

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：32621

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22147

研究課題名（和文）分子ドーピング単結晶有機発光層を用いる有機無機ハイブリッド光デバイスの開発

研究課題名（英文）Development of organic/inorganic hybrid optical devices using molecular doped organic single crystal activelayer

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） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、分子ドーピングした有機半導体単結晶と無機半導体によるハイブリッド光デバイス技術の開発を目指し（1）静電塗布と低蒸気圧薄膜を用いる板状有機単結晶の面内ドーピング制御技術の開発、（2）有機単結晶への共ドーピングと発光増強現象におけるエネルギー移動機構の理解、（3）マイクロギャップ昇華法による有機（BP3T）/無機（GaN）複合型LEDの作製、（4）単結晶および非晶質有機半導体の誘導放出特性と光劣化特性、（5）有機無機ハイブリッドペロブスカイト単結晶アレイの作製、（6）有機無機複合型ナノ構造集積光デバイス基盤技術の開発、などの成果を得て有機単結晶デバイスの可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、デバイス応用に適した薄板状有機単結晶の成長や分子ドーピングに適用可能な新しい結晶成長技術が複数提案され、分子ドーピングの面内プロファイル制御や、アシストドーパントによる発光増強効果、有機単結晶が非晶質膜に比べASE閾値や光劣化耐性に優れることなどの実証を行い、有機単結晶と分子ドーピングに関する多様な新しい知見を得たことに大きな学術的意義を有する。また、有機半導体単結晶と分子ドーピング技術、無機半導体ナノ構造を組み合わせた新しい高機能性光デバイスの可能性を示したことに社会的意義を有するといえる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aim to develop hybrid optical device technology using molecularly doped organic semiconductor single crystal and inorganic semiconductors. The research results are follows: (1) developing in-plane doping control techniques for plate-like organic single crystals using electro-spray and low vapor pressure thin liquid films, (2) understanding energy transfer mechanisms in co-doping and emission enhancement phenomena in organic single crystals (3) fabrication of organic (BP3T)/inorganic (GaN) composite LEDs by micro-gap sublimation method, (4) observation of ASE and optical degradation properties of single crystal and amorphous organic semiconductors, (5) fabrication of organic-inorganic hybrid perovskite single crystal arrays, (6) development of organic-inorganic hybrid nanostructure integrated optical device platform technology. The research on the molecularly doped organic semiconductor was completed with getting better-than-expected results.

研究分野：工学

キーワード：有機単結晶 結晶成長 分子ドーピング 光デバイス 有機無機複合デバイス 静電塗布 窒化物半導体 ナノ構造

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

有機分子が高密度で規則正しく配列した単結晶有機半導体は、非晶質有機半導体に比べて高移動度、低抵抗、大きな振動子強度、大電流耐性 (例えば、チオフェン-フェニレンコオリゴマーの一種である BP3T の単結晶では、 $>10\text{kA/cm}^2$ との報告^[1]もある) などの優れた特徴を有する。しかし、単結晶有機半導体への分子ドーピング技術はほぼ未開拓であり、スチリルベンゼン誘導体 (DSB, P5V4, BSB-Me) へのテトラセンやペンタセンのドーピング等のごく限られた材料系で物理気相輸送 (PVT) 法による報告^[2-4]が散見される程度であり、非晶質有機半導体で実用化された燐光分子やエネルギー移動アシスト分子等のドーピングによる高効率発光に関する研究などは、ほとんどなされていない状況であった。また、単結晶有機半導体を GaN などの単結晶ワイドギャップ半導体やそのナノ構造と組み合わせる技術も未開拓領域であった。本研究では、これら単結晶有機半導体と分子ドーピング技術やワイドギャップ単結晶半導体を組み合わせた新しい光デバイス技術において、有機半導体デバイス技術の進展の可能性を見出して、その基礎的研究からデバイス応用に向けた基盤技術の開発に取り組んだ。

2. 研究の目的

非晶質系有機半導体は、可視全域において内部量子効率 100% に迫る優れた発光特性を実現可能という無機 III-V 族化合物半導体 (AlGaInP 系、AlGaInN 系) をはるかに凌駕するポテンシャルを有しており、有機 EL として液晶に並ぶ高性能ディスプレイの地位を確立している。一方、照明や高輝度表示、レーザ応用などの高出力・長寿命・高信頼性・大電流耐性等が要求される分野での利用は、有機材料の脆弱性や高抵抗性等がネックとなり実用化の目途が立っていない。このような現状に対し、本研究では単結晶有機半導体への分子共ドーピングや、有機単結晶と無機ワイドギャップ単結晶半導体を組み合わせた複合デバイスなどの未開拓技術の開拓に挑戦し、分子 (共) ドープ有機単結晶の光学特性やエネルギー移動機構の理解、大電流領域 ($>100\text{ A/cm}^2$) でも利用可能な新しい有機単結晶半導体光デバイスの開発、さらに無機半導体やそのナノ構造と有機単結晶半導体を組み合わせた集積光デバイス基盤技術の開発などを目的として実施した。

3. 研究の方法

有機単結晶の成長法は、X 線構造解析などに使用するバルク状結晶の成長に溶媒蒸発法や貧溶媒法、ペンタセンなどの有機トランジスタ応用では真空蒸着などが多く使用されているが、多様な構造の有機分子に対してデバイス応用に適した大型薄板状単結晶を析出させることは必ずしも容易ではない。本研究では、以下に示す課題毎に適した有機材料と結晶成長技術を用いて実験を行った。光学特性の評価には、室温におけるフォトルミネッセンス (PL) 法 (励起光源: 325nm He-Cd レーザ)、偏光顕微鏡観察 (励起光源: 水銀ランプ)、室温時間分解 PL 測定 (励起光源: 375nm 半導体レーザ)、光励起誘導放出 (ASE) 測定 (励起光源: 355nm Nd:YAG レーザ、パルス幅 3-5ns)、結晶形状の観察には、光学顕微鏡、高分解能走査電子顕微鏡 (SEM)、原子間力顕微鏡 (AFM)、結晶構造解析には X 線回折装置、組成分析にはエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) などを使用した。以下に具体的な課題を示す。

- (1) 静電塗布と低蒸気圧液体薄膜を用いた有機単結晶の面内ドーピング制御
- (2) 溶液法による有機単結晶への共ドーピングと発光増強現象の解析
- (3) マイクロギャップ昇華法による有機 (BP3T) / 無機 (GaN) 複合型電流注入デバイスの作製
- (4) 単結晶および非晶質有機半導体の誘導放出特性と光劣化特性評価
- (5) 有機無機ハイブリッドペロブスカイト単結晶アレイの作製
- (6) 有機無機複合型ナノ構造集積光デバイス基盤技術の開発

4. 研究成果

- (1) 静電塗布と低蒸気圧液体薄膜を用いた有機単結晶の面内ドーピング制御

図 1(a) に静電塗布と低蒸気圧液体薄膜を用いた有機単結晶の面内ドーピング制御法の概念図を示す。ホストにはワイドギャップ蛍光性低分子である 2-(4-biphenyl)-5-(4-t-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole (PBD) を、ドーパントには赤色レーザ色素 4-(Dicyanomethylene)-2-methyl-6-(4-dimethylamino styryl)-4H-pyran (DCM) を用いた。結晶成長ではノンドープ PBD 溶液と DCM 添加 PBD 溶液を順番に供給して面内ドーピングプロファイルの制御を試みた。図 1(b) に溶液の供給順を逆にした二種の結晶の蛍光顕微鏡像を示す。幅 $50\mu\text{m}$ 以上の板状 PBD 結晶が成長され、PBD のみのノンドープ領域が青色、DCM ドープ領域が黄色に発光していることがわかる。図 1(c) はそれぞれの領域の室温 PL スペクトルであり、DCM 分子は黄～赤色の発光からの明瞭な黄色発光が確認でき、ドーピングプロファイルの急峻な面内制御に成功した。

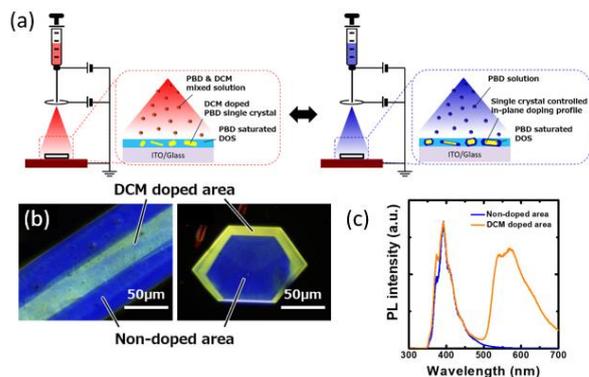


図 1. (a) 静電塗布と低蒸気圧液体薄膜を組合わせた有機薄膜単結晶成長法を用いた面内分子ドーピング制御の概念図。(b) DCM ドープ領域が面内制御された PBD 板状単結晶の蛍光顕微鏡像：青色がノンドープ領域、黄色が DCM ドープ領域。(c) ノンドープ PBD 領域と DCM ドープ PBD 領域の室温 PL スペクトルの例。

(2) 溶液法による有機単結晶への共ドーピングと発光増強現象の解析

ガラス基板の上に 1cm 角の ITO コートガラスを置き、有機材料溶液を注入して自然乾燥させるギャップ法を用い、板状 PBD 結晶に緑色レーザ色素の Coumarin6 (C6) と DCM を濃度制御して共ドーピングできることを見出した。この結晶を用いて共ドーピング有機単結晶における発光増強現象とエネルギー移動機構に関する考察を行った。図 2(a) は PBD 単結晶、DCM ドープ PBD 単結晶、および DCM/C6 共ドーピング PBD 単結晶の PL スペクトルである。DCM ドープでは PBD と DCM のピークが観察されるが、C6 を共ドーピングすると PBD の発光が消失して DCM 単体の発光スペクトルになった。また、時間分解 PL 測定により、PBD に C6 を単体でドーピングした場合と DCM と共ドーピングした場合の C6 の発光寿命は 0.22ns から 0.08ns に減少し、C6 の共ドーピングにより DCM の寿命時間は 0.14ns から 0.18ns に増加した。これらの結果から、C6 が PBD から DCM へのエネルギー移動を促進するアシストドープメントとして機能したことが確認された。図 2(b) は共ドーピング PBD 結晶面内の偏光蛍光顕微鏡像の偏光角度依存性である。発光強度は結晶面を左右上下に 4 分割した対角領域で同じ強度パターンを示しており、成長した結晶は中心部から外側に向かって成長する過程で特定の分子配向を有していることがわかる。また、spot1 と spot2 の位置における各分子の PL スペクトル強度の偏光角度依存性を図 2(c) に示す。青で示す PBD 分子の偏光方向に対して緑の C6 と赤の DCM の偏光角度が spot1 と 2 で異なっており、ドープメント分子が PBD の成長時に現れる結晶面に依存して異なる配置で取り込まれていることを示唆している。DCM の発光は spot1 の方が強いことから分子の配光やドーピング濃度が PL 強度に影響していることがわかる。分子共ドーピングと発光特性の関連性については、遷移双極子モーメントの配光関係を考慮したフェルスターエネルギー移動効率や、アモルファス状態との比較、量子科学計算と分子力場計算による PBD 中の DCM や C6 の配置を計算し、より詳細な考察を行った。

(3) マイクロギャップ昇華法による有機(BP3T)/無機(GaN)複合型電流注入デバイスの作製

有機単結晶 (BP3T) と無機単結晶 (GaN エピタキシャルウェハ) を組み合わせた新しい LED デバイスの可能性を調査する実験を行った。BP3T は溶媒にほとんど溶解しないため、新規にマイクロギャップ昇華法という大気中の狭空間で BP3T を昇華させて対向する基板の上に析出させる技術を開発した。図 3(a) に装置の概要を示す。開放型と閉鎖型を用い、ITO 基板、疎水性 Si 基板、親水性 Si 基板に BP3T の析出状態を比較したところ、ITO 基板と親水性 Si 基板には円

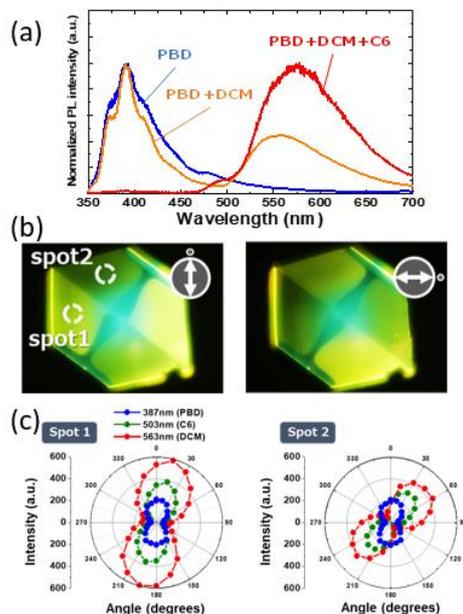


図 2. (a) ノンドープ、DCM ドープ、および DCM と C6 を共ドーピングした PBD 板状単結晶の RT-PL スペクトル。(b) C6(10wt%) と DCM(5wt%) を共ドーピングした PBD 結晶の偏光蛍光顕微鏡像。矢印が偏光方向を示す。(c) C6/DCM 共ドーピング単結晶の室温偏光 PL の偏光角度依存性。青：PBD、緑：C6、赤：DCM。

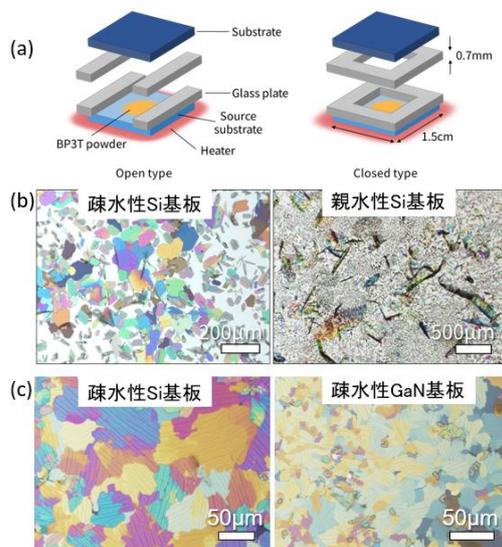


図 3. (a) 開放型および密閉型マイクロギャップ昇華法の概念図。(b) 開放型マイクロギャップ昇華法で成長した BP3T 結晶の基板依存性：疎水性 Si と親水性 Si。(c) 密閉型マイクロギャップ昇華法で成長した BP3T 結晶の基板依存性：疎水性 Si と疎水性 GaN。

形板状結晶が基板面に垂直な方向に垂れ下がる形で析出した。一方、疎水性 Si 基板にはクラックのある長六角形に近い薄板状結晶が基板面に平行に析出した (図 3(b))。次に、閉鎖型では ITO 基板、疎水性/親水性 Si 基板、疎水性/親水性 GaN ウェハの 5 種を用いたところ、すべての基板でモザイク状薄膜結晶が基板全面を被覆する形態で析出した。図 3(c)に疎水性 Si と疎水性 GaN の例を示す。すべての BP3T 結晶にはクラックが生じており、これは有機単結晶と基板材料の熱膨張係数差に起因すると考えられ、有機結晶と基板が強く密着していることを示唆する結果である。

クラックは生じたものの緻密なモザイク状 BP3T 結晶が GaN 上に成長できたことから、図 4(a)に示すノンドープ GaN 上に BP3T をマイクロギャップ昇華法で製膜した有機無機ハイブリッド単結晶 LED を作製した。正孔注入用金属電極として直径 85 μm の Au/MoO₃ と Ag/LiF の二種類を用いたところ、どちらにおいても 1.5~2.5V 付近で立ち上る整流性が確認され、注入電流の増加とともに黄色発光が得られた。Ag/LiF の方が素子抵抗が低く、光出力も安定しており、素子の経時劣化を確認するため作製後 2 週間程度室温大気下に放置した試料を再測定したが、特性の劣化は見られなかった。有機半導体である BP3T の LUMO レベルは、無機半導体である GaN の伝導帯よりも約 1.3eV 程度高いと推定されるため、GaN から BP3T への電子注入には障壁が生じる。これは無機半導体と有機半導体では一般的な傾向であり、ハイブリッドデバイス作製における課題となる。そこで、基板に n 型 GaN と用い、GaN と BP3T の間に図 4(b)に示す自己組織化双極子分子(SADM)の一種である p-Toluic Acid を挿入して、図 4(c)のエネルギーバンド図に示すように電子注入障壁の低減を図った。作製した素子は、電流電圧特性において素子抵抗が大幅に低下し、電流密度も 1.4kA/cm² に達した。この結果から、有機単結晶と無機単結晶を組み合わせた大電流駆動デバイスの可能性が示唆された。

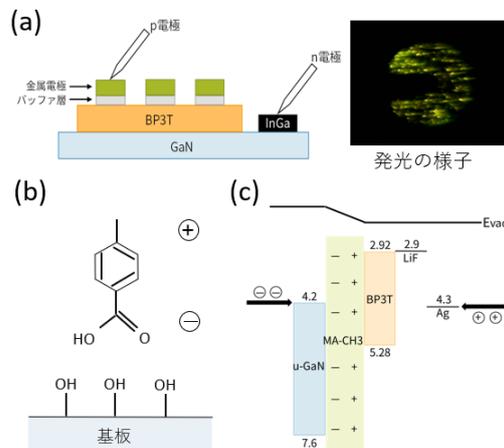


図 4. (a) BP3T/GaN 有機無機複合型 LED の断面構造図と電流注入発光の顕微鏡像。(b) 自己双極子分子 p-Toluic Acid の分子構造と基板への吸着概念図。(c) n-GaN/SAM/BP3T 構造 LED のエネルギーバンド図。

(4) 単結晶および非晶質有機半導体の誘導放出特性と光劣化特性評価

レーザー色素として有望な有機材料を用い、単結晶と非晶質膜について、ほぼ同じ膜厚の試料を作製して光学特性の比較を行った。ここでは NMD 法で成長した PBD の板状単結晶、ギャップ法で成長した板状 2-(4-Biphenyl)-5-phenyl-1,3,4-oxadiazole (PBD) と 1,4-bis(2-methyl styryl) benzene (o-MSB) 単結晶、スパインコート法で製膜した非晶質の PBD 膜および o-MSB 膜を用いた。膜厚は PBD が 2.2 μm 、o-MSB が 214nm であった。各単結晶について、強励起 PL 測定を行ったところ PBD 薄膜単結晶からは発光波長 391 nm、o-MSB 薄膜単結晶からは発光波長 478 nm で誘導放出による自然放光の増幅 (ASE) が観測された。ASE 閾値はそれぞれ 2.91 と 0.15 mJ/cm² であった。励起光強度に対する発光スペクトルを図 5(a)と(b)に示す。一方、非晶質膜においてはどちらも ASE は確認されなかった。また、He-Cd レーザ連続照射による PL 強度の経時劣化特性の比較も行った。図 5(c)と(d)に PBD および o-MSB における単結晶と非晶質膜の PL 強度の時間依存性を示す。いずれの材料においても、単結晶では非晶質膜に比べて光劣化が大幅に抑制された。データは示さないが、NMD 法で成長した o-MSB ドープ PBD 単結晶でも同様の結果が得られ、有機単結晶では誘導放出特性や光劣化に対する耐性が非晶質膜に比べて優れており、デバイス应用到有望であることが確認された。

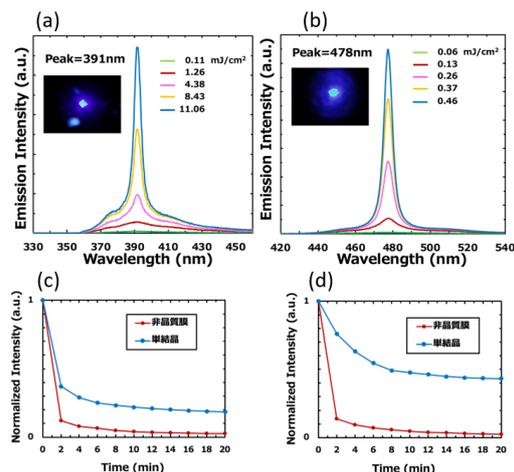


図 5. (a)PBD と(b)o-MSB 単結晶の強励起 PL スペクトル。(c) PBD と(d) o-MSB の単結晶および非晶質膜の He-Cd レーザ連続照射による経時劣化特性。

(5) 有機無機ハイブリッドペロブスカイト単結晶アレイの作製

有機無機ハイブリッドペロブスカイトは、低コスト高効率太陽電池や可視域 LED の材料として注目されており、ハロゲン組成を変化させて可視全域にわたる狭線幅発光が可能であることから、有機単結晶デバイスの有力候補と考え結晶成長技術の検討を行った。ここでは、疎水性/

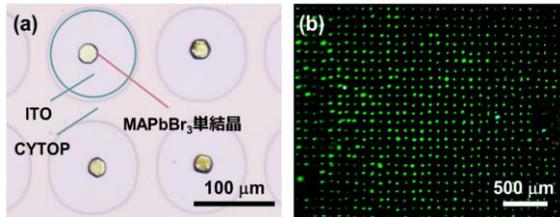


図 6. (a) MAPbBr₃ 単結晶アレイの光学顕微鏡像と(b) 低倍率蛍光顕微鏡像。

親水性領域パターンニング基板とスピコートを用いる簡便なペロブスカイト単結晶の位置制御析出技術を開発した。図 6(a)は、直径 83 μ m の円形開口を設けたフッ素樹脂被膜付き ITO コートガラスにペロブスカイト前駆体溶液をスピコートして基板上に析出させた MAPbBr₃ 単結晶の顕微鏡像である。析出条件パラメータ（溶媒組成、溶質濃度、基板熱処理温度、スピコート回転数と時間など）を最適化することにより、円形パターン中央部に単一の MAPbBr₃ 単結晶を析出させることに成功した。図 6(b)は蛍光顕微鏡像であり、広範囲に規則配列した緑色発光 MAPbBr₃ 単結晶アレイの作製に成功した。次に、前駆体溶液中のハロゲン組成を制御することによって、析出させる単結晶の組成制御を試みた。前駆体溶液組成を MAPbCl₃, MAPbBrCl₂, MAPbBr₂Cl, MAPbBr₃, MAPbBr_{2.5}I_{0.5}, MAPbBr₂I, MAPbBrI₂, および MAPbI₃ となるように設定したところ、EDX 組成分析によりいずれも溶液組成と同組成の結晶が析出することが確認された。組成の異なる結晶の析出では溶媒組成制御が重要であり、MAPbI₃ を除いて単一の単結晶析出条件を把握できた。また、室温 PL により 404 から 776 nm までの可視全域にわたる発光波長制御を確認した（図 7(i)）。今後は、ペロブスカイト単結晶と無機ワイドギャップ半導体ナノ構造を組み合わせたデバイス展開が期待される。

(6) 有機無機複合型ナノ構造集積光デバイス基盤技術の開発

可視域における単結晶有機半導体とワイドギャップ無機半導体の集積光源に向け、GaN 系光導波路や広帯域高反射率 DBR の理論解析と試作を行った。図 8(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波長 405nm に対して 99%以上の高反射率を得るためには、深さ 1.5 μ m 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必要であることがわかった。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 8(b)に示すように、一部に不完全部位があるものの、ほぼ設計通りの構造（GaN 高さ 2.3 μ m、GaN 幅 41.3nm、壁面傾斜角 >98.5 度、空気部幅 98.7nm）が得られた。また、この DBR 構造を導波路側面に形成したプレーナ型導波路の断面構造を図 8(c)に、導波モード解析例を図 8(d)に示す。InGaN 層をコアとして導波し、基板側への放射の無い導波モードが形成可能であることを確認した。

<引用文献>

(1) S.Z. Bisri et al, Adv. Func. Mat. 19(2009)1728, (2) H. Wang et al, Cryst. Growth & Design, 9 (2009) 4945. (3) H. Nakanotani et al. Adv. Func. Mat. 20 (2010) 1610. (4) R. Ding et al, Adv. Mat. 30 (2018) 1801078.

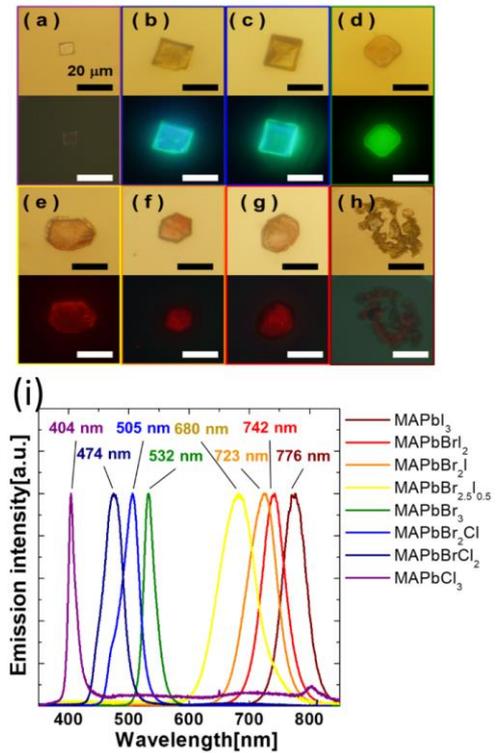


図 7. 各種前駆体溶液から析出した結晶の光学顕微鏡像(上段)と蛍光顕微鏡像(下段): (a) MAPbCl₃, (b) MAPbBrCl₂, (c) MAPbBr₂Cl, (d) MAPbBr₃, (e) MAPbBr_{2.5}I_{0.5}, (f) MAPbBr₂I, (g) MAPbBrI₂, (h) MAPbI₃. (i) 組成制御されたペロブスカイト単結晶の室温 PL スペクトル

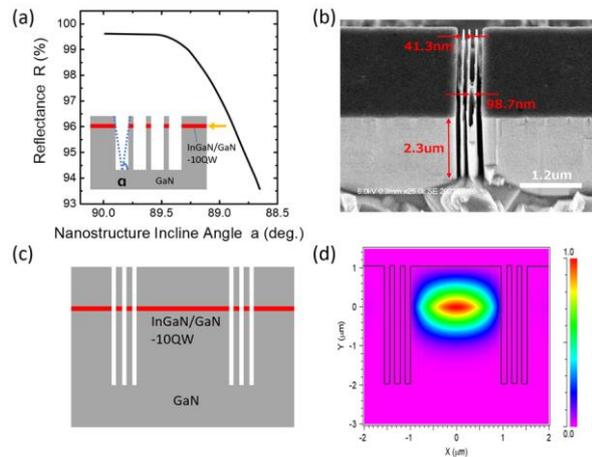


図 8. (a) InGaN-MQW をコアとする導波路型 GaN/空気 DBR の反射率のナノ構造傾斜角依存性、(b) 作製した導波路型 DBR の鳥瞰 SEM 像、(c) InGaN-MQW をコアとする DBR ガイド型プレーナ導波路の断面構造図と(d) 導波モードの電界強度分布の計算例。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5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 Abe Ryogo, Suzuki Asuka, Watanabe Kosuke, Kikuchi Akihiko | 4. 巻 217 |
| 2. 論文標題 Fabrication of CH3NH3PbBr3 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59件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 20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(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ニック結晶の作製 |
| 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 -Ga203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 In203 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-In203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-In203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プ技術 |
| 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 2021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 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 46th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS) at Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (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 46th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS) at Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019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 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 61st Electronic Materials Conference (EMC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Yusuke Namae, Daichi Ito, 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 | 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 -Ga ₂ O ₃ 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 Ga ₂ O ₃ 基板上の幅7nm超薄膜高アスペクトナノウォールアレ |
| 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-In203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66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66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66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 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 $\text{-Ga}_2\text{O}_3$ |
| 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 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 (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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 胡曉, 雨宮智宏, 菊池昭彦 | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 一般社団法人日本光学会 | 5. 総ページ数 - |
| 3. 書名 光学, 第49巻, 第11号, "トポロジーが織りなす光学現象とその応用 蜂の巣誘電体フォトニック結晶のトポロジカル特性と新規光機能" | |

〔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 |
|---------|---------|
| | |