

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器を用いた衛星光通信の実証実験

Demonstration of satellite optical communication with superconducting nanowire single-photon detector

情通機構¹, 早稲田大² ○山下 太郎¹, 國森 裕生¹, 三木 茂人¹, 藪野 正裕¹, 遠藤 寛之^{1,2},
藤原 幹生¹, 佐々木 雅英¹, 青木 隆朗², 寺井 弘高¹

NICT¹, Waseda Univ.², °Taro Yamashita¹, Hiroo Kunimori¹, Shigehito Miki¹, Masahiro Yabuno¹,
Hiroyuki Endo^{1,2}, Mikio Fujiwara¹, Masahide Sasaki¹, Takao Aoki², Hirotaka Terai¹

E-mail: taro@nict.or.jp

近年、衛星通信ネットワークの大容量化に伴い、衛星間あるいは衛星-地上間における大容量データ伝送技術の重要性が高まっているが、深宇宙-地上間などの超長距離間通信においては、従来の電波・光を用いた技術では伝送レートが劇的に減少してしまう。この問題の解決のために注目されているのが、パルス位置変調 (PPM) 符号化方式である。PPM 方式では、超長距離の伝送過程で減衰した光子レベルの微弱光でも高い伝送レートが可能となるが、この実現には高性能な光子検出器が必要不可欠となる。その中で有望視されているのが、高検出効率、低暗計数率、低タイミングジッタ、そして高速応答性という PPM 方式の要求を満足する超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD) である[1]。ところが、空間通信では通信距離が増大すると到達した信号光のビーム径が拡大するために SSPD の受光面積を大きくする必要があり、従来型の単エレメント SSPD では応答速度低下の問題が存在した。そこで本研究では、高検出効率と高速応答性の両立が可能な SSPD アレイを開発し、NICT 所有の 1.5 m 望遠鏡と光学的に結合させ衛星受信システムに組み込むことで、小型光通信ターミナルを搭載した小型衛星との光通信実証を行ったので報告する。

今回、図(a)に示すようにインターリーブ (入れ子) 型の 4 エレメント SSPD アレイ素子を作製した。ナノワイヤの膜厚は 5 nm、線幅は 100 nm で、受光部面積は $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ であり、通信波長 1550 nm に最適化した光学キャビティ構造を付加した。受光部を独立な 4 エレメントに分割することにより、高い検出効率を維持したまま応答速度の向上が可能となる。また各エレメントからの出力信号をマージ処理するため、超伝導単一磁束量子 (SFQ) による信号処理回路を SSPD アレイと接続し、Gifford-McMahon (GM) 冷凍機に実装した (図(b))。特性評価の結果、全エレメント合計で約 60% のシステム検出効率を得られ、正常に SFQ 回路によってマージ動作することを確認した。今回は実証実験の第一歩として、この SSPD アレイ-SFQ システムを衛星からの光信号を受信するファイバー系へと接続することにより、地上の衛星シミュレータ光源及び受信機での校正を行い、小型衛星からのダウンリンク光の受信を試み光信号を受信することに成功した。詳細は講演で報告する。

[1] M.E. Grein *et al.*, Proc. Int'l Conf. Space Opt. Syst. Appl., pp. 78-82 (2011).

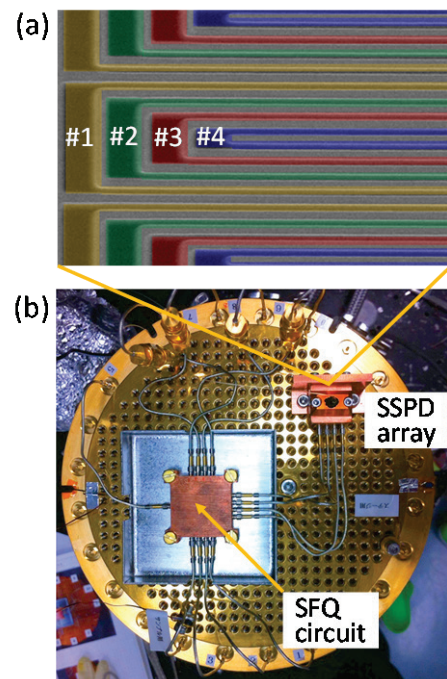


Fig. (a) Microscope image of SSPD array. (b) Picture of SSPD array and SFQ circuit implemented in a GM cryocooler.