

HAXPES による界面ダイポール変調機構の解明

Elucidation of Interface Dipole Modulation Mechanism

by Hard X-ray Photoemission Spectroscopy

東京都市大学¹, 高輝度光科学研究センター², 産業技術総合研究所³ ○(B)桐原 芳治¹, 和田 励虎¹,

辻口 良太¹, 保井 晃², 宮田 典幸³, 野平 博司¹

Tokyo City Univ.¹, JASRI², AIST³, ○Yoshiharu Kiriha¹, Reito Wada¹, Ryota Tsujiguti¹, Akira Yasui²,
Noriyuki Miyata³, Hiroshi Nohira¹
E-mail: g1715037@tcu.ac.jp

はじめに HfO₂ を記憶層に用いた不揮発性メモリデバイスは、Si-CMOS 技術との材料互換性から注目されている[1-4]。近年、アモルファス HfO₂/TiO_x/SiO₂ スタック構造において界面双極子変調(IDM)が観測され、ダイポール変調の起源は Ti の価数変化によるのではないかと推測されている[5]。本研究では、IDM のメカニズムを探るために、ダイポール変調が発生した際の 1-ML TiO₂ の Ti の化学結合状態の変化について HAXPES を用いて測定し、Ti の価数変化を観測したので報告する。

実験方法 熱酸化法で形成した SiO₂ 膜に覆われた Si 基板上に TaN 電極を形成し、その上に EB 蒸着法により SiO₂(3.0nm)/1-ML TiO₂/HfO₂(4.0nm)積層構造を形成した。O₂/Ar 雰囲気の後熱処理を施した後、15 nm の Ir 電極を堆積した。この試料を、SPRING-8 の BL47XU(hv = 7940 eV)で HAXPES 測定を行った。脱出角度(ToA)は 80°で、印加電圧を-3.0V~+3.0V の範囲(TaN 電極にかけた電圧で表示、なお、Ir 電極が接地)で変えて測定した。測定光電子は Si 1s, Ti 1s, Hf 3d, Ta 3d, Ir 4f, valance band である。

結果 Fig.1(a)にダイポール変調 SET(TaN 電極に正電圧印加)時、Fig.1(b)に RESET(TaN に負電圧印加)時の Ti 1s 光電子スペクトルを示す。Ti 1s スペクトルのピーク成分を解析した結果、(RESET)において Ti⁴⁺の成分が増加していることがわかる。さらに、SET/RESET の電圧印加を行うと、それに対応して Ti⁴⁺の量が増減することも確認した。すなわち、IDM は Ti の価数変化によって生じていることが明らかとなった。

謝辞 本研究の一部は、科学研究補助(Grant No.19H02178)によるものである。また、放射光実験は、大型放射光施設の BL47XU を用いて、高輝度光科学研究センターの承認(JASRI, Proposal No. 2020A0710)によって実行された。

文献

- [1] M. Lanza, Materials, vol. 7, pp. 2155-2182, 2014.
- [2] E. Yurchuk et al., IEEE Trans. Electron Devices, vol. 61, pp. 3699, 2014.
- [3] J. Müller et al., ECS Journal of Solid State Science and Technology, vol. 4, pp. N30-N35, 2015.
- [4] M. Trentzsch et al., IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), pp. 11.5.1-11.5.4, 2016.
- [5] N. Miyata, Sci. Rep., vol. 8, pp. 8486, 2018.

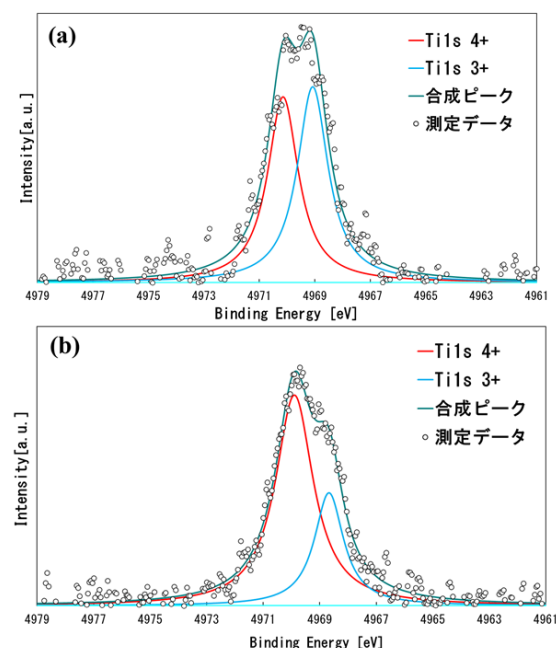


Fig.1 Ti 1s photoelectron spectra (a) SET and (b) RESET.