

量子ホール効果測定へ向けたトポロジカル絶縁体の輸送特性評価とデバイス作製 Evaluation of a Topological Insulator and Device Fabrication for the Quantum Hall Effect

東工大フロンティア研¹, 産総研計量標準総合センター²

○三澤哲郎^{1,2}, 福山康弘², 中村秀司², 岡崎雄馬², 名坂成昭¹, 笹川崇男¹, 浦野千春², 金子晋久²

MSL/Tokyo Institute of Technology¹, National Metrology Institute of Japan/AIST²

○Tetsuro Misawa^{1,2}, Yasuhiro Fukuyama², Shuji Nakamura², Yuma Okazaki², Nariaki Nasaka¹,

Takao Sasagawa¹, Chiharu Urano², Nobu-Hisa Kaneko²

E-mail: misawa.t.aa@titech.ac.jp

トポロジカル絶縁体は絶縁的なバルクと金属的な表面状態を持つ。この表面状態は不純物の存在に対して堅牢で高い移動度を持つだけでなく、スピン分裂したディラックコーン状のバンド分散に起因したユニークな輸送特性を持つため注目を集めている。本研究は、トポロジカル絶縁体の表面における量子ホール効果の精密測定を目標とする。量子ホール効果は低温・強磁場中の二次元電子系において、縦抵抗の消失とホール抵抗の量子化が起こる現象である。量子化したホール抵抗 (QHR) は、基礎物理定数で表される普遍的な値 (h/ie^2 , h : プランク定数、 i : 整数、 e : 素電荷) を示すため、今日では抵抗の一次標準として実用されている。GaAs/AlGaAs に代表される半導体ヘテロ接合系や MOSFET 等、他の二次元電子系と異なる起源をもつトポロジカル絶縁体における QHR を精密測定することで、量子ホール効果の普遍性を検証することを目指す。

候補物質として $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ (Sn-BSTS) の単結晶を改良ブリッジマン法により作成し、へき開によって得られた試料の輸送特性を評価した。その結果、Sn-BSTS は 150 meV にも達する大きな活性化エネルギーを持ち、表面輸送の精密測定に適した性質を持つことが分かった。スコッチテープ法により SiO_2/Si 基板上に厚さ 100 nm 程度の Sn-BSTS 薄片を作成し、リソグラフィによる電極加工を行い測定デバイスとした (Fig.1)。デバイスの Sn-BSTS にイオン液体を滴下し、220 K においてゲート電圧を印加したところ、印加電圧に応じ縦抵抗の変化が見られた (Fig.2)。これはフェルミレベルが電荷二重層効果によって制御されたためと解釈される。発表では量子ホール効果の実現へ向けた展望についても述べる。

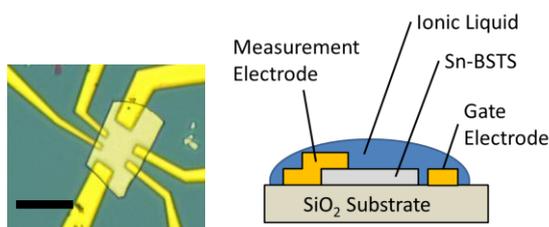


Fig.1 (a) Optical image of the measurement device. (Scale bar: 10 μm) (b) Schematic picture of ion-liquid based gate-controlled device.

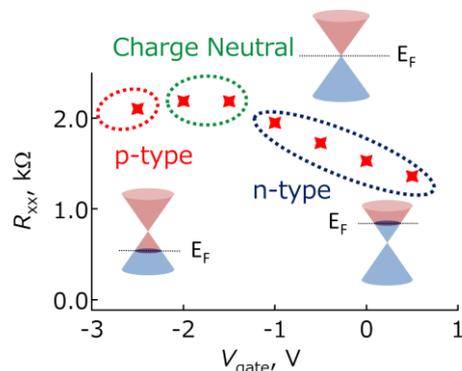


Fig.2 Gate voltage dependence of the 4-wire resistance of the topological insulator device.