

論文審査の結果の要旨

氏名 藤田 和博

本論文は、5章からなる。第1章は序論であり、本研究の背景と動機、関連する理論、および論文の構成が述べられている。GaAs/AlGaAs ヘテロ構造に形成された2次元電子系は高い電子移動度を持ち、電子輸送に対する磁場効果の観測に適している。電気伝導特性についてはこれまで多くの研究が行われており、量子ホール効果をはじめとする重要な現象が発見されている。一方で、熱流が関与する現象も興味深い研究対象であるが、十分に研究されたとは言いがたい。本論文では、温度勾配と磁場に対して直交する方向に電場が生じる Nernst 効果と呼ばれる現象に対する研究が行われた。熱流が主に電子拡散によって運ばれる場合、磁場中に拡張された Mott の関係式によって、Nernst 係数は電気伝導率または電気抵抗率と関係づけられると期待される。しかし、ほとんどの先行研究では、外部ヒーターを用いて温度勾配を発生させているためにフォノンドラッグによる寄与が支配的となり、Mott の関係式を検証することができなかった。本研究では、2次元電子系に流した電流によるジュール熱を利用することにより、格子系を加熱することなく電子系を加熱して電子温度勾配が作られた。同様の手法を用いた研究が Maximov らによって行われているが、試料サイズが電子の平均自由行程よりも小さいためにバリスティックな伝導が支配的になり、Mott の関係式の定量的な検証には至っていない。本研究では、平均自由行程よりも十分に長いホールバー試料を極低温環境において測定が行われた。

第2章では、電子加熱用のホールバーと Nernst 電圧測定用のホールバーを組み合わせた試料の作製方法、希釈冷凍機を用いた冷却系および測定系について簡潔に述べられている。

第3章では、Nernst 効果における Mott の関係式の検証の準備として行った実験について述べられている。電子加熱用のホールバーに交流電流を流すと、電流周波数の2倍の周波数成分を持つホール電圧が Nernst 電圧測定用のホールバーに観測された。論文提出者は、加熱電流、基板温度、測定回路の接地点、磁場の向きを変えた測定により、この電圧が Nernst 効果に由来するものであることを確認した。本来の Mott の関係式は、電気抵抗率を Fermi エネルギーで微分したものをを用いて表される。しかし、本論文では実験上の制約から、電気抵抗率の磁場微分を用いた式が使われた。論文提出者は、その妥当性を調べるためにゲート電極により Fermi エネルギーを制御できる試料を別に用意して、電気抵抗率の磁場微分を用いた式より導出した Nernst 係数がエネルギー微分を用いた式より導出したものと良く一致することを確認した。

第4章では、Nernst 電圧の加熱部からの距離に対する依存性と Mott の関係式に基

づいた解析について述べられている。Wiedemann-Franz 則に従った熱流を仮定すると、Nernst 電圧が加熱部からの距離に依存しないことが導かれるが、実際には加熱部から離れるにつれて Nernst 電圧は減少した。論文提出者は、格子系への熱の逃げを考慮することでこれを説明した。さらに、格子系への熱の逃げの見積もりに圧電結合にもとづく理論値を用いると、低磁場領域では実験で得られた Nernst 電圧とその距離依存性が Mott の関係式を用いた計算結果と定量的に良く一致することを示した。

第 5 章では、以上のまとめと今後の課題が述べられている。

なお、本論文は遠藤彰氏、勝本信吾氏、家泰弘氏との共同研究であるが、実験の遂行、データ解析は全て論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由により、博士（理学）の学位を授与できると認める。