

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大塚 朋廣

本論文は、7章からなる。第1章は序論であり、本研究の動機、目的および背景が述べられている。近年、量子ドットと呼ばれる電子を微小な領域に閉じ込めた人工量子系の作製が可能となっている。量子ドット中の電子状態を調べるためには、量子ドットに二つのリードを結合させた単一電子トランジスタ構造が主として用いられてきた。本論文の研究対象は、横結合型量子ドットと呼ばれる量子ドットが一つのリードとのみ結合した、さらに単純な物理系であり、量子ビット等への応用面への期待も高い。

第2章では、電子線リソグラフィ等の技術を用いた試料作製と希釈冷凍機を用いた極低温下での電気伝導測定に関する実験手法が説明されている。

第3章と第4章において、横結合型量子ドット中の電子状態の観測に関する2種類の実験について結果と考察が述べられている。第5章と第6章においては、横結合型量子ドットを用いた固体中の電子状態の観測に関する2種類の実験について結果と考察が述べられている。第3-6章の研究の内容は、それぞれ、*J. Phys. Soc. Jpn.*、*Appl. Phys. Lett.*、*Physical Review B*、*Physica E*（掲載予定）にまとめられており、いずれも高く評価できるものである。

第3章では、少数電子量子ドットを結合させた量子細線に対して、量子干渉効果である **Fano** 効果を測定した結果について説明が行われている。**Fano** 効果による信号を用いて、量子ドットがゼロ電子状態に到達したことが確認され、さらに少数電子状態における殻構造を示唆する結果が得られている。さらに、**Fano** 効果の形状の変化に対するモデル計算も行われている。

第4章では、量子ドット中の励起状態の観測について述べられている。ゲート電圧に方形波の変調を加えることにより量子ドットの化学ポテンシャルが変化し、リードとの間に電子の出入りが起こる。方形波の振幅を大きくすると励起状態が関与するトンネリングの効果が観測されるようになる。このことは、**Elzerman** らによって提案・実証されていたが、論文提出者はさらに励起エネルギーを正確に求める手法を提示し、スピン励起状態に適用してその妥当性を実証した。量子細線にバイアス電圧をかけた際に生じる非平衡電子をエネルギー較正の指標として用いる手法は、論文提出者が独自に考案したものである。

第5章では、横結合型量子ドットを用いてリード側のスピン偏極を検出する手法に対する提案と実験が説明されている。操作可能なスピン偏極源である面内磁場中におかれた量子細線に対して行われた実験では、量子細線のゲート電圧の変化に対して予想されるスピン偏極率の振動が実際に観測された。さらに、ゼロ磁場中でのスピン偏極率を検

出する方法として、量子ドット中のスピン一重項と三重項状態のエネルギー差を利用する方法が提案されている。

第6章では、横結合型量子ドットを局所プローブとして用いて、ホールバーの端における局所的な電気化学ポテンシャルおよび電子温度が調べられている。電気化学ポテンシャルの測定では、予想される電位分布とコンシステントな結果が得られている。また、バイアス電圧の増加による電子温度の上昇の観測に成功しているが、今後、量子ホール効果のブレークダウン機構の解明に向けて有力な研究手法が開発されたと評価できる。さらに、電子状態に対する擾乱が非常に少ないため、エッジ状態の解明に向けても期待が持てる。

第7章では、以上のまとめが述べられている。

なお、本論文は勝本信吾氏、家泰弘氏、阿部英介氏、Gyong L. Khym 氏、Kicheon Kang 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、また第4章、第5章、第6章の研究については研究の立案についても論文提出者が行った。したがって、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。