

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4730581号
(P4730581)

(45) 発行日 平成23年7月20日(2011.7.20)

(24) 登録日 平成23年4月28日(2011.4.28)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L	27/12 (2006.01)	HO 1 L	27/12 B
HO 1 L	21/02 (2006.01)	HO 1 L	21/02 B
HO 1 L	21/265 (2006.01)	HO 1 L	21/265 Q

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-179373 (P2004-179373)	(73) 特許権者	000190149
(22) 出願日	平成16年6月17日(2004.6.17)		信越半導体株式会社
(65) 公開番号	特開2006-5127 (P2006-5127A)		東京都千代田区大手町二丁目6番2号
(43) 公開日	平成18年1月5日(2006.1.5)	(74) 代理人	100095751
審査請求日	平成19年2月23日(2007.2.23)		弁理士 菅原 正倫
		(72) 発明者	三谷 清
			群馬県安中市 中野谷字松原507 信越半 導体株式会社 横野平工場内
		審査官	綿引 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 貼り合わせウェーハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

__ボンドウエーハの第一主表面から、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有するように第1のイオン注入を行なう第1のイオン注入工程と、

__前記ボンドウエーハの前記第一主表面側をイオン注入面側として、前記イオン注入面側に付加機能層を堆積する付加機能層堆積工程と、

__前記ボンドウエーハの前記付加機能層側から前記第1のイオン注入でイオンが注入された深さ位置を目標とする第2のイオン注入を行なう第2のイオン注入工程と、

__前記ボンドウエーハの前記付加機能層側をベースウェーハに貼り合わせる貼り合わせ工程と、

__前記ボンドウエーハを前記第1のイオン注入でイオンが注入された深さ位置で剥離する剥離工程と

を含むことを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項2】

前記第1のイオン注入が、前記付加機能層の成長熱履歴で前記ボンドウエーハに割れが生じることのないイオン注入量であることを特徴とする請求項1に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項3】

__単結晶シリコン基板上に絶縁膜を形成してなるボンドウエーハの前記絶縁膜側から臨界

10

20

ドーズ量未満のイオンを打ち込む第1のイオン注入により、前記ボンドウェーハ中に、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有する剥離予定イオン注入層を形成する第1のイオン注入工程と、

__前記ボンドウェーハの前記絶縁膜上に付加機能層を堆積する付加機能層堆積工程と、
 __前記付加機能層の表面側から前記第1のイオン注入工程でイオン注入されたのと同じ深さ位置となるように、前記第1のイオン注入工程でイオン注入されたドーズ量と合わせて臨界ドーズ量以上となるドーズ量のイオンを打ち込むことにより、前記剥離予定イオン注入層を剥離用イオン注入層とする第2のイオン注入工程と、
 __前記剥離用イオン注入層が形成された前記ボンドウェーハ上の付加機能層とベースウェーハとを貼り合わせる貼り合わせ工程と、
 __前記ボンドウェーハを前記剥離用イオン注入層で剥離する剥離工程と
 を含むことを特徴とする貼り合わせウェーハの製造方法。

10

【請求項4】

__前記第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量が、前記第2のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量より多いことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項5】

__前記第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量が、前記臨界ドーズ量の70%以上、90%以下であることを特徴とする請求項3に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

20

【請求項6】

前記第2のイオン注入工程の前段または後段に、前記堆積した付加機能層の表面を研磨することにより平坦化する平坦化研磨工程を含むことを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項7】

__前記貼り合わせ工程の前段に、プラズマで前記ボンドウェーハおよび/または前記ベースウェーハの表面を活性化する活性化工程を含むことを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項8】

__前記剥離工程が、前記活性化工程後に、水レーザや気体を前記ボンドウェーハに吹きかけることで剥離する工程であることを特徴とする請求項7に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

30

【請求項9】

__前記剥離工程が、前記ボンドウェーハに熱処理を行なって剥離する工程であることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項10】

__前記絶縁膜が、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜またはシリコン酸化窒化膜のいずれかから選択された膜であることを特徴とする請求項3又は5に記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項11】

__前記付加機能層が、ポリシリコン層または非晶質シリコン層のいずれかから選択された層であることを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

40

【請求項12】

前記第1のイオン注入を行なうイオンが、水素イオン、ヘリウムイオン、ネオンイオン、アルゴンイオン、クリプトンイオンまたはキセノンイオンのいずれかから選択されたイオンであることを特徴とする請求項1ないし請求項11のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【請求項13】

前記ベースウェーハが、絶縁膜付きの単結晶シリコン基板、単結晶シリコン基板、絶縁

50

性基板または化合物半導体基板のいずれかから選択された基板であることを特徴とする請求項1ないし請求項12のいずれかに記載の貼り合わせウェーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は貼り合わせウェーハの製造方法に関し、特にイオン注入剥離法を用いた貼り合わせウェーハの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

貼り合わせウェーハの製造方法の一例であるSOI (Silicon On Insulator) ウェーハの製造方法では、イオン注入剥離法が知られている。これは、ボンドウエーハの貼り合わせ面（第一主表面とする）に対し、一定深さ位置に水素高濃度層でなる剥離用イオン注入層が形成されるように水素をイオン注入し、ベースウェーハとの貼り合わせ後に該剥離用イオン注入層にてボンドウエーハを剥離する、というものであり、スマートカット法（スマートカットは登録商標）と呼ばれることもある（例えば、特許文献1参照）。他方、SOIウェーハの埋め込み酸化膜直下または直上には、付加機能層として、例えば重金属ゲッタリングなどを目的としたポリシリコン層や非晶質シリコン層を挿入することが有り得る。イオン注入剥離法の工程に上記の付加機能層を組み込むには、具体的には次のような工程変更が必要であると考えられる。すなわち、ボンドウエーハ側に埋め込み酸化膜を形成した後、さらに化学的気相成長法（CVD; Chemical Vapor Deposition）等により付加機能層を形成する。次いで、付加機能層側からボンドウエーハ内に達するように水素のイオン注入を行なって、剥離用イオン注入層を形成する。そして、ボンドウエーハ上の付加機能層をベースウェーハに貼り合わせ、剥離用イオン注入層にてボンドウエーハを剥離して、残存する貼り合わせ半導体薄層としてのSOI層を得る。

【0003】

ところで、イオン注入剥離法においては、ボンドウエーハに剥離を生じさせるためのイオン注入のドーズ量につき、以下のようなことが知られている。すなわち、必要とされるSOI層の膜厚に応じて剥離用イオン注入層の第一主表面からの形成位置（深さ位置）を調整するには、イオン注入のエネルギーを調整しなければならない。そして、剥離用イオン注入層の形成位置が浅いほど、剥離に必要な臨界ドーズ量は少なくなる。他方、剥離面の面粗さも、イオン注入のドーズ量に関係し、ドーズ量が少なくなれば剥離面の面粗さも小さくなる。従って、剥離用イオン注入層の形成位置が浅くなる場合は、イオン注入のドーズ量を少なく設定し、ドーズ量が少なくなれば、剥離面の面粗さも小さくなり、薄いSOI層を形成する場合に、該SOI層の膜厚均一性を向上させることができる。（例えば、特許文献2参照）

【特許文献1】特許第3048201号公報

【特許文献2】特開2004-63730号公報（第4頁）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述したSOIウェーハの製造方法を一例として説明した貼り合わせウェーハの製造方法では、付加機能層を組み込む場合、ベースウェーハとの貼り合わせを良好に行なうためには、付加機能層の表面を平坦化する研磨が必要とされる。その平坦化研磨により付加機能層の研磨面に面傾きが生じると、付加機能層の膜厚が不均一となり、ボンドウエーハ中への水素イオンの注入深さが付加機能層の膜厚不均一に左右されて、イオン注入剥離によって得られる貼り合わせ半導体薄層（SOI層に相当）の膜厚も不均一になるという課題がある。

【0005】

また、水素イオンの注入を付加機能層側からボンドウエーハ中に行なうので、付加機能層

10

20

30

40

50

の研磨面の面粗さの影響が剥離用イオン注入層の剥離面の面粗さに影響するという課題がある。

【0006】

さらに、水素イオンの注入を付加機能層を介して行なうので、水素イオンの注入に多大なエネルギーを要するという課題がある。このため、ボンドウェーハのあまり深い位置に剥離用イオン注入層を形成することはできず、付加機能層の研磨面から、例えば1 μm以上深い位置に剥離用イオン注入層を形成することは困難である。

【0007】

これらの課題を解決するための一つの方法は、付加機能層をベースウェーハ側に堆積し、酸化膜を介してボンドウェーハと貼り合わせることである。しかしながら、このような方法を採用すると、貼り合わせ面がデバイスを形成するためのSOI層に近づくため、貼り合わせ界面に取り込まれた不純物がデバイス層に影響を及ぼし易くなるという問題や、薄い埋め込み酸化膜（例えば、100 nm以下）が必要とされる場合、その薄い酸化膜の表面が貼り合わせ面となるため、貼り合わせ不良が発生しやすく、製造歩留まりが低下してしまうといった新たな問題点を引き起こす。

【0008】

もう一つの解決法として、付加機能層をボンドウェーハ側に堆積する前に水素イオンの注入を完了させておくという方法があるが、付加機能層の堆積に必要な成長温度は、通常の場合、400 以上であるため、堆積中にウェーハ表面近傍が剥離するという問題を生じる。

【0009】

本発明の第1の目的は、剥離用イオン注入層を形成するイオン注入を付加機能層の堆積工程を挟む2回のイオン注入に分けて行なうことにより、付加機能層の膜厚不均一が発生しても、貼り合わせ半導体薄層の膜厚均一性に影響を与えない貼り合わせウェーハの製造方法を提供することにある。

【0010】

本発明の第2の目的は、剥離用イオン注入層を少ないエネルギーでより正確な位置に形成することができる貼り合わせウェーハの製造方法を提供することにある。

【0011】

本発明の第3の目的は、剥離用イオン注入層の剥離面の面粗さをより減少させることができる貼り合わせウェーハの製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段および効果】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の貼り合わせウェーハの製造方法は、ボンドウェーハの第一主表面から、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有するように第1のイオン注入を行なう第1のイオン注入工程と、前記ボンドウェーハの前記第一主表面側をイオン注入面側として、前記イオン注入面側に付加機能層を堆積する付加機能層堆積工程と、前記ボンドウェーハの前記付加機能層側から前記第1のイオン注入でイオンが注入された深さ位置を目標とする第2のイオン注入を行なう第2のイオン注入工程と、前記ボンドウェーハの前記付加機能層側をベースウェーハに貼り合わせる貼り合わせ工程と、前記ボンドウェーハを前記第1のイオン注入でイオンが注入された深さ位置で剥離する剥離工程とを含むことを特徴とする。かかる貼り合わせウェーハの製造方法は、基本的にはイオン注入剥離法の原理を応用したものであるが、従来のイオン注入剥離法では1回である剥離のためのイオン注入を、付加機能層の堆積を挟む2回のイオン注入に分けて行なうようにしたものである。まず、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有するように第1のイオン注入をボンドウェーハに対して行ない、次に付加機能層を堆積した後に、第1のイオン注入位置を目標として第2のイオン注入を行なう。付加機能層が堆積されていない状態でボンドウェーハに第1のイオン注入を行なうため、付加機能層の膜厚不均一が発生しても、SOI層の膜厚均一性に影響することがなくなる。

10

20

30

40

50

【0013】

また、前記第1のイオン注入が、前記付加機能層の成長熱履歴で前記ボンドウェーハに割れが生じることのないイオン注入量であることができる。これにより、付加機能層堆積工程でボンドウェーハが剥離されてしまうという不具合を未然に防止することができる。

【0014】

そして、単結晶シリコン基板上に絶縁膜を形成してなるボンドウェーハの前記絶縁膜側から臨界ドーズ量未満のイオンを打ち込む第1のイオン注入により、前記ボンドウェーハ中に、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有する剥離予定イオン注入層を形成する第1のイオン注入工程と、前記ボンドウェーハの前記絶縁膜上に付加機能層を堆積する付加機能層堆積工程と、前記付加機能層の表面側から前記第1のイオン注入工程でイオン注入されたのと同じ深さ位置となるように、前記第1のイオン注入工程でイオン注入されたドーズ量と合わせて臨界ドーズ量以上となるドーズ量のイオンを打ち込むことにより、前記剥離予定イオン注入層を剥離用イオン注入層とする第2のイオン注入工程と、前記剥離用イオン注入層が形成された前記ボンドウェーハ上の付加機能層とベースウェーハとを貼り合わせる貼り合わせ工程と、前記ボンドウェーハを前記剥離用イオン注入層で剥離する剥離工程とを含むことができる。ここで、臨界ドーズ量とは、イオン注入されたボンドウェーハを400以上の温度に上げた場合に、イオン注入層にプリスターと呼ばれる空洞を発生させるのに必要な最低ドーズ量である。通常、臨界ドーズ量未満の注入量のボンドウェーハをベースウェーハと貼り合わせて熱処理してもイオン注入層での剥離は発生しない。かかる貼り合わせウェーハの製造方法は、基本的にはイオン注入剥離法の原理を応用したものであるが、従来のイオン注入剥離法では1回のイオン注入で形成されていた剥離用イオン注入層を、付加機能層の堆積工程を挟む2回のイオン注入で形成するようにしたものである。このような工程を採ることにより、第1のイオン注入工程で付加機能層の表面から見てボンドウェーハのより深い位置に少ないエネルギーで正確に剥離予定イオン注入層を形成することができ、第2のイオン注入工程で剥離予定イオン注入層を剥離用イオン注入層に変化せしめて、付加機能層の表面から見てボンドウェーハのより深い位置で正確かつ確実に剥離できるようにする。特に、付加機能層が堆積されていない状態で剥離予定イオン注入層が形成されるので、ボンドウェーハの剥離面がボンドウェーハの第一主表面から一定の深さ位置となり、付加機能層の膜厚不均一の影響を受けることなく、貼り合わせ半導体薄層の膜厚均一性を保つことができる。

【0015】

また、前記第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量が、前記第2のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量より多くできる。これにより、第2のイオン注入工程でイオン注入されたイオンが、第1のイオン注入工程でのイオン注入で形成された剥離予定イオン注入層にトラップされたり、引き込まれたりして剥離用イオン注入層が形成されるので、ボンドウェーハの剥離面が第1のイオン注入工程で形成される剥離予定イオン注入層の位置で一義的に決定されることになる。

【0016】

そして、前記第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量が、前記臨界ドーズ量の70%以上、90%以下であることができる。既述したように、第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量が第2のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量より多いことが前提となるが、しかし両者があまり近い量になると、第1のイオン注入工程で形成された剥離予定イオン注入層が第2のイオン注入工程でイオン注入された位置に引き込まれるおそれがある。したがって、第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量を臨界ドーズ量の70%以上、90%以下、つまり約80%として、剥離予定イオン注入層が第2のイオン注入工程でイオン注入された位置に引き込まれないようにすることは有効である。一般的に、第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量と第2のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量との和が、臨界ドーズ量の100%~110%程度であるとすると、第1のイオン注入工程でのイオン注入のドーズ量と第2のイオン注入工程でのイオン注入

10

20

30

40

50

のドーズ量と差が臨界ドーズ量の30%以上あることが望ましい。

【0017】

また、前記第2のイオン注入工程の前段または後段に、前記堆積した付加機能層の表面を研磨することにより平坦化する平坦化研磨工程を含むことができる。この平坦化研磨工程により、付加機能層の表面が研磨されて研磨面となるので、後の貼り合わせ工程で付加機能層を有するボンドウェーハをベースウェーハに良好に貼り合わせることができる。

【0018】

そして、前記貼り合わせ工程の前段に、プラズマで前記ボンドウェーハおよび/または前記ベースウェーハの表面を活性化する活性化工程を含むことができる。この活性化工程により、室温でウェーハの結合強度が増すため、剥離のための熱処理を加えずに、物理的、機械的方法により剥離用イオン注入層での剥離が可能となる。

10

【0019】

また、前記剥離工程が、前記活性化工程後に、水レーザや気体を前記ボンドウェーハに吹きかけることで剥離する工程であることができる。この剥離工程では、前段の活性化工程でボンドウェーハの表面の活性化が行なわれているので、水レーザや気体をボンドウェーハに吹きかけるだけでボンドウェーハの剥離を行なうことができる。

【0020】

そして、前記剥離工程が、前記ボンドウェーハに熱処理を行なって剥離する工程であることができる。この剥離工程では、熱処理により剥離用イオン注入層でのボンドウェーハの剥離を行なわせる。

20

【0021】

また、前記絶縁膜が、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜またはシリコン酸化窒化膜のいずれかから選択された膜であることができる。絶縁膜をボンドウェーハの熱酸化等により形成すれば容易に形成できることはいうまでもないが、貼り合わせ半導体薄層に形成されるデバイスによってはシリコン酸化膜では十分な特性が得られない場合もある。このような場合には、CVD法等の方法でシリコン酸化膜、シリコン窒化膜またはシリコン酸化窒化膜などでなる絶縁膜を形成すればよい。

【0022】

そして、前記付加機能層が、ポリシリコン層または非晶質シリコン層のいずれかから選択された層であることができる。付加機能層をゲッターリング層として使用する場合、ポリシリコン層または非晶質シリコン層は従来から用いられているものである。

30

【0023】

また、前記第1のイオン注入を行なうイオンが、水素イオン、ヘリウムイオン、ネオンイオン、アルゴンイオン、クリプトンイオンまたはキセノンイオンのいずれかから選択されたイオンであることができる。イオン注入剥離法では、注入するイオンとして主に水素イオンが用いられているが、He, Ne, Ar, KrまたはXeの不活性ガスイオンも使用される。

【0024】

そして、前記ベースウェーハが、絶縁膜付きの単結晶シリコン基板、単結晶シリコン基板、絶縁性基板または化合物半導体基板のいずれかから選択された基板であることができる。ベースウェーハは、貼り合わせ半導体薄層に形成されるデバイス、絶縁膜の膜厚、付加機能層の層厚等の諸条件に応じて、絶縁膜付きの単結晶シリコン基板、単結晶シリコン基板、石英基板やサファイア基板などの絶縁性基板、またはGaAs, InP, SiCなどの化合物半導体基板から適宜選択することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

剥離用イオン注入層を形成するためのイオン注入工程を付加機能層の堆積工程を挟む2回のイオン注入工程に分けることにより、付加機能層の膜厚不均一が貼り合わせ半導体薄層の膜厚均一性に影響を及ぼさないようにした。

【0026】

50

まず、本発明の実施例の説明に入る前に、既述した付加機能層を有する貼り合わせウェーハの製造方法において貼り合わせ半導体薄層の膜厚が不均一になる理由について、参考技術として図3に示すSOIウェーハの製造方法を例にとって説明する。

【0027】

(a) ポリシリコン層堆積工程

単結晶シリコン基板でなるボンドウェーハ101を準備する。次に、ボンドウェーハ101の少なくとも貼り合わせ面(以下、第一主表面という)J側にシリコン酸化膜でなる絶縁膜102を形成する。絶縁膜102の形成は、例えば、ウェット酸化やドライ酸化などの熱酸化により形成することができるが、CVD法等の方法を採用することも可能である。絶縁膜102の膜厚は、例えば、2nm以上、1 μ m以下の値とする。なお、絶縁膜102として、シリコン酸化膜の代わりに、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜などを形成することもできる。次に、ボンドウェーハ101に形成された絶縁膜102上に、CVD法でポリシリコン層でなる付加機能層103を堆積する。付加機能層103の膜厚は、100~1000nm程度である。付加機能層103の形成に当たっては、バッチ式および枚葉式の2種類の方式があるが、バッチ式での膜厚均一性はウェーハ内で+/-5%程度、バッチ内で+/-10%程度である。また、付加機能層103の成長温度は、600~800程度である。

10

【0028】

(b) 平坦化研磨工程

付加機能層103の表面は面粗さが粗いため、そのままではベースウェーハ105(図3(d)参照)と貼り合わせることが困難である。このため、CMP(Chemical Mechanical Planarization)研磨により、付加機能層103の表面の平坦化(面粗さrmsが1 μ m平方当たり0.2nm未満)を行ない、研磨面を有する付加機能層103'とする。研磨代は、20~200nm程度である。研磨代を100nmとすると、研磨代ばらつきは面内で+/-5nm程度となる。付加機能層103の平坦化研磨により、付加機能層103'の膜厚不均一性は、平坦化研磨前に比べて増大する。図3(b)は、このような付加機能層103'の膜厚不均一が増大した状態を例示している。なお、ここでは、平坦化研磨による付加機能層103'の膜厚不均一について説明しているが、付加機能層103'の膜厚不均一は必ずしも平坦化研磨によるものに限られるわけではない。つまり、付加機能層103の堆積工程で、その膜厚不均一が生じる場合もあることはもちろんである。

20

30

【0029】

(c) イオン注入工程

ボンドウェーハ101中で剥離を行なうため、付加機能層103'の研磨面(第一主表面J)側から水素イオンをボンドウェーハ101中に打ち込むことにより、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有する剥離用イオン注入層104を形成する。水素イオンの注入深さは、ウェーハ面内で+/-1nmに収まるので、ボンドウェーハ101中への水素イオンの注入深さは途中にある付加機能層103'の膜厚不均一に左右される。図3(c)は、付加機能層103'の膜厚不均一のために、付加機能層103'の研磨面からは一定の深さ位置であるが、ボンドウェーハ101の第一主表面Jからは一定の深さ位置ではない位置に剥離用イオン注入層104が形成された状態を例示している。すなわち、この状態では、ボンドウェーハ101の第一主表面Jと剥離用イオン注入層104とが平行にならず、最終的に得るべきSOI層101'(図3(e)参照)の膜厚が不均一になっている。

40

【0030】

(d) 貼り合わせ工程

単結晶シリコン基板でなるベースウェーハ105を準備する。ベースウェーハ105としては、石英基板やサファイア基板などの絶縁性基板や、GaAs, InP, SiCなどの化合物半導体基板を用いることもできるが、大口径化やコスト面を考慮すると、単結晶シリコン基板を用いることが好ましい。次に、ベースウェーハ105の少なくとも貼り合わせ面(以下、第一主表面という)Kにシリコン酸化膜でなる絶縁膜106を形成する。絶

50

絶縁膜 106 の形成は、例えば、ウェット酸化やドライ酸化などの熱酸化により形成することができるが、CVD法等の方法を採用することも可能である。このようにして準備された絶縁膜 106 付きのベースウェーハ 105 を、絶縁膜 106 (第一主表面 K) 側で上記イオン注入されたボンドウェーハ 101 上の付加機能層 103' と室温で貼り合わせる。

【0031】

(e) 剥離工程

上記貼り合わせ工程 (d) で貼り合わせた積層体を 500 以上の温度に上げて、水素イオンを注入した剥離用イオン注入層 104 でボンドウェーハ 101 の剥離を行ない、SOI層 101' を形成する。図 3 (e) は、付加機能層 103' の膜厚不均一に起因してボンドウェーハ 101 の第一主表面 J から一定の深さ位置ではない位置に形成された剥離用イオン注入層 104 で剥離されたために、SOI層 101' にも膜厚不均一が発生した状態を例示している。

10

【0032】

なお、貼り合わせ工程 (d) および剥離工程 (e) では、貼り合わせ前にプラズマでボンドウェーハ 101 の付加機能層 103' の表面および/またはベースウェーハ 105 の絶縁膜 106 の表面を活性化した後貼り合わせを行い、その後温度をかけずに水レーザや気体をボンドウェーハ 101 に吹きかけることでボンドウェーハ 101 を剥離用イオン注入層 104 で剥離するようにしてもよい。

【0033】

このように、上述した参考技術の付加機能層を有する貼り合わせウェーハの製造方法では、1回のイオン注入で剥離用イオン注入層 104 を形成するようにしているので、既述したように、付加機能層 103' の膜厚の不均一により SOI層 101' の膜厚も不均一になる、付加機能層 103' の研磨面の面粗さの影響が剥離用イオン注入層 104 の剥離面の面粗さに影響する、水素イオンの注入に多大なエネルギーを要する等の課題が生じる。

20

【0034】

次に、上述した参考技術の課題を解決することを目的とした、本発明の実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0035】

(実施例 1)

図 1 は、本発明の実施例 1 に係る貼り合わせウェーハの製造方法を、SOIウェーハの製造方法を例にとって説明する工程図である。以下、同図を参照して実施例 1 に係る貼り合わせウェーハの製造方法を説明する。

30

【0036】

(a1) 第 1 のイオン注入工程

まず、単結晶シリコン基板でなるボンドウェーハ 1 を準備し、ボンドウェーハ 1 の少なくとも第一主表面 J 側にシリコン酸化膜でなる絶縁膜 2 を形成する。なお、絶縁膜 2 は、シリコン酸化膜の代わりに、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜などで形成することもできる。絶縁膜 2 の形成は、例えば、ウェット酸化やドライ酸化などの熱酸化により形成することができるが、CVD法等の方法を採用することも可能である。絶縁膜 2 の膜厚は、例えば、2 nm 以上、1 μm 以下の値とする。

40

【0037】

次に、ボンドウェーハ 1 の第一主表面 J 側を、本実施例 1 では絶縁膜 2 の表面をイオン注入面として、例えば水素イオンビームを照射することにより臨界ドーズ量未満の水素イオンを打ち込み、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有する剥離予定イオン注入層 3 を形成する。剥離予定イオン注入層 3 は、図 1 (a1) に示すように、第一主表面 J から一定の深さ位置に形成される。すなわち、剥離予定イオン注入層 3 は、第一主表面 J に対して平行に形成され、最終的に得られる SOI層 1' (図 1 (f1) 参照) の膜厚均一性を保証する。水素イオンのイオン注入のドーズ量は、臨界ドーズ量に比べて適度に低いレベルに留める。目安は、水素イオンの注入後、ボンドウェーハ 1 を 400 以上の温度に上げて、ウェーハ表面近傍にプリスターができ

50

る最低ドーズ量である臨界ドーズ量の約80%とする。これにより、後段の剥離工程(f1)でのボンドウェーハ1の剥離位置は、剥離予定イオン注入層3の深さ位置で決定されるようになるが、剥離にまでは進行しない。なお、剥離予定イオン注入層3を形成するためのイオンは、本実施例1では水素イオンを用いるが、水素イオンに代えて、ヘリウムイオン、ネオンイオン、アルゴンイオン、クリプトンイオン、キセノンイオンなどの不活性ガスイオンを使用することもできる。

【0038】

剥離予定イオン注入層3は、ボンドウェーハ1の深さ方向の水素濃度プロファイルを測定したとき、100nm以上、2000nm以下の位置に水素濃度のピーク位置が生ずるように形成するのがよい。深さ位置が100nm未満では、十分な膜厚のSOI層1' (図1(f1)参照)が得られず、2000nmを超えるとイオン注入装置を極めて高エネルギー化する必要が生ずる。例えば、最終的に得るべきSOI層1'の平均膜厚を10~50nm程度に設定する場合、剥離予定イオン注入層3は、ボンドウェーハ1の深さ方向の水素濃度プロファイルを測定したとき、100~500nmの位置(ただし、表面に絶縁膜2が形成される場合は、その絶縁膜2を除いた深さ位置で表す)に水素濃度のピーク位置が生ずるように形成するのがよい。なお、イオンの打ち込み深さは、イオンのエネルギー(加速電圧)によって調整し、例えば水素イオンを用いる場合は、絶縁膜2の膜厚を50nmに設定すると、剥離予定イオン注入層3を形成するためのイオン注入のエネルギーを10k~60keV程度に調整するのがよい。

【0039】

また、剥離予定イオン注入層3、すなわち後述する剥離用イオン注入層3'(図1(d1)参照)でのスムーズで平滑な剥離を行なうには、水素イオンの注入量(ドーズ量)が 2×10^{16} 個/cm²~ 1×10^{17} 個/cm²、とすることが望ましい。 2×10^{16} 未満では正常な剥離が不能となり、 1×10^{17} 個/cm²を超えるとイオン注入量が過度に増大するため工程が長時間化し、製造能率の低下が避けがたくなる。

【0040】

なお、既に説明した通り、剥離予定イオン注入層3の形成位置が浅いほど、剥離に必要なイオン注入の臨界ドーズ量は少なく設定される。絶縁膜2の膜厚が一定の場合、剥離予定イオン注入層3の形成位置は、最終的に得るべきSOI層1'の膜厚が薄くなるほど浅くなり、イオン注入のドーズ量も該膜厚に応じて少なく設定される。従って、ドーズ量を抑制して得られる薄いSOI層1'の剥離面は面粗さが減少し、剥離面の平坦化処理における研磨代を小さく設定することができる。その結果、SOI層1'が薄くなるほど研磨代が小さくて済むようになり、研磨代不均一の影響が及びにくくなって、SOI層1'のボンドウェーハ1内の膜厚均一性およびウェーハ間の膜厚均一性の双方を十分小さいレベルに軽減することが可能となる。例えば、SOI層1'の平均膜厚が10~50nm程度に設定される場合においても、SOI層1'の膜厚均一性を、同一ウェーハ内の膜厚の標準偏差値にて例えば1.2nm以下に確保できる。

【0041】

(b1) 付加機能層堆積工程

ボンドウェーハ1の絶縁膜2上に、600以上の温度でのCVD法でポリシリコン層となる付加機能層4を堆積する。付加機能層4の膜厚は、100~1000nm程度である。付加機能層4の堆積に当たっては、パッチ式および枚葉式の2種類の方式があるが、パッチ式では膜厚均一性はウェーハ内で+/-5%程度、パッチ内で+/-10%程度である。また、付加機能層4の成長温度は、600~800程度である。なお、付加機能層4は、ポリシリコン層の代わりに、非晶質シリコン層等で形成することもできる。付加機能層4の成長温度は600以上であるが、水素イオンのドーズ量が臨界ドーズ量以下であるため、剥離予定イオン注入層3で剥離が生じたり、プリスターができたりすることはない。しかし、剥離予定イオン注入層3へのイオン注入および付加機能層4の成長温度により、剥離予定イオン注入層3には、微細な欠陥層や亀裂層が生じることになる。

【0042】

(c1) 第2のイオン注入工程

付加機能層4の表面から第1のイオン注入工程(a1)でイオン注入されたのと同じ深さ位置(すなわち、剥離予定イオン注入層3の形成位置)となるように、第1のイオン注入工程(a1)でイオン注入されたドーズ量と合わせて臨界ドーズ量以上となるドーズ量のイオンを打ち込むことにより、剥離予定イオン注入層3を剥離用イオン注入層3'に変化させる。詳しくは、剥離予定イオン注入層3は、深さ方向のイオン注入プロファイルにおいて予め定められた深さ位置に濃度ピークを有するので、イオン注入による応力場も谷状のポテンシャルを形成しやすく、第2のイオン注入時の水素イオンに対する引き込み応力も形成しやすい。このため、第2のイオン注入工程(c1)で注入された水素イオンは、剥離予定イオン注入層3にトラップされたり、引き込まれたりして、剥離予定イオン注入層3に収束される。また、剥離予定イオン注入層3は、第1のイオン注入工程(a1)でのイオン注入および付加機能層堆積工程(b1)での成長熱履歴により、すでに微細な欠陥層や亀裂層ができているので、より一層、注入された水素イオンをトラップしたり、引き込んだりする。このため、第1のイオン注入工程(a1)での剥離予定イオン注入層3へのイオン注入のドーズ量と第2のイオン注入工程(c1)での剥離予定イオン注入層3へのイオン注入のドーズ量との和が、臨界ドーズ量を超えると、剥離予定イオン注入層3は、剥離可能な剥離用イオン注入層3'に変化する。

10

【0043】

(d1) 平坦化研磨工程

付加機能層4の表面は面粗さが粗いため、そのままではベースウェーハ5(図1(e1)参照)と貼り合わせることが困難であるので、CMP研磨により、付加機能層4の表面の平坦化(面粗さrmsが1 μ m平方当たり0.2nm未満)を行ない、後段の貼り合わせ工程(e1)において貼り合わせ面となる研磨面を有する付加機能層4'とする。研磨代は、20~200nm程度である。研磨代を100nmとすると、研磨代ばらつきは面内で+/-5nm程度となる。付加機能層4の平坦化研磨により、付加機能層4'の研磨面の第一主表面Jに対する面傾きが生じ、付加機能層4'の膜厚不均一が発生することがある。図1(d1)は、このような付加機能層4'の膜厚不均一が発生した状態を例示している。

20

【0044】

なお、第2のイオン注入工程(c1)は、平坦化研磨工程(d1)の後に行なうこともできる。この場合、第2のイオン注入は、平坦化研磨による研磨代バラツキを有する付加機能層4'を通して行なわれることになるが、前述の通り、第2のイオン注入で注入されたイオンは、第1のイオン注入において既に形成されている剥離予定イオン注入層3に引き込まれやすいので、研磨代バラツキの影響は小さい。

30

【0045】

また、第1のイオン注入工程(a1)で消費される総エネルギーと第2のイオン注入工程(c1)で消費される総エネルギーとの和が、第2のイオン注入工程(c1)だけで剥離用イオン注入層3'を形成しようとしたときの総エネルギーよりも大幅に少なくなることはいうまでもない。それは、第1のイオン注入工程(a1)で付加機能層4を介することなしに剥離予定イオン注入層3にイオンを打ち込む電圧が、第2のイオン注入工程(c1)で付加機能層4を介して剥離予定イオン注入層3と同等の層を形成するのに要する電圧よりも少なくなるからである。特に、本実施例1では、第1のイオン注入工程(a1)で臨界ドーズ量の約80%のイオンを剥離予定イオン注入層3に打ち込むようにしているので、尚更である。このため、本実施例1では、図3に示した参考技術の場合に比べて、イオン注入に要する総エネルギーを大幅に削減することができる。

40

【0046】

(e1) 貼り合わせ工程

単結晶シリコン基板からなるベースウェーハ5を準備する。ベースウェーハ5としては、石英基板やサファイア基板などの絶縁性基板や、GaAs, InP, SiCなどの化合物半導体基板を用いることもできるが、大口径化やコスト面を考慮すると、本実施例1のよ

50

うに単結晶シリコン基板を用いることが好ましい。次に、ベースウェーハ5の少なくとも貼り合わせ面（以下、第一主表面という）Kにシリコン酸化膜でなる絶縁膜6を形成する。絶縁膜6の形成は、例えば、ウェット酸化やドライ酸化などの熱酸化により形成することができるが、CVD法等の方法を採用することも可能である。このようにして準備された絶縁膜6付きのベースウェーハ5を、絶縁膜6（第一主表面K）側で上記イオン注入されたボンドウェーハ1上の付加機能層4'と室温で貼り合わせる。

【0047】

（f1）剥離工程

貼り合わせ工程（e1）で貼り合わせられた積層体を数100、例えば400～600の低温にて熱処理することにより、ボンドウェーハ1は、剥離用イオン注入層3'の概ね濃度ピーク位置において剥離し、ベースウェーハ5側に残留した部分がSOI層1'となる。剥離位置は、既に説明した通り、第1のイオン注入工程（a1）で剥離予定イオン注入層3として決定されるので、その後の付加機能層4の堆積や平坦化研磨による膜厚不均一には影響されない。図1（f1）は、付加機能層4'は膜厚不均一であるが、ボンドウェーハ1が剥離用イオン注入層3'で剥離されたために、SOI層1'は膜厚が均一となっている状態を例示している。なお、剥離用イオン注入層3'を形成する際のイオン注入のドーズ量を高めることにより、剥離熱処理を省略できる場合もある。また、剥離後のボンドウェーハ1の残余の部分は、剥離面を再研磨後、再びボンドウェーハまたはベースウェーハとして再利用することが可能である。

【0048】

なお、貼り合わせ工程（e1）および剥離工程（f1）は、参考技術に記載した手法でもよい。すなわち、貼り合わせ前にプラズマでボンドウェーハ1の付加機能層4'の表面および/またはベースウェーハ5の絶縁膜6の表面を活性化した後貼り合わせを行い、その後温度を下げずに水レーザや気体をボンドウェーハ1に吹きかけることで剥離するようにしてもよい。

【0049】

最終的なSOIウェーハを得るには、剥離工程（f1）後、ベースウェーハ5とSOI層1'とを絶縁膜2、6および付加機能層4を介して強固に結合する結合熱処理が必要である。この結合熱処理は、酸化性雰囲気中、あるいはアルゴンガス等の不活性ガスや窒素ガスまたはこれらの混合ガス中にて、通常1000以上、1250以下の高温で行なわれる。なお、該結合熱処理に先立って、これよりも低温で、SOI層1'の表面を保護するための酸化熱処理（700以上、1000以下）を行なうこともできる。

【0050】

なお、プラズマで表面を活性化した後貼り合わせたSOIウェーハでは、ここに述べたような結合熱処理を行なう必要がない場合もある。

【0051】

また、SOI層1'の剥離面を、あるいはこれを研磨により平坦化した研磨面をさらに平坦化する平坦化熱処理を行なうことができる。この平坦化熱処理は、アルゴンガス等の不活性ガスや水素ガスあるいはこれらの混合ガス中にて1100～1380で行なうことができる。具体的には、一般的なバッチ式の縦型炉や横型炉といったヒーター加熱式の熱処理炉を用いて行なうことができる他、ランプ加熱等により熱処理を数秒から数分程度で完結する枚葉式RTA（Rapid Thermal Anneal）装置を用いて行なうこともできる。この平坦化熱処理を、前述の結合熱処理と兼ねて行なうこともできる。

【0052】

さらに、例えば、ボンドウェーハ1に形成する絶縁膜2の膜厚を一定とすると、得るべきSOI層1'の膜厚が薄くなる場合、イオン注入のドーズ量も該膜厚に応じて小さく設定し、かつ、研磨処理におけるSOI層1'の剥離面の研磨代を小さく設定することができる。つまり、SOI層1'が薄くなれば、剥離用イオン注入層3の形成位置が浅くなるのでイオン注入のドーズ量が減り、剥離面平坦化の際の研磨代を小さくできるので研磨代不均一の影響が軽減される。その結果、SOI層1'の膜厚が薄いにもかかわらず、ボンド

10

20

30

40

50

ウェーハ 1 内の膜厚均一性およびウェーハ間の膜厚均一性の双方を十分小さいレベルに軽減することが可能となる。

【 0 0 5 3 】

以上説明したように、本実施例 1 に係る貼り合わせウェーハ製造方法によれば、付加機能層 4 ' の膜厚不均一のかんにかかわらず、イオン注入剥離によって得られる貼り合わせ半導体薄層 (S O I 層 1 ') の膜厚を均一にすることができる。

【 0 0 5 4 】

(実施例 2)

図 2 は、本発明の実施例 2 に係る貼り合わせウェーハの製造方法を、 S O I ウェーハの製造方法を例にとって説明する工程図である。本実施例 2 に係る貼り合わせウェーハの製造方法は、図 1 に示した実施例 1 に係る貼り合わせウェーハの製造方法に対して、絶縁膜 6 付きのベースウェーハ 5 を、絶縁膜無しのベースウェーハ 5 に置き換えただけのものである。よって、(a 2) ないし (d 2) の各工程は、図 1 中の (a 1) ないし (d 1) の各工程と同様であるので、それらの詳しい説明を割愛する。

10

【 0 0 5 5 】

(e 2) 貼り合わせ工程

単結晶シリコン基板からなるベースウェーハ 5 を準備する。ベースウェーハ 5 としては、石英基板やサファイア基板などの絶縁性基板や、GaAs, InP, SiC などの化合物半導体基板を用いることもできるが、大口径化やコスト面を考慮すると、単結晶シリコン基板を用いることが好ましい。準備されたベースウェーハ 5 を、第一主表面 K 側で上記イオン注入されたボンドウエーハ 1 上の付加機能層 4 ' と室温で貼り合わせる。

20

【 0 0 5 6 】

(f 2) 剥離工程

貼り合わせ工程 (e 2) で貼り合わせられた積層体を数 1 0 0 、例えば 4 0 0 ~ 6 0 0 の低温にて熱処理することにより、ボンドウエーハ 1 は、剥離予定イオン注入層 3 ' の概ね濃度ピーク位置において剥離し、ベースウェーハ 5 側に残留した部分が S O I 層 1 ' となる。剥離位置は、既に説明した通り、第 1 のイオン注入工程 (a 2) で剥離予定イオン注入層 3 として決定されるので、その後の工程の付加機能層 4 の堆積や平坦化研磨による膜厚不均一には影響されない。図 2 (f 2) は、付加機能層 4 ' は膜厚不均一であるが、ボンドウエーハ 1 が剥離用イオン注入層 3 ' で剥離されたために、S O I 層 1 ' は膜厚が均一となっている状態を例示している。なお、剥離用イオン注入層 3 ' を形成する際のイオン注入のドーズ量を高めることにより、剥離熱処理を省略できる場合もある。また、剥離後のボンドウエーハ 1 の残余の部分は、剥離面を再研磨後、再びボンドウエーハまたはベースウェーハとして再利用することが可能である。

30

【 0 0 5 7 】

なお、貼り合わせ工程 (e 2) および剥離工程 (f 2) は、参考技術に記載した手法でもよい。すなわち、貼り合わせ前にプラズマでボンドウエーハ 1 の付加機能層 4 ' の表面および / またはベースウェーハ 5 の表面を活性化した後に貼り合わせを行い、その後に温度をかけずに水レーザーや気体をボンドウエーハ 1 に吹きかけることで剥離するようにしてもよい。

40

【 0 0 5 8 】

実施例 2 に係る貼り合わせウェーハ製造方法においても、実施例 1 に係る貼り合わせウェーハ製造方法におけるのと同様に、付加機能層 4 ' の膜厚不均一のかんにかかわらず、イオン注入剥離によって得られる貼り合わせ半導体薄層 (S O I 層 1 ') の膜厚を均一にすることができる。

【 0 0 5 9 】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、請求項の記載に基づく技術的範囲を逸脱しない限り、種々の変形ないし改良を付加することができることはもちろんである。特に、貼り合わせウェーハ製造方法として S O I ウェーハの製造方法を例にとって説明したが、イオン注入剥離によって得られる貼り合わせ半

50

導体薄層がシリコン薄膜でなるSOI層に限られないことはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明の実施例1に係る貼り合わせウェーハの製造方法を、SOIウェーハの製造方法を例にとって説明する工程図。

【図2】本発明の実施例2に係る貼り合わせウェーハの製造方法を、SOIウェーハの製造方法を例にとって説明する工程図。

【図3】参考技術の貼り合わせウェーハの製造方法を、SOIウェーハの製造方法を例にとって説明する工程図。

【符号の説明】

【0061】

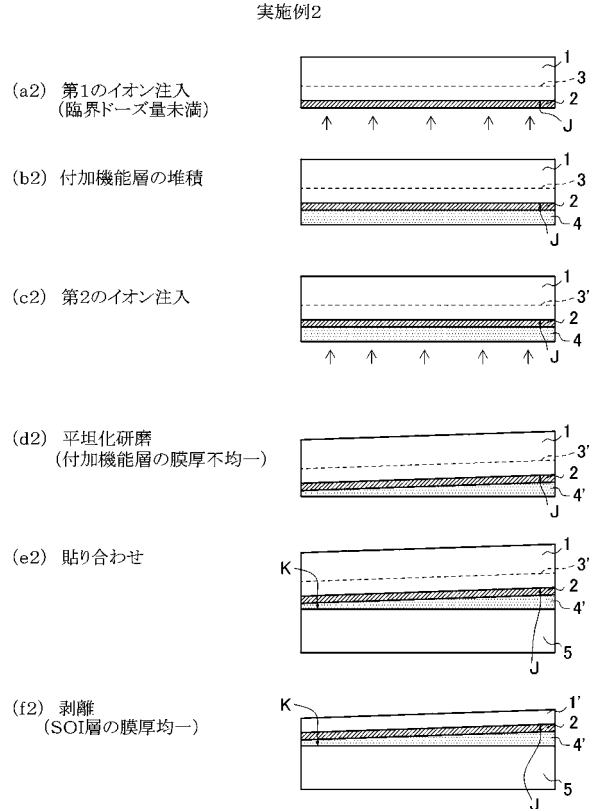
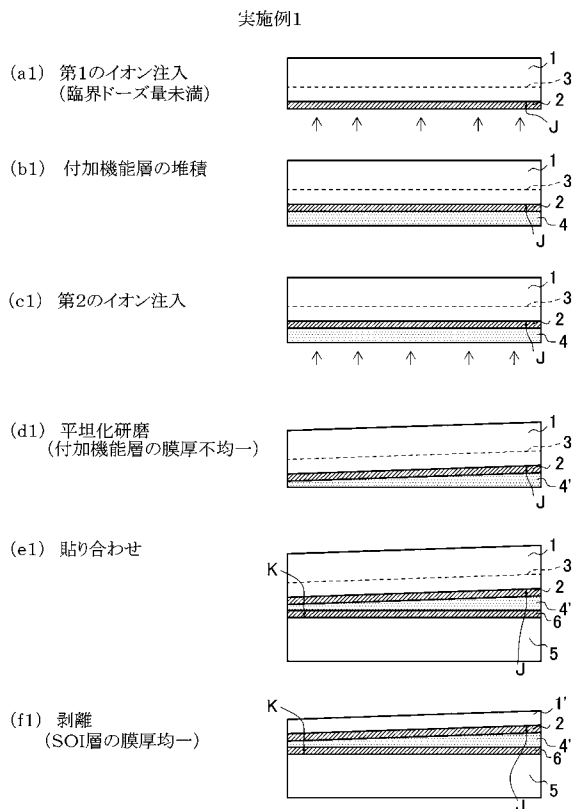
- 1 ボンドウェーハ
- 1' SOI層（貼り合わせ半導体薄層）
- 2 絶縁膜
- 3 剥離予定イオン注入層
- 3' 剥離用イオン注入層
- 4 付加機能層
- 4' 研磨面を有する付加機能層
- 5 ベースウェーハ
- 6 絶縁膜

10

20

【図1】

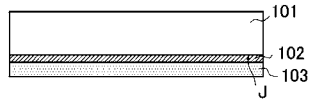
【図2】



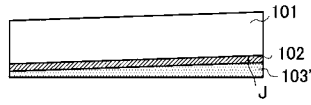
【図3】

参考技術

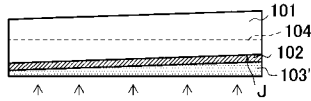
(a) 付加機能層の堆積



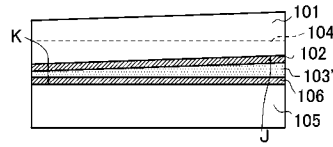
(b) 平坦化研磨
(付加機能層の膜厚不均一)



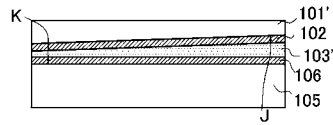
(c) イオン注入



(d) 貼り合わせ



(e) 剥離
(SOI層の膜厚不均一)



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-502122(JP,A)
特開平02-058873(JP,A)
特開平11-191557(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02
H01L 21/265
H01L 21/76
H01L 27/12