

SrTiO₃(100)-(√13×√13)-R33.7° 再構成表面の NC-AFM 観察

NC-AFM study of a SrTiO₃(100)-(√13×√13)-R33.7° reconstructed surface

東工大物質理工¹, 東大新領域², 東北大AIMR³, 阪大基礎工⁴, 阪大産研⁵

清水亮太¹, 杉本宜昭², 赤木和人³, 阿部真之⁴, 森田清三⁵, 一杉太郎^{1,3}

Tokyo Tech¹, Univ. Tokyo², Tohoku Univ.³, Osaka Univ.^{4,5}

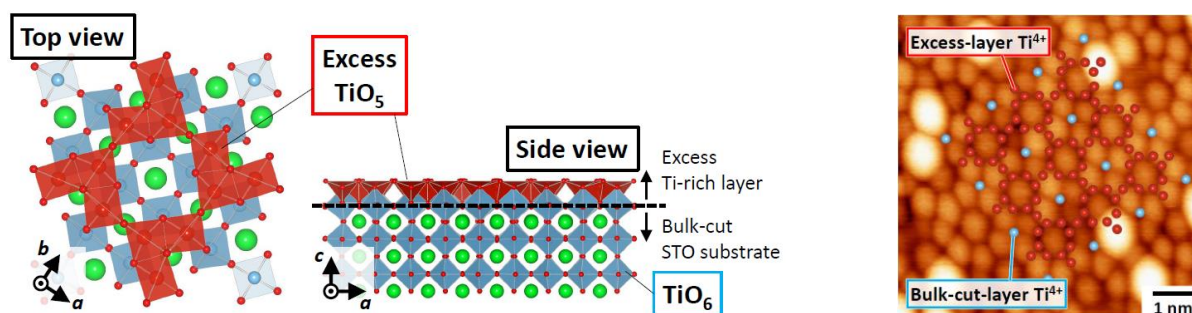
°R. Shimizu¹, Y. Sugimoto², K. Akagi³, M. Abe⁴, S. Morita⁵, and T. Hitosugi^{1,3}

E-mail: shimizu.r.af@m.titech.ac.jp

[序]: ペロブスカイト系遷移金属酸化物は多彩な物性を示すことから、高品質薄膜成長技術によるデバイス応用が期待されている。そのエピタキシャル成長用の基板として、ステップ-テラス構造及び面内方向にも原子レベルの秩序をもつSrTiO₃(100)-(√13×√13)-R33.7°(以下, (√13×√13))再構成表面を用いることにより、薄膜成長初期過程の原子スケール観察を実現してきた[1,2]。出発点となる(√13×√13)再構成表面の構造については、透過電子顕微鏡[3]や走査トンネル顕微鏡/分光法(STM/STS)[4]の手法により、バルクカットしたTiO₂終端面上に余剰のTiO₂層が並ぶ「TiO₂二重層モデル(図1)」が提唱されている[3,4]。このような atomically-defined な遷移金属酸化物表面の報告は少なく、非接触原子間力顕微鏡(NC-AFM)観察例は乏しい。そこで本研究では、SrTiO₃(100)-(√13×√13)再構成表面上にてNC-AFM観察を行い、表面原子構造及び遷移金属酸化物表面におけるNC-AFMの解像メカニズムについて報告する。

[実験]: サンプルには信光社製のNbドーパ(0.1 at%)したSrTiO₃(100)ステップ基板を使用し、超高真空中での抵抗加熱により、(√13×√13)再構成表面を作製した[1,4]。放冷後、大気非曝露かつ室温にて光干渉計を用いたSiカンチレバーによるNC-AFM測定を行った。

[結果]: NC-AFM測定では3種類(Type I, II, III)の像を得た。Type IとType IIはSTM像に類似した(√13×√13)格子像を有し、互いにコントラストが反転していたことから、探針先端の極性によって像が反転したものと考えられる。一方で、Type IIIはSTM像では見られなかった内部構造を有しており(図2)、暗い部分が最表面に存在するTi⁴⁺列に一致することから、表面酸素との相互作用に起因した力を観測していることがわかった。この内部構造は探針先端の極性だけでは説明できないため、-OH終端探針モデルを用いて計算を行ったところ、最表面O²⁻イオンと探針先端のH原子間の水素結合が重要な役割を担うことを見出した。このようにNC-AFM測定を用いることで、STMでは困難な酸素アニオンの構造情報を取得できることから、真に原子レベルでの基板表面の理解が進み、酸化物エレクトロニクス発展に寄与できる。



Figures: (left) A proposed structural model of the SrTiO₃(100)-(√13×√13) surface [3,4].

(right) An NC-AFM image obtained by type III (OH-terminated) tip. 7.5×7.5 nm², $\Delta f = -9.7$ Hz, $A = 8.4$ nm.

参考文献

[1]: Shimizu *et al.*, ACS Nano **5**, 7956 (2011).

[2]: Ohsawa, Shimizu *et al.*, ACS Nano **9**, 8766 (2015).

[3]: Kienzle *et al.*, Phys. Rev. Lett. **106**, 176102 (2011)

[4]: Hamada, Shimizu *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **136**, 17201 (2014).