

令和 3 年 5 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06423

研究課題名（和文）結晶特異構造およびその挙動のマルチスケール構造解析評価

研究課題名（英文）Multiscale characterization of singularity structures and behaviors thereof

研究代表者

酒井 朗（SAKAI, AKIRA）

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：20314031

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 48,800,000円

研究成果の概要（和文）：窒化物半導体やIV族半導体の結晶・デバイスを対象に、転位やナノボイド等の特異構造に着目したマルチスケール構造解析評価を行った。放射光ナノビームX線回折を駆使して格子構造を高空間分解能かつ3次元で解析し、バッファ層やテンプレート厚膜において特異構造が誘発する結晶学的効果が明らかになった。また、各種顕微鏡法による観察の結果、転位に関わる電流漏れ現象や窒化物半導体特有の圧電物性に起因する格子変形挙動には特異構造の影響が明確に表れた。さらに、時分割その場X線回折により、窒化物半導体デバイスの逆圧電効果による微細格子変形挙動の時分割観測に成功し、特異構造のナノ秒オーダーのダイナミクスを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特異構造の物性や機能を結晶やそれを用いたデバイスへ有効活用するには、その結晶学的構造の解明が不可欠である。特に、特異構造がデバイス活性層やその周囲の結晶相に与える歪等の影響を知ることが、結晶の学理に基づいて特異構造を深く理解し、それを基板結晶やデバイスへ応用していくうえで重要である。本研究では3次元マルチスケールをキーワードに、そうした空間的構造の解明に注力した。さらに、結晶のデバイス応用を視点に入れば、特異構造の時間的挙動に関わる知見も必要となる。本研究では特異構造の時間発展を含めた4次元構造解析にも着手しており、新たな学理構築に寄与するとともに、産業応用の観点から社会的にも意義深い。

研究成果の概要（英文）：Multi-scale structural analysis and evaluation were performed on crystals and devices of nitride and group IV semiconductors, focusing on the singular structures such as dislocations and nano-voids. The lattice structure was three-dimensionally analyzed with high spatial resolution by using synchrotron radiation nanobeam X-ray diffraction, and the crystallographic effect induced by the singular structure in the buffer layer and the template thick film was clarified. Various microscopy observations clearly revealed the influence of the singularity structure on the current leakage phenomenon related to dislocations and the lattice deformation behavior caused by the piezoelectricity proper to nitride semiconductors. Furthermore, we succeeded in time-resolved analysis of lattice deformation behaviors caused by the inverse piezoelectric effect in the nitride semiconductor device using in-situ X-ray diffraction, and clarified the nanosecond-order dynamics of the singular structure.

研究分野：半導体物性工学

キーワード：ナノビームX線回折 3次元逆格子マッピング トモグラフィックマッピング解析 深さ分解結晶評価  
転位 漏れ電流 逆圧電効果 時分割ポンプ-プローブ法

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

半導体結晶中の格子欠陥は、電子・光・情報・創エネルギーデバイスの動作特性に多大な影響を与える。Si や GaAs 等の結晶を中心に進展してきた半導体産業の過去を振り返れば、格子欠陥を排除した「完全結晶」をデバイス設計の原点に据え、それを実現すべく様々な材料・プロセス・構造革新が展開されてきた。一方、学理的観点から見れば、半導体の結晶構造、結晶中の格子欠陥が誘発する歪やエネルギー準位、分極、ケミカルポテンシャル揺らぎ等の特異的な「場」は、多種多様な物性を誘発している。近年、それらを積極的に制御し利用していくという新しい概念に基づき、完全性を乱す領域、すなわち「特異構造」を意図的に導入した結晶の物性を深く理解し、不完全性と完全性が協奏させて新たな物性や機能を誘発する科学的・技術的気運が高まっている。我々は、これまでに次世代 IV 族半導体トランジスタにおける転位や歪の制御技術を確立するとともに、ナノデバイス材料・界面の評価ツールとして、第三世代放射光実験施設 SPring-8 の高輝度放射光を用いた高分解能・高感度 X 線回折システムを開発してきた。これらの研究の遂行によって、デバイス動作の高い安定性と信頼性を確保するには特異構造の制御が不可欠であることを確認し、同時に、特徴的な格子欠陥の導入が逆に歪の均一化等の結晶性向上をもたらす等、特異構造がポジティブな特性変換機能を有することを認識した。本研究では、格子欠陥に対する種々の解析評価技術を半導体結晶の特異構造へ有効かつ発展的に応用し、特異構造を積極利用するためのデザイン指針を構築する。

### 2. 研究の目的

窒化物半導体や IV 族半導体の結晶ならびにデバイスを対象に、結晶中の転位 (1 次元)、ナノボイドや粒界 (3 次元) 等の特異構造に着目して、その結晶学的構造・形態のマルチスケール解析評価を行う。欠陥物理学的立場からその発生機構・挙動を解明することで、結晶性向上やデバイス特性進化等をもたらす特異構造の有効機能を検証・探索し、体系化する。具体的な研究内容は以下のとおりである。

- (1) 高輝度放射光ナノビーム X 線回折 (nanoXRD) による 3 次元逆格子マッピングを駆使して特異構造が誘発する歪分布を 3 次元空間で解析し、その格子歪印加・緩和機能を明らかにする。
- (2) 各種顕微鏡法により特異構造の構造・形態や電気的特性を微視的に観察し、物性の発生機構に関わるメカニズムならびに機能発現に及ぼす特異構造の役割を解明する。
- (3) 電圧印加が可能な走査プローブ顕微鏡を駆使して、窒化物半導体特有の圧電効果を捉え、電場に応答する局所的ナノ領域の格子変形挙動に及ぼす特異構造の影響を明らかにする。
- (4) ナノ秒オーダーの時分割その場 X 線回折により電場等の外部刺激に応答する特異構造のダイナミクスを観測し、デバイス特性の向上に係る有効機能を探索する。

### 3. 研究の方法

#### (1) nanoXRD 3 次元逆格子マッピングによる結晶特異構造解析

##### ① 半導体特異構造トモグラフィックマッピング解析

格子不整合系半導体ヘテロエピタキシャル成長において、上部成長層と基板の間にミスフィット転位を集中的に導入させるバッファ層は、上部成長層高品質化のための特異構造である。ここでは、従来不可能とされていた、膜厚 (深さ) 方向分解の結晶性情報を取得できる 3 次元トモグラフィックマッピング解析技術を新たに開発し、高濃度 Ge 組成を有する組成傾斜 SiGe 歪緩和バッファ層 (g-SRB) を評価対象に、放射光ナノビーム X 線を用いた位置依存 nanoXRD 測定を行った。

##### ② AlN 膜特異構造深さ分解結晶評価

内部に特異構造 (ナノボイド) を有する、溝加工 AlN/サファイアテンプレート上に成長した AlN エピタキシャル厚膜試料に対して nanoXRD を応用して深さ分解結晶構造評価を行った。nanoXRD 光学系において、Pt wire differential-aperture を試料と X 線検出器の間に配置することで、深さ情報を選択的に抽出する技術を新たに開発した。これを面内の位置依存 3 次元逆格子マッピングと組み合わせることで、上記 AlN 試料に対して、局所的な格子面微細構造の面内分布と共に深さ方向の変化を定量的に評価した。

#### (2) 転位の局所電気的特性と結晶構造の複合解析

半導体結晶中の貫通転位はデバイス内で漏れ電流を誘発するキラ欠陥となる特異構造である。窒化物半導体デバイスの実用化に向けて、転位が電流漏れに及ぼす影響とその発生機構の理解は不可欠である。ここでは、Na フラックス法によって作製された高品質 GaN バルク単結晶中の個々の貫通転位に対して、電流検出型原子間力顕微鏡 (C-AFM)、透過電子顕微鏡 (TEM)、および多光子励起顕微鏡 (MPPL) を用いて、転位構造、周辺結晶形態、漏れ電流特性の関連性

を複合的に評価し、電流漏れを誘発する決定的な要因やその詳細な機構を解析した。

### (3) Na フラックス GaN バルク結晶中の局所圧電特性

窒化物半導体の六方晶構造においては、c 軸方向に反転対称性を持たない結晶構造そのものが特異構造として作用し、c 軸方向に圧電物性を発現する。ここでは、ピエゾ応答プローブ顕微鏡法 (PRM) を用いて、Na フラックス GaN 結晶を対象に局所的な圧電応答特性を調べた。特に、異なる成長領域に対して、電圧印加に反応する各成長領域における圧電応答の挙動や特性の違いを定量的に解析し、それらを誘発する物理的要因を調査した。

### (4) AlGaN/GaN HEMT 逆圧電効果格子変形の放射光オペランド計測

窒化物半導体デバイスにおいては、前述の低い結晶対称性に起因した圧電物性が存在する。これは、逆圧電効果を通して、デバイスへの外部刺激である電圧印加に結晶の格子が応答し、機械的変形が誘発されることを意味している。ここでは、AlGaN/GaN High Electron Mobility Transistor (HEMT) を対象に nanoXRD の時分割ポンプ-プローブ法によるオペランド計測を行い、デバイス動作中に逆圧電効果によって生ずる格子変形およびその時間的挙動を解析した。

## 4. 研究成果

### (1) nanoXRD 3次元逆格子マッピングによる結晶特異構造解析

#### ① 半導体特異構造トモグラフィックマッピング解析

図 1 に g-SRB から取得された一連のトモグラフィックマップを示す。これらは g-SRB 上部に形成した Ge 組成一定層 (CC-SG) (深さ 0 nm 位置) と g-SRB の界面から深さ方向に約 62 nm の間隔で離れたマップから構成され、各マップには格子面傾斜揺らぎの大きさが反映されている。深さが浅くなるに従い、すなわち CC-SG に近づくにつれて、全体的な揺らぎは減少していくことがわかる。また、CC-SG マップの特徴は g-SRB のそれらに強く影響されており、例えば、黒矢印で示した CC-SG マップ内の [1-10] 方向の縞状パターンは深さ約 250 nm まで観察されている。この縞状パターンは [1-10] 方向に沿って伝播する幾つかの 60°ミスフィット転位およびそれに関連する歪場によって引き起こされたものと解釈できる。さらに、特異構造としての g-SRB における欠陥構造が CC-SG の結晶性に如何に影響しているかを知るため、各マップの特徴の同一性を相互相関分析によって定量的に評価した。図 2 に、3つの深さ間隔 (62, 125, 187 nm) で隣接する層間の相互相関を示す。相互相関係数  $R$  値は深さ間隔が大きくなれば小さくなる傾向を示すが、62 nm 間隔での  $R$  値はどの深さでも 0.6 よりも大きく、これはマッピング領域の半分以上の格子面傾斜揺らぎが互いに相関していることを意味する。また、深さに対する  $R$  値には、深さ約 200 および 700 nm におけるローカルミニマムとそれらの間のプラトーが見られる。この特徴は、g-SRB における 60°ミスフィット転位の導入が深さ方向に沿って連続的ではなく、その位置で断続的に生じていることを反映しており、g-SRB 独自の欠陥分布の現れである。以上の結果は、トモグラフィックマップの相互相関分析によって、特異構造が結晶の周囲に及ぼす結晶学的な影響を定量的に評価できることを示している。

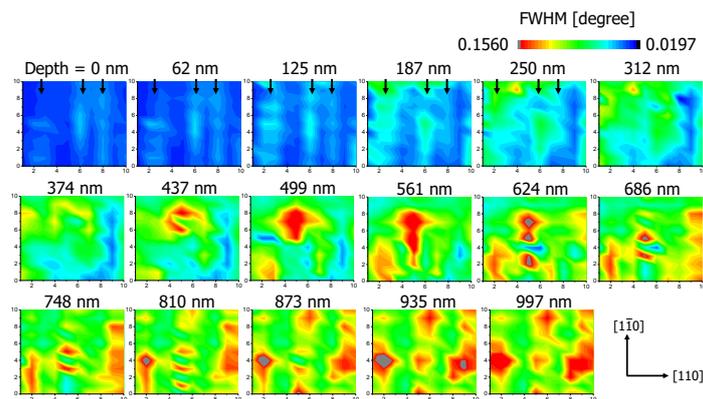


図 1 CC-SG/g-SRB 構造の  $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$  領域のトモグラフィックマップ。深さ方向の間隔は約 62 nm で計測。深さ 0 nm のマップが CC-SG に対応しており、主に黒矢印で示したマップ中に縦方向に走るコントラストは g-SRB 中に存在する 60°ミスフィット転位に対応している。

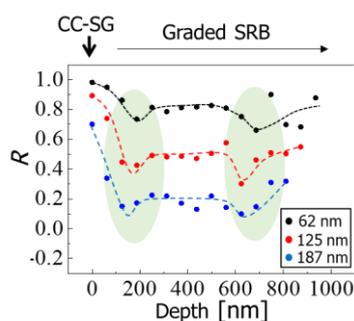
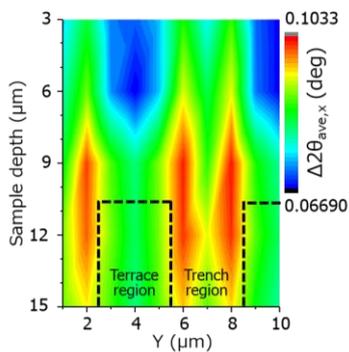


図 2 図 1 の各マップから求めた、深さ間隔 62, 125, 187 nm のマップ同士の相互相関係数。間隔が小さいほど相関が高くなる。深さ約 200, 700 nm 付近に見られるディップは g-SRB 中の同深さ位置付近に導入された転位の存在を示している。

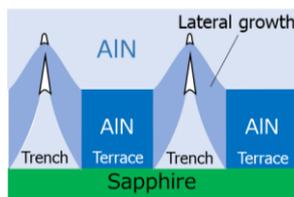
#### ② AlN 膜特異構造深さ分解結晶評価

図 3 は本研究で開発した Pt wire differential aperture による回折 X 線からの深さ情報抽出の状況を模式的に表している。評価試料と検出器の間に配置した Pt 線によって、試料から発生した回折 X 線の一部を遮断し、表層からある深さまでの情報を選択的に取得することができる。

図 4(a)は、溝加工 AlN/サファイアテンプレート上に成長した AlN エピタキシャル厚膜に対して同手法を適用し取得した深さ方向および横方向の変化を表した 2 次元マップである。図 4(b)の成長モデルと比較すれば、溝領域の両サイドで特徴的な分布が確認される。この領域の深さ依存の 2θ プロファイルを図 4(c)に示す。深さ 6 μm より深部において、高角度側に回折ピークの肩が観察され、これらは溝部側壁から横方向成長した領域において比較的大きな格子面間隔の揺らぎが生じていることを意味している。また、格子面傾斜揺らぎも同様に抽出したところ、いずれも深部に比べてテラス領域の表層付近の値が非常に小さくなっていった。これは、溝周辺領域の結晶性が低下することで、逆に AlN 膜表層の結晶性が向上していることを示している。すなわち、溝領域深部がその他の領域に対する犠牲層の役割を果たしていると解釈することができる。以上の結果から、開発された Pt wire differential-aperture による深さ分解解析を用いて、AlN 厚膜深部における特異構造が、表層の結晶性の向上に与える影響を、3 次元かつ定量的に確認することができた。



(a)



(b)

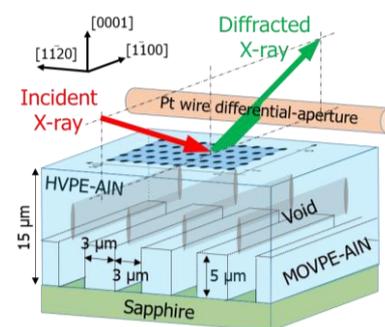
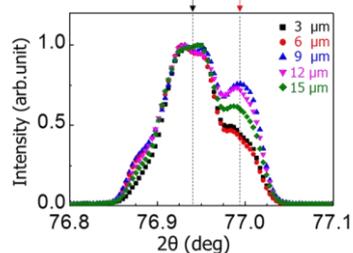


図 3 Pt wire differential-aperture による深さ情報抽出の原理図。試料から約 100 μm 離して置かれた Pt 線によって、回折 X 線の一部を遮断し、表層からある深さまでの情報を選択的に取得する。平面の 2 次元情報は、回折させる位置に応じて Pt 線を走査して取得する。



(c)

図 4 (a) 溝加工 AlN/サファイアテンプレート上に成長した AlN エピタキシャル厚膜の格子面間隔揺らぎの深さ分解マップ。溝部側壁で揺らぎが局所的に大きくなっている。(b) 同試料の成長モデル。溝部側壁から横方向成長が生じ、特異構造であるナノボイドを形成する。(c) 横方向成長領域に着目した 2θ プロファイルの深さ依存性。(b)で観察された格子面間隔揺らぎは、異なる格子定数を有する横方向成長領域に起因していることがわかる。

## (2) 転位の局所電気的特性と結晶構造の複合解析

Na フラックス法によって作製された GaN バルク単結晶は、主に 2 つの結晶領域、すなわち、c 面成長領域 (cGS) およびファセット成長領域 (FGS) で構成されている。図 5 は cGS の MPPL 像である。今回、結晶の大部分を占める cGS 中に、マイクロメートルサイズの特異構造が局所的に存在することが見いだされた。これは酸素不純物が高濃度に取り込まれたファセット成長領域で μ-FGS と呼ばれる。同像中に観察される個々の転位に対して、C-AFM による局所電流電圧特性を計測した結果 (図 6)、cGS 上では電極直下に転位があっても漏れ電流は抑制される一方で、局所的に存在する μ-FGS 上では電極直下の転位構造や転位の有無に依らず漏れ電流が発生する。μ-FGS において転位が漏れ電流特性に与える効果は転位構造によって大きく異なり、転位起因の歪場により不純物等の点欠陥が転位周辺に集積し過剰な漏れ電流に寄与していること、その集積量が転位構造に依存していることが示唆された。以上の結果から、転位自体の構造や種類のみならず、転位周辺の特異的な結晶状態が漏れ電流特性に重大な影響を及ぼすことが明らかになった。また、ここでは漏れ電流が抑制された GaN 単結晶基板を実現するために、μ-FGS の発現を抑制する結晶成長プロセスの重要性を指摘した。

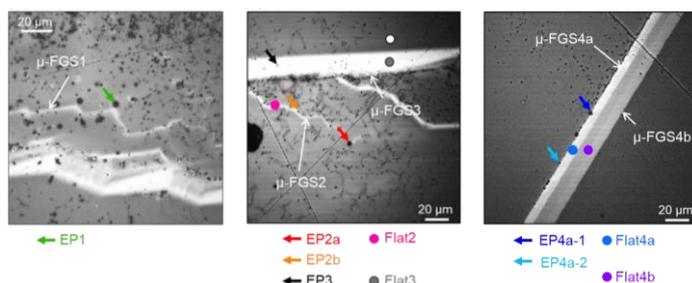


図 5 Na フラックス GaN の MPPL 像。矢印で示す転位エッチピットに対して、C-AFM を用いて漏れ電流特性を計測した。波状もしくは縞状の明るいコントラストは、結晶内に存在する μ-FGS を表す。

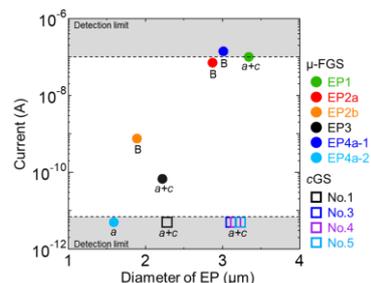


図 6 図 5 の転位から計測した漏れ電流値と各転位のエッチピットサイズ。電流値は 5 V 印加時の値。

### (3) Na フラックス GaN バルク結晶中の局所圧電特性

マルチポイントシード GaN 基板上に成長させた Na フラックス GaN バルク単結晶 (図 7) を構成する cGS、FGS、cGS 内特異的領域 (SR)、cGS/FGS 境界領域 (BR) を対象にして、それらの局所圧電物性を PFM 評価した。圧電応答の定量解析の結果、成長領域による依存性が強く、

各成長領域で異なる圧電応答挙動を示すことが明らかになった (図 8)。特に、図 9 に示すように、FGS の圧電応答は cGS に比べて極端に小さくなる。結晶学および電気的特性の観点から、この圧電応答差を生じさせる原因を検討した結果、FGS における圧電応答の減少は、結晶成長中に同領域に、より多く取り込まれた酸素不純物起源の自由キャリアが引き起こすスクリーニング効果によると結論付けた。本結果は、GaN 結晶における局所的な圧電応答挙動が、n 型ドーパントとして作用する酸素不純物量、GaN の成長モード、成長領域を含む結晶学的構造に敏感に依存することが示されており、デバイスクオリティを保証するうえで、結晶の圧電特性評価の重要性が示された。

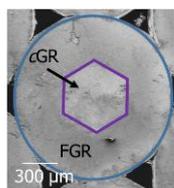


図 7 Na フラックス GaN 結晶の表面走査電子顕微鏡像。

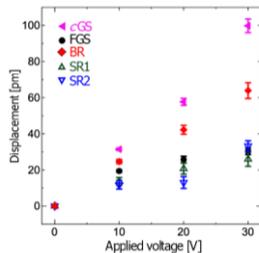


図 9 同 GaN 結晶の各領域において測定した圧電応答による変位の印加電圧依存性。

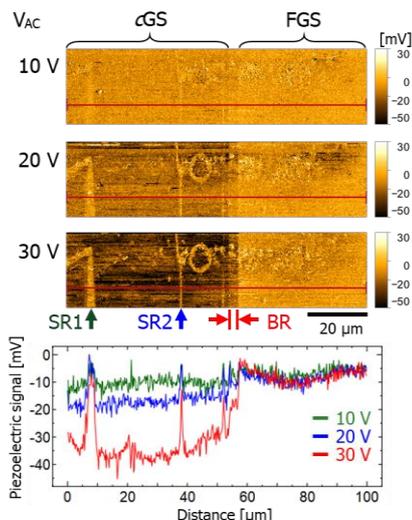


図 8 同 GaN 結晶の cGS と FGS の境界付近を各電圧における非共振モード PRM で観測した結果、圧電応答像 (上) および対応する断面プロファイル (下)。

### (4) AlGaIn/GaN HEMT 逆圧電効果格子変形の放射光オペランド計測

nanoXRD 光学系においてポンププローブ法を用い、放射光パルス X 線とデバイス印加電圧を同期・位相変調させることで、AlGaIn/GaN HEMT デバイスのゲート電圧印加動作下における逆圧電効果が引き起こす局所格子変形の定量観測を試みた。図 10 に示すように、X 線パルス幅 1.8  $\mu$ s のスタティックな測定では、ゲート負電圧印加によって AlGaIn バリア層の c 軸方向の格子面間隔が増大する。一方、正電圧印加ではほとんど変化しない。こうした現象は、本デバイスにおける III 族元素配向 AlGaIn 層の圧電物性と印加電圧の極性から決定される格子変形挙動と一致している。さらに、観測された格子変形量は、基板クランピング効果を考慮した AlGaIn の圧電定数とエネルギーバンドの理論計算で導出される電界から予測される値とほぼ等しいことを確認し、これより逆圧電効果による格子変形の定量的オペランド計測に成功したといえる。また、X 線パルス幅 60 ps の時分割測定では、図 11 に示すように、ゲート電圧印加に依存した局所格子変形挙動をナノ秒スケールの時間分解能で捉えることに成功した。その格子変形はゲート電圧印加に対して数十~数百ナノ秒程度のタイムラグを示し、それはデバイスの内部容量に起因する過渡電流による電圧降下が寄与している。以上の結果は、窒化物半導体デバイス動作中に特異構造が誘発する結晶学的構造変化のダイナミクスを取り扱った、世界で初めての研究成果であり、半導体結晶中における特異構造の時間発展に関わる新たな展開に繋がる。

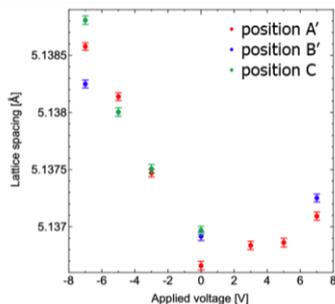


図 10 スタティック測定で得られた、AlGaIn バリア層 c 軸方向格子面間隔のゲート電圧依存性。ゲート電極直下にある 3 箇所測定したデータを掲載。格子面間隔はゲート負電圧印加で電圧値に比例して増加する一方、正電圧印加ではほとんど変化しない。

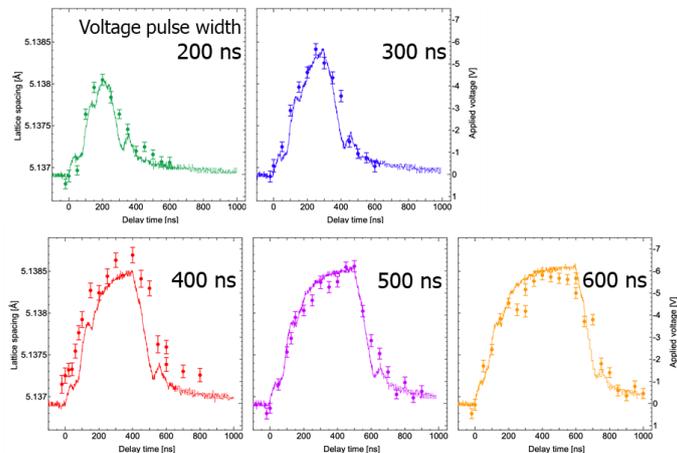


図 11 時分割ダイナミクス測定において、種々の電圧パルス幅で得られた AlGaIn 層 c 軸格子面間隔の時間依存性。逆圧電効果によるナノ秒スケールでの格子面間隔変化の検出に成功した。フィッティングカーブは格子面間隔と正味の印加ゲート電圧との相関を表す。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ueda A., Hamachi T., Okazaki A., Takeuchi S., Tohei T., Imanishi M., Imade M., Mori Y., Sakai A.	4. 巻 128
2. 論文標題 Local piezoelectric properties in Na-flux GaN bulk single crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 125110 ~ 125110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0018336	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 林 侑介	4. 巻 47
2. 論文標題 窒化物半導体の極性反転と深紫外光デバイスへの応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本結晶成長学会誌	6. 最初と最後の頁 n/a~
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.19009/jjacg.47-3-06	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hamachi Takeaki, Tohei Tetsuya, Imanishi Masayuki, Mori Yusuke, Sakai Akira	4. 巻 58
2. 論文標題 Local current leakage at threading dislocations in GaN bulk single crystals grown by a modified Na-flux method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 050918 ~ 050918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab14f9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shida Kazuki, Yamamoto Nozomi, Tohei Tetsuya, Imanishi Masayuki, Mori Yusuke, Sumitani Kazushi, Imai Yasuhiko, Kimura Shigeru, Sakai Akira	4. 巻 58
2. 論文標題 Quantitative analysis of lattice plane microstructure in the growth direction of a modified Na-flux GaN crystal using nanobeam X-ray diffraction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SCCB16 ~ SCCB16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0d05	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamachi Takeaki, Tohei Tetsuya, Imanishi Masayuki, Mori Yusuke, Sakai Akira	4. 巻 58
2. 論文標題 Correlation between current leakage and structural properties of threading dislocations in GaN bulk single crystals grown using a Na-flux method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SCCB23 ~ SCCB23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shida Kazuki, Takeuchi Shotaro, Tohei Tetsuya, Imai Yasuhiko, Kimura Shigeru, Schulze Andreas, Caymax Matty, Sakai Akira	4. 巻 33
2. 論文標題 Depth-resolved analysis of lattice distortions in high-Ge-content SiGe/compositionally graded SiGe films using nanobeam x-ray diffraction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Semiconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 124005 ~ 124005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6641/aae6d9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fodjo Essy Kouadio, Canlier Ali, Kong Cong, Yurtsever Ayhan, Guillaume Pohan Lemeyonouin Aliou, Patrice Fato Tano, Abe Masayuki, Tohei Tetsuya, Sakai Akira	4. 巻 7
2. 論文標題 Facile Synthesis Route of Au-Ag Nanostructures Soaked in PEG	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Nanoparticles	6. 最初と最後の頁 37 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/anp.2018.72004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Imai Yasuhiko, Sumitani Kazushi, Kimura Shigeru	4. 巻 2054
2. 論文標題 Current status of nanobeam x-ray diffraction station at SPring-8	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 050004-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5084622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sumitani Kazushi、Imai Yasuhiko、Kimura Shigeru	4. 巻 24
2. 論文標題 Compound Refractive Lens Optics for Microbeam X-ray Diffraction Measurements at BL13XU in SPring-8	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microscopy and Microanalysis	6. 最初と最後の頁 306 ~ 309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S1431927618013855	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sumitani K.、Imai Y.、Kimura S.	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of compound refractive lenses made of quartz glass designed for microdiffraction system at BL13XU in SPring-8	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 C09002 ~ C09002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/13/09/C09002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Tomoya、Ichinose Daichi、Oshima Naoya、Mimura Takanori、Nemoto Yuichi、Shimizu Takao、Imai Yasuhiko、Uchida Hiroshi、Sakata Osami、Funakubo Hiroshi	4. 巻 57
2. 論文標題 Time response demonstration of in situ lattice deformation under an applied electric field by synchrotron-based time-resolved X-ray diffraction in polar-axis-oriented epitaxial Pb(Zr,Ti)O <sub>3</sub> film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 0902B8 ~ 0902B8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.0902B8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawano M.、Yamada T.、Matsuo S.、Yoshino M.、Nagasaki T.、Sakata O.、Imai Y.	4. 巻 なし
2. 論文標題 Domain Switching by Applied Electric Field in (001) and (111)-epitaxial (K <sub>0.5</sub> Nb <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference (IFAAP 2018)	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISAF.2018.8463311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 酒井 朗, 鎌田祥平, 志田和己, 竹内正太郎, 今井康彦, 木村 滋	4. 巻 45
2. 論文標題 半導体結晶中特異構造の3次元微細構造解	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本結晶成長学会誌	6. 最初と最後の頁 45-1-04-1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamachi T., Takeuchi S., Tohei T., Imanishi M., Imade M., Mori Y., Sakai A.	4. 巻 123
2. 論文標題 Leakage current analysis for dislocations in Na-flux GaN bulk single crystals by conductive atomic force microscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 161417 ~ 161417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5011345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shida K., Takeuchi S., Tohei T., Miyake H., Hiramatsu K., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.	4. 巻 123
2. 論文標題 Microstructural analysis in the depth direction of a heteroepitaxial AlN thick film grown on a trench-patterned template by nanobeam X-ray diffraction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 161563 ~ 161563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5011291	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeuchi S., Mizuta Y., Imanishi M., Imade M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.	4. 巻 122
2. 論文標題 Control of dislocation morphology and lattice distortion in Na-flux GaN crystals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 105303 ~ 105303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4989647	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Kamada, S. Takeuchi, D. T. Khan, H. Miyake, K. Hiramatsu, Y. Imai, S. Kimura, A. Sakai	4. 巻 9
2. 論文標題 Microstructural analysis of an epitaxial AlN thick film/trench-patterned template by three-dimensional reciprocal lattice space mapping technique	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 111001-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/APEX.9.111001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Shida, S. Takeuchi, Y. Imai, S. Kimura, A. Schulze, M. Caymax, A. Sakai	4. 巻 9
2. 論文標題 Tomographic mapping analysis in the depth direction of high-Ge-content SiGe layers with compositionally graded buffers using nanobeam X-ray diffraction	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 13726-13732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.7b01309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計85件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 34件)

1. 発表者名 Sakai A.
2. 発表標題 Operando analysis of strain induced by inverse piezoelectric effect in AlGaIn/GaN HEMT using synchrotron radiation nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 THERMEC'2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakai A.
2. 発表標題 Operando analysis of local strain induced by inverse piezoelectric effect in AlGaIn/GaN HEMT using synchrotron radiation nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 SPIE Photonics West 2021, OE107, Gallium Nitride Materials and Devices XVI (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakai A., Imai Y., Hayasahi Y., Tohei T.
2. 発表標題 Advanced analysis of singularity structures in semiconductor materials and devices by synchrotron radiation nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hayashi Y., Chaudhuri R., Cho Y., Xing H. G., Jena D., Miyake H., Tohei T., Sakai A.
2. 発表標題 Sputtered and annealed AlN templates for photonic and electronic devices
3. 学会等名 Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakai A., Hayashi Y., Tohei T., Y. Imai Y.
2. 発表標題 Space- and time-revolved synchrotron X-ray diffraction for analysis of singularity structures in semiconductor materials
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-8) ( (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wu Z. D., Shida K., Hamachi T., Hayashi Y., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Structural analysis of Na-flux GaN by nanobeam X-ray diffraction: Local lattice constant variation depending on the growth sector
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-8) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Imai Y., Sumitani K., Kimura S., Hamachi T., Shida K., Tohei T., Miyake H., Sakai A.
2. 発表標題 Depth-resolved three-dimensional characterization of semiconductor materials using nanobeam X-ray diffraction combined with differential-aperture technique
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-8) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩見 春奈、嶋田 章宏、藤平 哲也、林 侑介、金木 奨太、橋詰 保、今井 康彦、隅谷 和嗣、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 AlGaIn/GaN HEMTデバイスにおける局所圧電格子変形の放射光ナノビームX線回折オペランド計測
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱地 威明、藤平 哲也、林 侑介、宇佐美 茂佳、今西 正幸、森 勇介、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折によるHVPE-GaNバルク結晶における単独貫通転位周辺の局所歪解析
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 望、林 侑介、濱地 威明、中西 悠太、藤平 哲也、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、正直 花奈子、三宅 秀人、酒井 朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折法によるNPSS上AlN厚膜の深さ分解結晶性トモグラフィック評価
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗谷 淳、藤平 哲也、濱地 威明、林 侑介、滝野 淳一、隅 智亮、宇佐美 茂佳、今西 正幸、森 勇介、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折によるOVPE成長GaN結晶の微細構造解析
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wu Z. D., Hamachi T., Hayashi Y., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Analysis of stress and impurity evolution related to growth sector in Na-flux GaN by nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱地 威明、藤平 哲也、林 侑介、今西 正幸、森 勇介、酒井 朗
2. 発表標題 HVPE-GaNバルク結晶におけるa及びa+cタイプ貫通転位の3次元伝播挙動の解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 望、濱地 威明、林 侑介、藤平 哲也、三宅 秀人、酒井 朗
2. 発表標題 N-PSS上スパッタ堆積アニールAINテンプレートに成長させたAIN厚膜の微細構造解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 侑介、野本 健斗、濱地 威明、藤平 哲也、三宅 秀人、五十嵐 信行、酒井 朗
2. 発表標題 スパッタ法と高温アニールで作製した - c/+c AlN薄膜の電子線回折による極性判定
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱地 威明、藤平 哲也、林 侑介、今西 正幸、森 勇介、五十嵐 信行、酒井 朗
2. 発表標題 HVPE-GaNバルク結晶における貫通転位の3次元的形態とパーガースペクトルの関係
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 嶋田 章宏、塩見 春奈、藤平 哲也、林 侑介、金木 奨太、橋詰 保、今井 康彦、隅谷 和嗣、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 AlGaIn/GaN HEMTデバイスにおける局所圧電格子変形の放射光ナノビームX線回折オペランド計測
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wu Z. D., Shida K., Hamachi T., Hayashi Y., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Structural analysis of Na flux GaN by nanobeam X ray diffraction: Local lattice constant variation depending on the growth mode
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗谷 淳、藤平 哲也、濱地 威明、林 侑介、滝野 淳一、隅 智亮、今西 正幸、森 勇介、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 OVPE法で成長した GaN バルク単結晶の微細構造解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤平 哲也
2. 発表標題 複合顕微鏡アプローチによる機能性結晶のマルチスケール構造・物性解析
3. 学会等名 令和2年度 日本材料学会半導体エレクトロニクス部門委員会 第1回特別研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wu Z. D., Shida K., Hamachi T., Hayashi Y., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Structural analysis of Na-flux GaN by nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 日本結晶成長学会ナノエピ分科会「第12回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wu Z. D., Shida K., Hayashi Y., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Z. D. Wu, K. Shida, Y. Hayashi, T. Tohei, M. Imanishi, Y. Mori, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, and A. Sakai
3. 学会等名 第3回結晶工学 × ISYSE 合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ueda A., Shiomi H., Tohei T., Ando Y., Hashizume T., Imai Y., Sumitani K., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Operando analysis of local piezoelectric lattice distortion in AlGaIn/GaN HEMT devices using synchrotron radiation nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 13th International Conference on Nitride Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hamachi T., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Multilateral investigation of electrical and microstructural properties of threading dislocations in Na-flux-grown GaN crystals
3. 学会等名 13th International Conference on Nitride Semiconductors (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayashi Y., Uesugi K., Shojiki K., Katayama R., Sakai A., Miyake H.
2. 発表標題 Fabrication of +c/-c AlN Structure toward IR Wavelength Conversion
3. 学会等名 8th International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tohei T., Manabe M., Takino J., Sumi T., Imanishi M., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Defect structure analysis of OVPE grown homoepitaxial GaN thick film
3. 学会等名 The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Imai Y., Sumitani K., Kimura S., Shida K., Tohei T., Sakai A.
2. 発表標題 Depth-resolved three-dimensional characterization of semiconductors using nanobeam X-ray diffraction combined with a differential-aperture technique
3. 学会等名 The 8th Conference on Defects-Recognition, Imaging and Physics in Semiconductors (DRIP XVIII) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志田和己、藤平哲也、林 侑介、隅谷和嗣、今井康彦、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折法による高Ge組成SiGe / 組成傾斜SiGe / Si積層構造の深さ分解結晶性トモグラフィック評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱地威明、藤平哲也、林 侑介、今西正幸、森 勇介、酒井 朗
2. 発表標題 Na-flux-GaN上に育成したHVPE-GaNバルク単結晶における貫通転位の形態と漏れ電流特性の評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 侑介、上杉謙次郎、正直花奈子、三宅秀人、藤平哲也、酒井 朗
2. 発表標題 高温熱処理したスパッタAIN膜の熱歪解析
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀一朗、林 侑介、藤平哲也、佐藤 隆、三好直哉、村上明繁、皿山正二、今井康彦、隅谷和嗣、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 高Ge添加NaフラックスGaN結晶の特異構造解析
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年第3回支部講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗谷 淳、藤平哲也、志田和己、濱地威明、林 侑介、滝野淳一、隅 智亮、今西正幸、森 勇介、隅谷和嗣、今井康彦、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 Oxide-Vapor-Phase-Epi taxy法で成長したGaNバルク単結晶の微細構造解析
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年第3回支部講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 望、濱地威明、林 侑介、藤平哲也、三宅秀人、酒井 朗
2. 発表標題 Nano-patterned sapphire substrate上のスパッタ堆積アニールAINテンプレートをを用いたAIN厚膜の欠陥構造解析
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年第3回支部講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱地威明、藤元聖人、藤平哲也、林 侑介、今西正幸、森 勇介、酒井 朗
2. 発表標題 HVPE-GaNバルク単結晶中貫通転位における漏れ電流特性に及ぼす転位構造の影響
3. 学会等名 第2回結晶工学 × ISYSE 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wu Zhendong, Shida Kazuki, Hamachi Takeaki, Tohei Tetsuya, Hayashi Yusuke, Imanishi Masayuki, Mori Yusuke, Sumitani Kazushi, Imai Yasuhiko, Kimura Shigeru, Sakai Akira
2. 発表標題 Microstructure analysis of FFC-GaN crystal
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2019年第2回支部講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱地威明、藤元聖人、藤平哲也、林 侑介、今西正幸、森 勇介、酒井 朗
2. 発表標題 HVPE-GaNバルク単結晶における貫通転位の構造と漏れ電流の関連性
3. 学会等名 第3回電子材料若手交流会 ( ISYSE ) 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志田和己、藤平哲也、林 侑介、隅谷和嗣、今井康彦、木村 滋、酒井 朗
2. 発表標題 組成傾斜層を有するSi基板上高Ge組成SiGe膜の深さ分解ナノビームX線回折評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱地威明、藤元聖人、藤平哲也、林 侑介、今西正幸、森 勇介、酒井 朗
2. 発表標題 ハイドライド気相成長GaNバルク単結晶の 単独貫通転位における漏れ電流評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 侑介、上杉謙次郎、正直花奈子、片山竜二、酒井 朗、三宅秀人
2. 発表標題 近赤外波長変換に向けた+c AlN/-c AlN構造の作製
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱地威明、藤平哲也、今西正幸、森 勇介、酒井 朗
2. 発表標題 NaフラックスGaNバルク単結晶における貫通転位の結晶構造と漏れ電流の関連性
3. 学会等名 第11回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakai A., Takeuchi S., Shida K., Kamada S., Tohei T., Imai Y., Kimura S., Miyake H., Hiramatsu K.
2. 発表標題 Three-dimensional Analysis of Defect-related Singularity Structures in Semiconductor Materials
3. 学会等名 OIST-Singularity Project Joint Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakai A.
2. 発表標題 Three-dimensional structural and defect analysis by nanobeam X-ray diffraction for semiconductor materials
3. 学会等名 THERMEC'2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakai A.
2. 発表標題 Defect characterization in nitride semiconductor bulk materials
3. 学会等名 The International Workshop on Nitride Semiconductors 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakai A.
2. 発表標題 Dislocation Properties in Bulk GaN Substrates
3. 学会等名 IDGN-4 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shida K., Takeuchi S., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Nanobeam X-ray Diffraction Analysis of Local Lattice Distortions in the Growth Direction of a Modified Na-Flux GaN Bulk Crystal
3. 学会等名 International Symposium on Growth of III-Nitrides (ISGN-7) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hamachi T., Takeuchi S., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Leakage current analysis for individual dislocations in the modified Na-flux GaN bulk single crystal
3. 学会等名 International Symposium on Growth of III-Nitrides (ISGN-7) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shida K., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Quantitative analysis of lattice plane microstructure in the growth direction of a modified Na-flux GaN crystal using nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hamachi T., Tohei T., Imanishi M., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Local electrical and structural analysis for threading dislocations in the modified Na-flux GaN bulk single crystals
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shida K., Takeuchi S., Tohei T., Imai Y., Kimura S., Schulze A., Caymax M., Sakai A.
2. 発表標題 Tomographic mapping analysis of lattice distortions in the depth direction of high-Ge-content SiGe films with compositionally graded buffer layers using nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 1st Joint ISTDM/ICSI 2018 Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井朗, 志田和己, 植田瑛, 藤平哲也, 今井康彦, 隅谷和嗣, 木村滋
2. 発表標題 放射光ナノビームX線回折を用いた半導体材料・デバイスの構造解析
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会, 結晶工学 x 放射光シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 志田和己, 山本望, 藤平哲也, 今西正幸, 森勇介, 隅谷和嗣, 今井康彦, 木村滋, 酒井朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折法による改良型NaフラックスGaNバルク単結晶の深さ方向結晶構造解析
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱地威明, 藤平哲也, 今西正幸, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 改良型NaフラックスGaN単結晶内単独転位の漏れ電流特性解析
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植田瑛, 竹内正太郎, 藤平哲也, 今西正幸, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 圧電応答顕微鏡法によるNaフラックス成長GaN単結晶の局所圧電物性解析 圧電応答顕微鏡法によるNaフラックス成長GaN単結晶の局所圧電物性解析
3. 学会等名 平成30年度応用物理学会第2回関西支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 真鍋海希, 藤平哲也, 滝野淳一, 隅智亮, 今西正幸, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 OVPE法によるホモエピタキシャルGaN厚膜の欠陥構造評価
3. 学会等名 平成30年度応用物理学会第2回関西支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植田瑛, 藤平哲也, 安藤祐也, 橋詰保, 今井康彦, 隅谷和嗣, 木村滋, 酒井朗
2. 発表標題 放射光ナノビームX線回折による窒化物半導体HEMTデバイスにおける圧電応答局所格子変形の直接観測
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植田瑛, 藤平哲也, 安藤祐也, 橋詰保, 今井康彦, 隅谷和嗣, 木村滋, 酒井朗
2. 発表標題 放射光ナノビームX線回折による窒化物半導体HEMTデバイスにおける圧電応答局所格子変形ダイナミクスの観測
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱地 威明, 藤平 哲也, 今西 正幸, 森 勇介, 酒井 朗
2. 発表標題 NaフラックスGaNバルク単結晶の単独転位における漏れ電流特性とバーガースペクトルの解析
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 真鍋海希, 藤平哲也, 滝野淳一, 隅智亮, 今西正幸, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 OVPE法によるホモエピタキシャルGaN厚膜の欠陥構造評価
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ueda A., Takeuchi S., Tohei T., Imanishi M., Imade M., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Characterization of local piezoelectric property in Na-flux GaN bulk single crystals
3. 学会等名 29th International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS29) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shida K., Takeuchi S., Tohei T., Miyake H., Hiramatsu K., Sumitani K., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 In depth microstructural analysis of heteroepitaxial AlN thick films grown on trench-patterned templates by nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 29th International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS29) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hamachi T., Takeuchi S., Tohei T., Imanishi M., Imade M., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Leakage current analysis for dislocations in Na-flux GaN bulk single crystals by conductive atomic force microscopy
3. 学会等名 29th International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS29) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeuchi S., Mizuta Y., Imanishi M., Imade M., Mori Y., Imai Y., Kimura S., Sakai A.
2. 発表標題 Nano beam X-ray diffraction analysis of Na flux GaN bulk crystals grown with controlling seed crystal surfaces and growth mode
3. 学会等名 The 12th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-12) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeuchi S., Mizuta Y., Imanishi M., Imade M., Imai Y., Kimura S., Mori Y., Sakai A.
2. 発表標題 Control of dislocation propagation behaviors in Na-flux GaN bulk crystals
3. 学会等名 The 12th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-12) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 酒井朗, 志田和己, 竹内正太郎, 藤平哲也, 今井康彦, 木村滋
2. 発表標題 窒化物半導体中の格子欠陥が生み出す特異構造の3次元解析
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 志田和己, 竹内正太郎, 藤平哲也, 今井康彦, 木村滋, Schluze Andreas, Caymax Matty, 酒井朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折を用いた組成傾斜層を有する高Ge組成SiGe膜の結晶深さ方向格子面微細構造トモグラフィック解析
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱地威明, 竹内正太郎, 藤平哲也, 今西正幸, 今出完, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 改良型Na フラックスGaN 単結晶内の単独転位における漏れ電流特性評価
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井康彦, 木村滋
2. 発表標題 白金細線を回折ビームプロファイラーとして用いた深さ分解ナノビームX線回折法の開発
3. 学会等名 第31回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 志田和己, 竹内正太郎, 今井康彦, 木村滋, Andreas Schulze, Matty Caymax, 酒井朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折法による高Ge組成SiGe / 組成傾斜SiGeの結晶深さ方向断層マッピング解析
3. 学会等名 応用物理学会結晶工学分科会 第6回結晶工学未来塾
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 濱地威明, 竹内正太郎, 今西正幸, 今出完, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 NaフラックスGaN単結晶内の孤立転位に起因した局所漏れ電流特性評価
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植田瑛, 竹内正太郎, 今西正幸, 今出完, 森勇介, 酒井朗
2. 発表標題 圧電応答顕微鏡法によるNa フラックスGaN 単結晶の局所圧電物性解析
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 志田和己, 竹内正太郎, 三宅秀人, 平松和政, 隅谷和嗣, 今井康彦, 木村滋, 酒井朗
2. 発表標題 ナノビームX線回折法による周期溝加工基板上AlN厚膜の結晶深さ方向構造解析
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Sakai, T. Takeuchi
2. 発表標題 Three-dimensional reciprocal space mapping analysis for localized structures and defects in nitride semiconductor materials
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN 2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Shimizu, M. Shimotani, S. Takeuchi, A. Sakai
2. 発表標題 Reversible resistive switching by the voltage-driven control of oxygen vacancy distribution in four terminal planar TiO <sub>2</sub> -x-based devices
3. 学会等名 The 20th SANKEN International The 15th SANKEN Nanotechnology Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Mizuta, S. Takeuchi, M. Imanishi, M. Imade, Y. Imai, S. Kimura, Y. Mori, A. Sakai
2. 発表標題 Lattice plane microstructure analysis of Na-flux GaN bulk crystals by nanobeam X-ray diffraction
3. 学会等名 The 20th SANKEN International The 15th SANKEN Nanotechnology Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 K. Shida, S. Takeuchi, Y. Imai, S. Kimura, A. Shulze, M. Caymax, A. Sakai
2 . 発表標題 Nanobeam X-ray diffraction for tomographic mapping analysis of high Ge content Si <sub>1-y</sub> Ge <sub>y</sub> /compositionally graded Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> stacked structure
3 . 学会等名 The 20th SANKEN International The 15th SANKEN Nanotechnology Symposium ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 K. Shida, S. Takeuchi, Y. Imai, S. Kimura, A. Shulze, M. Caymax, A. Sakai
2 . 発表標題 Tomographic mapping analysis of high Ge composition SiGe layers with compositionally graded buffers by Nanobeam X-ray diffraction
3 . 学会等名 The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Y. Mizuta, S. Takeuchi, M. Imanishi, M. Imade, Y. Imai, S. Kimura, Y. Mori, A. Sakai
2 . 発表標題 Nano beam X-ray diffraction analysis of microstructures in Na-flux GaN bulk crystals grown with controlling seed crystal surfaces and growth mode
3 . 学会等名 The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. Shimizu, M. Shimotani, S. Takeuchi, A. Sakai
2 . 発表標題 Demonstration of reversible resistive switching by the control of oxygen vacancy distribution in rutile TiO <sub>2-x</sub> single crystals
3 . 学会等名 The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Imai, K. Sumitani, S. Kimura
2. 発表標題 Synchrotron nano-beam X-Ray diffraction at SPring-8
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Imai
2. 発表標題 An automatic sample positioning system for nano-beam X-ray diffraction multi-scale mapping
3. 学会等名 13th Biennial Conference on High Resolution X-Ray Diffraction and Imaging (XTOP2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 清水拓磨、竹内正太郎、酒井朗
2. 発表標題 ルチル型TiO <sub>2</sub> 単結晶の酸素空孔分布による抵抗変化の繰返し特性
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口賢吾、竹内正太郎、五十嵐信行、酒井朗
2. 発表標題 ルチル型TiO <sub>2</sub> 単結晶メモリスタ素子の抵抗変化領域における価電子状態解析
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今井康彦、隅谷和嗣、木村滋
2. 発表標題 金細線パターンを用いたナノビームX線回折のための試料位置でのゴニオメータ偏芯量評価
3. 学会等名 第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水田祐貴、竹内正太郎、今西正幸、今出完、今井康彦、木村滋、森勇介、酒井朗
2. 発表標題 X線マイクロ回折による種結晶表面・成長モード制御NaフラックスGaNの微視的結晶構造解析
3. 学会等名 第77回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 清水拓磨、竹内正太郎、酒井朗
2. 発表標題 ルチル型TiO <sub>2</sub> 単結晶の酸素空孔分布制御と抵抗変化特性
3. 学会等名 第77回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	今井 康彦  (IMAI YASUHIKO)  (30416375)	公益財団法人高輝度光科学研究センター・回折・散乱推進 室・主幹研究員   (84502)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	藤平 哲也  (TOHEI TETSUYA)	大阪大学・基礎工学研究科・准教授  (14401)	
研究協力者	林 侑介  (HAYASHI YUSUKE)	大阪大学・基礎工学研究科・助教  (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ベルギー	imec			
米国	コーネル大学			