

## 高感度 AQFP コンパレータを用いた

### 超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の読み出し

#### Readout of Superconducting Nanowire Single-Photon Detectors using a High-sensitivity AQFP Comparator

情報機構<sup>1</sup>, 横浜国大<sup>2</sup>, 神戸大<sup>3</sup> ○(P)知名 史博<sup>1</sup>, 竹内 尚輝<sup>2</sup>, 三木 茂人<sup>1,3</sup>, 宮嶋 茂之<sup>1</sup>,  
藪野 正裕<sup>1</sup>, 寺井 弘高<sup>1</sup>

NICT<sup>1</sup>, Yokohama Natl. Univ.<sup>2</sup>, Kobe Univ.<sup>3</sup>, °Fumihiko China<sup>1</sup>, Naoki Takeuchi<sup>2</sup>, Shigehito Miki<sup>1,3</sup>,  
Shigeyuki Miyajima<sup>1</sup>, Masahiro Yabuno<sup>1</sup>, Hirotaka Terai<sup>1</sup>

E-mail: f-china@nict.go.jp

我々のグループでは、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD) をベースとした大規模イメージングアレイの研究開発を行っており、可視から中赤外に及ぶ広い波長領域において光子計数可能な感度を持つ究極のカメラの実現を目指している。このような大規模 SSPD イメージングアレイを実現するための鍵となる技術は後段信号処理であり、我々は極低温環境下で動作する断熱量子磁束パラメトロン (AQFP) に着目して研究開発を進めている。AQFP は超低消費電力かつ低電流動作が可能であるため、SSPD アレイの大規模化に対して非常に優れたスケーラビリティを有している[1]。また、AQFP は入力電流感度にも優れているため、SSPD からの出力信号を高確度で読み出すことができる。我々はこれまでに AQFP コンパレータを用いた読み出しインターフェースを設計し、振幅 7.5  $\mu\text{A}$  の SSPD 信号の低エラーレート読み出しに成功している[2]。しかし、SSPD アレイの大規模化や高感度化、広帯域化に伴い、SSPD からの出力電流は低下する傾向にあり、より高い入力電流感度をもつ信号処理技術が必要不可欠となる。そこで本稿では AQFP インターフェースの更なる高感度化のため、電流トランスを付与した AQFP コンパレータを新たに設計・開発し、GM 冷凍機内における SSPD と接続動作実証により入力電流感度の評価を行った。

Fig. 1 に AQFP コンパレータの概略図を示す。AQFP コンパレータは入力電流値がしきい値電流  $I_{th}$  を超えているときに励起電流  $I_x$  が立ち上がると信号 '1' を出力する。従って  $I_{th}$  を低く設定するほど、AQFP コンパレータはより微小な SSPD の出力信号を検出できる。しかし実際には、 $I_{th}$  の低減に伴い熱雑音電流による誤検出が発生するため、 $I_{th}$  に下限値が存在し、入力電流感度は制限される。そこで我々は AQFP コンパレータに電流トランスを付与し、入力電流を増幅することで電流感度の改善を図った。Fig. 2 に SSPD の信号出力数  $CR_{sspd}$  で規格化した、AQFP インターフェースの出力数  $CR_{aqfp}$  の  $I_{th}$  依存性を示す。SSPD の出力信号 ( $I_{in}$ ) が 4.5  $\mu\text{A}$  でも 2% 以下のエラーレートで検出できていることから、高感度 AQFP コンパレータを用いることで、より微小な SSPD 信号を読み出すことに成功した。

[1] N. Takeuchi et al., Opt. Exp. **28**, 15824 (2020), [2] F. China et al., ISEC2019, 2-PS-P-19 (2019).

**謝辞** 本研究の一部は JST CREST (JPMJCR1671) の助成を受けたものである。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。

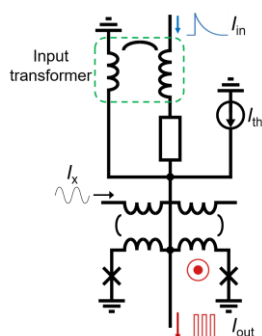


Fig. 1. Schematic of the AQFP comparator with a current transformer

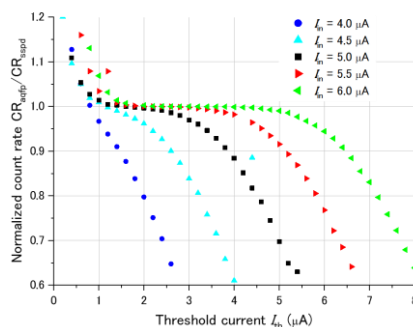


Fig. 2. Measured count rate of the AQFP interface versus threshold current for various amplitude of SSPD signal ( $I_{in}$ )