

課題番号 : F-18-NM-0110
利用形態 : 技術補助
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超伝導転移端センサと光キャビティの作製
Program Title(English) : Fabrication of superconducting transition edge sensors and optical cavity structures 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、TES、Single photon、Detector

1. 概要(Summary)

超伝導転移端センサ (Superconducting Transition Edge Sensor: TES) は超伝導薄膜から成り、超伝導相から常伝導相へ転移する温度域 (転移幅) において、単一光子の入射エネルギーを抵抗値の変化および読出し回路の電圧信号変化として検出することで、非常に高い温度感度、高エネルギー分解能、小さい暗計数率および低ノイズをもつカロリメータとして動作する。本研究では、より高効率かつ高速に動作する TES を得るために光キャビティの作製と TES のアレイ化を行っている。これらの構造を達成するためには、シリコン基板上に多層膜を成膜してそれらをパターニングした後に、シリコンの深堀りを行ってチップを 1 枚ずつ取り出すことが必要となる。

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 をスパッタ装置もしくは CVD 装置を用いて成膜する。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 などを成膜した。これらの多層膜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 深堀りエッチングを行うことで目的のデバイスを得た。さらにアレイ化 TES についてはデバイスの形状が従来と異なるものを作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

薄膜計算ソフトを用いて波長 1550 nm での光吸収率が 100%となる光キャビティを計算し、実際にその光キャビティを作製して光吸収率として計算値と非常に良い一致を得た。また、深堀りによって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。さらにアレイ化 TES についても作製を行い、デバイスとして作製可能であることを示した。



Fig. 1 An image of microcalorimeter devices composed of TES 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 CAVITY、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) 今野俊生他、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、平成 31 年 3 月 11 日

6. 関連特許(Patent)

なし