

(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2005-72054
(P2005-72054A)

(43) 公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/20	HO 1 L 21/20	5 F 0 5 2
HO 1 L 21/336	HO 1 L 27/12 R	5 F 1 1 0
HO 1 L 27/12	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	
HO 1 L 29/786	HO 1 L 29/78 6 2 7 G	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-209066 (P2003-209066)	(71) 出願人 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日 平成15年8月27日 (2003.8.27)	(74) 代理人 100058479 弁理士 鈴江 武彦
(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成14年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「次世代半導体材料・プロセス基盤技術開発」委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)	(74) 代理人 100091351 弁理士 河野 哲
	(74) 代理人 100088683 弁理士 中村 誠
	(74) 代理人 100108855 弁理士 蔵田 昌俊
	(74) 代理人 100084618 弁理士 村松 貞男
	(74) 代理人 100092196 弁理士 橋本 良郎

最終頁に続く

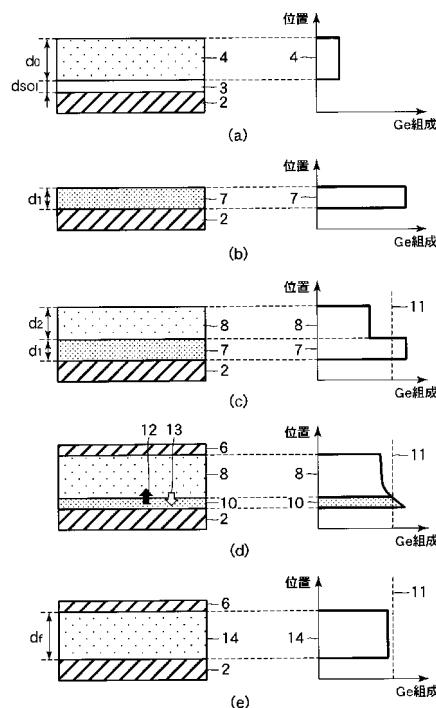
(54) 【発明の名称】 歪み緩和SiGe基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 SiGe層の酸化膜界面近傍における転位の発生を抑制して高品質のSiGe結晶を得ることができ、且つSiGe層の十分な格子緩和をはかる。

【解決手段】 絶縁膜上に格子緩和した単結晶SiGe層を有する歪み緩和SiGe基板の製造方法であって、絶縁膜2上にGe組成の高い第1のSiGe層7を形成した後、第1のSiGe層7上にGe組成の低い第2のSiGe層8を形成し、次いで第1のSiGe層7が融解し第2のSiGe層8が融解しない温度で加熱処理を施し、第1及び第2のSiGe層7, 8を再結晶化する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁膜上に格子緩和した単結晶 SiGe 層を有する歪み緩和 SiGe 基板の製造方法であって、
絶縁膜上に第 1 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 の SiGe 層上に該 SiGe 層よりも Ge 組成の低い第 2 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 の SiGe 層が融解し第 2 の SiGe 層が融解しない温度で加熱処理を施し、第 1 及び第 2 の SiGe 層を再結晶化する工程と、
を含むことを特徴とする歪み緩和 SiGe 基板の製造方法。

10

【請求項 2】

絶縁膜上に格子緩和した単結晶 SiGe 層を有する歪み緩和 SiGe 基板の製造方法であって、
絶縁膜上に第 1 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 の SiGe 層上に第 1 の SiGe 層よりも Ge 組成の低い第 2 の SiGe 層を形成する工程と、
第 2 の SiGe 層上に第 2 の SiGe 層よりも Ge 組成の高い第 3 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 及び第 3 の SiGe 層が融解し第 2 の SiGe 層が融解しない温度で加熱処理を施し、第 1 乃至第 3 の SiGe 層を再結晶化する工程と、
を含むことを特徴とする歪み緩和 SiGe 基板の製造方法。

20

【請求項 3】

第 1 の SiGe 層を形成する工程として、SOI 基板の Si 層上に SiGe 層をエピタキシャル成長した後、熱処理を施すことにより、SiGe 層上に Si 酸化膜を形成すると共に、SOI 基板の絶縁膜との界面に Ge 濃度が高くなった SiGe 層を形成し、次いで SiGe 層上に形成された Si 酸化膜を除去することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の歪み緩和 SiGe 基板の製造方法。

【請求項 4】

第 2 の SiGe 層は、第 1 の SiGe 層側から膜厚方向に対して Ge 組成が階段状に又は連続的に低くなっていることを特徴とする請求項 1 記載の歪み緩和 SiGe 基板の製造方法。

30

【請求項 5】

絶縁膜上に格子緩和した単結晶 SiGe 層を有する歪み緩和 SiGe 基板の製造方法であって、
SOI 基板の Si 層上に第 1 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 の SiGe 層上に該 SiGe 層よりも Ge 組成の低い第 2 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 の SiGe 層が融解し第 2 の SiGe 層が融解しない温度で加熱処理を施し、第 2 の SiGe 層上に Si 酸化膜を形成すると共に、前記 SOI 基板の絶縁膜上に第 1 及び第 2 の SiGe 層を再結晶化する工程と、
を含むことを特徴とする歪み緩和 SiGe 基板の製造方法。

40

【請求項 6】

絶縁膜上に格子緩和した単結晶 SiGe 層を有する歪み緩和 SiGe 基板の製造方法であって、
SOI 基板の Si 層上に第 1 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 の SiGe 層上に第 1 の SiGe 層よりも Ge 組成の低い第 2 の SiGe 層を形成する工程と、
第 2 の SiGe 層上に第 2 の SiGe 層よりも Ge 組成の高い第 3 の SiGe 層を形成する工程と、
第 1 及び第 3 の SiGe 層が融解し第 2 の SiGe 層が融解しない温度で加熱処理を施し

50

、第3のSiGe層上にSi酸化膜を形成すると共に、前記SOI基板の絶縁膜上に第1乃至第3のSiGe層を再結晶化する工程と、
を含むことを特徴とする歪み緩和SiGe基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、集積回路素子の形成要素たる電界効果トランジスタを作製するための素子形成用基板の製造方法に係わり、特に歪みSiチャンネルSOI-MOSFETに用いる歪み緩和SiGe基板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、CMOS回路素子の高性能化、高機能化のため、歪みSiなどの高移動度のチャンネル材料を用いることが検討されている。歪みSiは、より格子定数の大きな格子緩和SiGe基板上に形成され、基板面内方向に引張り歪みを有している。この引張り歪みの影響でバンド構造が変化し、電子、正孔の移動度はいずれもSiに比べて増大する。下地のSiGe層のGe組成が大きくなるほど歪みSiの歪み量が大きくなり、移動度はより高くなる。

【0003】

このような歪みSiチャンネルを有するMOSFETでCMOSを構成すれば、同じサイズのSi-CMOSよりも高速動作が期待できる。さらに、歪みSiチャンネルMOSFETに埋め込み酸化膜を有する構造を組み合わせた歪みSOI-MOSFETは更なる高性能化が期待できる。この歪みSOI-MOSFETにおいて移動度増大の利点を最大限に利用するためには完全空乏型であることが望ましいが、そのためには埋め込み酸化膜上の歪み緩和SiGe層及び歪みSi層を数十ナノメートル程度という非常に薄い膜にしなくてはならず、従って極薄のSiGe層を埋め込み酸化膜上に形成する必要がある。

【0004】

本発明者らを含む研究グループは、このような極薄膜かつ高Ge組成のSiGe基板を埋め込み酸化膜上に作製するために、酸化濃縮法という手法を提案し、開発してきた（例えば、非特許文献1参照）。この方法では、図1(a)に示すように、Si基板1の上に埋め込み酸化膜2とSi層(SOI層)3が順次積層されているSOI基板上に、Si層3と格子整合したSiGeをエピタキシャル成長させることにより歪みSiGe層4を作製する。

【0005】

次いで、1000以上の高温で酸化を行うことにより、図1(b)に示すように、SiGe層4の表面に酸化膜6が形成されるが、Geがこの酸化膜6からはじき出されることにより、SiGe層4のGe濃度が増す。また、GeがSi層3に拡散するためSi層3とSiGe層4の界面は消滅し、十分にGeを拡散させると均一組成のSiGe層となる。さらにこの過程において、Si層3とSiGe層4との界面に転位が入ることや埋め込み酸化膜2の塑性変形によって、格子歪みが緩和したSiGe層5となる。

【0006】

本手法では、薄膜で高Ge組成のSiGe層が高品質で得られるが、一方で、埋め込み酸化膜付近のSiGe層に転位が残留すること、或いは特に高Ge組成の場合にSiGe層の格子緩和が不完全であるという問題がある。

【0007】

また、埋め込み酸化膜上に同様のSiGe層を作製する類似の手法が提案されている（例えば、非特許文献2参照）。この方法では、SOI層上に高Ge組成SiGe層及びSiキャップ層をエピタキシャル成長させた基板に対して、加熱処理を行うことにより高Ge組成SiGe層を融解させる。同時に、熱の効果によりSiとGeの相互拡散を生じさせ、SiGe層のGe組成を低下させて再結晶化させる。

【0008】

10

20

30

40

50

しかしながら、この方法によっても SiGe 層の埋め込み酸化膜界面近傍は結晶のまま留まるため、埋め込み酸化膜との結合を切ることが不可能であり、従って埋め込み酸化膜近傍に転位が残留するという問題がある。なお、SiGe 層の埋め込み酸化膜界面近傍も溶解させると、SiGe 層の再結晶の際のシード部が無くなるため、成長結晶が多結晶となり良質の結晶が得られなくなる。

【0009】

【非特許文献 1】

T. Tezuka, N. Sugiyama, S. Takagi, Appl. Phys. Lett. 79, p1798 (2001)

【0010】

【非特許文献 2】

N. Sugii, S. Ymaguchi, K. Washio, J. Vac. Sci. Technol. B20, p1891 (2002)

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、加熱処理の過程を通じて SOI の埋め込み酸化膜界面近傍の SiGe 層が結晶のままである場合、SiGe 層の酸化膜界面近傍に転位が残留するという問題があり、これは SiGe 層上に作製した歪み Si チャネル MOSFET において接合リーク等による OFF 電流の増大を招く。また、SiGe 層と酸化膜の界面における結合が強固であるため、SiGe 層の歪み緩和は不完全なものとなるという問題があり、これはチャンネルに十分歪みが加えられず、移動度増大効果の減少につながることになる。

【0012】

本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、SiGe 層の下地絶縁膜界面近傍における転位の発生を抑制して高品質の SiGe 結晶を得ることができ、且つ SiGe 層の十分な格子緩和をはかることができる歪み緩和 SiGe 基板の製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

(構成)

上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

【0014】

即ち本発明は、絶縁膜上に格子緩和した単結晶 SiGe 層を有する歪み緩和 SiGe 基板の製造方法であって、絶縁膜上に第 1 の SiGe 層を形成する工程と、第 1 の SiGe 層上に該 SiGe 層よりも Ge 組成の低い第 2 の SiGe 層を形成する工程と、第 1 の SiGe 層が融解し第 2 の SiGe 層が融解しない温度で加熱処理を施し、第 1 及び第 2 の SiGe 層を再結晶化する工程と、を含むことを特徴とする。

【0015】

また本発明は、絶縁膜上に格子緩和した単結晶 SiGe 層を有する歪み緩和 SiGe 基板の製造方法であって、絶縁膜上に第 1 の SiGe 層を形成する工程と、第 1 の SiGe 層上に第 1 の SiGe 層よりも Ge 組成の低い第 2 の SiGe 層を形成する工程と、第 2 の SiGe 層上に第 2 の SiGe 層よりも Ge 組成の高い第 3 の SiGe 層を形成する工程と、第 1 及び第 3 の SiGe 層が融解し第 2 の SiGe 層が融解しない温度で加熱処理を施し、第 1 乃至第 3 の SiGe 層を再結晶化する工程と、を含むことを特徴とする。

【0016】

ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

【0017】

(1) 第 1 の SiGe 層を形成する工程として、SOI 基板の Si 層上に SiGe 層をエピタキシャル成長した後、熱処理を施すことにより、SiGe 層上に Si 酸化膜を形成すると共に、SOI 基板の絶縁膜との界面に Ge 濃度が高くなった SiGe 層を形成し、しかるのち SiGe 層上に形成された Si 酸化膜を除去する。

10

20

30

40

50

【0018】

(2) 第2のSiGe層は、第1のSiGe層側から膜厚方向に対してGe組成が階段状に低くなっている。

【0019】

(3) 第2のSiGe層は、第1のSiGe層側から膜厚方向に対してGe組成が連続的に低くなっている。

【0020】

(4) 第2のSiGe層は、Ge組成が膜厚方向に対して階段状に変化するものであり、中央部が最も低く、第1及び第3のSiGe層側で高くなっている。

【0021】

(5) 第2のSiGe層は、Ge組成が膜厚方向に対して連続的に変化するものであり、中央部が最も低く、第1及び第3のSiGe層側で高くなっている。

【0022】

また本発明は、絶縁膜上に格子緩和した単結晶SiGe層を有する歪み緩和SiGe基板の製造方法であって、SOI基板のSi層上に第1のSiGe層を形成する工程と、第1のSiGe層上に該SiGe層よりもGe組成の低い第2のSiGe層を形成する工程と、第1のSiGe層が融解し第2のSiGe層が融解しない温度で加熱処理を施し、第2のSiGe層上にSi酸化膜を形成すると共に、前記SOI基板の絶縁膜上に第1及び第2のSiGe層を再結晶化する工程と、を含むことを特徴とする。

【0023】

また本発明は、絶縁膜上に格子緩和した単結晶SiGe層を有する歪み緩和SiGe基板の製造方法であって、SOI基板のSi層上に第1のSiGe層を形成する工程と、第1のSiGe層上に第1のSiGe層よりもGe組成の低い第2のSiGe層を形成する工程と、第2のSiGe層上に第2のSiGe層よりもGe組成の高い第3のSiGe層を形成する工程と、第1及び第3のSiGe層が融解し第2のSiGe層が融解しない温度で加熱処理を施し、第3のSiGe層上にSi酸化膜を形成すると共に、前記SOI基板の絶縁膜上に第1乃至第3のSiGe層を再結晶化する工程と、を含むことを特徴とする。

【0024】

(作用)

本発明によれば、酸化膜等の下地絶縁膜界面付近に高Ge組成の第1のSiGe層を形成し、その上に低Ge組成の第2のSiGe層を形成した状態で、加熱処理を施して第1のSiGe層のみを融解させることにより、Ge組成が均一かつ低転位密度で格子歪みが緩和した単結晶SiGe層を形成することができる。従って、この歪み緩和SiGe基板を用いた歪みSiチャネルMOSFETにおいては、接合リーク等によるOFF電流の低減と共に移動度増大効果が期待できる。

【0025】

ここで、SiGeの融解温度TはGe組成に依存しており、図2に示すように、Ge組成が高くなるほど融解温度が低くなる。このため、Ge組成に応じて熱処理温度を選択することにより、第2のSiGe層は融解させずに第1のSiGe層のみを融解させることができる。これにより、固相状態にある第2のSiGe層をシードとして第1のSiGe層の再結晶化を進めることができ、良質の結晶を得ることができる。なお、第2のSiGe層も融解させると、シードがないためにSiGeは多結晶となり、良質の結晶は得られなくなる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0027】

(第1の実施形態)

図3は、本発明の第1の実施形態に係わる歪み緩和SiGe基板の製造工程を示す図であ

10

20

30

40

50

る。この実施形態は、酸化濃縮法等の手法により前もって高Ge組成層を埋め込み酸化膜上に形成することを特徴とする。図の左側が試料の断面図、右側が各位置に対応するGe組成を示す。

【0028】

まず、図3(a)に示すように、Si酸化膜2上に形成された膜厚 $d_{\text{SiO}_2} = 30 \text{ nm}$ のSi層(SOI層)3上に、SiGe層4をGe組成 $x_0 = 0.1$ 、膜厚 $d_0 = 40 \text{ nm}$ でエピタキシャル成長させる。この時点でSiGe層4に転位が発生しないためには、膜厚 d_0 が転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。この臨界膜厚はGe組成 x_0 やエピタキシャル成長温度に依存する値であり(D. C. Houghton, JAP 70, 2136 (1991))、550で成長した場合においては200nm程度の値である。

【0029】

次いで、先に説明した酸化濃縮法を用い、1000にて乾燥熱酸化を施した後に酸化膜を除去することにより、図3(b)に示す膜厚 $d_1 = 10 \text{ nm}$ 、Ge組成 $x_1 = 0.4$ の高Ge組成SiGe層(第1のSiGe層)7が得られる。ここで、図3(a)の構成を作製するためには、張り合わせ法或いはSIMOX法を用いてもよい。また、図3(b)の構成を張り合わせ法により直接作製することも可能である。

【0030】

次いで、図3(c)に示すように、高Ge組成SiGe層7上に低Ge組成SiGe層(第2のSiGe層)8を、膜厚 $d_2 = 30 \text{ nm}$ 、Ge組成 $x_2 = 0.3$ でエピタキシャル成長する。このエピタキシャル成長の際も臨界膜厚を超えないことが好ましく、550で成長した場合においては40nm以下であるとよい。なお、SiGe層8の表面保護のために酸化膜を形成するのが望ましい。そのためには、 SiO_2 等を堆積すればよいが、Siを堆積或いはエピタキシャル成長させた後に酸化してもよい。

【0031】

次いで、高Ge組成SiGe層7が融解し、かつ低Ge組成SiGe層8が融解しない温度で加熱処理を施す。本実施形態においては、1200、窒素雰囲気中で加熱処理を行う。図3(d)に加熱処理の途中経過を示す。該過程において、埋め込み酸化膜2上の高Ge組成SiGe層7が融解して融解SiGe層10となることで埋め込み酸化膜2との結合が切れるため、低Ge組成SiGe層8の格子歪みが緩和する。同時に、熱の効果によりGe拡散12が生じSiGe層全体のGe組成は時間の経過に伴って均一化の方向に進む。

【0032】

従って、Ge組成が融解Ge組成11を上回る領域は時間の経過と共に減少し、再結晶化13が生じる。この際、再結晶化は低Ge組成SiGe層8の結晶性を保ちつつ進行するため、結果として、図3(e)に示すように、均一Ge組成・単結晶・歪み緩和SiGe層14が得られる。本実施形態の条件においては、最終膜厚 $d_f = 40 \text{ nm}$ 、最終Ge組成 $x_f = 0.33$ である。

【0033】

加熱処理前、加熱処理後におけるSiGe層の膜厚及びGe組成の値について、本発明の効果を得ることが可能であるためには、

$$x_f = (d_1 x_1 + d_2 x_2) / d_f < x_m(T) \dots (1)$$

$$x_2 < x_m(T) < x_1 \dots (2)$$

を満たす必要がある。ここで、 $x_m(T)$ は前記図2に示したように、SiGeが温度Tによって融解する組成である。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては $d_f = d_1 + d_2$ である。最終的に必要とするSiGe層の膜厚及びGe組成等に応じてこれらの条件式(1)(2)の範囲内でSiGe層の膜厚、Ge組成等を選択することが可能である。

【0034】

また、図3(d)に示すような融解SiGe層10が残留した状態において加熱処理を終

了した場合においても、温度の低下に伴って融解 Ge 組成 1.1 が上昇するため、低 Ge 組成 SiGe 層 8 の結晶性を保ちつつ再結晶化 1.3 を生じせしめ、単結晶を得ることが可能である。さらに、本実施形態の手法を複数回繰り返すことにより、より高 Ge 組成、高緩和率の SiGe 基板を得ることも可能である。

【0035】

次に、本実施形態の変形例を、図 4 (a) (b) を参照して説明する。何れも図 3 (c) の形状に対する変形例である。

【0036】

図 4 (a) は変形例 1 を説明する図である。この変形例 1 は、図 3 (c) に示す基板の代わりに、該基板に対して SiGe 層 8 を複数層、Ge 組成を減少させつつ順次追加成膜したものである。これは、Ge 組成の急激な変化による転位の発生を抑制する効果がある。

10

【0037】

本変形例 1 においては、追加した各層の膜厚を基板側から順に d_2, d_3, d_4 とし、該層の Ge 組成を基板側から順に x_2, x_3, x_4 とすると、 $d_2 = d_3 = d_4 = 20 \text{ nm}$ 、 $x_2 = 0.35$ 、 $x_3 = 0.30$ 、 $x_4 = 0.25$ である。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。

【0038】

該基板を用いて 1.2.0.0, 窒素雰囲気中にて加熱処理を行った場合に得られる均一 Ge 組成・単結晶・歪み緩和 SiGe 層 1.4 の最終膜厚は $d_f = 70 \text{ nm}$ 、最終 Ge 組成は $x_f = 0.31$ である。ここで、SiGe 層が n 層積層されているとして加熱処理前及び加熱処理後における各 SiGe 層の膜厚及び Ge 組成の値について、本発明の効果を得ることが可能となるためには、

20

【数 1】

$$x_f = \frac{\sum_{i=1}^n d_i x_i}{d_f} < x_m(T) \quad \dots (3)$$

$$x_m(T) < x_{\text{BOX}} \quad \dots (4)$$

$$x_{\text{min}} < x_m(T) \quad \dots (5)$$

30

を満たすことが必要である。ここで、 d_i ($i = 1, 2, \dots, n$) は、加熱処理前の第 i 層の膜厚であり、 x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) は、加熱処理前の第 i 層の Ge 組成であり、 x_{min} は加熱処理前の SiGe 層の Ge 組成の最小値であり、 x_{BOX} は SiGe 層の埋め込み酸化膜界面近傍部分の Ge 組成である。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合は

【数 2】

$$d_f = \sum_{i=1}^n d_i$$

40

となる。

【0039】

図 4 (b) は変形例 2 を説明する図である。この変形例 2 は、図 3 (b) に示す基板に対して、Ge 組成を 0.4 から 0.25 まで連続的に減少させた傾斜 Ge 組成 SiGe 層 9 を膜厚 40 nm で追加作製したものである。傾斜組成構造は Ge 組成の不連続な変化による転位発生を抑制する効果がある。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。

【0040】

50

該変形例 2 に示す構造を用いて 1 2 0 0 , 窒素雰囲気中にて加熱処理を行った結果得られる均一 Ge 組成・単結晶・歪み緩和 Si Ge 層 1 4 の最終膜厚は $d_f = 50 \text{ nm}$ 、最終 Ge 組成は $x_f = 0.34$ である。ここで、加熱処理前の Ge 組成が表面に垂直な方向の座標 r に対して $x(r)$ で表されるとすると、本発明の効果を得ることが可能となるためには、

【数 3】

$$x_f = \frac{\int_{r_1}^{r_2} x(r) dr}{d_f} < x_m(T) \quad \dots (7)$$

及び (4) (5) 式を満たしていなくてはならない。ここで、 r_1, r_2 はそれぞれ加熱処理前の全 Si Ge 層の下端と上端の座標である。また特に、加熱処理が酸化を伴わない場合は、 $d_f = r_2 - r_1$ となる。

【0041】

このように本実施形態によれば、SOI 基板の埋め込み酸化膜 2 上に高 Ge 組成の Si Ge 層 7 と低 Ge 組成の Si Ge 層 8 を積層した状態で、Si Ge 層 7 を融解し Si Ge 層 8 を融解しない温度で加熱処理することにより、固相状態にある Si Ge 層 8 をシードとして Si Ge 層 7 の再結晶化を進めることができ、Ge 組成が均一かつ低転位密度で格子歪みが緩和した単結晶 Si Ge 層 1 4 を形成することができる。

【0042】

即ち、加熱処理の過程において高 Ge 組成の Si Ge 層 7 が融解することにより低 Ge 組成の Si Ge 層 8 が酸化膜 2 との結合から解放されるため、低 Ge 組成 Si Ge 層 8 の格子歪み緩和が促進される。また、この過程で Si Ge 層内で Ge が拡散することにより、低 Ge 組成層の結晶性を保ちつつ再結晶化が進行するため、Si Ge 層全体にわたって高い結晶性が得られる。

【0043】

従って、この歪み緩和 Si Ge 基板を用いて歪み Si チャネル MOSFET を作製した場合、接合リーク等による OFF 電流の低減と共に移動度増大効果が期待できる。

【0044】

(第 2 の実施形態)

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態に係わる歪み緩和 Si Ge 基板の製造工程を示す図であり、図の左側が試料の断面を示し、右側が各位置に対応する Ge 組成を示している。

【0045】

この実施形態が、先に説明した第 1 の実施形態と異なる点は、表面酸化膜界面付近に高 Ge 組成 Si Ge 層を追加したことにある。この高 Ge 組成 Si Ge の追加により本実施形態は、第 1 の実施形態と比較して、加熱処理における Si Ge 層と表面酸化膜との結合を Si Ge 層の融解によって切ることが可能であることから、歪みの緩和がより促進される効果が期待できる。

【0046】

まず、図 5 (a) に示すように、SOI 基板の Si 酸化膜 2 上に、膜厚 $d_1 = 10 \text{ nm}$ 、Ge 組成 $x_1 = 0.4$ の高 Ge 組成 Si Ge 層 (第 1 の Si Ge 層) 7 と、膜厚 $d_2 = 30 \text{ nm}$ 、Ge 組成 $x_2 = 0.3$ の低 Ge 組成 Si Ge 層 (第 2 の Si Ge 層) 8 を形成する。このような Si Ge 層 7, 8 の積層構造の製法は、第 1 の実施形態で説明した前記図 3 (a) ~ (c) の工程と同様にすればよい。

【0047】

次いで、図 5 (b) に示すように、低 Ge 組成 Si Ge 層 8 上に、膜厚 $d_3 = 10 \text{ nm}$ 、Ge 組成 $x_3 = 0.4$ の高 Ge 組成 Si Ge 層 (第 3 の Si Ge 層) 7' を形成する。この層を形成する際も、臨界膜厚を超えないことが望ましい。また、表面保護のために酸化膜を形成するのが望ましい。そのためには、 SiO_2 等を堆積すればよいが、Si を堆積或いはエピタキシャル成長させた後に酸化してもよい。

10

20

30

40

50

【0048】

次いで、高Ge組成SiGe層7, 7'が融解し、低Ge組成SiGe層8が融解しない温度で加熱処理を施す。本実施形態においては、1200, 窒素雰囲気中で加熱処理を行う。図5(c)に加熱処理の途中経過を示す。該過程において、埋め込み酸化膜界面付近の高Ge組成SiGe層7が融解して融解SiGe層10が生じると共に、表面酸化膜界面付近の高Ge組成SiGe層7'が融解して融解SiGe層10'が生じることで、SiGe層の埋め込み酸化膜2及び表面酸化膜6との結合が切れるため、低Ge組成層8の格子歪みの緩和が促進される。同時に、熱の効果によりGe拡散12が生じSiGe層全体のGe組成は時間の経過に伴って均一化の方向に進む。

【0049】

従って、Ge組成が融解Ge組成11を上回る領域は時間の経過と共に減少し、再結晶化13が生じる。この際、再結晶化は低Ge組成SiGe層8の結晶性を保ちつつ進行するため、結果として図5(d)に示す均一Ge組成・単結晶・歪み緩和SiGe層14が得られる。本実施形態の条件においては、最終膜厚 $d_f = 50 \text{ nm}$ 、最終Ge組成 $x_f = 0.34$ である。

10

【0050】

加熱処理前、加熱処理後におけるSiGe層の膜厚及びGe組成の値について、本発明の効果を得ることが可能であるためには、

$$x_f = (d_1 x_1 + d_2 x_2 + d_3 x_3) / d_f < x_m(T) \dots (8)$$

$$x_2 < x_m(T) < x_1, x_3 \dots (9)$$

20

である必要がある。ここで、特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては $d_f = d_1 + d_2 + d_3$ である。また、図5(c)に示す融解SiGe層10, 10'が残留した状態において加熱処理を終了した場合においても、温度の低下に伴って融解Ge組成11が上昇するため、低Ge組成SiGe層8の結晶性を保ちつつ再結晶化13を生じせしめ単結晶を得ることが可能である。さらに、加熱処理にてGe組成を均一化すれば、図5(d)を得る。

【0051】

次に、本実施形態の変形例を、図6(a)(b)を参照して説明する。何れも図5(b)の形状に対する変形例である。

【0052】

図6(a)は変形例1を説明する図である。この変形例1は、図5(b)における低Ge組成SiGe層8として、Ge組成の異なる複数の層を用い、各々の層におけるGe組成を、高Ge組成SiGe層7, 7'側から段階的に低くしたものである。即ち、低Ge組成SiGe層8は中央部でGe組成が最も低く、高Ge組成SiGe層7, 7'側でGe組成が階段状に高くなっている。このような構造は、Ge組成の急激な変化による転位の発生を抑制する効果がある。

30

【0053】

本変形例1においては、前記図4(a)に示す構成に追加した各層の膜厚を基板側から順に d_5, d_6, d_7 とし、各層のGe組成を基板側から順に x_5, x_6, x_7 とすると、 $d_5 = d_6 = 20 \text{ nm}$ 、 $d_7 = 10 \text{ nm}$ 、 $x_5 = 0.3$ 、 $x_6 = 0.35$ 、 $x_7 = 0.4$ である。これらの層を形成する際には、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。

40

【0054】

該変形例に示す構造を用いて1200, 窒素雰囲気中にて加熱処理を行った場合に得られる均一Ge組成・単結晶・歪み緩和SiGe層14の最終膜厚は $d_f = 120 \text{ nm}$ 、最終Ge組成は $x_f = 0.33$ である。ここで、SiGe層がn層積層されているとして、加熱処理前及び加熱処理後における各SiGe層の膜厚及びGe組成の値について、本発明の効果を得ることが可能となるためには、前記(3)(4)(5)式及び

$$x_m(T) < x_{cap} \dots (10)$$

を満たすことが必要である。ここで、 x_{cap} は表面酸化膜近傍のSiGe層のGe組

50

成である。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合は、歪み緩和 SiGe 層 14 の最終膜厚は前記 (6) 式となる。

【0055】

図 6 (b) は変形例 2 を説明する図である。この変形例 2 は、図 5 (b) の替わりに、前記図 4 (b) 上に Ge 組成を 0.25 から 0.4 まで連続的に増加させた傾斜 Ge 組成 SiGe 層 9 を膜厚 40 nm で追加作製した構造を用いる方法である。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。傾斜組成構造は不連続な Ge 組成の変化による転位発生を抑制する効果がある。

【0056】

該変形例に示す基板を 1200 ，窒素雰囲気中にて加熱処理を行った結果得られる均一 Ge 組成・単結晶・歪み緩和 SiGe 層 14 は、最終膜厚が $d_f = 90 \text{ nm}$ 、最終 Ge 組成が $x_f = 0.33$ である。ここで、本発明の効果を得ることが可能となるための条件は、(4) (5) (7) 式及び (10) 式を満たすことである。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合、 $d_f = r_2 - r_1$ となる。

【0057】

(第 3 の実施形態)

図 7 は、本発明の第 3 の実施形態に係わる歪み緩和 SiGe 基板の製造工程を示す図であり、図の左側が試料の断面を示し、右側が各位置に対応する Ge 組成を示している。この実施形態は、SOI 層に SiGe 層をエピタキシャル成長させたものに対して加熱処理のみを行い、加熱処理後の SiGe 層上に SiGe 層を追加作製する手順を伴わないことを特徴とする。

【0058】

まず、図 7 (a) に示すように、膜厚 $d_{\text{SOI}} = 5 \text{ nm}$ の SOI 層 3 上に、エピタキシャル成長によって高 Ge 組成 SiGe 層 7 (膜厚 $d_1 = 45 \text{ nm}$ 、Ge 組成 $x_1 = 0.45$)、及び低 Ge 組成 SiGe 層 8 (膜厚 $d_2 = 50 \text{ nm}$ 、Ge 組成 $x_2 = 0.25$) を順次作製する。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。該基板に対して表面保護のために酸化膜を形成するのが望ましい。そのためには、 SiO_2 等を堆積すればよいが、Si を堆積或いはエピタキシャル成長させた後に酸化してもよい。

【0059】

次いで、加熱処理を施すことによって SiGe 層 8 の埋め込み酸化膜 2 側に高 Ge 組成領域、該層の上層部に低 Ge 組成領域が生じるように Ge を拡散させる。図 7 (b) は (a) に対して 1050 における加熱処理を 2 時間行った結果を示す。傾斜 Ge 組成の SiGe 層 9 が形成されると共に、該層 9 上に Si 酸化膜 6 が形成されている。

【0060】

次いで、埋め込み酸化膜界面付近の高 Ge 組成領域のみが融解し、上層部の低 Ge 組成領域が融解しない温度で加熱処理を施す。本実施形態においては、1200 ，窒素雰囲気中で加熱処理を行う。図 7 (c) に加熱処理の途中経過を示す。傾斜 Ge 組成の SiGe 層 9 の埋め込み酸化膜界面付近が融解して融解 SiGe 層 10 となることで、SiGe 層 9 と埋め込み酸化膜 2 との結合が切れるため、SiGe 層 9 の格子歪みの緩和が促進される。同時に、熱の効果により Ge 拡散 12 が生じ SiGe 層全体の Ge 組成は時間の経過に伴って均一化の方向に進む。

【0061】

従って、Ge 組成が融解 Ge 組成 11 を上回る領域は時間の経過と共に減少し、再結晶化 13 が生じる。この際、再結晶化は低 Ge 組成 SiGe 層 9 の結晶性を保ちつつ進行するため、結果として図 7 (d) に示す均一 Ge 組成・単結晶・歪み緩和 SiGe 層 14 が得られる。

【0062】

本実施形態の条件においては、最終膜厚 $d_f = 100 \text{ nm}$ 、最終 Ge 組成 $x_f = 0.33$ である。ここで、図 7 (a) に示す基板構造は、SOI 上に直接高い Ge 組成の Si

Ge層を作製することによる転位の発生を抑制するために、SOIと高Ge組成層の中間にGe組成0.1程度のSiGe薄膜、或いは徐々にGe組成の上昇する傾斜組成層を作製してもよい。また、図7(c)に示す融解SiGe層が残留した状態において加熱処理を終了した場合においても、温度の低下に伴って融解Ge組成11が上昇するため、低Ge組成SiGe層9の結晶性を保ちつつ再結晶化13を生じせしめ単結晶を得ることが可能である。

【0063】

また、本実施形態に示した手法により作製したSiGe基板に対して更に第1の実施形態或いは第2の実施形態の手法を用いることにより、より高Ge組成、高緩和率のSiGe基板を得ることも可能である。

【0064】

本発明の効果をj得ることが可能であるSiGe層の膜厚及びGe組成の範囲は、次の通りである。まず、図7(b)におけるSiGe層の埋め込み酸化膜界面付近のGe組成が、引き続き施される加熱処理の温度における融解Ge組成 $x_m(T)$ を上回ることが必要である。そのための目安として

$$d_1 x_1 / (d_1 + d_{SOI}) > x_m(T) \quad \dots (11)$$

を満たすことが必要である。次に、結果として得られる図7(d)の基板のSiGe層が単結晶であるためには、前記(1)式及び(5)式を満たすことが必要である。特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては、 $d_f = d_1 + d_2 + d_{SOI}$ である。

【0065】

次に、本実施形態の変形例を、図8(a)(b)を参照して説明する。何れも図7(a)の形状に対する変形例である。

【0066】

図8(a)は変形例1を説明する図である。この変形例1は、図7(a)の替わりに、膜厚 $d_{SOI} = 5 \text{ nm}$ のSOI層3上にSiGe層を複数層、Ge組成を減少させつつ順次積層したものをj用いる。該構造はGe組成の不連続な変化による転位の発生を抑制する効果がある。

【0067】

本変形例1においては、各SiGe層の膜厚を基板側から順に d_1, d_2, d_3, d_4 とし、各SiGe層のGe組成を基板側から順に x_1, x_2, x_3, x_4 とすると、 $d_1 = 45 \text{ nm}, d_2 = 20 \text{ nm}, d_3 = 20 \text{ nm}, d_4 = 35 \text{ nm}, x_1 = 0.45, x_2 = 0.35, x_3 = 0.3, x_4 = 0.25$ である。これらの層を形成する際に、転位発生jの臨界膜厚を超えないことが望ましい。

【0068】

該基板を本実施形態の手順の通りに加熱処理を施すと、最終的に得られる均一Ge組成・単結晶・歪み緩和SiGe層14の膜厚は $d_f = 125 \text{ nm}$ 、最終Ge組成は $x_f = 0.34$ である。本変形例において本発明の効果をj得ることが可能であるためのSiGe層の膜厚及びGe組成の範囲は、下記の通りである。まず、図7(c)の過程において埋め込み酸化膜近傍のSiGeが融解するための目安として

$$d_m x_1 / (d_m + d_{SOI}) > x_m(T) \quad \dots (12)$$

を満たすことが必要である。ここで、 d_m は埋め込み酸化膜近傍のSiGe層のうちで融解Ge組成11を超えるGe組成を有する部分の膜厚である。次に、最終的に得られるSiGe層が単結晶であるための条件として、前記(3)式及び(5)式を満たす必要がある。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては、

【数4】

$$d_f = \sum_{i=1}^n d_i + d_{SOI} \quad \dots (13)$$

である。

10

20

30

40

50

【0069】

図8(b)は変形例2を説明する図である。この変形例2は、図7(a)の替わりに、SOI上にGe組成を0.45から0.25まで連続的に減少させた傾斜Ge組成SiGe層9を膜厚100nmで追加作製したものをを用いる。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。傾斜組成構造は不連続なGe組成の変化による転位発生を抑制する効果がある。

【0070】

該変形例に示す基板を1200，窒素雰囲気中にて加熱処理を行った結果得られる均一Ge組成・単結晶・歪み緩和SiGe層14の最終膜厚は $d_f = 125\text{nm}$ 、最終Ge組成は $x_f = 0.34$ である。ここで、本変形例において本発明の効果を得ることが可能であるためのSiGe層の膜厚及びGe組成の範囲は、下記の通りである。まず、図7(c)の過程において埋め込み酸化膜近傍のSiGeが融解するための目安として

【数5】

$$\frac{\int_{r_1}^{r_1+d_m} x(r)dr}{d_{SOI} + d_m} > x_m(T) \quad \dots (14)$$

を満たすことが必要である。次に、最終的に得られるSiGe層が単結晶であるための条件として、(5)式及び(7)式を満たす必要がある。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合、 $d_f = r_2 - r_1 + d_{SOI}$ である。

【0071】

(第4の実施形態)

図9は、本発明の第4の実施形態に係わる歪み緩和SiGe基板の製造工程を示す図である。本実施形態は、第3の実施形態に対して表面酸化膜界面付近に高Ge組成SiGe層を追加したものをを用いることを特徴とする。本実施形態は第3の実施形態と比較して、加熱処理におけるSiGe層と表面酸化膜との結合をSiGe層の融解によって切ることが可能であることから、より緩和が促進される効果がある。

【0072】

まず、図9(a)に示すように、膜厚 $d_{SOI} = 5\text{nm}$ のSOI層3上に、エピタキシャル成長によって高Ge組成SiGe層7(膜厚 $d_1 = 45\text{nm}$ 、Ge組成 $x_1 = 0.45$)、低Ge組成SiGe層8(膜厚 $d_2 = 50\text{nm}$ 、Ge組成 $x_2 = 0.25$)、高Ge組成SiGe層7'(膜厚 $d_1 = 10\text{nm}$ 、Ge組成 $x_1 = 0.45$)を順次作製する。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。該基板に対して表面保護のために酸化膜を形成するのが望ましい。そのためには、 SiO_2 等を堆積すればよいが、Siを堆積或いはエピタキシャル成長させた後に酸化してもよい。

【0073】

次いで、加熱処理を施すことによってSiGe層の埋め込み酸化膜界面近傍及び表面酸化膜界面近傍に高Ge組成領域、中間層に低Ge組成領域が生じるようにGeを拡散させる。図9(b)は(a)に対して1050における加熱処理を2時間行った結果を示している。この状態では、SiGe層8よりもGe組成の高いSiGe層9が形成され、SiGe層9上にSi酸化膜6が形成されている。また、SiGe層9の埋め込み酸化膜界面近傍及び表面酸化膜界面近傍は高Ge組成領域となっている。

【0074】

次いで、SiGe層9の埋め込み酸化膜界面近傍及び表面酸化膜界面近傍の高Ge組成領域のみが融解し、中間層の低Ge組成領域が融解しない温度で加熱処理を施す。本実施形態においては、1200，窒素雰囲気中で加熱処理を行う。図9(c)に加熱処理の途中経過を示す。SiGe層9の埋め込み酸化膜界面近傍及び表面酸化膜界面近傍が融解して融解SiGe層10, 10'となることでSiGe層9の埋め込み酸化膜2及び表面酸化膜6との結合が切れるため、低Ge組成SiGe層9の格子歪みの緩和が促進される。

同時に、熱の効果により Ge 拡散 12 が生じ SiGe 層全体の Ge 組成は時間の経過に伴って均一化の方向に進む。

【0075】

従って、Ge 組成が融解 Ge 組成 11 を上回る領域は時間の経過と共に減少し、再結晶化 13 が生じる。この際、再結晶化は低 Ge 組成 SiGe 層 9 の結晶性を保ちつつ進行するため、結果として図 9 (d) に示す均一 Ge 組成・単結晶・歪み緩和 SiGe 層 14 が得られる。

【0076】

本実施形態の条件においては、最終膜厚 $d_f = 110 \text{ nm}$ 、最終 Ge 組成 $x_f = 0.34$ である。ここで、図 9 (a) の基板構造について、SOI 上に直接高い Ge 組成の SiGe 層を作製することによる転位の発生を抑制するために、SOI と高 Ge 組成層の間に Ge 組成 0.1 程度の SiGe 薄膜、或いは徐々に Ge 組成の上昇する傾斜組成層を作製してもよい。また、図 9 (c) に示す融解 SiGe 層が残留した状態において加熱処理を終了した場合においても、温度の低下に伴って融解 Ge 組成 11 が上昇するため、低 Ge 組成 SiGe 層 9 の結晶性を保ちつつ再結晶化 13 を生じせしめ単結晶を得ることが可能である。

【0077】

また、本実施形態に示した手法により作製した SiGe 基板に対して更に第 1 の実施形態或いは第 2 の実施形態の手法を用いることにより、より高 Ge 組成、高緩和率の SiGe 基板を得ることも可能である。

【0078】

本発明の効果を得ることが可能である SiGe 層の膜厚及び Ge 組成の範囲は、次の通りである。まず、図 9 (b) における SiGe 層 9 の埋め込み酸化膜界面近傍の Ge 組成が、引き続き施される加熱処理の温度における融解 Ge 組成 $x_m(T)$ を上回ることが必要である。そのための目安として前記 (11) 式を満たすことが必要である。また、SiGe 層 9 の表面酸化膜界面近傍が引き続き施される加熱処理の温度において融解するために、前記 (10) 式を満たすことが必要である。次に、結果として得られる図 9 (d) の基板の SiGe 層 14 が単結晶であるためには、前記 (5) 式及び (8) 式を満たすことが必要である。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては、歪み緩和 SiGe 層 14 の最終膜厚は前記 (13) 式となる。

【0079】

次に、本実施形態の変形例を、図 10 (a) (b) を参照して説明する。何れも図 9 (a) の形状に対する変形例である。

【0080】

図 10 (a) は変形例 1 を説明する図である。この変形例 1 は、図 9 (a) の替わりに、膜厚 $d_{\text{SOI}} = 5 \text{ nm}$ の SOI 層 3 上に SiGe 層を複数層、Ge 組成を減少させながら順次積層した上に、Ge 組成を増加させながら順次積層したものをを用いることを特徴とする。該構造は Ge 組成の不連続な変化による転位の発生を抑制する効果がある。

【0081】

本変形例 1 においては、各 SiGe 層の膜厚を基板側から順に $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ とし、各 SiGe 層の Ge 組成を基板側から順に $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ とすると、 $d_1 = 45 \text{ nm}$, $d_2 = 20 \text{ nm}$, $d_3 = 20 \text{ nm}$, $d_4 = 35 \text{ nm}$, $d_5 = 20 \text{ nm}$, $d_6 = 20 \text{ nm}$, $d_7 = 10 \text{ nm}$ 、 $x_1 = 0.45$, $x_2 = 0.35$, $x_3 = 0.3$, $x_4 = 0.25$, $x_5 = 0.3$, $x_6 = 0.35$, $x_7 = 0.45$ である。これらの層を形成する際には、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。

【0082】

該基板を本実施形態の手順の通りに加熱処理を施すと、最終的に得られる均一 Ge 組成・単結晶・歪み緩和 SiGe 層 14 の最終膜厚は $d_f = 175 \text{ nm}$ 、最終 Ge 組成は $x_f = 0.34$ である。本変形例 1 において本発明の効果を得ることが可能であるための S

10

20

30

40

50

i Ge 層の膜厚及び Ge 組成の範囲は、下記の通りである。

【0083】

まず、図9(c)の過程において埋め込み酸化膜近傍の Si Ge が融解するための目安として前記(12)式を満たすことが必要である。また、Si Ge 層の表面酸化膜界面近傍が、引き続き施される加熱処理の温度において融解するために、前記(10)式を満たすことが必要である。次に、最終的に得られる Si Ge 層が単結晶であるための条件として、前記(3)式及び(5)式を満たす必要がある。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては、歪み緩和 Si Ge 層14の最終膜厚は前記(13)式となる。

【0084】

図10(b)は変形例2を説明する図である。この変形例2は、図9(a)の替わりに、SOI上にGe組成を0.45から0.25まで連続的に減少させた上にGeを0.25からまで連続的に増加させた傾斜Ge組成Si Ge 層9を用いることを特徴とする。このような傾斜組成構造は、不連続なGe組成の変化による転位発生を抑制する効果がある。

【0085】

該変形例に示す基板を1200，窒素雰囲気中にて加熱処理を行った結果得られる均一Ge組成・単結晶・歪み緩和Si Ge 層14の最終膜厚は $d_f = 205 \text{ nm}$ 、最終Ge組成は $x_f = 0.34$ である。これらの層を形成する際に、転位発生の臨界膜厚を超えないことが望ましい。ここで、本変形例2において本発明の効果を得ることが可能であるSi Ge 層の膜厚及びGe組成の範囲は、下記の通りである。

【0086】

まず、図9(c)の過程において埋め込み酸化膜近傍の Si Ge が融解するための目安として前記(14)式を満たすことが必要である。また、Si Ge 層の表面酸化膜界面近傍が、引き続き施される加熱処理の温度において融解するために、前記(10)式を満たすことが必要である。また、最終的に得られる Si Ge 層が単結晶であるための条件として、前記(5)式及び(7)式を満たす必要がある。また、特に加熱処理が酸化を伴わない場合においては、 $d_f = r_2 - r_1 + d_{SOI}$ である。

【0087】

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。例えば、第1～第3のSi Ge 層における膜厚やGe組成等の条件は仕様に応じて適宜変更可能である。具体的には、第1，第3のSi Ge 層のGe組成が高く、第2のSi Ge 層のGe組成が低いものであれば、各層のGe組成は適宜変更可能である。また、再結晶化のための熱処理温度は、第1～第3のSi Ge 層におけるGe組成との関係を考慮し、第1，第3のSi Ge 層が融解し、第2のSi Ge 層が融解しない範囲で適宜定めればよい。

【0088】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、絶縁膜上にGe組成の高い第1のSi Ge 層とGe組成の低い第2のSi Ge 層を積層した状態で、第1のSi Ge 層が融解し第2のSi Ge 層が融解しない温度で加熱処理を施してSi Ge を再結晶化することにより、Si Ge 層の下地絶縁膜界面近傍における転位の発生を抑制して高品質のSi Ge 結晶を得ることができ、且つSi Ge 層の十分な格子緩和をはかることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】酸化濃縮法を説明するための工程断面図。

【図2】融解Ge組成の温度依存性を説明するための特性図。

【図3】第1の実施形態に係わる歪み緩和Si Ge 基板の製造工程を示す断面図とGe組成図。

【図4】第1の実施形態の変形例を示す断面図とGe組成図。

【図5】第2の実施形態に係わる歪み緩和Si Ge 基板の製造工程を示す断面図とGe組成図。

【図6】第2の実施形態の変形例を示す断面図とGe組成図。

10

20

30

40

50

【図7】第3の実施形態に係わる歪み緩和SiGe基板の製造工程を示す断面図とGe組成図。

【図8】第3の実施形態の変形例を示す断面図とGe組成図。

【図9】第4の実施形態に係わる歪み緩和SiGe基板の製造工程を示す断面図とGe組成図。

【図10】第4の実施形態の変形例を示す断面図とGe組成図。

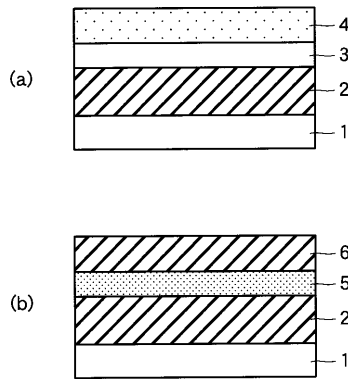
【符号の説明】

- 1 ... Si基板
- 2 ... 埋め込み酸化膜
- 3 ... Si層(SOI層)
- 4 ... 歪みSiGe層
- 5 ... 緩和SiGe層
- 6 ... 酸化膜
- 7 ... 高Ge組成SiGe層(第1のSiGe層)
- 7' ... 高Ge組成SiGe層(第3のSiGe層)
- 8 ... 低Ge組成SiGe層(第2のSiGe層)
- 9 ... 傾斜Ge組成SiGe層
- 10, 10' ... 融解SiGe層
- 11 ... 融解Ge組成
- 12 ... Ge拡散
- 13 ... 再結晶化
- 14 ... 歪み緩和SiGe層

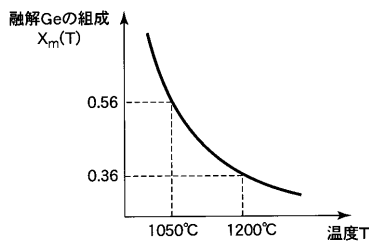
10

20

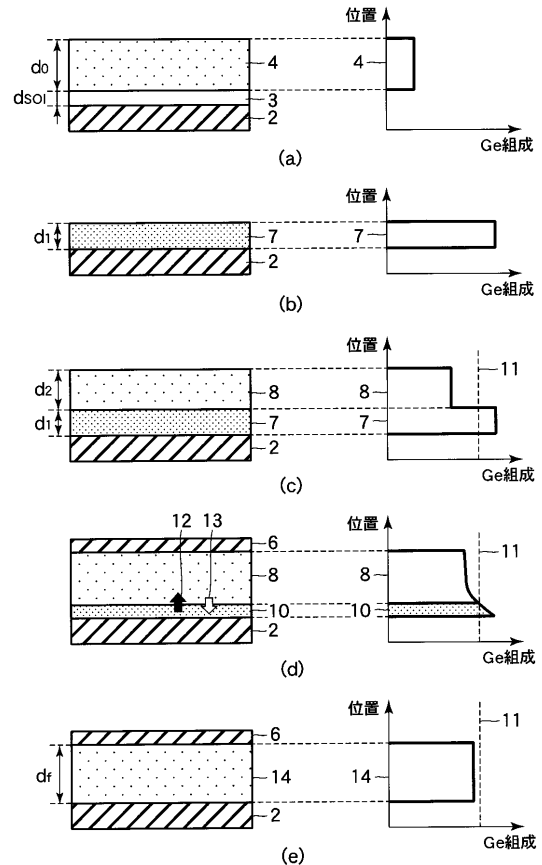
【図1】



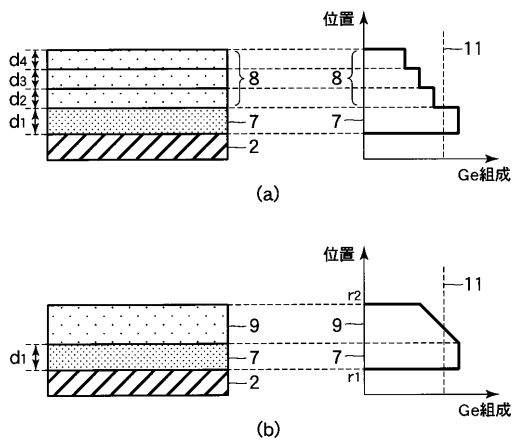
【図2】



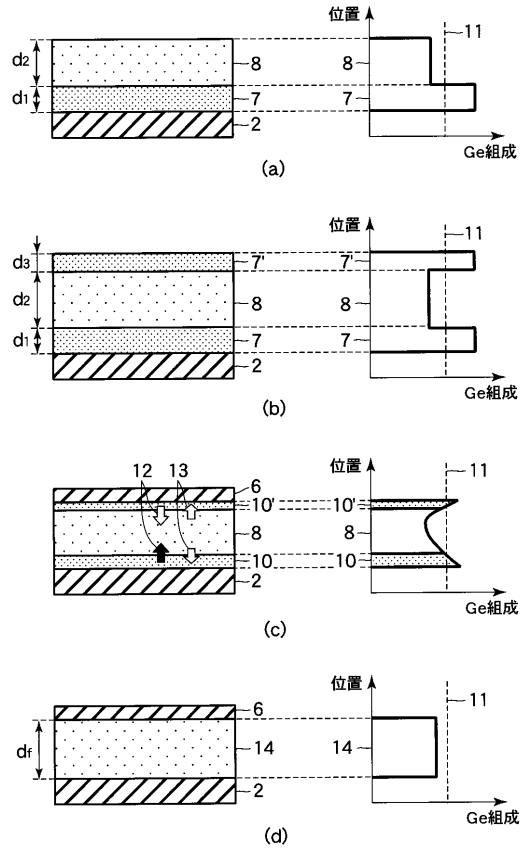
【図3】



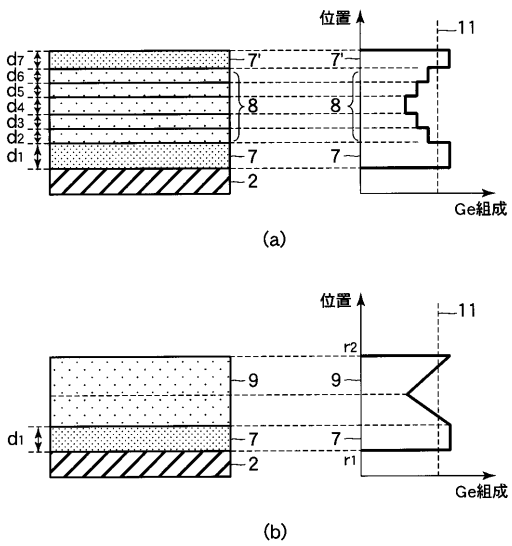
【 図 4 】



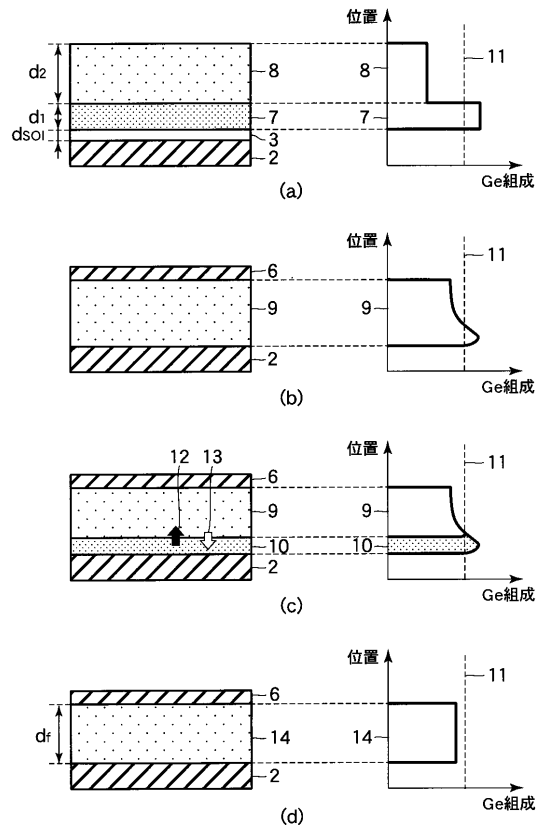
【 図 5 】



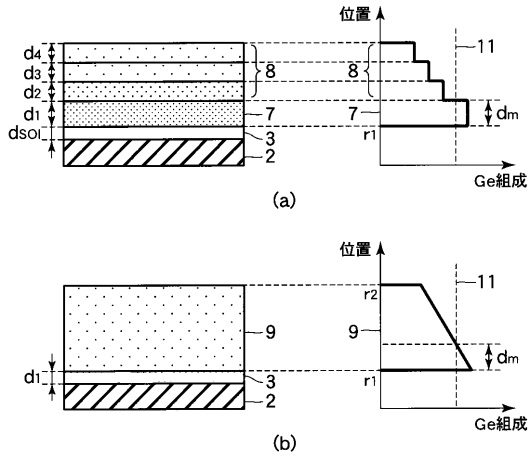
【 図 6 】



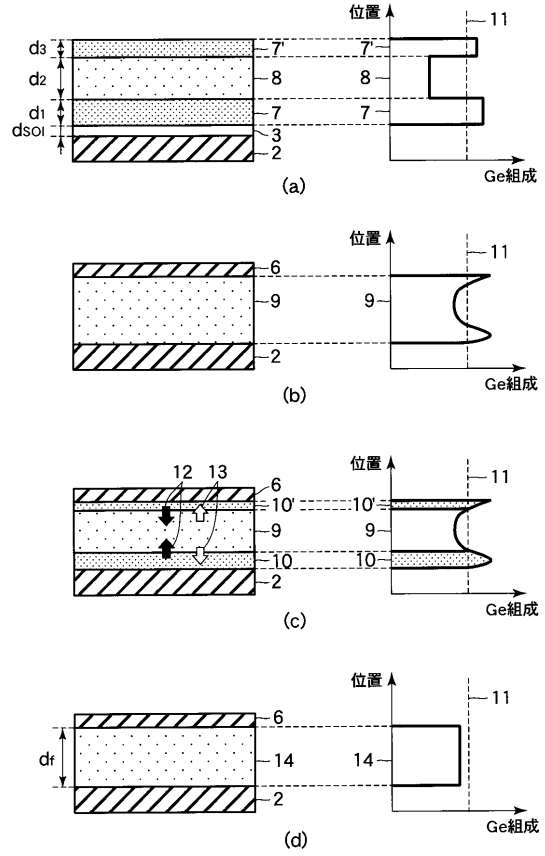
【 図 7 】



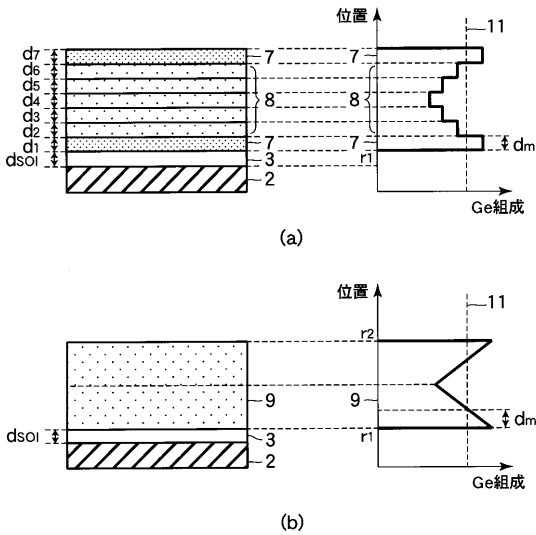
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 中払 周

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 手塚 勉

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5F052 AA11 CA04 DA03 EA11 GC01 HA08 JA04 KA01

5F110 AA01 AA06 BB04 DD13 GG01 GG02 GG11 GG12 GG19 GG25

GG42 GG58 PP10 PP13