

アバランシェ型超伝導ナノワイヤ単一光子検出素子の特性評価

Characterization of superconducting nanowire avalanche single photon detector

神通機構, °三木 茂人, 山下 太郎, 寺井 弘高

NICT, °S. Miki, T. Yamashita, H. Terai

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

1. はじめに

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(SSPD)は、高感度、低暗計数率、かつ高い時間分解能を有する光子検出器として、様々な応用研究分野で用いられている。SSPDにおいて、高検出効率化を図る為の方針として、低いエネルギーギャップを有した超伝導薄膜ナノワイヤの適用やナノワイヤの狭線化が考えられるが、いずれの場合も超伝導ナノワイヤの臨界電流値が従来よりも減少する為、信号対雑音比が悪化し、時間分解能が劣化してしまう。この問題を解決する事の出来る構造として、アバランシェ型超伝導ナノワイヤ光子検出素子(Superconducting Nanowire Avalanche Photon detector: SNAP)が提案されている[1]。N-SNAPは超伝導ナノワイヤがN個並列に配置された受光部と、ナノワイヤ受光部にアバランシェ現象を引き起こすためのインダクタ部(L_b)から構成され、同線幅の従来型SSPD構造に比べてN倍の出力電圧が得られる。この時、Nが大きいとナノワイヤ受光部のアバランシェ現象は起こりづらいが、 $N=2$ 程度であればアバランシェ現象を引き起こすことは比較的容易となる。そこで今回は、2本のナノワイヤが並列配置された2-SNAP素子の作成と性能評価を行ったので報告する。

2. 実験結果

2-SNAP素子は、 SiO_2 熱酸化膜(膜厚 240 nm)付 Si 基板上に成膜された膜厚 5 nm の NbTiN 薄膜を用い、ナノワイヤ受光部(線幅:80 nm、間隙:80 nm、サイズ: $15\mu\text{m}\times 15\mu\text{m}$)と、ナノワイヤインダクタ部(線幅:300 nm、間隙:300 nm、サイズ: $15\mu\text{m}\times 60\mu\text{m}$)が形成された。また、ナノワイヤ受光部の上部には、 SiO (250nm)、 Ag (100nm)による光キャビティ構造が付加されている。2-SNAP素子は極小レンズを用いた高光結合パッケージに実装され[2]、GM 冷凍機システム(動作温度 2.2K)により冷却された。図2に $\lambda=1550\text{nm}$ における、SSPD素子の検出効率および暗計数率のバイアス電流依存性を示す。作製された2-SNAP素子はスイッチング電流 I_{sw} が、 $24.5\mu\text{A}$ と従来型SSPD素子(I_{sw} : $10\sim 14\mu\text{A}$ 程度[3])に比べて高い値を示し、これまでよりも高いバイアス電流(I_b)を付加する事が可能であることを確認した。また、 $I_b \sim 22\mu\text{A}$ 付近で検出効率が既に飽和傾向にあり、暗計数率が数カウント/秒と低いにも関わらず、75%以上のシステム検出効率の取得に成功した。本研究はJSPS 科研費(課題番号 25286077)の助成により行われた。

[1]M. Ejraes 他, APL 91, 262509, 2007 [2] S. Miki 他, Opt. Lett., 35, 2133, 2010 [3] S. Miki 他, IEICE J97-C, 10, 357, 2014

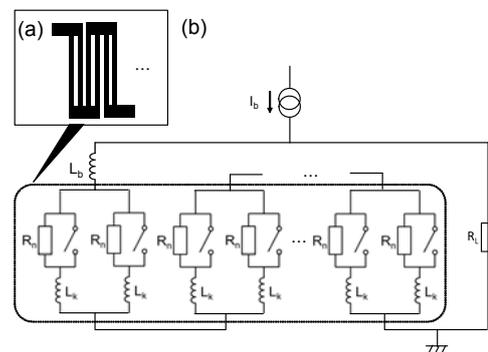


図 1. (a)2-SNAP 構造概略および(b)等価回路

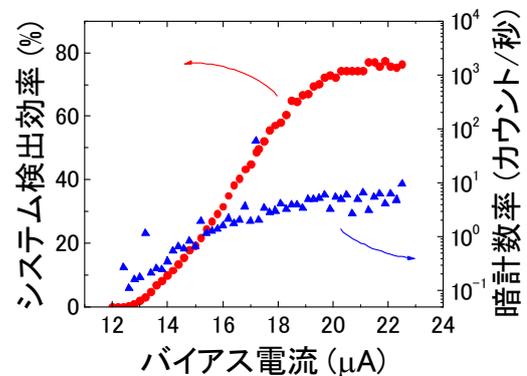


図 2. 2-SNAP 素子の検出効率、暗計数率のバイアス電流依存特性