

論文審査の結果の要旨

氏名 高瀬恵子

本論文は、磁性原子を不純物として含む金属超薄膜の表面電気伝導度をマイクロ4端子プローブ法によって測定し、その温度依存性、濃度依存性を解析して2次元電子系の電気伝導の特徴を明らかにした研究で、全5章からなる。第1章は序論で、本研究の背景として、磁性不純物を含む金属の電気伝導の特徴とその起源、および Si(111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec 表面上に作成した金属超薄膜の電気伝導の特徴とこれまでの研究について述べている。また、本研究で金属的伝導を示す2次元電子系として Si(111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec 表面を選択した理由を述べ、そこに磁性原子 (Co) を吸着させて電気伝導の機構を明らかにするという、研究目的を述べている。第2章では、この研究でおこなった実験の詳細を記述している。低速電子線回折 (LEED)、反射高速電子線回折 (RHEED)、走査トンネル顕微鏡 (STM) による表面原子構造解析法について述べるとともに、マイクロ4端子プローブ法による表面電気伝導測定法とそのデータ解析によって得られる知見についてまとめられている。

第3章は、磁性原子が希薄な場合の表面電気伝導度測定とその解析結果の詳しい記述である。実験では、まず Si(111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec を作成してその表面原子構造が $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ 構造を示すことを RHEED および STM で確認した後、マイクロ4端子プローブ法によって電気伝導度の温度依存性を測定して Si(111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec の電気抵抗が温度の低下とともに減少する金属的な振る舞いを示すことを明らかにした。また、バルク金属表面に較べて原子構造が不規則であるため残留抵抗が大きくなることも解った。次に、Co 原子濃度の異なるいくつかの表面について電気伝導度の温度依存性を測定した結果、温度の低下とともに電気抵抗が 50 K-100 K で極小を示すことを観測した。また、さらに低温にすると最も Co 濃度 (0,00025ML) の低いもの以外は、電気抵抗が 20 K-50 K で極大値 (ρ_M) を示して減少し、極大値を示す温度が Co 濃度とともに増加する結果を得た。

磁性不純物を含む金属では、伝導電子と磁性不純物の局在スピンとの相互作用

のために電気抵抗が低温で極小値を示すこと（近藤効果）、磁性不純物濃度が増加すると伝導電子を介して局在スピン間に働く相互作用（RKKY 相互作用）のためにさらに低温で電気抵抗が極大値を示すことなどが知られている。本研究で用いた Co を含む Si (111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec 表面の不規則性を考慮し、電気抵抗の温度依存性を、近藤効果と RKKY 相互作用とが競合していることによると仮定して解析したところ、定性的に実験結果を説明できることがわかった。

第 4 章では、磁性不純物である Co 濃度が大きい（0.00125-0.58ML）領域の表面電気伝導度の実験とその解析結果について詳しく記述されている。この領域では、全ての試料で室温での電気抵抗が Co を含まない Si (111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec に較べて大きい電気抵抗を示した。また、電気抵抗は温度の低下とともに低下して極小を示し、さらに低温に向かって温度の対数に比例して増加する温度依存性を示した。以上の実験結果は、磁性不純物濃度の大きい場合、バルクの近藤効果と同じ機構によるものとして理解することができた。

第 5 章は、研究結果のまとめについて記述している。

以上のように、本論文は Si (111) $\sqrt{7}\times\sqrt{3}$ -In rec 表面に磁性不純物として Co を含む 2 次元金属超薄膜の作成し、電気伝導の特徴を表面敏感な様々な実験手法を用いて研究し、その温度依存性、濃度依存性を解析することによって 2 次元電子系の電気伝導における局在スピンの役割について新しい知見を与えたものである。

なお、本論文の第 3 および 4 章の一部は長谷川修司らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験し、結果の解析、検証を行ったもので、本論文が示す研究成果に関して論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。