

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

2021 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および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、トポロジカル絶縁体のヘリカルエッジ状態での時間分解電気伝導測定手法の確立に向けて、バント非反転の InAs/InGaSb 複合量子井戸において、オンチップ時間分解測定法の実証を目標に研究を遂行した。

1次元エッジ状態における時間分解測定は、そこでの電荷・スピンのダイナミクスや電子間相互作用を調べる上で有力な実験手法であるが、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るとともに、測定系と試料のインピーダンス不整合により、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。ここで、バント非反転 InAs/InGaSb 複合量子井戸試料において、高精度・高時間分解能なオンチップ時間分解測定法を実証した。本測定手法を用いて、量子ホール領域において、電子・正孔それぞれの領域で電荷密度波が同等の速度で逆向きに伝播する様子を観測することに成功した。さらに、波形を解析することにより、バルク領域に形成される電荷パドルによる影響を議論することが可能となった。

量子スピンホール相におけるヘリカルエッジ状態は、電子・正孔領域における、それぞれ逆向きの量子ホールカイラルエッジ状態を重ね合わせたものであると理解することができる。ゆえに、本時間分解測定手法は量子スピンホール相におけるヘリカルエッジ状態の物性を解明する上で重要な測定手法になると期待される。さらに、本測定手法は、原理的にはゲート電圧で伝導度が制御できる試料であれば同様に行うことができるため、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。