

スピンプンピングによって誘起された強磁性トポロジカル絶縁体表面 における非線形電流

○濱 祐介^{1,*}, 野村 健太郎²

○国立情報学研究所¹, 東北大学金属材料研究所²

*現所属: 株式会社 Quemix

E-mail: yhama@quemix.com

2つ以上の部分量子系によって構成される複合量子系、ハイブリッド量子系は現在、固体中の電子・核子や原子・分子・光系など、様々なタイプのものを用いて実現及び提案がなされている。ハイブリッド量子系は個々の部分量子系には見られない豊富な物理現象や多機能性を示す。適切な部分量子系を選択肢してハイブリッド量子系を作りその機能を利用することによって、量子情報処理やスピントロニクスデバイスなどを実行・実現できることが期待される。

スピントロニクスを実行する為の重要な鍵は、高効率の電流-スピン変換性を持つシステムや材料を開発することである。近年、現代物性物理学における中心的なテーマの一つであるトポロジカル絶縁体は、強いスピン軌道相互作用を持つバルク状態とスピンと運動量が結合した（スピン-運動量ロッキング）ギャップレスの表面状態を示すことから、高効率の電流-スピン変換性を持つ電子系として考えられ、従ってスピントロニクスデバイスの構成要素の一つとして利用できるといふ期待が高まっている。更に、トポロジカル絶縁体と磁性体のハイブリッド系、磁性トポロジカル絶縁体の研究が盛んに行われており、この系はトポロジカル絶縁体表面状態と磁性体の間の交換相互作用を通じて磁性とスピン-運動量ロッキング（高効率の電流-スピン変換性）が結びついており、異常量子ホール効果などの個々の系には見られない豊富で新規な現象が発現する（多機能性）。このような多機能性を利用することによって、磁性トポロジカル絶縁体ベースのスピントロニクスデバイスを実現することが期待でき、従ってその為の基礎研究は緊急かつ重要な課題である。そこで、本研究では強磁性体とトポロジカル絶縁体のハイブリッド系である、強磁性トポロジカル絶縁体の表面における量子輸送現象の研究を行う。ここでは、強磁性共鳴由来のスピンプンピングによって誘起されたトポロジカル絶縁体表面において生じる電流及び電圧についての理論解析を、非平衡(Keldysh)グリーン関数法を用いて行う。その結果、この電流・電圧は強磁性共鳴を引き起こす交流磁場の振幅の2次に比例した量であり、また交換相互作用の強さの一次に比例するものであることがわかった [1]。即ち、スピンプンピングにより強磁性体トポロジカル絶縁体の表面において、交流磁場に対する2次応答としての非線形電流・電圧が発現する。この電流の非線形性は、磁性体トポロジカル絶縁体の表面が磁氣的制御に基づく高効率の電流-スピン変換性、即ちスピントロニックな機能を持つことを表していると考えられる。

謝辞: 本研究は、文部科学省・新学術領域「ハイブリッド量子科学」科研費 JP15H05870 の助成によって行われた。

参考文献: [1] Yusuke Hama and Kentaro Nomura, arXiv:2005.13850.