

審査の結果の要旨

論文提出者氏名
蔣 男

一般に物質の対称性と物理現象には、強い相関があることが知られている。従来の物質科学においては対称性の概念が基本的な理解の体系の根底にあり、それに基づき近代物質科学・技術が発展し、今日のハイテク社会を支えている。これに対して、現代物質科学においては、様々な対称性の破れに注目した新奇現象に注目し、系統的理解を試みる研究がトレンドの一つになっている。特に空間反転対称性が破れた場合には、光の旋光性や圧電効果など非自明な物理現象が発現する。本論文では、空間反転対称性の破れた磁性体に着目して、空間反転対称性が磁気構造によって破れるらせん磁性体におけるらせんの巻き方（ヘリシティ）の自由度の電流磁気応答や、空間反転対称性が破れていることに由来するスピン偏極バンド構造と強磁性磁化との相互作用によって誘起された非自明な輸送現象について研究を行った。

本論文は6章からなる。

第1章は序論であり、電場で磁氣的性質を制御する、あるいは、磁場で電氣的性質を制御する、いわゆるマルチフェロイクスや、スピン状態やそのダイナミクスを制御することで物質の電磁氣的性質を制御する、いわゆるスピントロニクスについてなどの背景について述べられた後に、ごく最近精力的に行われている、スキルミオン格子やソリトン格子などのトポロジカル磁気構造の研究や、(Ga,Mn)Asにおけるスピン-軌道トルクの研究などについて記述されている。そして、章の最後では、以上の内容に基づき、本研究の目的が述べられている。

第2章は本研究を遂行するために必要な実験手法について述べられている。特に本研究で用いた単結晶の育成方法や、集束イオンビームを用いた微細デバイス作製法が述べられている。

第3章は、空間反転対称性が破れた強磁性体である $\text{Cr}_{11}\text{Ge}_{19}$ における磁気輸送特性について述べられている。この試料のホール効果や磁気抵抗などの輸送特性を詳細に調べると、強磁性転移温度 90K より十分低温の 30K 以下で顕著な異常があることが明らかにされた。そして、この 30K という特性温度が空間反転対称性の破れによるスピン分裂エネルギーと対応するという可能性が示唆されている。

第4章は、金属らせん磁性体 MnP におけるヘリシティー制御に関する結果が述べられている。申請者はヘリシティーの制御に成功し、本論文のなかでも重要な成果の一つとなっている。絶縁体のらせん磁性体においては、逆ジャロシンスキー守谷相互作用を利用して電場によりヘリシティーを制御することが可能であることが、これまでの理論研究から示されていたが、十分な電場をかけることのできない金属らせん磁性体においては、これまで、ヘリシティー制御は実現されていなかった。本研究では、集束イオンビーム加工によって試料の形状を工夫することで、密度が増強された電流を磁場と平行もしくは反平行に印加することにより、金属らせん磁性体のヘリシティー制御に初めて成功したことが述べられている。

第5章では、MnP のヘリシティーのメモリー効果について述べられている。これは、外部パラメーターを制御することで、磁性相から高温の強磁性相に一旦入り、再びらせん磁性相に戻ったときにヘリシティーが保存しているという現象である。強磁性相において磁化容易軸に磁場を印加するとこのメモリー効果が消えることから、強磁性ドメインウォールがこのメモリー効果の起源であることが結論されている。

第6章では、本論文が総括されている。

以上を要するに、本論文では空間反転対称性が破れた磁性体 $\text{Cr}_{11}\text{Ge}_{19}$ と MnP において、その特徴を反映した新現象の観測とその起源の解明が行われた。特に、従来困難とされた金属らせん磁性体におけるヘリシティー制御は、エレクトロニクスと適合する伝導体においてコントロール可能な新しい自由度を提供するものであり、スピントロニクスやその基礎科学への寄与が特に大きいものである。

よって本論文は博士(学術)の学位請求論文として合格と認められる。