

SrTiO₃ 薄膜における高電子移動度を導く Sr 空孔クラスターの歪み場解析

JFCC ナノ構造研究所 小林俊介 幾原雄一 山本剛久
 物質・材料研究機構ナノ材料科学環境拠点 大西 剛
 東京大学大学院工学系研究科総合研究機構 柴田直哉

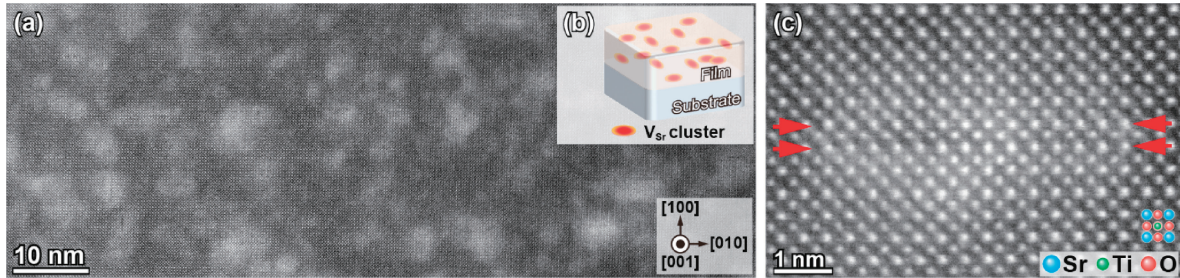


Fig. 1 (a)Sr 空孔クラスターを形成させた SrTiO₃ 薄膜の LAADF STEM 像. (b)SrTiO₃ 薄膜の模式図. (c)Sr 空孔クラスター近傍から取得した LAADF STEM 像. 図中の赤矢印は Sr 空孔濃度が高い場所を示す.

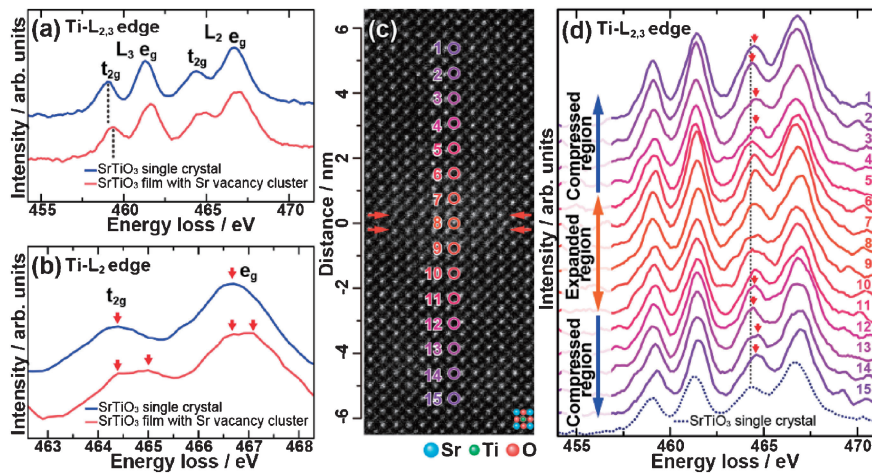


Fig. 2 SrTiO₃ 単結晶と SrTiO₃ 薄膜から取得した(a)Ti-L_{2,3} edge と(b)Ti-L₂ edge EEL スペクトル. (c)Sr 空孔クラスター近傍から取得した ADF STEM 像. 図中の赤矢印は Sr 空孔濃度が高い場所を示す. (d)SrTiO₃ 単結晶および(c)の各箇所から取得した Ti-L_{2,3} edge EEL スペクトル.

ペロブスカイト酸化物 SrTiO₃ はキャリアをドーブすることで高い電子移動度を示す。さらに、結晶に応力を加え歪ませることでバンド構造が変化し移動度が向上する。本研究では欠陥構造(Sr 空孔クラスター)を導入することで結晶内部に歪み場を形成させ高移動度 SrTiO₃ 薄膜の作製に成功した⁽¹⁾。この Sr 空孔クラスターによる歪みの影響を走査型透過電子顕微鏡(STEM)と電子エネルギー損失分光法(EELS)を用いて解析した。

歪み領域を可視化する STEM 観察手法として、低角度散乱暗視野(LAADF)法がある。LAADF 法では低角度側の検出角度を使い、回折した電子も取り込むことにより、欠陥に起因した歪みコントラストの観察が可能となる。Sr 空孔クラスターを形成させた SrTiO₃ 薄膜(Fig. 1(b))を LAADF 法により観察した結果、Sr 空孔クラスターに起因した歪みコントラストが観察され(Fig. 1(a))、歪みが Sr 空孔クラスター近傍に形成していることがわかった(Fig. 1(c))。

ここで、Sr 空孔クラスターが存在すると、結晶内

に膨張と圧縮歪み領域が形成される。この歪みに起因した電子状態変化を、モノクロメーターを搭載した STEM-EELS により計測を行った。モノクロメーターにより分解能が向上し、僅かなピーク形状変化の取得が可能となる。Sr 空孔クラスターの影響により、Ti-L_{2,3} edge のピーク形状変化が観察された(Fig. 2(a), (b))。また、Sr 空孔クラスター近傍の膨張と圧縮領域において、Ti-L_{2,3} edge (Fig. 2(d)の赤矢印)が変化する。この変化は、Fig. 2(b) Ti-L₂ edge におけるピーク分裂に対応し、歪みによりバンド構造が変化していることを示唆している。

これらの解析結果から、欠陥構造である Sr 空孔クラスターを結晶内に導入することで歪み場が形成され、高移動度を示す材料開発に成功したと結論付けられる⁽¹⁾。

文 献

- (1) S. Kobayashi, *et al.*: ACS Nano, **9**(2015), 10769.
 (2016年7月25日受理)[doi:10.2320/materia.55.613]

Strain Field Analysis of High Electron Mobility-inducing Sr Vacancy Clusters in SrTiO₃ Films; Shunsuke Kobayashi*, Tsuyoshi Ohnishi**, Naoya Shibata***, Yuichi Ikuhara* and Takahisa Yamamoto* (*Nanostructures Research Laboratory, Japan Fine Ceramics Center, Nagoya. **Global Research Center for Environment and Energy based on Nanomaterials Science, National Institute for Materials Science, Tsukuba. ***Institute of Engineering Innovation, The University of Tokyo, Tokyo)

Keywords: low-angle annular dark-field scanning transmission electron microscopy (LAADF STEM), electron energy loss spectroscopy (EELS)
 TEM specimen preparation: Wedge polishing method
 TEM utilized: ARM-200F (200 kV), JEM-2400FCS (200 kV) + Wien filter monochromator