

The Materials Research Society of Japan

発行 © 日本 MRS 事務局

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1  
東京工業大学大学院理工学研究科  
中川研究室内

<http://www.mrs-j.org/>

||||||| やあ こんにちは |||

ナノマテリアルの本質を導き出す超低損傷微細加工技術の開発

東北大学流体科学研究所 教授 <sup>さむかわ</sup> 寒川 <sup>せいじ</sup> 誠二



寒川 誠二  
東北大学  
流体科学研究所 教授  
流体融合研究センター  
知的ナノプロセス研究分野

プラズマプロセスは半導体デバイスの微細加工、薄膜堆積、表面改質、不純物注入などの電子デバイス製造技術として必要不可欠なプロセスである。しかし、産業界への導入が先行し、プラズマ固体相互作用に関しては十分な解析が行われていなかった。プラズマからは高密度な荷電粒子、励起原子（ラジカル）、紫外線などのエネルギー粒子が基板表面に放射され、半導体基板材料表面（Si, GaAs）での化学反応に寄与している。私は20年にわたってプラズマプロセスと材料表面の相互作用に関して理想を追求する研究をしており、特にプラズマ照射により発生する表面界面欠陥やラフネスとデバイス特性劣化との関係やその制御手法に関して実用的な方法を提案し、材料の本質を導き出して理想的なデバイス特性を実現する微細加工プロセスを開発してきた。

ナノ構造・材料を用いたデバイスでは、プラズマプロセスによって生成された表面界面欠陥、界面単位、表面界面ラフネスが電子やホールなどの輸送や再結合特性を劣化させる。電子スピン共鳴法（ESR）を用いてプラズマプロセス中に表面欠陥を分析した結果、プラズマが照射されたシリコン表面には深さ10 nm程度、シリコン酸化膜表面には深さ数十 nm~100 nm程度の欠陥層が形成され、その欠陥はプラズマから放射される紫外線により主に発生することが分かった。同時に従来ダメージの原因と信じられてきた加速される荷電粒子の物理的な衝撃による欠陥生成は極表面に限定されることが分かった。つまり、プラズマを用いた微細加工、表面改質、薄膜堆積により形成したナノ構造では、特に紫外線照射により表面のみならず、10~100 nm深さのバルクにも $10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 以上の高密度な欠陥が生成されている。この欠陥はデバイス作製上、高温熱処理による欠陥回復も難しいためにプラズマプロセスを用いると32 nm以降のFIN型MOSトランジスタや量子ドットデバイスにおいて理想的なデバイス特性が得られていないことが明らかになってきた。有機半導体材料に対しては更に激しい損傷が導入される。制御されていないプラズマプロセスでは材料の本質的特性が劣化して理想的なデバイス特性を実現できないのである。ここでプラズマプロセスの高精度制御を諦めては先人の技術の蓄積を無駄にし、また、将来の実用的で画期的なデバイスの開発はできない。

そこで、簡易に高エネルギー状態を形成できるプラズマを用いるが、欠陥を生成させる紫外線および微細加工精度を劣化させる荷電粒子をプラズマから遮断し、運動エネルギーと方向性を持った中性粒子ビームを基板に照射する「中性粒子ビーム」による微細加工技術を開発したのである。私が提案した数十 $\mu$ 秒でのパルス時間変調プラズマにより生成した負イオンを平行平板カーボン電極の間で加速し、カーボン電極内に形成された孔を通過する過程で電荷交換にて加速エネルギーを保ったまま中性化した反応性中性粒子を基板表面に衝突させて加工する理想的なプロセスである。中性粒子ビームを照射することで活性化エネルギーの低い表面反応が実現できるので、低温で超高精度な微細加工や表面改質、薄膜堆積が表面欠陥を生成させることなく実現できる。現在、この中性粒子ビームプロセスでサブ10 nm以下のナノ構造形成への応用が進んでおり、国内外10機関以上との共同研究開発が進められている。加工時の欠陥の抑制により、電子デバイスではキャリア移動度を理論値に迫るまで大幅に向上させ、量子ドットではバンド構造を設計可能であることを示し、発光効率や吸光効率を大幅に向上できることを実証した。

まず、50 nm世代以降のMOSトランジスタで極薄ゲート絶縁膜へのダメージを抑制し、極薄シリコン酸化膜のリーク電流を従来のプラズマ加工に比べて桁低いゲート電極加工が可能であることを示した。また、32 nm世代以降で主流となるFIN型MOSトランジスタの三次元チャネル形成に中性粒子ビーム加工技術を適用し、トランジスタ界面での電子移動度が理論値に迫るという画期的な特性を実現し、超低損傷加工がナノ構造・材料の本質を導き出すことをデバイス上で示した。さらに、酸素中性粒子ビームにより300℃以下の低温で2 nm厚レベルの高品質ゲート絶縁膜（シリコン酸化膜、ゲルマニウム酸化膜）を形成することに成功した。この酸化膜は中性粒子ビーム酸化による界面損傷および界面ラフネスの抑制により、FIN型MOSトランジスタにおいて従来の熱酸化膜にくらべてもリーク電流が少ないという画期的特性を有していることが分かった。一方、シリコン量子ドットにおいてもナノ構造・マテリアルの本質を導き出した。蛋白質であるフェリチンに含有するFe（直径7 nm）をマスクとし、中性粒子ビームにより極薄シリコン膜を加工することで、無損傷のサブ10 nm量子ナノ構造の作製を実現し、室温で動作する新しい量子効果デバイスへの適用を検討した。本手法を用いることで直径7 nmの極微細無欠陥均一高密度ナノ円盤構造アレイの製作に初めて成功した。この際、室温での量子閉じ込め効果を確認することに成功し、また、直径および膜厚の制御でバンドギャップを制御できること、シリコンであるにもかかわらず欠陥に由来しないナノ構造からの発光が起こること、ナノ円盤構造間の波動関数のオーバーラップにより、高効率光吸収が実現できることを明らかにした。

今後のナノデバイスでは、このような低温で欠陥を制御できるプロセスが極めて重要で、その場凌ぎではないナノマテリアルの本質を追求するプロセス技術の研究とその実用化が不可欠である。まさにそういう研究と人材育成を私のライフワークとしたい。

目次

01 やあ こんにちは  
ナノマテリアルの本質を導き出す超低損傷微細加工技術の開発  
寒川 誠二

02 研究所紹介  
日本工業大学先端材料技術研究センター  
三宅正二郎・野口裕之・鈴木 学

04 トピックス  
極微量核燃料関連元素検出法の開発  
井上 泰志

06 会議報告  
国際MRS連合-アジア国際会議  
(IUMRS-ICA 2011) 報告  
齋藤 永宏

07 ご案内

08 To the Overseas Members of MRS-J

■研究所紹介



日本工業大学先端材料技術研究センター

Research and Development Center for Advanced Materials and Technology, Nippon Institute of Technology

日本工業大学先端材料技術研究センター センター長・教授 三宅正二郎・准教授 野口 裕之・助手 鈴木 学

1. はじめに

日本工業大学の先端材料技術研究センターは、文部科学省私立大学ハイテク・リサーチ・センター整備事業の一環として、平成10年度に整備された。従来は材料試験研究センターと呼ばれ、学生実験、卒業研究および教員の研究に活用できるように各種の材料試験設備を整えているセンターであったが、上記整備事業の選定に伴い改組された。

そのため、当センターは従来の材料試験研究センターとしての役割と新たに整備された先端材料技術の研究開発との2つの活動を進めている。

材料試験研究活動としては各種の材料試験を通して、本学学生、大学院生の総合技術力を高め、各種の課題に積極的に取り組み、解決していくことができる人材育成に努めること、ならびに外部からの委託試験を受け入れ、また本学卒業生に対して便宜を図るなどの活動を行っている。

先端材料技術研究活動では当センターを中心として2度にわたるハイテク・リサーチ・プロジェクトを行ってきた。具体的にはダイヤモンド、窒化ホウ素 (c-BN; cubic boron nitride)、ダイヤモンドライクカーボン (DLC; diamond-like carbon) ならびにカーボンナノチューブ (CNT; carbon nanotube) などの種々の優れた物理的・化学的特性を備えた高機能カーボン系材料、すなわちスーパーカーボンを取り上げて研究を遂行している。

2. 材料試験研究センターとしての役割

先端材料技術研究センターは本大学の教育・研究戦略プランに基づき、共通利用を目的とした教育研究施設として位置づけられる。具体的には大学教員、大学院生・学部生への研究支援、産学コラボレーションを中心として、積極的な研究活動および支援活動を行っている。主要なミッションは次のとおりである。

- ① 研究・技術支援および知識移転
- ② 産学コラボレーション
- ③ 研究開発能力育成のための教育

具体的には全学の各研究室で直面している課題に対応するため、センターが持つ設備を最大限に開放し、研究支援を展開している。さらに、スタッフの専門的知識・技術・技能・ノウハウを活かし、産学コラボレーション(受託研究、研究奨励、依頼研究など)を推進している。センターは、企業の技術的課題にチャレンジし、企業の成長を手助けしつつ、得られた経験を自らの成長に活かしていくよう努力している。また、学生の能力育成として機械工学実験、工学基礎実験および年間70回以上の分析講習会および実地訓練を行っている。

研究教育設備の例として写真-1に走査型透過電子顕微鏡 STEM (Scanning Transmission Electron Microscopy)、写真-2に集束イオンビーム加工観察装置 FIB (Focused Ion Beam) を示す。また、表-1に主な装置の利用状況を示す。



写真-1 走査型透過電子顕微鏡 STEM (Scanning Transmission Electron Microscopy)

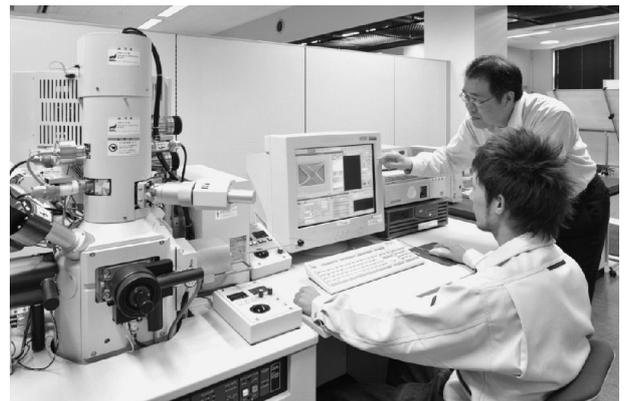


写真-2 集束イオンビーム加工観察装置 FIB (Focused Ion Beam)

3. 先端材料技術研究

平成10年度から5年間、「スーパーカーボンの形成と基本特性評価、およびスーパーカーボンの加工と応用」に関するプロジェクト研究を実施した。このプロジェクトで得られた成果として、合成に関しては、デバイスレベルの高品質ダイヤモンド、平板状ダイヤモンド、c-BN、厚膜 DLC 等の合成技術を確立した。一方、加工・応用に関しては、微細加工技術および微小部品のハンドリング等周辺基盤技術を確立している。

さらに平成15年度より5年間、先のプロジェクト研究の成果を踏まえて、「スーパーカーボンのナノ・マイクロテクノロジー」のプロジェクトを進めた。ここではナノ・マイクロスケールで構造、組成を制御したダイヤモンド、DLC、CNTなどのナノスーパーカーボン系材料の開発を基盤技術とし、これらスーパーカーボン材料の素材としての特質をより活かしながら、ナノ・マイク

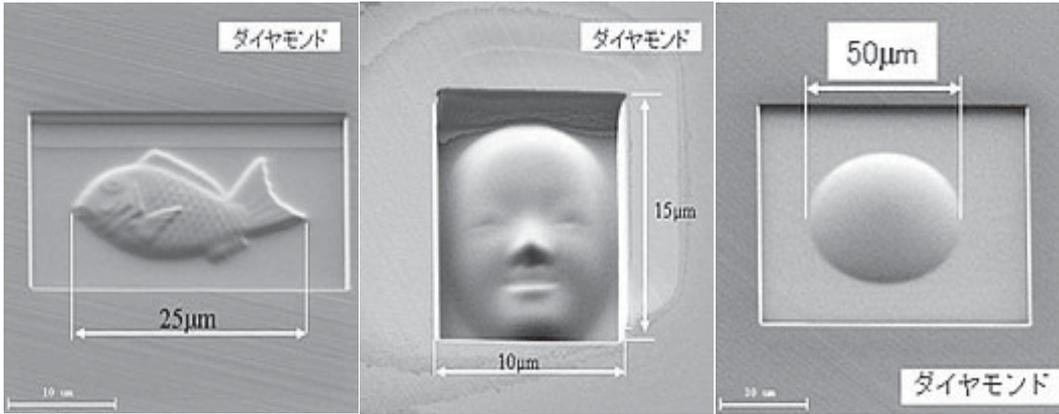


写真-3 FIBによるダイヤモンドのナノ加工

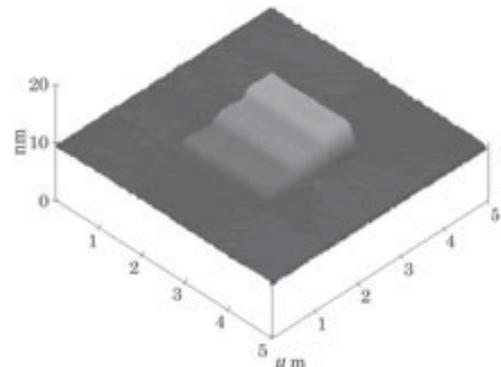
表-1 代表的な装置とセンター設備利用状況

解析種別	装置	延べ人数	延べ利用時間
電子顕微鏡	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低真空型走査型電子顕微鏡</li> <li>・集束イオンビーム加工観察装置</li> <li>・オージェ電子分光装置</li> <li>・走査型透過電子顕微鏡</li> <li>・三次元電子顕微鏡</li> <li>・電子スピン共鳴装置</li> <li>・電子プローブマイクロアナライザ</li> </ul>	330	1,769
基礎物性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超微小押し込み硬さ試験機</li> <li>・フィッシャースコープ硬度計</li> <li>・熱天秤</li> <li>・スクラッチ試験機</li> <li>・高温トライボメータ</li> <li>・カロテスト</li> <li>・ラマン分光分析装置</li> <li>・精密質量測定装置</li> <li>・炭素・硫黄分析装置</li> <li>・疲労試験機</li> <li>・万能試験機</li> <li>・硬さ試験機</li> </ul>	545	2,968
モフォロジー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・三次元レーザー顕微鏡</li> <li>・倒立型金属顕微鏡</li> <li>・CCDカメラ</li> <li>・走査型プローブ顕微鏡</li> </ul>	373	886
X線分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・X線透過撮影装置</li> <li>・X線回折装置</li> <li>・蛍光X線装置</li> <li>・X線カメラ装置</li> <li>・X線応力測定装置</li> </ul>	64	329
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・耐水研磨機</li> <li>・ミリオンカッター</li> <li>・ワンライト・ボールミル</li> <li>・圧縮機・ファインカッター</li> </ul>	210	378
合計		1,522	6,330

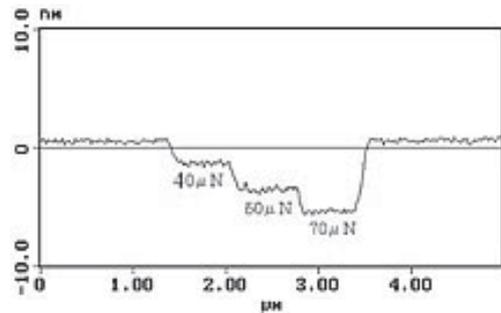
ロテクノロジー技術への応用展開を図ってきた。

具体的な成果としてナノ加工の例を紹介する。FIB装置で三次元形状加工が行えるよう各加工点におけるビーム滞在時間の制御を行えるシステム（ナノマシニングセンター）を構築し、ダイヤモンドの三次元形状加工およびマイクロ金型を製作した例を写真-3に示す。さらに原子間力顕微鏡を用いたナノ加工の例として、窒化炭素と窒化ホウ素のナノメータ周期の積層膜を形成し、図-1に示すように原子間力顕微鏡で層単位の加工を実現している。その結果2nmステップの階段構造を形成している。

これらのプロジェクト研究の成果については①研究成果報告書の刊行、②研究成果報告会、を開催してきた。さらに③論文、解



(a) 表面形状(インバート)像



(b) 断面形状

図-1 窒化炭素/窒化ホウ素ナノ周期積層膜の1層ごとのナノ加工  
膜厚2nm、周期4nm；加工荷重、40、50、70μN

説、学会講演などを活発に行うとともに、④展示会、⑤新聞発表、⑥ホームページなど成果公開、意見交換を積極的に行った。今後もこれらの研究開発を進めるとともに本センターを地域の研究開発の拠点にした産学協同の活動を通して産業界にも貢献したいと考えている。

連絡先

〒345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1  
日本工業大学先端材料技術研究センター 鈴木 学  
sentan@mstu.nit.ac.jp  
http://www.nit.ac.jp/  
Tel: 0480-34-4111 (代)

トピックス



極微量核燃料関連元素検出法の開発

千葉工業大学工学部機械サイエンス学科 教授 井上 泰志 いのうえ やすし

1. はじめに

ウランやプルトニウムの核分裂に伴って放出される原子力エネルギーは、我が国では「夢のエネルギー」と称され、国家の主要なエネルギー源の一つとして、莫大な費用をかけながら、国策として研究開発が進められてきた。一方で、核燃料元素であるウランは自然放射性核種であり、核反応の結果生じるプルトニウムならびにセシウム、ヨウ素、ストロンチウムなどの核分裂生成元素もまた、それぞれ自然崩壊して放射線を発生する人工放射性核種である。放射線の生物に及ぼす影響は、現時点では科学的に十分解明されていないため、核燃料および核分裂生成物は、たとえ少量といえども、放射線が十分低減するまでの期間、厳重に管理され、人間の生活環境から完全に隔離されるべき対象となる。

ところが、使用済み核燃料などの「高レベル放射性廃棄物」では、その要管理期間は数万年とも数十万年とも言われ、現時点では「ガラス固化体として地層処分」<sup>1)</sup>することになっているが、その安全性には大いに疑問が指摘されている。さらに、わずかな放射性物質が付着した、いわゆる「低レベル放射性廃棄物」は、保管期間こそ数百年<sup>2)</sup>と短い、その量が高レベル放射性廃棄物に比較して遥かに膨大であるため、保管場所の確保が喫緊の問題とされてきた。そこへ、2011年3月11日の東日本大震災に伴う東京電力(株)福島原子力発電所事故により、環境中へ大量の放射性核種が飛散し、莫大な量の低レベル放射性廃棄物が一度に発生した。そのため、保管場所の確保が完全に不能な事態に陥っている。根本的解決のためには、廃棄物の「どこに」「なにが」「どれだけ」付着しているかを把握し、その箇所をクリアランスレベル<sup>3)</sup>まで除染することにより、一般廃棄物として廃棄あるいはリサイクルできるようにする必要がある。そのためには、極微量の放射性物質の存在分布を、その場で計測する手法が必要である。現在は、サーベイメータなど放射線強度を計測する機器が利用されているが、特に核燃料元素であるウランは、半減期が長くα崩壊型であるため、微弱なα線を検出しなければならず、現場で広い面積にわたってα線強度分布を計測することは、現実には極めて困難である。

そこで本研究では、放射線に頼らずに、極微量の核燃料系元素の存在分布を計測できるような、新しいその場検出法の開発を目的としている。具体的には、ウランがウラニルイオン状態で、紫外線に対して強い緑色蛍光を発生することに着目し、蛍光による非接触、非破壊、高感度な極微量ウラン分布検出法を開発する。

2. 方法

2.1 蛍光による極微量ウラン検出システムの構成

極微量のウランからの蛍光を観測するためには、一般のUVランプでは強度が不十分である。またランプのような点光源の場合、計測対象までの距離によって、照射強度が大きく変化してしまう。そこで本研究では、低コスト・メンテナンスフリーで高い輝度が実現できる窒素レーザーを、紫外光源として用いた。レーザーを蛍光の励起光源とすることの利点としては、その絶対的な強度だけでなく、集光したレーザー光の照射強度に、大きな距離

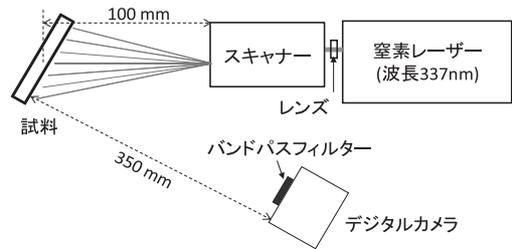


図-1 蛍光法による極微量ウラン分布検出システムの概略図

依存性がない、という点も重要である。図-1に、本研究で使用した計測システムの概略図を示す。スキャナー (ic60 Green Laser, Lighting Craft 製) とソフトウェア (Fiesta! 2, Showtacle 製) を用い、窒素レーザー (MNL-802C, Laser Technik Berlin 製、波長 337 nm) からの光を走査できるようにした。試料の蛍光状態は、市販のデジタル一眼レフカメラ (D700, Nikon 製) とレンズ (AF Nikkor 50 mm f/1.4D, Nikon 製) を用いて撮像した。その際、特定波長の蛍光のみを撮影するために、バンドパスフィルター (MZ0520, MZ0560, 朝日分光製) をレンズ直前に設置した。撮影された画像は、画像処理ソフトウェアによってモノクロ化し、各ピクセルの黒 (0) ~ 白 (255) の数値を、それぞれの点における蛍光強度とした。

2.2 試料作製

2.2.1 硝酸ウラニル水溶液

本研究では、微量のウラニルイオンを含む水溶液試料を用いた。また、放射性物質を取り扱う煩雑さを回避するため、ウランと同程度の波長の蛍光を発生する蛍光微粒子を含む試料も準備した。試料の調製方法は、下記のとおりである。

硝酸ウラニル水溶液試料：0.1 mol/L の硝酸水溶液とウランを混合して、さまざまな濃度の硝酸ウラニル水溶液を準備し、それぞれ石英セルに封入して測定用試料とした。蛍光中心波長は 560 nm である。本試料を用いた実験は、名古屋大学エコトピア科学研究所の放射性物質管理区域内で行った。

蛍光微粒子試料：蛍光微粒子 (LP-G3, 化成オプトニクス製、蛍光中心波長 520 nm) を、水ガラスと希塩酸を混合した溶液に懸濁させ、その懸濁液を試料 (ガラス板または布) 上に塗布後乾燥させ、蛍光微粒子を定着した。

3. 結果と考察

3.1 硝酸ウラニル水溶液試料の蛍光計測 (検出限界)

さまざまな濃度の硝酸ウラニル水溶液の封入された石英セルに、窒素レーザー光を照射した際の蛍光強度を計測した。図-2に、各ウラン濃度の試料における蛍光強度を示す。画像から明らかのように、ウラン濃度にはほぼ比例して、蛍光強度が上昇することがわかった。比例限度は 10 ppm であり、回帰分析で得られる重相関係数 ( $R^2$ ) は、0.9947 であった。また、比例関係からは外れるが、5 ppm まで認識が可能であった。これ以下のウラン濃度では、バックグラウンド信号として存在する、硝酸イオンお

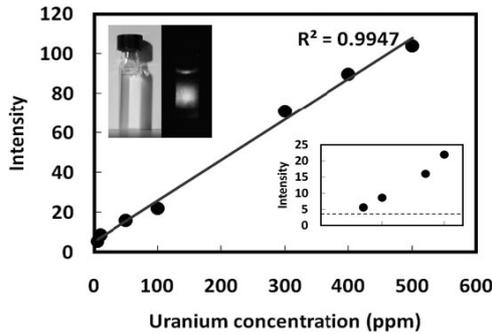


図-2 蛍光強度の硝酸ウラニル濃度依存性

撮影条件：F 1.4, ISO 1,600, SS 30s。左上：石英セルと蛍光の様子、右下：低濃度における蛍光強度（横軸は対数プロット）

よび水溶液中の微量不純物に起因する蛍光強度が、ウラニルイオンからの蛍光強度と同等となるため、濃度決定は不可能である。

図-2 に示すような強度値は、受光素子特性、ISO 値、絞り、シャッタースピードといった撮影機器の条件、撮影対象までの距離、および紫外光照射強度によって変化する。したがって、あらかじめウラン存在量が既知の試料を用いて、これらの撮影条件と蛍光強度の相関をデータベース化しておけば、未知試料におけるウラン存在量を確定することが可能である。ここで、本システムにおける検出限界について考察してみよう。上記のとおり、硝酸ウラニル水溶液試料において、5 ppm の濃度まで検出が可能であることが示された。ウラン同位体の存在比が、天然ウランと同じ比率であると仮定すると、5 ppm の硝酸ウラニル水溶液 1 cm<sup>3</sup> 中には、3.02 μg のウランが含まれる。これは、7.73 × 10<sup>-2</sup> Bq のウラン量に相当する。ウランのクリアランスレベルは 1 Bq/g とされているから<sup>4)</sup>、必要とされる検出限界性能に十分達していると言える。

### 3.2 蛍光微粒子試料の蛍光計測（分布計測）

ガラス板上に、さまざまな密度で蛍光微粒子を懸濁した液を塗布し、蛍光微粒子面密度の異なる試料を作製した。それらにレーザー光を照射して、蛍光強度を測定したところ、図-3 に示す結果を得た。硝酸ウラニル水溶液試料の場合と同様、蛍光強度は蛍光体密度にほぼ比例する結果が得られた。重相関係数 ( $R^2$ ) は 0.9962 であり、水溶液試料と同等以上の線形性であった。蛍光体密度の低い領域における線形性からの乖離は、水溶液試料と同様の傾向を示すが、蛍光体密度 0 の試料では蛍光も 0 であり、妨害信号は検出されなかった。水溶液試料で見られた妨害信号が、水溶液自体に由来するという前述の推測が正しいとすれば、ウランが固体表面に吸着したような、ドライ状態のウラン含有試料で

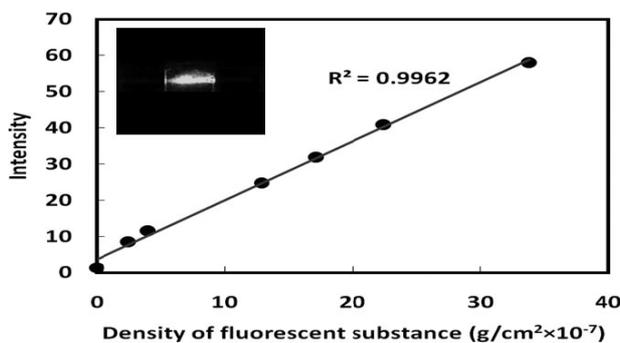


図-3 蛍光強度の蛍光微粒子面密度依存性

左上：均一に微粒子を塗布した試料への 1 ライン（6 mm 幅）レーザー走査した際の蛍光画像。撮影条件：F 3.2, ISO 100, SS 30s



図-4 黒色の市販タオル(上)へ蛍光微粒子の懸濁液で描いた文字と絵の蛍光画像(下)。撮影条件：F 1.4, ISO 1,600, SS 30s

は、蛍光微粒子の計測結果と同様に妨害信号の影響を排除でき、さらに高い検出限界が得られる可能性がある。

大面積への対応を調査するために、幅 34 cm × 長さ 83 cm の市販のタオル上に、筆を用いて蛍光微粒子の懸濁液で文字や絵を描き、本システムによって撮影したところ、図-4 に示すように、タオル上の蛍光微粒子分布が、一度の撮影で明瞭に可視化できた。また、分解能が数 mm 程度であることが確認できた。本システムの原理上、分解能はレーザー光束の大きさ、レーザー走査密度および撮像素子のピクセル数に依存する。図-4 の結果では、レーザー光束の大きさが分解能に対する最も大きな支配要因であった。しかしこれは、使用した窒素レーザーのパルス周波数に上限があることと、カメラのシャッター開口時間に上限があることから、縦の走査ライン数が限定され、それに応じたレーザー光束径を設定せざるをえないことに由来する。したがって、連続発振できる強力な紫外レーザー光源を用いれば、分解能は大幅に改善できる。

### 3.3 既存の機器との比較

現在、核物質関連事業所の現場において、微量のウランで汚染された物品の検査には、α線の検出のために、ZnS シンチレータを検出器としたサーベイメータが一般的に使用されている。サーベイメータの検出限界が、通常、1 Bq のオーダーであるのに対し、本システムは一桁以上高い感度でウランの存在を検出できる。また、汚染部位の特定という点では、シンチレータ検出器が数 10 cm<sup>2</sup> の面積を有するため、サーベイメータは cm オーダーでしか部位を特定できないのに対し、本システムでは、mm 単位での汚染範囲特定が可能である。さらに、サーベイメータで大面積を検査するためには、検出器の面積分だけで 30 s の計測時間を要し、これを全面積にわたってくりかえすため、相当な長時間を必要とするが、本システムでは 1 回の撮影で汚染分布の特定が終了できる。

一方、本研究で用いたシステムでは、撮像機器こそ市販のデジタルカメラであるが、紫外光源が窒素レーザーであるため、外部電源および窒素ガス供給が必要なため、十分な可搬性があるとは言えない。しかし近年、レーザー技術は日進月歩で進化しており、非常に近い将来、外部電源、ガス供給、冷却水などのユーティリティを必要としない、十分コンパクトな紫外レーザー発振器が開発されるであろう。カメラにしても、受光素子の高感度化が年々進んでおり、理化学用の高価な検出器レベルの受光素子が搭載されるようになるかもしれない。そうすれば、本システムは非常にコンパクトで持ち運びが容易な極微量ウラン分布検出装置として、さまざまな場所で活躍できるであろう。

#### 4. おわりに

低レベル放射性廃棄物の減容化に必須の技術の一つとして、蛍光法に基づいた極微量ウラン分布検出法を提案した。市販のデジタルカメラと窒素レーザーを用いて、既存のサーベイメータよりはるかに高感度かつ高速な検出システムの構築に成功した。

東京電力(株)福島第一原子力発電所事故により、東日本の広大な地域に放射性物質が飛散し、その汚染状況の把握が急務となっている。半減期が短く、 $\gamma$ 線を強く放射するセシウムなどについては、汚染状況がかなり明らかになりつつある一方で、半減期が長く、 $\alpha$ 線を放出するウランやプルトニウムについては、全く報道されていない。おそらく、広範囲の低レベル汚染分布を把握するための、現実的な手段がないのであろう。しかし、 $\alpha$ 線核種は内部被ばくが深刻であることが知られており、できるかぎり緊急に汚染分布を把握することが強く望まれる。本研究が、大震災ならびに原発事故からの日本の復興に、少しでも貢献できれば幸いである。

#### 謝辞

本研究における実験結果の一部は、筆者が名古屋大学所属中に

指導した大塚一平氏の修士研究の成果である。また、名古屋大学大学院工学研究科の榎田洋一教授、福井大学国際原子力工学研究所の有田裕二教授、名古屋大学エコトピア科学研究所の澤田佳代准教授には、放射性物質取り扱い実験上のご助力ならびに貴重なご助言をいただいた。ここに謹んで感謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) 原子力委員会：「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」(2000)
- 2) 原子力委員会：「現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物処分の基本的考え方について」(1998)
- 3) 総合資源エネルギー調査会：「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」(2004)
- 4) 原子力安全委員会：「ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて」(2009)

#### 連絡先

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1  
 千葉工業大学工学部機械サイエンス学科  
 教授 井上泰志  
 inoue.yasushi@it-chiba.ac.jp  
 Tel/Fax: +81-47-478-4308

#### ■会議報告



### 国際 MRS 連合-アジア国際会議 (IUMRS-ICA 2011) 報告

#### IUMRS-ICA 2011 12th International Conference in Asia

日本 MRS 常任理事 名古屋大学エコトピア科学研究所 教授 齋藤 永宏

国際 MRS 連合-アジア国際会議 (IUMRS-ICA 2011) が、IUMRS の公式会議として、台湾 MRS の主催により、平成 23 年 9 月 19 日(月)~22 日(木)の期間で開催された。今回の開催場所は、台湾・台北市郊外にある南港世界流通展示場で、行われた(写真-1)。会場はかなり広く、本会議を進めるにあたり十分な施設であった。

基調講演では、Atwater 教授 (the California Institute of Technology) が「太陽エネルギー変換のための新しい光学材料」について、筆者(齋藤)(名古屋大学)が「バイオミメティック材料プ

ロセシングー冷たい液体の中の冷たいプラズマを利用して」について、Pan 教授 (Chongqing University) が「マグネシウム合金の展開」について、Kung 氏 (米国エネルギー省) エネルギーのための科学、Lee 教授 (Sun Moon University) が「ウエットプロセスによる光触媒活性モリブデン酸塩の合成」について、Lu 博士 (Macronix International Co., Ltd.) が「IC 技術と材料科学」について紹介した。Atwater 教授の太陽電池におけるものづくりでは、先進のナノテクノロジーが駆使されており、会場から多くの質問があった。本会議においても、日本と同様、エネルギー問題を解決のための研究は注目されていたように感じた。

また、各シンポジウムのトピックスとしては、(I) Energy and Green Materials、(II) Biological Materials、(III) Materials Modeling, Simulation、(IV) Advanced Structural Materials、(V) Electronic, Optoelectronic, and Photonic Materials、(VI) Novel Functional Materials があった。シンポジウム B のセッション 3 では、吉村昌弘教授 (現、台湾成功大学、東京工業大学名誉教授) が

チェアをされ、生体材料、医療用材料の研究成果が多く発表された。特に、印象的な点としては、単なる生体材料、医療用材料の研究から、ナノテクノロジー、放射光による高感度計測、情報科学等からの視点を含む研究に移行していた。

ポスターセッションでは、昼の時間帯に行われ、多くの若い研究者の熱気に包まれていた。一方、口頭発表セッションとの関係上、時間に制約があり、研究討議の時間が短い感があった。また、このポスターセッションにおいても、正確に割合を算出していないが、印象として、エネルギー関連の材料研究が多くあったように思える。エネルギーが世界的な問題であり、そのブレークスルーするための要素技術開発として、材料科学に大きな期待が寄せられている証と感じた。

9 月 21 日には、バンケットが会場近くのレストランで盛大に開催された。台湾の学生によるフラメンコ舞踊等があり、会場も盛り上がった。

次回 IUMRS-ICA 2012 は、MRS-Korea (韓国) 主催で、韓国プサン市の BEXCO にて、平成 24 年 8 月 26 日~31 日の期間で開催される。



写真-1 南港世界流通展示場

## ご 案 内

### ■第21回日本MRS学術シンポジウム

主催：日本MRS (<http://www.mrs-j.org/>)

後援：横浜市経済観光局観光交流推進課

総合テーマ：エコイノベーションを切り拓く先進材料研究Ⅲ

本シンポジウムでは、産業の活性化と地球環境問題を両立させるための革新的な技術を創出するため、新規機能の探索、新規材料の創製、新規シンプルプロセスに関する分野横断的なテーマについて討論する。多様な材料の専門家が領域融合的な情報・技術交換を行いながら、エコイノベーションの創造につなげることを目指す。

開催日と会場

平成23年12月19日(月)～21日(水)：一般セッション、国際セッション

横浜開港記念会館 (〒231-0005 横浜市中区本町1-6)：口頭発表  
横浜情報文化センター (〒231-0021 横浜市中区日本大通11)：

口頭発表・ポスター会場

ほか、2会場

総合受付 横浜情報文化センター 6階ホワイエ 午前8時40分より

日本MRS学術シンポジウム組織委員会

組織(実行)委員長：岸本直樹(日本MRS会長、物材機構)

企画幹事：鈴木淳史(横浜国大院)

事務局 担当：和田真樹子、田島くらら(横浜国大院 鈴木研究室)

企画委員：森 利之(物材機構)、篠原嘉一(物材機構)、香山正憲(産総研)、垣澤英樹(東大)、今福宗行(東京都市大)

ポスター・奨励賞担当：寺嶋和夫(東大院)

出版担当：伊熊泰郎(神奈川工科大)、原 一広(九大)

広報担当：有沢俊一(物材機構)、原 重樹(産総研)

財務担当：鶴見敬章(東工大院)

Abstract：電子版はCD引換証により当日配布

特許法第30条(新規性喪失の例外)の適用について：発行日は12月1日を予定しています。

論文出版

論文出版は、例年通りTrans. MRS-Jを利用する(本学術シンポジウムで発表された内容をTrans. MRS-Jに論文として公表していただく)。

参加登録費

	参加登録費早期(注1)	参加登録費遅延/当日
講演者 一般会員	6,000円	8,000円
講演者 現一般非会員	15,000円(注2)	17,000円
講演者 学生会員	1,000円	3,000円
講演者 現学生非会員	5,000円(注3)	7,000円
聴講者 一般会員	6,000円	8,000円
聴講者 一般非会員	15,000円	17,000円
聴講者 学生会員	1,000円	3,000円
聴講者 学生非会員	5,000円	7,000円

(注1) 講演者(speaker)は2011年10月10日までに、聴講者(non-speaker)は11月10日までに申し込みし、11月15日までに支払いを完了した場合に限ります。その他は遅延。

(注2) 日本MRSへ入会される現一般非会員の場合は、早期の参加登録費は6,000円。11月15日までに<http://mrs-j.org/home/mrs-j.org/home/?q=ja/membership>より入会手続きを済ませて下さい。

(注3) 学生にも、会員/非会員の区別があります。日本MRSへ入会される現学生非会員の場合は早期の参加登録費は1,000円。11月15日までに<http://mrs-j.org/home/mrs-j.org/home/?q=ja/membership>より入会手続きを済ませて下さい。

Abstract印刷版(セッションA～Vを1冊にまとめたもの)：4,000円/冊を当日販売予定

懇親会(予定)

日時：2011年12月20日(火)

場所：未定

会費：5,000円(一般、学生)

問い合わせ先：〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7 横浜国立大学大学院環境情報研究院 鈴木淳史研究室 第21回日本MRS学術シンポジウム事務局 担当：和田真樹子、田島くらら  
E-mail: [mrsj-s@ynu.ac.jp](mailto:mrsj-s@ynu.ac.jp)

電話：045-339-3846 FAX：045-339-4477

\*：国際セッション

○：代表チェア/☆：連絡チェア/◎：代表・連絡兼任チェア

A\* 先端プラズマ技術が拓くナノマテリアルズフロンティア Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies ○金子俊郎(東北大)☆林 信哉(佐賀大)

B\* イオンビームを利用した革新的材料 Innovative Material Technologies Utilizing Ion Beams ○馬場恒明(長崎県工業技術センター)☆雨倉 宏(物材機構)

C\* 小角散乱法で見る機能性材料のナノ構造とその解析法 Nanostructure of Functional Materials and their Analysis Methods as Observed by Small-Angle Scattering ○杉山正明(京大原子炉)☆大沼正人(物材機構)

D\* 酸化物および酸化物ナノ複合材料の合成・評価と応用 Syntheses, Characterizations and Applications of Oxide Nanocomposites Materials ○遠藤和弘(金沢工大)○遠藤民生(三重大)☆寺迫智昭(愛媛大)

E ドメイン構造に由来する物性発現と新機能材料 Domain Structure Related Ferroic Properties and New Functional Materials ○永田 肇(東京理大)☆藤沢浩訓(兵庫県大)

F カーボン系機能/複合材料創生の新機能 Innovation in Fabricating a Functional/Complex Carbon Series Materials ○白井孝(名古屋工業大)☆佐藤公泰(産総研)

G 最先端ナノ物性を最大限に活用した代替材料開発 Development of Alternative Materials for Replacing with Maximum Use of Nanotechnology and its Properties ◎山口 明(岩手大)

H 計算機シミュレーションによる格子欠陥やナノ構造の解明：新規材料創製を目指して Computational Approaches to Studying Lattice Defects and Nanostructures: toward Novel Materials Development ◎吉矢真人(大阪大)

I ソフトマテリアル-生体超分子やポリマーの織り成すフロンティア- Soft Materials - The Frontiers that Bio-supramolecules and Polymers Open Up- ○大庭 亨(宇都宮大)☆加藤紀弘(宇都宮大)

J 材料科学における非線形レオロジー Non-linear Rheology in Material Science ◎田中良巳(横浜国大)

K 自己組織化材料とその機能 XI Self-Assembled Materials and Their Functions XI ○加藤隆史(東京大)☆下嶋 敦(東京大)

L 分子性薄膜の作製・評価・応用-高度な配向制御、配向解析、および機能発現を目指して- Fabrication, Characterization and Application of Molecular Thin Films-Structural Analysis and Control toward the Realization of Novel Functions- ○池上敬一(産総研)☆大貫 等(東京海洋大)

M ナノスケール構造体の新展開-構造・機能・応用- Recent Progress in Nano-structured Materials - Structure, Function and Applications- ◎島本 司(名古屋大)

N バイオマス利用の最近の進歩 Advances in the Application of Biomass ○岡部敏弘(青森県産業技術センター工業総合研究所)☆小川和彦(職業能力開発総合大学校東京校)

O ネイチャーテック Nature Tech ◎垣澤英樹(東京大先端科学技術センター)

P 先導的バイオインターフェイスの確立 Frontier of Biointerfacial Science ○長崎幸夫(筑波大)☆岸村顕広(東京大)

Q\* 界面ナノバイオテクノロジー Nano-biotechnologies on Interfaces ◎松田直樹(産総研)

R 暮らしを豊かにする材料-環境・エネルギー・医療- Materials for Living - Environment・Energy・Medicine - ○中山則昭(山口大)☆栗巣普揮(山口大)

S 燃料電池用材料、デバイス、及びシステム開発の新展開 New Trend of a Development of Fuel Cell Materials, Devices and its Systems ◎森 利之(物材機構)

T エネルギー材料・フロンティア Energy Materials Frontier ○篠原嘉一(物材機構)☆中津川 博(横浜国大)

U 新しい分析・評価技術-材料と環境への適用 New Analytical and Assessment Methods in Material and Environmental Technologies ○西本右子(神奈川大)☆津越敬寿(産総研)

V マテリアルズ・フロンティア Materials Frontier ◎伊熊泰郎(神奈川工科大)

■IUMRS関連会議

▽International Union of Materials Research Societies International Conference in Asia 2012 (IUMRS-ICA-2012)

日時・場所 August 26-31, 2012, BEXCO, Busan, Korea, 5

symposia; Electronic and Photonic Materials, Functional Materials, Advanced Structural Materials, Materials for Energy and Environmental, Modeling and Characterization.

▽International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM) 2012

日時・場所 September 24 (Mon) - 28 (Fri), 2012,

Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan

<http://iumrs-icem2012.org/>

■新刊紹介

Transactions of the MRS-J, vol. 36, No. 3, 2011 が出版されましたのでご案内いたします。

Session R (2009) Innovative Materials Technologies Utilizing Ion

Beams, 3/Session S (2010) Innovative Materials Technologies Utilizing Ion Beams, 10/Session C (2010) International Symposium on the Social Acceptance of Nanomaterials, 5/Session G (2010) Domain Structure Related Ferroic Properties and New Functional Materials, 1/Session J (2010) Advanced Soft Materials-Gel Technologies and Various Functional Designs-, 9/Session O (2010) Materials for Living—Environment, Energy, Medicine-, 11/Session A (2010) Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies, 11/Session FF (IUMRS-ICA2008) Preparation, Characterization and Application of DLC Films, 2/Session S (2009) Materials Frontier, 1/Session T (2010) Materials Frontier, 3/一般投稿 3



## To the Overseas Members of MRS-J

■Damage-free Nano-fabrication Technology for Realizing Essential Characteristics of Nano-materials ..... p. 1

Prof. Dr. Seiji SAMUKAWA, Institute of Fluid Science, Tohoku University

To achieve damage-free plasma processes, I have developed a new neutral beam generation system based on my discovery that neutral beams can be efficiently generated from the acceleration of negative ions produced in pulsed plasmas. Using the neutral beam processing, I successfully demonstrated damage-free etching and deposition for sub-32 nm advanced LSI devices. More recently I have investigated processing technologies based on the combination of biotechnology with neutral-beam-based nano-processes for future nanoelectronics devices and successfully achieved the fabrication of sub-10-nm-diameter Si nanodot. The quantum effects of these nano-scaled structures were shown to manifest themselves at room temperature due to the damage-free etched surfaces made possible by the neutral beam etching processes.

■Research and Development Center for Advanced Materials and Technology, Nippon Institute of Technology ..... p. 2

Prof. and Director Shojiro MIYAKE, Associate Prof. Hiroyuki NOGUCHI, Research Associate Prof. Manabu SUZUKI, Nippon Institute of Technology

The Center conducts its research activities under a philosophy of collaboration across disciplines and organizations. This philosophy has led to increased partnerships with various departments of NIT (Nippon Institute of Technology), leading companies in Saitama Prefecture, and organizations around the world. The Center offers students and researchers access to a wide variety of material characterization techniques and tools. We provide expertise in the development, processing, characterization, and testing of diverse and advanced materials. Material consulting services and material characterization services are available from experts with many years of experience. Material analysis services include material identification, material characterization, microstructural

characterization, material composition, material contamination, material performance, particle analysis, failure analysis, structural analysis, chemical composition, chemical contamination, surface composition, surface contamination, and surface morphology measurement. Materials such as metals, ceramics, polymers, composites, glasses, coatings, particles, fibers, and food products are commonly examined.

In addition, in our research on advanced materials and technology, we specialize in nano- and micromachining and nano- and microcharacterization of super-carbon materials (new materials such as diamond, c-BN (cubic boron nitride), DLC (diamond-like carbon) films, and CNTs (carbon nanotubes)). A project on the synthesis of super-carbon materials, the basic evaluation of their characteristics, processing methods, and their application was carried out from 1998 to 2003, which resulted in new technologies for synthesizing high-quality diamond, tabular diamond, c-BN, and thick DLC films at the device level. Furthermore, a project titled, "Nano- and microtechnology of super-carbons" was executed from 2003 to 2008. This project involved the development of super-carbon materials with control of their structure and composition at the nano- and microscale, and resulted in the development of applications based on nano- and microtechnology.

We are currently performing various studies on nano- and microprocessing and material characterization.

■Development of Detection Method for Trace-level Nuclear Substances ..... p. 6

Prof. Dr. Yasushi INOUE, Chiba Institute of Technology

We developed a novel detection system for trace-level uranium by using UV laser scanning fluorescence technique, which realizes noncontact, nondestructive, and high-sensitive 2D distribution measurement. The system achieved a detection limit of 0.08 Bq (natural uranium equivalent). The distribution of fluorescent particles on a 340 mm × 830 mm fabric surface was measured only in 30 s at the distance of 1 m.

編 後 震災の爪あとに関わるニュースが連日報道されています。  
 集 記 多くの企業、大学、学校、研究施設の方々は様々な震災の影響を受けていると思いますが、工業製品の生産や学会、展示会等の開催状況をみると約半年を経て以前の活気を戻しつつある事を実感します。  
 震災復興という状況であるからこそ新たに見出される新技術や見直される技術による革新、産業創出を期待したいと思います  
 本号完成にあたり各分野の最前線でご活躍の先生方に執筆を依頼させて頂きましたが、震災に関わる多くの困難の中活動を継続され  
 記事寄稿にご協力いただきました事を敬服すると共に心より御礼申し上げます。(川又)

©日本 MRS 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科 中川研究室内

<http://www.mrs-j.org/> E-mail: nakagawa@pe.titech.ac.jp

2011 年日本 MRS ニュース編集委員会 第 23 巻 4 号 2011 年 11 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)

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)、岩田展幸 (日本大学理工学部)、Manuel E. Brito ((独)産業技術総合研究所)、松下伸広 (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 (サーフクリーン)、岸本直樹 ((独)物質・材料研究機構)

編 集: 清水正秀 (東京 CTB) 出 版: 株式会社内田老鶴圃 印 刷: 三美印刷株式会社