

課題番号 : F-20-TU-0011
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 微細加工によるトポロジカルジョセフソン接合の作製
Program Title (English) : Fabrication of topological Josephson junctions by submicron-scale processing
利用者名(日本語) : 井上悠
Username (English) : H. Inoue
所属名(日本語) : 東北大学学際化学フロンティア研究所／東北大学金属材料研究所
Affiliation (English) : Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences and Institute for Materials research, Tohoku University
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, 接合, 膜加工・エッチング

1. 概要(Summary)

絶縁体と、超伝導体を接合した構造はジョセフソン接合と呼ばれ、超伝導量子ビットによる量子計算の研究が盛んに行われている。トポロジカル絶縁体と呼ばれる特殊な絶縁体を用いると、緩和時間の長い超伝導量子ビットが実現できるということが理論的に提唱されており[1]、本研究ではその検証に向けて、電子線リソグラフィを用いてトポロジカル絶縁体と超伝導体の接合を作製する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

EB 描画装置、マスクレスアライナ、イオンミリング装置

【実験方法】

InP 基板の上に作製したトポロジカル絶縁体 Bi₂Se₃ 上に、電子線リソグラフィを適用して、ジョセフソン接合を構成するギャップ構造を作製する。まず、電子線リソグラフィ用のレジスト 495PMMA-A6 を試料にスピコート、次にホットプレート上でベークを行った。このプロセスをもう一回繰り返した後、より露光感度の低い 950PMMA-A2 をスピコートしてベークを行うことを 2 回繰り返した。このようにレジストを多層に重ねることで、露光、現像後にえぐれたパターンが形成され、リフトオフがしやすくなることが期待できる。そのあと、EB 描画装置で露光を行い、IPA で現像、純水でリンスした。次に、イオンビームスパッタ装置を用いて超伝導電極(Nb/Au、膜厚約 70 nm/10 nm)を蒸着、55°Cのアセトンでリフトオフ、IPA で洗浄を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

SEM で観察した超伝導電極ギャップ構造の 2 次電子像を Fig. 1(a)に示す。超伝導電極の間隔は設計電極間隔の 200 nm にほぼ合致する。図中のエッジ付近で白く

見える部分は、リフトオフの際にできた超伝導電極のバリと考えられる。今回はスパッタリングで超伝導電極を作製したので、レジストエッジ部分への蒸着物質の回り込みが大きく、このようなバリが形成されたと考えられる。

Fig. 1(b)に SEM で観察した、EDS 元素マッピングの結果を示す。超伝導電極部分には予想通り Nb が強く検出されているのに対し、電極間では Nb の検出強度が減少しており、確かにギャップ構造が形成できていることが確認できた。今後さらに、使用するレジスト、露光条件、超伝導電極の蒸着の方法を工夫することで、歩留まりの向上と、電極間隔を 200 nm より小さくできると期待できる。

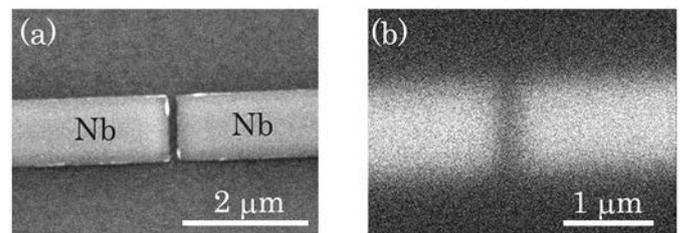


Fig. 1 (a) SEM secondary electron image and (b) Nb element mapping image of the fabricated Josephson junction measured by EDS.

4. その他・特記事項(Others)

- ・参考文献:[1] L. Fu et al., PRL 100, 096407 (2008)
- ・競争的資金:JSPS 科研費 19K23415
- ・他の機関の利用:NIMS (F-20-NM-0030)、産業技術総合研究所(20009122)
- ・技術支援者:辺見政浩、庄子征希(東北大学 μSIC)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。