

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大屋 満明

アンダーソン局在に関するスケーリング理論の提唱とその後の実験によりゼロ磁場中の2次元電子系はすべて絶対零度の極限において局在する、という考え方が定説となっていたが、近年、半導体界面2次元電子系の中に金属絶縁体転移的ふるまいを示すものが発見されて議論を呼んでいる。2次元電子系の金属絶縁体転移には電子の強相関効果が重要な役割を果たしていると考えられており、その点からもスピン自由度の関与、スピン状態の解明が重要な課題となっている。本研究はそれらの点に関して実験的な研究を行ったものである。

本論文は4章からなる。第1章は序論で、研究の背景と目的が述べられている。第2章では実験手法が述べられ、実験結果とその考察が第3章に記述されている。第4章では総括が簡潔に記されている。

本研究の目的は半導体界面2次元電子系の金属絶縁体転移近傍におけるスピン状態および絶縁体相の電子状態を明らかにすることにある。この目的に沿って行った実験の内容は、(1)Si-MOSFET 試料の低温磁気輸送の測定と、(2)Si/SiGe ヘテロ構造試料を用いたサイクロトロン共鳴の測定、である。それぞれの主要な結果とその意義を以下に述べる。

## (1) Si-MOSFET 試料の低温磁気輸送

Si-MOSFET 試料ではゲート電圧によって2次元電子密度を連続的に変化させることによって金属絶縁体転移領域を調べることができる。本実験では低温の磁気抵抗をゲート電圧（電子密度）および磁場角度の関数として詳細に測定した。電子の軌道運動のランダウ量子化は2次元面に垂直な磁場に支配され、電子スピンのゼーマンエネルギーは全磁場によって決まることから、磁場の角度を変化させることによって両者の効果を分離することができる。

学位申請者は、金属相において観測される通常のシュブニコフ・ドハース効果が、金属絶縁体転移の絶縁体相においてもある程度その痕跡を残すという特異な現象を発見した。すなわちランダウ準位充填率  $\nu = 4$  に対応する抵抗極小構造が高抵抗の絶縁体相においても観測される。この領域では電気抵抗から見積もられる散乱緩和時間の逆数がサイクロトロンエネルギーよりも大きいと考えられるため、通常の見方からすると磁気量子効果が観測されることは理解しがたい。この点に関して、後述のサイクロトロン共鳴実験でその機構が追求された。

金属絶縁体転移近傍でスピン磁化率が発散的なふるまいをするという報告があり、議論を呼んでいた。これに関して学位申請者は金属絶縁体転移を挟んだ磁気抵抗振動の解析から、ゼロ磁場下での絶縁体相において自発的なスピン偏極は起きていないことを結論付け

た．この結果は，論争に対して明瞭な決着をつけるものと評価することができる．

## (2) Si/SiGe ヘテロ構造試料のサイクロトロン共鳴

絶縁体相においても磁気抵抗振動効果が観測されるという新奇な現象の原因を探るには磁場中の電子散乱に関する知見を得ることが鍵となるとの発想のもとに，学位申請者はサイクロトロン共鳴実験を行った．Si-MOSFET試料ではゲート電極の影響等によってサイクロトロン共鳴実験が行えなかったため，Si/SiGeヘテロ構造試料を用いた実験を行った．さらに，ボロメーターを用いる通常の手法が困難であったことから，試料の抵抗変化自体をボロメーターとして利用する手法を考案し，サイクロトロン共鳴の観測に成功した．共鳴線幅の解析から見積もられた磁場中の散乱時間  $\tau_0$  は，電子移動度から求められた散乱時間  $\tau_0$  とは一般に異なる．金属相では  $\tau_0 < \tau_0$  という通常のふるまいであるが，金属絶縁体転移に近づくとつれて  $\tau_0 \sim \tau_0$  となる．学位申請者は，この傾向を外挿すると絶縁体相では  $\tau_0 > \tau_0$  となる可能性があると指摘し，絶縁体相における磁気抵抗振動効果の存在はこの傾向を反映したものとのかえ方を提示した．

以上のように，本研究は強相関2次元の金属絶縁体転移の本質，特にスピン状態に関して重要な知見を得たものと認められる．学位申請者が実験装置の立上げをゼロから行った上での成果であることも評価される．本論文の中核をなす研究内容は指導教官らとの共著論文として学術誌に印刷公表ないしは公表予定であるが，実験の遂行および結果の解析の大部分は論文提出者が主体となつて行なつたものと判断される．

したがって，博士(理学)の学位授与に値するものと認める．