[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01L 21/20
H01L 21/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98123959.5

[45] 授权公告日 2003 年 11 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1127754C

[22] 申请日 1998.11.6 [21] 申请号 98123959.5

[30] 优先权

[32] 1997.11.7 [33] JP [31] 305552/1997

[71] 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

[72] 发明人 野口隆 池田裕司

审查员 骆素芳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

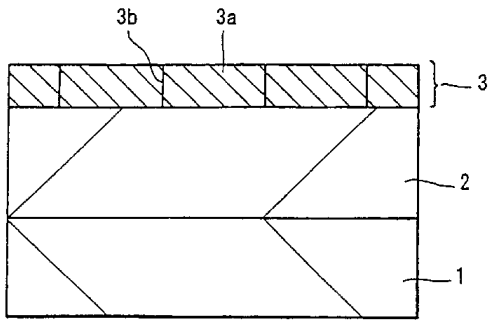
代理人 杨 凯 王 岳

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 8 页

[54] 发明名称 半导体材料

[57] 摘要

提供一种其电特性比多晶半导体材料更好并可方便地在各种不同种类的衬底上形成的半导体材料。该半导体材料由基本上为单晶态的半导体晶粒 3a 构成。这些半导体晶粒 3a 在一个共同的表面取向上择优取向，例如{100}、{111}或{110}取向，邻近的晶粒 3a 的晶粒边界 3b 至少在其一部分处基本上呈互相晶格匹配的状态。



ISSN1008-4274

1. 一种包括多个为半导体的单晶态的晶粒的半导体材料，其特征在于:

所述晶粒在一个共同的表面取向上择优取向，以及所述晶粒中的邻近晶粒至少在其晶粒边界的一部分处呈互相晶格匹配的状态。

2. 如权利要求 1 中所述的半导体材料，其特征在于：所述半导体是具有金刚石型晶体结构的共价键型的半导体。

3. 如权利要求 2 中所述的半导体材料，其特征在于：所述晶粒呈{100}择优取向。

4. 如权利要求 3 中所述的半导体材料，其特征在于：从一个方向观察时所述晶粒分别呈正方形，它们以行和列有规则地排列。

5. 如权利要求 2 中所述的半导体材料，其特征在于：所述晶粒呈{111}择优取向。

6. 如权利要求 5 中所述的半导体材料，其特征在于：从一个方向观察时所述晶粒分别呈六角形并以等边甲鱼壳图形来排列。

7. 如权利要求 2 中所述的半导体材料，其特征在于：所述晶粒呈{110}择优取向。

8. 如权利要求 7 中所述的半导体材料，其特征在于：从一个方向观察时所述晶粒分别呈六角形，它们以甲鱼壳图形来排列。

9. 如权利要求 1 中所述的半导体材料，其特征在于：所述晶粒的取向度不小于 20%。

10. 如权利要求 1 中所述的半导体材料，其特征在于：所述晶粒的取向度不小于 30%。

半导体材料

技术领域

本发明涉及特别适合用于形成在绝缘体上的半导体层的半导体材料，例如制造使用该半导体层的器件。

背景技术

在 MOSLSI 领域中，目前正在积极地开发关于 SOI（绝缘体睥 硅）的技术来符合使用较低的源电压的要求。迄今为止，已提出了各种不同的用于制造 SOI 衬底的方法，一些方法已付诸实践。目前的用于制造 SOI 衬底的典型方法包括 SIMOX 工艺和键合工艺，但所有这些方法都涉及下述问题：难以在 60nm 以下均匀地控制硅（Si）膜的厚度和制造衬底的成本较高，这些问题妨碍了 SOI 衬底更广泛的实际应用。

另一方面，可通过使用键合工艺在各种不同的诸如玻璃衬底的衬底上制造 Si 晶体薄膜，但当要制造面积更大的薄膜时，要保证均匀的厚度变得越来越困难。

此外，虽然可在玻璃衬底或其它不同种类的衬底上方便地形成多晶硅膜，但由于晶粒的粒子大小的变动、晶粒边界的存在、晶粒取向方面的无序性等的缘故，它们的电特性是不能令人满意的。

发明内容

因而，本发明的一个目的在克服在常规技术中涉及的问题。即，本发明的一个目的是提供这样一种半导体材料，它在特性方面优于多晶半导体材料，并且能容易地在各种衬底上形成。

按照本发明，提供一种包括多个基本上为半导体的单晶态的晶粒的半导体材料，这些晶粒在一个共同的表面取向上择优取向，邻近的晶粒至少在其晶粒边界的一部分处基本上呈互相晶格匹配的状态。

由于按照本发明的半导体材料的晶体性质与单晶类似，故在本说明书中将其称为“准静态单晶”。

在本发明中，形成晶粒的典型的半导体是具有金刚石型晶体结构的共价键型的半导体。在这种情况下，多个晶粒呈{100}择优取向、{111}择优取向或{110}择优取向。当晶粒呈{100}择优取向时，从一个方向观察时晶粒分别近似呈正方形，它们以行和列密执着地排列。当晶粒呈{111}择优取向时，从一个方向观察时晶粒分别近似呈六角形，它们密接地排列以形成等边甲鱼壳图形。当晶粒呈{110}择优取向时，从一个方向观察时晶粒分别近似是呈六角形，它们密接地排列以形成甲鱼壳图形。

在本发明中，晶粒在择优取向上的取向度最好不小于 20%，更为理想的是不小于 30%。但是，在择优取向上的晶粒包含偏离一个取向在 ±5 度范围内的取向上的晶粒。

在本发明中，晶粒的平均的粒子尺寸不小于 0.1μm 和不大于 10μm。该晶粒在粒子大小方向最好相等。

在本发明中，具有金刚石型的晶体结构的共价键型的半导体是 IV 族半导体，即诸如硅(Si)、锗(Ge)和碳(C)的元素半导体，以及包含硅和至少从由 Si、Ge 和 C 组成的一组中选出的一种的化合物半导体，例如 SiGe 和 SiC。

在本发明中，半导体材料一般以在衬底上的薄膜的形式来制造。以这种方式制造的准静态单晶半导体薄膜的厚度例如是 10nm 至 100nm，尽管该厚度依赖于在何处使用和怎样使用。

具有按照本发明的上述已说明的结构的半导体材料与常规的多晶半导体材料相比在电特性方面是良好的，这是因为晶粒基本上是单晶并在一个共同的方向上择优取向，并且因为邻近的晶粒至少在其晶粒边界的一部分处基本上呈晶格匹配的状态，因而在该处电势垒较低。另外，通过诸如 CVD 的淀积工艺、使用受激准分子激光的激光退火、固相晶体化或其它适当的技术的组合，可方便地在玻璃衬底或任何其它各种衬底上制造该半导体材料。

附图说明

通过下述的与附图相结合的详细的描述，本发明的以上的和其它的目的、特征和优点将变得很明显。

图 1 是示出按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构的平面图；

图 2 是沿图 1 的 II-II 线取的剖面图;

图 3 是用于说明制造按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构的方法的剖面图;

图 4 是用于说明制造按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构的方法的剖面图;

图 5 是用于说明制造按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构的方法的剖面图;

图 6 是用于说明制造按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构的方法的剖面图;

图 7 是用于说明制造按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构的方法的剖面图;

图 8 是示出具有用按照本发明的第 1 实施例的方法制造的 SOI 结构的准静态单晶硅膜中的晶粒的粒子大小的分布的测量结果的简图;

图 9 是示出常规的多晶硅膜中的晶粒的粒子大小的分布的测量结果的简图;

图 10 是示出按照本发明的第 2 实施例的 SOI 结构的平面图;

图 11 是赤出按照本发明的第 3 实施例的 SOI 结构的平面图; 以及

图 12 是示出按照本发明的第 4 实施例的 SOI 结构的平面图;

以下参照附图说明的是本发明的实施例。在所有说明这些实施例的附图中，用共同的参照数字来注明相同或等效的要素或部分。

具体实施方式

图 1 和 2 示出按照本发明的第 1 实施例的 SOI 结构，其中，图 1 是平面图，图 2 是沿图 1 的 II-II 线取的剖面图。

如图 1 和 2 中所示，在按照第 1 实施例的 SOI 结构中，在硅衬底 1 上制造的 SiO_2 膜 2 上形成准静态单晶硅膜。准静态单晶硅膜 3 由基本上为单晶态的晶粒 3a 构成，该 3a 是{100}择优取向的，呈正方形，以行和列密接地排列。各个晶粒 3a 的四个侧表面是{002}取向表面。邻近的晶粒 3a 至少在其晶粒边界 3b 的一部分处基本上呈互相晶格匹配的状态。准静态单晶硅膜 3 的厚度例如是 100nm，晶粒 3a 的平均的粒子尺寸例如是 0.1 μm 至 10

μm。

以下说明的是用于制造具有以上按照第 1 实施例说明的结构的 SOI 结构的方法。

如图 3 中所示，在硅衬底 1 上首先例如用 CVD 制造 SiO_2 膜 2 之后，在该 SiO_2 膜 2 上例如用低压 CVD 制造硅膜 4。

其次，如图 4 中所示，将例如硅离子注入到硅膜 4 中将其变成非晶硅膜 5。在下述条件下注入硅离子：例如，能量是 25keV，剂量是 $1.5\times10^{15}cm^{-2}$。

其次，如图 5 中所示，例如用 CVD 在非晶硅膜 5 上形成 SiO_2 膜 6。将该 SiO_2 膜 6 用作在以下说明的脉冲激光束的照射期间的抗反射膜。该 SiO_2 膜 6 的厚度例如是 50nm。其次在 SiO_2 膜 6 上例如用低压 CVD 形成硅膜 7。之后，用光刻在硅膜 7 上形成具有与图 1 和 2 中示出的晶粒 3a 的中心对准的圆形开口的抗蚀剂图形（未示出）。使用该抗蚀剂图形作为掩模，利用刻蚀有选择地除去硅膜 7 以形成圆形开口 7a。硅膜 7 的厚度例如是 100nm，各个开口 7a 的直径例如是 0.8μm 。

其次，如图 6 中所示，通过使用例如受激准分子激光器，从硅膜 7 的一侧照射紫外线波长的脉冲激光束 8。在脉冲激光束 8 的照射表面上的光斑的形状例如是矩形的，该光斑具有不短于 40μm 和不长于约 1mm 的宽度（W），例如是 400μm，并具有任意的长度，例如是 150mm。该脉冲激光束 8 的照射实际上可如下述那样来进行。在该光斑的宽度方向上相对于脉冲激光束 8 移动硅衬底 1 的同时，通过固定该脉冲激光束 8 的照射方向，重复该脉冲激光束 8 的照射。在这种情况下，该移动方向可平行于图 1 和 2 中示出的晶粒 3a 的边。在此这样来控制其移动，使得在两个连续的照射周期之间硅衬底 1 的移动距离 L 不大于 40μm，最好不大于 4(例如，4μm)，移动距离 L 相对于脉冲激光束 8 的光斑宽度 W 的比率 L/W 是 0.1%至 5%，最好是 0.5%至 2.5%（例如，1%），L/W 是 0.1%至 5%这一点意味着脉冲激光束 8 在两个连续的照射周期之间重叠 99.9%至 95%，而 L/W 是 0.5%至 2.5%这一点意味着脉冲激光束 8 在两个连续的照射周期之间重叠 99.5%至 97.5%。脉冲激光束 8 可以是从 XeCl 受激准分子激光器发射的波长为 308nm 的脉冲激光束。该脉冲激光束 8 的照射能量密度可以是 $320mJ/cm^2$，脉冲宽度可以是

约 26ns，频率可以是约 200Hz。

在这种情况下，照射到硅膜 7 上的脉冲激光束 8 被硅膜 7 吸收。即，硅膜 7 起到对于脉冲激光束 8 的掩模的作用。结果，只有穿过开口 7a 的脉冲激光束 8 的一部分照射到非晶硅膜 5 上，并将非晶硅膜 5 的这些部分加热到高的温度。因而，使在开口 7a 之下的非晶硅膜 5 的部分熔融和再结晶化。数字 9 表示以这种方式形成的再结晶的区域。

其次，用刻蚀除去该硅膜 7。其后，使该半产品在退火炉中例如在 600℃下退火 5 至 20 小时，使用该再结晶区 9 作为籽晶将非晶硅膜 5 转变为固相晶体。结果，如图 7 中所示，基本上为单晶态的正方形晶粒 3a 在呈现再结晶区 9 的部分的周围生长，从而得到准静态单晶硅膜 3。

之后，用刻蚀除去 SiO_2 膜 6，结果，完成了如图 1 和 2 中示出的打算得到的 SOI 结构。

在利用脉冲激光束的照射的激光退火和其后的用于固相晶体化的处理的技术方面，“Proceedings of the 44th symposium on semiconductors and integrated circuits technology, p. 187(1993)”和“Materials Letters 27(1996)275-279”提供了相关的描述。再有，日本专利申请 No. Hei 9-64036 和日本专利申请 No. Hei-9-88728 提出了可使{100}取向的正方形单晶态晶粒以行和列有规则地排列的技术，而该技术在以往是不可能实现的。

图 8 示出在用按照第 1 实施例的方法制备的 SOI 结构中的准静态单晶硅膜 3 中的晶粒 3a 的粒子尺寸分布(依据粒子面积分布)的研究结果。其中，这样来照射脉冲激光束 8，使其在连续的两个照射周期之间重叠 99%。为了进行比较，图 9 示出在用低压 CVD 制造的常规的多晶硅膜中的晶粒的粒子尺寸分布（依据粒子面积分布）的研究结果，其中，这样来照射脉冲激光束 8，使其在连续的两个照射周期之间重叠 90%。在图 8 和 9 中，n 是晶粒的总数，Na 是晶粒的平均面积，σ是标准偏差。当晶粒的平均粒子尺寸是<L>和晶粒面积是 S 时，$<L>\sim S^{1/2}$。

从图 8 和图 9 之间的比较可知，在用按照第 1 实施例的方法制造的 SOI 结构中的准静态单晶硅膜 3 中的晶粒的粒子尺寸比常规的多晶硅膜中的晶

粒大很多并且更均匀。

如以上所说的那样，按照该第 1 实施例，在 SiO_2 膜 2 上形成的准静态单晶硅膜 3 在电特性方面比常规的多晶硅膜更好，这是因为它由在{111}上择优取向基本上为单晶态的晶粒 3a 构成，邻近的晶粒 3a 至少在其晶粒边界 3b 的一部分处呈晶格匹配的状态，以及晶粒 3a 的粒子尺寸比常规的多晶硅膜中的晶粒更大并且更均匀。

因而，可实现与体单晶硅等效的高质量的 SOI 结构。使用该 SOI 结构可以制造薄膜晶体管（TFT），例如与使用体单晶硅的 MOSFET 等效的高性能 TFT。

图 10 示出按照本发明的第 2 实施例 4 SOI 构结。如图 10 中所示，在按照第 2 实施例的 SOI 结构中，该准静态单晶硅膜 3 由等边六角形的基本上为单晶态的晶粒 3a 构成，该 3a 是{111}择优取向并且以等边甲鱼壳图形按二维方式排列。各个晶粒的六个侧表面是{202}取向的，在其它方面，这里示出的 SOI 结构与按照第 1 实施例的 SOI 结构相同。

按照第 2 实施例的 SOI 结构可通过与关于按照第 1 实施例的 SOI 结构已说明的相同的工艺来制造。

同样，第 2 实施例可得到与第 1 实施例相同的优点。

图 11 示出按照本发明的第 3 实施例的 SOI 结构。如图 11 中所示，在按照第 3 实施例的 SOI 结构中，该准静态单晶硅膜 3 由基本上为单晶态的晶粒 3a 构成，该 3a 是{100}择优取向并且按二维方式排列。在这种情况下，各个晶粒 3a 具有通过切去正方形的四个角而构成的形状，即，八角形。在被四个晶粒 3a 包围的各个部分中，存在比晶粒 3a 小的单晶态晶粒 3c。除各个晶粒 3a 的四个角外的四个侧表面是{002}取向的，而在四个角处的侧表面是{022}取向的。此外，这些晶粒 3a 和 3c 中的邻近的晶粒至少在其晶粒边界 3b 的一部分处呈互相晶格匹配的状态。在其它方向，这里示出的 SOI 结构与按照第 1 实施例的 SOI 结构相同。

同样，该按照第 3 实施例的 SOI 结构可通过用按照实施例的 SOI 结构已说明的工艺来制造。

同样，第 3 实施例可得到与第 1 实施例相同的优点。

图 12 示出按照本发明的第 4 实施例的 SOI 结构。如图 12 中所示，在按照第 4 实施例的 SOI 结构中，该准静态单晶硅膜 3 由六角形的基本上为单晶态的晶粒 3a 构成，该 3a 是{110}择优取向并且以甲鱼壳图形按二维方式排列。各个晶粒 3a 的六个侧表面是{200}和{111}取向的。在其它方面，这里示出的 SOI 结构与按照第 1 实施例 SOI 结构相同。

这里，该 SOI 结构也可通过用按照第 1 实施例的 SOI 结构已说明的工艺来制造。

同样，第 4 实施例可得到与第 1 实施例相同的优点。

已参照附图描述了本发明的特定的优选实施例，应了解本发明不限于这些明确的实施例，在不偏离由后附的权利要求所确定的本发明的范围或精神的前提下，本领域的专业人员可进行各种不同的变更和修正。

例如，在第 1 至第 3 实施例的说明中指出的数字值。材料、结构和工艺仅仅是举例，可采用其它适当的数字值、材料、结构和工艺。

类似地，虽然第 1 至第 4 实施例使用由 XeCl 受激准分子激光器产生的脉冲激光束作为脉冲激光束 8，但它们可以是来自任何除 XeCl 受激准分子激光器之外的适当的受激准分子激光器的脉冲激光束，或来自除受激准分子激光器之外的激光器，诸如全固态的紫外线激光器。

如以上所述，按照本发明的半导体材料由在一个方向上择优取向的基本上为半导体单晶态的晶粒构成，邻近的晶粒至少在其晶粒边界的一部分处呈互相晶格匹配的状态。因而，该半导体材料在电特性方面比多晶半导体材料更好，并可方便地在各种不同种类的衬底上形成。

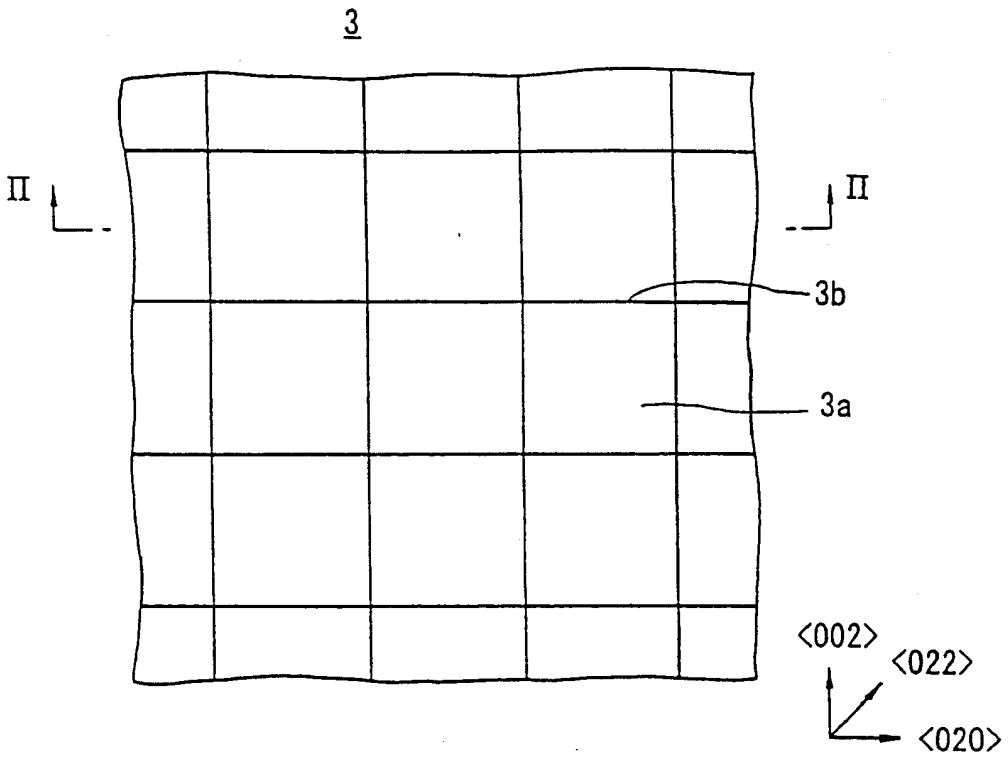


图1

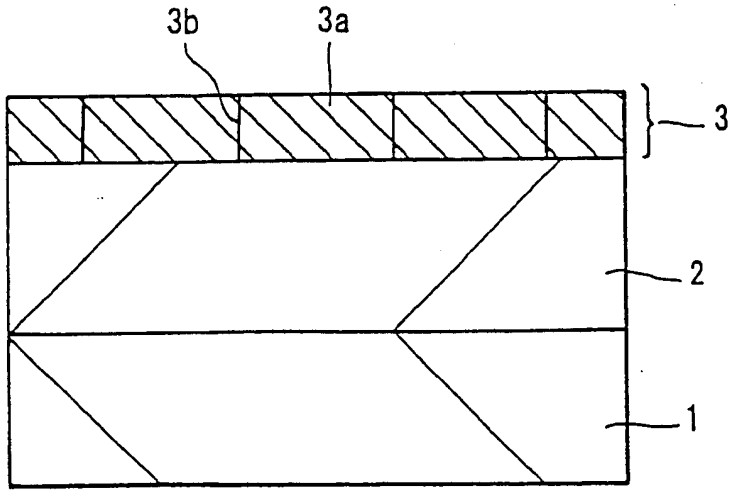


图 2

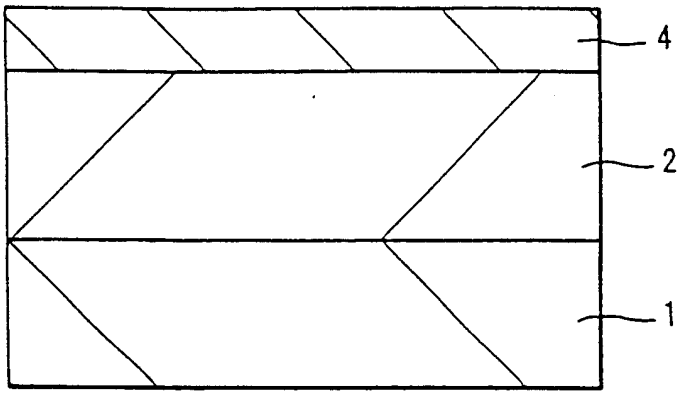


图 3

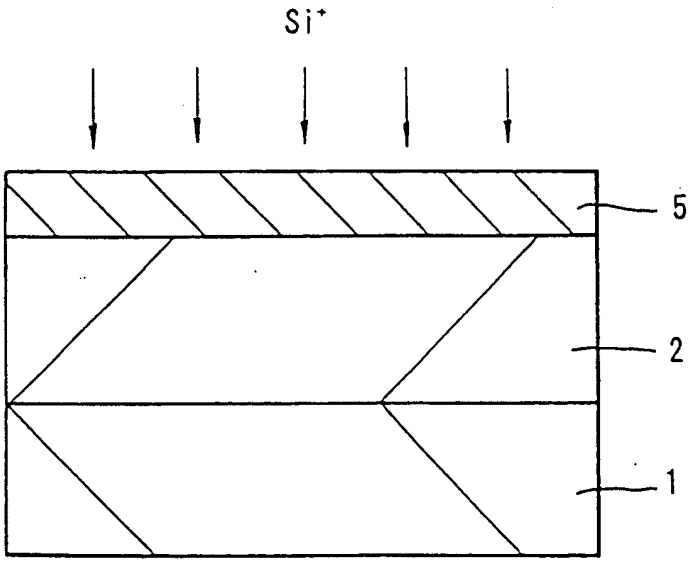


图 4

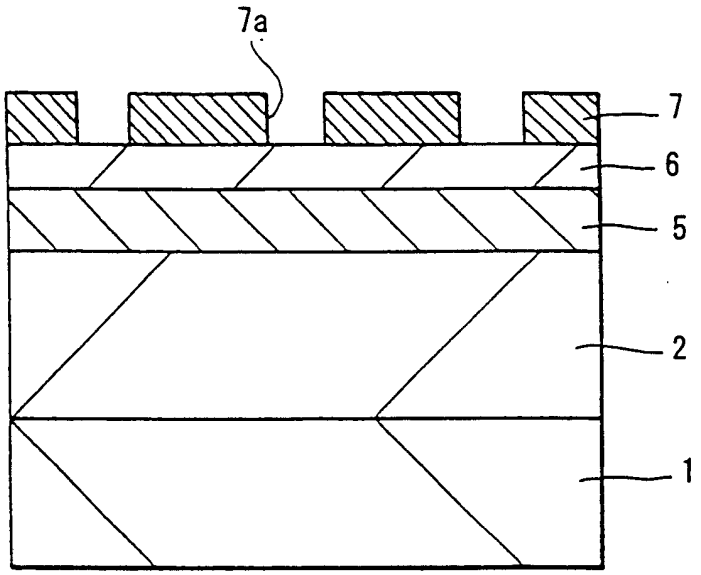


图 5

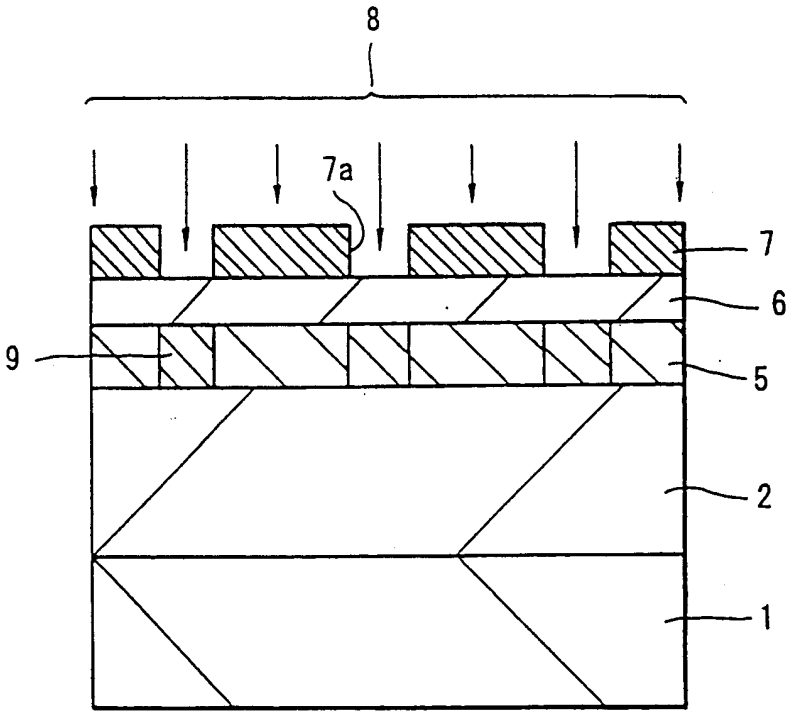


图 6

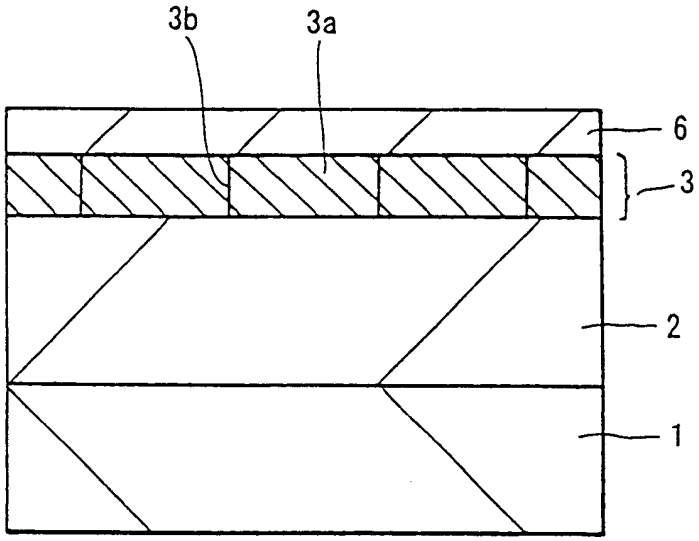


图 7

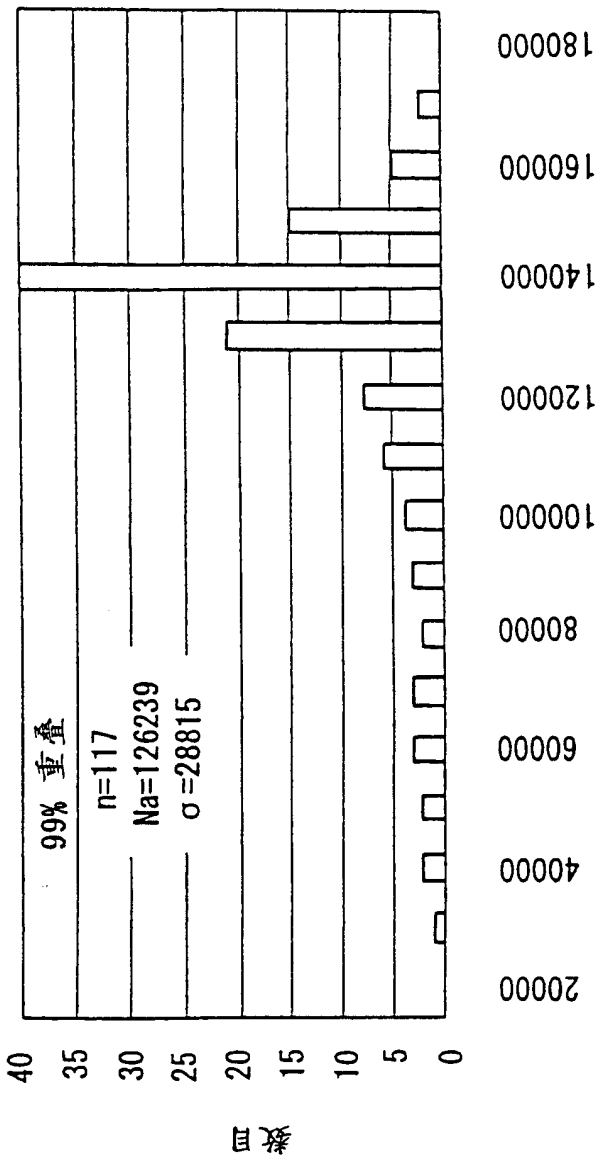

99% 重叠
n=117
Na=126239
σ=28815
数目
0
5
10
15
20
25
30
35
40
20000
40000
60000
80000
100000
120000
140000
160000
180000
面积 (nm²)

图 8

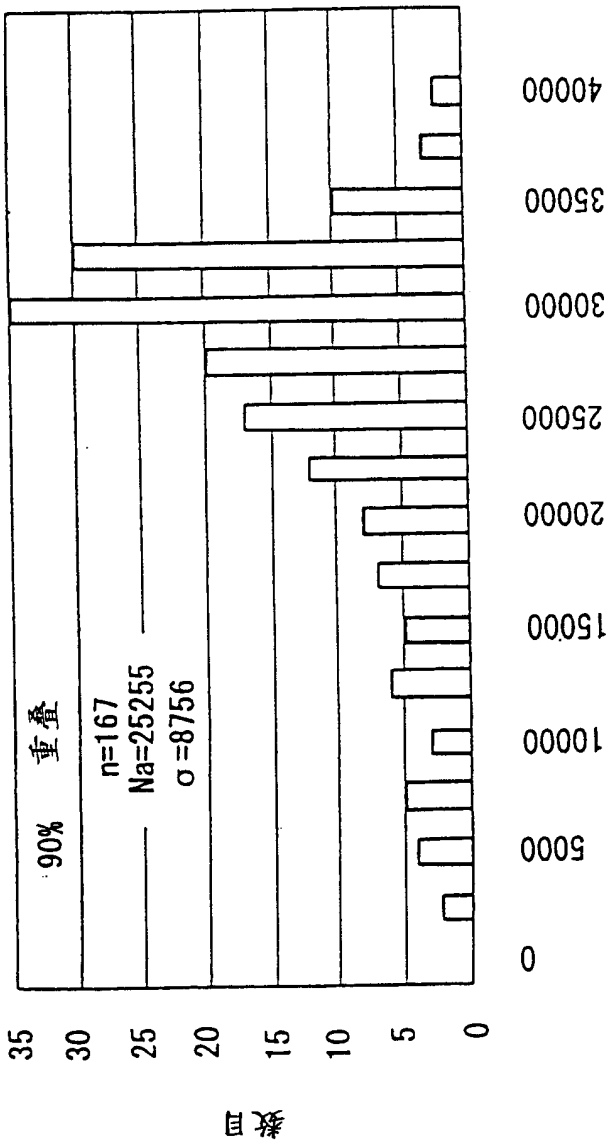

数目
35
30
25
20
15
10
5
0
90% 重叠
n=167
Na=25255
σ=8756
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
面积 (nm²)

图 9

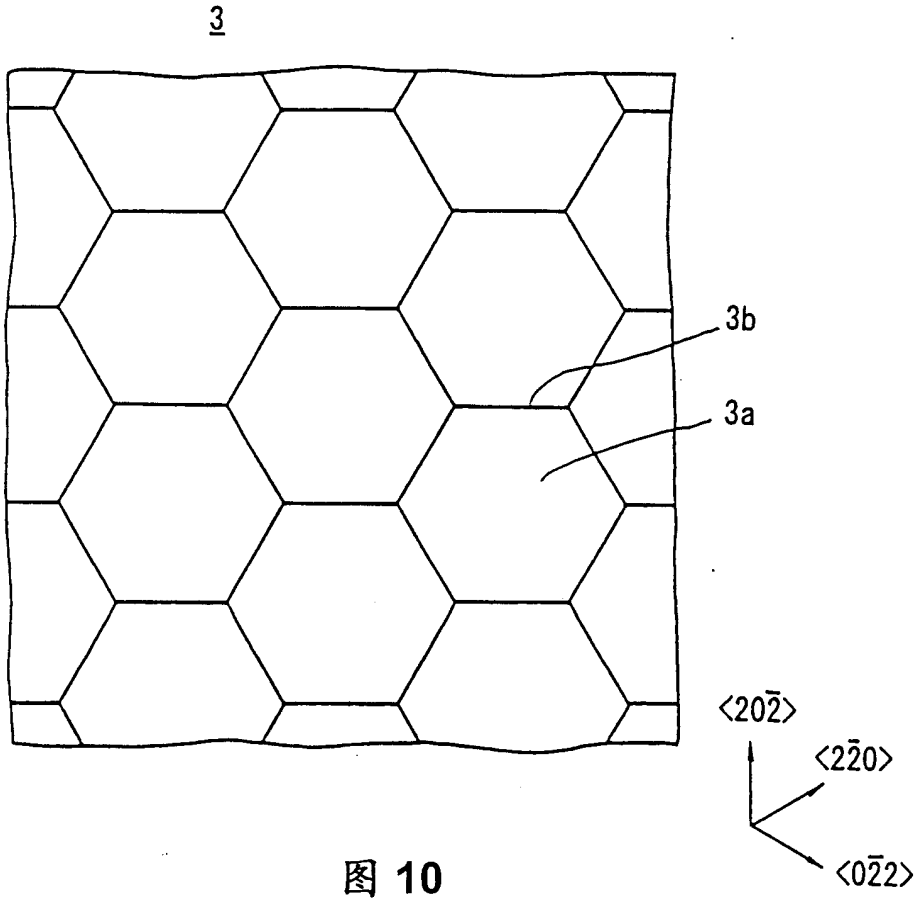


图 10

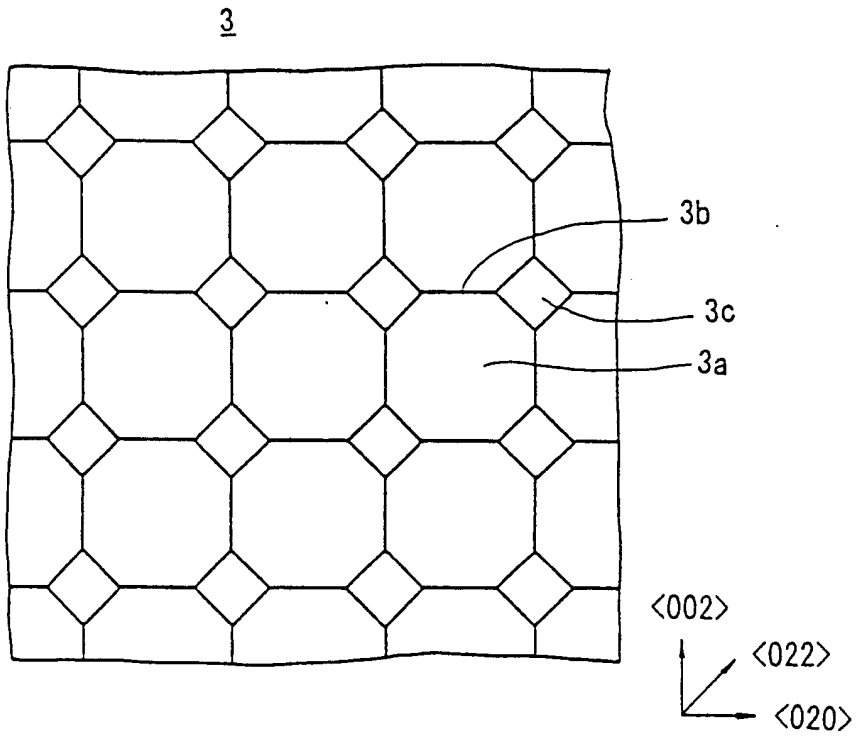


图 11

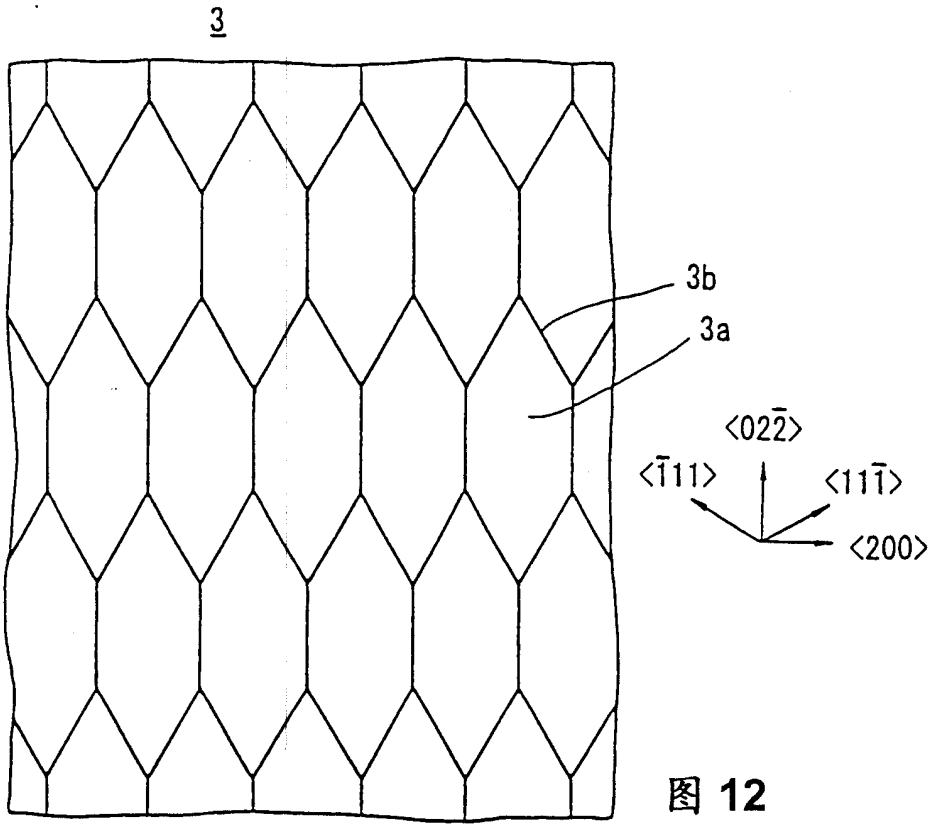


图 12