Ti 抵抗でシャントした NbN ナノワイヤ直列アレイを用いた光子数検出器

Photon-Number Resolving Detector using Series Array of NbN Nanowire Shunted with Ti Resistors

埼玉大院理工 [1] 傳田 哲史 [1]、成瀬 雅人 [1]、田井野 徹 [1]、○ 明連 広昭 [1]

Saitama Univ.[1] Satoshi Denda[1], Masato Naruse[1], Tohru Taino[1], ○Hiroaki Myoren[1],

E-mail: myoren@super.ees.saitama-u.ac.jp

1 はじめに

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器（Superconducting Nanowire Single Photon Detector：SNSPD）は、高計数率、低暗計数率、低ジッタ、高検出効率といった優れた特長を持つ [1]。また、複数の SNSPD を密に配置した SNSPD アレイは光子数検出器として振る舞うことが知られており、光子源評価などへの応用が研究されている [2]。光子数検出器として抵抗並列型ナノワイヤ直列アレイによる光子数検出器が提案され、24 個の光子数検出までが報告されている [3, 4]。我々は、このナノワイヤ部に並列-直列接続を導入し、応答速度の高速化を目的として研究を行っている。

2 実験および結果

図 1 は、MgO(100) 基板上に作製した抵抗並列型ナノワイヤ直列アレイによる光子数検出器の光学顕微鏡写真を示す。左下に 3 つの Ti による抵抗 R_p、右下に 16 μm 角の SNSPD、上部はコプレーナ線路である。一組のナノワイヤは、$p = 1$ のミアンダ構造で $L_M \sim 22$ nH となる。実際には直列に $L_{cpw} \sim 23$ nH が付加されている。

液体ヘリウム温度で測定した $I - V$ 特性から、臨界電流は $I_c = 45\ \mu$A であり 10 mV 以上の直線部分の傾きから Ti による抵抗は $R_p = 53\ \Omega$ と見積もられた。

図 2 は、波長 850 nm の VCSEL からのパルス光照射に対する抵抗並列型ナノワイヤ直列アレイによる光子数検出器の応答を示してる。比較的大きなレーザパワーを照射した時の応答で、3 種類の高さの応答が明らかに観測される。立ち下がり時間 $\tau_f = 2.6$ ns の応答を示した。

さらに、検出器部分の大きさを $24 \times 32\ \mu m^2$ と大きくした検出器を用いて、並列化の効果を確認した。

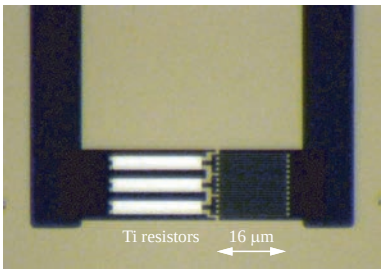


図 1: 作製した抵抗並列型ナノワイヤ直列アレイによる光子数検出器の光学顕微鏡写真。

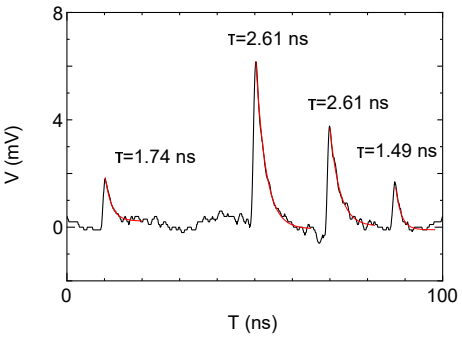


図 2: 波長 850 nm の VCSEL からのパルス光照射 (50 MHz) に対する抵抗並列型ナノワイヤ直列アレイによる光子数検出器の応答。

並列数 $p = 2$、直列数 $s = 8$ として、3 つの光子数が見分けられるように $N = 3$ のような構造とした。ナノワイヤ部分の臨界電流のばらつきから明確な 3 光子応答は確認できなかったが、2 種類の高さの応答が明らかに観測された。また、大きな素子サイズにもかかわらず並列数 $p = 2$ で期待される立ち下がり時間 $\tau_f = 2.8$ ns の応答を示した。

以上の様にミアンダ部のナノワイヤ部分の並列化により高速化が確認され、光子数検出器においても GS/s の高速応答が期待される。

参考文献

[1] A. Pearlman *et al.*, *IEEE Trans. Appl. Supercon.*, Vol. 15, No. 2, pp. 579–582, 2005.
[2] E. A. Dauler *et al.*, *J. Modern Opt.*, Vol. 56, No. 2–3, pp. 364–373, 2009.
[3] S. Jahanmirinejad *et al.*, *App. Phys. Lett.*, Vol. 101, 072602, 2012.
[4] Z. Zhou *et al.*, *Opt. express*, Vol. 22(3), pp. 3475–3489, 2014.

© 2019年 応用物理学会