

ANNUAL RESEARCH REPORT

Vol.13

研究成果報告書 第13巻(2014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	27
業績	
ナノ機能材料デバイス研究分野	29
ナノ極限ファブリケーション研究分野	33
ナノ構造・機能評価研究分野	36
ナノ機能予測研究分野	38
ソフトナノマテリアル研究分野	40
バイオナノテクノロジー研究分野	42
環境・エネルギーナノ応用分野	44
ナノ知能システム分野	46
ナノ医療応用デバイス分野	48
ナノテクノロジー設備供用拠点	49
共同研究	50

外国人・国内客員教員	51
附属施設	
ナノ加工室	52
ナノテク先端機器室	53
ナノテクノロジー設備供用拠点	54
編集後記	

センター長の挨拶

吉田 陽一



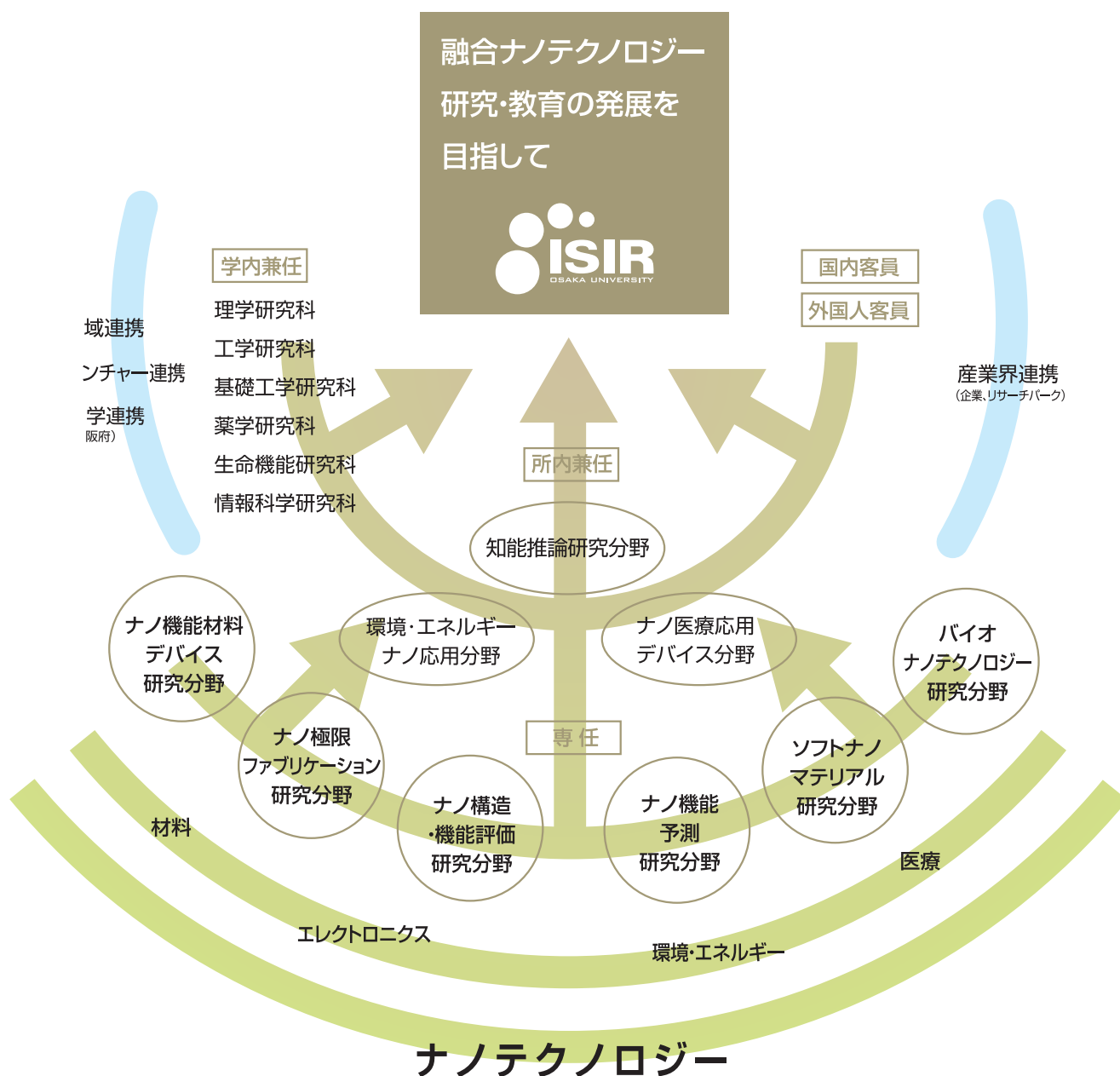
「産業科学ナノテクノロジーセンター」は、原子・分子を積み上げ材料を創製するボトムアップナノテクノロジー、材料を極限まで削りナノデバイスを作製するトップダウンナノテクノロジー、さらにそれらの融合による産業応用を目指したナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として、2002年に産業科学研究所に設置された全国初のナノテクノロジーセンターで、今年度で12年目を迎えました。

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)

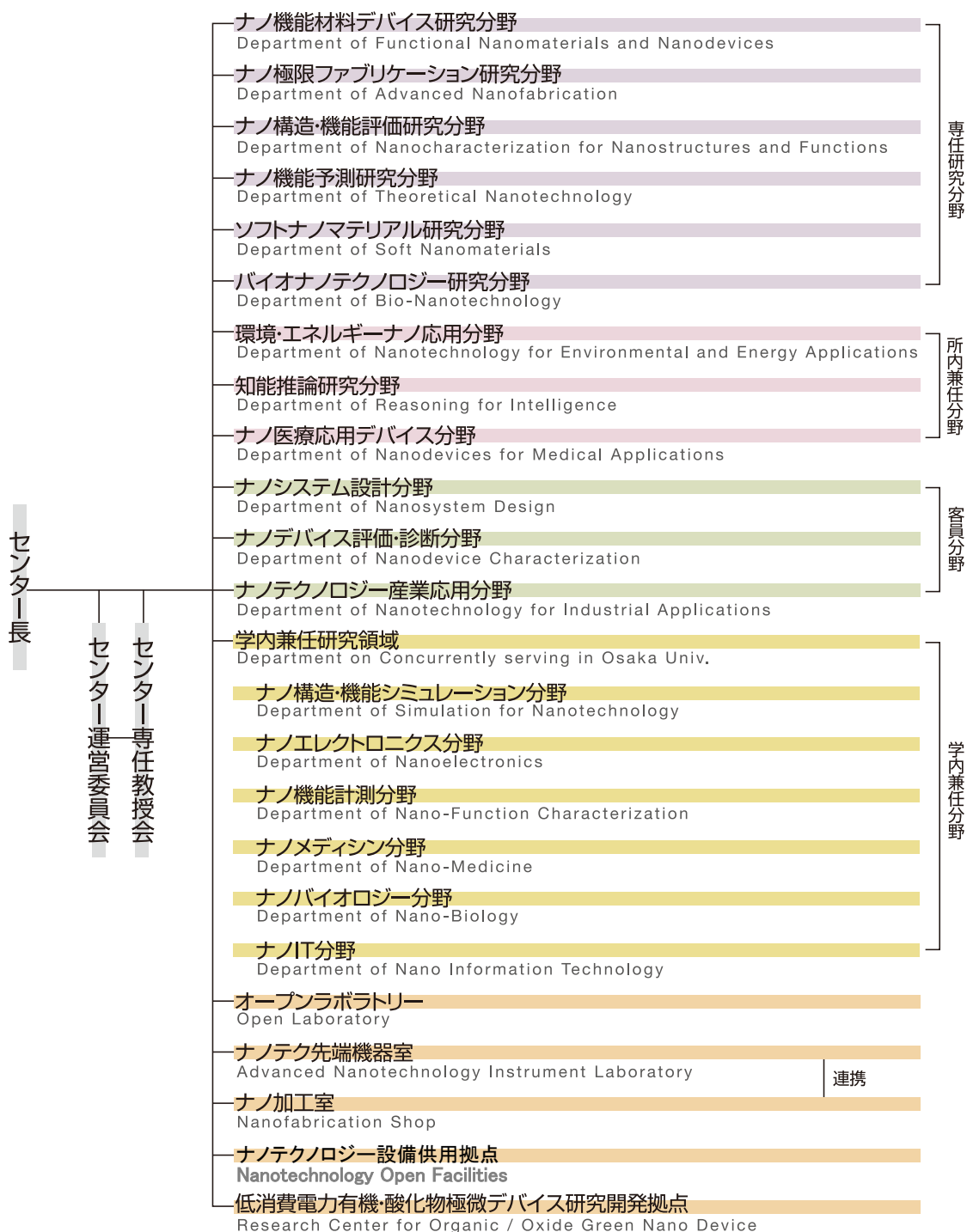
原子・分子を積み上げ、材料を創製する**ボトムアップナノテクノロジー**、材料を極限まで削りナノデバイスを作製する**トップダウンナノテクノロジー**、さらにそれらを**融合**して積極的な**産業応用**を目指し、総合的にナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として設置された全国初のナノテクノロジーセンター。

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
外国人招へい研究員	Alexis Borowiak (平成 26 年 7 月 15 日～平成 27 年 7 月 14 日)
大学院学生	高見 英史、Nguyen Thi Van Anh、Wei Tingting、山崎 翔太、堀 竜也、 佐々木 翼、左海 康太郎、中村 拓郎、大江 康子
学部学生	坪田 智司、中澤 密
研究生	李 明宇
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を確立し、それによって得られる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)の電子相ドメインのサイズ制御と相転移のメカニズム解明

VO_2 は、電場、光、熱などの外場により金属―絶縁体電子相転移(MIT)を引き起こし、数桁にも及ぶ巨大な抵抗率変化を示すため将来の電子デバイスにとって魅力的な材料である。相転移点近傍では、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おり、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、個々に相転移制御が可能になれば、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。これまで、我々は $\text{TiO}_2(001)$ 基板上の VO_2 薄膜において、電場や熱によりマイクロメートルサイズの個々の金属―絶縁体ドメインの相転移制御を試み、ドメイン配置が、転移温度や抵抗変化率などの電気伝導特性を大きく変調できることを報告してきた。本年度は、 VO_2 薄膜の膜厚を変化させることにより、金属-絶縁体ドメインのサイズをサブ μm から数十 μm の間で制御できることを見出した。ドメイン境界には刃状転位が存在し、転位密度は膜厚が厚いほど増え、ドメインサイズが小さくなっていく傾向が見られた(図 1) また、10nm 以下では薄膜全体が均質になり急峻な相転移が見られた。刃状転位は歪エネルギーを緩和するために発生し、膜厚とドメインサイズの関係は理論と良い一致を示した[論文 4]。ドメインのサイズ制御は、ドメイン配置制御と同様に今後の酸化物デバイスを展開していくうえで重要な要素である。

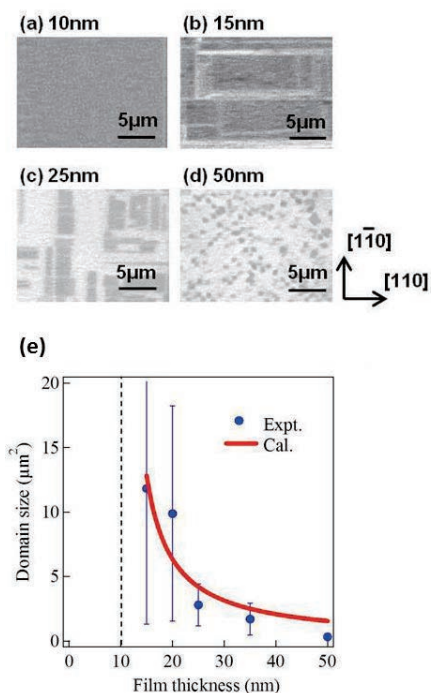


図 1 (a)-(d) 各膜厚に対する相転移点近傍の光学顕微鏡像、及び(e)ドメインサイズと膜厚の関係

・新奇光プローブによるナノ相分離マンガン酸化物の伝導ダイナミクス解明

強相関電子系酸化物では、ナノ相分離したドメイン状態が巨大応答の本質を担っており、巨大磁気抵抗効果を発現する(La,Pr,Ca)MnO₃ (LPCMO)では、強相関領域で数十から数百 nm サイズの強磁性金属相・電荷秩序絶縁体相の電子相が共存することが報告されている。単一ナノドメインの金属―絶縁体転移(MIT)特性やその動的特性の解明は、基礎科学のみならずドメインナノエンジニアリングに基づく新奇強相関ナノデバイスの創製といった応用にもつながる。相分離状態での伝導度は金属相と絶縁体相の分布で決まる伝導経路によるが、通常の伝導測定では伝導度と組成分布を同時に導出することはできない。そこで我々は、光と電波の中間の周波数をもつテラヘルツ(THz)波を用いた THz 時間領域分光(THz-TDS)計測により、MIT 過程の伝導ダイナミクス解明に取り組み、定量的な伝導度変化と相状態の割合変化の導出法の確立に成功した。10-250K の温度領域で THz-TDS 測定(0.5-3.5 THz)から、図 2 の様に LPCMO の THz 伝導度を得た。温度の上昇に伴い伝導度が低下しており、系の金属から絶縁体へと転移したことに対応している。金属、絶縁体両相の伝導度への貢献度(組成比)を定量導出するために、金属―絶縁体合成モデルを提案し、フィッティングにより金属相と絶縁体相の dc 伝導度(σ_0^M , σ_0^I)、及び金属相の体積割合 $X(T)$ の導出を行った(図 3)。本手法により、金属―絶縁体転移過程の定量的な伝導度変化と相状態の割合変化の同時導出が実現した。この手法は、マンガン酸化物に限らず他の物質系にも適用できるだけでなく、非接触手法であるため、電極の作製に困難が伴うナノ構造試料にも適用が可能である。LPCMO ナノ細線構造体試料においても伝導度と相状態の割合の変化の定量導出が可能となっており、ナノ構造に起因する劇的な新現象・巨大物性の探索へと展開していく。

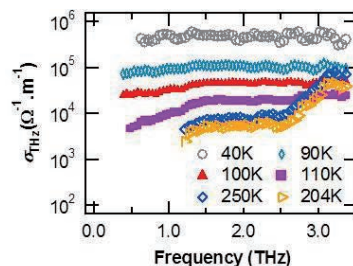


図 2 昇温過程での LPCMO の THz 周波数領域での伝導度。

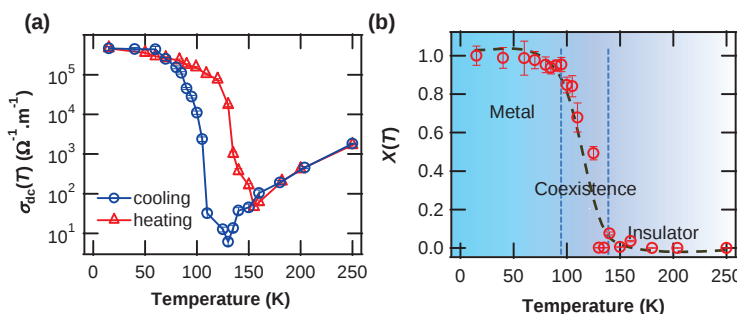


図 3 導出した(a)dc 伝導度 $\sigma_{dc}(T)$ と (b)金属相体積割合の温度依存性。

・層状鉄酸化物の電荷秩序状態の電界制御とデバイス応用

室温電荷秩序状態の電界相制御(電荷秩序絶縁状態-無秩序金属状態の変化)を基礎としたデバイス開発を目指し REFe₂O₄ エピタキシャル薄膜(希土類元素)の合成法を確立し、電界ストレスにより電荷秩序状態のスイッチングを試みた。更に、電界効果トランジスタ構造を用いた静電キャリアドーピングによる相制御に試みた。安定化ジルコニア YSZ(111)基板上に、パルスレーザー堆積法を用いて REFe₂O₄ 薄膜を作製した。エピタキシャル YbFe₂O₄ の生成を確認し、面直および面内方位の関係がそれぞれ YbFe₂O₄[001] // YSZ[111]、YbFe₂O₄[100] // YSZ[1-10]であることを確認した YbFe₂O₄ 薄膜に電極を取り付け、面内への電圧印加により電荷秩序状態のスイッチングを試みたところ、室温において明瞭なスイッチングの観測に成功した。さらに電界効果により伝導度の変調を試みた(図 4)。ゲート絶縁体としてイオン液体 Ethyl-3-methylimidazolium methanesulfonate (EMIM-MeSO₄)を用いることにより約 2%の伝導度の変調に成功した。酸化物デバイス材料として未開拓であった REFe₂O₄ の薄膜化および電界効果トランジスタ構造の作製により、本材料のデバイス応用の可能性を示した。

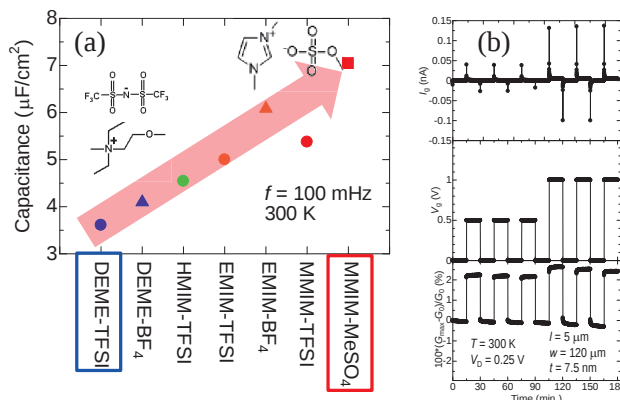


図 4 (a)各種イオン液体の静電容量 (b)EMIM-MeSO₄ をゲート層に用いた YbFe₂O₄ 電界効果トランジスタのチャネルコンダクタンス電界変調

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、西井 聡志、山嵜 優
学部学生	本中野 剣志
事務補佐員	中野 久美子、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

・利用拡大を目指した RF 電子銃ライナックのアップグレード

2014 年 1 月に現在の RF 電子銃ライナックと時間分解電子顕微鏡をシャットダウンし、独立した実験室に移設すると共にアップグレードを行った。ライナックでは、新たにシングルショットパルスラジオリシス測定用の Achromatic ビームラインを増設し、3 つのビーム利用ポートを整備し、フェムト秒・アト秒パルスラジオリシスの構築・および量子ビーム誘起超高速反応解析を行っている。時間分解電子顕微鏡では、エネルギーのアップグレード (5 MeV) を行うと同時に、10 nm の分解能を有するフェムト秒時間分解電子顕微鏡の開発を行っている。また、高繰返し (1kHz) の常伝導フォトカソード RF 電子銃の開発をスタートし、時間分解電子回折やその他のポンプ・プローブなどの応用実験に利用を予定している。

・干渉計における感度モデルを用いた超短パルス電子ビーム計測

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。電子ビーム計測で用いる干渉計の周波数特性を赤外光源により評価を行い、電子ビーム計測に適用した。ボロメータおよび MCT (HgCdTe) 検出器を用いて、電子ビームが放射するコヒーレント遷移放射の計測を行った。電子ビーム計測で得られた周波数スペクトルは、感度モデルにより得られる周波数スペクトルから予測できることが明らかとなり、8.9 フェムト秒の電子ビームの発生・計測に成功した。今後、電子ビームのコヒーレント放射に対して、広帯域な計測を行い、アト秒電子ビーム発生・計測に適用する。

・ドデカンの放射線化学初期過程と分解過程の解明

フェムト秒パルスラジオリシスの測定波長拡張と安定化による S/N の改善により、光路長 1 mm のドデカン中のアルキルラジカルの生成過程を 240 nm で観測することに成功し、3 ps で生成することを見出した。アルキルラジカルの生成挙動がドデカンラジカルカチオンの 800 nm での生成挙動と良く一致することを見出した。励起ラジカルカチオンからアルキルラジカルへの直接分解を示唆した。放射線化学初期過程から、生成物に至るドデカン中の放射線化学反応の全体の概観を得ることができた。核燃料

再処理における抽出剤溶媒の分解機構の理解のみならず、耐放射線高分子材料開発、次世代半導体ナノファブリケーションのためのレジスト材料開発にも設計指針を与えると考えられるので、この知見は非常に重要である。

・光吸収測定の高度化およびフェムト秒電子線・レーザー複合照射パルスラジオリシスの準備

ドデカンの分解過程において、励起ラジカルカチオンが分解の起点となっていることが示唆されたが、励起ラジカルカチオンは、近赤外から可視領域にかけて探索したにもかかわらず、未だ直接観測されていない。ドデカンの放射線分解における励起ラジカルカチオンの役割を明確にするために、フェムト秒電子線照射によりラジカルカチオンを生成し、フェムト秒光パルスでラジカルカチオンを再励起して励起ラジカルカチオンを生成し、フェムト秒分析光でアルキルラジカルをモニターする。そのための電子線-レーザー複合照射パルスラジオリシス測定系を構築した。2015 年度にこれを用いた実験を行う。

・フェムト秒パルス電子顕微鏡の開発

ナノ空間内での形態構造変化を直接実像観測するために、フォトカソード RF 電子銃を用いたフェムト秒パルス電子顕微鏡を開発している。今年度は、サンプルの構造変化等を誘起するための外部トリガーとして光照射用の入射パスを改良・導入した。電子顕微鏡に用いるには、低エネルギー分散、低エミッタンスの電子線パルス発生が重要であり、フォトカソード RF 電子銃やエミッタンス補償用のソレノイドなどの各種電子光学系を最適化する必要がある。これまで加工精度で決まっていたが、これに調整機構を取り付けるべく設計変更を行った。

・新規高繰り返しフォトカソード RF 電子銃とフェムト秒パルス電子線回折装置の開発

フェムト秒パルス電子顕微鏡では、フェムト秒のパルス幅の電子線を発生させるために、電荷量を抑えている。このために、十分なコントラスト像を得るためには、積算する必要がある。このために、現在の 10 Hz から 100 倍の 1 kHz の電子銃の開発を目指しているが、高出力の高繰り返し高周波源が無い問題、熱量が 100 倍になる等の問題がある。将来の高繰り返しフォトカソード RF 電子銃の開発を目指して、熱の問題を解決し、かつ低エミッタンスの電子ビームを発生させるために、冷却水路を増強し、空洞内電場が低くなるような、新しいフォトカソード RF 電子銃を設計し、KEK との共同研究により作成した。この電子銃を用いてフェムト秒電子線回折装置を新たに設計・開発した。高品質の電子ビーム発生に成功し、金単結晶ターゲットの回折像をシングルショットで得ることに成功した。

・シングルショットパルスラジオリシスの開発

電子線パルスと分析光パルスのサンプル中での速度差による時間分解能劣化の問題を解決するために、等価速度分光法を開発を行っている。これを応用して、電子線パルスと分析光パルスの角度を正確に制御することにより、分析光パルス内に時間情報を織り込んだシングルショットパルスラジオリシスを開発している。電子線照射により分解しやすいサンプルや活性種寿命の非常に長いサンプルで照射効果蓄積を抑えるために、シングルショットパルスラジオリシスの開発が要請されている。

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、麻生 亮太郎
特任研究員	孫 科挙
大学院学生	内山 徹也、相馬 健太郎、小川 洋平、玉岡 武泰、秋山 暢祐、富田 雄人
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

・セリア担持白金ナノ粒子触媒の酸化・還元過程の解明

酸化セリウムに担持された白金ナノ粒子触媒(Pt/CeO₂)は、CO の酸化反応に対して室温で高い触媒活性を示す。白金ナノ粒子の形状や配向は、触媒活性と強い相関を持つことが知られているため、触媒反応の基本である酸化・還元過程における白金表面のナノ構造の変化を原子スケールでその場観察することが重要となる。本研究では、収差補正 ETEM を用いて、酸化セリウムに担持された白金ナノ粒子表面の酸化・還元過程をその場観察した。

Pt/CeO₂ 触媒は析出沈殿法で調製した。図 1 に、Pt/CeO₂ 触媒の ETEM 観察結果を示す。左上に示す真空中では白金ナノ粒子は結晶面で囲まれた形状をしているが、酸素中では白金ナノ粒子の表面が酸化されて白金の酸化層が形成された。原子分解能 ETEM 像とその場 EELS 測定により、この表面層は α -PtO₂ を含む様々な白金酸化物であることがわかった。また、酸素 100 Pa に CO と H₂O ガスを少量加えると、白金ナノ粒子表面を覆っていた白金の酸化層が還元されて消失し、白金の結晶面が現れた。

図 2 は、Pt/CeO₂ 触媒における白金ナノ粒子の表

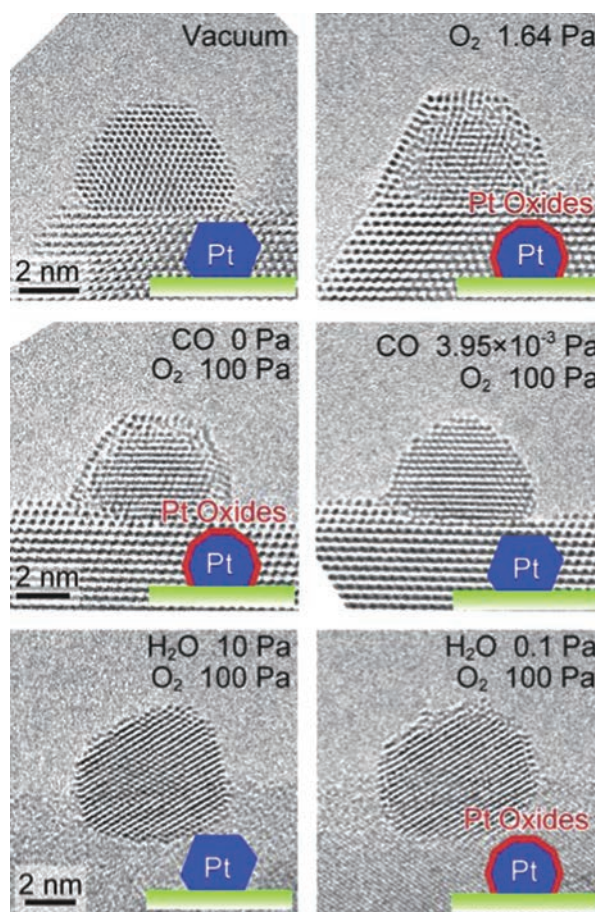


図 1 白金ナノ粒子表面の酸化・還元過程

面構造のガス分圧依存性をまとめたものである。酸素のガス分圧を大きくしていくと、表面の一部の面から白金酸化層が形成され始め、最終的にはナノ粒子全体を白金酸化層が覆った形状となる。酸素 100 Pa に対して CO を 4×10^{-3} Pa、または H₂O を 10 Pa 混ぜることで、ナノ粒子表面が還元され白金酸化層が消失する。また、白金酸化層が形成された状態で真空にすることも表面の酸化層が還元される。これら一連の反応は、入射電子線が気体を活性化することで誘起されるため、室温でも反応が進むことが明らかとなった。

本研究で明らかにされた酸化・還元反応中における白金ナノ粒子の表面原子構造の変化は、Pt/CeO₂ 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。

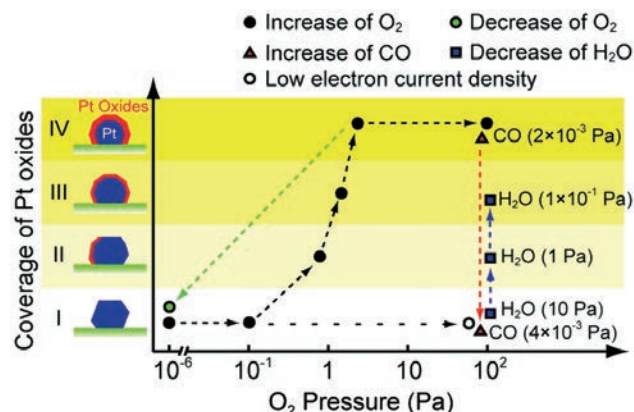


図2 白金ナノ粒子表面反応のガス分圧依存性

・カーボンナノチューブ成長中のナノ粒子触媒の構造解析

カーボンナノチューブ(CNTs)は、ナノ粒子触媒を用いた化学蒸着(CVD)法により成長することが知られており、ナノ粒子触媒には Co, Ni, Fe など様々な金属が用いられる。CNTs 成長中のナノ粒子触媒の構造が CNTs の形状に影響するため、CNTs 成長中のナノ粒子触媒の構造を詳細に解析することが必要となる。本研究では、Co ナノ粒子触媒を用いた CNTs の成長過程を ETEM によってその場観察し、Co ナノ粒子触媒の構造・組成変化を明らかにした。

SiO₂ の表面層を持つ Si 基板に Co を真空蒸着したのち、真空中 550°C で加熱し Co ナノ粒子触媒を作製した。これに、原料となるアセチレンガスを 3 Pa/h の速さで導入することで CNTs の成長過程を ETEM でその場観察した。図 3 に、CNTs 成長中のナノ粒子触媒の ETEM 観察結果を示す。高分解能 ETEM 観察により、ナノ粒子触媒中に格子縞が観察され、格子間隔よりナノ粒子触媒は hcp Co または Co₃C であることがわかった。

図 4 に、CNTs 成長中のナノ粒子触媒構造モデルを示す。図 4b のように、ナノ粒子の底を Co₃C が占めると、原料のカーボンが増えるため CNTs の成長が促進される。また、Co₃C がナノ粒子の周囲を取り囲む構造では、CNTs の成長が遅くなる。実際に、図 4b のモデルに対応する図 3b の構造では、0.6 nm/s の成長率であり、図 4c のモデルに対応する図 3a の構造では 0.1 nm/s と遅くなる。

CNTs の構造を制御するためには、CNTs 成長中のナノ粒子触媒の不均一構造の時間変化に関して、さらなる実験的・理論的研究が必要となる。

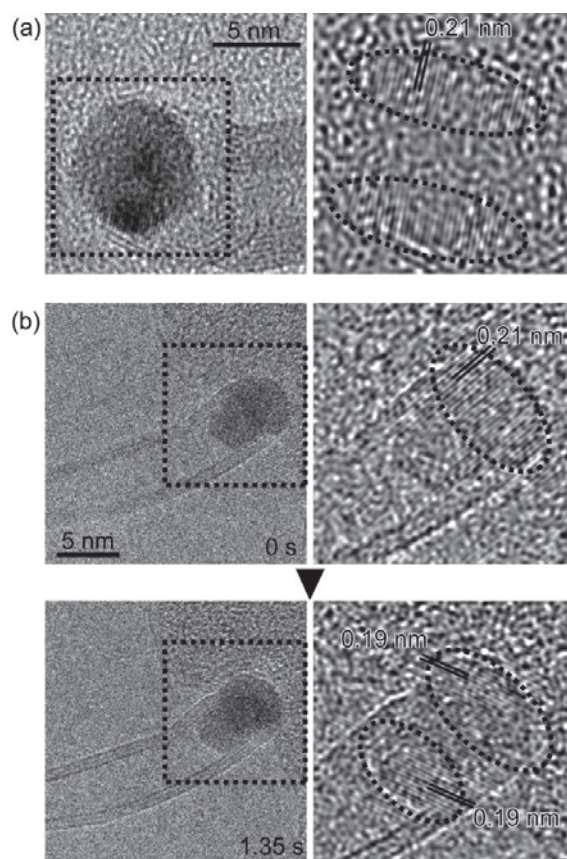


図3 CNTs 成長中のナノ粒子触媒の構造変化

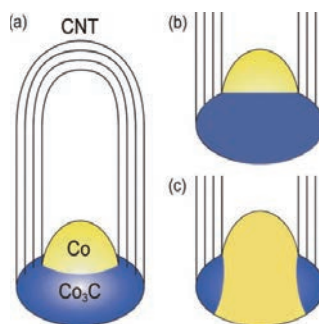


図4 CNTs 成長中のナノ粒子触媒の構造モデル

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
特任研究員	豊田 雅之
外国人客員教授	Bog Gi. Kim (平成 27 年 3 月 8 日~平成 27 年 5 月 9 日)
大学院学生	磯山 佳甫、上村 直樹、藤村 卓功、小森 尚平、西條 泰紹、平野 裕理
学部学生	深田 卓見
事務補佐員	垣内 美奈子 (～平成 27 年 3 月 31 日) 栗林 千彰

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

・スピン軌道相互作用に起因する新奇物性発現

スピン軌道相互作用に起因する新奇な物質相や物性はその微視的発現機構における興味と同時に、次世代デバイスへの応用面で注目を集めている。Bi はバルクとしては半金属であるが、薄膜系に対しては膜圧に依存した量子井戸状態とスピン分裂を示す表面状態が最近の角度分解光電子分光 (ARPES) 実験と第一原理計算により盛んに研究されてきた。ごく最近、Bi 薄膜表面に非常に微弱な Rashba 型の分散をもつバンド構造が ARPES 実験により発見され、種々の表面モデルに対する第一原理計算から、三角形に成長したバイレイヤー島構造のエッジ状態による一次元的なバンドであることが判明した。その一次元バンドはスピン軌道相互作用により Rashba 分裂を起こし、そのスピン分極はエッジ方向に垂直な表面内及び表面垂直成分を同程度に有することが明らかとなった。

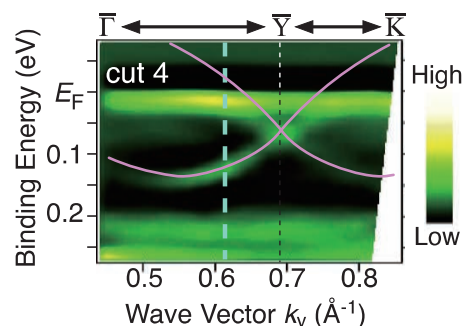


図 1 Bi 表面で観測された一次元エッジ状態の ARPES 強度と第一原理計算より得られたバンド構造 (実線)

・原子ダイナミックスを利用したマテリアルデザイン

物質の基底状態を記述する第一原理電子状態計算と熱力学的考察を組み合わせることにより、有限温度における物質合成予測を行っている。相図予測はその中心的な課題で、当グループでは高い T_c の超伝導物質として期待される固体ホウ素の相図予測に力を入れている。今年度は以下の成果を挙げた。炭化ホウ素結晶は高い T_c の超伝導材料として理論予測されているが、実験では金属的な振る舞いさえ観測されず、半導体である。この理論と実験との相違は、長い間未解決の難問であった。当グループはホウ素関係の相図作成を行いながら安定な結晶構造を探索し、この問題を解決した。これまでの相違の原因は化学量論的組成比からのずれにあった。化学量論的組成比の結晶であれば金属になったはずだが、その場合共有性結合の条件が満たされず結晶は不安定になる。この不安定性を和らげるような化学量論的組成比からのずれがエネルギー的に許されれば結晶は絶縁体となる。そのような条件を満たすような格子欠陥が見つかった。それは 4 つの B 原子から成るリング上の欠陥で、この構造モデルによりこれまで

未解決であった様々な現象が説明できるようになった。

・強誘電酸化物における熱電特性の理論予測

強誘電性物質は結晶の空間反転性を破ることによって興味深い現象を示すことがある。チタン酸バリウムは室温で強誘電性を示し大きな電気分極をもつことが知られているが、その極性構造歪みが熱電特性を大きく高めることを理論予測した。我々の電子状態計算の結果、電子ドーピングしたチタン酸バリウムのフェルミ面は大きな異方性をもっており、実空間では分極方向のゼーベック係数を高めることが明らかになった。今後、強誘電歪みを制御することにより熱電特性が変化する新しいデバイスへの応用が期待できる。

・固体型ナトリウム硫黄二次電池の充放電機構

S や Na 多硫化物結晶の電子構造および相安定性を量子論に基づく第一原理計算から詳細に調べ、固体 Na/S 電池の充放電機構および電圧特性予測を行った。S 結晶は、8 個の S が環状に繋がった S_8 構造ユニットで構成されており、 S_8 構造ユニット間の弱いファンデルワールス力により固体として凝集していることが明らかとなった。Na/S 放電反応によって固体 S 正極中の Na 量が増加すると、Na と S の組成比に依存した Na 多硫化物 (Na_2S_x) が生成されることがエネルギー解析から示された。固体状態にある S、Na、および Na 多硫化物質の相安定性に関する計算結果に基づいて、固体 Na/S 電池の放電反応式と電圧-容量曲線を理論的に予測した。計算された電圧値は、放電時に正極側で生成される Na_2S_x 固体相の違いに起因して、主に 3 つのプラトー領域が存在することを示している。この結果は高温 Na/S 電池やごく最近の固体 Na/S 室温動作特性の実験報告とも矛盾しない。

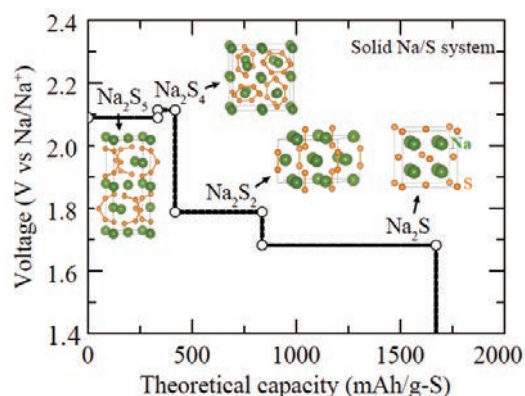


図2 固体 Na/S 電池の電圧-容量特性の理論計算値

・A サイト秩序型ペロフスカイト酸化物の磁性

A サイト秩序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。我々は A' サイトに Mn を含む $YMn_3Al_4O_{12}$ と $LaMn_3V_4O_{12}$ が異なる反強磁性的スピン秩序を示すことに着目して電子状態と磁気相互作用を計算した。その結果、Mn の価数の差が超交換相互作用を変化させ、異なるスピン秩序を安定化させていることを明らかにした。

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	陣内 青萌、笹田 翔平、田代 彩、内田 絢菜、岡本 祐治
特任研究員	Shreyam Chattergee
学振博士研究員	丹波 俊輔
事務補佐員	山崎 慶子
技術補佐員	逢 娟娟（平成 26 年 4 月 1 日～平成 26 年 10 月 31 日）、 広瀬 由美（平成 26 年 7 月 1 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。正孔を輸送する p 型半導体材料は数多く見出されている一方、電子輸送能を有する n 型半導体材料の開発は依然として限られている。 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。当研究室では、強い電子求引性の効果とオリゴマーにおける共役平面性保持の観点から、カルボニル基を複数導入した π 電子拡張ビチアゾールユニット **1**を設計し、その合成法を確立している。今年度は、電子受容性の向上および、大気下での安定した素子駆動を指向して、**1**を含む新規な電子受容性 π 電子系化合物 **2-6**の合成を行い、基礎物性を明らかにした。さらに、これらを半導体活性層とした FET 素子を作製し n 型特性の評価を行った。大気暴露下での測定において、アシル基を導入した **2, 3**で電子移動度が真空中に比べて 2 桁低下したのに対して、パーフルオロアシル基を用いた **4, 5**は大気暴露下でも良好な電子移動度を示した。

一方、**5**薄膜の X 線回折測定を行ったところ、弱い回折ピークが観測されるのみであり、結晶性の低い薄膜であることが示唆された。これらの結果から、**5**における大気下での安定した電子輸送能の発現は、パーフルオロアシル基の直接導入による最低空軌道 (LUMO) 準位の低下に起因した還元種の熱力学的安定化に由来するものであると示唆され

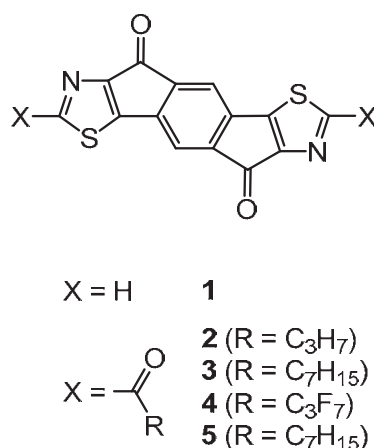


図1 カルボニル架橋ユニットを含む電子受容性 π 電子系化合物

た。[論文 4](図 1)。

有機薄膜太陽電池 (OPV) への応用を目指した p 型半導体材料に関しては、ドナー部位(D)とアクセプター部位(A)を連結させた D-A 型交互ポリマーが有効であることが報告されている。これまでに我々が開発したジオキソシクロアルケン縮環チオフェン(C₆)をアクセプター部位に用いた D-A 型コポリマー **DTS-C₆** とフラーレン誘導体(PC₇₁BM)とを組み合わせた素子において 4.87% の光電変換効率(PCE)を示すことが見出されている。光電変換効率をさらに向上させる観点から、分子量制御、ブレンド膜のモルフォロジーの制御の検討を行なった結果、PCE を 7.85% まで向上させることに成功した[論文 5](図 2)。

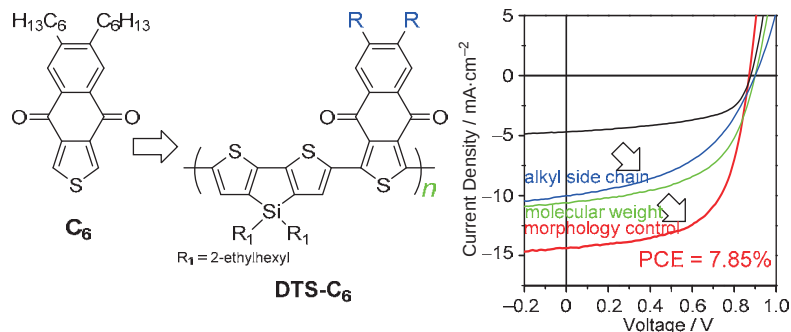


図 2 有機薄膜型太陽電池材料に向けた D-A 型ポリマー

PC₆₁BM や PC₇₁BM は OPV における典型的な n 型半導体材料として用いられている。しかし、近年、フラーレン誘導体は p 型輸送能も併せ持つことが報告されている。我々はこれまでに、これらフラーレン誘導体より低い LUMO レベルを持ち、かつ、良好な電子輸送特性を示す **BCN-HH-BCN** の開発に成功していた。そこで、今年度はバルクヘテロ接合 OPV におけるフラーレン誘導体の p 型特性を明らかにするため、**BCN-HH-BCN** と PC₆₁BM や PC₇₁BM を組み合わせた OPV で評価を行なった。その結果、いずれの素子も典型的な光電

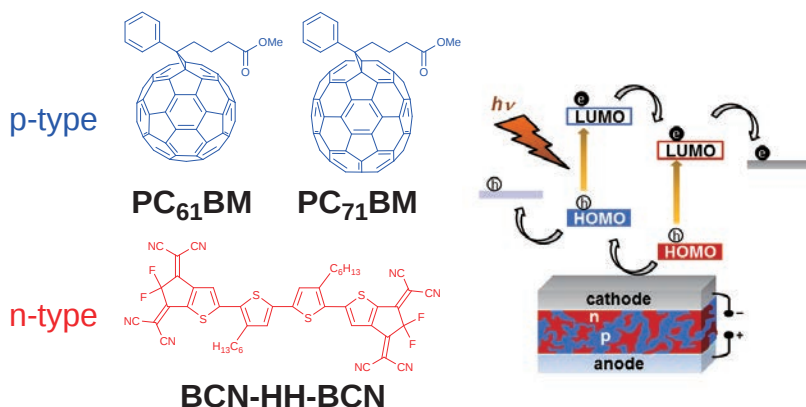


図 3 フラーレン誘導体を p 型材料に用いた OPV

変換特性を示した。さらに、過渡吸収測定からフラーレン誘導体のラジカルカチオンと **BCN-HH-BCN** のラジカルアニオン種が観測された。これらの結果から、この系においてフラーレン誘導体はドナー材料として機能することが明らかとなった[論文 1](図 3)。

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。我々はフレロピロリジン誘導体を基本に、置換基と物性相関の見地から検討を重ねてきた。これまでに PCBM に代わる太陽電池材料フラーレン誘導体を見出している[論文 8]。これを基盤に OPV 素子の高電圧化に寄与する新規材料開発とデバイス測定結果について更なる検討を行った。その結果、フラーレン誘導体へ導入した置換基によって開放端電圧を連続的に変化させることができることが分かった(図 4,5)。

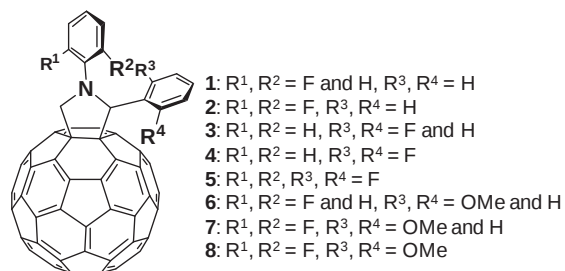


図 4 新規フラーレン誘導体の化学構造

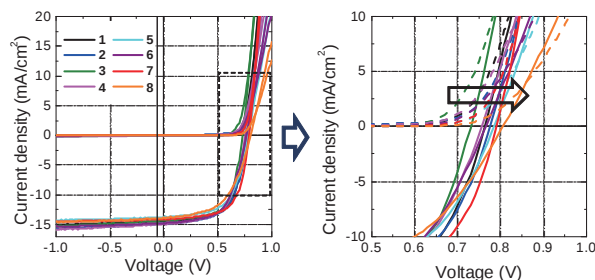


図 5 新規フラーレンの OPV 素子における開放端電圧変化

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
特任教授	川合 知二
特任助教	大城 敬人、江崎 裕子（平成 27 年 1 月 16 日採用）
特任研究員	村山 さなえ、金井 真樹、Yuhui He（平成 26 年 8 月 31 日まで）、 小和田 弘枝（平成 26 年 4 月のみ）、保手浜 千絵（平成 26 年 4 月のみ）、 山田 里絵（平成 26 年 4 月のみ）
博士研究員	Yuhui He（平成 26 年 9 月 1 日採用）
大学院学生	有馬 彰秀、森川 高典
学部学生	谷本 幸枝
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

・単分子接合の熱電性能評価

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、ナノ接合の近傍に通電型のヒータとして用いることができるプラチナ細線を作りこんだマイクロヒータ組込み型 MCBJ (図 1) を開発し、これ

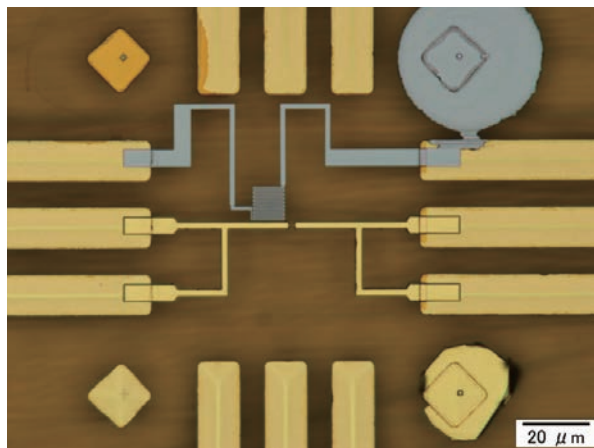


図 1 マイクロヒータ組込み型 MCBJ 素子の光学顕微鏡像。

を用いて金-1,4-ベンゼンジチオール-金接合の電気伝導度と熱起電力の同時計測を実施した。

得られた熱起電力は接合形状によって大きくバラつく傾向が見られた。これは、電極間を架橋する分子の配向や、電極-分子コンタクト部分の原子構造の違いによって、単分子接合の電子状態が大きく変化するためだと考えられる。

一方、熱起電力の平均値は単分子接合電気伝導度によらず概ね一定値を示した。これはバルク材料におけるモットの理論とは異なる傾向で、分子接合特有の特性であり、金-1,4-ベンゼンジチオール-金接合のように、フロンティア分子軌道レベルが電極フェルミレベルより 1eV 程度離れた位置に存在するトンネル接合系において理論的に予測されていた現象である。

また、得られた電気伝導度と熱起電力から無次元性能指数 ZT を計算したところ、最適な接合構造条件下において 1 以上の高い値が得られた。本結果は、高性能な 1 分子熱電素子を開発するうえで、分子構造に加えて電極-分子接合構造を設計に取り入れることを示唆している。

・大気中浮遊微粒子の捕集用デバイスの開発

固体メンブレン中のナノサイズの細孔で構成されるナノポアセンサーは、微粒子や細菌・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。

この技術の実用化には、多数の夾雑物が混じるサンプル（大気汚染物質や生体抽出物）から検出対象となる物質を効率的にナノポアセンサー部に輸送することが必要であり、ナノポアデバイスの長寿命化には検出対象以外の夾雑物を排除することが望ましい。

そこでマイクロ流路上に多数のマイクロポアを作製し、その電解質溶液メニスカスから検体粒子を捕集するとともに、電気泳動によって分離用マイクロスロットに誘導しサイズ分離を行う機構を、ナノポアデバイスのチップデ上に集積化した（図 2）。蛍光顕微鏡観察により、枯草菌がマイクロポアから捕集され、電気泳動電圧の印加によって枯草菌の輸送制御が可能であることを確認した。また幅 2 μm のマイクロスロットから、目的サイズの検体を選択的に抽出できることを実証した。

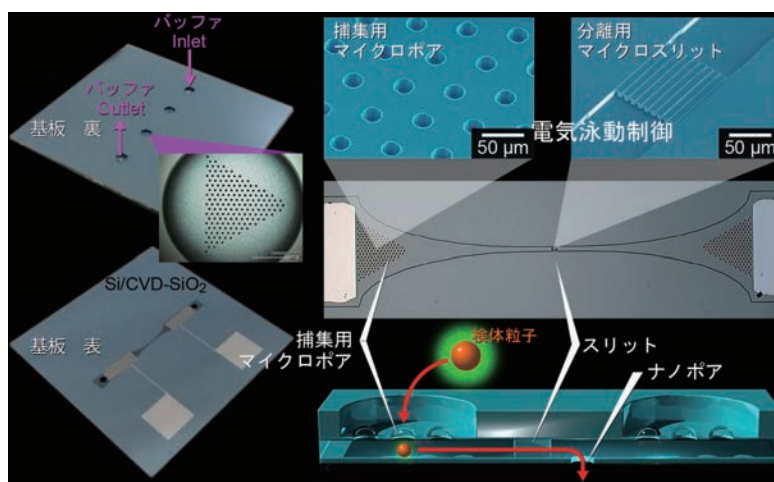


図 2 大気中浮遊微粒子の捕集用デバイス。マイクロ流路にはバッファ溶液が充填され、微粒子は捕集用マイクロポアのメニスカスから捕集される。微粒子は電気泳動によって分離用マイクロスロットに誘導された後、ナノポアで検出される。

・グラフェン成膜用の原子レベルで平坦な Pt(111)基板の作成

DNA の塩基分子などを識別する電極や基板としてグラフェンが注目されている。金属基板に支持されたグラフェンを用いる場合、下地支持基板の金属種によってはグラフェン特有の電子状態が損なわれることが知られているが、白金ではフリースタANDINGに近く、測定するべき吸着分子の電子状態への、下地金属基板からの影響も少ない。残念ながら Pt(111)の原子的に平坦で清浄な表面を得ることは困難なことが多い。そこで、高価な Pt(111)単結晶の清浄化からではなく、より安価な固体基板に白金を蒸着することにより原子的に平坦な表面を得ることを検討した。その結果、YSZ(111)や Al₂O₃(0001)基板上的の白金の成膜により、図 3 に示す様な、Pt(111)表面の単原子ステップが明瞭に確認できるほど原子的に平坦な表面を作成することに成功した。さらに表面を清浄化し、グラフェンの成膜ができることも明らかにした。

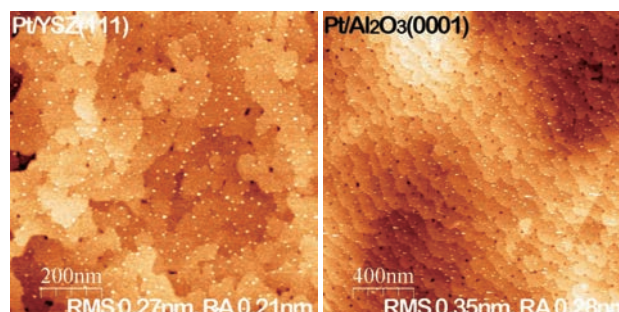


図 3 YSZ(111)及び Al₂O₃(0001)上に成膜された Pt(111)薄膜

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。

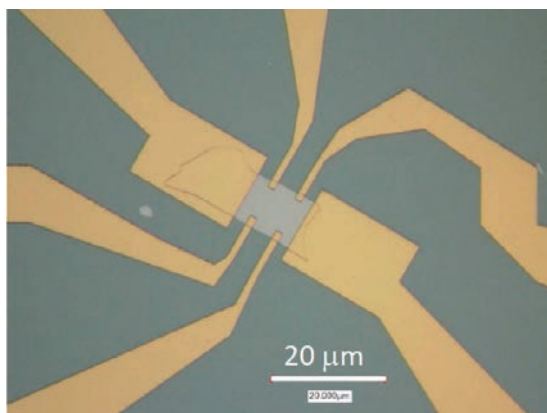


図1 トポロジカル絶縁体上に微細電極を形成したバックゲート型電界効果デバイス。トポロジカル絶縁体 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 単結晶から剥離し SiO_2 絶縁層を持つ Si 基板上に定着された薄片上に、電子ビームリソグラフィーによって Pd の微細電極が形成されている。

ナノ知能システム研究分野

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、量子情報フォトニクス研究分野（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。本年度は、特にみつれ量子の位相変化を伴う異常変動を高感度に検知する手法の開発に取り組んだ。

b) 成果

量子状態の異常変化検知を実現するために、前年度には量子の観測状態密度行列 $\hat{\rho}_k$ を正常成分 θ と異常変化成分 ω_k に分離推定する基準として、以下の評価式を用いた。

$$\min_{\theta, \omega_k (k=1, \dots, K)} \sum_{k=1}^K \frac{1}{2} \|\hat{\rho}_k - \theta - \omega_k\|_F^2 + \gamma \sum_{k=1}^K \sqrt{\sum_{i,j=1}^d s_{ij}^2 \omega_{k,ij}^2}$$

しかしながら、この式では状態密度行列の各要素の絶対値成分の変化しか評価対象としておらず、各要素の複素数成分には反映されるが絶対値成分には反映されない位相変化を感知することはできない。そこで、今年度はこの評価式に複素成分を反映するように拡張を行う検討を進めた。現在、その結果に基づく数値実験、実測定実験を実施中である。

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。

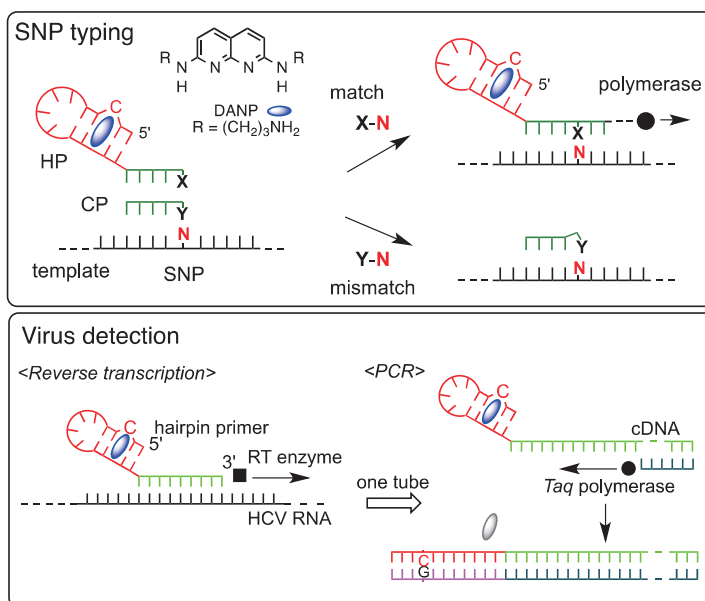
b) 成果

・ 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

遺伝子のわずかな違い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をもつ DNA 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、ウイルスの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

客員教授 増田 茂 （平成 26 年 5 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日）

a) 概要

有機薄膜太陽電池など有機半導体を利用したデバイス開拓が盛んに行われている。これらのデバイスでは、有機半導体自身の特性（結晶性やキャリア移動度など）のみならず、電極金属/有機界面や絶縁体/有機界面での特性（キャリア注入やキャリア輸送）が決定的な役割を果たす。本研究では、シリコン基板上に金属/有機半導体/金属構造を形成し、金属電極間に電圧印加した状態で電子状態計測を行う。計測には、ペニングイオン化電子分光(PIES)、紫外光電子分光(UPS)、光電子顕微鏡(PEEM)などを用いる。電圧印加によって有機半導体のフェルミ準位がシフトし、電子の占有状態も変化すると考えられる。バンドベンディングのエネルギーに関する情報は入射ビームを絞った PIES と UPS で、空間分布に関する情報は PEEM により得る。このような相補的な実験は国際的にも初めての試みである。太陽電池などで優れた業績を挙げてきた産研の小林グループと共同研究を行い、電場下における有機/金属界面の電子物性の基礎を確立することを目指す。

b) 成果

有機分子には、ジベンゾペンタセン (DBP) を用いた。まずは、DBP を Au(111)単結晶などの金属表面に製膜し、PIES 及び UPS を用いて電子状態を計測した。DBP 薄膜では、 $8b_g$ (HOMO)、 $7b_g+7a_u$ 、 $6a_u$ 、 $6b_g$ の π 軌道や σ 軌道に帰属されるピークが UPS 及び PIES スペクトルで観察された。そこで、シリコン基板上に金属/有機半導体/金属構造を小林研究室で作成し、金属電極間に電圧印加した状態での電子状態計測できるサンプル構造の最適化を進めている。また、これと並行して、入射ビームを絞った PIES と UPS 測定や PEEM 測定を行った。

ナノシステム設計分野

客員准教授 中川原 修 (平成 26 年 6 月 16 日～平成 27 年 3 月 31 日)

a) 概要

酸化物三次元ナノヘテロ構造形成と応用に関する研究

b) 成果

酸化物材料を用いてナノ領域へのエピタキシャル薄膜結晶成長を利用した三次元ナノヘテロ構造薄膜を作製し、三次元ナノヘテロ界面の創製と新規物性発現、さらにその特性を応用したデバイスを創製する。具体的には、自己組織化ナノ相分離現象とパルスレーザーエピタキシャル薄膜蒸着法を融合することにより、極微細かつ超高集積の透明酸化物ナノピラー構造を作製する技術を確立した。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授 何 鵬（平成 26 年 4 月 1 日～平成 26 年 6 月 30 日）

a) 概要

近年、フレキシブルやウェアラブルデバイスに対応した透明導電膜が強く求められており、カーボンナノチューブ、グラフェン、金属メッシュ、金属ナノワイヤなど様々な透明導電膜材料が検討されている。中でも銀ナノワイヤ透明導電膜は ITO を上回る導電性、透明性が報告されており、しかも低価で簡単な印刷プロセスで作製されている。しかし、良好な特性を得るには 200℃以上の加熱や光照射や加圧などの後処理が必要である。200℃という温度は多くのフレキシブルデバイスの構成材料にとって高すぎる温度であり、加圧処理によりデバイス性能にダメージを与える。したがって、低温および後処理なしのプロセスが期待されている。本研究では、銀ナノワイヤの合成プロセスに注目し、簡単な洗浄方法を用いて、高導電性と透明性を有する銀ナノワイヤ膜を室温で作製する技術を確立した。

b) 成果

従来、銀ナノワイヤの合成には、ポリオール法を用いてエチレングリコールを溶媒と還元剤として、ポリビニルピロリドン(PVP)を表面保護剤として、硝酸銀を還元剤として銀ナノワイヤを合成していた。この方法は、簡単で高収率の銀ナノワイヤが得ることが出来るが、表面保護剤の PVP が銀ナノワイヤ表面を覆うことにより、ナノワイヤ間の接触抵抗に大きく影響を与えている。また、高温処理や光照射の後処理方法により PVP 層の柔軟性の向上、熱分解する方法は行われてきたが、PVP 層を洗浄して取り除く研究はほとんど報告されていない。本研究では合成した銀ナノワイヤについて、洗浄回数、洗浄に使う溶媒、洗浄温度をパラメーターとして、銀ナノワイヤ表面に残った PVP 層を分析し、銀ナノワイヤ膜の抵抗変化を検討した。合成した銀ナノワイヤをエタノールで洗浄し、洗浄回数を増すごとに、PVP 層の厚さが低下し、銀ナノワイヤ膜の導電性が上がった。また、洗浄温度を上げるにつれ、PVP 層を早く除去できることが分かった。一方、洗浄溶媒として、N,N-ジメチルホルムアミド洗浄溶媒を使用することにより、高透明性かつ高導電性を有する銀ナノワイヤ膜を得ることができた。これらの一連の結果から、洗浄プロセスを最適化することにより室温環境で高性能銀ナノワイヤ膜を得ることを証明した。今後、室温作製した銀ナノワイヤ透明導電膜を様々なデバイスに応用して高性能デバイスを目指す予定である。

また、何教授は、研究室の学生や職員に向け、ハルビン大学の研究活動や学生生活や大学留学政策などを紹介し、ハルビン大学の実装技術発展及び研究進め方向を詳細に講義解説した。今後両大学の共同研究に大いに資するものと言える。

ナノデバイス評価・診断分野

Peerapon Vateekul (平成 26 年 7 月 1 日 ~ 8 月 18 日)

a) 概要

近年、計算機による感情推定は特に音楽推薦において大きな注目を集めている。本研究では、音楽刺激に対して、脳波 (Electroencephalograph : EEG) から感情を推定することを目的とする。そこで、アイテムベースの学習アプローチによる分類アルゴリズムを新たに提案し、感情推定精度の向上を確認した。

b) 成果

・音楽刺激に対する EEG に基づく感情推定

感情推定とは、喜怒哀楽など人の感情を計算機による推定することである。近年、感情と脳活動 (EEG) との間に強い関係性があることが確認されており、本研究では二種類のデータセットを用いてこの関係性を明らかにした。ひとつ目は、標準的なベンチマークデータセット DEAP であり、ふたつ目は知能アーキテクチャ研究分野 (沼尾研) にて収集したデータセットである。知能アーキテクチャ研究分野における被験者実験では、Waveguard™ EEG 計、Polymate AP1532 アンプ、および APMonitor 脳波記録ソフトウェアを用いて、15 名の被験者から音楽刺激に対する脳波を収集した。本研究の結果から、音楽刺激に対しても感情と脳波との間に強い関係性が確認され、EEG から人の感情がある程度推定可能であることを示した。

・アイテムベースの学習アプローチ

EEG に基づく感情推定の先行研究はまだ少ない。本研究では、感情推定精度向上に向けて、アイテムベースの協調フィルタリング (Collaborative Filtering: CF) に基づく新規分類アルゴリズム EEG-CF を提案した。本手法には次の三つの貢献がある。(i) EEG データに対する CF 類似度スコア計算、(ii) 未評価アイテム (楽曲) に対処するメカニズム、(iii) EEG に基づく距離による外れ値除去、である。実験では、評価が密な DEAP と疎な知能アーキテクチャ研究分野で収集した二種類のデータセットに対して感情推定を行った結果、本手法は従来法に比べて優れた推定精度が得られた。

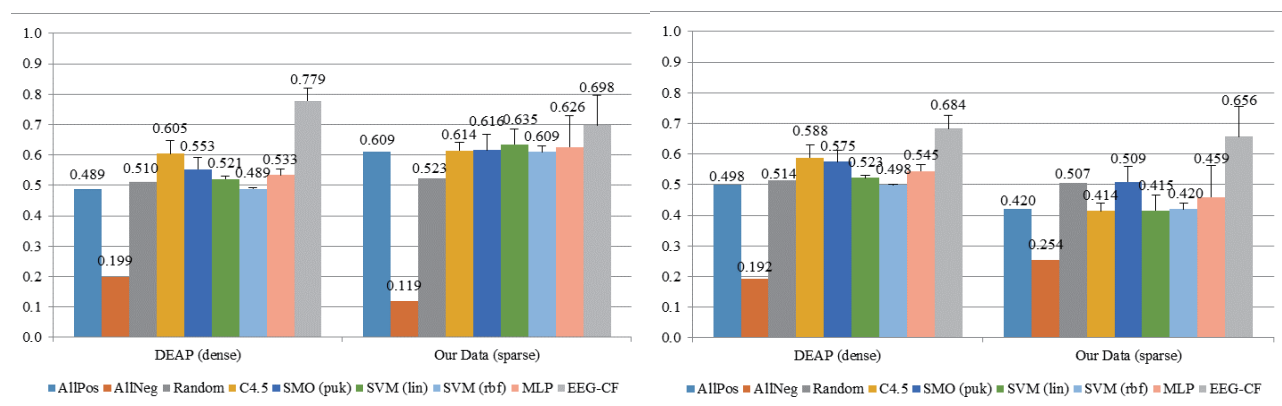


図 1. 提案法(EEG-CF, 一番右の棒グラフ)と従来法との比較. 左のグラフは valence, 右のグラフは arousal における推定結果(F1)を示している。

ナノデバイス評価・診断分野

客員准教授 Stanislav JURECKA (平成 26 年 9 月 1 日～平成 26 年 10 月 3 日)

a) 概要

小林研究室でシリコン表面にシリコンナノクリスタル層を形成し、シリコン表面を極低反射率化する化学的転写法を開発した。しかし、シリコンナノクリスタル層の構造と反射率の関係は明らかでないので、そのシリコンナノクリスタル層の構造を、顕微鏡法等を用いて解析することが重要である。さらに、シリコンナノクリスタル層のパッシベーション法として、硝酸酸化法、シアン化法、水素処理法、熱酸化法及びこれらの組み合わせを検討し、その表面構造・表面状態と少数キャリアーライフタイムの関係を見出す。シリコンナノクリスタル層の表面構造を制御することによって、極低反射率を達成してシリコン太陽電池の光電流密度を最大限に増加させる。また、表面欠陥制御によって、シリコン太陽電池の光起電力を増加させる。

b) 成果

化学的転写法を用いて、シリコン表面にシリコンナノクリスタル層を形成して、極低反射表面を作製した。また、化学的転写処理時間を変化させ、その表面状態を走査型電子顕微鏡や原子間力顕微鏡により観察した。また、フラクタル解析により、シリコンナノクリスタル層の構造と反射率の関係を解析中である。さらに、硝酸酸化法、シアン化法、水素処理法、熱酸化法及びこれらの組み合わせにより、シリコンナノクリスタル層のパッシベーション法を用いたシリコン基板の少数キャリアーライフタイムを測定し、また、この基板を用いてシリコン太陽電池も作製した。これらの特性の比較を行い、最適なパッシベーション条件を探索している。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

Harald Gröger (平成 26 年 10 月 7 日～平成 26 年 11 月 27 日)

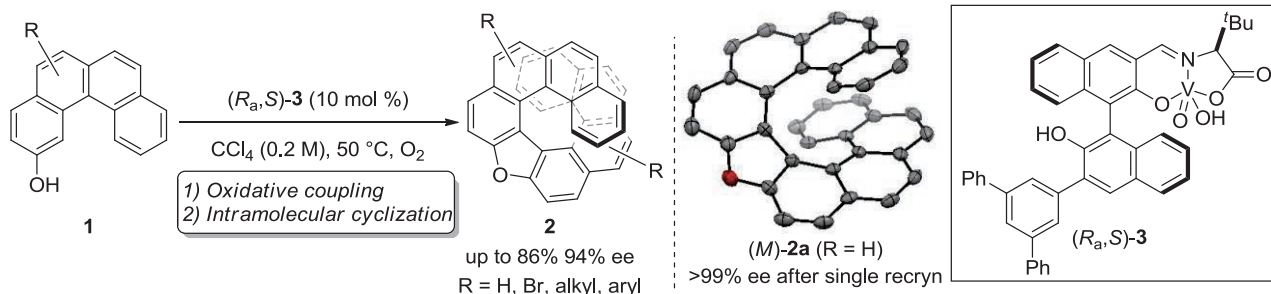
a) 概要

ヘリセンは複数の芳香環がオルト位で縮環した非平面性らせん状化合物であり、右巻き(*P*)と左巻き(*M*)のヘリシティーに起因する鏡像異性体が存在する。光学活性なヘリセンは、効果的な不斉源として不斉配位子や有機分子触媒などへの応用や、その独特な光学的、電子的性質から機能性化合物への利用が期待されている。これまでにキラルな遷移金属触媒を用いる環化付加反応による、ヘリセン型分子の触媒的不斉合成が数例報告されているものの、その合成には高希釈条件が必要であり、反応基質の合成が多段階である等の問題がある。芳香族複素環を含むヘリセン型分子の合成は特に困難であり、ヘリセン骨格内にフラン環を有するオキサヘリセンの触媒的不斉合成は未開拓な領域となっている。

b) 成果

・バナジウム触媒を用いるエナンチオ選択的ドミノ反応によるオキサ[9]ヘリセンの合成

今回、単核のキラルバナジウム触媒(*R_a,S*)-**3** を多環式フェノールである 2-ヒドロキシベンゾ[*c*]フェナントレン誘導体 **1** に用いると、バナジウム錯体のレドックス/酸触媒作用により酸化的カップリングと分子内脱水環化の連続反応が進行して、オキサ[9]ヘリセン類 **2** が高収率かつ高エナンチオ選択的に合成できるとことを見出した。本触媒反応で得られる光学活性ヘリセン(**2a**: *R* = *H*)は一度の再結晶操作により光学的に純粋なヘリセン **2a** へと導くことができた。**2a** の X 線単結晶構造解析により、本反応は左巻き(*M*)のヘリセンを選択的に与えることが判明した。



ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

Emil PINCIK (平成 26 年 12 月 1 日～平成 27 年 1 月 30 日)

a) 概要

小林研究室でシリコン太陽電池の高効率化の新規手法として、①化学的転写法、②硝酸酸化法、③欠陥消滅型半導体洗浄法を用いてシリコンの表面・界面を制御する方法を開発してきた。その物性を検討するために、分光学的手法及び電気的手法を用いて測定する。特に、化学的転写法を用いて形成する極低反射率シリコン表面の微視的な物性と太陽電池特性との関係を解明する。化学的転写法で形成されるシリコンナノクリスタル層の物性を解明し、極低反射率の機構を見出すことも重要な課題である。高い少数キャリアーライフタイムと共に、この構造を太陽電池に利用した場合に高い光起電力を得るシリコンナノクリスタル層のパッシベーション法を見出す。パッシベーション法として、硝酸酸化法、欠陥消滅型半導体洗浄法、熱酸化法、水素処理を検討する。パッシベーション処理後の表面・界面物性を種々の分光法を用いて解析する。

b) 成果

化学的転写法を用いて形成する極低反射率シリコン表面の微視的な反射率を測定し、極低反射率の機構や太陽電池特性との関係を解析中である。シリコンナノクリスタル層のパッシベーション法として、硝酸酸化法、欠陥消滅型半導体洗浄法、熱酸化法及び水素処理を、処理時間や組合せを変えて行い、これらの基板を用いて少数キャリアーライフタイム、太陽電池特性を評価した。また、パッシベーション処理後の表面・界面物性を種々の赤外吸収分光法を用いて解析し、さらに、深い準位過渡分光による評価を継続中である。これらの結果を基に、シリコンナノクリスタル層のパッシベーション法のメカニズム解明を進めている。

ナノデバイス評価・診断分野

外国人研究員 崔 正勸 (平成 27 年 2 月 2 日～平成 27 年 3 月 2 日)

a) 概要

最近、量子ビーム科学研究施設では、パルスラジオリシスと組み合わせた時間分解ラマン分光法が新たに開発された。そこで本研究では、この装置を使用して、パラ置換ビフェニル(Bp-X; X = -OH, -OCH₃, -CH₃, -H, -CONH₂, -COOH, および-CN)および それらのラジカルアニオン(Bp-X[•])の構造について検討した。Bp-X の環内 C1-C1'伸縮振動モード(ν_6)は $\sim 1285\text{ cm}^{-1}$ に観測され、一方、Bp-X[•]の ν_6 はパラ位の置換基 X の電子供与性、電子受容性に依存して高波数側に移動した。Bp-X と Bp-X[•]の ν_6 の差異から、Bp-X[•]の構造は X の電子親和力に依存し、Hammett の置換基定数 σ_p とよい関係を示すことがわかった。

b) 成果

Bp-X では 2 つのベンゼン環のオルト位の水素の立体反発のために 2 つのベンゼン環が完全に平面ではなく、ややねじれた構造を取ることが知られている。同様に、Bp-X[•]の構造についても様々な研究が行われてきた。本研究では、Bp-X と Bp-X[•]の構造を、それぞれ、通常のラマン分光法およびパルスラジオリシスと組み合わせた時間分解ラマン分光法によって検討した。特に、パラ位の置換基 X の電子供与性、電子受容性の構造に及ぼす効果を明らかにした。実験結果は、理論計算に基づいた Bp-X と Bp-X[•]の構造とよい相関を示した。Bp-X[•]の構造は X の電子親和力に依存し、一方、Bp-X はねじれ構造を有し X に依存しない。Bp-X および Bp-X[•]の環内 C1-C1'伸縮振動モード(ν_6)の差異は Hammett の置換基定数 σ_p と相関を示し、電子供与性および電子受容性のどちらにおいても、2 つのベンゼン環がねじれ構造となることが示唆された。一方、Bp-H[•]の 2 つのベンゼン環は平面構造である。Bp-X[•]のねじれ構造は不対電子および負電荷が片方のベンゼン環に局在化しているためである。さらに、X が電子供与性の Bp-X[•]の場合、不対電子および負電荷は X が置換していない側のベンゼン環に局在化し、逆に、X が電子受容性の Bp-X[•]の場合、不対電子および負電荷は X が置換した側のベンゼン環に局在化することが示唆された。

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検討した。

b) 成果

種々の調査の結果、ナノテクノロジーを使用して新しいセンシングデバイスを開発する動きがあることが分かった。たとえば、当ナノテクノロジー研究センターでは、ナノ・ポアを用いて 1 分子計測や分子 DNA・RNA シークエンシング研究、ナノプロセスによる電子デバイス研究、量子ビームによる電子顕微鏡研究、ナノスケール素子によるエネルギー変換研究などが行われている。検討の結果、これらの研究から将来創出されるであろう新しいセンサーの出力信号は、ナノスケールのセンシング過程であるが故に多くのノイズを含むであろうことが明らかとなった。そのような出力信号を適切に処理して高精度のセンシング結果を得るためには、統計的モデルに基づく機械学習手法の適用が有効であることを確認した。

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授

Daniel Arenas (平成 26 年 5 月 1 日～平成 26 年 7 月 1 日)

a) 概要

金属カチオンを中心とした酸素八面体から構成されるシレナイト ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 、 $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$) は、数多くの非線形光学特性を持つため研究が進められてきている。最近、 $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ 、 $\text{Bi}_{25}\text{InO}_{39}$ といった新しいシレナイトが光触媒特性を持つため注目を集めている。しかしながら、構造や組成が未解明なため物性の原因を突き止めることが困難であった。ラマン測定を用いた研究から、4 価の $\text{Bi}_{12}\text{Si}^{+4}\text{O}_{20}$ や $\text{Bi}_{12}\text{Ge}^{+4}\text{O}_{20}$ と比べて、3 価の $\text{Bi}_{25}\text{Fe}^{+3}\text{O}_{39}$ と $\text{Bi}_{25}\text{In}^{+3}\text{O}_{39}$ は、Bi-O 骨格に多くの不均一な disorder を持つことが報告されており、実際に電子線回折測定において disorder を示すストリークが観測されている。本研究では、マルチスライス法を用いて電子線回折像を計算し、さらに追加データを取得することで disorder 由来のストリークを解析した。

b) 成果

三つのシレナイトの電子線回折パターンを取得したところ、 $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ と $\text{Bi}_{25}\text{InO}_{39}$ では平均構造からの偏差由来のストリークが観測されたが、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ では観測されなかった。マルチスライス計算 (MacTempas software) によると、このストリークは酸素欠損の短距離秩序化によるものと推定された。酸素欠損は触媒過程において重要な役割を担うため、この結果は非常に重要である。従来のラマン測定による研究と併せて考えることで、合成や特性評価において重要な知見が得られる。

本研究の成果は、AIP Advances 誌に「Electron diffraction study of the sillenites $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ and $\text{Bi}_{25}\text{InO}_{39}$: Evidence of short-range ordering of oxygen-vacancies in the trivalent sillenites」というタイトルで発表した。本論文では、客員教授を責任著者としており、竹田教授らを共著者としている。また、本サポートにより、関連する研究を Physical Review B 誌に「First-principles study of the phonon modes in bismuth sillenites」発表できたことに感謝申し上げます。

在学していた 8 週間の間、週に一回、竹田研究室の大学院生に対して、個人の研究についての英語での 10 分間のプレゼンテーションの指導を行った。最終週には研究室内で英語発表を行い、素晴らしい英語プレゼンテーション技術を身につけさせることができた。今後も竹田教授ならびに吉田准教授と共同研究を進めていきたいと考えている。

業績

ナノ機能材料デバイス研究分野

原著論文

[1]Electrical oscillation in Pt/VO₂ bilayer strips, Ying Wang, Jianwei Chai, Shijie Wang, Long Qi, Yumeng Yang, Yanjun Xu, Hidekazu Tanaka and Yihong Wu J. Appl. Phys. 117 (2015) 064502.: J. Appl. Phys., 117 (6) (2015) 064502 (1-7) .

[2]Estimation of dc transport dynamics in strongly correlated (La,Pr,Ca)MnO₃ film using an

insulator-metal composite model for terahertz conductivity, T. V. A. Nguyen, A. N. Hattori, M. Nagai, T. Nakamura, K. Fujiwara, M. Ashida, and H. Tanaka: Appl. Phys. Lett., 105 (2) (2014) 023502 (1-5) .

[3]Noise-driven signal transmission device using molecular dynamics of organic polymers, N. Asakawa, K. Umemura, S. Fujise, K. Yazawa, T. Shimizu, M. Tansho, T. Kanki and H. Tanaka: J. Nanophotonics, 8 (2) (2014) 083077(1-15).

[4]Formation mechanism of a microscale domain and effect on transport properties in strained VO₂ thin films on TiO₂(001), K. Kawatani, T. Kanki and H. Tanaka: Phys. Rev. B, 90 (5) (2014) 054203(1-5).

[5]Dual field effects in electrolyte-gated spinel ferrite: electrostatic carrier doping and redox reactions, T. Ichimura, K. Fujiwara and H. Tanaka: Sci. Rep., 4 (2014) 5818-1-5.

[6]Artificial three Dimensional Oxide Nanostructures for High Performance Correlated Oxide Nanoelectronics, H. Tanaka, H. Takami, T. Kanki, A. N. Hattori, and K. Fujiwara: Jpn. J. Appl. Phys., 53 (5S1) (2014) (p1-5) .

[7]Local atomic configuration of graphene, buffer layer, and precursor layer on SiC(0001) by photoelectron diffraction, H. Matsui, F. Matsui, N. Maejima, T. Matsushita, T. Okamoto, A. N. Hattori, Y. Sano, K. Yamauchi, H. Daimon: Surf. Sci., 632 (2014) 98-102.

国際会議

[1]Nonvolatile Transport Properties Induced by a Field Effect Accompanying Redox Processes in Ferrite Thin Films (invited), H.Tanaka, Kohei Fujiwara: Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR2014) .

[2]Nano-confinement effect in the extremely small 3D oxide nanostructures (invited), H.Tanaka: The 15th IUMRS-ICA (International Union of Materials Research Societies, International Conference in Asia).

[3]Functional oxide nanoelectronics and spintronics using Vanadate and Ferrite (oral), H.Tanaka: Academic Visit.

[4]Temperature and voltage induced multistep metal insulator transition in artificial VO₂ nanowires on Al₂O₃ (0001) substrates (oral), H.Tanaka, H.Takami, T. Kanki: 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit.

[5]Nanoimprint based directed self-assembly for production of heterostructured functional oxide nano dot arrays. (poster), K.Okada, T.Sakamoto, H.Tanaka: 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit.

[6]Focus Session: Magnetic Oxide Thin Films and Heterostructures: Electric Field and Magnetoelectric Effects (invited), H.Tanaka: American Physical Society .

[7]Reversible and Memristive Modulation of Transport Property in VO₂ Nano-Wires by an Electric Field via Air Nano-Gap (invited), T. Kanki: The 15th IUMRS-ICA (International Union of Materials Research Societies, International Conference in Asia).

[8]Low Power Operation of Metal-Insulator Transition in Oxide Nano-Structures (oral), T. Kanki and H. Tanaka: The 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program.

[9]Memristive Metal-Insulator Switch in Correlated Electron Oxide Nanowires Using Electric Field-Induced Redox Reaction (invited), T. Kanki: 4th international conference Nanotek & Expo.

[10]Reversible Control of Metal-Insulator Transition by the Local Peltier Effect in VO₂ Nanowires (poster), T. Kanki, H.Takami, H.Tanaka: 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit.

- [11]Tunable Electrochemical Doping into VO₂ Nanowires Using Planer-Type Field Effect Transistor (poster), T. Kanki, T. Sasaki, H. Tanaka: 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit.
- [12]Designing Transport Characteristics by Manipulating Metal-Insulator Domains through Oxide Nanostructures (invited), T. Kanki, H. Tanaka: The 18th SANKEN International Symposium & The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium.
- [13]Fabrication of the programmable three-dimensional nanostructures of functional metal oxides (poster), A. N. Hattori and H. Tanaka: European Conference on Surface Science (ECOSS30).
- [14]Fabrication of three-dimensional epitaxial spinel ferrite nanowall wire structures by 3D-nanotemplate PLD technique (poster), A. N. Hattori, Y. Fujiwara, K. Fujiwara, and H. Tanaka: The 13th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology.
- [15]Fabrication of Si nanoguide structures with a few tens of nm pitch using ultraviolet nanoimprint lithography (oral), A. N. Hattori, S. Ito, R. Okubo, M. Nakagawa, and H. Tanaka: The 7th International Symposium on Surface Science (ISSS-7).
- [16]Identification of giant phase transition of single electric domain in (La,Pr,Ca)MnO₃ epitaxial nanowall wire (poster), A. N. Hattori, Y. Fujiwara, T. V. A. Nguyen, K. Fujiwara, and H. Tanaka: The 7th International Symposium on Surface Science (ISSS-7).
- [17]Control of transition properties in nanoscale phase-separated(La,Pr,Ca)MnO₃ film by electric double layer gating (poster), A. N. Hattori, T. Nakamura, T. V. A. Nguyen, K. Fujiwara, H. Tanaka: 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit.
- [18]Gate-induced nonvolatile changes in the transport properties of spinel ferrite thin films (oral), K. Fujiwara and H. Tanaka: International Union of Materials Research Society–International Conference in Asia 2014.
- [19]Growth of Complex Nanostructures of Metal Oxides Using a Shadow Effect (invited), K. Fujiwara, K. Okada, A. N. Hattori, and H. Tanaka: International Union of Materials Research Society–International Conference on Electronic Materials 2014.
- [20]Electric-Field Devices Based on Ferrite Compounds (poster), K. Fujiwara and H. Tanaka: International Union of Materials Research Society–International Conference on Electronic Materials 2014.
- [21]Field-Effect Carrier Doping in KTaO₃ via Organic Parylene-C Insulator (poster), T. T. Wei, K. Fujiwara, and H. Tanaka: The 18th SANKEN International Symposium.
- [22]Electric-Field Control of the Charge-Ordered Phase in YbFe₂O₄ Thin Films (poster), T. Hori, K. Fujiwara, and H. Tanaka: The 18th SANKEN International Symposium.
- [23]Fabrication of Fe₃O₄ Thin Film-Based Resistors for Power Electronics (poster), S. Tsubota, K. Fujiwara, and H. Tanaka: The 18th SANKEN International Symposium.
- [24]Characterization of Fe₃O₄ Thin Films as High-Temperature Resistive Materials (poster), S. Tsubota, K. Fujiwara, and H. Tanaka: 1st E-MRS/MRS-J Bilateral Symposia.

解説、総説

酸化物ナノ構造で電子スピンを操る, 田中 秀和, 生産と技術, 社団法人 生産技術振興協会, 66[4] (2014), 33-37.

単一電子相集団の相転移を利用した酸化ナノエレクトロニクス, 神吉 輝夫、田中 秀和, 生産と技術, 社団法人 生産技術振興協会, 66[3] (2014), 110-114.

著書

[1]Thin Films and Epitaxy:Basic Techniques (Thomas F. Kuech)“Handbook of Crystal Growth”, 田中 秀和, ELSEVIER, 3 2015.

特許

[1]「国内成立特許」電流ースピン流変換素子, 特許第 5590488

[2]「国内成立特許」SiC 基板へのグラフェン成膜方法, 特許第 5644175

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

藤原 宏平 International Union of Materials Research Societies - International Conference in Electronic Materials (運営委員)

国内学会

応用物理学会	3 件
日本 MRS	1 件
第 2 回若手アライアンス研究交流会	2 件
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム平成 26 年度セミナー成膜プロセス技術実践セミナー	1 件
平成 26 年度東北大通研/阪大産研研究交流会	1 件

科学研究費補助金

		単位：千円
基盤研究(A)	強相関酸化ナノ 3D ナノ構造スケール物性解明と電子相変化デバイス応用	15,730
田中 秀和		
挑戦的萌芽研究	機能性酸化ナノ電気機械素子の作製と環境適応型超高感度センサ応用	2,340
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	7,410
神吉 輝夫		
若手研究(B)	3d 遷移金属酸化ナノ超構造化技術構築と巨大磁気応答性評価	1,690
服部 梓		
若手研究(B)	鉄系酸化ナノの室温電子固体状態における電子相変化機能の実証	1,040
藤原 宏平		
受託研究		
神吉 輝夫	株式会社アクセル 公立 コンピュータ画面上に仮想 LED をゆ	325
	大学法人兵庫県立大学 らがせて表示するシステムの試作	

奨学寄附金

服部 梓	株式会社資生堂 研究推進部 部長 小又昭彦	1,000
藤原 宏平	公益財団法人池谷科学技術振興財団 理事長 池谷正成	1,000
藤原 宏平	公益財団法人熊谷科学技術振興財団 理事長 熊谷太郎	1,000

共同研究

田中 秀和	株式会社村田製作所	酸化ナノ三次元ナノヘテロ構造形成と応用に関する研究	1,670
田中 秀和	独立行政法人物質・材料研究機構	硬 X 線光電子分光による強相関酸化ナノ物機能性ナノ材料の研究	0

その他の競争的研究資金

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 (文部科学省の再委託)	分子・物質合成プラットフォーム実施機関	32,800
-------	---------------------------------------	---------------------	--------

ナノ極限ファブリケーション分野

原著論文

[1]Twin-peaks absorption spectra of excess electron in ionic liquids, R. M. Musat, T. Kondoh, Y. Yoshida, Kenji Takahashi: , 100 (2014) 32-37.

[2]Measurement of < 20 fs bunch length using coherent transition radiation, I. Nozawa, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, H. Kobayashi, H. Shibata, S. Gonda, and Y. Yoshida: , 17 (2014) 072803.

国際会議

[1]Femtosecond time-resolved electron diffraction and microscopy (invited), J. Yang: Advanced Lasers and Their Applications (ALTA) 2014.

[2]Possibility of Attosecond Pulse Radiolysis (invited), Y. Yoshida: the 6th Asian Forum for Accelerators and Detectors (AFAD2015).

[3]RF gun based Ultrafast Electron Microscopy (invited), J. Yang: the 6th Asian Forum for Accelerators and Detectors (AFAD2015).

[4]Pulse radiolysis using terahertz pulse (oral), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, I. Nozawa, T. Toigawa, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida: Advanced Lasers and Their Applications (ALTA) 2014.

[5]Pulse radiolysis using terahertz probe pulses (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, I. Nozawa, T. Toigawa, K. Norizawa, Y. Yoshida: the 5th International Particle Accelerator Conference (IPAC'14).

[6]Simulation study on electron beam acceleration using coherent Cherenkov radiation (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, I. Nozawa, T. Toigawa, K. Norizawa, Y. Yoshida, M. Hangyo, R. Kuroda, H. Toyokawa: the 5th International Particle Accelerator Conference (IPAC'14).

[7]Femtosecond time-resolved transmission electron microscopy using RF gun (poster), J. Yang, M. Gohdo, K. Kan, T. Kondoh, K. Tanimura, Y. Yoshida, J. Urakawa: the 5th International Particle Accelerator Conference (IPAC'14).

[8]Generation and diagnosis of ultrashort electron bunches from a photocathode RF gun linac (poster), I. Nozawa, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Norizawa, Y. Yoshida, H. Kobayashi,: the 5th International Particle Accelerator Conference (IPAC'14).

[9]Possibility of Attosecond Pulse Radiolysis (oral), Y. Yoshida: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.

[10]Development and Perspective of the Atto-second Pulse Radiolysis (oral), M. Gohdo, K. Kan, T. Kondoh, J. Yang, Y. Yoshida: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.

[11]Femtosecond Pulse Radiolysis Study on Spectrum and Reactivity of Solvated/Pre-solvated Electrons in n-alcohols (oral), T. Toigawa, K. Norizawa, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, Y. Yoshida: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.

- [12]Formation of Dimer Radical Cation of Poly- α -methylstyrene by Direct Ionization in Solution (oral), T. Igahara, M. Gohdo, T. Kondoh, S. Tagawa, J. Yang, K. Kan, A. Ogata, Y. Yoshida: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.
- [13]Time Dependent Behaviors of Electron in n-dodecane Studied by the Femtosecond Pulse Radiolysis (oral), T. Kondoh, S. Nishii, K. Norizawa, K. Kan, J. Yang, M. Gohdo, S. Tagawa, Y. Yoshida,: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.
- [14]Femtosecond Pulse Radiolysis Study of the Radiation Decomposition Process of n-dodecane (oral), S. Nishii, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.
- [15]Formation Process Study of Hydrated Electron in Water by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), S. Yamaso, T. Toigawa, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, Y. Yoshida: The 5th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry, The 57th Annual Meeting of The Japanese Society of Radiation Chemistry.
- [16]Radiation-Induced Decomposition Process of N-Dodecane Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (oral), Y. Yoshida: The 11th meeting of the ionizing radiation and polymers symposium (IRaP 2014).
- [17]Initial Ionization G-Value of N-Dodecan Studies by a Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), T. Kondoh, S. Nishii, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, K. Norizawa, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 11th meeting of the ionizing radiation and polymers symposium (IRaP 2014).
- [18]Formation of Dimer Radical Cation of Poly- α -Methylstyrene by Direct Ionization in Solution (poster), T. Igahara, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 11th meeting of the ionizing radiation and polymers symposium (IRaP 2014).
- [19]Generation and Bunch Length Measurement of Femtosecond and Attosecond Electron Bunches (poster), I. Nozawa, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, M. Gohdo, Y. Yoshida: The 18th SANKEN International Symposium, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology.
- [20]Measurement of Electron Beam Using a Photoconductive Antenna (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, M. Gohdo, T. Kondoh, S. Sakakihara, I. Nozawa, K. Norizawa, Y. Yoshida: The 18th SANKEN International Symposium, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology.
- [21]Radiation induced initial process and decomposition process of n-dodecane as a model compound of polymer-resists using a femtosecond pulse radiolysis (poster), T. Kondoh, S. Nishii, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, K. Norizawa, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 18th SANKEN International Symposium, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology.
- [22]Design and demonstrations of RF gun based Ultrafast Electron Microscopy (poster), J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, M. Gohdo, Y. Yoshida: The 18th SANKEN International Symposium, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, 10th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology.
- [23]UV Femtosecond Pulse Radiolysis Study of the Formation Process of Alkyl Radicals in n-Dodecane (poster), S. Nishii, T. Kondoh, M. Gohdo, K. Kan, J. Yang, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 18th SANKEN International Symposium, The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, 10th Handai Nanoscience

and Nanotechnology International Symposium, 2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology.

[24]Development and perspective of the atto-second pulse radiolysis (poster), Masao Gohdo, Koichi Kan, Takafumi Kondoh, Jinfeng Yang, Yoichi Yoshida: The 29th Miller Conference.

[25]Pulse radiolysis study of polystyrene dimer phenyl cation radical in THF (poster), Masao Gohdo, Takafumi Kondoh, Koichi Kan, Jinfeng Yang, Hiromi Shibata, Seiichi Tagawa, Yoichi Yoshida: The 29th Miller Conference.

[26]Accelerator based femtosecond time-resolved electron microscopy (invited), J. Yang: OPIC & PHOTONICS International Congress 2014.

[27]Development of femtosecond time-resolved relativistic-energy electron microscopy (poster), J. Yang, K. Tanimura, Y. Yoshida, J. Urakawa: 18th International Microscopy Congress.

解説、総説

フォトカソード高周波電子銃ライナックからの超短パルス電子ビームを用いたテラヘルツ波発生, 菅晃一、楊金峰、小方厚、近藤孝文、神戸正雄、柴田裕実、吉田陽一, IEEJ transactions on electronics, information and systems, 電気学会, 134 (2014), 502-509.

フェムト秒時間分解電子顕微鏡の研究, 楊金峰、吉田陽一、柴田裕実, IEEJ transactions on electronics, information and systems, 電気学会, 134 (2014), 515-520.

フェムト秒パルスラジオリシス, 近藤孝文、楊金峰、菅晃一、神戸正雄、柴田裕実、吉田陽一, IEEJ transactions on electronics, information and systems, 電気学会, 134 (2014), 664-669.

相対論的超短電子パルスによる超高速固体構造動力学的研究, 成瀬延康、Yvelin Giret、楊金峰、谷村克己, レーザー研究, 日本レーザー学会, 43 (2015), 144-148.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

吉田 陽一 The 15th International Congress of Radiation Research (ICRR 2015) (科学委員会)

国内学会

放射線プロセスシンポジウム	2 件
アイソトープ・放射線研究発表会	2 件
日本加速器学会年会	8 件
日本原子力学会	7 件
高崎量子応用研究シンポジウム	1 件
光化学討論会	1 件
高輝度・高周波電子銃研究会	2 件

取得学位

修士 (工学)	フェムト秒パルスラジオリシスを用いたレジスト高分子材料の放射線化学初期過程に関する研究
井河原大樹	
修士 (工学)	フェムト秒・アト秒超短パルス電子ビーム発生・計測の研究
野澤一太	
修士 (工学)	超高速電子顕微鏡用高繰返しフォトカソード RF 電子銃の開発
李亮	

科学研究費補助金

基盤研究(A)	アト秒パルスラジオリシスの構築	単位：千円 21,060
吉田 陽一		
基盤研究(A)	フェムト秒時間分解電子顕微鏡に関する研究	14,300

楊 金峰			
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		2,080
菅 晃一			
若手研究(B)	空間時間分解シングルショットパルスラジオリシスの開発		2,080
神戸 正雄			
奨学寄附金			
吉田 陽一	日信国際株式会社 代表取締役社長 森田慶祥		1,000
菅晃一	(財) 東電記念財団		200
共同研究			
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	4,320
吉田 陽一	日信国際株式会社	極短電子パルスを利用した集団イオン化現象の応用展開の可能性探求	416
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

ナノ構造・機能評価研究分野

原著論文

[1]Elucidation of the Origin of Grown-in Defects in Carbon Nanotubes, Hideto Yoshida, Seiji Takeda: Carbon, 70 (2014) 266-272.

[2]A Flux Induced Crystal Phase Transition in the Vapor-Liquid-Solid Growth of Indium-Tin Oxide Nanowires, Gang Meng, Takeshi Yanagida, Hideto Yoshida, Kazuki Nagashima, Masaki Kanai, Fuwei Zhuge, Yong He, Annap Klamchuen, Sakon Rahong, Xiaodong Fang, Seiji Takeda, Tomoji Kawai: Nanoscale, 6 (12) (2014) 7033-7038.

[3]Electron diffraction study of the sillenites $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ and $\text{Bi}_{25}\text{InO}_{39}$: Evidence of short-range ordering of oxygen-vacancies in the trivalent sillenites, Craig A. Scurti, Nicolas Auvray, Michael W. Lufaso, Seiji Takeda, Hideo Kohno, D. J. Arenas: AIP Adv., 4 (8) (2014) 087125-1--087125-10.

[4]Structurally Inhomogeneous Nanoparticulate Catalysts in Cobalt-catalyzed Carbon Nanotube Growth, Yusuke Kohigashi, Hideto Yoshida, Yoshikazu Homma, Seiji Takeda: Appl. Phys. Lett., 105 (7) (2014) 073108-1--073108-4.

[5]In situ Transmission Electron Microscopy of Individual Carbon Nanotetrahedron/nanoribbon Structures in Joule Heating, Yusuke Masuda, Hideto Yoshida, Seiji Takeda, Hideo Kohno: Appl. Phys. Lett., 105 (8) (2014) 083107-1--083107-5.

[6]Oxidation and Reduction Processes of Platinum Nanoparticles Observed at the Atomic Scale by Environmental Transmission Electron Microscopy, Hideto Yoshida, Hiroki Omote, Seiji Takeda: Nanoscale, 6 (21) (2014) 13113-13118.

国際会議

[1]Surface and interface structures in metal nanoparticulate catalysts in reaction environments (invited), S. Takeda: TAILOR 2014 Workshop "Tailored Surfaces in Operando Conditions: Structure and Reactivity" Les Oliviers, Saint Paul de Vence, France, April 8-11, 2014.

[2]Structures of the gold nanoparticulate catalysts in reaction environments (invited), S. Takeda: TMU International Kick Off Workshop for the Research Center for Gold Chemistry, International House, Tokyo

Metropolitan University, Tokyo, Japan, May 14–15, 2014.

[3]Effect of Pretreatment on CO Oxidation over Palladium Catalysts Supported on Zr-rich Ceria Zirconia (poster), N. Kamiuchi, M. Haneda, M. Ozawa: The 7th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT7).

[4]Catalytically active atomic-structures in metal nanoparticulate catalysts studied by quantitative environmental TEM (invited), S.Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi: 248th ACS National Meeting & Exposition, San Francisco, USA, August 10-14, 2014.

[5]Quantitative Environmental TEM in Gold Nanoparticulate Catalysts (invited), S. Takeda: The 3rd International Symposium on Advanced Electron Microscopy for Catalysis, Seon Monastery, Germany, September 3-6, 2014.

[6]Catalytically active structures in Au nanoparticulate catalysts studied by quantitative environmental TEM (oral), Y. Kuwauchi, H. Yoshida, S. Takeda: 18th International Microscopy Congress, Prague, Czech Republic, September 7-12, 2014.

[7]Phase Control in Transition-Metal Oxide Films through Interfacial Octahedral Connections (poster), R. Aso, D. Kan, Y. Shimakawa, H. Kurata: 18th International Microscopy Congress, Prague, Czech Republic, September 7-12, 2014.

[8]In-Situ Environmental TEM Observation of the Formation of Defects in Growing Carbon Nanotubes (poster), H. Yoshida, S. Takeda: 18th International Microscopy Congress, Prague, Czech Republic, September 7-12, 2014.

[9]Formation Mechanism of Grown-in Defects in Carbon Nanotubes (poster), H. Yoshida, S. Takeda: The 18th SANKEN International Symposium / The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, The Congrès Convention Center, Osaka, Japan, December 10-11, 2014.

[10]In-situ TEM observation of an all-solid-state lithium-ion secondary battery (poster), K. Soma, H. Yoshida, G. Kobayashi, S. Takeda: The 18th SANKEN International Symposium / The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, The Congrès Convention Center, Osaka, Japan, December 10-11, 2014.

[11]Oxidation and Reduction Processes of Platinum Nanoparticles observed by Atomic-Scale Environmental Transmission Electron Microscopy (poster), H. Yoshida, H. Omote, S. Takeda: The 18th SANKEN International Symposium / The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium, The Congrès Convention Center, Osaka, Japan, December 10-11, 2014.

国内学会

日本顕微鏡学会第 70 回学術講演会	3 件
附置研究所間アライアンスによるナノとマイクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト 平成 25 年度成果報告会	1 件
第 75 回応用物理学会秋季学術講演会	3 件
日本顕微鏡学会 次世代顕微サイエンス若手研究部会創設記念国際シンポジウム	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
2014 年度 超高分解能顕微鏡法分科会	1 件

取得学位

修士 (工学)	ガス雰囲気下における金ナノギャップ電極間の構造と電気伝導特性
小川 洋平	
修士 (工学)	Pd ナノギャップ水素センサ構造の作製と動作中その場観察
玉岡 武泰	

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	6,500
竹田 精治		
若手研究(B)	担持金属触媒における触媒活性の発現および劣化機構の環境制御 TEM による解明	2,600
神内 直人		
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
共同研究		
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

原著論文

- [1]Quasi-One-Dimensional Nature of the Rashba States of Au Wires on Si(557) Surface, T. Oguchi: J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom., 201 (2015) 18-22.
- [2]One-dimensional edge states with giant spin splitting in a bismuth thin film, A. Takayama, T. Sato, S. Souma, T. Oguchi, and T. Takahashi: Phys. Rev. Lett., 114 (2015) 066402/1-5.
- [3]Topological proximity effect in a topological insulator hybrid, T. Shoman, A. Takayama, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, T. Oguchi, K. Segawa, and Y. Ando: Nature Commun., 6 (2015) 6547/1-6.
- [4]Signature of high T_c around 25K in higher quality heavily boron-doped diamond, H. Okazaki, T. Wakita, T. Muro, T. Nakamura, Y. Muraoka, T. Yokoya, S. Kurihara, H. Kawarada, T. Oguchi, and Y. Takano: Appl. Phys. Lett., 106 (2015) 052691/1-4.
- [5]Theoretical study of the structure of boron carbide $B_{12}C_2$, K. Shirai, K. Sakuma, and N. Uemura: Phys. Rev. B, 90 (2014) 064109/1-10.
- [6]Origin of the band dispersion in a metal phthalocyanine crystal, S. Yanagisawa, K. Yamauchi, T. Inaoka, T. Oguchi, I. Hamada: Phys. Rev. B, 90 (2014) 245141/1-6.
- [7]Ab-initio Prediction of Magnetoelectricity in Infinite-Layer $CaFeO_2$ and $MgFeO_2$, K. Yamauchi, T. Oguchi, S. Picozzi: J. Phys. Soc. Jpn., 83 (2014) 094712/1-6.
- [8]Giant spin-driven ferroelectric polarization in $TbMnO_3$ under high pressure, T. Aoyama, K. Yamauchi, A. Iyama, S. Picozzi, K. Shimizu, T. Kimura: Nature Commun., 5 (2014) 5927/1-7.
- [9]First-principles study on structural and electronic properties of α -S and Na-S crystals, H. Momida, T. Yamashita and T. Oguchi: J. Phys. Soc. Jpn., 83 (2014) 124713/1-8.
- [10]Ab initio study of electronic, magnetic, and spectroscopic properties in A- and B-site-ordered perovskite $CaCu_3Fe_2Sb_2O_{12}$, H. Fujii, M. Toyoda, H. Momida, M. Mizumaki, S. Kimura, and T. Oguchi: Physical Review B, 90 (1) (2014) 014430/1-8.
- [11]Symmetry-breaking 60° -spin order in the A-site-ordered perovskite $LaMn_3V_4O_{12}$, T. Saito, M. Toyoda, C. Ritter, S. Zhang, T. Oguchi, J. P. Attfield, and Y. Shimakawa: Physical Review B, 90 (21) (2014) 214405/1-6.
- [12]Ab Initio Study on Pressure-Induced Phase Transition in $LaCu_3Fe_4O_{12}$, K. Isoyama, M. Toyoda, K.

Yamauchi, and T. Oguchi: J. Phys. Soc. Jpn., 84 (2015) 034709/1-5.

国際会議

[1]Defect structure of boron carbides (invited), K. Shirai, K. Sakuma, and N. Uemura: Materials Science & Technology 2014 (MS&T14).

[2]Defect states of boron carbide $B_{13}C_2$ (invited), K. Shirai, K. Sakuma, and N. Uemura: The 18th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials.

[3]First Principles study on a new structure of α -tetragonal boron (poster), Naoki Uemura¹, Koun Shirai¹, Hagen Eckert², Jens Kunstmann: The 18th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials.

[4]First-principles calculation of single copper impurity in silicon (poster), T. Fujimura and K. Shirai: The 7th Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2014 (Hamamatsu).

[5]Effect of Dynamics on The Elastic Softening of Vacancy in Si (poster), Koun Shirai and Jun Ishisada: The 7th Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2014 (Hamamatsu).

[6]First-principles study of $Na_2C_6O_6$ as a sodium-ion battery cathode (poster), T. Yamashita, H. Momida and T. Oguchi: MRS 2014 Spring Meeting, San Francisco, USA, April 21-25, 2014.

[7]First-principles study of discharge reactions in Na/FeS₂ battery systems (poster), H. Momida and T. Oguchi: MRS 2014 Spring Meeting, San Francisco, USA, April 21-25, 2014.

[8]Theoretical investigation on the structural stability of $Na_2+xC_6O_6$ as a sodium-ion battery cathode (poster), T. Yamashita, H. Momida and T. Oguchi: The 17th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB2014), Como, Italy, June 10-14, 2014.

[9]Discharge reaction mechanism of FeS₂ cathodes in Na batteries: First-principles calculations (poster), H. Momida and T. Oguchi: The 17th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB2014), Como, Italy, June 10-14, 2014.

[10]First-principles study of piezoelectricity in AlN-based materials (invited), H. Momida: The 31st International Korea-Japan Seminar on Ceramics (KJ-Ceramics 31), Changwon, Korea, November 26-29, 2014.

[11]First-principles study of reaction mechanism in sodium batteries (oral), H. Momida: One-day Symposium of Computational Nano-Materials Design: New Strategic Materials, Osaka, Japan, January 26, 2015.

[12]A-site magnetic ordering in quadruple perovskite oxides (invited), M. Toyoda, K. Yamauchi, T. Oguchi: The 18th SANKEN International Symposium and the 13th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[13]A-site magnetic ordering in quadruple perovskite oxides (oral), M. Toyoda, K. Yamauchi, T. Oguchi: APS March Meeting 2015.

[14]Structural determination of a ternary compound (BN)₈C₂ by first-principles calculations (poster), Sho-hei Komori and Koun Shirai: The 18th SANKEN International Symposium, and The 13th SANKEN Nanotechnology Symposium.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

小口 多美夫 The 17th Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculation (国際

白井 光雲	組織委員) The 18th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials (ISBB-2014) (国際組織委員)
小口 多美夫	NPJ Computational Materials (編集委員)

国内学会

日本物理学会	9 件
応用物理学会	1 件
日本電気化学会	1 件

取得学位

修士 (理学)	第一原理計算による三元化合物 (BN) ₄ C の構造決定
小森 尚平	
修士 (工学)	第一原理計算を用いた ATiO ₃ (A = Ca, Ba) の歪みがもたらす熱電特性への影響
西條 泰紹	
博士 (理学)	Ab initio study on electronic states in ACu ₃ Fe ₄ O ₁₂ (A=Ca, Sr, La)
磯山 佳甫	

科学研究費補助金

若手研究(B)	遷移金属酸化物を用いたトポロジカル絶縁体のバンドエンジニアリング	単位：千円 1,560
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	14,950
共同研究		
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	1,068
その他の競争的研究資金		
小口多美夫	文部科学省 元素戦略研究拠点形成プログラム「触媒・電池材料元素戦略研究拠点」二次電池正極材料の固体電子論	4,600

ソフトナノマテリアル研究分野

原著論文

- [1]Electron-Donor Function of Methanofullerenes in Donor-Acceptor Bulk Heterojunction Systems, Y. Ie, M. Karakawa, S. Jinnai, H. Yoshida, A. Saeki, S. Seki, S. Yamamoto, H. Ohkita, Y. Aso: Chem. Commun, 50 (31) (2014) 4123-4125.
- [2]Solution-Processable n-Type Semiconducting Materials Containing a Carbonyl-Bridged Thiazole-Fused System, Y. Ie, C. Sato, M. Nitani, H. Tada, Y. Aso: Chem. Lett., 43 (10) (2014) 1640-1642.
- [3]Synthesis, Properties, and n-Type Transistor Characteristics of π -Conjugated Compounds Having a Carbonyl-Bridged Thiazole-Fused Polycyclic System, Y. Ie, C. Sato, M. Nitani, H. Tada, Y. Aso: J. Fluorine Chem., 174 (2015) 75-80.
- [4]Synthesis, Properties, and n-Type Transistor Characteristics of π -Conjugated Compounds Having a Carbonyl-Bridged Thiazole-Fused Polycyclic System, Y. Ie, C. Sato, M. Nitani, H. Tada, Y. Aso: Chem. Eur. J., 20 (50) (2014) 16509-16515.
- [5]Enhanced Photovoltaic Performance of Amorphous Copolymers Based on Dithienosilole and Dioxocycloalkene-annulated Thiophene, J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, M. Saito, I. Osaka, Y. Aso: Chem. Mater., 26 (24) (2014) 6971-6978.

[6]Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistors Based on 4,9-Dihydro-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiazole-4,9-dione Unit, Y. Ie, M. Ueta, M. Nitani, N. Tohnai, M. Miyata, H. Tada, Y. Aso: Chem. Mater., 27 (2) (2015) 648.

[7]A Series of π -Extended Thiadiazoles Fused with Electron-Donating Heteroaromatic Moieties: Synthesis, Properties, and Polymorphic Crystals, S.-i. Kato, T. Furuya, M. Nitani, N. Hasebe, Y. Ie, Y. Aso, T. Yoshihara, S. Tobita, Y. Nakamura: Chem. Eur. J., 21 (7) (2015) 3115-3118.

[8]N-phenyl[60]fulleropyrrolidines: Alternative Acceptor Materials to PC61BM for High Performance Organic Photovoltaic Cells, M. Karakawa, T. Nagai, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso: J. Mater. Chem. A, 2 (48) (2014) 20889-20895.

国際会議

[1]Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performance of Low-Bandgap Copolymers Based on Dithienosilole and Dioxocycloalkene-annulated Thiophene (oral), Y. Ie, J. Huang, M. Karakawa, Y. Aso: 2014 MRS Fall Meeting.

[2]Development of Organic Semiconducting Materials for Organic Photovoltaics (invited), Y. Ie, Y. Aso: The 18th SANKEN International the 13th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[3]Naphthalene bis(dicarboximide)- and Perylene bis(dicarboximide)-based Acceptors: Synthesis, Properties, and Solar Cell Performance (poster), S. Chatterjee, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: The 18th SANKEN International the 13th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[4]Novel Naphtho[2,3-c]thiophene-4,9-dione-Based Copolymers as p-Type Semiconductors for Bulk-Heterojunction Organic Photovoltaic Devices (oral), J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics.

[5]Fluorine Atoms Containing Fulleropyrrolidine Derivatives for Organic Solar Cells (poster), M. Karakawa, T. Nagai, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso: KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics.

[6]N-Phenyl-substituted Fulleropyrrolidine Derivatives for High Performance Organic Photovoltaics (oral), M. Karakawa, T. Nagai, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso: The 22nd International Conference for Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM2014).

[7]Photovoltaic Performances of Novel Donor-Acceptor Copolymers Based on Naphtho[2,3-c]thiophene-4,9-dione as Acceptor Units (poster), J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: The 22nd International Conference for Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM2014).

[8]Synthesis, Properties, and n-Type Performances of Electronegative π -Conjugated Systems Having Fluorine Substituents (invited), Y. Ie: International Conference on Fluorine Chemistry 2014 Tokyo.

[9]Fulleropyrrolidine Derivatives for Organic Photovoltaics: Influence of Introduced Fluorine Atoms on Device Performance (poster), T. Nagai, M. Karakawa, Y. Ie, K. Adachi, Y. Aso: International Conference on Fluorine Chemistry 2014 Tokyo.

[10]Synthesis, Properties, and n-Type Organic Photovoltaic Performances of Three-dimensional Electron-accepting Compounds Containing Perylene Bis(dicarboxyimide)s (oral), Y. Ie, T. Sakurai, S. Jinnai, M. Karakawa, Y. Aso: Grand Renewable Energy 2014.

[11]Development of New π -Conjugated Systems towards Organic Semiconducting Materials (invited), Y. Ie: 8th Singapore International Chemistry Conference (SICC-8).

[12]Novel Donor–Acceptor p-Type Copolymers Based on Dioxoring-Annelated [c]Thiophene Units for Bulk-Heterojunction Organic Photovoltaics (plenary), J. Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: International Symposium on Polymer Science and Technology (MACRO2015).

解説、総説

電子輸送型 π 共役化合物の開発と塗布型有機電界効果トランジスタへの応用, 家 裕隆、安蘇芳雄, 化学工業, 化学工業社, 65 (2014), 30-36.

著書

[1]有機薄膜太陽電池材料: フレロピロリジン誘導体の太陽電池応用 (松尾 豊)“フラーレン誘導体・内包技術の最前線”, 辛川 誠、安蘇芳雄, シーエムシー出版, (178–186) 2014.

国内学会

日本化学会	9 件
有機 π 電子シンポジウム	2 件
有機典型元素化学討論会	1 件
基礎有機化学討論会	3 件
応用物理学会	2 件
高分子討論会	1 件

取得学位

修士 (工学)	新規ピラジノジチアゾール誘導体の合成と物性、およびこれを含む π 共役コ
笹田 翔平	ポリマーの半導体特性
修士 (工学)	π 接合を指向した三脚型アンカー化合物の開発と金およびグラファイト電極
田代 彩	上単分子膜の特性評価

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開発		10,400
安蘇 芳雄			
新学術領域研究 (研究領域提案 型) 計画研究	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		10,140
家 裕隆			
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 電子系分子の創出		1,300
家 裕隆			
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		3,640
家 裕隆			
受託研究			
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	3,172
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	4,160
共同研究			
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
安蘇 芳雄	石原産業株式会社	有機半導体材料の作製とその評価に関 する研究	3,654
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	833
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	0

バイオナノテクノロジー研究分野

原著論文

- [1]Detection of post-translational modifications in single peptides using electron tunnelling currents, T. Ohshiro, M Tsutsui, K. Yokota, M. Furuhashi, M. Taniguchi, T. Kawai: Nature Nanotechnology, 9 (2014) 835-840.
- [2]Molecular Wiring Method Based on Polymerization or Copolymerization of an Insulated pi-Conjugated Monomer, J. Terao, K. Homma, Y. Konoshima, M. Taniguchi, M. Kiguchi, Y. Komoto, M. Horikawa, Y. Naito, T. Fujihara, Y. Tsuji: Bulletin of the Chemical Society of Japan, 87 (2014) 871-873.
- [3]Graphene/hexagonal boron nitride/graphene nanopore for electrical detection of single molecules, Y. He, M. Tsutsui, S. Ryuzaki, K. Yokota, M. Taniguchi and T. Kawai: NPG Asia Materials, 6 (2014) 1-9.
- [4]Discrimination of equi-sized nanoparticles by surface charge state using low-aspect-ratio pore sensors, A. Arima, M. Tsutsui, and M. Taniguchi: Applied Physics Letters, 104 (2014) 163112- 163115.
- [5]Fabrications of insulator-protected nanometer-sized electrode gaps, A. Arima, M. Tsutsui, T. Morikawa, K. Yokota and M. Taniguchi: Journal of Applied Physics, 115 (2014) 11431-11434.
- [6]Nonequilibrium Ionic Response of Biased Mechanically Controllable Break Junction (MCBJ) Electrodes, K. Doi, M. Tsutsui, T. Ohshiro, CC Chien, M. Zwolak, M. Taniguchi, T. Kawai, S. Kawano, and M. Di Ventra: The Journal of Physical Chemistry C, 118 (2014) 3758–3765.
- [7]Thermoelectric Voltage Measurements of Atomic and Molecular Wires Using Microheater-Embedded Mechanically-Controllable Break Junctions, T. Morikawa, A. Arima, M. Tsutsui and M. Taniguchi: Nanoscale, 6 (2014) 8235-8241.
- [8]Electrode-embedded nanopores for label-free single-molecule sequencing by electric currents, K. Yokota, M. Tsutsui and M. Taniguchi: RSC Advances, 4 (2014) 15886–15899.
- [9]Selective Multidetector Using Nanopores, M. Taniguchi: Analytical Chemistry, 87 (2014) 188-199.

国際会議

- [1]Single Molecular Technologies to Identify Central Dogma (invited), 谷口 正輝: The 6th IEEE International Nanoelectronics Conference 2014 (IEEE INEC 2014).
- [2]Single-molecule electrical sequencing of biomolecules (invited), 谷口 正輝: The 7th International Symposium on Surface Science (ISSS-7).
- [3]Tunneling current measurements for single-molecule DNA sequencing (invited), 筒井 真楠: NCTS – NCTU Seminar.
- [4]Single Molecule Electrical Sequencing Technology (invited), 谷口 正輝: PITTOCON 2015 CONFERENCE & EXPO.
- [5]STM and Gating Nanopores for Single Molecule DNA and RNA Electrical Sequencing (invited), 川合 知二: DIPIC School “Scanning Probe Microscopy (Tribute to Heinrich Rohrer)”.
- [6]SINGLE-MOLECULE SEQUENCING TECHNOLOGIES OF BIOMOLECULES VIA ELECTRIC CURRENTS (plenary), 谷口 正輝: The 18th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2014).
- [7]Single Molecule DNA and RNA Sequencing by Gating Nanopore systems (invited), 川合 知二: The 7th International Symposium on Surface Science (ISSS-7).
- [8]Future of Nanotechnology - Dreams and Sciences - (invited), 川合 知二: 18th SANKEN International Symposium and the 13th SANKEN Nanotechnology Symposium.

解説、総説

1 分子検出技術を用いた DNA・RNA 塩基配列の超高速計測, 川合知二、谷口正輝, 応用物理, 公益社団法人応用物理学会, 83 (2014), 363-365.

1 分子シーケンサー ～DNA・RNA・ペプチドの解読～, 谷口正輝, 生命化学レター, フロンティア生命化学研究会, 47 (2015), 9-14.

科学研究費補助金

			単位：千円
基盤研究(A)	1 分子ペプチドシーケンシング法の開発		15,210
谷口 正輝			
基盤研究(S)	トンネル電流による 1 分子シーケンシング法		42,510
谷口 正輝			
挑戦的萌芽研究	1 次元量子構造材料の熱電性能評価法の創成		3,900
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		5,850
筒井 真楠			
基盤研究(B)	グラフェンを用いた 1 分子シーケンシング		2,470
田中 裕行			
若手研究(B)	ナノ空間内物質輸送現象の解明と一分子インピーダンス計測		3,250
横田 一道			
基盤研究(A)	ナノチャネル電極デバイスによる長鎖 DNA のエピジェネティック物性の超高速検出		17,810
川合 知二			
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	8,632
川合 知二	(独) 科学技術振興機構	ナノ・マイクロポアを用いた In SECT システムの開発	25,300
奨学寄附金			
筒井 真楠	公益財団法人稲盛財団	理事長 稲盛和夫	1,000
筒井 真楠	公益財団法人旭硝子財団	理事長 田中鐵二	2,000
共同研究			
谷口 正輝	クオ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
その他の競争的研究資金			
谷口 正輝	国立大学法人京都大学	(文部科学省の再委託)	微細加工プラ ットフォーム 実施機関

環境・エネルギーナノ応用分野

原著論文

[1] Robust protection from backscattering in the topological insulator $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$, Sunghun Kim, Shunsuke Yoshizawa, Yukiaki Ishida, Kazuma Eto, Kouji Segawa, Yoichi Ando, Shik Shin, and Fumio Komori: Phys. Rev. Lett., 112 (13) (2014) 136802/1-5.

[2] Top gating of epitaxial $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$ Topological insulator thin films, Fan Yang, A. A. Taskin, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, Yasuhide Ohno, Kazuhiko Matsumoto, and Yoichi Ando: Appl. Phys. Lett., 104 (16) (2014) 161614/1-5.

[3] Infrared pseudogap in cuprate and pnictide high-temperature superconductors, S. J. Moon, Y. S. Lee, A. A. Schafgans, A. V. Chubukov, S. Kasahara, T. Shibauchi, T. Terashima, Y. Matsuda, M. A. Tanatar, R. Prozorov, A. Thaler, P. C. Canfield, S. L. Bud'ko, A. S. Sefat, D. Mandrus, K. Segawa, Y. Ando, and D. N.

Basov: Phys. Rev. B, 90 (1) (2014) 014503/1-16.

[4]Doping-dependent charge dynamics in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$, Luke J. Sandilands, Anjan A. Reijnders, Markus Kriener, Kouji Segawa, Satoshi Sasaki, Yoichi Ando, and Kenneth S. Burch: Phys. Rev. B, 90 (9) (2014) 094503/1-6.

[5] $\text{Pb}_5\text{Bi}_{24}\text{Se}_{41}$: A New Member of the Homologous Series Forming Topological Insulator Heterostructures, Kouji Segawa, A. A. Taskin, and Yoichi Ando: J. Solid State Chem., 221 (2014) 196-201.

[6]Electrical Detection of the Spin Polarization Due to Charge Flow in the Surface State of the Topological Insulator $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$, Yuichiro Ando, Takahiro Hamasaki, Takayuki Kurokawa, Kouki Ichiba, Fan Yang, Mario Novak, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, Yoichi Ando, and Masashi Shiraishi: Nano Lett., 14 (11) (2014) 6226-6230.

[7]Spin-Electricity Conversion Induced by Spin Injection into Topological Insulators, Y. Shiomi, K. Nomura, Y. Kajiwara, K. Eto, M. Novak, Kouji Segawa, Yoichi Ando, and E. Saitoh: Phys. Rev. Lett., 113 (19) (2014) 196601/1-5.

[8]Superconductor derived from a topological insulator heterostructure, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: Phys. Rev. B, 90 (22) (2014) 220504(R)/1-5.

[9]Scanning tunneling spectroscopy study of quasiparticle interference on the dual topological insulator $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$, Shunsuke Yoshizawa, Fumitaka Nakamura, Alexey A. Taskin, Takushi Iimori, Kan Nakatsuji, Iwao Matsuda, Yoichi Ando, and Fumio Komori: Phys. Rev. B, 91 (4) (2015) 045423/1-6.

[10]Large linear magnetoresistance in the Dirac semimetal TlBiSSe , Mario Novak, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: Phys. Rev. B, 91 (4) (2015) 041203(R)/1-4.

[11]Topological Crystalline Insulators and Topological Superconductors: From Concepts to Materials, Yoichi Ando and Liang Fu: Annu. Rev. Condens. Matter Phys., 6 (2015) 361-381.

[12]Ultrafast carrier relaxation through Auger recombination in the topological insulator $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$, Yoshito Onishi, Zhi Ren, Kouji Segawa, Wawrzyniec Kaszub, Maciej Lorenc, Yoichi Ando, and Koichiro Tanaka: Phys. Rev. B, 91 (8) (2015) 085306/1-12.

[13]Topological proximity effect in a topological insulator hybrid, T. Shoman, A. Takayama, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, T. Oguchi, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: Nature Communications, 6 (2015) 6547/1-6.

国際会議

[1]Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: OIST International Workshop on Novel Quantum Materials and Phases (NQMP2014).

[2]Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: New Trends in Topological Insulators (NTTI) 2014.

[3]Progress toward Topological Insulator Devices (invited), Y. Ando: 32nd International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS 2014).

[4]Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: Workshop on Novel Quantum States in Condensed Matter (NQS2014).

[5]Topological Superconductivity Based on Topological Insulators (invited), Y. Ando: International

Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014).

[6]Superconducting $\text{Sn}_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ Nanoplates (poster), S. Sasaki and Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014).

[7]Highly Gate-tunable Topological-Insulator Devices (poster), F. Yang, A. A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ohno, K. Matsumoto, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014).

[8]Electrical injection and extraction of spin polarized current through a ferromagnetic metal / topological insulator interface (poster), Y. Ando, T. Hamasaki, F. Yang, M. Novak, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando, M. Shiraishi: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014).

[9]Manipulation of topological states in a topological-insulator heterostructure (poster), T. Sato, K. Nakayama, Y. Tanaka, S. Souma, T. Takahashi, K. Eto, S. Sasaki, K. Segawa, and Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014).

[10]Efficient Dual-Gate Tuning of Fermi Level in Thin-Film Topological Insulator (oral), A. Taskin, Fan Yang, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, Yasuhide Ohno, Kazuhiko Matsumoto, Yoichi Ando: APS March Meeting 2015.

[11]Manipulation of topological states in a topological-insulator heterostructure (oral), Yusuke Tanaka, Kosuke Nakayama, Takafumi Sato, Seigo Souma, Takashi Takahashi, Kazuma Eto, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, Yoichi Ando: APS March Meeting 2015.

解説、総説

トポロジカル超伝導体：探索と検証の試み，安藤陽一，パリティ，丸善，30 (2015), 16-17.

著書

[1]トポロジカル絶縁体入門 “トポロジカル絶縁体入門”，安藤 陽一，講談社，(1-236) 2014.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

安藤陽一 International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2014) (組織委員)

国内学会

日本物理学会 2014 年秋季大会	9 件
日本物理学会第 70 回年次大会	3 件

科学研究費補助金

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探求	単位：千円
安藤 陽一		25,740

ナノ知能システム分野

原著論文

[1]Bayesian estimation of causal direction in acyclic structural equation models with individual-specific confounder variables and non-Gaussian distributions, S. Shimizu, K. Bollen: Journal of Machine Learning Research, 15 (-) (2014) 2629-2652.

[2]Application of continuous and structural ARMA modeling for noise analysis of a BWR coupled core and plant instability event, M. Demeshko, A. Dokhane, T. Washio, H. Ferroukhi, Y. Kawahara and C. Aguirre: Annals of Nuclear Energy, 75 (-) (2015) 645-657.

国際会議

- [1]Improving iForest with relative mass, S. Aryal, K. M. Ting, J. Wells and T. Washio: Proc. of PAKDD2014: 18th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, Lecture Notes in Computer Science, 8444 (2014) 510-521.
- [2]mp-dissimilarity: A data dependent dissimilarity measure, S. Aryal, K. M. Ting, G. Haffari and T. Washio: Proc. of ICDM2014:IEEE International Conference on Data Mining 2014, 1 (2014) DM570.
- [3]A non-Gaussian approach for estimating possible causal direction in the presence of latent confounders (invited), S. Shimizu: Conference on Statistics and Causality 2014.
- [4]Estimation of causal direction in the presence of latent confounders and linear non-Gaussian structural equation models (invited), S. Shimizu: Causal Modeling and Machine Learning.
- [5]A performance comparison of generative and discriminative models in causal and anticausal problems (poster), P. Blöbaum, S. Shimizu and T. Washio: 17th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics.
- [6]On approximate non-submodular minimization via tree-structured supermodularity (poster), Y. Kawahara, R. Iyer and J. Bilmes: Proc. of NIPS 2014 Workshop on Discrete and Combinatorica.
- [7]Multiple Testing Correction in Graph Mining (invited), M. Sugiyama: Tokyo Workshop on Statistically Sound Data Mining.

解説、総説

機械学習による情報論的量子状態の異常検知, 福井健一, 人工知能, 人工知能学会, 30 (2015), 217-223.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

- | | |
|-------|--|
| 杉山 磨人 | The 25th European Conference on Machine Learning and 18th Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (プログラム委員) |
| 杉山 磨人 | The 6th Asian Conference on Machine Learning (プログラム委員) |
| 鷺尾 隆 | Neural Information Processing Systems Foundation 2014 (NIPS 2014) (プログラム委員) |
| 鷺尾 隆 | The European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD 2015) (論文誌部門客員編集員) |
| 鷺尾 隆 | IEEE International Conference on Data Mining 2015 (ICDM2015) (コンテスト委員長) |
| 鷺尾 隆 | The 19th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining 2015 (PAKDD2015) (広報委員長) |
| 鷺尾 隆 | ACM SIG-KDD'15: The 21st ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (プログラム委員) |
| 鷺尾 隆 | The 19th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2014) (シニアプログラム委員) |
| 鷺尾 隆 | The 2015 SIAM Data Mining Conference (SDM 2015) (プログラム委員) |
| 鷺尾 隆 | IEEE International Conference on Data Mining 2015 (ICDM2015) (プログラム委員) |
| 鷺尾 隆 | Society for Industrial and Applied Mathematics, Division of Data Mining and Analytics, Society for Industrial and Applied Mathematics (プログラム指揮者) |
| 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) |
| 鷺尾 隆 | ACM SIGKDD'14: The 20th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and 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)
鷺尾 隆	人工知能学会人工知能学事典新版編集委員会 (編集委員)
鷺尾 隆	人工知能学会全国大会 (プログラム委員長)
河原 吉伸	Workshop on Graph-based Algorithms for Big Data and its Applications (共同プログラム委員長)
河原 吉伸	The 6th Asian Conference on Machine Learning (プログラム委員)
河原 吉伸	The 17th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (プログラム委員)
河原 吉伸	The 23rd International World Wide Web Conference (プログラム委員)
河原 吉伸	2014 SIAM International Conference on Data Mining (プログラム委員)

国内学会

第 28 回人工知能学会全国大会	5 件
人工知能学会 第 95 回 人工知能基本問題研究会	1 件
人工知能学会 第 94 回 人工知能基本問題研究会	1 件
数学協働プログラムワークショップ 確率的グラフィカルモデル	1 件
第 28 回人工知能学会全国大会	3 件

科学研究費補助金

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	単位：千円 13,520
鷺尾 隆		
挑戦的萌芽研究	モデルマイニング：超高次元大規模データからの局所モデル探索列挙手法の探求	2,080
鷺尾 隆		

ナノ医療応用デバイス分野

原著論文

[1]Cytosine-bulge dependent fluorescence quenching for real-time hairpin primer PCR, F. Takei, C. Chen, G. Yu, T. Shibata, C. Dohno, K. Nakatani: Chem. Commun., 50 (2014) 15195-15198.

国際会議

[1]Novel PCR Monitoring System Using Hairpin Primer Having Cytosine-Bulge and Covalent Binding Fluorescence Molecule (poster), F. Takei, C. Chen, G. Yu, C. Dohno, K. Nakatani: XXI Round Table on Nucleosides, Nucleotides and Nucleic acids.

[2]Development of Novel PCR Primers for Facile Gene Detection (invited), K. Nakatani: A3RONA 2014 China.

[3]Toward new FET devices detecting DNA (oral), R. K. Verma, A. Michikawa, N. Sabani, F. Takei, K. Nakatani: 3rd imec Handai International Symposium.

国内学会

日本化学会第 9 5 春季年会	3 件
第 62 回応用物理学会春季学術講演会	1 件

科学研究費補助金

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法に関する研究	単位：千円 6,500
武井 史恵		
受託研究	(独) 科学技術振興機構	
中谷 和彦	ヘアピン PCR 法によるデジタル肝炎検査技術の開発	9,185

共同研究

中谷 和彦
中谷 和彦

日東化成(株)
株式会社古河電工アド
バンストエンジニアリ
ング

機能性分子の合成
蛍光シグナル増大型プライマー法の
開発

864
0

ナノテクノロジー設備供用拠点

国際会議

[1]Introduction about Nanotechnology Open Facilities, Osaka University , K. Norizawa, A. Kitajima, K. Higuchi, M. Kashiwakura: KANSAI Nanoscience and Nanotechnology Handai Nanoscience and Nanotechnology international Symposium.

解説、総説

大阪大学「微細加工プラットフォーム」の活動, 法澤 公寛, 工業材料, 日刊工業新聞社, 62[9] (2014), 81-83.

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 省エネルギーナノデバイス実用化までの総合支援, 北島 彰、田中 秀和, 工業材料, 日刊工業新聞社, 62[9] (2014), 84-86.

特許

[1]「国内成立特許」スピントロニクス装置および論理演算素子, 特許第 5601976 号

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	株式会社村田製作所	酸化物三次元ナノヘテロ構造形成と応用に関する研究	1,670
田中 秀和	独立行政法人物質・材料研究機構	硬 X 線光電子分光による強相関酸化物機能性ナノ材料の研究	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	4,320
吉田 陽一	日信国際株式会社	極短電子パルスを利用した集団イオン化現象の応用展開の可能性探求	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

ナノ構造・機能評価研究分野

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	1,068
--------	----------	---------------------	-------

ソフトナノマテリアル研究分野

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
安蘇 芳雄	石原産業株式会社	有機半導体材料の作製とその評価に関する研究	3,654
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	833
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	0

バイオナノテクノロジー研究分野

谷口 正輝	クオイ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
-------	--------------------	-----------------------------	---

ナノ医療応用デバイス分野

中谷 和彦	日東化成㈱	機能性分子の合成	864
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25年度 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 Mozumder Asokendu 劉 志權 Ralescu Anca Luminita
4/26～6/28 7/3～9/27 11/8～H.26.1/31 2/3～4/30

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

ナノシステム設計分野
客員教授 塚本 史郎 旭 良司
5/1～6/30 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)	(窓口真崎教授)	………4/26～6/28
	4) 金 成植	【韓国・チョンブク国立大学】	(客員教授)	(窓口真崎教授)	………6/21～7/30
	5) Ali Mossad Ali	【サウジアラビア・キングハーリド大学】	(客員准教授)	(窓口小林教授)	………7/31～8/30
	6) 劉 志權	【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・ソングンギン大学】	(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・ビルクンツ大学】	(客員教授)	(窓口小林教授)	………H.26.1/27～2/28
	10) Ralescu Anca Luminita	【アメリカ・シンシナティ大学】	(客員教授)	(窓口蟹尾教授)	………H.26.2/3～4/30
国内	1) 塚本 史郎	【河南工業高等専門学校】	(招へい教授)	(窓口利根教授(退職))	………5/1～6/30
	2) 旭 良司	【横濱田中央研究所】	(客員教授)	(窓口小口教授)	………10/1～H.26.1/31

平成26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 Ralescu Anca Luminita Arenas Daniel Mozumder Asokendu
2/3～4/30 5/1～7/1 H.27.2/16～6/30

ナノデバイス
評価・診断分野 何 翀 Peerapon Vateekul Stanislav Jurecka Groger Harald Emil Pincik Choi Jungkweon KIM Bog Gi
4/1～6/30 7/1～8/18 9/1～10/3 10/7～11/27 12/1～H.27.1/30 H.27.2/2～3/2 H.27.3/9～5/8

ナノシステム
設計分野 増田 茂(客員教授)
5/1～H.27.3/31
中川原 修(客員准教授)
6/16～H.27.3/31

国外	1) Ralescu Anca Luminita	【アメリカ・シンシナティ大学】	(客員教授)	(窓口蟹尾教授)……………2/3～4/30
	2) 何 翀	【中国・ハルビン工業大学】	(客員教授)	(窓口菅沼教授)……………4/1～6/30
	3) Arenas Daniel	【アメリカ・ノースフロリダ大学】	(———)	(窓口竹田教授)……………5/1～7/1
	4) Peerapon Vateekul	【タイ・チュラロンコン大学】	(———)	(窓口沼田教授)……………7/1～8/18
	5) Stanislav Jurecka	【スロバキア・シリナ大学】	(客員准教授)	(窓口小林教授)……………9/1～10/3
	6) Groger Harald	【ドイツ・ベルフエルト大学】	(客員教授)	(窓口植井教授)……………10/7～11/27
	7) Emil Pincik	【スロバキア・スロバキア科学アカデミー】	(客員教授)	(窓口小林教授)……………12/1～H.27.1/30
	8) Mozumder Asokendu	【アメリカ・ノートルダム大学】	(客員教授)	(窓口古澤教授)……………H.27.2/16～6/30
	9) Choi Jungkweon	【韓国・基礎科学研究所】	(———)	(窓口真崎教授)……………H.27.2/2～3/2
	10) KIM Bog Gi	【韓国・釜山大学】	(客員教授)	(窓口小口教授)……………H.27.3/9～5/8
国内	1) 増田 茂	【東京大学】	(客員教授)	(窓口小林教授)……………5/1～H.27.3/31
	2) 中川原 修	【(株)村田製作所】	(客員准教授)	(窓口田中教授)……………6/16～H.27.3/31

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。2014年度は9研究室から80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。利用研究室の増加・減少に伴う急激な変化が見られるが、目標として10依頼先から100依頼件数を目指してゆきたい。

2014年度は新規な加工依頼はなかったが、これまで作製していたシリコン薄膜を、さらに薄膜化させる加工を行った。図2はシリコン薄膜の光学顕微鏡像で、ベージュ色に見える部分が30nmの厚さになっている。

・国際ナノテクノロジー総合展の参加

2015年1月28日～30日に東京で行われたnanotech2015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。活動内容をまとめたパネルと、サンプルの展示を行ってきた。

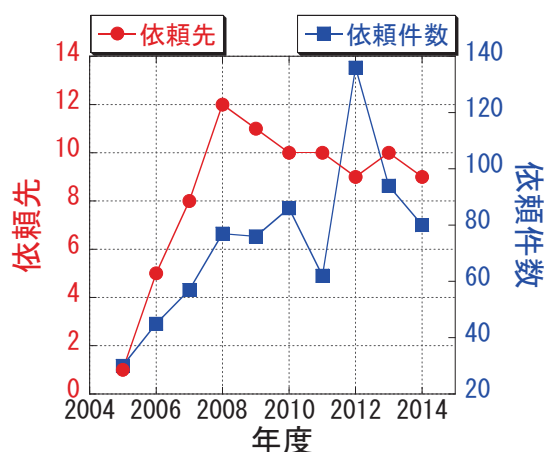


図1 2005年発足以来の活動履歴

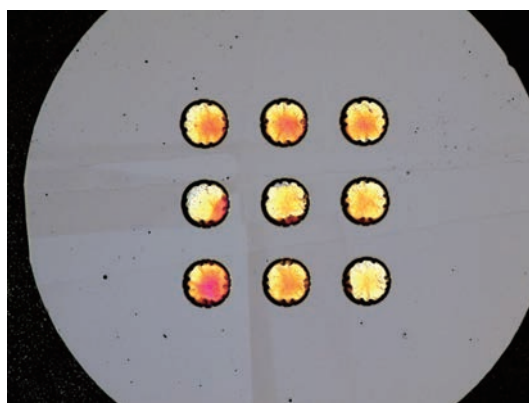


図2 シリコン薄膜。ベージュ色の部分が直径250 μ m、厚さ30nmのシリコン薄膜部分になっている。

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

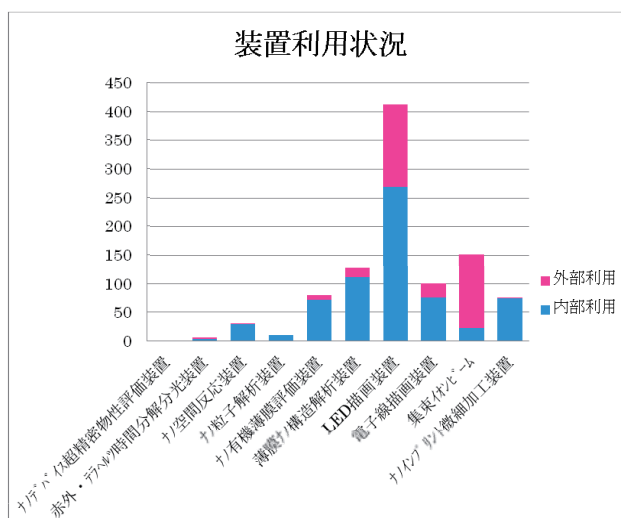
a) 概要

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及び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設置されており、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 994 件で前年度と比較して 84 件減少。

LED 描画装置や集束イオンビーム装置などの加工装置や薄膜ナノ構造解析装置の利用が多かった。



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	（～平成 26 年 7 月 1 日）
	保田 英洋	（平成 26 年 7 月 2 日～）
教授（兼任）	田中 秀和	
	谷口 正輝	
特任教授（兼任）	森 博太郎	
助教（兼任）	小林 慶太	
特任助教	北島 彰	
	法澤 公寛	（～平成 27 年 3 月 31 日）
特任研究員	柏倉 美紀	
	樋口 宏二	
	谷口 隆	
	Dinh Cong Que	（～平成 26 年 6 月 30 日）
	近田 和美	（平成 26 年 4 月 1 日～）
事務補佐員	下満 恭子	
	圓見 恵子	
派遣職員	前川 芳美	（平成 26 年 4 月 8 日～平成 27 年 3 月 31 日）
	上谷 智英子	（平成 26 年 8 月 4 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3

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157件の支援を行った。平成26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26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	9	0	3	12	39	2	6	47	25	2	7	34	73	4	16	93
共同研究	26	5	9	40	4	0	2	6	3	0	2	5	33	5	13	51
技術代行	0	1	1	2	6	1	1	8	1	0	0	1	7	2	2	11
技術補助	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	2
技術相談	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	35	6	13	54	49	3	9	61	31	2	9	42	115	11	31	157

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26年 7月15日	応用物理学会	他大学・独法	50
平成26年 7月30日	大分スーパーサイエンスコンソーシアム（大分県立上野丘高等学校）	高校生	20
平成26年 8月27日	スーパーサイエンスハイスクール四條畷高校	高校生	10
平成26年 11月29日	産業科学研究所創立75周年記念事業研究所公開	一般	102
平成26年 12月18日	大阪国際大和田高校	高校生	20

拠点活動紹介および技術研鑽の場の提供のため、展示会場での利用活動紹介やナノテクノロジープラットフォーム技術支援者交流プログラムでの技術支援者受け入れを行った。平成26年度開催分を表-3に示す。

表-3：拠点活動紹介・セミナー・スクール等

日付	開催名	対象	人数
平成26年 7月28日 -31日	ナノテクノロジープラットフォーム学生研修プログラム	院生・学部生	1
平成26年 10月30日 -31日	電子デバイスフォーラム京都（京都大学・奈良先端科学技術大学院大学との共同出展および利用相談会・セミナー開催）	企業、大学、公的機関など	約150
平成27年 1月28日 -30日	Nanotech2015（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として共同出展）	企業、大学、公的機関など	約200
平成27年 1月19日 -22日	ナノテクノロジープラットフォーム技術支援者交流プログラム	ナノテクノロジープラットフォーム技術支援者	1

編集後記

年次報告書、Vol.13 を発行いたします。早や、発足以来 13 年が過ぎ、当センターの陣容も年毎に充実してきました。その結果、多彩な優れた成果を生むに至っています。編集するに当り、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. 13 2014

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 27 年 3 月 31 日

印刷：

■発行日 2015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>