64 ch イベント駆動型 SFQ エンコーダを用いた 64 pixel SSPD アレイによる光子イメージング原理実証

Principle demonstration of single-photon imaging using 64-pixel SSPDs array combined with 64-channel event-driven SFQ encoder

情通機構 [1]，神戸大 [2]
○宮嶋 茂之 [1]，藪野 正裕 [1]，三木 茂人 [1,2]，寺井 弘高 [1]
NICT[1], Kobe Univ.[2]
°Shigeyuki Miyajima[1], Masahiro Yabuno[1], Shigehito Miki[1,2], Hirotaka Terai[1]
E-mail: miyajima@nict.go.jp

我々は単一磁束量子(SFQ)回路を用いた 64 ch イベント駆動型エンコーダを用いて 64 pixel 超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(SSPD)による光子イメージングの原理実証を行った。SSPD は、高検出効率、低暗計数率、高計数率、低ジッタ等の優れた特長を持ち、量子情報通信をはじめとする様々な分野への応用が期待されている。その中でも応答速度の向上、光子イメージング、光子数識別が可能なシステムとして、SSPD を多数配置した SSPD アレイシステムの開発が進められている。我々はこれまでに光子イメージングシステムの実現に向けて、大規模 SSPD アレイシステムを実現するための 1 対 1 対応読出方式、行列読出方式に基づく 64 入力対応のイベント駆動型 SFQ エンコーダの 0.1 W GM 冷凍機内での動作実証を行ってきた[1, 2]。また、64 pixel SSPD アレイの中の特定の SSPD と SFQ エンコーダを接続した状態で光照射実験を行い、56.5 ps という高い時間分解能を保持した状態で特定の SSPD のアドレス情報を取得することに成功した[3]。本稿では、8x8 pixel SSPD アレイから同一の 0.1 W GM 冷凍機に実装した 64 ch イベント駆動型 SFQ エンコーダを用いてアドレス情報を読み出し、さらに室温の FPGA で信号処理することで、リアルタイムで光子数分布の表示（光子イメージング）を試みた結果について報告する。

今回の実験では、光子源として波長 1550 nm のレーザーを用い、光ファイバの照射端と SSPD アレイの距離を十分にとることで、すべての SSPD にもれなく光が当たるよう光照射した。Fig. 1 に実験で得られた検出光子数の分布を示す。この画像は SFQ エンコーダからのディジタル出力信号を室温の FPGA によりリアルタイムに信号処理して得られた動画の静止画像である。レーザーの出力を OFF にすると SFQ エンコーダからの出力は得られず、すべてのピクセルで検出光子数がゼロとなることから、8x8 pixel SSPD アレイが照射した光に対して応答しており、すべてのピクセルが同時に動作していることが実証された。講演では実験及び結果の詳細を報告する。

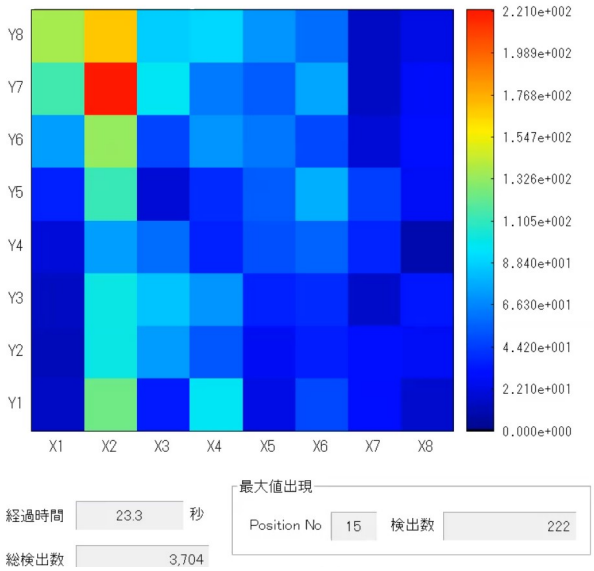

Fig. 1. Distribution of photon detection in the 64-pixel SSPD array through the 64-channel event-driven SFQ encoder and FPGA.

[1] 宮嶋 茂之 他、第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 7p-S41-1.
[2] 宮嶋 茂之 他、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-212B-4.
[3] S. Miyajima, et al., Opt. Exp., 26(22), 29045-29054 (2018).

謝辞　本研究の一部は JSPS 科研費(JP26249054、JP18H05245)、公益財団法人光科学 技術研究振興財団の助成を受けたものである。また本研究に使用された回路は、産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム(CRAVITY)において作製された。