

ANNUAL RESEARCH REPORT

Vol.10

研究成果報告書 第10巻(2011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	23
ナノテクノロジー産業応用分野	28
業績	
ナノ機能デバイス研究分野	32
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	43
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	46
環境・エネルギーナノ応用分野	48
ナノ知能システム分野	52
ナノ医療応用デバイス分野	55
阪大複合機能ナノファウンダリ	58
共同研究	62

外国人・国内客員教員	63
附属施設	
ナノ加工室	64
ナノテク先端機器室	65
阪大複合機能ナノファウンダリ	66
オープンラボラトリー	68
編集後記	

センター長の挨拶

安蘇 芳雄

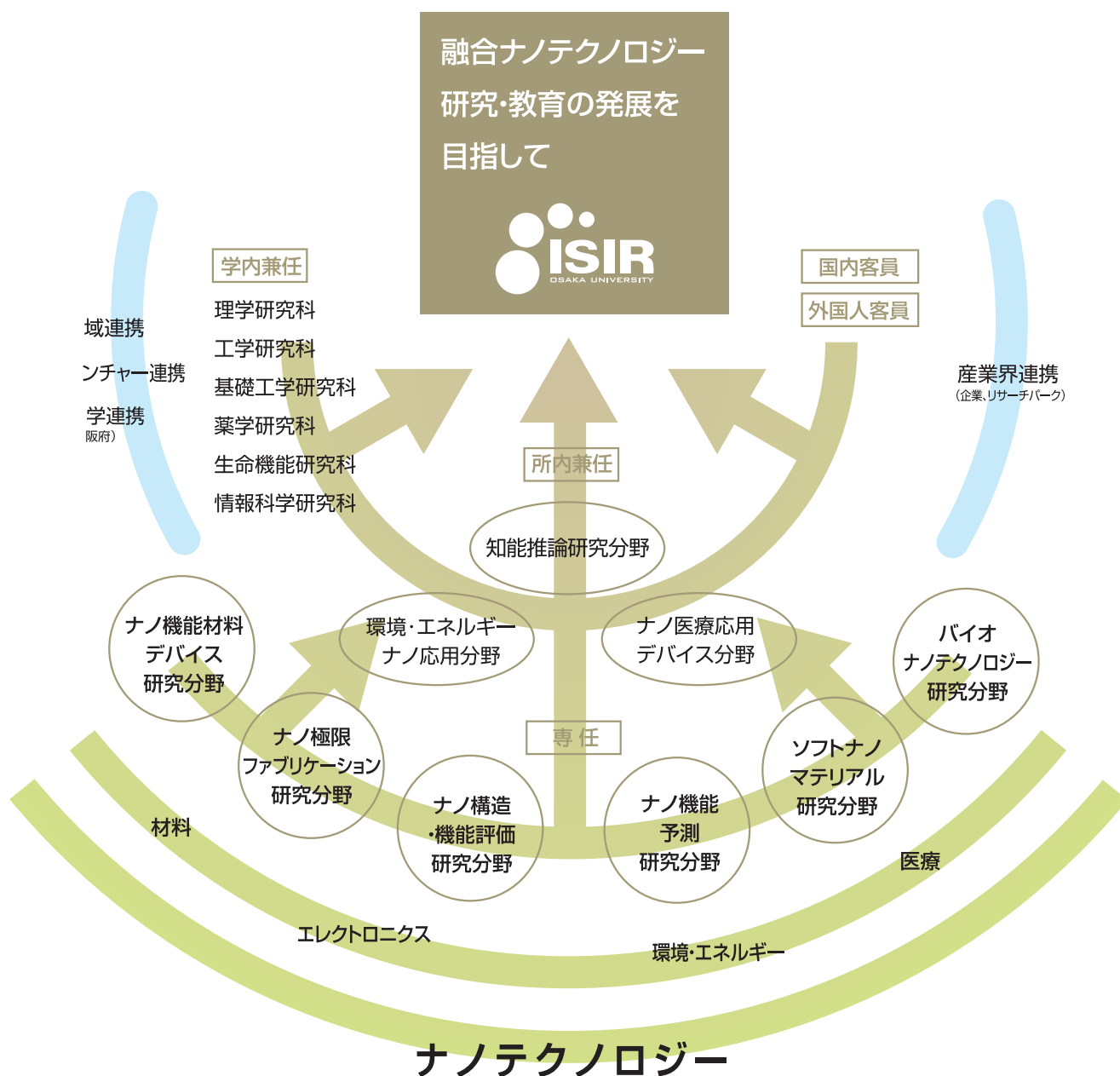


産業科学ナノテクノロジーセンターは、原子・分子を積み上げ材料を創製するボトムアップナノテクノロジー、材料を極限まで削りナノデバイスを作製するトップダウンナノテクノロジー、さらにそれらの融合による産業応用を目指して総合的にナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として、2002年に産業科学研究所に設置された全国初のナノテクノロジーセンターです。2009年に産研の大幅な改組に伴い、専任6研究分野を中心とした新しい組織に充実強化されました。2010年には文部科学省の低炭素研究ネットワークの大阪大学サテライト拠点が設置されました。

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ました。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。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ナノテクノロジープロセスファンドリーが設置され支援活動を開始しました。2004年には20研究分野からなる4研究部門に拡充されました。さらに、2006年にナノ加工室が設置され、2007年にナノテクノロジープロセスファンドリーに代わって阪大複合機能ナノファウンダリがスタートしました。

新しい産業科学ナノテクノロジーセンターは、産研の研究部門と同等の専任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、新たにナノテクノロジーに特化した共用最先端機器を設置するナノテク先端機器室を設けました。当初付されていた時限を撤廃して、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り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ることを目指しています。また、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。

産業科学ナノテクノロジーセンター概念図



▶沿革

■2002年 設置(10年時限)

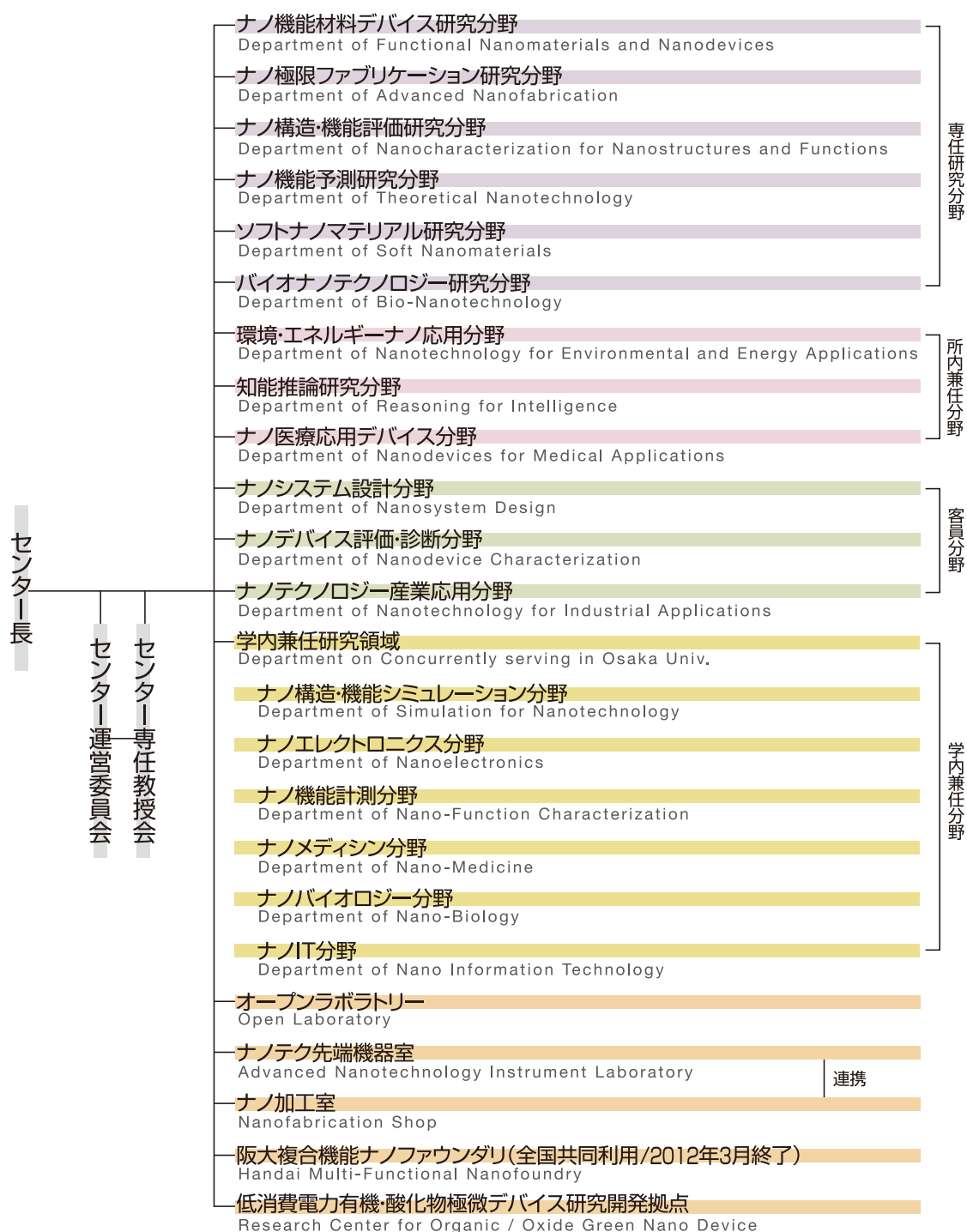
原子・分子を積み上げ、材料を創製する**ボトムアップナノテクノロジー**、材料を極限まで削りナノデバイスを作製する**トップダウンナノテクノロジー**、さらにそれらを**融合**して積極的な**産業応用**を目指し、総合的にナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として設置された全国初のナノテクノロジーセンター。

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

産業科学ナノテクノロジーセンター組織図



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
助教	神吉 輝夫、服部 梓、藤原 宏平
博士研究員	岡田 浩一
大学院学生	高見 英史、尾野 篤志、阪本 卓也、川谷 健一、櫛崎 貴吉、藤原 康司
学部学生	市村 昂士、上田 大貴
技術補佐員	山蔭 理恵（平成 22 年 9 月 1 日採用）
事務補佐員	奥本 朋子

a) 概要

様々な外場(光、磁場、電場、温度等)に対し巨大に応答する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）と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、微小なエネルギー（光、磁場、電場、温度）での室温巨大応答を可能にするデバイス新原理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

・機能性金属酸化物 3 次元ナノ構造の新奇融合作製法構築

装置分解能に縛られず、望みのスケールのナノ構造体を創製するための新規プロセスとして、トップダウンプロセスで完全位置決めされたナノスケールテンプレートに対し、原子・分子層厚さの単位で制御成長可能なボトムアップ薄膜結晶成長をテンプレート側面から行う新規融合プロセスを提案、確立した。この手法ではナノインプリント法で位置を規定されたナノテンプレートに対し、蒸着時の試料傾斜角度、面内回転角度などの各パラメーターを自在に制御してパルスレーザ蒸着を行う。分子層レベルで堆積膜厚、即ち得られるナノパターンの厚みを制御することで、従来型トップダウンリソグラフィ手法（電子ビームリソグラフィ、集束イオンビーム加工など）の装置限界を超えた極小サイズのナノ構造体が、望みの位置・形状・サイズで作製可能となる。

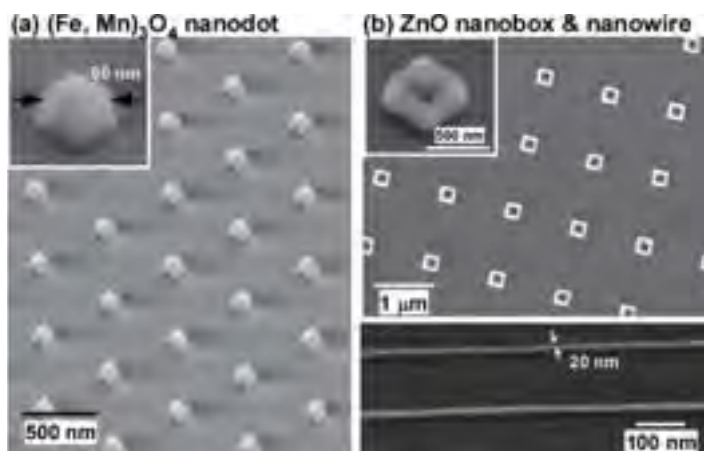


図 1 新奇融合法で作製した(a) $(\text{Fe}_{3-x}\text{Mn}_x)\text{O}_4$ ナノドット(直径 60nm)、(b) ZnO ナノボックス(壁厚 70 nm、高さ 250 nm) 及び ナノ細線(線幅 20nm)構造

図 1 に本手法で作製した、室温強磁性半導体 $\text{Fe}_{3-x}\text{Mn}_x\text{O}_4$ 、透明酸化物半導体 ZnO のドット[論文 5]、ボックス、ナノ細線構造を示す。得られたナノ材料は高い結晶性、物性を示すことを確認しており、ZnO については単一ナノ構造体からの高輝度紫外発光の観測にも成功している。このナノ構造作製技術を基盤技術として、材料が潜在的に持つ性能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。

・強磁性 Fe 酸化物一次元ナノ構造の磁気輸送特性

次世代エレクトロニクスに要求される省電力・微細化を実現するための基幹要素として、ナノワイヤ・ナノピラーなどの一次元ナノ構造体が注目を集めている。中でも強磁性材料一次元ナノ構造は、電子が持つスピン自由度を取り入れたスピントロニクス素子の創出を進める上で重要な位置を占める。田

中研究室では、異種元素(Mn, Zn)置換した Fe_3O_4 を有望な磁性材料群と考え、基礎物性評価・プロトタイプデバイスの構築に取り組んできた。本研究では、上記ナノ構造作製技術を活用し、 $\text{Fe}_{3-x}\text{Mn}_x\text{O}_4$ (FMO) ナノ細線構造を作製し (図 2(a))、その磁気輸送特性評価を進めた。作製したナノ細線の品質を確実に評価するため、単一細線に対して磁気抵抗特性 (MR) を測定した (図 2(b))。過去の研究から、 Fe_3O_4 及び FMO 薄膜においては、antiphase boundary と呼ばれる積層欠陥を介して強磁性ドメインが反強磁性的に結合する性質をもつため、10 T に達する強磁場においても MR が完全に飽和しないことが知られている。図 3 に 120 nm の細線幅を持つ FMO ナノ細線と Al_2O_3 (0001) 基板上に製膜した FMO 薄膜の MR 特性及びその温度依存性を示す。FMO 細線が薄膜と同等の振る舞いを示すことから、強磁性的性質がナノ細線構造においても維持されていることが分かる。これら強磁性 Fe 酸化物ナノ細線を要素構造とした新規スピンドバイスの開発に現在取り組んでいる。

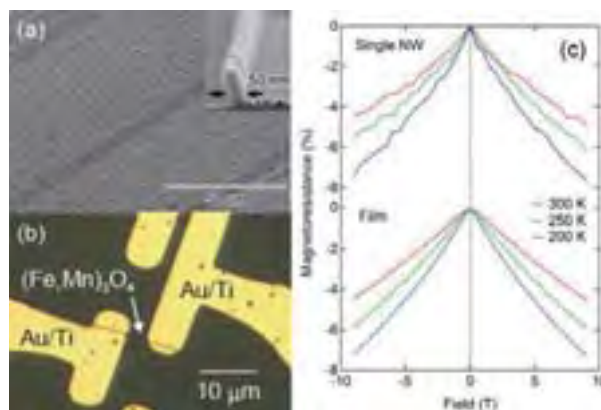


図 2 (a) FMO ナノ細線アレイの SEM 像。(b) 磁気輸送特性評価に用いた単一 FMO 細線 (細線幅 120 nm) の光学顕微鏡像。(c) 磁気抵抗特性。 Al_2O_3 (0001) 基板上に作製した薄膜と同等の特性を示す。

・二酸化バナジウムの金属-絶縁体混合電子相観察と電子状態評価

自由電子の電荷のみを利用してきた従来型デバイスと比べて、強相関電子系酸化物では、電子・スピン・格子間の相互作用を通じて、銅酸化物の高温超電導やマンガン酸化物の超巨大磁気抵抗効果、バナジウム酸化物の巨大金属-絶縁体転移等の特異な物性が出現する。これら魅力的な機能発現は、電子相関による“電子相転移”が主役となっている。ナノスケールで電子相へ直接外場 (電界、温度等) を作用させることができれば、微小エネルギーにより効果的に相転移を起こすことが可能となるため、相関電子 (モット) デバイスの飛躍的なエネルギー効率化・高機能化につながると考えられる。本年度は、ナノスケールでの強相関電子相状態を理解するために、340 K 付近に巨大金属-絶縁体相転移を持つ二酸化バナジウム (VO_2) の相

転移近傍に現れる金属-絶縁体混合電子相の電子状態評価を行い、これまで未解明であった second monoclinic (M_2 相) の電子状態を特定でき、モット絶縁体であることを示した [論文 4]。また、 VO_2 on TiO_2 (001) 薄膜では、単一電子ドメインが数 μm ~数十 μm と巨大化し、温度上昇により金属相が発達する (図 3)。この薄膜の抵抗-温度依存性評価を行ったところ、金属-絶縁体間の個々の電子相相転移に由来する抵抗の飛びが確認できた (図 4(a))。抵抗の変化率が Al_2O_3 基板上的のものと比較して 2 桁程度 (0.1% から 15%) の向上が見られ (図 4(b))、単一電子相ドメインの制御可能性への道を切り開いた。現在は、 VO_2 の電極を伴ったナノ細線化と評価に取り組んでおり、微小電界による巨大相転移を目指している。

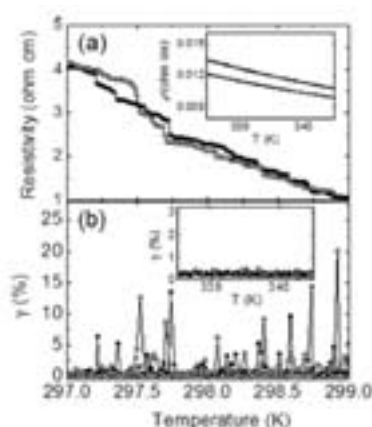


図 4 VO_2 on TiO_2 (001) 薄膜の抵抗-温度曲線。個々の金属-絶縁体電子相転移による電気抵抗の飛びが確認できる。

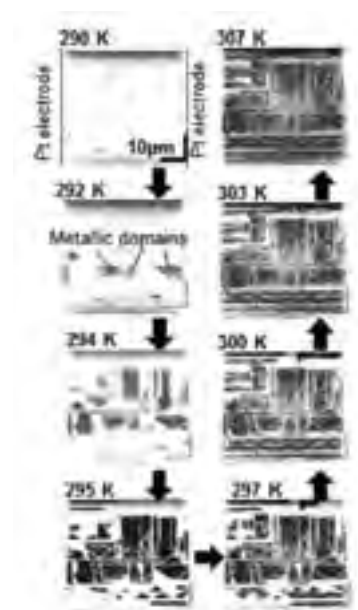


図 3 VO_2 on TiO_2 (001) 薄膜表面の光学顕微鏡像。黒い部分は、金属相。温度上昇とともに金属相が増えていく。

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、古澤 孝弘（～平成 23 年 5 月 31 日）
助教	近藤 孝文
特任助教	菅 晃一
客員教授	小方 厚、小林 仁
大学院学生	樋川 智洋
研究生	李 亮
事務補佐員	古林 美絵（～平成 23 年 12 月 31 日）、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

・等価速度分光法フェムト秒パルスラジオリシスの研究

現在世界最高時間分解能の電子線パルスラジオリシスを更にアト秒時間分解能を目指して、等価速度分光法という新手法を開発している。フェムト秒電子線パルスラジオリシスの場合、電子線と分析光の試料中での速度差による時間分解能劣化が致命的な問題となる。240 fs 時間分解能の現在の測定システムは、試料長を 200 μm と短くすることによりこの影響を低減して成し得たが、根本的な解決法ではない。この問題を根本的に解決するためのアイデアが等価速度分光法であり、国内・海外に広く紹介されているが、電子線パルスの圧縮と回転の同時実現が大きな困難であった。従来では、パルス圧縮した場合は全く回転できず、回転した場合は全く圧縮できず、時間分解能は 4.3 ps に留まっていた。今年度新たに電子ビームの縦・横方向分布変調法を考案することにより、600 fs までのパルス圧縮と 18-45° のパルス回転の両立を実現できた。これにより、1.2 ps まで時間分解能は向上した。フェムト秒パルスラジオリシス、アト秒パルスラジオリシスの要素技術である等価速度分光法の大問題を解決し、原理実証に成功した。

・ダブルデッカーパルスラジオリシスの開発

極限時間分解能パルスラジオリシス開発のため、ダブルデッカー電子ビームを用いたパルスラジオリシスの研究を行った。フォトカソード高周波電子銃に 2 つの紫外光パルスを入射することにより、ダブルデッカー電子ビームを発生した。パルスラジオリシスでは、時間的に早い片方の電子ビームを分析光に変換し、遅い片方の電子ビームを試料励起用電子ビームとして利用した。その結果、世界初のダブルデッカーパルスラジオリシスを構築し、水和電子の計測における時間分解能に相当する 10-90% の立ち上がり時間は 8.6 ps であった。更に、ダブルデッカーパルスラジオリシスによる水和電子のスペクトル測定への有効性も確認された。今後、ダブルデッカー電子ビームおよびパルスラジオリシス測定系の最適化を行い、時間分解能を向上する。また、電子ビームのテラヘルツ波放射を利用した新しいパルスラジオリシス開発も期待される。

・フェムト秒パルスラジオリシスによる極性溶媒中の溶媒和電子生成過程の研究

原子力発電所の冷却水や放射線医療などでは、水の放射線化学が重要である。水やアルコールに代表

される極性溶媒に放射線が照射されるとイオン化によって電子が生成し、電子は周囲の極性分子を配向させて溶媒和電子として安定化する。我々はフォトカソード RF 電子銃ライナックを用いたパルスラジオリシス法（最高時間分解能 240fs）によって、水中の水和電子生成過程(550fs)と水和前電子の近赤外域での過渡光吸収を観測することに成功した。またエタノール中の溶媒和前電子生成過程（3ps）と溶媒和電子生成過程（13ps）を観測することにも成功し、炭素数の多い直鎖アルコールほど溶媒和に時間がかかることが分かった。また測定波長域を拡大することによって、溶媒和電子生成メカニズムが明らかになりつつある。

・近赤外フェムト秒パルスラジオリシスによるドデカン中のジェミネートイオン再結合の研究

フェムト秒パルスラジオリシスシステムを近赤外領域に拡張することにより、代表的な非極性溶媒であるドデカン中の電子の時間挙動をピコ秒領域で測定した。電子の時間挙動とラジカルカチオンの時間挙動を比較し、拡散理論に基づいたシミュレーションにより解析し、ジェミネートイオン再結合を研究した。数 100 ps の時間領域では、電子とラジカルカチオンの時間挙動は一致しており、このことからラジカルカチオンと電子がジェミネートペアであるという従来から言われてきたことを再確認した。しかしながら、50 ps より早い時間領域で電子の時間挙動は、ラジカルカチオンと大きく異なることを見出した。これまで最初のジェミネートペアとされてきた電子とラジカルカチオンの時間挙動が早い時間領域で異なるのは、前年報告したように、励起ラジカルカチオンからラジカルカチオンが生成されるためと考えられる。早い時間領域での電子とラジカルカチオンの時間挙動の不一致は励起ラジカルカチオンの存在を強く支持する。

・コヒーレントチェレンコフ放射を用いたパルス幅測定の研究

100 fs 以下の電子ビームのパルス幅診断方法の開発を目的として、電子ビームからのコヒーレントチェレンコフ放射を用いたパルス幅測定の研究を行った。フォトカソード RF 電子銃ライナックからのピコ秒・フェムト秒電子ビームと誘電体管を用いたコヒーレントチェレンコフ放射により、多モードのテラヘルツ波を発生した。電子ビームのパルス圧縮を最適化することにより、0.7 THz までの多モードテラヘルツ波発生に成功し、テラヘルツ波のスペクトル解析によりパルス幅を見積もった。ストリークカメラを用いたパルス幅測定結果と比較し、本手法においても 200 fs までの電子ビームパルス幅測定結果がよく一致することが分かった。

・フェムト秒時間分解電子顕微鏡の開発

フェムト秒領域の時間分解能と原子レベルの空間分解能を併せ持つフェムト秒時間分解電子顕微鏡は、実時間・実空間における超高速の構造変化に寄与する個々の原子の変位に関する知見が直接獲得できる、世界中の物質構造科学研究者が待望してやまない「夢の装置」である。平成 23 年度には、高分解能の電子顕微鏡を実現するために、球面収差や色収差の影響を極限に低減したエネルギーが 2MeV の超高压電子顕微鏡用の最大磁場強度が 2.2T の強磁場対物レンズの設計と製作を行った。また、電子線の低照射で分析可能となる高い検出効率を持つ検出器の開発を行い、昨年度に製作した入射レンズ光学系と連結して透過電子顕微鏡の結像と測定システムを完成した。

ナノ構造・機能評価研究分野

教授	竹田 精治
准教授	石丸 学
助教	吉田 秀人
大学院学生	表 宏樹、山村 仁、磯崎 祐輔、仲村 宗起
事務補佐員	富井 茂子

a) 概要

ナノ構造とその機能の評価には電子顕微鏡法は必須の手法である。特に、電子顕微鏡を利用したナノ構造・ナノデバイスの生成プロセスの評価、及び機能発現中（動作中）のナノ構造・ナノデバイスの評価は、今後極めて重要になると考えられる。当研究分野では、気体中のナノ構造・ナノデバイスを原子スケールで観察できる高分解能の環境制御型透過電子顕微鏡（ETEM）を開発してきた。この ETEM を利用して、各種気体と固体の界面で生じる動的な現象を、原子・電子構造的に解析することで、新規なナノ構造・ナノデバイスの生成プロセスや機能の開発に貢献している。具体的には、カーボンナノチューブに代表されるナノ構造の生成過程や、金や白金ナノ粒子触媒の一酸化炭素酸化反応環境下での振る舞いを原子スケールでその場観察し、背後に潜む物理を研究している。

b) 成果

・一酸化炭素酸化反応環境下における担持金ナノ粒子触媒の形態変化

化学的に不活性な金属の代表である金を、ナノ粒子として金属酸化物に担持すると室温以下でも一酸化炭素の酸化反応を促進する触媒となることが知られている。しかし、金ナノ粒子の触媒反応メカニズムは未解明である。本研究では、ETEM を用いて、酸化セリウム上に担持された金ナノ粒子触媒（Au/CeO₂）を一酸化炭素酸化反応環境下で直接観察し、その形態を統計的・定量的に評価することで、その触媒反応メカニズム解明につながる重要な知見を得た。

実触媒においては、金ナノ粒子自体の原子配列、および金ナノ粒子と担体との界面の原子構造は個々に異なっている。そこで我々は、多数の金ナノ粒子の形態を、反応ガス中の一酸化炭素と酸素の分圧を系統的に変化させて ETEM で観察し、得られた結果を統計的に評価することで、触媒反応環境下の実触媒全体の形態情報を引き出すことに成功した。図 1 に、一酸化炭素、酸素分圧に依存した金ナノ粒子の形態ダイアグラムと、代表的な ETEM 像を示す。一酸化炭素分圧が高い時、金ナノ粒子は{111}面や{100}面に囲まれた多面体形状をとることが分かる。一酸化炭素分子が金ナノ粒子表面のエッジやコーナーに吸着していると考えられる。一方、酸素中では、丸みを帯びた形状に変化する。酸素中で観察されるこうした形状変化は、活性の低い炭化チタン上に担持された金ナノ粒子で

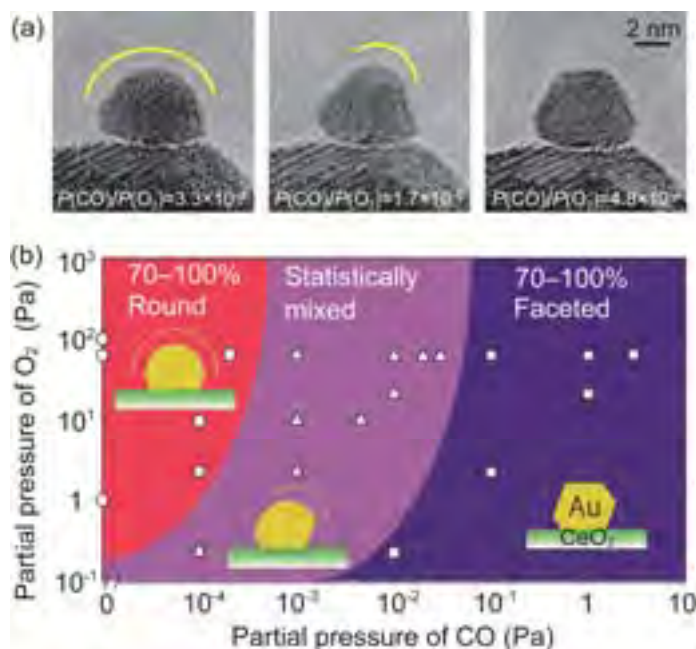


図1 一酸化炭素、酸素分圧に依存した酸化セリウム上担持金ナノ粒子形状の、(a)典型的な ETEM 像と(b)形態ダイアグラム。

は観察されない。つまり、金ナノ粒子と酸化セリウムの界面がこうした形状変化に必要であることを意味している。酸素分子が室温でも金ナノ粒子と酸化セリウムの界面で、電子照射の効果も加わって解離しており、その結果、酸素原子や酸素を含む分子が金ナノ粒子表面に吸着し、丸みを帯びた形状を誘起すると考えられる。

・触媒反応環境下における金ナノ粒子再構成表面と吸着ガス分子の可視化

反応環境下における触媒表面の構造を、表面に吸着したガス分子も含めて直接観察することができれば、触媒機構の解明に役立つと考えられる。我々は、収差補正 ETEM を用いて、一酸化炭素酸化反応環境下において酸化セリウム上に担持された金ナノ粒子の表面が再構成し、その表面に一酸化炭素分子が吸着している様子を観察することに成功した。

図 2 は真空中と一酸化炭素酸化反応環境下 (CO/air 混合ガス: CO-1vol%、O₂-21vol%、N₂-78vol%) で観察した同一金ナノ粒子の収差補正 ETEM 像 (加速電圧 300 kV) である。観察方向は金の[011]方向である。下段に{100}表面の拡大像を示す。明らかに反応環境下で金{100}表面の構造が変化している。再表層と表面第二層との間隔が広がり、再表層中の金原子の位置に変調が見られる。構造解析の結果、反応環境下で{100}表面が六方格子に再構成していることが明らかになった。

次に、軽元素のコントラストを強調するために、低加速電圧 (80 kV) で金ナノ粒子表面を観察した結果を図 3 に示す。観察方向は、金の[011]方向から少し傾いた方向であり、金{100}面に対応する格子縞が観察されている。反応環境下において{100}表面の構造が変化しており、さらにその表面から外側に微弱なストリーク状のコントラストが伸びていることが確認できる。表面構造の変化は、図 2 同様に金{100}表面が六方格子に再構成していることで説明できる。さらに、ストリーク状のコントラストについては、金{100}再構成表面の金原子の on-top サイトに吸着した一酸化炭素分子によるものであることが TEM 像シミュレーションと第一原理計算から示された。一酸化炭素分子が触媒表面と相互作用し、金原子の配列を組み合わせることで吸着していることが明らかになった。

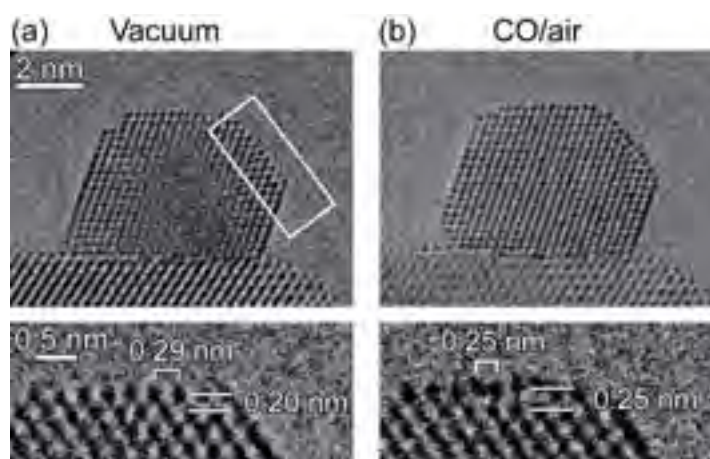


図 2 酸化セリウム上に担持された金ナノ粒子の(a)真空中、(b)CO/air中における収差補正 ETEM 像 (加速電圧 300 kV)。下段は{100}表面付近の拡大像。CO/air中で{100}表面が六方格子に再構成している。

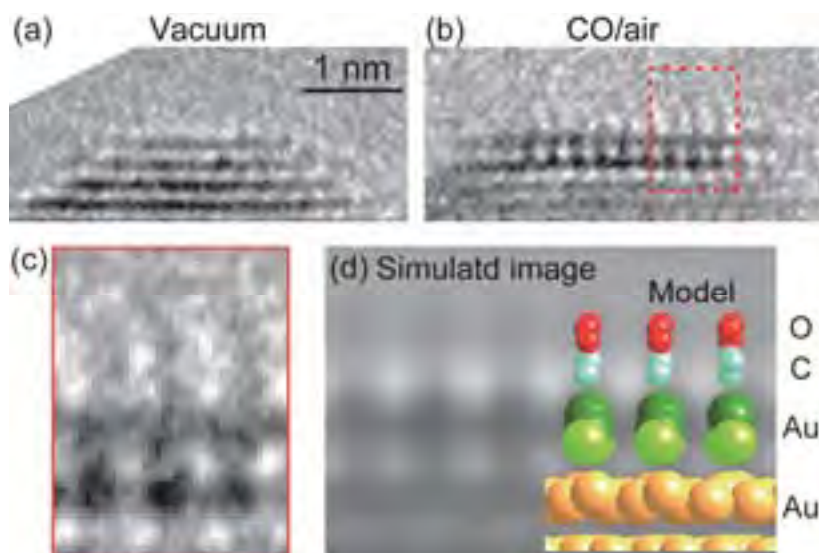


図 3 反応環境下において、金ナノ粒子の再構成{100}表面に吸着した一酸化炭素分子。(a)真空中、(b)反応環境下 (CO/air 中) における金ナノ粒子表面の収差補正 ETEM 像。(b)中の赤枠部分の拡大像を(c)に示す。(d)シミュレーション像とそのモデル図。

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
招へい教授	柳瀬 章、本河 光博
外国人客員教授	Ole Martin LØVVIK (平成 24 年 2 月 29 日～平成 24 年 3 月 29 日)
博士研究員	黄 紅斌 (～平成 24 年 3 月 31 日) 小寺 満 (～平成 24 年 3 月 31 日)
大学院学生	上村 直樹、田中 勇次、藤村 卓功、小森 尚平、上田 卓弥
研究生	Jagadeesh SURIYAPRAKASH (平成 22 年 10 月 1 日～平成 23 年 9 月 27 日)
学部学生	出口 政孝
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

・第一原理計算手法の開発

第一原理電子状態計算手法の中でも最も精度の高いものとして全電子フルポテンシャル線形化補強平面波(FLAPW)法が知られている。我々は以前より、全電子 FLAPW 法に関わる数値計算手法とそれに基づく計算コードの開発・改良に取り組んでいる。最近、構造最適化や弾性定数の効率的評価に有効な応力テンソルの定式化を行ったが、これを一般化勾配近似の範囲に拡張しその計算精度の評価を進めた。

・Bi 薄膜における Rashba 効果

Rashba 効果は二次元自由電子系に電場を印下することにより起こるスピン分裂現象であり、スピン軌道相互作用に起因している。この現象は、磁場を用いずスピン生成や制御ができる新しい素子機構としてスピントロニクス分野で高く期待されている。最近、いくつかの表面系で Rashba 効果が角度分解光電子分光により観測され、その微視的機構については群論的考察から明らかになった。我々は、いろいろな膜厚の Bi 薄膜に対して第一原理計算を実行し、その電子状態、特に Rashba 効果を示す表面状態、量子井戸状態、バンドギャップについて東北大学グループによる角度分解光電子分光の実験と詳細な比較を行い、その電子論的解釈を試みた[論文 2]。

・A サイト秩序型遷移金属ペロフスカイト酸化物の電子状態と磁性

遷移金属酸化物は遷移金属イオンの d 軌道のもつ局在性と遍歴性が織りなす新奇な物性を呈する。特に、遷移金属イオン周りの局所構造の詳細に依存して結晶場や酸素イオンの $2p$ 軌道との混成が変化し、多くのヴァリエーションを見せる。我々はペロフスカイト構造から派生した A サイト秩序型構造を有する遷移金属酸化物 $AA_3B_4O_{12}$ に注目し、その電子状態と磁性に関して第一原理電子状態計算からの研究を進めている。 $CaCu_3Fe_4O_{12}$ はその一つで、A' サイトと B サイトに Cu と Fe の遷移金属が含まれるため興味ある磁性が期待される。また、Fe の形式価数は 4 価であり低温で 3 価と 5 価に電荷不均化を起こすと実験的に考えられている。第一原理計算より、Fe-Fe 間は強磁性的結合、Fe-Cu 間は反強磁性的結合を与え、磁気秩序はフェリ磁性である結果を得た。また、磁気円二色性スペクトルの計算は最近の実験結果を定量的にもよく再現し、Fe の $3d$ 軌道との強い混成から酸素イオンの $2p$ 軌道にホールが存在し、わずかにスピン分極を起こしていることを明らかにした。 $2p$ 軌道におけるホールの存在は、Fe の価数状

態を理解する上でキーとなるものと考えている。

・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予測に使われているが、我々は更に原子の動き（ダイナミックス）を併せた研究を行っている。有限温度では必ず原子運動が起きているが、それを利用し、静止配置だけでは見えなかったバラエティのあるマテリアルデザインを推進している。今年度は、主にホウ素結晶における超伝導探索で大きな進展があった。

ホウ素結晶は硬い半導体で、高い T_c 材料として期待されている。これまでその相図が分かっていなかったが、数年前に著者らによりはじめて相図が理論的に予測された。それによると高压の安定相はa相である。そのことが実験で実証された[K. Shirai *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 80, 084601 (2011)]。また構造が保たれたまま、絶縁体から金属へ転移したのであるが、その機構を明らかにした。一方、常圧超伝導実現のためには高濃度ドーピングが望まれている。これは長い間、実験的には困難であったが、その困難性の原因を解明し、かつそれをどう解決するかを指し示した[論文9]。常圧ではドーピングが困難であるものも、ある条件では高压にするとドーピングが可能となることを明らかにした。

・マルチフェロイック物質の電子状態と電気磁気効果

マルチフェロイック物質とは、磁性および強誘電性を同時に示す物質の総称である。メリライト構造(空間群 $P-42_1m$)をとるコバルト酸化物 $Ba_2CoGe_2O_7$ は、6.7K 以下の反強磁性相で特異な電気磁気効果(外部磁場によって電気分極が誘起される現象)を示し、その電気分極の微視的起源は、スピン軌道相互作用によって誘起された異方的 pd 混成であることが報告されている。我々は同様の電気磁気効果を示す物質を探索し、低温でフェリ磁性および電荷・軌道秩序を示す磁鉄鉱 Fe_3O_4 (空間群 Cc) が同様の性質をもつことを明らかにした。 Fe_3O_4 では、電荷秩序が反転対称性を破り大きな強誘電性を誘起し、そのうえで、Fe 原子の t_{2g} 電子の整列した軌道とスピンとの相互作用が小さな電気磁気効果を生じることを明らかにした[論文 5]。

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、植田 将司、小島 彩、陣内 青萌、田中 一成
非常勤研究員	遠藤 克 (平成 23 年 4 月 1 日～平成 23 年 10 月 30 日)
事務補佐員	山崎 慶子、梅田 珠沙世
技術補佐員	牧野 丈夫

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の開発

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。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、カルボニル基で架橋したビチアゾールを開発している。物性評価から期待どおりの高い電気陰性効果と共役鎖の高い平面性に加え、電子輸送に適した固体状態での分子間相互作用の存在が明らかとなった。これらの知見から、カルボニル化シクロペンテンを縮環させたチオフエンに溶解度付与のためのアルキル基 (C_6H_{13} 基、あるいは、 $C_{12}H_{25}$ 基) を導入した新規な電子受容性末端ユニットの設計を行い、カルボニル架橋ビチアゾールと組み合わせた電子受容性 π 共役化合物 **1a**, **1b**, **1c** を合成した [原著論文 1](図 1)。この化合物はサイクリックボルタンメトリー (CV) 測定において、低い LUMO を示唆する還元波を示した。溶液塗布により作製した薄膜を活性層とする FET 素子は、期待通りの高い電子移動

度と大気下での駆動安定性を示した。

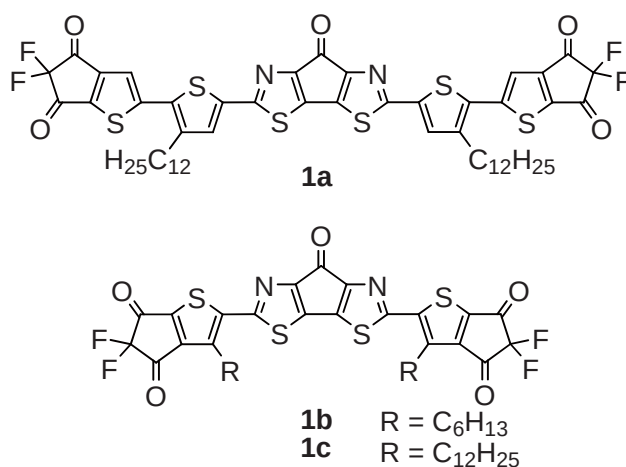


図 1 カルボニル架橋ビチアゾールを中心ユニットとする共役オリゴマー

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

の開発を行った。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* 型半導体材料は依然として PCBM に依存しており、有機薄膜太陽電池に適した新規 *n* 型材料開発は構造機能相関やデバイス特性の理解に不可欠な課題である。我々は以前より置換基と物性相関の見地から検討を重ねてきており、本研究では、PCBM 類似体およびそれを基本とする新規フラレン誘導体を合成し、P3HT をドナーとして有機薄膜太陽電池素子を作成・評価を行った。

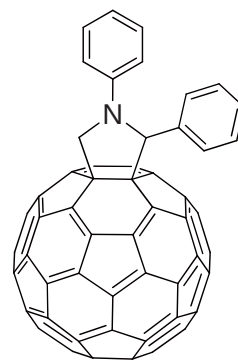


図2 新規フラレン誘導体

一連の有機薄膜太陽電池素子において、エネルギー変換効率 (η) に影響する顕著な数値の変化が確認された。ピロリジンの窒素上の置換基がフェニル基、2 位にブチルメチルエステル基を有する PCBM 類似体では、良好な曲線因子 (*FF*) と短絡電流密度 (J_{sc}) を示し、その効率は約 2 % であった。窒素上の置換基がアルキル基の場合では、極端な *FF* の低下と J_{sc} の低下により 1% に満たない効率となった。窒素上の置換基が重要な要素であることを示していた。それらを基に 2 位の置換基について検討した結果、窒素上の置換基をフェニル基、ピロリジンの 2 位の置換基もフェニル基にした化合物 (図 2) を使ったデバイスでは η が 2.41% に達し、窒素上の置換基がアルキル基になったものよりも 10 倍以上良い性能を示した。また、PCBM を用いて同一条件下で作製した素子と同等以上の性能でもあった。これらの結果は、フラレンを可溶化させる置換基の構造とデバイス性能との関連性を示している。

・分子エレクトロニクス材料の開発

分子エレクトロニクスに向けた分子ワイヤの開発を行った。オリゴチオフェンは単分子エレクトロニクスにおける分子ワイヤとしての利用が期待されている化合物である。しかしながら、長鎖オリゴチオフェンには拡張した π 電子に由来する強い分子間 π - π 相互作用が生じることから、単一分子の分子ワイヤ特性を実現するためには、この相互作用の影響がない分子の開発が必要である。この目的のため、嵩高い置換基をすべてのチオフェン環に導入することにより分子間 π - π 相互作用の阻害を目指したオリゴチオフェン (*nT*) の開発を行い、その被覆効果を化学的に検証した。さらに両末端にアンカー部位を導入した被覆型オリゴマー (**HS-*nT*-SH**) の開発を行い、その単分子電気伝導特性を評価した[原著論文 5] (図 3)。電子吸収スペクトルにおいて、鎖長伸長に伴い吸収極大の長波長シフトが観測されたことから、開発したオリゴマーは期待通りの有効共役長を有していることが示唆された。また、X 線結晶構造解析の結果、良好な共役平面性を有し、かつ、嵩高いフルオレン置換基により共役骨格が効果的に被覆されていることも明らかとなった。低温でのサイクリックボルタンメトリー測定において、 π ダイマーに相当するピークが観測されなかった。この結果より、嵩高い置換基で効果的に共役鎖が被覆されることで π ダイマーの形成が阻害されることが明らかになった。**HS-*nT*-SH** の希薄溶液を用いて STM-BJ 法による単分子導電挙動を評価した。電極/分子/電極接合のコンダクタンスの分子長に対するセミログプロットから、コンダクタンスの減衰係数は 1.9 nm^{-1} と見積もられた。

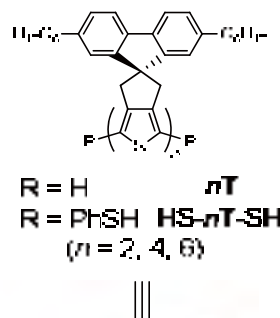


図3 開発した分子オリゴチオフェン分子ワイヤ

バイオナノテクノロジー研究分野

教授 谷口 正輝
助教 田中 裕行、筒井 真楠
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

・単一分子DNAの泳動ダイナミクス制御

現在、世界中で開発が進められているナノポアシーケンサーの応用化・実用化で要求される高速化・ハイスループット化・高い解読精度を実現するコア技術は、1分子のダイナミクス制御であると考えられている。そこで、ナノメートルスケールの幅と高さを持つ流路（ナノ流路）を流れるDNA1分子の速度をゲート電圧で制御する方法を開発した（図1）。マイナスに帯電したDNAは、ナノ流路の中を電気泳動により流れる。しかし、電気泳動のみでDNA1分子の流れる速度を制御するのは非常に困難である。そこで、ナノ流路の中にゲート電極を備えたナノデバイスを開発し、ゲート電圧によるDNA1分子の速度変化を調べた。その結果、ゲート電圧により、DNA1分子の速度を約3桁のオーダーで制御できることを明らかにした。開発したダイナミクス制御ナノデバイスは、電氣的にDNA1分子の塩基配列を決定するナノデバイスとシームレスに1つのデバイス上に集積されるため、新しいDNAシーケンサーの応用化・実用化を飛躍的に推し進めるものと期待される。

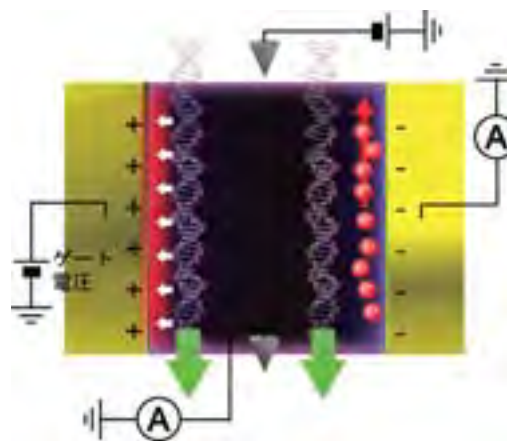


図1 DNA泳動制御デバイスの動作原理

・単一原子接合の非対称なホットとエレクトロン発熱

電極に接続された1原子（1原子接合）や1分子（1分子接合）は、先進バイオナノデバイスや超集積デバイスへの応用が期待されている。これらのナノデバイスを流れる電流密度は非常に大きくなるた

め、デバイス動作時において顕著なジュール発熱が生じると予測されている。このような局所加熱はデバイスの破損や誤作動の原因となるため、ナノデバイスにおける熱の流れの解明は、ナノデバイスを応用する上での重要な鍵となる。ところが、これまで1原子接合における電熱発生機構は実験的に未知のままであった。そこで今回、我々は、ナノヒーター、ナノ温度計、および金の単一原子接合が集積したナノ構造を、ナノテクノロジーを駆使して作製した(図2)。この集積ナノ構造は、外部の熱と遮断された特殊なナノ構造を持っている。この単一原子接合に一定方向の電圧を加えてナノ温度計で接合付近の温度上昇を計測すると、正の電圧を加えたときの温度上昇と、負の電圧を加えたときの温度上昇が異なる非対称な発熱現象が観察された。この非対称は、1原子接合を準弾導的に伝導するホットエレクトロンが原因であることを示唆している。

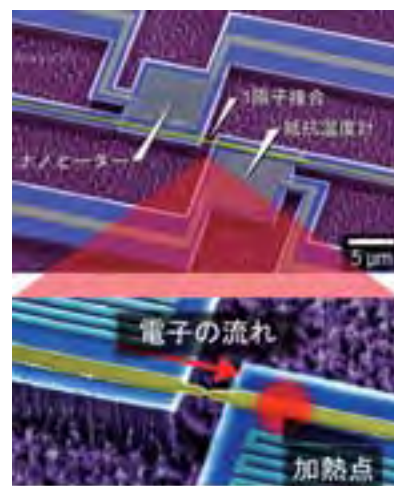


図2 ナノヒーター、ナノ温度計、および金単一原子接合を集積したナノ構造の走査電子顕微鏡。

・「百聞は一見にしかず」単一分子の回転振動をくっきり可視化

軸受けの機械機構は日常生活にかかせません。分子マシンの開発を進めるには、回転や振動の機能を有する分子の設計・合成、さらにその動作確認が必須です。光合成で有名なクロロフィルの母体構造であるポルフィリン分子(四つ葉のクローバー状の平面型分子)が金属イオンを挟んでできたハンバーガー状のダブルデッカー型錯体は、金属イオンがボールベアリングの役目を果たす軸受けのように機能することが、相田(東京大学)や新海(九州大学)らのグループの研究で明らかになっていて、その発展が期待されていました。しかし、デバイスのように、基板上に集積し配列させて使おうとした場合にも、本当に回転や振動といった軸受けの機能を発揮できるかどうかを明瞭に実証した研究報告例はありませんでしたが、我々は、ポルフィリン誘導体からできたダブルデッカー型錯体およびトリプルデッカー型錯体を表面に自己組織化配列させ、回転子に相当するポルフィリン配位子が回転振動する様子を明瞭に可視化することに成功しました。この成果は、分子マシンのみならず、回転子の角度を情報とする分子メモリや創発的アロステリック特性を有する高感度センサーの開発を推し進めるものと期待されます。

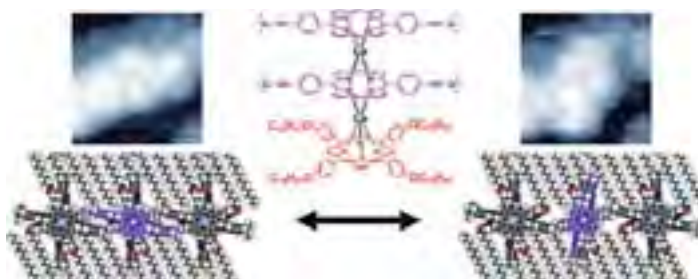


図3 分子構造モデルと顕微鏡像

環境・エネルギーナノ研究分野

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高温超伝導材料・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。

ここ2～3年の間に、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、我々は初めての3元素トポロジカル絶縁体 TlBiSe_2 の発見や、これまでで最高のバルク絶縁性を示すトポロジカル絶縁体新物質 $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$ やその改良版 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ の発見など、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スピン流検出

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の無散逸スピン流の直接検出を目指している。

これまで数ミリサイズのトポロジカル絶縁体試料を使ってデバイスを試作してきた。しかし、数ミリサイズで均質かつ平坦な劈開面を持つ試料を必要とする大きなデバイスの作製は非常に困難であることがわかった。そこで、本年度は試料をナノサイズまで薄くし、リソグラフィーによる電極形成によってナノデバイスを作製することでこの問題を解決し、デバイスの信頼度や作製効率を上げることを試みた。具体的には、シリコン基板上にフォトリソグラフィーによって Cr/Au の引き出し電極を形成し（図1B）、その中央部分に $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ の単結晶から剥離した薄片を定着させ、その上に電子ビームリソグラフィーによって強磁性体電極を形成した（図1C）。このデバイスでは、強磁性体の磁化の向きとトポロジカル絶縁体の表面スピン偏極電流の持つスピンの向きの整合・非整合によって、電流を整流するダイオードと同様な振舞い（スピンフィルターダイオード）が期待される（図1A）。このデバイスを測定・評価し、期待されるスピンダイオード効果を観測するために必要な要素技術を明らかにした。

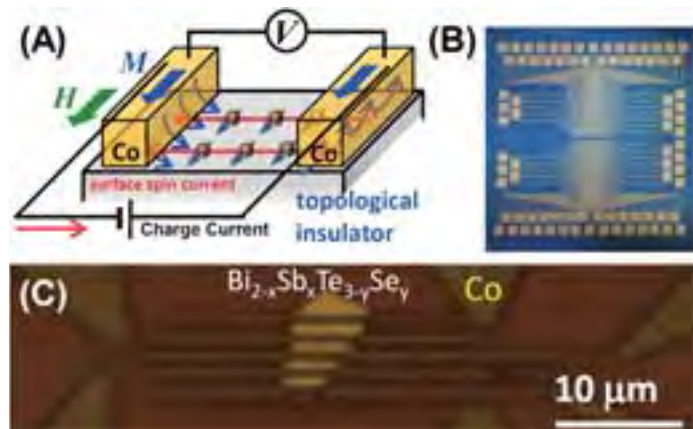


図1 (A) トポロジカル絶縁体上に強磁性体コバルト電極を蒸着したスピンフィルターダイオードデバイスの概念図. (B) フォトリソグラフィーによる Cr/Au 引き出し電極. (C) スピンフィルターダイオードの試作品。トポロジカル絶縁体 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ 単結晶から剥離し Si 基板上に定着された薄片上に電子ビームリソグラフィーによってコバルト電極が形成されている。

ナノ知能システム分野

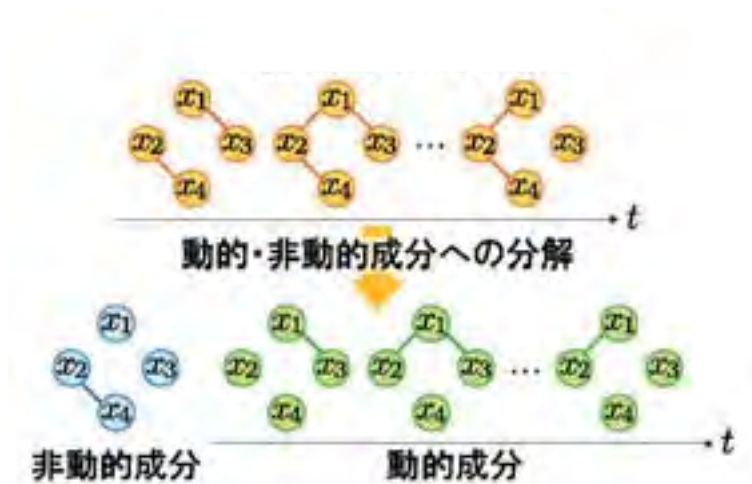
教授（兼任）

鷲尾 隆

a) 概要

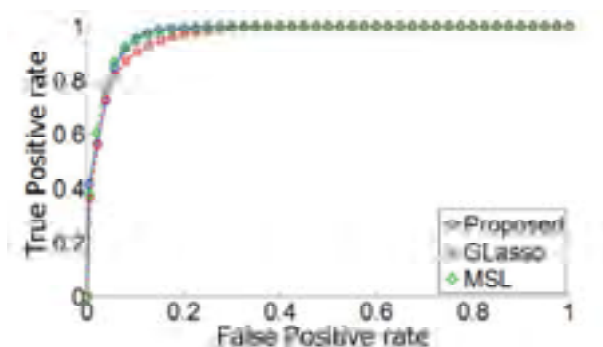
実験と計測技術の進歩に伴って、ナノテクノロジー研究分野において大量の実験データが蓄積されつつある。しかしながら、研究者を含む人間の情報処理能力の限界により、そのような大量データから科学的、工学的に意義深い知識を手動で効率的に抽出することは難しい。この問題を解決ないし軽減するために、本研究部門では様々な推論や探索アルゴリズムを駆使して大量データから人間にとって意味の大きな知識を抽出ないし推定する手法の開発を行っている。本年度は、引き続き大規模化量子実験におけるデータ推定手法の開発に取り組んでいる。量子実験がもたらす状態密度行列の実験測定結果は、その背後の物理的メカニズムによって半正定性という性質を満たすことが分かっている。しかし、実際には実験測定器側の誤差や欠測により不完全な状態密度行列しか測定できず、それらが実験時間内に変動するために動作検証すら困難であることが多い。本研究では本来満たされるべき半正定性を有する状態密度行列の定常（非動的）成分と非定常（動的）成分を分解し更に精度の高い推定結果を得るため、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。

b) 成果



状態密度行列上の状態間の関係

	Best AUC
Proposed	0.97
GLasso	0.96
MSL	0.97



新に開発した成分分解手法の在来法との精度比較

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。

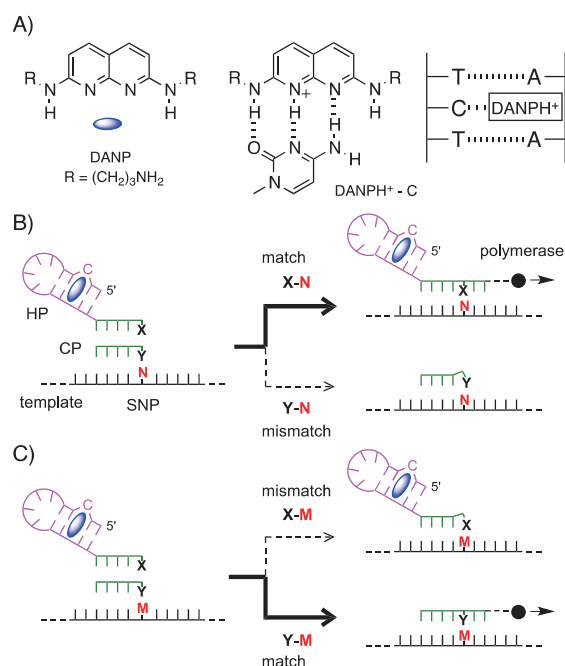
b) 成果

・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。アレル特異的ヘアピンプライマー法と名付けたこの方法の特徴は、競合するアレルにマッチした競合プライマーを共存させることにより、簡単にアレル特異性を格段に向上できる点にある。

この手法を用いて現在ウイルスの高感度検出を企業との共同で進めている。また、本手法は PCR の条件を検討することなくアレル特異性の向上が可能であるという点で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 高柳 英明 (平成 23 年 7 月 1 日～平成 23 年 9 月 30 日)

a) 概要

電界効果素子の低温電子相に関する研究

b) 成果

- 高柳教授は、低温における電子の量子状態を、半導体や超伝導体の微細構造において制御する研究分野の第一人者としての経験をもとに、量子コンピューティングの基礎的スキームとなる量子情報制御法の開発や超伝導接合を利用したLED研究の最先端の研究に関して、セミナーや少人数のディスカッションを行った。一方、有機化合物などの新しい半導体の電界効果トランジスタ構造においては、最近非常に高い移動度を実現しているため、低温での金属状態など、電界効果による電子状態制御とそれによる新しい機能の発現が期待される。本研究では、有機半導体を中心とした電界効果誘起の低温電子相において、電子のコヒーレント状態を実現し、制御することを目指した基礎的検討を行った。その結果、巨大分子において、コヒーレントな電子状態制御を行う分子の設計と合成法に関する見通しが得られた。
- 光と電子のコヒーレンスと新しい量子制御デバイス と題して学内セミナーを行った。(平成23年5月27日 (金) 15 : 00～17 : 00)

ナノシステム設計分野

客員准教授 酒井 政道（平成 23 年 7 月 1 日～平成 23 年 9 月 30 日）

a) 概要

希土類金属の水素化物は、水素エネルギー吸蔵体であり、また、資源・エネルギー循環型材料のモデルケースとして位置づけられている。申請者は、これまで、極低ホール係数材料の創製を目指して、水素吸蔵体 YH_2 および GdH_2 の作製を行ってきた。極低ホール係数材料の創製を目指している理由は、ホール係数ゼロ状態が、正味の電荷輸送を伴わない、したがって、ジュール熱損失の無いキャリア（電子と正孔）輸送を可能にするので、その性質を利用した、例えば、スピン流生成デバイスなどへの応用が考えられるからである。 YH_2 が極めて小さいホール係数を示すことは、既の実験的に見出されている。本研究では、ホール係数ゼロ状態を保ちつつ、キャリアがスピン偏極状態を持つ水素吸蔵体を作製する目的で、はじめて、 YH_2 と GdH_2 の合金の作製に取り組み、その電気的および磁氣的性質を調査し、電子・スピン機能デバイスへの展開を検討した。

b) 成果

作製した $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{H}_2$ 混晶 ($x=0.18\sim0.79$) における格子定数の Gd 濃度依存性は、ベガード則を示すことから、固溶体合金が得られていることが分かった。これらの磁化およびホール抵抗の磁場依存性測定によって、 $x=0.49$ では、異常ホール効果が 77 K において明確に観測され、キャリアが外部磁場中でスピン偏極することが分かった。なぜならば、異常ホール効果の出現は、スピニアップキャリアとスピンドウンキャリアの濃度バランスが崩れていることを意味するからである。観測された磁化値とホール抵抗値を用いて、正常ホール係数 R_H と異常ホール係数 R_s を最小二乗法で回帰分析した。その結果、正常ホール係数として $R_H(77\text{ K})=-1.5\times10^{-11}\text{ m}^3/\text{C}$ 、 $R_H(300\text{ K})=7.9\times10^{-12}\text{ m}^3/\text{C}$ 、異常ホール係数として $R_s(77\text{ K})=1.2\times10^{-8}\text{ m}^3/\text{C}$ 、 $R_s(300\text{ K})=5\times10^{-9}\text{ m}^3/\text{C}$ が得られ、 $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{H}_2$ ($x=0.49$) の正常ホール係数は、擬ゼロホール係数材料 YH_2 と同程度であることが見出された。したがって、 $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{H}_2$ ($x=0.49$) は、擬ゼロホール係数特性をもつバイポーラ伝導性を有していると云え、この合金は、我々が提案しているバイポーラ伝導性に基づく純スピン流のチャネル材料に適していると期待できる。

ナノシステム設計分野

客員教授

垣内 史敏（平成 23 年 11 月 16 日～平成 24 年 3 月 31 日）

a) 概要

不斉触媒は、極微量の使用により医薬品原料などの有用な光学活性化合物を大量に供給できる。限りある資源を有効かつ最大限に活かし、環境汚染物質の排出を抑制するためには、実用的な高活性不斉触媒の開発が最重要課題の 1 つとなっている。近年、炭素－水素結合を遷移金属触媒により活性化して官能基化する直接的変換反応が、副生成物の低減化や省エネルギーの観点から脚光を浴びている。当研究分野では、より環境調和性に優れた触媒の不斉合成法の創出を目指し、これまでに類の無い炭素－水素結合活性化を経るエナンチオ選択的触媒反応の開発に取り組んだ。

b) 成果

・ 4 - アルケン酸の分子内酸化的アリル位炭素－水素結合エステル化反応による γ - ラクトンのエナンチオ選択的合成

γ - ラクトン骨格は、生理活性物質などに見られる基本ユニットであり、幅広い分野で利用されている。光学活性体を与える従来の合成法は、多段階を必要とし大量の廃棄物を生じる環境負荷の大きなプロセスであった。入手容易な 4-アルケン酸 **1** を基質としたエナンチオ選択的環化反応が実現できれば、光学活性 γ - ラクトンの理想的な合成法となり得る。そこで、笹井研究室で開発されたキラル配位子 **SPRIX** を利用し、Pd 触媒による **1** のエナンチオ選択的環化反応を試みた。その結果、目的生成物である γ - ラクトン **2** が定量的に最高 82% ee で得られた。反応機構を解明するため、重水素ラベル基質を用いた速度論的同位体効果実験など様々な検討を行ったところ、本反応は炭素 - 水素結合活性化が律速段階であり、生成する π - アリル Pd 中間体 **B** を経て進行していることを明らかにできた（図 1）。

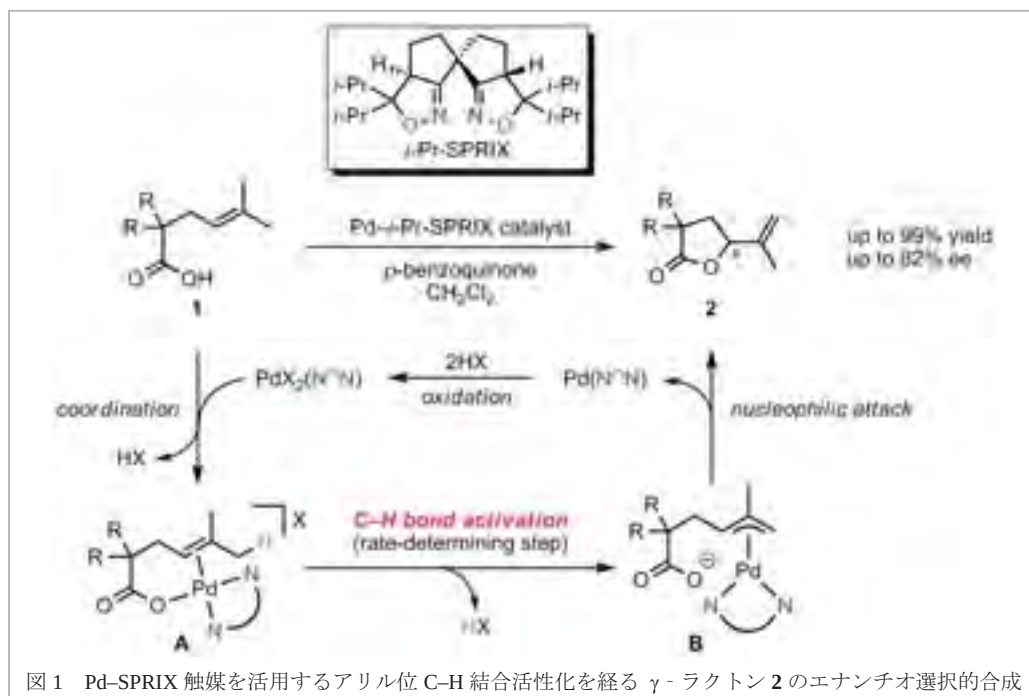


図 1 Pd-SPRIX 触媒を活用するアリル位 C-H 結合活性化を経る γ - ラクトン **2** のエナンチオ選択的合成

ナノシステム設計分野

客員准教授 西川 博昭 (平成 23 年 12 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日)

a) 概要

機能性酸化物ナノ構造創製と次世代省エネルギーデバイス応用に関する研究

b) 成果

多彩な電子機能を持つ機能性酸化物に対してナノ構造デバイスの形成とナノエレクトロニクス応用開を目的とした基礎特性評価研究を行った。具体的には、遷移金属酸化物の圧電効果を応用した電力を取り出すエナジーハーベスターの展開で、ナノ構造化することで高集積化の達成と、効率の向上が期待される。当該研究期間では、デバイスの基盤構造であるチタン酸バリウムのナノ細線構造の作製技術確立した。

ナノデバイス評価診断分野

教授 田中 秀和
客員准教授 Saket Asthana (平成 23 年 5 月 10 日～平成 23 年 7 月 29 日)
特任研究員 岡田 浩一

a) 概要

遷移金属酸化物は強磁性半導体特性や強誘電性を示す魅力的な物質群である。例えば、室温より遥かに高い強磁性転移温度を有する強磁性半導体 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ や巨大磁気抵抗効果を示すマンガン酸化物、室温で巨大自発電気分極を有する BiFeO_3 は次世代省エネルギーエレクトロニクスのキーマテリアルとして有望である。本共同研究では、薄膜デバイス形成にナノインプリント法および自己組織化を融合させた独自の手法を用い、これら酸化物のナノ構造化により僅かなエネルギーで室温巨大物性応答を示すナノスピントロニクスデバイスの創出を目指している。今年度の主な成果を以下に報告する。

b) 成果

良く位置決めされた自己組織化ナノ構造の形成を念頭に、ナノインプリントリソグラフィーとパルスレーザ堆積法の融合により幅 500 nm の強磁性半導体 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ ナノドットを作製した。室温で堆積させ、レジストをリフトオフした後、ポストアニールにより結晶化させた。図 1 に示すように、均一なサイズ・形状を有する $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ ナノドットアレイを一括大面積に作製することに成功し、様々な遷移金属酸化物に適用可能なナノ加工法を確立した。

マンガン酸化物に見られる電荷秩序状態においては僅かな外場による大きな物性応答が期待でき、超省エネルギーデバイスのチャネルとして機能しうる。そこで電荷秩序状態を有する $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$ を作製し、その電場応答を調べた。電気抵抗の電圧依存性を測定したところ再現性良く抵抗スイッチング現象が見られ、電荷秩序状態の電界による制御が示唆された。

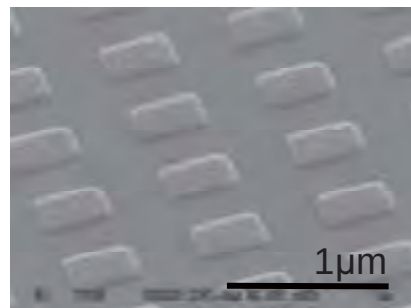


図 1 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ ナノドットパターンのSEM像。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

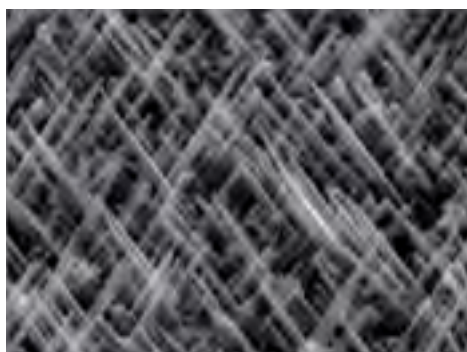
李 効民（平成 23 年 8 月 1 日～平成 23 年 9 月 30 日）

a) 概要

低次元性を有する無機ナノワイヤ構造は近年基礎科学的な興味のみならずナノデバイス応用の観点から非常に注目を集めている。これらのナノワイヤ構造体は独りで組みあがるために微細加工限界を遥かに凌駕したサイズ領域におけるデバイス群を創出することが期待されている。本研究では新たな機能性酸化物ナノワイヤの合成・創成を試みた。

b) 成果

1 次元ナノワイヤ構造体を形成するためには、結晶成長に異方性を意図的に導入する必要があり、尚且つそのサイズを厳密に規定する必要がある。気体・液体・固体（VLS）反応法は、金属触媒を介して 1 次元単結晶ナノワイヤを実現する手法であり、近年非常に注目されている。この手法では、触媒のサイズを厳密に規定することによって数ナノスケールでナノワイヤ径を制御できるという大きな利点があるとともに、その空間的位置を制御することによって、任意の位置に所望の材料を形成することが可能となる。このように VLS 法は非常に興味深い手法ではあるが、触媒との相互作用により使用可能な材料群が限定されてしまう点が大きな問題であった。そこで、ここでは機能性酸化物材料の代表格である TiO_2 を VLS 法を用いて 1 次元単結晶ナノワイヤ化することを試みた。形成メカニズムに基づいた設計指針から、金属種のフラックスと酸素種のフラックスを独立に制御した新しい手法でこの問題に取り組んだ。その結果、極めて狭いウィンドウで TiO_2 単結晶ナノワイヤが形成されうることを見出した。ナノワイヤ構造化に成功した大きな要因として、カチオン・アニオン供給量を狭い範囲で精密に制御したことが挙げられる。また、分子動力学法を用いた計算結果との比較から、蒸気圧の低い金属種の存在がナノワイヤ構造化を妨げる大きな要因になっていることが明らかになってきた。このように、従来技術では作製することが困難であった TiO_2 単結晶ナノワイヤの創製に成功した。この TiO_2 単結晶ナノワイヤにより新しいナノデバイスへと展開することが可能となる。



ナノデバイス評価・診断分野

国外客員教授 A.K.M. Akther Hossain (平成 23 年 10 月 3 日～平成 23 年 12 月 27 日)

a) 概要

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

b) 成果

シリコンに無い機能を有する“エキゾティクマテリアル”、即ち、外場(光・電界・磁場)に対し巨な物性応答を示す遷移金属酸化物を対象とし、薄膜物質積み上げ法と自己組織化の2種類を融合した高度な気相成長ボトムアップ・ナノプロセスにより、ナノスケールで、望みの物質・電子状態の空間的配置と次元性を任意に制御形成し機能物性を有機的に連携・集積する方法論(3次元ナノ超構造体エンジニアリング)の確立を目指している。当該研究期間では、特に、酸化物ナノスピントロニクスデバイスの基盤材料候補となる種々の酸化物磁性体の電気伝導・磁気特性を評価し、将来のナノ構造体作製へ向けての物性物理学的知見を得た。

ナノデバイス評価・診断分野

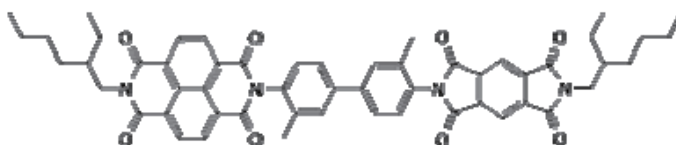
客員教授 金 成植 (平成 23 年 12 月 28 日～平成 24 年 2 月 28 日)

a) 概要

光照射などの外部刺激によって局在電荷の分布を変化させる分子スイッチデバイスは超分子の機能化において重要である。本研究ではレーザー光照射による分子内局在電荷の分布制御を目的に検討を行った。特に、スイッチング機能の最適化を行うことを目的とし、電子移動距離等の種々の制御因子の検討を可能にする分子の設計および合成を行い、目的化合物の合成に成功した。

b) 成果

本報告者の従来の研究より、電子受容性に優れたナフタルジイミド(NDI)などのイミド類を複数結合した分子系の合成を実証してきた。NDI は還元されると可視域に強い吸収をもつことから、還元体のレーザー励起によるラジカルアニオン励起状態の検討に最適な分子と考えられる。また、ピロメリットイミド(PI)は NDI より電子受容性に劣るものの、還元により明瞭な吸収帯を示すことより、NDI と PI をリンカーによって結合し、その還元体をフェムト秒レーザー励起することで、励起ラジカルアニオンからの電子移動過程が検討可能になるものと予想される。高効率および高速な電荷分布スイッチ機能を有する分子の設計において、電荷移動の自由エネルギー変化および機能性色素をつなぐリンカーの制御が重要な因子であることが、電荷移動理論であるマーカス理論より示唆される。したがって、本研究では、すでに使用可能であることが実証されているリンカーに加え、距離および LUMO レベル依存性を検討可能にする分子系を設計した。実際、ジメチルフェニルおよびジメチルピフェニルをリンカーとした結合分子の合成に成功したことより、今後、励起ラジカルアニオンからの電子移動のメカニズム等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

Ole Martin LØVVIK (平成 24 年 2 月 29 日～平成 24 年 3 月 29 日)

a) 概要

再生可能エネルギーへの応用の観点から熱電変換材料が注目を集めている。従来は、熱電性能指数の大きな Pb-Te 系や Bi-Te 系が用いられてきたが最近では、元素戦略の観点からユビキタス元素からなる新規物質の開発や物性開拓に関する研究が活発に進められている。本研究では、熱電変換物質の電子状態に共通する特徴から、高い熱電性能（ゼーベック効果やペルチエ効果）を生ずるのに必要な因子について第一原理計算に基づき議論を行う。また、第一原理計算手法による関連する物質科学分野への応用も検討する。

b) 成果

・熱電変換物質の電子状態と熱電性

物質中の伝導に関するボルツマン理論に従うと、電子をキャリアとする電気伝導や熱電能（ゼーベック係数）はフェルミ準位近傍の電子状態によって決定される。これまでの研究から、ゼーベック係数はフェルミ準位近傍での状態密度のエネルギー微分に支配されているという微視的機構が明らかにされてきている。本研究では、熱電素子のゲート構造化等を用いてフェルミ準位のシフトを実現することにより高いゼーベック係数が発現し得る可能性が提案された。

・第一原理計算手法による物質科学分野への応用

第一原理計算手法は、その手法の汎用性と非経験性から様々な物質・材料系や物理現象への応用が可能である。ここでは、「水素貯蔵固体・薄膜材料」、「固体酸化物燃料電池材料」、「太陽電池材料」等に対する第一原理計算手法の応用とその有効性について議論を進めた。

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授 金 成植 (平成 23 年 6 月 22 日～平成 23 年 8 月 22 日)

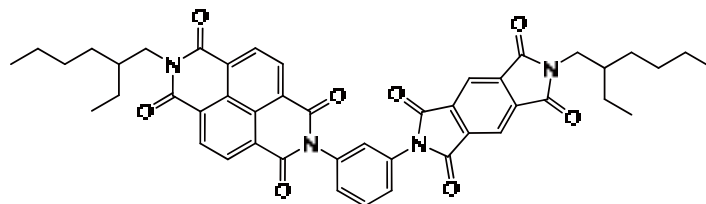
a) 概要

ボトムアップ的手法によるナノマテリアルの形成において、位置選択的な反応の開発が必須である。本研究では、レーザー励起またはパルスラジオリシスで生じた反応中間体をさらにレーザーで励起することで、種々の反応に応用可能な高活性な反応中間体を生成させることを目的としている。本手法は複数のビームが交差するところのみで非常に高い反応性を有する反応中間体を生成させることができるため、位置選択性の向上にも有用と考えられることから、ナノテクノロジーへの応用が期待できる。特に本研究ではパルスラジオリシスによって生成するラジカルアニオン種の励起状態から進行する電子移動反応に着目し、その検討に最適な分子系を設計し、有機合成に成功した。

b) 成果

上記の研究目標を達成するため、本研究では機能性分子を適切なリンカーで複数結合した分子を合成することを計画した。リンカーの採用は、ピコ秒あるいはそれ以下と非常に短寿命であると予想されるラジカルアニオン励起状態からの反応を効率的に進行させることに有効なためである。さらに、機能性分子としては一電子還元によりレーザー励起が容易な可視域に明瞭な吸収を持つこと、さらに励起状態が高い還元電位を有することなどを考慮して、イミド類を選択した。また、リンカーとしてはフェニルを用いることで、イミド類間の短距離化およびコンフォマーの減少を図った。

当初、*p*-ジアミノベンゼンのアミノ基に順次結合を生成することで、フェニルの *p*-位にイミド類を結合した分子を合成することを試みたが、イミド類の電子吸引性の高さのため、片方のイミド類を結合した段階で反応性が低下し、二種のイミドを結合することが不可能であることがわかった。*m*-ジアミノベンゼンを用い、順次結合生成を試みたところ、フェニルの *m*-位にイミド類を結合した分子(右図)を合成することに成功した。本化合物の合成に成功したことにより、今後、マルチレーザー励起による高活性反応中間体の検討を行う予定である。



ナノテクノロジー産業応用分野

客員准教授

Hao Du (平成 23 年 10 月 1 日～平成 23 年 12 月 30 日)

a) 概要

一方向に伸びた円柱状の気孔を有するロータス型ポーラス金属の力学特性を向上させるための表面処理に対して研究を行った。まず、気孔の内壁全体に金属もしくはセラミックスを均質にコーティングする方法に対して、検討を行った。その後、ポーラス金属の気孔の表面へのコーティングとポーラス金属の母材金属との合金化およびコーティング層の力学特性への影響に対して研究を行った。

b) 成果

気孔径約 0.6 mm で気孔の長さを 6 mm とするロータス型ポーラス銅の気孔の内壁に対してエレクトロプレーティング法を用いて Ni をコーティングした。Fig. 1 に Ni をコーティングしたロータス型ポーラス銅の気孔の長手方向に平行な断面の光学顕微鏡観察写真を示す。コーティングした Ni 層に対して、コーティング層の厚さ、気孔の長さ方向での厚さのばらつきおよびコーティング層の密着性の評価を行った。その結果、コーティング層の厚さは気孔の長手方向に対して均一であり、その気孔内壁での厚さは 3-5 μm であることが明かとなった。また、コーティング層の気孔内壁への密着性はロータス型ポーラス銅を 80% 圧縮した場合においても良好であることが明かとなった。

気孔の内壁に Ni をコーティングしたロータス型ポーラス銅の圧縮特性を Instron 万能試験機を用いて調べた。その結果、Fig. 2 に示すように as-deposited の状態で、0.2% 耐力は 22.3 MPa から 30.2 MPa に増加することが明かとなった。また、圧縮一応力ひずみ曲線から、単位体積当たりの吸収エネルギーを算出した結果、コーティングによって吸収エネルギーが 68.5 MJ/m^3 から 96.0 MJ/m^3 に増加することが明かとなった。このような、圧縮特性の向上は、Ni コーティング層による気孔表面での銅母材のすべり変形の抑制効果であると推察される。さらに、Ni コーティングを施したロータス型ポーラス銅を 873 K および 1023 K でアニールした結果、両条件においてコーティング前より強度が向上することが明かとなった。

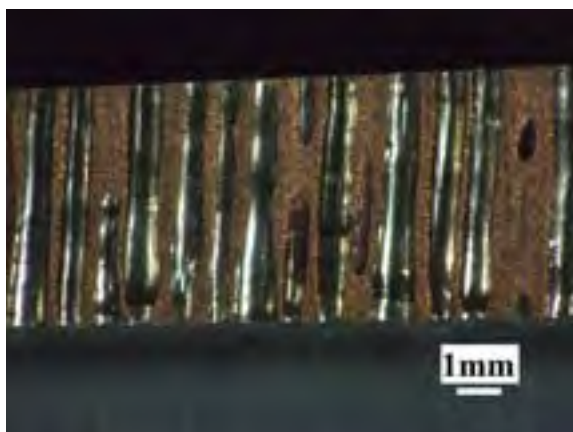


Fig. 1 Ni を表面にコーティングしたロータス型ポーラス銅の気孔に平行な断面の光学顕微鏡観察写真。

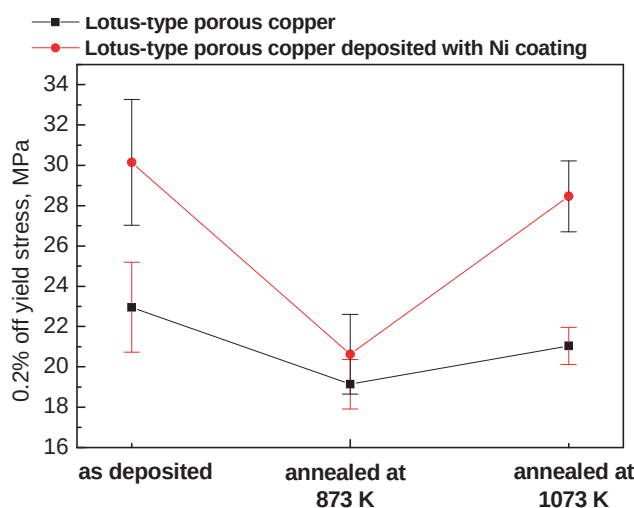


Fig. 2 Ni を表面にコーティングしたロータス型ポーラス銅 0.2% 耐力。

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授

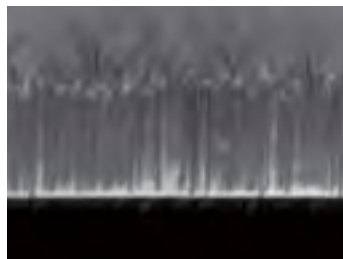
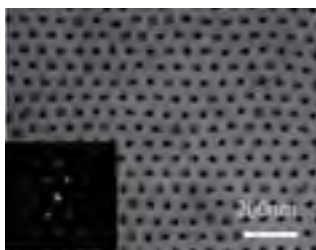
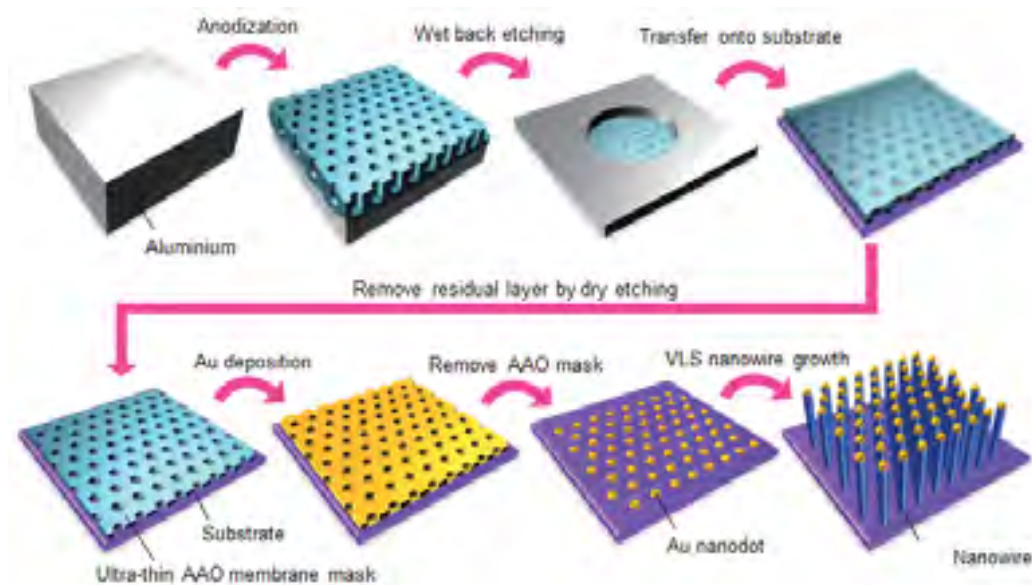
方 曉東（平成 24 年 1 月 20 日～平成 24 年 2 月 20 日）

a) 概要

自己集合的に形成される無機ナノワイヤ構造は微細加工限界を凌駕するナノテクノロジー産業応用へと期待されている。しかしながら、その構造・物性・機能の統計分散を抑制することはこれらを産業応用へと展開するうえでボトルネックの課題となっている。そこで、本研究では原理的にその統計分散を制御する手法を提案し、その実証を試みた。

b) 成果

気体・液体・固体（VLS）反応法は、金属触媒を介して 1 次元単結晶ナノワイヤを実現する手法であり、近年非常に注目されている。この手法では、触媒のサイズを厳密に規定することによって数ナノスケールでナノワイヤ径を制御できるという大きな利点があるとともに、その空間的位置を制御することによって、任意の位置に所望の材料を形成することが可能となる。このように VLS 法は非常に興味深い手法ではあるが、その金属触媒のサイズ分布が直接的に形成されるナノワイヤ径の分布へと反映してしまうという問題点を抱えている。そこで、ここではその金属触媒サイズを大面積で尚且つ単分散性を有する手法へと展開可能な陽極酸化アルミナ膜を用いた新たな手法を提案した。この手法では、200 ナノメートル以下に制御された極薄メンブレン膜を介した金属触媒形成プロセスにより、大面積に単分散の金属触媒が利用可能となる。下の図にはその像を示した。本手法を用いることで従来は問題であった統計分散を劇的に抑制することが可能となった。



ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授 金 碩圭 (平成 24 年 2 月 21 日～平成 24 年 6 月 29 日)

a) 概要

DNA 内の長距離電荷移動の研究は、生医学的な応用から酵素ツール(enzymatic tools)やナノスケールのバイオセンサーのようなナノデバイスの開発に積極的に応用するため活発に行われてきた。しかし、一般的な DNA の二重らせん構造ではなく、特定の塩基配列から形成された三重らせん、DNA の四重体、左巻き Z-DNA のような non-B DNA の電荷移動にたいする研究報告は非常に珍しい。本研究では、non-B DNA の代表的な構造の一つである G-quadruplex での電荷移動のダイナミクスを研究する。

b) 成果

G-四重体 DNA の電子移動を研究するため、まず G-四重体 DNA を形成する DNA 塩基配列の一部である GGTT 配列に電子供与体と電子受容体としてそれぞれ riboflavin(F)と NI (5-nitroindole) を結合 (F-5'-GG-NI-T-3') させた後、riboflavin の蛍光強度の変化を観察した結果、riboflavin の蛍光強度が大きく減少し、蛍光寿命も短くなることが観察された。これは、F-5'-GG-NI-T-3'複合体の F の励起状態から DNA への電子移動消光が起こっていることが示唆され、現在、その詳細を検討している。

ナノ機能材料デバイス研究分野

原著論文

[1]Self-Assembled Growth of Spinel (Fe,Zn)₃O₄-Perovskite BiFeO₃ Nanocomposite Structures Using Pulsed Laser Deposition, T. Sakamoto, A. N. Hattori, T. Kanki, K. Hattori, H. Daimon, H. Akinaga, and H. Tanaka: Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) 035504(1-4).

[2]Non-Destructive Estimation of Depletion Layer Profile in Nb-doped SrTiO₃/(La,Ba)MnO₃ n-p+ Heterojunction Diode Structure by Hard X-ray Photoemission Spectroscopy, H. Tanaka, I. Satoh, T. Kanki, E. Ikenaga, M. Kobata, J.-J. Kim, S. Ueda and K. Kobayashi: Appl. Phys. Lett., 98 (2011) 133505-1-3.

[3]Preparation of Ferroelectric Field Effect Transistor based on sustainable stolonally correlated (Fe,Zn)₃O₄ oxide semiconductor and their electrical transport properties, J. Takaobushi, T. Kanki, T. Kawai and H. Tanaka: Appl. Phys. Lett., 98 (2011) 102506-1-3.

[4]Identifying valence band structure of transient phase in VO₂ thin film by hard x-ray photoemission, T. Kanki, H. Takami, S. Ueda, A. N. Hattori, K. Hattori, H. Daimon, K. Kobayashi, H. Tanaka: Physical Review B, 84 (2011) 085107 (1-5) .

[5]Position-, size-, and shape-controlled highly crystalline ZnO nanostructures, A. N. Hattori, A. Ono, and H. Tanaka: Nanotechnology, 22 (2011) 415301-415305.

[6]Extremely reduced hollow metal nanomasks for direct epitaxial growth of functional oxide nanostructures, N.-G Cha, T. Kanki and H. Tanaka: Nanotechnology, 22 (2011) 185306-185311.

[7]High Temperature-Coefficient of Resistance at Room Temperature in W-doped VO₂ Thin Films on Al₂O₃ Substrate and Their Thickness Dependence, H. Takami, K. Kawatani, T. Kanki and H. Tanaka: Jpn. J. Appl. Phys., 50 (2011) 055804(3).

[8]Observation of a tunneling magnetoresistance effect in magnetic tunneling junctions with a high resistance ferromagnetic oxide Fe_{2.5}Mn_{0.5}O₄ electrode, E. Shikoh, T. Kanki, H. Tanaka, T. Shinjo, M. Shiraishi: Solid State Commun., 151 (2011) 1296-1299.

[9]Graphene Formation on 4H-SiC(0001) Surface Flattened by Catalyst-Assisted Chemical Etching in HF Solution, K. Nishitani, H. Sakane, A. N. Hattori, T. Okamoto, K. Kawai, J. Uchikoshi, Y. Sano, K. Yamauchi, M. Morita, and K. Arima: ECS Transactions, 41 (2011) 241-248.

[10]Damage-Free Dry Polishing of 4H-SiC Combined with Atmospheric-Pressure Water Vapor Plasma Oxidation, H. Deng, T. Takiguchi, M. Ueda, A. N. Hattori, N. Zettsu, K. Yamamura: Jpn. J. Appl. Phys., 50 (2011) 08 J G 05 (1-4) .

[11]Plasma assisted polishing of single crystal SiC for obtaining atomically flat strain-free surface, K. Yamamura, T. Takiguchi, M. Ueda, H. Deng, A. N. Hattori, N. Zettsu: Manufacturing Technology, 60 (2011) 571-574.

[12]Highly-integrity finishing of 4H-SiC(0001) by plasma-assisted polishing, K. Yamamura, T. Takiguchi, M. Ueda, H. Deng, A. N. Hattori, N. Zettsu: Journal of the Japan society for abrasive technology, 55 (2011) 534-539.

[13]Atomically Smooth Gallium Nitride Surfaces Prepared by Chemical Etching with Platinum Catalyst in Water, J. Murata, T. Okamoto, S. Sadakuni, A. N. Hattori, K. Yagi, Y. Sano, K. Arima, and K. Yamauchi: Journal of the Electrochemical Society, 159 (2012) H417-H420.

国際会議

- [1] Nano scale template deposition for preparation of functional oxide nano-wire, nano-box, and nano-dot materials (oral), H. Tanaka, T. Kusizaki, K. Fujiwara, A. Hattori: 2011 MRS Fall Meeting, Boston, MA, USA, Nov.28-Dec.2, 2011.
- [2] Control of self-assembled nano-scale electron domains in high quality VO₂ thin films and application for nano-oxide device (oral), H. Tanaka, H. Takami, K. Kawatani, T. Kanki Hidekazu Tanaka, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Teruo Kanki: The 15th International Conference on Thin Films (ICTF-15), Kyoto, Japan, Nov. 9, 2011.
- [3] Multi Dimensional Oxide Nano Heterostructures for Spintronics Application (invited), H. Tanaka Hidekazu Tanaka, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Teruo Kanki: BIT's 1st Annual World Congress of Nano-S&T, Dalian, China, Oct. 23-26, 2011.
- [4] SPM-based novel nanofabrication for oxides - Total control of Oxide Nanostructure (invited), H. Tanaka Hidekazu Tanaka, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Teruo Kanki: The Korean Physical Society (KPS) Fall meeting, Busan, Korea, from Oct. 19-21, 2011.
- [5] Multi-dimensional Nanostructured Oxide Devices (invited), H. Tanaka Hidekazu Tanaka, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Teruo Kanki: 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2011), Ngoya, Aichi, Sep. 28-30, 2011.
- [6] Integrated Nano-Template for Oxide Nano-Electronics (invited), H. Tanaka, T. Kusizaki, K. Fujiwara, A. Hattori: The 6th International symposium on Integrated Molecular/Materials Engineering (ISIMME-6), Beijing, China, June. 6-9, 2011.
- [7] Surface Nanopatterning for Spintronics (invited), H. Tanaka: The Manufacturing at the Nanoscale; Overcoming Barriers to Commercialization Symposium (The Nanotech Conference and Expo 2011), Boston, MA, USA, June. 13-16, 2011.
- [8] Self-assembled growth of ferromagnetic semiconductor-ferroelectric insulator nanocomposite structures using a pulsed laser deposition method (poster), T. Sakamoto, A. N. Hattori, T. Kanki, H. Tanaka: MNC 2011, 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Kyoto, Oct. 24-27, 2011.
- [9] Fabrication of functional oxide nanostructures and the electronic application utilizing stochastic resonance (oral), T. Kanki, H. Takami, K. Kawatani, and H. Tanaka: MNC 2011, 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Kyoto, Oct. 24-27, 2011.
- [10] Identifying valence band structure of M2 phase from mixed phases in VO₂ thin film (poster), T. Kanki, H. Takami, S. Ueda, A. N. Hattori, K. Hattori, H. Daimon, K. Kobayashi, H. Tanaka: 2011 MRS Fall Meeting, Boston, MA, USA, Nov. 28-Dec. 2, 2011.
- [11] Fabrication of epitaxial VO₂ nanostructured thin films and their electronic properties (poster), H. Takami, T. Kanki, K. Kawatani and H. Tanaka: 2011 MRS Fall Meeting, Boston, MA, USA, Nov. 28-Dec. 2, 2011.
- [12] UHV in-situ Photoluminescence for GaN(0001) Substrates in Different Preparations (poster), A. N. Hattori, K. Hattori, Y. Moriwaki, A. Yamamoto, H. Daimon, K. Endo: International Symposium on Surface Science 6, Funabori, Tokyo, Dec. 11-16th, 2012.
- [13] Position-, Size-, and Shape-controlled highly crystalline ZnO nanostructures (poster), A. N. Hattori, A. Ono, H. Tanaka: International Symposium on Surface Science 6, Funabori, Tokyo, Dec. 11-16th, 2012.

- [14]Position-, Size-, and Shape-controlled highly crystalline ZnO nanostructures (poster), A. N. Hattori, A. Ono, H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [15]Observation of Local Electrochemical Phase Change in Resistive Switching Devices (invited), K. Fujiwara, Y. Konno, Y. Nakamura, M. J. Rozenberg, and H. Takagi: 19th International Conference on Composites/Nano-Engineering, Shanghai, China, July 24-31, 2011.
- [16]Electric-field modulation of transport properties in charge-ordered LuFe_2O_4 (poster), K. Fujiwara and H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [17]Fabrication of $(\text{Fe,Mn})_3\text{O}_4$ nanowires using a sidewall deposition method (poster), T. Kushizaki, K. Fujiwara, A. N. Hattori, T. Kanki and H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [18]Ferromagnetic oxide nanowire structures fabricated by sidewall deposition method (poster), T. Kushizaki, K. Fujiwara, A. N. Hattori, T. Kanki and H. Tanaka: The 15th SANKEN international symposium 2012, Suita, Osaka, Jan. 12-13th, 2012.
- [19]Controlled Growth Position and Aligned Magnetic Domains in Self-organized Fe/LaSrFeO_4 Nanostructure (poster), K. Okada, T. Sakamoto, K. Fujiwara, A. Hattori, T. Kanki, and H. Tanaka: The 15th SANKEN international symposium 2012, Suita, Osaka, Jan. 12-13th, 2012.
- [20]Position-selective Growth of Self-organized Fe Nanopillars on Substrates with Patterned Nanodots (poster), K. Okada, T. Sakamoto, A. Hattori, T. Kanki, and H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [21]Modulation of Metal-Insulator Transition Temperature in W-doped VO_2 Thin Films : Toward Mott devices (invited), H. Takami, K. Kawatani, T. Kanki, S. Ueda, K. Kobayashi, H. Tanaka: 19th International Conference on Composites/Nano-Engineering, Shanghai, China, July 24-31, 2011.
- [22]Fabrication of the three dimensionally nanopatterned MgO substrates (poster), Y. Fujiwara, A. N. Hattori, , H. Tanaka: International Symposium on Surface Science 6, Funabori, Tokyo, Dec. 11-16th, 2012.
- [23]Epitaxial VO_2 Nanolines Fabricated by Using a Nanoimprint Lithography (poster), H. Takami, K. Kawatani, T. Kanki and H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [24]Three-dimensionally-nanopatterned MgO substrates for the fabrication of the epitaxial transition metal oxide nanowire (poster), Y. Fujiwara, A. N. Hattori, , H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [25]Electronic control of huge metal-insulator domains (poster), K. Kawatani, H. Takami, T. Kanki, H. Tanaka: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, November, 10-11, 2011.
- [26]Fabrication of epitaxial VO_2 nanostructured thin films using a nanoimprint lithography technique (poster), H. Takami, K. Kawatani, T. Kanki, H. Tanaka: Workshop on Oxide Electronics 18, Napa Valley, California, USA, Sep. 26 - Sep. 28, 2011.

解説、総説

ノイズを利用した新概念情報伝達電子材料の創出, 神吉 輝夫、田中 秀和, 大阪大学 低温センターだより, Low Temperature Cente, Osaka Univ, 155 (2011), 5-9.

Establishment of processes for nanoscale functional oxides, Hidekazu Tanaka, Teruo Kanki, Nam-Goo Cha, Azusa Hattori, Nanotech Japan Bulletin, Nanotech Japan, 4 (2011), No.12.

著書

[1]Structure, Morphology, and Stoichiometry of GaN(0001) Surfaces Through Various Cleaning Procedures (A. Innocenti, N. Kamarulzaman)“Stoichiometry and Materials Science”, 服部梓、遠藤勝義, InTech, (83-104) 2012.

国内学会

2012 年(平成 24 年)春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会	8 件
2012 年春季 第 50 回 応用物理学関係連合講演会	1 件
日本物理学会 2011 年秋季大会	3 件
2011 年秋季 第 72 回 応用物理学会学術講演会	7 件

取得学位

修士 (工学) 自己組織化結晶成長による $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4\text{-BiFeO}_3$ 完全位置制御 3 次元ナノ構造体の創製
 阪本 卓也

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	22,880
田中 秀和		
新学術領域研究	自己組織化酸化物ナノスピントロニクス	5,850
田中 秀和		
若手研究 (B)	室温ゆらぎを利用した確率共鳴ナノ材料の創出	2,470
神吉 輝夫		
新学術領域研究	生体機能に学ぶナノ材料応用と生体機能模倣デバイスの創出	8,840
神吉 輝夫		
若手研究 (B)	二元系遷移金属酸化物における電界誘起抵抗変化現象の機構解明	650
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ンエレクトロニクス素子の開発	8,970
-------	---------------------------	--	-------

奨学寄附金

田中 秀和	公益財団法人 旭硝子財団 理事長 田中 鐵二	2,000
-------	------------------------	-------

ナノ極限ファブリケーション分野

原著論文

[1]Femtosecond pulse radiolysis study on geminate ion recombination in n-dodecane, T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, Y. Yoshida: Radiat. Phys. Chem., 80 (2011) 286-290.

[2]Development of femtosecond photocathode RF gun, K. Kan, J. Yang, T. Kondoh, Y. Yoshida: Nucl. Instr. Meth. A, 659 (2011) 44-48.

[3]Ultrafast pulse radiolysis, J. Yang, T. Kondoh, K. Kan, Y. Yoshida: Nucl. Instr. Meth. A, 629 (2011) 6-10.

[4]Femtosecond pulse radiolysis and femtosecond electron diffraction, J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, Y. Yoshida, K. Tanimura: Nucl. Instr. Meth. A, 637 (2011) S24-S29.

[5]Collective energy loss of attosecond electron bunches, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, J. Yang, Y. Yoshida: Nucl. Instr. Meth. A, 637 (2011) S95-S98.

[6]Transmission-electron diffraction by MeV electron pulses, Y. Murooka, N. Naruse, S. Sakakihara, M. Ishimaru, J. Yang, K. Tanimura: Appl. Phys. Lett., 98 (2011) 251903.

[7]Proposal for generation of high-intensity monochromatic cherenkov radiation in THz range by femtosecond electron bunches impurity-doped semiconductor tube, K. Kan, J. Yang, K. Norizawa, T. Kondoh, Y. Yoshida, A. Ogata: Radiat. Phys. Chem., 80 (2011) 1323-1326.

[8]Multimode terahertz-wave generation using coherent Cherenkov radiation, K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida: Appl. Phys. Lett., 99 (2011) 231503.

[9]Development of femtosecond photocathode RF gun, K. Kan, J. Yang, T. Kondoh, Y. Yoshida: Nucl. Instr. Meth. A, 659 (2011) 44-48.

[10]Measurement of the Ion Beam Pulse Radiolysis Using Scintillator, T. Kondoh, J. Yang, K. Kan, Y. Yoshida: JAEA Takasaki Annual Report 2010, (2012) 144.

[11]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., (2012) in press.

[12]Radiation-induced radicals in hydrated magnesium sulfate, A. Tani, N. Hasegawa, K. Norizawa, T. Yada, M. Ikeya: Radiat. Meas., (2012) in press.

国際会議

[1]Dynamic Transmission Electron Microscopy using Femtosecond MeV Electron Beam (invited), J. Yang: The 3rd Asian Core Workshop on Advanced Quantum-Beam Sources and Applications, Feb. 23-24, KAERI INTEC, Korea.

[2]Femtosecond RF gun based MeV electron diffraction (invited), J. Yang, K. Kan, N. Naruse, Y. Murooka, Y. Yoshida, K. Tanimura: 2011 Particle Accelerator Conference, 4-9 September, 2011.

[3]Multimode Terahertz-wave Generation Using Femtosecond Electron Beam (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida: The 15th SANKEN International Symposium and The 10th SANKEN Nanotechnology Symposium, Jan 12-13, 2012, Japan.

[4]Electron capture in polymer model compound studied by femtosecond pulse radiolysis for advanced nano-fabrication (poster), T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, T. Toigawa, A. Ogata, H. Kobayashi, S. Tagawa, Y. Yoshida: The 15th SANKEN International Symposium and The 10th SANKEN Nanotechnology Symposium, Jan 12-13, 2012, Japan.

[5]Time-Dependent Behavior of Short Lived Active Species in Polymer Model Compound Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis for Advanced Nano-Fabrication (poster), T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, A. Ogata, H. Kobayashi, S. Tagawa, Y. Yoshida: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Nov. 10-11, 2011, Japan.

[6]The Formation and Reaction Process of Hydrated Electron Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Nov. 10-11, 2011, Japan.

[7]Coherent Cherenkov Radiation for Quasi-monochromatic Terahertz Probe Light for Nano-scale Information (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida: 7th Handai

Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Nov.10-11, 2011, Japan.

[8] Observation of Solvation and Pre-solvation of Electrons in Alcohol Radiolysis (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Nov.10-11, 2011, Japan.

[9] Femtosecond Photo injector and Relativistic Electron Microscopy (poster), J. Yang, K. Kan, N. Naruse, Y. Murooka, Y. Yoshida, K. Tanimura: 2nd International Particle Accelerator Conference, 4-9 September, 2011.

[10] Generation of Multimode Quasi-monochromatic Terahertz (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida: 2nd International Particle Accelerator Conference, 4-9 September, 2011.

[11] Femtosecond Pulse Radiolysis System on Primary Process of Radiation Chemistry (oral), Y. Yoshida, J. Yang, T. Kondoh, K. Norizawa, K. Kan, T. Kozawa, A. Ogata, S. Tagawa: 12th Tihany Symposium on Radiation Chemistry, August 27 - September 1, 2011, Zalakaros, HUNGARY.

[12] Time-dependent Behavior of Electron in n-Dodecane Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, T. Kozawa, A. Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: 12th Tihany Symposium on Radiation Chemistry, August 27 - September 1, 2011, Zalakaros, HUNGARY.

[13] Time-Dependent Behavior of Electron in n-Dodecane by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, T. Kozawa, A. Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: 27th Miller Conference on Radiation Chemistry, 20-25 May, 2011, Tällberg, Sweden.

[14] Formation process and Reactivity of Hydrated Electron Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: 27th Miller Conference on Radiation Chemistry, 20-25 May, 2011, Tällberg, Sweden.

[15] Observation of Solvation and Pre-solvation of Electrons in Alcohol Radiolysis (poster), T. Toigawa, K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: 27th Miller Conference on Radiation Chemistry, 20-25 May, 2011, Tällberg, Sweden.

[16] Bunch Length Measurement Using Coherent Cherenkov Radiation (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida: DIPAC2011, May 16-18 2011, Hamburg, Germany.

[17] Photoinjector Based MeV Electron Microscopy (poster), J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, Y. Yoshida: DIPAC2011, May 16-18 2011, Hamburg, Germany.

[18] Femtosecond pulse radiolysis study of excess electron in ionic liquids (oral), T. Kondoh, J. Yang, Y. Yoshida, R. Nagaishi, M. Taguchi, K. Takahashi, R. Katoh: 2nd International Workshop on Radiation Effects in Nuclear Technology, 28-29 February, Tokyo, Japan.

[19] Electron Diffusion and Transfer in Water Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: 2nd International Workshop on Radiation Effects in Nuclear Technology, 28-29 February, Tokyo, Japan.

[20] Femtosecond pulse radiolysis study on solvation process of electrons in neat alcohols (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: 2nd International Workshop on Radiation Effects in Nuclear Technology, 28-29 February, Tokyo, Japan.

解説、総説

極短パルス高周波電子銃, 楊金峰、菅晃一、近藤孝文、室岡義栄、成瀬延康、吉田陽一、谷村克

己、浦川順二, J. Vacuum Society of Japan, 日本真空協会, 55 (2012), 42-49.

イオン液体中の電子の溶媒和過程とジェミネートイオン再結合, 近藤孝文、楊金峰、吉田陽一, 放射線化学, 日本放射線化学会, 91 (2011), 33-38.

フォトカソード RF 電子銃を用いた超高速秒時間分解 MeV 透過電子回折装置の開発, 成瀬延康、室岡義栄、楊金峰、谷村克己, 日本加速器学会, 日本加速器学会, 7[4] (2011), 261-270.

著書

[1]レーザーとプラズマと粒子ビーム (小方厚)“レーザーとプラズマと粒子ビーム”, 小方厚、菅晃一、楊金峰, 大阪大学出版会, (1-308) 2012.

国内学会

日本加速器学会	5 件
高崎量子応用研究シンポジウム	1 件
日本原子力学会	9 件
放射線化学討論会	6 件
ビーム物理研究会 2011	1 件
電顕技術開発若手研究部会 第 3 回ワークショップ	1 件
核融合科学研究所 一般共同研究 研究・報告会	1 件
高輝度・RF 電子銃研究会	2 件
電磁メタマテリアル全体会議	2 件
日本化学会	2 件
日本物理学会	1 件
応用物理関係連合講演会	1 件

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	41,600
吉田 陽一		
基盤研究 (A)	フェムト秒時間分解電子顕微鏡の基礎研究	15,340
楊 金峰		
新学術領域研究	フェムト秒電子ビームとテラヘルツ波メタマテリアルを用いた逆チェレンコフ放射の研究	4,030
菅 晃一		
受託研究		
楊 金峰、菅 晃一	(独) 産業技術総合研究所 高出力テラヘルツ波光源を用いた不正薬物・爆発物探知に係る調査研究	525

その他の競争的研究資金

菅 晃一	核融合科学研究所 一般共同研究	平成 23 年度 核融合科学研 究所 一般共 同研究 研 究・報告会にお ける成果発表 と情報収集	23
菅 晃一	大阪大学 (新学術_22-26_萩行 正憲)	新学術電磁メ タマテリアル 全体会議にお ける成果発表 と情報収集	28

ナノ構造・機能評価研究分野

原著論文

- [1]Temperature-Dependent Change in Shape of Platinum Nanoparticles Supported on CeO₂ during Catalytic Reactions, H. Yoshida, K. Matuura, Y. Kuwauchi, H. Kohno, S. Shimada, M. Haruta and S. Takeda: Appl Phys. Express, 4 (2011) 065001(1)-065001(3).
- [2]Systematic Morphology Changes of Gold Nanoparticles Supported on CeO₂ during CO Oxidation, T. Uchiyama, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, S. Ichikawa, S. Shimada, M. haruta and S. Takeda: Angew. Chem. Int. Ed., 50 (2011) 10157-10160.
- [3]A theoretical study of CO adsorption on gold by Huckel theory and density functional theory calculations, K. Sun, M. Kohyama, S. Tanaka and S. Takeda: J. Comput. Chem., 32 (2011) 3276-3282.
- [4]Visualizing Gas Molecules Interacting with Supported Nanoparticulate Catalysts at Reaction Conditions, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, J. R. Jinschek, K. Sun, S. Tanaka, M. Kohyama, S. Shimada, M. Haruta and S. Takeda: Science, 335 (2012) 317-319.
- [5]High-temperature thermoelectric properties of Cu₂Ga₄Te₇ with defect zinc-blende structure, T. Plirdpring, K. Kurosaki, A. Kosuga, M. Ishimaru, A. Harnwungmoung, T. Sugahara, Y. Ohishi, H. Muta, S. Yamanaka: Appl. Phys. Lett., 98 (2011) 172104(1)-172104(3).
- [6]Effect of vacancy distribution on the thermal conductivity of Ga₂Te₃ and Ga₂Se₃, C.-E. Kim, K. Kurosaki, M. Ishimaru, H. Muta, S. Yamanaka: J. Electron. Mater., 40 (2011) 999-1004.
- [7]Nanovoid formation by change in amorphous structure through the annealing of amorphous Al₂O₃ thin films, M. Tane, S. Nakano, R. Nakamura, H. Ogi, M. Ishimaru, H. Kimizuka, H. Nakajima: Acta Mater., 59 (2011) 4631-4640.
- [8]Transmission-electron diffraction by MeV electron pulses, Y. Murooka, N. Naruse, S. Sakakihara, M. Ishimaru, J. Yang, K. Tanimura: Appl. Phys. Lett., 98 (2011) 251903(1)-251903(3).
- [9]Structural characterization of MBE grown InGaGdN/GaN and InGaN/GaGdN structures, D. Krishnamurthy, S. N. M. Tawil, R. Kakimi, M. Ishimaru, S. Emura, Y.-K. Zhou, S. Hasegawa, H. Asahi: phys. stat. solidi (c), 8 (2011) 2245-2247.
- [10]Enhancement of nanovoid formation in annealed amorphous Al₂O₃ including W, R. Nakamura, M. Ishimaru, A. Hirata, K. Sato, M. Tane, H. Kimizuka, T. Shudo, T. J. Konno, H. Nakajima: J. Appl. Phys., 110 (2011) 064324(1)-064324(7).
- [11]Superlattice-like stacking fault array in ion-irradiated GaN, M. Ishimaru, I. O. Usov, Y. Zhang, W. J. Weber: Philos. Mag. Lett., 92 (2012) 49-55.
- [12]Growth of higher manganese silicides from amorphous manganese-silicon layers synthesized by ion implantation, M. Naito, R. Nakanishi, N. Machida, T. Shigematsu, M. Ishimaru, J. A. Valdez, K. E. Sickafus: Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B, 272 (2012) 446-449.

[13]Self-elongated growth of nanopores in annealed amorphous Ta₂O₅ films, R. Nakamura, K. Tanaka, M. Ishimaru, K. Sato, T. J. Konno, H. Nakajima: Scr. Mater., 66 (2012) 182-185.

[14]TEM analysis of nanovoid formation in annealed amorphous oxides, R. Nakamura, T. Shudo, M. Ishimaru, H. Nakajima: Mater. Sci. Forum, 695 (2011) 541-544.

国際会議

[1]Environmental transmission electron microscopy of electron-beam-induced changes of Au/TiO₂ catalysts in reactant gases (oral), Y. Kuwauchi, H. Yoshida, T. Uchiyama, T. Akita, H. Kohno, S. Takeda,: 2011MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, April 25-29, 2011.

[2]In-situ Characterization of Nanoparticle Catalysts during CVD Growth of Carbon Nanotubes by Environmental TEM (oral), H. Yoshida, Y. Homma, S. Takeda: 2011MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, April 25-29, 2011.

[3]In-situ Environmental TEM Study of the Shape Change of Pt Nanoparticles Supported on CeO₂ in Gases (oral), H. Yoshida, Y. Kuwauchi, H. Kohno, S. Shimada, M. Haruta, S. Takeda: 2011MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, April 25-29, 2011.

[4]Structure Analysis of Nanoparticle Catalysts by Environmental Transmission Electron Microscopy (invited), S. Takeda and H. Yoshida, Y. Kuwauchi: The 2011 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai (IMFEDK2011), Osaka, Japan, May 19-20, 2011.

[5]Atomic scale observation of iron catalyzed carbon nanotube growth by environmental TEM (invited), H. Yoshida, Y. Homma, S. Takeda: 8th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices, Seoul, Korea, May 22-27, 2011.

[6]High resolution environmental TEM of metal nanoparticle catalysis (invited), S. Takeda, H. Yoshida: 5th Congress of the International Union of Microbeam Analysis Societies, Seoul, Korea, May 22-27, 2011.

[7]Structure of supported nanoparticle catalysts at the working condition studied by environmental transmission electron microscopy (invited), S. Takeda, H. Yoshida and Y. Kuwauchi: Microscopy Conference 2011, Kiel, Germany, 28 August – 02 September, 2011.

[8]Structure Changes of Au/TiO₂ Catalysts in Reactant Gases Observed by Environmental Transmission Electron Microscope (poster), Y. Kuwauchi, H. Yoshida, T. Akita and S. Takeda: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, November 10-11, 2011.

[9]Temperature-Dependent Shape Changes of Platinum Nanoparticles Supported on CeO₂ during CO Oxidation (poster), H. Yoshida, Y. Kuwauchi, H. Kohno, M. Haruta, S. Takeda: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, November 10-11, 2011.

[10]Systematic Morphology Changes of Gold Nanoparticles Supported on CeO₂ during CO Oxidation (poster), T. Uchiyama, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, S. Ichikawa, S. Shimada, M. Haruta, S. Takeda: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, November 10-11, 2011.

[11]Atomic-Scale Analysis on the Role of Molybdenum in Iron-Catalyzed Carbon Nanotube Growth (poster), H. Yoshida, S. Takeda: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, November 10-11, 2011.

[12]High Resolution Environmental TEMs at ISIR (poster), S. Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi and S. Kujawa: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan,

November 10-11, 2011.

[13]Operand Study of Nanoparticle Catalysts by Environmental Transmission Electron Microscopy (invited), S. Takeda: The 15th SANKEN International Symposium, Osaka, Japan, January 12-13, 2012.

[14]Temperature-Dependent Shape Changes of Pt Nanoparticles Supported on CeO₂ in Reactant Gases (poster), H. Yoshida, Y. Kuwauchi, H. Kohno, M. Haruta, S. Takeda: The 15th SANKEN International Symposium, Osaka, Japan, January 12-13, 2012.

[15]Operand Structural Study of Nanoparticulate Catalysts by Environmental Transmission Electron Microscopy (oral), S. Takeda: The 2nd International Symposium on Advanced Electron Microscopy for Catalysis and Energy Storage Materials, Berlin, Germany, February 5-8 2012.

[16]Chemical short-range order in amorphous semiconductors (invited), M. Ishimaru: European Materials Research Society 2011 Spring Meeting, Nice, France, May 9-13, 2011.

[17]Thermoelectric properties of Cu₂Ga₄Te₇ with defect-zincblende structure (poster), T. Plirdpring, K. Kurosaki, A. Kosuga, M. Ishimaru, Y. Ohishi, H. Muta, S. Yamanaka: European Materials Research Society 2011 Spring Meeting, Nice, France, May 9-13, 2011.

[18]Thermoelectric properties of the Cu-Ga-Te ternary compounds (invited), K. Kurosaki, T. Plirdpring, A. Kosuga, M. Ishimaru, Y. Ohishi, H. Muta, S. Yamanaka: European Materials Research Society 2011 Spring Meeting, Nice, France, May 9-13, 2011.

[19]Surface and cross sectional nano-structure of prototype BPM prepared using imprinted glassy alloy thin film (poster), N. Saidoh, K. Takenaka, N. Nishiyama, M. Ishimaru, A. Inoue: 8th International Conference on Bulk Metallic Glasses, Hong Kong, China, May 15-19, 2011.

[20]Annealing-induced structural changes in TlInGaAsN heterostructures studied by X-ray photoelectron spectroscopy (poster), K. M. Kim, W. B. Kim, D. Krishnamurthy, M. Ishimaru, H. Kobayashi, S. Hasegawa, and H. Asahi: 23rd International Conference on Indium Phosphide and Related Material, Berlin, Germany, May 22-26, 2011.

[21]Formation of nanovoids in annealed amorphous oxides (poster), R. Nakamura, T. Shudo, A. Hirata, M. Ishimaru, H. Nakajima: 8th International Conference on Diffusion in Materials, Dijon, France, July 3-8, 2011.

[22]Radiation-induced amorphous and long-period structures in GaN (oral), M. Ishimaru: 16th International Conference on Radiation Effects in Insulators, Beijing, China, August 14-19, 2011.

[23]Electron diffraction study on radiation-induced amorphous structures (invited), M. Ishimaru: International Workshop on Ion Beam Applications of Functional Materials, Jinan, Shandong, China, August 19-22, 2011.

[24]Fabrication of nanoporous oxides through annealing of amorphous oxide films (oral), R. Nakamura, T. Shudo, M. Ishimaru, A. Hirata, H. Nakajima: 7th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams, Busan, Korea, September 18-21, 2011.

[25]Elastic properties of nanoporous amorphous Al₂O₃ (invited), M. Tane, S. Nakano, R. Nakamura, H. Ogi, M. Ishimaru, H. Kimizuka, H. Nakajima: 7th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams, Busan, Korea, September 18-21, 2011.

[26]Fabrication of nanoscale junctions utilizing thin-film edges (invited), H. Kaiju, K. Kondo, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, A. Ishibashi: BIT's 1st Annual World Congress of Nano-S&T, Dalian, China,

October 23-26, 2011.

[27]Formation of higher manganese silicides in the amorphous manganese-silicon thin films synthesized by ion implantation (poster), M. Naito, R. Nakanishi, N. Machida, T. Shigematsu, M. Ishimaru: 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, November 8-11, 2011.

解説、総説

環境制御・透過電子顕微鏡法によるナノ粒子触媒のその場観察, 竹田 精治、吉田 秀人, 触媒, 触媒学会, 53[4] (2011), 235-240.

アモルファス酸化物の構造変化および結晶化に伴うナノポーラス化, 仲村龍介、石丸 学、平田秋彦、佐藤和久、多根正和、君塚 肇、今野豊彦、中嶋英雄, まてりあ, 日本金属学会, 51 (2012), 95-101.

著書

[1]CNT 成長の TEM その場観察 “カーボンナノチューブ・グラフェンハンドブック ”, 竹田精治、吉田秀人, (株)コロナ社, (Section 3.4) 2011.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

竹田 精治 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (組織委員長)
石丸 学 9th Polish-Japanese Joint Seminar on Micro and Nano Analysis (顧問委員)
石丸 学 The Nuclear Materials 2012 (セッション委員)

国内学会

日本顕微鏡学会第 67 回学術講演会	1 件
日本物理学会 2011 年秋季大会	1 件
ニューダイヤモンドフォーラム平成 23 年度第 2 回研究会	1 件
日本顕微鏡学会電顕技術開発若手研究部会第 3 回ワークショップ	1 件
日本顕微鏡学会環境制御型電子顕微鏡研究部会第 2 回研究会	1 件
第 59 回応用物理学関係連合講演会	3 件
日本物理学会第 67 回年次大会	3 件
第 109 回触媒討論会	1 件
日本金属学会	6 件

取得学位

修士 (工学) Pt ナノ粒子触媒の酸化過程の収差補正環境 TEM その場観察
表 宏樹
修士 (工学) 金ナノ粒子触媒表面における吸着分子の可視化の検討
山村 仁

科学研究費補助金

		単位: 千円
特別推進研究	金属ナノ触媒粒子による気体反応メカニズムの原子・電子	25,740
竹田 精治	構造的解析	
基盤研究 (C)	自発的ナノスケール相分離とそれを利用した低次元ナノ構造体の創製	1,170
石丸 学		
受託研究		
石丸 学	経済産業省 複合化金属ガラスの微細構造解析	2,100

奨学寄附金

竹田 精治	日本エフイー・アイ株式会社 代表取締役 藤井 博英	500
竹田 精治	株式会社 UBE 科学分析センター 代表取締役社長 陣田 一也	2,000
竹田 精治	昭和電工株式会社 研究開発センター長 中條 哲夫	1,000

ナノ機能予測研究分野

原著論文

- [1]Conduction-band electronic states of YbInCu₄ studied by photoemission and soft x-ray absorption spectroscopies, Y. Utsumi, H. Sato, H. Kurihara, H. Maso, K. Hiraoka, K. Kojima, K. Tobimatsu, T. Ohkochi, S. Fujimori, Y. Takeda, Y. Saitoh, K. Mimura, S. Ueda, Y. Yamashita, H. Yoshikawa, K. Kobayashi, T. Oguchi, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi: Physical Review B, 84 (2011) 115143/1-7.
- [2]Tunable Spin Polarization in Bismuth Ultrathin Film on Si(111), A. Takayama, T. Sato, S. Souma, T. Oguchi, T. Takahashi: Nano Letters, 12 (4) (2012) 1776-1779.
- [3]Role of van der Waals interaction in crystalline ammonia borane, Kunihiko Yamauchi, Ikutaro Hamada, Hongbin Huang, Tamio Oguchi: Applied Physics Letters, 99 (2011) 181904/1-3.
- [4]Theoretical investigation of magnetoelectric effects in Ba₂CoGe₂O₇, Kunihiko Yamauchi, Paolo Barone, Silvia Picozzi: Physical Review B, 84 (2011) 165137/1-6.
- [5]Orbital degrees of freedom as origin of magnetoelectric coupling in magnetite, Kunihiko Yamauchi, Silvia Picozzi: Physical Review B, 85 (2012) 085131/1-5.
- [6]Magnetically driven ferroelectric atomic displacements in orthorhombic YMnO₃, D. Okuyama, S. Ishiwata, Y. Takahashi, K. Yamauchi, S. Picozzi, K. Sugimoto, H. Sakai, M. Takata, R. Shimano, Y. Taguchi, T. Arima, Y. Tokura: Physical Review B, 84 (2011) 054440/1-6.
- [7]Structural study of α -boron at high pressure, H. Shirai, H. Dekura, Y. Mori, Y. Fujii, H. Hyodo, K. Kimura: Journal of the Physical Society of Japan, 80 (2011) 084601/1-13.
- [8]Metallic Properties of Graphite at High Pressures, K. Shirai, N. Nakae, A. Yanase: AIP Conference Proceedings, 1399 (2011) 763-764.
- [9]Efficient method for Li doping of α -rhombohedral boron, H. Dekura, K. Shirai, A. Yanase: Physical Review B, 84 (2011) 094117/1-13.
- [10]Raman scattering and isotopic phonon effects in dodecaborides, H Werheit, V Filipov, K Shirai, H Dekura, U Schwarz, M Armbrüster: Journal of Physics: Condensed Matter, 23 (2011) 065403.

国際会議

- [1]Phase stability and superconductivity of boron at high pressures (oral), K. Shirai, H. Dekura: 17th Int. Symp. Boron, Borides and Related Materias, 9/11-17 2011, Istanbul, Turkey.
- [2]Superconductivity of Icosahedron-Based Semiconducting Boron (poster), K. Shirai, H. Dekura: E-MRS 2011 Fall Meeting, September 19 - 23, 2011, Warsaw University of Technology, Poland.
- [3]Material design for superconductivity on semiconducting boron (oral), K. Shirai: Quantum Simulations and Design, International Focus Workshop, September 27 - 29, 2011, Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Germany.
- [4]Material design for superconductivity on semiconducting boron (poster), K. Shirai, H. Dekura, N. Uemura: The 14th Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations, October 31-November 2, 2011, The University of Tokyo, Japan.
- [5]Material design for superconductivity on semiconducting boron (poster), K. Shirai, H. Dekura, N.

Uemura: New Science Created by Materials with Nano Spaces: From Fundamentals to Applications, Sendai, Japan, November 23-36, 2011.

[6]Novel mechanisms for multiferroicity and magnetoelectric effects in transition metal oxides (invited), K. Yamauchi: The 14th Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations, Tokyo, Japan, October 31-November 2, 2011.

[7]Ab-initio Theoretical Studies on Charge-Order Induced Ferroelectricity and Magnetoelectric Effects (invited), K. Yamauchi: Electronic Ferroelectricity – ELF2012, Vietri Sul Mare, Italy, March 23, 2012.

[8]Theoretical studies on non-linear magnetoelectric effects induced by single-site spin-orbit coupling (poster), K. Yamauchi, S. Picozzi: SPINTECH6, Matsue, Japan, August 1-5, 2011.

[9]Optical response of dye-titania systems from time-dependent density-functional theory (poster), H. Momida, T. Ohno: 11th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-2011), St. Petersburg, Russia, October 3-7, 2011.

解説、総説

今さら比熱？, 白井 光雲, 日本物理学会誌, 日本物理学会, 66 (2011), 567-568.

著書

[1]第 III 部第 5 章強誘電体・圧電体への応用 (赤井久純、白井光雲)“密度汎関数法の発展”, 小口多美夫, シュプリンガー・ジャパン, (275-292) 2011.

[2]現代の熱力学 “現代の熱力学”, 白井光雲, 共立出版, (1-309) 2011.

科学研究費補助金

			単位：千円
学術創成研究	物質新機能開発戦略としての精密固体化学：機能複合相関		8,000
小口多美夫	新物質の探索と新機能の探求		
特定領域研究	二十面体構造のホウ素系物質による超伝導探索		1,200
白井 光雲			
受託研究			
小口 多美夫	水素貯蔵材料先端基盤研究事業 (H22-H23)	計算科学的手法に基づく水素吸蔵材料の特性評価とメカニズム解明に関する研究	10,128
小口 多美夫	JST 戦略的創造研究推進事業 CREST	異常原子価および特異配位構造を有する新物質の探索と新機能の探求 (第一原理計算による電子状態解析)	18,200

ソフトナノマテリアル研究分野

原著論文

[1]Solution-processable n-type OFET materials based on carbonyl-bridged bithiazole and dioxocyclopentene-annulated thiophenes, M. Nitani, Y. Ie, H. Tada, Y. Aso: Chem. Asian. J., 6 (9) (2011) 2352-2361.

[2]Synthesis and properties of polymer having electronegative terthiophene pendants based on cyclopenta[c]thiophene, Y. Ie, A. Yoshimura, S. Takeuchi, K. Osakada, Y. Aso: Chem. Lett., 40 (9) (2011) 1039-1040.

- [3]Electron-transporting oligothiophenes containing dicyanomethylene-substituted cyclopenta[b]thiophene: chemical tuning for air-stability in OFETs Y. Ie, K. Nishida, M. Karakawa, H. Tada, Y. Aso: *J. Org. Chem.*, 76 (16) (2011) 6604-6610.
- [4]The rupture of quinoidal stability in long oligothiophenes: raman spectra of dicationic polaron pairs, S. R. González, Y. Ie, Y. Aso, J. T. L. Navarrete, J. Casado: *J. Am. Chem. Soc.*, 113 (41) (2011) 16350-16353.
- [5]Completely encapsulated oligothiophenes: synthesis, properties, and single-molecule conductance, Y. Ie, M. Endou, S. K. Lee, R. Yamada, H. Tada, Y. Aso: *Angew.Chem. Int. Ed.*, 50 (50) (2011) 11980-11984.
- [6] Fabrication of silver nanowire transparent electrodes at room temperature, T. Tokuno, M. Nogi, M. Karakawa, J. Jiu, T. T. Nge, Y. Aso, K. Suganuma: *Nano Res.*, 4 (12) (2011) 1215-1222.
- [7]Encapsulated oligothiophenes having electron-affinity characteristics, M. Endou, Y. Ie, Y. Aso: *Chem. Commun.*, 48 (4) (2012) 540-542.
- [8]A spin-carrying naphthalenediimide derivative with azobenzene unit, M. Nakagawa, H. Akutsu, J. Yamada, M. Karakawa, Y. Aso, S. Fall, T. Heiser, S. Nakatsuji: *Chem. Lett.*, 41 (2) (2012) 175-177.

国際会議

- [1]Novel fulleropyrrolidine derivatives for organic photovoltaic cells (poster), M. Karakawa, T. Nagai, Y. Ie, Y. Aso: The 15th SANKEN International Symposium 2012, Osaka, Japan, January 12-13, 2011.
- [2]Functionalized oligothiophene molecular wires and tripodal anchoring groups for molecular electronics (plenary), Y. Aso: 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-14), Eugene, Oregon USA, July 24-29, 2011.
- [3]Synthesis, structure, properties, and single-molecule conductance of completely encapsulated oligothiophenes (poster), Y. Ie, M. Endou, S. K. Lee, R. Yamada, H. Tada, Y. Aso: 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-14), Eugene, Oregon USA, July 24-29, 2011.
- [4]Synthesis, properties, and n-type OFET performances of electronegative π -conjugated systems containing dicyanomethylene-substituted cyclopenta[b]thiophene (poster), Y. Ie, K. Nishida, M. Karakawa, Y. Aso: 10th International Symposium on Functional p-Electron Systems (Fpi10), Beijing, China, Oct 13-17, 2011.
- [5]Organic photovoltaic properties of novel PCBM analogous (poster), M. Karakawa, T. Nagai, Y. Ie, Y. Aso: 10th International Symposium on Functional p-Electron Systems (Fpi10), Beijing, China, Oct 13-17, 2011.
- [6]Synthesis, properties, and photovoltaic performances of copolymers containing difluorodioxocyclopentene-annelated thiophene or naphtho[2,3-c]thiophene-4,9-dione (oral), Y. Ie, J. Huang, M. Karakawa, Y. Aso: 21st International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-21), Fukuoka, Japan, November 28- December 2, 2011.
- [7]Synthesis and properties of polythiophenes bearing oligothiophene side chains for organic electronics materials (poster), M. Karakawa, Y. Ie, Y. Aso: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, Nov 10-11, 2011.
- [8]Development of conjugated oligomers containing carbonyl-bridged bithiazole for solution-processable n-type organic field-effect transistors (poster), M. Nitani, Y. Ie, Y. Aso: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, Nov 10-11, 2011.

[9]Novel fullerene derivatives including PCBM analogous for organic photovoltaic cells (poster), M. Karakawa, T. Nagai, Y. Ie, Y. Aso: The 3th International Symposium on Emergence of Highly Elaborated π -space and Its Function, 2011, Tsukuba, Japan, Nov 10-11, 2011.

[10]Development of conjugated oligomers based on carbonyl-bridged bithiazole for solution-processable n-type organic field-effect transistors (poster), M. Nitani, Y. Ie, Y. Aso: The 3th International Symposium on Emergence of Highly Elaborated π -space and Its Function, 2011, Tsukuba, Japan, Nov 10-11, 2011.

[11]Completely encapsulated oligothiophenes: synthesis, structure, properties, and single-molecule conductance (invited), Y. Ie: China-Japan Joint Symposium on Current and Future Molecular Electronics, Nanjing, China, October 25, 2011.

解説、総説

電子求引性基の架橋構造を持つ π 電子系の開発と n 型有機電界効果トランジスタへの応用 用, 家 裕隆, 有機合成化学協会誌, 有機合成化学協会, 70 (2012), 24-35.

著書

[1]有機エレクトロニクス材料の種類と特徴 (菅沼克昭)“プリントエレクトロニクスのすべて”, 家 裕隆, 日本工業出版, (50-54) 2012.

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		10,660
安蘇 芳雄			
新学術領域研究	拡張 π 電子共役系の創製に基づく高次 π 空間の機能とエレクトロニクス応用		5,850
安蘇 芳雄			
若手研究 (B)	フラーレン代替を指向した 3 次元構造を特徴とする電子受容性材料の創製		1,820
家 裕隆			
若手研究 (B)	有機半導体の p 型・n 型極性と末端分子構造の相関		1,950
辛川 誠			
研究活動スタート支援	トランジスタに応用可能な新規 n 型半導体ポリマーの開発		1,690
二谷 真司			
新学術領域研究	高次 π 空間の創発と機能開発		6,370
安蘇 芳雄			
受託研究			
家 裕隆	戦略的創造研究推進事業 さきがけ	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	18,980
家 裕隆	研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム 検索タイプ (A-S T E P)	低屈折材料への応用に向けた分岐型パーフルオロアルキル化合物の創出	1,700
奨学寄附金			
家 裕隆	財団法人岩谷直治記念財団		2,000

バイオナノテクノロジー研究分野

原著論文

[1]Single-molecule sensing electrode embedded in-plane nanopore, M. Tsutsui, S. Rahong, Y. Iizumi, T.

Okazaki, M. Taniguchi, T. Kawai: Scientific Reports, 1 (Article number:46) (2011) 1-6.

[2]Molecular Rotation in Self-Assembled Multidecker Porphyrin Complexes, H.Tanaka, T.Ikeda, M.Takeuchi, K.Sada, S.Shinkai, T.Kawai: ACS NANO, 5 (12) (2011) 9575-9582.

[3]Direct Manipulation of a Single Potassium Channel Gate with an Atomic Force Microscope Probe, M.Kitta, T.Ide, M.Hirano, H.Tanaka, T.Yanagida, T.Kawai: SMALL, 7 (16) (2011) 2379-2383.

[4]Dependence of Single-Molecule Conductance on Molecule Junction Symmetry, M.Taniguchi, M.Tustsui, R.Mogi, T.Sugawara, Y.Tsuiji, K.Yoshizawa, T.Kawai: Journal of the American Chemical Society, 133 (30) (2011) 11426-11429.

[5]Imaging of Transverse Electron Transfer through a DNA Molecule by Simultaneous Scanning Tunneling and Frequency-Modulation Atomic Force Microscopy, Y.Maeda, T.Matsumoto, T.Kawai: Acs Nano, 5 (4) (2011) 3141-3145.

[6]Unsymmetrical hot electron heating in quasi-ballistic nanocontacts, M.Tsutsui, T.Kawai, M.Taniguchi: Scientific Reports, 2 (Article number:217) (2012) 1-7.

[7]Development of Microfabricated TiO₂ Channel Waveguides, M.Furuhashi, M.Fujiwara, T.Ohshiro, M.Tustsui, K.Matsubara, M.Taniguchi, S.Takeuchi, T.Kawai: AIP Advances, 1 (3) (2011) 032102(1-5).

[8]Gate Manipulation of DNA Capture into Nanopores, Y.He, M.Tustsui, C.Fan, M.Taniguchi, T.Kawai: ACS Nano, 5 (10) (2011) 8391-8397.

[9]Controlling DNA Translocation through Gate Modulation of Nanopore Wall Surface Charges, Y.He, M.Tustsui, C.Fan, M.Taniguchi, T.Kawai: ACS NANO, 5 (7) (2011) 5509-5518.

[10]Electrical Detection of Single Methylcytosines in a DNA Oligomer, M.Tustsui, K.Matsubara, T.Ohshiro, M.Furuhashi, M.Taniguchi, T.Kawai: Journal of the American Chemical Society, 133 (23) (2011) 9124-9128.

国際会議

[1]Heat dissipation in a current-carrying quasiballistic atom-sized contact (poster), M. Tsutsui, M. Taniguchi, T. Kawai: The 15th SANKEN International Symposium 2012.

[2]In-plane gating nanopore for single-molecule electrical DNA sequencing (poster), M. Tsutsui, R. Sakon, M. Taniguchi, T. Kawai: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium.

[3]Electrode-embedded in-plane nanopore for electrical DNA sequencing (poster), M. Tsutsui, R. Sakon, Y. He, M. Taniguchi, T. Kawai: International Symposium on Innovative Nanobiodevices.

[4]Development of Gating Nanopores for Next-Next DNA Sequencing using Mechanically Controllable Break-Junctions (invited), M. Taniguchi: ASME-JSME-KSME Jpint Fluids Engineering Conference 2011.

[5]Fabrication Method of Plastic Micropores for Artificial Lipid Bilayer Formation (poster), H. Tanaka: 19th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM19)(第 25 回 特別研究会「走査型プローブ顕微鏡」).

[6]Molecular Rotation in Self-Assembled Multidecker Porphyrin Complexes (poster), H. Tanaka: 19th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM19)(第 25 回 特別研究会「走査型プローブ顕微鏡」).

[7]Partial Sequencing of a Single DNA Molecule with a Scanning Tunnelling Microscope (invited), H. Tanaka: Osaka University – RUG symposium entitled "Bio-inspired Materials and Functionalities", June 22, 2011 in Groningen.

[8]Single Molecule Electrical Sequencing of DNA and RNA (poster), M. Taniguchi: International Symposium on Nanobiotechnology meets Holonic Communication, 23-24 March, 2012, Nagoya University.

[9]Single-Molecule Electrical Sequencing Technology (poster), M. Taniguchi: The 15th SANKEN International Symposium 2012, The 10th SANKEN Nanotechnology Symposium.

[10]Third-Generation DNA Sequencing Technology Using Single-Molecule Analysis (invited), M. Taniguchi: China-japan Joint Symposium on Current and Future Molecular Electronics, 24-25 October, 2011, Beijing.

解説、総説

簡便な安定化脂質二分子膜プラットフォームの開発とその応用, 田中 裕行, 表面科学, 日本表面科学会, 32[7] (2011), 445-450.

特許

[1]「電界を用いた表面電荷制御による 1 分子生体分子の速度制御とそのデバイス製造方法」谷口正輝、筒井真楠、川合知二, 特願 2012-17325

[2]「1 粒子解析装置及び解析方法」谷口正輝、本郷禎人、筒井真楠、川合知二, JP2012-056372

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

谷口 正輝 Japanese Journal of Applied Physics (編集委員)

国内学会

第 72 回応用物理学会学術講演会	1 件
第 59 回応用物理学関係連合講演会	1 件
日本化学会第 92 回春季年会	3 件
JST さきがけ「界面の構造と制御」研究領域公開シンポジウム 界面科学のフロンティア ～計測・デバイス・生体界面の分野横断と新展開～	1 件
SCE2011 第 31 回キャピラリー電気泳動シンポジウム in TSURUOKA	1 件
第 60 回高分子討論会	1 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	14,430
谷口 正輝		
挑戦的萌芽研究	光ゲーティングナノポアの開発	3,770
谷口 正輝		
若手研究 (B)	静電応力駆動型単分子スイッチの創製	780
筒井 真楠		
受託研究		
田中 裕行	(独) 科学技術振興機構 単一分子 DNA のナノポアシーケンシング	2,964

奨学寄附金

谷口 正輝	稲盛財団	1,000
-------	------	-------

環境・エネルギーナノ応用分野

原著論文

[1]Direct Measurement of the Out-of-Plane Spin Texture in the Dirac-Cone Surface State of a Topological Insulator, S. Souma, K. Kosaka, T. Sato, M. Komatsu, A. Takayama, T. Takahashi, M. Kriener, K. Segawa, and Y. Ando: Physical Review Letters, 106 (21) (2011) 216803/1-4.

- [2] Anisotropies in the optical ac and dc conductivities in lightly doped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$: the role of deep and shallow acceptor states, M. B. Silva Neto, G. Blumberg, A. Gozar, S. Komiya, and Y. Ando: *Journal of Physics: Condensed Matter*, 23 (21) (2011) 215602/1-9.
- [3] Observation of Dirac Holes and Electrons in a Topological Insulator, A. A. Taskin, Z. Ren, S. Sasaki, K. Segawa, and Y. Ando: *Physical Review Letters*, 107 (1) (2011) 016801/1-4.
- [4] Berry phase of nonideal Dirac fermions in topological insulators, A. A. Taskin, and Y. Ando: *Physical Review B*, 84 (3) (2011) 035301/1-6.
- [5] Extracting the dynamical effective interaction and competing order from an analysis of Raman spectra of the high-temperature $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ superconductor, S. Caprara, C. Di Castro, B. Muschler, W. Prestel, R. Hackl, M. Lambacher, A. Erb, S. Komiya, Y. Ando, and M. Grilli: *Physical Review B*, 84 (5) (2011) 054508/1-10.
- [6] Electrochemical synthesis and superconducting phase diagram of $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$, M. Kriener, K. Segawa, Z. Ren, S. Sasaki, S. Wada, S. Kuwabata, and Y. Ando: *Physical Review B*, 84 (5) (2011) 054513/1-5.
- [7] Observations of two-dimensional quantum oscillations and ambipolar transport in the topological insulator Bi_2Se_3 achieved by Cd doping, Z. Ren, A. A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, and Y. Ando: *Physical Review B*, 84 (7) (2011) 075316/1-6.
- [8] Optimizing $\text{Bi}_{12-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ solid solutions to approach the intrinsic topological insulator regime, Z. Ren, A. A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, and Y. Ando: *Physical Review B*, 84 (16) (2011) 165311/1-6.
- [9] Synthesis of Oxosumanenes through Benzylic Oxidation, T. Amaya, M. Hifumi, M. Okada, Y. Shimizu, T. Moriuchi, K. Segawa, Y. Ando, and T. Hirao: *The Journal of Organic Chemistry*, 76 (19) (2011) 8049-8052.
- [10] Pair breaking versus symmetry breaking: Origin of the Raman modes in superconducting cuprates, N. Munnikes, B. Muschler, F. Venturini, L. Tassini, W. Prestel, S. Ono, Y. Ando, D. C. Peets, W. N. Hardy, R. Liang, D. A. Bonn, A. Damascelli, H. Eisaki, M. Greven, A. Erb, and R. Hackl: *Physical Review B*, 84 (14) (2011) 144523/1-13.
- [11] Unexpected mass acquisition of Dirac fermions at the quantum phase transition of a topological insulator, T. Sato, K. Segawa, K. Kosaka, S. Souma, K. Nakayama, K. Eto, T. Minami, Y. Ando, and T. Takahashi: *Nature Physics*, 7 (8) (2011) 840-844.
- [12] Topological Superconductivity in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$, S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, K. Yada, Y. Tanaka, M. Sato, and Y. Ando: *Physical Review Letters*, 107 (21) (2011) 217001/1-5.
- [13] Investigation of particle-hole asymmetry in the cuprates via electronic Raman scattering, B. Moritz, S. Johnston, T. P. Devereaux, B. Muschler, W. Prestel, R. Hackl, M. Lambacher, A. Erb, S. Komiya, and Y. Ando: *Physical Review B*, 84 (23) (2011) 235114/1-12.
- [14] Topological transition in $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ studied as a function of Sb doping, F. Nakamura, Y. Kousa, A. A. Taskin, Y. Takeichi, A. Nishide, A. Kakizaki, M. D'Angelo, P. Lefevre, F. Bertran, A. Taleb-Ibrahimi, F. Komori, S. Kimura, H. Kondo, Y. Ando, and I. Matsuda: *Physical Review B*, 84 (23) (2011) 235308/1-8.
- [15] An extended infrared study of the p , T phase diagram of the p -doped Cu-O plane, D. Nicoletti, P. Di Pietro, O. Limaj, P. Calvani, U. Schade, S. Ono, Y. Ando, and S. Lupi: *New Journal of Physics*, 13 (2011) 123009/1-26.

[16]Additional Evidence for the Surface Origin of the Peculiar Angular-Dependent Magnetoresistance Oscillations Discovered in a Topological Insulator $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$, A. A. Taskin, K. Segawa, and Y. Ando: Journal of Physics: Conference Series, 334 (2011) 012012/1-5.

[17]Tunable Dirac cone in the topological insulator $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$, T. Arakane, T. Sato, S. Souma, K. Kosaka, K. Nakayama, M. Komatsu, T. Takahashi, Z. Ren, K. Segawa, and Y. Ando: Nature Communications, 3 (2012) 636/1-5.

[18]Topological Surface States in Lead-Based Ternary Telluride $\text{Pb}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_4$, S. Souma, K. Eto, M. Nomura, K. Nakayama, T. Sato, T. Takahashi, K. Segawa, and Y. Ando: Physical Review Letters, 108 (11) (2012) 116801/1-5.

国際会議

[1]Materials-Oriented Research of Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: LT26 Satellite Conference on Topological Insulators and Superconductors, Tsinghua University, Beijing, China, August 18-21, 2011.

[2]Cutting-Edge Experiments on Topological Insulator and Superconductors (invited), Y. Ando: International Workshop on Novel Quantum State in Condensed Matter; Correlation, Frustration and Topology, Ukawa Institute, Kyoto University, Japan, November 18, 2011.

[3]Materials-Oriented Research of Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: 2011 MRS Fall Meeting, Boston, U.S.A., November 28-December 2, 2011.

[4]Probing the Exotic Surface States in Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: FITST-QS2C Workshop on Emergent Phenomena of Correlated Materials, Okinawa, Japan, December 12-15, 2011.

[5]Transport Studies of Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: American Physical Society March Meeting, Boston, U.S.A., February 27-March 2, 2012.

[6]Optical conductivity of exfoliated $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\sigma}$ nanocrystals (oral), L. Sandilands, V. Baydina, A. Su, A. Reijnders, T. Pedersen, F. Borondics, G. Gu, S. Ono, Y. Ando, K. Burch: American Physical Society March Meeting, Boston, U.S.A., February 27-March 2, 2012.

[7]Transport properties of new Pb-based Topological Insulators (oral), K. Eto, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: American Physical Society March Meeting, Boston, U.S.A., February 27- March 2, 2012.

[8]Recent ARPES study on extremely underdoped LSCO system (oral), Y. He, M. Hashimoto, S. K. Mo, R. He, Y. Ando, S. Komiya, Z. X. Shen: American Physical Society March Meeting, Boston, U.S.A., February 27- March 2, 2012.

[9]Physical properties of bulk-superconducting $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (oral), K. Segawa, M. Kriener, Z. Ren, S. Sasaki, and Y. Ando: Gordon Research Conference on Superconductivity, Waterville valley resort, U.S.A. June 6-10, 2011.

[10]Physical properties of bulk-superconducting $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (poster), K. Segawa, M. Kriener, Z. Ren, S. Sasaki, and Y. Ando: 26th International Conference on Low Temperature Physics, Beijing, China, August 11-17, 2011.

[11]Physical properties of bulk-superconducting $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (invited), K. Segawa: 24th International Symposium on Superconductivity, Tokyo, Japan, October 24-26, 2011.

[12]Physical properties of bulk-superconducting $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (invited), K. Segawa: International Workshop

for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries, Shiga, Japan, November 2-5, 2011.

[13]Physical properties of bulk-superconducting $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (poster), K. Segawa, M. Kriener, Z. Ren, S. Sasaki, and Y. Ando: FITST-QS2C Workshop on Emergent Phenomena of Correlated Materials, Okinawa, Japan, December 12-15, 2011.

[14]Synthesis and Characterization of New Topological Insulators (invited), K. Segawa: American Physical Society March Meeting, Boston, U.S.A., February 28, 2012.

[15]Point-contact spectroscopy of $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (poster), S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, K. Yada, Y. Tanaka, M. Sato, Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries, Shiga, Japan, November 2, 2011.

[16]Magnetotransport studies of Dirac Fermions in Topological Insulators (invited), A. Taskin, Z. Ren, S. Sasaki, K. Segawa, and Y. Ando: IOP Workshop on Frontiers of Dirac Electron Systems, Hefei, China, January 4-5, 2012.

[17>About the Superconductivity in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (poster), M. Kriener, K. Segawa, Z. Ren, S. Sasaki, S. Wada, and Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries, Shiga, Japan, November 2, 2011.

[18]The Superconducting Phase in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (oral), M. Kriener: Japan-Finland March Meeting for the future in thermoelectrics, Nagoya University, Japan, March 14, 2012.

[19]Experimental Attempts to Observe Spin-Polarized Transport Properties of the Surface States of a Highly Bulk-Insulating Topological Insulator (poster), K. Eto, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium.

[20]Experimental Attempts to Observe Spin-Polarized Transport Properties of the Surface States of a Highly Bulk-Insulating Topological Insulator (poster), K. Eto, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: International Workshop for Young Researchers on Topological Quantum Phenomena in Condensed Matter with Broken Symmetries, Shiga, Japan, November 2, 2011.

解説、総説

トポロジカル絶縁体の電子輸送現象, 安藤 陽一, 表面科学, 日本表面科学会, 32[4] (2011), 189-195.

トポロジカル絶縁体量子相転移近傍におけるディラック電子の質量獲得, 佐藤 宇史、瀬川 耕司、高橋 隆、安藤 陽一, 日本物理学会誌, 日本物理学会, 67[3] (2012), 184-187.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

安藤 陽一 Materials & Mechanisms of Superconductivity Conference (M2S 2012) (国際アドバイザー委員)

安藤 陽一 International Conference on Topological Quantum Phenomena (プログラム委員)

安藤 陽一 Europhysics Letters (EPL) (共同編集者)

国内学会

ISSP ワークショップ 「トポロジカル絶縁体の表面電子状態」	1 件
日本物理学会 2011 年秋季大会	14 件
新学術領域研究「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 2 回領域研究会	2 件
日本物理学会 第 67 回年次大会	7 件
第二回表面科学若手研究会	1 件

科学研究費補助金

最先端・次世代 研究開発支援プ ログラム	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 113,342
安藤 陽一		
若手研究 (B)	両極ドーピング可能な高温超伝導銅酸化物によるモット絶縁	2,210
瀬川 耕司	体近傍と電子ドーピング域の物性研究	
新学術領域研究	空間反転対称性を破る電子流体の新奇現象	13,130
瀬川 耕司		
特別研究員奨励 費	パイクロア型酸化物トポロジカル絶縁体候補物質の磁気 輸送特性測定による研究	700
江藤 数馬		
奨学寄附金		
安藤 陽一	アジア宇宙航空研究開発事務所 (米軍科学技術局)	40,278

ナノ知能システム分野

原著論文

- [1]DirectLiNGAM: A Direct Method for Learning a Linear Non-Gaussian Structural Equation Model, S. Shimizu, T. Inazumi, Y. Sogawa, A. Hyvärinen, Y. Kawahara, T. Washio, P. O. Hoyer and K. Bollen: Journal of Machine Learning Research, 12 (2011) 1225-1248.
- [2]Analyzing relationships among ARMA processes based on non-Gaussianity of external influences, Y. Kawahara, S. Shimizu and T. Washio: Neurocomputing, 74 (12-13) (2011) 2212-2221.
- [3]Estimating Exogenous Variables in Data with More Variables than Observations, Y. Sogawa, S. Shimizu, T. Shimamura, A. Hyvärinen, T. Washio and S. Imoto: Neural Networks, 24 (8) (2011) 875-880.
- [4]次元削減とクラスタリングによる宇宙機テレメトリ監視法, 矢入健久, 乾稔, 河原吉伸, 高田昇: 日本航空宇宙学会論文集, 59 (691) (2011) 197-205.
- [5]局所線形モデルのアラインメントによる非線形動的システムの学習法, 上甲昌郎, 河原吉伸, 矢入健久: 人工知能学会論文誌, 26 (6) (2011) 638-648.

国際会議

- [1]Discovering Causal Structures in Binary Exclusive-or Skew Acyclic Models, Takanori Inazumi, Takashi Washio, Shohei Shimizu, Joe Suzuki, Akihiro Yamamoto and Yoshinobu Kawahara: Proc. of UAI2011: The 27th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, (2011) 373-382.
- [2]Common Substructure Learning of Multiple Graphical Gaussian Models, Satoshi Hara and Takashi Washio: Proc. of ECML-PKDD2011: European Conference on Machine Learning and Principle and Practice of Knowledge Discovery in Databases 2011, Lecture Notes in Computer Science: Springer LNCS, 6912 (2) (2011) 1-16.
- [3]Prismatic Algorithm for Discrete D.C. Programming Problem, Yoshinobu Kawahara and Takashi Washio: Proc. of NIPS2011: Twenty-Fifth Annual Conference on Neural Information Processing Systems, (2011) 2106-2114.
- [4]Density Estimation based on Mass, K. Ming Ting, T. Washio, J. Wells and T. Liu: Proc. of ICDM2011: The IEEE International Conference on Data Mining 2011, (2011) 715-724.
- [5]Size-constrained submodular minimization through minimum norm base, K. Nagano, Y. Kawahara and K. Aihara: Proceedings of the 28th International Conference on Machine Learning (ICML'11), (2011) 977-984.

[6]A Framework for Shopping Path Research (oral), K. Yada, T. Washio and H. Koga: Workshop on Data Mining Marketing, SIAM: SIAM Conference on Data Mining (SDM11).

[7]Application of DNA Sequence Alignment Algorithm to Classification of Shopping Paths through a Supermarket (oral), K. Ichikawa, E.. Ip, K. Yada and T. Washio: Workshop on Data Mining Marketing, SIAM: SIAM Conference on Data Mining (SDM11).

[8]A New Approach to Bayesian Estimation over the Curse of Dimensionality (invited), T. Washio: AI-2011 Thirty-first SGAI International Conference on Artificial Intelligence, Workshop on MachineLearning and Intelligent Autonomous Systems.

[9]Analysis of Residence Time in Shopping using RFID Data -An Application of the Kernel density estimation to RFID- (oral), S. Miyazaki, T. Washio and K. Yada: Working note of DMS2011: Workshop on Data Minig For Service:The IEEE International Conference on Data Mining series (ICDM2011).

解説、総説

情報爆発時代の高次元データマイニング, 鷲尾 隆, 電子情報通信学会誌, 電子情報通信学会, 94[8] (2011), 679-683.

頻出パターンマイニングのグラフ系列への適用, 猪口 明博, 人工知能学会誌, オーム社, 27[3] (2012), 120-127.

特許

[1]「多次元データ可視化装置、方法およびプログラム」森永聡、河原吉伸、伊藤貴之、鄭雲珠、末松はるか, 特願 2012022112

[2]「判別モデル学習装置、判別モデル学習方法および判別モデル学習プログラム」森永聡、藤巻遼平、河原吉伸, 61/596,313

[3]「最適クエリ生成装置、最適クエリ抽出方法および判別モデル学習方法」森永聡、藤巻遼平、河原吉伸, 61/596,317

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

鷲尾 隆	Journal of Data Mining and Knowledge Discovery (編集員)
鷲尾 隆	Asian Conference on Machine Learning (ACML) (理事)
鷲尾 隆	Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD) (理事)
鷲尾 隆	The 16th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD2012) (ワークショップ委員長)
鷲尾 隆	2011 International Workshop on Learning and data Mining for Robotics (LEMIR 2011), Program Committee Member (プログラム委員)
鷲尾 隆	The 21st International Conference on Inductive Logic Programming (ILP 2011) (プログラム委員)
鷲尾 隆	The 15th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD 2011) (プログラム委員)
鷲尾 隆	IEEE International Workshop on Data Mining for Service (DMS2011) (プログラム委員)
鷲尾 隆	Second Workshop on Algorithms for Large-Scale Information Processing in Knowledge Discovery (ALSIP 2011)) (プログラム委員)
鷲尾 隆	Statistical Analysis and Data Mining (SAM) (ゲスト編集者)
鷲尾 隆	The 18th ACM SIGKDD Knowledge Discovery and Data Mining (KDD 2012) (プログラム委員)
鷲尾 隆	The 21st ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 2012) (プログラム委員)

鷲尾 隆	ICDM 2012 IEEE International Conference on Data Mining (プログラム委員)
猪口 明博	The 15th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (プログラム委員)
猪口 明博	2011 SIAM International Conference on Data Mining (プログラム委員)
猪口 明博	IADIS European Conference on Data Mining (ECDM'11) (プログラム委員)
猪口 明博	International Workshop on Data Oriented Constructive Mining and Massively Multi-Agent System: Simulations, Models, and Tools (プログラム委員)
猪口 明博	2012 International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (プログラム委員)
猪口 明博	The First International Conference on Social Eco-Informatics (プログラム委員)
猪口 明博	International Conference on Social Computing and its Applications (SCA 2011) (プログラム委員)
猪口 明博	The 3rd Asian Conference on Machine Learning (プログラム委員)
猪口 明博	The 7th International Conference on Advanced Data Mining and Applications (プログラム委員)
猪口 明博	The 16th Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (プログラム委員)
猪口 明博	The 10th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (プログラム副委員長)
猪口 明博	IADIS European Conference on Data Mining (ECDM'12) (プログラム委員)
猪口 明博	The 8th International Conference on Advanced Data Mining and Applications (プログラム委員)
猪口 明博	International Journal of Applied Evolutionary Computation (編集査読委員)

国内学会

第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM)	1 件
2011 年度 人工知能学会全国大会 (第 25 回)	7 件
人工知能学会第 93 回 知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS)	1 件
情報論的学習理論と機械学習 (IBISML2011)	6 件
第 8 3 回人工知能学会基本問題研究会 (SIG-FPAI)	1 件
平成 24 年電気学会全国大会	1 件
第 23 回 RAMP シンポジウム	1 件
人工知能学会 データ指向構成マイニングとシミュレーション研究会	1 件
第 2 回 Latent Dynamics ワークショップ	1 件
生体数理・社会数理の統計科学	1 件
情報統計力学の最前線—情報と揺らぎの制御の物理学を目指して—	1 件

取得学位

学士 (工学)	ハイパーグラフ系列からの頻出パターン列挙に関する研究
伊藤 元郎	
学士 (工学)	乱択アルゴリズムの特徴選択への応用に関する研究
杉本 和正	
修士 (工学)	ブール代数モデルによる二値データの因果構造推定
稲積 孝紀	
修士 (工学)	劣モジュラ最適化に基づいたグラフ系列のクラスタリング
岸本 卓也	
修士 (工学)	条件付き分子構造変化シミュレーションの基礎手法に関する研究
松田 衆治	
修士 (工学)	正則化学習のマーケット問題への適用に関する研究
刘 奇昕	
修士 (工学)	はずれ値に頑健な線形非ガウス非巡回モデル推定法の研究
李 紅平	

科学研究費補助金

基盤研究 (B)	超高次元データに関する統計的推定原理確立と大規模データマイニングへの適用	単位：千円 6,500
鷲尾 隆		

若手研究 (A)	表構造の異なる複数の時区間履歴データからの時系列分析	5,720
猪口 明博	多次元データベースの構築手法	
若手研究 (B)	信頼性を重視した大規模変数次元小標本因果ネットワーク	1,040
清水 昌平	推定法の開発	
若手研究 (B)	離散構造を利用した超高次元データ解析法とその応用	910
河原 吉伸		
受託研究		
鷺尾 隆	H23年度循環器病研究開発費 高度推計理論の実践	500
猪口 明博	戦略的創造研究推進事業 さきがけ 大規模グラフ系列からの知識体系化と理解支援手法の開発	8,515
河原 吉伸	戦略的創造研究推進事業 さきがけ 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	17,550
奨学寄附金		
鷺尾 隆	株式会社富士通研究所	1,000
鷺尾 隆	アジア宇宙航空研究開発事務所 (米軍科学技術局)	11,147

ナノ医療応用デバイス分野

原著論文

- [1]Ligand-Assisted Complex of Two DNA Hairpin Loops, C. Hong, M. Hagihara, K. Nakatani: Angew. Chem. Int. Ed., 50 (2011) 4390-4390.
- [2]Molecular-Glue-Triggered DNA Assembly to Form a Robust and Photoresponsive Nano-Network, C. Wang, F. Pu, Y. Lin, J. Ren, C. Dohno, K. Nakatani, X. Qu: Chem. Eur. J., 17 (2011) 8189-8197.
- [3]Control of DNA hybridization by photoswitchable molecular glue, C. Dohno, K. Nakatani: Chem. Soc. Rev., 40 (2011) 5718-5729.
- [4]Interstrand Cross-Link for Discrimination of Methylated Cytosines, C. Dohno, T. Shibata, K. Nakatani: Chem. Lett., 40 (2011) 852-854.
- [5]Small Molecule Modulates Hairpin Structures in CAG Trinucleotide Repeats, M. Hagihara, H. He, K. Nakatani: ChemBioChem., 12 (2011) 1686-1689.
- [6]Tandem Arrays of TEMPO and Nitronyl Nitroxide Radicals with Designed Arrangements on DNA, H. Atsumi, K. Maekawa, D. Nakazawa, D. Shiomi, K. Sato, M. Kitagawa, T. Takui, K. Nakatani: Chem. Eur. J., 18 (2012) 178-183.
- [7]Naphthyridine tetramer with a preorganized structure for 1:1 binding to a CGG/CGG sequence, C. Dohno, I. Kohyama, C. Hong, K. Nakatani: Nucleic. Acids. Res., 40 (2012) 2771-2781.
- [8]Chemoselective cyclization of unprotected linear peptides by α -ketoacid-hydroxylamine amide-ligation, T. Fukuzumi, L. Ju, J. W. Bode: Org. Biomol. Chem., 10 (2012) accepted.
- [9]A Small Molecule Regulates Hairpin Structures in d(CGG) Trinucleotide Repeats, M. Hagihara, H. He, M. Kimura, K. Nakatani: Biorg. Med. Chem. Lett., 22 (2012) 2000-2003.

国際会議

- [1]Development of tetrameric naphthyridine derivatives for DNA and RNA containing a GG-mismatch (poster), I. Kohyama, C. Dohno, C. Hong, K. Nakatani: XVth Symposium on Chemistry of Nucleic Acid Components, Czech Republic, 2011, Jun. 5-10.
- [2]Photoswitchable molecular glue for hybridization of nucleic acids. (poster), C. Dohno, S. Uno, K. Nakatani: XVth Symposium on Chemistry of Nucleic Acid Components, Czech Republic, 2011, Jun. 5-10.
- [3]Antisense-Induced G-Quadruplex Structures Interfere with Reverse Transcription by HIV-1 Reverse Transcriptase (poster), M. Hagihara, K. Nakatani: RNA 2011, the 16th Annual Meeting of the RNA Society, Japan, 2011, Jun. 14-18.
- [4]Development of a method for detecting small molecule-miRNA interactions (poster), A. Murata, Y. Harada, T. Fukuzumi, S. Umemoto, S. Im, M. Hagihara, K. Nakatani: RNA 2011, the 16th Annual Meeting of the RNA Society, Japan, 2011, Jun. 14-18.
- [5]Periodic electron spin arrays on DNA duplex (poster), H. Atsumi, K. Maekawa, S. Nakazawa, D. Shiomi, K. Sato, M. Kitagawa, T. Takui, K. Nakatani: ISAC2011, UK, 2011, Jul. 26-29.
- [6]Synthesis of dimeric naphthyridine derivatives connected at the 7 position (poster), M. Toda, H. He, K. Nakatani: Sixth Cambridge Symposium on Nucleic Acids Chemistry and Biology, UK, 2011, Sep. 4-7.
- [7]Synthesis of DNA containing hydrophobic region and its interaction with lipid bilayer membrane (poster), S. Makishi, T. Shibata, M. Okazaki, C. Dohno, K. Nakatani: Sixth Cambridge Symposium on Nucleic Acids Chemistry and Biology, UK, 2011, Sep. 4-7.
- [8]Factors determining the binding of small molecules to the single nucleotide bulge in double stranded DNA and RNA (poster), T. Otabe, J. Zhang, K. Nakatani: Sixth Cambridge Symposium on Nucleic Acids Chemistry and Biology, UK, 2011, Sep. 4-7.
- [9]Ligand-assisted complex of two DNA hairpin loops (poster), C. Hong: FIBER international Symposium, Japan, Nov. 6-8.
- [10]Synthesis of hydrophobic DNA and its localization on lipid bilayer membrane surface (poster), S. Makishi: FIBER international Symposium, Japan, Nov. 6-8.
- [11]Naphthyridine tetramer functions as a molecular glue for DNA and RNA (poster), C. Dohno, I. Kohyama, K. Nakatani: The 38th International symposium on Nucleic acids chemistry 2011, Japan, 2011, Nov. 9-11.
- [12]Synthesis of hydrophobic DNA interacting with liposome (poster), T. Shibata, S. Makishi, C. Dohno, K. Nakatani: The 38th International symposium on Nucleic acids chemistry 2011, Japan, 2011, Nov. 9-11.
- [13]Localization of hydrophobic DNA on lipid bilayer membrane surface (poster), S. Makishi, T. Shibata, M. Okazaki, C. Dohno, K. Nakatani: The 38th International symposium on Nucleic acids chemistry 2011, Japan, 2011, Nov. 9-11.
- [14]Evaluation of Xanthone and Thioxanthone Derivatives as Fluorescent Displacement Assay Indicator Based on Their Structure-Binding Studies to RNA (poster), S. Umemoto, S. Im, J. Zhang, M. Hagihara, A. Murata, Y. Harada, T. Fukuzumi, T. Wazaki, S. Sasaoka, K. Nakatani: The 38th International symposium on Nucleic acids chemistry 2011, Japan, 2011, Nov. 9-11.

- [15]Binding of the ligand to the (CGG)_n in the RNA hairpin loop (poster), C. Hong, M. Hagihara, K. Nakatani: The 38th International symposium on Nucleic acids chemistry 2011, Japan, 2011, Nov. 9-11.
- [16]Electron spin arrays on DNA nanostructures (oral), H. Atsumi, K. Maekawa, S. Nakazawa, D. Shiomi, K. Sato, M. Kitagawa, T. Takui, K. Nakatani: The 38th International symposium on Nucleic acids chemistry 2011, Japan, 2011, Nov. 9-11.
- [17]Ligand-Assisted Assembly and Functionalization of DNA Nanostructure (oral), K. Nakatani, C. Dohno, H. Atsumi: International Symposium on Innovative Nanobiodevices (ISIN2012), Japan, 2012, Mar. 21-22.
- [18]Design and synthesis of RNA binding ligand for regulating gene expression (poster), C. Dohno, I. Kohyama, K. Nakatani: 243rd American Chemical Society National Meeting, USA, 2012, Mar. 25-28.
- [19]Fluorescence-based binding assay of hydrophobic DNA to the lipid bilayer membrane (poster), T. Shibata, S. Makishi, C. Dohno, K. Nakatani: 243rd American Chemical Society National Meeting, USA, 2012, Mar. 25-28.
- [20]Controlling DNA Hybridization and Assembly by Small Organic Molecules (invited), K. Nakatani: Bioinspired Materials and Functionalities, The Netherlands, 2011. Jun. 21-22.
- [21]Ligand Inducible Fluorescence: Tools for Ligand Discovery and PCR Monitoring (invited), K. Nakatani: 12th Conference on Methods and Application of Fluorescence Spectroscopy, France, Sep. 11-14.
- [22]Controlling DNA and RNA Assembly by Small Organic Molecules (invited), K. Nakatani: The 15th Korea-Japan Seminar on Organic Synthesis, Korea, 2011, Sep. 30-Oct. 3.
- [23]Ligand-Assisted Complex of Two DNA and RNA Hairpin Loops (invited), K. Nakatani: Asian 3 Round Table on Nucleic Acids 2011 China, Oct. 14-16.
- [24]Small Molecules binding to DNA and RNA; Design and Application (invited), K. Nakatani: Seminar at Hubei University, China, 2011. Oct. 14.

解説、総説

化学, 武井 史恵、中谷 和彦, 化学, 化学同人, 66[22] (2011), 74-75.

躍動する中国と韓国, 中谷 和彦, 化学, 化学同人, 67[4] (2012), 47-49.

特許

[1]「蛍光増大型核酸の増幅反応に用いるプライマー5'末端に結合して用いる DNA 断片の合成とその利用」中谷 和彦、武井 史恵、堂野 主税, 特願 2012-51551

国内学会

日本ケミカルバイオロジー研究会 第6回年会	1 件
アンチセンス・遺伝子・デリバリーシンポジウム 2011	1 件
第5回バイオ関連合同シンポジウム	4 件
The Uehara Memorial Foundation Symposium 2011	1 件
第34回分子生物学会	1 件
SEST 2011 第50回電子スピンスサイエンス学会年会	1 件
日本化学会第92春季年会(2012)	10 件

取得学位

博士 (理学)	Electron Spin Arrays with Designed Arrangements on the DNA Nanostructures
厚見 宙志	
博士 (理学)	Studies on the methods to evaluate interaction of RNA with small molecules

梅本 詩織 博士（理学）	Studies on Regulation of the RNA Secondary Structures by Using Small Organic Molecules
洪 昌峰 修士（理学）	CGG/CGG 配列を標的とする新規結合リガンドの開発と機能発現制御への応用
神山 いづみ 修士（理学）	新規トリエチルメタン誘導体の合成と物性、RNA バルジ構造に結合する分子の創製に関する研究
小田部 堯広 修士（理学）	アデニンリボスイッチのリエンジニアリングに関する研究
陳 蘭仙 修士（理学）	7 位で連結した 2-アミノナフチリジン二量体の核酸認識、DNA Origami 法による直方体構造構築に関する研究
戸田 真梨子 修士（理学）	疎水領域を有する DNA を用いた脂質二重膜表面におけるナノ構造構築
真喜志 紳吾	

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	17,290
中谷 和彦	リエンジニアリング	
新学術領域研究	光応答性 RNA 結合リガンドを用いた RNA 機能の制御	10,010
堂野 主税		
若手研究（B）	非内在性マイクロ RNA の創成と遺伝子発現制御	2,470
村田 亜沙子		
受託研究		
堂野 主税	科学技術振興機構さきがけ	疎水領域を有する核酸を用いた機能創出
中谷 和彦	医薬基盤研究所	機能性 ncRNA を標的とした創薬を推進、加速させる技術基盤の構築
		18,525
		76,000

その他の競争的研究資金

武井 史恵	大阪大学チャレンジ支援プログラム	ヘアピンプライマー PCR 法を用いた迅速かつ高精度のウイルス検出法の開発	800
-------	------------------	---------------------------------------	-----

阪大複合機能ナノファウンダリ

原著論文

- [1] Fabrication of robust PbLa(Zr,Ti)O₃ capacitor structures using insulating oxide encapsulation layers for FeRAM integration, T. Saito, T. Tsuji, K. Izumi, Y. Hirota, N. Okamoto, K. Kondo, T. Yoshimura, N. Fujimura, A. Kitajima, A. Oshima: Electronics Letters, 47 (2011) 486-489.
- [2] Development of Function-graded Proton Exchange Membrane for PEFC Using Heavy Ion Beam Irradiation, F. Shiraki, T. Yoshikawa, A. Oshima, Y. Oshima, Y. Takasawa, N. Fukutake, T. G. Oyama, T. Urakawa, H. Fujita, T. Takahashi, T. Oka, H. Kudo, T. Murakami, Y. Hama, M. Washio: Nucl. Instr. and Meth. B, 269 (2011) 1777-1781.
- [3] Study on Positive-Negative Inversion of Chlorinated Resist Materials, T. G. Oyama, A. Oshima, H. Yamamoto, S. Tagawa, M. Washio: Applied Physics Express, 4 (2011) 076501-1-3.
- [4] Nanofabrication of Sulfonated Polystyrene-g-FEP with Silver Ion (Ag⁺) using Ion Beam Direct Etching and Reduction, H. Tsubokura, A. Oshima, T. G. Oyama, H. Yamamoto, T. Murakami, S. Tagawa, Masakazu Washio: J. Photopolym. Sci. Technol., 24 (5) (2011) 513-516.

- [5]Electron beam lithography using high-sensitive negative type of plant-based resist material derived from biomass on hardmask layer, S. Takei, A. Oshima, A. Sekiguchi, N. Yanamori, M. Kashiwakura, T. Kozawa, S. Tagawa: Applied Physics Express, 4 (2011) 106502-1-3.
- [6]Generation of Spin in Bipolar Conductors, M. Sakai, T. Sakuraba, Z. Honda, S. Hasegawa, A. Kitajima, K. Higuchi, A. Oshima, O. Nakamura: Jpn. J. Appl. Phys., 5 (2011) 103002-1-9.
- [7]Evaluation of resist sensitivity in extreme ultraviolet/soft x-ray region for next-generation lithography, Tomoko Gowa Oyama, Akihiro Oshima, Masakazu Washio, Seiichi Tagawa: AIP Advances, 1 (2011) 042153-1-5.
- [8]Micro- / Nano-fabrication of Crosslinked Poly(L-lactic acid) Using EB-nanoimprint Lithography, Satoshi Okubo, Naotsugu Nagasawa, Akinobu Kobayashi, Tomoko Gowa Oyama, Mitsumasa Taguchi, Akihiro Oshima, Seiichi Tagawa, Masakazu Washio: Applied Physics Express, 5 (2012) 027303-1-3.
- [9]Electron-Beam-Induced Decomposition Mechanisms of High-Sensitivity Chlorinated Resist ZEP520A, Tomoko Gowa Oyama , Kazuyuki Enomoto, Yuji Hosaka, Akihiro Oshima, Masakazu Washio, Seiichi Tagawa: Applied Physics Express, 5 (2012) 036501-1-3.
- [10]Negative Magnetoresistance Generated by Combination of Spin–Orbit Interaction and Applied Magnetic Field, M.Sakai, D.Kodama, T.Sakuraba, Z.Honda, S.Hasegawa, A.Kitajima, A.Oshima, K.Higuchi, O.Nakamura: Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) 023001-1-7.
- [11]Nano- and Micro-fabrications of Polystyrene Having Atactic and Syndiotactic Structures using Focused Ion Beams Lithography, A.Oshima, S.Okubo, T. G.Oyama, M.Washio, S.Tagawa: Radiat. Phys. Chem., 81 (2012) 584-588.

国際会議

- [1]Nanofabrication of Sulfonated Polystyrene-g-FEP with Silver Ion (Ag⁺) using Ion Beam Direct Etching and Reduction (invited), H. Tsubokura, A. Oshima, T. G. Oyama, H. Yamamoto, T. Murakami, S. Tagawa, Masakazu Washio: 28th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-27).
- [2]Nano-/Micro-Fabrication of Crosslinked PTFE using EB Nanoimprint Lithography (poster), A. Kobayashi, S. Okubo, H. Tsubokura, T. Takahashi, T. G. Oyama, A. Oshima, S. Tagawa M.Washio: RadTech Asia-2011.
- [3]Study on Reduction of Metal Ions in Functionalized Poly (tetrafluoroethylene-co-hexafluoropropylene) by Ion Beam Irradiation (poster), H. Tsubokura, H. Fujita, T. Takahashi, T. G. Oyama, H. Yamamoto, T. Murakami, A. Oshima, S. Tagawa, M. Washio: RadTech Asia-2011.
- [4]Micro-fabrication of Biodegradable Polymers Using Focused Ion Beams (poster), S.Okubo, T.Takahashi, T. Gowa, N.Nagasawa, M.Taguchi, A.Oshima, S.Tagawa, M.Washio: RadTech Asia-2011.
- [5]Positive-Negative Inversion of ZEP Resists Induced by High Dose EB Irradiation (poster), T.G.Oyama , H.Tsubokura , H.Yamamoto, A.Oshima , S.Tagawa, M.Washio: RadTech Asia-2011.
- [6]EB-Nanoimprint Lithography Using Crosslinked PTFE Molds (oral), A. Oshima, T. Takahashi, T. G. Oyama, T. Miura, M. Washio, S. Tagawa: RadTech Asia-2011.
- [7]X-ray Imaging with Resist Materials for Elemental Mapping (poster), T.G.Oyama, A.Oshima, S.Tagawa, M.Washio: 14th International Congress of Radiation Research (ICRR-2011).
- [8]Nano- /Micro-Fabrication of Polymeric Materials using Focused Ion Beams (oral), M. Washio, S.

Tagawa, A. Oshima, T. Gowa Oyama, S. Okubo, H. Tsubokura, T. Takahashi: 14th International Congress of Radiation Research (ICRR-2011).

[9]Nano- and Micro-fabrications of Polystyrene Having Atactic and Syndiotactic Structures using Ion Beam lithography (poster), A. Oshima, S. Okubo, T. G. Oyama, M. Washio, S. Tagawa: 37th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE2011).

[10]Electron and Ion Beam Fabrication Using Positive-Negative Inversion of Chlorinated Resist Materials (poster), T.G.Oyama, H.Tsubokura, A.Oshima, S.Tagawa, M.Washio: 37th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE2011).

[11]Micro-/Nano-fabrication of Crosslinked Poly(Llactic acid) Using Electron Beam Nanoimprint Lithography (poster), S.Okubo, A.Kobayashi, T.Gowa, N.Nagasawa, M.Taguchi, A.Oshima, S.Tagawa, M.Washio: 37th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE2011).

[12]Characterization of Proton Exchange Membranes for PEFC Prepared by Heavy Ion Beam (poster), T. Yoshikawa, R.Tsuchida, S. Hiraiwa, T. Murakami, A. Oshima, Y. Hama, M. Washio: 12th Pacific Polymer Conference (PPC-12).

[13]Study on functionally graded PEMs fabricated by EB irradiation for direct methanol fuel cell (poster), R.Tsuchida, S.Hiraiwa, T.Yoshikawa, H.Fujita, T.Tatsumi,A.Oshima, M.Washio: 12th Pacific Polymer Conference (PPC-12).

[14]Development of Functionally Gradient Thin PEMs based on Cross-linked PTFE (poster), S.Hiraiwa, R.Tsuchida, H.Fujita, T.Yoshikawa, A.Oshima, M.Washio: 12th Pacific Polymer Conference (PPC-12).

[15]Evaluation of Al-doped ZnO top electrodes for PbLaZrTiOx capacitors. (poster), T.Tsuji, Y.Takada, N.Okamoto, T.Saito, K.Kondo, T.Yoshimura, N.Fujimura, A.Kitajima, A.Oshima: 2011 MRS Fall Meeting.

[16]Micro-Fabrication of Crosslinked Poly (tetrafluoroethylene) Using EB Nanoimprint Lithography (poster), A. Kobayashi, A. Oshima, S. Tagawa and M. Washio: TSRP-2012.

[17]Study on Fabrication of Functionalized Polymer with Patterned Nano-scale Silver Metal using Radiation Reduction Technique (poster), H. Tsubokura, R. Tsuchida, T. Tatsumi, T. G. Oyama, T. Murakami, A. Oshima, S. Tagawa, M. Washio: 33rd Australasian Polymer Symposium.

[18]10nm Resolution Electron Beam Lithography at 30keV Acceleration Voltage Using Hydrogen Silsesquioxane (HSQ) as a Negatibe Resist (poster), C.Q.Dine, A.Kitajima, A. Oshima, S.Tagawa: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium.

[19]Characterization of Thin Yttrium Film Surfaces with Annealing (poster), A.Kitajima, Cong Que Dine, A. Oshima, S.Hasegawa: 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium.

国内学会

応用物理学会	9 件
日本化学工学会	3 件
日本放射線化学会	4 件
日本化学会	2 件
日本アイソトープ協会	3 件
電気化学会 電池技術委員会	2 件
日本物理学会	1 件

科学研究費補助金

若手研究(A)
大島 明博

量子ビームを用いた高アスペクトマルチナノアレイエレクトロッドの作製

単位：千円
2,340

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)ナチュラテクノロジー	薄膜デバイス作製のためのスパッタプロセスの開発	660
-------	---------------	-------------------------	-----

ナノ極限ファブリケーション分野

吉田 陽一	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	日本原子力研究開発機構	シンチレータを用いた重イオンパルスラジオリシスによる有機	0
吉田 陽一	広島国際大学	物分解初期過程の研究（）	0
吉田 陽一	金沢大学	放射線がん治療のためのナノ・マイクロ線量計開発 イオン液体中の電子の溶媒和過程と電子移動反応	0

ナノ構造・機能評価研究分野

石丸 学	東北大学金属材料研究所	先端的電子顕微鏡技術による低次元ナノ構造体の極微構造解析	220
------	-------------	------------------------------	-----

ナノ機能予測研究分野

白井 光雲	(株)富士通研究所	無機物熱電変換材料物性の計算推定	1,000
-------	-----------	------------------	-------

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)	有機薄膜太陽電池用有機半導体の開発	2,750
安蘇 芳雄	住友化学(株)	有機エレクトロニクス材料の開発	1,012

ナノ知能システム分野

鷺尾 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	1,080
鷺尾 隆	日本電信電話(株)	大規模ネットワークにおける因果関係推定の研究	2,970
河原 吉伸	日本電気(株)	準自動マイニングプロセス最適化のため能動学習技術	1,575

ナノ医療応用デバイス分野

中谷 和彦	日東化成(株)	機能性分子の合成	2,520
中谷 和彦	古河電工アドバンストエンジニアリング	P C R の開発	1,573

外国人・国内客員教員

平成22年度予定													4月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
ナノテクノロジー 産業応用分野		Guarino Nicola 4/8～5/7		Sylvain Jugé 5/10～6/11		金 成植 6/21～8/20				ABDEL-MOLA Mohamed Almkotar 10/1～H.23.3/31															
ナノデバイス 評価・診断分野		Stefano Borgo 6/1～6/30				Michael Boersh 7/30～8/30				Emil Pincik 9/1～10/29				金 成植 12/20～H.23.2/21											
ナノシステム設計分野 客 員 教 授										秋永 広幸 10/1～12/31				小林 仁/垣内 史敏 H.23.1/1～3/31											
ナノシステム設計分野 客 員 准 教 授		上田 茂典 4/1～6/30				金澤 靖 7/1～9/30				酒井 政道 10/1～12/31															
国外		1) 金 成植		【韓国・チョンブン国立大学】				〔客員教授〕				(窓口:真嶋教授)……6/21～8/20													
		2) Guarino Nicola		【イ リア・Cognitive Sciences and Technologies】				〔客員教授〕				(窓口:溝口教授)……4/8～5/7													
		3) Sylvain Jugé		【フランス・ブルゴーニュ大学】				〔客員教授〕				(窓口:笹井教授)……5/10～6/11													
		4) Michael Boersh		【ドイツ・シュツットガルト大学】				〔客員准教授〕				(窓口:野地教授)……7/30～8/30													
		5) Emil Pincik		【スロバキア・科学アカデミー】				〔客員教授〕				(窓口:小林教授)……9/1～10/29													
		6) Stefano Borgo		【イ リア・Cognitive Sciences and Technologies】				〔客員教授〕				(窓口:溝口教授)……6/1～6/30													
		7) ABDEL-MOLA Mohamed Almkotar		【エジプト・アシュート大学】				〔客員准教授〕				(窓口:朝日教授)……10/1～H.23.3/31													
		8) 金 成植		【韓国・チョンブン国立大学】				〔客員教授〕				(窓口:真嶋教授)……12/20～H.23.2/21													
国内		1) 秋永 広幸		【産業技術総合研究所】				〔客員教授〕				(窓口:田中教授)……10/1～12/31													
		2) 上田 茂典		【物質・材料研究機構(量子ビームセンター)】				〔客員准教授〕				(窓口:田中教授)……4/1～6/30													
		3) 金澤 靖		【豊橋技術科学大学】				〔客員准教授〕				(窓口:八木教授)……7/1～9/30													
		4) 酒井 政道		【埼玉大学】				〔客員准教授〕				(窓口:朝日教授)……10/1～12/31													
		5) 小林 仁		【高エネルギー加速器研究機構】				〔客員教授〕				(窓口:吉田教授)……H.23.1/1～3/31													
		6) 垣内 史敏		【慶応義塾大学】				〔客員教授〕				(窓口:安藤教授)……H.23.1/1～3/31													
平成23年度予定													4月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
ナノテクノロジー 産業応用分野						金 成植 6/22～8/22				Hao Du 10/3～12/28				方 曉東 1/20～2/20				金 碩圭 2/21～6/29							
ナノデバイス 評価・診断分野		Saket Asthana 5/10～7/29				李 効民 8/1～9/30				A.K.M. Akther Hossain 10/3～12/27				金 成植 12/28～H.24.2/28				OleMartin Lowik 2/29～3/29							
ナノシステム設計分野 客 員 教 授						高柳 英明 7/1～9/30								垣内 史敏 11/16～H.24.3/31											
ナノシステム設計分野 客 員 准 教 授						酒井 政道 7/1～9/30								西川 博昭 12/1～H.24.3/31											
国外		1) Saket Asthana		【インド・インド工科大学】				〔客員准教授〕				(窓口:田中教授)……5/10～7/29													
		2) 金 成植		【韓国・チョンブン国立大学】				〔客員教授〕				(窓口:真嶋教授)……6/22～8/22													
		3) Hao Du		【中国・中国科学院】				〔客員准教授〕				(窓口:中嶋教授)……10/3～12/28													
		4) A.K.M. Akther Hossain		【バングラデシュ・バングラデシュ工科大学】				〔客員教授〕				(窓口:田中教授)……10/3～12/27													
		5) 金 成植		【韓国・チョンブン国立大学】				〔客員教授〕				(窓口:真嶋教授)……12/28～H.24.2/28													
		6) 李 効民		【中国・上海硅酸塩研究所】				〔客員教授〕				(窓口:柳田准教授)……8/1～9/30													
		7) 方 曉東		【中国・中国科学院安光学精密機械研究所】				〔客員教授〕				(窓口:柳田准教授)……H.24.1/20～2/20													
		8) 金 碩圭		【韓国・ユンナム大学】				〔客員教授〕				(窓口:真嶋教授)……H.24.2/21～6/29													
		9) OleMartin Lowik		【ノルウェー・産業科学研究財団】				〔客員教授〕				(窓口:小口教授)……H.24.2/29～3/29													
国内		1) 高柳 英明		【物質・材料研究機構(WPIセン ー)】				〔客員教授〕				(窓口:竹谷教授)……7/1～9/30													
		2) 酒井 政道		【埼玉大学】				〔招へい准教授〕				(窓口:朝日教授)……7/1～9/30													
		3) 垣内 史敏		【慶応義塾大学】				〔客員教授〕				(窓口:笹井教授)……11/16～H.24.3/31													
		4) 西川 博昭		【近畿大学】				〔客員准教授〕				(窓口:田中教授)……12/1～H.24.3/31													

ナノ加工室

室長 田中 秀和
技術職員 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) 活動内容

・加工依頼

2011 年度は新しい作業環境を第二研究棟に設け、ナノテク先端機器室の装置も利用することになった。依頼状況として、10 研究室から 62 件の加工依頼があった。2005 年発足以来の依頼先と依頼件数の推移を図 1 に示した。基本的に依頼先・依頼件数とも飽和してきているが、昨年度頻繁に依頼のあった研究室からの依頼が無くなったため、依頼件数が 38%減になっている。

新しい加工の試みとしては、新たに導入した SF_6 ガスを用いたシリコンの等方的エッチングを行った。 SF_6 の選択性を利用し、シリコン酸化膜を残して、下地のシリコンが無くなっている構造を作製した。サンプルの電顕像を図 2 に示した。

・国際ナノテクノロジー総合展の参加

2012 年 2 月 15 日～17 日に東京で行われた nanotech2012 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、シリコン薄膜やホログラムを展示・実演してきた。

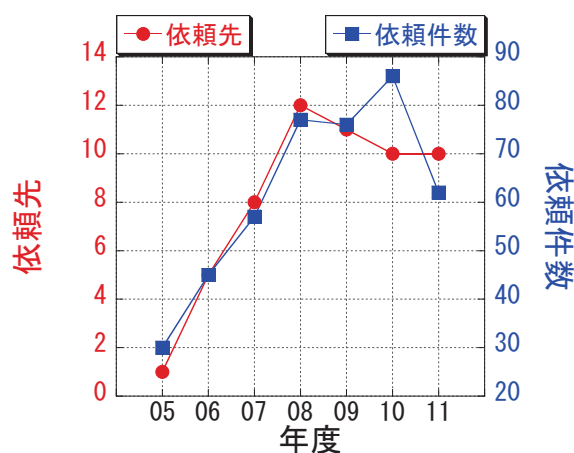


図1 2005 年発足以来の活動履歴



図2 シリコン酸化膜浮構造

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

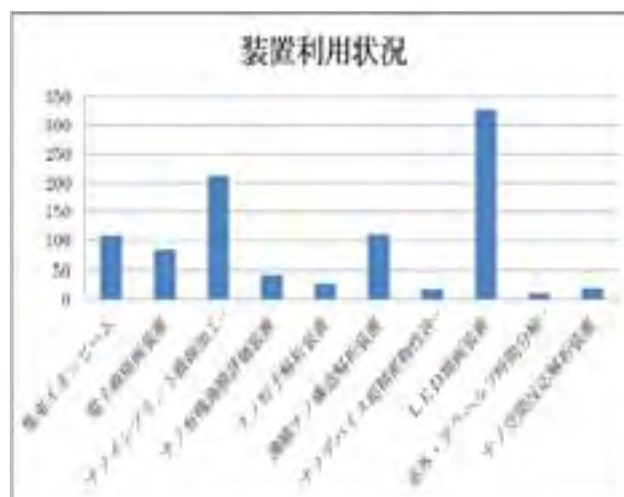
a) 概要

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

右のグラフは先端機器室の装置別の使用状況をまとめたもので利用総数は 961 件、前年と比較すると 328 件増加している。

特に集束イオンビーム、ナノインプリント、LED 描画装置といった微細加工装置が多く利用されているが、その他の解析装置の利用も増えてきている。



阪大複合機能ナノファウンダリ

主任（兼任）特任教授	川合 知二
特任教授（兼任）	田川 精一、森 博太郎
教授（兼任）	田中 秀和、保田 英洋
特任研究員（客員准教授）	大島 明博
特任研究員	北島 彰
特任研究員	コン クー ディン（平成 24 年 1 月 31 日退職）
派遣職員	柏倉 美紀
派遣職員	樋口 宏二
派遣職員	圓見 恵子

a) 概要

文部科学省による「先端研究施設共用イノベーション創出事業【ナノテクノロジー・ネットワーク】（以後“ナノネット事業”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。本ナノネット事業に参画する大阪大学（以後“当機関”と略す）は、当機関が保有する分子や薄膜の合成と超微細加工、ナノ計測や分析の 3 つの研究領域・機能を複合化させ、シナジー効果を発揮し、ナノ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うとともに、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。

ナノネット事業による拠点は全国に 13 箇所あり、計 26 機関が有機的に参画するグループを構成している。それぞれのグループが①分子・物質合成、②超微細加工、③ナノ計測・分析、④極限環境の 4 つの研究領域の各種機能を提供している。当ファウンダリでは①②③の 3 つの研究領域の機能を複合化させた一貫プロセスと地域との連携をもって、以下の支援を行っている。

① 分子・物質合成の支援

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

② 超微細加工の支援

ビームテクノロジーを利用した薄膜試料の超微細加工とデバイス化、また、そのデバイスの評価等の支援

③ ナノ計測・分析の支援

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

b) 成果

ナノネット事業の一環として国内外・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分子や薄膜の合成と超微細加工そして超高压電子顕微鏡センターが保有するナノ計測や分析の 3 つの研究領域・機能を融合・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。

本プロジェクトの最終年度目である本年度(H23 年度)は 125 件(技術相談 18 件含む)の支援をしてきた。なお、当ファウンダリが保有する ①分子・薄膜合成、②超微細加工、③ナノ計測・分析、の 3 機能による H23 年度の総支援件数の項目別内訳は表-1 の通りである。

表－1；平成 23 年度の支援課題件数

	分子・薄膜の合成				超微細加工				ナノ計測・分析				合計			
	学	産	独	計	学	産	独	計	学	産	独	計	学	産	独	計
共同研究	7	0	1	8	10	0	1	11	29	1	5	35	46	1	7	54
装置利用	13	0	0	13	15	0	0	15	18	0	0	18	46	0	0	46
技術代行	2	0	0	2	3	1	0	4	1	0	0	1	6	1	0	7
技術相談	0	3	0	3	3	0	1	4	1	7	3	11	5	10	3	18
合 計	22	3	1	26	31	1	2	34	49	8	8	65	103	12	10	125

また、下記①～④のナノテクオープンスクール(参加総数 32 名)等の開催をはじめ、35 歳未満の若手支援利用者(156 名)に対する装置講習を行った。また、ナノテクノロジーセンターの一員として「nanotech2012」に出展し、活動内容の紹介を行った。

- ① 2011 年 4 月 30 日 EB リソグラフィー講習会 (外国人対象 計 2 名参加)
- ② 2011 年 8 月 2-4 日 ナノテク理科教室 (計 12 名参加)
- ③ 2011 年 8 月-16 日 UV リソグラフィー講習会(民間企業 1 名参加)
- ④ 2010 年 12 月 16 日 電子顕微鏡スクール (17 名参加)

オープンラボトリー

教授（兼任） 笹井 宏明
特任研究員 法澤 公寛
特任事務職員 大橋 佳代子

a) 概要

オープンラボトリーは、物質・材料やデバイスを対象としたナノテクノロジーの科学技術発展の基盤となるべき、独創的、先進的な学術研究の推進を目的とした総合的研究に利用するものとする。産業科学ナノテクノロジーセンターの学内兼任教員及び客員教員並びに産業科学研究所に属する研究者グループ及び大阪大学のナノテクノロジー研究者のグループに利用資格がある。

b) 成果

2004 年度より新規利用者の募集をし、2011 年度は以下に示す 12 の研究代表者より利用があった。

研究代表者	所属	研究代表者	所属
伊東一良 教授	工学研究科	川合知二 特任教授	産業科学研究所
森勇介 教授	工学研究科	小林光 教授	産業科学研究所
福井希一 教授	工学研究科	田川精一 特任教授	産業科学研究所
山本孝夫 教授	工学研究科	竹田精治 教授	産業科学研究所
山崎義光 招聘教授	医学系研究科	竹谷純一 教授	産業科学研究所
森博太郎 教授	超高压電子顕微鏡センター	松本和彦 教授	産業科学研究所

編集後記

年次報告書、Vol.10を発行いたします。センター発足以来10年が過ぎ、一つの節目を迎えました。今や、人員設備共に充実し、大きな陣容を見るまでになりました。編集する私たちも慶びに絶えません。この環境に負けることなく、優れた成果を生むべく、更なる10年に向かって踏み出します。

安蘇、吉田、田中

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. 10 2011

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24年3月31日

印刷：

■発 行 日 2012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>