

ANNUAL RESEARCH REPORT

Vol.12

研究成果報告書 第12巻(2013年)

Nanoscience and Nanotechnology Center
ISIR, Osaka University

大阪大学産業科学研究所
産業科学ナノテクノロジーセンター

目 次

センター長の挨拶	1
産業科学ナノテクノロジーセンター 概念と組織図	2
専任分野	
ナノ機能材料デバイス研究分野	4
ナノ極限ファブリケーション研究分野	6
ナノ構造・機能評価研究分野	8
ナノ機能予測研究分野	10
ソフトナノマテリアル研究分野	12
バイオナノテクノロジー研究分野	14
客員・兼任分野	
環境・エネルギーナノ応用分野	16
ナノ知能システム分野	17
ナノ医療応用デバイス分野	18
ナノシステム設計分野	19
ナノデバイス評価・診断分野	21
ナノテクノロジー産業応用分野	26
業績	
ナノ機能材料デバイス研究分野	31
ナノ極限ファブリケーション研究分野	35
ナノ構造・機能評価研究分野	39
ナノ機能予測研究分野	41
ソフトナノマテリアル研究分野	44
バイオナノテクノロジー研究分野	47
環境・エネルギーナノ応用分野	50
ナノ知能システム分野	52
ナノ医療応用デバイス分野	54
ナノテクノロジー設備供用拠点	58
共同研究	57

外国人・国内客員教員	59
附属施設	
ナノ加工室	60
ナノテク先端機器室	61
ナノテクノロジー設備供用拠点	62
編集後記	

センター長の挨拶

吉田 陽一



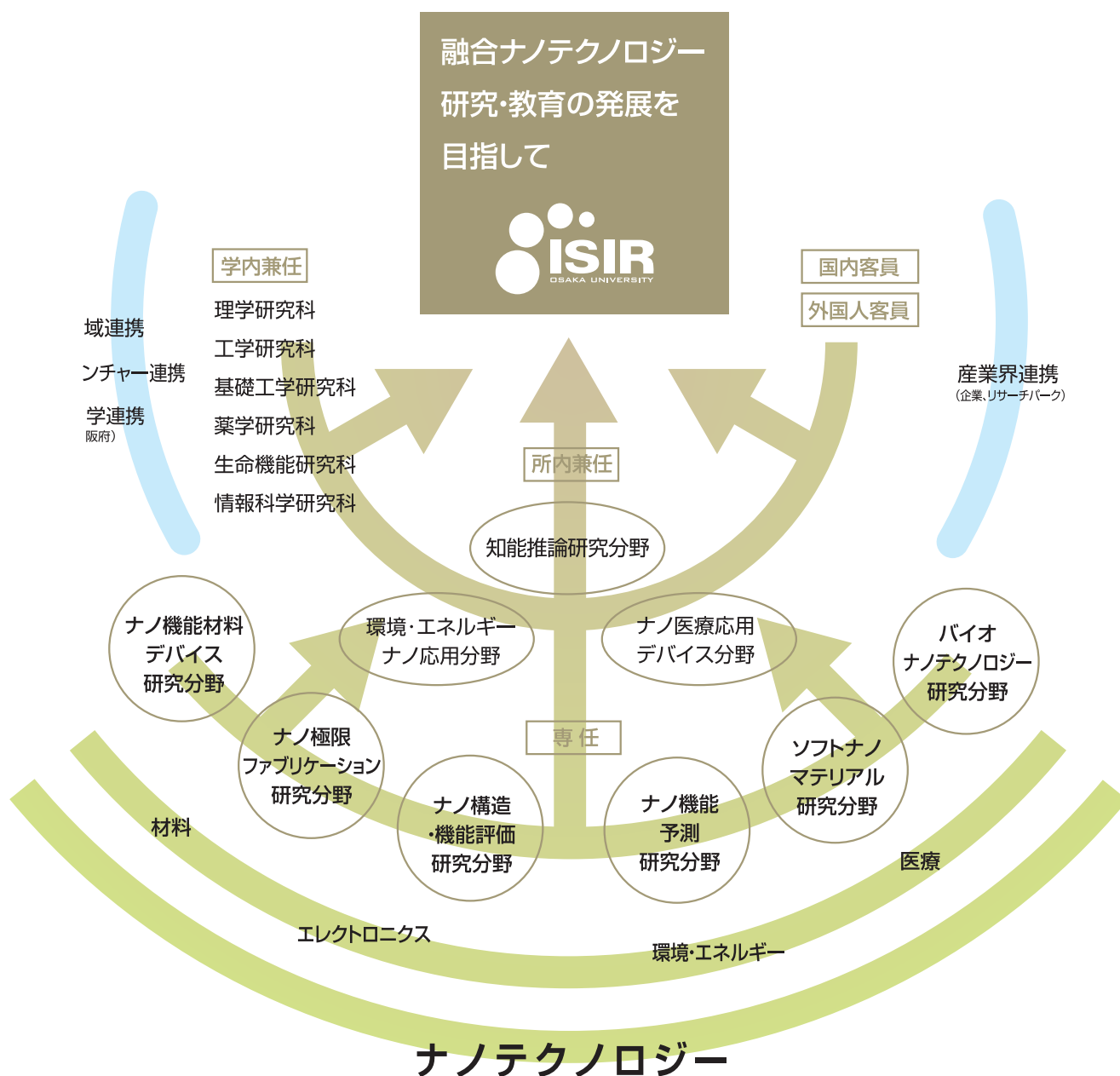
「産業科学ナノテクノロジーセンター」は、原子・分子を積み上げ材料を創製するボトムアップナノテクノロジー、材料を極限まで削りナノデバイスを作製するトップダウンナノテクノロジー、さらにそれらの融合による産業応用を目指したナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として、2002年に産業科学研究所に設置された全国初のナノテクノロジーセンターで、今年度で11年目を迎えました。

設立当初は、専任3、所内兼任7、学内兼任3、国内・外国人客員3の16研究分野からなる3研究部門制で発足した当センターですが、2003年にはナノテクノロジー総合研究棟が完成し、全学のナノテクノロジー研究を推進するためのオープンラボラトリーの運用も開始されました。さらに、2006年にナノ加工室が設置され、2009年の産業科学研究所の大幅な改組に伴い、専任6研究分野を中心とした新しい組織に充実強化されました。さらに、2010年には文部科学省の低炭素研究ネットワークの大阪大学サテライト拠点が設置されました。

また、産学官の学外ナノテクノロジー研究者のための共同施設として、2002年のセンター設立当初に、ナノテクノロジープロセスファクトリーが設置され支援活動を開始しました。この活動は、2007年には阪大複合機能ナノファウンダリへ、さらに2012年には、ナノテクノロジープラットフォームに引き継がれており、現在、「微細加工」および「分子・物質合成」の2つの重要な役割を果たしています。

現在の産業科学ナノテクノロジーセンターは、専任6研究分野を中心として、所内兼任3、学内兼任6、国内・外国人客員3の18研究分野からなり、さらに、ナノテクノロジーに特化した供用最先端機器を設置するナノテク先端機器室が設けられています。幅広くハード、ソフト、生体材料分野においてトップダウンとボトムアップナノプロセスの融合によるナノシステムの創成、さらに、理論および評価との研究融合による新たな展開を図ることで、ナノテクノロジー研究を学際融合基盤科学技術へと発展させ、同時に学内・国内・国外の多彩なネットワークを構築して、ナノテクノロジー研究の拠点となることを目指しています。

▶ 概念図



▶ 沿革

■2002年 設置(10年時限)

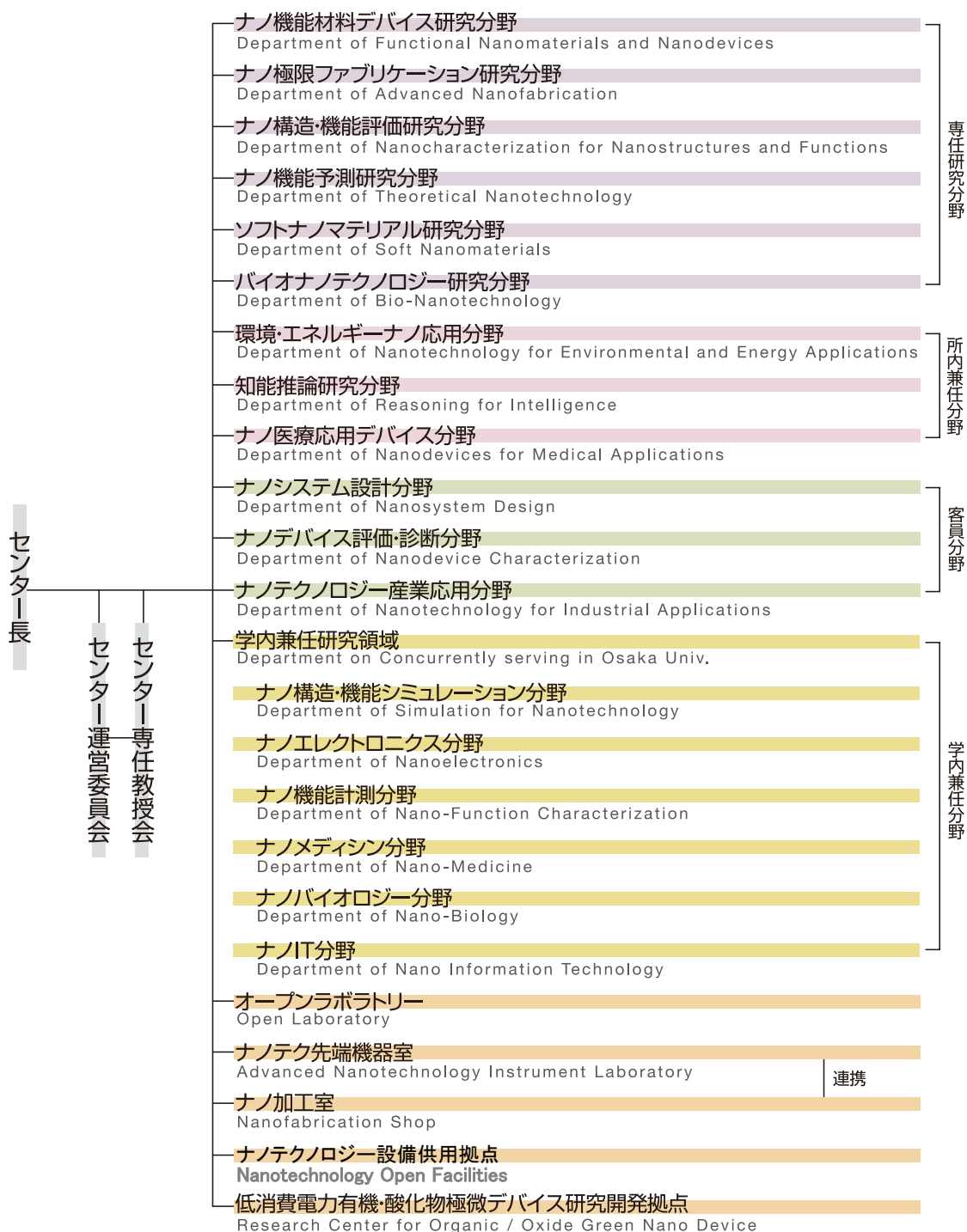
原子・分子を積み上げ、材料を創製する**ボトムアップナノテクノロジー**、材料を極限まで削りナノデバイスを作製する**トップダウンナノテクノロジー**、さらにそれらを**融合**して積極的な**産業応用**を目指し、総合的にナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として設置された全国初のナノテクノロジーセンター。

3研究部門で発足(専任3、所内兼任7、学内兼任3、国内・外国人客員3の16研究分野)

■2003年

ナノテクノロジー総合研究棟が完成 オープンラボラトリーの運用開始

▶組織図



■2004年

4研究部門、20研究分野に拡充



■2009年

新組織に充実強化(時限を撤廃)(専任6、所内兼任3、学内兼任6、客員3の18研究分野)

各分野で確立され根付いたナノテクノロジーの要素を基に、新しい融合ナノテクノロジー研究の基礎を確立し、学際融合基盤科学技術への発展を目指す。多彩なネットワークを構築し、拠点となることを目指す。

ナノ機能材料デバイス研究分野

教授	田中 秀和
准教授	神吉 輝夫
助教	服部 梓、藤原 宏平
特任研究員	岡田 浩一
大学院学生	高見 英史、Nguyen Thi Van Anh、Wei Tingting、川谷 健一、市村 昂士、 山崎 翔太、堀 竜也、佐々木 翼
学部学生	左海 康太郎、中村 拓郎
技術補佐員	岩城 文
事務補佐員	奥本 朋子

a) 概要

様々な外場(光、磁場、電場、温度)に対し巨大に応答し多彩な物性を示す遷移金属酸化物材料群を対象とし、トップダウンナノテクノロジー(超微細ナノ加工技術)とボトムアップナノテクノロジー(超薄膜・ヘテロ接合・人工格子結晶成長)を融合することによって、望みの位置に、望みの物質・電子状態の空間的配置と次元性をナノスケールで任意に制御する技術方法論とその酸化物ナノ構造が示す基礎物性の理解を通して、高機能かつ省エネルギー駆動の新原理デバイスの構築に取り組んでいる。今年度の主な成果を以下に詳述する。

b) 成果

・二酸化バナジウム (VO_2) の電子相ドメイン観察と電気伝導特性の同時測定

VO_2 は、室温付近で電場、磁場、光などの外部刺激によって、数桁にも及ぶ電気伝導率の変化を伴った金属-絶縁体電子相転移を起こすため新規デバイス創出に向けた有望な材料である。この物質の相転移点近傍は、ナノ～マイクロスケールの絶縁体、金属電子集団が入り混じった相混合状態となっている。この空間的にランダムに出現する金属電子相ドメインに対して、個々に相転移・位置制御が可能になれば、電子相ドメインをビットとする情報記憶、電子相配列を制御した電子相サーキット等、新規エレクトロニクスへの展開が期待できる。本年度は、酸化物エレクトロニクス展開のキーとなる電子相ドメインの振る舞いと電気伝導特性との関係に焦点を当て研究を行った。 $\text{TiO}_2(001)$ 基板上の VO_2 のマイクロスケールドメインを利用した光学顕微鏡観察と電気伝導測定の同時評価を行い、金属電子相ドメインの配置(一次元・二次元ドメイン配列(図1(a)-(c))の違いにより大きく電気伝導特性が変化し、個々の電子相ドメインの相転移により急峻な抵抗率変化が確認できた(図1(d)) [論文1]。

また、 $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$ 基板上の VO_2 薄膜においては、数十～数百ナノメートルのドメインが存在していると言われており、ドメインサイズと同程度になる200 nm幅の VO_2 薄膜ナノワイヤーにおいても、個々のナノスケール電子相ドメインの相転移が観測され [論文5]、ドメインの相転移・配置がデバイス物性左右する重要な要因であることを見出した。酸化物エレクトロニクスの発展にとって重要なことは、この自然に与えられたアドレス空間を如何に利用していくかということであり、この得られた知見を今後のモットデバイス作製

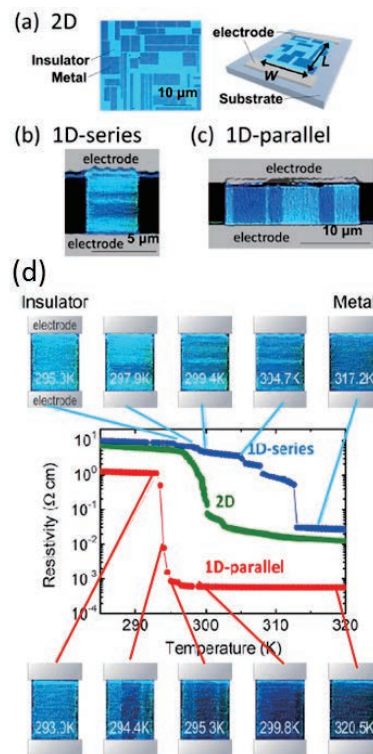


図1 $\text{TiO}_2(001)$ 基板上の VO_2 薄膜の金属ドメイン(a)二次元配置、(b)一次元直列配置、(c)一次元並列配置、(d)ドメイン配置パターンの違いによる抵抗-温度曲線、及び金属ドメイン配置顕微鏡像

に活かす。

・スピネルフェライト薄膜における不揮発性メモリ現象

次世代省電力エレクトロニクスのかい手として期待される遷移金属酸化物の電子特性を外部電界により変調、制御する研究が盛んに行われている。特に近年、電界効果トランジスタ構造のゲート絶縁層に電界質を用いた電気二重層デバイスにおいて、電界誘起超伝導、磁性スイッチングなどの新奇物理現象の発見が相次ぐなど、電界効果を用いた研究が大きな進展を示している。本研究で我々は、この電界効果手法をフェライト磁性体である $\text{Zn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ の薄膜に適用したところ、通常の静電キャリアドーピング効果由来とは異なる不揮発性の電界効果が生じることを見出し、電子輸送特性を可逆・不揮発的にスイッチングできることを実証した[論文 2,3]。イオン液体電界質を介した正/負のゲート電圧の印加により (図 2 (a))、電気伝導および磁気抵抗 (図 2 (b)) の不揮発的な増加/減少がフェライトチャンネルに誘起されることが分かった。これら輸送特性の変化は、チャンネル再表面での酸素組成の変化により半定量的に説明することができた。電界質が産み出す巨大電界による酸化還元反応を不揮発性電界効果の起源として提唱している。

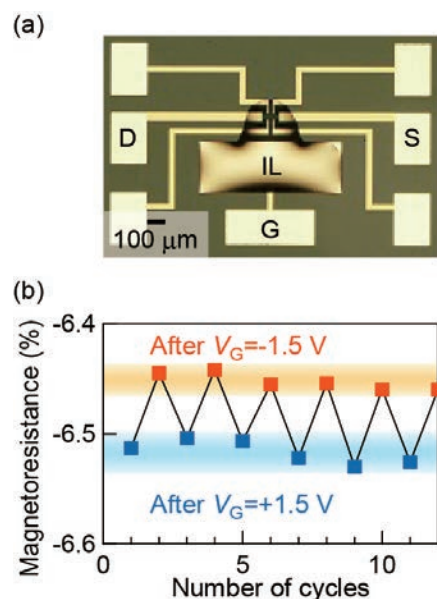


図 2 (a) 電気二重層デバイス構造。G, D, S, IL はそれぞれ、ゲート、ドレイン、ソース電極、イオン液体を示す。 (b) 300 K における磁気抵抗値の不揮発性スイッチング効果。

・金属酸化物 3 次元ナノ超構造創製と新奇ナノ物性の解明

機能性金属酸化物のナノ構造化による高性能創出を目的として、対象物質の成長位置、形状、サイズを 3 次元方向全てで精確に制御して作製する独自ナノ超構造創製技術「3 次元ナノテンプレート PLD 法」[論文 4,6]を確立してきた。図 3 に 3 次元ナノテンプレート PLD 法で作製した室温強磁性半導体 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ (FZO) 単結晶ナノウォール細線構造とその断面透過電子顕微鏡 (TEM) 像を示す。TEM 像より、FZO ナノウォールが基板である 3D-MgO 側面から面内方向にエピタキシャル成長しており、高品質な結晶構造を有していることがわかる。この手法では、任意形状の選択、面内で厚みを制御したナノ構造の作製も可能である。図 4(a) に超巨大磁気抵抗効果を示すペロブスカイト Mn 酸化物 $(\text{La,Pr,Ca})\text{MnO}_3$ (LPCMO) の、ナノボックス構造を示す。ナノレベルで精密に空間制御され、自在にサイズを調整したナノ超構造体の創製を実現できる。硬 X 線光電子分光を用いた電子状態解析から、ナノボックス試料では通常の薄膜試料より 50 K 以上高い温度から絶縁相への転移が生じることを明らかにした。転移点の上昇は 3 次元ナノ構造形状に由来することが示唆され、ナノ構造化が遷移金属酸化物のエレクトロニクス機能開拓・特性向上に有用であることを示す発展的成果である。3 次元ナノ超構造体を基盤として、ナノ特性の評価とそれを最大限に活用した新規ナノ電子デバイス機能の開拓を試みている。

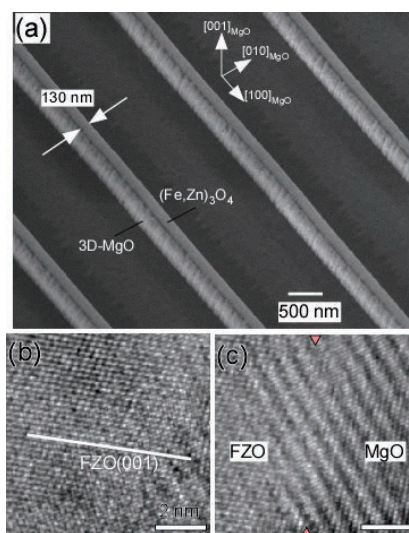


図 3 独自ナノ構造創製技術で作製した室温強磁性半導体 $(\text{Fe}_{2.5}\text{Zn}_{0.5})\text{O}_4$ の (a) エピタキシャルナノ細線構造と、(b) FZO ナノ細線、(c) FZO/3D-MgO の断面 TEM 像。

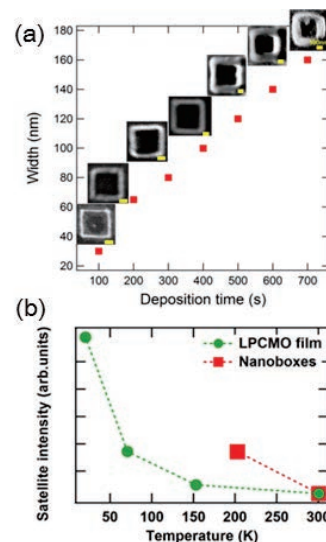


図 4 (a) LPCMO ナノボックスの壁厚制御性。 (b) 光電子スペクトルのサテライトピーク強度の温度依存性。

ナノ極限ファブリケーション研究分野

教授	吉田 陽一
准教授	楊 金峰
助教	近藤 孝文、菅 晃一
特任研究員	神戸 正雄
客員教授	小方 厚、小林 仁
客員准教授	柴田 裕実
大学院学生	樋川 智洋、佐々木 泰、井河原 大樹、野澤 一太、李 亮
学部学生	西井 聡志、山嵜 優
事務補佐員	千代 安奈

a) 概要

極限ナノファブリケーションを実現するために、時間・空間反応解析手法を用いて量子ビーム極限ナノファブリケーションの基礎過程を解明し、量子ビーム誘起反応の制御方法の開発を目指している。それらを支えるために世界最高時間分解能を有するフェムト秒・アト秒パルスラジオリシスシステムおよびフェムト秒時間分解電子顕微鏡による、ナノ空間内の量子ビーム誘起高速現象の解明に関する研究を行っている。

b) 成果

・アト秒パルスラジオリシスに向けた超短パルス電子ビーム発生の研究

極限時間分解能を有するアト秒パルスラジオリシス実現に向けた、10 フェムト秒以下超短パルス電子ビームの発生・計測法の確立を行った。超短パルス電子ビームを発生するために、フェムト秒電子銃、高次収差補正磁気パルス圧縮器の導入を行った。発生した超短パルス電子ビームから放射されるマイクロメートル領域の波長をもつ赤外光を、マイケルソン干渉計により得られる時間波形を解析し、電子ビームパルス幅を計測した。干渉計では、MCT (HgCdTe) 検出器を用いて、短パルス電子ビームを測定できるように短波長の電磁波を計測できるようにした。その結果、電荷量：2.1 pC の時、1 fs の rms 電子ビームパルスの発生・計測に成功した。今後、アト秒パルスラジオリシスへ応用を行う。

・紫外フェムト秒パルスラジオリシスによるドデカン中のアルキルラジカル生成過程の研究

核燃料再処理の抽出剤溶媒であるドデカンは、放射線分解の観点や、レジスト材料のモデル化合物として放射線化学初期過程と分解過程を解明する必要がある。本研究の目的は、フェムト秒パルスラジオリシスシステムを紫外領域に拡張して R $\cdot$ の過渡吸収時間挙動を観測し、R $\cdot$ の生成過程とドデカンの放射線化学初期過程の関係を解明することである。フェムト秒パルスラジオリシスにより波長 240 nm で過渡吸収時間挙動を測定することに成功した。240 nm における過渡吸収の時間挙動は、7 ps で急激に生成し、それ以降は生成せずにゆるやかに減衰した。これまで放射線化学初期過程においてジェミネートイオン再結合を経た励起状態からのアルキルラジカル生成モデルでは、ジェミネートイオン再結合によるゆっくりとした生成挙動が観測されなかったことを説明できない。これらの実験結果は、近年我々が提案している励起ラジカルカチオンなどの短寿命活性種の重大な寄与を示している。

・ポリアルファメチルスチレンの直接イオン化法によるフェニルダイマーラジカルカチオン生成過程の研究

半導体微細加工におけるレジスト材料の放射線化学基礎過程を解明するために、モデル化合物としてポリ α メチルスチレン (PAMS) のフェニルダイマーラジカルカチオンの生成過程を直接イオン化法とフェムト秒パルスラジオリシスにより研究した。PAMSの直接イオン化によるダイマーラジカルカチオンの挙動を観測するために、カチオン移動反応をしないと知られているテトラヒドロフラン (THF) を溶媒に選択し、生成する溶媒和電子を捕捉するためにジクロロメタン(CH_2Cl_2)を 1 M加えた。その結果溶液中でPAMSの直接イオン化によるダイマーラジカルカチオンの過渡吸収が波長 1200 nmで観測され、その生成時定数を $2 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 程度と見積もることに初めて成功した。

・フェムト秒パルスラジオリシスによる水和電子生成過程の研究

水に放射線を照射すると、水和前電子から水和電子が形成され、様々な後続反応を引き起こすことがこれまでの研究によりよく知られている。しかし、時間分解能不足から、電子線パルスラジオリシスによる水和電子、水和前電子の生成挙動は解明されていなかった。フェムト秒パルスラジオリシスを用いて、水の過渡吸収時間挙動を 450 nm-1700 nm で測定し、水和前電子から水和電子が形成されるという 2 状態モデルを仮定し、測定系の時間分解能を考慮した。各波長での過渡吸収時間挙動から、水和前電子および水和電子のダイナミクスを得ることができた。同時に水和前電子、水和電子の過渡吸収スペクトル変化を得ることに成功した。水和前電子は、近赤外領域でスペクトルのブルーシフトが見られ、水和電子ではスペクトルはほとんどシフトしなかった。以上のことから、水中の電子の溶媒和過程は、水和前電子の段階で水分子が配向し、水和電子は p 状態から s 状態への電子状態間遷移により水和前電子から形成されることが明らかとなった。

・フェムト秒パルスラジオリシスによるアルコール中の溶媒和前電子生成過程の研究

水やアルコールなどの極性溶媒中では、イオン化された電子は周囲の分子を配向させて溶媒和電子となり、様々な後続反応を引き起こす。アルコール中での電子の溶媒和過程の全体像を解明することが更なる応用発展のためには必要である。フォトカソード RF 電子銃ライナックを用いたフェムト秒パルスラジオリシス法により、エタノールおよびオクタノール中で電子の溶媒和過程における時間分解スペクトル変化の観測に成功した。近赤外領域から可視域への不連続で大きなスペクトルジャンプと連続的で比較的小さなスペクトルシフトを観測した。電子の溶媒和過程において、電子状態遷移と分子配向による緩和過程が同時に起きるというモデルを構築したことにより、実験結果をよく説明することができた。オクタノールでは、1900 nm 付近に更に高速に生成し減衰する電子の中間活性種が観測され、ドライ電子が観測された可能性も考えられる。溶媒和電子生成メカニズムについて重要な知見を得ることができた。

ナノ構造・機能評価研究分野

教授	竹田 精治
准教授	吉田 秀人
助教	神内 直人（平成 25 年 10 月 1 日採用）
特任研究員	孫 科挙
大学院学生	内山 徹也、相馬 健太郎、前納 覚、小川 洋平、玉岡 武泰
事務補佐員	高瀬 紀子

a) 概要

電子顕微鏡によるナノ構造の解析や機能の評価は、機能性材料を改良または新規開発する上で必要不可欠である。特に、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いたナノ構造・ナノデバイスの生成プロセスの評価、及び機能発現中のそれらの評価は、今後益々重要になると考えられる。当研究分野ではこれまでに、気体中のナノ構造やナノデバイスを原子スケールで観察可能な環境制御型透過電子顕微鏡(ETEM)を開発してきた。この ETEM を活用し、様々な気体と固体の界面で起こる動的な現象を解析することで、ナノ構造・ナノデバイスの生成過程の解明や、新規機能性材料の開発に取り組んでいる。具体的には、一酸化炭素(CO)酸化反応環境下での金ナノ粒子触媒や白金ナノ粒子触媒などの原子構造の変化や、カーボンナノチューブ(CNTs)に代表されるナノ構造の生成過程を原子スケールでその場観察し、それらの界面現象の背後に潜む物理を研究している。

b) 成果

・セリア担持金ナノ粒子触媒のナノ構造の解明

酸化セリウムに担持された金ナノ粒子触媒 (Au/CeO_2) は、COの酸化反応に対して室温以下でも高い触媒活性を示すことが知られている。金ナノ粒子と金属酸化物担体の界面が、触媒反応の進行に重要な役割を果たしていると考えられているが、そのメカニズムは明らかにされていない。 Au/CeO_2 触媒の反応メカニズムを解明するには、実際の触媒反応環境下で Au/CeO_2 を原子スケールでその場観察することが重要である。

本研究では、 Au/CeO_2 触媒を析出沈殿法で調製し、収差補正ETEMを用いてCO酸化反応環境下 (CO 1vol.%/air混合ガス中、室温)で Au/CeO_2 触媒中の金ナノ粒子を観察した。図 1 には、 Au/CeO_2 触媒のETEM観察結果を示し、図 1 中のIとIIの高倍率像をそれぞれ図 1(b), (c)に示す。図 1(b)の金ナノ粒子と担体の界面を詳細に観察した結果、図 2 の 1 段目のように、時間経過とともに約 3 nmの金ナノ粒子がステップ的に 0.09 nm平行移動し、僅かに回転していることが分かった。図 2 の 2 段目のシミュレーション結果からも、金ナノ粒子の界面構造の変化が確認された。

一方、図 1(c)の金ナノ粒子の時間変化を調べると、図 3(a)のように金ナノ粒子がある点を中心にして回転することが明らかになった。図 3(a)をフーリエ変換

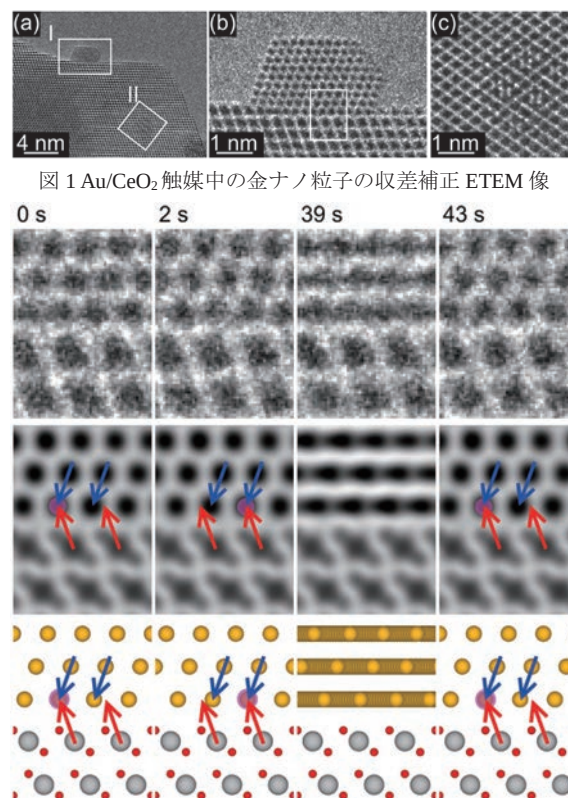


図 2 触媒活性発現中の金ナノ粒子の段階的な移動

した結果、金ナノ粒子は CeO_2 担体上で $\pm 4^\circ$ 回転していることが分かった(図 3(b)-(d))。

以上のように、 Au/CeO_2 触媒中の金ナノ粒子は、ETEM観察中にCO酸化反応環境下で可逆的かつステップ的に平行移動と回転をすることを見出した。この結果は、 Au/CeO_2 触媒中の金ナノ粒子と CeO_2 担体の接合が強固ではないことを意味している。つまり、 CeO_2 表面の一部に存在する酸素空格子点で、Ce原子にAu原子が直接結合することで、金ナノ粒子が担体に錨を下ろしたように緩やかに固定されていると結論付けられる。本研究で明らかにされた金ナノ粒子と CeO_2 担体との界面の原子構造の変化は、 Au/CeO_2 触媒のCO酸化反応メカニズムを解明する上で極めて重要である。

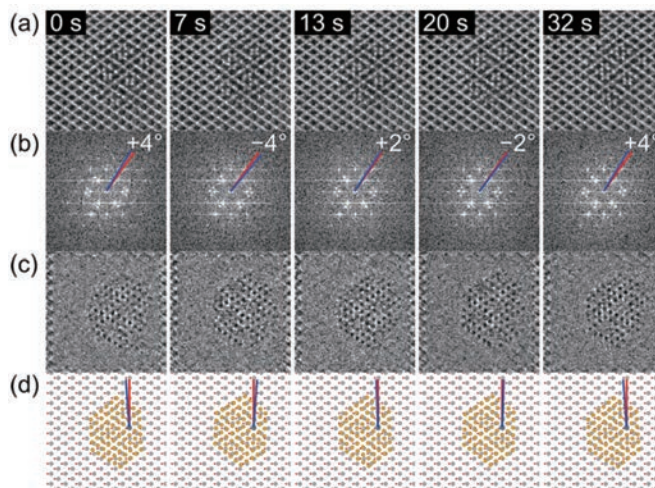


図 3 触媒活性発現中の金ナノ粒子の回転

・成長中におけるカーボンナノチューブの形状変化の解析

カーボンナノチューブ(CNTs)は、特殊なナノ構造をもつために優れた電気的性質・機械的性質を示すことが知られている。カーボンナノチューブの特性は、直径やキラリティだけでなく、欠陥によって変化することが報告されている。一般的にカーボンナノチューブは成長中に欠陥が入り、結果としてカーボンナノチューブの曲がりや不均一な層間の生成、チューブの直径の変化、グラファイト層数の変化などが生じる。カーボンナノチューブの将来的な実用化のためには、欠陥を持たないカーボンナノチューブの合成手法の確立が必須である。そこで本研究では、ナノ粒子触媒(NPCs)を用いた化学蒸着(CVD)法によるカーボンナノチューブの成長過程をETEMによってその場観察し、カーボンナノチューブ成長中の欠陥発生メカニズムを明らかにした。

ナノ粒子触媒には鉄-モリブデンを用い、 600°C でアセチレンと水素をETEMに導入し、カーボンナノチューブの成長プロセスをその場観察した。図 4 に示すように、成長中にカーボンナノチューブが短時間で大きく曲がる様子が観察された。その際、破線で示すように鉄-モリブデンナノ粒子の形状が変化していることが分かった。また、図 5 には 11 層からなる多層カーボンナノチューブの層間が 0.34 nm から 0.41 nm へと徐々に広がる過程を示す。層間の変化に対しても鉄-モリブデンナノ粒子の形状が重要な役割を果たすことが確認された。

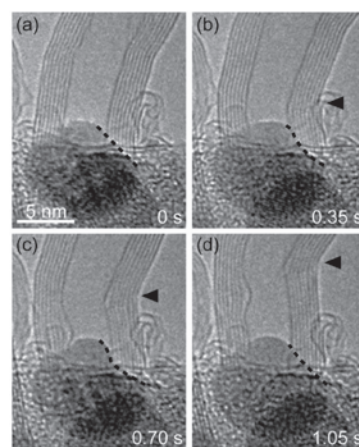


図 4 成長中のカーボンナノチューブの曲がり

以上のように、ETEMによる高分解能観察から、ナノ粒子触媒の変形がカーボンナノチューブ中の様々な欠陥の生成を誘発することが分かった。つまり、カーボンナノチューブとの界面でのナノ粒子触媒の僅かな変形がカーボンナノチューブ中の曲がりや不均一な層間の生成に繋がることが確認された。さらに、カーボンナノチューブの直径の変化やグラファイト層数の違いは、ナノ粒子触媒の突出や収縮変形に由来することも明らかにされた。本研究から、成長中に生じるカーボンナノチューブの欠陥を制御するための指針を得ることができた。

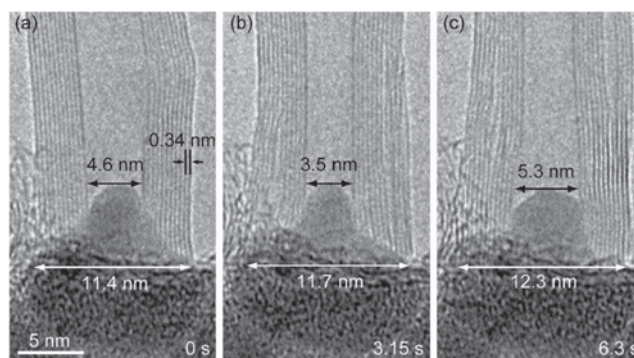


図 5 カーボンナノチューブ成長中の層間の変化

ナノ機能予測研究分野

教授	小口 多美夫
准教授	白井 光雲
助教	山内 邦彦、靱田 浩義
招へい教授	本河 光博、城 健男
特任教授	Jaichan Lee（平成 25 年 11 月 11 日～平成 25 年 12 月 13 日）
特任研究員（客員教員）	旭 良司（平成 25 年 10 月 1 日～平成 26 年 1 月 31 日）
特任研究員	豊田 雅之、 Mohammad Shahjahan（平成 25 年 9 月 1 日～平成 25 年 11 月 30 日）、 上村 直樹（平成 25 年 10 月 1 日～平成 25 年 11 月 30 日）
大学院学生	Mohammad Shahjahan、磯山 佳甫、上村 直樹、藤村 卓功、小森 尚平、 Taufik Adi Nugraha、佐久間 恭平、高崎 英里子、出口 政孝、藤井 亮宏、 西條 泰紹
事務補佐員	垣内 美奈子

a) 概要

第一原理計算に基づき、種々の固体系・表面系で発現する物性・機能を理論的に予測する研究を行っている。発現機構を電子状態の特異性から明らかにすることによって、新たな物質を設計する研究にも展開している。また、第一原理計算に必要となる基礎理論や計算手法の開発にも取り組んでいる。

b) 成果

・遷移金属およびその化合物系の電子状態

遷移金属元素は多種の元素と合金や化合物をつくり多岐にわたる物性を示す。我々は、種々の遷移金属酸化物に注目し、その電子状態の特異性とそれに起因する物性発現機構の解明を目指している。Aサイト置換型ペロフスカイト酸化物 $AA_3B_4O_{12}$ は単純なペロフスカイト型酸化物 ABO_3 のAサイトを二種類の陽イオンAとA'で占有させた酸化物系で磁性をはじめ多様な電子物性を示す。 $CaCu_3B_4O_{12}$ (B=Ti, Ge, Zr, Sn)系に見られるBイオン種により異なる磁気秩序の微視的機構を第一原理電子状態計算から明らかにした〔論文 1〕。その酸化物系と類似のBサイトに磁性イオンを有する $CaCu_3Fe_4O_{12}$ に対して、電子状態計算から観測された安定磁気構造とX線磁気円二色性スペクトルに対する解釈を与えた〔論文 2〕。三角格子構造を有する遷移金属酸化物系 $PdCoO_2$ と $PdCrO_2$ の電子状態に関する研究を進めた〔論文 3、論文 4〕。

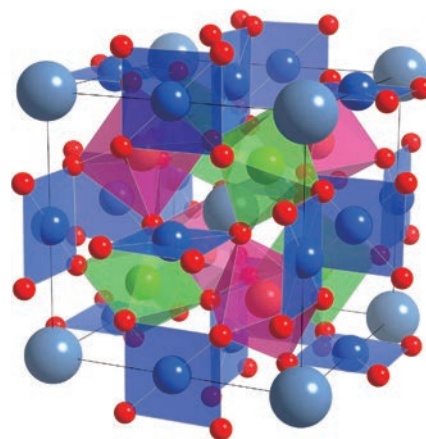


図1 Aサイト秩序型ペロフスカイト酸化物

・原子ダイナミックスを利用したマテリアルデザイン

第一原理電子状態計算は主に物質の基底状態に関する理論であるが、我々は原子の動き（ダイナミックス）、輸送現象を併せた研究を行っている。今年度は以下の成果を挙げている。

結晶シリコン中の欠陥の構造について2つの貢献をした。一つはシリコン中の水素不純物の性質に関するもので、不純物振動の減衰が従来の理論より非常に大きいことを、水素のダイナミックスから解明した。もう一つがシリコン中の格子空孔の性質で、低温でホストの弾性定数をソフト化することが実験で示されているが、それが格子空孔が誘導する格子歪みのダイナミックスから説明できることを示した。

融液からのシリコン引き上げ成長における転移発生に熱応力が影響するが、それを定量的に把握するためのヤング率の温度依存性について従来より論争があったが、その温度依存性を理論的に導いた。

・マルチフェロイック物質の物質設計

磁性および強誘電性を同時に示すマルチフェロイック物質の中には、マグネタイトのように低温相の電荷秩序が結晶の反転対称を破り強誘電分極を示す物質がある。我々は、電荷秩序を示すマンガン酸化物、鉄酸化物について電子状態を計算し、誘電性の微視的機構を解明してきた [論文 5]。また、マルチフェロイック物質の多くは、外部電場によって磁性を操作可能となる電気磁気効果を示す。 $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ は、スピン軌道相互作用および異方的 pd 混成に起因する電気磁気効果を示すことが知られているが、密度汎関数法シミュレーションを用いて、Coサイトを他の遷移金属元素に置換した化合物 $\text{Ba}_2\text{MGe}_2\text{O}_7$ ($M = \text{V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu}$)の物質設計および電子状態計算を行い、電気磁気効果を予測した。 $M = \text{V, Ni}$ のときには、遷移金属元素の t_{2g} 軌道準位が部分的に占有されて、酸素四面体の極性をもつJahn-Teller歪みが生じることが明らかとなった。

・二次電池正極材料の物質探索と局所構造解析

リチウムイオン二次電池は小型電子機器や自動車用電源など様々な用途で利用されており、電池性能の向上を目的とした新規材料の探索と研究開発が活発に行われている。特に正極と負極でのリチウムイオンの出入りによって表される充放電反応は電池動作の基礎原理のひとつであり、充放電に伴う電子状態や局所的原子構造の変化を電子・原子のスケールで理論解析することが必要である。我々は、二次電池正極材料の新規物質探索を目標として、第一原理計算手法を用いた充放電前後の局所構造解析や、理論的な起電力の評価を行っている。最近では資源量やコストなどの観点から、ポストリチウムイオン電池の候補としてナトリウムイオン二次電池の研究開発が注目されている。その正極材料として FeS_2 系物質が挙げられている。しかし、Naイオンの出入りによってどのような構造変化が起こっているかは完全な理解には至っておらず、これまでにいくつかの充放電反応式が提案されている。Na/ FeS_2 系正極材料の基礎反応メカニズムとして、Naイオンの出入りによって大きな局所構造変化・結晶構造変化が起こるコンバージョン反応が考えられている。我々は充放電に伴う局所構造の変化を明らかにするために、基礎データとなる電子構造や磁性に関する解析を行い、X線吸収スペクトルの実験データの解析を進めている。提案されているひとつの充放電反応式は、 $2\text{Na} + \text{FeS}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2 + \text{Fe}$ である。Pyrite構造 FeS_2 、 β 構造NaS、BCC構造Na、及びBCC構造Feの実験値の結晶構造を仮定して、一般化密度勾配近似を用いた第一原理計算から評価した起電力は約 0.9 ボルト程度の値であり、この値はコンバージョンモデルを用いた理論値などと比較すると小さな値である。最近、Okadaらは充放電反応による構造変化を実験的に調べ、正極中Na量に依存した2段階の反応式 (1) $2\text{Na} + \text{FeS}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{FeS}_2$, (2) $2\text{Na} + \text{Na}_2\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Fe}$ を提案している。これはLi/ FeS_2 系における反応と同様の式である。Cubic構造 Na_2S を用いて、中間状態を無視した範囲内 ($4\text{Na} + \text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Fe}$) で計算した結果、起電力の計算値は 1.2 ボルトであり、この反応式に基づいた計算値はKimらによって提案されている反応式よりも高い起電力値を示している。

ソフトナノマテリアル研究分野

教授	安蘇 芳雄
准教授	家 裕隆
助教	辛川 誠、二谷 真司
大学院学生	黄 建明、陣内 青萌、佐藤 千尋、利根 紗織、汪 驿、笹田 翔平、田代 彩
特任研究員	Shreyam Chattergee
事務補佐員	山崎 慶子
技術補佐員	牧野 丈夫（～平成 25 年 12 月 31 日）

a) 概要

有機物質の機能を分子のレベルで解明し制御することを基盤として、優れた電子・光機能を有する有機分子の開発と構造物性相関、および、機能評価と有機エレクトロニクス応用の一貫した研究を行っている。有機エレクトロニクスに適した有機機能分子の開発、および、分子スケールエレクトロニクスを志向したナノスケール π 共役分子材料の分子設計と物質合成、それらの物性有機化学と機能有機化学の研究を中心に、1) π 電子共役系の化学修飾による高い電子移動度を示す有機半導体材料の開発 2) 分子エレクトロニクス素子に適したナノスケール分子材料の開発を目的として、機能化分子ワイヤおよび金属電極接合ユニットの開発と評価を進めている。

b) 成果

有機エレクトロニクス材料として、n 型の有機トランジスタ材料の開発を行った。 π 電子共役系に電子求引性基を導入することで n 型特性が発現する事が知られている。一方、薄膜においてキャリア移動度を向上させる手法として、分子間における分子軌道相互作用の増加させることが挙げられる。この観点から、 π 電子系分子に重原子を導入することで、キャリア輸送能の改善が期待できる。最近、優れた半導体性能を示すとともに、溶液プロセスが可能な化合物として N-アルキル環状イミド構造を末端に有する π 電子系分子が報告されていることから、末端に N-アルキル環状イミドの酸素原子を硫黄で置換した環状チオイミドを有する π 電子系分子を合成した。創出したチオイミド化合物のサイクリックボルタモグラムでは-1.1 から-1.6 V に還元波が観測されたことから、n 型 FET 特性の発現が期待できた。また、チオイミド化合物の還元波は、対応するイミド化合物の還元波と比べて高電位にシフトしていたことから、硫黄原子の導入により電子受容性の向上が見られた。スピコート法を用いてボトムコンタクト型の FET 素子を作

成し、電子移動度を評価した結果、いずれの素子も典型的な n 型の挙動を示した。特に、環状チオイミド化合物では対応するイミド化合物と比べて 1 桁-2 桁の電子移動度の向上が見られた[論文 2](図 1)。

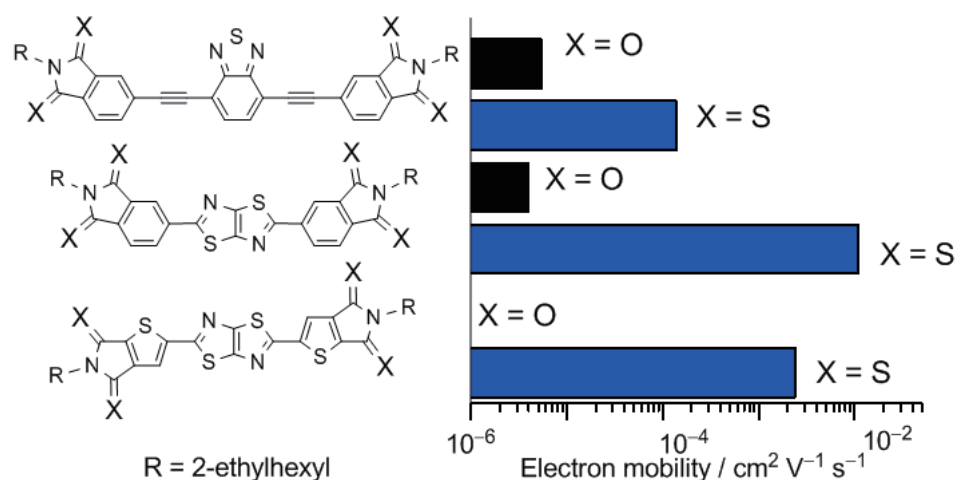


図 1 チオイミドユニットを含む電子受容型共役オリゴマー

一方、有機薄膜型太陽電池 (OPV) に向けての n 型半導体材料の開発は遅れており、フラーレンに代わり得る性能を持つ材料は設計指針すら確立されていない。これは単成分で構成される OFET の薄膜に対して、 p 型材料と n 型材料を混合して構成されるバルクヘテロ接合 OPV においてはキャリア輸送経路の構築が困難なためである。そこで、フラーレンのように異方性のない立体構造の π 電子系分子を開発する事ができれば新たな有機半導体材料になると考えた。この観点から、典型的な n 型化合物であるペリレンビス(ジカルボキシイミド)(PDI)を末端に導入した、三次元構造を有する分子 **1**, **2** を設計し、合成、物性評価、および、 n 型半導体としての光電変換特性の評価を行った。その結果、それぞれ、0.12, 0.18%の光電変換効率が観測され、対応する参照化合物 **3**(0.12%)と同等以上の性能を示した[論文 1](図 2)。

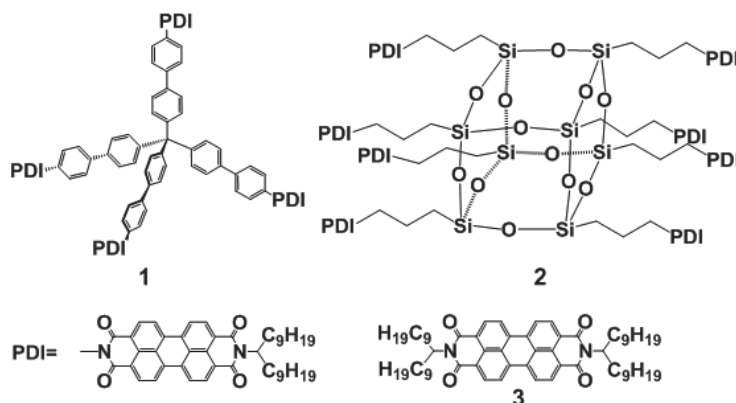


図 2 3次元型構造アクセプター材料

また、有機薄膜型太陽電池における n 型半導体材料としての応用を目的として、新規フラーレン誘導体の開発を企業と共同研究により行っている。エネルギー変換効率の高い有機薄膜太陽電池の実現に向けて、エネルギー準位と可視光吸収領域の調整を目的とした緻密な分子設計が行われ、 n 型半導体との適切なエネルギーギャップと広い吸収領域を併せ持った p 型半導体材料が開発されてきた。一方で、 n 型有機半導体材料は、[60]フラーレン(C_{60})誘導体である[6,6]-phenyl C_{61} butyric acid methyl ester (PC₆₁BM)、あるいはその C_{70} 誘導体 (PC₇₁BM)の、通称PCBMと称する材料に依存している。このような状況は、OPVの性能向上に向けた基礎的な物性の理解の障害となりかねず、OPV材料とその化学、物理的理解の進展のため、PCBM代替となる材料開発は必須である。

我々の、これまでの新規 n 型材料研究で、いくつかの置換基に性能向上に寄与する効果があることが分かってきた。置換基とデバイス物性に関する我々の検討から新規フラーレン誘導体は、既存 n 型材料である PCBM と同等以上の性能が得られている。これまでの研究から得られた新規材料の内、PCBM と同等以上のものについて、新たなドナー材料 (PTB7) との組み合わせによる性能評価を行った。PTB7 をドナーに使った場合においても、良好な太陽電池特性を示した。さらには、新規材料はこの系においても、PCBM に対して引けをとらない性能であり、 C_{60} フラーレンを使った太陽電池の中では世界トップクラスとなる。

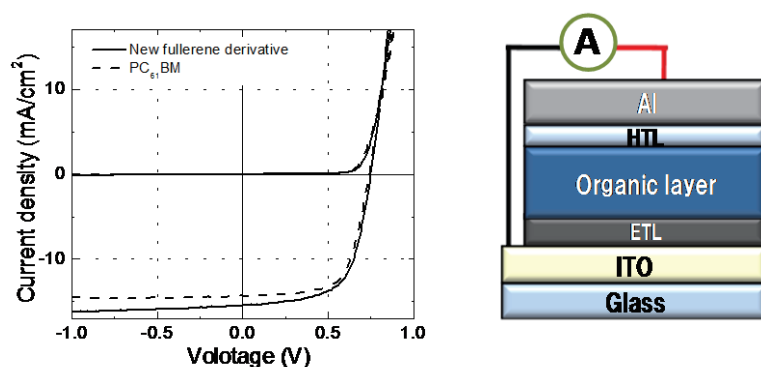


図 3 新規フラーレンを使った太陽電池素子の電流電圧特性図とその素子構造

バイオナノテクノロジー研究分野

教授	谷口 正輝
准教授	筒井 真楠
助教	田中 裕行、横田 一道（平成 25 年 10 月 1 日採用）
大学院学生	本郷 禎人、有馬 彰秀、森川 高典
事務補佐員	藤林 乃理子

a) 概要

私達のグループでは、医療診断技術の高度化・高性能化に向けて、生体内の構造や機能を模倣した半導体ナノデバイスや 1 分子検出原理の研究を行っている。電子線描画法などの先端レベルのナノ加工技術を駆使した、数ナノメートルサイズの電極ギャップを作るための新たな技術を創製し、これを応用して、電極間に配線されている分子の数や種類、1 分子が電極につながっている強度や時間、電極に接続されている 1 分子の通電時における局所温度、1 分子のダイナミクスや化学反応を電氣的に調べる方法を構築している。また、走査プローブ顕微鏡により、表面上にある DNA などの 1 分子観察および分光と分子マニピュレーションを行っている。そして、これらの基礎研究を通じて、1 分子の性質を調べる 1 分子科学を開拓し、同時にこの 1 分子科学を基本原理とする新しいバイオ分子デバイスやバイオセンサーを開発すると共に、SM-TAS(Single-Molecule Total Analysis System)の実現に資する 1 分子技術の創出に取り組んでいる。

主な研究課題としては、SPM による DNA 等のバイオ分子のナノサイエンス・ナノテクノロジー、ナノ電極とナノ流路を融合させた 1 分子バイオセンサーの開発、固体ナノポアデバイスを用いたナノポアシーケンシング法の開発、省資源・省エネルギーに資する単一分子デバイスの開発、が挙げられる。

b) 成果

・ナノポアトラップ法を用いた単一粒子識別

固体メンブレン中に空けられたナノサイズの細孔で構成されるナノポアセンサーは、赤血球、白血球、ウイルス等を高感度で検出するバイオセンサーとして、その実用化に向けた研究開発が広く展開されてきている。ナノポアデバイスでは、検体がナノポアを通過する際に生じる、ポアを通るイオン電流変化を指標として、検体の検出や識別が行われる。しかし、この検出原理では、検体を電気泳動させるために印加する電圧によってポア内に 2mV/nm 以上の極めて大きな電界が生じるため、イオン電流計測のサンプルレートに比して非常に高速で検体がポアを通過するという問題があった。そこで、検体より小さな直径を有するポアを用いて、検体をポアに通過させるのではなく、ポア近傍に電氣的に捕捉させるナノポアトラップ法を開発した（図 1）。

ナノポアトラップ法を用いると、帯電したナノ粒子をポア近傍に繰り返しトラップ/脱トラップさせることができた。さらに、その際に生じるイオン電流変化から、表面電荷密度の違いによる検体の識別が可能となることを実証した。

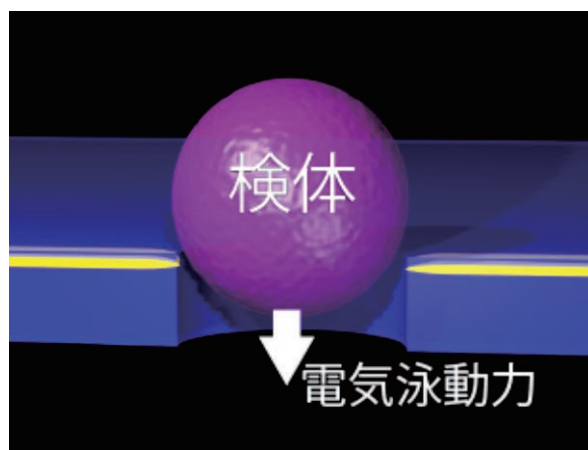


図 1 ナノポアトラップ法。電気泳動電圧制御により検体粒子を繰り返しトラップ/脱トラップさせることができる。

・原子サイズ接合における量子化熱起電力の観測

単分子接合に特有の電子状態を利用することで、高い性能を有する熱電素子を創製することが理論上可能であることが指摘されて以来、単分子接合の熱電特性に関する研究が精力的に行われてきている。しかしこれまでの走査トンネル顕微鏡を用いた1分子熱起電力計測法では、熱ドリフト等の問題があり、電極-単分子-接合を形成できても、その状態を、熱起電力測定を実行する上で十分に長い時間保持することが困難であった。そこで、単分子接合の安定保持に適したナノ加工 MCBJ (mechanically-controllable break junction) を改良したマイクロヒータ組込み型 MCBJ (図2) を開発し、その動作実証として、金原子サイズ接合の電気伝導度と熱起電力の同時計測を実施した。

得られた熱起電力のバラつきを調べたところ、その標準偏差は接合電気伝導度が量子化電気伝導度の半整数倍の時に極大値を示すことが分かった。これは、バリスティックに接合を透過する伝導電子と、透過後に接合電極内部の欠陥によって後方散乱された電子の間で生じる量子干渉効果に起因する現象であると考えられる。

一方、熱起電力の平均値は、接合電気伝導度が量子化電気伝導度の整数倍の時に極小値を示した。この特性は、理想的な1次元バリスティック電子系において理論的に予測される熱起電力の量子化現象と良い一致を見るものであった。以上のように、金接合の電気伝導度と熱起電力の同時計測を実施することで、原子サイズ接合における量子化熱起電力の観測に成功した。

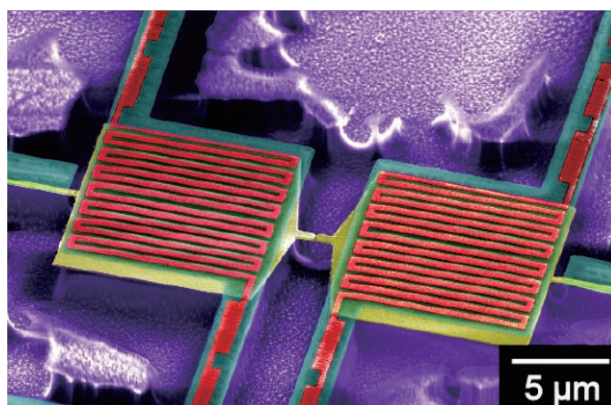


図2 マイクロヒータ組込み型 MCBJ 素子.

・安価で平坦なグラフェン基板の作成と評価

1分子検出・識別技術の開発支援のため、ゲーティングナノポアと類似構造に相当する、プローブ顕微鏡 (SPM) のプローブと基板の間の分子の1分子検出の技術開発研究を行った。分子との相互作用が弱く且つ原子レベルで平坦な基板の開発を行った。

まず、原子的に平坦な SPM 観察用基板として有名なマイカ基板上に Ni(111) 薄膜を作成した (図3)。成膜条件は、ニッケル膜厚約 500nm、スパッタアニール (加熱温度 800℃、Ar イオンスパッタ) 約1時間である。超高真空 SPM で作成した表面の形状観察を行ったところ、図3のような fcc(111) 表面の特徴を有する表面形状像が得られた。基板上においてのアプローチポイントを数 mm に渡り複数箇所の観察を行ったが、SPM 観察が妨げられるほどのドメイン構造やその結晶粒界を露骨に残した構造は観察されなかった。ちなみに、成膜温度が 650℃ 程度のときに得られた SPM 像では、結晶粒界の段差は数百 nm もあった (データ省略)。

次に、Ni(111) 清浄表面の上に炭化水素ガスを暴露することでグラフェンを作成した。その試料表面の SPM 像 (高さ微分像) を図4において、fcc(111) 表面特有の単原子ステップ構造に加えて、グラフェン特有の皺状の構造を確認することができ、グラフェンが成膜できたことが明らかになった。

本研究で得られたグラフェン基板は、in situ で超高真空 SPM 用の基板に用いるだけでなく、ウェットプロセスなどを経て転写させればナノデバイスにおいても用いることが可能であり、今後の発展が期待される。

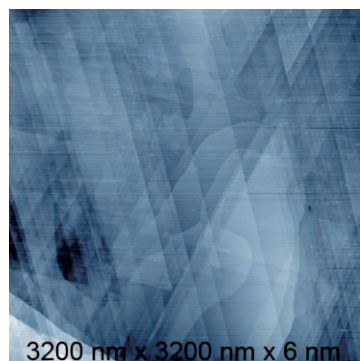


図3 Ni(111)の SPM 像

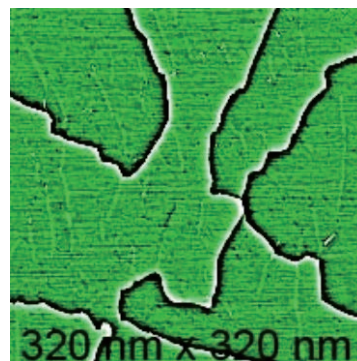


図4 グラフェンの SPM 像

環境・エネルギーナノ応用分野

教授（兼任）

安藤 陽一

a) 概要

本研究分野では、産業科学ナノテクノロジーセンターが有するマイクロ・ナノ加工のための設備と技術を利用して、環境・エネルギー問題の解決に役立つ超伝導材料・スピントロニクス材料・高効率熱電変換材料などの物性研究を行っている。本年度は特に、トポロジカル絶縁体の中でもバルク絶縁性が飛躍的に向上した $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ に注目して研究した。

b) 成果

・トポロジカル絶縁体の基礎物性解明

電子の持つスピンの向きの自由度を利用するスピントロニクスにおいては、いかにスピンを制御するかが技術の中心である。2007年に、物質中の価電子帯の持つ位相幾何学的な性質によって、バルクには絶縁体だが表面に無散逸のスピン流が存在するような物質があるのではないかと理論的に予測され、そのような物質は「トポロジカル絶縁体」と名付けられた。応用の観点からは、その無散逸のスピン流をデバイスに応用できれば、超省エネルギー型のスピントロニクスが実現できる可能性がある。

トポロジカル絶縁体研究の初期において、実際に $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 、 Bi_2Se_3 、 Bi_2Te_3 がトポロジカル絶縁体であることが明らかになったが、バルク絶縁性が低いことが問題であった。そのためより高いバルク絶縁性を持つトポロジカル絶縁体の探索が続けられている。その中で我々は、2010年に初めてのバルク絶縁性を示すトポロジカル絶縁体物質 $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$ を発見し、2011年にはその改良版 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ を開発するなど、トポロジカル絶縁体の基礎研究において重要な成果を挙げている。

・トポロジカル絶縁体におけるフェルミ準位の電界制御

上記の物性解明研究と並行して、トポロジカル絶縁体によるスピントロニクス素子開発のための基礎研究も行っており、現在、トポロジカル絶縁体表面におけるスピン流の直接検出を目指している。

そのための要素技術として、 SiO_2 絶縁層を形成したシリコン基板上に、グラフェンと同様のスコッチテープを用いた劈開法によって $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ の微小単結晶薄片を定着させ、その上に電子ビームリソグラフィーによって電極を形成した（図1）。このデバイスでは、バックゲートから印加する電界によってトポロジカル絶縁体中のフェルミ準位を制御し、キャリアの極性をn型からp型まで変化させることができる。このようなデバイスを測定・評価し、トポロジカル絶縁体スピントロニクス素子を作製するために必要になる要素技術を開発した。

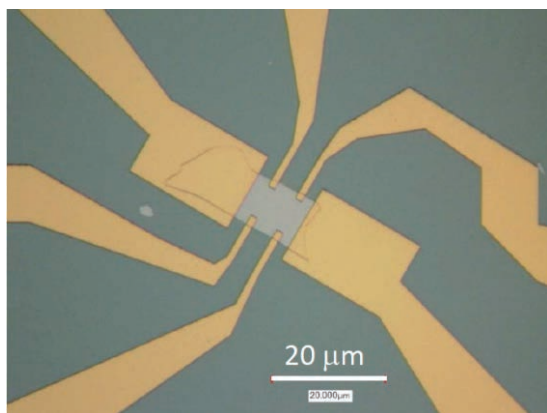


図1 トポロジカル絶縁体上に微細電極を形成したバックゲート型電界効果デバイス。トポロジカル絶縁体 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 単結晶から剥離し SiO_2 絶縁層を持つSi基板に定着された薄片上に、電子ビームリソグラフィーによってPdの微細電極が形成されている。

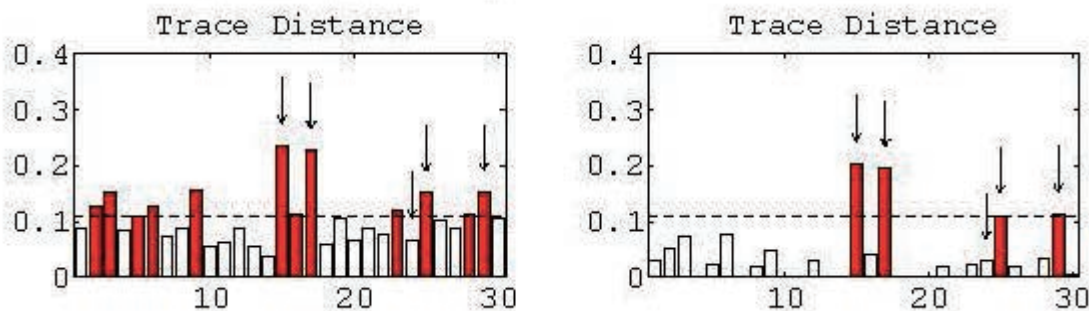
ナノ知能システム分野

教授（兼任） 鷲尾 隆

a) 概要

実験と計測技術の進歩に伴って、ナノテクノロジー研究分野において大量の実験データが蓄積されつつある。しかしながら、研究者を含む人間の情報処理能力の限界により、そのような大量データから科学的、工学的に意義深い知識を手動で効率的に抽出することは難しい。この問題を解決ないし軽減するために、本研究部門では様々な推論や探索アルゴリズムを駆使して大量データから人間にとって意味の大きな知識を抽出ないし推定する手法の開発を行っている。本年度は昨年度に引き続き、量子情報フォトンクス研究分野(阪大産研・北大電子研アライアンスラボ)の研究チームと、量子情報処理実験における実験条件の異常変動検知手法の開発に取り組んだ。長時間に亘る量子情報処理実験においては、種々の外乱や装置設定の劣化などによって実験条件が不意に変動し、それが実験結果の信頼性を低下させる可能性がある。そこで、本研究では状態密度行列を定常（非動的）成分と異常変動を表す非定常（動的）成分に分解し精度の高い推定結果を得る新たな数学的規範を考案し、それを解析手法として具体化する研究を進めた。その結果、昨年以上に高信頼な推定結果を得ることができた。

b) 成果



旧来手法による異常検知 提案手法による異常検知
提案手法は実際の異常部分（矢印箇所）をより的確に検知（赤色バー）可能である。

旧来手法	95%	90%	85%				
提案手法	95%	90%	85%				

繰り返し実験における AUC 指標（100%に近いほど高信頼）の分布を比較すると提案手法の方がより信頼性が高いことがわかる。

ナノ医療応用デバイス分野

教授（兼任）

中谷 和彦

a) 概要

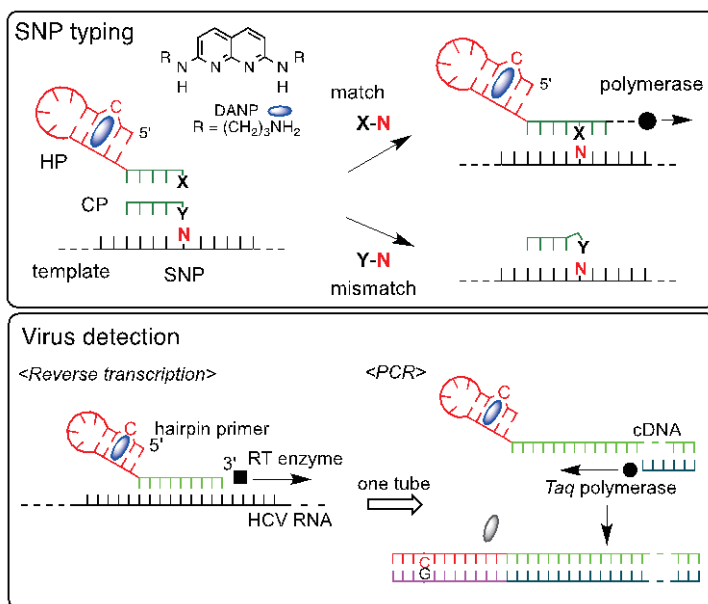
当分野では、迅速、簡便、安価な遺伝子診断法の開発を目指して、検出に必要な基本技術概念の提案と検証を行うとともに、ナノ微細加工と組み合わせたデバイスや、医療診断機器の開発へも展開する。

b) 成果

・シトシンバルジヘアピンプライマーを用いた簡便な遺伝子変異検出法

遺伝子の変異を迅速に検出する手法が、テーラメード医療を支える根幹技術として期待されている。当研究分野では、ミスマッチやバルジ構造に特異的に結合する小分子を用いた遺伝子変異検査技術を提案してきた。我々の方法の特徴は、標的 DNA が少量でも PCR を使うことで検出が可能であること、全てを混合して PCR がかけられるというきわめて簡便な手法で遺伝子変異が判定できる点にある。テンプレートを用いて PCR を行なった結果、3'末端の一塩基の違いで蛍光の変化に大きな差が観測され、一塩基の違いを認識することに成功した。さらにこの手法を用いて、現在ウイルスの高感度検出を企業、シンガポール大学と共同で行っている。RNA-ウイルスに特異的なプライマーにヘアピンをタグとして付与し、逆転写-PCR(RT-PCR)を行うと、一本のチューブ内で PCR が進行し、ウイルスの検出が可能であることが示唆された。また、DNA-ウイルスでも同様にウイルスの検出が可能であり、ウイルス簡便な検出法としての応用展開が期待される。

尚、本研究は精密制御化学研究分野の武井史恵助教との共同研究である。



ナノシステム設計分野

招へい教授 塚本 史郎（平成 25 年 5 月 1 日～平成 25 年 9 月 30 日）

a) 概要

化合物半導体 GaAs 内に埋め込まれた InAs 単一量子ドットは単一光子を利用した量子暗号通信の光源として注目されている。しかし一般的な作製法が自己組織化を利用したものであり、ナノレベルでの位置制御が困難である。そこで五ヶ月の招へい期間の間に、大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点の機器を利用して、特定位置に 1 つだけ高品位量子ドットを配置する技術および配置したドットの検出用マーカー形成手法の確立を目指した。まず分子線エピタキシー (MBE) 成長に耐えるマスク材料と形状の検討、そしてマスク作製段階における GaAs(001)基板表面へのダメージを極力低減したプロセス方法

の確立を行った。実験の最終段階では MBE 成長中にその場で走査型トンネル顕微鏡 (STM) 観察が可能な STMBE 装置 (図 1) による InAs 薄膜成長および最表面の原子構造の違いを利用した STM 操作による特定位置へのホール作製と InAs 量子ドット自己形成を行うことになる (図 2)。そのため、作製するマスク材料と形状は MBE 成長時の温度と雰囲気能耐えられるだけでなく、Ga, In, As などの材料と反応しない且つ形状変化しない必要がある。また成長面には原子レベルでの平坦性が必要なため、プロセスによる表面エッチングなどのダメージを最小限度に止める必要がある。

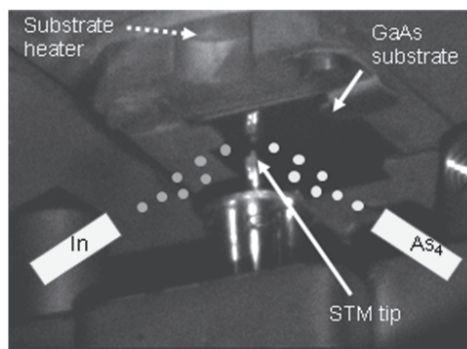


図 1 STMBE 装置

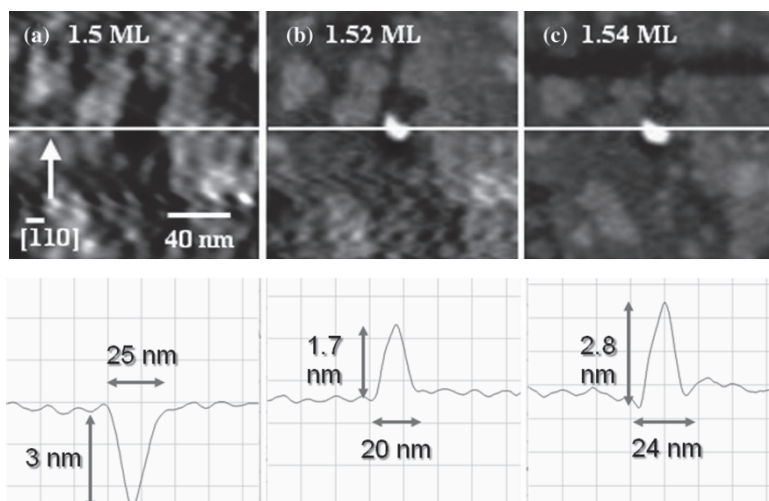


図 2 位置制御単一量子ドット作製：InAs 成長量と断面形状

b) 成果

まずマスク材料としては、高温で安定な W を選択した。W マスクは選択成長用のマスクとしても利用されており、マスク上には GaAs が成長しない、もしくは欠陥を含む多結晶となり、発光に寄与しないため、マスクの無いところにエピタキシャル成長した InAs ドットとの区別が可能である。図 3 (a) にフォトマスクの形状と拡大図、図 3 (b) に最終的に作製した W マスクの拡大図を示す。STMBE での広域スキャン範囲が 10 μm 四方であるため、開口部をそれ以下とする必要があり、現在のところ、図 3 (b) に示す

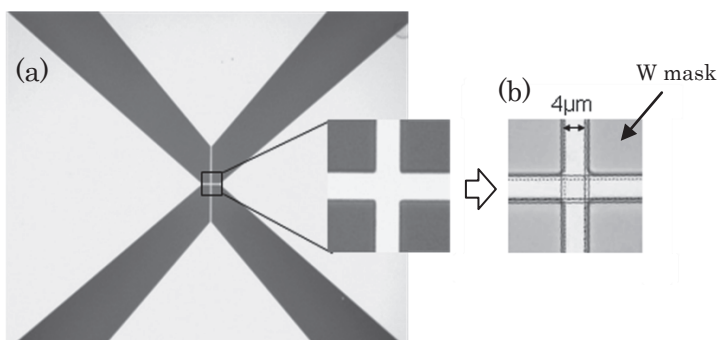


図 3 (a) 金属フォトマスクと (b) 作製した W マスクパターン

ように、4 μm 四方の開口部作製に成功している。またW薄膜を 100 μm RFスパッタ後のDMFを用いたリフトオフ時に長時間DMF溶液に浸すとGaAs基板表面が浸食され、数十nm程度の凹凸が形成されてしまうことがわかった。これはMBE成長の妨げとなるため、最小時間での有効なリフトオフを探索し、現在のところDMF 45minで表面凹凸を 1nm程度に押さえられることが分った。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授 旭 良司（平成 25 年 10 月 1 日～平成 26 年 1 月 31 日）

a) 概要

機能性材料開発における第一原理計算の有用性拡張と活用

b) 成果

・機能性材料の第一原理計算

これまで、第一原理計算および電子励起状態の計算手法を用いて、各種機能材料の研究開発、特に、光触媒、太陽電池材料、熱電材料、理想強度合金等、各種機能材料の開発に関わり、材料物性解析および新材料提案を行ってきた。研究成果は論文に留まらず、多くは実験と深く連携することで特許や商品に至り、計算の有用性を実証してきた。最近ではより一般的かつ階層的な材料設計を可能にするためのアルゴリズムを研究しており、本研究では、機能性材料開発への第一原理計算手法のより広範な活用を目指す。また、「第一原理計算を用いた機能材料設計 1 - 光学機能材料設計」（平成 25 年 12 月 16 日開催）、「第一原理計算を用いた機能材料設計 2 - 合金材料設計、材料設計法の開発」（平成 26 年 1 月 16 日開催）のタイトルで旭教授による公開セミナーが開催され、分野内外の研究者や院生との活発な議論が行われた。

ナノデバイス評価・診断分野

ギョーム カロン（平成 25 年 4 月 1 日～平成 25 年 5 月 31 日）

a) 概要

本研究分野では、新しいイメージングシステムとして、シーンに合わせて表面形状が変化させることができる可変ミラーシステムを開発した。試作システムを作成するとともに、ミラーの角度の自動校正法を開発した。

b) 成果

・ 可変ミラーシステム

これまでに、コンピュータビジョン分野やロボティクス分野では、目的に応じて凸形状や凹形状のミラーが用いられてきた。一方、ミラー形状をアクチュエーターによって精密に制御するシステムも存在するが、一般に大掛かりで高価なシステムとなる。それに対して、本研究では、ゴム表面にミラーパッチを貼り付け、制御棒を移動させることでゴム表面の形状を変化させるというシンプルな原理の可変ミラーシステムを考案した。ゴム表面は、凸形状にも凹形状にも変化させることができる。図 1 に示すような試作システムを開発し、その動作を検証した。

・ ミラーの自動校正法

開発した可変ミラーシステムは、個々のミラーの角度を独立して制御できるわけではない。そこで、各ミラーの角度を自動的に校正する手法を開発した。符号化されたドットパターンを可変ミラーシステムで撮影し、個々のミラーに映るパターンを特定することで、ミラーの角度を算出する。制御棒を移動させた時に、どのように個々のミラーが傾くかの関係を記録しておくことで、校正を可能とした。



図 1 可変ミラーシステム

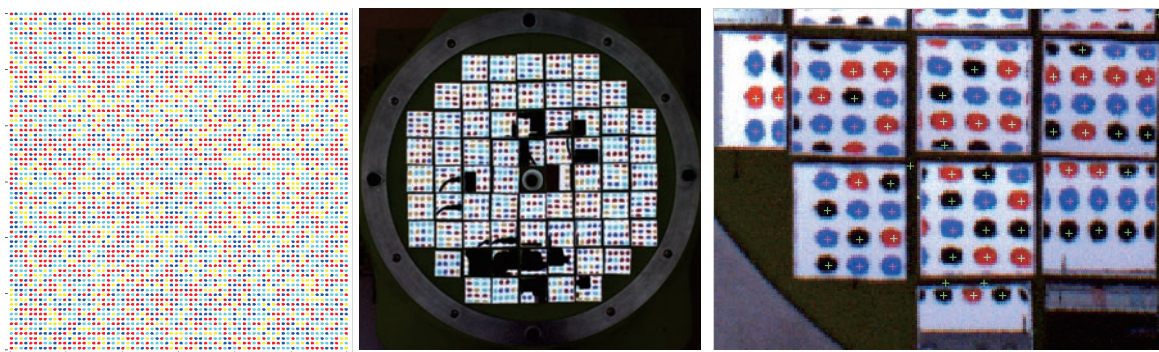


図 2 符号化ドットパターンを利用したミラー角度自動校正法

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

金 成植 (平成 25 年 6 月 21 日～平成 25 年 7 月 30 日)

a) 概要

有機化学反応においてラジカルイオン種は重要な反応中間体であり、その反応性制御は重要な課題である。われわれの研究分野では、光励起により生じた励起ラジカルイオン種がきわめて高い酸化還元反応を示すことを実証してきた。励起ラジカルイオン種の寿命は通常 1 ナノ秒以下であることから、反応追跡には超高速分光による検討が不可欠である。また、効率的な反応を実現するためには、複数の機能分子を共有結合で結合したダイアッド分子が有効である。本研究では励起ラジカルアニオンからの電子移動過程の解明を目指し、一連のダイアッド分子の合成を行った。

b) 成果

われわれの研究グループはすでにナフタルジイミド(NDI)とピロメリットイミド(PI)を結合したダイアッド分子を用いて励起ラジカルアニオンからの電子移動を検討した。このダイアッド分子を化学還元すると、酸化還元電位の関係より NDI が選択的に還元される。NDI ラジカルアニオンの吸収を選択的に励起することにより、励起 NDI ラジカルアニオンから PI への電子移動が数ピコ秒で起こることを明らかにした。本研究では、NDI を固定しペアとなる分子を種々変更することで、電子移動の自由エネルギー変化依存性を検討することを目的とした。具体的にはペリレンジイミド、ペリレンモノイミド、フタルイミド、ナフタルイミドと NDI を結合した一連のダイアッド分子を合成することを計画した。これらの分子は NDI より還元電位が低いため、化学還元をした場合には NDI が選択的に還元することが予想され、超高速分光の適用により、励起ラジカルアニオンからの電子移動が観測されることが期待される。これらのダイアッド分子は、それぞれの無水酢酸をジアミノベンゼンに段階的に結合することで合成でき、実際、4 種のダイアッド分子を合成することに成功した。今後、励起ラジカルアニオンからの電子移動メカニズムの詳細が明らかになると予想される。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

Jaichan Lee（平成 25 年 11 月 11 日～平成 25 年 12 月 13 日）

a) 概要

低次元遷移金属酸化物の第一原理的研究

b) 成果

・低次元性を呈する 遷移金属酸化物の電子状態

低次元酸化物はナノワイヤ、ナノロッド、超薄膜、超格子のような様々な形態で実現されている。このうち酸化物超格子は、層成長により任意に連続積層された酸化物構造であり、たいへん薄い酸化物層を含むため、新たな物理的特異性に導く低次元性の発現が期待されている。本研究では、金属-絶縁体転移に代表される電子相転移現象を、酸化物超格子系を対象として第一原理計算により調べる。具体的には、ペロフスカイト型構造の LaTiO_3 や LaVO_3 モット絶縁体、 SrTiO_3 バンド絶縁体、 SrVO_3 強相関金属等が本研究でのターゲット低次元系となる。本研究では、そのような低次元性の発現が期待される遷移金属酸化物における特異な電子状態と物性の発現機構について議論を進めた。また、「Transition metal oxide superlattices（遷移金属酸化物超格子）」（平成 25 年 11 月 18 日開催）のタイトルでLee教授によるセミナーが開催され、分野内外の研究者や院生との活発な議論が行われた。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授 長山(CHANG SHAN) (平成 25 年 12 月 24 日～平成 26 年 1 月 24 日)

a) 概要

これまで、硝酸酸化法(NAOS 法)を液晶ディスプレイ用薄膜トランジスタ (TFT) のゲート酸化膜に応用することで、TFT の低消費電力化を行ってきた。これは、NAOS 法によって形成れたシリコン酸化膜が緻密であり、絶縁性が高いため従来の TFT のゲート酸化膜を薄膜化できたことによる。本研究では、この緻密なシリコン酸化膜が形成できる NAOS 法を、従来の pn 接合シリコン太陽電池のパッシベーション膜に用いることを試みた。

b) 成果

従来の pn 接合シリコン太陽電池の構造は、銀電極/反射防止膜(SiN)/pn 接合シリコン/アルミ電極である。このシリコン太陽電池の表面を効果的にパッシベーションするため、NAOS 法によるシリコン酸化膜を反射防止膜と pn 接合シリコン表面の間に形成すること検討した。形成した太陽電池の AM1.5 100mW/cm² 照射下での電流-電圧特性を測定し、NAOS 酸化膜の形成条件(反応時間、温度)の最適化を行った。

ナノテクノロジー産業応用分野

客員准教授 Atif Mossad ALI (平成 25 年 6 月 21 日～平成 25 年 7 月 30 日)

a) 概要

シリコン太陽電池用ウェーハは、インゴットをワイヤーソーでスライシングすることによって製造されている。スライシングの際、ウェーハとほぼ同量の切粉が生成し、産業廃棄物として廃棄されている。そこで、この切粉から、粉砕法と光化学的溶解法を用いて、シリコンナノパーティクルを形成する。シリコンナノパーティクルの物性を、フォトルミネッセンス法、TEM 等を用いて観測し、サイズとバンドギャップの関係を求める。シリコンナノパーティクル同士の電氣的接触を達成するために、硝酸酸化法を用いる。シリコンナノパーティクルの欠陥消滅と金属汚染の除去の方法として、欠陥消滅型半導体洗浄法を用いる。さらに、量子サイズ効果によって拡大したバンドギャップを持つシリコンナノパーティクルを用いて太陽電池を創製し、エネルギー変換効率の向上を目指す。

b) 成果

粉砕法と光化学的溶解法を用いて、シリコン切粉からシリコンナノパーティクルを形成した。TEM 像や X 線回折からシリコンナノパーティクルは、1～20 nm の粒径を持つことが分かった。粉砕後のシリコンナノパーティクルを水素中でアニール処理を行ったが、X 線回折の結果では変化が見られず、粉砕時にアモルファスシリコンはほとんど生成していないことが示唆された。また、シリコンナノパーティクル同士の電氣的接触を改善するための硝酸酸化法の適用や、シリコンナノパーティクルの欠陥消滅と金属汚染の除去の方法として、欠陥消滅型半導体洗浄法の適用について検討した。また、量子サイズ効果によって拡大したバンドギャップを持つシリコンナノパーティクルを用いて太陽電池のプロセスについても検討した。

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授

Sefic SUZER （平成 26 年 1 月 27 日～平成 26 年 2 月 28 日）

a) 概要

リーク電流機構、欠陥準位の原因、欠陥準位の生成と消滅機構を解明することは、表面界面・欠陥状態を制御することによって、半導体デバイスの高性能化を目指す上で重要な課題である。そこで、シリコン等の半導体を、光電子分光法等を用いてその物性を解明する。特に、表面電子状態や欠陥準位に関する情報を得る。得られた半導体表面状態と、半導体デバイスの特性の関係を明らかにする。欠陥準位の消滅法として、1. 欠陥消滅型半導体洗浄法（シアン処理）、2. 硝酸酸化法を検討する。

b) 成果

表面構造化学的転写法を用いて形成した低反射シリコン表面を用いて、表面電子状態や欠陥準位に関する情報を得ることになった。相互理解を深めるため、低反射シリコン表面の形成、低反射シリコン表面での少数キャリアライフタイム測定やシリコン太陽電池特性の評価を行った。また、今後、Suzer 研で行う、バイアス印加 X 線光電子分光法を用いた解析について検討を行った。新たに、シリコン材料のリチウムイオン電池への応用に関連して、バイアス印加時のリチウムイオンのシリコン基板内での挙動をバイアス印加 X 線光電子法で観察する方法についても検討した。

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授

趙 大源（平成 25 年 4 月 26 日～平成 25 年 6 月 28 日）

a) 概要

共役系高分子やそのオリゴマーはナノマテリアルの重要な構成要素であり広く研究されている。これらの光および電子物性は酸化還元状態に大きく依存するが、酸化還元は同時に分子構造に変化ももたらしうることが知られている。振動分光は分子構造の評価に適切であり、とくに時間分解測定は反応ダイナミクスを評価するうえで重要である。以上のことから、本研究では、パルスラジオリシスに時間分解共鳴ラマン測定を組み合わせることで、共役系高分子オリゴマーの酸化還元に伴う構造変化を明らかにすることをめざした。

b) 成果

本研究では共役系高分子オリゴマーとして *isotruxene* をコアとした二次元状縮合オリゴフルオレン(図 1)を用いた。二次元状縮合オリゴフルオレンの吸収および蛍光スペクトルは明瞭な振動構造を示し、分子サイズの増加とともに共役系の拡張を示すピークシフトが確認された。

二次元状縮合オリゴフルオレンに γ 線照射およびパルスラジオリシスを適用することでラジカルカチオン種の吸収スペクトルを得た。吸収スペクトルは近赤外から紫外領域に分布し、理論計算と比較することで近赤外の吸収帯は HOMO への遷移であり、可視域の吸収帯は HOMO から LUMO への遷移であることが確認された。

電子線照射後 50 ns後にナノ秒レーザーを照射することでラジカルカチオン種の共鳴ラマンスペクトルを測定することに成功した。ラジカルイオン種のCC伸縮振動は中性分子のものと比べ 10 cm^{-1} ほど低波数シフトすることが確認された。このシフトは酸化により、キノイド構造の寄与が生じたことを示し、実際理論計算とよい一致を示すことを確認した。

以上の研究はパルスラジオリシスに時間分解共鳴ラマン測定を組み合わせることで、中間体の分子構造についての知見が得られることを示すもので、今後、種々のナノマテリアルへの応用が期待される。

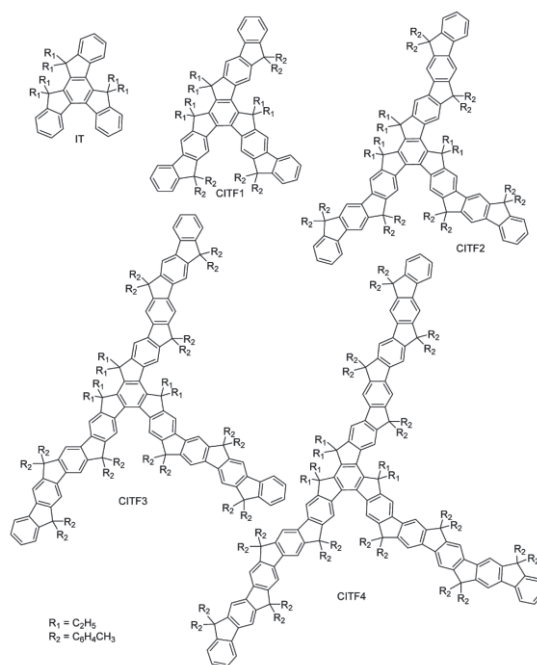


図1 二次元状縮合オリゴフルオレンの分子構造

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授 劉 志権 （平成 25 年 11 月 8 日～平成 26 年 1 月 31 日）

a) 概要

実装分野におけるはんだや接合材料の微細構造の制御、接合界面の最適化は、マイクロエレクトロニクスデバイスの特性や耐用年数に強く直接影響を与えるので広範囲の研究分野で関心を持たれている。当研究室では、TEM（透過型電子顕微鏡）を用いて、はんだ、接合材料の熱負荷や大電流負荷下のエレクトロマイグレーションなど、材料の劣化過程における界面反応と微細構造の解明とその制御を研究してきた。本研究では、プリントエレクトロニクスで使用される銀ナノワイヤの形態学的特性の評価について検討を行った。

b) 成果

銀ナノワイヤ膜は、その非常に高い透明性、導電性、柔軟性、伸縮性、及び低いコストを特徴として持ち、近年、タッチパネル、有機 EL、有機太陽電池など様々な分野に応用され、注目されてきた。しかし、銀ナノワイヤについての信頼性は、ほとんど研究されておらず、本研究では TEM を用いて、熱負荷あるいは雰囲気影響による銀ナノワイヤの劣化、結晶の変化について検討した。元の銀ナノワイヤは、FCC 構造で五回対称の双晶が（111）結晶面に沿って綺麗に成長した結晶構造だが、一定温度以上の熱処理によりこのワイヤ構造は崩れる。このことによって、銀ナノワイヤを塗布した膜の導電性が下がることが分かった。また、空気中に保存すると、湿度などの影響で、空気中の酸素や硫化水素などと反応し、銀ナノワイヤのナノワイヤ構造が壊れ、酸化銀や硫化銀の粒状化合物になることが観察された。これら一連の結果は、銀ナノワイヤの状態を透過型電子顕微鏡観察することにより、判明した。今後、ワイヤ構造の変化を反応における電子移動機構の詳細解明へ結びつけ、銀ナノワイヤ透明導電膜の信頼性の制御向上を目指す予定である。

また、劉教授は、研究室の学生や職員に向け、TEM の原理・特徴から、操作方法、応用、解析などを詳細に講義解説した。具体的な様々な材料を例として、実際の TEM での観察を行い指導したことは、今後の研究に大いに資するものと言える。

ナノテクノロジー産業応用研究分野

客員教授

Ralescu Anca Luminita（平成 26 年 2 月 3 日~平成 26 年 4 月 30 日）

a) 概要

近年、人工知能、機械学習、統計理論 (AI/ML/S 技術) をナノテクノロジー産業分野に適用する動きがある。シュレーディンガー方程式を非線形回帰問題に変換して解く手法もその一例である。しかし、これらのどの技術がナノテクノロジーのどの問題解決に有効かの具体的な指針はまだない。その理由は生物、化学、物理分野で開発されて来たモデルの多くは汎用的に統合して扱うことが難しいことに起因している。そのため、現時点では AI/ML/S 技術の適用の仕方はアドホックであると言わざるを得ない。本研究では、まず、最先端 AI/ML/S 技術のナノテクノロジー応用状況を調査分析し、分子設計などのナノテクノロジー産業応用に適用するに際し、どのような AI/ML/S 技術を使えば効果的かを評価する。

業績

ナノ機能材料デバイス研究分野

原著論文

- [1] Manipulation of Metal-Insulator Transition Characteristics in Aspect Ratio-Controlled VO₂ Micro-Scale Thin Films on TiO₂ (001) Substrates, H. Ueda, T. Kanki and H. Tanaka: Appl. Phys. Lett., 102 (2013) 153106-1-3.
- [2] Nonvolatile Transport States in Ferrite Thin Films Induced by a Field Effect Involving Redox Processes, K. Fujiwara, T. Ichimura, H. Tanaka: Advanced Materials Interfaces, published online DOI: 10.1002/admi.201300108.
- [3] Unstrained Epitaxial Zn-Substituted Fe₃O₄ Films for Ferromagnetic Field-Effect Transistors, T. Ichimura, K. Fujiwara, T. Kushizaki, T. Kanki, H. Tanaka: Jpn. J. Appl. Phys., 52 (2013) 015001-1-3.
- [4] Colossal Magnetoresistive (La,Pr,Ca)MnO₃ Nanobox Array Structures Constructed by the

- Three-Dimensional Nanotemplate Pulsed Laser Deposition Technique, T. V. A. Nguyen, A. N. Hattori, Y. Fujiwara, S. Ueda, H. Tanaka: Appl. Phys. Lett., 103 (2013) 223105-1-4.
- [5]Multistep Metal Insulator Transition in VO₂ Nanowires on Al₂O₃ (0001) Substrates, H. Takami, T. Kanki, H. Tanaka: Appl. Phys. Lett., 104 (2014) 023104-1-4.
- [6]Fabrication of Three-Dimensional Epitaxial (Fe,Zn)₃O₄ Nanowall Wire Structures and Their Transport Properties, A. N. Hattori, Y. Fujiwara, K. Fujiwara, Y. Murakami, D. Shindo, H. Tanaka: Appl. Phys. Exp., 7 (2014) 045201-1-4.
- [7]Metal-Insulator Transition Driven by Low Power Joule Heating in Free-Standing VO₂/TiO₂ Microstructures, S. Yamasaki, T. Kanki, N. Mancla, L. Pellegrino, D. Marre, H. Tanaka: Appl. Phys. Exp., 7 (2014) 023201-1-4.
- [8]Electrical Switching to Probe Complex Phases in a Frustrated Manganite, S. Asthana, K. Fujiwara, H. Tanaka: Solid State Commun., 187 (2014) 64-67.
- [9]MoS₂ Nanocube Structures as Catalysts for Electrochemical H₂ Evolution from Acidic Aqueous Solutions, A. W. Maijenburg, M. Regis, A. N. Hattori, H. Tanaka, K.-S. Choi, J. E. ten Elshof: ACS Appl. Mater. Interfaces, 6 (2014) 2003-2010.
- [10]Revealing Magnetic Domain Structure in Functional Fe_{2.5}Zn_{0.5}O₄ Wires by Transmission Electron Microscopy, Y. Murakami, A. Ohta, A. N. Hattori, T. Kanki, S. Aizawa, T. Tanigaki, H. S. Park, H. Tanaka, D. Shindo: Acta. Mater., 64 (2014) 144-153.
- [11]Ni and p-Cu₂O Nanocubes with a Small Size Distribution by Templated Electrodeposition, and Their Characterization by Photocurrent Measurement, A. W. Maijenburg, A. N. Hattori, M. De Respinis, C. M. McShane, K.-S. Choi, B. Dam, H. Tanaka, J. E. ten Elshof: ACS Appl. Mater. Interfaces, 5 (2013) 10938-10945.
- [12]Programmable Mechanical Resonances in MEMS by Localized Joule Heating of Phase Change Materials, N. Manca, L. Pellegrino, T. Kanki, S. Yamasaki, H. Tanaka, A. S. Siri, D. Marre: Advanced Materials, 25 (2013) 6430-6435.
- [13]Nonvolatile Transport States in Ferrite Thin Films Induced by a Field Effect Involving Redox Processes, K. Fujiwara, T. Ichimura, H. Tanaka: Adv. Mater. Int., published online (2014) DOI: 10.1002/admi.201300108.
- [14]5d Iridium Oxide as a Material for Spin-Current Detection, K. Fujiwara, Y. Fukuma, J. Matsuno, H. Idzuchi, Y. Niimi, Y. Otani, H. Takagi: Nat. Commun., 4 (2013) 2893-1-6.
- [15]Observation of Rebirth of Metallic Paths during Resistance Switching of Metal Nanowire, K. Horiba, K. Fujiwara, N. Nagamura, S. Toyoda, H. Kumigashira, M. Oshima: Appl. Phys. Lett., 103 (2013) 193114-1-3.
- [16]Enhancement of Photoluminescence Efficiency from GaN(0001) by Surface Treatments, A. N. Hattori, K. Hattori, Y. Moriwaki, A. Yamamoto, S. Sadakuni, J. Murata, K. Arima, Y. Sano, K. Yamauchi, H. Daimon, K. Endo: Jpn. J. Appl. Phys., 53 (2014) 021001-1-5.
- [17]Coherent Metallic Screening in Core-Level Photoelectron Spectra for Strongly Correlated Oxides of La_{1-x}Ba_xMnO₃ and V_{1-x}W_xO₂, S. Ueda, H. Takami, T. Kanki, H. Tanaka: Phys. Rev. B, 89 (2014) 035141-1-8.

国際会議

- [1]3D Nanostructures for correlated oxide electronics (invited), H. Tanaka, T. Kanki, A. Hattori, K. Fujiwara: The 74th Autumn Meeting, 2013/2013 JSAP-MRS Joint Symposia.
- [2]Correlated Nano-Oxides for Electronic Phase Change Electronics (invited), H. Tanaka: 224th ECS Meeting including electrochemical energy summit 2013 / featuring the Energy-Water Nexus Symposium.
- [3]Nano-Confinement Steep Metal-Insulator Transition Driven by Temperature and Magnetic Field in Extremely Small (La,Pr,Ca)MnO₃ Epitaxial Nanowall Prepared by 3D Nano-Template PLD (oral), H. Tanaka: 2013 Materials Research Society Fall Meeting& Exhibit.
- [4]Colossal Magnetoresistive (La,Pr,Ca)MnO₃ Nanobox Array Structures Constructed by 3D Nanotemplate PLD Technique (oral), H. Tanaka: 2013 Materials Research Society Fall Meeting& Exhibit.
- [5]Artificial Construction of Correlated Oxide Nanostructures for Electronic Phase Change Electronics (invited), H. Tanaka: International Conference on Nano Science and Technology (ICONSAT-2014).
- [6]Manipulation of Metal-Insulator Transition Characteristics Through Control of Size and Aspect Ratio of VO₂ Thin Films (oral), T. Kanki, H. Tanaka: 2013 JSAP-MRS Joint Symposia.
- [7]Design of Metal-Insulator Transition Characteristics in Size- and Aspect Ratio-Controlled Oxide Thin Films (invited), T. Kanki, H. Tanaka: 2013 EMN(Energy Materials Nanotechnology) meeting.
- [8]Design of Electronic Transport Property through Electronic Phase Manipulation in Correlated Electron Materials (invited), T. Kanki, H. Tanaka: 3rd International Conference on Nanotek & Expo.
- [9]Electric-Field Control of Transport Properties in VO₂ Nanowires with Side Gates via Air Gap (oral), T. Kanki, T. Sasaki, H. Tanaka: 2013 Materials Research Society Fall Meeting& Exhibit.
- [10]A New Strategy to Realize the Three-Dimensional Functional Metal Oxide Nanostructured Electronics (oral), A. N. Hattori, H. Tanaka: 224th ECS Meeting including electrochemical energy summit 2013 / featuring the Energy-Water Nexus Symposium.
- [11]ZnO Luminescent Nanobox by 3D-Nanotemplate PLD (invited), A. N. Hattori: SPIE Photonics West(Oxide-based Materials and Devices International Conference (Conference OE108)).
- [12]Control of Magnetotransport Properties of Zinc Ferrite Thin Films via Reversible Electrochemical Reactions (oral), K. Fujiwara, T. Ichimura, T. Hori, H. Tanaka: 2013 Materials Research Society Fall Meeting& Exhibit.
- [13]Current Switching Effect in the Insulating Charge-Ordered States of Layered Ferrite Thin Films (poster), K. Fujiwara, T. Hori, H. Tanaka: 2013 Materials Research Society Fall Meeting& Exhibit.
- [14]In-Plane Oblique Pulsed-Laser Deposition for Growth of Metal Oxide Nanostructures with Laterally Modulated Profiles (oral), K. Fujiwara, T. Kushizaki, Y. Fujiwara, K. Okada, A. N. Hattori, H. Tanaka: 26th International Microprocesses and Nanotechnology Conference.
- [15]Electric-Field-Induced Phase Transition in Charge-Ordered LuFe₂O₄ Thin Films (invited), K. Fujiwara, T. Hori, H. Tanaka: 21th International Conference on Composites/Nano Engineering.
- [16]Modulation of Conductive Property in VO₂ Nano-Wires through an Air Gap-Mediated Electric Field (poster), T.Sasaki, H. Ueda, T. Kanki, H. Tanaka: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

- [17]Metal-Insulator Transition Driven by Low Power Joule Heating in Free-Standing VO₂/TiO₂ Microstructures (poster), S. Yamasaki, T. Kanki, N. Mancola, L. Pellegrino, D. Marre, H. Tanaka: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.
- [18]Investigation of Effective Carrier Characteristics in Strongly Correlated (La,Pr,Ca)MnO₃ Films by the THz Time Domain Spectroscopy (poster), T. V. A. Nguyen, A. N. Hattori, M. Nagai, T. Nakamura, K. Fujiwara, M. Ashida, H. Tanaka: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.
- [19]Redox-Control of Conductive Property in VO₂ Nano-Wires by an Electric Field via an Air Nano-Gap (poster), T. Sasaki, T. Kanki, H. Tanaka: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.
- [20]Low Power-Driven Metal-Insulator Transition in Free-Standing VO₂ Microstructures and Its Mechanism Elucidation (poster), S. Yamasaki, T. Kanki, N. Mancola, L. Pellegrino, D. Marre, H. Tanaka: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.
- [21]Conductive Properties through the Metal Insulator ITransition in the Strongly Correlated (La,Pr,Ca)MnO₃ Film Investigated by the THz Time Domain Spectroscopy (poster), T. V. A. Nguyen, A. N. Hattori, M. Nagai, T. Nakamura, K. Fujiwara, M. Ashida, H. Tanaka: International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano4) .

解説、総説

誘導ナノ構造科学による 3 次元極微細酸化物エレクトロニクスデバイスの創製, 田中 秀和、服部 梓、岡田 浩一, 機能材料, シーエムシー出版, 34 (2014), 25-33.

著書

[1]パルスレーザー堆積、リソグラフィ (松井 文彦)“問題と解説で学ぶ表面科学”, 服部 梓(分担執筆), 共立出版, 1 (162-163) 2013.

特許

[1]「国内成立特許」ノイズジェネレータ、及び確率共振素子, 特許第 5421923 号

[2]「国際成立特許」, EP1489664B1

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

田中 秀和 CIMTEC 2014(13th International Ceramics Congress) (組織委員)

国内学会

ナノテクプラットフォーム関西	1 件
高分子・ハイブリッド材料研究センター2013 PHyM シンポジウム	1 件
土曜科学会 6 月の例会	1 件
平成 25 年度 阪大産研／東北大通研交流会通研 研究所連携型共同プロジェクト研究 (タイプ S) 研究発表会	1 件
附置研究所間アライアンス「次世代エレクトロニクス」グループ (G 1) 分科会 (山形大学ジョイントシンポジウム)	2 件
2013 年 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会	8 件
第 42 回薄膜・表面物理基礎講座 (2013)	1 件
ベトナム・日本科学交流ミーティング	1 件
日本物理学会 2013 年秋季大会	2 件
応用物理学会関西支部平成 25 年度第 2 回講演会	1 件

薄膜材料デバイス研究会 第 10 回研究集会	1 件
2013 年真空・表面科学合同講演会	2 件
附置研究所間アライアンスの第一回若手研究会	1 件
第 23 回日本 MRS 年次大会	1 件
Opt Osaka 2014 in Tokyo -大阪大学の光科学100-	1 件
第 61 回応用物理学会春季学術講演会	5 件
日本物理学会 第 69 回年次大会	1 件

取得学位

修士（工学）	VO ₂ 薄膜における巨大電子相の発見と電気伝導特性との相関解明
川谷 健一	
修士（工学）	電界効果によるフェライト磁性体の電気輸送特性制御
市村 昂士	

科学研究費補助金

		単位：千円
若手研究(S)	強相関酸化物ナノエレクトロニクス構築に関する研究	15,600
田中 秀和		
基盤研究(B)	ナノスケール強相関電子相ドメインの相転移・動的・空間配列トータル制御	8,320
神吉 輝夫		
若手研究(B)	3d 遷移金属酸化物のナノ超構造化技術構築と巨大磁気応答性評価	2,470
服部 梓		
若手研究(B)	鉄系酸化物の室温電子固体状態における電子相変化機能の実証	3,120
藤原 宏平		

受託研究

田中 秀和	独立行政法人 新エネ ルギー・産業技術総合開発機構	サステイナブル Fe 酸化物高温強磁性半導体を用いたスピニエレクトロニクス素子の開発	2,990
-------	---------------------------	--	-------

奨学寄附金

服部 梓	公益財団法人関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団 代表理事 石川博志	130
藤原 宏平	公益財団法人村田学術振興財団 理事長 村田恒夫	1,200
藤原 宏平	一般財団法人丸文財団 理事長 稲村明彦	200

その他の競争的研究資金

田中 秀和	(独) 日本学術振興会	自己組織化による酸化物ナノ超構造体スピントロニクスデバイス形成に関する研究	1,000
田中 秀和	文部科学省	分子・物質合成プラットフォーム実施機関	283,056
田中 秀和	大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所	分子・物質合成プラットフォーム実施機関	35,000

ナノ極限ファブリケーション分野

原著論文

[1]Femtosecond pulse radiolysis study of geminate ion recombination in biphenyl-dodecane solution, T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, T. Kozawa, A. Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: Radiat. Phys. Chem., 84 (2013) 30-34.

[2]Radially Polarized Terahertz Waves from a Photoconductive Antenna with Microstructures, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, S. Sakakihara, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida, H. Kitahara, K. Takano, M. Hangyo: Appl. Phys. Lett., 102 (2013) 221118.

[3]Determination of Transient Atomic Structure of Laser-Excited Materials from Time-Resolved Diffraction Data, Y. Giret, N. Naruse, S. L. Daraszewicz, Y. Murooka, **J. Yang**, D. M. Duffy, A. L. Shluger, K. Tanimura: Appl. Phys. Lett., 103 (2013) 253107.

[4]Structural Dynamics of Laser-Irradiated Gold Nanofilms, S. L. Daraszewicz, Y. Giret, N. Naruse, Y. Murooka, J. Yang, D. M. Duffy, A. L. Shluger, K. Tanimura: Phys. Rev. B, 88 (2013) 184101.

[5]Twin-Peaks Absorption Spectra of Excess Electron in Ionic Liquids, R. M. Musat, T. Kondoh, Y. Yoshida, K. Takahashi: Radiat. Phys. Chem., 100 (2014) 32-37.

国際会議

[1]Attosecond and Femtosecond Radiation-induced Phenomena (invited), Y. Yoshida: 3rd Asian Congress of Radiation Research (ACRR2013).

[2]RF gun based MeV transmission electron microscopy (invited), J. Yang: Workshop on femtosecond electron imaging and spectroscopy.

[3]Photocathode RF gun based transmission electron microscopy (invited), J. Yang: 5th Aisan forum for accelerators and detectors (AFAD2014).

[4]Femtosecond Pulse Radiolysis of Primary Process of Radiation Chemistry (invited), K. Norizawa, K. Kan, M. Gohdo, T. Kondoh, J. Yang, Y. Yoshida: DAE-BRNS 12th Biennial Trombay Symposium on Radiation & Photochemistry (TSRP-2014).

[5]Kansai Nanoscience and Nanotechnology Network (invited), Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[6]Application of Double-Decker Pulse Radiolysis (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida: The 14th RIES-Hokudai International Symposium.

[7]Pulse Radiolysis Using Terahertz Probe Pulses (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[8]Development of Femtosecond Time-Resolved Electron Microscopy (poster), J. Yang, K. Kan, N. Naruse, T. Kondoh, M. Gohdo, Y. Yoshida, K. Tanimura: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[9]Generation of Ultrashort Electron Beam (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[10]Study of the Primary Process of Polystyrene Radiolysis by Means of Femto-Second and Nano-Second Pulse Radiolysis Technique (poster), M. Gohdo, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, A. Oshima, H. Shibata, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[11]Observation of Dodecane Alkyl-Radical by the UV Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, K. Norizawa, Y. Muroya, H. Kobayashi, A. Ogata, S. Tagawa, Y.

Yoshida: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[12]Reactivity of Excess Electrons during Solvation Process in Alcohols Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, Y. Yoshida: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[13]Generation of Ultrashort Electron Beam for Attosecond Pulse Radiolysis (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[14]Terahertz Pulse Radiolysis Based on Double-Decker Electron Beams (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[15]Femtosecond Pulse Radiolysis Study of Poly- α -Methyl Styrene as a Model Compound of Polymer-Resist (poster), M. Gohdo, T. Kondoh, S. Tagawa, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[16]Study of the Primary Process of Polystyrene Radiolysis by Means of Femto-Second and Nano-Second Pulse Radiolysis Technique (poster), M. Gohdo, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, A. Oshima, H. Shibata, S. Tagawa, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[17]The Pulse Radiolysis Study of Radical Ions of Naphthalene Bis Imide Derivatives as an Optical Functional Material (poster), T. Kondoh, M. Gohdo, J. Yang, K. Kan, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[18]Reactivity of the Precursors of the Solvated Electrons in Neat Ethanol Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[19]Accelerator-based Femtosecond Transmission Electron Microscopy (poster), J. Yang, K. Kan, N. Naruse, T. Kondoh, M. Gohdo, Y. Yoshida, K. Tanimura: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[20]Measurement of Electron Beam Property of Femtosecond Time-Resolved MeV Electron Microscopy (poster), J. Yang, Y. Yoshida: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[21]Femtosecond Time-Resolved Electron Microscopy Using a Radio-Frequency Relativistic-Energy Electron Gun (oral), J. Yang, K. Kan, N. Naruse, T. Kondoh, M. Godoh, Y. Yoshida, K. Tanimura: Electronmicroscopy and Multiscalemodeling (EMMM) 2013.

[22]Experimental Observation of Formation and Geminate Recombination of Hydrated Electron in Water

Radiolysis (poster), J. Yang, T. Kondoh, K. norizawa, Y. Yoshida: 3rd Asian Congress of Radiation Research (ACRR2013).

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

吉田 陽一 The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC2014) (組織委員)
吉田 陽一 The 15th International Congress of Radiation Research (ICRR 2015) (科学委員会)

国内学会

日本加速器学会年会	6 件
日本原子力学会	13 件
放射線化学討論会	7 件
高崎量子応用研究シンポジウム	1 件
高輝度・RF 電子銃研究会	3 件
ナノテック	1 件
日本化学会	2 件
核融合科学研究所 一般共同研究 研究・報告会	1 件
日本顕微鏡学会	1 件
ビーム物理研究会	1 件
日本物理学会	1 件

取得学位

学士(工学) フェムト秒パルスラジオリシスによるドデカンアルキルラジカルの生成過程
西井 聡志 の研究
学士(工学) フェムト秒パルスラジオリシスによる水和電子の生成過程の研究
山嵜 優

科学研究費補助金

		単位：千円
基盤研究(S)	次世代アト秒・フェムト秒パルスラジオリシスに関する研究	28,080
吉田 陽一		
若手研究(B)	凝縮系における量子ビーム誘起超高速電荷移動過程の研究	1,820
近藤 孝文		
若手研究(B)	テラヘルツ領域のパルスラジオリシスに関する研究	2,210
菅 晃一		
受託研究		
吉田 陽一	文部科学省 (グループ名：) 大阪大学ナノサイエンス・ナノテクノロジーアライアンス	1,500

ナノ構造・機能評価研究分野

原著論文

- [1] Impact of Preferential Indium Nucleation on Electrical Conductivity of Vapor-Liquid-Solid Grown Indium-Tin Oxide Nanowires, G. Meng, T. Yanagida, K. Nagashima, H. Yoshida, M. Kanai, A. Klamchuen, F. Zhuge, Y. He, S. Rahong, X. Fang, S. Takeda, T. Kawai: J. Am. Chem. Soc., 135 (2013) 7033-7038.
- [2] WGS Catalysis and In Situ Studies of CoO_{1-x} , $\text{PtCo}_n/\text{Co}_3\text{O}_4$, and $\text{Pt}_m\text{Co}_m/\text{CoO}_{1-x}$ Nanorod Catalysts, S. Zhang, J. Shan, Y. Zhu, A. I. Frenkel, A. Patlolla, W. Huang, S. J. Yoon, L. Wang, H. Yoshida, S. Takeda, F. F. Tao: J. Am. Chem. Soc., 135 (2013) 8283-8293.
- [3] Stepwise Displacement of Catalytically Active Gold Nanoparticles on Cerium Oxide, Y. Kuwauchi, S. Takeda, H. Yoshida, K. Sun, M. Haruta, H. Kohno: Nano Lett., 13 (2013) 3073-3077.
- [4] Restructuring Transition Metal Oxide Nanorods for 100% Selectivity in Reduction of Nitric Oxide with Carbon Monoxide, S. Zhang, J. Shan, Y. Zhu, L. Nguyen, W. Huang, H. Yoshida, S. Takeda, F. F. Tao: Nano Lett., 13 (2013) 3310-3314.
- [5] Direct O_2 Activation on Gold/Metal Oxide Catalysts through a Unique Double Linear O-Au-O Structure, K. Sun, M. Kohyama, S. Tanaka, S. Takeda: ChemCatChem, 5 (2013) 2217-2222.
- [6] Three-dimensional Evaluation of Gettering Ability of $\Sigma 3\{111\}$ Grain Boundaries in Silicon by Atom Probe Tomography Combined with Transmission Electron Microscopy, Y. Ohno, K. Inoue, Y. Tokumoto, K. Kutsukake, I. Yonenaga, N. Ebisawa, H. Takamizawa, Y. Shimizu, K. Inoue, Y. Nagai, H. Yoshida, S. Takeda: Appl. Phys. Lett., 103 (2013) 102102-1--102102-4.
- [7] A Study on the Mechanism for H_2 Dissociation on Au/TiO₂ Catalysts, K. Sun, M. Kohyama, S. Tanaka, S. Takeda: J. Phys. Chem. C, 118 (2014) 1611-1617.

国際会議

- [1] Environmental TEM for Quantitative in-situ Microscopy at the Atomic Scale (invited), S. Takeda, H. Yoshida: Frontiers of in situ Transmission Electron Microscopy Workshop.
- [2] Atomistic Structures of Gold Nanoparticulate Catalysts in Reaction Environments (oral), S. Takeda, Y. Kuwauchi, H. Yoshida, K. Sun, S. Tanaka, M. Kohyama, M. Haruta, T. Akita, T. Uchiyama: 23rd North American Catalysis Society Meeting (NAM23).
- [3] Quantitative High-Resolution ETEM of Nanoparticulate Catalysts in Gases (invited), S. Takeda: Microscopy and Microanalysis 2013, Pre-Meeting Congress: Opportunities, Challenges and Outlook for In-situ Experiments in Liquids and Gases using Electron-Optical Instruments.
- [4] In-situ Observation of the Changes in Shape and Surface Structure of Pt Nanoparticulate Catalysts in Reactant Gases by Aberration-corrected Environmental Transmission Electron Microscopy (oral), H. Yoshida, H. Omote, M. Haruta, S. Takeda: Microscopy and Microanalysis 2013.
- [5] Singly Anchored Pt and Pd Atoms on Co_3O_4 and Their Catalytic Performance (poster), S. Zhang, F. Tao, A. I. Frenkel, S. Takeda: Microscopy and Microanalysis 2013.
- [6] Restructuring Early Transition Metal Oxide for New Catalysis (poster), F. F. Tao, S. Zhang, H. Yoshida, S. Takeda: Microscopy and Microanalysis 2013.
- [7] In-situ Atomic Resolution Environmental TEM as Quantitative Microscopy in Materials Science (invited), S. Takeda: The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing (PRICM-8).

- [8]Quantitative High Resolution Environmental Transmission Electron Microscopy for Catalyst Chemistry (invited), S. Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, T. Uchiyama: Fifteenth Annual Conference YUCOMAT 2013.
- [9]Atomic-Resolution Environmental Transmission Electron Microscopy for Quantitative in-situ Microscopy in Catalyst Chemistry (plenary), S. Takeda: 22nd International Congress on X-ray Optics and Microanalysis (ICXOM22).
- [10]Environmental TEM for Quantitative in-situ Microscopy in Catalyst Chemistry at the Atomic Scale (invited), S. Takeda, H. Yoshida: 246th ACS National Meeting & Exposition.
- [11]Accumulation Ability of $\Sigma 3\{111\}$ Grain Boundaries in Si (oral), Y. Ohno, K. Inoue, Y. Tokumoto, K. Kutsukake, I. Yonenaga, N. Ebisawa, H. Takamizawa, Y. Shimizu, K. Inoue, Y. Nagai, H. Yoshida, S. Takeda: 7th International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSSC7).
- [12]Atomic-Resolution Environmental Transmission Electron Microscopy for Quantitative In-situ Microscopy in Catalyst Chemistry (invited), S. Takeda: The 1st East-Asia Microscopy Conference (EAMC-1).
- [13]Structure of Surface Gold Oxide Film on Gold Nanoparticles in O₂ Atmosphere (poster), K. Sun: The 1st East-Asia Microscopy Conference (EAMC-1).
- [14]Atomic-Resolution Environmental Transmission Electron Microscopy for Quantitative in-situ Microscopy in Materials Science (invited), S. Takeda, H. Yoshida: 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures in conjunction with 21st International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ACSIN-12 & ICSPM21).
- [15]Quantitative Environmental TEM toward Materials Process Characterization (invited), S. Takeda: International Workshop on Environmental Transmission Electron Microscopy (IWETEM 2013).
- [16]In-Situ Environmental TEM Observation of Formation of Defects in Growing Carbon Nanotubes (poster), H. Yoshida, S. Takeda: 2013 MRS Fall Meeting & Exhibit.
- [17]Structure of Nanoparticles during the Cobalt-Catalyzed Carbon Nanotube Growth (poster), Y. Kohigashi, H. Yoshida, S. Takeda: 2013 MRS Fall Meeting & Exhibit.
- [18]Quantitative Atomic Resolution Environmental Transmission Electron Microscopy for Materials Process Characterization (invited), S. Takeda: 9th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '13 (ALC '13) .
- [19]Atomic-Scale in-situ Observation of the Growth of Carbon Nanotubes (invited), S. Takeda: Workshop on Metallic Nanoparticles in Reactive Environment.

国内学会

日本顕微鏡学会第 69 回学術講演会	5 件
第 74 回応用物理学会秋季学術講演会	1 件
大阪大学 産業科学研究所 第 69 回学術講演会	1 件
日本顕微鏡学会第 57 回シンポジウム	1 件
平成 25 年度 附置研究所間アライアンス「新エネルギー・デバイス プロジェクト」グループ (G2) 研究会	1 件
FEI 最新 TEM 技術セミナー	1 件
ワークショップ「金担持触媒の反応活性の起源を探る」	1 件
東京理科大学総合研究機構 ナノカーボン研究部門ワークショップ	1 件
第 61 回応用物理学会春季学術講演会	1 件

取得学位

修士（工学） 新規な動的 TEM 観察法の開発と全固体二次電池への応用
相馬 健太郎
修士（工学） カーボンナノチューブと水の相互作用の環境 TEM その場観察
前納 寛

科学研究費補助金

		単位：千円
基盤研究(A)	気体分子と相互作用するナノギャップ電極の原子スケール動的解析	36,400
竹田 精治		
若手研究(B)	収差補正環境制御型透過電子顕微鏡による炭素ナノ材料形成時のナノ粒子触媒の構造決定	1,690
吉田 秀人		
特別研究員奨励費	ナノ構造を制御した環境浄化触媒の自動車排ガス浄化および VOC 燃焼への応用	1,200
神内 直人		
受託研究		
竹田 精治	(独) 科学技術振興機構 L i 二次電池ミクロ界面のイオン拡散時間応答の可視化技術の開発	23,140

奨学寄附金

竹田 精治	株式会社 UBE 科学分析センター 代表取締役社長 浅田秀記	2,000
竹田 精治	新日鉄住金株式会社 技術開発本部 先端技術研究所長 五十嵐正晃	500
竹田 精治	日本エフイー・アイ株式会社 代表取締役社長 藤井博英	600

ナノ機能予測研究分野

原著論文

- [1]First-Principles Study of X-ray Absorption Spectra of FeS₂, T. Oguchi, H. Momida: J. Phys. Soc. Jpn., 82 (2013) 065004/1-2.
- [2]Atomic-Layer Alignment Tuning for Giant Perpendicular Magnetocrystalline Anisotropy of 3d Transition-Metal Thin Films, K. Hotta, K. Nakamura, T. Akiyama, T. Ito, T. Oguchi, A. J. Freeman: Phys. Rev. Lett., 110 (2013) 267206/1-5.
- [3]Ab initio Study of Magnetic Coupling in CaCu₃B₄O₁₂ (B=Ti, Ge, Zr, and Sn), M. Toyoda, K. Yamauchi, T. Oguchi: Phys. Rev. B, 87 (2013) 224430/1-7.
- [4]Highly Sensitive Spin-Crossover Transition in a Metal-Organic Molecular Crystal, K. Yamauchi, I. Hamada, T. Oguchi: Phys. Rev. B, 88 (2013) 035110/1-4.
- [5]Extremely Large Magnetoresistance in the Nonmagnetic Metal PdCoO₂, H. Takatsu, J. J. Ishikawa, S. Yonezawa, H. Yoshino, T. Shishidou, T. Oguchi, K. Murata, Y. Maeno: Phys. Rev. Lett., 111 (2013) 056601/1-4.
- [6]First-Principles Calculation of X-ray Absorption Spectra for the A-site Ordered Perovskite CaCu₃Fe₄O₁₂, T. Ueda, M. Kodera, K. Yamauchi, T. Oguchi: J. Phys. Soc. Jpn., 82 (2013) 094718/1-5.
- [7]Influence of Lone Pair Doping on the Multiferroic Property of Orthorhombic HoMnO₃: ab initio Prediction, S. S. Subramanian, K. Yamauchi, T. Ozaki, T. Oguchi, B. Natesan: J. Phys.: Condensed Matter,

25 (2013) 385901/1-8.

[8]Electronic Structure of the Metallic Antiferromagnet PdCrO_2 Measured by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, J. A. Sobota, K. Kim, H. Takatsu, M. Hashimoto, S.-K. Mo, Z. Hussain, T. Oguchi, T. Shishidou, Y. Maeno, B. I. Min, Z.-X. Shen: Phys. Rev. B, 88 (2013) 125109/1-5.

[9]Quantum Oscillations of the Metallic Triangular-Lattice Antiferromagnet PdCrO_2 , J. M. Ok, Y. J. Jo, K. Kim, T. Shishidou, E. S. Choi, H.-J. Noh, T. Oguchi, B. I. Min, J. S. Kim: Phys. Rev. Lett., 111 (2013) 176405/1-5.

[10]Fermiological Interpretation of $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$ Thin Crystal by Quantum Conductance Oscillation, H. Okazaki, T. Yamaguchi, T. Watanabe, K. Deguchi, S. Demura, S. J. Denholme, T. Ozaki, Y. Mizuguchi, H. Takeya, T. Oguchi, Y. Takano: Euro. Phys. Lett., 104 (2013) 37010/1-6.

[11]Temperature Dependence of Young's Modulus of Silicon, K. Shirai: Jpn. J. Appl. Phys., 52 (2013) 088002/1-2.

[12]Electronic Ferroelectricity Induced by Charge and Orbital Orderings, K. Yamauchi, P. Barone: J. Phys.: Condensed Matter, 26 (2014) 103201/1-17.

[13]Mechanism of Ferroelectricity in Half-Doped Manganites with Pseudocubic and Bilayer Structure, K. Yamauchi, S. Picozzi: J. Phys. Soc. Jpn., 82 (2013) 113703/1-5.

[14]Physical Guiding Principles for High Quality Resistive Random Access Memory Stack with Al_2O_3 Insertion Layer, M. Y. Yang, K. Kamiya, B. Magyari-Kope, H. Momida, T. Ohno, M. Niwa, Y. Nishi, K. Shiraishi: Jpn. J. Appl. Phys., 52 (2013) 04CD11/1-4.

[15]Hydrogen-Enhanced Vacancy Embrittlement of Grain Boundaries in Iron, H. Momida, Y. Asari, Y. Nakamura, Y. Tateyama, T. Ohno: Phys. Rev. B, 88 (2013) 144107/1-13.

国際会議

[1]Ab-initio Study on Sodium Ion Batteries (invited), T. Oguchi: First Joint Symposium of Bordeaux University and Tohoku University.

[2]Novel Electronic States in Perovskite Oxides (invited), T. Oguchi: 5th IACS-APCTP International Conference on Novel Oxide Materials and Low Dimensional Systems.

[3]First-Principles Study on Structure Stabilities of α -S and Na-S Battery Systems (oral), H. Momida, T. Oguchi: American Physical Society: APS March Meeting.

[4]Quantum Oscillations of the Metallic Triangular-Lattice Antiferromagnet PdCrO_2 (oral), J. M. Ok, Y. J. Jo, K. Kim, T. Shishidou, E. S. Choi, H. J. Noh, T. Oguchi, B. I. Min, J. S. Kim: American Physical Society: APS March Meeting.

[5]Noncollinear Magnetic Order in Quadruple Perovskite $\text{LaMn}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$ (oral), M. Toyoda, K. Yamauchi, T. Oguchi: American Physical Society: APS March Meeting.

[6]Structural Stability and Electronic Properties of $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$ for a Rechargeable Sodium-Ion Battery (oral), T. Yamashita, A. Fujii, H. Momida, T. Oguchi: American Physical Society: APS March Meeting.

[7]Electronic Nature of Defect States of Boron Crystals (oral), K. Shirai, N. Uemura: The 17th International Symposium on Intercalation Compounds (ISIC17).

[8]High Power Factor of SrTiO_3 and A New Route for High-Performance Thermoelectric Materials (oral),

K. Shirai, K. Yamanaka: The 32nd International Conference on Thermoelectrics (ICT2013).

[9]High Thermoelectric Power Factor of SrTiO₃ and New Route for High-Performance Thermoelectric Material (oral), K. Shirai, K. Yamanaka: International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, JSPS Core-to-Core Program Workshop.

[10]First-Principles Study of α -Tetragonal Boron (poster), N. Uemura, K. Shirai: International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, JSPS Core-to-Core Program Workshop.

[11]Electronic Structure and Formation Energy of Copper Impurity in Silicon (poster), T. Fujimura, K. Shirai: International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, JSPS Core-to-Core Program Workshop.

[12]Dynamical Properties of Vacancy in Si (poster), K. Shirai, J. Ishisada: The 27th International Conference on Defects in Semiconductors.

[13]Dynamics of Hydrogen in Silicon (poster), K. Shirai, I. Hamada, H. Katayama-Yoshida: The 27th International Conference on Defects in Semiconductors.

[14]Theoretical Prediction of Novel Magnetoelectric Materials (invited), K. Yamauchi: Joint Workshop of Interactive Materials Science Cadet Program (IMSC), Osaka University, and S-1 JSPS Core-to-Core Program (A) Advanced Research Networks.

[15]Hyperfine Field at Sn in Ferromagnetic Heusler Alloys (poster), H. Momida, T. Oguchi: Joint Workshop of Interactive Materials Science Cadet Program (IMSC), Osaka University, and S-1 JSPS Core-to-Core Program (A) Advanced Research Networks.

[16]Hydrogen-Enhanced Vacancy Embrittlement of Grain Boundaries in Iron: First-Principles Calculations (oral), H. Momida, Y. Asari, Y. Nakamura, Y. Tateyama, T. Ohno: International Symposium on Atomistic Modeling for Mechanics and Multiphysics of Materials.

[17]First-Principles Study of Resistance Switching by Oxygen Vacancies in Al₂O₃ ReRAM (invited), H. Momida: Core-to-core Japan-Germany Workshop.

[18]Strain-Induced Topologically Insulating Phase of Sb₂Te (poster), E. Takasaki, H. Momida, T. Oguchi: Materials Research Society: 2013 MRS Fall Meeting.

[19]Computational Study of Discharge Reactions in the Na-Ion Battery System Na/FeS₂ (poster), H. Momida, T. Oguchi: The 14th RIES-Hokudai International Symposium (MOU).

[20]Electric Property Calculations of Disodium Rhodizonate Na₂C₆O₆ as a cathode Material for Na-ion Secondary Battery (poster), A. Fujii, H. Momida, T. Oguchi: The 17th Sanken International Symposium 2014 Joined with The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

小口 多美夫 The 16th Asia Workshop on First-principles Electronic Structure Calculations (国際組織委員)

白井 光雲 The CECAM workshop “Modeling the Physical Properties of Clustering Crystals”, Lausanne, Switzerland, at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) from 4-6 November 2013 (組織委員長)

国内学会

日本物理学会
応用物理学会

13 件
7 件

日本 MRS		2 件
日本金属学会		1 件
取得学位		
修士 (理学)	The Study of Vacancy in Gadolinium-Doped Gallium Nitride	
Taufik Adi Nugraha		
修士 (理学)	第一原理計算でのボロンカーバイトの構造探索	
佐久間 恭平		
修士 (理学)	第一原理計算による Sb ₂ Te 系トポロジカル絶縁体の理論的探索	
高崎 英里子		
修士 (理学)	次世代二次電池正極材料 Na _x C ₆ O ₆ の電子状態計算	
藤井 亮宏		
修士 (工学)	Pt 系遷移金属多層膜における磁気異方性の理論研究	
出口 政孝		
博士 (理学)	カルコパイライト半導体における希薄磁気状態とハーフメタル性に関する第一原理的研究	
Mohammad Shahjahan		
科学研究費補助金		
		単位：千円
若手研究(B)	マンガン酸化物を中心としたマルチフェロイック物質の理論研究	1,170
山内 邦彦		
受託研究		
小口 多美夫	(独) 科学技術振興機構 第一原理計算による電子状態解析	12,350
その他の競争的研究資金		
小口 多美夫	文部科学省元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>	実験と理論計算科学のインタープレイによる触媒・電池の元素戦略研究 5,000

ソフトナノマテリアル研究分野

原著論文

- [1]Three-Dimensional Electron-Accepting Compounds Containing Perylene Bis(dicarboximide)s as n-Type Organic Photovoltaic Materials, Y. Ie, T. Sakurai, S. Jinnai, M. Karakawa, K. Okuda, S. Mori, Y. Aso: Chem. Commun., 49 (2013) 8386-8388.
- [2]Arenedithiocarboxyimide-Containing Extended pi-Conjugated Systems with High Electron Affinity, Y. Ie, S. Jinnai, M. Nitani, Y. Aso: J. Mater. Chem. C, 1 (2013) 5373-5380.
- [3]Low Band-Gap Donor-Acceptor Copolymers Based on Dioxocyclopenta[c]thiophene Derivatives as Acceptor Units: Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performances, J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: J. Mater. Chem. A, 1 (2013) 15000-15009.
- [4]Synthesis and Properties of a Benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene Core pi-System that Bears Alkyl, Alkylthio and Alkoxy Groups at 3,7-Positions, S. Ota, S. Minami, K. Hirano, T. Satoh, Y. Ie, S. Seki, Y. Aso, M. Miura: RSC Advances, 3 (2013) 12356-12365.
- [5]Narrow-Optical-Gap p-Conjugated Small Molecules Based on Terminal Isoindigo and Thienoisindigo Acceptor Units for Photovoltaic Application, M. Karakawa, Y. Aso: RSC Advances, 3 (2013) 16259-16263.

[6]Near-Infrared Photovoltaic Performance of Conjugated Polymers Containing Thienoisindigo Acceptor Units, M. Karakawa, Y. Aso: *Macromol. Chem. Phys.*, 214 (2013) 2388-2397.

国際会議

[1]Tripodal Anchoring Groups for Molecular Electronics (oral), Y. Ie, T. Hirose, K. Tanaka, H. Nakamura, M. Kiguchi, N. Takagi, M. Kawai, Y. Aso: The 15th Asian Chemical Congress Novel Functional π -Systems and Materials.

[2]Highly Electron-Accepting π -Conjugated Compounds for Organic Field-Effect Transistor and Photovoltaic Application (invited), Y. Aso: The Sixth East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (EAS-6).

[3]Synthesis, Properties, and Electron-Accepting Characteristics of New π -Conjugated System Bearing Dithiophthalimide Units (oral), Y. Ie, S. Jinnai, M. Nitani, M. Karakawa, Y. Aso: 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15).

[4]Development of Thiophene-Based Three Dimensional π -Electron Systems Containing Dicyanomethylene Groups (poster), S. Jinnai, Y. Ie, Y. Aso: 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15).

[5]Development of Solution-Processable n-Type Organic Semiconductors Based on Carbonyl-Bridged Thiazole-Fused Ring (poster), C. Sato, Y. Ie, Y. Aso: 15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-15).

[6]4,9-Dihydro-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiazole-4,9-dione : A New Electronegative Unit for an n-Type Organic Semiconducting Materials (oral), Y. Ie, M. Nitani, Y. Aso: The 11th International Symposium on Functional π -Electron System (Fp-11).

[7]Electron-Donor Function of [6,6]-Phenyl-C61-Butyric Acid Methyl Ester in Bulk Heterojunction Solar Cells (oral), Y. Ie, M. Karakawa, H. Yoshida, A. Saeki, H. Ohkita, Y. Aso: 2013 MRS Fall Meeting.

[8]Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performance of D–A Copolymers Based on Dioxocyclopentene-Annelated Thiophenes as Acceptor Units (poster), J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[9]Arenedithiocarboxyimide-Containing Extended π -Conjugated Systems: Synthesis, Properties, and Application as n-Type Organic Semiconductor (poster), S. Jinnai, Y. Ie, Y. Aso: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[10]Synthesis and Properties of Solution-Processable n-Type Organic Semiconductors Based on Carbonyl-Bridged Thiazole-Fused Ring (poster), C. Sato, Y. Ie, Y. Aso: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[11]Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performances of Novel D–A Copolymers Based on Naphtho[2,3-c]thiophene-4,9-dione as Acceptor Units (poster), J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: CEMS International Symposium on Supramolecular Chemistry and Functional Materials 2013.

[12]Development of Fluorine-Containing π -Conjugated Systems towards n-Type Organic Semiconducting Materials (invited), Y. Ie: 4th International Fluorine Workshop.

[13]Synthesis, Properties, and n-Type Performances of Electronegative π -Conjugated Systems (invited), Y.

Ie: The first Asian conference for “MONODUKURI” Strategy by Synthetic Organic Chemistry (ACMS).

[14]PCBM Alternative Acceptor Material for Organic Photovoltaic Cell (poster), M. Karakawa, T. Nagai, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso: 12th European Conference of Molecular Electronics.

[15]Synthesis and Characterization of New Wide-Range Light Absorption Oligomers for Organic Photovoltaics (poster), M. Karakawa, Y. Aso: 12th European Conference of Molecular Electronics.

[16]New Fulleropyrrolidine Derivatives as Acceptor Materials for Organic Photovoltaic Cells , M. Karakawa, T. Nagai, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso: 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium.

解説、総説

次元性を付与した含リレンイミド化合物の電子物性と光電変換特性, 光化学, 光化学協会, 44 (2013), 73-80.

塗布法に適用可能な有機半導体材料の開発, 月刊ディスプレイ, テクノタイムズ社, 19 (2013), 1-8.

分子エレクトロニクス材料としての π 共役機能分子, Electrochemistry, 8 (2013), 273-276.

特許

[1]「国内特許出願」 フラーレン誘導体、及び n 型半導体材料, 2013-207724

[2]「国内特許出願」 フラーレン誘導体、及び n 型半導体材料, 2013-181678

[3]「国内特許出願」 n 型半導体化合物、及び p 型半導体化合物を含有する組成物。 , 2013-251554

[4]「国内特許出願」 フラーレン誘導体、及び n 型半導体材料, 2013-104472

[5]「国内特許出願」 フラーレン誘導体、及び n 型半導体材料, 2013-104475

[6]「国内成立特許」 共役系化合物、並びにこれを用いた有機薄膜及び有機薄膜素子, 2008-290027

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

安蘇 芳雄 The 17th SANKEN International Symposium 2014 Joined with The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Devices and System Research Alliance Project (組織委員)

安蘇 芳雄 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 9th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 12th SANKEN Nanotechnology Symposium(組織委員)

二谷 真司 The 17th SANKEN International Symposium 2014 Joined with The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Devices and System Research Alliance Project(組織委員)

国内学会

日本化学会	8 件
有機 π 電子系シンポジウム	1 件
有機典型元素化学討論会	2 件
基礎有機化学討論会	3 件

取得学位

博士 (工学) ジオキソシクロアルケン縮環チオフエンをアクセプターユニットとした新規

黄 建明	ドナー-アクセプター型コポリマーの開発及び有機薄膜太陽電池への応用に関する研究
修士（工学）	チアゾール縮合多環系を含む電子受容性 π 共役系化合物の合成、物性、半導体特性
佐藤 千尋	
修士（工学）	両末端に電極と接合可能なアンカー部位を有する被覆型オリゴチオフェンの開発
利根 紗織	
修士（工学）	フルオロエーテル基を有する π 共役ポリマーの合成と物性、および、光電変換特性
汪 イ	

科学研究費補助金

			単位：千円
基盤研究(A)	精緻設計ナノ共役分子ワイヤの創製に基づく分子デバイス		10,790
安蘇 芳雄	開発		
挑戦的萌芽研究	単分子での光電変換観測に向けた機能性 π 電子系分子の創		1,430
家 裕隆	出		
基盤研究(B)	単分子素子の機構解明を先導する機能性 π 電子系の創製		4,940
家 裕隆			
新学術領域研究 (研究領域提案型)	分子アーキテクニクスに向けた機能性分子合成と構造物性相関解明		12,610
家 裕隆			
受託研究			
家 裕隆	(独) 科学技術振興機構	有機薄膜系太陽電池に応用可能なn型半導体材料の開発	8,034
家 裕隆	(独) 科学技術振興機構	有機電解効果トランジスタ素子の物性評価	8,034
安蘇 芳雄	(独) 科学技術振興機構	有機薄膜太陽電池用アクセプター材料の実用化	4,810
奨学寄附金			
家 裕隆	TANAKA ホールディングス株式会社		200

バイオナノテクノロジー研究分野

原著論文

- [1]Tracking Single-Particle Dynamics via Combined Optical and Electrical Sensing, N. Yukimoto, M. Tsutsui, Y. He, H. Shintaku, S. Tanaka, S. Kawano, T. Kawai, M. Taniguchi: Scientific Reports, 3 (2013) 1855-1861.
- [2]Trapping and Identifying Single-Nanoparticles Using a Low-Aspect-Ratio Nanopore, M. Tsutsui, Y. Maeda, Y. He, S. Hongo, S. Ryuzaki, S. Kawano, T. Kawai, M. Taniguchi: Applied Physics Letters, 103 (2013) 013108-013112.
- [3]Thermoelectricity in Atom-Sized Junctions at Room Temperatures, M. Tsutsui, T. Morikawa, A. Arima, M. Taniguchi: Science Reports, 3 (2013) 3326-3332.
- [4]Nonequilibrium Ionic Response of Biased Mechanically Controllable Break Junction (MCBJ) Electrodes, K. Doi, M. Tsutsui, T. Ohshiro, C.-C. Chien, M. Zwolak, M. Taniguchi, T. Kawai, S. Kawano, M. Di Ventra: The Journal of Physical Chemistry C, 118 (2014) 3758-3765.

- [5]Fabrications of Insulator-Protected Nanometer-Sized Electrode Gaps, A. Arima, M. Tsutsui, T. Morikawa, K. Yokota, T. Kawai, M. Taniguchi: J. Appl. Phys., 115 (2014) 114310-114314.
- [6]High Speed DNA Denaturation Using Microheating Devices, M. Furuhashi, Y. Okamoto, D. Onoshima, T. Ohshiro, S. Ryuzaki, K. Yokota, M. Tsutsui, M. Taniguchi, K. Nakatani, Y. Baba, T. Kawai: Applied Physics Letters, 103 (2013) 023112-023115.
- [7]Polaron Coupling in Graphene Field Effect Transistors on Patterned Self-Assembled Monolayer, K. Yokota, K. Takai, Y. Kudo, Y. Sato, T. Enoki: Phys. Chem. Chem. Phys., 16 (2013) 4313-4319.
- [8]Fabrications of Insulator-Protected Nanometer-Sized Electrode Gaps, A. Arima, M. Tsutsui, T. Morikawa, K. Yokota, M. Taniguchi: Journal of Applied Physics, 115 (2014) 114310-114314.

国際会議

- [1]Emerging NGS Technology: Single Molecule Sequencing for miRNA (invited), M. Taniguchi: Next Generation Sequencers & Bioinformatics Summit Europe.
- [2]Partial Sequencing of a Single DNA Molecule with a Scanning Tunnelling Microscope (oral), H. Tanaka: アライアンス G 3 分科会, 台湾アカデミアシニカ.
- [3]Single Molecule Electrical Sensing Technologies (invited), M. Taniguchi: The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.
- [4]バイオナノテクノロジーの開発 (oral), M. Taniguchi: nano tech 2014 第 13 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議.
- [5]Next Generation DNA Sequencing Technologies (oral), M. Taniguchi: The Third International Symposium of Medical-Dental-Pharmaceutical Education and Research in Okayama.
- [6]4th Generation DNA Sequencing Technologies (oral), M. Taniguchi: The Japan Society of Applied Physics and the Materials Research Society.

解説、総説

Electrode-Embedded Nanopores for Label-Free Single-Molecule Sequencing by Electric Currents, K. Yokota, M. Tsutsui, M. Taniguchi, RSC Advances, Royal Society of Chemistry, 4 (2014), 15886-15899.

特許

- [1]「国内特許出願」 生体分子シーケンシング装置、方法、及びプログラム, 2014-011430
- [2]「国内特許出願」 試料導入方法, 2013-099363
- [3]「国内特許出願」 熱電素子、及び熱電素子の熱電特性測定方法, 2013-160841
- [4]「国内特許出願」 単分子識別方法、装置、及びプログラム, 2013-197443
- [5]「国内特許出願」 物質の識別方法, 2013-047373
- [6]「国内特許出願」 分光法および分光装置, 2013-028433
- [7]「国内特許出願」 化学物質検出方法, 2014-015110
- [8]「国内特許出願」 化学物質検出方法, 2013-141711

- [9]「国内特許出願」生体分子シーケンシング装置、方法、及びプログラム, 2013-193498
- [10]「国内特許出願」生体分子熱変性装置及びその製造方法, 2013-175637
- [11]「国内特許出願」生体分子シーケンシング装置用電極、生体分子シーケンシング装置、方法、及びプログラム, 2014-031084
- [12]「国際特許出願」物質の移動速度の制御方法および制御装置、並びに、これらの利用, PCT/JP2013/051913
- [13]「国際特許出願」ポリヌクレオチドの塩基配列を決定する方法、および、ポリヌクレオチドの塩基配列を決定する装置, PCT/JP2013/059645
- [14]「国際特許出願」一粒子解析装置および解析方法, PCT/JP2013/056690
- [15]「国際特許出願」試料の分析方法, PCT/JP2013/071059
- [16]「国際特許出願」物質の移動速度の制御方法および制御装置, 13/975610
- [17]「国際特許出願」ポリヌクレオチドの塩基配列を決定する方法、および、ポリヌクレオチドの塩基配列を決定する装置, 2013-541893
- [18]「国内成立特許」有機電界効果トランジスター及びその製造方法, 2008-223369
- [19]「国際成立特許」両極性有機電界効果薄層トランジスター及びその製造方法, 95110388
- [20]「国際成立特許」Organic Field Effect Transistor and its Production Method, 9252087.30000000007

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

谷口正輝 Scientific Reports (編集員)

国内学会

電気学会	1 件
応用物理学会学術講演会	11 件
分子科学討論会	2 件
日本物理学会大会	2 件
日本化学会年会	3 件

科学研究費補助金

		単位：千円
若手研究(A)	ゲーティングナノポアによる単分子流動制御技術の開発	6,240
谷口 正輝		
挑戦的萌芽研究	ナノポアトラップ法を用いた単一ウイルス粒子識別法の創成	4,030
筒井 真楠		
若手研究(A)	泳動速度制御機能を有する単一分子識別デバイスの創製	6,630
筒井 真楠		
挑戦的萌芽研究	S P Mを用いたグラフェンのナノポア加工	780
田中 裕行		
基盤研究(B)	グラフェンを用いた 1 分子シーケンシング	5,590
田中 裕行		
研究活動スタート支援	グラフェンナノポアデバイスの開発	1,040
横田 一道		

受託研究

筒井 真楠	総務省	有機分子熱電発電シートモジュールの研究開発	7,652
-------	-----	-----------------------	-------

奨学寄附金

筒井 真楠	公益財団法人谷川熱技術振興基金 理事長 谷川寛		1,000
-------	-------------------------	--	-------

その他の競争的研究資金

谷口 正輝	文部科学省	微細加工プラットフォーム実施機関	285,285
谷口 正輝	国立大学法人京都大学	微細加工プラットフォーム実施機関	38,000

環境・エネルギーナノ応用分野

原著論文

- [1]Tunability of the k -Space Location of the Dirac Cones in the Topological Crystalline Insulator $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$, Y. Tanaka, T. Sato, K. Nakayama, S. Souma, T. Takahashi, Z. Ren, M. Novak, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. B, 87 (15) (2013) 155105/1-5.
- [2]Fermiology of the Strongly Spin-Orbit Coupled Superconductor $\text{Sn}_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$: Implications for Topological Superconductivity, T. Sato, Y. Tanaka, K. Nakayama, S. Souma, T. Takahashi, S. Sasaki, Z. Ren, A. A. Taskin, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. Lett., 110 (20) (2013) 206804/1-5.
- [3]Anomalous Dressing of Dirac Fermions in the Topological Surface State of Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3 , and Cu-Doped Bi_2Se_3 , T. Kondo, Y. Nakashima, Y. Ota, Y. Ishida, W. Malaeb, K. Okazaki, S. Shin, M. Kriener, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. Lett., 110 (21) (2013) 217601/1-5.
- [4]Experimental Studies of the Topological Superconductor $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$, Y. Ando, K. Segawa, S. Sasaki, M. Kriener: J. Phys.: Conf. Ser., 449 (2013) 012033/1-5.
- [5]Topological Insulator Materials, Y. Ando: J. Phys. Soc. Jpn (Invited review paper), 82 (10) (2013) 102001/1-32.
- [6]Unusual Nature of Fully Gapped Superconductivity in In-Doped SnTe, M. Novak, S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. B (Rapid Communications), 88 (14) (2013) 140502(R)/1-5.
- [7]Two Types of Dirac-Cone Surface States on the (111) Surface of the Topological Crystalline Insulator SnTe, Y. Tanaka, T. Shoman, K. Nakayama, S. Souma, T. Sato, T. Takahashi, M. Novak, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. B, 88 (23) (2013) 235126/1-5.
- [8]Relationship between Fermi Surface Warping and Out-of Plane Spin Polarization in Topological Insulators: A View from Spin- and Angle-Resolved Photoemission, M. Nomura, S. Souma, A. Takayama, T. Sato, T. Takahashi, K. Eto, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. B, 89 (4) (2014) 045134/1-6.
- [9]Topological Surface Transport in Epitaxial SnTe Thin Films Grown on Bi_2Te_3 , A. A. Taskin, F. Yang, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: Phys. Rev. B (Rapid Communications), 89 (12) (2014) 121302(R)/1-5.

国際会議

- [1]Searching for Possible Topological Superconductors with Time-Reversal Invariance (invited), Y. Ando: Gordon Research Conference on Superconductivity.
- [2]Possible Topological Superconductivity in Doped Topological Insulators (invited), Y. Ando: Majoranas in Solid State Workshop.
- [3]Experimental Studies of Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: 2013 Swiss

Workshop on Material with Novel Electronic Properties.

[4]Possible Bulk Topological Superconductors with Time-Reversal invariance (invited), Y. Ando: Conference on Majorana Physics in Condensed Matter, Ettore Majorana Foundation and Center for Scientific Culture.

[5]Experimental Studies of Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: International Workshop on Superconductivity Research and Advanced by New Materials and Spectroscopies.

[6]Experimental Efforts to Realize Time-Reversal Invariant Topological Superconductors (invited), S. Sasaki, A. A. Taskin, K. Segawa, Y. Ando: International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2013).

[7]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Symposium on Frontiers of Solid State Physics.

[8]Ionic-Liquid Gating Experiment on Topological Insulators (poster), K. Segawa, Z. Ren, S. Sasaki, T. Tsuda, S. Kuwabata, Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries 2013.

[9]Conductance Spectroscopy on Superconducting Topological Insulator Families (invited), S. Sasaki, A. A. Taskin, K. Segawa, Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries 2013.

[10]The Gating of Topological Insulator Thin Films and Exfoliated Crystals (poster), F. Yang, A. A. Taskin, M. Kishi, K. Eto, K. Segawa, Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries 2013.

[11]Phase Diagram of $\text{Sn}_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ -a Topological Superconductor Candidate (poster), M. Novak, S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries 2013.

[12]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Colloquium, Max-Planck Institute for Solid State Research.

[13]Experimental Studies of Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: FIRST-QS2C Workshop on Emergent Phenomena of Correlated Materials.

[14]Transport Studies of Topological Insulators (invited), Y. Ando: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (ISNTT2013).

[15]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Colloquium, Department of Physics, University of California Santa Barbara.

[16]Spin Pumping into the Surface State of Topological Insulators (invited), Y. Ando: Workshop on Topological Matter, Superconductivity and Majorana, Institute for Advanced Study, Hong Kong University of Science and Technology (HKUST).

[17]Transport Studies of Topological Insulators (plenary), Y. Ando: Trends in Nano Technology (TNT Japan 2014).

[18]Materials Efforts for Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: FIRST International Symposium on Topological Quantum Technology.

[19]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Quantum Matter and Materials Colloquium.

[20]New Topological Materials: Topological Crystalline Insulators and Topological Superconductors (invited), Y. Ando: 18th International Winterschool on New Developments in Solid State Physics.

[21]Superconducting Topological Insulators (invited), Y. Ando: Theo Murphy International Scientific Meeting, Emergence of new exotic states at interfaces with superconductors.

解説、総説

物性物理学と新規物質—超伝導体とトポロジカル絶縁体を例として—, 安藤 陽一, 数理科学, 株式会社サイエンス社, [605] (2013), 26-31.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

安藤 陽一 Europhysics Letters (EPL) (共同編集者)
 安藤 陽一 Advanced Materials Interfaces (国際アドバイザリー委員)
 安藤 陽一 International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014) (プログラム委員長)
 安藤 陽一 Materials and Mechanisms of Superconductivity Conference (M2S 2015) (国際アドバイザリー委員)
 安藤 陽一 7th International Conference "Science and Engineering of Novel Superconductors" of the Forum on New Materials (国際アドバイザリー委員)

国内学会

日本物理学会 2013 年秋季大会 11 件
 新学術領域・対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象 第 4 回 7 件
 領域研究会
 日本物理学会第 69 回年次大会 7 件

科学研究費補助金

最先端・次世代 トポロジカル絶縁体による革新的デバイスの創出 単位：千円
 研究開発支援プ 11,050
 ログラム
 安藤 陽一
 基盤研究(S) トポロジカル絶縁体・超伝導体における新奇な量子現象の 136,760
 安藤 陽一 探求

ナノ知能システム分野

原著論文

[1]Anomaly Detection in Reconstructed Quantum States Using a Machine Learning Technique, S. Hara, T. Ono, R. Okamoto, T. Washio, S. Takeuchi: Phys. Rev. A, 89 (2014) 022104.

[2]LiNearN: A New Approach to Nearest Neighbour Density Estimator, J. R. Wells, K. M. Ting, T. Washio: Pattern Recognition, (2014) in press.

国際会議

[1]A Novel Structural AR Modeling Approach for a Continuous Time Linear Markov System, C. K. Kengne, L. C. Fopa, A. Termier, N. Ibrahim, M.-C. Rousset, T. Washio, M. Santana: Proc. of The IEEE International Conference on Data Mining series (ICDM) Workshop 2013, (2013) 104-113.

[2]Efficiently Rewriting Large Multimedia Application Execution Traces with few Event Sequences, T. Washio: Proc. of the 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, (2013) 1348-1356.

[3]Structural Analysis of IBR-2 Based on Continuous Time Canonicity (oral), M. Demeshko, T. Washio,

Y. Pepyolshev: ANS National Meeting; 2013 ANS Winter Meeting Technical Sessions.

[4]Issues for Modeling from Big Data (invited), T. Washio: Workshop on Computation: Theory and Practice.

[5]Rare Flood Scenario Analysis Using Observed Rain Fall Data (oral), T. Washio, Y. Iba: JSST 2013: International Conference on Simulation Technology.

解説、総説

ビッグデータからのモデリング, 鷺尾 隆, システム制御情報学会誌 システム／制御／情報, システム制御情報学会, 58[1] (2014), 3-8.

著書

[1]ビッグデータからのモデリング手法 “ビッグデータ・マネージメント”, 鷺尾 隆, エヌ・テ
ィ・エス社, 2[4] (57-67) 2014.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

鷺尾 隆	The 21 st ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 2012) (プログラム委員)
鷺尾 隆	ICDM 2012 IEEE International Conference on Data Mining (プログラム委員)
鷺尾 隆	ECML/PKDD'13: The European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ゲスト編集委員)
鷺尾 隆	SDM2013 : SIAM International Conference on Data Mining (主プログラム委員)
鷺尾 隆	ACM SIGKDD'13: The 19 th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (プログラム委員)
鷺尾 隆	The 22 nd International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 2013) (プログラム委員)
鷺尾 隆	ICDM 2013 IEEE International Conference on Data Mining (ワークショッププログラム共同委員長)
鷺尾 隆	ECML/PKDD'13: The European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (プログラム委員)
鷺尾 隆	NIPS2013: Neural Information Processing Systems 2013 (審査員)
鷺尾 隆	SDM2014 : SIAM International Conference on Data Mining (主プログラム委員)
鷺尾 隆	The 18 th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2014) (広報委員長)
鷺尾 隆	The 18 th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2014) (プログラム委員)
鷺尾 隆	Society for Industrial and Applied Mathematics (プログラム編集委員)
鷺尾 隆	DS-2014: the Seventeenth International Conference on Discovery Science (プログラム委員)
鷺尾 隆	人工知能学会国際シンポジウム(JSAI-isAI 2014) (アドバイザー委員会委員)
鷺尾 隆	ACM SIGKDD'14: The 20 th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (プログラム委員)
鷺尾 隆	ICDM 2014: IEEE International Conference on Data Mining (プログラム委員)
鷺尾 隆	ECML/PKDD 2014: The European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases 2014 (プログラム委員)
鷺尾 隆	The Second IEEE ICDM (IEEE International Conference on Data Mining) Workshop on Causal Discovery (CD 2014) (組織委員)

国内学会

第 27 回人工知能学会全国大会	3 件
電気学会全国大会	1 件
日本オペレーション・リサーチ学会	1 件
第 16 回情報論的学習理論ワークショップ	1 件
Incomplete Data Analysis and Causal Inference	1 件

取得学位

学士（工学）	構造正則化学習を用いた混雑シーンの異常検知
掃部 健	
学士（工学）	非定常時系列データにおける非ガウス性を用いた因果構造探索
大槻 紘平	
学士（工学）	Componentwise カーネル学習を用いたポートフォリオ選択
岡田 祥吾	
修士（工学）	グループ正則化主成分分析を用いたプロセス異常検知
梅村 一紀	
修士（工学）	劣モジュラ性を用いたグループ正則化主成分分析
杉本 和正	

科学研究費補助金

			単位：千円
基盤研究(A)	超高次元データ空間における統計的推定・シミュレーション原理の開発と応用展開		10,140
鷺尾 隆			
挑戦的萌芽研究	希少・特殊条件における事象・シナリオ生起の確率的シミュレーションモデルの学習		1,560
鷺尾 隆			
若手研究(B)	複数データセットからの高次元因果ネットワーク推定法の開発と生命科学への応用		650
清水 昌平			
挑戦的萌芽研究	離散凸性に基づく整数パラメータ正則化学習によるハードウェア・フレンドリな機械学習		910
河原 吉伸			
若手研究(B)	密パッチ上の確率モデルによる局所構造をとらえたロバストな多次元信号処理		650
兼村 厚範			
受託研究			
鷺尾 隆	(独)循環器病研究センター	慢性心不全の予後の数式化とその妥当性に関する多施設臨床研究	500
鷺尾 隆	株式会社富士通研究所	分析基盤技術の研究	2,000
河原 吉伸	(独) 科学技術振興機構	組合せ論的計算に基づく超高次元データからの知識発見	10,166

その他の競争的研究資金

河原 吉伸	二国間交流事業 共同研究 (シンガポール) (H24-H26)	交通監視カメラデータからの異常イベント検知／予測システム	2,450
-------	---------------------------------------	------------------------------	-------

ナノ医療応用デバイス分野

原著論文

[1]Facile Electrochemical Biosensor Based on a New Bifunctional Probe for Label-Free Detection of CGG Trinucleotide Repeat, H. He, J. P. Xia, X. Q. Peng, G. Chang, X. H. Zhang, Y. F. Wang, K. Nakatani, Z. W. Lou, S. F. Wang: Biosensors and Bioelectronics, 49 (11) 282-289.

[2]High Speed DNA Denaturation Using Microheating Devices, M. Furuhashi, Y. Okamoto, D. Onoshima, T. Ohshiro, S. Ryuzaki, K. Yokota, M. Tsutsui, M. Taniguchi, K. Nakatani, T. Kawai: Appl.

Phys. Lett., 103 (11) 023112.

[3]Detection of Hepatitis C Virus by Single-Step Hairpin Primer RT-PCR, F. Takei, H. Tani, Y. Matsuura, K. Nakatani: Bioorg. Med. Chem. Lett., 24 (1) 394-396.

国際会議

[1]Coumarin Fluorochrome Binds to Rev Responsible Element RNA with Extremely Large Absorption Shift, : RNA 2012, the 18th Annual Meeting of the RNA Society.

[2]Synthesis and Application of New Modified DNA Having Cytosine-bulge Binding Fluorescence Molecule, : Technologies for Medical Diagnosis and Therapy (G3 Meeting).

[3]New PCR Monitoring System Using DNA Primer Having Cytosine-Bulge and Covalent Binding Fluorescence Molecule, : The 17th Sanken International Symposium, The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Device, and System Research Alliance Project, Suita, Osaka, Japan, January 21-22, 2014.

[4]Regulation of RNA Secondary Structure and Function (invited), : Imaging and Sensing Biomolecular Function and Assembly.

[5]Toward Regulation of RNA Structure and Function by Small Molecules (invited), : A3RONA 2013.

[6]Small Molecule Interaction to RNA (invited), : The 16th Japan-Korea Seminar on Organic Chemistry.

[7]Small Organic Molecules Regulating RNA Structure and Function (invited), : First Osaka University-EPFL International Symposium.

[8]Small Organic Molecules Regulating RNA Structure and Function #2 (invited), : Asian Chemical Biology Initiative.

解説、総説

The Chemistry of PCR Primers: Concept and Application, 武井 史恵、中谷 和彦, Israel Journal of Chemistry, John Wiley & Sons, Inc., 53 (2013), 401-416.

国内学会

日本化学会第 94 春季年会	1 件
日本ケミカルバイオロジー研究会 第 8 回年会	1 件
第 15 回 RNA ミーティング	1 件

科学研究費補助金

		単位：千円
基盤研究(A)	8 位置換プリン化合物ライブラリーの合成とリボスイッチ	16,250
中谷 和彦	リエンジニアリング	
挑戦的萌芽研究	RNA ループ特異的に構造変化を示す分子機構の解明と Dicer 切断の阻害効果実証	4,030
中谷 和彦		
基盤研究(B)	ヘアピンプライマーPCR 法を用いたウイルスの高感度検出	6,240
武井 史恵	法に関する研究	

ナノテクノロジー設備供用拠点

原著論文

[1]Magnetoresistance Generated by Combination of Spin-Orbit Interaction and Applied Magnetic Field in

Bipolar Conductors, M. Sakai, D. Kodama, Y. Okano, T. Sakuraba, Z. Honda, A. Kitajima, A. Oshima, K. Higuchi, S. Hasegawa, O. Nakamura: Jpn. J. Appl. Phys., 52 (2013) 093001-1-8.

[2] Enhancement of Hydrogen Uptake for Y and Gd Films by Thin Nisurface Overlayers, H. Hirama, M. Hayakawa, T. Okoshi, M. Sakai, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima, S. Hasegawa: J. Crystal Growth, 378 (2013) 356-360.

[3] Influence of Hydrogen Incorporation on Texture and Grain Size in YH₂ Films, T. Okoshi, M. Hayakawa, H. Hirama, M. Sakai, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima, S. Hasegawa: J. Crystal Growth, 378 (2013) 388-392.

[4] Crystal Growth of Magnetic Dihydride Gd_xY_{1-x}H₂ for Generation of Spin Current, T. Sakuraba, H. Hirama, M. Sakai, Z. Honda, M. Hayakawa, T. Okoshi, A. Kitajima, A. Oshima, K. Higuchi, S. Hasegawa: J. Crystal Growth, 378 (2013) 351-355.

[5] Aluminum-Doped Zinc Oxide Electrode for Robust (Pb,La)(Zr,Ti)O₃ Capacitors: Effect of Oxide Insulator Encapsulation and Oxide Buffer Layer, Y. Takada, T. Tsuji, N. Okamoto, T. Saito, K. Kondo, T. Yoshimura, N. Fujimura, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima: Journal of Materials Science: Materials in Electronics, in press .

国際会議

[1] Hall Effect and Magnetoresistance in Gd_xY_{1-x}H₂ ($x \approx 0.4$) (poster), T. Sakuraba, M. Sakai, T. Arai, Y. Tanaka, H. Hirama, Z. Honda, A. Kitajima, K. Higuchi, A. Oshima, S. Hasegawa: The 12th Asia Pacific Physics Conference.

[2] Optical Assessment of Carrier Effective Mass in Gd_xY_{1-x}H₂ ($0 \leq x \leq 1$) (poster), S. Haruyama, M. Sakai, T. Sakuraba, H. Hirama, Z. Honda, A. Kitajima, K. Higuchi, A. Oshima and Shigehiko HASEGAWA: The 12th Asia Pacific Physics Conference.

[3] Electrical Properties of PbLaZrTiO_x Capacitors with Conductive Oxide Buffer Layer on Pt Electrodes (poster), T. Saito, Y. Takada, T. Tsuji, N. Okamoto, K. Kondo, T. Yoshimura, N. Fujimura, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima: 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium.

[4] Comparative Study of Electrical Properties of PbLaZrTiO_x Capacitors with Al-Doped ZnO and ITO Top Electrodes (poster), Y. Takada, T. Tsuji, N. Okamoto, T. Saito, K. Kondo, T. Yoshimura, N. Fujimura, K. Higuchi, A. Kitajima, A. Oshima: 2013 Joint UFFC, EFTF and PFM Symposium.

共同研究

ナノ機能材料デバイス研究分野

単位：千円

田中 秀和	(独) 物質・材料研究機構	硬X線光電子分光による強相関酸化物系材料の研究	0
-------	---------------	-------------------------	---

ナノ極限ファブ리케이션分野

吉田 陽一	ダイキン工業株式会社	量子ビーム照射によるフッ素系樹脂の微細加工とその機能制御	2,500
吉田 陽一	(独) 日本原子力研究開発機構	重イオンパルスラジオリシスによるドデカン分解初期過程の研究	0
吉田 陽一	独立行政法人日本原子力研究開発機構	パルスラジオリシス法を用いた機能性反応場での過渡現象に関する研究	0
吉田 陽一	独立行政法人日本原子力研究開発機構	水中における電子の熱化過程に関する研究	0
楊 金峰	(独) 産業技術総合研究所	フォトカソード RF 電子銃を用いた電子顕微鏡の開発	0
吉田 陽一	広島国際大	高精度放射線治療のためのナノ・マイクロ線量計開発	0
吉田 陽一	金沢大	イオン液体中での電子およびホールのダイナミクス	0
吉田 陽一	九州大学	パルスラジオリシスによる新規光機能性材料の電荷状態の研究	0

ナノ構造・機能評価研究分野

竹田 精治	株式会社本田技術研究所	環境 TEM によるナノチューブ成長機構観察に関する共同研究	10,200
竹田 精治	(独) 産業技術総合研究所	分析電子顕微鏡を用いた低次元ナノ材料の構造解析	0

ナノ機能予測研究分野

小口 多美夫	株式会社デンソー	第一原理計算を用いた新規圧電材料の探索	1,500
小口 多美夫	株式会社豊田中央研究所	触媒表面状態に関する研究	0

ソフトナノマテリアル研究分野

安蘇 芳雄	住友化学株式会社	有機エレクトロニクス材料の開発	1,000
安蘇 芳雄	ダイキン工業株式会社	有機薄膜太陽電池用有機半導体の開発	2,500
辛川 誠	東洋インキ SC ホールディングス株式会社	フォトエレクトロニクス機能性色素材料に関する研究	500

バイオナノテクノロジー研究分野

谷口 正輝	クオンタムバイオシス テムズ株式会社	一分子解析技術に基づく生物試料 解析装置・デバイスの評価	0
-------	-----------------------	---------------------------------	---

ナノ知能システム分野

鷲尾 隆	(独) 科学技術振興機構	統計・データマイニング分野に おける離散構造処理応用可能性 の評価・検証	1,140
河原 吉伸	日本電気株式会社	準自動マイニングプロセス最適 化のための能動学習技術	1,575
河原 吉伸	株式会社本田技術研究 所	変分推論を応用した軌道最適化 によるロボット動作生成手法の 共同研究	2,640

ナノ医療応用デバイス分野

中谷 和彦	株式会社古河電工アドバン ストエンジニアリング	蛍光シグナル増大型プライ マー法の開発	0
-------	----------------------------	------------------------	---

外国人・国内客員教員

平成24年度予定 2月 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3

ナノテクノロジー
産業応用分野 金 碩圭 2/21～6/29 Hossain Md. Altab 7/2～9/28 Bajracharya Gan B 10/1～H.25.1/8 金 成植 H.25.1/9～2/27

ナノデバイス
評価・診断分野 Hubert Ebert 4/2～6/1 Yu Jae Jun 6/25～8/24 ABDEL-MOLA Mohamed Almoktar 8/27～9/26 長 山 12/14～H.25.2/15

ナノシステム設計分野
客 員 教 授 魚住 泰広 4/1～6/30 寺岡 有殷 9/1～11/30

ナノシステム設計分野
客 員 准 教 授

国外	1) 金 碩圭	【韓国・コンナム大学】	〔客員教授〕	(窓口:真嶋教授)……………2/21～6/29
	2) Hubert Ebert	【ドイツ・ルートヴィヒ・マクスミリアン大学】	〔客員教授〕	(窓口:小口教授)……………4/2～6/1
	3) Yu Jae Jun	【韓国・ソウル大学】	〔客員教授〕	(窓口:小口教授)……………6/25～8/24
	4) Hossain Md. Altab	【バングラデシュ・Rajshahi大学】	〔客員准教授〕	(窓口:八木教授)……………7/2～9/28
	5) ABDEL-MOLA Mohamed Almoktar	【エジプト・アシュート大学】	〔客員准教授〕	(窓口:長谷川准教授)……………8/27～9/26
	6) 長 山	【中国・中国内モンゴル師範大学】	〔客員教授〕	(窓口:小林教授)……………12/14～H.25.2/15
	7) Bajracharya Gan B	【ネパール・ネパール科学技術アカデミー】	〔客員准教授〕	(窓口:笹井教授)……………10/1～H.25.1/8
	8) 金 成植	【韓国・チョンブク国立大学】	〔客員教授〕	(窓口:真嶋教授)……………H.25.1/9～2/27
国内	1) 魚住 泰広	【岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所】	〔客員教授〕	(窓口:笹井教授)……………4/1～6/30
	2) 寺岡 有殷	【日本原子力研究開発機構】	〔招へい教授〕	(窓口:松本教授(世話教授))……………9/1～11/30

平成25年度予定 4月 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5

ナノテクノロジー
産業応用分野 趙 大源 4/26～6/28 Mozumder Asokendu 7/3～9/27 劉 志権 11/8～H.26.1/31 Ralescu Anca Luminita 2/3～4/30

ナノデバイス
評価・診断分野 Guillaume Caron 4/1～5/31 金 成植 6/21～7/30 Atif Mossad Ali 7/31～8/30 Jaichan Lee 11/11～12/13 長 山 12/24～H.26.1/24 Sefic Suzer 1/27～2/28

ナノシステム設計分野
客 員 教 授 塚本 史郎 5/1～9/30 旭 良司 10/1～H.26.1/31

ナノシステム設計分野
客 員 准 教 授

国外	1) Guillaume Caron	【フランス・ピカルディ・ジュール・ヴェルヌ大学】	〔———〕	(窓口:八木教授)……………4/1～5/31
	2) Mozumder Asokendu	【アメリカ・ノートルダム大学】	〔客員教授〕	(窓口:古澤教授)……………7/3～9/27
	3) 趙 大源	【韓国・高麗大学】	〔客員教授〕	(窓口:真嶋教授)……………4/26～6/28
	4) 金 成植	【韓国・チョンブク国立大学】	〔客員教授〕	(窓口:真嶋教授)……………6/21～7/30
	5) Atif Mossad Ali	【サウジアラビア・King Khalid大学】	〔客員准教授〕	(窓口:小林教授)……………7/31～8/30
	6) 劉 志権	【中国・中国科学院金属研究所】	〔客員教授〕	(窓口:菅沼教授)……………11/8～H.26.1/31
	7) Jaichan Lee	【韓国・Sungkyunkwan大学】	〔客員教授〕	(窓口:小口教授)……………11/11～12/13
	8) 長 山	【中国・中国内モンゴル師範大学】	〔客員教授〕	(窓口:小林教授)……………12/24～H.26.1/24
	9) Sefic Suzer	【トルコ・Bilkent大学】	〔客員教授〕	(窓口:小林教授)……………H.26.1/27～2/28
	10) Ralescu Anca Luminita	【アメリカ・Cincinnati大学】	〔客員教授〕	(窓口:鷲尾教授)……………H.26.2/3～4/30
国内	1) 塚本 史郎	【阿南工業高等専門学校】	〔招へい教授〕	(窓口:松本教授(世話教授))……………5/1～9/30
	2) 旭 良司	【株式会社豊田中央研究所】	〔客員教授〕	(窓口:小口教授)……………10/1～H.26.1/31

ナノ加工室

室長（兼任）教授
技術職員

田中 秀和
榊原 昇一、谷畑 公昭

a) 概要

ナノ加工室は、産研の有する各種ナノ加工装置およびナノ加工技術を相互に有効活用し、各分野の研究の推進を図ることを目的としている。微細加工の技術代行のほか、微細加工の応用に関心を持つ研究者にデバイスの開発・提供を行っている。

b) 成果

・加工依頼

ナノ加工室が行う加工業務は、新規デバイスの開発を初めから行うこともあれば、エッチングや成膜といった、デバイス加工プロセスの一部を担当することもある。2013 年度は 10 研究室から 94 件の加工依頼があった。図 1 には 2005 年度の発足以来の依頼先と依頼件数の推移を示した。2013 年度の依頼件数の急激な減少は、依頼件数の多かった研究室の転出によるものである。

新しい依頼として、2013 年度は微小液滴を形成するためのデバイス作製を行った。デバイスそのものは 3 年前に私たちが開発したものである。今回、このデバイスを用いた薬剤のスクリーニングと、高感度の酵素結合免疫吸着検出を行う実験が本格的に始まり、デバイスの提供と新たな開発を行っている。図 2 に微小液滴にバクテリアを閉じ込め、培養した様子を示した。

・国際ナノテクノロジー総合展の参加

2014 年 1 月 29 日～31 日に東京で行われた nanotech2014 に産研ナノテクノロジーセンターの一員として参加した。活動内容をシンプルにまとめたパネルの展示と、プレゼンテーションを行ってきた。

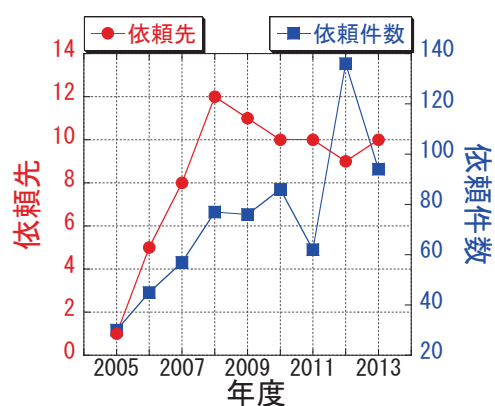


図 1 2005 年発足以来の活動履歴

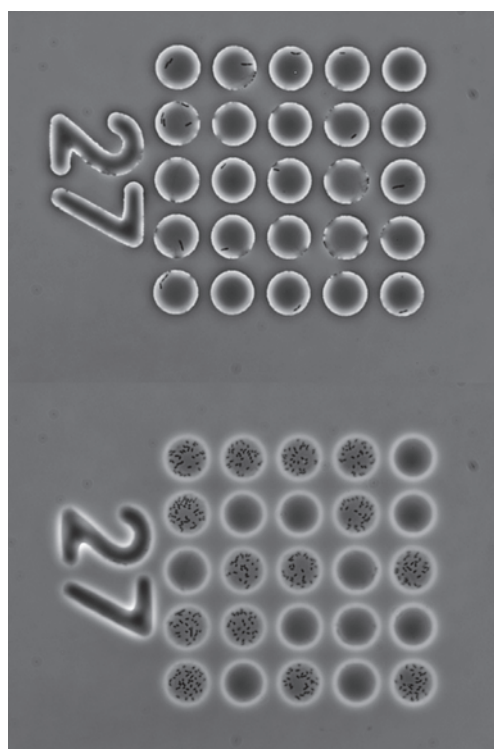


図 2 直径 15 マイクロメートルの液滴内でバクテリアを培養した様子。上が閉じ込め直後、下が 22 時間後の様子。

ナノテク先端機器室

室長（兼任）教授
特任技術職員

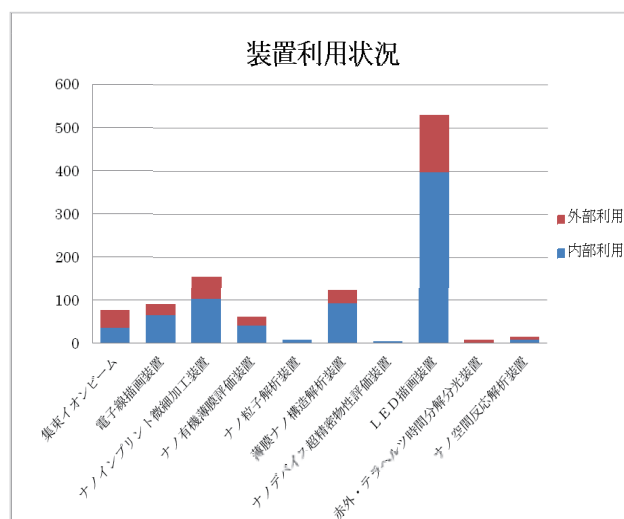
田中 秀和
佐久間 美智子

a) 概要

ナノテク先端機器室は、ナノテクノロジーに特化した最先端機器を設置し、ナノテクノロジー研究を戦略的に発展させるために、ナノテクノロジーセンターの改組拡充に伴い 2009 年度に発足した。極微細なナノデバイス構造を形成できる電子線露光装置を用いた超微細加工システムが設置されており、今年度さらに、ナノデバイス加工装置群、ナノデバイス構造評価装置群、ナノデバイス機能評価装置群からなるナノデバイス超精密加工・物性評価システムが導入され、無機物、金属酸化物、有機物、生体関連物質等の多様な材料のナノ構造形成および構造・機能・電子特性等の高精度解析および評価が可能となる。これら先端装置群により連携したナノテクノロジー研究の発展的推進を可能とし、さらにその成果を普及させることを目指している。

b) 成果

先端機器室の装置別の利用状況を右のグラフに示す。利用総数は 1078 件で前年度と比較し 144 件増加。昨年度からナノテクノロジー設備供用拠点の装置としても使用されているため、産研外からの利用者も増えている。



ナノテクノロジー設備供用拠点

拠点長（兼任）教授	吉田 陽一	
教授（兼任）	田中 秀和	
	谷口 正輝	
	保田 英洋	（～平成 26 年 2 月 15 日）
特任教授（兼任）	森 博太郎	
助教	小林 慶太	（平成 26 年 2 月 16 日～）
特任助教	北島 彰	
	法澤 公寛	（平成 25 年 4 月 1 日～）
特任研究員	柏倉 美紀	
	樋口 宏二	
	Dang Nguyen Tuan	（～平成 25 年 9 月 30 日）
	谷口 隆	
	Dinh Cong Que	（平成 25 年 4 月 1 日～平成 25 年 9 月 30 日） （平成 25 年 11 月 1 日～）
事務補佐員	下満 恭子	
	圓見 恵子	（平成 25 年 4 月 1 日～）
派遣職員	植村 理絵子	（～平成 26 年 3 月 31 日）

a) 概要

文部科学省委託事業「ナノテクノロジープラットフォーム事業（以後“本事業”と略す）」は、大きな期待がかかる真に新しいナノ材料やナノデバイス等の創出に貢献し、また、地域の企業や研究機関との有機的な連携等を深めることを目的とする。本事業に参画する大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点（以後“当拠点”と略す）は、当拠点が保有する①微細構造解析、②微細加工、③分子・物質合成の3つのプラットフォームに属して当拠点の施設・装置・技術等の特徴を生かして、ナノプロセスやナノ構造・機能の解析に必要な総合的な研究支援を行うとともに、単なる先端装置・施設としての機能だけでなく、人材育成やイノベーション創出の核となる研究技術センター的機能を果たしている。

① 微細構造解析プラットフォーム

nm スケールの分解能で μm スケールの厚さの試料内部を構造分析・解析、各種材料や生体試料等の調製と効率的な分析・解析等の支援

② 微細加工プラットフォーム

リソグラフィー技術、ビームテクノロジーを利用した薄膜試料の微細加工とデバイス化、およびそのデバイスの評価等の支援

③ 分子・物質合成プラットフォーム

有機物・無機物・金属等が持つ機能を最大限に利用し、空間的・エネルギー的に最適な配列や組合せを考慮した原子・分子配列を有する材料の創製、また薄膜や人工格子の形成・物性測定等の支援

b) 成果

本事業による国内外・学内外のナノテクノロジー研究をサポートする先端共用施設として、産業科学研究所が保有する微細加工と分子・物質合成（薄膜合成）、そして超高圧電子顕微鏡センターが保有する微細構造解析の3つのプラットフォームを融合・複合化し、ナノスケールプロセスやナノ構造・機能の解析に必要な施設・装置・技術等の提供による総合的な研究支援を行った。また本年度は本事業の2

年度目であり、当拠点では3プラットフォーム合計で延べ128件の支援をしてきた。平成25年度の成果公開事業における支援件数の項目別内訳を表-1に示す。

表-1：平成25年度の支援課題件数（成果公開事業（成果公開猶予を含む））

	微細構造解析				微細加工				分子・物質合成				合計			
	学	独	産	計	学	独	産	計	学	独	産	計	学	独	産	計
機器利用	0	0	5	5	33	1	4	38	19	0	5	24	52	1	14	67
共同研究	35	4	5	44	4	0	1	5	4	0	1	5	43	4	7	54
技術代行	0	0	1	1	1	0	3	4	0	0	2	2	1	0	6	7
技術補助	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
技術相談	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	35	4	11	50	38	1	8	47	23	0	8	31	96	5	27	128

事業および拠点活動紹介のため、学外からの訪問者による施設見学を受け入れた。平成25年度に受け入れた施設見学を表-2に示す。

表-2：施設見学（産業科学研究所側施設、施設利用の打合せによる見学を除く）

日付	訪問者（団体）	対象	人数
平成25年 5月17日	産研テクノサロン	企業等	46
平成25年 7月19日	文部科学省・JST	プラットフォーム事業関係	21
平成25年 8月 7日	石川県私立星稜高校	高校生	42
平成25年 11月12日	微細加工 PF 技術者交流会	ナノテクノロジープラットフォーム関係者	36
平成25年 11月21日	鹿児島県立出水高等学校	高校生	32
平成25年 11月21日	ナノテクノロジープラットフォーム施設見学会（第1回）	企業・国内大学等	15
平成25年 11月25日	ベトナム科学技術開発基金（Nafosted）	国外大学	8
平成26年 1月15日	ナノテクノロジープラットフォーム施設見学会（第2回）	企業・国内大学等	5
平成26年 3月13日	タイ・工学部長会	国外大学	30

拠点活動紹介および技術研鑽の場の提供のため、主として企業・他大学関係者を対象に学外のスクールやセミナーを開催した。平成25年度開催分を表-3に示す。

表-3：セミナー・スクール等

日付	開催名	対象	人数
平成25年 5月22日	SEMI Forum Japan 2013	企業、大学、公的機関など	70
平成25年 7月22日 ～26日	ナノテクノロジープラットフォーム平成26年度 学生研修プログラム	国内大学学生（院生を含む）	2
平成26年 2月25日 ～26日	大阪大学 ナノテクノロジー設備 供用拠点 分子・物質合成プラットフォーム スクール	企業、大学、公的機関など	24

編集後記

年次報告書、Vol.12 を発行いたします。早や、発足以来 12 年が過ぎ、当センターの陣容も年々充実してきました。その結果、多彩な優れた成果を生むに至っています。編集するに当って、成果の内容を吟味すると同時に、更なる発展を目指し、構成員個々の責任を痛感するところです。

吉田、田中、谷口

大阪大学産業科学研究所
産業科学ナノテクノロジーセンター報告書
Vol. 12 2013

発行元：大阪大学産業科学研究所
産業科学ナノテクノロジーセンター
Tel & Fax: 06-6879-8518

URL: <http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/nano/index.html>

発行日：平成 26 年 3 月 31 日

印刷：

■発行日 2014年 3月

■事務連絡先

大阪大学 産業科学研究所 産業科学ナノテクノロジーセンター
Nanoscience and Nanotechnology Center , ISIR , Osaka University

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1

TEL:06-6879-8518

FAX:06-6879-8518

8-1 Mihogaoka,Ibaraki,Osaka 567-0047,Japan TEL:+81-6-6879-8518

URL: <http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/nano/index.html>