

論文審査の結果の要旨

氏名 沖野 泰之

特定の指数をもった半導体シリコン結晶表面に金属原子を蒸着させると、原子ワイヤーあるいはナノワイヤーと呼ばれる1次元原子列が自己組織的に形成される。このようなワイヤーは、半導体デバイスサイズを極限的に小さくしていった時のリード線として応用上重要なだけでなく、純粋な1次元電子系であるという意味で、物性物理学研究にとっても非常に興味ある対象となっている。本研究は、シリコン表面上に形成させた原子ワイヤーとナノワイヤーの直接的な電気伝導測定に挑んだものである。

本論文は6章からなる。第1章は序論で、研究の背景と目的が述べられている。第2章は、1次元電子系で起こるパイエルス転移、朝永-ラッティンジャー液体状態についての記述と半導体表面上に形成される1次元原子列には原子ワイヤーとナノワイヤーの2種類があること、表面に形成された1次元あるいは2次元原子列の電気伝導測定手法とその原理が述べられている。

第3章では、作成した1次元原子列の高エネルギー反射電子線回折 (RHEED)、走査型電子顕微鏡 (SEM)、走査型トンネル電子顕微鏡 (STM) による評価と、独立に駆動できる4本のSTM探針を用いたミクロンサイズの試料に対するマルチプローブ電気伝導測定手法が述べられている。

第4章は、シリコン (557) 及びシリコン (553) 表面上に金 (Au) を蒸着させて作った原子ワイヤーに対する電気伝導測定結果である。(557) や (553) のような指数をもつ微傾斜したシリコン表面上には、互いに単原子ステップで隔てられた Au の原子ワイヤーが形成されている。Si (553) -Au ワイヤーの電気伝導測定では、パイエルス転移に対応すると考えられる電気抵抗の大きな変化の観測に成功した。このワイヤーは150 K 以下の低温で絶縁体になってしまうことを示したものである。この結果は、他のグループにより光電子分光測定で明らかにされた電子構造と対応づけられる。一方、Si (557) 上の Au 原子ワイヤーの電気伝導は弱い半導体性を示しているもののパイエルス転移は観測されない。この原因は、不純物や原子欠損が多く存在するためワイヤーの伝導経路が多くの場所で分断されているためだと推論している。第4章では、更に、平坦な Si (111) 表面に形成させたインジウム (In) の原子ワイヤーに対する電気伝導測定結果を記している。この系では意図的に不純物の量を増減できる。原子ワイヤーへの不純物効果を系統的に調べることができる。実際、不純物の増加とともにパイエルス転移温度が上昇することを明らかにしている。

第5章はナノワイヤーに対する実験結果である。ナノワイヤーはシリコンの表面上に化

合物コバルト及び鉄シリサイド作製し、それが自己組織的にワイヤーを形成するというものである。ナノワイヤーは原子ワイヤーと違って配列しておらず、長さも間隔もランダムなワイヤーの集合である。本研究では、4本のSTM探針をプローブとする利点を括かし、ワイヤー1本毎の電気抵抗率測定に成功した。コバルトシリサイドのナノワイヤーは室温で $30\ \mu\Omega\text{cm}$ の低い電気抵抗率を示した。これは伝導性の良い金属と同程度の値である。また大気暴露後も電気抵抗率が殆ど変化せず、ナノデバイスの配線材料として有望なことを実証した。

最後の第6章は、本研究の結論と展望である。原子ワイヤー・ナノワイヤーに対する本研究の測定が電気伝導度の絶対値に対する信頼性の高いデータを与えること、光電子分光測定などから推定される電子構造情報からは得られない不純物や欠陥の影響を評価することができることを示した。将来、マイクロメータスケールの端子間隔をナノメータスケールにできるという見通しも立っており、本研究で用いたマルチプローブ電気伝導測定法が将来のナノデバイスへの応用に向けての強力な実験・評価手法になると展望している。

以上のように、本研究は人工的に作製した1次元の原子列の電気伝導特性に関して重要な知見を得たものと認められる。また、将来のナノデバイスへの応用への道筋を示したことも評価できる。本論文の主要なる第4章と第5章の研究内容は指導教官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及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与は充分であると判断される。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。