

## 可視波長帯超伝導ナノワイヤ単一光子検出器を用いた蛍光相関分光 I

### Fluorescence correlation spectroscopy with visible-wavelength superconducting nanowire single-photon detector I

情通機構<sup>1</sup>, 上海微所<sup>2</sup>, 北海道大先端生命<sup>3</sup>, 大阪大生命機能<sup>4</sup> ○山下 太郎<sup>1</sup>, 劉 登寛<sup>2</sup>,  
三木 茂人<sup>1</sup>, 山本 条太郎<sup>3</sup>, 原口 徳子<sup>1,4</sup>, 金城 政孝<sup>3</sup>, 平岡 泰<sup>1,4</sup>, 王 鎮<sup>1,2</sup>, 寺井 弘高<sup>1</sup>  
NICT<sup>1</sup>, Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology, China<sup>2</sup>, Hokkaido Univ.<sup>3</sup>,  
Osaka Univ.<sup>4</sup>, °T. Yamashita<sup>1</sup>, D. K. Liu<sup>2</sup>, S. Miki<sup>1</sup>, J. Yamamoto<sup>3</sup>, T. Haraguchi<sup>1,4</sup>, M. Kinjo<sup>3</sup>, Y.  
Hiraoka<sup>1,4</sup>, Z. Wang<sup>1,2</sup>, and H. Terai<sup>1</sup>

E-mail: taro@nict.go.jp

近年、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (Superconducting nanowire single-photon detector; SSPD) は、高い検出効率や低ダークカウント、高い時間分解能をはじめとする数多くの優位性により、特に通信波長帯の単一光子を用いる量子通信や量子光学等の研究分野で利用され始めている。

生命科学分野においても単一光子検出は重要な技術であり、その代表例として蛍光相関分光法 (Fluorescence correlation spectroscopy; FCS) が挙げられる。FCS は、生きた細胞内における蛍光物質の分子運動を調べるための重要な手法であり、観察対象となる分子を蛍光タンパク質でラベリングし分子からの発光の時間的な自己相関を測定・解析することで、分子の大きさや数を評価することができる。これまで FCS における単一光子検出器としては、シリコンベースのアバランシェフォトダイオード (Si avalanche photo diode; Si-APD) が用いられてきた。Si-APD は、波長 650 nm 近傍の帯域において 60–70% の高い検出効率を示す一方で、アフターパルスと呼ばれる APD 特有のノイズが問題となることが知られていた。アフターパルスは、光子検出直後に生じる誤検出パルスで、光子検出から数 100 ns の時間領域で発生するため、Si-APD を用いた従来の FCS システムではサブマイクロ秒領域の自己相関はアフターパルスによるノイズに埋もれてしまい、解析が不可能であった。一方、SSPD にはアフターパルスが存在しないため、サブマイクロ秒レベルの高精度な自己相関測定が可能な FCS システム実現に向けた有力な候補となることが期待される。

そこで本研究では、FCS 応用に向けた可視波長帯 SSPD の開発を行った。今回我々は、熱酸化膜付き Si 基板上に窒化ニオブ (NbN) のナノワイヤを作製した。ナノワイヤの膜厚は 10.5 nm、線幅及び間隔は 150 nm 及び 150 nm とした。受光部は、FCS で一般的に用いられるマルチモードファイバーからの光との高効率な結合を実現するため直径 35  $\mu\text{m}$  の円形とした。また、ナノワイヤ直下にある熱酸化膜 (SiO<sub>2</sub>) は光キャビティ層として機能するが、今回は波長 600 nm の光子に対する光吸収効率を増大するため SiO<sub>2</sub> 膜厚を 100 nm とした。作製した素子を光結合パッケージに実装し動作温度 2.2 K の機械式冷凍機で評価した結果、波長 635 nm の入射光子に対して 44% のシステム検出効率を得られた。そこで、この可視波長帯 SSPD を FCS システムに実装し、蛍光分子であるローダミン B の自己相関を測定した。その結果、SSPD を用いることでサブマイクロ秒領域においても信頼性の高い自己相関曲線が得られることが分かった。詳細は講演で報告する。