文部科学省科学研究費助成事業「新学術領域研究」平成28－平成32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. 7　　2018 年 9 月 1 日発行

# 特異構造トピックス

## 受賞報告

日本結晶成長学会 ナノ構造･エピタキシャル成長分科会（2018 年 7 月 12-13 日）

**<研究奨励賞>**

- **上杉謙次郎 研究員 (三重大学/A01-2)**

**<発表奨励賞>**

- **荒川渓氏 (名城大学博士課程 2 年/A01-3)**
- **小野寺卓也氏 (大阪大学修士課程 2 年/A01-17-1)**
- **櫻井悠也氏 (東京大学修士課程 2 年/A01-1)**
- **筆谷大河氏 (東京大学修士課程 2 年/A01-1)**
- **松田祥伸氏 (京都大学博士課程 2 年/B02-1)**
- **山野邉咲子氏 (東京農工大学修士課程 1 年/A01-4)**

# 若手研究者海外派遣事業 活動報告

**定昌史 専任研究員（理化学研究所・A02-2）**
**派遣先研究機関：ミラノ-ビコッカ大学（イタリア）**

2018 年 5 月－7 月の 2 か月間、イタリア Milano-Bicocca 大学（MIB）の Stefano Sanguinetti 教授の研究室に滞在し、液滴エピタキシーの今後の展開を中心に議論を行った。

液滴エピタキシーは界面エネルギー差を利用した結晶成長法であり、成長条件を制御することで量子リング、量子ディスク、量子ホールといった種々の特異的な量子構造をつくることが可能である。通常の歪緩和を利用した量子構造作製が難しい窒化物系においても有望な手法と期待されており、その展開可能性について多角的な検討を行った。訪問した 5 月はちょうど結晶成長に用いる分子線エピタキシー装置のメンテナンス時期にあたり、新しい窒素プラズマ源の取りつけや成長制御プログラムの改修などを手伝った。立ち上がった装置を用いた実験では、高密度窒素プラズマに起因する興味深い結果が得られており、今後も共同で研究を進めていくこととなった。

MIB では各研究室どうしが密接なつながりを持ち、互いに分担しつつ共同で研究を進めるケースが多い。今回、電子顕微鏡観察を依頼した研究室は地質学を専門としており、異なる分野におけるたいへん興味深い話を聞くことができた。また、電子・格子相互作用を用いた「量子ソナー」について、提唱者である Giorgio Benedek 名誉教授から直接教えていただく機会があり、縮退した表面状態を持つ半導体への応用などについて議論できたことも非常に貴重な経験となった。

イタリアは鉄道が整備されており、ミラノ以外の主要都市へのアクセスも容易である。ミラノから北に 1 時間ほどの距離にあるコモには MIB とミラノ工科大学が共同で設立した研究所 L-NESS があり、Sanguinetti 教授はこちらにも研究室を持っている。L-NESS 訪問の際に所長の Giovanni Isella 教授も交えてカフェで行った議論は、眼前の美しい風景とともに忘れがたい。いっぽう、フィレンツェでは Massimo Gurioli 教授から分光的解析法について有意義なコメントを頂いた。

以上のように、本滞在を通してミラノを中心として様々な研究者とネットワークを築くことができた。今後はこれらの国際ネットワークを拡充、発展させつつ研究を進めていきたい。素晴らしい機会を頂いた皆様の支援に深く感謝申し上げます。

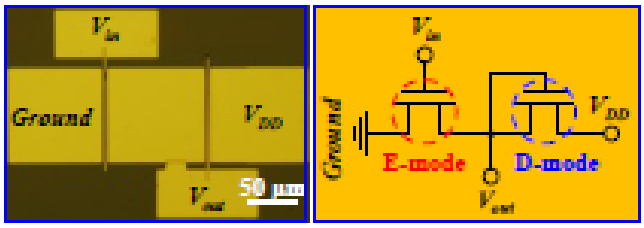
ディスカッションの一コマ。左から Sanguinetti 教授、Bietti 研究員、筆者、大学院生（Matteo）。

# 研究成果紹介
# A02 特異構造の作製と新規エレクトロニクス展開

## B01-1：Ⅲ族窒化物ナノラミネート特異構造を用いたダイヤモンド電子デバイスの開発

**研究代表者：小出康夫（物質・材料研究機構）**

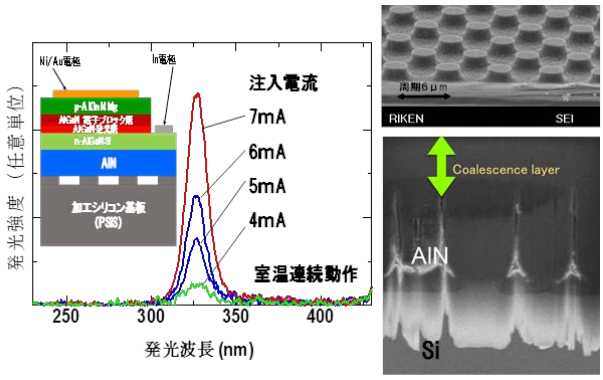
酸化膜シングル層および 2 層スタック層をそれぞれゲートに用いた 2 種類のダイヤモンド MOSFET を組わせた論理集積回路の作製に初めて成功するとともに、300℃までの熱安定性を実証し AIP Publishing のプレスリリースとして発信された。




## A02-2：特異構造結晶の特性を生かした新機能発光デバイスの研究

**研究代表者：平山秀樹（理化学研究所）**

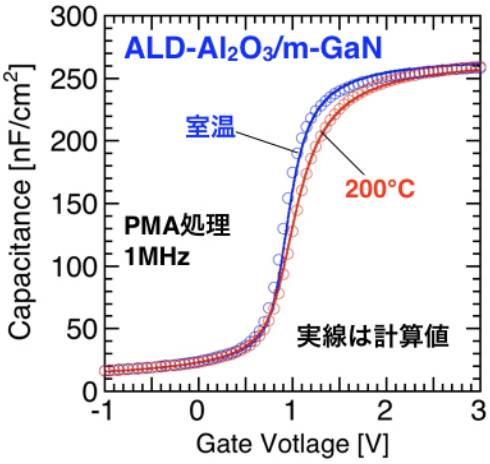
縦型・深紫外 LED の実現を目的とし、基板リフトオフが容易にできる Si 基板を用いて紫外 LED を作製した。加工 Si 基板を用いて AlN バッファーの貫通転位密度を低減し、それを用いて波長 325nm の紫外 LED を実現した。




## A02-3：特異構造を含む異種接合の界面制御と電子デバイス展開

**研究代表者：橋詰保（北海道大学）**

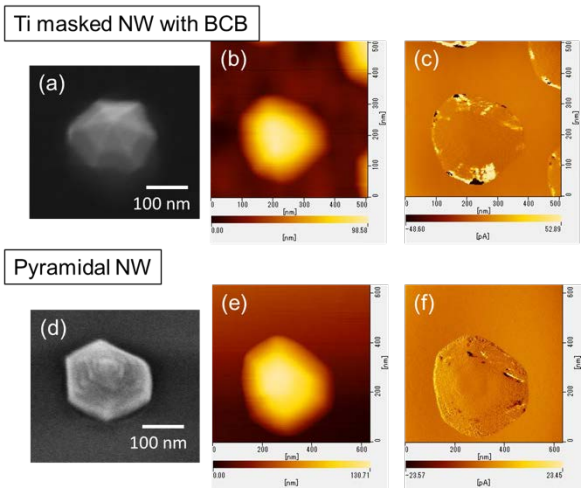
非極性の m-面 GaN に ALD 法により Al2O3 薄膜を形成し、MOS 界面制御を行なった。ゲート電極形成後に大気または N2 中でアニール処理（PMA）を施すことにより、理想曲線に極めて近い容量―電圧特性が実現した。




## A02-17-1：窒化ガリウム系ナノワイヤによる縦型 FET の作製と評価

**研究代表者：本久順一（北海道大学）**

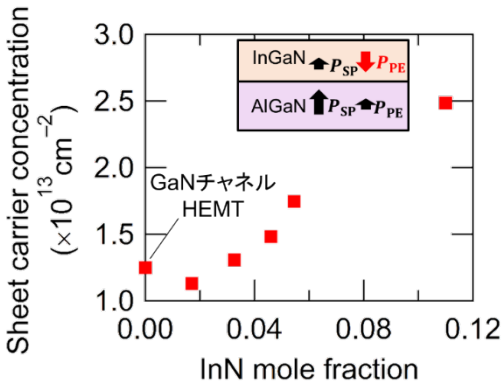
GaN 系ナノワイヤによる縦型 FET 実現に向け、導電性探針を有する AFM を用いて RF-MBE 法により成長した GaN ナノワイヤの電気伝導特性の評価を行った。その結果、GaN ナノワイヤには高濃度のドナー不純物が含まれている可能性を明らかにした。




## A02-17-2：分極効果の能動的作用による窒化物半導体の伝導制御

**研究代表者：谷川智之（東北大学）**

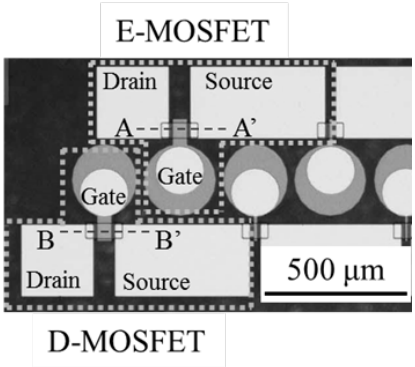
N 極性 InGaN/AlGaN/GaN 高電子移動度トランジスタ構造を成長させ、InGaN 層の InN モル分率と二次元電子ガス濃度との関係を調べた。InN モル分率の増大に伴い、InGaN/AlGaN の分極不連続量が増加し、二次元電子ガス濃度が 2 倍程度に増加することが分かった。




### A02-17-3：窒化物半導体への精密イオン注入技術の開発と集積回路応用

**研究代表者：関口 寛人（豊橋技術科学大学）**

GaN のみで構成される集積回路の実現に向けた基礎技術の開発を行った。B イオン注入による絶縁層の形成および MOS 構造を用いた Si イオン注入層の電気特性評価を行うとともに，イオン注入法を活用した閾値の異なる GaN トランジスタの集積に成功した。

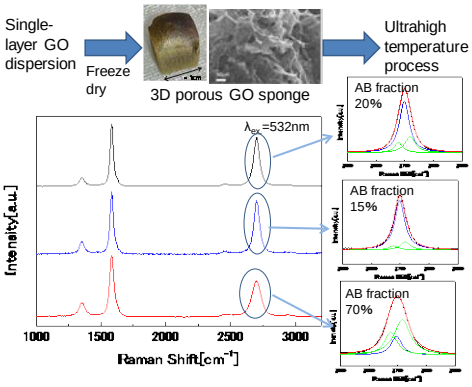



E-MOSFET と D-MOSFET の集積化

### A02-17-4：多層グラフェン薄膜の乱層構造に起因する特異物性の研究

**研究代表者：小林慶裕（大阪大学）**

グラファイトの化学剥離で合成される単層酸化グラフェン（GO）をランダムな配向で 3 次元積層し、得られた多孔質 GO を超高温（～1800℃）で処理することにより、低欠陥・乱層グラフェンという特異構造を形成した。今後、電気・熱伝導特性を解析し、単層グラフェン由来の優れた物性の発現を目指す。

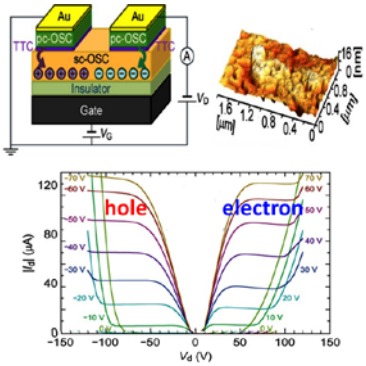



### A02-17-5：完全結晶に存在する空間自由度および乱れが創出する機能と応用

**研究代表者：谷垣勝己（東北大学）**

有機半導体は、フレキシブルな半導体デバイスの材料として現在多くの注目を集めている。本研究グループでは、金/有機半導体多結晶(無秩序相)/TTC(鎖状炭素物質：構造制御相）という新しい電極の概念を創出して、として従来知られている電極の性能を大きく凌駕する新しい有機半導体電極の創出に成功した。

T. Kanagasekaran, H. Shimotani, R. Shimizu, T. Hitosugi, K. Tanigaki, Nature Communications, 8, 999 (2017).




有機―無機界面のナノ構造を利用した有機半導体用新電極の構造と特性

## 今後の予定

**[主催国際会議]**

**International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN2018)**

会期：2018 年 11 月 11～16 日

場所：石川県立音楽堂/ANA クラウンプラザホテル

http://www.iwn2018.jp

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.1 (2017 年 3 月 1 日)

No.2 (2017 年 6 月 1 日)

No.3 (2017 年 9 月 1 日)

No.4 (2017 年 12 月 1 日)

No.5 (2018 年 3 月 1 日)

No.6 (2018 年 6 月 1 日)

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