

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02639

研究課題名（和文）酸化ガリウムを原料とした気相法による低転位GaN結晶の厚膜成長技術開発

研究課題名（英文）Study of thick GaN crystals with low-dislocation density by the vapor phase epitaxy with an oxide gallium source

研究代表者

今西 正幸（Imanishi, Masayuki）

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：00795487

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では高品質かつ厚膜のGaN結晶をoxide vapor phase epitaxy（OVPE）法により作製し、格子定数や欠陥密度を測定することを目的とした。新規にホットウォール加熱形式のヒーターを導入することや、Ga源の供給量を増加させることにより、300um/hの高速成長を実現し、問題となっていた大ピットを抑制することに成功した。局所加熱装置を用いた場合についても、高水素濃度かつ、高 比の条件下で成長速度500um/hを達成した。格子定数については高酸素不純物濃度であるにも関わらず、a軸方向の格子定数は想定していたほど拡張せず、エピタキシャル成長も問題なく実施できることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、厚膜成長技術の主流として用いられているハイドライド気相成長（HVPE）法では結晶成長速度が200 μm/hと大きいのが特徴であるが、局所的な高酸素濃度領域を起点としてクラックが度々生じることが報告されているのに加え、転位密度は種結晶に依存する。一方、OVPE法は、ファセット成長により種結晶から転位密度が減少する機構を有している。また、酸素不純物が成長面に依存せず全面に含まれており、クラックが発生しづらいことから厚膜のバルクGaN結晶を安定的に供給できる可能性がある。本手法により低転位GaNウエハが安価で入手可能になり、GaN系デバイス分野の研究も飛躍的に進展することが期待される。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to fabricate high-quality, thick GaN crystals by the oxide vapor phase epitaxy (OVPE) method and to measure the lattice parameter and defect density. By introducing a new hot-wall heater and increasing the amount of Ga source supplied, a high-speed growth rate of 300 um/h was achieved, and the problem of large pits was successfully suppressed. In the case of using a local heating system, a growth rate of 500 um/h was also achieved under high hydrogen concentration and high VIII ratio conditions. The lattice constant in the a-axis direction did not expand as much as expected despite the high oxygen impurity concentration, and epitaxial growth could be performed without any problem.

研究分野：結晶工学

キーワード：OVPE GaN 低転位 低抵抗

### 1. 研究開始当初の背景

GaN系窒化物半導体は、半導体材料の中では最も優れた光・電子特性を有しており、LED等の青色発光デバイスとして実用化されている。近年では、電力損失がSiの1/10以下のパワーデバイスをはじめ、携帯電話の1,000倍の速度・通信容量を実現する超高速動作トランジスタや、高出力発光ダイオードやレーザーダイオード等の新技術開発が進められている。しかしながら、これらのデバイスには高品質かつ安価な下地結晶が必要であり、Siのような大口径・高品質インゴット(厚膜結晶)のGaNが存在しないことからその実現には至っていない。現在の市販GaN結晶は、異種結晶(サファイア、ガリウムヒ素等)上にハイドライド気相成長(HVPE)法によって作製されている<sup>[1]</sup>。この方法は、成長速度が速い(商用で200μm/h以上)という利点がある一方、成長に伴い酸素不純物濃度の高いファセット面が端部に出現し、不純物濃度差を起因としたクラックが発生するということが報告されている<sup>[2]</sup>。加えて、反応に用いる塩化水素(HCl)ガスによるGaNの分解や反応管の腐食、固体副生成物の堆積が原因で長時間成長は容易ではない。品質面においても、異種結晶とGaNの格子定数の違いによる欠陥(転位)密度の高さ( $10^5 \sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$ )が、低転位GaNウェハ実現の原理的な障壁となっている。従来の気相成長法では転位の直進性が高く、対消滅現象が生じにくいことが要因として挙げられる。近年申請者の研究によりNaフラックス法を用いて低転位密度・大口径のGaNウェハ作製に成功しているが<sup>[3]</sup>、高速・厚膜成長が困難であることから、インゴット化についてはHVPE法と組み合わせしており、上述の端部からの応力の問題や固体副生成物の問題が残っている。

上記に対し、我々は酸化ガリウムを原料とするオキサイド気相成長(OVPE)法を用いて取り組んでいる。当該手法において副生成物はH<sub>2</sub>O(水蒸気)であり、固体副生成物が発生しないことから持続成長が可能であるのに加え、環境面でも優れている。近年の研究で発見したOVPE法の興味深い特徴は、ファセットが顕著に出現する三次元モードでの成長を維持可能ということであった。当該成長モードではn型ドーパントとして作用する酸素不純物が容易に取り込まれ、超低抵抗のGaN結晶を作製可能である<sup>[4]</sup>。また、転位密度が $10^4 \text{ cm}^{-2}$ 台まで減少することも分かっている。加えて、面内における酸素濃度を均一にできることから、クラックが発生すること無く厚膜成長を実現できる可能性が高い。一方、酸素不純物の影響で酸化ガリウムも生成しやすく、それを起点とした多結晶や大ピットが発生し、厚膜成長や高速成長が実現できていない。また、結晶中に酸素不純物を取り込まれることで格子定数が拡張するということが報告されており<sup>[5]</sup>、OVPE GaN結晶についても注目する必要がある。格子定数の拡大は、当該結晶を基板としたデバイス作製プロセスにおけるホモエピタキシャル成長時に格子不整合を引き起こし、品質の悪化を招く可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、下記の3点を研究目的とした。

- (1) 酸化ガリウムを起点とする多結晶や大きいピットの抑制と高速成長(300μm/以上)の実現
- (2) OVPE法で作製したGaN結晶の欠陥状態の調査・転位密度減少機構の推定
- (3) OVPE法で作製したGaN結晶上のエピタキシャル成長時における転位伝播挙動調査

### 3. 研究の方法

- (1) 酸化ガリウムを起点とする多結晶や大きいピットの抑制と高速成長(300μm/以上)の実現

近年の研究で、GaN結晶上に堆積する多結晶は、基板に到達するまでの気相中で発生することが明らかになってきた。また、当該多結晶が基板上に発生する巨大ピットの起点になるとも考えられていた。気相中で核発生が起こりやすいのは、基板部のみを加熱するコールドウォール方式を用いていることが一因である。そこで、本研究では図1に示すように新たにホットウォールヒーターを導入し、気相中での多結晶生成の抑制に取り組んだ。また、多結晶を抑制かつ種結晶の品質を引き継いだ状態において、成長速度をどこまで増大可能かの検討も実施した。

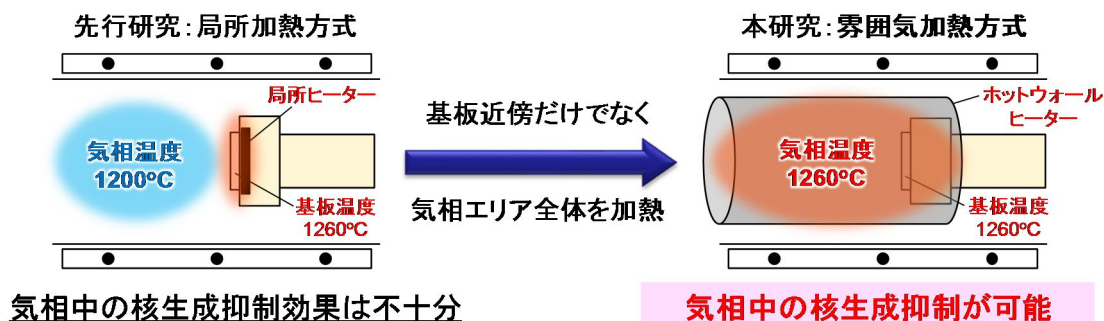


図1 本研究で導入したホットウォールによる結晶成長の模式図

## (2) 欠陥密度の測定・転位密度減少機構の推定

OVPE 法で作製した GaN 結晶は酸素濃度が  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  台程度と高く補償する形で点欠陥が導入されている可能性がある。そこで、本研究では陽電子対測定により陽電子の運動量のドップラー広がりから欠陥の状態を予測した。また、酸素不純物濃度の高い結晶は着色が見られるが、水素不純物濃度の高い結晶については透明化傾向が得られ、その要因については分かっていなかった。そこで、第一原理計算を利用したバンド構造と電子状態計算を用いて、水素が結晶中に入る状態とバンド内に形成される準位を予測した。転位の伝播挙動についても多光子フォトルミネッセンス (MPPL) や SEM を用いて評価を行った。

## (3) エピタキシャル成長時における転位伝播挙動調査

OVPE 法では低転位な GaN 結晶が得られる一方、エピタキシャル成長層にその品質を引き継ぐ (悪化させない) ことが重要である。上述の通り、点欠陥については OVPE 結晶に多く含まれるものの、エピ層には伝播しない。転位の挙動については明らかになっておらず、本研究において MPPL 観察により転位挙動を調査した。

## 4. 研究成果

### (1) 酸化ガリウムを起点とする多結晶や大きいピットの抑制と高速成長 ( $300 \mu\text{m}/\text{以上}$ ) の実現

ホットウォール加熱方式において、1 時間の成長で得られた結晶の断面 SEM 像を図 2 に示している。ピットの底部にあたり、膜厚が薄い領域についても  $321 \mu\text{m}$  の厚さであり、 $300 \mu\text{m}/\text{以上}$  のレートで結晶を得ることを成功した。また、表面には多結晶が堆積しておらず、多結晶フリーの状態での高速成長を実現した。表面のピットについても鳥瞰 SEM 像により評価したところ、図 3(a) に示すようにピット底部に多結晶は見られず、従来の加熱方式で見られていたような多結晶を起点とした巨大ピット (図 3(b)) の生成を防ぐことにも成功した。

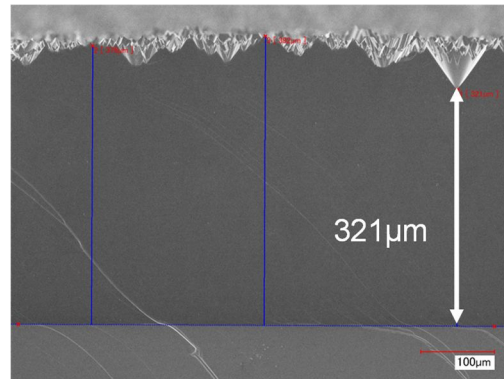


図 2 得られた GaN 結晶の断面 SEM 像

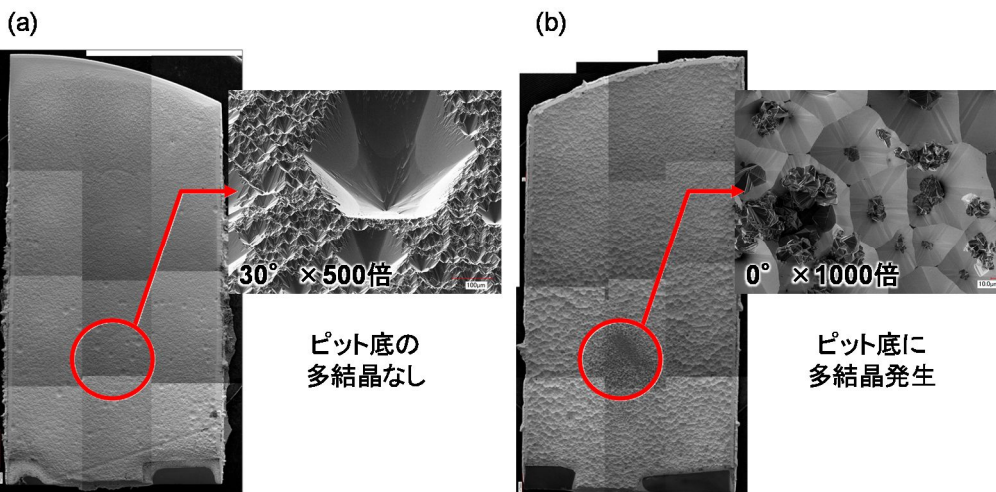


図 3(a)ホットウォール加熱方式及び(b)従来の局所加熱方式で得られた GaN 結晶の表面 SEM 像

最近では、従来方式においても  $400 \mu\text{m}/\text{h}$  以上の高速成長を実現している。

## (2) 欠陥密度の測定・転位密度減少機構の推定

陽電子対消滅により、OVPE GaN 結晶中の欠陥状態を推定した結果、図 4 に示すように主にガリウム欠陥と酸素 (窒素サイトに存在) が結びついた状態、或いはダイベイカンシーが同様の酸素と結びついた状態が支配的であることが明らかになった<sup>[6]</sup>。透明性についても欠陥量を示す S パラメーターとの相関が見られ、欠陥量が多い結晶ほど着色が見られた。一方、当該結晶上に有機金属気相 (MOVPE) 成長した結晶についても評価を行ったところ、欠陥量は検出下限以下、或いはそれに近いという結果であり、エピタキシャル成長層にはバルク基板の点欠陥が引き継がれないことが明らかになった。

次に、バンド構造と電子状態計算を用いて、水素が結晶中に入る状態とバンド内に形成される準位を予測した。陽電子消滅で観測されたガリウム欠陥と酸素の複合欠陥に、水素が結びついたモデルで計算した結果、単純なガリウム空孔や窒素空孔に起因する欠陥準位が消滅することがわかった。Mg, Zn, Si, Ge や Sn といった元素もガリウム空孔に起因する欠陥準位の抑制に有効

であり、これらの不純物を添加することで結晶の黒色化を抑制できることが示唆された。実験的にも Ge を添加することで透明化するような傾向が得られている。

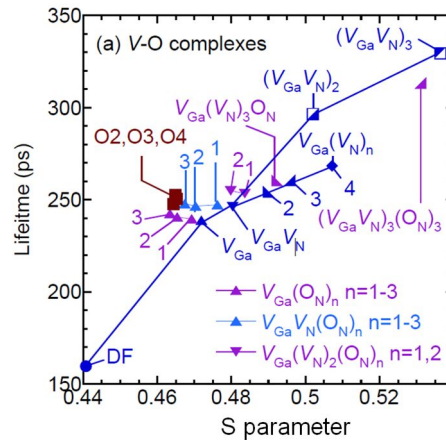


図 4 GaN 結晶における S パラメーターと陽電子寿命の関係 (O2, O3, O4 が OVPE 結晶)

次に、転位密度減少機構に関する評価を行った。SEM や MPPL を用いて表面に形成されたピットの傾斜角度を測定し、ピットを構成する面を推定した結果、 $\{11-22\}$ 面と $\{30-34\}$ 面であることが分かった。これらの角度は、HVPE 製の GaN 結晶で報告されているピット構成面に比べて大きな傾斜角度であり、転位の湾曲がより促進され、転位密度減少が早くなることが示唆されている。実際にピット密度の成長膜厚依存性について調査したところ、HVPE に比べて早い段階において転位密度が減少しており、上述のピット形状の違いが当該挙動に寄与していると考えられる。

### (3) エピタキシャル成長時における転位伝播挙動調査

最後に、MOVPE エピタキシャル成長後の結晶について、転位挙動を MPPL 像により評価した。エピサブ界面、エピ層初期、及びエピ層後期における MPPL 像をそれぞれ図 5(a), (b), 及び(c)に示している。界面においてはピット成長領域の中心に暗点(通常より大きい)が存在していた。これらのダークスポットを起点として成長層において転位が増大することが明らかになった。格子定数については想定していたほどの増大はないものの、多少の拡大は見られており、今回の転位増加についてもそのエピと基板のわずかな格子不整合(局所的に存在する可能性もある)が寄与していると考えている。成長条件によっては転位密度が増加しない結晶もあり、今後引き続き転位増加抑制のためのパラメーター探索及び格子定数制御を試みる。一方、エピタキシャル成長時にクラックなどの発生はなく、問題なくエピ成長可能であることに加え、デバイスも作製できることも分かった。現状上述の転位増加部において、リーク電流が増大する等の問題は見られていないが、今後引き続き影響を調査するとともに、欠陥が維持可能な条件を明らかにしていく。

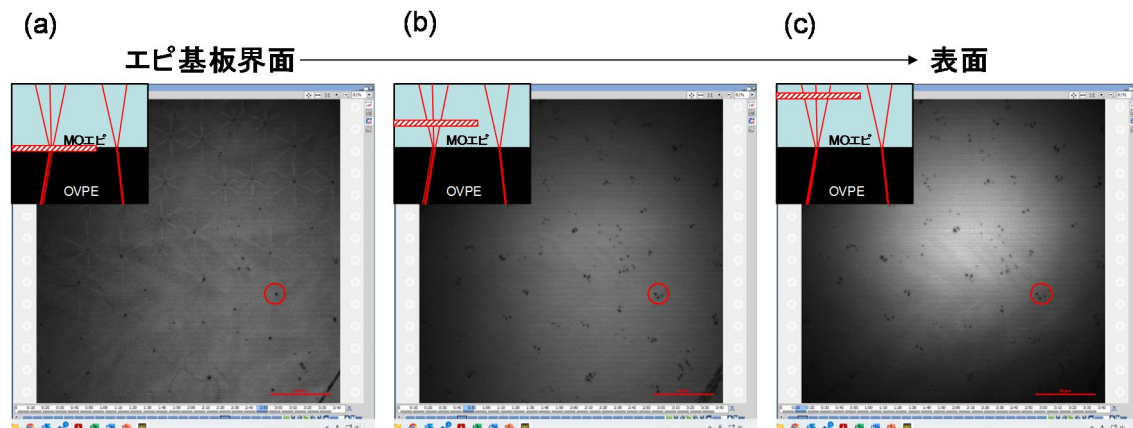


図 5(a)エピサブ界面, (b)エピ層初期, (c)及びエピ層後期における MPPL 像

### < 引用文献 >

- T. Yoshida 他, Phys. Stat. Solidi C 8 (2011) 7.
- T. Sochacki 他, Phys. Stat. solidi B 252 (2015) 1172.
- M. Imanishi 他, Appl. Phys. Express 12 (2019) 045508.
- J. Takino, M. Imanishi 他, Jpn. J. Appl. Phys. 58 (2019) SC1043.
- M. Imanishi 他, Cryst. Growth Des. 17 (2017)3806-3811.
- A. Uedono 他, J. Cryst. Growth 570 (2021) 126219.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ayumu Shimizu, Akira Kitamoto, Masahiro Kamiyama, Shintaro Tsuno, Keiju Ishibashi, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Tomoaki Sumi, Junichi Takino, Yoshio Okayama, Masahiko Hata, Masashi Isemura, Yusuke Mori	4. 巻 581
2. 論文標題 Effect of additional N2O gas on the suppression of polycrystal formation and high-rate GaN crystal growth by OVPE method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 126495-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2021.126495	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 Ayumu Shimizu, Shigeyoshi Usami, Masahiro Kamiyama, Itsuki Kawanami, Akira Kitamoto, Masayuki Imanishi, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Masahiko Hata, Masashi Isemura, Yusuke Mori	4. 巻 15
2. 論文標題 High-rate OVPE-GaN crystal growth at a very high temperature of 1300	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 035503-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac4fa8	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 Verdad C. Agulto, Toshiyuki Iwamoto, Hideaki Kitahara, Kazuhiro Toya, Valynn Katrine Mag-usara, Masayuki Imanishi, Yusuke Mori, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima	4. 巻 11
2. 論文標題 Terahertz time-domain ellipsometry with high precision for the evaluation of GaN crystals with carrier densities up to $10^{20} \text{ cm}^{-3}$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18129-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-97253-z	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 Akira Uedono, Junichi Takino, Tomoaki Sumi, Yoshio Okayama, Masayuki Imanishi, Shoji Ishibashi, Yusuke Mori	4. 巻 570
2. 論文標題 Vacancy-type defects in bulk GaN grown by oxide vapor phase epitaxy probed using positron annihilation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 126219-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2021.126219	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 Takahiro Kawamura, Masayuki Imanishi, Masashi Yoshimura, Yusuke Mori, Yoshitada Morikawa	4. 巻 194
2. 論文標題 Activation free energies for formation and dissociation of N-N, C-C, and C-H bonds in a Na-Ga melt	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computational Materials Science	6. 最初と最後の頁 110366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.commat.2021.110366	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 Ohata Satoshi, Kawamura Takahiro, Akiyama Toru, Usami Shigeyoshi, Imanishi Masayuki, Yoshimura Masashi, Mori Yusuke, Sumi Tomoaki, Takino Junichi	4. 巻 61
2. 論文標題 Influence of oxygen-related defects on the electronic structure of GaN	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 061004 ~ 061004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac6645	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 Hyoga Yamauchi, Ricksen Tandryo, Takumi Yamada, Kosuke Murakami, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura and Yusuke Mori	4. 巻 61
2. 論文標題 Suppression of newly generated threading dislocations at the regrowth interface of a GaN crystal by growth rate control in the Na-flux method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 55505/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac5787	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 Satoshi Ohata, Takahiro Kawamura, Toru Akiyama, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Masashi Yoshimura, Yusuke Mori, Tomoaki Sumi, and Junichi Takino	4. 巻 61
2. 論文標題 Influence of oxygen-related defects on the electronic structure of GaN	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 61004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac6645	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 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Masayuki Imanishi, Shigeyoshi Usami, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura and Yusuke Mori
2. 発表標題 Growth of a High Quality GaN Wafer from Point Seeds by the Na-Flux Method
3. 学会等名 AM-FPD21 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ayumu Shimizu, Shigeyoshi Usami, Masahiro Kamiyama, Masayuki Imanishi, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Masahiko Hata, Masashi Isemura and Yusuke Mori
2. 発表標題 High-rate GaN crystal growth by the suppression of polycrystal formation at a high temperature above 1250 using the OVPE method
3. 学会等名 The 40th Electronic Materials Symposium (EMS-40) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koichi Itozawa, Ricksen Tandryo, Kosuke Murakami, Masayuki Imanishi, Shigeyoshi Usami, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura and Yusuke Mori
2. 発表標題 In-situ monitoring of GaN crystal growth by the Na-flux method via electrical resistance measurement
3. 学会等名 The 40th Electronic Materials Symposium (EMS-40) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroaki Mifune, Shigeyoshi Usami, Masahiro Kamiyama, Masayuki Imanishi, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Tomoaki Sumi, Junichi Takino, Yoshio Okayama, Masahiko Hata, Masashi Isemura and Yusuke Mori
2. 発表標題 Fabrication of OVPE-GaN substrate with low absorption coefficient by defect suppression for laser slicing
3. 学会等名 The 40th Electronic Materials Symposium (EMS-40) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Itsuki Kawanami, Shigeyoshi Usami, Ayumu Shimizu, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Tomoaki Sumi, Junichi Takino, Yoshio Okayama, Masahiko Hata, Masashi Isemura and Yusuke Mori
2. 発表標題 High-rate OVPE-GaN growth by the suppression of H <sub>2</sub> O pressure with N <sub>2</sub> O gas instead of H <sub>2</sub> O gas in a high-temperature condition
3. 学会等名 The 40th Electronic Materials Symposium (EMS-40) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今西正幸, 村上航介, 宇佐美茂佳, 丸山美帆子, 吉村政志, 森勇介
2. 発表標題 ポイントシード技術を用いたNaフラックス法による高品質・大口径GaNウエハの作製
3. 学会等名 第50回結晶成長国内会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山内 彪我, 山田 拓海, 村上 航介, 宇佐美 茂佳, 今西 正幸, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 Naフラックス法を用いた低転位GaN基板の再成長における転位増加の抑制
3. 学会等名 第4回結晶工学 ISYSE 合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 響, 糸澤 孝一, Ricksen Tandryo, 宇佐美 茂佳, 今西 正幸, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 Naフラックス法におけるLi添加による(20-21)面GaN単結晶の表面平坦化効果
3. 学会等名 第4回結晶工学 ISYSE 合同研究会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 bhavpreeta Pratap Charan, Rickson Tandryo, Masayuki Imanishi, Kosuke Murakami, Shigeyoshi Usami, Mihoko Maruyama, Masashi Yoshimura, Yusuke Mori
2. 発表標題 Observation of Helical Dislocations in HVPE GaN grown on Na-Flux GaN substrate
3. 学会等名 第4回結晶工学 ISYSE 合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大畑 智嗣, 河村 貴宏, 今西 正幸, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 GaN中の点欠陥が光学特性に与える影響の解明
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水歩, 宇佐美茂佳, 神山将大, 今西正幸, 丸山美帆子, 吉村政志, 秦雅彦, 伊勢村雅士, 森勇介
2. 発表標題 1300 高温環境下での多結晶抑制によるOVPE-GaN結晶の高速成長
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三船 浩明, 宇佐美 茂佳, 神山 将大, 今西 正幸, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 隅 智亮, 滝野 淳一, 岡山 芳央, 秦 雅彦, 伊勢村 雅士, 森 勇介
2. 発表標題 レーザースライスに向けたOVPE-GaN基板の着色低減及び電気特性評価
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山内 彪我, Ricksen Tandryo, 山田 拓海, 村上 航介, 宇佐美 茂佳, 今西 正幸, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 Naフラックス法を用いたGaN結晶のホモエピタキシャル成長における転位挙動の調査
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水歩, 宇佐美茂佳, 櫻井悠貴, 川波一貴, 今西正幸, 丸山美帆子, 吉村政志, 隅智亮, 滝野淳一, 岡山芳央, 秦雅彦, 伊勢村雅士, 森勇介
2. 発表標題 超低核生成頻度条件での多結晶抑制による低転位バルクOVPE-GaN結晶の高速成長
3. 学会等名 第13回ナノ構造エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今西 正幸, 村上 航介, 宇佐美 茂佳, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 Naフラックスポイントシード法による低転位・大口径GaN結晶成長
3. 学会等名 第12回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 糸澤孝一, Ricksen Tandryo, 村上航介, 今西正幸, 丸山美帆子, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 Naフラックス法における電気抵抗変化とGaN結晶成長の関連性
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 川波一貴, 清水歩, 神山将大, 北本啓, 宇佐美茂佳, 今西正幸, 丸山美帆子, 吉村政志, 隅智亮, 滝野淳一, 岡山芳央, 秦雅彦, 伊勢村雅士, 森勇介
2. 発表標題 N2Oガスを三属供給源に用いたOVPE法によるGaN結晶成長
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 清水歩, 神山将大, 北本啓, 宇佐美茂佳, 今西正幸, 丸山美帆子, 吉村政志, 隅智亮, 滝野淳一, 岡山芳央, 秦雅彦, 伊勢村雅士, 森勇介
2. 発表標題 N2Oガス添加によるOVPE-GaN結晶の高速厚膜化の実現
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 藤原淳平, 糸澤孝一, Rickson Tandryo, 村上航介, 今西正幸, 丸山美帆子, 吉村政志, 森勇介
2. 発表標題 Naフラックスポイントシード法における GaN結晶成長形状のGa比率-気相保持時間依存性
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 高橋 響, Rickson Tandryo, 濱田 和真, 村上 航介, 宇佐美 茂佳, 今西 正幸, 丸山 美帆子, 吉村 政志, 森 勇介
2. 発表標題 Naフラックス法を用いたLi添加による {201} 面GaN単結晶の平坦化
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村貴宏, 西山稜悟, 秋山亨, 宇佐美茂佳, 今西正幸, 吉村政志, 森勇介
2. 発表標題 GaNの熱伝導率に対する点欠陥の影響
3. 学会等名 第14回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村貴宏, 大畑智嗣, 場崎航平, 宇佐美茂佳, 今西正幸, 吉村政志, 森勇介
2. 発表標題 Effect of point and complex defects on optical properties of GaN
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Kawamura, Satoshi Ohata, Toru Akiyama, Shigeyoshi Usami, Masayuki Imanishi, Masashi Yoshimura, and Yusuke Mori
2. 発表標題 Influence of Point and Complex Defects on Electronic Structure of GaN
3. 学会等名 9th International Conference on Light-Emitting Devices and Their Industrial Applications (LEDIA2022) (国際学会)
4. 発表年 2022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	上殿 明良 (Uedono Akira)  (20213374)	筑波大学・数理物質系・教授   (12102)	

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
研究分担者	津坂 佳幸 (Tsusaka Yoshiyuki)  (20270473)	兵庫県立大学・理学研究科・准教授  (24506)	
研究分担者	河村 貴宏 (Kawamura Takahiro)  (80581511)	三重大学・工学研究科・助教  (14101)	

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