

SFQ 読み出し回路を用いた小面積 SSPD の動作安定性改善

Improvement of Operating Stability in Small SSPDs with SFQ Readout Circuits

¹情通機構, ²SIMIT ⁰¹梶野 顕明, ¹山下 太郎, ¹三木 茂人, ¹寺井 弘高, ^{1,2}王 鎮¹NICT, ²SIMIT ⁰¹Kemmei Kajino, ¹Taro Yamashita, ¹Shigehito Miki, ¹Hiroataka Terai, and ^{1,2}Zhen Wang

E-mail: kajino@nict.go.jp

背景と目的

超伝導集積回路の冷凍機システムにおいて、高速・低熱流入・多入力化が可能な光インターフェイス技術は最も重要な課題の一つであり、その鍵となるのは極低温で低エネルギー動作可能な光/電気(O/E)変換素子である。我々はこれを念頭に、超伝導単一光子検出器(SSPD)技術を応用した低エネルギーO/E 変換器の開発を進めている。我々は先ず SSPD の高速応答化を目指し、受光面積縮小つまりナノワイアのカイネティックインダクタンス L_k を低減した SSPD を作製、サブナノ秒の応答を確認した[1]。しかし L_k を小さくすると、ラッチングなどの動作不安定状態に陥りやすく、これが SSPD の連続的な高速動作を阻む新たな問題となる。これまでの研究で、ラッチングは電流バイアスに使用するバイアスティーに含まれるキャパシタと密接に関係していることがわかってきた[2]。そこで本研究では、バイアスティーを介さず SSPD に直接接続できる SFQ 読み出し回路を同一冷凍機内に実装し、ラッチングの影響を比較調査した。

実験方法と結果

パルスパターン発生器、および電気光学変調器を用いて生成した光パルス列を SSPD に繰り返し照射し、入力パルス間隔に対する SSPD の応答確率の変化を、従来方法と SFQ 読み出し回路を用いた方法とで比較した。ここでは単一光子の検出確率と区別するため、パルス当たり数 1,000 個の光子が含まれている。また、今回用意した SSPD は幅 100nm、受光面積 $3\mu\text{m}$ 平方の NbN ナノワイアで、 L_k は約 80nH であっ

た。これを GM 冷凍機に実装し、温度 2.3K に冷却して測定を行った。結果を Fig. 1 に示す。従来のバイアスティー読み出しでは約 25MHz 以上で応答確率が著しく低下し、動作不安定となった。これに対し、SFQ 読み出しでは約 67MHz と改善が見られた。また、ナノワイアの L_k から見積もられた曲線（図中破線）と傾向はほぼ同じであった。この結果は、SFQ 読み出しにラッチング抑制するなど、動作安定性に一定の効果があることを示唆している。

謝辞

本研究は、JST 先端的低炭素化技術開発事業 (ALCA) の支援により行われた。

[1] K. Kajino, et al., European Conference on Applied Superconductivity (Eucas2013), 3P-EL3-11, 2013.

[2] S. Miki, et al., *Appl. Phys. Lett.*, vol. 99, no. 11, p. 111108, 2011.

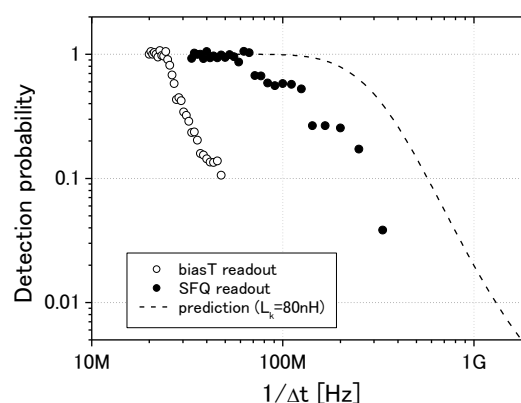


Fig. 1 Frequency dependence of the detection probability for the conventional readout (open circle) and the SFQ readout (closed circle). The dotted curve is the calculation from measured L_k and the system DE of the SSPD.