

課題番号 : F-13-OS-0012, S-13-OS-0007  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名 (日本語) : トポロジカル絶縁体・超伝導体のデバイス研究  
 Program Title (English) : Studies on topological-insulator and topological-superconductor devices  
 利用者名 (日本語) : 来住 めぐみ, 楊 帆, 佐々木 聡, 安藤 陽一  
 Username (English) : M. Kishi, F. Yang, S. Sasaki, Y. Ando  
 所属名 (日本語) : 大阪大学産業科学研究所量子機能材料研究分野  
 Affiliation (English) : Department of Quantum Functional Materials, ISIR, Osaka University

## 1. 概要 (Summary)

我々はナノテクノロジープラットフォームの機器を利用して作製したトポロジカル絶縁体ナノデバイスを用いて、トポロジカル絶縁体<sup>1</sup>の表面ディラック電子の研究を行っている。昨年度は、分子線エピタキシー (MBE) 法で成長したトポロジカル絶縁体薄膜  $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$  (以下 BST) にトップゲートを施した電界効果トランジスタ (FET) 型トポロジカル絶縁体デバイスを作製した。このデバイスによって、表面ディラック電子の存在から期待される両極性輸送を観測し、トポロジカル絶縁体の特殊な表面状態の存在を輸送現象として実証することに成功した。

## 2. 実験 (Experimental)

我々は BST 薄膜 (厚さ 20 nm) に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  キャッピングを施すことで、リソグラフィ工程においてトポロジカル絶縁体表面キャリアの移動度を低下させないゲートデバイス作製技術を開発した。今回、特にバルク絶縁性が高い BST 薄膜を Hall-bar 型に成形し、 $\text{SiN}_x$  を絶縁膜とするトップゲートを施した (Fig. 1)。また、微細加工プラットフォームの RF スパッタ成膜装置でデバイス電極の一部を形成した。このデバイスを使って 1.8 K の極低温下で磁場を -9 T から 9 T まで印加し、ゲート電圧  $V_g$  によって BST 薄膜試料の化学ポテンシャルを制御しながらホール抵抗や磁気抵抗を測定し、両極性輸送現象の観測を行った。

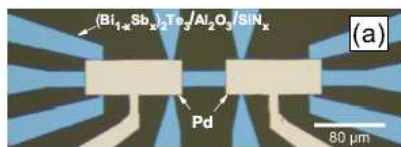


Fig. 1 Optical microscope image of a  $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$  top-gate device.

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Figure 2(a)~(c)は  $V_g$  を 100 V から -100 V まで印加した際のホール抵抗  $R_{yx}$  の磁場依存性を示す。  $R_{yx}$  の傾きから試料のキャリア密度やキャリアタイプを判断することが出来るが、  $V_g$  を 100 V から -100 V まで印加することで、 BST 薄膜試料のキャリアタイプが n 型から p 型に変わり、

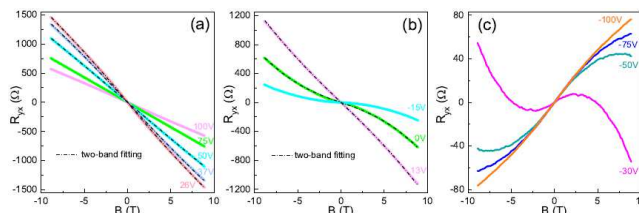


Fig. 2  $R_{yx}$  vs. magnetic field at different gate voltages; the three panels present curves for three different regimes.

$V_g$  制御による両極性輸送が達成されたことがわかる。この現象はバンド構造のギャップレス表面状態にディラック点があってはじめて起こる現象であることから、本結果は BST 表面のディラック粒子の存在を輸送現象によって実証した結果であると言い換えることが出来る。また、本デバイスの表面キャリア移動度は  $800 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  程度であり、MBE 成長した BST 薄膜の表面キャリア移動度として典型的な値であった。この結果は、キャリア移動度を低下させないために  $\text{Al}_2\text{O}_3$  キャッピング層の存在が有効であることを示している。

## 4. その他・特記事項 (Others)

[1] トポロジカル絶縁体：バルクはバンドギャップ絶縁体だが、強いスピン軌道相互作用によって価電子帯のパリティが反転し、バンドギャップ内にディラック型ギャップレス表面伝導状態を持つ絶縁体。グラフェンと同様、フェルミ準位がディラック点をまたぐ際に表面キャリアタイプが変わることが期待される。

## 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) F. Yang, A. A. Taskin, M. Kishi, K. Eto, K. Segawa, and Y. Ando, International workshop for young researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries, 平成 24 年 10 月 23 日.

(2) F. Yang, A. A. Taskin, M. Kishi, K. Eto, K. Segawa, and Y. Ando, 産研学術シンポジウム, 平成 24 年 11 月 15 日.

## 6. 関連特許 (Patent)

なし。