

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4625913号  
(P4625913)

(45) 発行日 平成23年2月2日(2011.2.2)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

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

請求項の数 17 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-508351 (P2006-508351)	(73) 特許権者	500361216
(86) (22) 出願日	平成16年6月3日(2004.6.3)		エス オー イ テク シリコン オン
(65) 公表番号	特表2006-527478 (P2006-527478A)		インシュレータ テクノロジース
(43) 公表日	平成18年11月30日(2006.11.30)		S. O. I. TEC SILICON O
(86) 国際出願番号	PCT/FR2004/001368		N INSULATOR TECHNOL
(87) 国際公開番号	W02005/004232		O G I E S
(87) 国際公開日	平成17年1月13日(2005.1.13)		フランス国 38190 ベルナン、シェ
審査請求日	平成18年2月6日(2006.2.6)		マーン・デ・フランク、パルク・テクノ
(31) 優先権主張番号	03/06845		ジーク・デ・フォンタン(番地なし)
(32) 優先日	平成15年6月6日(2003.6.6)	(73) 特許権者	502124444
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		コミッサリア ア レネルジー アトミー
			ク エ オ ゼネルジ ザルタナティヴ
			フランス国 エフー75015 パリ、
			パティマン 「ル ポナン デー」、
			リュ ルブラン 25
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有用層で被覆された一対の基板の同時製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子工学、光電子工学又は光学分野における利用のために基板(71, 2)に移載された少なくとも一つの有用層(110, 120)をそれぞれ備えた少なくとも一対の構造体を同時に製造する方法であって、

a) 単一の原材料基板(1)から支持基板(2)に移載された有用層(11)を有する第1段階の構造体(5, 5')を準備する工程、

b) 第1段階の構造体の有用層(11)の内部に原子種の注入により脆弱ゾーン(6)を形成して、二つの層、即ち前面有用層(110)と、この前面有用層(110)と支持基板(2)との間に位置する後面有用層(120)との二層(110, 120)の境界を定める工程、

c) 前面有用層(110)の自由表面(130)に固定用基板(71)を貼着する工程、及び

d) 工程c)で得られた積層体に応力を適用することにより脆弱ゾーン(6)に沿って分離させ、少なくとも支持基板(2)と後面有用層(120)とを有する第1構造体(51, 51')及び少なくとも固定用基板(71)と前面有用層(110)とを有する第2構造体(52, 52')の二つの第2段階の構造体(51, 51', 52, 52')を得る工程、

を備え、更に前記第2段階の構造体の少なくとも一方を出発構造体として用いると共に別の固定用基板(72, 73)を用いて工程b)~d)による操作サイクルを繰り返すことにより一対以上の第3段階の構造体(511, 511', 512, 512', 521, 521', 522, 522')を得ることを特徴とする、有用層で被覆された少なくとも一対の基板の同時製造方法。

【請求項2】

一つの基板(2, 71, 72, 73)に移載された少なくとも一つの有用層(111, 112, 121, 122)をそれぞれ有する複数対の構造体(511, 511', 512, 512', 521, 521', 522, 522')を同時に得るための請求項1に記載の方法であって、第2段階の構造体(51, 51', 52, 52')の両方を出発構造体として用いると共に複数の別の固定用基板(72, 73)を用いて工程b~dによる操作サイクルを繰り返すことにより一对以上の第3段階の構造体(511, 511', 512, 512', 521, 521', 522, 522')を得ることを特徴とする方法。

【請求項3】

工程aにおける移載操作がボンディング工程を含み、その際に有用層(11)を支持基板(2)に直接的に接合することを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

工程aにおける移載操作がボンディング工程を含み、その際に一層以上の中間層(3)を有用層(11)と支持基板(2)との間に挿入することを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。

【請求項5】

工程cの貼着操作をボンディングによって行い、その際に固定用基板(71, 72, 73)を前面有用層(110, 112, 122)の自由表面(130, 140, 150)に直接的に接合することを特徴とする請求項1~4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

工程cの貼着操作をボンディングによって行い、その際に少なくとも一層の介在層(8, 8', 8")を固定用基板(71, 72, 73)と前面有用層(110, 112, 122)の自由表面(130, 140, 150)との間に挿入することを特徴とする請求項1~5のいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】

ボンディングを分子結合によって行うことを特徴とする請求項3~6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

中間層(3)を二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、高誘電率絶縁体、ダイヤモンド及び歪シリコンのうちから選ばれたいずれか一つの材料製のものとすることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項9】

介在層(8, 8', 8")を二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、高誘電率絶縁体及びダイヤモンドのうちから選ばれたいずれか一つの材料製のものとすることを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項10】

支持基板(2)、固定用基板(71, 72, 73)及び有用層(11, 110, 120, 111, 112, 121, 122)のうちの少なくとも一つを半導体材料製のものとすることを特徴とする請求項1~9のいずれか1項に記載の方法。

【請求項11】

支持基板(2)がシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、石英、イットリウム安定化ジルコニア及び炭化シリコン合金から選ばれた少なくとも一つの材料層を有することを特徴とする請求項1~10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項12】

固定用基板(71, 72, 73)がシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、石英、イットリウム安定化ジルコニア及び炭化シリコン合金のうちから選ばれた少なくとも一つの材料層を有することを特徴とする請求項1~11のいずれか1項に記載の方法。

【請求項13】

有用層(11, 110, 120, 111, 112, 121, 122)をシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、シリコン-ゲルマニウム、III-V化合物及びII-VI化合物のうちから選ばれた材料製のものとすることを特徴とする請求項1~12のいずれか1項に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 14】

支持基板(2)を単結晶又は多結晶シリコン製のものとし、有用層(11, 110, 120, 111, 12, 121, 122)を単結晶シリコン製のものとし、固定用基板(71, 72, 73)を単結晶又は多結晶シリコン製のものとし、中間層(3)と介在層(8, 8', 8")を二酸化シリコン製のものとするを特徴とする請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 15】

第 1 段階の構造体の有用層(11)を原材料基板(1)内における初期脆弱ゾーン(4)の形成によって得ると共に、この原材料基板(1)を支持基板(2)上に移載してから初期脆弱ゾーン(4)に沿って原材料基板(1)の残余部分(12)を分離することにより初期脆弱ゾーン(4)で有用層(11)を原材料基板(1)の残余部分(12)から分離することを特徴とする請求項 1 ~ 14 の

10

## 【請求項 16】

初期脆弱ゾーン(4)を原子種の注入によって形成することを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 17】

初期脆弱ゾーン(4)を多孔質ゾーンとすることを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、電子工学、光電子工学又は光学分野における利用のために基板に移載された少なくとも一つの有用層をそれぞれ備えた少なくとも二つの構造体を同時に製造する方法に関するものである。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

最新技術によれば種々の層移載方法が公知である。

## 【0003】

その一つは、原材料基板の表面下に原子種を注入して脆弱ゾーンを形成し、この脆弱ゾーンによって薄層の境界となすものである。次工程ではこの薄層の自由表面を支持基板に接合し、その後、薄層を原材料基板の残余部分から分離させて支持基板上に移載する。

## 【0004】

このような方法の説明については、スマート・カット(Smart Cut：登録商標)として知られている方法に関する文献を参照することができる。

30

## 【0005】

この形式の方法では原材料基板の残余部分が生じるが、この残余部分は更なる薄層の移載に再利用すべくリサイクルする必要がある。

## 【0006】

リサイクルには長時間を要する高コストの研磨及び仕上げ処理が必要であり、それに費やす時間に応じて使用材料コストが相応に高くなる。更に、炭化シリコンのような極めて硬度の高い材料については、上記リサイクルの処理工程が極めて長時間を要する緻密な作業となる。

40

## 【0007】

「BESOI(Bond and Etch Back Silicon on Insulator)」と称する別の層移載方法も知られており、この方法によれば、分子結合によって原材料基板を支持基板上にボンディングした後、次工程でバーン・イン及び/又は化学的腐食によるエッチングを実行し、次いで支持基板の自由表面(又は背面)側を所要厚みの薄層が得られるまで研磨するというものである。

## 【0008】

この方法で注目しなければならないことは、個々の構造体を製作するたびに原材料基板の大部分が破壊されることであり、従って経済的に引き合わず、特に移載すべき薄層を構成する材料が高価な場合はなおさらである。

50

## 【 0 0 0 9 】

最後に、二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)の埋め込み層内に覆われた厚膜シリコンと移載されたシリコン表皮層とを有するSOIタイプ材料の特別な場合においては、移載シリコン表皮層の形成に用いられたシリコン材料についてリサイクルに関する同様の問題が生じる。

## 【 0 0 1 0 】

加えて、上述のリサイクルの問題以上に上述のスマート・カット法を用いて100nm未満の厚さの極薄層を移載することも困難である。実際、この方法で移載された薄層は、例えば該薄層と支持基板との間の接合界面を強化するために実行される処理による膨れなどの多数の欠陥を有している。

## 【 0 0 1 1 】

このような良品の極薄層を移載する場合の問題点はSOI基板についても存在し、この場合、特に埋め込まれた二酸化シリコンの或る厚さ、例えば20nm程度の部分の下部で移載シリコン層に欠陥が生じることに注意すべきであり、これは高温の熱処理を併用する場合は更に顕著となる。これに関しては下記の非特許文献1を参照されたい。

【非特許文献1】キュー・ワイ・トン(Q.-Y. Tong)、ジー・チャー(G. Cha)、アール・ギャフィットー(R. Gafiteau)及びウー・ゴゼル(U. Gosele)共著「低温ウエハ直接ボンディング("Low temperature wafer direct bonding")」ジャーナル・オブ・マイクロエレクトロメカニク・システム(J. Microelectomech Syst.)、第3巻、第29号(1994年)

## 【 0 0 1 2 】

この熱処理、例えば接合界面の強度増強のために分離処理後に行われる安定化処理として知られている熱処理中には接合界面にガスが発生する。厚いSOI基板の場合は移載層が厚く、補強部材として機能する。

## 【 0 0 1 3 】

薄いSOI基板では移載層及び/又は酸化層が薄く、この場合は上述の吸収及び硬化現象は起きず、脱ガスが接合界面のボンディング強度低下を招く。

## 【 0 0 1 4 】

また、原子種の注入工程と分離工程が欠陥を形成すること、及びこれらの欠陥は基本的には移載すべき層の内部に集まることも特許文献1により公知である。従って、この層が薄ければ薄いほど品質が劣化する。

【特許文献1】国際公開第01/115218号パンフレット

## 【 0 0 1 5 】

第1の基板から第2の基板へ層を移載する工程を含むSOI基板の製造法は特許文献2によって公知である。しかしながら、この公知の方法は二対の構造体を一工程で得るためのものではない。

【特許文献2】欧州特許出願公開第0867921号明細書

## 【 0 0 1 6 】

また、特許文献3により、層間剥離すべき二面の境界を画定するために酸化層で被覆された原材料基板の前面側と後面側に水素を注入する方法も知られている。この場合、注入工程の後に原材料基板の両面にそれぞれ受け取り用基板が接合され、次いで二枚のSOI基板を得るべく層間剥離面に沿って分離が行われる。

【特許文献3】米国特許出願公開第2002/068418号明細書

## 【 0 0 1 7 】

しかしながら、この方法では注入工程の間に亘って原材料基板を支持具で保持する必要がある。この支持は、プロセスの継続に好ましくない汚染物質の存在に起因して原材料基板の前面又は後面の少なくとも一方に汚染をもたらすものである。

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 8 】

本発明の課題は、上述の不都合を解消して、リサイクルに返送される原材料基板の数を少数に制限することのできる経済的な層移載方法を提供することである。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0019】

従って本発明は、電子工学、光電子工学又は光学分野における利用のために基板に移載された少なくとも一つの有用層をそれぞれ備えた少なくとも一対の構造体を同時に製造する方法に関するものである。

## 【0020】

本発明による方法は、以下の工程、即ち、

a) 支持基板に移載された有用層を有する第1段階の構造体を準備する工程、  
b) 第1段階の構造体の有用層の内部に原子種の注入により脆弱ゾーンを形成して前面有用層及び該前面有用層と支持基板との間に位置する後面有用層の二層の境界を定める工程、

10

c) 前面有用層の自由表面に固定用基板を貼着する工程、及び  
d) 工程c)で得られた積層体に応力を適用することにより脆弱ゾーンに沿って分離させ、少なくとも支持基板と後面有用層とを有する第1構造体及び少なくとも固定用基板と前面有用層とを有する第2構造体の二つの第2段階の構造体を得る工程、  
を備えたことを特徴とする。

## 【0021】

本発明の一つの選択肢によれば、第2段階の構造体の少なくとも一つを出発構造体として用いると共に複数の固定用基板を用いて工程b)~d)による操作サイクルが繰り返され、更には第2段階に続く後続段階の構造体の少なくとも一つから上記操作サイクルが少なくとも1回選択的に繰り返される。

20

## 【0022】

工程a)における移載操作はボンディング工程を含むことが好ましく、この場合、有用層を支持基板に直接的に接合するか、或いは一層以上の中間層を有用層と支持基板との間に挿入するとよい。

## 【0023】

また、工程c)の貼着操作はボンディングによって行うことが好ましく、この場合、固定用基板を前面有用層の自由表面に直接的に接合するか、或いは少なくとも一層の介在層を固定用基板と前面有用層の自由表面との間に挿入するとよい。

## 【0024】

好ましくは、上記ボンディングは分子結合によるものとする。

30

## 【0025】

本発明のその他の有利且つ限定を意図しない特徴によれば、以下に列挙する諸形態を単独又は組み合わせて採用することができる。即ち、

- ・中間層を二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、高誘電率絶縁体、ダイヤモンド及び歪シリコンのうちから選ばれたいずれか一つの材料製のものとする。
- ・介在層を二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、高誘電率絶縁体及びダイヤモンドのうちから選ばれたいずれか一つの材料製のものとする。
- ・支持基板、固定用基板及び有用層のうち少なくとも一つを半導体材料製のものとする。
- ・支持基板がシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、石英、イットリウム安定化ジルコニア及び炭化シリコン合金から選ばれた少なくとも一つの材料層を有する。
- ・固定用基板がシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、石英、イットリウム安定化ジルコニア及び炭化シリコン合金のうちから選ばれた少なくとも一つの材料層を有する。
- ・有用層をシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、シリコン-ゲルマニウム、III-V化合物及びII-VI化合物のうちから選ばれた材料製のものとする。
- ・特に好ましくは支持基板を単結晶又は多結晶シリコン製のものとし、有用層を単結晶

40

50

シリコン製のものとし、固定用基板を単結晶又は多結晶シリコン製のものとし、中間層と介在層を二酸化シリコン製のものとする。

・第1段階の構造体の有用層を原材料基板内における初期脆弱ゾーンの形成によって得ると共に、この原材料基板を支持基板上に移載してから初期脆弱ゾーンに沿って原材料基板の残余部分を分離することにより初期脆弱ゾーンで有用層を原材料基板の残余部分から分離する。

・初期脆弱ゾーンを原子種の注入によって形成し、或いは初期脆弱ゾーンを多孔質ゾーンとする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

10

本発明のその他の特徴と利点を一層明確にするために本発明の幾つかの実勢形態を図面と共に詳述すれば以下の通りである。

【0027】

本発明による方法は、例えば図1A～図1C又は図2A～図2Cに示す一連の工程によって得られる基板5又は5'から行われるが、これらの基板を第1段階の基板と称する。

【0028】

図1Aは原材料基板1を示しており、その内部には脆弱ゾーン4が形成され、該脆弱ゾーンが二部分、即ち有用層11と原材料基板背部の残余部分12との境界を定めている。この脆弱ゾーン4は、以下の説明及び特許請求の範囲の記載においては初期脆弱ゾーンと称している。

20

【0029】

原材料基板1の一方の表面13を前面と称し、この前面が後述するように支持基板2に接合されるべき面である。

【0030】

原材料基板1は、特に電子工学、光電子工学或いは光学の利用分野で通常用いられているような半導体材料から選ばれた基板とすることが好ましい。

【0031】

単なる参考のためであるが、原材料基板は、例えばシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、シリコン-ゲルマニウム、III-V化合物、又はII-VI化合物からなる基板とすることができる。

30

【0032】

ここで、III-V化合物とは、例えば窒化ガリウム(GaN)、ガリウム・ヒ素(AsGa)、或いはリン化インジウム(InP)など、構成元素の一方が元素周期律表で第III族に属し、他方が第V族に属する化合物である。

【0033】

またII-VI化合物とは、例えばテルル化カドミウム(CdTe)など、構成元素の一方が元素周期律表で第II族に属し、他方が第VI族に属する化合物である。

【0034】

原材料基板1は複合基板であっても良く、これは例えばシリコンからなる一体ボディ部の上に例えばシリコン-ゲルマニウム(SiGe)のバッファ層が被覆されているような基板を指す。

40

【0035】

第1の実施形態によれば、初期脆弱ゾーン4は原子種の注入で得ることができる。

【0036】

ここで、原子種の注入とは、原子、分子、或いはイオン種の打ち込みのいずれも指すものであり、これら種を打ち込み表面13から予め定められた深さ位置で最高濃度となるように材料中に導入することのできる全ての操作を意味する。

【0037】

原材料基板1への原子種の注入は例えばイオン・ビーム注入装置又はプラズマ浸漬注入装置を用いて行うことができる。

50

## 【0038】

好ましくは、この注入操作はイオン打ち込み法によって行う。更に好ましくは、注入イオン種は水素である。その他のイオン種、例えば希ガス（ヘリウムなど）も単独又は水素と混合して有利に使用することができる。

## 【0039】

この注入によって原材料基板1の内部におけるイオン貫入平均深さ位置に初期脆弱ゾーン4が形成され、この初期脆弱ゾーンは前面13とほぼ平行に広がる層である。従って有用層11は、この前面13と初期脆弱ゾーン4との間に延在する層である。

## 【0040】

この工程を行うことについては、スマート・カット（Smart Cut：登録商標）として知られている方法に関する文献を参照されたい。

10

## 【0041】

初期脆弱ゾーン4は、例えば欧州特許出願公開第0849788号明細書に述べられているような多孔質ゾーン（層）で構成することもできる。この場合、有用層11はエピタキシによって得ることができる。

## 【0042】

支持基板2は機械的支持体として機能し、従って通常は約300μm以上の厚さを有する。

## 【0043】

支持基板は、前述の利用分野で多く用いられている単結晶又は多結晶半導体材料で構成することが好ましい。

20

## 【0044】

この支持基板2は、例えばシリコン、炭化シリコン、サファイア、ダイヤモンド、ゲルマニウム、石英、イットリウム安定化ジルコニア( $ZrO_2(YO_3)$ )、及び炭化シリコン合金から選ばれた単一層のソリッド基板とすることができる。

## 【0045】

支持基板2は一つの面（前面）20を有し、この面が原材料基板1の前面13との接合のための面である。

## 【0046】

次いで、図1Bに示すように、有用層11の前面13が支持基板2に直接的に、即ち中間的な層の介在なしにボンディング接合される。このボンディングは分子結合によって行うことが好ましい。

30

## 【0047】

予定の焼鈍処理の後、応力の付与によって残余部分12を初期脆弱ゾーン4に沿って分離する操作が行われる（図1C）。

## 【0048】

これを行うには、以下の技法のどれかを用いる。即ち、機械的又は電氣的に誘起される応力の印加、化学的エッチング、或いはエネルギーの印加、例えばレーザーの使用、マイクロ波の使用、誘導加熱装置の使用、オープン内での熱処理などである。これらの分離操作技法は当業者に知られており、従ってこれ以上は詳述しない。これらの技法は単独又は組み合わせて使用することができる。

40

## 【0049】

このようにして、支持基板2に移載された有用層11を有する第1段階の構造体5が得られる。

## 【0050】

図2A～図2Cは、図1A～1Cを参照して述べた方法の変形形態を示しており、相違点は少なくとも一層の中間層3が有用層11と支持基板2との間に挿入されている点にある。

## 【0051】

図2A～2C及び図5A～5Fにおいては、簡略化のため、いずれにせよ一層のみの中

50

間層 3 を示してある。

【 0 0 5 2 】

これらの中間層 3 は、二酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、高誘電率絶縁体、ダイヤモンドのうちから選ばれたいずれか一つの材料製のものとするのが好ましい。

【 0 0 5 3 】

また、平衡状態とされたシリコン - ゲルマニウム( $\text{SiGe}$ )の有用層の上に歪シリコンの中間層を持たせることも可能である。複数層の中間層 3 が存在する場合、これらは同一又は異なる性質のものとする事ができる。

【 0 0 5 4 】

中間層 3 は気相中での化学メッキ法又は当業者に公知のその他の方法で形成することができ、これらの成膜法を予め支持基板 2 の前面 2 0、原材料基板 1 の前面 1 3、或いはこれら両者の各前面に対して実行し、その後これら両基板を互いに接合して一体化すればよい。

10

【 0 0 5 5 】

この中間層 3 を酸化物層とする場合は、原材料基板 1 又は支持基板 2 の少なくともいずれか一方を加熱酸化処理に付すことにより中間層を形成することができる。

【 0 0 5 6 】

中間層 3 が如何なる方法で得られたかにかかわらず、最上層の中間層の自由表面は好ましくは分子結合によって原材料基板 1 又は支持基板 2 の自由表面と接合される。

【 0 0 5 7 】

20

最終的にこの変形態態による方法では、支持基板 2 と、有用層 1 1 と、これらの間に挿入された中間層 3 とを有する第 1 段階の構造体 5 ' が得られることになる。

【 0 0 5 8 】

本願明細書と特許請求の範囲において、第 1 段階の構造体に関して「移載された」なる用語は、中間層 3 の有無にかかわらず有用層が少なくとも 1 回のボンディング工程で支持基板上に移し替えられていることを意味する。

【 0 0 5 9 】

図示しない別の実施形態によれば、有用層 1 1 は前述の B E S O I 技法によって中間層と共に或いは中間層無しに支持基板 2 上に移載可能である。

【 0 0 6 0 】

30

図 3 A ~ 図 3 C は、それぞれ基板に移載された有用層を有する一对の構造体を同時に得ることのできる本発明の第 1 実施形態に係る全操作サイクルを示している。

【 0 0 6 1 】

図 3 A に示すように、既に得た第 1 段階の構造体 5 の有用層 1 1 内には、前述の初期脆弱ゾーン 4 を得るために用いた技法と同様の原子種の注入によって脆弱ゾーン 6 が形成される。

【 0 0 6 2 】

これにより二つの層、即ち前面有用層 1 1 0 と、この前面有用層 1 1 0 と支持基板 2 との間に位置する後面有用層 1 2 0 との境界が画定される。

【 0 0 6 3 】

40

図 3 B に示す次工程では、ボンディング操作、好ましくは分子結合による直接接合によって前面有用層 1 1 0 の自由表面 1 3 0 に固定用基板 7 1 が貼着される。

【 0 0 6 4 】

図 3 C に示す最終工程では、前工程で得られた積層体に対して前述の図 1 C 及び図 2 C と共に説明した当業者に公知の技法に従って応力を印加することにより、この積層体を脆弱ゾーン 6 に沿って分離する操作が行われる。

【 0 0 6 5 】

かくして第 1 と第 2 の二つの第 2 段階の構造体 5 1 及び 5 2 が得られる。第 1 構造体 5 1 は支持基板 2 と後面有用層 1 2 0 とを備え、第 2 構造体 5 2 は固定用基板 7 1 と前面有用層 1 1 0 とを備えている。

50

## 【 0 0 6 6 】

ここで、第 1 段階の構造体の有用層 1 1 は、上述の分離操作の後に得られた二つの有用層 1 1 0 及び 1 2 0 が何ら欠陥乃至ブリストアを有することのないように十分な厚さでなければならない点に注意すべきである。二つの有用層 1 1 0 と 1 2 0 の各厚さは原子種の注入深さ、従って脆弱ゾーン 6 の位置により互いに同一又は異なるものとすることができる。

## 【 0 0 6 7 】

この後、第 2 段階の構造体 5 1 と 5 2 の少なくとも一方或いは双方について、上述の操作サイクル、即ち脆弱ゾーンの形成、固定用基板の貼着、そして脆弱ゾーンに沿った分離の各操作を繰り返せば、必要に応じて一対以上の第 3 段階の構造体 5 1 1、5 1 2、5 2 1、5 2 2 を得ることもできる（図 3 F）。

10

## 【 0 0 6 8 】

この場合、図 3 D に示すように第 2 段階の構造体 5 2 の有用層 1 1 0 の前面 1 4 0 に対して、後面有用層 1 1 1 と前面有用層 1 1 2 との境界を画定するように原子種の注入による脆弱ゾーン 6 の形成操作が行われる。

## 【 0 0 6 9 】

同様の操作がもう一つの第 2 段階の構造体 5 1 に対しても行われ、それによってこの構造体中にも前面有用層 1 2 2 と後面有用層 1 2 1 が形成される。

## 【 0 0 7 0 】

次の工程は、分子結合によるボンディングにより、固定用基板 7 2 を前面有用層 1 1 2 の前面 1 4 0 に、そして固定用基板 7 3 を後面有用層 1 2 2 の前面 1 5 0 にそれぞれ貼着する工程である（図 3 E）。

20

## 【 0 0 7 1 】

その後、図 3 F に示すように、得られた二つの積層体に対してそれぞれ脆弱ゾーン 6 に沿った分離が行われ、これにより合計四つの第 3 段階の構造体を得られることになる。

## 【 0 0 7 2 】

第 2 段階の構造体 5 2 から形成された二つの第 3 段階の構造体 5 2 1 と 5 2 2 は、構造体 5 2 1 では固定用基板 7 1 と後面有用層 1 1 1 を、構造体 5 2 2 では固定用基板 7 2 と前面有用層 1 2 2 をそれぞれ備えており、一方、第 2 段階の構造体 5 1 から形成された二つの第 3 段階の構造体 5 1 1 と 5 1 2 は、構造体 5 1 1 では固定用基板 7 3 と前面有用層 1 2 2 を、構造体 5 1 2 では支持基板 2 と後面有用層 1 2 1 をそれぞれ備えている。

30

## 【 0 0 7 3 】

必要な場合は、更に第 3 段階又はそれ以降の段階で得られる構造体を出発構造体に用いて上述の三操作のサイクルを繰り返すこともでき、これは、基板上に移載された有用層がそれ以上の操作サイクルを行うと欠陥やブリストアのある低品質の有用層の形成に至るような厚さに達するまで繰り返すことができる。

## 【 0 0 7 4 】

図 4 A ~ 4 F は、図 3 A ~ 3 F で述べた例による方法とは異なる変形形態に係る方法を示すものであり、この場合、それぞれ少なくとも一層の介在層 8 又は 8 " が固定用基板 7 1 又は 7 3 とそれに対面する有用層との間に挿入されている。

40

## 【 0 0 7 5 】

尚、これらの図では、簡略化のために単一の介在層 8 又は 8 " が示されている点に注意されたい。

## 【 0 0 7 6 】

この介在層 8 又は 8 " は、気相中での化学メッキ法又はその他の当業者に公知の技法によって得ることもできる。

## 【 0 0 7 7 】

また、介在層 8 と 8 " は、それぞれ固定用基板 7 1 又は 7 3 の酸化処理で得ることもできる。

## 【 0 0 7 8 】

50

このメッキは、有用層へ貼着する前の固定用基板の表面、或いは好ましくは脆弱ゾーン6を形成するための原子種の注入工程以前の有用層の表面のいずれに実行してもよい。

【0079】

その後、介在層8又は8'をそれと対面する層にボンディングするが、これは好ましくは分子結合によって接合する。

【0080】

例えば、介在層8、8'は二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)、窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、高誘電率絶縁体及びダイヤモンドのうちから選ばれた材料製のものとする。

【0081】

複数層の介在層8、8'を設ける場合、各介在層は同一又は異なる物性のものとしてもよい。

【0082】

図4Eは固定用基板72が有用層112に直接的に、即ち介在層無しにボンディングされていることを示している。

【0083】

このようにして四つの第3段階の構造体を得られ、そのうちの二つの構造体521'と511'だけが固定用基板と有用層と介在層とを備えている。

【0084】

図5A~5Fは図4A~4Fで述べた例による方法とは異なる第2の変形形態に係る方法を示すものであり、この場合、一方では有用層11と支持基板2との間に中間層3が挿入された第1段階の構造体5'を出発基板に用い、他方では介在層8'を固定用基板72と前面有用層112との間に用いている。

【0085】

この介在層8'は、前述の介在層8又は8'と同じ性質のもので同様の操作で得られたものである。

【0086】

得られた二つの第2段階の構造体51'及び52'と、四つの第3段階の構造体のうちの三つ521'、522'及び511'とは、それぞれ固定用基板と、介在層8、8'又は8'と、有用層とを備え、残りの一つの第3段階の構造体512'は支持基板2と中間層3と有用層121とを備えている。

【0087】

本願明細書及び特許請求の範囲において、「有用層に固定用基板を貼着する」なる記述の意味は、固定用基板と有用層との密接な接合が存在する場合も、或いはこれらの間に少なくとも一層の介在層8、8'又は8'が存在する場合も包含するものである。

【0088】

以上に述べた各形態による方法において、固定用基板とは、機械的支持体として機能すると共に有用層の母体基板からの分離を可能とする全ての基板を指す。

【0089】

固定用基板71、72、73の性状の選択は、得られる構造体の最終的な目標用途による。

【0090】

固定用基板71、72、73は、支持基板2のために先に掲げた例のうちから選定することができる。

【0091】

前述の各実施形態及び変形形態による各方法では、リサイクルされるべき単一の原材料基板1の各操作サイクルの終わりに少なくとも一対の構造体を得ることができ、従って個々の構造体を得られるたびに原材料基板のリサイクルが必要であった公知の方法よりも経済的で商業的な実現可能性も高いことが明らかである。

【0092】

また製造工程の操作サイクルを繰り返すことにより、操作員は採用する固定用基板とし

10

20

30

40

50

て同一又は異なる物性のもの或いは介在層 8、8'、8" の有無を選択可能である。その結果、異なる積層構造をもつ複数の第 1 段階の構造体 1 を得ることも可能となる。

【0093】

更に、原子種の注入のパラメータにより、例えば後面有用層 120、111 又は 121 が 50 nm のように極めて薄く、隣接する前面有用層 110、112 又は 122 が十分に厚くなるように脆弱ゾーン 6 を形成することも可能である。この前面有用層の厚みはそれに接合される固定用基板の厚みと相俟って後工程における焼鈍処理を有用層の変形やブリスター発生無しに行えるようにするのに有用である。かくして移載後には、今日までのスマート・カット法などの原子種注入法で得られるものよりも遙かに薄い後面有用層を得ることができる。

10

【0094】

尚、第 1 段階及びそれ以降の構造体に対して実行した原子種の注入工程は前面有用層 110 又は 122 内に欠陥を集め、一方、注入に直接曝されなかった後面有用層 120 又は 121 は注入と分離による欠陥を含むゾーンを前面有用層よりも薄い厚みで分離ゾーン中に有するだけとなる。

【0095】

以下に図 5A~5F に従って本発明による方法の実施例を説明する。

【実施例 1】

【0096】

ここで用いた第 1 段階の構造体は SOI 基板タイプの構造体 5' であり、単結晶シリコンの支持基板 2 と、厚さ 20 nm の二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) 中間層 3 と、厚さ 1.5  $\mu\text{m}$  の単結晶シリコン有用層 11 とからなるものである。

20

【0097】

次工程で有用層内に脆弱ゾーン 6 を形成し、これは注入エネルギー約 150 keV 及び注入照射量約  $6 \times 10^{16} \text{H}^+ / \text{cm}^2$  での水素イオンの注入によって行った。これにより形成された後面有用層 120 の厚さは 20 nm であった。

【0098】

その上に厚さ 20 nm の二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) 介在層 8 で被覆された単結晶シリコンからなる固定用基板 71 を該介在層側で接合し、その後、脆弱ゾーン 6 に沿って分離した。

30

【0099】

これにより一対の SOI 基板 51' 及び 52' が同時に得られた。

【0100】

同様の操作サイクルを、第 2 段階の SOI 基板 52' を出発構造体として繰り返した。

【0101】

各表面を仕上処理した後の前面有用層 112 は厚み約 0.6  $\mu\text{m}$  であり、後面有用層 111 は厚み約 0.6  $\mu\text{m}$  であった。厚み 20 nm の二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) 層 8' で被覆された単結晶シリコンからなる固定用基板 72 を用いて二枚の第 3 段階の SOI 基板 521' 及び 522' を得たが、それぞれの分離後の有用層 111 及び 112 は約 0.6  $\mu\text{m}$  の厚みであった。

40

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図 1A】支持基板に移載された有用層を有する構造体の製造法の一工程を示す模式図である。

【図 1B】図 1A の工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図 1C】図 1B の工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図 2A】図 1A~図 1C に示した方法の一変形形態として支持基板に中間層を介して移載された有用層を有する構造体の製造法の一工程を示す模式図である。

【図 2B】図 2A の工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図 2C】図 2B の工程の後の別の工程を示す模式図である。

50

【図3A】少なくとも一対の構造体を同時に製造するための本発明による第1の実施形態の一工程を示す模式図である。

【図3B】図3Aの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図3C】図3Bの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図3D】図3Cの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図3E】図3Dの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図3F】図3Eの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図4A】図3A～図3Fに示した方法の変形形態の一工程を示す模式図である。

【図4B】図4Aの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図4C】図4Bの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図4D】図4Cの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図4E】図4Dの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図4F】図4Eの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図5A】本発明による第2実施形態の一工程を示す模式図である。

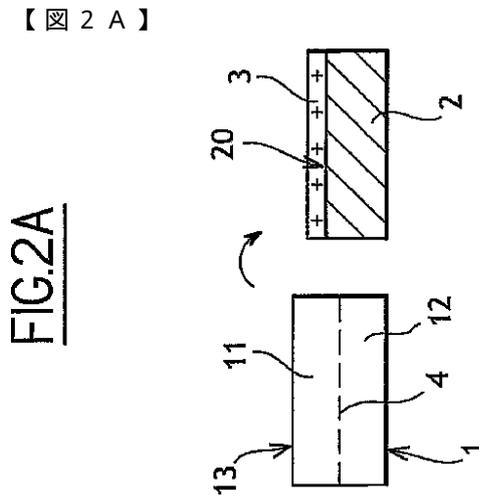
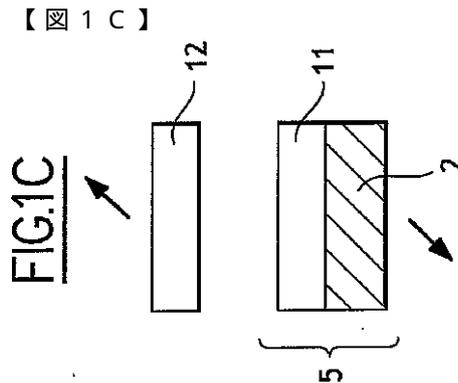
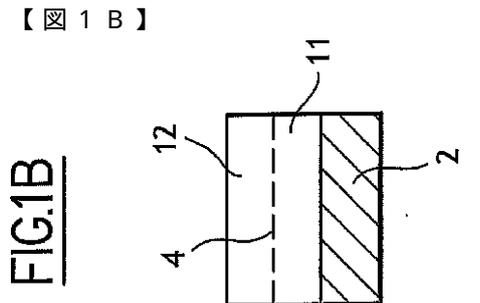
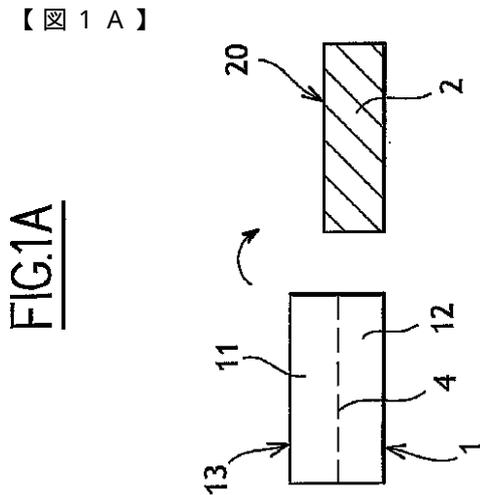
【図5B】図5Aの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図5C】図5Bの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図5D】図5Cの工程の後の別の工程を示す模式図である。

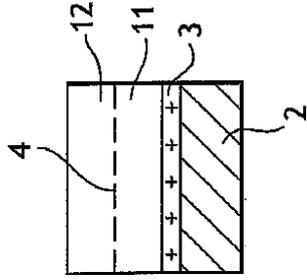
【図5E】図5Dの工程の後の別の工程を示す模式図である。

【図5F】図5Eの工程の後の別の工程を示す模式図である。



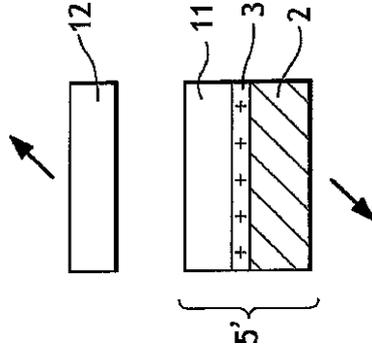
【 図 2 B 】

FIG.2B



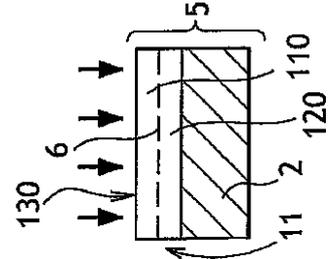
【 図 2 C 】

FIG.2C



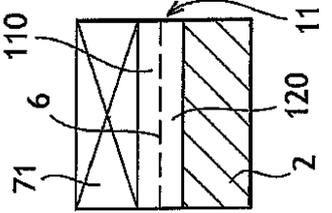
【 図 3 A 】

FIG.3A



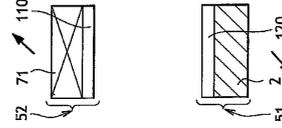
【 図 3 B 】

FIG.3B



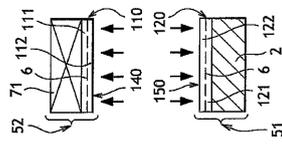
【 図 3 C 】

FIG.3C



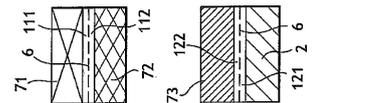
【 図 3 D 】

FIG.3D



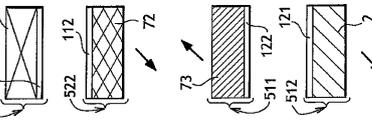
【 図 3 E 】

FIG.3E



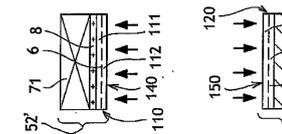
【 図 3 F 】

FIG.3F



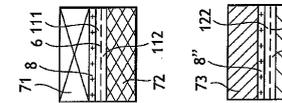
【 図 4 D 】

FIG.4D



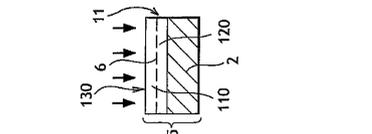
【 図 4 E 】

FIG.4E



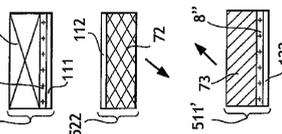
【 図 4 A 】

FIG.4A



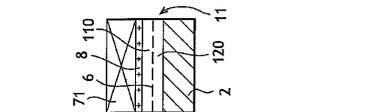
【 図 4 F 】

FIG.4F



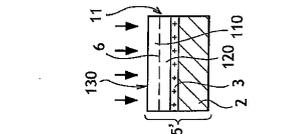
【 図 4 B 】

FIG.4B



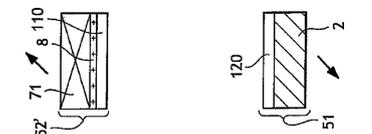
【 図 5 A 】

FIG.5A



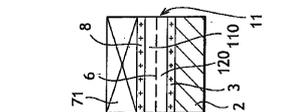
【 図 4 C 】

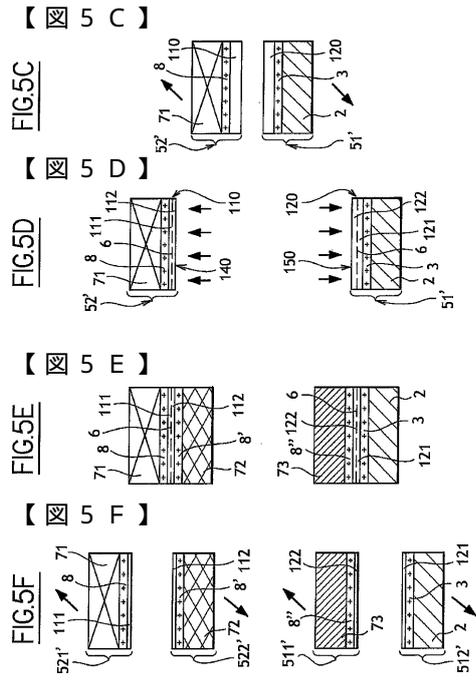
FIG.4C



【 図 5 B 】

FIG.5B





## フロントページの続き

- (74)代理人 100101432  
弁理士 花村 太
- (74)代理人 100092082  
弁理士 佐藤 正年
- (74)代理人 100099586  
弁理士 佐藤 年哉
- (72)発明者 ギゼルン、ブルーノ  
フランス国 3 8 1 7 0 セシネ、リュ・ジョルジュ・メデーレ 5 8
- (72)発明者 オーネット、セシル  
フランス国 3 8 0 0 0 グルノーブル、プラス・デ・ティヨエル 3
- (72)発明者 バタヨー、ベヌワ  
フランス国 3 8 0 0 0 グルノーブル、リュ・デ・バーン 1 2
- (72)発明者 マズル、カルロ  
フランス国 3 8 8 8 0 サン・ナゼール・レ・エム、ルート・ドゥ・サン・パンクラッセ 3 5  
7
- (72)発明者 モリショー、ウベール  
フランス国 3 8 1 2 0 サン・テグレーブ、リュ・フルネ 2 6

審査官 大嶋 洋一

- (56)参考文献 特開2001-210810(JP, A)  
特開平10-135500(JP, A)  
特開平10-326883(JP, A)  
米国特許第06150239(US, A)  
米国特許出願公開第2002/0068418(US, A1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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