

# 超高感度エミッション顕微鏡で 酸化ガリウム半導体パワーデバイスに影響を与える 結晶欠陥の同定に成功

国立大学法人 佐賀大学 <sup>かすう</sup>嘉数 誠  
[kasu@cc.saga-u.ac.jp](mailto:kasu@cc.saga-u.ac.jp) 0952(28)8648

セドング セイリープ(佐賀大)、大石敏之(佐賀大)

- 酸化ガリウム半導体は、大電力・高効率、経済的なパワー半導体として期待
- 超高感度エミッション顕微鏡を開発
- パワー半導体デバイスに致命的なキラー欠陥を同定
- シンクロトンX線トポグラフィーでキラー欠陥の特性が明らかに
- 電気自動車電力制御用デバイスに目途

S. Sdoeung, et al., Applied Physics Letters **118**, 172106 (2021). 4月29日公開

# 図 1. 酸化ガリウムの優れた物性から期待されるデバイス性能

## 電気自動車など電力制御用デバイスに最適

材料	バンド ギャップ (eV)	絶縁破壊 電界 (MV/cm)	移動度 (cm <sup>2</sup> /Vs)	比誘 電率	キャリア速度 (× 10 <sup>7</sup> cm/s)	熱伝導率 (W/cmK)
ダイヤモンド	5.47	>10.0	~3800 (h)	5.7	1.05 (h)	22
<b>酸化ガリウム</b>	<b>4.8</b>	<b>8.0</b>	<b>~300 (e)</b>	<b>10</b>	<b>1.1 (e)</b>	<b>0.14</b>
窒化ガリウム	3.4	2.5	~2000 (e)	8.9	1-2.5 (e)	1.5
シリコン カーバイド	3.27	3.0	~900 (e)	9.7	2 (e)	4.9
ガリウムひ素	1.4	0.4	~8500 (e)	12.9	1-2 (e)	0.55
シリコン	1.1	0.3	~1400 (e)	11.7	1 (e)	1.3

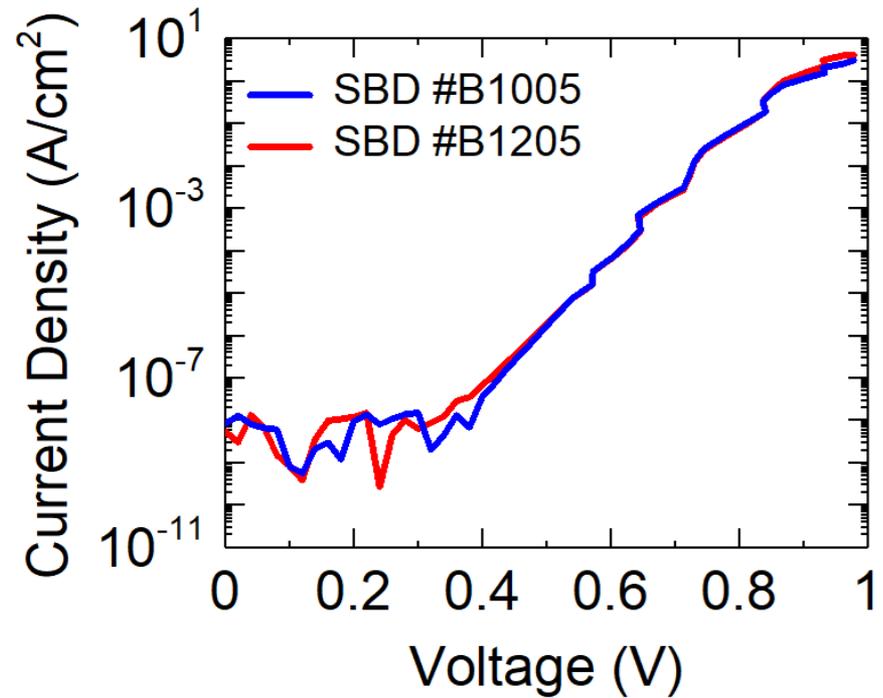
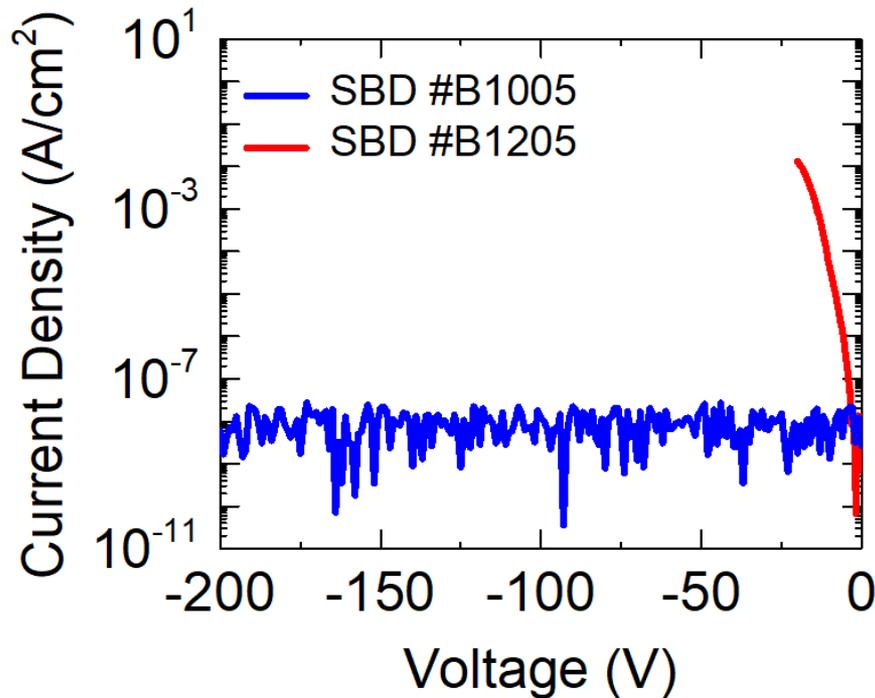
Baliga 性能指数  
(有能電力・オン損失)

$$\text{BFOM} = \epsilon_r \cdot \mu \cdot E_{\text{BR}}^3$$

$$\frac{\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3}{\text{Si}} \sim 3400$$

## 図2. 酸化ガリウムパワー半導体デバイスの問題点

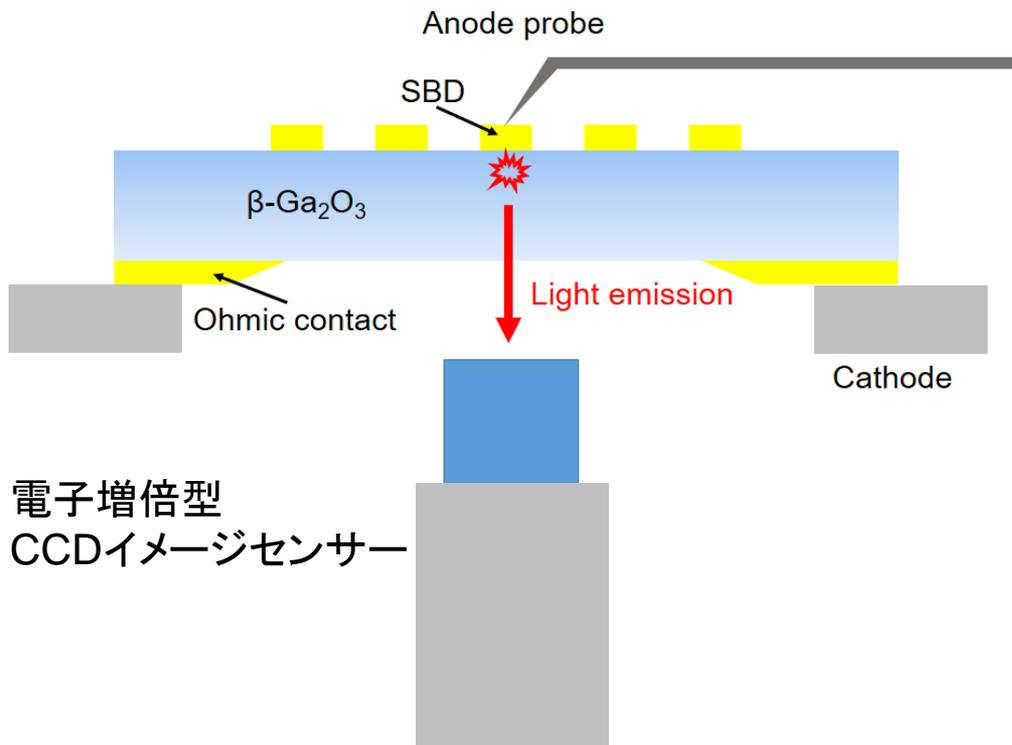
酸化ガリウム半導体デバイスは、2インチの同一ウエハ上で、リーク電流が高く、絶縁耐圧が低いSBD半導体デバイスが点在



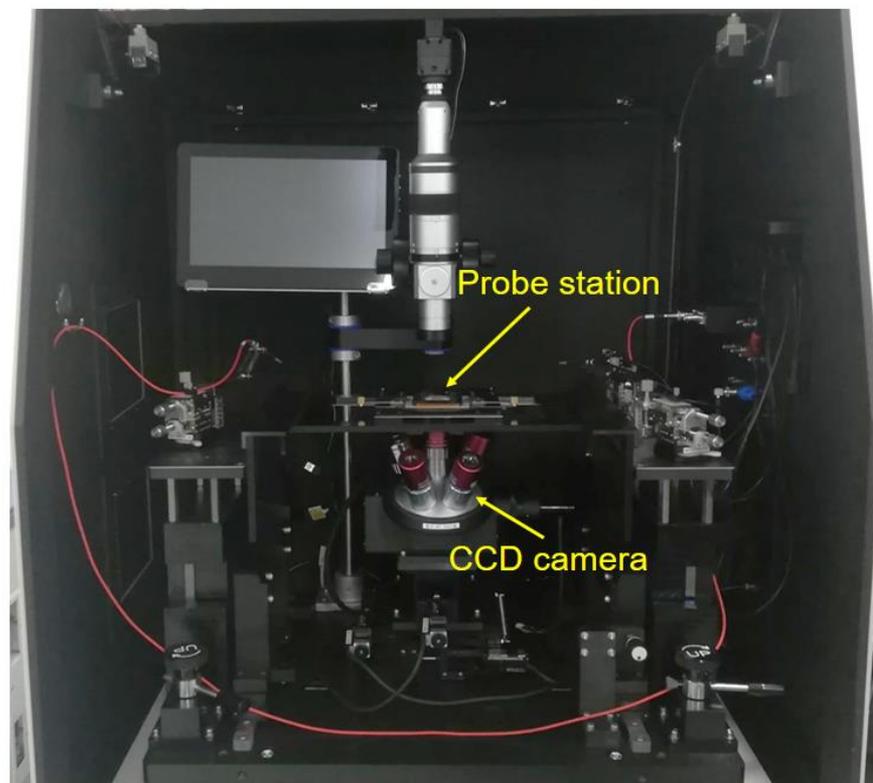
SBD: ショットキーバリアダイオード

## 超高感度のCCDカメラを持つエミッション顕微鏡を開発

リーク電流経路からの微弱な発光を観察



エミッション顕微鏡



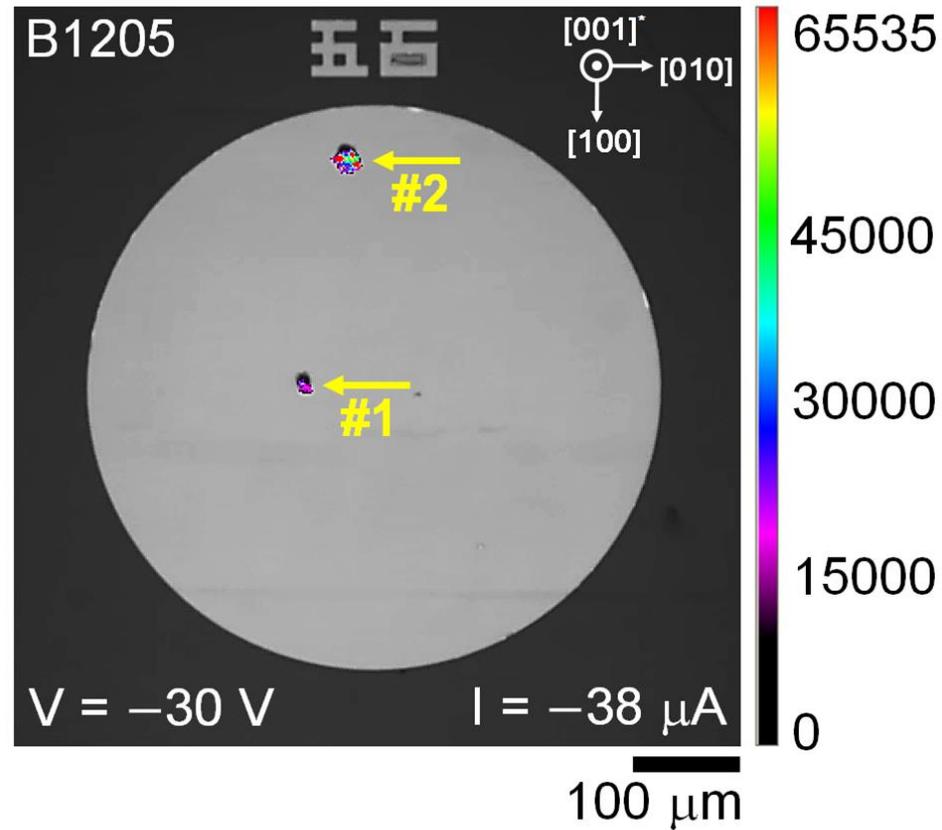
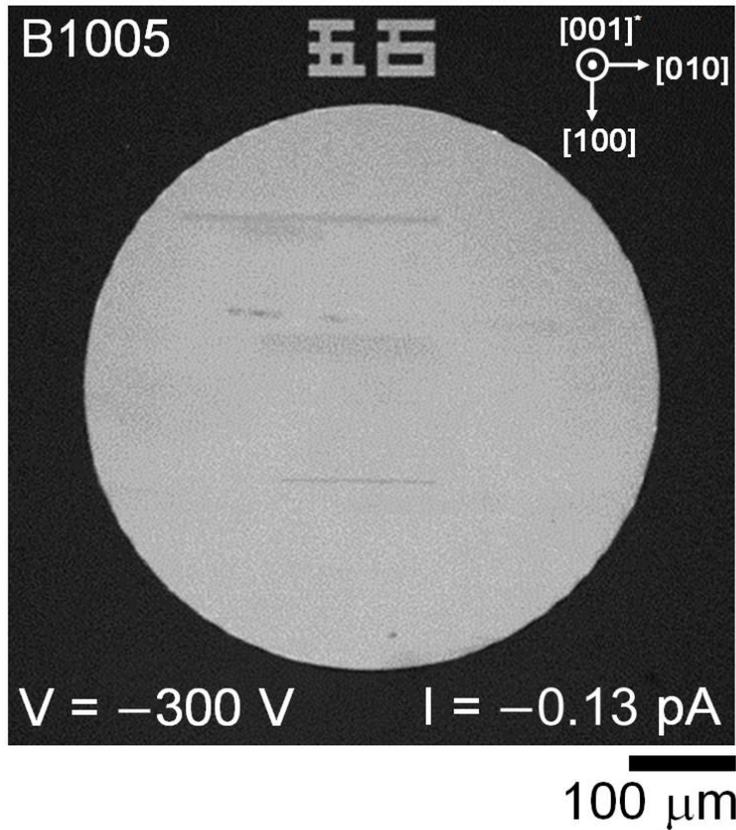
SBD: ショットキーバリアダイオード

# 図4. 超高感度エミッション顕微鏡によるキラ欠陥の同定

## キラ欠陥をエミッションパターンとして観察

リーク電流の無いデバイス

高リーク電流のデバイス

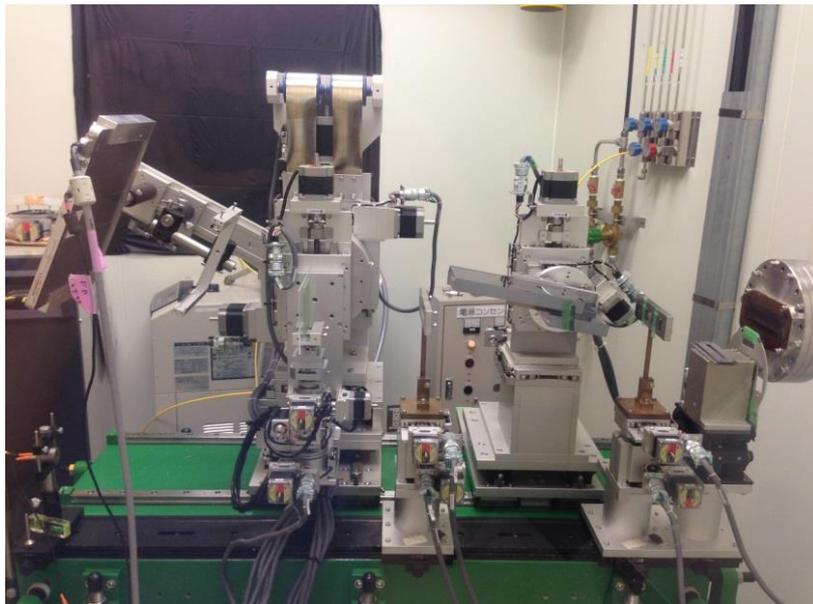


キラ欠陥: SBDなどデバイスの特性に致命的な結晶欠陥

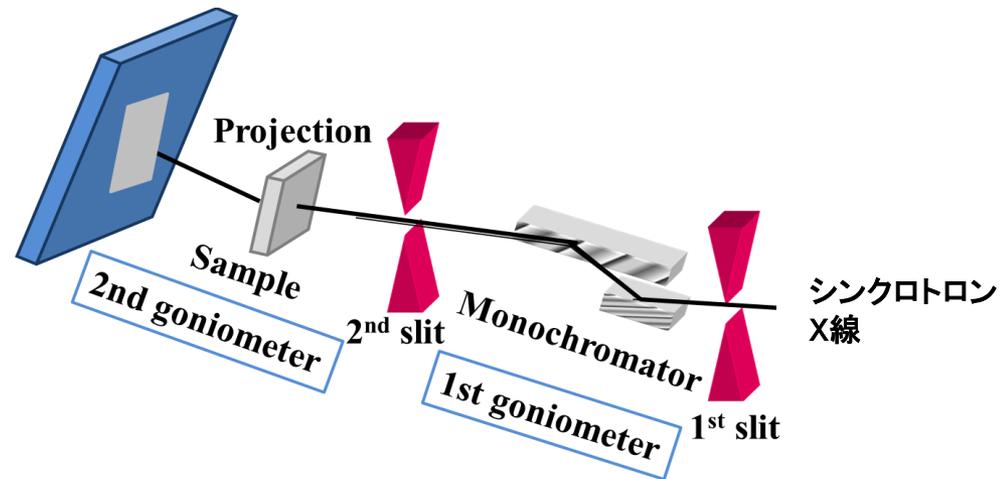
# 図5. 技術のポイント (2) シンクトロンX線トポグラフィー技術



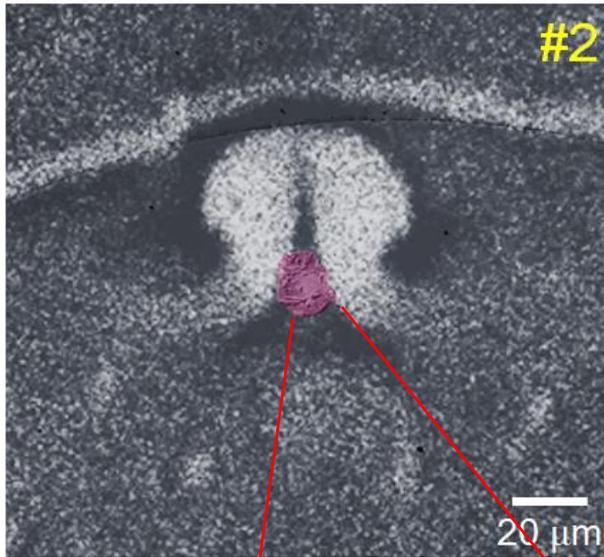
佐賀県シンクروتロン光研究センター



二次元検出器(X線フィルム)



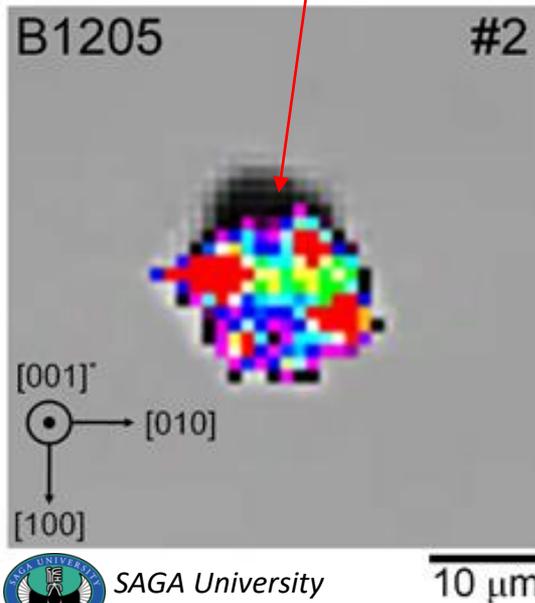
# 図6. シンクロtronX線トポグラフィーによるキラ欠陥の特性解明



シンクロtron  
X線トポグラフィー像

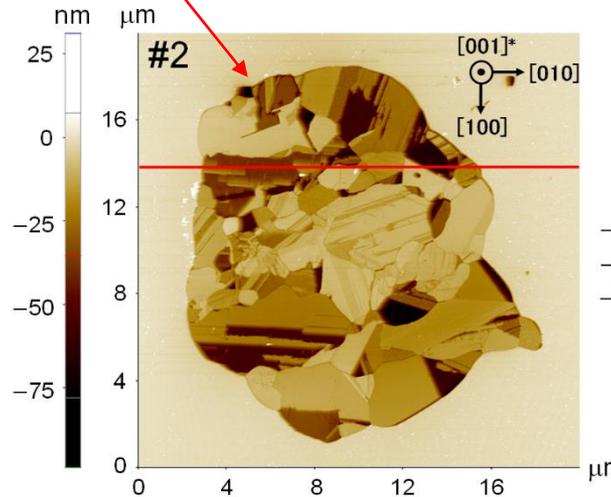
キラ欠陥の周辺に  
高い歪みを観測

エミッション顕微鏡像



原子間力顕微鏡像

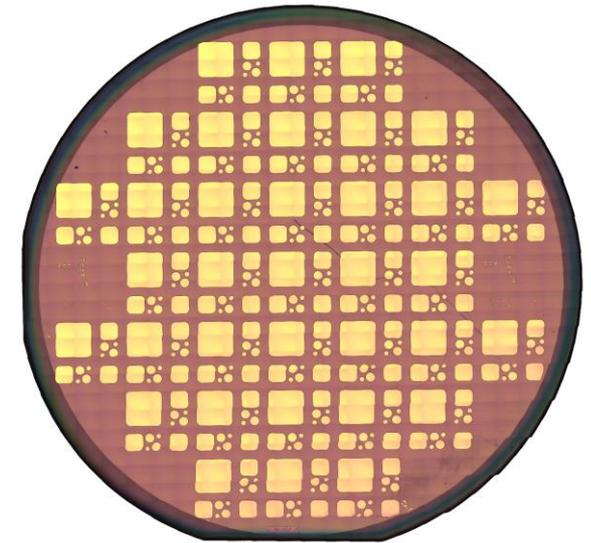
多結晶の特性



キラ欠陥は、エピ膜成長中に  
反応管内壁からの飛来する  
微粒子に由来

技術的に解決し、実用化に目途

2インチ酸化ガリウムSBDウェハ



# まとめ

- 酸化ガリウム半導体は、大電力・高効率、経済的なパワー半導体として期待
- 超高感度エミッション顕微鏡を開発
- パワー半導体デバイスに致命的なキラークラックを同定
- シンクロトロンX線トポグラフィーでキラークラックの特性が明らかに
- 電気自動車電力制御用デバイスに目途