

量子情報処理に向けた超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の開発

Development of superconducting nanowire single-photon detector for quantum information processing

情通機構¹、神戸大²、東大工³、理研 RQC⁴ ○寺井 弘高¹、三木 茂人^{1,2}、藪野 正裕¹、

知名 史博¹、宮嶋 茂之¹、美馬 寛¹、高瀬 寛^{3,4}、遠藤 護^{3,4}、古澤 明^{3,4}

NICT¹, Kobe Univ.², The Univ. of Tokyo³, RIKEN RQC⁴ ○H. Terai¹, S. Miki^{1,2}, M. Yabuno¹,

F. China¹, S. Miyajima¹, S. Mima¹, K. Takase^{3,4}, M. Endo^{3,4}, A. Furusawa^{3,4}

E-mail: terai@nict.go.jp

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (Superconducting Nanowire Single-Photon Detector: SNSPD or SSPD) は、通信波長帯 (1550 nm) で 90%を超えるシステム検出効率、100 カウント/秒以下の暗計数率、10M カウント/秒を上回る最大計数率、50 ps 以下のタイミングジッタといった優れた光子検出性能、100 V 電源で駆動可能、水冷不要、かつ比較的小型な Gifford McMahon (GM) 冷凍機で冷却可能という使いやすさを兼ね備えた光子検出器として、すでに世界で 6 社以上がマルチチャンネル (最大 24 チャンネル) SNSPD システムを販売しており、量子情報通信の研究開発において不可欠な光子検出器として定着しつつある。研究開発レベルでは、通信波長帯で 100%に肉薄する 98%のシステム検出効率、20 ps 以下のタイミングジッタが達成されており[1,2]、マルチピクセル化による大面積化、高計数率化、光子数識別能力の獲得を目指した研究開発も活発に行われている。量子情報処理への応用では、光子数識別の可否が重要となるが、同じ超伝導現象を用いた光子検出器である転移端センサ (TES) が優れた光子数識別能力を有しているのに対して[3]、SNSPD はこれまで単一ピクセルでは光子数識別能力がないとされてきた。しかしながら、インピーダンステーパーを用いた信号読出しや極低温環境での低雑音アンプによる信号増幅など、信号読出し方法の工夫により、単一ピクセルでも 4~5 個であれば光子数を識別できることが報告されている[4,5]。また、最近ではシリコン導波路と結合した 100 ピクセルの SNSPD を用いて、疑似的ではあるが 100 個の光子数識別を実証したという報告もある[6]。本講演では、このような光子数識別が可能な SNSPD、シリコン導波路やイオントラップとの集積化など、量子情報処理への応用を念頭においた SNSPD の最近の研究開発動向について紹介する。

謝辞 本研究の一部は、科研費基盤研究 S (JP18H05245)、JST【ムーンショット型研究開発事業】グラント番号【JPMJMS2066】の支援により行われた。

参考文献

- [1] D. V. Reddy, R. R. Nerem, S. W. Nam, R. P. Mirin, and V. B. Verma, *Optica* **7**, 1649 (2020).
- [2] I. E. Zadeh, J. W. N. Los *et al.*, *APL Photonics* **2**, 111301 (2017).
- [3] D. Fukuda, G. Fujii, T. Numata *et al.*, *Opt. Express* **19**, 870 (2011).
- [4] Di Zhu, M. Colangelo, C. Chen, B. A. Korzh, N. C. Wong *et al.*, *Nano Lett.* **20**, 3858 (2020).
- [5] M. Endo *et al.*, *Opt. Express* **29**, 11728 (2021).
- [6] R. Cheng, Y. Zhou, S. Wang, M. Shen, T. Taher, and H. X. Tang, *Nat. Photon.* **17**, 112 (2023).