

18a-D5-1

高検出効率な低フィリングファクター超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 High-detection-efficiency superconducting nanowire single-photon detectors with low filling factor

情通機構¹, 上海微所² ○山下 太郎¹, 三木 茂人¹, 寺井 弘高¹, 王 鎮^{1,2}NICT¹, SIMIT², ○Taro Yamashita¹, Shigehito Miki¹, Hirotaka Terai¹, Zhen Wang^{1,2}

E-mail: taro@nict.go.jp

【イントロダクション】

近年、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (Superconducting nanowire single-photon detector, 以下 SSPD) は、高検出効率や低暗計数、低ジッタ等の優れた特長により、量子光学や量子情報、ライフサイエンス等の幅広い分野に応用がなされている。SSPD の重要な性能因子のひとつに応答速度があるが、潜在的には GHz オーダーの高速応答性が期待されている一方で、実際にはミアンダ構造の長いナノワイヤに起因する力学的インダクタンスにより、数 10 MHz 程度に制限されているのが現状である。SSPD のフィリングファクター (受光部におけるナノワイヤの占有率、以下 FF) を小さくして線路長を短くすれば応答速度は改善されるが、同時に入射光の吸収効率が小さくなるために検出効率は劣化してしまうというトレードオフが懸念されていた。今回、理論的な考察と実験により、このトレードオフを解決する新しい手法を見出したので報告する[1]。

【数値シミュレーション】

まず、ナノワイヤにおける光吸収効率を計算するため、ダブルサイドキャビティ型の SSPD を仮定し、有限要素法解析ソフトウェア COMSOL Multiphysics 4.3a を用いて数値シミュレーションを行った。図 1 に、得られた光吸収効率の FF 依存性を示す。図から分かるように、従来の SSPD における典型的なナノワイヤ膜厚である 4 nm の場合には、懸念されていたように FF の低下により光吸収効率が減少する。一方で、膜厚 8 nm や 12 nm の場合には、FF が低下しても、依然として高い吸収効率を示すことが分かった。

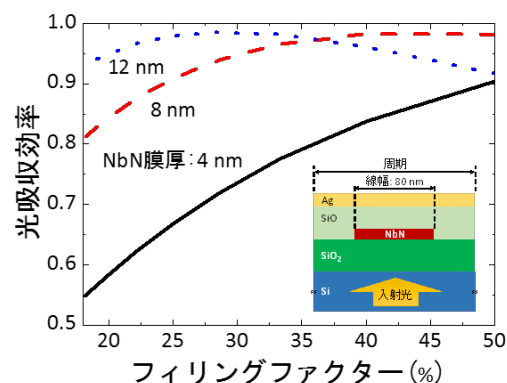


図1: 光吸収効率のFF依存性。

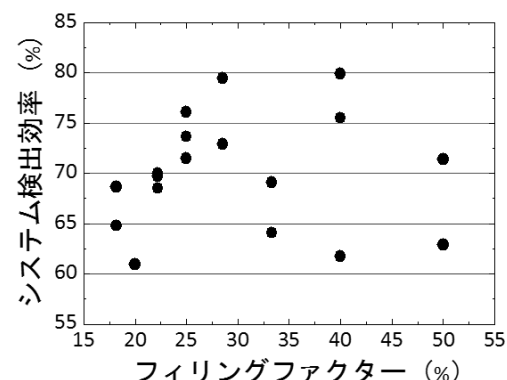


図2: システム検出効率のFF依存性。

【実験と結果】

そこで我々は、膜厚 8.5 nm の窒化ニオブ (NbN) を用いて、18 - 50%の様々なフィリングファクターをもつダブルサイドキャビティ型 SSPD を作製し、システム検出効率を測定した。その結果、光吸収効率のシミュレーション結果から期待されたように、18%の極めて低い FF をもつ SSPD でも、69%という高いシステム検出効率を示すことが明らかとなった (図 2)。詳細は講演で報告する。

[1] T. Yamashita et al., Opt. Exp. **21**, 27177 (2013).