

NbTiN 超伝導細線の作製と輸送特性

Fabrication and Transport properties for superconducting NbTiN nanowires

九大理¹, 情通機構² °篠崎 文重¹, 牧瀬 圭正², 寺井 弘高², 富成 征弘², 田中 秀吉²Kyushu Univ.¹, NICT², °Bunju Shinozaki¹, Kazumasa Makise², Hiroataka Terai², YukihiroTominari², Syukichi Tanaka²

E-mail: shinozaki@phys.kyushu-u.ac.jp

背景 1, 2 次元 (1D,2D) の低次元超伝導体は光子検出器、超伝導量子ビット、電流標準等のデバイス応用に向けて研究が活発に行われている。近年、特に微細加工で得られる「1D 超伝導体の超伝導性の抑制 (あるいは増強) がどのような機構で起きるか」を詳細に調べることは応用上重要な課題となっている。例えば試料サイズを超伝導のコヒーレンス長 ξ 程度まで小さくすると、特異的な量子現象が現れる。2D 超伝導体では揺らぎ効果によって転移温度 T_c 以上でもクーパー対が生成され、電気抵抗 R は温度低下と共に徐々に減少し、 $T \leq T_c$ で「 $R=0$ 」が実現する。一方、径が ξ 程度の 1D 超伝導細線中においても揺らぎによって超伝導性が壊されると、もはや連続した超伝導 path は存在しない。その結果、 $T \ll T_c$ でも「 $R \neq 0$ 」が観測される。これらの揺らぎ現象は次元性に由来するものであり、材料の結晶性や電子構造等に依存しない。一方で超伝導体に格子歪み等の乱れが導入されると電子局在や電子間相互作用の影響により、超伝導性が失われる。「乱れ程度」の増加に伴い、輸送特性は金属的振る舞いを経て半導体的な振る舞いを示す。そこで我々は乱れと揺らぎの観点から、超伝導細線の輸送特性を詳細に調べ、超伝導の抑制がどのように起こるかを明らかにすることを目的として、研究を行った。

作成方法 本研究では、反応性 DC スパッター法を用いて、NbTiN 薄膜を MgO(100)単結晶基板上に成膜した。圧力、投入電力等の最適化を行い、 d (細線厚); 2nm—5nm, w (細線幅); 10nm-30nm, L (細線長); 250-1000nm の細線を作製した。微細加工は電子線リソグラフィによってパターンニングし、反応性イオンエッチング法で行った。電気輸送特性の測定は 4 端子法を用い、 $2K < T < 300K$ の温度範囲、 $-9T < H < 9T$ の磁場範囲で抵抗の温度依存性、及び電流—電圧特性を調べた。

実験 図に w, d, L を変えた NbTiN 細線抵抗の T_c 近傍以下における温度依存性を示す。縦軸は単位長さあたりの抵抗 (R/L) である。 R/L の増加に伴い、超伝導転移はブロードになり T_c は減少する。

$R/L \approx 30 - 40 \Omega / \text{nm}$ 以上の膜では超伝導転移を示さず、半導体的な温度依存性を示す。超伝導を示す細線の抵抗の温度依存性は位相すべりモデルと良い一致を示した。

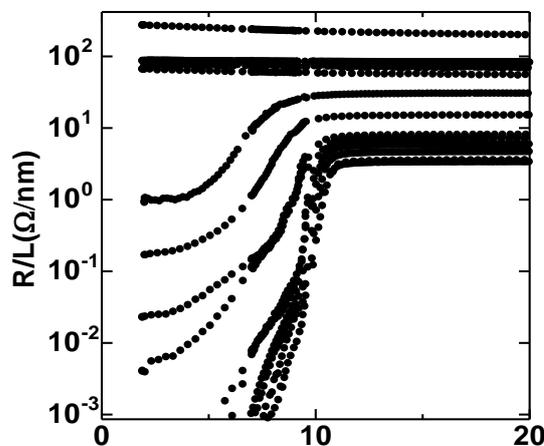


Fig. Temperature dependence of resistance for several NbTiN nanowires