

No.6  
Oct. 2010

## 資源には限界があるが 創造力は無限

— 相澤 益男

## MANA の得意分野を生かして伸ばす

— 魚崎 浩平

### MANA の研究成果

- 機能性半導体シリコン／ゲルマニウムナノワイヤ — 深田 直樹
- 新しい集合の法則に基づいて成長した結晶集合体 — ウジャル・ゴータム
- バルクから始まる、ナノアーキテククスへ向けて — 大橋 直樹
- 多深針走査プローブ顕微鏡が拓くナノテクノロジーの新展開 — 中山 知信



国際ナノアーキテククス研究拠点

International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)

MANA



## 相澤 益男 AIZAWA Masuo

横浜国立大学工学部卒業(1966年)、東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了(1971年)、東京工業大学資源化学研究所助手(1971年)、米国ローハイ大学博士研究員(1974-1975年)、筑波大学物質工学系助教授(1980年)、東京工業大学工学部教授(1986年)、東京工業大学生命理工学部部長(1994年)、東京工業大学学長(2001年)、国立大学協会会長(2005年-2007年)、総合科学技術会議常勤議員(2007年)、東京工業大学名誉教授(2007年)。生命工学、バイオエレクトロニクス研究の第一人者であるとともに、東京工業大学学長、国立大学協会会長、総合科学技術会議議員を歴任し、日本の大学院教育改革、科学技術政策に関する提言を行ってきている。

## 基礎研究強化のための WPI・コンバージェンス構想

——相澤先生はWPIの設立から関わっていらっしゃいますが、先生ご自身は、WPIというプログラムの骨子を、どうお考えになっていたのでしょうか。

日本の基礎研究を、世界トップレベルにしたいという想いがずっとありました。その中心は、大学の研究力を中心にして作るという部分と、独立行政法人の研究機関の基礎研究力を強くするという部分の二つです。当時の21世紀COEプログラムの流れとは一線を画し、基礎研究力を強化しようとスタートしました。ただし、やみくもに強くするのではなく、実は、この広報誌のタイトルでもある『コンバージェンス』という構想でした。つまり、ひとつの狭い専門領域に特化して進めるのではなく、いろいろな分野や領域の多様性を活力として、新しい創造に向かうということです。だから、世界に開けと言っています。多様な頭脳がひとつに集まることで、新しい知の創造をしようというところに特徴があります。日本は、分野に閉じこもり、組織に閉じこもり…という傾向があります。これは、日本の非常にまずいところだと思います。なんとか打破していきたいですね。

MANAだけは、独立行政法人の中ですが、後のWPIは全部大学の中にある組織です。それを従来の研究科といった組織とは区別し、大学に所属はしているものの、極端に言うと、学長権限が届かない、特区扱いにするというイメージです。ですから、WPIの拠点長の自由裁量が思いきって発揮できるような、そういう構想で作られてきました。ただ、現実には大学の敷地内にありますので、特別な扱いで、目的を達成できるように支援してもらわないといけません。この辺が非常に微妙なところだと思います。MANAの場合も、独立行政法人の中ですが、理事長の権限を、場合によっては、拠点長が代わって発揮するぐらいのイメージでいたわけです。あくまでも特区扱いですから、処遇の面でも、ここだけは特例扱いにすることを許されるようなところにしよう、という想いがありました。

——優秀な若い研究者を育てることも、WPIの目標だと捉えておりますが。

WPI設立時のポリシーとしては明確にしていますが、個人的な見解でお話をしますと、私自身は、日本が国際的な頭脳循環のサイクルから疎外されている、という意識を持っています。世界でトップレベルの大学は、世界中から優れた学生を惹きつけ、教育し、活躍するべき場所に送り出しています。送り出された人たちは、国際的な活躍をするので、頭脳がどんどん循環していくのです。そのサイクルの中で、極めて重要な役割を担うのが大学です。世界トップレベルの大学というのは、そういう役割を果たすべきだと思います。

# 資源には限界があるが 創造力は無限

◆聞き手：NIMS広報アドバイザー 舘取 章男

今の日本の若い世代は、国内に閉じこもりがちで国外に出たがりません。特に、研究者の国際的な活躍は、なかなか見えにくいところがあります。かつては国内環境が悪かったので、外に出て行かざるをえず、競争環境が厳しいところで一生懸命戦ってきて、結果的に、その後も国際的な活躍をしていくという面がありました。人材が国際的に流動することは極めて重要で、いろいろな考え方や文化などの刺激を受けながら、新たな知の創造というのが進んでいくのだと思います。

科学・技術にとって一番重要なことは、やはり創造力です。資源には限界があります。しかし、創造力は無限です。単純にWPIで若い人を育成するというよりは、WPIという研究の場が、若い人の創造力に大いに期待してはなりません。そこが、本当の研究力の源泉だということ意識なのです。WPIは大学ではありませんから、あくまでもトップレベルの研究を推進します。若い人たちは、トップレベルの人に接し、トップレベルのところまで戦っていきます。その中で、自分に様々なミッションを植えつけながら活躍し、結果的に育成され、また次のステージに進みます。そのアクティビティが、WPIそのものの研究成果にもなる、という循環だと思います。ですから、WPIの方はそういう場を作っていく必要があると考えています。拠点長になるような人たちは、そうした使命を自らにも課して、集まってくる人たちの創造に向かう意欲を満足させられるように、研究や研究機構を運営していく任務があるのです。

## 厳しい環境と 多様性で磨かれる人材

——それは大変すばらしい発想ですが、先生で自身がそういうふうに見えるようになった、きっかけがあるのでしょうか？

私は、ポストドク時代を、アメリカのペンシルバニア州にあるリーハイ大学で過ごしました。大学の中が、新しい研究分野を展開しているかと燃えていた時代でした。何かを学んでくる、教えてもらうというような生易しい環境ではありませんでした。そこでは私の研究してきた分野が欠けていたこともあり、着いた日から即、バックグラウンドを活かして、一線でも新しい成果を出せという勢いでした。アソシエイトプロフェッサーとは同じ年齢で、彼はトップになろうとする意欲と競争心が強かったので、ひとつの研究を進めるにも、本当に激しい議論になりましたが、それがいい結果を導いていたのだと思います。彼だけでなく、いろいろな国や人との激しいやり

取りの中から、いいものを引き出していきました。

アメリカのゴードンリサーチカンファレンスは、当時のトップレベルの研究者が憧れた会議でした。夏休みに、ニューハンプシャー州のカレッジのドミトリーを使って、ノーベル賞受賞者も集まり、ひとつのテーマについて一週間寝泊まりしながら議論する、そういう会議です。意見交換がしづらくなるから、公式記録は一切なし。気楽な服装で、本当にホットなデータを出し合うという雰囲気でした。

日本から来たばかりの私に、プロフェッサーは、あちこちで議論し、どこがどんな研究をどこまであげているかを、ペーパーになる前に嗅ぎ取ってくるように言われました。聞き出すには話さなくてはなりません、話し過ぎると逆に狙われてしまいます。プレゼンテーションが非常に難しく、結果的にはよいトレーニングになりました。そういう環境が、それぞれ人材育成そのものだったのです。

科学・技術に国境はないと言われるくらいに、研究面では本当に壁がないですね。全く違う文化的背景を持っている人と、全く違う考え方をやり取りしながら新しいものを生み出すというのは、本当に重要だと思います。そういう意味では、“人の頭脳を使う”ということは、私のひとつの得意技ではないかなと思っています。

——日本はよく科学技術立国と言われますが、お話を伺っているとむしろ頭脳立国というべきですね。

そうなのです。私は、人づくりを重要視しています。本当に頭脳が日本の売りなのです。私はよく「資源には限界があるが、創造力は無限である」という言葉を使います。この創造力こそが日本の本当の力だと思っています。

## 次の限界を突破するのが “MANAの使命”

——科学技術立国と言われながら、若い世代では科学・技術の“光と影”の影の部分を取りざたされ、科学・技術への関心離れを引き起こしてしまいましたが。

実は、今年の内閣府の調査では、下がればなしだった科学への関心が、V字カーブで挽回してきました。科学・技術は今、我々が抱えている課題の解決に役立つと、再び期待されるようになってきています。

しかし、どの課題も、ひとつの技術だけで解決できるような単純なものではありません。アメリカは、環境エネルギー政策を検討するにあたり、ワークショップを開いて、解決すべき課題は何かと、ずっとスクリーニングしてきました。特にエネルギー分野では、究極的にはナノテクが果たすべき役割が随分あります。だから今、研究開発されてきたナノテクノロジーを、課題解決型にもっていくということは、極めて有効ではないかと思っています。

MANAは、ナノテクに非常に強い基盤を据えてはいますが、WPIの役割が世界から多様性を求めて新たな創造に向けるということであれば、このままナノテクをただ攻めるだけでは、次の課題にはつながらないと思います。ナノテクが持つ大きなポテンシャルは、もついろいろな展開があり得ます。ですからMANAが、『コンバージェンス』をキーワードに、研究を推進していくのは素晴らしいことです。

私が、バイオエレクトロニクスのフロンティアを切り拓いていたときは、科学・技術の限界がどこなのか、それは超えられる限界なのかどうかという、研究者としては大変ですが一番面白いところにいました。ナノテクの、当時の限界と言われるところにチャレンジしたので、今こまで進展してきたのだと思います。ぜひ当時のナノテクの位置づけを振り返り、少し初心に戻って、ナノテクという分野だけに閉じこもらずに、次の限界を突破するように展開していただけたらいいですね。

また、当時ですが、私は理論家が頑張ったと思うのです。見えないものを見るように、我々が感覚的に捉えられる世界を超えたところを理論家が真剣に考えて予測した、そういう燃えるような熱意が大事なのではないでしょうか。そして、ナノテクという分野にとどまらずに、課題解決に向けて大きく貢献して欲しいです。



# MANAの得意分野を生かして伸ばす

魚崎 浩平  
Kohei UOSAKI

MANA主任研究者(PI)

ナノグリーン分野

専門分野：表面物理化学

## 教育機関から研究機関へ

——魚崎PIは北海道大学からMANAへいらっしゃいましたが、大学と独立行政法人とでは、どんな違いがありますか？

まず最初に感じたのは研究所の雰囲気でした。北大ではいつも構内に学生が溢れていましたが、MANAでは建物の外に人がいません。それから、運営の仕方もかなり違います。購入手続などが厳しいですね。入札の対象が広く、大学より時間がかかるという印象があります。

研究の面でも、大学は学生のスケジュールにあわせて研究室が動いていますが、そういった意味での季節感があまりないように感じます。ここでは、研究の進め方がどちらかといえば個人中心ということなのでしょう。しかし一方、大学は、研究費に関しては、外部資金を獲得すれば、総長や学部長が何を言おうと関係なく、研究の方向性など拘束されるものは一切ありません。それに対して、研究所は内部の資金や方向性、あるいは、文部科学省のプロジェクトなどがありますから、方針が出やすく、それによる動きは早いですね。例えば、MANAもWPIのひとつですが、大学に所属している他のWPIに比べると動きが早いと思います。あるミッションに対して動くという意味では、こういう独立行政法人は、非常に方向性がはっきりしていて、スピード感があると思います。

また、人の面では、大学の基本は教育です。大学院生でも、「研究を通して育てること」が中心になります。ここは研究そのものが目的になるので、人に対する考え方の違いも感じます。例えば、大学では研究室のスタッフも「大学院生を育てる」「ドクターを取らせる」ということが、主要な目的になっています。論文を書いても、MANAでは業績評価で、ファーストオーサーの点数が非常に高いようですが、大学では、大学院のドクターを取る時にどうしても必要なので、ファーストオーサーを学生に譲ることが結構あるのです。大学は教育機関で、ここは研究機関だということでしょう。

## ナノグリーン分野の将来像

——ナノグリーンは重要な分野であり、魚崎PIへの期待が大きいのですが、どういう研究をなさっていくとお考えですか？

私は元々、電気化学の「固体と溶液の界面の電子のやり取り」について研究しています。電池、燃料電池、太陽電池などの基礎になることです。応用面はそれほどやっていますが、基礎はよく理解していると思います。ナノグリーン、あるいはその中心であるエネルギー変換においては、物質の変換とか電子のやり取りといった、反応自体の理解と制御が不可欠です。MANAには、反応について研究されている方はあまりいなかったで、そういう点ではぜひ貢献したいと思います。逆に、ここにはいろいろなモノ作りが得意な人たちがいますから、共同で研究をしていければいいと考えています。

2年ぐらい前から、文科省の元素戦略というプロジェクトで、貴金属フリー触媒の研究を進めています。特に、水を分解して酸素をつくる、その逆反応として、酸素を還元して水にするという、水と酸素の相互変換が大きな課題です。出口としては、ひとつは燃料電池、もうひとつは

光エネルギー変換を考えているのですが、NEDOなどで何十億円も投下して進められている課題なので、出口に近いところよりもインパクトがあるというか、ここでやったことが将来大きくなるような、そういう基礎作りをする研究をやりたいと考えています。

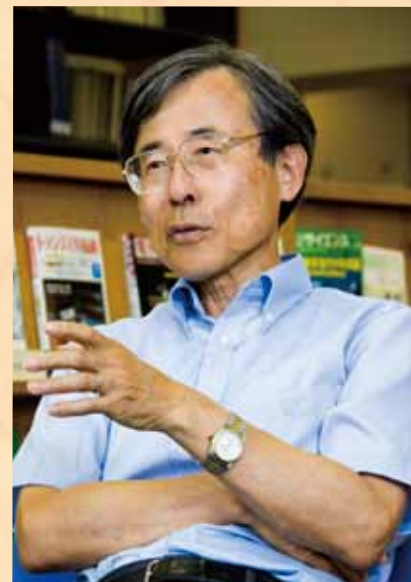
——こういうものを作りたいという、現実の出口に相当するようなものは、なにか描かれていますか？

多くの化学反応では反応を促進するために、触媒というものが重要です。今までは、触媒に金属の塊を使っていましたが、今では、徐々に小さなナノ粒子などになっています。それをさらに小さくして原子数個とか分子1個で動くようにしたいですね。今までの触媒だと、一番外側だけが触媒として使われ、内側の金属は無駄になっていることが多いですが、それを究極まで突き詰めて、もし一個一個が触媒として働くようになれば、有効な原子ばかりになり、無駄なく使えます。分子についても同じことがいえます。そういう究極のナノテクノロジーを目指して効率の高い触媒ができればと思っています。ただし、私たちが得意なのは、作ることも、いろいろなことに対して反応が起こっているその場所で、触媒反応やその構造を徹底的に調べることです。その方法で、実際こうなっているから次はこうしようと、論理的かつ合理的な触媒設計でアプローチしていきます。

——MANAの将来像についてのお考えを。

次期の科学技術基本計画では課題解決型研究に力点がかけられると言われているし、昨年末閣議決定された新成長戦略では中心課題として「グリーンイノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」があげられています。すでにグリーンイノベーションに関連して、NIMSではナノ材料科学環境拠点が昨年からはスタートし、先の二次補正予算で低炭素研究ネットワークのハブ拠点とされています。MANAのナノグリーン分野も当然グリーンイノベーションに関わることになってきますが、他の組織とは異なったユニークな役割を果たす必要があると思います。

MANAは『原子・分子を操作して新しい機能を作り出す』という高い能力を持った研究者の集団ですから、その特徴を最大限生かした貢献が出来るものと思います。また、対象もエネルギー変換だけではなく、電子材料の高い知識を持った研究者が多いという特徴を生かしたMANA独自のナノグリーン分野を切り開くことも可能でしょう。



# MANAだからこそ実現した きめ細やかな研究支援環境

研究者の過半数が外国人研究者のMANAでは、日本語のわからない研究者が支障なく研究活動を行えるように、英語を公用語化するなど様々なサポートを行っています。その中でもMANAが誇れるのが研究支援です。MANAには第一級の装置群を集めたMANAファウンドリを同じ棟内に設置、ナノアーキテクチャの研究をサポートしています。また、MANAはMANAファウンドリ以外にも多く共有設備を有し、英語の堪能なテクニカルサポートスタッフ (TSS) が支援を行っています。

## — 多分野の研究を支えるMANAファウンドリ —

### 汎用性を考えた設備

MANAファウンドリは、MANAの共用設備として2009年4月からスタートしました。MANAには世界中から多分野の研究者が集まっています。そのためMANAファウンドリでは、多種多様な物質・材料を取り扱えるように研究設備を充実、ファウンドリ技術者によって細やかな技術支援を提供しています。

MANAファウンドリは、描画・露光エリア、ドライブプロセスエリア、ナノ加工エリア、ナノ構造評価エリア、ナノ計測エリア、および熱処理エリアの6エリアから構成された235㎡のクリーンルーム設備を備えています。

MANAファウンドリの大きな特徴は、有機材料、無機材料、金属材料、半導体材料、磁性材料、超伝導材料および複合材料等の多種類の材料が扱えること、それらのナノドット、ナノワイヤーおよびナノシート等の多様な構造への電子線描画によるナノギャップ電極パターン形成等の微細加工を含めて、試料の作製から構造観察および特性評価までの一貫プロセスを提供できることです。また、同じ建物の中にファウンドリが併設されていることは、時間短縮に貢献することは言うまでもありません。



#### 集束イオンビーム装置 (FIB)

ガリウムイオンを40kVで加速し、最小10nm以下まで絞って試料に照射し、ナノスケールでエッチングする装置です。シリコンを始めとする多種の材料に微細なパターンの作製が可能。



#### 角度分解光電子分光装置 (XPS)

比較的低エネルギーのX線を照射し、放出される光電子の運動エネルギーを測定することで、元素の種類や化学結合状態の同定を行うことが可能。

## ユーザーのための柔軟な運営

MANA研究者が初めて施設を利用するためには、説明会を受け、登録のための手続きをとる必要があります。登録後も新規の案件ごとに、経験豊富なスタッフがコンサルテーションを実施、研究にとって的確な支援を受けられるだけでなく、研究者自身が自らの研究を明確にイメージできるという効果も生み出します。

2010年度からMANAファウンドリの運営体制が変わりました。まず、クリーンルーム使用時間を7時間から9.5時間に延長、スタッフの勤務体制を二体制にすることによって研究者の要望を実現しました。もうひとつは、将来を見据えた運営を考え、定額課金制度を導入しました。これは、一般消耗品の一部を分担してもらうことにより利用意識を高めることも狙いのひとつです。よりよい研究環境を実現するために独自の運営体制を模索しています。

## — TSS (テクニカルサポートスタッフ) チーム —

### 熟練テクニシャンのサポート

MANAのTSSチームでは、英語が話せる5人のテクニシャンが、装置のメンテナンス、実験室の整備、試薬サポート、安全対策、装置購入のための技術審査・搬入・設置をはじめ、研究者が研究に専念できるよう様々なサポートをしています。

そのひとつに、MANAに新規採用された研究者を対象とした安全教育をはじめとするオリエンテーションや、研究室立ち上げのための整備サポートがあります。実は、TSSのほとんどがNIMSのOBなのですが、彼らの持つ研究知識だけでなく、NIMS内での人脈が新規採用の外国人研究者にとって大きな支えになります。TSSは、MANAにやってきた研究者の環境を整えるためにまずコンサルテーションからスタートします。「低温でカーボンナノチューブをつくりたい」「窒化物をつくりたい」「X線で高度解析をしたい」などと、まず欲しい装置を最初に伝えてきます。最適な装置を選ぶために、どういう実験がしたいのか、その実験の目的は等々、ヒヤリングを行い、どういったスペックの装置が必要なのかをディスカッションを通してより明確にしていきます。その結果、NIMS内にある設備を紹介したり、適切な装置や試薬の購入を行います。

既製の装置がない場合は新たに装置を開発したりすることもあります。

そのほか、外部資金獲得のためのアドバイスや、会計検査の対応、事故対応等もこなすTSSは、特に若い外国人研究者にとっては父親のような心強い存在になっています。





深田 直樹  
Naoki FUKATA

MANA 独立研究者

## 機能的半導体シリコン/ ゲルマニウムナノワイヤ

シリコンを用いた大規模集積回路 (SiVLSI) の性能は、VLSI の構成要素である金属-酸化物-半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) 中のゲート、絶縁膜、p-n 接合、基板等のスケールリング則に従った微細化により進歩してきました。しかし、従来の平面型構造では、スケールリングによる更なる性能向上と集積化に限界がみえています。そこで、半導体ナノワイヤを用いた縦型構造トランジスタが次世代半導体デバイスの基幹材料として提案されています。特に、シリコン/ゲルマニウムナノワイヤ (SiNW と GeNW) を用いたナノデバイスは現在のシリコン相補型金属酸化膜半導体 (Si CMOS) 集積回路技術との互換性により良い拡張性のため注目されています。

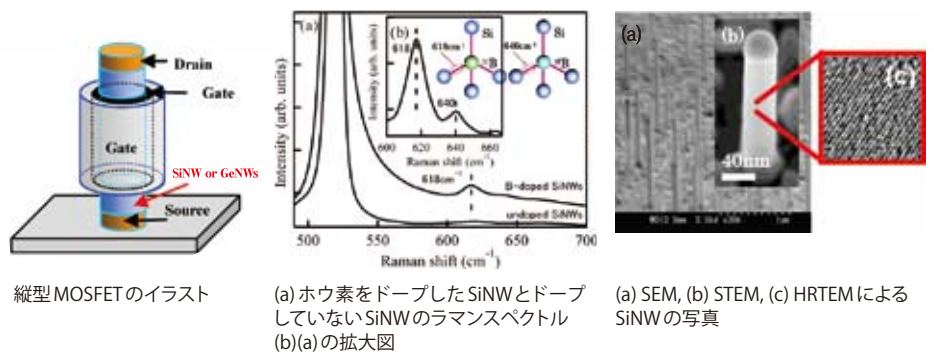
半導体ナノワイヤを縦型トランジスタのソース・ドレイン・チャンネルに利用するためには、不純物ドーピング技術を確認する必要があります。ここでは、直径数 nm ~ 数十 nm

のナノワイヤ中にドーピングされた不純物原子の状態をいかにして解明するかが、ひとつの重要な研究課題でした。最近、私は SiNW および GeNW 中におけるボロンおよびリン原子の化学的結合状態および電気的活性を、顕微ラマン分光法および電子スピン共鳴法によって明らかにする特性評価法を確立しました。<sup>1), 2)</sup> 具体的には、ボロンとリンの局在振動モード、ファノ共鳴、および伝導電子の ESR 信号を実験的に初めて検出することに成功し、ボロン

およびリン原子がナノワイヤ中の結晶領域の置換位置に存在し、電気的に活性化していることを証明しました。つまり、SiNW および GeNW の p 型および n 型化が証明されたわけです。これらの手法は、半導体ナノワイヤを用いた次世代縦型 MOSFET 実現のための有用な評価技術として期待されています。

参考文献

- 1) N. Fukata, *Adv. Mater.* **21**, 2829-2832 (2009).
- 2) N. Fukata et al., *ACS NANO* **4**, 3807 (2010).



ウジャール・ゴータム  
Ujjal K. GAUTAM

ICYS-MANA 研究員

## 新しい集合の法則に基づいて成長した 結晶集合体

結晶集合体はどこにでも存在し、多くのデバイスに利用できます。自然界でも、バイオミネラリゼーションのプロセスによって精巧な結晶集合体を作り出されています。微細材料の操作が新たな挑戦となっている昨今、結晶集合体を研究することは、自然界での結晶成長の仕組みを模倣し、ナノサイズ結晶を組織化して応用に結びつけるためには極めて重要です。我々が発見したのは、酸化亜鉛 (ZnO) ナノ結晶の結晶集合体の形成を決定づける新しい法則です。この集合体は、中核部から広がる多くの酸化亜鉛ナノロッドを有し、まるでウニのように見えます。

この新しい法則は、極性とと呼ばれる酸化亜鉛の特性に基づいています。酸化亜鉛のロッドの両端の先端部はプラスとマイナスに帯電します。酸化亜鉛ロッドが集合体を形成する時、なぜ極性が生じるのかは、今まで不明でしたが、我々はひとつの集合体において、全

てのロッドが、プラスまたはマイナスの極性の先端部に沿って成長し、2つの異なる集合体を生み出すということを発見しました。つまり、結晶軸だけでなく、どちら側の結晶軸かが重要なパラメーターになります。

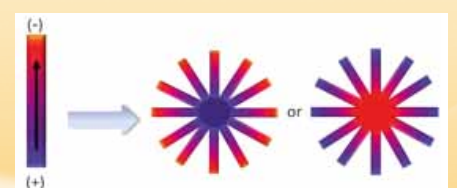
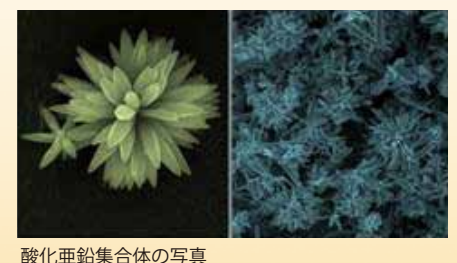
また、2種類の集合体は、ユニークな法則で関係しています。もし、ある集合体のそれぞれのロッドが上下逆さまに回転したら、その集合体はもう一方の集合体に変化します。結晶集合体におけるこのような関係はこれまであまり知られていませんでした。類似した有機分子にエナンチオマーがありますが、これは、光を逆方向に回転させるだけです。

類似した外観にも関わらず、これらの集合体は、反対の極性のため性質がまったく異なります。どのような要因が関与しているのか、同様の集合体を持つ他の物質に関する研究など、今、多くの挑戦がされています。また、類似するものはないため、今までにない応用が期待されています。たとえば、生物にやさしく、外部に電気的接続をせず、単極で単一の電荷をもつ表面を作ることができることから、生

体内におけるセンシングや化学的抽出への応用が期待されています。

参考文献

- Gautam et al., *Proc. Natl. Acad. Sci.* **107** (2010) 13588.



集合の新しい法則を記述する図式。酸化亜鉛ロッドは正と負の極性の端点をもつ。それぞれ青色と赤色で表現されている。1つの集合の中で、単極の成長が維持される。つまり、色は混合なく系統的に配列される。



大橋 直樹  
Naoki OHASHI

MANA 主任研究者 (PI)  
ナノマテリアル分野

## バルクから始まる、 ナノアーキテククスへ向けて

半導体素子の性質のほとんどは、界面(接合部)での原子配列と電子の分布に端を発しています。そのため、原子レベルで界面構造の制御をすることが半導体素子開発においては非常に重要となります。高品質の素子を製造するためには、ナノ構造一つ一つの配列と配置もまた非常に重要であることはいうまでもありません。この観点から、ナノ構造形成に利用できる基板が必要となってきます。

現在、ナノ構造形成のために最もよく使用されている基板はシリコンウエハーです。なぜなら、シリコンは超高純度、制御可能な伝導性、平滑度の高い表面、非常に高結晶などという利点を持ち、さらにナノ構造形成に必要な知見が数多くあるからです。しかし、その一方でバンドギャップは狭く、可視光は吸収されてしまいます。そのため、我々はナノ構造形成のための基板として、ワイドバンドギャップ半導体ウエハー(例:酸化亜鉛)の

利用を考えています。実際に、我々はワイドバンドギャップ酸化物半導体の結晶を大型化する技術を開発しています。

こうした背景から、我々は、まず、機械的な損傷の無い清浄・平坦な酸化物表面を得るための技術を検討しています。最近、我々のグループの学生である宮崎さんは、写真のような酸化物ウエハーの表面を原子レベルで平坦化する最新技術を開発しました。

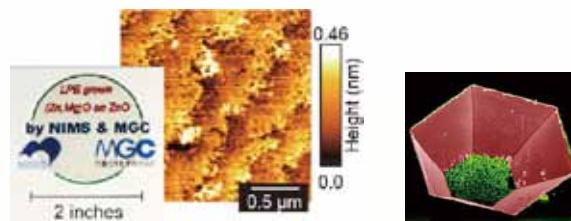
また、我々は酸化物半導体の結晶異方性、および自発分極にも関心を持っています。なぜなら、それらの表面活性が自己組織化を

引き起こす引き金となると考えているからです。そのため、我々は極性のある酸化物表面上での特異な電子構造や配向構造の自発的な形成について検討しています。

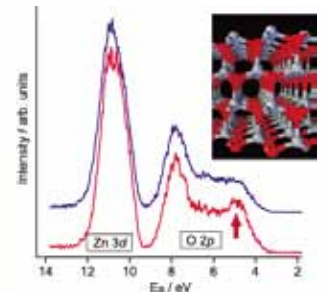
我々はそのような知見を集約することで、酸化物結晶基板上に多くの機能を集積した新しい電子素子の形成が可能になると期待しています。

参考文献

Kobayashi et al., *Cryst. Growth & Des.* **9** (2009) 1219.  
Ohashi et al., *Appl. Phys. Lett.* **94** (2009) 122102.



酸化物半導体ウエハーとその“原子レベルで平坦な”表面



光電子分光法による極性酸化物表面検討



中山 知信  
Tomonobu NAKAYAMA

MANA 主任研究者 (PI)  
ナノシステム分野

## 多探針走査プローブ顕微鏡が拓く ナノテクノロジーの新展開

ナノテクノロジーを真に有用な技術として活用するためには、ナノ材料の加工・創製とナノスケール信号計測を高度に融合して利用する技術が必要です。私たちは、ナノ加工、個々のナノ構造の特性計測、多数のナノ構造が結合したナノシステムの機能評価をオールインワンで実現する多探針走査プローブ顕微鏡(MSPM)の開発と応用を進めています。

私たちのMSPMは、独立に駆動される2~4本のプローブを装備し、各々のプローブは、走査トンネル顕微鏡(STM)や原子間力顕微鏡と同等の空間分解能と機能を提供します。これにより、他の手法では実現し得ないナノ計測が可能になりました。たとえば、半導体シリコン表面上の多数の金属ナノワイヤーをMSPMによって観察し、任意の単一ナノワイヤーを選びます。そのナノワイヤー上に2本のプローブを確実に接触させ、テスターを利用するかのよう、その電気特性を計測でき

ます。このようなナノ計測は、単一ナノ構造の物性研究や利用法の探索に威力を発揮します。

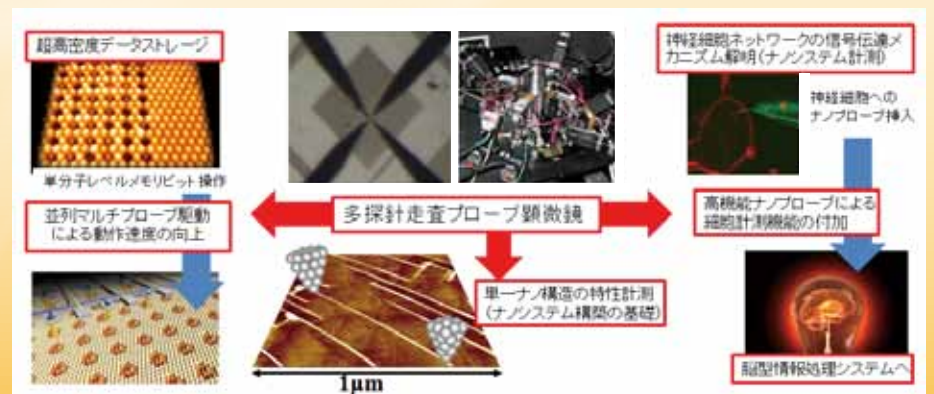
最近我々は、フラレン分子 $C_{60}$ 間の化学結合をSTMのプローブによって自在に生成・解消する方法を発見し、単分子レベルの化学反応操作を駆使した超高密度データストレージ動作を実証しました。その動作速度は、プローブ数を大幅に増やしたMSPMを利用することで、飛躍的に向上するでしょう。

さらに、MSPMに、液体中で単分子を高感

度で検出する機能や局所的なイオン電流を計測する機能を付加しています。現在、脳型情報処理システムの実現に向けて、生きた神経細胞ネットワークの信号伝達メカニズム解明に挑戦しています。

参考文献

D.-K. Lim et al. *Appl. Phys. Lett.*, 2008; **92**(20); 203114.  
M. Nakaya et al. *Adv. Mater.*, 2010; **22**(14); 1622-1625.  
S. Higuchi et al. *Rev. Sci. Instrum.*, 2010; **81**(7); 073706.



## MANAが高評価を受ける —2009年度WPIプログラムフォローアップ結果—

WPIプログラムに対する平成21年度フォローアップのためのプログラム委員会が、7月14日(水)に開催されました。国際アーキテクトニクス研究拠点(MANA)は、IPMU(東京大学)、iCeMS(大阪大学)とともに高い評価を受けました。外国籍研究者が5割を超えていること、国内外の優れた主任研究員を招聘していること、英語を使用言語とした外国籍研究者への事務面でのサポートや、研究支援が充実していることなどが評価されたものです。また、今後の課題としては、MANAで取り組むサイエンスの独自性を明確にすること、新しい材料科学創成にむけての挑戦的な研究計画の必要性、ナノバイオ領域の研究強化があげられました。



## 2大学と合意覚書(MOU)を締結

MANAはドイツのエアランゲン・ニュルンベルク大学の触媒リソースセンター(ECRC)とMOUを締結し、物質と触媒分野の研究において連携することを合意しました(2010年5月20日)。

(左から)MANA 独立研究者の Vinu 博士、Schwieger 教授、Hartmann 教授



MANAは中国の復旦大学物質科学科と、有機・無機ナノハイブリッド材料のオプトエレクトロニクス分野において、共同で研究を推進することを目的にMOUを締結しました(2010年6月23日)。

調印式にて  
(左から)Limin Wu 学科長、  
板東 MANA 最高運営責任者



## 受賞ニュース

### 平成22年度科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞

MANA 独立研究者の若林克法氏が平成22年度文部科学大臣表彰を受賞、4月13日に表彰されました。受賞部門は、高度な研究開発能力を有する若手研究者を対象とした若手科学者賞で、「グラフェンの電子物性におけるナノスケール効果の研究」の業績が評価されました。



MANA 独立研究者の若林克法氏

#### 目 義雄 (主任研究員)

粉体粉末冶金協会  
研究功績賞受賞  
2010年5月25日

#### 宝野 和博 (主任研究員)

日本顕微鏡学会  
和文誌賞受賞  
2010年5月25日

#### 辻本 吉廣 (ICYS-MANA 研究者)

粉体粉末冶金協会  
研究進歩賞受賞  
2010年5月25日

#### 川喜多 仁 (MANA 研究者)

腐食防食協会  
進歩賞受賞  
2010年5月13日

## 新任研究者の紹介



#### 青柳 隆夫

2010年9月着任  
主任研究者(PI)  
ナノバイオ分野コーディネーター  
複合ナノ生体材料グループ  
グループリーダー

#### 長沼 環

2010年7月着任  
MANA 研究者  
燃料電池ナノ材料グループ



#### 荻原 充弘

2010年9月着任  
MANA 研究者  
複合ナノ生体材料グループ



その他にICYS-MANA研究員(ポスドク)5名が新たに着任しました。

## イベント

### MANA 国際シンポジウム2011

日 時：2011年3月2日(水)～4日(金)  
会 場：つくば国際会議場 茨城県つくば市竹園2-20-3  
参加費：無料  
申込送付方法：[http://www.nims.go.jp/mana\\_2011/](http://www.nims.go.jp/mana_2011/)  
(11月下旬オープン予定)をご覧ください。

### MANAサイエンス・カフェ “ナノテクノロジー”とは何だろうか?

青野正和 (MANA 拠点長) × 板野哲也 (メディア制作プロデューサー)

日 時：2010年10月28日(木) 18:00～19:30  
会 場：ホテルオークラつくば 新館アネックス1F 昇「東の間」  
定 員：30名(事前申込制、締切は10月22日(金)。応募者多数の場合は抽選。)  
参加費：無料(1ドリンク付き) ※2杯目からは実費になります。  
申込方法：ファックス (029-860-4706) または e-mail (mana-pr@nims.go.jp) に、  
①お名前②ご連絡先③年齢④連絡先電話番号を明記のうえお申し込みください。

CONVERGENCE No.6 2010年10月発行

発行：国際ナノアーキテクトニクス研究拠点(MANA)  
アウトリーチチーム  
〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1  
独立行政法人物質・材料研究機構内



電 話：029-860-4709 (代)  
Fax：029-860-4706  
Eメール：mana-pr@ml.nims.go.jp  
ウェブ：<http://www.nims.go.jp/mana/>

CONVERGENCE：世界中の優秀な研究者をMANAのメルティングポット研究環境に結集・収斂させ、新材料の創製・イノベーションに向けて、ナノアーキテクトニクスのキーテクノロジーを統合(CONVERGENCE)していくというMANA全体を表すキーワードです。

©掲載記事・図版の無断引用・掲載はご遠慮下さい