

エッチング装置・薬液を必要としない、 酸化物薄膜の微細加工技術

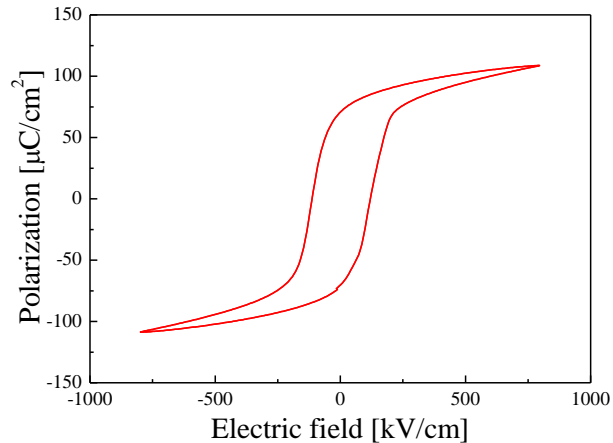


金沢大学 理工研究域 電子情報通信学系
機能材料・プロセス工学研究室

川江 健

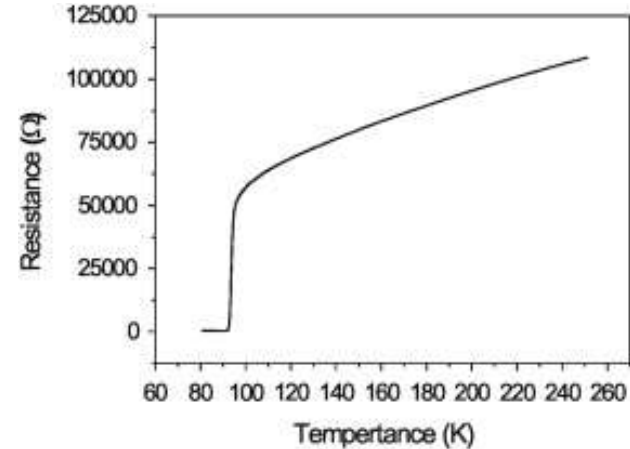
◆ 酸化物材料

Pb(Zr,Ti)O₃



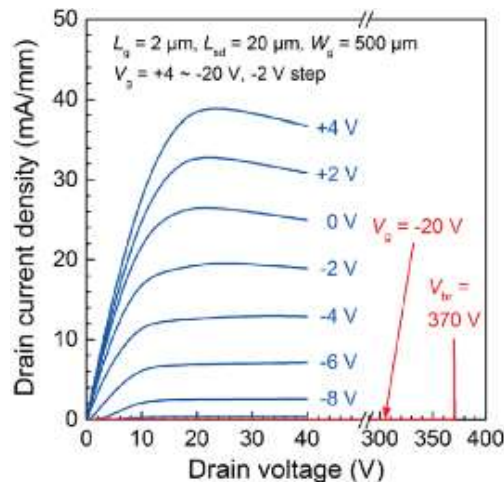
T. Kawae *et al.*, IUMRS-ICAM 2012, C-3-026-004 (2012).

YBa₂Cu₃O_{7-x}



Liu *et al.*, Ceramics International Vol.41, Issue2, PartA (2015).

β -Ga₂O₃



M. Higashiwaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 123511 (2013).

強誘電体・圧電体、強磁性体、
高温超伝導体、透明導体、
ワイドギャップ半導体、etc.



消えないメモリ、超高感度センサ、
超低消費電力デバイス、
ウェアラブルデバイス、etc.

従来技術とその問題点

◆ 酸化物材料

Point! デバイス加工にはエッチングが必要だが...

➤ **難エッチング材料である**

- ウェットエッチング
 - ➔ 微細化が容易ではない、化学反応による特性劣化
- 反応性イオンエッチング
 - ➔ 化学耐性が高い為、低エッチングレート

➤ **高温で結晶化が必要**

- レジストリフトオフ
 - ➔ 高温堆積させる酸化物薄膜のパターニングには不適



デバイス加工に際し、

酸化物に対するエッチング技術の確立は容易ではない

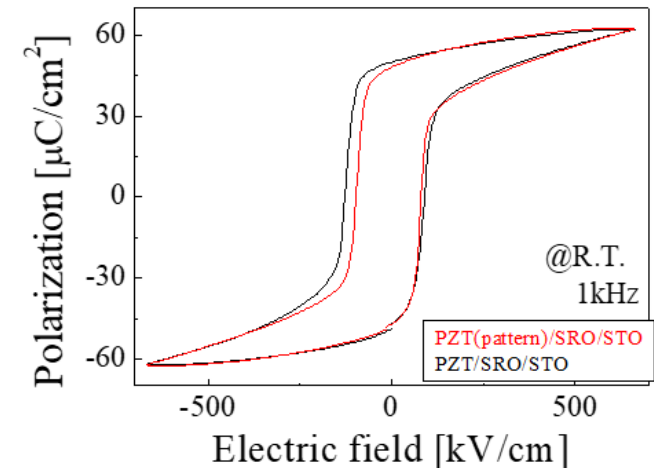
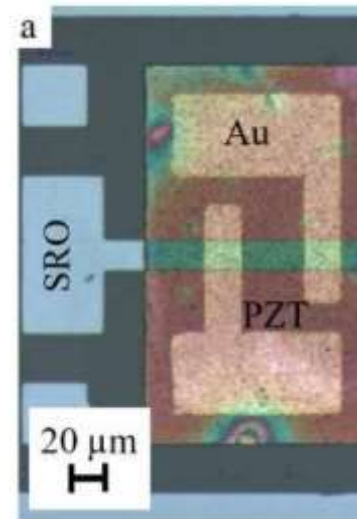
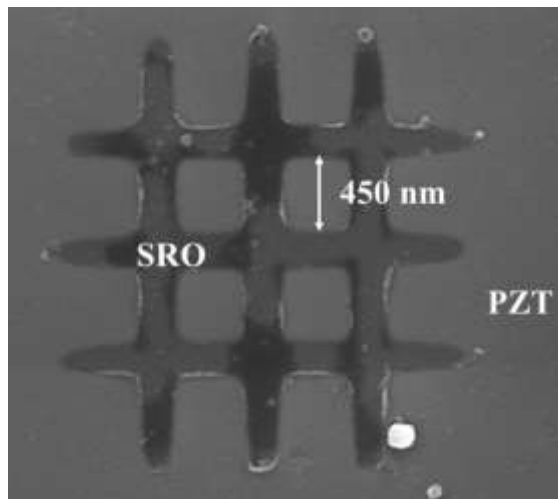
新技術の特徴・従来技術との比較

水リフトオフ(WLO)プロセス

- 融点が高く潮解性を有するアモルファスCaO(α -CaO)を犠牲層として用いたプロセスを開発
- 低環境負荷(純水によるリフトオフ)

結晶化に対応

廃液コストの低減



ナノ～マイクロサイズの任意形状加工が可能

他の酸化物材料への適用例

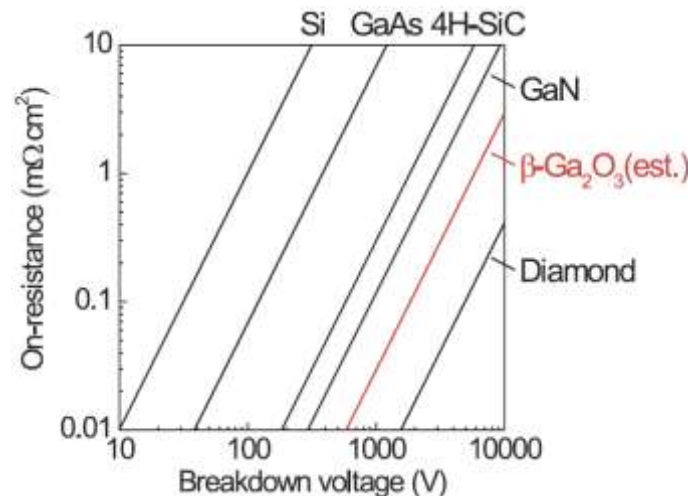
◆ β 型酸化ガリウム (β -Ga₂O₃)

- ◆ 4H-SiCやGaNよりも大きなバンドギャップ(~4.9 eV)

➡ 小型・効率化

- ◆ 融液成長法による安価な単結晶基板の作成

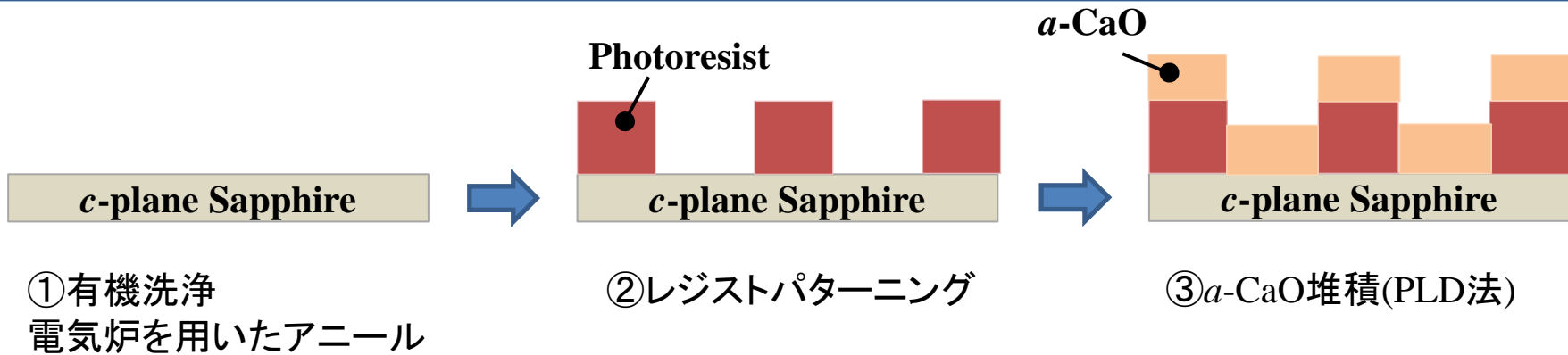
➡ 低コスト化



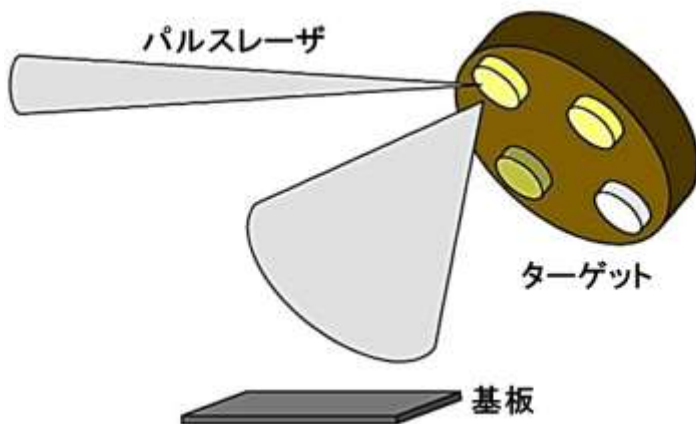
M. Higashiwaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 013504 (2012).

次世代パワーデバイスの有力候補

実験方法: WLO法による β -Ga₂O₃薄膜の選択成長・マイクロパターニング

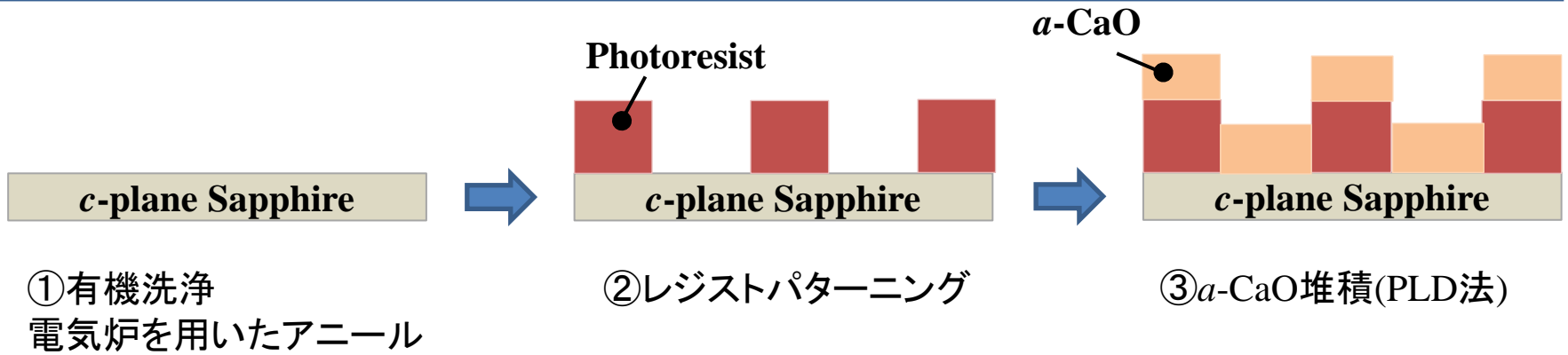


■ Pulsed Laser Deposition (PLD) 法

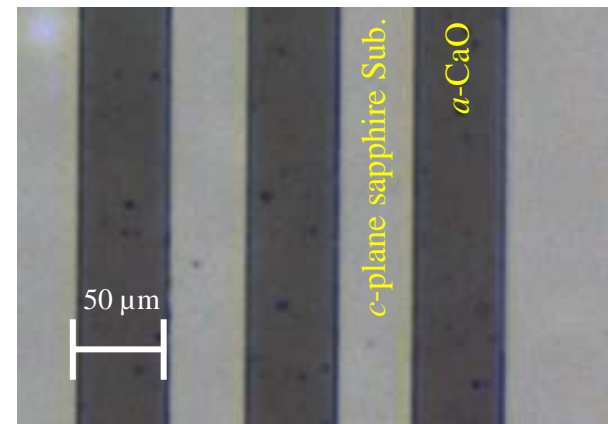
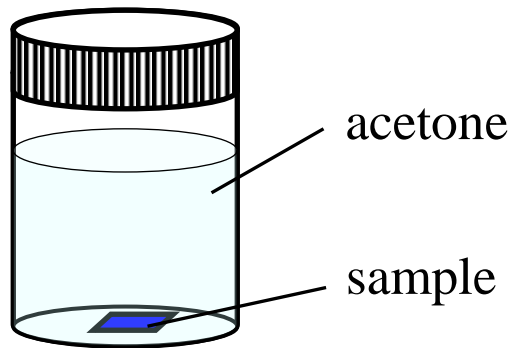


ターゲット	a-CaO
レーザーエネルギー[mJ]	130
繰り返し周波数[Hz]	5
基板温度 [°C]	R.T.
堆積時雰囲気気圧 [Torr]	In Vacuum 5.0×10^{-2}

実験方法: WLO法による β -Ga₂O₃薄膜の選択成長・マイクロパターンニング

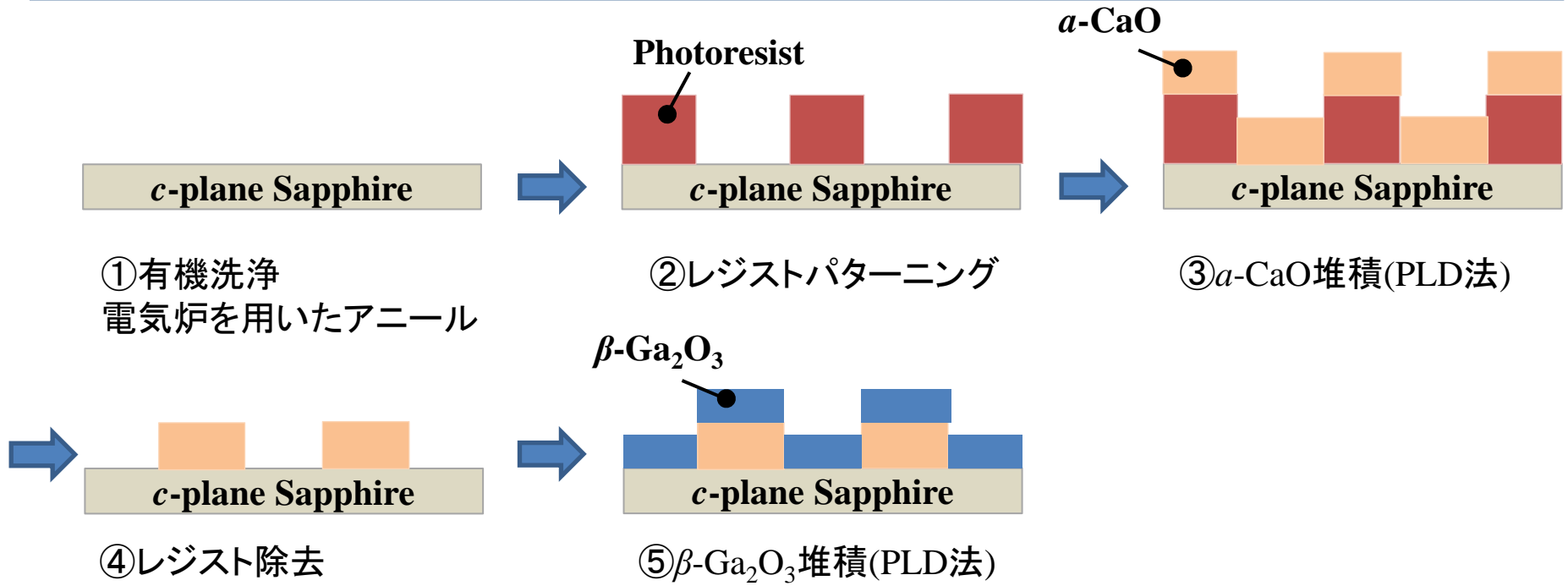


■アセトンリフトオフ

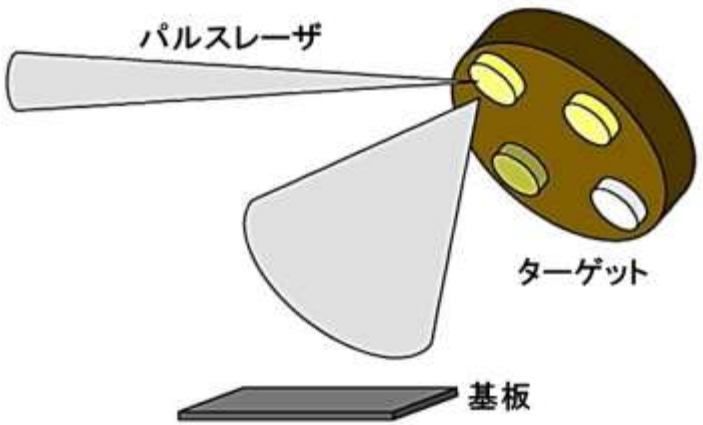


レジスト除去後の光学顕微鏡像

実験方法: WLO法による β -Ga₂O₃薄膜の選択成長・マイクロパターンニング

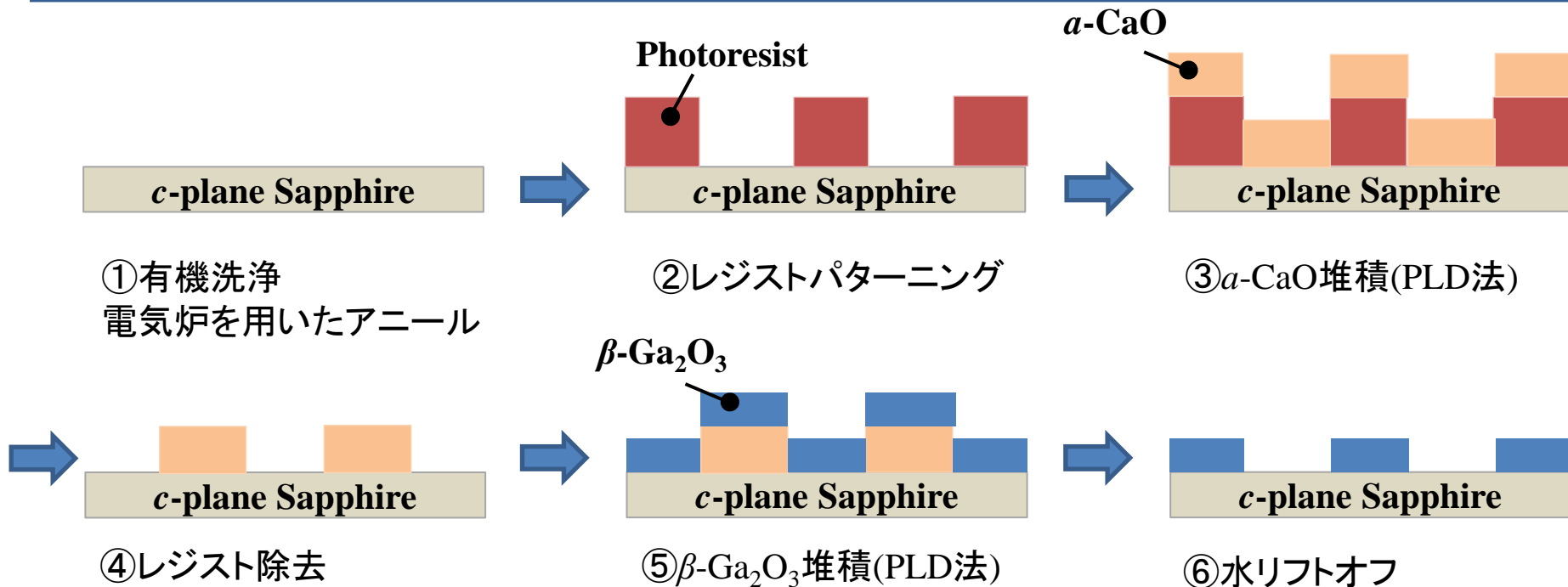


■PLD法

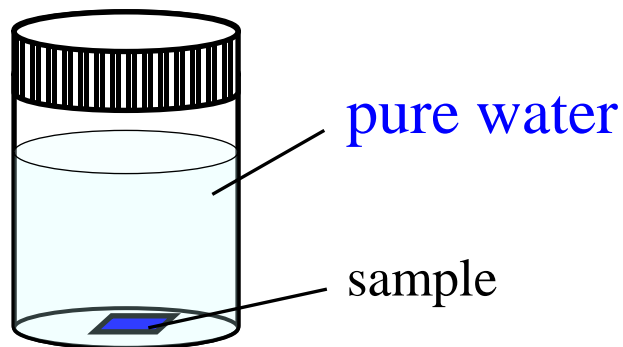


ターゲット	Si : 3 mol% β -Ga ₂ O ₃
レーザーエネルギー[mJ]	150
繰り返し周波数[Hz]	5
基板温度 [°C]	600
堆積時雰囲気気圧 [Torr]	O ₂ : 5.0 × 10 ⁻³

実験方法: WLO法による β -Ga₂O₃薄膜の選択成長・マイクロパターンニング



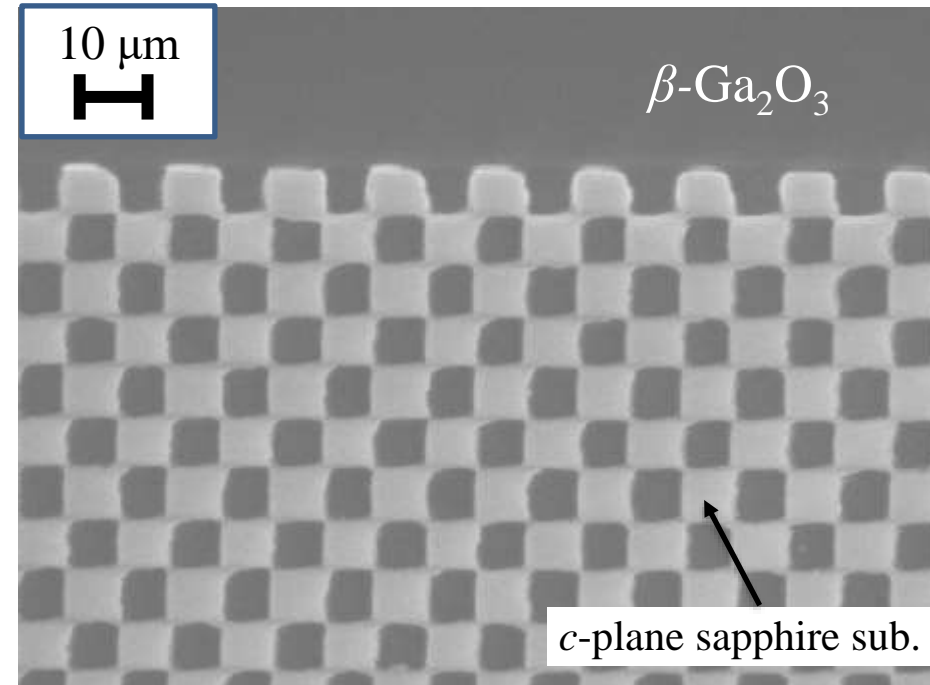
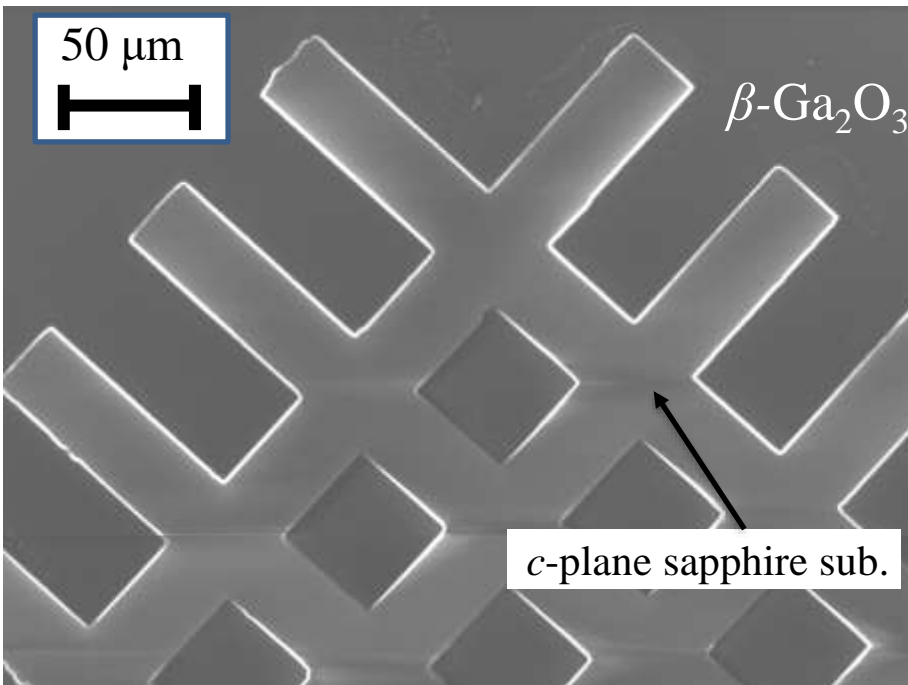
■水リフトオフ



従来プロセスに組み込み易い
(導入コスト低)

実験結果

◆FE-SEM

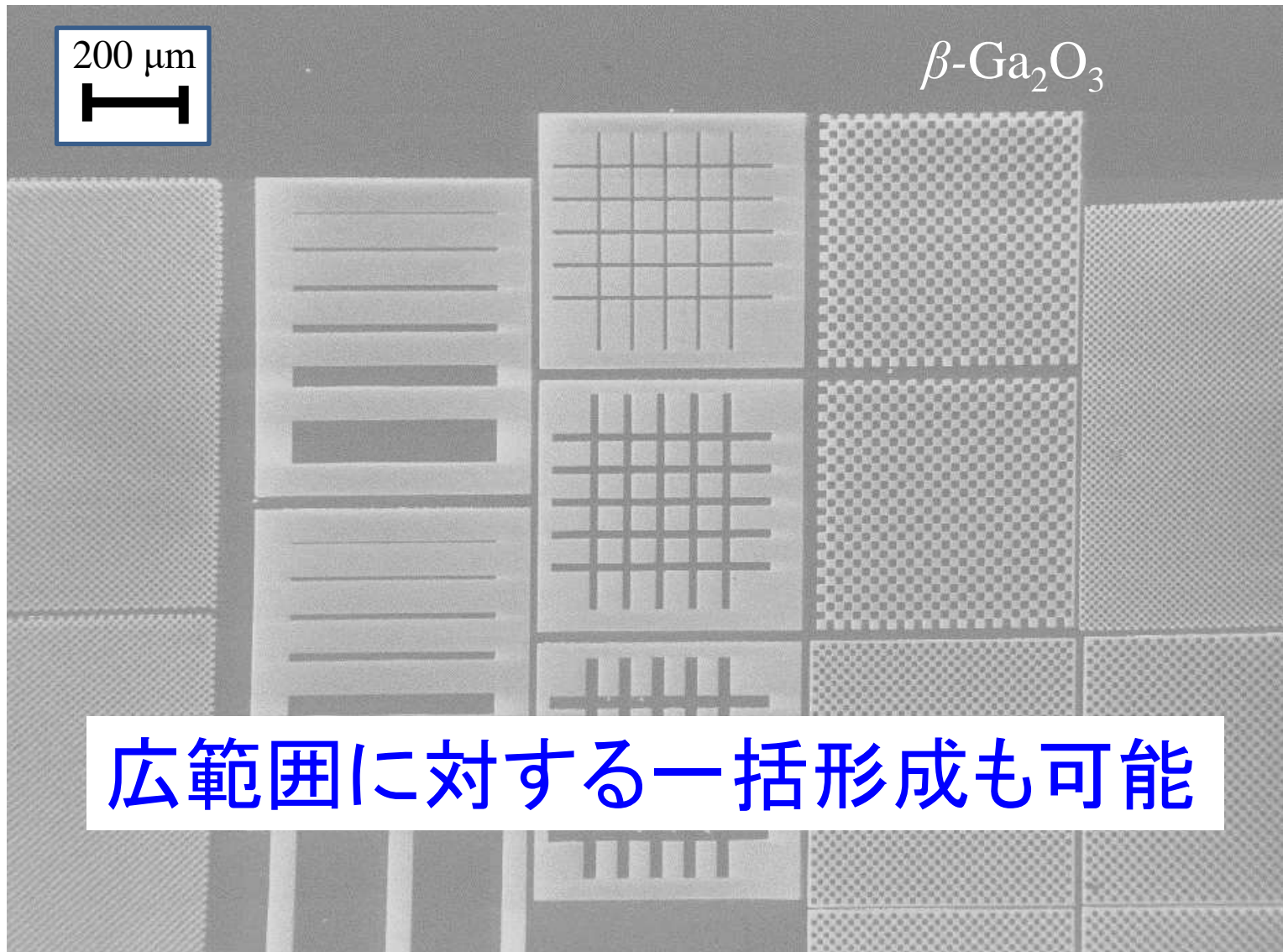


- ✓ サファイア基板上に $a\text{-CaO}$ の残渣無し
- ✓ 7 μm四方のドットパターンニングの作製

任意形状を有する目的物質の微細加工

実験結果

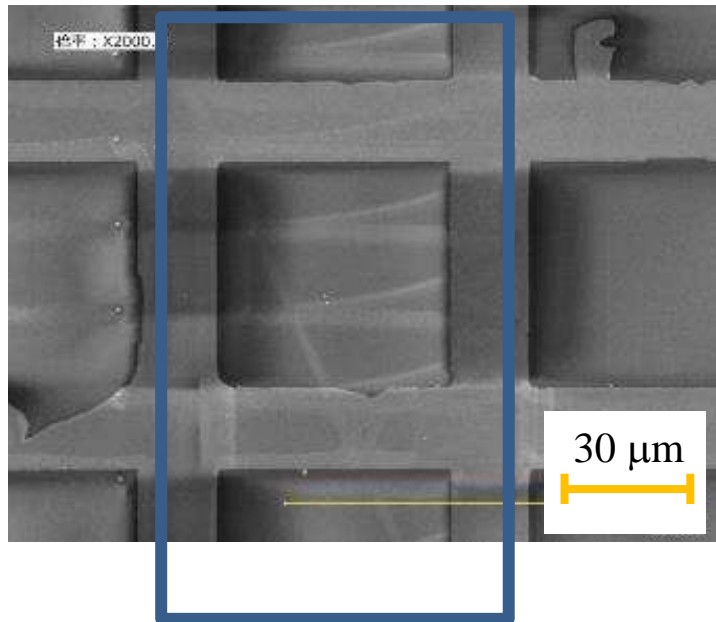
◆FE-SEM



実験結果

◆EBSD

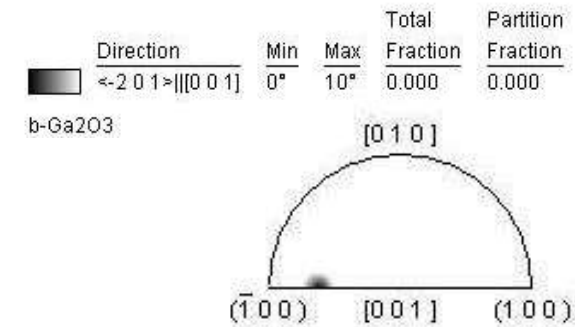
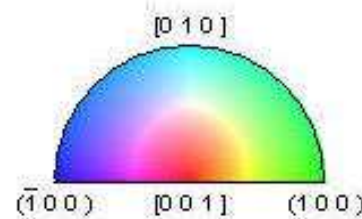
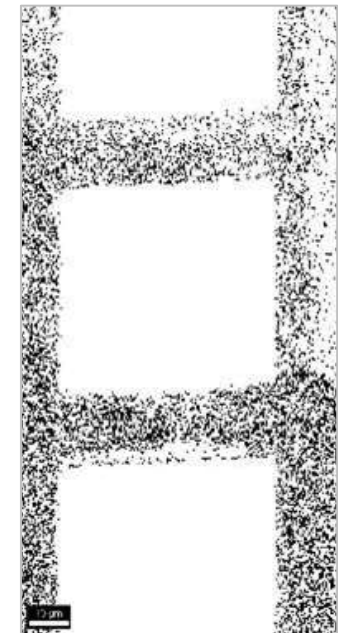
測定箇所



EBSDマップ



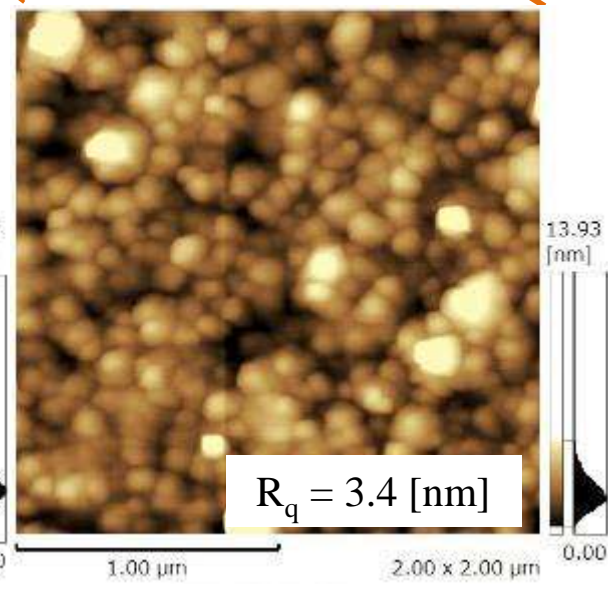
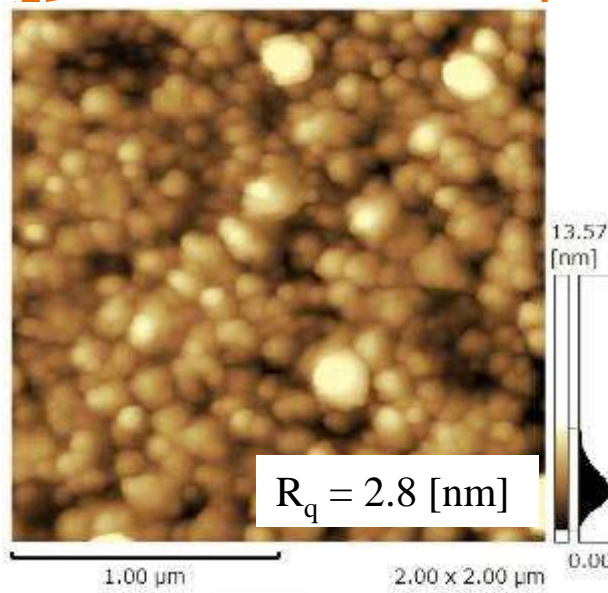
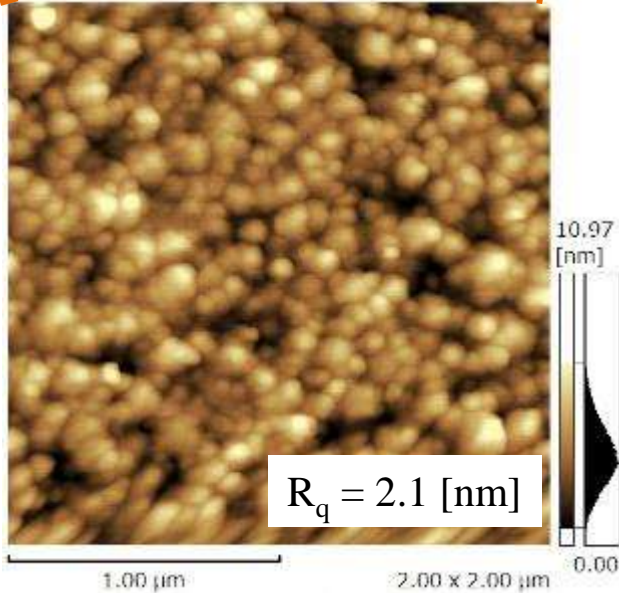
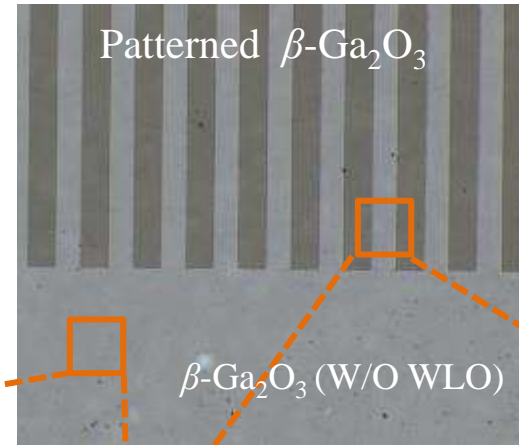
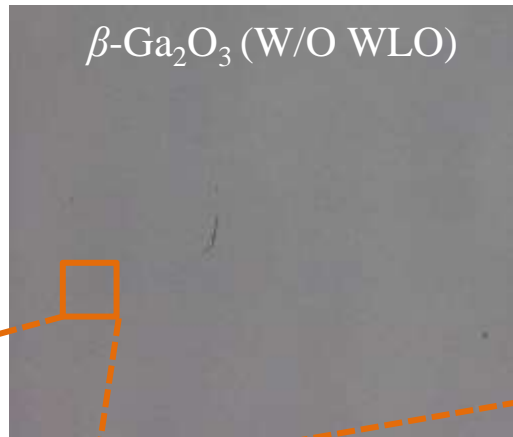
方位マップ



任意形状のヘテロエピ選択成長も可能

実験結果

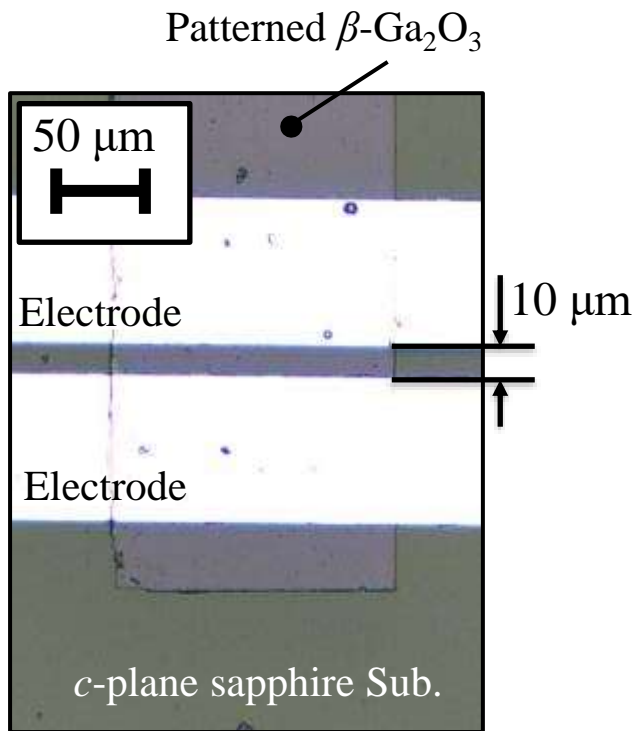
◆ AFM



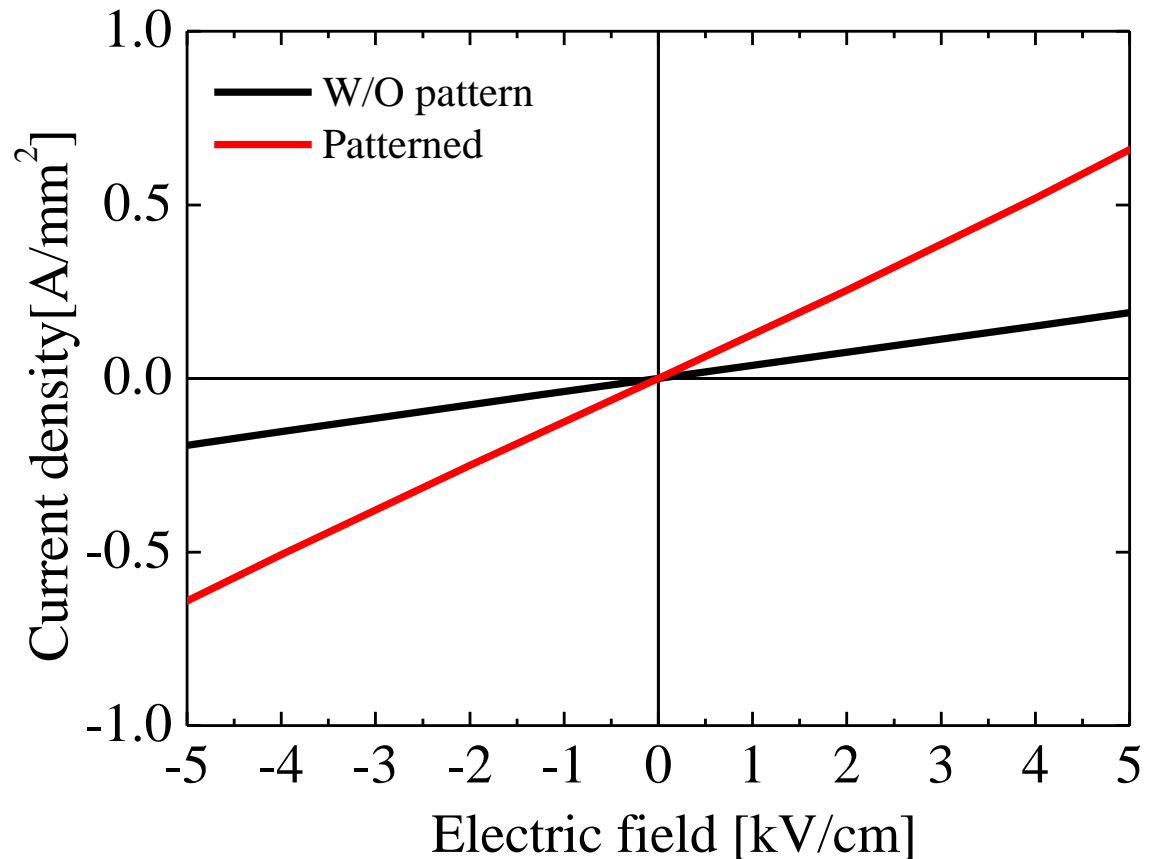
表面形状の劣化もない

実験結果

◆ J - V 特性

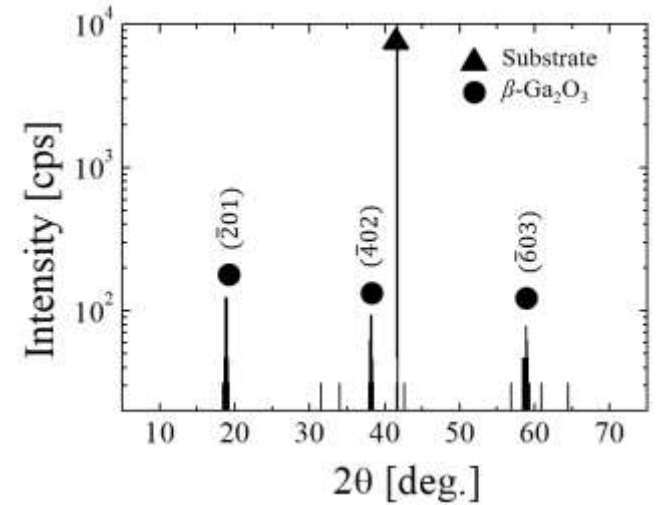
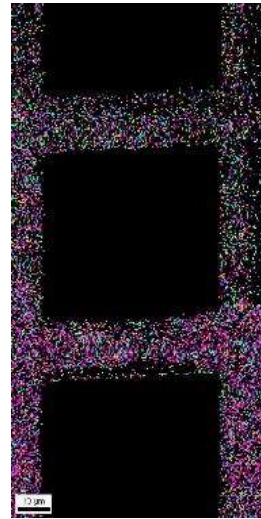
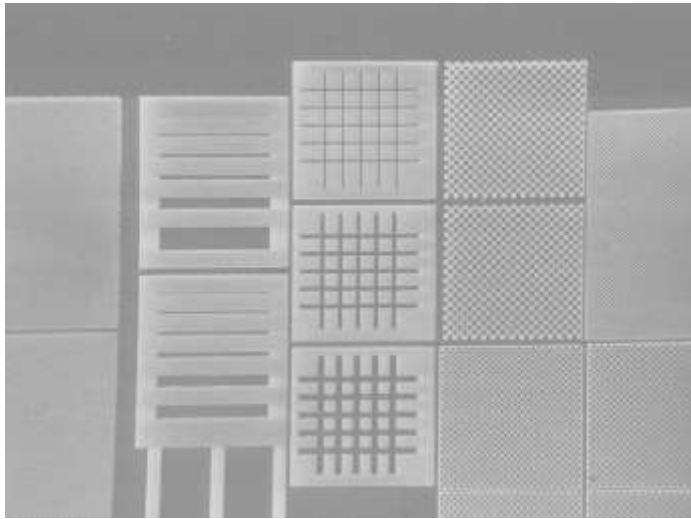


作製した試料の光学顕微鏡像



電気特性の劣化もない

総括



✓酸化物薄膜に対し、結晶性・表面形状・電気特性を劣化させず、任意構造の形成が可能

WLO法は、

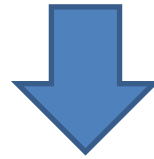
多様な酸化物デバイス形成

に有用なプロセス技術

実用化に向けた課題

エッチングプロセスでの連続稼動を念頭に置いた、**安定なCaOターゲット**の形成が求められる。

また、耐水性の低い酸化物(YBCOなど)に対する、**プロセス高速化**も求められる。



- ・ 添加剤を用いたターゲット材の抗水化の検討
(**材料コストの低減**)
- ・ 純水フローによるプロセス高速化の検証
(**実用範囲の大幅な拡大**)

想定される用途

本技術の特徴を活かすには、汎用性の高いスパッタ法によるCaO堆積を導入することで、投資コストを抑えたプロセス全体に対するメリットが得られると考えられる。

- ・酸化物デバイスの高集積化
(FeRAM、SQUIDセンサなど)
- ・高温耐性を有する犠牲層
(従来のレジストで対応出来ない温度域)
- ・酸化物デバイス分野全般
(エッチング装置市場を代替)

企業様への期待

- 酸化物デバイスおよびターゲット製造に関する技術を持つ、企業様との共同研究を希望する。
- Ga_2O_3 を中心としたポストSiCパワーデバイスを開発・製造展開を考えている企業様には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 微細加工された酸化物の膜の形成方法
- 出願番号 : 特願2019-141853
- 出願人 : 国立大学法人金沢大学
- 発明者 : 川江 健、井藤 聡詞

お問い合わせ先

有限会社金沢大学ティ・エル・オー

TEL 076-264-6115

FAX 076-234-4018

e-mail info@kutlo.co.jp