

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2020年度採択研究代表者

2022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

研究成果の概要

本研究では、2次元トポロジカル絶縁体の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、トポロジカルエッジ状態における電荷・スピンのダイナミクスの時間分解測定に向けて、バンド反転した InAs/InGaSb 2次元トポロジカル絶縁体試料において、プラズモン伝導の時間分解測定を行い、この系で実現するヘリカルエッジ状態の物性解明を目標に研究を遂行した。

1次元カイラルエッジ状態が形成される量子ホール系は、時間反転対称性が破れた2次元トポロジカル絶縁体に分類され、時間反転対称性をもつヘリカルエッジ状態は、それぞれ逆向きの電子と正孔のカイラルエッジ状態を重ね合わせたものと同等とみなすことができる。一方、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。ここで、これまでの研究で実証した、高精度・高時間分解能な時間分解測定法をバンド反転した InAs/InGaSb 2次元トポロジカル絶縁体試料に適用し、磁場を印加した量子ホール領域でプラズモンのエッジ伝導の速度が電子と正孔の共存度合いに依存する様子を観測した。さらに、電子と正孔の密度が等しい領域ではヘリカルエッジ状態が形成され、そこでのプラズモン伝導は伝播距離が大きくなるとともに、拡散して伝播する様子を観測した。

本結果は、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知見を与えるものになる。さらに、本時間分解測定手法は、グラフェン等の層状物質にも適用できるため、試料の材料によらない普遍的な測定手法として発展が期待される。

【代表的な原著論文情報】

1) “Time-resolved measurement of ambipolar edge magnetoplasmon transport in InAs/InGaSb composite quantum wells”, *Physical Review Research*, vol. 4 Iss. 3, 033214, 2022.