第76回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集 (2015 名古屋国際会議場)

アモルファス NbO_x 薄膜の光・電子輸送特性

Opto-Electronic Transport Properties of Amorphous NbO_x Thin Films

○小野里 尚記[1]、片山 翔太[2]、片瀬 貴義[2]、太田 裕道[2]（1. 北大院情報、2. 北大電子研）

○Takaki Onozato[1], Syota Katayama[2], Takayoshi Katase[2], Hiromichi Ohta[2]

(1.IST-Hokkaido Univ., 2.RIES-Hokkaido Univ.)

E-mail: takaki_onozato6@eis.hokudai.ac.jp

我々は、クロミック現象を示す酸化物薄膜の光・電子物性を、ゲート絶縁体として用いるナノ多孔質ガラス[1]中の水電解で発生する H^+/OH^- によって、可逆的に変調可能なエレクトロクロミックトランジスタの開発を行っている。[2] 本研究ではクロミック物質として酸化ニオブ（NbO_x）に着目した。NbO_x は 1980 年にエレクトロクロミズムを示す物質として報告されて以来、最近では ReRAM やセンサーの活性層としての応用が検討されるなど、酸素濃度に敏感な光・電子物性変化を示す物質として知られている。[3,4] また、NbO_x はアモルファス化が可能[5]であることから、実用化に適しているが、電子輸送特性に関する報告がほとんどない。本研究では、水電解トランジスタとしての NbO_x の適性を調べるため、酸素濃度 x の異なるアモルファス NbO_x 薄膜を作製し、その光・電子輸送特性を調べたので報告する。

Nb_2O_5 焼結体をターゲットとして用い、PLD 法により無アルカリガラス基板（Corning® EAGLE XG®）上に NbO_x 薄膜（膜厚 ~100 nm）を作製した（室温、~2.5 J cm^{-2} $pulse^{-1}$、10 Hz）。NbO_x 薄膜の酸素濃度 x を変化させるために、成膜時の酸素圧力を 10^{-3}–10^{0} Pa の範囲で変化させた。XRD 測定（入射角固定、2θ 走査）を行ったところ、ガラス基板由来のハローとともに NbO_x 薄膜由来のハローが観測された。また、AFM 観察の結果、使用した無アルカリガラス基板（R_{rms}~0.2 nm）に匹敵する表面粗さしかない極めて平坦な薄膜であることが分かった。光透過率を調べたところ、0.3 Pa 以下の酸素圧力下で作製した薄膜は可視光を全く通さないが、1.0 Pa で作製した薄膜は可視光全域で無色透明であった。Nb カチオン周りの O^{2-} イオン配位数に応じて Nb の電子配置が $[Kr]4d^1$（4+）⇔$[Kr]4d^0$（5+）のように切り替わることに起因すると思われる。図左に作製した a-NbO_x 薄膜の導電率–熱電能の関係（Jonker プロット）を示す。導電率の増加に伴い $-k_B/e \cdot ln\ 10$（= −198 μV K^{-1} $decade^{-1}$）に相当する傾きで熱電能の絶対値が減少したことから、成膜時の酸素圧力変化に伴う導電率の変化は、主として酸素欠損生成によるキャリア濃度変化に起因すると考えられる。さらに、比抵抗の温度依存性を計測したところ、全ての薄膜が半導体的な変化を示した（図右）。以上の結果から、アモルファス NbO_x は酸素濃度変調によるエレクトロクロミックトランジスタの活性層として有望であると言えよう。

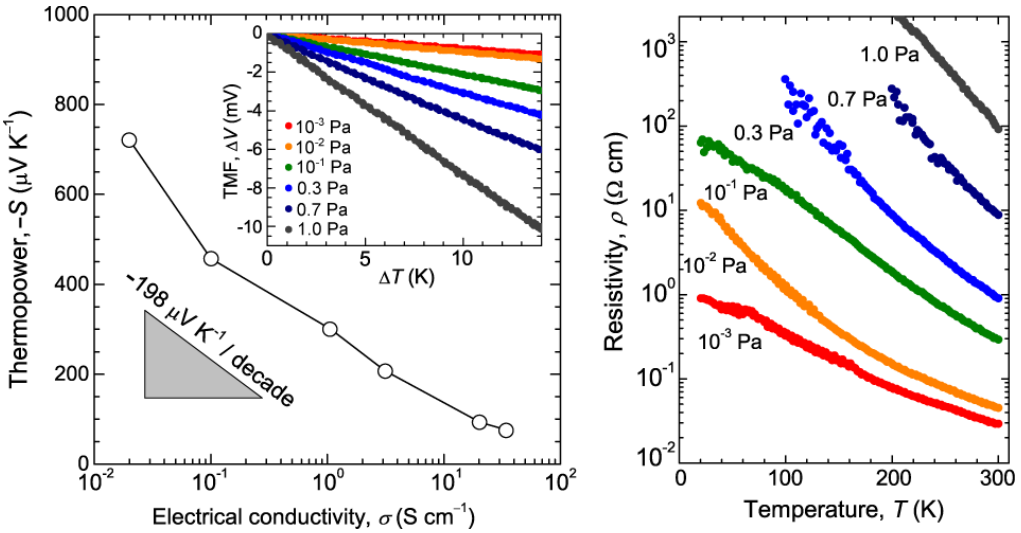

Fig. S–log σ (Jonker) plot (left) and ρ–T plots of the amorphous NbO_x films fabricated under various oxygen pressures (10^{-3}–10^{0} Pa).

[1] H. Ohta *et al.*, *Nature Commun.* **1**, 118 (2010). [2] T. Katase *et al.*, *Adv. Electron. Mater.* (2015) [DOI: 10.1002/aelm.201500063]. [3] B. Reichman and A. J. Bard, *J. Electrochem. Soc.* **127**, 241 (1980). [4] M. D. Pickett *et al.*, *Nature Mater.* **12**, 114 (2012). [5] A. Llordes *et al.*, *Nature* **500**, 323 (2013).

© 2015年 応用物理学会