

導波路結合型 SSPD によるオンチップ二光子干渉計の作製 I

Fabrication of on-chip two-photon interferometer using waveguide-coupled SSPD I

○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)

○Kentarō 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

近年量子光学を基盤とする量子情報技術において、量子光学回路をシリコン(Si)基板上にワンチップに実装するモノリシック集積回路が注目されている。その中で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、高性能な導波路結合型 SSPD の実現に向けて、作製プロセスの確立及び入射光・位置調整が可能な測定システムの構築を行った。その結果、熱酸化膜付 Si 基板上に作製した従来型 SSPD と同程度の超伝導特性及び内部効率が得られた。そこで今回は、モノリシック集積回路の実現に向けた次のステップとして、導波路結合型 SSPD によるオンチップ二光子干渉計実現に向け、干渉計の設計及び作製を行ったので報告する。

二光子干渉[3]とは、図 1 に示すように、透過率及び反射率が各々50%のハーフビームスプリッタに経路1、経路2から1つずつ同時に光子を入射した時、光子が経路3または経路4のどちらか一方に2つ揃って出力される干渉効果であり、この二光子干渉を基本要素として量子暗号や量子計算、量子中継等が実現されるため、二光子干渉計のモノリシック化は必要不可欠である。二光子干渉計はハーフビームスプリッタと単一光子検出器で構成されるため、Si 導波路を用いたハーフビームスプリッタの作製が必要となる。ハーフビームスプリッタは、図 2 に示すように、方向性結合器によって実現可能であり、透過率及び反射率は、Si 導波路間距離及び結合長によって決定される。透過率及び反射率が各々50%となるよう解析計算を行った結果、Si 導波路間距離は 300 nm、結合長は 59.3 μm とした。更に波長 1550 nm の光がシングルモードで低損失に導波路中を伝搬するよう数値計算を行い、幅 725 nm、高さ 220nm、曲げ部の曲率半径は 10 μm と設計した。設計に基づき電子線描画及び誘導結合プラズマエッチングにより方向性結合器を作製した。図 3 に示すように、作製した試料の電子顕微鏡写真から設計通りに方向性結合器が作製されていることを確認した。詳細は講演で発表する。

[1] X. Hu, *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercon. **19**, 336, 2009. [2] W. H. P. Pernice, *et al.*, Nature Commun, **3**, 1325, 2012. [3] C. K. Hong, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **59**, 2044, 1987.

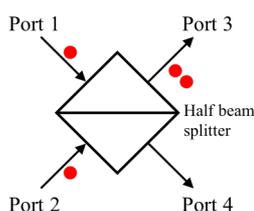


Figure 1. Two-photon interference.

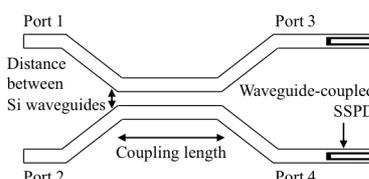


Figure 2. Interferometer using directional coupler.

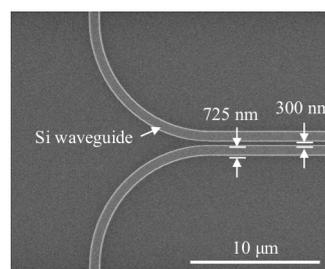


Figure 3. Scanning electron micrograph of fabricated directional coupler