

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3446032号
(P3446032)

(45)発行日 平成15年9月16日(2003.9.16)

(24)登録日 平成15年7月4日(2003.7.4)

(51)Int.Cl.⁷

C 3 0 B 29/06

15/36

識別記号

5 0 2

5 0 1

F I

C 3 0 B 29/06

15/36

5 0 2 F

5 0 1 A

請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000-49667(P2000-49667)
(22)出願日 平成12年2月25日(2000.2.25)
(65)公開番号 特開2001-240493(P2001-240493A)
(43)公開日 平成13年9月4日(2001.9.4)
審査請求日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(73)特許権者 597100974
信州大学長
長野県松本市旭3-1-1
(72)発明者 干川 圭吾
長野県長野市稲田1658番地
(72)発明者 黄 新明
長野県長野市上松1丁目3番地17号
(72)発明者 深海 龍夫
長野県須坂市田の神町23-5
(72)発明者 太子 敏則
長野県更埴市稲荷山2161-7
(74)代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

審査官 横山 敏志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 無転位シリコン単結晶の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 CZ法またはFZ法による無転位シリコン単結晶の製造方法であって、種子結晶として $1 \sim 7 \times 10^{18}$ atoms/cm³のボロンが添加された無転位単結晶を用い、ネッキング工程を行わずに、ドーパント濃度が $1 \sim 9 \times 10^{15}$ atoms/cm³である成長結晶を成長させることを特徴とする無転位シリコン単結晶の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大規模集積回路(LSI)製造に用いられる半導体シリコン(Si)単結晶の製造技術に関する。

【0002】

【従来技術】現在、LSI製造に用いられるSi単結晶は、引き上げ(Czochralski:CZ)法、

または浮遊帯(Floating Zone:FZ)法によって製造されており、特にCZ法によってSi単結晶の大部分が製造されている。CZ法は、種子結晶をSi融液へ接触(種子付け)させたのち引き上げてSi単結晶を成長させる方法である。FZ法は、種子結晶を多結晶Siの原料棒の一端に融着させた後、長さに沿って溶融帯を移動させてSi単結晶を成長させる方法である。

【0003】CZ-Si単結晶成長では、無転位単結晶を育成するために、1959年にW.C.Dashにより提案されたネッキング法が用いられている。ネッキング工程は、種子付け後に直径3-5mmの細くて長いネック部を形成するものである。この工程によって、種子付け時の熱ショックによって種子結晶中に発生した転位が成長結晶へと引き継がれることが防止される。この方

法は無転位単結晶を育成するための有効な方法であるが、無転位成長の確率が100%ではなく、製造工程に常に不安が残っていた。また、最近、数100kg以上の大形単結晶の育成が必要になり、細いネック部で成長結晶を支えることが出来なくなるという大きな問題点も明らかになってきている。また、FZ法を用いたSi単結晶成長においても、やはりネックング工程を用いているため、同様の問題が生じていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、ネックング工程の不要な無転位シリコン単結晶の製造方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためのものであり、現在LSIに用いられる全Si結晶の約2割ほどに当たるエピタキシャルウェハの下地基板に用いる高濃度B（ボロン）添加結晶の育成技術の研究の過程でなされた。より詳細には、本発明はこの研究中に明らかになった以下の2つの実験事実に基づく。

【0006】(1)不純物Bを 10^{18} atoms/cm³以上添加した無転位単結晶を種子結晶に用いると、種子付け時に、この種子結晶中に熱ショックによる転位が発生しない。

【0007】(2)種子結晶と成長結晶（特に種子付け直後の成長結晶）との間で不純物Bの濃度差があると、一般には格子不整合（ミスフィット）による新たな転位が発生するが、両者のB濃度の差を 7×10^{18} atoms/cm³以下にすることで、上記ミスフィット転位も発生しない。

【0008】これらの2つの事実を組み合わせることで、ネックング工程を必要とせずに無転位シリコン単結晶を成長させることができる。また、種子結晶と成長結晶との間にある程度のB濃度差が許容されることから、種子結晶にはBを添加しながらも、B無添加の無転位Si単結晶を成長させることができる。

【0009】本発明に係る無転位シリコン単結晶の製造方法は、CZ法またはFZ法による無転位シリコン単結晶の製造方法であって、種子結晶として $1 \sim 7 \times 10^{18}$

atoms/cm³のボロンが添加された無転位単結晶を用い、ネックング工程を行わずに、ドーパント濃度が $1 \sim 9 \times 10^{15}$ atoms/cm³である成長結晶を成長させることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明を実施する際には、CZ法においては、たとえば所定のB濃度の種子結晶およびSi融液を用意した後、この種子結晶をSi融液に接触させて引き上げて結晶成長させる。FZ法においては、たとえば所定のB濃度の種子結晶および多結晶Si原料棒を用意して両者を融着させた後、長さに沿って溶融帯を移動させて結晶成長させる。両方法においてネックング工程は行わない。

【0011】種子結晶中のB濃度は、 $1 \sim 7 \times 10^{18}$ atoms/cm³であることが好ましい。この範囲であれば、Bが無添加のSi単結晶を無転位で成長させられるからである。特に、種子結晶中のB濃度は、 $3 \sim 5 \times 10^{18}$ atoms/cm³であることが好ましい。この範囲であれば、B無添加の無転位Si単結晶を、より確実に転位の発生を防いで成長させられるからである。なお、B無添加のSi単結晶には、B濃度が一般的なドーパント濃度たとえば 1×10^{15} atoms/cm³以上、好ましくは $1 \sim 9 \times 10^{15}$ atoms/cm³、より好ましくは $1 \sim 3 \times 10^{15}$ atoms/cm³のSi単結晶が含まれる。また、B以外の他のドーパントたとえばP、As、Sbを上記濃度で含むSi単結晶も含まれる。

【0012】

【実施例】以下、CZ法による本発明の実施例について述べるが、FZ法についても本発明は同様に適用できる。

【0013】CZ法に従って、種子結晶としてB添加無転位単結晶を用いてSi融液からSi単結晶を製造した。ただしネックング工程は行わなかった。また、種子結晶中のB濃度とSi融液中の初期B濃度とを変化させて、種子結晶と成長結晶中の転位の発生状況を調べた。各結晶製造条件と結果を下表1に示す。

【0014】

【表1】

実施例 /比較例	種子結晶		Si 融液		成長結晶		石英のつ ぼ直径 (mm)	種子結晶 転位	成長結晶 転位
	B濃度 (atoms/cm ³)	断面形状 (mm×mm)	初期B濃度 (atoms/cm ³)	融液重量 (g)	直径 (mm)	長さ (mm)			
実施例 1	4×10 ¹⁹	7×7	4×10 ¹⁹	2000	70	50~100	150	なし	なし
実施例 2	8×10 ¹⁸		1×10 ¹⁹					なし	なし
実施例 3	8×10 ¹⁸		3×10 ¹⁸					なし	なし
実施例 4	8×10 ¹⁸		1×10 ¹⁸					なし	なし
実施例 5	3×10 ¹⁸		8×10 ¹⁸					なし	なし
実施例 6	3×10 ¹⁸		3×10 ¹⁸					なし	なし
実施例 7	3×10 ¹⁸		0					なし	なし
実施例 8	1×10 ¹⁸		8×10 ¹⁸					なし	なし
実施例 9	1×10 ¹⁸		1×10 ¹⁸					なし	なし
実施例 10	1×10 ¹⁸	12.5φ	1×10 ¹⁸	2000	70	70	150	なし	なし
実施例 11	5×10 ¹⁸	12.5φ	5×10 ¹⁸	45000	150	810	400	なし	なし
実施例 12	3×10 ¹⁸	7×7	0(P:5×10 ¹⁵)	2000	70	80	150	なし	なし
比較例 1	4×10 ¹⁹	7×7	1×10 ¹⁹	2000	70	50~100	150	なし	あり
比較例 2	4×10 ¹⁹		1×10 ¹⁸					なし	あり
比較例 3	4×10 ¹⁹		0					なし	あり
比較例 4	8×10 ¹⁸		8×10 ¹⁷					なし	あり
比較例 5	3×10 ¹⁸		4×10 ¹⁹					なし	あり
比較例 6	1×10 ¹⁸		1×10 ¹⁹					なし	あり
比較例 7	8×10 ¹⁷		8×10 ¹⁸					あり	あり
比較例 8	8×10 ¹⁷		7×10 ¹⁷					あり	なし

【0015】上表1において、実施例7および比較例3ではSi融液にBを添加しないで初期B濃度を0にした。また実施例12では、Si融液にBを添加せずにP(リン)を5×10¹⁵atoms/cm³だけ添加した。

【0016】上表1に示したように、各実施例において種子結晶中に熱ショックによる転位が発生せず、また成長結晶中にミスフィット転位が発生しなかった。このように、本発明によりネッキング法を行わずに無転位結晶成長を行えることが確認できた。一方、比較例では、両結晶の少なくともいずれか一方に転位が発生して、無転位結晶成長は行われなかった。

【0017】図1は、表1の実施例1~9と比較例1~8の各結果をまとめた図である。図1のハッチ線で囲まれた種子結晶中および成長結晶中のB濃度(無添加も含む)の範囲で、ネッキング無しで無転位Si単結晶成長が行えることが分かる。

【0018】図2と図3は、CZ法で製造したSi単結晶の転位の発生状況を観察したX線トポグラフ写真の一例である。図2(a)は、比較のために示した従来のCZ技術で製造したSi単結晶の例であり、図2(b)と図2(c)、および図3は上記比較例および実施例で製造したSi単結晶の例である。なお、図2(a)~(c)は種子結晶と成長結晶の境界近傍を観察した例であり、図の矢印が境界を示し、矢印から上が種子結晶、下が成長結晶である。図3は製造結晶全体を観察した例である。また、各図の上部の数値は種子結晶のB濃度を示し、下部の数値はSi融液の初期B濃度を示す。

【0019】図2(a)の従来技術では、種子結晶に熱ショックによる多量の転位が発生して成長結晶中に引き

継がれるが、その後のネッキング操作(写真下部)によって無転位化が図られ、無転位結晶が製造されることが分かる。

【0020】図2(b)は上述の比較例3で製造した単結晶であり、種子結晶には転位が発生していないが成長結晶中にはミスフィット転位が発生しているのが分かる。

【0021】図2(c)は上述の実施例4で製造した単結晶であり、種子結晶および成長結晶の何れにおいても転位が発生せず、無転位結晶が成長していることが分かる。

【0022】図3は、上述の実施例1で製造した無転位単結晶の全体を示す写真であり、やはり無転位単結晶が成長していることが分かる。

【0023】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、ネッキング工程の不要な無転位シリコン単結晶の製造方法が提供される。その結果、以下の効果が得られる。

(1) ネック部の機械的強度が増大し、大直径、大重量の結晶製造が可能になる。(2) 細くて長いネック部を成長させる時間が不必要になるため結晶製造の効率が上がり、またネック部の無くなった分だけ結晶を有効利用できるため結晶部分の長い結晶製造が可能になる。

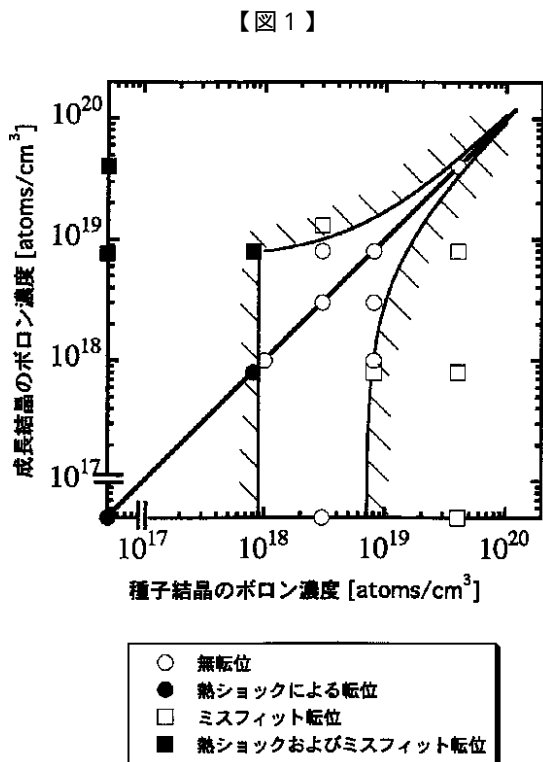
(3) ネッキング操作において、従来のように無転位化が達成されたか否かを特定の専門家が判断する必要がなくなるため、無転位結晶製造を誰でも(素人でも)簡単に行えるようになる。

【0024】また本発明においては、B無添加の無転位シリコン単結晶を成長させることもできるため、LSI

製造プロセスでの用途が非常に広い。

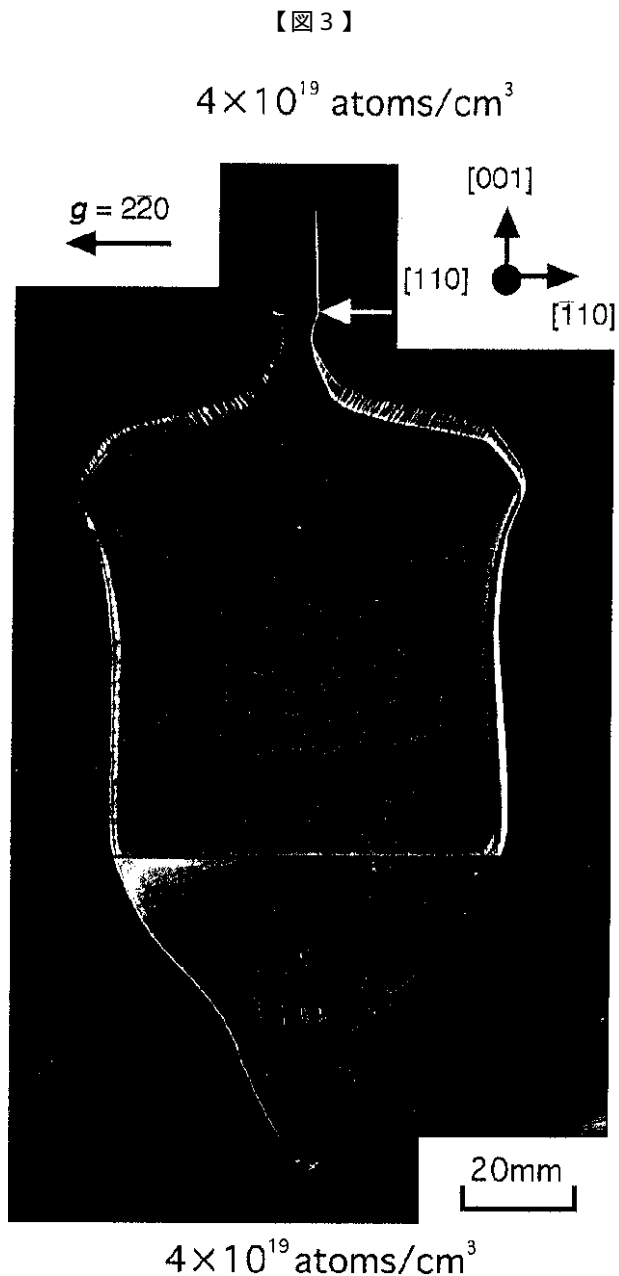
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例および比較例で得られた種子結晶中のB濃度と成長結晶中のB濃度との間の関係を示す図。

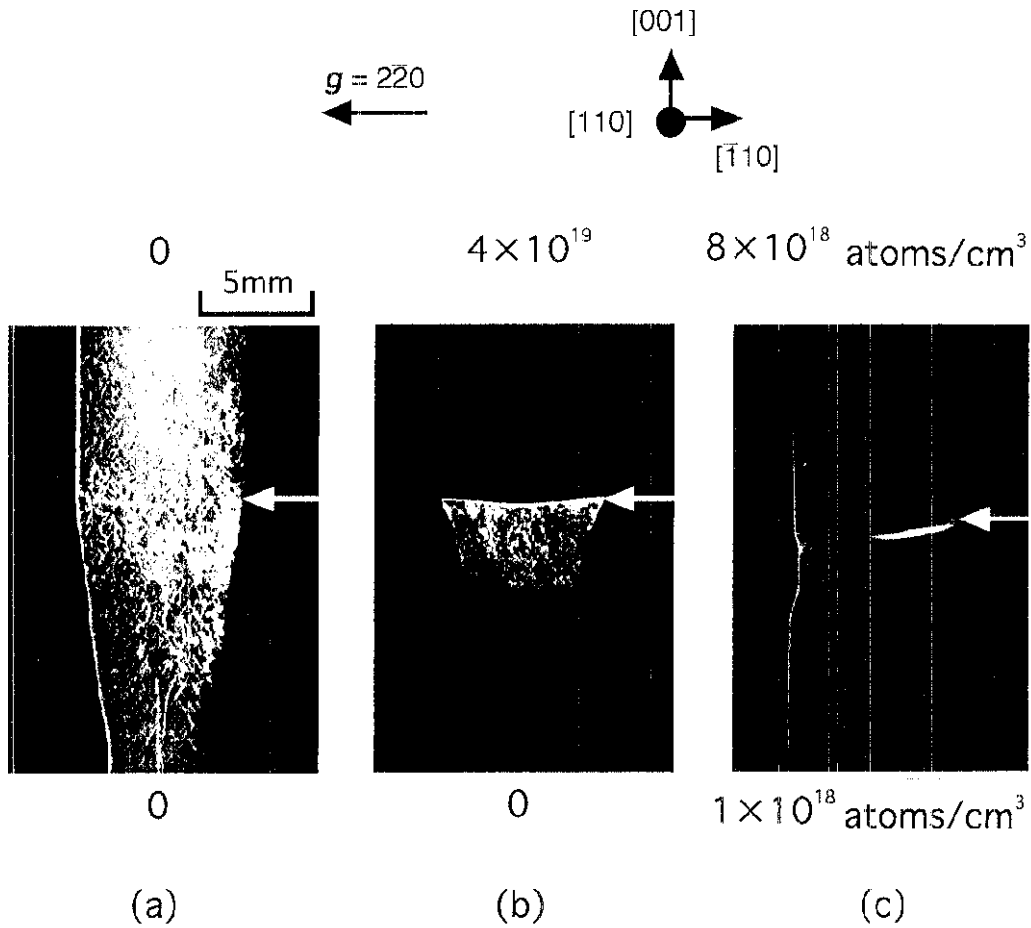


【図2】従来技術と本発明の実施例および比較例で得られたSi単結晶の結晶構造の一例を示す写真。

【図3】本発明の実施例で得られたSi単結晶の結晶構造の他の例を示す写真。



【図2】



矢印は種子づけ界面を示す。矢印より上部は種子結晶を、下部は成長結晶を示し、上下の数字は結晶中のボロン濃度を示す。

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平9 - 255490 (J P , A)
 特開2001 - 199788 (J P , A)
 特開 平4 - 139092 (J P , A)
 特開 平9 - 249492 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.7, D B名)
 C30B 1/00 - 35/00