

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

鎌田 大

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所
リサーチアソシエイト

トポロジカルエッジ状態におけるスピン・電荷ダイナミクスの観測と制御

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、2次元トポロジカル絶縁体におけるヘリカルエッジ状態の物性に着目し、そのヘリカルエッジ状態を伝播する電荷・スピンのダイナミクスを実時間領域で観測することを目指す。そして、それらを制御する技術を確立するとともに、人工的トポロジカル相の社会実装への可能性を探索することを目指す。今年度は、1) GHz帯域での高周波電気伝導測定系の構築、2) 高周波測定のための半導体 InAs/GaSb 2次元トポロジカル絶縁体試料の作製、3) オンチップ時間分解測定法の実証を目標に研究を行った。

一般的に、GHz帯域での高周波測定では、周波数が高くなるにつれてクロストーク信号が支配的になり、所望の高周波信号を精度よく検出することが難しくなる。また、高周波同軸ケーブルのインピーダンスは 50Ω であるのに対して、ヘリカルエッジ状態の抵抗は $\sim 10 \text{ k}\Omega$ であり、実験を行う上でこのインピーダンス不整合を避けることは難しい。ゆえに、クロストーク信号を抑制しつつ、所望の高周波信号を効率的に印加・検出可能な測定系および試料構造を実現する必要がある。

まず、高周波測定系に関して、所望の高周波信号の SN 比を改善するために、フィルタ等の表面実装部品が試料近傍で搭載可能なプリント基板を設計・作製し、そこでの高周波特性を評価した。

次に、高周波測定に適した半導体 InAs/GaSb 基板を用いて試料を作製し、量子ホール領域でオンチップ時間分解測定法の実証を試みた。測定される信号は、試料に印加する電圧パルスの波形に応じて変化するとともに、磁場の向きに強く依存することを観測した。

この結果は、所望のオンチップ時間分解測定法が可能であることを示しており、ヘリカルエッジ状態を伝播する電荷・スピンのダイナミクスの実時間測定を実現する上で重要な進展である。さらに、本測定法は、試料の材料によらない普遍的な測定手法になると期待される。