

nVBLnews

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27年2月1日発行

第19巻第2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



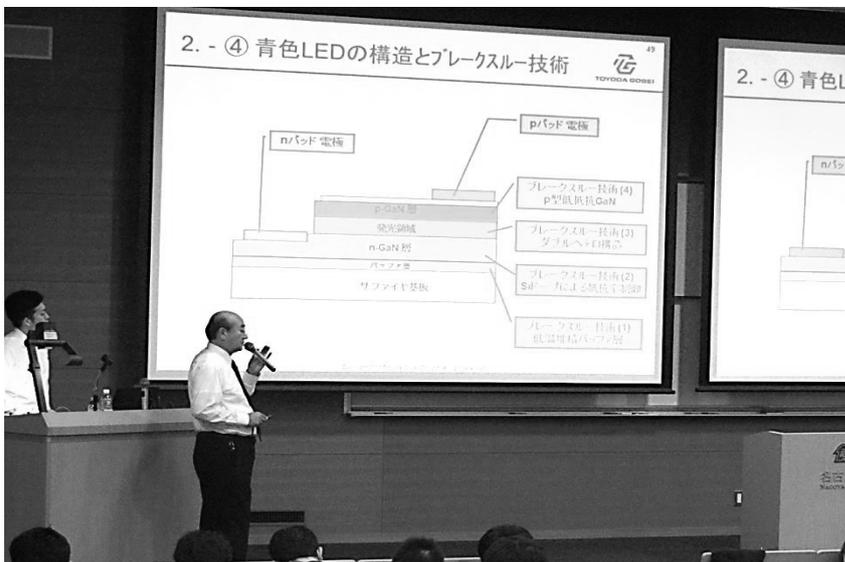
豊田講堂に設置されたノーベル物理学賞受賞を知らせる横断幕と青色LEDが組み込まれた時計

CONTENTS

「受賞のお祝い」 天野 浩 先生 ノーベル物理学賞受賞	8
ベンチャービジネス特論 I 実施報告	2
最先端理工学実験実施報告	2
研究紹介(1) ラジカルとイオンを経由する二面性をもつ新たなリビング重合	3
研究紹介(2) 伝導帯に励起した電子の挙動を明らかにする可視光励起光電子分光の開発	4
研究紹介(3) 空気界面からの液晶高分子の光配向	5
第18回VBLシンポジウム	6
平成26年度 第1回VBLセミナー報告	7
平成26年度 第2回VBLセミナー報告	7

ベンチャービジネス特論I実施報告

名大VBLでは、アントレプレナー教育の一環として、理科系大学院生を対象とした「ベンチャービジネス特論I」を毎年実施しております。この講義は、理科系大学出身者が起業や事業化を考える時、必要となる経営、資金、法律等に関する知識を学ぶことを目的とし、将来の起業や新規事業を担うような学生への教育として行っております。「大学で行われる様な基礎研究」をもとに起業する、あるいは事業化が行われることを想定した時に何が必要か?問題点は何か?解決策は?を考えることを目指します。現在も起業に携わっている講師から起業の手続きや経営に関する活きた知識と共に、学内外の複数の講師をお招きし、ノーベル賞にも貢献したLEDの事業化(写真:元豊田合成取締役 太田先生)をはじめとする、名大での研究成果をもとに行なわれた事業化や名大の教員が実際に起業した話など、より具体的な起業・新規事業の取り組みが聴講できます。



最先端理工学実験実施報告

若手研究者の育成は、名大VBLの重要なミッションです。その一環として、最先端の高度な知識と技術を習得する「最先端理工学実験」を実施しています。様々な化学シミュレーションを行うCAD分野と半導体プロセスや解析を学ぶナノプロセス分野の二つの分野からなり、VBLの最先端の設備を利用した研究実験が行えます。CAD分野では、現在の研究開発には不可欠となってきたシミュレーション技術を取得することを目的に、VBLが保有する計算シミュレーションソフトウェア(アクセルリス社 Materials Studio および Discovery Studio)を学生自身の研究に応用する実験を行います。本年度は、マテリアルサイエンス系7名の受講者に基礎と応用の2度の講習を実施し、各自の研究に直結したテーマで計算機実験を行ないました(図1)。ナノプロセス分野では、VBL所有の高度な半導体プロセス装置や構造解析装置を用いたナノ技術を習得することを目的としています。本年度は、1名の応募があり、ひとりの受講生は「マイクロ相分離シリンドラー構造の三次元光配向とTEM観察」という課題で集中的に実験を行い、一定の成果を得ることができました(図2)。全受講者の成果発表会は、11月27日に行われ、異分野の学生間で活発に討論を行いました。

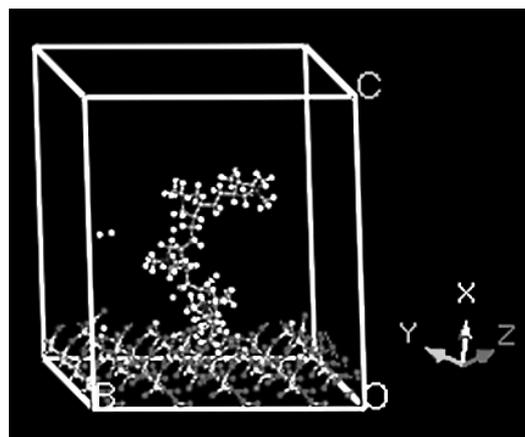


図1. シミュレーション結果の一例

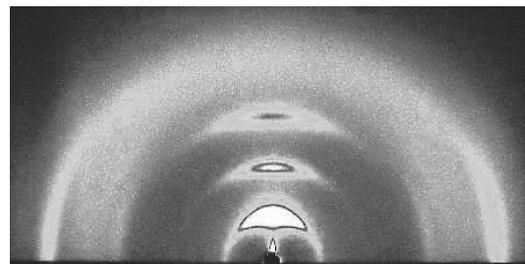


図2. 高分子半導体薄膜 X 散乱構造解析

研究紹介 (1)

ラジカルとイオンを経由する二面性をもつ新たなリビング重合

工学研究科 化学・生物工学専攻 青嶋 紘、内山 峰人、佐藤 浩太郎、上垣外 正己

ポリマーは、プラスチック、ゴム、繊維に加え、電子電気機器や医療材料などとして現代社会に必要な不可欠な物質であり、材料の高度化に伴いナノレベルでの構造制御が求められている。ビニルポリマーは、炭素—炭素二重結合をもつビニル化合物をモノマーとして、ラジカルやイオンなどの活性種によって重合することで得られ、種々のビニルモノマーからさまざまな性質のものが合成されている。また、異種のビニルモノマーを共重合することでも、ポリマーの性質を変えることができ、このような共重合体は工業的にも広く用いられている。しかし、活性種の種類によって重合できるモノマー種は制限され、合成可能な共重合体には制約がある。このためより広範囲のモノマーを共重合し、分子レベルで構造の制御された新しい共重合体を得る手法を開発することは、新しいナノ材料の発展に貢献すると期待される。

最近、我々は、新しい精密共重合法として、リビング重合で広く用いられる共有結合種のドーマント種（ドーマントは一時的に眠っているの意味）を異なる刺激によって活性化し、同じドーマント種から異なる活性種を可逆的かつ非選択的に生成させることで、これまで共重合できなかったモノマーの組み合わせから成る、新しい連鎖を有する共重合体を合成するための新概念を提案した。実際に、適切な炭素—硫黄結合から成るドーマント種に、ラジカル発生剤と金属ルイス酸の二種類の触媒を加えることで、ラジカル活性種とカチオン活性種を、その相互変換を伴って可逆的に生成させることが可能となり、ラジカル重合性モノマーのアクリル酸エステルと、カチオン重合性モノマーのビニルエーテルの連鎖が、分子レベルで連結した新しい共重合体が得られることを明らかとした¹⁾。すなわち、一つの共有結合種から、ある時はラジカル種が生成してラジカル重合が進行し、一旦ドーマント種に戻り、またある時はカチオン種が生成してカチオン重合し、ドーマント種に戻ることを繰り返すことで、一本のポリマー鎖に、ラジカル重合とカチオン重合で生成した連鎖が連結した新たなポリマー鎖を作ることに成功した(図1)。この重合はリビング的に進行し、生成ポリマーの分子量制御も可能である。さらに、活性種の変換回数や連鎖の長さは、硫黄化合物やルイス酸の種類、温度、濃度などで制御可能であり、それに応じてポリマーの物性は変化した。

本研究は、ドーマント種に異なる刺激を組み合わせることに基づく精密高分子合成のための新概念を提案・実証し、掲載論文誌の中表紙に採用された(図2)。さらに他の重合の組合せへの展開も考えられ、通常のビニルモノマーからこれまでない新たな性質を有するポリマーの合成、さらには将来的には工業的な発展も期待される。

1) Aoshima, H.; Uchiyama, M.; Satoh, K.; Kamigaito, M. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 10932-10936.

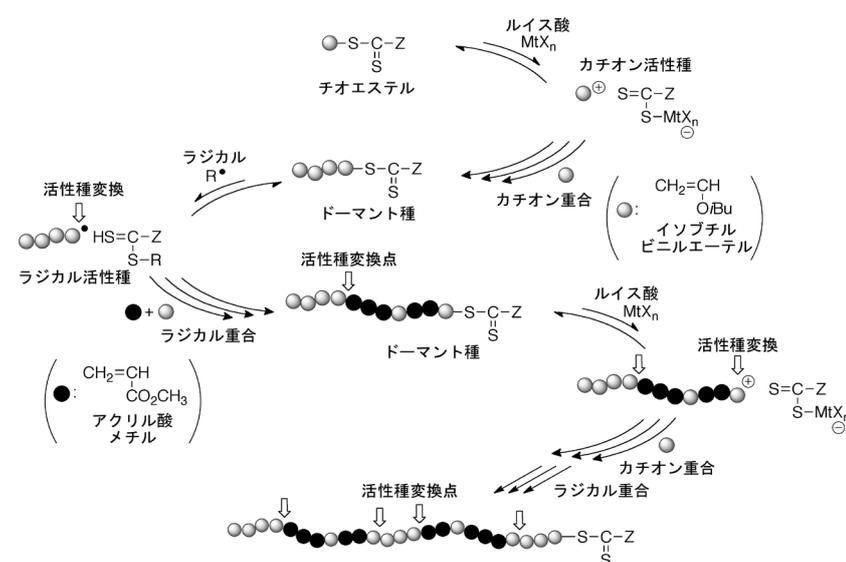


図1. 活性種の相互変換を伴うリビングラジカルおよびカチオン重合

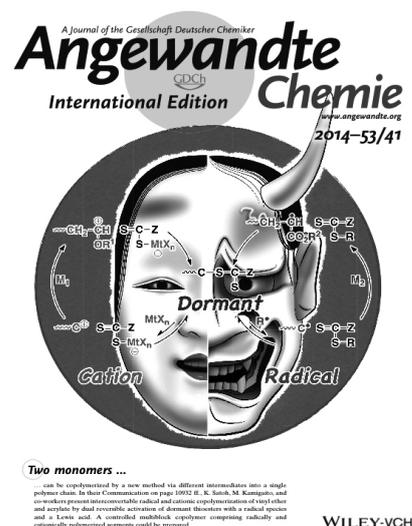


図2. 掲載論文誌の中表紙：二面性をもつ重合

研究紹介 (2)

伝導帯に励起した電子の挙動を明らかにする可視光励起光電子分光の開発

ベンチャービジネスラボラトリー 川口 昂彦
グリーンモビリティ連携研究センター 宇治原 徹

多くの半導体デバイスは、非占有準位である伝導帯に電子を励起されることでその特性を発揮する。そのため、伝導帯中の電子構造やその中で電子の挙動を明らかにすることは非常に重要である。例えば、近年理論変換効率 70% を超える次世代型太陽電池デバイスが提唱されているが、その実現には量子効果を利用した理想的な電子構造と電子の挙動が重要となる。そのため、高効率太陽電池デバイスの実現には、伝導帯の電子構造とその中で電子の挙動を評価できる手法が必要不可欠であると言えるだろう。最近本研究室にて、伝導帯に励起した電子を直接分光可能な、可視光励起光電子分光 (Visible-light Photoemission Spectroscopy: VPS) を開発している。伝導帯中を伝導する電子のエネルギー準位はその半導体の真空準位より低いいため、通常、伝導電子が真空中に飛び出すことは無い。しかし、材料表面へ Cs を蒸着することにより、表面外の真空準位を伝導帯の最低エネルギーよりも下げることができる。これにより、伝導帯中の電子を真空中に取り出すことが可能となる。この過程のエネルギー図を図 1 に示す。この原理を光電子分光に利用することで、VPS 法では波数分散まで詳細に伝導帯の電子構造を描き出すことができる。また、そのスペクトル強度分布を読み取ることで、実際に半導体内を伝導する際の電子のエネルギー分布をも明らかにすることができる。

図 2 に示すのは、Ti:sapphire レーザー光源 ($h\nu = 1.4\text{--}1.7\text{ eV}$) を用いて測定した p-GaAs バルク単結晶試料に対する VPS 測定の結果の二階微分スペクトルのマッピングである。縦軸はアナライザーで測定される電子の運動エネルギー、横軸は GaAs の [110] 方向に沿った電子の放出角度である。放出角度は電子の波数に対応するが、ピークの角度依存性が下に凸の曲率をもつことから、観測された分散中の電子は正の有効質量を持つことを意味する。すなわち、観測された結果は $\Gamma\text{-K}$ 方向の分散関係を捉えていると考えられる。さらに、観測されたスペクトルの強度分布は、分散関係の低エネルギーに行くほど指数関数的に強くなっており、理論的に予測される伝導電子のエネルギー分布を見事に描き出している。

以上に示したように、VPS 法を用いることで、非占有準位である伝導帯の分散関係を描き出し、その中を伝導する電子の挙動を反映したエネルギー分布も観測することが可能である。すなわち、VPS 法は、ほぼすべての無機材料太陽電池の開発を加速させる評価技術であると言える。実際、最近では半導体量子井戸超格子試料に VPS 測定を行い、伝導帯ミニバンドの直接観測に成功している。また、VPS 法の適用範囲は半導体に留まらず、超伝導体や磁性体などの魅力的な材料についても適用可能であり、これまで知られていなかった非占有準位に関する情報が VPS 法により明らかにされていくだろう。

なお、本研究は科研費・挑戦的萌芽研究 (25600088) の成果である。また、本研究の VPS 装置は、先端計測分析技術・機器開発プログラムにおける、名古屋大学 伊藤孝寛准教授、栗原真人助教、株式会社 VIC インターナショナルおよび MBS ジャパン株式会社との共同開発である。

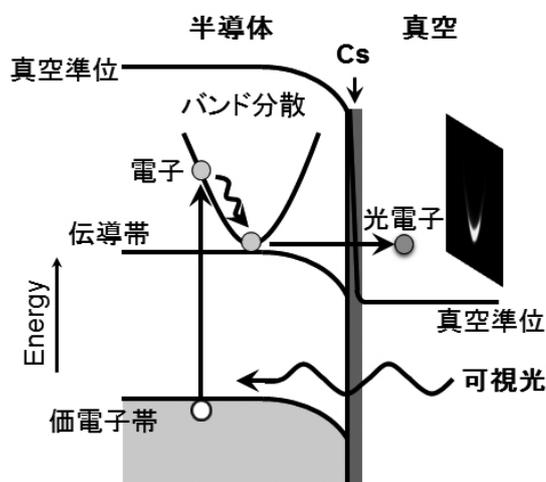


図 1. VPS 法におけるエネルギー図

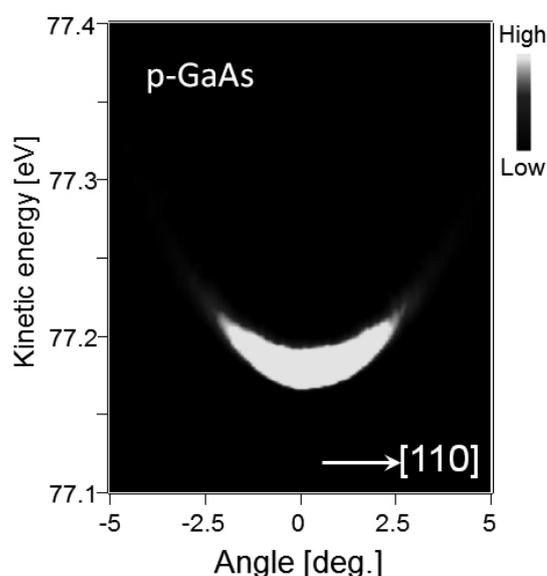


図 2. Ti:sapphire レーザー光源を用いて行った p-GaAs における VPS 測定の結果。縦軸は光電子のアナライザーで測定される運動エネルギー、横軸は光電子の放出角度

研究紹介 (3)

空気界面からの液晶高分子の光配向

ベンチャービジネスラボラトリー 永野 修作

液晶ディスプレイに代表される光を操る液晶デバイスには、液晶物質を配向する技術が不可欠である。通常、固体基板に機械的なラビングや光反応を用いて配向情報を書き込んだ配向膜と呼ばれる高分子膜を設け、液晶物質を挟み込む手法がとられている。本研究グループでは、高分子薄膜中にて表面張力の低い高分子が自発的に空気界面(表面)に偏析する性質(表面偏析)を用いることで、光液晶配向性を持つ高分子化合物を液晶性高分子に添加、加熱するだけで、液晶配向が可能となるプロセス技術を開発した。空気界面に形成される光配向性高分子層への偏光照射により、液晶分子を自由な方向に光配向、書き換えが可能であり、塗るだけで液晶光配向デバイスとなる。

運動性が高く、体表面張力のポリブチルメタクリレートと光応答性分子であるアゾベンゼン基を持つ高分子からなるブロック共重合体(PBMA-*b*-PAz)を合成し、これを光応答性のない液晶性高分子に数パーセント添加した膜を用意した。この添加膜を液晶性高分子の等方点温度の約120°Cに加熱処理を行うと、PBMA-*b*-PAzのPBMA層が選択的に表面に偏析し、空気界面側を覆うことがわかった(スキン層)。興味深いことに、液晶性高分子の単独膜では、液晶基は基板に対して垂直に配向(ホメオトロピック配向)するが、添加膜では加熱処理により、水平配向(ランダムプレーナー配向)することが明らかとなった。この添加膜に直線偏光を照射すると、アゾベンゼンの偏光応答性により液晶高分子の面内一軸配向を任意に制御でき、様々な描画が可能となる(図2)。また、このスキン層の形成は、インクジェット印刷を用いても行うことができる。高分子液晶膜にPBMA-*b*-PAzをインクジェット技術によりオーバーコートし、高分子液晶の液晶温度にて偏光を照射すると、塗布部のみ面内一軸配向を誘起でき、様々な描画が可能である(図3:富士山を描いた図)。これらの技術には、固体基板への配向処理は一切必要とせず、塗るだけで光配向が可能となる。

よって、湾曲した部分や様々な基板に塗るだけで液晶配向が可能であり、「液晶配向インク」と呼べるプロセスである。

[Nat. Commun., **5**, 5124(1-8) (2014) に記載]

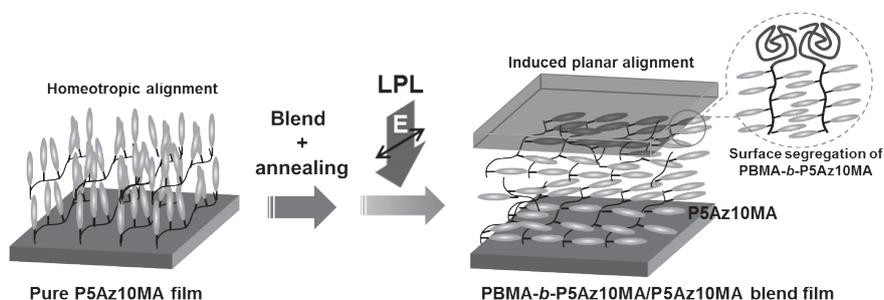


図1. 空気界面からの液晶性高分子の光配向制御の模式図

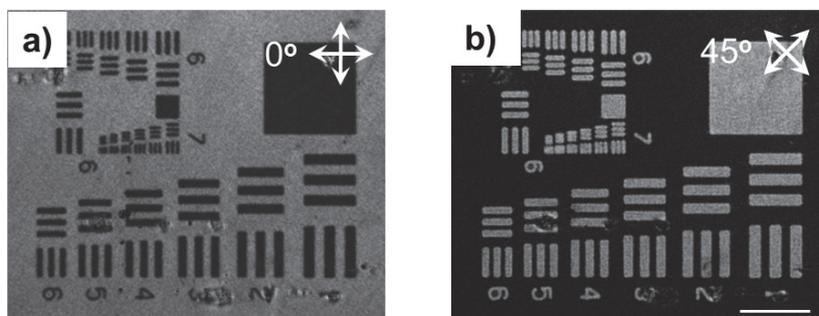


図2. 本手法によるパターン例1: 添加膜に加熱処理後、偏光パターンを光照射した薄膜の偏光顕微鏡像。45°異なる面内一軸配向をパターンしてある。偏光子の向きにより、明暗が反転する。

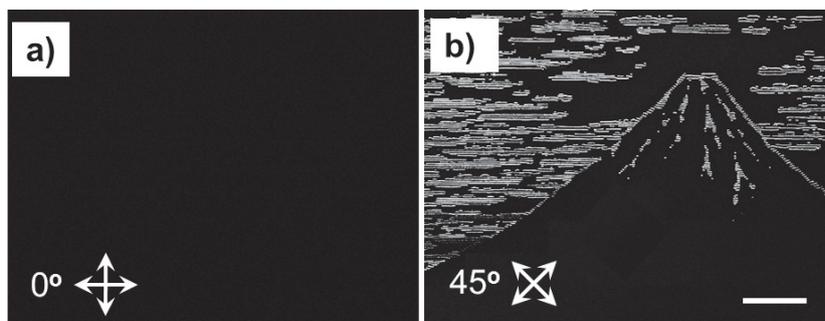


図3. 本手法によるパターン例2: PBMA-*b*-PAzのオーバーコートした部分(富士山)のみ一軸配向している。偏光子の向きにより、画像が出現/消滅を繰り返す。

第18回VBLシンポジウム

平成 26 年 11 月 17 日 (月)、18 日 (火) の両日に、VBL フロンティアプラザにて、第 18 回 VBL シンポジウム「無機・有機ナノ構造の物性とデバイス」(共催：日比科学技術振興財団、協賛：応用物理学会東海支部)を開催しました。

初日は、東京大学の岡田 至崇 先生と九州大学の安達 千波矢 先生による招待講演、名古屋大学の宇佐美 徳隆 先生、加地 範匡 先生、永野 修作 先生による講演がなされました。岡田先生には、「量子ドット太陽電池の現状と課題」という題目で、量子ドットを用いた中間バンド型太陽電池の特徴や単結晶成長技術による自己組織化量子ドットの積層化方法などの最新の成果を紹介して頂きました。安達先生には、「分子設計が拓く新しい有機発光材料の登場 - 100% の電気 - 光変換効率へ - 」という題目で、有機発光材料の特徴や発光メカニズム、有機材料の分子設計の自由度を利用し高効率な熱活性化遅延蛍光分子の創製に成功した成果についてご講演を頂きました。

二日目は、横浜国立大学の馬場 俊彦 先生と(独)物質材料研究機構の塚越 一仁 先生による招待講演、名古屋大学の本田 善央 先生、大野 雄高 先生による講演がなされました。馬場先生には、「CMOS 互換プロセスによるシリコンフォトニクスと光集積技術の進展」という題目で、ファウンダリを利用したデバイス試作の特徴や、フォトニックナノ構造をスローライトの導波路に用いた最先端の超小型光変調器を作製された成果についてご紹介を頂きました。塚越先生は、「機能性無機・有機薄膜を用いた薄膜トランジスタの研究と応用」という題目で、次世代の省エネルギー型のディスプレイに向けた有機半導体や酸化物半導体の材料設計とそのデバイス特性についてご講演されました。

VBL が担当する最先端理工学特論の一環として聴講した学生も含めるとシンポジウムに参加した人数は 100 名を超え、多数の参加者による活発な質疑応答が行われました。



岡田先生(東京大学、左上)、安達先生(九州大学、右上)、馬場先生(横浜国立大学、左下)、塚越先生((独)物質材料研究機構、右下)によるご講演の様子

平成26年度 第1回VBLセミナー報告

報告者：工学研究科 物質制御工学専攻 八島 栄次

VBL 外国人招へい研究者 (VBL 客員准教授) としてお招きした中国 ハルピン工程大学 材料科学・化学工程学院の刘立佳 (Lijia LIU) 講師により、表記セミナーが平成 26 年 8 月 4 日 10 時 45 分から 12 時まで工学部一号館 144 講義室で開催されました。講演題目は「Synthesis and Structural Characterization of o-Phenyleneethynylene-Based Foldamers」であり、刘講師が VBL 客員准教授として滞在された 4 ヶ月間に得た成果である、側鎖にカルボキシル基を有する光学不活性なフォルダマーの合成と、光学活性なアミンとの相互作用によるらせん構造の安定化と一方向巻らせんの誘起などに関する最新の研究について講演されました。当日は、約 20 名の聴衆にお集り頂き、活気のあるセミナーとなりました。



平成26年度 第2回VBLセミナー報告

報告者：工学研究科 物質制御工学専攻 浅沼 浩之

VBL 外国人招へい研究者としてお招きした中国海洋大学 食品科学工程学院の梁興国 (Xingguo LIANG) 教授により、表記セミナーが平成 25 年 11 月 27 日 16 時から 17 時 30 分 (実際は 18 時終了) まで VBL 3 階ベンチャーホールにて開催されました。講演題目は「Nucleic Acids and Molecular Recognition - Mystery We Understood from Study on Nucleic Acids」であり、梁教授がこれまでに研究されてきた DNA・RNA に関連する酵素群から機能性核酸に関して俯瞰し、そこから得られた教訓および今後の展開についてご講演されました。具体的には、1) DNA ポリメラーゼによる De-novo 合成およびこれにヒントを得た常温での DNA 増幅反応、2) 光応答性 DNA を用いた DNA ナノテクノロジー、さらに 3) DNA のペプチド消化酵素による分解反応 に関する研究成果について大変わかりやすく講演をして頂きました。20 名近い参加者があり、講演終了予定時間を 30 分もオーバーするほどの活発な議論が展開され、核酸化学およびバイオテクノロジーに関連した有意義なセミナーとなりました。



天野 浩 先生 ノーベル物理学賞受賞

天野 浩 先生が、III-V 族化合物半導体の窒化ガリウム (GaN) を用いた青色発光ダイオード (LED) に関する発明で、赤崎 勇 先生 (名古屋大学 特別教授/名城大学 教授)、中村 修二 先生 (カリフォルニア大学サンタバーバラ校 教授) とともに、ノーベル物理学賞を受賞されました。

LED は小型・低消費電力・長寿命といった特徴を持ち、最近ではスマートフォンなどの液晶バックライトや照明の光源において LED 化が進み、益々その適用分野が広がっています。スウェーデン王立科学アカデミーは、今回の受賞理由を「for the invention of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources」とし、低温堆積緩衝層を介した高品質な GaN 結晶の成長や、Mg 添加と低速電子線照射による p 型伝導の実現など、高輝度・低消費電力の白色光源を可能とした高効率青色 LED を実現する上でブレイクスルーとなった先生方の功績を讃えています (http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/advanced.html)。この輝かしい功績は、新聞などのメディアで報道されると共に、学会誌や科学雑誌などでも特集が組まれ、様々な形で触れることができます。名古屋大学においても、ホームページ (<http://www.nagoya-u.ac.jp/>) や博物館特別展 (2014 年 12 月 9 日 - 2015 年 4 月 11 日開催) などを通じて、ご業績やご受賞の様子を伝えています。ストックホルムで開催されたノーベル賞受賞記念講演は、若手研究者へのエールも含まれた内容で、難しい研究課題への挑戦を非常に励まされるものでした。

天野 先生は、2010 年に名古屋大学 大学院工学研究科の教授として着任され、その翌年の 2011 年 4 月より拡大研究推進専門委員会の委員としてベンチャービジネスラボラトリー (VBL) の運営に参画されています。2014 年 4 月から、本委員長を務められており、VBL の活動推進や第 18 回 VBL シンポジウムの企画・開催 (2014 年 11 月 17-18 日に VBL フロンティアプラザにて開催、本号 6 ページ目に関連記事を掲載) などに携わられています。また、VBL ニュースにおいても、第 31 号および第 37 号にて、最近の研究成果をご紹介して頂きました。本 VBL は、設立当初から化合物半導体研究に一つの軸を置き、本学の青色 LED 研究の流れを汲むものです。毎年、ベンチャービジネス特論 I の講義では豊田合成株式会社 太田 光一 先生に大学発の新規事業として青色 LED の研究開発について講義をいただいております。

この度のノーベル物理学賞の受賞は、大変喜ばしいことで、今後の VBL の推進に大きな励みとなります。誠にありがとうございます。



赤崎記念研究センターに設置された受賞を知らせる垂れ幕 (左上)、天野研究室で作成された青色 LED (右上)と集合写真 (下) [天野研究室よりご提供]