

課題番号 : F-19-BA-0004
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : FIB装置を利用したトポロジカル絶縁体電気伝導特性評価用試料の作製
Program Title (English) : Fabrication of topological insulator samples for electrical property measurements by using FIB
利用者名(日本語) : 徳本有紀¹⁾, 濱崎拓²⁾, 服部裕也²⁾
Username (English) : Y. Tokumoto¹⁾, H. Hamasaki²⁾, Y. Hattori²⁾
所属名(日本語) : 1) 東京大学生産技術研究所, 2) 東京大学大学院工学系研究科
Affiliation (English) : 1) Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 2) Graduate school of Engineering, The University of Tokyo
キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、FIB-SEM、トポロジカル絶縁体

1. 概要(Summary)

本研究は、Bi-Sb および PbBi₂Te₄ 系トポロジカル絶縁体(Pb-TI)の輸送特性を測定することを目的とする。トポロジカル絶縁体は、バルクは絶縁体でありながら、表面にはスピン偏極したディラック電子が存在し、金属状態となっている。トポロジカル絶縁体の一部の物質では、表面だけではなく、内部の一次元欠陥である転位に沿っても特殊な金属状態が存在することが2009年に理論的に予測され、我々の研究グループは、その実験的検証に取り組んできている。

Bi-Sb 結晶中転位の電気伝導率を直接的に評価するために、試料を転位が貫通している状態での伝導測定を行う必要がある。そのために、FIB-SEMを利用して転位長さより全長の短いサンプルを切り出し、Ptデポによって端子付けした電気抵抗測定用サンプルを作製する。

トポロジカル絶縁体に固有の表面電子は、特異なスピンの性質を持ち、電流ではなくスピンを利用する次世代超省電力スピンドバイスへの応用が期待されている。そのうえで表面電子の輸送特性評価は重要なテーマであるが、Pb-TI表面電子の輸送特性はこれまで明らかにされていない。これを解明するために表面電子の特性が顕著に現れるナノフレークに対し輸送測定を行う。この際電極付けにFIB-SEMのPtデポを利用する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

FIB-SEM

【実験方法】

塑性変形を施したBi-Sb結晶からマイクロメートルサイズの試料をFIBによって削り出し、金配線を施した基板上に固定してPtデポにより端子付けを行った。また、切り

出し部分近傍の転位の様子を調べるために、近傍領域からTEM観察用試料を切り出し、FIBによって薄膜化した。

Pb-TIをスコッチテープにより劈開させ、Si/SiO₂基板上に転写した。この基板をFIB-SEM中に導入し、イオンミリングによるサンプル整形・Ptデポジションを行い、抵抗測定プローブとした。これをPPMSパッケージと接続し、電気抵抗測定を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

FIB-SEMを用いた加工により、TEMによる内部組織観察と対応したマイクロメートルサイズ試料での電気抵抗率測定に成功した。その結果、トポロジカルに保護された伝導状態を作るとされる転位が導入された試料において、大幅な電気抵抗率の減少が検出された。また、この効果は通常の転位が導入された試料においては検出されなかったことがわかった。

Pb-TIナノフレークにおいては、厚いバルクサンプルに対して、電気伝導率の大幅な減少が観測された。さらに抵抗の磁場依存性はベリー位相 π をもつ二次元電子系のふるまいと合致し、二次元電子系の存在を輸送測定により実証した。さらに位相コヒーレント長・フェルミ波数・有効質量といった表面電子の輸送特性を明らかにすることに初めて成功した。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

1) H. Hamasaki, Y. Tokumoto, and K. Edagawa, J. Phys. Soc. Jpn. **89**, 023703 (2020).

6. 関連特許(Patent)

なし。