

ANNUAL RESEARCH REPORT

Vol.11 研究成果報告書 第11巻(2012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	20
ナノテクノロジー産業応用分野	25
業績	
ナノ機能デバイス研究分野	28
ナノ極限ファブリケーション研究分野	32
ナノ構造・機能評価研究分野	36
ナノ機能予測研究分野	39
ソフトナノマテリアル研究分野	42
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	52
共同研究	54
外国人・国内客員教員	55

附属施設

ナノ加工室	56
ナノテク先端機器室	57
ナノテクノロジー設備供用拠点	58
オープンラボラトリー	60

編集後記

センター長の挨拶

吉田 陽一



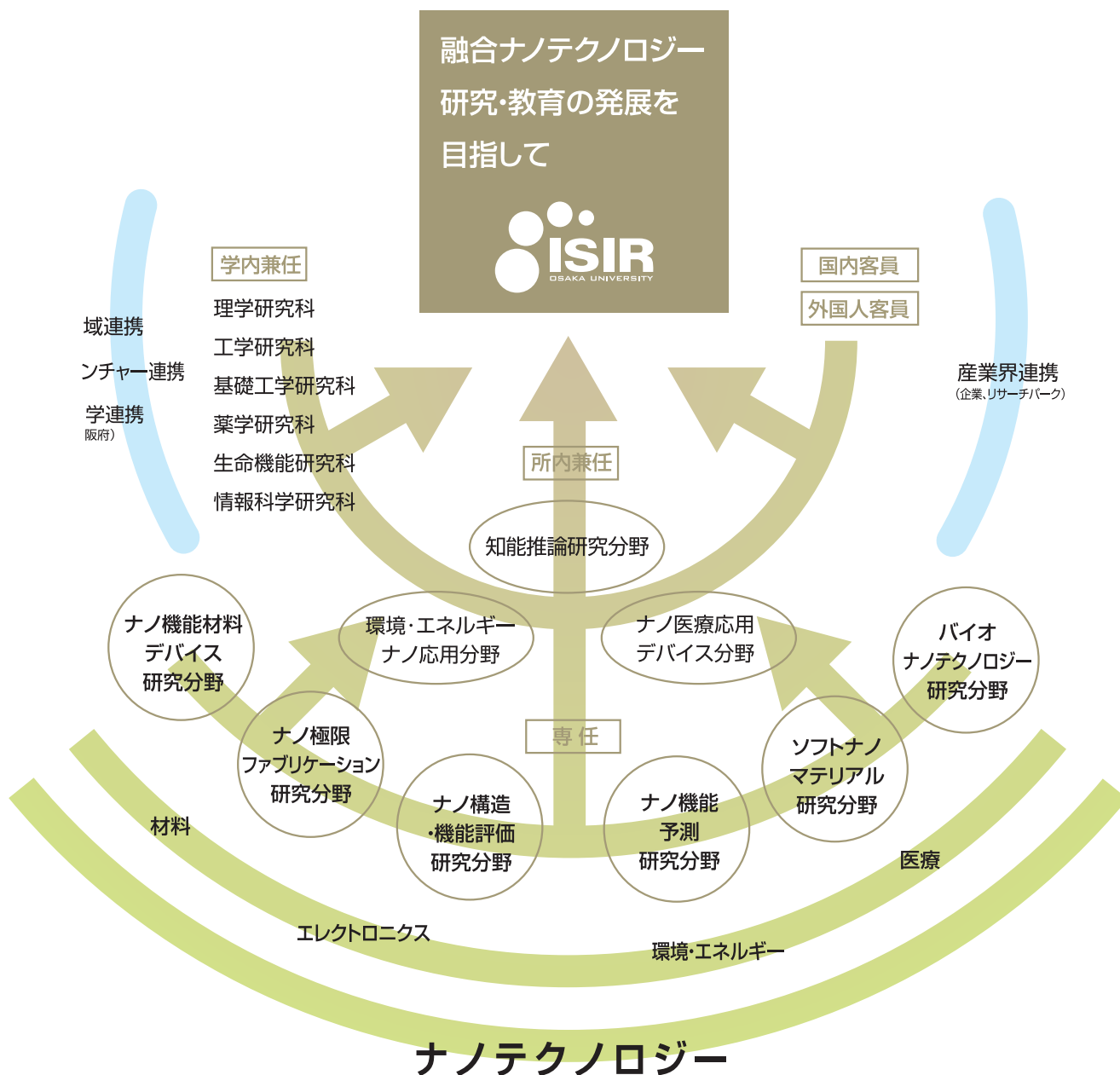
「産業科学ナノテクノロジーセンター」は、原子・分子を積み上げ材料を創製するボトムアップナノテクノロジー、材料を極限まで削りナノデバイスを作製するトップダウンナノテクノロジー、さらにそれらの融合による産業応用を目指したナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として、2002年に産業科学研究所に設置された全国初のナノテクノロジーセンターで、今年度で10年目を迎えました。

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

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

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

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)

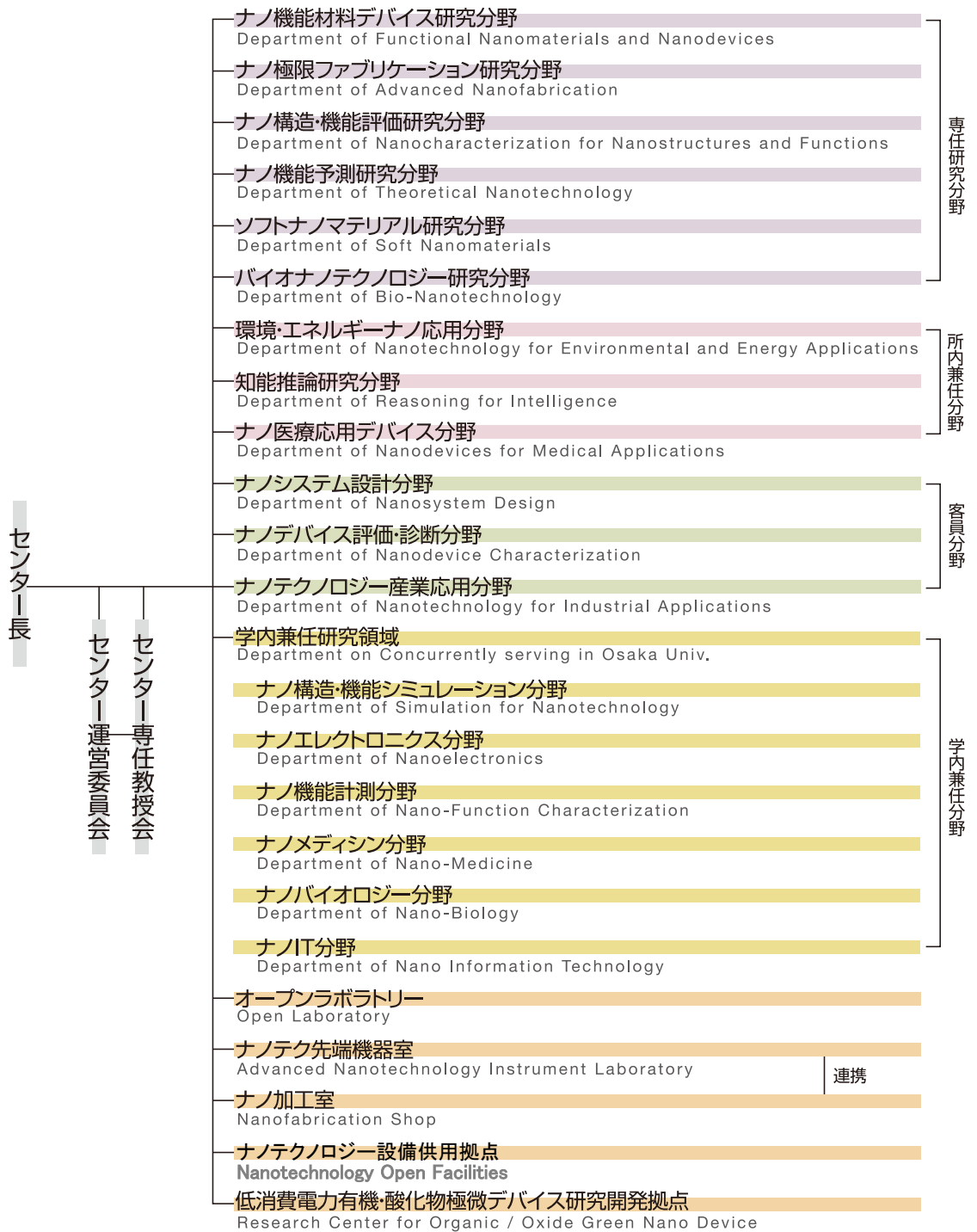
原子・分子を積み上げ、材料を創製する**ボトムアップナノテクノロジー**、材料を極限まで削りナノデバイスを作製する**トップダウンナノテクノロジー**、さらにそれらを**融合**して積極的な**産業応用**を目指し、総合的にナノサイエンス・ナノテクノロジーを推進することを目的として設置された全国初のナノテクノロジーセンター。

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
准教授	神吉 輝夫
助教	服部 梓、藤原 宏平
特任研究員	岡田 浩一
大学院学生	高見 英史、Nguyen Thi Van Anh、尾野 篤志、川谷 健一、櫛崎 貴吉、藤原 康司、市村 昂士
学部学生	上田 大貴、山崎 翔太、堀 竜也
研究生	Wei Tingting
技術補佐員	岩城 文 (平成 24 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)に対し巨大に応答し多彩な物性を示す遷移金属酸化物材料群を対象とし、トップダウンナノテクノロジー(超微細ナノ加工技術)とボトムアップナノテクノロジー(超薄膜・ヘテロ接合・人工格子結晶成長)を融合することによって、望みの位置に、望みの物質・電子状態の空間的配置と次元性をナノスケールで任意に制御する技術方法論とその酸化物ナノ構造が示す基礎物性の理解を通して、高機能かつ省エネルギー駆動の新原理デバイスの構築に取り組んでいる。今年度の主な成果を以下に詳述する。

b) 成果

・機能性金属酸化物 3 次元ナノ超構造創製

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独自ナノ超構造創製技術としてナノインプリントリソグラフィ(NIL)とパルスレーザー堆積法(PLD)を組み合わせた「3 次元ナノテンプレート PLD 法」[論文 1, 6, 12, 13]、「自己組織化ナノ相分離成長法」[論文 3, 4, 14, 15]を確立した。図 1(a)に 3 次元ナノテンプレート PLD 法で作製した室温強磁性半導体 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ の nm スケールで細線幅を自由に制御した単結晶ナノ細線構造を示す。磁気抵抗(MR)測定結果から、単結晶基板上に直接製膜した細線構造に匹敵する導電性を示すことを確認した[論文 6, 13]。この手法では、面内で厚みを制御変調したナノ構造(即ち、狭窄構造)の作製も可能である。狭窄構造では磁壁圧縮による高い磁気抵抗効果が期待され、図 1(b)に示すように、狭窄幅、狭窄長はそれぞれ 65 nm、53 nm に達する構造の作製が出来る[論文 1]。これは、原子間力顕微鏡リソグラフィを用いてこれまでに得られた最小のデバイスと同等のスケールを持つ。更に、自己組織化ナノ相分離成長によって作製した $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ と強誘電体 BiFeO_3 のエピタキシャルナノ FET 構造の創製にも成功している[論文 3, 14]。これら 3 次元ナノ超構造体を基盤として、ナノ特性の評価とそれを最大限に活用した新規ナノ電子デバイス機能の開拓を試みている。

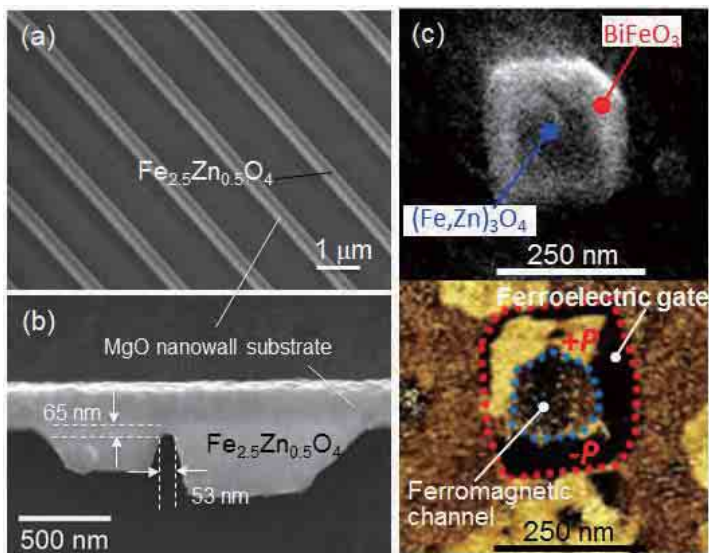


図 1 独自ナノ構造創製技術で作製した室温強磁性半導体 $(\text{Fe}_{2.5}\text{Zn}_{0.5})\text{O}_4$ の(a)エピタキシャルナノ細線構造と(b)ナノ狭窄細線構造。(c)自己組織化ナノ相分離成長によって得られた、エピタキシャルナノ FET 構造の SEM 像(上図)と PFM 像(下図)。

・二酸化バナジウムナノワイヤーの新奇電気伝導特性

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、二酸化バナジウム(VO_2)の

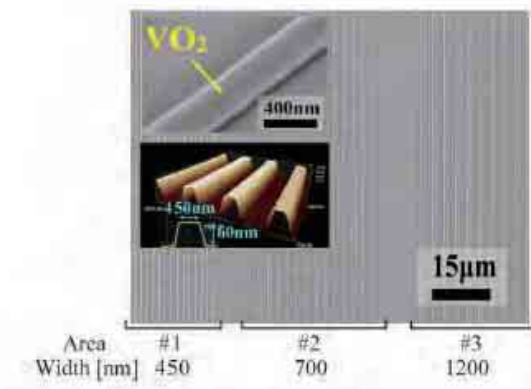


図2 ナノインプリント法で一括ナノパターンニングした VO_2 ナノ構造の SEM 像

のナノ物性測定に必要な微細加工技術の開発を行った。図2には、ナノインプリントリソグラフィ法を用いて、数百 nm サイズのワイヤーパターンが一括で作製できるプロセスを確立した[論文 8]。また、 VO_2 ワイヤの電気測定では、金属-絶縁体相転移近傍に現れる電子相混合状態において金属ドメインが一次元的に配列し、従来のマクロサイズ薄膜とは大きく異なる電気伝導特性を示し(図3) [論文 9, 10]、ドメインの配置がナノ物性において重要であることが分かった。この知見を今後のモットデバイス作製に活かす。

・層状 Fe 酸化物の室温電子相変化デバイス機能の開拓

遷移金属酸化物中の互いに強く絡み合う電子が織り成す多彩な電子の相—固体・液晶・液体—とそれらが示す相変化現象を原理とした革新的エレクトロニクスデバイスの創出を目指している。室温での相変化デバイス応答を可能にするユニークな電子状態として、層状 Fe 酸化物 $R\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($R=\text{Y}, \text{Ho-Lu}$) の高温電荷秩序に着目し、外部電界による相状態のスイッチングに取り組んでいる。本年度は、デバイス作製の原点となる高品質薄膜の作製に注力し、パルスレーザー堆積法により LuFe_2O_4 の c 軸配向膜を得ることに成功した。本材料は Fe-O 及び Lu-O から成る三角格子層($a-b$ 面内)が c 軸方向に積層した構造を持つ。幾何学的フラストレーションの下、 $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}=1:1$ の Fe イオンが長周期配列を組むことで、500 K 以下で ab -面内の二次元秩序化、320 K 以下で三次元秩序化が生じる。三次元秩序絶縁体状態で高電界を印加したところ、電流変動度が 8000%にも達する電流スイッチング効果を観測することに成功した(図4)[論文 2]。高電界による電荷秩序のブレークダウンに起因した相状態スイッチングと理解できる。さらに、三次元から二次元への秩序パターンの変調に伴い、スイッチング特性が定性的に変化することを見出し、観測されたスイッチング効果が電子状態と密接に関連することを示した(図4 挿入図)。Fe を含む本材料系の特長として、低温($< 240 \text{ K}$)でのフェリ磁性が知られており、電界を介した磁性制御も期待できる。確立した薄膜試料をベースに、より高度なデバイス構造—例えば、電界効果トランジスタ—への展開を進めている。

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、二酸化バナジウム(VO_2)の

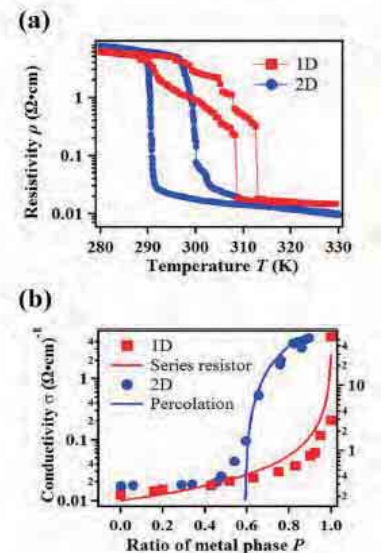


図3 VO_2 薄膜の(a) 抵抗-温度曲線、(b) 金属相の割合(P)における電気伝導度

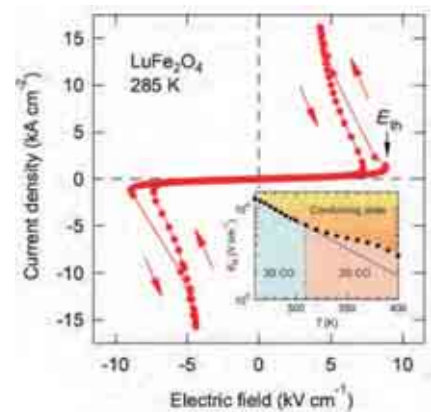


図4 LuFe_2O_4 薄膜の電流電圧特性。閾電界 E_{th} で傾きが不連続に変化し、抵抗のスイッチングが起きたことを示す。

ナノ極限ファブリケーション研究分野

教授	吉田 陽一
准教授	楊 金峰
助教	近藤 孝文、菅 晃一
客員教授	小方 厚、小林 仁
特任研究員	神戸 正雄（平成 25 年 3 月 1 日採用）
大学院学生	樋川 智洋
学部学生	仲西 琢巳、井河原 大樹、野澤 一太
研究生	李 亮
事務補佐員	千代 安奈

a) 概要

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

b) 成果

・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治療などでは、水の放射線化学が特に重要である。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、水やアルコールに代表される極性溶媒中では、電子は周囲の分子を配向させて溶媒和電子として安定化して様々な後続反応を引き起こすため、その機構を解明することが更なる応用発展のためには必要である。我々はフォトカソード RF 電子銃ライナックを用いたフェムト秒パルスラジオリシス法の測定波長を可視から近赤外領域に拡張したことにより、電子の溶媒和過程における時間分解スペクトル変化の観測に成功した。近赤外領域から可視域への不連続で大きなスペクトルジャンプと連続的で比較的小さなスペクトルシフトを観測した。電子の溶媒和過程で、電子状態遷移に起因する緩和過程と極性溶媒分子の配向による緩和過程が同時に起きるというモデルを構築したことにより、実験結果を説明することができた。溶媒和電子生成メカニズムについて重要な知見を得ることができた。

・フェムト秒パルスラジオリシスによるドデカンのイオン化 G 値の研究

核燃料再処理における抽出剤（TBP）の溶媒に用いられている直鎖ドデカンの放射線化学反応や反応生成収量の定量的な解明には、ドデカンの初期イオン化 G 値を求める必要があるが、これまで成功していない。代表的な芳香族捕捉剤であるビフェニルを用いて、フェムト秒パルスラジオリシスにより測定した結果と、これまでに報告してきた励起ラジカルカチオンを考慮したジェミネートイオン再結合と捕捉反応のシミュレーションを比較することにより、800 nm におけるドデカンラジカルカチオンとビフェニルの比を得ることに成功した。このことにより、ドデカンラジカルカチオンのモル吸光係数、最大生成 G 値を得る事ができた。シミュレーションでは初期イオン化量が規定されているので、シミュレーションと比較することにより、ドデカンの初期イオン化 G 値を得ることができた。

・フェムト秒パルスラジオリシスによる高分子レジスト材料放射線化学基礎過程の研究

半導体微細加工におけるレジスト材料の放射線化学基礎過程を解明するために、基礎的なポリスチレン、ポリ α メチルスチレンと高感度高解像度レジストである ZEP を溶液中でフェムト秒パルスラジオリ

システムにより測定した。その結果、フェニルダイマーラジカルカチオンとフェニル-ハロゲン CT 錯体の時間挙動を測定することに成功した。また、溶媒中での高分子材料の反応は複雑であると考えられるため、Freeze and Erase (FE) 法と呼ばれる手法により、溶媒からの電荷移動に比べて高分子内の反応を強調して観測できる手法を同時に開発している。得られた結果を詳細に解析するには反応モデルが必要である。高分子レジスト材料における放射線化学基礎過程の知見が得られつつある。

・低温アルコール中の溶媒和電子生成過程の温度依存性の研究

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、電子は周囲の溶媒分子を配向させて溶媒和して安定化することが知られている。我々はフェムト秒パルスラジオリシスを開発しアルコール中の溶媒和電子と溶媒和前電子の生成過程の観測に成功した。しかし溶媒和前・溶媒和電子の生成メカニズムは明らかになっていない。そこでアルコールを融点以下に冷却し高粘度にすることで、ナノ秒時間分解能で光吸収スペクトルを詳細に測定した。溶媒和電子生成過程の温度依存性を解析した結果、活性化エネルギーが 0.17eV であることが分かった。一般に水素結合の結合エネルギーは約 0.2eV であることが知られており、溶媒和前電子の消滅過程、すなわち溶媒和電子の生成過程は、周囲のエタノール分子との OH 基水素結合ネットワークを切って、中心の電子に再配向して溶媒和する過程だと考えることができる。

・アト秒パルスラジオリシスに向けた超短パルス電子ビーム発生の研究

極限時間分解能を有するアト秒パルスラジオリシス実現に向けた、 10 フェムト秒以下超短パルス電子ビームの発生・計測法の確立を行った。超短パルス電子ビームを発生するために、フェムト秒電子銃、高次収差補正磁気パルス圧縮器、スリットの導入を行った。発生した超短パルス電子ビームから放射されるミリメートル～マイクロメートル領域の波長をもつ赤外光を、マイケルソン干渉計により時間波形を解析し、電子ビームパルス幅を計測した。干渉計では、従来のボロメータ赤外検出器のみを用いた干渉計を改良し、MCT (HgCdTe) 検出器を併用した 2 帯域を有する干渉計の構築を行った。その結果、電荷量： $\sim 2\text{pC}$ の時、 $\sim 3\text{fs}$ の rms 電子ビームパルスの発生・計測に成功し、従来にない超短パルス電子ビームの発生を明らかにした。

・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関する知見が直接獲得できるため、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 24 年度には、世界に先駆けてフェムト秒フォトカソード RF 電子銃を用いた時間分解電子顕微鏡実証機を製作し、原理実証を行った。原理実証の実験では、RF 電子銃からパルス幅 100fs の MeV 短パルス電子ビームを発生し、この電子ビームを用いてシングルショット測定で金単結晶の電子線回折像を得ることができ、金単結晶薄膜の TEM 像の観測に成功した。測定空間分解能は 30nm までに達成した。

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、横澤 忠洋（平成 24 年 7 月 16 日～平成 25 年 2 月 28 日）
特任研究員	孫 科挙
大学院学生	磯崎 祐輔、仲村 宗起、相馬 健太郎、前納 覚
事務補佐員	高瀬 紀子

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

・ 活性中の金チタニア触媒構造の解明

酸化チタン上に担持された金ナノ粒子（Au/TiO₂）は、CO の酸化反応に対して室温以下でも高い触媒活性を示すことが知られている。Au/TiO₂ の触媒メカニズムを原子スケールで解明するには、実際の触媒反応環境下で Au/TiO₂ をその場観察することが重要である。これまでも透過型電子顕微鏡（TEM）観察によって真空中、ガス中の Au/TiO₂ の構造が調べられてきたが、TiO₂ が電子線照射に対して非常に脆弱なため、互いに矛盾する結果しか得られていなかった。そこで我々は、まず電子線照射による Au/TiO₂ の構造変化を系統的に調べることで、電子線照射の影響のない活性中の金ナノ粒子構造を導き出すことを試みた。図 1 は、真空中、酸素中、反応環境下（1 vol% CO in air）で、電子線照射強度と照射線量を系統的に変化させたときに観察された Au/TiO₂ の構造をまとめた Structure evolution diagram である。電子線照射強度と照射線量に依存して、Au/TiO₂ 触媒は様々な構造変化を示すことが分かる。図 1 の青色の領域では金ナノ粒子と TiO₂ の界面付近に微量の TiO₂ が集まり、赤色の領域では金ナノ粒子と TiO₂ の間にピラーが形成する。黄色の領域ではピラーの形成とともに、金ナノ粒子が TiO₂ に完全に覆われる構造変化が起きる。これらは電子線照射によって引き起こされる不可逆の構造変化であり、触媒反応とは関係がない。一方、緑色の領域では Au/TiO₂ の構造にこの

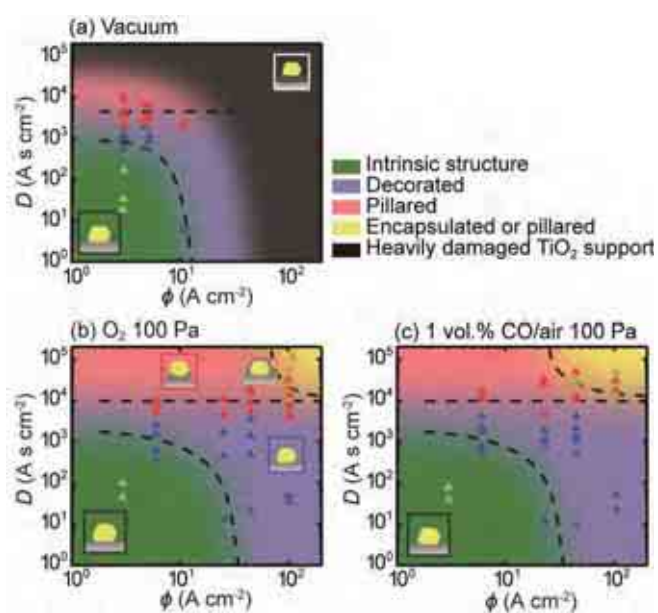


図1 電子線照射強度 ϕ と照射線量 D に依存した Au/TiO₂ の構造 (Structure evolution diagrams)。 (a) 真空中、 (b) 酸素 100Pa 中、 (c) 反応環境下 (1 vol% CO in air, 100 Pa)。

ような不可逆な変化は見られない。すなわち、適切な電子線照射強度と照射線量の範囲であれば、反応環境下を含む様々な環境下において電子線照射の影響のない Au/TiO₂ の構造を決定することができることを意味する。実際に図 1(c) (反応環境下) の緑色の領域で観察した Au/TiO₂ の ETEM 像と、その観察結果から導かれる電子線照射の影響のない Au/TiO₂ の構造モデルを図 2 に示す。金ナノ粒子の表面には {111} と {100} 面が現れている。また、金と TiO₂ の界面は多角形であり、界面周縁部は <110> 方向に平行なエッジに囲まれていることが明らかになった。本研究におけるナノ構造の系統的な解析法は、今後さまざまな触媒に ETEM 法を適用する上で有用になると考えられる。

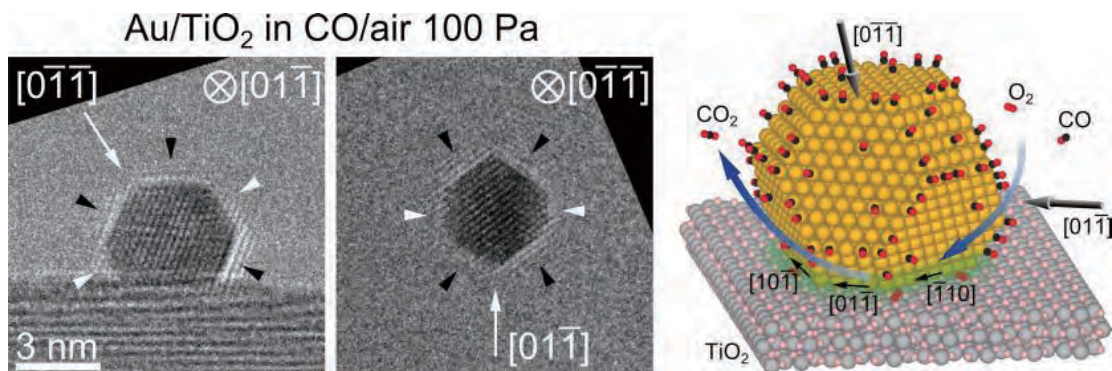


図2 反応環境下 (1 vol% CO in air, 100 Pa) における Au/TiO₂ の ETEM 像と構造モデル図。

・カーボンナノチューブ成長中の触媒ナノ粒子のその場構造解析

ETEM を用いて、様々な反応を原子スケールでその場観察することは今後ますます重要になってくる。その際、反応過程における物質の構造を正確に決定するには、TEM 像シミュレーションと ETEM 観察を組み合わせることが必要である。例えば、カーボンナノチューブ成長中のナノ粒子触媒のように構造が揺らいでいる場合、観察される ETEM 像は時間とともに変化するため、その構造を正しく評価するには時間とともに変化する ETEM 像それぞれを像シミュレーションと比較する必要がある。図 3 は、鉄-モリブデンを触媒とするカーボンナノチューブ成長を ETEM 観察した動画から、2 フレームを抜き出したものである。ナノ粒子触媒内に観察される格子縞が変化していることが分かる。図 3(a), (b) はそれぞれ、(Fe,Mo)₂₃C₆ 構造を [255] 方向から 0.5° 傾いた方向から、[011] 方向から 4.5° 傾いた方向から観察したシミュレーション像と非常によく一致している。このように像シミュレーションと比較することで、カーボンナノチューブ成長中のナノ粒子触媒が同一構造で構造が揺らいでいるということが確かなものとなった。

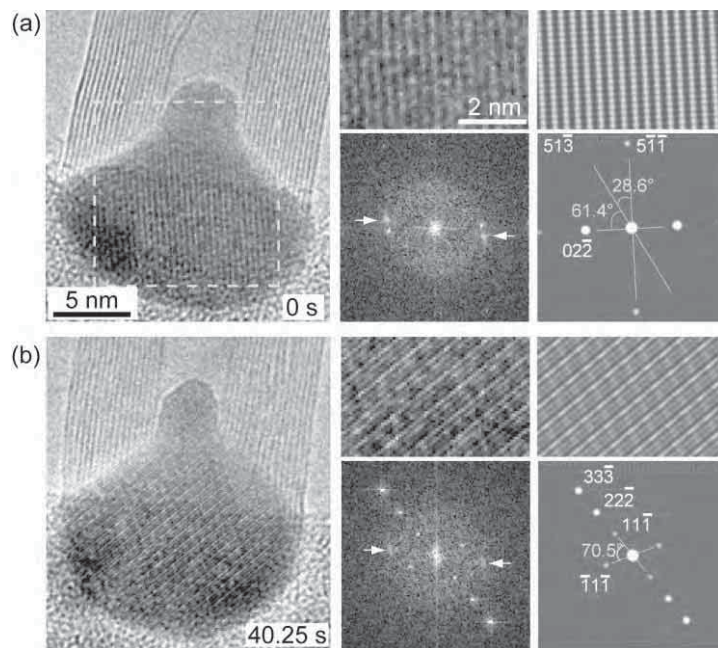


図3 カーボンナノチューブ成長中の (Fe,Mo)₂₃C₆ ナノ粒子触媒の ETEM 像とそのシミュレーション像。(a),(b) 左列は同一粒子を異なる時間で記録した像。中央列は ETEM 像の拡大像とそのフーリエ変換像、右列はシミュレーション像とそのフーリエ変換像。

ナノ機能予測研究分野

教授	小口 多美夫
准教授	白井 光雲
助教	山内 邦彦、靱田 浩義（平成 24 年 4 月 1 日採用）
招へい教授	柳瀬 章、本河 光博、城 健男（平成 24 年 8 月～）
客員教授	Hubert Ebert（平成 24 年 4 月 6 日～平成 24 年 5 月 31 日）、 劉 載俊 (Jaejun Yu)（平成 24 年 6 月 25 日～平成 24 年 8 月 24 日）
特任研究員	豊田 雅之（平成 24 年 4 月 1 日採用）
外国人招へい研究員	黄 紅斌（平成 24 年 4 月 1 日～平成 25 年 3 月 31 日）
大学院学生	Mohammad Shahjahan、磯山 佳甫、上村 直樹、藤村 卓功、 小森 尚平、上田 卓弥、Taufik Adi Nugraha、 佐久間 恭平、高崎 英里子、出口 政孝、藤井 亮宏
学部学生	西條 泰紹
事務補佐員	垣内 美奈子

a) 概要

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

b) 成果

・遷移金属およびその化合物系の電子状態

遷移金属元素は多種の元素と合金や化合物をつくり多岐にわたる物性を示す。その一つの典型は遷移金属水素化物である。我々は Fe、Co、Ni の水素化物に注目しその構造安定性と磁性を第一原理計算に基づき議論を進めた。水素化により遷移金属元素の 3d バンドは見かけ上電子占有数が 1 弱増えた電子状態が実現される。このため、安定構造および発現する磁性は遷移金属列での右隣に一致することが明らかとなった [論文 1]。高圧下での遷移金属水素化物についても研究を進め、X 線吸収実験との比較から高圧下での電子状態と磁性の関係を明らかにした [論文 4]。角度分解光電子分光を進める実験グループとの共同研究により、Pd 金属 [論文 6] や Fe ニクタイト系超伝導体 [論文 7] の詳細な電子状態を明らかにした。

・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）、輸送現象を併せた研究を行っている。

今年度の成果の 1 つは、ホウ素結晶で長い間未解決であった問題を解決したことである。それは多くのホウ素結晶およびその化合物で、バンド計算では金属となるのに実験は半導体となることである。かつてはこれはモット絶縁体と考えられてきたが、そうではなく、この結晶に不可避に入る格子欠陥が本質的な役割を担っていることを解明した。

もう一つの成果は熱電材料である。ペロブスカイト結晶の 1 つである SrTiO₃ は高い熱電特性を有することで知られているが、その機構が分かっていなかった。その機構は、同じ結晶に軽い電子と重い電子が共存しているからということを示した。それだけでなく、この機構に基づき、高い熱電特性を持った物質探索のモデルを提唱した。

・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。ハーフドープ Mn 酸化物は低温で CE 型の電荷・軌道・反強磁性秩序を示すことが知られており、 Mn^{3+} および Mn^{4+} イオンの電荷秩序が結晶の反転対称性を破るパターンを形成する場合には双極子モーメントに起因する強誘電性が誘起されることが期待される。実際、特殊な二重層状の結晶構造をもつ $Pr(Ca_{0.9}Sr_{0.1})_2Mn_2O_7$ の低温相では、電荷秩序が反転対称性を破り分極をもつことが報告されている。我々は、電子状態計算の結果を用いて極性構造の安定性を評価し、磁化・電荷・軌道の秩序と強誘電性の関係、電気分極の微視的起源、電荷・軌道秩序の定量的な評価法について明らかにした。さらに、同様の微視的機構で強誘電性が生じることが予想されている $SrBaMn_2O_6$ について電子状態計算を行い、現在はまだ実験サイドから報告されていない結晶構造および電気分極の値を理論予測した [論文 12]。

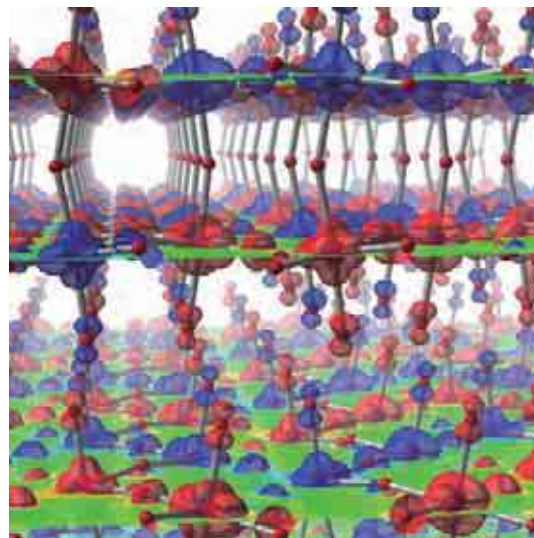


図1 二重層マンガ氧化物における軌道秩序

・電子・スピンドバイス材料の電子構造と磁性に対する格子欠陥の影響

電子デバイスやスピントロニクス素子への応用展開が期待される物質系に対して、電子状態や磁気的性質を明らかにすることを目的として第一原理計算を用いた理論研究を行った。トポロジカル絶縁体 Bi-Se 系化合物や Sb-Te 系化合物のバルク及び表面の電子バンド構造を明らかにし、特にフェルミエネルギー近傍の電子構造に対する不純物や歪みなどの影響を調べた。また、強磁性フルホイスラー合金の磁性に関する研究を行い、 X_2MnSn ($X=Co, Ni, Cu$) における Sn 核位置の超微細磁場を計算により求め、実験結果との比較を行った。 Co_2MnSn の Sn 超微細磁場に対するアンチサイト欠陥の影響を調べた結果、アンチサイト欠陥近傍に存在する Sn サイトの超微細磁場値はバルク値よりも小さくなることが分かり、この結果は実験的に報告されている Sn 核の超微細磁場分布を説明することができる。その他に、原子空孔などの点欠陥を含むアルミニウム酸化物の計算科学研究を行い、結果の一部は不揮発性抵抗変化型メモリの抵抗スイッチング機構のモデル構築に寄与した。実験グループと共同で貴金属の光学特性に関する研究を論文報告した [論文 15]。

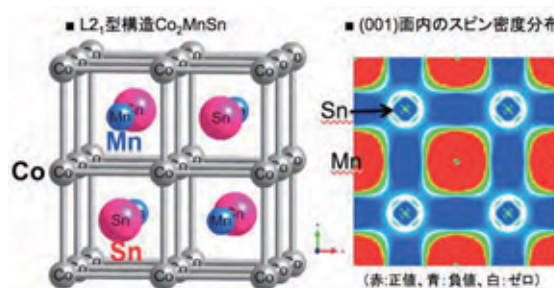


図2 ホイスラー合金 Co_2MnSn の結晶構造とスピン密度

・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(Full-potential linearized augmented plane wave: 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。

ソフトナノマテリアル研究分野

教授	安蘇 芳雄
准教授	家 裕隆
助教	辛川 誠、二谷 真司
大学院学生	黄 建明、陣内 青萌、田中 一成、佐藤 千尋、利根 紗織、汪 驿
事務補佐員	山崎 慶子、梅田 珠沙世 (平成 24 年 7 月 31 日まで)、 梅本 由香 (平成 24 年 8 月 20 日～平成 25 年 3 月 31 日)
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ピチアゾール **1** 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。この知見から、カルボニル基を複数導入した π 電子拡張ピチアゾールユニット **2** を設計し、その合成法を確立した。さらに、**2** を含む新規な電子受容性 π 電子系化合物 **3** も合成した[論文 3](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。真空蒸着法により作製した **3** を薄膜活性層とする FET 素子は、対応する **1** を含む化合物より約 1 桁電子移動度が向上することが明らかとなった。また、この素子は、低い LUMO レベルを反映して、高い大気駆動安定性を示した。

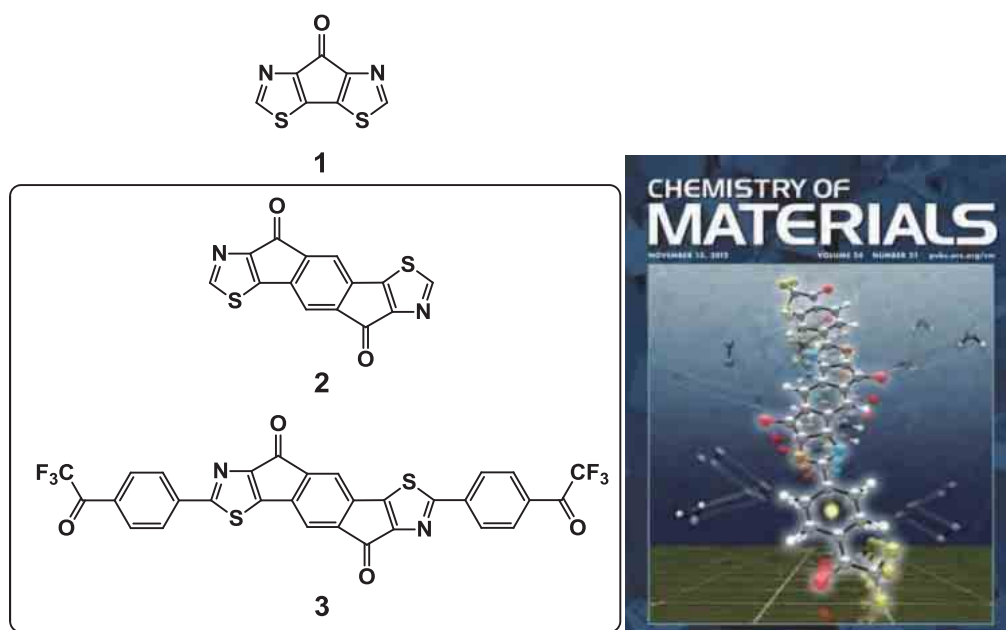


図1 カルボニル架橋ピチアゾールを中心ユニットとする電子受容型共役オリゴマー

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企業と共同研究により行っている。エネルギー変換効率の高い有機薄膜太陽電池の実現に向けて、エネルギー準位と可視光吸収領域の調整を目的とした緻密な分子設計が行われ、n 型半導体との適切なエネルギーギャップと広い吸収領域を併せ持った p 型半導体材料が開発されてきた。一方で、n 型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。

我々の、これまでの新規 n 型材料研究で、いくつかの置換基に性能向上に寄与する効果があることが分かってきた。置換基とデバイス物性に関する我々の検討から新規フラーレン誘導体は、既存 n 型材料である PCBM と同等以上の性能が得られている。有機薄膜太陽電池材料を目的としたフラーレン誘導体は、現在のところ PCBM 以外に選択肢がなく、前項までに得られた化合物は、この特異的な状況を打破する有効な材料となり得る。そこで本項では、これまでに得られた新規材料の内、PCBM と同等以上のものについて、新たなドナー材料との組み合わせによる性能評価を行った。新規 n 型材料と D-A 系高分子を使った性能評価の結果、D-A 系高分子を使った場合においても、良好な太陽電池特性を示した。現在特許申請中の新規材料は、C60 フラーレンを使った太陽電池の中でも世界トップクラスの性能を示した。今後、他の新規 n 型材料も精製し、新たな材料系による性能向上を目指したい。

・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、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の開発を行い、その被覆効果を化学的に検証している。近年、最低空軌道(LUMO)を介した伝導挙動を示す分子ワイヤに興味を持たれていることから、今年度は、オリゴチオフェン分子軌道のエネルギー準位を変化させることを目的とした分子開発を行なった。我々はこれまでにカルボニル縮環チオフェンが共役平面性を損なうことなく、電子受容性を向上させるのに有効なユニットであることを見だしている。そこで、このユニットに立体的に高い置換基を導入した新規な電子受容性ユニット C_b を設計し、これを含む電子受容性被覆型オリゴマー $(TC_bT)_n$ 、 $n = 1-4$ を開発した(図 2)。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、サイクリックボルタンメトリー測定から期待通りの電子受容性を有していることが示唆された。ラジカルカチオン種の低温での電子吸収スペクトル測定において、 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、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。

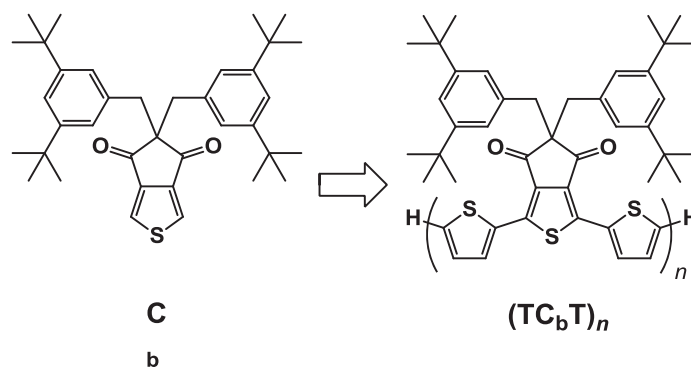


図 2 開発した電子受容性ユニットと電子受容性オリゴチオフェン分子ワイヤ

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
大学院学生 本郷 禎人
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

・電気・光学的同時計測による単一粒子ダイナミクス観察

ナノ流路やナノ細孔は、赤血球、白血球、ウイルス等を、イオン電流変化で検出する高感度バイオセンサーとして、その実用化が急がれているナノデバイスである。これらのデバイスでは、ナノ流路やナノ細孔に検出物が入ると、検出物に応じてイオン電流が変化する。この原理を使うと、100kHz以上の高速で1個の検出物が識別され、その流動ダイナミクスが推定できるが、統計的なイオン電流変化を基準に判断されるため、真に1個の検出物を識別している直接的な証拠が得られない。一方、ナノ流路やナノ細孔の中を流動する検出物の個数と流動ダイナミクスは、顕微鏡で観察できるが、広域な観察は100Hz以上の高速で実施することが難しい。そこで、電気計測と光計測を組み合わせることで、1個の検出物の識別と流動ダイナミクスの高速検出を実現した(図1)。

開発した同時計測法を用いると、統計的に得られるイオン電流変化が、確かに1個のマイクロ粒子のイオン電流変化であることが実証され、さらに、イオン電流変化では予測出来なかった複雑な微粒子の流動ダイナミクスが明らかにできた。

・液体環境下における1分子接合の安定性

1個の分子が電極間に配線された単一分子接合の作製では、1分子の長さと同程度の電極ギャップを有するナノ電極対を測定対象とする有機分子の溶液に浸し、分子のアンカー部位(たとえばチオール基)

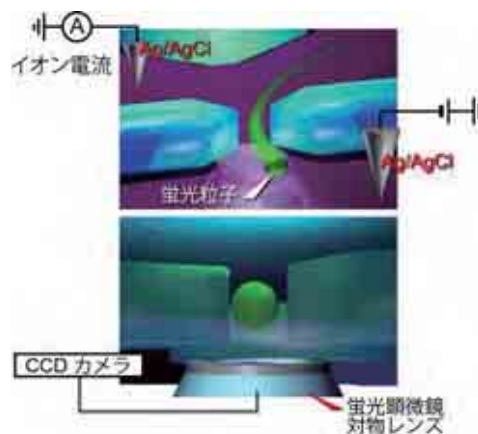


図1 イオン電流と蛍光の同時計測による単一粒子ダイナミクスの観察。

と電極との間で化学結合を形成させる方法がとられる。この時、単一分子接合の熱・電気特性が電極—分子間距離や接合形状に対し鋭敏に変化するために、そのデバイス応用にはナノ電極の高い位置安定性が要求される。しかし、これまで広く利用されてきている走査プローブ顕微鏡を用いた原子・分子接合作製技術では熱ドリフトの問題があり、室温下において十分な機械的安定性が得られないため、ナノ電極の安定性評価は実現されてこなかった。そこで、申請者の独自技術である機械的安定性に優れたナノ加工MCBJ (mechanically-controllable break junction) を用いて、溶媒中における自立ナノ電極構造の安定性評価を実施した。

ナノ電極の安定性に対する溶媒効果の評価は、真空中および有機溶媒中における Au 単原子ワイヤーの寿命を計測することにより行った (図 2)。有機溶媒には、単一分子接合の作製に広く用いられている 1,2,4-トリクロロベンゼンを用いた。MCBJ 法で作製した Au 単原子ワイヤーの平均寿命は、真空中に比べて有機溶媒中では一桁短い値が得られた。この結果は、Au 原子と同等のモル質量を有する溶媒分子が Au 単原子ワイヤーに熱衝突を繰り返すことによって、その寿命の低下をもたらしたことを示唆している。以上の結果により、自立ナノ電極を用いた単一分子接合の作製では、低分子量の溶媒を採用するほうが好ましいことが明らかになった。

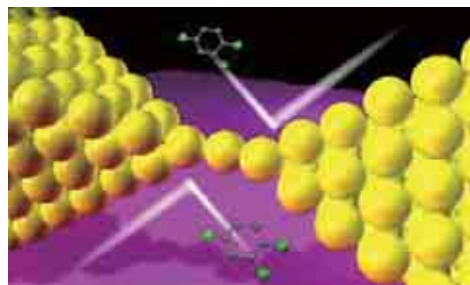


図 2 溶媒中における Au 単原子鎖の寿命計測によるナノ電極の安定性評価。ナノ加工 MCBJ を用いて Au 単原子鎖を作製し、その寿命を計測する。溶媒中では溶媒分子が単原子鎖に熱衝突する。

・ グラフェン基板の作成と評価

1 分子検出・識別技術の開発支援のため、ゲーティングナノポアと類似構造に相当する、プローブ顕微鏡のプローブと基板の間の分子の 1 分子検出の研究を行った。具体的には、基板電極には、通常使われている単なる銅や金などの金属ではなくグラフェンを用いた。また、伸張すると数マイクロから数十マイクロメートルになる DNA の大きさに対応した、広範囲で原子レベルで平坦なグラフェンの作成に、グラファイト基板の上に金属ニッケルを蒸着・熱処理することで成功した。また、このグラフェン基板に、伸張すると 5 マイクロメートル程度の長さになる m13 ウイルスの DNA を吸着させたところ、100 ~200nm 程度のコイル状の吸着状態をとることを見いだした。このことでグラフェンの疎水性と DNA 水溶液との親和性に関する成果を提供することができた。

環境・エネルギーナノ応用分野

教授（兼任） 安藤 陽一

） 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 Bi_2Te_3 Bi_2Se_3 に注目して研究した。

） 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。2012年に、物質中の価電子帯の持つ位相幾何学的な性質によって、バルクには絶縁体だが表面に無散逸のスピン流が存在するような物質があるのではないかと理論的に予測され、そのような物質は「トポロジカル絶縁体」と名付けられた。応用の観点からは、その無散逸のスピン流をデバイスに応用できれば、超省エネルギー型のスピントロニクスが実現できる可能性がある。

トポロジカル絶縁体研究の初期において、実際に Bi_2Te_3 、 Bi_2Se_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、我々は初めてのバルク絶縁性を示すトポロジカル絶縁体物質 Bi_2Te_3 の発見や、その改良版 Bi_2Te_3 の開発など、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におけるスピン流の直接検出を目指している。

具体的には、 Bi_2Te_3 絶縁層を形成したシリコン基板の上に、グラフェンと同様のスコッチテープを用いた劈開法によって Bi_2Te_3 の微単結晶薄片を定着させ、その上に電子ビームリソグラフィーによって強磁性体電極を形成した（図1）。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（スピンドायオード効果）が期待される。このようなデバイスを測定・評価し、期待されるスピンドाय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。

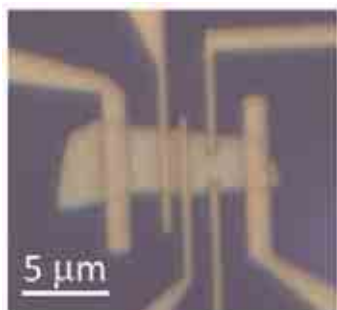


図1 トポロジカル絶縁体上に強磁性体電極を蒸着したスピン注入デバイス。トポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 単結晶から剥離し SiO_2 絶縁層を持つ Si 基板に定着された薄片上に、電子ビームリソグラフィーによって Co の微細電極が形成されている。

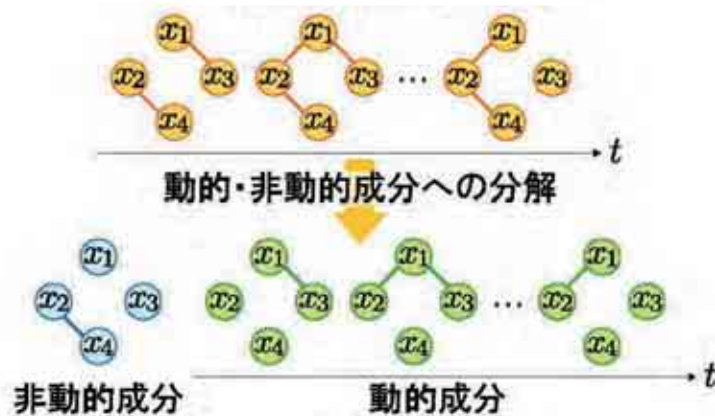
ナノ知能システム分野

教授（兼任） 鷲尾 隆

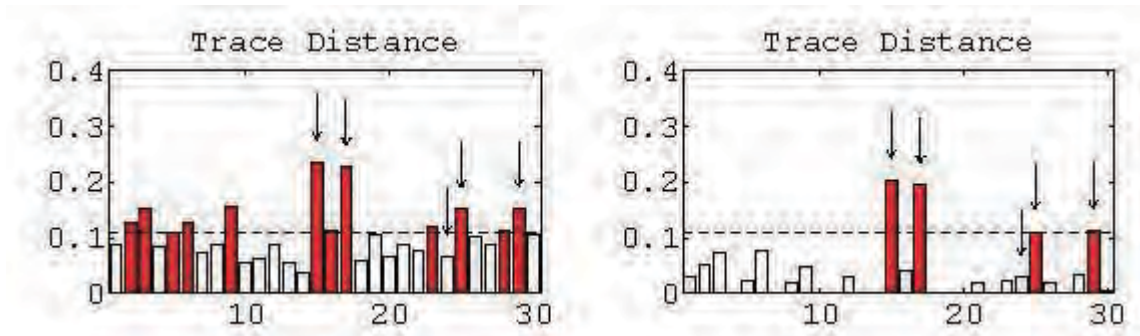
a) 概要

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

b) 成果



状態密度行列の成分分解



旧来手法による異常検知

提案手法による異常検知

提案手法は実際の異常部分（矢印箇所）をよりの確に検知（赤色バー）可能

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。

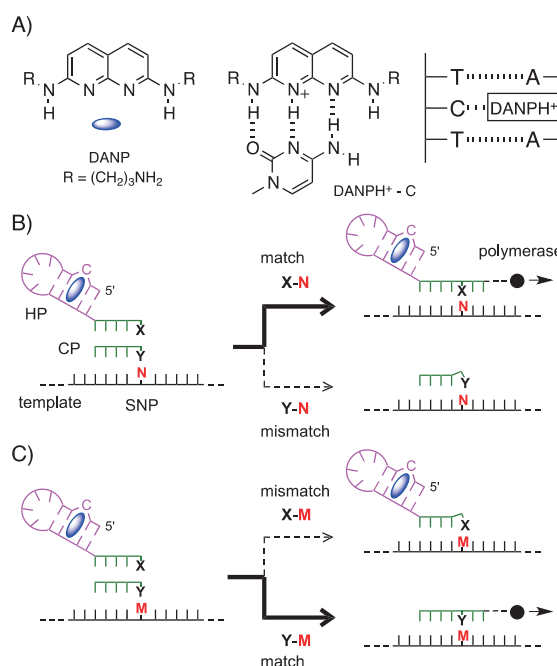
b) 成果

・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 寺岡 有殿（平成 24 年 9 月 1 日～平成 24 年 11 月 30 日）

a) 概要

電子・光デバイスの製作工程では、半導体、金属、絶縁物の多様な薄膜の成膜とその微細加工が繰り返される。近年では膜厚や微細度がナノメートルオーダーであることも珍しくない。そのため電子・光デバイス開発においてもナノメートルスケールの成膜・微細加工を可能とするナノテクノロジーの必要性が高まっている。薄膜形成の場合、数 nm の極薄膜を均一に制御性よく形成するためには、材料分子と基板表面の相互作用を原子レベルで制御し、且つ、観察することで、成膜過程を詳細に理解することが望まれている。そのような要請は半導体産業界のみならず、極薄膜に関わる全ての分野で共通している。原子レベルでの反応制御と表面界面状態のリアルタイム観察は、革新的デバイス開発にとって必須の技術と言える。そこで三か月の招へい期間の間に、薄膜形成の反応ダイナミクスと表面界面の化学結合状態解析に関する研究について、5 回のセミナーを通して産研所員および学生有志とともに議論し、原子レベルでの薄膜形成制御と表面界面状態のリアルタイム観察方法の開発について検討した。

b) 成果

原子力機構では成膜過程を制御する手段として超音速分子線技術を用いている。この技術では酸素分子の場合に最大で 2.3eV の運動エネルギーを付与することができる。また、表面の化学結合状態を観察する手段として軟 X 線放射光を用いた X 線光電子分光法を活用している。低エネルギー電子回折や昇温脱離ガス分析などの表面分析の機能も複合した超高真空装置を SPring-8 の原子力機構専用ビームラインに設置して以来、電界効果トランジスタ製作に重要なシリコンやゲルマニウム、および、触媒として重要なニッケルなどの金属材料の酸化反応を主として研究してきた。それらの知見を基にして、第一回セミナーでは、極薄膜形成過程における表面反応ダイナミクス研究について概観した。

材料に関する研究開発においても真空の利用は不可欠であるので、高真空状態を達成できる装置を活用して半導体や金属材料の薄膜形成、および、それらの微細加工を行うことが常態化している。しかし、高真空状態といえども残留ガスの存在が材料プロセスや生成物の物性に影響を与えることもある。そこで、“真空”に対する正しい認識を持った上で、真空装置を製作する、あるいは、操作して材料プロセスを高度化するため、第二回セミナーでは、残留ガスの影響、超高真空応用機器（電子ビーム、イオンビーム、加速器、核融合炉）、表面分析への応用、放射光光電子分光の実例などについて解説し、表面反応研究における超高真空の必要性について検討した。

光が物質と相互作用すると、散乱、回折、吸収が起こる。これらの性質を利用すると物質の原子配列構造や電子構造などを探ることができる。放射光は X 線から赤外線までの広いエネルギー領域にわたる連続光であり、特に X 線がよく研究開発に利用されている。第三回セミナーでは、SPring-8 を例にして、加速器の構成、放射光の光源、放射光の性質、基幹部の構成機器、輸送系（ビームライン）の構成機器、分光光学系の構成、インターロックシステムなど、放射光ビームラインで実験する際に知っておいた方がよい事項について解説した。

光電子分光法は主要な表面分析方法として普及している。放射光 X 線を使用した場合、実験室光源とは比較にならないほど優れた測定が可能になる。第四回セミナーでは、実験室 X 線源の仕組み、電子エネルギー分析器の仕組み、光電子放出過程の基礎、光電子スペクトルの特徴、バックグラウンドの取扱いについて解説し、放射光を利用した軟 X 線光電子分光、硬 X 線光電子分光、光電子回折（ホログラフィー）、X 線吸収分光などについて実例を紹介した。

第五回セミナーでは、放射光軟 X 線放射光と超音速分子線を併用した最近の表面反応ダイナミクス研究の実例を紹介した。以上の五回のセミナーを通して、表面反応ダイナミクスにまで立ち入った酸化膜形成制御とそのリアルタイム観察方法の改善について検討することができた。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

Hubert EBERT (平成 24 年 4 月 6 日～平成 24 年 5 月 31 日)

a) 概要

遷移金属合金及び化合物系の磁性と X 線分光に関する理論的研究

b) 成果

・ 遷移金属合金及び化合物系の磁性と X 線分光

遷移金属合金や遷移金属化合物は、元々バルク物質としても多岐にわたる磁気秩序を示す。さらに、その表面やクラスター等のナノ構造では新奇な磁気構造が発現し、スピントロニクス分野での応用が期待されている。本研究では、遷移金属合金及び化合物系を対象とし、その電子状態・磁気秩序をより正確に記述する電子論的手法を検討するとともに、その光学的応答（特に X 線）との関係について議論を進めた。また、極性を有する結晶系や表面・人工格子等の反転対称性の破れた系における二色性の発現に関する基本的な性質を調べた。最近注目を集めているスピンホール効果等のスピン伝導現象についても、その理論的基礎付けや実験の解釈に関して議論を行った。また、3 回シリーズのオープンセミナーを開催し、分野内外の研究者や院生との活発な議論が行われた。Ebert 教授によるセミナーは、「Ab-initio studies on spin-orbit induced properties of magnetic solids (スピン軌道相互作用が誘起する磁性体の物性に関する第一原理研究)」(第 1 回, 平成 24 年 4 月 25 日開催)、「Influence of spin-orbit coupling on the transport properties of magnetic and non-magnetic transition metal alloys (磁性および非磁性遷移金属合金の伝導特性に対するスピン軌道相互作用の効果)」(第 2 回, 平成 24 年 5 月 10 日開催)、「Calculation of angle-resolved photo emission spectra within the one-step model of photo emission - recent developments (光子放出のワンステップ模型を用いた角度分解光電子分光スペクトルの計算：最近の展開)」(第 3 回, 平成 24 年 5 月 23 日開催) のタイトルで行われた。当該分野に関する基礎的解説から先端研究の内容までの講演が行われた。

ナノデバイス評価・診断分野

客員教授 劉 載俊 (Jaejun Yu) (平成 24 年 6 月 25 日～平成 24 年 8 月 24 日)

a) 概要

遷移金属酸化物の電子状態に関する理論的研究

b) 成果

・遷移金属酸化物の電子状態

遷移金属酸化物は遷移金属 d 電子の遍歴性と局在性に絡み多彩な物性を示す。その電子状態に関してはバンド理論とモット物理の狭間で数多くの議論を提供してきた。ドーピングされたモット絶縁体として位置づけられている銅酸化物高温超伝導体に見られるように、これまでは $3d$ 遷移金属酸化物が議論の中心であったが、最近ではスピン軌道相互作用の大きな $4d$ 、 $5d$ 遷移金属酸化物にもその特異な電子状態と物性に注目が集まっている。本研究では、遷移金属酸化物を対象とし、その電子状態をより正確に記述する電子論的手法を検討するとともに、特異な電子状態に起因して発現する物性の発現機構について議論を進めた。特に、スピン軌道相互作用によって発現する電子状態の特異性について議論を行った。また、「Spin-orbit coupled ground state of Ir-oxides: From $J_{\text{eff}}=1/2$ state to topological insulator to quantum magnets (イリジウム酸化物におけるスピン軌道相互作用が絡んだ基底状態： $J_{\text{eff}}=1/2$ 状態からトポロジカル絶縁体、量子磁石まで)」(平成 24 年 7 月 23 日開催)のタイトルで Yu 教授によるオープンセミナーが開催され、分野内外の研究者や院生との活発な議論が行われた。

ナノデバイス評価・診断分野

客員准教授 ABDEL-MOLA Mohamed Almokhtar (平成 24 年 9 月 3 日～平成 24 年 10 月 2 日)

a) 概要

窒化物半導体に希土類元素を添加した希薄磁性半導体は、室温発光強磁性を示し、半導体ナノスピントロニクス有望な材料として研究されている。特に、InGa_N に Gd を添加した InGaGdN は可視域での発光と強磁性を示す。他方、半導体量子ドットからの単一光子発光は将来の情報処理技術の観点から注目され各所で研究されている。本研究では、室温可視発光強磁性半導体 InGaGdN/GaN 単一量子ディスク構造からの可視光帯での単一光子発光の観測を試みる。なお本研究は産研アライアンスラボの竹内研との共同研究として実施する。

b) 成果

MBE 法で自然酸化膜付き Si(001) 基板上に形成した GaN ナノロッドの上に作製された InGaGdN/AlGa_N 単一量子ディスク構造は、透過電子顕微鏡観察結果から量子ディスク構造が形成されていることが明らかとなった。この構造から、PL 発光が観測された。基板結晶からナノロッド構造を分離する技術を既に確立しており、量子ディスク構造を有する 1 本のナノロッドに対する物性評価が可能となっている。産研アライアンスラボの竹内研と打合せを行った結果、作製された InGaGdN/AlGa_N 単一量子ディスク構造からの発光波長は単一光子発光の観測が可能な波長帯には達していないが、観測可能性が確認された。

ナノデバイス評価・診断分野

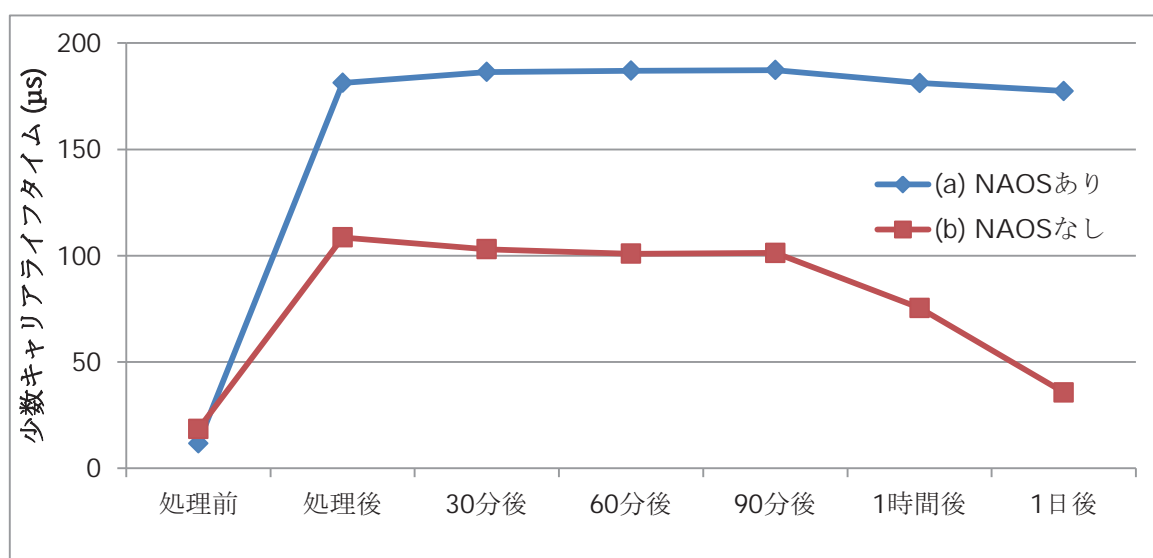
客員教授 長山(CHANG SHAN) (平成 24 年 12 月 14 日～平成 25 年 2 月 25 日)

a) 概要

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

b) 成果

表面のパッシベーション効果の評価には、マイクロ波光導電減衰(μ PCD)法を用い少数キャリアライフタイムを測定した。図の(a)は NAOS 法を含む処理、(b)は NAOS 法を含まない処理でパッシベーションを行った際の少数キャリアライフタイムの変化を示したものであるが、NAOS 法を加えることで表面での電子とホールとの再結合が抑制され高いライフタイムが得られていることがわかる。また、NAOS 法を施すことで少数キャリアライフタイムの経時変化が抑えられることも確認された。この処理を極低反射シリコン太陽電池に用いることで、開放電圧の増大と、それに伴う変換効率の向上が見込まれる。



ナノデバイス評価・診断分野

客員教授

Pinčík Emil (平成 25 年 2 月 18 日～平成 25 年 3 月 29 日)

a) 概要

高効率なシリコン太陽電池を目指して、白金の触媒作用を用いたシリコン表面処理法（化学的転写法）によって、極低反射率シリコン表面の形成に関する研究を行っている。透過電子顕微鏡（TEM）観察、フォトルミネッセンススペクトル測定、反射率測定、少数キャリアーライフタイム測定などを用いて、化学的転写法で形成した極低反射率シリコン表面の物性を調べた。シリコン表面層の微細構造やバンドギャップの広がりから、300~1000 nm の広い波長領域における極めて低い反射率や高い少数キャリアーライフタイムの発現機構について検討した。

b) 成果

太陽電池表面における光の反射防止や光生成した電子と正孔の再結合防止は、太陽電池のエネルギー変換効率を向上させるための重要な課題である。我々は、白金金属の触媒作用を用いて極低反射率のシリコン表面を形成する方法を開発した（化学的転写法）。この方法では、HF と H₂O₂ の混合溶液中にシリコンウェーハを浸漬し、金属触媒を接触させるだけで、300~1000 nm の広い波長領域において 5% 以下の極めて低い反射率をもつ表面が得られる。処理後のシリコンウェーハの断面 TEM 像より、2~5 nm のサイズのシリコンナノクリスタルが観察された。断面 TEM 像を詳細に観察した結果、シリコンナノクリスタルは表面から 100~150 nm の深さまで形成されており、表面から内部に向かってナノクリスタルの密度が増加していた。すなわち、シリコンナノクリスタル層における気孔率が表面からシリコン基板界面に向かって連続的に減少している。従って、シリコンナノクリスタル層において屈折率が連続的に変化することを示している（空気の屈折率；1.0、シリコンの屈折率；3.8~4.5）。この連続的な屈折率の変化により、広い波長領域における反射率低減が発現したと結論した。

化学的転写処理後のシリコンウェーハの少数キャリアーライフタイムは、処理前と比べて 5 倍に増加した（処理前；1 μs、処理後；5 μs）。シリコンナノクリスタルのバンドギャップを調べるために、フォトルミネッセンススペクトル測定を行ったところ、670 nm (~1.8 eV) 付近にブロードな発光ピークが観測された（図 1）。量子サイズ効果により、化学的転写法で形成したシリコンナノクリスタルではシリコンよりも広いバンドギャップ (~1.8 eV) を有していることを示している。シリコンナノクリスタルがシリコンのバンドギャップ (1.1 eV) よりも大きなバンドギャップをもつことで、シリコン/シリコンナノクリスタル界面でエネルギー障壁が生じる。この効果により、電子と正孔の再結合を低減でき、少数キャリアーライフタイムが増加したと結論した。

化学的転写法で形成した極低反射率シリコンウェーハを用いて太陽電池を作製したところ、反射防止膜や裏面電界の処理ならびにパッシベーション処理を施していないにもかかわらず、36.5 mA/cm² の短絡光電流密度が得られた（AM 1.5 100mW/cm²、疑似太陽光照射下）。

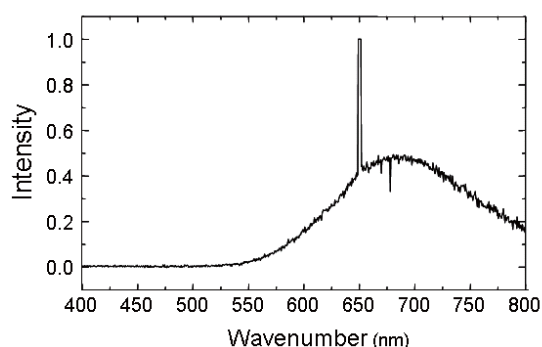


図 1 化学的転写処理後のシリコンウェーハのフォトルミネッセンススペクトル

ナノテクノロジー産業応用分野

客員准教授 モハマト アルタブ ホサイン（平成 24 年 7 月 2 日～平成 24 年 9 月 28 日）

a) 概要

本研究分野では、コンピュータビジョンとメディア処理に関する研究をしている。特に、個人認証技術のためのスコアレベル統合手法に関する研究を行っている。

b) 成果

・適応的平滑化制御による確率密度推定に基づくスコアレベル統合

生体情報による個人認証の分野において、マルチモーダル認証や複数識別器による認証による性能向上のためにスコアレベル統合の研究が数多くなされている。本研究では、確率密度推定に基づくスコアレベル統合の枠組みで、本人同士の事後確率分布を推定する手法を提案する。確率密度推定に基づくスコアレベル統合手法は、確率密度推定が完全である場合には、最適な受信者操作特性が保証されている。その一方、学習サンプル数が減少して、確率密度推定性能が低下すると、汎化誤差によりスコアレベル統合の性能も低下する。そこで、汎化誤差による影響を受けない総和規則によるスコア分布を本人事後確率分布の事前分布として導入し、その事前分布に対する重みを学習サンプル数に応じて適応的に制御する手法を提案する(図 1)。提案手法の有効性を、シミュレーション実験及び公開スコアデータベースに対する実験により確認した。

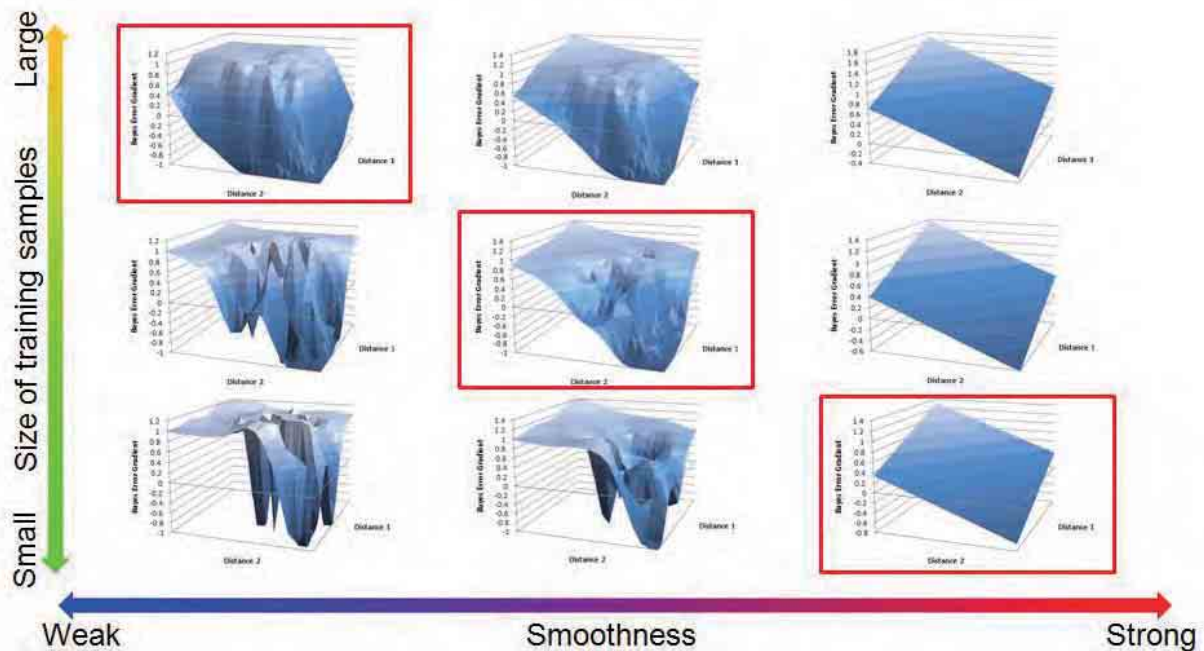


図 1 適応的加重制御による本人事後確率分布推定

ナノテクノロジー産業応用分野

客員准教授

Gan Bahadur Bajracharya (平成 24 年 11 月 1 日～平成 24 年 12 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、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。最近、Pd(IV)中間体を含む触媒反応が注目を集めている。これらの反応では、系中で発生したPd(II)中間体を強力な酸化剤の作用により特異な反応性を示すPd(IV)種へと積極的に導くことで、従前のPd(0)/Pd(II)サイクルでは実現できなかった変換を可能としている。エナンチオ選択的なPd(II)/Pd(IV)触媒反応を達成すれば、有用な光学活性化合物の効率的合成へと応用できる。当研究分野では、従来の触媒プロセスでは合成困難であった光学活性化合物を、エナンチオ選択的Pd(II)/Pd(IV)触媒反応によって効率的に合成することを目標とした。

b) 成果

・キラル配位子 SPRIX を活用した新規エナンチオ選択的 Pd(II)/Pd(IV)触媒反応の創出

3位に酸素原子が結合したテトラヒドロフラン類は、amprenavirなどの生理活性化合物にも見られる有用な化合物群である。そのため、このようなキラルな骨格を簡単にかつエナンチオ選択的に合成できれば、実用性の高い革新的な製造プロセスへの道が拓ける。笹井研究室ではこれまでに、キラルスピロビスイソキサゾリン配位子 SPRIX を活用して、不斉Pd(II)/Pd(IV)触媒反応の開発に世界で初めて成功している。そこで今回、SPRIX配位子を用いた新たな不斉Pd(II)/Pd(IV)触媒反応を創出し、3-オキシテトラヒドロフラン骨格のエナンチオ選択的構築を図った。その結果、ホモアリルアルコール**1**を基質とした環化的アセトキシ化反応により、3-オキシテトラヒドロフラン誘導体**2**が高収率、高エナンチオ的に得られることを見出した(図1)。反応機構解明に向けた種々のコントロール実験から、優れた触媒活性を得るには塩化物イオンとトリフラートイオンの共存が重要であることも明らかにした。

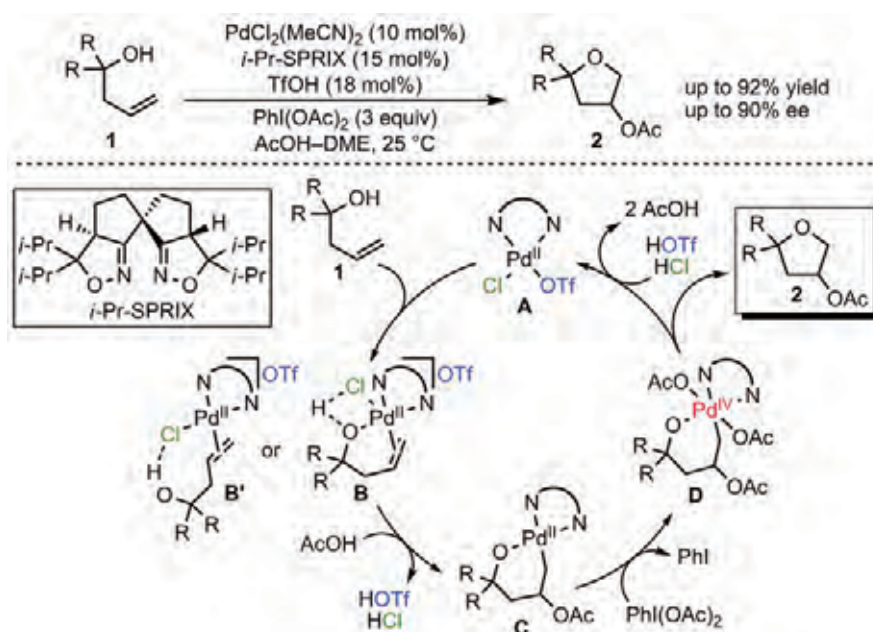


図1 SPRIX を活用した Pd(II)/Pd(IV)触媒による 3-オキシテトラヒドロフラン **2** のエナンチオ選択的合成

ナノテクノロジー産業応用分野

客員教授 金 成植 (平成 25 年 1 月 9 日～平成 25 年 2 月 27 日)

a) 概要

電子線照射や光誘起反応で生じるラジカルイオンは、種々反応の中間体として、広範囲の研究分野で関心をもたれている。我々の研究室は、ラジカルイオンを光励起することにより、より高い酸化還元性が発現することを明らかにし、ラジカルイオン光励起状態からの種々の新しい反応を見出し、報告してきた。これらの反応過程は電子線またはレーザー光を多重照射することで実現するマルチレーザー化学のひとつであり、高い位置および時間選択性を特徴とする。本研究ではラジカルアニオン励起状態から進行する分子間および分子内電子移動について検討を行った。

b) 成果

本研究ではナフタルジイミド(NDI)ラジカルアニオンの励起状態の性質について検討した。NDI は還元されると可視域に強い吸収をもつことから、励起ラジカルアニオンからの電子移動の検討に最適な分子である。また、励起 NDI ラジカルアニオンに対する電子受容体として、ピロメリットイミド(PI)を選択した。NDI ラジカルアニオンの励起状態から PI への分子間電子移動過程は、NDI-PI 混合系にパルスラジオリシスレーザーフラッシュホトリシス複合照射を適用することで検討した。NDI ラジカルアニオンを励起することで PI への電子移動を過渡吸収測定で確認することができ、その速度は溶媒拡散速度より高速であることを明らかにした。また、NDI と PI を種々のリンカーで結合した分子を新たに合成し、励起 NDI ラジカルアニオンからの分子内電子移動過程をフェムト秒過渡吸収測定により検討した。NDI ラジカルアニオン励起状態の生成、およびその励起状態の減衰にともなう PI ラジカルアニオンの生成が過渡吸収変化より確認できたことより、分子内電子移動が確認された。分子内電子移動速度の、NDI と PI 間のリンカーへの依存性を検討し、分子内電子移動のダンピングファクターを求めた。本結果は、励起ラジカルアニオンからの分子間および分子内電子移動を同一の分子系で確認した初めての例である。今後、励起ラジカルアニオンからの電子移動の反応機構の詳細を明らかにする予定である。

業 績

ナノ機能材料デバイス研究分野

原著論文

- [1] In-Plane Oblique Pulsed-Laser Deposition and Its Application to the Fabrication of Metal Oxide Nanoconstrictions, T. Kushizaki, K. Fujiwara, Y. Fujiwara, A. N. Hattori, and H. Tanaka: *Appl. Phys. Express*, 6 (2013) 035201(1-3).
- [2] Electric-field breakdown of the insulating charge-ordered state in LuFe₂O₄ thin films, K. Fujiwara, T. Hori, and H. Tanaka: *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 46 (2013) 155108(1-4).
- [3] Epitaxial inversion on ferromagnetic (Fe,Zn)₃O₄ /ferroelectric BiFeO₃ core-shell nanodot arrays using three dimensional nano-seeding assembly, T. Sakamoto, K. Okada, A. N. Hattori, T. Kanki, A. S. Borowiak, B. Gautier, B. Vilquin, and H. Tanaka: *J. Appl. Phys.*, 113 (2013) 104302(1-5).
- [4] Compositionally tunable three-dimensional nano-seeding assembly in Fe-LaSrFeO₄ nanostructure, K. Okada and H. Tanaka: *J. Appl. Phys.*, 113 (2013) 064317(1-5).
- [5] Increase in initial permeability due to substitution of high spin cations in nanocrystalline Ni-Mg ferrites, A. K. M. A. Hossain, M. R. Amin, and H. Tanaka: *J. Magn. Magn. Mater.*, 334 (2013) 124-129.
- [6] Nanowall shaped MgO substrate with flat (100) side surface: A new route to three-dimensional functional oxide nanostructured electronics, Y. Fujiwara, A. N. Hattori, K. Fujiwara and H. Tanaka: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 52 (2012) 015001(1-5).
- [7] Multistate Memory Devices based on Free-standing VO₂/TiO₂ Microstructures Driven by Joule Self-heating, Luca Pellegrino, Nicola Manca, Teruo Kanki, Hidekazu Tanaka, Michele Biasotti, Emilio Bellingeri, Antonio Sergio Siri, and Daniele Marre: *Adv. Mater.*, 24 (2012) 2929-2934.

[8] Tuning metal-insulator transition by one dimensional alignment of giant electronic domains in artificially size-controlled epitaxial VO₂ wires, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Hiroki Ueda, Kohei Fujiwara, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: Appl. Phys. Lett., 101 (2012) 263111(1-4).

[9] Direct observation of giant metallic domain evolution driven by electric bias in VO₂ thin films on TiO₂(001) substrate, Teruo Kanki, Kenichi Kawatani, Hidefumi Takami, and Hidekazu Tanaka: Appl. Phys. Lett., 101 (2012) 243118(1-3).

[10] Metal-insulator transition with multiple micro-scaled avalanches in VO₂ thin film on TiO₂(001) substrates, Kenichi Kawatani, Hidefumi Takami, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: Appl. Phys. Lett., 100 (2012) 173112(1-3).

[11] Filling-controlled Mott Transition in W-doped VO₂, Hidefumi Takami, Teruo Kanki, Shigenori Ueda, Keisuke Kobayashi, and Hidekazu Tanaka: Phys. Rev. B, 85 (2012) 205111(1-4).

[12] ZnO nanobox luminescent source fabricated by three-dimensional nanotemplate pulsed-laser deposition, A. N. Hattori, M. Ichimiya, M. Ashida and H. Tanaka: Appl. Phys. Express, 5 (2012) 125203(1-3).

[13] Controlled fabrication of artificial ferromagnetic (Fe,Mn)₃O₄ nanowall-wires by a three-dimensional nanotemplate pulsed laser deposition method, T. Kushizaki, K. Fujiwara, A. N. Hattori, T. Kanki, and H. Tanaka: Nanotechnology, 23 (2012) 485308(1-5).

[14] Position-controlled functional oxide lateral heterostructures consisting of artificially-aligned (Fe,Zn)₃O₄ nanodots and BiFeO₃ matrix, T. Sakamoto, K. Okada, A. N. Hattori, T. Kanki, and H. Tanaka: Nanotechnology, 23 (2012) 335302(1-6).

[15] 3D nano-seeding assembly of ferromagnetic Fe/LaSrFeO₄ nano-hetero dot array, K. Okada, T. Sakamoto, K. Fujiwara, A. N. Hattori, T. Kanki, and H. Tanaka: J. Appl. Phys., 112 (2012) 024320(1-7).

国際会議

[1] Correlated Nano-Oxide Materials for Electronic Phase Change Electronics (oral), H. Tanaka, T. Kanki, A. Hattori, K. Fujiwara: The 16th SANKEN International Symposium 2013, The 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Osaka, Japan.

[2] 3 Dimensional Oxide Nano-structures: – A tool to rule strongly correlated electrons – (invited), H. Tanaka: The 13th RIES-Hokudai International Symposium, Sapporo, Hokkaido 律[ritsu] Joined with The 1st International Symposium of Nano-Macro Materials, Devices, and System Research Alliance Project.

[3] Functional Oxide Semiconductor Nano-wall and Box-structures Fabricated by Three-Dimensional Nanotemplate Pulsed-Laser Deposition (poster), Hidekazu Tanaka, Azusa N. Hattori, Masayoshi Ichimiya, and Masaaki Ashida: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, MA, USA.

[4] 3D Nano-seedig Assembly of Well Ordered Ferromagnetic Fe/LaSrFeO₄ Nano-hetero Dot Array (poster), Hidekazu Tanaka, Koichi Okada, Takuya Sakamoto, Kohei Fujiwara, Azusa N. Hattori, and Teruo Kanki: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, MA, USA.

[5] Sustainable Spintronic Fe Oxides and Their Nano-device Application (invited), Hidekazu Tanaka: 2012 International Symposium on Magnetic Materials and their applications, Ningbo, China.

[6] Nano-confinement steep magnetoresistance in extremely small (La,Pr,Ca)MnO₃ epitaxial nanowall wire by 3D nano-template PLD (oral), Hidekazu Tanaka: Workshop on Oxide Electronics 19 (WOE19),

Apeldoorn, Netherland.

[7]Fabrication of Multi-dimensional Oxide Nanostructures and its Physical Properties (invited), Hidekazu Tanaka: 2012 MRS Spring Meeting, San Francisco, California, USA.

[8]Fabrication of Metal Oxide Nanoconstrictions by In-Plane Oblique Deposition (poster), Kohei Fujiwara, Takayoshi Kushizaki, Yasushi Fujiwara, Azusa N. Hattori, and Hidekazu Tanaka: The 16th SANKEN International Symposium 2013, The 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Osaka, Japan.

[9]Fabrication of free-standing microstructures in vanadium dioxide thin films and their transport properties (poster), S. Yamasaki, T. Kanki, L. Pellegrino, N. Manca, A. S. Siri, D. Marré, and H. Tanaka: The 16th SANKEN International Symposium 2013, The 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Osaka, Japan.

[10]Investigation of digital metal-insulator transition for tailor-made VO₂ nanowires on Al₂O₃ (0001) substrates (poster), Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Hiroki Ueda, Kohei Fujiwara, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: The 13th Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems, Toyonaka, Osaka, Japan.

[11]Electronic structure of the (La,Pr,Ca)MnO₃ nanobox structures fabricated by 3D nanotemplate PLD technique (poster), N. T. V. Anh, A. N. Hattori, Y. Fujiwara, S. Ueda, and H. Tanaka: The 13th Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems, Toyonaka, Osaka, Japan.

[12]Drastic magnetoresistance change originated from the single electronic phase dynamics in (La,Pr,Ca)MnO₃ nanowall wire structures (poster), Yasushi Fujiwara, Azusa N. Hattori, Kohei Fujiwara, and Hidekazu Tanaka: The 13th Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems, Toyonaka, Osaka, Japan.

[13]Dimension-control of giant metal-insulator domain patterns in VO₂ thin films and their electronic properties (poster), Hiroki Ueda, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, Japan.

[14]Fabrication of the (La,Pr,Ca)MnO₃ nanobox structures by 3D nanotemplate PLD technique and investigation of their electronic structure (poster), N. T. V. Anh, A. N. Hattori, Y. Fujiwara, S. Ueda, and H. Tanaka: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, Japan.

[15]Investigation of nano-confinement effect on magnetoresistance in (La,Pr,Ca)MnO₃ epitaxial nanowall wire structures (poster), Yasushi Fujiwara, Azusa N. Hattori, Kohei Fujiwara, and Hidekazu Tanaka: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, Japan.

[16]Controlled fabrication of (Fe, Mn)₃O₄ nanowall-wires and constrictions by a three-dimensional nanotemplate pulsed laser deposition method (poster), Takayoshi Kushizaki, Kohei Fujiwara, Azusa N. Hattori, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Suita, Osaka, Japan.

[17]Dimension control of electronic phase configuration consisting of metal-insulator domains in VO₂ wires on TiO₂ (001) substrates (poster), Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Hiroki Ueda, Kohei Fujiwara, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, MA, USA.

[18]Tailor-made VO₂ nanowires on Al₂O₃ (0001) substrates for digitized metal-insulator transition (poster), Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Hiroki Ueda, Kohei Fujiwara, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, MA, USA.

[19]Field-effect transistor based on ferromagnetic (Fe,Zn)₃O₄ epitaxial thin film: towards electrical control of magnetism for dissipationless electronics (poster), T. Ichimura, K. Fujiwara, T. Kushizaki, T. Kanki, and H. Tanaka: The 6th International Workshop on ADVANCED MATERIALS SCIENCE AND NANOTECHNOLOGY - IWAMSN 2012 Ha Long City, Vietnam.

[20]Extremely small luminescent ZnO nanobox structure fabricated by three-dimensional nanotemplate pulsed-laser deposition (oral), Azusa N. Hattori: Workshop on Oxide Electronics 19 (WOE19), Apeldoorn, Netherland.

[21]Studying multifunctional oxide thin films by all-oxide microcantilevers (oral), L. Pellegrino, M. Biasotti, N. Manca, E. Bellingeri, C. Bernini, A.S. Siri, D. Marré, T. Kanki, and H. Tanaka: Workshop on Oxide Electronics 19 (WOE19), Apeldoorn, Netherland.

[22]One dimensional alignment of metal-insulator domains in size-controlled VO₂ wires and their electronic properties (poster), Teruo Kanki, Hidefumi Takami, Kenichi Kawatani, Hiroki Ueda, Kohei Fujiwara, and Hidekazu Tanaka: Workshop on Oxide Electronics 19 (WOE19), Apeldoorn, Netherland.

[23]Electronic phase engineering: One dimensional organization of metal-insulator domains in size-controlled VO₂ nano-wires (invited), : Seminar at Genova University.

[24]Noise-driven signal transmitter using nonlinear effect of functional oxide thin films (invited), Teruo Kanki: BIT's 1st Annual World Congress of Advanced Materials-2012 (WCAM-2012), Beijing, China.

[25]Exotic signal transmission driven by noise using functional oxides (invited), Teruo Kanki: Seminar in Chinese Academy of Sciences (CAS) at Ningbo Institute of Material Technology and Engineering, Ningbo, China.

[26]3D Nano-Seeding Self-Assembly of Ferromagnetic Fe Dot Array-LaSrFeO₄ Nano-Heterostructure (invited), Koichi Okada, Takuya Sakamoto, Kohei Fujiwara, Azusa N.Hattori, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka: The Twentieth Annual International Conference on Composites/Nano Engineering (ICCE-20), Beijing, China.

特許

[1]「半導体発光素子」田中 秀和、川合 知二、特許第 5209417 号

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

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

国内学会

2013 年 春季 第 60 回応用物理学会学術講演会	6 件
第 32 回表面科学学術講演会	2 件
第 56 回日本学術会議材料工学連合講演会	1 件
2012 年 秋季 第 73 回応用物理学会学術講演会	7 件

取得学位

修士 (工学)	強相関酸化物ナノウォール細線創成とデジタル磁気抵抗の発現
藤原 康司	
修士 (工学)	酸化物ナノウォール狭窄構造を用いた新奇磁気抵抗デバイスの創製
櫛崎 貴吉	
修士 (工学)	3D ナノテンプレート SrTiO ₃ 基板上に創製した (La,Pr,Ca)MnO ₃ ナノウォール細線
尾野 篤志	線の物性評価

科学研究費補助金

新学術領域研究 (研究領域提案)	自己組織化酸化物ナノスピントロニクス	単位：千円 5,590
------------------	--------------------	----------------

型)			
田中 秀和 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		14,560
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		1,950
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		780
藤原 宏平	解明		
受託研究			
田中 秀和	ナノテクノロジープラ ットフォーム (H24～ H33)	分子・物質合成プラットフォーム実 施機関	35,000
田中 秀和	独立行政法人 新エネ ルギー・産業技術総合開 発機構	サステイナブル Fe 酸化物高温強磁 性半導体を用いたスピニエレクト ロニクス素子の開発	21,320
—			
その他の競争的研究資金			
田中 秀和	二国間交流事業 共同研 究 (インド) (H24-H26)	自己組織化による酸化物ナノ超構 造体スピントロニクスデバイス形 成に関する研究	1,000

ナノ極限ファブリケーション分野

原著論文

- [1]Radiation-induced radicals in hydrated magnesium sulfate, A. Tani, N. Hasegawa, K. Norizawa, T. Yada, M. Ikeya: Radiat. Meas., 47 (2012) 890-893.
- [2]Development of double-decker pulse radiolysis, K. Kan, T. Kondoh, J. Yang, A. Ogata, K. Norizawa, Y. Yoshida: Rev. Sci. Instrum., 83 (2012) 073302.
- [3]Femtosecond pulse radiolysis study of geminate ion recombination in biphenyl-dodecane solution, T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, T. Kozawa, A. Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: Radiat. Phys. Chem., 84 (2012) 30-34.

国際会議

- [1]Femtosecond Electron Guns for Ultrafast Electron Diffraction (invited), J. Yang: International Particle Accelerator Conference (IPAC'12), USA.
- [2]Femtosecond Pulse Radiolysis for Radiation Chemistry (invited), T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, H Kobayashi, A Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: 3rd World Class Institute Symposium (WCI-Symposium 2012), Korea.
- [3]THz-wave generation using femtosecond electron beam (invited), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida, M. Hangyo: 3rd World Class Institute Symposium (WCI-Symposium 2012), Korea.
- [4]Recent Progress of Femtosecond Pulse Radiolysis (invited), Y. Yoshida: 4th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC-2012), China.
- [5]Development of Femtosecond time-resolved MeV Electron Microscopy (invited), J. Yang: Workshop on Ultrafast Electron Sources for Diffraction and Microscopy Applications, USA.

- [6]MeV Electron Diffraction and Microscopy in Osaka University (invited), J. Yang: The 3ed Banff Meeting on Structural Dynamics: Ultrafast Dynamics with X-rays and Electrons, Canada.
- [7]Ultrafast MeV Electron Diffraction and Microscopy (invited), J. Yang: 4th Asian Forum for Accelerators and Detectors (AFAD-2013), Russia.
- [8]Femtosecond pulse radiolysis studied on primary process of radiation chemistry (invited), Y. Yoshida: the 28th Miller Conference on Radiation Chemistry, Israel.
- [9]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: Sci-Mix in Kanazawa 2012, Japan.
- [10]Inverse Cherenkov Radiation based on Smith-Purcell Effect (poster), K. Kan, T. Kondoh, K. Norizawa, A. Ogata, J. Yang, Y. Yoshida, M. Hangyo: International Particle Accelerator Conference (IPAC'12), USA.
- [11]High-intensity Monochromatic Cherenkov Radiation in THz Range by Femtosecond Electron Bunches in Impurity-doped Semiconductor Tube (poster), A. Ogata, K. Kan, T. Kondoh, K. Norizawa, J. Yang, Y. Yoshida: International Particle Accelerator Conference (IPAC'12), USA.
- [12]Progress of the Equivalent Velocity Spectroscopy Method for Femtosecond Pulse Radiolysis by Pulse Rotation and Pulse Compression (poster), T. Kondoh, K. Kan, K. Norizawa, A. Ogata, S. Tagawa, J. Yang, Y. Yoshida, H. Kobayashi: International Particle Accelerator Conference (IPAC'12), USA.
- [13]Development of Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), Y. Yoshida, T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, H. Kobayashi, A. Ogata, S. Tagawa: The Radiation Chemistry Gordon Research Conference (GRC), USA.
- [14]Geminate Ion Recombination and Ultrafast Charge Transfer in n-Dodecane Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (poster), T. Kondoh, J. Yang, K. Norizawa, K. Kan, H. Kobayashi, A. Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: The Radiation Chemistry Gordon Research Conference (GRC), USA.
- [15]Solvation Kinetics of Electrons in Neat Alcohols studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (oral), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, Y. Yoshida: The Radiation Chemistry Gordon Research Conference (GRC), USA.
- [16]Terahertz-wave generation using metamaterial and femtosecond electron bunch (oral), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida, M. Hangyo: International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2012), Australia.
- [17]Geminate Ion Recombination and Ultrafast Charge Transfer In N-dodecane Studied by Femtosecond Pulse Radiolysis (oral), T. Kondoh: 4th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC-2012), China.
- [18]Pulse Radiolysis Study of Solvated Electron in Alcohol at Low Temperature (oral), K. Norizawa: 4th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC-2012), China.
- [19]Pulse Radiolysis Based on Double-decker Electron Beams (poster), K. Kan: 4th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC-2012), China.
- [20]Ultrafast Electron Diffraction for Radiation Chemistry (poster), J. Yang: 4th Asia Pacific Symposium on Radiation Chemistry (APSRC-2012), China.
- [21]ESR Studies on Mn²⁺ Signal in Epsomite Prepared in Different Synthetic Conditions (poster), A.

- Tani, N. Hasegawa, K. Norizawa, T. Yada: 3rd Asia Pacific Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance dating (3rd APLED), Japan.
- [22]Smith-Purcell Radiation Based on Femtosecond Electron Beam (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, H. Kobayashi, Y. Yoshida, M. Hangyo: International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT2012), Japan.
- [23]The Equivalent Velocity Spectroscopy Pulse Radiolysis by Using the Transverse and Longitudinal Modulation of Electron Beam (poster), T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Toigawa, K. Norizawa, H. Kobayashi, A. Ogata, Y. Yoshida.: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Japan.
- [24]Development of Femtosecond Time-resolved MeV Electron Microscopy (poster), J. Yang, T. Kondoh, K. Kan, N. Naruse, Y. Yoshida, K. Tanimura: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Japan.
- [25]Formation Process of Solvated Electron in Alcohol (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, Yoichi Yoshida: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Japan.
- [26]Femtosecond Pulse Radiolysis Study of Solvation Process of Electrons in Neat Alcohol (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, A. Ogata, Y. Yoshida: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Japan.
- [27]Terahertz-wave Generation Using Metamaterial and Femtosecond Electron Beam (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida, M. Hangyo: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Japan.
- [28]Attosecond and femtosecond radiation-induced phenomena (oral), Y. Yoshida: 16th SANKEN International Symposium and 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Japan.
- [29]Femtosecond Time-resolved Electron Microscopy (oral), J. Yang: 16th SANKEN International Symposium and 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Japan.
- [30]Equivalent Velocity Spectroscopy for Femtosecond Pulse Radiolysis and Initial Process of Radiation Chemistry (poster), T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, K. Norizawa, H. Kobayashi, A. Ogata, S. Tagawa, Y. Yoshida: 16th SANKEN International Symposium and 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Japan.
- [31]Generation of THz-wave using ultrashort electron beam (poster), K. Kan, J. Yang, A. Ogata, T. Kondoh, K. Norizawa, Y. Yoshida, M. Hangyo: 16th SANKEN International Symposium and 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Japan.
- [32]Femtosecond Pulse Radiolysis Study of Solvation Process of Electrons in Neat Alcohol (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, T. Kozawa, A. Ogata, Y. Yoshida: 16th SANKEN International Symposium and 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Japan.
- [33]Formation Process of Solvated Electron in Alcohol at Low Temperature (poster), K. Norizawa, T. Kondoh, K. Kan, J. Yang, Y. Yoshida: 16th SANKEN International Symposium and 11th SANKEN Nanotechnology Symposium, Japan.
- [34]First observation of formation and geminate recombination of hydrated electron in femtosecond radiolysis (poster), Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh, Kimihiro Norizawa, Yoichi Yoshida: the 28th Miller Conference on Radiation Chemistry, Israel.

[35]Femtosecond pulse radiolysis study of dodecane radical cation (poster), Takafumi Kondoh, Jinfeng Yang, Kimihiro Norizawa, Koichi Kan, Hitoshi Kobayashi, Atsushi Ogata, Seiichi Tagawa: the 28th Miller Conference on Radiation Chemistry, Israel.

[36]Temperature dependence of solvation process of excess electron in alcohol (poster), Kimihiro Norizawa, Takafumi Kondoh, Koichi Kan, Jinfeng Yang, Yoichi Yoshida: the 28th Miller Conference on Radiation Chemistry, Israel.

[37]Femtosecond pulse radiolysis study on the spectral shift during solvation process of electrons in neat alcohols (poster), Kimihiro Norizawa, Takafumi Kondoh, Koichi Kan, Jinfeng Yang, Takahiro Kozawa, Atsushi Ogata, Yoichi Yoshida: the 28th Miller Conference on Radiation Chemistry, Israel.

解説、総説

極短パルス高周波電子銃, J. Vacuum Society of Japan, 日本真空学会, 55 (2012), 42-49.

フェムト秒時間分解 MeV 電子顕微鏡の開発, 放射線化学, 日本放射線化学会, 94 (2012), 3-12.

フェムト秒電子バンチによる不純物半導体管からの高強度準単色テラヘルツ放射, プラズマ・核融合学会誌, プラズマ・核融合学会, 88 (2012), 599-602.

スミス・パーセル効果を用いた多方向テラヘルツ波発生の研究, プラズマ・核融合学会誌, プラズマ・核融合学会, 88 (2012), 603-607.

国内学会

レーザー・加速器を用いた量子ビーム利用研究	1 件
日本加速器学会年会	7 件
応用物理学会	1 件
日本原子力学会	14 件
放射線化学討論会	6 件
高崎量子応用研究シンポジウム	1 件
ビーム物理研究会	1 件
高輝度・RF 電子銃研究会	3 件
ナノテック	2 件
日本化学会	3 件

取得学位

修士 (工学)	フェムト秒パルスラジオリシス法を用いたアルコール中の電子の溶媒和過程の研究
樋川 智洋	
学士 (工学)	フェムト秒時間分解超高压電子顕微鏡の開発
仲西 琢巳	
学士 (工学)	フェムト秒パルスラジオリシスを用いた 高分子レジスト材料の 直接イオン化効果の研究
井河原 大樹	
学士 (工学)	アト秒電子ビームの発生と計測
野澤 一太	

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	32,760
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	13,520
楊 金峰		
若手研究(B)	凝縮系における量子ビーム誘起超高速電荷移動過程の研究	2,860
近藤 孝文		
新学術領域研究 (研究領域提案型)	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	2,860

菅 晃一
奨学寄附金

菅 晃一 公益財団法人村田学術振興財団 理事長 村田恒夫 200
菅 晃一 公益財団法人住友財団 理事長 住友吉左衛門 1,200

ナノ構造・機能評価研究分野

原著論文

[1]Intrinsic catalytic structure of gold nanoparticles supported on TiO₂, Y. Kuwauchi, H. Yoshida, T. Akita, M. Haruta and S. Takeda: *Angew. Chem. Int. Ed.*, 51 (2012) 7729-7733.

[2]Theoretical study of atomic oxygen on gold surface by Hückel theory and DFT calculations, K. Sun, M. Kohyama, S. Tanaka and S. Takeda: *J. Phys. Chem. A*, 116 (2012) 9568-9573.

[3]Fundamental strategy for creating VLS grown TiO₂ single crystalline nanowires, F. Zhuge, T. Yanagida, K. Nagashima, H. Yoshida, M. Kanai, B. Xu, A. Klamchuen, G. Meng, Y. He, S. Rahong, X. Li, M. Suzuki, S. Kai, S. Takeda and T. Kawai: *J. Phys. Chem. C*, 116 (2012) 24367-24372.

[4]In situ structural analysis of crystalline Fe-Mo-C nanoparticle catalysts during the growth of carbon nanotubes, H. Yoshida, H. Kohno and S. Takeda: *Micron*, 43 (2012) 1176-1180.

[5]Atomic-resolution environmental TEM for quantitative in-situ microscopy in materials science, S. Takeda and H. Yoshida: *Microscopy*, 62 (2013) 193-203.

[6]Catalysis and in-situ studies of Rh₁/Co₃O₄ nanorods in reduction of NO with H₂, L. Wang, S. Zhang, Y. Zhu, A. Patlolla, J. Shan, H. Yoshida, S. Takeda, A. Frenkel and Franklin Feng Tao: *ACS Catal.*, 3 (2013) 1011-1019.

[7]Read/write characteristics of a new type of bit-patterned-media using nano-patterned glassy alloy, K. Takenaka, N. Saidoh, N. Nishiyama, M. Ishimaru, M. Futamoto, A. Inoue: *J. Magn. Magn. Mater.*, 324 (2012) 1444-1448.

[8]Electron diffraction study on chemical short-range order in covalent amorphous solids, M. Ishimaru, A. Hirata, M. Naito: *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B*, 277 (2012) 70-76.

[9]High-temperature thermoelectric properties of Cu₂In₄Te₇, T. Plirdpring, K. Kurosaki, A. Kosuga, M. Ishimaru, Y. Ohishi, H. Muta, S. Yamanaka: *phys. stat. solidi (RRL)*, 6 (2012) 154-156.

[10]Fabrication of nickel/organic-molecule/nickel nanoscale junctions utilizing thin-film edges and their structural and electrical properties, H. Kaiju, K. Kondo, N. Basheer, N. Kawaguchi, S. White, A. Hirata, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, A. Ishibashi: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51 (2012) 065202(1)-065202(8).

[11]Effect of the amount of vacancies on the thermoelectric properties of Cu-Ga-Te ternary compounds, T. Plirdpring, K. Kurosaki, A. Kosuga, M. Ishimaru, A. Harnwungmoung, T. Sugahara, Y. Ohishi, H. Muta,

S. Yamanaka: Mater. Trans., 53 (2012) 1212-1215.

[12] Enhancement of thermoelectric properties of CoSb₃-based skutterudites by double filling of Tl and In, A. Harnwungmoung, K. Kurosali, A. Kosuga, M. Ishimaru, T. Plirdpring, R. Yimnirun, J. Jutimoosik, S. Rujirawat, Y. Ohishi, H. Muta, S. Yamanaka: J. Appl. Phys., 112 (2012) 043509(1)-043509(6).

[13] Surface and cross sectional nano-structure of prototype BPM prepared using imprinted glassy alloy thin film, N. Saidoh, K. Takenaka, N. Nishiyama, M. Ishimaru, A. Inoue: Intermetallics, 30 (2012) 48-50.

[14] Novel soft-magnetic underlayer of a bit-patterned media using CoFe-based amorphous alloy thin film, K. Takenaka, N. Saidoh, N. Nishiyama, M. Ishimaru, A. Inoue: Intermetallics, 30 (2012) 100-103.

[15] Strong atomic ordering in Gd-doped GaN, M. Ishimaru, K. Higashi, S. Hasegawa, H. Asahi, K. Sato, T. J. Konno: Appl. Phys. Lett., 101 (2012) 101912(1)-101912(4).

[16] Nanoscale engineering of radiation tolerant silicon carbide, Y. Zhang, M. Ishimaru, T. Varga, T. Oda, C. Hardiman, H. Xue, Y. Katoh, S. Shannon, W. J. Weber: Phys. Chem. Chem. Phys., 14 (2012) 13429-13436.

[17] Direct imaging of atomic clusters in an amorphous matrix: a Co-C granular thin film, K. Sato, M. Mizuguchi, R. Tang, J.-G. Kang, M. Ishimaru, K. Takanashi, T. J. Konno: Appl. Phys. Lett., 101 (2012) 191902(1)-191902(3).

[18] Coherent growth of GaGdN layers with high Gd concentration on GaN(0001), K. Higashi, S. Hasegawa, D. Abe, Y. Mitsuno, S. Komori, F. Ishikawa, M. Ishimaru, H. Asahi: Appl. Phys. Lett., 101 (2012) 221902(1)-221902(4).

国際会議

[1] In situ ETEM characterization of the growth of carbon nanotubes from nanoparticle catalysts (invited), S. Takeda, Y. Kohigashi, H. Yoshida and H. Kohno: 2012MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, April 9-13, 2012.

[2] Structural analysis of fluctuating crystalline Fe-Mo-C nanoparticle catalysts during the growth of carbon nanotubes (poster), S. Takeda, Y. Kohigashi, H. Yoshida and H. Kohno: 2012MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, April 9-13, 2012.

[3] Operando Structural Study of Metal Nanoparticle Catalysts by Environmental TEM (invited), S. Takeda: imec • Handai International Symposium, Osaka, Japan, June 4-5, 2012.

[4] In situ observation of carbon nanotube growth from catalyst nanoparticles by environmental TEM (invited), H. Yoshida: The 6th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-6), Yokohama, Japan, June 26-28, 2012.

[5] In-situ structure analysis of gold nanoparticulate catalysts during CO oxidation (oral), S. Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, K. Sun, M. Koyhama, M. Haruta, T. Akita: 15th International Congress on Catalysis, Munich, Germany, July 1-6, 2012.

[6] Operando Structural Study of Supported Gold Nanoparticulate Catalysts by Quantitative Environmental Transmission Electron Microscopy (invited), S. Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, K. Sun, M. Kohyama, M. Haruta, T. Akita, T. Uchiyama: Microscopy & Microanalysis 2012 Meeting, Phoenix, USA, July 29-August 8, 2012.

[7] Operando Structure of Supported Gold Nanoparticulate Catalysts Studied by Environmental Transmission Electron Microscopy (oral), S. Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, K. Sun, M. Kohyama, M.

Haruta, T. Akita, T. Uchiyama: The 6th International Conference on GOLD 2012, Tokyo, Japan, September 5-8, 2012.

[8]Environmental Transmission Electron Microscopy of Au/TiO₂ Catalysts under Reaction Conditions (poster), Y. Kuwauchi, H. Yoshida, T. Akita, and S. Takeda: The 6th International Conference on GOLD 2012, Tokyo, Japan, September 5-8, 2012.

[9]Operando Structural Study of Nanoparticle Catalysts by High Resolution Environmental Transmission Electron Microscopy (invited), S. Takeda, H. Yoshida: International Union of Materials Research Societies - International conference on Electronic Materials 2012 (IUMRS-ICEM2012), Yokohama, Japan, September 23-28, 2012.

[10]Application of Hückel theory to locate the active sites for O₂ activation on gold/oxide catalysts (oral), K. Sun, M. Kohyama, S. Tanaka and S. Takeda: International Union of Materials Research Societies - International conference on Electronic Materials 2012 (IUMRS-ICEM2012), Yokohama, Japan, September 23-28, 2012.

[11]Operando Structural Study of Au/CeO₂ and Au/TiO₂ Nanoparticulate Catalysts: Quantitative Environmental TEM as a Methodology for Chemical Imaging (oral), S. Takeda, H. Yoshida, Y. Kuwauchi, K. Sun, M. Kohyama, M. Haruta, T. Akita: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, USA, November 25-30, 2012.

[12]Intrinsic Structure of Au/TiO₂ Catalysts under Reaction Conditions (oral), Y. Kuwauchi, H. Yoshida, T. Akita, M. Haruta, S. Takeda: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, USA, November 25-30, 2012.

[13]Atomic-scale imaging of surface reconstruction of gold nanoparticles induced by adsorbed CO molecules at reaction conditions (poster), H. Yoshida, Y. Kuwauchi, M. Haruta, S. Takeda: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka University, Japan, December 10-11, 2012.

[14]Atomic-scale observation of gold nanoparticle catalysts at reaction conditions by aberration-corrected environmental transmission electron microscopy (poster), H. Yoshida, Y. Kuwauchi, M. Haruta, S. Takeda: The 16th SANKEN International Symposium, Osaka University, Japan, January 22-23, 2013.

[15]Transmission electron microscopy study on radiation-induced structures in GaN (invited), M. Ishimaru: 2012 International Conference on Defects in Insulating Materials, Santa Fe, New Mexico, USA (June 24-29, 2012).

[16]Electron diffraction study on radiation-induced chemical disorder in covalent materials (invited), M. Ishimaru: 9th Polish-Japanese Joint Seminar on Micro and Nano Analysis, Sieniawa, Poland (September 10-13, 2012).

[17]Defect-induced nanoscale phase separation in epitaxially-grown III-V semiconductor alloys (oral), M. Ishimaru: European Materials Research Society 2012 Fall Meeting "Session: Defect-induced Effects in Nanomaterials", Warsaw, Poland (September 17-21, 2012).

[18]Thermoelectric properties of CoSb₃-based skutterudites filled by group 13 elements (oral), K. Kurosaki, A. Harnwungmoung, A. Kosuga, M. Ishimaru, Y. Ohishi, H. Muta, S. Yamanaka: Powder Metallurgy World Congress 2012, Yokohama, Kanagawa (October 14-18, 2012).

[19]Radiation tolerant nanocrystalline silicon carbide (invited), Y. Zhang, M. Ishimaru, T. Varga, C. Hardiman, S. Shannon, W. J. Weber: The Nuclear Materials Conference 2012, Osaka (October 21-25, 2012).

[20]Radiation tolerant nanocrystalline silicon carbide (oral), Y. Zhang, M. Ishimaru, T. Varga, T. Oda, C. Hardiman, H. Xue, S. Shannon, W. J. Weber: Materials Research Society 2011 Fall Meeting, Boston, Massachusetts, USA (November 25-30, 2012).

著書

[1]VLS シリコンナノワイヤー成長 (福井 孝志)“ナノワイヤ最新技術の基礎と応用展開”, 竹田精治, シーエムシー出版, (Part I, Chapter 2) 2013.

国内学会

日本顕微鏡学会第 68 回学術講演会	3 件
第 19 回燃料電池シンポジウム	1 件
第 73 回応用物理学会秋季学術講演会	2 件
第 110 回触媒討論会	1 件
第 5 回新電極触媒シンポジウム	1 件

取得学位

修士 (工学)	Au ナノロッドの形状変化の環境 TEM その場観察
磯崎 祐輔	
修士 (工学)	CO 酸化触媒の反応雰囲気下電子線エネルギー損失分光法による研究
仲村 宗起	

科学研究費補助金

		単位: 千円
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	1,040
石丸 学		
若手研究(B)	収差補正環境制御型透過電子顕微鏡による炭素ナノ材料形成時のナノ粒子触媒の構造決定	2,990
吉田 秀人		
受託研究		
竹田 精治	科学技術振興機構 研究 成果展開事業 (先端計測分析技術・機器開発プログラム)	48,750
	Li 二次電池マイクロ界面のイオン拡散時間応答の可視化技術の開発	
石丸 学	平成 2 3 年度戦略的基盤技術高度化支援事業	1,071
	薬剤の低付着性を実現する打錠金型製造技術の研究開発	

奨学寄附金

竹田 精治	株式会社 UBE 科学分析センター 代表取締役社長 浅田秀記	2,000
竹田 精治	電気化学工業株式会社 上席執行役員 中央研究所長 清水紀弘	950

ナノ機能予測研究分野

原著論文

[1]First-Principles Study on the Structural and Magnetic Properties of Iron Hydride, T. Tsumuraya, Y. Matsuura, T. Shishidou and T. Oguchi: J. Phys. Soc. Jpn., 81 (2012) 064707/1-6.

[2]Structure and intermolecular bonding in $\text{NaBH}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: A density functional theory study, I. Hamada, K. Yamauchi and T. Oguchi: Phys. Rev. B, 85 (2012) 214119/1-4.

[3]First-principles calculations for pressure-induced structural transition of Sr_2CuO_3 , M. Kodera and T. Oguchi: J. Phys. Soc. Jpn., 81 (2012) 094701/1-4.

[4]Hydrogen-induced modification of the electronic structure and magnetic states in Fe, Co, and Ni monohydrides, N. Ishimatsu, T. Shichijo, Y. Matsushima, H. Maruyama, Y. Matsuura, T. Tsumuraya, T. Shishidou, T. Oguchi, N. Kawamura, M. Mizumaki, T. Matsuoka and K. Takemura: Phys. Rev. B, 86 (2012) 104430/1-9.

[5]Orbital states of V trimers in BaV₁₀O₁₅ detected by resonant x-ray scattering, K. Takubo, T. Kanzaki, Y. Yamasaki, H. Nakao, Y. Murakami, T. Oguchi and T. Katsufuji: Phys. Rev. B, 86 (2012) 085141/1-8.

[6]High-resolution angle-resolved photoemission study of electronic structure and electron self-energy in palladium, H. Hayashi, K. Shimada, J. Jiang, H. Iwasawa, Y. Aiura, T. Oguchi, H. Namatame and M. Taniguchi: Phys. Rev. B, 87 (2013) 035140/1-8.

[7]Fermi-surface reconstruction involving two van Hove singularities across the antiferromagnetic transition in BaFe₂As₂, Y. Nakashima, A. Ino, S. Nagato, H. Anzai, H. Iwasawa, Y. Utsumi, H. Sato, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, T. Oguchi Y. Aiura, I. Hase, K. Kihou, C.H. Lee, A. Iyo and H. Eisaki: Solid State Commun., 157 (2013) 16-20.

[8]Stress Formulation in the All-Electron Full-Potential Linearized Augmented Plane Wave Method: II. Accuracy Check in the Generalized Gradient Approximation, N. Nagasako and T. Oguchi: J. Phys. Soc. Jpn., 82 (2013) 044802/1-10.

[9]Why does a metal get an insulator? -- Consequences of unfilled bands on boron crystals -, K. Shirai and N. Uemura: Solid State Sciences, 14 (2012) 1609-1616.

[10]The effect of mass transfer on the temperature gradient of a crystal growing from melt, K. Shirai and T. Abe: J. Cryst. Growth, 351 (2012) 141-148.

[11]Mechanism behind the high thermoelectric power factor of SrTiO₃ by calculating the transport coefficients, K. Shirai and K. Yamanaka: J. Appl. Phys., 113 (2013) 53705 (11p).

[12]Theoretical Prediction of Multiferroicity in SmBaMn₂O₆, K. Yamauchi: Journal of the Physical Society of Japan, 82 (2013) 043702/1-4.

[13]Effects of strain on ferroelectric polarization and magnetism in orthorhombic HoMnO₃, D. Iușan, K. Yamauchi, P. Barone, B. Sanyal, O. Eriksson, G. Profeta and S. Picozzi: Physical Review B, 87 (2013) 014403/1-4.

[14]Beyond standard local density approximation in the study of magnetoelectric effects in Fe/BaTiO₃ and Co/BaTiO₃ interfaces, D. Di Sante, K. Yamauchi and Silvia Picozzi: Journal of Physics: Condensed Matter, 25 (2012) 066001/1-6.

[15]Experimental dispersion of the third order optical susceptibility of Ag nanoparticles, R. Sato, H. Momida, M. Ohnuma, M. Sasase, T. Ohno, N. Kishimoto and Y. Takeda: J. Opt. Soc. Am. B, 29 (2012) 2410-2413.

国際会議

[1]Bonding nature in crystalline ammonia borane and amidoboranes: A first-principles study (invited), T. Oguchi: International Symposium on Metal-Hydrogen Systems -- Fundamentals and Applications -- (MH2012), Kyoto, Japan, October 21-26, 2012.

[2]A-site Ordered Perovskite Oxides: A Playground for Novel Electronic Phases (invited), T. Oguchi: 4th APCTP-IACS Joint Conference on Physics of Novel and Emerging Materials, Pohang, Korea, October 29-31, 2012.

[3]First-Principles Study of X-ray Absorption Spectroscopy (invited), T. Oguchi: International Symposium On Computational Science 2013, Kanazawa University, Japan, February 18-21, 2013.

[4]First-Principles Calculation of the A-Site Ordered Perovskite CaCu₃Fe₄O₁₂ (oral), T. Ueda, M. Kodera,

- K. Yamauchi, T. Oguchi: International Conference of Magnetism, Busan, Korea, July 9-13, 2012.
- [5]The effect of mass transfer on the temperature gradient of a crystal growing from melt (oral), Koun Shirai, Takao Abe: E-MRS 2012 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 14-18, 2012.
- [6]Thermoelectric Properties of SrTiO₃ (oral), Koun Shirai, Kazunori Yamanaka: E-MRS 2012 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 14-18, 2012.
- [7]Prediction of Phase Diagrams for Hard Materials - application to boron crystals - (oral), Koun Shirai: Eighteenth Symposium on Thermophysical Properties, Colorado, USA, June 24-29, 2012.
- [8]Dynamical Properties of Vacancy in Si (poster), Koun Shirai, Jun Ishisada: 31th International Conference on the Physics of Semiconductors 2012, Zurich, Switzerland, July 29 - August 3, 2012.
- [9]Metallization mechanism and superconductivity of boron at high pressures (oral), K. Shirai, H. Dekura, Y. Mori, H. Hyodo, K. Kimura: 15-th International Conference on High Pressure Semiconductor Physics, Montpellier, France, July 25-27, 2012.
- [10]Theoretical study on the thermoelectric Properties of SrTiO₃ (oral), Koun Shirai, Kazunori Yamanaka: IUMRS-International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM 2012), Yokohama, Japan, September 23-28, 2012.
- [11]Stability arrangement of impurities of copper in silicon (oral), T. Fujimura, K. Shirai: Conference on Computational Physics (CCP2012), Kobe, Japan, October 14-18, 2012.
- [12]First-principles study of a-tetragonal boron (oral), N. Uemura, K. Shirai: Conference on Computational Physics (CCP2012), Kobe, Japan, October 14-18, 2012.
- [13]Material research through prediction of phase diagram (oral), K. Shirai: Japan-France Joint Seminar 2012 "Physics and Control of Clustering Solids", Awaji Island, Hyogo, Japan, November 5-7, 2012.
- [14]Electronic Structures of Boron Crystals (invited), K. Shirai: 37th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Florida, USA, January 27 - February 1, 2013.
- [15]Charge-order-induced multiferroicity in transition-metal oxides (invited), K. Yamauchi: ISSP-CMSI international workshop/symposium on MATERIAL Simulation in Petaflops era (MASP2012), ISSP Tokyo Univ., Japan, July 2, 2012.
- [16]Electronic state calculation in electronic ferroelectricity (invited), K. Yamauchi: CMRC Workshop "Novel dielectric property in correlated electron system - Electron and Structure-", Tsukuba, Japan, November 19-20, 2012.
- [17]Electronic structure and magnetoelectric effect in magnetite (poster), K. Yamauchi, S. Picozzi: Psi-k Research Conference on Computational Oxide Spintronics, Cheshire, UK, May 7-10, 2012.
- [18]First-Principles Calculation of Multiferroic Bilayer Manganite (oral), K. Yamauchi, S. Picozzi: ICM SCES 2012, Busan, Korea, July 8-13, 2012.
- [19]Optical responses of dye/TiO₂ interfaces by time-dependent density functional theory calculations (poster), H. Momida, T. Ohno: Psi-k Workshop 2012 "Functional Molecules on Surfaces: New Building Blocks for Nano-Spintronics", Bonn, Germany, October 2-4, 2012.
- [20]Optical absorption spectra of dye/TiO₂ interfaces: First-principles electron dynamics simulations (poster), H. Momida, T. Ohno: "The 13th RIES-Hokudai International Symposium RITSU" joined with

"The 1st International Symposium of Nano-Macro Materials, Devices, and System Research Alliance Project", Sapporo, Japan, December 13-14, 2012.

解説、総説

新著紹介、前田康二、竹内伸著「格子欠陥の物理」、白井 光雲、日本物理学会誌、日本物理学会、67 (2012), 206.

ホウ素クラスター固体と高圧科学、白井 光雲、高圧の科学と技術、日本高圧学会、22 (2012), 33-44.

著書

[1]遷移金属のバンド理論 (-)“遷移金属のバンド理論”, 小口 多美夫, 内田老鶴圃, - (-) 2012.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

小口 多美夫 International Symposium on Metal-Hydrogen Systems -- Fundamentals and Applications -- (MH2012) (組織委員)
小口 多美夫 15th Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations (国際プログラム委員)
白井 光雲 Japan-France Joint Seminar, "Physics and Control of Cluster Solids" (組織委員長)

国内学会

日本物理学会 16 件
応用物理学会 6 件

取得学位

修士 (理学) A サイト秩序型ペロフスカイト $\text{CaCu}_3\text{Fe}_4\text{O}_{12}$ における X 線吸収スペクトルの第一原理計算
上田 卓弥

科学研究費補助金

若手研究(B) マンガン酸化物を中心としたマルチフェロイック物質の理論 単位：千円 3,380
山内 邦彦 研究
受託研究
小口 多美夫 JST 戦略的創造研究推進 第一原理計算による電子状態解析 9,880
事業 CREST (H23.4.1~
H24.3.31)

その他の競争的研究資金

白井 光雲 二国間交流事業 セミナー クラスター固体の物理とその制御 1,300
(フランス) (H24-H24)

ソフトナノマテリアル研究分野

原著論文

[1]Functional Oligothiophenes toward Molecular Wires in Single-Molecular Electronics, Y. Ie, M. Endou, A. Han, R. Yamada, H. Tada, Y. Aso: Pure Appl. Chem., 84 (4) (2012) 931-943.

[2]Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performances of Donor-Acceptor Copolymers Having Dioxocycloalkene-Annulated Thiophenes As Acceptor Monomer Units, Y. Ie, J. Huang, Y. Uetani, M. Karakawa, Y. Aso: Macromolecules, 45 (11) (2012) 4564-4571.

[3]Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistors Based on 4,9-Dihydro-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiazole-4,9-dione Unit, Y. Ie, M. Ueta, M. Nitani, N. Tohrai, M. Miyata, H. Tada, Y. Aso: Chem. Mater., 24 (16) (2012) 3285-3293.

[4]Short Synthesis of Alkyl-Substituted Acenes Using Carbonyl-Directed C–H and C–O Functionalization, D. Matsumura, K. Kitazawa, S. Terai, T. Kochi, Y. Ie, M. Nitani, Y. Aso, F. Kakiuchi: *Org. Lett.*, 14 (15) (2012) 3882-3885.

[5] π -Extended Thiadiazoles Fused with Thienopyrrole or Indole Moieties: Synthesis, Structures, and Properties, S.-i. Kato, T. Furuya, A. Kobayashi, M. Nitani, Y. Ie, Y. Aso, T. Yoshihara, S. Tobita, Y. Nakamura: *J. Org. Chem.*, 77 (17) (2012) 7595-7606.

[6]Buckminsterfullerene Derivatives Bearing a Fluoroalkyl Group for Use in Organic Photovoltaic Cells, M. Karakawa, T. Nagai, T. Irita, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso: *J. Fluorine Chem.*, 144 (2012) 51-58.

[7]Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performance of Copolymers Based on Difluorodioxocyclopentene-Annulated Thiophene, Y. Ie, J. Huang, Y. Uetani, M. Karakawa, Y. Aso: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51 (2012) 10NC08-1-3.

[8]Energy Level Modulation of HOMO, LUMO, and Band-Gap in Conjugated Polymers for Organic Photovoltaic Applications, B.-G. Kim, X. Ma, C. Chen, Y. Ie, E. W. Coir, H. Hashemi, Y. Aso, P. F. Green, J. Kieffer, J. Kim: *Adv. Funct. Mater.*, 23 (4) (2013) 439-445.

[9]Self-Assembling Ary-Naphthalendiimide Derivatives with Nitroxide Radical, S. Nakatsuji, K. Aoki, A. Kojoh, H. Akutsu, J. Yamada, M. Karakawa, Y. Aso: *Asian J. Org. Chem.*, 2 (2) (2013) 164-168.

国際会議

[1]Insulated Molecular Wires for Molecular Electronics (invited), Yutaka Ie, Masaru Endou, Aihong Han, See Kei Lee, Ryo Yamada, Hirokazu Tada, Yoshio Aso: The 16th SANKEN International The 11th SANKEN Nanotechnology Symposium 2013, Osaka, Japan, January 22-23, 2013.

[2]Synthesis Properties, and Photovoltaic Cells Characteristics of D–A Copolymer based on Dioxocycloalkene-annelated Thiophenes (poster), Jianming Huang, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso: The 16th SANKEN International The 11th SANKEN Nanotechnology Symposium 2013, Osaka, Japan, January 22-23, 2013.

[3]Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performances of Donor-Acceptor Copolymers Having Dioxocycloalkene-annelated Thiophenes as Acceptor Unit (poster), Jianming Huang, Yutaka. Ie, Makoto Karakawa, Yoshio Aso: The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012), Kobe Japan, December 11-14, 2012.

[4]Development of New π -Conjugated Systems for Organic Electronic Materials (invited), Yutaka Ie, Yoshio Aso: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, December 10-11, 2012.

[5]Synthesis of Donor–Acceptor Copolymers Based on Dioxocycloalkene-annelated Thiophenes for Photovoltaic Cells (poster), Jianming Huang, Yutaka. Ie, Makoto Karakawa, Yoshio Aso: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, December 10-11, 2012.

[6]Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistors Based on Multi-Ring-Fused System Containing Carbonyl-Bridged Thiazole (oral), Yutaka Ie, Masashi Ueta, Masashi Nitani, Norimitsu Tohnai, Mikiji Miyata, Hirokazu Tada, Yoshio Aso: 2012 MRS Fall Meeting, Boston, Massachusetts USA, November 25-30, 2012.

[7]4,9-Dihydro-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiazole-4,9-dione : A New Electronegative Unit for an Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistor (oral), Yutaka Ie, Masashi Ueta, Masashi Nitani, Yoshio Aso: The Twelfth International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry, Kyoto, Japan, November 12-16, 2012.

- [8] Carbonyl-Bridged Thiazole-Based Conjugation Systems: Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistors (invited), Yutaka Ie, International Symposium on Organic Electronics 2012, Okinawa, Japan, October 2-5, 2012.
- [9] Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performances of Polythiophenes Containing Fluoroalkyl-Ether Substituents (poster), Aya Kojima, Makoto Karakawa, Yutaka Ie, Takabumi Nagai, Yoshio Aso: International Union of Materials Research Societies – International Conference on Electronic Materials 2012, Yokohama, Japan, 23-28 September, 2012.
- [10] Development of n-Type Organic Semiconductors Based on Fluoroalkyl-Substituted Conjugation Systems (plenary), Yoshio Aso: The 20th International Symposium on Fluorine Chemistry, Kyoto, Japan, 22-27 July 2012.
- [11] Synthesis and Properties of Polythiophenes Containing Fluoro or Fluoroalkyl-ether Substituents (poster), Aya Kojima, Makoto Karakawa, Yutaka Ie, Takabumi Nagai, Yoshio Aso: International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2012, Atlanta USA, 8-13 July, 2012.
- [12] Development of Solution-Processible n-Type OFFT Materials Based on Carbonyl-Bridged Bithiazole Unit (poster), Masashi Nitani, Yutaka Ie, Yoshio Aso: The 7th Molecular and Bio Electronics, Fukuoka, Japan, March 17-19, 2013.
- [13] Development of Oligomers Based on Carbonyl-Bridged Bithiazole Unit for Solution-Processible n-Type OFFTs (poster), Masashi Nitani, Yutaka Ie, Yoshio Aso: The 16th SANKEN International The 11th SANKEN Nanotechnology Symposium 2013, Osaka, Japan, January 22-23, 2013.
- [14] Development of Conjugated Oligomers Based on Carbonyl-Bridged Bithiazole Unit toward Solution-Processible n-Type OFFTs (poster), Masashi Nitani, Yutaka Ie, Yoshio Aso: 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, December 10-11, 2012.
- [15] Development of Oligomers Based on Carbonyl-Bridged Bithiazole for Solution-Processible n-Type OFFT Materials (poster), Masashi Nitani, Yutaka Ie, Yoshio Aso: 2012 International Conference on Flexible and Printed Electronics, Tokyo, Japan, September 6-8, 2012.
- [16] Development of Oligomers Based on Carbonyl-Bridged Bithiazole for Solution-Processible n-Type Organic Field-Effect Transistors (poster), Masashi Nitani, Yutaka Ie, Yoshio Aso: International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2012, Atlanta USA, 8-13 July, 2012.
- [17] Printable Transparent Silver nanowire networks for Organic Photovoltaic Cell electrodes (poster), Makoto Karakawa, T. Tokuno, M. Nogi, Y. Aso and K. Sukanuma: KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics, Sendai, Japan, August 29- September 1, 2012.
- [18] Effects of Perfluoroalkyl Chain Lengths Introduced to Buckminsterfullerene Derivatives on Their Field-Effect Transistor Performances (poster), Makoto Karakawa, Takabumi Nagai, Kenji Adachi, Yutaka Ie, and Yoshio Aso: The 7th Solid State Device and Materials, Kyoto, Japan, September 24-26, 2012.
- [19] Organic Solar Cell using Transparent Paper Substrate (poster), Makoto Karakawa, Masaya Nogi, Thi Thi Nge, Yoshio Aso, Katsuki Sukanuma, The 2nd Organic Photovoltaics workshop, Kanazawa, Japan, January 10-11, 2013.
- [20] Synthesis and Characterization of New Red-NIR Absorption Materials Containing Thienopyrrolidone for Organic Photovoltaics (oral), Makoto Karakawa, Yoshio Aso: The 7th Molecular and Bio Electronics, Fukuoka, Japan, March 17-19, 2013.

解説、総説

有機・分子エレクトロニクスを見据えた新規 π 共役化合物開発, 家 裕隆, 安蘇芳雄, 未来材料, エヌ・ティー・エス, 12[6] (2012), 8-14.

高次 π 空間の創発と機能開発, 山田道夫, 安蘇芳雄, 磯部寛之, 赤阪 健, 未来材料, エヌ・ティー・エス, 12[9] (2012), 59-65.

著書

[1] 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 (赤阪 健/大須賀篤弘/福住俊一/神取秀樹監修) “高次 π 空間の創発と機能開発”, 安蘇芳雄, シーエムシー出版, (10-15) 2013.

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

特許

[1] 「重合体、この重合体を用いた有機薄膜及び有機薄膜素子」家 裕隆、黄 建明、安蘇芳雄、辛川 誠、上田将人, 特願 2012-196331

[2] 「化合物、並びに、該化合物を含有する有機半導体材料、有機半導体素子」家 裕隆、陣内青萌、安蘇芳雄、寺井宏樹, 特願 2012-193416

[3] 「化合物及び高分子化合物、並びに、該化合物又は該高分子化合物を含有する有機半導体材料及び該有機半導体材料を用いた有機半導体素子」家 裕隆、陣内青萌、安蘇芳雄、寺井宏樹, 特願 2012-193516

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

安蘇 芳雄 The 10th International Conference on Heteroatom Chemistry (組織委員)

安蘇 芳雄 2012 International Conference on Flexible and Printed Electronics (セッション組織委員, 座長)

国内学会

日本化学会春季年会	8 件
有機典型元素化学討論会	2 件
基礎有機化学討論会	3 件
有機 π 電子シンポジウム	1 件
高分子学会	1 件
セルロース学会	1 件

取得学位

修士 (工学) 有機薄膜太陽電池におけるアクセプター材料に向けた、電子求引性末端基を有する新規共役化合物の開発
陣内 青萌

修士 (工学) 分子エレクトロニクスに向けた光電変換分子と三脚型アンカー分子の開発
田中 一成

科学研究費補助金

		単位: 千円
新学術領域研究 (研究領域提案 型)	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		
新学術領域研究 (研究領域提案 型) 総括班	高次 π 空間の創発と機能開発	6,370
安蘇 芳雄		
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	10,790
安蘇 芳雄		

挑戦的萌芽研究 家 裕隆	単分子での光電変換観測に向けた機能性 π 電子系分子の創出		1,170
基盤研究(B) 家 裕隆	単分子素子の機構解明を先導する機能性 π 電子系の創製		5,850
若手研究(B) 辛川 誠	有機半導体の p 型・n 型極性と末端分子構造の相関		1,560
研究活動スタート支援 二谷 真司	トランジスタに応用可能な新奇 n 型半導体ポリマーの開発		1,560
受託研究 家 裕隆	JST 戦略的創造研究推進事業 さきがけ(H22.10.1~H24.3.31)	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	6,006
家 裕隆	科学技術振興機構 先導的物質変換領域(AC T-C)	有機電解効果トランジスタ素子の物性評価	3,900
奨学寄附金 辛川 誠	公益社団法人新化学技術推進協会 会長 藤吉健二		1,000

バイオナノテクノロジー研究分野

原著論文

- [1]Vibrational Spectroscopy of Single-molecule Junctions by Direct Current Measurements, Makusu Tsutsui and Masateru Taniguchi: Journal of Applied Physics, 113 (2013) 084301(1-6).
- [2]Fluctuated atom-sized junctions in a liquid environment, Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi: Journal of Applied Physics, 113 (2) (2013) 024303(1-5).
- [3]Thermophoretic Manipulation of DNA Translocation through Nanopores, Yuhui He, Makusu Tsutsui, Ralph H.Scheicher, Fan Bai, Masateru Taniguchi, Tomoji Kawai: ACS Nano, 7 (1) (2013) 538-546.
- [4]Single Molecule Electronics and Devices, Makusu Tsutsui and Masateru Taniguchi: Sensors, 12 (6) (2012) 7259-7298.
- [5]Embedded TiO₂ waveguides for sensing nanofluorophores in a microfluidic channel, Masayuki Furuhashi, Masazumi Fujiwara, Takahito Ohshiro, Kazuki Matsubara, Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi, Shigeki Takeuchi, Tomoji Kawai: Applied Physics Letters, 101 (15) (2012) 153115(1-4).
- [6]Transverse electric field dragging of DNA in a nanochannel, Makusu Tsutsui, Yuhui He, Masayuki Furuhashi, Sakon Rahong, Masateru Taniguchi, Tomoji Kawai: Scientific Reports, 2 (2012) 394(1-7).
- [7]Single-Molecule Electrical Random Resequencing of DNA and RNA, Takahito Ohshiro, Kazuki Matsubara, Makusu Tsutsui, Masayuki Furuhashi, Masateru Taniguchi, Tomoji Kawai: Scientific Reports, 2 (2012) 501(1-7).
- [8]Electrical detection of single pollen allergen particles using electrode-embedded microchannels, Chihiro Kawaguchi, Tetsuya Noda, Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi, Satoyuki Kawano, Tomoji Kawai: Journal of Physics, 24 (16) (2012) 164202(1-6).
- [9]Single-Nanoparticle Detection Using a Low-Aspect-Ratio Pore, Makusu Tsutsui, Sadato Hongo, Yuhui

He, Masateru Taniguchi, Nobuhiro Gemma, Tomoji Kawai: ACS Nano, 6 (4) (2012) 3499-3505.

[10]Unsymmetrical hot electron heating in quasi-ballistic nanocontacts, Makusu Tsutsui, Tomoji Kawai, Masateru Taniguchi: Scientific Reports, 2 (2012) 217(1-7).

[11]DNA capture in nanopores for genome sequencing: challenges and opportunities, Yuhui He, Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi, Tomoji Kawai: Journal of Materials Chemistry, 22 (27) (2012) 13423-13427.

国際会議

[1]Preparation of Graphene Substrate for DNA Sequencing (invited), Hiro. Tanaka: 20th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Naha, Okinawa, Japan, 2012 Dec. 17-19.

[2]dI/dV Spectroscopy of Ferrocene-Bridged Trisporphyrin on Au(111) (oral), Hiro. Tanaka: 20th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Naha, Okinawa, Japan, 2012 Dec. 17-19.

[3]Single-Molecule Electrical Sequencing Using Gating Nanopores (invited), Masateru Taniguchi: 2nd Next Generation Sequencing.

[4]Next-next Generation DNA Sequencing System for Single Molecules (oral), Masateru Taniguchi: imec・Handai International Symposium 2012.

[5]Quantum-fluctuation-induced inelastic noise in single molecule junctions (invited), Masateru Taniguchi: 14th International Conference on Vibrations at Surfaces (VAS).

[6]Heat dissipation in quasiballistic nanocontacts (poster), Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi: 14th International Conference on Vibrations at Surfaces (VAS).

[7]tunneling nanopore / nanochannel for next generation DNA (invited), Masateru Taniguchi: Pioneer Workshop on Nanopore.

[8]Single Molecule Electrical Sequencing of DNA and RNA (invited), Masateru Taniguchi: APS March Meeting 2013.

[9]Electrode-embedded in-plane Nanopore for DNA Sequencing by Tunneling Current (oral), Makusu Tsutsui, Masateru Taniguchi, Tomoji Kawai: 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit.

国内学会

応用物理学会	10 件
表面科学会	2 件
日本化学会	5 件
日本物理学会	5 件
その他	5 件

科学研究費補助金

		単位：千円
若手研究(A) 谷口 正輝	ゲーティングナノポアによる単分子流動制御技術の開発	6,240
挑戦的萌芽研究 田中 裕行	S P Mを用いたグラフェンのナノポア加工	3,250
若手研究(A) 筒井 真楠	泳動速度制御機能を有する単一分子識別デバイスの創製	14,170
受託研究 谷口 正輝	ナノテクノロジープラッ 微細加工プラットフォーム実施	38,000

筒井 真楠	トフォーム (H24~H33) 機関 戦略的情報通信研究開発 推進制度 (SCOPE) 若手 ICT 研究者等育成型研究 開発 (H24-26)	有機分子熱電発電シートモジュ ールの研究開発	2,887
奨学寄附金			
筒井 真楠	公益財団法人新世代研究所 理事長 伊達宗之		500
筒井 真楠	一般財団法人熱・電気エネルギー技術財団 理事長 鈴木泰 寛		1,000
筒井 真楠	公益財団法人関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財 団 代表理事 石川博志		920
筒井 真楠	公益財団法人矢崎科学技術振興記念財団 理事長 尾崎護		1,000

環境・エネルギーナノ応用分野

原著論文

- [1] Fermi level tuning and a large activation gap achieved in the topological insulator $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$ by Sn doping, Zhi Ren, A. A. Taskin, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: *Physical Review B*, 85 (15) (2012) 155301/1-6.
- [2] Landau level spectroscopy of surface states in the topological insulator $\text{Bi}_{0.91}\text{Sb}_{0.09}$ via magneto-optics, A. A. Schafgans, K. W. Post, A. A. Taskin, Yoichi Ando, Xiao-Liang Qi, B. C. Chapler, and D. N. Basov: *Physical Review B*, 85 (19) (2012) 195440/1-6.
- [3] Manifestation of Topological Protection in Transport Properties of Epitaxial Bi_2Se_3 Thin Films, A. A. Taskin, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: *Physical Review Letters*, 109 (6) (2012) 066803/1-5.
- [4] Ambipolar transport in bulk crystals of a topological insulator by gating with ionic liquid, Kouji Segawa, Zhi Ren, Satoshi Sasaki, Tetsuya Tsuda, Susumu Kuwabata, and Yoichi Ando: *Physical Review B*, 86 (7) (2012) 075306/1-7.
- [5] Spin Polarization of Gapped Dirac Surface States Near the Topological Phase Transition in $\text{TlBi}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$, S. Souma, M. Komatsu, M. Nomura, T. Sato, A. Takayama, T. Takahashi, K. Eto, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: *Physical Review Letters*, 109 (18) (2012) 186804/1-5.
- [6] Achieving Surface Quantum Oscillations in Topological Insulator Thin Films of Bi_2Se_3 , A. A. Taskin, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: *Advanced Materials*, 24 (41) (2012) 5581-5585.
- [7] Experimental realization of a topological crystalline insulator in SnTe, Y. Tanaka, Zhi Ren, T. Sato, K. Nakayama, S. Souma, T. Takahashi, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: *Nature Physics*, 8 (11) (2012) 800-803.
- [8] Anomalous suppression of the superfluid density in the $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ superconductor upon progressive Cu intercalation, M. Kriener, Kouji Segawa, Satoshi Sasaki, and Yoichi Ando: *Physical Review B*, 86 (18) (2012) 180505/1-5.
- [9] Structural study of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ exfoliated nanocrystals, A. Lupascu, Renfei Feng, L. J. Sandilands, Zixin Nie, V. Baydina, Genda Gu, Shimpei Ono, Yoichi Ando, D. C. Kwok, N. Lee, S.-W. Cheong, K. S. Burch, and Young-June Kim: *Applied physics letters*, 101 (22) (2012) 223106/1-4.

- [10]Odd-Parity Pairing and Topological Superconductivity in a Strongly Spin-Orbit Coupled Semiconductor, Satoshi Sasaki, Zhi Ren, A. A. Taskin, Kouji Segawa, Liang Fu, and Yoichi Ando: Physical Review Letters, 109 (21) (2012) 217004/1-5.
- [11]Manipulation of Topological States and the Bulk Band Gap Using Natural Heterostructures of a Topological Insulator, K. Nakayama, K. Eto, Y. Tanaka, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: Physical Review Letters, 109 (23) (2012) 236804/1-5.
- [12]Checkerboard to stripe charge ordering transition in TbBaFe₂O₅, D. K. Pratt, S. Chang, W. Tian, A. A. Taskin, Yoichi Ando, J. L. Zarestky, A. Kreyssig, A. I. Goldman, and R. J. McQueeney: Physical Review B, 87 (4) (2013) 045127/1-5.
- [13]Anomalous metallic state above the upper critical field of the conventional three-dimensional superconductor AgSnSe₂ with strong intrinsic disorder, Zhi Ren, M. Kriener, A. A. Taskin, Satoshi Sasaki, Kouji Segawa, and Yoichi Ando: Physical Review B, 87 (6) (2013) 064512/1-6.

国際会議

- [1]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (plenary), Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [2]⁷⁷Se NMR study of possible topological superconductors Cu_xBi₂Se₃ (poster), F. Iwase, G.-q. Zheng, Y. S. Hor, M. Kriener, K. Segawa, Z. Ren, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [3]Gating with ionic liquid on bulk single crystals of a topological insulator (poster), K. Segawa, Z. Ren, S. Sasaki, T. Tsuda, S. Kuwabata, and Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [4]Soft point-contact spectroscopy of Cu_xBi₂Se₃ (poster), S. Sasaki, M. Kriener, K. Segawa, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [5]Molecular Beam Epitaxial Growth of Topological Insulators on Insulating Substrates (poster), A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [6]Small superfluid density in Cu_xBi₂Se₃ (poster), M. Kriener, S. Segawa, S. Sasaki, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [7]Optimizing the Bi_{2-x}Sb_xTe_{3-y}Se_y solid solutions to approach the intrinsic topological insulator regime (poster), Z. Ren, A. A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [8]Transport Properties of Topological Insulators with Cobalt Films Deposited on their Surface (poster), K. Eto, S. Sasaki, Z. Ren, K. Segawa, Y. Ando: International Conference on Topological Quantum Phenomena (TQP2012), Nagoya University, Japan, May 16-20, 2012.
- [9]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Colloquium, Physics Section, EPFL, Lausanne, May 21, 2012.
- [10]Transport Studies of the Exotic Surface States in Topological Insulators and Superconductors

(invited), Y. Ando: International Workshop on Strongly Correlated Electron Systems in High Magnetic Fields (SCEF), Les Houches, France, May 21-25, 2012.

[11]Progress in Topological Insulator Materials for 2D Devices (invited), Y. Ando: NSF/AFOSR Workshop on 2D Materials and Devices Beyond Graphene, Arlington, VA, May 30-31, 2012.

[12]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Seminar, Air Force Research Laboratory, Dayton, OH, June 1, 2012.

[13]Probing the Exotic Surface States in Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: Advanced Research Workshop on Non-equilibrium and Coherent Phenomena at Nanoscale (Meso-2012), Landau Institute, Chernogolovka, Russia, June 17-23, 2012.

[14]Soft 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, and Y. Ando: Gordon Research Conference the 2012 correlated electron systems, South Hadley, U.S.A., June 24-29, 2012.

[15]Probing the Exotic Surface States in Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: The 19th International Conference on Magnetism (ICM 2012), Busan, Korea, July 8-13, 2012.

[16]Optimizing the $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ solid solutions to approach the intrinsic topological insulator regime (poster), Z. Ren, A. A. Taskin, S. Sasaki, K. Segawa, Y. Ando: The 19th International Conference on Magnetism (ICM 2012), Busan, Korea, July 8-13, 2012.

[17]Probing the Exotic Surface States in Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: Japanese-German Symposium 2012, Shuzenji, Japan, July 14-17, 2012.

[18]Experiments Toward Identifying a Topological Superconductor (plenary), Y. Ando: International Conference on Materials & Mechanisms of Superconductivity (M^2S 2012), Washington DC, July 29-August 3, 2012.

[19]Topological Insulators: A New Materials Frontier (invited), Y. Ando: Super-PIRE 2nd Workshop, Hyatt Regency Bethesda, Maryland, August 3, 2012.

[20]Probing the Exotic Surface States in Topological Insulators and Superconductors (invited), Y. Ando: CECAM workshop on Topological Materials, Bremen, Germany, August 13-17, 2012.

[21]Experimental study of three-dimensional topological insulators/superconductors (invited), Kouji Segawa: APCTP Focus Program on Quantum Condensation (QC12), APCTP Headquarters, Pohang, Korea, August 13-24, 2012.

[22]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Special Seminar, Department of Electrical Engineering, UCLA, September 10, 2012.

[23]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: GLAM Special Seminar, Geball Laboratory for Advanced Materials, Stanford University, September 13, 2012.

[24]Topological Insulators and Superconductors: Materials Frontier (invited), Y. Ando: Colloquium, Department of Physics, Harvard University, November 9, 2012.

[25]Exploring Topological Insulator and Superconductor Materials (invited), Y. Ando: International Symposium Nanoscience and Quantum Physics (nanoPHYS'12), International House of Japan, Roppongi, Tokyo, December 17-19, 2012.

[26]Exploring Topological Insulator and Superconductor Materials (invited), Y. Ando: QS²C Theory Forum: International Symposium on Strongly Correlated Quantum Science, University of Tokyo, January 26-29, 2013.

[27]Search for topological superconductivity in superconducting topological insulators (invited), S. Sasaki: American Physical Society March Meeting, Baltimore, U.S.A., March 18-22, 2013.

[28]Manifestation of topological protection in transport properties of epitaxial Bi₂Se₃ thin films (invited), A. Taskin: American Physical Society March Meeting, Baltimore, U.S.A., March 18-22, 2013.

解説、総説

トポロジカル超伝導とマヨラナ粒子, 安藤 陽一, FSST NEWS, 未踏科学技術協会, 133 (2012), 6-8.

トポロジカル絶縁体入門, 安藤 陽一, 応用物理, 応用物理学会, 81[12] (2012), 1020-1023.

国際会議の組織委員、国際雑誌の編集委員

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

安藤 陽一 the 7th International Conference “Science and Engineering of Novel Superconductors” of the Forum on New Materials (国際アドバイザー委員)

国内学会

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8 1件

回集中連携研究会「冷却原子気体とトポロジー」

2012年度 G1 分科会(5 附置研アライアンス) 1件

日本物理学会 2012 年秋季大会 12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 10 回集中連携研究会「トポロジカル超伝導・超流動」 1件

日本物理学会第 68 回年次大会 9件

取得学位

博士 (工学) トポロジカル絶縁体およびその関連物質の合成と物性研究

江藤 数馬

修士 (工学) トポロジカル超伝導体候補物質 Sn_{1-x}In_xTe 及び Pb_{1-x}Tl_xTe の良質単結晶作製と評価

上山 卓巳

修士 (工学) トポロジカル超伝導体 Cu_xBi₂Se₃ の単相化の試み

木下 一登

科学研究費補助金

最先端・次世代 トポロジカル絶縁体による革新的デバイスの創出 単位：千円
研究開発支援プログラム 40,950

安藤 陽一

基盤研究(C) 電気化学的手法を用いたトポロジカル絶縁体・超伝導体の精密物性制御 2,210

瀬川 耕司

若手研究(B) トポロジカル超伝導体 Cu_xBi₂Se₃ および新規物質の超伝導ギャップ対称性の解明 2,730

佐々木 聡

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 9,100

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 仁木工芸株式会社 大阪営業所長 西尾幸一 1,200

ナノ知能システム分野

原著論文

[1]Learning a Common Substructure of Multiple Graphical Gaussian Models, S. Hara, T. Washio: Neural Networks, 38 (2012) 23-38.

[2]Separation of stationary and non-stationary sources with a generalized eigenvalue problem, H. Hara, Y. Kawahara, T. Washio, P. von Bunau, T. Tokunaga, K. Yumoto: Neural Networks, 33 (2012) 7-20.

国際会議

[1]Enhancing the Analysis of Large Multimedia Applications Execution Traces with FrameMiner, C. K. Kengne, L. C. Fopa, N. Ibrahim, A. Termier, M. Rousset, T. Washio: Proc. PTDM: Workshop on Practical Theories of Data Mining, ICDM 2012. The IEEE International Conference on Data Mining, 2012 (2012) 595-602.

[2]Anomalous Neighborhood Selection, S. Hara, T. Washio: Proc. OEDM: Workshop on Optimization Based Techniques for Emerging Data Mining, ICDM 2012. The IEEE International Conference on Data Mining, 2012 (2012) 474-480.

[3]Group Sparse Inverse Covariance Selection with a Dual Augmented Lagrangian Method, S. Hara, T. Washio: Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Science, 7665 (2012) 108-115.

国内学会

2012年度 人工知能学会全国大会 (第26回)

1件

情報論の学習理論と機械学習(IBISML2012)

1件

取得学位

博士 (工学) 2次統計量による不変パターン学習法に関する研究

原 聡

ナノ医療応用デバイス分野

原著論文

[1]Competitive allele-specific hairpin primer PCR for extremely high allele discrimination in typing of single nucleotide polymorphism, F. Takei, M. Igarashi, Y. Oka, Y. Koga, K. Nakatani: ChemBioChem, 13 (2012) 1409-1412.

[2]Assembly of a small DNA rectangular parallelepiped block into higher order nanostructures, H. Nakagawa, M. Toda, H. Atsumi, M. Hagihara, M. Hayashi-Nishino, C. Dohno, K. Nakatani: Chem. Lett., 41 (2012) 1550-1552.

[3]A Novel DANP-Coupled Hairpin RT-PCR for Rapid Detection of Chikungunya Virus, H. Chen, F. Takei, E.S.C. Koay, K. Nakatani, J.J.H. Chu: J. Mol. Diagn., 15 (2013) 227-233.

国際会議

[1]Small Molecule Interaction to RNA (invited), K. Nakatani: A3RONA 2012 Korea, 2012.5.18-20, Korea.

[2]Studies on Small Molecules Targeting RNA (invited), K. Nakatani: 2012 Telluride Science Conference on Nucleic Acids Chemistry, 2012.7.29-8.3, USA.

[3]High allelic discrimination in typing of single nucleotide polymorphisms using allele-specific hairpin primer PCR (oral), F. Takei, G. Yu, C. Dohno, K. Nakatani: ISNAC2012, 2012.11.15-17, Japan.

[4]Synthesis and application of a new modified DNA having cytosine-bulge binding fluorescent molecule (poster), G. Yu, F. Takei, T. Shibata, C. Dohno, K. Nakatani: ISNAC2012, 2012.11.15-17, Japan.

[5]Synthesis and evaluation of novel naphthyridine derivatives for binding to RNA bulge structure (poster), T. Otabe, G. Yu, F. Takei, K. Nakatani: ISNAC2012, 2012.11.15-17, Japan.

[6]Change of photochemical properties of coumarin fluorochrome induced by binding to RNA (poster), T. Tsuda, T. Fukuzumi, K. Nakatani: ISNAC2012, 2012.11.15-17, Japan.

[7]Small Organic Molecules Regulating RNA Structure and Function (invited), K. Nakatani: The First International Symposium on Biofunctional Chemistry (ISBC2012), 2012.11.28-30, Japan.

[8]Formation of Ligand-Assisted Complex of Two RNA Hairpin Loops (invited), K. Nakatani: The 7th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-7) and The 3rd New Phase International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (NICCEOCA-3), 2012.12.11-14, Singapore.

[9]Small Organic Molecules regulating RNA Structure and Function (invited), K. Nakatani: International Symposium on Challenges in Chemical Biology (ISCCB2013), 2013.1.27-29, India.

解説、総説

RNAを標的とした小分子結合リガンドの探索, 中谷和彦, 生産と技術, 大阪大学生産技術研究会, 65[1] (2013), 34-40.

国内学会

日本化学会第93春季年会

2件

科学研究費補助金

単位：千円

基盤研究(A)	8位置換プリン化合物ライブラリーの合成とリボスイッチ	15,730
中谷 和彦	リエンジニアリング	
挑戦的萌芽研究	低分子によるRNAループ間相互作用と二次構造制御	4,030
中谷 和彦		
基盤研究(B)	ヘアピンプライマーPCR法を用いたウイルスの高感度検出法に関する研究	6,760
武井 史恵		

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非均質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物分解初期過程の研究(Ⅱ)	0
吉田 陽一	広島国際大学	高精度放射線治療のためのナノ・マイクロ線量計開発	0
吉田 陽一	金沢大学	イオン液体中での電子およびホールダイナミクス	0

ナノ機能予測研究分野

小口 多美夫	シャープ株式会社	シミュレーション手法を用いた新規マテリアル設計指針の創出	920
--------	----------	------------------------------	-----

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	2,200
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

バイオナノテクノロジー研究分野

谷口 正輝	合同会社グルーオンラボ	新規電子線感光材料の作成と評価に関する研究	312
谷口 正輝	有限会社 テック・コンシェルジェ熊本	マスクレス描画装置の評価に関する研究	330

ナノ医療応用デバイス分野

中谷 和彦	古河電工アドバンストエレクトロニクス	PCRの開発	1,573
-------	--------------------	--------	-------

外国人 圏内客員教員

平成23年度予定 4月 5 6 7 8 9 10 11 12 2 3 4

ナノテクノロジー 産業分野	産業	金 成植 6/22 8/22		Hao Du 10/3 12/28	方隣東 5/10 7/29	金 碩圭 2/29 3/29
ナノデバイス		Saket Asthana	李 効民	A.K.M. Akther Hossain	金 成植	aeMa同 1n0wik
評価診断分野		5/10 7/29	8/1 9/30	10/3 12/27	12/28 H.24.2/28	2/29 3/29
ナノシステム開発 客員 教授			高柳 英明 7/1 9/30		垣内 史敏 11/16 H.24.3/31	
ナノシステム開発 客員 准教授			酒井 政道 7/1 9/30		西川 博昭 12/1 H.24.3/31	

圏外	1) Saket Asthana	[インド・インド工科大学]	客員准教授]	(徳口田 中教授)	5/10
	2) 金 成植	[韓国 釜山国立大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	7/29 5/22 8/22
	3) Hao Du	[中国 中国科学院]	客員准教授]	(徳口真晴教授)	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]	(徳口真晴教授)	10/3 12/27
	5) 金 成植	[韓国 釜山国立大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	12/28 H.24.2/28
	6) 李効民	[中国 上海珞珈酸塩研究所]	客員教授]	(徳口真晴教授)	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]	(徳口真晴教授)	H.24.1/20 2/20
	8) 金 碩圭	[韓国 釜山大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	H.24.2/21 6/29
	9) OleMartin L0wik	[ノルウェ 産 軒 斗学 研究 財団]	客員教授]	(徳口真晴教授)	H.24.2/29 3/29
圏内	1) 高柳 英明	[物質 材料研究機構 (WPIセンタ)]	客員教授]	(徳口真晴教授)	7/1 9/30
	2) 酒井 政道	[奇玉大学]	昭へ、准教授]	(徳口真晴教授)	7/1 9/30
	3) 垣内 史敏	[慶徳義塾大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	11/16 H.24.3/31
	4) 西川 博昭	[近畿大学]	客員准教授]	(徳口真晴教授)	12/16 H.24.3/31

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

ナノテクノロジー 産業応用分野		金 碩圭 2/21 6/29		Hossain Md. Altab 7/12 9/28	Bajracharya Gan B 10/1 H.25.1/8	金 成植 H.25.1/9 2/27
ナノデバイス 評価診断 分野		Hubert Ebert 4/2 6/1	Yu Jae Jun 6/25 8/24	ABDEL-MOLA Mohamed Almkar 8/27 9/26		長 山 12/14 H.25.2/15
ナノシステム開発 野客員 教授		魚住泰広 4/1 6/30		寺岡有殿 9/1 11/30		
ナノシステム開発 野客員 准教授						

圏外	1) 金 碩圭	[韓国 釜山大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	2/21 6/29
	2) Hubert Ebert	[ドイツ・ル トヴィヒマクシミア大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	4/2 6/1
	3) Yu Jea Jun	[韓国 釜山大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	6/25 8/24
	4) Hossain Md. Altab	[バングラデシュ・Rajshahi大学]	客員准教授]	(徳口真晴教授)	7/12 9/28
	5) ABDEL MOLA Mohamed Almkar	[エジプト・アシュ ト大学]	客員准教授]	(徳口真晴教授)	8/27 9/26
	6) 長 山	[中国 中圏内家古師範大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	12/14 H.25.2/15
	7) Bajracharya Gan B	[ネパ、ル・ネH ル科学技術アカデミ]	客員教授]	(徳口真晴教授)	10/1 H.25.1/8
	8) 金 成植	[韓国 釜山国立大学]	客員教授]	(徳口真晴教授)	H.25.1/9 2/27
圏内	1) 魚住 泰広	[岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所]	客員教授]	(徳口真晴教授)	4/1 6/30
	2) 寺岡有殿	[日本原子力研究開発機構]	昭へ、教授]	(徳口真晴教授)	9/1 11/30

ナノ加工室

室長（兼任）教授 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) 成果

・加工依頼

ナノ加工室が行う加工業務は、新規デバイスの開発を初めから行うこともあれば、エッチングや成膜といった、デバイス加工プロセスの一部を担当することもある。2012年度は9研究室から137件の加工依頼があったが、図1に示した依頼件数の急激な増加は、エッチングや表面処理のみの加工が増えたことによるものである。

新規開発として、2012年度はマイクロピンセットの開発を行った。干渉光が見える程度に薄くしたシリコン薄膜（厚さ数百ナノメートル）を別の基板に配置するために、先端を細くしたガラス製のマイクロピペットを利用し、ピックアップを試みた。ガラスそのものでは静電気が弱いので、樹脂でカバーしたものや、マイクロピペットから水を出し入れして、その流れや表面張力を利用したバージョンを試みた。図2に樹脂でカバーしたマイクロピペットで拾い上げたシリコン薄膜の様子を示した。

・ものづくり教室への協力

産業科学研究所技術室が夏に行っている「ものづくり教室」に、微細加工をテーマとして協力した。1日4人、3日間で12名の小中学生が、フォトリソグラフィとドライエッチング、ガラス乾板への縮小撮影を体験した。フォトリソグラフィとドライエッチングでは、ガラス基板のトレンチ構造を作製し、光の回折現象の観察に利用した。子供たちがデザインした絵をフーリエ変換し、ガラス乾板に縮小撮影することによりホログラムの再生も行った。

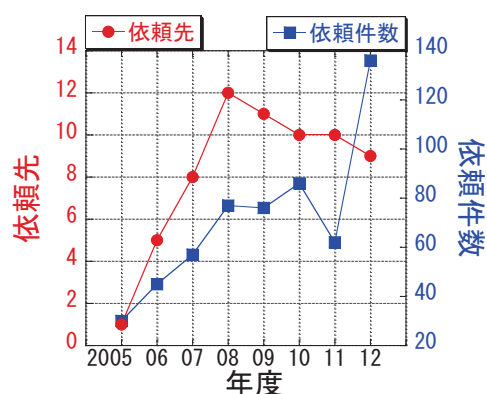


図1 2005年発足以来の活動履歴

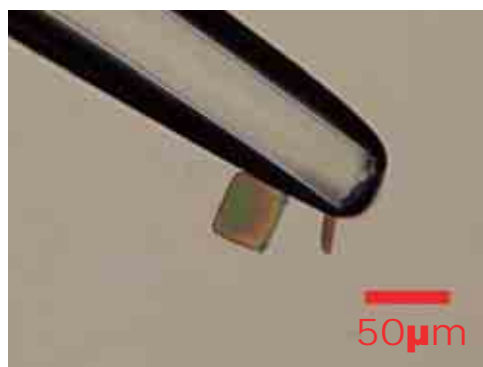


図2 シリコン薄膜を拾い上げた様子



図3 ものづくり教室の様子

ナノテク先端機器室

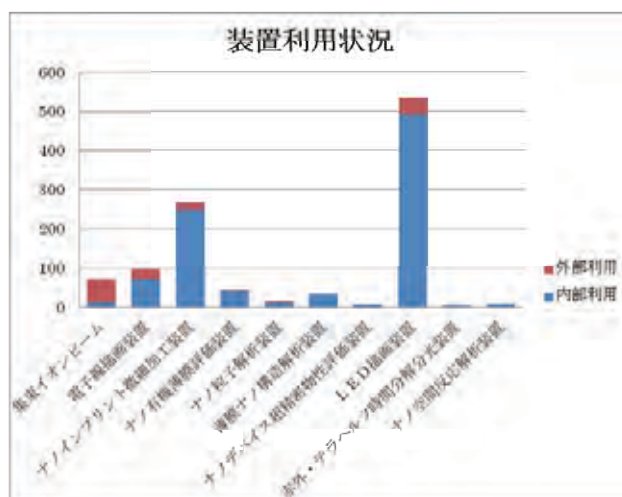
室長（兼任）教授 田中 秀和
 特任技術職員 佐久間 美智子

a) 概要

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

b) 成果

先端機器室の装置別の利用状況を右のグラフに示す。利用総数は 934 件で前年度とあまり変わっていないが、ナノインプリント、LED 描画装置といった微細加工装置の利用は大幅に増えている。また、今年度 7 月からナノテクノロジー設備共用拠点の装置としても使用されている為、産業科学研究所外部からの利用も少しずつ増えている。



ナノテクノロジー設備供用拠点

拠点長（兼任）教授	吉田 陽一	（平成 24 年 7 月 2 日～）
特任教授（兼任）	森 博太郎	（平成 24 年 7 月 2 日～）
教授（兼任）	田中 秀和	（平成 24 年 7 月 2 日～）
	谷口 正輝	（平成 24 年 7 月 2 日～）
	保田 英洋	（平成 24 年 7 月 2 日～）
特任助教	北島 彰	（平成 24 年 8 月 16 日～）
	岡 壽崇	（平成 24 年 8 月 16 日～平成 25 年 2 月 28 日）
特任研究員	柏倉 美紀	（平成 24 年 8 月 1 日～）
	樋口 宏二	（平成 24 年 8 月 1 日～）
	Dang Nguyen Tuan	（平成 25 年 3 月 1 日～）
	谷口 隆	（平成 24 年 3 月 16 日～）
事務補佐員	下満 恭子	（平成 24 年 11 月 1 日～）
派遣職員	植村 理絵子	（平成 24 年 11 月 1 日～）

a) 概要

文部科学省委託事業「ナノテクノロジープラットフォーム事業（以後“本事業”と略す）」は、大きな期待がかかる真に新しいナノ材料やナノデバイス等の創出に貢献し、また、地域の企業や研究機関との有機的な連携等を深めることを目的とする。本事業に参画する大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点（以後“当拠点”と略す）は、当拠点が保有する微細構造解析、微細加工、分子・物質合成の3つのプラットフォームを複合化させ、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。

本事業は3つのプラットフォームとセンター機関とで構成される。プラットフォーム参画機関は全国に25機関（センター機関含む）延べ37箇所あり、各参画機関は①微細構造解析、②微細加工、③分子・物質合成の各プラットフォームのうちいずれかに属して研究支援を行うとともに、支援課題によっては機関を超えてプラットフォーム全体で連携して支援を行う。当拠点は①②③の3つのプラットフォームに属しており、プラットフォーム内での連携以外に当拠点内でも機能を一貫して以下のプロセス支援を行っている。

① 微細構造解析プラットフォーム

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

② 微細加工プラットフォーム

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

③ 分子・物質合成プラットフォーム

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

b) 成果

本事業による国内外・学内外のナノテクノロジー研究をサポートする先端共用施設として、産業科学研究所が保有する微細加工と分子・物質合成（薄膜合成）、そして超高压電子顕微鏡センターが保有する微細構造解析の3つのプラットフォームを融合・複合化し、ナノスケールプロセスやナノ構造・機能

の解析に必要な施設・装置・技術等の提供による総合的な研究支援を行った。

本年度は本事業の初年度であり、当拠点では3プラットフォーム合計で延べ110件の支援をしてきた。なお、当拠点が保有する①微細構造解析、②微細加工、③分子・物質合成、の3プラットフォームによる平成24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24年度の支援課題件数（成果公開事業（成果公開猶予を含む））

	微細構造解析				微細加工				分子・物質合成				合計			
	学	産	独	計	学	産	独	計	学	産	独	計	学	産	独	計
技術相談	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
技術代行	1	0	0	1	4	1	0	5	1	1	0	2	6	2	0	8
技術補助	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
共同研究	16	1	5	22	4	1	0	5	4	0	0	4	24	2	5	31
機器利用	12	6	0	18	28	1	3	32	19	0	1	20	59	7	4	70
合計	30	7	5	42	36	3	3	42	24	1	1	26	90	11	9	110

企業・他大学関係者の事業広報その他活動紹介のため、学外からの訪問者による施設見学を受け入れた。平成24年度の施設見学は表-2の通りである。

表-2：施設見学（産業科学研究所側施設、プラットフォーム関係者・施設利用の打合せを除く）

年月	訪問者（団体）	対象	人数
平成24年10月	大阪大学産業科学研究所外部評価委員	企業、他大学、公的機関など	6
平成24年11月	地域企業関係者	企業関係者	6
平成24年11月	Universiti Putra Malaysia	国外大学	4
平成24年12月	「機能性酸化物による新奇ナノエレクトロニクス創製」勉強会	企業関係者	15
平成24年12月	imec	国外機関	3

また、産業科学ナノテクノロジーセンターの一施設として「nanotech2013」（平成25年1月30日～2月1日）に出展し、活動内容の紹介を行った。

オープンラボラトリー

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

オープンラボラトリーは、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、2012年度は以下に示す11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
森島圭祐 教授	工学研究科	田川精一 特任教授	産業科学研究所
澁谷陽二 教授	工学研究科	竹谷純一 教授	産業科学研究所
箕島弘二 教授	工学研究科	松本和彦 教授	産業科学研究所
山崎義光 招聘教授	医学系研究科		

編集後記

年次報告書、Vol.11 を発行いたします。早や、発足以来 11 年が過ぎ、当センターの陣容も年々充実してきました。その結果、多彩な優れた成果を生むに至っています。編集するに当たって、組織の威容を認識すると同時に、更なる発展を目指し、構成員個々の責任を痛感するところです。

吉田、谷口、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. 11 2012

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 25 年 3 月 31 日

印刷：

■発行日 2013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>