

架橋カーボンナノチューブ上の超伝導 NbN ナノワイヤにおける 熱・量子位相スリップ

Thermal and quantum phase slips in niobium-nitride nanowires based on suspended carbon nanotubes

慶大理工¹, 物材機構², 群大工³, JST さきがけ⁴ ○高木 将¹, 増田 考平¹, 森山 悟士², 守田 佳史³,
牧 英之^{1,4}

Keio Univ.¹, NIMS², Gunma Univ.³, JST-PRESTO⁴ ○Tasuku Takagi¹, Kohei Masuda¹,

Satoshi Moriyama², Yoshifumi Morita³ and Hideyuki Maki^{1,4}

E-mail: maki@appi.keio.ac.jp

超伝導ナノワイヤは、その特有の量子力学的性質に加え、単一光子検出器や量子ビットなどの次世代量子デバイスへの応用が期待されているが、一般に超伝導体は、半導体材料と比べてリソグラフィによる微細化が難しい。本研究では、擬一次元構造を持つカーボンナノチューブ(CNT)をテンプレートとして用いて NbN を成長し、一次元超伝導ナノワイヤ(scNW)を作製した。SiO₂/Si 基板上にリソグラフィによるパタニング後、化学気相成長法により CNT を電極間に架橋成長させ、その上からマグネトロンスパッタによって NbN を任意時間堆積し、様々な直径の NbN-scNW を作製した[Fig. 1(a)]。

ワイヤ径 17 ~ 60 nm の NbN-scNW サンプルにおいて抵抗-温度依存性を測定した結果、ワイヤ径 17 nm においては、Fig. 1(b)に示すように、薄膜や他の径では見られない明瞭な残留抵抗が生じた。観測された残留抵抗に関して、熱位相スリップおよび量子位相スリップのモデルでフィッティングした結果、高温側で熱位相スリップ、低温側で量子位相スリップが生じていることが明らかとなり、これらの状態は、温度 $T = 8$ K 付近でクロスオーバーが生じていることが明らかとなった[Fig. 1(b)]。このクロスオーバーは、電極である超伝導薄膜の転移温度で生じていることから、電極の NbN 薄膜が超伝導転移することにより、量子位相スリップが支配的になることに起因していることが分かった。また、 $T = 3$ K 以下では、超伝導 - 絶縁体転移も観測された。これらの結果は、一次元超伝導体特有の性質をよく表しており、本手法による低次元超伝導デバイス応用が期待される。本研究の一部は、JST さきがけ、Core-to-Core、科研費の支援を受けて実施された。

[1] K. Masuda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 222601 (2016).

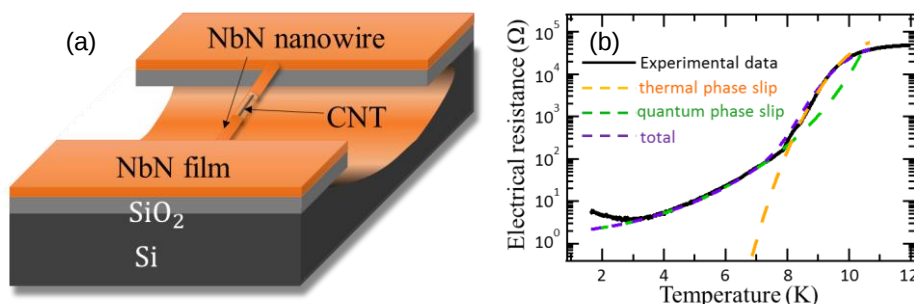


Fig. 1(a) Schematic of NbN-scNW device based on the CNT template. (b) Fit to the R - T characteristic curves for the sample, which consists of two (quantum phase slip and thermal phase slip) components.