

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17808

研究課題名(和文) GaNパワーデバイスの実用化に向けた、転位のデバイスに与える影響及び原理の解明

研究課題名(英文) Study about the influence of dislocation on devices for practical application of GaN power devices

研究代表者

田中 敦之(Tanaka, Atsushi)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・特任准教授

研究者番号：30774286

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：GaNパワーデバイスにおける、GaN結晶中の転位がデバイスにどのような影響を与えるかについての研究を行った。その成果として、1cの螺旋転位部分がpinダイオードに存在して居ると逆方向電圧印加時にリークを引き起こしていることを明らかにした。また、上記の成果を得る過程で、複屈折顕微鏡像によるGaN中転位のパーカースペクトル判別、繰り返しアバランシェ降伏可能なpinダイオードの作製方法、GaN中基底面転位の多光子励起キャリアによるREDGの発生確認等の成果も得ることが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後、持続可能な社会を実現していく上で、電力エネルギーに関しては低消費電力化という取り組みが重要になってくる。この低消費電力化においてGaNパワーデバイスは非常に重要な役割を担う事が期待されている。その役割を担うためにはGaN結晶についての深い理解が必要であり、本研究成果はGaN結晶をパワーデバイスに用いる際に知っておくべきことを学術的に明らかにしたものである。

研究成果の概要(英文)：We studied how the dislocations in GaN crystals affect the GaN power devices. It was found that a 1c screw dislocation in a pin diode causes leakage current when a reverse voltage is applied. In the process of achieving the above results, we also obtained, how to determine the Burgers vectors of dislocations in GaN with birefringence microscopy, a process for fabricating pin diodes with repeatable avalanche breakdown, and confirmation of the Recombination Enhanced Dislocation Grate by multiphoton excitation carries on basal plane dislocations at epi/sub interface of GaN crystal.

研究分野：GaNパワーデバイス

キーワード：GaN 窒化ガリウム パワーデバイス 転位 ダイオード 漏れ電流

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の背景は 2020 年現在でも大きくは変わっていないが、当初の背景としては持続可能な社会の実現への関心が高まっており、電子デバイスの低消費電力化が望まれていた。電力変換等を行うパワーデバイスの分野でも同様に、絶縁破壊電界強度の大きい窒化ガリウム(GaN)や炭化ケイ素(SiC)といった、従来の Si に比べ電力損失を半分以下にまで低減することが期待できるワイドバンドギャップ半導体の研究開発が盛んに行われていた。特に GaN に関しては始まり始めたところであった。しかし、これら次世代材料は Si ほど結晶作製技術が成熟しておらず、様々な結晶欠陥を含んだままデバイスを作製せざるを得ない状況であった。転位は結晶の乱れであり、デバイスの電気特性に影響を与えることが十分に予想されたが、パワーデバイスを作製した際の電気特性と転位の関係について、いくつか報告はあるものの十分に解明されているとは言えない状況であった。転位の影響度によっては電力変換時の損失が既存の Si デバイスレベルまで悪化することも懸念されたため、転位の種類とデバイスの電気特性との相関を明らかにし、対策を講じることが必要不可欠であった。

2. 研究の目的

上記のような社会的、及び研究分野としての背景から、パワーデバイスの電気特性に与える結晶欠陥の影響解明を目的として研究を開始した。パワーデバイスといってもダイオードやトランジスタ等様々な構造がある。また転位が影響した結果現れると予想される電気特性にも、逆方向耐圧の低下、移動度の低下、絶縁膜信頼性の低下、順方向通電中でのエネルギーを受けての転位変化による on 抵抗劣化などがあり、研究開始当初は GaN を材料として採用した場合についてはそのどれもが未解明であった。そこで本研究期間内においては、比較的動作・構造の簡単なデバイスである pin ダイオードを選択し、主に以下の 2 項目を明らかにすることを目的として研究を行った。

(1) 逆方向電圧印加時の漏れ電流と転位との関係解明

例えば転位の影響で耐圧不良が起こる場合、転位が電流経路となっているのか、不純物の偏析等で n+ のように働き、破壊電界に達しやすいのか、転位がエピ層表面にピットを形成する等様々な可能性が考えられる。一方、転位の方にも様々な種類があり、貫通の刃状・螺旋転位、基底面の刃状・螺旋転位、またそれらのバーガースベクトルの向きが違った場合等、種々の構造が異なる転位がデバイス特性に与える影響を定性的に明らかにし、加えてそれらの転位数に対するデバイス特性の相関を定量化することを目的として開始した。

(2) 順方向再結合と転位の関係解明

ワイドバンドギャップ半導体では再結合発生時に Recombination Enhanced Dislocation Grate (REDG) と呼ばれる転位運動がよく観察される。例えば SiC では基底面転位の拡張によって積層欠陥が形成され on 抵抗の低下を引き起こしていた。GaN においても例外ではなく、REDG が発生することが予想される。GaN で REDG が発生するか否か、またその結果積層欠陥が on 抵抗等の電気特性へどのように影響するかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 複屈折顕微鏡を用いた転位の観察・判別

まず、どのような転位がデバイス特性に影響を与えるかを調べるためには、GaN 基板中にどのような転位が存在して居るかを観察・判別する必要がある。そのための装置として本研究では複屈折顕微鏡 (XS-1) を用いた転位の観察・判別に取り組んだ。

(2) 繰り返しアバランシェ降伏可能な pin ダイオードのプロセス開発

転位がデバイスに与える影響としてまず気になるのは逆方向耐圧を劣化させるような転位である。例えば逆方向耐圧時に漏れ電流が発生することを想定した場合、その転位での漏れを検出するためにはデバイスの方としては転位以外の部分で構造的に漏れる部分があっては転位の影響を調査する上で雑音が大きくなってしまう。そこで局所的な電界集中がなく、pn 界面に均一に電界がかかり、繰り返しアバランシェ降伏可能な pin ダイオードの作製に取り組んだ。

(3) 逆方向耐圧時に漏れる転位の調査、REDG が発生する転位の調査

上述のアバランシェ降伏可能なダイオード作製プロセスが確立されたのち、①逆方向リーク電流の発生箇所をエミッション顕微鏡を用いて特定する。②デバイスに含まれる転位の箇所を特定するため KOH によって転位の箇所にエッチピットを形成する。③、①と②の結果を照らし合わせることで漏れ電流が発生している転位を特定する。特定された転位を多光子 PL 顕微鏡、TEM、3次元アトムプローブ等によって調査し、その特徴を明らかにする。という手順で進めた。また、REDG については多光子 PL 顕微鏡を用いたキャリアの生成・再結合を利用してその存在の有無を調べた。

4. 研究成果

(1) 複屈折顕微鏡を用いた転位の観察・判別

図 1 に複屈折顕微鏡によって GaN 中の貫通刃状転位を観察した際に何が起きているかを模式的に表したものを示す。図 1 では転位の周りの歪によって転位近傍を通過する光には位置によって位相遅れが生じ、その位相遅れをクロスニコルの光学系によって検出している。今回用いた XS-1 の特徴としては位相遅れの

位置分解能を上げるために平行な光を検出光で用いる等の工夫がある。

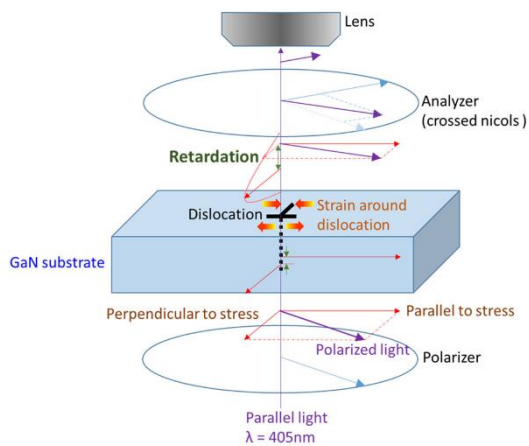


図 1. 複屈折顕微鏡による GaN 中転位観察模式図

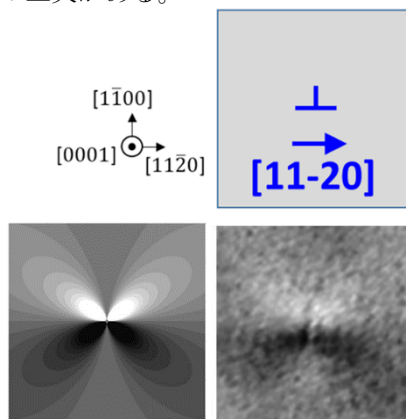


図 2. 上段のような刃状転位が存在する場合の位相遅れ計算像（下段左）と実際の観察像（下段右）

転位周りの位相遅れは転位論で取り扱うような内容から計算でき、図 2 のように計算から予想されるコントラストにほぼ等しい観察像が得られることが分かった。また、この装置を用いて各種転位の刃状成分がどのようなバーガースペクトルを持っているかまで判別することができ、実際に図 3 のように 6 種類の等価な刃状成分を持つ転位を判別することが出来た。

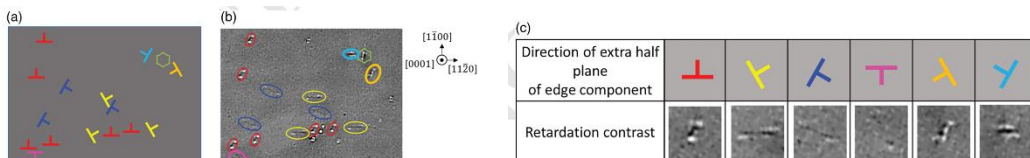


図 3. (a) 転位のバーガースペクトルの向きを表した図、(b) GaN 中転位の複屈折顕微鏡像 (c) 刃状成分のバーガースペクトルの向きと複屈折顕微鏡像コントラストの対応表

この成果は時間がかかってしまい、本科研費研究に活かすことはできなかったが、現在報告されている GaN 中転位の判別手法としてはだんとうに迅速かつ簡便な方法であるので、今後の GaN 中転位に関する研究においては非常に有用な方法になる。

(2) 繰り返しアバランシェ降伏可能な pin ダイオードのプロセス開発

pin ダイオードの逆方向特性向上を目指す際、必ず問題になるのは周辺耐圧構造をどのようにするかである。周辺部に局部的に大きな電界が発生するとそこで破壊が起こってしまう。GaN においてはインプラによる p 領域の形成等に難があるため複雑な電界緩和構造を作製するのは難しい。本研究では図 4 に示す通り、外周部を垂直に掘り下げるという単純な方法に取り組んだ。

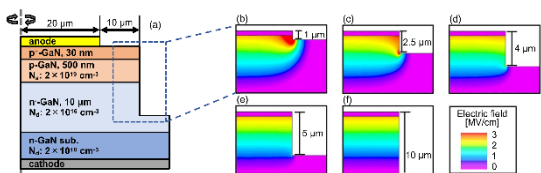


図 4. 外周部垂直深堀を行った際の電界分布シミュレーション結果

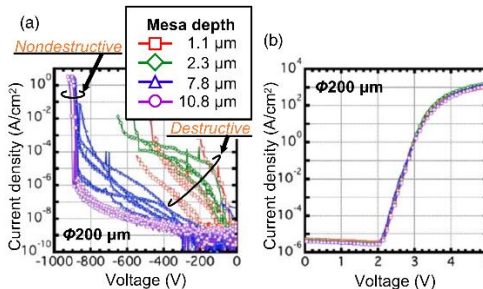


図 5. 各外周部エッチング深さでの逆方向 I-V 特性 (a) と順方向特性 (b)

非常に単純な方法ではあるものの、図 5 に示す通り、空乏層が伸びる範囲まで深く n-層を掘り下げることによって非破壊で何度もアバランシェ降伏させることが可能な pin ダイオードを作製することに成功した。この結果は安定してアバランシェ降伏が可能な GaN pin ダイオードの報告としては世界で初めてのものであり、本研究の目的である逆方向耐圧時の転位の影響を調べるだけでなく、pn 界面でのアバランシェ雪崩増倍等の物理現象を詳しく調べるためにも非常に大きな一歩である。pn 界面はダイオードのみならずほとんどのパワーデバイスの耐圧構造として形成されるものなので、ここでどのような現象が起きているかに関する理解は GaN を用いたパワーデバイスを扱う上で非常に重要な研究であり、今回の結果によってその研究が可能となった。

(3) 逆方向耐圧時に漏れる転位の調査、REDG が発生する転位の調査

(2) で開発した面でアバランシェ降伏を起こすデバイスを用いて漏れ電流の発生位置をエミッション顕微鏡により観察した。図 6 にエミッション顕微鏡像を示す。

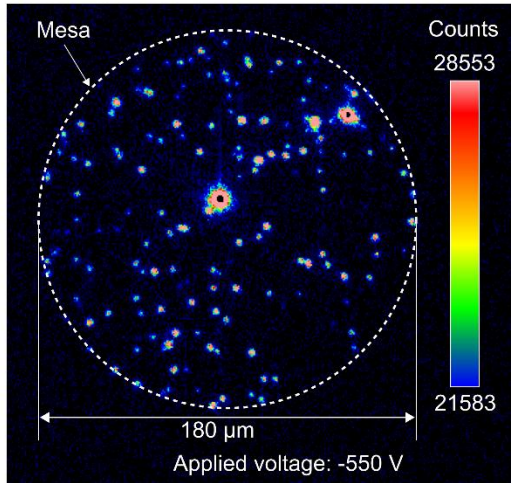


図6. pin ダイオードの逆方向電圧印加時のエミッション顕微鏡像

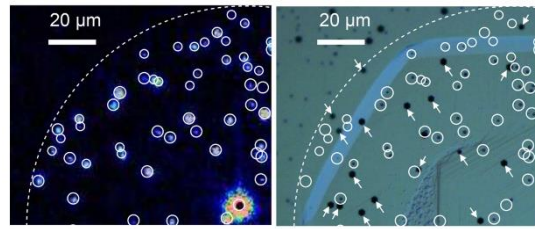


図7. エミッション顕微鏡での発光箇所と転位位置の比較

デバイス内に点状に発光している箇所がリーク箇所である。その後、このデバイスを KOH によりエッチングを行い、発光箇所と転位との相関を見たものが図7である。図から、転位の全てがリークに関係しているのではないが、リークしている部分には転位が存在していることが分かる。リークしている部分の詳細を調べるため TEM の Large Angle Convergent Beam Electron Diffraction (LACBED) という手法で転位のバーガースベクトル決定を行ったのが図8である。これらの図から、漏れ電流が発生している転位は 1c のピュアな螺旋転位であることが分かった。また、漏れている転位部の断面 TEM 写真を図9に示す。この図から、漏れる転位は pn 界面に近いところでは内部に空洞を持ったナノパイプ・ホローコアの螺旋転位の形状を示していることが分かった。残念ながら本研究ではこのような転位がどのような原理で漏れ電流を発生しているのか、どのような理屈でこのような転位が存在しているのかまでは解明することが出来なかった。ただ、対処法としては漏れ電流を抑制するために、デバイス層であるエピ層を高圧雰囲気下で成長することによりこういった漏れる転位を著しく抑制することが可能であることが分かった (図10)。

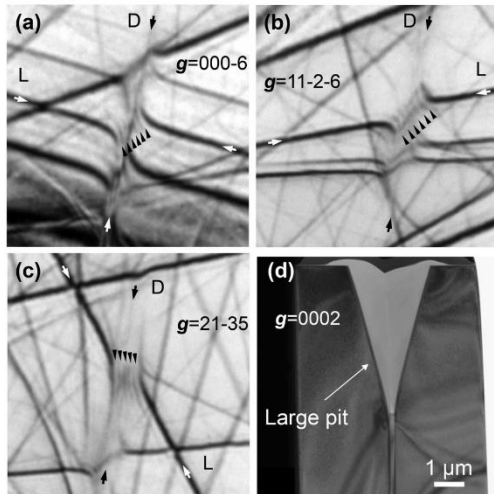


図8. 漏れる転位の各 g ベクトルでの LACBED 像

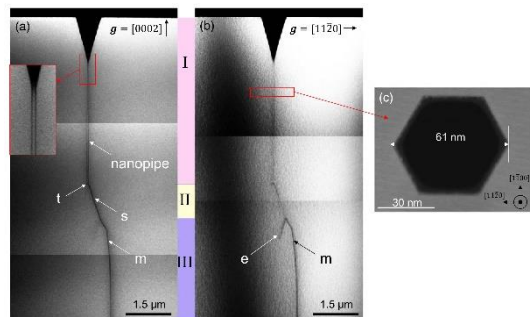


図9. 漏れる転位の断面 TEM 像 (左、中央) とナノパイプ部平面 TEM 像 (右)

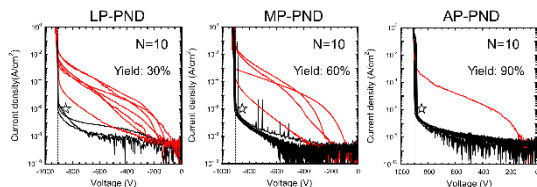


図10. 左から 500hPa, 750hPa, 1000hPa でエピ層を成長させた pin ダイオードの逆方向 I-V 特性

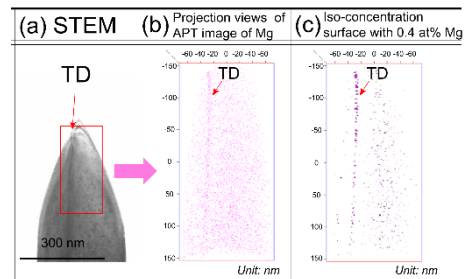
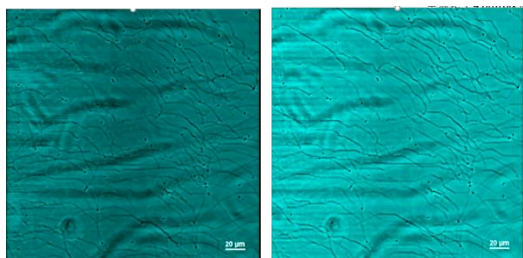


図11. 転位部の3次元アトムプローブ結果

さらに、漏れる転位の詳細調査として3次元アトムプローブも行った。図11に示す通り転位部には Mg が偏析していることが分かったが、漏れない転位についても同様であった。そのため、現在では漏れる転位と漏れない転位では転位中での Mg の配置が違っているのではないかという可能性も疑い、第一原理計算のグループと共同でその解明に取り組んでいる。これらの成果は、GaN 中の転位がデバイスに電気的特性を与えること、さらに踏み込んでどのような転位が電気特性をどのように与えるかまで世界で初めて解明しようとしたものであり、今後の GaN パワーデバイスの実用化に向けて避けては通れない課題の大きな一歩となった。

順方向の REDG に関しては、多光子 PL 顕微鏡による励起光の照射・観察によってエピ/サブ界面の基底面転位において REDG が発生することを確認した (図 1 2)。



ただし、本研究機関においてはここまでであり、今後この REDG が起こったことによって何か結晶が劣化するようなことが起こっていないか、また電気刺激でも同様ことが発生するのかを調べていく。

図 1 2. 励起光照射前のエピサブ界面の基底面転位の様子 (左) と 30 分照射後の様子 (右)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① Atsushi Tanaka, Kentaro Nagamatsu, Shigeyoshi Usami, Maki Kushimoto, Manato Deki, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Michal Bockowski, Hiroshi Amano “V-shaped dislocations in a GaN epitaxial layer on GaN substrate” AIP Advances, 査読あり、vol.9, pp. 095002 (2019), DOI:10.1063/1.5114866
- ② Atsushi Tanaka, Syo Inotsume, Shunta Harada, Kenji Hanada, Yoshio Honda, Toru Ujihara, Hiroshi Amano “Demonstration of Observation of Dislocations in GaN by Novel Birefringence Method” Physica Status Solidi b, 査読あり、vol. 2019, pp. 1900553 (2019), DOI:10.1002/pssb.201900553

[学会発表] (計 21 件)

- ① 田中敦之、宇佐美茂佳、安藤悠人、永松謙太郎、新田州吾、本田善央、天野浩、“多光子 PL を用いた GaN 基板・GaN エピ層中の転位観察” 日本結晶成長国内会議、招待講演、2017
- ② 田中敦之、宇佐美茂佳、安藤悠人、永松謙太郎、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩、“GaN 中転位の三次元観察と転位がデバイスに与える影響” 第 65 会応用物理学会春季学術講演会、招待講演、2018
- ③ 田中敦之、宇佐美茂佳、福島颯太、安藤悠人、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩、“GaN デバイスのキラーとなる転位欠陥とその低減法” 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、招待講演、2018
- ④ Atsushi Tanaka, “Dislocation Characterization of GaN epilayer grown for power devices” ACALED workshop, invited, 2018
- ⑤ Atushi Tanaka, Kentaro Nagamatsu, Shigeyoshi Usami, Maki Kushimoto, Manato Deki, Shugo Nitta, Yoshio Honda Hiroshi Amano, “Observation of Dislocation Propagation in GaN on GaN Structure with a Multiphoton Excitation Photoluminescence Microscope” Internatinal Symposium on Growth of III-Nitrides ISGN-7, invited, 2018
- ⑥ 田中敦之、安藤悠人、高橋昌大、三浦史也、川崎晟也、渡邊浩崇、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩、“GaN パワーデバイスの実用化に向けた準備状況について” 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会、招待講演、2019
- ⑦ Atushi Tanaka, Sho Inotsume, Shunta Harada, Kenji Hanada, Yoshio Honda, Toru Ujihara, Hiroshi Amano, “A novel birefringent observation for analyzing dislocations in GaN” 13th International Conference on Nitride Semiconductors, 2019

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 敦之 (TANAKA, Atsushi)

研究者番号: 30774286

(4) 研究協力者

宇佐美 茂佳 (USAMI, Shigeyoshi)

福島 颯太 (FUKUSHIMA, Hayata)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Usami Shigeyoshi, Ando Yuto, Tanaka Atsushi, Nagamatsu Kentaro, Deki Manato, Kushimoto Maki, Nitta Shugo, Honda Yoshio, Amano Hiroshi, Sugawara Yoshihiro, Yao Yong-Zhao, Ishikawa Yukari	4. 巻 112
2. 論文標題 Correlation between dislocations and leakage current of p-n diodes on a free-standing GaN substrate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 182106 ~ 182106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5024704	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 Fukushima Hayata, Usami Shigeyoshi, Ogura Masaya, Ando Yuto, Tanaka Atsushi, Deki Manato, Kushimoto Maki, Nitta Shugo, Honda Yoshio, Amano Hiroshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Vertical GaN p-n diode with deeply etched mesa and the capability of avalanche breakdown	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 026502 ~ 026502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/aafdb9	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 Fukushima Hayata, Usami Shigeyoshi, Ogura Masaya, Ando Yuto, Tanaka Atsushi, Deki Manato, Kushimoto Maki, Nitta Shugo, Honda Yoshio, Amano Hiroshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Deeply and vertically etched butte structure of vertical GaN p-n diode with avalanche capability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SCCD25 ~ SCCD25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab106c	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 Usami Shigeyoshi, Tanaka Atsushi, Fukushima Hayata, Ando Yuto, Deki Manato, Nitta Shugo, Honda Yoshio, Amano Hiroshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Correlation between nanopipes formed from screw dislocations during homoepitaxial growth by metal-organic vapor-phase epitaxy and reverse leakage current in vertical p-n diodes on a free-standing GaN substrates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SCCB24 ~ SCCB24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1250	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 Usami Shigeyoshi, Mayama Norihito, Toda Kazuya, Tanaka Atsushi, Deki Manato, Nitta Shugo, Honda Yoshio, Amano Hiroshi	4. 巻 114
2. 論文標題 Direct evidence of Mg diffusion through threading mixed dislocations in GaN p-n diodes and its effect on reverse leakage current	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 232105 ~ 232105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5097767	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 Tanaka Atsushi, Nagamatsu Kentaro, Usami Shigeyoshi, Kushimoto Maki, Deki Manato, Nitta Shugo, Honda Yoshio, Bockowski Michal, Amano Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 V-shaped dislocations in a GaN epitaxial layer on GaN substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 095002 ~ 095002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5114866	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 Tanaka Atsushi, Inotsume Syo, Harada Shunta, Hanada Kenji, Honda Yoshio, Ujihara Toru, Amano Hiroshi	4. 巻 257
2. 論文標題 Demonstration of Observation of Dislocations in GaN by Novel Birefringence Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 1900553 ~ 1900553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.201900553	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17件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Shigeyoshi Usami, Yoshihiro Sugawara, Yong-Zhao Yao, Yukari Ishikawa, Norihito Mayama, Kazuya Toda, Yuto Ando, Atsushi Tanaka, Kentaro Nagamatsu, Manato Deki, Maki Kushimoto, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano
2. 発表標題 Investigation of the Origin of the Leakage of P-N Diodes on a Free-Standing GaN Substrate Using the 3DAP and LACBED Methods
3. 学会等名 The Compound Semiconductor Week 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Zheng Ye, Shugo Nitta, Kentaro Nagamatsu, Naoki Fujimoto, Maki Kushimoto, Manato Deki, Atsushi Tanaka, Yoshio Honda, Markus Pristovsek, Hiroshi Amano
2 . 発表標題 Ammonia Decomposition and Reaction by High-Resolution Mass Spectrometry for Group III-Nitrides Epitaxial Growth
3 . 学会等名 19th International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Atsushi Tanaka, Kentaro Nagamatsu, Shigeyoshi Usami, Maki Kushimoto, Manato Deki, Shugo Nitta, Yoshio Honda Hiroshi Amano
2 . 発表標題 Observation of Dislocation Propagation in GaN on GaN Structure with a Multiphoton Excitation Photoluminescence Microscope
3 . 学会等名 Internatinal Symposium on Growth of III-Nitrides ISGN-7 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Manato Deki, Kazushi Sone, Kenta Watanabe, Fumiya Watanabe, Kentaro Nagamatsu, Atsushi Tanaka, Maki Kushimoto, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano
2 . 発表標題 Improvement of Electrical Stability of ALD-Al2O3/GaN interface by UV/O3 Oxidation and Postdeposition Annealing
3 . 学会等名 Internatinal Symposium on Growth of III-Nitrides ISGN-7 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yuto Ando, Kentaro Nagamatsu, Atsushi Tanaka, Manato Deki, Ousmane 1 Barry, Shigeyoshi Usami, Maki Kushimoto, Shugo Nitta, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano
2 . 発表標題 Schottky Barrier Diodes Fabricated on Miscut m-plane Substrates
3 . 学会等名 Internatinal Symposium on Growth of III-Nitrides ISGN-7 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Takahashi, K. Sone, A. Tanaka, S. Usami, M. Deki, M. Kushimoto, K. Nagamatsu, S. Nitta, Y. Honda, and H. Amano,
2. 発表標題 Characterizations of high-temperature Mg ion implantation in GaN
3. 学会等名 Internatinal Symposium on Growth of III-Nitrides ISGN-7 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayata Fukushima, Shigeyoshi Usami, Yuto Ando, Atsushi Tanaka, Manato Deki, Maki Kushimoto, Shugo Nitta, Yoshio Honda, and Hiroshi Amano
2. 発表標題 Vertical GaN pn diode with Avalanche capability structure
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigeyoshi Usami, Atsushi Tanaka, Hayata Fukushima, Yuto Ando, Manato Deki, Maki Kushimoto, Shugo Nitta, Yoshio Honda, Hiroshi Amano
2. 発表標題 Screw dislocations and nanopipe generation in a MOVPE-grown homoepitaxial layer on freestanding GaN substrates and the electrical influence on vertical p-n diodes
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Tanaka
2. 発表標題 Dislocation Characterization of GaN epilayer grown for power devices
3. 学会等名 ACALED workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atushi Tanaka, Sho Inotsume, Shunta Harada, Kenji Hanada, Yoshio Honda, Toru Ujihara, Hiroshi Amano
2. 発表標題 A novel birefringent observation for analyzing dislocations in GaN
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 田中敦之, 永松謙太郎, 久志本真希, 出来真斗, 新田州吾, 本田善央, 天野浩
2. 発表標題 多光子PL顕微鏡による窒化ガリウム中転位の三次元観察
3. 学会等名 第10回ナノ構造・IC ² ナショナル成長講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中敦之, 宇佐美茂佳, 福島颯太, 安藤悠人, 久志本真希, 出来真斗, 新田州吾, 本田善央, 天野浩
2. 発表標題 GaNデバイスのキラーとなる転位欠陥とその低減法
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中敦之, 宇佐美茂佳, 安藤悠人, 永松謙太郎, 新田州吾, 本田善央, 天野浩
2. 発表標題 多光子PLを用いたGaN基板・GaNエピ層中の転位観察
3. 学会等名 日本結晶成長国内会議 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中敦之、宇佐美茂佳、安藤悠人、永松謙太郎、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩
2. 発表標題 GaN中転位の三次元観察と転位がデバイスに与える影響
3. 学会等名 第65会 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 宇佐美茂佳、菅原義弘、姚永昭、石川由加里、間山憲仁、戸田一也、安藤悠人、田中敦之、永松謙太郎、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩
2. 発表標題 3DAPおよびLACBED法によるGaN自立基板上pnダイオードのリークの起源調査
3. 学会等名 第65会 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇佐美茂佳、福島颯太、安藤悠人、田中敦之、永松謙太郎、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩
2. 発表標題 GaN自立基板上pnダイオード逆方向リーク電流の成長条件依存性
3. 学会等名 第65会 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中敦之、安藤悠人、高橋昌大、三浦史也、川崎晟也、渡邉浩崇、久志本真希、出来真斗、新田州吾、本田善央、天野浩
2. 発表標題 GaNパワーデバイスの実用化に向けた準備状況について
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019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
研究協力者	宇佐美 茂佳 (Usami Shigeyoshi)		
研究協力者	福島 颯太 (Fukushima Hayata)		