Osaka University Knowledge Archive

Title	シリコン基板表面の光散乱による評価に関する研究
Author(s)	近藤, 英之
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40170
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【40】

氏　　名	近藤英之（こんどう ひでゆき）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　13132　号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	**シリコン基板表面の光散乱による評価に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教授　岩崎　裕 教授　中島　信一　教授　伊東　一良　教授　興地　斐男 教授　増原　宏　教授　志水　隆一　教授　河田　聡 教授　樹下　行三　教授　八木　厚志　教授　石井　博昭 教授　後藤　誠一　教授　豊田　順一　教授　一岡　芳樹 教授　川上　則雄　教授　萩行　正憲

論文内容の要旨

本論文は，次世代の超高集積回路の製造に必要なシリコン基板表面の高感度な評価法の開発を目的としており，全反射蛍光X線，レーザ光散乱強度測定などの光散乱手法を用いた新たな高感度測定評価法の開発，これらを用いたシリコン基板表面の不純物，ラフネス，及び微粒子などの評価，及びシリコン基板表面に付着した光の波長以下の大きさの微粒子による光散乱強度の計算法の開発とレーザ光散乱強度計測への応用に関して行われた研究結果をまとめたものであり，下記の7章から構成されている。

第1章では，本研究の背景とその意義について述べている。

第2章では，全反射蛍光X線分析装置（TRXRF）を用いて表面重金属不純物を定量測定するに際し，一次X線の基板に対する入射方位により基板の結晶面による回折が生じることを見出している。さらに，この回折X線の増大が測定における誤差要因および検出下限を悪化させる要因となることを解析し，この要因の低減により検出下限および測定の定量化を向上している。

第3章では，基板表面ラフネスによる局所的な面の勾配分布を，X線を用いて評価する方法を新たに考案している。実際化学エッチングにより荒れたシリコン表面についてTRXRFを用いてSi－Kα線強度を計測することにより，ラフネスの一つの指標となる局所的な面の勾配分布を求めている。

第4章では，シリコン酸化膜を形成した基板上の微粒子による散乱光強度の酸化膜厚依存性を実験により調べている。シリコン酸化膜上微粒子による散乱光強度が膜厚に対して周期的に変動し，また，酸化膜厚が薄い領域で散乱光強度が増大する現象を定量的に観測している。さらに，酸化膜厚にしたがって変動する散乱光強度の最大値と最小値の比が，微粒子の位置における入射波の平均強度の最大値と最小値の比にくらべて大きいことを見出している。

第5章では，Coupled－Dipole法を基に，メゾスコピックスケールの物体による光散乱現象を解析するための計算方法を考案している。本計算方法を薄膜上微粒子に適用し，第4章の実験で得られた薄膜上微粒子による散乱光強度の膜厚依存性を再現し，膜厚が薄い場合の散乱光強度の増大に関する近接場相互作用の寄与を求めている。さらに，膜厚に依存して変動する散乱光強度の最大値と最小値の比が大きくなる現象が，微粒子中の定在波の位相の分布によることを考察している。

第6章では，少数キャリアの再結合ライフタイム測定による表面層不純物誘起欠陥の評価に関して，ヨウ素を用いた表面再結合抑制処理の効果を詳細に調べている。また，熱酸化を行った表面層のライフタイム値とヨウ素処理を行っ

た場合のライフタイム値の相関を明らかにし，これに基づく熱酸化工程で汚染された不純物起因欠陥の評価方法を提案している。

第7章では，本研究で得られた研究成果をまとめ，今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

半導体デバイスの高集積化に向けて，表面ラフネス，欠陥及び不純物の少ないシリコン基板が要求されている。高品質シリコン基板の生産と高集積半導体デバイスの製造に伴って，光の散乱を用いたシリコン基板表面の高感度な評価法開発の重要性が増している。しかしながら，光の波長以下の寸法の構造をもった散乱体による光散乱挙動には未知の領域が多く高感度な計測法は確立されていない。本論文は，全反射蛍光X線分析法，レーザ光散乱強度計測などの光散乱手法を用いたシリコン基板表面の高感度な評価法及び計算・解析法の開発に関して得られた研究成果をまとめたものである。その主な成果を要約すると次の通りである。

(1) 全反射蛍光X線分析を用いた表面重金属不純物の定量において，これまで無視されてきた一次X線の基板の結晶面による回折の効果を明らかにし，この効果を低減した計測の高感度化および定量性の向上を提案し，これらを実験により実証している。

(2) 全反射蛍光X線分析法を用いてSi－Kα線強度を計測することにより，シリコン基板表面ラフネスの一つの指標となる局所的な面の勾配分布を推定する方法を初めて提案し，化学エッチング法により生じたラフなシリコン基板表面の測定により実際表面ラフネスの評価が可能なことを確かめている。

(3) シリコン酸化膜を形成した基板上の入射光波長より小さな微粒子による散乱光強度の酸化膜厚依存性を実験により調べ，微粒子による散乱光強度は膜厚に対して周期的に変動し，酸化膜厚が薄い領域で散乱光強度が増大することを明らかにしている。さらに，酸化膜厚にしたがって変動する散乱光強度の最大値と最小値の比が，微粒子の位置における入射波の平均強度の最大値と最小値の比にくらべて大きくなる新たな現象を定量的に見出している。

(4) メゾスコピックスケールの物体による光散乱現象を解析するための計算方法をCoupled－Dipole法を基に開発し，実験で得られた薄膜上微粒子による散乱光強度の膜厚依存性を説明できることを示している。また，膜厚が薄い場合に散乱光強度が増大する現象が近接場相互作用が原因であることを明らかにし，膜厚にしたがって変動する散乱光強度の最大値と最小値の比が大きくなるのは，微粒子中の定在波の位相の分布によることを指摘している。

(5) 少数キャリアの再結合ライフタイム測定による表面層不純物誘起欠陥の評価におけるヨウ素を用いた表面再結合抑制処理の効果を明らかにし，この処理法を応用して熱酸化工程で汚染された不純物起因欠陥の評価方法を提案している。

以上のように，本論文はシリコン基板表面の光散乱による高感度な評価技術を確立し，これまで未知であった光波長より小さなシリコン基板上の微粒子による散乱に関して多くの知見を与えており，応用物理学，特に半導体工学に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。