電気二重層トランジスタ構造でエッチングした $LaNiO_3$ 極薄膜における金属伝導と電界変調

Metallic transport properties and electrostatic resistance modulations in $LaNiO_3$ ultrathin channels electrochemically etched in electric-double-layer transistors

京大化研[1]　名大院工[2]

○菅　大介[1]、畑野　敬史[2]、阿部　晃大[2]、生田　博志[2]、島川　祐一[1]

ICR, Kyoto Univ.[1]　Dept. Materials Physics, Nagoya Univ.[2]

○D. Kan[1], T. Hatano[2], A. Abe[2], H. Ikuta[2], Y. Shimakawa[1]

E-mail: dkan@scl.kyoto-u.ac.jp

イオン液体をゲート絶縁体、酸化物をチャネルとしたトランジスタ構造（電気二重層トランジスタ）において、ゲート絶縁体とチャネル界面で形成される電気二重層に由来する強電界(10 MV/cm)は、チャネルに対して高濃度キャリア蓄積のみならず電気化学反応によるエッチングを可能にする。電気二重層トランジスタで、酸化物チャネル層を電気化学的にエッチングし、極薄化したチャネル層に対して静電キャリアを蓄積することは、酸化物の物性開発のためのユニークなアプローチとなる。本研究では、ペロブスカイト型 Ni 酸化物 $LaNiO_3$(LNO)をチャネル層とした電気二重層トランジスタを作製し、電気化学的なエッチングで極薄化した LNO の伝導特性を評価した。極薄化しても LNO チャネルは金属伝導特性を維持し、またその金属伝導特性は電界変調できることを見出したので報告する[1]。

電気二重層トランジスタのチャネル層には、パルスレーザー堆積法(PLD)で(100)$SrTiO_3$ または LSAT 基板上に作製した LNO エピタキシャル薄膜(20nm 厚さ)を用いた。LNO 薄膜を 30μm のバー形状に微細加工した後に、イオン液体 DEME-TFSI を滴下し、電気二重層トランジスタ構造を作製した。Figure 1 は、220K での LNO チャネルのゲート電圧 V_g に対する応答を、チャネル抵抗の時間依存性として示したものである。V_g が小さい場合(V_g ≦-3V)には、V_g印加による静電キャリア注入を反映して、チャネル抵抗は可逆的な減少を示すことがわかる。一方で、V_gが大きくなる(V_g=−3.5V)と、V_g印加による静電キャリア注入でチャネル抵抗が減少するだけでなく、V_g を 0V に戻した状態でもチャネル抵抗が不可逆に増加することが分かった。この不可逆な振舞いは、電気化学的なエッチングによってチャネル層の膜厚が減少したことを考慮することで理解できる。

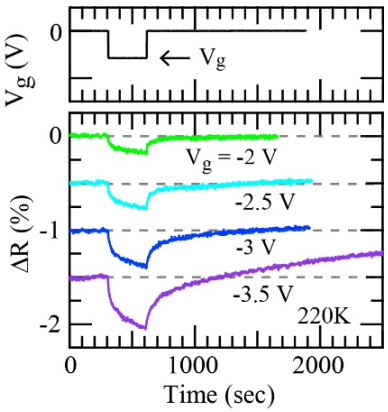

Figure 1: Temporal evolution of the gate response of the resistance of the $LaNiO_3$ channels at 220 K.

Figure 2 に示すのは、V_g (=−3.5V)を印加して電気化学的に厚さ 2.3nm にまで極薄化したチャネルのシート抵抗の温度依存性である。チャネル層の厚さはチャネル抵抗が膜厚に反比例すると仮定して算出した。温度上昇とともにチャネル抵抗は増加しており、極薄化しても、金属伝導が維持されている。また、極薄化したチャネルに対して V_g(=−3V)印加し静電キャリア注入したところ、シート抵抗は大きく減少し、その変化量は 220K で約 30%にも到達することが分かった。

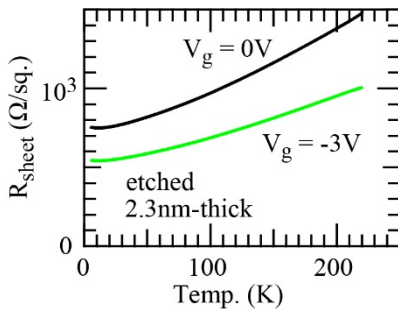

Figure 2: Temp. dependence of the electrical sheet resistance of the etched $LaNiO_3$ channels at V_g= 0 V and -3 V in electric double-layer transistors.

[1] D. Kan et al., Applied Physics Letters 117, 231602 (2020).

© 2021年 応用物理学会