

単一光子イメージングシステムに向けた 64 ch イベント駆動型 SFQ エンコーダの動作実証

Demonstration of a 64-ch event-driven SFQ encoder for a single-photon imaging system

情通機構¹, 神戸大² °宮嶋 茂之¹, 藪野 正裕¹, 山下 太郎¹, 三木 茂人^{1,2}, 寺井 弘高¹

NICT¹, Kobe Univ.², °Shigeyuki Miyajima¹, Masahiro Yabuno¹, Taro Yamashita¹,

Shigehito Miki^{1,2}, Hirotaka Terai¹

E-mail: miyajima@nict.go.jp

我々は超伝導単一光子検出器(SSPD)を用いた単一光子イメージングシステムの構築に向け、単一磁束量子(SFQ)回路を用いたイベント駆動型のエンコーダの設計、動作実証を行った。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 アレーシステムの開発が進められている。我々は既にカウントレート向上に向けた、マージ機能を有する SFQ 回路を用いた 4 ピクセルの SSPD アレーシステムの動作実証に成功している[1]。本稿では更なる大規模 SSPD アレーシステムへの応用に向け、64 ピクセルの光子イメージングを可能にする SFQ エンコーダの設計を行った。我々のグループではこれまでも SFQ 回路を用いたエンコーダを設計していたが、駆動するために約 300 mA のバイアス電流が必要であり、大電流供給に伴うジュール熱により冷却能力が 0.1 W の冷凍機で動作させることが困難であった。また、読み出しに外部クロック信号が必要であり、SSPD での光子検出の時間情報がクロック周期で量子化されるという問題点があった[2]。これらの問題点を解決する為に、SSPD の出力信号で SFQ 回路を駆動するイベント駆動型の 64 ch エンコーダを設計した。また、冷凍機で動作させることを想定し、バイアス電流、および SFQ 回路自身の発熱を低減するために、ジョセフソン接合の臨界電流値及び SFQ 回路のバイアス電圧を従来の半分とした SFQ セルを新たに設計し、それらを用いて回路設計を行った。

Fig. 1 に設計したイベント駆動型エンコーダの回路図を示す。SSPD の位置情報(アドレス)は SFQ パルスの数に変換され、パルスカウンタ回路で生成されたパルスの数がカウントされる。SFQ 回路には内部クロック発振器が実装されており、SSPD の出力信号により駆動する。回路の接合数は 2550 であり、メイン回路のバイアス電流値を 150 mA であった。今回、ジュール熱の影響を抑制するべく、新しいパッケージを用いて冷凍機内で評価を行った。Fig. 2 は液体ヘリウム下、0.1 W 冷凍機下での動作マージンを示している。冷凍機内でも同程度の動作マージンであることから、新しいパッケージの有効性を確認出来た。現在 64 ピクセルの SSPD と同一冷凍機内で SFQ エンコーダと接続して実験を行っており、その詳細は講演で報告する。

[1] T. Yamashita *et al.*, Optics Lett., Vol. 37, 2982 (2012).

[2] 寺井弘高 他、第 61 回応用物理学会春季学術講演会 17p-D4-8

謝辞 本研究の一部は科学研究費(基盤研究(A) No. 26249054)、JST, CREST 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。

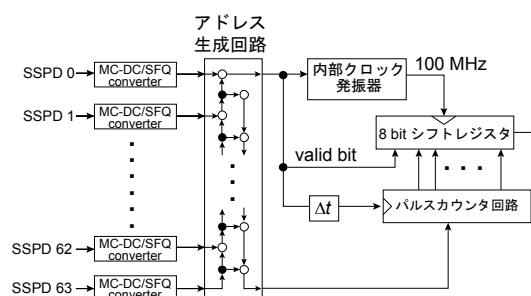


Fig. 1 Block diagram of the designed
64-ch event-driven encoder

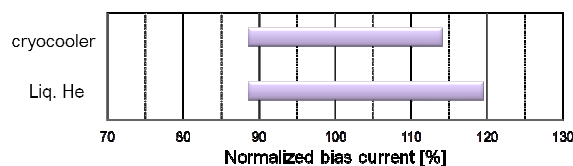


Fig. 2 Normalized operation margin