

# 論文審査の結果の要旨

氏名 池邊 洋平

本論文は、「テラヘルツ偏光分光法による量子ホール効果及び異常ホール効果の研究 (Terahertz polarization spectroscopy of quantum Hall effect and anomalous Hall effect)」と題した実験研究を5章からなる和文で記述したものである。第1章で序論として背景と本論文の目的・構成を述べ、第2章で高感度テラヘルツ偏光分光測定系の開発・性能評価と定式化を述べている。第3章で GaAs/AlGaAs 変調ドープヘテロ構造2次元電子系における光学量子ホール効果の実験、第4章で遍歴電子強磁性体 SrRuO<sub>3</sub> における光学異常ホール効果の実験について述べている。第5章で本研究のまとめと今後の展望を述べている。

本研究では、2次元電子系の整数量子ホール効果や強磁性体の異常ホール効果など、特異なホール効果の物理における、テラヘルツ周波数帯での計測への関心の高まりを背景に、テラヘルツ時間領域分光法に偏光測定の手法を組み込んだ高感度テラヘルツ偏光分光測定系の開発を行った。テラヘルツ周波数領域におけるホール伝導度は、テラヘルツ波のファラデー回転に対応し、偏光回転の計測から決定することができるが、1 mrad 程度のファラデー回転角の検出感度が必要とされる。これまでこの性能は実現されていなかったが、今回の開発によりテラヘルツ波のファラデー回転角の検出限界として0.5 mrad以下の性能を達成した。

整数量子ホール効果では、磁場や電子密度の変化に対しランダウ準位占有数が整数値となる近傍でホール抵抗にプラトー構造が現れ、これは電子の局在長に対する非弾性散乱長や素子長などで決まる系のサイズの大小が局在・非局在状態を分かたためと理解される。高周波応答もギガヘルツ周波数まで測定され1周期内の電子移動距離が系のサイズを制限することが知られている。しかしテラヘルツ周波数帯での量子ホール効果の成立可能性や上記の局在描像の妥当性は未知であった。本実験では、GaAs/AlGaAs 変調ドープヘテロ構造2次元電子系を対象に、テラヘルツ偏光分光法を適用し、時間領域のファラデー回転信号からフーリエ変換によりファラデー回転角および楕円率スペクトルを決定し、複素光学ホール伝導度を決定することに成功した。さらにサイクロトロン共鳴周波数の低周波数側のテラヘルツ周波数領域の光学ホール伝導度スペクトルを磁場の関数として詳細に調べ、ランダウ準位占有数2近傍で、光学ホール伝導

度が占有数に対してプラトー構造を示す整数量子ホール効果の出現を見出した。この結果は、テラヘルツ周波数領域においても、低周波領域と同様の局在効果描像が成立しうることを示唆し、系の特徴サイズと電子の局在長との大小関係がランダウ準位占有数 2 近傍で入れ替わる現象を見たと解釈することが出来る。

強磁性体中の磁化による異常ホール効果の起源には、母体材料のバンド構造に起因する内因的機構と、不純物散乱を起源とする外来的機構の可能性がある。中でも遍歴電子強磁性体 **SrRuO<sub>3</sub>** は、大きなスピン軌道相互作用を有し、必ずしも磁化に比例せずキュリー温度以下で符号を反転させる特異な異常ホール効果を示す興味深い系であり、その機構が何れに属するかが議論になっている。最近、内因的機構について、スピン分裂したバンド反交差点モデルに基づき異常ホール効果の増大を説明するトポロジカル理論を用いた定式化が発表されたが、このバンドの反交差点のギャップエネルギーはテラヘルツ周波数帯に相当すると予想され、この機構に因るならば、テラヘルツ周波数帯でホール伝導度スペクトルが大きな共鳴増強を示すことが予測されている。そこで、本研究では、遍歴電子強磁性体 **SrRuO<sub>3</sub>** について偏光分光測定によりテラヘルツ周波数領域の光学ホール伝導度スペクトルを調べ、ホール伝導度実部のスペクトルが **3 meV** にピーク構造をもち高周波数でゼロに近づくことを見出した。観測されたスペクトル構造に対し、2バンド・反交差点モデル計算によるフィッティングを行い、スペクトル形状の概形を再現した。これらの結果から、**SrRuO<sub>3</sub>** が直流で示す大きな異常ホール効果の起源として、テラヘルツ帯にあるバンド反交差点により増強された内因的機構が妥当な解釈を与えると結論した。

以上、本論文の内容は、テラヘルツ周波数領域における特異なホール効果に関して、意義ある実験事実と物理的解釈を新たに報告する物性物理研究であり、博士論文として十分評価に値すると判断される。

なお、本論文の研究内容は指導教官らとの共同研究であるが、測定系の開発、実験の計画と遂行、結果の解析など、研究の大部分は論文提出者が主体となつて行ったものと判断される。

よって、論文審査委員会は全員一致で博士(理学)の学位を授与できると認めた。