

6 μm 波長帯用超伝導ナノストリップ単一光子検出器の評価

Evaluation of SNSPD for 6 μm wavelength region

情通機構¹ 産総研² ○三木 茂人¹, 美馬 覚¹, 知名 史博², 藪野 正裕¹, 寺井 弘高¹

NICT¹ AIST², ○S. Miki¹, S. Mima¹, F. China², M. Yabuno¹, and H. Terai¹

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

波長 2 μm を超える中赤外波長領域は、様々な分子の振動に起因する吸収線が存在するため、これらの波長領域における分光技術は、様々な産業・研究分野で利用される重要な技術である。このため、中赤外波長帯における高性能光子検出器の開発が望まれている。これまで中赤外波長領域における高性能単一光子検出器は存在しなかったが、超伝導ナノストリップ単一光子検出器 (SNSPD) は、中赤外波長領域で高検出効率を有することが報告され、注目を集めている。我々はこれまで、通信波長帯用の SNSPD に比べ、より薄い超伝導ストリップを用いることで、中赤外波長領域においても単一光子に対して感度を持つ検出器の開発を進めてきた。その結果、熱酸化膜付 Si 基板上に形成された SNSPD 素子において、6 μm 波長帯でも高い内部検出効率を実現することに成功した[1]。一方、SNSPD において高システム検出効率を実現するためには、内部検出効率が高いだけでなく、高光吸収率も求められる。高光吸収率を実現する方法として、誘電体多層膜上に超伝導ナノストリップを形成することが挙げられる。しかし、誘電体多層膜上に作製された超伝導ナノストリップは均一性が損なわれ、高い内部検出効率を実現できない。そこで今回は、6 μm 波長帯に対して比較的高い光吸収率を確保しつつ、高内部検出効率を同時に実現するために、6 μm 波長帯に最適化された膜厚を有する熱酸化膜付き Si 基板を用いた NbTiN-SNSPD 素子の作製および性能評価を行った。

6 μm 波長帯において高い光吸収率を得るために、膜厚 1030 nm の熱酸化膜を有した Si 基板を用いて SNSPD 素子を作製し、動作温度 0.76 K における内部検出効率を評価した。作製した SNSPD 素子はストリップ膜厚 4.5 nm、ストリップ幅 60 nm となっており、最大となる偏光状態においては 48.2% の光吸収率が得られることが有限要素法を用いたシミュレーションによって示されている。しかし、光吸収率の偏光依存性は非常に大きく、偏光状態の違いによる吸収率の最大値と最小値の比は 90 を超えることも判明している。実際に、波長 6.1 μm の入射光照射に対して、SNSPD 素子の出力カウントは変動し、これは光子の偏光状態がファイバを伝搬する際にゆらぐことに起因すると考えられる。このような出力カウントゆらぎが生じている状況下で内部検出効率を見積もるために、測定試行回数を 100 回に増やし、出力カウント数のバイアス電流依存性を評価した。Fig.1 に波長 6.1 μm 入射光子に対する SNSPD 素子の出力カウントのバイアス電流依存性を示す。100 回の試行における測定平均値のバイアス電流依存性において明瞭な飽和領域が見られることから、今回作製した素子は 100% 近い内部検出効率を有していると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) JPMXS0118067634 の支援によって行われた。
[1]美馬他、23 年応物秋学術講演会、21p-B204-16

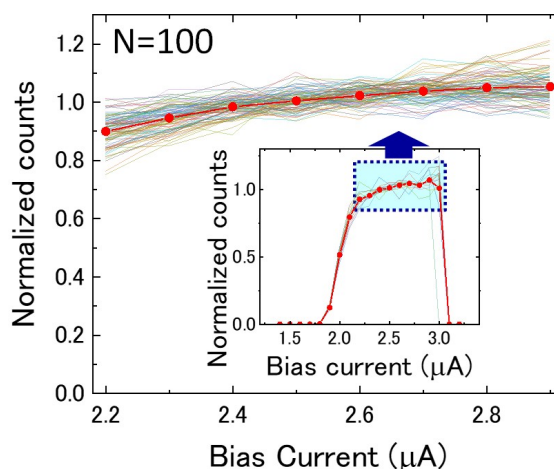


Fig.1 Output counts vs. bias current at 6.1 μm wavelength