

# 論文審査の結果の要旨

氏名 加藤 雅紀

本論文は7章からなり、第1章では研究対象とする半導体2次元電子系アンチドット構造の磁気電気伝導に関して、従来の報告と本研究の目的と概要が説明されている。二次元電子ガスの量子ホール系では、ランダムポテンシャルによる電子局在が重要な役割を果たす。最近、この問題に対する電子相関とスピン偏極の影響が理論的に議論されているが、実験は殆ど進んでいない。アンチドットは、人工的に作られた局在ポテンシャルで、電子局在の理想的な研究対象と考えられる。本研究では、高品質なアンチドット構造を作成し、各アンチドットの周りに局在するエッジ状態に関係する新しい磁気抵抗振動(AB型振動)を観測し、それに関連して、スクリーニング効果の減少、帯電効果による振動周期の変化、顕なゼーマンエネルギーの消失などを明らかにした。これらは、いずれも局在エッジ状態に特有の現象であり、その物理について妥当な議論がなされている。本章では、この研究のシナリオが簡潔にまとめられている。

第2章では、2次元電子系量子ホール効果とエッジ状態、アンチドット格子によるポテンシャルの変調、従来観測されている整合的磁気抵抗ピーク、電子局在の情報が電気抵抗に表れる機構など、本論文を理解する上で必要な事柄が説明されている。

第3章は試料と測定系の章で、まず、GaAs/AlGaAsヘテロ構造内のアンチドット格子、及び単一のアンチドットの作成が説明されている。従来のアンチドット格子は、アンチドットの大きさにバラつきがあってAB振動が良く見えなかった。本実験では、比較的大きいアンチドットを少数並べた格子を作ることによって一様性を高め、その結果、AB型振動を明瞭に観測できたことが説明されている。本研究の成果は、この試料作成の工夫に依るところが大きく、そのことが要領よく纏められている。測定法については、電気抵抗測定、回転試料ホルダーを利用した磁場回転法などが紹介されている。

第4—6章は、本論文の中心的な章で、それぞれ、新しいAB型振動、アンチドットの周りのエッジ状態に特有なスクリーニング効果、 $\nu=2$ の量子ホール領域におけるゼーマン分離効果について書かれている。4章では、従来観測されていた低磁場側のAB型振動の他に高磁場側でも明瞭な振動が観測され、その要因が各アンチドットの周りにできる1電子状態密度の微細構造であることが述べられている。また、 $\nu=2$ の両磁場端に周期が通常と異なるAB型振動を観測し、これがクーロンブレイク、及びエッジ状態の変形に起因することが議論されている。これらは従来議論されてきた描像と明ら

かに異なるもので、アンチドット格子独特の量子現象として興味深い。

第5章では、量子ホール領域の AB 型振動のゲート電圧依存性からアンチドット周りのポテンシャル勾配を求め、それが、従来試料端で知られているような強い平坦性をもたないことが指摘されている。さらに、この指摘はスクリーニング効果の温度依存性の測定によって裏付けられている。この弱められたスクリーニングは、やはりアンチドット格子特有のもので、アンチドット間に形成される電子チャネルの幅が有限であることに起因することが指摘されている。以上の結果は、予測の範囲内ではあるが、実験で示した初めての例であり、アンチドット格子の特徴を良く捉えている。

第6章では、単一のアンチドットの周りのスピン分離エッジ状態が関与する AB 型振動に対して、試料回転を利用してゼーマンエネルギーの寄与を調べ、 $\nu=2$  の量子ホール領域の高磁場側に 1 電子のゼーマンエネルギーの寄与が顕に見られないことが示されている。その原因として、この磁場領域ではエッジ状態が非局在になり始め、それに伴って帯電効果やスクリーニングが変化することが指摘されている。これは、まだ推論の域をでないが、電子相関の動的な性質を反映する現象として興味深い。

第7章では研究結果が簡潔にまとめられている。

以上、各章を紹介しながら本論文の物理学への貢献点を解説した。本研究は、試料を工夫することによって、アンチドットの局在的なエッジ状態の関与する AB 型振動を調べ、この系に特有のスピン効果、スクリーニング効果、電子相関の知見を抽出し、物理を究明しようとするもので、独自性が高い。また、本研究全体を通して精度の高い実験が行われていて、信頼すべき物理データを提供している。これらをまとめた本論文は、当該分野に対して学術的に優れた寄与をしており、学位論文として十分な水準にあることが審査員全員によって認められ、博士論文として合格であると判定された。なお、本論文の内容は、Physica E、と Physical Review B、J. Phys. Soc. Jpn. など 7 件の論文 (1 件投稿中) にまとめられている。これらの論文の内容は第一著者である論文提出者が中心に研究した結果であり、論文提出者の寄与が十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。