

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-267427

(P2009-267427A)

(43) 公開日 平成21年11月12日(2009.11.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 27/12 B	5 F 0 4 8
HO 1 L 27/12 (2006.01)	HO 1 L 27/08 3 3 1 E	
HO 1 L 27/08 (2006.01)	HO 1 L 21/02 C	

審査請求 有 請求項の数 25 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2009-141813 (P2009-141813)	(71) 出願人	596048569 コミサリヤ・ア・レネルジ・アトミック フランス国、75015・パリ、パテイマ ン“ル・ポナン・デ”、リュールブラン、 25
(22) 出願日	平成21年6月15日(2009.6.15)	(74) 代理人	100062007 弁理士 川口 義雄
(62) 分割の表示	特願2002-581572 (P2002-581572) の分割	(74) 代理人	100114188 弁理士 小野 誠
原出願日	平成14年4月11日(2002.4.11)	(74) 代理人	100140523 弁理士 渡邊 千尋
(31) 優先権主張番号	01/05130	(74) 代理人	100119253 弁理士 金山 賢教
(32) 優先日	平成13年4月13日(2001.4.13)	(74) 代理人	100103920 弁理士 大崎 勝真
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御された機械的保持力を有する剥離可能な基板、およびその製造方法

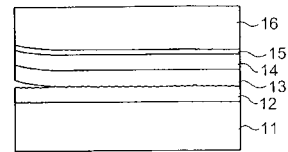
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 層の1つの面と基板の1つの面との分子接着を使用して固定することにより界面を形成する工程を含み、後の剥離に適合するように制御されたレベルで界面が機械的に保持される、剥離可能な基板の製造方法を提供する。

【解決手段】 基板11と活性層14は単結晶であり、2つの中間層12、13はそれぞれ基板11および薄層14に接合される。接合される層が接合前に粗面化されているが、強化熱処理されてない基板に熱酸化により、酸化物層15が形成される。この剥離可能な基板(11+12+13+14+15)は活性層の最終支持基盤16に分子接着される。エッチングにより2つの界面12/13、15/16が優先的にエッチングされ、機械的剥離により、最終構造13+14+15+16が完全に分離し、フッ化水素エッチング等により、酸化物13を除去するとSOI構造がえられる。

【選択図】 図4

Fig.4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 のウエハの 1 つの面の第 2 のウエハの 1 つの面への分子接着接合による剥離可能な構造の形成方法であって、その粗さを増大させて 2 つのウエハの間の界面の制御されたレベルの機械的強度をもたらすために接合前に前記面の少なくとも 1 つを処理する工程、界面の接合後前記 2 つのウエハの少なくとも 1 つ上に構成要素の一部または全体を形成する工程、及び前記接合界面で前記構造を引き続き剥離する工程を含み、前記制御されたレベルの機械的強度は前記形成及び引き続き剥離という引き続き工程に適合する方法。

【請求項 2】

1 つの面の前記粗さを増大させる工程が、前記面の局所的な化学エッチングを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

前記化学エッチングが酸エッチングであることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記酸エッチングがフッ化水素酸を使用して実施されることを特徴とする、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記 2 つのウエハの少なくとも 1 つに薄層が形成されることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

ウエハの化学的および / または機械的シニングによって前記薄層が得られることを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。 20

【請求項 7】

1 つのウエハの埋め込み脆弱領域が破壊されることによって前記薄層が得られることを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

ガス状物質が打ち込まれることによって前記埋め込み脆弱領域が得られることを特徴とする、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記剥離工程が、化学エッチングおよび / または熱応力の使用および / または機械力の使用によって実施されることを特徴とする、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の方法。 30

【請求項 10】

リフトオフの前に前記ウエハの少なくとも 1 つが少なくとも 1 つの素子に切断されることを特徴とする、請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

前記剥離が素子ごとに実施されることを特徴とする、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記構造を形成する工程と前記剥離工程との間に、前記構造がその薄層の高さで基板 (16、16') に接合される第 2 の接合工程が実施されることを特徴とする、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の方法。 40

【請求項 13】

前記接合工程が分子接着接合を含むことを特徴とする、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記接合工程が接着接合を含むことを特徴とする、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 15】

UV 線によって硬化する接着剤を使用して前記接着接合が実施されることを特徴とする、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記基板をリフトオフする工程が、化学エッチングおよび / または機械的応力および / 50

または熱応力および/または光応力の使用によって実施されることを特徴とする、請求項 12 から 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

前記構造を形成する工程と前記剥離工程との間に、マイクロエレクトロニクス構成要素、オプトエレクトロニクス構成要素、機械的構成要素、圧電性構成要素、超伝導構成要素、または磁性構成要素の全体または一部を製造する工程が実施されることを特徴とする、請求項 1 から 16 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 18】

前記構造を分離した後で、前記ウエハの少なくとも 1 つが再び使用されることを特徴とする、請求項 1 から 17 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 19】

前記薄層が半導体材料の層であることを特徴とする、請求項 5 から 18 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 20】

第 1 のウエハの 1 つの面の第 2 のウエハの 1 つの面への分子接着接合による剥離可能な構造の形成方法であって、2 つのウエハの間の界面の制御されたレベルの機械的強度をもたらすために接合前に前記面の少なくとも 1 つを処理する工程、界面の接合後前記 2 つのウエハの少なくとも 1 つ上に構成要素の一部または全体を形成する工程、前記構造を基板に接合する第 2 の接合工程及び前記接合界面で前記構造を引き続き剥離する工程を含み、前記制御されたレベルの機械的強度は前記形成及び引き続き剥離という引き続き工程に適合する方法。

20

【請求項 21】

第 1 のウエハの 1 つの面の第 2 のウエハの 1 つの面への分子接着接合による剥離可能な構造の形成方法であって、その粗さを増大させて 2 つのウエハの間の界面の制御されたレベルの機械的強度をもたらすために接合前に前記面の少なくとも 1 つを処理する工程、界面の接合後前記 2 つのウエハの少なくとも 1 つ上に構成要素の一部または全体を形成する工程、及び前記接合界面で前記構造を引き続き剥離する工程を含み、前記制御されたレベルの機械的強度は前記形成及び引き続き剥離という引き続き工程に適合し、前記剥離工程は少なくとも化学エッチングにより行われる方法。

【請求項 22】

第 1 のウエハの 1 つの面の第 2 のウエハの 1 つの面への分子接着接合による剥離可能な構造の形成方法であって、2 つのウエハの間の界面の制御されたレベルの機械的強度をもたらすために接合前に前記面の少なくとも 1 つを処理する工程、界面の接合後前記 2 つのウエハの少なくとも 1 つ上に構成要素の一部または全体を形成する工程、及び前記接合界面で前記構造を引き続き剥離する工程を含み、前記引き続き剥離工程は前記ウエハの一つを少なくとも 1 つの素子に切断する工程と前記界面を素子ごとに剥離する工程を含み、前記制御されたレベルの機械的強度は前記形成及び引き続き剥離という引き続き工程に適合する方法。

30

【請求項 23】

前記処理工程が前記面の少なくとも 1 つの粗さを増大させる工程であることを特徴とする、請求項 20 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

40

【請求項 24】

前記処理工程が前記面の少なくとも 1 つの親水性を調整する工程を含むことを特徴とする、請求項 20 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 25】

前記製造工程がマイクロエレクトロニクス構成要素、オプトエレクトロニクス構成要素、機械的構成要素、圧電性構成要素、超伝導構成要素、または磁性構成要素の全体または一部を製造することを含む、請求項 20 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、2つのマイクロエレクトロニクスウエハを組み立てる方法、およびそれによって得られる構造に関する。これは、薄層基板の製造、およびあらゆる種類の支持体への層または構成要素の転写において用途が見いだされている。

【背景技術】

【0002】

構成要素の製造に使用される支持体とは異なる支持体上に構成要素が集積される必要性が高まってきている。

【0003】

例えば、プラスチック材料基板上または可撓性基板上の構成要素を挙げることができる。構成要素とは、完全または部分的に「処理される」、すなわち完全または部分的に製造されるあらゆるマイクロエレクトロニクス、オプトエレクトロニクス、またはセンサ（例えば、化学的、機械的、熱的、生物学的、または生化学的なセンサ）のデバイスを意味する。

10

【0004】

可撓性支持体上に構成要素を集積するために、層を転写する方法を使用することができる。

【0005】

構成要素または層をこれらの製造に使用されるものとは異なると思われる支持体上に集積するために好適な解決方法が層転写技術によって提供可能となる多数の他の用途の例が存在する。同様の考え方で、層転写技術は、構成要素を有する場合も有さない場合もある薄層を、例えば後に分離または除去することによって、最初の基板から分離する必要がある場合にも非常に有用である。さらに同様の考え方で、薄層を剥離してこれを別の支持体に転写する方法は、他の方法では不可能となる構造を設計するために有用な自由度を技術者に提供する。薄膜のサンプリングおよび剥離は、通常の状態とは異なりコンデンサが最初に形成され、続いて別のシリコン基板上に転写されてから、新しい基板上に回路の残りの部分が製造されるダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ（DRAM）の埋め込みコンデンサなどの埋め込み構造の形成に使用することができる。別の例はダブルゲート構造と呼ばれるトランジスタ構造の製造に関する。CMOSトランジスタの第1のゲートは従来技術を使用して基板上に形成され、続いてこれが剥離されて第2の基板に転写されて第2のゲートが形成されてトランジスタが完成し、これによって構造内に第1のゲートが埋め込まれた状態で残留する（たとえば、K.スズキ（Suzuki）、T.タナカ（Tanaka）、Y.トサカ（Tosaka）、H.ホリエ（Horie）およびT.スギイ（Sugii）、「高速かつ低出力のn⁺-p⁺ダブルゲートSOICMOS」（High-speed and Low-Power n⁺-p⁺ Double-Gate SOI CMOS）、IEICE Trans. Electron., vol. E78-C、1995、360~367ページを参照されたい）。

20

30

【0006】

たとえば、W. Sウオン（Wong）ら、Journal of Electronic MATERIALS、1409ページ、第28巻、第12号、1999、およびI.ポレンティエ（Pollentier）ら、1056ページ、SPIE Vol. 1361 新規オプトエレクトロニクスデバイス用途の物理的概念I（Physical Concepts of Materials for Novel Opto-electronic Device Applications I）（1990）の文献に報告されているように、最初の基板から薄層を分離する必要性は発光ダイオード（LED）の分野で遭遇している。ここでの目的の1つは、放出光の抽出制御を向上させることである。別の目的は、この特定の例において、電気絶縁性であるため電氣的接触の形成が妨害されるという理由でエピタキシャルスタックの製造に使用されるサファイア基板は後にかさ高くなるという事実と関連がある。材料の成長相に好都合となるので、後でサファイア基板を除去することができるようにすることが望ましいと思われる。

40

50

【 0 0 0 7 】

同様の状況は、例えば電気通信およびマイクロ波に関する用途の分野でも遭遇する。この状況では、通常少なくとも数 $k \cdot cm$ の高い抵抗率を有する支持体上に構成要素が最後に集積されることが好ましい。しかし、高抵抗率の基板は、通常使用される標準的な基板と同じコストおよび同じ品質で使用できるとは限らない。シリコンの場合、標準的な抵抗率の 200 mm および 300 mm のシリコンウエハが利用できるが、 $1k \cdot cm$ を超える抵抗率の場合、 200 mm サイズでの提供は非常にわずかであり 300 mm サイズは全く存在しない。解決法の1つは、標準的な基板（ p 型シリコンの例では $14 \cdot cm$ から $22 \cdot cm$ の抵抗率を有する）を含む最初の構造上に構成要素を形成した後、最終工程中に構成要素を有する薄層をガラス、石英、サファイヤなどの絶縁性基板に転写することである。

10

【 0 0 0 8 】

技術的な観点から、これらの転写作業の大きな利点は、構成要素が形成される層の性質と最終的な支持体の性質との間の関係が重要ではなくなることであり、その結果多くの他の状況で好都合となる。

【 0 0 0 9 】

構成要素の製造に好都合である最初の基板が非常にコストが高いような状況も挙げることができる。たとえば、向上した性能（より高温での使用、最大出力および使用頻度の有意な向上など）が得られるが、シリコンと比較するとコストが非常に高い炭化ケイ素の場合、コストのかかる最初の基板（この場合炭化ケイ素）の薄層を安価な最終基板（この場合シリコン）に転写し、コストのかかる最初の基板は回収し、場合によっては再生作業の後で再利用すると好都合である。転写作業は、構成要素の製造前、製造中、または製造後に実施することができる。

20

【 0 0 1 0 】

上記技術は、薄い最終基板を得ることが最終用途で重要となるすべての分野で好都合となりうることも分かる。特に、熱の排出に関する理由のため、または場合によっては電流が通過する厚さに対して第一次近似で比例して損失しながら電流が基板の厚さを流れる必要があるためのいずれかの場合の電力用途を挙げることができる。可撓性の理由で薄い基板が必要となるスマートカード用途も挙げることができる。これらの用途では、厚いまたは標準的な厚さの最初の基板上に回路が形成され、このような基板は、第1に種々の工程段階における機械抵抗に優れ、第2にある製造装置で使用する場合の規格に適合するという利点を有する。次に、最終的シニングが剥離によって実施される。この剥離は、別の支持体に転写することによって実施することができる。場合により、特にシニングで目標とされる最終厚さが自立構造を形成するために十分である場合は、別の支持体への転写は不可欠ではない。

30

【 0 0 1 1 】

ある支持体から別の支持体に層を転写するためには多数の方法を使用することができる。場合によっては、層と支持体とのアセンブリは一時的なものであってよい。このような状況は、たとえば、転写中、または層が転写される前の種々の処理中の保持を保證することが機能である取扱用基板が薄層転写に使用される場合に生じる。これに関しては、T. ハマグシ (Hamagushi) ら、IEDM 1985、688~691ページの文献を参照されたい。次に、層と基板とを組み立てるために使用される手段の選択の問題が発生する。特に接着手段は、それらの役割を果たし、特に転写される部分に使用される手段によって生じる応力に耐えるために十分な強さである必要がある。また、転写される層を除去するためにアセンブリを分離できる必要もある。層が取扱用基板に固定される場合で、薄層が転写される前に構成要素（マイクロエレクトロニクス構成要素、オプトエレクトロニクス構成要素、機械的構成要素、圧電性構成要素、超伝導構成要素、または磁性構成要素）が完全または部分的に形成される必要がある場合には、接着手段によるさらに別の応力（熱応力、機械応力など）が存在する。したがって、接着手段は、構成要素の製造工程中に薄層と取扱用基板とのアセンブリを形成するために十分強く、同時に取扱用基

40

50

板を最終的に剥離できるように可逆的である必要がある。

【0012】

より一般的には、ウエハを別のウエハと組み合わせる場合であって、部分的または完全に加工されたまたは未加工の少なくとも1種類以上の半導体材料で構成される基板、薄層、自立するために十分な厚さの複合材料などになりうる場合、後にアセンブリ界面でアセンブリを分離する必要があるという問題が生じる。剥離前に、2つのウエハの少なくとも1つで構成要素が完全または部分的に構成可能か、あるいはエピタキシャル成長工程が実施可能となっている必要がある。

【0013】

種々の解決方法が考えられている。

10

【0014】

第1の解決方法は、研磨によって支持ウエハを除去することであるが、この場合にはウエハが消費される(この工程中に破壊される)。このことは2つのウエハの間にエッチング停止層が設けられる場合でも同様であり、研磨とエッチングを組み合わせることによって支持ウエハが消費される。

【0015】

「リフトオフ」法に基づく別の方法も最初の支持体にあらかじめ接合された薄層を分離するが、この場合には支持体が必ずしも消費されるわけではない。一般にこれらの方法は埋め込み中間層の選択的エッチングを使用し、場合によっては機械力が関連する。この種の方法は、種々の支持体にIII族からV族の元素を転写するために非常に広範に使用されている(C.カンペリ(Camperi)ら、フォトニクス技術におけるIEEE会報(IEEE Transactions on photonics technology)、第3巻、12(1991)、1123を参照されたい)。P.デミスター(Demeester)ら、Semicond. Sci. Technol. 8(1993)、1124-1135の論文に説明されているように、通常はエピタキシャル成長工程後に実施される転写は、(それぞれ「後加工」または「前加工」による)構成要素の形成前または後に実施することができる。しかし、リフトオフに基づくこれらの技術は、横方向の大きさが1mmを超える場合にリフトオフを実施するのが困難であるという事実に依拠している。

20

【0016】

他の場合にも一般的となりうる(すなわち任意の特定の剥離効果を追求しない場合に形成される)が、別の解決方法は絶縁体上シリコン(SOI)構造の場合に埋め込み酸化物の存在を利用することである。この構造が別の基板に十分強く接合し、この構造に大きな応力が加わる場合、酸化物に優先的に発生する制御できない破損によって、基板全体の規模で切断作用が発生しうる。文献「PHILIPS Journal of Research」、第49巻、第1/2号、1995の53~55にこの例が示されている。残念ながら、この破損は制御が困難であり、これが生じるためには大きい機械的応力が必要であり、基板が破壊されたり構成要素が損傷したりする危険性はなくなる。

30

【0017】

欧州特許第0703609 A1号は、接合エネルギーを制御することによる最終基板上への層の転写を開示している。しかしこの文献では、薄層と第1の基板との間に第1の接合エネルギーが存在する。層と、第2の基板、目標基板、またはマニピュレータとの間の一定の被着体との間の接合エネルギーが、層と第1の基板との間の第1の接合エネルギーよりも大きくなるように制御される。

40

【0018】

2つのウエハの間の接合エネルギーを増加させるために使用される方法は広く知られている。それらの方法は上述の状況で使用されるが、他の状況でも使用される。SOI構造の形成がその例である。

【0019】

SOI構造が形成される場合、通常 1 J/m^2 から 2 J/m^2 の高い接合エネルギーを得

50

るための表面処理作業は最後に実施されることが意図されており、多くの場合接合後にアニールが使用される。従来、標準的な製造作業によるSiO₂/SiO₂接合の場合では、この構造の接合エネルギーは室温で数十mJ/m²となり、400℃で30分間アニールした後で500mJ/m²となる(マザラ(Maszara)の開発したブレード法で結合エネルギーを測定した(マザラ(Maszara)ら、J Appl. Phys.、64(10)、4943ページ、1988)を参照されたい)。この構造を高温(1100℃)でアニールすると、その接合エネルギーは一般に2J/m²程度になる(C.マレビル(Maleville)ら、半導体ウエハ接合、科学技術および応用IV(Semiconductor wafer bonding、Science Technology and Application IV)、PV 97-36、46、電気化学学会会報シリーズ(The Electrochemical Society Proceedings Series)、ニュージャージー州ペニントン(Pennington、NJ)(1998))。接合させる表面にプラズマ(例えば酸素プラズマ)に曝露するなどの接合前の他の処理方法も存在し、常にこのようなアニールを必要としなくても同等の接合エネルギーを得ることができる(YA、リー(Li)およびR.W.バウアー(Bower)、Jpn. J: Appl. Phys.、第37巻、737ページ、1998)。この大きさのエネルギーによる封止は、剥離には不適切である。

【0020】

ある変形は、接合SOI(BSOI)、ならびに接合およびエッチバックSOI(BESOI)として知られている。分子接着接合に加えて、これらの変形は、研磨技術および/または化学エッチング技術によって最初の基板を物理的に除去することに基づいている。この場合、基板が消費される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0021】

【特許文献1】欧州特許第0703609 A1号

【非特許文献】

【0022】

【特許文献1】K. Suzuki、T. Tanaka、Y. Tosaka、H. HorieおよびT. Sugii、High-speed and Low-Power n+p+ Double-Gate SOI CMOS、IEICE Trans. Electron.、vol. E78-C、1995、360~367ページ

【特許文献2】W. S. Wongら、Journal of Electronic Materials、1409ページ、第28巻、第12号、1999

【特許文献3】I. Pollentierら、1056ページ、SPIE Vol. 1361 Physical Concepts of Materials for Novel Opto-electronic Device Applications I(1990)

【特許文献4】T. Hamagushiら、IEDM 1985、688~691ページ

【特許文献5】C. Camperiら、IEEE Transactions on Photonics technology、第3巻、12(1991)、1123

【特許文献6】P. Demeesterら、Semicond. Sci. Technol. 8(1993)、1124-1135

【特許文献7】PHILIPS Journal of Research、第49巻、第1/2号、1995の53~55

【特許文献8】Maszaraら、J Appl. Phys.、64(10)、4943ページ、1988

【特許文献9】C. Malevilleら、Semiconductor wafer bonding、Science Technology and Application IV、PV 97-36、46、The Electrochemical So

10

20

30

40

50

ciety Proceedings Series, Pennington, NJ (1998)

【特許文献10】YA、LiおよびR.W. Bower、Jpn. J: Appl. Phys.、第37巻、737ページ、1998

【特許文献11】O. Raysacら、Proceedings of the 2nd International Conference on Materials for Micro-electronics、IOM Communications、183ページ、1998

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0023】

本発明者らは、表面の親水性および粗さを変化させることによって、従来得られた機械的強度を超えるあるいはこれを下回る種々の機械的強度を得ることができることを発見した。たとえば、O.レイサク(Raysac)らの論文(第2回マイクロエレクトロニクス材料国際会議、IOMコミュニケーションズ(Proceedings of the 2nd International Conference on Materials for Micro-electronics、IOM Communications)、183ページ、1998)に示されるように、フッ化水素酸エッチングは酸化ケイ素層の粗さを増加させる。この論文は、8000 rmsエッチングによって粗さが約0.2 nmから0.625 nm増大すると述べている。対面する表面のrms粗さが0.625 nmおよび0.625 nmであるSiO₂/SiO₂接合は、1100におけるアニールの後500 mJ/m²程度の最大接合エネルギー値が得られることが確認されている、すなわち標準的な状態よりもはるかに低い値である。

20

【課題を解決するための手段】

【0024】

(本発明による技術的問題および解決方法)

したがって、本発明は、2つのウエハを分子接着接合して組み立てる技術に関し、得られる構造はアセンブリ界面において分離されることが意図される。層上に構成要素またはセンサが完全または部分的に形成された後、または一方のウエハ上のエピタキシャル成長工程の後に、この構造の剥離またはリフトオフが実施される。

30

【0025】

本発明は、界面または制御が容易な機械的強度を有する中間層によって互いに接合された2つのウエハを含む構造に関し、これによって、前記構造は構成要素の完全または部分的な製造(例えばエピタキシャルスタックの付着)に適合しているが、前記構造は分離可能である。本明細書では一般にこのような構造を「剥離可能な構造」または「剥離可能な基板」と呼ぶ。

【0026】

この目的のため、本発明は、一方のウエハの一面と他方のウエハの一面との分子接着接合による界面の形成を提案しており、接合されるこれらの面の少なくとも一方に対して界面の機械的強度を制御するための予備処理工程が実施される。分子接着接合は、中間層(酸化物、窒化物)を使用しても使用しなくても実施可能である。

40

【0027】

ウエハの一部(ダイ、構成要素、またはダイのセットおよびサブセットなど)の高さでの剥離に対応した状況では、ウエハの製造は、剥離工程前に前記層の少なくとも1つのフラグメントの範囲を画定する工程を含むことが好ましい。

【0028】

界面の機械的強度を制御するためには、面の粗さおよび/または親水性を制御するため、組み立てられる2つの面の少なくとも1つを処理する工程が必要である。

【0029】

- 粗さを制御することによって表面を処理するために、SiO₂表面の場合には、たと

50

えば、フッ化水素酸エッチングを使用することができる。当然ながら、エッチングされる材料の性質に応じてその他の化学処理も可能である。

【0030】

- SOI型の剥離可能な基板を製造するためには、 SiO_2 / SiO_2 接合および Si / SiO_2 接合の例が考慮される。異なる種類の層の場合 (Si_3N_4 は別の従来例であるが、さらにケイ化物も存在する)、好適な化学処理 (Si の場合の NH_4OH / H_2O / H_2O ($SC1$ と呼ばれる) から類推して、例えば Si_3N_4 の場合には H_3PO_4 または HF) を使用すれば十分である。

【0031】

- 界面の機械的強度は、制御された方法で界面を強化するための熱処理などの処理によって変化し、すなわち熱処理パラメータ (処理時間、温度、温度勾配など) を制御することによって後の剥離に適合させることができる。熱処理としては、構成要素の後の製造と関連する熱処理が挙げられる。この方法で処理される面は、中間層 (例えば酸化物や窒化物層) を使用または使用せずに分子接着させることができる。

10

【0032】

- 界面を形成する工程に続いて、2つのウエハをリフトオフする工程が実施され、剥離された後で、マイクロエレクトロニクス構成要素、オプトエレクトロニクス構成要素、機械的構成要素、圧電性構成要素、超伝導構成要素、または磁性構成要素のすべてまたは一部が製造される工程を実施することができる。界面形成工程とリフトオフ工程の間に、好都合には、第2の界面を形成するための別の接合工程を実施することができる。この接合工程は好都合には、分子接着接合または接着接合 (UV線によって硬化する接着剤、樹脂、ポリマー接着剤を使用) を含む。この場合、第2の界面の高さにおけるリフトオフ工程は好都合には、酸エッチングおよび/または機械的応力および/または熱応力および/または光応力の使用によって実施することができる。加工や転写が行われていないウエハは好都合には、リフトオフ後に再使用することができる。

20

【0033】

- ウエハは、「加工」された、またはされていない Si 、 Ge 、 $SiGe$ 、 SiC 、 GaN 、および他の同等の窒化物、 $AsGa$ 、 InP 、あるいは強誘電材料または圧電材料 ($LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$)、または磁性材料から好ましくは選択される半導体材料が好ましい。

30

【0034】

- 薄層は、2つのウエハの少なくとも1つに形成することができる。薄層は、最初の基板のシニングにより形成することができる。

【0035】

- シニングは、平坦化および/または化学的機械的研磨またはその他の研磨、および/または化学エッチングにより実施される。

【0036】

- 薄層は切削によって得ることができる。

【0037】

- 切削は脆弱埋め込み層を破壊することにより実施される。

40

【0038】

- 脆弱埋め込み層は打ち込みによって得られ、破壊は熱処理および/または機械的処理および/または化学処理によって得られる。

【0039】

- 打ち込まれる物質はガス (水素、ヘリウムなど) である。

【0040】

製品に関して、本発明は、特に表面の粗さおよび/または親水性を制御することによって機械的強度が制御されたレベルとなる接合界面で互いに接合する2つのウエハを含むアセンブリを提案する。

【0041】

50

好ましい特徴によると、以下のものの組み合わせが可能である。

【0042】

・薄層は2つのウエハの少なくとも1つに形成することができる。

【0043】

・前記層は、好都合には分子接着接合、またはUV線によって硬化する接着剤などを使用する接着接合によって第2の基板とさらに接合される。

【0044】

・界面または接合した層の化学的および/または機械的強度は、接合する粗面、多孔質材料、埋め込み欠陥、気体または非気体による微小空隙のいずれが問題になるかによって、ある領域で他の領域よりも選択的に強化されるか選択的に脆弱化されるように、局所的または不均一な処理（熱処理、UV曝露、レーザー照射など）を使用して選択的に調整される。

10

【0045】

・前記層は、「加工」された、またはされていない半導体材料（Si、Ge、SiGe、SiC、GaN、および他の同等の窒化物、AsGa、InPなど）、あるいは強誘電材料または圧電材料（LiNbO₃、LiNbO₃）、あるいは磁性材料または超伝導材料（YBaCuO、NbNなど）である。

【0046】

本発明の態様、特徴、および利点は、例示のために提供される以下の説明および非限定的実施例、ならびに添付の図面を参照することによって明らかとなる。

20

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】基板上の薄層の組み合わせの断面の概略図であり、層と基板の間の界面はある接合エネルギーを有する。

【図2】表面層の付着または成長の後の図1の組み合わせの概略図である。

【図3】最終基板と呼ばれる第2の基板に分子接合させた後の上記の構造の図である。

【図4】薄層と第1の基板との間の界面でのリフトオフ作業中の図である。

【図5】リフトオフし、分離した界面層を除去した後に得られるウエハの概略図である。

【図6】図1の種類の剥離可能なアセンブリの図である。

【図7】第1のトランジスタゲートなどの構成要素を形成した後の上記アセンブリの図である。

30

【図8】酸化物を付着した後の上記アセンブリの図である。

【図9】平坦化（例えばCMPによる）後の上記アセンブリの図である。

【図10】分子接着接合（熱処理を含む）後の上記アセンブリの図である。

【図11】剥離し、脱酸素して分離した界面層を除去した後の上記アセンブリの図である。

【図12】図1の種類の剥離可能なアセンブリの図である。

【図13】構成要素を形成した後の上記アセンブリの図である。

【図14】目標基板への転写は行わないフッ化水素酸エッチングおよび/または機械力の付与による剥離中の上記アセンブリの図である。

40

【図15】最終基板と再利用可能な基板とに分離した後の上記アセンブリの図である。

【図16】構成要素間にトレンチまたはノッチを切削した後の図13の変法である。

【図17】フッ化水素酸エッチング後などにリフトオフされる構成要素を示す上記アセンブリの図である。

【図18】図1と類似の図である。

【図19】透明基板を接着接合した後の図3のアセンブリの断面の概略図である。

【図20】リフトオフおよび研磨の後のこのアセンブリ上部の図である。

【図21】リフトオフおよび研磨の後のこのアセンブリ上部の図である。

【図22】図1と同様の構造の全体図であり、化学的機械的切削によって除去される領域を示している。

50

【図 2 3】上部基板接合後の上記構造の図である。

【図 2 4】図 1 と類似のアセンブリの図である。

【図 2 5】GaN系エピタキシャルスタックの付着後の上記アセンブリの図である。

【図 2 6】基板接合後の上記アセンブリの図である。

【図 2 7】リフトオフ時の上記アセンブリの図である。

【図 2 8】分離した界面層を除去した後の上記アセンブリの上部の図である。

【図 2 9】スタックのすぐ下にある層を除去した後の上記アセンブリの図である。

【発明を実施するための形態】

【0048】

詳細な説明のために選択された好ましい実施例は、直径 200 mm などの円形基板の形態で多くの場合入手可能なシリコンに主として関連している。これらの方法は、非限定的な方法で本発明の範囲から逸脱せずに、特にシリコン以外の材料を特徴とする他の系に容易に移行される。

10

【0049】

本発明による一部の実施形態は、全体の高さ、すなわち基板全体の規模で基板のリフトオフを促進する傾向にあるが、他の方法では範囲が画定されたフラグメントでリフトオフされる傾向にある。

【0050】

剥離可能な SOI 基板の場合、 $\text{SiO}_2 / \text{SiO}_2$ 接合および Si / SiO_2 接合の例が考慮される。異なる種類の層の場合 (Si_3N_4 は別の従来例であるが、ケイ化物も存在する)、後述の方法から類推して、好適な化学処理 (例えば Si の場合の $\text{NH}_4\text{OH} / \text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ (SC1 と呼ばれる) であり、 Si_3N_4 の場合には H_3PO_4 または HF である) を使用すれば十分である。図 1 は、基板 (11) と薄層 (14) とは単結晶シリコンであり、2つの中間層 (12) および (13) はそれぞれ基板 (11) および薄層 (14) に接合される前に形成される例を示している。当然ながら、2つの中間層 (12) または (13) のうち 1つだけ存在すれば十分となりうるし、どちらも存在しないこともありうる (すなわち Si / Si 接合の場合)。中間層 (12) および (13) が存在しどちらも SiO_2 である場合、この系を $\text{SiO}_2 / \text{SiO}_2$ 接合と呼ぶ。2つの中間層のうち 1つのみが存在しその層が SiO_2 からなる場合、その系を Si / SiO_2 接合と呼ぶ。

20

30

【0051】

分子接着接合に関する特定の態様以外に、図 1 に示されるような構造の形には多数の方法を使用可能であり、そのような方法としては、剥離不可能な SOI 基板の製造の場合に前述した方法 (半導体ウエハ接合科学技術 (Semiconductor Wafer Bonding, Science and Technology)、Q. Y. トン (Tong) および U. ゴーセル (Gosele)、ワイリー・インターサイエンス・パブリケーションズ (Wiley Interscience Publications) を参照されたい) が挙げられる。以降、層 (14) は活性層と呼び、別のエピタキシャル層などが層 (14) 上に付着する特殊な場合を除けばこの層は構成要素を含む層である。ある変形は、接合 SOI (BSOI)、ならびに接合およびエッチバック SOI (BESOI) として知られている。分子接着接合に加えて、これらの変形は、研磨技術および/または化学エッチング技術によって最初の基板を物理的に除去することに基づいている。この場合、基板が消費される。層転写技術で部分的に前述した他の変形は、分子接着接合に加えて、米国特許第 5,374,564 号 (または欧州特許第 533551 号) および米国特許第 6,020,252 号 (または欧州特許第 807970 号) に記載される方法のような脆弱化領域に沿った「切削」による剥離、打ち込まれた領域に沿った剥離または欧州特許第 0925888 号の方法、多孔質となった埋め込み層に沿って破壊することによる剥離に基づいている。

40

【0052】

$\text{SiO}_2 / \text{SiO}_2$ (または Si / SiO_2) 接合の場合の、剥離可能な基板の製造の

50

場合の接合に関する特定の態様に関して、酸化物層は、数種類の方法（付着、シリコンの熱酸化）によって形成可能であり、用途に応じて異なる厚さを有することができる。この例では、厚さ1 μmの熱酸化物が選択される。したがって、1 μmの酸化物で覆われたシリコン基板という構造が得られる。

【0053】

これに続いて、酸化物表面を粗面化するためのフッ化水素酸エッチングが行われ、この粗面化は除去される酸化物の厚さを増加させるために必要である。それぞれの用途で、特に、構成要素の製造中に剥離が起こらないように接合後に使用する必要がある構成要素の製造方法（エピタキシャル成長方法）、および最終的な剥離に適した方法に依存して粗さを最適化させることができる。通常、数十nmから数百nm程度の厚さの酸化物を除去するフッ化水素酸エッチングが最初のよい妥協点となる。フッ化水素酸エッチングは酸化物層（12）および/または（13）の粗さを増大させる。この方法は、酸化物層に特有の親水性を得るための選択的な湿式または乾式洗浄を併用することができる。これによって得られる効果は、標準的な接合よりも弱い接合が得られることである。

10

【0054】

剥離可能な界面の接合エネルギーを制御するための別の方法は、接合作業後に熱アニールを使用することである。特に800を超る温度範囲において、接合後に実施されるアニールにおける約100の温度差は接合エネルギーを大きく変化させる。この方法は、少なくとも1つの中間層（12）および/または（13）の粗面化と併用したり、あるいは単独で実施したり（すなわち粗面化工程は全く実施しない）することができる。非常に好都合であるが、接合を実施する本発明を制限すると決して見なされるものではない方法は、図4に示される構造全体のアニールを行わないか、あるいは構成要素にエピタキシャル層などが形成される温度を超えない温度が好ましい十分低温、または短時間などでアニールが行われるかのいずれかである。この変法は、構成要素およびその他の構造の形成に高温を必要としない用途、構造に機械的応力や非常に強力な化学処理は使用しない用途、ならびに剥離後にさらに支持体上に転写する必要がない（自立最終構造）用途において特に有用である。

20

【0055】

酸化物の粗面化および付着に関しては、基板（11）上で実施される場合についてすでに述べている。変法の1つは、薄層（14）の片面または両面でこれらの作業を実施することである。

30

【0056】

分子接合に基づく技術を使用した剥離可能な基板の製造以外に、その使用に関する手段、およびそれを実行する手段がいくつか存在する。

【0057】

未処理の活性層の厚さまたは処理した活性層の厚さ（すなわち構成要素のすべてまたは一部を形成するために処理した場合の厚さ）に依存するが、剥離可能な基板の利点は、自立層（製造時に剥離可能な基板中にすでにその厚さが存在するか、あるいはエピタキシャル成長工程の場合のように製造後の付着工程中にその厚さが得られるかのいずれかによる比較的厚い層）、または一般により薄く目標支持体上に転写される表面層のいずれかを得るために活性層の剥離を実施できることであり、後者の支持体は最終支持体であるか、それ自体の剥離が意図された単なる一時的支持体であるかのいずれかである。

40

【0058】

種々の方法によって表面層が目標基板に転写される。

【0059】

最初に、転写は、別の基板に転写されるべき薄層となる層の分子接着結合によって実施することができる。

【0060】

剥離可能な基板の利点は、両面上に構成要素が完全または部分的に形成される層をひっくり返すことによって、基板上への薄層の「搭載」および「取り外し」を自由に実施でき

50

ることである。

【0061】

例として、本明細書では第2のSOI構造と呼ぶ新しいSOI構造を形成する場合の剥離方法を以下に説明する。この種の方法は、前述の方法よりも直接的ではないが、多数の利点を有する。ここで選択される例は、この種の方法を直接使用して実現するのは困難な厚さである厚さ500の埋め込み酸化物層を有する第2のSOIの形成に関する。

【0062】

第1の構造は、図1に対応する剥離可能な基板を作製するための前述の方法の1つによって得られる。この例では、単結晶シリコン層14が活性層になる。接合される層が接合前に粗面化されており、非常に高温（好ましくは1100未満であり、より好ましくは1000未満であり、さらには900未満である）における強化熱処理が実施されていないこの剥離可能な基板の上に、熱酸化によって500の酸化物層16が形成されて、図2に示される構造が得られる。この酸化物は、第2のSOI構造の埋め込み酸化物になる。この例では、剥離可能な基板（11+12+13+14+15）は、活性層の最終支持体となるシリコン基板16に分子接着接合される（図3参照）。得られるスタックは、層（15）および（16）の界面における第2の接合を強固にするために高温（1100）で安定化させることが好ましい。しかし、同じ処理が実施される場合でも、第1の接合は、最初に粗面化されるために第2の接合よりも機械的強度が低い。化学的および/または機械的リフトオフ法を使用することができる。たとえば、上記のようにして得られたスタックは最初にフッ化水素酸浴に浸漬されるが、その第1の目的はアSEMBリの端部の方から酸化物層（12）および13にオーバーエッチングを生じさせることである。2つの界面12/13および15/16が優先的にエッチングされる。さらに、剥離可能な基板の界面12/13は好都合には酸化物/酸化物界面である。この場合、酸化物とシリコンとの間の界面15/16のエッチングが促進される。したがって、この第1のリフトオフ工程中、剥離可能な基板の界面よりも第2の接合の回目の方が表面のエッチングが少ない。機械的剥離（欧州特許第0925888号に記載されるような加圧水ジェット、仏国特許第2796491号に記載されるような圧縮空気ジェット、WO00/26000号に記載されるような牽引、ブレードの挿入などによる）によって、最終構造13+14+15+16（図4参照）が完全に分離する。フッ化水素エッチングなどによって酸化物13を除去すると、最終SOI構造が得られる（図5）。剥離可能な基板内で基板として機能するSiウエハは、たとえば別の剥離可能な基板などを作製するために再生して再利用することができる（層12を除去した後が好ましい）。

【0063】

剥離の発生を促進するための別の方法は、基板の外輪の少なくとも一部を除去することである。この目的のために、湿式または乾式化学エッチング法、あるいは他の機械的研磨、レーザー切断などの方法を外環に集中して使用することができる（これによって斜線部分の領域が除去された図22の構造が得られ、第2の基板を取り付けた後で図23の構造が得られる）。

【0064】

前述のように層14に形成される厚さ500の埋め込み酸化物層15は、層14上に接合させる前に基板16上に形成することができる。別の变法では、500の厚さが2つの部分に分割され、一方の部分は例えば厚さ250で基板16上にあり、もう一方の部分は厚さ250で層14上にある。

【0065】

2つの分子接着接合した界面がどちらも酸化物/酸化物型である場合、高温における第2の接合の安定化は、フッ化水素酸エッチングが第1の界面で優先的に起こる様な方法で実施することができる。この方法では、弱い第1の界面が形成されることによって、第1の接合界面における完全なスタックの優先的な剥離が起こる。

【0066】

本発明による方法の使用の別の例は、ダブルゲートトランジスタ構造の形成に関する（

10

20

30

40

50

図6から図11参照)。トランジスタの製造に関する第1の作業は、従来技術を使用して剥離可能な基板(図6)上に第1のCMOSトランジスタゲート(図7)を形成することから実質的になり、たとえば、図1に示したような薄い埋め込み酸化物層を有するSOI構造の形成に関して前述した方法と全く同じである。接合の安定化温度は、900 から1000 程度の温度範囲に低下させることができる。次に、従来の付着法(例えばCVD)を使用してこの基板の上に厚さが1 μ m程度の酸化物層を付着させる(図8)。従来の化学的機械的研磨法を使用して酸化物の平坦化を行う(図9)。これに続いて、別のシリコン基板16との分子接着接合が行われる(図10)。この接合は、第1のゲートに形成される構造が高温に耐えられる場合には1000 から1100 の温度で安定化させることが好ましく、層でない場合には900 から1000 程度の温度で実施される。最後に(図11)、剥離は、前述した方法(ブレードの挿入、加圧水ジェット、圧縮空気ジェットなど)と全く同じ方法で実施される。トランジスタ製造工程を再開する前に、特に第2のゲートを形成するために、残りの酸化物層13を化学エッチングで除去する。シリコンに対してエッチング選択性を有することが知られているフッ化水素酸溶液で酸化物のエッチングが行われるため、酸化物が完全にエッチングされると自然にエッチングが停止し、シリコン表面が現れる。打ち込み法などで得られる破壊などに基づく他の方法に対するこの剥離法の大きな利点は、最終研磨作業などでは欠陥が生じる可能性があるということが問題な過度に複雑な仕上順序を必要としないことである。

10

20

30

40

50

【0067】

他の多くの用途に同じ方法を使用することができる。第1のSOI構造(図1参照)がトランジスタ、回路、または構成要素などの製造に使用される場合、最終的にこれらを多くの種類の専用の支持体に転写することができる。たとえば、マイクロ波および電気通信回路に理想的な支持体を得るためには、基板16はその電気絶縁性(高抵抗率シリコン、石英、サファイアなど)から選択することができる。それによって基板の損失が制限される。フラットスクリーンに関する用途の場合、溶融シリカなどの透明基板が最終支持体として選択される。

【0068】

剥離の別の例として、薄い基板の上に回路を形成する場合について本明細書で簡潔に説明する(図12から図15)。対象となる最終厚さは通常数百 μ m未満であり、数十 μ m程度となる場合もある。これらは、たとえば、電力用途、あるいはスマートカードや、ある程度の可撓性が必要とされる(プラスチック材料支持体、湾曲支持体など)その他の回路などの用途に関する。この例は、目標基板に転写する必要がない種類の剥離に関する。この場合の目的は、層14層が自立型となるために十分な厚さを有するが、集成的回路製造工程で損傷なしに耐えるには薄すぎる場合(通常は数百 μ m未満であり、数十 μ m程度となることもある)に、回路または構成要素を製造後に層14を転写せずに剥離を実施することである。剥離可能な基板の製造方法は、例えば図1の構造の製造に関して前述した任意の方法のそれぞれと同じである。直径200mmのシリコンウエハの場合、標準的な基板の厚さは725 μ mである。最終基板の厚さが80 μ mとなる必要がある用途では、たとえばシリコン基板725 - 80 = 645 μ mが支持基板11として選択される(図12)。したがって、得られるアセンブリは標準的な厚さに相当し、構成要素の製造工程に十分耐えられる。構成要素の製造後(図13)、前述の剥離法のうちの1つを使用することができるが(図14)、基板16は省略することができる。剥離後、自立層14(図15)単独が、対象となる目標基板となり、構成要素を含めた基板厚さ80 μ mを特徴とする。

【0069】

剥離界面を形成するためのパラメータは、機械的応力の性質に応じて、剥離前に、剥離可能な基板に実施する必要がある技術的作業、特に熱処理および化学処理に適合させる必要がある。たとえば、剥離可能な基板が、エピタキシャル成長温度550 (宇宙空間で使用する太陽電池を構成するためのGaInAsの成長の場合には一般的な温度である)に耐える必要があるSiO₂ - SiO₂ 接合界面を有するゲルマニウム表面層からなる場

合、剥離可能となる基板の r m s 粗さは好都合には 0 . 4 n m となる必要がある。

【 0 0 7 0 】

別の使用例は、第 1 に回路のサイズの増大のため、第 2 に変形に対する抵抗性がより高いカードが必要とされる傾向にあるために支持体の可撓性が重要となるスマートカードの回路の製造に関する。厚さが約 5 0 μ m を超える単結晶シリコン支持体は、スマートカードに通常発生しうる曲げの力が加わる場合に厚すぎるため、この場合には脆弱性が高すぎる。

【 0 0 7 1 】

ダイの製造の場合、図 1 3 の構造から開始して製造することが可能であり（図 1 6 参照）、引き抜き工具 S A をそれぞれ取り出すことが可能でフラグメントを分離するノッチを形成することができる（図 1 7 ）。

10

【 0 0 7 2 】

図 1 8 は、図 1 と同様の出発アセンブリを示しており、出発基板 1 1 ' は酸化ケイ素の層 1 2 ' で覆われ、層 1 2 ' は酸化ケイ素の第 2 の層 1 3 ' と分子接着接合し、層 1 3 ' はシリコン層 1 4 ' で覆われている。回路はシリコン層 1 4 ' 内部に形成される。続いて、第 2 の支持体 1 6 ' と組み合わせるため、接着剤は、非常に薄い層 1 5 を形成するように選択され、さらにこの接合工程後に形成される活性層の構成要素を損傷する危険性がなくなるように例えば < 4 0 0 の低温で機械的強度が最高となりうるように選択されることが好ましい。これらは、熱または UV 線への曝露（この後者の場合では UV に対して透明である最終基板 1 6 ' が選択されると十分である）によって硬化する接着剤であれば好都合となりうる（図 1 9 ）。

20

【 0 0 7 3 】

剥離可能な基板をリフトオフする場合（この場合は接合界面 1 2 ' / 1 3 ' において）、UV に対して透明である接着剤および基板（実際では石英製やガラス製）は化合物（フッ化水素酸、溶媒など）に対して全体的に不活性ではないため、純粋に化学的リフトオフを実施するのは困難となる可能性がある。一方、剥離界面における接合エネルギーが接着剤と集積回路を構成する種々の層との強度よりも低くなるのであれば界面 1 2 ' / 1 3 ' における構造は純粋な機械的作用によって十分にリフトオフ可能である（これは比較的容易に実施可能である）。この後、基板 1 1 ' は数回使用することができる。剥離を促進するためには、基板の外輪を除去すると好都合となる場合がある。基板の外輪の制限された化学エッチングに加えて、接着接合後に構造を環状に切断することによってさらに外輪を除去することも可能である。この切断は、レーザーによって実施すると好都合となりうる（図 2 2 および図 2 3 参照）。

30

【 0 0 7 4 】

一般に、第 1 の基板の残分が得られ、基板の支持体はこれ以降「剥離可能」と呼ばれ（図 2 0 ）、層 1 2 ' は好ましくは研磨した後で再利用可能であり、活性層 1 4 ' は図 2 1 のように別の支持体 1 6 ' 上に転写されるか、あるいは層 1 4 ' の厚さが適切であれば分離したままで自立層となる。

【 0 0 7 5 】

上記の例とは異なり、第 2 の基板 1 6 ' は、はるかに長い工程における単なる中間基板であってもよい。図 2 1 に示される構造は、それ自体が剥離可能な構造となりうる。その後、製造が続けられ、中間基板 1 6 ' は単純に除去されるか、あるいは基板 1 6 ' の除去を多くの場合には伴ってさらに別の支持体上への別の層の転写作業が行われる。前述の方法を使用して得られる剥離可能な基板は、「処理された」後で中間基板に接着接合される。中間基板は剛性でも可撓性でもよい（上記例を参照）。基板が剛性である場合、その基板はシリコンウエハであってもよい。

40

【 0 0 7 6 】

当業者に公知の接着フィルムを使用することで接着接合、特に、シリコンウエハの切削、および集積回路の封止、あるいは実装またはバックエンドの作業を想定することができる（「ブル・タック」（B l u T a k ）、テフロン（T e f l o n ）（登録商標）接着

50

フィルムなど)。接着フィルムが両面接着である場合、フィルムの裏面に中間基板を付着させて、切削時にアセンブリを強化するための基板または支持体として機能させることもできる。

【0077】

想定されるリフトオフ法としては、牽引力および/または剪断力および/または屈曲力を加えることが挙げられる。界面の化学エッチング、または超音波などの他の手段により付与される力を併用することもできる。リフトオフされる界面が酸化物型である場合、低エネルギー界面のエッチングは接合界面で促進され、これによって処理された層の中間基板への転写が促進される。これらの条件下では、処理された層が保護されると好都合である(例えばフッ化水素酸エッチングの場合に窒化物をさらに付着させるなどによって)。

10

【0078】

応力を付与する手段は、機械的なもの(特に、接合界面へのブレードの挿入による)、および/またはリフトオフ工具の使用(W000/26000号参照)、および/またはジェット、あるいは仏国特許第2796491号に記載されるような気流、および/または液体(欧州特許第0925888号、欧州特許第0989593号参照)の挿入であってよい。気流(または液体流、例えば、界面が酸化物である場合フッ化水素酸の流れなど)の場合、接合界面に局所的に流体を供給する前に剥離可能な基板の処理(例えば化学エッチングによって)を行うと好都合となることがある。これによって、多層構造接合界面において優先的にリフトオフが促進され、この場合、構成要素を有する構造の種々の層を保護することによってリフトオフを行う必要がある。したがって、内部構成要素層の間の接着性が弱い場合でも接合界面のリフトオフが可能である。

20

【0079】

「取扱」層とも呼ばれる中間基板は、全体的または部分的(ノッチを形成したり、切削前駆体を形成するため)に切削して電子構成要素に対応する素子を形成することができ、これらを異なる支持体に転写することができる。転写は集成的に行うことができ、支持体によってのみ互いに連結している場合でさえも、すべての構成要素の場合に、同一の技術的作業で同時に転写されるか、あるいは構成要素ごと(またはダイごと)に順番に転写される。支持体はスマートカードの場合のようにプラスチック材料であってよく、この場合には接着剤は転写のために好都合に使用される。これらの素子は、他の電子素子または光電子素子を含むウエハ状に転写することも可能であり、この場合も転写は分子接着技術を使用することができる(図1から図5参照、層(14)に形成された構成要素がさらに存在する状態を想像されたい)。これらの素子はピックアップブレース手段などの従来手段で転写することもできる。これらの素子は、熱的性質などを向上させるために別の支持体に転写することもできる。

30

【0080】

続いて、応力または局所的な熱(例えばレーザーを使用)を加えることによって、先に最終支持体に接合させた薄層を、機械力的手段によって取扱層から分離(素子ごと、または全体的に)することができる。

【0081】

全体的、すなわち基板全体の規模で基板からの層の剥離を促進する傾向にある本発明による方法の実施形態とは対照的に、他の方法は、活性層から形成されるべきダイまたは構成要素と明確に関連する形状であるフラグメントの範囲を画定する傾向にある。興味深い変法の1つは、トレンチ、少なくとも部分的にダイの周囲、フラグメントを切断または範囲を画定するために従来の構成要素切断技術(のこ引き、レーザー切断など)を使用する。別の好都合な変法は、フォトリソグラフィ作業と関連する化学エッチングの使用に基づいて、同一のトレンチの形成および/またはダイ輪郭における連結領域の除去が行われる。たとえば、広い面積で分子接着接合を形成した後、示される輪郭で層3および4のみが切断され(図16)、その後、各フラグメントの基板からのリフトオフが考慮される量で、各フラグメントが基板からリフトオフされる(別の方法では、すべての層またはすべてのフラグメントを一度にすべて切断することができる)。

40

50

【0082】

当然ながら、上記の実施形態は、単結晶シリコンの場合のみに限定されることはなく、他の半導体材料（Ge、SiGe、SiC、GaN、およびその他の同等の窒化物、AsGa、InPなど）、強誘電材料および圧電材料（LiNbO₃、LiTaO₃）、および磁性材料などの多くの材料に拡張することが可能であり、構成要素は剥離前または剥離後に形成される。

【0083】

前述したように、剥離可能な基板が、エピタキシャル成長温度550（宇宙空間で使用する太陽電池を構成するためのGaNAsの成長の場合には一般的な温度である）に耐える必要があるSiO₂-SiO₂接合界面を有するゲルマニウム表面層からなる場合、剥離可能となる基板のrms粗さは好都合には0.4nmとなる。

【0084】

別の例（図24から図29）は、剥離可能な基板（図24）上でのエピタキシャルスタックのエピタキシャル成長である。この方法は、青色および白色LEDならびに薄層レーザーダイオード（たとえば、銅またはダイヤモンドなどの熱伝導性の優れた基板に転写することによって、発光の抽出の向上、または熱の排出の向上をはかる）の製造に特に利用される。この場合、関与するエピタキシャルスタック（図25）は、GaNから誘導される複合半導体（AlN、GaAlN、GaAlInNなど）を主成分とする。ある方法は、図1（また前出の同様の図）と同等の剥離可能な構造を形成するための方法の1つを使用することからなり、層（14）がSiC₆Hであり（転写されたSi面は図の上部にある）、層（12）および（13）は図1の例のように酸化ケイ素であり、基板（11）は多結晶SiC（またはサファイア）である。窒化物を主成分とするスタックは、この構造上でエピタキシャル成長する。使用されるエピタキシャル技術は当業者に公知の技術であってよく、たとえば、ある分類の分子線エピタキシー（MBE）、および別の分類の有機金属化学気相成長（MOCVD）などであってよい。前者の場合、エピタキシャル成長温度が600を超えることはまれであるが、第2の分類における一般的な温度は1100もの高温になりうる。上記2つの技術のそれぞれについて、接合する界面の機械的強度と関連するパラメータ（粗面化、熱処理による強化、親水性など）の選択を最適化する必要がある。第2の場合では、たとえば、フッ化水素酸エッチングによる2つの酸化層12および13の粗面化に基づく前述の方法の1つが選択される。引き続き、1100におけるこの構造のMOCVDエピタキシャル成長によって、厚さが1μm程度であるスタックが形成される。場合によってはこの構造は、外輪の機械的強度を強くするためにエピタキシャル成長段階の前に通常900から1200の温度範囲でアニーリングが行われる。成長段階の後、アセンブリについて、酸化物の付着、CMPによる平坦化、利用可能な場合には基板16の分子接着接合（例えばシリコン基板上）、およびこの後者の接合を強化するための1100におけるアニーリングが行われ、最後に剥離可能な基板接合界面で分離される（図27）。好都合には、50%フッ化水素酸浴に数時間浸漬することからなる予備工程を行うと、基板の端部から数mmの深さで側方に酸化層をエッチングするためには十分である。この後、ブレードの挿入、加圧水ジェットの使用、または圧縮空気ジェットなどの使用による機械力により、たとえば図28の構造を得るために前述した方法を使用して剥離が行われる。最後の脱酸素工程によって酸化層（13）残留物が除去される。エピタキシャルスタックの核生成層として機能するSiC層14は少なくとも、場合によってはエッチングによって除去することができる（図29）。ダイオードは、最終の転写の前または後に製造することができる。

【0085】

本発明によると、粗面化または親水性の調整のための別の方法では、表面を粗面化する必要がない場合の接合における1100から1200の従来温度の代わりに、接合界面のアニーリングに低温を使用することができる。アニール温度は、構成要素にとって十分ではあるが、必要な時点で剥離が起こる程度に十分低い接合エネルギーを付与するように最適化させると好都合である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 6 】

最初の形態である本発明の一態様によると、界面が形成され、任意の技術的な製造工程（均一または不均一構造の製造、構成要素の完全なまたは部分的な製造、エピタキシャル成長など）が実施された後の、化学エッチングおよび/または空気やその他の流体によるジェットなどの機械力の使用によるリフトオフは、剥離可能な基板の接合界面に局在化される。

【 0 0 8 7 】

以上のように本発明者らは、表面の粗面化または親水性を調整することによって、最高 1 1 0 0 の高温でアニーリングを行った後でさえも剥離可能な接合界面を形成可能であることを示した。接合前の粗面化処理と好適な熱アニーリング処理を慎重に組み合わせることによって、剥離可能な S O I 基板が、アセンブリ界面における早期の剥離が起こらずに、C M O S トランジスタ製造工程のほとんどの工程（高温、通常は 1 1 0 0 における特定の熱処理、ならびに窒化物などの強制的な層の付着工程を含む）に耐えることができ、制御された機械的応力を意図的に加えることによって、接合界面で後に分離可能であることが分かった。このことは、基板の分離の前のエピタキシャル付着工程の実施などに関連する他の用途でも示された。

【 図 1 】

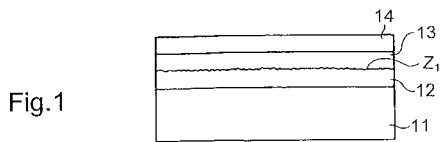


Fig.1

【 図 2 】

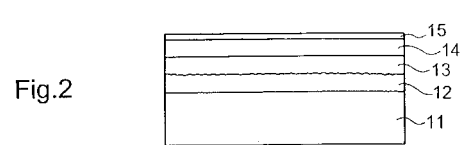


Fig.2

【 図 3 】

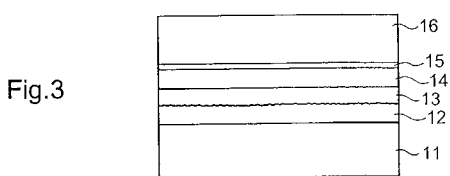


Fig.3

【 図 4 】

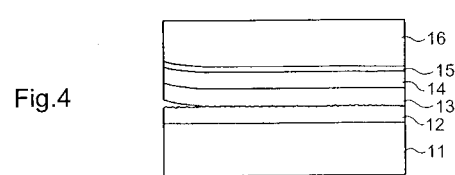


Fig.4

【 図 5 】

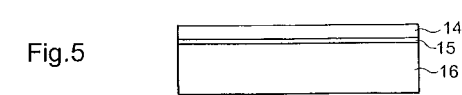


Fig.5

【 図 6 】

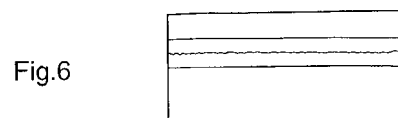


Fig.6

【 図 7 】

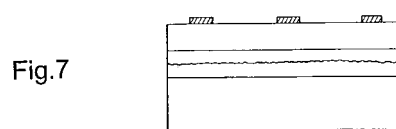
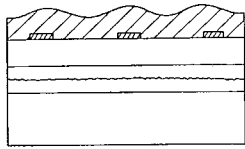


Fig.7

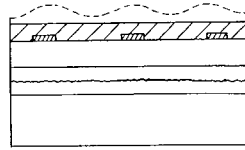
【 図 8 】

Fig.8



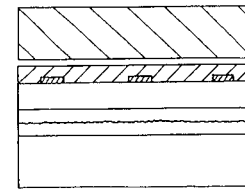
【 図 9 】

Fig.9



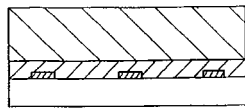
【 図 1 0 】

Fig.10



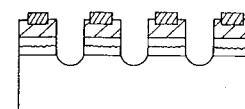
【 図 1 1 】

Fig.11



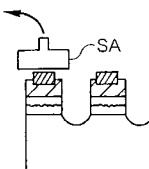
【 図 1 6 】

Fig.16



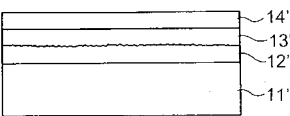
【 図 1 7 】

Fig.17



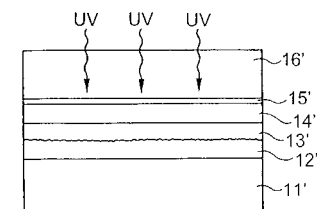
【 図 1 8 】

Fig.18



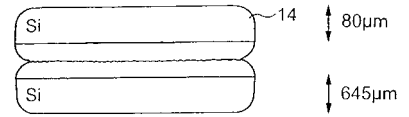
【 図 1 9 】

Fig.19



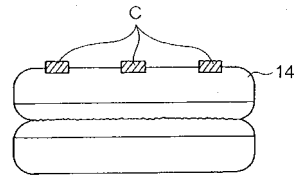
【 図 1 2 】

Fig.12



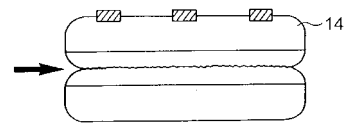
【 図 1 3 】

Fig.13



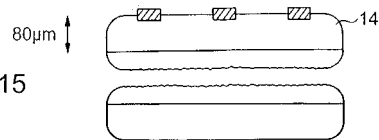
【 図 1 4 】

Fig.14



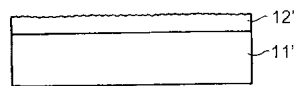
【 図 1 5 】

Fig.15



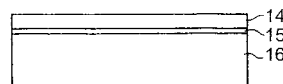
【 図 2 0 】

Fig.20



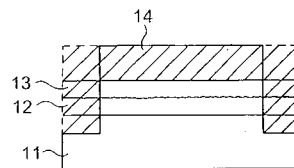
【 図 2 1 】

Fig.21



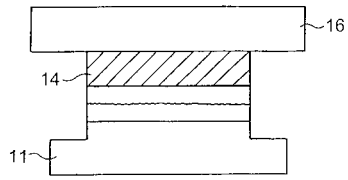
【 図 2 2 】

Fig.22



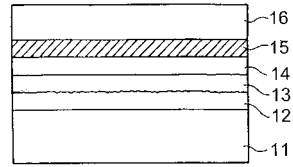
【 図 2 3 】

Fig.23



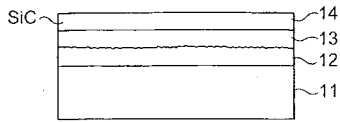
【 図 2 6 】

Fig.26



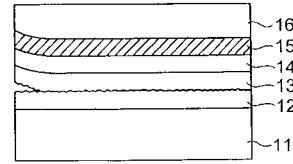
【 図 2 4 】

Fig.24



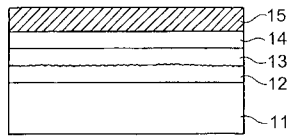
【 図 2 7 】

Fig.27



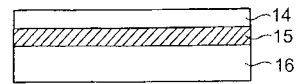
【 図 2 5 】

Fig.25



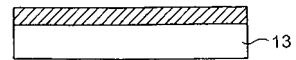
【 図 2 8 】

Fig.28



【 図 2 9 】

Fig.29



フロントページの続き

(74)代理人 100124855

弁理士 坪倉 道明

(72)発明者 ベルナル・アスパール

フランス国、エフ - 3 8 1 4 0 ・リーブ、ロテイスマン・ル・アモ・デ・エ、1 1 0

(72)発明者 ユベール・モリソー

フランス国、エフ - 3 8 1 2 0 ・サン・エグレーブ、リュ・ドウ・フルネ、2 6

(72)発明者 オリビエ・レサク

フランス国、エフ - 3 8 0 0 0 ・グルノーブル、シユマン・ドユ・シヤピートル、7

(72)発明者 ブルユノー・ギスレン

フランス国、エフ - 3 8 1 7 0 ・セシネ、リュ・ジヨルジユ・マエデー、5 8

Fターム(参考) 5F048 AC04 BA14 BA15 BA16