

課題番号 : F-16-NM-0057
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : Si の深堀エッチングによる超伝導光デバイスと光ファイバの高効率結合開発
Program Title (English) : Development of high efficiency optical fiber coupling technique by Si deep RIE for superconducting optical devices
利用者名(日本語) : 小林 稜
Username (English) : R. Kobayashi
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

1. 概要(Summary)

超伝導転移端センサ(TES; Transition Edge Sensor) を用いた単一光子検出器は、高い検出効率と低い暗計数率を持つことから、量子情報通信や極微弱光計測などの様々な分野での応用が期待されている。本研究では、超伝導光検出素子を高効率かつ容易に光結合させる技術を確認し、TES に Si 深堀エッチングによる光自己整合型構造を適用し、開発をおこなっている。本年は、Si 深堀エッチングプロセス後の TES の超伝導特性について調査した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ シリコン深堀エッチング装置

【実験方法】

光自己整合型 TES は光共振器の内部に近接二重層 TES 素子を作成したのち、NIMS の Si 深堀エッチング装置で光自己整合型構造を整形することによって作成する。まず厚さ 400 μm の Si 基板に Au ミラーをスパッタ装置で製膜し、その上に Ti と Au からなる近接二重層 TES を製膜する。TES は i 線ステッパを用いた光リソグラフィとウェットエッチングによって整形される。電極層 Nb はリフトオフによって作成した。TES 上層には SiO_2 と Si_3N_4 からなる反射防止膜を製膜した。その後、試料を Si 深堀エッチング装置によって直径 2.497 mm の光自己整合型構造形状にした (Fig.1)。これを断熱消磁冷凍機内へ設置し、コールドステージ温度を 200 mK~400 mK 近辺で走査しながら TES 素子の超伝導特性を評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

深堀エッチングプロセスを含め、全プロセスを経験した後の素子でも TES が超伝導状態になることを確認した。大きさ 12 μm \times 12 μm の TES 素子を用いて、励起電流 I_{exc} を 316 nA から 31.6 μA の範囲の 5 点で超伝導転移

曲線を測定した結果、温度 $T_c \sim 350$ mK に急峻な超伝導転移が得られ、 I_{exc} の増加とともに T_c は低い温度へ移行していく様子が観測された。

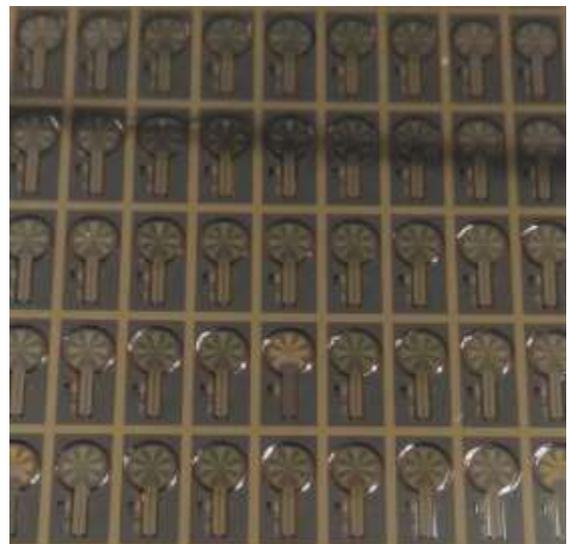


Figure 1 Superconducting optical devices after Si deep RIE.

4. その他・特記事項 (Others)

【共同研究者】 産総研 福田大治、服部香織、沼田孝之

【技術支援者】 津谷大樹、谷川俊太郎

【他の利用した支援機関】 産総研超伝導クリーンルーム CRAVITY、産総研ナノプロセッシング施設 NPF、東京大学微細構造解析プラットフォーム

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 小林稜他、第 64 回応用物理学会春季学術講演会、平成 29 年 3 月 15 日

(2) 福田大治ほか、第 35 回法政大学イオンビーム工学研究所シンポジウム(招待講演)、平成 28 年 12 月 7 日

6. 関連特許 (Patent)

なし。