

課題番号 : F-17-AT-0079
利用形態 : 技術代行
利用課題名(日本語) : 層状超伝導体薄膜の FIB による微細加工
Program Title(English) : FIB milling of thin layered superconductors
利用者名(日本語) : 友利ひかり
Username(English) : H. Tomori
所属名(日本語) : 筑波大学数理物質系物理学域
Affiliation(English) : Division of Physics, Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba
キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、収束イオンビーム、超伝導、磁束状態、渦糸

1. 概要(Summary)

本研究は、形状が制御された層状超伝導体薄膜(サイズ:数ミクロン程度、厚さ:数1 nm~100 nm)の磁束状態における渦糸配置を外部パラメタ(磁場、注入電流等)によってコントロールすることで、渦糸状態間転移の量子力学的性質を解明し、量子情報処理への応用の可能性を明らかにすることを目的としている。層状超伝導体の形状制御の手法として、産業技術総合研究所ナノプロセッシング施設の FIB-SEM を利用することを計画しており、今回、FIB 加工が超伝導特性に与える影響を評価するための試料を作製した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 FIB-SEM 複合装置

【実験方法】

粘着テープを用いた劈開法によって SiO₂/Si 基板上に形成した膜厚 10 nm 程度の NbSe₂ 薄膜に、電子線リソグラフィと真空蒸着によって Cr/Au 電極を接続した。一部の試料では、大気暴露の影響を抑えるために、不活性ガス中における乾式転写法を用いて、多層グラフェン/NbSe₂/六方晶窒化ホウ素(hBN)の積層構造を形成し、その後、電極を接続した。液体ヘリウムを用いた冷却によって、この段階での超伝導特性(臨界温度、臨界磁場)を評価した。その後、FIB によって NbSe₂ の幅を 2 μm に加工した。加工は UFine モードを使用し、SEM によって加工の進み具合を観察しながら行った。イオン照射量は、1.1x10⁸ ions/μm² 程度であった。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

FIB 加工前後の試料の SEM 写真を Fig. 1 に示す。白く光っている部分が電気伝導測定用の Cr/Au 電極(4 端子)であり、電極に挟まれた部分に NbSe₂ 薄膜がある。

FIB 加工では、長形状に 2 箇所ビームを当てることによって、電圧測定用端子の内側の一部分の幅を 2 μm に加工した。

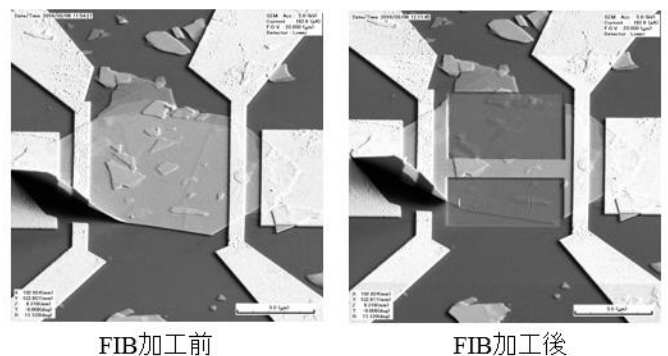


Fig. 1 SEM images of a NbSe₂ sample before (left) and after (right) the FIB milling. The scale bar corresponds to 5 μm.

FIB 加工前の NbSe₂ 薄膜の超伝導臨界温度、4.5 K における臨界磁場はそれぞれ、7.0 K、2.0 T であり、バルク試料の値とほぼ同じであった。今後、FIB 加工後の試料の電気伝導測定を行い、FIB による微細加工が超伝導特性に与える影響を評価する予定である。

4. その他・特記事項(Others)

- 共同研究者: 筑波大学 神田晶申、星直樹
- 科研費新学術領域研究(原子層科学)「原子膜積層化により形成した超伝導システムの物性探索」
- 技術代行をしていただいた産総研 NPF 飯竹昌則様に感謝します。
- hBN をご提供いただいた谷口尚様、渡邊賢司様(物質・材料研究機構)に感謝します。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。