

課題番号 : F-19-NM-0005
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : シリコン深堀エッチング装置を用いた高速かつ高効率な超伝導転移端センサの作製
Program Title(English) : Superconducting transition edge sensors and optical cavity structures with high speed and high efficiency fabricated by Si deep RIE apparatus
利用者名(日本語) : 今野俊生
Username(English) : T. Konno
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
キーワード/Keyword : フォトニクス、膜加工・エッチング、transition edge sensor/single photon/detector

1. 概要(Summary)

超伝導転移端センサ (Superconducting Transition Edge Sensor: TES) は非常に高いエネルギー分解能と小さい暗計数率をもつエネルギー分散型単一光子検出器として動作する。本研究では、TES の有効面積を大きくして測定速度を向上するために TES のアレイ化、光吸収率を高めて検出効率を向上するために光キャビティの作製を行っている。これらの構造を達成するためには、多層膜パターンニングを施したシリコン基板をチップ化することが必要である。

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】

TES を含む光キャビティについては以下の要領で作製した。厚さ 400 μm の Si 基板上に光反射層として 50 nm の Au をスパッタ装置で、誘電層として最適化された厚さの SiO_2 を CVD 装置を用いて成膜した。その上に約 20 nm の Ti と約 10 nm の Au からなる近接二重層 TES を成膜し、100 nm の Nb 電極をスパッタ装置で成膜し、さらに無反射層として最適化された SiO_2 や Si_3N_4 などを CVD 装置で成膜した。これらの多層膜には光リソグラフィを用いたエッチングもしくはリフトオフによってパターンニングを施した。これらのプロセスの後、厚レジストを用いた光リソグラフィと Si 深掘りエッチングを行うことで目的のデバイスチップを得た。Si 深掘りのパターンとしてはラケット型とアレイ型の 2 種類を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

深掘りによって TES アレイと光キャビティを搭載した熱量計デバイスを Fig.1 のように得た。TES アレイについては、隣り合った素子同士の熱的干渉

およびクロストークが十分に小さいことを示した。また、光キャビティについては特定波長で光吸収率 99%以上を達成しており、現在は広い波長域で吸収率 90%以上を目指している



Fig. 1 An image of microcalorimeter devices composed of TES arrays and optical cavities on a Si substrate cut by deep RIE.

4. その他・特記事項(Others)

【共同研究者】産総研 福田大治、服部香里、小林稜

【技術支援者】大里啓孝

【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
・競争的資金: JST、CREST、JPMJCR17N4

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) T. Konno et al., 18th International Workshop on Low Temperature Detectors, July 25th in 2019.
- (2) 今野俊生他、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会、平成 31 年 9 月 19 日
- (3) 今野俊生他、第 67 回応用物理学会春季学術講演会、平成 32 年 3 月 12 日

6. 関連特許(Patent)

なし