

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01890

研究課題名(和文) 高移動度InNチャネルに向けた高密度ラジカル照射下における初期成長機構の解明

研究課題名(英文) Study on initial growth mechanism of InN under high density radical irradiation for high carrier mobility channel

研究代表者

近藤 博基 (KONDO, HIROKI)

名古屋大学・低温プラズマ科学研究センター・准教授

研究者番号：50345930

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：高密度ラジカル照射下におけるInNおよび高In組成InGaNの成長機構の解明を目的に、申請者らが開発した高密度ラジカル源を用い、一般的なプラズマ源に対して10倍以上高密度な窒素ラジカル照射下での結晶成長を調査した。比較的高い成長温度である447から590において、40-42%の高いIn組成を実現した。温度が高いほどモザイシティが減少する傾向から、高密度な窒素ラジカル照射によるInNの分解・脱離の抑制と、高温成長による結晶性の向上が示唆された。また角度分解X線光電子分光法における最大エントロピー法による深さ方向分析システムを構築し、イオンとラジカルの交互照射における表面構造変化を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的なプラズマ源と比較して10倍以上高密度な窒素ラジカルの照射による、InNの分解・脱離の抑制、高温成長の実現、結晶性向上の可能性は、高In組成InGaNの成長手法の確立に資する重要な知見ある。また本研究で用いた分子線エピタキシー法に限らず、化学気相堆積法など他の成長手法においても高密度窒素ラジカル照射が有用であることが示唆される。また角度分解X線光電子分光法における最大エントロピー法による深さ方向分析から得られた、イオンとラジカルの交互照射に関する知見は、原子層プロセスにおけるステップ間のシナジー効果を定量的に示唆する結果であり、反応機構の理解と最適化において重要な基盤となる。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the growth mechanism of InN and high-In content InGaN under high-density radical irradiation, the crystal growth of InGaN under the irradiation of high-density nitrogen radical by our originally developed high-density radical source, of which density was 10 times or more higher than general plasma sources, was investigated. A high In content of 40 to 42% was achieved at a relatively high growth temperature of 447 to 590. The lower the mosaicity was obtained at the higher growth temperature, suggesting that the high-density nitrogen radical irradiation suppresses the decomposition and desorption of InN, and that high-temperature growth improves crystallinity. In addition, the analysis system of depth profile by the maximum entropy method in angle-resolved X-ray photoelectron spectroscopy was established, and the change in surface structure due to alternate irradiation of ions and radicals was clarified.

研究分野：プラズマプロセス工学

キーワード：プラズマ ラジカル InGaN 分子線エピタキシー

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、発光素子や車載用を中心としたパワーデバイスなどの電子デバイスの研究開発と実用化進んでいる GaN (エネルギーバンドギャップ 3.4 eV)、AlN (同 6.3 eV) 及びその混晶 (AlGaIn) に対して、より狭いエネルギーバンドギャップ (0.7 eV) と極めて高い電子移動度を持つ InN および高 InN 組成 InGaIn の高い結晶性を有する薄膜成長の実現と、その実用化への強い期待がある。これにより、近赤外領域までの長波長発光が可能な発光素子のみならず、将来の超高速メモリデバイスなどに資する高移動度チャネルの実現が期待される。しかし実際には、比較的結晶性が高い結晶成長が可能な分子線エピタキシー法 (MBE) でも最大で $3,280 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、数値計算から予測されている InN の期待値には遠く及ばない (L. Hsu, et al, J. Appl. Phys. 102, 073705, 2007.)。また発光素子としても、InN はもちろん、InGaIn においても一般的には InN 組成が数%程度に留まっている。その原因の一つには、InN 層が低融点 ($1,100^\circ\text{C}$) であるために (GaN は $2,500^\circ\text{C}$ 、AlN は $2,200^\circ\text{C}$)、一般に高い結晶性に不可欠な高温成長が適用できないことが挙げられる。このような場合においては、プラズマ支援など熱エネルギー以外での反応促進が必須となる。しかし、プラズマなどを用いた手法に促進、おいても、未だ InN が有する高い移動度は実現されておらず、プラズマ照射条件のドラスティックな向上や変化が求められる。これに対し我々は、後述する高密度ラジカル源を用いた GaN および InGaIn の低温成長における実績から、 10^{13} cm^{-3} 以上の窒素ラジカル照射下では結晶性と成長速度のトレードオフが破られることを見出している。すなわち、この知見に基づいた本研究課題における学術的な「問い」として、従来と比較して 10 倍以上高密度な窒素ラジカル照射下において、InN 薄膜の初期成長過程がどのように変化するか、またその知見に基づく表面反応制御によって高移動度 InN の低温成長技術の確立が可能であるか、といったことが位置づけられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、従来よりも 10 倍以上高密度なラジカル照射下における、InN および高 InN 組成 InGaIn (InN 組成: 50%以上) の低欠陥・低モザイシティな高結晶性薄膜の低温・初期成長機構の解明であり、従来に無い新しい窒化物半導体の低温成長技術の確立のための基盤研究と位置づけられる。具体的には、申請者らが開発した、従来の誘導結合型プラズマ源 (ICP) と比較して 10 倍以上も高密度な窒素ラジカルを生成可能な高密度ラジカル源を駆使して、超高密度な窒素及び水素ラジカル照射下での InN および高 InN 組成 InGaIn (InN 組成: 50%以上) の低温成長に取り組む (図 1)。特にその初期過程を走査トンネル顕微鏡や X 線光電子分光法などによって in-situ 解析して、原子レベルで明らかにするものである。すなわち、当該分野における本申請研究の学術的な特色・独創的な点は、これまでに申請者らが独自開発してきた高密度窒素ラジカル源とそれを用いた低温成長プロセスによる GaN および InGaIn (InN 組成<16%) の高結晶性・高速成長技術 (MBE 法)

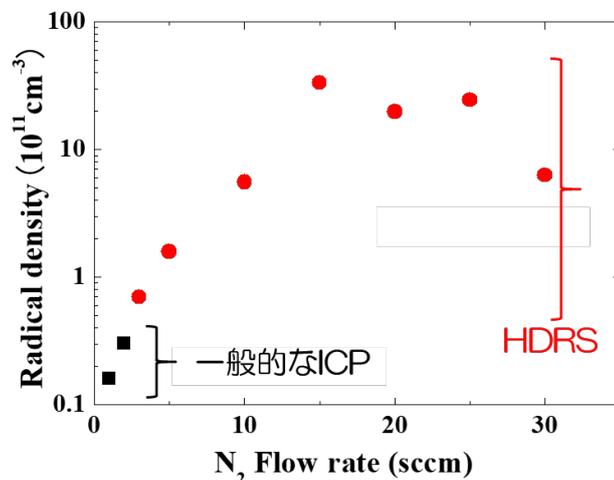


図 1 高密度ラジカル源で生成した窒素ラジカルにおける絶対密度の N₂ 流量依存性

と、Si 基板上での GaN の低温・アンモニアレス成長技術 (RE-MOCVD 法) を技術基盤として、その更なる革新に向けた基礎科学研究であることと言える。

3. 研究の方法

本研究では、超高密度な窒素及び水素ラジカル照射下における InN および高 In 組成 InGa_N の低温成長技術の確立に資する基礎研究として、特に2つの反応系にフォーカスして、反応素過程を原子レベルで解析した。1 つ目は、GaN テンプレート上での InN および InGa_N (InN 組成: 50%以上) の成長における、In の表面拡散と偏析機構の原子レベルでの解明である。特に高密度な窒素ラジカル照射が In の表面拡散や偏析に及ぼす効果を明らかにする。GaN や InGa_N の表面再構成構造については米・Carnegie Mellon University の R. M. Feenstra や独・マックスプランク研究所の D. W. Greve などによる丹念な研究がある (Phys. REV. Lett., 79, 3934-3937, 1997 等)。また InN や GaN の成長についても核形成や表面モフォロジーの報告例があるが、窒素プラズマを用いた成長においてプラズマ照射条件にフォーカスして、その効果を論じた研究はほとんど無い。本研究では、InN 層や高 In 組成 InGa_N 層の形成において、窒素ラジカルの量が問題であるのか、または質 (ラジカルの種類) の問題であるのかを明らかにし、これまでに行ってきた窒素ラジカル源の開発とそれを用いた成長技術の構築にフィードバックすることを目的に取り組んだ。ラジカル照射には申請者らが開発した高密度ラジカル源 (HDRS) を使い、従来の誘導結合型プラズマ源 (ICP) と比較して 10 倍以上高密度な窒素・水素ラジカル照射下での特異な結晶成長過程を調査した。また真空を維持したまま装置間で試料を搬送可能なシャトルシステムを駆使し、表面組成や化学結合状態の変化を原子レベルで明らかにした。もう一つは、Cl ラジカルと Ar イオンの交互照射による原子層エッチングプロセスにおける、反応素過程の解明である。特に、角度分解 X 線光電子分光法 (ARXPS) での表面組成の深さ方向解析を行った。ARXPS では、最大エントロピー法 (MEM) による深さ方向分析システムを構築し、プラズマ照射表面の原子層レベルでの組成分析を行った。また最終年度においては、高 In 組成 InGa_N の成長を実施した。

4. 研究成果

高移動度 InN チャネルの低温成長技術の確立に資する、高密度ラジカル照射下における InN および高 In 組成 InGa_N (In 組成: 50%以上) の初期成長機構の解明を目的に、ラジカル照射下での結晶成長その場観察手法の構築に取り組んだ。ラジカル照射には申請者らが開発した高密度ラジカル源 (HDRS) を使い、従来の誘導結合型プラズマ源 (ICP) と比較して 10 倍以上高密度な窒素・水素ラジカル照射下での特異な結晶成長の初期過程を調査した。ラジカル照射表面の観察には、走査トンネル顕微鏡 (STM) や、ガス雰囲気下 (100Pa 以下) でも原子像観察可能な反応科学超高圧走査透過電子顕微鏡、角度分解 X 線光電子分光法 (ARXPS) での表面組成の深さ方向解析を行った。ARXPS では、最大エントロピー法 (MEM) による深さ方向分析システムを構築し、プラズマ照射表面の原子層レベルでの組成分析を行った。最尤法の一つである MEM では、確率分布の推定によって未知のデータを算出する必要があるため、データフィッティングの結果を人為的に判定することが必要とされる。これによって一程度の外れ値には影響されにくく、ばらつきが大きかったり、有限のデータ点数に対しても精密にフィッティングできる利点がある一方、適正なデータフィッティングが成されているかの判定が難しい。そこで、比較的シンプルな組成分布が想定される試料や、モデル分布の設定により、フィッティングプログラムと判定基準を確立した。その結果、Ar イオンと Cl ラジカルを交互照射した表面の組成分布について、原子レベルでの詳細な深さ方向解析ができ

るシステムを実現した。これにより Ar イオンと Cl ラジカルとの交互照射を行った GaN 表面において、Ar イオン照射後の Ga 金属の表面組成が Ar イオンの加速エネルギーに依存して変化することを明らかにした。一方、Ga 金属の表面組成に関わらず、それに続く Cl ラジカル照射後での Cl の表面組成は一定であることを見出した。このことから Cl ラジカルが試料表面の Ga 金属を選択的に揮発脱離させることにより、GaN 表面の状態が一定となるものと考えられる。更に、実際の原子層エッチングに近い、Ar

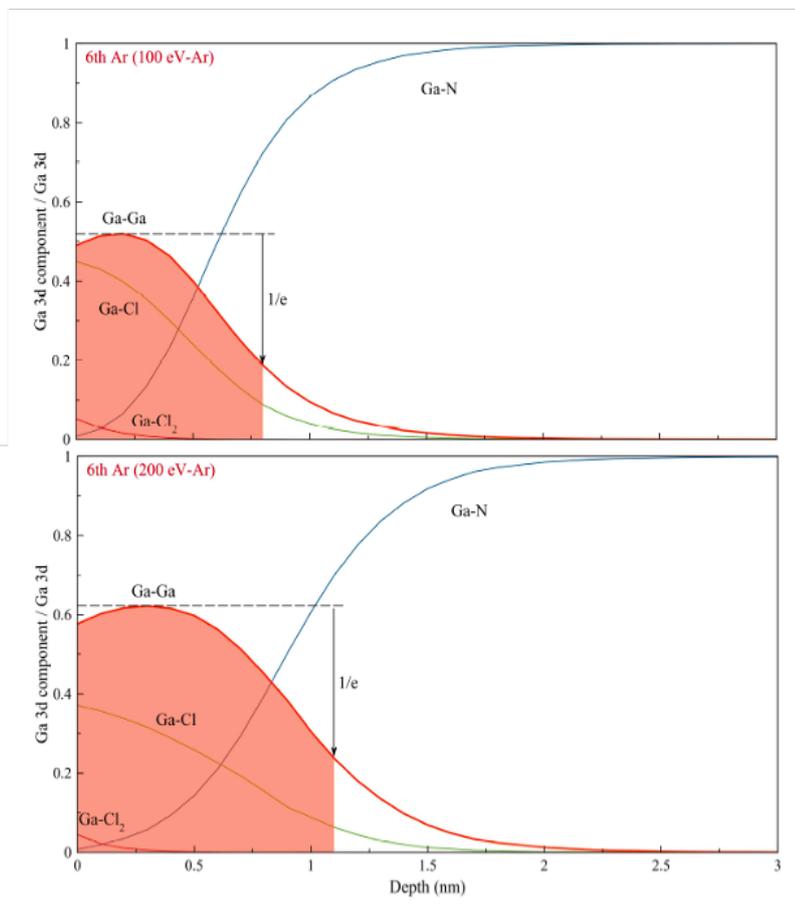


図2 6サイクル目のArイオン照射後におけるGa 3d成分の深さ方向分布 (Arイオンエネルギー：116.0および212.6 eV)

イオンと Cl ラジカルを交互照射における、GaN 表面組成・構造のステップ毎の変化の解析に取り組んだ。その結果、イオンエネルギーが 116.0 および 212.6 eV である場合において、Ar イオン照射によって形成される Ga-rich 表面層の厚さがそれぞれ 0.8 および 1.1 nm であることがわかった (図 2)。これに伴い、次段の Cl ラジカル照射ステップにおける Cl ラジカルの侵入深さが変化することを見出した。これらの知見は、原子層プロセスにおけるステップ間のシナジー効果を定量的に示唆する結果であり、同プロセスの反応機構の理解と最適化において重要な基盤となる。一方、STM や XPS と、多様なプラズマ照射システムとの間を、真空状態を保ったままで試料搬送可能な真空シャトルシステムについて、より高真空状態で試料搬送可能なシャトル接続ポートチャンバを開発し、表面の清浄性をより高質かつ長時間に保つことを可能とした。

最終年度では、これまでの知見を基盤として、高 In 組成 InGaN の成長を実施した。HDRS を用いて生成した従来の一般的な ICP と比較して 10 倍以上高密度な窒素ラジカルの照射下において、比較的高い成長温度である 447~590°C で InGaN を成長した。その結果、これら的高温領域で In 組成 40~42% の高 In 組成 InGaN の成長を実現した。また X 線ロックングカーブ測定において、成長温度 447°C、521°C および 554°C の場合の InGaN(0002)面の半値全幅 (FWHM) は 3,610、2,372 および 2,055 arcsec であり、成長温度が高いほどモザイシティが減少する傾向が得られた。すなわち、HDRS を用いて生成した、従来の一般的な ICP と比較して 10 倍以上高密度な窒素ラジカルの照射によって InN の分解・脱離が抑制され、高温成長とそれによる結晶性の向上が実現可能であることが明らかとなった。これらの結果は分子線エピタキシー法(MBE)による InGaN 成長の結果であるが、MBE に限らず、化学気相堆積法(CVD)やパル

スレーザー堆積法(PLD)など多様な成膜手法においても、HDRSによって生成される高密度窒素ラジカルの照射が有用であることを示唆するものと考えられる。

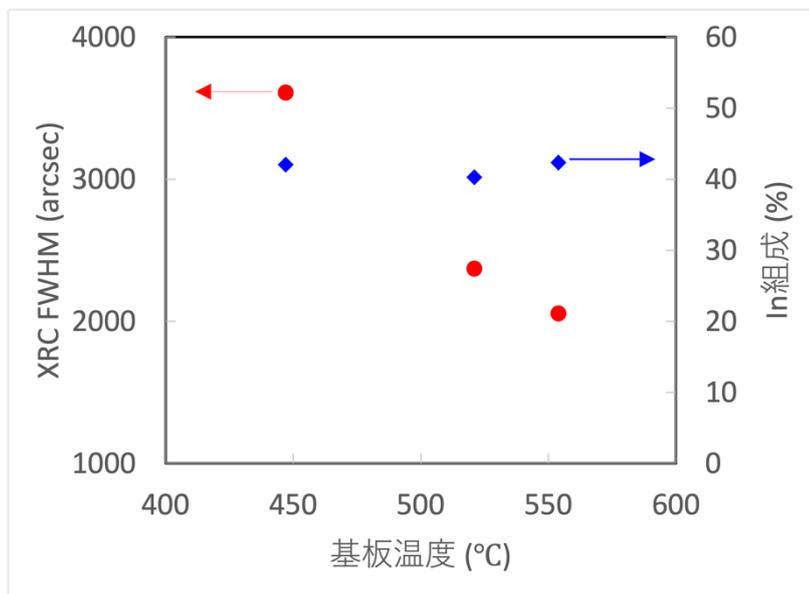


図3 X線ロックアップカーブ測定におけるInGaN(0002)面の半値全幅(FWHM)と、In組成の基板温度依存性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Yasuhiro Isobe, Takayuki Sakai, Naoharu Sugiyama, Ichiro Mizushima, Kyoichi Suguro, Naoto Miyashita, Yi Lu, Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Nobuyuki Ikarashi, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Makoto Sekine and Masaru Hori	4. 巻 37
2. 論文標題 Growth of high-quality crystal GaN using radical-enhanced metal organic chemical vapor deposition (REMOCVD) method with shield plates for plasma-confinement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science Technology B	6. 最初と最後の頁 031201-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/1.5083970	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 Yasuhiro Isobe, Takayuki Sakai, Kyoichi Suguro, Naoto Miyashita, Amalraj Frank Wilson, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Makoto Sekine, and Masaru Hori	4. 巻 37
2. 論文標題 Simulation-aided designing of confinement of very-high-frequency excited nitrogen plasma using a shield plate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science Technology B	6. 最初と最後の頁 061215-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/1.5114831	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 Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Lu Yi, Shimizu Naohiro, Oda Osamu, Ishikawa Kenji, Kondo Hiroki, Sekine Makoto, Ikarashi Nobuyuki, Hori Masaru	4. 巻 8
2. 論文標題 Effect of N ₂ /H ₂ plasma on GaN substrate cleaning for homoepitaxial GaN growth by radical-enhanced metalorganic chemical vapor deposition (REMOCVD)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 115116 ~ 115116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5050819	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 Isobe Yasuhiro, Sakai Takayuki, Sugiyama Naoharu, Mizushima Ichiro, Suguro Kyoichi, Miyashita Naoto, Lu Yi, Wilson Amalraj Frank, Kumar Dhasiyan Arun, Ikarashi Nobuyuki, Kondo Hiroki, Ishikawa Kenji, Shimizu Naohiro, Oda Osamu, Sekine Makoto, Hori Masaru	4. 巻 37
2. 論文標題 Effects of plasma shield plate design on epitaxial GaN films grown for large-sized wafers in radical-enhanced metalorganic chemical vapor deposition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science & Technology B	6. 最初と最後の頁 031201 ~ 031201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/1.5083970	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 Hasegawa Masaki, Tsutsumi Takayoshi, Tanide Atsushi, Nakamura Shohei, Kondo Hiroki, Ishikawa Kenji, Sekine Makoto, Hori Masaru	4. 巻 38
2. 論文標題 In situ surface analysis of an ion-energy-dependent chlorination layer on GaN during cyclic etching using Ar ⁺ ions and Cl radicals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science & Technology A	6. 最初と最後の頁 042602 - 042602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0000124	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18件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Makoto Sekine, Yusuke Fukunaga, Takayoshi Tsutsumi, Kenji Ishikawa, Hiroki Kondo, Masaru Hori
2. 発表標題 Precisely wafer-temperature-controlled plasma etching and its application for nano-scale pattern fabrication of organic material
3. 学会等名 24th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC24) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Hasegawa, Takayoshi Tsutsumi, Atsushi Tanide, Hiroki Kondo, Makoto Sekine, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori
2. 発表標題 Chlorinated surface layer of GaN in quasi atomic layer etching of cyclic processes of chlorine adsorption and ion irradiation
3. 学会等名 AVS 19th International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD 2019)/6th International Atomic Layer Etching Workshop (ALE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Hasegawa, Takayoshi Tsutsumi, Atsushi Tanide, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, Makoto Sekine, and Masaru Hori
2. 発表標題 In-situ surface analysis of Ga dangling sites and chlorination layers for determining atomic layer etching properties of GaN
3. 学会等名 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Hasegawa, K. Ishikawa, T. Tsutsumi, M. Sekine, H. Kondo, A. Tanide, M. Hori
2. 発表標題 In-situ analysis of GaN surfaces irradiated by a Cl ₂ plasma for atomic layer etching
3. 学会等名 16th Akasaki Research Center Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Kondo and Masaru Hori
2. 発表標題 Effect of multiphase plasma irradiation on alcohols for functional nanographene materials
3. 学会等名 Gaseous Electronics Symposium 3 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堤 隆嘉, 近藤 博基, 石川 健治, 関根 誠, 堀 勝
2. 発表標題 プラズマ支援原子層プロセスにおける表界面反応層制御・診断
3. 学会等名 第4回 Atomic Layer Process (ALP) Workshop (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川 将希, 堤 隆嘉, 近藤 博基, 関根 誠, 石川 健治, 堀 勝
2. 発表標題 Arイオン照射窒化ガリウム表面の塩素吸着層のイオンエネルギー依存性
3. 学会等名 第80回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川 将希, 堤 隆嘉, 谷出 敦, 近藤 博基, 関根 誠, 石川 健治, 堀 勝
2. 発表標題 Arイオン照射窒化ガリウム表面の塩素吸着層のイオンエネルギー依存性
3. 学会等名 第67回応用物理学関係連合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Osamu Oda, Frank Wilson Amalraj, Naohiro Shimizu, Hiroki Kondo, Makoto Sekine, Yuri Tsutsumi, Kenji Ishikawa, H. Kano, Nobuyuki Ikarashi and Masaru Hori
2. 発表標題 Novel Epitaxial Growth Methods for Nitride Materials with Using Plasma Technology
3. 学会等名 Energy Materials Nanotechnology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Osamu Oda, Frank Wilson Amalraj, Naohiro Shimizu, Hiroki Kondo, Makoto Sekine, Yuri Tsutsumi, Kenji Ishikawa, H. Kano, Nobuyuki Ikarashi and Masaru Hori
2. 発表標題 Novel Epitaxial Growth Methods for Nitride Materials with Using Plasma Technology
3. 学会等名 International Meeting on Information Display (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, Makoto Sekine and Masaru Hori
2. 発表標題 Influence of Chamber Pressure on the Crystal Quality of Homo-Epitaxial GaN Grown by Radical-Enhanced MOCVD (REMOCVD)
3. 学会等名 Dry Process Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Nobuyuki Ikarashi, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori
2. 発表標題 Influence of N ₂ /H ₂ Plasma Irradiation to GaN Substrate for Improving the Interface of the Homoepitaxial GaN Grown by Radical Enhanced MOCVD (REMOCVD)
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN-2018), (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori
2. 発表標題 Influence of RF Plasma Power on the Homo-Epitaxial GaN Crystal Quality Grown by Radical Enhanced MOCVD (REMOCVD)
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN-2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Yi Lu, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori
2. 発表標題 Growth of Ultrathin AlN on Si (111) Substrate by Radical Enhanced Metalorganic Chemical Vapor Deposition (REMOCVD)
3. 学会等名 International Symposium on Advanced Plasma Sciences and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPLASMA 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, and Masaru Hori
2. 発表標題 Surface Treatment Method of GaN Substrates for Homoepitaxial GaN Grown by REMOCVD
3. 学会等名 79th JSAP autumn meeting, 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaki Hasegawa, Takayoshi Tsutsumi, Hiroki Kondo, Kenji Ishikawa, Masaru Hori
2. 発表標題 In situ Quantitative Analysis of Chlorine Adsorption on Ion-irradiated GaN for Atomic Layer Etching
3. 学会等名 5th ALE Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Hasegawa, T. Tsutsumi, A. Tanide, H. Kondo, M. Sekine, K. Ishikawa, M. Hori
2. 発表標題 In situ analysis of ion-irradiated and chlorinated GaN surface during cyclic etching processes
3. 学会等名 Dry Process Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Kondo, Amalraj Frank Wilson, Dhasiyan Arun Kumar, Yi Lu, Naohiro Shimizu, Osamu Oda, Kenji Ishikawa, Masaru Hori
2. 発表標題 Effects of in-situ irradiation of nitrogen-hydrogen plasma on flatness and composition of GaN surfaces before epitaxial growth by a radical-enhanced metalorganic chemical vapor deposition
3. 学会等名 71st Annual Gaseous Electronics Conference
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

名古屋大学低温プラズマ科学研究センター https://www.plasma.nagoya-u.ac.jp/ 名古屋大学大学院工学研究科電子工学専攻堀研究室 http://horilab.nuee.nagoya-u.ac.jp/ 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター・近藤博基 http://profs.provost.nagoya-u.ac.jp/view/html/100002054_ja.html

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	小田 修 (Oda Osamu) (30588695)	名古屋大学・低温プラズマ科学研究センター・特任教授 (13901)	
研究分担者	堤 隆嘉 (Tsutsumi Takayoshi) (50756137)	名古屋大学・低温プラズマ科学研究センター・助教 (13901)	

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