

MERIT インターンシップ（国内）報告書

工学系研究科 物理工学専攻

十倉研究室 博士課程 3年

MERIT 5期生

茂木将孝

【実施期間】

2019年6月1日～2019年6月30日

【受け入れ先】

理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物理領域 強相関界面研究グループ
(上級研究員：高橋圭先生)

【テーマ】

分子線エピタキシー法による強磁性トポロジカル半金属 Fe_3GeTe_2 薄膜合成

【内容】

物質におけるトポロジとそれに由来する新奇物性を明らかにすることは、現代物質科学における重要トピックの一つである。例えば、物質がもつ相対論的なスピン軌道相互作用に由来する電子状態のトポロジと強相関電子効果による磁性の協奏による巨大な異常ホール効果や、磁気光学効果などが精力的に研究されている。

本インターンシップの受け入れ先である理化学研究所 創発物性科学研究センター (CEMS) は、物質に内在するトポロジを用いた量子回路実現を一つの大きな目標として掲げており、環境調和型持続性社会実現に向けた世界最先端の物質科学研究を推進している。本センターの最大の特徴は、物理学、化学、エレクトロニクスのトップ研究者が募り、密接に連携して研究を行っている点である。本インターン生は、東京大学大学院工学系研究科附属 量子相エレクトロニクス研究センター (QPEC) を通して、本センターの強相関物理領域 強相関界面研究グループ (グループディレクター川崎雅司先生) と共同で研究を行った。

本インターンシップでは、分子線エピタキシー法による層状化合物 Fe_3GeTe_2 の薄膜合成を行った。 Fe_3GeTe_2 は、磁気転移温度 200K 程度の強磁性金属である。重要な特徴として、Fe がハニカム型に配置しており、3d 軌道電子が電気伝導を主に担っている。特に、ハニカム構造に由来した電子構造と、Fe の強磁性の協奏により、巨大なベリー位相（幾何学的位相）を生じ、バルク単結晶において巨大な異常ホール効果の発現が報告されている。この化合物を薄膜化することで、電気伝導特性のみならず、トポロジカル絶縁体を始めとした多彩なヘテロ構造の作製や、光学特性探索が可能になる。

本研究では、InP 基板上に Fe_3GeTe_2 を合成することに成功した。薄膜の結晶性、平坦性を X 線回折、原子間力顕微鏡によって評価して、いずれも高品質薄膜といえるピークパターンやトポグラフィーを見出した。さらに、電気伝導特性や磁気特性を Quantum Design Physical Property Measurement System (PPMS), Magnetic Property Measurement System (MPMS)を用いて、極低温下(2~300K)での評価を行い、バルク単結晶で報告されているものと同様な磁気特性と異常ホール効果を観測した。そのうえで、典型的トポロジカル絶縁体 $(\text{Bi,Sb})_2\text{Te}_3$ とのヘテロ構造を作製できることを確認し、異常ホール効果の変化から、界面での磁性について議論を行った。

また、本研究によって得られた高品質薄膜において、東京大学物理工学専攻高橋研究室と共同で、磁気光学測定を開始するなど、様々なプローブを用いて巨大なベリー位相に関連した物性探索を推進していく。

【謝辞】

本インターンシップでご指導頂いた、理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 強相関界面研究グループ 上級研究員の高橋圭先生に深く御礼申し上げます。指導教員の十倉好紀先生と、強相関界面研究グループ グループディレクターの川崎雅司先生により、本インターンシップが実現し、研究の監督を頂きました。十倉研究室の藤村怜香さん、高橋研究室の高橋陽太郎先生、岡村嘉大先生と加藤喜大くんには、共同で実験及び議論を行って頂きましたので、ここに感謝申し上げます。最後に、インターンシップの機会を与えてくださった、MERIT プログラムにも感謝いたします。