

Title	STUDY ON DEFECT DETECTION FOR SEMICONDUCTOR SURFACE LAYER BY USING INFRARED EVANESCENT LIGHT
Author(s)	中島, 隆介
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46906
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	ながしま りゅうすけ 中島隆介
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 20313 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械システム工学専攻
学位論文名	STUDY ON DEFECT DETECTION FOR SEMICONDUCTOR SURFACE LAYER BY USING INFRARED EVANESCENT LIGHT (赤外エバネッセント光による半導体基板表面層欠陥検出に関する研究)
論文審査委員	(主査) 助教授 高谷 裕浩 (副査) 教授 竹内 芳美 教授 澁谷 陽二 東京大学大学院工学研究科助教授 高橋 哲

論文内容の要旨

本論文では、高性能半導体用基板である SOI ウエハの表面薄膜層構造に着目し、それを誘電体スラブ導波路とみなすことで近赤外光を伝送時に表面に発生するエバネッセント場を利用し、SOI ウエハ表面薄膜層の非破壊且つ nm オーダの詳細計測を可能にする欠陥計測法を提案した。そして数値理論解析及び基礎実験による検討を行い、シリコン薄膜及び SOI ウエハの欠陥検出実験から本提案手法の有効性を実証した。

第 1 章「緒論」では、研究の背景として現在及び将来の半導体産業における SOI ウエハの重要性について述べ、その評価法における問題点を挙げた。それを踏まえ、本研究の目的を示した。

第 2 章「エバネッセント場」では、提案する手法において要となるエバネッセント場について、電磁気学的な解釈を与えた。またエバネッセント場を発生させる原理として、スラブ導波路における光伝送に関する諸原理について述べた。

第 3 章「測定原理」では、前章までに解説した諸原理を提案手法に応用し、SOI ウエハ表面薄膜層構造をスラブ導波路とみなした、導波モードの検証による欠陥の評価法としての微小欠陥検出手法を提案した。

第 4 章「数値解析」では、光の波動を電磁場として捉え Maxwell の方程式を適用することによって、プローブ近傍におけるエバネッセント場のシリコンウエハ表面上での挙動について数値的解析を行った。更に導波路の光伝送とエバネッセント場についてシミュレーションを実行し、提案手法の実現において必要な諸条件について解き明かした。また提案手法による欠陥検出をシミュレーション上で再現し、手法の妥当性について検証した。

第 5 章「裏面入射によるエバネッセント場の検出基礎実験」では、提案手法において考慮すべき諸現象を認識するため、裏面入射によるエバネッセント場の検出を試み、これにより提案手法を実現するために必要となる情報を収集した。

第 6 章「装置の設計及び試作」では、まず提案する手法の実現のため必要となる諸条件とその構築について述べ、試作装置における各構成要素について、シミュレーションや基礎実験によって得られた知見に基づき設計を行った。

第 7 章「エバネッセント場による欠陥検出実験」では、提案手法を実践し実際の SOI ウエハについて、その欠陥の検出を試み、本手法により検出可能であることを実証した。

論文審査の結果の要旨

高集積・高性能化を続ける先端半導体素子の製造において、そのデバイス用基板として極薄膜 SOI (Silicon On Insulator) ウエハが注目されている。これはシリコン単結晶の基板上に絶縁膜とシリコン薄膜を有する三層構造のウエハで、これら表面の両層は 50~200 nm 程度と極めて薄く、この各層を区別し非破壊で適切に評価する手法の開発が求められている。本論文では、この SOI ウエハの表面薄膜層構造に着目し、それを誘電体スラブ導波路とみなすことで近赤外光を伝送時に表面に発生するエバネッセント場を利用し、SOI ウエハ表面薄膜層の非破壊かつ nm オーダの詳細計測を可能にする欠陥計測法を提案する。そして数値理論解析及び基礎実験による検討を行い、シリコン薄膜及び SOI ウエハの欠陥検出実験から本提案手法の有効性を実証するものである。主な成果を要約すると以下の通りである。

- (1) SOI ウエハ表面層への光の非接触入射方法として、マイクロシリコンプリズムを用いた平行入射法を提案している。これは、エバネッセント場を利用した欠陥検出への適用を前提としたもので、入射位置に近いところでエバネッセント場が検出できるように設計されている。このマイクロシリコンプリズムにより、入射条件を充たすあらゆる導波路に外部から光を入射させ、表面上にエバネッセント場を発生させることを可能とするものである。
- (2) SOI ウエハ表面薄膜層構造をスラブ導波路とみなした、導波モードの検証による欠陥の評価法としての微小欠陥検出手法を提案している。これは SOI ウエハの非接触・非破壊による欠陥の詳細観察手法で、従来の非接触・非破壊検査法では困難であった、ウエハ内部の詳細な評価を可能とするものである。
- (3) マイクロシリコンプリズムによる導波路への光の入射現象と、エバネッセント場検出による半導体表面層の、欠陥評価の妥当性検証のために、微小領域における電磁場を解析可能なシミュレータを構築している。同シミュレータによりエバネッセント場を検出するプローブ内の電場の変化を評価することにより、SOI ウエハ表面層の欠陥は、その存在する層に依存した変化をエバネッセント場にもたらすことが確認されている。
- (4) SOI ウエハ及びシリコン薄膜上に FIB (Focused Ion Beam) による擬似欠陥を作製し、エバネッセント場を検出することにより、それらの評価を試みている。シミュレーション結果との比較によって、検出エバネッセント場からの欠陥種別の識別が可能であることが示唆されている。

以上のように、本論文は赤外エバネッセント場を用いた半導体基板表面層の微小欠陥評価について論じたもので、その成果は半導体基板評価技術に関する貴重な知見を与えるものであり、精密工学の発展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。