

Title	非接触・非破壊法によるシリコン中の結晶欠陥評価に関する研究
Author(s)	片山, 健一
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38757
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	かた 片 やま 山 けん 健 いち 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 0 8 9 2 号
学位授与年月日	平成 5 年 7 月 26 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	非接触・非破壊法によるシリコン中の結晶欠陥評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 梅野 正隆 教授 川辺 秀昭 教授 浜口 智尋 教授 片岡 俊彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、非破壊かつ非接触な評価技法を用いて、CZ-Si 結晶の格子欠陥ならびにそれらが結晶の電気的特性に及ぼす効果について研究した結果をまとめたものであり、緒論と結論を含む 6 章から構成されている。

緒論では、現在の半導体産業における Si 結晶の役割と、Si 結晶の非破壊・非接触評価の必要性について述べている。

第 1 章では、本研究を遂行するにあたり使用した評価手段のうちの主要な 3 つの手法、すなわち光散乱トモグラフィ (Light Scattering Tomography: LST)、放射光を利用したシンクロトロンセクショントポグラフィ法 (SR トポグラフィ法)、及びレーザマイクロウェーブ光導伝率法 (Laser/Microwave Photoconductance: LM-PC) の概要について述べている。

第 2 章では、非接触で Si バルク中の格子欠陥密度の測定を行った研究結果について述べている。すなわち LST を酸素析出過程の研究に適用し、測定結果が酸素析出機構の理論的考察と矛盾しないことを示し、Si 中の微小欠陥検出限界 (最小サイズ) を明らかにしている。さらに、SR トポグラフィ法と LST 法の微小欠陥検出感度の比較を行い、LST の高感度性を確認すると共に、結晶の完全性の目安となる X 線のペンデル縞が明瞭に現れる結晶でも、微小欠陥を高密度に含んでいる場合があることを示している。

第 3 章では、半導体結晶の基本的な特性であるキャリアーライフタイムの測定結果について述べている。特にウエーハのバルク品質を非破壊で評価するために、紫外線 (UV) を照射した際に起こる現象について初めて詳細な検討を行い、酸化膜中に存在する速い準位と遅い準位の電気的性質についての考察から、UV 照射がライフタイムに及ぼす効果のメカニズムを解明している。また、自然酸化と熱酸化された試料に対する一見正反対に見える UV 照射効果は、酸化膜中に存在する速い準位と遅い準位の密度差に起因する同一のメカニズムで説明できることを明らかにしている。

第 4 章では、LM-PC を用いてキャリアー再結合 (G-R) 中心のエネルギーレベルを評価した結果をまとめている。評価した G-R 中心は、Si-SiO₂ 界面及びバルク中の格子欠陥に起因するものであり、いずれもデバイスの電気的

性を左右する重要な評価対象で、以下の興味深い結果が得られている。Si 基板と酸化膜の界面 (Si-SiO₂ 界面) に存在するキャリアー再結合中心に起因したエネルギー準位を LM-PC 法により非接触・非破壊で初めて評価し、従来の手法では困難な自然酸化膜と Si 基板との界面の電気特性評価手法を確立している。またバルク格子欠陥のうち、最も強い再結合中心として作用する酸素析出物は表面における Si-SiO₂ 界面の特性と非常によく似た性質を示すこと、また微量に含まれる炭素原子には単に酸素の析出を加速するのみならず、酸素析出物の電気的特性にも影響を与えることを確認している。さらに、イントリンシックゲッターリング (IG) 熱プロセス中に発生する格子欠陥についても研究を行い、LM-PC の格子欠陥検出下限は $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを確認し、この手法がインライン評価手段となり得ることを確認している。

結論では、本研究で得られた成果を総括し、今後の展望ならびに課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

シリコンデバイスの高性能・高集積化にともない、基板となる CZ-Si の結晶性ならびに電気的性質の評価には極めて厳しいものが要求されると共に、デバイス製造ラインでのインラインモニタリングがますます重要な課題となってきた。

本論文は、そのような背景から非破壊かつ非接触な結晶特性の評価手法を、シリコン結晶の様々な格子欠陥の特性評価に適用した結果について報告しており、その主な成果は次の通りである。

- (1) 熱処理によって発生する CZ-Si 中の格子欠陥の密度を、光散乱トモグラフィ (LST) により測定し、酸素析出の理論的考察と一致することを確認している。
- (2) LST で観察可能な格子欠陥の検出下限の大きさを実験的に明らかにしており、LST による欠陥密度の高感度定量測定を可能にしている。
- (3) LST と放射光トポグラフィ法の実験結果を比較検討し、従来から結晶の完全性の目安とされてきたペンデル縞の存在が必ずしも十分な指標になり得ないことを示している。
- (4) シリコンウエーハに紫外線を照射した際に生じるキャリア寿命の減衰と、その回復過程を詳細に調べて酸化膜との関連を明らかにし、これを利用することにより、シリコンバルク結晶のキャリアー寿命の測定が極めて簡素化されることを示している。
- (5) シリコン基板と酸化膜の界面に存在するキャリアー再結合中心のエネルギー準位を、レーザマイクロ波光導伝率法 (LM-PC 法) により非接触・非破壊で評価できることを示している。
- (6) シリコンのバルク格子欠陥のうち、最も強い再結合中心となる酸素析出物は Si-SiO₂ 界面とよく似た電気的特性をもち、更に微量の炭素不純物は単に酸素析出を加速するだけでなく、酸素析出物の電気的特性にも影響を与えることを確認している。
- (7) イントリンシックゲッターリングのプロセスで発生する格子欠陥を LM-PC 法で調べ、その検出下限が $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ 以下と非常に敏感であることを確認し、LM-PC 法がインライン評価手段として適していることを示している。

以上のように、本論文はシリコン中の様々な格子欠陥の評価に、非破壊かつ非接触の評価手法を有機的に適用し、シリコンの物性に関する新しい知見を与えているのみならず、半導体デバイス製造工程におけるそれらの応用について有用な指針を与えており、材料物性学ならびに半導体工学上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。