

課題番号 : F-20-NU-0017
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : トンネル接合の作製およびトポロジカル物質の評価
 Program Title (English) : Fabrication of tunneling devices and evaluation of topological materials
 利用者名(日本語) : 柏谷聡, 矢野力三, 山田貴弘, 堀良太, 反田剛
 Username (English) : S. Kashiwaya, R. Yano, T. Yamada, R. Hori, T. Tanda
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻
 Affiliation (English) : Department of Applied Physics Graduate School of Engineering Nagoya University
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, 接合, ナノエレクトロニクス, マテリアルサイエンス

1. 概要(Summary)

カーボンナノ物質はその構造を反映した表面状態やエッジ状態に高移動度の特異な電子状態が形成されることから注目されたが、その派生として近年トポロジカル物質と呼ばれる特異な電子状態が不純物や構造の乱れによらずに形成されることから急速に発展している。本研究ではその中でも磁性をもつトポロジカル絶縁体である

Fe-(Bi,Sb)₂Te₂Se (Fe-BSTS)の伝導特性に注目している。この物質は表面と中身に相当するバルクの特性が大きく異なり、特に表面状態は外部電界により制御可能で、その特性に応じた低次元伝導チャンネルの出現が期待されている。さらにこれと超伝導体との接合によって未観測粒子の出現などがきたいされ、これを超伝導トンネル電流によって観測可能とされている。本年度ではその観測に向けた基礎技術として、この物質の表面伝道特性の詳細を明らかにした。磁場中での振る舞いの検討から、低温では表面を反映した2次元電子が伝導を主に担っており、スピン軌道相互作用と呼ばれる仮想磁場による弱反局在効果が生じていることを確認した。またその状態が微細加工によって極低温だけでなく50K以上でも維持していることを見出した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

マスクレス露光装置, 原子層堆積装置

【実験方法】

Fe-BSTS をスコッチテープ法で剥離し微小化したものを基板上に転写し、マスクレス露光装置用いたリソグラフィ工程により写真のような微小デバイスの作製技術の確立をした。6端子の電極を付けることで、縦抵抗とホール抵抗を同時測定した。この試料を2Kまでの低温環境測定装置にて最大8Tの強磁場下で輸送特性評価を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に示したように抵抗率の温度依存性は高温では半導体的な温度特性を、低温では値が飽和したような変化を示した。これは高温部分ではバルクの半導体的特性を反映し、低温部では表面状態の特性が支配的になっていることを示している。内挿図に示したように、磁場中での抵抗率は急激に抵抗率を上昇させV字のような形を示している。角度依存性の測定により、これは二次元電子の特徴を持っていることなどから、弱反局在効果によるものと分かった。多くの場合、このような弱反局在は低温かつ低磁場による効果であるが、今回のようなトポロジカル絶縁体では高磁場までその特性が保持されていることが知られている。これが今回の測定の範囲ではすくなくとも50 Kまで維持されていることから、バルクの寄与分が多い微細加工による薄膜化をしていない試料よりも表面による寄与が増大していることがわかった。これは今後の特殊な表面状態を用いた接合実験に十分期待が持てる結果である。

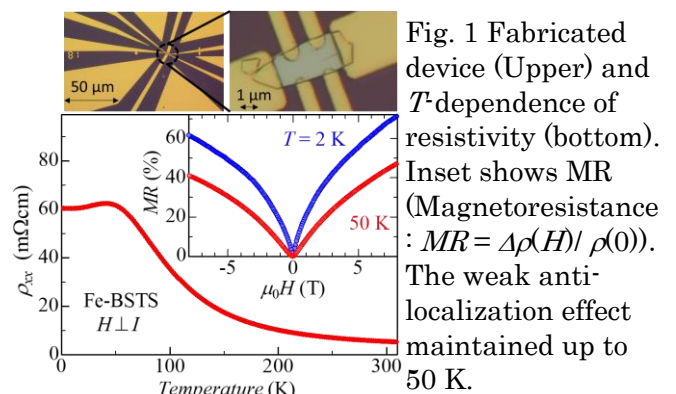


Fig. 1 Fabricated device (Upper) and T -dependence of resistivity (bottom). Inset shows MR (Magnetoresistance: $MR = \Delta\rho(H)/\rho(0)$). The weak anti-localization effect maintained up to 50 K.

4. その他・特記事項(Others)

・DII 田岡紀之様に多大な技術支援をいただきました。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

・矢野他, 日本物理学会 2020 年秋季大会, 9aD1-7

6. 関連特許(Patent)

なし。