

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/762 (2006.01)

H01L 21/31 (2006.01)

H01L 29/78 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03122458. X

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237604C

[22] 申请日 2003.4.28 [21] 申请号 03122458. X

[30] 优先权

[32] 2002. 4. 30 [33] JP [31] 127841/2002

[71] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 奥村秀树 小林仁 土谷政信

大泽明彦 相田聪 上月繁雄

泉沢优

审查员 高莺然

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 段承恩 陈海红

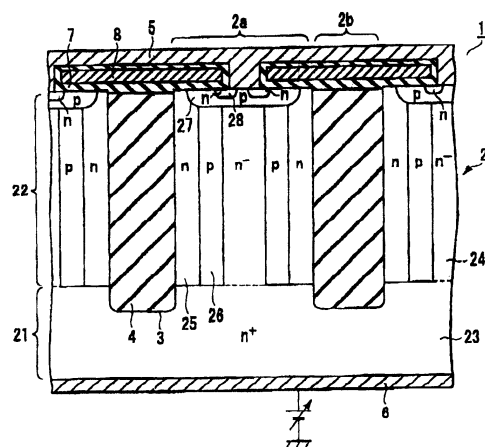
权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图 6 页

[54] 发明名称

半导体器件

[57] 摘要

本发明提供一种半导体器件，包括具有槽的半导体衬底；埋入槽的下部而且含有绝缘粒子的粒状绝缘层；以及被覆粒状绝缘层上面的软溶性电介质层，绝缘粒子在软溶性电介质层的熔点或软化点是稳定的。



- 1、一种半导体器件，其特征是具备：
具有槽的半导体衬底；
埋入上述槽的至少下部而且具备绝缘粒子的粒状绝缘层；以及
被覆上述粒状绝缘层上面的软溶性电介质层，上述绝缘粒子在上述软溶性电介质层的熔点或软化点是稳定的。
- 2、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是上述软溶性电介质层含有掺杂了杂质的硅酸盐玻璃。
- 3、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是上述槽的侧壁和底面上还具备阻挡绝缘层。
- 4、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述软溶性电介质层而且具有比上述软溶性电介质层的上述熔点或上述软化点要高的熔点或软化点的覆盖绝缘层。
- 5、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是上述粒状绝缘层还具备绝缘粘合剂。
- 6、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是上述粒状绝缘层的上面低于上述半导体衬底的上面。
- 7、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是上述绝缘粒子的平均直径在100nm~500nm范围内。
- 8、按照权利要求1所述的半导体器件，其特征是上述绝缘粒子的平均直径在100nm到上述槽的开口宽度一半的范围内。
- 9、一种半导体器件，其特征是具备：
具有槽的半导体衬底；
埋入上述槽的至少下部而且具备第1和第2绝缘粒子，上述第2绝缘粒子的平均直径比上述第1绝缘粒子的平均直径要小的粒状绝缘层。
- 10、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是上述槽的侧壁和底面上还具备阻挡绝缘层。

11、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是上述第1绝缘粒子形成第1粒状绝缘层，上述第2绝缘粒子形成被覆上述第1绝缘层上面的第2粒状绝缘层。

12、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是上述第1和第2绝缘粒子是混合的。

13、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述粒状绝缘层上面的软溶性电介质层，上述第1和第2绝缘粒子在上述软溶性电介质层的熔点或软化点是稳定的。

14、按照权利要求13所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述软溶性电介质层的上面而且具有比上述软溶性电介质层的上述熔点或软化点要高的熔点或软化点的覆盖绝缘层。

15、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是上述粒状绝缘层还具备绝缘粘合剂。

16、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是上述绝缘粒子的平均直径在100nm~500nm范围内。

17、按照权利要求9所述的半导体器件，其特征是上述绝缘粒子的平均直径在100nm到上述槽的开口宽度一半的范围内。

18、一种半导体器件，其特征是具备：

具有槽的半导体衬底；

埋入上述槽的至少下部而且具备绝缘粒子和将绝缘粒子间相互结合的绝缘粘合剂的粒状绝缘层，上述绝缘粒子和上述绝缘粘合剂形成有网状结构。

19、按照权利要求18所述的半导体器件，其特征是上述槽的侧壁和底面上还具备阻挡绝缘层。

20、按照权利要求18所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述粒状绝缘层上面的软溶性电介质层，上述绝缘粒子在上述软溶性电介质层的熔点或软化点是稳定的。

21、按照权利要求20所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述软

溶性电介质层的上面而且具有比上述软溶性电介质层的上述熔点或上述软化点要高的熔点或软化点的覆盖绝缘层。

22、按照权利要求 18 所述的半导体器件，其特征是上述绝缘粒子的平均直径在 100nm ~ 500nm 范围内。

23、按照权利要求 18 所述的半导体器件，其特征是上述绝缘粒子的平均直径在 100nm 到上述槽的开口宽度一半的范围内。

24、一种半导体器件，其特征是具备：

具有槽的半导体衬底；

埋入上述槽的至少下部而且包括第 1 和第 2 粒状绝缘层的粒状绝缘层，上述第 1 粒状绝缘层具备第 1 绝缘粒子而无粘合剂，上述第 2 粒状绝缘层被覆上述第 1 粒状绝缘层上面的同时具备第 2 绝缘粒子和绝缘粘合剂。

25、按照权利要求 24 所述的半导体器件，其特征是上述槽的侧壁和底面上还具备阻挡绝缘层。

26、按照权利要求 24 所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述第 2 粒状绝缘层上面的软溶性电介质层，上述第 1 和第 2 绝缘粒子在上述软溶性电介质层的熔点或软化点是稳定的。

27、按照权利要求 26 所述的半导体器件，其特征是还具备被覆上述软溶性电介质层的上面而且具有比上述软溶性电介质层的上述熔点或上述软化点要高的熔点或软化点的覆盖绝缘层。

28、按照权利要求 24 所述的半导体器件，其特征是上述第 1 和第 2 绝缘粒子的平均直径在 100nm ~ 500nm 范围内。

29、按照权利要求 24 所述的半导体器件，其特征是上述第 1 和第 2 绝缘粒子的平均直径在 100nm 到上述槽的开口宽度一半的范围内。

半导体器件

相关申请的交叉参考

本申请基于 2002 年 4 月 30 日在先申请的日本专利申请 2002 - 127841 号，并主张其优先权，该在先申请的全部内容作为参考引入本申请。

技术领域

本发明涉及一种半导体器件，特别是，涉及利用槽式隔离（trench isolation）的半导体器件。

背景技术

半导体器件领域中，大多使用槽式隔离。例如，该槽式隔离都用于 MOS（Metal Oxide Semiconductor：金属氧化物半导体）晶体管或双极晶体管等的隔离。

就槽式隔离技术而言，在硅衬底这样的半导体衬底上用选择性蚀刻法形成槽（或沟），并以硅氧化物等绝缘体埋入其中。例如，首先，在半导体衬底上形成硅氮化物层或硅氧化物层等的掩模材料层。其次，对该掩模材料层进行构图。接着，使用构图过的掩模材料层作为蚀刻掩模，通过蚀刻半导体衬底的表面区，在半导体衬底上形成槽。而后，在半导体衬底上，例如用 CVD（chemical vapor Deposition：化学气相淀积）法或溶液涂布（solution coating）法形成硅氧化物层等的绝缘层，并以绝缘体埋入槽内。进而，通过干式蚀刻法、CMP（Chemical Mechanical Polishing：化学机械抛光）法等的技术使其绝缘层侧表面平坦化。这样一来，就形成隔离区。

但是，在功率 MOSFET（Field Effect Transistor：场效应晶体管）这样的半导体器件中，有时形成巨大的槽。例如，有时形成宽度在 $3\mu\text{m} \sim 15$

μm 范围内而且深度在 $20 \sim 70 \mu\text{m}$ 范围内的巨大槽。

在槽的尺寸比较小的场合,可用 CVD 法埋入槽内。然而,难以用 CVD 法埋入巨大的槽内。

用溶液涂布法,例如,通过在半导体衬底上旋涂有机溶剂里溶解硅醇而成的溶液,即 SOG (Spin On Glass: 旋涂玻璃),烘焙该涂膜,以 SOG 层方式埋入槽内。溶液涂布法与 CVD 法比较,适合于用绝缘体埋入更大的槽内。但是, SOG 粘性低,为了形成埋入巨大槽内的绝缘层,必须多次重复涂布。另外,例如,即使可以埋入巨大的槽内,在激活退火等热处理时,也容易出现发生裂纹等缺陷的问题。

另外,在美国专利第 4544576 号中记载有,用含有玻璃粒子的悬浮液,埋入硅衬底的槽内,然后,加热到足够高的温度而使粒子熔融形成连续玻璃层。如果采用该方法,可以认为可埋入巨大的槽内。但是,该方法为了抑制发生缺陷,必须使用与硅衬底具有几乎相等的热膨胀系数的玻璃。即,从绝缘性等观点看,很难选择隔离区内所用的材料。

发明内容

按照本发明的第 1 方面,提供一种半导体器件,其具备:具有槽的半导体衬底;埋入上述槽的至少下部而且具备绝缘粒子的粒状绝缘层;以及被覆上述粒状绝缘层上面的软溶性电介质层,上述绝缘粒子在上述软溶性电介质层的熔点或软化点是稳定的。

按照本发明的第 2 方面,提供一种半导体器件,其具备:具有槽的半导体衬底;埋入上述槽的至少下部而且具备第 1 和第 2 绝缘粒子,上述第 2 绝缘粒子的平均直径比上述第 1 粒子的平均直径要小的粒状绝缘层。

按照本发明的第 3 方面,提供一种半导体器件,其具备:具有槽的半导体衬底;埋入上述槽的至少下部而且具备绝缘粒子和将上述绝缘粒子之间相互结合的绝缘粘合剂的粒状绝缘层,上述绝缘粒子和上述绝缘粘合剂形成有网状结构。

按照本发明的第 4 方面,提供一种半导体器件,其具备:具有槽的半

导体衬底；埋入上述槽的至少下部而且包括第1和第2的粒状绝缘层的粒状绝缘层，上述第1粒状绝缘层具备第1绝缘粒子而无粘合剂，上述第2粒状绝缘层被覆上述第1粒状绝缘层上面的同时具备第2绝缘粒子和绝缘粘合剂。

附图说明

图1是示意性地表示本发明第1实施方案的半导体器件的剖面图；

图2是示意性地表示图1的半导体器件的半导体衬底的平面图；

图3是示意性地表示本发明第1实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图4是示意性地表示本发明第2实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图5是示意性地表示本发明第3实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图6是示意性地表示本发明第4实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图7是放大表示图6的粒状绝缘层的图；

图8是示意性地表示本发明第5实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图9是示意性地表示本发明第6实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图10是示意性地表示本发明第7实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图11是示意性地表示本发明第8实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图；

图12是示意性地表示本发明第9实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图。

具体实施方式

以下，边参照附图边说明本发明的方案。另外，各图中，对于具有同样或类似功能的构成要素，给予同一参照标号，并省略重复说明。

图1是示意性地表示本发明第1实施方案的半导体器件的剖面图。图2是示意性地表示图1的半导体器件的半导体衬底的平面图。

图1中所示的半导体器件1包括纵向型功率 MOSFET。该半导体器件1具备半导体衬底2。如图2所示，该半导体衬底2的一个主面上，形成有元件区2a和元件隔离区2b。这些元件隔离区2b相当于图1中所示半导体衬底的槽3或埋入其中的绝缘层4。并且，各槽3的宽度例如在 $3\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ 范围内，深度例如在 $20\mu\text{m}\sim 70\mu\text{m}$ 范围内。

半导体衬底2的上面，设置有源极电极5作为共同电极。另一方面，半导体衬底2的下面，设置有漏极电极6作为共同电极。即，图1的半导体器件1，在半导体衬底2的厚度方向，这里为纵向方向流动漏电流。

半导体衬底2具备用作高浓度漏极区23的第1导电型，这里为 n^+ 型的第1半导体层21，和低于第1半导体层21杂质浓度的第1导电型，这里为 n^- 型的第2半导体层22。第1半导体层21例如是硅衬底，第2半导体层22例如是用外延生长法等形成于第1半导体层21上的硅层。

该半导体衬底2上设置有槽3，并以绝缘层4埋入这些槽3内。在与绝缘层4侧面邻接的半导体衬底2表面区，形成有第1导电型，这里是 n 型的杂质扩散区25。并且，在与半导体衬底2的杂质扩散区25邻接的区域，形成有第2导电型，这里是 p 型的杂质扩散区26。这些杂质扩散区25、26，例如，在用绝缘层4埋入槽3之前从槽3的侧壁向半导体衬底2注入杂质，而后，通过在半导体衬底2中扩散杂质，并使之激活来得到。

在半导体衬底2的源极电极5一侧表面区，形成有第2导电型，这里是 p 型的基区27。在这些基区27内，例如用杂质扩散法等，形成有第1导电型，这里是 n 型的源极区28。

在形成了半导体衬底2的源极区28的表面上，介以栅绝缘膜7形成有栅极8。各栅极8与夹着衬底2表面之中的至少绝缘层4的一对源极区28

间的部分对置。并且，各元件区 2a 中，源极电极 5 连接到被绝缘层 4 夹着的一对源极区 28 和基区 27。

在本实施方案中，图 1 中所示半导体器件 1 的绝缘层 4 采用以下的结构。

图 3 是示意性地表示本发明第 1 实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图。图 3 所示结构中，绝缘层 4 含有绝缘粒子 41，多数绝缘粒子 41 没有互相粘合起来，典型地说，槽 3 的侧壁和底面也没有粘合。并且，绝缘粒子 41 在槽 3 内形成有粒状绝缘层 42。

如果采用这种结构，绝缘粒子 41 随半导体衬底 2 和 / 或绝缘粒子 41 的膨胀或收缩可在槽 3 内移动。因此，对半导体衬底 2 提供激活退火等热处理的场合，即使发生半导体衬底 2 和 / 或绝缘粒子 41 的膨胀或收缩，也能防止给半导体衬底 2 施加很强的应力。因此，变成能够抑制因热处理而在半导体衬底 2 上发生裂纹等缺陷。

另外，即使对很大的槽 3 而言，也很容易形成粒状绝缘层 42。例如，首先，准备将绝缘粒子 41 分散在有机溶剂等的分散溶媒中的悬浮液。其次，在半导体衬底 2 形成有槽 3 的表面上涂布该悬浮液。然后，从该涂膜中除去分散溶媒。这样以来，以绝缘粒子 41 埋入槽 3。即，获得粒状绝缘层 42。

在该方法中，例如，可用旋涂法等形成涂膜。另外，在该方法中，通过涂布悬浮液而得到涂膜的厚度和粒状绝缘层 42 的厚度没有很大差别。进而，若使用粒径较大的绝缘粒子 41，由于绝缘粒子 41 变得容易发生沉降，因而旋涂时，位于槽 3 内涂膜里的绝缘粒子 41 难以排出槽到 3 外侧。因此，即使槽 3 巨大，也很容易例如用一次涂布形成足够厚度的粒状绝缘层 42。

另外，图 3 所示的结构中，绝缘层 4 还包括软溶性电介质层 44。该软溶性电介质层 44 埋入槽 3 的上部。另外，软溶性电介质层 44 的熔点或软化点在绝缘粒子 41 能够稳定存在的温度范围内，即在不发生绝缘粒子 41 的熔融或绝缘粒子 41 之间互相粘合的温度范围内。

如上述一样，绝缘粒子 41 不会互相粘合。槽 3 的侧壁和底面也没有粘合。因此，不堵塞槽 3 的开口的话，有时会在制造工艺的任何阶段，从槽

3 放出绝缘粒子 41。从槽 3 放出的绝缘粒子 41 与灰尘等同，所以，有降低成品率的可能性。

为此，要是在粒状绝缘层 42 上设置软溶性电介质层 44 的话，就能够防止从槽 3 放出绝缘粒子 41。另外，软溶性电介质层 44，例如，在激活退火等热处理时能够软化或熔融。因此，便没有起因于软溶性电介质层 44 的给半导体衬底 2 施加的很强的应力。因此，如果按照图 3 的结构，就能够防止从槽 3 放出绝缘粒子 41，以及能够抑制因热处理而在半导体衬底 2 上发生裂纹等缺陷。

另外，通过热处理熔融或软化的软溶性电介质层 44 能够浸透到粒状绝缘层 42 中。因此，有时粒状绝缘层 42 与软溶性电介质层 44 部分地重叠起来。

在图 3 所示的结构中，进一步，在槽 3 的侧壁和底面上设置有阻挡绝缘层 43。一般地说，硅衬底对有机溶剂的濡湿性不高。如果设置阻挡绝缘层 43，就能够控制槽 3 的侧壁和底面与有机溶剂有关的濡湿性。因此，能够更容易形成粒状绝缘层 42。另外，如果设置阻挡绝缘层 43 的话，就能够抑制从软溶性电介质层 44 向半导体衬底 2 扩散杂质。

作为本实施方案的例子，进行了以下的试验。首先，在硅衬底 2 上，用旋涂法涂布胶体二氧化硅，采用加热由此得到涂膜的办法除去涂膜中的分散溶媒。这样以来，形成由平均直径为 $0.3\ \mu\text{m}$ 二氧化硅粒子 41 构成的粒状绝缘层 42。另外，硅的热膨胀系数为 $4.1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ，硅氧化物的热膨胀系数约为 $23 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。然后，用 CMP 法除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41。用该 CMP 法，削减槽 3 内的粒状绝缘层 42 的上部，减少厚度 $2\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$ 左右。槽 3 的上部埋入 BPSG (Boron-Phospho Silicate Glass: 硼磷硅酸盐玻璃) 膜作为软溶性电介质层 44。另外，BPSG 是在 SiO_2 中添加 B_2O_3 和 P_2O_5 和 / 或 P_2O_3 组成的材料。对该结构，在氮气气氛中， 1100°C 下施加 8 小时热处理。其结果，粒状绝缘层 42 上发生裂纹，但是硅衬底 2 的槽 3 近旁没有发生缺陷。另外，形成软溶性电介质层 44 以后，没有二氧化硅粒子 41 向槽 3 外部扩散。

为了比较,进行了以下的试验。首先,在硅衬底 2 上用 CVD 法形成硅氧化膜。该硅氧化膜,在元件区 2a 上要形成成为 $5\mu\text{m}$ 或以上的厚度。其次,用 CMP 法除去硅氧化膜的位于槽 3 外侧的部分。对该结构,在氮气气氛中, 1100°C 下施加 8 小时热处理。其结果,硅衬底 2 的槽 3 近旁发生了缺陷。

本实施方案中,作为绝缘粒子 41 的材料,可以使用例如,二氧化硅、二氧化钛、氧化锆、硅碳化物之类的碳化物及其混合物等。这些材料大多绝缘性高,耐热性优良,热膨胀系数大或与半导体衬底 2 大体相等。

绝缘粒子 41 的平均直径,例如可以是 100nm 或以上。另外,绝缘粒子 41 的平均直径,可以是 500nm 或以下或槽 3 开口宽度一半或以下。

作为绝缘粒子 41 的材料,例如,使用胶体二氧化硅的场合,如果进行高温热处理,二氧化硅粒子发生约 $5\% \sim 15\%$ 左右的收缩。其收缩率随二氧化硅粒径而异。具体地说,粒径大的二氧化硅收缩率小,粒径小的二氧化硅收缩率大。通常,平均粒径在 100nm 或以上的二氧化硅,收缩率充分地小。但是,多数场合,难以制造二氧化硅的平均粒径超过 500nm 的单分散(monodisperse)胶体二氧化硅。

实际上,使用胶体二氧化硅,对宽度为 $5\mu\text{m}$ 而且深度为 $50\mu\text{m}$ 或以上的槽 3 进行埋入。在使用二氧化硅的平均粒径为 50nm 的胶体二氧化硅的场合,埋入工艺的成品率为 10% 或以下。相对于此,对使用二氧化硅的平均粒径为 150nm 和 300nm 胶体二氧化硅的场合,埋入工艺的成品率全都是 90% 或以上。

作为绝缘粒子 41,可以使用熔点或软化点比形成粒状绝缘层 42 以后进行的热处理的最高温度还要高的粒子。例如,作为绝缘粒子 41,可以使用熔点或软化点高于 1100°C 的材料。典型地说,作为绝缘粒子 41,使用在形成粒状绝缘层 42 以后进行的热处理的最高温度下是稳定的,即不发生熔融或粘合的绝缘粒子。

作为软溶性电介质层 44 的材料,使用其熔点或软化点在绝缘粒子 41 能稳定存在的温度范围内,即不发生绝缘粒子 41 的熔融或绝缘粒子 41

之间互相粘合的温度范围内的材料。典型地说,作为软溶性电介质层 44 的材料,使用其熔点或软化点比在形成粒状绝缘层 42 以后进行的热处理的最高温度还低的材料。作为此种材料,例如,可以举出硅酸盐玻璃之类的玻璃。作为这种玻璃,例如,可以举出 BPSG、BSG (Boron Silicate Glass: 硼硅酸盐玻璃)、PSG (Phospho Silicate Glass: 磷硅酸盐玻璃) 等之类添加了杂质的硅酸盐玻璃等。

对软溶性电介质层 44 的厚度没有特别限制,但是一般,软溶性电介质层 44 要以构成其下层粒状绝缘层 42 的绝缘粒子 41 的粒径的 3 倍或以上的厚度来形成。例如,软溶性电介质层 44 的厚度,可设为约 $1\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ 的范围内。

作为阻挡绝缘层 43 的材料,例如,可以举出硅氧化物、硅氮化物、它们的混合物等。阻挡绝缘层 43,例如,可用 LP (Low Pressure: 低压) CVD 法之类的 CVD 法或热氧化法来形成。

作为形成粒状绝缘层 42 用悬浮液的分散溶媒,例如,可以使用醇类、多元醇类、醚类、酯类、酮类、其混合物等有机溶剂。作为醇类言,例如,可举出乙醇、异丙醇、环己醇等。作为多元醇类,例如,可举出乙二醇、二甘醇、聚丙二醇等。作为醚类,例如,可举出丙二醇醚这样的乙二醇醚等。作为酯类,例如,可举出乙酸乙酯等。作为酮类,例如,可举出环己酮或丁内酯等。

接着,说明本发明第 2 实施方案。第 2 实施方案,除绝缘层 4 采用以下的结构外,都与第 1 实施方案同样。

图 4 是示意性地表示本发明第 2 实施方案的半导体器件中可能采用一例结构的剖面图。图 4 所示的结构中,绝缘层 4 由粒状绝缘层 42 构成。该粒状绝缘层 42 包括平均粒径较大的第 1 绝缘粒子 41a 和平均粒径较小的第 2 绝缘粒子 41b,将这些第 1 和第 2 绝缘粒子 41a、41b 大致均匀地混合起来。

本实施方案也与第 1 实施方案同样,通过热处理成为能够抑制半导体衬底 2 上发生裂纹等缺陷。另外,本实施方案也与第 1 实施方案同样,即

使是槽3巨大，粒状绝缘层42也很容易地形成。进一步，本实施方案中，由于使用平均粒径不同的第1和第2绝缘粒子41a、41b，有以下特征。

平均粒径较大的第1绝缘粒子41a，可以容易而且较厚地形成粒状绝缘层42。但是，如果仅以平均粒径大的第1绝缘粒子41a形成粒状绝缘层42的话，很多情况下，就难以获得平坦性优异的粒状绝缘层42。

在本实施方案中，如上所述，除平均粒径较大的第1绝缘粒子41a外，还使用平均粒径较小的第2绝缘粒子41b。平均粒径较小的第2绝缘粒子41b起提高粒状绝缘层42平坦性的作用。因此，按照本实施方案，就很容易形成足够厚而且平坦性优异的粒状绝缘层42。

在本实施方案中，作为第1和第2绝缘粒子41a、41b的材料，例如，可以使用第1实施方案中关于绝缘粒子41示出的材料。第1绝缘粒子41a的材料和第2绝缘粒子41b的材料也可以是同样的，或者也可以是不同的。

第1绝缘粒子41a的平均直径，例如，可以是100nm或以上。另外，第1绝缘粒子41a的平均直径，也可以是500nm或以下或槽3开口宽度一半或以下。第2绝缘粒子41b的平均直径，只要比第1绝缘粒子41a的平均直径小就行，也可以是不足100nm。例如，可以把平均直径400nm的第1绝缘粒子41a和平均直径70nm的第2绝缘粒子41b组合起来使用。但是，典型地是将平均直径在250nm~350nm范围内的第1绝缘粒子41a和平均直径在125nm~175nm范围内的第2绝缘粒子41b组合起来使用。

粒状绝缘层42可以进一步含有与第1和第2绝缘粒子41a、41b平均直径不同的一种或以上绝缘粒子。另外，粒状绝缘层42含有平均直径不同的多种绝缘粒子，例如，在粒度分布具有二个或以上峰值的场合就可以确定。另外，即使粒度分布只有一个峰值的场合，如果使用材料互相不同的多种绝缘粒子，采用求出每种材料绝缘粒子平均直径的办法，往往也能确定粒状绝缘层42含有平均直径不同的多种绝缘粒子。

作为本方案的例子，进行了以下的试验。首先，在硅衬底2上，用旋涂法涂布胶体二氧化硅，采用加热由此得到的涂膜的办法除去涂膜中的分散溶媒。这里，混合使用二氧化硅的平均直径互相不同的二种胶体二氧化

硅。这样以来，形成由平均直径为 $0.3\ \mu\text{m}$ 的二氧化硅粒子 41a 和由平均直径为 $0.15\ \mu\text{m}$ 的二氧化硅粒子 41b 构成的粒状绝缘层 42。然后，用 CMP 法，除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41。对该结构，在氮气气氛中， 1100°C 下施加 8 小时热处理。其结果，粒状绝缘层 42 上发生了裂纹，但硅衬底 2 的槽 3 近旁没有发生缺陷。另外，在本例中所得的粒状绝缘层 42 的表面比第 1 实施方案所得粒状绝缘层 42 的表面在平坦性方面优异。

其次，说明本发明第 3 实施方案。第 3 实施方案，除不混合第 1 绝缘粒子 41a 和第 2 绝缘粒子 41b，层叠第 1 绝缘粒子 41a 的粒状绝缘层和第 2 绝缘粒子 41b 的粒状绝缘层外，都与第 2 实施方案相同。

图 5 是示意性地表示本发明第 3 实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图。图 5 所示的结构中，绝缘层 4 由粒状绝缘层 42 构成。该粒状绝缘层 42 包括由第 1 绝缘粒子 41a 构成的第 1 粒状绝缘层 42a 和由第 2 绝缘粒子 41b 构成的第 2 粒状绝缘层 42b。

在本实施方案中，如图 5 所示，由平均粒径较大的第 1 绝缘粒子 41a 构成第 1 粒状绝缘层 42a，在其上，设置由平均直径较小的第 2 绝缘粒子 41b 构成的第 2 粒状绝缘层 42b。若采用这样的结构，就能够形成平坦性更加优异的粒状绝缘层 42。

另外，也可以由平均粒径较小的第 2 绝缘粒子 41b 构成第 2 粒状绝缘层 42b，在其上，设置由平均直径较大的第 1 绝缘粒子 41a 构成的第 1 粒状绝缘层 42a。即，也可以把第 1 粒状绝缘层 42a 与第 2 粒状绝缘层 42b 的层叠次序倒过来。但是，这时，不能实现按图 5 所示顺序层叠第 1 粒状绝缘层 42a 和第 2 粒状绝缘层 42b 的场合那样的高平坦性。

粒状绝缘层 42 可以进一步含有与第 1 和第 2 粒状绝缘层 42a、42b 绝缘粒子的平均直径不同的一层或以上的粒状绝缘层。这时，典型地，把绝缘粒子平均直径最小的粒状绝缘层作为最上层。例如，确定粒状绝缘层的排列顺序，以使越朝向深部绝缘粒子的平均直径变得越大。

作为本方案的例子，进行了以下的试验。首先，在硅衬底 2 上，用旋涂法涂布含有平均直径较大的胶体二氧化硅，采用加热由此得到涂膜的办

法除去涂膜中的分散溶媒。这样以来，形成由平均直径为 $0.3\ \mu\text{m}$ 的二氧化硅粒子 41a 构成的第 1 绝缘层 42a。然后，用 CMP 法，除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41a。接着，在硅衬底 2 上，用旋涂法涂布含有平均直径较小的胶体二氧化硅，采用加热由此得到涂膜的办法除去涂膜中的分散溶媒。这样以来，形成由平均直径为 $0.15\ \mu\text{m}$ 的二氧化硅粒子 41b 构成的第 2 绝缘层 42b。然后，用 CMP 法，除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41b。对该结构，在氮气气氛中， 1100°C 下施加 8 小时热处理。其结果，粒状绝缘层 42 上发生裂纹，但硅衬底 2 的槽 3 近旁没有发生缺陷。另外，本例中所得粒状绝缘层 42 的表面比第 2 实施方案所得粒状绝缘层 42 的表面在平坦性方面还要优良。

接着，说明本发明第 4 实施方案。第 4 实施方案，除对绝缘层 4 采用以下的结构外，都与第 1 实施方案同样。

图 6 是示意性地表示本发明第 4 实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图。图 7 是放大表示图 6 的粒状绝缘层 42 的图。图 6 所示的结构中，绝缘层 4 由粒状绝缘层 42 构成。该粒状绝缘层 42 包括由绝缘粒子 41 和交联绝缘粒子的绝缘粘合剂 45。即，如图 7 所示，绝缘粒子 41 与绝缘粘合剂 45 形成网状结构。

如第 1 实施方案中说明的那样，在绝缘粒子 41 不互相粘合而且槽 3 的侧壁和底面也没有粘合的场合，不堵塞槽 3 的开口的话，有在制造工艺的任何阶段，绝缘粒子 41 从槽 3 向其外部扩散。本实施方案中，如上所述，通过绝缘粘合剂 45 使绝缘粒子 41 之间互相粘合。因此，即使不会堵塞槽 3 的开口，也能相当程度抑制绝缘粒子 41 从槽 3 向外部扩散。

进而在本实施方案中，绝缘粒子 41 与绝缘粘合剂 45 形成网状结构。这样，粒状绝缘层 42 的变形变得容易发生，因而缓和因温度变化而发生的应力。另外，加上过剩应力的情况下，绝缘粒子 41 或从绝缘粘合剂 45 剥离，或者绝缘粘合剂 45 被切断，所以应力被缓和。可是，通常如此的剥离或切断，因为仅发生于粒状绝缘层 42 的局部，所以几乎不发生起源于此的灰尘。因此，与第 1 实施方案同样，本实施方案也能够防止绝缘粒子 41

从槽 3 放出，以及能够抑制因热处理而在半导体衬底 2 上发生裂纹等的缺陷。

另外，在本实施方案中，也与第 1 实施方案同样，粒状绝缘层 42 即使对槽 3 是巨大的，也很容易形成。例如，首先，准备含有绝缘粒子 41 和绝缘粘合剂 45 的材料及有机溶剂等的分散溶媒的悬浮液。作为绝缘粘合剂 45 的材料，例如，可使用 SOG 等。其次，在半导体衬底 2 形成了槽 3 的表面上涂布该悬浮液。然后，对该涂膜提供例如约 400℃ 的热处理。由此，从涂膜除去分散溶媒的同时，使硅烷醇聚合。这样以来，用绝缘粒子 41 和绝缘粘合剂 45 埋入槽 3。即，得到粒状绝缘层 42。

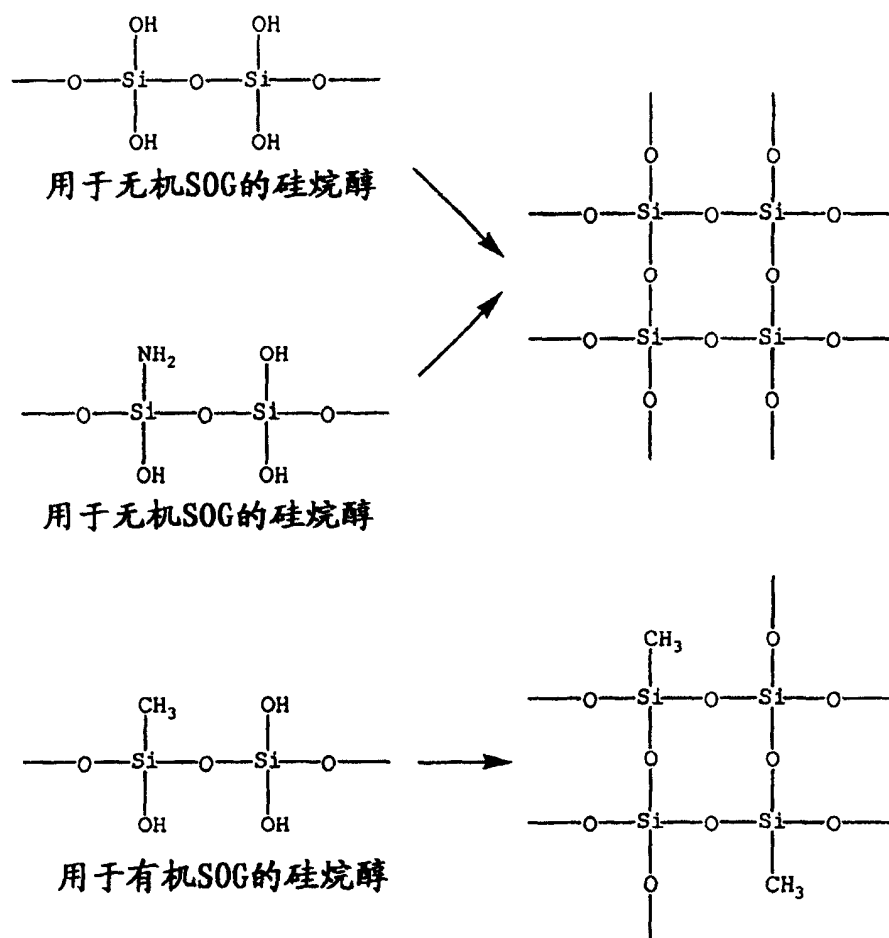
在该方法中，例如，可以用旋涂法等形式形成涂膜。另外，在该方法中，通过涂布悬浮液而得到的涂膜厚度和粒状绝缘层 42 的厚度之间没有很大差别。进而，若使用粒径比较大的绝缘粒子 41，由于绝缘粒子 41 变得容易发生沉降，因而旋涂时，位于槽 3 内涂膜里的绝缘粒子 41 难以排出槽 3 外侧。因此，即使是槽 3 巨大，也很容易，例如用一次涂布形成足够厚度的粒状绝缘层 42。

另外，绝缘粒子 41 和绝缘粘合剂 45 形成网状结构的粒状绝缘层 42，例如，可通过在悬浮液中的相对于绝缘粒子 41 将绝缘粘合剂 45 的材料的比率设定为较低的办法，很容易形成。

作为绝缘粘合剂 45 的材料，例如，可使用将如以下化学式表示的这种硅烷醇溶解于有机溶剂形成的无机 SOG 和有机 SOG 等 SOG。另外，使用于无机 SOG 和有机 SOG 中的硅烷醇不仅限于下面化学式表示的物质。例如，在无机 SOG 和有机 SOG 中所用的硅烷醇中，也可以将与 Si 原子键合的 -OH 基和 -O- 的一部分替换成 -H 基。另外，对于有机 SOG 中所用的硅烷醇，也可以将 -CH₃ 基替换成 -C₂H₅ 基等其它烷基。另外，在有机 SOG 中所用的硅烷醇中，也可以将与 Si 原子键合的 -OH 基和 -O- 的一部分替换成 -CH₃ 基、或 -C₂H₅ 基等的烷基。

无机 SOG 和有机 SOG，如以下反应式所示，通过不管什么烧成法形成硅氧化物。但是，在使用有机 SOG 得到的硅氧化物中会残留碳化氢基。

因此，一般地说，无机 SOG 与有机 SOG 相比，热稳定性方面较为优良。



在本实施方案中，用于形成粒状绝缘层 42 的悬浮液中的绝缘粘合剂 45 的浓度，例如，可以规定为 20 体积% ~ 45 体积% 的范围内。如果绝缘粘合剂 45 的浓度过低，就难以覆盖全体粒状绝缘层 42 通过绝缘粘合剂 45 使绝缘粒子 41 之间互相粘合。另外，如果绝缘粘合剂 45 的浓度过高，除绝缘粒子 41 和绝缘粘合剂 45 难以形成网状结构外，粒状绝缘层 42 本身也变得容易发生裂纹。进而，作为绝缘粘合剂 45 的材料使用例如 SOG 的情况下，绝缘粘合剂 45 如果进行高温热处理，就发生约 5% ~ 约 20% 的收缩。由于绝缘粘合剂 45 的一部分与槽 3 的侧壁和底面粘合，因此如果粒状绝缘层 42 中绝缘粘合剂 45 的浓度过高，高度热处理时，粒状绝缘层 42 往往给半导体衬底 2 造成过度应力。而且，粒状绝缘层 42 中绝缘粘合剂 45 的浓度高的情况下，有时用 CMP 法，不能完全除去位于槽 3 外部的绝缘粒子 41 和绝缘粘合剂 45。

作为本实施方案,进行了以下的试验。首先,在硅衬底2上用旋涂法涂布胶体二氧化硅和无机SOG的混合液,对由此得到的涂膜提供约120℃的热处理。这里,使用以20体积%、50体积%、80体积%的浓度含有无机SOG的溶液作为前面的混合液。这样以来,形成由平均直径为0.3 μ m的二氧化硅粒子41和绝缘粘合剂45构成的粒状绝缘层42。然后,用CMP法,除去附着于槽3外侧的二氧化硅粒子41和绝缘粘合剂45。对此结构,在氮气气氛中,1100℃下施加8小时热处理。

其结果,以50体积%、80体积%的浓度中含有无机SOG的溶液作为前面的混合液的场合,硅衬底2的槽3近旁发生缺陷。相对于此,以20体积%的浓度中含有无机SOG的溶液作为前面的混合液的场合,虽然粒状绝缘层42中发生裂纹,但硅衬底2的槽3近旁不发生缺陷。

接着,说明本发明第5实施方案。第5实施方案,除绝缘层4采用以下的结构外,与第1实施方案相同。

图8是示意性地表示本发明第5实施方案的半导体器件中可能采用的一例结构的剖面图。图8所示的结构中,绝缘层4由粒状绝缘层42构成。该粒状绝缘层42包括第1粒状绝缘层42a和第2粒状绝缘层42b。

第1粒状绝缘层42a由第1绝缘粒子41a构成,并且不含有粘合剂。另一方面,第2粒状绝缘层42b含有第2绝缘粒子41b和绝缘粘合剂45。

在本结构中,如上述一样,绝缘层4具有不含有粘合剂的第1粒状绝缘层42a。因此,与参照图6说过的结构相比,能够更有效地抑制通过热处理导致的半导体衬底2上发生裂纹等的缺陷。

另外,在该结构中,在不含有粘合剂的第1粒状绝缘层42a上面被覆盖有含有绝缘粘合剂45的第2粒状绝缘层42b。因此,除难于从第2粒状绝缘层42b向槽3外部扩散第2绝缘粒子41b外,也难以发生从第1粒状绝缘层42a向槽3外部扩散第1绝缘粒子41a。

在本实施方案中,通常,第2粒状绝缘层42b相对于粒状绝缘层42的厚度比很小,例如,第2粒状绝缘层42b的厚度可以为约1 μ m~约5 μ m范围内。因此,在第2粒状绝缘层42b中,第2绝缘粒子41b和绝缘

粘合剂 45 可以形成网状结构，或者，也可以不形成网状结构。

本实施方案中，第 1 绝缘粒子 41a 和第 2 绝缘粒子 41b，材料可以相同，或者，也可以是不同的。

另外，本实施方案中，第 1 绝缘粒子 41a 和第 2 绝缘粒子 41b，平均直径可以相同，或者，也可以是不同的。例如，第 2 绝缘粒子 41b 的平均直径可以比第 1 绝缘粒子 41a 的平均直径小。即，在本实施方案中说，也可以进一步组合第 3 实施方案的技术。

另外，在本实施方案中，第 2 粒状绝缘层 42b，可以含有平均直径较大的绝缘粒子和较小的绝缘粒子作为绝缘粒子 41b。同样，第 1 粒状绝缘层 42a，也可以含有平均直径较大的绝缘粒子和较小的绝缘粒子作为绝缘粒子 41a。即，在本实施方案中，也可以进一步组合第 2 实施方案的技术。

作为本实施方案，进行了以下的试验。首先，在硅衬底 2 上用旋涂法涂布胶体二氧化硅，通过加热由此得到的涂膜，从涂膜除去分散溶媒。然后，用 CMP 法，除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41a。这样以来，形成由平均直径为 $0.3\ \mu\text{m}$ 的二氧化硅粒子 41a 构成的第 1 粒状绝缘层 42a。接着，在硅衬底 2 上用旋涂法涂布胶体二氧化硅和无机 SOG 的混合液，对由此得到的涂膜提供一度约 120°C 的热处理。然后，用 CMP 法，除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41b 和绝缘粘合剂 45。这里，作为第 2 粒状绝缘层 42b 的混合液，使用以 20 体积 %、30 体积 %、35 体积 %、45 体积 %、50 体积 % 的浓度含有无机 SOG 的溶液。对此结构，在氮气气氛中， 1100°C 下施加 8 小时热处理。

其结果，使用以 45 体积 %、50 体积 % 的浓度含有无机 SOG 的溶液作为前面的混合液の場合，用 CMP 法，难以完全除去附着于槽 3 外侧的二氧化硅粒子 41b 和绝缘粘合剂 45。相对于此，使用以 20 体积 %、30 体积 %、35 体积 % 的浓度含有无机 SOG 的溶液作为前面的混合液の場合，虽然粒状绝缘层 42 上发生裂纹，但是硅衬底 2 的槽 3 近旁不发生缺陷。另外，在槽 3 的外侧也没有残留二氧化硅粒子 41b 和绝缘粘合剂 45。另外，使用以 20 体积 %、30 体积 %、35 体积 %、45 体积 % 的浓度含有无机 SOG 的

溶液作为前面的混合液の場合，通过粒状绝缘层 42 埋入槽 3 的成品率分别是 45 %、90 %、90 %、65 %。

接着，用电子显微镜观察热处理后的粒状绝缘层 42。其结果，在使用以 20 体积 %、30 体积 %、35 体积 % 的浓度含有无机 SOG 的溶液作为前面的混合液的粒状绝缘层 42 中，可以确认，二氧化硅粒子 41 和绝缘粘合剂 45 形成了网状结构。另外，在使用以 45 体积 %、50 体积 % 的浓度含有无机 SOG 的溶液作为前面的混合液的粒状绝缘层 42 中，可以确认，二氧化硅粒子 41b 和绝缘粘合剂 45 大体上是连续相，二氧化硅粒子 41b 和绝缘粘合剂 45 没有形成网状结构。

可以互相组合以上说明的第 1 到第 5 实施方案的技术，在以下的实施方案中说明这种组合的例子。

首先，说明本发明的第 6 实施方案。第 6 实施方案相当于第 1 和第 4 实施方案的技术组合。

图 9 是示意性地表示本发明的第 6 实施方案中可能采用的一例结构的剖面图。图 9 所示的结构中，绝缘层 4 包括粒状绝缘层 42 和软溶性电介质层 44。粒状绝缘层 42 包括绝缘粒子 41 和将其交联的绝缘粘合剂 45。

倘若采用这样的结构，就能够达到第 1 和第 4 实施方案说明的效果。此外，倘若采用该结构，形成软溶性电介质层 44 以后，就可以进一步确实防止绝缘粒子 41 扩散到槽 3 的外部。

接着，说明本发明的第 7 实施方案。第 7 实施方案相当于第 2 和第 4 实施方案的技术组合。

图 10 是示意性地表示本发明的第 7 实施方案中可能采用的一例结构的剖面图。图 10 所示的结构中，绝缘层 4 由粒状绝缘层 42 构成。粒状绝缘层 42 包括大体均匀混合的第 1 绝缘粒子 41a 和第 2 绝缘粒子 41b，以及将其交联的绝缘粘合剂 45。倘若采用这样的结构，就能够达到第 2 和第 4 实施方案说明的效果。

接着，说明本发明的第 8 实施方案。第 8 实施方案相当于第 3 和第 4 实施方案的技术组合。

图 11 是示意性地表示本发明的第 8 实施方案中可能采用的一例结构的剖面图。图 11 所示的结构中，绝缘层 4 包括第 1 粒状绝缘层 42a 和第 2 粒状绝缘层 42b。第 1 粒状绝缘层 42a 含有平均直径较大的第 1 绝缘粒子 41a 和将其交联的绝缘粘合剂 45。另一方面，第 2 粒状绝缘层 42b 含有平均直径较小的第 2 绝缘粒子 41b 和将其交联的绝缘粘合剂 45。倘若采用这样的结构，就能够达到第 3 和第 4 实施方案中说明的效果。另外，在本实施方案中，第 1 粒状绝缘层 42a 的绝缘粘合剂 45 和第 2 粒状绝缘层 42b 的绝缘粘合剂 45，材料可以相同，或者也可以是不同的。

接着，说明本发明的第 9 实施方案。第 9 实施方案相当于第 1 和第 5 实施方案的技术组合。

图 12 是示意性地表示本发明的第 9 实施方案中可能采用的一例结构的剖面图。图 12 所示的结构中，绝缘层 4 包括第 1 粒状绝缘层 42a、第 2 粒状绝缘层 42b 和软溶性电介质层 44。第 1 粒状绝缘层 42a 由绝缘粒子 41a 构成。另一方面，第 2 粒状绝缘层 42b 含有绝缘粒子 41b 和绝缘粘合剂 45。

倘若采用这样的结构，就能够达到第 1 和第 5 实施方案中说明的效果。另外，在本实施方案中，在软溶性电介质层 44 与第 1 粒状绝缘层 42a 之间，介在有包括绝缘粒子 41b 和绝缘粘合剂 45 的第 2 粒状绝缘层 42b。在第 2 粒状绝缘层 42b 含有绝缘粒子 41b 和绝缘粘合剂 45 的场合，与第 2 粒状绝缘层 42b 不含有绝缘粘合剂 45 的场合相比，通过热处理熔融或软化的软溶性电介质层 44 难以浸透到第 2 粒状绝缘层 42b 中。因此，在该结构中，可抑制熔融或软化的软溶性电介质层 44 向第 1 粒状绝缘层 42a 中浸透。从缓和热应力的观点看，优选尽可能限度地减小软溶性电介质层 44 与绝缘粒子 41a 等的接触面积。因此，倘若采用本结构，例如，即使多次进行热处理，也没有明显丧失抑制半导体衬底 2 上发生裂纹等缺陷的效果。

另外，图 12 所示结构，以覆盖绝缘层 9 被覆软溶性电介质层 44。覆盖绝缘层 9 的熔点或软化点比软溶性电介质层 44 要高。典型地说，覆盖绝缘层 9 的熔点或软化点，比形成粒状绝缘层 42 以后进行的热处理的最高温度还要高。

在该结构中，软溶性电介质层 44 将阻挡绝缘层 43 和覆盖绝缘层 9 包围起来。因此，能够抑制软溶性电介质层 44 中的元素向半导体衬底 2 等中扩散。

覆盖绝缘层 9 的材料只要熔点或软化点满足前面的条件，就没有特别限制。作为覆盖绝缘层 9 的材料，可以举出例如，硅氧化物等氧化物、硅氮化物等氮化物、以及其混合物等。

另外，图 12 所示结构中，将阻挡绝缘层 43 制成与覆盖绝缘层 9 大体相同形状的图形。这种结构，例如，在用于覆盖绝缘层 9 形成图形的蚀刻时，阻挡绝缘层 43 也可以同时进行蚀刻，或者通过进行利用覆盖绝缘层 9 作为掩模的蚀刻而获得。

第 6 到第 9 实施方案相当于第 1~第 3 实施方案的至少一种技术与第 4 或第 5 实施方案的技术的组合，然而对第 1 到第 5 实施方案的技术还有其它的组合。例如，也可以组合第 1 实施方案的技术和第 2 或第 3 方案的技术。另外，图 12 所示结构中，也可以省略覆盖绝缘层 9 和软溶性电介质层 44 的至少一方。进而，第 9 实施方案中说过的覆盖绝缘层 9，也可以使用于其它实施方案的半导体器件中。

另外，在第 1 到第 9 实施方案中，应用于图 1 所示半导体器件的槽式隔离技术，也可以应用于其他结构的半导体器件中。上述模式隔离技术也适用于具备例如与图 1 所示结构不同的 MOSFET 的半导体器件。或者，前面的槽式隔离技术，也可以应用于具备例如，双极晶体管的半导体器件等。

另外的优点和改进，对本领域普通技术人员将是显而易见。因此，本发明概括起来说并不限于这里表示和描述的具体细节和表现的各实施方案。因此，在不脱离由附属的权利要求书及其等同物所限定的本发明总构思的精神或范围内，应该能够进行各种各样的修改。

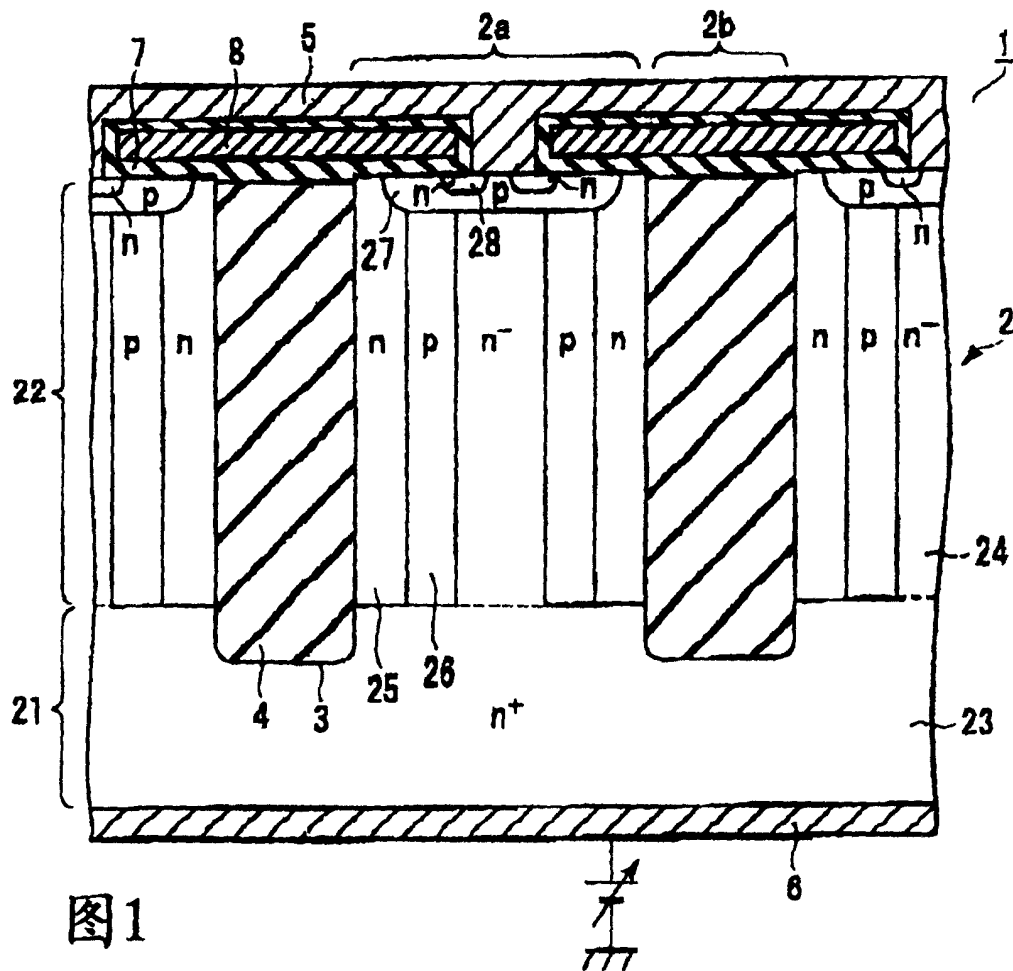


图1

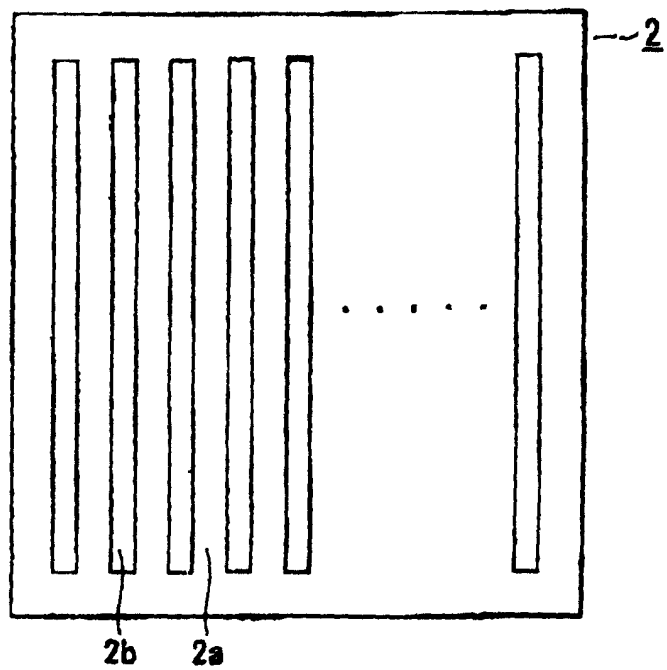
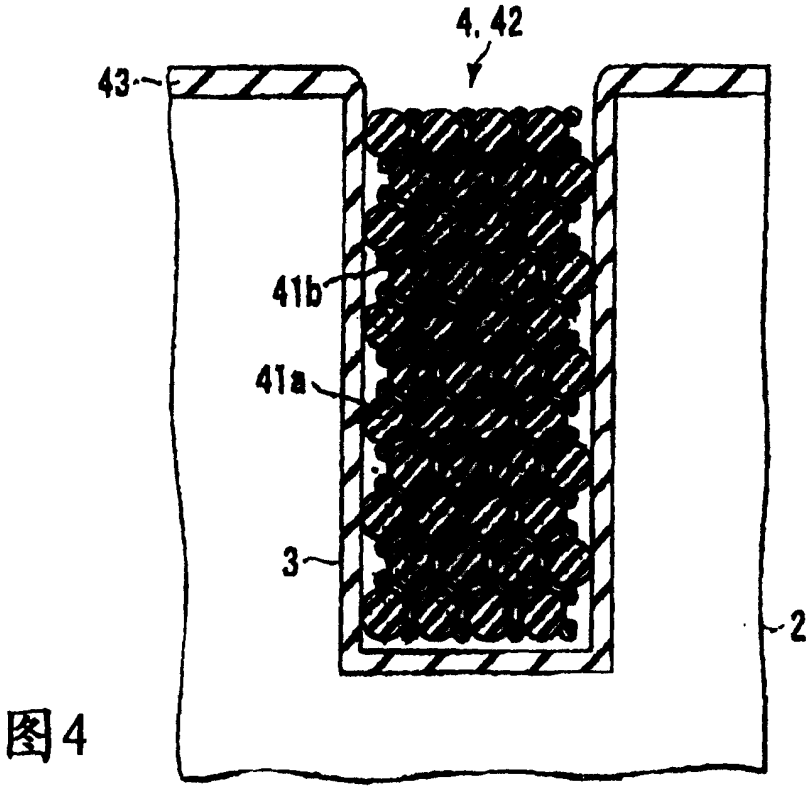
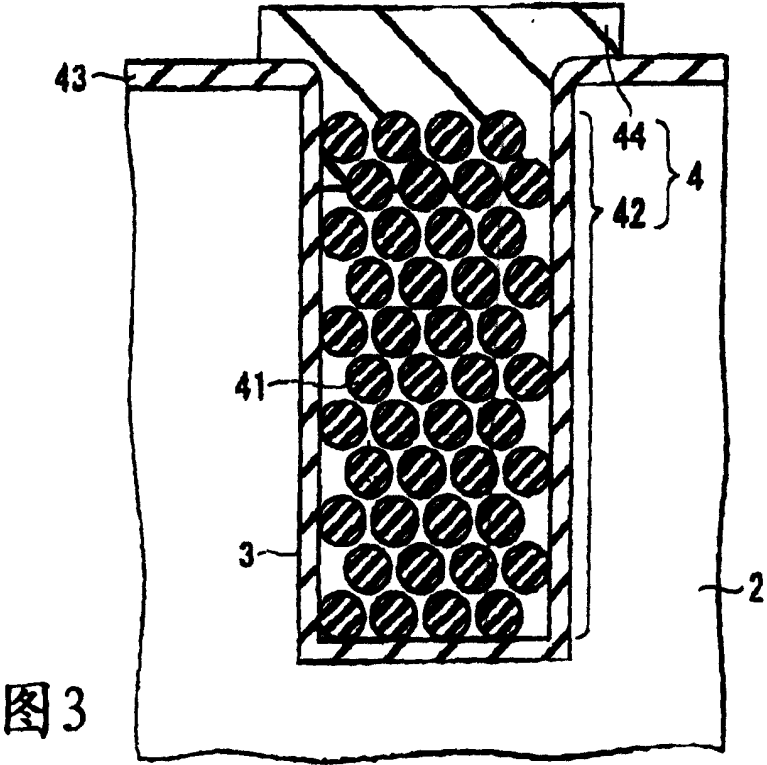
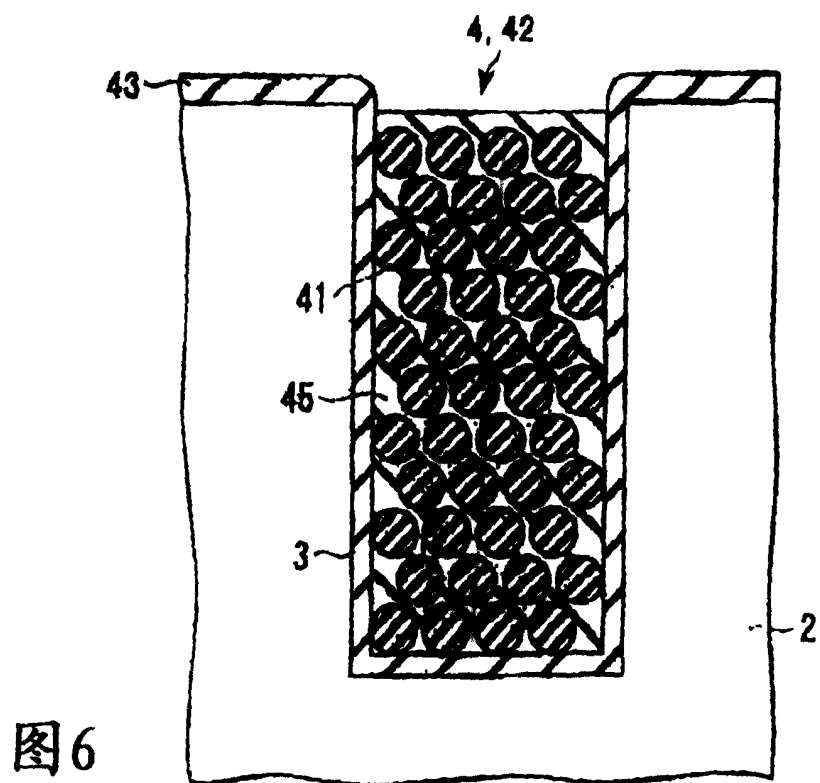
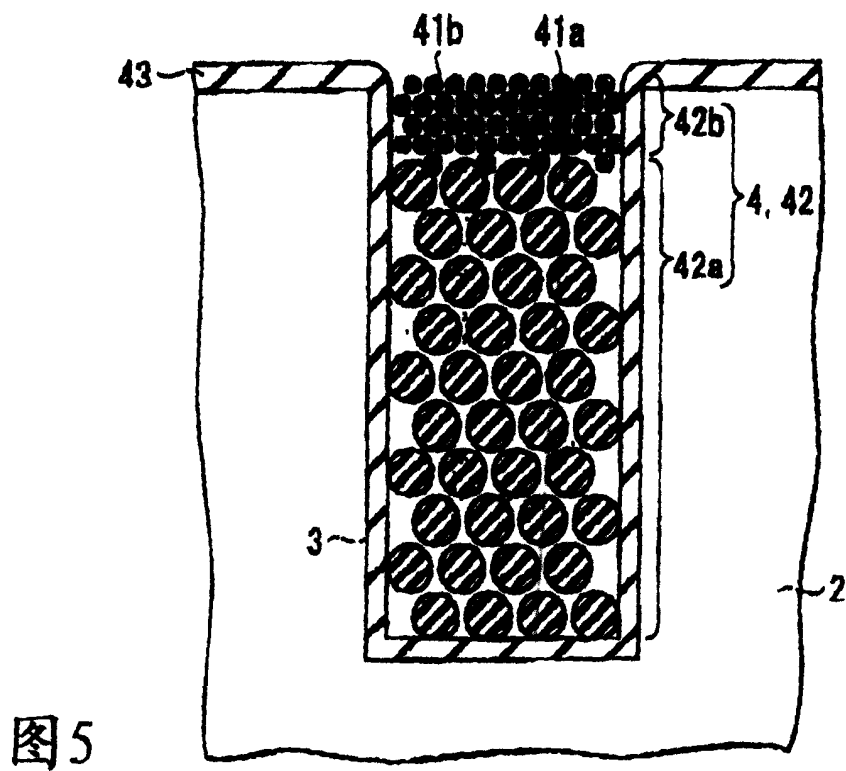


图2





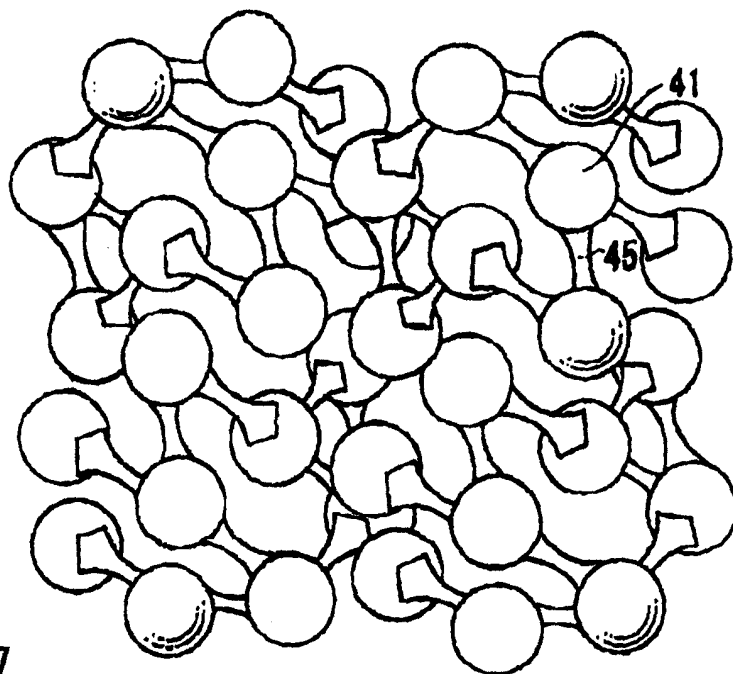


图7

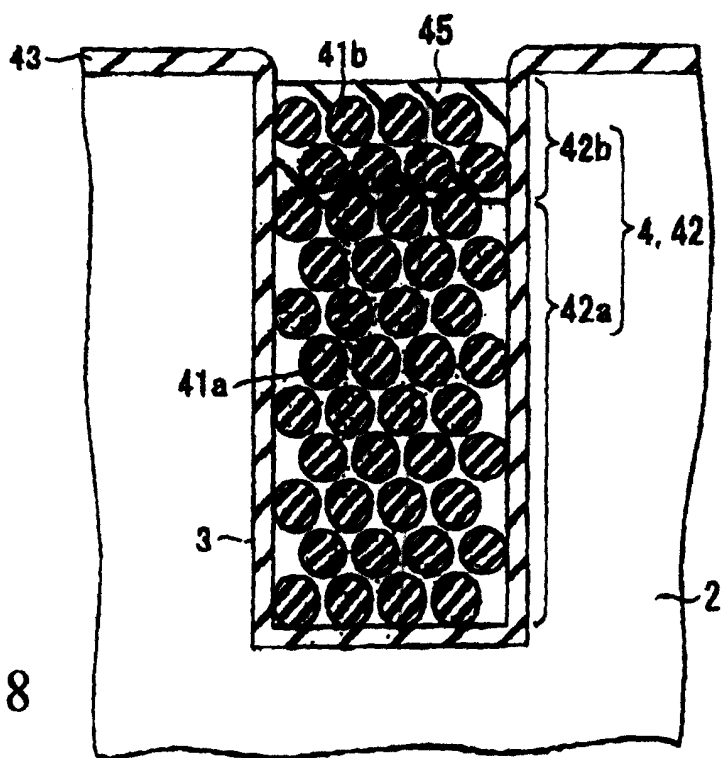


图8

