

SSPD の高性能化に向けた NbTiN 薄膜の成膜条件の検討

Investigation of deposition conditions of NbTiN thin films for high performance of SSPD

情通機構¹, 神戸大² ○(M2) 藤井 勇磨^{1,2}, 知名 史博¹, 藪野 正裕¹, 寺井 弘高¹, 神野 伊策²,
三木 茂人^{1,2}

NICT¹, Kobe Univ.², °Y. Fujii^{1,2}, F. China¹, M. Yabuno¹, H. Terai¹, I. Kanno², and S. Miki¹

E-mail: y.fujii@nict.go.jp

超伝導ナノワイヤ単一光子検出器(Superconducting Nanowire Single Photon Detector, 以下 SSPD)は, 紫外から中赤外におよぶ広帯域領域において高い検出効率を有し, 低暗計数率, 低タイミングジッタ, 高計数率を実現することのできる光子検出器として注目されており, 既に量子暗号鍵配送試験や様々な量子情報通信技術, 生細胞観察, 長距離レーザ光通信など様々な応用技術への適用がなされている. 我々はこれまで, 直流(DC)反応性スパッタリング法により成膜された窒化ニオブチタン(NbTiN)薄膜を用いた SSPD の研究開発を行ってきた. しかし, これまでに用いられてきた NbTiN 薄膜の結晶性や超伝導特性が SSPD の高性能動作において最適なものであるかは明らかにされていない. そこで今回我々は, NbTiN 薄膜の特性が SSPD の動作特性にどのような影響を及ぼすか探索するために, 従来とは異なる方針下において成膜された NbTiN 薄膜の超伝導特性の評価を実施し, 超伝導ナノワイヤ形成による光子応答特性の評価を行ったので報告する.

NbTiN 薄膜は Si 基板上に Ar および N₂ 混合ガス中において DC 反応性スパッタリング法により成膜された. 従来においては薄膜の結晶成長を促すために, 低圧力(=2 mTorr)かつ高い放電電流(=3.0 A)の条件下において成膜されてきたが, 今回は高圧力(=8 mTorr)かつ低放電電流(=1.5 A)下で成膜を行い超伝導転移温度(T_c)および 20 K における低効率(ρ_{20K})の評価を行った. 図 1 に異なる N₂ ガス混合比において成膜された膜厚 200-350 nm 程度の NbTiN 薄膜の T_c, ρ_{20K} 依存性の測定結果を示す. 図から, N₂ 混合比が小さくなるにつれて T_c は高くなり, ρ_{20K} が低下していることがわかる. このとき, N₂ 混合比が 10 %付近において成膜された NbTiN 薄膜は, 従来と遜色ない 14.2 K の T_c を示しているにも関わらず, ρ_{20K} は 2803

$\mu\Omega\text{cm}$ と従来に比べ一桁以上高い値を示した. そこで, このような特性を示す成膜条件において膜厚数 nm 程度, 線幅 80-200 nm の NbTiN ナノワイヤの作製を行い, 通信波長帯域($\lambda=1550$ nm)における光子応答特性の評価を行った. その結果, ほぼ 100 % の内部検出効率を得られることが分かった. 詳細は講演で報告する.

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費(JP19H02206, JP18H05245), JST-CREST(No. JPMJCR1671)の助成を受けて実施された.

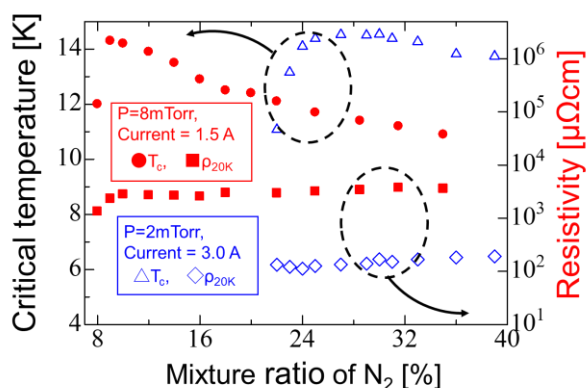


Fig. 1 Critical temperature(T_c) and resistivity(ρ_{20K}) as a function of mixture ratio of N₂ at 1.5 and 3 A.