

タテからヨコへ

# 日本MRS ニュース

For the Interdisciplinary Materials Research

Vol.20 No.2 May 2008

MRS-J  
The Materials Research Society of Japan

発行 ©日本 MRS 事務局

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10  
新橋アマビル 6階  
社団法人未踏科学技術協会内

Tel: 03-3503-4681; Fax: 03-3597-0535  
http://www.mrs-j.org/ mrs-j@sntt.or.jp

■ やあこんにちは ■

## ナノテクノロジー分野の研究開発推進 一国の狙い、企業の取り組み

三菱重工業(株)技術本部先進技術研究センター主幹研究員(前内閣府参事官) 森本 立男

民間企業の研究部門の一員として、主に構造用材料の研究開発に取り組んできましたが、縁あって、平成16年1月から平成18年12月までの3年間、内閣府総合科学技術会議に参事官(政策企画調査官)として、ナノテクノロジー・材料分野の科学技術政策の推進に関わる業務を経験しました。私自身は、世に言う重厚長大産業の研究開発部門にあって、ナノテクノロジーのような繊細な技術とはほとんど無縁な生活を送ってきたのですが、平成14年ごろから我が社内でも遅ればせながら「ナノテクノロジー」が関心の対象となり、私自身も我が国や米国の政策動向、大学や公的研究機関、産業界の研究開発現状を調査し、当社のような企業の製品に適用する可能性のある技術シーズの探索から、さらには事業化、製品化の可能性まで検討してはみたのですが、なかなか取り組み方が見出せませんでした。そのような折に、国の仕事としてナノテクノロジーの科学技術政策に携わることになったわけです。赴任当時は、国の定める5年単位の科学技術基本計画が第二期の4年度目を迎つつあり、計画の進み具合を評価しながら、時を移さず第三期基本計画の策定にかかる時期でした。したがって、赴任前に聞きかじって得た知識を国家レベルのスケールで実際に確かめ、広げることができ、私にとっては得がたい経験でした。

総合科学技術会議は第二期計画で、国が目標を明確にして取り組む8つの重点分野を定めましたが、そのなかでナノテクノロジー・材料分野は、例えばライフサイエンスや環境、エネルギーなどの分野と比較して、どのように社会と国民に役立っていくのか、なぜ国が予算を投じて取り組まねばならないのかが分かりにくいとも言えます。そこで、他の分野に先駆けて大学や公的研究機関、産業界から多くの有識者をお招きして次の5年間にどのような課題にどのように取り組んでいくべきか議論していただきました。そしてその真剣な議論の中で「True Nano」という言葉が生まれました。「True Nano」とは、国として選択し集中すべきナノテクノロジーという考え方を示した言葉であり、にせものナノテクノロジーがあってこれを排除しようというものではありません。

「True Nano」の定義はいたってシンプルで、①従来の延長線上ではない、不連続な進歩(ジャンプアップ)が期待される創造的な研究開発、②大きな産業応用が見通せる研究開発、のどちらかを満足するナノテクノロジーであればよいとしたのです。

こうした議論の結果は、ナノテクノロジー・材料分野の推進戦略を策定するために設けられたプロジェクトチームに引き継がれました。この分野は1つの分野の中に「ナノテクノロジー」と「材料」が併記されているのですが、我が国はナノテクノロジーと材料ともに世界に負けないレベルを有しており、どちらが、より重要かということではなく、2つを融合して推進することこそが我が国の強みになると記述されています。



基本計画では、国が目標を定めて取り組む研究開発と同時に、研究者の自由な発意に基づいて行われる基礎研究も重要であるとしています。ナノテクノロジー・材料の分野ではこの基礎研究の多様性と、重点分野として取り組む研究とのつながりが特に重要であり、研究資金の配分などに十分配慮すべきであるとしています。

このような地固めの議論を行ったうえで、どのようなテーマが重要で、とりわけこの5年間国が重点的に予算配分すべきテーマは何か、それぞれが「重要研究開発課題」「戦略重点科学技術」として具体的にまとめられました。「重要研究開発課題」は、何を目指しどのように社会と国民に貢献していくテーマであるかという観点に配慮して、大きく5つの領域に整理しました。例えば材料の領域は、エネルギー、環境、安全・安心と産業競争力強化といった明確な目的を掲げています。さらに、「戦略重点科学技術」においても、社会・産業界からの要請、国際競争力の優位確保というように選択の根拠を鮮明に示しています。

これらの研究開発を有効に進め、その成果を円滑に社会と国民に還元するための方策、例えば人材育成やナノテクノロジーの責任ある研究開発の取り組みといった観点も議論しました。最後に、取り組みの必要性和重要性を理解していただくために、冊子、ビデオなどの媒体を通じて分野の特徴を説明することが必要であるとして、2007年この趣旨に沿って「True Nano」というタイトルの冊子とDVDを作成し、さまざまな機会に紹介と配布に努めています。ご興味のある方は総合科学技術会議のホームページを是非参照してください。

総合科学技術会議で3年間このような業務に従事したあと、企業に戻り、もとの研究所に復帰したのですが、予想していた以上に研究の至る所でナノテクノロジーが活かされていることが感じられるようになりました。当社の太陽電池は、プラズマCVD技術で多層膜構造の薄膜として製造されますが、その性能にとって各層界面の構造制御が重要であり、ナノメートルレベルの分析、シミュレーション技術が駆使されています。数ナノメートルの精度で移動、位置決めすることのできる技術をもとにSiウェハーなどを常温で接合する技術が開発され、MEMS等の製造装置として既に事業化されました。物質表面の特性を原子レベルでシミュレートする技術が、燃料電池の電極や排ガスを処理する触媒として使用されている白金を代替する材料の探索に力を発揮しています。

日本や欧米でここ10年の間一躍ブームとなったナノテクノロジーは今、実際の製品や部材の中にそれを構成し、性能を高める技術としてしっかりと定着し、もはやナノテクノロジーなくしては技術の進歩は起き得ないとまで言える時代に踏み込み始めていることを実感しました。ナノテクノロジーと材料が作り出す明日に期待したいと思います。



■研究所紹介

奈良先端科学技術大学院大学バイオナノプロセス実験施設

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科・教授 山下一郎

1. バイオナノプロセス実験施設

バイオナノプロセス実験施設は、バイオ分子を半導体プロセスへ本格的に導入するための要素技術開発を主目的とし、さらにデバイスを試作して動作確認を行うことを目指して2003年度に建てられた(2003年10月竣工)。2000年のアメリカ大統領によるナノテクノロジーイニシアチブの導入によりバイオナノテクノロジー研究が始まったが、真のナノテクノロジーを実現するためには、最も成功を収めている半導体微細加工との融合が必須であった。そのような状況下で、本実験施設は、2003年度より始まった文部科学省リーディングプロジェクト「ナノテクノロジーを活用した新しい原理のデバイス開発」において、バイオテクノロジーのボトムアップ技術とトップダウン技術の半導体微細加工技術との融合研究を推進するため、タンパク質を扱うことができる半導体プロセス装置を導入して建てられた。奈良先端科学技術大学院大学の多くの関係者の努力の結果、適切な研究棟の設計や迅速な施工が実施されてプロジェクトの早期立ち上げが可能となった。管理運営は2003年から2008年3月31日までリーディングプロジェクトを担当した物質創成科学研究科の冬木隆教授と、松下電器および物質創成科学研究科松下電器連携講座の山下一郎が行い、2008年4月1日より奈良先端科学技術大学院大学の管理となっている。

実験施設はテニスコートとほぼ同じ床面積の総2階建ての建物で、物質創成科学研究科の南側、奈良先端科学技術大学院大学キャンパスの南の端にある(図-1)。内部の構造は1階は、半導体プロセス用のクリーンルームとTEM、STM、AFMや半導体パラメータ測定装置などを配置した計測・評価室となっている。2階部分は遺伝子操作やタンパク質精製を行うバイオ実験室と、研究員の居室およびディスカッションスペースより成っている。この構造からも分かるように、研究施設の特徴は、コンパクトな建屋にバイオ実験室と、半導体クリーンルームが同居しており、さらにはバイオ研究者と半導体研究者が集まって日々議論ができる居室とミーティングスペースを持つことである。これは、バイオ研究者と半導体研究者にある精神的な壁をまず取り払い、真の共同研究に発展実施ができるように意図して設計された結果である。半導体研究者とバイオ研究者には大きな感覚の隔りがあり、たとえば同じ「高純度」と言った言葉でもその意味は、バイオ系では99%は極めて高純度であるが、半導体技術者から言え

ば99%は低純度だと言ったことが日常的に起こる。実際、この実験施設が稼働を始めてまもないころは、研究者間の意思疎通がうまくいかない場面もあったが、次第に両者の溝が埋まっていった。これにより、当初、不可能と思われていたシリコンプロセスへのタンパク質の本格的導入が可能となっていった。

2. 研究成果

この実験施設を利用して2003年より今までに多くの研究成果が上げられた。ここでは薄膜アモルファスシリコン単結晶化(MILC)とフローティングゲートメモリの2点の研究成果を具体的に紹介する。

2.1 薄膜アモルファスシリコン単結晶化(MILC)

薄膜トランジスタを作製するためのポリシリコン薄膜の作製方法として、アモルファスシリコン薄膜のレーザーアニールによる結晶化が一般に行われているが、これに対して最近ニッケルなどの触媒金属粒子を表面に配置し熱処理してポリシリコン薄膜を作製する方法が注目されている(Metal-Induced Lateral Crystallization: MILC)。この手法では触媒粒子の位置制御と少量の触媒原子で結晶化を進めることが高品質薄膜を得る必須条件である。本実験施設では遺伝子改変を行った球殻状タンパク質、フェリチンを用いて、内部空洞で7nmのニッケル水酸化物粒子を合成し、これを基板上に低密度で配置して熱処理を行うことで、触媒ニッケル原子量を大幅に抑えてポリシリコン薄膜を作製することに成功した。図-3はニッケルコア内包フェリチンを利用したMILCの模式図と得られたポリシリコン膜を示している。厚さ50nmのアモルファスシリコンの上にフェリチンを低密度で配置し、タンパク質をオゾン処理で選択除去した後、550°C、25時間熱処理を行ったところ、ニッケルコア部分が核となりアモルファスシリコンの結晶化が行われ、それぞれの核から成長を始めた結晶は最終には全面を覆って良質のポリシリコン薄膜が得られた。このポリシリコン膜中に残存するニッケル原子量はこれまでの報告より1桁少ないものであった。さらに現在、急速加熱処理をすることで結晶ドメインは10μmを超えるものが得られるようになってきており、このポリシリコン薄膜を用いて試作したThin Film Transistor (TFT)は良好な電気特性を示した。この技術は低温熱処理が可能で、将来のプラスチック基板でのTFT実現の可能性につながると思われる。

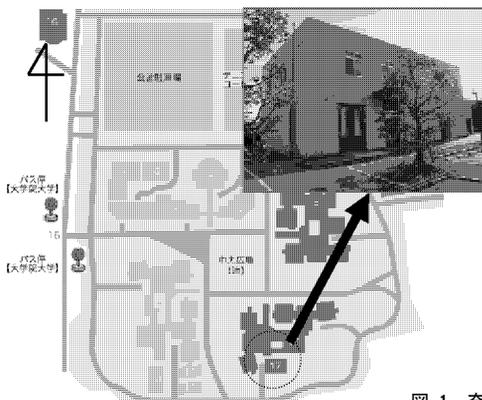


図-1 奈良先端大のキャンパスマップ



図-2 バイオナノプロセス実験施設1階半導体クリーンルーム(右)と2階バイオ実験室(左)

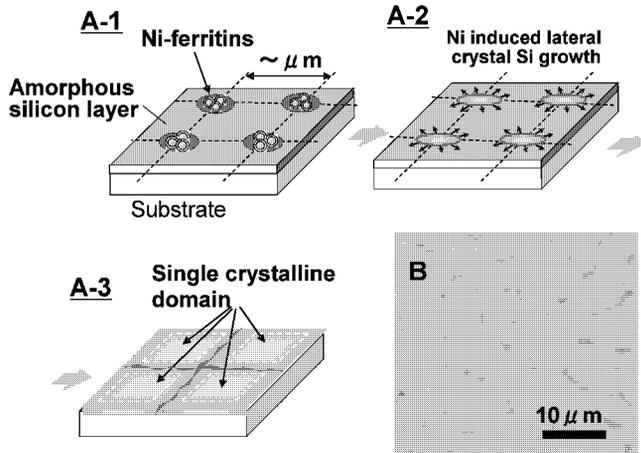


図-3 フェリチンを用いた MILC の模式図と得られたポリシリコン膜。A：アモルファスシリコン薄膜上に触媒となるニッケルフェリチンを配置して結晶の成長開始点を制御する。B：ニッケルコアの密度が数  $10^{10} \text{ cm}^{-2}$  として得られるポリシリコン膜。

### 2.2 フローティングゲートメモリ

本実験施設で、球殻状タンパク質内部で酸化コバルトを One-pot で人工的に合成し、さらに単層のナノドット配列を基板上に簡便に高密度で作製する技術が考案され完成した。また球殻状タンパク質 2 次元単層配列からタンパク質殻だけを選択的に除去し、分散したナノドット 2 次元配列を作製する手法を同じくこの施設で完成した。

この手法を組み合わせ、MOS-FET のチャンネル部分に応用し、ドット配列をチャンネル直上のトンネル酸化膜に作製した後、化学気相成長法 (CVD) により厚み約 20 nm の酸化シリコン膜に埋め込んだ。その後この酸化膜の上にゲート電極を作製し、還元性のフォーミングガス ( $\text{H}_2 : \text{N}_2 = 10\% : 90\%$ ) で  $450^\circ\text{C}$ 、1 時間アニール処理を行い、電極の導電性の改善、確保とナノドットの還元、導電性化を行うことで、図-4 の模式図に示すような、MOS トランジスタメモリ (FNGM) を作製した。断面 TEM により、孤立したナノドットが約 3 nm の熱酸化膜の上に、凝集することなく埋め込まれているのが確認された。またこのナノドットを還元する手法も別途確立し、ナノドットを電荷保持ノードとするメモリ構造が完成した<sup>2)</sup>。

作製した FNGM のドレイン電流-ゲート電圧特性 ( $I_D - V_G$  特性) は図-5 に示すように良好なヒステリシスを示した。この FNGM メモリの耐久性実験では 10 万回の書き込み、読み出しで特性の劣化がないことを確認している。またリテンションタイムも同様に作製したシリコンナノドットと同等であることが示されている。以上の結果は、単層配置されたナノドット配列が、電子デバイスのコンポーネントとして利用できることを、世界で初めて実験的に示したものであり、バイオ分子の半導体応用が可能であること、すなわちバイオナノプロセスを初めて実証したものと見える。

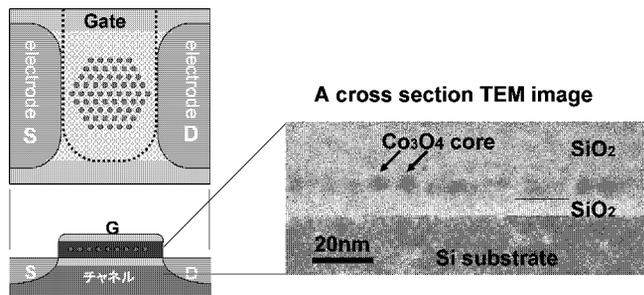


図-4 作製されたフローティングゲートメモリの模式図と断面 TEM 像

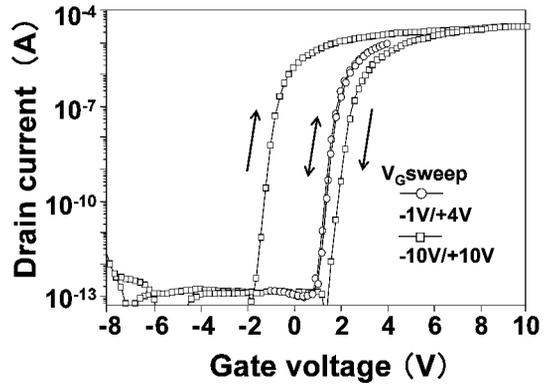


図-5 バイオ分子により作製され 2 次元配置されたナノドットを電荷保持ノードとして用いたフローティングゲートメモリの特性

### 3. その他の成果

上記に示した成果以外にも以下のような研究成果が得られている。

- ・単電子トランジスタの鋳型となるタンパク質超分子の作製
- ・アルカリイオンフリーのタンパク質ナノ粒子コンジュゲートの作製
- ・化合物半導体ナノ粒子の人工的バイオミネラリゼーション
- ・筒状タンパク質 (TMV) の内部空洞を用いた直径 4 nm の磁性ナノワイヤの実現
- ・タンパク質の選択的除去技術の完成
- ・シリコン基板上タンパク質のアルカリイオンフリー直接 2 次元結晶化技術の完成 (東工大・原教授との共同研究)
- ・ナノ粒子内包球殻タンパク質の基板上 1 分子配置の実現
- ・無機材料認識ペプチドを用いた位置制御 Bio-layer-by-layer 技術の完成 (癌研究所・芝博士との共同研究)
- ・タンパク質を利用した離散的ナノ粒子の 2 次元規則配置の基板上直接実現 (東北大・寒川教授との共同研究)
- ・ナノ粒子をマスクとするナノカラム ( $\phi 8 \text{ nm} \times 100 \text{ nm}$ )、ナノ粒子をマスクとするナノディスク ( $\phi 8 \sim 10 \text{ nm} \times 2 \text{ nm}$ ) の作製と室温量子効果実現 (東北大・寒川教授との共同研究)

以上は研究開発された要素技術やデバイスであるが、このバイオナノプロセス実験施設のもっとも大きな成果は、この実験施設でバイオ技術と半導体技術の両方に接し、両方の技術内容が分かるようになった研究者そのものであると考えている。彼らが次の発展形バイオナノプロセスを考案するものと期待している。

### 4. おわりに

本学のバイオナノプロセス実験施設は、バイオ分子を設計し、それを直ちに半導体プロセスに導入することができる、他に例を見ない施設である。今後ますますトップダウン技術とボトムアップ技術の統合、すなわちプロセスインテグレーションが求められており、本実験施設は、バイオ分子をボトムアップ技術とする研究において世界をリードし続ける舞台になると期待している。

#### 参考文献

- 1) H. Kirimura, Y. Uraoka, T. Fuyuki, M. Okuda, I. Yamashita, *Appl. Phys. Lett.*, **86**, 262106 (2005).
- 2) A. Miura, T. Hikono, T. Matsumura, H. Yano, T. Hatayama, Y. Uraoka, T. Fuyuki, S. Yoshii, I. Yamashita, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **45**, (1) L1-L3 (2006).
- 3) A. Miura, Y. Uraoka, T. Fuyuki, S. Yoshii, I. Yamashita, *J. Appl. Phys.*, **103**, 074503 (2008).

#### 連絡先:

〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 番地の 5 (けいはんな学研都市)  
 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 メソスコピック  
 物質科学講座 (松下電器産業株式会社連携講座)  
 教授 山下一郎  
 電話: 0743-72-6135 (直通) Fax: 0743-72-6196  
 e-mail: ichiro@ms.naist.jp

■トピックス



電子ビーム源 GaAs 半導体型フォトカソードの開発  
—高繰り返し短パルスと高輝度と高スピン偏極度—

理化学研究所ビームアプリケーションチーム基礎科学特別研究員 西谷 智博

1. はじめに

GaAs 型半導体のフォトカソードを利用した電子ビーム源 (GaAs 型フォトカソード電子ビーム源) は、これまで、高い偏極度を持つスピン偏極電子ビーム源として素粒子・ハドロン物理実験 (Weinberg 角の精密測定<sup>1)</sup>) や高繰り返し短パルスで大電流可能な高輝度電子ビーム源として 1 kW の赤外自由電子レーザー発生<sup>2)</sup> など、加速器科学分野に貢献してきた。さらに GaAs 型フォトカソード電子ビーム源は、線形型の次世代加速器将来計画では、放射光源加速器に用いる低エミッタンス (位相空間中でビームの占める面積) で大電流可能な高輝度電子ビーム源の有力候補<sup>3)</sup> になっており、宇宙誕生の謎に迫る加速器「国際リニアコライダー計画」<sup>4)</sup> では、唯一の実用的高性能スピン偏極電子ビーム源と考えられている。

一方、半導体デバイスの微細化や機能材料の高度化には、原子スケールでの詳細な構造解析や元素分析とともに、構造内の電気的、磁気的特性計測が不可欠と考えられている。この要求に対して既存の性能を超える次世代の電子顕微鏡が求められており、それには、要素技術である電子源の高性能化が不可欠である。GaAs 型フォトカソード電子ビーム源は、高繰り返し短パルス、高輝度と高スピン偏極の性能から、次世代の電子顕微鏡に用いる電子ビーム源として有力視できる。

2. GaAs 型フォトカソード電子ビーム源の NEA 表面

GaAs 型フォトカソード電子ビーム源は、負の電子親和力表面 (Negative Electron Affinity (NEA) 表面: 真空準位よりも伝導帯底のポテンシャルレベルが低くなる状態) を利用している。NEA 表面を利用することで、価電子帯から伝導帯底のポテンシャルレベルへ光励起した電子をそのまま真空中へ電子ビームとして取り出すことができる。GaAs 型フォトカソード電子ビーム源からの電子ビーム生成は、次に説明する、①励起過程、②拡散過程、③脱出過程、の 3 ステップモデルの現象論で説明できる<sup>5)</sup>。

- ①フォトカソードへ励起光を入射し、価電子帯電子を伝導帯へ励起する (励起過程)。
- ②伝導帯へ励起された電子は、表面へと拡散する (拡散過程)。
- ③表面まで到達した電子は、表面障壁をトンネルし、真空中へ脱

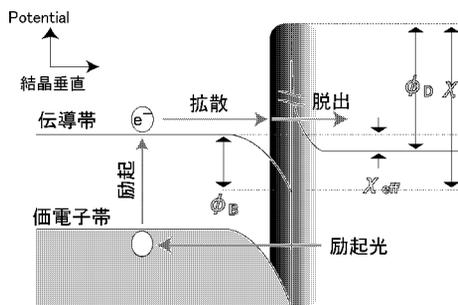


図-1 GaAs 半導体フォトカソードからの電子放出

出する (脱出過程)。

GaAs 半導体では、約 4 eV の電子親和力 (真空準位と伝導帯底のエネルギー差) があり、NEA 表面状態を作るために次のようなプロセスが必要である。

初めに p 型ドーピングの GaAs 半導体を真空中で加熱し、酸化物や炭化物などの表面不純物を除去し清浄にする。これにより、表面領域にバンドベンディングを生じさせ、真空準位を半導体のバンドギャップの半分程度 (φ<sub>B</sub>) 下げることができる。

次に結晶表面に微小の光電流が得られるように、まずセシウムを蒸着し、その後、光電流の飽和毎にセシウム蒸着と酸素付加を最大の光電流が得られるまで交互に繰り返す (図-2(左))。

この方法により、残りの真空準位 (φ<sub>B</sub>) を下げて NEA 表面状態ができる<sup>6)</sup>。この表面は、微量な H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 等の残留ガスで劣化するため、処理と維持には、超高真空以下の真空度が必要である。

清浄な GaAs 半導体の電子親和力を χ とすると、NEA 表面活性化により得られる電子親和力 χ<sub>eff</sub> は、

$$\chi_{\text{eff}} = (\chi - \phi_B) - \phi_B \quad (\chi_{\text{eff}} < 0)$$

と表される。

NEA 表面状態の良否の判定方法として、次に示す入射光子数に対する真空に取り出した電子数の割合 (量子効率、QE) を指標としている。

$$QE = \frac{N_e}{N_{\text{ph}}} = \frac{I/e}{P\lambda/hc} = 1240 \times \frac{I(A)}{P(W)\lambda(\text{nm})}$$

ここで、光電流 I、励起光の出力 P、波長 λ

セシウム蒸着と酸素付加を交互にする方法は経験的なものであり、セシウムや酸素の結合状態など基礎的理解はまだ十分に得られていない。その表面状態のモデルとして、図-2(右)に示すような原子層厚レベルのセシウムとガリウム原子による電気双極子状態 (ダイポールモデル) が提案されている<sup>7,8)</sup>。

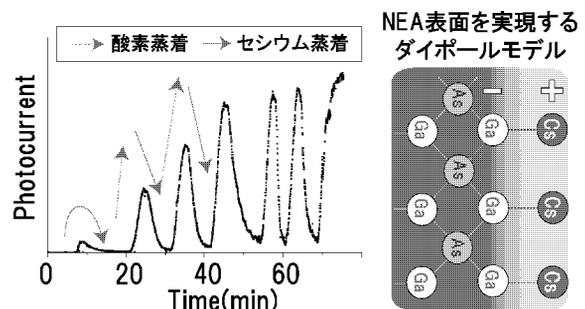


図-2 光電流モニターを用いた NEA 表面活性化(左)と NEA 表面モデル(右)

3. 電子ビーム特性

GaAs 型フォトカソード電子ビーム源では、NEA 表面を利用しているため、GaAs 半導体内で価電子帯電子を伝導帯へ励起する入射光と半導体の層構造やポテンシャル構造の制御により高繰り返し短パルス、高輝度 (低エミッタンス、大電流) や高スピン

偏極度の電子ビーム生成が可能である。

### 3-1 高繰り返し短パルス電子ビーム

パルス電子ビームは、パルスレーザー励起で得られるが、短い時間構造をもったパルスレーザーに対して、電子が表面へ到達するまでの拡散過程でパルス時間構造が延びてしまう。このため、入射パルスレーザーのパルス時間構造を持った電子ビームを得るためには、半導体の電子ビームを取り出す層厚（活性層）を調整する必要がある。K. Aulenbacher らにより、活性層の厚みを100 nmとしたGaAs型フォトカソード電子ビーム源で、繰り返し76 MHz-パルス幅1.6 psの高繰り返し短パルス電子ビーム生成が得られている<sup>9)</sup>。

### 3-2 高輝度電子ビーム

GaAsフォトカソード電子ビーム源は、電子ビーム引出しの際にグリッドを必要とせず、かつ電子ビームのエネルギー幅( $<0.3$  eV)<sup>11)</sup>が小さくできるためエミッタンスが小さくでき、さらに大電流引出しが可能という点で高輝度と考えることができる。この特徴を生かした実用例として、ジェファーソン研究所による自由電子レーザー加速器では5 mA（放出面積0.283 cm<sup>2</sup>）の大電流が実現している<sup>12)</sup>。

### 3-3 高スピン偏極電子ビーム

GaAs半導体は、図-3(左)のように $\Gamma$ 点でスピン状態の違う、重い正孔準位と軽い正孔準位が縮退している。このため、バンドギャップエネルギーの円偏光励起で、スピン偏極電子ビームが得られるが、その最大偏極度は原理的に50%である。高い偏極度を得るための手立てとして、半導体結晶内部に格子歪みや超格子構造を取り入れることでこの縮退をエネルギー的に分離することができる。このようなGaAs型フォトカソード電子ビーム源としてGaAs-GaAsP歪み超格子半導体により約90%のスピン偏極度を持った電子ビーム生成に成功している<sup>10)</sup>。

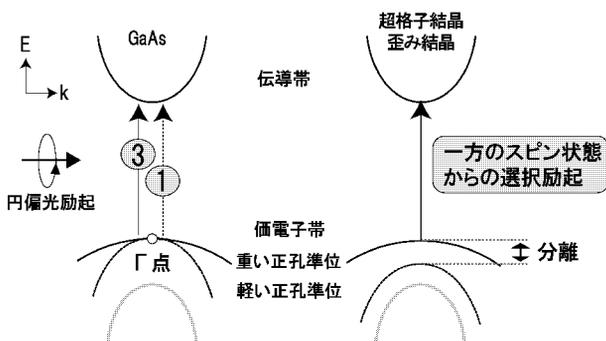


図-3 GaAs半導体のポテンシャルと超格子構造、歪み構造による縮退の分離

## 4. 高耐久化と高性能化の追求

GaAs型フォトカソード電子ビーム源は原子層レベルで形成するNEA表面を用いているため、表面の劣化に伴い、量子効率の低下と放出電子のエネルギー幅の不安定性の問題がある。さらに、mA級の大電流引出しという次世代放射光源用電子源の要求性能に対して、量子効率性能が不十分であるため、励起レーザーへの負荷（高出力化）の問題がある。これらの問題に対して、これまで名古屋大学ベンチャービジネスラボラトリー（VBL）、同大学工学研究科との共同開発研究として、GaAs型フォトカソード電子ビーム源の高耐久化と高量子効率化に取り組んできた。

初めに我々は、GaAs型フォトカソード電子ビーム源の高耐久化と高量子効率化に対する独自のアイデアとして、砒化アルミニ

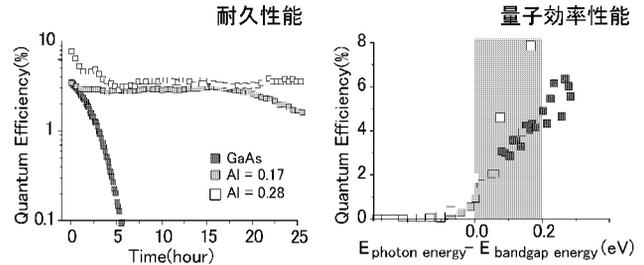


図-4 光電流引出し下での量子効率経時劣化の様子（耐久性）（左図）とNEA表面形成時の量子効率性能（右図）：Al混晶比を大きくするに従い耐久性と量子効率性能共に向上している

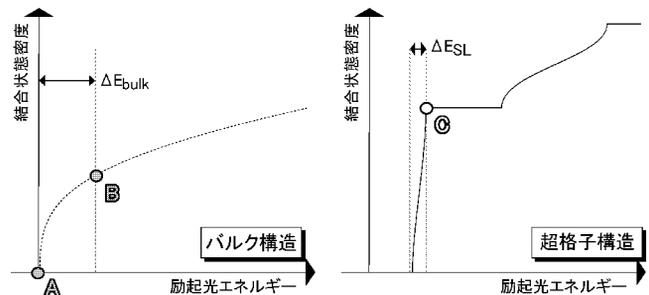


図-5 超格子構造とバルク構造の電子のエネルギー結合状態密度

ウム（AlAs）半導体に着目した。NEA状態（ $\chi_{\text{eff}} < 0$ ）を長時間にわたって維持する（高耐久化）には、電子親和力が小さく、量子効率に対応する結合状態密度<sup>13)</sup>の高い材料が望ましいと考えたためである。

AlAs半導体は、従来用いられてきたGaAs半導体に比べて電子親和力が小さく（ $\chi_{\text{AlAs}} = 3.8$  eV,  $\chi_{\text{GaAs}} = 4.1$  eV）、かつAlAs半導体の電子の有効質量（ $m_{\text{AlAs}}^* = 0.50m_0$ ）がGaAs半導体の値（ $m_{\text{GaAs}}^* = 0.066m_0$ ）よりも大きいことから電子の結合状態密度が、GaAs半導体よりもAlAs半導体が高い。そこで、我々は、Alの混晶比を系統的に変えたバルク状AlGaAs半導体フォトカソード電子ビーム源を名古屋大学VBL所有の分子線ビームエピタキシー装置により作製した。この新型フォトカソード電子ビーム源を用いた図-4に示す性能評価で、従来技術であるバルク状GaAs半導体をはるかに超える10倍以上の耐久性と2倍の量子効率性能を同時に達成できた<sup>14)</sup>。

さらに筆者は、超格子構造で高量子効率化と電子ビームのエネルギー幅の極小化を同時に実現できるフォトカソード電子ビーム源を提案している<sup>14),15)</sup>。それは、次のように説明できる超格子構造を持つ半導体の結合状態密度の特徴を生かしたアイデアである。

図-5(左)のように従来技術のバルクGaAs半導体では、励起エネルギーの2乗根に従い電子のエネルギー状態密度が連続的に変化する。このため、半導体内の伝導帯で電子のエネルギー幅抑制のためにバンドギャップエネルギーの光で電子励起したとき、量子効率が小さくなる（図-5中A点）。反対に高い量子効率を得るためにバンドギャップより大きなエネルギーの励起光を用いると、エネルギー幅（ $\Delta E_{\text{bulk}}$ ）が広がってしまう。

一方、図-5(右)のように、超格子構造では、周期ポテンシャル構造の量子閉じ込め効果により、バンドギャップエネルギー付近で電子の状態密度が、急激な立ち上りを示す（図-5中C点）。また、その立ち上りのエネルギー幅（ $\Delta E_{\text{SL}}$ ）は、井戸障壁層の幅や

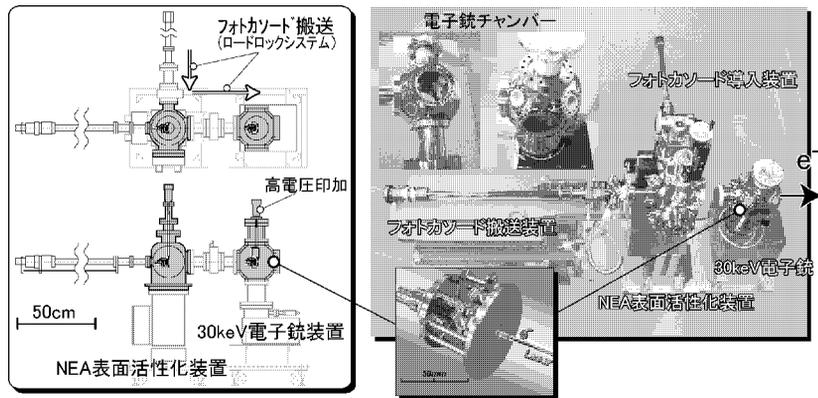


図-6 30 keV フォトカソード電子銃

物質選択により極めて小さくできる。これは超格子構造が、電子ビームエネルギー幅の小さいまま量子効率がバルク構造よりも遙かに高くなることを示唆している。

現在、この超格子構造フォトカソード電子ビーム源の半導体の設計と作製を進めている。

### 5. フォトカソード電子銃

フォトカソードの量子効率や耐久性能は、入射光の出力値と引き出す光電流値により評価するため、空間電荷効果による引き出し電荷量制限のない電子ビーム生成が必要である。また、Mott散乱を用いたスピン偏極性能を評価するためには、20~40 keVに生成電子ビームを加速する必要がある<sup>10)</sup>。そこで、理化学研究所では図-6に示す30 keV フォトカソード電子銃の開発を進めている。この装置は、フォトカソード導入-搬送装置、NEA表面活性化装置と30 keV電子銃で構成しており、半導体結晶はそれぞれの装置間で超高真空中を搬送できるようになっている。

半導体結晶を搬送装置で大気中から導入し、NEA表面活性化装置内で表面の加熱洗浄とNEA表面活性化を行う。次にこのフォトカソードを30 keV電子銃へ搬送し、量子効率と耐久性能の測定を行う。

GaAs型半導体はバンドギャップエネルギーが、励起レーザーや光学素子が比較的充実している可視波長域にあるため、本装置では、高繰り返し短パルス、スピン偏極や大電流(高電圧電源仕様:30 kV、20 mA)までの電子ビーム生成を予定している。

### 6. 今後の展開

現在開発を進める超格子フォトカソード電子ビーム源では、これまでにない高い量子効率の実現を目指し、次世代放射光源用電子源の要求に対して、大電流20 mAの引出し実証試験を行う。

30 keV フォトカソード電子銃では、引き出した電子ビーム利用のための静電レンズ等の制御装置の設計、開発を行うとともに、フォトカソード電子ビーム源のスピン偏極性能評価のためにMott散乱型偏極度測定装置の設計を行う。

GaAs型フォトカソードのNEA表面のメカニズムは、いまだ全容解明に至っていない。このメカニズム解明のため、佐賀大学シンクロトロン光応用研究センターとの共同研究として、放射光を用いたGaAs型フォトカソードの表面原子層領域でのセシウム原子とガリウム原子の結合状態を研究中である。

### 7. おわりに

フォトカソード電子ビーム源の研究・開発は、カソードの設計や評価、材料創製や表面処理、また周辺を支えるレーザーや電子

銃などの技術要素などの分野を超えた融合領域であり、その技術の向上や現象の解明には、異分野の連携が必要不可欠である。

このように異分野にわたる本研究の遂行にあたって、半導体作製では、名古屋大学VBLの田淵雅夫准教授と同大学工学研究科の竹田美和教授をはじめとする竹田研究室の方々、フォトカソード電子ビーム源の表面研究では、鎌田雅夫教授、杉山陽栄博士研究員をはじめとする佐賀大学シンクロトロン光応用研究センターの方々と共に研究を遂行し、単独の分野ではなし得ない開発・研究を総合的に行っている。

### 参考文献

- 1) SLD Collaboration, *Phys. Rev. Lett.*, **70** [17], pp. 23-31 (1993).
- 2) G. R. Neil, et al., *Phys. Rev. Lett.*, **84**, pp. 662-665 (2000).
- 3) Sol M. Gruner, et al., *Review of Scientific Instruments*, Vol. **73**, Issue 3, pp. 1402-1406 (2002).
- 4) "International Linear Collider Reference Design Report", Vol. **3**, pp. 32-40 (2007), <http://www.linearcollider.org/cms/>.
- 5) W. E. Spicer, A. Herrera-Gomez, "Modern theory and applications of photocathodes", SLAC-PUB-6306 (1993).
- 6) N. Takahashi, S. Tanaka, M. Ichikawa, Yong Q. Cai, M. Kamada, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **66**, pp. 2798-2804 (1997).
- 7) C. Y. Su, et al., *J. Appl. Phys.*, **54** (1983) 1413.
- 8) A. H. Sommer, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **17** (1970) 273.
- 9) K. Aulenbacher, et al., *J. Appl. Phys.*, **92** [12], pp. 7536-7543 (2002).
- 10) T. Nishitani, et al., *J. Appl. Phys.*, **97**, 094907 (2005).
- 11) D. A. Orlov, et al., *Nucl. Instrum. Methods*, A 532, 418 (2004).
- 12) Charles K. Sinclair, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A 557, pp. 69-74 (2006).
- 13) 御子柴宣夫, 半導体の物理, 培風館 (1982).
- 14) T. Nishitani, et al., *Proceedings of International Free Electron Laser Conference*, pp. 319-322 (2006).
- 15) T. Rao, A. Burrill, X. Y. Chang, J. Smedley, T. Nishitani, C. Hernandez Garcia, M. Poelker, E. Seddon, F. E. Hannon, C. K. Sinclair, J. Lewellen, D. Feldman, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A 557, pp. 124-130 (2006).
- 16) L. G. Gray, M. W. Hart, F. B. Dunning, G. K. Walters, *Rev. Sci. Instrum.*, **55**, 88 (1984).

### 連絡先:

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1  
 理化学研究所ビームアプリケーションチーム  
 西谷智博  
 TEL: 048-462-1493 (直通) FAX: 048-462-1271 (直通)  
 E-Mail: tnishitani@riken.jp

## 追悼

## お世話になった尊敬するサイツ先生を偲んで

東京大学名誉教授・帝京科学大学名誉教授 堂山 昌男

フレデリック・サイツ (Frederick Seitz) 先生がニューヨーク市マンハッタンで亡くなられた。毎年クリスマスカードを頂くのに、今回は来ないので、心配していた矢先であった。

Frederick Seitz 先生は1911年7月4日(独立記念日) サンフランシスコに生まれ、1932年 Stanford 大学、数学で学士を取られた。Princeton 大学に移って Wigner 教授がアメリカに渡って、初めての大学院生として1934年2年間で Ph. D. を23才の若さで取得した天才であった。この間に行った仕事で Wigner-Seitz cell として、多くの教科書にも必ず出てくる群論を結晶学に応用した仕事は余りにも有名である。また、銅という具体的材料について量子力学を応用した最初の人でもある。

プリンストン大学の後、ローチェスター大、ジェネラル・エレクトリックにも職を置き、当時発展しつつあった真空管の具体的な材料の実験にも携わった。蛍光、燐光、カラーセンターの有名な仕事も GE にいた時の仕事の一部である。

この間に Modern Theory of Solids (McGraw-Hill Pub. Co., New York, 1940) という不朽の名著を29才の若さで出版し、それまで物理学に存在しなかった固体論、物性論の学問分野を初めて打ち立てた。



写真-1 サイツ先生が「この頃博士資格試験が難しくなってきた、学生が「まいない」を持って来るので、ゴルフをするのに忙しい」とおどけて物理のパーティで。



写真-2 Frederick Seitz 先生、ロックフェラー大学名誉学長室にてご自分で PC を打たれていた。

第2次世界大戦中、ペンシルバニア大学、カーネギー工科大学と移り、金属、無機、半導体、有機材料と分かれている研究分野を材料という横型の、今日でいういわゆる材料科学の考えを説いて回った。戦争直後サイツ博士はオークリッジ国立研究所において、原子力の平和利用のトレーニング・センターを開催すると同時に、当時台頭しつつあった結晶欠陥(格子欠陥)転位、点欠陥、照射損傷の実験、理論を推進し数々の業績を残した。1949年カーネギー工科大学、バーディーン等20数人を引き連れて、イリノイ大学に移り、格子欠陥の世界のメッカを築き上げた。イリノイ大学の研究担当の副学長にもなられた。百巻近い Progress in Solid State Physics もサイツ先生の編集シリーズ(1954年より)である。

サイツ先生を知る者はその控え目なお人柄と暖かさに引かれる人が多い。それにもかかわらず、National Academy of Science の会長、NATO、アメリカ大統領、悪性腫瘍委員会(このため、広島を毎年のように訪問し、原爆の罹災者の研究を行っていた)、スミソニアン顧問等を歴任し、Franklin Medal, Compton Medal (National Medal of Science, NASA Public Service Awards, National Academy of Engineer's Distinguished Honored Award, 32大学からの名誉博士を与えられ、イリノイ大学の材料研究所はサイツ研究所と名付けられている。加速器研究所のフェルミラボをイリノイに自分で来たのもサイツ先生だと言われている。日本金属学

会の名誉会員でもある。多くの日本の材料、固体物理関係研究者招聘しているし、毎年のように屢々日本を訪問されていた。

サイツ先生はイリノイ大学時代多くの日本人物理学者をよんでいる。筆者の記憶にあるだけでも、武藤俊之助、山下次郎、山口義夫、鈴木平、吉田銚、小林浩一、神前熙、山形武虎、西島和彦、藤田英一、藤原浩、二宮敏行、比企能夫、紀隆雄、深井有、一丸節夫、桐谷道雄、下村義治、木暮嘉明、小杉俊男、等々(敬称略)。筆者も戦後日本で行われた最初の国際会議(理論物理、1953年)でお会いしたのをきっかけに大学院学生としてサイツ先生に招待された。長い間、台湾の原子力委員会の委員をされていたので、その途中日本に寄られ、関係者が何度か集まったことがあった。Betty 奥様もご一緒のことがあった。日本学術振興会でお呼びしたときには航空運賃もエコノミーしか出せず、1日18,000円の滞在費で虎の門パストラルに泊まらせてしまったが、文句一つ言われず、近所のホテル大倉まで、毎日 New York Times を買いに行かれた。それ以後、学術振興会にも特別の枠が出来た。東京大学国際シンポジウム「材料と未来社会」(昭和61年11月10~12日、東京大学山上会館、東京大学・文部省主催)でも講演して下さった。

サイツ先生はロックフェラー大学(野口英世の所属していた大学)の初代の常勤学長となり、最後まで名誉学長として、毎日來学し、材料、固体論学者の歴史の本などを96才過ぎててもご自分で PC を使って原稿を書いておられた。その中で Electronic Genie, The Tangled History of Silicon (University of Illinois Press, 1998) は日本語にも翻訳(内田老鶴圃)されている。1994年に American Institute of Physics Press から出版された On the Frontier, My Life in Science にはサイツ先生が付き合った1,000人以上の人が載っている。

学識ある奥様との間にお子様がなく、甥を養子に迎えられ、奥様にも先立たれ、晩年は甥の住むカルフォルニアとニューヨークを行ったり来たりされていた。

大変お世話になった尊敬するサイツ先生のご冥福をお祈りして稿を終える。

■会議報告



MRS Spring Meeting 2008 報告

独立行政法人物質・材料研究機構 若山 裕

3月24日～28日の5日間、快晴のサンフランシスコでMRS Spring Meetingが開催された。街の中心にあるMoscone West Conference CenterとMarriott Hotelが例年通り会場となった(写真-1)。42のセッションと12のtutorialが開催され、中でもSiデバイスに関するセッションが複数あったことと、ポストSiデバイスを見据えたナノワイヤや酸化物エレクトロニクスのセッションが目立っていた。ナノワイヤといえばこれまでカーボンナノチューブ一辺倒だったものが、Siや化合物半導体などのワイヤデバイスに関する研究が目立ち始めている。やはり加工性や集

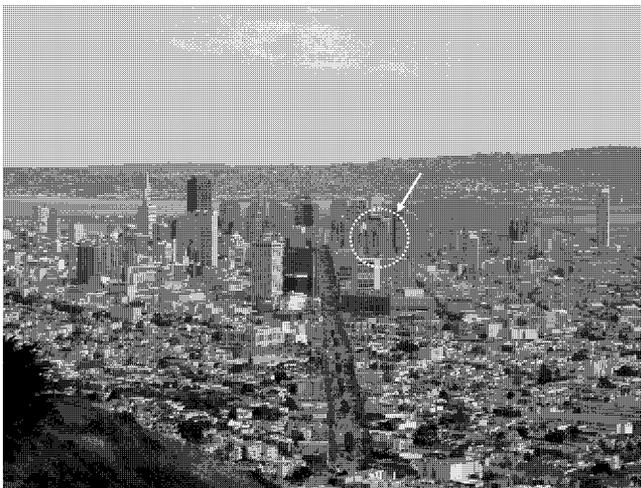


写真-1 サンフランシスコ遠景：会場となったMarriottホテルの特徴的なビルが写真中央に見てとれる。

積性では優位性があるためであろう。また今話題のGrapheneに関する発表はまだ少なかったものの、その発表には立ち見ができるほどの活況を呈していたのが印象的であった。環境・エネルギーに関するセッションも多く見られたことも最近の流れであろう。

このMRSはポスターセッションを重視していることが特長といえる。単に発表件数の数をこなすためではなく、優れた発表にはポスター賞を授与するなど参加者へのモチベーションを上げることに工夫が見られる。夜8時以降に開催され、食事とアルコールを取りながらいつもながらに活発な討議が行われた。またScience As Artと称して写真コンテストが開かれた。ユニークな電子顕微鏡写真などが展示され、参加者が投票して受賞者を決めていく。このような遊び心は日本の学会も取り入れてもいいであろう。

私が参加したセッション「Conjugated Organic Materials—Synthesis, Structure, Device & Application」は、organizer曰く「MRS史上最高の人数が参加したセッションとなった」。有機エレクトロニクス全般を対象としており分野も多岐にわたり、そのため初日の午前中から最終日の午後までフルにoral sessionが開催された。主にEL、トランジスタ、太陽電池に関する発表が多く見られた。有機ELは市場に出回ったことでその名が一般にも浸透したが、一方で学会レベルでの研究はピークを過ぎたのかもしれない。むしろ環境やエネルギー問題が取り上げられている昨今の事情からか、有機太陽電池の発表件数が一気に増加している。まだ変換効率が実用化からはほど遠いレベルにあるので、今後も基礎研究が必要とされている分野である。これと平行してセッション「Materials & Technology for Flexible, Conformable & Stretchable Sensor & Transistor」が開催された。有機エレクトロニクスが目指すところの軽量で曲げられるセンサーやディスプレイの開発を取り上げていた。これが先のセッションから独立して開催されたことから、この分野がいよいよ実用化に向けた応用指向が強まってきたことを印象づけた。

開催が3月末で日本の学会シーズンと重なったためか日本からの参加者は例年よりも少なかったように思われる。一方、正確な数字はわからないが韓国(特に大学)からの発表者の多さが目立っていた。来年は例年通り4月開催となる。

ご 案 内

■IUMRS アジア国際会議 2008 (IUMRS-ICA 2008 (The IUMRS International Conference in Asia 2008))

会 期：2008年12月9日(火)～13日(土)

開催場所：名古屋市国際会議場(名古屋市熱田区熱田西町1番1号)

主催団体名：日本MRS (Materials Research Society of Japan (MRS-J))

共催団体名：International Union of Materials Research Society (IUMRS)

- Chinese Materials Research Society (C-MRS)
- Materials Research Society of India (MRS-I)
- Materials Research Society of Korea (MRS-K)
- Materials Research Society of Singapore (MRS-S)
- Materials Research Society of Taiwan (MRS-T)

組織委員長：名古屋大学 エコトピア科学研究所 高井 治

問合せ先：Secretariat for IUMRS-ICA 2008, Inter Group Corporation, 2-38-2, Meieki, Nakamura-ku, Nagoya 450-0002, JAPAN

Phone: +81-52-581-3240, Fax: +81-52-581-5585



E-mail: iumrsica2008@intergroup.co.jp

IUMRS-ICA 2008は、材料研究の最先端で活躍する研究者や技術者を世界中から広く募集・招聘し、横断的研究交流を図ります。さらに、あらゆる材料研究分野に焦点を当て、アジアの材料研究を世界に向けて強く発信します。なお、本会議は40のシンポジウムからなり、全参加者数は1500人以上となる見込みです。各シンポジウムタイトルは以下のとおりです。

シンポジウムタイトル一覧

- A. Reactivity of Solids
- B. Development of Oxide Nanocomposites-Bulks, Thin Films and Nano-structures
- C. Design of Green Energy Materials

- D. Liquid Crystals and Ordered Soft Materials
  - E. Materials for Living—Environment, Energy and Medicine—
  - F. Science and Technology of Smart Hydrogels
  - G. Self-Assembled Materials
  - H. Advances in the Application of Biomass
  - I. Structure Induced Giant Nature
  - J. Joining Technology for New Metallic Glasses and Inorganic Materials
  - K. Frontier of Biointerfaces
  - L. New Analytical and Assessment Methods in Material and Environmental Technologies
  - M. Innovative Material Technologies Utilizing Ion Beams
  - N. Fullerene Nano Materials
  - O. Non-equilibrium Plasma Processing in High Density Media
  - P. Advanced Ferroic Materials: Processing, Characterization and Device Application
  - Q. Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies
  - R. Carbon Nanotubes: Synthesis, Characterization and Application
  - S. Nature Technology
  - T. Bio-inorganic Devices
  - U. Thermoelectric Energy Conversion
  - V. Ceramic Materials for Biomedical Applications
  - W. Liquid Phase Processing and Self-assembly of Inorganic Nano Materials
  - X. Applications of Synchrotron Radiation and Neutron Beam to Soft Matter Science
  - Y. Frontier of Polymeric Nano-Soft-Materials-Precision Polymer Synthesis, Self-Assembling and Their Functionalization
  - Z. Material Science and Process Technologies for Advanced Nano-Electronic Devices
  - AA. Rare-Earth Related Material Processing and Functions
  - BB. Advanced Superconducting Materials—From Basic Physics to Processing Technologies—
  - CC. Innovation in Metal Forming
  - DD. Electrochemical Processing of Tailored Materials
  - EE. Mesoscale Design of Materials
  - FF. Preparation, Characterization and Application of DLC Films
  - GG. Chromic Materials and Applications
  - HH. Synthesis of Nano Porous Ceramics for Thermal Insulation/Barrier Techniques
  - II. Frontiers of Surface Technology
  - JJ. Smart Processing Technology
  - KK. Nano-Biotechnologies on Interfaces
  - LL. Special Symposium—Japanese Advanced Industries to Lead the World—
  - MM. Special Symposium—Surface-Tokai Wide Area Nano-Technology Manufacturing Cluster
  - NN. Special Symposium—Materials Education—
- アブストラクト提出: webからの提出となります (<http://www.iumrs-ica2008.jp/index.html>)
- アブストラクト締切: 6月30日(月)
- 詳細: <http://www.iumrs-ica2008.jp/index.html>
- IUMRS 関係の会合
- ◇ MRS International Materials Research Conference、2008年6月9日~12日、Chongqing, China、主催 MRS
  - ◇ IUMRS-ICEM 2008、2008年7月28日~8月1日、Hilton Sydney, NSW, Australia、A-MRS
  - ◇ IUMRS-ICA 2008、2008年12月9日~13日、Nogoya Congress Center, Nagoya、日本、主催 MRS-J
- Trans. of the MRS-J, Vol. 33, No. 1, March (ISSN 1382-3469)
- 掲載論文は以下のとおりです。
- regular paper 2報
- Session A: Domain Structure Related Ferroic Properties and New Functional Materials: 14報
- Session B: Fabrication, Characterization and Application of Molecular Thin Films: 15報
- Session F: Advanced Nanostructured Materials: 13報
- 合計 44報。
- 詳細: 東京工業大学大学院理工学研究科鶴見研究室 伊井さとみ (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1-S7-2、tel: 03-5734-2517、fax: 03-5734-2514)



## To the Overseas Members of MRS-J

■ An Experience in Advancing the Planning Process of Japan's Science and Technology Basic Plan and Promotion Strategy for Nanotechnology/Materials.....p. 1  
Tatsuo MORIMOTO, Advanced Technology Research Center, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

In 2004, unexpectedly, I had an opportunity to participate in planning process for Governmental Science and Technology Policy for three years as one of the government official of the Cabinet Office. I was in charge of Nanotechnology/Materials area. In order to draw up a next five year promotion strategy for Nanotechnology/Materials, we asked many experts from academia and industry to discuss each other. From the discussion, in order to allocate governmental budget of Nanotechnology, the new word "True Nanotechnology" was born. This word means to "Exceed a limit of conventional technology by making use of nanotechnology", and to "Create a new industry and change the dreamy future into the real life". And all the

main subjects are set to benefit public and society in some region such as medical and health, electronics, etc. Human resource fostering and responsible research and development of nanotechnology are also described. I have returned to original position after three years' service in the Cabinet Office. Although our company belong heavy industry, now I can easily find many nanotechnology applications in products. It is clear that Nanotechnology has already well-established not only in academia but also in industry. I expect a future which will be spun out from "Nanotechnology and Materials".

■ Introduction of the Bio Nano Process Lab. at Nara Institute of Science and Technology .....p. 2  
Prof. Dr. Ichiro YAMASHITA, Graduate School of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology

The Bio Nano Process Laboratory was built in 2003 to persuade the feasibility to produce the key components of nano-electron devices using nanometric bio-molecules (the

Leading Project by the Ministry of Education Culture, Sports, Science and Technology). This 2 story building, the floor space of which is as large as a tennis court, has bio-lab on the 2<sup>nd</sup> floor and the clean room for semiconductor process on 1<sup>st</sup> floor. It has a discussion space on the 2<sup>nd</sup> floor, which makes it possible for both semiconductor and bio researchers to meet and discuss daily. As a result of many researchers' effort, many breakthroughs took place in the facility and one of the most important events so far was the successful production of the floating gate memory which was equipped with nanodots produced and arrayed by cage-shaped protein. The Bio Nano Process Lab. now enter the second stage for the nanometric functional structure construction.

■ Development of High Brightness Electron Beam Source Using III-V Semiconductor Photocathodes.....p. 4  
Dr. Tomohiro NISHITANI, Special Postdoctoral Researcher, The Institute of Physical and Chemical Research, RIKEN

III-V semiconductor photocathodes is eminently stable high brightness electron source for the next generation light source

based on linac. However the photocathodes has negative electron affinity (NEA) surface lifetime problem. We developed bulk-AlGaAs photocathodes with stronger NEA surface than that of the conventional bulk-GaAs photocathode. From quantum efficiency and its lifetime measurements, it was found that bulk-AlGaAs photocathode has two times larger quantum efficiency and more than 10 times longer life than bulk-GaAs photocathode.

■ The Report of MRS Spring Meeting 2008 .....p. 8  
Yutaka WAKAYAMA, Ph. D., Advanced Electronic Materials Centre, National Institute for Materials Science

The MRS Spring meeting 2008 was held on 24<sup>th</sup>-28<sup>th</sup> March 2008. Total 42 sessions and 12 tutorials were held in parallel at Moscone West Conference Center and Marriott Hotel in San Francisco. Many application-orientated sessions, such as "beyond CMOS", "Flexible Sensor" and "Front-End processing", were organized. Other sessions related to the field of "Eco & Energy" were also prominently featured.

■訂正

MRS-J ニュース、vol. 20, No. 1 (2008)、7 頁に掲載の「セッション N」のチェアの名前に誤りがありました。正しくは以下のとおりです。お詫びして訂正します (敬称略)。

岡部敏弘 (青森県工業総研)/須田敏和 (職業能開大)/吉澤秀治 (明星大)/村上雅人 (芝浦工大)/高崎明人 (芝浦工大)/伊藤峯雄 (近畿大)/田中良平 (森林総研)/柿下和彦 (職業能開大)/秦 啓祐 (滋賀職業能開短大)/辻純一郎 (ポリテクセンター群馬)

目次	
01 やあこんにちは ナノテクノロジー分野の研究開発推進一国の狙い、企業の取り組みー 森本立男	繰り返短パルスと高輝度と高スピン偏極度ー 西谷智博
02 研究所紹介 奈良先端科学技術大学院大学バイオナノプロセス実験施設 山下一郎	07 追悼 お世話になった尊敬するサイトウ先生を偲んで 堂山昌男
04 トピックス 電子ビーム源 GaAs 半導体型フォトカソードの開発ー高	08 会議報告 MRS Spring Meeting 2008 報告 若山 裕
	08 ご案内/To the Overseas Members of MRS-J

編後記 現在、大学教員のままで文部科学省研究振興局基礎基盤研究課ナノテクノロジー・材料開発推進室に所属し、平日は役人として仕事をしております。ここ数年、ナノテクノロジー・材料分野では、文部科学省と経済産業省の実質的連携が急速に進んでいます。材料関係では、19 年度から元素戦略と希少金属代替をそれぞれキーワードにした研究プロジェクトが両省で始まり、共同公募等の実質的な連携が行われました。また、ナノエレクトロニクス分野では、国としての戦略を両省が同じテーブルで話し合う場 (ナノエレ合同戦略会議) を、様々な方々の協力を得ながら立ち上げることができました。こちらも 19 年度に経産省と JST との間で公募段階から連携したプロジェクトが立ち上げるなど、本気の連携が進んでいます。これまで府省間連携が不十分であったことが、我が国の科学技術が諸外国に対して押され気味な原因の一つだと言えるかもしれません。掛け声だけではなく、「産」「学」「官」それぞれが人事も含めて連携を着実に進め、「オールジャパン体制」を構築する努力を続けることが、「科学技術創造立国日本」にとって不可欠であると認識しています。

さて「エセ役人」になって感じたことは、科学行政を担う彼らの任務の重さと優秀さ、勤勉さです。「現世の悪代官」がいるのも確かですが、自分を半ば犠牲にしながら夜中まで、いや明け方まで、それこそ「公僕」として、働いているお役人達がいることも忘れないでください。

ところで、今回が編集委員の初仕事でした。二足の草鞋での多忙を理由 (いいわけ) に、新人にも拘わらず原稿発注等が遅れ遅れとなりましたが、編集委員会の諸先輩方の暖かい励まし (厳しい催促?) によって、なんとか初任務を終えられそうです。正直、ホッとしております。 (松下伸弘)

©日本 MRS 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10 新橋アマノビル 6 F 社団法人未踏科学技術協会内  
Tel: 03-3503-4681; Fax: 03-3597-0535; http://www.mrs-j.org/ E-mail: mrs-j@sntt.or.jp  
2008 年日本 MRS ニュース編集委員会 第 20 巻 2 号 2008 年 5 月 10 日発行  
委員長: 中川茂樹 (東京工業大学大学院理工学研究科、nakagawa@pe.titech.ac.jp)  
委員: 寺田教男 (鹿児島大学大学院理工学研究科)、小棹理子 (湘北短期大学情報メディア学科)、川又由雄 (芝浦メカトロニクス)、富田雅人 (コーニング研究所)、岩田展幸 (日本大学理工学部)、Manuel Brito ((独)産業技術総合研究所)、松下伸弘 (東京工業大学応用セラミックス研究所)、小林知洋 ((独)理化学研究所)、伊藤 浩 (東京工業高等専門学校)  
顧問: 山本 寛 (日本大学理工学部)、大山昌憲 (サンバック)、岸本直樹 ((独)物質・材料研究機構)  
編集: 清水正秀 (東京 CTB) 出版: 株式会社社内田老鶴圃/印刷: 三美印刷株式会社