

課題番号 : F-21-BA-0002
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : FIB 装置を利用した電気抵抗測定用微細サンプルの作製
Program Title (English) : Fabrication of micro-samples for electrical resistivity measurements by using FIB
利用者名(日本語) : 徳本有紀
Username (English) : Y. Tokumoto
所属名(日本語) : 東京大学生産技術研究所
Affiliation (English) : Institute of Industrial Science, 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、トポロジカル絶縁体のバルク絶縁性向上を目的とする。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。表面の特殊な金属状態を検出するためには、バルクの電気伝導の寄与を抑制する必要がある。我々の研究グループは、 $\text{Pb}(\text{Bi},\text{Sb})_2(\text{Te},\text{Se})_4$ トポロジカル絶縁体の組成を制御することによりバルクの絶縁性を向上させてきた。しかし、ミリメートルスケールのサンプルを用いた電気抵抗測定では、同一仕込み組成でも電気抵抗の温度依存性の振る舞いがサンプルごとに大きく異なり、金属的な振る舞いを示す試料と絶縁体的な振る舞いを示す試料が共存している。その中でも最もバルク絶縁性の高い試料の 2 K における電気抵抗率は $\text{Pb}(\text{Bi},\text{Sb})_2\text{Te}_4$ の 2 K における電気抵抗率には及ばなかった。また、n 型の試料と p 型の試料が共存しており、バルクキャリア密度の大きさが試料ごとに異なっていた。この結果から、一つのミリメートルスケールの試料内でも、キャリアを放出する欠陥の分布が一様でなく、バルク絶縁性が高い領域と低い領域とが混在している可能性があることが示唆される。そこで、FIB-SEM を利用してマイクロサンプルを切り出し、それを用いた電気抵抗測定を行うことにより、局所的にバルク絶縁性の高いサンプルを見出すことを目的とする。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

FIB-SEM

【実験方法】

自機関にて $\text{Pb}(\text{Bi},\text{Sb})_2(\text{Te},\text{Se})_4$ トポロジカル絶縁体結晶をブリッジマン法によって作製した。単相領域から切り

出した $2 \times 1 \times 0.2 \text{ mm}^3$ 程度のサイズの試料で、電気抵抗率の温度依存性を測定し、その結果バルク絶縁性の高い試料を FIB 加工用試料とした。支援機関の FIB-SEM を利用して $20 \times 10 \times 10 \text{ }\mu\text{m}^3$ 程度のサイズのマイクロサンプルを切り出し、金配線を施した基板上に固定した。Pt のイオンビームアシスト蒸着によって端子付けを行った。東京大学低温科学研究センターの共同利用装置を利用し、電気抵抗率の温度依存性を測定し、バルク絶縁性を評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

同一のミリメートルスケールの試料から切り出したマイクロサンプルでも、ミリメートルスケールの電気抵抗率を上回るものと下回るものがあつた。したがって、マイクロメートルのオーダーでキャリア濃度の不均一性があり、これがミリメートルスケールの試料のバルク絶縁性が向上しなかった一因であると考えられる。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

「 $\text{Pb}(\text{Bi},\text{Sb})_2(\text{Te},\text{Se})_4$ トポロジカル絶縁体のバルク伝導特性」徳本有紀、杉本恭一、枝川圭一、日本物理学会 2021 年秋季大会、2021 年 9 月 22 日

6. 関連特許(Patent)

なし。