



Title	半導体微細構造における量子輸送現象の研究
Author(s)	坂本, 利司
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39694
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	坂本利司
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 12219 号
学位授与年月日	平成 8 年 1 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	半導体微細構造における量子輸送現象の研究
論文審査委員	(主査) 教授 蒲生 健次 (副査) 教授 小林 猛 教授 奥山 雅則

論文内容の要旨

本論文は半導体微細構造中において生じる特異な伝導現象に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の 6 章から構成される。

第 1 章では、メソスコピック領域のこれまでの行われた研究を概観し、本研究の意義及び目的について位置づけをおこなう。

第 2 章では、GaAs/AlGaAs ヘテロ構造素子、シリコン MOS 微細構造素子の作製方法について述べ、2 次元電子ガスの特性について触れる。

第 3 章では、バリステック電子には幾何光学における光線の性質である 3 法則 - 光線の直進、異なる媒質の境界での反射、屈折の法則 - が適用できることと、バリスティック電子の加算則が成り立つことを示す。さらに、これらの性質を用いたニューロン素子の提案を行い、その動作の確認を行ったことについて述べる。

第 4 章では、GaAs/AlGaAs ヘテロ構造を用いた微細構造素子中における単一電子トンネル現象について述べる。まず、1 つのドットを介した単一電子トンネルについて述べ、次にドットが 2 つ直列に接続された場合のドット間の静電的相互作用を、エネルギー計算と実験の両側面から述べる。さらに、強磁場における単一電子トンネル現象では、ランダウ準位が形成される際の特異な単一電子トンネル現象と、この現象を用いて量子ドットの閉じ込めポテンシャルの強さを見積もる方法について述べる。

第 5 章では、半導体微細構造中の単一電子トラップについて述べる。まず GaAs/AlGaAs ヘテロ構造上にスプリットゲートを作製して、ゲートに非対称にバイアスすることによりチャンネルの空間的な位置を変化させ、トラップの空間的な位置を求める方法について述べる。トラップ間の相互作用の観測や、トラップ周辺の閉じ込めポテンシャルの強さを見積もる方法についても述べる。また、GaAs/AlGaAs ヘテロ構造を用いて作製された単一電子トランジスターにおいて、トラップによるオフセット電荷の揺らぎとトンネル抵抗の揺らぎを観測した。さらに、シリコン微細構造中の単一電子トンネルについても述べ、トラップによって出力信号が揺らぐの観測したことについて述べる。

第 6 章では、第 2 章から第 5 章までの研究成果を総括し、本研究で得られた主要な結論についてまとめることとする。

論文審査の結果の要旨

超LISデバイスの高集積化の原理的限界を打破するものとして、量子効果を応用した新しいデバイスの開発が望まれている。本論文は、このような量子化機能デバイスの基礎原理となる量子輸送効果をGaAs/GaAlAs微細構造素子について研究した結果をまとめたものである。

まず、バリスティック伝導に関しては、2つのエミッタより放出され1つのコレクタに集められる、バリスティック伝導電子間で加算則が成立する事を確認し、これを応用してバリスティック電子伝導を静電プリズムで制御する新しいニューロ素子を提案し、その動作を確認している。

単一電子トンネル現象では $0.3 \times 0.3 \mu\text{m}$ 程度の極微ドットよりなる単一電子トランジスタで、クーロンブロックの周期および電流電圧特性から、ドットの静電容量がゲート電圧によって変化していることを確認し、この現象を応用してドット間の静電容量を可変して2つのドットを直列に接続した系でのクーロンブロック効果を調べ、ドット間でクーロン相互作用が働く場合は、直列ドット系の伝導は、それぞれのドットの単純な足し合わせではないことを初めて示した。これは、結合ドット系からなる単一電子トンネル回路を設計するときドット間のクロストークの影響を考慮する必要があることを示している。さらに強磁場中におけるクーロンブロック振動の測定からドットの閉じ込めポテンシャルが求められることを示している。

単一電子トランジスタなどの超微細素子では極めて少数の電子で動作するため、わずかなキャリヤトラップや不純物による電位のゆらぎが、動作特性に致命的な影響を与えることが懸念される。量子細線素子および単一電子トランジスタはトラップの存在に敏感で、キャリヤがトラップされたり、逆にトラップより放出されると、それにともなって局所的にポテンシャルが変わる。それに応じてテレグラフノイズが発生する。これを利用してテレグラフノイズを解析して一つ一つのトラップの空間およびエネルギー分布を詳細に測定できることを示した。

このように本論文は、電子1個で機能することが期待されている、究極の極微電子デバイスの開発に重要な基礎特性について多くの新しい知見を得て、半導体エレクトロニクスの発展に大きく寄与するものであり、学位(工学)論文として価値あるものと認める。