

発行 © 日本 MRS 事務局

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10

新橋アマノビル 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 |||||||

半導体レーザーとともに

上智大学理工学部機能創造理工学科・教授 ^{しのかつみ} 岸野 克巳

若い学部学生の頃、卒業研究として東工大の末松安晴先生の研究室で半導体レーザーに出会って、以来、36年間の間、半導体レーザーとその関連分野で研究を行ってきた。「たかがダイオード、されどダイオード」とも言われつつ、単純な半導体デバイスでありながら、次々に新たな発想で、あるいは新しい材料系で半導体レーザーが開拓され、波長域を変えながら、研究の活力が衰えることなく、よくもこの長い年月の間、半導体レーザー研究が継続されてきたものである。ごく最近では、窒化物半導体による緑色半導体レーザーの成功が、学会の話題を集めている。これが実用化に至れば、長年にわたる半導体レーザー研究者の夢であった三原色の半導体レーザーが全て揃うことになる。これは将来のフルカラー光産業の発展に大きく寄与するであろう。

筆者は1974年に0.8μm波長帯AlGaAsレーザーに出会ったのち、博士課程の大学院時代を通じて1μm帯光通信用GaInAsPレーザーの研究を行った後は、未踏破波長域の半導体レーザーの魅力に惹かれて、可視光域半導体レーザーの世界に入り、0.6μm帯赤色GaInPレーザー、そして緑色域II-VI族半導体レーザー、さらには青色域レーザー用の窒化物半導体の研究を行い、時代とともに波長軸上を移動しつつ、未踏破波長域の開拓に挑戦してきた。最近の10年間は、緑色域半導体レーザー研究に力を注いでいて、ナノコラムと名付けた新発想のナノ構造と新しいII-VI族材料で研究を進めている。前者は構造効果で、後者は新材料で緑色域レーザーの開拓を目指している。

この30年間における可視光半導体レーザーを振り返ると、「光ディスクの記録密度向上のために発振波長の短波長化を進める」とのパラダイムのもとで研究が行われてきた。CD用に波長0.78μmのAlGaAsレーザー、DVD用に0.65μmのGaInPレーザーの開拓が次々に進み、少し旧聞の話題となったが波長405nmのInGaN系青紫レーザーが開拓され、それがブルーレイをもたらして、このパラダイムによる研究は、ひとつの終着点に到達したかの感がある。同じパラダイムでさらなる短波長を目指す研究もありうるが、紫外域となるので光ディスクのプラスチック媒体の吸収が大きくなって、レーザー開拓だけでは済まなくなったからである。

このように長年にわたって半導体レーザーが研究されてきたにもかかわらず、緑色域は未踏破波長域として取り残されてきた。しかし、フルカラーディスプレイ、レーザープロジェクターへの関心が高まり、緑色レーザーの重要性が強く認識されて、現在、緑色半導体レーザー研究が世界的規模で加速されている。しかし、依然として信頼性の高い実用的な緑色半導体レーザーは実現されていない。

赤色と青色レーザーはあるが緑色レーザーがないため三原色利用の光産業分野の発展が大きく遅れている。しかしながら実用化されているInGaP系赤色半導体レーザー、あるいはInGaN系青色半導体レーザーを基礎にして、前者を長波長化あるいは後者を短波長化して実用水準の緑色域レーザーを実現する道には、それぞれ材料的な難しさがある。赤色域では短波長化とともにヘテロ障壁が少な

くなって、レーザー活性層からの電子の漏れが増加する。波長635nmレーザーの高出力化が実現されたが、それ以上の短波長化は難しい。一方、InGaN系レーザーでは、ごく最近、緑色域の波長520~530nmでレーザー発振が報告されたが、しきい値電流密度は、波長500nm以上の波長領域では1nm刻みで急激に増加し、520nm付近では5~7kA/cm²と高い値となる。これはレーザー端面に高反射膜コーティングを行い、動作電流を下げたときの値であって、高出力化を目指して反射率を下げると、しきい値電流密度も増加する。現在、このレーザーの特性改善には大きな研究努力が注がれているので、将来的には解決されてゆくであろう。

さて、これまでの半導体デバイス史をみると、研究者は、材料限界に直面したとき、構造効果で克服するか、あるいは新材料の開拓を行うかのどちらかの道に解決法を見出ししてきた。我々はこの両方の側面で緑色域半導体レーザー研究に取り組んでいる。ここではナノコラムについて簡単に紹介しよう。

ナノコラムとは、直径50~300nmの一次元柱状ナノ結晶で、貫通転位フリーの高品質なナノ結晶が自立的に形成され、ナノ構造に内在化したGaInNナノ活性領域からの光の取り出し効率は高く、低欠陥性と相まって、可視域で明るく光る。自己形成法で作る限りコラム径とコラム位置はランダムに形成され、ナノLEDの発光波長がばらつき、多色発光となった。最近、Tiマスク選択成長法を開拓し、ナノパターン基板上を用いて、形状がよく揃った規則配列ナノコラムが得られるようになった(図-1)。緑色半導体レーザーとしては構造的にいくつかの可能性はあるが、規則配列したナノコラムが二次元的にコヒーレントに結合しながら発振しうる二次元分布帰還(DFB)型構造が有効であろう。図-1はInGaN系ナノコラム結晶の緑色域・光励起レーザーの発振スペクトルの一例である。自立性ナノ結晶内にヘテロ構造を埋め込むと、基板からの影響を受けずに、ヘテロ構造内で格子整合系が実現できる。無転位性とナノ結晶の歪制御のしやすさ、発光均一性を活用しつつ、緑色域レーザーの課題に取り組んでいる。

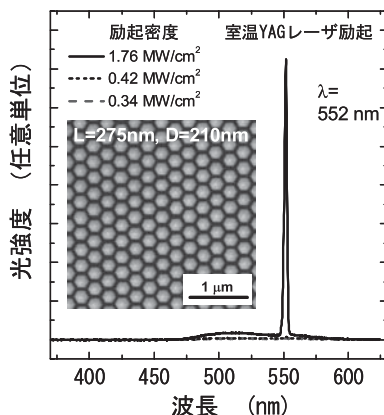


図-1 InGaN系規則配列ナノコラムと緑色域・光励起レーザー発振(筆者による実験)



■研究所紹介

財団法人材料科学技術振興財団

財団法人 材料科学技術振興財団 分析評価部 TMG さききつお 佐々木達郎

1. はじめに

財団法人材料科学技術振興財団 (MST) は 1984 年に設立された財団法人です。科学技術庁 (当時、現文部科学省) 長官の諮問機関である航空・電子等技術審議会が「新材料の創製に関する総合的な研究開発の推進」という政府の諮問を受けて 1984 年に答申を出しました。

同じころ、初代 MST 理事長・山崎貞一氏らが発起人となり、材料の研究と解析・評価を行う公益法人の設立を政府に働きかけ、国内メーカーから賛同を頂きました。

これら官民双方の動きが一つになり、政府の認可を得て設立されたのが MST です。

2. 事業概要

MST の事業は研究事業、振興事業、受託分析事業の 3 分野で構成されています。

研究事業では、「より厳密な材料の評価」を目指した MST 内の独自研究だけでなく、大学関係を中心とした研究機関への研究助成、またそれらの機関との共同研究を行っています。

振興事業では、国際会議・シンポジウムの支援を行っており、また 2001 年には「山崎貞一賞」を創設いたしました。

「山崎貞一賞」とは初代理事長山崎貞一氏の人徳を偲び、その功績を称えると共に、日本の科学技術の普及啓発と科学技術水準の向上に寄与することを目的に創設した賞です。

「材料」「半導体及び半導体装置」「計測評価」「バイオサイエンス・バイオテクノロジー」の 4 分野からなり、論文の発表、特許取得、方法・技術の開発を通じて、実用化につながる優れた創造的業績をあげている人を表彰し、毎年 11 月に日本学士院にて贈呈式を行っています。

MST の事業の中で最も大きなウェイトを占めているのが、受託分析事業です。東京都世田谷区に事業所を構え、二次イオン質量分析 (SIMS)、透過電子顕微鏡 (TEM)、X 線光電子分光分析 (XPS) をなどの測定装置を備え、ユーザーのニーズに応じた材料の分析・評価を行っています。



写真-1 財団法人材料科学技術振興財団概観

3. 受託分析事業

市場拡大しつづけるナノテクノロジーの分野において MST は、お客様のニーズに最大限応えられるよう、様々な分析装置を備えています。カメカ社製二次イオン質量分析 (SIMS) 装置 IMS-7f や日立ハイテクノロジーズ社製走査透過電子顕微鏡 (STEM) HD-2700、ION-TOF 社製飛行時間型二次イオン質量分析 (TOF-SIMS300) 装置などの最先端の装置を導入し、そのスペックを最大限に活用して高精度な分析データをご提供しています。

ここで HAADF-STEM (High-angle Annular Dark Field Scanning TEM) 測定の一例を紹介しします。

HAADF-STEM 像は細く絞った電子線を試料に走査させながら、透過電子のうち高角に散乱したものを環状の検出器で検出することにより得られます。原子量 Z に比例したコントラストが得られることから Z コントラスト像とも呼ばれます (図-1, 2)。

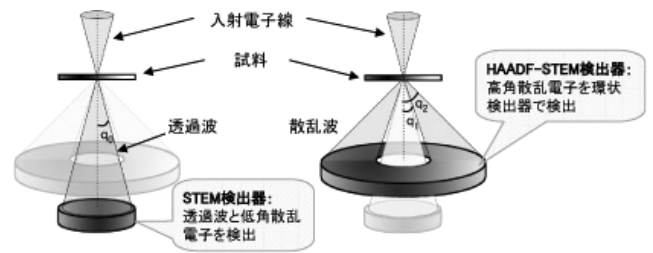
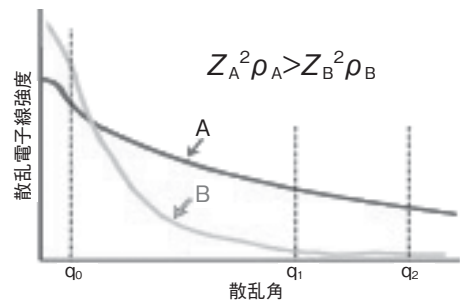


図-1 原理



Z²ρが大きな材料の方がより高角に散乱される
→
重い元素は STEM 像では暗く、
HAADF-STEM 像では明るい

図-2 特徴

Cs コレクタ (球面収差補正機能) 付き STEM により超高分解能観察 (分解能 0.14 nm) を行うことで、異種材料界面、化合物界面の原子配列、粒界偏析評価などが可能となります。TAOS (透明アモルファス酸化物半導体) 中微粒子の評価を行った例を図-3~6 に示します。

InGaZnO₄ 粒子の超高分解能 HAADF-STEM 像は原子配列に対応した規則性をもったコントラストの濃淡が観察されています。

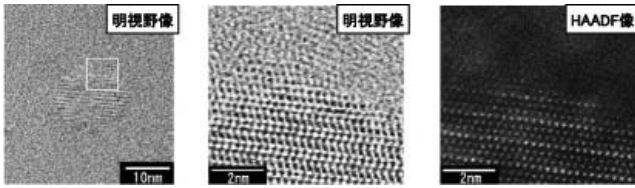


図-3 InGaZnO4 粒子の超高分解能 TEM 像 (STEM 像)

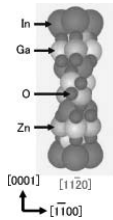


図-4 InGaZnO4 結晶モデル

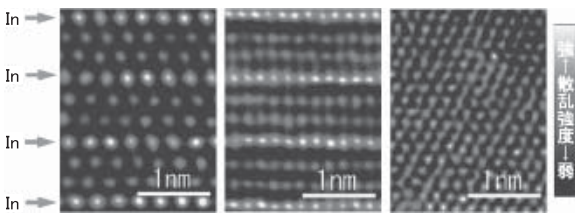


図-5 HAADF-STEM 像

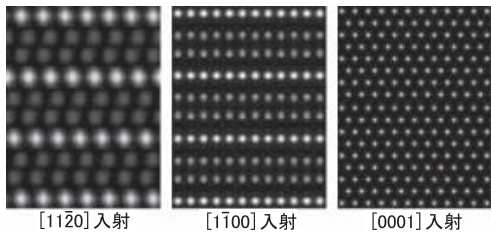


図-6 シミュレーション像

図-5, 6 を比較すると、結晶モデル (図-4) からシミュレーションした散乱電子像と同様の規則性を示していることがわかります。

原子量に敏感な HAADF-STEM は多元系結晶構造を直接理解できる有効なツールといえます。

分析データの良し悪しは、測定を行う前の前処理加工にも大きく依存します。私たちはお客様が評価したい材料、得たい情報をお伺いしたうえで、設立以来蓄積してきたノウハウを元に最適な試料加工を行います。それから測定を行うことでお客様のご要望にマッチしたデータを提供しています。企業の研究開発、製造現場、大学の論文用等様々なシーンで分析データをご活用頂いています。

また、MST は分析工程を徹底管理することで、短納期でのデータ速報にも努めています。標準的な測定の場合、試料をお預かりしてから SIMS で 4 日、TEM で 5 日程度で電子データをお届けしています。お急ぎの分析にも柔軟に対応していますので、困った際には是非お問い合わせ下さい (表-1)。

最近では太陽電池、リチウムイオン二次電池、LED 照明など地球環境を意識したデバイス、製品の開発が盛んになってきました。MST は独自の研究事業の中で培った新材料の加工・測定法を速やかに分析ノウハウに組み込み、受託分析事業へフィードバックすることで、お客様の課題解決に貢献いたします。

表-1 MST のサービス (※納期はサンプル到着日または、着手指示日より起算します。電子データ速報までとなります)

測定法	測定法和名	標準納期
●質量分析法		
SIMS	二次イオン質量分析法	4 日
TOF-SIMS	飛行時間型二次イオン質量分析法	6 日
ICP-MS	誘導結合プラズマ質量分析法	6 日
GC/MS	ガスクロマトグラフィー質量分析法	7 日
LC/MS	液体クロマトグラフィー質量分析法	7 日
LC/MS/MS	液体クロマトグラフィー質量分析法	7 日
●光電子分光法		
XPS	X 線光電子分光法	4 日
UPS	紫外光電子分光法	7 日
●電子顕微鏡観察・分析		
AES	オージェ電子分光法	4 日
SEM	走査電子顕微鏡法	4 日
EBIC	電子線誘起電流法	4 日
EBS	電子線後方散乱回折法	4 日
EDX	エネルギー分散型 X 線分光法	4 日
EPMA	電子線マイクロ分析法	7 日
TEM	透過電子顕微鏡法	5 日
EELS	電子線エネルギー損失分光法	7 日
SIM	走査イオン顕微鏡法	4 日
●振動分光		
FT-IR	フーリエ変換赤外分光法	4 日
Raman	ラマン分光法	4 日
●X 線回折関連		
XRD	X 線回折法	4 日
SAXS	X 線小角散乱法	7 日
XRR	X 線反射率法	7 日
●SPM 関連		
AFM	原子間力顕微鏡法	7 日
SCM	走査型静電容量顕微鏡法	7 日
SSRM	走査型広がり抵抗顕微鏡法	7 日
●その他の測定法		
白色干渉計測法		7 日
TG-DTA-MS, DSC	熱分析	7 日
EMS	エミッション顕微鏡法	4 日

4. マネジメントシステム

私たち MST は最先端の材料の分析評価、研究支援・振興事業を通じて、日本のものづくりに継続して貢献していくため、国際規格に則ったマネジメントシステムを導入しています。「情報セキュリティ (ISO 27001)」「品質 (ISO 9001)」「苦情対応 (ISO 10002)」に真摯に取り組み、安心・安全に、確実に、ご満足いく支援を提供します。

5. おわりに

このグローバル化が進む流れの中で、日本のものづくりには更なる付加価値の向上、イノベティブな製品開発が求められています。新しい製品、新しい材料を評価するためには、常に新しい測定法を開発し続ける姿勢が必要となっていきます。MST は分析技術開発を進め、日本の企業様へ分析を駆使したものづくりサポートを推進してまいります。

■連絡先

〒157-0067 東京都世田谷区喜多見 1-18-6
 財団法人材料科学技術振興財団
 分析評価部 TMG 佐々木達郎
 TEL 03-3749-2525 FAX 03-3749-4567
 info@mst.or.jp http://www.mst.or.jp/



■トピックス

針葉樹型カーボンナノ構造体を用いた乾電池駆動高出力 X 線源

独立行政法人産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門 鈴木 良一

1. はじめに

カーボンナノ構造体からの電界電子放出現象を利用した電子源は室温で電子ビームの発生が可能であり、従来の熱電子源で必要だった予熱が不要なため、すぐに使用できる、発生時にしかエネルギーを消費せずエネルギーを有効に使えるといった特徴がある。

この冷陰極電子源を X 線源の電子源として利用すれば、可搬型の X 線非破壊検査装置、レントゲン装置、X 線分析装置などの利便性が高まり、X 線の利用範囲が広がると予想される。

非破壊検査や医療診断用の X 線管の場合は、管電圧が数十 kV 以上、管電流が数 mA 以上安定に出すことができることが要求される。このような X 線源用の電子源としてカーボンナノチューブ (CNT) 等からの電界放出電子による X 線源の研究がなされてきているが、CNT を用いた X 線源は電流によって生じる熱負荷による損壊やクーロン力によってカーボンナノチューブが基板から剥がれてしまうという問題があった。

筆者らは、これらの問題を克服するためプラズマ CVD 法で成膜した針葉樹型のカーボンナノ構造体を電子源として用いた X 線管を開発した。この X 線管は、エージング等の処理を行うことによって出力の高い X 線を安定して発生できる。さらに、この X 線管のための可搬型乾電池駆動 X 線源を試作した。この X 線源は 100 keV 以上の高ピーク出力 X 線の発生が可能で、高精度 X 線透過イメージを撮ることができる。

2. カーボンナノ構造体電子源

本研究で使用しているカーボンナノ構造体の電子顕微鏡写真を写真-1 に示す。このカーボンナノ構造体は、水素及びメタンを原料ガスとして直流プラズマ CVD 法で金属基板に成長させたもので、針葉樹状のカーボン構造体が多数生えた森のようになっている。この中の 1 本 1 本の針葉樹状の樹の先端にはナノメートルオーダーの径の針状炭素が突き出ており、この針状炭素は、チューブ形状で底面側に行くほど太くなっている。さらに底面側では側面にカーボンシート (グラフェン) が生えており、これも底面に近づくほど広がった形状になっている。このカーボンナノ構造体は、金属基板の上に直接 CVD 成長させたものであるため、CNT で必要だった基板との接合は不要である。

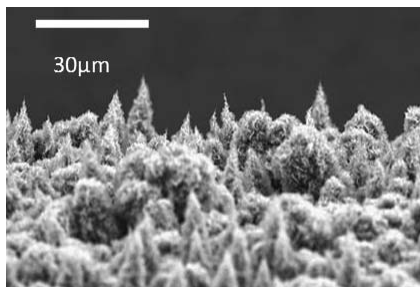


写真-1 針葉樹型カーボンナノ構造体

直径 6 mm の針葉樹型カーボンナノ構造体に電界をかけて電子を引き出したときの電流-電圧特性を図-1 に示す¹⁾。電流-電圧特性は、最初に低電流領域を測定した場合、電圧の比較的低い値か

ら電子が開始するが、電流を増やしていくと電流-電圧曲線は電圧の高いほうにシフトする。この電流-電圧曲線は、秒から分のオーダーで変化し、長時間電子を放出すると安定化する。図-1 の高電圧側の電流-電圧特性は、3 mA で 1 時間以上電子を出した後に測定した曲線である¹⁾。

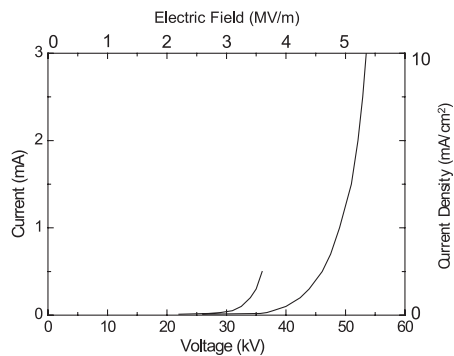


図-1 カーボンナノ構造体電子源の電流-電圧特性

この電流-電圧特性の変化から、写真-1 のカーボンナノ構造体は、以下のような現象が起きていると推測できる。

- ① 樹状のカーボンナノ構造体は、樹と樹の間隔はマイクロメートルオーダー空いており、ナノメートルオーダーの針状炭素に電界が集中しやすい。これに電圧をかけていくと、比較的低電圧で外に突き出した針葉樹状カーボン構造体の先端から電界電子放出が起こる。
- ② 電圧をさらに増加させていくと、電子を放出していた針葉樹状のカーボンナノ構造体の先端部が電流によって生じる局所的な熱あるいは電界によって生じるクーロン力に耐えられなくなり、一部が損壊する。これによって、電流-電圧特性は高電圧側にシフトする。しかしながら、このカーボンナノ構造体は、底面側に行くほど太くなっており、機械的強度が底面ほど強い。そのため構造が壊れるとしても、先端部がわずかに壊れ、全体の構造にはほとんど影響がない。
- ③ 表面側 (凸部) のカーボンナノ構造体の先端が徐々に損壊していくと、凹部の樹状カーボンナノ構造体にも電界がかかるようになり、電子放出に寄与するカーボン構造体の数が増える。さらに、先端が一部損壊した樹は、先端部が太く短くなる。これらの効果によって、より高い電流にも耐えることができるようになる。それによって、先端の損壊は止まり、電流-電圧曲線は安定化する。

したがって、X 線管の製造段階のエージング時に使用時の最大電流よりも高い電流を一定時間出して電子源の電流-電圧特性を安定化させれば、X 線管用電子源として長時間安定に使用できる。

3. カーボンナノ構造体電子源を用いた X 線管

カーボンナノ構造体電子源を用いた X 線管として、写真-2 のようなメタル・セラミック構造の X 線管を試作した²⁾。この X 線管は、3 極管構造として、電子源と中間電極の間の電位差で放出電流を制御し、電子源とターゲットの電位差でターゲットに入射する電子のエネルギー (管電圧) を制御する方式とし、電子がターゲット位置で収束するようにしている。



写真-2 カarbonナノ構造体冷陰極 X線管

X線管を組み立てた後、真空引き、ベーキング、真空封止、エージング等の処理を行い、使用可能な状態にする。真空の維持は合金ゲッター材により行っている。

写真-2のX線管に用いているカソードは、直径6mmの領域に針葉樹状カarbonナノ構造体を成長させたもので、ピーク電流は30mA以上、電流密度は100mA/cm²以上の電子を出すことができる。このX線管の他に、200mA以上の電流を得ることができる直径16mmのカソードを用いたX線管も試作した。また、X線管の寿命を予測するため、6mmφのカソードのX線管で管電流、管電圧をそれぞれ1mA、60kVとして200時間運転による寿命試験を行ったところ、電子源の劣化の兆候はみられなかった。この結果から少なくとも千~万時間オーダーの寿命があり一般的な用途では寿命に問題がないと推測される。

4. 可搬型乾電池駆動高出力X線源

前述のカarbonナノ構造体X線管は、ヒーターやフィラメントなしに高出力のX線を出すことができ、予熱が不要であることから、その場でのX線透過試験やX線分析などのための可搬型X線源として特に有用であると考えられる。そこで、カarbonナノ構造体X線管を用いた可搬型乾電池駆動X線源を試作しX線透過像のイメージングを試みた。

X線源や検出器をその場に持ち込んでX線透過試験を行う作業では、X線の露光時間はできるだけ短時間のほうが望ましい。針葉樹状カarbonナノ構造体X線源は、数mm径のカソードでも30mA以上の高出力X線発生が可能であるため、カメラのフラッシュと同様にコンデンサーにエネルギーを蓄積して、短時間でX線管に高電圧を供給することによりX線を発生させる図-2

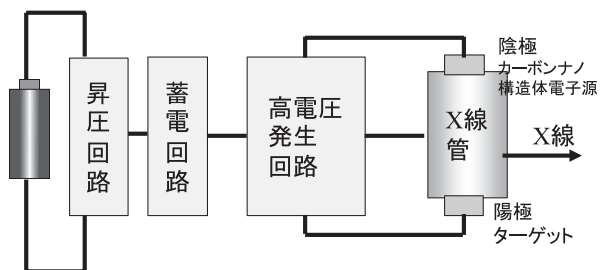


図-2 乾電池駆動カarbonナノ構造体 X線源の構成図

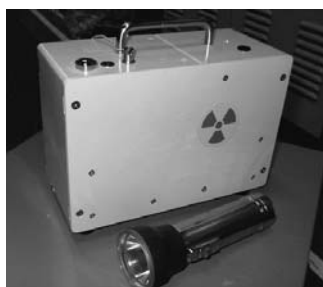


写真-3 可搬型単三乾電池駆動 X線源

の構成の駆動回路を開発した²⁾。

カarbonナノ構造体X線管は、X線の発生時以外はエネルギーを消費しないため、コンデンサーへの蓄電のエネルギーを確保できれば、電源はどのようなものでも利用でき、単三乾電池1本やパソコンのUSB電源でもX線発生が可能である。このX線管と駆動回路を小型のケースに収め、現場に持っていくことができるようにしている(写真-3)。

写真-4は、このX線発生装置とイメージングプレートの組み合わせで撮影した電源ユニットのX線透過像で、撮影条件は、管電圧120kV、電流約20mA、露光時間10msである。10msという短時間露光でも電源ユニット内の細かな部品を鮮明に見ることができる。

写真-4のX線透過像の撮影に要したエネルギーは、120kV×20mA×0.01s=24Jである。単三乾電池は、充電型のニッケル水素電池の場合、1.2V×2Ah×3,600s=8,640J以上のエネルギーを取り出すことができる。単三乾電池1本からの高電圧の発生効率(~30%)を考慮しても単三乾電池1本でこのようなX線透過像を100ショット以上撮影することが可能である。

このほか、厚さ10cm以上のセラミック磚子内の電極やコンクリート壁内の鉄筋等のX線透過像を撮影できることを確認しており、現場でのX線非破壊検査用X線源として様々な応用が可能であると考えられる。

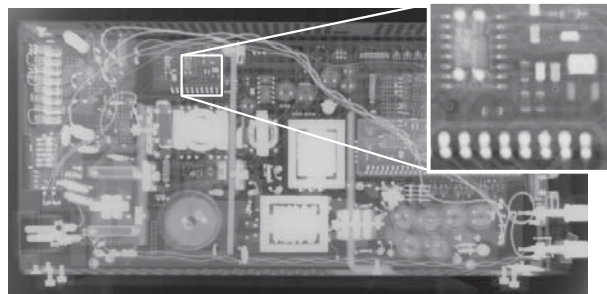


写真-4 乾電池駆動 X線源により撮影した電源ユニットの X線透過像

5. 今後の展開

針葉樹状のカarbonナノ構造体を電子源としたフィラメントやヒーター不要のX線管及び可搬型の駆動回路を開発した。このX線管の電子源は、CVD法で成膜した針葉樹状のカarbonナノ構造体を用いることにより、CNTで必要であった基板との接合工程などが不要で、エージング処理のみで高い放出電流密度と長時間安定した電子放出が可能である。

このX線管を利用した乾電池でも駆動できる可搬型X線源を試作し、これを用いてX線透過イメージングなどの実験を行い、実用的に使えることを実証した。このX線源は、X線透過イメージング以外にも蛍光X線分析などのX線分析にも用いることができることを確認しており¹⁾、新たなX線源として期待される。

【参考文献】

- 1) 鈴木良一, 小林慶規, 石黒義久, X線分析の進歩, 41, 201 (2010).
- 2) 鈴木良一, Synthesiology, 2, 237 (2009).

■連絡先

〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第二
 (独)産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門 鈴木良一
 TEL: 029-861-5681 Fax: 029-861-5683
 URL: <http://www.aist.go.jp/>

追悼

Rustum Roy 先生のご逝去

1924-2010

東京工業大学名誉教授 宗宮 重行、無機材質研究所元所長 木村 茂行

Rustum Roy 先生（ペンシルバニア州立大学名誉教授：Evan Pugh Professor Emeritus of the Solid State）が8月26日、ペンシルバニア州ステートカレッジの自宅で逝去された。先生は、1973年のMaterials Research Societyの創設に中心的役割を果たされた。

Roy 先生は1924年7月3日生まれで、生誕地はインド、ビハール州のRanchiである。1945年末に渡米し、1946年からペンシルバニア州立大学の当初は化学科で、まもなくセラミックス学科に移って博士課程を修了された。1951年同大学で助手（Assistant Professor）になり、1957年に地球化学教室の教授に昇任された。1981年には、同大学教授陣で最高の位であるEvan Pugh Professorにまで上り詰められた。Evan Pughは、ペンシルバニア州立大学（1855年創立当初の名称はFarmers' High School of Pennsylvania、1862年にAgricultural College of Pennsylvania、1874年にPennsylvania State Collegeとなり、最終的に現在の名称Pennsylvania State Universityとなったのは1953年）の初代学長（1859年就任）とされている。現在同大学材料科学の名誉教授であるDella Martin Roy先生とは、1948年に結婚されている。

同大学Materials Research InstituteのCarlo Pantano所長によれば、Roy先生は最近頻出する言葉で言うイノベーターで、材料科学の多くの分野で影響力の大きな論文を出版しているとのことである。「Rustum Roy先生は材料科学分野においてだけでなく、ペンステート（ペンシルバニア州立大学）にも変化を与えた。1960年代以来膨大な論文出版の記録があり、今でも多くの研究者が引用している。彼が通ってきたどの時点でも、研究であれ事業企画であれ、常に曲がり角の先を行っているように見えた。学生にも同僚にも、総じて彼が熱意溢れる、しかも挑発的な講義をする講



師として知られている。彼の結晶化学のコースは全学的に大学院学生のコースリストに含まれており、彼が材料科学の最新かつ最もホットな話題に合わせて創出した無数の特論の中でも群を抜いている」とPantano所長は述べている。

「Roy先生は、水熱ゾル-ゲル・プロセスの開発、及び複数のチタン酸バリウム相の確定に関するオリジナルな論文で世界的な名声を獲得した。チタン酸バリウム相は今日最も広く蓄電器の材料として使われている」と、同大学誘電体研究センターのCrive Randall所長は述べている。同所長は「1960年代後半および1970年代を通してのセラミックス界における彼のインパクトがいかに大きかったかは、国際的に活動する会社で彼の業績を熟知しセラミック蓄電器の特性改善に活用している人々と話してみると良く分かる」と言う。

「Roy先生は、マイクロ波の科学とプロセスングに関しても重要な進歩をもたらした」と述べるのは、彼の共同研究者であるDinesh Agrawal同大学材料科学教授である。彼らの研究室は、金属のプロセッシングにマイクロ波を応用した最初の研究室で、マイクロ波の電場と磁場とを分離する技術も発見し、プロセスングに適用している。

Roy先生は、材料科学に対し革新的な取り組みをしており、困難な問題を解決するには多くの異なる分野の研究者を糾合することが本質的に重要であることを見抜いていた先達の一人である。この異分野提携の取り組み（Interdisciplinary Research）は、先生が1962年から1985年まで所長を務めたMaterials Research Laboratoryの哲学的背景となっている。1969年にRoy先生は同大学にScience, Technology and Societyプログラムを創設した。これは、その後全米の大学に創設された同様のプログラムのモデルになっている。

日本MRSにとって、Roy先生の重要な貢献は、Materials Research Society (MRS)の創立とその育成に対するものであろう。現在1万5千人の会員を擁するMaterials Research Societyは、周知のように1973年に設立されたが、実はその前

身は1960年代のRoy先生を中心とするPennsylvania State UniversityのMaterials Research Laboratoryの活動そのものであり、1966年に同Laboratoryで開催されたInternational Conference on Characterization of Materials (ICCM-1)は、その皮切りであったと言っても過言ではない。Interdisciplinary Researchの重要性を指摘したRoy先生の主張に、全米の名だたる材料研究者が呼応するには少々の時間がかかった。当時のNational Academy of SciencesのFrederick Seitz会長の理解を得て、1971年に手弁当でMRS設立準備委員会をペンシルバニア州立大学で開催し、第1回のNational Meeting of Materials Research Societyに漕ぎつけて、MRS事務局を同大学に設置するまで、Roy先生の超人的な努力が注がれた。MRSの初代会長はMITのGatos教授で、Roy先生は副会長だったが、この人事の裏には、MRSを成功に導くための配慮があったと見るべきかもしれない。

MRSは1970年代のタイムリーなTopical Symposiumを通して知名度を拡大し会員は1,000人を超えた。1980年代半ばには3,000人を超え、1990年には1万人を超えた。レーガン政権のイノベーション政策や超伝導フィーバーを追い風にした面もあるかもしれないが、1つの学会の成長としては驚異的である。Roy先生の戦略が奏功したと言えるが、その戦略が多くの研究者の賛同を得るものであったことがこの成長に繋がったと思われる。まさに材料科学の分野で「天才」と呼ばれる所以であろう。

MRSの活動は国際的にも拡大し、1991年にはInternational Union of Materials Research Society (IUMRS)が結成された。わが日本MRSはこれに先立つ1989年の設立であり、IUMRS結成当初からのメンバーである。

Roy先生は、米国で様々な榮譽、賞、称号を受けておられるが、いずれMRSでの追悼文で詳細が報告されると思うので、ここでは日本関連の榮譽に付言したい。2002年に文部科学省から国際交流功労者賞を受賞、同年秋の叙勲で勲三等旭日中綬章を受章しておられる。日本の学会からは、日本MRSを始め、日本工学会、日本セラミックス協会、日本ファインセラミックス協会などから、名誉会員証、国際賞などを受賞している。さらに日本セラミックス協会からは協会創立100周年記念功労賞が、東京工業大学からは名誉博士号が、それぞれ贈られている。

Roy先生と同じ時代の空気を呼吸し、その恩恵を受けた我々は幸運であった、と思うが、同時にその偉大さを必ずしも十分に認識していなかったのではないかと、との悔悟が残る。日本と日本人に、一方ならない肩入れをして下さったRoy先生のご冥福を、心からお祈りいたします。



1999年、MRS発祥の地としてのペンシルバニア州立大学の功績に対し、MRSを代表してRoy先生（右）に感謝状を贈呈する当時のRon Gibala会長（左）。中央は贈呈に立ち会うHarry C. Gatos初代会長（MRS提供）

■会議報告



第11回国際 MRS 連合-国際電子材料 会議報告

(IUMRS-Int'l Conf. on Electronic Materials 2010)

—電子材料研究開発の産学連携パワー—

日本 MRS 会長・(独)物質・材料研究機構 岸本 直樹

第11回国際 MRS 連合-国際電子材料会議 (IUMRS-Int'l Conf. on Electronic Materials 2010) は、IUMRS の公式会議として韓国 MRS の主催により、ソウル郊外の KINTEX (韓国国際展示場: 写真-1) において、本年8月22日(日)から27日(金)までの6日間にわたり開催された。会議はプレナリーセッション、23のシンポジウムから成り、約30か国から1,346件(参加者970名)の講演が行われた。発表の内訳は、招待講演151件、口頭発表278件、ポスター917件であり、国別では、韓国963件、台湾とインドが85件、日本はそれらに次いで52件であった。



写真-1 国際会議会場の KINTEX

初日22日(日)午後は、IUMRS 総会が Lotte Hotel で開催され、各国 MRS からの報告、本 ICEM2010 の現況報告、IUMRS 主催国際会議予定、出版検討状況、エネルギー問題に関する ICSU 連携活動、MRS-Africa の新規加入、IUMRS 賞の見直し、次期役員選挙等の審議が行われた(写真-2)。



写真-2 IUMRS 総会

並行して、教育的コースとして Prof. R. Nowak (Aalto Univ., Finland) により、「Mechanics meets Electronics in Nanoscale」と題して、Nanoindentation の基礎物理と電子材料への応用について講義が行われた。また Prof. J. Levy (Univ. of Pittsburgh) により、「Oxide Nanoelectronics」と題し、ナノ電子・イオン伝導の基礎から Oxide-半導体ヘテロ構造の種々の物性、さらには LaAlO₃/SrTiO₃ 界面のメモリーのデモに至るまでの広範な内容の講義が行われた。

23日(月)は、開会式に引き続き、Plenary Session I においては、Dr. Peter Grünberg (IFF-Inst. Forschungszentrum, Jülich, Nobel Prize 2007) により、「The Discovery of RKKY-type Interlayer Exchange Coupling: from Spinwaves to Spin Injection」と題して、非磁性薄膜を挟んだ強磁性層間の反平行交換結合の解明から巨大磁気抵抗 (GMR) 効果の発見に至る広範な道筋が述べられた。基礎的原理のみならず、Fabry Perot 干渉計を用いた非弾性光散乱によるスピン波計測の具体的な測定手法について講演され、さらには日比啓子氏が反平行交換相互作用のデモ実験を行って見せた。

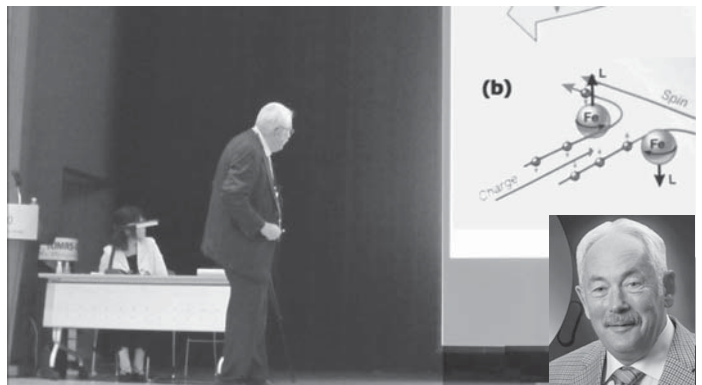


写真-3 Grünberg 教授のプレナリー講演

その他のプレナリー講演については、24日(火)の Dr. Sung Wook Park (Hynix Semicond. Inc.) は、「Future Memory & Materials」と題し、DRAM と NAND flash の開発競争が加速するとともに限界に近づいており、材料のブレークスルーが必要であることを強調した。Prof. Manijeh Razeghi (Northwestern Univ.) は、「Modern Atomic Engineering: Building Better Optoelectronics from Atoms Up」と題して、III-V 化合物を中心に、低次元系の量子構造を制御し、THz から紫外光域までにわたるセンサー、光源応用等の研究成果を講演した。彼女は、研究室の学生約50人全員から毎週レポートを出させ、月曜朝には査読して全員に返すという猛烈な仕事ぶりとのことである。

25日(水)のプレナリーは、Dr. Sang Soo Kim (Samsung Mobile Display Co.) は、「OLED: The Next Generation of Display Technology」について講演した。これは電子産業最前線の企業の研究開発責任者による講演であり、Dr. Park とともに、この会議のハイライトであると言える。特に、Samsung Mobile Display 社は、電子産業の当面の主力目標である Smart (3D) TV, Smart Phone の根幹を担う AMOLED (Active Matrix 有機 LED) の研究開発を、集中投資により推進している。彼は AMLCD の開発段階から携わってきており、その後継の AMOLED の開発責任者として、液晶 LCD の開発のときと比べて遙かに急ピッチになった開発状況及び研究開発戦略を披露し

た。講演では随所に、紙状の 3D TV 等のアニメを見せられ、今にも市場を席卷すると感じられた。筆者はこのセッションの座長を任せられたが、事務局から突如「講演後の質問は受けられない」と告げられ、聴衆への説明に四苦八苦するとともに、さすが企業最前線の講演である、と妙に感心した。25 日(水)のプレナリーは川合知二教授(大阪大)により「Green Nanotechnology for Lower Power Consumption Devices using Metal Oxide Nanowires」と題して、FMO 強磁性酸化ナノワイヤーの ReRAM 効果等に加えて、ナノ孔による DNA シークエンス効果に関する新しい研究成果が報告された。

技術セッションは、有機エレクトロニクス、演算素子、不揮発メモリ、ワイドギャップ半導体、実装技術、太陽電池、燃料電池、LED 照明、フレキシブルディスプレイ、プラズマ応用ナノテク、電子セラミックス、印刷エレクトロニクス、Si 薄膜技術、金属-酸化物ナノ構造、計算デバイス設計、ナノマニュファクチャリング、材料教育、材料世界ネットワーク等で構成され、電子産業、ナノテクノロジーの重要課題が勢揃いした。

図-1 に示すように、最も講演件数が多かったのは太陽電池材料であり、次いで金属-酸化物のナノ構造やワイドギャップ半導体が多数の講演を集めたのは自然であるし、論理演算素子の 32 nm 以降についての講演は、ナノ電子材料の本丸であろう(写真-4 左)。しかしながら、筆者の受けた個人的な印象では、今最も勢いがあるのは、有機 LED を代表とする有機電子材料の研究であると感じた。有機電子材料は、「有機エレクトロニクス」だけでなく、太陽電池(写真-4 右)、ナノプロセス技術、燃料電池、LED、印刷エレクトロニクス、3 次元構造制御等、他の多く

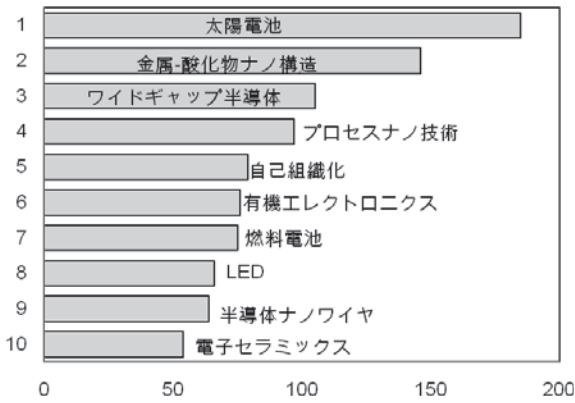


図-1 材料分野ごとの講演件数



写真-4



のセッションに跨っており、もし材料種別で分類すれば、今や固体半導体や金属・セラミックスについての講演数を凌駕しているかもしれない。まるで Samsung Mobile Display 社のプレナリー講演と呼応するように、技術セッションの研究発表では、Samsung や LG Electronics 等の大企業との共同研究(助成研究)が多かった。その研究内容は、新しい有機 LED や有機発光体を網羅的に探索し、素早くデバイス設計し、あらゆる製法を試し、さっさと多層構造、集積等高次構造を製作し大面積化し、さらに歩留り検査等、プロセスまでを行うという具合に、実用までのプロセスを広範に網羅していた。

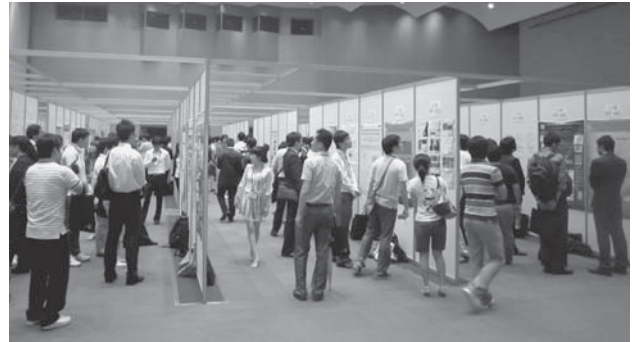


写真-5 白熱するポスターセッション会場

ポスターセッションは 23 日(月)、24 日(火)、26 日(木)に、昼の時間帯に行われた。本会議では、MRS のポスター重視の考え方に従って、全体講演数の約 7 割がポスター講演に割り当てられており、写真-5 のように、多くの若い研究者の熱気に包まれていた。ただ、昼の 1 時間に限られていたのは、若い人達に物足りなかつたかもしれない。これは、夜のセッションを避け、パラレルセッション数を 11 に抑えたことが原因と見られる。全体的には時間的にゆとりがあつてよかつたが、ポスターセッションにはしわ寄せが来ていたと見られる。

全体の講演を通して、国中の大学と国立研究機関が、大企業の問題解決に緊密に協力しているという雰囲気が強く感じられた。セッション運営に企業研究者がかなり参加し、企業スポンサー、企業の発表者が多かつた。研究内容は製造プロセスと緊密に連携したものが多く含まれ、旺盛な研究開発パワーが感じられた。

IUMRS 会議の特長である、教育と国際ネットワークに関しては、Materials Education のシンポジウムは、今回はポスターのみの発表となつてしまつたが、その代わりに Symp.V の「Expanding US-Asian Cooperation in Interdisciplinary Research and Education」では、Prof. RPH. Chang (Northwestern Univ.) と Prof. Taik Nam Kim (Paichai Univ.) の呼びかけにより、Australia, NSF-China, JSPS, Malaysia, IMRE-Singapore, NSF-Korea, Taiwan-NSC, Thailand NMMTC の代表者が一同に会して国際協力の行動計画を議論した。

イベントとしては、公式ツアーとバンケットが、25 日(水)午後実施された。ツアーのコースは、軍事境界線付近の「非武装地帯の見学」と、「水原華城の見学」が用意されていた。筆者は、非武装地帯のバスツアーに参加した。このコースは文字通り南北対立の爪痕を辿るものであり、平和鐘閣→京義線蒸気機関車展示場→烏頭山統一展望台を訪れた。ガイドの説明も南北分断の歴史と統一の難しさの説明に終始した。写真-6 は、戦禍も生々しい蒸気機関車のある展望台から自由橋を望む景色である。



写真-6 南北軍事境界線の自由橋



写真-7 バンケットは民族舞踊も演出

バンケットは、ツアーに引き続き Lotte ホテルで盛大に開催された。特筆すべきは、Dr. Grüberg のギター伴奏による日比女史のソプラノ独唱、あるいは韓国の民族舞踊が華やかに繰り広げられたことである。

筆者も日本 MRS を代表して本会議の成功を祝してスピーチを行ったが、併せて、次回横浜で開催される IUMRS-ICEM2010 の宣伝告知を行った。

今回は、日本 MRS の主催で 2012 年 9 月 24 日(月)~28 日(金)に、横浜パシフィコで開催されることとなります。日本 MRS 会員の皆様におかれましては、奮ってセッション提案、アブストラクト論文投稿をお願い致します。アブストラクト締切は、2012 年 3 月末を予定しています (<http://www.mrs-j.org>)。

ご 案 内

■第 20 回日本 MRS 学術シンポジウム

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 II」

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します。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します。

開催予定日：平成 22 年 12 月 20 日(月)~22 日(水)、一般セッション、国際セッション

開催会場：横浜市開港記念会館(横浜市中区本町 1-6)、横浜情報文化センター(横浜市中区日本大通り 11)、ほか

○：代表チェア ☆：連絡チェア ◎：代表・連絡兼任チェア

*：国際セッション

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*

○白谷正治(九州大) ☆金子俊郎(東北大)

B 小角散乱法で見るエコイノベーション材料のナノ構造* ◎大沼正人(物材研)

C ナノマテリアルの社会受容国際シンポジウム* ◎宮澤薫一(物材研) ☆若原孝次(物材研)

D ナノスケール構造体の新展開-構造・機能・応用- ◎佃 達哉(北海道大)

E 酸化物および酸化ナノ複合材料の合成・評価と応用* ◎遠藤和弘(金沢工業大) ☆鈴木基史(京都大)

F 最先端ナノ物性を最大限に活用した代替材料開発 ◎山口明(岩手大) ☆原 重樹(産総研)

G ドメイン構造に由来する物性発現と新機能材料 ○和田智志(山梨大) ☆米田安宏(原研)

H 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- ○池上敬一(産総研) ☆大貫等(東京海洋大)

I 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 ◎吉矢真人(大阪大)

J ソフトマテリアル-ゲルのテクノロジーと多彩な機能設計- ◎加藤紀弘(宇都宮大)

K 生物資源の最近の進歩 ○岡部敏弘(青森産技センター) ☆小川和彦(能開大)

L ネイチャーテック ◎垣澤英樹(物材研)

M 先導的バイオインターフェイスの確立 ○斉藤永宏(名古屋大) ☆藤間卓也(東京都市大)

N 界面ナノバイオテクノロジー* ◎松田直樹(産総研)

O 暮らしを豊かにする材料-環境・エネルギー・医療- ○中山則昭(山口大) ☆中塚晃彦(山口大)

P 燃料電池用材料、デバイス、及びシステム開発の新展開 ◎森 利之(物材研)

Q エネルギー材料・フロンティア ○篠原嘉一(物材研) ☆米田征司(神奈川大)

R 新しい分析・評価技術-材料と環境への適用 ○西本右子(神奈川大) ☆津越敬寿(産総研)

S イオンビームを利用した革新的材料* ○馬場恒明(長崎工技センター) ☆雨倉 宏(物材研)

T マテリアルズ・フロンティア ◎伊熊泰郎(神奈川工大)

U 日印先進材料研究フォーラム* ◎鈴木淳史(横浜国大)

各種期日と締切

研究発表申込締切 2010 年 10 月 15 日

オンライン参加申込締切 2010 年 10 月 31 日

前払いの銀行振込期日 2010 年 11 月 15 日

詳細は HP (<http://mrs-j.com>) をご覧ください。

問い合わせ先 横浜国立大学大学院環境情報研究院 鈴木淳史研究室 室内 シンポジウム事務局担当・和田真樹子、mrsj-s@ynu.ac.jp, Tel:045-339-3846, Fax:045-339-4477

■新刊紹介

Transactions of the MRS-J, Vol. 35, No. 1 (2010) が発刊されました。

・20 周年記念シンポジウム 13 報

・以下は 2008 年のシンポジウムセッションから

・session B: development of oxide nanocomposites—bulk, thin films and nanostructures— 10 報

・session D: liquid crystals and ordered soft materials 5 報

・session E: materials for living—environment, energy and medicine 11 報

・session LL: materials frontier 1 報

・session I: structure induced giant nature 14 報

・一般 5 報

合計 59 報、295 頁



To the Overseas Members of MRS-J

■A Brilliant Forecast of Wide-gap Semiconductor Lasers... p. 1 Professor Dr. Katsumi KISHINO, Faculty of Science and Technology, Sophia University

Development of semiconductor lasers of three primary colors will bring immediate industrial applications in full color. Reliable semiconductor lasers have already been developed in blue and red emission ranges; recently, successful operation of green lasers has been reported, but with a high lasing threshold current density. Efforts to improve the lasing performance are extensively made. InGaN-based nanocolumns, one-dimensional nanocrystal of 50-300 nm diameter, which are originally-devised by the author, show potentiality for sorting out the technical issue due to the brilliant nanocrystal effect.

■Foundation for Promotion of Material Science and Technology of Japan... p. 2 Tatsuo SASAKI, TMG Division, MST

Recently, science and technology have developed remarkably, especially in the fields of telecommunication, electronics, energy, medical science. A progress of the technologies in materials science have contributed to make our dream come true.

MST provide the high-quality analysis data to our customers by making good use of the latest analysis devices (for instance, IMS-7f, HD-2700, TOF-SIMS300 etc.) and the accumulating knowhow.

In the future, we hope that we will contribute to the improvement and development on materials science in Japan

■Cell-battery Operated High-flux X-ray Source Using Coniferous Carbon Nano-structure... p. 4 Dr. Ryoichi SUZUKI, RIIF, AIST

A cold cathode X-ray source, which utilizes electron field emission from coniferous carbon nano-structure, is presented. The cathode, which consists of aggregate of coniferous carbon,

can generate electron beam of more than 100 mA/cm² and stable electron emission for long time. We have developed practical portable high-energy X-ray sources using this cathode, which can generate high energy X-ray of more than 100 keV and which enables us to take high-definition X-ray transmission images using an AA battery as a power source. This X-ray source is expected to be used various fields.

■Obituary Prof. Rustum Roy... p. 6

■Report of IUMRS-Int'l Conf. on Electronic Materials 2010 —Growing R & D Cooperation on Electronic Materials between Industry-Academia—... p. 7

Naoki KISHIMOTO, President of MRS-Japan, National Institute for Materials Science

The 11th Int'l Conf. on Electronic Materials (IUMRS-ICEM2010) was held on August 22 through 27, 2010 at KINTEX (Korea International Exhibition Center), Seoul. The conference was organized by MRS-Korea under the IUMRS framework. The 5 plenary lectures and 1346 papers from about 30 countries were presented in the plenary sessions and 23 technical symposia. The papers consisted of 151 invited talks, 278 orals and 917 posters. On the first day 22nd, IUMRS General Assembly was held in Lotte Hotel, discussing on administrative matters and future conferences.

All the plenary talks, initiated by Dr. P. Grünberg (on GMR), provided fascinating achievements of fundamental and applied materials science. The R & D leaders of Hynix Semicond. Inc. and Samsung Mobile Display highlighted the growing industrialization of electronic materials. Over all the technical symposia, organic electronic devices, such as OLED and OSC, were emphasized, as well as authentic semiconductor nanodevices. It gave a strong impression that most of the research was conducted under tight cooperation between the academia and the industry.

目次

01 やあ こんにちは

半導体レーザとともに 岸野 克巳

02 研究所紹介

財団法人材料科学技術振興財団 佐々木達郎

04 トピックス

針葉樹型カーボンナノ構造体を用いた乾電池駆動高出力 X 線源

鈴木 良一

06 追悼 Rustum Roy 先生のご逝去 宗宮 重行、木村 茂行

07 国際会議報告

第 11 回国際 MRS 連合-国際電子材料会議 岸本 直樹

09 ご案内

10 To the Overseas Members of the MRS-J

科学技術立国を目指す日本にとって、日本人のノーベル賞化学賞受賞は改めてうれしいニュースでしたが、一方で若手研究者が海外に出て行かず内向き傾向が顕著とかで、なかなかうまくはいかないようです。変化に柔軟に対応できるはずの若者は、どこに向かおうとしているのでしょうか。さて、今回もお忙しい先生方ですが快く寄稿をお引き受けいただき、発行に漕ぎ着けることができ、皆様に御礼申し上げます。最後に、今回で担当を卒業となります。これまでお世話頂きました先生方、諸先輩に改めて感謝申し上げます。ありがとうございました。(富田記)

©日本 MRS 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-5-10 新橋アマノビル 6F 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@snt.or.jp

2010 年日本 MRS ニュース編集委員会 第 22 巻 4 号 2010 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、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 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