

進化する超伝導単一光子検出器技術と応用分野への波及効果

Progress of superconducting single photon detector technology and its spillover effect on various applications

情通機構 ○三木 茂人

National Institute of information and Communications Technology

E-mail: s-miki@nict.go.jp

光の最小単位である光子を検出する事は、量子光学、量子情報通信技術、空間光通信技術、レーザー測距技術、ライダー技術、蛍光寿命計測等、様々な研究開発を推進する上で必要不可欠な基盤技術であり、光子を間違えることなく(低暗計数)、確実に捕捉し(高検出効率)、高速に処理(高計数率)することができるような光子検出器が、これらの応用研究において強く求められている。現在、波長帯に応じて様々な光子検出器が存在するが、近年、超伝導ナノワイヤを用いた単一光子検出器(Superconducting Nanowire Single Photon Detector: 以下 SSPD)の発展が目覚ましい。SSPD は 2001 年に提案されて以来[1]、その潜在性能が高く期待され、活発な研究開発が行われてきた。研究開発初期においては、基礎的な特性評価やそれらの振る舞いを理解するための様々な報告がなされた。2005-2007 年頃には、実用的なシステム開発がなされ、液体冷媒を必要としないギフォード・マクマホン(GM)式冷凍機を用いた SSPD システム開発により[2、3]、量子暗号鍵配送をはじめとする様々な応用研究に用いられる事が可能になった[4-10]。また、当初は数%にとどまっていた 1550nm 波長帯におけるシステム検出効率の改善も進められ、我々が開発した SSPD システムにおいては、2009 年に 24%[11]、2013 年には 75%を超えるシステム検出効率(System Detection Efficiency: 以下 SDE)の実現に成功している[12]。また、開発された SSPD システムは高い検出効率と同時に、100 カウント/秒以下の暗計数率、100ps 以下のタイミングジッタをも実現しており、競合技術となっていた半導体アバランシェフォトダイオードに対して圧倒的な性能差を有することとなった。現在、我々が開発した SSPD システムは、先に述べた様々な応用分野において既に適用され始めており、いくつもの優れた研究成果を得る事にも成功している[13-15]。本講演では、上で述べたような SSPD の研究開発現状と今後のさらなる高性能化および高機能化の可能性、および実際の様々な研究分野への応用例を紹介する。

- [1] G. Gol'tsman, et. al., *Appl. Phys. Lett.*, 79, 705, 2001. [2] R. H. Hadfield, et. al., *Opt. Exp.*, 13, 10846, 2005. [3] S. Miki, et. al., *IEEE Appl. Sup.*, 19, 332, 2009. [4] H. Takesue, et. al., *Nat. Photo.*, 1, 343, 2007. [5] M. Sasaki, et. al., *Opt. Exp.*, 19, 10387, 2011. [6] K. Yoshino, et. al., *Opt. Lett.*, 37, 223, 2012. [7] R. Ikuta, et. al., *Phys. Rev. A*, 87, 010301(R), 2013. [8] R. Jin, et. al., *Phys. Rev. A*, 87, 063801, 2013. [9] A. McCarthy, et. al., *Opt. Exp.*, 21, 8904, 2013. [10] N. R. Gemmell, et. al., *Opt. Exp.*, 21, 5005, 2013. [11] S. Miki, et. al., *Opt. Lett.*, 35, 2133, 2010. [12] S. Miki, et. al., *Opt. Exp.*, 21, 10208, 2013. [13] R. Ikuta, et. al., *Opt. Exp.*, 22, 11205, 2014. [14] R. B. Jin, et. al., *Opt. Exp.*, 22, 11498, 2014. [15] M. Fujiwara, et. al., *Opt. Exp.*, 22, 13616, 2014