

原子層制御技術による3次元トポロジカル絶縁体のスピン機能創出

安藤 裕一郎 / 大阪大学大学院 基礎工学研究科 助教

3次元トポロジカル絶縁体の表面状態には熱平衡状態でも純スピンの流が存在すると言われていました。また、電子の運動量とスピン角運動量に強い相関があり、電流を印加するだけで電流方向に依存したスピン流を生成できると期待されています。これらの特性はスピントロニクス分野において魅力的であり、3次元トポロジカル絶縁体を用いた新奇スピndeバイスの実現が望まれています。私は当該デバイスの実現を目指し、表面状態に起因するスピン流の電気的検出を試みています。スピン特性は強磁性体/3次元トポロジカル絶縁体ヘテロ界面を形成することにより、電気的に検出することができます。しかし、検出に用いる強磁性体のスピン特性はヘテロ界面状態の劣化により著しく低下します。従って、3次元トポロジカル絶縁体のスピン機能発現にはヘテロ界面の精密制御が鍵となります。本研究ではこれまでのスピントロニクス研究で培った界面制御技術を駆使し、3次元トポロジカル絶縁体におけるスピン機能の発現に適したヘテロ界面の実現を目指します。

実験にはCO1班の大阪大学・安藤・瀬川グループにご提供いただいたバルク単結晶3次元トポロジカル絶縁体 ($\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 等) を用いています。スコッチテープ法により数10 nmに薄片化した試料に、微細加工プロセスにより数100 nmスケール強磁性体・非磁性体電極を配置しデバイスを形成します。これまでは強磁性体電極にパーマロイ ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) を用いた素子を用いて、界面抵抗の磁化方向依存性 (磁気抵抗効果) を評価してきました。その結果、表面伝導が支配的な低温 (~ 30 K) において、強磁性体の磁化の向き・印加電流の極性に依存して界面抵抗が変化することが判明しました。この挙動はバルク伝導が顕在化する室温では消失します。これらの結果から、トポロジカル絶縁体中に印加された電流により生成されたスピン流が、ヘテロ界面においてスピン依存伝導を示すことにより磁気抵抗効果が観測されたと考えられます。この磁気抵抗効果を定量的に評価することにより、3次元トポロジカル絶縁体のスピン特性を解明できると期待されます。今後はより精密なスピン特性の評価を行う他、液体窒素温度での強磁性体形成や、界面トンネル絶縁膜を挿入したデバイスを作製し、スピン特性の高効率検出に適したヘテロ界面の実現を目指します。



あんどう・ゆういちろう

東京都出身。2005年京都大学工学部卒業。2007年京都大学大学院エネルギー科学研究科修了。2010年九州大学大学院システム情報科学府修了、博士(工学)取得。2010年4月から日本学術振興会特別研究員(PD)、2012年2月より現職。

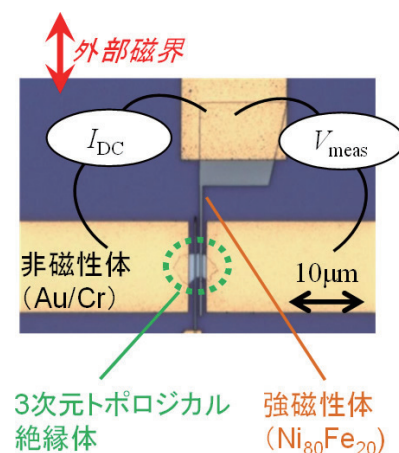


図1: 3次元トポロジカル絶縁体を用いたスピndeバイスの光学顕微鏡像。