

マイクロメートル幅の NbTiN 超伝導薄膜線路を用いた 単一光子検出素子の開発

Development of single-photon detector using micrometer wide NbTiN superconducting thin film line

情通機構¹, 神戸大² ◯藪野 正裕¹, 知名 史博¹, 三木 茂人^{1,2}, 寺井 弘高¹

NICT¹, Kobe Univ.² ◯Masahiro Yabuno¹, Fumihito China¹, Shigehito Miki^{1,2}, Hirotaka Terai¹

E-mail: masahiro.yabuno@nict.go.jp

膜厚 5~10 nm、線幅 50~100 nm の薄膜線路で構成される超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD) は、高い検出効率や低暗計数率、低タイミングジッタなどの優れた単一光子検出特性を持つことから、可視光領域における生体蛍光観察から近赤外領域における量子情報科学の研究まで広範な科学分野において応用が進められているが、高い単一光子検出感度を得るためには、より細い超伝導線路が必要であることが実験的事実として知られていた。一方で近年、モスクワ州立大学の Yu. P. Korneeva らは、均一な薄膜線路においてバイアス電流を対破壊電流 (Depairing Current) 値の近傍まで加えることが可能であれば、より太い線路においても単一光子検出感度を得られることを提案した。実際に膜厚約 6 nm、線幅 0.5~5 μm の NbN 薄膜線路を 3Ω の小抵抗でシャントすることにより、スイッチング電流近傍での NbN 薄膜線路の熱的な暴走を防止することで、波長 408~1550 nm の単一光子を検出可能であることを示した[1]。マイクロメートルスケールの線路を用いた単一光子検出素子はフォトリソグラフィプロセスを用いた作製が可能となるため、電子線リソグラフィを必要とする従来 SSPD に比べてプロセスの難易度が低く、均一な検出特性を備えた素子を高い歩留まりで容易に量産することが可能になると期待される。そこで我々は、Korneeva らの報告を基に、マイクロメートルスケールの NbTiN 薄膜線路を用いた素子を新たに作製し、波長 980 nm 及び 1550 nm の光子に対して検出信号を得ることに成功したので報告する。

図 1 に作製した、NbTiN 薄膜線路の顕微鏡写真を示す。素子は膜厚約 9 nm の NbTiN 薄膜から作製され、線路の幅は約 1 μm 、線路長は 25 μm とした。またシャント抵抗としてパラジウム (Pd) の薄膜抵抗 (約 3 Ω) を同一チップ上に作製した。図 2 は、波長 1550 nm の光子を素子に入射した際の出力信号波形である。素子のスイッチング電流 $I_{sw} = 215 \mu\text{A}$ に対してバイアス電流 $I_b = 180 \mu\text{A}$ 以上を印加することで光子検出信号を得ることに成功した。詳細は講演で報告する。

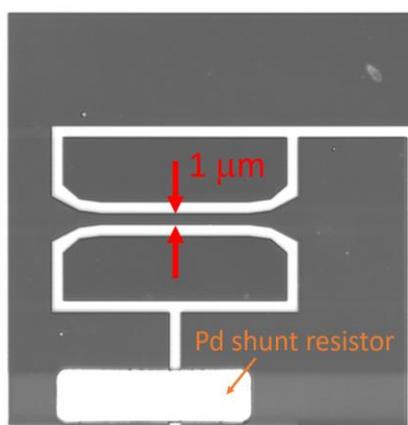


Fig. 1 Micrograph of fabricated device.

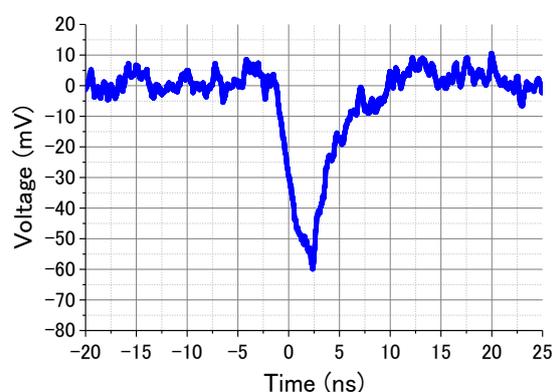


Fig. 2 Waveform of output signal.

[1] Yu. P. Korneeva et al., Phys. Rev. Applied 9, 064037 (2018).

(謝辞) 本研究の一部は JSPS 科研費 (JP18H05245, JP19H02206, JP19K15472) の助成を受けて実施された。