

導波路型超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の開発 I

Development of superconducting nanowire single-photon detector on waveguide I

○ 和木健太郎^{1,2}, 山下太郎², 井上振一郎^{2,3}, 三木茂人², 寺井弘高²,生田力三¹, 山本俊¹, 井元信之¹阪大院基礎工¹, 情通機構², JST さきがけ³○ K. Waki^{1,2}, T. Yamashita², S. Inoue^{2,3}, S. Miki², H. Terai²,R. Ikuta¹, T. Yamamoto¹, N. Imoto¹Grad. School of Eng. Sci., Osaka Univ.¹, NICT², JST-PRESTO³

E-mail: waki@qi.mp.es.osaka-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, SSPD) は、高感度、低暗計数、高速応答といった優れた特徴を有し、量子情報通信や量子光学をはじめとする様々な研究分野に用いられ始めている。その中で近年、超伝導ナノワイヤを光導波路上に配置することで、導波路中の光子を検出する導波路型 SSPD の研究が行われている^[1,2]。量子光学の分野では、光源等の様々なデバイスをワンチップに集約する光集積回路が注目されており、この導波路型 SSPD が実現すれば高性能なモノリシック光子検出器として光集積回路への実装が期待される。そこで我々は今回、導波路型 SSPD 開発の第一歩として、Silicon-on-Insulator (SOI) 基板上に超伝導ナノワイヤを作製し、超伝導特性の評価を行った。また並行して、低損失なシリコン (Si) 光導波路の作製に向けて、プロセス条件の探索を行ったので報告する。

2 実験結果

今回、SOI 基板上に窒化ニオブチタン (NbTiN) のナノワイヤを作製した。導波路型 SSPD を念頭におき、ナノワイヤのパターンは図 1 のように設計し、膜厚 5 nm, 線幅 100 nm, 間隙 150 nm, 全長 50 μm とした。作製した素子を到達温度 2.4 K の冷凍機に実装し、抵抗 - 温度特性及び電流 - 電圧特性を測定した。その結果、図 2 に示すように転移温度 7.7 K において明瞭な超伝導転移がみられ、また超伝導臨界電流としては 26 μA が得られた。この結果から、熱酸化膜付き Si 基板上に作製された従来型の SSPD と比較しても、超伝導性の劣化等はみられないことが分かった。

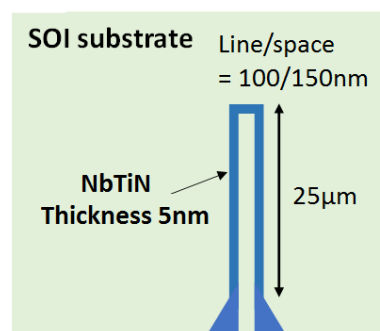


図 1: 作製した NbTiN ナノワイヤパターン

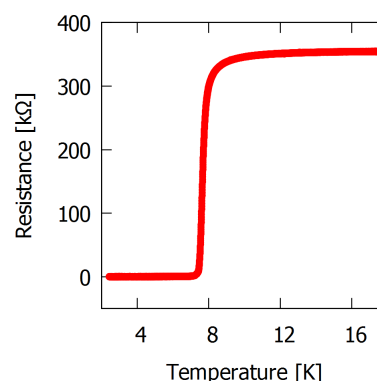


図 2: NbTiN ナノワイヤの抵抗 - 温度特性

また、Si 光導波路作製の最適なプロセス条件を調べるため、Si 基板上に電子線描画された導波路パターンを ICP (Inductively Coupled Plasma) によりエッチングを行い、得られた導波路の側面及び断面を SEM で観察した。プロセス圧力、ICP パワー、バイアスパワー、そして CF_4 の流量を調整することで、比較的良好な形状の導波路が得られた。詳細は講演で報告する。

1. Xialong Hu, *et. al.*, IEEE T. Appl. Supercon. **19**, 336-340 (2009).
2. W. H. P. Pernice, *et. al.*, Nat. Commun. **3**, 1325 (2012).