

# ε-GaFeO<sub>3</sub> 基板上 κ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の圧電応答力顕微鏡測定

1. 龍谷大学 先端理工学部, 2. 龍谷大学 科学技術共同研究センター, 3. 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科  
○宮戸 祐治<sup>1</sup>、大西 晃佑<sup>1</sup>、山田 啓文<sup>2</sup>、西中 浩之<sup>3</sup>



## Abstract

ミストCVD法でε-GaFeO<sub>3</sub>基板上にエピタキシャル成長させたκ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜に対し、接触共振圧電応答力顕微鏡(CR-PFM)によりポーリング処理前後の分極状態を測定した。また、接触共振原子間力顕微鏡(CR-AFM)により試料局所の粘弾性も測定し、両者の画像を比較した。これらの結果から強誘電性を有すること、初期状態で自発分極していることも確認された。

## 研究背景・目的

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 超ワイドギャップ半導体 (E<sub>g</sub> : 4.4 ~ 5.3 eV)

超高耐圧・低価格のパワー半導体デバイス応用に向けて研究が活発化

5つの結晶多形

[HEMTデバイス]



ワイドギャップ半導体 + 強誘電性の報告 (F. Mezzadri, et al., Inorg. Chem., 55, 12079 (2016).)

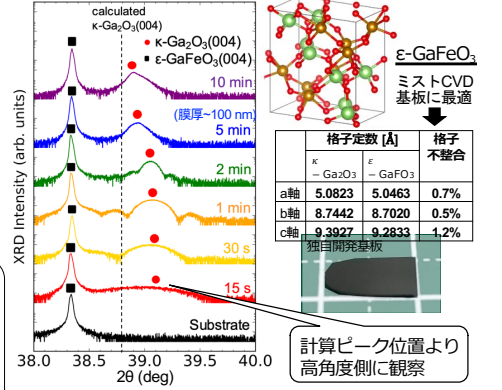
新規パワーデバイスの創生

強誘電ゲート型HEMT 分極のスイッチングが可能であるならばチャネル状態可変

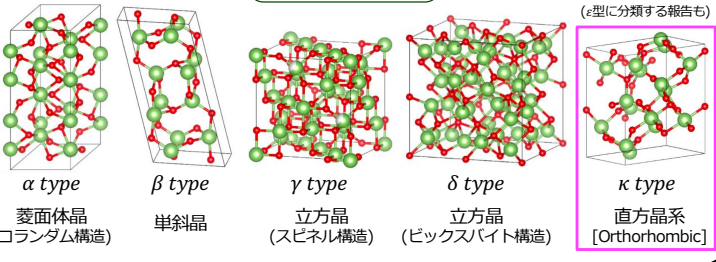
Normally-ON / Normally-OFF

高速スイッチング・安全性の担保

κ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ヘテロエピタキシャル成長技術は確立済



→ コヒーレント成長だが、薄膜では歪みあり



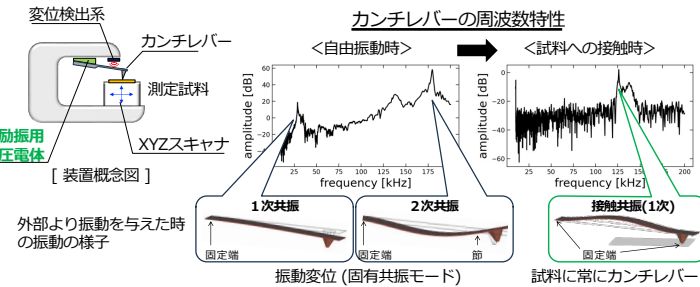
西中グループでは超音波噴霧ミスト法により上記すべての結晶を成膜に成功

西中, 材料 [日本材料学会 会誌] 72 (10), 750 (2023).

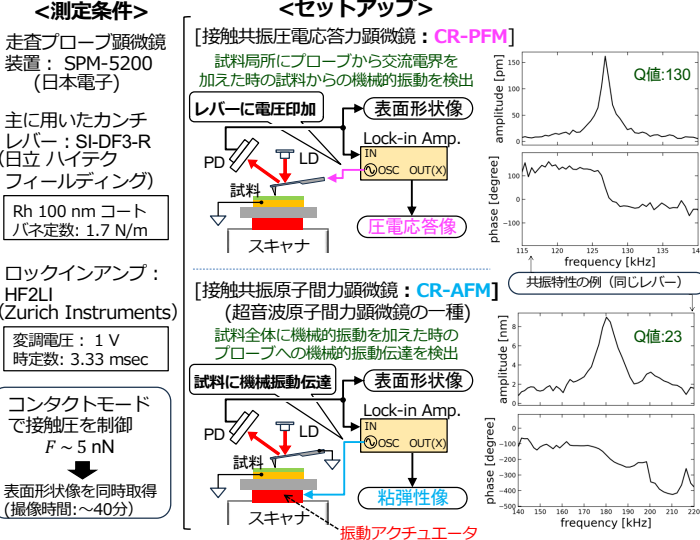
本研究の目的: ε-GaFeO<sub>3</sub> 基板上の κ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜が強誘電性を有するかを確認 → 圧電応答力顕微鏡 (PFM)を用いて評価

## 接触共振圧電応答力顕微鏡・接触共振原子間力顕微鏡

[原子間力顕微鏡 (AFM) : カンチレバープローブと試料の相互作用を検出・表面測定]



カンチレバーの共振特性(Q値)を利用することで、振動信号を増幅(Q値に比例)

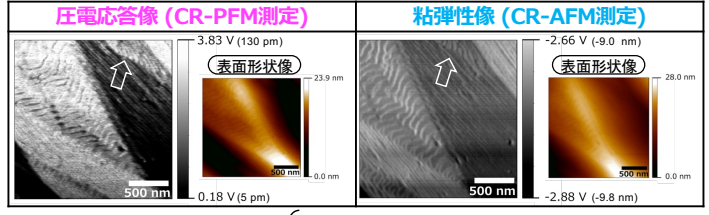


## まとめ & 今後の課題

- 微弱な圧電振動の検出のため接触共振圧電応答力顕微鏡(CR-PFM)を使用
- 比較のため接触共振原子間力顕微鏡(CR-AFM)により粘弾性像も測定
- CR-PFMで取得した圧電応答像は接触部の粘弾性の影響を受けている可能性もあるが、初期状態でも自発分極に起因するコントラスト分布を確認
- ミストCVD法でε-GaFeO<sub>3</sub>基板上にエピタキシャル成長させたκ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の強誘電性(ポーリング処理による分極ドメイン)を確認

## 実験結果

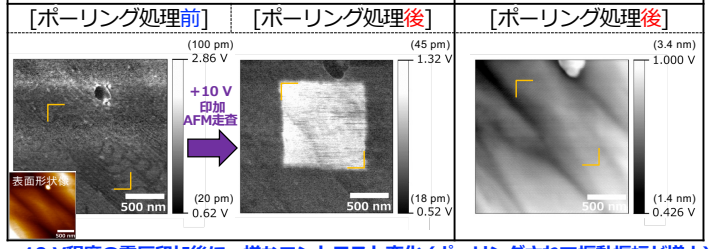
< 初期状態 (良好なプローブの場合) >



両者にコントラストの類似部あり 圧電応答像は、圧電振動もしくは静電引力の作用による機械振動に起因し接触部の粘弾性情報も含む

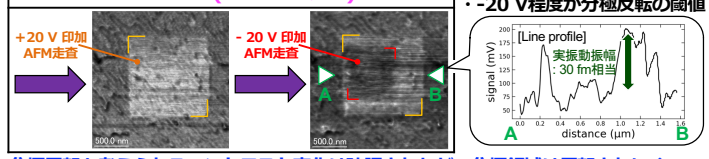
完全に一致しているわけではい 両方で大きく異なるところは、圧電応答像には自発分極に伴うコントラスト変化を含むと解釈可

< ポーリング処理前後の比較 >



・10 V程度の電圧印加後に一様なコントラスト変化(ポーリングされて振動振幅が増大) → 粘弾性像にはポーリング領域のコントラスト変化はなく、分極されたことを意味

< 分極反転 >



分極反転と考えられるコントラスト変化は確認されたが、分極領域は反転されにくい

## 今後の課題:

- バタフライカーブ測定による圧電定数の見積りを実施
- κ-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の膜厚依存性、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>との混晶の強誘電性を確認
- CR-PFMによる圧電応答像において試料の粘弾性の影響を抽出・低減
- CR-PFMの他に走査非線形誘電率顕微鏡(SNDM)でも評価

謝辞: 本研究は、JSPS科研費JP22H01527(基盤B)の助成を受けたものです。