

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23年8月1日発行 第16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

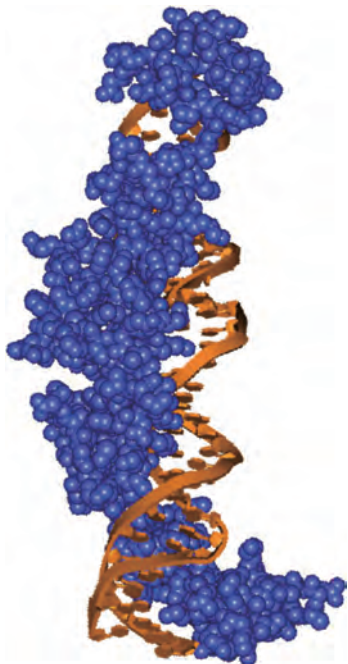


図1  
ジンクフィンガータンパク質の構造  
研究紹介(1)より

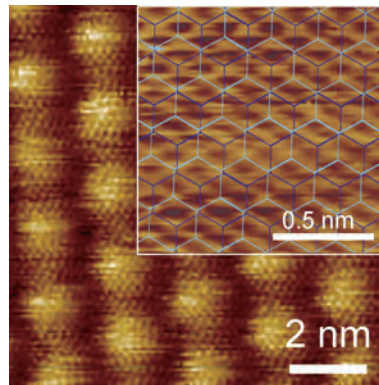


図2  
STM image of epitaxial graphene  
post-treated at 700 °C in UHV. Inset  
shows the atomic image from the top  
two graphene layers with a relative  
rotation angle.  
研究成果報告(1)より

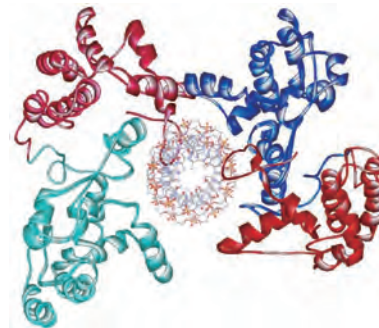


図3  
溶液中でのTdIF1/DNA立体構造モデル  
研究成果報告(2)より

## CONTENTS

研究紹介(1) 脊椎動物の誕生：究極の多因子生命現象 .....	2
研究紹介(2) III族窒化物半導体デバイスの極限効率実現・究極機能発現を目指して .....	3
研究成果報告(1) Epitaxial growth of few-layer graphene with large domains on SiC(000-1) ...	4
研究成果報告(2) 筋形成を司る新規遺伝子の機能及び構造解析 .....	5
研究成果報告(3) デバイス応用へ向けたSWNT成長技術の開発 .....	6
VBL安全講習会報告 .....	7
名大祭オープンラボ報告 .....	7
SEM講習会報告 .....	7
顕微ラマン講習会報告 .....	7
超高真空STM / SEM講習会報告 .....	7
レーザーリソ講習会報告 .....	7
平成23年度VBL活動予定 .....	7
新研究員紹介 .....	8

# 研究紹介 (1)

## 脊椎動物の誕生：究極の多因子生命現象

工学研究科 マテリアル理工学専攻 美宅 成樹

生物界を見ると、多くの生命現象は多くの因子（遺伝子）の組み合わせによって起こっている。単一因子で起こる病気などはむしろ珍しい現象かもしれない。生活習慣病など多くの病気には、多くの遺伝因子が関係しているので、生命現象を担う多因子がどのように形成されてきたかということは、非常に重要な問題である。多因子の生命現象の中でも、進化のプロセスで起こった脊椎動物の誕生のような大事件はおそらく非常に多くの遺伝子が関係していて、究極の多因子生命現象と言えるだろう。しかし、最初は新たなタイプの遺伝子が少しだけできることで起こったのかもしれない。そして、初期の脊椎動物はある意味で病気の一つとして生まれたのかもしれない。最近、偶然だが脊椎動物の誕生と深く関わっていると考えられる遺伝子集団をアミノ酸配列の電荷分布の解析から見いだした。それを簡単に紹介し、多因子生命現象について考えてみよう。

図1 (A) は、ヒトゲノムからのすべてのアミノ酸配列を、電荷の自己相関関数で解析した結果で、非常に特徴的な28残基の周期性が見られる。全遺伝子の中でこの周期性を含むタンパク質をコードするタンパク質だけを抽出し、その数をグラフに示したのが図1 (B) である。多くの脊椎動物のゲノムを解析したが、それらはすべて他のタイプの真核生物ゲノムと比較して、より多くのこの種のタンパク質をコードしていることが分かった。さらに立体構造が分かっているタンパク質のデータベースを解析した結果、この種のタンパク質はほとんど図1 (C) に示したようなジンクフィンガーと呼ばれる遺伝子制御因子であることが推定された。図1 (B) を良く見ると、全遺伝子数が少ない初期の脊椎動物ではこの種のタンパク質の数は少ない。多因子によって脊椎動物が誕生したことは間違いないが、比較的少ない遺伝子の追加で脊椎動物が誕生しているらしいことが分かるのである。それを見れば、脊椎動物の誕生に本質的な遺伝子が分かるかもしれない。

本研究のアプローチでは、タンパク質を物理的実体とみなしアミノ酸配列の物性分布を解析したという点で、これまでのゲノム情報の解析法と全く異なっている。全配列情報を平等にもれなく解析できることから、図1のような結果を得ることができたのである。今後、多因子の生命現象（例えば多因子病）の解析が盛んに行われると考えられるが、それにはここで用いたようなアミノ酸配列を物理的に解析するというアプローチがどうしても必要である。今後の研究の発展を期待していただきたい。

参考文献：R. Ke, N. Sakiyama et al., Journal of Biochemistry 143, 661-665, 2008.

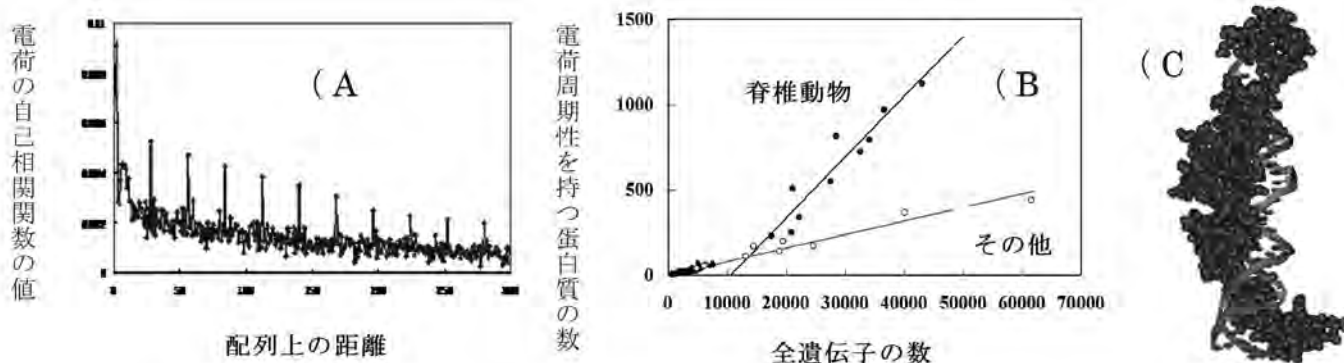


図1. ヒトゲノムからの全アミノ酸配列の自己相関関数 (A)、ゲノム中の電荷周期性を持ったタンパク質の数 (B)、ジンクフィンガータンパク質の構造 (C)

## 研究紹介 (2)

### Ⅲ族窒化物半導体デバイスの極限効率実現・究極機能発現を目指して

工学研究科 電子情報システム専攻 天野 浩

1980年代、名古屋大学赤崎研究室におけるⅢ族窒化物半導体研究が基礎となり、青色発光ダイオード(LED)やブルーレイディスク光源である青紫色レーザーダイオードが実用化したのは周知である。電化製品の低消費電力化という強い社会的要求に応える一手段としてLED電球への需要は大いに高まり、同材料を用いた白色LED市場は急速に拡大している。LED電球の普及により、2025年には現在急速に拡大しているアジア全体の電力消費量の約1/3の消費電力である年間約2ペタ(=10<sup>15</sup>乗)ワットアワーを削減可能との試算が為されている。同材料の応用は青色LEDに留まらない。既に携帯電話用基地局では、高周波ハイパワーヘテロ接合電界効果トランジスタ(HFET)として浸透し始めており、また紫外・深紫外LEDとしては、殺菌やリソグラフィに十分な高出力化が可能となり、特に水、空気や食物、血液等々の殺菌用ランプとして実用化が一部で始まりつつある。皮膚病治療や内視鏡カプセルと組み合わせた内臓疾患治療など医療応用への期待も高まっている。

更に近未来には人類が作り得る究極の光源のための超高効率緑色・黄色・赤色光源、医療診断用広帯域赤外スーパーレドミネセントLED、高い絶縁破壊電界を利用した小型高効率電力用スイッチング素子、また同時に高移動度を利用したウルトラブロードバンド通信用サブテラヘルツ領域増幅器及び発振器用トランジスタ、更には混晶のバンドギャップが太陽光スペクトルの大部分をカバーすることから窒素を共通アニオンとした60%を超す究極効率のタンデム型太陽電池実現の可能性を有している。

このように、Ⅲ族窒化物半導体は研究者の意欲を強く掻き立てる材料ではあるが、極限機能を示す素子の実現は、勿論容易なことではない。点欠陥、転位や積層欠陥等、古くからシリコンや他の化合物半導体で議論されている問題は、ウルツァン構造や強い圧電性という同材料の特異性も相まって、今でもホットな話題として国内外の会議をにぎわせている。また、二次元量子井戸を有する従来の素子構造から、量子ドットやナノワイヤなど、一次元あるいは零次元構造を用いて同材料の極限機能発現を目指した研究開発も活発である。

本研究が目指しているのは、化石燃料の消費をできる限り少なくし、且つ人々の生活をより豊かで高度にするような素子の実現、即ち、具体的には現在急務とされる可視光領域における極限効率・究極機能発光素子や高耐圧・超低損失スイッチング素子の実現は勿論のこと、60%を超す効率の太陽電池や、未だ開拓されていない波長・周波数領域において、従来の材料では実現できなかった機能を発揮する素子の実現を目指している。そのため、同材料の結晶成長・欠陥制御・電気的光学的特性制御を理論及び実験から学び、研究室の一人ひとりが自分達で考え、従来の結晶成長法の限界を打破すべく新しい成長法の提案、従来の成長法の改良及び新しい成長装置の設計・開発を行っている。具体的には、表面反応解析や熱流体シミュレータを用いた反応炉解析及び設計、既成品には無い新しい機能を有する装置や治具を発案して結晶成長、及び様々な素子の試作・評価を遂行する。素子の試作・評価には、レーザーリソグラフィ、蒸着、スパッタ、ドライエッチング、走査電子顕微鏡などVBLの装置を最大限活用させていただいており、また研究室では、結晶の評価に加え、デバイスシミュレータを用いた新しい構造の素子の設計と、実験により得られた評価結果と対比させることによって、動作時の素子における同材料の量子物性、励起子物性、励起キャリアの挙動やキャリア輸送特性などの動的過程を解析・理解することによる、次元性及び欠陥による影響も含めた同材料の物性の統一的理解を基礎とした極限効率の実現及び究極機能発現を目指している。

# 研究成果報告 (1)

## Epitaxial growth of few-layer graphene with large domains on SiC(000-1)

VBL researcher **Hailong Hu**

Since it was first isolated in 2004, graphene, a single atom-thick sheet of carbon atoms arranged in a honeycomb lattice, has generated a flurry of research activities. Graphene exhibits extraordinary physical properties, including exceedingly high charge carrier mobility, current-carrying capacity, mechanical strength and thermal conductivity. It has been considered as a viable candidate for all-carbon post-Moore's law electronics. Epitaxial growth of graphene on SiC, a highly resistive material which is already available in the form of large-diameter wafers, is currently regarded as the most likely avenues to graphene-base electronics. The graphene field-effect-transistors (FETs) fabricated on the Si-face of SiC show a cutoff frequency as high as 100 GHz. On the opposite polar surface, the C-face graphene presents more fascinating properties such as weak interlayer coupling and much higher carrier mobility, and is expected to achieve even superior device characteristics.

We focus the researches on the synthesis of high quality graphene on the C-terminated SiC surface. A rapid graphitization process was carried out via direct current heating in Ar ambience. This approach has two compelling advantages. First, few-layer graphene with thickness  $<3$  monolayer can be produced. Second, the graphene layers consist of large domains. As shown in Fig. 1, the large graphene sheets are continuous over the 0.75 nm step of SiC substrate. The high-temperature epitaxial graphene shows clearly preferred orientations, rotated  $\pm 2.204^\circ$  ( $R2\pm$ ) with respect to the underlying SiC. The  $R2+$ / $R2-$  stacking is metastable, and can be rearranged by post-heat treatment (Fig. 2). Basically, after heat treatment the elastic strains in as-grown graphene layer are well relaxed.

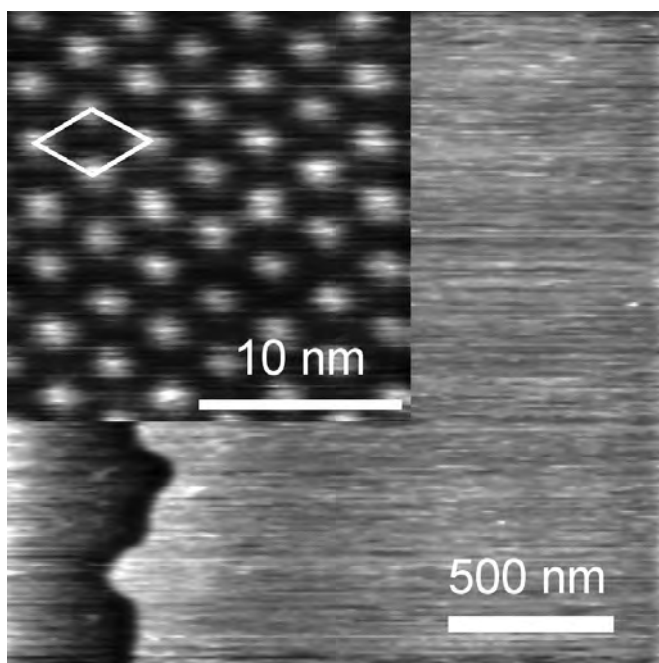


Fig. 1. STM topographic image of as-grown epitaxial graphene across a 6H-SiC(000-1) step. Inset: moiré pattern with a periodic length of 3.2 nm taken from one terrace.

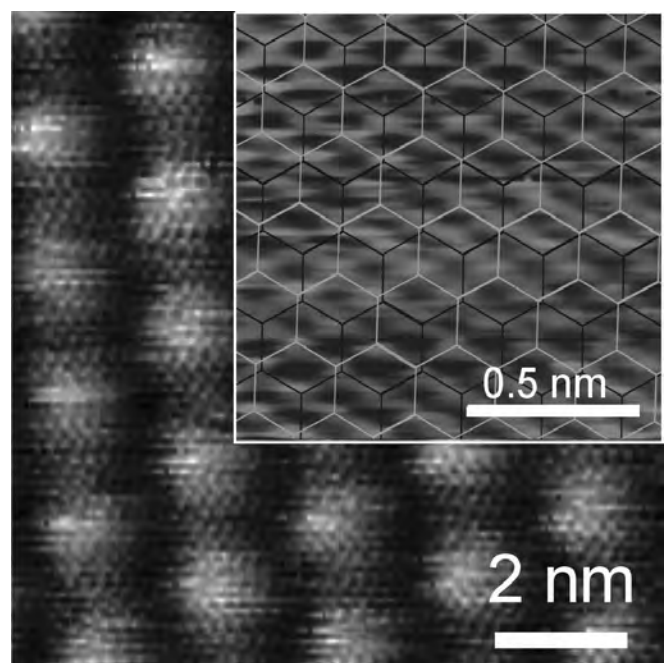


Fig. 2. STM image of epitaxial graphene post-treated at 700 °C in UHV. Inset shows the atomic image from the top two graphene layers with a relative rotation angle.



## 研究成果報告 (2)

### 筋形成を司る新規遺伝子の機能及び構造解析

VBL非常勤研究員 小祝 孝太郎

Myopathy (ミオパシー, 筋疾患) とは、筋肉の萎縮, 肥大, 発達障害によって筋力の低下をきたす疾患の総称であり, 筋ジストロフィーをはじめとした多くの病気が知られている。Myopathyの患者は世界中に見られるが, その原因は多岐にわたる上, その治療法もほとんどが確立されていない。近年, Myopathy のモデル動物 callipyge sheep (CS) は, 臀部の筋肥大を遺伝的に発症することから, myopathy発症の分子機構の解明に用いられ始めている。CSは, 遺伝子DLK1とPEG11が異常に発現することで筋肥大を発症することが報告されているが, DLK1とPEG11の異常な発現がなぜ筋肥大の原因となるのかは解明されていない。2007年, DLK1は, Terminal deoxynucleotidyltransferase (TdT) interacting factor 1 (TdIF1) の発現を制御することが報告された。すなわち, CSでは, DLK1, PEG11が過剰に発現し, それによってTdIF1が高発現することで筋肥大することが示唆された。一方で, これらの遺伝子は正常な羊でも発現しており, 通常, 筋形成に働くことが考えられる。しかしながら, TdIF1の細胞内の機能は現在のところ解明されておらず, どのようにして筋形成と関係があるのかは不明である。

本研究では, 分子生物学的手法を用いてTdIF1の細胞内での機能を解明することで, TdIF1と筋形成との関係を明らかにするとともに, 結晶構造解析, X線小角散乱法 (SAXS), NMR構造解析を用いてTdIF1の構造を解明することで, myopathyに対する薬剤の開発を目指している。

今回, 構造学的知見および生化学的知見をもとに, TdIF1は転写因子として働くことが示唆された。したがって, TdIF1は, 転写因子として筋形成に関わる遺伝子の発現を制御すると考えられる。一方, TdIF1の結晶構造解析は, 現在進行中ではあるが, その決定には至っていない。そこで, VBLで運用している生体高分子用計算科学ソフトウェアパッケージ Discovery Studioを用いて, TdIF1の結晶構造をホモロジーモデリングした (図1)。このモデルと大型放射光施設SPring-8にて行ったSAXS構造解析で得られた構造を組み合わせることで, 溶液中のTdIF1の構造に対する新たな知見が得られた (図2)。



図1. TdIF1 全長の立体構造モデル  
N 末端領域 (赤), セントラル Disorder 領域 (黄), C 末端領域からなると予測された。



図2. 溶液中での TdIF1/DNA 立体構造モデル  
一本の二重鎖 DNA に 2 分子の TdIF1 が結合すると予測された。

# 研究成果報告 (3)

## デバイス応用へ向けた SWNT 成長技術の開発

VBL非常勤研究員 石井 聡

カーボンナノチューブ (CNT) はトランジスタやガスセンサなど電子デバイスへの応用が期待されており、実用化のためには CNT 自体の電気特性を均一化することが必要である。そこで、CNT の電気特性はカイラリティに依存することから、均一なカイラリティを有する SWNT の成長技術が求められる。これに対して本研究では、CNT のカイラリティ分布が直径の減少と共に狭くなることを利用して、細く狭い直径分布を有する CNT の成長技術を開発することにした。

実験では単層 CNT (SWNT) を金属触媒から CVD 成長させた。SWNT の直径は金属触媒のサイズに依存することから、金属触媒の形成にはアーク放電プラズマ (ADP) による蒸着を用いることにした。ADP では蒸着膜厚を印加電圧とパルス回数で精密制御できることに加え、金属と基板との密着性が高くなるため成長温度における高密度で微小な微粒子の形成が期待できる。一方、SWNT の成長には成長時の圧力を低くすることで成長温度の低減が期待できることから、超高真空コールドウォール CVD 装置 (背圧:  $< 1 \times 10^{-5}$  Pa) を用いた。

成長では、始めに金属触媒として厚さ 0.09 nm の Co を SiO<sub>2</sub> 基板上に ADP 蒸着した。蒸着後の基板は、内部雰囲気酸素濃度 0.5 ppm 以下、露点値 -97 °C 以下のグローブボックスを介して、大気に触れさせずに CVD チャンバ内に設置された。続いて、高真空中で基板加熱し、基板表面の温度が成長温度に達したら原料ガスである気化したエタノールをフローさせて SWNT を成長させた。成長条件は 660 °C、30 sccm、5.4 Pa、7 min である。

図1に成長後の基板表面の SEM 像を示す。長さ数百 nm の SWNT が、表面全体にわたって成長していた。この基板表面に成長した SWNT に対し、マイクロラマン分光を測定して直径分布を評価した。図2には4つの励起波長 ( $\lambda = 488, 515, 532, 750$  nm) に対する RBM スペクトルを示す。シグナルの位置から見積もられた直径は 0.72~1.07 nm と細く、狭い領域に分布していた。これは ADP による触媒金属の蒸着に加え、超高真空コールドウォール CVD により成長温度を低減出来たために、触媒微粒子のマイグレーションが抑制された結果と考えられる。以上のように、ADP と超高真空コールドウォール CVD を組み合わせた SWNT 成長技術の開発により、細く狭い直径分布を有する SWNT を成長させることが出来た。

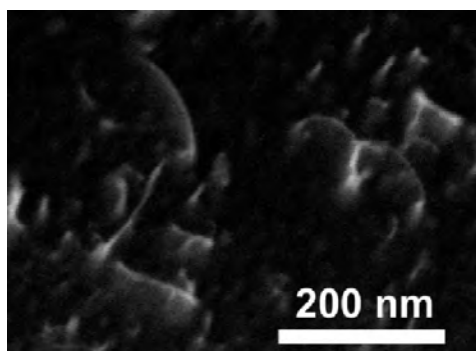


図1. 成長後の SWNT の SEM 像

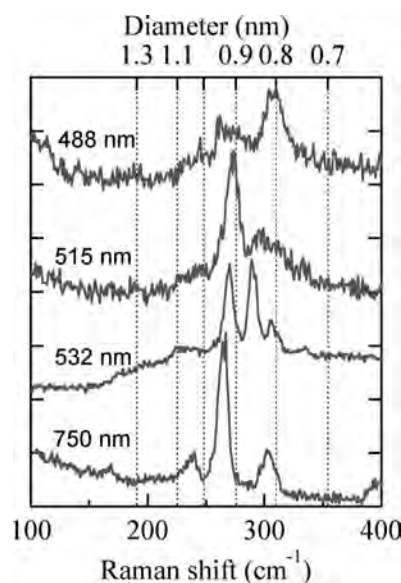


図2. SWNT の RBM スペクトル

## ● VBL安全講習会報告

6月2日午後1時からベンチャー・ホールにて開催され、100名の参加があった。参加内訳は職員8名、研究員8名、大学院後期課程8名、大学院前期課程37人、学部生39名であった。内容は、石井研究員から高圧ガスの取扱いとVBLの高圧ガス管理システムについて、三輪研究員から薬品の安全管理と名古屋大学薬品管理システム MaCS II について説明があった。引続きクリーンルームの安全講習会が行われ岸本助教から、VBLクリーンルームで決めている入退出方法や緊急時の連絡体制及び装置の停止方法と、複数の研究室が利用することから特にクリーンドラフトの使用法や薬品の管理、廃液の管理と処理などの説明があった。終了後、クリーンルーム前室に設置されている空気呼吸器の装着練習を行った。



VBL安全講習会

## ● 名大祭オープンラボ報告

名古屋大学 VBL は例年、名大祭の研究室公開の企画に参加している。本年も名大祭期間中の6月4日(土)、5日(日)の両日、各1回のツアーの形で見学者グループを受け入れた。土曜日には8名、日曜日には6名の参加があり、参加者は高校生や女性を含んだ幅広い方々だった。見学はVBL 1Fの半導体関連の実験施設を中心に行った。クリーンルームへの入室(写真)等は参加者には珍しい体験で、様々な装置類も興味を持って見て頂くことができた。



名大祭オープンラボ

## ● SEM講習会報告

VBL1階にある高解像度SEM(日立:S-5200、走査型透過電子顕微鏡機能およびエネルギー分散型蛍光X線分析(EDX)装置付)の利用講習会が2011年5月20日(対象者12名)に開催された。この高解像度SEMは極めて高性能なために、利用希望者は同1階にある汎用SEM(日立:S-4300FE、EBIC機能付)の利用経験者に限り、この講習会を受講しなければ高解像度SEMを使用することが出来ない取り決めになっている。高解像度SEMは年々利用希望者・利用時間が増えており、多くの学生や研究員の人が講習会に参加していた。また、ナノプロセス・ナノデバイスの研究の増加に伴い、多くの分野でこの装置が重要視されてきている。講習会では、利用希望者が手順等の説明に熱心に耳を傾けていた。また、昨年から導入されたEDX装置に関わる注意事項についても説明が行われた。なお、この講習会は不定期で毎年度1~2回程度行われているもので、年度の初めと多数の利用希望者があった場合に開催している。



SEM講習会

## ● 顕微ラマン講習会報告

励起光レーザー(785nm)が追加されたことを受け、講習会を実施した。

装置名: 高速ラマンイメージングシステム(レニショー製, InVia Reflex)  
日 時: 2011年4月12日(火) 午前10時から午後4時  
場 所: V B L 2階

## ● 超高真空STM/SEM講習会報告

装置名: 超高真空STM/SEM(Omicron Nanoprobe/ UHV-Gemini)  
日 時: 2011年4月6日(水), 7日(木), 12日(火)の3日間  
場 所: V B L 2階  
講 師: 中原 仁(助教, 齋藤研), 補助: 胡 海龍(VBL非常勤研究員)

## ● レーザーリソ講習会報告

クリーンルームに設置した本装置の利用者講習会を5月31日ハイデルベルグの袋井氏を講師に参加者5名で実施した。レーザーヘッドの脱着からデータ変換、アライメント描画など朝10時から約5時間の講習であった。本装置の仕様を次に示す。レーザーは405nm半導体レーザー、ヘッドは最小描画サイズ1 $\mu$ m(描画スピード10mm<sup>2</sup>/min)と0.6 $\mu$ m(描画スピード3.0mm<sup>2</sup>/min)の2つ、デフォルトは1 $\mu$ m用。基板サイズ15mmx15mmから200mmx200mmまで。光学若しくはエアのオートフォーカス機能。描画データ入力フォーマット(DXF, CIF, GDS II, Gerber, BMP, Asic, STL)は多様であるがバージョンによって変換できないものもある。利用に関しては講習会の受講を原則義務づけているので、利用希望者があった時は随時行う予定である。

## ● 平成23年度VBL活動予定

平成23年度VBL活動予定

4月	4/14 ベンチャービジネス特論開講	9月	VBLセミナー(第2回)
	4/21 VBL顕微ラマン装置第3回講習会開催		最先端理工学実験実施
5月	5/20 SEM 5200 利用講習会	10月	ベンチャービジネス特論II開講
	5/31 レーザーリソグラフィ第1回利用者講習会		VBLセミナー(第3回、非常勤研究員報告会)
	末日平成21年度活動成果報告書発行		最先端理工学実験成果発表会
6月	6/2 安全講習会(クリーンルーム講習会)	11月	事業委員会(第2回)
	6/4, 5 名大祭オープンラボ		11/7, 8 第15回VBLシンポジウム(最先端理工学特論)
	6/17 事業委員会(第1回)	12月	ニュース発行(No.32)(第2回)
	最先端理工学実験受講者募集	1月	VBLセミナー(第4回)
7月	ニュース発行(No.31)(第1回)	2月	VBLセミナー(第5回)
	最先端理工学実験説明会	3月	事業委員会(第3回)
	VBLセミナー(第1回)		研究企画専門員会

◇最先端理工学実験の日程は、工学部と協議し進める。

◇セミナーは招聘及び派遣研究者の来日状況で、また講演会は講演者の状況で日程変更あり。



## 新研究員紹介



Ma Qiang

My name is Ma Qiang, coming from P. R. China. I received my master degree in semiconductor science and technology from Zhejiang University in 2006. I achieved my Ph.D. degree in nano-vision engineering from Shizuoka University in 2010. At present, I work as a postdoctoral researcher of Venture Business Laboratory in Nagoya University, collaborating with Prof. Nakazato's laboratory. Recently, my research focuses on the integration of silicon integrated circuits with molecular systems.

Thank you very much.

Sincerely,



WU DaJian

My name is WU DaJian, coming from P. R. China. I received my master degree in Engineering from Jiangsu University in 2005. I achieved my Ph.D. degree in Science from Nanjing University in 2009. Then, I did the PD research in Nanjing University from June 2009 to March 2011. At present, I work as a postdoctoral researcher of Venture Business Laboratory in Nagoya University, collaborating with Prof. Nakamura's laboratory. Recently, my researches focus on the optical properties of noble metal nanostructures and CNT-MNP composites.

Thank you very much. Sincerely,



小祝 孝太郎

私は、現在、シンクロトロン光研究センターの渡邊信久教授の下で、医学的に重要である TdI1 interacting factor 1 (TdIF1) の X 線結晶構造解析、X 線小角散乱法による溶液中構造解析、および細胞内での機能解析を行っています。生体高分子計算ソフト Discovery Studio を用いて、TdIF1 の全体構造を予測することで、TdIF1 を標的とした新規薬剤の開発と DNA 認識機構に対する新しい知見を得ることが期待できます。VBL 研究員として、自分の研究だけでなく、幅広く研究・教育に貢献したいと思います。よろしくお願ひします。



石井 聡

量子工学専攻・水谷孝教授のもと、カーボンナノチューブ (CNT) を用いたトランジスタデバイスの研究に取り組んでいます。CNT は微小であると共に高い移動度を有することから、高性能な次世代ナノデバイスへの応用が期待されています。その実用化には、ナノテクノロジーを駆使した高度なデバイス作製技術に加え、デバイス内の微小領域で起きる現象を理解し精密制御することが求められます。VBL 研究員として CNT デバイスの実用化を目指すと共に、その成果を種々の活動を通して広く発信していきたいと思ひます。どうぞよろしくお願ひします。



三輪 和弘

今年度 4 月より VBL 非常勤研究員として着任しました三輪和弘です。私は VBL センター長でもある八島栄次教授の下、二重らせん型錯体分子の合成とその応用について研究を行っています。らせん構造は DNA に代表されるように生体高分子が持つ基本構造であり、「分子認識能」や「触媒機能」、「複製」といった高度な機能を潜在的に有していると考えられます。そのような分子を人工的に設計、合成し、生物にも負けるとも劣らない機能を発現させることが目標です。VBL 研究員としてこのような興味ある研究を行う機会を与えていただき大変うれしく思ひます。どうぞよろしくお願ひします。