The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	先端物理解析技術を用いた半導体デバイスの解析に関する研究
Author(s)	工藤, 修一
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34567
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 （ 工藤 修一 ）	
論文題名	先端物理解析技術を用いた半導体デバイスの解析に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、筆者が、ルネサスエレクトロニクス株式会社 デバイス・解析技術開発統括部 及び 大阪大学大学院 情報科学研究科 情報システム工学専攻 博士課程在学中（平成23年度～平成25年度）に行ってきた、先端物理解析技術を用いた半導体デバイス材料・デバイスの物理解析に関する研究成果をまとめたもので、本文は８章から構成されている。

第１章は、序論であり、本研究の背景、目的ならびにその半導体工学上の意義、及び関連する分野における本研究の位置づけについて述べ、また、本論文の構成を説明した。

第２章では、現状の材料・デバイス解析技術の問題点を述べ、これらを解決するための種々の先端物理解析技術を用いた手法の原理と特徴を概観した。これらの先端物理解析技術手法を有機的に利用できる物理解析フローを提案した。さらに、このフローの効果についても議論した。

第３章では、提案した物理解析フローをリーク電流が増加した不良デバイスに適用した結果を述べた。先端物理解析技術の中の電子線トモグラフィ法と位置分解型透過電子顕微鏡電子エネルギー損失分光法を適用することによって、半導体デバイス中で用いられるNiシリサイド材料の異常成長がリーク電流の原因であることがわかった。結晶学的な視点から異常成長の発生メカニズムを考察し、その対策を行った結果、リーク電流の増加を抑えることができることを実証した。

第４章では、提案した物理解析フローをトランジスタデバイスの高抵抗不良に適用した結果について述べた。先端物理解析技術の中のアトムプローブ法と走査電子顕微鏡電子後方散乱回折法を適用することにより、デバイス中で用いられるNiシリサイド材料の断線が原因であることがわかった。断線部の形状と構造、結晶性、および不純物に関する解析結果から、Niシリサイドが断線するメカニズムについて検討し、対策を行い、実証した。

第５章では、提案した物理解析フローをトランジスタデバイスの接合リーク電流に適用した結果について述べた。先端物理解析技術の中の電子線トモグラフィ法と走査透過電子顕微鏡低角度散乱暗視野法を適用することにより、接合リーク電流が結晶欠陥に起因することがわかった。得られた三次元解析結果から、結晶欠陥とデバイス構造の三次元的な位置関係や、結晶欠陥の起点とすべり面を特定し、結晶欠陥の発生メカニズムを議論し、対策を行い、実証した。

第６章では、提案した物理解析フローをトランジスタ絶縁膜経時破壊に適用した結果について述べた。先端物理解析技術の中の球面収差補正走査透過型電子顕微鏡法とアトムプローブ法を適用することにより絶縁膜経時破壊の原因を検討した。

第７章では、提案した物理解析フローをバックエンドプロセスで形成されるCu配線の信頼性劣化に適用した結果について述べた。先端物理解析技術の中の電子線トモグラフィ法が三次元形状の寸法の定量解析に有効であることを述べた。

第８章では本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について述べた。

様式7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（工藤　修一）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主査	教授	中前　幸治
	副査	教授	尾上　孝雄
	副査	准教授	三浦　克介
	副査	校長	谷口　研二（国立高等専門学校機構奈良工業高等専門学校）

論文審査の結果の要旨

本論文は、先端物理解析技術を用いた半導体デバイスの解析に関する一連の研究をまとめたものである。得られた主な成果は次の通りである。

（1）半導体デバイス解析の現状について議論し、これまでのデバイス物理解析フローの課題を明らかにしている。また、これらを解決するために、半導体デバイスの物理解析フローに、新たに先端物理解析手法を組み込んだ物理解析フローを提案している。
（2）提案した物理解析フローをリーク電流が増加した不良デバイスに適用し、Ni シリサイドの異常成長がデバイスの動作に不具合を生じさせていることを追究できている。さらに、先端物理解析技術を用いて、異常成長の発生メカニズムを考察している。
（3）提案した物理解析フローを半導体デバイスの高抵抗不良を引き起こすNi シリサイド断線に適用し、Ni シリサイド膜中の小角粒界が膜中のB クラスタによって移動を妨げられ、それによりNi シリサイド膜に割れが生じ、断線に至ることをあきらかにしている。
（4）提案した物理解析フローをトランジスタデバイスの電気特性不良に適用し、デバイス中に存在する結晶欠陥が原因であることを突き止め、提案した解析フローが有効であることを示している。さらに、先端物理解析技術を駆使して、結晶欠陥とデバイス構造の三次元的な位置関係や、結晶欠陥の起点とすべり面を特定し、結晶欠陥の発生メカニズムを考察している。
（5）提案した物理解析フローをトランジスタの絶縁膜経時破壊の解析に適用し、Hf 原子がゲート絶縁膜中で拡散している様子を捉え、継時劣化・破壊の原因をあきらかにしている。
（6）提案した物理解析フローをバックエンドプロセスで形成されるCu 配線の信頼性劣化に適用し、Via のバリアメタルのカバレッジやNi シリサイドの膜厚分布を定量解析し、劣化の原因をあきらかにしている。

以上のように、本論文は先端物理解析技術を用いた半導体デバイスの物理解析に関して多くの新しい知見を含んでおり、情報システム工学の発展に寄与するところが大きい。よって、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。