的有源层是相连的，而在中间区域的镍的浓度是高的。然而，本实施例具有在任何部位镍浓度都是低的特性。因而，增强了动作的稳定性。

5 然后，通过等离子 CVD 淀积厚 200~3000 Å 的氧化或氮化硅膜 308。同实施例 2 一样，通过可见或近红外辐射或激光辐照实行灯光退火。情况与实施例 3 相同。在本实施例中，当辐照可见或近红外辐射或激光时，在有源层表面形成氧化硅或氮化硅的保护膜 308，因而可防止由红外辐射或激光辐照所引起的粗糙或污染(图 3(C))。

10 在可见或近红外辐射或激光辐照之后，去掉所述保护膜 308。然后，与实施例 2(图 3(D))相同形成栅绝缘 309、栅电极 310 和 311，再形成层间绝缘体 312、在所说层间绝缘体内的电接触孔以及金属布线 313、314 和 315(图 3(E))。

15 如上所述，形成了互补 TFT 电路。在本实施例中，在辐照可见或近红外辐射或激光时，在有源层表面上形成保护膜，防止该表面的粗糙或污染。本实施例的特性(电场迁移率和阈值电压)和可靠性极好。

实施例 5 涉及用形成在玻璃衬底上的结晶硅膜的 P 沟 TFT(PTFT)和 N 沟 TFT(NTFT)的互补电路。上述本实施例的构形可用于象素电极和开关元件的有源 LCD、图象传感器以及集成电路的外围驱动电路。

20 图 6 表示根据实施例 5 的工艺的半导体器件剖面图。首先，通过溅射在 No. 7059 衬底(Corning Inc 制)淀积厚 2000 Å 的氧化硅底膜 402。在底膜淀积之前或之后在所说的衬底在比挠曲温度还高的温度下退火之后，当所说的衬底以 0.1 ~ 1.0 °C/min 冷却到比在所说的衬底发生挠曲的温度还低时，所说的衬底很少在温度上升的后序工艺(包含本发明的辐照近红外辐射)中收缩并易于掩模对准。在 No. 7059 衬底
25 (Corning Inc.制)的情况下，理想的是在 620 ~ 660 °C 温度退火 1-4 小时后，以 0.1 ~ 1.0 °C/min，最好以 0.1 ~ 0.3 °C/min 冷却，当所说的衬底温度降至 450 ~ 590 °C 时，取出衬底。

在淀积底膜之后，形成氮化硅膜等的掩膜 403。通过掩膜 403 的

狭缝露出底膜 402。即，图 6(A)所示是从上方看到的状态，底膜 402 在狭缝露出，而其余部分被掩蔽。在形成所说的掩膜 403 之后，在以 400 表明的区域选择淀积厚 5 ~ 200 Å 例如厚 20 Å 的镍膜。在此情况下，镍是被选择掺入所说的区域 400 内的(图 6(A))。

5 接着，去掉所说的掩膜 403，再通过等离子增强 CVD 淀积厚 300 ~ 1500 Å 例如厚 500 Å 的本征(I型)非晶硅膜 404。将上述衬底在不活泼的气氛(含不足一大气压的氮或氩)在 550 °C 退火 4 ~ 8 小时，以使所说的非晶硅膜结晶。此时，在选择淀积镍膜的所说的区域 400 内，促进结晶硅膜 404 垂直于所说的衬底 401 的结晶化。在除区域 400 以外的区域，促进晶体从箭头所示的区域 400 横向(平行所说的衬底方向)生长。通过用 SIMS 和 TEM 分析证明；在首先掺镍的区域或结晶化边缘存在的区域内(图 6 的阴影部分 405)镍的浓度都是高的(图 6(B))。

在此工艺之后，在硅膜上作图形转移，形成岛状的 TFT 有源层 404'。

15 此时，在将成为沟道形成区那部分没有晶体生长的边缘(即结晶硅区和非晶硅区之间的镍浓度高的边界)存在。这种设计规范能减小镍元素对载流子在源和漏之间在沟道形成区内迁移的影响。综合考虑 TFT 沟道的长度和宽度来确定有源层 404' 的尺寸。小的为 50 μm × 20 μm，大的为 100 μm × 1000 μm。

20 在所说的衬底上大量形成此类有源层。用峰值波长为 0.5 ~ 4 μm 例如 0.8 ~ 1.4 μm 的可见或近红外辐射置于含 10 ~ 90%，例如 30% 的氯化氢的氢气气氛中的衬底辐照 30 ~ 180 秒。除了所说的氯化氢，可使用四氯化碳，四氯化硅、三氟化氮及六氟化二碳。

可使用卤素灯作为可见或近红外辐射的光源。调节可见或近红外辐射的强度，使得由监测器送出的单晶硅片表面的温度在 800 ~ 1300 °C 一般在 900 ~ 1200 °C。具体地说，监测埋入硅片中热电偶的温度，再反馈到红外辐射光源。在本实施例中，温度的上升或下降如图 5(A) 或(B)所示。温度增高率保持恒定，使其以 50 ~ 200 °C/秒升高。靠自

然冷却，使温度以 20 ~ 100 °C/秒下降。

图 5(A)表示包括升温时间 a、恒温时间 b 及降温时间 c 三步的一般温度升降过程。但是，就此情况而论，所说的衬底从室温被加热到 1000 °C 高温或从高温迅速冷却到室温，这种温度的快速升降对硅膜或所说的衬底具有极大的影响，可使所说的硅膜起皮。

为解决此问题，理想的是，规定预热时间 'd' 及后加热时间 'f'，并且在温度达到所说的恒温时间之前，使所说的衬底或膜保持在对衬底或膜没有显著影响的温度 200 ~ 500 °C。

因为这种可见或近红外辐射的辐照选择加热结晶的硅膜，可将对玻璃衬底的加热抑制到最小。因为这种辐照是在含氢的环境气氛中完成的，上述工艺规范对降低硅膜中的缺陷或悬空键很有效果。在用可见或近红外辐射辐照之后，将硅膜在纯水中清洗。

按此方式，去掉有源层如岛状 404' 中所含的镍。根据 SIMS 数据分析，若不进行可见或近红外辐射辐照，TFT 沟道形成区内镍的浓度为 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 或更高。但在本实施例中，用可见或远红外辐射照射将浓度抑制到 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ (测量极限) 或更低。

在此工艺之后，对硅膜实施图形转移并腐蚀成 10 ~ 1000 μm 大小。例如，进行图形转移形成 100 μm 见方的尺度，在所说的衬底上形成许多岛状 404' Si 膜。然后，对所说的衬底用峰值为 0.5 ~ 4 μm 例如 0.8 ~ 1.4 μm 的可见或近红外辐射辐照 30 ~ 600 秒，以促进所说的 Si 膜 404' 的结晶化(图 6(C))。

通过等离子增强 CVD 淀积厚 1000 Å 的氧化硅膜作为栅绝缘膜。使用 TEOS($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)和氧作为 CVD 的材料气体。淀积过程中衬底的温度应是 300 ~ 550 °C 例如为 400 °C。

淀积作为栅绝缘膜的氧化硅膜 406 之后，再用可见或近红外辐射辐照可使所说的衬底退火。经光退火，主要可压低氧化硅膜 406 和硅膜 404 间的界面处和界面附近的能级。这对栅绝缘膜和沟道形成区的特性极其重要的绝缘栅场效应半导体器件来说是极为有用的。

然后，通过溅射淀积厚 6000 ~ 8000 Å，例如 6000 Å 的铝(含 0.01 ~ 0.2% 的钐)。对铝膜进行图形转移并腐蚀，形成栅电极 407 和 409。再使铝电极的表面阳极氧化，在表面形成氧化层 408 和 410。在含 1-5% 酒石酸的乙二醇溶液中实行阳极氧化。形成的氧化层 408 和 410 的厚度为 2000 Å。因为氧化层 408 和 410 的厚度等价于后序离子注入工艺中偏移栅极区的距离，所以在阳极氧化工艺中可确定偏移栅极区的长度。

接着，通过离子注入(也称等离子增强掺杂)在有源层区(包括源/漏和沟道)渗入 P 型或 N 型导电的掺杂剂。此时，用栅电极 407 及其周围氧化层 408 和栅电极 409 及其周围的氧化层 410 作为掩膜。使用磷化氢(PH₃)和乙硼烷(B₂H₆)作掺杂气体。对前一种情况，加速电压就是 60 ~ 90KV，例如 80KV。对后一种情况，加速电压应是 40 ~ 80KV，例 65KV。剂量就是 $1 \times 10^{15} \sim 8 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ ，例如磷的剂量为 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ ，硼的剂量为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 。在注入中，通过一区域淀积光刻胶，选择掺入每种元素。结果，形成 N-型掺杂区 414 和 416 及 P 型掺杂区 411 和 413 而形成 P 沟 TFT(PTFT)区及 N 沟 TFT(NTFT)区。

然后，用激光辐照完成退火。使用 KrF 准分子激光(波长：248nm，脉宽：20ns)作激光，但其它激光也可使用。致于激光的辐照条件，能量密度应 200 ~ 400mJ/cm²，辐照次数应为每个地方 2 ~ 10 次，例如辐照两次。在激光辐照之同时，可将衬底加热至 200 ~ 450 °C，以增强其效果(图 6(D))。

对于此工艺中的退火辐照，可使用可见或近红外辐射来替代激光。可见或近红外辐射易被添加 $10^{19} \sim 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 磷或硼的结晶硅或非晶硅所吸收。因而，可完成等效于衬底表面温度为 1000 °C 或更高的有效退火。当掺入磷或硼时，即使是近红外辐射也能靠杂质散射而完全被吸收。另一方面，因为光几乎不怎么被玻璃衬底吸收，所说的衬底未被加热到高温。因用光退火不需要长时间，这对玻璃衬底的收缩成为问题的工艺是最合适的方法。

然后，通过等离子增强 CVD 淀积厚 6000 \AA 的氧化硅膜 418 作为层间绝缘体。可使聚酰亚胺或氧化硅和聚酰亚胺双层膜作层间绝缘膜。再形成接触孔，并用金属材料，例如用氮化钛同铝的多层膜形成 TFT 的电极和布线 417、420 和 419。最后，在低于一大气压下含氢的环境气氛中在 $200 \sim 450 \text{ }^\circ\text{C}$ ，如 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 进行退火 30 分钟，制成 TFT 互补半导体电路(图 6(E))。

在本发明中，特别重要的是在最后工艺中，将衬底在 $250 \sim 400 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度含氢的环境气氛中加热，来中和在用可见或近红外辐射退火的工艺中所引起的悬空键。

上述电路是 PTFT 和 NTFT 的互补电路(CMOS)，然而以及此工艺也可同时制成两个 TFT，也可从中间分割开同时制两个独立的 TFT。

对于本实施例中的掺镍方法，因为镍膜很薄不可能观察到膜，它选择形成于非晶硅膜 404 之下底膜 402 之上，而采用从所说的镍薄膜进行晶体生长的方法。便也可采用在非晶硅膜 404 形成之后再选择淀积镍膜的方法。即可从非晶硅膜的上表面进行晶体生长，也可从下面进行晶体生长。还可以采用事先淀积非晶硅膜、再离子注入，将镍离子选择注入到所说的非晶硅膜 404 的方法。此情况之特点在于，镍元素的浓度可被严格控制。还可使用等离子增强 CVD 或 CVD。

实施例 6 涉及作为为每个有源 LCD 象素设置的开关元件的 N 沟 TFT。下面给出对一个象素的描述；但以相同的构形可形成许多其它(一般有数十万个)象素。当然，可使用 P 沟 TFT 替代 N 沟 TFT。也可以为外围电路区域设置 N 沟 TFT，而不为 LCD 象素设置 NTFT。N 沟 TFT 也可以用于图象传感器或其它器件。即，若作为薄膜晶体管使用，则可用于任何目的。

图 7 表示实施例 6 工艺的剖面图。在实施例 6 中，使用 No. 7059 玻璃衬底(Corning Inc.制厚: 1.1mm $300 \times 400\text{mm}$)作衬底 501。首先，经等离子增强 CVD 淀积厚 2000 \AA 的底膜 502(氧化硅)。使用 TEOS 和氧作 CVD 的材料气体。再经 LPCVD 淀积厚 $300 \sim 1500 \text{ \AA}$ 例如 800

Å 的硅膜 505。为进行选择掺杂，由氮化硅膜形成掩膜 503。经溅射淀积厚 5 ~ 200 Å 例如 20 Å 的镍膜。以此方式，在面积 504，硅和镍膜是选择接触的。

5 在 450 °C 温度对衬底脱氢 1 小时之后，经退火使其结晶。在此退火工艺中，使衬底在 600 °C 温度含氮的环境气氛中退火 4 小时。当在的说的退火工艺中，在非晶硅膜 505 之上的区域 504 之内形成镍膜，在所说的区域内发生结晶化。在结晶化中，在未形成镍的区域(除区域 504 以外的区域)促进晶体沿平行于所说的衬底，如图 7(B)箭头所示方向生长。正好在的说的区域 504 之下和在结晶化的前缘形成含镍浓度高的区域 506。

10 在所说的退火工艺之后，对结晶硅膜进行图形转移，腐蚀掉其它区域，只留下岛状的 TFT 的有源层 505'。此时，确定衬底，使在有源层尤其在沟道形成区无晶体生长的前缘存在是极为重要的。

15 具体来讲，理想的是，腐蚀掉图 7(B)所示硅膜 505 的至少结晶化的前缘和掺杂区域 504，使用结晶硅膜 505 中晶体沿平行于衬底方向生长的中间部分作有源层。要防止含镍浓度高的边缘对 TFT 特性持有不良的影响，因为在晶体生长的前缘和掺杂区，含镍浓度是高的。

20 然后，将衬底置于氯化氢和氧的混合气体(一大气压，氯化氢/氧 = 1/4)中，在 550 ~ 650 °C 的温度例如 600 °C 热氧化岛状有源层 505' 1 小时。使用四氯化碳、四氯化硅、三氟化氮和六氟化二碳可替代氯化氢。结果，在岛状硅膜 505' 表面形成厚 100 Å 氧化硅膜 506。在这种热退火工艺中，气氛压力可调节到一适当值。用微波或射频波(RF 波)产生等离子体。

25 然后，将衬底浸泡在氢氟酸与作为缓冲溶液的氟化铵的混合溶液的缓冲氟化氢溶液(HF/NH₄F = 1/10)中 3 ~ 7 秒，腐蚀氧化硅膜 506。在含氧的环境气氛中经等离子增强 CVD 用 TEOS 形成厚 70 ~ 120nm(一般 120nm)的氧化硅栅绝缘膜 507。衬底表面温度为 350 °C。然后，通过 CVD 形成主要含公知的多晶硅的膜，对该多晶硅进行图形

转移和腐蚀形成栅电极 508。对多晶硅掺入 0.1 ~ 5% 的作为增强导电率的掺杂剂的磷。

5 然后，用离子注入掺入磷作为 N 型杂质，以自对准方式形成源/漏区 510 和沟道形成区 509。通过 KrF 激光辐照，改善因离子注入而结晶度被破坏了的硅膜的结晶度。激光的能量密度就是 250 ~ 300mJ/cm²。通过激光辐照，TFT 源/漏的薄层电阻为 300 ~ 800 Ω/□。在此工艺中，也可进行可见或近红外辐照灯火退火(图 7(D))。

10 然后，用氧化硅或聚酰亚胺形成层间绝缘体 511，再用 ITO 为象素形成电极 512。形成接触孔，在 TFT 的源/漏区用铬/铝多层膜形成的电极 513 和 514。一个电极 514 还与 ITO 512 相连接。最后，把衬底在 200 ~ 450 °C 例如 350 °C 的氢气中退火 1 小时，使之氢化。在上述工艺之后，完成 TFT。在许多其它象素区也同时进行此工艺。在整个表面形成氮化硅保护膜，以增强耐湿性(图 7(E))。

15 对于本实施例中制成的 TFT，使用沿载流子迁移的方向生长晶体的结晶硅膜作有源层包括源区沟道形成区和漏区。因而，没有载流子横穿晶粒边界，即载流子顺着针状晶体的晶粒边界迁移，可制得高载流子迁移率的 TFT。在本实施例制成的 TFT 是 N 沟型，迁移率为 90 ~ 130cm²/Vs。与通过在 600 °C 退火 48 小时的结晶化制得的结晶硅膜的已有 N 沟 TFT 的迁移率 50 ~ 70cm²/Vs 相比较，本实施例的迁移率 90 ~ 130cm²/Vs 揭示其特性得以增强。若在 600 °C 温度退火结晶化工艺之后，衬底不在含氯化氢的环境气氛中氧化，实质上，迁移率是低的，开-关速率也是低的。这被认为是由于在淀积和氧化膜腐蚀工艺中去除了镍的作用，以及结晶化改善的结果。据证明，本实施例所示的强
20 光辐照工艺对增强 TFT 的可靠性是有用的。

25 参照图 8，描述实施例 7。首先通过溅射或等离子增强 CVD 在玻璃衬底上淀积底膜 602，再通过等离子增强 CVD 淀积厚 300 ~ 800 Å 的非晶硅膜 604。在形成厚 1000 Å 的氧化硅膜 603 之后，对所说的氧化硅膜进行选择图象转移和腐蚀。结果，露出非晶硅膜 604 的一部

分。通过溅射在部分非晶硅膜上淀积厚 500 ~ 2000 Å 例如 1000 Å 的镍膜 600。然后，在 450 °C 含氮的环境气氛中进行退火 1 小时，在与镍膜 600 相接触的那部分硅膜内形成硅化镍层 605(图 8(A))。

5 然后，用硝酸或包括硝酸和加入硝酸中的乙酸的溶液来腐蚀所说的镍膜。然后对结晶硅膜 604 在 550 °C 含氮的环境气氛中进行退火 8 小时。此时，促进晶体平行于衬底如图 8 箭头所示方向生长。在掺入硅化镍的区域中及其附近及在结晶化的前缘，形成含镍浓度高的区域 605(图 8(B))。

10 然后，对所说的硅膜 604 实施图形转移并腐蚀，形成岛状的有源层区 606 和 607。在图 8(B)用 605 标明的区域内，含镍浓度高。据证明，在这些区域中，镍的浓度比这些区之间的结晶区高近一位数。因此，本实施例中，对有源元件，例如形成 TFT 的区域的有源层区 606 和 607，在含镍浓度高的区域以外区域上进行图形转移。用在垂直方向上具有各向异性的反应离子刻蚀(RIE)腐蚀有源层。在此情况有源层
15 内镍的浓度近似为 $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

本实施例中，用有源层 606 主 607 制作互补 TFT 电路。然而，本实施例中电路的构形不同于图 6(D)所示实施例 5 的构形，事实上，本实施例中电路中，PTFT 和 NTFT 是隔开的。即，在图 6(D)所示的构形中，两个 TFT 是相连接的，在中间区域，含镍浓度高。然而，本实
20 施例之特点在于，在任一部分镍的浓度都是低的。但从欲得到充分可靠性观点出发，则要求进一步降低镍的浓度。

然后，对根据本发明的衬底辐照强光。将衬底置于含用 10% 的氧稀释的氯化氢的环境气氛中，用波长主要为 0.8 ~ 1.4 μm 的可见或近红外辐射辐照在衬底上。可以使用四氯化碳，四氯化硅、三氟化氮和六
25 氟化二碳来替代氯化氢。此时的温度例如为 1100 °C，是由监测器送出的硅片的温度。辐照时间为 30 秒。在此工艺中，在有源层表面形成厚 150 Å 的氧化硅膜(图 8(C))。

在用可见或近红外辐射辐照之后，将衬底浸泡在缓冲的氟化氢溶

液中，以腐蚀掉在衬底表面形成的氧化硅膜。通过此工艺，使镍在有源层的浓度降至 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ (SIMS 的测量极限) 或更低。然后，同实施例 5 一样，形成栅绝缘膜 609 及栅电极 610 和 611 (图 8(D))。再形成层间绝缘体和金属布线 613、614 及 615。按此方式，形成互补 TFT 电路 (图 8(E))。

图 9 表示实施例 8 工艺的剖面图。在实施例 8 中，在氧化环境气氛中经 KrF 准分子激光 (波长 248nm) 辐照，在岛状硅面表面形成薄氧化膜。实施例 8 表示一个促进硅膜结晶化的工艺实例。参照图 9，描述使用经上述工艺处理过的硅膜形成有源矩阵电路中象素的开关晶体管的工艺。

与实施例 5 使用的相同，在 640°C 温度首先对衬底退火 1 小时之后，以 $0.2^\circ\text{C}/\text{min}$ 将衬底 501 冷至 580°C 。在衬底上形成厚 2000 \AA 的氧化硅制成的底膜 502 和厚 5000 \AA 的非晶硅膜 503。通过热氧化或用氧化剂如过氧化氢处理在非晶硅膜 503 的表面还形成厚 $10 \sim 100 \text{ \AA}$ 的氧化硅膜。

在此条件下，用旋涂法形成极薄的醋酸镍层 504。使用水或乙醇作溶剂，醋酸镍的浓度为 $10 \sim 50 \text{ ppm}$ (图 9(A))。

然后，使用衬底在 550°C 含氮的环境气氛中退火 4 ~ 8 小时。结果，通过镍对结晶硅膜 505 的结晶化促进作用使非晶硅膜 503 结晶。经核实，在结晶硅膜 505 的一部分仍存在大小为 $1 \sim \text{数 } \mu\text{m}$ 的非晶区域 (图 9(B))。

接着，用公知的光刻技术刻蚀硅膜，形成岛状硅区 506。暂时去掉留在硅膜表面上的氧化膜。

然后，把衬底置于含 30% 氯化氢的氧气氛中，用 KrF 准分子激光辐照所说的衬底。辐照能量密度应是 $250 \sim 450 \text{ mJ/cm}^2$ ，例如 300 mJ/cm^2 ，对衬底的每个地方辐照 10 ~ 50 次。结果，形成厚 $10 \sim 50 \text{ \AA}$ 的氧化硅膜 507。激光的能量密度和次数可根据待形成的氧化硅膜 507 的厚度选定。在此辐照激光的处理中，使留下所说的结晶硅膜

中的非晶区域也被结晶，可进一步改善硅膜的结晶度。在激光辐照工艺之后，再在上述条件下进行退火(图 9(C))。

5 在激光辐照之后，用纯水清洗硅膜。然后，通过等离子增强 CVD 淀积厚 1200 Å 氧化硅膜作栅绝缘膜。对于使用 TEOS($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)和氧作用于 CVD 的材料气体，淀积中衬底温度应定在 300 ~ 550 °C 之间，例如 400 °C。

接着，经溅射淀积厚 3000 ~ 8000 Å，例如 6000 Å 的含 0.01 ~ 0.2% 钨的铝。然后，对铝膜进行图形转移和腐蚀，形成栅电极 509。

10 然后，用栅电极作掩膜，以自对准方式通过离子注入将具有 P 型导电掺杂剂掺入到栅电极以外的区域。使用乙硼烷(B_2H_6)作掺杂气体，加速电压应是 40 ~ 80KV 例如 65KV 剂量应是 $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ ，例如 $5 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ 。结果，形成 P 型掺杂区 510 和 511。然后，经激光辐照进行退火。使用 KrF 准分子激光(波长: 248nm, 脉宽: 20ns)作激光。情况与实施例 5 的相同(图 9(D))。

15 接着，通过等离子增强 CVD 淀积厚 600 Å 的氧化硅膜 512 作层间绝缘体，并在该膜内形成接触孔。然后，用金属材料、诸如氮化钛和铝的多层膜在 P 型掺杂区 510 形成电极和布线 513。再通过等离子增强 CVD 淀积厚 2000 ~ 5000 Å，例如 3000 Å 的氮化硅膜 514 作钝化膜。腐蚀氮化硅膜和氧化硅膜 512，在掺杂区 511 形成接触孔。最后，通过溅射淀积厚 1000 Å 的透明导电材料 ITO 膜，腐蚀该膜，形成象素电极 515。

借助上述工艺，形成有源矩阵电路中的象素的晶体管。若这些元件排成矩阵，则形成有源矩阵电路。在本实施例中，用 KrF 准分子激光器作激光器，然而当然，也可使用其它激光器。

25 当对结晶硅膜用可见或近红外辐射或激光辐照进行退火时，借助退火使结晶硅膜结晶，进一步促进结晶，可改善膜的质量。结果，可制成结晶度良好的硅膜。在硅膜上形成绝缘膜之后，再通过用红外辐射辐照减低界面能级，在此工艺之后，可去除悬空键，或在 200 ~ 450

°C 的温度含氢的环境气氛中实施氢退火而中和。

5 在含氯或氟气体的气氛中通过可见或近红外辐射的短时间辐照，加热硅膜。然后，淀积或蒸发金属元素有助于促进含在 Si 膜中的结晶，如氯化物或氟化物。然后，在含氯化物气体或氟化物的氧化气氛中加热硅膜或用可见或近红外辐射照短时间，在 Si 膜表面形成氧化膜。腐蚀该氧化膜，可降低 Si 膜中金属元素的浓度。通过这些工艺，也可得到进一步增强硅膜结晶度的效果。由于降低了金属元素的浓度，增强了用上述工艺处理过的硅膜所制成的薄膜半导体器件，例如 TFT 和 TFD 的可靠性。因为改善了结晶性，也使 TFT 和 TFD 的特性
10 得以增强。综上所述，本发明对绝缘栅半导体器的形成是极为有效的。

说明书附图

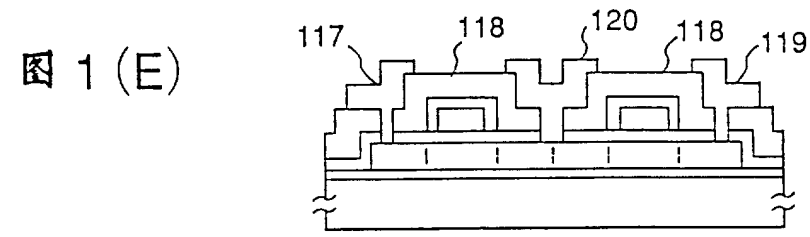
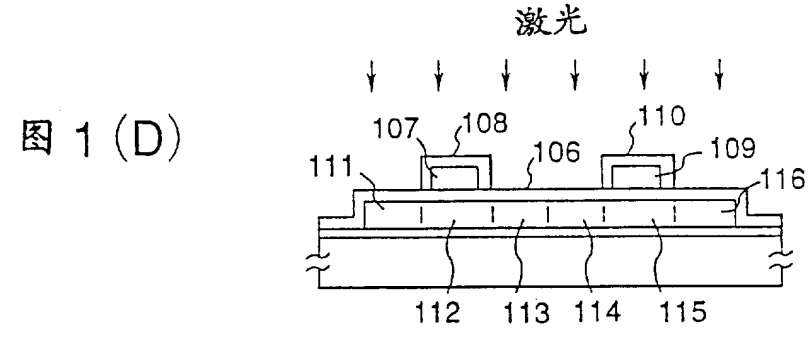
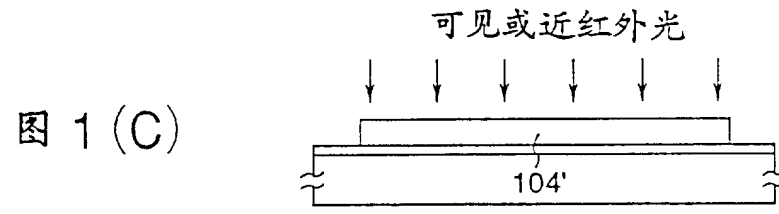
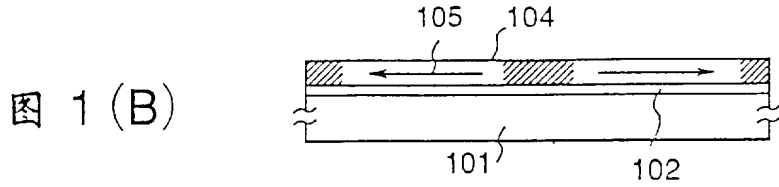
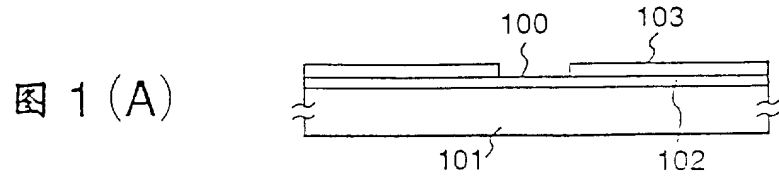


图 2 (A)

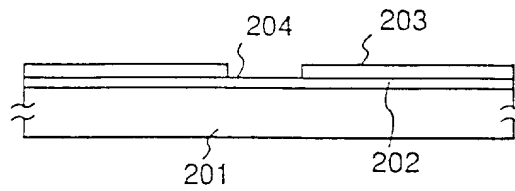


图 2 (B)

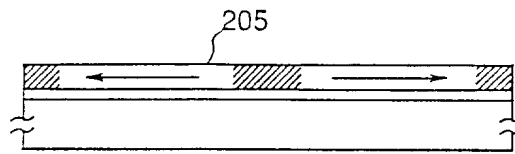


图 2 (C)

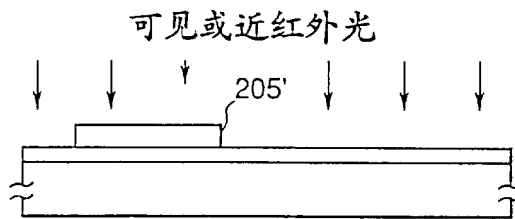


图 2 (D)

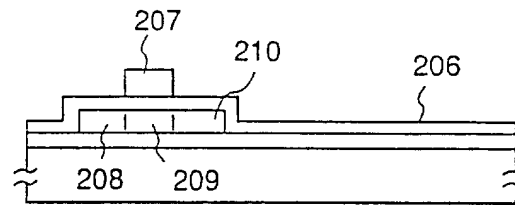


图 2 (E)

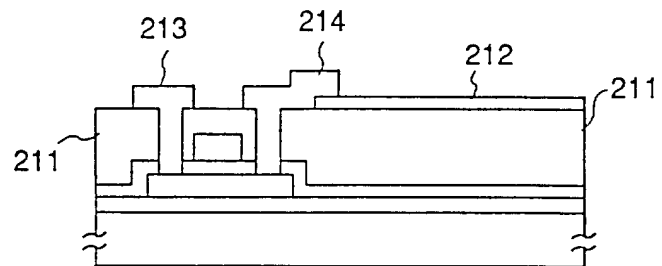


图 3 (A)

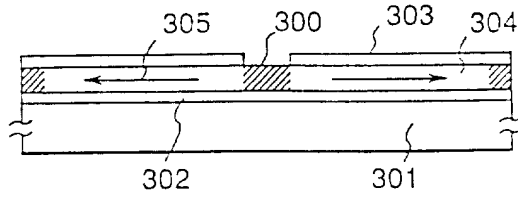


图 3 (B)

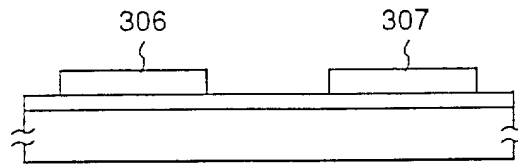


图 3 (C)

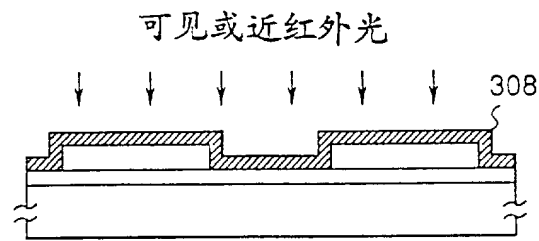


图 3 (D)

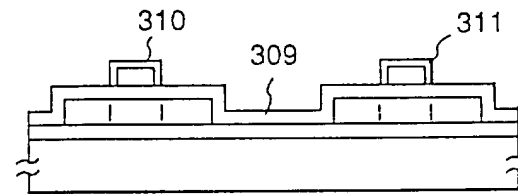


图 3 (E)

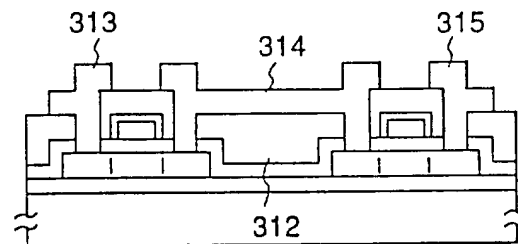


图 4

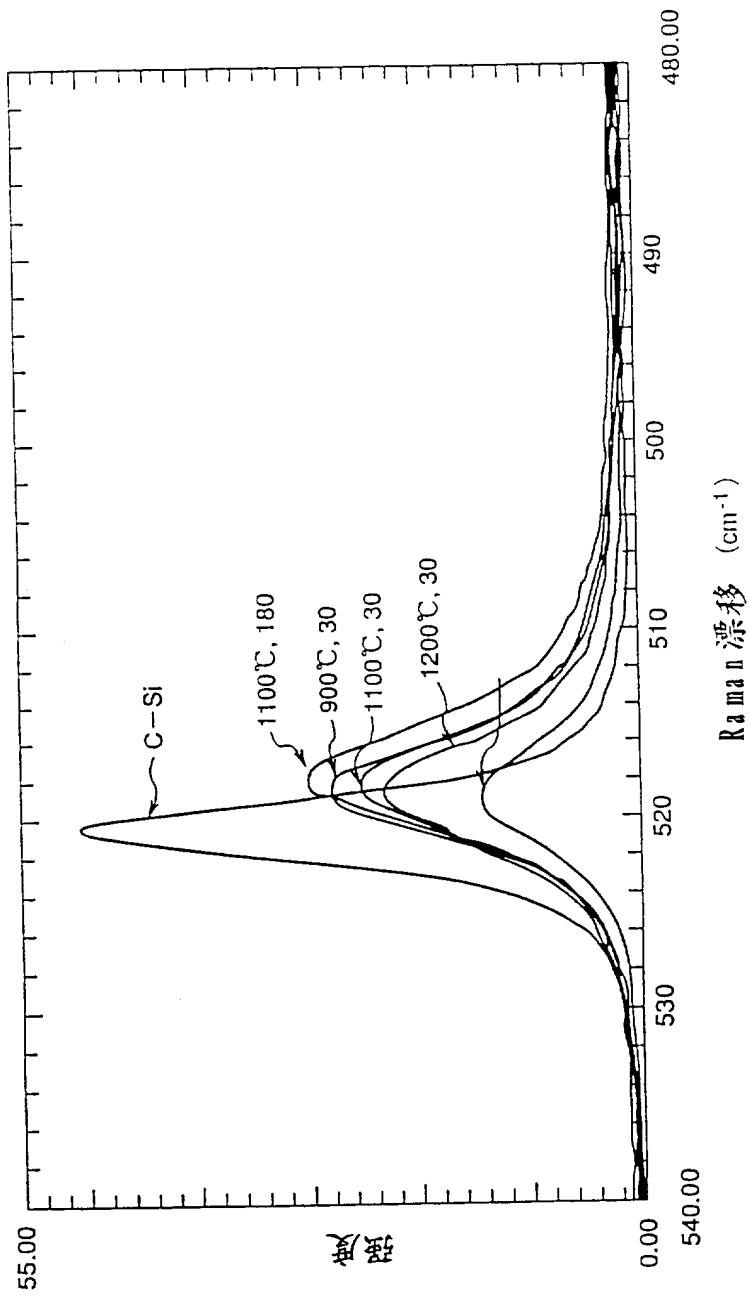


图 5 (A)

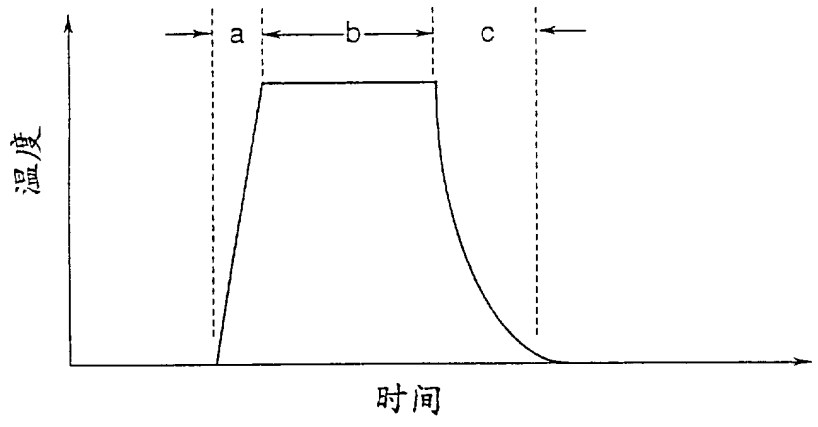


图 5 (B)

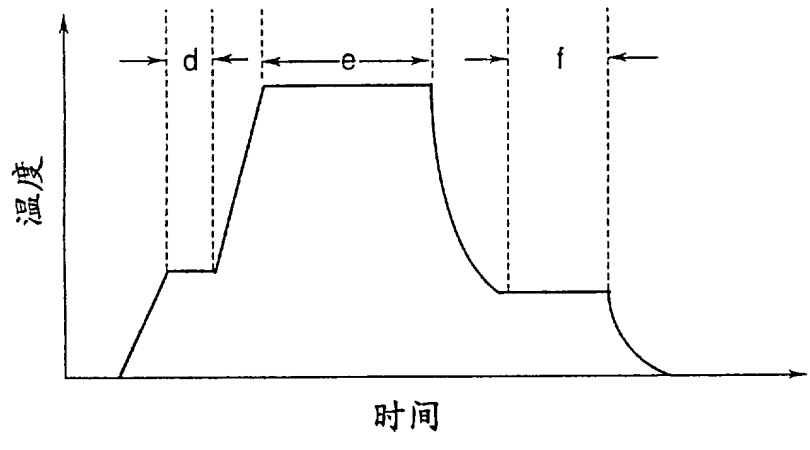


图 6 (A)

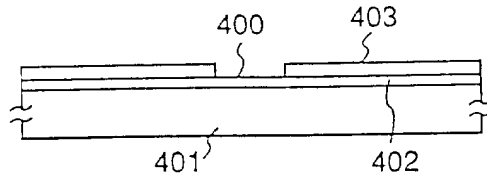


图 6 (B)

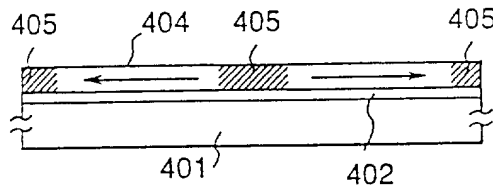


图 6 (C)

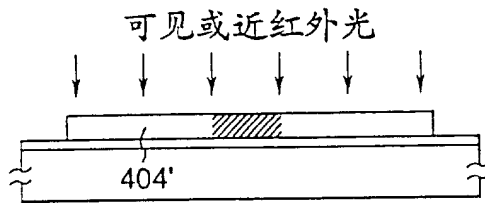


图 6 (D)

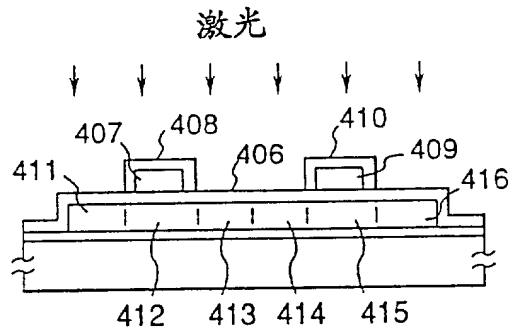


图 6 (E)

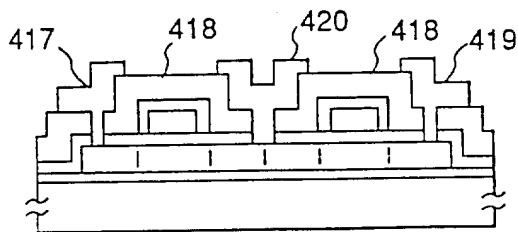


图 7 (A)

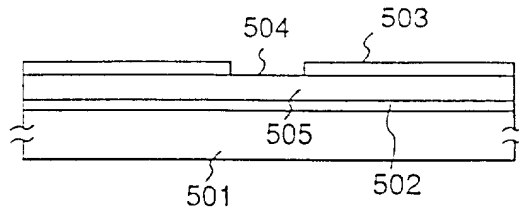


图 7 (B)

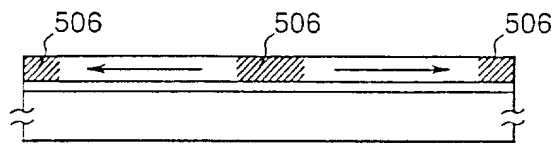


图 7 (C)

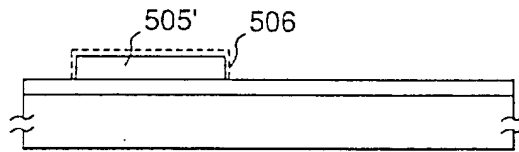


图 7 (D)

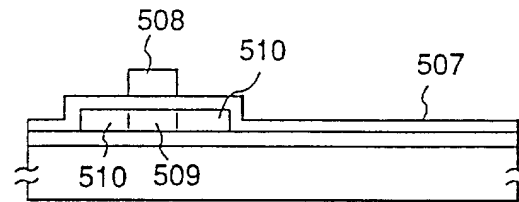


图 7 (E)

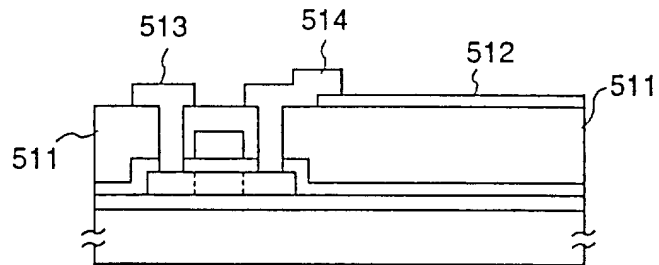


图 8 (A)

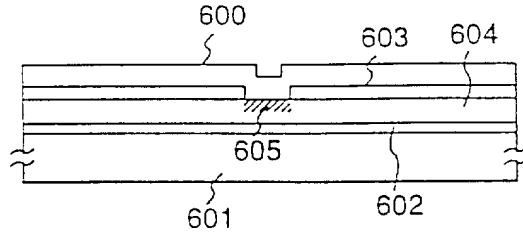


图 8 (B)

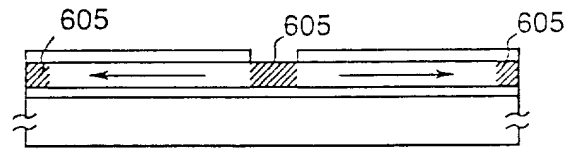


图 8 (C)

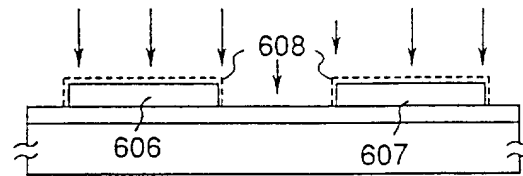


图 8 (D)

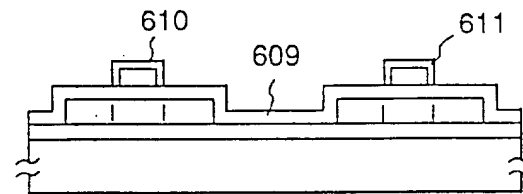


图 8 (E)

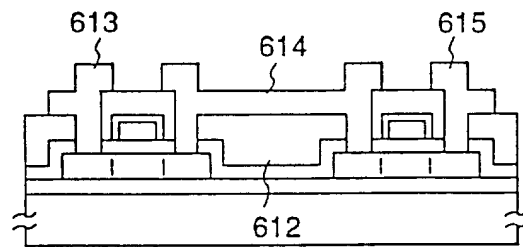


图 9(A)

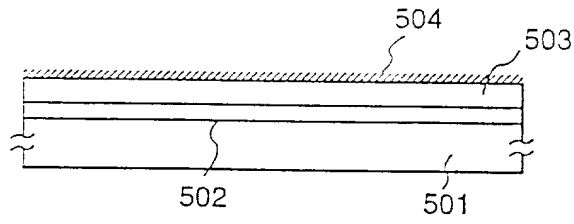
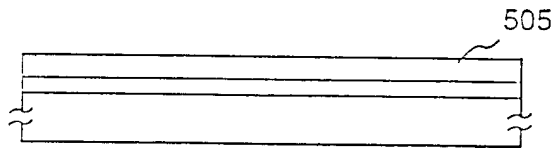
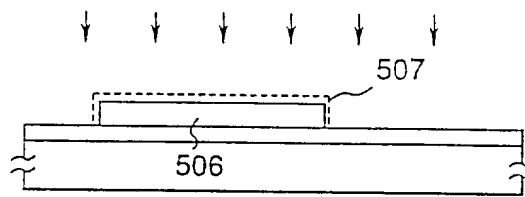


图 9(B)



激光

图 9(C)



激光

图 9(D)

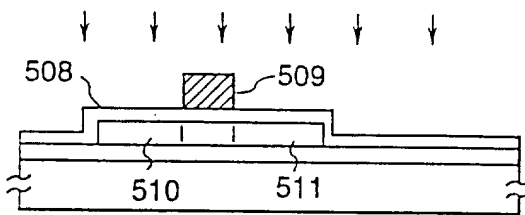


图 9(E)

