



|              |  |
|--------------|--|
| Title        | サブミクロン加工された縮退半導体における量子伝導現象の研究  |
| Author(s)    | 石橋, 幸治   |
| Citation     | 大阪大学, 1988, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/35924">https://hdl.handle.net/11094/35924</a>  |
| 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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|         |                                |      |   |       |
|---------|--------------------------------|------|---|-------|
| 氏名・(本籍) | 石橋                             | こう   | じ | 治     |
| 学位の種類   | 工学                             | 博    | 士 |       |
| 学位記番号   | 第                              | 8191 | 号 |       |
| 学位授与の日付 | 昭和                             | 63   | 年 | 3月25日 |
| 学位授与の要件 | 基礎工学研究科物理系専攻                   |      |   |       |
|         | 学位規則第5条第1項該当                   |      |   |       |
| 学位論文題目  | サブミクロ加工された縮退半導体における量子伝導現象の研究   |      |   |       |
| 論文審査委員  | (主査) 教授 難波 進                   |      |   |       |
|         | (副査) 教授 浜川 圭弘 教授 小林 猛 教授 邑瀬 和生 |      |   |       |
|         | 助教授 蒲生 健次                      |      |   |       |

### 論文内容の要旨

本論文は、電子波の干渉が現われる様子を、薄膜における2次元弱局在効果、極微細線における伝導度のゆらぎ、および極微リングにおける磁気抵抗の周期的振動として観測した結果について述べたものである。

半導体微細加工技術の発展により、電子の特徴的な長さであるド・ブロイ波長、平均自由行程、コヒーレンス長程度のサイズを有する極微構造の製作が可能となり、そこに現わわれる新しい量子効果が期待されている。

本研究では、電子ビームリングラフィーおよびドライエッティングにより  $n^+ - GaAs$  と  $GaAs/AlGaAs$  をコヒーレンス長程度に加工し、低温での電流磁気効果を調べた。まず具体的なコヒーレンス長の大きさは、低温における磁気抵抗の解析により求められることを、Sbをイオン注入したSi薄膜を例にして示した。また、この薄膜におけるコヒーレンスが、電子・電子散乱およびイオン注入により誘起された磁気スピンを持つ欠陥により決まるこことを示した。

コヒーレンス長程度の試料サイズを持つ  $n^+ - GaAs$  極微細線の低温における磁気抵抗を測定し、伝導度のゆらぎを観測した。これは、非弾性散乱が少ないため、不純物により散乱された電子波が干渉できるためである。磁場の印加により干渉状態を変えることができるが、干渉パターンは試料内のミクロな不純物配置を直接反映しているため、試料に依存したランダムなものである。

最後に、周期的な干渉を観測するため、2重連結構造であるリングの磁気抵抗を調べた。試料には、散乱を少なくするために、選択ドープ  $GaAs/AlGaAs$  ダブルヘテロ構造を用いた。このリングにおいて、リングの両腕を通る電子の間の干渉による  $h/e$  の周期をもつ磁気抵抗の振動の観測に初めて成功

した。観測のための条件として、試料がコヒーレンス長よりも短いこと、温度が相関エネルギーよりも低いこと、リングのアスペクト比（直径／線幅）が大きいことが必要であることを示した。

本研究により、極微構造中の電子波の干渉が確認され、これによる干渉型電子デバイス応用への道が開かれた。

### 論文の審査結果の要旨

本論文は、固体中の電子波の干渉に関し、薄膜における2次元弱局在効果、極微細線における電気伝導度のゆらぎおよび極微リングにおける磁気抵抗の周期的振動として観測した結果をまとめたものである。

まず、電子ビームリソグラフィーおよびドライエッ칭により、コヒーレンス長程度の大きさ（ $< 0.1 \mu\text{m}$ ）に加工された $n^+ - \text{GaAs}$ と $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$ の試料を用いて、低温における磁気抵抗の測定とその解析からコヒーレンス長が求められることを示した。

また、コヒーレンス長程度のサイズを有する $n^+ - \text{GaAs}$ 極微細線の低温における磁気抵抗を測定し、電子波の干渉の結果として現れる伝導度のゆらぎの観測に成功した。さらに、散乱の少ない選択ドープ $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$ ダブルヘテロ構造の試料で、2重連結構造の極微リングを製作し、リングの両腕を通る電子波の干渉による周期 $h/e$ の磁気抵抗の振動を観測することに初めて成功し、試料がコヒーレンス長よりも短いこと、リングのアスペクト比（直径／線幅）が大きいことなどが観測するための必要条件であることを示した。

本研究により半導体極微構造中の電子波の干渉が確認され、新しい電子波デバイスへの足がかりが得られたことは、半導体工学の発展に貢献するところ大であり、よってこの論文は博士論文として価値あるものと認める。