

HAXPES による界面ダイポール変調発生の確認

Confirmation of Interface Dipole Modulation Generation 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

°(M1)桐原 芳治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 Kirihara¹, Ryota Tsujiguti¹, Akira Yasui², Noriyuki Miyata³, Hiroshi Nohira¹

E-mail: g2181224@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[1,2]。近年、アモルファス HfO₂/TiO_x/SiO₂ スタック構造において界面ダイポール変調(IDM)が観測され、IDM 構造を多層にすることで大きなダイポール変調を実現できることが確認されている[3]。本研究では、多層 HfO₂/SiO₂ IDM 構造中のダイポール変調を調べるために、正または負の電圧を印加後の光電子スペクトルを HAXPES により測定し、印加電圧の方向に応じた形状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 p 型 Si 基板上に ALD により SiO₂(1.5nm)/1-ML TiO₂/HfO₂(1.5nm)積層構造を形成し、その上に ALD で Al₂O₃ を堆積した。O₂/Ar 雰囲気中で後熱処理を施した後、15 nm の Ir 電極を堆積した。(Fig.1 (a)参照) この試料を、SPring-8 の BL47XU[4] (hν = 7940 eV) で HAXPES 測定した。印加電圧を -7.0V ~ +7.0V の範囲(p 型 Si 基板にかけた電圧で表示、なお、Ir 電極が接地)で変え、光電子脱出角度(TOA)30° ~ 80°で角度分解測定を行った。測定光電子は Si 1s, Ti 1s, Hf 3d, Ir 4f である。

結果 Fig.1 (b)に正電圧、負電圧印加後に 0V に戻した時の Hf 3d の光電子スペクトルを示す。Fig.1 (c)にダイポール発生時のバンド図を示す。バンド図からわかるように、正ダイポール発生、すなわち正電圧印加し 0V に戻して測定した場合、Hf 3d 光電子スペクトルの高結合エネルギー側の信号がわずかに増加するはずである。Fig.1(b)に示すように、この予測は実験結果と一致している。また、TOA=80°で

観測した時に最も界面ダイポール変調の影響を受けると推測される。実際、TOA=45°で測定した Hf 3d スペクトル形状の変化は小さく、予測と矛盾しない。Si 1s 光電子スペクトル形状の変化も含めて詳細は、当日報告する。

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. 2021A1482)によって実行された。

文献

- [1] M. Lanza, *Materials*, vol. 7, pp. 2155-2182, 2014.
- [2] M. Trentzsch et al., *IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, pp. 11.5.1-11.5.4, 2016.
- [3] N. Miyata, *Sci. Rep.*, vol. 8, pp. 8486, 2018.
- [4] E. Ikenaga, *et al.*, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* vol 190, 180, 2013.

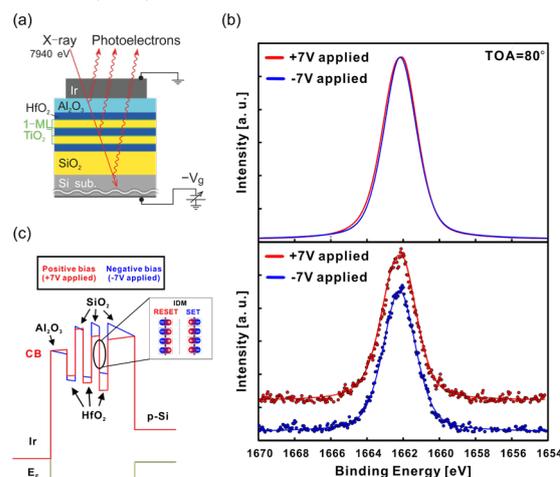


Fig.1 (a) Four-stacked HfO₂/1-ML TiO₂/SiO₂ MOS structures, (b) Hf 3d photoelectron spectra when the voltage is applied to 7V, -7V and then returned to 0V, and (c) changes in band diagram due to IDM, respectively.