OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Characterization of Dielectric-Silicon Structure by Photoreflectance Spectroscopy
Author(s)	寒川, 雅之
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1405
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	寒川 雅之（そうがわ まさゆき）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 19574 号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Characterization of Dielectric-Silicon Structure by Photoreflectance Spectroscopy （フォトレフレクタンス分光法による誘電体－シリコン構造の評価に関する研究）
論文審査委員	（主査） 教授 奥山 雅則 （副査） 教授 高井 幹夫　教授 岡本 博明

論文内容の要旨

半導体デバイスの微細化に伴い、高誘電率（high-k）材料や強誘電体を用いた絶縁膜/シリコン（Si）構造を用いたデバイスが期待されているが、基板であるSiの特性に対する影響を調べることが肝要である。そこで非破壊・非接触にSi表面のエネルギーバンド構造を測定できるフォトレフレクタンス分光法（PRS）を用いて評価を行った。

まずPRSスペクトルに対する理論的検討を行い、PRSスペクトルの強度がSi表面のポテンシャルの関数となり、さらに絶縁膜の誘電率や膜厚、膜中電荷に依存することを示した。またSiのダイアフラム構造を作製して撓みを与え、それによって生ずるSi表面応力とPRSスペクトルの関係を調べ、それらが比例関係にあることが分かりPRSを用いてSi表面応力の定量的評価ができることを示した。

次にHfO_2やPrO_xといったhigh-k膜を主としてpulsed laser deposition法を用いてSi基板上に製膜し、PRSで評価した。薄膜にArFエキシマレーザを照射することにより故意に膜中に欠陥を導入し、理論から予測されるとおり膜中正電荷の量が増えるに従いPRSスペクトル強度が減少することを見出した。さらに製膜やアニールの条件に対するPRSスペクトルの依存性を測定し、PRSによりそれらの最適条件を探ることができることを示した。

最後に強誘電体である$SrBi_2Ta_2O_9$(SBT)/SiO_2/Si構造の評価をPRSを用いて行った。SBTに分極処理を行った時のPRSスペクトルの強度変化は、SBT内の残留分極の大きさに依存することを示した。またSBTの圧電性がSi表面に与える応力もPRSで測定することができた。さらにPRSスペクトル強度の時間的減少は残留分極の保持特性を反映しており、SBTの製膜条件を適切に選ぶことによりその減少を小さくすることができた。

以上の結果から、PRSによりhigh-k膜/Si構造および強誘電体/SiO_2/Si構造の非破壊・非接触での素早く簡便な評価が可能であると考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文は、誘電体または強誘電体とSiの接合における表面ポテンシャル、遷移エネルギー等の物性をフォトレフレ

クタンスにより評価する方法に関して行った一連の研究をまとめたものである。誘電体－Si 構造は ULSI におけるキーデバイスである FET の基幹部構造であり、従来からの SiO_2-Si 構造に加え、より高集積化に適した High-k 誘電体-Si 構造、強誘電体 FET メモリの強誘電体-絶縁体-Si 構造等の研究開発がもとめられている。研究ではまず始めに Si の応力効果を Si の薄いメンブレンの応力解析を行った。次いで、光による変調分光であるフォトレフレクタンスにより、L 点における遷移エネルギーが応力に応じてシフトするという結果を得た。これらから Si の応力と遷移エネルギーの関係を得ることができた。次いで、熱酸化膜や自然酸化膜を用いた SiO_2-Si 構造における応力をフォトレフレクタンスの遷移エネルギーよりもとめた。さらに High-k-Si 構造では、HfO_2 をレーザアブレーションにより形成し、その熱処理特性を得た。電気的特性、ESR や XPS の測定結果とフォトレフレクタンス信号の熱処理依存性から、HfO_2 内の固定電荷や界面遷移層との関係を明らかにし、非接触評価法として優れていることを示した。強誘電体-絶縁体-Si（MFIS）構造では、強誘電体の分極履歴特性に対応して Si 界面ポテンシャルの履歴特性がフォトレフレクタンスにより測定され、解析結果からメモリ保持現象を電極無しで確認することが出来た。

以上述べたように、本論文は誘電体-Si 構造の界面ポテンシャルをフォトレフレクタンスでもとめ、その解析から電子的状態を非接触で評価する方法を確立したという重要な成果を得ており、学位（工学）論文として価値のあるものと認める。