

課題番号 : F-17-NM-0108
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : トポロジカル絶縁体-超伝導体接合素子の開発
Program Title (English) : Development of topological insulator-superconductor junctions
利用者名 (日本語) : 津村公平
Username (English) : K. Tsumura
所属名 (日本語) : 国立研究開発法人産業技術総合研究所
Affiliation (English) : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
キーワード/Keyword : トポロジカル絶縁体、超伝導近接効果、マヨラナフェルミオン、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要 (Summary)

トポロジカル絶縁体 (Topological Insulator: TI) ではバルクは有限のバンドギャップを有す半導体である。しかし、その表面またはエッジではバンドギャップが閉じ、そこに伝導チャンネルが現れる。このようなトポロジカル絶縁体に超伝導電極を接続すると、超伝導近接効果によってトポロジカル絶縁体表面に超伝導状態が誘起される。この超伝導状態は通常と異なる特性を示し、マヨラナフェルミオンと呼ばれる準粒子が現れると期待されている。本研究ではトポロジカル絶縁体と超伝導体との接合構造を作製し、マヨラナフェルミオンの検出・操作を目指す。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ 100kV 電子ビーム描画装置
- ・ 高速マスクレス露光装置
- ・ レーザー露光装置
- ・ 12 連電子銃型蒸着装置
- ・ プラズマ CVD 装置
- ・ 多目的ドライエッチング装置
- ・ 自動スクライバー
- ・ ワイヤーボンダー

【実験方法】

マーカー付き Si 基板上にスコッチテープ法で 3D-TI を劈開し、プラズマ CVD によって全体を絶縁膜で覆った。そして、レーザー描画によってエッチングマスクを作製し、結晶上の絶縁膜をドライエッチングした。これにより、結晶上に任意の開口部を設けた。最後にボンディングパッドを含む全電極のレジストパターンをレーザー描画で作製し、利用者所属機関にて超伝導電極をスパッタ蒸着した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

上記プロセスで作製した試料の光学顕微鏡像を Fig. 1 に示す。全てのプロセスをレーザー露光によって行ったが、サブミクロンサイズの開口部を有す環状超伝導電極をほぼ設計通りの位置で結晶上に配置することができた。設計に対する位置精度は、概ね $1\ \mu\text{m}$ 以内に収まっていた。極低温に於ける本試料の輸送測定は実施途中であるが、超伝導近接効果に伴う構造が、微分抵抗-バイアス電圧特性に現れていることまでを確認している。今後はさらに測定を進め、トポロジカル絶縁体中に誘起された超伝導状態の解明を進める予定である。

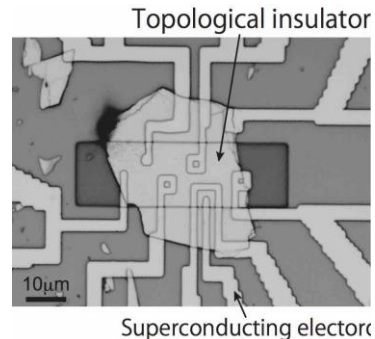


Fig. 1: Optical micrograph of topological insulator/superconductor junctions fabricated by laser lithography.

4. その他・特記事項 (Others)

本研究は CREST-JST の支援を受けて行われた。また NIMS 大里様の支援の下、プロセス開発を行った。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) K. Tsumura *et al.*, 28th International Conference on Low Temperature Physics, 平成 29 年 8 月 14 日.
- (2) 津村ら, 日本物理学会 2017 年秋季大会, 平成 29 年 9 月 21 日.
- (3) 津村ら, 日本物理学会第 73 回年次大会, 平成 30 年 3 月 25 日.

6. 関連特許 (Patent)

なし