

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H01L 21/00

H01L 21/324

H01L 21/336 H01L 29/04

H01L 29/78 C30B 28/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95119449.6

[45]授权公告日 2000年3月8日

[11]授权公告号 CN 1050221C

[22]申请日 1995.12.27 [24]颁证日 2000.2.5

[21]申请号 95119449.6

[30]优先权

[32]1994.12.27 [33]JP [31]325177/1994

[32]1995.1.13 [33]JP [31]3631/1995

[73]专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪

[72]发明人 前川茂树 古田守 筒博司

川村哲也 宫田丰

[56]参考文献

EP0178447 1986. 4.23 H01L21/20

EP0612102A2 1994. 8.24 H01L21/20

审查员 赵百令

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 程伟

权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图页数 11 页

[54]发明名称 多结晶薄膜的形成方法和制造薄膜晶体管的方法

[57]摘要

一种用于形成多结晶半导体薄膜的方法,包括如下步骤:在一绝缘基板上形成部分含有微晶体的半导体薄膜,该微晶体用于多结晶化的晶核;通过激光退火,对该半导体薄膜进行多结晶化。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权利要求书

1、一种用于形成多结晶半导体薄膜的方法，包括如下步骤：

在绝缘基板上形成部分地包含用作多结晶化的晶核的微晶体的半导体薄膜，该步骤包括：

形成一无定形半导体层；和

通过激光束对该无定形半导体层进行退火，所述的激光束所具有能量密度使得能够通过这样的退火形成平均直径为 20nm 或更小的微晶体的晶体颗粒，由此形成微晶核；

以及，

通过激光退火使该半导体薄膜多结晶化；

2、如权利要求 1 的方法，其特征在于，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有包含微晶体的微晶半导体层，以及，与该微晶半导体相接触的无定形半导体层。

3、如权利要求 1 的方法，其特征在于，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有包含微晶体的微晶半导体层，以及，沉积在该微晶半导体层上的无定形半导体层。

4、如权利要求 1 的方法，其特征在于，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有无定形半导体层，以及，沉积在该无定形半导体层上并含有微晶体的微晶半导体层。

5、如权利要求 4 的方法，其特征在于，该半导体薄膜进一步含有沉积在该微晶半导体层上的另一个无定形半导体层。

6、如权利要求 2 的方法，其特征在于，该微晶半导体层是通过 CVD 方法形成的。



7、如权利要求 1 的方法，其特征在于，激光退火是采用激光来进行的。

8、如权利要求 1 的方法，其特征在于，激光退火是在绝缘基板保持在 200 至 600℃ 的温度范围内时进行的。

9、如权利要求 1 的方法，其特征在于，半导体薄膜是由含有硅或锗作为主要组分的半导体所形成的。

10、如权利要求 2 的方法，其特征在于，形成微晶半导体层的方法包括如下步骤：

形成一无定形半导体层；和

通过激光束对该无定形半导体层进行退火，所述的激光束所具有能量密度使得能够通过这样的退火形成平均直径为 20nm 或更小的微晶体颗粒，由此将该无定形半导体层转变成微晶半导体层。

11、用于制造薄膜晶体管的方法，包括如下步骤：

在绝缘基板上形成半导体薄膜，该半导体薄膜含有用作多结晶化的晶核的微晶体，该步骤包括：

形成一无定形半导体层；和

通过激光束对该无定形半导体层进行退火，所述的激光束所具有能量密度使得能够通过这样的退火形成平均直径为 20nm 或更小的微晶体的晶体颗粒，由此形成微晶核；

通过激光退火，使该半导体薄膜多结晶化，从而形成多结晶半导体薄膜；以及

在多结晶半导体薄膜上形成源极区域、漏极区域和沟道区域。

12、如权利要求 11 的方法，其特征在于，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有微晶半导体层，该半导体层中含有微晶体，以及，与微晶半导体层相接触的无定形半导体层。

多结晶薄膜的形成方法和
制造薄膜晶体管的方法

本发明涉及多结晶薄膜的形成方法和薄膜半导体设备。尤其是，本发明涉及用于液晶显示设备、图象传感器、S R A M等的薄膜晶体管生产过程的多结晶薄膜的形成方法；和通过使用这些多结晶薄膜制作的薄膜半导体设备。

近年来，对具有大屏幕、高清晰度等的液晶显示设备的需求日益高涨，为了满足这个需求，要求用于液晶显示设备的薄膜晶体管（T F T）具有更高的设备特征。

目前，无定形硅T F T被用于液晶显示设备。另一方面，多结晶薄膜硅T F T具有比无定形硅T F T具有更高级的设备性能，以及驱动电路等可以在液晶显示设备的基板上集成地形成等优点。于是，推进了多结晶硅T F T的发展。

为了使多结晶硅T F T实用化，形成高质量多结晶薄膜的技术是不可缺少的。在传统技术中，多结晶薄膜是在较高的温度下形成的，这就只能使用石英制的基板。另一方面，可以使用低温（6 0 0 °C或更低）薄膜形成技术，其中，可以使用具有低失真点的廉价玻璃基板。特别地，激光退火（excimer laser annealing）被认为是最有希望的方法，这是因为在该方法中，基板只遭受到少量的热损坏，而高质量的多结晶薄膜可以通过熔融和结晶无定形薄膜来获得。

下文中，描述了形成多结晶薄膜的传统方法。

图9 为通过激光退火形成多晶硅薄膜的方法的示意图。正如图9 所示, 无定形硅层3 的整个表面被一激光束照射, 该激光束具有测得约5. 至1 0 mm 的截面形状, 且激光束相对于基板1 移动。在这种情况下, 由于激光退火是脉冲式的激光, 所以激光束4 的照射是以照射光束部分地交盖相邻的已被照射的区域的方式进行的。在由此得到的多晶硅薄膜5 中, 具有较小能量密度的被激光束的边缘照射的区域5 a 所具有的结晶度远不同与其他区域的结晶度。由此, 在通过使用这样的多晶硅薄膜5 形成的数个T F T 阵列的情况下, 每个T F T 的设备特征基于在基板1 上所形成的T F T 的位置而周期性地变化。

下文中, 参考图1 0 A 和1 0 C 描述了通过激光退火来形成多晶硅薄膜的传统方法的一个例子。首先, 如图1 0 A 所示, 在第一退火步骤中, 具有能量密度约 $2.70 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 的激光束4 照射在基体1 的无定形硅层3 上, 其结果是, 形成了含有平均直径约为5 0 nm 的晶体颗粒的硅层2 。

下一步, 如图1 0 B 所示, 在第二退火步骤中, 具有能量密度约 $4.50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 的激光束4 照射在硅层2 上, 其结果是, 形成了如图1 0 C 所示的具有晶体结构的多晶体硅层5 。在第二退火步骤中, 具有相对较差结晶度的区域 (该区域所具有的结晶颗粒的直径小于周围区域) 得以改善, 从而使得多晶硅薄膜5 得以改善。

在这个传统实例中, 进行“两步退火”, 其中硅层用能量密度互不相同的激光束照射两次。下文中, 用激光束照射需形成多晶硅薄膜的区域, 同时将激光相对于基体移动的方法, 被作为第一步。

在例如1992国际固态设备和材料会议(International Conference on Solid State Devices and Materials)的详细摘要B-1-4, 1992, 55至57页上报导了通过两步退火形成多晶硅薄膜的方法。

下文中, 将参考图1.1 A和1.1 B对通过使用激光退火形成多晶硅薄膜的传统方法的另一个实例进行描述。

在这个实例中, 如图1.1 A所示, 采用具有能量密度约为 $300 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 的激光对加热至 400°C 的基板1上的无定形硅层3进行退火。与未加热的条件相比, 在该基板被加热的条件下, 固化率降低, 从而促进了晶体颗粒生长。况且, 通过加热基板, 薄膜的温度升高, 这些区域的温度上升至足以达到熔融点的高温而使得这一区域融化, 而如果基体不加热, 这些区域就将达不到熔融点并不能通过退火而融化。因此, 由于被激光束照射的整个区域经受了熔融和结晶化的过程, 多晶硅膜的均匀性得以改善, 如图1.1 B所示。

有一种通过将整个照射区域在非加热的条件下通过升高激光束能量密度来熔融的方法。然而, 在这种方法中, 出现薄膜剥落的频率变高, 因而基本上不能被使用。

在加热基板的条件下通过使用激光退火形成多晶硅薄膜的方法已在例如IEDM Tech. Digest, 1991, 第563-566页上有过报导。

如果通过使用由此获得的多晶硅薄膜来形成TFT, TFT的移动度在基板面上的变化可被抑制在 $\pm 10\%$ 以内。这种形成TFT的方法报导在1991国际固态元件和材料会议(International Conference on Solid State Devices and Materials)的详细摘要, 1991,

6 2 3 至6 2 5 页上。

然而，传统方法具有如下描述的问题：

在采用两步退火方法中；在第一退火步骤中，与具有平均直径约为50 nm的周围区域相比，晶体颗粒的平均直径较小的晶体区域在激光束4边缘所照射的区域中形成，尤其是在能量密度接近结晶化阈值的那部分光束所照射的区域中形成。因此，在第二退火步骤中，或者是激光光束照射交盖邻近的已经过照射的区域时，只能获得直径稍大一些的晶体颗粒或晶体缺陷稍小一些。由此，这样的区域具有远不同于通过熔融和结晶化无定形硅所得到的多结晶硅区域的晶体特征。

再者，当在加热基板的同时进行退火时，可在具有晶体颗粒的平均直径小于周围区域的晶体区域达到熔融结晶化。然而，用于结晶化所需要的能量对于在将无定形状态转变成多结晶状态的情形和将平均直径较小的晶体颗粒转变成多结晶状态的情形来说是不相同的。因而，由相应的情形出发，得到不同的结晶度。

正如以上所描述的，根据传统的方法，多结晶硅薄膜的结晶度沿其基板是不均匀的。因此，在TFT阵列是通过采用这种多结晶硅薄膜形成的情况下，存在着这样一个问题，即TFT沿基板的器件特性变化不能降低到足够的水平。尤其是，在TFT阵列形成的液晶显示器件的显示部分时，存在着屏幕上出现网格状显示不协调的缺陷，这是由于存在具有相对较低迁移度的TFT，其结果是破坏了显示质量。

本发明用于形成多结晶半导体薄膜的方法包括如下步骤：

在绝缘基板上形成部分地包含用作多结晶化的晶核

的微晶的半导体薄膜；以及

通过激光退火使该半导体薄膜多结晶化。

在本发明的一个实施方案中，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有包含微晶体的微晶半导体层，以及，与该微晶半导体相接触的无定形半导体层。

在本发明的另一个实施方案中，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有包含微晶体的微晶半导体层，以及，沉积在该微晶半导体层上的无定形半导体层。

在本发明的又一个实施方案中，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有无定形半导体层，以及，沉积在该无定形半导体层上并含有微晶体的微晶半导体层。

在本发明的再一个实施方案中，该半导体薄膜进一步含有沉积在该微晶半导体层上的另一个无定形半导体层。

在本发明的再另一个实施方案中，该微晶半导体层是通过CVD方法形成的。

在本发明的再另一个实施方案中，激光退火是采用激光来进行的。

在本发明的再另一个实施方案中，激光退火是在绝缘基板保持在约200至600°C的温度范围内时进行的。

在本发明的再另一个实施方案中，半导体薄膜是由含有硅或锗作为主要组分的半导体所形成的。

在本发明的再另一个实施方案中，在微晶半导体中的微晶体颗粒的平均直径为20nm或更小。

在本发明的再另一个实施方案中，形成半导体薄膜的方法包括如下步骤：

形成一无定形半导体层；以及

通过具有能量密度接近结晶化阈值的激光光束对该无定形半导体层进行退火，由此形成微晶核。

在本发明的再另一个实施方案中，形成微晶半导体层的方法包括如下步骤：

形成一无定形半导体层；以及

通过具有能量密度接近结晶化阈值的激光束对该无定形半导体层进行退火，由此将该无定形半导体层转变成微晶半导体层。

用于制造薄膜晶体管的方法，包括如下步骤：

在绝缘基板上形成半导体薄膜，该半导体薄膜含有用作多结晶化的晶核的微晶体；以及

通过激光退火，使该半导体薄膜多结晶化，从而形成多结晶半导体薄膜；以及

在多结晶半导体薄膜上形成源极区域、漏极区域和沟道区域。

在本发明的一个实施方案中，在经受多结晶化处理之前，半导体薄膜含有微晶半导体层，该半导体层中含有微晶体，以及，与微晶半导体层相接触的无定形半导体层。

在本发明的另一个实施方案中，包含在微晶半导体层中的微晶体颗粒的平均直径为20 nm或更小。

由此，本发明得以具有如下优点：(1) 提供了一种形成在其基板上具有均匀结晶度的多结晶薄膜的方法；以及(2) 提供了一种制造在其基板上仅具有很小的特性变化的薄膜晶体管的方法。

通过阅读和理解以下参考附图所作的详细说明，本发明的这些优点和其他优点对于本领域的熟练技术人员将变得明显。

附图中：

图1 A 和1 B 是表示根据本发明第一实施例形成多结晶薄膜的方法的剖面图。

图2 A 和2 B 是表示根据本发明第二实施例形成多结晶薄膜的方法的剖面图。

图3 A 和3 B 是表示根据本发明第三实施例形成多结晶薄膜的方法的剖面图。

图4 A 显示根据本发明第四实施例形成多结晶薄膜方法的第一退火步骤。图4 B 显示根据本发明第一实施例形成多结晶薄膜方法的第二退火步骤。图4 C 显示所形成的多结晶硅薄膜的部分截面图。

图5 A 显示根据本发明第五实施例形成多结晶薄膜方法的第一退火步骤。图5 B 显示根据本发明第一实施例形成多结晶薄膜方法的第二退火步骤。图5 C 显示所形成的多结晶硅薄膜的部分截面图。

图6 A 至6 D 显示一种制造本发明薄膜晶体管方法的一个实施例的剖面图。

图7 A 至7 D 显示一种制造本发明薄膜晶体管方法的另一个实施例的剖面图。

图8 A 至8 D 显示一种制造本发明薄膜晶体管方法的又一个实施例的剖面图。

图9 为通过采用激光退火形成多结晶硅薄膜的方法的示意图。

图10 A 显示根据传统实例的第一退火。图10 B 显示第二退火。图10 C 显示所形成的多结晶硅薄膜的部分截面图。

图11 A 显示根据传统实例的第一退火。图11 B 显示所形成的多结晶硅薄膜的部分截面图。

在下文中，将参考附图，对形成本发明的多结晶薄膜的方法进行描述。

在下述实施例中，通过采用激光束对无定形硅层进行退火，由此形成多结晶硅薄膜。在本发明的说明书中，含有平均直径为20 nm或更小的结晶颗粒的半导体层（薄膜）被称作为“微晶半导体层（薄膜）”。这是考虑到在微晶半导体层中，微晶体是分散在无定形部分中的。在另一方面，含有平均直径大于20 nm的晶体颗粒的半导体层被称作为“多结晶半导体层（薄膜）”。通常情况下，在多结晶半导体层中，晶体颗粒互相接触，从而形成了晶粒边界。

实施例1

下文中，参考图1 A和1 B，描述了根据本发明形成多结晶薄膜方法的第一实施例。

通过等离子体CVD方法并采用硅烷（ SiH_4 ）和氢（ H_2 ）作为原料气体，在玻璃基板1（商品名：7059，Corning Inc. 生产）上沉积厚度为5 nm的微晶硅层2，在该玻璃基板1上附着有 SiO_2 薄膜（未示出）作为缓冲层，以防止杂质从玻璃中扩散出来。在这种情况下，沉积是在如下条件下进行的： $\text{SiH}_4 / (\text{SiH}_4 + \text{H}_2)$ 的值在0.01至0.5%的范围内，压力在0.4至2 Torr的范围内，功率密度在0.1至0.5 W/cm²的范围内，基板温度在150至300℃的范围内。从物料量的观点来看，优选微晶硅层2的厚度在约1至10 nm的范围内。通过选择上述条件，能获得含有微晶体的硅层2。然而，在 $\text{SiH}_4 / (\text{SiH}_4 + \text{H}_2)$ 的值为5%或更大的条件下，不能得到微晶硅层2，但能得到正常的

无定形硅层。再者，通过采用 SiH_4 和 SiF_4 的混合气体代替上述气体，能得到微晶硅薄膜2。通过采用另外一种方法能得到微晶硅层2，在这种方法中，在无定形硅层沉积之后，再用具有能量密度小于结晶化值阈值的激光束对该无定形硅层进行退火。

接着，通过以硅烷为原料气的等离子体CVD方法，在微晶硅层2上沉积厚度为50nm的无定形硅层3。优选该无定形硅层3的厚度在30至200nm的范围内。在无定形硅层厚度大于200nm时，存在着激光束退火不能融化至底部的所有无定形硅层3的可能性。

接着，借助已知的照像平板印刷和蚀刻技术，对无定形硅层3和微晶硅层2进行处理，从而形成岛形(island-shaped)结构。虽然在图1A中只示出了单个岛形结构，事实上，在基板上排列有多个岛形结构。每个岛形结构具有一定大小，例如为 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 。

然后，如图1A所示，激光束4照射该结构。采用多步重复法(step-and-repeat method)进行照射。在这个实施例中，通过使用波长为308nm、脉冲宽度45nm、能量密度200至500mJ/cm²的激光束进行激光束照射。

在被激光束4照射的无定形硅层3中，借助在微晶硅层2中的微晶体作为晶种，晶体生长起来。其结果是，如图1B所示，获得了多晶硅膜5，在该膜中大小均匀（颗粒直径：约在200至300nm的范围内）的晶体颗粒分布在基板1的整个表面。

实施例2

下文中，本发明第二实施例的形成微晶薄膜的方法将参考附图2 A 和2 B 进行描述。

通过采用等离子体方法并以硅烷 (SiH_4) 作为原料气，在玻璃基板1 (商品名: 7059, Corning Inc. 生产) 上沉积厚度为80 nm 的微晶硅层2，在该玻璃基板上附着有 SiO_2 薄膜 (未示出) 作为缓冲层，用以防止杂质从玻璃中扩散出来。在沉积过程中，基板1 的温度被设定在例如450 °C。因为上述同样的理由，优选该无定形硅层3 的厚度在30 至200 nm 的范围内。

接着，将基板1 的温度上升至480 °C，然后，通过等离子体CVD 方法并以硅烷为原料气，在该无定形硅层3 上沉积一厚度为5 nm 的微晶硅层2。优选该微晶硅层2 的厚度在1 至10 nm 的范围内。

然后，借助已知的照像平板印刷和蚀刻技术，对无定形硅层3 和微晶硅层2 进行处理，以形成岛形结构。虽然在图2 A 中只示出了单个的岛形结构，但事实上，在基板上排列有多个岛形结构。每个岛形结构具有一定的尺寸，例如40 μm \times 40 μm 。

接着，如图2 A 所示，用激光束4 照射该结构。照射是在同实施例1 描述的不同条件下进行的。

在被激光束4 照射的无定形硅层3 中，借助微晶硅层2 中的微晶体作为晶种，晶体颗粒生长起来。其结果是，如图2 B 所示，获得了多晶硅膜5，该膜中，大小均匀 (颗粒直径: 在约200 至300 nm 的范围内) 的晶体颗粒分散在基板1 的整个表面。

本实施例中的无定形硅层3 具有比实施例1 所述无定形硅层3 的厚度要大30 nm。一般情况下，如果无

定形硅层3 较厚，则存在通过激光退火导致的晶体生长是从该无定形硅层3 表面开始的可能性较大。因此，在此实施例中，作为晶种的微晶硅层2 以能与该无定形硅层3 相接触的方式排列。

实施例3

下文中，参考图3 A 和3 B 描述了根据本发明形成多结晶薄膜方法的第三实施例。

通过等离子体CVD 方法并采用硅烷 (SiH_4) 作为原料气，在玻璃基板1 (商品名: 7059, Corning Inc. 生产) 上沉积20 nm 厚的无定形硅层3，在该玻璃基板1 上附着有 SiO_2 薄膜 (未示出) 作为缓冲层，以防止杂质从玻璃中扩散出来。在沉积过程中，基板1 的温度被设定在例如300 °C。优选该无定形硅层3 的厚度在30 至200 nm 的范围内。

然后，通过等离子体CVD 方法，并以硅烷 (SiH_4) 和氟化硅 (SiF_4) 作为原料气，沉积了厚度为5 nm 的微晶硅层2。将基板1 的温度设定在300 °C。优选该微晶硅层2 的厚度在1 至10 nm 的范围内。

将基板1 的温度降至270 °C，然后，通过等离子体CVD 方法并以硅烷为原料气，在该微晶硅层2 上沉积20 nm 厚的无定形硅层6。

接着，采用公知的照像平板印刷和蚀刻技术，对无定形硅层3 和微晶硅层2 进行处理。虽然图3 A 中只表示了单个的岛形结构，但在事实上，在基板上排列着多个岛形结构。每个岛形结构具有一定的尺寸，例如，20 μm \times 20 μm 。

然后，如图3 A 所示，用激光束4 照射该结构。照

射是在与实施例1 描述的相同条件下进行的。

在激光束4 照射的无定形硅层3 和6 中，借助于在微晶硅层2 中的微晶体作为晶种，晶体颗粒向上和向下生长。结果是，如图3 B 所示，获得了在基板1 的整个表面分布的具有大小均匀（颗粒直径：在约2 0 0 至3 0 0 n m 的范围内）的晶体颗粒的多结晶硅膜5 。

虽然，该无定形硅层3 的厚度与本实施例中无定形硅层6 的厚度相同，但无定形硅层3 的厚度也可不同于无定形硅层6 的厚度。

在实施例1 至3 中，将微晶硅层2 和无定形硅层3 制成岛状形状，然后进行激光退火用以多结晶化。但是，先对微晶硅层2 和无定形硅层3 进行激光退火，再将它们制成岛状形状也是可能的。当将微晶硅层2 和无定形硅层3 定型成岛状形状、然后进行激光退火时，存在着这样一种情况，即由于边缘冷却的影响，在岛形结构的边缘部分结晶性能被破坏。通过蚀刻，可将这种结晶性能被破坏的边缘部分（例如，宽度约为1 μ m 的边缘部分）选择性地除去。

实施例4

下文中，参考图4 A 至4 C 描述了根据本发明形成多结晶薄膜方法的第四实施例。在该实施例中，通过激光退火（一种XeCl 激光，波长：3 0 8 n m）退火，形成多结晶硅薄膜。

首先，在基板1 上沉积无定形硅层3 。然后，如图4 A 所示，进行第一退火（微晶化处理），即通过向无定形硅层3 照射激光束4 进行退火。调节该激光束4 的能量密度至该光束截面中心部分的能量密度接

近结晶化的阈值。通过照射具有接近结晶化阈值的能量密度的激光束，在无定形硅层3上便形成了多个微晶体。该激光束4的边缘部分所具有的能量密度小于结晶化的阈值。为此原因，激光束4照射的无定形硅层3中，被激光束4的边缘部分照射但没有被微晶化的区域仍保持无定形状态，并保持其原始状态。这种照射以下述的方式不断地重复，即脉冲的激光束4以部分地交盖相邻已照射区域的方式照射该区域。结果形成了微晶硅层2。

然后，如图4 B所示，进行第二退火，即通过采用其横截面中心部分的能量密度约为400 mJ/cm²的激光束进行退火。通过第二退火，从微晶硅层2中形成多晶硅薄膜5。在这种情况下，在微晶硅层2中，被能量密度接近于结晶化阈值或小于该阈值的激光束部分照射的区域不发生变化，并保持其微晶状态。在微晶硅层2中，被能量密度大于结晶化阈值的激光束4的部分照射的区域转变成多晶，同时，在第一退火中形成的微晶保持原样。

上述情况的原因如下：作为从无定形状态、微晶状态向多晶状态的结晶化处理步骤，熔点趋于升高、激光束的吸收系数趋于降低。因此，与无定形状态相比，微晶体需要额外的能量来熔融并改变其结晶度。其结果是，在第一退火和第二退火中，没有形成其结晶度有别于周围区域的结晶度的区域，结晶度的均匀性得以改善。

实施例5

下文中，将参考图5 A至5 C，对本发明的形成多晶硅薄膜的方法的第五实施例进行描述。在本实施例中，通过一激光束（XeCl激光，波长：308 nm）

进行退火，形成多结晶硅薄膜。

首先，在基板1上沉积无定形硅层3。然后，如图5 A所示，进行第一退火处理（微晶化过程）。如图5 A所示，在此次退火中，脉冲激光束4的照射以下述方式不断地重复，即在照射完一个区域后，在照射下一个相邻未照射区域的同时激光束部分地交盖相邻已照射区域。由于激光束横截面的中心部位的能量密度约为 $160 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ ，该值接近于结晶化的阈值，因此，通过第一退火形成了含有微晶体的微晶硅层2。

接下来，如图5 B所示，采用横截面中心部位能量密度约为 $400 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 的激光束进行第二退火处理。在此次退火处理中，一激光束4照射无定形硅层3，与此同时，采用加热装置7，如加热器等，将基板1的温度维持在约 200 至 600 °C。通过第二退火，从微晶硅层2中形成多结晶硅薄膜5。在第二退火处理中，与基板未被加热的情形相比，微晶硅层2和基板1之间的温度差要小一些，从而使得从微晶硅层2向基板1的热流量减小。其结果是，固化（冷却）率降低，从而使得晶体颗粒的直径与基板不加热的情况相比要大一些。再者，固化过程中产生的晶体损坏下降。其结果是，形成了在整个基板上高均匀性的高质量多结晶硅薄膜。

在实施例1至5中，硅被用作欲多结晶化的薄膜材料。然而，在本发明中，其他半导体材料，如锗、硅/锗合金等也可以使用。而且，在实施例1至5中，采用了等离子体CVD方法和热CVD方法来沉积无定形薄膜。但是，其他方法，如ECR-CVD方法，远程CVD方法，溅镀（sputtering）方法等也可

用来沉积薄膜。

再者，可使用其他绝缘基板来代替玻璃基板1（商品名：7059，Corning Inc. 生产），如其他类型的玻璃基板，石英基板，蓝宝石基板等。而且，虽然采用激光作为激光来使用，但通过使用其他激光，如YAG激光，也能获得同样的效果。

实施例6

下文中，将参考图6 A至6 D，描述本发明生产TFT的方法。

通过等离子体CVD方法并采用硅烷（ SiH_4 ）和氢（ H_2 ）作为原料气，在玻璃基板1（商品名：7059，Corning Inc. 制造）上沉积5 nm厚的微晶硅层2，在该玻璃基板上附着有 SiO_2 膜（未示出）作为缓冲层，以防止杂质从玻璃中扩散出来。优选微晶硅层2的厚度在1至10 nm之间。

接下来，采用等离子体CVD方法并以硅烷为原料气，在该微晶硅层2上沉积50 nm厚的无定形硅层3。优选该无定形硅层3的厚度在30至200 nm。

然后，采用公知的照像平板印刷和蚀刻技术，对无定形硅层3和微晶硅层2进行处理，以形成岛形结构。虽然在图6 A上只显示了单个的岛形结构，但在基板上却可排列多个这样的岛形结构。每个岛形结构具有一定的尺寸，如 $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 。

接下来，如图6 A所示，用激光束4照射该结构，该照射是按分布重复法进行的。在本实施例中，激光束的照射是通过采用波长为308 nm、脉冲宽度45 ns、能量密度为200至500 mJ / cm^2 的激光激

光束来进行的。

在激光束4 照射的无定形硅层3 中，通过在微晶硅层2 中的微晶体作为晶种而使晶体颗粒生长起来。其结果是，如图6 B 所示，获得了多晶硅膜5，在该膜中，大小均匀（颗粒直径：在约200 至300 nm 的范围内）的晶体颗粒分布在基板1 的整个表面上。

接下来，如图6 C 所示，通过AP - CVD 方法，在基板1 的整个表面沉积一由SiO₂ 制成的栅极绝缘膜 (gate insulating film) 8。在采用溅镀方法在该栅极绝缘膜8 上沉积铬 (Cr) 膜后，该铬膜用照像平板印刷和蚀刻技术制成一定的形状，从而形成了一个栅极 (gate electrode) 9。

采用栅极9 作为掩膜，向多晶硅膜5 中掺杂杂质离子，从而以与栅极9 自对准的方式形成源极区域10 和漏极区域11，如图6 D 所示。例如，可采用不发生质量分离的离子掺杂方法来进行杂质离子的注入。或者，也可采用桶状 (bucket type) 离子掺杂方法。为活化这些杂质，有必要在注入完成之后在300 至600 °C 的温度下对它们进行热处理。

接着，在采用一种AP - CVD 方法沉积了由SiO₂ 制成的级间 (interlevel) 绝缘膜12 之后，在该级间绝缘膜12 上形成接触孔13，从而使其可以到达源极区域10 和漏极区域11。在通过溅镀方法，将铝 (Al) 膜沉积到级间绝缘膜12 上后，用照像平板印刷和蚀刻技术，将该铝膜制成一定的形状，从而形成源极14 和漏极15。该源极14 和漏极15 分别与源极区域10 和漏极区域11 通过接触孔13 相

连接。

这样，就形成了具有如图6 D结构的T F T。然后，优选的是，将该T F T在氢气氛下退火，使在多晶硅膜5中存在于晶界中的悬挂键被氢终止。在这种情况下，T F T沿基板的场效应迁移度的变化被降低至4%或更低。

实施例7

下文中，将参考图7 A至7 D，说明本发明生产T F T的另一种方法的另一个实施例。

采用等离子体C V D方法并以硅烷(SiH_4)作为原料气，在玻璃基板1(商品名: 7059, Corning Inc. 制造)上沉积80 nm厚的无定形硅层3，该玻璃基板1上附着有 SiO_2 膜(未示出)作为缓冲层，以防止杂质从玻璃扩散出来。在沉积过程，基板1的温度被设定在例如450°C。优选无定形硅层3的厚度在30至200 nm的范围内。

接下来，将基板1的温度升高至480°C，然后，采用等离子体C V D方法并以硅烷为原料气，在无定形硅层3上沉积5 nm厚的微晶硅层2。优选微晶硅层2的厚度在1至10 nm的范围内。

然后，采用公知的照像平板印刷机蚀刻技术，对无定型硅层3和微晶硅层2进行处理，以形成岛形结构。虽然图7 A只显示了单个的岛形结构，但事实上，在一块基板上可排列多个岛形结构。每个岛形结构具有一定的尺寸，例如 $20\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$ 。

接下来，如图7 A所示，用激光束4照射该结构，该照射是在与实施例1所述相同的条件下进行的。

在被激光束4 照射的无定形硅层3 中，通过使用在微晶硅层2 中的微晶体作为晶种使得晶体颗粒生长起来。其结果是，如图7 B 所示，获得了多晶硅膜5 ，其中，大小均匀（颗粒直径：在约2 0 0 至3 0 0 n m 的范围内）的晶体颗粒分布在基板1 的整个表面上。

然后，如图7 C 所示，通过AP - CVD 方法，在基板1 的整个表面沉积由SiO₂ 制成的栅极绝缘膜8 。在采用溅镀法于该栅极绝缘膜8 上沉积铬（Cr）膜后，用照像平板印刷和蚀刻技术将该铬膜制成一定的形状，从而形成了栅极9 。

采用栅极9 作为掩膜，向多晶硅膜5 中掺入杂质离子，从而以与栅极9 自对准的方式形成源极区域1 0 和漏极区域1 1 ，如图7 D 所示。

接下来，在采用AP - CVD 方法沉积了由SiO₂ 制成的级间绝缘膜1 2 之后，在该级间绝缘膜1 2 中形成接触孔1 3 ，从而使其可以到达源极区域1 0 和漏极区域1 1 。在通过溅镀方法，将铝（Al）膜沉积到级间绝缘膜1 2 上之后，用照像平板印刷和蚀刻技术将该铝膜制成一定的形状，从而形成了源极1 4 和漏极1 5 。该源极1 4 和漏极1 5 分别与源极区域1 0 和漏极区域1 1 通过接触孔1 3 相连接。

这样，就得到了具有图7 D 所示结构的TF T 。然后，优选的是，将该TF T 在氢气氛下退火，使在多晶硅膜5 中存在于晶界中的悬挂键被氢终止。在此情况下，TF T 沿基板的场效应迁移度的变化被降低至4 至5 % 或更低。

实施例8

下文中，将参考图8 A至8 D，说明本发明生产TFT的再一种方法的再一个实施例。

采用等离子体CVD方法并以硅烷(SiH_4)作为原料气，在玻璃基板1(商品名:7059, Corning Inc. 制造)上沉积20nm厚的无定形硅层3，该玻璃基板1上附着有 SiO_2 膜(未示出)作为缓冲层，以防止杂质从玻璃中扩散出来。在沉积过程中，基板1的温度被设定在例如300°C。优选无定形硅层3的厚度在30至200nm的范围内。

接下来，采用等离子体CVD方法并以硅烷(SiH_4)和氟化硅(SiF_4)为原料气，沉积5nm厚的微晶硅层2。基板1的温度被设定在300°C。优选微晶硅层2的厚度在1至10nm的范围内。

将基板1的温度降至270°C，然后，通过等离子体CVD方法并以硅烷为原料气，在微晶硅层2上沉积20nm厚的无定形硅层6。

接下来，通过采用公知的照像平板印刷和蚀刻技术，对无定形硅层3和微晶硅层2进行处理，从而形成岛形结构。虽然在图8 A中只显示了单个的岛形结构，但事实上，在一块基板上可排列多个岛形结构。每个岛形结构具有一定的尺寸，例如 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 。

接下来，如图8 A所示，用激光束4照射该结构，该照射是在与实施例1所述相同的条件下进行的。

在被激光束4照射的无定形硅层3和6中，通过使用在微晶硅层2中的微晶体作为晶种，晶体颗粒生长起来。其结果是，如图8 B所示，获得了多晶硅膜5，其中，大小均匀(颗粒直径:约200至300nm的范围内)的晶体颗粒分布在基板1的整个表面上。

虽然在本实施例中无定形硅层3 和无定形硅层6 的厚度是相等的，但无定形硅层3 的厚度可以与无定型硅层6 的厚度不相同。

然后，如图8 C 所示，通过AP - CVD 方法，在基板1 的整个表面沉积由 SiO_2 制成的栅极绝缘膜8 。在采用溅镀法于该栅极绝缘膜8 上沉积铬 (Cr) 膜后，用照像平板印刷和蚀刻技术将该铬膜制成一定的形状，从而形成了栅极9 。

采用栅极9 作为掩膜，向多晶硅膜5 中掺入杂质离子，从而以与栅极9 自对准的方式形成源极区域1 0 和漏极区域1 1 ，如图8 D 所示。

接着，在采用AP - CVD 方法沉积了由 SiO_2 制成的级间绝缘膜1 2 之后，在该级间绝缘膜1 2 中形成接触孔1 3 ，从而使其可以到达源极1 0 和漏极1 1 。在通过溅镀方法，将铝 (Al) 膜沉积到级间绝缘膜1 2 上之后，用照像平板印刷和蚀刻技术将该铝膜制成一定的形状，从而形成了源极1 4 和漏极1 5 。该源极1 4 和漏极1 5 分别与源极区域1 0 和漏极区域1 1 通过接触孔1 3 相连接。

这样，就得到了具有图8 D 所示结构的TF T 。然后，优选的是，将该TF T 在氢气氛中退火，使在多晶硅膜5 中存在于晶界中的悬挂键被氢终止。在此情况下，TF T 沿基板的场效应迁移度的变化被限制在4 至5 % 或更低。

在实施例6 至8 中，硅作为欲多结晶化的薄膜材料来使用。但在本发明中，其他半导体材料，如锗，硅/锗合金等也能使用。另外，在实施例6 至8 中，等离子体CVD 方法和热CVD 方法被用来沉积无定形薄膜。

但是，其他方法，如E C R - C V D 方法，远程C V D 方法、溅镀法等都可用于沉积薄膜。

再者，也可使用其他绝缘基板代替玻璃基板1（商品名：7 0 5 9，C o r n i n g 生产），如其他种类的玻璃基板，石英基板，蓝宝石基板等。而且，虽然采用了激光作为激光使用，采用其他激光，如Y A G 激光也能达到同样的效果。

作为栅极9、源极14和漏极15的材料，可使用硅化物，掺杂有高浓度杂质的多晶硅，S i G e 合金，透明导体材料，如I T O 等，也可以使用C r，A l，T a，M o，T i 之类的金属。

再者，为了提高晶体管的截止特性(off-characteristics)，可在多结晶薄膜中提供L D D（稀掺杂漏极，Lightly Doped Drain）结构。而且，有可能在一块基板上形成导电性能互不相同的多个T F T，从而构成C M O S 电路。

如上所述，根据本发明，用激光束对含有平均直径约为2 0 n m 或更小的晶体颗粒的微晶薄膜进行退火，从而形成了含有平均直径约为2 0 n m 或更大的晶体颗粒的多结晶薄膜，由此，沿基板的晶体均匀性得以提高。而且，在基板被加热的情况下，可获得高质量的多结晶薄膜，这是因为晶体颗粒直径增大而晶体损坏减少的缘故。再者，降低了由于在基板上使用多结晶薄膜而产生的元件特性的非均匀性。

不偏离本发明的范围和精神实质，各种其他的改变对于本领域的熟练人员来说是显然的，而且是容易做到的。因此，不打算将权利要求的范围限制在说明书所述的范围内，而由权利要求书来限定。

说明书附图

图 1A

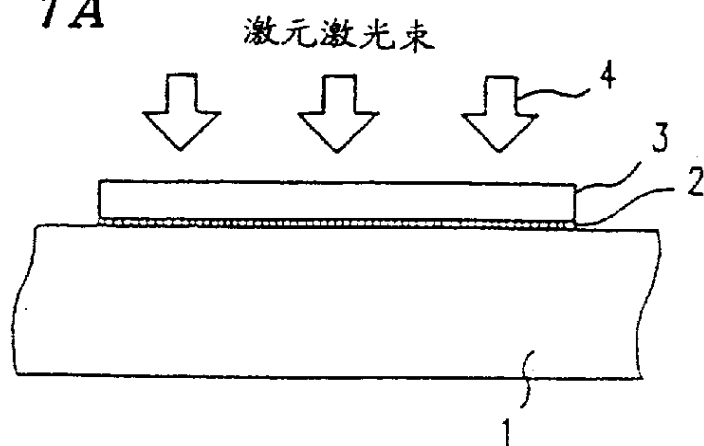


图 1B

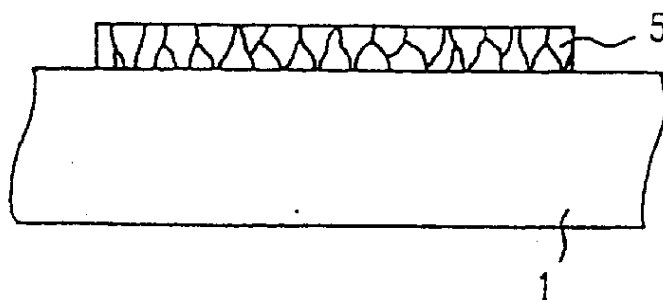


图 2A

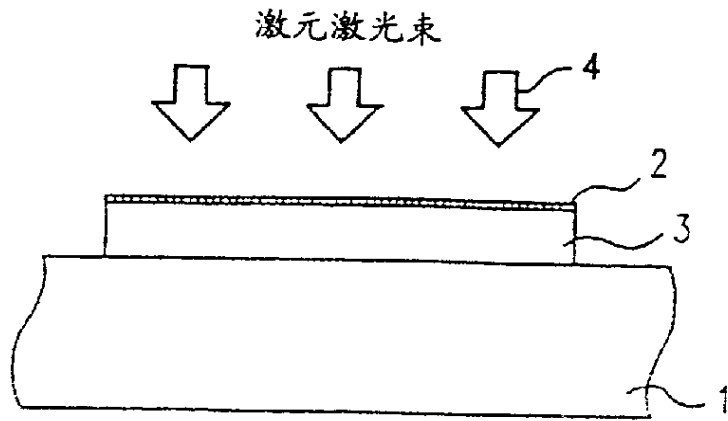


图 2B

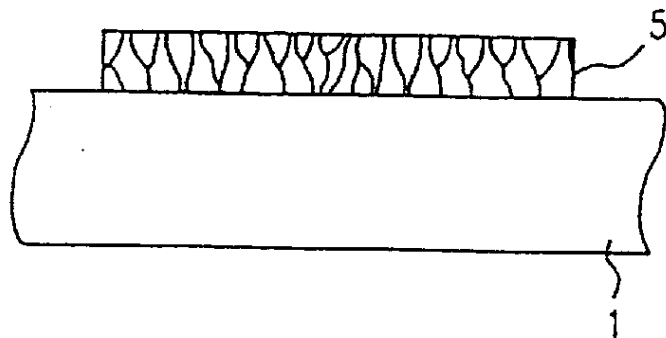


图 3A

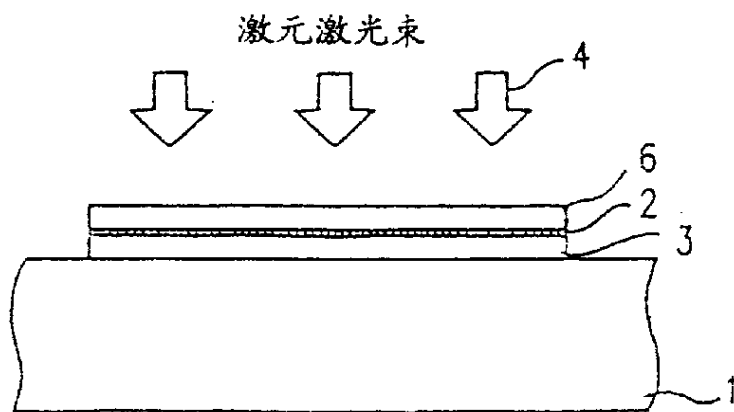


图 3B

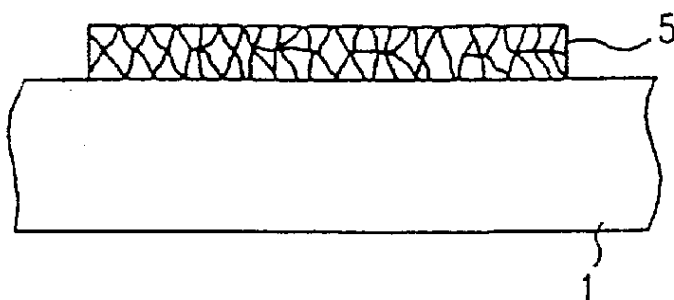


图 4A

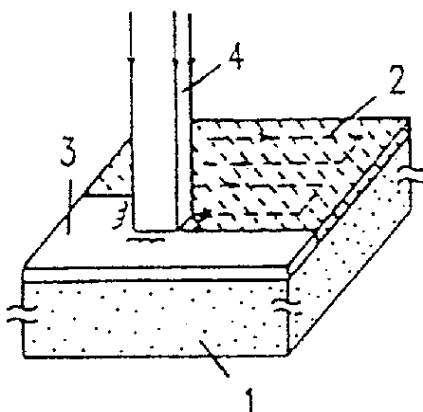


图 4B

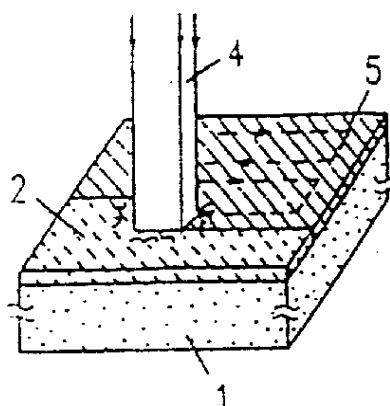


图 4C

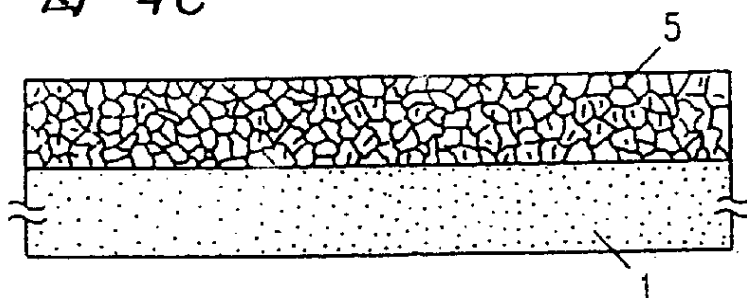


图 5A

图 5B

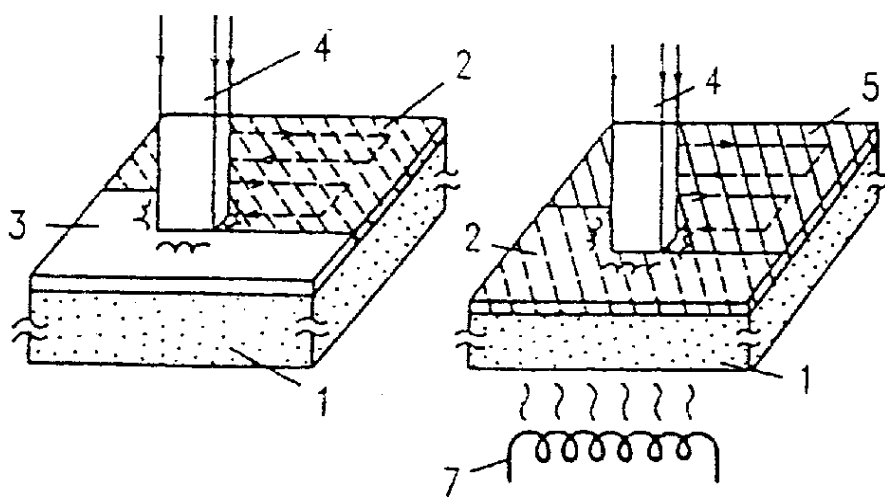


图 5C

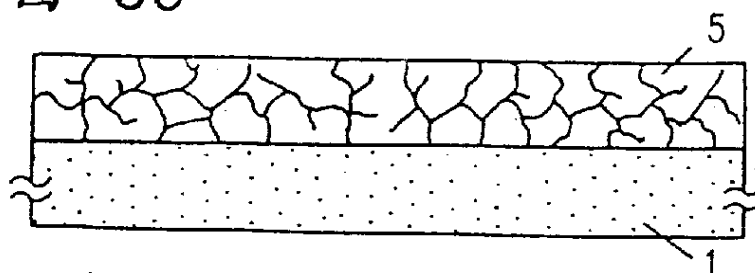


图 6A

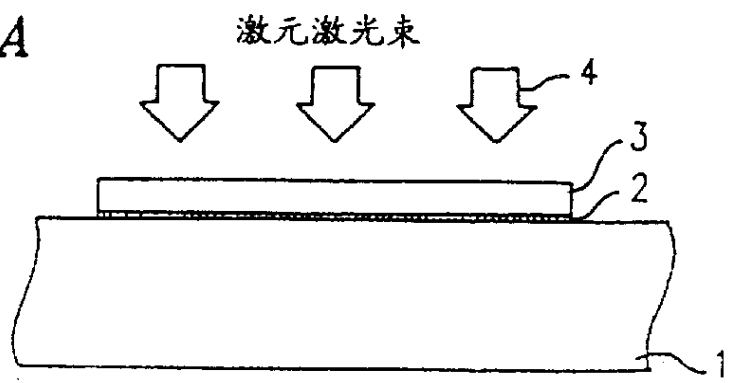


图 6B

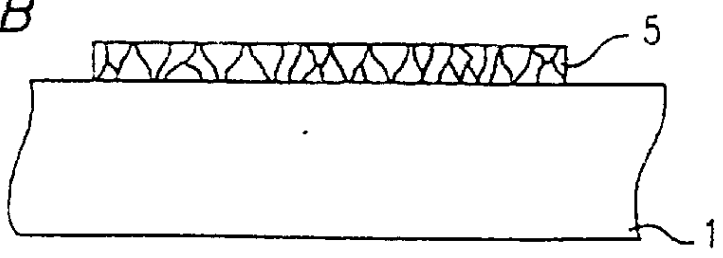


图 6C

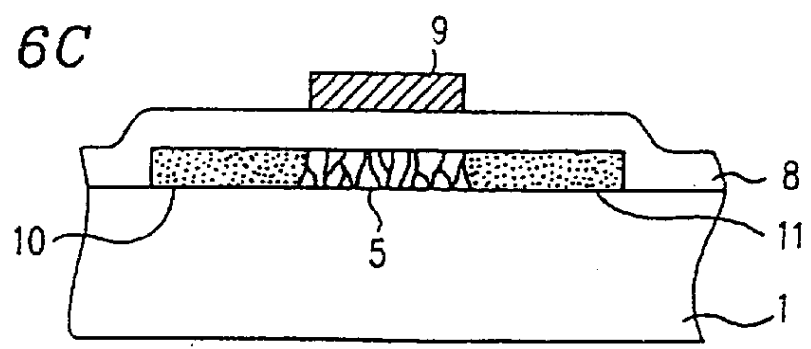


图 6D

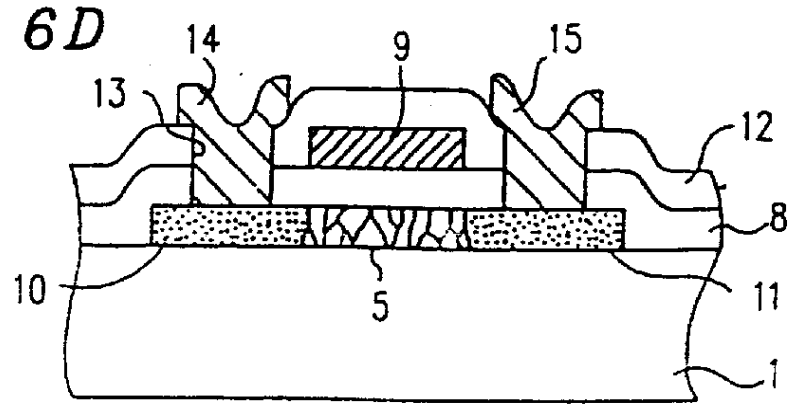


图 7A

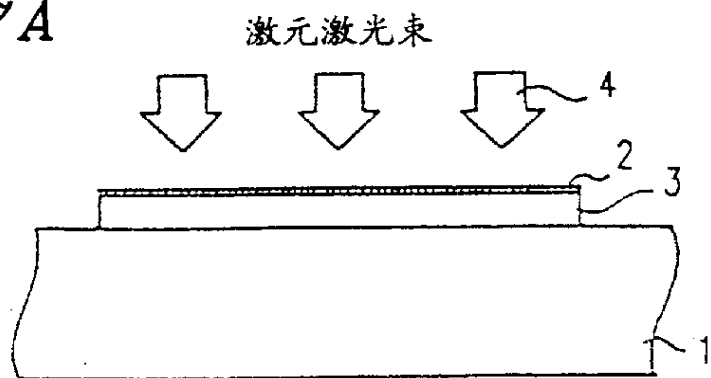


图 7B

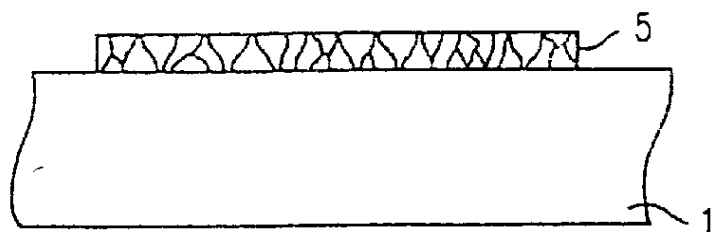


图 7C

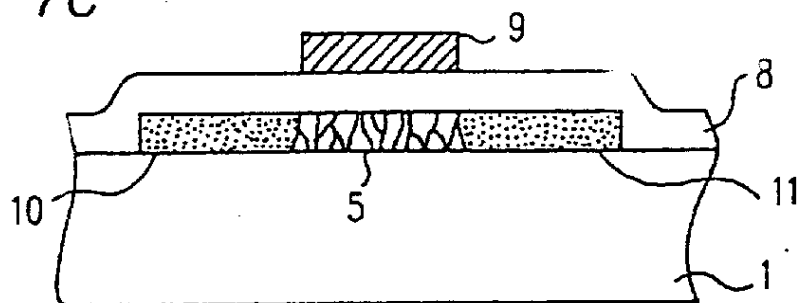


图 7D

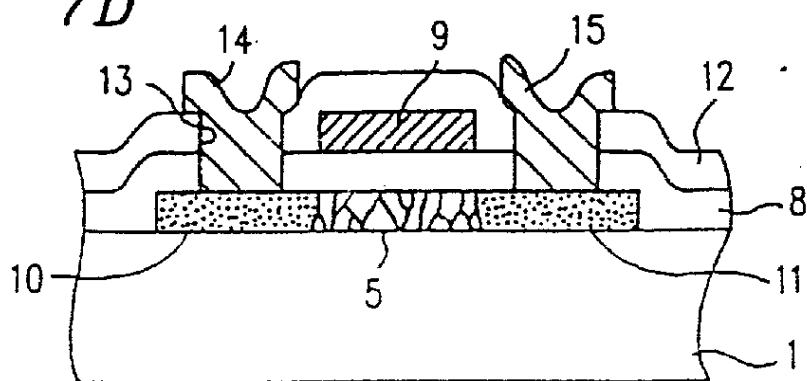


图 8A

激光激光束

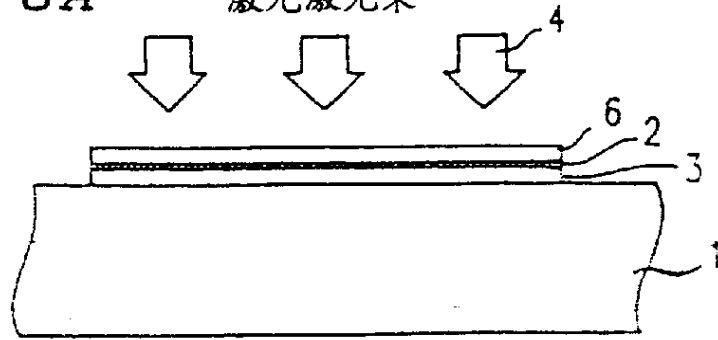


图 8B

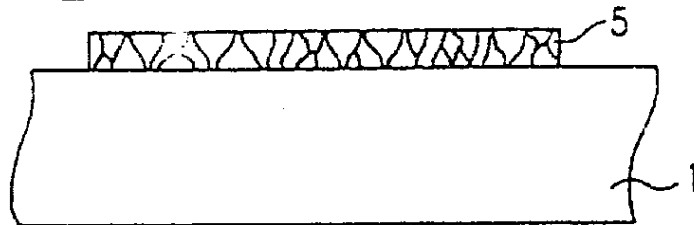


图 8C

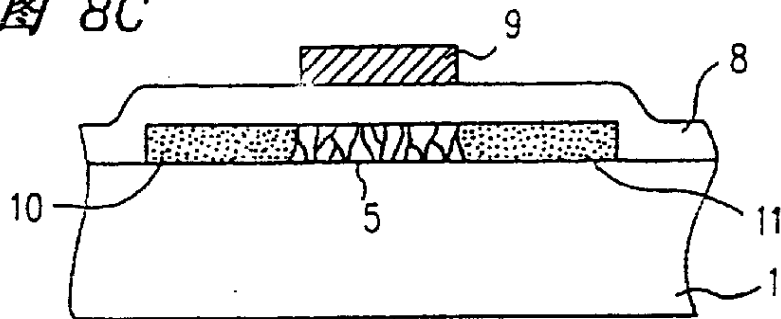


图 8D

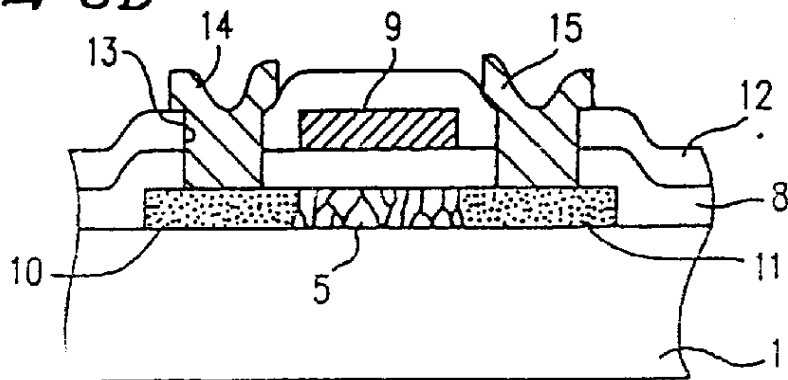


图 9

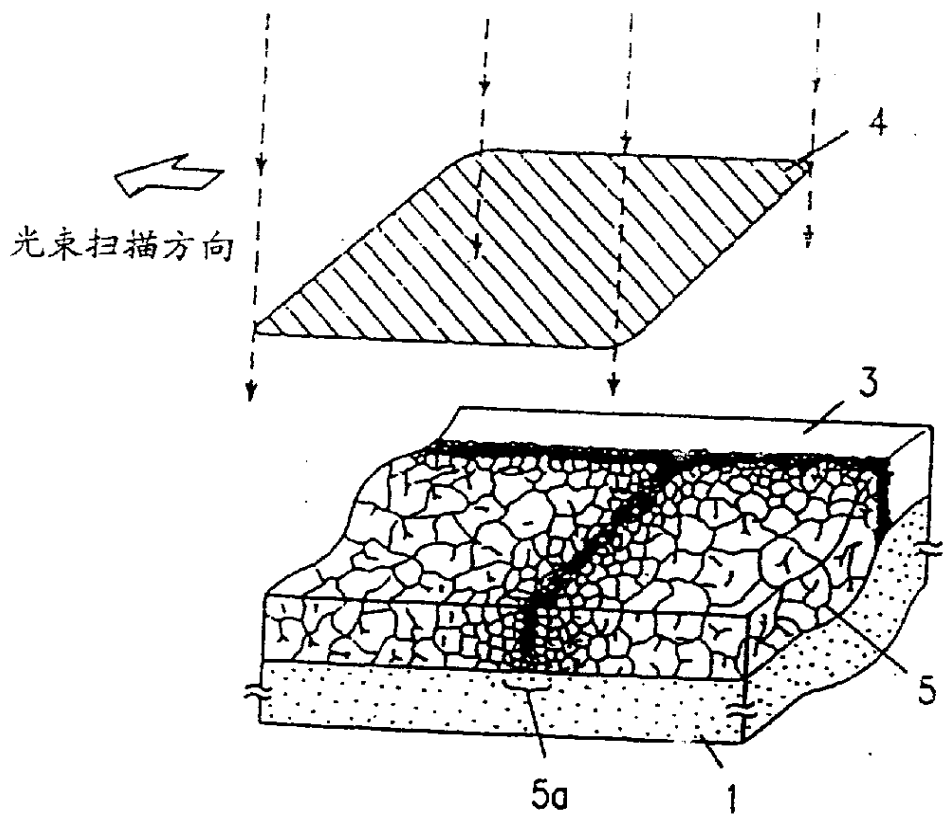


图 10A

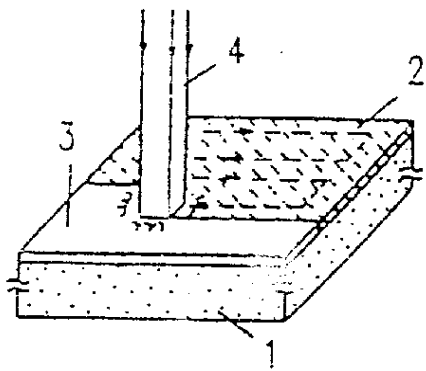


图 10B

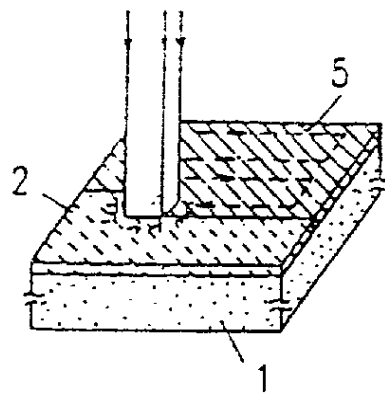


图 10C

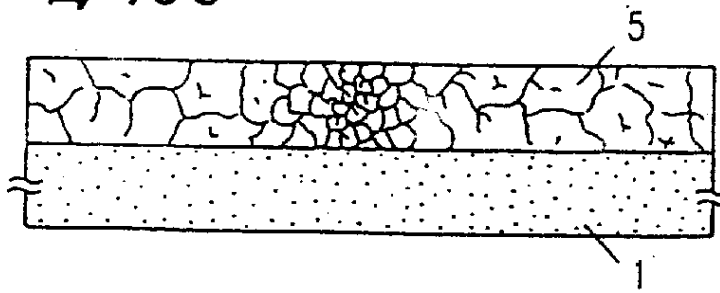


图 11A

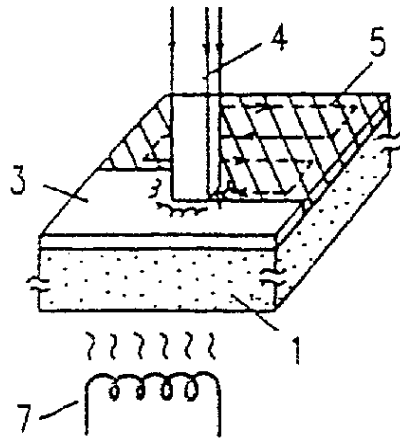


图 11B

