

(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2010-62563

(P2010-62563A)

(43) 公開日 平成22年3月18日 (2010.3.18)

(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 3 2
HO 1 L 27/12 (2006.01)	HO 1 L 27/12 F	5 F 0 4 8
HO 1 L 21/76 (2006.01)	HO 1 L 27/08 3 3 1 E	5 F 1 1 0
HO 1 L 27/08 (2006.01)	HO 1 L 27/08 3 2 1 B	
HO 1 L 21/8238 (2006.01)	HO 1 L 21/76 L	

審査請求 有 請求項の数 21 O L 外国語出願 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-200482 (P2009-200482)	(71) 出願人	598054968
(22) 出願日	平成21年8月31日 (2009.8.31)		エス. オー. アイ. テック シリコ ン オン インシュレーター テクノロジ ーズ
(31) 優先権主張番号	08290827.8		フランス国, 3 8 1 9 0 ベルナン, パルク テクノロジック デ フォンテー ヌ, シュマン デ フランク
(32) 優先日	平成20年9月3日 (2008.9.3)	(71) 出願人	505351223
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		コミッサリア ア レネルジ アトミック フランス, 7 5 0 1 5 パリ, バティ メント ル ポナント ディー, リュ レブラン 2 5
		(74) 代理人	100094318 弁理士 山田 行一

最終頁に続く

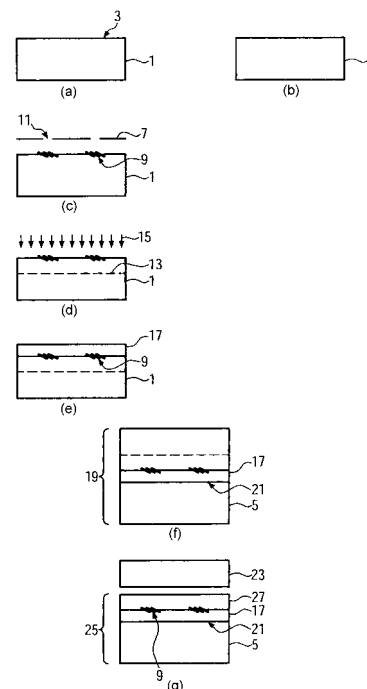
(54) 【発明の名称】 局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 GeO_xN_y 層によって、所望の不動態化と電子移動度に関する所望の改善とが可能なゲルマニウムオンインシュレータ基板の製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明は、局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板を製造するための方法に関し、電子の高移動度を実現するために、窒化された領域が局所化された位置に形成される。窒化はプラズマ処理によって実現される。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板を製造する方法であって、

a) Ge 含有層、特に Si Ge 層若しくはエピタキシャル Ge 層を備える基板、又は Ge 基板を、ソース基板として形成するステップと、

b) 不動態化された領域、特に GeO_xN_y を含む領域を局所的に形成するステップと、を備える、方法。

【請求項 2】

前記ステップ b) が、前記ソース基板上にパターンニングされたマスクを形成する工程を備える、請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

前記ステップ b) が、窒化によって不動態化する工程を更に備える、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ステップ b) が、プラズマ、特に NH_3 プラズマ、 N_2 プラズマ、又は N_2O プラズマを用いて、前記ソース基板を処理する工程を備える、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記ステップ b) が、酸素プラズマ及び / 又はアルゴンプラズマを、特に前記 NH_3 プラズマ、前記 N_2 プラズマ、又は前記 N_2O プラズマを印加する前に、印加する工程を更に備える、請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の方法。 20

【請求項 6】

前記ステップ b) の前又は後に、c) 前記ソース基板内に所定の分離領域を形成するステップを更に備える、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記ステップ c) の前又は後に、d) 絶縁体層、特に酸化層を前記ソース基板上に形成するステップを更に備える、請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記局所的に不動態化された領域を、特に約 600 で 1 時間以上アニールするステップを更に備える、請求項 1 ~ 7 の何れか一項に記載の方法。 30

【請求項 9】

e) 前記ソース基板をハンドル基板に、好ましくはボンディングによって取り付けるステップと、

f) 前記所定の分離領域で前記ソース基板を分離して、前記局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板を得るステップと、

を更に備える、請求項 1 ~ 8 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記ステップ e) の前に、g) 絶縁体層、特に酸化層を前記ハンドル基板上に形成するステップを更に備える、請求項 9 に記載の方法。 40

【請求項 11】

前記ステップ e) の前に、h) プラズマ、特に酸素プラズマ及び / 又は NH_3 プラズマ、 N_2 プラズマ、又は N_2O プラズマを用いて前記ハンドル基板を活性化するステップを更に備える、請求項 9 又は 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ステップ e) が、前記ソース基板に対する前記プラズマス処理ステップ b) 及び前記ハンドル基板の前記プラズマ処理ステップ h) の直後に、且つ更なるプロセスステップを介在することなく、行われる、請求項 9 ~ 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記マスクが、一以上のシャドーマスク、特にテフロンマスク又は金属マスクであり、 50

又は堆積されたマスク、特にフォトリジストベースマスク又は GeO_2 マスクである、請求項 2 ~ 12 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記マスク形成工程は、
前記ソース基板上に GeO_x 層を形成することと、
フォトリジスト層を形成することと、
前記フォトリジスト層をナノインプリンティングすることと、
プラズマエッチング、特に反応性イオンエッチングによってパターンを形成することと、
を備える、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記ソース基板内又は前記ソース基板上に合わせマークを形成するステップを更に備える、請求項 1 ~ 14 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 16】

前記合わせマーク形成ステップが、前記ソース基板パターン内に凹部のパターンを形成するステップを備える、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

絶縁体層、特に SiO_2 層が前記凹部内に形成される、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記ステップ c) が行われ、前記所定の分離領域が前記ソース基板内の前記凹部を横切る、請求項 15 ~ 17 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 19】

局所的に不動態化された領域を Ge 層内又は Ge 層上に備えており、請求項 1 ~ 18 の何れか一項に記載の方法によって得られるゲルマニウムオンインシュレータ基板。

【請求項 20】

前記局所的に不動態化された領域の位置を特定するように構成且つ配置された合わせマークを更に備える、請求項 19 に記載のゲルマニウムオンインシュレータ基板。

【請求項 21】

ゲルマニウムオンインシュレータ基板内又はゲルマニウムオンインシュレータ基板上に、
 n -MOS デバイス構造及び p -MOS デバイス構造を備える電子デバイスにおいて、
前記 n -MOS デバイス構造が、局所化されていると共に不動態化された領域、特に GeO_xN_y を含む領域上に形成されており、
前記 p -MOS デバイス構造が、前記ゲルマニウムオンインシュレータ基板の他の領域上に形成されていることを特徴とする電子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ゲルマニウムオンインシュレータ (GeOI) 基板及びその製造方法に関する。

【0002】

欧州特許出願公開第 1659623 明細書は、例えばシリコンウェーハのハンドル基板と、 Ge 層との間に埋め込み絶縁体層として酸窒化ゲルマニウム (GeO_xN_y) 層が形成されるゲルマニウムオンインシュレータ (GeOI) 基板の製造方法を開示する。T. Signamarcheix らは、電子移動度 (electron mobility) に関して、活性 Ge 層の下に位置する GeO_xN_y の存在の有利な効果を Applied Physics Letters 93、022109 (2008) に説明している。このように、このタイプの基板は、 n -MOS 技術に基づく電子デバイスに有利に用いられ得る。しかし、正孔移動度が GeO_xN_y 層の存在によって影響を受けてしまい、 p -

10

20

30

40

50

MOSデバイスに関しては、この種類の基板はそれほど適合しないように見える。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

そこから始まり、従って、本願発明の目的は改良されたゲルマニウムオンインシュレータ基板が得られる方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

この目的は、請求項1に係る方法で達成され得る。局所的に不動態化された(passivated)ゲルマニウムオンインシュレータ基板を製造するための本方法は、a) Ge含有層、特にエピタキシャルGe層又はSiGe(シリコンゲルマニウム)層を備える基板、又はGe(ゲルマニウム)基板を、ソース基板として形成するステップと、b) ソース基板を局所的に処理して不動態化された領域、特にGeO_xN_yを含む領域を形成するステップと、を備える。本発明に係る方法によれば、電気特性、特に不動態化された領域における高い電子移動度と、不動態化されていない領域における高い正孔移動度とを満たすゲルマニウムオンインシュレータ基が得られる。

10

【0005】

SiGe層の場合において、本発明の方法は特に50%より大きな高いGeの含有量、特に70%より大きな高いGeの含有量に対して特に有利である。

【0006】

20

安定化が必要である自然酸化ゲルマニウム(native Ge oxide)を表面に含むソース基板の不動態化は、20%~50%の実質的な窒素の含有量を有するGeO_xN_y層によって実現される。GeO_xN_y層によって、所望の不動態化と最終的な基板内のその不動態化された領域真上のGe層における電子移動度に関する所望の改善とが達成され得る。

【0007】

有利なことに、ステップb)が、ソース基板上にパターニングされたマスクを形成する工程を備える。この方法によれば、ソース基板上に所定のパターンが実現され、所望の最終構造に係る高い電子移動度を示す領域が実現され得る。代替的に、マスクなしパターニング方法(maskless patterning methods)も、これらの応用を満たすことができる。

30

【0008】

好ましくは、不動態化は窒化により実現され得る。この方法によれば、既に存在する自然の酸化ゲルマニウムを用いてGeO_xN_y層を得られるという利点がある。

【0009】

ステップb)が、プラズマ、特にNH₃プラズマ、N₂プラズマ、又はN₂Oプラズマを用いて、ソース基板を処理する工程を備えることが好適である。変形例によれば、NH₃プラズマ、N₂プラズマ、又はN₂Oプラズマは10%~30%のArで希釈され得る。この方法により、特に低い圧力(pressure)、特に40mTorr未満、好ましくは1~10mTorrの範囲内のプラズマによって、40%に至る窒素元素が基板に取り込まれ得る。最適な結果は、5mTorrの圧力で実現された。このプロセスは、25 から600 に至る温度で実現され得る。

40

【0010】

有利なことに、ステップb)が、酸素プラズマ及び/又はアルゴンプラズマを、特にNH₃プラズマ、N₂プラズマ、又はN₂Oプラズマを印加する前に、印加する工程を更に備えることができる。酸素含有プラズマは、ソース基板の表面上の酸化ゲルマニウム層を改善し又は厚くすることに有効に用いられ得る。酸素プラズマ後に窒素含有プラズマを適用することで、ソース基板の表面を不動態化するという有利な効果が得られる。

【0011】

好適な実施形態によれば、本方法は、ステップb)の前又は後に、c) ソース基板内に

50

所定の分離領域を形成するステップを更に備えることができる。好ましくは、このステップは、ソース基板内に原子種を埋め込む工程を備えることができる。

【0012】

本方法は、ステップc)の前又は後に、d)絶縁体層、特に酸化層をソース基板上に形成するステップを更に備えることができる。絶縁体層形成工程後に所定の分離領域が形成される場合には、その絶縁体層を少なくとも部分的に除去することで表面の品質を改善することができる。全ての場合において、ソース基板の不動態化されている又は不動態化されていない領域上のGeOI基板の埋め込み層の所望の絶縁性を提供するために絶縁体層は用いられる。局所的な不動態化の処理は、僅かな表面トポロジを形成することがある。局所的に不動態化された表面上への絶縁体層の形成は、平坦化ステップ(例えば、CMPにより)の実行が可能であるとの利点を有する。これによって、他の基板に容易にボンディングされ得る表面が形成される。

10

【0013】

更なる好適な変形例では、局所的に不動態化されたソース基板を、特に約600で1時間以上アニールして、 GeO_xN_y のパシベーション面を安定化することができる。これは、マスクの除去の前又は後に実行されることができる。熱処理は、 GeO_xN_y 領域の安定化につながり、使用されるマスクのタイプによってはマスク層が浄化される。

【0014】

本方法は、e)ソース基板をハンドル基板に、好ましくはボンディングによって取り付けられるステップと、f)所定の分離領域でソース基板を分離して、局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板を得るステップと、を更に備えることができる。安定した GeO_xN_y の絶縁体層によれば、薄いGe層を GeO_xN_y 層と共に転写することができ要望の局所的に不動態化されたGeOI基板を得ることが可能となる。そのハンドル基板は、シリコンウェーハであることが好適である。

20

【0015】

有利なことに、本方法は、ステップe)の前に、特にソース基板上に如何なる絶縁体層が形成されていないときに、g)絶縁体層、特に酸化層をハンドル基板上に形成するステップを更に備えることができる。シリコンウェーハの場合において、その絶縁体は、熱酸化層及び/又は堆積された酸化層であることができる。従って(このように)、ボンディングは、ソース基板の局所的に不動態化された表面とハンドル基板の絶縁体層との間に、ソース基板の絶縁体層と絶縁体層を有しないハンドル基板の表面との間に、又はハンドル基板の絶縁体層とソース基板の絶縁体層との間において達成され得る。

30

【0016】

有利な変形例によれば、本方法は、ステップe)の前に、h)プラズマ、特に酸素プラズマ及び/又は NH_3 プラズマ、 N_2 プラズマ、又は N_2O プラズマを用いて、特にArと混合してハンドル基板を活性化するステップを更に備えることができる。ハンドル基板表面の活性化は、改善された取り付け特性を提供する。好ましくは、ステップe)が、ソース基板に対するプラズマ処理ステップb)及びハンドル基板のプラズマ処理ステップh)の直後に、且つ更なるプロセスステップを介することなく行われ得る。取り付けステップを直ちに行うことで、 GeO_xN_y 面の汚染が回避でき、より優れた最終製品が得られる。従って、本発明によれば、Ge材料の不動態化及び取り付けのための表面の活性化が一つのステップで達成される。もちろん、ボンディング前にパターニングされたマスクは除去される必要がある。

40

【0017】

有利なことに、マスク形成工程において用いられるマスクが、一以上のシャドーマスク、特にテフロンマスク又は金属マスクであり、又は堆積されたマスク、特にフォトレジストベースマスク又は GeO_2 マスクである、ことができる。

【0018】

この種類のマスクは、ソース基板において所望の局所的に不動態化された領域を設けるのに適合している。ボンディング前に、例えばドライエッチング又はウェットエッチング

50

によって、特に N_2 を用いたプラズマエッチング、又はパシベーションが否定的に影響を及ぼさない限り熱処理によって、マスクは除去される。

【0019】

好ましくは、ステップb)が、ソース基板上に自然的な GeO_x 層又は堆積された GeO_x 層を形成する工程と、フォトレジスト層を形成する工程と、フォトレジスト層をナノインプリンティングする工程と、プラズマエッチング、特に反応性イオンエッチング(RIE)によってパターンを形成する工程と、を備えることができる。代替的には、 GeO_x 層は、レーザー又は電子ビーム処理を用いてパターンニングされることができる。ナノインプリンティング工程を用いて、マイクロサイズ及び/又はナノサイズの島状領域(island)のような局所的に不動態化された構造が得られる。

10

【0020】

有利なことに、フォトレジスト層を局所的なパシベーション前に除去することができ、フォトレジスト層を除去するステップが局所的に不動態化する領域に影響を及ぼさないようにする。

【0021】

好適な実施形態によれば、本方法はソース基板内又はソース基板上に合わせマークを形成するステップを更に備えることができる。本発明によれば、局所的に不動態化された領域上の改善された電子移動度によって、基板は n -MOS タイプのデバイスを受けるべき Ge の“上”層を示す。また、局所的に不動態化された領域から離れた他の領域は、これらの領域においては正孔移動度がより良いので p -MOS タイプのデバイスを受けるのに適合している。様々なデバイスが対応する領域上に形成されることができるようにならる。マークは参照ポイントを提供するので、合わせマークは n -MOS デバイス及び/又は p -MOS デバイスを製造するステップを補助する。

20

【0022】

有利なことに、本方法は、合わせマーク形成ステップが、ソース基板パターン内に凹部のパターンを形成するステップを備えることができる。凹部のパターンは、埋め込まれた局所的に不動態化された領域がどこに位置するかが分かるように選ばれる。全ての埋め込まれた局所的な不動態化の領域を位置決めができる限り、不動態化された領域の一つと同じパターンを用いる必要はない。

【0023】

30

更なる好適な実施形態によれば、絶縁体層、特に SiO_2 層が凹部内に形成されることができる。 SiO_2 層の堆積後に、 Ge 表面の中に SiO_2 島状領域を有する表面を得るように、平坦化(planarization)工程、例えばCMP工程が実行されることができる。絶縁体の特性により、不動態化された領域を特定することが可能となる。好ましくは、この絶縁体層はステップd)において得られたものと同じである。

【0024】

好ましくは、ステップc)が行われ、所定の分離領域がソース基板内の凹部を横切る(cross)ことができる。これにより、絶縁体層がその表面上から見られ、従って、基板内に埋め込まれた局所的な領域がその基板の外側から確認できる。好ましくは、凹部は $0.5 \sim 2.0 \mu m$ の深さを有する。

40

【0025】

位置合わせの手段は、局所的に不動態化された領域を形成する前又は後に形成されることができる。不動態化された領域を形成する前に位置合わせの手段を形成すると、位置合わせの手段に関する製造プロセスが局所的に不動態化された領域上に影響を有しないという利点が得られる。

【0026】

また、本発明は、局所的に不動態化された領域を備えると共に、上記の何れかの方法によって得られるゲルマニウムオンインシュレータ基板に関する。ゲルマニウムオンインシュレータ基板を有すると、上述した利点の実現され得る。

【0027】

50

このように、本発明は埋め込まれた不動態化された領域を備えるゲルマニウムオンインシュレータ基板に関する。好適な実施形態によれば、ゲルマニウムオンインシュレータ基板が、局所的に不動態化された領域の位置を特定するように構成且つ配置された合わせマーク、特に SiO_2 島状領域を更に備えることができる。好ましくは、合わせマークは、 GeO_2 基板の表面にまで延びる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】その(a)～(g)は、本発明に係るゲルマニウムオンインシュレータ型ウェーハの製造方法の第1実施形態を示す図である。

【図2】その(a)～(g)は、本発明に係るゲルマニウムオンインシュレータ型ウェーハの製造方法の第2実施形態を示す図である。

【図3】その(a)～(g)は、本発明に係るゲルマニウムオンインシュレータ型ウェーハの製造方法の第3実施形態を示す図である。

【図4】その(a)～(f)は、本発明に係るゲルマニウムオンインシュレータ型ウェーハの製造方法の第4実施形態を示す図である。

【図5】本発明の第5実施形態、すなわち本発明に係るゲルマニウムオンインシュレータ型ウェーハが製造された基板上に設けられたn-MOS構造及びp-MOS構造を備える電子デバイスを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明に係るゲルマニウムオンインシュレータ型ウェーハの製造方法は、以下において、Smart Cut（登録商標）技術に基づいて説明される。しかし、例えば接合及びグラインド（grind）/エッチバック（etch back）のように、製造方法を提供する他の好適な半導体オンインシュレータも、本発明に適用され得る。

【0030】

図1(a)は、ゲルマニウム（Ge）基板1を示し、又は変形例として、その一つの主面上に形成されたGe含有層、特にエピタキシャルGe層、又はシリコン及びゲルマニウムを含むSiGe層を有する基板を示す。SiGe層の場合、Ge含有量は少なくとも50%であることが好ましく、70%より大きいことがより好ましい。更なる処理工程前に、ソース基板1の表面3は、例えばHFベース溶液（フッ酸）で洗浄され得る。

【0031】

図1(b)は、ハンドル基板5を示す図である。ハンドル基板5は、ゲルマニウムウェーハ、シリコンウェーハ、シリコンカーバイドウェーハ、シリコンゲルマニウムウェーハの正面を有するウェーハ、又はガリウムヒ素ウェーハであることができる。場合によっては、クォーツ式ウェーハも用いられ得る。ソース基板1及びハンドル基板5の両方とも、例えば200mm型ウェーハ又は300mm型ウェーハのような、適切ならばいかなるサイズ又は形式を有してよい。

【0032】

図1(c)は、局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータウェーハの製造のための請求項1に係る本発明の方法のステップb)及びc)を示す。請求項1に係る本発明の方法は、まずソース基板1上にパターニングされたマスク7を形成するステップと、パターニングされたマスク7を用いてソース基板1を処理し、ソース基板1内又はソース基板1上に局所的な GeO_xN_y 領域9を得るステップとを備える。

【0033】

マスクは、接触型マスク（contact mask）であることができ、よってソース基板1上に形成されることができる。変形例においては、図1(c)に示されているように、ソース基板1の表面3の上側に位置する非接触型マスク（non-contact mask）が設けられ得る。この場合において、マスク7は、ソース基板1上のテフロンマスク又は金属マスクであることができる。

【0034】

10

20

30

40

50

マスク 7 における開口部 11 は、マイクロメータサイズ又はナノメータサイズであり、ソース基板 1 の局所的に不動態化された領域 9 もマイクロメータ又はナノメータの範囲である。これらは互いに、不変のサイズであることができ、又は可変のサイズであることもできる。

【0035】

本発明のこの実施形態によれば、処理ステップは、基板 1 に窒素原子を含む (incorporate) ために、窒素含有プラズマ、特にアルゴンプラズマで希釈された NH_3 プラズマ、 N_2 プラズマ、又は N_2O プラズマを用いて腔化させるステップである。

【0036】

好ましくは、40 mTorr 未満の低圧で、特に 1 ~ 10 mTorr の範囲内の圧力において約 60 秒間プラズマは印加される。好適な温度の範囲は、25 ~ 600 である。最適化された結果は、150 の温度で 5 mTorr の圧力範囲内で得られた。プラズマの圧力が低いほど、窒素がより多く含まれる。プラズマ処理後に、約 600 の熱処理が行われ得る。これは、特にマスク 7 が GeO_2 で形成された場合に有効である。この熱処理は GeO_xN_y 領域 9 の安定化をもたらす、また GeO_2 マスク層を浄化させる (揮発性にさせるため (to render volatile)) からである。この処理は表面処理であり、窒素が濃厚な領域の厚さは 10 nm 未満であり、好ましくは 5 nm 未満であって、より好ましくは 3 nm 未満である。

【0037】

実際に、ゲルマニウム基板 1 の表面上又は不動態化処理の際の雰囲気中における自然酸化ゲルマニウムのように、酸素の存在によって、腔化ステップはこれらの領域 9 に GeO_xN_y タイプの島状領域 (island) の形成をもたらす。最終的なゲルマニウムオンインシュレータ基板 (以下の記載を参照) において、これらの島状領域上の最上層の Ge 材料は高い電子移動度を示す。

【0038】

マスク 7 の除去後に、図 1 (d) に示されているように、ソース基板 1 の内側に所定の分離領域 13 を形成する。所定の分離領域 13 は、主面 3 に実質的に平行となっている。主面 3 には、局所的に不動態化された酸化ゲルマニウム領域 9 が形成されている。Smart Cut (登録商標) によれば、所定の分離領域は、所定のエネルギー及びドーズ (dose) で H イオン又は He イオンのような原子種 15 をソース基板に注入する (implant) ことによって得られる。変形例において、このステップは、マスク 7 の除去前に実行されることもできる。

【0039】

その後、図 1 (e) に示されているように、絶縁体層 17、特に酸化シリコン層のような酸化層がソース基板 1 上に、例えば堆積で形成される。絶縁体層 17 は、ソース基板 1 の表面全体を覆っており、よって不動態化された領域 9 も覆われている。結果として、平坦化ステップは、例えば CMP によって実行され得る。

【0040】

継続されるステップにおいて、窒化された領域 9 を有するソース基板 1 及び絶縁体層 17 は、特にボンディングによって、ハンドル基板 5 に取り付けられて、ソース - ハンドル複合体 (source-handle compound) 19 が形成される。接合 (bonding) は、ハンドル基板 5 と絶縁体層 17 の表面 21 との間で生じる (図 1 (f) を参照)。

【0041】

図 1 (g) は、所定の分離領域 13 で行われる分離ステップの結果を示す。典型的に、熱アニールは、所望の分離をもたらす。しかし、他のエネルギーを提供する手段が熱アニールの代替手段又は補完手段として適していることができる。実際に、アニールの際に、残部 23 と局所的に不動態化された領域 9 を有する新たに形成されたゲルマニウムオンインシュレータ基板との間の完全な分離まで、所定の分離領域 13 の弱体化 (weakening) が形成される。局所的に不動態化された領域 9 を有する本実施形態のゲル

10

20

30

40

50

マニウムオンインシュレータ基板 25 は、ハンドル基板 25、絶縁体層 17、不動態化された領域 9、及び転写されたゲルマニウム層 27 を備える。既に言及したように、基板 25 は、不動態化された領域において向上された電子移動度を示し、不動態化されていない領域における正孔移動度は不動態化によって否定的な影響を受けない。

【0042】

ソース基板 1 の残部 23 は、次の局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータの製造工程において、ソース基板として再利用され得る。

【0043】

第 1 実施形態の変形例によれば、一連の様々なステップが変更され得る。例えば、第 1 の変形例において、図 1 (d) に示されているイオン注入ステップが窒化された領域 9 の形成前に、すなわち図 1 (c) に示されているステップ前に、実行され得る。更に、第 2 の変形例において、絶縁体層 17 はイオン注入前に窒化された領域 9 上に形成される。すなわち、図 1 (e) において示されているステップが、図 1 (d) において示されているステップ前に実行されることができる。結果としては、この変形例において、表面の質を向上させるために、イオン注入後に絶縁体層 17 の表面領域は除去される。第 1 実施形態の第 3 変形例によれば、窒素含有プラズマを適用する前に、酸素及び / 又はアルゴン含有プラズマが適用されて、ソース基板 1 の上面上に既に存在する酸化ゲルマニウム層を改良又は厚くすることができる。窒素含有プラズマの役割は、その他、窒化された領域 9 におけるソース基板 1 の表面を活性化することである。

【0044】

最終的な製品 25 は、構造が安定されるように、研磨及び / 又は熱処理のような更に追加的な処理を受けることができる。

【0045】

図 2 (a) ~ 図 2 (g) は、本願発明の方法の第 2 実施形態を示す。

【0046】

図 2 (a) ~ 図 2 (d) に示されているステップは、図 1 (a) ~ 図 1 (d) に示されているステップに対応する。そのため、これらの説明は反復してしないが、図 1 (a) ~ 図 1 (d) の説明の参照によって本明細書に組み込まれる。第 1 実施形態と第 2 実施形態との間における差は、窒化ステップ後にソース基板 1 上に絶縁体層 17 を形成することに換えて、図 2 (e) に示されているように、ハンドル基板 5 上に堆積又は熱処理によって絶縁体層 31、例えば酸化シリコンを形成することである。

【0047】

絶縁体層 31 の表面 33 に対しては、プラズマ、特に、例えば NH_3 、 N_2 又は N_2O プラズマのように窒素含有プラズマ及び / 又は酸素プラズマを用いた活性化が行われる。層 31 のプラズマ処理は、図 1 (c) と関連して詳細に示されているソース基板のプラズマ処理に相当する条件で実行される。

【0048】

図 2 (f) は、ハンドル基板 5 にソース基板 1 を、特に接合 (bonding) によって取り付けてソース - ハンドル複合体構造 33 を形成するステップを示す。この場合において、接合は、絶縁体層 31 の表面 33 と不動態化された領域 9 を有するソース基板 1 の表面 3 とで生じる。

【0049】

第 1 実施形態のように、図 2 (g) に示されている次のステップは、ソース基板 1 の残部 (図示せず) からゲルマニウムオンインシュレータ型基板 37 を分離する工程を含む。この実施形態におけるゲルマニウムオンインシュレータ基板 37 は、ハンドル基板 5、絶縁体層 31、局所的に不動態化された領域 9、及び転写層 27 を備える。

【0050】

変形例によれば、所定の分離領域 13 の形成後に局所的に不動態化された領域 9 が得られるように、図 2 (c) 及び図 2 (d) において示されているステップが交換されることができる。この場合、ソース基板 1 のプラズマ処理及び絶縁体層 31 のプラズマ処理の直

10

20

30

40

50

後に、取り付けが実行されることができ、 GeO_xN_y 領域 9 の化学量論的な安定性の向上が観察される。

【0051】

また、第 1 及び第 2 の実施形態に係る方法は、絶縁体層 17 及び絶縁体層 31 との間で取り付けが実行された場合において、組合せられ得る。

【0052】

図 3 (a) ~ 図 3 (g) は、本実施形態に係る局所的に不動態化されたゲルマニウムオキシンスケラ基板の第 3 実施形態を示す。図 3 (a) ~ 図 3 (g) は、パターニングされたマスクを形成する一つの可能性を詳細に示しており、このマスクを用いてソース基板 1 を処理し、ソース基板 1 上に局所的に不動態化された領域 9 を得る。本実施形態におけるマスクは、ソース基板 1 の表面 3 と接触している。

10

【0053】

図 3 (a) は、図 1 (a) 及び図 2 (a) に対応しており、ゲルマニウムウェーハ又は表面 3 上にゲルマニウム層を有するウェーハのソース基板 1 を表している。図 3 (b) は、ソース基板 1 の表面 3 上に酸化ゲルマニウムの GeO_2 層 41 を形成する次のステップを示す。酸化ゲルマニウム層 41 は、自然酸化層に対応するが、堆積されたものであることができる。

【0054】

次のステップは、酸化ゲルマニウム層 41 上にフォトレジスト層 43 を形成するステップを含む。次に、この技術分野において公知であるナノインプリント (nano-imprint) を用いて、フォトレジスト層 43 をパターニングする。パターニングされたフォトレジスト層 45 によって、パターニングされたマスク 47 は酸化ゲルマニウム層 43 の内側に形成され、図 1 (c) に示されているようにマスク 7 の機能をする。層 43 のパターニングは、例えば反応性イオンエッチング工程を用いて実行される。代替方法としては、酸化ゲルマニウム層 41 におけるマスク 47 の形成に、フォトレジスト層の形成に替えて、レーザーアブレーション (laser ablation)、イオンビームスパッタリング又は電子ビームスパッタリングのプロセスが用いられ得る。フォトレジスト層を除去するステップが不動態化された表面層上に影響 (除去) を及ぼさないように、フォトレジスト層 45 は不動態化ステップ前に除去されることが好ましい。その後、マスク 47 を介して (via)、図 1 (c) 関連して示されているように窒化処理が行われ、ソース基板 1 内に窒化された領域 9 が形成される。そのステップの結果は、図 3 (f) に示されている。

20

30

【0055】

最終的に、例えば、 N_2 プラズマによって又は約 600 °C で一時間以上の熱処理によって、マスク 47 が除去される。

【0056】

図 4 (a) ~ 図 4 (f) は、本実施形態に係る局所的に不動態化されたゲルマニウムオキシンスケラ基板の製造のための第 4 実施形態を示す。既に、図 1 (a)、図 2 (a) 及び図 3 (a) に示されているように、図 4 (a) に示されているステップは、基板 1 の表面 3 がゲルマニウム層であるように、ゲルマニウム基板 1 又はエピタキシャル Ge 層を備える基板を設けることにその本質がある。前で既に示したプロセスステップは、再度詳細に反復されないが、この説明は参照として本明細書中に組み込まれている。

40

【0057】

その後、マスク 51 を用いてソース基板 1 に凹部 53 を形成する。凹部 53 は、その深さが d_1 であり、例えば反応性イオンエッチングのようなエッチングプロセスを用いて得られる。凹部 53 は、マイクロメータの規模であり、例えば 1 マイクロである (図 4 (b) を参照)。

【0058】

その後、図 1 (c) において示されているようなプロセスステップが行われ (図 4 (c))、すなわち、凹部 53 を有するソース基板 1 がマスク 7 を介して処理され、図 1 (c)

50

）に示されている領域 9 に相当する局所的に不動態化された領域 5 5 が得られる。実際に、局所的に不動態化された領域 5 5 と図 1 (c) に示されている領域 9 との間の差は、局所的に不動態化された領域 5 5 が凹部 5 3 の内側に形成されることである。

【 0 0 5 9 】

次のステップとして (図 4 (d)) 、局所的に不動態化された領域 5 5 及び凹部 5 3 を覆う絶縁体層 5 7 、例えば SiO_2 層が、ソース基板 1 上に形成される。絶縁体層 5 7 の表面を滑らかにするために、CMP のような研磨ステップが実行される。

【 0 0 6 0 】

次に、図 1 (d) 及び図 4 (e) に示されているように、所定の分離領域 1 3 がソース基板 1 内に形成される。本実施形態によれば、所定の分離領域 1 3 が、ゲルマニウム基板の表面から凹部 5 3 の底面 5 9 に到る距離 d_1 より浅い深さ d_2 で形成される。

10

【 0 0 6 1 】

その後、絶縁体層 5 7 を有するソース基板 1 が、好ましくは接合によって (図 1 (b) 及び図 1 (f) に示されているように) ハンドル基板 5 取り付けられ、図 1 (g) に示されているように所定の分離領域 1 3 で分離が生じる。分離後、図 4 (f) に示されているように、局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板 6 1 が得られる。合わせマーク (alignment mark) 6 3 が基板 6 1 の表面上にあるので、合わせマーク 6 3 と不動態化された領域との間において固定された位置的な関係に基づいて (それぞれのマスク 7 及び 5 1 に基づいて) 局所的に不動態化された領域 5 5 上のゲルマニウムの島状領域 6 5 の位置を特定することが容易となる。

20

【 0 0 6 2 】

本実施形態の更なる変形例を得るように、第 1 ~ 第 4 の実施形態は自由に組み合わせられ得る。

【 0 0 6 3 】

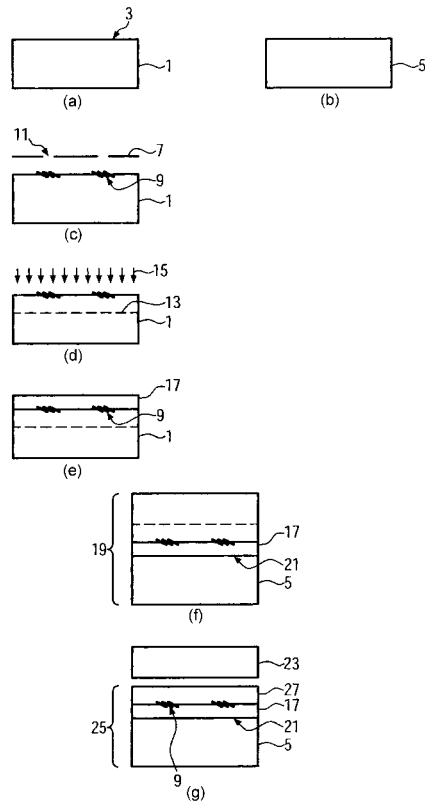
局所的に不動態化されたゲルマニウムオンインシュレータ基板 2 5 , 3 7 及び 6 1 及びそれらの様々な変形例は、単一の基板上に製造された n - MOS 構造及び p - MOS 構造を有するデバイスにおいてそれらの用途がある。特に、不動態化された領域における高い電子移動度及び他の領域における優れた正孔移動度というメリットが得られる。

【 0 0 6 4 】

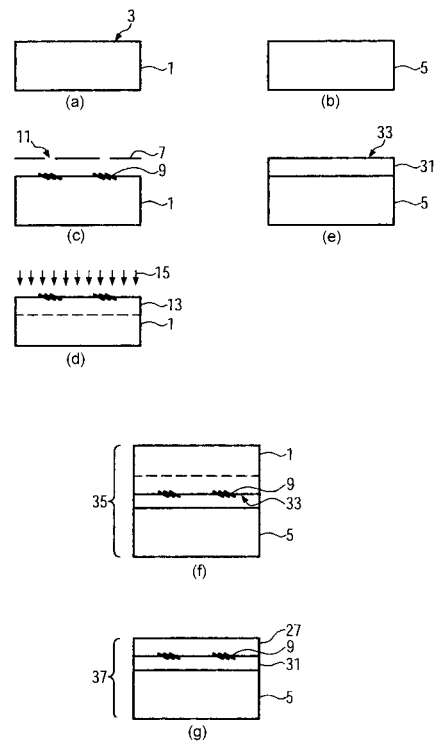
図 5 は、基板 5 1 及び更なるエレクトロニクスの構造を示す。図 5 において示されているように、n - MOS デバイス 7 1 , 7 3 は (この領域における高い電子移動度によって) 不動態化された領域 5 5 上に位置し、p - MOS デバイス 7 5 , 7 7 は (高い正孔移動度によって) 不動態化されていない領域上に位置される。これによって、その上に設けられた両タイプのデバイスが改善された性能を有するウェーハを可能とする。表面上の合わせマーク 6 3 は、基板 6 1 上の特定の領域上に各デバイス 7 1 , 7 3 , 7 5 , 7 7 を正確に位置させることに有利である。従った、ゲルマニウムオンインシュレータ基板に基づく良質のデバイスを作ることができる。

30

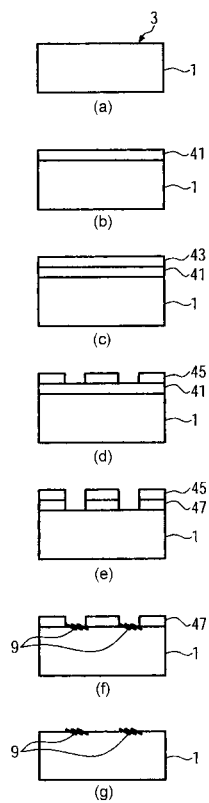
【図 1】



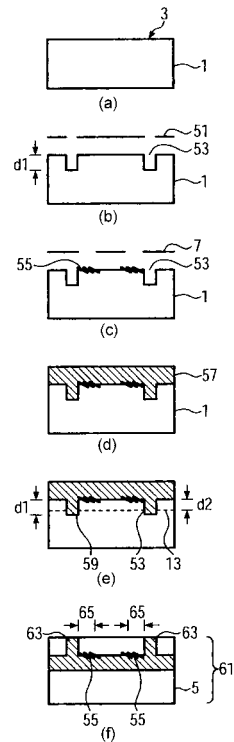
【図 2】



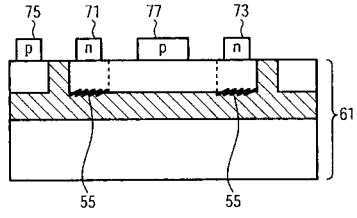
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)

H 0 1 L	27/092	(2006.01)	H 0 1 L	21/76	D
H 0 1 L	21/762	(2006.01)	H 0 1 L	29/78	6 1 3 A
H 0 1 L	29/786	(2006.01)	H 0 1 L	29/78	6 2 6 C
H 0 1 L	21/336	(2006.01)	H 0 1 L	29/78	6 2 7 D
			H 0 1 L	21/02	B

(74)代理人 100123995

弁理士 野田 雅一

(74)代理人 100107456

弁理士 池田 成人

(72)発明者 トーマス シグナマーシェイ

フランス, 3 8 6 6 0 ラ テラス, ルート デ プチット ローシェ 1 3 6

(72)発明者 フレデリック アリビート

フランス, 3 8 0 0 0 グルノーブル, リュ ゲイ - ルサック 3 0

(72)発明者 クリステル デゲット

フランス, 3 8 3 3 0 サン チスミエ, シュマン ド シャルトリューズ 9 8 4

F ターム(参考) 5F032 AA01 AA06 AA34 AA44 BA01 BB06 CA17 DA02 DA22 DA57

DA60 DA71

5F048 AA04 AC03 BA11 BA14 BA16 BE03 BG07 BG13

5F110 AA01 BB04 DD01 DD12 DD24 NN65 QQ17

【外国語明細書】
2010062563000001.pdf