

持続可能開発目標達成支援事業（aXis）

Bタイプ研究分野「環境エネルギー」

研究課題名

「カンボジアにおける安全な水処理装置の開発と

殺菌の科学的検証」

終 了 報 告 書

研究期間

2020年4月1日から2022年3月31日まで

研究代表者：天野 浩

名古屋大学・教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

No.	ワークパッケージ名	2020 年度		2021 年度	
		4月～9月	10月～3月	4月～9月	10月～3月
1	深紫外 LED の高出力化にむけた要素技術開発		(深紫外 LED の作製・開発)		
			(深紫外 LED の実装開発)		
2	水処理に係る現地実証試験および水殺菌装置の開発		(実証試験の実施体制構築) *1		
			(殺菌効果データ収集・分析)		
			(現地ニーズの把握) *1		
				(殺菌装置仕様の検討)	

*1 新型コロナ禍の影響で相手国に渡航できなかったため、オンラインで打合せを行い、カンボジア王国の水道会社により、現地水道の調査を行った。

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

2020年4月当初から、新柄コロナ・ウイルス感染症の拡大に伴って、カンボジア王国に渡航しての実験が困難となり、2021年3月から2022年3月までの計画変更を行ったが、状況は改善せず、2021年度についても渡航しての調査や殺菌試験は困難な状況が続いている。さらに、プノンペン王立大学がロックダウンしている関係で、現地共同研究者の協力による研究も困難な状況が続いている。

以上の状況から、現地の水調査は、現地の水事業者の協力を得て、水の採取、菌類の分析を行い、そのLEDを用いた殺菌については日本国内で検証を行った。さらに、深紫外LEDの高出力化にむけた要素技術開発を強化して実施した。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) 成果目標の達成状況とインパクト等

2020年度にサファイア基板上的 AlN で、貫通転位密度 $1 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 以下を達成した。さらに、そのテンプレート上に AlN, AlGaIn 成長を行い、AlGaIn 量子井戸構造の作製条件を最適化することにより 10K 以下の低温と室温との発光強度の比で求める内部量子効率で 90% を達成した。また、螺旋転位に起因するヒロック構造形成を抑制して平滑な n 形伝導性 AlGaIn を得る成長条件を明らかにした。p 形 AlGaIn および電極については、分極ドーピングを行い、コンタクト抵抗を低減する技術開発も行った。

2021年度には、これらの最適化に加えて、実装技術の開発と信頼性を含めた試験を行い、樹脂レンズを用いた光り取り出し効率の向上を実現して、殺菌効率が最も大きい (DNA の吸収が最大である) 発光波長が 265nmLED で外部量子効率 7.97% を達成した。この値は、論文発表されている 265nm の LED で世界最高である。

深紫外 LED による水殺菌の効果を黄色ブドウ球菌と大腸菌を例に調べた。278nmLED を用いた黄色ブドウ球菌の不活化係数は、 $0.40 \text{ cm}^2/\text{mJ}$ であった。大腸菌を用いた殺菌では、増殖を止めている定常期の細胞は UV 耐性を示すことから、殺菌と増殖 (殺菌の休止) を繰り返す方法がより有効である知見を初めて得た。

(2) プロジェクト全体のねらい (これまでと異なる点について)

DNA の分解に最も有効な発光波長 265-280nm の深紫外 LED について、高光出力を実現するための要素技術開発を行う。内部量子効率の向上に加えて光り取り出し効率の向上を図る。さらに、LED 構造の作製条件、保護膜作製等の要素技術を素子プロセス開発に取り入れ、LED として実装を行う。

水道水等の殺菌で重要となる大腸菌の殺菌を発光波長 260-280nm の深紫外 LED を用いて行い、波長依存性などを既報のデータと比較検証し、LED 殺菌の有効性を明らかにする。さらに、カンボジア農村部では、飲料水を貯蔵して使用されることから、有効な殺菌方法についても明らかにする。

(3) SDGs 達成に向けた重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性 (これまでと異なる点について)

すべての人に安全な水を提供することは直接的には SDGs 「6.安全な水とトイレを世界中に」に対応しているが、さらには、「3. すべての人に健康と福祉」「9. 産業と技術革新の基盤をつくろう」「11. 住み続けられるまちづくり」などにも関連し、SDGs の根幹に関わる重要な課題と考えている。本課題で取り組んだ LED 要素技術開発は、従来の薬品等による殺菌や水銀を用いた殺菌灯に変わる重要な技術であり、本研究についても結晶欠陥の低減だけでなく、多くの革新的な開発がなされ、科学技術・学術上の独創性・新規性は大きい。それらの研究成果は学会での報告の他、論文でも発表されている。

(4) 研究運営体制、日本人人材の育成 (若手、グローバル化対応)、人的支援 (研修、若手の育成) およびネットワーク構築等

名古屋大学は、GaN コンソーシアムの拠点大学であり、スクールやセミナーなどを実施してネットワークの構築を行うとともに、若手や海外研究者を受け入れた研究体制を継続している。また、三重大学は科学研究費 新学術領域「特異構造の結晶科学」でプラットフォームとして若手研究者の受け入れ事業などを実施している。

天野代表および三宅主担当とともに、国際ワークショップなどで組織委員や実行委員長を担当して、若手研究者の育成や海外を含めたネットワークの構築を推進している。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

本プロジェクトでは、殺菌に有効な 260-280nmLED の要素技術開発（ワークパッケージ WP1）とカンボジア王国に安全な水を提供する殺菌装置の開発(WP2)を推進した。新型コロナ・ウイルス感染症の蔓延によりカンボジアでの実証はできなかったが、WP1 ではエピタキシャル成長条件の最適化をはじめ、デバイス形成の要素技術、光り取り出し構造で大きな進展を得て、265nmLED では約 8%の世界最高の外部量子効率を達成している。出力でも 500mA 電流で 100mW を超える出力を得ている。本プロジェクトでは、青色 LED などでも実用化しているサファイア上のデバイス構造であることから、高出力で高効率を達成した本プロジェクトの社会的インパクトは極めて高く、また低コスト化が十分に期待できることから、広く殺菌を目的とする装置に組み込まれることが期待できるので、社会実装への貢献数年の内に実現されると期待できる。

深紫外 LED を用いた水殺菌についても、電力供給が十分でないことも考慮して、LED 殺菌と休止を繰り返す有効な殺菌方法を提案した。この方法では、LED を連続で照射し続けるのと同様、あるいは効率としてはそれ以上の殺菌効果が得られることを見出した。一方で、カンボジア王国における水道水の殺菌実験については、現地水のサンプリングによる調査は行ったものの、LED 殺菌を用いた実証実験は行っていない。新型コロナ禍の終息という未知の要素はあるものの、現地での実証実験をプノンペン王立大学の協力をえながら推進したいと考えている。

III. 社会実装に向けた課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

- (1) 研究成果を社会実装につなげるための課題、現状および課題解決に向けて取り組んだこと

深紫外 LED 要素技術開発(WP1)では、テンプレート AIN 基板の欠陥密度の低減、エピタキシャル成長技術、電極形成、保護膜形成、光取り出し構造形成などの課題を明確化した。それらについて、成長や作製条件の最適化、シミュレーションを用いた構造の最適化を行うなど、明確に要素技術の改善を行った。さらに、LED として実装を行い、外部量子効率として評価することでデバイスの優位性を明確化した。現状では、サファイア上 AIN テンプレートの貫通転位密度で最小、すなわち世界最高の結晶性を得ており、265nmLED では、世界最高の外部量子効率を達成している。社会実装のためには、LED メーカーにより、デバイス開発の実証や信頼性試験などを行う段階にあるといえる。

水殺菌装置についても、次の段階として水道を模した中規模の試験装置を製作し、殺菌実験の研究で得られた結果を実証する段階にあるといえる。

- (2) 各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫

深紫外 LED の要素技術開発だけに届けることなく、得られた要素技術の総合としてデバイス作製を行い、実装したデバイスで評価を行った。また、LED メーカーの協力を得て要素技術の有効性を検証した。

- (3) プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む

必要のある事項

本プロジェクトの開始とほぼ同時期から、新型コロナ・ウイルスの蔓延が世界各地で報告され、日本における海外への渡航が禁止された。2022年1月においてもカンボジア王国での実験についても目処が立たない状況であるが、王立プノンペン大学・レスミー教授と連携することで、カンボジアの状況を的確に把握する必要がある。

さらに、コロナ禍の終息後に現地で活動を行う場合においても、現地の協力は不可欠であることから、オンライン打合せなどにより関係を維持すると共に、状況の把握を行うことは重要である。

- (4) 諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果

2020年4月から現在に至るまで、カンボジアで活動を行うことは困難であるばかりでなく、プノンペン王立大学もロックダウンとなり、連携した活動を行うことも困難な状況となった。そのため、現地水道会社の協力により、典型的に水道について水の採取と菌の調査を行ったが、カンボジアの大学閉鎖などによりかなりの時間を要した。

IV. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

LED要素技術開発の結果として、265nmLEDで世界最高の効率を達成し、窒化物半導体の研究開発分野における日本の研究力の高さを示せた。この研究成果は、2021年11月に日本経済新聞や読売新聞等で取り上げられた。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

別紙に記載

以上

1 論文発表等

Publication of Articles etc.

1. 1. 1 原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

Original Publications (Articles co-authored with the Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 All Authors' Names, Title, Journal Name, Volume, Edition, Page, Year of Publication	DOIコード DOI Code ※"doi:"は不要	和文/英文 Language	出版済み Status	特記事項 (トップレベル雑誌への掲載など) Remarks (e.g. publication in top level journals etc.)

0	初年度
0	2年度
0	合計論文数

1. 1. 2 原著論文(相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文)

Original Publications (Articles by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 All Authors' Names, Title, Journal Name, Volume, Edition, Page, Year of Publication	DOIコード DOI Code	和文/英文 Language	出版済み Status	特記事項 (トップレベル雑誌への掲載など) Remarks (e.g. publication in top level journals etc.)
2021	S. Xiao, K. Shojiki, H. Miyake, "Thick AlN layers grown on micro-scale patterned sapphire substrates with sputter-deposited annealed AlN films by hydride vapor-phase epitaxy", Journal of Crystal Growth, 566, 126163, (2021)	10.1016/j.jcrysgro.2021.126163	英文(English)	出版済み(published)	
2021	K. Uesugi, K. Shojiki, S. Xiao, S. Kuboya, H. Miyake, "Effect of the Sputtering Deposition Conditions on the Crystallinity of High-Temperature Annealed AlN Films", MDPI Coatings, 11, 8, 956, (2021)	10.3390/coatings11080956	英文(English)	出版済み(published)	
2021	K. Shojiki, K. Uesugi, S. Kuboya, H. Miyake, "Reduction of threading dislocation densities of N-polar face-to-face annealed sputtered AlN on sapphire", Journal of Crystal Growth, 574, 126309, (2021)	10.1016/j.jcrysgro.2021.126309	英文(English)	出版済み(published)	
2021	Y. Iba, K. Shojiki, S. Kuboya, K. Uesugi, S. Xiao, H. Miyake, "Effect of MOVPE growth conditions on AlN films on annealed sputtered AlN templates with nano-striped patterns", Journal of Crystal Growth, 570, 126237, (2021)	10.1016/j.jcrysgro.2021.126237	英文(English)	出版済み(published)	
2021	Y. Hayashi, K. Uesugi, K. Shojiki, T. Tohei, A. Sakai, and H. Miyake, "Thermal strain analysis considering in-plane anisotropy for sputtered AlN on c- and a-plane sapphire under high-temperature annealing", AIP Advances, 11, 9, 095012 (2021)	10.1063/5.0059723	英文(English)	出版済み(published)	
2021	K. Uesugi and H. Miyake, "Fabrication of AlN templates by high-temperature face-to-face annealing for deep UV LEDs", Japanese Journal of Applied Physics, 60, 12, 120502 (2021)	10.35848/1347-4065/ac3026	英文(English)	出版済み(published)	
2021	H. Murotani, A. Fujii, R. Oshimura, T. Kusaba, K. Uesugi, H. Miyake, and Y. Yamaguchi, "Extremely high internal quantum efficiency of AlGaIn-based quantum wells on face-to-face annealed sputter-deposited AlN templates", Applied Physics Express, 14, 12, 122004 (2021)	10.35848/1882-0786/ac3802	英文(English)	出版済み(published)	

0	初年度
7	2年度
7	合計論文数

1. 1. 3 原著論文(日本側研究チームを含まない相手側研究チームの論文)

Original Publications (Articles by the Partner Research Teams only, excluding the Japanese Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 All Authors' Names, Title, Journal Name, Volume, Edition, Page, Year of Publication	DOIコード DOI Code	和文/英文 Language	出版済み Status	特記事項 (トップレベル雑誌への掲載など) Remarks (e.g. publication in top level journals etc.)

0	初年度
0	2年度
0	合計論文数

1. 2. 1 その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)
Other Media, e.g. reviews, books (Co-authored with the Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 All Authors' Names, Title, Journal Name, Volume, Edition, Page, Year of Publication	DOIコード DOI Code	和文/英文 Language	出版済み Status	特記事項 (トップレベル雑誌への掲載など) Remarks (e.g. publication in top level journals etc.)

0	初年度
0	2年度
0	合計論文数

1. 2. 2 その他の著作物(相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など)
Other Media, e.g. reviews, books (by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 All Authors' Names, Title, Journal Name, Volume, Edition, Page, Year of Publication	DOIコード DOI Code	和文/英文 Language	出版済み Status	特記事項 (トップレベル雑誌への掲載など) Remarks (e.g. publication in top level journals etc.)

0	初年度
0	2年度
0	合計論文数

1. 2. 3 その他の著作物(日本側研究チームを含まない相手側研究チームの総説、書籍など)
Other Media, e.g. reviews, books (by the Partner Research Teams only, excluding the Japanese Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	全著者名、題目、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 All Authors' Names, Title, Journal Name, Volume, Edition, Page, Year of Publication	DOIコード DOI Code	和文/英文 Language	出版済み Status	特記事項 (トップレベル雑誌への掲載など) Remarks (e.g. publication in top level journals etc.)

0	初年度
0	2年度
0	合計論文数

2 学会等発表(セミナー、ワークショップ、シンポジウム等)
Presentations at Academic Conferences etc. (Seminars, Workshops, Symposia)

2.1 学会発表(相手側研究チームと連名の発表)
Conference Presentations (Joint Presentations with Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	日本語／英語／その他 Language	発表者、「題目」、学会等名、場所、月日等 Speaker, "Title", Conference Name, Location, Date etc.	招待講演、口頭発表、ポスター発表の別 Type of Presentation

0	初年度
0	2年度
0	合計発表数

2.2 学会発表(相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)
Conference Presentations (by Japanese Research Teams, excluding Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	日本語／英語／その他 Language	発表者、「題目」、学会等名、場所、月日等 Speaker, "Title", Conference Name, Location, Date etc.	招待講演、口頭発表、ポスター発表の別 Type of Presentation
2021	英語(English)	K. Shojiki, K. Uesugi, S. Xiao, S. Kuboya, H. Miyake, "MOVPE Growth of Al(Ga)N on Face-to-Face Annealed Sputtered AlN with Low Threading Dislocation Density", Compound Semiconductor Week2021 (CSW-2021), オンライン開催(2021.5)	招待講演(Guest/Invited Speaker)
2021	日本語(Japanese)	三宅秀人, 正直花奈子, 上杉謙次郎, 肖世玉, 窪谷茂幸, "サファイア上AlN膜の高温アニールによる高品質化と深紫外LED応用", 日本学術振興会 透明酸化物光・電子材料第166委員会 第90回研究会, オンライン開催, (2021.7.30)	招待講演(Guest/Invited Speaker)
2021	日本語(Japanese)	三宅秀人, "深紫外LEDで創生される産業連鎖～深紫外LED作製の最先端と殺菌応用～", 鈴鹿高専テクノプラザ令和3年度 企業交流会, 鈴鹿工業高等専門学校, (2021.11.17)	招待講演(Guest/Invited Speaker)
2021	日本語(Japanese)	上杉謙次郎, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 肖世玉, 三宅秀人, "高温アニールしたスパッタ成膜AlNテンプレートを用いたUV-C LEDの開発", 電気学会 光・量子デバイス研究会「パワー光源システム技術」, オンライン開催, (2021.7)	口頭発表(Oral Presentation)
2021	日本語(Japanese)	上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 中村孝夫, 正直花奈子, 肖世玉, 三宅秀人, "高温アニールしたAlN上におけるDUV-LEDの高効率化", 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, (2021.9)	口頭発表(Oral Presentation)
2021	日本語(Japanese)	林侑介, 上杉謙次郎, 正直花奈子, 三宅秀人, 藤平哲也, 酒井朗, "高温熱処理したスパッタAlN膜のクラック発生条件", 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, (2021.9)	口頭発表(Oral Presentation)
2021	日本語(Japanese)	渋谷康太, 上杉謙次郎, 肖世玉, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 秋山亨, 三宅秀人, "スパッタアニール法を用いたa面AlNの基板オフ角依存性", 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, (2021.9)	口頭発表(Oral Presentation)
2021	日本語(Japanese)	岡駿斗, 奥灘瑠斗, 肖世玉, 正直花奈子, 上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 中村孝夫, 三宅秀人, "ストライプ状溝加工AlNテンプレート上へのHVPE法によるAlN成長", 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, (2021.9)	口頭発表(Oral Presentation)
2021	日本語(Japanese)	石原頌也, 窪谷茂幸, 正直花奈子, 上杉謙次郎, 肖世玉, 三宅秀人, "スパッタアニールAlNテンプレート上UV-C AlGaIn量子井戸成長", 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, (2021.9)	口頭発表(Oral Presentation)
2021	日本語(Japanese)	森隆一, 上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 正直花奈子, 三宅秀人, "高温アニールAlN上AlGaInチャネルHEMTのAlGaIn膜厚依存性", 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, (2021.9)	口頭発表(Oral Presentation)

2021	日本語 (Japanese)	三宅秀人, 上杉謙次郎, 正直花奈子, 肖世玉, 窪谷茂幸, “低転位密度AINテンプレート上でのAlGaIn成長におけるステップ制御”, 第50回日本結晶成長国内会議 (JCCG-50), オンライン開催, (2021.10.27)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	日本語 (Japanese)	正直花奈子, 橋本卓実, 梅田颯志, 本田啓人, 上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 上向井正裕, 谷川智之, 片山竜二, 三宅秀人, “スパッタ成膜アニール処理AINにおける極性制御技術とN極性膜の低転位密度化”, 第13回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 愛媛県松山市, (2021.12.2-3)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	日本語 (Japanese)	池内陸也, 上杉謙次郎, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 三宅秀人, “高Al組成n型AlGaInへの選択再成長n型GaInを用いたオーミックコンタクト形成”, 第13回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 愛媛県松山市, (2021.12.2-3)	ポスター発表 (Poster Session)
2021	日本語 (Japanese)	山中祐人, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 三宅秀人, “AIN膜の選択制成長におけるMOVPE成長条件が表面形態に与える影響”, 第13回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 愛媛県松山市, (2021.12.2-3)	ポスター発表 (Poster Session)
2021	日本語 (Japanese)	橋本卓実, 正直花奈子, 上杉謙次郎, 肖世玉, 窪谷茂幸, 三宅秀人, “スパッタ積層と高温アニールで作製したAIN膜における極性制御”, 第13回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 愛媛県松山市, (2021.12.2-3)	ポスター発表 (Poster Session)
2021	日本語 (Japanese)	和泉志男, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 肖世玉, 三宅秀人, “フラット・トップ型ナノパターンサファイア基板を用いたAINのMOVPE成長”, 第13回ナノ構造・エピタキシャル成長講演会, 愛媛県松山市, (2021.12.2-3)	ポスター発表 (Poster Session)
2021	日本語 (Japanese)	上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 中村孝夫, 久保雅敬, 三宅秀人, “高温アニールAINテンプレートを用いたUV-C LEDの開発”, ワイドギャップ半導体学会第4回研究会, オンライン開催, (2021.12.10)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	英語 (English)	Hiroshi Amano, “Our activities after 2014”, The Japan-Sweden Society, オンライン開催(2021.4.6)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	日本語 (Japanese)	松原 太一, 永田 賢吾, 久志本 真希, 本田 善央, 天野 浩, “深紫外 LEDの発光出力向上に向けた多結晶スパッタリングMgZnO透明電極”, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催 (2021.9)	口頭発表 (Oral Presentation)
2021	英語 (English)	Taichi Matsubara, Kengo Nagata, Maki Kushimoto, Yoshio Honda, Hiroshi Amano, “Sputtered polycrystalline MgZnO as transparent electrode in AlGaIn-based homojunction tunnel junction deep-ultraviolet light-emitting diode for significant emission enhancement”, International Conference of Materials and Systems for Sustainability, オンライン開催 (2021.11.6)	口頭発表 (Oral Presentation)

2021	英語 (English)	Hiroshi Amano, "Challenge to eradicate virus infection with a compact DUV light source", STI for Global Challenge International Research Collaboration Against the COVID-19 Crisis, オンライン開催(2021.12.15)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	英語 (English)	Kengo Nagata, Taichi Matsubara, Maki Kushimoto, Yoshiki Saito, Yoshio Honda, Tetsuya Takeuchi, Hiroshi Amano, "Development of high-efficiency AlGaIn tunnel junction deep-UV LEDs", 14th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, ハイブリッド開催予定 (2022.3)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	日本語 (Japanese)	丹羽 ののか, 川崎 晟也, 隈部 岳瑠, 田中 敦之, 出来 真斗, 新田 州吾, 本田 善央, 天野 浩, "多光子励起を用いた光化学エッチングによるGaInN3次元加工の検討", 第69回応用物理学会春季学術講演会, ハイブリッド開催予定 (2022.3)	口頭発表 (Oral Presentation)
2021	英語 (English)	Hiroshi Amano, "Protecting people from virus infection with a compact DUV light source", The 2nd Japan-ASEAN Multi-Stakeholder Strategic Consultancy Forum, オンライン開催 (2022.2.23)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	英語 (English)	K. Shojiki, T. Hashimoto, G. Namikawa, S. Umeda, H. Honda, K. Uesugi, S. Kuboya, M. Uemukai, T. Tanikawa, R. Katayama, and H. Miyake, "Polarity control and threading-dislocation-density reduction of face-to-face annealed sputtered AlN on sapphire", The 3rd International Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (IWSingularity 2022), Aichi, January 11-13, 2022.	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	英語 (English)	K. Uesugi, S. Kuboya, T. Nakamura, K. Shojiki, S. Xiao, M. Kubo, and H. Miyake, "High-power operation of DUV-LED grown on high-temperature annealed AlN templates", The 3rd International Workshop on Materials Science and Advanced Electronics Created by Singularity (IWSingularity 2022), Aichi, January 11-13, 2022.	招待講演 (Guest/Invited Speaker)

2021	日本語 (Japanese)	上杉謙次郎, 正直花奈子, 肖世玉, 窪谷茂幸, 中村孝夫, 三宅秀人, “低転位密度AINテンプレート上へのAlGaN成長と265nm発光LEDへの応用”, 2022年日本結晶成長学会特別講演会「赤崎勇先生追悼公演会 ～結晶成長が描く夢の継承～」, オンライン開催(2022.2)	招待講演 (Guest/Invited Speaker)
2021	日本語 (Japanese)	山中祐人, 正直花奈子, 窪谷茂幸, 上杉謙次郎, 三宅秀人, “MOVPE成長温度とメサの大きさがステップフリーAIN膜の表面形態に与える影響”, 第69回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川(2022.3)	口頭発表 (Oral Presentation)
2021	日本語 (Japanese)	橋本卓実, 正直花奈子, 上杉謙次郎, 肖世玉, 窪谷茂幸, 三宅秀人, “金属Alターゲットを用いてスパッタ堆積したアニールAINの極性制御”, 第69回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川(2022.3)	口頭発表 (Oral Presentation)
2021	日本語 (Japanese)	並河楽空, 窪谷茂幸, 正直花奈子, 森隆一, 上杉謙次郎, 三宅秀人, “スパッタ堆積アニールN極性AIN膜へのサファイア基板オフ角の影響”, 第69回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川(2022.3)	口頭発表 (Oral Presentation)
2021	日本語 (Japanese)	上杉謙次郎, 窪谷茂幸, 中村孝夫, 正直花奈子, 肖世玉, 久保雅敬, 三宅秀人, “らせん・混合転位密度が低いAINテンプレートを用いたDUV-LEDの開発”, 第69回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川(2022.3)	口頭発表 (Oral Presentation)

0	初年度
31	2年度
31	合計発表数

2.3 学会発表 (日本側研究チームを含まない相手側研究チームの発表)
Conference Presentations (by Partner Research Teams, excluding Japanese Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	日本語／英語／その他 Language	発表者、「題目」、学会等名、場所、月日等 Speaker, "Title", Conference Name, Location, Date etc.	招待講演、口頭発表、ポスター発表の別 Type of Presentation

0	初年度
0	2年度
0	合計発表数

3 ワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催
Workshops, Seminars, Symposia and Other Events

3.1. ワークショップ・セミナー・シンポジウム(日本側研究チームおよび/または相手側研究チーム主催)
Workshops, Seminars, Symposia (Organized by the Japanese and/or Partner Research Teams)

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	開催期間 Event duration	主催者名 Name of Organizer	名称 Title of the Event	場所(国名、都市名、会場名) Location (Country, City, Venue)	参加人数(チームメンバー含む) Number of Participants (Including Team Members)	概要 Overview

	0	初年度
	0	2年度
	0	合計開催数

4 研究交流の実績
Record of Research Exchanges

4.1 日本側の本プロジェクト関連海外出張
Record of Visits by the Japanese Side to Overseas

4.1.1 日本側研究チームメンバーのみ
Only those by Japanese Research Team Members

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	出発日 Date of Departure	帰国日 Date of Return	氏名 (1名ごとに記載) Last Name & First Name	所属機関 Affiliation	役職 Position	用務先(国名、都市名、研究機関名等) Exchange Destination (Country, City, Research Organization etc)	用務の内容 Description of Exchange Content/Purpose	出張日数(自動計算) Duration of Exchange (autocompleted)
								0
								0

0	初年度	延べ出張者数(人)	0	0	初年度	0	
0	2年度			0	2年度	0	
						延べ出張日数(人・日)	0

4.1.2 日本側研究チームメンバー以外
Excluding those by Japanese Research Team Members

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	出発日 Date of Departure	帰国日 Date of Return	氏名 (1名ごとに記載) Last Name & First Name	所属機関 Affiliation	役職 Position	用務先(国名、都市名、研究機関名等) Exchange Destination (Country, City, Research Organization etc)	用務の内容 Description of Exchange Content/Purpose	出張日数(自動計算) Duration of Exchange (autocompleted)
								0
								0

0	初年度	延べ出張者数(人)	0	0	初年度	0	
0	2年度			0	2年度	0	
						延べ出張日数(人・日)	0

4.2 相手国側の本プロジェクト関連海外出張
Record of Visits by Partner Research Teams to Overseas including Japan

4.2.1 相手側研究チームメンバーのみ
Only those by Partner Research Team Members

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	出発日 Date of Departure	帰国日 Date of Return	氏名 (1名ごとに記載) Last Name & First Name	所属機関 Affiliation	役職 Position	用務先(国名、都市名、研究機関名等) Exchange Destination (Country, City, Research Organization etc)	用務の内容 Description of Exchange Content/Purpose	出張日数(自動計算) Duration of Exchange (autocompleted)
								0
								0

0	初年度	延べ出張者数(人)	0	0	初年度	0	
0	2年度			0	2年度	0	
						延べ出張日数(人・日)	0

4.2.2 相手側研究チームメンバー以外
Excluding those by Partner Research Team Members

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	出発日 Date of Departure	帰国日 Date of Return	氏名 (1名ごとに記載) Last Name & First Name	所属機関 Affiliation	役職 Position	用務先(国名、都市名、研究機関名等) Exchange Destination (Country, City, Research Organization etc)	用務の内容 Description of Exchange Content/Purpose	出張日数(自動計算) Duration of Exchange (autocompleted)
								0
								0

0	初年度	延べ出張者数(人)	0	0	初年度	0	
0	2年度			0	2年度	0	
						延べ出張日数(人・日)	0

5 特許出願
Patent Applications

5.1 日本側の単独出願
Independent Applications by Japanese Research Teams

出願年度 (西暦を入れてください) Year of Application	出願番号 Application Number	発明の名称 Name of Patent/Patent Name	出願日 Application Date	出願人(全出願人を記載) Patent Applicants (Fill in All Members)	公開番号 (未公開は空欄) Publication Number (leave blank if unpublished)	発明者 Inventor	出願国 Country of Application	登録番号 (未登録は空欄) Registration Number (leave blank if unregistered)

0 初年度
 0 2年度
 0 合計出願数

0 初年度
 0 2年度
 0 合計出願数(登録番)

5.2 “相手国”側の単独出願
Independent Applications by Partner Countries

出願年度 (西暦を入れてください) Year of Application	出願番号 Application Number	発明の名称 Name of Patent/Patent Name	出願日 Application Date	出願人(全出願人を記載) Patent Applicants (Fill in All Members)	公開番号 (未公開は空欄) Publication Number (leave blank if unpublished)	発明者 Inventor	出願国 Country of Application	登録番号 (未登録は空欄) Registration Number (leave blank if unregistered)

0 初年度
 0 2年度
 0 合計出願数

0 初年度
 0 2年度
 0 合計出願数(登録番)

5.3 共同出願
Joint Applications

出願年度 (西暦を入れてください) Year of Application	出願番号 Application Number	発明の名称 Name of Patent/Patent Name	出願日 Application Date	出願人(全出願人を記載) Patent Applicants (Fill in All Members)	公開番号 (未公開は空欄) Publication Number (leave blank if unpublished)	発明者 Inventor	出願国 Country of Application	登録番号 (未登録は空欄) Registration Number (leave blank if unregistered)

0 初年度
 0 2年度
 0 合計出願数

0 初年度
 0 2年度
 0 合計出願数(登録番)

6 受賞等 Awards

6.1 受賞 Awards

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	賞の名称 Name of Award	受賞日 Date of Award	受賞者 Recipient	特記事項 Remarks
2021	日本結晶成長学会 第38回論文賞	2021/10/28	佐藤恒輔(旭化成), 岩谷素顕(名城大学), 竹内哲也(名城大学), 三宅秀人(三重大学)	
2021	電気学会 技術委員会奨励賞	2021/1/28	上杉謙次郎	

0	初年度
2	2年度
2	合計受賞数

6.2 新聞報道 Newspaper Reports

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	新聞名、記事のタイトル Name of Newspaper & Title of Article	掲載日 朝刊・夕刊の別 Date of Publication (Morning or Evening Edition)	掲載者 Publisher	特記事項 Remarks
2021	読売新聞「除菌LED」低コスト化 三重大院教授ら成功10分の1程度	11/9朝刊	三宅秀人	
2021	中部経済新聞「深紫外LED低コスト化へ 高出力・発行効率実現 窒化アルミ膜改善で」	12月14日	三宅秀人	
2021	中日新聞「深紫外LED発行効率を劇的改善」	2月19日	三宅秀人	

0	初年度
3	2年度
3	合計掲載数

6.3 その他 Other

テレビ、雑誌等に取り上げられた場合などありましたらご記入ください。

年度 (西暦を入れてください) Japanese Fiscal Year	テレビ:放送局、番組名/ 雑誌:雑誌名、巻号数、引用した箇所のページ Television: Broadcasting Station, Program Name/ Magazine: Name, Volume/Edition, Reference Page	テレビ:放映日/ 雑誌:発行年月 Television:Broadcasting Date Magazine: Date of Publication	出演者/掲載された人 Presenter/Person mentioned	特記事項 Remarks

0	初年度
0	2年度
0	合計出演・掲載数