

氏名(本籍)	いかり 碓	あつし 敦(佐賀県)
学位の種類	博士(工学)	
学位記番号	博乙第1,114号	
学位授与年月日	平成7年7月31日	
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当	
審査研究科	工学研究科	
学位論文題目	Si単結晶の高温急冷欠陥の研究	
主査	筑波大学教授	工学博士 谷川 庄一郎
副査	筑波大学教授	工学博士 長谷川 丈夫
副査	筑波大学教授	理学博士 名取 研二
副査	筑波大学教授	工学博士 水林 博
副査	湘南工科大学教授	理学博士 寺嶋 一高

論 文 の 要 旨

本論文はメモリー等の集積回路の基板として用いられるチョクラスキー法(Cz法)によるSi単結晶中の結晶成長欠陥の生成機構,特に結晶育成時の融点近傍(1390℃)からの冷却過程における欠陥核(酸素析出核,積層欠陥核)の生成機構を解明している。

この研究の背景には, Siを用いた半導体デバイスの高集積化によって, より完全な結晶が必要とされるようになったという事実がある。現在デバイス作成に用いられているSi単結晶は無転位であり, 他の半導体材料に比べて圧倒的に欠陥が少ない。しかし, Si単結晶も原子レベルで見れば欠陥が存在する。デバイスの微細化に伴って, これらの欠陥による酸化膜の特性の劣化や, これらの欠陥からの酸素析出物, 積層欠陥の発生が深刻な問題となってきている。

酸素析出物や積層欠陥の発生は, 結晶育成時の冷却条件により大きく変わることが経験的に知られている。しかし, この結晶成長欠陥(Grown-in Defects)と総称される欠陥の正体・発生機構については, 非常に多くのモデル(点欠陥や酸素などの不純物の凝集, 熱歪み)が提案されているものの, 結晶引き上げ機内の冷却条件が複雑なこと, 発生する欠陥が原子レベルの大きさのもので密度が低いこと等の理由から未解明の状態にある。

本論文では, 上に述べた問題意識から Cz-Si単結晶を融点近傍の高温から冷却したときに発生する欠陥の基本的挙動, 正体を明らかにし, その発生機構を解明しており, このことにより, 微細な半導体デバイスの作成に適した完全性の高いSi単結晶の工業的な製造の指針を明らかにしている。

本論文は7章から構成され, 第1章では, Si単結晶中の欠陥の生成機構に関する研究の背景, 従来の研究について概観し, 本論文の目的・位置付けを述べている。第2章では, この研究でSi中の欠陥検出に主として用いた, 赤外吸収測定法および陽電子消滅測定法の特徴を概括している。第3章では, Si結晶中の冷却過程で起こる酸素析出核生成の現象・挙動を明らかにしている。冷却前の試料の条件を一定にするために行った容体化手法について述べ, 冷却条件によってどのように核生成が変化するかを明らかにしている。この著者が独自に開発した手法によって新たに解明された現象と, 通常のSiウェハールにおける酸素析出とを比較して, 議論を展開している。第4章では, 容体化処理により導入した酸素析出核の正体を明らかにし, その生成機構について, 新たな考え方を提案している。溶体化処理により酸素析出核を導入した試料, 電子線照射により原子空孔を導入した

試料等についての赤外呼吸，陽電子消滅の測定結果から，析出核の実体を明らかにしている。この測定結果に基づいて酸素析出核の生成モデルを提案している。第5章では，同様な測定法を，結晶の引き上げで発生する結晶成長欠陥の解析に用いて，実際の結晶引き上げの冷却過程で発生する欠陥も，第4章で提案した酸素析出核の生成モデルで統一的に説明できることを明らかにしている。第6章では，もう一つの欠陥発生要因として，結晶凝固過程を取り上げ，特に，Siの融液の特性が融点近傍でどのように変化し，またそれがどのように結晶成長や凝固界面での欠陥の発生に影響を与えるのかについて議論を展開している。第7章は結論であり，実験結果の解析およびそれから導出されたモデルをまとめ，従来経験に頼ってきた工業的なSi単結晶製造工程における結晶品質の改良について，基礎的な観点から明確な指針を提案している。この提案は，現実の製造工程に利用され，既に結晶成長欠陥の少ない結晶の製造を可能にしたことをも記している。最終的に，本論文で明らかになった知見を製造工程に応用することによって，今後の大規模集積化に対応可能な高品質のSi単結晶の製造可能性を示唆している。

審 査 の 要 旨

本論文は，Siデバイスの高集積化を阻む重要な要因の一つであるSi単結晶中の結晶成長欠陥の正体・生成機構を解明し，その制御法を提案し，微細な半導体デバイスの作成に適した完全性の高いSi単結晶の工業的な製造の指針を明らかにしており，博士（工学）学位論文として高く評価できる。

よって，著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める