

KARCFRONT

未来 ICT 研究所ジャーナル

Vol. **30**

2014

AUTUMN



特集に寄せて

研究成果の社会還元を加速するために

特集 開かれた研究所を目指す新センター

加速する「酸化ガリウム」研究開発の新展開

深紫外LEDにより安心・安全で持続可能な
社会を実現する





Contents

特集に寄せて 3

研究成果の 社会還元を加速するために

企画室 室長 照井通文 博士 (理学)

特集：開かれた研究所を目指す新センター1 4

新半導体エレクトロニクスを切り拓く



加速する「酸化ガリウム」 研究開発の新展開

グリーン ICT デバイス先端開発センター
センター長 東脇正高 博士 (工学)

特集：開かれた研究所を目指す新センター2 8

ナノ光構造技術による
深紫外 LED の高性能化と実用化開発



深紫外 LED により 安心・安全で持続可能な 社会を実現する

深紫外光 ICT デバイス先端開発センター
センター長 井上振一郎 博士 (工学)

施設一般公開 2014 12

身近なモノから広がる先端研究

TOPICS 14

関西3拠点合同研究交流会を開催／第23回 細胞生物学ワークショップを開催／「国際フロンティア産業メッセ2014」に出展／施設一般公開2014を開催

報道発表：革新的な量子通信を実現する超広帯域スクイーズド光源と検出技術を開発／世界初、量子鍵配送・スマートフォンを用いた認証・データ保存システムの開発に成功／超伝導体中の“ヒッグス粒子”の性質を解明

受賞報告：石井智ナノ ICT 研究室研究員が「船井研究奨励賞」を受賞

未来 ICT 研究所 STAFF 総覧 16



未来ICT研究所
企画室 室長

照井 通文

Toshifumi Terui
博士(理学)

研究所長

企画室

超高周波 ICT 研究室

量子 ICT 研究室

ナノ ICT 研究室

バイオ ICT 研究室

グリーン ICT デバイス先端開発センター

深紫外光 ICT デバイス先端開発センター

研究成果の 社会還元を加速するために

現在の情報通信技術にはいくつかの問題が生じています。わかりやすい例では、情報通信量の急増と消費電力の増加です。今後も通信量は増加することはあれ、減少することはないと思われます。だからと言って、無制限にエネルギーを消費するわけにはいきません。

将来的には、相反する要求を同時に満たす技術の開発が必要となっています。そのためには、既存技術の延長線上にはない革新的な情報通信技術の開発を進めることが必要であり、それが未来ICT研究所の使命です。未来ICT研究所ではこれまでに、情報通信技術のブレークスルーにつながる技術シーズをつくり出し、芽吹かせ、社会展開が可能な苗木にまで一貫して育てることができる研究体制を構築してきました。

一方で、研究成果の社会への還元という点ではスピードも重要であり、近年その要求は高まってきています。技術研究開発には、原理検証、デバイス化、実証動作、実用展開など様々な段階があります。未来ICT研究所では、実証実験段階にある研究テーマの研究開発と実用化を加速させるために特定の研究分野に関して『先端開発センター』を設置し、社会還元のスピードアップを図れる体制を新たに構築しました。研究内容は、情報通信技術のみならず、社会への貢献度が大きいと思われる派生技術も含めて検討しています。

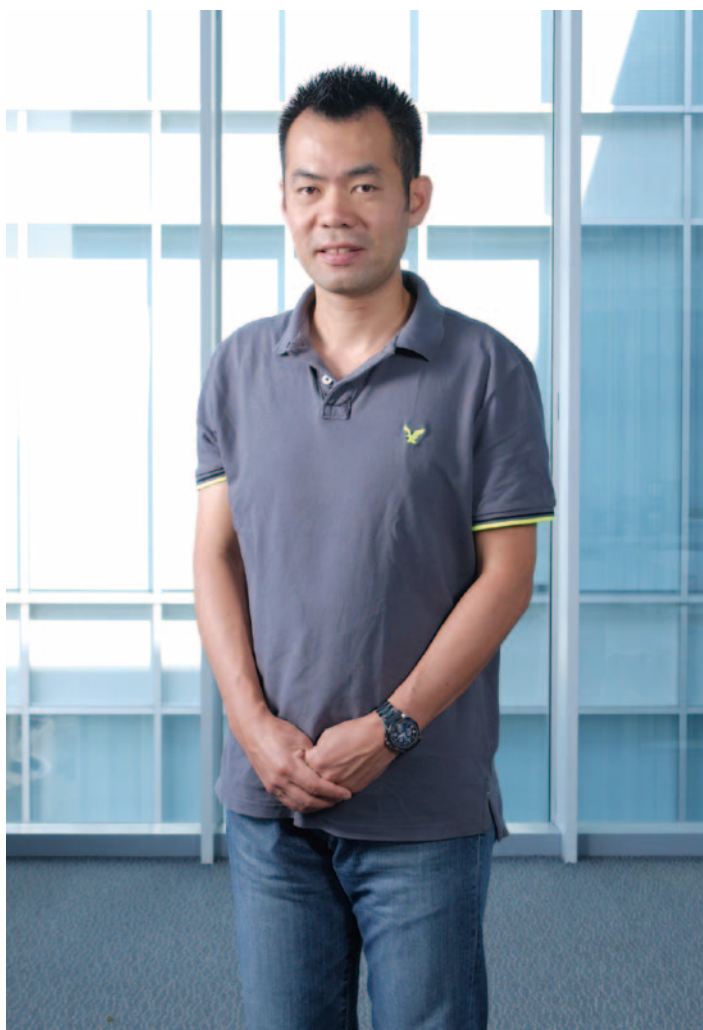
このたびは、未来ICT研究所に新しく発足した2つの『先端開発センター』についてご紹介いたします。

酸化ガリウムをはじめとする新半導体材料を生かしたデバイス開発を進める『グリーンICTデバイス先端開発センター』、深紫外光ICT基盤技術の研究開発を進める『深紫外光ICTデバイス先端開発センター』です。詳細はここでは省略しますが、いずれの研究も将来の安全・安心な社会インフラに大いに貢献できる技術だと確信しています。

新半導体エレクトロニクスを切り拓く

加速する「酸化ガリウム」 研究開発の新展開

開設された新センターでは、世界に先駆けてワイドギャップ半導体材料「酸化ガリウム」の研究開発を加速させています。その優れた物性から、多分野で多様なデバイスの実用化が期待される「酸化ガリウム」の研究開発と実用分野の概要を紹介します。



はじめに

グリーンICTデバイス先端開発センターでは、2010年にスタートしたワイドギャップ半導体材料「酸化ガリウム (Ga_2O_3)」を用いたトランジスタ、ダイオードといった電子デバイスの研究開発を世界に先駆けて進めています。 Ga_2O_3 のバンドギャップは4.6~4.9 eVと、代表的ワイドギャップ半導体であるシリコンカーバイド (SiC)、窒化ガリウム (GaN) のバンドギャップ (3.3~3.4 eV) と比較してもさらに大きな値となっています。この非常に大きなバンドギャップに代表される物性から、 Ga_2O_3 デバイスは高耐圧、高出力、低損失 (高効率) といったパワーデバイス特性に優れたもの

グリーンICTデバイス
先端開発センター
センター長

東脇 正高

Masataka Higashiwaki

博士(工学)

略歴

1998年、大学院博士後期課程修了後、日本学術振興会博士研究員を経て、2000年、郵政省通信総合研究所(現NICT)に入所。2007~10年、University of California, Santa Barbara(UCSB) Project Scientist (NICTより転籍出向)。2010年NICT復帰。2013年10月、グリーンICTデバイス先端開発センター長。

研究分野

半導体電子デバイス、半導体結晶成長、デバイス特性評価、物性評価

近況

オン・オフともに忙しく毎日を過ごしていますが、7歳の娘と2歳の息子が日々の生活の励みです。

になると予想されます。同時に、高温および強い放射線下といった過酷な環境下において、優れたデバイス特性および安定動作が期待できるという特徴も有しています。

もうひとつ、Ga₂O₃デバイスの高い将来性を示す重要な特徴として、その単結晶基板の存在が挙げられます。単結晶Ga₂O₃バルクは、シリコン(Si)、サファイアと同様に融液成長が可能であるため、その大型バルクから安価に大口径高品質の基板を作製できるメリットがあります。そのため、近い将来にGa₂O₃デバイスが実用化された場合、その製造コスト、製品価格は安価となる強みがあります。図1に、想定されるGa₂O₃デバイスの代表的な実用分野を示すとともに、以下にそれらの用途の概略を紹介します。

現在、化石燃料に替わる新エネルギーの創出と並行して、革新的な省エネルギー技術の開発が世界規模の大きな課題になっています。1つの例として、日本の変電を含む送配電損失率は5.5%と大きいことが挙げられます。このような社会事情から、現状のSiデバイスよりもさらに高効率で低損失なパワーデバイスの実現が期待できるワイドギャップ半導体が、次世代パワーエレクトロニクス半導体の材料として注目されており、日本国内はもとより諸外国においても盛んに研究開発が進められています。上述のように、Ga₂O₃は、SiC, GaNよりもさらに大きなバンドギャップをもつ半導体であるため、パワーデバイスに適用した場合非常



図1 Ga₂O₃デバイスの実用領域
ここに示したのは想定されるGa₂O₃デバイスの代表的な実用分野である。低コスト、高効率、高信頼性などその特徴から、いずれの分野でもその高い性能が期待される。

に高い性能が期待されます。

また、極限環境エレクトロニクスと呼ばれる、高温および放射線下に代表される過酷な環境でのGa₂O₃デバイスの利用も期待されています。現在、このような過酷な環境下で利用可能な半導体デバイスおよび論理回路の必要性・重要度が増えています。それらの多くは、人が立ち入ることができない環境での作業において、現場の状況を離れた場所でリアルタイムに把握するための各種センサー(カメラ、温度計、放射線量計など)と組み合わせて利用されることとなります。比較的身近な応用例としては、自動車、航空機のエンジンルームから、未開拓区域に該当する地下資源探査、宇宙空間まで、その用途は多岐にわたります。さらに、高温および放射線の双方への高い耐性が必要な原子力施設や、災害時に活躍するロボットなどからも同様に強い要求があります。これら用途にも、Ga₂O₃デバイスは適していると考えられます。

その他、無線通信デバイスとして

もGa₂O₃デバイスは有用であると考えられます。例えば、携帯電話基地局の高出力送信機向けトランジスタなどが有望な候補として挙げられます。また、純粋な無線通信デバイスではありませんが、高周波RF電源への応用も期待されます。これは、例えば現在の2.4 GHz電源をマグネトロンから固体素子に置き換えることで、その機器性能が飛躍的に向上するだけでなく、通信に活発に用いられているこの帯域において、ノイズ発生などの問題をなくすることができる点がメリットになるでしょう。

上述のように、ワイドギャップ新半導体材料であるGa₂O₃は、その優れた材料特性から多くの応用分野が想定できるので、その先では新しい半導体産業につながる事が予想されます。そのため、現在、国内外を問わず多くの研究者から高い注目を集め始めているのです。しかし、私たちが研究開発をスタートする以前は、その優れた材料特性に目を向けられることがなく、事実上、手付かずの半導体材料でした。

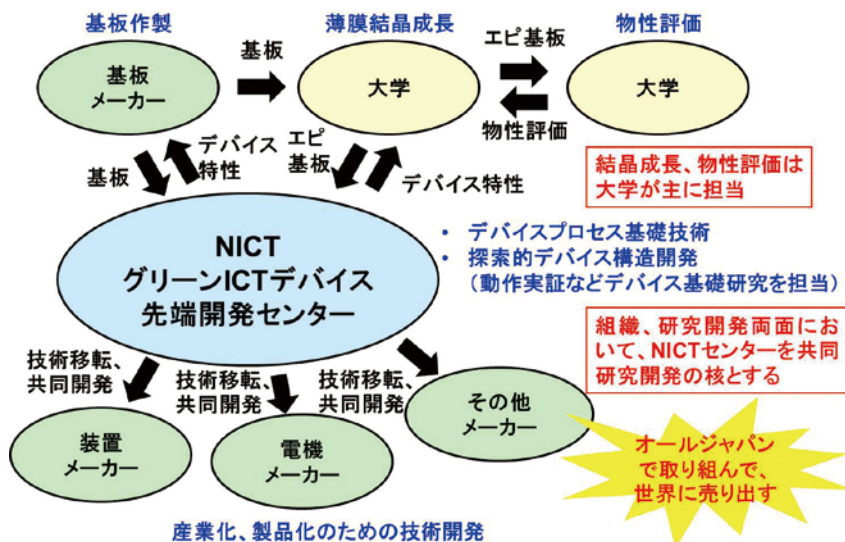


図2 産学官 Ga₂O₃ デバイス共同研究開発体制の概念図
NICTでは、Ga₂O₃ デバイスの研究開発を加速するため新しく「グリーン ICT デバイス先端開発センター」を設立し、図のような産学官の共同研究開発体制をとり、研究開発の進展を図っている。

グリーンICTデバイス先端開発センターの体制、外部機関との連携

グリーンICTデバイス先端開発センターは、主にGa₂O₃デバイスの研究開発を加速して遂行するために2013年12月に設立されました。その一番のミッションは、今までと同様、NICTにおいて、主にデバイスプロセスに関する研究開発を活発に行い、新しい成果を発信し続け、この新しい半導体材料デバイス分野を率先して引っ張っていくことです。それと同時に、Ga₂O₃デバイス・回路技術を日本発の新しい半導体産業へと展開していくことを念頭に、国内企業、大学といった外部機関との研究開発の連携を推進していくことにも力を入れています。

図2に概念図を示すように、今後、産学官共同研究開発プロジェクトにおいて、NICTがイニシアチブを取り、中心となってオールジャパンで一致団結して効率的に研究開発を進めていきたいと考えています。また、その先の産業化に向けて、例えば大

学、NICTなどにおいて独自に開発した技術に関しても、速やかに技術・ノウハウなどを同じく共同開発メンバー内のメーカーへ移管し、実用化・産業化に向けた開発へとスムーズにつなげていくことを考えています。

今後、このGa₂O₃デバイス研究開発をオールジャパンプロジェクトとして推し進め、実用化に漕ぎ着けた場合、Ga₂O₃デバイス製品の生産、輸出による大きな利益につながることを期待されます。また現在まで、単結晶Ga₂O₃バルク・基板製造、エピタキシャル薄膜成長技術、デバイスプロセス技術は、諸外国においてはほとんど報告例がないものです。今後、本研究課題を遂行することで得られる知見は、全て日本の知的財産となり、将来的に産業化に結びついた場合には、諸外国に対して大きなアドバンテージになると同時に、海外からの特許ライセンス収入も莫大なものとなると考えられます。そのため、共同研究機関とも

に、知財戦略についても真剣に取り組んでいます。

さらに、知財が絡まない学術的研究に関しては、今後、国内だけに限定せず海外の大学とも共同研究を積極的に行っていく予定です。特に、未知の部分が大きく残されているGa₂O₃物性研究に関しては、国内外の適切な専門家の協力を得ながら、できる限り効率的に進めていきたいと考えています。また、これら基礎的な事柄の理解が進むことは、長い目で見てデバイス開発にも役立つものと期待されます。

最近の進展

私たちは現在まで、2011年のGa₂O₃トランジスタの世界初の動作実証から継続してGa₂O₃トランジスタ、ダイオードの基盤技術の開発を進めてきました。ここでは、最近の代表的なデバイス開発例として、ディプレッションモードGa₂O₃ MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) について紹介します。

図3に、作製したGa₂O₃ MOSFET構造の断面模式図を示します。n型Ga₂O₃チャネル層は、半絶縁Ga₂O₃基板上に分子線エピタキシー法により形成しました。Siイオン注入ドーピングプロセスの導入により、それまでの課題であったソース・ドレインオーミックコンタクト抵抗を実用上まったく問題がないレベルまで改善しています。また、本デバイス試作ではSiイオン注入ドーピングをチャネル層の形成

にも用いています。もう1つの課題であるオフ電流の低減についても、Al₂O₃ゲート絶縁およびパッシベーション膜の導入により、Ga₂O₃表面を流れるリーク電流の大幅な低減に成功しています。

図4 (a) に、Ga₂O₃ MOSFETのDC出力特性を示します。ドレイン電流は、ゲート電圧により効果的に変調されており、飽和特性、ピンチオフ特性ともに非常に良好です。図4 (b) に示すように、オフ状態でのリーク電流は非常に小さく、その結果、ドレイン電流オン/オフ比は10桁を超える非常に高い値が得られております。そのうえ、シンプルなデバイス構造を採用しているにもかかわらず、オフ状態ドレイン耐圧は400 V以上と非常に高いものです。また、動作温度250℃までのすべての温度領域で正常に動作しました。実際250℃という高温動作においても、リーク電流は数μA/mm程度と低い値でした。

このように、Ga₂O₃ MOSFETのデバイス特性は、パワートランジスタとして実用上要求される性能の多くを十分に満たすものでした。これらの結果は、主に(1) Ga₂O₃の半導体としての材料的ポテンシャルの高さ、(2) 新たに開発したデバイスプロセスがうまく機能したこと、の2つの理由によるものです。

まとめ、今後の展開

ここまで解説してきましたように、Ga₂O₃は新半導体材料として大きな期待を抱かせる物性をもっており、

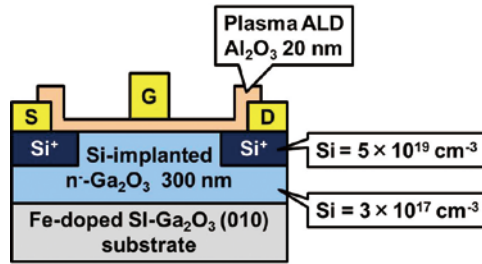


図3 Ga₂O₃ MOSFETの断面模式図

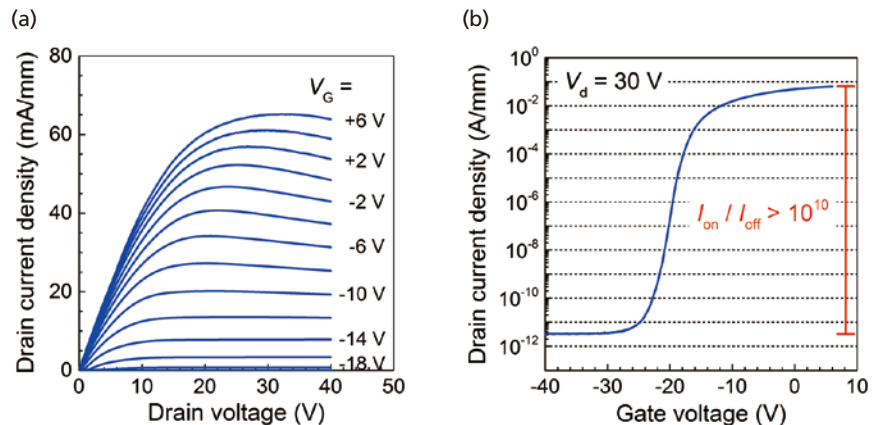


図4 Ga₂O₃ MOSFETの (a) 出力特性、(b) トランスファ特性
この2つの図が示すように、Ga₂O₃ MOSFETのデバイス特性は、パワートランジスタとして実用上要求される性能の多くを十分に満たすものだった。

種々の用途においてSiC, GaNを含めた既存の半導体材料を大きく上回るデバイス特性が見込まれます。加えてGa₂O₃は、融液成長法により大口径、高品質基板を安価かつ低エネルギー消費で作製可能であるという、他のワイドギャップ半導体とは大きく異なる産業上の利点をもっています。

このように、大面積基板上に既存の半導体デバイス技術の延長によりシンプルなデバイス構造を作製することで、高性能・新機能デバイスを実現できる可能性をもつGa₂O₃は、“革新的技術”のひとつとしてふさわしいといえます。

Ga₂O₃デバイスの研究開発は、今まさに萌芽研究から基盤技術開発へと進む段階にあります。今後3年間程度は、パワーデバイス、極限環境デバイス、無線通信デバイスのい

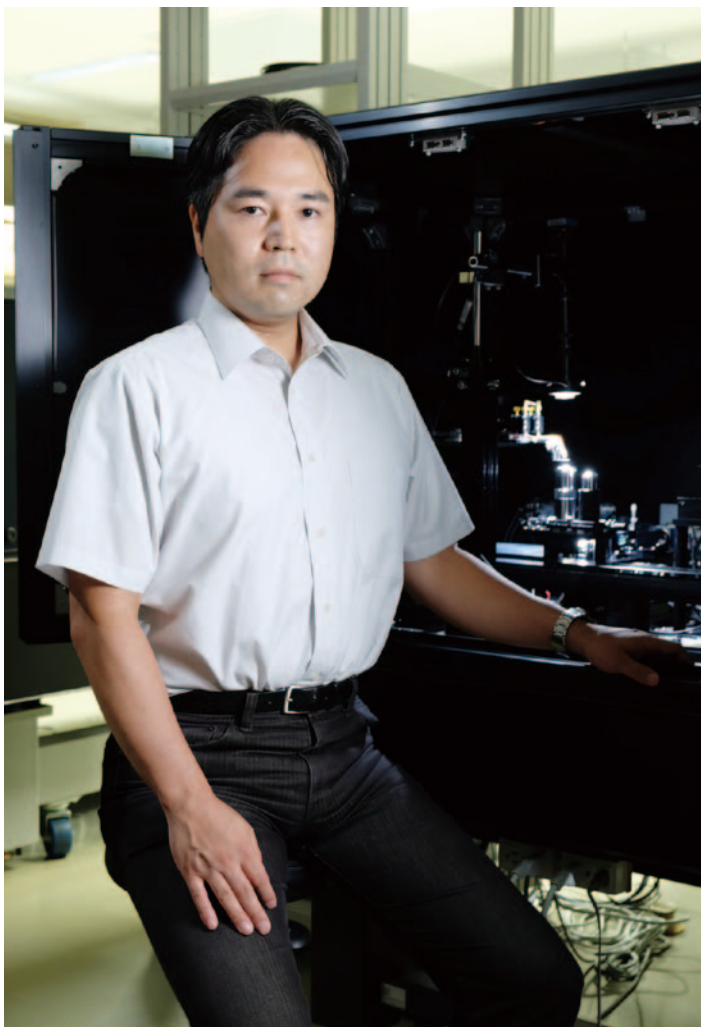
ずれにも共通する電子デバイスの基盤技術開発に注力することになると思います。6インチ以上の大型基板作製技術、ドーピングを含めた薄膜成長技術、デバイスプロセス技術、モジュール化など、すべての技術面で多くの課題が残されています。

私たちの一連の研究開発の成果は、次世代高性能パワーデバイスへの応用を中心とするGa₂O₃エレクトロニクス実現への扉を開いたと自負するものです。今後、その優れた物性を生かしたGa₂O₃デバイスに関する研究開発が世界的に広がるものと予想されます。高性能Ga₂O₃デバイスは、グローバルな課題である省エネ問題や安全・安心な社会の実現に対して直接貢献するとともに、日本発の新たな半導体産業の創出という経済面での貢献も併せて期待されるものです。

ナノ光構造技術による深紫外 LED の高性能化と実用化開発

深紫外 LED により 安心・安全で持続可能な 社会を実現する

今年 8 月 1 日より「深紫外光 ICT デバイス先端開発センター」が発足しました。水銀フリーかつ小型・高効率、長寿命な、これまでにない深紫外固体光源や深紫外 ICT デバイスを開発することで、ウィルスの殺菌、水や空気の浄化といった生活・社会インフラ、巨大ビジネスへの技術革新や、安心・安全で持続可能な社会づくりへの貢献を目指す、本センターの取り組みを紹介します。



はじめに：深紫外 (DUV) 小型光源 の開発必要性

紫外 (Ultraviolet: UV) 光よりも、さらに短い波長 (200~300 nm) である深紫外 (Deep Ultraviolet: DUV) 光は、高密度光情報記録や、細菌やウィルスの殺菌、飲料水・空気の浄化、バイオセンシング、生体・材料分析、光リソグラフィ、半導体生産工程、生鮮食品の安全流通、院内感染予防、光線医学治療など、情報通信から安全衛生、環境、家電、半導体産業、医療に至るまで、極めて幅広い分野でその重要性を増しており、今日の社会を支える重要な基盤となりつつあります (図1)。

深紫外光 ICT デバイス
先端開発センター
センター長

井上 振一郎

Shin-ichiro Inoue

博士 (工学)

略歴

2004年、東京工業大学大学院博士課程修了。同年、理化学研究所 基礎科学特別研究員、2007年、九州大学 先端物質化学研究所 助教を経て、2010年 NICT 未来 ICT 研究所に入所、主任研究員を経て、現職。神戸大学 工学研究科 准教授 (連携講座)、理化学研究所 客員研究員、および JST さきがけ研究者を兼任。船井情報科学奨励賞、安藤博記念学術奨励賞、光科学技術研究振興財団研究表彰など受賞。

研究分野

ナノ光エレクトロニクス

近況

センターの研究環境立ち上げに奮闘中です。ジョギングや週末に子供3人と触れ合う時間でリフレッシュをはかっています。

深紫外光の中でも、特にUVC領域として分類される280nm以下の光は、オゾン層で全て吸収されるため、280nm以下の太陽光は地球上には降り注がず、ソーラーブラインド領域と呼ばれています。そのため、この波長領域の小型光源が開発されれば、通信や医療など従来にない新しい技術革新が期待されます。例えば、生物のDNAは自然界には存在しない280nm以下の光を浴びると破壊されてしまいます。この特性により、深紫外光を使えば、塩素などの有害な薬剤を用いずに、細菌やウイルスなどを効果的に殺菌・無害化できます。特に、265nm付近の波長は、DNAの吸収ピークと重なるため、応用上、最も重要なターゲット波長の1つとなります。

従来、それらの深紫外光源として、主に水銀ランプやエキシマレーザーなどのガス光源が使用されてきました。しかし、ガス光源は、ガス種により使える波長が限定されてしまうだけでなく、素子寿命が短く、さらには光源のサイズ、コスト、消費電力量も大きいことから、その利用範囲は制限され、小型・低コスト・低消費電力で波長を自由に選択できる

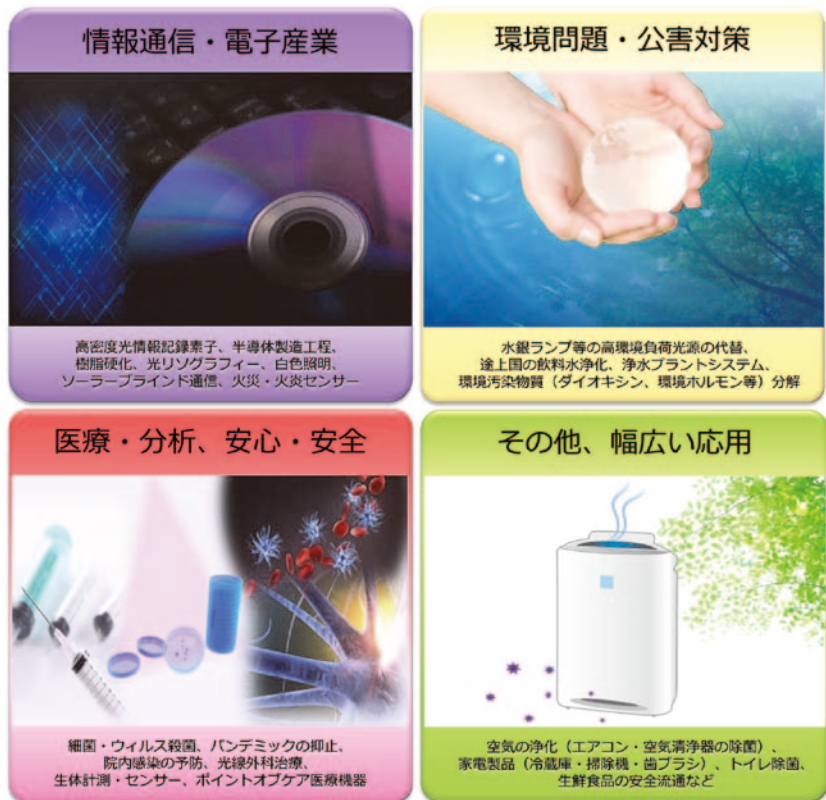


図1 深紫外光の多様な応用可能性とその社会的価値

半導体固体光源への置き換えが強く切望されています。

また近年、強毒性ウイルスの蔓延（パンデミック）や生物テロ、院内感染など、有毒ウイルスの世界的拡散の脅威が急速に増しており、さらには、食品・流通における細菌汚染の不安が国民に広がるなど、より身近で小型・効率的な殺菌デバイスの創出実現がますます期待されています。

さらに昨2013年10月に「水銀に関する水俣条約」が採択され、2020

年以降、水銀を含む製品の輸出入が原則禁止される見込みとなり、既存の水銀ランプの代替光源として、深紫外半導体固体光源の実用化が強く期待されています。このような背景から、水銀やフッ素、そして殺菌用の有害な薬剤といった人体・環境に有害な物質の削減・廃絶に向けて国際的な取り組みが加速しており、低環境負荷で高効率・長寿命な深紫外発光ダイオード(LED)の実用化が強く望まれています(図2)。

深紫外LEDの技術的な進展と課題

直接遷移型の窒化物半導体AlGaInは、AlNとGaInの混晶組成比を変えることで、その発光波長をDUV領域のほぼ全域(210~365nm)で連続的に変えることが可能です。このため、深紫外LEDを実現するために最も適した材料であり、世界的に数多くの研究機関・

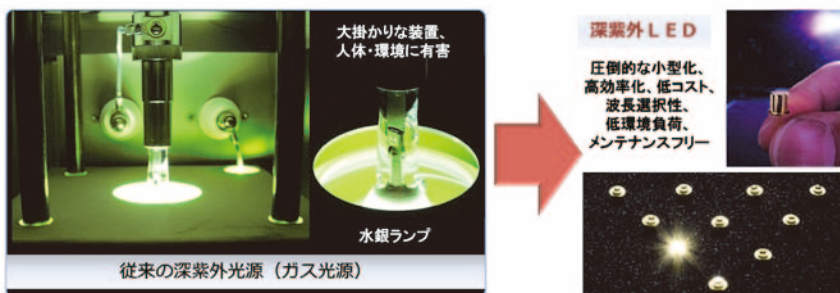


図2：既存の深紫外光源に対する深紫外LEDのインパクト、およびCANパッケージング化したDUV-LEDデバイス

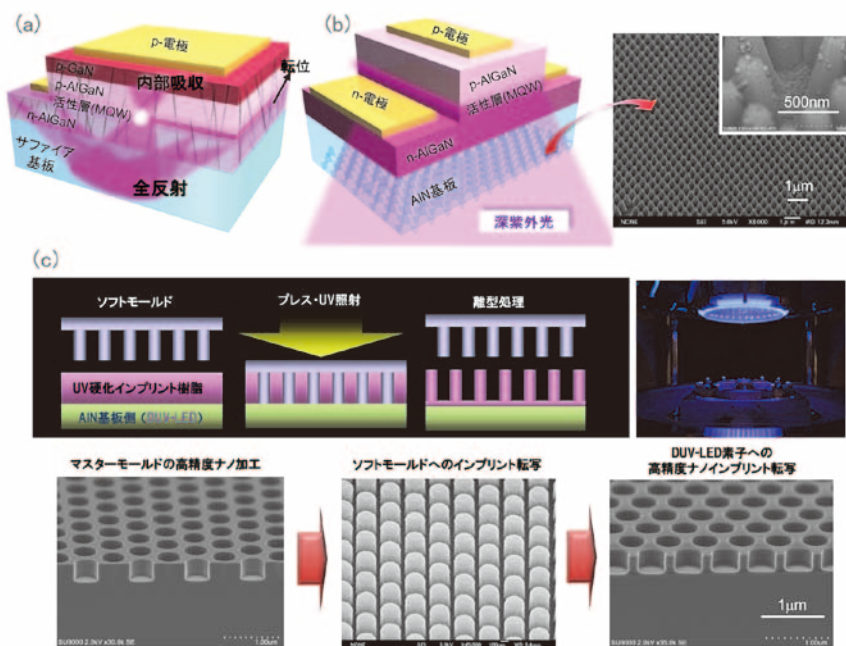


図3：AlGaIn系深紫外LEDの素子構造
 (a) 深紫外LEDの技術的な課題（高密度な結晶欠陥、極めて低い光取出し効率の問題）を表す模式図と、(b) ナノ光構造を用いた光取出し構造の模式図と走査電子顕微鏡(SEM)写真、および(c) ナノインプリント法によるDUV-LEDナノ微細パターンニング技術の開発

企業がAlGaIn系DUV-LEDの開発を進めています。AlGaIn系DUV-LEDでは、これまで一般的にサファイア(Al_2O_3)基板が用いられてきました。しかしLEDを形成するAlGaIn層とサファイア基板との格子定数差(>13%)は非常に大きく、さらに熱膨張係数差も大きいことから 10^8cm^{-2} 以上という高密度な結晶欠陥(転位)が活性層内で発生してしまいます(図3(a))。この結果、極めて低い内部発光効率や短い素子寿命しか得られないという課題がありました。しかし近年、格子不整合を緩和するバッファ層技術やAlN単結晶基板の開発といった研究進展により、この問題は改善しつつあります。特に私たちNICTでは、株式会社トクヤマとの共同研究により、単結晶AlN基板を用いた深紫外LEDについて研究開発を進めています。AlN基板上DUV-LEDでは、格子定数差や熱膨張係数差がほとんどなく、 10^6cm^{-2} 以下という圧倒的な結晶欠陥の低減(低転位化)をDUV-LED素子内で実現できることから、サファイア基板などの異種基板を利用

する従来の手法に対し、素子寿命やデバイス信頼性などにおいて高い優位性を有しています。

ここで現在、DUV-LEDの効率向上を阻害している残された最大の課題は、極めて低い光取出し効率の問題です。これは透明な電極を形成することが困難であるという、発光エネルギーの高いDUV-LED特有の問題であり、p型GaInコンタクト層での内部吸収や基板界面・表面での全反射などによって、光を外部に取り出すことが難しく、活性層で発光した光の大部分が熱エネルギーに変換されてしまうことがその原因です(図3(a))。特に、単結晶AlN基板ではサファイアなどと比較し、屈折率が大きく($n=2.29 @ 265\text{nm}$)、臨界角が小さくなり(25.9°)、極めてわずかな光しか外部に取り出すことができません。3次元時間領域有限差分(3D-FDTD)法による理論計算の結果、p型GaIn層の吸収なども考慮すると、AlN基板のフラット表面(光取出し面)側から取り出せる光の取出し効率は、約4%と極めて低い値となります。結果として、この

光取出しの問題が主因となり、これまで極めて低い外部量子効率、出力パワーしか得られていませんでした。逆にいえば、DUV-LEDの効率向上に関して、96%もの部分が光取出し効率の向上の如何にかかっているといえます。またこの効率の問題を改善できれば、熱エネルギーに変換される割合も減少するため、出力パワーはもちろん素子寿命や信頼性についても大きく改善されることは言うまでもありません。

ナノ光構造を駆使した深紫外LEDの高性能化

深紫外LEDの性能向上において最大の課題となる光取出し効率の向上について、現在私たちはAlN基板表面(光取出し面)に独自のナノ光構造を付加し、世界最高の向上率を達成しています。発光波長オーダーの周期凹凸構造(フォトリソニック結晶)に加えて、それより十分に小さな微細凹凸構造を組み合わせた全く新たな光取出し構造を発案・創製することにより、AlN基板表面での全反射抑制を実現しました(図3(b))。本構造は、光取出し効率の向上だけでなく、素子間の光出力均一性、作製コスト、歩留まりの向上などにも配慮した高機能構造であり、AlN基板DUV-LEDに対するナノ微細加工技術を確立することで、極めて高精度・高均一なナノ光構造加工に成功しています(図3(b))。本構造を備えた深紫外LEDの光出力は、この

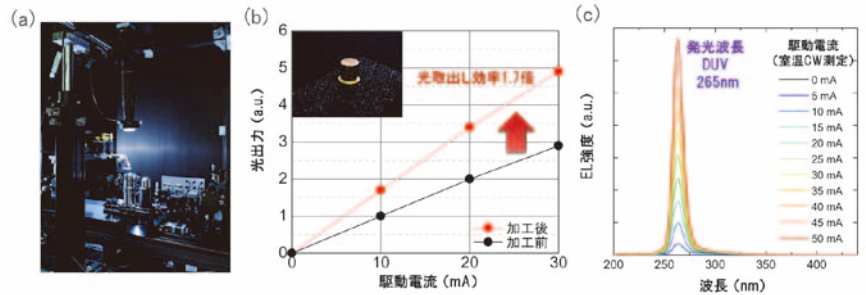
図4：(a) DUV-LEDを評価するために構築したシステム、(b) ナノ光取出し構造による DUV-LEDの出力性能の向上結果および (c) 各印加電流に対する発光スペクトル特性

ナノ微細加工をしていない素子未加工サンプルと比較した結果、光出力比として1.7倍以上と大幅に増大しました(図4)。また、素子間の光出力比の標準偏差は0.03以下であり、実用化に不可欠な素子間の光出力比のバラつきについても高度に抑制することに成功しています。実際にトクヤマとの共同で発光波長265 nmの深紫外LEDを試作し、30mW以上の光出力値を達成しています。さらに寿命試験において、265 nmで発光するDUV-LED素子が6,000時間以上(150 mA駆動時)の素子寿命が得られることを確認しています。本成果は、深紫外LEDの性能、信頼性の向上、および実用化に向けて今後大きな進展をもたらすと期待されます。

新センターの研究開発体制

本センターでは、光取出し効率を大幅に向上させるNICT独自の最先端技術の活用や外部連携(企業・大学など)の取り組みによって、本分野が抱える課題を解決し、従来技術では実現不可能であった小型、高効率、長寿命な深紫外LED、深紫外ICTデバイスを開発することを目指します。

また要素技術開発や素子性能の高性能化だけでなく、高スループット・低コストな作製プロセスの確立といった実用化にマッチした素子作製技術の開発も行い、実用化を見据えた民間企業への技術移転、社会還元活動にも積極的に取り組みます。また昨2013年12月より、独立行



政法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業A-STEP(産学共同促進ステージ(ステージII)シーズ育成タイプ)に採択されており、JSTからの助成・支援も受けつつ産官連携(NICT、トクヤマ、東京農工大学ほか)によるDUV-LEDの実用化開発を本格的に展開します。新センターの発足に伴い未来ICT研究所内の深紫外光ICTデバイスに関する研究開発体制を、小規模でも組織的な開発体制に整備し直すことで、いち早く競争力のある技術を確立し、実用化フェーズへの移行を加速させていきます。

今後の戦略展開

従来にない高効率なDUV小型光源の開発が実現されれば、社会的な要望の高まり、巨大な市場潜在力から新たな産業が創出されることは間違いなく、今後も世界中の研究機関・企業が各々の特徴を打ち出しながら開発競争を繰り広げていくことが予測されます。私たちは、DUV光に対して透明な単結晶AIN基板上の深紫外LEDの性能向上において、光取出し効率の劇的な向上技術や光出力比のバラつき抑制技術を有する世界で唯一のグループです。サファイア基板や昇華法AIN基板を用いた他の競合技術に対し、素子の高パワー化や長寿命化において強力な優位性を有しています。この先私たち

は、ナノ光構造技術を駆使した光取出し効率のさらなる向上、100mW~数WクラスのDUV-LED実現に向け取り組んでいくと共に、ナノインプリント技術など素子の量産・低コスト化技術についても確立していきます。

さらに本センターでは、深紫外LEDの高性能化、低コスト化への取り組みだけでなく、パッケージング技術も含めた総合的なDUV光制御技術についても開発を進めていきます(図2参照)。深紫外光は、LEDだけでなくレーザーダイオード(LD)やフォトダイオード(PD)応用も含めれば、ソーラーブラインドな特徴を活かした情報通信や火災センサー、災害早期発見システムなど、深紫外特有のこれまでにないDUV-ICTデバイスへの展開も可能です。新たなDUV光制御技術の開発により、小型・ポータブルなウィルス殺菌システムやポイントオブケア型の医療診断・分析など、安全衛生や医療における新たな貢献、市場創出も期待されます。本センターでは、水銀フリーかつ小型・高効率、長寿命な深紫外固体光源システムを実現することで、これまでになかった様々な新しいDUVアプリケーションの開発可能性を広げ、安全・安心でクリーンな生活環境、持続可能な活気ある社会の構築に貢献することを目指していきます。

施設一般公開 2014

身近なモノから広がる 先端研究



左：山田俊樹 主任研究員
中：岩本政明 主任研究員
右：井原綾 主任研究員

真夏の強烈な太陽がふりそそぐ7月26日(土)、未来ICT研究所の施設一般公開が開催されました。一般公開の目玉のひとつは、「見て聞いて・学ぶ 研究講演会」です。「難しい」と思われがちな最先端の話題ですが、その“壁”を取り払うべく、身近な事柄を切り口に、魅力たっぷりの研究が紹介されました。

新しい有機材料が 高速大容量の通信を実現する

はじめに、ナノICT研究室の山田俊樹主任研究員から「有機材料を使って光を制御する一屈折率の変化を利用する」と題する講演がありました。

光通信で使用される光変調器は、光の屈折率の変化を利用して、電気信号を光信号に変換しています(図1)。変調の速さ(周波数)は光通信の速度を左右するため、高速化が進められてきました。現在、無機材

料(ニオブ酸リチウム)を用いた光変調器が主流ですが、変調の速さは数十GHzが限界です。そこで山田主任研究員らは、新しい有機材料を用いて飛躍的な性能の向上に挑戦しています。「通信容量の拡大や高速化そして低消費電力化という社会のニーズに対応するため、低電圧で超高速100GHzの変調器開発を目指しています」と語り、電気光学効果を示す有機分子とその原理を紹介しました。

会場からは「どのように新しい材

料を見つけ出すのか」という質問があり、「ある程度の方針はあるものの、様々な材料に対し試行錯誤の実験を行っている」と山田主任研究員。さらに「新しい有機材料は優れた光変調器を実現するだけでなく、科学的な可能性も大きい」と話し、材料を研究する苦労と面白さを伝えました。

生きた化石から探る 生物システム

次に、バイオICT研究室の岩本政明主任研究員から「2核を持つ魅惑の生物テトラヒメナ—遺伝情報の扱い方に見る生物の優れた生存戦略—」と題する講演がありました。

岩本主任研究員が研究対象とするテトラヒメナは、ゾウリムシと同じく繊毛虫に属します(図2)。生きた化石ともいえる原生動物ですが、生物学の研究では“スター生物”として注目されるほどユニークな特徴が多くあります。そのひとつが二核性です。一般的な細胞では核は1つですが、テトラヒメナには大核と小核があります。このように独立した二核を保つためには、細胞質で作られる種々の核タンパク質について、適切なものだけを各々の核内に運び入れる必要があります。この仕組みについて、岩本主任研究員らは、核タンパク質の入り口となる核膜孔に着目しました。「私たちは、核膜

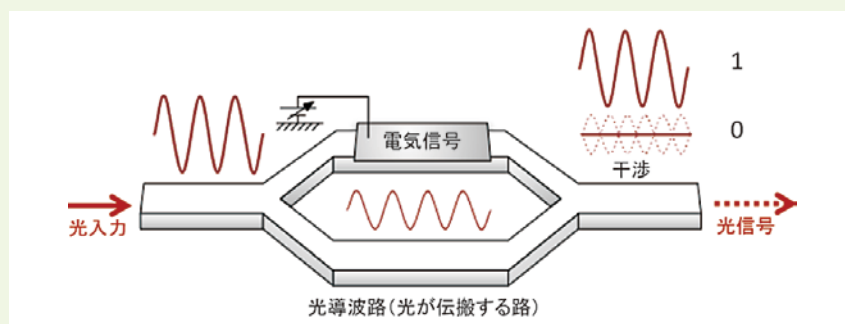
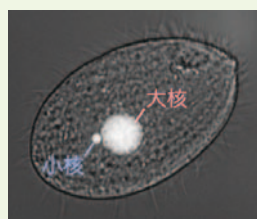


図1 光変調器の概略図。電気信号では電圧のオンオフで1と0を表しているが、光信号では光の強弱で1と0を表す。光変調器では電圧を加えるとその中を通る光の屈折率が変化(電気光学効果)する材料が用いられ、電気信号に応じた電圧を与えて光の屈折率を変化させ、強弱をもった光信号に変換している。

図2 テトラヒメナの写真。小核にはすべての配列情報を持つ長いDNA、大核には生命活動に使われるために編集された短いDNAがある。日常的には大核の情報が使われ、生殖時には小核の情報が受け継がれる。



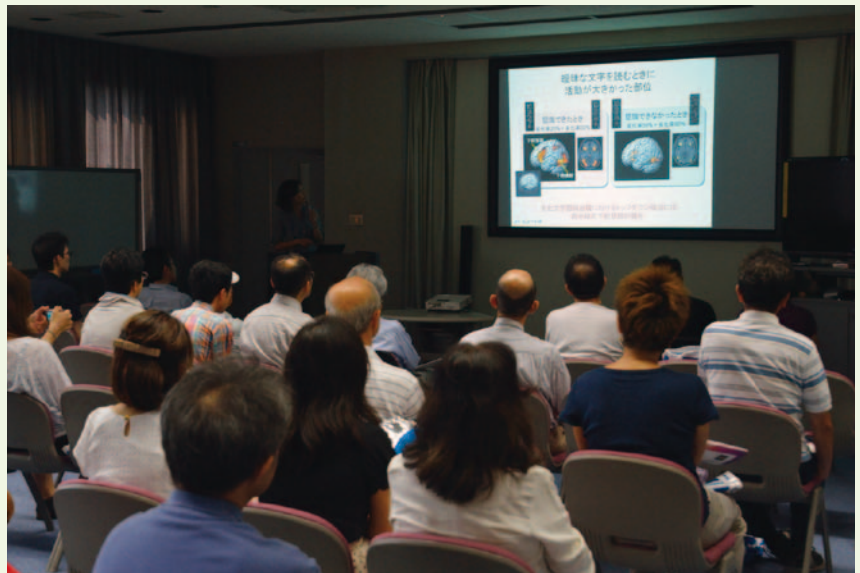
孔を形成するタンパク質のひとつ Nup98が、大核と小核で異なることを発見しました。そこで、これらを入れ換えてみたところ、両核とも核タンパク質の侵入が阻害されました」と語り、大核と小核を区別する仕組みに核膜孔のタンパク質が深く関与する実験結果を示しました。

会場から「Nup98を入れ換えたことで、大核に小核のタンパク質が入り込むようなことは起きなかったのですか」という鋭い質問があり、「実は当初、それを期待していましたが、結果は阻害されるのみでした。このことから、Nup98は異なる物質が侵入しないように働く役割が大きいと考えています」と岩本主任研究員。さらなるメカニズム解明に意欲をのぞかせました。

先駆的な研究を育てる

最後に、脳情報通信融合研究センター脳機能計測研究室／脳情報通信融合研究室（兼務）の井原綾主任研究員から「曖昧なのになぜわかる？—脳の柔軟なことばの理解を探る—」と題する講演がありました。

人の言語理解はとても柔軟です。



多数の参加者で盛況の講演会場

井原主任研究員からは、わかりづらい文字（劣化文字）を読む場合と、文脈を使って多義語の意味を確定する場合について、fMRIとMEGで脳内の状態を調べた研究が紹介されました。どちらの場合も、左半球の下前頭部の活動が大きいことが確認され、さらにこの部位を弱い直流電流によって刺激（経頭蓋直流刺激）すると、曖昧さに関する処理が向上する結果が得られました。このような研究は、脳活動による情報認識の客観的評価につながり、福祉や教育そ

してマーケティングへの活用も期待できます。

会場から「何がわかれば、脳が理解できたと考えますか」という質問があり、井原主任研究員は「今は人間に共通した脳のしくみを明らかにしている段階ですが、一人ひとり異なる思考や認識など個性を生み出す脳のしくみも理解していきたい」と語りました。

講演会で司会を務めた未来ICT研究所の寶迫巖研究所長は「脳情報通信融合研究センターは、未来ICTに所属していた研究グループと他の研究機関が一体となり立ち上げました。未来ICTには先駆的な研究を育て独立させていくという特色もあります」と話します。

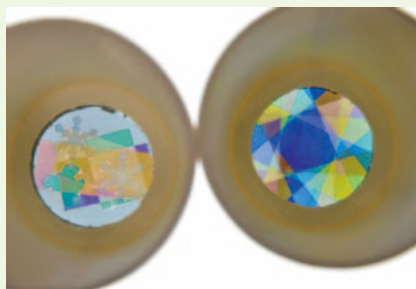
講演会への参加は大人の方々が中心でしたが、各会場に設けられた展示には、身近なモノを利用した実験や工作もあり、夏休み中の小さな子供たちが熱中して取り組む様子が印象的でした。施設一般公開の1日、未来ICT研究所は、科学への興味を大きく育てる場にもなったようです。



上：ブロッコリーを用いた DNA の抽出実験の様子。白い糸状の DNA を目に見える状態で引き揚げるができる。

右上：偏光板を利用した工作。重ねて貼ったセロハンテープを偏光板で挟むとステンドグラスのように見える。

右下：超伝導体を乗せた列車に液体窒素を入れて冷やすと、磁石のレールを浮いて走る。見学者からは幾度となく「リアモーターカー」との違いについて質問がされていた。



TOPICS

関西3拠点合同研究交流会を開催

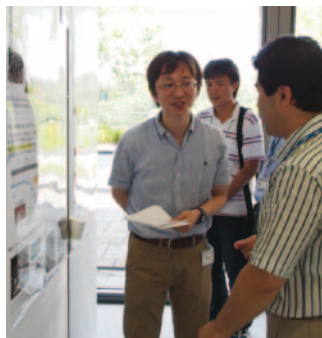
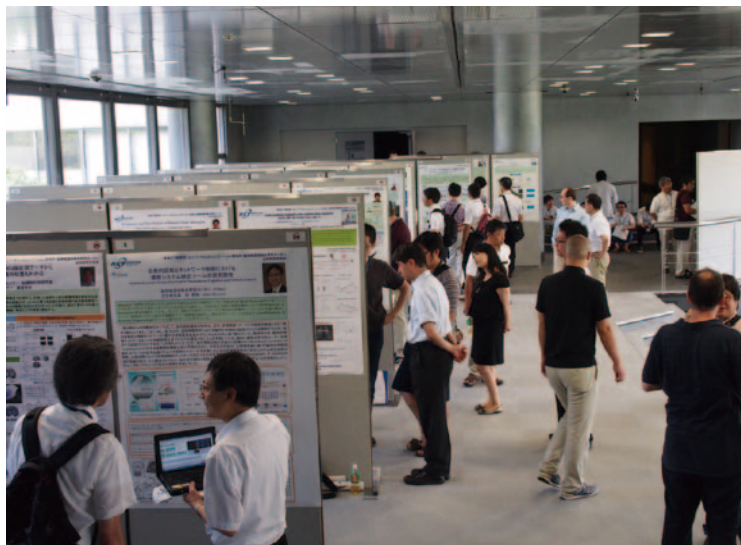
2014年7月28日、未来ICT研究所、ユニバーサルコミュニケーション研究所(UCRI)、脳情報通信融合研究センター(CiNet)は、UCRIにおいて、機構役職員の研究交流・相互理解を促進し新たな研究シーズ／連携を創出することを目的とした合同研究交流会を開催しました。

ポスター総数は97点、参加者総数は210名でした。会場では研究拠点間の壁を超えた議論が盛んに行われました。

参加者からは、「同じ問題でも、シミュレーションや計算論など異なるアプローチによる取り組みは刺激になった」、「ポスターの作り方などプレゼンテーション手法が参考になった」という声が聞かれました。

坂内理事長から総括として、「① ICT 研究は飽和状態である。それぞれの分野で挑戦的なことを行う事、②何を目指して、何が新しいかを、おもしろくしゃべり、良いところ、ユメをアピールするマインドを持っていただきたい」というコメントがありました。

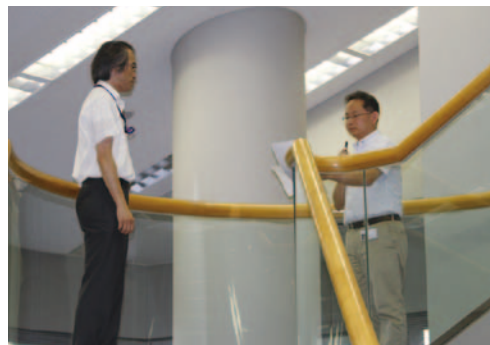
合同研究交流会は連携強化や新たな連携の可能性が生まれる場としても重要と考えます。今回得られた知見を次に活かし、また、このような機会を広げていくことにより、さらなる連携の発掘と強化・発展を目指す方針です。



開会挨拶 (UCRI 木俣所長)



総括 (坂内理事長)



研究奨励賞の授与 賈迫所長 (右)

報道発表

© 未来ICT研究所は右記のような研究成果を報道発表を通じて発信しました。詳細は、URLをご覧ください。

革新的な量子通信を実現する超広帯域スクィーズド光源と検出技術を開発

発表日：2014年4月3日 URL：<http://www.nict.go.jp/press/2014/04/03-2.html>

世界初、量子鍵配送・スマートフォンを用いた認証・データ保存システムの開発に成功

～安全な鍵をスマートフォンに転送、重要情報へのアクセス権の設定、安全な情報保存を可能に～

発表日：2014年6月4日 URL：<http://www.nict.go.jp/press/2014/06/04-1.html>

超伝導体中の“ヒッグス粒子”の性質を解明

— マクロな量子状態を光で制御する新たな可能性を拓く —

発表日：2014年7月11日 URL：<http://www.nict.go.jp/press/2014/07/11-1.html>

第23回 細胞生物学ワークショップを開催

バイオ ICT 研究室では、未来 ICT 研究所（神戸）において2014年8月4日～9日の6日間、第23回細胞生物学ワークショップ（主催：NICT、大阪大学大学院、北海道大学）を開催しました。本ワークショップは、若手研究者のバイオイメーキング技術修得の促進を目的としており、8月に基礎～中級コースを未来 ICT 研究所で、秋から冬にかけて中級～上級コースを北海道大学にて行っています。今回は、全国から選抜した大学院生と若手研究者あわせて21名が参加しました。

講師は、原口徳子上席研究員、平岡泰招へい専門員を含めた大学や企業の研究者・技術者など約50名が参加しました。

参加者は最先端の蛍光顕微鏡装置を実際に使用して、細胞内の生体分子のダイナミクスを解析するのに必要な蛍光顕微鏡の基礎と方法論を、講義・実習を通して学びました。人材育成の観点から、研究成果の社会的還元と関連研究分野への貢献として、今後も継続して実施していく予定です。

講義の様子



実習の様子

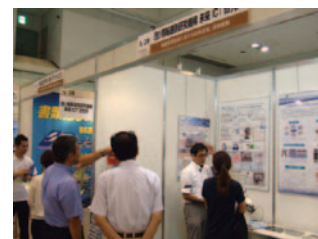
「国際フロンティア産業メッセ 2014」に出展

2014年9月4日、5日の2日間、神戸国際展示場において開催された「国際フロンティア産業メッセ 2014」に出展・展示を行いました。「国際フロンティア産業メッセ 2014」では、兵庫県を中心とした様々な分野にわたるものづくり企業や最先端の研究機関の集積の強みを活かした次世代成長産業の創出・育成を図るため、各最先端分野を中心に基調講演、各種セミナーや交流会が行われました。2日間の来場者数は20,000人以上でした。

当機構ブースでは、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器 (SSPD) の実機展示とモバイル脳波計の動態展示を行いました。研究成果、

アウトカム、研究所紹介などをパネル、実機で行うとともに、研究担当者がブース内において説明を行い、情報発信と技術交流に努めました。

未来 ICT 研究所では今後もこれらの展示会を通じ、地域における情報発信と技術交流を進めます。



NICT 展示ブースの様子

施設一般公開 2014 を開催

未来 ICT 研究所（神戸）では、本年の施設一般公開を2014年7月26日（土）に開催しました。当日は晴天に恵まれ、613名の来場者がありました。来場者の多くは例年人気のクイズラリーに参加して、各展示ブースを見学しながら、研究員の工夫による体験型の展示や研究者達との交流を十分に楽しんだ様子でした。

今回で7回目となる一般向け講演会では、ナノ・バイオ・脳の分野において、身近な例を用いて最先端の研究成果について解説しました。会場はほぼ満席となり盛況でした。（12-13ページに詳しく掲載）

未来 ICT 研究所以外からは、総務省近畿総合通信局、脳情報通信融合研究センター、電磁波計測研究所、ワイヤレスネットワーク

研究所から参加をいただき、また明石市立天文科学館には特別企画イベントを開催していただきました。

未来 ICT 研究所（神戸）では、来年夏にも施設一般公開を開催する予定です。皆様のお越しをお待ちしております。



展示ブースの様子



明石市立天文科学館からの特別企画イベントの様子

受賞報告

受賞者：石井 智 ナノ ICT 研究室 研究員

受賞日：平成 26 年 4 月 19 日

受賞名：平成 25 年度 船井研究奨励賞

受賞内容：金属ナノ構造による光の回折と散乱の制御

授与団体：公益財団法人 船井情報科学振興財団



石井研究員は、光の回折の研究で、位相制御型の2次元の回折レンズを実現した。また二重スリットからの干渉実験を金属ナノ構造体中で行い、ボリュームプラズモンポラリトンによる回折限界以下の干渉縞を世界で初めて観測した。光の散乱の研究では、金属ナノ構造を持つ微粒子が一方にしか光を散乱しないことを単一粒子としては初めて見出した。これらの努力と功績が認められ今回の受賞となった。

未来 ICT 研究所 STAFF 総覧

研究所付	氏名	役職	学位	
	寶迫 巖	研究所長	博士(理学)	
	大岩 和弘	NICTフェロー/主管研究員	理学博士	
	王 鎮	NICTフェロー/招聘専門員	工学博士	
	原口 徳子	首席研究員	医学博士	
	仙場 浩一	上席研究員	博士(工学)	
	久保田 徹	統括	博士(工学)	
	小川 博世	客員研究員	工学博士	
	星 亜希子	有期補助員	—	
企画室 (神戸)	照井 通文	室長	博士(理学)	
	宮内 哲	総括主任研究員	医学博士	
	横田 和之	グループリーダー	—	
	五十川 知子	主任	—	
	大山 良多	有期技術員	—	
	高橋 恵子	有期技術員	—	
	大内 留美	有期補助員	—	
	佐伯 香住	有期補助員	—	
	糺 加奈	有期補助員	—	
	寺本 智香	有期補助員	—	
	山根 梓	有期補助員	—	
	小倉 基志	主幹	—	
	秋葉 誠	専門推進員	理学博士	
	広瀬 信光	専門推進員	博士(工学)	
	鈴木 与志雄	有期技術員	—	
	川瀬 典子	有期技術員	—	
	八代 祐子	有期補助員	—	
	佐藤 暁洋	有期補助員	—	
	企画室 (小金井)	笠松 章史	室長	博士(工学)
		関根 徳彦	研究マネージャー	博士(工学)
齋藤 伸吾		主任研究員	博士(理学)	
古澤 健太郎		主任研究員	博士(理学)	
安田 浩朗		主任研究員	博士(工学)	
渡邊 一世		主任研究員	博士(工学)	
小川 洋		主任研究員	博士(工学)	
Patrashin Mikhail		主任研究員	博士(工学)	
浜崎 淳一		主任研究員	博士(理学)	
原 紳介		主任研究員	博士(理学)	
諸橋 功		主任研究員	博士(工学)	
酒瀬川 洋平		研究員	博士(工学)	
山下 良美		専門研究員	—	
三村 高志		統括特別研究員	工学博士	
遠藤 聡		特別研究員	理学博士	
藤川 紗千恵		特別研究員	博士(工学)	
藤代 博記		特別研究員	博士(工学)	
松井 敏明		特別研究員	—	
量子ICT 研究室		佐々木 雅英	室長	博士(理学)
		早坂 和弘	研究マネージャー	博士(理学)
	武岡 正裕	主任研究員	博士(工学)	
	藤原 幹生	主任研究員	博士(理学)	
	和久井 健太郎	主任研究員	博士(工学)	
	吉原 文樹	主任研究員	博士(工学)	
	金 鋭博	研究員	博士(工学)	
	布施 智子	研究員	博士(理学)	
	北村 光雄	有期技術員	—	
	松尾 昌彦	有期技術員	—	
	伊藤 寿之	有期技術員	博士(地球環境科学)	
	ナノICT 研究室	大友 明	室長	Ph.D.
		田中 秀吉	研究マネージャー/専門推進員	博士(物理学)
		鶴澤 佳徳	研究マネージャー	博士(工学)
		寺井 弘高	研究マネージャー	博士(工学)
笠井 克幸		主任研究員	博士(工学)	
川上 彰		主任研究員	博士(工学)	
三木 茂人		主任研究員	博士(工学)	
山下 太郎		主任研究員	博士(理学)	
山田 俊樹		主任研究員	博士(工学)	
梶 貴博		研究員	博士(工学)	
梶野 顕明		研究員	博士(工学)	
丘 偉		研究員	博士(工学)	
富成 征弘		研究員	Ph.D.	
牧瀬 圭正		研究員	博士(理学)	
竹内 尚輝		特別研究員	博士(工学)	
青木 勲		有期技術員	—	
今村 三郎		有期技術員	工学博士	
上田 里永子		有期技術員	—	
五月女 誠		有期技術員	—	
三木 秀樹		有期技術員	薬学博士	
山田 千由美		有期技術員	—	
横濱 秀雄		有期技術員	—	
小石 雅之		有期技術員	—	
岡部 久美		有期補助員	—	
上月 真紀子		有期補助員	—	
高木 佳寿代	有期補助員	—		

バイオICT 研究室	氏名	役職	学位	
	小嶋 寛明	室長	博士(工学)	
	小林 昇平	主任研究員	博士(工学)	
	榊原 斉	主任研究員	理学博士	
	田中 裕人	主任研究員	理学博士	
	近重 裕次	主任研究員	博士(理学)	
	丁 大橋	主任研究員	博士(理学)	
	古田 健也	主任研究員	博士(学術)	
	岩本 政明	主任研究員	博士(理学)	
	小川 英知	主任研究員	博士(バイオ)	
	平林 美樹	主任研究員	博士(工学)	
	吉原 基二郎	主任研究員	博士(理学)	
	佐川 貴志	研究員	博士(生命科学)	
	櫻井 晃	研究員	博士(生命科学)	
	清水 洋輔	研究員	博士(農学)	
	丹下 喜恵	研究員	博士(農学)	
	鳥澤 嵩征	研究員	博士(学術)	
	古田 茜	研究員	博士(理学)	
	松田 厚志	研究員	博士(理学)	
	山本 孝治	研究員	博士(理学)	
	平岡 泰	招聘専門員	理学博士	
	岡正 華澄	有期技術員	—	
	小坂田 裕子	有期技術員	—	
	梶谷 知子	有期技術員	—	
	荒神 尚子	有期技術員	—	
	佐橋 律子	有期技術員	博士(学術)	
	堤 千尋	有期技術員	—	
	森 知栄	有期技術員	—	
	吉雄 麻喜	有期技術員	—	
	長瀬 有紀	有期補助員	—	
	福田 紀子	有期補助員	—	
	高村 佳美	有期補助員	—	
	田中 美佳子	有期補助員	—	
	樋口 美香	有期補助員	—	
グリーンICT デバイス先端 開発センター	東脇 正高	統括/先端開発センター長	博士(工学)	
	片桐 祥雅	研究マネージャー	工学博士	
	上村 崇史	主任研究員	博士(工学)	
	Daivasigamani Krishnamurthy	主任研究員	Ph.D Materials Science	
	中田 義昭	主任研究員	博士(工学)	
	WONG MAN HOI	研究員	Ph.D Electrical and Computer Engineering	
	安部 正幸	招聘専門員	工学博士	
	佐村 秀夫	招聘専門員	工学博士	
	加藤 直規	専門調査員	工学博士	
	杉浦 洋平	短時間補助員	—	
	深紫外光ICT デバイス先端 開発センター	井上 振一郎	統括/主任研究員/先端開発センター長	博士(工学)
		谷口 学	有期技術員	—
		中屋 晃成	有期技術員	—

(2014年9月1日現在)



独立行政法人 情報通信研究機構
未来 ICT 研究所

〒651-2492 兵庫県神戸市西区岩岡町岩岡 588-2
TEL:078-969-2100 FAX:078-969-2200

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1
TEL:042-327-7429 FAX:042-327-6961

E-mail:karc@ml.nict.go.jp
http://www.nict.go.jp/advanced_ict