

# 静的・動的局所結晶格子制御による 酸化物材料の機能創発

Development of Functional Oxide Materials by Static and Dynamic Local Lattice Control

▶ **ユーザー氏名** 田畑 仁<sup>a,b</sup>, 山原 弘靖<sup>a</sup>, 木島 健<sup>a,b</sup>/Hitoshi Tabata<sup>a,b</sup>, Hiroyasu Yamahara<sup>a</sup>, Takeshi Kijima<sup>a,b</sup>  
(<sup>a</sup>東京大学, <sup>b</sup>株式会社Gaianixx/<sup>a</sup>The University of Tokyo, <sup>b</sup>Gaianixx Inc.)

▶ **実施機関担当者** (微細加工)澤村智紀, 水島彩子, 太田悦子, 藤原誠, 三田吉郎/Tomoki Sawamura, Ayako Mizushima, Etsuko Ota, Makoto Fujiwara, Yoshio Mita  
(微細構造解析)石川亮, Feng B, 幾原雄一/Ryo Ishikawa, Feng B, Yuichi Ikuhara  
(東京大学/The University of Tokyo)

## KEY WORDS

Strain-gradient, Flexoelectricity, Elastic lattice matching, Martensitic transformation in buffer layer

## 概要 | Overview

本研究において単結晶基板と機能性薄膜の格子ミスマッチを利用した結晶格子制御により、自然界には存在しない新規物性を創出した。希土類鉄ガーネット薄膜において、格子ミスマッチの最適化によりナノスケールで傾斜格子歪を導入し、局所的な空間反転対称性を創出することで、磁化と電気分極の共存を可能にした。また、社会実装の鍵となるSi基板上の圧電体薄膜エピタキシャル成長技術として中間膜の動的格子整合により多段階単結晶化に成功し、世界最高性能を示す高分極・高圧電性を実現した。

In this research, we have demonstrated novel functionalities that do not exist naturally in oxide materials by controlling the lattice matching between the films and substrates. The coexistence of magnetic and dielectric polarization has emerged by introducing strain-gradient and local spatial inversion symmetry breaking in ferrimagnetic and dielectric rare-earth iron garnet thin films. In addition, in the epitaxial growth of piezoelectric thin films on Si substrates, we have demonstrated multi-layered single crystallization by dynamic lattice matching of the buffer layer. As a result, the epitaxial growth of the piezoelectric thin films enables us to achieve world-class high polarization and piezoelectricity.

## 静的局所格子歪み制御による分極発現

Remnant Polarization Induced by Static Local Strain Control

### ● 傾斜格子歪によるフレクソエレクトリック効果

希土類鉄ガーネットはフェリ磁性常誘電体であり、優れた磁気特性を示す一方、高い中心対称性をもつ立方晶結晶であるため、自然界では残留分極を生じ得ない。本研究では酸化物が格子歪許容性の高いイオン結合性である特長を活かし、パルスレーザ堆積法によるエピタキシャル薄膜成長において、基板と薄膜の格子不整合を約1%に制御することで、転位が発生する臨界膜厚付近で15nmにわたる傾斜歪み格子構造の形成に成功した。この傾斜歪み構造において、フレクソエレクトリック効果による誘電分極の発生、さらに保磁場の増大が実現した。

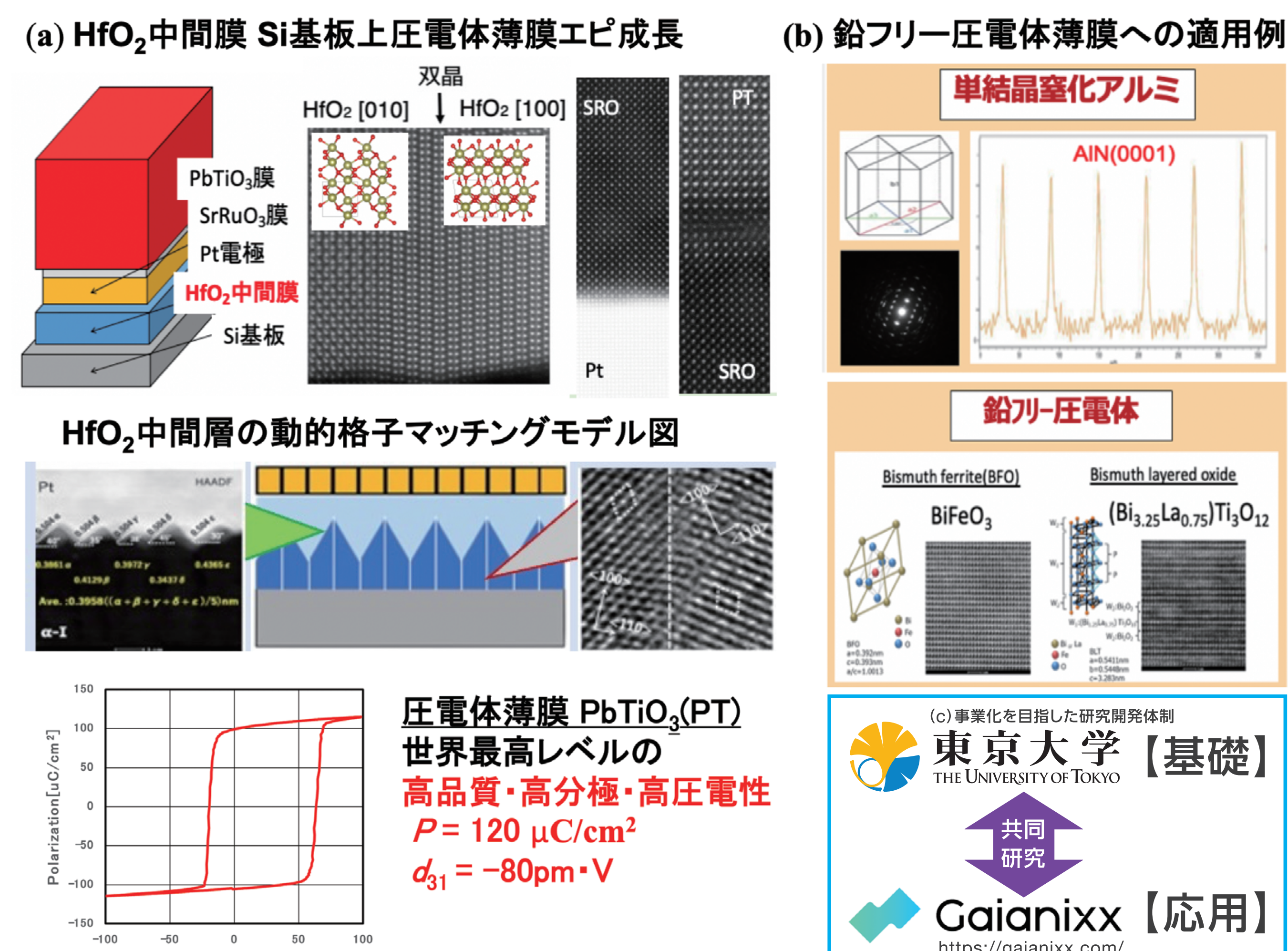
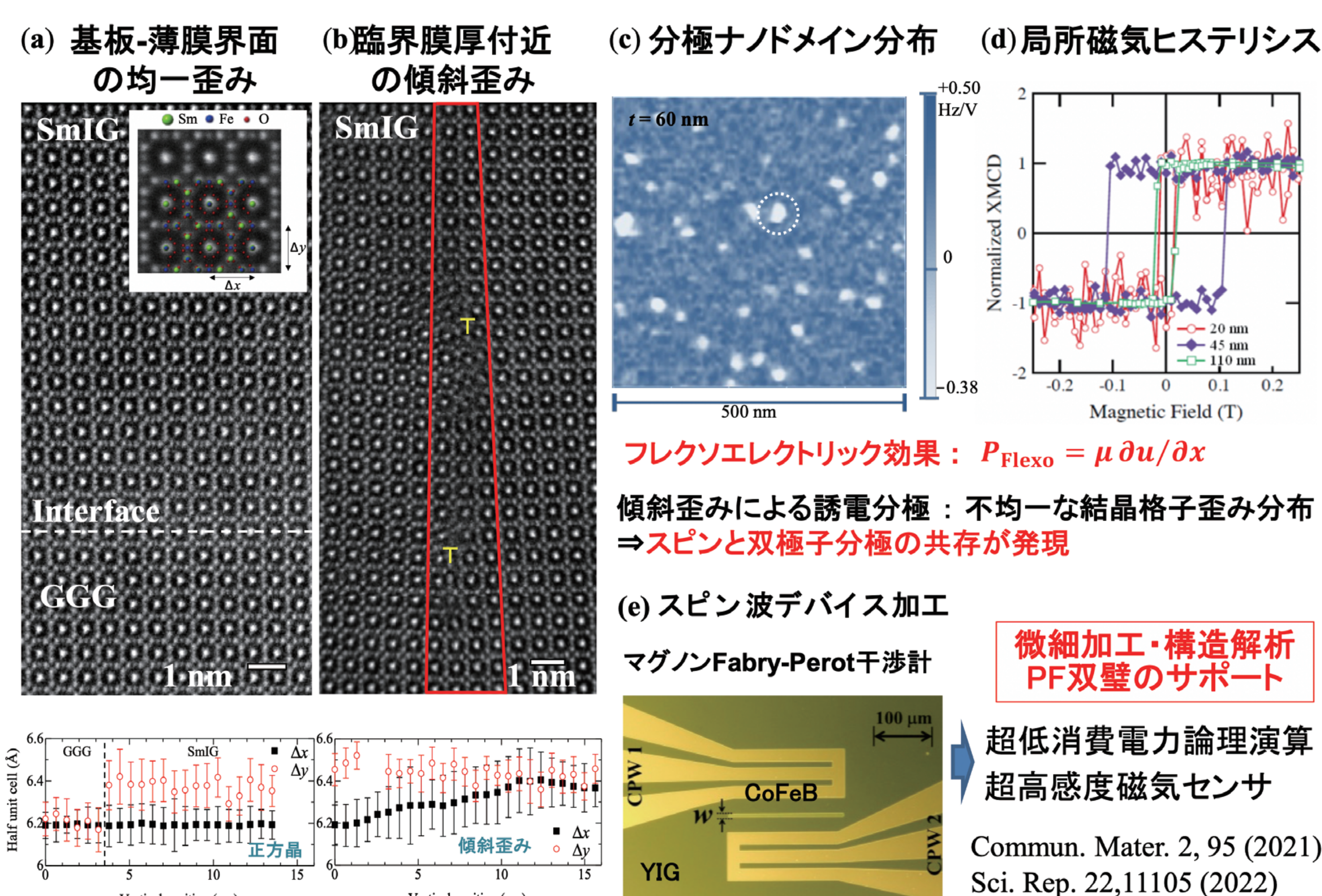
不均一な結晶格子歪み分布の制御形成により新たな物性(スピンと双極子分極の共存)が発現可能となり、将来の不揮発性メモリやスピントロニクスデバイスへの応用が期待される。

## 動的格子マッチングを用いた単結晶化技術

Single Crystal Growth by Dynamic Lattice Matching

### ● Siウエハ上圧電体PbTiO<sub>3</sub>薄膜の高品質薄膜成長

電子デバイスの母基板であるSi基板上への単結晶薄膜成長技術は、エレクトロニクスの根幹を成す基盤技術である。我々は、HfO<sub>2</sub>中間膜が格子ミスマッチを駆動力に双晶型マルテンサイト変態を生じることで、その上に形成される機能性薄膜と動的格子マッチングし、同膜が単結晶化できることを発見した。STEM像に示すように、多段階単結晶成長が可能となり、世界最高レベルの高分極・高圧電性単結晶PbTiO<sub>3</sub>(PT)薄膜が実現した( $P = 120 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $d_{31} = -80 \text{ pm}/\text{V}$ )。この原理となる「動的格子マッチング」のメカニズムを解明(特願2021-92673)し、単結晶化に最適なM3技術(Material, Method, Machine)を構築した。本技術の事業化を通して通信・センサ技術革新、超音波エコー診断素子などの医療機器業界へ社会貢献するために、株式会社Gaianixxを設立した(2021年11月)。



## CONTACT

田畑 仁 東京大学 / Hitoshi Tabata Email : tabata@bioeng.t.u-tokyo.ac.jp  
三田 吉郎 東京大学 / Yoshio Mita Email : nanotech@sogo.t.u-tokyo.ac.jp