

## 特異構造トピックス

### 沖縄科学技術大学院大学にて領域全体会議開催

2018年4月23～24日に、沖縄科学技術大学院大学にて領域全体会議を開催しました。会議内の“OIST-Singularity Project Joint Workshop”では、OISTからYabing Qi 准教授、岡田佳憲准教授、当領域から藤岡洋教授(領域代表、A01-1)、川上養一教授(B02-1)、酒井明教授(B1-1)が講演しました。



### 応物シンポジウム開催

2018年3月19日、第65回応用物理学会春季学術講演会(早稲田大学)にて、シンポジウム「窒化物半導体特異構造の科学～格子欠陥はどこまで制御できるのか：先端評価と機能探索～」を開催しました。

### 受賞報告

- **西堀英治教授(B01-17-4、筑波大学)**  
日本結晶学会学術賞
- **草場彰氏(A01-5、九州大学博士課程)**  
第46回結晶成長国内会議 学生ポスター賞
- **FAIZUL SALIHIN Bin Abas 氏(A01-2、立命館大学博士課程)**  
The Best Oral Presentation Awards of ISPlasma2018 / IC-PLANTS2018
- **寒川義裕教授(A01-5、九州大学)**  
APEX/JJAP 編集貢献賞
- **古木凌太氏(B01-3、和歌山大学博士前期課程)**  
2018年春季学術講演会応用物理学会 Poster Award
- **稲富悠也氏(九州大学博士課程)**  
LEDIA Student's Paper Award、Yamaguchi Masahito Award (B02-2 と A01-5 の共同研究成果)
- **崔璣珍氏(B01-17-1：研究代表 木口賢紀准教授、東北大学)**  
日本セラミックス協会 2018年年会優秀ポスター発表賞 優秀賞



領域全体会議 (OIST) での集合写真

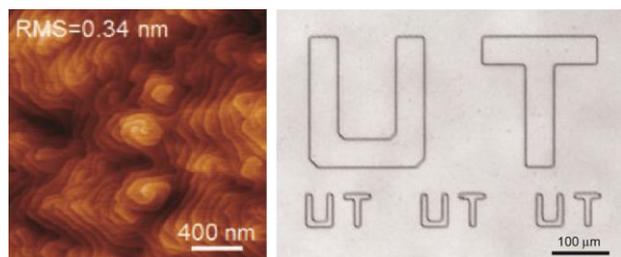
# 研究成果紹介

## A01 特異構造の作製と拡張結晶学の構築

### A01-1：非平衡状態の時間ドメイン制御による特異構造の創製

研究代表者：藤岡洋（東京大学）

窒化物半導体への非平衡プラズマを用いた特異構造導入のモデルケースとして、ドナーの導入について検討を行った。その結果、非平衡条件下では補償欠陥準位の導入を抑制したまま、高濃度まで選択的にドーピングができることがわかった。窒化ガリウムの比抵抗値としては最も低い 0.16 mΩ·cm を実現した。

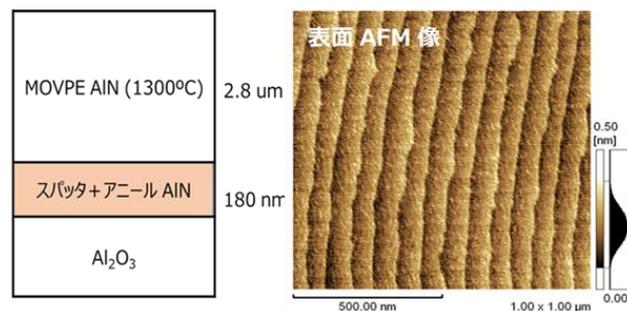


超高濃度ドーピングを行った窒化ガリウムの表面と選択形成の様子

### A01-2：平衡状態に基づくトップダウン法による特異構造の創製

研究代表者：三宅秀人（三重大学）

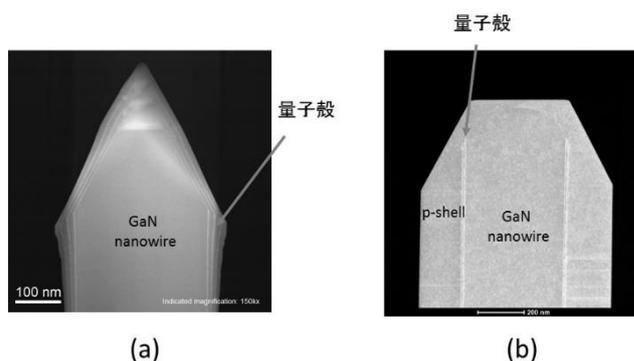
サファイア上のスパッタ法 AlN 膜を 1700°C でアニールした基板に AlN のホモエピ成長を MOVPE 法で行った。螺旋または混合転位は TEM 観察では見られない。そのことを反映して、表面 AFM 像の原子ステップに乱れはない。



### A01-3：多次元・マルチスケール特異構造の作製と作製機構の解明

研究代表者：上山智（名城大学）

Ga 面 GaN ナノワイヤは、先端が r 面になりやすく、この上に GaInN 系量子殻を成長すると、組成と膜厚の分布が生じるため望ましくない。GaN ナノワイヤの成長条件を検討し、下図(b)のような形状の GaInN 系量子殻は、その組成と膜厚の均一性が格段に改善することを見出した。

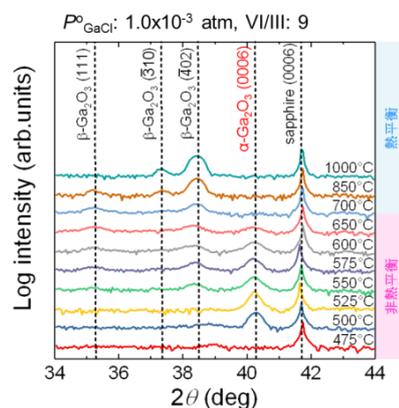


形状の異なる GaN ナノワイヤ上に成長した GaInN 系量子殻の STEM 像 (a)従来の GaN ナノワイヤ状 GaInN 量子殻、(b) c 面で終端された GaN ナノワイヤ上 GaInN 量子殻

### A01-4：化学平衡・非平衡制御による特異構造のボトムアップ創製

研究代表者：熊谷義直（東京農工大学）

HVPE 法と Mist CVD 法を使い、非熱平衡下で基板の格子引き込みと原料分子による拘束を与えることでⅢ族セスキ酸化物半導体結晶成長において準安定相（特異構造）の発現相制御を達成した。上位の特異構造（相混在面、相整合混晶）形成に本知見は必須となる。

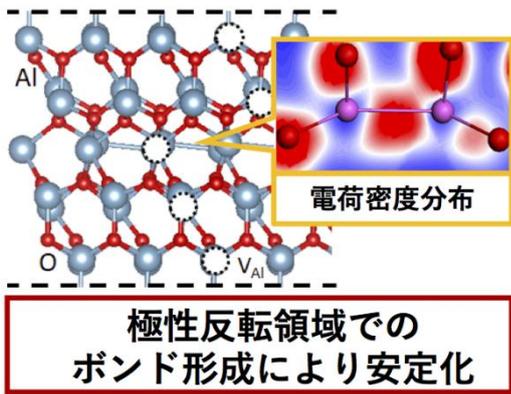


サファイア上に HVPE 成長した Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の XRD パターン（525°C で準安定 α 相のみが成長）

### A01-5：計算科学によるヘテロボンドの理論的材料設計

研究代表者：伊藤智徳（三重大学）

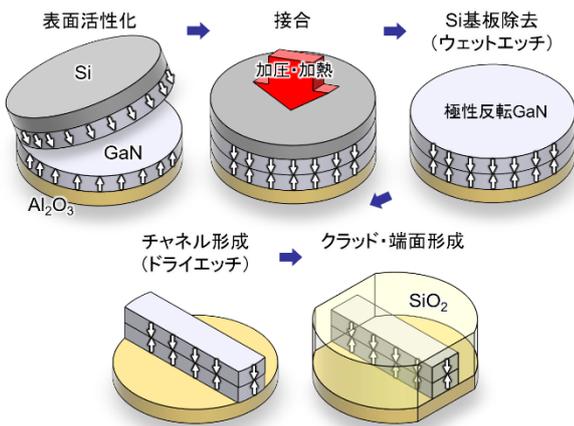
特異構造創成指針確立に向けて、実験グループとの連携の下、独自計算手法開発と適用を進めています。図は、AlN における積層変調の一つである極性反転について、新たな界面構造とその物理的起源を見出した成果の例です。



### A01-17-1: 窒化物半導体極性制御特異構造の非線形光学素子応用

研究代表者：片山竜二（大阪大学）

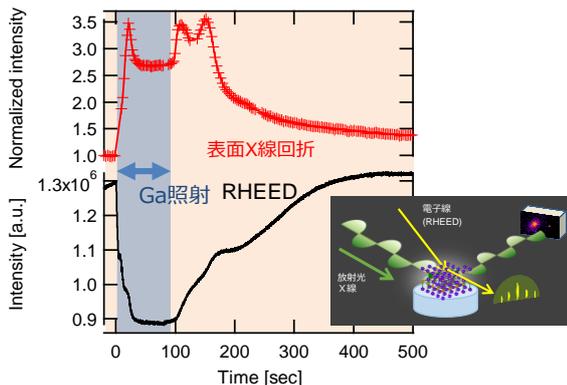
Si 基板とサファイア基板との GaN 薄膜を表面活性化接合後、化学エッチングにより Si 基板を除去することで、GaN/GaN 極性反転という特異構造の形成に成功しました。今後はこの構造を用いた新規非線形光学素子の動作実証を目指します。



### A01-17-2: 窒化物半導体超薄膜における構造多形の成長と物性

研究代表者：高橋正光（量子科学技術研究開発機構）

シンクロトロン放射光ビームライン（SPring-8、BL11XU）と一体化した窒化物半導体結晶成長装置を用いた X 線回折と電子回折の同時測定により、分子線エピタキシャル成長中の窒化ガリウム表面上、

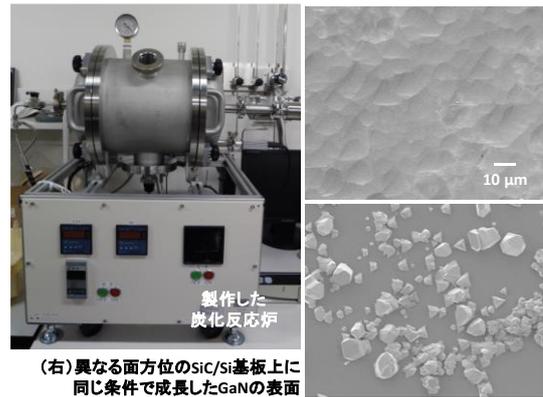


下地基板と同様の周期秩序を持つ液体ガリウム層が存在し、高品質な結晶成長を可能にしている証拠を得ることができました。

### A01-17-3: 自己形成ポイドを用いた応力緩和による異種基板上への高品質結晶成長技術の開発

研究代表者：出浦桃子（東京大学）

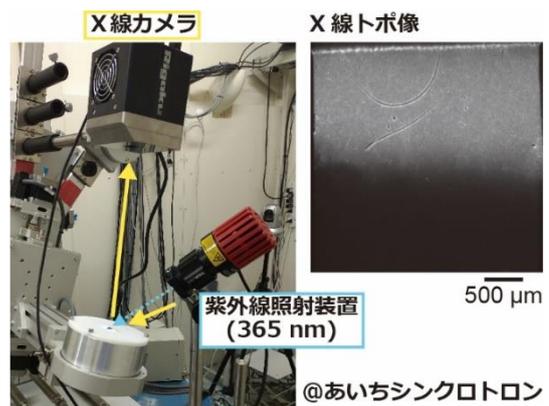
SiC/Si 基板を作製するための Si 表面炭化反応炉の製作・立ち上げを行いました。一方、SiC/Si 基板上への GaN-MOVPE に必要な Al 原料先行供給時間が、SiC/Si 基板の作製条件・面方位によって異なることを見出しました。



### A01-17-4: バルク SiC 結晶中の積層欠陥のアクティブ制御

研究代表者：原田俊太（名古屋大学）

紫外光照射その場観察 X 線トポグラフィシステムをあいちシンクトロンに構築し、積層欠陥の拡張条件を取得した。さらに、積層欠陥におけるキャリア再結合速度の評価を行い、積層欠陥拡張・収縮速度の定式化を行った。

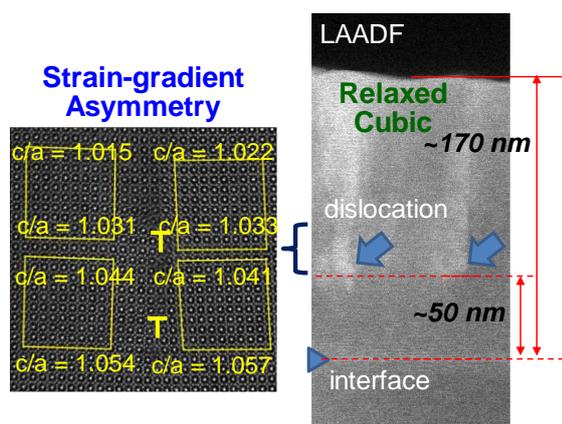


### A01-17-5: 機能性酸化物における非対称傾斜歪場及び秩序・無秩序人工格子による特異構造創出

研究代表者：田畑仁（東京大学）

磁気光学特性に優れた立方晶ガーネット型酸化鉄の極薄膜において、20nm に亘る傾斜格子歪の存在を実験的に検証し、結晶構造の空間反転対称性の

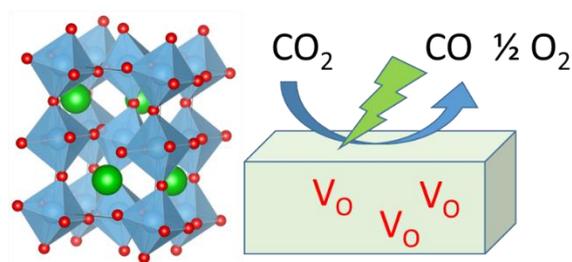
破れに伴う、特異な電氣的・光学的物性変化を確認した。



非対称傾斜格子歪 (0~5%) の存在を原子スケール観察  
 $\text{Sm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}(\text{SmIG})/\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}(\text{GGG}) (001)$

研究代表者：吉田寿雄（京都大学）

チタン酸カルシウム微結晶中に異元素カチオンを適度なドーブ率でドーブしたところ、結晶成長が促進されることがわかった。また、異元素ドーブや酸素欠陥の導入により光触媒活性が向上することを見出した。



チタン酸カルシウム( $\text{CaTiO}_3$ ) 微結晶中の適度な酸素欠陥(特異構造)が $\text{CO}_2$ の分解反応において高い光触媒活性を与えた。

## A01-17-6: チタン酸カルシウム微結晶の特異構造と光触媒活性の相関の解明

### 今後の予定

[主催国際会議]

International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2018)

会期：2018年11月11~16日

場所：石川県立音楽堂/ANA クラウンプラザホテル

<http://www.iwn2018.jp>

発行：新学術領域研究「特異構造の結晶科学」事務局

領域 URL: <http://tokui.org> 問い合わせ先: [info@tokui.org](mailto:info@tokui.org)