

SuCSES 法を用いたチタン酸ナノシート/SiO₂/Si 界面 バンドダイアグラムの解析

Interfacial Band Diagram Analysis of Titania nanosheet/SiO₂/Si by Surface-Charge Switched Electron Spectroscopy

○豊田 智史¹、福田 勝利¹、菅谷 英生²、森田 将史¹、中田 明良¹、
内本 喜晴¹、松原 英一郎¹ (1.京都大学、2.パナソニック)

○Satoshi Toyoda¹, Katsutoshi Fukuda¹, Hidetaka Sugaya², Masahito Morita¹, Akiyoshi Nakata¹,
Yoshiharu Uchimoto¹, Eiichiro Matsubara¹ (1.Kyoto Univ., 2. Panasonic)

E-mail: toyoda.satoshi.4w@kyoto-u.ac.jp

積層絶縁膜/半導体材料界面のバンドダイアグラムを調べるために X 線光電子分光(XPS)解析は古くから行われてきたが、誘電率の異なる物質間のチャージアップ問題を解消して正確な数値データを得ることは未だ難しい。現在では、(i)ポアソン方程式に基づき深さ方向電位分布をシミュレーションする演繹的アプローチ[1]と(ii)絶縁膜の厚み、X 線強度、X 線照射時間などを系統的に変えて数多くのデータを取得する帰納的アプローチ[2]が有効であることが示されている。我々は、表面電荷反転電子分光(SuCSES)法を新しく提案し、中和電子銃(FG)により絶縁体表面を意図的に負バイアス側にシフトさせたデータを取得することで、チャージアップ効果を定量化する方法を見出した[3]。しかしながら、モデル物質として用いてきたタンタル酸ナノシートでは、誘電率が不明であること、光学伝導度測定でバンドギャップが見積もられていないこと、などから数値的信頼度の高いシミュレーション解析ができていない。本研究では、それらの物性が既知である[4,5]チタン酸ナノシート(以下、TiNS)を新たにモデル物質として用いた。図 1 に SuCSES 法による計測時の TiNS/SiO₂/Si 界面バンドダイアグラムと XPS 内殻ピークエネルギーの表面電位(V_g)シミュレーションを組み合わせた結果を示す。FG 非使用時においても V_g がフラットバンド近傍で若干負バイアス側に偏っている結果が得られた。これは TiNS/Si の伝導帯オフセットが負であることにより、X 線励起によって駆動される電子キャリアが n 型基板側から TiNS 層へ極薄 SiO₂ 膜を介してトンネル注入されるためであると考察している。本手法は、積層絶縁膜/半導体物質界面電荷の均衡状態を定量的に評価する技術としても期待できる。

[1] E. Bersch *et al.*, J. Appl. Phys. **107**, 043702 (2010). [2] M. Perego *et al.*, J. Appl. Phys. **110**, 053711 (2011).
[3] S. Toyoda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 211604 (2016). [4] M. Osada *et al.*, Adv. Mater. **18**, 1023 (2006). [5] N. Sakai *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **126**, 5851 (2004).

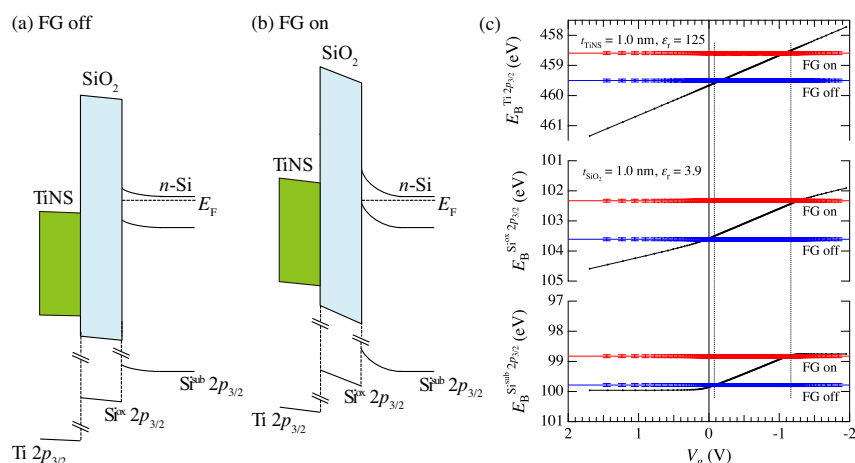


図 1. (a)中和電子銃非使用時(FG off)と(b)使用時(FG on)の界面バンドダイアグラム。(c) FG on/off 状態で取得した Ti 2p_{3/2}, Si^{ox} 2p_{3/2}, Si^{sub} 2p_{3/2} データとそれらの V_g シミュレーションを合わせた結果。