AQFP 及び RSFQ を用いたスケーラブルな SSPD 読み出し回路

Scalable Readout Circuit for SSPDs using AQFP and RSFQ Logic Families

横浜国大 [1]，情通機構 [2]，神戸大学 [3]　○竹内 尚輝 [1]，知名 史博 [2]，三木 茂人 [2,3]，
宮嶋 茂之 [2]，藪野 正裕 [2]，吉川 信行 [1]，寺井 弘高 [2]

Yokohama Natl. Univ. [1], NICT [2], Kobe Univ. [3], °Naoki Takeuchi[1], Fumihiro China[2], Shigehito Miki[2,3], Shigeyuki Miyajima[2], Masahiro Yabuno[2], Nobuyuki Yoshikawa[1], Hirotaka Terai[2]

E-mail: takeuchi-naoki-kx@ynu.ac.jp

超伝導単一光子検出器 (SSPD) [1] をアレイ状に並べた単一光子イメージセンサの開発が行われている [2]。我々はこれまでに、冷凍機中の SSPD アレイを読み出すために必要なケーブルを削減するため、超伝導ロジックである AQFP [3] を SSPD アレイの読み出しインターフェイスとして用いることを提案した [4]。また、シングルピクセル SSPD と AQFP インターフェイスを同一冷凍機中に実装し、単一光子検出実験に成功した。本研究では、マルチピクセルに対応したインターフェイス回路を提案し、4 ピクセル SSPD アレイの読出し実験を行う。

Fig. 1 に、本研究で提案する AQFP/RSFQ ハイブリッドインターフェイスを示す。本回路は、AQFP と RSFQ の 2 つの超伝導ロジックにより構成される。AQFP 部分で SSPD アレイの空間情報（どのピクセルに光子が吸収されたか）を出力し、RSFQ 部分で SSPD アレイの時間情報（いつ光子が吸収されたか）を出力する。その結果、二本のケーブルで SSPD アレイの時空間情報を読み出すことができる。また、インターフェイスの大部分は AQFP で構成されるため、バイアス電流量をピクセル数によらず一定に保つことが可能となり、高いスケーラビリティが得られる。さらに、RSFQ の低ジッタ動作により、高い分解能で時間情報を得ることができる。Fig. 2 に、本測定で用いた 0.1-W GM 冷凍機中のサンプルステージの写真を示す。実験により、ハイブリッドインターフェイスが低エラーレートかつ低ジッタで、SSPD アレイの時空間情報を読み出すことを示した。

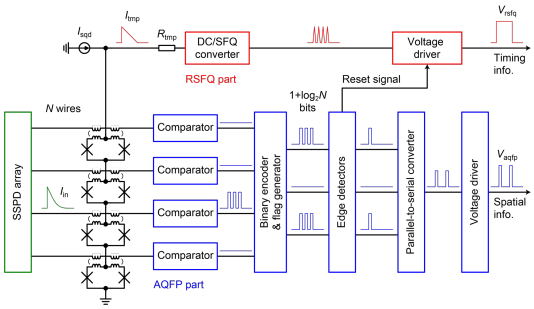

Fig. 1　AQFP/RSFQ hybrid interface for $N = 4$.

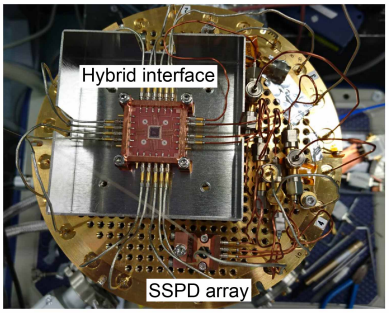

Fig. 2　Sample stage in a 0.1-W GM cryocooler.

謝辞：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。本研究は JSPS 科研費 (18H05245) の助成を受けたものである。

参考文献：

[1] G. N. Gol'tsman et al., Appl. Phys. Lett. **79**, 705 (2001).
[2] S. Miki, T. Yamashita, Z. Wang, and H. Terai, Opt. Express **22**, 7811 (2014).
[3] N. Takeuchi et al., Supercond. Sci. Technol. **26**, 35010 (2013).
[4] N. Takeuchi, T. Yamashita, S. Miyajima, S. Miki, N. Yoshikawa, and H. Terai, Opt. Express **25**, 32650 (2017).