

先端国際共同研究推進事業

2023 年度採択

「Top 研究者のための ASPIRE」

マテリアル分野

2023 年度～2024 年度

年次報告書（公開版）

研究課題名	金属マグネシウム層と GaN 層の超格子構造（MiGs）の物性とデバイス応用およびウルトラワイドバンドギャップ半導体材料（AlN, Ga ₂ O ₃ 等）への超高濃度ドーピング
日本側研究代表者	天野 浩 名古屋大学 教授
相手側研究代表者	<ul style="list-style-type: none">・ Debdeep Jena, David E. Burr Professor of Engineering, Cornell University・ Huili Grace Xing, William L. Quackenbush Professor, Cornell University・ Jaime Marian, Professor, University of California, Los Angeles・ Kang Wang, Distinguished Professor, University of California, Los Angeles・ Samuel Graham, Nariman Farvardin Professor/Dean of School of Engineering, University of Maryland・ Srabanti Chowdhury, Associate Professor, Stanford University
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2029 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>

本研究では、ウルトラワイドバンドギャップ半導体を対象とし、以下の5つのテーマに基づく研究を進めた：

1. 材料エピタキシャル成長: MOVPE および MBE を用いた MiGs 構造の成長試作を実施。
2. 新規ドーピング手法: Mg 拡散反応や Be イオン注入を用いたドーピング手法を体系化。
3. 材料特性評価: STEM や SIMS、高磁場を用いたキャリア輸送分析を実施。
4. シミュレーション解析: 分子動力学を用いて Mg インターカレーションのメカニズムを解明。
5. デバイス開発: 高正孔移動度を目指した AlN 系 FinFETs の設計とプロセス最適化を推進。

<得られた成果>

1. MOVPE と MBE の適用可能性を比較し、MiGs 構造の特性向上に寄与。
2. ドーピングメカニズムの解明と新規手法の確立。
3. デバイス設計の進展により、次世代 GaN/AlN デバイスの性能向上に貢献。
4. 国際連携を通じた研究者育成と共同研究基盤の強化。

② 国際ネットワーク構築・拡大に関する成果

<実施したこと>

当研究センターではシンポジウムを開催し、海外の協力研究機関から代表研究者を招待した。このシンポジウムでは、講演およびセミナーを通じた意見交換を行った。

<得られた成果>

以下の三つの視点を基盤に、国際的な研究連携が強化された：

- ・Cross-national Interactions（国家間交流）：国際的な地理的障壁を越えた研究連携を推進。
- ・Cross-disciplinary Interactions（分野間交流）：分野を超えた知見の統合による新たな科学的発見を促進。
- ・Cross-generational Interactions（世代間交流）：若手研究者とベテラン研究者の間の知識共有と相互理解を通じ、次世代の研究リーダーを育成。

これにより、各研究機関間の連携が強化され、具体的な共同研究テーマが複数策定された。また、若手研究者とベテラン研究者が直接交流することで、新たなアイデアや視点が生まれた。さらに、シンポジウムを通じて名古屋大学の研究環境が海外研究者にとって魅力的であることが広まり、今後の国際連携拡大への基盤が形成された。

③ 国際頭脳循環の促進に資する若手研究者の人材育成に関する成果

<実施したこと>

・派遣実施内容

名古屋大学から以下の若手研究者が渡航を計画または実施し、研究を行った。：

北川 和輝（D1）：2024年10月から2025年3月の6か月間、Stanford 大学に滞在。

小久保 瑛斗（D1）：2025年1月から2025年3月の3か月間、Cornell 大学に滞在。

Verdad C. Agulto（特任助教）：2024年11月から2024年12月の1か月間、Cornell 大学に滞在する共に、IWN2024で口頭発表を行った。

他にも、中嶋 誠（准教授）が2024年11月に1週間、Cornell 大学に滞在、渡邊 智也（D2）が

2024年12月に1週間、Stanford大学に滞在。また、Yingying Lin（中核的研究機関研究員）が2024年6月にGaN Marathon2024で口頭発表を行った。

また、王嘉（特任助教）が2025年3月に第68回フラレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム（FNTG）およびISPlasma2025/IC-PLANTS2025で招待講演を行った。

・招へい実施内容

以下の相手側からの研究者が名古屋大学での研究活動を計画または実施し、研究を行った。：

Zhiyu Xu（Cornell大学、研究員）：2024年12月1日に来日し、2025年11月30日まで1年間滞在予定。

Priyanshu Asthana（UCLA、D1）：2024年9月から10月にかけて5週間、名古屋大学に滞在。

Kazuki Nomoto（Cornell大学、研究員）：2024年8月から9月にかけて1か月間、名古屋大学に滞在。

<得られた成果>

若手研究者が世界トップクラスの研究機関での経験を積むことで、専門知識と国際的な視点を深めるとともに相手側チームとの共同研究を通じて、新しい技術や手法を学び、研究成果を向上させた。

名古屋大学における研究環境が、海外の優秀な若手研究者にとって魅力的であることを再確認し、今後の長期的な共同研究基盤を強化した。

次年度以降は、渡航・招へいスケジュールの調整や、渡航者および招へい者の研究成果を共有する場（例：シンポジウムやワークショップ）を設けることで、さらなる成果創出を目指す。

2. 研究実施体制

研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関・部署・役職名
研究テーマ1 材料エピタキシャル成長とインサイチュ・ドーピング	王嘉 Debdeep Jena Kang Wang	名古屋大学・高等研究院・特任助教 Cornell University・Department of Electrical and Computer Engineering・David E. Burr Professor of Engineering University of California, Los Angeles・Department of Electrical and Computer Engineering・Distinguished Professor
研究テーマ2 拡散反応合成ドーピングおよびイオン注入と熱アニールを活用したドーピング	王嘉 Srabanti Chowdhury	名古屋大学・高等研究院・特任助教 Stanford University・Department of Electrical Engineering・Associate Professor
研究テーマ3 材料の特性評価	Yingying Lin Huili Grace Xing Kang Wang Samuel Graham	名古屋大学・ディープテック・シリアルイノベーションセンター・中核的研究機関研究員 Cornell University・Department of Electrical and Computer Engineering・William L. Quackenbush

		Professor University of California, Los Angeles・Department of Electrical and Computer Engineering・Distinguished Professor University of Maryland・Nariman Farvardin Professor/Dean of School of Engineering・Department of Mechanical Engineering
研究テーマ4 分子動力学シミュレーションによるドーピング相関関連メカニズムの解明	Haitao Wang Jaime Marian	名古屋大学・未来材料・システム研究所・研究員 University of California, Los Angeles・Department of Materials Science and Engineering・Professor
研究テーマ5 高正孔移動度の新規 GaN と AlN 系デバイスの開発	小久保 瑛斗 Huili Grace Xing	名古屋大学・工学研究科・D1年生 Cornell University・Department of Electrical and Computer Engineering・William L. Quackenbush Professor

3. 代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

<原著論文>

[1] Wang, J., Cai, W., Lu, W. et al. Observation of 2D-magnesium-intercalated gallium nitride superlattices. Nature 631, 67–72 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07513-x>

<プレスリリース>

[1] <https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2024/07/post-689.html>

[2] <https://research-er.jp/articles/view/135196>

[3] <https://www.eurekalert.org/news-releases/1047791>

[4] https://compoundsemiconductor.net/article/119555/2D-Mg_doping_improves_p-type_GaN_conductivity

[5] https://www.semiconductor-today.com/news_items/2024/jul/nagoya-040724.shtml

<表彰>

[1] 令和6年度赤崎賞（王嘉）

<https://www.aip.nagoya-u.ac.jp/academic-research/syonogoannai/akasaki/jyusyousya-jyoho>