

量子異常ホール効果の精密抵抗測定

超伝導電磁石不要の簡便な抵抗標準を目指して

超伝導電磁石を用いない簡便・高精度な量子抵抗標準を実現

- ゼロ磁場において量子化ホール抵抗を示す磁性トポロジカル絶縁体を使用
- 強磁場の印加が不要なため、超伝導電磁石を用いない量子抵抗標準が実現
- 校正装置の小型簡便化による測定時間短縮・高精度化に期待

研究のねらい

現在の量子抵抗標準は2次元電子系に10テスラ程度の磁場を印加することで観測される整数量子ホール効果を基準にしています。しかし、高磁場の印加には高価で大型の超伝導電磁石が必要なため、測定系の簡便化・高精度化を律速する要因になっています。近年磁性トポロジカル絶縁体の薄膜において、ゼロ磁場付近で量子化抵抗値が観測される量子異常ホール効果が発見されたことで、それを基準にした新しい抵抗標準が提案されています。超伝導電磁石が不要な抵抗標準が実現できれば、校正装置の小型簡便化、それによる高精度化などといったブレイクスルーが期待されます。

研究内容

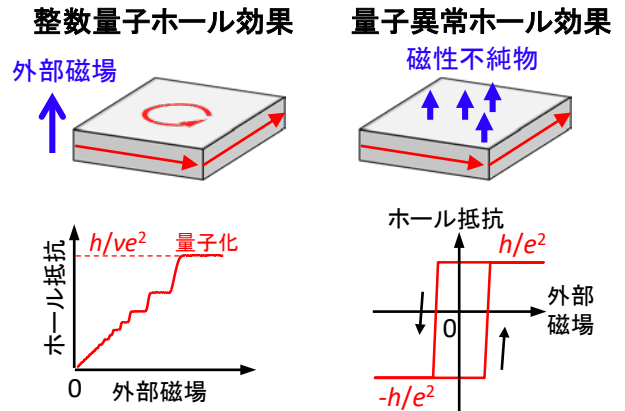
磁性トポロジカル絶縁体においては、磁性不純物と伝導電子の相互作用によって量子異常ホール抵抗が観測されます（上図）。この現象は、従来の外部磁場による量子ホール効果と異なる起源であるため、どの程度の精度で量子化しているか十分な知見が得られていません。本研究では、NMIJの精密抵抗測定技術を用いて精度評価を行うことで、抵抗標準への応用可能性を検討しました。

測定に用いた磁性トポロジカル絶縁体は共同研究を行っている理化学研究所においてMBE成長した $\text{Cr}_x(\text{Bi,Sb})_{2-x}\text{Te}_3$ 薄膜を用い、NMIJで校正した精密抵抗器を基準に測定を行い数ppm程度の精度で量子化していることを確認しました（下図）。

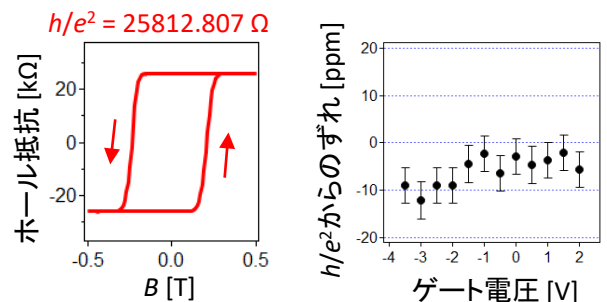
今後は膜質と測定精度を向上し、従来の量子抵抗標準で到達している8~9桁精度で量子化の評価を行い、抵抗測定への応用を目指します。

連携可能な技術・知財

- 量子ホール抵抗値に基づく抵抗校正装置の開発
- 精密抵抗測定に基づく新奇材料評価・膜質評価
- 高抵抗材料開発、精密抵抗器開発など



量子ホール効果、量子異常ホール効果



ホール抵抗の磁場依存性（左）と抵抗測定結果（右）