

強相関酸化物薄膜における水素誘起相転移の制御と応用

Control of hydrogen induced phase transition on strongly correlated oxides and their application

阪大 産研 °田中秀和

SANKEN, Osaka University, °Hidekazu Tanaka

E-mail: h-tanaka@sanken.osaka-u.ac.jp

遷移金属酸化物はイオンを利用したエネルギー材料であると共に、電子が強く相関したスピン物性も有する、化学（イオン）と物理（スピン）が融合した量子材料であると言え、Beyond CMOS など次世代デバイス開発⁽¹⁾の観点から興味を持たれるとともに、イオンドーピングは従来の限界を超えた多大な（ $\sim 10^{15}/\text{cm}^2$ ）キャリア導入を実現する可能性を有している⁽²⁾。中でも水素イオンは究極的に小さいため大量にドーピングさせやすく、かつ強力な還元能を持つため、巨大物性変調を誘起するポテンシャルを有している。2014 年、Pt 触媒を用いた SmNiO_3 薄膜への水素イオンドーピングにより、8 桁に及ぶ電気抵抗上昇が報告された⁽³⁾。イオンドーピングで物質中の電子、スピン、軌道状態を劇的に制御することにより、金属/絶縁相、強磁性相などの多様な相を制御・創出でき、新規なエレクトロニクス、センサデバイス、創発機能デザインが期待されている⁽²⁾。

ペロブスカイト Ni 酸化物においては、Ar+水素ガス雰囲気、薄膜に付与した Pt 電極界面から、高温条件で触媒反応により水素分子を解離しプロトンがドーピングでき、この機構を介して多大な電子ドーピングが可能である（Fig (a)）。プロトンドーピングされた薄膜にバイアスを印加することで、正電荷を帯びたプロトン拡散が加速され電気抵抗スイッチングが実現される。しかし巨大な電気伝導や磁性の変調が期待されるイオンエレクトロニクス・デバイスであるが、電子に比して遅い動作速度など解決すべき点も多い。本講演では、ペロブスカイト Ni 酸化物薄膜における、量子ビーム（Nuclear Reaction Analysis）による水素イオン濃度相図の作製、エピタキシャル歪み/イオン置換を利用した水素誘起相変化制御（Fig (b)）⁽⁴⁾、電界による水素誘起相転移制御を利用した平面型および積層型抵抗スイッチングデバイスの作製（Fig (c)）⁽⁵⁾、ナノ構造化の例について紹介する。

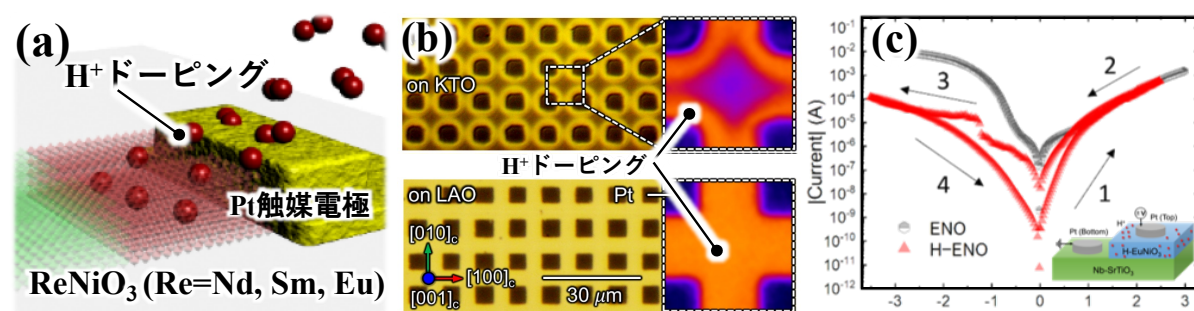


Fig. (a) Schematic illustration of catalytic hydrogen doping into oxide thin films. (b) Epitaxial strain control of hydrogenation on NdNiO_3 films on the KTaO_3 (001) (upper: tensile) and LaAlO_3 (001) (bottom: compressive) substrates, (c) Resistive switching phenomena in the hydrogenated EuNiO_3 thin film device.

参考文献 (1) IEEE International Roadmap of Devices and Systems, 2021 Edition : Beyond CMOS section など, (2) H.-T. Zhang, H. Tanaka, S. Ramanathan *et al*, *Advanced in Physics X*. 4, 1523686 (2018), (3) S. Ramanathan *et al*, *Nat. Commun.* 5, 4860 (2014), (4) H. Tanaka *et al*, *ACS Appl. Electron. Mater.*, 4, 4849–4856 (2022), (5) APEX (2023) *in press*.