

論文審査の結果の要旨

氏名 谷川雄洋

本論文で報告されている研究は、マイクロ4端子プローブ測定を用いて、金属吸着シリコン(111)面の表面電子状態に起因する電気伝導現象を明らかにしたものである。半導体表面に金属を1原子層程度吸着させ熱処理を行なうと表面に秩序構造ができ、そのなかには、表面電子状態が金属となっている場合があることが知られている。本研究で取り上げたSi(111)-4x1InおよびSi(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ Ag表面も、そのような系の例である。本研究は、これら表面の電気伝導を測定することにより、これまで主として光電子分光法によって調べられてきた表面金属電子状態について、新しい知見を得ようとするものである。金属が吸着した半導体表面の電気伝導は、従来、表面に金属端子を密着する方法や金属電極をあらかじめ半導体表面上に配置する方法により、基板の電気伝導も含めた測定がなされてきた。しかしながら、これらの測定では、基板のバルク電気伝導や表面近傍に形成される空間電荷層の電気伝導が主として測定され、表面電子状態の電気伝導を議論できるデータを得ることが困難であった。本研究では、数 μ 幅のプローブを試料表面に密着する方法を用いて、400Kと90Kの間の温度域において電気伝導測定を行なうことができる装置を開発し、上記2つの系を対象に研究を行なった。本研究では、基板にn型シリコンを用いて表面直下に反転層を形成しかつマイクロ4端子を用いることにより、バルクおよび空間電荷層に起因する電気伝導度を相対的に小さくしている。

本論文は、6章から構成されている。第1章は序論で、表面電気伝導測定に関するこれまでの研究が簡単に紹介されたのち、研究の目的が述べられている。第2章前半では、最初に基板および空間電荷層の電気伝導が詳しく述べられ、シリコン表面におけるこれまでの電気伝導測定がまとめられている。また、第2章後半では、実験に用いた電気伝導測定装置が説明されている。本研究では、新たな装置を開発し電気伝導の温度依存性を測定できるようにしたことが、4、5章で述べられる表面構造相転移に伴う電気伝導変化を議論するために不可欠であった。第3章では、補助的な測定として行なった光電子分光、走査トンネル顕微鏡、および高速反射電子回折法が述べられている。第4章では、擬一次元表面電子状態をもつSi(111)-4x1In表面での電気伝導測定の実験結果が示され、その電気伝導の起源について考察されている。基板バルクおよび空間電荷層を流れる電流を基板の不

純物濃度を用いて評価することにより、n型基板を用いた場合には、200K以下の電気伝導が主として表面電子状態を流れる電流に依存していることを示した。この系では、150Kで4x1構造から4x2構造へ、120Kで4x2構造から8x2構造への転移が観測される。このうち、120Kでの転移に伴い電気伝導が指数関数的に小さくなることを明らかにした。この変化は、構造相転移に伴い表面電子状態が金属から絶縁体に転移していることを示している。実験から得られた絶縁体相の活性化エネルギーを、構造転移のモデルの一つであるパイエルス転移モデルと比較検討した結果、単純なパイエルス転移モデルとは一致しなかった。したがって、この結果はもう一つのモデルである構造相転移モデルを支持している。さらに、これまでの光電子分光による電子状態測定の結果と合わせて、相転移の起源を議論している。5章では、2次元的な表面金属状態が現れるSi(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ Ag表面での電気伝導測定の実験結果が示されている。この場合は、空間電荷層を流れる電流の影響が大きいが、200K以下で電気伝導度の指数関数的現象が観測され、表面状態電子密度の減少として説明した。第6章はまとめにあてられている。

審査委員会は、これらの研究において、測定装置の開発と超高真空中の実験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な手法でなされていると判断した。本研究により、表面状態を流れる電気伝導がバルクや空間電荷層を流れる電気伝導と明確に区別されて測定され、その温度依存性が測定されたことの意義は大きい。これにより、表面構造相転移に伴う表面電気伝導の変化が明らかになった。本研究は、長谷川助教授（指導教官）およびその他の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。