単一磁束量子信号処理回路がモノリシック集積化された超伝導ナノワイヤ単一光子検出器アレイシステムの設計及び作製プロセスの検討

Design of a superconducting nanowire single photon detectors array system monolithically integrated with single flux quantum based signal processors and investigation of fabrication process

情通機構[1]，神戸大[2]，産総研[3] ○宮嶋 茂之[1]，藪野 正裕[1]，三木 茂人[1,2]，
山森 弘毅[3]，永沢 秀一[3]，日高 睦夫[3]，寺井 弘高[1]

NICT[1], Kobe Univ.[2], AIST[3], ○Shigeyuki Miyajima[1], Masahiro Yabuno[2], Shigehito Miki[2], Hirotake Yamamori[3], Syuichi Nagasawa[3], Mutsuo Hidaka[3], Hirotaka Terai[2]

E-mail: miyajima@nict.go.jp

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(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。SSPD アレイシステムでは冷凍機において熱流入を抑制するためにケーブルの本数の削減が必須となる。我々はこれまでに大規模光子イメージング、光子数識別、高速応答等の SSPD システム実現を目指して、単一磁束量子(SFQ)回路を用いた極低温信号処理回路を開発してきており、SSPD との接続実験・動作実証まで行っている[1-3]。これまでのシステムでは SSPD と SFQ 回路のチップを独立に作製しており冷凍機内のステージに 2 つのチップを実装して、同軸ケーブルやプリント基板上の配線を用いて 2 つのチップ間の接続を行っていたが、SSPD アレイのピクセル数の増大に伴い接続本数が増加し、実装が困難となる。そこで、本稿では SSPD アレイと SFQ 回路を同一チップ内に作製したモノリシック集積チップの設計・評価を行った。モノリシック集積化をすることで更にコンパクトなシステムを実現出来、チップ間相互接続に起因する信号の減衰及びジッタの重畳の抑制等も期待出来る。我々は既にモノリシック集積チップの開発を進めてきており動作実証も行っているが、絶縁膜である SiO の剥がれが発生するという課題があった[4]。今回は作製プロセスを見直し、3 種類のモノリシックチップの設計・作製を行った。Fig. 1 に設計した 1 つのチップの顕微鏡写真を示す。今回の設計ではチップのサイズを 5 mm×5 mm と設定しており、チップの中心部に 8×8 ピクセル SSPD が配置されている。チップ周辺部に SSPD の出力信号をマージする 64 入力マージ回路が作製されている。作製されたチップについてまずは SFQ 回路のみの試験を液体ヘリウム下で行った。実験の詳細は講演で報告する。

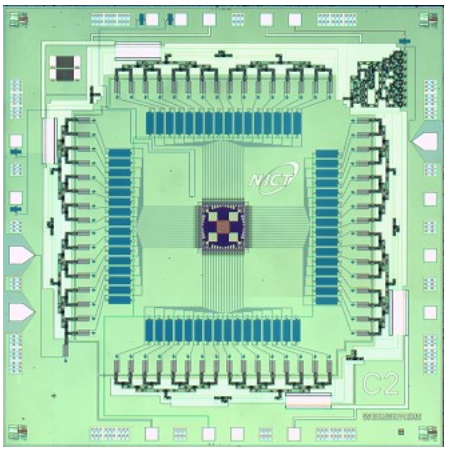

Fig. 1. Micrograph of 8×8-pixel SSPDs array monolithically integrated with 64-channel SFQ merger.

[1] S. Miyajima, *et al.*, Opt. Exp., 26(22), 29045-29054 (2018).
[2] 宮嶋 茂之 他、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-C213-13.
[3] 三木 茂人 他、第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 10a-Z27-6.
[4] H. Terai, *et al*., ASC2016, 3EOr1B-03.

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費(JP18H05245、JP19K15057)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。

© 2021年 応用物理学会