OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | GaAs/AlGaAs極微ヘテロ接合素子における量子輸送現象の研究 |
| Author(s) | 高原, 淳一 |
| Citation | 大阪大学, 1995, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.11501/3081476 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【57】

| | |
|---|---|
| 氏名 | 髙原淳一（たかはらじゅんいち） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士（工学） |
| 学位記番号 | 第 11903 号 |
| 学位授与年月日 | 平成7年3月23日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当<br>基礎工学研究科物理系専攻 |
| 学位論文名 | GaAs／AlGaAs極微ヘテロ接合素子における量子輸送現象の研究 |
| 論文審査委員 | （主査）<br>教授 蒲生 健次<br>（副査）<br>教授 浜川 圭弘　教授 小林 哲郎　教授 邑瀬 和生 |

## 論文内容の要旨

本研究は半導体大規模集積回路の微細化がさらに進んだときに現れる量子輸送現象について調べ，新しい現象の実験的探索を行い，その問題点を明らかにすることを目的としている。さらにこれによって得られた知見を統合して，人工的に導入されたポテンシャル下での電気伝導の制御を目指している。本論文で取り扱う系は一次元平面超格子，アンチドット平面超格子，量子ポイントコンタクト構造，量子細線である。

一次元平面超格子では短周期の周期構造作製に適した新しい方法を提案し，本方法によって実際に一次元平面超格子が作製できることを示した。またワイス振動の観測から一次元周期ポテンシャル振幅の評価を行った。

アンチドット平面超格子ではアンチドットを六方および長方格子状に配置したときの磁場中での電気伝導特性を調べた。格子の周期とサイクロトロン軌道が整合するとき磁気抵抗が増大することがわかった。また長方格子において観測される異方性磁気抵抗はアンチドットの面積が小さいときは消失した。このことからアンチドット平面超格子の電気伝導特性は多くのアンチドットの平均的な効果であることがわかった。

量子ポイントコンタクト構造では直列量子ポイントコンタクトを用いて電子波の出射分布の制御を行った。量子ポイントコンタクトのサブバンド数の制御を行い，電子波の出射と検出を量子力学的領域において行った。また電子波制御における問題点について調べ，ランダムテレグラフ信号やドーパントのつくるランダムなポテンシャル揺らぎがメゾスコピック素子において大きな問題となることを示した。

量子細線ではn-GaAs量子細線中の位相コヒーレンス長の低温での飽和現象について加工方法依存性を実験的に調べた。この結果この現象は加工方法に依存しない細線特有の現象であることがわかった。また飽和現象を普遍的伝導度揺らぎの特性からも確認した。

以上の研究により人工的に導入したポテンシャル下での電子波伝搬の制御に関する基礎的特性が明らかになった。これによりメゾスコピック素子実現への指針を示すことができた。

## 論文審査の結果の要旨

半導体デバイスの微細化に伴う動作限界をのり越えて，高速かつ低消費電力で高密度の電子波デバイスを実現する

ために，微小電子デバイスにおける量子輸送現象の解明とその制御が重要な研究課題となっている。本論文は，GaAs／AlGaAs ヘテロ接合界面およびデルタドープ n-GaAs 中に形成される二次元電子系に超微細加工技術により導入した人工的ポテンシャル下における，量子輸送現象の実験的探索とその制御に関する研究をまとめたものである。

平面超格子については，新たな平面超格子の作製プロセスを提案し実際に一次元平面超格子を作製している。これは低エネルギーイオン照射によって二次元電子系に周期ポテンシャルを導入する方法で，電子波デバイスに望まれる短周期構造作製に適している。この素子においてワイス振動および磁気破壊効果を観測し，理論との比較からポテンシャルの大きさを評価し，さらに理論的に予測されていたホール抵抗におけるワイス振動と強磁場におけるシュブニコフ・ド・ハース振動の異方性を初めて見出している。アンチドット平面超格子では，アンチドットを六方，長方および準周期的格子状に配置して磁場中での電気伝導特性を制御することを試みている。六方格子において磁気抵抗の整合振動を初めて観測しているほか，長方格子と準周期的格子においても整合振動を観測している。また六方，長方格子における電気伝導の異方性について調べ，六方格子では磁気抵抗は等方的であるが，長方格子では異方性が現れることを観測し，その面積依存性から整合振動が多くの軌道の平均的な効果であることを初めて示している。長方格子の整合振動は，電流に垂直な方向の周期によって決まることを観測しているが，このことは長方格子における異方性は従来のモデルでは説明できず，バリスティック電子のカオス的運動の重要性を示唆するものである。

また直列ＱＰＣ（量子ポイントコンタクト）素子を作製し，バリスティック伝導領域における電子波伝搬過程の制御として電子波の出射と検出を試みている。エミッター，コレクターの一次元サブバンド数が共に少ないときにのみ，出射分布はサブピーク構造を示すが，これはコレクターのサブバンド数を増すと消失することを観測している。また出射分布測定におけるコレクターのサブバンド効果について初めて実験的に調べ，コレクターのサブバンド数が２のとき出射分布には複雑な構造が現れ，コレクターのサブバンド数の重要性を実験的に明らかにしている。

以上のように，本論文では将来のメゾスコピック素子設計のための基礎特性について新しい重要な知見を得ており，半導体工学の進歩に貢献するところ大であり，博士（工学）論文として価値あるものと認める。