文部科学省科学研究費助成事業「新学術領域研究」2016－2020年度
特異構造の結晶科学
完全性と不完全性の協奏で拓く新機能エレクトロニクス
Singularity since 2016

Newsletter No. 9　　2019 年 3 月 1 日発行

特異構造トピックス

受賞報告

- **林侑介助教（A01-2、三重大学）**
  第 45 回（2018 年秋季）応用物理学会講演奨励賞
- **上杉謙次郎さん（A01-2、三重大学）**
  第 45 回（2018 年秋季）応用物理学会講演奨励賞
- **Xiaotong Liu さん（A01-2、三重大学）**
  The 3rd international workshop on UV materials and devices (IWUMD-2018) Best Poster Award
- **谷川智之講師（A02-17-2、東北大学）**
  第 47 回結晶成長国内会議 講演奨励賞
- **上野耕平助教（A01-1、東京大学）**
  第 47 回結晶成長国内会議 講演奨励賞

若手研究者海外派遣事業 活動報告

馬蓓 助教（千葉大学・B01-3）
派遣先研究機関：Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik Leibniz-Institut（ドイツ）

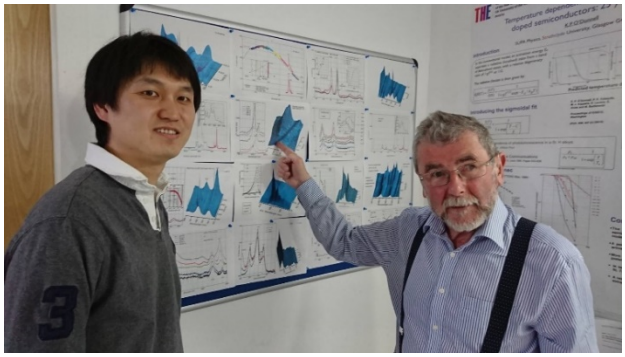
2018 年 6 月 11 日から 8 月 19 日までの約 3 か月間ドイツのベルリンにある Paul-Drude-Institut（PDI）の Grahn 教授の研究室に滞在させていただきました。PDI はドイツ有数の研究機関で，Grahn 教授は本研究所における結晶評価・デバイス評価グループを取りまとめており，特に非極性面結晶の光学異方性評価や量子カスケードレーザなどにて多くの業績を挙げています。千葉大学グループは，新学術領域研究において赤外分光およびラマン分光を用いてフォノンに着目した構造評価を担当しており，H28-30 年度にかけて新たなラマン分光装置を導入しました。本派遣は，この研究体制における装置導入に関連してヘテロ界面や金属/半導体界面などの特異構造の構造評価手法の開拓を目的としています。今回の滞在では最先端の評価装置を用いて研究を進めている上記ドイツグループで高濃度 Si ドープした GaN 界面について、レーザ波長 244nm～633nm のラマン分光装置を用いて評価を行いました。特にラマン散乱分光を専門とする Ramsteiner 博士などと深い議論を行うことができました。

今回の滞在で、海外ネットワーク作りに重要な第一歩を踏み出すことができました。Grahn 教授はじめ、Ramsteiner 博士、博士研究員、学生の方々にベルリンでの生活や研究にサポートして頂き深く感謝いたします。このような貴重な経験をさせていただいた藤岡先生、石谷先生、様々なサポートをしていただいたみなさまに感謝いたします。

関口寛人 准教授（豊橋技術科学大学・A02-17-3）
派遣先研究機関：ストラスクライド大学（スコットランド）

私は Kevin O'donnell 教授(ストラスクライド大学)の研究室に、2018 年 11 月 21 日～2019 年 2 月 9 日の 3 ヵ月弱の間に渡って、研究滞在を行った。O'donnell 教授の研究グループは Department of Physics に所属しており、窒化物半導体材料を中心としてフォトルミネッセンスやカソードルミネッセンスを用いた光学特性評価を中心に行っている。新学術で取り組む GaN 系集積回路において精密なイオン注入技術の開拓は重要な課題であるので、イオン注入による試料の光物性評価によるダメージ評価技術に関しての共同研究の立ち上げを中心に取り組んだ。

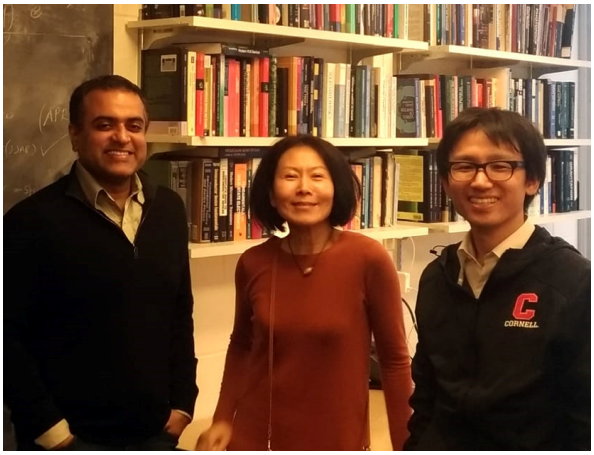
また滞在中に運よくストラスクライド大学で開催された UK Nitrides Consortium (UKNC)に参加することができ、窒化物半導体の光学特性・構造評価や HEMT



系集積回路、Li-Fi をはじめとする GaN LED の新たな応用などについての情報交換ができたのはいい機会であった。また UKNC の機会に知り合いとなった同大学の Edran Gu 教授(Martin D. Dawson 研究グループ)を訪ね、GaN 系アプリケーションの開発に関する研究内容について議論や施設見学をすることができた。さらに、ヨーロッパ滞在中の機会を利用して、以前より交流の深いマドリード工科大(スペイン)の M. A. Sanchez-Garcia 教授のもとを訪ねて GaN 系半導体の MBE 結晶成長について議論を交わしたり、セゲド大学(ハンガリー)の Antal Berenyi 教授のもとを訪れてメディカル応用に向けた新たな GaN 系デバイスの応用についての議論を行うことができた。今回受け入れていただいたストラスクライド大学の O'donnell 教授の研究室を拠点としながら、様々な研究者との交流を図る機会を得て、幅広く国際的な研究ネットワークの構築するチャンスを得ることができたことに大変感謝しております。このような機会そしてサポートをいただきました新学術領域の関係者各位に深く感謝申し上げます。

林侑介 助教（三重大学・A01-2）
派遣先研究機関：コーネル大学（米国）

2018 年 11 月後半から 2 ヶ月の間、コーネル大学の Debdeep Jena 教授のグループに滞在した。Huili Grace Xing 教授との共同運営であり、スタッフ 8 名、博士課程学生 19 名、修士課程学生 7 名、学部生 2 名の大所帯である。MBE を 5 台保有し、窒化物半導体や酸化物半導体、2 次元層状材料の結晶成長を進めながら、NSF の PARADIM プロジェクトで先進的な MBE も利用できる環境にあった。共用クリーンルームである CNF はアメリカを代表する規模の大きさで、年間 800 人(50%が外部機関の利用)のユーザが利用している。本派遣事業の目的は、A01-2 グループで作製した高品質 AlN テンプレート上にコーネル大学で電子デバイス構造を成長・作製することであった。先に述べたように実験設備が大規模であるがゆえにペーパーワークやオリエンテーションに時間を要したが、その後の研究は速やかに進んだ。緻密に制御された成長技術と RHEED による in situ 観察は MOCVD ユーザであった私にとって興味深いものであった。主に Yongjin Cho 博士と Reet Chaudhuri 氏の協力のもと実験を進め、2 次元正孔ガスを観察することに成功した。本結果は、我々の AlN テンプレートが深紫外 LED だけでなく電子デバイスへの適合性を示唆するものであり、大変貴重な結果を得ることができた。海を跨いでの共同研究はコミュニケーションやモチベーションの問題により停滞することもあるが、今回は研究者自身が 2 ヶ月滞在して主体的に研究を進めることで速やかに結果を導くことができたように思う。今後も Debdeep Jena 教授、Huili Grace Xing 教授との協力関係を継続して発展させ、今回の派遣で開始した共同研究を加速させることで学術的な成果公表を進めたいと考えている。世界有数の研究環境で研鑽する機会を与えていただいた領域代表の藤岡先生、A01-2 研究代表者の三宅先生、海外派遣を丁寧にサポートいただいた藤岡研究室 小林先生、中村様、後藤様に厚く御礼申し上げます。



ホームページにてニュースレターを公開しています。 http://tokui.org/newsletter.html

No.6 (2018 年 6 月 1 日)

No.7 (2018 年 9 月 1 日)

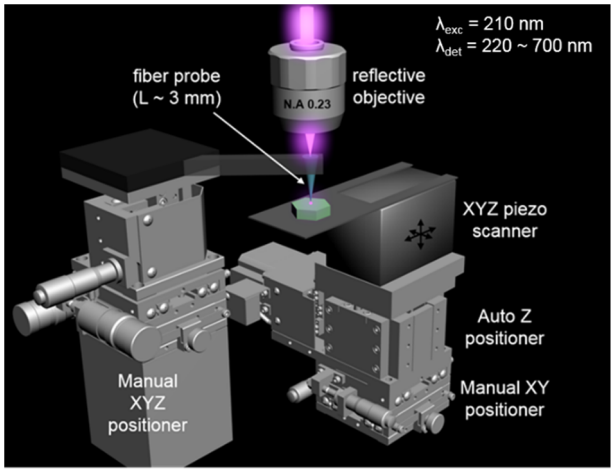
No.8 (2018 年 12 月 1 日)

研究成果紹介
B02 特異構造の光物性解明と機能性探索

B02-1：近接場分光（SNOM）による特異構造の発光機構解明と制御

研究代表者：川上 養一（京都大学）

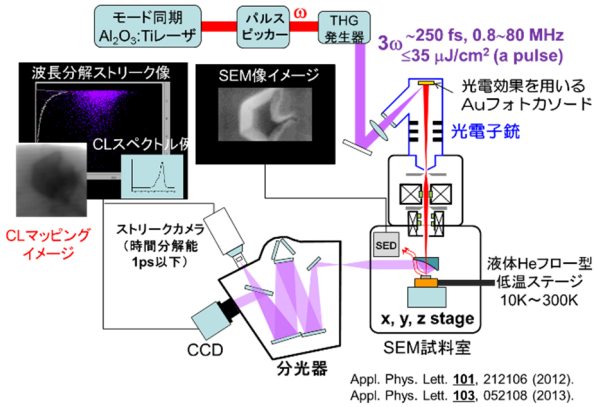
深紫外 LED のさらなる外部量子効率向上に向けて、特異構造の積極的活用が注目されています。我々は、この特異構造の局所光物性を明らかにするために、世界最短波長で動作する深紫外近接場光学顕微鏡を開発しました。



B02-2：時間空間分解カソードルミネッセンスによる特異構造の光物性解明と機能性探索

研究代表者：秩父 重英（東北大学）

1 ピコ秒の時間分解能と、キャリア拡散長程度の空間分解能を併せ持つ、時間・空間同時分解カソードルミネッセンス装置を用い、深紫外線波長領域にバンドギャップをもつ六方晶 BN やウルツ鉱型 AlN、AlGaN 等の特異構造における局所発光ダイナミクス評価を行った。

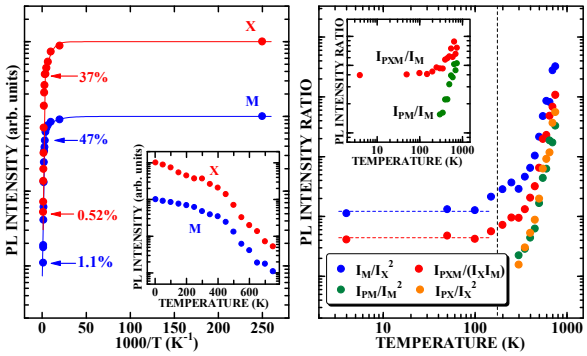


Appl. Phys. Lett. **101**, 212106 (2012).
Appl. Phys. Lett. **103**, 052108 (2013).

B02-3：結晶特異構造における励起子多体効果の光物性評価と光機能性探索

研究代表者：山田 陽一（山口大学）

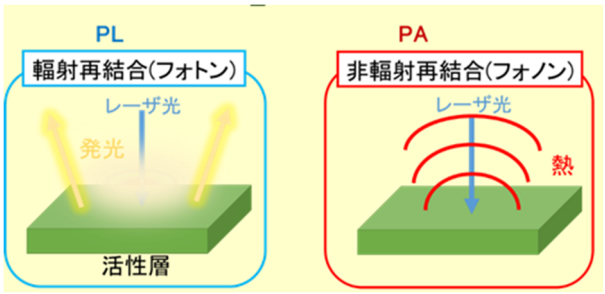
AlGaN 混晶量子井戸構造を対象として、広い温度範囲（極低温 4K～高温 750K）における励起子系発光の温度依存性の評価・解析を行い、温度上昇に伴う励起子系の非局在化に起因して励起子間の相互作用が増大し、励起子分子の生成レートや励起子間および励起子分子間の非弾性散乱レートが増大することを明らかにした。



B02-17-1：輻射・非輻射再結合の同時観測とそれに基づく特異構造の電子状態の理論モデル構築

研究代表者：山口 敦史（金沢工業大学）

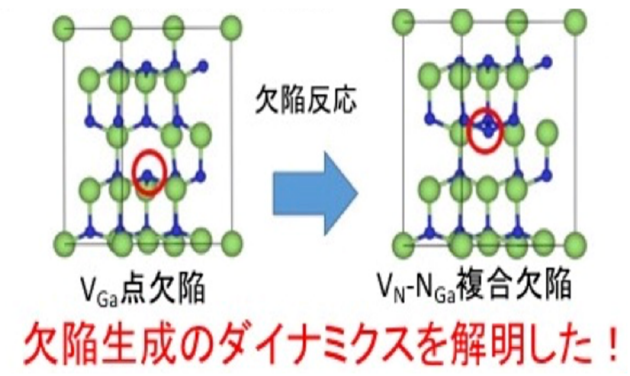
輻射再結合と非輻射再結合とを同時観測する光音響・発光同時計測法により、様々な品質の InGaN 量子井戸の内部量子効率の比較を行うことに成功しました。今後、時間分解発光測定や理論計算も組み合わせ、電子状態とキャリアダイナミクスの理解を目指します。



B02-17-2：特異構造を介してのエネルギー変換機構の理論

研究代表者：小田 将人（和歌山大学）

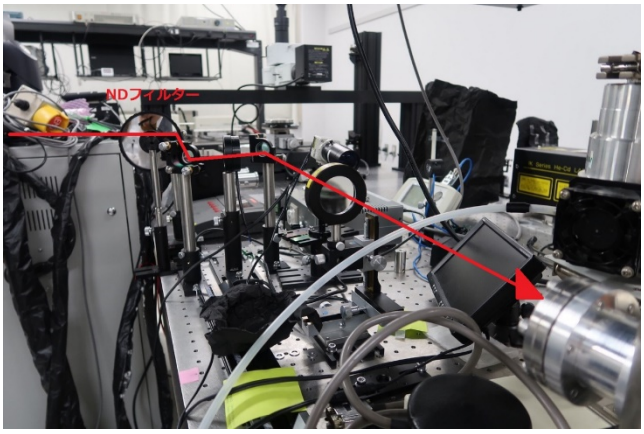
GaN 中の欠陥反応は、劣化機構の要因であるが、その詳細はほとんど明らかにされていない。本研究では、欠陥周辺の電子状態と振動状態及び電子格子相互作用を評価し、ミクロな欠陥反応ダイナミクスを理論的に解明した。



B02-17-3：フェムト秒レーザー加工によるシリコンカーバイドへの単一光子源の作製

研究代表者：富田 卓朗（徳島大学）

フェムト秒レーザー加工痕の最小限界を探求することで、SiC にレーザー照射のみで単一光子源を作製することを目指している。フェムト秒レーザー加工痕を走査型電子顕微鏡内部でその場観察する光学系の構築に成功した（写真）。



今後の予定

[協賛会議]
日本結晶成長学会 ナノ構造・エピタキシャル成長分科会 2019 年講演会
第 11 回 ナノ構造・エピタキシャル成長講演会
会期：2019 年 6 月 13 日（木）-15 日（土）
会場：広島大学東広島キャンパス学士会館レセプションホール

[共催国際会議]
The 9th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS2019)
会期：2019 年 11 月 10～15 日
会場：沖縄科学技術大学院大学
http://www.apws2019.jp

発行：新学術領域研究「特異構造の結晶科学」事務局
領域 URL: http://tokui.org　問い合わせ先：info@tokui.org