

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 29/78 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02154721.1

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100524817C

[22] 申请日 2002.10.9 [21] 申请号 02154721.1

[30] 优先权

[32] 2001.10.9 [33] JP [31] 311756/01

[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

共同专利权人 夏普公司

[72] 发明人 宫入秀和 志贺爱之 野村克己

牧田直树 松尾拓哉

[56] 参考文献

JP10-106951A 1998.4.24

审查员 高铭洁

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 梁 永

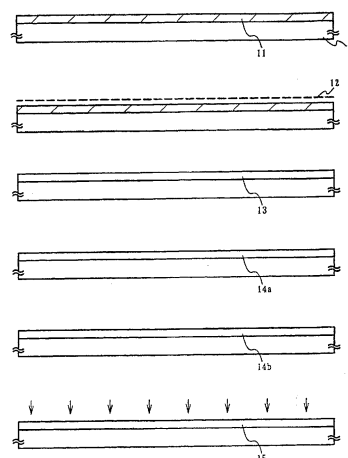
权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 11 页

[54] 发明名称

半导体膜, 半导体器件, 和制造方法

[57] 摘要

通过在 JP8-78329A 中公开的技术上添加新颖的改进, 本发明提供了在其中改善了具有晶体结构的半导体薄膜的薄膜特性的制造方法。另外, 还提供了将半导体薄膜用作有源层并且具有像场效应迁移率这样的较高 TFT 特性的 TFT 和制造 TFT 的方法。将促进硅结晶的金属元素添加到具有非晶体结构并且在薄膜中具有小于 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的氧浓度的半导体薄膜中。然后加热处理具有非晶体结构的半导体薄膜, 形成具有晶体结构的半导体薄膜。随后, 除去在表面上的氧化膜。将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中, 进行处理以便于在薄膜中的氧浓度是从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。在从半导体薄膜的表面上除去氧化膜以后, 通过在惰性气体环境下或者真空中照射激光来平整半导体薄膜表面。



1. 一种制造半导体器件的方法, 包括:

在绝缘表面上形成具有非晶体结构的半导体薄膜的第一步;

将金属元素添加到具有非晶体结构的半导体薄膜的第二步;

加热处理具有非晶体结构的半导体薄膜以便于形成具有晶体结构的半导体薄膜的第三步;

将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中以便于使得在薄膜中氧浓度从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 的第四步;

除去具有晶体结构的半导体薄膜表面上的氧化膜的第五步; 和

在惰性气体环境下或者真空中照射激光以便于平整具有晶体结构的半导体薄膜的表面的第六步。

2. 根据权利要求1的制造半导体器件的方法, 其中还包括:

在加热处理所述半导体薄膜以后, 从结晶半导体薄膜表面去除氧化膜。

3. 根据权利要求1的制造半导体器件的方法, 其中还包括:

在所述激光照射之后, 吸收金属元素以便于从具有晶体结构的半导体薄膜中除去金属元素或者降低其中的金属元素的浓度。

4. 依据权利要求1的制造半导体器件的方法, 其中由第一步形成的在具有非晶体结构的半导体薄膜中的氧浓度小于 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。

5. 依据权利要求1的制造半导体器件的方法, 其中第四步是在利用臭氧水氧化具有晶体结构的半导体表面以后在惰性气体环境下或者真空中照射激光的步骤, 激光具有比在第六步中使用的激光的能量密度低 30 到 $60\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的能量密度。

6. 依据权利要求1的制造半导体器件的方法, 其中第四步是在包含氧或者水分子的环境下照射激光的步骤, 激光具有比在第六步中使用的激光的能量密度低 30 到 $60\text{mJ}/\text{cm}^2$ 的能量密度。

7. 依据权利要求1的制造半导体器件的方法, 其中第四步是在通过离子掺杂或者离子注入来添加氧以便于在具有晶体结构的半导体薄膜中的氧浓度是从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 以后, 在惰性气体环境下或者真空中照射激光的步骤, 激光具有比在第六步中使用的激光的能量密度低 30 到

60mJ/cm²的能量密度。

8. 依据权利要求 1 的制造半导体器件的方法，其中在上述结构中的金属元素是用于促进硅结晶的金属元素，可以是包括 Fe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu 和 Au 的组中选出的一个元素或者多个元素。

9. 一种按照权利要求 1-8 中任一项的方法制造的半导体器件，其包括半导体薄膜，所述半导体薄膜的表面具有不规则网格图案，其中：

具有在脊状分岔中伸出的凸起部分的脊；和

在包括由脊不规则地夹在中间的平整部分和凹面部分的区域中，在两个任意点之间提供的至少一条不被脊阻碍的通路。

10. 一种按照权利要求 1-8 中任一项的方法制造的、包括半导体膜的半导体器件，所述半导体膜具有沟道形成区域、漏极区域和源极区域；

所述半导体器件包括：

栅极绝缘薄膜；和

栅电极，

其中：

半导体膜的表面具有不规则的网格图案；

具有在脊状分岔中伸出的凸起部分的脊；以及

在包括由脊不规则地夹在中间的平整部分和凹面部分的区域中，在两个任意点之间提供的至少一条不被脊阻碍的通路。

半导体膜，半导体器件，和制造方法

技术领域

本发明涉及一种具有由薄膜晶体管（下文中被称为 TFT）组成的电路的半导体器件和制造半导体器件的方法。例如，本发明涉及以液晶显示屏幕为代表的电光器件和安装在电光器件上作为元件的电子设备。

注意到本说明书中的术语半导体器件指示通常能够起到半导体特性作用的器件，电光器件、半导体电路和电子设备全都包括在半导体器件的范畴。

背景技术

近几年，通过利用在具有绝缘表面的衬底上形成的半导体薄膜（具有大约几个到几百 nm 的厚度）来构成薄膜晶体管（TFT）的技术已经引起重视。薄膜晶体管广泛应用于像 IC 或者电光器件这样的电子设备，更具体地必须迅速地发展作为图象显示设备的开关元件。

有源矩阵液晶模块被认为是薄膜晶体管的典型实例。尤其是，和具有非晶体结构的硅薄膜（典型地，非晶硅薄膜）的 TFT 相比，具有晶体结构的硅薄膜（典型地，多晶硅薄膜）作为有源层的 TFT（下文中被称为多晶硅 TFT）具有较高的场效应迁移率，因此这样的 TFT 最近被多用途使用。

尽管有多种获得具有晶体结构的硅薄膜的技术，特别是在日本未经审查的专利出版物 NO.Hei.8-78329 正式报告中举出的技术，其中在非晶硅薄膜中选择性的加入促进结晶化的金属元素（典型地是镍），由此执行热处理来形成以附加区域作为起始点扩展的晶体硅薄膜。因为和其它技术相比，由此获得的晶体晶粒度非常大，并且场效应迁移率比较高，因此能够形成配备了各种功能的各种电路。例如，在将上述正式报告的技术应用到在液晶显示设备中携带的液晶模块的情况下，能够在一个衬底上形成用于控制例如执行用于每个功能块的图象显示的像素部分这样的像素部分的驱动电路、基于 CMOS 电路的移位寄存电路、电平移位电路、缓冲电路和采样电路等。

而且，和不利用金属元素的方法相比较，上述正式报告的技术通过金属元素的作用能够将非晶硅薄膜的结晶温度降低大约 50—100℃，因此能

够使用玻璃衬底而不会在工艺中出现任何问题。而且，和不使用金属元素的方法相比较，在上述正式报告技术的结晶所需的时间减少了 1/5 到 1/10，因此上述正式报告技术在生产率方面也是很出色的。

发明内容

给上述正式报告的技术增加了新的进一步的改进，提供了改进具有晶体结构的半导体薄膜的薄膜特性的制造方法和在其中将这样的半导体薄膜作为在例如场效应迁移率这样的 TFT 特性中很出色的有源层的 TFT。

为了解决上述各种问题，从广泛的各种角度来考虑所执行的许多试验的结果，才产生了本发明。当为了结晶而执行热处理的时候，最好将具有在其中添加了用于促进结晶的金属元素的非晶体结构的半导体薄膜中的阻碍结晶的氧浓度尽可能地减小，特别地要小于 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。已经发现通过在执行热处理以后将氧引入薄膜来解决上述问题，尤其是能够增加场效应的活动性。

作为将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中的处理技术，通过利用臭氧水将具有晶体结构的半导体的表面氧化以后，通过在惰性气体环境或者真空中照射激光，可以将薄膜中的氧浓度设定为 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。

或者，作为将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中的另一个处理技术，通过在包含氧或者水分子的环境下照射激光，可以将薄膜的氧浓度设定为 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。

另外，利用电炉等在包含氧或者水分子的环境下执行氧化以后，通过在惰性气体环境或者真空中照射激光，可以将薄膜中的氧浓度设定为 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。

此外，通过离子掺杂或者离子注入增加氧以后，通过在惰性气体环境或者真空中照射激光可以将薄膜中的氧浓度设定为 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ ，以便于在半导体薄膜中的氧浓度变成 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。而且，在激光照射到半导体薄膜的情况下半导体薄膜立即从表面熔化，在那之后，由于对衬底的热传导而将熔化的半导体薄膜从衬底侧冷却和凝固。在凝固过程中发生重结晶，半导体薄膜变成具有较大晶粒度的晶体结构的薄膜，但是由于暂时的熔化引起了体积膨胀，并且在半导体表面中形成了被称为脊的不平坦。尤其是，在其上形成脊的表面变成了与顶栅 TFT 的栅极绝缘薄膜的分界面，因此元素特性有很大变化。

除了上述处理方法，依据本发明在激光照射以后除去在半导体薄膜表面上的氧化膜，此外，然后在惰性气体环境或者真空中照射激光来使得具有晶体结构的半导体薄膜的表面变平。

注意到与通过第一激光来执行具有非晶体结构的薄膜的结晶和通过利用第二激光（JP 2001-60551 A）来平整的技术不同，本发明涉及到将第一激光照射到具有晶体结构的半导体薄膜上。而且，本发明是这样的技术：在其中添加了用于促进结晶的金属元素，形成了具有晶体结构的半导体薄膜，并且通过金属元素的添加又增加了水平度。

由本说明书公开的本发明的第一方面涉及制造半导体器件的方法，包括：

在绝缘表面上形成具有非晶体结构的半导体薄膜的第一步；

将金属元素添加到具有非晶体结构的半导体薄膜中的第二步；

对具有非晶体结构的半导体薄膜进行热处理以便于形成具有晶体结构的半导体薄膜，然后从晶体半导体薄膜表面上除去氧化膜的第三步；

将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中以便于使得薄膜中的氧浓度从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 的第四步；

从具有晶体结构的半导体薄膜的表面上除去氧化膜的第五步；和

在惰性气体环境下或者真空中照射激光以便于使得具有晶体结构的半导体薄膜的表面变平第六步。

而且，尽管当对具有非晶体结构的半导体薄膜进行热处理的时候在表面上形成氧化膜，但是也可以进行导入氧的处理而不用除去氧化膜。本发明的第二方面涉及到制造半导体器件的另一个方法，包括：

在绝缘表面上形成具有非晶体结构的半导体薄膜的第一步；

将金属元素添加到具有非晶体结构的半导体薄膜中的第二步；

对具有非晶体结构的半导体薄膜进行热处理以便于形成具有晶体结构的半导体薄膜的第三步；

将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中以便于使得薄膜中的氧浓度从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 的第四步；

从具有晶体结构的半导体薄膜的表面上除去氧化膜的第五步；和

在惰性气体环境下或者真空中照射激光以便于使得具有晶体结构的半导体薄膜的表面变平的第六步。

而且，在本发明中，尽管将用于促进结晶的金属元素（典型的是 Ni）

添加到具有非晶体结构的半导体薄膜上以便于引起结晶，但是最好在结晶以后通过吸收技术等除去用于促进结晶的金属元素。本发明的第三方面涉及到制造半导体器件的另一种方法，包括：

在绝缘表面上形成具有非晶体结构的半导体薄膜的第一步；

将金属元素添加到具有非晶体结构的半导体薄膜中的第二步；

对具有非晶体结构的半导体薄膜进行热处理以便于形成具有晶体结构的半导体薄膜，然后从晶体半导体薄膜表面上除去氧化膜的第三步；

将氧导入具有晶体结构的半导体薄膜中以便于使得薄膜中的氧浓度从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 的第四步；

从具有晶体结构的半导体薄膜的表面上除去氧化膜的第五步；和

在惰性气体环境下或者真空中照射激光以便于使得具有晶体结构的半导体薄膜的表面变平第六步；和

吸收金属元素来除去具有晶体结构的半导体薄膜中的金属元素或者降低其中的金属元素的浓度的第七步。

而且，在本发明的每个前述方面中，用于执行第六步的激光的能量密度设定为 430 到 560 mJ/cm²，并且在第四步执行的激光照射使用具有比在第六步使用的激光的能量密度低 30 到 60 mJ/cm² 的能量密度（在 400 到 500 mJ/cm² 之间）的激光。

而且，在本发明中包括通过上述制造方法获得的具有晶体结构的半导体薄膜。本发明的包含具有晶体结构的半导体薄膜的半导体器件的一方面包括具有下列部分的 TFT：

具有沟道形成区、漏极区和源极区的半导体层；

栅极绝缘薄膜；

栅电极，

其中：

所述半导体层中包含浓度在 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 到 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的金属元素；
和

半导体层的表面的平均表面粗糙度（Ra 值）等于或者小于通过 AFM（原子力显微镜）获得的 2nm。

注意到在上述方面中的金属元素是用于促进硅的结晶的金属元素，尤其是从包括有 Fe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu 和 Au 的组中选择的一种或几种元素。

而且，还能够为具有本发明的晶体结构的半导体薄膜获得在薄膜表面状态下的非常独特的数据，同时通过 AFM（电子力显微镜）在较高的水平上获得数据。在没有使用促进结晶的金属元素的情况下，形成由脊（在其中微凸部分不断扩展的部分）围绕着的龟甲图案。然而，能够观察到在其中存在着被如图 3 中所示的在许多方向中扩展的脊所分成的一些区域的不规则的网格图案，作为具有利用促进结晶的金属元素来进行结晶的本发明的晶体结构的半导体薄膜的表面状态。被脊夹着的区域（平整的部分和凹面的部分）很好的符合了具有相同晶向的晶粒的聚合（也被称为晶畴（domain））。

本发明的半导体薄膜在半导体薄膜表面中具有不规则网格图案，如图 3 中所示。具有在脊状中伸出的凸起部分的脊在许多方向中发散，并且至少有一个通道不是由在包含有被脊所不规则夹住的平整部分和凹面部分的区域中的两个任意点之间的脊所阻碍。注意到通过多次进行激光照射能够形成脊。

而且，在基本上符合单个畴界的位置上形成具有形成了不规则网格图案的以脊状伸出的凸起部分的脊。单个畴界和脊基本上相符合的事实能够通过被称为单颗粒映射（在其中电子束从在每点形成的晶向扫描样本，对在其中在各自的测量点处两个相邻点之间晶向具有小于 15 度的角度偏移的区域进行分类）的方法来证实。这里，在相同区域的分析中使用 SEM 观察照片和电子背反射衍射图形（EBSP）。也就是，除了至少有一个通道不是由在包含有被脊所不规则夹住的平整部分和凹面部分的区域中的两个任意点之间的脊所阻碍的事实以外，还有一个通道在由在相邻点之间晶向偏移小于 15 度的畴界所夹的区域中的两个任意点之间。能够预料到这是在获得具有较高电子特性尤其是较高场效应迁移率的半导体薄膜中的一个因素。

此外，上述表面状态和晶向特性是本发明的特性并且不能通过另外的方法获得。在添加了用于促进结晶的金属元素（典型的 Ni）、通过执行热处理来结晶、而且在执行第一激光照射以后从半导体薄膜表面上除去氧化膜、和在惰性气体环境下或者真空中平整具有通过照射激光而产生的晶体结构的半导体薄膜表面以后，首先能够看到这种特性。

同样的，在上述半导体薄膜中，包含 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 到 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 浓度的金属元素。而且，具有等于或者小于 2nm 的平均表面粗糙度（Ra 值）

的半导体薄膜是平整的。

此外，能够通过将半导体薄膜用作半导体器件的一部分例如 TFT 的有源层来获得具有较高电子特性的半导体器件。

本发明的半导体器件的一个方面包括具有下列部分的 TFT：

具有沟道形成区、漏极区和源极区的半导体层；

栅极绝缘薄膜；

栅电极，

其中：

半导体层的表面具有不规则网格图案；

在脊状中伸出的具有凸起部分的脊在许多方向中发散；和

在包含由脊不规则夹着的平整部分和凹面部分的区域中的两个任意点之间提供了至少一个不被脊阻碍的通道。在上述半导体层中包含 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 到 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 浓度的金属元素。而且，具有等于或者小于 2nm 的平均表面粗糙度（Ra 值）的半导体薄膜是平整的。

在通过传统的固相增长方法进行结晶的情况下，晶体结构变成双晶结构，并且半导体薄膜在大量的晶粒中包含双晶缺陷。相反，在通过本发明获得的半导体薄膜中形成大量的杆状晶粒集合体（晶畴），并且某个晶粒集合体（晶畴）的全部晶粒可以认为具有相同的晶向。晶粒集合体（晶畴）的大小等于或者大于大约 $1 \mu\text{m}$ ，也有具有几十微米大小的大的集合体。

此外，和通过传统的固相增长方法等获得的晶界相比，包含在一个晶畴（硅的非粘合部分）中的晶界的缺陷数目是很小的，并且电子屏蔽也很小。也就是，一个晶畴的内部几乎接近于单个晶体，并且认为薄膜特性将变得更好，晶畴尺寸将变得更大。

术语相邻晶体集合体（晶畴）指的是在集合体之间的边界（微凸部分不断扩展的部分）上具有不同方向的集合体。类似地，通过使用 SEM 观察还能够观察表面状态。

注意到图 3 是显示通过热处理进行结晶、作为将氧导入薄膜的过程在包含氧的环境下照射激光、除去表面上的氧化膜、然后通过氮环境下照射激光进行平整以后的 AFM 观测的图表。另一方面，图 2 是显示通过热处理进行结晶、作为将氧导入薄膜的过程在包含氧的环境下照射激光以后的 AFM 观测的图表，但是很难看见畴界。如上所述，能够通过除去在表面上的氧化膜用 AFM 和 SEM 来确定单个畴界，然后在惰性气体环境或者

真空中照射激光。注意到，除了使薄膜表面平整并且清楚地显现单个晶畴以外，在惰性气体环境下或者真空中的激光照射几乎没给半导体薄膜或者结晶状态带来任何改变。也就是，通过在惰性气体环境下或者真空中照射激光之前执行的过程（例如用于形成具有非晶体结构的半导体薄膜、用于结晶的热处理过程和用于导入氧的过程）来确定通过本发明获得的晶畴的大小。

附图简述

图 1A 到 1F 是本发明的制造工艺的视图；

图 2 是由 AFM 获得的观测图；

图 3 是由 AFM 获得的观测图；

图 4A 到 4D 是有源矩阵衬底的制造过程的视图；

图 5A 到 5C 是有源矩阵衬底的制造过程的视图；

图 6 是有源矩阵衬底的视图；

图 7 是 AM-LCD 的外观的视图（实施例 2）；

图 8 是液晶显示设备的横截面的实例的视图（实施例 3）；

图 9A 到 9F 显示电子设备的实例；

图 10A 到 10D 显示电子设备的实例；

图 11A 到 11C 显示电子设备的实例。

具体实施方式

在图 1A 到 1F 中显示本发明的一个制造具有晶体结构的半导体薄膜的实例。

在衬底 10 上首先形成具有非晶体结构的半导体薄膜 11（见图 1A）。玻璃衬底、石英衬底和硅衬底可以用作衬底 10，也可以是具有在衬底上形成的绝缘薄膜的金属衬底和不锈钢衬底。此外，也可以使用具有能够承受处理温度的热阻的塑料衬底。

注意到如果有必要可以形成基绝缘薄膜来防止来自衬底 10 的杂质扩散，并且可以在基绝缘薄膜上形成具有非晶体结构的半导体薄膜来准备基绝缘薄膜。可以从例如氧化硅薄膜、氮化硅薄膜或者氮氧化硅薄膜这样的绝缘薄膜形成基薄膜。应该注意最好在使用玻璃衬底的情况下形成基绝缘薄膜。

此外，具有非晶体结构的半导体薄膜 11 使用具有硅的半导体材料作为它的主要成分。可以典型地应用非晶体硅薄膜、非晶体硅锗薄膜等，并

且通过利用等离子体 CVD 形成 10 到 100nm 的厚度。应该注意到重要的是在薄膜形成以后包含在具有非晶体结构的半导体薄膜 11 中的氧含量应该从 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $4 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ，大约是 $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ （通过 SIMS 测量）。

接下来通过利用在 JP8-78329A 中公开的技术作为结晶具有非晶体结构的半导体薄膜的方法来进行结晶。在 JP8-78329A 中记录的技术是将促进结晶的金属元素选择性地添加到非晶体硅薄膜中，形成具有晶体结构的半导体薄膜，以添加了当作结晶源的金属元素的区域扩展晶体结构。首先，通过旋涂器加入包含具有用于促进结晶的催化作用的按重量计算为 1 到 100ppm 的金属元素（这里使用的是 Ni）的乙酸镍溶液，形成含镍层 12。通过溅射、蒸发或者等离子体处理来形成极薄的薄膜的方法也可以被用作替代通过申请的方法来形成含镍层 12 的其它方法。此外，尽管在这里所示的实例中溶液作用在整个表面，但是可以通过利用掩模有选择地形成含镍层 12。

接着执行热处理，从而进行结晶（见图 1C）。在本实例中，在接触促进半导体结晶的金属元素的一部分半导体薄膜中形成硅化物，并且结晶随着作为核的硅化物而继续进行。由此形成具有晶体结构的半导体薄膜 13。注意到通过热处理，包含在半导体薄膜 13 中的氧浓度在用热处理结晶前后基本上没有变化，最好这个浓度小于 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。在执行脱氢作用的热处理（在 450°C 持续 1 小时）以后，进行热处理（在 550°C 到 650°C 持续 4 到 24 小时）用于结晶。此外，在通过强曝光来进行结晶的情况下，有可能使用红外光、可见光、紫外光或者它们的组合。典型地，使用从卤素灯、金属卤化物灯、氙弧灯、炭弧灯、高压钠灯或者高压水银灯发射出来的光。可以通过打开灯光源 1 到 60 秒最好是 30 到 60 秒来进行热处理，重复这个过程 1 到 10 次，以便于半导体薄膜被瞬间加热到大约 600°C 到 1000°C 的温度。注意到当必要的话，可也在强曝光以前进行用于逐出包含在具有非晶体结构的半导体薄膜中的氢的热处理。此外，还可以通过同时使用热处理和强曝光来进行结晶。当考虑到生产率的时候，最好通过执行强曝光在短时间进行结晶。

金属元素（这里是镍）残留在由此获得的具有晶体结构的半导体薄膜 13 中。即使金属元素在薄膜中不均匀分布，但它残留着超过 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 的平均浓度。在这样的情况下当然有可能形成所有类型的半导体元件，例如 TFT，但是还可以利用已知的吸收方法来除去金属元素。

注意到，尽管没有在图中显示，但是由于上述热处理在半导体薄膜 13 上形成了薄的氧化膜（包括自然氧化薄膜）。

在利用氢氟酸等除去半导体薄膜表面上的氧化膜以后，接着进行将氧导入薄膜的过程。（见图 1D）。

作为将氧导入薄膜的方法，可以在表面上形成氧化膜（没有在图中显示），在此之后可以在惰性气体环境下或者真空中照射激光，从而将具有晶体结构的半导体薄膜 14a 的氧浓度设定为从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ ，最好大于 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。典型地可以用臭氧水在表面上形成氧化膜。而且，作为形成氧化膜的另一个方法，可以通过在氧环境下照射紫外光来生成臭氧，从而氧化半导体薄膜的表面。另外，作为形成氧化膜的另一个方法，也可以通过利用等离子体 CVD、溅射、蒸发等来沉淀出 1 到 10nm 的氧化膜。

或者，作为将氧导入半导体薄膜的另一种处理，可以在包含氧或者水分子的环境下照射激光来将薄膜中的氧浓度设定为 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。

或者，作为用于将氧导入半导体薄膜的另一个处理，也可以通过离子掺杂和离子注入来添加氧以便于在半导体薄膜中的氧浓度从 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ ，在此之后在惰性气体环境下或者真空中进行激光照射，从而将薄膜中的氧浓度设定为 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 到 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 。只要使用离子掺杂或者离子注入就能够自由的设定在薄膜中的氧浓度，并且后来可以通过激光来修复在导入过程中对薄膜造成的损坏。

当结晶具有非晶体结构的半导体薄膜的时候在薄膜中包含尽可能少的氧是必要的，但是当在激光照射过程中存在有大量氧的时候容易形成好的晶体，并且当使用结晶薄膜作为 TFT 的有源层的时候，能够看见 TFT 电子特性的高位值，例如电场效应迁移率。

在图 2 中所示的是在包含氧的环境下照射激光（ $452.5\text{mJ}/\text{cm}^2$ ）以后通过 AFM 进行的观测的图。关于 AFM，所示的是在其中 Ra 是 10.49nm、Rms 是 12.97nm 和 P-V 值是 91.32nm 的 $4\mu\text{m}$ 乘 $4\mu\text{m}$ 的区域。考虑到在激光照射以前半导体薄膜的薄膜厚度大约是 50nm，可以通过激光照射来形成非常大的粗糙度。

此外，在导入氧的过程以前除去表面上的氧化膜，但是也可以不用除去氧化膜来进行激光照射或者氧导入过程。

当在导入氧的过程中照射激光的时候，由于在氮气环境或者真空中有少量氧从而形成了很薄的氧化膜（没有在这里的图中显示）。而且，如果接触到空气，即使在其中不照射激光，也形成自然氧化的薄膜（没有在这里的图中显示）。

接着通过稀释的氢氟酸等除去半导体薄膜表面上的氧化膜（包括自然氧化的薄膜），获得具有晶体结构的半导体薄膜 14b。（见图 1E）。

然后在氮气环境下或者真空中将激光（430 到 560 mJ/cm²）照射到具有晶体结构的半导体薄膜 14b。在导入氧的前述过程中照射激光的情况下，如果在导入氧的过程中使用的能量密度被设定为比在图 1F 中所用的激光能量密度小 30 到 60 mJ/cm²（在 400 到 500 mJ/cm² 之间），则减少了脊，也就是平整了脊。由此可以使得在平整的半导体薄膜表面中的 Ra 的值等于或者小于 2nm，Rms 的值等于或者小于 2nm，不平整的 P-V 值等于或者小于 50nm。

在图 3 中所示的是在包含氮气的环境下照射激光（501mJ/cm²）以后通过 AFM 进行的观测的图。关于如图 3 中所示的 AFM，显示了在其中 Ra 是 2.137nm、Rms 是 2.613nm 和 P-V 值是 20.23nm 的 4μm 乘 4μm 区域上的数据。

此外，在表 1 中分别显示了用于在第一激光照射和第二激光照射以后通过 AFM 测量的半导体薄膜的表面粗糙度（P-V 值、Ra 和 Rms）的实验结果。

表 1

AFM 测量区域 (m)	P-V 值 (nm)		Ra 值 (nm)		Rms 值 (nm)	
	4×4	50×50	4×4	50×50	4×4	50×50
在第一次激光照射以后	91.32	102.38	10.49	8.32	12.97	10.21
在第二次激光照射以后	20.23	36.45	2.14	1.29	2.61	1.73

注意到，在表 1 中，显示的是在其中 Ra 是 1.29nm、Rms 是 1.73nm 和 P-V 值是 36.45nm 的 50μm 乘 50μm 区域上的数据。

在由此获得的具有晶体结构的半导体薄膜 15 中形成大量的杆状晶粒集合体（晶畴）。在某个晶粒集合体（晶畴）中的全部晶粒被认为具有相同的晶向，并且晶粒集合体（晶畴）的尺寸等于或者大于 1μm，也存在具有几十微米大小的大的集合体。当将具有这样晶体结构的半导体薄膜 15

用作有源层的时候，可以获得具有像场效应迁移率这样的较高 TFT 特性的 TFT。

注意到在本说明书中所用的术语“有源层”指示在具有最小沟道形成区、源极区和漏极区的 TFT 中的半导体层。

此外，为了比较，在表 2 中分别显示了在通过进行热处理而不添加金属元素来结晶以后，在第一次激光照射和第二次激光照射以后通过 AFM 近似测量的半导体薄膜的表面粗糙度（P-V 值、Ra 和 Rms）的实验结果。

表 2

AFM 测量区域 (μm)	P-V 值 (nm)		Ra 值 (nm)		Rms 值 (nm)	
	4×4	50×50	4×4	50×50	4×4	50×50
在第一次激光照射以后	79.59	81.12	11.09	8.64	13.36	10.38
在第二次激光照射以后	30.78	110.65	2.92	1.74	3.57	2.28

从表 1 和表 2 中，可以看到当在添加金属元素以后进行结晶的时候，在激光照射以后能够获得较高的水平度。尤其是，在第二次激光照射以后可以获得具有 20.23nm 的 P-V 值、1.29nm 的 Ra 和 1.73nm 的 Rms 的非常好的水平度。注意到利用 4μm 乘 4μm 和 50μm 乘 50μm 的测量区域来进行测量。然而，在表 2 中在 50μm 乘 50μm 区域中第二次激光照射以后的 P-V 值是异常的，不能被看作可靠值。

此外，尽管在 JP 2001-60551 A 中声明在利用第一次激光照射进行结晶以后通过照射第二次激光可以平整半导体薄膜，但没有提到上述通过添加金属元素来增加水平度。本发明是一个完全的创新发明。

下面利用实施例给出具有上述结构的本发明的更详细的解释。

实施例

实施例 1

参考图 4A 到 4D、图 5A 到 5C 和图 6 来描述本发明的实施例。这里，详细描述在相同衬底上同步制造像素部分和设在像素部分的外围中的驱动电路的 TFT（n 沟道 TFT 和 p 沟道 TFT）的方法。

首先，在衬底 100 上形成基绝缘薄膜 101，依据前述的实施例模式获得具有晶体结构的第一半导体薄膜。然后蚀刻半导体薄膜使得具有预期形状以便于形成岛状的彼此分离的半导体层 102 到 106。

将玻璃衬底（#1737）用作衬底 100。对于基绝缘薄膜 101，通过利

用等离子体 CVD 在 400℃的薄膜淀积温度下, 形成 50nm (最好是 10 到 200nm) 厚度的从作为原料气体的 SiH_4 、 NH_3 和 N_2O (成分比例: $\text{Si}=32\%$, $\text{O}=27\%$, $\text{N}=24\%$, $\text{H}=17\%$) 所形成的氮氧化硅薄膜 101a。然后, 在用臭氧水清洗表面以后, 借助稀释的氢氟酸 (1/100 的稀释) 除去表面上的氧化膜。接着, 通过利用等离子体 CVD 在 400℃的薄膜淀积温度下, 形成 100nm (最好是 50 到 200nm) 厚度的从作为原料气体的 SiH_4 和 N_2O (成分比例: $\text{Si}=32\%$, $\text{O}=59\%$, $\text{N}=7\%$, $\text{H}=2\%$) 所形成的氢化硅氮氧化物薄膜 101b, 由此形成叠层结构。此外, 不暴露在空气中, 形成具有非晶体结构的半导体薄膜 (在这个实例中, 非晶体硅薄膜) 使其通过利用等离子体 CVD 在 300℃的薄膜淀积温度下, 用 SiH_4 作为薄膜淀积气体形成 54nm 的厚度 (最好是 25 到 80nm)。

注意到最好使得具有非晶体结构的半导体薄膜的氧浓度在 1×10^{18} 到 $4 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 。

在这个实施例中, 显示的是两层结构形式的基薄膜 101, 但是可以采用单层绝缘薄膜或者在其中叠置两层或者两层以上的结构。而且, 对于半导体薄膜的材料没有限制。然而, 最好通过使用已知方法 (溅射、LPCVD、等离子体 CVD 等) 形成硅或者硅锗合金 ($\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ ($x=0.0001$ 到 0.02)) 的半导体薄膜。此外, 等离子体 CVD 设备可以是单晶片式或者分批式。另外, 可以在相同的薄膜形成容器中连续形成基绝缘薄膜和半导体薄膜而不用暴露在大气中。

随后, 清洗具有非晶体结构的半导体薄膜表面后, 在表面上用臭氧水形成具有大约 2nm 厚度的极薄的氧化膜。

为了控制 TFT 的阈值, 应该进行微量杂质元素 (硼或者磷) 的掺杂 (也被称为沟道掺杂)。例如, 在进行掺杂的情况下, 使用在其中乙硼烷 (B_2H_5) 被等离子体激发而无质量分离的离子掺杂方法, 并且在 15kV 加速电压、用 30sccm 氢稀释到 1% 的乙硼烷气体流速和 $2 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 用量的掺杂条件下将硼添加到非晶体硅薄膜中。

然后, 利用旋涂器加入包含 10ppm 重量镍的乙酸镍盐溶液。代替本发明, 也可以使用通过溅射将镍元素喷射到整个表面的方法。然后实施热处理来进行结晶, 由此形成具有晶体结构的半导体薄膜。对于这个热处理, 可以实施利用电炉或者强光照热的加热过程。在利用电炉加热过程中, 可以在 500 到 650℃下实施 4 到 24 小时。这里, 在实施用于脱氢作用的加热

过程（500℃下持续 1 小时）以后，实施用于结晶的加热过程（550℃下持续 4 小时），从而获得具有晶体结构的硅薄膜。注意到，尽管通过使用利用电炉的加热过程来进行结晶，但是可以借助灯退火设备来进行结晶。接下来，在通过稀释的氢氟酸等除去具有晶体结构的半导体薄膜的表面的氧化膜以后，进行将氧导入薄膜的过程。在实施例 1 中，在用臭氧水形成薄氧化膜（1—10nm 的厚度）以后，在氮气环境中照射激光（具有 30Hz 的重复频率的受激准分子激光，有 452.5mJ/cm² 的能量密度）。依据导入氧的过程，在具有晶体结构的半导体薄膜中的氧浓度被指定在 5×10¹⁸/cm³ 到 1×10²¹/cm³ 的范围中，更希望高于 2×10¹⁹/cm³。

顺便的，可以为激光使用具有 400nm 或者更小波长的受激准分子激光或者 YAG 激光的二次谐波或三次谐波。在任何情况下，使用具有大约 10 到 1000Hz 的重复频率的脉冲激光，利用光学系统将脉冲激光会聚到 100 到 500mJ/cm²，用 90—95% 的覆盖率来进行照射，由此可以扫描半导体薄膜表面。受激准分子激光不仅局限在脉冲振荡，也可以使用连续振荡。

接下来，通过稀释的氢氟酸除去由上述激光形成的氧化膜，在氮气环境下或者真空中再次进行激光照射，从而平整半导体薄膜表面，在实施例 1 中，在氮气环境下照射激光（具有 30Hz 的重复频率和 501mJ/cm² 能量密度的受激准分子激光）。通过利用 AFM 测量平整的半导体薄膜表面，Ra 变成 2nm 或者更小，Rms 变成 2nm 或者更小，不平整度 P-V 值变成 50nm 或者更小。

接着，用臭氧水处理表面 120 秒，由此形成由具有总共 1 到 5nm 的厚度的氧化膜构成的屏障层。

然后，通过溅射在屏障层上形成包含氬元素的变成吸收位置的非晶体硅薄膜使得具有 150nm 的厚度。在这个实施例中利用溅射的薄膜淀积条件是：0.3Pa 的薄膜淀积压力；50sccm 的气体（Ar）流率；3kW 的薄膜淀积功率；和 150℃的衬底温度。注意到在上述条件下，包含在非晶体硅薄膜中的氬元素的原子浓度是 3×10²⁰/cm³ 到 6×10²⁰/cm³，氧的原子浓度是 1×10¹⁹/cm³ 到 3×10¹⁹/cm³。此后，利用灯退火设备实施 650℃下持续 3 分钟的热处理以便于进行吸收。

随后，利用作为蚀刻阻挡物的屏障层选择性的除去作为吸收位置的包含氬元素的非晶体硅薄膜，然后，用稀释的氢氟酸选择性的除去屏障层。注意到有一种趋势，即在吸收中镍很可能移动到具有高氧浓度的区域，因

此，希望在吸收以后除去由氧化膜组成的屏障层。

此外，尽管显示了在其中包含氮的半导体薄膜作为吸收位置并且由此进行吸收的实例，但是也可以使用包含磷或者硼的半导体薄膜来代替包含氮的半导体薄膜。此外，可以使用其它的吸收方法，通过掺杂磷或者硼中的一种来形成吸收位置，由此通过实施加热处理来进行吸收，并且可以通过在卤素气体环境中实施加热处理来进行吸收。

然后，在所获得的具有晶体结构的硅（也被称作多晶硅薄膜）的表面上用臭氧水形成薄氧化膜以后，形成由光刻胶构成的掩模，并且在此处实施蚀刻过程来获得想要的形状，由此形成彼此分开的岛状半导体层 102 到 106。在半导体层形成以后，除去由光刻胶构成的掩模。

然后，用包含氢氟酸的蚀刻剂来消除氧化膜，同时，清洗硅薄膜的表面。此后，形成了变成栅绝缘薄膜 107 的包含硅作为其主要成分的绝缘薄膜。在这个实施例中，通过等离子体 CVD 形成具有 115nm 厚度的氮氧化硅薄膜（成分比率：Si=32%，O=59%，N=7%，H=2%）。

接下来，如图 4A 中所示，在栅绝缘薄膜 107 上，在叠层结构中形成厚 20 到 100nm 的第一传导薄膜 108a 和具有 100 到 400nm 厚度的第二传导薄膜 108b。在这个实施例中，在栅绝缘薄膜 107 上连续叠置 50nm 厚度的氮化钽薄膜和 370nm 厚度的钨薄膜。

作为用于形成第一传导薄膜和第二传导薄膜的导电材料，采用了从包括 Ta、W、Ti、Mo、Al 和 Cu 的组中选出的元素或者包含上述元素作为其主要成分的合金材料或者复合材料。此外，以添加了像磷这样的杂质元素或者 AgPdCu 合金的多晶体硅为代表的半导体薄膜可以被用作第一导电薄膜和第二导电薄膜。而且，本发明不局限于两层结构。例如，可以采用三层结构，其中顺序的叠置 50nm 厚的钨薄膜、具有 50nm 厚度的铝硅（Al—Si）合金薄膜和 30nm 厚的氮化钛薄膜。但是，在三层结构的实例中，氮化钨可以用来替代第一导电薄膜的钨，铝钛（Al—Ti）合金薄膜可以用来替代第二导电薄膜的铝硅（Al—Si）合金薄膜，钛薄膜可以用来替代第三导电薄膜的氮化钛薄膜。另外，也可以采用单层结构。

接着，如图 4B 中所示，通过曝光步骤形成掩模 110 到 115，并且进行用于形成栅电极和布线的第一次蚀刻过程。用第一次和第二次蚀刻条件来进行第一次蚀刻过程，最好可以将 ICP（电感耦合等离子体）蚀刻方法用作蚀刻方法。使用 ICP 蚀刻方法，适当调整蚀刻条件（施加在线圈形电极

上的电能，施加在衬底侧的电极上的电能，衬底侧的电极的温度等），由此能够蚀刻薄膜使之得到想要的锥形。注意到能够适当的将以 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 和 CCl_4 为代表的氯化气体和以 CF_4 、 SF_6 、 NF_3 为代表的氟化气体和 O_2 用作蚀刻气体。

在这个实施例中，还将 150W 的 RF (13.56MHz) 功率施加到衬底（采样阶段）上以便于充分的施加负的自偏压电压。在第一蚀刻条件下，蚀刻 W 薄膜以便于将第一导电层的末端形成锥形。在第一蚀刻条件下，W 的腐蚀速度是 200.39nm/min，TaN 的腐蚀速度是 80.32nm/min，W 与 TaN 的选择比大约是 2.5。此外，在第一蚀刻条件下，W 的锥度大约是 26 度。因此，可以将第一蚀刻条件改变到第二蚀刻条件而不用除去由光刻胶组成的掩模 110 到 115。 CF_4 和 Cl_2 被用作蚀刻气体，气体的流速设定为 30/30sccm，并且将 500W 的 RF (13.56MHz) 功率施加到具有 1Pa 压力的线圈形电极上来生成等离子体，由此形成大约 30 秒的蚀刻。将 20W 的 RF (13.56MHz) 功率施加到衬底侧（采样阶段）上以便于主要施加负的自偏压电压。在 CF_4 和 Cl_2 相混合的第二蚀刻条件下，以相同水平蚀刻 W 薄膜和 TaN 薄膜。在第二蚀刻条件下，W 的腐蚀速度是 58.97nm/min，TaN 的腐蚀速度是 66.43nm/min。注意到可以将蚀刻时间增加 10% 到 20% 以便于实施蚀刻而不用在栅绝缘薄膜上留下残留物。

在上述的第一蚀刻过程中，适当的形成由光刻胶制成的掩模的形状，由此，由于施加在衬底侧的自偏压电压的影响使得第一导电层的末端和第二导电层的末端都具有锥形。锥形部分的角度充分设定为 15 度到 45 度。

因此，通过第一蚀刻过程形成由第一导电层和第二导电层（第一导电层 117a 到 122a 和第二导电层 117b 到 122b）组成的第一形状导电层 117 到 121。将变成栅绝缘薄膜的绝缘薄膜 107 蚀刻大约 10 到 20nm，并且变成在其中将没被第一形状导电层 117 到 121 覆盖的区域变薄的栅绝缘薄膜 116。

接下来，实施第二蚀刻过程而不用除去光刻胶制成的掩模。这里， SF_6 、 Cl_2 和 O_2 被用作蚀刻气体，气体的流速设定为 24/12/24sccm，将 700W 的 RF (13.56MHz) 功率施加到具有 1.3Pa 压力的线圈形电极上以便于生成等离子体，从而进行 25 秒的蚀刻。还将 10W 的 RF (13.56MHz) 功率施加到衬底侧（采样阶段）以便于主要施加负的自偏压电压。在第二蚀刻过程中，W 的腐蚀速度是 227.3nm/min，TaN 的腐蚀速度是 32.1nm/min，W 与

TaN 的选择比是 7.1, 作为绝缘薄膜 116 的 SiON 的腐蚀速度是 33.7nm/min, W 与 SiON 的选择比是 6.83。在将 SF₆ 用作蚀刻气体的情况中, 关于绝缘薄膜 116 的选择比如上所述是较高的。因此, 能够抑止薄膜厚度的减少。在这个实施例中, 绝缘薄膜 116 的薄膜厚度只被减少大约 8nm。

经过第二蚀刻过程, W 的锥度变成 70 度。经过第二时刻过程, 形成第二导电层 124b 到 129b。另一方面, 几乎不蚀刻第一导电层来变成第一导电层 124a 到 129a。注意到第一导电层 124a 到 129a 具有与第一导电层 117a 到 121a 相同的尺寸。实际上, 第一导电层的宽度可以减少大约 0.3μm, 也就是, 与第二次蚀刻过程以前相比总线宽大约 0.6μm。然而, 在第一导电层的尺寸中几乎没有变化。

此外, 在采用三层结构来代替两层结构的实例中, 在第一蚀刻过程的第一蚀刻条件下, 继续地叠置 50nm 厚度的钨薄膜、500nm 厚的铝硅合金薄膜 (Al-Si) 和 30nm 厚度的氮化钛薄膜, 在第一蚀刻过程中, 将 BCl₃、Cl₂ 和 O₂ 用作材料气体; 气体的流速设定为 65/10/5 (sccm); 将 300W 的 RF (13.56MHz) 功率加载在衬底侧 (采样阶段); 和 450W 的 RF (13.56MHz) 功率加载在具有 1.2Pa 压力的线圈形电极上来生成等离子体, 进行 117 秒的蚀刻。至于第一蚀刻过程的第二蚀刻条件, 使用 CF₄、Cl₂ 和 O₂, 气体的流速设定为 25/25/10 (sccm), 将 20W 的 RF (13.56MHz) 功率加载在衬底侧 (采样阶段), 和 500W 的 RF (13.56MHz) 功率加载在具有 1Pa 压力的线圈形电极上来生成等离子体。用上述条件, 足够进行 30 秒的蚀刻。在第二蚀刻过程中, 使用 BCl₃、Cl₂, 气体的流速设定为 20/60sccm, 将 100W 的 RF (13.56MHz) 功率加载在衬底侧 (采样阶段), 和 600W 的 RF (13.56MHz) 功率加载在具有 1.2Pa 压力的线圈形电极上来生成等离子体, 由此进行蚀刻。

接下来, 除去由光刻胶制成的掩模, 然后, 实施第一掺杂过程以便于获得图 4D 的状态。可以通过离子掺杂或者离子注入来实施掺杂过程。以 1.5×10^{14} 原子/cm² 的剂量和 60 到 100keV 的加速电压的条件来实施离子掺杂。作为具有 n 类型导电类型的杂质元素, 典型地使用磷 (P) 或者砷 (As)。在这样的实例中, 第一导电层和第二导电层 124 到 128 变成阻碍具有 n 类型导电类型的杂质元素的掩模, 以自对准方式来形成第一杂质区域 130 到 134。在 1×10^{16} 到 1×10^{17} /cm³ 的浓度范围中将具有 n 类型导电类型的杂质元素添加到第一杂质区域 130 到 134。这里, 也将作为第一杂质区域的具

有相同浓度范围的区域称为 n^{++} 区域。

注意到尽管在这个实施例中在由光刻胶制成的掩模被除去以后进行第一掺杂过程，但是也可以进行第一掺杂过程而不用除去由光刻胶制成的掩模。

继续的，如图 5A 中所示，形成由光刻胶制成的掩模 135 到 137，并且实施第二掺杂过程。掩模 135 是用于保护形成驱动电路的 p-沟道 TFT 的半导体层的沟道形成区域和其周围的掩模，掩模 136 是用于保护形成驱动电路的 n-沟道 TFT 的半导体层的沟道形成区域及其周围的掩模，掩模 137 是用于保护形成像素部分的 TFT 的半导体层的沟道形成区域、其周围和存储电容器的掩模。

以在第二掺杂过程中的离子掺杂条件： 1.5×10^{15} 原子/cm² 的剂量，和 60 到 100keV 的加速电压，来掺杂磷（P）。这里，用作为掩模的第二导电层 124b 以自对准方式在各个半导体层中形成杂质区域。当然，不用将磷添加到被掩模 135 到 137 覆盖的区域。因此，形成第二杂质区域 138 到 140 和第三杂质区域 142。在 1×10^{20} 到 1×10^{21} /cm³ 的浓度范围中将具有 n 类型导电类型的杂质元素添加到第二杂质区域 138 到 140。这里，也将作为第二杂质区域的具有相同浓度范围的区域称为 n^{+} 区域。

此外，通过第一导电层以比在第二杂质区域中更低的浓度来形成第三杂质区域，以 1×10^{18} 到 1×10^{19} /cm³ 的浓度范围添加具有 n 类型导电类型的杂质元素。注意到因为通过具有锥形的第一导电层的一部分来实施掺杂，所以第三杂质区域具有杂质浓度朝着锥形部分的端部增加的浓度梯度。这里，将作为第三杂质区域的具有相同浓度范围的区域称为 n^{-} 区域。而且，在第二掺杂过程中不用将杂质元素添加到被掩模 136 和 137 覆盖的区域，并且形成了第一杂质区域 144 和 145。

接下来，在除去由光刻胶制成的掩模 135 到 137 以后，新近形成由光刻胶制成的掩模 146 到 148，并且如图 5B 中所示，实施第三掺杂过程。

在驱动电路中，通过如上所述的第三掺杂过程，形成了在其中将具有 p 类型导电率的杂质元素添加到形成 p 沟道 TFT 的半导体层和形成存储电容器的半导体层的第四杂质区域 149、150 和第五杂质区域 151、152。

此外，以 1×10^{20} 到 1×10^{21} /cm³ 的浓度范围将具有 p 类型导电类型的杂质元素添加到第四杂质区域 149 和 150。注意到，在第四杂质区域 149 和 150 中，在先前步骤（ n^{++} 区域）中已经添加了磷（P），但是要添加具

有 p 类型导电率的杂质元素使得浓度是磷浓度的 1.5 到 3 倍。因此，第四杂质区域 149、150 具有 p 类型导电率。这里，也将作为第四杂质区域的具有相同浓度范围的区域称为 P⁺区域。

此外，在与第二导电层 125a 的锥形部分重叠的区域中形成第五杂质区域 151 和 152，并且以 1×10^{18} 到 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 的浓度范围添加具有 p 类型导电类型的杂质元素。这里，也将作为第五杂质区域的具有相同浓度范围的区域称为 P⁻区域。

通过上述步骤，在各个半导体层形成了具有 n 类型或者 p 类型导电率的杂质区域。导电层 124 到 127 变成 TFT 的栅电极。此外，导电层 128 变成了形成在像素部分中的存储电容器的电极中的一个。而且，导电层 129 形成在像素部分中的源布线。

接下来，形成基本覆盖整个表面的绝缘层（没有显示）。在这个实施例中，通过等离子体 CVD 形成 50nm 厚的氧化硅薄膜。当然，绝缘薄膜不仅仅局限于氧化硅薄膜，可以在单层或者叠层结构中使用包含硅的其它绝缘薄膜。

然后，实施激活添加到各半导体层的杂质元素的步骤。在这个激活步骤中，应用利用灯光源的快速热退火（RTA）方法、照射从来自背表面的 YAG 激光器或者准分子激光器发射的光进行使用电炉的热处理的方法、或者它们的组合。

此外，尽管在这个实施例中显示了在激活之前形成绝缘薄膜的实例，但是可以在实施激活以后实施形成绝缘薄膜的步骤。

接下来，形成氮化硅薄膜的第一夹层绝缘薄膜 153，并且进行热处理（300 到 550 度持续 1 到 12 小时），由此实施使半导体层氢化的步骤（图 5C）。这个步骤是利用包含在第一夹层绝缘薄膜 153 中的氢端接半导体层的不饱和键的步骤。可以使半导体层和氢化合而不考虑由氧化硅薄膜形成的绝缘薄膜（没有显示）的存在。顺便的，在这个实施例中，包含铝作为其主要成分的材料被用于第二导电层，因此，采用第二导电层在氢化步骤中能够经受得住的加热过程条件是很重要的。作为用于氢化的另一种方法，可以进行等离子体氢化（使用由等离子体激发的氢）。

接下来，在第一夹层绝缘薄膜 153 上用有机绝缘材料形成第二夹层绝缘薄膜 154。在这样的实施例中，形成具有 1.6 μm 厚度的丙烯酸树脂薄膜。然后，形成到达源布线 129 的接触孔，分别到达导电层 127 和 128 的接触

孔，以及到达各杂质区域的接触孔。在这个实施例中，继续进行多个蚀刻过程。在这个实施例中，以第一夹层绝缘薄膜作为蚀刻阻挡层来蚀刻第二夹层绝缘薄膜，以绝缘薄膜（未显示）作为蚀刻阻挡层来蚀刻第一夹层绝缘薄膜，然后蚀刻绝缘薄膜（未显示）。

此后，通过利用 Al、Ti、Mo、W 等形成布线和像素电极。作为电极和像素电极的材料，最好是具有极好的反射属性的材料，例如包含 Al 或者 Ag 作为其主要成分的薄膜或者上述薄膜的叠层薄膜。由此，形成源电极或者漏电极 155 到 160、栅极布线 162、连接布线 161 和像素电极 163。

如上所述，在相同衬底上能够形成具有 n 沟道 TFT201、p 沟道 TFT202 和 n 沟道 TFT203 的驱动电路 206 以及具有由 n 沟道 TFT 和存储电容器 205 组成的像素 TFT204 的像素部分 207（图 6）。在本说明书中，为了方便，上述衬底被称为有源矩阵衬底。在像素部分 207 中，像素 TFT204（n 沟道 TFT）具有形成区域 167 的沟道、在形成栅电极的导电层 127 外边形成的第一杂质区域（ n^{-} 区域）145、和起到源极区域功能的第二杂质区域（ n^{+} 区域）140。此外，在起到存储电容器 205 的一个电极作用的半导体层中，形成第四杂质区域 150 和第五杂质区域 152。注意到平整起到存储电容器 205 的一个电极作用的半导体层表面，具体的，能够减少漏电流并且能够通过设定 Ra 为 2nm 或者更小、设定 Rms 为 2nm 或者更小和设定不平整的 P-V 值为 50nm 或者更小来改善可靠性。存储电容器 205 由第二电极 128 和具有作为电介质的绝缘薄膜（与栅极绝缘薄膜相同）116 的半导体层 150、152 和 168 构成。

此外，在驱动电路 206 中，n 沟道 TFT201（第一 n 沟道 TFT）有沟道形成区域 164，具有与通过绝缘薄膜形成栅电极的一部分导电层 124 相重叠的第三杂质区域（ n^{-} 区域）142、和起到源极区域或者漏极区域作用的第二杂质区域（ n^{+} 区域）138。

此外，在驱动电路 206 中，p 沟道 TFT202 有沟道形成区域 165、与通过绝缘薄膜形成栅电极的一部分导电层 125 相重叠的第五杂质区域（ p^{-} 区域）151，和起到源极区域或者漏极区域作用的第四杂质区域（ p^{+} 区域）149。

而且，在驱动电路 206 中，n 沟道 TFT203（第二 n 沟道 TFT）有沟道形成区域 166、在形成栅电极的导电层 126 以外的第一杂质区域（ n^{-} 区域）144、和起到源极区域或者漏极区域功能的第二杂质区域（ n^{+} 区域）139。

适当地组合上述 TFT201 到 203 来形成移位寄存器电路、缓冲电路、

电平转移电路、自锁电路等，由此形成驱动电路 206。例如，在形成 CMOS 电路的实例中，n 沟道 TFT201 和 p 沟道 TFT202 可以互补地彼此相互连接。

尤其是，n 沟道 TFT203 的结构适合于具有较高驱动电压的为了防止由于热载流体效应而引起的退化的缓冲电路。

而且，作为 GOLD 结构的 n 沟道 TFT201 的结构适合于在其中可靠性采取最高优先级的电路。此外，在这个实施例中显示了制造用于形成反射式显示设备的有源矩阵衬底的实例。然而，如果像素电极由透明的导电薄膜形成，尽管光掩模的数量增加了 1，但是能形成透射式显示设备。

注意到，在本说明书中，电极是“布线”的一部分并且指示与其它布线进行电连接的点或者布线与半导体层相交叉的点。因此，为了描述的方便，分开使用“布线”和“电极”。然而，“布线”也经常包括在术语“电极”中。

实施例 2

本实施例描述了从实施例 1 中制造的有源矩阵衬底来制造有源矩阵液晶显示设备的过程。结合图 7 进行描述。

在依据实施例 1 获得如图 6 所图解说明的有源矩阵衬底以后，在图 6 的有源矩阵衬底上形成对准层并且经受摩擦处理。在这个实施例中，在形成对准层以前，像丙烯酸树脂薄膜这样的有机树脂薄膜被构图以便于为了保持衬底分开而在预期位置上形成柱形隔板。可以用在衬底的整个表面上喷射的球形隔板来替代柱形隔板。

接下来准备相对衬底。相对衬底具有在其中相对于像素而布置了有色层和光屏蔽层的滤色镜。光屏蔽层也可以被放置在驱动电路部分中。形成平面化薄膜来覆盖滤色镜和光屏蔽层。在平面化薄膜上，从像素部分中的透明导电薄膜形成相反电极。在相对衬底的整个表面上形成对准层并且经受摩擦处理。

然后，利用密封件来结合相对衬底和在其上形成像素部分和驱动电路的有源矩阵衬底。密封件具有在其中混合的填料，并且当结合它们的时候，填料和柱形隔板一起保持两个衬底之间的距离。此后在衬底之间注入液晶材料并且使用胶囊密封材料（没有显示）来完全密封衬底。能够使用已知的液晶材料。由此完成有源矩阵液晶显示设备。如果必须，可将有源矩阵衬底或者相对衬底切成所需形状的许多小片。可以利用已知技术在显示设备上适当地装备偏振片。然后利用已知技术将 FPC 附加在衬底上。

结合图 7 中的俯视图来描述由此获得的液晶模块的结构。

在有源矩阵衬底 301 的中心布置像素部分 304。用于驱动源极信号线的源极信号线驱动电路 302 位于像素部分 304 的上面。用于驱动栅极信号线的栅极信号线驱动电路 303 被布置在像素部分 304 的左侧和右侧。尽管在这个实施例中栅极信号线驱动电路 303 关于像素部分是对称的，但是液晶模块可以只具有在像素部分的一侧的一个栅极信号线驱动电路。关于上述两个选择，考虑到液晶模块的衬底大小等，设计者可以选择更加合适的布置。然而，根据电路操作可靠性、驱动效率等，优选如图 7 中所示的栅极信号线驱动电路的对称布置。

将信号从软性印刷电路（FPC）305 输入到驱动电路。在打开夹层绝缘薄膜和树脂薄膜中的接触孔和形成接触电极 309 之后，通过各向异性的导电薄膜等对 FPC305 进行压合以便于接触到在衬底 301 的给定位置中布置的布线。在这个实施例中从 ITO 形成连接电极。

沿着围绕驱动电路和像素部分的外围将封闭剂 307 应用到衬底。通过封闭剂 307 来结合相对衬底 306 和衬底 301 而在有源矩阵衬底上预先形成的隔板 310 使得两个衬底之间的距离（衬底 301 和相对衬底 306 之间的距离）保持恒定。通过没有被封闭剂 307 覆盖的衬底区域注入液晶元素。然后用胶囊密封材料 308 密封衬底。通过上述步骤完成液晶模块。

虽然本实施例中在衬底上形成所有驱动电路，但是，可以将几个 IC 用于一些驱动电路。

实施例 3

实施例 1 显示了在其中从反射性的金属材料形成像素电极的反射显示设备的实例。在这个实施例中所示的是在其中从光传导导电薄膜形成像素电极的传输显示设备。

直到形成夹层绝缘薄膜的步骤的制造过程与实施例 1 的过程相同，因此在这里省略了描述。在依据实施例 1 形成夹层绝缘薄膜以后，从光传导导电薄膜形成像素电极 601。光传导导电薄膜的实例包括 ITO（铟锡氧化物合金）薄膜，氧化铟一氧化锌合金（ $\text{In}_2\text{O}_3-\text{ZnO}$ ）薄膜、氧化锌（ ZnO ）薄膜等。

此后，在夹层绝缘薄膜 600 中形成接触孔。接着形成与像素电极重叠的连接电极 602。该连接电极 602 通过接触孔连接到漏极区域。在形成连接电极的同时，形成其它 TFT 的源电极或者漏电极。

尽管在这里所示的实例中在衬底上形成了全部的驱动电路，但是一些 IC 可以被用于有些驱动电路。

如上述完成有源矩阵衬底。从依据实施例 2 的这个有源矩阵衬底制造液晶模块。液晶模块装备了背光 604 和光传导板 605，并且用盖层 606 覆盖以便于完成如图 8 中所示的局部剖面图的有源矩阵液晶显示设备。利用粘合剂或者有机树脂结合盖层和液晶模块。当把衬底结合到相对衬底的时候，可以装配衬底以便于使用于结合的有机树脂充满在框架和衬底之间的间隔。因为显示设备是传输式的，所以有源矩阵衬底和相对衬底每个都需要偏振片 603 来结合。

实施例 4

通过实现本发明所形成的驱动电路和像素部分可以完成各种模型（有源矩阵类型液晶模块和有源矩阵类型 EC 模型）。也就是，能够完成集成在模型中的全部电子设备。

作为这样的电子设备，这里指出了摄影机、数字摄像机、头支架显示器（护目镜类型显示器）、汽车导航系统、放映机、车载立体声、个人计算机、便携式信息终端（移动式计算机、便携式电话或者电子图书）等。在图 9 到 11 中显示了这些实例。

图 9A 显示了包括主体 2001、图象输入部分 2002、显示部分 2003 和键盘 2004 的个人计算机。

图 9B 显示了包括主体 2101、显示部分 2102、语音输入部分 2103、操作开关 2104、电池 2105 和图像接收部分 2106 的数字摄像机。

图 9C 显示了包括主体 2201、照相机部分 2202、图象接收部分 2203、操作开关 2204 和显示部分 2205 的移动式计算机。

图 9D 显示了包括主体 2301、显示部分 2302 和支臂部分 2303 的护目镜类型的显示。

图 9E 显示了利用记录程序的记录媒体（下文中称为记录媒体）的播放器，包括主体 2401，显示部分 2402，扬声器部分 2403，记录媒体 2404 和操作开关 2405。播放器利用 DVD（数字化多用途光盘）或者 CD 作为记录媒体并且能够欣赏音乐、看电影和玩游戏或者上网。

图 9F 显示了包括主体 2501、显示部分 2502、眼接触部分 2503、操作开关 2504、图象接收部分（没有显示）的数字摄像机。

图 10A 显示包括投影设备 2601 和屏幕 2602 的前投式放映机。实施例

3 可以被应用到形成一部分投影设备 2601 的液晶显示模块 2808, 然后能够完成普通的设备。

图 10B 显示包括主体 2701、投影设备 2702、反射镜 2703 和屏幕 2704 的背投式放映机。实施例 3 可以被应用到形成一部分投影设备 2702 的液晶显示模型 2808, 然后能够完成普通的设备。

此外, 图 10C 是显示在图 10A 和图 10B 中的投影设备 2601 和 2702 的结构的实例的视图。投影设备 2601 或者 2702 由光源光学系统 2801、反射镜 2802 和 2804 到 2806、分色镜 2803、棱镜 2807、液晶显示设备 2808、相差板 2809 和投影光学系统 2810 构成。投影光学系统 2810 由包括投影透镜的光学系统构成。尽管这个实施例显示了三板类型的实例, 但是这个实施例没有局限于此而是可以使用例如单板类型。此外, 执行这个实施例的人员可以适当地提供例如光学透镜、具有偏振功能的薄膜、用于调节相位差的薄膜或者由图 10C 中箭头标记所示的光学通道中的 IR 薄膜这样的光学系统。

此外, 图 10D 是显示在图 10C 中光源光学系统 2801 的结构的实例的视图。依据这个实施例, 光源光学系统 2801 由反射器 2811、光源 2812、透镜阵列 2813 和 2814、极性变换元件 2815 和聚焦透镜 2816 构成。此外, 如图 10D 中所示的光源光学系统只是一个实例并且这个实施例没有被局限于此。例如, 执行这个实施例的人员可以在光源光学系统中适当地提供例如光学透镜、具有偏振功能的薄膜、用于调节相位的薄膜或者 IR 薄膜这样的光学系统。然而, 依据图 10 中所示的放映机, 显示了利用传输式电光设备的情况并且没有图解说明应用反射式电光设备的实例。

图 11A 显示了包括主体 2901、声音输出部分 2902、声音输入部分 2903、显示部分 2904、操作开关 2905、天线 2906 和图象输入部分 (CCD、图象传感器等) 2907 的便携式电话。

图 11B 显示了包括主体 3001、显示部分 3002 和 3003、记录媒体 3004、操作开关 3005 和天线 3006 的便携式图书 (电子图书)。

图 11C 显示了包括主体 3101、柱基 3102 和显示部分 3103 的显示器。

另外, 如图 11C 中所示的显示器是例如 5 到 20 英寸大小的显示器的中小型或者大型屏幕。而且, 最好是利用 $1 \times 1\text{m}$ 大小的衬底通过执行多次构图来大批量生产以便于形成这样尺寸的显示器部件。

如已经所描述的, 应用本发明的范围是非常广泛的并且适用于全部领

域的电子设备。能够通过自由组合在实施例 1 到 3 中的结构来实现本发明的电子设备。

依据本发明，在具有晶体结构的半导体薄膜 15 中形成许多杆状晶粒集合体（晶畴）。在某一个晶粒集合体（晶畴）中的全部晶粒被认为具有相同的晶向，并且晶粒集合体（晶畴）的大小等于或者大于大约 $1\mu\text{m}$ ，也有几十微米大小的大的集合体。当将具有这样晶体结构的半导体薄膜 15 用作有源层的时候，能够获得具有例如场效应活动这样的高级 TFT 特性的 TFT。

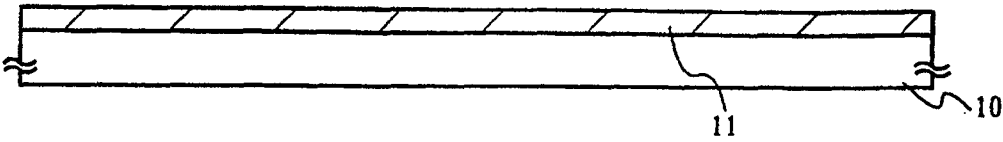


图 1A

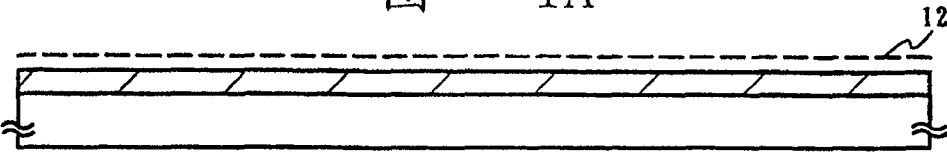


图 1B

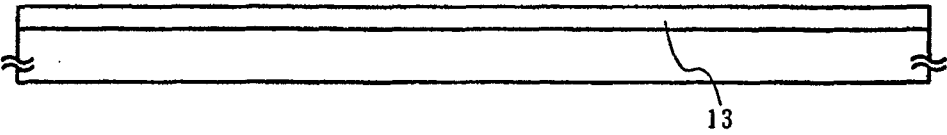


图 1C

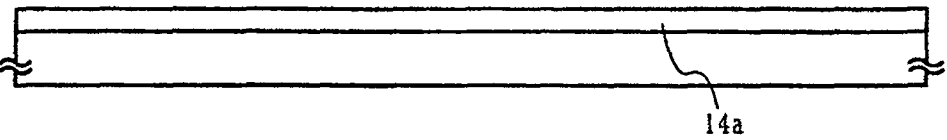


图 1D

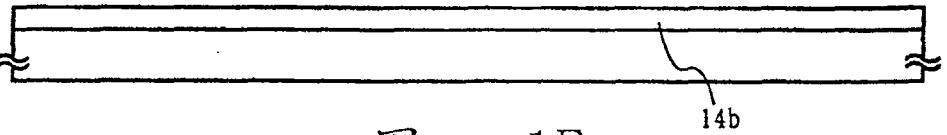


图 1E

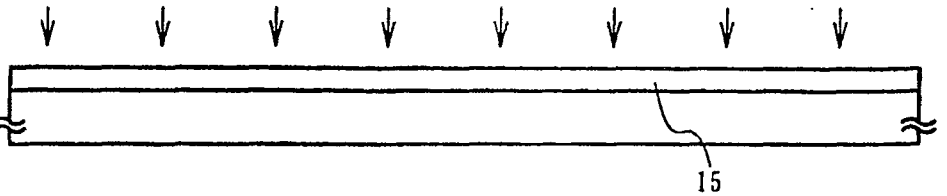


图 1F

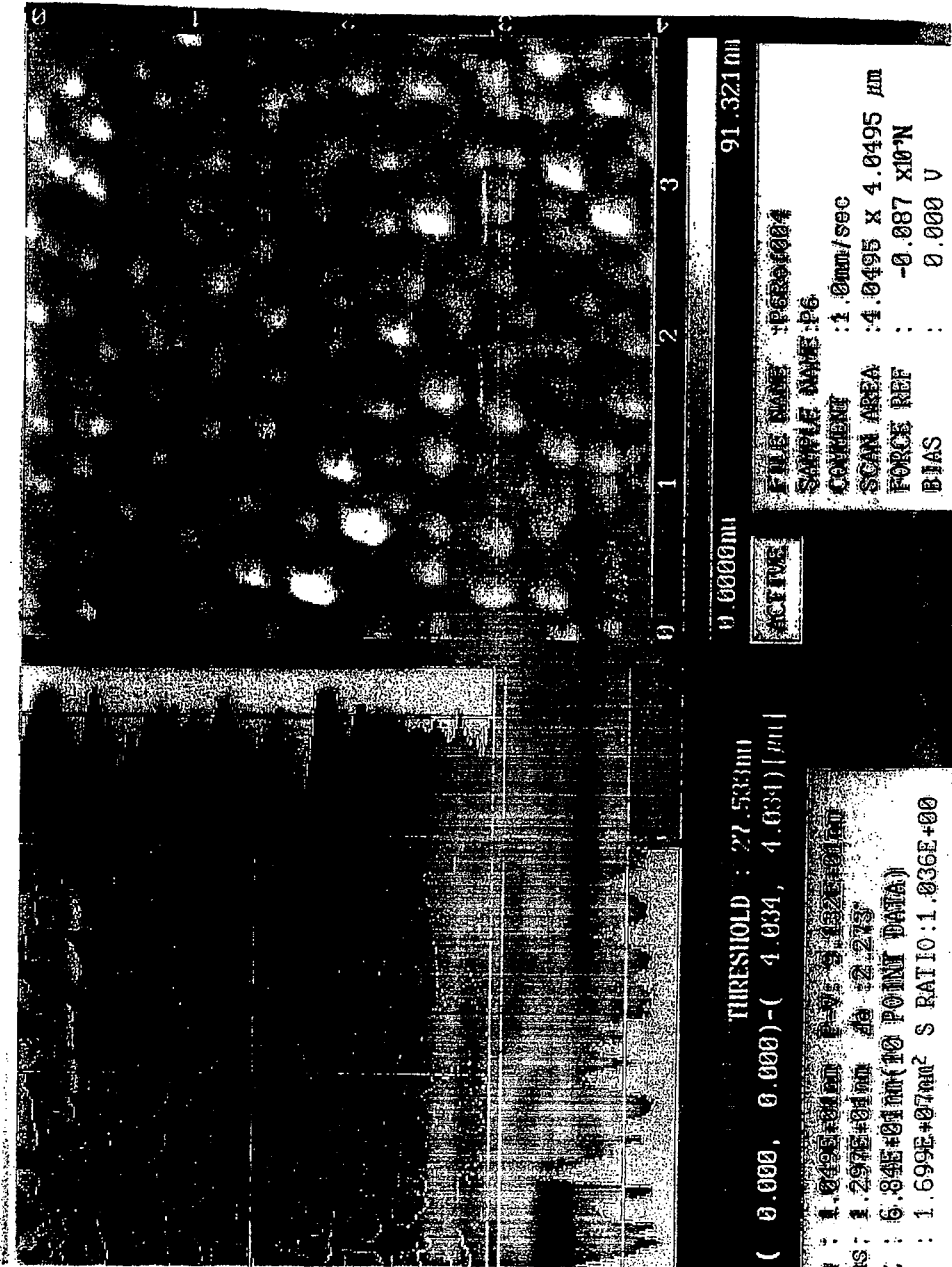


图 2

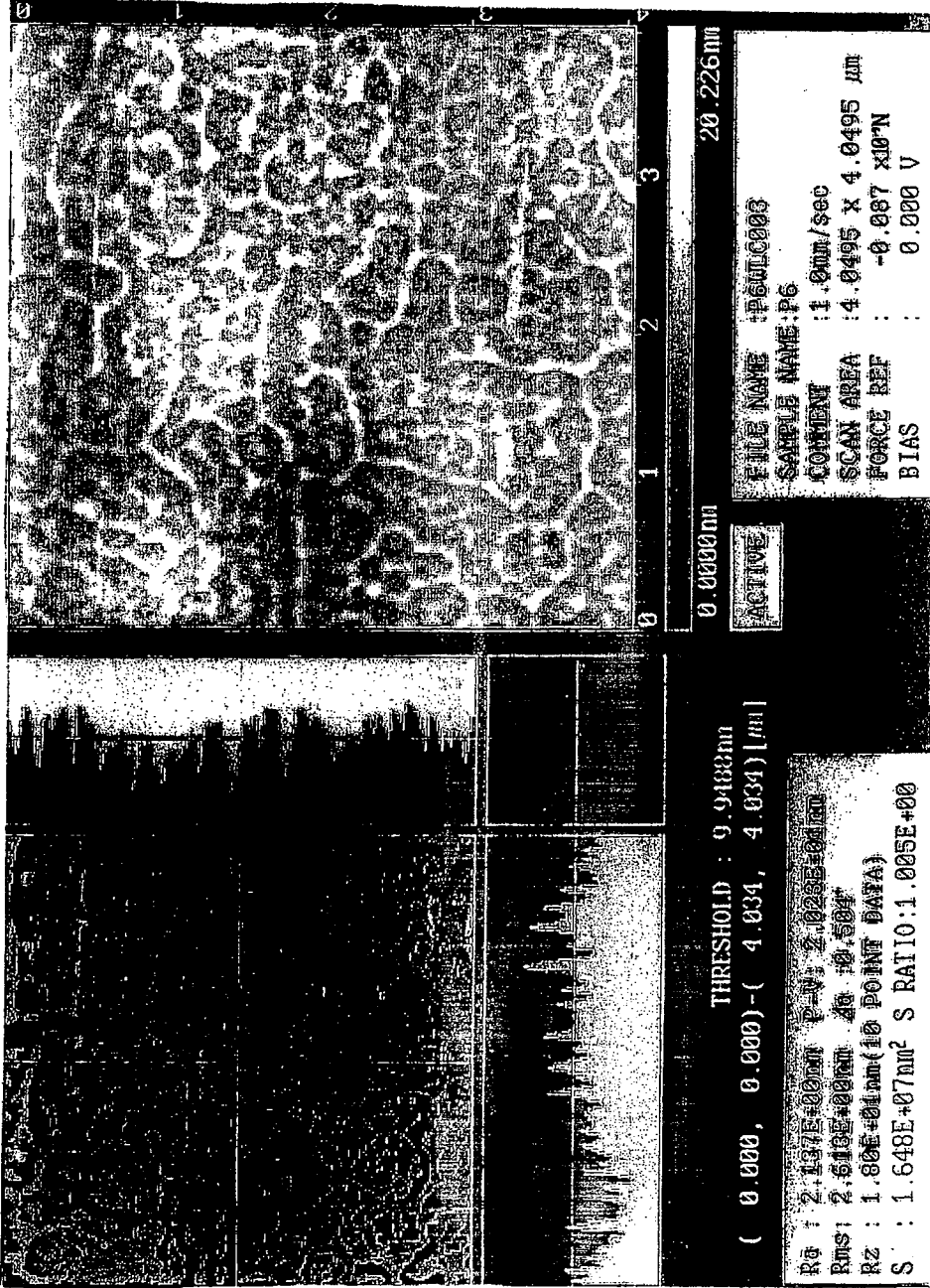


图 3

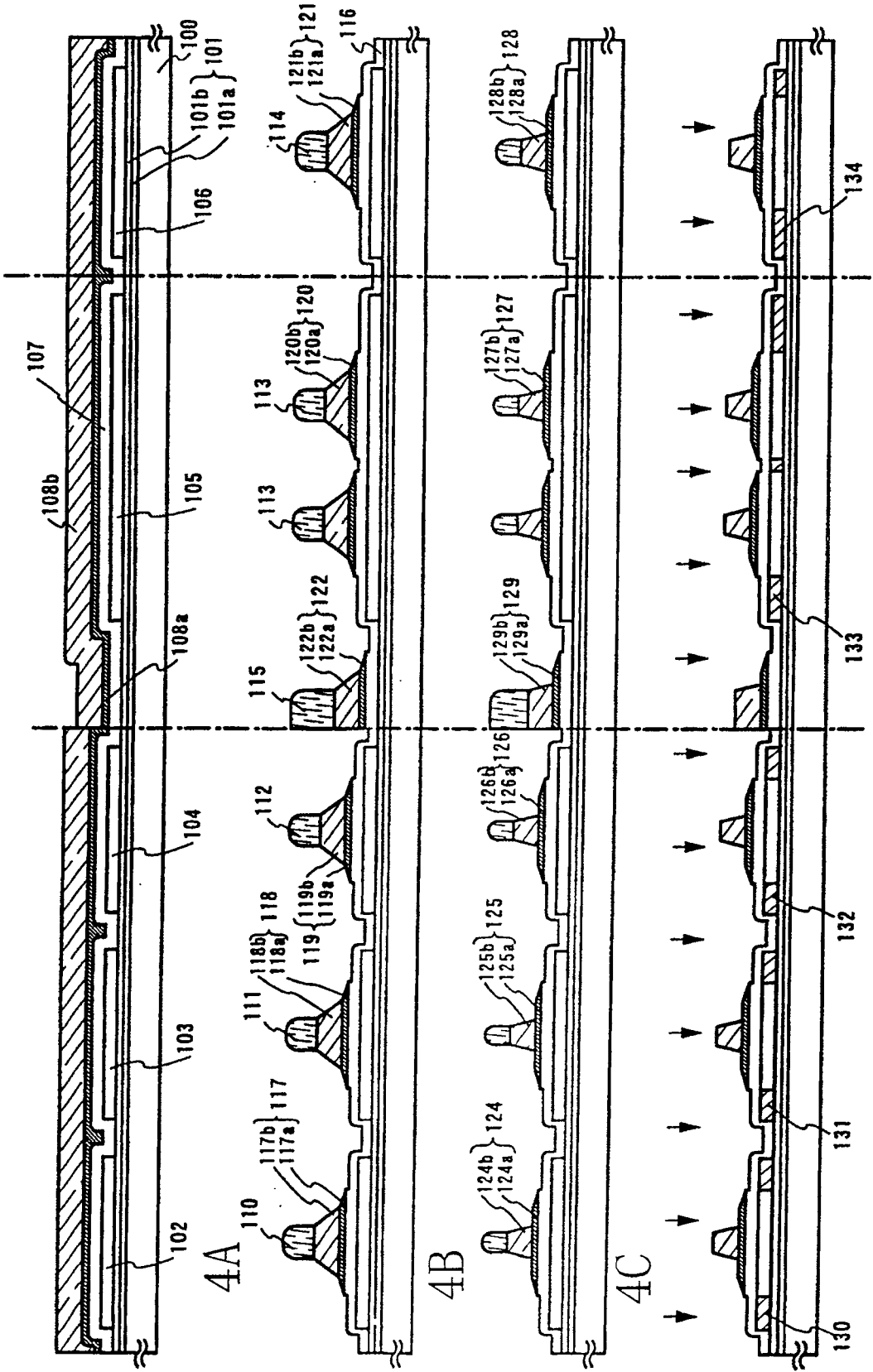


图 4A

图 4B

图 4C

图 4D

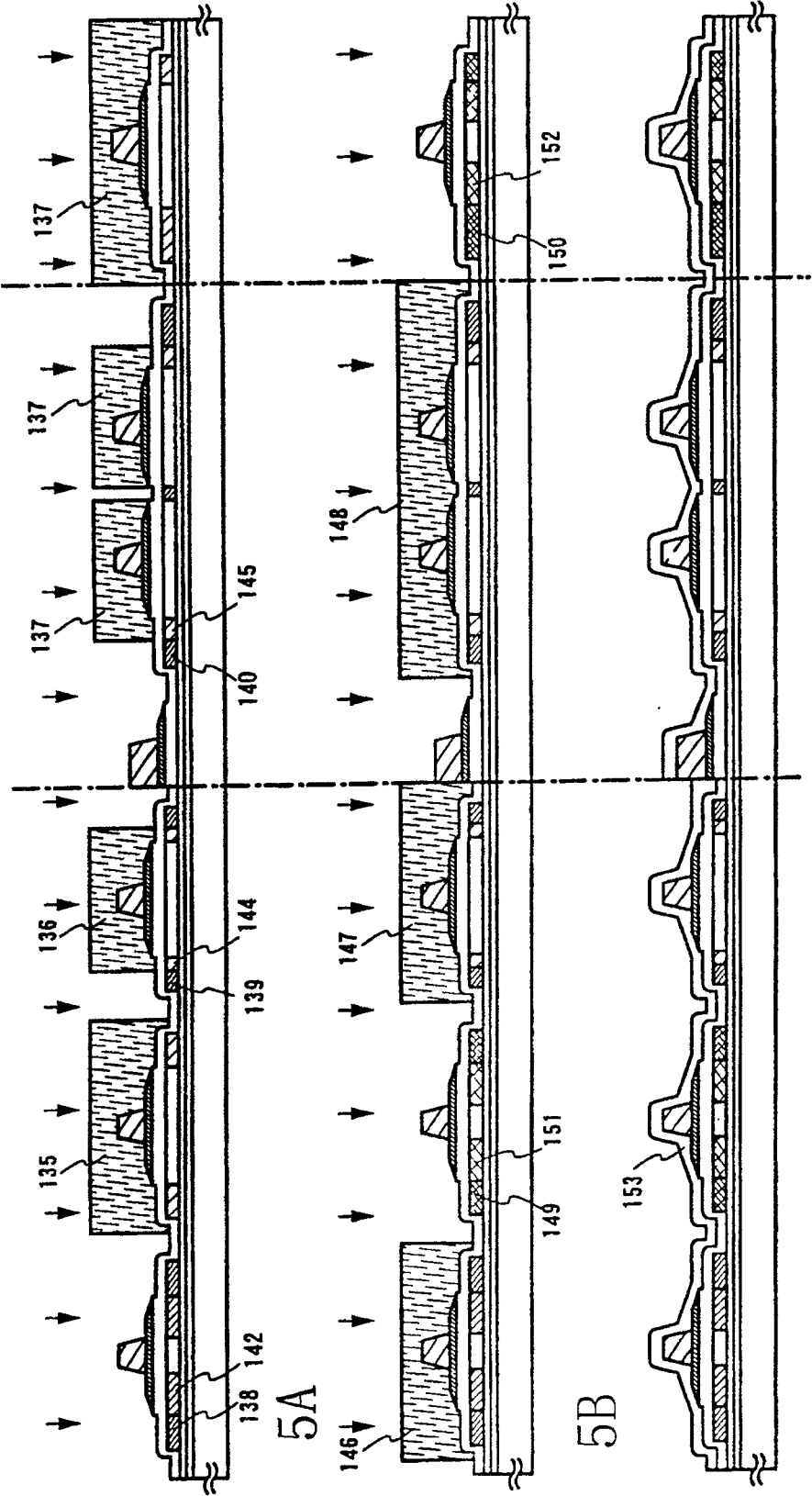


图 5A

图 5B

图 5C

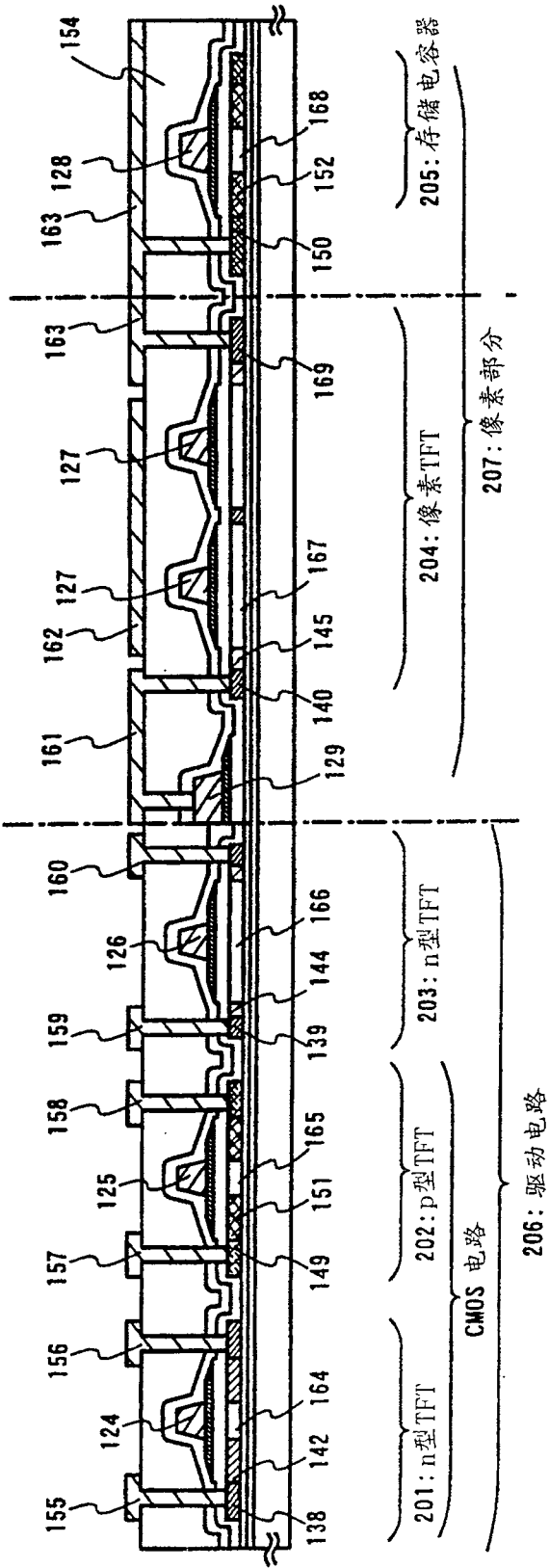


图 6

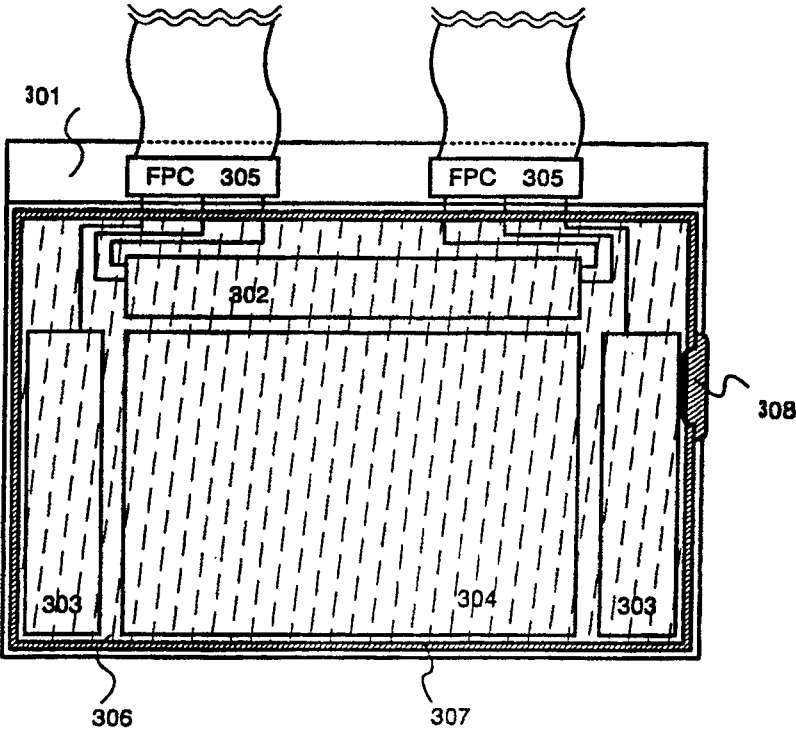


图 7

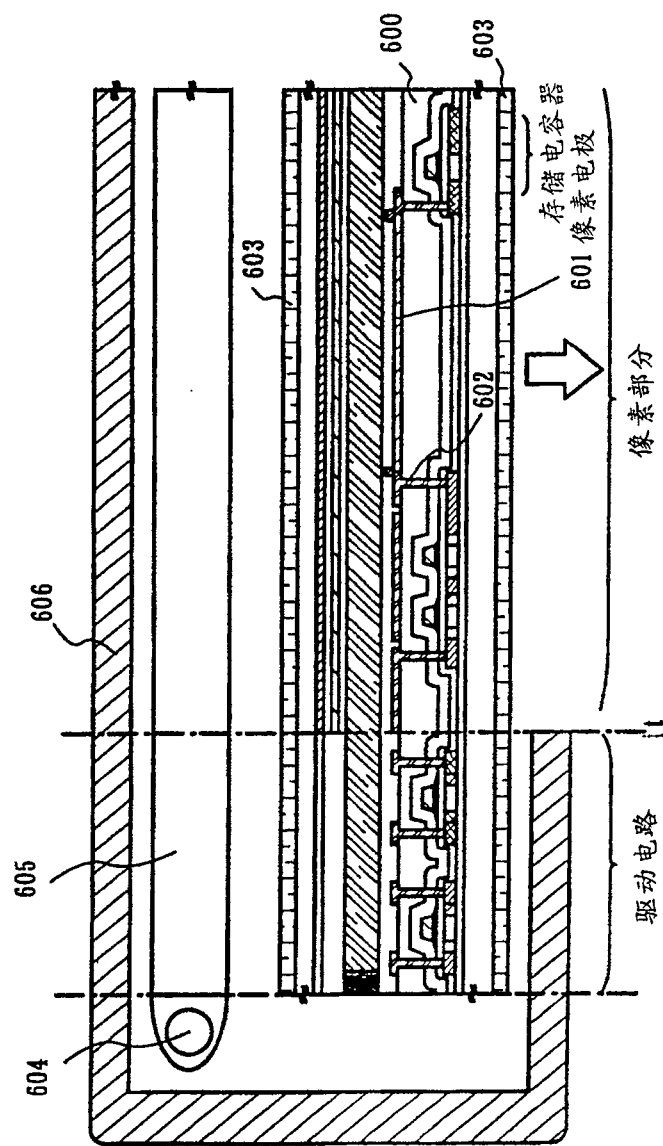
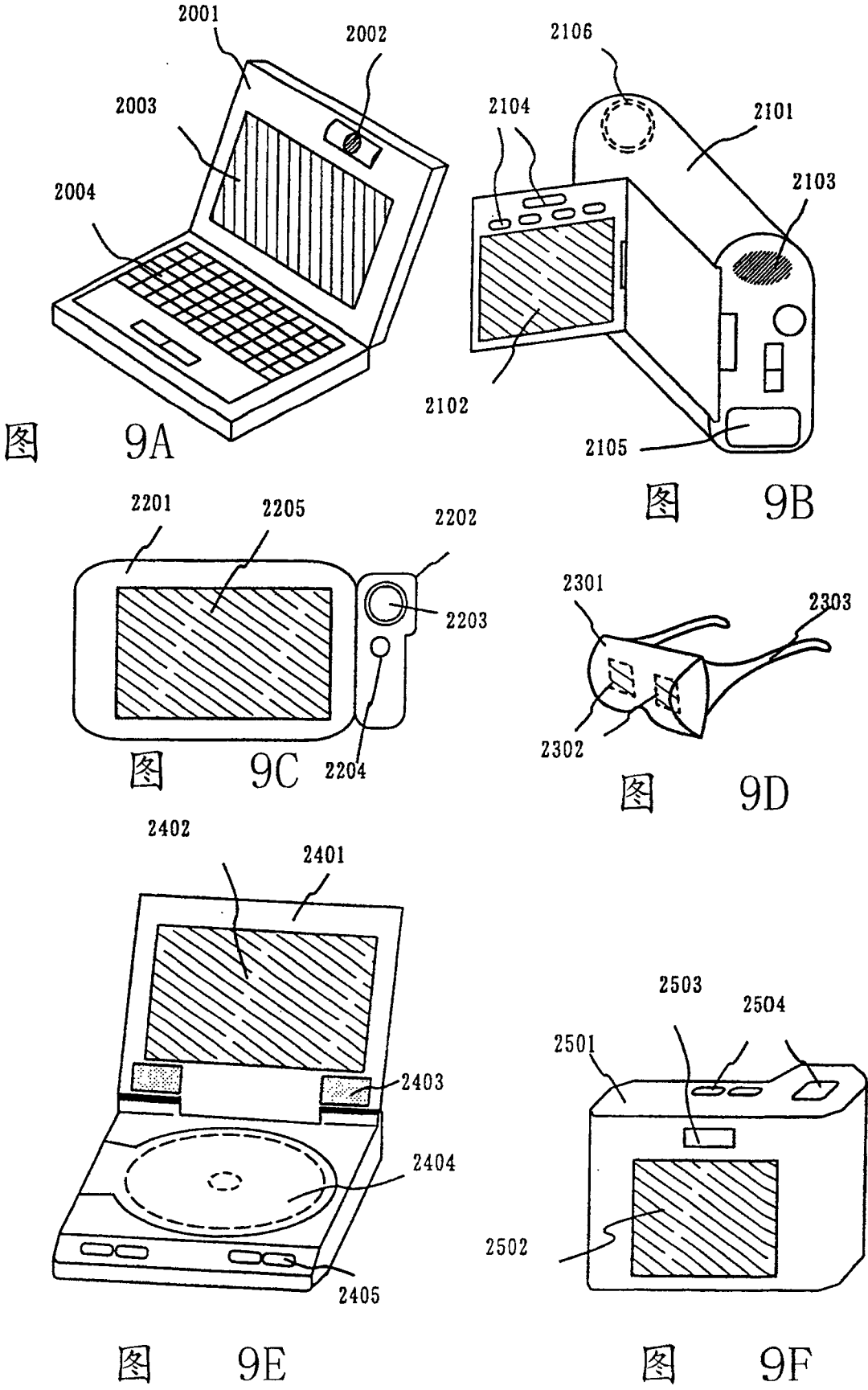


图 8



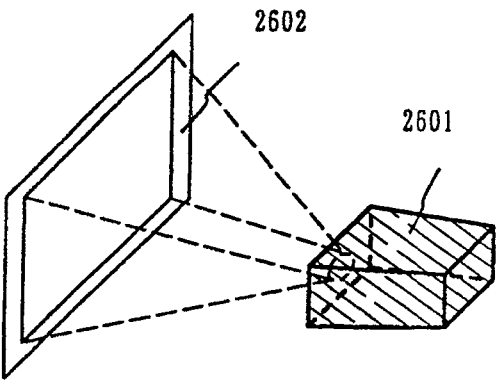


图 10A

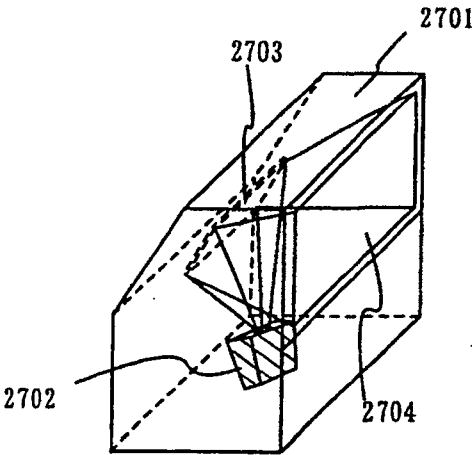


图 10B

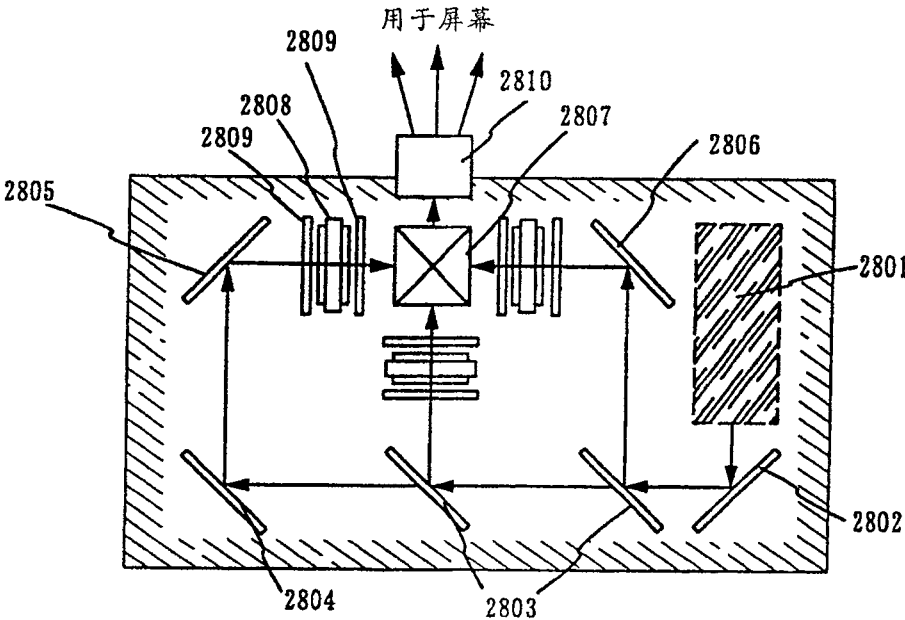


图 10C

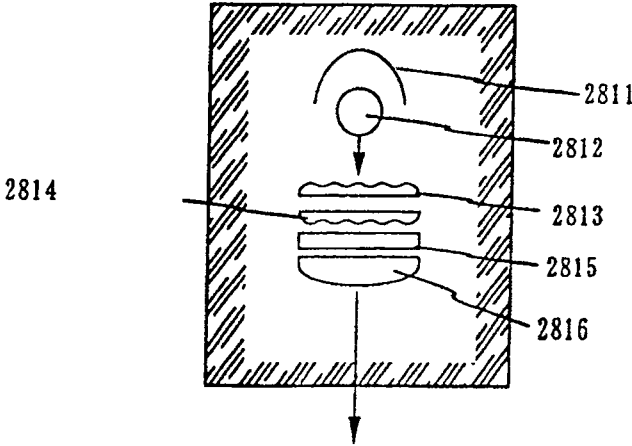


图 10D

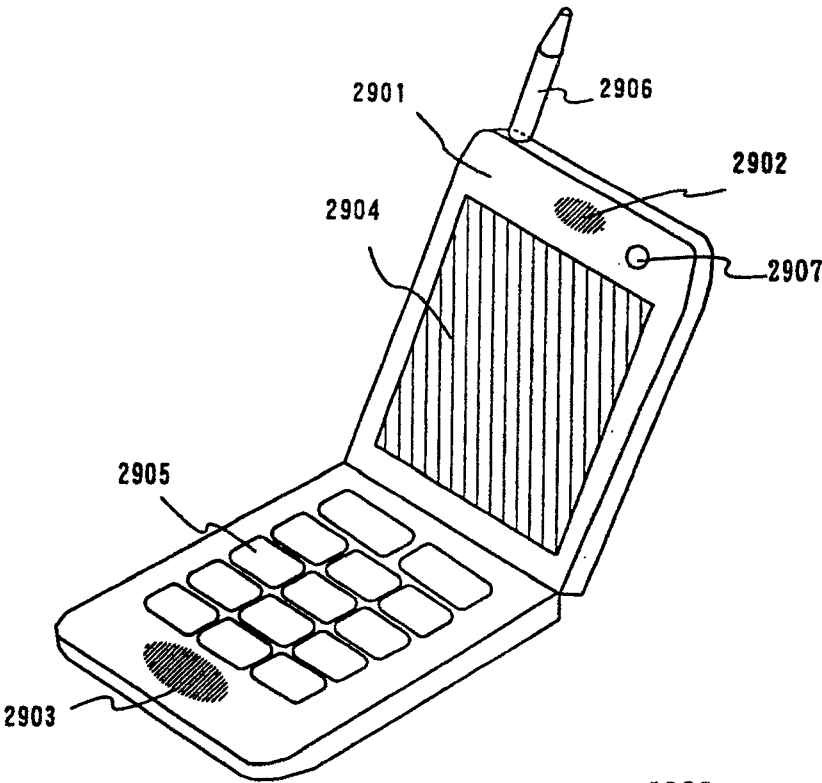


图 11A

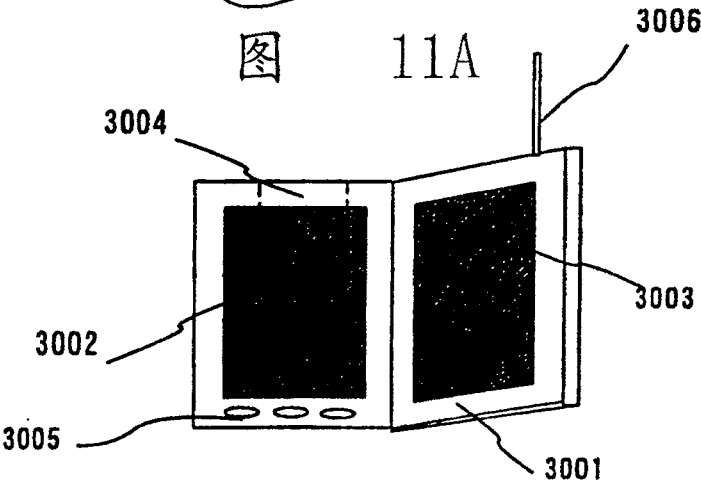


图 11B

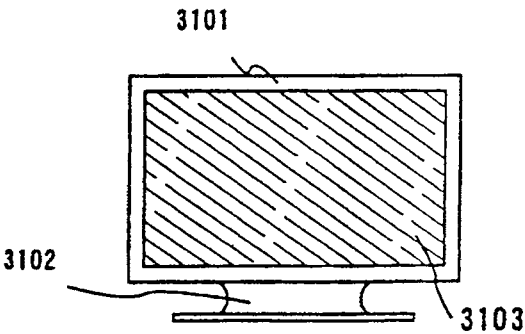


图 11C