



Title	Studies on Oxide/Semiconductor Interfaces for Metal/Oxide/Semiconductor (MOS) Devices with an Ultrathin Oxide Layer by Means of Photoelectron Spectroscopy
Author(s)	難波, 健治
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40253
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	難 波 健 治
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 6 7 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 9 月 19 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 化学系専攻
学 位 論 文 名	Studies on Oxide/Semiconductor Interfaces for Metal/Oxide/ Semiconductor (MOS) Devices with an Ultrathin Oxide Layer by Means of Photoelectron Spectroscopy 極薄酸化膜を持つ金属/酸化膜/半導体 (MOS) デバイスの酸化 膜/半導体界面の光電子分光法による研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中 戸 義 禮 (副査) 教 授 奥 山 雅 則 教 授 松 村 道 雄 教 授 青 野 正 和 助教授 小 林 光

論 文 内 容 の 要 旨

LSI などに用いられている金属/酸化膜/半導体 (MOS) デバイスの電気的特性は、酸化膜/半導体界面の性質に大きく影響されるといわれているが、その原子レベルでの構造や電子状態などは未だによく分かっていない。

申請者は、本研究において、2~4 nm の極薄酸化膜を持つ MOS デバイスの半導体/酸化膜界面の電子状態や構造の研究を、主に光電子分光法 (XPS, UPS) を用いて行った。本論文では、その結果を 4 章にわたって記述した。

第 1 章では、InP を基板とする MOS デバイスについて、デバイスの金属と半導体間にバイアス電圧を印加した状態で XPS スペクトルを測定するという新しい手法を用いて、酸化膜/半導体界面に存在する界面準位のエネルギー分布を求めた。XPS スペクトルの解析の結果、界面準位はバンドギャップ内に不連続なエネルギー準位を持つことが分かり、それらをアンチサイト欠陥や空孔欠陥に起因するものであると結論した。

第 2 章においては、GaAs を基板とする MOS デバイスについて第 1 章と同様の測定を行った。また、ショットキーデバイスと MOS デバイスのフェルミレベルピニングの違いについても考察した。フェルミレベル近傍の界面準位密度から、実験に用いた MOS デバイスでは、部分的にフェルミレベルピニングが起こっていることが分かった。さらにこのデバイスでは酸化膜中に正の固定電荷が存在することが分かった。

第 3 章では、Si を基板とする MOS デバイスについて、酸化膜および基板 Si2p ピークの束縛エネルギーと界面準位に蓄積された電荷量との関係について考察した。これらの関係をモデルを立てて理論的に計算し、実験結果と良く一致することを示した。また、この理論計算から、界面準位に電荷が蓄積することにより酸化膜 Si2p ピークが非対称になることが分かった。

第 4 章では、白金の触媒作用を用いたシリコン酸化膜の低温成長に関して記述した。シリコンを硝酸などにより化学処理することにより、約 1 nm 程度の化学酸化膜を形成し、その上に約 5 nm の白金を蒸着した。これを 300 度の低温で加熱処理することにより、白金とシリコン基板との間に 4~5 nm の膜厚の酸化膜を成長させることができた。この酸化においては、白金蒸着前に形成した化学酸化膜が、白金とシリコンの直接接触やシリサイド形成を防いでいるだけでなく、酸化の速度にも影響を与えることが分かった。塩酸+過酸化水素水で形成した酸化膜は、硝酸で形成した

酸化膜よりも原子密度が低く、酸化種である酸素原子の拡散が速く、酸化速度が大きくなると結論した。また、酸化膜の原子密度の違いをもとに、界面準位のエネルギー分布の違いが説明できることも分かった。

論文審査の結果の要旨

半導体デバイスに用いられる金属／酸化膜／半導体接合の特性は、酸化膜／半導体界面の性質によって大きな影響を受ける。特に最近ではデバイスの高密度化が進み、これに伴って酸化膜の薄膜化が要求され、界面の構造と性質の制御が一層重要となっている。本論文は、こうした観点から、2～4 nm の極薄酸化膜をもつ MOS デバイスの半導体／酸化膜界面の化学構造および電子構造を光電子分光法を用いて研究した結果をまとめたものである。

本研究の特長は、上述のような MOS デバイスの金属膜を適当な厚さ (4 nm 程度) に制御して、金属-半導体間にバイアス電圧を印加した状態で、金属、酸化膜、半導体各部分からの光電子スペクトルを測定し、これらのバイアス電圧依存性を明らかにしている点にある。これにより、酸化膜／半導体界面の界面準位のエネルギー分布がはじめて直接決定され、また、酸化膜内の電位分布の考察も可能となっている。

まず第 1 章では、InP を基板とする MOS デバイスにこの方法が適用され、この方法の原理が述べられるとともに、この MOS デバイスの酸化膜／半導体界面の界面準位のエネルギー分布が決定されている。これにより、この界面準位が InP のバンドギャップ内に不連続的な分布をもつことが明らかにされ、理論計算をもとに、これらがアンチサイト欠陥や空孔欠陥に起因すると説明されている。第 2 章では、GaAs を基板とする MOS デバイスについて同様の研究が行われ、この場合も、InP と同じように、不連続的なエネルギー分布をもつ界面準位の存在が明らかにされている。

第 3 章では、Si を基板とする MOS デバイスについて、Si 基板の Si2p ピークのみならず Si 酸化膜のピークもバイアス電圧によりシフトすることが明らかにされている。さらに、後者のシフトが Si／酸化膜界面の界面準位に蓄積された電荷によるというモデルで解析され、理論計算と実測とのよい一致が得られている。

第 4 章では、白金の触媒作用を利用した Si 酸化膜の低温成長について研究されている。Si を硝酸などに浸して、約 1 nm 程度の厚さの化学酸化膜を形成し、この上に約 5 nm の白金を蒸着し、300°C の低温で加熱する。この操作により、白金と Si の間に 4～5 nm の厚さの酸化膜が成長する。この結果は新しい低温酸化膜成長法として注目されるが、このときの酸化膜成長の速さが、白金蒸着前の化学酸化膜の形成の仕方により異なることが明らかにされている。さらに、Si／Si 酸化膜界面の界面準位の測定結果をもとに、この差異が、化学酸化膜の酸化進行の程度、すなわち、酸化膜の原子密度の違いによると説明されている。

以上のように、本論文は、MOS デバイスにバイアス電圧を印加した状態で光電子分光スペクトルを測定するという新しい手法を用いて、極薄酸化膜をもつ MOS デバイスの半導体／酸化膜界面の化学構造および電子構造を研究し、数多くの新しい知見を得ている。これらの成果は、関係領域の学問的發展に大きく寄与するのみならず、半導体デバイスの開発という実用面からみても重要な知見を与えている。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認められた。