



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101038868 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 23

(21) 申请号 200710103569. 0

CN 1404101 A, 2003. 03. 19, 参见说明书第 8

(22) 申请日 2007. 03. 13

页第 27 行至第 17 页第 3 行, 附图 1 至 23C.

(30) 优先权数据

审查员 段小晋

067270/06 2006. 03. 13 JP

344129/06 2006. 12. 21 JP

(73) 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 藤野敏夫 町田晓夫 河野正洋

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 彭久云

(51) Int. Cl.

H01L 21/20 (2006. 01)

H01L 21/268 (2006. 01)

H01L 21/336 (2006. 01)

B23K 26/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1435864 A, 2003. 08. 13, 全文.

JP 特开 2006-66908 A, 2006. 03. 09, 全文.

CN 85103942 A, 1986. 12. 24, 全文.

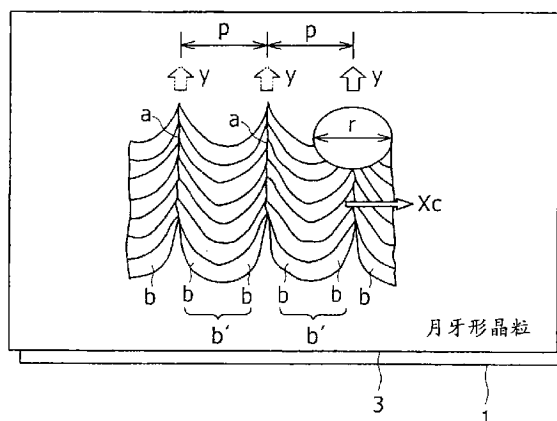
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 6 页

(54) 发明名称

结晶半导体薄膜的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种通过在半导体薄膜上连续照射能量光束同时以特定的速度扫描来结晶半导体薄膜的方法, 其中, 半导体薄膜完全熔化, 并且设定能量束的照射条件, 使得结合使用能量束的扫描使处于能量束的中心位置的半导体薄膜最后结晶。



1. 一种通过在半导体薄膜上连续照射能量束同时以特定的速度扫描来结晶半导体薄膜的方法,其中

所述的半导体薄膜完全熔化,并且设定激光束的照射条件,使得结合使用所述激光束的扫描使处于所述激光束的中心位置的所述半导体薄膜最后结晶。

2. 根据权利要求1的方法,其中沿着每个扫描方向在扫描中心形成一系列晶界。

3. 根据权利要求1的方法,其中所述激光束平行扫描,同时保持足够的特定节距,以使得扫描路径不与相邻的所述扫描中心重叠。

4. 根据权利要求3的方法,其中所述特定节距设定在这样的范围内,其中在相邻激光束的扫描位置形成的晶粒的结晶度被自然地取代。

5. 根据权利要求4的方法,其中沿着所述扫描方向在所述扫描中心提供一系列晶界,并且向着与所述激光束的扫描方向相反的方向突起的月牙形晶粒排列在相邻晶界之间。

6. 根据权利要求1的方法,其中所述激光束具有高斯曲线的束分布。

7. 根据权利要求1的方法,其中所述激光束用作点束。

8. 根据权利要求1的方法,其中所述激光束包括从半导体激光振荡器振荡产生的激光束。

结晶半导体薄膜的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过能量束照射来结晶半导体薄膜的方法。

背景技术

[0002] 在例如液晶显示器和利用有机电致发光元件的有机 EL 器件的平板显示器中,薄膜晶体管 (TFT) 已被用作多个像素的有源矩阵显示的开关元件。薄膜晶体管分为利用多晶硅 (poly-Si) 作为有源区的 TFT (多晶硅 TFT) 和利用非晶硅 (非晶 Si) 作为有源区的 TFT (非晶硅 TFT)。

[0003] 在这些中,多晶硅 TFT 具有这样的特征:其载流子迁移率比非晶硅 TFT 大十到一百倍,并且电流的衰减更小。由此,多晶硅 TFT 不仅具有作为显示器开关元件非常优良的特性,还作为用于不同类型的逻辑电路(例如,多米诺逻辑电路和 CMOS 传输栅极电路)的开关元件和作为利用这些电路的多路复用器、EPROM、EEPROM、CCD 和 RAM 而引起人们的注意。

[0004] 对于这种多晶硅 TFT 的制造技术,已经发展了一种使用大约 600°C 以下的低温工艺的所谓的低温多晶硅工艺,以实现衬底的低成本制作。在该低温多晶硅工艺中,已广泛地使用脉冲激光结晶技术,其中使用振荡时间非常短的脉冲激光来结晶非晶硅膜。该脉冲激光结晶技术是:通过用高输出脉冲激光照射瞬间熔化衬底上的硅膜并在其凝固过程期间结晶衬底上的硅膜的这种方式来利用硅的性质的一种技术。

[0005] 例如,在利用受激准分子激光器的低温多晶硅工艺中,当渐渐地移动线状激光束以允许这些激光束大部分重叠时,以激光束照射相同部分重复 10 到 20 次的方式使非晶硅膜受到脉冲照射。这样做时,可获得多晶硅,其晶粒尺寸在有源区的整个表面上变为均匀。而且,还提议了一种方法,其中通过利用 SLS (连续横向凝固) 技术在位置方面控制结晶晶粒。例如,受激准分子激光束的相位通过相位偏移掩模空间调制,以允许照射激光束具有能量密度梯度,由此控制晶粒的位置(见“Surface Science 21”,2000 年,第 1 卷,第 5 期,278 到 287 页)。

发明内容

[0006] 近年来,关于上面列出的这种平板显示器,为了进一步改善移动图像特性和对比度特性开发了高帧频液晶显示器,而且一种新型的包括例如有机 EL 显示器等的自发光显示器的显示器也处于开发中。这使得需要开发可应用于上述显示器的开关元件的 TFT,这种 TFT 在大电流突然通过时基本上没有特性劣化,并且开关元件之间的特性变化很小。

[0007] 就此而论,虽然根据这些上面列出的已知的低温多晶工艺获得的多晶硅 TFT 的优点在于,其具有以大载流子迁移率通过相对大的电流的可能性并且特性劣化也很小;但是当与非晶硅 TFT 相比时,尤其最初阈值电压或导通电流的元件与元件特性变化更大。在利用多晶硅 TFT 作为开关元件的显示器中,多晶硅 TFT 的元件与元件特性变化成为导致不均匀亮度的因素。

[0008] 在上面列出的多晶硅 TFT 中这种元件与元件的特性变化依赖于多晶硅 TFT 的沟道

部分中在沟道方向（即，沿着电子流动方向）存在的晶界数目的变化。因此，在晶界数目小的范围内，由于即使小数目晶界的不同也会发生 TFT 元件的很大变化。另一方面，当晶界的数目增加时，即使沟道部分晶界的数目稍微不一致，TFT 元件的变化也被抑制在低水平。在这种意义上，为了将多晶硅 TFT 中的特性变化抑制到低水平，重要性在于形成多晶硅膜，其中具有一致形状的相对小尺寸结晶有规律地排列或布置。

[0009] 然而，已经广泛用于在上文中列出的脉冲激光结晶技术的受激准分子激光器是一种气体激光器，其脉冲间的能量稳定性低。因此，虽然为了获得晶粒尺寸一致的多晶体，在相同的部分重复地进行激光束照射十到二十次，但是得到的晶粒的尺寸一致性仍然不能满意。而且，受激准分子激光器的单位成本高，替换激光管（振荡器）需要的运行成本也高。需要如上面列出的大约几十个照射周期的重复，由此产量变低，并附带生产成本不能降低的问题。

[0010] 晶粒尺寸不能满意地被制备得一致的问题同样发生在利用相位偏移掩模的以前的方法中。另外，根据最近的方法，制造相位偏移掩模需要高成本，并且附带问题是涉及制造大尺寸衬底的困难。

[0011] 利用例如 Ar 气体的点束激光的爆炸性结晶的方法是利用固相转变的再结晶方法，使得得到的结晶质量差，并且不能获得满意的载流子迁移率。

[0012] 由此，优选提供一种用来结晶半导体薄膜的方法，其中具有良好的形状精确性和质量好的晶粒有规律的排列，使得可以形成表现出好的精确性和高的载流子迁移率的结晶区。

[0013] 为了实现上述需要，本发明设想提供一种通过在半导体薄膜上连续照射能量光束同时以特定的速度扫描来结晶半导体薄膜的方法。在该方法中，半导体薄膜完全熔化，并且设定能量束的照射条件，使得结合用能量束扫描使处于能量束的中心位置的所述半导体薄膜最后结晶。

[0014] 根据结晶半导体薄膜的方法，将成形来使得在向着扫描中心的一侧突起的状态下向着能量束的扫描方向突起的晶粒多晶结晶，以便结晶颗粒沿着扫描方向有规律地排列。根据能量束的照射条件例如扫描速度、照射能量等，适当控制结晶颗粒的形状和排列节距。另外，通过能量束照射完全熔化半导体薄膜，而由此获得结晶颗粒，随后通过液相生长再结晶。由此结晶的质量是良好的。

[0015] 如上所述，根据依据本发明一个实施例的结晶半导体薄膜的方法，形状精度和质量都很优良的结晶颗粒有规律地排列，由此能够用来在半导体薄膜中形成多晶结晶区域，其中高精度控制高载流子迁移率。使用由此形成的多晶结晶区域使得能够获得可应用于像素开关元件的薄膜晶体管，有效地抑制像素开关元件的特性变化。

附图说明

[0016] 图 1 是示出根据本发明一个实施例的结晶方法的平面图；

[0017] 图 2A 到 2C 分别是示出根据本发明一个实施例的结晶方法的结晶生长一系列步骤的示意图；

[0018] 图 3 是示出本发明一个实施例的结晶方法的平面图；

[0019] 图 4A 和 4B 分别是示出在利用本发明一个实施例的结晶方法制造半导体器件的方

法中的步骤的平面图；

[0020] 图 5 是示出在图 4B 之后的步骤的平面图；

[0021] 图 6 是图 5 中部分 A 的放大平面图；

[0022] 图 7 是示出多个有源区的结晶的平面图；

[0023] 图 8 是沿着图 5 中线 X-X' 的截面图；和

[0024] 图 9A 和 9B 分别是示出制造利用薄膜半导体器件的液晶显示器的步骤的示意图。

具体实施方式

[0025] 参考附图描述本发明的实施例。在下面的实施例中，依次说明结晶半导体薄膜的方法和利用该结晶方法制造薄膜半导体器件的方法。

[0026] < 结晶半导体薄膜的方法 >

[0027] 最初，如图 1 所示，提供用来形成薄膜半导体器件的衬底 1。对于衬底 1，不仅可以使使用硅衬底，还可以使用例如玻璃衬底的非晶衬底，例如塑料衬底的低熔点衬底，例如石英、蓝宝石等的衬底，例如铝、不锈钢等的金属衬底。还应当注意，虽然在图中没有示出，但可以在衬底 1 的一个主面上形成绝缘膜例如氧化膜、氮化膜等作为缓冲层，用来防止对衬底 1 的热传导，并且也可以形成不同类型的金属膜。

[0028] 接下来，在衬底 1 上形成非晶半导体薄膜 3。例如，根据 PE-CVD（等离子体增强化学气相沉积）方法形成由非晶硅制成的半导体薄膜 3。获得的半导体薄膜 3 由包含大量氢的所谓氢化非晶硅（a-Si:H）组成。由此形成的半导体薄膜 3 的厚度，例如，为 20nm 到 100nm。

[0029] 注意，只要使用能够将膜形成温度抑制在低水平的方法，半导体薄膜 3 的形成不限于 PE-CVD 方法，并且可以通过涂布方法进行。在后者的情况下，溶剂和聚硅烷的混合物施加到衬底 1 上以形成膜，随后通过干燥和退火以形成半导体薄膜 3。根据能够将膜形成温度抑制到低水平的方法，例如前面的 PE-CVD 方法和上面列出的涂布方法，可以获得由包含大约 0.5 原子%到 15 原子%的氢的氢化非晶硅（a-Si:H）制成的半导体薄膜 3，其氢的含量可以根据任一种情况中的膜形成条件或多或少的变化。

[0030] 其后，如果需要，进行所谓的脱氢退火处理，用于从该半导体薄膜 3 释放出多余的氢离子。对于这种脱氢退火处理，例如在 400℃到 600℃进行熔炉退火。如果为结晶进行后续退火处理的同时，控制照射能量从而从用激光束照射的部分除去多余的氢，而在半导体薄膜 3 中没有产生氢离子的气化和膨胀，那么可以省略脱氢退火处理。

[0031] 随后，激光束 Lh 作为能量束照射在设置于半导体薄膜 3 上的有源区上。

[0032] 该激光束 Lh 包括例如 GaN 激光（波长：405nm）、Kr 激光（波长：413nm）、Ar 激光（波长：488nm, 514.5nm），和 Nd:YAG 激光（波长：1.06 μm）的二次谐波（532nm）和三次谐波（355nm）、Nd:YLF 激光（波长：1.05 μm）的二次谐波（524nm）或三次谐波（349nm）和 Yd:YAG 激光（波长：1.03 μm）的二次谐波（515nm）或三次谐波（344nm）。除此之外，可以使使用 Ti：蓝宝石激光的基波（792nm）或二次谐波（396nm）。

[0033] 在扫描时在一个扫描方向 y 上用激光束 Lh 以特定的速度照射半导体薄膜 3。特别地，重要的是依照半导体薄膜 3 的厚度来设定激光束 Lh 的照射条件，使得通过激光束 Lh 使半导体薄膜 3 沿着其深度完全熔化。

[0034] 为此，基于半导体薄膜 3 的厚度和吸收系数选择照射在半导体薄膜 3 上的激光束

Lh 的波长,从而提供足以能在沿其深度在整个区域中吸收光束的相对小的吸收系数,而没有仅半导体薄膜 3 的表面层上吸收。更具体地,例如,如果用 50nm 厚的非晶硅制成半导体薄膜 3,则优选使用波长为 350nm 到 470nm 的激光束。对于具有上述波长的激光束 Lh 的振荡源,例如,提到了 GaN 化合物半导体激光振荡器或 YAG 激光振荡器。

[0035] 控制除上面列出的激光束 Lh 的波长之外的照射条件,例如,激光照射通过的物镜的数值孔径 NA、激光束 Lh 的扫描速度、激光能量等,由此使半导体薄膜沿着深度完全熔化并结晶。具有预定强度或更高的激光束 Lh 在非晶半导体上的照射导致半导体薄膜 3 完全熔化。

[0036] 在结晶步骤中,波长为选自上述波长的激光束 Lh 用作束分布为高斯形状的点束。如图 2A 所示,这使得用激光束 Lh 照射部分的温度对应于激光束 Lh 的高斯形状的束分布,并且在激光束 Lh 的扫描中心 φ 变得最高而在相对的端部变得最低。

[0037] 如图 2B 所示,当激光束 Lh 在照射的同时在扫描方向 y 上扫描,结晶和凝固在半导体薄膜 3 已完全熔化的扫描路径 R 上从最远离扫描中心 φ 的位置开始(即,激光束扫描路径 R 的相对的端部)。最后,在扫描路径 R 的相对的端部上产生特定数目的晶体粒子 B。

[0038] 如图 2C 所示,在用激光束 Lh 的扫描进一步进行时,在结晶颗粒 B 向着扫描方向 y 以及向着扫描中心 φ 伸展的状态下,进行凝固,并且最后在扫描中心 φ 出现结晶。在该阶段,激光束 Lh 的扫描速度和输出可以被适当地控制在如上列出的照射条件的范围内,以允许在扫描中心 φ 完成凝固。以这种方式,获得从扫描中心 φ 向着扫描路径 R 的相对侧加宽的半月牙形状或者是轴对称分成两半的月牙形状的晶粒 b。在完成凝固的扫描中心 φ ,沿着扫描方向 y 形成一系列的晶界。

[0039] 在该结晶步骤中,如图 3 所示,在衬底 1 上的半导体薄膜 3 上,激光束 Lh 彼此平行扫描,同时保持特定的节距 p。在单个扫描周期中,扫描方向 y 保持特定的方向。

[0040] 激光束 Lh 之间的扫描节距 p 设定在这样的范围内,使得扫描中心 φ 不与相邻激光束 Lh 的扫描路径 R 重叠,并且凝固自然地进行以取代在相邻激光束 Lh 的扫描位置形成的晶粒 b 的结晶度。为此,当激光束 Lh 的近似直径取值 r 时,节距 p 大约在 $[r/2] < p \leq [1.5 \times r]$ 的范围内,并且优选在特定的扫描方向 y 上以与激光束 Lh 的直径 r 基本相同的节距扫描激光束 Lh。

[0041] 通过先前用激光束 Lh 扫描形成的半月牙晶粒 b 作为籽晶,并且在用邻近先前的扫描线的激光束扫描的期间,进行结晶。另外,进行半导体薄膜 3 的多晶结晶,以便在特定的节距 p 提供晶界 a。在晶界 a-a 之间,沿着晶界 a 延伸的方向的排列中,形成合并半月牙形状晶粒 b 的月牙形状晶粒 b'。晶粒 b' 为在与激光束 Lh 的扫描方向 y 相对的方向形成的月牙形状。

[0042] 允许激光束 Lh 彼此平行扫描的节距 p(即,晶界 a 之间的节距或周期)对于规定晶粒 b' 的数目变为一个重要因素,每个晶粒 b' 合并提供在下文中描述的薄膜半导体器件的沟道部分的半月牙形状晶粒 b。也就是,如将在下文中描述的,优选将提供在薄膜半导体器件的沟道部分的颗粒边界线 a 设定为大数目(周期数),以便在保持载流子迁移率的范围内可以均衡晶体管特性的变化。在这里依照薄膜半导体器件的设计设定节距 p,以便在不妨碍工艺的节拍时间的范围内在沟道部分提供大数目的颗粒边界 a。根据该节距 p,在节距 p

的方向（即，垂直于扫描方向的方向）上设定激光束 Lh 的斑直径 r。

[0043] 更具体地，如将在下文中示出的实例中描述的，优选根据沟道长度设定节距 p，以便沟道部分提供有大约 25 个沿着沟道宽度延伸的晶界 a。

[0044] 在上文列出的结晶步骤中，非常重要的是，通过激光束 Lh 照射形成的晶界 a 的特性保持不变。对于使晶界 a 的特性恒定的因素，需要保持在各个照射位置的激光束 Lh 的照射能量密度的恒定，保持扫描速度恒定，保持激光束 Lh 的节距 p 恒定，并且使半导体薄膜 3 的厚度恒定等。

[0045] 为了使激光束 Lh 的照射能量密度恒定，有利的是，至少在有源区上的激光束 Lh 的照射期间，激光束 Lh 处于连续的振荡条件下。这里使用的术语“连续振荡”可以包括在半导体薄膜 3 的温度不降低的范围内的暂停（例如，50ns 或更短的暂停）的情况。为了进行上面提出的这种照射同时保持激光束 Lh 的照射能量密度的恒定，希望使用配备有能量反馈功能或聚焦伺服功能的激光束照射器。该能量的反馈功能或聚焦伺服功能可以通过在光盘切割设备中使用的已知的技术建立。

[0046] 半导体薄膜 3 上的激光束 Lh 的照射设定在激光束照射的扫描速度保持恒定的范围内。

[0047] 激光束 Lh 对半导体薄膜 3 的照射位置可以相对移动。更具体地，上面形成了半导体薄膜的衬底可以相对于激光束的固定照射位置移动，或激光束的照射位置可以相对于固定的衬底移动。或者，衬底 1 和激光束的照射位置都可以分别移动。

[0048] 在结晶步骤中激光束 Lh 的平行扫描可以通过使用一个激光振荡器连续地进行，或通过使用多个激光振荡器进行。在考虑到制造用来驱动显示器的薄膜晶体管的情况下，优选在多个有源区上同时进行扫描。更具体地，考虑到产率，优选使用在衬底 1 的表面侧上排列的多个有源区上将激光束 Lh 进行多重照射的方法，以便同时结晶多个有源区。

[0049] 为了实现激光束 Lh 的多重照射，半导体激光振荡器适当地用作激光束的振荡源。由于半导体激光振荡器的尺寸比其它类型激光振荡器的尺寸小得多，其它激光振荡器例如受激准分子激光器、YAG 激光器等，所以多个这种振荡器可以布置在一个设备中，并且能够在连续的照射中产生 200mW 的额定输出功率。

[0050] 利用半导体激光振荡器，通过增加对应大面积衬底的半导体激光器的数目，能够对衬底尺寸进行柔性器件设计。在这种情况下，可以获得这样的结构，其中具有相同性能的大量晶体管排列在大尺寸的衬底上，当与在研究层面报道的通过使用掩模控制晶界的方法相比时，在形成具有均匀特性的大面积晶体管方面具有优势。

[0051] 已在上文中阐述的结晶步骤不仅可以在惰性气体的气氛中进行，还可以在空气气氛中进行。当在空气气氛中进行该步骤时，该设备整体上防止尺寸变大。

[0052] 根据在上文中示出的结晶步骤，结晶颗粒 b 均匀地排列在扫描方向 y 并且多晶结晶化，其中结晶颗粒 b 是在向激光束 Lh 的扫描方向 y 并且向扫描中心 φ 伸展的状态下突出的。根据照射条件例如激光束 Lh 的波长、扫描速度、照射能量等，可以方便地控制晶粒 b 的形状和排列节距。另外，通过利用激光束 Lh 照射完全熔化半导体薄膜 3 并通过液相生长再结晶，由此获得晶粒 b，并由此结晶质量优良。

[0053] 当控制扫描激光束 Lh 的节距 p 时，进行凝固同时自然地取代在相邻激光束 Lh 的扫描位置形成的晶粒 b 的结晶，并且可以在以节距 p 排列的晶界 a 之间形成由半月牙形状

晶粒 b 结合的月牙形晶粒 b'。这使得晶粒 b' 在基本垂直于扫描方向 y 的方向上均匀地排列。

[0054] 因而,具有高形状精确性和高质量的晶粒有规律地排列,并由此能够在半导体薄膜中形成多晶区,在该多晶区中可精确地控制载流子迁移率。

[0055] < 薄膜半导体器件的制造 >

[0056] 接下来,说明在如上所述的结晶方法之后进行的制造薄膜半导体器件的方法。这里描述一种制造半导体器件的方法,其中在相同的衬底 1 上形成多个薄膜晶体管。在图中应当注意,主要描述仅一个薄膜晶体管形成部分。

[0057] 最初,如图 4A 所示,根据在上文中列出的结晶方法,设定在衬底 1 上的半导体薄膜 3 上的各个有源区 3a 被选择性地结晶在其整个表面上。在各个有源区 3a 内部,晶界 a 横越有源区 3a 彼此平行排列。晶界 a 如上所述以特定节距排列。

[0058] 接下来,如图 4B 所示,以特定的形式图案蚀刻半导体薄膜 3,留下结晶的有源区 3a,并且为了元件隔离,各个有源区 3a 分开为特定形式的岛状。在这种情况下,如图所示,半导体薄膜 3 可以以这样的方式图案蚀刻,使得在有源区 3a 的周围,没有留下半导体薄膜 3 的非结晶的部分。或者,半导体薄膜 3 可以被图案蚀刻,使得有源区 3a 周围留下半导体薄膜 3 的结晶部分。在这种情况下,岛状图案区内部的全部结晶区域变为有源区,并且在其周围留下的非晶区变为隔离区。应当注意,这种半导体薄膜 3 的图案蚀刻可在结晶步骤之前实现。在这种情况下,将已经被图案化包括用作有源区 3a 的区域的岛状形式的各个半导体薄膜 3 如前所述进行这种结晶步骤。

[0059] 接下来,栅极绝缘膜(未示出)在衬底 1 上形成,从而用其覆盖图案化的有源区 3a。该栅极绝缘膜可以由氧化硅或氮化硅制成,并且可以通过已知的技术例如通常的 PE-CVD 形成。此外,可以形成已知的 SOG 等作为涂布绝缘膜。应当注意,栅极绝缘膜的形成可以在半导体薄膜 3 的图案蚀刻之前进行。

[0060] 接下来,如图 5 所示,在栅极绝缘膜上方形成栅电极 5,栅电极 5 被成形为横越过每个分为岛状的各个有源区 3a 的中心部分。重要的是,沿着晶界 a 延伸的方向形成栅电极 5。在图 6 中示出了图 5 中部分 A 的放大图。

[0061] 如这些图中所示,提供栅电极 5 跨过有源区 3a 中设计为具有特定宽度 W 的部分,并且在栅电极 5 跨过的有源区 3a 的部分的宽度成为沟道宽度 W。换句话说,提供栅电极 5 下方的沟道部分 C 以横跨沟道宽度 W 的方向。

[0062] 假设,基于在这里形成的薄膜晶体管的标准设计栅电极 5 的线宽(对应沟道长度 L),并且在其下越过沟道宽度 W 的方向布置特定数目的晶界 a。只要涉及具有相同特性的薄膜晶体管,则重要的是在沟道部分 C 提供基本相同数目的晶界 a。在实施本发明时,“基本相同数目”应该优选在特定数目 ± 1 的范围内。

[0063] 如果在沟道部分 C 提供的晶界 a 的数目相对于晶界 a 的实际数目与其特定数目的比率变化很小,那么薄膜晶体管的特性变化可以一致。在该意义上,在数目为两个以上的条件时,在沟道部分 C 提供数量越多的晶界 a 越好。更具体地,如将要在下文中示出的实例中描述的,优选节距 p 设定为与沟道 L 一致,使得在沟道部分 C 提供大约 25 个在沟道宽度 W 方向延伸的晶界 a。在这里注意,在沟道部分 C 横跨沟道长度 L 方向的晶界 a 数目越大,致使沿着沟道长度 L 方向的载流子迁移率更低。由此,在载流子迁移率保持高到一定程度的

范围内,更大数目的晶界 a 更好。

[0064] 如上文所述,相对在各个有源区 3a 提供的晶界 a,重要的是在特定的范围形成栅电极 5。在该结晶步骤中,如图 7 所示,在各个的有源区 3a 中激光束 Lh 的扫描方向设定为与栅电极 5 的布线方向一致,以使晶界 a 的延伸方向与图 7 所示的栅电极 5 的布线方向一致。

[0065] 对于如上所述的形成栅电极 5,通过溅射或真空沉积方法形成例如由铝构成的一层电极材料,随后通过光刻在电极材料层上形成抗蚀剂图案。其后,通过利用抗蚀剂图案掩模蚀刻电极材料层,以形成栅电极 5 的图案。

[0066] 应当注意,形成栅电极 5 不限于上面列出的这种工序。例如,可以通过印刷技术涂布金属细颗粒。或者,在蚀刻电极材料层用于形成栅电极 5 之后,可以随后蚀刻栅极绝缘膜。

[0067] 接下来,如图 8 的截面图所示,通过利用栅电极 5 作为掩模的离子注入和随后的退火处理形成源 / 漏极 7,在源 / 漏极 7 中杂质自对准的注入有源区 3a。应当注意图 8 对应于图 5 中沿着线 X-X' 的截面。

[0068] 用这种方式,在已于栅电极 5 下方结晶的有源区 3a 中形成由无杂质部分形成的沟道部分 C。在该源 / 漏极 7 和栅电极 5 下方的沟道部分 C 由通过结晶半导体薄膜 3 获得的多晶硅构成,以便可以获得薄膜半导体器件 10,其中多个顶栅薄膜晶体管 TFT(即,多晶硅 TFT)布置在同一衬底 1 上。

[0069] 例如,如果液晶显示器制作为使用这种薄膜晶体管 TFT 作为开关元件的显示器,那么进一步进行以下步骤。

[0070] 最初,如图 9A 所示,在薄膜半导体器件 10 的衬底 1 上方形成层间绝缘膜 21,使得用其覆盖薄膜晶体管 TFT。接下来,在层间绝缘膜 21 中形成到达薄膜晶体管 TFT 的源 / 漏极 7 的连接孔 21a。在层间绝缘膜 21 上形成经由连接孔 21a 连接到源 / 漏极 7 的布线 23。

[0071] 形成平坦的绝缘膜 25 以用其覆盖布线 23,并且在该平坦的绝缘膜 25 中形成到达布线 23 的连接孔 25a。其后,在平坦的绝缘膜 25 上形成经由连接孔 25a 和布线 23 连接到源 / 漏极 7 的像素电极 27。根据液晶显示器的类型,形成像素电极 27 作为透明电极或反射电极。该图是一个像素的基本部分的截面。

[0072] 虽然在图中没有示出,但在平坦的绝缘膜上形成覆盖像素电极 27 的定向膜,以完成驱动衬底 29。

[0073] 另一方面,如图 9B 所示,提供与驱动衬底 29 以面对面关系布置的反向衬底 31。反向电极 31 在其上提供有形成在透明衬底 33 上的公共电极 35,公共电极 35 覆盖有未示出的定向膜。

[0074] 以像素电极 27 和公共电极 35 彼此面对的方式,驱动衬底 29 和反向衬底 31 通过隔离物 37 以面对面关系布置。液晶相 LC 密封填塞在衬底 29、31 之间,并通过隔离物 37 的方式保持特定的空间,以完成液晶显示器 41。

[0075] 应当注意,如果利用具有上文所述的这种布置的驱动衬底 29 制造有机 EL 显示器时,提供布置在驱动衬底 29 上的像素电极作为阳极(或阴极),在其上连续形成具有必要功能的有机层,例如空穴注入层、发射层、电子传输层等,随后在有机层上进一步形成作为阴极(或阳极)的公共电极。

[0076] 参考图 5 和 6, 布置通过利用根据该实施例的结晶方法获得的薄膜半导体器件 10, 使得沿着栅电极 5 延伸的晶界 a 穿过沟道部分 C, 并基于周期排列在沟道长度 L 的方向上, 在其下穿过沟道部分 C 的载流子不变地移动过以特定节距设置的晶界 a。这能够使得薄膜半导体器件 1 中的薄膜晶体管 TFT 通过控制节距 p 可以很好地精确控制晶体管特性 (载流子迁移率)。因而, 控制节距 p 会导致薄膜半导体器件 1 中薄膜晶体管 TFT 的晶体管特性 (载流子迁移率) 的精确控制。当关于在沟道部分 C 分配的晶界的节距大小和数目而言多个元件彼此一致时, 可以抑制载流子迁移率的变化。也就是, 如图 3 所示, 薄膜半导体器件 10 中的载流子在横跨晶界 a 的移动方向 Xc 上移动。晶界 a 是结晶时最后凝固并且杂质集中的部分, 使得该边界比在半月牙形晶界 b 的扫描方向 y 之间建立的晶界更清晰。因为载流子移动过特定数目的这种清晰的晶界 a, 所以相比垂直于移动方向 Xc 的方向 (即扫描方向 y) 设计为沟道长度 L 方向的类型的晶体管的晶体管特性, 薄膜晶体管 TFT 的晶体管特性 (载流子迁移率) 被更好地精确控制。

[0077] 晶界 a-a 之间的结晶状态是这样的, 以至于每个都在晶界 a-a 之间上方延伸的晶粒 b' 沿着晶界 a 排列。最后, 没有包含结晶区, 且抑制了元件特性劣化。因为没有载流子穿过晶粒 b' -b' 之间的边界, 所以沿着沟道长度 L 的载流子迁移率在晶界 a-a 之间保持得高。

[0078] 因而, 当形成在薄膜半导体器件中的薄膜晶体管 TFT 用作构成显示器的像素的开关元件时, 得到的显示器部分能够防止不均匀亮度和色彩发暗。

[0079] 在上述的实施例中, 如参考图 3 示出的, 扫描激光束 Lh 的节距 p 设定在这样的范围内, 使得扫描中心 φ 与相邻激光束 Lh 的扫描路径 R 不重叠, 并且自然地进行凝固, 以取代形成在相邻激光束 Lh 的扫描部分的晶粒 b 的结晶。在这种条件下, 已经描述了一种方法, 其中多晶结晶化半导体薄膜, 使得在晶界 a 延伸的方向上排列晶粒 b', 晶粒 b' 的尺寸在位于节距 p 的晶界 a-a 之间上延伸。然而, 在本发明的实施中, 可以设定扫描激光束 Lh 的节距 p, 以便进行凝固而没有自然地取代形成在相邻激光束 Lh 扫描位置的晶粒 b 的结晶。在这种情况下, 半导体薄膜 3 以这种方式多晶结晶化, 使得以特定节距提供的晶界 a-a 之间, 晶粒 b、非晶部分和晶粒 b 按该次序周期性地形成。即使在该结晶步骤中, 以在特定节距的晶界 a-a 之间有规律地排列晶界 b 的方式进行结晶。通过完全熔化半导体薄膜并经过液相生长获得的晶粒 b 质量优良。

[0080] 即使在留下该非晶区的同时结晶的有源区, 当如上所述沿着晶界 a 提供栅电极时, 通过以晶界 a 之间的节距 p 高水平地控制晶体管特性的精度, 可以获得特性变化很小的薄膜晶体管 TFT。

[0081] 在上面的实施例中, 已经示出了通过应用根据本发明一个实施例的多晶结晶方法制造提供有薄膜晶体管的薄膜半导体器件的方法。然而, 该多晶结晶方法不限于应用于薄膜晶体管的制造方法, 还可以采用其他类型的电子元件的制造方法。在每种情况下, 通过设定横过晶界 a 的电流的通道, 可以获得具有高特性精度的电子元件。

[0082] 在上面实施例中描述的材料、起始材料、工序和数值仅以示例的方式说明。如果需要, 也可以使用与其不同的其他类型的材料、起始材料、工序和数值。

[0083] 基于图 3, 说明本发明的实例。

[0084] < 实例 1 >

[0085] 根据等离子体 CVD 方法在石英玻璃衬底上形成 120nm 厚的氧化硅膜,以提供衬底 1。通过等离子体 CVD 方法在衬底 1 上形成由非晶硅制成的 50nm 厚的半导体薄膜。接下来,为了从半导体薄膜 3 除去多余的氢离子,在真空中,在 500℃进行退火处理(脱氢退火处理)持续一个小时。

[0086] 其后,通过大约 500nm 的直径 r 、12mW 的衬底表面上的照射能量(表面照射能量)和 0.8 的物镜的有效 NA 的 GaN 点束 Lh 照射半导体薄膜 3,同时平行于特定扫描方向扫描。在实例 1 中,激光束 Lh 照射控制在 400nm 的节距 p ,同时以 1m/ 秒的扫描速度 v 平行于扫描方向 y 扫描。应当注意,通过聚焦伺服的方式不变地控制半导体薄膜 3 上激光束 Lh 的照射,使得不错过依据扫描的焦点。为了使照射能量恒定,监控照射能量的部分以承受能量的变化。

[0087] 当通过扫描电子显微镜(SEM)观察用激光束 Lh 照射结晶的区域时,确定获得了多晶区域,其中分别向着与扫描方向 y 相反的方向伸出的均匀月牙形状晶粒 b' 每个都在提供有 400nm 节距(间距) p 的一对系列的晶界 a - a 之间有规律的排列。

[0088] <实例 2>

[0089] 除了实例 1 中激光束 Lh 的照射条件变成包括 0.4 的物镜有效 NA、600nm 的节距 p 和沿着扫描方向 3m/s 的扫描速度 v 的照射条件之外,重复实例 1 的总的工序。

[0090] 通过用扫描电子显微镜(SEM)观察用激光束 Lh 照射结晶的区域,显示出获得了多晶区域,其中分别向着与扫描方向 y 相反的方向伸出的均匀月牙形状晶粒 b' 每个都在提供有 600nm 节距(间距) p 的一对系列的晶界 a - a 之间有规律的排列。

[0091] <实例 3-1,3-2>

[0092] 利用在实例 1 中多晶结晶化的区域,如下表 1 所示,制成了具有 10 μm 和 20 μm 的沟道长度(栅极线宽) L 和 50 μm 沟道宽度 W 的薄膜晶体管。在实例 3 的薄膜晶体管中,如图 5 所示,平行于晶界 a 提供了栅极布线 5。由此,如图 3 所示,平行于晶界 a 提供了栅极布线 5。通过这种方式,如图 3 所示,布置获得的晶体管,使得载流子在横跨晶界 a 的移动方向 X_c 上移动,在结晶时晶界 a 最后凝固且在其中杂质集中。在实例 3-1、3-2 的各个薄膜晶体管的沟道部分晶界的数目是大约 25 和大约 50。

[0093] 表 1

[0094]

	沟道长度 L	沟道宽度 W	晶界数(周期数)	导通电流的变化 $\pm \sigma$	V_{th} 变化	迁移率 (cm^2/Vs)
实例 3-1	10 μm	50 μm	25	$\pm 1.9\%$	0.08V	26
实例 3-2	20 μm		50	$\pm 1.3\%$	0.06V	26

[0095] GaN 激光 ;NA = 0.8,晶界节距(节距周期) $p = 400\text{nm}$

[0096] 测量了由此构成的薄膜晶体管的导通电流变化。结果也在上面的表 1 中示出了。由表 1 可以看出,实例 3-1 中导通电流的变化抑制在 $\pm \sigma = \pm 1.9\%$,并且实例 3-2 中导通电流的变化抑制在 $\pm \sigma = \pm 1.3\%$ 。在实例 3-1 中阈值电压 V_{th} 的变化 σ 抑制在 0.08V,

并且在实例 3-2 中也抑制到 0.06V。已确认,当根据本发明的一个实施例多晶结晶的半导体薄膜用于构成沟道部分时,可以高精度的控制晶体管特性。尤其是,由于导通电流的变化可以抑制在 $\pm \sigma = 3\%$ 的范围内,所以已经确认:使用薄膜晶体管作为利用有机电致发光元件中的像素电极的开关元件,能够使亮度的变化满意地抑制在肉眼看不到的级别。而且,实例 3-1 和 3-2 之间的对照揭示了:晶界 a 的数目越大导致薄膜晶体管在导通电流变化和阈值电压方面具有更小的变化和导致高的特性精度。已发现 TFT 迁移率(载流子迁移率)为 $26\text{cm}^2/\text{Vs}$,并由此,可以获得足够用作像素开关的优良晶体管特性。

[0097] <实例 4-1, 4-2>

[0098] 利用与实例 2 中相同的方式多晶结晶化的区域,制成了具有 $10\mu\text{m}$ 或 $20\mu\text{m}$ 的沟道长度 L 和 $50\mu\text{m}$ 沟道宽度 W 的薄膜晶体管。像实例 3 一样,布置实例 4 的这些薄膜晶体管,使得如图 5 所示平行于晶界 a 提供栅极布线 5,并且载流子在与晶界 a 交叉的移动方向 X_c 上移动,其是如图 3 所示在结晶时最后凝固并且其中杂质集中的部分。实例 4-1 和 4-2 的薄膜晶体管中沟道部分的晶界的数目分别为大约 17 和大约 33。应注意为了抑制导通-截止特性中的提高和变化,在实例 4 中对工艺进行了改变。

[0099] 表 2

[0100]

	沟道长度 L	沟道宽度 W	晶界数目(周期数目)	导通电流变化 $\pm \sigma$	V_{th} 变化	迁移率 (cm^2/Vs)
实例 4-1	$10\mu\text{m}$	$50\mu\text{m}$	17	$\pm 0.94\%$	0.10V	18
实例 4-2	$20\mu\text{m}$		33	$\pm 0.56\%$	0.06V	18

[0101] GaN 激光; $NA = 0.4$, 晶界节距(节距周期) $p = 600\text{nm}$ (具有工艺的变更)

[0102] 测量了由此构成的薄膜晶体管的导通电流的变化。结果也在上面的表 2 中示出了。如表 2 所示,实例 4-1 中导通电流的变化抑制在 $\pm \sigma = \pm 0.94\%$,并且实例 4-2 中导通电流的变化抑制在 $\pm \sigma = \pm 0.56\%$ 。在实例 4-1 中阈值电压 V_{th} 的变化 σ 抑制在 0.10V,并且在实例 4-2 中也抑制到 0.06V。通过这种方式,已确认:对于 $NA = 0.4$,当根据本发明的一个实施例的多晶结晶的半导体薄膜用于构成沟道部分时,同样可以高精度的控制晶体管特性。尤其是,由于导通电流的变化可以抑制在 $\pm \sigma = 3\%$ 的范围内,已经确认:使用薄膜晶体管作为利用有机电致发光元件的像素电极的开关元件,能够使亮度的变化满意地抑制在肉眼看不到的级别。从实例 4-1 和 4-2 之间的对照可以确认:晶界 a 的数目越大导致导通电流的变化越小,或导致薄膜晶体管具有更好的特性精度。对于实例 4-1 和 4-2, FET 迁移率(载流子迁移率)都为 $18\text{cm}^2/\text{Vs}$,说明可以获得足够用作像素开关的优良晶体管特性。

[0103] <比较实例>

[0104] 通过应用利用常规布置的受激准分子激光器的结晶工序,制造多个薄膜晶体管。

[0105] 最初,在形成与实例 1 相同的半导体薄膜 3 之后, KrF 受激准分子激光器被光处理成具有沿着短轴的 $400\mu\text{m}$ 宽度和沿着短轴的 100mm 长度的线光束,该激光束以这样的方式照射:在每个脉冲中照射位置沿着短轴平移 $8\mu\text{m}$ 的节距,同时该光束与其他区域重叠。在

该阶段,控制关于平行短轴的截面评价的能量分布,以提供礼帽形式(即,梯形形式)。在如上所述的这种条件下进行照射的情况下,大约 50 次脉冲激光照射在相同的区域上。通过衰减器控制照射激光以确保在一个脉冲中为 25ns 和对应于 $310\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的能量密度。

[0106] 用扫描电子显微镜 (SEM) 观察由这种激光束 Lh 的照射结晶的区域,揭示出:获得了多晶结晶区,其中大约 250nm 边长的方形结晶以格子形式有规律地排列。

[0107] 利用多晶结晶区,制造如表 3 所描述的具有 $20\mu\text{m}$ 的沟道长度(栅极线宽)L 的薄膜晶体管。该薄膜晶体管的沟道宽度 W 设定在 $50\mu\text{m}$ 。

[0108] 表 3

[0109]

	照射激光束	导通电流变化 $\pm\sigma$	V_{th} 变化	迁移率 (cm^2/Vs)
实例 3-2	GaN 激光 ;Na = 0.8	$\pm 1.3\%$	0.06V	26
实例 4-2	GaN 激光 ;Na = 0.4	$\pm 0.56\%$	0.06V	18
比较实例	受激准分子激光	$\pm 6.2\%$	0.31V	155

[0110] 沟道长度 $L = 20\mu\text{m}$, 沟道宽度 $W = 50\mu\text{m}$ (对于 $NA = 0.4$, 工艺改变了)

[0111] 测量各个薄膜晶体管的导通电流变化和迁移率。表 3 示出了结果。在表 3 中,利用与比较实例相同的标准(即,沟道长度 $L = 20\mu\text{m}$, 沟道宽度 $W = 50\mu\text{m}$), 还示出了实例 3-2 和 4-2 的结果。

[0112] 由这些结果,利用应用本发明结晶的半导体薄膜的实例 3-2 和 4-2 的薄膜晶体管的导通电流和阈值电压 V_{th} 的变化比利用没有采用本发明以受激准分子激光的手段结晶的半导体薄膜的比较实例的导通电流变化和阈值电压 V_{th} 的变化小得多。应当注意,虽然比较实例的薄膜晶体管关于 FET 迁移率更高,但是本发明的实例 3-2 和 4-2 的值对于像素开关足够了。

[0113] 应当注意,根据本发明的其他实施例的每个处理工序可以解释为具有工序顺序的方法。另外,每个工序顺序可以解释为可通过计算机执行的程序或解释为用于存储该程序的记录介质。

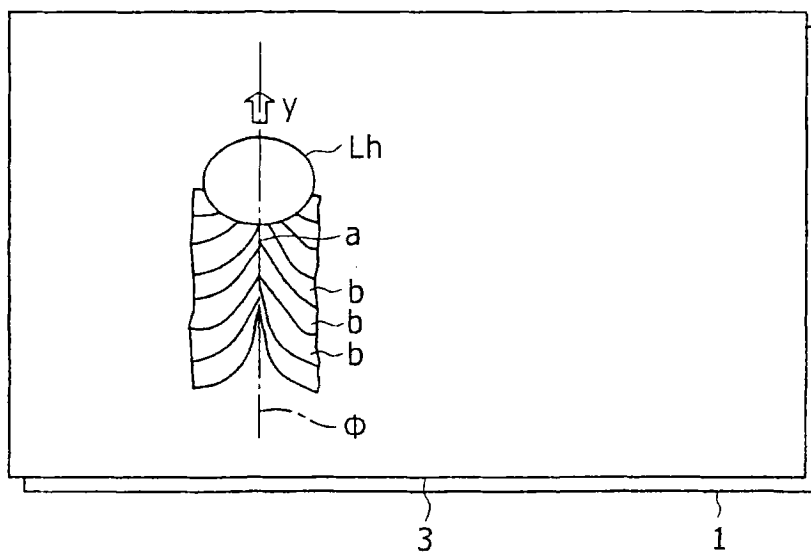


图 1

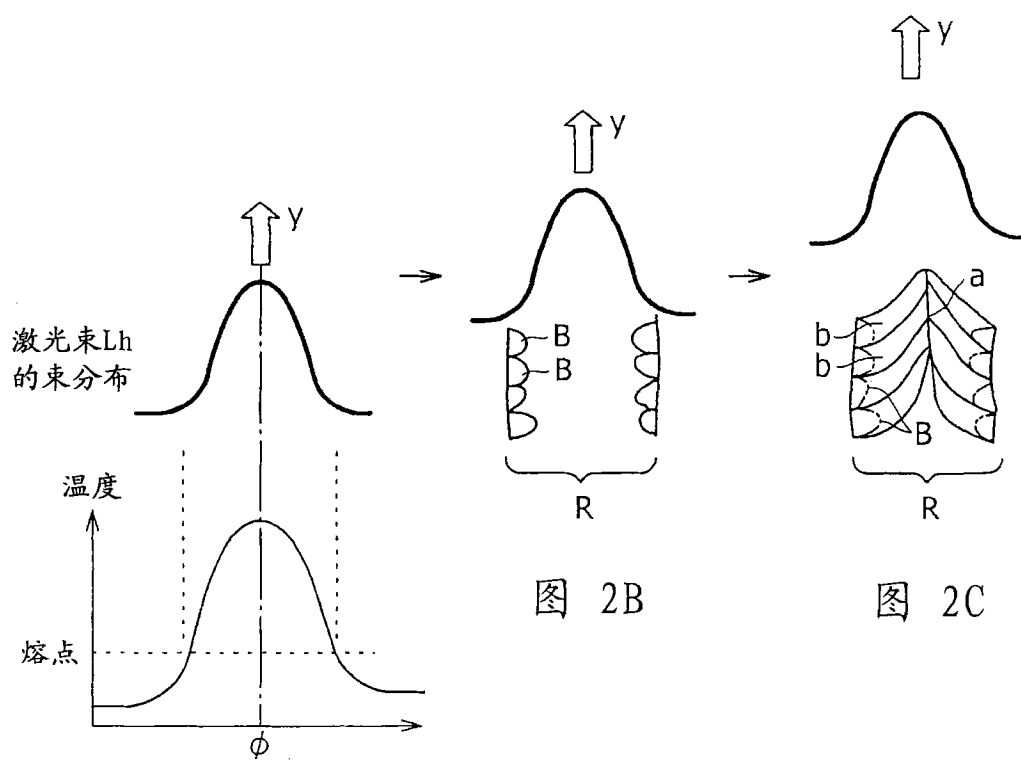


图 2A

图 2B

图 2C

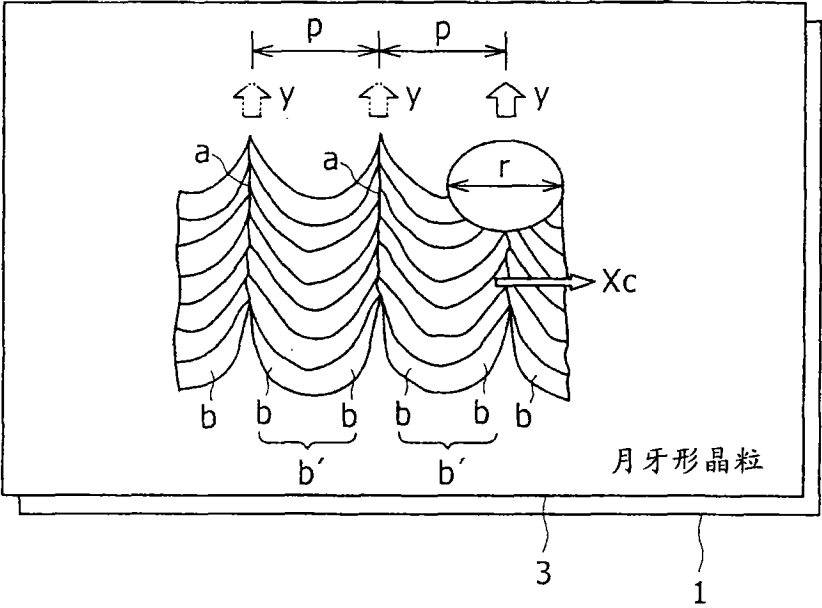


图 3

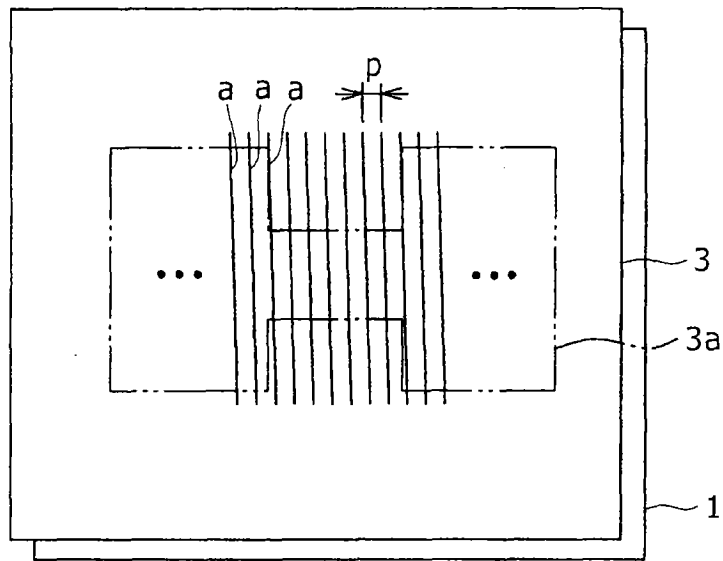


图 4A

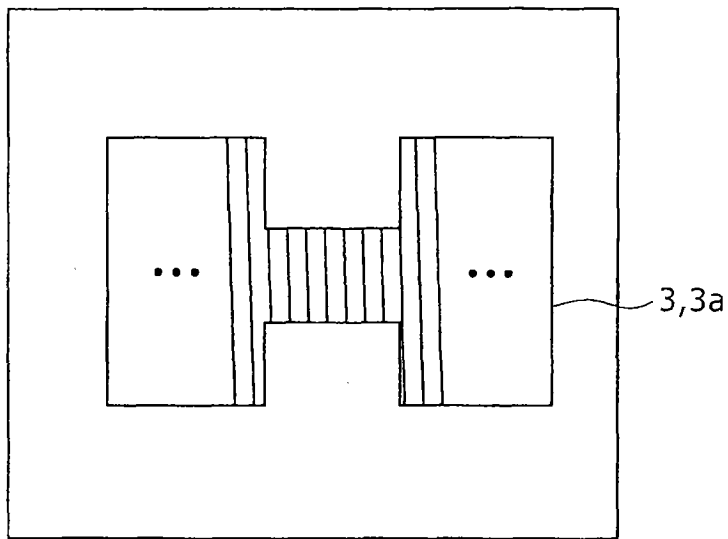


图 4B

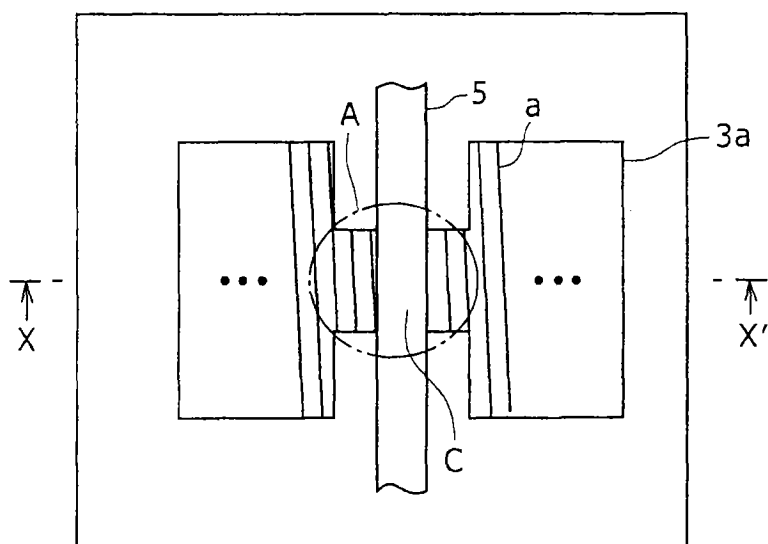


图 5

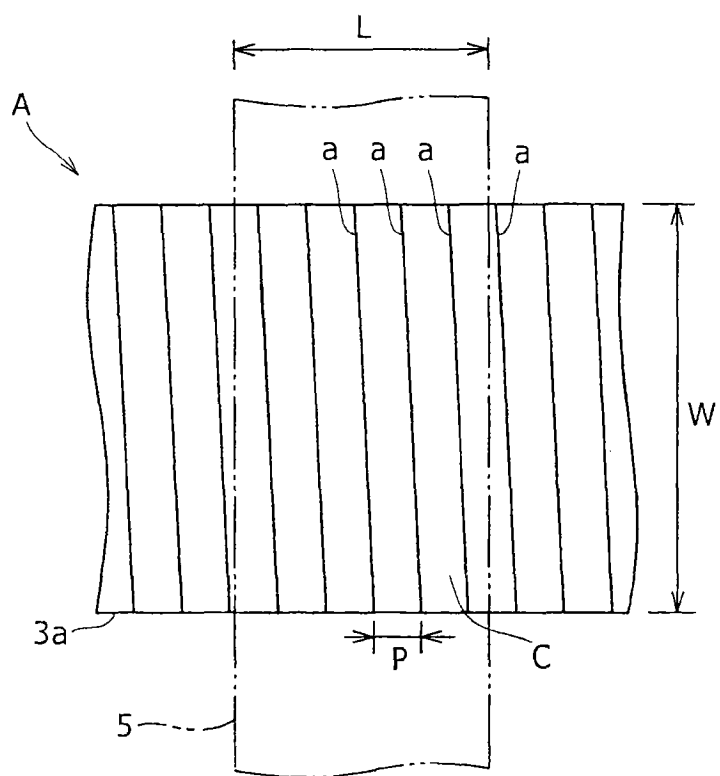


图 6

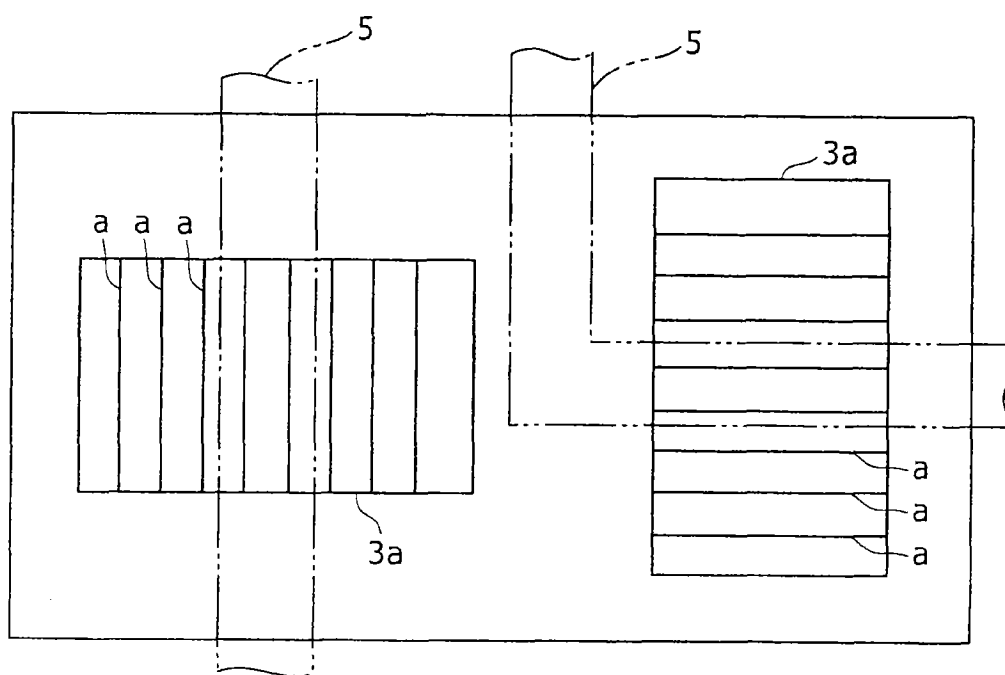


图 7

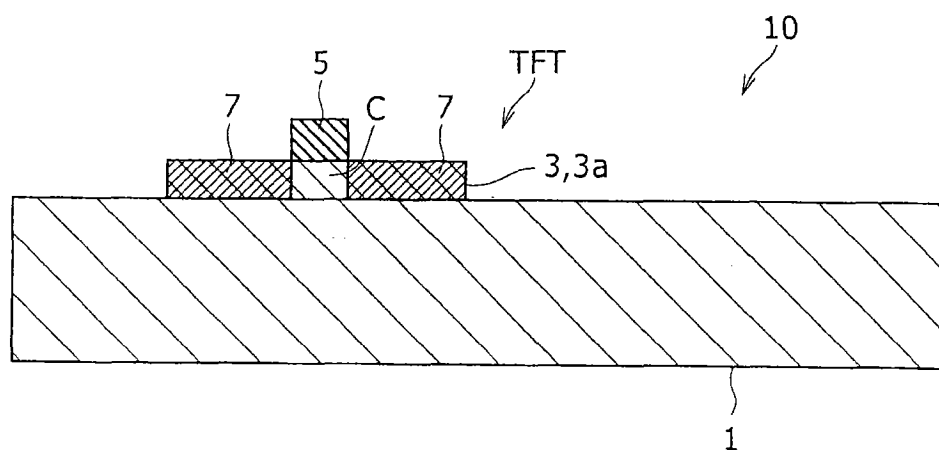


图 8

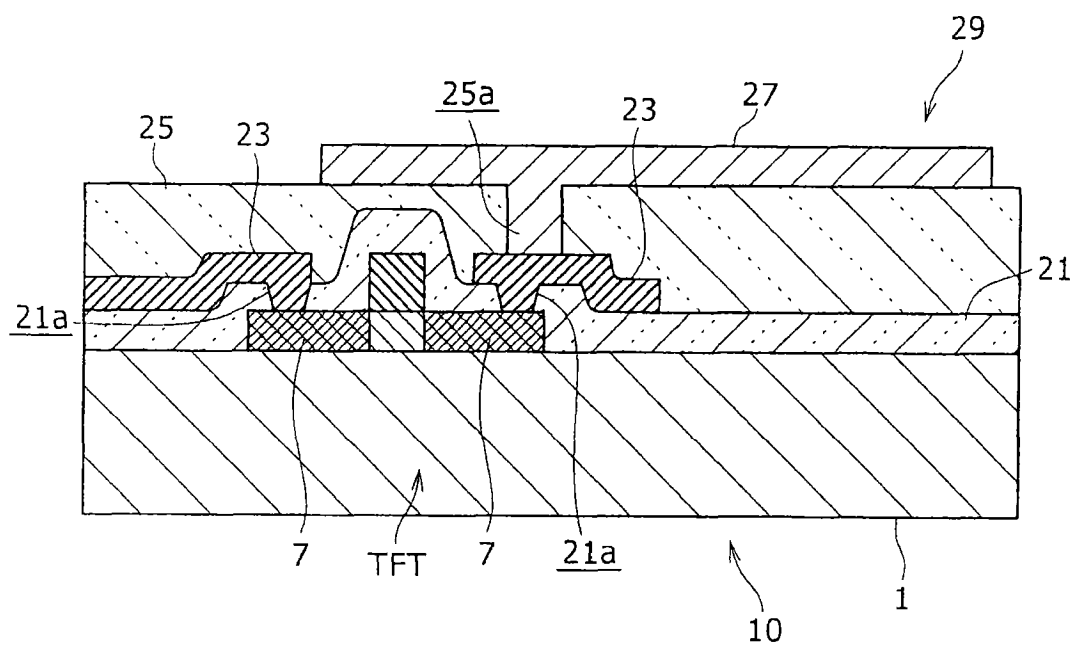


图 9A

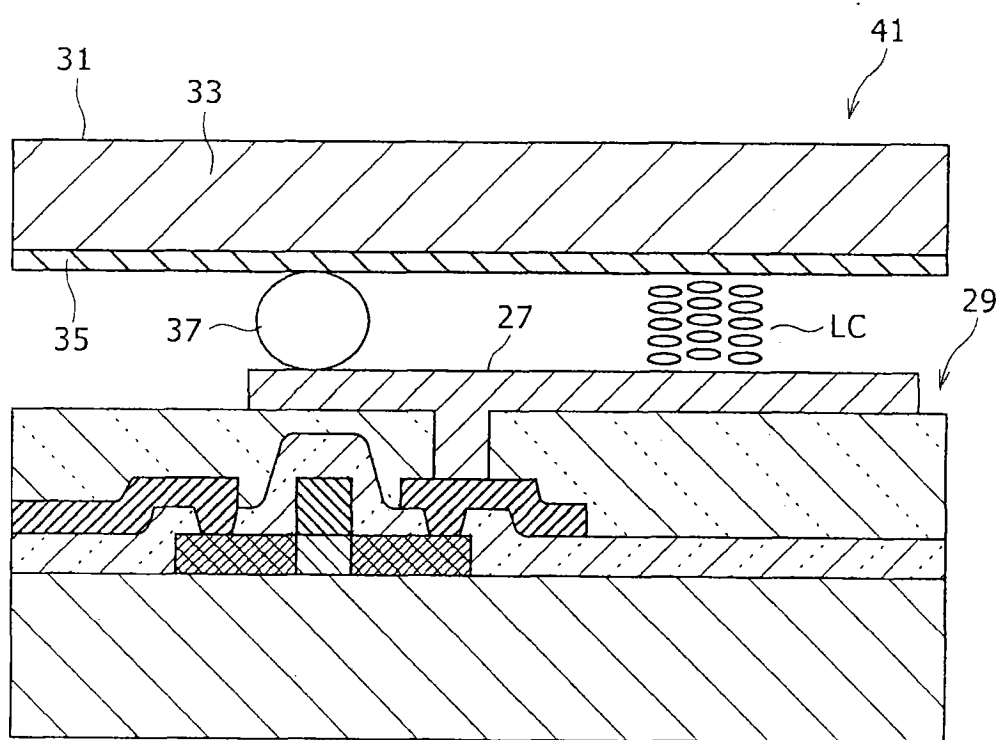


图 9B