

# vblnews

名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー ニュース 平成30年8月1日発行 第23巻第1号  
〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL (052)789-5447 FAX (052)789-5448 <http://www.vbl.nagoya-u.ac.jp> ISSN 1342-8640

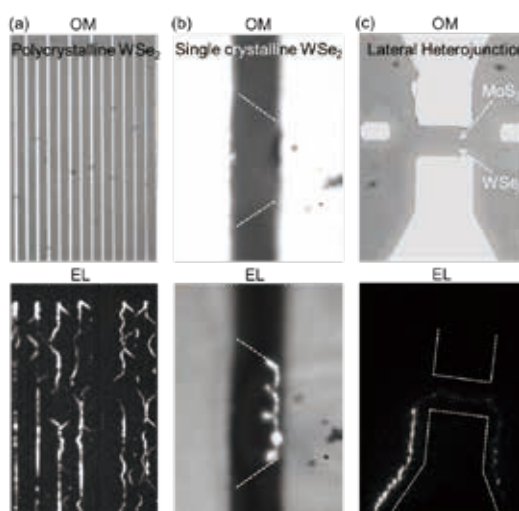
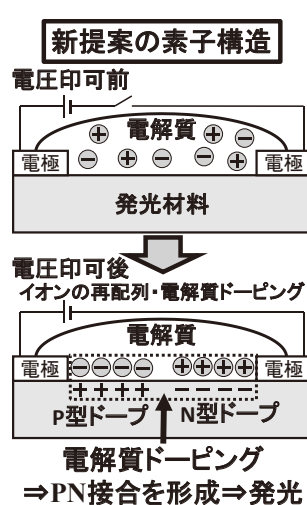


図1 (左) 新たに提案した発光素子の構造  
 図2 (右) 様々な原子層物質を用いた発光素子 (OM: 光学写真, EL: 発光時の写真)  
 (a) Polycrystalline WSe<sub>2</sub>, (b) Single crystalline WSe<sub>2</sub>,  
 (c) MoS<sub>2</sub>/WSe<sub>2</sub> lateral heterojunction

## CONTENTS

研究紹介(1)	次世代ナノピクセルディスプレイ用InGaNマルチカラーナノロッドLED	2
研究紹介(2)	原子層材料を用いた円偏光発光素子	3
研究成果報告(1)	人工核酸を利用したヘリシティ制御	4
研究成果報告(2)	カーボンナノチューブ薄膜を用いた透明で伸縮性のある 摩擦帯電型発電シートの開発	5
研究成果報告(3)	接着タンパク質AtaAの接着メカニズム解明に向けて	6
名大祭参加報告		7
クリーンルーム利用者講習会報告		7
高解像度走査型電子顕微鏡(SEM)利用者講習会		7
レーザーリソグラフィ利用者講習会報告		7
エッチング装置利用者講習会		7
新研究員紹介		8

# 研究紹介(1)

## 次世代ナノピクセルディスプレイ用 InGaN マルチカラーナノロッド LED

未来材料・システム研究所 天野 浩

ブラウン管、液晶、有機 EL に次ぐ次世代のディスプレイとして、フル LED アレイディスプレイに期待が集まっている。カラーフィルタや偏光子を用いない真の自発光型のため、従来のディスプレイと比較して桁違いの効率向上による低消費電力動作が可能である。例えばスマホでは1週間以上充電する必要がなくなり、太陽電池だけでも駆動が可能になる。また航続距離の短い電気自動車も、バッテリーの心配なくカーナビを利用できるようになる。マイクロ LED をアレイにしたディスプレイは、既にソニー、および最近では Samsung がアナウンスを行っている。各ピクセルは三原色 LED で構成され、赤色は InGaP 系、緑色と青色は InGaN 系 LED が用いられている。この方式では、少数キャリア拡散長と LED チップ側面での非輻射再結合の影響で InGaP 系では  $100 \mu\text{m}$  角、InGaN 系では  $10 \mu\text{m}$  角以下になると発光効率が低下してしまい、ピクセルサイズの細かさには制限がある。また、何百万個ものマイクロ LED チップを配列するための低コスト化技術構築が課題である。

我々は InGaN 系ナノロッド成長技術を応用した InGaN マルチカラーナノロッド LED ディスプレイを提案している。図1に示すようにコアシェル型ナノロッドを用いるため、側面は p 型 GaN で覆われ、サブミクロンサイズでも高い効率が期待できる。また形状が (0001) 面、 $\{10\cdot11\}$  面、 $\{10\cdot10\}$  面で構成され、それぞれ In の取り込まれが異なるために、マルチカラー発光が可能となる。図2には発光スペクトルの電流依存性、及びそれぞれの発光ピーク強度の電流依存性を示す。今後、各発光色の独立制御プロセス技術の構築を目指す。これらの研究成果は、Nature のオンライン版 Scientific Reports にアップされた。

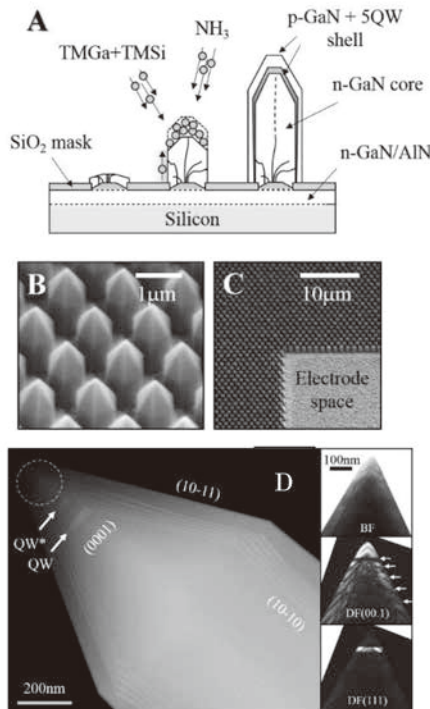


図1. A.MOVPE を用いたナノロッド成長概略  
B. 及び  
C. ナノロッドアレイ SEM 像  
D. ナノロッド内透過電子顕微鏡写真

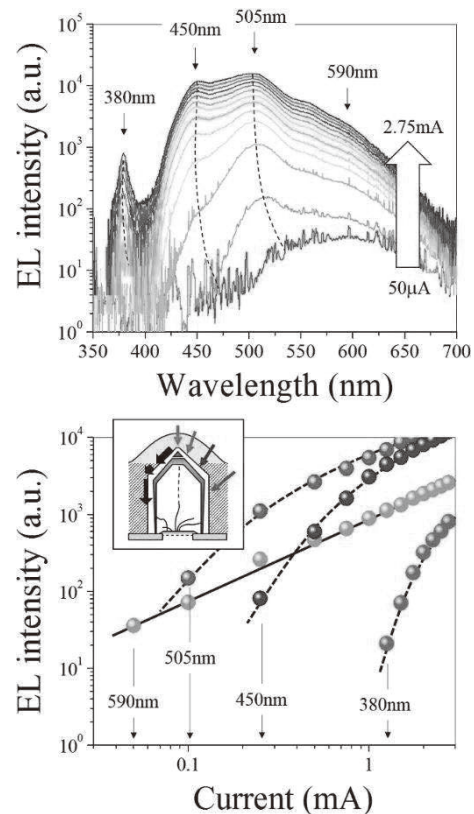


図2. 上: 発光スペクトルの電流依存性  
下: 各発光ピーク強度の電流依存性

## 研究紹介(2)

### 原子層材料を用いた円偏光発光素子

工学研究科 応用物理学専攻 竹延 大志

2010年のノーベル物理学賞が Andre Geim と Konstantin Novoselov に贈られたことは記憶に新しい。彼らによるグラフェンの発見以来、層状物質の単層化は新しい物質群探索の強力な手法となり、近年では単層化させた層状物質を Atomically thin materials (原子層物質) と総称する。特に、原子層物質の中でも  $\text{MoS}_2$  や  $\text{WSe}_2$  に代表される遷移金属ダイカルコゲナイド単層膜が活発に研究されている。これらの物質は間接遷移型半導体であるが、単層化により層間相互作用が変化し、直接遷移型半導体となる。加えて、単層化により空間反転対象が破れ、トポロジカルな性質を有する。具体的には、空間反転対象の破れと遷移金属由来の強いスピン軌道相互作用の共存により Berry 位相が有限となる。その結果、構造的な chirality を持たないにも関わらず円偏光励起によるスピンの選択励起や円偏光発光を実現し、Valleytronics の舞台としても注目されている。

我々のグループでは、発光材料として極めて魅力的な遷移金属ダイカルコゲナイド単層膜を用いた円偏光発光素子作製に取り組んでいる。言うまでもなく、発光素子には pn 接合が不可欠であるが、これら単層膜における原子置換等を用いたキャリアドーピング方法は未だ確立されていない。そこで我々は、電解質が固体との界面に形成する電気二重層の有する巨大な静電容量に着目し、電界効果 (電解質ドーピング) による pn 接合の形成と発光実現を新たに提案した (図 1)。具体的には、電解質として有機高分子を用いてイオン液体をゲル化させたイオンゲルを用い、様々な材料への塗布と電圧印可を試みた。本手法は各種原子層物質に適用可能であり、図 2 に示すように明確な発光観測に成功した (図 2)。また、近年では円偏光発光の観測にも成功しており、今後は円偏光を用いた高度な発光素子実現が期待される。これらの研究成果は、*Adv. Mater.* **29**, 1606918 (2017)・*Adv. Funct. Mater.* **28**, 1706860 (2018)・*Adv. Mater.* **30**, 1707627 (2018) などに掲載された。

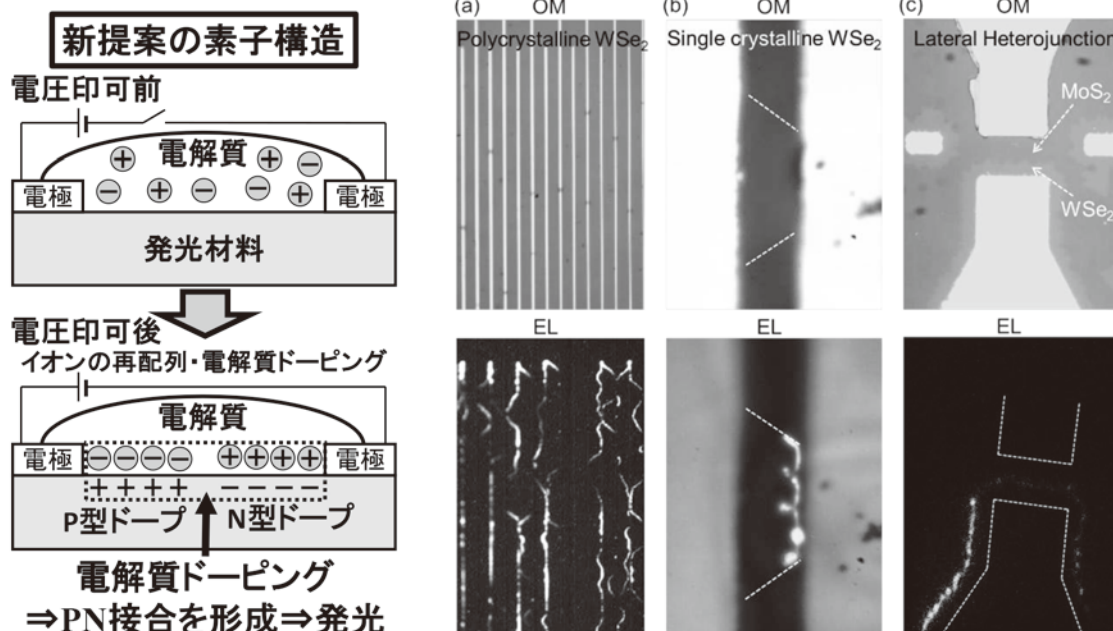


図 1 (左) 新たに提案した発光素子の構造

図 2 (右) 様々な原子層物質を用いた発光素子 (OM: 光学写真、EL: 発光時の写真)

(a) Polycrystalline  $\text{WSe}_2$ , (b) Single crystalline  $\text{WSe}_2$ , (c)  $\text{MoS}_2/\text{WSe}_2$  lateral heterojunction

# 研究成果報告(1)

## 人工核酸を利用したヘリシティ制御

VBL非常勤研究員 有吉 純平

DNA や RNA などの天然型核酸は右巻きのねじれ (ヘリシティ) を有している。その為、天然型核酸で形成される二重鎖は全て右巻きの螺旋構造をとる。一方で、当研究室で開発された非環状型人工核酸 D-aTNA, L-aTNA はそれぞれ左巻き、右巻きのヘリシティを有している [1]。さらに、Serinol を原料とした非環状型人工核酸 SNA は骨格の自由度が高いため、相補鎖を形成する相手に合わせて自身のヘリシティを変化させるユニークな性質を有している [2]。そこで本研究では、非環状型核酸のヘリシティを自在に変化させることで、右巻きのヘリシティを有する天然型核酸に対する結合親和性を変化させる新規核酸分子の開発を目指した。

設計した核酸の配列を Table.1 に示す。SNA で構成される配列 a に対して、D-aTNA で構成される dT 配列を加えると、a/dT 二重鎖部分は左巻きの螺旋構造を形成する。そこに天然型 RNA である tr8 を添加した際の結合親和性を融解温度曲線から算出した  $T_m$  値で評価した (Fig.1)。その結果、dT を添加しない場合と比較して  $T_m$  値が 5.4 °C 低下した。これは、配列 a が dT によって左巻きのヘリシティを持った結果、右巻きのヘリシティを持つ tr8 との結合が構造的に不利になった為だと思われる。一方で、右巻きのヘリシティを有する L-aTNA で構成される IT 配列を配列 a に添加した場合、tr8 を加えると  $T_m$  値が 7.3 °C 上昇した。これは、IT の右巻きのヘリシティが配列 a に伝播し、tr8 と配列 a の結合が構造的に有利になった為だと考えられる。次に、a/IT 二重鎖に対して 1.0 等量の tr8 を添加し、温度変化に伴う円偏光二色性 (CD) スペクトル測定を行った結果 (Fig.2-A)、いずれの温度においても 260 nm 付近に右巻きの螺旋構造に由来する正のコットン効果のみが観測された。一方で、a/dT 二重鎖に tr8 を添加した場合には (Fig.2-B)、80-30°C の範囲では 260 nm 付近に dT の左巻きの螺旋構造に由来する負のコットン効果が観測された後、20-0°C の範囲では右巻きの a/tr8 二重鎖に由来する正のコットン効果が現れた。これは 80-0°C に温度変化する過程で a/dT 二重鎖の左巻き螺旋構造が先に形成され、その後に a/tr8 の右巻きの螺旋構造が形成されていることを示唆している。以上の結果から、dT や IT のヘリシティの差異によって配列 a に対する tr8 の結合親和性を変化させることに成功した。今後は、ヘリシティの制御によって機能の on-off を制御する核酸分子 (etc. AMO) などへの応用を目指す。

[1] Murayama K., Kashida H., Asanuma H., Chem Commun, 2015, 51, 6500-6503.

[2] Kashida H., Murayama K., Toda T., Asanuma H., Angew Chem Int Ed Engl., 2011, 6, 1285-1288.

Table 1. Sequence of probes

a	(R)- D ATC GAA TAA CTA CAA C P-(S)
dT	1'- tga tgt tgP -3'
IT	3'- tga tgt tgP -1'
tr8	5'- Fua gcu uau-3'

ATGC: SNA, auge: RNA, atgc: D-aTNA, atgc: L-aTNA, D: DABCYL, F: FAM

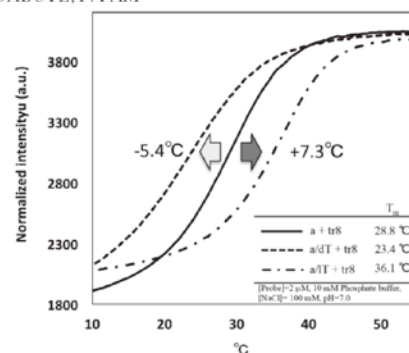


Fig.1 [Probe]=2  $\mu$ M, 10 mM Phosphate buffer, [NaCl]=100 mM, pH=7.0, Ex.=495 nm, Em.=520 nm.

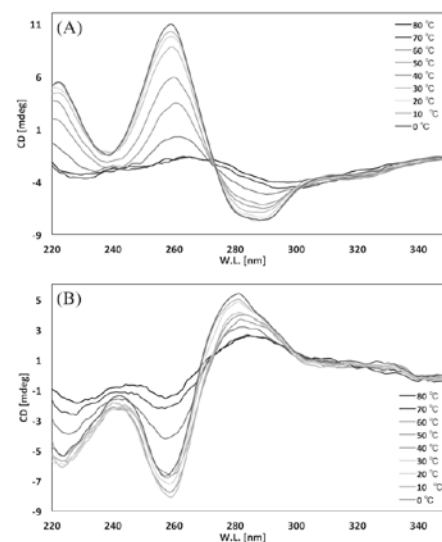


Fig.2 (A) a/IT + tr8 (B) a/dT + tr8. Conditions: [Probe]=2  $\mu$ M, 10 mM Phosphate buffer, [NaCl]=100 mM, pH=7.0, Ex.=495 nm, Em.=520

## 研究成果報告(2)

### カーボンナノチューブ薄膜を用いた透明で伸縮性のある摩擦帯電型発電シートの開発

VBL非常勤研究員 松永 正広

様々なものがインターネットにつながる IoT 社会の到来に際し、センサー等のデバイスを無給電で動作させるための電源として、エネルギーハーベスティング技術が関心を集めている。エネルギーハーベスティングとは、身の回りにある、微小なエネルギー（振動や熱など）から電力を取り出す技術のことである。人の動きに代表されるような小規模な機械的エネルギーから電力を取り出す技術としては圧電効果や電磁誘導を用いたものが知られているが、近年、接触帯電と静電誘導の組み合わせにより電力を取り出す摩擦帯電型の発電機構が注目されている。この機構は高出力化が容易であり、さらに構造が簡便で低コスト等の特徴を併せ持っている。透明で伸縮性等の優れた特性を示すカーボンナノチューブ (CNT) 薄膜を用いることで、透明でウェアラブルなエネルギーハーベスターの実現が期待される。本研究では、CNT 薄膜とポリジメチルシロキサン (PDMS) を用いて透明で伸縮性のある摩擦帯電型発電シートの開発をおこなった。

図 1 に作製した発電シートと発電実験の模式図を示す。発電シートは浮遊触媒化学気相成長法により成長した CNT 薄膜を、スピンコート法により作製した PDMS 膜で挟むことで作製した (図 2)。発電シートの大きさはおよそ  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  である。この発電シートの波長  $550\text{ nm}$  における透過率は  $91\%$  であった。発電能力向上のため、作製した発電シート表面 (PDMS) に  $\text{CF}_4$  プラズマ処理を行い、表面電荷の増加を図った [2]。

発電実験は、ニトリル手袋を装着した手で PDMS 表面に接触し、その際に負荷抵抗 ( $R = 10\text{ k} \sim 1\text{ G} \Omega$ ) 間に生ずる電圧を測定した。ピーク出力密度の負荷抵抗依存性を図 3 に示す。ピーク出力密度は最大で  $\sim 8\text{ mW/m}^2$  を得た。ピーク電圧および電流密度は、それぞれ  $\sim 850\text{ V}$  ( $1\text{ G} \Omega$ )、 $\sim 48\text{ mA/m}^2$  ( $10\text{ k} \Omega$ ) であった。これらの値は、先行研究であるハイドロゲルを用いて作製された透明発電シート ( $\sim 150\text{ mW/m}^2$ ) [3] より十分大きい。また、作製した発電シートを用いて、100 個の青色発光ダイオード (LED) を点灯させることや振動発電用のモジュール (Linear Technology) を用いることで  $3.6\text{ V}$  の定電圧化も可能であることを確認した。

今後は実際に人の動作（肘や膝等の関節の動き）から発電が可能かどうか検証していく予定である。

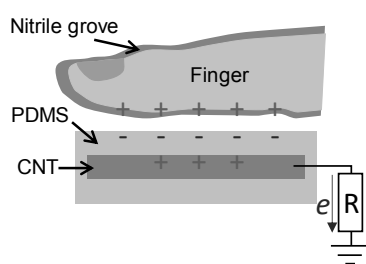


図 1.  
摩擦帯電型発電シートの模式図.



図 2.  
作製した摩擦帯電型発電シート.

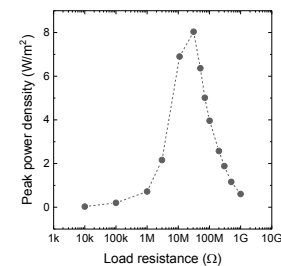


図 3. パワー密度.

#### 参考文献

- [1] Z. L. Wang, Mater. Today **20**, 74 (2017).
- [2] S.-H. Shin et al., ACS Nano **9**, 4621 (2015).
- [3] X. Pu et al., Sci. Adv. **3**, e1700015 (2017).

## 研究成果報告(3)

### 接着タンパク質 AtaA の接着メカニズム解明に向けて

VBL非常勤研究員 吉本 将悟

水中接着は固体表面に存在する水分子を排除する必要があるため非常に難しい。しかしながら貝類や藻類、微生物は海や川の岩や配管などに固着でき、ナメクジやヤモリなどは濡れた固体表面上を自由に這い回ることができる。このような生物の水中接着機構は生物種によって様々であることから興味深く、また、バイオインスパイアードマテリアル開発の観点からも注目されている<sup>1</sup>。微生物の中で特に接着性の高いものとしてアシネトバクター属細菌 Tol 5 が知られている。Tol 5 は細胞表層に提示されたナノファイバータンパク質 AtaA を介して、疎水性のプラスチックから親水性のガラス、さらには金属まで様々な材料表面に対し接着できる<sup>2</sup>。AtaA の材料非特異的かつ迅速で高い接着性は水中接着マテリアルとして有望であるが、その接着機構はわかっていない。そこで本研究ではまず、AtaA を分離精製しその接着特性の解析を試みた。

AtaA の接着性を評価するため、以前確立した手法<sup>3</sup>で AtaA の接着性を担うパッセンジャードメイン (PSD) を精製した。この手法ではアミノ酸配列特異的にタンパク質を分解する酵素を用いることで、バクテリア細胞表層から AtaA の PSD のみを分離精製することができる (Fig. 1)。精製した AtaA PSD を 0 mM から 100 mM の塩化カリウム水溶液に溶かしてポリスチレン (PS) 表面とガラス表面にのせ、ELISA 法により接着した AtaA を検出した。その結果、AtaA は塩濃度が 10 mM 以上の溶液中では高い接着性を示したが、塩濃度がそれ以下の条件では接着性が低下することが明らかになった (Fig. 2A)。塩濃度の上昇に伴って材料表面への接着量が増加していることから、AtaA の接着において静電的な引力はあまり重要でないと考えられる。水晶発振子マイクロバランス (QCM) を用いて塩による AtaA の接着性の変化をモニタリングしたところ、純水に AtaA を加えてもほとんど接着しないが、塩を加えるとわずか数秒以内に接着が始まり 10 分後には多量の AtaA がセンサー表面に接着した (Fig. 2B)。これらの結果から、AtaA の接着には塩が必要であること、さらに塩濃度により AtaA の接着性を素早く制御できることが明らかになった。実験で取り扱う容器の壁面にさえ接着してしまう AtaA の接着性を制御できることは、AtaA を接着マテリアルとして応用する上でも重要な知見となる。今後、溶媒条件を変えて接着性の測定を進めることで、AtaA の接着に重要な相互作用力が明らかになると考えられる。



Fig. 1 精製した AtaA PSD の透過型電子顕微鏡観察像. スケールバーは 50 nm. 文献 3 から転載.

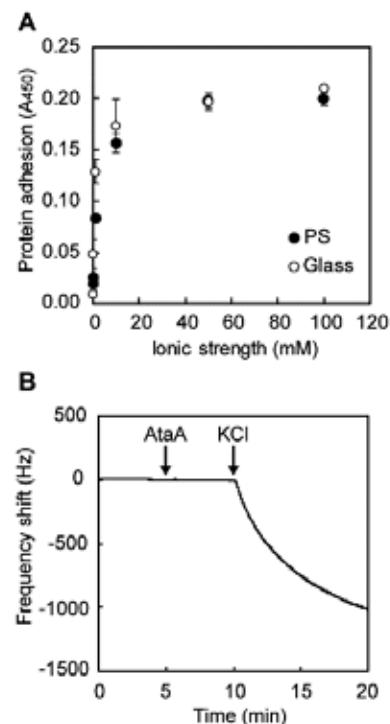


Fig. 2 (A) 各塩濃度条件におけるポリスチレン(PS)とガラスに対する AtaA の接着. (B) QCM センサーに対する AtaA の接着量変化. 文献 4 から転載.

#### 参考文献

- [1] Zhao, Y. H. et al. Nat Commun 8 (2017)
- [2] Ishikawa, M. et al., PLoS One 7, e48830 (2012)
- [3] Yoshimoto S. et al., Sci Rep 6, 28020 (2016)
- [4] Yoshimoto S. et al., Microb Cell Fact 16, 123 (2017)

## 名大祭参加報告

本年度も名大祭のラボレクチャー企画に参加し、期間中の6月9日(土)および10日(日)の両日、「VBL 研究室公開」と題した実験施設の見学会を行った。高解像度走査型電子顕微鏡にて測定した様々なナノ構造体の観察像を紹介しながら、VBLの研究テーマである高次ナノプロセスに関する研究紹介を行った後、クリーンルームに入室していただき、様々な成膜装置、リソグラフィー装置の見学を行った。小学生から50代の方まで、二日間にて32人の参加者があった。電子顕微鏡や蒸着装置の前では、青色LEDの様々な用途、GaN、有機半導体やリソグラフィーも含めた最近の研究の紹介を行った。クリーンルームでは、結晶成長や化合物半導体に関する説明を行った。エアシャワーや黄色い照明などを実際に体験していただき、電子機器や半導体に興味をもって頂ける催しであれば幸いである。



## クリーンルーム利用者講習会

クリーンルーム利用者を対象に6月7日(木)13時からベンチャー・ホールで開催した。参加者は17研究室66名で職員7名、学生59名であった。岸本助教から支援装置の体制や使用法について説明があり、引き続き技術支援センターの齋藤氏からクリーンルームへの入退出、薬品の使用法や管理、廃液の保管、クリーンドラフトの使い方など、VBL定めているルールを厳守し、クリーンルーム環境の維持に協力するよう説明があった。終了後、クリーンルーム前室で空気呼吸器の装着訓練を行った。



## 高解像度走査型電子顕微鏡 (SEM) 利用者講習会

S5200(日立ハイテック)利用講習会が5月9日と10日に分けて実施し、12名が受講した。本装置は利用度が高く、当講習会受講者のみ利用可能としている。付属のEDXの利用を希望する者には後日取扱説明を行うことにした。



## レーザーリソグラフィ利用者講習会

5月16日・17日、6月6日の3回、13時30分から技術支援センターの齋藤氏が担当し7名が受講した。本装置も当講習会を受講しなければ直接利用できない。CADデータの変換と転送、ステージへの基板固定、描画ジョブの作成と実行、現像・エッチングなどの内容説明があった。

## エッチング装置利用者講習会

RIEは5月23日、5名が受講。また、ICPは5月30日、2名の受講者で行われた。ダミー基板を使ってエッチング操作を行いながら説明があった。塩素ガスの危険性や取扱いについては、終了後は窒素置換を十分行うなど説明があった。

## 研究員紹介



今年度より VBL 非常勤研究員に着任しました土肥侑也と申します。現在、工学研究科有機・高分子化学専攻の松下裕秀教授の下で、アニオン重合により精密合成したブロック共重合体高分子のマイクロ相分離構造に関する研究に従事しております。特に、分子鎖の硬さに特徴を有する試料を用いて、従来報告されていないような特徴的な相分離構造の発現を目指しております。VBL 研究員として、自身の研究活動だけでなく、VBL の研究・教育活動にも貢献できるように努力して参ります。1 年間、どうぞ宜しくお願い申し上げます。

土肥 侑也



私は理学研究科、物質理学専攻の阿波賀邦夫教授のもと、強誘電体やイオン液体等の誘電体を用いた有機光電変換セルに関する研究を行っています。一般的な有機光電変換素子の動作機構は、素子内を一方方向に電流が流れるなど有機物の適した動作機構ではありません。我々は、素子内に絶縁体を挿入することで、変調光を交流電流に変換する光電セルを開発しました。現在、この光電セルの応答速度及び変換効率の向上を目指し、誘電材料や半導体材料を開発しつつ素子を改善しています。将来的に光情報通信に応用可能な高速応答光電変換セルの開発を目指しています。VBL 研究員として、研究、教育に幅広く貢献したいと考えております。どうぞよろしく願いいたします。

横倉 聖也



私は、マテリアル理工学専攻シンクロトン光応用工学研究グループの伊藤孝寛准教授のもとで超低エネルギー電子の角度分解光電子分光法 (ARPES) の開発を行っています。ARPES では観察できる波数空間を広げることが課題となっており、その方法の一つとして低エネルギー電子の測定があげられます。低エネルギー電子は装置内部の意図せぬ磁場や電場による影響を受けやすく、その運動量を正確に測定することが困難です。私は、平板メッシュを用いた装置内部の電場の制御に加え、運動量変化を制御した電子の加速による超低エネルギー電子の ARPES 測定の実現を目指しています。VBL 研究員として、研究活動、教育活動ともに精一杯努力いたします。よろしく願いいたします。

市橋 史朗



私は、未来材料・システム研究所宇治原徹教授の下、SiC 単結晶の溶液成長法の研究を行っています。SiC は省エネルギーパワーデバイスの基盤材料であり、サステナブル社会に必須の半導体材料です。高品質の SiC 単結晶を育成するには、空間的・時間的に分布をもつ高温溶液中の輸送現象を制御することが必要です。これまで培ってきた高温物理化学に機械学習・計算科学を融合して、世界最高品質の SiC 単結晶の溶液成長手法の確立を目指しています。未熟者ではございますが、VBL の研究員として次世代材料の研究だけでなく教育活動にも貢献していきたいと思っております。よろしく願いいたします。

鳴海 大翔



今年度 4 月より VBL 研究員として着任いたしました中山勝利です。私は、応用物質化学専攻鳥本司教授の下、イオン液体と金属スパッタリング法を組み合わせた機能性金属/金属酸化物ナノ粒子の作製に関する研究を行っています。蒸気圧の極めて低いイオン液体に対し金属スパッタリングを行うと、イオン液体中にターゲット金属由来のナノ粒子を簡便に作製できます。私は、この手法を用い未だ作製条件が十分に確立されていないナノ粒子の物理化学的機能の探索を行うとともに、様々な多孔質酸化皮膜を形成した金属基板にナノ粒子を固定化し、新規機能性電極を作製することを目指しております。未熟者ではありますが、VBL 研究員として研究・教育などに広く貢献していきたいと思っております。どうぞよろしく願いいたします。

中山 勝利