

令和 4 年 5 月 20 日現在

機関番号：14101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15025

研究課題名(和文)窒化物半導体ヘテロ接合における界面揺らぎの制御と量子光学デバイス応用

研究課題名(英文)Control of Interface Fluctuation in Nitride Semiconductor Heterostructure and its Application to Quantum Optical Devices

研究代表者

正直 花奈子 (Shojiki, Kanako)

三重大学・工学研究科・助教

研究者番号：60779734

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、量子光学応用を目的として、AlGa_N気相成長において、原子層レベルの界面揺らぎの制御と、それが光学特性に与える影響を明らかにすることを目的として行った。まず、AINテンプレートにおける表面平坦性を確保するために、低転位密度のスputターアニールAIN上に有機金属気相成長(MOVPE)法を用いてAINのホモエピタキシャル成長を行い原子層レベルで平坦なステップフロー成長による表面を実現した。その上に積層したAlGa_N/AlGa_N量子井戸を積層し、その発光特性を調べた。更にパターン加工AIN上への選択MOVPE成長により表面の原子層ステップ端密度を制御することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究期間中に、低いらせん転位(欠陥)密度のスputターアニールAINの作製、MOVPE法による表面の原子層ステップ端密度の制御としてスputターアニールAIN上のホモエピタキシャル成長条件の最適化とパターン加工スputターアニールAIN上の選択MOVPE成長による原子層ステップ端密度制御、スputターアニールAIN上AlGa_N量子井戸構造の光学特性評価を行うことができた。これらの成果は量子光学応用は勿論のこと、従来からある深紫外LEDや電子デバイスの高性能化にも直接繋がる技術であり、既に論文発表ができていることから窒化物半導体AINをベースとした結晶成長およびデバイス応用の分野の発展に寄与する。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to control the interface fluctuations in AlGa_N vapor phase growth for quantum optical applications and to clarify their effects on optical properties of AlGa_N quantum wells (QWs). First, to achieve flat AIN templates with low threading dislocation, homo-epitaxial growth of AIN on face-to-face annealed sputtered AIN (FFA Sp-AIN) was performed using metal organic vapor phase epitaxy (MOVPE). Then, we realized a atomically flat surface with step-and-terrace structure of MOVPE-grown AIN on FFA Sp-AIN. AlGa_N/AlGa_N QWs were grown on the MOVPE-grown AIN/FFA Sp-AIN and their luminescence properties were investigated. Furthermore, selective MOVPE growth on patterned AIN allowed us to control atomic-step-edge-density on the AIN surface.

研究分野：結晶工学

キーワード：窒化物半導体 窒化アルミニウム 表面形態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

量子計算機や量子暗号通信の量子光源用材料として、窒化物半導体が注目されている。窒化物半導体 AlGaIn は、大きな励起子束縛エネルギーから室温でも励起子が安定に存在するという量子光源に適する特性を持つ。一方、AlGaIn はその小さいボア半径からより敏感にヘテロ構造の界面揺らぎの影響を受けることが考えられる。このため、AlGaIn の原子層レベルの界面揺らぎの制御が求められている。

2. 研究の目的

AlGaIn の気相成長における原子層レベルの界面揺らぎの制御手法の確立を目的として AlN の表面形態の制御に関する研究を行った。

本研究では、*c* 面サファイア基板上に低いらせん転位密度のテンプレートを作製し、選択有機金属気相成長 (MOVPE) 法によるステップ端密度が制御された表面を実現することを目的として研究を行った。この際、選択成長領域にらせん貫通転位が存在する場合、スパイラル成長をするが、らせん転位フリーの選択領域ではステップ・フロー成長が進行した後にすべてのステップ端がメサ端まで一掃されることでステップフリーの表面が実現することが期待される。実際、GaIn においては、ステップフリー-GaIn 表面が実現され、その上の InN/GaIn 単一量子井戸からの低温での狭線幅発光が報告されている。(T. Akasaka *et al.*, *Adv. Mater.* **24**, 4296 (2012).) しかし、AlN を下地として GaIn/AlN 量子井戸を作製しようとする場合、らせん転位密度の低い AlN テンプレートがなく、AlN の表面拡散長が GaIn と比較して短いことが原因となり AlN 上でのステップ端密度の制御は報告がない。これに対してらせん転位密度の低い AlN テンプレート上に表面過飽和度を十分に下げた状態で選択 AlN 成長するのが本研究である。更に スパッタアニール AlN 上 AlGaIn 量子井戸構造の光学評価を行った。

3. 研究の方法

c 面サファイア基板上にスパッタ AlN 膜を成膜後、2 枚のウエハーを AlN 薄膜が対面するように配置して約 1700 °C で高温アニールすることで、スパッタアニール AlN テンプレートとした。(H. Miyake *et al.*, *JCG* **456**, 155 (2016).) 本研究では、スパッタ時のスパッタ膜厚や成膜圧力が結晶性に与える影響を調べた。その結果を基にらせん転位密度の低いスパッタアニール AlN テンプレートを作製した。その後、らせん転位が低いスパッタアニール AlN 膜を用いたスパッタアニール AlN 上のホモエピタキシャル成長条件の最適化を行った。この結果を活用し、パターン加工スパッタアニール AlN 上で選択 MOVPE 成長を行うことで AlN 表面の原子層ステップ端密度の制御を行った。更に、刃状転位およびらせん転位密度の低いスパッタアニール AlN 上の AlGaIn 量子井戸の光学特性評価を行った。

4. 研究成果

低いらせん転位密度のスパッタアニール AlN の作製

図 1(a,b,c)に AlN 膜厚を変化させて成膜したスパッタ AlN およびスパッタアニール AlN の X 線空間逆格子マップ (XRD-RSM) を示す。この結果より図 1 (d,e)に示すような構造でスパッタ AlN およびスパッタアニール AlN が構成されていることを明らかにした。スパッタ AlN は薄い AlN 膜厚の時にはチルト揺らぎの少ない擬似コヒーレント層で構成される。一方、AlN 膜厚が増加すると擬似コヒーレント層の上に緩和層が成膜されることがわかった。また、高温アニール後はこの擬似コヒーレント層の配向性を引き継いだ高品質のスパッタアニール AlN が形成できることがわかった。この擬似コヒーレント層の結晶性はアニール圧力などスパッタ条件により大きく異なることも明らかにした。結果として、らせん転位密度が $2 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 程度のスパッタアニール AlN 膜を実現することができた。これは μm スケールの選択成長エリアに一つもらせん転位が入らない状態にするには十分に低いらせん転位密度であることがわかる。更にこの途上で、スパッタアニール AlN の歪み状態を定量的に明らかにすることができた。

[S. Tanaka, K. Shojiki* *et al.*, *JCG* **512** (2019) 16. (*Corresponding author)

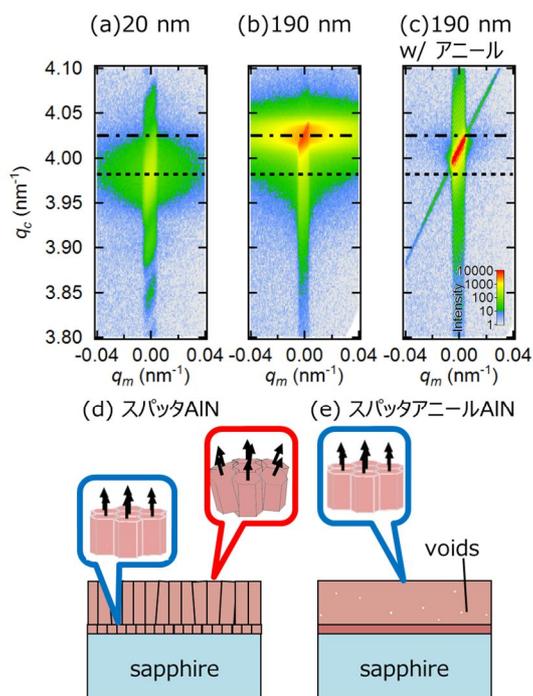


図 1(a,b,c) AlN 膜厚を変化させて成膜したスパッタ AlN およびスパッタアニール AlN の XRD-RSM と(d,e)推定される概略図。

MOVPE 法によるステップ端密度の制御

・スパッタアニール AlN 上のホモエピタキシャル成長条件の最適化

に示すようにらせん貫通転位密度の低いスパッタアニール AlN テンプレートを実現したが、スパッタアニール AlN テンプレートの表面はステップバンチングと微小島を呈し、従来からある MOVPE 成長 AlN テンプレートと比較すると荒れた表面になっていることがわかった。更に、従来からある MOVPE 成長 AlN テンプレート上に AlN 膜を成長する方法ではヒロックなどの異常成長部が形成されることがわかった。このため、スパッタアニール AlN 上のホモエピタキシャル成長条件を最適化した。まず、表面の微小島を MOVPE 炉内で除去するための表面クリーニングの条件を探索した。図 2 に MOVPE 炉内での表面クリーニング前後の表面原子間力顕微鏡 (AFM) 像を示す。図 2 に示す通りアニール直後には観察された表面の微小島が $H_2 + NH_3$ の雰囲気中での表面クリーニングにおいて除去できることがわかった。また、この表面クリーニングには NH_3 の添加が必須であり、図 2(b) に示す通り H_2 雰囲気での表面クリーニングでは、表面に nm サイズのピットが多数形成されてしまうことがわかった。また、表面クリーニング温度に関しては、1300 という AlN の成長温度と同程度の高温が必要になることがわかった。更に表面クリーニングで微小島を除去した後に MOVPE 成長を行った。この際、 NH_3 流量を変化させることで原料供給 V/III 比を制御した。 NH_3 流量 1 standard liter per minute (slm) および 2 slm の表面 AFM 像を図 3(a-d) に示す。原料供給 V/III 比を制御することで、サファイア基板オフ角に対応した理想的な原子層ステップ幅が観察され、またそのステップ高さが AlN の 1 原子層と良く一致していることがわかった。これは、原料供給 V/III 比を制御することで図 3(e,f) に示すように Al の吸着原子の拡散長を原子層テラス幅以上および原子層テラス幅程度に制御することができたためだと考えられる。

・パターン加工スパッタアニール AlN 上の選択 MOVPE 成長による原子層ステップ端密度制御

以上の知見を基にパターン加工スパッタアニール AlN 上に選択 MOVPE 成長を行った。パターン加工スパッタアニール AlN はフォトリソグラフィおよびドライエッチングにより作製し、 μm スケールのメサ構造とした。また、MOVPE 成長の際、表面過飽和度を下げて Al 吸着原子の拡散長を確保するために、原料供給はパルスで行った。この結果、らせん転位密度が存在しないメサの中では、数 μm の幅を持った 2 次元核成長領域を得ることができた。さらにこの表面形態は再成長膜厚に依存して変化することがわかった。このように AlN における選択 MOVPE 成長において表面のステップ端密度を制御することができた。

[K. Shojiki *et al.*, PSSB **258** (2021) 200352.他]

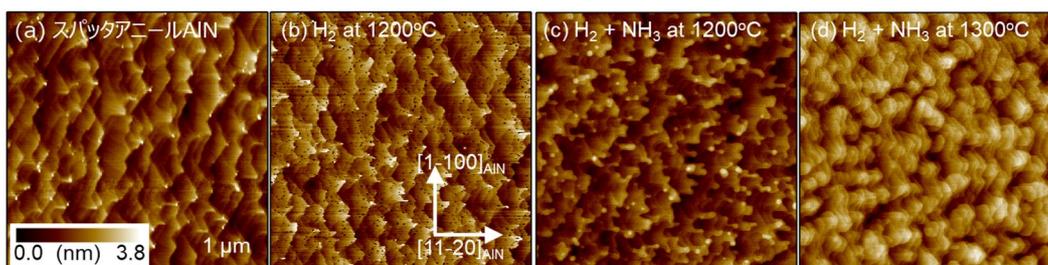


図 2 (a)アニール直後のスパッタアニール AlN。 (b-d)表面クリーニング後のスパッタアニール AlN。

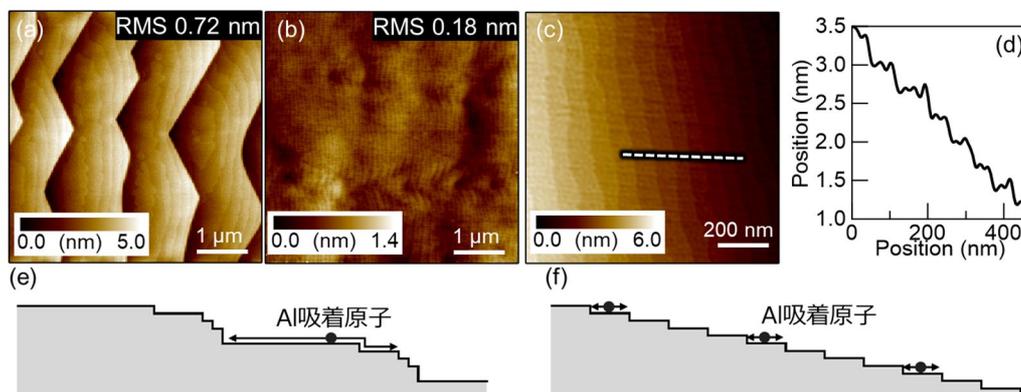


図 3 スパッタアニール AlN 上 MOVPE 成長 AlN の表面 AFM 像。 (a) NH_3 流量 1 slm および (b)2 slm。 (c,d) NH_3 流量 2 slm の MOVPE 成長 AlN の表面 AFM 像および断面プロファイル。 (e)ステップバンチングおよび (f)ステップ・フロー成長モードの概略図。

スパッタアニール AlN 上 AlGaN 量子井戸構造の光学評価

最後にスパッタアニール AlN 上 AlGaN 量子井戸構造の光学評価をカソードルミネッセンス (CL) 温度依存フォトルミネッセンス (PL) 時間分解 PL 測定により行った。スパッタアニール AlN 上および MOVPE 成長 AlN 上の AlGaN 量子井戸/n-AlGaN の表面走査型電子顕微鏡 (SEM) 像、CL ピーク波長像、CL 積分強度像を図 4 に示す。図 4(a,b) の表面 SEM 像に示す通り、スパッタアニール AlN 上ではステップバンチングを呈する表面になった。一方、MOVPE 成長 AlN 上ではヒロックが観察された。この表面形態に対応した発行波長むらが観察された。図 4(c,d) の CL ピーク波長像に示す通り、表面形態に対応して発光波長が変化していることがわかった。特にステップ端密度が高いステップバンチングのマクロステップ端やヒロックの側面では周囲より長波長の発光が観察された。即ち、狭線幅発光を得るためにはステップ端密度の制御が必要であることがわかる。CL 積分強度像よりスパッタアニール AlN で低い暗点密度であることがわかった。これは、刃状転位に対応した暗点であることが X 線ロックアップカーブ測定の半値全幅から推定される転位密度と暗点密度を比較することがわかった。このように、表面のステップ端密度高い箇所が長波長発光すること、刃状転位に対応した暗点 (非輻射再結合中心) が存在することを明らかにした。この結果は、スパッタアニール AlN の低貫通転位密度なテンプレートが高効率発光に寄与することを表している。

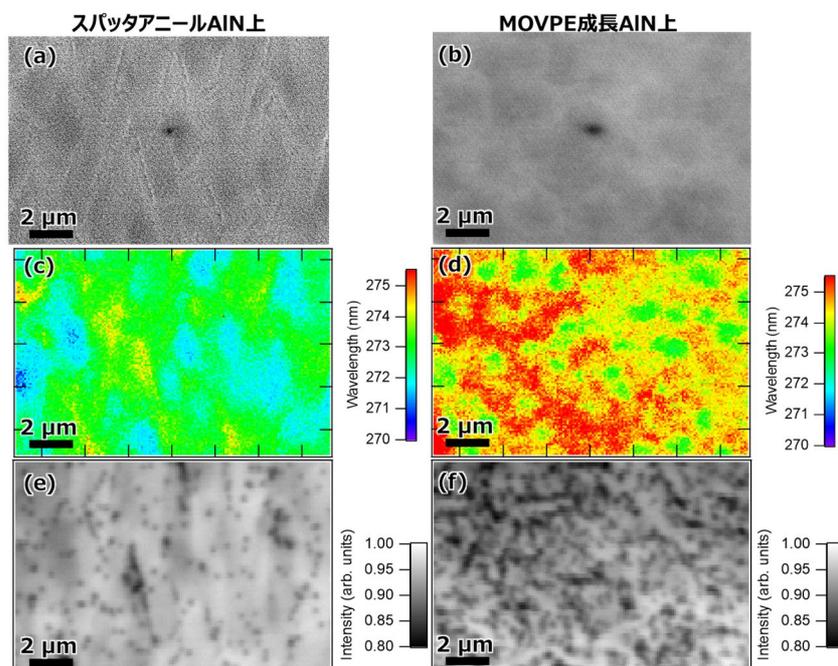


図 4 スパッタアニール AlN 上および MOVPE 成長 AlN テンプレート上の AlGaN 量子井戸構造/n-AlGaN の(a,b)表面 SEM 像、(c,d)CL ピーク波長像、(e,f)CL 積分強度像

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 S. Kuboya, K. Uesugi, K. Shojiki, Y. Tezen, N. Norimatsu, and H. Miyake	4. 巻 545
2. 論文標題 Crystalline quality improvement of face-to-face annealed MOVPE-grown AlN on vicinal sapphire substrate with sputtered nucleation layer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Cryst. Growth	6. 最初と最後の頁 12722-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2020.125722	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 V Suresh Kumar, SY Ji, YT Zhang, K Shojiki, JH Choi, T Kimura, T Hanada, R Katayama, T Matsuoka	4. 巻 20
2. 論文標題 Dependence of the V/III Ratio on Indium Incorporation in InGaN Films Grown by Metalorganic Vapour Phase Epitaxy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of nanoscience and nanotechnology	6. 最初と最後の頁 2979-2986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2020.17466	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
1. 著者名 Sebastian Tamariz, Gordon Callsen, Johann Stachurski, Kanako Shojiki, Raphael Butte, Nicolas Grandjean	4. 巻 6
2. 論文標題 Toward bright and pure single photon emitters at 300 K based on GaN quantum dots on silicon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 1515-1522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.0c00310	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 Kenjiro Uesugi, Kanako Shojiki, Yuta Tezen, Yusuke Hayashi, Hideto Miyake	4. 巻 116
2. 論文標題 Suppression of dislocation-induced spiral hillocks in MOVPE-grown AlGaN on face-to-face annealed sputter-deposited AlN template	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 062101-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5141825	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 Tatsuya Shirato, Yusuke Hayashi, Kenjiro Uesugi, Kanako Shojiki, Hideto Miyake	4. 巻 257
2. 論文標題 High Temperature Annealing of Sputter Deposited AlN on (001) Diamond Substrate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 1900447-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.201900447	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, Kanako Shojiki, Kenjiro Uesugi, Shigefusa F Chichibu, Shoji Ishibashi, Marcel Dickmann, Werner Egger, Christoph Huguenschmidt, Hideto Miyake	4. 巻 128
2. 論文標題 Annealing behaviors of vacancy-type defects in AlN deposited by radio-frequency sputtering and metalorganic vapor phase epitaxy studied using monoenergetic positron beams	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 85704-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0015225	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

1. 著者名 Kanako Shojiki, Kenjiro Uesugi, Shigeyuki Kuboya, Takafumi Inamori, Shin Kawabata, Hideto Miyake	4. 巻 2020
2. 論文標題 High Quality AlN Template Prepared by Face to Face Annealing of Sputtered AlN on Sapphire	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 2000352-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.202000352	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 Kenjiro Uesugi, Yusuke Hayashi, Kanako Shojiki, Shiyu Xiao, Kentaro Nagamatsu, Harumasa Yoshida, Hideto Miyake	4. 巻 510
2. 論文標題 Fabrication of AlN templates on SiC substrates by sputtering-deposition and high-temperature annealing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Cryst. Growth	6. 最初と最後の頁 13-17
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kanako Shojiki, Yusuke Hayashi, Kenjiro Uesugi, Hideto Miyake	4. 巻 58
2. 論文標題 Local and anisotropic strain in AlN film on sapphire observed by Raman scattering spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SCCB17-1-6
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 Shuichi Tanaka, Kanako Shojiki, Kenjiro Uesugi, Yusuke Hayashi, Hideto Miyake	4. 巻 512
2. 論文標題 Quantitative evaluation of strain relaxation in annealed sputter-deposited AlN film	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Cryst. Growth	6. 最初と最後の頁 16-19
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 Kenjiro Uesugi, Yusuke Hayashi, Kanako Shojiki, Hideto Miyake	4. 巻 12
2. 論文標題 Reduction of threading dislocation density and suppression of cracking in sputter-deposited AlN templates annealed at high temperatures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Express	6. 最初と最後の頁 065501-1-4
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 Kanako Shojiki, Ishii Ryota, Kenjiro Uesugi, Mitsuru Funato, Yoichi Kawakami, Hideto Miyake	4. 巻 9
2. 論文標題 Impact of face-to-face annealed sputtered AlN on the optical properties of AlGaN multiple quantum wells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 125342-1-9
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計50件（うち招待講演 17件 / うち国際学会 18件）

1. 発表者名 上杉謙次郎, Ding Wang, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 三宅秀人
2. 発表標題 低転位密度AINテンプレートを用いた深紫外LEDの開発
3. 学会等名 第12回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, オンライン開催（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 粕谷拓生, 嶋紘平, 正直花奈子, 上杉謙次郎, 小島一信, 上殿明良, 三宅秀人, 秩父重英
2. 発表標題 スパッタAIN上にMOVPE成長させたAIN薄膜のカソードルミネッセンス評価
3. 学会等名 第12回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, オンライン開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森隆一, 上杉謙次郎, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 白土達也, 三宅秀人
2. 発表標題 低転位密度AINテンプレート上SiドーブAlGaInの電氣的・光学的特性評価
3. 学会等名 第12回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, オンライン開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊庭由季乃, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 肖世玉, 三宅秀人
2. 発表標題 ナノパターン加工したスパッタ・アニール法AINテンプレート上のMOVPE成長AIN膜の結晶性評価
3. 学会等名 第12回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, オンライン開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白土 達也, 上杉 謙次郎, 窪谷 茂幸, 正直 花奈子, 三宅 秀人
2. 発表標題 スパッタ法アニール処理AIN上GaN薄膜のMOVPE成長
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅 秀人, 正直 花奈子, 肖 世玉, 上杉 謙次郎, 小泉 晴比古, 窪谷 茂幸
2. 発表標題 高品質AIN結晶の作製とその紫外線デバイス応用
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 嶋 紘平, 正直 花奈子, 上杉 謙次郎, 小島 一信, 上殿 明良, 三宅 秀人, 秩父 重英
2. 発表標題 高温アニールスパッタAIN上にMOVPE成長させたAINの陰極線蛍光評価(1)
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊庭 由季乃, 正直 花奈子, 窪谷 茂幸, 上杉 謙次郎, 肖 世玉, 三宅 秀人
2. 発表標題 ナノパターンを有するスパッタ・アニール法AINテンプレート上へのAINのMOVPE成長
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲森 崇文, 石原 頌也, 白土 達也, 窪谷 茂幸, 正直 花奈子, 上杉 謙次郎, 三宅 秀人
2. 発表標題 高温アニールAIN上AlGaIn成長における超格子構造導入による歪み緩和
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 粕谷 拓生, 嶋 紘平, 正直 花奈子, 上杉 謙次郎, 小島 一信, 上殿 明良, 三宅 秀人, 秩父 重英
2. 発表標題 高温アニールスパッタAIN上にMOVPE成長させたAINの陰極線蛍光評価(2)
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊庭由季乃, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 肖世玉, 三宅秀人
2. 発表標題 ナノストイブパターン加工した低転位密度AINテンプレート上へのMOVPE成長と結晶性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 エレクトロニクスソサイエティ レーザ・量子エレクトロニクス研究会 (LQE)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白土 達也, 上杉 謙次郎, 窪谷 茂幸, 正直 花奈子, 三宅 秀人
2. 発表標題 高電子移動度トランジスタのための原子層平滑なAINテンプレート上へのGaIn成長
3. 学会等名 電子情報通信学会 エレクトロニクスソサイエティ レーザ・量子エレクトロニクス研究会 (LQE)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲森 崇文, 窪谷 茂幸, 石原 頌也, 白土 達也, 正直 花奈子, 上杉 謙次郎, 三宅 秀人
2. 発表標題 AlNテンプレート上歪み緩和AlGaIn成長のためのAlN/GaN超格子層導入
3. 学会等名 電子情報通信学会 エレクトロニクスソサイエティ レーザ・量子エレクトロニクス研究会 (LQE)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Inamori, Shigeyuki Kuboya, Shoya Ishihara, Tatsuya Shirato, Kenjiro Uesugi, Kanako Shojiki and Hideto Miyake
2. 発表標題 Control of strain in AlGaIn films on AlN templates by AlN/GaN superlattices
3. 学会等名 The 12th International Workshop on Regional Innovation Studies 2020 (IWRIS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yukino Iba, Kanako Shojiki, Shigeyuki Kuboya, Kenjiro Uesugi, Shiyu Xiao and Hideto Miyake
2. 発表標題 Effect of MOVPE Growth Conditions on Crystallinity of AlN films on Nano-Patterned Annealed Sputtered AlN Templates
3. 学会等名 The 12th International Workshop on Regional Innovation Studies 2020 (IWRIS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河端一輝, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 正直花奈子, 三宅秀人
2. 発表標題 高温アニールAlNテンプレートを用いた分極ドーブ深紫外LED作製
3. 学会等名 第49回結晶成長国内会議(JCCG-49)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川端心, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 三宅秀人
2. 発表標題 選択MOVPE成長による原子層レベルのAlN表面形態制御
3. 学会等名 第49回結晶成長国内会議(JCCG-49)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shiyu Xiao, Kanako Shojiki, Hideto Miyake
2. 発表標題 Thick AlN layers grown on macro-scale patterned sapphire substrates with sputter-deposited annealed AlN films by hydride vapor-phase epitaxy
3. 学会等名 The Virtual Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Miyake, K. Uesugi, K. Shojiki, S. Xiao, D. Wang, S. Kuboya
2. 発表標題 High-quality AlN template prepared by face-to-face annealing of sputtered AlN on sapphire
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 2020年

1. 発表者名 K. Uesugi, D. Wang, K. Shojiki, S. Kuboya, and H. Miyake
2. 発表標題 Fabrication of UV-C LED on face-to-face annealed sputter-deposited AlN template
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology, (CGCT-8) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Shojiki, K. Uesugi, S. Kuboya, and H. Miyake
2. 発表標題 Reduction of threading dislocation densities of N-polar face-to-face annealed sputtered AlN on sapphire
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology, (CGCT-8) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Miyake, K. Uesugi, S. Xiao, K. Shojiki, S. Kuboya
2. 発表標題 Fabrication of high crystalline AlN/sapphire for deep UV-LED
3. 学会等名 Photonics West 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Uesugi, D. Wang, K. Shojiki, S. Kuboya, and H. Miyake
2. 発表標題 Development of DUV-LED grown on high-temperature annealed AlN template
3. 学会等名 Photonics West 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅 秀人, 正直 花奈子, 肖 世玉, 上杉 謙次郎, 窪谷 茂幸
2. 発表標題 高温アニールによる転位密度 10^7cm^{-2} のAlNテンプレート作製
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 窪谷 茂幸, 岩山 章, 上杉 謙次郎, 正直 花奈子, 則松 研二, 三宅 秀人
2. 発表標題 スパッタ・アニール法によるAlGaIn薄膜の作製
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 2020年

1. 発表者名 上杉 謙次郎, 手銭 雄太, 肖 世玉, 則松 研二, 岡村 実奈, 荒木 努, 三宅 秀人
2. 発表標題 高温アニールしたAlNテンプレート上のAlGaIn成長における異常成長の起源
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 2020年

1. 発表者名 森 隆一, 上杉 謙次郎, 白土 達也, 窪谷 茂幸, 正直 花奈子, 三宅 秀人,
2. 発表標題 スパッタ法アニール処理AlN上AlGaInチャンネルHEMTのMOVPE成長
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 2020年

1. 発表者名 Kenjiro Uesugi ¹ , Yusuke Hayashi ² , Kanako Shojiki ³ , Hideto Miyake ^{2,3}
2. 発表標題 Threading Dislocation Reduction of Sputter-Deposited AlN Templates for Deep-Ultraviolet Light-Emitting Device Applications
3. 学会等名 The International Conference on Light-Emitting Devices and Their Industrial Applications (LEDIA'19) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅秀人, 上杉謙次郎, Shiyu Xiao, 正直花奈子
2. 発表標題 スパッタ堆積AlNの高温固相成長とその基板上へのAlGaIn成長
3. 学会等名 第48回結晶成長国内会議 (JCCG-48) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正直花奈子, 石井良太, 上杉謙次郎, 船戸充, 川上養分一, 三宅秀人
2. 発表標題 アニール処理スパッタAlN膜とn型AlGaIn下地層がAlGaIn多重量子井戸構造の光学特性に与える影響
3. 学会等名 第48回結晶成長国内会議 (JCCG-48) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Miyake, K. Shojiki, S. Xiao, K. Uesugi, H. Koizumi, S. Kuboya
2. 発表標題 Fabrication of high-crystalline-quality AlN/sapphire template for deep-UV LED
3. 学会等名 37th Electronic Materials Symposium (EMS-37) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kawabata, S. Kuboya, K. Shojiki, K. Uesugi, H. Miyake
2. 発表標題 Optical properties of AlGaIn multiple quantum wells grown on n-AlGaIn using sputter-deposited AlN templates
3. 学会等名 37th Electronic Materials Symposium (EMS-37)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Miyake, K. Shojiki, K. Uesugi, S. Xiao, H. Koizumi, and S. Kuboya
2. 発表標題 Preparation of High-Quality AlN Templates for Deep UV Devices
3. 学会等名 4th International Workshop on Ultraviolet Materials and Devices (IWUMD4) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kuboya, Y. Tezen, K. Uesugi, K. Norimatsu, K. Shojiki, and H. Miyake
2. 発表標題 Growth of Si-doped AlGa _N on High-Temperature-Annealed MOVPE-Grown AlN Films on Vicinal Sapphire with Sputtered AlN Seed Layers
3. 学会等名 4th International Workshop on Ultraviolet Materials and Devices (IWUMD4) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Uesugi, K. Shojiki, Y. Hayashi, and H. Miyake
2. 発表標題 MOVPE Growth of AlGa _N on High-Temperature Annealed Sputter Deposited AlN Templates
3. 学会等名 13th International Conference on Nitride Semiconductors 2019 (ICNS-13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Shojiki, R. Ishii, K. Uesugi, M. Funato, Y. Kawakami, and H. Miyake
2. 発表標題 Comparative Study of AlGa _N Multiple Quantum Wells on Annealed Sputtered-AlN and MOVPE-Grown-AlN on Sapphire Substrates
3. 学会等名 13th International Conference on Nitride Semiconductors 2019 (ICNS-13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Shojiki, R. Ishii, K. Uesugi, M. Funato, Y. Kawakami, and H. Miyake
2. 発表標題 Internal quantum efficiency improvement by using annealed sputtered AlN template
3. 学会等名 Singularity Project Workshop of China-Korea-Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Uesugi, K. Shojiki, Y. Hayashi, and H. Miyake
2. 発表標題 MOVPE Growth of AlGa _N on High-Temperature Annealed Sputter Deposited AlN Templates
3. 学会等名 Singularity Project Workshop of China-Korea-Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 窪谷茂幸、手銭 雄太、上杉 謙次郎、則松 研二、正直 花奈子、三宅 秀人、
2. 発表標題 MOVPE成長AlN膜をアニールしたテンプレート上へのAlGa _N 成長
3. 学会等名 2019年第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 河端 一輝、窪谷 茂幸、上杉 謙次郎、正直 花奈子、三宅 秀人
2. 発表標題 高温アニールAlNテンプレート上AlGa _N 多重量子井戸のMOVPE成長
3. 学会等名 2019年第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 川端心、正直花奈子、上杉謙次郎、 Xiaotong Liu、三宅秀人
2. 発表標題 スパッタ堆積アニールAINテンプレート上へのMOVPE法ホモ成長
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 正直花奈子、石井良太、上杉謙次郎、船戸充、川上養分一、三宅秀人
2. 発表標題 アニール処理スパッタAIN膜上AlGaIn多重量子井戸構造の光学特性
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 正直花奈子、林侑介、上杉謙次郎、三宅秀人
2. 発表標題 ラマン散乱分光法を用いたサファイア基板上AIN薄膜の局所的・異方的歪みの観測
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 Ding Wang, Kenjiro Uesugi, Shiyu Xiao, Yuta Tezen, Kenji Norimatsu, Kanako Shojiki, Shigeyuki Kuboya, Hideto Miyake
2. 発表標題 High quality AlN film on sapphire prepared by two step sputtering-annealing
3. 学会等名 2020年第67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 Shin Kawabata, Kanako Shojiki, Kenjiro Uesugi, Shigeyuki Kuboya, Xiaotong Liu, Hideto Miyake
2 . 発表標題 Selective-area MOVPE growth of AlN on annealed sputter-deposited AlN films
3 . 学会等名 The 11th International Workshop on Regional Innovation Studies 2019 (IWRIS2019)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. Miyake, K. Shojiki, K. Uesugi, S. Xiao, H. Koizumi, and S. Kuboya
2 . 発表標題 Threading Dislocation Reduction of Sputter-deposited AlN/sapphire by High-Temperature Annealing
3 . 学会等名 The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APSW2019) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. Miyake, K. Uesugi, S. Xiao, K. Shojiki, H. Koizumi, and S. Kuboya
2 . 発表標題 Fabrication of high-quality AlN on sapphire by high-temperature annealing
3 . 学会等名 1st International Workshop on AlGaN based UV-Laser diodes (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. Miyake, K. Shojiki, K. Uesugi, S. Xiao
2 . 発表標題 Reduction of Threading Dislocation Density in High-temperature Annealed AlN on Sapphire Templates
3 . 学会等名 19th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-19) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅秀人, 正直花奈子, 肖世玉, 劉小桐, 岩山章, 上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 小泉晴比古, 手銭雄太, 則松研二
2. 発表標題 サファイア上AIN膜の高温アニールによる高品質化と深紫外LED開発
3. 学会等名 第 11 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 2019年

1. 発表者名 三宅秀人, 正直花奈子, 肖世玉, 上杉謙次郎, 小泉晴比古, 窪谷茂幸
2. 発表標題 サファイア上AIN膜の高温アニールによる高品質化と深紫外LED開発
3. 学会等名 徳島大学ポストLEDフォトリソ公開シンポジウム2019～深紫外LEDの可能性と生み出す未来～ (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

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