

レーザー励起光電子顕微鏡による ReRAM の化学状態の 非破壊 *operando* 観測

Non-Destructive Operando Observation of Chemical States in ReRAM

by Laser-excited Photoemission Electron Microscopy

東大物性研¹, 産総研・東大 オペランド計測 OIL², 産総研ナノエレ³

○川北純平^{1,2}, 島久^{2,3}, 内藤泰久^{2,3}, 秋永広幸^{2,3}, 谷内敏之^{1,2}, 辛埴^{1,2}

ISSP Univ. Tokyo¹, AIST-UTokyo OPERANDO-OIL², NeRI-AIST³

○Junpei Kawakita^{1,2}, Hisashi Shima^{2,3}, Yasuhisa Naitoh^{2,3}, Hiro Akinaga^{2,3},

Toshiyuki Taniuchi^{1,2}, Shik Shin^{1,2}

E-mail: kawakita@issp.u-tokyo.ac.jp

抵抗変化メモリ(ReRAM)は次世代不揮発性メモリの候補の一つであり、抵抗スイッチングのメカニズムは絶縁酸化物の酸化・還元反応や金属イオンの移動によって起こっていると考えられている。より詳細なメカニズム解明に向け、面内に電極を成膜したサンプルのフィラメント観測[1]や、TEMを用いた in-situ で動的なフィラメント形成が観測されているが[2]、メモリデバイスの信頼性向上等を図るために、非破壊かつ高分解能な顕微手法を用いた実デバイスのフィラメント観測が求められている。そこで、我々は表面・界面の電子状態を nm オーダーの高分解能で観察することができるレーザー励起光電子顕微鏡(Laser-PEEM)[3,4]を用い、より現実的なデバイス構造に近い ReRAM のフィラメントの非破壊 *operando* 観測手法の開発を行っている。

本研究では、Laser-PEEM と半導体パラメータ・デバイス・アナライザを組み合わせ、超高真空中で ReRAM に電圧を印加しながら、Laser-PEEM 観測を行った。デバイスの構造は、Pt (10 nm)/Ta₂O₅ (5 nm)/TiN (20 nm)のクロスバー素子を使用した。観測には 4.66 eV ($\lambda=266$ nm)の紫外光連続波レーザーによる高分解能光電子顕微鏡を用い、実空間上での光電子イメージングを行った。ReRAM を上部から観察した Laser-PEEM 像の結果を図 1 に示す。図 1(a)は電圧印加前の Laser-PEEM 像であり、初期状態である右側の素子の上部電極を Drive 側として電圧を印加した。図 1(b)は Forming 後の Laser-PEEM 像を表しており、電圧印加前後の差分をとると、図 1(c)のように素子全体で光電子強度が増加し、エッジに接した部分で光電子強度の低下がみられた。本講演では、より詳細な抵抗変化の動的な過程を議論する。

ReRAM 微細加工は、NEDO IoT 横断事業「脳型推論集積システム」試作・計測プラットフォームにおいてなされたものであり、高橋慎様にご協力いただきました。

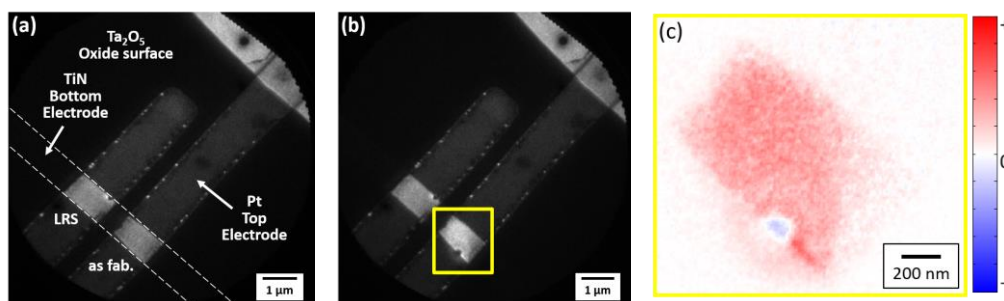


図 1 Laser-PEEM による Pt/Ta₂O₅/TiN の *operando* 観測

(a) 電圧印加前の Laser-PEEM 像 (b) 電圧印加後 Laser-PEEM 像 (c) 電圧印加前後の差分像

[1] R. Yasuhara *et al.*, Appl. Phys. Lett. **95**, 012110 (2009). [2] G. Park *et al.*, Nat. Commun. **4**, 2382 (2013).

[3] T. Taniuchi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **86**, 023701 (2015). [4] T. Taniuchi *et al.*, Nat. Commun. **7**, 11781 (2016).