

論文審査の結果の要旨

氏名 山崎詩郎

これまでに表面に一原子層 (ML) 程度の厚さの金属を蒸着したシリコンの電気伝導度が超高真空中で測定され、蒸着された金属の種類とその後の熱処理過程に依存して、マクロな電気伝導度が大きく変化することが明らかになっている。観測された表面構造に依存する電気伝導の起源を理解するためには、表面近傍の格子構造と電子状態の理解が不可欠である。従来の室温近傍での電気伝導研究では、表面近傍のバンド湾曲によって形成された表面下の空間電荷層や基板からの電気伝導への寄与が無視できず、測定結果の解釈が困難であった。本研究では、金属を蒸着して形成した表面超構造に依存する電気伝導の特徴を明らかにするために、最低温度を 10K にまで下げて電気伝導度が測定され、空間電荷層や基板の影響が無視できる低温における電気伝導の温度変化に大きな表面超構造依存性があることをみいだした。また、光電子分光測定、反射高速電子回折、走査トンネル顕微鏡により、電子状態と表面構造を調べた。これらの実験結果について、表面構造の乱れと電気伝導度の絶対値や温度依存性との関係に注目した解析を行い、これらの系での電子局在効果の存在を明らかにした。

本論文は、まとめとなる第 8 章を含めた全 8 章から構成されている。第 1 章は序論で、研究の背景となる表面超構造や電気伝導について簡単にふれた後に、研究の目的が述べられている。第 2 章では、金属伝導理論とアンダーソン局在に関する電気伝導理論についてこれまでの研究が解説されている。第 3 章では、研究対象としたシリコンのバルク電気伝導、空間電荷層、および電気伝導測定原理についてまとめられている。第 4 章では、実験に用いた構造解析装置、光電子分光装置、および 10K まで冷却できる電気伝導測定装置が説明されている。本研究では、約 8 μm 間隔に直線に配置された 4 電極を表面に押しつけることによって超高真空中で電気伝導度が測定された。

第 5 章では、最初に、金が蒸着された Si(111) 表面に、蒸着量 (0.2ML から 1.5ML) とアニール条件に応じて現れる各種超構造の作成方法、反射高速電子回折パターン、走査トンネル顕微鏡像、低速電子顕微鏡像など、これまでの研究結果が解説されている。次に、本論文の主要な結果の一つであるそれぞれの超構造表面をもつ試料での電気伝導度の温度依存性の測定結果が示されている。このうち、80K 以下の低温でも電気伝導度の変化が測定可能であった 6×6 構造と $\beta - \sqrt{3}$ 構造での結果について詳細な考察が行なわれた。この両構造では金蒸着量が同じであり、 $\beta - \sqrt{3}$ 構造はガラス相であると考えられている。この温度域では 6×6 表面をもつ試料の電気伝導度は、 $\beta - \sqrt{3}$ 表面をもつ試料の電気伝導度と比べて数倍大きい。また、両方の価電

子状態密度はほとんど同じであることを光電子分光測定から明らかにした。これらの結果から、この2種類の表面構造を持つ試料では最表面の電気伝導が観測され、それが表面格子の乱れに依存していると結論した。

第6章では、金が0.8ML吸着している α - $\sqrt{3}$ 表面構造の試料とそれにインジュウムを0.4ML蒸着した $\sqrt{3}$ 表面構造の試料との電気伝導度の違いを調べた結果が述べられている。表面テラスに多くの欠陥が観測される前者の10Kの電気伝導度は $5\mu\text{S}$ であり、その温度依存性は活性化型である。一方、表面テラスの欠陥が少ない後者の電気伝導度は $100\mu\text{S}$ であり、10Kまでほぼ温度の一次関数で変化する。この結果を表面欠陥による電子散乱と関連づけて議論した。

第7章では、インジュウムが1.2ML吸着した $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ 表面構造を持つ試料の電気伝導を調べた結果が述べられている。表面格子に欠陥が少ない試料では、10Kまで温度の減少とともに電気伝導度が上昇する金属的な電気伝導が観察された。この試料に酸素を吸着させると、電気伝導度が小さくなりその温度依存性は絶縁体的になる。これは、酸素吸着により表面格子が乱れて電子が局在したと結論した。

審査委員会は、これらの研究において、超高真空低温での電気伝導測定ならびに構造観察や電子状態測定が計画的かつ十分注意深く行なわれ、その解析及び考察が適切になされていると判断した。本研究では、一原子層程度の金属が吸着されたいくつかの種類の表面をもつ試料において、シリコン表面近傍の電気伝導度の温度依存性が10Kの低温まで測定され、その結果を解析することにより表面構造依存性は表面での格子秩序の乱れが原因であることを明らかにしたという特筆すべき成果が得られた。また、本研究は、長谷川修司助教授および関連研究者との共同研究となる部分を含むが、著者が研究計画から実験及び解析・考察のすべての段階で主導的な役割を果たしており、主体的寄与があったものと判断した。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。