

導波路結合型 SSPD の作製プロセスの検討

Consideration of fabrication process of waveguide-coupled SSPD

○和木 健太郎^{1,2}, 山下 太郎², 井上 振一郎^{2,3}, 三木 茂人², 寺井 弘高²,

生田 力三¹, 山本 俊¹, 井元 信之¹ (1. 阪大院基礎工, 2. 情通機構, 3. JST さきがけ)

○Kentaro Waki^{1,2}, Taro Yamashita², Shin-ichiro Inoue^{2,3}, Shigehito Miki², Hiroataka Terai²,

Rikizo Ikuta¹, Takashi Yamamoto¹, Nobuyuki Imoto¹ (1. Osaka Univ., 2. NICT, 3. JST-PRESTO)

E-mail: waki@qi.mp.es.osaka-u.ac.jp

近年量子光学分野ではシリコンフォトニクス技術の進展を背景に、光源や検出器等の様々な光学素子によって構成される量子光学回路を基板上にワンチップに集約するモノリシック集積回路が注目されている。その中で多くの量子光学回路において重要な役割を担うのが単一光子検出器である。最近、高検出効率、低暗計数、低ジッタ等の優れた特徴をもつ超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(Superconducting nanowire single-photon detector: SSPD)が注目されており、この SSPD をモノリシック集積回路に適した形へと発展させた導波路結合型 SSPD の研究が進められている[1,2]。導波路結合型 SSPD は、導波路上に配置された超伝導ナノワイヤにより導波路中を伝搬する光子を検出する。我々はこれまで、導波路結合型 SSPD の実現に向けて、Silicon-on-Insulator(SOI)基板上に作製した Si 導波路上に NbTiN ナノワイヤを作製し[3]、導波路入力端にスポットサイズコンバータ(Spot-size converter: SSC)を付加して超伝導特性及び光子応答性の評価を行った。その結果、導波路を伝搬する単一光子への応答を確認したが、素子の臨界電流値は同線幅の従来型 SSPD と比べて半分以下であり、検出効率も 0.01%以下の非常に低い値しか得られていない。これらの要因の一つとして、NbTiN ナノワイヤの不均一性が影響していると考えられる。図 1(a)に示す従来の作製プロセスでは、NbTiN の成膜は Si 導波路作製後に行っていたが、幅数百 nm の凸構造上への成膜や導波路作製後の基板表面状態の悪化がナノワイヤ均一性劣化の一因と推測されることから、今回我々は、図 1(b)に示すように、はじめに SOI 基板上へ NbTiN を成膜する作製プロセスに変更し、作製した素子の超伝導特性を評価したので報告する。

変更した作製プロセスで、SOI 基板上に作製した膜厚 220 nm、幅 725 nm の Si 導波路上に、膜厚 5 nm、線幅 100 nm、間隙 200 nm、全長 50 μm のヘアピン構造のナノワイヤを作製した。また比較のため、SOI 基板上に膜厚 5 nm、線幅 80 nm、間隙 80 nm、受光面積 $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ の従来型 SSPD を作製し、各々の素子に対して抵抗-温度特性及び電流-電圧特性を測定した。図 2 に各素子の超伝導特性を示す。従来型 SSPD 素子の臨界温度及び臨界電流は $T_c = 7.38 \text{ K}$ 、 $I_c = 15.2 \mu\text{A}$ であり(図 2(a),(b))、導波路結合型 SSPD 素子でも、 $T_c = 7.53 \text{ K}$ 、 $I_c = 19.2 \mu\text{A}$ と同程度の超伝導特性が得られた(図 2(c),(d))。SOI 基板上に作製した従来型 SSPD 素子の超伝導特性は、熱酸化膜付き Si 基板上に作製された従来型 SSPD 素子[4]の超伝導特性と同程度であるため、作製プロセスの変更により、従来型 SSPD と同程度の高品質な NbTiN ナノワイヤが Si 導波路上に作製されていると考えられる。詳細は講演で発表する。

Reference

- [1] X. Hu, et al., *IEEE Trans. Appl. Supercon.*, vol. 19, pp. 336-340, 2009.
- [2] W. H. P. Pernice, et al., *Nature Commun.*, vol. 3, pp. 1325-1335, 2012.
- [3] K. Waki, et al., *IEEE Trans. Appl. Supercon.*, vol. 25, Art. ID. 2200704, 2014.
- [4] S. Miki, et al., *Opt. Exp.*, vol. 21, pp. 10208-10214, 2013.

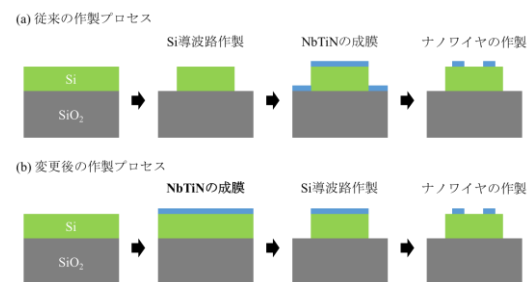


図1. 従来(a)及び変更後(b)の作製プロセス。

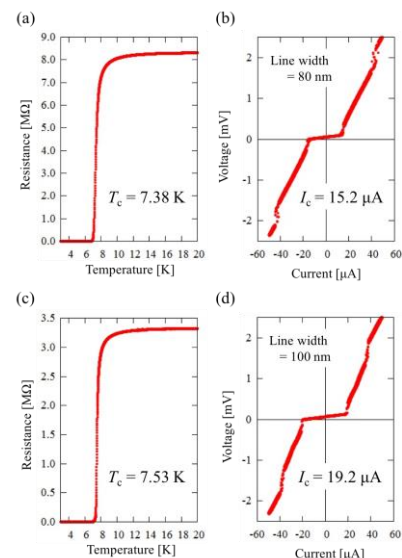


図2. 作製した従来型 SSPD 素子(a),(b)及び導波路結合型 SSPD 素子(c),(d)の超伝導特性。