

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H02747

研究課題名（和文）無損傷ナノ加工技術による窒化物半導体極限ナノ構造光デバイス基盤技術の開発

研究課題名（英文）Research on ultrafine nitride semiconductor nanostructure for optical device platform fabricated by low-damage etching technique

研究代表者

菊池 昭彦（Kikuchi, Akihiko）

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：90266073

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：低損傷ナノ加工技術である水素雰囲気異方性熱エッチング（HEATE）法による高品質な極微細InGa_N/Ga_N量子構造の作製技術を開発し、発光特性のInGa_N量子ディスク直径依存性を12～2020nmの広範囲にわたり系統的に解明した。室温で明瞭に発光する平均直径9nmの極微細InGa_N多重量子構造の作製、飽和オゾン水処理による効果的な表面非発光再結合抑制技術、高アスペクトナノ加工が可能なアンモニア添加HEATE法の開発などの新規ナノ構造光デバイス基盤技術の実験的検証を行い、本研究で目標とした窒化物半導体極限微細ナノ構造の作製とナノ構造光デバイス基盤技術の開発は想定以上の成果をもって完了した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

HEATE法による窒化物半導体の極限ナノ加工技術を確立し、優れた発光特性を有する極微細InGa_Nナノ構造のデバイス応用技術を開発した。極微細領域におけるInGa_N/Ga_Nナノ構造の光学特性に対する理解が進み、直径100nmまでの微細化と飽和オゾン水パッシベーションにより、薄膜量子井戸構造に対して顕著に発光効率が增大することが見いだされた。本研究の成果は、半導体ナノ構造の光物性の解明やナノ加工技術、表面安定化技術の開拓という学術的意義に加え、マイクロLEDディスプレイや超低消費電力ナノLED・ナノレーザなどへの適用が期待され、Society5.0への移行に資する重要な社会的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：We have developed a fabrication technique for high-quality ultra-fine InGa_N/Ga_N nanostructures by the hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE) method, a low-damage etching technique, and systematically elucidated the InGa_N quantum disk diameter dependence of emission properties over a wide range from 12 to 2020 nm. Experimental validation of fundamental technologies for novel nanostructured optical devices, such as fabrication of ultrafine InGa_N quantum disks with an average diameter of 9 nm that emit light clearly at room temperature, effective suppression of surface non-radiative recombination by saturated ozone water treatment, and development of ammonia-added HEATE method that enables high aspect ratio nanofabrication, was conducted to achieve the target of this research. The fabrication of nitride semiconductor ultra-fine nanostructures and the development of basic technologies for nanostructured optical devices were completed with better-than-expected results.

研究分野：工学

キーワード：ナノ加工 エッチング ナノ構造 量子構造 光デバイス 発光効率 窒化物半導体 InGa_N

1. 研究開始当初の背景

研究開始時点において、Ⅲ族窒化物半導体二次元量子井戸(InGaN/GaN-QW)構造は、優れた可視域発光デバイス材料として多くの研究開発が行われ実用化が進んでいた。一方、青色～緑色領域におけるデバイス特性は限界に達しつつあり、更なる高性能化や高機能化、新領域応用等を目指したナノ結晶の研究が活性化し、多くの研究が報告されている状況であった。ナノ構造では、自由端効果により InGaN と GaN の格子不整合が緩和されるため、電子と正孔の波動関数の重なりが増加して発光遷移確率が增大する効果や、高品質化による緑色から赤色域での発光効率の向上が期待されるものの、多くの研究にもかかわらず位置と形状を精密に制御した直径 50nm 以下の極限量子構造はまだ実現されていない状況であった。研究代表者らは、GaN 極微細柱状ナノ結晶(ナノコラム)を世界に先駆けて開発し、ナノ結晶 LED²⁾、選択成長によるナノ結晶の位置・形状制御、規則配列ナノ結晶の RGB 発光色制御³⁾など、先導的な研究成果を報告し、InGaN 量子構造が魅力的な特性と可能性を有することを示してきた。しかしながら、ナノコラム技術においても直径 100nm 以下において再現性良く高発光効率の InGaN 量子構造を作製することは困難であった。一方、一般的なナノ構造作製手法であるエッチング(トップダウン)法は、量産性や再現性が期待される実用的技術であるが、加工損傷により発光効率は著しく低下してしまい、後処理でダメージ層を除去する手法も報告されているものの、完全なダメージ除去は難しく、高密度化や微細化にも制限が生じるため、やはり直径 100nm 以下の高品質ナノ構造の作製は困難であった。

このような状況において、代表者らは、InGaN 量子井戸を内在する極微細 GaN ナノ構造を簡便な装置で、数十 nm 以下のサイズに加工する新しいエッチング技術である「水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法」を開発^{4,5)}した。この技術は、InGaN/GaN 量子井戸ウエハに SiO₂ マスクを形成し、減圧水素雰囲気下で高温に加熱する方法である。先行研究で作製した直径 90nm の InGaN ナノピラーアレイを用いた実験では、加工後のパシベーションや欠陥除去をしない状態において、活性層面積で規格化した室温フォトルミネッセンス(PL)強度が元ウエハの数倍以上に増加することを見出し、本研究課題である「無損傷ナノ加工技術による窒化物半導体極限ナノ構造光デバイス基盤技術の開発」を着想した。

2. 研究の目的

本研究では、代表者らが開発した低加工損傷・高制御性・無毒性・簡便な装置構成等の特徴を有する新しい窒化物半導体ナノ加工技術である HEATE 法を用い、位置と形状を制御した極微細窒化物半導体(InGaN)ナノ構造作製技術を確立し、極限ナノ構造を用いる新しい光デバイス基盤技術の開拓を目的として実施した。HEATE 法による窒化物半導体の極限ナノ加工特性を確立し、InGaN/GaN ナノ構造の光学特性の学術的理解を深め、次世代ディスプレイ用マイクロ LED や超低消費電力ナノ LED、ナノレーザなどへの応用可能性を検証することを目指した。

本研究において実施した主要な研究課題を以下に列記する。

- ・ HEATE 法による InGaN 極微細ナノ構造作製技術の確立
- ・ InGaN 量子構造における発光特性のサイズ依存性の解明
- ・ InGaN/GaN ナノ構造の表面非発光抑制技術の開発
- ・ 直径 10nm 以下の InGaN 極限微細量子構造の作製
- ・ InGaN/GaN ナノ構造を用いた次世代光デバイス技術の開発

3. 研究の方法

(1) HEATE 法による InGaN 極微細ナノ構造作製技術の確立

・ HEATE 法によるナノ加工精度を向上させるため、エッチングマスクとして用いる SiO₂ の薄膜化の限界を調査し、極限の微細ナノ構造の作製を試みた。

・ ナノ構造の微細化と高密度化を実現するため、垂直なエッチング側面を形成する HEATE 条件を探索した。ここでは、NH₃ ガス導入による GaN/InGaN ナノ構造のエッチング形状を、温度や圧力を変化させて系統的に評価した。

(2) InGaN 量子構造における発光特性のサイズ依存性の解明

・ HEATE 法で様々な直径の InGaN/GaN ナノピラー構造を作製し、PL 発光強度の直径依存性を系統的に評価した。また、室温と低温における PL 強度比から内部量子効率のサイズ依存性も評価した。光学特性の評価には、He-Cd レーザ(405nm)や InGaN レーザ(375、405nm)レーザを励起光源とし、時間分解 PL 測定による発光寿命時間の測定も行った。

(3) InGaN/GaN ナノ構造の表面非発光抑制技術の開発

HEATE 法で作製した InGaN/GaN ナノ構造に対して飽和オゾン水によるパシベーションを行い、PL 発光強度や PL 緩和時間のサイズ依存性を測定した。ナノ構造化における最大の課題である表面非発光再結合の影響を抑制することによる極微細領域における発光効率の改善を目指した。

(4) 直径 10nm 以下の InGaN 極限微細量子構造の作製

- ・ 電子ビーム描画条件を精査し、直径 30nm の SiO₂ マスクの形成条件の確立を行った。

・オゾン水によるナノ構造側面の酸化とフッ酸緩衝液(BHF)による酸化膜エッチングを組み合わせたデジタルエッチング法の開発を進め、ナノ構造のサイズ制御と極限の微細化の可能性を探索した。

(5) InGaN/GaN ナノ構造を用いた次世代光デバイス技術の開発

・HEATE 法による高精度な垂直エッチング技術を確立し、極めて高い高反射率が期待される空気/半導体分布ブラッグ反射鏡(DBR)構造の理論解析と試作、新規機能性の発現が期待されるトポロジカルフォトリソニック結晶(PhC)の理論解析や作製技術の開発を行った。

4. 研究成果

(1) HEATE 法による InGaN 極微細ナノ構造作製技術の確立

HEATE 法の開発当初は、エッチングマスクとして熱 CVD で堆積した厚さ 100nm 以上の SiO₂ 膜を使用していたが、ドライエッチングによる SiO₂ マスク加工精度が InGaN ナノ構造のサイズを制限する要因となっていた。そこで、膜厚制御性に優れる原子層堆積(ALD)法で SiO₂ を成膜して、HEATE 法によるエッチング耐性を評価した。実験の結果、SiO₂ の厚さが 10nm 以上であれば GaN の分解を抑制できることを見出した。図 1 に、厚さ 10nm の薄膜 SiO₂ マスクを用いて作製した InGaN/GaN ナノピラーアレイの鳥瞰 SEM 像と構造概念図を示す。マスク加工精度が向上し、周期 80nm、密度 1.8x10¹⁰cm⁻²、上部直径 40nm の InGaN/GaN 高密度高精細ナノピラーアレイを再現性良く作製することができた。

H₂ガスを用いるHEATE法でのエッチング時にNH₃ガスを少量添加すると、エッチング側面の垂直性が向上し、SiO₂マスク下のエッチングが抑制される現象を見出した。図2は、異なる開口幅のストライプ状開口を持つSiO₂マスクで形成したGaNトレッチ構造の断面SEM像である。(a)~(d)は875°Cにおいて水素のみでエッチングした場合、(e)~(h)は875°CでNH₃を5%添加した場合の断面である。水素のみではSiO₂マスク下のエッチングが生じ、エッチング側面の傾斜が大きいが、NH₃を添加するとSiO₂マスク下のエッチングがほぼ完全に抑制され、側面の垂直性が向上した。また、どちらの場合も開口幅が狭いほど側面が垂直に近づいた。より高温の975°CでNH₃添加量10%の条件を用いた場合、(i)に示すように、開口幅20nm、深さ1.5μmの極めて高いアスペクト比のナノトレッチが形成できた。この技術は様々なデバイス作製において有効であると期待される。

(2) InGaN 量子構造における発光特性のサイズ依存性の解明

図3に、InGaN単一量子井戸LEDウェハを用いて水素のみのHEATE法で作製した微細ナノピラーの鳥瞰SEM像(a~d)と六角形InGaN量子ディスクの対辺間距離(直径)のヒストグラム(e)を示す。平均直径101nmから12nmの極微細ナノピラーが均一に形成され、標準偏差はいずれも約4.0nmであった。直径12nmのナノピラーアレイからも明瞭な室温PL発光が観察され、HEATE法が低損傷エッチングであることが確認された。これらの試料を用いて発光特性のサイズ依存性を系統的に評価したところ、In組成

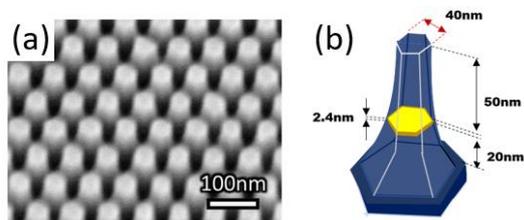


図1. 厚さ 10nm の薄膜 SiO₂ マスクを用いて作製した高密度高精細 InGaN/GaN ナノピラーアレイの電子顕微鏡像(a)とピラー構造の概念図(b)。

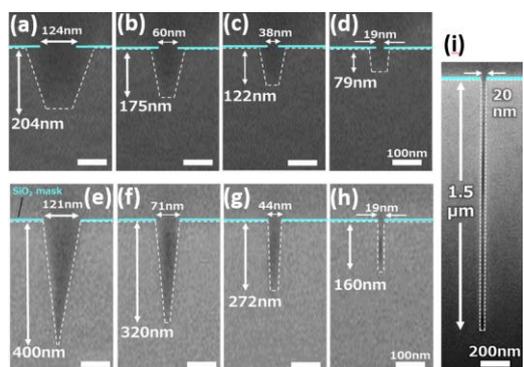


図2. 開口幅の異なる SiO₂ マスクで作製した GaN ナノトレッチの断面 SEM 像。エッチング条件は、H₂のみで 875°C (a-d)、H₂+5%NH₃ で 875°C (e-h)、および H₂+10%NH₃ で 975°C (i)。

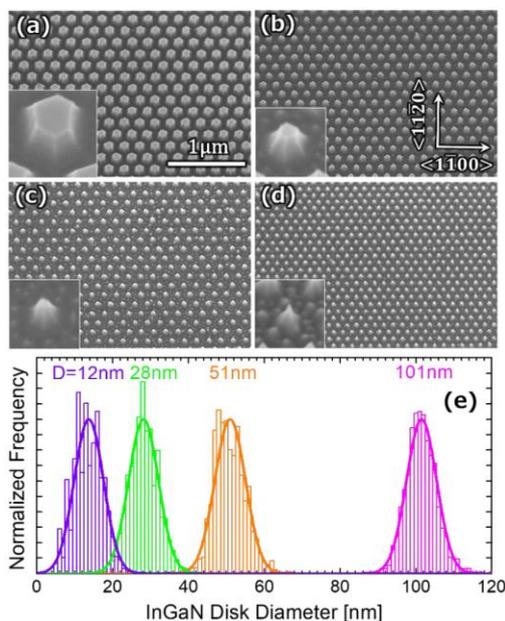


図3. 水素のみの HEATE 条件で作製した InGaN/GaN-SQW ナノピラーアレイの鳥瞰 SEM 像と拡大図(a)~(d)、および InGaN ディスク直径 D のヒストグラム。

揺らぎに起因するPLピーク波長の特徴的なS型特性が微細化に伴い緩和されることを見出した。これは、組成揺らぎのスケールとナノ構造のスケールが同等になり、InGa_N量子ディスク内でのIn組成変化が抑制されたためと考えられる。

また、NH₃を添加したHEATE法で作製したInGa_Nディスク直径28~2020nmのナノピラーアレイ(図5(a)-(c)にSEM像の例を示す。)においてもPL発光強度と発光効率のInGa_Nディスク直径依存性を系統的に評価し、直径151nmでは内部量子効率が薄膜の約2倍に向上することを見出した。内部量子効率の励起光強度依存性において、ナノ構造では薄膜に比べて弱励起条件における効率低下の度合いが顕著に少ないことを見出した。これは歪緩和による遷発光移確率の向上や貫通転位の隔離効果による非発光再結合の低減が寄与していると考察される。これらの結果と合わせてピラー径の減少に伴う短波長シフトなどの系統的な傾向も評価し、直径20nm程度までの短波長化は、量子サイズ効果よりもInGa_N歪緩和による量子閉じ込めシュタルク効果の減少が主要因であることを理論計算とフィッティングにより検証した。

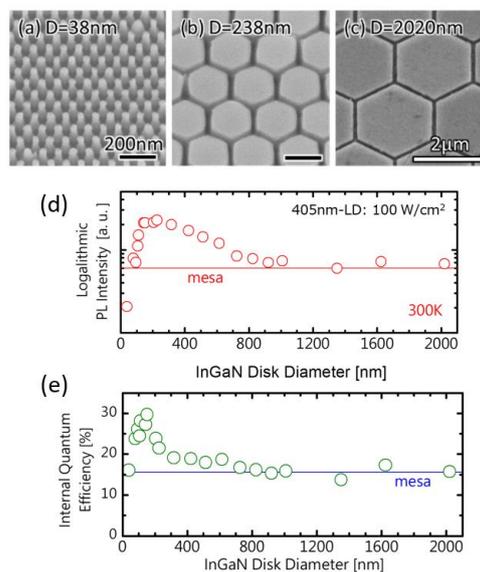


図 4. NH₃ 添加 HEATE 法で作製した様々な直径の InGa_N/Ga_N 単一量子井戸ナノピラーアレイの鳥瞰電子顕微鏡像(a)-(c)、および PL 発光強度(d)と内部量子効率(e)の InGa_N ディスク直径依存性。

(3) InGa_N/Ga_N ナノ構造の表面非発光抑制技術の開発

HEATE 法で 6 周期の InGa_N/Ga_N-MQW 活性層を有する直径 56~500nm のナノピラーアレイを作製し、フッ酸緩衝液で表面自然酸化膜を除去(BOE)した後に、室温 PL 測定と室温時間分解 PL 測定を行った。図 5(a)と(b)に、活性層面積で規格化した PL 積分強度と二重指数関数フィットで求めた早い時定数 τ_1 をそれぞれ黒丸でプロットした。PL 強度と τ_1 とともに直径の減少に伴い直径 160nm 近傍まで増加し、次いで減少する傾向を示した。次に、試料を 11°C の飽和オゾン水に 30 分間浸して表面に酸化膜を形成 (SOW 処理) してから再度 PL 測定を行った結果を×印でプロットした。SOW 処理により、直径約 100nm まで PL 強度と τ_1 が単調に増加を続け、直径 100nm 付近では BOE 処理に対して PL 強度は約 3 倍、発光寿命は約 2.3 倍に増加した。これは、SOW 処理で表面酸化膜が形成され、ピラー側面の非発光再結合が効果的に抑制されたことを示している。室温では非発光再結合が支配的であり、微細化に伴う τ_1 の増加は、非発光再結合を抑制する新たなナノ構造効果の可能性を示唆する注目すべき現象である。一方、SOW 処理後も直径 90nm 以下では発光強度と τ_1 が減少し、表面非発光再結合が支配的に影響し始めた。より効果的なパシベーション技術を開発すれば、極微細化により更に発光効率が向上する可能性が示された。

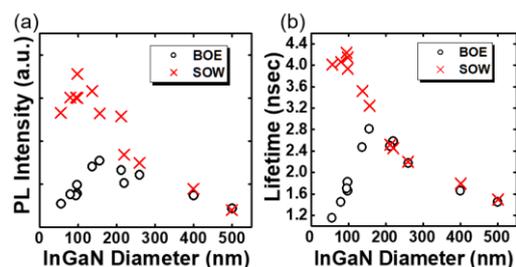


図 5. InGa_N/Ga_N ナノピラーアレイの活性層面積で規格化した室温 PL 積分強度(a)と PL 寿命時間 τ_1 (b)の InGa_N 量子ディスク直径依存性。○が酸化膜除去後、×が酸化膜形成後。

(4) 直径 10nm 以下の InGa_N 極限微細量子構造の作製

HEATE 法による SiO₂ マスク下のオーバリエッチングを利用して、InGa_N ストライプ幅 8-10nm、InGa_N ディスク直径 10-12nm の極微細 InGa_N/Ga_N ナノ構造の作製に成功した。図 6(a)に a 軸に沿った周期 300nm の InGa_N/Ga_N ナノウォールアレイの SEM 像と構造図を示す。ナノウォールの高さは約 90nm であり、SEM で測定したナノウォール上部幅は約 5nm、幾何形状が

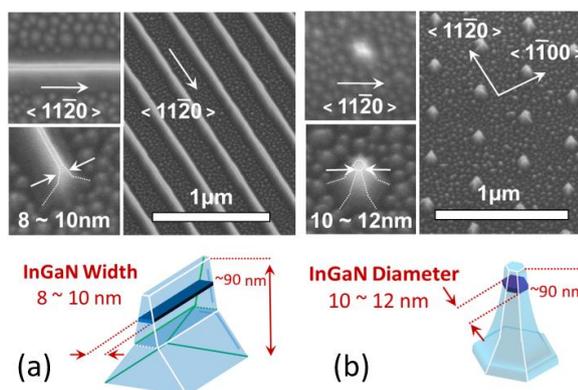


図 6. HEATE 法で作製した幅 8nm の InGa_N 単一量子細線を内在する極微細 InGa_N/Ga_N ナノウォール(a)、および直径 10nm の InGa_N 量子ディスクを内在する極微細ナノピラー(b)の SEM 像と構造図。

ら算出した InGaN 量子細線の幅は約 8nm であった。図 6(b)は周期 400nm の InGaN/GaN ナノピラーアレイの SEM 像と構造図であり、内在する六角形 InGaN 量子ディスクの最小直径 D (対辺間隔) は 10nm と見積もられた。すべての試料において室温で明瞭な青色発光が確認された。このように、独自の低加工損傷技術である HEATE 法を確立することにより、当初の目標であった室温で発光する位置と形状を制御した直径 10nm 以下の極限ナノ構造の作製に成功した。また、理論解析により、直径 20nm 以下から量子効果による波長シフトが顕在することも確認した。

極限の微細量子構造の実証に向け、飽和オゾン水 (SOW) 処理による表面酸化膜形成と BHF による酸化膜エッチング (BOE) を組み合わせ、窒化物半導体に適用可能なデジタルウェットエッチング法を提案した。図 7(a)と(c)は HEATE 法で作製した直径の異なる単一 InGaN/GaN-6QW ナノピラーの上面 SEM 像である。これらのナノピラー構造に対し、SOW 処理(10 分)、純水リンス(1 分)、BOE(10 分)、純水リンス(1 分)のプロセスを 15 回行った後の上面 SEM 像をそれぞれ図 7(b)と(d)に示す。15 サイクルのエッチングでトップ幅はそれぞれ 353 から 341nm、79 から 65nm に減少し、プロセス 1 回あたりのサイドエッチングレートは 0.4~0.45nm と見積もられた。この結果は異なる直径のピラーや再実験でも確認でき、再現性と制御性に優れた原子層レベルのデジタルウェットエッチング法であることを確認した。この手法を微細ナノピラーに適用することで直径数 nm の極限 InGaN 量子構造の作製が可能になると期待される。

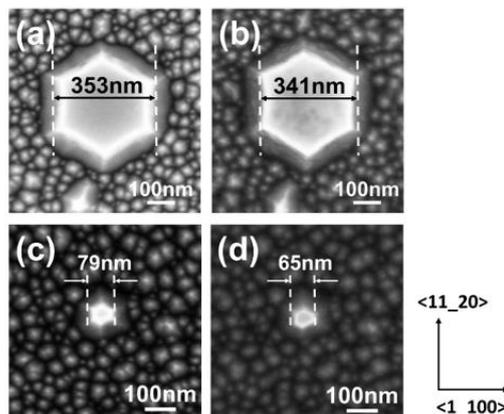


図 7. HEATE 法で作製した直径の異なる六角形ナノピラーの上面 SEM 像。(a)と(c) : HEATE で作製直後。(b)と(d) : 15 回のデジタルウェットエッチング後。

(5) InGaN/GaN ナノ構造を用いた次世代光デバイス技術の開発

本研究では HEATE 法によるナノ加工技術の高度化により、ナノ構造を利用したいくつかの次世代光デバイス技術を開発・提案した。図 8 は、 H_2 -90%、 NH_3 -10%、975°C の HEATE 条件で GaN 膜表面に形成した直径 55nm と 91nm、深さ約 1μm の高アスペクト微細ナノホールアレイの上面及び断面部の鳥瞰 SEM 像である。既存の GaN エッチング技術では作製が困難なナノスケールの高アスペクト構造が得られており、フォトニック結晶デバイス等への応用が期待される。

また、可視域集積光源に向けた要素技術として、GaN と空気で作成される高反射率分布ブラッグ反射鏡(DBR)の理論解析と試作なども行った。図 9(a)に、FDTD 法で求めた InGaN 層をコアとする導波路型 GaN/空気-DBR の反射率のエッチング面角度依存性を示す。安定な導波モードを形成し 99%以上の高反射率 (波長 405nm) を有する高性能導波路型 DBR 構造を作製するために、深さ 1.5μm 以上で壁面傾斜角 89.5 度以上の高アスペクトナノ構造が要求されることがわかった。このような加工は、従来のエッチング法では困難であるが、HEATE 法と TMAH 溶液によるウェットエッチングを併用することにより、図 9(b)に示すように、ほぼ設計通りの構造 (GaN 高さ 2.3μm、GaN 幅 41.3nm、壁面傾斜角 >98.5 度、空気部幅 98.7nm) が得られ、次世代の可視域集積光デバイス等への応用の可能性が示された。

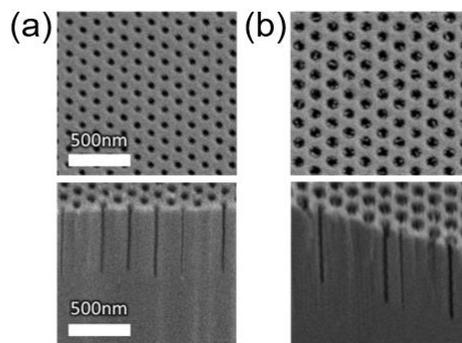


図 8. 975°C の 10% NH_3 添加 HEATE 法で作製した直径 55nm (a)および 91nm (b)の三角格子配列高アスペクトナノホールアレイの上面 SEM 像と断面部の鳥瞰 SEM 像。

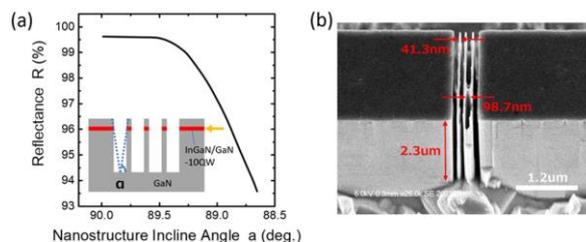


図 9. (a)InGaN-MQW をコアとする導波路型 GaN/空気DBR の反射率のナノ構造傾斜角依存性、(b) 作製した導波路型 DBR の鳥瞰 SEM 像。

<引用文献>

- 1) M. Yoshizawa, A. Kikuchi et al. Jpn. J. Appl. Phys., 36, (1997) L459.
- 2) A. Kikuchi et al. Jpn. J Appl. Phys. (Exp. Lett.) 43 (2004) L1524.
- 3) H. Sekiguchi, K. Kishino, and A. Kikuchi, Appl. Phys. Lett. 96 (2010) 231104.
- 4) R. Kita, A. Kikuchi et al. Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 046501.
- 5) K. Ogawa, A. Kikuchi et al. Phys. Stat. Sol. A, 214 (2017) 1600613.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Rie Togashi, Ryo Kasaba, Ken Goto, Yoshinao Kumagai, and Akihiko Kikuchi	4. 巻 575
2. 論文標題 Investigation of etching characteristics of HVPE-grown c-In2O3 layers by hydrogen-environment anisotropic thermal etching	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Crystal Growth	6. 最初と最後の頁 126338_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2021.126338	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 Koji Yoneta, Koki Abe, Taiju Kudou, and Akihiko Kikuchi	4. 巻 61
2. 論文標題 Fabrication of GaN topological photonic crystal membranes in the visible wavelength region by a combination process of HEATE and AlInN wet etching	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SC1078_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/ac51e4	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 胡曉, 雨宮智宏, 菊池昭彦	4. 巻 49
2. 論文標題 トポロジが織りなす光学現象とその応用: 蜂の巣誘電体フォトリック結晶のトポロジカル特性と新規光機能	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光学: Japanese Journal of Optics	6. 最初と最後の頁 448-453
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 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 Takeuchi Keita, Ueda Hiroyuki, Kikuchi Akihiko	4. 巻 58
2. 論文標題 In-plane doping profile control of plate-like organic single crystals grown by a method combining electrospray and low vapor pressure liquid film	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SBBG07 ~ SBBG07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aafe6e	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 Abe Ryogo, Suzuki Asuka, Watanabe Kosuke, Kikuchi Akihiko	4. 巻 217
2. 論文標題 Fabrication of CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ Based Perovskite Single Crystal Arrays by Spin Coating Method Using Hydrophobic Patterned Substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 physica status solidi (a)	6. 最初と最後の頁 1900511 ~ 1900511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.201900511	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 Ueda Hiroyuki, Takeuchi Keita, Terada Ryo, Kikuchi Akihiko	4. 巻 255
2. 論文標題 Proposal of Organic Single Crystal Growth Method Using Electro spray Deposition and Thin-Film Ionic Liquid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 1700351 ~ 1700351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.201700351	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 Ueda Hiroyuki, Takeuchi Keita, Kikuchi Akihiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Precipitation of thin-film organic single crystals by a novel crystal growth method using electro spray and ionic liquid film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 04FL12 ~ 04FL12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.04FL12	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 Ueda Hiroyuki, Takeuchi Keita, Kikuchi Akihiko	4. 巻 56
2. 論文標題 Effect of the nozzle tip's geometrical shape on electro spray deposition of organic thin films	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 04CL05 ~ 04CL05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.04CL05	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 Kouno Tetsuya, Sakai Masaru, Takeshima Hoshi, Suzuki Sho, Kikuchi Akihiko, Kishino Katsumi, Hara Kazuhiko	4. 巻 56
2. 論文標題 Microsensors based on a whispering gallery mode in AlGaIn microdisks undercut by hydrogen-environment thermal etching	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 3589 ~ 3589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.56.003589	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 Sekine Tomoyuki, Komatsu Yuji, Iwaya Ryuji, Kuroe Haruhiko, Kikuchi Akihiko, Kishino Katsumi	4. 巻 86
2. 論文標題 Surface Phonons Studied by Raman Scattering in GaN Nanostructures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 074602 ~ 074602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.86.074602	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 Ueda H., Takeuchi K., Kikuchi A.	4. 巻 -
2. 論文標題 Precipitation of thin film organic single crystals by a novel crystal growth method using electrospray and ionic liquid layer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Extended Abstracts of the 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials	6. 最初と最後の頁 87 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/SSDM.2017.B-3-03	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 Takeuchi K., Ueda H., Abe R., Kikuchi A.	4. 巻 -
2. 論文標題 Growth of thin film organic single crystals with controlled in-plane doping profile by a novel method using electrospray and low vapor pressure solvent	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Extended Abstracts of the 2018 International Conference on Solid State Devices and Materials	6. 最初と最後の頁 1103 ~ 1104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/SSDM.2018.PS-7-13	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 Moriya Y., Ooe Y., Kawasaki Y., Ito D., Kikuchi A.	4. 巻 -
2. 論文標題 Fabrication of GaN high-aspect fine nano-hole array structures by hydrogen atmosphere anisotropic thermal etching with ammonia gas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extended Abstracts of the 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials	6. 最初と最後の頁 267 ~ 268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/SSDM.2019.F-2-03	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 Koji Yoneta, Taiju Kudou, Akihiko Kikuchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Fabrication of GaN Topological Photonic Crystal Membranes in Visible Wavelength Region by Combination Process of HEATE and Wet Etching	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Extended Abstract of the 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials	6. 最初と最後の頁 -
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 Takeki Aikawa, and Akihiko Kikuchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Fabrication and optical characterization of InGaN/GaN MQW fine nanopillar arrays by low-damage HEATE process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Extended Abstract of the 2022 International Conference on Solid State Devices and Materials	6. 最初と最後の頁 97 ~ 98
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93件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 34件)

1. 発表者名 Akihiko Kikuchi, Koki Abe, Yusei Kawasaki, Daichi Ito, Yuta Moriya, and Kentaro Kinoshita
2. 発表標題 Fabrication of Shape-Controlled GaN High-aspect Fine-nano-hole Arrays by Hydrogen Environment Anisotropic Thermal Etching (HEATE)
3. 学会等名 Compound Semiconductor Weeks 2021 (CSW 2021), The 47th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji Yoneta, Taiju Kudou, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of GaN Topological Photonic Crystal Membranes in Visible Wavelength Region by Combination Process of HEATE and Wet Etching
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉邊海史, 山崎裕貴, 木下堅太郎, 米田幸司, 菊池 昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチングとAlInN犠牲層ウェットエッチングによる高発光効率InGaN/GaNナノポーラスメンブレン構造の作製
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 菊池昭彦, 米田幸司, 倉邊海史, 山崎裕貴, 木下堅太郎, 工藤大樹
2. 発表標題 InGaN/GaNメンブレン型フォトニックデバイスの作製と発光増強効果の解析
3. 学会等名 第二回半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉邊海史, 山崎裕貴, 木下堅太郎, 米田幸司, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング法によるGaNナノポーラス結晶の作製
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 米田幸司, 工藤大樹, 倉邊海史, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法による可視領域メンブレン型トポロジカルフォトリソグラフィ結晶の作製
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 山崎裕貴, 木下堅太郎, 今田陵斗, 相川健喜, 門馬智亮, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE法)による -Ga_{203} の高アスペクトナノ構造の作製
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 Rie Togashi, Ryo Kasaba, Yuuki Ooe, Ken Goto, Yoshinao Kumagai, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Thermodynamic Study of Etching Characteristics of HVPE-Grown In_{203} Layers by Hydrogen-Environment Anisotropic Thermal Etching
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 富樫理恵, 笠羽遼, 大江優輝, 後藤健, 熊谷義直, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法によるHVPE- In_{203} 成長層のエッチング特性の熱力学的検討
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 伊藤大智, 森谷裕太, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法によるZnO単結晶のエッチング特性評価とナノ構造の作製
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 森谷裕太, 阿部洸希, 木下堅太郎, 伊藤大智, 菊池昭彦
2. 発表標題 InGaN/GaN系バルク型フォトニック結晶構造における可視域トポロジカルエッジ導波路のFDTD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 阿部洸希, 森谷裕太, 川崎祐生, 伊藤大智, 木下堅太郎, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法によるGaN高アスペクト微細ナノホールアレイの断面形状制御
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 富樫理恵, 笠羽遼, 大江優輝, 後藤健, 熊谷義直, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法によるHVPE-In ₂ O ₃ 成長層のエッチング特性評価
3. 学会等名 半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井優, 東海林篤, 光野徹也, 菊池昭彦, 岸野克巳
2. 発表標題 GaNマイクロディスクにおけるWGM発振の新展開
3. 学会等名 半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菊池昭彦, 川崎祐生, 森谷裕太, 伊藤大智, 阿部洸希, 木下堅太郎
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) を用いたワイドギャップ半導体の高アスペクトナノ加工技術と可視域フォトニックデバイスへの展開
3. 学会等名 半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡辺航介, 安部僚吾, 鈴木明日香, 菊池昭彦
2. 発表標題 溶液プロセスを用いた有機単結晶への分子ドーブ技術
3. 学会等名 半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎裕貴, 木下堅太郎, 渡辺航介, 今田陵斗, 菊池昭彦
2. 発表標題 可視域光集積回路に向けた窒化物半導体導波デバイスのFDTD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 米田幸司, 森谷裕太, 阿部洸希, 工藤大樹, 菊池昭彦
2. 発表標題 GaN系青色域トポロジカルエッジ導波路のFDTD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 Akihiko Kikuchi, Yusei Kawasaki, Yuki Ooe, Yuta Moriya, Daichi, Ito
2. 発表標題 Hydrogen-assisted thermal etching and ozone water passivation techniques for fabrication of GaN-based nanostructures towards visible light topological photonic devices
3. 学会等名 International Workshop TOPOLOGY (IWTOPOLOGY) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Ooe, Yusei Kawasaki, Yusuke Moriya, Daichi Ito and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Hydrogen environment anisotropic thermal etching of (010) -Ga ₂ O ₃ and fabrication of high-aspect Ga ₂ O ₃ nanowall structures
3. 学会等名 The 3rd International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials (IWGO-3) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Moriya, Y. Ooe, Y. Kawasaki, D. Ito, and A. Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of GaN high-aspect fine nano-hole array structures by hydrogen atmosphere anisotropic thermal etching with ammonia gas
3. 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daichi Ito, Yuki Ooe, Yusei Kawasaki, Yuta Moriya, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of high aspect ZnO nanostructures by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE)
3. 学会等名 19th International Conference on II-VI Compounds and Related Materials (II-VI 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusei Kawasaki, Yuki Ooe, Yusuke Moriya, Daichi Ito, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Low-cost fabrication technique of shape-controlled ultra-fine GaN nanostructures by maskless hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE) method with ammonia addition
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 Daichi Ito, Yuki Ooe, Yusei Kawasaki, Yuta Moriya, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Surface passivation effect by various oxidation treatment on InGaN/GaN nanostructures fabricated by HEATE
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 Ryo Kasaba, Yuki Ooe, Kenta Nagai, Ken Goto, Rie Togashi, Akihiko Kikuchi, and Yoshinao Kumagai
2. 発表標題 Investigation of etching characteristics of HVPE-grown In ₂ O ₃ layers by hydrogen environment anisotropic thermal etching
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 大江優輝, 川崎祐生, 森谷祐太, 伊藤大智, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による(010)面 -Ga2O3の高アスペクト エッチング特性
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 酒井優, 江頭真由, 上石拳, 東海林篤, 光野徹也, 菊池昭彦, 岸野克巳
2. 発表標題 六角形状GaNマイクロディスクにおけるWGM発光の共振特性
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 渡辺航介, 安部僚吾, 鈴木明日香, 菊池昭彦
2. 発表標題 共ドープ有機単結晶の蛍光増感効果におけるアシストドーパントの影響
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 大江優輝, 川崎祐生, 伊藤大智, 森谷祐太, 阿部洸希, 木下堅太郎, 富樫理恵, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による(010)面 -Ga2O3基板上の幅7nm超薄膜高アスペクトナノウォールアレイ
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 森谷祐太, 大江優輝, 川崎祐生, 伊藤大智, 阿部洸希, 木下堅太郎, 菊池昭彦
2. 発表標題 InGaN/GaN屈折率導波路型フォトニック結晶デバイスに向けたHEATE法による高アスペクトナノホールアレイの作製
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 酒井優, 江頭真由, 上石拳, 東海林篤, 光野徹也, 菊池昭彦, 岸野克巳
2. 発表標題 六角形状GaNマイクロディスクにおけるWGM発光の温度依存性
3. 学会等名 日本光学会ナノオプティクス研究グループ 第26回研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富樫理恵, 笠羽遼, 大江優輝, 長井研太, 後藤健, 熊谷義直, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法によるHVPE-In2O3成長層のエッチング特性評価
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 森谷祐太, 阿部洸希, 木下堅太郎, 大江優輝, 川崎祐生, 伊藤大智, 菊池昭彦
2. 発表標題 バルク型フォトニック結晶構造における可視光領域トポロジカルエッジ導波路の設計と理論解析
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 阿部洸希, 大江優輝, 川崎祐生, 伊藤大智, 森谷祐太, 木下堅太郎, 菊池昭彦
2. 発表標題 InGaN/GaN屈折率導波路型フォトニック結晶デバイスに向けたHEATE法による三角ナノホール構造の面方位依存性検討
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 大音隆, 生江祐介, 鈴木翔馬, 相原碧人, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法で作製したInGaN/GaNナノピラーにおける内部量子効率・光取り出し効率のピラー径依存性
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 Keita Takeuchi, Hiroyuki Ueda, Ryo Terada, Ryogo Abe, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Growth of molecularly doped organic single crystal by a novel method using electrospray and low vapor pressure solvent
3. 学会等名 2018 Compound Semiconductor Week (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keita Takeuchi, Hiroyuki Ueda, Ryogo Abe, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Growth of thin film organic single crystals with controlled in-plane doping profile by a novel method using electrospray and low vapor pressure solvent
3. 学会等名 50th International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Namae, Daichi Ito, Yusei Kawasaki, Yuki Ooe, Akihiro Matsuoka, Yuta Moriya, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Diameter-dependent emission characteristics of InGaN/GaN multi quantum well nanopillars fabricated by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE)
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 Yusei Kawasaki, Akihiro Matsuoka, Yusuke Namae, Yuki Ooe, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of high-aspect GaN nanostructures by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE) with addition of ammonia gas
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 Kosuke Watanabe, Keita Takeuchi, Ryogo Abe, Asuka Suzuki, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Optical Characterization of Co-doped Single Crystal Organic Semiconductor with Emissive and Assist Dopants
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryogo Abe, Keita Takeuchi, Asuka Suzuki, Kosuke Watanabe, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ Based Perovskite Single Crystal Arrays by Spin-coating Method Using Hydrophobic Patterned Substrate
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Namae, Daichi Itou, Akihiro Matsuoka, Yuki Ooe, Yusei Kawasaki, Yuta Moriya, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Surface passivation effect of saturated ozone water treatment on InGaN/GaN nanostructures fabricated by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE)
3. 学会等名 13th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Takeuchi, Ryogo Abe, Asuka Suzuki, Kosuke Watanabe, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Growth and Fluorescence Sensitization of Wide-Bandgap Organic Single Crystals Co-Doped with Emissive and Assistant Dopants
3. 学会等名 61th Electronic Materials Conference (EMC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井空良, 菊池昭彦
2. 発表標題 窒化ガリウム (GaN) を用いた可視光領域空孔型トポロジカルフォトリソニック結晶スラブ導波路の設計
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 2018年

1. 発表者名 竹内啓太, 安部僚吾, 菊池昭彦
2. 発表標題 静電塗布法と低蒸気圧液体膜を用いる制御された面内ドーピングプロファイルを有する薄膜有機単結晶の成長
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 2018年

1. 発表者名 安部僚吾, 竹内啓太, 菊池昭彦
2. 発表標題 スピンコート法と疎水性パターン基板を用いたCH ₃ NH ₃ PbBr ₃ ペロブスカイト単結晶アレイの作製
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 2018年

1. 発表者名 川崎祐生, 松岡明裕, 生江祐介, 大江優輝, 伊藤大智, 森谷祐太, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法におけるアンモニア添加を利用した高アスペクトp-GaN ナノ構造の作製
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 生江祐介, 伊藤大智, 川崎祐生, 大江優輝, 松岡明裕, 森谷祐太, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法で作製したInGa _N /Ga _N 多重量子井戸ナノピラーにおける発光特性のサイズ依存性
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 上石拳, 光野徹也, 菊池昭彦, 岸野克巳, 酒井優
2. 発表標題 六角形状Ga _N マイクロディスクにおけるWGM発振の周回方向
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 大江優輝, 生江祐介, 松岡明裕, 川崎祐生, 伊藤大智, 森谷祐太, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による高密度InGaN/GaNナノ構造の作製
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 上石拳, 光野徹也, 菊池昭彦, 岸野克巳, 東海林篤, 酒井 優
2. 発表標題 六角形状 GaN マイクロディスクにおける WGM 発振の周回方向
3. 学会等名 日本光学会ナノオプティクス研究グループ 第25回研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安部僚吾, 竹内啓太, 鈴木明日香, 渡辺航介, 菊池昭彦
2. 発表標題 溶液法で成長した分子ドープ有機単結晶からのナノ秒レーザー励起による青色域誘導放出の観測
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 伊藤大智, 松岡明裕, 生江祐介, 大江優輝, 川崎祐生, 森谷祐太, 富樫理恵, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法で作製したInGaN/GaN極微細ナノピラーに対する飽和オゾン水処理による表面パシベーション効果
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 大江優輝, 川崎祐生, 森谷裕太, 伊藤大智, 富樫理恵, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による(010)面 -Ga ₂ O ₃ の高アスペクト異方性エッチング
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 渡辺航介, 竹内啓太, 安部僚吾, 鈴木明日香, 菊池昭彦
2. 発表標題 アシストドーパントを用いた分子ドーピング有機単結晶の光学特性評価
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 鈴木明日香, 竹内啓太, 安部僚吾, 渡辺航介, 菊池昭彦
2. 発表標題 静電塗布と低蒸気圧液体薄膜を用いた共ドーブ有機単結晶の成長とアシストドーパントによる増感蛍光
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 Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of InGaN/GaN ultrafine nanostructures by hydrogen environment thermal etching
3. 学会等名 The 2017 EMN Optoelectronics Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiko Kikuchi, Shun Ishijima, Kohei Ogawa, Yusuke Namae, and Akihiro Matsuoka
2. 発表標題 Structural and optical characterization of InGaN/GaN ultrafine nanostructures fabricated by low-damage selective etching based on hydrogen assisted thermal decomposition
3. 学会等名 The 44th International Symposium on Compound Semiconductor (ISCS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroyuki Ueda, Akihiko Kikuchi, Keita Takeuchi, Ryo Terada and Sora Ishii
2. 発表標題 Proposal of organic single crystal growth method using electrospray deposition and thin-film ionic liquid
3. 学会等名 The 44th International Symposium on Compound Semiconductor (ISCS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroyuki Ueda, Kenta Takeuchi, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Precipitation of thin film organic single crystals by a novel crystal growth method using electrospray and ionic liquid layer
3. 学会等名 The 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kohei Ogawa, Shun Ishijima, Yusuke Namae, Akihiro Matsuoka, Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Digital etching of InGaN/GaN nanostructures by combination of saturated ozone water oxidation and buffered oxide etching
3. 学会等名 European Materials Research Society 2017 Fall Meeting (E-MRS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Namae, Shun Ishijima, Akihiro Matsuoka, Kohei Ogawa, Tomoya Mizutani, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Characterization of InGaN/GaN ultra-fine nanopillars fabricated by hydrogen-assisted thermal decomposition etching
3. 学会等名 The 11th International Symposium on Semiconductor Light Emitting Devices (ISSLED2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiko Kikuchi, Shun Ishijima, Kohei Ogawa, Yusuke Namae and Akihiro Matsuoka
2. 発表標題 Fabrication of InGaN/GaN nanostructures by low-damage etching Technique of hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE)
3. 学会等名 The 6th International Workshop on Nanotechnology and Application (IWNA2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kohei Ogawa, Shun Ishijima, Yusuke Namae, Akihiro Matsuoka, Yuki Ooe, Yusei Kawasaki and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Reduction of surface non-radiative recombination of InGaN/GaN nanostructures by saturated ozone water treatment
3. 学会等名 The 6th International Workshop on Nanotechnology and Application (IWNA2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiko Kikuchi, Kohei Ogawa, Shun Ishijima, Yusuke Namae, and Akihiro Matsuoka
2. 発表標題 Nanostructuring effects on emission characteristics of InGaN/GaN quantum well system
3. 学会等名 EMN Meeting on Optoelectronics Meeting 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田裕之, 寺田諒, 竹内啓太, 菊池昭彦
2. 発表標題 静電塗布法と低蒸気圧溶媒を用いた新しい結晶成長方式による分子ドープされた有機薄膜単結晶の成長
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 寺田諒, 上田裕之, 竹内啓太, 菊池昭彦
2. 発表標題 結晶析出領域の高さを制御したギャップ法による低分子PBD単結晶の形状制御
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 松岡明裕, 生江祐介, 石嶋駿, 小川航平, 大江優輝, 川崎祐生, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法のアンモニアガス添加によるInGaN/GaNナノ構造の作製
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 小川航平, 石嶋駿, 生江祐介, 松岡明裕, 大江優輝, 川崎祐生, 菊池昭彦
2. 発表標題 オゾン水酸化を用いたデジタルウェットエッチングによるInGaN/GaNナノ構造のサイズ制御
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 生江祐介, 松岡明裕, 石嶋駿, 小川航平, 大江優輝, 川崎祐生, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法によって作製したInGaN/GaN極微細量子井戸ナノピラーのフォトルミネッセンス評価
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 光野徹也, 武島歩志, 鈴木翔, 酒井優, 菊池昭彦, 岸野克巳, 関口寛人, 原和彦
2. 発表標題 窒化物マイクロディスクアレイによる発光デバイスの検討
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 大江優輝, 石嶋駿, 小川航平, 生江祐介, 松岡明裕, 川崎祐生, 菊池昭彦
2. 発表標題 極薄膜SiO ₂ によるGaNの水素支援熱分解の抑制効果
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 Umuto Kurabe, Koji Yoneta, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 High-optical quality InGaN/GaN nano-porous membrane structures fabricated by combination process of hydrogen environment anisotropic thermal etching and AlInN selective wet etching
3. 学会等名 2022 MRS Spring Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeki Aikawa, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication and optical characterization of InGaN/GaN MQW fine nanopillar arrays by low-damage HEATE process
3. 学会等名 2022 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Rodrigo Sato, Koki Abe, Koji Yoneta, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Optimization of GaN-based Topological Photonic Insulator Cladding Structure -Membrane, Slab, and Bulk type Structure-
3. 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Yamazaki, Tomoaki Monma, Takeki Aikawa, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Fabrication of high aspect DBR structures for optical integrated devices by hydrogen environment anisotropic thermal etching of -Ga ₂ O ₃
3. 学会等名 The 4th International Workshop on Gallium Oxide and Related Materials (IWGO-4) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihiko Kikuchi, Yuta Moriya, Koki Abe, Kentaro Kinoshita, Yusei Kawasaki, and Daichi Ito
2. 発表標題 Theoretical simulation of GaN-based visible light topological photonic waveguides
3. 学会等名 The 10th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihiko Kikuchi, Yuta Moriya, Koki Abe, Kentaro Kinoshita, Yusei Kawasaki, and Daichi Ito
2. 発表標題 Theoretical simulation of GaN-based visible light topological photonic waveguides
3. 学会等名 The 10th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Yoneta, Takuto Honda, Umito Kurabe, Takeki Aikawa, and Akihiko Kikuchi
2. 発表標題 Hydrogen environment anisotropic thermal etching of GaN nanoholes
3. 学会等名 The 10th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊池昭彦, 阿部洸希, 米田幸司, 工藤大樹, 山崎裕貴, 高野大和, 門馬智亮, 倉邊海史, 秋元弥頼, 本多卓人
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による可視域機能性光デバイス技術の開発
3. 学会等名 第三回半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部洸希, サトウロドリゴ, 米田幸司, 菊池昭彦
2. 発表標題 可視領域におけるトポロジカルフォトリック結晶の構造解析
3. 学会等名 第三回半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 門馬智亮, 山崎裕貴, 菊池昭彦
2. 発表標題 有機無機複合型集積デバイスに向けた細線流路における結晶析出制御
3. 学会等名 第三回半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高野大和, 倉邊海史, 工藤大樹, 米田幸司, 秋元弥頼, 本多卓人, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法による可視域GaN系トポロジカルフォトリック結晶の作製とバンド測定
3. 学会等名 第三回半導体ナノフォトニクス研究会, Sophia Open Research Weeks 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチングを用いたワイドギャップ半導体微細加工技術と光デバイス応用
3. 学会等名 TI-FRIS (学際融合東北拠点) 支援講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 工藤大樹, 米田幸司, 高野大和, 倉邊海史, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法によるGaN系メンブレン型トポロジカルフォトリック結晶の作製
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 阿部洸希, サトウロドリゴ, 米田幸司, 菊池昭彦
2. 発表標題 GaN系トポロジカルフォトリック結晶の導波路構造解析
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 高野大和, 米田幸司, 阿部洸希, 菊池昭彦
2. 発表標題 GaN系可視域トポロジカルフォトリック結晶のフォトリックバンドの3D-FDTD解析
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 浅井佑太, 相川健喜, 倉邊海史, 菊池昭彦, 大音隆男
2. 発表標題 InGaNナノピラーアレイへのキラル構造導入と旋光性評価
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 相川健喜, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法によるInGaN/GaN MQW極微細ナノピラーアレイの作製
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 倉邊海史, 山崎裕貴, 米田幸司, 菊池昭彦
2. 発表標題 InGaN-MQWメソポーラスメンブレンの発光特性解析
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 米田幸司, 高野大和, 秋元弥頼, 倉邊海史, 工藤大樹, 本多卓人, 胡暁, 菊池昭彦
2. 発表標題 HEATE法によるGaNトポロジカルPhCメンブレンの作製と可視領域バンドトポロジカルエッジ状態モードの観測
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋元弥頼, 米田幸司, 工藤大樹, 高野大和, 倉邊海史, 本多卓人, 菊池昭彦
2. 発表標題 GaN系トポロジカルフォトリック結晶の作製と可視全域でのフォトリックバンド制御
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本多卓人, 米田幸司, 相川健喜, 倉邊海史, 菊池昭彦
2. 発表標題 水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法によるGaNナノホールの加工特性
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 胡暎, 雨宮智宏, 菊池昭彦	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本光学会	5. 総ページ数 -
3. 書名 光学 (Japanese Journal of Optics), 第49巻, 第11号	

〔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
---------	---------