漏液しないアルカリ電解液による導電性–磁性切替デバイスの省電力化

Power-saving operation of electromagnetic switching device with leakage-free alkaline electrolyte

[1] 北大院情報科学, [2] 北大電子研 ○鈴木雄喜 [1], 片瀬貴義 [2], 太田裕道 [2]
[1]Electronics for Informatics- & [2]RIES-Hokkaido Univ. ○Y. Suzuki[1], T. Katase[2], and H. Ohta[2]
E-mail: ysuzuki1228@eis.hokudai.ac.jp

【緒言】我々は、機能性酸化物の金属イオンの価数を電気化学的に変化させることで、光・電子・磁気物性を自在に変調可能な酸化物薄膜固体デバイスの開発を行っている。2015 年春[1]、酸素含有量 x によって導電性と磁性が変化する $SrCoO_x$ (SCO_x) 薄膜を活性層とし、含水ナノ多孔質ガラス CAN[2]をゲート絶縁体とした薄膜トランジスタ構造にゲート電圧(±20V)を 10 分間印加することで、絶縁体/金属と反強磁性/強磁性の同時切替を実現したが、実用化に向けて低電圧化・高速動作化する必要があった。高ゲート電圧を長時間印加しなければならなかったのは、CAN 中に含まれる純水のイオン伝導度が低い(55 nS cm^{-1})ことが原因と考えられる。そこでアルカリイオンを含む絶縁体を探索し、ナノピラー構造を有するアモルファス(a-) $NaTaO_3$ 薄膜が NaOH 水溶液を含んだアルカリ電解質として機能することを発見した。ここでは a-$NaTaO_3$ 薄膜の構造・導電性と、a-$NaTaO_3$ 薄膜をゲート絶縁体する SCO_x 薄膜トランジスタ型導電性ー磁性切替デバイスの低電圧(±3V)・高速(2–3 秒)動作について発表する。

【デバイス作製】PLD 法により、(001) $SrTiO_3$ 単結晶基板上に作製した SCO_x エピタキシャル薄膜(膜厚 20 nm)上に、ナノピラー構造を有する a-$NaTaO_3$ 薄膜(膜厚 200 nm)をゲート絶縁体とする薄膜トランジスタ構造を作製した(L/W=800/400 μm)。水素ガス発生を抑制するためのプロトン吸収層としてゲート電極下にアモルファス WO_3 薄膜(膜厚 ~20 nm)を成膜した(図(a))。

【結果】ナノピラー構造を有する a-$NaTaO_3$ 薄膜を Au 電極で挟んだ平行平板構造の交流インピーダンス測定を行ったところ、50 kHz 以上の高周波領域に Na イオン伝導に起因する半円が見られ、そのイオン伝導度は 2.5 μS cm^{-1} であった(図(b))。また 5 Hz で±3V 印加したところ、水の電気分解によるガス発生が明瞭に観察できた。a-$NaTaO_3$ ナノピラーの吸着水中に Na^+ イオンが溶出し、NaOH 水溶液に変化したと考えられる。その結果、ナノピラー構造を有する a-$NaTaO_3$ 薄膜をゲート絶縁体に用いた SCO_x 薄膜トランジスタ型導電性ー磁性切替デバイスでは、絶縁体/金属と反強磁性/強磁性の同時切替が僅か ±3 V、2–3 秒間のゲート電圧印加により可能となり、従来の CAN をゲート絶縁体として用いたデバイス(±20V、10 分間)と比較して大幅な省電力化に成功したと言えよう。

[1] 鈴木, 片瀬, 太田, 第62回応用物理学会春季学術講演会予稿集
[2] H. Ohta, *et al.*, *Nature Commun.* **1**, 118 (2010).

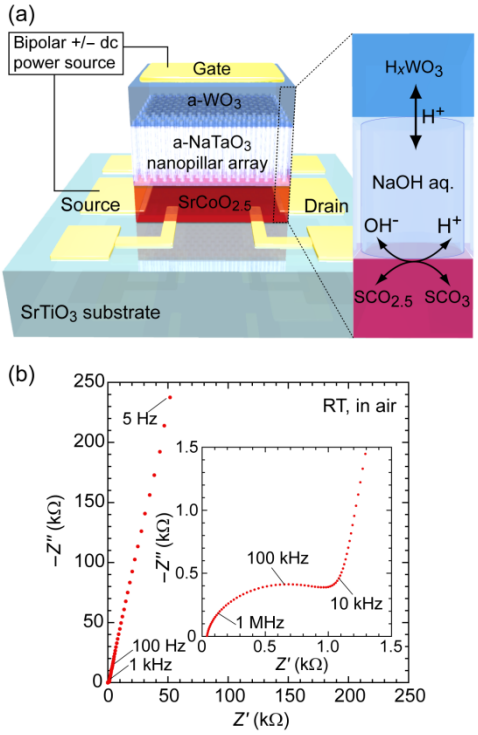

Figure: (a) Schematic device structure with leakage-free alkaline electrolyte; the gate insulator of amorphous $NaTaO_3$ nanopillar array film contains NaOH aqueous solution. (b) Cole-Cole plot of a 200-nm-thick $NaTaO_3$ nanopillar film (950 μm × 800 μm) measured at room temperature in air.

【謝辞】本研究はJSPS科研費新学術領域研究「ナノ構造情報」(25106007)、基盤研究(A)(25246023)、若手研究(A)(15H05543)の助成を受けて実施した。

© 2016年 応用物理学会