



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1894795 B

(45) 授权公告日 2010.04.21

(21) 申请号 200480015389.1

(56) 对比文件

(22) 申请日 2004.04.02

US 5882987 A, 1999.03.16, 说明书第4栏第  
11行—第5栏第15行, 附图4.

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 张慧明

2005.12.02

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2004/004886 2004.04.02

(87) PCT申请的公布数据

W02004/090986 JA 2004.10.21

(73) 专利权人 株式会社 SUMCO

地址 日本东京都

专利权人 汉阳大学校产学协力团

(72) 发明人 神山荣治 加藤健夫 朴在勤

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 孙秀武 邹雪梅

(51) Int. Cl.

H01L 27/12(2006.01)

H01L 21/02(2006.01)

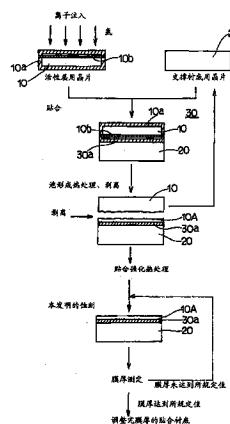
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54) 发明名称

贴合半导体衬底及其制造方法

(57) 摘要

将离子注入后、贴合、通过热处理而剥离后的贴合衬底的活性层表面采用有蚀刻作用的溶液只蚀刻  $1\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ , 使最终的活性层厚度为  $200\text{nm}$  以下。使用 SC-1 液体。在蚀刻前后也可以实施抛光、氢退火、牺牲氧化。能使将该薄膜活性层的膜厚在整个表面均匀化, 降低其表面粗糙度。



1. 一种贴合 SOI 衬底的制造方法, 其特征在于, 包括 :

向形成了绝缘层的活性层用晶片离子注入轻元素, 在该活性层用晶片的规定深度的位置形成离子注入层的工序,

贴合支撑衬底和该活性层用晶片而获得贴合衬底的工序,

然后通过热处理该贴合衬底, 剥离构成该贴合衬底的活性层用晶片上的比所述离子注入层更靠表面一侧的部分, 同时残留比离子注入层更靠贴合面一侧的活性层用晶片作为活性层的工序, 和

以控制该活性层的厚度为目的, 采用具有蚀刻作用的溶液对该残留的活性层的表面只蚀刻  $1\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ , 使最终活性层的厚度为  $200\text{nm}$  以下的工序,

其中上述有蚀刻作用的溶液是包含碱性剂和氧化剂的 pH9 以上的溶液。

2. 根据权利要求 1 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述蚀刻中的蚀刻速度为  $100\text{nm}/\text{分钟}$  以下。

3. 根据权利要求 1 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述有蚀刻作用的溶液是包含氨水溶液和过氧化氢水的 pH9 以上的溶液。

4. 根据权利要求 2 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述有蚀刻作用的溶液是包含氨水溶液和过氧化氢水的 pH9 以上的溶液。

5. 根据权利要求 1 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述蚀刻后, 测定上述活性层的厚度, 基于所得到的测定数据重复上述蚀刻, 直到该活性层厚度在其全部区域接近于所规定厚度为止。

6. 根据权利要求 2 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述蚀刻后, 测定上述活性层的厚度, 基于所得到的测定数据重复上述蚀刻, 直到该活性层厚度在其全部区域接近于所规定厚度为止。

7. 根据权利要求 3 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述蚀刻后, 测定上述活性层的厚度, 基于所得到的测定数据重复上述蚀刻, 直到该活性层厚度在其全部区域接近于所规定厚度为止。

8. 根据权利要求 4 所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 上述蚀刻后, 测定上述活性层的厚度, 基于所得到的测定数据重复上述蚀刻, 直到该活性层厚度在其全部区域接近于所规定厚度为止。

9. 根据权利要求 1 ~ 8 中任一项所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 对上述蚀刻前的贴合 SOI 衬底的活性层表面实施下述工序之中的至少 1 个工序,

(1) 同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光工序;

(2) 在含有氢的还原气氛中进行热处理的氢处理工序;

(3) 在上述活性层上形成硅氧化膜, 然后同时去除上述剥离时的活性层的损伤部分和硅氧化膜的工序。

10. 根据权利要求 1 ~ 8 中任一项所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 对上述蚀刻后的贴合 SOI 衬底的活性层表面实施下述工序之中的至少 1 个工序,

(1) 同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光工序;

(2) 在含有氢的还原气氛中进行热处理的氢处理工序;

(3) 在上述活性层上形成硅氧化膜, 然后同时去除上述剥离时的活性层的损伤部分和

硅氧化膜的工序。

11. 根据权利要求 1 ~ 8 中任一项所述的贴合 SOI 衬底的制造方法, 其中, 对上述蚀刻前的贴合 SOI 衬底的活性层表面以及上述蚀刻后的贴合 SOI 衬底的活性层表面实施下述工序之中的至少 1 个工序,

- (1) 同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光工序;
- (2) 在含有氢的还原气氛中进行热处理的氢处理工序;
- (3) 在上述活性层上形成硅氧化膜, 然后同时去除上述剥离时的活性层的损伤部分和硅氧化膜的工序。

## 贴合半导体衬底及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及贴合半导体衬底及其制造方法,详细地说,涉及剥离活性层衬底的一部分而形成的活性层、特别是该活性层薄膜的厚度薄至 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下也不会产生活性层的剥离并在其整个表面具有均匀的厚度的贴合半导体衬底及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 贴合半导体衬底由于贴合支撑衬底和具有与之不同性质的活性层衬底,并使之具有与单一支撑衬底不同的性质,因此特别是在半导体领域被广泛研究(非专利文献1)。作为贴合衬底的代表有SOI(SiliconOn Insulator)衬底。在SOI衬底中,作为其支撑衬底一般使用硅的抛光晶片(PW)。

[0003] 另一方面,随着在硅衬底上构成的LSI的高集成化、多功能化的要求变得强烈,布线上的信号延迟成为重要的课题。过去的LSI在厚度 $500\sim800\text{ }\mu\text{m}$ 的硅晶片的表层(距表面十几 $\mu\text{m}$ 的部分)集成着电路元件。

[0004] 作为解决这种布线上的信号延迟问题的方法之一,近年来使用SOI衬底。SOI衬底具有如下结构:介于形成器件的活性层、与支撑它的支撑衬底之间有厚度几十~几百nm的埋入硅氧化膜。

[0005] 在该SOI衬底中,各器件间通过埋入硅氧化膜被完全分离。因此,包括三维结构的多功能化的器件的高集成化变得容易,高速工作成为可能,能够谋求软错误的降低及高可靠性,也能抑制消耗电力。

[0006] [非专利文献1] Semiconductor Wafer Bonding, Q. Y. Tong and U. Gosele, 1999, John Wiley & Son

[0007] SOI衬底通常有几十Å(埃) $\sim20\text{ }\mu\text{m}$ 左右的薄膜活性层。特别是作为制作活性层厚度为几 $\mu\text{m}$ 以下的SOI衬底的方法之一,已知智能剥离法(专利文献1、2)。它是向活性层用晶片离子注入氢等轻元素,从其注入部分分割剥离活性层用晶片的不需要部分。更具体讲,将硅氧化膜的一部分作为埋入硅氧化膜,贴合活性层用晶片和支撑衬底用晶片后实施热处理,通过从其氢离子的注入部分分割剥离活性层,来制作有薄膜活性层的SOI衬底。

[0008] 刚剥离后的活性层,其膜厚通过氢离子注入的能量控制,因此在宏观方面,其膜厚均匀性良好。可是,在微观方面,活性层的表面粗糙度非常大。为了降低该剥离后的活性层表面的粗糙度,实施同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光(CMP:Chemical Mechanical Polishing)(非专利文献2)。只通过该CMP处理就能得到与通常的抛光晶片(Polished Wafer)的表面相同程度的活性层的表面粗糙度。

[0009] 另外,由于剥离的面存在于通过氢离子注入而形成的损伤层的内部,因此在剥离后的活性层表面存在某个深度的损伤层。该活性层表面的损伤层在形成器件时成为障碍,因此必须去除。该损伤在向衬底内注入的氢离子减速之际被导入,因此为在某个特定(在实用的条件下为1000Å左右)以上的膜厚时必定存在。除了去除该损伤层,还以将活性层

膜厚调整成目标膜厚为目的,除了 CMP,还组合地实施在含有氢气的还原气氛中热处理的氢退火、活性层上形成氧化膜后去除该氧化膜的氧化膜去除(专利文献 3)。

[0010] [专利文献 1] 美国专利第 5374564 号说明书

[0011] [专利文献 2] 美国专利第 6020252 号说明书

[0012] [非专利文献 2] IEICE Trans, Electron, Vol, E80C, No. 3, 358 页, 1997 年

[0013] [专利文献 3] 日本特开 2000-124092 号公报

[0014] 可是,根据采用这种过去的贴合法制造 SOI 衬底的方法,有以下缺点。

[0015] 即,利用抛光装置对活性层表面实施化学机械抛光之际,活性层的膜厚分布有可能变差。这是因为,采用抛光装置的抛光在抛光头上保持 SOI 衬底,将其活性层表面按压在抛光平台上的抛光布上而抛光,因此在其晶片外周部易发生抛光塌边。该倾向当 CMP 的留量增加时变得显著,因此只通过 CMP 进行活性层的膜厚调整有界限。

[0016] 特别是活性层厚度薄膜化为 200nm 以下的情况,在 CMP 时,由于存在于贴合界面的微孔而有产生活性层剥离的问题。该微孔来源于存在于贴合的晶片表面的微小的凹凸,与用 X 射线表面形态学或超声波法观察到的毫米级的大孔不同,认为通常进行的贴合热处理(后述)不能消除该微孔。

[0017] 而且,在将活性层表面进行氢退火之际,例如在氢气气氛中实施 1200℃、1 小时的高温退火。因此,工艺变得复杂,成本增高。而且在将直径 300mm 的大口径晶片进行氢退火时,一般是单片处理(枚葉处理),因此生产率降低。

[0018] 而且,在通过去除氧化膜来进行降低活性层表面粗糙度的处理时,例如将贴合衬底插入到热氧化处理炉中,通过在氧化性气体气氛中热处理贴合衬底,包括活性层的表面的损伤部分在内被热氧化处理,形成硅氧化膜。然后,采用 HF 洗涤液洗涤贴合衬底,活性层表面的损伤部分与硅氧化膜一起被去除。这样,利用该氧化膜去除法,工艺变得复杂,需要长的处理时间。另外,成本也易变高。而且,由于伴有热处理,也存在活性层发生金属污染的可能性。

[0019] 于是,本发明人刻苦研究的结果发现:对于剥离后的活性层表面,使用有蚀刻作用的溶液进行 1nm ~ 1 μm 的微小量的蚀刻,能够得到均匀膜厚、表面粗糙度低的活性层,而且这种降低表面粗糙度的处理的工艺变得简单化,能降低该处理成本。

[0020] 而且,由于是这样地使用溶液的晶片的蚀刻,因此可采用分批处理。其结果处理时间缩短,能够提高生产率。另外,该湿式蚀刻有未导入损伤,还能去除损伤的优点。该点特别是在活性层厚度薄膜化为 200nm 以下的情况,在防止起因于存在于 CMP 时的贴合界面的微孔的活性层剥离这一点上有很大效果。而且发现,由于该晶片蚀刻不伴有加热处理,因此几乎没有活性层上产生金属污染的可能性,从而完成了本发明。

[0021] 以洗涤为目的的药液处理也有伴有蚀刻的,但本发明在积极地利用该蚀刻作用、设定适当的蚀刻时间、控制活性层的厚度的方面是与通常的洗涤处理不同的。

[0022] 本发明的目的是提供一种贴合衬底及其制造方法,其中,得到表面整体的厚度均匀、表面粗糙度低的活性层,而且能将降低表面粗糙度的处理工艺简单化,其结果可谋求处理成本降低,而且能够分批处理,由此处理时间缩短,生产率提高,也几乎没有活性层的剥离、金属污染的可能。

## 发明内容

[0023] 第1方面是一种贴合衬底，其中，在剥离活性层用晶片的一部分而形成的活性层、与支撑衬底用晶片之间，以控制活性层厚度为目的，将剥离后的上述活性层的表面采用具有蚀刻作用的溶液只蚀刻  $1\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ ，使最终活性层的厚度为  $200\text{nm}$  以下。

[0024] 上述采用智能剥离法的 SOI 晶片的制造方法中，从形成了硅氧化膜的活性层用晶片的表面进行离子注入氢等轻元素，然后将离子注入面作为贴合面在室温下贴合活性层用晶片和支撑衬底用晶片，然后在  $400^\circ\text{C}$  以上的温度下进行热处理。此时，通过从该氢离子的注入部分分割剥离活性层，制作有活性层的 SOI 衬底。然后，为了增强贴合力，进一步在  $1000^\circ\text{C}$  以上的温度下进行热处理。

[0025] 作为活性层用晶片和支撑衬底用晶片，例如能够采用单晶硅晶片。另外，也可以使用进一步在单晶硅晶片上外延生长 Si、SiGe、SiC 等的单晶膜的晶片。

[0026] 本发明特别是在制造活性层为  $200\text{nm}$  以下的 SOI 衬底中发挥很大的效果。另外，埋入氧化膜的厚度例如是几十~几百 nm。

[0027] 优选的蚀刻量是  $5\text{nm} \sim 500\text{nm}$ 。小于  $1\text{nm}$  时，蚀刻量过少，得不到蚀刻效果。另外，超过  $1\mu\text{m}$  时，蚀刻量过多，难以控制活性层膜厚。

[0028] 作为有蚀刻作用的溶液，例如可采用在 RCA 法中使用的 SC-1 (Standard Cleaning 1) 洗涤液。此外，可采用 HF/HNO<sub>3</sub> 系的混酸等酸性蚀刻液、KOH、NaOH 等碱性蚀刻液。

[0029] 第2方面是一种贴合衬底的制造方法，其中，以控制活性层厚度为目的，将剥离活性层用晶片的一部分而在支撑衬底上形成的活性层的表面采用有蚀刻作用的溶液只蚀刻  $1\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ ，使最终活性层的厚度为  $200\text{nm}$  以下。

[0030] 在蚀刻液槽中充满上述蚀刻液，在控制其液温等的状态下将贴合衬底在该蚀刻液中只浸渍适当的时间，由此控制活性槽的厚度。

[0031] 第3方面是根据第2方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻的蚀刻速度定为  $100\text{nm}/\text{分钟}$  以下。

[0032] 优选的蚀刻速度是  $0.1 \sim 10\text{nm}/\text{分钟}$ 。超过  $100\text{nm}/\text{分钟}$  时产生用于准确控制膜厚的加工余量减少的不利情况。

[0033] 第4方面是根据第2方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述有蚀刻作用的溶液是包含碱性剂和氧化剂的 pH9 以上的溶液。

[0034] 作为碱性剂例如采用氨水溶液。此外，还可使用氢氧化钠水溶液、氢氧化钾水溶液等。另外，作为氧化剂，例如采用过氧化氢水。此外还可使用臭氧水溶液等。

[0035] 该溶液的优选的 pH 是 pH9 ~ pH13。小于 pH9 时，作为碱的蚀刻能力不充分，超过 pH13 时，有产生蚀刻速度过快的问题的可能性。

[0036] 第5方面是根据第3方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述有蚀刻作用的溶液是包含碱性剂和氧化剂的 pH9 以上的溶液。

[0037] 第6方面是根据第2方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述有蚀刻作用的溶液是包含氨水溶液和过氧化氢水的 pH9 以上的溶液。

[0038] 使用氨水溶液作为碱性剂、使用过氧化氢水作为氧化剂。

[0039] 作为氨水溶液和过氧化氢水的混合溶液，例如举出 SC-1 洗涤液。构成 SC-1 洗涤液的氨：过氧化氢水：水的容积配合比通常是  $1 : x : y$  ( $x = 1 \sim 2$ ,  $y = 5 \sim 100$ )。

[0040] SC-1 洗涤液的液温是 10 ~ 95℃、优选是 30 ~ 90℃。小于 10℃时，蚀刻能力不充分，当超过 95℃时，氨水的蒸发激烈，组成的控制变得困难。

[0041] 第 7 方面是根据第 3 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述有蚀刻作用的溶液是包含氨水溶液和过氧化氢水的 pH9 以上的溶液。

[0042] 第 8 方面是根据第 2 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻后，测定上述活性层的厚度，基于所得到的测定数据重复上述蚀刻，直到该活性层的厚度在其全部区域内接近于所规定厚度（目标厚度）为止。

[0043] 作为测定活性层厚度的装置，例如可采用通过向活性层表面入射偏振光，测定反射光的偏振光状态的变化，从而测定活性层厚度的分光椭圆偏振光测量仪。

[0044] 也可以在每次蚀刻活性层表面时进行活性层厚度的测定。另外还可以将蚀刻只重复所规定次数，然后测定膜厚。

[0045] 第 9 方面是根据第 3 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻后，测定上述活性层的厚度，基于所得到的测定数据重复上述蚀刻，直到该活性层厚度在其全部区域内接近于所规定厚度（目标厚度）为止。

[0046] 第 10 方面是根据第 4 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻后，测定上述活性层的厚度，基于所得到的测定数据重复上述蚀刻，直到该活性层厚度在其全部区域内接近于所规定厚度（目标厚度）为止。

[0047] 第 11 方面是根据第 5 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻后，测定上述活性层的厚度，基于所得到的测定数据重复上述蚀刻，直到该活性层厚度在其全部区域内接近于所规定厚度（目标厚度）为止。

[0048] 第 12 方面是根据第 6 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻后，测定上述活性层的厚度，基于所得到的测定数据重复上述蚀刻，直到该活性层厚度在其全部区域内接近于所规定厚度（目标厚度）为止。

[0049] 第 13 方面是根据第 7 方面所述的贴合衬底的制造方法，其中，上述蚀刻后，测定上述活性层的厚度，基于所得到的测定数据重复上述蚀刻，直到该活性层厚度在其全部区域内接近于所规定厚度（目标厚度）为止。

[0050] 第 14 方面是根据第 2 方面～第 13 方面的任 1 项所述的贴合衬底的制造方法，其中，对上述蚀刻前的贴合衬底的活性层表面实施下述工序之中的至少 1 个工序，

[0051] (1) 同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光工序；

[0052] (2) 在含有氢的还原气氛中进行热处理的氢退火工序；

[0053] (3) 在上述活性层上形成硅氧化膜，然后同时去除上述剥离时的活性层的损伤部分和硅氧化膜的工序。

[0054] 第 15 方面是根据第 2 方面～第 13 方面的任 1 项所述的贴合衬底的制造方法，其中，对上述蚀刻后的贴合衬底的活性层表面实施下述工序之中的至少 1 个工序，

[0055] (1) 同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光工序；

[0056] (2) 在含有氢的还原气氛中进行热处理的氢退火工序；

[0057] (3) 在上述活性层上形成硅氧化膜，然后同时去除上述剥离时的活性层的损伤部分和硅氧化膜的工序。

[0058] 第 16 方面是根据第 2 方面～第 13 方面的任 1 项所述的贴合衬底的制造方法，其

中,对上述蚀刻前及蚀刻后的贴合衬底的活性层表面分别实施下述工序之中的至少1个工序,

[0059] (1) 同时利用化学作用和机械作用的化学机械抛光工序;

[0060] (2) 在含有氢的还原气氛中进行热处理的氢退火工序;

[0061] (3) 在上述活性层上形成硅氧化膜,然后同时去除上述剥离时的活性层的损伤部分和硅氧化膜的工序。

[0062] 对(1)CMP用的抛光装置没有限定。可以是单片式,也可以是批量式。另外,可以是只将半导体晶片的单面抛光的单面抛光装置,还可以是将半导体晶片的表背两面同时抛光的双面抛光装置。

[0063] 而且,也可以是具备抛光平台和与之对置的抛光头,通过背衬垫(バツクパッド),将半导体晶片水封至该抛光头的与抛光平台相向的面的无蜡型(ワックスレスタイプ)的单面抛光装置。

[0064] 作为抛光布,例如举出仿鹿皮型的连续发泡垫。另外,也可以是使聚酯毡含浸了氨酯的多孔性的无纺布型的抛光布。另外,也可以是将发泡了的氨酯块切片了的发泡性氨酯型。

[0065] 作为抛光剂例如可采用包含胶态二氧化硅(硅溶胶)或热解法二氧化硅等游离磨料粒的料浆。另外还能采用使用了氧化铈的二氧化铈系料浆。另外,也可以用不含磨料粒的液体进行所谓的无磨料粒抛光。而且,也可以不使用抛光剂而使用固定磨料粒方式的抛光布。

[0066] 在(2)氢退火时使用退火装置,在氢气100%的气氛中进行1000~1350℃、10分钟~2小时的热处理。由此活性层表面熔解流动,变成表面粗糙度低的面。而且,活性层中的氧析出缺陷降低,其活性层的品质也提高。

[0067] 这里所说的(3)氧化膜去除是在通常称为牺牲氧化的晶片表层的损伤去除等中使用的技术。具体地说,将SOI衬底插入到热氧化处理炉中,在氧化性气体的气氛中将SOI衬底只进行在800~1350℃、10分钟~50小时热处理,由此包括氢离子注入时的损伤部分,在活性层的表面形成厚2nm~2.25μm的硅氧化膜。然后,例如采用浸渍法等使活性层表面接触HF洗涤液,使硅氧化膜溶除。此时,在剥离时面粗糙的活性层的表层部分与硅氧化膜一起被去除。

[0068] 这些(1)~(3)的处理例如能够蚀刻后分别单独实施。此外,还可以(1)~(3)之中选择地实施任意2项。而且,也可以实施(1)~(3)的全部处理。具体地说,列举出(a)蚀刻→CMP→氧化膜去除(硅氧化膜厚度小于300nm)、(b)蚀刻→CMP→蚀刻、(c)蚀刻→氢退火、(d)氧化膜去除→CMP→蚀刻、(e)氧化膜去除→蚀刻、(f)CMP→干式蚀刻→蚀刻、(g)CMP→蚀刻等。

[0069] 根据第1方面的贴合衬底及第2方面的贴合衬底的制造方法,剥离活性层用晶片的一部分形成活性层后,将该活性层的表面采用有蚀刻作用的溶液只蚀刻1nm~1μm。其结果,最终活性层的厚度变为200nm以下。所谓最终活性层是指:蚀刻·抛光等结束,然后最终洗涤工序结束了的阶段的活性层。据此,将剥离后的活性层的膜厚在其整个表面上均匀化,且使该表面为低表面粗糙度的工艺变得简单化,能够降低成本。而且,由于是向蚀刻液中浸渍等的湿式蚀刻,因此能够进行将多片的晶片一次性地处理的批量处理,据此可谋求

缩短处理时间，还有提高生产率。而且，例如与过去的氢退火时、氧化膜去除时及干式蚀刻时不同，由于是不伴有加热处理的处理，因此几乎没有在活性层上发生金属污染的可能性。

[0070] 特别是根据第8～第13方面的贴合衬底的制造方法，蚀刻后，测定活性层的厚度，基于其测定数据在 $1\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ 的范围决定下次的蚀刻量，重复蚀刻。据此，能够稳定地将活性层厚度在其整个表面均匀化。

[0071] 根据第14～第16方面的贴合衬底的制造方法，由于对蚀刻前后的贴合衬底的活性层表面实施下述(1)化学机械抛光、(2)氢退火、(3)氧化膜去除之中的至少1个工序，因此能够提高剥离后的活性层的膜厚在整个表面上的均匀性，而且，能够减小活性层的表面粗糙度。

## 附图说明

[0072] 图1是表示本发明第1实施例的贴合衬底的制造方法的流程图。

[0073] 图2是表示本发明第2实施例的贴合衬底的制造方法的流程图。

[0074] 图3是表示本发明第3实施例的贴合衬底的制造方法的流程图。

[0075] 图4是表示本发明第4实施例的贴合衬底的制造方法的流程图。

[0076] 图5是表示本发明第5实施例的贴合衬底的制造方法的流程图。

## 具体实施方式

[0077] 以下参照附图说明本发明的实施例。

[0078] 图1是表示本发明第1实施例的贴合衬底(SOI衬底)的制造方法的流程图。

[0079] 如图1所示，首先通过对采用CZ法提拉的单晶硅锭实施切片、倒角、精磨、蚀刻、抛光各处理，准备厚 $725\mu\text{m}$ 、直径200mm(8英寸)的单面或双面被精加工成镜面的活性层用晶片(硅晶片)10。另一方面，采用与该活性层用晶片10相同的制法准备相同厚度、同一口径的镜面精加工的支撑衬底用晶片(硅晶片)20。其中，将活性层用晶片10插入到热氧化炉中，一边向炉内注入所规定量的氧气，一边在 $900^\circ\text{C}$ 下进行热氧化处理。据此，在活性层用晶片10的露出面的整体上形成厚 $2000\text{\AA}$ (埃)的绝缘性硅氧化膜10a。对于活性层用晶片10而言，为了改变支撑衬底用晶片20和其性质，也可以代替上述硅氧化膜10a而在表面形成外延层。

[0080] 使用中电流离子注入装置，从晶片表面侧以 $5.0 \times 10^{16}\text{atoms/cm}^2$ 向活性层用晶片10内注入氢离子。注入深度为约 $3450\text{\AA}$ (埃)，加速电压为28.5keV。据此，在活性层用晶片10的表层形成氢离子注入层(注入损伤层)10b。

[0081] 然后，将活性层用晶片10的表面和支撑衬底用晶片20的镜面作为贴合面，重合活性层用晶片10和支撑衬底用晶片20(室温 $\sim 50^\circ\text{C}$ )，形成贴合晶片30。通过该贴合，介于活性层用晶片10和支撑衬底用晶片20之间的硅氧化膜10a的部分变成埋入硅氧化膜30a。埋入硅氧化膜30a的厚度是 $2000\text{\AA}$ 。

[0082] 支撑衬底用晶片20也可以在氧化表面后与活性层用晶片10贴合。

[0083] 然后，将该贴合晶片30插入到贴合用的热氧化炉中，在氧气气氛下实施 $500^\circ\text{C}$ 、1小时的用于泡形成的热处理。其结果在活性层用晶片10的内部的氢原子集中。据此，在活性层用晶片10的内部出现许多氢泡的密集区域，活性层用晶片10的不需要部分从该区域

被剥离。详细情况是，注入到硅中的氢与晶体缺陷形成微腔，在500℃退火时，邻接的微腔彼此结合，变大。在氢浓度最高的深度处发生剥离。此结果，活性层用晶片10厚度被减少，形成厚度2μm左右的薄膜的活性层10A。

[0084] 被剥离的活性层用晶片10的不需要部分能够再利用作为支撑衬底用晶片20。

[0085] 然后，接着对贴合晶片30进行1100℃、2小时的热处理。据此，活性层用晶片10与支撑衬底用晶片20的贴合强度被增强。

[0086] 其后，将去除了该不需要部分的贴合晶片30的露出部分采用有蚀刻作用的溶液只蚀刻少量。在此，作为蚀刻液采用SC-1溶液。SC-1溶液是包含以氨水作为碱性剂、以过氧化氢水作为氧化剂的溶液。作为SC-1溶液的组成，在此使用氨水：过氧化氢水：水的容积配合比为1：2：10的。

[0087] 另行补充了将多片的8英寸SOI晶片装填到未图示出的25片用晶片盒中，并将其浸渍在洗涤槽内的上述组成的SC-1溶液（温度85℃）中的实验结果。蚀刻时间是90分钟。通过用后述的膜厚测定装置测定（边缘扣除（Edge Exclusion）5mm，面内81点）蚀刻前后的膜厚而求出的蚀刻留量，在晶片盒的槽2中为面内平均922Å（埃）、面内Max-Min44Å，在槽13中为面内平均936Å、面内Max-Min51Å，在槽24中为面内平均952Å，面内Max-Min50Å。在此，所谓面内（晶片面内）是指：从晶片表面的外周比上述边缘扣除的幅度靠内侧的全部区域。另外，所谓面内Max-Min是指：在从晶片表面的外周比上述边缘扣除的幅度靠内侧的全部区域均匀分布的全部测定点的最大厚度与最小厚度之差。这样，尽管采用SC-1溶液的蚀刻其留量大，但可知批量内、晶片面内的偏差被抑制得小，是生产性和控制性高的薄膜化方法。在该观点中，贴合晶片的薄膜化相比于过去进行的CMP压倒性地有利。例如，在使用过去方法的CMP而进行的试验中，在抛光压力160gf/cm<sup>2</sup>、抛光平台转速50rpm、抛光头转速50rpm、料浆流量0.3L(升)/min、抛光时间为3min的条件下形成的活性层的面内平均膜厚达到1103Å、活性层的面内Max-Min膜厚达到326Å。由该实验也可以说，将采用CMP的活性层的留量抑制在降低表面粗糙度所必需的最小限度，膜厚控制主要进行本发明法所记载的蚀刻法是有效的。

[0088] 然后，测定贴合晶片30的蚀刻后的活性层10A的膜厚。在此，使用分光椭圆偏振光测量仪（商品名SOPRA-MOS-ES4G）。评价测定后的数据，如果活性层10A的膜厚达到预先设定的所规定值（在表面全部区域均匀），则制作SOI衬底。然后，所得到的SOI衬底通常在各种测定评价后，为了去除来源于测定器的污染、微粒而进行最终的洗涤，将所规定片数填插到晶片盒中，装袋后发货给器件制造厂。在该洗涤之际使用有蚀刻作用的洗涤液时，有必要考虑采用该最终洗涤时的活性层留量而调整直到各种测定评价前的活性层膜厚。另外，关于在膜厚测定评价中，判断为活性层10A的膜厚未达到上述所规定的值的，重复SC-1蚀刻和膜厚测定直到活性层10A的膜厚达到所规定的值。

[0089] 这样，由于剥离活性层用晶片10的一部分形成活性层10A后，采用SC-1洗涤液蚀刻活性层10A的表面，因此剥离后的活性层10A的膜厚可在其整个表面上均匀，且表面粗糙度低。而且，此时的降低表面粗糙度处理的工艺变得简单化，能够降低其处理成本。另外，这里的蚀刻是使用了SC-1洗涤液的湿式蚀刻。因此，使用上述的洗涤槽将多片的晶片总括起来洗涤的分批式蚀刻成为可能，可谋求缩短处理时间，生产率也提高。而且，由于贴合衬底的制造不伴有加热处理，因此活性层10A几乎没有产生金属污染的可能性。

[0090] 另外,蚀刻后测定活性层 10A 厚度,基于该测定数据决定下次活性层 10A 的蚀刻量,因此能够将活性层 10A 厚度在其整个表面上切实地均匀化。而且,在第 1 实施例中由于作为有蚀刻作用的溶液采用了 SC-1 洗涤液,因此能够直接利用已有的 SC-1 洗涤技术,能够简单地控制所要求量的蚀刻。

[0091] 接着,参照图 2 说明本发明的第 2 实施例。

[0092] 图 2 是表示第 2 实施例的贴合衬底 (SOI 衬底) 的制造方法的流程图。

[0093] 实施例 2 是如下实例:在第 2 实施例中,采用与第 1 实施例相同的顺序,经由对活性层用晶片的氢离子注入、活性层用晶片与支撑衬底用晶片的贴合、贴合晶片的用于形成泡的剥离热处理、从活性层用晶片的离子注入部分的剥离、提高贴合晶片的贴合强度的贴合热处理等,采用 SC-1 洗涤液将活性层表面只蚀刻所规定的量。之后对于活性层表面顺次实施 CMP 处理、氧化和氧化膜去除。

[0094] 此时,刚剥离后的活性层的表面粗糙度是 6.17nm(Rms)。

[0095] 上述 SC-1 蚀刻采用与第 1 实施例同样的液体组成进行 135 分钟,来自活性层的剥离表面的留量是 166.2nm。

[0096] 接下来的采用 CMP 时的活性层的抛光留量是 17.8nm。活性层表面的粗糙度是 3.21nm(Rms)。抛光压力定为 160gf/cm<sup>2</sup>,抛光平台转速定为 50rpm,抛光头转速定为 50rpm(与平台同向旋转),料浆流量定为 0.3 升 / 分钟,抛光时间定为 1 分钟。

[0097] 接下来的氧化工序的条件为:在干 O<sub>2</sub> 的气氛中进行 1150℃、3 小时的贴合晶片的氧化。

[0098] 另外,其表面氧化膜的去除(在 HF 液中浸渍)工序中,其留量为 192.4nm,活性层表面的粗糙度变为 5.09nm(Rms)。

[0099] 如上,第 2 实施例通过 SC-1 蚀刻活性层的剥离面,活性层的剥离面能够降低粗糙度。

[0100] 这样,由于 SC-1 洗涤液的蚀刻后,对于贴合晶片顺次实施 CMP、氧化、氧化膜去除等工序,因此能够提高剥离后的活性层膜厚在整个表面上的均匀性。而且,活性层表面的粗糙度也降低。

[0101] 其他的构成、作用及效果是可由第 1 实施例推测的范围,因此省略说明。

[0102] 然后,说明本发明的第 3 实施例。

[0103] 图 3 是表示本发明第 3 实施例的贴合衬底 (SOI 衬底) 的制造方法的流程图。

[0104] 该实施例是如下实例:在该实施例中,采用与第 2 实施例相同的顺序,经由对活性层用晶片的氢离子注入、活性层用晶片与支撑衬底用晶片的贴合、贴合晶片的用于形成泡的剥离热处理、从活性层用晶片的离子注入部分的剥离、贴合晶片的贴合热处理等,采用 SC-1 洗涤液将活性层表面蚀刻。之后对于贴合晶片顺次实施氧化和氧化膜去除。

[0105] 此时,刚剥离后的活性层的表面粗糙度是 6.32nm(Rms)。

[0106] 上述 SC-1 蚀刻在与第 1 实施例相同的条件下进行 135 分钟,来自活性层的剥离表面的留量是 165.5nm。活性层的表面粗糙度是 5.09nm(Rms)。

[0107] 接下来的氧化工序的条件为:对于贴合晶片在干 O<sub>2</sub> 的气氛中进行 1150℃、3 小时的氧化。

[0108] 另外,在贴合晶片的表面氧化膜的去除(在 HF 液体中的浸渍)工序中,表面氧化

膜的留量为 195.7nm, 活性层的表面粗糙度变为 2.07nm(Rms)。

[0109] 以上的结果, 通过 SC-1 蚀刻活性层的剥离面, 并对活性层的剥离面侧实施牺牲氧化, 其剥离面能够降低粗糙度。即, 通过将牺牲氧化与 SC-1 组合, 即使不进行 CMP 也能降低活性层的表面粗糙度。

[0110] 图 4 是表示本发明第 4 实施例的贴合衬底 (SOI 衬底) 的制造方法的流程图。

[0111] 该实施例是如下实例: 在该实施例中, 采用与第 1 实施例相同的顺序, 经由对活性层用晶片的氢离子注入、活性层用晶片与支撑衬底用晶片的贴合、贴合晶片的用于形成泡的剥离热处理、贴合晶片的贴合热处理(这些热处理连续地进行)、从活性层用晶片的离子注入部分的剥离等, 对活性层表面进行氢退火处理。之后对于活性层表面进行 CMP 处理、再对活性层表面进行 SC-1 蚀刻。

[0112] 此时, 刚剥离后的活性层的表面粗糙度是 6.17nm(Rms)。

[0113] 对活性层的氢退火处理定为 1135°C、1 分钟。氢退火所至活性层的留量是 6.8nm。

[0114] 接下来的 CMP 时的活性层的抛光留量是 41.9nm。此时, 活性层的表面粗糙度为 0.21nm(Rms)。另外, 那时的抛光压力定为 160gf/cm<sup>2</sup>, 抛光平台转速定为 50rpm, 抛光头转速定为 50rpm(与平台同向旋转), 料浆流量定为 0.3 升/分钟, 抛光时间定为 1 分钟。

[0115] 上述 SC-1 蚀刻在与第 1 实施例相同的条件下进行 47 分钟, 活性层的留量是 55.8nm。活性层的表面粗糙度是 1.73nm(Rms)。

[0116] 如上, 在本实施例中, 使活性层的剥离面通过短时间的氢退火和 CMP 改善了表面粗糙度后, 对活性层实施 SC-1 蚀刻。在 CMP 中, 机械力作用在存在于贴合晶片的贴合界面的微孔部分, 活性层有可能被剥离, 但通过由 SC-1 蚀刻进行接近于贴合界面的部分的活性层的薄膜化, 能够防止其剥离。

[0117] 图 5 是表示本发明第 5 实施例的贴合衬底 (SOI 衬底) 的制造方法的流程图。

[0118] 该实施例是如下实例: 在该实施例中, 采用与第 1 实施例相同的顺序。经由对活性层用晶片的氢离子注入、活性层用晶片与支撑衬底用晶片的贴合、贴合晶片的用于形成泡的剥离热处理及贴合热处理(这些热处理既可以连续地进行也能各自分开地进行)、从离子注入部分的剥离等, 对活性层表面进行 SC-1 蚀刻。之后对于活性层表面进行 CMP 处理, 进而对活性层表面再次进行 SC-1 蚀刻, 此后进行活性层的氧化及氧化膜去除。

[0119] 此时, 刚剥离后的活性层的表面粗糙度是 6.37nm(Rms)。

[0120] 上述 SC-1 处理进行 135 分钟。活性层的留量是 166.8nm。

[0121] 接下来的 CMP 时的活性层的抛光留量是 27.3nm。此时的抛光压力定为 160gf/cm<sup>2</sup>, 抛光平台转速定为 50rpm, 抛光头转速定为 50rpm(与平台同向旋转), 料浆流量定为 0.3 升/分钟, 抛光时间定为 1.5 分钟。

[0122] 上述 SC-1 蚀刻在与上述同样的条件下进行 47 分钟, 其活性层的留量是 55.8nm。活性层的表面粗糙度是 1.73nm(Rms)。

[0123] 接下来的氧化工序的条件为: 对于贴合晶片在干 O<sub>2</sub> 的气氛中进行 1150°C、3 小时的氧化。

[0124] 另外, 在其表面氧化膜的去除(在 HF 液体中的浸渍)工序中, 活性层的留量为 135.4nm, 活性层的表面粗糙度变为 1.00nm(Rms)。

[0125] 如上, 在该实施例中通过 SC-1 蚀刻活性层的剥离面, 其剥离面能够降低粗糙度。

SC-1 蚀刻不限于将活性层薄膜化之后。

[0126] 在此,实际上关于本发明方法和过去方法,报告了比较调查对于剥离后的活性层的降低表面粗糙度处理后的活性层膜厚的均匀性、和活性层表面粗糙度的结果。表 1 中, SC-1 蚀刻依据了第 1 实施例记载的内容。另外, CMP 和氧化膜去除依据了第 2 实施例记载的内容。

[0127] 表 1

[0128]

	对于剥离后的活性层表面的处理	膜厚均匀性和表面粗糙度的评价	
		膜厚均匀性	表面粗糙度
试验例 1	SC-1	○	- (大大依赖于 处理前状态)
试验例 2	SC-1 → CMP → 氧化膜去除 (<300nm)	○	○
试验例 3	SC-1 → CMP → SC-1	○	○
试验例 4	氧化膜去除 → CMP → SC-1	○	○
试验例 5	CMP → SC-1	○	○
比较例 1	CMP → 氢退火	○	○
比较例 2	CMP → 氧化膜去除 (>300nm)	○	○
比较例 3	氧化膜去除 → 氢退火	○	△
比较例 4	氢退火	○	△

[0129] (凡例) ○表示评价最好, ○表示评价好, △表示评价一般。

[0130] ○内的数值表示硅氧化膜(牺牲氧化膜)的膜厚。

[0131] 由表 1 表明,与过去方法(比较例 1 ~ 比较例 4)相比,本发明方法(试验例 1 ~ 试验例 5),活性层膜厚的均匀性及其表面粗糙度的任一项都为良好。

[0132] 根据第 1 方面的贴合衬底及第 2 方面的贴合衬底的制造方法,由于对从活性层用晶片剥离而形成的活性层的表面,采用有蚀刻作用的溶液只蚀刻 1nm ~ 1 μ m,使最终活性层厚度为 200nm 以下,因此得到整个表面的厚度均匀、表面粗糙度低的活性层,另外,能够使这样剥离后的活性层的薄膜化工艺简单化。其结果,能够降低该薄膜化工艺成本。

[0133] 而且,由于是采用蚀刻液的湿式蚀刻,因此能够采用将多片的晶片一次性地处理的分批处理。据此,蚀刻处理时间缩短,能够提高生产率。而且,与过去的氢退火时、氧化膜去除时不同,由于是不伴有加热处理的湿式蚀刻,因此几乎没有活性层产生金属污染的可能性。

[0134] 特别是根据第 8 方面的贴合衬底的制造方法,蚀刻后测定活性层的厚度,基于其测定数据在 1nm ~ 1 μ m 的范围决定下次的蚀刻量,因此能使活性层厚度在其整个表面上切

实地均匀化。

[0135] 而且,根据第 14 方面的贴合衬底的制造方法,剥离后的活性层的膜厚在整个表面上的均匀性提高,而且活性层的表面粗糙度也能够进一步降低。

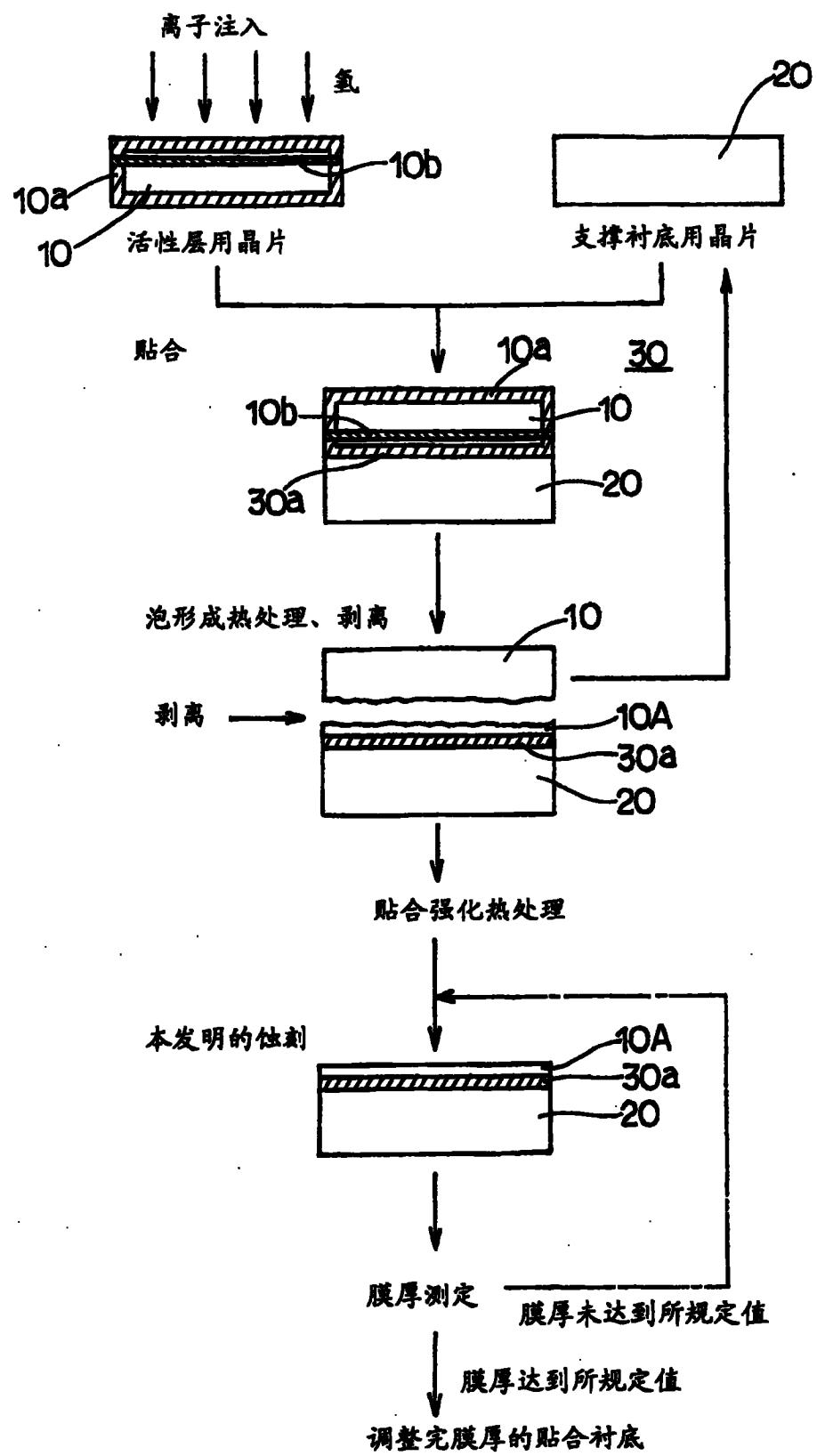


图 1

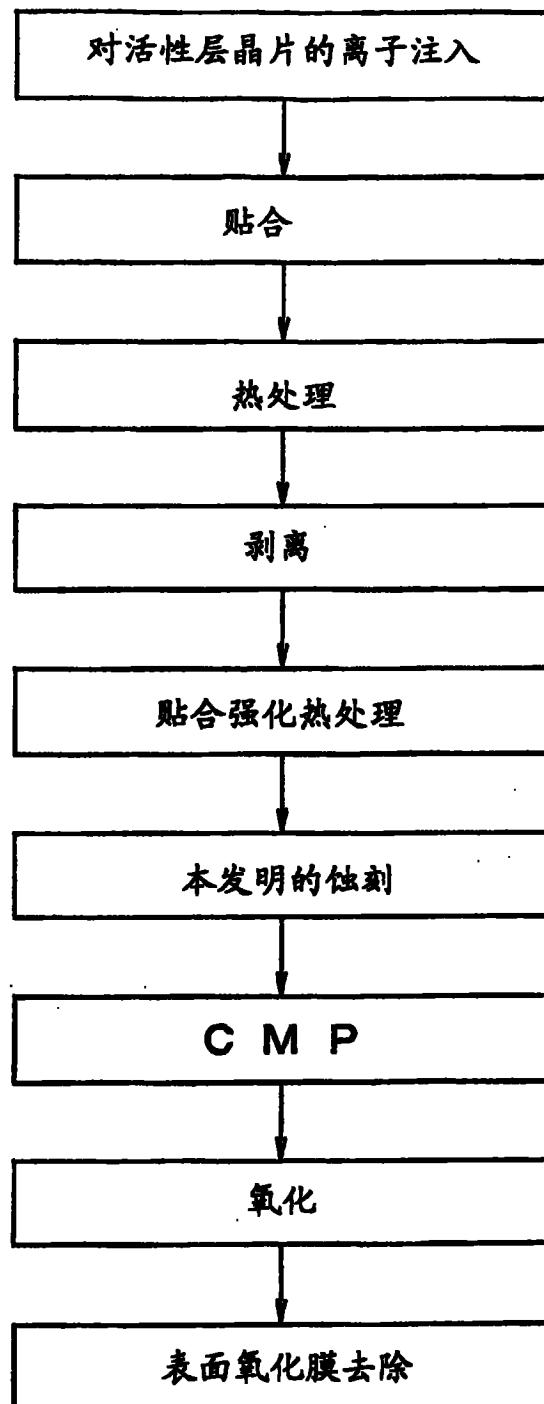


图 2

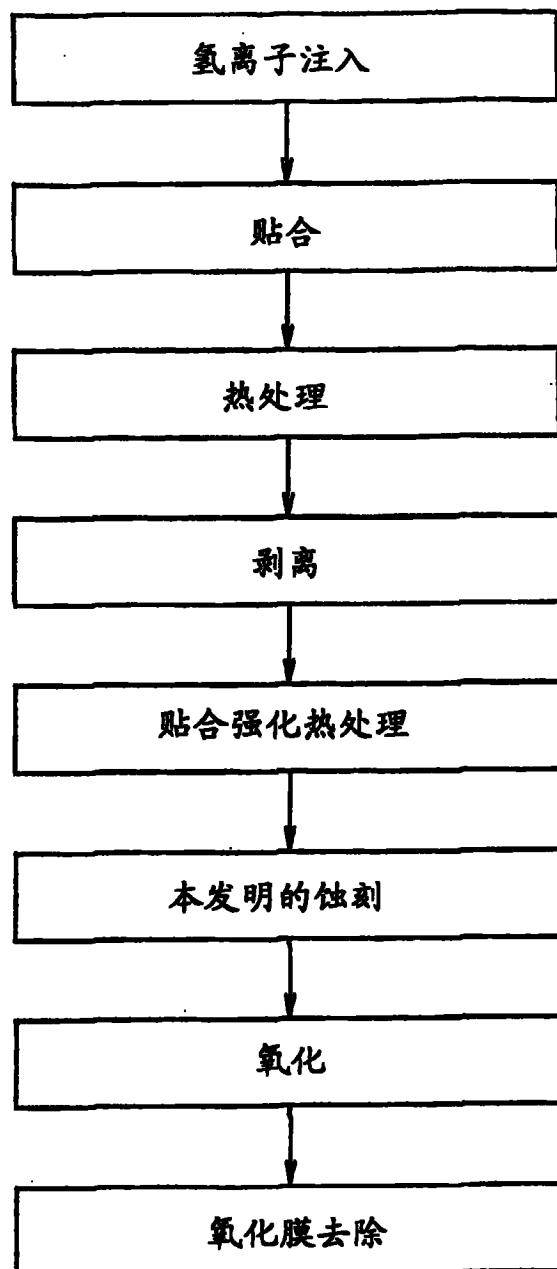


图 3

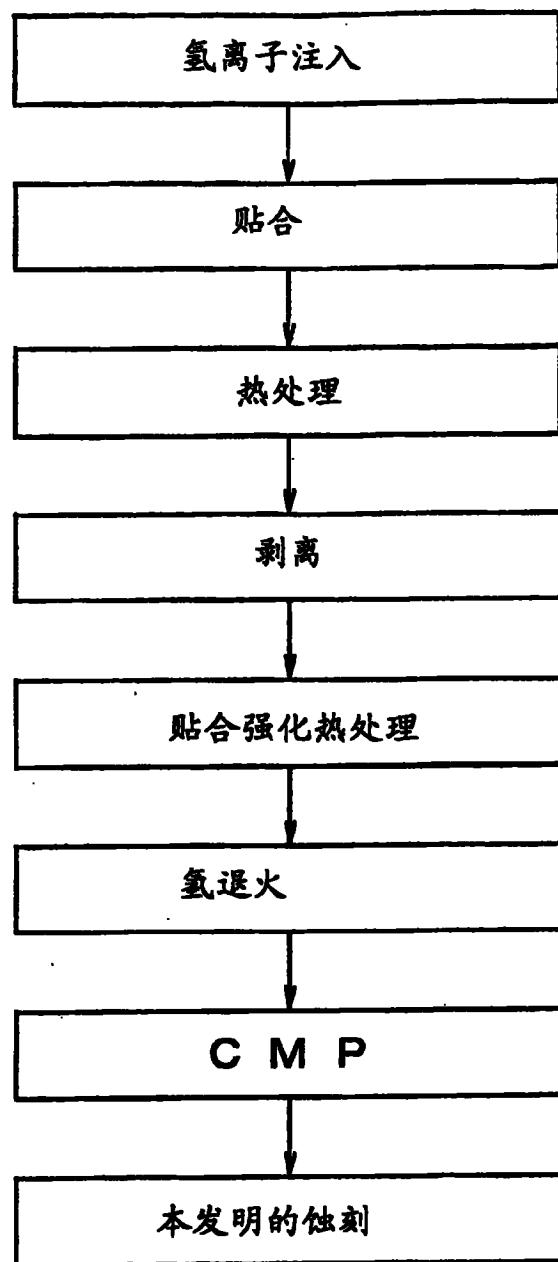


图 4

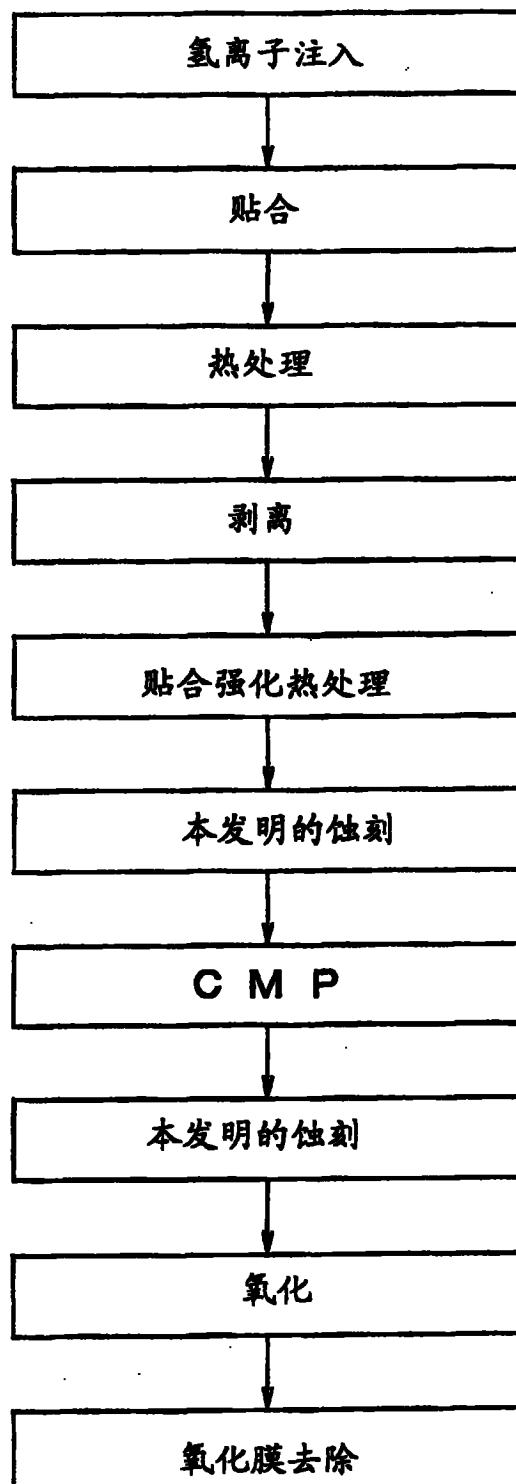


图 5