



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Investigation of Crystallographic Defects in Czochralski-Grown Silicon Single Crystals                                                          |
| Author(s)    | 定光, 信介                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 1998, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/40928">https://hdl.handle.net/11094/40928</a>                                                             |
| rights       |                                                                                                                                                 |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|               |                                                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名           | さだ 光 信 介                                                                                                               |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (理 学)                                                                                                              |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 3 5 4 5 号                                                                                                          |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 10 年 2 月 18 日                                                                                                      |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 2 項該当                                                                                                       |
| 学 位 論 文 名     | Investigation of Crystallographic Defects in Czochralski-Grown Silicon Single Crystals<br>(チョクラルスキー成長シリコン単結晶中の結晶欠陥の研究) |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 平 田 光 兒<br>(副査)<br>教 授 鈴 木 直 教 授 那 須 三 郎 助 教 授 竹 田 精 治                                                     |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、シリコンデバイスの基板として広く用いられている CZ-Si ウェーハ中の結晶欠陥の形成と制御に関する研究をまとめたものである。

第 1 章では、本研究の背景と課題を明らかにした。

第 2 章では、極微量金属不純物の定量汚染法について記し、本手法を適用して、Fe, Ni, Cu によって誘起される表面析出欠陥と酸化誘起積層欠陥 (OSF) の形成挙動について述べた。高温からの冷却過程で Ni, Cu によって金属シリサイドが形成され、これらを核として OSF が誘起されることを明らかにした。しかしながら、この条件では Fe に起因した欠陥は生成せず、Fe 濃度が過飽和となる温度で保持することによって、Fe 析出物が形成されることを明らかにした。さらに、これら形成された各種金属シリサイドについて、TEM 観察によりその構造を明らかにした。また、これら金属シリサイドの酸化膜耐圧特性への影響を明らかにし、特性劣化メカニズムのモデルを提案した。

第 3 章では、高温窒素雰囲気ウェーハ表面近傍に形成される特徴的な欠陥の構造を TEM を用いて同定し、この欠陥は、OSF の核となることを示した。

第 4 章では、CZ-Si 結晶中に生成する Grown-in 欠陥の実体と形成挙動を研究した。結晶育成速度が変化した場合の Grown-in 欠陥の分布を詳細に調べ、結晶固化後の高温度域において OSF-ring 外側領域は格子間シリコンが優勢であり、転位クラスターが生成すること、および OSF-ring と内側領域では空孔が優勢であり、結晶冷却時 1100°C 前後の温度で原子空孔と酸素の相互作用によって酸素析出物であると考えられる赤外線散乱欠陥が生成することを明らかにした。また、1150~1000°C の結晶冷却速度に依存して赤外線散乱欠陥の密度とサイズが変化し、酸化膜耐圧特性の制御が可能であることを明らかにした。

第 5 章では、リング OSF 領域を含むウェーハを用いて、OSF 発生挙動を調査し、ある特定のサイズの板状酸素析出物が OSF の核になることを明らかにし、酸素析出物の周りのミクロな歪み分布を考慮して、OSF 発生メカニズムのモデルを提案した。またこのリング OSF 領域を有するウェーハの面内の酸素析出核分布についても明らかにした。

第 6 章では、第 2 章から 5 章までを総括し、本研究の結論とした。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、シリコンデバイスの基板として広く用いられている CZ-Si ウェハー中のデバイス製造工程中に発生する、欠陥形成機構とその制御に関する研究をまとめたものである。第一に、極微量不純物 Fe, Ni, Cu の定量汚染法を開発し、それによって誘起される OSF (酸化誘起積層欠陥) の形成挙動の考察を行った。Ni, Cu については高温からの冷却過程で金属シリサイドが形成され、これらを核にして OSF が発生することを明らかにした。Fe はこのような欠陥を発生することではなく、過飽和となる温度領域では析出物を形成するのみであることを認めた。金属シリサイドは透過電子顕微鏡 (TEM) 観察で構造を決定し、シリサイドや OSF の酸化膜耐圧性への影響による特性劣化メカニズムのモデルを提案した。第二に、高温窒素雰囲気中でウェハーの表面近傍に形成される特徴的な欠陥の構造を TEM 法により決定し、この欠陥は OSF の核となることを示した。第三には Cz-Si 中に結晶引き上げ中に発生する欠陥の実体と形成挙動を考察した。結晶育成速度が変化した場合の導入される欠陥分布を詳細に調べ、結晶の外側は格子間 Si 原子が優勢で、内部は原子空孔が優勢であることが判明した。また空孔と酸素の相互作用は、酸素析出物の形成に重要であることも判った。これは結晶成長後の冷却速度とも関連があり、酸化膜耐圧特性の制御上特に重要な要素であることも判った。

以上の内容は、基本的な物理学としての格子欠陥研究の立場からも、デバイス開発の立場からも重要な意味を持っていると考えられる。

博士 (理学) の学位論文として価値のあるものと認める。