

900-1100nm 帯用超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の開発

Development of a superconducting nanowire single-photon detector for 900-1100nm photon detection

情報機構¹, 神戸大² ○(P)知名 史博¹, 藪野 正裕¹, 三木 茂人^{1,2}, 寺井 弘高¹

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

E-mail: f-china@nict.go.jp

半導体アバランシェフォトダイオード (APD) は、近赤外領域において高感度を有する単一光子検出器であるが、シリコン(Si)、およびインジウムガリウム砒素 (InGaAs)を用いた APD の感度波長はそれぞれ 600-900nm、1100-1600nm となっており、谷間となる 900-1100nm 波長帯において高感度を有する単一光子検出器が存在しない。このような波長領域における単一光子検出技術は、InAs/GaAs 量子ドット光源などの発光波長が存在することや、また深宇宙光通信技術への適用も期待されることから重要となってくる。一方、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (Superconducting nanowire single-photon detectors: SSPDs) は、紫外から中赤外におよぶ広い波長領域において感度を有し、高検出効率、低暗計数率、低タイミングジッタという優れた特徴を持つ光子検出器であるが、特定の波長領域において高検出効率を実現するためには超伝導ナノワイヤへの光吸収率を増強する構造の設計・付加が必要不可欠である。本稿では、波長 900-1100nm 帯において高光吸収率を実現する誘電体多層膜付 SSPD 素子の設計・作製を行い、スーパーコンティニューム(SC)光源を用いた測定系を新たに構築することにより波長依存特性の詳細な評価を行ったので報告する。

本研究では、二酸化ケイ素 (SiO₂) と二酸化チタン (TiO₂) からなる誘電体多層膜上に SSPD を作製し[1]、目的波長領域の光子検出効率を最大化することを試みた。まず光学多層薄膜計算シミュレーションにより、NbTiN 薄膜への光吸収率が最大となるように誘電体多層膜の最適化を行った。その結果、総膜数 19 層、総膜厚 6.05 μm の誘電体多層膜において図 1 の実線で示すような吸収率の波長特性が得られ、目的波長帯全域で 83%以上、中心波長 1000 nm で 98%の高い吸収率が得られることがわかった。次に設計通りに成膜した誘電体多層膜上に NbTiN-SSPD を作製し、SC 光源を用いて 800-1360 nm の波長領域で検出効率を評価した。図 1 に、測定した SSPD の検出効率を最大値で規格化して赤丸でプロットした。検出効率が最大となる波長領域がやや短波長側にシフトしているものの、設計した誘電体多層膜の光学特性が実際の検出効率によく反映されていることが確認された。また、図 2 に波長 980 nm における SSPD の検出効率及び暗計数率のバイアス電流依存性を示す。APD の谷間波長である 1000 nm 付近において 80%以上の高い検出効率を得ることに成功した。

[1] T. Yamashita et al., Scientific Reports **6**, 35240 (2016).

謝辞 本研究の一部は JST CREST (JPMJCR1671) の助成を受けたものである。

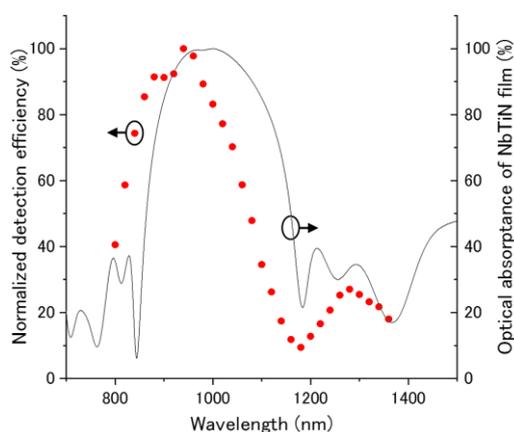


Fig. 1 Dependence of the normalized detection efficiency and the optical absorbance of NbTiN film on wavelength.

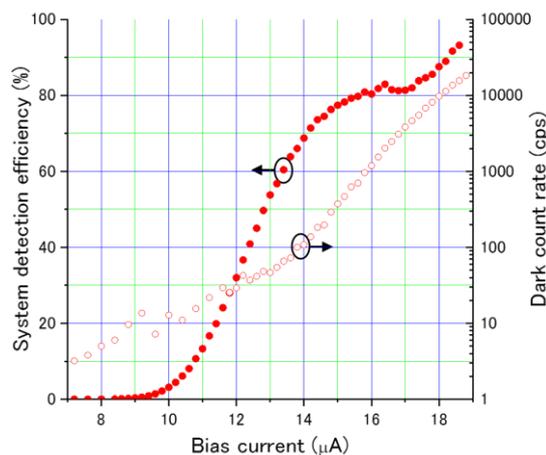


Fig. 2 Dependence of the system detection efficiency and the dark count rate on bias current.