

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 小林 夏野

有機導体などの層状低次元導体において、層間磁気抵抗が磁場方位の関数として振動的あるいは共鳴的振舞を示す磁気抵抗角度効果が観測されている。これらは低次元導体のフェルミ面形状を反映した現象として半古典的に説明されており、実験的にフェルミ面形状を調べる新しい手法として利用されている。

本論文は、"Electric field effect and quantum effect on angular dependent magnetoresistance oscillations in low-dimensional conductors"（「低次元導体における角度依存磁気抵抗振動に対する電場効果と量子効果」）と題し、擬1次元導体に強電場を印加したときの磁気抵抗角度効果の分裂現象と、Landau 量子化が顕著になった強磁場量子極限近傍における角度依存磁気抵抗振動という、磁気抵抗角度効果に関する2つの主題について実験的に研究した結果について記述したものである。

Chapter 1 "Introduction" では、磁気抵抗角度効果とそれに対する半古典理論、また実験で用いた有機導体の基礎物性について解説されている。Chapter 2 "Experimental Technique" では、本研究で用いた実験技術の詳細について述べられている。まず実験で用いた有機導体単結晶試料の電解法による作製手順が説明されている。また高電場を印加して導電性試料の電気伝導を測定するためのパルス電場技術について詳しく記述されている。

Chapter 3 "Magnetoresistance angular effect in quasi-one-dimensional conductors with arbitrarily directed magnetic fields" では、任意磁場方位における擬1次元導体の磁気抵抗角度効果の統一描像について述べられている。半古典的電子軌道運動と Boltzmann 輸送理論により、（ピーク効果を除く）全ての角度効果を表現する、任意方位の磁場下での層間伝導度の解析的表式を導出し、これを用いて「最も基本的な効果は Lebed 共鳴であり Danner-Chaikin 振動と第3角度効果はその振幅変調として解釈できる」という角度効果間の関係についての知見を得ている。

Chapter 4 "Electric field effect on magnetoresistance angular effects in quasi-one-dimensional conductors" は本論文の中核をなす章であり、層状擬1次元導体の層間方向に強電場を印加した場合の層間電気伝導の角度効果（特に Lebed 共鳴）に現れる電場の影響について述べている。まず2枚の板状 Fermi 面について電場と同様の効果を与える「有効磁場」が別個に定義できることを示し、電場中では角度効果が Fermi 面毎に異なる磁場方位で生ずること、すなわち「電場中では角度効果が2重に分裂すること」を理論的に導いている。次にパルス電場技術を用いて有機導体 α -(BEDT-TTF)₂KHg(SCN)₄ の Lebed 共鳴に対する電場効果を実験的に調べ、共鳴の分裂を実際に観測することに成功している。さらに分裂の大きさを解析することにより伝導鎖方向の Fermi 速度を求めることができることを指摘し、実際にこの物質について Fermi 速度を求めている。従来の角度効

果と電場効果を組み合わせれば擬1次元導体の全てのバンドパラメータを決定できるため、上の結果は新しい電子構造研究手法を確立したという意義を持つ。

Chapter 5 "Quantum effect on angular dependent magnetoresistance oscillations in quasi-two-dimensional conductors" では、本論文のもう一つの主題である擬2次元導体における角度依存磁気抵抗振動 (AMRO) の強磁場量子極限近傍の振舞について述べられている。少数の Landau 準位しか占有されない量子極限近傍では、Fermi 面は定義できず、柱状 Fermi 面上の電子軌道に基づく AMRO の半古典描像は破綻する。容易に量子極限近傍を実現できる GaAs/AlGaAs 半導体超格子を用いて実験を行った結果、AMRO のピーク位置が従来の半古典条件から逸脱すること、高次の AMRO から消失していくこと、磁場掃引時に磁気抵抗に極小構造が現れることなど、半古典描像では説明できない振舞を見出した。量子極限近傍でも適用可能な量子論的描像を用いて Landau 準位の積層方向の分散を考察することにより、以上の振舞を矛盾なく説明している。

Chapter 6 "Concluding remarks" では、以上の研究の概要がまとめられている。

以上を要約すると、本研究は低次元導体の磁気抵抗角度効果に対する強電場の効果と Landau 量子化の効果を理論的かつ実験的に初めて明らかにしたものである。これらは単なる低次元電子系の磁気輸送の基礎研究というだけではなく、低次元系の電子構造研究への応用の基礎となる重要な知見であり、物理工学、物性物理学の発展に寄与するところが極めて大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。