

氏名(本籍)	寺 ^{てら} 地 ^じ 徳 ^{とく} 之 ^{ゆき} (和歌山県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第1,884号		
学位授与年月日	平成10年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	工学研究科		
学位論文題目	金属/SiCおよび金属/Si界面のSchottky障壁の形成機構に関する研究		
主査	筑波大学併任教授	理学博士	梶村 皓二 (電子技術総合研究所)
副査	筑波大学教授	工学博士	瀧田 宏樹
副査	筑波大学教授	工学博士	長谷川 文夫
副査	筑波大学教授	工学博士	川辺 光央
副査	電子技術総合研究所	工学博士	大串 秀世 主任研究官

論文の内容の要旨

本研究は、金属/半導体界面に形成される Schottky 障壁の高さを決定している界面準位の密度を低減し、その結果、Schottky/Ohmic 特性を制御することを目的として行った。界面準位に注目したのは、以下の理由からである。まず、Schottky が提案したモデルによれば、界面制御は簡単であるはずであるが、なぜこのように難しいのか。それは、金属/半導体界面には、表面原子密度並の界面準位が存在する 경우가多く、しかもその起源は多様で複雑であるためである。これを逆にとらえると、界面準位密度の制御できれば Schottky/Ohmic 界面を体系だったものとする事ができる。

本研究ではまず、表面準位密度の低減によって、界面準位密度の低減が可能であるとする立場をとる。そして、Si 表面で開発が進められている、ダングリングボンド終端処理を駆使することにより、表面準位密度を低減させる。また、界面の制御性を上げるために、環境の理想化を進める。元来、SiC は Si や GaAs に比べて界面準位密度が小さい傾向にある事が知られている。従って、金属/SiC 界面は界面準位密度制御の研究を行うには適切な材料であると思われる。そこで、本研究では、金属/SiC 界面において、界面準位密度を低減することにより、Schottky/Ohmic 界面の制御が可能であることを実証する。次に、この界面形成法を金属/Si 界面にも適用する。この金属/Si 界面は、ピンングが比較的強いことから、界面準位密度の低減が困難であることが予想される。本研究では、まずこの界面において、リーク電流などを生じさせる欠陥を除去する表面界面形成法に関する研究を進め、続いて、ピンングを生じさせる界面準位密度の低減を行う。各章で取り扱う内容を以下に記す。

第1章では、序論として本研究の背景を述べる。第2章では、まず、金属/半導体界面の電位障壁における古典的アプローチについて述べる。そこでは、金属/半導体界面の研究において、未だに解決していない、フェルミ準位のピンング現象に主眼をおいた。そしてこの知見を基に、フェルミ準位のピンングを解放するための新しい界面形成法を提案する。ここでは、まずフェルミ準位ピンングを生じさせている界面準位の起源が、界面に本質的なもの、すなわち金属/半導体界面には不可避なものであるという従来の考えを脱し、金属を接触する前の半導体表面の表面準位の低減によって、界面準位密度の低減が可能であるとする立場をとる。もし、これが正し

ければ、金属と半導体に埋もれているため制御が困難な界面の問題を、表面の問題に置き換えることができ、その制御方法の指針を得ることができる。具体的には、表面準位を作っているダングリングボンドを終端するために、ULSIプロセスで実行されている溶液処理技術を駆使することにより表面準位密度を減少させ、この表面に金属を堆積することにより、界面準位密度の小さい界面、すなわちピニングフリー界面を実現するというものである。第3章では、この新しい界面形成法を、実際の金属/SiC界面に適用する。半導体には、界面準位密度が比較的小さい金属/6H-SiC界面を用い、ダングリングボンドの終端技術を利用することにより、実際にSchottky障壁高さを制御することに初めて実証する。この事実は、界面準位の起源が外因的要因であり、これの低減が可能である事を意味している、という前章での考えを支持するものである。また、終端原子の違いにより、界面準位密度が変化することを議論する。本研究では、表面準位密度の制御を、シリコンのULSIプロセスで実行されている溶液処理技術を駆使することにより行う。また、この処理の理想性を上げるために、理想クリーン環境システムを製作、導入する。第4章では、ピニングフリー化を進めることにより実現したOhmic界面の評価を進める。まず、断面TEMでピニングの程度、すなわち界面電子状態の異なる2つの界面を比較する。つぎに、このピニングフリー界面の熱的耐性を調べる。また、さらに低い界面抵抗率実現を目的として、仕事関数の小さいハフニウムを用い、SiCのOhmic界面の形成を試みる。第5章では、金属/6H-SiC(0001)界面と同じピニング解放のアプローチを、ピニングの強い金属/Si界面に適用し、ピニングフリー界面の形成を試みる。表面ダングリングボンドのモノハイドライド終端を施すことにより、表面準位密度の低減を行う。ここで、蒸着時の界面化学反応や、処理溶液中の溶存酸素が理想界面形成にどのような影響を及ぼすかについて調べる。

審査の結果の要旨

界面準位密度の低減を図るため表面準位密度を制御するという発想が新しい。特に、学界で最近始まったSiCという新しい半導体物質において界面準位密度の非常に低いものを作成し、その起因について詳細な電子的、原子構造的考察を行ってモデルを提案したことが独創的である。さらにこの概念を、広く用いられているSiに適用し、溶存酸素を低減した溶液で処理した後、低温において作成した金属との界面において電気特性のばらつきを抑さえ得ることを見いだしたことは、今後の科学的、技術的研究にインパクトを与えるものとして高く評価できる。

よって、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。