

NdNiO₃ナノ細線の水素ドーピングによる抵抗変調特性のサイズ依存性The size dependence of the resistivity modulation by proton doping in NdNiO₃ nanowire阪大産研¹ ○(M1)難波 央¹, 服部 梓¹, 田中秀和¹ISIR, Osaka Univ.¹, °A. Namba¹, A. N. Hattori¹, H. Tanaka¹

E-mail: nanba77@sanken.osaka-u.ac.jp

強相関金属酸化物 ReNiO_3 ($\text{Re}=\text{rare earth 元素}$, RNO)は金属絶縁体相転移 (MIT)を示し、この現象を利用して巨大変調かつ高速な動作が可能なデバイスの作製が行われている。中でも RNO に水素イオンをドーピングすることで抵抗変調を実現するイオントロニクスでは、静電ゲーティングに比較して多くのキャリアが注入可能であり、新奇デバイスとしての利用が期待されている。例えば SmNiO_3 ではプラチナを触媒として水素をドーピングすることで 8 桁にも及ぶ抵抗上昇が報告されている [1]。また、水素をドーピングした NdNiO_3 (NNO)をチャンネルとし電圧によって抵抗変調を制御するプロトンレジスタが作製されている [2]。ここでは、水素のチャンネル内拡散に伴い素子抵抗が上昇するが、水素の挙動およびデバイス動作との相関関係は完全には明らかになっていない。そこで本研究では Pt (カソード)/AuTi (アノード)二端子非対称電極を用い、NNO チャンネルサイズを $\text{nm-}\mu\text{m}$ と変化させることで、その挙動解明を行った。非対称電極構造を用いることで、水素ドーピングが Pt 電極側のみで起こり、その拡散方向を Au/Ti 電極への片側へ制限できる。このように水素と NNO の反応を単純化し、NNO チャンネルサイズを調整することで NNO 中の水素の挙動と、それに伴う抵抗変調の定量的理解に取り組んだ。

$\text{SrTiO}_3(100)$ 基板上にパルスレーザ蒸着法で成膜した NNO エピタキシャル薄膜を電子線リソグラフィーなどで微細化し、その後 Pt, Au/Ti 電極を作製し、線幅 (W)、電極間距離 (L)を変えた NNO チャンネルを持つレジスタ構造とした。作製した NNO サンプルは、95%-Ar/5%-H₂ 雰囲気下、温度 293 K で水素をドーピングしながら、抵抗変化を測定した。Figure 1 に作製した $W=110\text{ nm}$, $L=2\text{ }\mu\text{m}$ の NNO ナノ細線サンプル (サンプル 1)の構造を示す。サンプル 1 は 170 K 付近で MIT を示すことから、ナノ構造化した後でも高い品質を保っていることを確認している。Figure 2 にサンプル 1 の水素ドーピングに伴う抵抗変調度の時間推移を示す。 $t=0\text{ sec}$ で水素ドーピングを開始してから 70 秒間は殆ど抵抗が上昇しなかったが、その後の 200 秒間で 40 倍の急峻な抵抗上昇を示し、それ以降は緩やかな抵抗上昇をした。一方、 $W=2\text{ }\mu\text{m}$, $L=2\text{ }\mu\text{m}$ のサンプル 2 では水素ドーピングを開始した 20 秒から 3300 秒間で 20 倍という様な抵抗上昇を示した後、抵抗上昇がほぼ飽和した。このようにサンプル 1 はサンプル 2 に比較して 2 倍の抵抗変調度と 30 倍の抵抗変調速度を示した。サンプル 1 での高速化、変調率上昇の原因はチャンネルのサイズ減少であると考えている。発表では抵抗変調特性のサイズ、形状依存性を示すとともに、ナノ細線での水素の拡散と抵抗変調の関係を議論する。

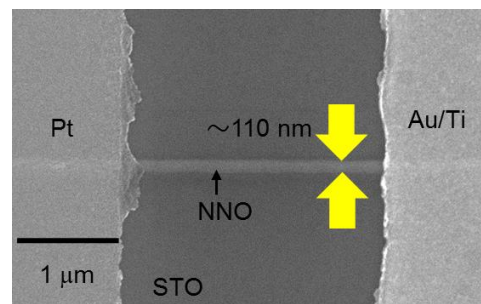


Fig 1. A SEM image of the NNO nanowire sample with $W=110\text{ nm}$, $L=2\text{ }\mu\text{m}$.

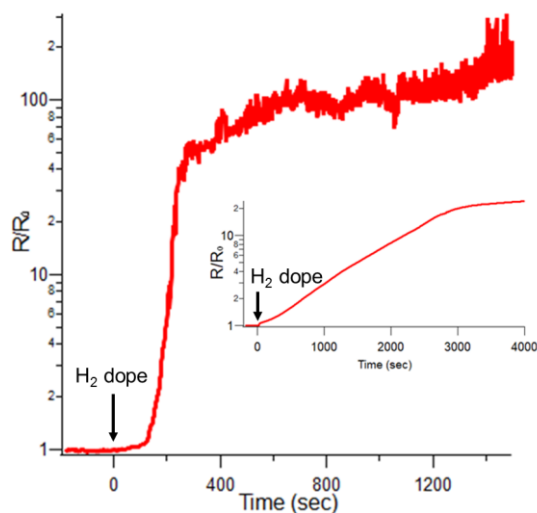


Fig 2. The resistivity modulation during H₂ exposure for sample 1 and sample 2 (inset).

[1] J. Shi et al., Nat. Commun. **5** (2014) 4860.

[2] C. Oh et al., Appl. Phys. Lett. **108** (2016) 122106.