

ANNUAL RESEARCH REPORT

Vol.4

研究成果報告書 第4巻(2005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組織図	2
全体会議	3
国際会議	4
ナノテクノロジーセンター研究会	10
加速器量子ビーム実験室成果報告会	11
SRC	15
RF 電頭	16
加速器量子ビーム実験室 (ソフト)	17
加速器量子ビーム実験室 (ハード)	18
ナノテック 2006	20
総合学術博物館第 4 回企画展参加	21
尼崎市立立花公民館ナノテック講演	22
ナノマテリアル・デバイス研究部門	
人工生体情報ナノマテリアル分野	23
単分子素子集積デバイス分野	40
超分子プロセス分野	59
ナノバイオデバイス分野	70
ナノ量子ビーム研究部門	
量子ビームナノファブリケーション分野	83
ナノ量子ビーム開発分野	96
ナノビームプロセス分野	102
ナノテクノロジー産業応用研究部門	
環境調和ナノマテリアル分野	115
計算機ナノマテリアルデザイン分野	128
ナノバイオ知能システム分野	142

ナノ構造機能評価部門

ナノ構造多次元評価分野	151
表面ナノ構造プロセス評価分野	158
量子マテリアルデバイス機能評価分野	169
客員教官・学内兼任教授	179
加速器量子ビーム実験室	194
電子顕微鏡室	196
電子プロセス室	197
ナノ加工室	198
ナノテクノロジープロセスファクトリー	199
オープンラボラトリー	203
来訪者	206
産業科学ナノテクノロジーセンター 事務補佐員	207

センター長の挨拶： 次なるステップを目指して

岩崎 裕

産業科学ナノテクノロジーセンターの4年目の成果をお届けします。マテリアル・デバイス、量子ビーム応用、産業応用、評価・プロセスの研究を推進する4部門、16の研究分野(2外国人客員部門、1国内客員部門を含む)は、本研究報告書にありますようにナノサイエンス、ナノテクノロジーに貢献する重要な研究成果を挙げております。また、センター付属の加速器量子ビーム実験室の新強力極超短時間パルス放射線発生装置を昨年完成し、高性能・高機能化し、全国共同利用に供しています。

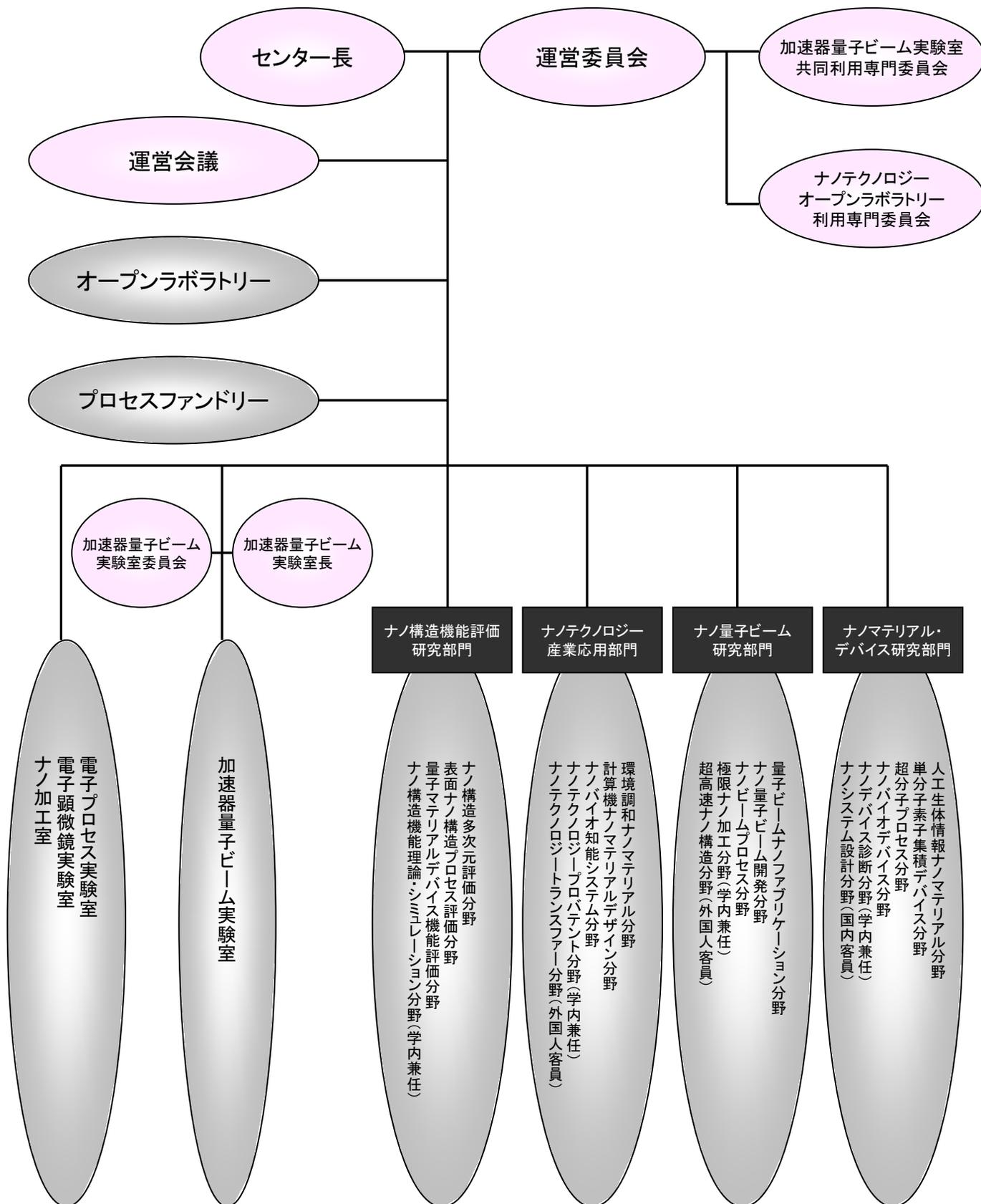
ナノテクセンター研究会は、昨年引き続き、若手教員を中心に全国のナノサイエンス、ナノテクノロジーの研究交流の実を挙げております。加速器量子ビーム実験室では、研究成果報告会などを多数開催しています。ナノテクセンター国際シンポジウムは、今年度は ナノマテリアル・デバイス研究部門が中心となり、第1回阪大ナノサイエンスナノテクノロジー国際シンポジウムを共催する形で開催し、本センターの国際的情報発信を行うとともに全学でのナノテクノロジーの研究推進に大きな貢献を行いました。外国人、国内客員部門では、延べ約16名の研究者を招き、共同研究の推進やナノテク講座などを開講しました。4人の学内兼任教授には、センター研究会・国際シンポジウム等の機会を通じ、研究交流を推進していただきました。ナノテク総合研究棟の約半分の面積のオープンラボラトリーは、8割強の稼働率で、全学のナノテクノロジー研究推進に貢献しています。文部科学省のナノテクノロジー総合支援プロジェクトの一環として、本センターにプロセスファウンドリーが置かれ全国のナノ加工プロセスを支援しています。今年度、本センターでは、産業科学研究所のナノ加工を支援するナノ加工室を発足させ、併せてセンター基盤整備案を策定しました。

今年度は、多数の見学者の来訪を受けました。高校生(8高校300名余)、学会、文科省、国内外企業、外国ナノテクセンター・大学など、幅広く本センターを紹介、意見交換できる機会が持たれ、情報発信と社会貢献を行いました。また、総合学術博物館第4回企画展、ナノテック2006に参加しました。ナノサイエンス・ナノテクノロジー高度学際教育プログラムには、本センターとしても産業科学研究所の一員として大きな貢献を行いました。

大阪大学の中期計画で掲げられている、大阪大学が「ナノテクノロジー研究推進において我が国の中心的役割を担う研究教育を推進する」という目標に貢献するため、本センターでは上記のように、次世代ナノファブリケーション・材料・デバイスの研究推進、ボトムアップ・トップダウンのナノテクノロジーに関する総合的基礎技術および産業応用に取り組んでいます。今後これらの成果を踏まえ、広範な領域にわたる普遍的な現象の抽出と理解、ナノテクノロジーの研究を更に深く掘り下げながら、研究を推進し次なるステップを目指します。

ここに纏めました成果は、センターの研究者のたゆまない努力と、学内外の多くの研究者の協力の結果です。本報告書をお読みいただき、御意見やコメントを頂けましたら幸いです。今後とも皆様のご支援、ご鞭撻をお願いいたします。

産業科学ナノテクノロジーセンター組織図



センター全体会議

平成17年5月13日に、産研講堂に於いて当センターの全体会議を開催した。はじめに、平成16年度のセンター活動の総括を行い、次に平成17年度活動計画の紹介が為された。新たな組織として後述するナノ加工室の発足に関して岩崎センター長より説明が為され、その後、各研究部門の紹介が行われた。その他、平成16年度の報告として、加速器量子ビーム実験室成果報告会に関して磯山教授、センター研究会に関して田畑教授、産業科学ナノテクノロジーセンター国際シンポジウムに関して弘津教授の報告が為された。最後は、新任の方々の紹介があり、懇親会へ繋げられた。

ナノテクセンター国際シンポジウム2006

Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium

~ Fusion of IT・ M&BT・ NT・ Design ~

今年度のナノテクセンター国際シンポジウムは、全学の組織であるナノサイエンス・ナノテクノロジー研究推進機構が主催する国際シンポジウムと共催する形で、「阪大ナノサイエンスナノテクノロジー国際シンポジウム」と題して平成18年1月30日～2月1日の3日間、銀杏会館にて実施された。

大阪大学には、数多くのナノサイエンス・ナノテクノロジー研究グループがあり、ナノ研究推進機構企画推進室と密接に連携している。今年度は、ナノ領域に於ける阪大の顔として、学内研究者の相互交流、国際拠点としての情報発信を目的として、国際シンポジウムを企画した。今年度の企画では、産研が標榜する融合ナノテクノロジー国際拠点および、計算機ナノマテリアルデザイン、機能性有機分子を用いたナノ構造の構築と機能制御、物質科学融合国際拠点構想、ナノITの創出など、阪大の複数の部局にまたがる各プロジェクト研究の内容と方向性の説明・討論に焦点を当て、部局横断学際融合性とナノ高度学際教育研究訓練プログラムへの参画の可能性、目指す組織の学内的位置づけ等についても含めた、大阪大学のナノサイエンス・ナノテクノロジーグランドデザインの将来的方向付けと協力体制構築について全学的規模で意見を交換しあうために、阪大ナノサイエンスナノテクノロジー国際シンポジウムを実施した。

シンポジウムには学外招待講演者12名を含む44件の口頭発表と、約60件のポスター発表がなされた。3日間合計で250名近い参加者があった。特に海外(韓国、米国、香港、ドイツ、フランス、スペイン)から7名の招待講演者を招いて密度の濃い討論を行った。特に、最終日(2/1)の午後に部局横断型連携、国際連携などについて情報交換・意見交換するために特別セッション(Perspective toward Collaboration and Cooperation)を開催した。

今回の国際シンポジウムが非常に有益だったので、参加グループを拡大し、平成18年度に第2回の国際シンポジウムを開催して、部局横断型連携、国際連携などをさらに推進することが決定している。



オープニング挨拶をする馬越副学長と森田教授（工学研究科）



パネルディスカッション風景（左から 田中係長、岩崎センター長、桑原助教授（工学研究科）
森田教授（工学研究科）



パネルディスカッション風景（左から 赤井教授（理学研究科）、Dr.P.H.Dederichs
(Julich)、伊藤教授（基礎工学研究科）、Dr.V.H.Etgens(Paris 第6大学)

Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium

~ Fusion of IT· M&BT· NT· Design ~

January 30 (Mon)

10:00 - 10:20 **Opening Remarks**

Y. Umakoshi (Osaka University)

S.Morita (Osaka University)

【SessionA】 Nano-molecule and Nano-Bio technology

The Nanoscience and Nanotechnology Center, ISIR

10:20 - 12:00 **K. Tanizawa (ISIR, Osaka University)**

Nanobiology

S. G. Kim (Seoul National University)

Development of Novel Anticirrhotic Agent: The Role of RSK-Mediated C/EBP Activation

Y. Katayama (Kyushu University)

Intracellular signal-responsive gene delivery for cell-specific gene therapy

12:00 - 13:00 **Lunch**

13:00 - 14:40 **T. Kawai (ISIR, Osaka University)**

Single-Molecular Integration

J.A.Roger (University of Illinois)

H.Sakaguchi (Shizuoka University)

Electrochemical Epitaxial Polymerization of Single-Molecular Wires

14:40 - 14:55 **Break**

14:55 - 15:35 **H. Tabata (ISIR, Osaka University)**

Fusion Technology of Bio & Oxide Electronics (Bio nano electronics)

M.J.Schoening (Aachen University)

Recent advances in biologically sensitive field-effecttransistors (BioFETs)

T.Haruyama (Kyushyu Inst. Tech.)

Surface sensitive nano-bio sensing

16:40 - 18:00 **Poster Session 【Session F】**

January 31 (Tue)

- 10:00 - 10:20** **H. Sasai (ISIR, Osaka University)**
New Concepts for Immobilization of Asymmetric Catalysts
- 10:25 - 10:55** **P. Toy (Hong Kong University)**
Polymer-Supported Arsines and Phosphines and their Use in Palladium-Catalyzed Reactions
- 10:55 - 11:10** **Break**
- 11:10 - 11:30** **T. Takata (Tokyo Inst. Tech.)**
Supramolecular Architecture Using Wheel and Axle: Synthesis and Functionalization of Rotaxanes
- 11:35 - 11:55** **Y. Tsuji (Hokkaido University)**
Nano-sized Transition-metal Molecular Catalysts

【Session B】 Computer Material Design

The Institute of Science and Industrial Research

- 13:30 - 13:50** **H. Katayama-Yoshida and K. Sato**
Materials design for Semiconductor Spintronics and JSPS core-to-core Program
- 13:50 - 14:10** **H. Akai**
Computational Nano-Materials Design Center and CMD
- 14:10 - 14:30** **H. Kasai**
Nano-Structure Surface Dynamics and Materials Design
- 14:30 - 14:50** **Y. Morikawa**
Materials Design for Moltronics
- 14:50 - 15:20** **P. H. Dederichs (Invited Speaker)**
Ab initio electronic structure calculation and Research Training Network

【Session C】 Fabrication, Anticipation/Control of Functionalities and Device Application for Nanoscale Structure

Graduate School of Engineering

- 15:20 - 15:40** **K. Hirose and T. Ono**
Theoretical Calculations of Electron-Conduction Properties for Nanoscale Structures
- 15:40 - 16:00** **K. Endo and K. Arima**
Atomic-scale Control of Semiconductor Surfaces in Aqueous Environment for Nanoscale Devices

16:00 -16:20 **Y. Kuwahara and A. Saito**
Development of Noble Methods for Nanoscale Functional Analysis

16:20 - 16:40 **M. Morita**
Development of Characterization Methods of Biomolecules by Semiconductor
Devices

Banquet

【Session D】 Fusion of Multi-Disciplinary Materials Science

Graduate School of Engineering Science, Research Center for Material Science
at Extremely Conditions, Research Center for Solar Energy Chemistry

February 1 (Wed)

9:00 - 9:20, **T. Itoh and M. Ashida**
Education, Training and Research Program for Nanoscience and Nanotechnology
Unconventional Optical Properties of Semiconductor Quantum Dots

9:20 - 9:40, **Y. Suzuki, M. Shiraishi, and M. Mizuguchi**
(Engineering Science),
S. Yuasa, K. Ando (AIST)
Spintronics and Nanotechnology

9:40 - 10:00, **M. Takai, F. Wakaya, S. Abo, and K. Murakami**
Fabrication of Vacuum Nanoelectronics Devices Using Beam Processing

10:00 - 10:20, **T. Hirai and Y. Shiraishi**
Nanostructural Design for Selective Photocatalytic Conversion

10:20 - 10:50, **V. Etgens (Institut des Nanosciences de Paris - CNRS)**
MBE Growth of MnAs/GaAs/MnAs and Study of Spin Polarized Transport STM,
TEM Measurements

【Session E】 Creation of Nano-IT

Graduate School of Engineering

February 1 (Wed)

- 11:00 - 11:20** **M. Abe, Y. Sugimoto, O. Custance, and S. Morita**
Toward Artificial Nanostructuring Using Mechanical Atom Manipulation
- 11:20 - 11:40** **T. Ito, T. Teraji, and K. Sakai**
Fabrication of Nano-Structured Functional Devices with Frontier
Materials
- 11:40 - 12:00** **H. Aoki, C. Kimura, and T. Sugino**
Advanced Surface due to Nano-Modification for Device Application
- 13:30 - 13:50** **M. Ozaki and A. Fujii**
Nano-Photonic Devices based on Advanced Molecular Materials
- 13:50 - 14:10** **T. Suhara, M. Fujimura, and M. Uemukai**
Research on Integrated Photonic Devices Using Semiconductor
Nanostructures
- 14:10 - 14:30** **M. Morifuji, M. Kondow, H. Momose, and N. Mori**
Nano-Laser Made of Photonic Laser
- 14:30 - 14:50** **Y. Kamakura, T. Tatsuoka, and K. Taniguchi**
Numerical Simulation of Electron Transport in Nano-Scale Devices
- 14:50 - 15:10** **W.-J. Song, T. Yagi, and M. Osanai**
Single Neuron Computation and Neural Information Processing
- 15:10 - 15:30** **Y. Mori, M. Yoshimura, and T. Sasaki**
Development of the Functional Crystals for Nano and Information Technologies
- 15:30 - 15:50** **S. Honda and M. Katayama**
Carbon Nanotube-Based Diagnosis for Environment-, Bio-, and Nano-Technologies
- 15:50 - 16:20** **R. Perez (Universidad Autonoma de Madrid)**

【Session G】 Panel Discussion

February 1 (Wed) 16:30 -

ナノテクノロジーセンター研究会

平成 17 年 1 月 8, 9 日の両日、今年度で第 2 回となる標記研究会「ナノテクノロジーの理論と実践、応用に向けた新たな課題」を実施し、大変多くの方々の参加を得た。参加者は、所内ばかりでなく所外からの参加者も多数お出で頂き、延べ 100 名を越える盛況になった。一同、世間のナノテクへの関心の高さを実感している。

研究会は 4 つのセッションで構成し、
「ナノバイオデバイスの機能・設計・構築」、「量子ビームによる微細加工技術と技術課題」、「ナノテクノロジーとマテリアルデザインの産業界への応用」、および「ナノ構造創成と新規量子機能の発現」である。それぞれのセッションで、全国から選りすぐられた講師の方々を招き、最新のナノテク研究の成果が発表された。当日の講師の方々の貴重なプレゼン資料はファイルにして貴重な CD となって配布された。今後とも本研究会は継続する予定である。



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
加速器量子ビーム実験室
平成17年度研究成果報告会

開催日 2006年3月13日(月)

場所 大阪大学産業科学研究所講堂

900-905 開会の挨拶 加速器量子ビーム実験室長 磯山 悟朗(阪大産研)

905-945 座長 真嶋哲朗

招待講演 「STM低速電子ビーム励起有機薄膜分子発光」○岩崎裕、劉虹うえん、家裕隆、西谷龍介、安蘇芳雄

945-1030 座長 荒井重義(元京都工繊大教授 ヒルリサーチ代表)

15分「ピコ秒・ナノ秒パルスラジオリシスの開発：スペクトル計測システム」○佐伯昭紀、古澤孝弘、関修平、田川精一

15分「超微細加工材料の放射線化学反応機構の研究」○古澤孝弘、佐伯昭紀、岡本一将、中野温朗、山本洋揮、紫垣匠、田川精一

15分「パルスラジオリシス法による共役分子の構造と電荷輸送特性評価」○関修平、田川精一、持田邦夫

1030-1110 座長 田川精一

招待講演 「透明ポリイミドの合成と光・電子線照射による屈折率制御」山下俊(東京理科大・理工・助教授)

15分休憩

1125-1210 座長 長村利彦(九大工・教授)

15分「パルスラジオリシスによるシクロファンダイマーラジカルカチオン」○藤塚守、真嶋哲朗

15分「パルスラジオリシスによるトリアリールフォスフィンラジカルカチオンの反応」○藤乗幸子、立川貴士、藤塚守、真嶋哲朗

15分「パルスラジオリシスによるシクロデキストリン包摂分子の一電子酸化」○立川貴士、藤乗 幸子、藤塚守、真嶋哲朗

昼休み 1210-1330

ポスターセッション 1330-1430

「DNA マイナージェルにおけるピレンダイマーラジカルカチオンの形成」川井清彦、藤乗幸子、藤塚守、○真嶋哲朗

「パルスラジオリシスによるECL分子の高効率発光」○佐守真悟、藤乗幸子、藤塚守、真嶋哲朗

「ナノ秒パルスラジオリシスによるイオン性液体中の溶媒和電子挙動の研究」○楊金峰、永石隆二、近藤孝文、吉田亮、吉田陽一

「等価速度分光法パルスラジオリシスの開発」○近藤孝文、楊金峰、吉田亮、吉田陽一

「反応解析用シンチレータに関する研究Ⅱ」○細野米市、中沢正治、吉田陽一、楊金峰、近藤孝文

「微粒子懸濁水への放射線照射による水素発生過程のパルスラジオリシスによる検討」○小嶋崇夫、高柳健太郎、楊金峰、近藤孝文、奥田修一、吉田陽一

「SASEによるX線レーザーの基礎研究」○今教禎、榎園秀土、柏木茂、加藤龍好、井合哲也、笠間大輔、末峰昌二、磯山悟朗

「高輝度電子ビームの発生と特性測定」○笠間大輔、柏木茂、加藤龍好、井合哲也、榎園秀土、今教禎、磯山悟朗

「OTRによるウェーク場とバンチ構造の評価」○加藤龍好、井合哲也、柏木茂、榎園秀土、今教禎、笠間大輔、磯山悟朗

「陽電子寿命測定法による解離型電子捕捉反応の研究」○木村徳雄、菅田義英、田川精一、磯山悟朗

「放射線照射による遺伝子損傷の分子機構」○小林一雄、山上隆平、田川精一

「パルスラジオリシス法を用いた生体反応の研究」○小林一雄、田川精一

「パルスラジオリシス法による銅含有酵素における分子内電子移動過程;*Hyphomicrobium denitrificans* 由来亜硝酸還元酵素のタイプ1銅の役割」○鈴木晋一郎、前谷武彦、山口和也、小林一雄、田川精一

「低温マトリクス中ガンマ線照射によるベンゼン誘導体 トリマーラジカルカチオンの生成」○岡本一将、関修平、田川精一

「フッ素系樹脂の酸発生機構」○山本洋揮、古澤孝弘、岡本一将、佐伯昭紀、田川 精一、安藤 友之(東京応化)、佐藤充(同)、駒野博司(同)

「放射線を利用した水晶体及び硝子体の老化に関する研究」○泉佳伸、朴明珠、北島直司、嶋田聖、松尾陽一郎、秋山庸子、武田真一、西嶋茂宏

「パルスラジオリシス法による共役分子の構造と電荷輸送特性評価」○関修平、田川精一、持田邦夫

「 γ 線照射されたメタンハイドレート中でのメタン分子の変化」○石川謙二、谷篤史、大塚高弘、中嶋悟

「Gamma-ray Irradiation Effects of Ethane and Ethylene Hydrates」 Kei Takeya, Kouhei Nango, Atsushi Tani, Takeshi Sugahara, Kazunari Ohgaki

「分裂酵母における減数分裂特異的なコイルドコイルタンパク質群の機能解析」○斉藤貴宗、奥崎大介、東岸任弘、野島博

「染色体動態の制御に関与する第3のSMC複合体(SMC5/6)の組換え修復における役割」○森下卓、宮部泉、菱田卓、品川日出夫

「風成塵の粒径・ESR信号強度に基づくアジアモンスーン変動の復元」○長島佳菜、多田隆治、谷篤史、豊田新、木戸芳樹

「プロパンハイドレートの γ 照射効果」仲辻健太郎

「核融合炉環境における液体Li用絶縁コーティング材料への照射効果」○田中照也、永安怜、松浦良太郎、澤田明彦、池田稔治、佐藤文信、鈴木晶大、室賀建夫、飯田敏行

「 γ 線および重粒子線照射による突然変異誘発効果の比較検討」○松尾陽一郎、西嶋茂宏、池田稔治、清水喜久雄

「石英中の紫外線誘起ゲルマニウム中心の2段階変化」○服部渉、桂誠、山中千博

「ガンマ線を利用した複合ナノ粒子の合成とその応用」○清野智史、木下卓也、垣見勇樹、河部好信、中川貴、山本孝夫

「放射線の照射が視床下部グルタミン酸神経系に及ぼす影響」○山本浩一・山本隆史・大和谷 厚

「放射線皮膚障害発症におけるヒスタミンの役割」○山本浩一・森安彩子・大和谷 厚

1430-1510 座長 真嶋哲朗

招待講演 「有機電界トランジスタ(OFET)材料の最近の進歩」大坪徹夫(広島大工・教授)

1510-1540 座長 伊藤義郎(長岡技術科学大学機械系・教授)

15分「S-バンドフォトカソードRF電子銃ライナックの開発現状」○楊金峰、近藤孝文、吉田亮、古澤孝弘、菅田義英、吉田陽一、田川精一

15分「フォトカソードRF電子銃ライナックを用いた医療利用の為の強度変調電子線パルス発生の研究」○近藤孝文、楊金峰、吉田亮、吉田陽一

15分休憩

1555-1635 座長 吉田陽一

招待講演 「電子ビームを用いた環境保全技術」小嶋拓治(日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研・研究主席)

1635-1720 座長 石井武比古(東大名誉教授)

15分「赤外FELによるテラヘルツ波源開発」○加藤龍好、柏木茂、井合哲也、榎園秀土、今教禎、笠間大輔、末峰昌二、磯山悟朗

15分「高強度低速陽電子ビームの生成・高輝度化に関する検討」○譽田義英、広瀬正佳、木村徳雄、楊金峰、吉田陽一、田川精一、磯山悟朗

15分「集束型ウイグラー開発の基礎研究」○柏木茂、野田孝典、榎園秀土、今教禎、笠間大輔、加藤龍好、磯山悟朗、山本樹、土屋公央

1720-1800 座長 磯山悟朗

招待講演 「KEK-PFにおける挿入光源の開発」山本樹（高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研・助教授）

1800-1825 コメント

1825-1830 閉会の挨拶 田川 精一（阪大産研）

1830-懇親会

世話人 大阪大学産業科学研究所 真嶋哲朗

〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘8番1号

電話 06(6879)8495 FAX 06(6879)8499

majima@sanken.osaka-u.ac.jp

先端放射線化学シンポジウム2005

— プラズマやダストが関与する反応過程の基礎と応用 —

吉田 陽一（量子ビームナノファブリケーション分野）

産業科学産業科学ナノテクノロジーセンターと日本放射線化学会の共同主催による上記シンポジウムが6月4日（土）に産研講堂で開催されました。

次世代半導体やナノ材料を創製するためには、高度に制御されたプラズマ技術が必要とされており、プラズマ化学気相成長法（PECVD）やエッチングなど、荷電粒子やラジカルの気相および固体表面における反応過程を理解することが重要となります。そこで、本シンポジウムでは、物理学・化学・天文学・工学など幅広い分野の研究者が参加し、プラズマ中の反応過程や、プラズマを応用した種々の薄膜形成技術に関連する4件の招待講演とポスター発表が行われ、熱心な議論が行われました。なお、本シンポジウムは、日本化学会、日本原子力学会、物理学会、応用物理学会、原子衝突研究協会等の共催でおこなわれました。また、終了後には懇親会も開催され、異分野間の交流と親睦を深めることができました。



写真1：口頭発表の会場
（阪大産研の講堂）

写真2：ポスター発表
（熱心なディスカッションの様子）



第3回高周波電子銃研究会

— 高輝度電子ビーム開発とナノサイエンス —

楊 金峰（量子ビームナノファブリケーション分野）

産業科学産業科学ナノテクノロジーセンター主催による第3回高周波電子銃研究会が11月16日～17日に産研講堂で開催されました。

高輝度電子ビームは極限ナノファブリケーションの研究に不可欠な手段であります。高周波電子銃を利用した極短パルス電子ビームの開発は、ナノ空間内の極短時間領域での反応解析、ビームナノプロセスの研究に大きく貢献しています。本研究会の性質は報告会ではなく、現状と問題点をあらいだし、将来の方向性を示し、可能ならば実質的な作業グループへと発展することを目指した。発表に関連する分科は、①加速空洞とカソードの物理、②レーザーと同期技術、③ビーム物理、ビーム測定技術、と④RF電子銃の利用と最適化設計の4科目となり、口頭発表だけではなく、ポスターディスカッションも行った。議論の進めかたとして、各分科について発表を行い、まとめ役が各発表をうけて現状をまとめ、さらに問題点を指摘した。また、それを基に、参加者で議論を深め、高輝度電子ビームの開発とナノサイエンスの今後の方向を見出すことができた。



写真1：口頭発表とポスター発表の会場
(阪大産研の講堂)

写真2：加速器量子ビーム実験室の見学会



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

加速器量子ビーム実験室研究会

「量子ビームの化学的利用によるナノサイエンス」

加速器量子ビーム研究および関連研究を行っている第一線の外部からの研究者と、産研加速器量子ビーム実験室に所属する教職員が参加して、量子ビームの化学的利用によるナノサイエンスと題する研究会を、2005年11月14日（月）に、大阪大学産業科学研究所講堂にて開催した。外部からの招待講演者と講演題目は、Byeang Hyeon Kim 教授 (POSTEC, Korea) “Chemical Modification of Nucleic Acid”、平塚浩士教授 (群馬大) 「有機ケイ素化合物の励起状態動力学」、山路稔助教授 (群馬大) 「ビーム誘起結合解離反応」であった。また、実験室の運営委員である小林 光教授に「硝酸酸化法によるシリコンの低温酸化と液晶ディスプレイへの応用」と題するご講演をいただいた。産研内部の講演者と講演題目は、小林一雄「DNA 放射線損傷における Clustered Damage」、川井清彦「パルスラジオリシスによる DNA の化学」、藤塚守「パルスラジオリシスによる機能性分子の化学」、関修平「量子ビームによる σ 共役分子の電子状態分析と電荷輸送特性」、立川貴士「パルスラジオリシスによるシクロデキストリン包摂分子の化学」、佐伯昭紀「時間分解マイクロ波伝導度・光過渡吸収によるペンタセン薄膜での電荷移動度」、藤乗幸子「パルスラジオリシスによる TiO_2 光触媒の化学」、古澤孝弘「化学増幅型レジストの反応中間体の空間分布に関する研究」であった。

第4回加速器量子ビーム実験室研究会

「高輝度・高安定・極短パルス量子ビームの発生とその基盤技術」

第4回加速器量子ビーム実験室研究会は、「高輝度・高安定・極短パルス量子ビームの発生とその基盤技術」と題して、平成18年1月16日に産業科学研究所・講堂で開催され、40名近い参加者が集まった。

今日のナノサイエンスの領域では量子ビームを用いたナノビームサイエンスと呼ばれる分野が確立されつつある。この分野では、量子ビームと総称される電子・陽電子ビーム、放射光、レーザーなどを用いて、ナノ空間解析やフェムト秒に至る極短時間領域での反応解析などの研究が進められると同時に、量子ビームを用いたトップダウンによるナノファブリケーション研究も進められている。これらの先端的な研究を押し進めるためには量子ビームの高輝度化、高安定化、極短パルス化が必要不可欠であり、これらを支える基盤技術の開発が重要な意味を持つ。本研究会では、最先端のビームサイエンスを支える研究機関の方々に招待講演をお願いし、前述のテーマに添った形で御講演戴いた。本研究会の講演プログラムを下記に記載させていただく。

研究会の最初のセッションでは、光陰極 RF 電子銃による極短パルス電子ビームの発生や、レーザー・プラズマ加速によるさらに短い電子バンチの発生の研究、カーボンナノチューブを用いた高輝度電子銃開発、挿入光源の内部で電子ビームの輝度を高めることができる強集束ウイグラーの開発等が論じられた。

2番目のセッションでは、特別講演としてユーザーに適応して適切な挙動を示すシステムの構成手法が紹介され、その手法に基づいた自動編曲や自動作曲の例が示された。また、45nm ノードのリソグラフィ用極短紫外光源の開発状況とその課題について論じられた。

第3セッションでは、線形加速器でビーム安定度の0.02%の実現、FEL 発振の安定化ための研究、高輝度低エミッタンスを実現し得る次世代 ERL 光源が紹介された。

最後のセッションでは、電磁石電源や静電型モニターの低雑音化の手法が紹介され、低速陽電子ビームを用いた利用研究、低速陽電子ビームの短パルス化・高輝度化が議論された。

研究会終了後、招待講演者の先生方を交え、同会場において懇親会が開催された。この場においても、加速器を用いた量子ビームの性能向上と、それを利用した研究について多くの意見が交わされ、研究会開催の異議は十分に達成されたと考える。

プログラム

開会の挨拶	大阪大学産業科学研究所 加速器量子ビーム実験室長	磯山悟朗
	座長	大阪大学産業科学研究所 古澤孝弘
「フェムト秒超短パルスの発生と応用」	大阪大学産業科学研究所	楊 金峰
「遠赤外 FEL のための強集束ウィグラーの開発」	大阪大学産業科学研究所	柏木 茂
招待講演 「KEK 入射器における電子銃の研究」	高エネルギー加速器研究機構	大沢 哲
招待講演 「レーザー・プラズマ加速器によるパルスラジオリシス」	大阪大学産業科学研究所	小方 厚
	座長	大阪大学産業科学研究所 吉田陽一
特別講演 「構成的適応インタフェースのナビゲーション、音楽感性、化学構造解析への応用」	大阪大学産業科学研究所	沼尾正行
招待講演 「EUV 光源開発の最近の動向」	技術研究組合極端紫外線露光システム技術開発機構	遠藤 彰
	座長	大阪大学産業科学研究所 加藤龍好
招待講演 「SPring-8 線型加速器の改良-理想の入射器を目指して」	高輝度光科学研究センター	花木博文
招待講演 「日大FEL用リニアックの安定化とその現状」	日本大学電子線利用研究施設	田中俊成
招待講演 「エネルギー回収型リニアックによる新しい光量子源」	日本原子力研究開発機構	羽島良一
	座長	大阪大学産業科学研究所 磯山悟朗
招待講演 「電磁石電源の低雑音化、静電型ビームモニターの低雑音化、及び、余談(サイクロトロン磁場の安定化、環境温度に耐える医療用リニアック)」	大阪大学核物理研究センター	佐藤健次
招待講演 「高エ研 低速陽電子実験施設 (KEK-SPF) の現状」	高エネルギー加速器研究機構	栗原俊一
「電子ライナックを用いた高輝度短パルス陽電子ビームの生成に関する検討」	大阪大学産業科学研究所	誉田義英
閉会の挨拶	大阪大学産業科学研究所	吉田陽一

Nanotech 2006 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議

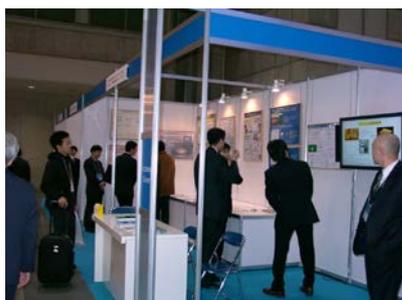
- 平成17年度産研・原子力工学専攻21世紀COE新規事業 -

Nanotech 2006 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議(主催:Nanotech実行委員会)が平成18年2月21日(火)~23日(木)、東京ビッグサイトにて開催された。この展示会は、近い将来20兆円を超える産業へと発展すると見込まれるナノテクノロジー分野について、国内・海外から、研究開発から周辺産業、製品までを発表、展示する世界最大のナノテクノロジー総合展示会である。昨年を上回る3日間で4万5千人を超える来場者があり盛大に開催された。

21世紀COEプログラムでは、新規事業の一環として、この展示会に出展ブースを確保し、21世紀COEプログラムの成果を展示し、内外に広くアピールした。大阪大学産業科学研究所は「産業に必要な先端的な事項で材料、情報及び生体に関するものの総合的研究」を目的としている。このような総合的研究の中から生まれたナノテクノロジー



センターは、材料、情報及び生体の3つの分野からナノテクノロジーとナノサイエンスに特化した研究を推進している。また環境・エネルギー工学、エネルギー・環境・バイオ工学へと新しい研究教育システムを深化させようとしている。このような流れの中から本21世紀COEプログラムが計画された。ナノテクノロジー、エネルギー、情報科学、バイオテクノロジーを融合させた複合的で学際的な新しい科学として定義されるインターナノサイエンスの創出を目指している。同時に、国際的な先端研究を推進する中で創造性のある若手研究者を育成していくことが本プログラムの大きな目標となっている。



産業科学研究所からは、ナノテクノロジーセンター、ナノマテリアル・デバイス研究部門、ナノ量子ビーム研究部門、ナノテクノロジー産業応用研究部門、励起分子化学研究分野、プロセスファウンドリー、産学連携室、環境・エネルギー工学専攻からは、量子線生体材料工学領域のポスターを展示し、研究内容・成果を紹介するスライドショーの上映を行った。

展示用に多数用意したパンフレットは、3日間でほぼ全て無くなった。一日目は117人、二日目は171人、三日目は173人で、3日間で合計461人と非常にたくさんの来場者が展示ブースに訪れた。中には別に詳細な資料を送って欲しい、連絡をとりたいという来場者もいた。

各国の、大学、研究所、企業などのナノテクノロジーに関する最新の取り組み状況を知ることができた。また、他の出展者や来場者との情報交換もでき、有意義な展示会参加であった。

総合学術博物館第4回企画展

— ナノテクの4次元空間=ナノ3次元+アト秒 —

岩崎裕、菅沼克昭、田畑仁、弘津禎彦、村杉政一、吉田陽一

総合学術博物館第4回企画展では、大阪大学産業科学研究所ナノテクノロジーセンターの4研究室（吉田研、田畑研、弘津研、菅沼研）とナノテクノロジープロセスファウンドリーからなるナノテク4次元チームを作り合同展示（4つの研究例）を行いました。

◆ ナノ空間内の「アト秒」の世界

10の18乗分の一秒という短い時間（アト秒）の間に、直径が10億分の1メートル（ナノメートル）の空間で生じる未知の物理や化学の諸現象の研究を紹介した。

◆ 電子顕微鏡でみる「ナノ」の世界

電子顕微鏡で何がみえるのでしょうか？ 実際の観察例として、最近すっかり身近になったDVDの記録材料の構造変化を示した。

◆ 先端実装技術が実現するナノマテリアルの産業応用

ナノ材料はどのように使うことができるのでしょうか？ひとつの方法として、ナノ材料を利用し、インクジェット法などの先端実装技術を用いて高感度皮膚センサーの開発を紹介した。

◆ フラット透明薄膜電極ITOの創製（プロセスファウンドリー）

支援成果の1例として「フラット透明薄膜電極ITOの創製」を説明した。

企画展は連日、小学生の子供からお年寄りまで熱心に質問される多くのお客様で賑わい、説明員の方々は対応に一生懸命でした。ただ、もう少し大きい会場で、1ブース辺りの面積が広い会場であれば、さらに興味を引く装置類も展示できるのではないかと思います。

大阪大学総合学術博物館「第4回企画展」

**ナノテクの4次元空間
= ナノ3次元+アト秒**

私たちは毎日の生活の中で、四方八方にどこまでも広がる空間と、過去から未来に向けて一方向に流れる時間があることを知っています。これら長さで表す空間3次元と時間1次元は、実は不可分なものなのです。たとえば「バス停まで3分」といえば、歩いて3分の距離を表しますね。そこで3つの長さとして1つの時間をまとめて4次元空間と呼ぶことにしました。



上の図は長さの大きいものから、小さい物までの実例を絵で示しています。地球と月の距離は38.4万キロメートルで、分子や原子の直径は約1ナノメートルです。一番大きな距離は宇宙の長さといわれる160億光年でしょうか？ 一番小さな距離は原子を構成しているクォーク（素粒子）の長さよりまだ短いみたいです。

尼崎市立立花公民館ナノテク講演

－判りやすいナノテクノロジー（身近な事例から）－

報告者：村杉 政一

尼崎市立立花公民館では「市民に学習の機会を提供し、自己学習と相互教育の意欲を組織的に高め、新しい生活課題や学習要求に応え、市民生活の向上を図る。」ことを目的として、昭和54年から「立花市民大学教養講座」を継続開講されている。

一般教養とはいうものの、日本・世界の歴史や時事問題あるいはオペラといった幅広い内容で、外部から講師を招聘し1講座/月の頻度で開催してきている。

平成18年1月20日（金）13:30～15:30に、平成17年度の第11回目として、掲題のテーマで講座を担当した。

平日の午後ということもあって若い方の聴講は少なかったものの、熱心に学ぼうとする60名ほどの意欲溢れる中・熟年世代に囲まれた会場であった。



ナノテクノロジーの重要性

- 世界のすべての物質はナノメートルスケールの領域で決まる！
- 1. 世の中のあらゆる物質の機能が発現する最小単位がナノメートル。
- 2. 機能が発現するナノメートルスケールの領域を制御すると、それより大きいサイズの物質の特性を決めることが可能。
- 3. 豊富なバリエーションがある。
(新たな物質や付加価値のある物質を創出)

ナノテクノロジーそのものは？

- ナノテクノロジーそれ自体を売り物にすることが難しいので、実用した結果としての製品の使い勝手や使い心地および効果を顧客に訴え、評価して頂くことになる。

(ナノテクノロジーを応用したことを顕在化させるには顧客に“使って頂く”ことである。)

* 他製品との相違点(付加価値)を強調したアピールができるものにする

先ず文部科学省による「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」が平成14年度から5年間の計画でナノテクノロジー研究開発の振興のため開始し、大阪大学産業科学研究所のナノテクノロジーセンター内にも、学内外の研究者支援を役割とするプロセスファクトリーがあることと、そこでの日常の支援活動状況を紹介した。

受講生にとっては最近よく見聞きするナノテクノロジーではあるが、ナノテクノロジーの歴史や現在の各国での取組みを特許出願状況等から説明をし、その後サンプルを手にしてナノスケールの大きさのイメージを持ってもらった。またナノテクノロジーの期待がどこにあるのかさらにはどのように活用するか等について、材料・加工技術・コーティング・MEMS・環境やエネルギー・美容やアパレル・医療・ITなどの分野から、私たちの日常生活の中で見られる多くの事例をもって紹介した。



特に、微粒子酸化亜鉛を利用した皮膚に浸透する化粧品や橋梁などの構造体に期待される高強度耐食鋼あるいは擦り傷防止ナノクリアトップ塗装、またこの地球上に存在する人間や昆虫が持つ不思議な巧緻さなどの紹介では、受講生の皆さんが大いに関心を寄せられた。最後の質疑応答の時間でも熱心な質問攻めにあったが、受講生の皆さんからは、「新しい知識が加わりこれから自分自身で深めていく手がかりができた」や「日常生活の中から取り上げた話だったので、ナノテクノロジーという専門的な技術に興味を持て大変楽しかった」との評を頂戴した。

ナノマテリアル・デバイス研究部門

人工生体情報ナノマテリアル分野

(田畑研究室)

構成

教授 田畑 仁 (Hitoshi TABATA) TEL:06-6879-4280, tabata@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 佐伯 洋昌 (Hiromasa SAEKI) TEL:06-6879-4281, saeki@sanken.osaka-u.ac.jp

特任助手(ナノサイエンス・ナノテクノロジー研究推進機構)

松井 裕章 (Hiroaki MATSUI) TEL:06-6879-4281, hiroaki32@sanken.osaka-u.ac.jp

特任研究員(ナノテクノロジーセンターオープンラボラトリー)

法澤 公寛 (Kimihiro NORIZAWA) TEL:06-6879-4281, norizawa@sanken.osaka-u.ac.jp

学生 M2:2名、M1:1名、B4:3名

秘書 池田 恵

研究概要

我々の研究室では、原子レベルで結晶構造制御可能なレーザー-MBE法を用いて、強相関系物質薄膜や人工格子による未来物質創製を実施している。例えば酸化物磁性体、スピングラス、リラクサー強誘電体の次元性や揺らぎと物性に関する基礎研究や、強誘電生-強磁性が共存するマルチフェロトニクス、さらに酸化物ワイドギャップ半導体を用いたスピントロニクス、光誘起スピン素子やシナプス接合型メモリ等の酸化物エレクトロニクス関連の研究を実施中である。

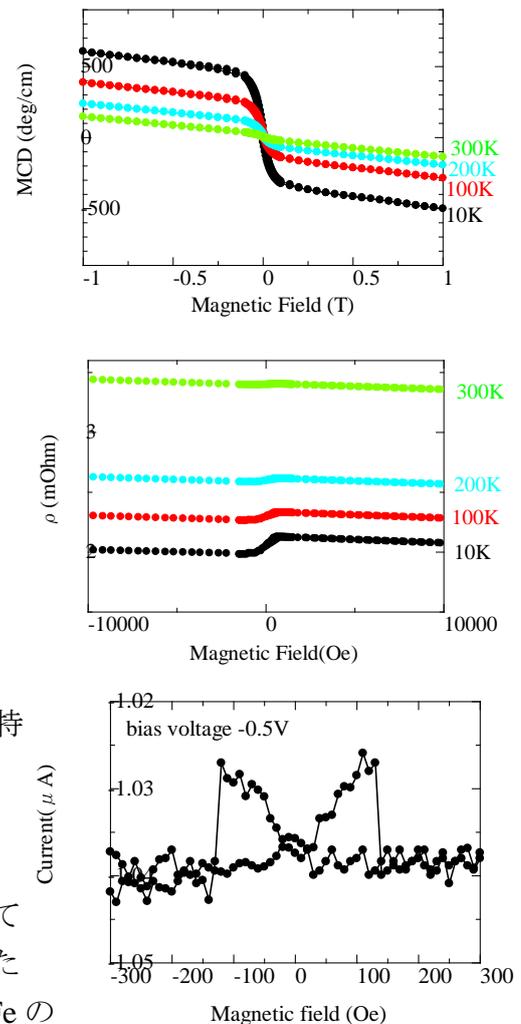
さらに、ナノバイオデバイスを目指して、DNAなどのバイオ分子の自己組織化、クローニングを利用したナノ構造制御によるバイオセンサ・メモリの創製や、走査プローブ顕微鏡を用いたナノ領域物性に関する研究を実施している。またDNA塩基間水素結合やタンパク質-DNA結合の直接評価を目指して、新しい分光法としてのTHz分光(Far-IR分光)によるDNA・蛋白質分子の結合状態計測も行っている。

ワイドギャップ酸化物半導体(ZnO)によるスピエレクトロニクスの開拓

近年、伝導キャリアのみを用いて動作させている半導体に、スピン自由度を付加し、半導体材料のスピン依存伝導に関して、基礎的及び応用的観点から幅広く研究が進んでいる。本研究では、遷移金属(Co)を添加したZnOの基礎的性質の解明やそのヘテロ構造を作製し、その磁気伝導制御を行うことを目標にしている。今年度の主な成果を報告する。

ZnOにCoをドーピングすることで強磁性的な特性が発現することがわかっている。右図は代表的なサンプルにおける磁気特性を示しており、強磁性的なヒステリシスは300K近傍においても観測される。この磁気起源が何によるものかを示すことは学術的にも応用的にも重要なことである。次図は同一サンプルの磁気抵抗効果を示した図である。このように伝導特性が磁性に依存していることは、キャリア誘起強磁性であることの傍証となりうる。キャリアと磁性が強く結びついていることから、本物質はトンネル磁気抵抗素子としての利用が期待できる。

そこでこの物質をZnO基板上に作製し、Co-ZnOの上に絶縁層(アルミナ)、金属磁性層(Fe)を蒸着し、これを $200\mu\text{m}$ の円柱状に加工した上で、電気伝導特性を測定した。右図は電気伝導特性の測定結果である。印加電圧は -0.5V 、測定は10Kで行った。0Oe近傍においてFe起源の磁気反転が起こり、さらに150Oe近傍において今度はCo-ZnOの反転が起こっている。これによってアルミナ層をトンネル障壁としたTMR効果が起こっていると考えられる。SQUIDからFeの保磁力は35Oe、Co-ZnOの保磁力は150Oeに観測されており、これら結果はTMR効果の



結果と矛盾しない。これら結果から Co-ZnO の磁性は伝導キャリアと強く結びついており、TMR 素子のほか、スピン FET の材料候補として期待できることがわかった。

ナノストライプアレイの1次元自己組織化と低温電子輸送の巨大異方性

自己組織化的に形成させた表面ナノ構造体は、低次元ナノ空間を利用した量子効果を引き出す重要な基盤技術である。最近、ZnO(10-10)のホモエピタキシャル成長において、[0001]方位面に沿って1次元ナノストライプアレイ構造が自己形成された(図 1(a))。ナノストライプ構造は、臨界膜厚(10nm)以上で2次元(2D)成長から3次元(3D)成長に成長モードが移行した後、形成される。面内応力が働かないホモエピタキシャル成長において、2D から 3D 成長への変化はシュワベールバリア効果に基づく、ステップファセティング機構が起因している。また、図 1(b)の断面の断面 TEM 像から、ナノストライプは高指数(4-1-30)面及び(31-40)面のサイドファセットにより構成された(図 1(c))。図 2(a)にダブルホールバー素子電極を用いて測定した Zn(10-10)薄膜の面内方向における電子輸送特性を示す。ストライプに沿った電子輸送特性($\sigma_{[0001]}$)は、高温域(150-300K)でバンド伝導、低温域(10-150K)でホッピング伝導に従う。一方、ストライプ直交する場合($\sigma_{[1-210]}$)、高温域で $\sigma \propto T^{-1/4}$ に従う variable hopping (VRH)伝導による。これは 85 meV のポテンシャルエネルギーを有する結晶粒界散乱に律速していることがホール移動度の温度依存性の解析から見出された。つまり、ナノストライプ間に結晶粒界が形成されていることを示唆している。さらに、 $\text{Mg}_{0.12}\text{Zn}_{0.88}\text{O}/\text{ZnO}$ の多重量子井戸構造における面内の低温電子輸送を評価した(図 2(b))。

井戸内に閉じ込められた電子は2次的に量子化されているため、イオン化不純物散乱が低温域で抑制されている。図より、 $\mu_{H[0001]}$ が $\mu_{H[1-210]}$ よりもホール移動度が高い。これは $\text{Mg}_{0.12}\text{Zn}_{0.88}\text{O}$ とZnO間のヘテロ界面がナノストライプ構造により変調され、[1-210]方向に沿う2次元電子が界面散乱の影響を受けた結果である。今後、XRD や TEM により詳細な結晶解析を行う。上記の結果は、1次元的なバリスタ電子伝導や表面ナノ構造によって変

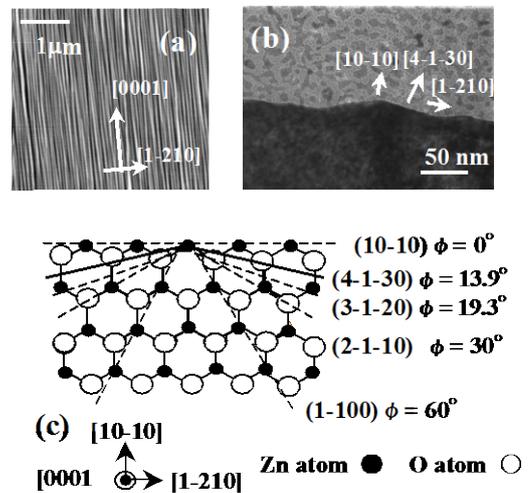


図 1 (a), (b)ナノストライプの表面構造と断面 TEM 像及びサイドファセットのモデル図(c)。

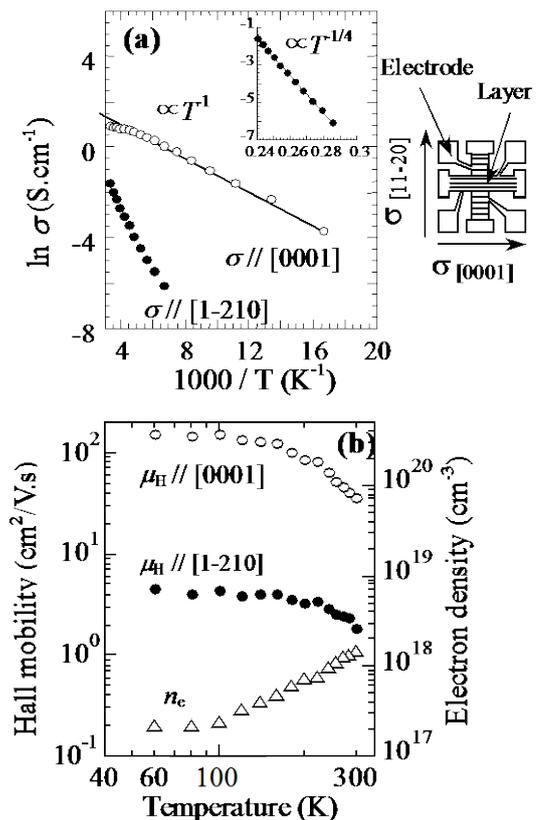


図 2 低温電子輸送の異方性(a) 単一層, (b) $\text{Mg}_{0.12}\text{Zn}_{0.88}\text{O}/\text{ZnO}$ MQWs 構造

調された電界効果素子への応用が期待できる。

1) Appl. Phys. Lett. 87, 1413109 (2005), 2) J. Appl. Phys. 99, 024902 (2006)

3) J. Appl. Phys. (*to be submitted*, 2005)

DNA 関連生体材料のテラヘルツ分光とイメージング

テラヘルツ光は、長い間安定した光源がなく未踏の光と言われてきたが、1990 年代に入ってから技術の大きな進展があった。テラヘルツ光は遠赤外光とも呼ばれ、1テラヘルツ (THz) のエネルギーは $33\text{cm}^{-1}=4.3\text{meV}$ に相当する。紫外～可視光域には電子遷移、近赤外～中赤外域には分子内振動遷移のモードが見えるのに対し、テラヘルツ域には気相分子の回転遷移や大域分子間振動・ねじれ振動遷移、水素結合の振動遷移のモードが見られる。特に DNA などの生体高分子においては、大域分子間振動・ねじれ振動・水素結合振動遷移が見られ、テラヘルツ分光法により生体高分子の指紋スペクトルを得ることができる。

DNA は 2 重らせん構造を取るが、1本鎖が2本鎖にハイブリダイゼーションすることでテラヘルツ帯の吸収が増えることが知られている。これはアデニン(A)とチミン(T)、グアニン(G)とシトシン(C)の相補となる各塩基のアミノ基どうしの水素結合による振動モードがテラヘルツ帯に現れるからだと考えられており、分子間相互作用を直接観測することができる。DNA をテラヘルツ分光により見ることで、ノンラベリング・非破壊・非接触のハイブリダイゼーション判定を行うことができる。また、2次元・3次元イメージング手法も開発されており、癌や腫瘍をテラヘルツ光で見ることで医療への応用が試みられている。

図1に一般的なテラヘルツ時間領域分光法 (Terahertz time-domain spectroscopy: THz-TDS) の装置模式図を示す。極短パルスレーザーを光伝導アンテナに照射することにより、数 ps ($\sim 10^{-12}\text{s} = 10^{12}\text{Hz} = 1\text{THz}$) のパルスを発生させ、試料透過後のパルス波形をポンププローブ法により時間領域で測定する。時間領域のパルス波形をフーリエ変換すれば周波数スペクトルが求まる。また試料台を XY 方向に走査することにより、テラヘルツ画像を得ることができる。図2に DNA 構成塩基分子であるアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)のテラヘルツ透過スペクトルを示す。DNA 構成各種塩基についてこのような系統立てた測定は初めてである。

テラヘルツ分光法の生体分子への応用の利点は、蛍光修飾などを必要とせずノンラベリングで指紋スペクトルを得ることができることにある。また、テラヘルツ光のエネルギーは数 meV と小さいため、生体への損傷がないのも利点である。今後、より高速・高感度・高空間分解能のテラヘルツイメージング・分光装置を開発し、バイオチップや DNA チップなどの評価・解析への応用を目指す。

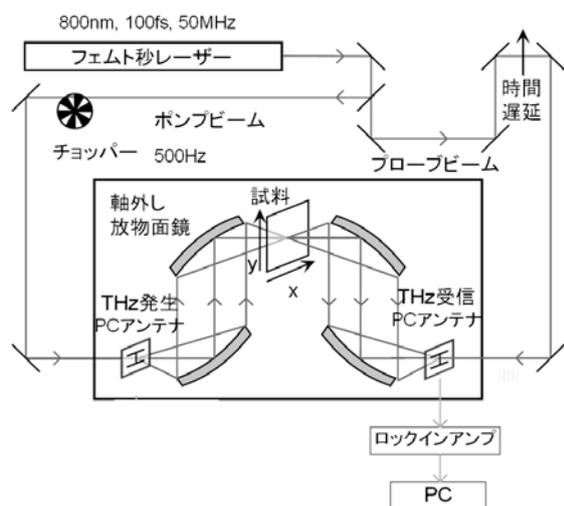


図1：テラヘルツ時間領域分光法による、分光・イメージング装置

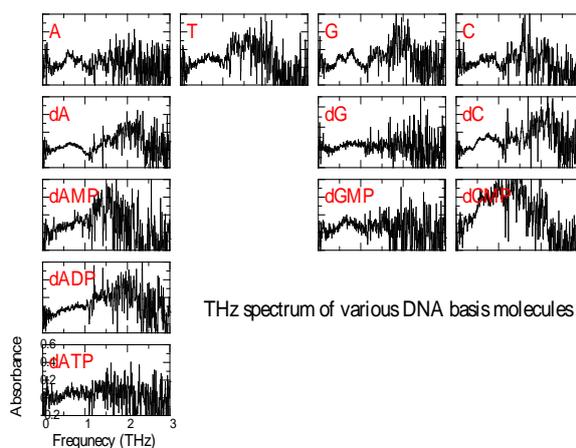


図2：DNA 構成塩基のテラヘルツ透過スペクトル

Publication List, Presentation List

「原著論文」

「Influence of Microstructure on the Complex Permeability of Spinel Type Ni-Zn Ferrite」

S.T. Mahmud, A.K.M. Akther Hossain, A.K.M. Abdul Hakim,

M. Seki, T. Kawai and H. Tabata

:J. Magnetism & Magnetic Materials, (2006) in press

「Critical Thickness and Lattice Relaxation of Mg-rich Strained $Mg_{0.37}Zn_{0.63}O$ (0001) Layers Towards Multi-quantum-wells」

H. Matsui, H. Tabata, N. Hasuike and H. Harima

:J. Appl. Phys., 99 (2006) 024902 (7 pages)

「Characterization of Magnetic Components in the Diluted Magnetic Semiconductor $Zn_{1-x}Co_xO$ by X-ray Magnetic Circular Dichroism」

M.Kobayashi, Y.Ishida, J.I.Hwang, T.Mizokawa, A.Fujimori, K.Mamiya, J.Okamoto,

Y.Takeda, T.Okane, Y.Saitoh, Y.Muramatsu, A.Tanaka, H.Saeki, H.Tabata, and T.Kawai

:Phys. Rev. B, 72 (2005) 201201(R) (4 pages)

「Self-organized Nanostripe Arrays on ZnO (10-10) Surfaces Formed During Laser Molecular-beam-epitaxy Growth」

H. Matsui, H. Tabata

:Appl. Phys. Lett., 87 (2005) 143109-1 – 143109-3.

「SEM Observation of Collagen Fibrils Secreted from the Body Surface of Osteoblasts on a CO_3 apatite-collagen Sponge」

I. Hirata, Y. Nomura, H. Tabata, Y. Miake, T. Yanagisawa and M. Okazaki

:Dent. Mater. J., 24 (2005) 460-464.

「Epitaxial Growth and Characteristics of N-doped Anatase TiO_2 Films Grown Using a Free-radical Nitrogen Oxide Source」

H. Matsui, H. Tabata, N. Hasuike, H. Harima and B. Mizobuchi

:J. Appl. Phys., 97 (2005) 123511

「DNA Patterning by Nano-imprinting Technique and Its Application for Bio-chips」

H. Tabata, T. Uno, T. Ohtake and T. Kawai

:J. Photopolym. Sci. Technol., 18 (2005) 519-522.

「High-temperature Cluster Glass State and Photomagnetism in Zn- and Ti-substituted NiFe₂O₄ Films」

M. Seki, A.K.M. Akther Hossain, T. Kawai and H. Tabata
:J. Appl. Phys., 97 (2005) 083541

「Photoemission Study of Poly(dA)-poly(dT) DNA: Experimental and Theoretical Approach to the Electronic Density of States」

H. Wadati, K. Okazaki, Y. Niimi, A. Fujimori, H. Tabata, J. Pikus and J.P. Lewis
:Appl. Phys. Lett., 86 (2005) 023901(3pages)

「Photocontrol of Magnetization in Al-substituted Fe₃O₄ Thin Films」

M. Seki, Akther A.K.M. Hossain, H. Tabata, T. Kawai
:Solid State Commun., 133 (2005) 791-796.

「Self-assembly ZnO Nanorods by Pulsed Laser Deposition Under Argon Atmosphere」

S. Choopun, H. Tabata and T. Kawai
:J. Cryst. Growth, 274 (2005) 167-172.

「解説・総説」

「DNA ナノテクノロジー／半導体トップダウン技術と自己組織化ボトムアップ技術の融合」

田畑 仁:表面技術、56(12) (2005) 892-896

「バイオ関連材料のテラヘルツ分光」

田畑 仁、Michael Herrmann、法澤 公寛
:光学、34(9) (2005) 475-477

「リラクサー強誘電体ーバルク, 薄膜, 人工格子ー」

田畑 仁、堀田 育志、土井 敦裕、川合 知二
:表面科学、26(4) (2005) 200-207

「DNA と半導体 ナノテクノロジーと融合」

田畑 仁:Bio Clinica、20(1) (2005) 47-52

「著書」

「Ferroelectric Thin Films」

H. Tabata (分担執筆) (M. Okuyama, Y. Ishibashi(Eds))
:Springer Verlag, (2005)

「国際会議」

★「Spintronics based on high-Tc DMSs of (Zn,Co)O:Cobalt Substituted Zinc Oxides」

H. Tabata, H. Saeki and H. Matsui

Wide Band Gap Ferromagnetic Semiconductors Workshop 2005.5.15-19 (Edinburgh, UK)

「High temperature photoinduced magnetization in spinel and garnet ferrite thin films」

M. Seki, K. Tsuruta, T. Kawai, and H. Tabata

The 8th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes (ISSP 2005)
2005.6.8-10 (Kanazawa, Japan)

★「Spin-glass and Dipole-glass(Relaxor) Behaviors in Oxide Superlattices」

H. Tabata, Y. Hotta, A. Doi, M. Seki and T. Kawai

ICE-2005(International Conference on Electroceramics 2005) 2005.6.12-16 (Seoul, Korea)

★「DNA patterning by nano-imprinting technique and its application for bio-chips」

H. Tabata, T. Uno, T. Ohtake and T. Kawai

The 22nd International Photopolymer Conference 2005.6.21-24 (Chiba, Japan)

★「Magnetic and optical properties of transition metal doped ZnO films」

H. Saeki, H. Matsui, T. Kawai and H. Tabata

3rd International Conference on Materials for Advanced Technologies 2005(ICMAT-2005)
2005.7.3-8 (Singapore)

「Structure and electrical property of DNA molecules immobilized on the patterned hydrophobic / hydrophilic surface」

Y. Otsuka, K. Ojima, T. Matsumoto, H. Tabata, T. Kawai

13th International conference on scanning tunneling microscopy / spectroscopy and related techniques 2005.7.3-8 (Sapporo, Japan)

「Terahertz Time-Domain Spectroscopy and Imaging of DNA」

M. Herrmann, H. Tabata, T. Kawai

International Quantum Electronics Conference 2005 and the Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics 2005 (IQEC/CLEO-PR 2005) 2005.7.11-15 (Tokyo, Japan)

「Formation of multiple-quantum wells (MQWs) based on polar controlled ZnO homoepitaxial systems(posters)」

H. Matsui, N. Hasuike, H. Harima and H. Tabata

The 23rd International Conference on Defects in Semiconductors(ICDS-23) 2005.7.24-29
(Awaji, Japan)

★「Biometric Bottom-up Nanotechnology for Advanced Device Fabrication」H. Tabata
Seminar on Nano Material Fabrication Technologies 2005.7.28-29 (Chiang Mai,
Thailand)

「Growth mode mapping of polarity-controlled $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ heteroepitaxy towards
heterostructures」
H. Matsui, H. Saeki and H. Tabata
The 3rd international school and conference on spintronics and quantum information
technology (Spintech III) 2005.8.1-5 (Awaji, Japan)

「Magnetic and transport properties of Co-doped ZnO」
H. Saeki, H. Matsui, H. Tabata
The 3rd international school and conference on spintronics and quantum information
technology (Spintech III) 2005.8.1-5 (Awaji, Japan)

★「Spintronics Based on ZnO Thin Films」H.Tabata, H.Saeki and H.Matsui
2005 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2005)
2005.9.12-15 (Kobe, Japan)

★「THz time-domain spectroscopy and vibration analysis of DNA-related base
Molecules」
K. Norizawa, M. Herrmann, H. Tabata, T. Kawai
The Joint 30th International Conference on Infrared and Millimeter Waves and 13th
International Conference on Terahertz Electronics (IRMMW-THz 2005) 2005.9.19-23
(Williamsburg, USA)

★「THz Time-Domain Spectroscopy of Natural and Artificial DNA」
M. Herrmann, K. Norizawa, H. Tabata, T. Kawai
The Joint 30th International Conference on Infrared and Millimeter Waves and 13th
International Conference on Terahertz Electronics (IRMMW-THz 2005) 2005.9.19-23
(Williamsburg, USA)

「Magnetic and transport properties of $(\text{Zn},\text{Co})\text{O}$ thin films」(Poster)
H. Saeki, H. Matsui and H. Tabata

The 12th International Workshop on Oxide Electronics(WOE12) 2005.10.2-5 (Chatham, USA)

「Dielectric properties and crystal structures of Pb free ferroelectrics: $\text{Ba}(\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, $\text{Ba}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ 」(Poster)

A. Doi, S.J. Kim, Y. Kuroiwa, H. Tabata

The 12th International Workshop on Oxide Electronics(WOE12) 2005.10.2-5 (Chatham, USA)

「Magnetic and transport properties of (Zn,Co)O thin films」(Poster)

M. Seki, K. Tsuruta, H. Tabata, T. Kawai

The 12th International Workshop on Oxide Electronics(WOE12) 2005.10.2-5 (Chatham, USA)

★「Introduction of Nanoscience and Nanotechnology Center. Nano-electronics and Nano-bio science based on functionally harmonized materials」H. Tabata

Opening Ceremony Osaka University – Groningen office「Osaka University and University of Groningen, Collaboration Symposium 2005.10.24-26 (Groningen, Netherlands)

★「Life Science on a Bio-Chip ~DNA/Protein Transistors based on Si-nanotechnology~」
H. Tabata

Seminar“Business Opportunities on Life Science in Osaka” 2005.10.28 (Rotterdam, Netherlands)

「Immobilization of DNA molecules on the Patterned Self-assembled Monolayers and Electrical Properties of DNA molecules by Top-contacted Nanogap Electrodes」(Poster)

Y. Otsuka, T. Matsumoto, H. Tabata, T. Kawai

International Symposium on Surface Science and Nanotechnology 2005.11.14-17 (Saitama, Japan)

「THz imaging of thin film DNA」(Poster)

K. Norizawa, H. Tatata, T. Kawai

The International workshop on terahertz technology 2005 (TeraTech '05)

2005.11.16-18 (Osaka, Japan)

「Spintronics based on oxide wide-gap semiconductors」H. Tabata

第4回21世紀COEプログラム「新産業創造指向インターナノサイエンス」国際シンポジウム 2005.11.18-19 (Mie, Japan)

「Electrical Properties of DNA molecules by Top- contacted Nanogap Electrodes and immobilization of DNA molecules on the Patterned Self-assembled Monolayers」(Poster)
Y. Otsuka, T. Matsumoto, H. Tabata, T. Kawai
MRS Fall Meeting 2005.11.28-12.2 (Boston, USA)

「Fusion Technology of Bio&Oxide Electronics (Bio nano electronics)」H. Tabata
Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium 2006.1.30-2.1
(Osaka, Japan)

「Magnetic and transport properties of (Zn,Co)O thin film」(Poster)
H. Saeki, H. Matsui, H. Tabata
Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium 2006.1.30-2.1
(Osaka, Japan)

「THz time-domain spectroscopy and vibration analysis of DNA-related base molecules」
(Poster)
K. Norizawa, M. Herrmann, H. Tabata, T. Kawai
Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium 2006.1.30-2.1
(Osaka, Japan)

「Photo-control of magnetization at room temperature in spinel ferrite thin films」
M. Seki, K. Tsuruta, and H. Tabata
International Symposium on Hybrid Nano Material Toward Future Industries (HNM 2006)
2006.2.3-5 (Nagaoka, Japan)

「Bottom-up Nanotechnology for Oxide and Bio-electronics」H. Tabata
1st Workshop on Nanoscience and Nanotechnology between Sanken and CNRS
2006.2.12-13 (Orsay, France)

「国内学会」

★「光・スピン・双極子が織りなす新規機能性セラミックス～光誘起磁性、マルチフェロ(強磁性強誘電体)材料を中心として～」田畑 仁
村田製作所 社外講師講演会 2005.5.10(Shiga, Japan)

「非 Pb 系リラクサー強誘電体(バルクと薄膜): $\text{Ba}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, $\text{Ba}(\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ ($x=0-1$) の結晶構造・誘電物性」土井 敦裕, 田畑 仁, 金 秀宰, 黒岩 芳弘
第 22 回強誘電体応用会議(FMA-22) 2005.5.25-28 (Kyoto, Japan)

★「薄膜・表面評価技術」田畑 仁

第 22 回薄膜スクール 2005.7.13-15 (Shimane, Japan)

★「テラヘルツ分光によるバイオ (DNA 他) 関連材料分析への期待」

田畑 仁、法澤 公寛、M. Herrmann

大阪府立産業技術総合研究所、(社)大阪府技術協会、低温工学協会、テラヘルツテクノロジーフォーラム主催:産技研月例セミナー『新産業基盤テラヘルツテクノロジーへの期待』 2005.7.22 (Osaka, Japan)

★「DNA・生体関連材料のテラヘルツ分光」田畑 仁、法澤 公寛、M. Herrmann

2005 分析展 JAIMA コンファレンス“テラヘルツ分光・イメージング技術の基礎と応用”
2005.8.31 (Chiba, Japan)

★「テラヘルツ分光によるバイオ (DNA 他) 関連材料分析への期待 バイオ関連有機・無機材料のテラヘルツ分光」田畑 仁、法澤 公寛、Michael Herrmann

JAIMA コンファレンス 日本分光学会テラヘルツ分光部会 講習会「テラヘルツ・遠赤外分光法入門」2005.9.1 (Chiba, Japan)

★「秩序—無秩序構造人工制御による新規誘電・磁気材料創成」

田畑 仁、土井 敦裕、堀田 育志

2005 年 (平成 17 年) 秋季 第 66 回応用物理学会学術講演会 シンポジウム (ランダム系フォトエレクトロニクス研究会「秩序—無秩序構造を利用する革新機能材料」) 2005.9.7-11 (Tokushima, Japan)

★「ワイドギャップ酸化物磁性半導体: (Zn, Co)O の磁氣的・電氣的・光学的特性」田畑 仁、佐伯 洋昌、松井 裕章

2005 年 (平成 17 年) 秋季 第 66 回応用物理学会学術講演会 シンポジウム (スピンエレクトロニクスにおける材料研究の最前線) 2005.9.7-11 (Tokushima, Japan)

★「イオン感応性電界効果トランジスタ (IS-FET) を用いた DNA センサ」

宇野 毅、田畑 仁、川合 知二

2005 年 (平成 17 年) 秋季 第 66 回応用物理学会学術講演会 シンポジウム (表面に生命 (いのち) を見る—生体計測技術の新展開—) 2005.9.7-11 (Tokushima, Japan)

「 $Zn_{1-x}Co_xO$ を用いた強磁性トンネル接合の作製」佐伯 洋昌、松井 裕章、田畑 仁

2005 年 (平成 17 年) 秋季 第 66 回応用物理学会学術講演会 2005.9.7-11 (Tokushima, Japan)

「非 Pb 系リラクサー強誘電体: $Ba(Zr_x, Ti_{1-x})O_3$, $Ba(Hf_x, Ti_{1-x})O_3$ ($x=0\sim 1$)の構造・誘電物性」
土井 敦裕, 金 秀宰, 黒岩 芳弘, 田畑 仁
2005 年(平成 17 年)秋季 第 66 回応用物理学会学術講演会 2005.9.7-11 (Tokushima, Japan)

「Stranski-Krastanov 成長による $Mg_{0.37}Zn_{0.63}O$ の自己組織化ナノドットの形成」
松井 裕章、蓮池 紀幸、播磨 弘、田中 高紀、田畑 仁
2005 年(平成 17 年)秋季 第 66 回応用物理学会学術講演会 2005.9.7-11 (Tokushima, Japan)

★「マルチフェロイックリラクサー: $Ba(Fe, Ta)O_3$ - $Ba(Fe, Nb)O_3$ の磁気・誘電特性」
田畑 仁、北川 祐一、A. Hossain
(社)日本金属学会 2005 年秋期(第 137 回)大会 シンポジウム
2005.9.28-30 (Hiroshima, Japan)

★「トップダウンとボトムアップ融合によるナノテクノロジー」田畑 仁
伊丹商工会議所 経営革新セミナー「新連携とナノテクノロジーセミナー」
2005.10.19 (Hyogo, Japan)

★「ナノエレクトロニクスに向けたボトムアップナノテクノロジー」田畑 仁
神戸大学 電気電子工学科 特別講演会 2005.11.24 (Hyogo, Japan)

★「ナノバイオエレクトロニクス～バイオと半導体の融合～」
田畑 仁、宇野毅、法澤公寛、齋藤 敬、川合知二
第 27 回日本バイオマテリアル学会大会 2005.11.28-29 (Kyoto, Japan)

★「ナノバイオテクノロジー研究の最新動向」田畑 仁
平成17年度融合新領域研究戦略的アセス調査(技術評価): ナノバイオテクノロジーによる農林水産物・食品の新たな加工利用・分析技術の開発に関する研究討論会
2005.11.30 (Tsukuba, Japan)

★「バイオトランジスター ～半導体チップ上に生命現象を見る～」田畑 仁
電気通信研究所共同プロジェクト研究会「ナノ・バイオエレクトロニクスに関する研究」第 4 回情報バイオエレクトロニクス研究会 2005.12.9-10 (Sendai, Japan)

★「バイオエレクトロニクスとシリコン技術との融合」宇野 毅, 田畑 仁, 川合 知二

2006年春季 第53回応用物理学関係連合講演会, シンポジウム(電子デバイスを目指したバイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合) 2006.3.23 (Tokyo, Japan)

★「有機・バイオ関連材料への遠赤外波・表面波分光の期待」田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 応用物理学 M&BE 日本分光学会テラヘルツ分光部会テラヘルツ電磁波技術研究会合同企画「有機・生体分子の分光センシングの潮流:テラヘルツ波と表面波による分光法」2006.3.24 (Tokyo, Japan)

「レーザー誘起VLS法による遷移金属酸化物ナノ構造電極の創製」

関 宗俊, M.A. El-Maghraby, 大石 聡司, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「Stranski-Krastanov 成長による $Mg_{0.37}Zn_{0.63}O$ の自己組織化ナノドットの形成」

松井 裕章, 蓮池 紀幸, 播磨 弘, 田中 高紀, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「 $Zn_{1-x}Co_xO$ 混晶の極性成長:成長方位の磁氣的相関」松井 裕章, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「光酸化的な細胞膜穿孔機能を付加した自己組織化ナノロッド」

齋藤 敬, 関 宗俊, M.A. El-Maghraby, 大石 聡司, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「 $Bi(Fe,Cr)O_3$ 薄膜の磁性・誘電物性:ペロブスカイト型マルチフェロイック物質を目指して」

山原 弘靖, 土井 敦裕, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「 $Zn_{1-x}Co_xO$ を用いた強磁性トンネル効果の研究」佐伯 洋昌, 松井 裕章, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「非Pb系リラクサー強誘電体: $Ba(Zr_x, Ti_{1-x})O_3$, $Ba(Hf_x, Ti_{1-x})O_3$ ($x=0-1$) の構造・誘電物性」

土井 敦裕, 金 秀宰, 黒岩 芳弘, 田畑 仁

第53回応用物理学関係連合講演会, 2006.3.22-26 (Tokyo, Japan)

「特許」(国際出願)

「自己組織化材料のパターニング方法、及び自己組織化材料パターニング基板とその生産方法、並びに自己組織化材料パターニング基板を用いたフォトマスク」2005.9.29

大竹才人・中松健一郎・松井真二・田畑仁・川合知二

「Measuring method in which biomolecule configuration and information are detected using

IS-FET and system therefo」2005.9.29

大竹才人、宇野毅、浜井知歩、田畑 仁、川合知二

共同研究、学会活動、国際交流等

「共同研究」

東京大学大学院 理学研究科 藤森教授

名古屋大学 工学研究科 田中教授、平野教授、坂本助教授

大阪大学 産研 川合教授、吉田教授、谷村教授、朝日教授、田川教授

大阪大学大学院 基礎工学研究科 奥山教授、伊藤教授

大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター 斗内教授

広島大学 黒岩助教授

京都工芸繊維大学 工学部 播磨教授

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 松井教授

近畿大学 生物理工学部 本津教授

Bangladesh University of Engineering and Technology,

Associate Prof. Akther A.K.M. HOSSAIN

住友精化(株)

松下電器(株)

クラスターテクノロジー(株)

三洋工業(株)

ゲンゼ(株)

誠南工業(株)

「学協会活動」

2005 年 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2005)(2005 年国際固体素子・材料コンファレンス)(2005.9.12-15・神戸)・実行委員

2005 年 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2005)(2005 年国際固体素子・材料コンファレンス)(2005.9.12-15・神戸)・論文委員

Korea-Japan Conference on Ferroelectricity 2006・論文出版委員(Publication Committee)

12th International Workshop on Oxide Electronics(2005.10.2-5・Cape Cod, USA)

・International Committee

JJAP 特別編集委員

応用物理学会 論文誌出版委員会 委員

Expert for the Appointment of Professor for Dept. of Phys., Bangladesh Univ.

クラスターテクノロジー(株) 技術指導助言者

光・量子場ナノ化学応用技術調査専門委員会 委員

2005 年度国際高等研究所 研究プロジェクト(電子系の新しい機能)メンバー

日本学術振興会 薄膜第 131 委員会 企画委員

平成 17 年度地域新生コンソーシアム研究開発事業【地域ものづくり革新枠】(「三次元ナノ階層構造形成技術による高度機能部材の開発」) アドバイザー

川崎重工業(株)技術研究所 材料研究会 技術指導

地域新生コンソーシアム研究開発事業「LIPS 法の開発と次世代超小型タッチパネルへの適用」技術委員会委員

科研費、助成金等

田畑 仁

「科研費」

特定領域研究(2)「半導体ナノスピントロニクス」

「極限界面・結晶成長制御による室温スピントロニクスデバイスの研究」

基盤研究(B)(2)

「対称性が破れた強誘電体リラクサー人工格子形成と脳型メモリ創成」

萌芽研究(代表)(平成 17~18 年度)

「自己組織化半導体ナノロッドを用いた非蛍光標識型遺伝子トランジスタ」

特定領域研究(計画研究、分担)代表:佐藤和則

「計算機ナノマテリアルデザインエンジンの開発・応用」

基盤研究(C)(企画調査)(分担)代表:財満鎮明

「シリコンナノエレクトロニクスの新展開ーポストスケーリングテクノロジー」

「その他」

近畿経済産業局 地域新生コンソーシアム研究開発事業

「LIPS法の開発と次世代超小型タッチパネルへの適用」

和歌山県地域結集型共同研究事業

「有用アグリソース/アパタイト複合材料を利用した機能素材応用技術の開発」

代表:近畿大学 本津茂樹

日本学術振興会先端研究拠点事業－拠点形成促進型－

(共同研究 参加者)代表:吉田 博

「計算機ナノマテリアルデザイン(Computational Nano-Materials Design)」

東北大学金属材料研究所研究部共同研究(共同研究者)代表:吉田 博

「透明室温強磁性半導体スピントロニクスマテリアルのデザインと創製」

「助成金」

住友精化株式会社 研究助成金「可視光応答型光触媒の研究」

川崎重工業(株) 研究助成金「機能性材料研究」

クラスターテクノロジー(株)研究助成金

ナノマテリアル・デバイス研究部門

単分子素子集積デバイス分野

(川合研究室)

所在地 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘 8-1 FAX 06-6875-2440

構成

教授 川合 知二 (Tomoji KAWAI) TEL:06-6879-8445,
E-mail:kawai@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 松本 卓也 (Takuya MATSUMOTO) TEL:06-6879-4288,
E-mail:matsumoto@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 谷口 正輝 (Masateru TANIGUCHI) TEL:06-6879-4288,
E-mail:taniguti@sanken.osaka-u.ac.jp

研究員 高木 昭彦, 小嶋 薫, 松浦 俊彦, 松浦 寛, 山口 瞳, Luca Pellegrino

学生 D3: 高東 智佳子, 大塚 洋一 D2: 山田 郁彦 M2:3名, M1:1名, B4:1名,
秘書 野木 由美子

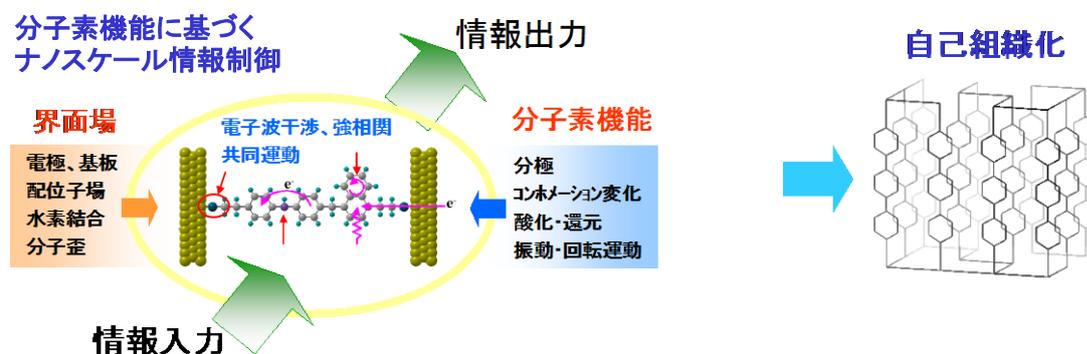
研究概要

分子スケールエレクトロニクス

半導体を用いた電子デバイスでは、トップダウン方式による微細化技術の研究が精力的に進められています。この微細化が極限まで達したあと、その先の進むべき道は、まだ明らかではありませんが、有力な方向として、ナノスケールの分子を用いた分子スケールエレクトロニクスに期待が集まっています。

電子素子の構成要素として有機分子を見ると、サイズと構造がナノスケールで厳密に定義された部品であるというだけではなく、これまでのバンド構造を基本とした電子素子の枠組みを超える、魅力的な機能を備えています。単一あるいは少数の分子で構成された系では、バリスティック伝導 (Ballistic conduction)、離散的な分子軌道が関与した共鳴トンネリング (Resonant tunneling)、電子強相関 (Electron correlation) などが重要となります。これらの過程に振動・電子励起、分子運動・コンホメーション変化、酸化・還元などが結合して、多彩な量子的伝導物性が期待できます。

単一分子機能の発現と自己組織的集積化

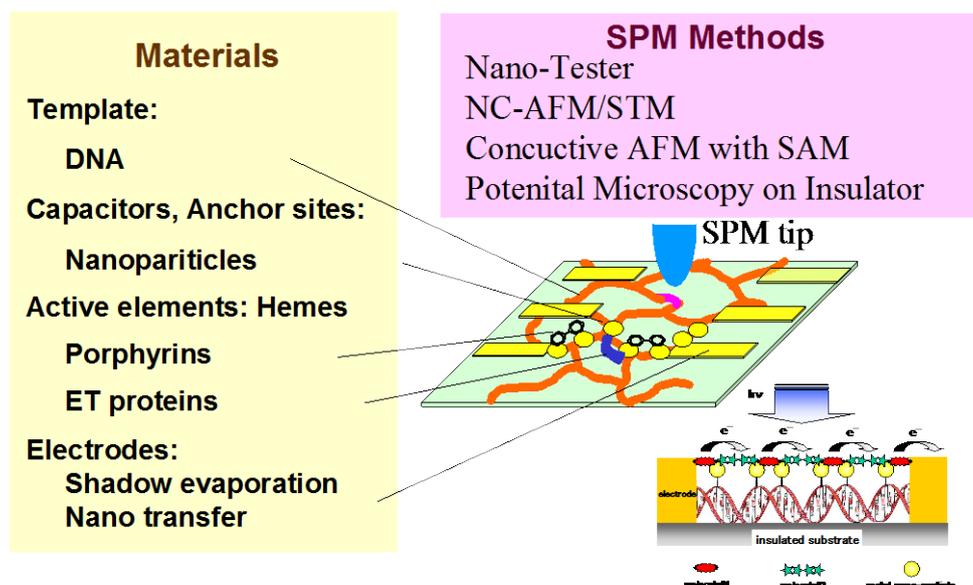


以上のように、分子スケールエレクトロニクスは、基礎から応用まで学問的に深く広がりがある魅力あるテーマですが、分子の機能を引き出すには、分子を組織化することが必要です。我々は、0.35nm 間隔のアドレスを持つ DNA 分子に着目し、その電子物性、構造をナノスケールで制御することで、ボトムアップ方式により分子エレクトロニクスへの展開を行っています。

さらに、ボトムアップ方式により作った分子組織体をマクロスコピックな電極に結合するためには、リソグラフィなどのトップダウンテクノロジーとの融合が必要になります。また、表面や電極上における分子の構造や電子状態を知るには、走査プローブ顕微鏡の技術が必要です。我々のグループでは、分子そのものだけではなく、これら周辺技術まで含めた研究を展開しています。

バイオ分子を基礎としたネットワーク型分子デバイスの構築 松本卓也

個々の分子の特性が現れる自己組織化型デバイスとして、DNAをはじめとするバイオ分子の自己組織的構造形成機能に着目して、ネットワーク型分子デバイスの構築を行っています。現在、自己組織化、少数分子の電子物性、電極作製方法の開発、プローブ顕微鏡による計測手法の開発など、自己組織化型分子デバイスに必要となる各要素の研究を進めています。これらを統合してデバイスプロトタイプを作成し、電子機能を発現させるのが目標です。

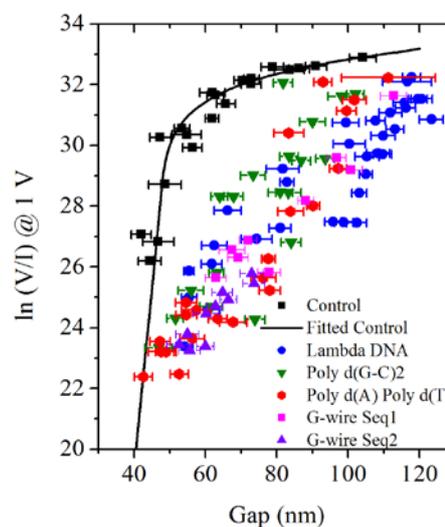


バイオ分子を利用したネットワーク型分子デバイスの概念図

ナノギャップ電極を用いたDNAのナノ電気伝導度測定 松本卓也

DNAは核酸塩基が3.4nmでスタックした1次元構造を有するため、ナノスケールの電気伝導性ワイヤーとして期待が集まっている。DNAの集合体（薄膜など）では、ホールドーピングが可能で、光電子分光でスモールポーラロンが観測されている。電気伝導はホッピングメカニズムで理解でき、FET動作も可能であることが報告されている。このようなデータから、一分子の電気伝導率は通常の方法では観測不能であると考えられる。

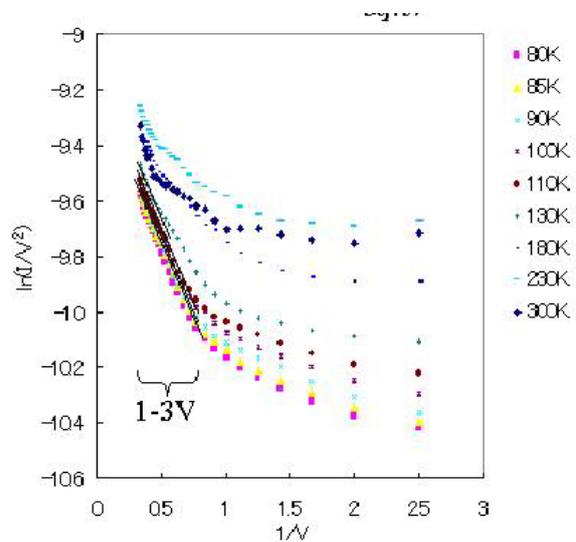
ところが、最近数年の間にDNA単分子あるいは少数分子のバンドル状態の電気伝導度について、観測限界以下であるという報告からミクロンレベルの距離でナノアンペアレベルの電流が観測されたとするものまで、極めて広い範囲の結果が報告されている。ナノスケールの測定では、吸着水の効果や電極金属のマイグレーションなど、アーティファクトを生む要素が多数存在する。そこで、本年度は、昨年度に完成した傾斜蒸着法によるトップコンタクト型



ナノスリット電極を用いて、DNA 超薄膜のナノスケール電気伝導度測定を行った。数種の DNA について、1 V における電気抵抗の対数値を調べると、対数抵抗値が距離に対して直線になることがわかった。この結果から、ホッピング的なトンネルメカニズムが主となる伝導機構が働いているが明らかになった

DNA を用いたポルフィリンアレーのナノスケール電気物性 松本卓也

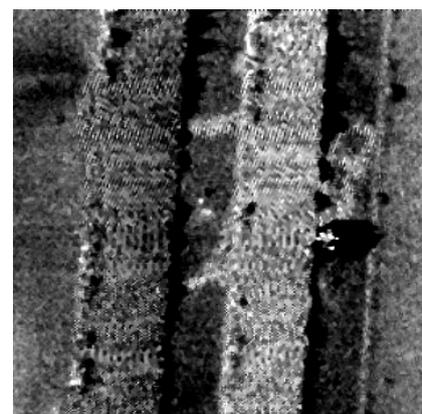
ポルフィリンは、HOMO-LUMO ギャップが小さく可視光で励起できること、広い π 共役平面をもつこと、さらに、官能基や中心遷移金属の修飾が容易なことから、その配列構造の形成が注目されている。ポルフィリンの配列構造については、これまで、共有結合による化学合成が研究されてきたが、もっと容易に配列構造を形成する方法として、自己組織的にらせん構造を形成する。DNA 二重鎖を利用して、イオン結合によりポルフィリン配列構造を形成した。更に、ポルフィリン-DNA 結合体を分子レベルで固体表面上に取り出すことに成功し、DNA鎖に沿ってポルフィリンが π スタックにより相分離構造を形成していることを見出した。また、導伝機能について、100nm ギャップ電極を用いて数千分子のレベルで評価した結果、低電圧ではバリアブルホッピング機構と、低温高電圧ではフォウラーノードハイム機構とのフィッティングにおいて、良好な一致が得られた。



ナノトランスファープリンティングにより作製した分子/電極接合 松本卓也

松本卓也

分子と電極の接合を如何に実現するかは分子エレクトロニクスの大きな問題の一つである。、という問題がある。従来はリソグラフィ技術を用いて作製した電極上に分子を後から載せるボトムコンタクト方式を用いていた。しかしながらボトムコンタクト型接合では分子に歪が生じたり、電極エッジで分子が凝集するなど問題点が多い。そこで我々はナノトランスファープリンティングによるトップコンタクト型接合を用いることにした。この方式は測定したい物質を展開した基板上に直接電極を転写するため、ボトムコンタクト型接合の問題を解決できる。今回は、電極作製方法と電極を KFM を用いて評価した。

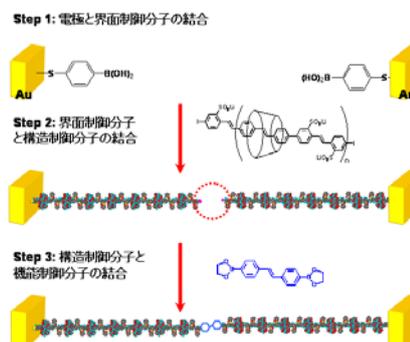


図は電極 A を接地し、電極 B に -1 V 印加した状態で観察した KFM 像である。電極間に流れる電流は $4 \mu\text{A}$ である。電極間には導電性カーボンナノチューブ (CNT) が存在しており、電極間に白く観察されるのが CNT である。この像で観察される CNT は電極 B と同じポテンシャルを持っている。これは、接合抵抗の低い側の電極電位で CNT の電位が決まるためである。

分子デバイスの自己組織化配線法の開発 谷口 正輝

電極と分子の結合、および分子の構造を制御した状態で、分子をナノ電極間に配線することの困難さが、ナノ分子エレクトロニクス発展の大きな障害になっている。そこで、我々は、電極と分子の結合、分子の構造、およびデバイス機能を制御することができる分子デバイスの配線法を開発した。

我々の自己組織化配線法は、界面制御分子、構造制御分子、機能制御分子の3種類の分子と、3つのステップから構成されている。この配線法は、ナノスケールの電極間距離を持つナノ電極を、3種類の溶液に順次浸けていくだけの簡単な溶液プロセスだけから構成される。はじめのステップでは、電極と界面制御分子を結合する。界面制御分子は、電極と結合し、構造制御

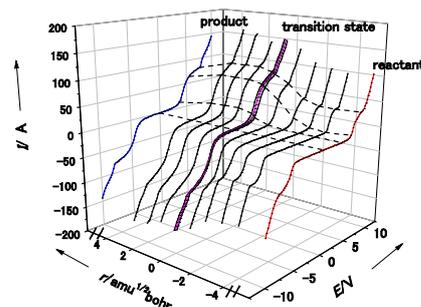


分子と結合する化学反応点を持つ π 電子系分子である。ステップ2では、化学反応により界面制御分子と構造制御分子を結合する。構造制御分子は、界面制御分子と機能制御分子との2つの化学反応点を分子の末端に持つ π 電子系分子である。さらに、分子の構造を直線に保ち、電極に対する分子の成長方向を制御するため α -CDで π 電子系が被覆されている。ステップ3では、機能制御分子と構造制御分子を化学反応により結合する。機能制御分子は、構造制御分子と結合する化学反応点を分子の両末端に持つ分子である。この配線法は、3つの制御分子の組み合わせで、様々な機能を持つデバイスを創製することができ、かつデバイス機能を制御することができる汎用性の高い方法である。

今回は、界面制御分子にヨードベンゼンチオール、構造制御分子にポリロタキサン、機能制御分子にスチルベンとジアルルエテンを用いた。スチルベンは伝導ワイヤになり、ジアルルエテンは光スイッチング機能を持つ。ナノ電極上で、分子デバイスを配線した後、分子ワイヤの電気特性を測定したところ、スチルベンが結合した分子ワイヤは、オーミックな伝導性を示した。一方、ジアルルエテンが結合した分子ワイヤは光スイッチ機能を示し、光スイッチのON/OFF比は約20であった。

ナノ空間における化学反応の電氣的検出 谷口 正輝

近年の微細加工技術の発展により、分子ワイヤや単分子に対してその物性測定を行うことが可能になり、電気伝導特性をはじめとする様々な研究が理論と実験の両面から行われてきた。しかし、これまでの研究においては、分子自身の持つ興味深い特質、例えば化学反応による構造変化といったものが、分子の電気伝導にどのように影響し

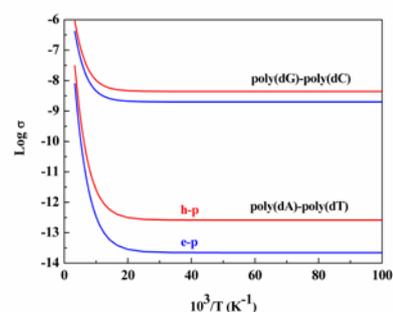


ていくか、またその変化を電氣的に検出することは可能なのかといった問題については、ほとんど研究がなされていなかった。そこで、典型的な電子環状反応について、分子軌道計算によりその構造変化を求め、反応物から生成物までの各反応座標における分子構造・電気伝導特性について計算した。これらの計算結果より、分子の電気伝導の測定によって化学反応の追跡、及び化学反応の遷移状態が検出可能か否かを評価した。Hexa-1,3,5-triene-2,5-dithiol 及び Cyclohexa-1,3-diene-1,4-dithiol に金原子を結合させた分子を用いて、化学反応座標に沿った分子の電気伝導を計算したところ、反応物、生成物、および遷移状態の電流値が有意な差であることを明らかにした。

DNAの電気伝導機構 谷口 正輝

DNAの伝導性は電子移動の観点から研究されてきたが、近年、ナノテクノロジーの発展により少数のDNA分子の電気伝導が測定されるようになり、DNAの伝導性は電子輸送の観点から研究されるようになった。DNAは、塩基分子が積層構造を形成している単純な1次元ポリマーであるにも関わらず、その詳細な電気伝導機構は未だ不明のままであり、これまで報告された伝導性は絶縁体、金属、超伝導体までと様々である。今回、最も単純な塩基配列を持つpoly(dA)・poly(dT)とpoly(dG)・poly(dC) DNAにおける電子-分子振動相互作用のスペクトル分解したポーラロン結合エネルギーを強結合バンド近似における電子間相互作用の無いハミルトニアンを用いて理論計算から求めた。

DNAにおけるポーラロンは、塩基対を形成する水素結合に関与する原子の振動が電子あるいはホールと結合することにより形成され、poly(dA)・poly(dT)のポーラロン結合エネルギーがpoly(dG)・poly(dC)のポーラロン結合エネルギーより大きいことが明らかとなった。DNAにおけるポーラロンの特徴は、熱エネルギーより大きなエネルギーを持つ高エネルギーフォノンと結合するため、活性化エネルギーが温度依存性を持ち、その結果、伝導度が強い温度依存性を示すことが明らかとなった。また、両DNAにおける伝導度の温度依存性の大きな差異は、poly(dG)・poly(dC)よりpoly(dA)・poly(dT)の方が 500cm^{-1} 以下の低エネルギーフォノンと強く結合することに起因することが明らかとなった。poly(dA)・poly(dT)とpoly(dG)・poly(dC)における活性化エネルギーの大小関係と活性化エネルギーの温度依存性、および伝導度の強い温度依存性に関する我々の計算結果はこれまで報告された実験結果と一致した。



論文

- 1 .Directly Meso-Meso Linked Porphyrin Rings: synthesis, Characterization, and Efficient Excitation Energy Hopping.
Y. Nakamura, in-Wook Hwang, N. Aratani, Tae Kyu Ahn, Dah Mee Ko, A. Takagi, T. Kawai, T. Matsumoto, Dongho Kim, A. Osuka
J. Am. Chem. Soc. **127**, (2005), 236-246.
- 2 .Conductance Measurement of a DNA Network in Nanoscale by Point Contact Current Imaging Atomic Force Microscopy.
A. Terawaki, Y. Otsuka, Heayeon Lee, T. Matsumoto, Hid. Tanaka, T. Kawai
Appl. Phys. Lett. 86, (2005), 113901-113903.
- 3 .Giant *Meso-Meso*-Linked Porphyrin Arrays of Micrometer Molecular Length and Their Fabrication.
N. Aratani, A. Takagi, Y. Yanagawa, T. Matsumoto, T. Kawai, Zin Seok Yoon, Dongho Kim, A, Osuka
Chem. A-Euro. J. 11, (2005), 3389-3404.
- 4 . Printing Electrode for Top-Contact Molecular Junction
K. Ojima, Y. Otsuka, T. Matsumoto, T. Kawai
Appl. Phys. Lett. 87, (2005), 234110-1-234110-3.
- 5 . Co-Crystallization Between a Thymine and Metal Complex by Triple Hydrogen Bonds
K. Adachi, M. Taniguchi, S. Kawata, T. Kawai
Inorg. Chem. Acta. 358, (2005) ,4563-4566.
- 6 .Ambipolar Organic Field-Effect Transistor Using Gate Insulator Hysteresis
E. Mizuno, M. Taniguchi, T. Kawai
Appl. Phys. Lett. 86, (2005), 143513-143515.
- 8 .Approach to Electrical Conductance Spectroscopy of Chemical Reactions on Nano-Space
K. Yokota, M. Taniguchi, T. Kawai
Chem. Phys. Lett. 410, (2005), 147-150.
- 9 . Fabrication of DNA Nanofibers on a Planar surface by Electrospinning
T. Takahashi, M. Taniguchi, T. Kawai
Jpn. J. Appl. Phys. 44, (2005), L860-L862.

10. Electron-Molecular-Vibration Coupling for Small Polarons in DNAs

M. Taniguchi, T. Kawai

Phys. Rev. E 72, (2005), 061909-061913.

解説

分子デバイス、谷口正輝・川合知二: 高分子、55巻、2月号、2006、92.

著作

1. 走査型プローブ顕微鏡による計測

松本卓也

日本化学会編 第5版 実験化学講座 28巻ナノテクノロジーの化学、丸善、
p.133-165 (2005).

2. 有機・バイオ分子の解析

執筆分担: 松本卓也 共編: 重川秀実、吉村雅満、坂田亮、阿津璋

実戦ナノテクノロジー 走査プローブ顕微鏡と局所分光 7・1節、
株式会社裳華房、P.371-388(2005)

国際会議

- 1 .Structure and Electrical Property of DNA Molecules Immobilized on The Patterned Self-Assembled Monolayers
Y. Otsuka, K. Ojima, T. Matsumoto, H. Tabata, T. Kawai
American Physical Society March Meeting
March 21-25, (2005), Los Angeles, California, USA

- 2 . Construction of Protein Biosynthesis Chip Using Ribosome
T. Matsuura, Hir. Tanaka, T. Matsumoto, T. Kawai
The 8th International Conference on Atomically Controlled Surfaces,
Interfaces & Nanostructures (ACSIN8) / 13th International Congress on Thin Films
(ICTF13)
June 19-24, (2005), Stockholm, Sweden

- 3 . Tunneling Conduction of Cytochrome c Molecules
T. Matsumoto, M. Kataoka, T. Kawai
The Eleventh International Conference on Organized Molecular Films (LB11)
June 26-30, (2005), Sapporo, Japan

- 4 . Chirality Inversion and Electric Conduction of Porphyrin/DNA Complex
C. Takatoh, T. Matsumoto, T. Kawai, T. Saitoh, K. Takada
The Eleventh International Conference on Organized Molecular Films (LB11)
June 26-30, (2005), Sapporo, Japan

- 5 . Self-Assembly of Cysteine-Modified Peptide Nucleic Acid on Gold Surfaces
T. Matsuura, K. Ojima, Hir. Tanaka, T. Matsumoto, T. Kawai
The Eleventh International Conference on Organized Molecular Films (LB11)
June 26-30, (2005), Sapporo, Japan

- 6 . Conduction Through Cytochrome c Molecules
Takuya Matsumoto, Makoto Kataoka, Tomoji Kawai
13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and
Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe
Microscopy
July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

- 7 . Conductance Measurement of a DNA Network in Nanoscale by Point Contact Current

Imaging Atomic Force Microscopy

T. Matsumoto, A. Terawaki, Y. Otsuka, HeaYeon Lee, Hid. Tanaka, T. Kawai

Conductance Measurement of a DNA Network in Nanoscale by Point Contact Current Imaging Atomic Force Microscopy

13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy

July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

8 . Kinetic and Thermodynamic Control by Chemical Bond Rearrangement on a Si(001) Surface

C. Hamai, A. Takagi, M. Taniguchi, T. Matsumoto, T. Kawai

13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy

July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

9 . Nanobiotribology of RNA-Protein Complexes on Solid Surfaces

Toshihiko Matsuura, Hiroyuki Tanaka, Takuya Matsumoto and Tomoji Kawai

13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy / Spectroscopy and Related Techniques (STM05)

July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

10. Potential Mapping of Top-contacted Junctions: Molecules and Nanotransfer Printing Electrode

K. Ojima, K. Nakamatsu, Y. Otsuka, T. Matsumoto , S. Matsui, T. Kawai

13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy

July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

11. Observation of Various Porphynoids Adsorbed on a Substrate by Using AFM/STM

A. Takagi, N. Aratani, T. Matsumoto, A. Osuka, T. Kawai

13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy

July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

12. Structure and Electrical Property of DNA Molecules Immobilized on Patterned Hydrophobic / Hydrophilic Surface
Y. Otsuka, K. Ojima, T. Matsumoto, H. Tabata, T. Kawai
13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy
July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

13. Surface Potential and Capacitance Measurement of Molecules on Insulating Substrate
F. Yamada, A. Takagi, T. Matsumoto, H. Tanaka, T. Kawai
13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy
July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

14. AFM Imaging of Ribosomes Lined on mRNA at Translation State
E. Mikamo, C. Takamori, H. Tanaka, T. Matsumoto, T. Kawai
13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy
July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

15. Nanopatterning of Transition Metal Oxides by the Voltage-Biased Tip of an Atomic Force Microscope
L. Pellegrino, E. Bellingeri, I. Pallecchi¹, G. Canu, A.S. Siri¹, D. Marré M. Hirooka,
Y. Yanagisawa, M. Ishikawa, H. Tanaka, T. Matsumoto, A. Takagi, T. Kawai
13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques in conjunction with 13th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy
July 3-8, (2005), Sapporo, Japan

16. Surface Potential and Capacitance Image of Molecules on Insulating Substrates
T. Matsumoto, F. Yamada, T. Kawai
8th International Conference on Non-Contact Atomic Force Microscopy
August 15-18, (2005), Bad Essen, Germany

17. ★ Conductivity Measurement of Single/Small Number of DNA
Takuya Matsumoto

Nanoelectronics and Dynamics of DNA
August 28-31,(2005), Hawaii, U.S.A.

18. Printing Electrode for Top-Contact Molecular Junction

K. Ojima, K. Nakamura, Y. Otsuka, T. Matsumoto, S. Matsui, T. Kawai
Nanoelectronics and Dynamics of DNA
August 28-31, (2005), Hawaii, U.S.A.

19. ★Conduction in Single/Small Number of Molecules Including DNA and Cytochrome c

T. Matsumoto, T. Kawai
The54th Fujihara Seminar
August 31-September 4, (2005), Tomakomai, Japan

20. ★Visualization of Nano-Scale Magnetic Structures of Magnetoresistive (La,Ba)MnO₃ and

Granular Fe/ Al₂O₃ by Frequency-Modulation Magnetic Force Microscopy
T. Matsumoto, T. Kawai,
6th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology
September 11-16, (2005), Maui, Hawaii, U.S.A.

21. Potential Difference Mapping of Molecules and Particles on Insulating Substrate

F. Yamada, T. Matsumoto, H. Tanaka, T. Kawai,
AVS 52nd International Symposium and Exhibition
October 30-November 4, (2005), Boston MA, U.S.A.

22. Conduction through Cytochrome c Molecules

T. Matsumoto, M. Kataoka, T. Kawai
AVS 52nd International Symposium and Exhibition
October 30-November 4, (2005), Boston MA, U.S.A.

23. Top-contact Junctions for Molecules Electronics: Nano-transfer Printing

K. Ojima, K. Nakamatsu, Y. Otsuka, T. Matsumoto, S. Matsui, T. Kawai
AVS 52nd International Symposium and Exhibition
October 30-November 4, (2005), Boston MA, U.S.A.

24. Surface Potential Mapping of DNA-protein Complex at Molecular Level

E. Mikamo, F. Yamada, T. Matsumoto, T. Kawai
AVS 52nd International Symposium and Exhibition
October 30-November 4, (2005), Boston MA, U.S.A.

25. Immobilization of DNA Molecules on the Patterned Self-assembled Monolayers and Electrical Properties of DNA molecules by Top-contacted Nanogap Electrodes
Y. Otsuka, T. Matsumoto, H. Tabata, T. Kawai
International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-4)
November 14-17, (2005), Saitama (Omiya), Japan
26. Surface potential and capacitance measurement of molecules on insulating substrates
Molecular Electronics
F. Yamada, A. Takagi, T. Matsumoto, T. Kawai
International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-4)
November 14-17, (2005), Saitama (Omiya), Japan
27. ★Molecular Electronic using Biological Materials
T. Matsumoto, T. Kawai
International Symposium on Molecular Scale Electronics
(In conjunction with 6th Molecular Scale Electronics Workshop in Japan)
December 5-6, (2005), Tsukuba, Japan
28. DNA Nanofibers Assembled by Electrospinning
T. Takahashi, M. Taniguchi, H. Tanaka, T. Kawai
21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” Third International Symposium 2005
March 9-10, (2005), Shiga, Japan
29. Electrochemical Transistor Based on Poly(3-hexylthiophene) and Cyanoethylpullulan
M. Taniguchi, T. Kawai
21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” Third International Symposium 2005
March 9-10, (2005), Shiga, Japan
30. ★Electron-molecular-vibration coupling for small polarons in Poly(dA)·Poly(dT) and Poly(dG)·Poly(dC)
M. Taniguchi, T. Kawai
Nanoelectronics and Dynamics of DNA
August 28-31, (2005), Honolulu, Hawaii, U.S.A.
31. Electrical Detection of Chemical Reactions on Nano-Space

K. Yokota, M. Taniguchi, T. Kawai
International Symposium on Surface Science and Nanotechnology
November 14-17, (2005), Omiya, Japan

32. Fabrication of DNA Nanofibers by Electrospinning

T. Takahashi, M. Taniguchi, T. Kawai
International Symposium on Surface Science and Nanotechnology
November 14-17, (2005), Omiya, Japan

33. Approach to Electrical Conductance Spectroscopy of Chemical Reaction on Nano-Space

K. Yokota, M. Taniguchi, T. Kawai
21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” Fourth
International Symposium 2006,
November 18-19, (2005), Mie, Japan

34. Ambipolar Organic Field-Effect Transistors Using Gate Insulator Hysteresis

M. Taniguchi, E. Mizuno, T. Kawai
21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” Fourth
International Symposium 2006
November 18-19, (2005), Mie, Japan

35. Fabrication of DNA Nanofibers by Electrospinning

T. Takahashi, M. Taniguchi, T. Kawai
21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” Fourth
International Symposium 2006
November 18-19, (2005), Mie, Japan

国内会議

1. 電荷移動力顕微鏡／分光の開発 IV

松本卓也、日下貴生、川合知二
2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会 (さいたま)
2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日

2. 絶縁体上 FM モードポテンシャル測定における分子・ナノ微粒子のバイアス依存特性

山田郁彦、高木昭彦、松本卓也、田中秀和、川合知二

- 2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会 (さいたま)
2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日
3. ナノトランスファープリンティングにより作製した分子/電極接合の KFM 観察
小嶋 薫、中松健一郎、松本卓也、松井真二、川合知二
2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会 (さいたま)
2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日
4. シトクロム c の少数分子電気特性評価
片岡 誠、松本卓也、川合知二
2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会 (さいたま)
2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日
5. ポルフィリン/DNA 結合体の電気特性
高東智佳子、松本卓也、川合知二
2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会 (さいたま)
2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日
6. 分子系ナノスケール伝導測定に適したトップコンタクト型電極形成の試み (III)
小嶋 薫、中松健一郎、松本卓也、松井真二、川合知二
2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会 (さいたま)
2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日
7. ★単一あるいは少数分子の電気伝導と金属/分子界面制御 : DNA, シトクロム c
松本卓也
学術創成ミーティング (大阪) 2005 年 4 月 19 日
8. リボソームを用いたタンパク質生合成チップの構築
松浦俊彦、田中裕行、松本卓也、川合知二
第 7 回 RNA 学会年会 (弘前) 2005 年 8 月 9-11 日
9. ★絶縁体上ナノ構造の電気特性・電子状態計測ーナノエレクトロニクスのための
SPM 新手法ー
松本卓也
JST ナノ計測ワークショップ ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ領域横断企
画 (静岡) 2005 年 8 月 11-12 日
10. 分子系ナノスケール伝導測定に適したトップコンタクト型電極形成の試み (IV)

小嶋 薫、中松健一郎、松本卓也、松井真二、川合知二

2005年秋季 第66回応用物理学会学術講演会 (徳島) 2005年9月7-11日

11. 絶縁体上におけるFMモードポテンシャル測定のみカニズム

山田郁彦、高木昭彦、松本卓也、田中秀和、川合知二

2005年秋季 第66回応用物理学会学術講演会 (徳島) 2005年9月7-11日

12. Fabrication of Mn-doped Fe₃O₄ nano-channel structures by AFM Lithography and applications to nano FET

ペリグリーノルカ、柳澤吉彦、石川瑞恵、佐藤一成、柳田 剛、松本卓也、田中秀和、川合知二

2005年秋季 第66回応用物理学会学術講演会 (徳島) 2005年9月7-11日

13. ★有機・バイオ材料の分子スケール電子機能計測

松本卓也、川合知二

ーナノテストの開発と分子エレクトロニクスへの応用ー

2005年度精密工学会秋季大会シンポジウム「先端機能材料・表面の原子スケール計測技術」(京都) 2005年9月17日

14. ★少数または単一分子の電気伝導: DNA、DNA修飾体、およびチトクロムc

松本卓也

第2回バイオオプティックス研究会 ーバイオとオプティックスの融合ー

(札幌) 2005年10月15日

15. ポルフィリン-DNA 結合体の単一分子形態観察

高東智佳子、松本卓也、川合知二、斎藤孝行、武田収功

第25回表面科学講演大会 (さいたま市) 2005年11月17-19日

16. ナノスケール絶縁体表面ポテンシャル測定手法の開発

山田郁彦、高木昭彦、松本卓也、田中秀和、川合知二

第25回表面科学講演大会 (さいたま市) 2005年11月17-19日

17. 電気化学トランジスタの特性評価

谷口正輝、川合知二

第52回応用物理学関係連合講演会 (埼玉) 2005年3月29日~4月1日

18. ゲート絶縁膜のヒステリシスを用いた両極性電界効果トランジスタ

谷口正輝、水野江里子、川合知二

2005年秋季 第66回応用物理学会学術講演会 (徳島) 2005年9月7-11日

19. エレクトロスピンニング法を用いたDNAナノファイバーの作製

高橋拓也, 谷口正輝, 川合知二

第66回応用物理学会学術講演会 (徳島) 2005年9月7-11日

20. 乾燥DNAにおけるマイクロ波・赤外分光測定に対する水和殻の影響

松井広志, 柳町武志, 北條淳征, ハサヌディン, 黒田規敬, 谷口正輝, 川合知二,
豊田直樹

第66回応用物理学会学術講演会 (徳島) 2005年9月7-11日

21. DNAにおける電子-分子振動相互作用

谷口正輝, 川合知二

日本物理学会秋季大会 (京都) 2005年9月19-22日

22. エレクトロスピンニング法を用いたDNAナノファイバーの作製

高橋拓也, 谷口正輝, 川合知二

第54回高分子討論会 (山形) 2005年9月20-22日

23. ナノ空間における化学反応の電氣的検出

横田一道, 谷口正輝, 川合知二

分子構造総合討論会 (東京) 2005年9月27-30日

特許

「両極性有機電界効果薄層トランジスター及びその製造方法」

川合知二, 谷口正輝, 水野江里子, 福井育生 : 特願2005-088914

「探針装置」

松本卓也, 川合知二 : 国際出願番号 PCT/JP2005/005583, March, 25, 2005

「微小電極製造方法及びその製造方法によって作製された微小電極」

松本卓也, 松井真二, 中松健一郎, 小嶋薫, 川合知二

: 国際出願番号 PCT/JP2005/005584, March 25, 2005

学会委員など

松本 卓也

1. 科学研究費委員会専門委員
2. 日本表面科学会編集委員
3. 表面科学とナノテクノロジーに関する国際会議 (ISSS-4) プログラム委員
4. 走査トンネル顕微鏡と周辺技術に関する国際会議 (STM05) プログラム委員

共同研究

松本 卓也

1. 「ナノスケールフラット電極の作製」 松井 真二 (兵庫県立大 高度研)
2. 「巨大ポルフィリンアレーの物性」 大須賀 篤弘 (京大理)
3. 「電流画像化原子間力顕微鏡」 田中啓文、小川 琢治 (分子研)

谷口 正輝

1. 大阪大学大学院工学研究科 神戸研究室
2. 東北大学大学院理学研究科 豊田研究室
3. 熊本大学工学部 黒田研究室
4. 大阪大学産業科学研究所 安蘇研究室

科研費、助成金等

松本 卓也 科学研究費補助金、基盤研究(B)(2)
「ストロボスコピック・プローブ顕微鏡の開発と光電子移動の単分子レベル時間分解画像化」

松本 卓也 科学研究費補助金、萌芽研究
「時間分解フォース検出による過渡的電荷生成のイメージング」

松本 卓也 科学技術振興機構、戦略的基礎研究
「巨大ポルフィリンアレーのメゾスコピック構造デバイス」

松本 卓也 キヤノン株式会社

谷口 正輝 科学研究費補助金、若手研究 (B)
「プログラムされた分子ワイヤの合成とナノ電極による電気伝導測定」

谷口 正輝 信越化学工業株式会社
「ポリマーFETの開発」

ナノマテリアル・デバイス研究部門 超分子プロセス分野 (笹井研究室)

構成

教授 笹井 宏明 (Hiroaki Sasai) TEL:06-6879-8465,

E-mail:sasai@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 川井 清彦 (Kiyohiko Kawai) TEL:06-6879-8496,

E-mail:kiyohiko@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 滝澤 忍 (Shinobu Takizawa) TEL:06-6879-8466,

E-mail:taki@sanken.osaka-u.ac.jp

特任助手 竹中 和浩 (Kazuhiro Takenaka) TEL:06-6879-8466,

E-mail:takena@sanken.osaka-u.ac.jp

博士研究員 米澤 浩司 (Kohji Yonezawa)

非常勤研究員 Gabr Randa Kassem Mohamed

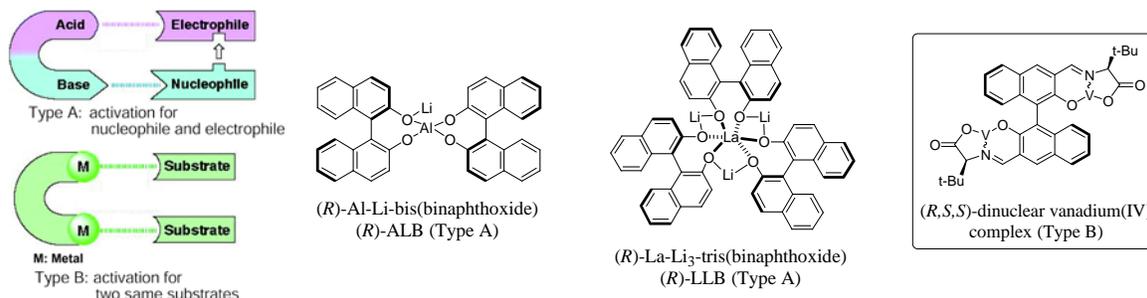
学生 D2: 川瀬、M2: 1名、M1: 1名

研究概要

当研究分野では、新しい触媒的不斉合成法の開発とその反応メカニズムの解明に積極的に取り組み、酵素的な作用機序で働く多機能不斉触媒の開発研究を行っている。さらに開発した多機能不斉触媒をナノ粒子化した高活性固定化触媒の開発およびリサイクルプロセスの構築を推進している。

また、DNA が配列情報をもとに様々な構造を構築可能であること、および DNA 内を電荷が移動可能であることを利用した、DNA 分子センサーの構築に関する研究も行っている。現在、DNA 中における高効率光電荷分離系の構築に関して検討しており、同時に DNA 内光電荷分離の生体影響の解明を行っている。

複合金属触媒の開発と固定化

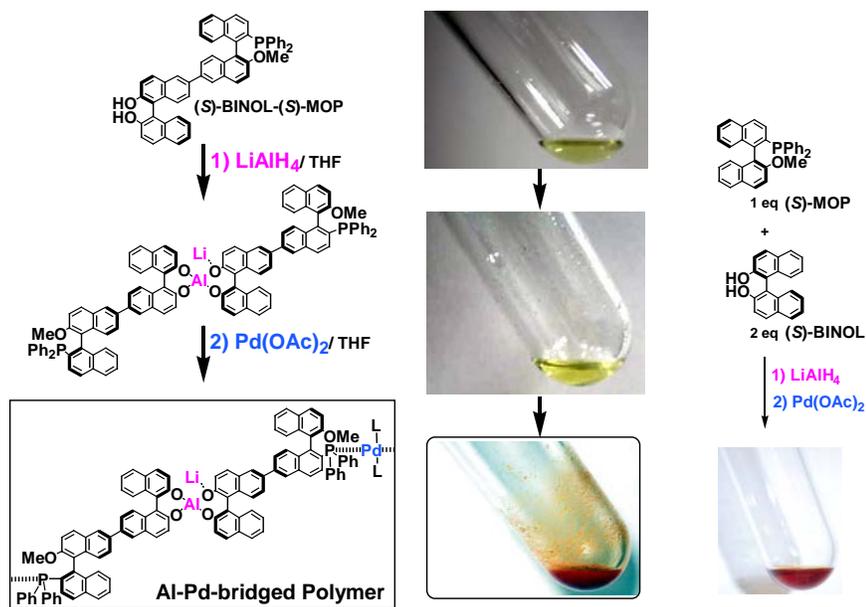


我々の開発した複合金属錯体 Al-Li-bis(binaphthoxide) (ALB) や La-Li-tris(binaphthoxide) (LLB) は、二つの異なる金属と複数の不斉配位子から構成される。中心金属がルイス酸として、アルカリ金属-酸素結合がブレンステッド塩基

として機能し、異なる二つの基質を活性化するとともに、触媒の多数の不斉配位子が基質の配向を高度に制御する不斉触媒である (Type A)。今回、不斉ホモカップリング反応のような同一種の二分子の基質の活性化に有効な新規二重活性化機構を有する触媒の開発に成功した (Type B)。R 体のジホルミルビナフトールとアミノ酸である (S)-tert-ロイシンから導かれるジイミン体に対し四当量の酸化硫酸バナジウム (VOSO₄) を添加することにより新規バナジウム二核錯体を合成した。本触媒は、空気雰囲気下、2-ナフトールのカップリング反応において、光学収率 91% でカップリング体を与えた。本反応の二重活性化機構は、反応速度解析等から支持された。

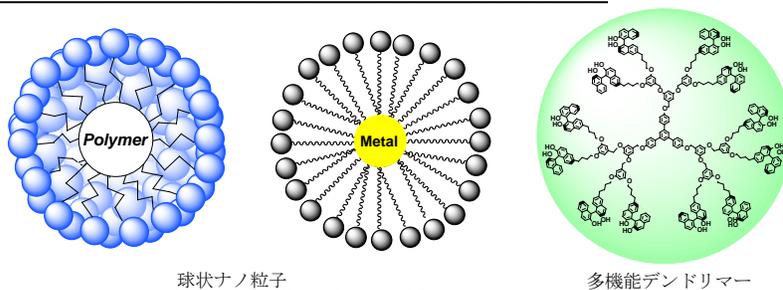
触媒の回収や再利用が容易となる固定化触媒の開発は、環境調和型プロセスを構築する重要な研究課題となっている。しかし、例えば、ALB錯体のように複数の配位子を含む触媒をポリマー上に固定化するには、配位子の相対配置を適切に制御する新規な方法論が必要となる。そこで、複数の配位子を有する触媒の汎用性に富む固定化法として、金属架橋型高分子不斉触媒の開発研究を行っている。高分子の金属部位は、高分子構造の架橋部位と不斉触媒の活性中心の二つの機能を有する。有機溶媒に可溶性配位子からの金属錯体形成により触媒は固定化されるため、配位子間の距離及び相対配置は、均一系触媒と同一構造となり、高活性な固定化触媒が構築できる。今回、2

種の異なる配位子 BINOL および BINAP (又はMOP) が、6位で連結した新規不斉配位子をデザイン、合成した。本配位子を前周期遷移金属と後周期遷移金属と組み合わせて用いると、金属への配位能が異なるため、二種の金属を認識して金属架橋高分子が形成すると考えられる。



実際、(S)-BINOL-(S)-MOPのTHF溶液にLiAlH₄を加えると淡黄色溶液となり、次いでPd(OAc)₂を加えるとTHFに不溶性赤色固体が析出した。尚、(S)-BINOLと(S)-MOP 1:1のTHF溶液にLiAlH₄、Pd(OAc)₂を加えても固体の析出はみられなかった。赤色固体の析出は、LiAlH₄と(S)-BINOL-(S)-MOPのOH基間でAl錯形成し、PPh₂基部位でPdが架橋し、Al-Pd架橋高分子が形成したためと解釈できる。本架橋高分子は、THFに不溶であることから濾過により回収、再利用可能な不斉触媒としても期待できる。

機能性球状粒子の効率的合成法の開発と機能評価



球状ナノ粒子
 ・ミセル固定化による球状ナノ粒子の創製
 ・金属クラスターの機能化

多機能 dendリマー

表層に不斉触媒能を有する dendリマー様ナノ粒子の効率的構築法の開発を検討している。界面活性モノマーの形成する球状ミセルを水中で重合反応により固定し、得られた球状ポリマーに配位子を担持することで高活性ナノ粒子触媒が得られることを見出した。

また、金と硫黄の親和力を利用して、金属クラスター担持触媒を調製し、金属ナノクラスターが高活性固定触媒の固相として十分機能することを明らかにした。現在、更なる高次機能を持つ球状機能ナノ粒子の合成と応用を検討している。

DNA 内電荷移動を利用した DNA 光電荷分離系の構築

DNA の酸化により DNA 中に生じた正電荷(ホール)が、DNA を長距離にわたり移動することが明らかになり、その生物学的影響、また DNA を材料として応用する観点から注目を集めている。これまでに我々は、核酸塩基の中で2番目に酸化電位の低いアデニン(A)連続配列上に生じたホールが、A 間を高速で移動することを明らかにした。この A 間の高速ホール移動を利用することにより、DNA 内において光電荷分離状態の生成が可能であることを報告した。本研究では、光電荷分離状態の生成を利用して、DNA 内の電荷移動速度の配列依存性を明らかにし、DNA 内のホール移動速度が塩基対間のプロトン移動に依存することを見出した。また、DNA 内光電荷分離状態の生成を、DNA 光センサーへと応用することを視野に入れ、光電荷分離状態をより高効率で生成するため、光増感剤、DNA 配列の最適化を検討した。光増感剤として光励起

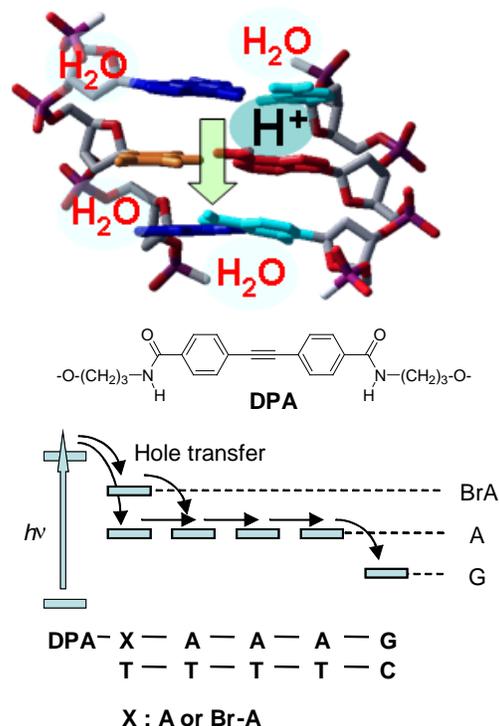


図 1. DNA 内電荷移動におけるプロトン移動の重要性 (上図)、および Diphenylacetylene を光増感剤として用いた高効率 DNA 内光電荷分離系の構築

により非常に強い酸化力を示す Diphenylacetylene を用いることにより、逆電子移動速度の低下に基づき、最大 26% の量子収率で DNA 内光電荷分離を達成した。

DNA 内光電荷分離の生物学的影響

光増感反応による DNA 酸化反応の効率、速い逆電子移動のため一見非常に低いように思われるが、実際に損傷は起きている。我々はホール移動により生じる電荷分離状態が光増感 DNA 酸化損傷において重要な役割を果たすことを明らかにした。光増感剤として Naphthalimide を修飾した光励起により様々な電荷分離寿命を呈する DNA を合成し、レーザーフラッシュフォトリスを用いた電荷分離寿命の

測定、および HPLC による DNA 損傷の定量を行った。DNA 損傷量は電荷分離状態の寿命によく一致し、ホール移動により G^+ あるいは光増感剤ラジカルアニオンが水、酸素と反応する時間が稼がれ、DNA 損傷を引き起こされることがわかった。これにより、A 酸化に伴う A 間のホッピングによるホール移動が DNA 損傷を促進し、A 連続領域周辺の G が酸化のターゲットとなりうるということが明らかになった。

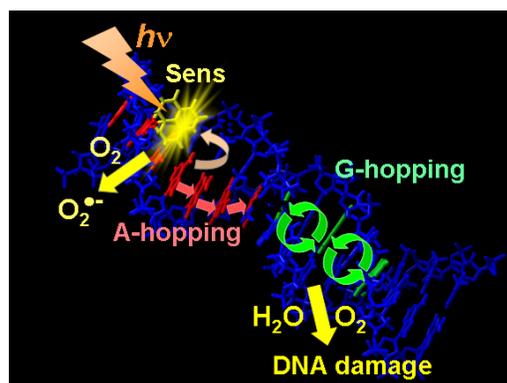


図 2. DNA 内光電荷分離は DNA 損傷を引き起こす

論文

“Design and Synthesis of Novel Chiral Spiro Ionic Liquids” Patil, M. L.; Rao, C. V. L.; Yonezawa, K.; Takizawa, S.; Onitsuka, K.; Sasai, H., *Org. Lett.*, 2006, 8, 227-230.

“Conformational lock in Brønsted acid - Lewis base organocatalyst for the aza-Morita-Baylis-Hillman reaction” Matsui, K.; Tanaka, K.; Horii, A.; Takizawa, S.; Sasai, H., *Tetrahedron: Asymmetry in press.*

“Brønsted acid - Lewis base organocatalyst for the aza-Morita-Baylis-Hillman reaction” Matsui, K.; Takizawa, S.; Sasai, H., *Synlett in press.*

“Spiro Crown Ethers Bearing (S)-1,1'-Spirobiindanes as Chiral Backbones” Yonezawa, K.; Patil, M. L.; Sasai, H.; Takizawa, S., *Heterocycles*, 2005, 66, 639-644.

“Bifunctional Organocatalysts for Enantioselective aza-Morita-Baylis-Hillman Reaction” Matsui, K.; Takizawa, S.; Sasai, H., *J. Am. Chem. Soc.* 2005, 127, 3680-3681.

“Micelle-derived Polymer Supports for Enantioselective Catalysts” Takizawa, S.; Patil, M. L.; Yonezawa, F.; Marubayashi, K.; Tanaka, H.; Kawai, T.; Sasai, H., *Tetrahedron Lett.* 2005, 46, 1193-1197.

“Enantioselective Morita-Baylis-Hillman (MBH) Reaction Promoted by a Heterobimetallic Complex with a Lewis Base” Matsui, K.; Takizawa, S.; Sasai, H., *Tetrahedron Lett.* 2005, 46, 1943-1946.

“Fragmentation of tertiary cyclopropanol systems catalyzed by vanadyl acetylacetonate” M. Kirihara, M. Ichinose, Y. Ochiai, S. Takizawa, K. Okubo, R. Takizawa, H. Kakuda, M. Shiro, *Tetrahedron* 2005, 61, 4831-4839.

“Selective Guanine Oxidation by UVB-Irradiation in Telomeric DNA” K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, *Chem. Commun.* 2005, 1476-1477.

“Recognition of Substituted Cytosine Derivatives by the Base Pairing with Guanine Connected to Pyrene” T. Kawai, M. Ikegami, K. Kawai, T. Majima, Y. Nishimura, T. Arai, Tatsuo, *Chem. Phys. Lett.* 2005, 407, 58-62.

“Contributions of the Distance-Dependent Reorganization Energy and Proton Transfer Process to Hole Transfer in DNA” T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, *Chem. Eur. J.* 2005, 11, 3835-3843.

“Synthesis and Properties of Terthiophene Modified Oligodeoxynucleotides” K. Kawai, A. Sugimoto, H. Yoshida, S. Tojo, M. Fujitsuka, T. Majima, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2005, 15, 4547-4549.

“Consecutive Adenine Sequences are Potential Targets in Photosensitized DNA Damage” K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, T. Majima, *Chem. Biol.* 2005, 12, 1049-1054.

“Kinetics of Transient End-to-End Contact of Single-Stranded DNAs” K. Kawai, H. Yoshida, A. Sugimoto, M. Fujitsuka, T. Majima, *J. Am. Chem. Soc.* 127, 13232-13237 (2005).

“Monitoring of Microenvironmental Changes in the Major and Minor Grooves of DNA by Dan-Modified Oligonucleotides” K. Kimura, K. Kawai, T. Majima, *Org. Lett.* 2005, 7, 5829-5832

“High Yield Generation of Long-Lived Charge-Separated State in Diphenylacetylene-Modified DNA” T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, *Angew. Chem., Int. Ed.* 2006, 45, 120-122.

総説解説

“光増感 DNA 酸化損傷のメカニズム—その理解と医療への応用” 川井清彦, *化学と工業* 2005, 58, 125-128.

“Photosensitized One-Electron Oxidation of DNA” K. Kawai, T. Majima, Pure Appl. Chem. 2005, 77, 963-975.

著書

“Spectroscopic Investigation of Oxidative Hole Transfer via Adenine Hopping in DNA” in “Charge Transfer in DNA” ed by H.-A. Wagenknecht, K. Kawai, T. Majima, Wiley-VCH, Weinheim, 117-132 (2005).

国内会議発表

★滝澤忍, 笹井宏明「金属架橋型触媒の創製」, 大阪, ナノ超分子触媒の将来展望, 2005.2.7-8.

★Doss Jayaprakash, 笹井宏明「Immobilization of Multifunctional Asymmetric Catalysts」, 大阪, ナノ超分子触媒の将来展望, 2005, 2005, 2.7-8.

片山智美, 吉田友和, 染井秀徳, 浅野泰明, 滝澤忍, 笹井宏明「二重活性化能を有する不斉二核金属触媒の開発とエナンチオ選択的反応への応用(1)」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

吉田友和, 片山智美, 染井秀徳, 浅野泰明, 滝澤忍, 笹井宏明「二重活性化能を有する不斉二核金属触媒の開発とエナンチオ選択的反応への応用(2)」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

Koranne S. Priti, Muthiah Chinnasamy, 辻原哲也, 余語純一, 脇田和彦, 荒井緑, 滝澤忍, 笹井宏明「新規スピロ型配位子の開発と応用(1)」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

辻原哲也, Koranne S. Priti, 余語純一, 脇田和彦, 篠原俊夫, 荒井緑, 滝澤忍, 笹井宏明「新規スピロ型配位子の開発と応用(2)」神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

松井嘉津也, 滝澤忍, 笹井宏明「複合金属触媒による不斉Morita-Baylis-Hillman反応の開発」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

井上直人, 滝澤忍, 笹井宏明「金属架橋高分子触媒の新展開」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

原敬司, 滝澤忍, 笹井宏明「改良型複合金属錯体で促進される触媒的不斉ニトロアルドール反応」神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

RAO, C. V. L., PATIL, Mahesh L., 滝澤忍, 笹井宏明「新規光学活性スピロ型イミダゾール誘導体の開発と不斉反応への応用」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

廣田朝子, 下元愛, 米澤浩司, 滝澤忍, 笹井宏明「新規スピロ型第四級アンモニウム塩の開発と触媒的不斉反応への応用」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

松井嘉津也, 田中浩一, 滝澤忍, 笹井宏明「新規多機能有機分子触媒による不斉aza-Morita-Baylis-Hillman反応の開発」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

丸林千能, 松井嘉津也, 滝澤忍, 笹井宏明「キラルな有機分子触媒の新規固定化法の開発」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29.

松井嘉津也, 滝澤忍, 笹井宏明「新規多機能有機分子触媒による不斉aza-Morita-Baylis-Hillman反応の開発」, 東京, 第3回次世代を担う有機化学シンポジウム, 2005.5.20-21.

笹井宏明「二重活性化によるエナンチオ選択的触媒反応の高次制御」, 北海道, 動的錯体の自在制御化学第4回公開シンポジウム, 2005.5.27-28.

滝澤忍, 井上直人, 笹井宏明「金属架橋高分子不斉触媒の創製と応用」, 大阪, モレキュラー・キラリティー2005, 2005.6.7-8.

Mahesh L. Patil, C. V. L. Rao, Kohji Yonezawa, Shinobu Takizawa, Hiroaki Sasai「Development of Novel Chiral Ionic Liquids with Spiro Skeleton」, 神奈川, 2005年度第1回のイオン液体研究会, 2005.7.15.

林彰, 松嶋雄司, 鬼塚清孝, 高橋成年, 笹井宏明「アンカー型面不斉シクロペンタジエニル-ルテニウム錯体と2-ピリジルメタンイミンの立体選択的反応」, 京都, 第52回有機金属化学討論会, 2005.9.15-16.

コランネプリティ, 辻原哲也, 余語純一, 滝澤忍, 笹井宏明「コンビナトリアル合成を志向する新規スピロ型イソオキサゾリン/イソオキサゾール不斉配位子の開発」, 京都, 第52回有機金属化学討論会, 2005.9.15-16.

S. Priti Koranne, Tetsuya Tsujihara, Junichi Yogo, Shinobu Takizawa Hiroaki Sasai「Synthesis of Novel Spiro Ligands - A Combinatorial Approach」, 東京, 21st Conference on Combinatorial Chemistry, 2005.9.21-22.

廣田朝子, 米澤浩司, 滝澤忍, 笹井宏明「新規スピロ型第4級アンモニウム塩の開発と触媒的不斉反応への応用」, 大阪, 第35回複素環化学討論会, 2005.10.26-28.

RAO, C. V. L., PATIL, Mahesh L., 米澤浩司, 滝澤忍, 鬼塚清孝, 笹井宏明「Development of Novel Chiral Ionic Liquids with Spiro Skeleton」, 大阪, 第35回複素環化学討論会, 2005.10.26-28.

辻原哲也, Koranne S. Priti, 余語純一, 脇田和彦, 篠原俊夫, 荒井緑, 荒井孝義, 滝澤忍, 鬼塚清孝, 笹井宏明「Pd-SPRIX触媒を用いるエナンチオ選択的アミノカルボニル化反応の開発」, 兵庫, 第31回反応と合成の進歩シンポジウム, 2005.11.7-8.

Koranne S. Priti, 辻原哲也, 余語純一, 滝澤忍, 笹井宏明「Synthesis of chiral spiro ligands and their application to asymmetric cyclizations」, 東京, 第88回有機合成シンポジウム, 2005.11.10-11.

松井嘉津也, 滝澤忍, 笹井宏明「新規二重活性化機構を有する不斉有機分子触媒の開発と応用」, 京都, 文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「生体機能分子の創製」第1回公開シンポジウム, 2005.11.26-27.

★笹井宏明「不均一系不斉触媒構築の新機軸」, 愛知, 未来型分子触媒の創製, 2005.12.6-7.

★笹井宏明「多点制御型不斉触媒の開発」, 大阪, 第4回産研テクノサロン産学交流サロン, 2006.3.6.

川井清彦「修飾DNAの光化学」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29

川井清彦, 藤塚守, 真嶋哲朗「UVB照射によるテロメア構造選択的グアニン損傷」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29

小阪田泰子, 川井清彦, 藤塚守, 真嶋哲朗「アデニン連続配列における高効率DNA酸化損傷」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29

小阪田泰子, 川井清彦, 高田忠雄, 藤塚守, 真嶋哲朗「ブロモシトシンを用いたDNA内電荷分離寿命の制御」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29

中島悟, 秋山公男, 川井清彦, 高田忠雄, 生駒忠昭, 手老省三, 真嶋哲朗「DNA中に生成するラジカルイオン対の時間分解EPRによる観測」, 神奈川, 日本化学会第85回春季年会, 2005.3.26-29

川井清彦, 小阪田泰子, 藤塚守, 真嶋哲朗「アデニン連続配列は光増感 DNA 損傷のターゲットとなる」, 福岡, 2005 年光化学討論会, 2005.9.12-14

川井清彦, 杉本晃, 藤塚守, 真嶋哲朗「ピレンダイマーラジカルカチオン形成を利用した 1 本鎖 DNA のダイナミクス」, 福岡, 2005 年光化学討論会, 2005.9.12-14

川井清彦, 藤塚守, 真嶋哲朗「UVB 照射はテロメア構造のグアニン損傷を引き起こす」, 福岡, 2005 年光化学討論会, 2005.9.12-14

国際会議発表

”Metal-bridged Polymers as Highly Enantioselective Catalysts” S. Takizawa, H. Sasai, N. Inoue, D. Jayaprakash, OMCOS13, July 17-21, 2005. (Geneva, Switzerland).

“Dinuclear Vanadium Complexes with Dual Activation : Enantioselective Homolytic Coupling Reaction of 2-Naphthols” H. Sasai, H. Somei, Y. Asano, T. Yoshida, T. Katayama, S. Takizawa, OMCOS13, July 17-21, 2005. (Geneva, Switzerland).

“Development of Novel Chiral Ligands Bearing Spiro Skeleton” P. Koranne, T. Tsujihara, T. Shinohara, S. Takizawa, H. Sasai, the 20th International Congress of Heterocyclic Chemistry, July 31-August 5, 2005. (Palermo, Italy).

“Novel Bifunctional Organocatalysts for Enantioselective aza-Morita-Baylis-Hillman (aza-MBH) Reaction” K. Matsui, S. Takizawa, H. Sasai, The 3rd International Symposium on Integrated Synthesis 2005 (ISIS-3), Sep. 30-Oct. 1, 2005. (Osaka, Japan).

“Rational Design and Synthesis of Novel Chiral Spiro Type Ligands” P. S. Koranne, T. Tsujihara, J. Yogo, S. Takizawa, H. Sasai, The 3rd International Symposium on Integrated Synthesis 2005 (ISIS-3), Sep. 30-Oct. 1, 2005. (Osaka, Japan).

“Development of Enantioselective Intramolecular Aminocarbonylation Catalyzed by Pd-SPRIX” T. Tsujihara, P. Koranne, J. Yogo, K. Wakita, T. Shinohara, M A. Arai, T. Arai, S. Takizawa, K. Onitsuka, H. Sasai, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Design and Synthesis of Novel Chiral Ionic liquids with Spiro Skeleton” C. V. L. Rao, M. L. Patil, K. Yonezawa, S. Takizawa, K. Onitsuka, H. Sasai, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Synthesis of Dendric Copper(I) Complex and its Reactivity Towards Dioxygen” R N. Nadaf, D. Jayaprakash, H. Sasai, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“A Rational Approach toward the Development of Spiro Ligands” P. Koranne, T. Tsujihara, J. Yogo, S. Takizawa, H. Sasai, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Bifunctional organocatalysts for enantioselective aza-Morita-Baylis-Hillman (aza-MBH) reaction” K. Matsui, K. Tanaka, S. Takizawa, H. Sasai, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem), 2005.12.15-20. (Hawaii, USA).

“Development of novel chiral spiro-type ligands bearing isoxazoline/isoxazole rings” P. Koranne, T. Tsujihara, J. Yogo, M. A. Arai, S. Takizawa, H. Sasai, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem), 2005. 12.15-20. (Hawaii, USA).

★“New Concepts for Immobilization of Asymmetric Catalysts” H. Sasai, Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, January 30-February 1, 2006, (Osaka, Japan).

“Kinetics of End-to-End Contact of Single-Stranded DNA” K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Charge Transfer in DNA and Photosensitized DNA Damage” K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, T. Majima, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Fluorescence Properties of 2-Aminopurine in Telomeric DNA” T. Kimura, K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Effects of Reorganization Energy and Proton Transfer on Hole Transfer in DNA” T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, Fourth 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”, 2005.11.18-19. (Mie, Japan).

“Efficient Charge Separation in Diphenylacetylene-Modified DNA” T. Takada, K. Kawai, M. Fujitsuka, T. Majima, Fourth 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience" 2005.11.18-19. (Mie, Japan)

“Kinetics of end-to-end contact of single-stranded DNAs” K. Kawai, H. Yoshida, A. Sugimoto, M. Fujitsuka, T. Majima, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem), 2005. 12.15-20. (Hawaii, USA).

“Hole transfer in DNA and photosensitized DNA damage” K. Kawai, Y. Osakada, M. Fujitsuka, T. Majima, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies

(Pacifichem), 2005. 12.15-20. (Hawaii, USA).

“2-Aminopurine as a probe for DNA conformational transition” K. Kawai, T. Kimura, T. Majima, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem), 2005. 12.15-20. (Hawaii, USA).

科研費、助成金

笹井宏明「酵素機能の発現を指向する dendrimer 固定化触媒の開発」, 平成17年度科学研究費補助金特別研究員奨励費, 800,000円

笹井宏明「スピロ骨格を有する新規不斉触媒の開発と応用」, 平成17年度科学研究費補助金特別研究員奨励費, 1,500,000円

笹井宏明「新規エナンチオ選択的触媒反応を基盤とする高効率カスケード型反応の開発」, 平成17年度科学研究費補助金特定領域研究, 2,900,000円

笹井宏明「触媒活性部位での多元的協調作用を活用する人工酵素の開発」, 平成17年度科学研究費補助金特定領域研究, 2,000,000円

滝澤忍「自己組織化による機能性ナノマテリアルの創製」, 平成17年度科学技術振興調整費若手任期付研究員支援, 19,390,000円

滝澤忍, 立松健司「多機能ナノ粒子の標的指向性ドラッグデリバリーシステムへの応用」, 平成17年度21世紀COE プログラム若手・学生支援共同研究, 2,000,000円

ナノマテリアル・デバイス研究部門

ナノバイオデバイス分野

(谷澤研究室)

所在地 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘 8-1 FAX 06-6879-4292

構成

教授（兼任） 谷澤 克行（Katsuyuki TANIZAWA）TEL:06-6879-8460,
E-mail: tanizawa@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 岡島 俊英（Toshihide OKAJIMA）TEL:06-6879-4292,
E-mail: tokajima@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 中島 良介（Ryosuke NAKASHIMA）TEL:06-6879-8546,
E-mail: nakashi@sanken.osaka-u.ac.jp

研究概要

生体に由来するタンパク質、核酸、及びその複合体の大きさはすべてナノスケールの構造体であり、これら生体素子やその集合体はナノバイオデバイスと位置付けられる (図1)。このうち、タンパク質は、生体内で遺伝情報にもとづいて、20種類のアミノ酸が一定の配列で重合されて生成される。基本的にその配列に基づいて、一定の立体構造を自発的に形成し、ときにはタンパク質同士やDNA・RNAと複合体を形成する。酵素などの化学反応を触媒するタンパク質の多くは、金属イオンや補酵素と呼ばれる低分子有機化合物を自発的に結合する。つまり、どのように立体構造と複合体が形成されるのかは、基本的にアミノ酸配列という“設計書”に書きこまれているといえる。さらに、形成された複雑な構造によって、化学反応の触媒ばかりでなく、分子の回転などの機械的な運動、化学物質の輸送などの多様な機能性を実現している。また、抗体やレセプタータンパク質は、ときに極めて高い分子認識能を有する。最終的に、タンパク質及び核酸自身も、リボゾームやDNAポリメラーゼなどのナノバイオデバイスによって作り出されている。

しかし、このような自己形成能と機能性を兼ね備えたナノデバイスを設計し人工的に作り出すことは、未だに困難である。当分野において、自然が作り出したナノバイオデバイスのナノ構造と機能の解析を詳細に行い、その精緻な作用メカニズムと設計指針を解明している。さらに、その成果にもとづいて、新規有用酵素の作製、ナノバイオデバイスを用いる超高感度バイオセンサーの開発、ナノマシンの創製などを目指している。

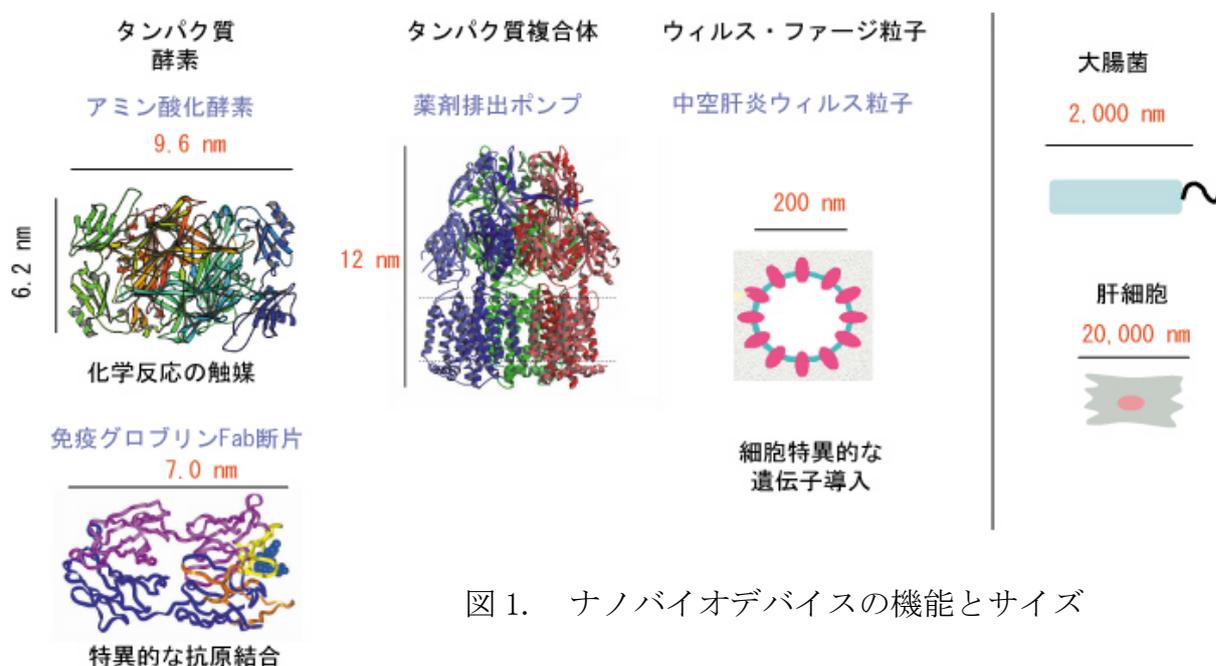


図1. ナノバイオデバイスの機能とサイズ

1. 触媒ナノマシンとしての酵素タンパク質

銅含有アミン酸化酵素とキノヘムプロテイン・アミン脱水素酵素という2種類のビルトイン型キノン補酵素を含んだ複合型酵素を主な対象として、触媒ナノマシンである酵素がどのようなメカニズムで、化学反応を触媒するのか解明している。X線結晶解析によって決定されたナノ構造を基盤として、ストップドフロー法などを用いた詳細な酵素反応速度解析によって研究を進めている(蛋白質核酸酵素、2003、48巻、740-746)。多くの酵素は補欠分子族として、低分子有機化合物からなる補酵素を含有しており、補酵素によって、触媒しうる化学反応のレパートリーを広げるとともに、その効率を飛躍的に向上させている。本研究の目的は、このような補酵素を含有する複合型酵素の設計原理を解明するとともに、新規なナノバイオデバイスのデザインに応用することにある。

(a) 銅含有アミン酸化酵素の還元的半反応におけるプロトントンネリング

本酵素の還元的半反応において、まず基質アミンはTPQのC5位カルボニル基と反応し、基質シッフ塩基(SSB)を生成する。次いで、触媒塩基(Asp298)により α 位プロトンが引き抜かれ、生成物シッフ塩基(PSB)が生成する(図2)。プロトン引き抜き機構について詳細

な解析を行うことを目的として、野生型AGAOと α 位水素を重水素置換した基質とのストップドフロー実験を行った。得られた吸収スペクトル変化より各素反応の速度を算出した結果、プロトン引き抜き過程でのみ速度論的同位体効果が観測された。同位体効果の値は、基質フェニルエチルアミン(2-PEA)に対して約3倍程度であり、温度上昇に伴い大きく減少した。

一方、同位体効果は、基質チラミンに対して温度に依存しない10倍以上の大きな値を示した。得られた熱力学的なパラメーターは、両基質ともプロトン引き抜き過程が量子化学的理論に基づいたプロトントンネリングにより支配されていることを示していた。また、チラミンを基質とした場合、振動による外部環境の微調整により転移効率を高める‘passive dynamics’により進行するのに対し、PEAを基質として用いると、振動によりプロトン移動距離を直接減少させる‘active dynamics’により進行することを示した。類似したアミン基質に対して、このような違いを導く構造的な要因を明らかにするため、触媒塩基を欠失させ反応速度を著しく減少させたD298A変異型酵素の結晶を調製し、基質ソーキングを行うことによりSSB反応中間体の結晶を得た。構造解析の結果、基質結合ポケット内におい

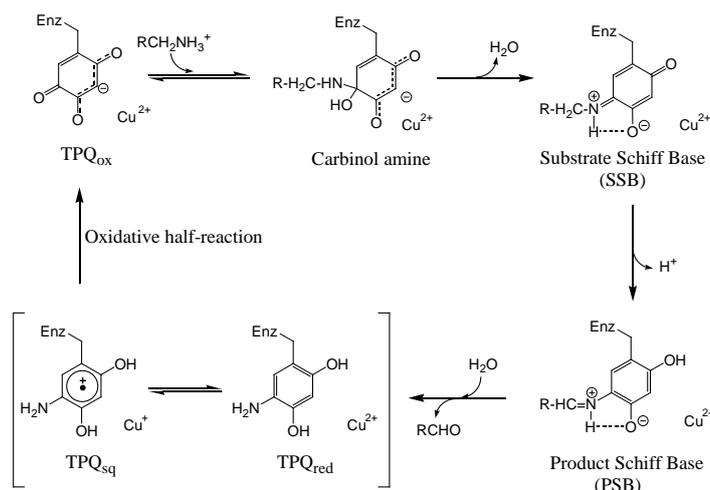


図2. 銅アミン酸化酵素の触媒反応機構

て、2-PEA と TPQ の複合体は疎水結合のみで緩く固定化されているのに対し、チラミンとの複合体は、疎水結合に加え、水素結合ネットワークによっても強固に固定化されており、この違いが2つの異なるモードを引き起こす原因と考えられた (図3)。また D298A 変異型酵素についてもプロトン引き抜きの同位体効果を調べた結果、両基質ともわずかに温度に依存した弱い同位体効果しか示さず、プロトントンネリングは認められなかった。この結果は最適化された位置に存在する Asp298 がトンネリングに重要な役割を果たしていることを示している。

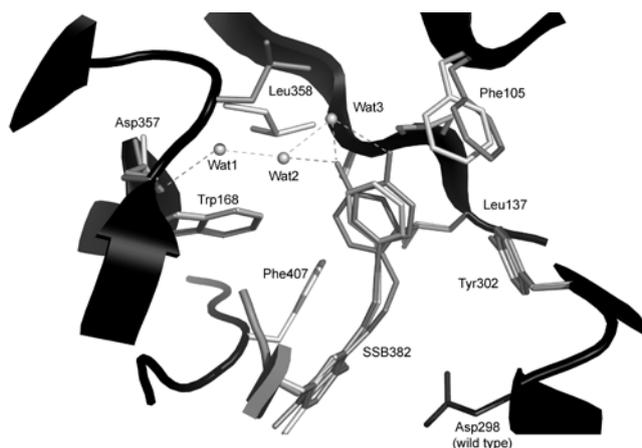


図3. 基質ポケット内でのSSBの構造モデル

(b) 基質アナログ複合体を基にした銅含有アミン酸化酵素の触媒機構の解析

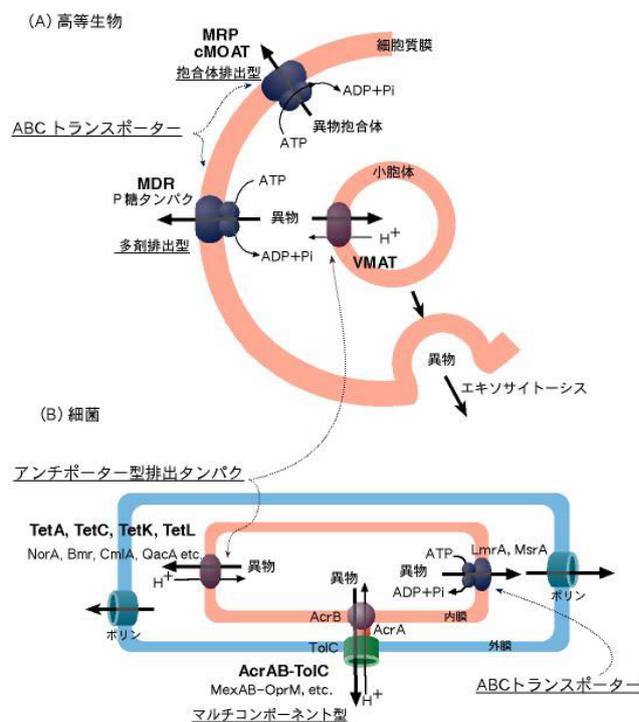
銅含有アミン酸化酵素の反応阻害剤であるヒドラジンは、基質アミンと同様のメカニズムでTPQに付加するが、基質アミンのC α 位に相当する部位に窒素原子を持つため、以降の反応が進行せず安定な複合体を形成する。AGAOの活性中心構造に基づいた触媒機構を解明するため、3種類のヒドラジン誘導体、ベンジルヒドラジン (BH)、4-ヒドロキシベンジルヒドラジン (4HBH)、及びフェニルヒドラジン (PH) について、AGAOとの複合体の結晶を調製した。結晶顕微分光及び回折データを解析した結果、全ての場合においてヒドラジン-TPQ複合体が形成されていることが判明した。通常、TPQとヒドラジンの複合体は、SSBに類似したヒドラゾン型、またはPSBに類似したアゾ型を形成する可能性がある。電子密度図 ($F_o - F_c$ omit map) に対して、両者のモデルをあてはめることにより、阻害剤複合体がヒドラゾン型であることが判明した。また、触媒塩基Asp298側鎖カルボキシル基の酸素原子と複合体ヒドラゾンのN2原子 (基質アミンでのC α に相当する) の距離は、PHは、BHおよび4HBHに比べ、約2倍であった。ストップフロー法により、これらのヒドラジンとAGAOの複合体形成の速度論的解析を行った。その結果、いずれの場合も反応が二相性を持って進行した。BHおよび4HBHの場合には、SSB形成前の中間体、カルビノールアミン中間体 (図2) の吸収スペクトルを初めて検出することができた。さらに、これらの阻害剤に対応するアミン基質について、前定常状態の速度解析を行った結果、プロトン引き抜き過程において、PHに対応するベンジルアミンの速度定数は、BHおよび4HBHに対応するPEAおよびチラミンに比べ、約1/1000の値を示した。Asp298はプロトン引き抜き以外にも還元的半反の様々なステップにおいて

重要な役割を果たしているため、ヒドラジン複合体構造におけるAsp298の位置は、対応するアミンの反応性の違いをよく説明できるのではないかと考えられた。

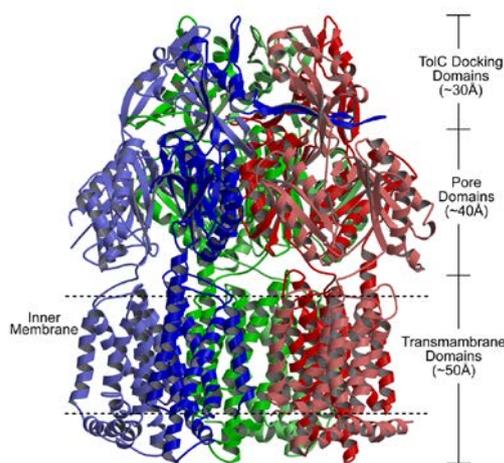
2. ナノマシンとしての薬剤排出蛋白質

生物界には、生体異物排出ポンプと呼ばれる一群の膜輸送体が広く分布していて、細胞レベルにおける最も基本的な生体防御機構となっていることが近年注目されてきている。これらの排出ポンプは、ガン細胞や病原細菌の多剤耐性の原因となるばかりでなく、血液脳関門やその他の組織にも分布していて、さまざまな細胞機能を担っている。私たちは、生体異物排出ポンプの立体構造と分子機構を解明することを目標に研究を進めている。

異物排出タンパクは化学構造の大きく異なる幅広い化合物を認識し排出する。そのようなことを可能にする異物認識の分子機構が、基質認識部位のどのような分子構造に支えられているのかはきわめて興味深い未解決のテーマ



異物排出タンパクの種類と分布。
 高等生物にはATPに依存したABCトランスポーターが、
 細菌には水素イオンとのアンチポーターが多い。

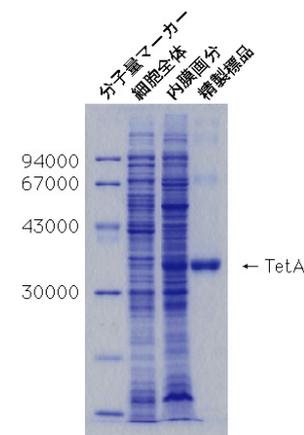


AcrB 結晶構造

である。この解明は究極的には分子の立体構造を決定することによってしかなされない。私たちは大腸菌の持つ AcrB 多剤排出蛋白質の立体構造決定に世界に先駆けて成功した。さらに基質との共結晶化を試みてきた結果、基質結合型結晶の作製にも成功した。現在解析が進められている。この成果により基質の

認識・排出機構に関する理解が大幅に進むと期待される。また、異物の認識に関しては、AcrB のように化学構造に全く相関のない広範な物質を基質として排出する多剤排出型のものと、特定の化合物のみ

認識・排出機構に関する



SDS電気泳動によるタンパク質の確認

を排出する単剤排出型のものがある。両者の構造を解明し比較することは異物認識機構の原理を知る上で有効である。私は既に大量産製系が構築されているテトラサイクリン特異的排出タンパク質 TetA を単剤排出型の素材とし、構造解析を目指して研究している。本タンパクは非常に不安定で結晶化に適した標品を得るのが困難であったが、酸性条件下でより安定な標品が得られることを見いだした。現在結晶化条件のスクリーニングを行っている。

論文

1. PKCepsilon-PKD1 Signaling Complex at Z-discs Plays a Pivotal Role in the Cardiac Hypertrophy Induced by G-protein Coupling Receptor Agonists.
M. Iwata, A. Maturana, M. Hoshijima, K. Tatematsu, T. Okajima, J. R. Vandenhede, J. Van Lint, K. Tanizawa, and S. Kuroda
Biochem. Biophys. Res. Commun. 2005, 327, 105-113.
2. Nuclear-cytoplasmic Shuttling of a RING-IBR Protein RBCK1 and Its Functional Interaction with Nuclear Body Proteins.
K. Tatematsu, N. Yoshimoto, T. Koyanagi, C. Tokunaga, T. Tachibana, Y. Yoneda, M. Yoshida, T. Okajima, K. Tanizawa, and S. Kuroda
J. Biol. Chem. 2005, 280, 22937-22944.
3. Preparation and Characterization of Ca²⁺-free Methanol Dehydrogenase from *Hyphomicrobium denitrificans* A3151.
M. Nojiri, D. Hira, K. Yamaguchi, T. Okajima, K. Tanizawa, and S. Suzuki
Chem. Lett., 2005, 34, 1036-1037.
4. Cytoplasmic Tethering of a RING Protein RBCK1 by Its Splice Variant Lacking the RING Domain.
N. Yoshimoto, K. Tatematsu, T. Koyanagi, T. Okajima, K. Tanizawa, and S. Kuroda
Biochem. Biophys. Res. Commun., 2005, 335, 550-557.
5. Re-investigation of Metal Ion Specificity for Quinone Cofactor Biogenesis in Bacterial Copper Amine Oxidase.
T. Okajima, S. Kishishita, Y.-C. Chiu, T. Murakawa, M. Kim, H. Yamaguchi, S. Hirota, S. Kuroda, and K. Tanizawa
Biochemistry, 2005, 44, 12041-12048.
6. The Specific Delivery of Proteins to Human Liver Cells by Engineered Bio-Nanocapsules.
D. Yu, C. Amano, T. Fukuda, T. Yamada, S. Kuroda, K. Tanizawa, A. Kondo, M. Ueda, H. Yamada, H. Tada, and M. Seno
FEBS J., 2005, 272, 3651-3660.
7. Spatial Learning of Mice Lacking a Neuron-specific EGF Family Protein, NELL2.

S. Matsuyama, N. Doe, N. Kurihara, K. Tanizawa, S. Kuroda, H. Iso, and M. Horie
J. Pharmacol. Sci., 2005, 98, 239-243.

解説・総説

1. セルフプロセッシング
岡島俊英、谷澤克行
蛋白質科学 後藤祐児・桑島邦博・谷澤克行編、化学同人、京都、2005、pp 351-362.
2. 中空バイオナノ粒子を用いたピンポイント DDS の開発.
近藤昭彦、黒田俊一、谷澤克行、妹尾昌治、上田政和
ケミカル・エンジニアリング, 2005, 28, 351-356.
3. 革新的なナノキャリア：中空バイオナノ粒子による DDS.
近藤昭彦、黒田俊一、谷澤克行、妹尾昌治、上田政和
バイオインダストリー, 2005, 22, 22-27.
4. 細胞および組織特異的遺伝子導入を可能にするバイオナノカプセル.
山田忠範、妹尾昌治、上田政和、近藤昭彦、谷澤克行、黒田俊一
生物工学会誌, 2005, 83, 380-383.

国際学会

1. The ENH1-PKC ϵ -PKD1 Complex and the PKC-regulating Protein ENH2: Novel Therapeutic Targets in Cardiac Hypertrophy (Poster).
M. Iwata, A. Maturana, M. Ishida, K. Tatematsu, T. Okajima, K. Tanizawa, and S. Kuroda
Third 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Makino, Shiga, Japan, March 9-10, 2005.
2. Mechanism of α -Proton Abstraction in the Catalytic Intermediate of Bacterial Copper Amine Oxidase (Poster).
T. Murakawa, T. Okajima, M. Uchida, Y. Yamamoto, H. Hayashi, K. Tatematsu, S. Kuroda, and K. Tanizawa
Third 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on

- Inter-Nanoscience” International Symposium, Makino, Shiga, Japan, March 9-10, 2005.
3. Molecular Analysis of Hepatitis B virus (HBV) Infection Using the L Envelope Protein Fused to Green Fluorescent Protein (GFP) (Poster),
T. Kasuya, A. Uyeda, T. Yamada, T. Okajima, K. Tatematsu, K. Tanizawa, and S. Kuroda
Third 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Makino, Shiga, Japan, March 9-10, 2005.
 4. Structure-function Studies on a Neuronal Axon Guidance Related Protein FEZ1 and its Homologue FEZ2 (Poster).
J. Ikuta, T. Fujita, A. Maturana, T. Okajima, K. Tatematsu, K. Tanizawa, and S. Kuroda
Third 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Makino, Shiga, Japan, March 9-10, 2005.
 5. Interaction of a RING-IBR Protein RBCK1 with Its Splice Variant RBCK2 (Poster).
N. Yoshimoto, K. Tatematsu, T. Koyanagi, T. Okajima, K. Tanizawa, and S. Kuroda
Third 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Makino, Shiga, Japan, March 9-10, 2005.
 6. Spectrophotometric, Kinetic, and Structural Characterization of Catalytic Intermediates of Copper/TPQ-dependent Amine Oxidase (Invited)
T. Murakawa, Y.-C. Chiu, Y. Yamamoto, H. Hayashi, T. Okajima, and K. Tanizawa, 4th European-Japanese Bioorganic Conference (EJBC-4), Hotel Limani, Ushimado, Setouchi, Okayama, March 15–19, 2005.
 7. Active-site Structure of Copper Amine Oxidase Probed by Three Hydrazine Derivatives Reactive with the TPQ Cofactor (Oral)
T. Murakawa, T. Okajima, M. Taki, Y. Yamamoto, S. Kuroda, H. Hayashi, and T. Tanizawa, International Interdisciplinary Conference on Vitamins, Coenzymes, and Biofactors, Awaji, Hyogo, Japan, November 6–11, 2005.
 8. Reaction Mechanism of Bacterial Copper Amine Oxidase: X-ray Crystal Structures of Catalytic Intermediates with Reduced Forms of the TPQ Cofactor (Poster)
T. Okajima, T. Murakawa, S. Kuroda, and K. Tanizawa, International Interdisciplinary Conference on Vitamins, Coenzymes, and Biofactors, Awaji, Hyogo, Japan, November 6–11, 2005.

9. Involvement of a Hypothetical [Fe-S]-binding Protein in the Biogenesis of Quinohemoprotein Amine Dehydrogenase (Poster).
K. Ono, M. Tani, T. Okajima, D. Sun, V. L. Davidson, S. Kuroda, and K. Tanizawa, International Interdisciplinary Conference on Vitamins, Coenzymes, and Biofactors, Awaji, Hyogo, Japan, November 6–11, 2005.

10. Involvement of a [Fe-S]-binding Protein in the Biogenesis of Quinohemoprotein Amine Dehydrogenase (Poster).
T. Okajima, K. Ono, M. Tani, S. Kuroda, and K. Tanizawa
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005.

11. Mitochondrial Transport is Regulated by FEZ1 in Neurites of NGF-differentiated PC12 Cells (Poster).
J. Ikuta, A. Maturana, T. Fujita, T. Okajima, K. Tatematsu, K. Tanizawa, and S. Kuroda
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005.

12. Nano-scale Structure of Copper Amine Oxidase Probed by Three Hydrazine Derivatives Reactive with the TPQ Cofactor (Poster).
T. Murakawa, T. Okajima, M. Taki, Y. Yamamoto, S. Kuroda, H. Hayashi, and K. Tanizawa, Kuroda,
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005.

13. Hepatitis B Virus Envelope pre-S Peptide as a Useful Human Liver-specific Homing Peptide (Poster).
T. Kasuya, A. Ueda, T. Okajima, K. Tatematsu, K. Tanizawa, and S. Kuroda
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005.

14. Cell Signaling Machineries of Novel Differentiation Factors for Neural Crest-derived Cells, NELL1 and NELL2 (Poster).
N. Bokui, T. Okajima, K. Tatematsu, K. Tanizawa, and S. Kuroda, 4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005.

15. Pinpoint Drug and Gene Delivery System Using ZZ-displaying BIO-nanocapsule and

Targeting Molecular-fused IgG Fc Protein (Poster).

H. Tono, H. Tada, A. Ueda, T. Kasuya, K. Tatematsu, T. Okajima, A. Kondo, M. Senno, M. Ueda, K. Tanizawa, and S. Kuroda

4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience” International Symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005.

国内学会

1. 銅アミン酸化酵素の反応機構：還元型トパキノンを含んだ反応中間体の X 線結晶構造解析
岡島 俊英、村川 武志、黒田 俊一、谷澤 克行
第 78 回日本生化学会大会 神戸、2005 年 10 月 19—22 日
2. 基質アナログ複合体を基にした銅含有アミン酸化酵素の触媒機構の解析
村川 武志、岡島 俊英、多喜 正泰、山本 行男、黒田 俊一、林 秀行、谷澤 克行
第 78 回日本生化学会大会 神戸、2005 年 10 月 19—22 日
3. キノヘモプロテインアミン脱水素酵素の補酵素 CTQ とチオエーテル結合形成機構の解明
小野 和利、谷 美濃生、岡島 俊英、Dapeng Sun、Victor L. Davidson、黒田 俊一、谷澤 克行
第 78 回日本生化学会大会 神戸、2005 年 10 月 19—22 日
4. 枯草菌増殖に必須な二成分情報伝達系タンパク質 YycF の X 線結晶解析
岡島 俊英、岡田 在郎、山本 兼由、谷澤 克行、内海 龍太郎
第 28 回日本分子生物学会年会 福岡、2005 年 12 月 7—10 日
5. 多剤排出蛋白質群の X 線結晶構造解析
村上聡、中島良介、松本 崇、山下栄樹
Spring8 シンポジウム 兵庫県、2005 年 11 月 17 日
6. 大腸菌異物排出タンパクの結晶構造
村上聡、中島良介、山下栄樹、山口明人
第 2 回ナノテクノロジーセンター研究会、茨木、2005 年 11 月 8—9 日

科研費、助成金等

1. 谷澤 克行

受託研究 「構造生物化学及び機能生物化学分野に関する学術動向の調査・研究」 日本学術振興会

2. 谷澤 克行

受託研究（生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業〔異分野融合研究開発型〕）「酵母由来中空バイオナノ粒子を用いる革新的超高感度バイオセンシング技術の開発」 農業・生物系特定産業技術研究機構

3. 谷澤 克行

受託研究（NEDO基盤技術研究促進事業〔民間基盤技術研究支援制度〕）「ゲノム研究成果産業利用のための細胞内シグナル網羅的解析技術」 三菱電機

4. 谷澤 克行

受託研究（戦略的創造研究推進事業CREST）「細胞対話型分子システムを用いる革新的遺伝子送達概念の創製」 科学技術振興機構

5. 谷澤 克行

谷澤教授研究助成金 ビタミンB研究協議会

谷澤教授研究助成金 日本応用酵素協会

特許

該当なし

学会活動

谷澤 克行

所属学会：日本生化学会、日本農芸化学会、日本ビタミン学会、日本生物工学会、日本タンパク質科学会、米国生化学・分子生物学会、米国化学会 他

役職：アジア・オセアニア生化学・分子生物学連合（FAOBMB）日本代表

日本生化学会評議員、日本農芸化学会評議員、日本ビタミン学会評議員

岡島 俊英

所属学会：日本生化学会、日本蛋白科学会、日本農芸化学会、日本分子生物学会、
米国蛋白質学会

共同研究

谷澤 克行、岡島 俊英

1. 「銅含有アミン酸化酵素の構造機能解析」

山口 宏（関西学院大学）、山本 育男（京都大学大学院）、林 秀行（大阪医科大学）、廣田 俊（京都薬科大学）

2. 「キノヘムプロテイン・アミン酸化酵素の補酵素生成機構の解明」

V. Davidson（Univ. of Mississippi, USA）、S. Mathews（Washington Univ.）

岡島 俊英

1. 「機能性抗体分子の開発」

古川 功治（産業技術総合研究所）

中島 良介

1. 「異物排出膜輸送体の結晶構造解析」

村上 聡（大阪大学産業科学研究所）、山口 明人（大阪大学産業科学研究所）、山下 栄樹（大阪大学蛋白質研究所）

ナノ量子ビーム研究部門 量子ビームナノファブリケーション研究分野

(吉田陽一研究室)

構成

教授 吉田 陽一 (Youichi YOSHIDA) TEL:06-6879-4284, E-mail:handai@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 楊 金峰 (Jinfeng YANG) TEL:06-6879-4285, E-mail: yang@sanken.osaka-u.ac.jp

学生 M2:1名, M1:2名, B4:3名

秘書: 寺下美絵

研究概要

時間空間反応解析と極限ナノファブリケーション

量子ビームナノファブリケーション分野は、次世代極限ナノファブリケーションを実現するため、フェムト秒・アト秒という高時間分解能を持つパルスラジオリシスを開発し、時間空間反応解析を通して、量子ビーム誘起初期過程の本質を明らかにし、微細加工の精度を決めるナノ空間における反応機構の解明を行っている。

平成17年度には、フェムト秒やアト秒の時間領域内の反応機構を解明するために、レーザーフォトカソード RF 電子銃ライナックにおけるフェムト秒電子パルス発生メカニズムを理論的に解明し、100 フェムト秒以下 (サブ 100 フェムト秒) の電子パルスの発生方法を確立した。

ライナックでのエネルギー変調と磁気パルス圧縮を組み合わせたフェムト秒電子パルスの波面制御技術を確立し、昨年度に引き続き、波面整形した電子パルスを用いて、サンプル中での光と電子の速度の違いによる時間分解能の劣化がない等価速度分光法パルスラジオリシスの開発を行った。また、電子パルスと分析光パルスの時間ジッターによる時間分解能の劣化を低減するために、フェムト秒ストリークカメラを利用した時間ジッター補正システムを導入し、パルスラジオリシス測定システムの開発を行った。

パルスラジオリシスの時間分解能をアト秒に向上するため、昨年度に提案したレーザー分析光パルスを使わない、1台のライナックでツインライナックを実現するダブルデッカー電子ビーム加速器を用いてダブルデッカー電子ビームの発生実験を行い、ビームのエネルギー、エミッタンス、パルス幅などの性能評価を実施した。

以下に、平成17年度の研究や成果について述べる。

1. フォトカソード RF 電子銃ライナックにおけるサブ 100 フェムト秒の電子パルス

発生の研究

フェムト秒・アト秒電子線パルスが発生するためには、レーザーフォトカソード RF 電子銃ライナックおよび磁気パルス圧縮器におけるエミッタンス、空間電荷効果、磁気パルス圧縮器中の高次効果によるパルス幅増大の解明が必要である。特に、磁気パルス圧縮器における2次と3次の効果は、フェムト秒・アト秒電子線パルスの生成には極めて問題となり、補正する必要がある。磁場による電子パルスの圧縮は、ライナックでエネルギー変調した電子が磁場中を通過するパスの差を調整することにより行われ、そのパスの差とエネルギーの関係は次の式で表せる。

$$\Delta z = R_{56} \left(\frac{\Delta E}{E} \right) + T_{566} \left(\frac{\Delta E}{E} \right)^2 + U_{5666} \left(\frac{\Delta E}{E} \right)^3$$

ここで、 $\Delta E/E$ はエネルギー分散、 R_{56} 、 T_{566} 、 U_{5666} はそれぞれ磁気パルス圧縮中の線形と、非線形の2次、3次の項である。その2次と3次の効果は、磁気パルス圧縮器における偏向電磁石のフリンジングフィールド(電子ビームの進行方向に対して横方向の磁場)と、四極電磁石のフリンジングフィールド (x(y)方向に純粋な1次でない) に起因する。このフリンジングフィールドによる影響が電子ビームの進行方向において収差を起し、パルス幅増大の原因となる。本磁気パルス圧縮器において、 R_{56} は-63 mm に対して $|T_{566}|$ は 560 mm 以上、 $|U_{5666}|$ は 1000mm 以上であった。図1に四極電磁石の磁場強度による R_{56} と T_{566} の変化を示す。例えば、3 ps の電子パルスを圧縮すると、必要なエネルギー分散は1%となり、2次効果による電子パルスの増大は約180fsとなる。フェムト秒超短電子パルス発生には、2次以上の高次効果を補正もしくは低減する必要がある。

そこで、我々はライナックでの電子パルスの非線形エネルギー変調による磁気パルス圧縮器中の2次効果の補正方法を考案した。シミュレーションにより、電荷量が0.1nCのときフォトカソードRF電子銃ライナックにおいて最短で78fsの電子パルスが発生できることが分かった。そのとき、電子パルスには3次の高次効果が現れた。磁気パルス圧縮器中にスリットを設置することにより3次の高次効果を低減し、45fsの電子パルスが発生できることが分かった。

2. 等価速度分光法パルスラジオリシスの研究

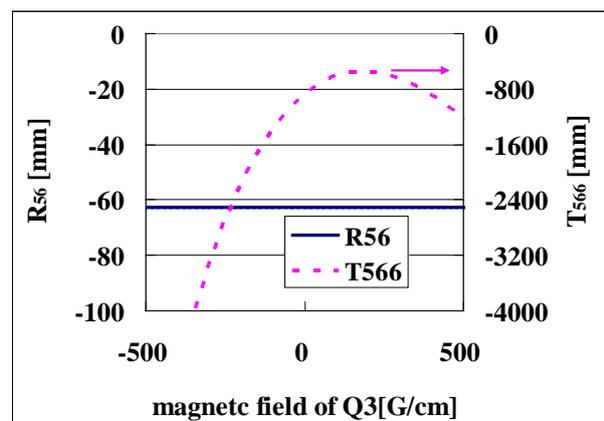


図1：磁気パルス圧縮中高次効果の計算結果

昨年度のフェムト秒・アト秒時間分解能を実現するための等価速度分光法の開発に基づき、今年度は電子線パルスの波面制御技術を開発した。

サンプル中での光と電子の速度の違いによる時間分解能の劣化を防止するため、我々のグループは、電子線パルスと光パルスをサンプルの屈折率に応じて角度をつけてサンプルに入射する等価速度分光法を開発している。しかし、光と電子が同じ時間でサンプルを通過させるためには、電子線パルスの波面も同じ角度で曲げる必要がある。そこで、我々はライナックによるエネルギーと位相変調（エネルギーと位相の空間分布の傾き）を利用し、磁気パルス圧縮器の磁場強度の調整による電子線パルスの波面制御の方法（図2に示す）を確立した。そうすることにより、サンプル中での光路長による時間分解能劣化を原理的にはゼロにまですることが可能である。また、光路長も電子ビームの径に応じて大きくとることが可能であり、吸収強度も格段に大きくなる。電子線パルスの波面測定については、フェムト秒ストリークカメラを利用した電子線パルスの時間方向と波面が曲がる空間方向の2次元測定方法を考案し、来年度に取り込む予定である。

また、電子線パルスと分析光パルスの時間ジッターによる時間分解能の劣化を低減するために、フェムト秒ストリークカメラを利用した時間ジッター補正システムを導入し、パルスラジオリシス測定システムの開発を行った。すなわち、磁気パルス圧縮器から発生した電子線パルスがサンプルに入る前に空気中を通過する際、発生したチェレンコフ光をフェムト秒ストリークカメラに伝搬して測定する。一方、分析用のレーザー光をスプリッターにより分岐して光学遅延装置を通し、チェレンコフ光のタイミングと合わせて同じストリークカメラに入射する。測定したチェレンコフ光と分析用のレーザー光の時間間隔をパルスラジオリシスの時間データとして利用し、電子線パルスと分析光パルスの時間ジッターによる時間分解能の劣化の低減を図る。阪大産研のサブピコ秒パルスラジオリシスの実験により、電子線パルスと分析光パルスの時間ジッターによる時間分解能の劣化を100fsまで低減することが期待できる。

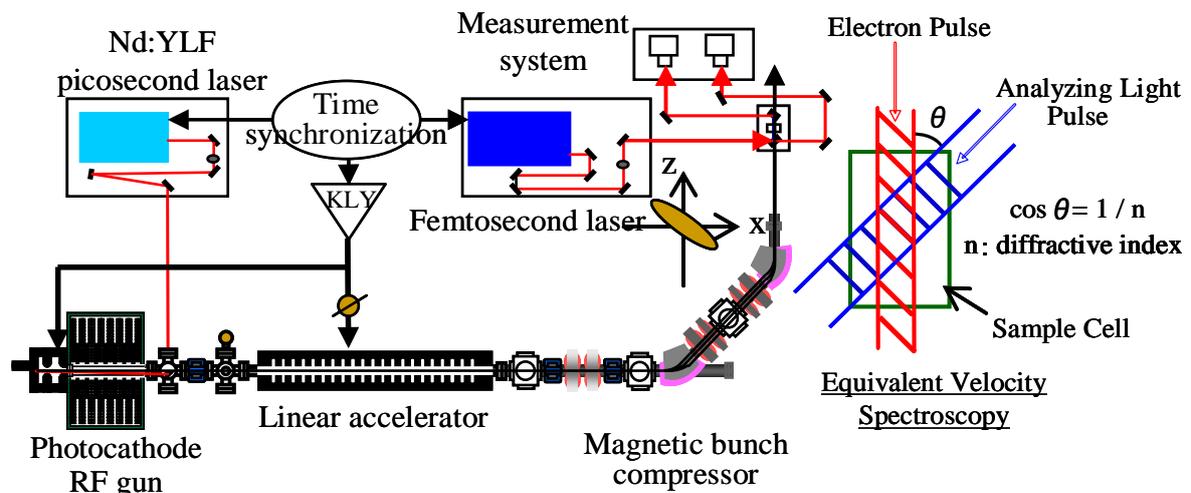


図2: 電子線パルスの制御と等価速度分光法パルスラジオリシス

3. ダブルデッカー電子加速器の開発とアト秒パルスラジオリシスの研究

今年度は、ダブルデッカー電子加速器の性能評価を行い、ダブルデッカー電子ビームを用いたパルスラジオリシスの測定システムを構築した。

ダブルデッカー電子加速器の性能評価には、Q スキャン方法を用いて電子ビームのエミッタンスを測定し、第1番目の偏向電磁石とスクリーンの組み合わせによりビームのエネルギーとエネルギー分散を測定した。また、磁気パルス圧縮後、電子パルスが空気中を通る際に発生するチェレンコフ光をフェムト秒ストリークカメラで測定し、電子線パルス幅の測定を行った。電子線パルスの電荷量は、上のビームが0.47nC、下のビームが0.65nCであった。図3(a)に、ライナックのRF位相を変えた時のダブルデッカー電子ビームのエネルギーとエネルギー分散の測定結果を示す。上下のビーム共に、エネルギーは31.8MeV、エネルギー分散の最小値は1.4%と得られた。

図3(b)に、エミッタンス補正用のソレノイド磁場を変化した時の電子ビームの規格化エミッタンスの測定結果を示す。エミッタンスの最小値は、上のビームが2.5mm-mrad、下のビームが3.6mm-mradであった。そのエミッタンスの違いは、電荷量の違いによるものと考えられる。図3(c)に、フェムト秒ストリークカメラによる電子線パルス幅の測定データを示す。圧縮後の電子線パルス幅は400~500fs (FWHM)であった。

電子ビームの性能として十分低いエミッタンスとエネルギー分散が得られた。また、等価速度分光法の利点の一つは低電荷量でも測定できることであるから、低電荷量にすることにより空間電荷効果を低減でき、サブ100fs電子線パルスを発生できる見込みである。来年度から、空気中を通る際に発生するチェレンコフ光を利用して、ダブルデッカー電子ビームを用いたパルスラジオリシスの実験を行う予定である。

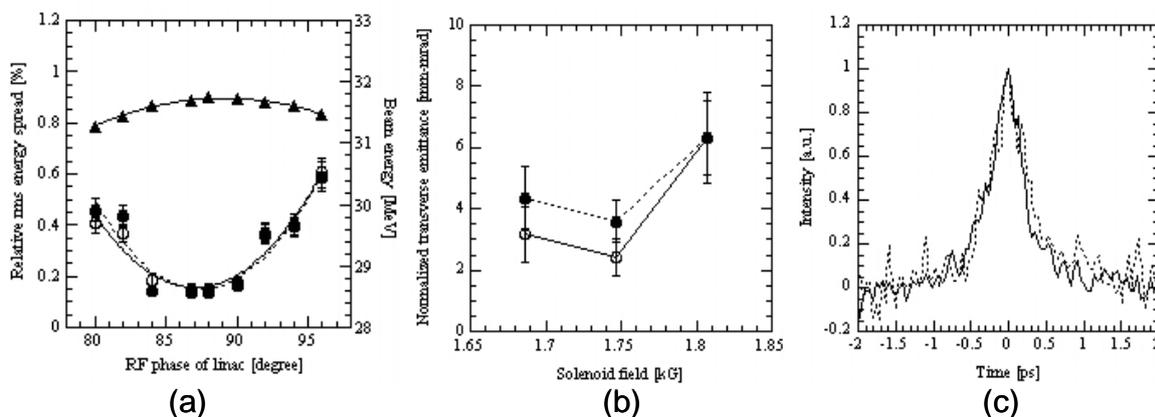


図3: ダブルデッカー電子ビームの性能測定結果。(a)エネルギーとエネルギー分散、(b)規格化エミッタンス、(c)圧縮後の電子パルスの時間分布。

論文

- 1) Experimental Studies of Transverse and Longitudinal Beam Dynamics in Photoinjector
Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh, Youichi Yoshida and Seiichi Tagawa
Japanese Journal of Applied Physics, **44**, 8702-8707(2005)
- 2) Femtosecond single electron bunch generation by rotating longitudinal bunch phase space in magnetic field
J. Yang, T. Kondoh, K. Kan, T. Kozawa, Y. Yoshida, S. Tagawa
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **556**, 52-56(2006).
- 3) Pulse radiolysis based on a femtosecond electron beam and a femtosecond laser light with double-pulse injection technique
J. Yang, T. Kondoh, T. Kozawa, Y. Yoshida, S. Tagawa
Radiation Physics and Chemistry, in press
- 4) Double-decker femtosecond electron beam accelerator for pulse radiolysis
Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh, Akira Yoshida, Youichi Yoshida
Review of Scientific Instruments, in press
- 5) Equivalent Velocity Spectroscopy for Femtosecond Pulse Radiolysis
T. Kondoh, J. Yang, T. Kozawa, S. Tagawa, and Y. Yoshida
Japanese Journal of Applied Physics, to be published

国際会議

- 1) Development of Femtosecond and Atto-second Pulse Radiolysis by Using Laser Photocathode RF Gun S-Band Electron Linac
Yoichi Yoshida, Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh
2005 Particle Accelerator Conference, May 16-20, 2005, Knoxville, Tennessee, USA
Proceedings of the 2005 Particle Accelerator Conference, RPAP010, (2005)
- 2) Experimental observation of a 100-femtosecond single electron bunch in photocathode linac with longitudinal emittance compensation technique
J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, T. Kozawa, Y. Yoshida, S. Tagawa
2005 Particle Accelerator Conference, May 16-20, 2005, Knoxville, Tennessee, USA
Proceedings of the 2005 Particle Accelerator Conference, WPAP017, (2005)

- 3) Generation of double-decker femtosecond electron beams in a photoinjector
 J. Yang, Y. Kuroda, K. Kan, T. Kondoh, T. Kozawa, Y. Yoshida, S. Tagawa
 2005 Particle Accelerator Conference, May 16-20, 2005, Knoxville, Tennessee, USA
 Proceedings of the 2005 Particle Accelerator Conference, WPAP018, (2005)

- 4) An advantage of the equivalent velocity spectroscopy for femto second pulse radiolysis
 T. Kondoh, J. Yang, T. Kozawa, S. Tagawa, H. Tomosada, and Y. Yoshida
 2005 Particle Accelerator Conference, May 16-20, 2005, Knoxville, Tennessee, USA
 Proceedings of the 2005 Particle Accelerator Conference, WPAP038, (2005)

- 5) Femtosecond pulse radiolysis study on primary process of radiation chemistry of polymer
 Yoichi Yoshida, Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh, Akira Yoshida, Takahiro Kozawa,
 Seiichi Tagawa
 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, USA,
 December 15-20, 2005

- 6) Study of spectrum and kinetic behavior of solvated electron in hydrophobic ionic liquid
 with controlling water content by pulse radiolysis
 Jinfeng Yang, Ryuji Nagaishi, Takafumi Kondoh, Yoichi Yoshida
 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, USA,
 December 15-20, 2005

- 7) Selective polymerization of 5,7-dodecadiyne-1,12-diol bis[phenylcarbamate] (TCDU)
 crystals and concentration of the B-phase chain in TCDU-1 crystals using the electron
 beam excitation
 Takafumi Kondoh, Chihiro Itoh, Jinfeng Yang, Yoichi Yoshida, Katsumi Tanimura
 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, USA,
 December 15-20, 2005

- 8) Experimental observation of 98-femtosecond single electron bunch in photocathode linear
 accelerator
 J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, A. Yoshida, T. Kozawa, Y. Yoshida and S. Tagawa
 4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”
 International symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005

- 9) Generation of a gradation electron beam pulse by a photo cathode RF gun LINAC for
 single shot pulse radiolysis measurement

- T. Kondoh, J. Yang, K. Kan, Y. Kuroda, S. Takemoto, A. Asano, A. Yoshida, T. Yamamoto, T. Kozawa, Y. Yoshida, and S. Tagawa
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”
International symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005
- 10) Femto-Second Bunch Length Measurement Using Spectral Broadening of Undulator Radiation
T. Kondoh, J. Yang, A. Yoshida, Y. Yoshida and a. Ogata
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”
International symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005
- 11) Theoretical Description of Higher Order Effect Compensation in Magnetic Bunch Compressor for Femtosecond Electron Bunch Generation
Koichi KAN, Jinfeng YANG, Takafumi KONDOH, Yoichi YOSHIDA
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”
International symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005
- 12) Generation of double-decker electron beams for pulse radiolysis
Yoichi Kuroda, Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh, Akira Yoshida and Yoichi Yoshida
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”
International symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005
- 13) Measurement System of Femtosecond Pulse Radiolysis based on femtosecond electron beam and femtosecond laser light
Susumu Takemoto, Jinfeng Yang, Takafumi Kondoh, Akira Yoshida and Yoichi Yoshida
4th 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”
International symposium, Toba, Mie, Japan, November 18-19, 2005
- 14) Generation of femtosecond electron beam for ultrafast reaction analysis in nanofabrication
Jinfeng Yang, K. Kan, T. Kondoh, A. Yoshida, T. Kozawa, Y. Yoshida and S. Tagawa
Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, Jan.30-Feb.1, 2006
- 15) ★Generation of 98-femtosecond single electron bunch in photocathode linear accelerator
Y. Yoshida
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006

- 16) Femtosecond electron beam and ultrafast reaction analysis in nano-space
J. Yang, K. Kan, T. Kondoh, A. Yoshida, T. Kozawa, Y. Yoshida and S. Tagawa
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006
- 17) Generation of a gradation electron beam pulse toward the intensity modified radiation therapy (IMRT)
T. Kondoh, J. Yang, A. Yoshida, T. Yamamoto, Y. Yoshida and S. Tagawa
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006
- 18) Study of beam dynamics in photocathode RF Linac and magnetic bunch compressor for femtosecond electron bunch generation
K. Kan, J. Yang, T. Kondoh, A. Yoshida, Y. Yoshida
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006
- 19) A new picosecond pulse radiolysis based on a photocathode Linear accelerator
A. Asano, J. Yang, T. Kondoh, A. Yoshida and Y. Yoshida
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006
- 20) A concept of double-decker electron beam accelerator for atto/femtosecond reaction analysis
Y. Kuroda, J. Yang, T. Kondoh, A. Yoshida, Y. Yoshida
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006
- 21) Towards Atto-second pulse radiolysis
A. Yoshida, J. Yang, T. Kondoh, Y. Yoshida, A. Ogata
SANKEN International Symposium 2006 (SIS-2006) on Advanced Science and Technology for Materials, Biology, and Information by Quantum Beams, Osaka, Japan, February 8-9, 2006

国内会議

- 1) 新型電子線加速器の開発とアト秒サイエンス
楊金峰, 黒田洋一, 菅晃一, 近藤孝文, 吉田陽一, 田川精一
先端放射線化学シンポジウム 2005 (SARAC-2005), 大阪, 2005年6月4日
- 2) フェムト秒電子線の発生と放射線化学
近藤孝文, 菅晃一, 吉田亮, 楊金峰, 吉田陽一, 田川精一
先端放射線化学シンポジウム 2005 (SARAC-2005), 大阪, 2005年6月4日
- 3) イオンパルスラジオリシス法による中間活性種の挙動の解明
楊金峰, 近藤孝文, 関修平, 古澤孝弘, 田川精一, 吉田陽一, 柴田裕実, 田口光正,
南波秀樹, 小嶋拓治
第14回 TIARA 研究発表会, 高崎, 2005年6月23日・24日
- 4) 阪大産研における電子ライナックの現状
磯山悟朗, 加藤龍好, 柏木茂, 菅田義英, 木村徳雄, 古澤孝弘, 関修平, 佐伯昭紀,
楊金峰, 近藤孝文, 山本保, 吉田陽一, 田川精一, 末峰昌二
第2回日本加速器学会年会, 第30回リニアック技術研究会, 鳥栖, 2005年7月
20-22日
- 5) 阪大産研フェムト秒フォトカソード RF 電子銃ライナックの現状
楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一
第2回日本加速器学会年会, 第30回リニアック技術研究会, 鳥栖, 2005年7月
20-22日
- 6) フェムト秒パルスラジオリシスシステム開発のための等価速度分光法
近藤孝文, 楊金峰, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一
第2回日本加速器学会年会, 第30回リニアック技術研究会, 鳥栖, 2005年7月
20-22日
- 7) フェムト秒磁気パルス圧縮における高次モードと CSR の影響
菅晃一, 楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 吉田陽一
第2回日本加速器学会年会, 第30回リニアック技術研究会, 鳥栖, 2005年7月
20-22日
- 8) フェムト秒ダブルデッカー電子加速器の開発
黒田洋一, 楊金峰, 近藤孝文, 吉田陽一

第 2 回日本加速器学会年会, 第 30 回リニアック技術研究会, 鳥栖, 2005 年 7 月 20-22 日

- 9) 電子ライナックを用いた高輝度短パルス陽電子ビームの生成
廣瀬正佳, 菅田義英, 木村徳雄, 楊金峰, 吉田陽一, 磯山悟朗, 田川精一
第 2 回日本加速器学会年会, 第 30 回リニアック技術研究会, 鳥栖, 2005 年 7 月 20-22 日

- 10) 阪大産研フェムト秒電子線ライナックとフェムト秒パルスラジオリシスの開発現状
楊金峰, 菅晃一, 黒田洋一, 武本将, 近藤孝文, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一
日本原子力学会 2005 年秋の大会, 2005 年 9 月 13 日~15 日, 八戸

- 11) フォトカソード RF 電子銃加速器による濃淡電子線パルスの発生
近藤孝文, 黒田洋一, 菅晃一, 武本将, 浅野晃, 楊金峰, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一
日本原子力学会 2005 年秋の大会, 2005 年 9 月 13 日~15 日, 八戸

- 12) 磁場中における高次モードによる電子パルス幅の増大
菅晃一, 楊金峰, 近藤孝文, 吉田陽一
日本原子力学会 2005 年秋の大会, 2005 年 9 月 13 日~15 日, 八戸

- 13) アト秒時間分解能を実現する光吸収分光システムに向けて; 新しい電子線ライナックとパルスラジオリシスの開発
吉田亮, 近藤孝文, 吉田陽一, 楊金峰, 菅晃一, 黒田洋一, 武本将
日本原子力学会 2005 年秋の大会, 2005 年 9 月 13 日~15 日, 八戸

- 14) フェムト秒パルスラジオリシスシステムの開発 (I) フェムト秒電子ビームの発生
楊金峰, 菅晃一, 近藤孝文, 吉田亮, 山本保, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一
第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

- 15) フェムト秒パルスラジオリシスの開発 (II) 等価速度分光法
近藤孝文, 菅晃一, 楊金峰, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一
第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

- 16) フェムト秒パルスラジオリシスの開発 (III) サブフェムト秒電子ビーム発生

ミュレーション

菅晃一, 楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 吉田陽一

第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

17) フェムト秒パルスラジオリシスの開発 (IV) ダブルデッカー電子ビームを用いたパルスラジオリシスの研究

黒田洋一, 菅晃一, 楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一

第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

18) フェムト秒パルスラジオリシスの開発 (V) フェムト秒パルスラジオリシス測定システムの構築

武本将, 楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 吉田陽一

第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

19) 重イオンパルスラジオリシスの研究

楊金峰, 田口光正, 近藤孝文, 吉田陽一, 柴田裕実, 南波秀樹, 小嶋拓治

第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

20) ナノ秒パルスラジオリシスによる疎水性イオン性液体中の溶媒和電子挙動の研究

楊金峰, 永石隆二, 近藤孝文, 吉田亮, 有阪真, 吉田陽一

第 48 回放射線化学討論会, 大阪, 2005 年 10 月 12 日~14 日

21) ★阪大産研フォトカソードRF電子銃の現状

楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 山本保, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一

第 3 回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005 年 11 月 16 日~17 日

22) ★パルスラジオリシスにおける等価速度分光法の利点

近藤孝文, 楊金峰, 浅野晃, 武本将, 黒田洋一, 菅晃一, 吉田亮, 小方厚, 柏木茂, 吉田陽一, 田川精一

第 3 回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005 年 11 月 16 日~17 日

23) Overview of femtosecond pulse radiolysis

吉田亮

第 3 回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005 年 11 月 16 日~17 日

24) フォトカソード電子ライナックにおけるフェムト秒電子バンチ発生シミュレーション

菅晃一

第3回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005年11月16日～17日

25) ダブルデッカー電子ビーム加速器の開発

黒田洋一

第3回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005年11月16日～17日

26) フォトカソード電子ライナックの利用ーピコ秒パルスラジオリシスー

浅野晃

第3回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005年11月16日～17日

27) フォトカソード電子ライナックの利用ーフェムト秒パルスラジオリシスー

武本将

第3回高周波電子銃研究会, 大阪, 2005年11月16日～17日

28) フェムト秒超短パルスの発生と応用

楊金峰, 近藤孝文, 吉田亮, 古澤孝弘, 吉田陽一, 田川精一

第4回加速器量子ビーム実験室研究会, 大阪, 2006年1月16日

29) レーザー・プラズマ加速器によるパルスラジオリシス

小方厚

第4回加速器量子ビーム実験室研究会, 大阪, 2006年1月16日

共同研究

1) フォトカソードRF電子銃と高品質電子ビームの開発

住友重機械工業株式会社技術開発センター

2) ナノストラクチャー内放射線誘起反応高時間分解測定

日本原子力研究開発機構 東海研究所

3) パルスラジオリシス法を用いたイオン液体の研究

日本原子力研究開発機構 東海研究所

4) イオンパルスラジオリシス法による中間活性種の挙動の解明

日本原子力研究開発機構 高崎研究所

5) イオンビームによる超微細構造体の形成

日本原子力研究開発機構 高崎研究所

- 6) 金属酸化物微粒子による電子線誘起水素発生の研究
大阪府立大学
- 7) 粒子線がん治療のためのビーム制御に関する研究
放射線医学総合研究所
- 8) 高輝度高速応答金属酸化物電子ビームモニターの開発
東京大学

科研費・助成金等

吉田陽一

科学研究費補助金（基盤研究（A））

サブフェムト秒・アト秒電子線励起時間分解吸収分光法の基礎研究

5,900 千円

楊金峰

科学研究費補助金（基盤研究（C））

高速重イオンビーム励起時間分解吸収分光法の基礎研究

1,800 千円

ナノ量子ビーム研究部門 ナノ量子ビーム開発分野

(磯山研究室)

構成

教授 磯山 悟朗 (Goro ISOYAMA) TEL:06-6879-8485, E-mail:isoyama@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 誉田 義英 (Yoshihide HONDA) TEL:06-6879-4296, E-mail:honda@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 木村 徳雄 (Norio KIMURA) TEL:06-6879-8511, E-mail:kimura@sanken.osaka-u.ac.jp

ナノ量子ビーム研究部門

ナノ量子ビーム開発分野

1. 電子線形加速器の高性能化とナノ量子ビームの研究

加速器量子ビーム実験室の電子線形加速器は、ナノサイエンスやナノテクノロジー分野での基礎研究と応用研究やビーム科学の研究に活発に利用されている。これらの研究を画期的に進展させるために、輝度の高い量子ビームが必要不可欠である。高輝度量子ビームを発生するために用いる電子加速器に高い安定性が要求される。

Lバンド電子ライナックは、加速器量子ビーム実験室の主要な装置の一つであり、パルスラジオリシスによるサブピコ秒・ナノメートル領域の時空間反応解析や遠赤外自由電子レーザー (FEL) の研究に利用されている。Lバンド電子ライナックは、3台のRF空洞から構成されるサブハーモニックバンチャー (SHB) システムを装備して最大電荷量 91 nC の単バンチ電子ビームを発生することが出来る世界有数の性能を持つ加速器である。昭和 53 年の完成以来共同利用に供されてきたが、平成 14 年に性能向上を目指して大規模な改造を行った。改造の主題は、高い安定性と再現性の実現である。Lバンド電子ライナックの改造は、平成 15 年秋に完了して引続き立上調整を平成 16 年秋まで行った。平成 16 年度の後期は試験的な利用をしたが、本格的な共同利用は平成 17 年度から再開した。平成 17 年度は、共同利用の運転を行いながら、2 週間に一度の点検日と夏冬 2 回の長期シャットダウンに性能向上のための作業をした。新しいタイミングシステムを、計算機制御システムに組み込み、一体的な制御・運転を可能にした。高精度冷却水装置の故障やクライストロンモジュレーター電源のサイクロンの問題など様々なハードウェアや計算機制御システムのソフトウェアの問題点を解決して、性能向上を図った。Lバンド電子ライナックの性能の評価を行い、最も一般的な運転モードである過渡モードで、ビーム強度の変動が改造前の 10 分の 1 まで減少したことが分った。

Sバンドライナックには現在 2 種類あるが、本研究室における陽電子に関連する実

験では、従来からの3本の加速管を使用する、代表的電子エネルギーが100 MeVの電子ライナックを主として利用している。本年度もSバンドライナックに関し、直流電源電圧の出力異常、度重なる直流電源内速断ヒューズの破損、導波管の蝟付け部からのリーク、導波管内での放電等のトラブルが発生し、これらの問題解決を行った。直流電源に関するトラブルの原因は電圧制御系のフィードバック回路に乗るノイズが原因であることがわかったため、接地系の配線のし直し、電源内ノイズ除去フィルターの改良や時定数の変更などを行うことで、ヒューズが切れることはなくなり、安定に運転を行えるようにはなった。しかしまだノイズに対して十分ではないため、今後全体の接地回路を改良する必要がある。また、導波管のリークの問題では前年度同様接着剤を用いて対応し、放電に関しては徐々に電圧を上げながら運転を行って対処した。

2. 陽電子を用いた高分子内自由体積の研究

高分子材料中におけるナノスケールサイズの自由体積は高分子の性質に大きく寄与するため、自由体積サイズや分布を評価することは、高機能高分子材料を設計・製作する上で重要である。多くの高分子材料内では入射陽電子の一部は周囲の電子とともに水素様のポジトロニウム (Ps) と呼ばれる原子を形成する。特にお互いのスピンの平行のものはオルソポジトロニウム (*o*-Ps) と呼ばれ、高分子内の自由体積評価に利用されている。

従来から行われてきている陽電子を用いた自由体積評価のための測定法として *o*-Ps の寿命測定や S パラメーター測定がある。これらの内、*o*-Ps の寿命は自由体積を構成する空隙の大きさの評価に用いられているため、特に重要なパラメーターとなっている。一般に *o*-Ps の寿命はその周辺の電子密度に依存しているため、欠陥等では寿命が長くなる。これまで井戸型ポテンシャル中での *o*-Ps の消滅時間の計算結果 (一部のパラメーターはゼオライトでの実験結果を用いている) を用いて、*o*-Ps の寿命から自由体積の大きさ (ここでは自由体積は粒状の空間で構成されていると仮定) の評価がなされてきているが、特に反応性の高い高分子材料内でのポジトロニウムの消滅過程は、様々な官能基の存在や分子構造の複雑さのためこのような単純なモデルでは考え難い。更に最近では入射陽電子が生成する2次電子が生成されることによる、捕捉電子やラジカル電子の存在が陽電子や *o*-Ps の消滅過程に大きな影響を及ぼすこともわかってきており、この消滅過程を詳しく調べるのが重要な課題となっている。このような実験では γ 線の検出効率が著しく低下するため、高強度陽電子源が必要である。

2.1 本研究分野における研究課題 (装置開発を中心として)

モデレーターの改良による高強度陽電子ビームの生成

陽電子寿命と消滅 γ 線エネルギースペクトルの同時測定法 (AMOC 法) や同期したドップラー拡がり計測など、同期回路を多く持つ計測法が重要となってきたが、

このような測定系では γ 線の検出効率が著しく低下するため、高強度短パルス陽電子ビームが不可欠である。ライナックを用いた陽電子発生では、低速陽電子を生成するための、モデレーターと呼んでいる部分の効率を、如何に上げるかが重要な研究課題である。本年度は、前年度設置した小型で低速陽電子生成効率の高い新型モデレーターに関する陽電子生成効率等を測定する予定であったが、ライナックの不調によりこれを行うことができなかった。

陽電子ビームを用いた AMOC 測定

AMOC とは消滅ガンマ線のエネルギースペクトルと陽電子の寿命を同時に測定する手法であり、各寿命成分に対応するエネルギースペクトルが評価できる計測法である。パルス化された陽電子ビームを用いて寿命測定を行う場合、高計数効率(毎秒 1000 カウント程度)を得るために検出器 (BaF_2 シンチレーター) をできるだけ試料に近づけて計測しているが、本計測法では対向して BaF_2 シンチレーターと高純度ゲルマニウム検出器を配置する必要があり、このためチェンバーを含めた改造が必要となる。また、高純度ゲルマニウムに代わり位置検出型の BGO シンチレーターを用いて角相関も寿命と同時測定する方法を準備している。このシステムを用いて官能基の異なる高分子材料における陽電子や *o*-Ps の消滅過程を調べることで、高分子内のナノ空間構造との関係を見出すことを目的としている。

陽電子回折実験系の整備

陽電子回折実験を行うためには高輝度陽電子ビームが必要となる。高輝度化とは陽電子が物質(リモデレーター)から再放出される際、放出角度の拡がり小さいことを利用してビームのエミッタンスを低減させ、結果的に輝度 (\propto ビーム強度/エミッタンス) を向上させる方法である。以前行った陽電子ビームの高輝度化実験では、リモデレーター上でのビーム径が大きかったために、輸送効率が悪化し、回折実験を行なうまでには至らなかった。本年度は小型モデレーターを用いた高輝度化実験を行い、反射高エネルギー陽電子回折実験を行う予定であったが、ライナックにトラブルが多く発生し、実験を行うには至らなかったため、本実験と密接な関係を持つ陽電子発生部に対する考察をシミュレーションを用いて行った。

高輝度化用のビームラインでは、モデレーターから磁場中を輸送された陽電子ビームは、磁場から切り離された後、静電的にリモデレーターに集束されるが、この過程で正準角運動量は保存する。このためモデレーター部に磁場が存在するとベクトルポテンシャルが存在し、磁場輸送系から引き出す際に、ビームの拡がりに大きな影響を及ぼす。従って、モデレーター部にはできるだけ磁場が無いほうがよい。しかしこの場合、陽電子はモデレーターを構成するタングステン箔に垂直に放出されるため、従来から使用してきている形状のモデレーターでは、モデレーター内で消滅する陽電子量が増大する。また、陽電子ビーム径の拡大や磁気ミラーによる反射も問題となる。これらを軽減させるにはモデレーター内での電位差を高くすることが考えられる。一

方、より小さなビーム径にするためには、リモデレーターへの入射電圧を高くする必要があり、このためにはモデレーターへの印加電圧を低く設定したほうがよい。このようにいくつか相反する条件に満たすモデレーターを開発するために、シミュレーションを行った。

シミュレーションは数層のタングステンアセンブリーから構成されたモデレーターをカस्प磁場中においた体系で行い、層の数、タングステン箔間隔、タングステン箔の傾き、磁場の強度、形状等をパラメーターとして最適形状を調べた。この結果モデレーター内での電位差を大きくしても磁気ミラーによる損失が極めて大きく有効ではないことがわかった。また、これを避けるためにはタングステン箔を磁力線にできるだけ直交するように配置するのがよいことがわかった。

2.2 陽電子消滅法を用いた高分子電解質膜に関する研究

燃料電池に使用される電解質膜に対しては、高発電効率、腐食に強く劣化し難いもの、安いもの、機械的強度の高い材料が求められている。中でもデュポン社のNafionが最もバランスの取れた良い膜とされているが、高価格であること、及び使用温度が低いことが難点であり、これに代わる高分子膜の開発が進められている。本研究では陽電子消滅法を用いて電解質膜の構造評価、劣化の評価を行うことを計画している。電解質膜に主として使われているテフロン系骨格にはスルホン酸基がついており、官能基が陽電子消滅過程に与える影響を考慮する必要がある。このため、陽電子寿命測定に加え、AMOC法等を用いることで、陽電子寿命スペクトルを構成している3つの陽電子の消滅過程 (*p*-Psとなって消滅、 e^+ のまま消滅、*o*-Ps形成後ピックオフ消滅) に対応して、相手電子の運動量 (ここではSパラメーターとして表現) を分けて考えることが可能となる。これにより陽電子の消滅個所の特定に役立つと考えられる。今後次に示すような計測を行っていく予定である。

電解質膜の構造評価については、官能基の分布、密度を変化させることで、陽電子寿命との相関を調べる。また、含水量を評価するためには電解質膜内での水を検出する必要があり、AMOC法による水の評価の可能性も調べる。更に、発電効率向上のために、空隙サイズと実際のプロトン移動との相関、水分占有率と空隙サイズとの関係、温度を変化させ、分子運動と空隙との関係等を調べる。一方、構造変化や不純物吸着に伴うPs生成量の変化や寿命の変化から、イオン交換膜の劣化の過程も推察する。

2.3 陽電子寿命測定法による解離型電子捕捉反応の研究

一電子付加によるハロゲン化アルキルの炭素—ハロゲン (C-X) 結合の還元的解離は解離型電子移動反応の一番簡単な反応系である。このような還元的解離反応は電子線レジスト材料中でも起こり、機構的解明が重要である。近年、この反応の反応動力学が理論計算によって求められ、反応が極短時間 (10^{-13} s) に完結することが報告さ

れている。しかし、このような極短時間の実時計測は現段階では非常に難しい。

近年、陽電子寿命測定法が高分子材料中のナノ空孔の測定に利用されている。ポジトロンを物質中に照射すると、電子線照射の場合と同様にイオン化が起こり、電子と陽イオンを生成する。熱化したポジトロンがこの二次電子を捕捉することによってポジトロニウム (Ps) 生成する。この Ps の生成過程は、電子と陽イオンの再結合やハロゲン化アルキルによる電子捕捉反応と競争的に起こる。Ps の生成時間が数ピコ秒 (10^{-12} s) であることから、再結合や電子捕捉反応と競争的に起こる Ps の生成量を測定することによって、二次電子の電子捕捉剤に対する反応性を推測することができる。

上記の観点から、本研究では、塩化ビニル(-CH₂-CHCl)n- およびポリスチレンの4-クロロメチル誘導体 (-(CH₂-CH(C₆H₄Cl)n-)について検討し、これらのポリマー中に生成するオルト-Ps (o-Ps) の生成量に対する塩素の影響を検討した。測定結果は、これらのポリマー中で o-Ps の生成量の大きな低下を示した。特に、ポリスチレンの4-クロロメチル誘導体で Ps の生成に対する抑制効果が顕著であった(無置換のポリスチレン中での生成量の 10%以下)。この結果は、電子と親イオン再結合が~1ns で起こることを考えると、電子は主に4-クロロベンジル基によって捕捉され、その過程が Ps の生成過程(数ピコ秒)よりも非常に速いことを示し、ベンジル基への電子付加が Ps の生成よりも1桁以上 (10^{-13} s) 早いことを示唆する。これらの結果は、陽電子寿命測定法が凝縮相での放射線化学初期過程、すなわち、凝縮系での二次電子の反応性を研究するのに有効であることを示している。さらに、ポリスチレンとその誘導体はネガ型電子線レジスト材料であり、とくに4-クロロメチル誘導体が高い架橋効率を示すことが知られており、本研究の結果ともよい相関を示している。

国際学会

1. Study of annihilation processes of positrons in polystyrene related polymers
Y. Honda, T. Shimada, M. Tashiro, N. Kimura, Y. Yoshida, G. Isoyama, S. Tagawa
8th International Workshop on Positron and Positronium Chemistry, September 5-10, 2005,
Coimbra, Portugal.
2. Study of Annihilation Processes of Positrons in Polymers
Y. Honda, N. Kimura, G. Isoyama, S. Tagawa, S. Nishijima, S. Takeda
4th 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience"
International Symposium. November 18-19, 2005, Toba, Japan

国内学会

1. 電子ライナックを用いた高輝度短パルス陽電子ビームの生成
広瀬正佳、誉田義英、木村徳雄、楊金峰、吉田陽一、磯山悟朗、田川精一
第30回リニアック技術研究会、2005、佐賀
2. 阪大産研における電子ライナックの現状
磯山悟朗、加藤龍好、柏木 茂、楊金峰、近藤孝文、山本保、誉田義英、木村徳
雄、古澤孝弘、関修平、佐伯昭紀、吉田陽一、田川精一、末峰昌二
第30回リニアック技術研究会、2005、佐賀

ナノ量子ビーム研究部門 ナノビームプロセス研究分野 (田川研究室)

構成

教授 (兼任) 田川 精一 (Seichi TAGAWA) TEL:06-6879-8500, E-mail:tagawa@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 関 修平 (Shuhei SEKI) TEL:06-6879-8501, E-mail: seki@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 古澤 孝弘 (Takahiro KOZAWA) TEL:06-6879-8502, E-mail: kozawa@sanken.osaka-u.ac.jp

研究概要

1. 単一粒子が引き起こす化学反応の特殊性とナノテクノロジー (関修平・田川精一)

イオントラックと呼ばれる非常に高い濃度の活性種が存在する化学反応場について、従来の化学反応場とは決定的に異なった化学反応様式を与えることを明らかにした[1-3]。イオントラック内の活性種密度及びその分布は、LET 等の入射するイオンの線質を変化させることにより制御が可能であり、ここではイオン照射に対し大きな線質効果を示すポリシランを用いて新しいエネルギー付与モデル及び高分子ゲル化理論を構築した。イオントラック内での高分子架橋反応は、ナノメートルスケールの量子細線を与え、さらにそのサイズが入射イオンの線質を変化させることにより精密に制御可能である。これらイオン照射により形成されたナノワイヤーを実際の伝導性ワイヤーや電界発光素子等として応用を図るためには、その空間的位置決め・配列技術が不可欠の要素となると考えられる。ここでは、実際に位置決め・配列を行う上で重要なキーテクノロジーとなるナノワイヤーの表面固定技術と形成されたワイヤー自身の凝集性について紹介する。

本研究ではこの超微細空間内の高分子架橋反応を生体高分子であるタンパク質分子に適用し、自由にサイズをコントロールしたタンパク質ナノワイヤーの形成を試みた。図1は粒子照射法によって形成されたタンパク質ナノワイヤーの原子間力顕微鏡像である。本スキームでは、個々のワイヤーが、それぞれ入射する一個一個の粒子の軌道に沿って形成される。ここで用いた粒子のエネルギーでは、ターゲットとしたタンパク質薄膜の厚みを十分貫通し、かつ膜中でのエネルギー損失は入射エネルギーにたいして無視できるほど小さい。従って、粒子は膜中をほぼ直線的に通過し、その軌道に沿って超微細空間内で架橋されたタンパク質分子ナノワイヤーは、その全長がほぼ膜

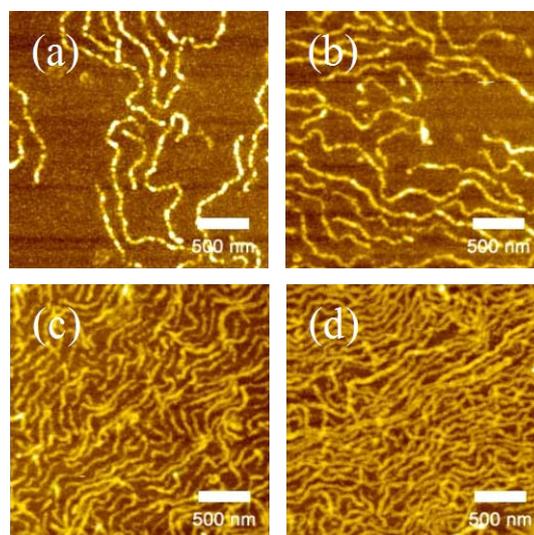


図1. 粒子線照射によって形成されたタンパク質ナノワイヤーの AFM 像 (a)~(d) 膜厚およそ 2.0 μm の Human Albumin 薄膜に対し、320 MeV の Ru 粒子をそれぞれ 0.96, 2.9, 6.7, 10.0 ions/cm² のフルエンスにて照射。

の厚みを反映して均一となる。

形成されたナノワイヤーの系については、分子のサイズ(N , α , 及び β)、架橋効率($G(x)$)、及び入射する粒子の単位長さあたりのエネルギー付与率 (LET) によって、次式により説明できることが明らかとなった^{4,5}。

$$r^2 = \frac{LET \cdot G(x) N^{3\alpha}}{400\pi\beta} \left[\ln \left(\frac{e^{1/2} r_p}{r_c} \right) \right]^{-1} \quad (1)$$

上式は、タンパク分子のみでなく、放射線によって架橋反応を誘起できる高分子材料系では、ほぼ例外なく適用することが可能であり、高分子反応の設計、特に架橋剤の添加などの考慮により、ほとんどの高分子材料において規定されたサイズを有するナノワイヤーの形成が可能である。

2. 量子ビーム誘起反応を利用した単一分子物性の評価 (関修平・田川精一)

主鎖共役高分子の骨格構造は、高分子材料が示すべき光・電子物性に顕著な影響を与えるため、両者の定量的な相関関係の解明は、実際の共役高分子を有機エレクトロニクス材料として用いる上で極めて重要である。主鎖 σ 共役型の高分子であるポリシランは、その共役系電子構造と近紫外分光特性に密接な相関を示し、化学構造に伴う骨格構造 (コンフォメーション) の変化を分光分析により比較的容易に推測する事が可能である[5]。そこで本研究では、さまざまな化学構造・置換基パターンを有するポリシランを合成し、その基底状態骨格構造の分析をベースとし、電荷輸送状態にある分子であるラジカルカチオン ($PS^{\cdot+}$)・アニオン ($PS^{\cdot-}$) の直接観察 (Transient Absorption Spectroscopy: TAS 法[6]) によって電荷付与に伴う共役構造の変化の予測を行った。またこれら過渡種の定量的分析は、系中に存在する電荷担体の正確な“数”を与える。従って生成した電荷担体による系全体の伝導度の変化から、分子鎖に沿った電荷担体の移動度が得ることができると言える。伝導度の測定には、一般的な DC 法に対して、AC 法として知られる Time-Resolved Microwave Conductivity 法[7] (TRMC 法) を用いた。希薄溶液系で本手法を適用した場合、分子鎖それぞれの相関や不純物の影響をほとんど受けない、純粋な系の伝導度変化を見積もる事が可能である。そこで本研究ではこれら手法を複合的に使い、分子鎖コンホメーションに関する定量的な知見の下、高分子鎖の“かたち”や化学構造による分子鎖内移動度の変化から、ポリシラン主鎖共役系が本質的に示すべき電荷移動度のポテンシャルを議論した。

ポリシランの骨格は、側鎖基の化学構造によって、random 状態から helical さらに rod like 状態へと変化する様子が簡単な分光により推定可能である[5,6]。各種分光結果から得られたポリシランの構造・特性を、表にまとめた。本研究で得られた $PS^{\cdot+}$ の振動子強度の値は骨格構造変化と同様の順で増加し、絶対粘度指数から見積もられた高分子鎖内の持続長と比較的良好な相関にある。さらに個々の測定結果から、phenyl 置換基を有するポリシラン (PHn: n はアルキル鎖長) は、アルキル側鎖基の鎖長による主鎖骨格構造の変化が大きく、同様に $PS^{\cdot+}$ の振動子強度の変化も顕著であった。一方、メチル基 (MEn), 対称アルキル置換型ポリシラン (PDn) については、アルキル側鎖基の鎖長による主鎖骨格構造の変化は小さく、同様に $PS^{\cdot+}$ の振動子強度の変化も小さいという傾向がみられた。以上のことから、ポリシランにおいて基底状態での主鎖骨格構造と、高分子骨格上にラジカルカチオンが存在するときの主鎖骨格構造との間には強い相関がることが明らかとなった。

Table. UV absorption, fluorescence, and optical properties of cation radicals of poly(*n*-alkylphenylsilane)s

Entry	λ_{max}^{abs} (nm)	ϵ^{abs} ^a	f_{VB-ES} ^b	λ_{max}^{\ddagger} (nm)	λ_{max}^{*+} (nm)	ϵ^{*+} ^c (x10 ⁴)	f^{*+}	Entry	λ_{max}^{abs} (nm)	ϵ^{abs} ^a	f_{VB-ES} ^b	λ_{max}^{\ddagger} (nm)	λ_{max}^{*+} (nm)	ϵ^{*+} ^c (x10 ⁴)	f^{*+}
PH1	339	7900	0.091	365	365	9.4	0.49	PD8	321	11600	0.057	348	342	5.2	0.39
PH2	331	4300	0.0547	366	360	6.9	0.38	PD10	324	11700	0.057	349	342	5.5	0.41
PH3	336	5700	0.0642	366	363	7.1	0.42	PD12	325	10600	0.050	350	342	5.5	0.46
PH4	341	8000	0.0774	366	365	9.8	0.51	ME3	307	5200	0.043	338	348	3.8	0.24
PH5	342	9900	0.0914	367	369	12	0.59	ME4	306	6400	0.045	336	342	4.1	0.25
PH6	347	11700	0.11	369	372	15	0.65	ME5	307	6100	0.045	336	346	4.5	0.28
PH7	348	14300	0.11	369	372	16	0.59	ME6	307	5600	0.043	336	344	5.3	0.33
PH8	348	17500	0.13	370	372	18	0.63	ME8	309	5500	0.041	336	338	4.5	0.32
PH10	348	16600	0.13	369	370	17	0.66	ME10	310	5300	0.040	337	338	3.3	0.26
PH12	348	12800	0.110	369	370	16	0.60	ME12	311	4700	0.034	336	342	3.5	0.24
PD4	317	10400	0.053	346	346	4.5	0.31	PCMS	326	7320	0.054	347	355	4.9	0.33
PD5	318	10400	0.056	347	346	4.7	0.32	DPA	377	7600	0.0750	-	392 ^d	17	0.65
PD6	319	10600	0.056	347	344	5.1	0.37	DPB	393	13300	0.11	-	<405 ^d	>20	>0.80
PD7	321	10900	0.057	348	340	5.2	0.38								

^a Molar extinction coefficient per Si unit, ^b Oscillator strength obtained by numerical integration, ^c Molar extinction coefficient per radical cation at the transient absorption maximum.

TRMC 法による Microwave 吸収測定は、溶液中に生成されたイオン性活性種による系全体の伝導度変化: $\Delta\sigma$ を与えるが、これと各分子鎖に沿った 1 次元方向の分子内電荷移動度、isotropic mobility: μ_{1D} との間には、次式のような関係が存在する[8,9] :

$$\Delta\sigma = F [\text{PSn}^{*+}] \frac{\mu_{1D}^+}{3} \quad (2)$$

ここで、F はファラデー定数である。[PSn^{*+}]は、上述の TAS 法を用いた反応解析により決定される。本手法により得られるポリシラン σ 共役分子鎖の本質的電荷輸送性能の代表的な値として、(2)に基づいて算出される“やわらかい”・“かたい”ポリシランの μ_{1D} は、同じ Phenyl 置換型でも、それぞれ $\mu_{1D}^+ = 0.03$ 及び $0.23 \text{ cm}^2\text{Vs}^{-1}$ と大きな変化を見せた[9]。特に剛直型ポリシランにおける μ_{1D}^+ の値は、アモルファスシリコンの正孔移動度に肉薄するものであり、剛直鎖を有するポリシランでは従来の高分子電荷輸送材料の概念を打ち破る、極めて高い正孔輸送能を実現し得る可能性が示唆された。

Reference

- 1) S. Seki, et al., *Adv Mater.* **13** (2001) 1663, 2) S. Seki, et al., *J. Phys. Chem.* **B103** (1999) 3043, 3) S. Seki, et al., *Phys. Rev. B*, **70** (2004) 144203, 4) S. Tsukuda, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **87** (2005) 233119, 5) S. Seki, et al, *Macromolecules*, **38** (2005) 10164-10170, 5) S. Seki, et al., *J.Am.Chem.Soc.*, **126** (2004) 3521, 6) S. Seki, et al., *Macromolecules*, **32** (1999) 1080, 7) F.C. Grozema, et al., *Adv. Mater.*, **14** (2002) 228, 8) A. Saeki, et al, *J. Phys. Chem B*, **109** (2004) 10015, 9) A. Acharya, et al., *J. Phys. Chem. B*, **109** (2005) 20174-20179.

3. 極限ナノビームプロセスの追求と展開—レジストプロセスのモデリング

(古澤孝弘・田川精一)

1. 序

現在の半導体産業はリソグラフィと呼ばれる超微細加工技術に支えられている。リソグラフィ技術は年々進歩を遂げ2005年にはDRAM量産ラインにおいてできえ90 nmをきる加工が行われようとしている。今から10年以内に32 nmの加工を1.2 nmの精度で行うことが求められており、まさに、“ナノリソグラフィ”と呼ばれる領域に入ろうとしている。我々が普段使っているコンピューターに入っているCPUが“ナノチップ”と呼ばれる時代がやってこようとしている。過去半世紀にわたって培われたリソグラ

フィ技術は、当然、今話題のナノテクノロジーを支える加工技術の一つとしても大きく期待されている。現在の100 nm近傍の大量生産はKrFあるいはArFエキシマレーザーといった光を露光源として加工が行われている。しかし、光による加工は波長の制限を受けるため、位相シフトマスクのような超解像技術を駆使しても波長の4分の1までの加工が物理的限界であると考えられている（もっとも、近年、多光子吸収やエバネッセント光を利用することにより、光でもさらに微細な加工が可能であることが示されているが）。このような光に変わって、電子ビームやEUV(13.4 nm)といった量子ビームが次期露光源として期待されている。実際、これらの量子ビームは波長が短い分、光よりも容易に微細パターンをきる事が可能で、特に電子ビームでは10 nmをきる加工が実際に行われている。しかし、解像力だけで、工業的に使い物になるかというところでは行かず、感度やコントラスト、表面の滑らかさ、基盤密着性、そして、もちろんコストといった問題がすべて解決されなければ使用されることはない。半導体製造用のリソグラフィに関しては、産業界でロードマップが作製され、必要とされる性能がこと細かに記載されている。将来のナノテク産業では、用途に応じて、それぞれ個別の性能が要求されることと考えられる。そのときに何がメインの加工手段になる

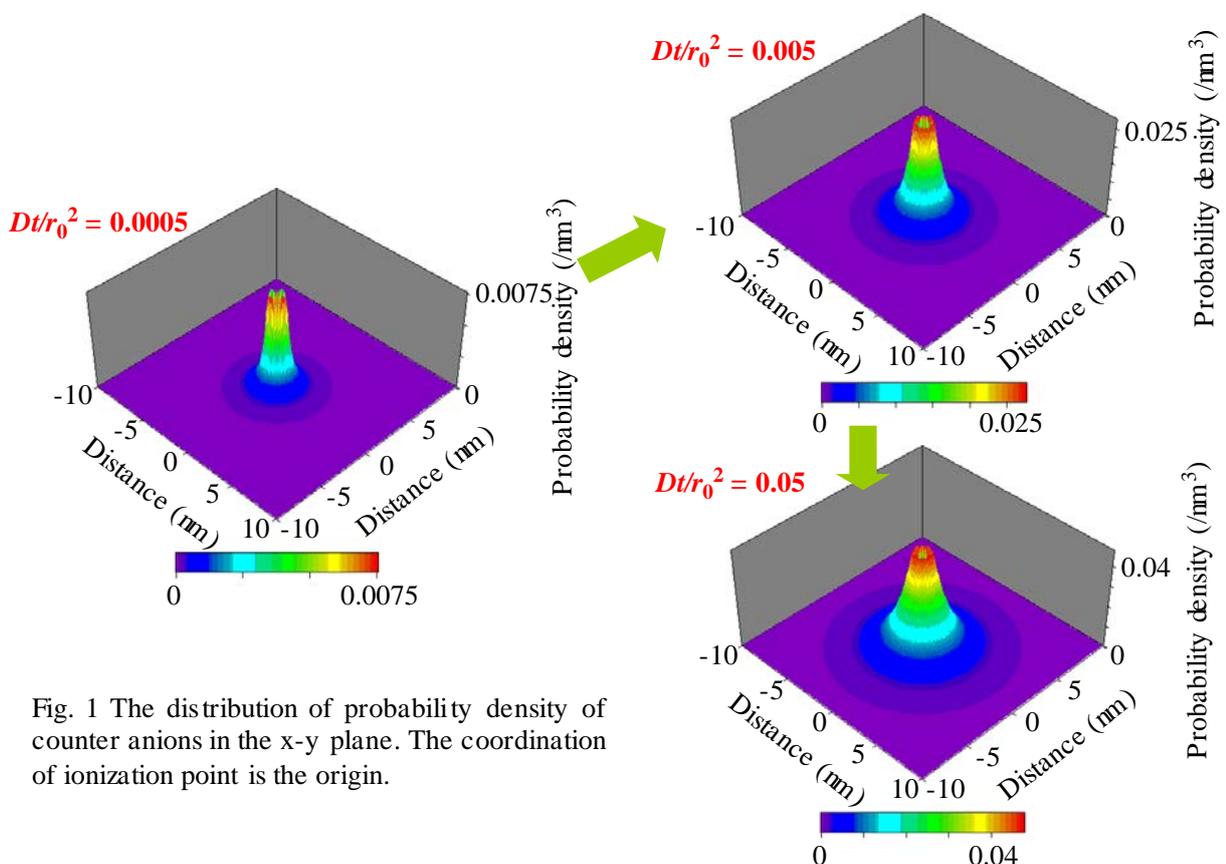


Fig. 1 The distribution of probability density of counter anions in the x-y plane. The coordination of ionization point is the origin.

かは、現在のところ不明瞭で、すべて今後のハードウェア、材料の開発にかかっている。

このような背景の下、市場の要求に見合ったナノ加工材料の開発が急務となっているわけであるが、要求の厳しさから反応機構を理解せずに材料を開発することが不可能になりつつある。従来の光リソグラフィでは主に光励起を利用して像の形成を行っていたわけであるが、露光源のエネルギーが高くなりイオン化エネルギーを超えると、様相が一変する。光の場合は選択的に分子にエネルギーを吸収させることができるが、イオン化エネルギーより高いエネルギーを持つ電子線のような量子ビームではビームのエネルギーはランダムに落とされるため、反応は非常に複雑になる。現在の大量生産の現場では化学増幅型と呼ばれる連鎖反応を利用することによって高感度化されたレジスト材料が使用されているが、これは露光によりレジスト中に酸を発生させて、酸による触媒反応により像形成に必要な化学反応を起こさせる手法である。このような手法を用いても、現在要求されている感度は、与えられたエネルギーを余すところなく像形成に結び付けなければ、到底達成できないレベルに達している。従って、ランダムに材料に落とされるエネルギーを、最終的に目的とする唯ひとつの化学反応に結び付けることが要求される。さらに、感度、解像度、精度といったすべての要求を満たすためには、生成される中間活性種（現行の化学増幅型レジストの場合は酸）のナノメータースケールでの空間分布と反応を解明することが必要不可欠となる。

本研究では、ナノリソグラフィの実現に向け、電子ビームによる反応解析装置を用い、ナノリソグラフィ材料のナノ空間内での電子移動、ホール移動、エネルギー移動、プロトン移動反応等、ナノスケールパターンの形成につながる反応の三次元解析をし、反応のモデリングを行った。図1に本研究によって明らかになった、材料中での中間体の空間分布と時間変化を示す。

論文

1) Proton and anion distribution and line edge roughness of chemically amplified electron beam resist,

Takahiro Kozawa, Hiroki Yamamoto, Akinori Saeki and Seiichi Tagawa,
J. Vac. Sci. Technol. B 23(2005) 2716-2720.

2) Study on acid generation from polymer,

Hiroki Yamamoto, Takahiro Kozawa, Atsuro Nakano, Kazumasa Okamoto, Seiichi Tagawa, Tomoyuki Ando, Mitsuru Sato and Hiroji Komano,
J. Vac. Sci. Technol. B 23 (2005) 2728-2732.

- 3) Resist Thickness Effect on Acid Concentration Generated in Poly(4-hydroxystyrene) Film upon Exposure to 75 keV Electron Beam,
T. Shigaki, K. Okamoto, T. Kozawa, H. Yamamoto and S. Tagawa,
Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L1298-L1300.
- 4) Dependence of Acid Yield on Acid Generator in Chemically Amplified Resist for Post-Optical Lithography,
A. Nakano, K. Okamoto, Y. Yamamoto, T. Kozawa, S. Tagawa, T. Kai and H. Nemoto,
Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 5832-5835.
- 5) Potential Cause of Inhomogeneous Acid Distribution in Chemically Amplified Resists for Post Optical Lithography,
Hiroki Yamamoto, Takahiro Kozawa, Atsuro Nakano, Kazumasa Okamoto, Seiichi Tagawa, Tomoyuki Ando, Mitsuru Sato and Hiroji Komano,
Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 5836-5838.
- 6) Synchronization of femtosecond UV-IR laser with electron beam for pulse radiolysis studies,
Akinori Saeki, Takahiro Kozawa, Shigeru Kashiwagi, Kazumasa Okamoto, Goro Isoyama, Yoichi Yoshida and Seiichi Tagawa,
Nucl. Instrum. Meth. A546 (2005) 627-633.
- 7) Basic Aspects of Acid Generation Process in Chemically Amplified Electron Beam Resist,
Takahiro Kozawa and Seiichi Tagawa,
J. Photopolym. Sci. Technol. 18 (2005) 471-474.
- 8) Effects of Dielectric Constant on Acid Generation in Chemically Amplified Resists for Post-Optical Lithography,
Takahiro Kozawa, Kazumasa Okamoto, Akinori Saeki and Seiichi Tagawa,
Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 3908-3912.
- 9) Multi spur effect on decay kinetics of geminate ion recombination using Monte Carlo technique,
Akinori Saeki, Takahiro Kozawa, Yoichi Yoshida and Seiichi Tagawa,
Nucl. Instrum. Meth. 234 (2005) 285-290.
- 10) Reaction Mechanisms of Brominated Chemically Amplified Resists,
Hiroki Yamamoto, Takahiro Kozawa, Atsuro Nakano, Seiichi Tagawa, Tomoyuki Ando,

Mitsuru Sato and Hiroji Komano,
Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L842-L844.

- 11) Nanopatterning of polyfluorene derivative using electron-beam lithography,
Y. Doi, A. Saeki, Y. Koizumi, S. Seki, K. Okamoto, T. Kozawa and S. Tagawa,
J. Vac. Sci. Technol. B 23 (2005) 2051-2055.
- 12) Requirements for Laser-Induced Desorption/Ionization on Submicrometer Structures,
S. Okuno, R. Arakawa, K. Okamoto, Y. Matsui, S. Seki, T. Kozawa, S. Tagawa and Y.
Wada,
Anal. Chem. 77 (2005) 5364-5369.
- 13) Study of Transport Properties in Fullerene-Doped Polysilane Films using Flash
Photolysis Time-Resolved Microwave Technique,
A. Acharya, S. Seki, A. Saeki, Y. Koizumi, and S. Tagawa
Chem. Phys. Lett., 404 (2005) 356-360.
- 14) Effect of Substituents on Charge Carrier Dynamics in Thiophene Oligomers,
A. Acharya, Y. Koizumi, S. Seki, A. Saeki, S. Tagawa, Y. Ie, and Y. Aso,
J. Photochem. Photobiol. A, 173 (2005) 161-168.
- 15) Increase of Mobility of Photogenerated Positive Charge Carriers in Polythiophene,
A. Saeki, S. Seki, Y. Koizumi, T. Sunagawa, K. Ushida, and S. Tagawa,
J. Phys. Chem. B, 109 (2005) 10015-10019.
- 16) Etching Efficiency of Polymethacrylates for Monochromatic Low Energy Ion Beams,
S. Seki, S. Kawachi, S. Tagawa, A. Egami, K. Kurihara, M. Nakamura, and H. Itoh,
J. Photopolym. Sci. Technol., 18 (2005) 255-256.
- 17) Formation of Nanowires Based on π -Conjugated Polymers by High-Energy Ion Beam
Irradiation,
S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, and S. Tagawa,
Jpn. J. Appl. Phys., 44 (2005) 5839-5842.
- 18) Correlation between Edge Roughness of Nanostructures and Backbone Configuration of

- Polymer Materials,
S. Seki, S. Tsukuda, S. Tagawa, and M. Sugimoto,
J. Photopolym. Sci. Technol., 18 (2005) 449-450.
- 19) Fluoropolymer Outgassing in Focused Ion Beam Micromachining,
Y. Matsui, S. Seki, and S. Tagawa,
J. Photopolym. Sci. Technol., 18 (2005) 501-502.
- 20) Photogeneration of Charge Carriers and Their Transport Properties in
Poly[bis(*p*-*n*-butylphenyl)silane],
A. Acharya, S. Seki, Y. Koizumi, A. Saeki, and S. Tagawa
J. Phys. Chem. B, 109 (2005) 20174-20179.
- 21) Effects of Backbone Configuration of Polysilanes on Nanoscale Structures Formed by
Single-Particle Nanofabrication Technique,
S. Seki, S. Tsukuda, K. Maeda, S. Tagawa, H. Shibata, M. Sugimoto, K. Jimbo, I.
Hashitomi, and A. Koyama,
Macromolecules, 38 (2005) 10164-10170.
- 22) Mobilities of Charge Carriers in Dendrite and Linear Oligogermanes by Flash Photolysis
Time-Resolved Microwave Conductivity Technique,
S. Seki, A. Acharya, Y. Koizumi, A. Saeki, S. Tagawa, and K. Mochida,
Chem. Lett., 34 (2005) 1690-1691.
- 23) Nanowires with Controlled Sizes Formed by Single Ion Track Reactions in Polymers,
S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, and S. Tagawa,
Appl. Phys. Lett., 87 (2005) 233119.
- 24) Basic aspects of acid generation processes in chemically amplified resists for electron
beam lithography,
Takahiro Kozawa and Seiichi Tagawa,
Advances in Resist Technology and Processing XXII (2005) 361-367.
- 25) Deprotonation mechanism of poly(4-hydroxystyrene) and its derivative,
A. Nakano, K. Okamoto, Y. Yamamoto, T. Kozawa, S. Tagawa, T. Kai, H. Nemoto and T.

Shimokawa,

Advances in Resist Technology and Processing XXII (2005) 1034-1039.

国際会議

- 1) Acid generation processes in aromatic polymers for chemically amplified electron beam and EUV lithography,
H. Yamamoto, T. Kozawa, A. Nakano, K. Okamoto, S. Tagawa, T. Ando, M. Sato and H. Komano,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 2) Femtosecond Pulse Radiolysis Study on Primary Process of Radiation Chemistry of Polymer,
Y. Yoshida, J. Yang, T. Kondo, A. Yoshida, T. Kozawa and S. Tagawa,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 3) Nanopatterning of Polyfluorene Derivative Using Electron Beam Lithography,
Y. Doi, A. Saeki, Y. Koizumi, S. Seki, K. Okamoto, T. Kozawa and S. Tagawa,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 4) Nanospace and picosecond reactions of resists for EUV and electron beam lithographies,
S. Tagawa and T. Kozawa,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 5) Dependence of acid yield on resist thickness in chemically amplified electron beam resist,
T. Shigaki, K. Okamoto, T. Kozawa, H. Yamamoto and S. Tagawa,
Int. Microprocesses and Nanotechnology Conf., 2005, Oct. 26-28, Tokyo, Japan.
- 6) Proton and Anion Distribution and Line Edge Roughness of Chemically Amplified Electron Beam Resist,
T. Kozawa, H. Yamamoto and S. Tagawa,
49th EIPBN, 2005, May 31-June 3, Florida, USA.
- 7) Study on Acid Generation from Base Polymer
H. Yamamoto, T. Kozawa, A. Nakano, K. Okamoto, S. Tagawa, T. Ando, M. Sato and H. Komano,
49th EIPBN, 2005, May 31 - June 3, Florida, USA.
- 8) Basic aspects of acid generation processes in chemically amplified resists for electron beam

lithography,

Takahiro Kozawa and Seiichi Tagawa,

SPIE 30th Int. Symp. Microlithography, 2005, 27 Feb-4 Mar, San Jose, California, USA.

- 9) Deprotonation mechanism of poly(4-hydroxystyrene) and its derivative,
A. Nakano, K. Okamoto, Y. Yamamoto, T. Kozawa, S. Tagawa, T. Kai, H. Nemoto and T. Shimokawa,
SPIE 30th Int. Symp. Microlithography, 2005, 27 Feb-4 Mar, San Jose, California, USA.
- 10) Photoinduced Charge Transfer of DNA in Organic Solvent by Time-Resolved Microwave Conductivity
Ryu H. Yamagami, K. Kobayashi, A. Saeki, S. Seki, and S. Tagawa
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 11) Delocalization of Charge Carriers on Oligofluorene Backbone
Yoshiko Koizumi, Shu Seki, Akinori Saeki, Seiichi Tagawa,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 12) Mobility and dynamics of charge carriers in polythiophene- tetracyanoethylene blend films studied by microwave technique,
A. Saeki, S. Seki, Y. Koizumi, T. Sunagawa, K. Ushida, and S. Tagawa,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 13) Charge Carrier Mobility on Isolated Si Chains by Pulse-Radiolysis and Flash-Photolysis Time-Resolved Microwave Conductivity and Transient Absorption Spectroscopy Measurement,
Shu Seki, Kazumasa Okamoto, Akinori Saeki, Anjali Acharya, Seiichi Tagawa, Ferdinand C. Grozema, Luis P. Candeias, John M. Warman, Laurens D.A. Siebbeles,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 14) Nanowire Formation by Non-Homogeneous Crosslinking in Ion Tracks,
Shu Seki, Satoshi Tsukuda, Kensaku Maeda, Akinori Saeki, Seiichi Tagawa, Hiromi Shibata, Masaki Sugimoto, Koichi Jimbo, Isao Hashitomi, Akira Kohyama,
PACIFICHEM2005, 2005, Dec. 15-20, Honolulu, Hawaii, USA.
- 15) CROSS-LINKED SILICON BASED POLYMER NANOWIRE FORMATION BY HIGH ENERGY CHARGED PARTICLES,
S. Seki, S. Tsukuda, S. Tagawa, M. Sugimoto,

14th International Conference on Surface Modification of materials by Ion Beams, 2005,
Sep. 4-10, Kusadasi, Turkey,.

- 16) NANOWIRES WITH FREELY CONTROLLED SIZES FORMED BY SINGLE ION
TRACK REACTIONS IN POLYMERS,
S. Tsukuda, S. Seki, S. Tagawa, M. Sugimoto,
14th International Conference on Surface Modification of materials by Ion Beams, 2005,
Sep. 4-10, Kusadasi, Turkey,.

解説・総説等

- 1) リソグラフィーの最近の話題ーナノリソグラフィーの実現に向けてー,
古澤孝弘、田川精一,
放射線化学, 79 (2005) 3-8.
- 2) 化学増幅型レジストの反応機構と感度・解像度,
古澤孝弘、田川精一,
シリコンテクノロジー, No.72(2) (2005) 39-42.
- 3) イオンビームを用いたナノワイヤーの形成
関 修平、佃 諭志、田川 精一
放射線と産業, **105** (2005) 19-23.
- 4) Control of Nano-Step Structures on Sapphire Wafer Surface by Focused Ion Beam
Processing,
A. Takeuchi, T. Kotaki, K. Koyama, K. Sunakawa, Y. Yaguchi, Y. Matsui, M. Murasugi, S.
Seki, S. Tagawa, W. Hara, and M. Yoshimoto,
J. Ceramic Soc. Jpn., **113** (2005) 478-483.
- 5) 日本における研究用加速器施設の現状アンケートに関する中間報告
田川 精一, 青木 康, 氏平 祐輔, 小原 祥裕, 小佐古 敏荘, 後藤 彰, 柴田 徳思,
関 修平, 中沢正治, 原 雅弘, 三角 智久, 水本 元治, 山田 聡
Radioisotopes, **52** (2003) 340-361.

著書

- 1) Subpicosecond Pulse Radiolysis Study on Geminate Ion Recombination Process in
n-Dodecane,

Yoichi Yoshida, Akinori Saeki, Takahiro Kozawa, Jinfeng Yang and Seiich Tagawa,
Ultrafast Phenomena XIV, eds. T. Kobayashi, T. Okada, T. Kobayashi, K. A. Nelson and S.
De Silvestri (Springer, Berlin, 2005) 479-481.

2) “高分子の架橋と分解”

関 修平

分担執筆, CMC 出版, 東京 (2005).

3) “光応用技術・材料総覧”

関 修平

分担執筆, 産業技術サービスセンター, 東京 (2005).

共同研究

共同研究 化学増幅レジストの反応機構の研究
技術研究組合 超先端電子技術開発機構 (ASET)

共同研究 ArF液浸用レジストに関する研究
(株) 半導体先端テクノロジーズ (SELETE)

共同研究 高感度EPL用電子線レジスト開発に関する研究
(株) 半導体先端テクノロジーズ (SELETE)、東京応化工業 (株)

共同研究 ArFフォトレジストに関する基礎研究
(株) 三菱瓦斯化学 (株)

科研費、助成金等

科学研究費補助金(基盤研究(S))
フェムト秒パルスラジオリシス法によるナノ時空間反応プロセスの解明
ーナノスケール量子ビーム利用の新展開ー
23,900千円
田川精一

科学研究費補助金(若手研究(A) (2))
一つの粒子が引き起こす化学反応を用いたナノ構造体の形成と特性
12,870千円
関 修平

科学研究費補助金(萌芽研究)
孤立したナノ構造体・分子素子の電極レス伝導度評価技術の開発
650千円
関 修平

科学研究費補助金（若手研究(B)(2)）

フェムト秒パルスラジオリシスによる極限ナノビームプロセスの創生

1,200千円

古澤孝弘

受託研究 平成17年度原子力安全基盤調査研究（放射線化学の最先端の研究を基盤とした安心安全の確保のための目に見える線量計材料の開発）

独立法人 原子力安全基盤機構

受託研究 化学増幅EUVレジスト中で生成される酸のナノスケール分布形状

（株）インテル

特許

1) 関 修平, 佃 諭志, 田川 精一, 杉本雅樹, 吉川 正人

“イオンビーム照射によるセラミックナノワイヤーの製造法”

特願2005-269602.

2) A. Sharma, M. Katiyar, D. Gupta, S. Seki, and S. Tagawa

“An improved organic light emitting diode, an improved organic light emitting diode for tuning the white emission and a process for fabrication thereof”

Indian Patent Application No. 1532/DEL/2005.

ナノテクノロジー産業応用研究部門 環境調和ナノマテリアル研究分野 (菅沼研究室)

構成

教授 菅沼 克昭 (Katsuaki SUGANUMA) TEL : 06-6879-8520,

E-mail: suganuma@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 奥 健夫 (Takeo OKU) TEL : 06-6879-8521,

E-mail: oku@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 山口 俊郎 (Shunro YAMAGUCHI) TEL : 06-6879-8521

E-mail: shunro@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 井上 雅博 (Masahiro INOUE) TEL : 06-6879-8521,

E-mail: inoue@sanken.osaka-u.ac.jp

特任研究員 蔣 君祥

研究支援推進員 畑村 眞理子

技術補佐員 佐々木 啓恵

学生 D2: 李 在彦, 金野 元紀, 中川 登志子, 山中 公博

D1: 隈元 聖史, 出田 吾朗, M2: 1名, M1: 2名, 研究生: 1名

秘書 井手こずえ

研究概要

導電性接着剤の界面形成メカニズム解明及び劣化抑制策の確立

ナノからミクロの Ag 粒子と有機材料を基礎とする導電性接着剤は、次世代の環境調和実装材料として期待されているが、課題として Sn めっき部品との両立性、ナノ粒子ペーストの配線技術確立がある。今年度は、Sn めっきとの界面形成メカニズム解明から劣化抑制策の確立、ナノ粒子ペーストのインクジェット配線による界面構造の解明を行った。①Ag ナノ粒子コート Ag-Sn 系導電性接着剤を開発：Ag-エポキシ系導電性接着剤は、Sn 系めっき接続した際、Ag/Sn めっき界面で Sn の一方向拡散で劣化する。その抑制策として、Ag-Sn 合金化粒子を開発し、さらに Ag ナノ粒子コーティング処理を提案した。この処理を行うことで、Sn の一方

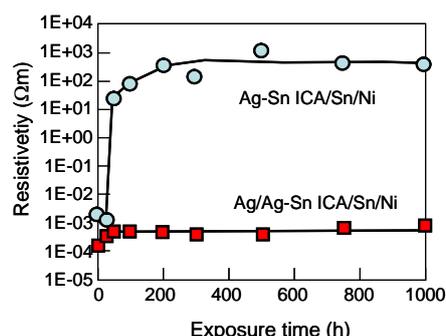


図 1. 電気抵抗の変化(高温高湿試験)

的な拡散を防ぐことができ、150°Cにおいても抵抗劣化しない材料開発に成功した(図1)。

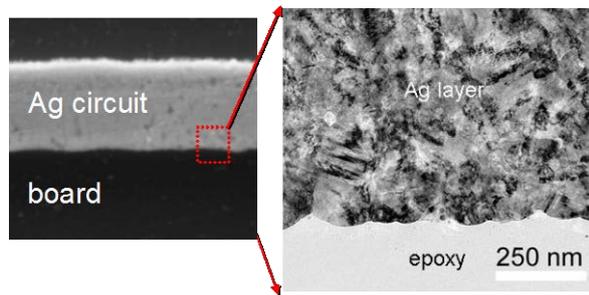


図2. ナノ粒子配線と基板の界面組織

②Ag ナノペーストのインクジェット配線の界面状態解明：ナノ粒子ペーストは、インクジェット・オンデマンド配線で、さらに低抵抗化が期待されている。今年度は、ナノ粒子ペーストと基板材料との界面安定性を調べるため、インクジェット印刷により配線基板を作製し、その接合状態の評価を行った。その結果、図2に示すように、

Ag ナノ粒子ペーストのインクジェット配線の界面状態を解明し、その界面構造が安定であることを証明した。(連絡先：菅沼克昭教授)

低温鉛フリーはんだの劣化メカニズム解明及び抑制策の提案

Sn-Ag-In 系はんだは、鉛フリーはんだの主流である Sn-Ag-Cu 系はんだより、融点が低く、機械的特性も優れているが、熱疲労によるはんだフィレットの変形が問題になっている(図3)。その原因を調べるため、Sn-3.5Ag-(0~16)In 合金を用いて、-40~125°C範囲での熱疲労試験及び高温 XRD 分析を行った。その結果、一部の組成では、125°C以上でβ-Sn相とγ-InSn₄相の相変態が起こることがわかり、変形現象の原因を明らかにした。また、変形現象が起こりにくい合金組成を提案した。さらに、低温鉛フリーはんだで最も注目されている Sn-Zn 系はんだの高温高湿環境での接合界面劣化の原因を調べ、劣化促進元素の特定、劣化メカニズムを明らかにした。また、劣化抑制に効果がある元素を添加し、新しい Sn-Zn 系はんだを開発した。

(連絡先：菅沼克昭教授)

超フレキシブル配線を用いたソフトヒューマンインターフェースの開発

本研究室では、等方性導電性接着剤や異方性導電性接着剤などの導電性接着剤を用いたエレクトロニクス実装技術(部品実装、配線形成等)に関する基礎および応用研究を包括的に進めている。ここでは、そのひとつのテーマである超フレキシブル配線技術に関する研究内容を紹介する。

従来のフレキシブル配線板は、曲げたり、折畳んだりすることは可能であったが、引張に対しては対応することができなかった。本研究室では、シリコーンなどのエラストマーをバインダーとする導電性接着剤を用いて曲げのみでなく引張にも対応できる超フレキシブル配線技術の開発とその応用研究を進めている。この実装技術は、ヒューマノイドロボットの皮膚センサネットワークシステムや医療・介護機器を始め、今後さまざまな電

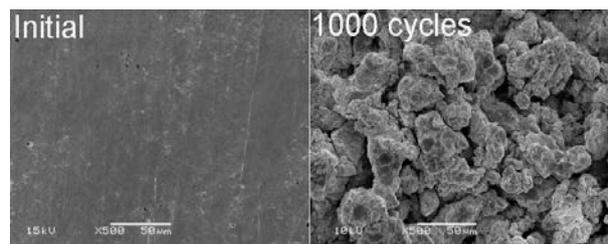


図3. 熱疲労によるはんだフィレットの変化

子機器に搭載が考えられている 柔軟なヒューマンインターフェースへの応用 が期待できる。

図 1 に、シリコンバインダー中に Ag フィラーを混合した超フレキシブル配線材料の引張った様子を示す。この配線材料は 引張ひずみが 150 %以上になるまで引張っても破断しない ことがわかった。さらに、この配線材料に μm サイズのフィラーと nm サイズのフィラーを混合分散させることにより、(引張ひずみ 0 % の場合) $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 程度の抵抗率を実現することができた。

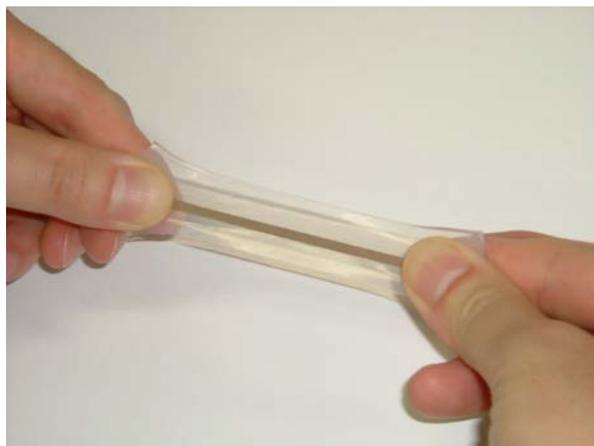


図 1 超フレキシブル配線材料

この配線材料はペースト状態で供給されるため、ペーストのレオロジー特性を調整することによりスクリーン印刷などのマスクを使用する印刷法だけでなく、ディスペンス法などのマスクレス印刷法にも対応することができる。図 2 には、ディスペンサを用いて作製したプロトタイプの高感度柔軟接触センサシートの外観写真を示す。この接触センサシートでは、シリコンゴム中に圧電性を有するポリフッ化ビニルニデンフィルムを埋め込

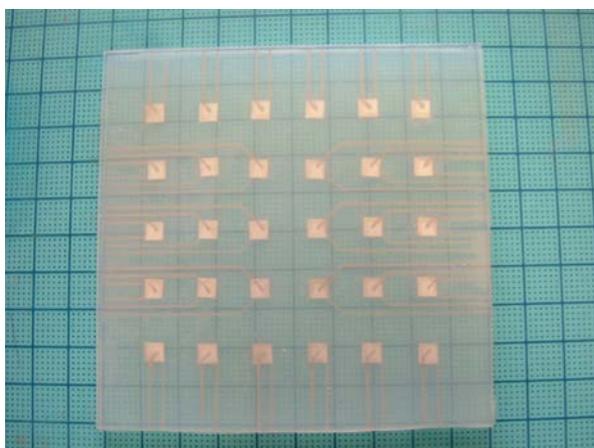


図 2 プロトタイプセンサシート

んだものであり、現在のところヒューマノイドロボット用皮膚センサへの応用を目的として開発を進めている。さらに様々なセンサ素子や回路部品を実装することにより柔軟なヒューマンインターフェースとして幅広い応用が期待される。

(連絡先：菅沼克昭教授，井上雅博助手)

原子配列調和物質

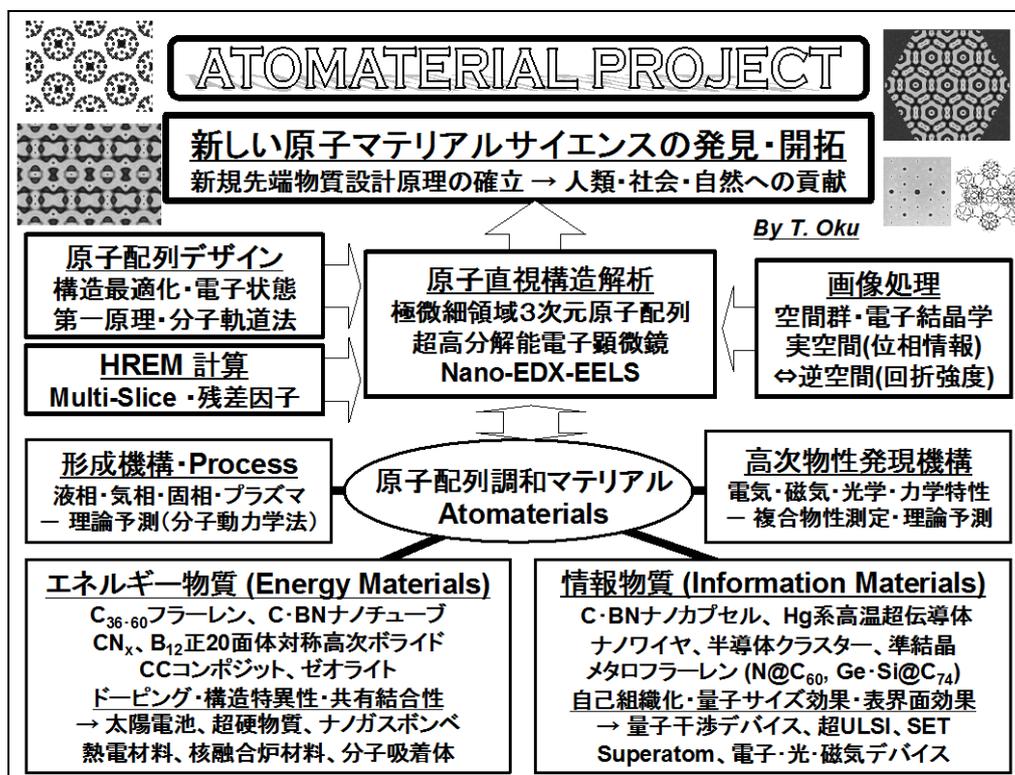
新物質は、新たなるエネルギー・情報材料への発展が期待され、人類の将来的なエネルギー・情報化社会問題を解決するための新デバイス実現の上で基本となる領域である。この新物質が生み出す様々な特性は、その原子配列が最も重要な鍵となっている。現在、下図にまとめられた ATOMATERIAL-PROJECT を推進している。これは 原子配列調和マテリアル を中心とした Project であり、新物質の原子の世界を直視 することにより、新しい原子マテリアルサイエンスの発見・開拓 を目的としており、新規先端物質設計原理の確立を通して、21 世紀に向かい人類・社会・自然に貢献していくことを大きな目標としている。詳しいテーマ等はホームページ参照。

(<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/~oku/frame.html>)

プロジェクトの選択基準としては、科学と人類社会へ大きなインパクトを与え、自

分の直観・情熱・興味を大事にして、重要でオリジナリティのあるものに集中するようにしている。

具体的には図に表現されているように、様々な新規構造・物性発現が期待される、金属・無機・有機物質の原子配列が機能的に調和したエネルギー物質と情報物質（原子配列調和物質）を中心として、形成機構・プロセス・高次物性を評価し、理論計算による原子配列デザイン・HREM 計算・画像処理から極微細領域3次元原子配列直接決定法を確立し、上記目的を達成していく。対象となる原子配列調和マテリアルは、異元素を内包した新規ナノ量子構造による高機能・多機能の発現を期待した、人と環境に優しい、ホウ素、窒素、炭素をベースとしたBN・Cフラーレンナノ物質等、様々な物質を取り扱っている。さらに究極の原子配列調和物質として、生体物質・高分子・医薬品等も今後の大きな課題となるであろう。ATOMATERIAL PROJECTに関して、様々なグループと共同研究を推進している。（連絡先：奥健夫助教授）



材料工学と生体組織工学を融合した新しい人工関節軟骨モデルの研究

人間は一日に約 10 万回も関節を動かしていると言われていた。股関節や膝関節では、立ったり、座ったりといった日常的な使用に耐えることができるように、非常に複雑な構造をしている。しかし、関節軟骨はそれ自身に修復能が無く、1 度損傷を受けてしまうと関節機能に大きな障害が生じるために、最終的な外科的治療として、人工関節術が広く行われている。

ところが、人工関節置換術は疼痛除去効果が著しく、その耐久性は 15 年程である。また生体骨に埋め込まれた人工関節ステムの緩みや UHMWPE（超高密度ポリエチレン）磨耗粉による炎症反応が生じ、再手術が必要になる。これとは別に、損傷した関節軟骨の部分的な修復が期待できる生体組織工学手法を用いた治療方法が開発され、細胞の直接移植による方法や人工培養軟骨移植による方法が近年注目を浴びている。しかしながら、これらの方法では、(1) 移植した細胞や培養軟骨と移植周辺部の関節軟骨または生体骨と接着しない、(2) 移植した細胞や培養軟骨中の細胞分化を制御しなければならない、という 2 つの大きな問題点があった。

そこで、私たちの研究室では、まず前者 (1) の問題である培養軟骨と生体骨との接着を改善するために、生体骨と置換する人工骨と培養軟骨を組み合わせる培養し、その細胞成長によって培養軟骨と人工骨との接着させるタイプの培養軟骨-多孔質リン酸カルシウム接合システムを用いた新しい人工関節軟骨モデルを考案し、作製した。用いた多孔質リン酸カルシウムは、生体吸収性に優れた多孔質リン酸三カルシウム (β -TCP) である。更に、(2) の問題を解決するために、培養軟骨/多孔質リン酸カルシウム接合システムに中の多孔質リン酸カルシウムの代わりに、細胞増殖因子の一つである骨形成タンパク質-6 (BMP-6) を強固に吸着した多孔質 β -TCP を用い、培養軟骨と多孔質 β -TCP の界面付近の軟骨細胞の石灰化を試みた。

その結果、細胞成長に適した多孔質 β -TCP を泡セラミックス法と水熱処理法を組み合わせる方法で作製することができ、それを用いて培養軟骨-多孔質 β -TCP 接合システムを用いた新しい人工関節軟骨モデルを作製することができた。また、本システムにおいて軟骨細胞は成長し、コラーゲン線維及びプロテオグリカンを排出した。これにより培養軟骨と多孔質 β -TCP の接着性は向上した。更に、BMP-6 を強固に吸着した多孔質 β -TCP を用いることによって、多孔質 β -TCP 付近の軟骨細胞の石灰化が促進し、本システムをより生体関節軟骨に近い構造持つことが明らかとなった。

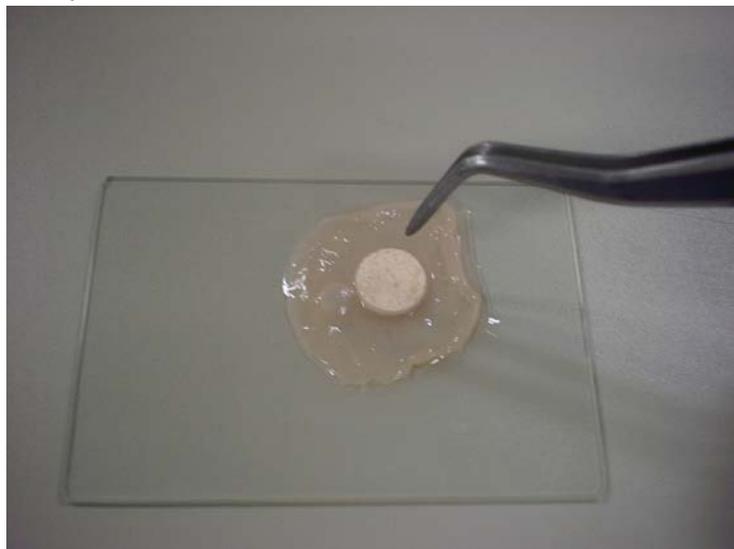


図 培養軟骨-多孔質 β -TCP 接合システム

(連絡先：山口俊郎助手)

論文

1. Effects of Fourth Alloying Additives on Interfacial Microstructure of Sn-Ag-Cu Lead-Free Soldered Joints
K. S. Kim, K. Sugauma, T. Shimozaki and C. G. Lee
Materials Science Forum, 439 (2005), 7-11.
2. Alumina/Aluminum Composite fabricated by Freeze and Dry Process with Water-Soluble Polymer Slurry
M. Nakata and K. Sugauma
Materials Science Forum, 486-487 (2005), 329-332.
3. Effect of Internal Structure on Thermal Properties of Alumina/Aluminum Composites Fabricated by Gelate-Freezing and Partial-Sintering Process, Respectively
M. Nakata and K. Sugauma
Materials Transactions, 46[1] (2005), 130-135.
4. Microstructure and mechanism of improvement
S. Kumamoto, H. Sakurai, K. Ikeda and K. Sugauma
MATERIALS TRANSACTIONS 46[11] (2005), 2380-2385.
5. Interfacial properties of Zn-Sn alloys as high temperature lead-free solder on Cu substrate
L. E. Lee, K. S. Kim, K. Sugauma
MATERIALS TRANSACTIONS 46[11] (2005), 2413-2418.
6. Analytical equations for predicting the thermal properties of isotropic conductive adhesives
M. Inoue, T. Sugimura, M. Yamashita, S. Yamaguchi and K. Sugauma.
JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS 34[12] (2005), 1586-1590.
7. Fabrication of porous alumina sintered bodies by a gelate-freezing method
M. Nakata, K. Tanihata, S. Yamaguchi, K. Sugauma.
JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN 113[1323] (2005), 712-715
8. Ecodesigns and applications for noble metal nanoparticles by ultrasound process
Y. Hayashi, H. Takizawa, M. Inoue, K. Niihara and K. Sugauma.
IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS PACKAGING MANUFACTURING 28[4] (2005), 338-343.
9. Various applications of silver nano-particles by ultrasonic eco-fabrication
Y. Hayashi, H. Takizawa, Y. Saijo, T. Sekino, K. Sugauma and K. Niihara.
MATERIALS SCIENCE FORUM 486-487(2005), 530-533.

10. Atomic and electronic structures of multiply-twinned boron nitride nanoparticles with fivefold symmetry
T. Oku, N. Koi and A. Nishiwaki
Diamond Relat. Mater. 14 (2005), 1193-1197.
11. Formation and atomic structures of boron nitride nanohorns encaging boron nitride cluster
T. Oku and A. Nishiwaki
Physica E 29 (2005), 712-715.
12. Effects of endohedral element in $B_{24}N_{24}$ clusters on hydrogenation studied by molecular orbital calculations
N. Koi, T. Oku, K. Suganuma
Physica E 29 (2005), 541-545.
13. Atomic structures and stability of boron nitride nanotubes with a cup-stacked structure
A. Nishiwaki, T. Oku, H. Tokoro and S. Fujii
Diamond Relat. Mater. 14 (2005), 1163-1168.
14. Synthesis of huge boron nitride cages
N. Koi, T. Oku, I. Narita and K. Suganuma
Diamond Relat. Mater. 14 (2005), 1190-1192.
15. Atomic and electronic structures of boron nitride nanohorns studied by high-resolution electron microscopy and molecular orbital calculations
A. Nishiwaki and T. Oku
Diamond Relat. Mater. 14 (2005), 1183-1189.
16. Fe nanowire encapsulated in boron nitride nanotubes
N. Koi, T. Oku and M. Nishijima
Sol. State Comm. 136 (2005), 342-345.
17. Atomic structures of multi-walled boron nitride nanohorns
A. Nishiwaki and T. Oku
J. Electron Microsc. 54 (2005), i9-i14.
18. Effect of carbon addition on synthesis of BN nanolayers encapsulating Fe fine particles and BN nanotubes
H. Tokoro, S. Fujii, T. Oku
Solid State Commun. 133 (2005), 681-685.
19. Magnetic fine particles of Fe and Co encapsulated by carbon layers
H. Tokoro, S. Fujii, T. Oku
J. Magn. Magn. Mater. 290 (2005), 141-144.
20. Reactivity of Mechanochemically-treated β -Tricalcium Bis (Orthophosphate).
K. Sakamoto, and S. Yamaguchi
Phosphorus Research Bulletin, 19 (2005), 222-227

21. Transmission electron microscopic study on the migration of Ca ions in Ca-deficient hydroxyapatite during thermal decomposition.
M. Tamai, K. Sakamoto, S. Yamaguchi, A. Nakahira,
Journal of the Ceramic Society of Japan, 113 (2005), 131-134.

解説・総説

1. ナノテクノロジーと実装技術
菅沼克昭
機能材料, Vol.25, No.3(2005), pp.17-24.
2. 鉛はんだに対する世界の規制動向
菅沼克昭
エレクトロニクス実装技術, 2005年2月増刊号, pp.2-7.
3. 低融点鉛フリーはんだ技術の現状と動向
菅沼克昭
Electronic Journal別冊, 2005電子回路実装技術大全, (2005), pp.71-73.
4. はんだ代替としての導電性接着剤技術
菅沼克昭
Electronic Journal別冊, 2005電子回路実装技術大全, (2005), pp.74-77.
5. はんだ代替としての導電性接着剤の開発・実用化動向
菅沼克昭
実装技術ガイドブック2005 (電子材料7月号別冊), (2005), pp.26-29.
6. 金属ナノ粒子を用いた低コスト・環境調和配線技術への期待
菅沼克昭、金 権鉄
エレクトロニクス実装学会誌, 8[5](2005), 421-425.
7. BNナノ物質の構造と物性
奥健夫, 成田一人, 西脇篤史, 小井成弘, 所久人, 藤井重男, 平賀賢二, 川添良幸
ナノ学会会報, Vol. 3, No. 2 (2005) 71-85.

著書

1. 金属接合（分担執筆）
菅沼克昭
図解 プリント版配線材料最前線，杉本榮一監修，工業調査会，(2005)，pp.246-272.
2. RoHS指令開始まであと1年，世界に広がる有害物質規制（分担執筆）
菅沼克昭
グリーン・エンジニアリング2005，日経エレクトロニクス・ブック，(2005)，pp.10-17.
3. 車載用鉛フリーはんだ（分担執筆）
菅沼克昭
自動車用先端材料の現状と展望，佐藤 登監修，シーエムシー出版，(2005)，
pp.349-364.
4. ナノマテリアル工学体系 第1巻 ニューセラミックス・ガラス（分担執筆）
奥 健夫
平尾一之監修，フジ・テクノシステム，(2005)
高分解能電子顕微鏡法 4章 3-1 P. 550-566.
5. 超五感センサ最前線（分担執筆）
宮下敬宏，井上雅博，菅沼克昭，石黒浩
シリコンゴム内部に圧電素子を張り巡らせた人工皮膚センサの開発，エヌティー
エス (2005)，pp.357-369.
6. パートナーロボット資料集成（分担執筆）
井上雅博，宮下敬宏，菅沼克昭，石黒浩
柔らかい皮膚の開発，エヌティーエス (2005)，pp.238-244.

国際会議

1. ★Sn-Zn based low temperature lead-free solder and current status of lead-free in Japan
K. Suganuma,
TMS Lead-free Technology Workshop, San Francisco, CA, February 13, 2005.
2. Effects of Bi and Pb on Oxidation in Humidity of Low Temperature Lead-Free Solder
Systems
K.-S. Kim and K. Suganuma
134nd TMS Annual Meeting & Exhibition, San Francisco, CA, February 13-17, 2005.

3. M. Inoue and K. Suganuma, Effect of curing conditions on the interconnect properties of isotropic conductive adhesives composed of an epoxy-based binder
Proc. 7th IEEE CPMT Conference on High Density Microsystem Design, Packaging and Failure Analysis, HDP'05, (Shanghai, China, June 27-30, 2005) pp.128-133 (2005)
4. M. Inoue and K. Suganuma, Test speed dependency of peel strength of ACF joints, Proc. 7th IEEE CPMT Conference on High Density Microsystem Design, Packaging and Failure Analysis, HDP'05,(Shanghai, China, June 27-30, 2005) pp.145-148 (2005)
5. Formation and atomic structures of boron nitride clusters nanotubes and nanohorns
T. Oku, I. Narita, A. Nishiwaki and N. Koi
1st Inter. Symp. Nanometer-scale Quantum Physics, (Tokyo Jan. 26-28, 2005) Abstracts P. 108.
6. Synthesis and magnetic properties of boron nitride nanocapsules encaging metal nanoparticles
T. Oku, I. Narita and H. Tokoro
13th International Symposium on Intercalation Compounds, (Clermont-Ferrand, France June 6-9, 2005) Abstracts P030.
7. Atomic structures and properties of boron nitride nanohorns and nanotubes
T. Oku and A. Nishiwaki
13th International Symposium on Intercalation Compounds, (Clermont-Ferrand, France June 6-9, 2005) Abstracts C48.
8. Effect of endohedral element in B₂₄N₂₄ clusters on hydrogenation studied by molecular orbital calculation (Synthesis and purification of boron nitride cages)
N. Koi and T. Oku.
First International Symposium on Nanometer-scale Quantum Physics (Tokyo, 26-28, January, 2005) Abstracts P1-6.
9. Fe nanowire encapsulated in boron nitride nanotubes
N. Koi, T. Oku and M. Nishijima
13th International Symposium on Intercalation Compounds (France, 6-9, June, 2005) Abstracts P60.
10. Research on structures and properties of boron nitride nanomaterials
N. Koi, T. Oku and K. Suganuma
4th 21st Century COE International Symposium (Mie, 18-19, November, 2005) Abstracts P6.
11. Formation of ceramic coatings on porous metals by electrophoretic sol-gel deposition
M. Inoue, S.-K. Hyun, K. Suganuma, H. Nakajima
MetFoam 2005 (Kyoto, Japan, Sep.21-23, 2005)

12. Development of super-flexible wires using conductive adhesives for artificial skin applications in robots and related equipments
M. Inoue, Y. Yamasaki, K. Suganuma, T. Kawasaki, T. Rokuhara, T. Miyashita, H. Ishiguro
Proc. Polytronic 2005, (Wroclaw, Poland, Oct. 23-26, 2005) pp.90-95

国内会議

1. リフロー/フロー混載実装における IC リード剥離メカニズム
出田吾朗, 田邊剛, 村井淳一, 菅沼克昭
MES2004 第 15 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム, 大阪, 2005 年 10 月 13-14 日. p. 49-52.
2. 高温用鉛フリーはんだ Zn-xSn と Zn-30In 合金の微細組織と引張強度特性
李在彦, 金槿銖, 菅沼克昭
MES2004 第 15 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム, 大阪, 2005 年 10 月 13-14 日. p. 229-232.
3. ★電子顕微鏡で見る原子の世界
奥健夫
京都工芸繊維大学 物質工学科 学術講演会, 2005年1月28日
4. Synthesis, atomic structures and properties of boron nitride nanomaterials
奥健夫, 成田一人, 西脇篤史, 小井成弘, 所久人, 藤井重男, 平賀賢二, 川添良幸
ナノ学会第 3 回大会 2005 年 5 月 8-10 日, 仙台, PS3-54
5. BN ナノ物質の構造と物性
奥健夫, 小井成弘, 菅沼克昭
平成 17 年度ワークショップ「ナノクラスター機能活用新物質開発研究」
2005 年 5 月 11-12 日 東北大学金属材料研究所

学会活動、共同研究

菅沼 克昭

1. 経済産業省標準化プロジェクト「低温鉛フリーはんだ実装技術開発」委員長
2. 社) エレクトロニクス実装学会関西支部支部長
3. 社) エレクトロニクス実装学会理事
4. 社) エレクトロニクス実装学会ウイスカ研究会主査

5. 社) 日本金属学会欧文誌編集委員
6. TMS Annual Meeting, Committee of Phase Stability, Phase Transformation, and Reactive Phase Formation in Electronic Materials (米国)
7. Electronic Components and Technology Conference (ECTC), Materials Processing Committee (米国)
8. JPCAショー最先端実装シンポジウム副委員長、社) プリント回路工業会
9. High Density Packaging and Components Failure Analysis (HDP'05), International Advisory Board

奥 健夫

所属学会：日本金属学会、日本セラミックス協会、日本物理学会、日本顕微鏡学会
共同研究：

1. 東北大学金属材料研究所, 川添良幸教授
2. 東北大学100万ボルト電子顕微鏡室, 平賀賢二名誉教授, 青柳英二技術員
3. 日立金属(株) 先端エレクトロニクス研究所, 所久人研究員, 藤井重男主任研究員

山口 俊郎

共同研究：

1. 生体アフィニティー結合を応用した骨セメントの開発
岡崎正之 (広大歯), 坂本清子(大阪産大), 佐々木洋(近大理工),
中山尋重(神戸薬大), J. C. Elliot (Univ. of London), 松本卓也 (阪大歯)
2. 骨吸収性リン酸カルシウム系骨セメントの開発
菅野 (阪大医), 新原 (長岡技大), 関野 (阪大産研)

井上 雅博

共同研究：

1. エレクトロニクス用有機材料の熱伝導特性評価
大阪大学大学院工学研究科 原子力工学専攻 牟田浩明助手
2. ポーラス金属の表面改質法の開発
大阪大学産業科学研究所 新産業創造物質基盤技術研究センター 玄丞均助教授
大阪大学産業科学研究所 金属材料プロセス研究分野 中嶋英雄教授
3. 超フレキシブル配線技術を用いたソフトヒューマンインターフェースの開発
大阪大学大学院工学研究科 知能機能創成工学専攻 石黒浩教授

学会活動： エレクトロニクス実装学会・関西支部 若手研究会 幹事

科研費・助成金等

1. 21世紀COEプログラム事業推進担当者
菅沼 克昭
2. 受諾研究、日本学術振興会
「材料工学分野に関する学術動向の調査・研究」
菅沼 克昭
3. 科学研究費・基盤研究（A）：平成17年度
「独立分散型ナノ粒子の合成とナノペースト配線技術の基盤形成」
菅沼 克昭
4. 地域新生コンソーシアム研究開発事業
「超柔軟接触センサの開発」
菅沼 克昭
5. NEDO 平成17年度高温はんだ代替技術開発プロジェクト
「高温鉛はんだ代替技術開発」
菅沼 克昭
6. NEDO 平成17年度大学発事業創出実用化研究開発助成金
「低温焼結金属ナノ粒子を用いた電子情報媒体の開発」
菅沼 克昭
7. 経済産業省平成17年度産学連携製造中核人材育成事業
「デジタル情報家電産業の競争力強化のための人材育成事業」
菅沼 克昭

ナノテクノロジー産業応用部門 計算機ナノマテリアルデザイン分野 (吉田博研究室)

構成

教授 吉田 博 (Hiroshi KATAYAMA-YOSHIDA)

TEL:06-6879-8535, E-mail:hiroshi@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 白井 光雲 (Koun SHIRAI)

TEL:06-6879-4302, E-mail:koun@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 佐藤 和則 (Kazunori SATO)

TEL:06-6879-4303, E-mail:ksato@cmp.sanken.osaka-u.ac.jp

博士研究員 中山博幸、濱田幾太郎、柳澤将、李 揆浩、山内邦彦

学生 D3:光田直樹、舩島 洋紀、D2:松川和人、D1:木崎栄年、福島鉄也、豊田雅之
M2:松岡秀行、野口隆行、M1:竹内康祐、出倉春彦、名兒耶 彰洋、平松雅規、
南井仁、B4:石定 惇、中野 洋輔、原田 邦彦

秘書 浅田美香

●メンバー

教授 (兼任) 吉田博

私は大阪大学大学院理学研究科・物理学専攻の物性理論分野 (磁性理論) で理学博士の学位を授与され、日本学術振興会の奨励研究員を経て、東北大学理学研究科・物理学専攻で半導体物理学、高温超伝導研究、第一原理計算による物性予測などの理論的研究を行い、助手、助教授を経て、現在、産業科学研究所ナノテクノロジーセンターの計算機ナノマテリアルデザイン分野を兼担しております。本務は量子機能科学研究部門の量子物性研究分野です。私の夢は実験を用いずに理論的手法によって新機能を持つナノ構造の新物質を次々にデザインすることのできる「21世紀の錬金術師」になることです。実験を一切用いずに、原子番号だけを入力パラメータにして、物質の微視的世界の基本法則である量子力学に基づいて、ナノ構造を持つ新物質や新機能を予言し、今までになかったような新機能物質をデザインするという研究です。現在では、計算手法とコンピュータの計算能力の進歩により物質の基底状態における物性はかなりの精度で予言でき、世の中に存在しない仮想物質についてもかなりのレベル (基底状態の構造をきめる格子定数や体積弾性率などは実験と比べて1%以内の誤差) で予言でき、予言の後に行なわれる実験結果とも良い一致を示します。また、計算結果のデータベースや他の物質のデータベースを基に新物質を予測ための知識情報処理 (インフォマティクス) 進歩すると第一原理計算との組み合わせで大きな進歩が期待されます。将来は、このような計算機ナノマテリアルデザインが可能になり、デザイン主導とプロパティを基盤にし、マテリアルやデバイス・デザイナーという職業を創出し、新しくデザインした知識を売る第四次産業としての新しいタイプ

の新産業の創成が大阪で可能になることを夢見ています。

助教授 白井光雲

私は、半導体結晶成長や光物性分光実験の実験的研究を通して、実験事実を定量的に説明するための手段として用いていた物性理論の計算手法を通して物性理論研究に移り、1995年新たに発足した量子機能科学研究部門・量子物性研究分野を経て、産業科学研究所ナノテクノロジーセンターの計算機ナノマテリアルデザイン分野の助教授として、計算機ナノマテリアルデザイン手法の開発を行っています。ナノ構造を持つ新物質を計算物理学手法に基づく第一原理によりデザインすることは人類の大きな夢です。幸い、私は過去7年間にわたり、原子番号だけを入力パラメータにして、物質の基本法則である量子力学の基づき、全エネルギーの原子座標位置における微分である原子に働く力を計算し、これらの力に基づいて有限温度で原子が格子振動したり、高温で融解したり、また高速で冷却することによりアモルファス状態を正確に記述することのできる第一原理分子動力学プログラムについて競争的資金を含む公財政をもとに自ら開発し、OSAKA-2000というプログラム名で無償公開しています。これらのプログラムは、理論家のみならず、多くの実験家や企業の研究者および新物質開発担当者に広く受け入れられており、講習会やチュートリアルなどを通じては好評を得ています。産研ナノテクノロジーセンターでは、ナノ構造を持つ新物質の計算機ナノマテリアルデザインが可能になる計算機基盤ソフトの開発を目標にしています。この分野は試行錯誤的な要素も多く多くの試練が待ちかまえています。チャレンジングな立場に立って、将来の産業応用に不可欠な計算手法とナノマテリアルデザイン・ツールを開発し、社会に提供してゆく研究を進めています。

計算機ナノマテリアルデザインは、物質を支配している微視的機構である要素を還元し、これらをデータベースとして、要素を統合することにより、新機能を持つナノ構造新物質をデザインしようとするまさに要素統合型科学の典型あり、Small is beautiful. Small is different, and Small is useful. という新階層を創出して行くという大きな潮流と歴史的には見ることができる。

助手 佐藤和則

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻で博士(理学)の学位取得後、科学技術振興事業団計算科学研究員、大阪大学産業科学研究所 COE 研究員、日本学術振興会特別研究員、ユーリッヒ研究センター客員研究員を経て、現在産業科学研究所ナノテクノロジーセンター計算機ナノマテリアルデザイン分野の助手を務める。物質の性質を量子力学に基づき第一原理から計算し予測することは非常に難しい問題であるが、基底状態についてはかなり信頼できる計算方法が確立され、計算機の能力の向上のおかげで身近なものとなってきている。有限温度での第一原理計算の方法としては分子動力学法があるが、私は有限温度での磁性の議論のために、第一原理計算で求められたパラメーターを使ってモンテカルロシミュレーションを行うことを試みている。この方法を希薄磁性半導体の強磁性転移温度の予測に応用し、最近はかなり現実的なマテリアルデザインが可能になってきた。将来はこの方法を拡張し材料の合成法も含めてデザインしたい。また、材料だけでなくデバイスのデザインにも第一原理計算を応用できるように電気伝導特性の計算にも取り組んでいきたいと考えている。

●研究概要

ナノ構造材料の電子構造とマテリアルデザイン

計算機ナノマテリアルデザイン分野では、従来のバルクでは見られないような様々な物性が出現するナノ構造物質の性質を、理論的手法を用いて解明する。用いる手法は密度汎関数理論に基づく第一原理計算であり、あらゆる経験的パラメータを排除し原子番号のみの入力で行う。さらに、実験的に得られたナノ構造の解明だけでなく、新規な機能を持つ新たなナノ構造物質を理論的に設計し、ナノ物質探索をリードしていく。

また、このようなナノ領域現象の解明のためには従来の第一原理計算の発展・拡張が必須である。現在の第一原理計算の原理、密度汎関数理論の対象は基底状態に限られるが、実験的に多くの現象は励起状態に関係する。そのため、その重要性に鑑み、その方法論の発展をも行う。

●平成17年度研究成果

- ・擬ポテンシャル法による電子状態計算コード「Osaka2002_nano」の開発改良

擬ポテンシャル法による電子状態の計算プログラム「Osaka2002_nano」を公開しているが、その拡充、発展を行っている。今年度の成果は以下の通りである。電子状態計算に関しては、相対論的効果、スピン-軌道相互作用への拡張を行った。分子動力学シミュレーションの技法では、最近注目されているメタダイナミックスの手法を取り入れ、反応を加速させることに成功している。また実験で重要となるX線散漫散乱のシミュレーションも確立した。

具体的応用として、

- ・固体ホウ素の相図の決定

高圧下での超伝導転移で注目されている固体ホウ素の安定構造を、有限温度でのフォノンの効果まで取り入れ決定した。さらに高圧下での構造変化をも加味することで、相図を完成させた。従来この系での相図は知られていなかったため、これは実験家への有益な情報となる。これはまた、高圧を利用した新材料デザイン創製へ向けた重要な前進である。

- ・Si中のドーパント原子の拡散制御

Si中の不純物の拡散は、デバイスプロセスで重要で、これまでにHやCu不純物に関してその機構を解明してきた。その中で不純物振動の役割は重要で、この不純物振動を利用して拡散を制御することを研究している。この方法でシリコン中の酸素、ボ

ロン不純物に関してはそれらの固有不純物振動を励起することで、拡散が増速することを示した。

- ・ Si 中の遷移金属不純物の拡散制御

Si 中の遷移金属不純物は、いろいろデバイスの性能を劣化させるものとして、その除去が必要とされている。そのため、ドーパント原子によるゲッタリングという方法が行われているが、どのような材料の組み合わせが良いかは従来経験的にしか分かっていなかった。それを系統的に調べ、より効率の良いゲッタリング法を提案すべく研究している。これまでのところ当研究の手法により現存するゲッタリング法の傾向をいい当てていることに成功してきた。

Korringa-Kohn-Rostoker Coherent-potential-method (KKR-CPA)による電子状態計算パッケージ(MACHIKANEYAMA)への機能追加、およびそれを用いた希薄磁性半導体の電子状態計算と半導体スピントロニクス材料の材料設計を行った。

- ・ 希薄磁性半導体中のスピノダル分解

希薄磁性半導体は一般に溶解度ギャップを持つ系で熱平衡状態では相分離(スピノダル分解)を起こす。以前の計算では不純物の分布は一様であると仮定していたが、不純物濃度の不均一が希薄磁性半導体の強磁性特性に及ぼす影響をみるために、この系におけるスピノダル分解のシミュレーションを行いキュリー温度の変化を調べた。まず、Ducastelle と Gautier による Generalized perturbation method を用い、希薄磁性半導体中で磁性不純物間の有効相互作用エネルギーを計算した。(Ga, Mn)As, (Ga, Mn)N, (Zn, Cr)Te において Mn 間および Cr 間の相互作用は引力的であり、相分離を起こす系であることが計算からも確認された。特に(Ga, Mn)N では Mn 間に非常に強い引力が

働いており、均一な相を作るのが非常に難しい系である。次に計算で得られた有効相互作用をもちいてモンテカルロ法により有限温度でのスピノダル分解をシミュレートした。どの系においても、引力的な相互作用により不純物同士は寄り集まり強い濃度の不均一を作る。濃度の低い場合は相分離により小さいクラスターがたくさんできるが、クラスター同士は磁気的にも分離されているためキュリー温度はスピノダル分解により低くなる。しかし、20%程度以上の高濃度の場合にはスピノダル分解で生成された高濃度の領域は、互いに連結した複雑な構造をとる。これは同時に磁気的なネットワークも形成されることを意味し、スピノダル分解はキュリー温度を上げる方向に作用する。このことは、希薄磁性半導体の強磁性特性が結晶成長の条件に非常に敏感であることを示している。

- ・ 希薄磁性半導体のスピノダル分解によるナノ構造の生成

上記のスピノダル分解のシミュレーションでは相分離は等方的に起こるとしているが、より実際の実験の様子に近づけるため結晶成長の方向を仮定した場合のシミュレーションを行った。MBE 結晶成長法に対応して、シミュレーションにおいても一層ずつ原子層を積み上げていく。最上層に対してスピノダル分解のシミュレーションを実行し、そのシミュレーションが終わったらその層の原子配置は固定して次の層を積

み重ねていく。このようにしてスピノダル分解の起こる層を限定し結晶成長方向を導入すると、結晶成長方向に平行にのびた葉巻型の形状を持つクラスターができることが示された。このようなことは 5%程度の低濃度領域でも起こる。実験的にもアリゾナ大学の Newman らが (Al, Cr)N において結晶方向に平行に高濃度領域ができることを発見しており、磁気特性への影響について興味を持たれる。

- ・ LDA-SIC 法の MACHIKANEYAMA への実装

Filippetti らによって提案された自己相互作用補正法 (Pseudo-SIC) を KKR-CPA 電子状態プログラム (MACHIKANEYAMA) に実装し使用可能とした。典型的な II-VI 族、III-V 族希薄磁性半導体の電子状態、有効交換相互作用およびキュリー温度の計算を行った。(Ga, Mn)N では非占有 3d 状態が局所近似 (LDA) に比べて高エネルギー側に予測されるため反強磁性的な超交換相互作用が抑制され平均場近似によるキュリー温度は高濃度領域で LDA よりも高くなる。(Ga, Mn)As では占有 3d 状態がエネルギーの低い方にシフトするため磁氣的相互作用は p-d 交換相互作用的になる。

- ・ SiO₂ ベース希薄磁性半導体の設計

SiO₂ はシリコンテクノロジーにおいて絶縁体として重要な物質であるが、本研究では SiO₂ の希薄磁性半導体としての可能性を第一原理計算により調べた。KKR-CPA-LDA 法 (MACHIKANEYAMA2002) を用い、3d 遷移金属 (V, Cr, Mn および Co) を Si 位置に添加した SiO₂ と、典型元素である C や N で O を置換した SiO₂ について、強磁性状態と局所磁気モーメント不規則状態のエネルギー差の比較から強磁性の安定性を議論した。その結果 V, Cr, Mn 添加 SiO₂ と N 添加 SiO₂ が強磁性希薄磁性半導体

の可能性を持つことが示された。

● Publication List

- (1) Dilute magnetic semiconductors based on wide bandgap SiO₂ with and without transition metal elements, V. A. Dinh, K. Sato and H. Katayama-Yoshida, Solid State Communications 136 (2005) 1-5
- (2) High Curie Temperature and Nano-Scale Spinodal Decomposition Phase in Dilute Magnetic Semiconductors, K. Sato H. Katayama-Yoshida and P. H. Dederichs, Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L948-L951
- (3) First-Principles Materials Design of CuAlO₂ Based Dilute Magnetic Semiconducting Oxide, H. Kizaki, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L1187-L1189
- (4) Exchange Interactions and Curie Temperatures in Dilute Magnetic Semiconductors, K. Sato, P. H. Dederichs and H. Katayama-Yoshida, Hyperfine Interactions published on line issue
- (5) Dilute magnetic semiconductors, P. H. Dederichs, K. Sato and H. Katayama-Yoshida, Phase Transitions, 78 (2005) 851-867
- (6) Ferromagnetism and Curie temperature of vanadium-doped nitrides, V. A. Dinh and H. Katayama-Yoshida, J. Electron microscopy 54 (2005) 161-164
- (7) Is high T_c possible in (Ga, Mn)N?: Monte Carlo simulation vs. mean field approximation, K. Sato, P. H. Dederichs and H. Katayama-Yoshida, J. Supercond. 18 (2005) 33-36
- (8) New class of high-T_c diluted ferromagnetic semiconductors based on CaO without transition metal elements, K. Kemmochi, M. Seike, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida, J. Supercond. 18 (2005) 37-40
- (9) Carrier co-doping method with size compensation to enhance T_c of Mn-doped nitrides, V. A. Dinh, K. Sato and H. Katayama-Yoshida, J. Supercond. 28 (2005) 47-53
- (10) First-principles study of ferromagnetism in Mn-doped GaN, J. Kang, K. J. Chang and H. Katayama-Yoshida, J. Supercond. 18 (2005) 55-60
- (11) Pseudo Jahn-Teller Effects Observed in Eu@C₆₀, S. Emura, K. Shirai and Y. Kobozono, Physica Scripta, T115, 507 (2005).
- (12) Molecular Dynamics Study of Fast Diffusion of Cu in Silicon, K. Shirai, T. Michikita, and H. Katayama -Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) pp. 7760-7764.
- (13) Material Design for Cu Gettering by Electronic Dopants in Silicon, T. Michikita, K.

Shirai, and H. Katayama -Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. **44** (2005) pp. 7904-7906.

●Presentation List

【国内学会】

◎2005 年春の日本物理学会：2005 年 3 月 24 日～27 日（東京理科大学）

“希薄磁性半導体(Zn, Cr)Te の電子状態計算とキュリー温度の見積もり”
福島鉄也、佐藤和則、吉田博

“LDA+U 法による GaN 系希薄磁性半導体の電子状態と磁性”

佐藤和則、P. H. Dederichs、吉田博

“LDA+SIC 法による ZnO 系希薄磁性半導体の電子状態と磁性の予測”

豊田雅之、赤井久純、佐藤和則、吉田博

“シリコン中の水素の振動問題”

白井光雲，浜田幾太郎、吉田博 (27aYM-6)

“固体ホウ素の高圧下の振る舞い”

真砂啓、白井光雲，吉田博 (27aYT-5)

◎2005 年春の応用物理学会：2005 年 3 月 29 日～4 月 1 日（埼玉大学）

“第一原理計算による CuAlO₂を母体とした希薄磁性半導体の物質設計”
木崎栄年、佐藤和則、柳瀬章、吉田博

“シリコン中の不純物振動の赤外線励起の第一原理シミュレーション”

白井光雲，吉田博 (29a-ZN-11)

“第一原理分子動力学計算による a-Si 中における欠陥制御についての研究”

光田直樹、白井光雲，吉田博 (30a-ZG-II/4)

◎2005 年秋の日本物理学会：2005 年 9 月 19 日～9 月 22 日（同志社大学）

“B ドープダイヤモンドの電子状態の理論”
吉田博

“高圧下におけるホウ素結晶の振る舞い”

白井光雲，真砂啓、吉田博 (22aYC-12)

“シリコン中不純物の光照射による選択的低温拡散の第一原理シミュレーション”
中山博幸、白井光雲、吉田博 (22aYC-9)

領域 10 , 4 合同シンポジウム

「電子励起と不純物ダイナミックスのコントロール」

イントロダクトリートーク (19pYN-1)

◎2005 年秋の応用物理学会 : 2005 年 9 月 7 日 ~ 9 月 11 日 (徳島大学)

“シリコン中の不純物振動の赤外線励起の第一原理シミュレーション (II) ”

白井光雲、吉田博 (7p-ZB-I/3)

“第一原理計算による a-Si 中のシリコン中の欠陥制御物質についての安定性の評価”

光田直樹、白井光雲、吉田博 (11a-ZR-II/13)

“第一原理計算による 3d 遷移金属の拡散機構解明”

松川和人、白井光雲、吉田博 (8a-ZA-I/1)

◎第 46 回高圧討論会 2005 年 : 2005 年 10 月 29 日 ~ 31 日 (室蘭工業大学)

“高圧下でのホウ素結晶の構造”

白井光雲、出倉春彦、吉田博 (3A06)

◎平成 17 年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「次世代ナノ・エレ

クトロニクスのための光・スピン・電荷制御の理論」: 10 / 26 ~ 27 · 200

5 (東北大学電気通信研究所)

「赤外線照射、振動励起による半導体中の不純物拡散の制御」白井光雲

◎応用物理学会分科会「シリコンテクノロジー」：2 / 4・2005（学習院大）

「半導体中の不純物拡散の第一原理計算」白井光雲

◎第3回ホウ素・ホウ化物研究会：3 / 5・2005（長岡）

”ホウ素固体での超伝導探索” 白井光雲、真砂啓

【国際会議】

◎ Wide Band Gap Ferromagnetic Semiconductors Work Shop, May 15-19, 2005, Edinburgh
H. Katayama-Yoshida, K. Sato and P. H. Dederichs,

★“Ab initio Materials Design for Room Temperature High-Tc Wide Band Gap Ferromagnetic Semiconductors”

P. H. Dederichs, K. Sato and H. Katayama-Yoshida,

★ “Percolation effects in dilute magnetic semiconductors”

◎ European Materials Research Society Spring Meeting, May 31-June 3, 2005, Strasbourg
H. Katayama-Yoshida, T. Fukushima and K. Sato,

★“Theory of Magnetic ZnO: Charge and Spin Control for the Semiconductor Spintronics”

◎ The 23rd International conference on defects in semiconductors, July 25-29, 2005, Awaji
K. Sato, P. H. Dederichs, H. Katayama-Yoshida,

“Curie temperatures of dilute magnetic semiconductors from LDA+U electronic structure calculations”

M. Toyoda, H. Akai, K. Sato and H. Katayama-Yoshida,

“Electronic structures of (Zn, V)O and (Zn, Co)O in the self-interaction-corrected calculation”

H. Kizaki, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida,

“Ab-initio calculations of CuAlO₂ based dilute magnetic semiconductors”

T. Fukushima, K. Sato, H. Katayama-Yoshida and P. H. Dederichs,

“Theoretical Prediction of Curie temperatures in (Zn, Cr)S, (Zn, Cr)Se and (Zn, Cr)Te”

K. Kenmochi, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida,

“Materials Design of Ferromagnetic Diamond”

K. Shirai, I. Hamada, and H. Katayama -Yoshida, "Vibration Problem of H in Silicon"

H. Nakayama, K. Shirai, and H. Katayama -Yoshida, "Instability of graphite structure induced by excited holes"

N. Mitsuda, K. Shirai, and H. Katayama -Yoshida, "Ab-initio Material Design for Control of DB in a-S"

K. Matsukawa, K. Shirai, and H. Katayama -Yoshida, "Gettering Mechanism of Transition Metals in Silicon Calculated from First Principles"

© International School and Conference on Semiconductors Spintronics and Quantum Information Technology, August 1-5, 2005, Awaji

H. Katayama-Yoshida,

★“First-principles Theory for Semiconductor Nano-Spintronics”

K. Sato, P. H. Dederichs and H. Katayama-Yoshida,

“LDA+U calculations for (Ga, Mn)N and (Ga, Mn)As”

K. Sato, H. Katayama-Yoshida and P. H. Dederichs,

“High Curie temperature spinodal phase in dilute magnetic semiconductors”

K. Kenmochi, M. Seike, V. A. Dinh, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida,

“Materials Design of Transparent and Half-Metallic Ferromagnetic Semiconductors without transition Metal Elements”

H. Kizaki, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida,
“First-principles materials design of CuAlO₂ based dilute magnetic semiconducting Oxide”

V. A. Dinh, K. Sato, H. Katayama-Yoshida,
“Material Design of High-T_c SiO₂-based DMS with/without transition metal elements”

M. Toyoda, H. Akai, K. Sato and H. Katayama-Yoshida,
“Self-interaction-corrected calculations for (Zn, V)O and (Zn, Co)O”

Y. Chang, K. Sato, H. Katayama-Yoshida and C. Park,
“Enhancement of T_c by avoiding the nearest neighbor pairing of Mn substitutionals in GaN, GaP, GaAs and GaSb”

⊙ International Symposium on Spintronics and Advanced Magnetic Technologies and
International symposium on Magnetic Materials and Applications 2005, August 24-27,
2005, Taipei

H. Katayama-Yoshida and K. Sato and P. H. Dederichs,

★“Ab initio materials design for semiconductor spintronics”

⊙ IV International Workshop on Semiconductors Surface Passivation, September 10-14, 2005,
Ustrón, Poland

H. Katayama-Yoshida, K. Sato and P. H. Dederichs,

★“Computational Materials Design for Semiconductor Nano-Spintronics”

⊙ Psi-k 2005 conference, Sep. 17-21, 2005, Schwaebisch Gmuend
K. Sato, T. Fukushima, H. Katayama-Yoshida and P. H. Dederichs,

★“Electronic structure and magnetism of dilute magnetic semiconductors: Materials design
for semiconductor spintronics”

V. A. Dinh, K. Sato, and H. Katayama-Yoshida.

“On the Stabilization of ferromagnetic phase in delta-doping GaMnN and SiO₂-based DMS with and without magnetic ions”

H.Kizaki, K. Sato, A. Yanase and H. Katayama-Yoshida,

“Materials design of CuAlO₂ based dilute magnetic semiconductor by first-principles calculation”

M. Toyoda, H. Akai, K. Sato, and H. Katayama-Yoshida,

"Self-interaction-corrected calculations for ZnO-based dilute magnetic semiconductors"

T. Fukushima, K. Sato, H. Katayama-Yoshida and P. H. Dederichs,

“Theoretical prediction of Curie temperature in (Zn, Cr)S, (Zn, Cr)Se and (Zn, Cr)Te by first principles calculations”

◎ 2nd International Symposium on Point Defect and Nonstoichiometry, October 4-6, 2005, Taiwan

H. Katayama-Yoshida,

★“Materials design for semiconductor nano-spintronics”

◎ 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, (Barcelona, June 6-10, 2005),

N. Mitsuda, K. Shirai and H. Katayama -Yoshida,

"First Principles Material Design for Control of SW Effect in amorphous silicon", 3VD.1.19.

● 特許

II-VI 族または III-V 族系単結晶強磁性化合物およびその強磁性特性の調整方法

吉田博、佐藤和則：韓国出願 10-2003-7011104 登録番号 発明第 0531514 号
(11/21/2005 登録)

強磁性 IV 族系半導体、強磁性 III-V 族系化合物半導体、または強磁性 II-VI 族系化合物半導体とその強磁性特性の調整方法

吉田博、佐藤和則：EP 特許番号 1536432 (6/1/2005 登録)

● 国際研究交流

日本学術振興会先端研究拠点事業

豊田雅之：2005年10月10日—11月7日、ダレスベリー研究所（英国）、ユーリッヒ研究センター（ドイツ）

福島鉄也：2005年10月17日—11月16日、ユーリッヒ研究センター（ドイツ）

木崎栄年：2005年11月7日—12月6日、ユーリッヒ研究センター（ドイツ）

吉田博：2005年12月12日—14日、CECAM（フランス）

●科研費、助成金等

NEDOナノ機能合成技術プロジェクト

研究課題名：ナノ構造物性シミュレーション技術の開発

研究分担者：吉田 博

科学技術振興事業団戦略的基礎研究（CREST）

研究課題名：新規化学結合を用いるシリコン薄膜太陽電池

研究分担者：吉田 博

産学官連携イノベーション創出事業費補助金（独創的革新技術開発研究提案）

研究課題名：赤外レーザー照射による半導体中不純物の選択的低温拡散技術の研究

研究分担者：吉田 博

日本学術振興会先端研究拠点事業

研究交流課題名：計算機ナノマテリアルデザイン

コーディネーター：吉田博

科学技術振興機構共同研究

研究課題名：先端計測・分析技術に関する調査研究

研究代表者：吉田 博

科学研究費補助金「特定領域研究」

領域名：半導体ナノスピントロニクス

研究課題名：光—スピントロニクスデバイス及びナノスピンプローブのデザイン

研究分担者：吉田博、佐藤和則

日本学術振興会特定国派遣研究者事業

研究課題名：KKR-CPA-LDA+U法による希薄磁性半導体の電子状態の電子状態と磁性

研究代表者：佐藤和則

科学研究費補助金「特定領域研究」

領域名：次世代量子シミュレーター量子デザイン手法の開発

研究課題名：計算機ナノマテリアルデザインエンジンの開発

研究代表者：佐藤和則

研究分担者：吉田博、Van An Dinh

科学研究費補助金「特定領域研究」

領域名：次世代量子シミュレーター量子デザイン手法の開発

研究課題名：超並列大規模量子ダイナミクスシミュレーターの開発公開

研究代表者：森川良忠

研究分担者：白井光雲、濱田幾太郎、柳澤将

科学研究費補助金「若手研究(B)」

研究課題名：非局所 CPA 法によるスピントロニクス材料の電子輸送特性の第一原理計算

研究代表者：佐藤和則

●その他の活動

コンピューテーショナル・マテリアルズ・デザイン（CMD）ワークショップ

第6回（平成17年3月8～12日）国際高等研究所

第7回（平成17年9月6～10日）国際高等研究所

**ナノテクノロジー産業応用研究部門
ナノバイオ知能システム分野
(溝口研究室)**

構成

教授 (兼) 溝口 理一郎 (Riichiro MIZOGUCHI) TEL:06-6879-8415,
E-mail:handai@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 古崎 晃司 (Kouji KOZAKI) TEL:06-6879-4304,
E-mail:kozaki@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

研究概要

ナノ・バイオ知的支援システムの開発, ナノ・バイオテクノロジーに関わる膨大なデータからのデータマイニング・知識発見, ナノ・バイオテクノロジー知識の構造化, オントロジー工学などの知能システム科学とナノ・バイオテクノロジーとを融合した研究の中で, 特にナノテクノロジー知識の構造化に重点を置いて研究を行っている.

オントロジー工学に基づくコンテンツ管理システムの開発

実施者: 古崎 晃司, 溝口 理一郎

ナノテクノロジーに関わる知識は多岐にわたっており, それらを領域横断的に俯瞰することは非常に重要となる. そのような背景のもと, 多彩な研究領域にまたがる知識を構造化することで, 複数領域間での研究成果や知識の交流を実現し, 新規分野開拓の促進することを目的とした, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) による「材料技術の知識の構造化」プロジェクトにおいて, 様々な領域の知識を構造化して計算機に格納する「知識の構造化プラットフォーム」の開発が進められている. 知識の構造化プラットフォームには, 分野別知識の構造化システム, 機能-構造-プロセスの概念設計システムをはじめ, シミュレーター, 電子教科書, データベース群など, 既に多くのコンテンツが格納されている.

しかし, 増大する多くのコンテンツを効率的にシステムに格納し, 相互に連結させて有効利用するには, これらを統合的に管理する枠組みが必要となる. そこで本研究では, オントロジー工学に基づいてナノテクノロジー知識を構造化し, コンテンツの種類や対象とする研究領域によらず統一的に管理することを実現する計算機システムの開発を目的としている.

本システムに要求される機能は, 1) コンテンツをプラットフォームに格納する為の統一的かつ効率的な枠組みを提供し, さらに, 2) 各コンテンツをその内容の関連性に基づいて有機的に連結させることにある. この実現により, 様々なコンテンツ拡充の効率化や, コンテンツの利用しやすさの向上, さらにはその結果として領域を横断した新発想の促進が期待される. この要求仕様の考察に基づき, プラットフォーム

に格納されるコンテンツを、その「内容」に対する一貫した知識語彙体系である Nanotech Index Ontology (NIO) に基づいて管理する「**Nanotech Index Ontology 管理システム**」, コンテンツに含まれる知識を構造化し、計算機処理可能なネットワーク (グラフ) 形式で管理する「**知識ネットワークシステム**」という、2つのシステムを中心に開発を進めている (図1). これらのシステムに共通している考え方は、コンテンツの作成・管理方法を一元化し、計算機を用いた意味処理が可能な形式でプラットフォームに格納する点にある。

以下、NIO 管理システムにより実現されている、オントロジーベースのコンテンツ管理について概要を述べる。

- 1) プラットフォーム内のコンテンツで共通して用いる知識語彙体系として Nanotech Index Ontology (NIO) を構築する. 本プロジェクトにおいては、文献などから抽出したキーワード群や材料に関するシソーラスを元に、プロセス、構造、機能、材料、応用に関する総語彙数約 2300 の NIO を構築した. その際、当分野で開発を進めているオントロジー構築環境「法造」を利用した.
- 2) NIO の各語彙とそれが表す内容を含むコンテンツを対応づけ、それぞれの語彙が表す内容に関するコンテンツへのリンク集を作成する. このリンク集の情報は、NIO の語彙をキーとして問い合わせることで得られるよう、データベースで管理される. 本システムのプロトタイプは、「法造」が提供するオントロジー操作のライブラリ HozoCore と簡単なファイルシステムを用いて実装した.
- 3) NIO を用いることで、プラットフォーム上のコンテンツを俯瞰することができる. その一例として、いくつかの研究プロジェクトが対象とする領域の情報を NIO に付加し、各プロジェクトの対象領域とそれに関連するコンテンツを俯瞰的に表示するシステムを開発した.
- 4) さらに、各コンテンツ関連する内容を NIO の語彙を用いて記述することで、NIO に対応づけられたリンク情報を辿ることによる、コンテンツの種類や対象領域を横断した知識の検索や、関連するコンテンツへの相互移動が可能となる.

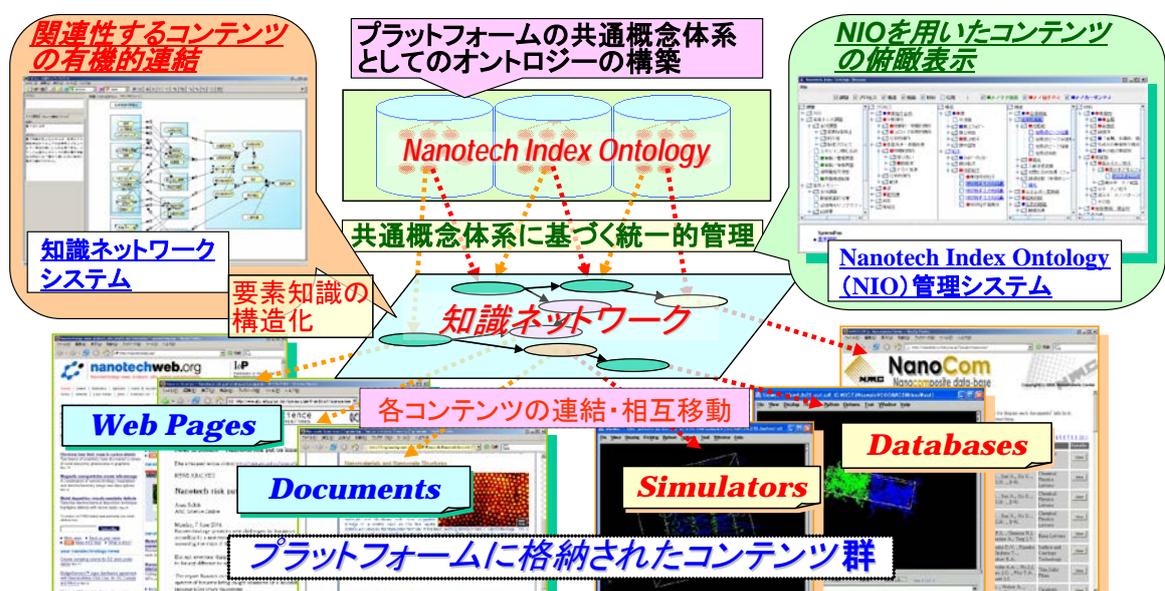


図1 オントロジーに基づくコンテンツ管理システムの全体像

オントロジー工学に基づく材料設計支援システムの開発

実施者：古崎 晃司，溝口 理一郎

研究協力者：垂見晋也（大学院博士後期課程）

本研究では，機能概念オントロジーに基づき，ナノテクノロジー材料の機能設計からプロセス設計に渡る一連の設計過程を支援する計算機システムの開発を目指している。

まず始めに，機械設計分野で成果を収めている機能分解木を用いた知識共有の枠組みを材料分野に適用した．機能分解木とは機能の達成関係を木構造で記述したもので，本枠組みでは機能達成方法の原理などを概念化した「方式」を用いて，対象の構造や物理原理などの背景を表している．例えば，白熱灯が「発光する」機能は，「フィラメントに電流を流す」「抵抗が発熱する」「発光する」という部分機能によって達成され，その原理が材料の持つ「輻射」という性質であることを図2のように表す。

本手法を用いて，既知のナノテク材料知識を分析して基本的な要素知識に分解し，それらの知識を前述のナノテクオントロジーに基づいて体系化して計算機に格納することができる．このように，人間の思考を外化することにより，表現された知識と間の概念的なギャップを埋めることが可能となり，

- 思考過程の明示化・履歴管理が可能となり，網羅性をもって確認できる．
- 外化した知識を他者に容易に伝えることができる．
- 異分野間での知識共有が可能となる．

といった効果を得ることができる．

更に，体系化された知識を用いたナノテク材料設計支援システムの設計・開発を行っている（図3）．一つの機能を達成する方式は複数存在し，設計行為は適用する方式を選択すること行われる．このとき，様々な方式をデータベースとして蓄えておき，必要に応じてユーザーに提示することで，設計支援を行うことができる．材料設計においては，①材料が発揮する機能の制御機構（方式）を選択する．②その方式が適用可能な材料の選択する．③その材料を合成する製造プロセスを選択する．というステ

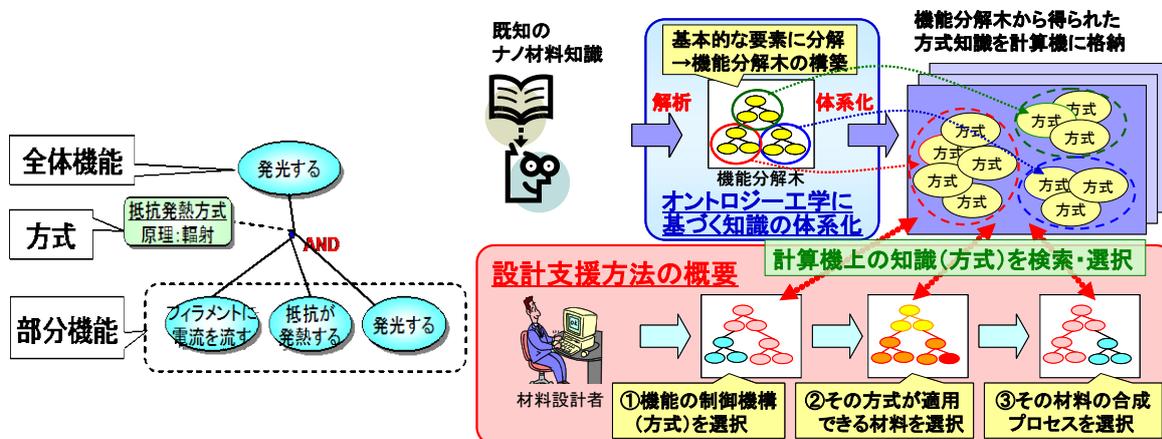


図2：機能分解木

図3：材料設計支援システムの概要

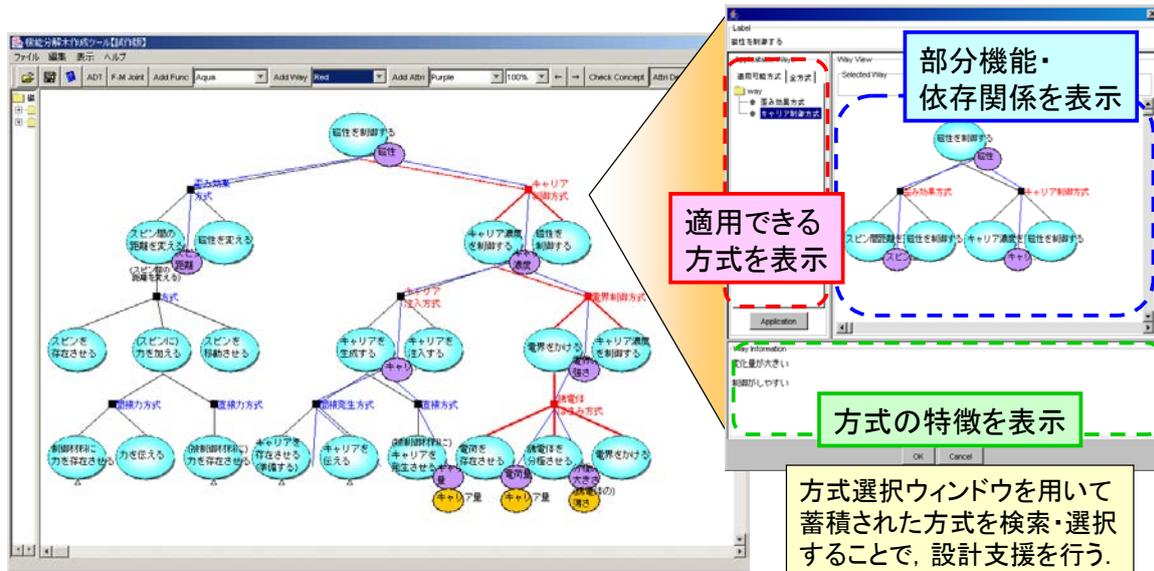


図4 設計支援システムの実行画面

ップで設計の支援を行う。その際に重要となるのは、機能や方式を領域に依存しない形で概念化することである。そうすることで、ある領域ではこれまで用いられていなかった方式を、他の領域の方式において適用し今までに無い画期的な発想がなされることが期待される。

本年度は、設計支援に必要な方式知識を、当分野で開発を進めているオントロジー構築・利用システム「法造」を用いて記述し、サーバーに蓄積した。さらに、蓄積された方式知識を検索・選択することで設計支援を行う、材料設計支援システムのプロトタイプを開発した。本システムでは、適用できる方式とそれぞれの特徴を表示することで、ユーザーの方式選択の指針を与えることが出来る(図4)。なお、システムの実装には、「法造」で構築したオントロジーや知識モデルを処理する基盤ソフトウェア HozoCore を利用した。

デバイスオントロジーに基づくシグナル伝達オントロジーの開発

実施者：溝口 理一郎 研究協力者：高井貴子（東京大学）

細胞の機能は分子単独でなく複数分子間の連鎖反応により達成される。主要な機能として細胞の構成成分を産生する代謝と、代謝を含む様々な機能のオンオフを調節するシグナル伝達がある。機能を達成する連鎖反応は生体パスウェイと呼ばれ、機能達成メカニズムの表現手法として生物情報科学の研究対象となってきた。研究の確実な進展の一方で、シグナル伝達パスウェイの一貫した記述の問題は、解決されずに残されている。特にシグナル伝達を特徴付ける複合体の動的形成の記述に問題がある。我々はこの問題は、シグナル伝達パスウェイの本質属性の定義がないために一貫した視点が得られないことに起因すると考え、それを与えるオントロジー(CSNO)を開発している。CSNOは、デバイスオントロジーを生物知識へ適用した初めての例である。

本年度は、これまでに開発した CSNO を以下の点において改善した。

シグナル伝達の本質属性の定義を，identity の情報は活性の変化，causality の情報は分子認識の変化として観測されることに着目して，シグナル伝達パスウェイの本質属性は「分子認識を通して活性が伝えられる」ことであり，「活性を変換して伝える」ことが分子の機能であると定義した．更にこの機能における二層性（基盤層と組織層）導入し，複合体形成の役割は「組織層の機能を担う装置を動的に形成する」ことであると定義した．そしてデバイスオントロジーに基づくシグナル伝達パスウェイの統一的記述枠組みを構築し，CSNO を再構築した．

オントロジー構築・利用環境「法造」の開発

実施者：古崎 晃司，溝口 理一郎

研究協力者：砂川英一（大学院博士後期課程）

オントロジー工学に基づくナノテク知識の構造化を進める為の基盤技術として，オントロジーの構築から利用に至る一連の過程を支援する計算機システム「法造」の開発を進めてきた．「法造」とはオントロジー（＝“法”）を構築する（＝“造”）為の計算機環境で，オントロジーをグラフィカルに表示・編集する「オントロジーエディタ」，ガイドラインに従いオントロジーを構築支援する「概念工房」，構築したオントロジーを管理する「オントロジーサーバー」，複数のオントロジー間の依存関係を管理する「オントロジーマネージャ」の4つのシステムから構成される（図5）．オントロジーエディタ（図6）は，Web サイト（<http://www.hozo.jp/>）においてフリーソフトウェアとして公開している．

本年度は，オントロジー基礎理論に基づきロール概念を組織化するための方法論を考察し，これまでの法造の枠組み拡張した．また，法造で構築したオントロジーを用いて応用システムを開発するためのソフトウェアライブラリ HozoCore を開発し，前述のコンテンツ管理システムや，材料設計支援システムの開発に利用した．さらに法造で開発したオントロジーを，Semantic Web の標準仕様である OWL 言語で出力する機能を実装した．

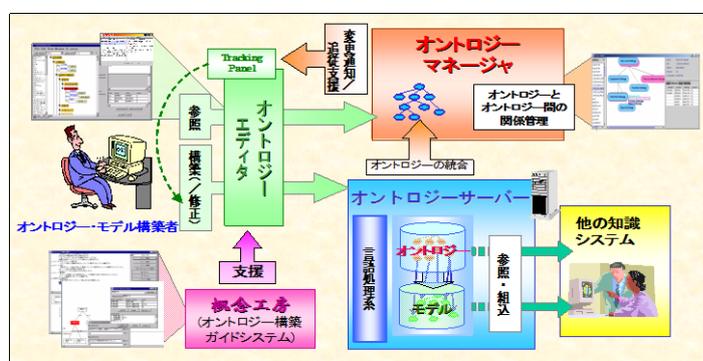


図5：オントロジー構築・利用環境「法造」

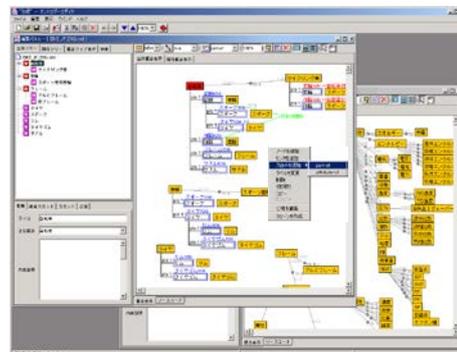


図6：オントロジーエディタ

論文

1. コンテキスト依存性に基づくロール概念組織化の枠組み
砂川英一, 古崎晃司, 來村徳信, 溝口理一郎
人工知能学会論文誌, Vol.20 No.6 pp.461-472, 2005
2. デバイスオントロジーに基づくシグナル伝達パスウェイの統一的記述枠組みの
開発
高井貴子, 溝口理一郎
人工知能学会論文誌, Vol.20 No.6 pp.406-416,2005

総説・解説

1. オントロジー構築ツールの現状
古崎晃司, 溝口理一郎
人工知能学会誌, Vol. 20, No. 5 pp. 707-714, 2005

国際会議

1. A Framework for Organizing Role Concepts in Ontology Development Tool: Hozo
Sunagawa, E., Kozaki, K., Kitamura, Y., Mizoguchi, R.
"Roles, an Interdisciplinary Perspective: Ontologies, Programming Languages, and
Multiagent Systems" Papers from the AAAI Fall Symposium Technical Report
FS-05-08, pp.136-143, Arlington, Virginia, USA, 4-6 November 2005.
2. Developing Ontology-based Applications using Hozo
Kouji Kozaki, Yoshinobu Kitamura and Riichiro Mizoguchi
The Fourth IASTED International Conference on Computational Intelligence (CI2005),
Calgary, Canada, July 4-6, 2005
3. Hozo: an Ontology Development Environment -Treatment of "Role Concept" and
Dependency Management -
Kouji Kozaki, Eiichi Sunagawa, Yoshinobu Kitamura, and Riichiro Mizoguchi
The 4th International Semantic Web Conference, Galway, Ireland, Nov. 6-10th, 2005

国内会議

1. ★セマンティックウェブとオントロジー工学
溝口 理一郎
第20回A I シンポジウム (東京), 2005年4月25日
2. ★オントロジー構築ツールの現状
古崎 晃司

第 20 回 A I シンポジウム (東京), 2005 年 4 月 25 日

3. **Semantic Web** アプリケーションの開発に向けたオントロジー構築・利用環境「法造」の拡張
古崎晃司, 太田衛, 砂川英一, 來村徳信, 溝口理一郎
2005 年度人工知能学会全国大会 (北九州), 2005 年 6 月 16 日
4. オントロジーにおけるコンテキストに依存する概念の取り扱い
砂川英一, 古崎晃司, 來村徳信, 溝口理一郎
2005 年度人工知能学会全国大会 (北九州), 2005 年 6 月 16 日
5. 機能・製造知識統合的記述システムの開発とナノテク材料設計支援への展開
垂見晋也, 古崎晃司, 來村徳信, 田中秀和, 川合知二, 中山忠親, 新原皓一, 溝口理一郎
2005 年度人工知能学会全国大会 (北九州), 2005 年 6 月 17 日

学会活動、共同研究

溝口 理一郎

共同研究:

1. デバイスオントロジーに基づくシグナル伝達オントロジーの開発
高井貴子 (東京大学)

学会活動:

- ・人工知能学会副会長
- ・教育システム情報学会理事
- ・The 3rd International Semantic Web Conference: ISWC2004 組織委員長
- ・International Semantic Web Science Association Vice President
- ・European Project of Semantically-Enabled Knowledge Technologies, Advisory member

古崎 晃司

所属学会: 人工知能学会, 情報処理学会, 化学工学会

科研費・助成金等

1. 平成 17 年度 科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2)
「Theory-Aware オーサリングワークベンチの開発」
研究代表者: 溝口理一郎
2. 受託研究 株式会社ギャラクシーエクスプレス
「IT を活用した大規模システムの運用支援システムの構築」
溝口理一郎

3. 受託研究 社団法人化学工学会

「NEDO 平成 17 年度「ナノ粒子」及び「ナノカーボン」に係る「ナノ材料知識基盤」プラットフォーム構築に関する調査事業に関わる委託調査研究における研究項目①基本システムのブラッシュアップ及び「ナノ粒子」と「ナノカーボン」に係るコンテンツ拡充に必要な情報の収集」

溝口理一郎, 古崎晃司

4. 平成 17 年度 科学研究費補助金 若手研究 (B)

オントロジーベースの Web 知識統合・管理システムの開発とナノテク知識への適用

古崎晃司

機能評価研究部門 ナノ構造次元評価分野

教授（兼任） 弘津禎彦 (Yoshihiko HIROTSU)

TEL:06-6879-8430, E-mail: yhirotsu@sanken.osaka-u.ac.jp

助手 内藤宗幸 (Muneyuki Naito)

TEL:06-6879-8531, E-mail: naito22@sanken.osaka-u.ac.jp

研究概要

図1の状態図が示すように、Fe-Si二元系においてはいくつかの安定相が存在し、これらは耐熱材料、熱電材料として研究、開発されてきた。特に半導体特性を示す β -FeSi₂は熱電能が非常に高いだけでなく、比抵抗が小さく高温下での利用にも適している事などから熱電材料として実用化に至っている。近年、 β -FeSi₂は熱電能だけでなく光学的性質が注目されており、1.5 μ m帯域の発光デバイス半導体としてSiオプトエレクトロニクスへの応用が期待されている。加えて、資源と環境という観点から、地殻に豊富に存在し有毒元素を含まない本材料は環境低負荷半導体としても注目されている。

これまで、イオンビーム合成法や反応性蒸着エピタキシー法により作製された β -FeSi₂の発光特性や構造に関する研究が精力的になされてきた。こうした中、非晶質FeSi₂が β -FeSi₂と同様のバンドギャップ値を有することが報告され、新たな半導体材料の一つとして注目されている。このような薄膜の物理的性質はその構造に深く関連するため、特性向上を目指す上で構造解析が不可欠であるが、これまで非晶質Fe-Si系薄膜の構造についての詳細な研究は行われていない。本研究では、イオン注入法により非晶質Fe-Si薄膜を作製し、高分解能電子顕微鏡法による原子レベルでの組織観察、ナノビーム電子回折法を用いた電子線動径分布解析などの電子顕微鏡的手法により本材料の局所構造を調べた。

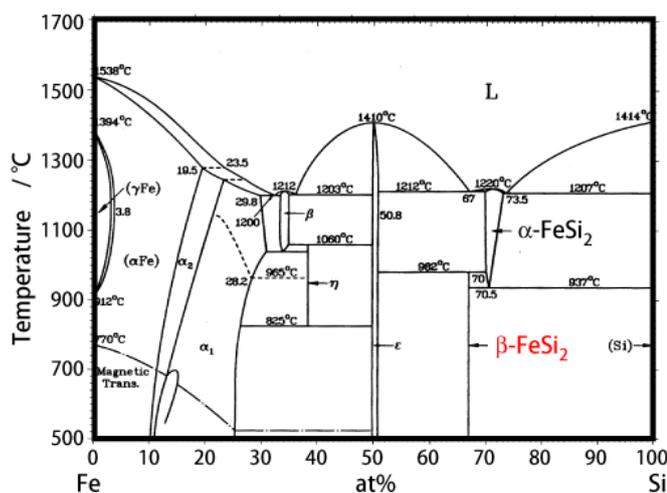


図1. Fe-Si 二元系状態図.

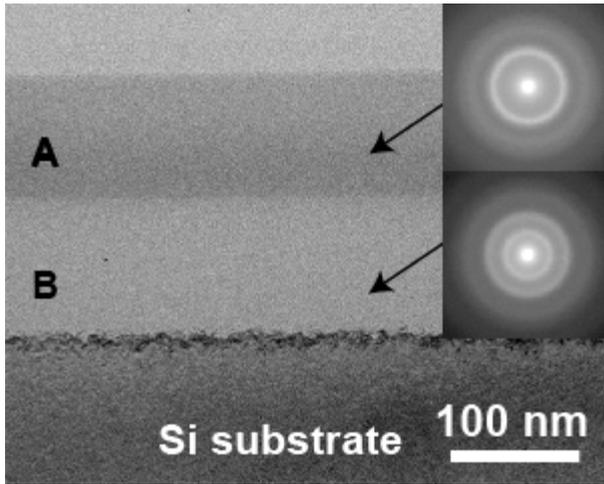


図2. As-impla.試料の断面明視野像と領域A, Bから得られた電子回折図形.

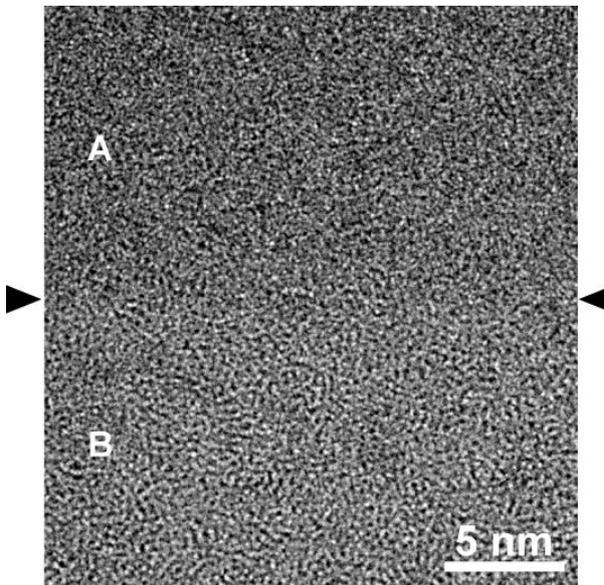


図3. 領域AとBの界面近傍の高分解能TEM像.

る原子相関距離とよい一致を示した。一方、領域Aより得られた2体分布関数の第1、第2ピーク位置は0.239、0.428 nmであり、第1ピークには図に矢印で示すように特徴的なショルダーが見られた。この第1ピーク位置と α -FeSi₂、 β -FeSi₂、および ϵ -FeSiにおける原子相関距離との比較を図3(b)-(d)に示す。第1ピークのメインピーク位置はいずれの結晶相の原子相関距離ともよい一致を示し、ショルダーの位置は α -FeSi₂ および ϵ -FeSiにおける原子相関距離と、0.3 nm付近の膨らみは β -FeSi₂の原子相関距離とよい対応を示すことが明らかとなった。これらの結果は

図2は-150°CにおいてFeイオンを $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ 注入した試料の断面明視野像である。図にA, Bで示すようにSi基板表面に膜厚およそ200 nmの積層膜が形成されているのが分かる。領域A, Bから得られた電子回折図形はハローパターンを示し、これらの領域が非晶質であることが分かった。さらに、エネルギー分散型X線分光法による組成分析の結果、領域A, Bはそれぞれ非晶質Fe-Si、非晶質Siであることが明らかになった。図3は領域AとBの界面付近の高分解能TEM像であり、図に示した黒い三角印が界面を示している。領域A, Bともに非晶質特有の”salt and paper”コントラストが観察されるが、領域Aのmaze patternは領域Bに比べてより微細であることが分かる。これは両者の構造の違いを示唆している。

領域A, Bのより詳細な構造情報を得るために電子線動径分布解析を行った。領域A, Bの2体分布関数 $g(r)$ を図4(a)に示す。領域Bより得られた2体分布関数の第1、第2ピーク位置はそれぞれ、0.236、0.379 nmであり、過去に報告された非晶質Siにおける

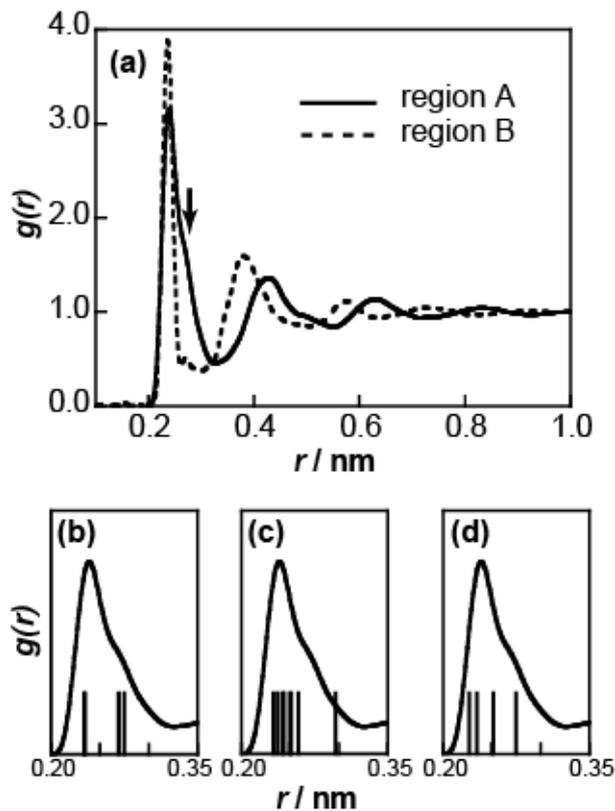


図 4. (a) 領域 A および B の 2 体分布関数。(b-d) 領域 A の 2 体分布関数の第 1 ピーク位置と α -FeSi₂、 β -FeSi₂、 ϵ -FeSi における原子間距離との比較。

今回得られた非晶質 Fe-Si には複数の結晶相に由来する局所構造が形成されていることを示しており、局所構造の多様性は Fe 原子の深さ方向への分布が不均一であることに起因するものと考えられる。より均一な非晶質 Fe-Si 薄膜作製が今後の課題である。

また、今回得られた試料を 800°C、2h 熱処理することにより、Si 基板上に膜厚およそ 140nm の β -FeSi₂ 連続膜が得られた。図 5 に連続膜の断面明視野像と電子回折図形、対応するシミュレーション像を示す。 β -FeSi₂ 連続膜と Si 基板界面は比較的滑らかであり、過去の研究で報告されている Si 基板内の面欠陥や転位はほとんど見られなかった。このように、低温下での Si 基板への高ドーズ ($>1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$) Fe イオン注入は、非晶質 Fe-Si 薄膜作製や Si 基板内の欠陥を減少させるのに有効であることが分かった。

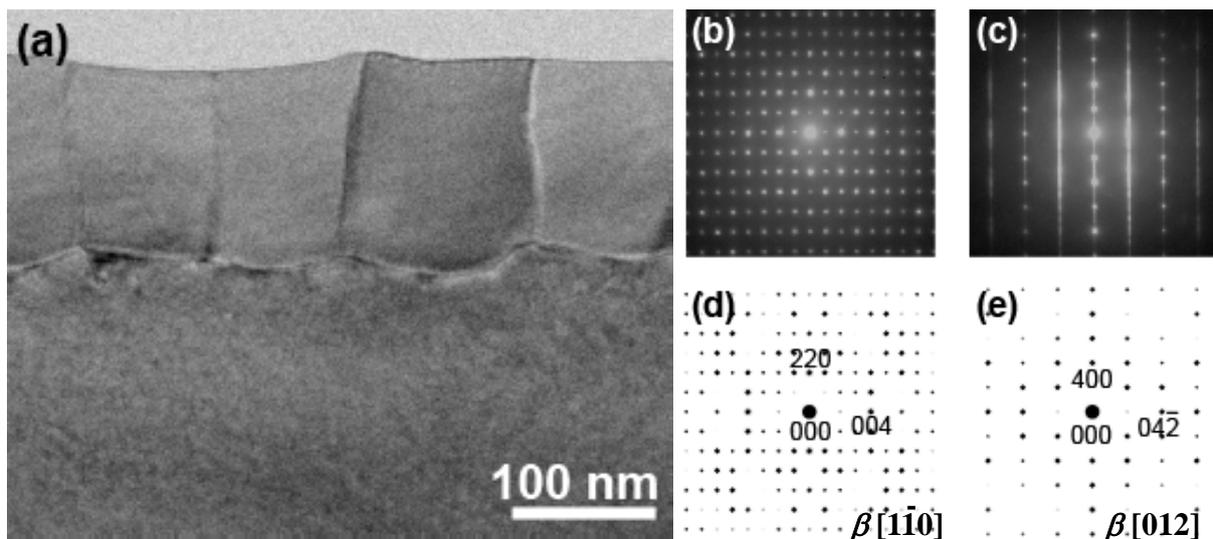


図 5 (a)800°C、2h 熱処理した試料の断面明視野像および表面の連続膜より得られた電子回折図形(b, c)と対応するシミュレーション像(d, e)。

論文

Determination of Order Parameter of $L1_0$ -FePd Nanoparticles by Electron Diffraction

K. Sato, Y. Hirotsu, H. Mori, Z. Wang and T. Hirayama

J. Appl. Phys. 97, 084301(1)-084301(7) (2005).

Long-range Order Parameter of Single $L1_0$ -FePd Nanoparticle Determined by Nanobeam Electron Diffraction: Particle Size Dependence of the Order Parameter

K. Sato, Y. Hirotsu, H. Mori, Z. Wang and T. Hirayama

J. Appl. Phys. 98, 024308(1)-024308(8) (2005).

Growth and Atomic Ordering of Hard Magnetic $L1_0$ -FePt, FePd and CoPt Nanoparticles Studied by Electron Microscopy: Alloy System and Particle Size Dependence

Y. Hirotsu and K. Sato

J. Ceram. Proc. Res. 6, 236-244 (2005).

Structural Characterization of Cu-Ti-based Bulk Metallic Glass by Advanced Electron Microscopy

M. Ishimaru, Y. Hirotsu, S. Hata, C. L. Ma, N. Nishiyama, K. Amiya and A. Inoue

Philos. Mag. Lett. 85, 125-133 (2005).

Local Atomic Structures of Amorphous $Fe_{80}B_{20}$ and $Fe_{70}Nb_{10}B_{20}$ Alloys Studied by Electron Diffraction

A. Hirata, Y. Hirotsu and E. Matsubara

Mater. Trans. 46, 2781-2784 (2005).

Two Dimensionally Dispersed Fe/FePd Nanocomposite Particles Synthesized by Electron Beam Deposition

Y. Hirotsu, K. Sato and J. Kawamura

Mater. Sci. Forum 502, 275-280 (2005).

Order Parameter Analysis of $L1_0$ -FePd Particles by Nano-beam Electron Diffraction

K. Sato and Y. Hirotsu

Archives Mater. Sci. 26, 17-23 (2005).

Identification of soft phonon modes in Ge-Sb-Te using electron diffraction
M. Naito, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, and M. Takashima
J. Appl. Phys. 98 034506(1)-034506(4) (2005).

Transmission electron microscopy study on ion-beam-synthesized amorphous
Fe-Si thin layers
M. Naito, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, James A. Valdez, and Kurt E. Sickafus
Appl. Phys. Lett., 87 241905(1)-241905(3) (2005).

国際会議

★Y. Hirotsu and K. Sato

“Fabrication and structural analysis of oriented L1₀-FePd nanoparticles”
The 4th Academic Frontier Center International Symposium on “Future Data
Storage Materials”, April 9, 2005, Toyota Technological Institute Lecture Hall

★Y. Hirotsu, A. Hirata, T. Ohkubo and T. G. Nieh

“Local structure studies of metallic glasses using high resolution electron
microscopy and electron diffraction”
Bulk Metallic Glasses IV, May 1-5, Gatlinburg, Tennessee, USA

★Y. Hirotsu, A. Hirata and T. Ohkubo

“Local structure studies of metallic glasses using HREM and electron diffraction”
The XII International Conference on Electron Microscopy of Solids (EM2005)
June 5-9, 2005 Kazimierz Dolny, Poland

★Y. Hirotsu, A. Hirata, E. Matsubara and A. Makino

“Nanocrystallization process of Fe₈₄Nb₇B₉ metallic glass studied by electron
microscopy and X-ray diffraction techniques”
12th International Symposium on Metastable and Nano Materials (ISMANAM)
July 3-7, 2005, Maison de la Chimie, Paris, France
Structural investigation of Ge-Sb-Sn thin films using transmission electron
microscopy

M. Naito, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, M. Takashima

International Symposium on Characterization of real materials and real
processing by transmission electron microscopy
January 26-27, 2005, Nagoya, Japan

Structure analysis of ion-beam synthesized amorphous Fe-Si layers using transmission electron microscopy

M. Naito, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, J. A. Valdez

13th International Conference on Radiation Effects in Insulators

August 28 – September 2, 2005, Santa Fe, New Mexico, USA

Structural evolution in Fe ion implanted Si upon thermal annealing

K. Omae, I.-T. Bae, M. Naito, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, J. A. Valdez, K. E. Sickafus

13th International Conference on Radiation Effects in Insulators

August 28 – September 2, 2005, Santa Fe, New Mexico, USA

国内学会

弘津禎彦

アモルファス合金および強磁性合金ナノ粒子の相安定性に関する研究（受賞講演）

日本金属学会 2005 年春期大会（横浜国大）

★弘津禎彦

金属ガラスの構造と物性

粉体粉末冶金協会平成 17 年度春季大会（早稲田大学）

内藤宗幸，石丸 学，弘津禎彦，高島正樹

透過電子顕微鏡法による Ge-Sb-Sn 薄膜の局所構造解析

2005 年春季 第 52 回応用物理学関係連合講演会（埼玉大学）

内藤宗幸，石丸 学，弘津禎彦

イオン注入法による Fe-Si 非晶質薄膜の作製と構造解析

2005 年秋季 第 66 回応用物理学関係連合講演会（徳島大学）

受賞

弘津禎彦 日本金属学会 2005 年 3 月 谷川・ハリス賞

共同研究

京都大学大学院工学研究科 松原英一郎 「金属ガラスの局所構造解析法」

京都大学原子炉研究所 福永俊春 「金属ガラスの局所構造解析法」

東北大学金属材料研究所 牧野彰宏 「金属ガラス利用強磁性合金ナノ粒子創製」
日立ツール株式会社 「サーメット合金のナノ構造解析」
松下電器産業株式会社 「相変化型記録材料の局所構造解析」

学会活動

日本顕微鏡学会副会長・理事(2005年4月～2007年3月)
日本顕微鏡学会評議員
Materials Transactions 誌編集委員
高温学会評議員

科研費、助成金

弘津禎彦
科研費・特定領域研究(2) A02 班長
「融体・金属ガラスの局所原子構造のその場観察」

弘津禎彦
科研費・基盤研究S
「気相急冷による硬質磁性合金ナノ粒子の形成と電子線構造解析ならびに磁性評価」

弘津禎彦
産学連携等研究費(次世代金属・複合材料研究開発協会)
「金属ガラスの成形加工技術」

表面ナノ構造プロセス評価分野

ナノ構造機能評価研究部門

表面ナノ構造プロセス評価分野（谷村研究室）

構成

教授 谷村 克己 (Katsumi TANIMURA)

TEL:06-6879-8490, E-mail:tanimura@sanken.osaka-u.ac.jp

助教授 金崎 順一 (Jun'ichi KANASAKI)

TEL:06-6879-8492, E-mail:kanasaki@sanken.osaka-u.ac.jp

研究概要

多くの凝縮物質において、電子系の励起により構造が変化する現象が観察される。図 1 は構造変数に対する断熱ポテンシャルを示す。図に示すように、この現象は、電子系の励起によって凝集原子間の力のバランスが崩れ、新しい凝縮形態への大きな構造変革が誘起されることによるものと捉えることができる。次世代高機能素子の主要材料である半導体においては、従来、電子系と格子系との相互作用が弱く、電子励起による構造変化は欠陥近傍に限った特異な現象と考えられてきた。しかしながら、最近の研究により、半導体結晶の表面においては、光や電子線などによる電子系の励起により完全格子サイトでの原子結合が電子的に切断（電子的結合切断）され、表面原子の脱離や移動、空格子点の生成が誘起されることが明らかとなった。これは、擬 2 次元系である半導体再構成表面相においては、表面電子系と表面格子系の相互作用が本質的に強い事を明確に示している。

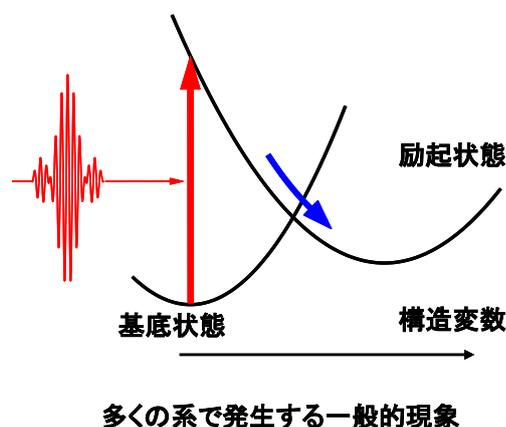
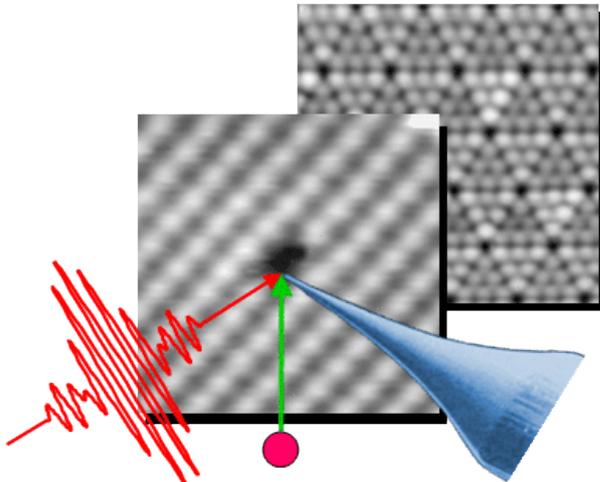


図 1. 電子励起状態における基底構造の不安定化を説明する模式図。横軸は構造変数、縦軸は断熱ポテンシャル。

電子励起状態における基底構造の不安定性を積極的に利用した材料プロセスは、電子的基底状態にある材料を熱的に制御することを基本原理とする従来のプロセスとは全く異なるものである。

種々の電子励起源により発生する
電子励起状態を制御



- ・ 構造・電子状態の変化を原子スケールで直接観察
- ・ 共鳴/非共鳴イオン化分光による放出粒子の高感度検出

図 2. 種々の電子励起源による表面構造制御

トンネル電子・正孔注入などの電子励起源を駆使し、特定の電子励起状態をエネルギー・時間・空間の高次元空間において制御して発生させ、誘起される表面構造変化を走査型トンネル顕微鏡(STM)により原子スケールで直接観察すると共に、共鳴・非共鳴イオン化分光による放出粒子種の高感度検出をおこなっている。

以下において、本年度実施した研究内容と成果を紹介する。

1. 電子励起による半導体表面構造の不安定性

半導体表面では、価電子系の励起により表面原子結合の局所的切断が誘起され、表面空格子点が発生する。本年度は、1) 構造変化形態のフェルミ準位効果及び2) トンネル顕微鏡探針からのキャリア注入による空格子点生成に関する研究を行い、半導体表面において結合切断を誘起する電子励起種が表面正孔である事を実証する直接的な実験結果を得た。以下に結果の詳細を述べる。

1) 構造変化形態のフェルミ準位効果

図 3 は、同一強度のレーザー光パルス (460nm , $2.8\text{mJ}/\text{cm}^2$) を照射した後の n 型 (図中左) 及び p 型試料 (図中右) における P 原子サイトの STM 像である。n 型試料表面では、励起時間の増大につれて、孤立空格子点が増加すると共に In-P 表面原子鎖方向に伸びた空格子点ストリングの他、2 次元的に広がった空格子点クラスター

が効率的に形成される。一方、**p** 型試料表面においては、同じ強度での光励起にもかかわらず、孤立空格子点のみが生成され、string やクラスターは発生しない。表面 **P** 空格子点は、**n** 型試料では負に、**p** 型試料では正に帯電していることが分っている。観測されるフェルミ準位効果は、結合切断を誘起する電子励起種が負に帯電した空格子点サイトには効率的に局在し、一方、正に帯電した空格子点では電子励起種の局在が阻害される事を示している。以上の結果は、表面正孔が半導体表面原子の結合切断を誘起する電子励起種であることを明確に示している。

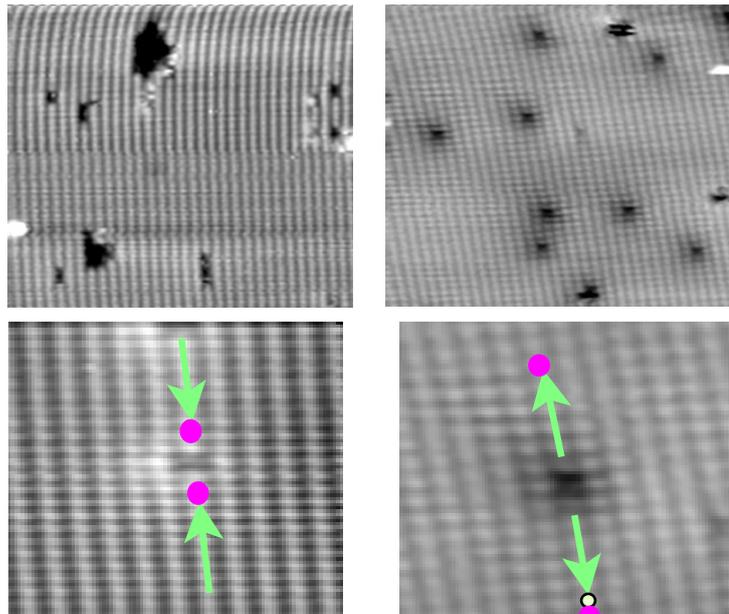


図 3. レーザー光励起 (460nm, 2.8mJ/cm²) による InP(110)表面構造の変化。図中左は **n** 型試料、右は **p** 型試料表面。

2) トンネル顕微鏡探針からのキャリア注入による空格子点生成

光や電子線励起の場合と異なり、トンネル顕微鏡探針からのキャリア注入では、バイアスの極性を制御する事により、電子あるいは正孔いずれか一方のみを制御して表面微小領域に注入する事が出来る。図 4 は、**n** 型 InP(110)-(1x1)表面上の同一サイトを、

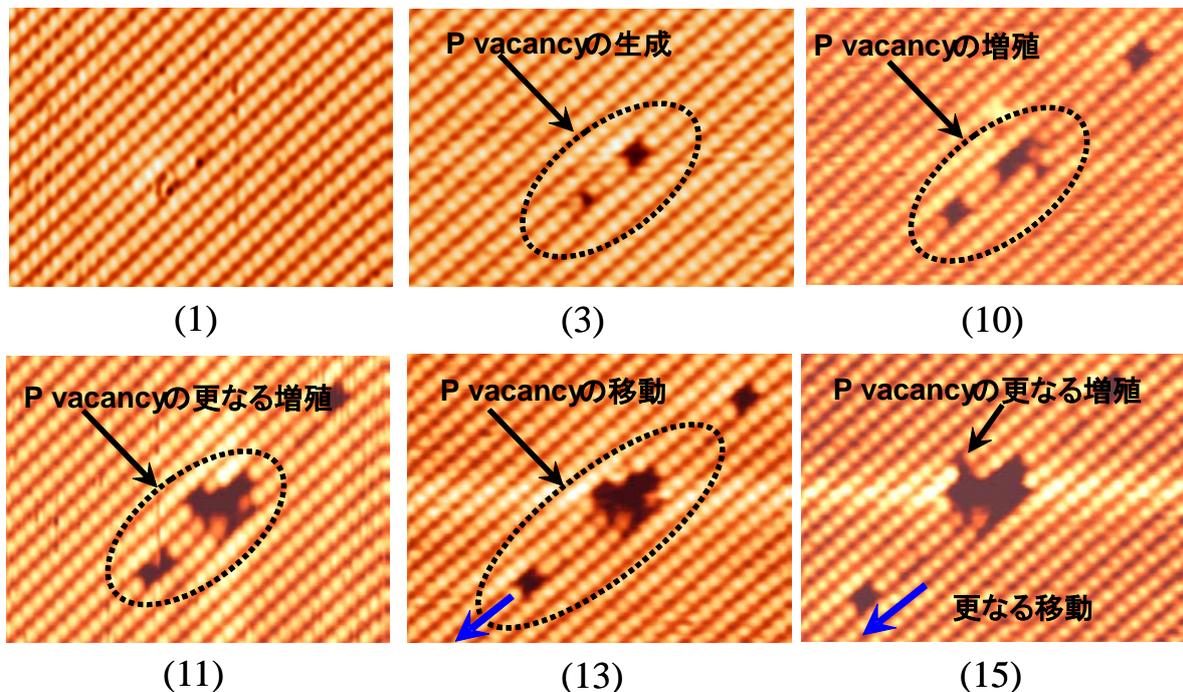


図 4. 正孔注入 ($V_{\text{sample}} = -2.8\text{V}$, $I_t = 350\text{pA}$) による **n** 型 InP(110)-(1x1)表面構造の変化。

サンプルバイアス-2.8V に固定して繰り返し走査したときの表面構造変化の様子を示したものである。各イメージ下のカッコ内の数字が走査回数を示す。このバイアス条件の場合、探針から表面へ正孔を注入している事となる。走査回数の増大と共に、P原子サイトに新たな空格子点の発生、さらに、その空格子点の移動・増殖が観察された。一方、電子注入の励起条件下（サンプルバイアス正）においては、欠陥生成・移動・増殖は観測されなかった。

2. フェムト秒光励起による表面構造相転移と新規構造相の創成

グラファイト結晶は、 sp^2 共有結合ネットワークで強く結合した原子層が弱いファンデルワールス力で積層した擬2次元構造を持つ。この表面をフェムト秒レーザー光パルス(波長 798nm)で励起後のトンネル顕微鏡像を図5中央に示す、右下方領域の拡大

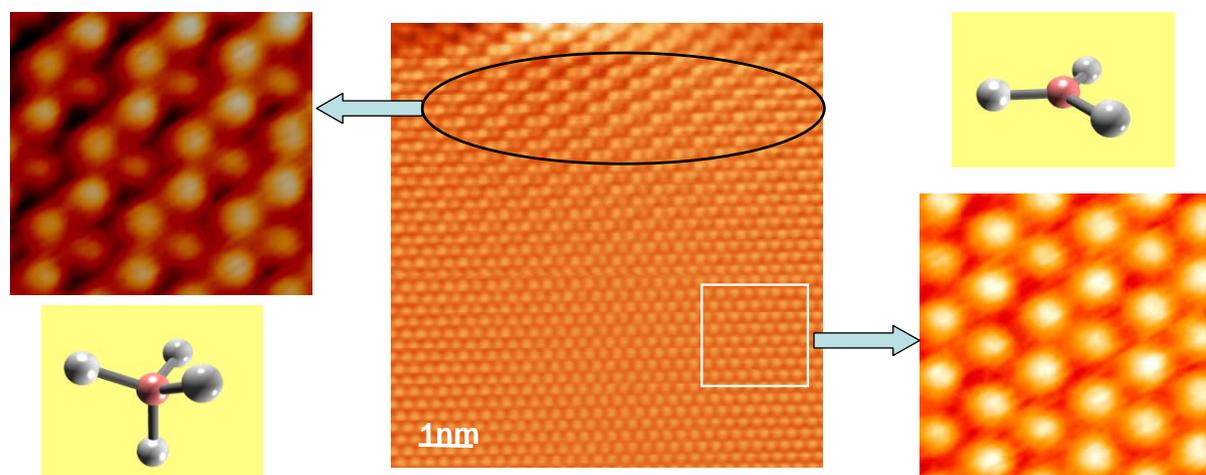


図5. 高配向グラファイト(HOPG)試料表面での光誘起構造相転移

大図を右に示すが、励起前の構造から変化はなく、表面は平面構造を維持している事がわかる。一方、上方の領域では $[1\bar{1}00]$ 方向に沿って一次元的な鎖構造が数ナノメートルの領域に渡って形成されており、電子励起により表面構造相転移が発生した事を示している。この領域の拡大図を左に示す。構造を詳細に解析し、表面層を構成する原子の1/3が約0.7Å程度陥没していることが明らかとなった。この結果は、電子励起により6員環の sp^2 平面ネットワークが不安定化し、表面垂直方向の格子緩和が誘起されたことを示唆する。

得られた STM 像より新表面構造相のモデルを提案した。構造モデルの上面図及び側面図を図 6 に示す。陥没した表面原子(赤で示す)は、4つの sp_3 軌道を形成して隣接原子と結合し、そのうちの一つは第 2 層原子との結合に使われる。その際の電子系のエネルギー利得により格子ひずみのエネルギー損失を補償している。この構造モデルは観測されるトンネル顕微鏡の特徴とよく合致する。

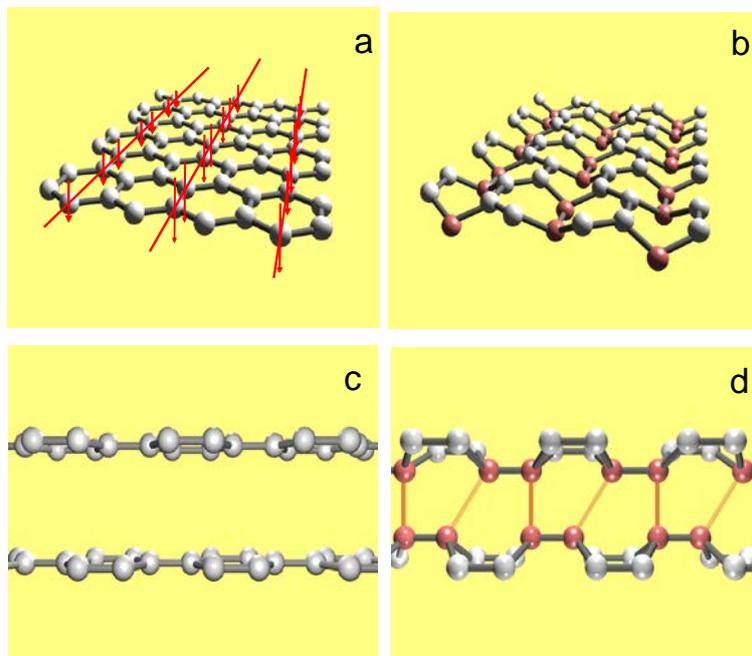


図 6. 構造相転移前 (a,c) 及び後 (b,d) の表面構造モデル。

3. 表面ナノ物性評価法の開発 —トンネル顕微鏡空間差分イメージ法—

トンネル顕微鏡は、表面電荷密度の空間分布を原子スケールで観察する事が可能であり、ナノ構造の構造的・電子的性質を明らかにする上で必須の実験手法である。しかしながら、ナノ構造に起因する周辺領域での表面電荷密度分布の変化は、通常周期的に配列した周辺原子のトポグラフに重なるため、ナノ構造に起因する格子緩和や電荷密度分布変化に関する情報のみを抽出する事が困難であった。本研究分野では、トンネル顕微鏡空間差分イメージ解析法を開発し、モデルケースとして Si (111)-(7x7) 表面上の空格子点近傍における表面電荷密度分布の変化を画像化した。図 7 に空間差分イメージ (サンプルバイアス-0.5V) を得る過程を示す。空格子点を含む基本格子のイメージ (a) から欠陥を含まない基本格子のイメージ (b) を差し引く事により空間差分イメージ (c) を得た。他のサンプルバイアスによる差分イメージを図 8 にまとめる。明らかに、占有状態 (負のサンプルバイアス) においてのみ空格子点周辺原子サイトでの電荷密度が減少していることがわかる。この変化が格子緩和に起因する場合、バイアスに関係なく差分イメージに変化が顕れるはずである。占有状態でのみ変化が現れるという結果は、空格子点近傍のダングリングボンド間で顕著な電荷移動が発生している事を強く示唆している。

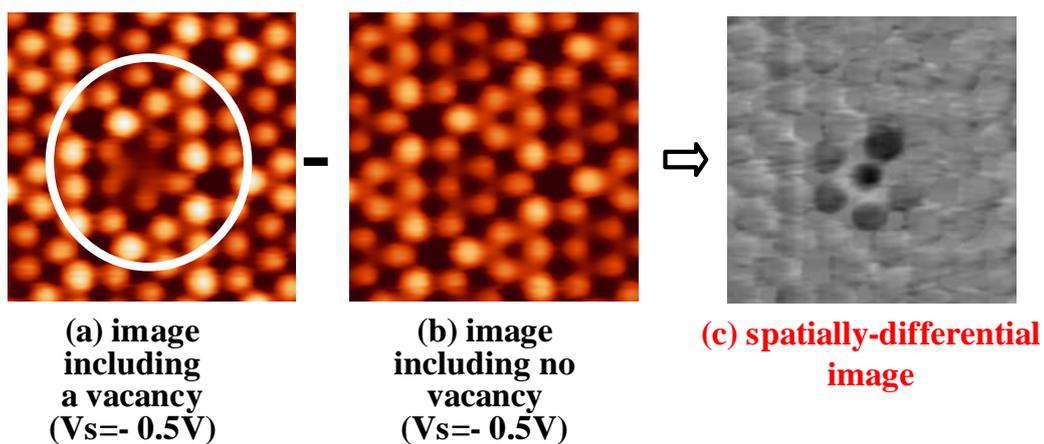


図7. トンネル 顕微鏡空間差分イメージ解析

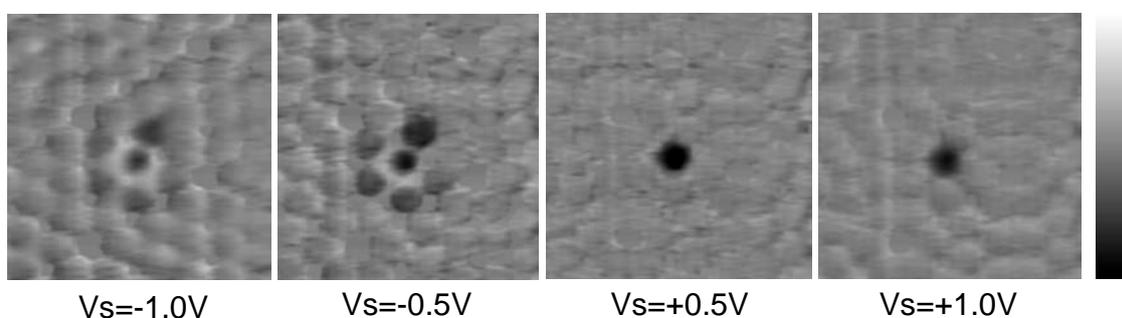


図8. 差分イメージのサンプルバイアス依存性

論文

1. Structural instability of Si(111)-(7x7) induced by low-energy electron irradiation
Y. Sugita, H. Horiike, J. Kanasaki, and K. Tanimura
Surface Science **593**(1-3), pp168-172(2005).
2. Time-resolved two-photon photoelectron spectroscopy of carrier dynamics on the Si(0 0 1)-(2 × 1) surface
S. Tanaka and K. Tanimura
Surface Science **593**(1-3), pp26-31(2005).
3. Formation and clustering of surface vacancies under electronic excitation on semiconductor surfaces
J. Kanasaki
Physica B (in press).

4. Excitation-induced structural instability of semiconductor surfaces
K. Tanimura and J. Kanasaki,
J. Physics: Condensed Matter (in press).

解説・総説

1. レーザー励起による半導体表面構造の不安定性
金崎順一、谷村克己
表面科学, Vol. 26 (11), pp.675-680 (2005) .

国際会議

1. ★Formation and clustering of surface vacancies under electronic excitation on semiconductor surfaces (invited talk)
J. Kanasaki and K. Tanimura, The 23th International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS-23), Awaji Island, Hyogo, Japan, July 24-29, 2005.
2. ★Photoinduced structural instability on semiconductor surfaces (invited talk) ,
K. Tanimura, The 23th European Conference on Surface Science (ECOSS 23), Berlin, Germany, Sept. 4-9, 2005.
3. Laser-induced removal of fragmentary intact sheets and transformation into new structural phases on graphite (0001) surface,
J. Kanasaki and K. Tanimura, The 23th European Conference on Surface Science (ECOSS 23), Berlin, Germany, Sept. 4-9, 2005.
4. Differential STM image analyses of adatom-vacancies on Si(111)-(7x7) surfaces
J. Kanasaki and K. Tanimura, The 23th European Conference on Surface Science (ECOSS 23), Berlin, Germany, Sept. 4-9, 2005.
5. Surface carrier dynamics on Si(001)-(2x1) studied by time-resolved two-photon photoelectron spectroscopy with tunable femtoseconds excitation lasers (invited talk)
K. Tanimura and T. Ichibayashi
, The 23th European Conference on Surface Science (ECOSS 23), Berlin, Germany, Sept. 4-9, 2005.
6. Laser-induced structural instabilities of Si surfaces

- J. Kanasaki, Workshop on Si Surfaces – Electronic Structure and Dynamics, Max-Born Institute, Berlin, Sept 10-11, 2005.
7. Photoinduced structural instability on silicon surfaces
K. Tanimura, Workshop on Si Surfaces - Electronic Structure and Dynamics, Max-Born Institute, Berlin, Sept 10-11, 2005.
 8. Voltage- and site-dependent changes in differential STM images of adatom-vacancies on Si(111)-(7x7) surface
J. Kanasaki and K. Tanimura, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Omiya, Saitama, Japan, Nov. 14-17, 2005.
 9. Laser-induced structural instability of highly oriented pyrolytic Graphite (HOPG) surface
J. Kanasaki and K. Tanimura, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Omiya, Saitama, Japan, Nov. 14-17, 2005.
 10. Spatially-differential STM image analyses of adatom-vacancies on Si(111)-(7x7) surface
J. Kanasaki and K. Tanimura, Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka University, Osaka, Japan, Jan 30 - Feb. 1, 2006
 11. Photoexcitation of graphite creates a novel form of sp³-bonded carbon via structural-phase transition
K. Tanimura, Gordon Conference on Ultrafast Phenomena in Cooperative Systems, Santa Ynez Valley Marriott, Bueliton, CA, Feb. 5-10, 2006

国内学会

1. 電子励起による共有結合性擬 2 次元表面構造の不安定性
金崎順一
日本物理学会学術講演会 2005 年秋季大会 シンポジウム「電子励起と不純物ダイナミックスのコントロール」 2005.9.19-22 (同志社大学)
2. 波長可変時間分解 2 光子光電子分光による Si(001)-(2x1)表面のキャリアダイナミックス
市林拓、田中慎一郎、谷村克己

日本物理学会学術講演会 2005 年秋季大会 2005.9.19-22 (同志社大学)

3. Si (111)-(2×1) 表面における光誘起構造変化 V

稲見栄一、谷村克己

日本物理学会学術講演会 2005 年秋季大会 2005.9.19-22 (同志社大学)

4. 半導体表面における光誘起ボンド切断に対する 2 正孔局在機構: 拡散を伴う非平衡高密度正孔系への拡張

谷村克己

日本物理学会学術講演会 2005 年秋季大会 2005.9.19-22 (同志社大学)

5. フェムト秒パルスレーザー励起によるグラファイト表面構造変化 II

金崎順一、谷村克己

日本物理学会学術講演会 2005 年秋季大会 2005.9.19-22 (同志社大学)

6. Si(111)-(7x7)表面空格子点の差分イメージ観察

金崎順一、谷村克己

日本物理学会学術講演会 2005 年秋季大会 2005.9.19-22 (同志社大学)

7. グラファイト表面における励起誘起新構造相創製と原子層剥離

金崎順一、谷村克己、那須奎一郎

日本表面科学会関西支部講演会 2005.10.28 (大阪大学銀杏会館)

8. Si(111)-(7x7)表面空格子点近傍における局所電荷分布分光

金崎順一、谷村克己

日本表面科学会関西支部講演会 2005.10.28 (大阪大学銀杏会館)

9. Si(001)-(2x1) 表面キャリアダイナミクス –励起密度依存性–

市林拓、田中慎一郎、谷村克己

日本表面科学会関西支部講演会 2005.10.28 (大阪大学銀杏会館)

10. 極短パルス光によるグラファイト→ダイヤモンド相転移

金崎順一

ナノテクノロジー研究会 2004.11.8-9 (大阪大学産業科学研究所)

11. 時間・空間極限分光による半導体表面の励起物性の研究

谷村克己

産業科学研究所第 61 回学術講演会 2005.11.29 (大阪大学産業科学研究所)

12. Si(111)-(7x7)表面における adatom 空格子点欠陥の局所電荷分布分光
金崎順一、谷村克己
産業科学研究所第 61 回学術講演会 2005.11.29 (大阪大学産業科学研究所)
13. 低エネルギー電子ビーム励起によるシリコン表面の構造変化
杉田吉聰、金崎順一、谷村克己
産業科学研究所第 61 回学術講演会 2005.11.29 (大阪大学産業科学研究所)
14. 極短パルス光によるグラファイト表面構造変化
金崎順一
21 世紀 COE IT ナノテクノロジーグループ第4回セミナー 2006.1.12
(大阪大学産業科学研究所)
15. レーザー光照射による物質改変
金崎順一、谷村克己
応用物理学会関西支部セミナー「励起ナノプロセッシングの展望」2006.2.6
(和歌山大学)
16. レーザー光弱励起によるナノプロセス：価電子系励起による半導体表面構造変化
谷村克己
応用物理学会 2006 年春季大会 シンポジウム：励起ナノプロセッシングの展望
2006.3.22-26 (武蔵工業大学)
17. Si(111)-(2x1)表面における光誘起構造変化機構 VI
稲見栄一、谷村克己
日本物理学会学術講演会 2006 年春季大会 2006.3.27-30 (愛媛大学)
18. InP(110)-(1x1)表面での正孔注入による結合切断と原子移動
鶴田淳二、稲見栄一、金崎順一、谷村克己
日本物理学会学術講演会 2006 年春季大会 2006.3.27-30 (愛媛大学)
19. 低エネルギー電子線による Si(111)-(7x7)表面構造の不安定性
杉田吉聰、金崎順一、谷村克己
日本物理学会学術講演会 2006 年春季大会 2006.3.27-30 (愛媛大学)
20. 半導体表面における光誘起ボンド切断に対する 2 正孔局在機構 II
谷村克己

日本物理学会学術講演会 2006 年春季大会 2006.3.27-30 (愛媛大学)

21. フェムト秒レーザーによるグラファイト表面構造の変化 III

金崎順一、木村健太、谷村克己

日本物理学会学術講演会 2006 年春季大会 2006.3.27-30 (愛媛大学)

22. 可視光誘起グラファイトーダイヤモンド構造相転移の理論

那須奎一郎, 谷村克己

日本物理学会学術講演会 2006 年春季大会 2006.3.27-30 (愛媛大学)

学協会活動

谷村克己

- ・ The 10th International Workshop on Desorption Induced by Electronic Transitions (Susono, 2004.11.8-11)
International Steering Committee

金崎順一

- ・ 名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻 非常勤講師

科研費、助成金等

谷村 克己

基盤研究(A)

「半導体表面二次元凝縮相における励起物性の研究」

金崎 順一

基盤研究(C)

「低エネルギー電子線励起による半導体表面構造の不安定性」

ナノ構造機能評価研究部門
量子マテリアルデバイス機能評価分野
(朝日研究室)

構成

教授(兼任) 朝日 一(Hajime ASAHI) TEL:06-6879-8405, E-mail:asahi@sanken.osaka-u.ac.jp
助手 周 逸凱 (Yi-Kai ZHOU) TEL:06-6879-8406, E-mail:zhou21@sanken.osaka-u.ac.jp
学生 : D3 金武成、D3 藤原淳志、D2 崔誠佑、D1 木村重哉、M2: 5名、M1: 3名
秘書 : 渡邊明子

研究概要

1. 希薄磁性半導体のナノ評価

遷移金属または希土類元素添加の GaN は室温で強磁性を示すだけでなく、伝導性、発光特性を示し、電荷・光・スピンを複合制御した半導体スピントロニクス材料として魅力的な磁性半導体である。従来の III-V 族希薄磁性半導体 InMnAs、GaMnAs では相分離を抑制するために InAs、GaAs の通常の成長温度に比べてかなり低温で成長されており、光学的品質は劣化しておりフォトルミネセンス (PL) 発光が観測されていない。これに対して、遷移金属または希土類元素添加 GaN は、相分離なしで GaN の通常の成長温度で成長を行うことができるため、この材料は PL 発光あるいは電子線励起発光することを我々のグループで見出している。本年度は (1) DyN/GaN 超格子構造からの発光メカニズムの解明のため時間分解 PL 発光評価解析を行った。また、GaCrN/AlN 量子ドットの形成、GaCrN/AlN/GaCrN 三層構造トンネル磁気抵抗デバイス作製のために、(2) 平坦な表面 AlN 層の成長の評価として、XRD, AFM 評価を行った。さらに、準安定相である立方晶 GaCrN 層の成長を実現のために、(3) GaAs 基板上に MBE 成長した GaCrN に対して EXAFS 測定により原子配置の評価解析を行った。

1-1. DyN/GaN 超格子構造の評価

DyN/GaN 超格子の試料を RF-MBE (radio frequency molecular beam epitaxy) 法により作製した DyN/GaN 超格子試料に対して、SQUID、磁気抵抗、フォトルミネセンス及び時間分解フォトルミネセンスの各測定により評価を行った。試料構造は 6H-SiC (0001) 基板上に約 20 nm の AlN バッファ、約 600 nm の GaN、50 周期の DyN (< 10 nm)/GaN (20 nm) 超格子が順次積層されたものである。

磁化-温度曲線から、DyN/GaN 超格子に二つの強磁性相が存在していることがわかった。一つは約 50 K の強磁性転移温度を持つ DyN によるものである。この成分は約 1800 Oe という非常に大きな保持力を持っており、しかも、低磁場では step-like な構造が見え、超格子内に違う保持力のものが存在している。

サンプル面に垂直に一定電流 4 図流し、各温度における電圧を測った。その時、磁場はサンプルの面に平行に印加した。温度が増えるにしたがって超格子間の電圧は減少した。0.4 T の磁場を印加させた場合は磁場をかけない場合より低い電圧が現れた。つまり、磁場を面に平行に印加することにより、抵抗が減少した。磁気抵抗効果がこの構造において確認できた。これは、磁場をかけると、磁性成分を持っている層のスピンの向きが平行になって抵抗が小さくなるため起こる現象と考えている。温度に対して磁気抵抗比は 10 K で 2.7%、40 K で 1%、100 K で 0% である。これは DyN の磁性に直接かかわるものであることがわかった。

興味深いことは、この DyN/GaN 超格子では、もう一つの室温以上でも強磁性を示す相が存在している。それは、超格子構造中に DyN と GaN 界面では室温強磁性を持つ GaDyN が形成されていることを示唆している。それを検証するためには、フォトルミネッセンス測定及び時間分解フォトルミネッセンス測定を行った。図 1 に示しているのは、時間分解フォトルミネッセンスのイメージ図を示す。丸い点は発光寿命である。580 nm 付近の発光は Dy³⁺ イオンの内殻遷移による発光であることが判明した。図でわかるように、内殻遷移の発光寿命は通常の半導体のバンド間遷移による発光寿命 (fs オーダー) より遥かに長いという特徴を持ち、これも GaDyN が超格子構造の DyN と GaN 界面に存在しているであるという証拠となる。

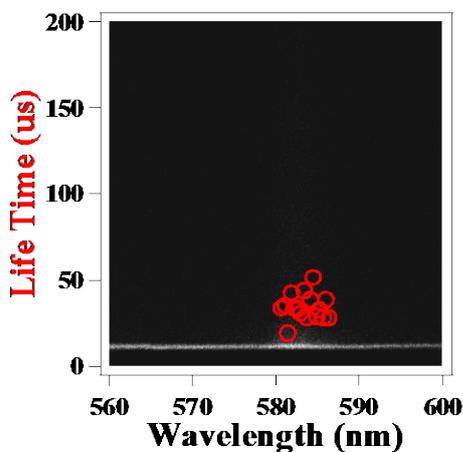


図 1 DyN/GaN 超格子構造中の Dy イオンの内殻遷移による発光寿命

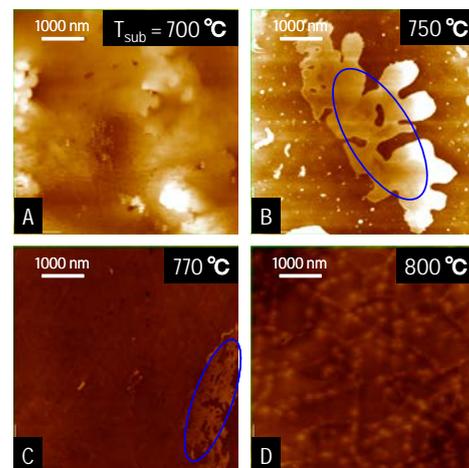


図 2 成長温度を変えて成長した AlN 表面の AFM 像。

1-2. AlN の平坦性のナノ評価

GaCrN/AlN 量子ドットを SK 成長モードにより自己形成するには、平坦な表面を持つ AlN 層の形成が必須である。また、GaCrN/AlN/GaCrN 三層構造トンネル磁気抵抗デバイス作製のためには、平坦なヘテロ界面の形成が不可欠である。このために、RF-MBE 法により成長パラメータを変えて成長された AlN 表面の AFM 観察を行い、最適な成長条件を把握した。図 2 に示すように、成長温度が低い時には表面の平坦性が悪く、島状の構造も見られた。島状の構造は同時に行われた x 線回折測定により Al の偏析と

分かった。成長温度を上げるに従って、平坦性は改善され、同時に島状構造の減少が観測された。800°CではRMSの大きさが0.75 nmと小さくなり、x線回折測定と共に島状構造も消失することが確認された。このAlNの成長条件の下、GaCrN/AlN量子ドットの形成、GaCrN/AlN/GaCrN三層構造でのトンネル磁気抵抗効果の観測が実現された。

1-3. 立方晶 GaCrN の EXAFS によるナノ原子配置評価解析

GaNの安定相は六方晶であるが、Crを添加すると準安定相の立方晶が混在してくることが見出された。そこで、積極的に立方晶のGaCrNを形成することが試みられた。成長基板としては、立方晶の(100)GaAsである。GaAsバッファ層を成長した後に、ECR-MBE法によりGaCrN層が成長された。X線回折測定では立方晶が成長されていることが確認された。このサンプルに対して、Cr原子がどの原子配置にあるかを明らかにする目的で、EXAFS測定・解析を行った。測定データのフーリエ変換によりCr原子まわりの原子配置を示す動径分布関数が図3である。モデル計算との比較から、第1近接原子はN(窒素)、第2近接原子はGaであり、添加したCrはGaサイトを置換していることが明らかとなった。この立方晶GaCrNからは、室温強磁性が観測された。

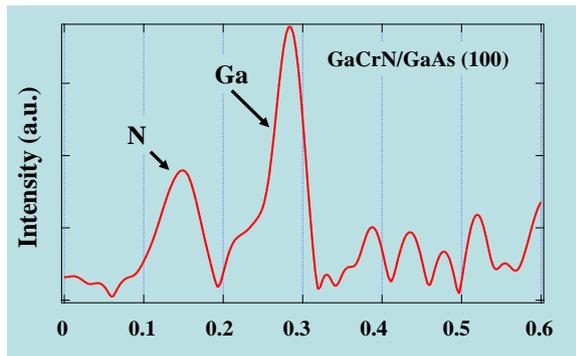


図3 XSAFS評価：GaCrNにおけるN, Ga原子のCr原子からの動径分布関数。

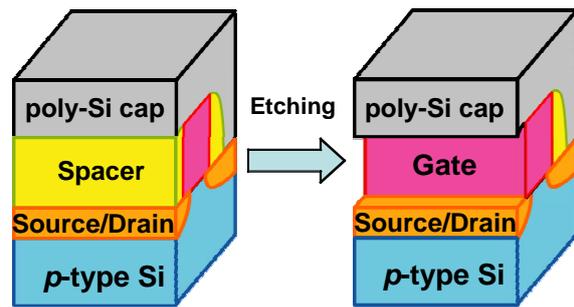


図4 100 nm MOSFETの断面図

2. 100 nm MOSFETのナノ評価

現在の高度情報化社会を支えている重要なデバイスの一つであるシリコン集積化回路の集積度の増大に伴い、各トランジスタサイズは益々小さくなりMOSFETのゲート長は既に100 nmを切っている。このような状況では、デバイス構造、不純物分布、ポテンシャル分布が設計通りになっているかどうかを計測する適当な方法が確立されていないのが現状である。そこで、原子スケールの観測が可能な走査トンネル顕微鏡法をベースとして、微細化したデバイスのナノスケール評価・解析手法の開発を狙いとした研究を行っている。今年度は、図4に示すような100 nmゲート長のシリコンMOSFETの断面に対して、STM/STS測定を行い、本手法により、ポリシリコンゲート電極側面の平坦性評価ならびにソース、チャネル、ドレイン部分での断面ポテンシ

ル分布にはその奥行きでの添加不純物分布の様子の評価に有効であることを明らかにした。

論文

- 1) T. Yamashita, S. Hasegawa, S. Nishida, M. Ishimaru, Y. Hirotsu and H. Asahi, "Electron field emission from GaN nanorod films grown on Si substrates with native silicon oxides", *Appl. Phys. Lett.* 86 (2005) 082109-1~3.
- 2) M.S. Kim, Y.K. Zhou, S. Kimura, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, "Magnetic, optical and transport properties of GaCrN-based ferromagnet/nonmagnet/ferromagnet trilayer structures", *J. Cryst. Growth* 273 (2005) 675-679.
- 3) H. Asahi, Y.K. Zhou, M.S. Kim, S. Emura, S. Shanthi, S. Kimura and S. Hasegawa, "GaN-based diluted magnetic semiconductors for spintronics", *Inst. Phys. Conf. Ser.* 182 (2) (2005) 169-174.
- 4) X.J. Li, Y.K. Zhou, M. Kim, S. Kimura, N. Teraguchi, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, "Magnetic and transport properties of ferromagnetic semiconductor GaDyN thin film", *Chinese Phys. Lett.* 22 (2) (2005) 463-465.
- 5) S. Shanthi, M. Hashimoto, Y.K. Zhou, S. Kimura, S. Emura, S. Hasegawa, N. Hasuike and H. Harima and H. Asahi, "Strongly localized exciton luminescence in Cr doped GaN", *Appl. Phys. Lett.* 86 (2005) 092102-1 - 092102-3.
- 6) T. Mukai, T. Matsumoto, A. Fujiwara, S. Hasegawa and H. Asahi, "EL emission from TlInGaAs/GaAs quantum well LEDs and LDs", *Proceedings of 17th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials* (2005, Glasgow) pp. TP19-1~4.
- 7) T. Shimada, J. Mori, S. Hasegawa and H. Asahi, "Improved light output characteristics of GaAs/InAs short-period superlattice quantum dot light emitting diodes by the insertion of InAlAs current blocking layer and laser operation", *Proceedings of 17th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials* (2005, Glasgow) pp. TP40-1~4.
- 8) T. Shimada, S. Hasegawa and H. Asahi, "Current injection laser operation of GaAs/InAs short-period superlattice/InP(411) quantum dot laser diodes with InAlAs current blocking layer", *Jpn. J. Appl. Phys.* 44(21) (2005) L655-L657.
- 9) S. Hasegawa, S. Nishida, T. Yamashita and H. Asahi, "Polycrystalline GaN for light emitter and field electron emitter applications", *Thin Solid Films* 487 (2005) 260-267.
- 10) S. Shanthi, M. Hashimoto, Y.K. Zhou, S. Kimura, M. S. Kim, S. Emura, N. Hasuike and H. Harima, S. Hasegawa, M. Ishimaru, Y. Hirotsu and H. Asahi, "Polymorphism in the ferromagnetic GaCrN diluted magnetic semiconductor - Luminescence and structural investigations", *J. Appl. Phys.* 98 (2005) 013526-1 ~ 013526-8
- 11) A. Fujiwara, T. Mukai, T. Matsumoto, S. Hasegawa and H. Asahi, "Current injection laser oscillation in TlInGaAs/GaAs double quantum well diodes with InGaP cladding layers", *Jpn. J. Appl. Phys.* 44 (32) (2005) L1002-L1004.
- 12) S. Hasegawa, S. Nishida, T. Yamashita, and H. Asahi, "Field electron emission from polycrystalline GaN nanorods", *Journal of Ceramic Processing Research* 6 (3) (2005) 245-249.

- 13) M. Kasai, J. Yanagisawa, H. Tanaka, S. Hasegawa, H. Asahi, K. Gamo, and Y. Akasaka, "Formation of local ferromagnetic area on GaAs by focused Mn ion beam implantation", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 242 (2006) 240-243.
- 14) S.W. Choi, S. Emura, S. Kimura, M.S. Kim, Y.K. Zhou, N. Teraguchi, A. Suzuki, A. Yanase, and H. Asahi, "Emission spectra from AlN and GaN doped with rare earth elements" J. Alloys and Compounds 408-412 (2006) 717-720.
- 15) S. Kimura, S. Shanthi, Y.K. Zhou, M.S. Kim, S. Kobayashi, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, "Ferromagnetic cubic GaCrN epitaxial growth over MgO substrate - effect of growth condition", Jpn. J. Appl. Phys. 45 (1A) (2006) 76-78.
- 16) S. Hasegawa, W. Doi, A. Yabuuchi and H. Asahi, "Evaluation of Device Configurations through Cross-Sectional Planes along Gates of 0.1um Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors by Scanning Tunneling Microscopy/Scanning Tunneling Spectroscopy" Jpn. J. Appl. Phys. 45 (3B) (in press).
- 17) S. Shanthi, S. Kimura, M.S. Kim, S. Kobayashi, Y.K. Zhou, H. Hasegawa and H. Asahi "Nature of deep level defects in GaCrN diluted magnetic semiconductor" Jpn. J. Appl. Phys. 45 (4B) (in press).

国際会議発表

- 1) S. Shanthi, S. Kimura, M. S. Kim, Y.K. Zhou, S. Emura, N. Hasuike and H. Harima, S. Hasegawa, M. Ishimaru, Y. Hirotsu and H. Asahi, "Photoluminescence Investigations on the Polymorphism Observed in GaCrN", Third International Symposium on 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience", Shiga, Japan, March 9-10, 2005, #P060.
- 2) M.S. Kim, Y.K. Zhou, S.W. Choi, S. Kimura, S. Kobayashi, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, "Growth and characterization of GaCrN-based heterostructures with an AlGaIn barrier", Third International Symposium on 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience", Shiga, Japan, March 9-10, 2005, #P080.
- 3) S. W. Choi, Y. K. Zhou, M. S. Kim, S. Kimura, S. Shanthi, S. Emura, S. Hasegawa, and H. Asahi, "Physical properties of AlN and GaN doped with rare-earth element (Gd)", Third International Symposium on 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience", Shiga, Japan, March 9-10, 2005, #P092.
- 4) Y. K. Zhou, M. S. Kim, S. W. Choi, S. Kimura, S. Kobayashi, S. Shanthi, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, "Optical and magnetic properties of DyN/GaN superlattice and Dy-doped GaN", Third International Symposium on 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience", Shiga, Japan, March 9-10, 2005, #P095.
- 5) T. Mukai, T. Matsumoto, A. Fujiwara, S. Hasegawa and H. Asahi, "EL emission from TlInGaAs/GaAs quantum well LEDs", 17th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, May 8-12, 2005, Glasgow, UK, #TP-19.
- 6) T. Shimada, J. Mori, S. Hasegawa and H. Asahi, "Improved light output characteristics of GaAs/InAs short-period superlattice quantum dot light emitting diodes by the insertion of InAlAs current blocking layer", 17th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, May 8-12, 2005, Glasgow, UK, #TP-40.

- ★7) H. Asahi, “Growth and Characterization of transition-metal-doped and rare-earth-doped III-Nitride based magnetic semiconductors”, Wide Band Gap Ferromagnetic Semiconductor Workshop, Edinburgh, UK, May 15-19, 2005.
- 8) S. Hasegawa, W. Doi, A. Yabuuchi and H. Asahi, “Evaluation of Device Configurations through Cross-sectional Planes along Gates of 0.1 μm MOSFETs by STM/STS”, 13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques, July 3-8, 2005, Sapporo, Japan, #Wed-Pos-40.
- 9) S. W. Choi, Y. K. Zhou, M. S. Kim, S. Kimura, S. Shanthi, S. Emura, S. Hasegawa, and H. Asahi, “Magnetic and optical properties of rare-earth-doped diluted magnetic semiconductors GaGdN and AlGdN”, The third international school and conference on spintronics and quantum information technology (Spintech III), August 1-5, 2005, Awaji, Japan, #P-24.
- 10) Y. K. Zhou, S. W. Choi, M. S. Kim, S. Kimura, S. Kobayashi, S. Shanthi, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, “Optical and magnetic properties of DyN/GaN superlattice and Dy-doped GaN”, The third international school and conference on spintronics and quantum information technology (Spintech III), August 1-5, 2005, Awaji, Japan, #P-25.
- 11) S. W. Choi, Y. K. Zhou, S. Emura, N. Teraguchi, A. Suzuki and H. Asahi, “Magnetic, optical and electrical properties of GaN and AlN doped with rare-earth element Gd”, 6th International Conference on Nitride Semiconductors, Bremen, Germany, August 28 - September 2, 2005, #Th-P-055.
- 12) J. I. Hwang, Y. Ishida, M. Kobayashi, Y. Osafune, T. Mizokawa, A. Fujimori, Y. Takeda, K. Terai, S. Fujimori, Y. Saito, Y. Muramatsu, A. Tanaka, T. Kondo, H. MuneKata, M. Hashimoto, H. Tanaka, S. Hasegawa and H. Asahi, “Photoemission and x-ray absorption studies of the electronic structure of GaN-based diluted magnetic semiconductors”, 6th International Conference on Nitride Semiconductors, Bremen, Germany, August 28-September 2, 2005, #We-MP-6.
- 13) S. Shanthi, S. Kimura, M. S. Kim, S. Kobayashi, Y. K. Zhou, H. Hasegawa and H. Asahi, “Studies on the nature of deep level defects in GaCrN diluted magnetic semiconductor”, International Conference on Solid State Devices and Materials, Kobe, Japan, September 13-15, 2005, #F-1-5.
- 14) M. S. Kim, Y. K. Zhou, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, “Growth and Characterization of GaCrN/AlGaV/GaCrN Trilayer Structures”, International Conference on Solid State Devices and Materials, Kobe, Japan, September 13-15, 2005, #F-1-6.
- ★15) H. Asahi, A. Fujiwara, K. Mukai, T. Matsumoto and S. Hasegawa, “TlInGaAs lasers for temperature-stable wavelength operation”, Asia Pacific Optical Communication Conference 2005 (APOC 2005), Shanghai, China, #6020-14.
- 16) K. Uchida, S. Hasegawa, T. Yamashita, D. Krishnamurthy, M. Terayama, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, and H. Asahi, “Influence of native silicon oxides on the forms of GaN nanorods grown on Silicon substrates”, 4th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Omiya Sonic City, Saitama, Japan, November 14-17, 2005, #P2-32.
- 17) A. Yabuuchi, S. Hasegawa, Y. Doi and H. Asahi, “Scanning tunneling microscopy/Spectroscopy study on device structures of 0.1 μm MOSFETs through their longitudinal cross-sections”, 4th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Omiya Sonic City, Saitama, Japan, November 14-17, 2005, #P2-93.

★18) S. Emura, Y.K. Zhou, S. Hasegawa and H. Asahi, “Diluted magnetic semiconductors based on GaN in spintronics”, CUP-2005, Seoul, Korea, October 14-15, 2005.

19) S. Kimura, S. Shanthi, Y.K. Zhou, M.S. Kim, S. Kobayashi, S. Emura, M. Ishimaru, Y. Hirotsu, S. Hasegawa and H. Asahi, “Epitaxial growth of ferromagnetic cubic GaCrN on MgO substrate”, Fourth International Symposium on 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”, Toba, Japan, November 18-19, 2005, #P041.

20) M.S. Kim, Y.K. Zhou, S. Matsuno, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, “Growth and characterization of GaCrN/AlN/GaCrN trilayer structures”, Fourth International Symposium on 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”, Toba, Japan, November 18-19, 2005, #P042.

21) S.W. Choi, Y.K. Zhou, M.S. Kim, S. Kimura, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, “Crystal growth and magnetic properties of Gd-doped GaN multilayer”, Fourth International Symposium on 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”, Toba, Japan, November 18-19, 2005, #P043.

22) S. Shanthi, S. Kimura, S. Kobayashi, S. Emura, S. Hasegawa and H. Asahi, “Investigations on the blue luminescence in GaCrN”, Fourth International Symposium on 21st Century COE “Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience”, Toba, Japan, November 18-19, 2005, #P044.

国内学会発表

1. 崔誠右、周逸凱、金武成、木村重哉、小林寛、S. Shanthi、寺口信明、鈴木彰、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“希土類元素 Gd ドープ GaN の諸特性”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 29a-YD-2.

2. 木村重哉、周逸凱、金武成、崔誠右、小林寛、S. Shanthi、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“MgO 基板上における立方晶 GaCrN の結晶成長とその評価”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 29a-YD-4.

3. 金武成、周逸凱、木村重哉、小林寛、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“GaCrN/AlGaV/GaCrN 三層構造の結晶成長とその評価”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 29a-YD-6.

4. S. Shanthi, M. Hashimoto, S. Kimura, Y.K. Zhou, S. Emura, M.S. Kim, S. Hasegawa, M. Ishimaru, Y. Hirotsu and H. Asahi, “Observation of polymorphism in GaCrN diluted magnetic semiconductor”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 29a-YD-3.

5. 藤原享志、向井俊和、松本武、長谷川繁彦、朝日一、“TlInGaAs/TlInP/InP の光学特性”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 1a-ZM-9.

6. 松野俊輔、宗像宏典、長谷川繁彦、朝日一、“Cr ドープ GaN/AlN 量子ドット生成へのアニーリングの効果”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 30a-V-7.

7. 内田夏苗、山下剛司、長谷川繁彦、朝日一、“SiO₂ / Si 基板上に形成した GaN ナノロッド (3) 自然酸化膜が成長形態に及ぼす影響”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 30a-L-31.

8. 藪内敦、土井航、長谷川繁彦、朝日一、“ゲート方向に平行に切り出した 100nm MOSFET 断面の走査トンネル顕微鏡による評価”、第 52 回応用物理学会関係連合講演会予稿集 (2005. 3. 29-4. 1) 30p-ZC-1.

9. 黄鐘日、石田行章、小林正起、長船義敬、藤森享、竹田幸治、寺井恒太、藤森伸一、関根哲夫、村松康司、橋本政彦、田中浩之、長谷川繁彦、朝日一、“希薄磁性半導体 GaCrN の光電子分光”、日本物理学会第60回年次大会予稿集 (2005. 3. 24-27) 24a-PS-7.
- ★10. 朝日一、藤原享志、松本武、長谷川繁彦、“TlInGaAsN系半導体と温度安定発振波長半導体レーザ”、シンポジウム「多元系光機能材料の新展開-太陽電池と発光材料」、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 7p-K-7.
11. 麩内敦、船越政行、山内祥晃、長谷川繁彦、朝日一、“100nm MOSFET のゲート側面形状の走査型トンネル顕微鏡による評価”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 7p-P3-8.
12. 内田夏苗、寺山正敏、D. KRISHNAMURTHY、長谷川繁彦、朝日一、“GaN ナノロッド上への AlN 超薄膜形成とそのフィールドエミッション特性”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 7p-N-15.
13. 藤原享志、松本武、長谷川繁彦、朝日一、“TlInGaAs/TlInP/InP の光学特性 (2)”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 10p-ZA-3.
14. 松本武、向井俊和、藤原享志、長谷川繁彦、朝日一、“TlInGaAs/GaAs DQWs LD 構造の成長”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 10p-ZA-4.
15. 松野俊輔、山内祥晃、船越政行、長谷川繁彦、朝日一、“AlN 上 Cr ドープ GaN 量子ドット生成へのアニーリングの効果(2)”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 10p-W-9.
16. 小林覚、周逸凱、金武成、崔誠右、木村重哉、S. Shanthi、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“GaAs(001) 基板上における立方晶 GaCrN の結晶成長とその評価”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 11a-ZQ-7.
17. 木村重哉、周逸凱、金武成、崔誠右、小林覚、S. Shanthi、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“MgO 基板上立方晶 GaCrN の MBE 成長とその評価②”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 11a-ZQ-8.
18. 周逸凱、金武成、崔誠右、木村重哉、小林覚、S. SHANTHI、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“希土類元素 Dy を添加した GaN の諸特性”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 11a-ZQ-9.
19. 崔誠右、周逸凱、金武成、木村重哉、小林覚、S. Shanthi、江村修一、長谷川繁彦、朝日一、“Gd ドープ GaN 多層構造の結晶成長とその磁気特性”、第66回応用物理学会学術講演会予稿集 (2005. 9. 7-11) 11a-ZQ-10.
20. 松野俊輔、山内祥晃、船越政行、長谷川繁彦、朝日一、“AlN 上 Cr ドープ GaN 量子ドット生成へのアニーリングの効果”、日本表面科学会関西支部講演大会予稿集 (2005. 10. 28) P24.

学会活動

朝日一

1. 応用物理学会評議員
2. 日本表面科学会関西支部支部長
3. Japanese Journal of Applied Physics 編集委員
4. Journal of Crystal Growth (Elsevier Science BV), Associate Editor

5. e-Journal of Surface Science and Nanotechnology, Member of Advisory Board
6. J. of Materials Science: Materials in Electronics (Chapman and Hall)
Member of the Editorial Board
7. Current Applied Physics (Elsevier Science BV), Member of the Editorial Board
8. 電子材料シンポジウム運営委員会副委員長
9. 14th International Conference on Molecular Beam Epitaxy, Organizing Committee Vice-Chair, Program Chair
10. 17th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, International Steering Committee Member, Program Committee Member
11. The third international school and conference on spintronics and quantum information technology, Organizing Committee member
12. 13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques, Publication Committee member
13. 2005 International Conference on Solid State Devices and Materials, Program Committee member
14. 15th International Conference on Ternary and Multinary Compounds, Program Committee Area Chair
15. Fourth International Symposium on 21st Century COE "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience", Organizing Committee Member
16. 2006 International Conference on Solid State Devices and Materials, Program Committee member

科研費、助成金等

1. 周逸凱、朝日一：科研費・特定領域「GaN ベースの透明磁性半導体の創製に関する研究」
2. 長谷川繁彦、朝日一：科研費・基盤 (B) 「スピン偏極走査型トンネル顕微鏡による希薄磁性半導体のナノ磁性評価」

■ ナノシステム設計分野(国内客員)

各種ナノマテリアルを集積したシステムデバイス(超五感センサ・脳型メモリ、量子計算用素子)を設計する。

平成17年4月 1日 ～ 6月30日	客員教授 Guest Prof.	西谷 龍介 R. NISHITANI	琉球大学 工学部 電気電子工学科
	客員助教授 Guest Assoc. Prof.	永石 隆二 R. NAGAISHI	日本原子力研究所
平成17年7月 1日 ～ 9月30日	客員教授 Guest Prof.	末次 憲一郎 K. SUETSUGU	松下電器産業
	客員助教授 Guest Assoc. Prof.	上羽 牧夫 M. UEHA	名古屋大学大学院 理学研究科
平成17年10月 1日 ～ 12月31日	客員教授 Guest Prof.	手老 省三 S. TERO	東北大学 多元物質科学研究所
	客員助教授 Guest Assoc. Prof.	羽島 良一 R. HASHIMA	日本原子力研究所
平成18年 1月 1日 ～ 3月31日	客員教授 Guest Prof.	釘宮 公一 K. KUGIMIYA	
	客員助教授 Guest Assoc. Prof.	黒岩 芳弘 Y. KUROIWA	岡山大学 理学部 物理学科

■ 超高速ナノ構造分野(外国人客員)

極短時間パルス電子ビームを用いた反応素過程の研究とナノ構造解析への応用を行う。

平成 17年 7月 1日 ～平成18年3月31日	客員助教授 Guest Assoc. Prof.	EI-MARGHRABY	エジプト・アシウト大学
-----------------------------	-----------------------------	--------------	-------------

■ ナノテクノロジー・トランスファー分野(外国人客員)

ナノテクノロジーに関する開発研究成果を産業界に技術移転し、新産業を創製する。

平成17年4月 1日 ～ 6月30日	客員助教授 Guest Assoc. Prof.	EI-MARGHRABY	エジプト・アシウト大学
平成17年7月 1日 ～ 8月29日	客員教授 Guest Prof.	Chien-Tien CHEN	台湾・国立台湾精華大学
平成17年8月30日 ～ 9月30日	客員教授 Guest Prof.	Michael M. HALEY	アメリカ・オレゴン大学
平成17年10月 3日 ～ 12月 6日	客員教授 Guest Prof.	MOLIN, Yury Nikolaevich	ロシア・Novosibirsk State University
平成17年12月15日 ～平成18年2月15日	客員教授 Guest Prof.	Ung Chan YOON	韓国・釜山大学

平成17年4月1日～平成17年6月30日

客員教授 西谷 龍介

所属：琉球大学工学部電気電子工学科

略歴：

昭和50年3月 大阪大学工学部電子工学科 卒業

昭和52年3月 大阪大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程 修了

昭和55年3月 大阪大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程 修了

昭和58年10月 東北大学金属材料研究所 助手

平成4年4月 九州工業大学情報工学部 助教授

平成14年12月 琉球大学工学部電気電子工学科 教授 現在に至る

学位：昭和55年3月 博士（工学）（大阪大学）

専門分野：薄膜・表面物理、ナノスケール分光法

ナノテクセンターでの研究内容：

有機薄膜の走査トンネル顕微鏡(STM)誘起発光分光法による研究

論文：

“Scanning Tunneling Microscope (STM)-Excited Molecular Fluorescence from Porphyrin Thin Films”

Hongwen LIU, Ryusuke NISHITANI¹, Yutaka IE, Tatsuo YOSHINOBU, Yoshio ASO and Hiroshi IWASAKI

Jpn. J. Appl. Phys., 44 (2005) pp.L566-L569.

“Plasmon-Enhanced Molecular Fluorescence from an Organic Film in a Tunnel Junction”

Hongwen LIU, Yutaka IE, Tatsuo YOSHINOBU, Yoshio ASO and Hiroshi IWASAKI, Ryusuke NISHITANI¹

Appl. Phys. Lett, 88 (2006) in print.

“Molecular Fluorescence from H₂TBP Porphyrin Film on Ag Substrate Excited by Tunneling Electrons”

Hongwen LIU, Ryusuke NISHITANI¹, Yutaka IE, Koichi Sudoh¹, Marek Nowicki³, Tatsuo YOSHINOBU, Yoshio ASO and Hiroshi IWASAKI

Ultramicroscopy, to be published.

平成17年4月1日～平成17年6月30日

産業科学ナノテクノロジーセンターナノシステム設計分野 客員助教授

永石 隆二 (ながいし りゅうじ)

所属

日本原子力研究開発機構

原子力基礎工学研究部門研究副主幹

略歴

平成7年4月～平成11年3月 日本原子力研究所燃料研究部研究員

平成11年4月～平成13年3月 日本原子力研究所環境科学研究部研究員

平成13年4月～平成15年3月 日本原子力研究所先端基礎研究センター研究員

平成15年4月～現在に至る 日本原子力研究所物質科学研究部副主任研究員

研究概要

「ナノ粒子のパルスラジオリシスに関する研究」

ナノ粒子は、量子ビームによって生成した物質中の中間活性種と特異的な反応をする。ナノ粒子存在下のパルスラジオリシスを行うことで、ナノ粒子の反応特異性を明らかにする。

客員教授

氏名：末次 憲一郎

所属：松下電器産業(株)

略歴：

昭和 53 年 3 月京都大学工学部高分子化学科 卒業

昭和 55 年 3 月京都大学大学院工学研究科 博士前期課程 修了

昭和 55 年 3 月松下電器産業(株) 生産技術本部 生産技術研究所

平成 3 年 7 月松下電器産業(株) 生産技術本部 回路実装技術研究所

平成 11 年 8 月松下電器産業(株) 生産技術本部 環境生産技術センター

平成 13 年 4 月松下電器産業(株) 生産技術本部 環境技術研究所

平成 15 年 4 月松下電器産業(株) 生産技術本部 生産コア技術研究所

現在に至る

学位：平成 10 年 6 月 工学博士（京都大学）

専門分野 「エレクトロニクス実装」

鉛フリーはんだの実用化に世界で始めて成功し、新規鉛フリーはんだの開発と応用の第一人者として活躍している。

主な研究課題 「新規鉛フリーはんだ開発のための熱力学理論の構築」

主な研究対象は低温から高温にいたる多種多様の鉛フリーはんだ合金の状態図を系統的に予測できる新しい熱力学理論を提案し、実証実験と共に応用に向けた基礎研究を推進している。

平成17年7月1日～平成17年9月30日

客員助教授 上羽 牧夫

所属：名古屋大学理学研究科

略歴：

昭和48年3月 京都大学理学部(物理学系) 卒業

昭和51年3月 名古屋大学大学院理学研究科修士課程 修了

昭和54年3月 名古屋大学大学院理学研究科博士課程 修了

昭和60年10月 東北大学金属材料研究所 助手

平成4年4月 名古屋大学教養部助教授 助教授

平成5年4月 名古屋大学理学部助教授 助教授

平成8年12月 名古屋大学理学研究科助教授 助教授 現在に至る

学位：昭和55年7月 理学博士（名古屋大学）

賞罰 日本結晶成長学会論文賞 平成7年

専門分野：結晶成長

ナノテクセンターでの研究内容：表面ナノ構造の熱緩和に関する研究

結晶成長基礎講座開講：産業科学研究所

1回目 9月6日、2回目 9月26日、3回目 9月28日

内容

1. 1次相転移のダイナミクス(熱力学の復習)
2. 結晶表面の構造とラフニング転移
3. 核生成
4. 結晶成長機構
5. 拡散場中での形態形成
6. 表面でのメソスコピックパターン形成

客員教授

氏名：手老省三

所属：東北大学多元物質化学研究所

略歴：

昭和 44 年 3 月 横浜国立大学・工学部応用化学科卒
昭和 46 年 3 月 東北大学大学院・理学研究科化学専攻修士課程修了
昭和 49 年 3 月 東北大学大学院・理学研究科化学専攻博士課程修了
昭和 49 年 4 月 日本学術振興会奨励研究員
昭和 50 年 4 月 東北大学非水溶液化学研究所 研究生
昭和 50 年 8 月 ブリッテイッシュコロンビア大学博士研究員
昭和 51 年 11 月 東北大学非水溶液化学研究所助手
昭和 59 年 5 月 岡崎国立共同研究機構分子科学研究所助教授
昭和 61 年 4 月 東北大学非水溶液化学研究所助教授
平成 3 年 4 月 東北大学反応化学研究所助教授（研究所名称変更）
平成 6 年 7 月 東北大学反応化学研究所教授
平成 13 年 4 月 東北大学多元物質科学研究所教授（研究所名称変更）
現在に至る

学位：昭和 49 年 3 月 理学博士（東北大学）

専門分野 「物理化学，磁気共鳴，光化学」

光とスピンをキーワードとした物質科学に関する研究を行っている。

主な研究課題

- ・フリーラジカル収率に対する重原子効果と新しい電子スピン分極機構
- ・電子移動反応における反応環境場効果、ナノメーターWater Pool 内での光反応
- ・カルベンの励起状態の電子構造、三重項-三重項励起に後続する緩和過程、トロポロンの励起状態における分子内プロトントンネル移動、ジフェニルポリインの励起三重項状態の電子構造、キノンの励起三重項状態の電子構造と光化学反応
- ・共役高分子中の新規なスピンソリトン、有機高分子固体内の光導電機構
- ・光触媒からの活性酸素種、活性酸素ラジカルの検出
- ・ DNA 中の電荷移動

平成17年10月1日～平成17年12月31日

産業科学ナノテクノロジーセンター ナノシステム設計分野 客員助教授

羽島 良一 (はじまりょういち)

所属

日本原子力研究開発機構先進光源開発ユニット ERL 光量子源開発研究 G

略歴

平成 元年 4 月 ～ 平成 7 年 3 月 東京大学工学部助手

平成 7 年 4 月 ～ 平成 8 年 2 月 東京大学大学院工学系研究科講師

平成 8 年 3 月 ～ 平成 8 年 12 月 スタンフォード大学客員研究員

平成 9 年 1 月 ～ 平成 11 年 1 月 東京大学大学院工学系研究科講師

平成 11 年 2 月 ～ 平成 11 年 3 月 東京大学大学院工学系研究科助教授

平成 11 年 4 月 ～ 平成 12 年 3 月 日本原子力研究所 F E L グループ研究員

平成 12 年 4 月 ～ 平成 15 年 3 月 日本原子力研究所 F E L グループ副主任研究員

平成 15 年 4 月 ～ 現在に至る 日本原子力研究所 F E L グループ主任研究員

研究概要

「フェムト秒・アト秒ナノ空間反応解析のためのフェムト秒・アト秒電子線パルス発生」

次世代極限ナノファブリケーションを実現するため、微細加工の精度を決める超高速反応機構の解明が必要である。そのためにフェムト秒・アト秒極短電子線パルスの発生方法を開発する。

客員教授

氏名：釘宮 公一

所属：大阪大学 産業科学研究所 ナノシステム設計分野

略歴：

昭和 41 年 3 月 京都大学工学部化学工学科 卒業
昭和 43 年 5 月 テキサス大学化学工学科 M. S. 取得
昭和 46 年 5 月 同 物性分野 P h. D. 取得
昭和 59 年 10 月 東京工業大学 工学博士 取得
昭和 46 年 4 月 松下電器産業株式会社 入社
平成 15 年 10 月 同 退職
平成 14 年 10 月 大阪大学産業科学研究所客員教授 非常勤
平成 16 年 4 月 三重県研究開発促進専門官技術集積活用型産業再生特区／非常勤
平成 16 年 9 月 福井県先端技術事業化アドバイザー
平成 17 年 9 月 近畿大学シニアアドバイザー
平成 18 年 1 月 大阪大学産業科学研究所ナノシステム設計分野客員教授 非常勤

現在に至る

学位： 昭和 46 年 5 月 テキサス大学 物性分野 P h. D.
昭和 59 年 10 月 東京工業大学 工学博士

専門分野 「材料デバイス・プロセス」

物理科学、材料化学的な見地から材料デバイス・プロセスの評価や材料構造物性に関する研究を行っている。

主な研究課題 「電子材料デバイス・プロセスに関する物理科学的研究」

主な研究対象は電子デバイスに関する材料・プロセスであり、ナノ結晶構造解析や電子的特性の評価を行い、材料物性と電子的特性の議論を行なっている。

客員教授

氏名：黒岩 芳弘

所属：広島大学大学院理学研究科

略歴：

昭和 60 年 3 月 大阪大学基礎工学部物性物理工学科 卒業
昭和 62 年 3 月 大阪大学大学院基礎工学研究科 博士前期課程 修了
平成 2 年 3 月 筑波大学大学院工学研究科 博士課程 修了
平成 2 年 4 月 千葉大学助手（大学院自然科学研究科）
平成 10 年 4 月 岡山大学助教授（理学部物理学科）
平成 17 年 4 月 岡山大学助教授（改組により大学院自然科学研究科）
平成 17 年 10 月 広島大学教授（大学院理学研究科）
平成 11 年 11 月（財）高輝度光科学研究センター外来研究員（ビームライン部門）
平成 14 年 4 月（財）高輝度光科学研究センター外来研究員（利用研究促進部門 I）
平成 13 年 12 月 東京工業大学非常勤講師（応用セラミックス研究所）
平成 15 年 6 月 筑波大学非常勤講師（大学院工学研究科）
平成 15 年 8 月 東北大学非常勤講師（多元物質科学研究所）
平成 16 年 9 月 筑波大学非常勤講師（大学院工学研究科）
平成 16 年 10 月 東京工業大学客員助教授（応用セラミックス研究所）
平成 18 年 1 月 名古屋大学非常勤講師（大学院工学研究科）
現在に至る

学位：平成 2 年 3 月 工学博士（筑波大学）

専門分野 「放射光構造物性学」

SPring-8 など高エネルギー放射光回折実験の手法を用いて固体の相転移機構の解明や構造物性に関する研究を行っている。

主な研究課題 「誘電体の相転移に関する結晶学的研究」

主な研究対象物質はペロブスカイト型強誘電体であり、電子密度レベルでの結晶構造解析を行い、電子構造論的な立場から物性と相転移を議論している。

外国人客員助教授

氏名：El-Maghraby Mohamed A. El-Maghraby

所属：Physics Department, Faculty of Science,
Assiut University

略歴：

1986年6月 アシウト大学 理学部 物理学科 卒業

1992年6月 アシウト大学大学院 理学研究科
物理学専攻 博士前期課程 修了

1999年3月 山口大学大学院 工学研究科
材料科学工学専攻 博士後期課程 修了

1987年10月～1992年6月 アシウト大学 理学部 物理学科 実験助手

1992年6月～1995年10月

アシウト大学 理学部 物理学科 ティーチングアシスタント

1999年11月～2002年9月 アシウト大学 理学部 物理学科 講師

2002年9月～2002年12月 富山大学大学院 理学研究科 客員研究員

2003年4月～2003年8月 富山大学大学院 理学研究科 客員研究員

2003年8月～現在 アシウト大学 理学部 物理学科 講師

客員教授

氏名：Chien Tien Chen

所属：国立台湾師範大学

略歴：

昭和 61 年 6 月 国立清華大学・化学科 卒業
昭和 63 年 6 月 国立清華大学大学院修士課程 修了
平成 6 年 6 月 Illinois 大学大学院博士課程 修了
平成 6 年 6 月 Scripps Research Institute 博士研究員
平成 7 年 8 月 国立台湾師範大学 助教授
平成 12 年 8 月 国立台湾師範大学 教授 現在に至る

学位：平成 6 年 Ph.D. (Illinois 大学／アメリカ)

専門分野 有機合成化学

新規不斉触媒の開発を基盤とするキラルな医薬品中間体の合成と、バナジウム錯体を触媒として利用する有機合成反応の開発。機能性有機分子の創製。

主な研究課題 「新規触媒的不斉合成法の開発」

Chen 教授は、少量の光学活性な触媒から大量に光学活性体を合成する触媒的不斉合成法の開発に取り組んでいる。また、有機 EL 素子の開発も精力的に進めている。

客員教授

氏名：Michael M Haley

所属：オレゴン大学化学科

略歴：

1987年5月 ライス大学化学科 卒業
1991年5月 ライス大学大学院 博士課程 修了
1989年7月 カリフォルニア大学バークレー校 博士研究員
1993年7月 オレゴン大学化学科 助手
1993年7月 オレゴン大学物質科学研究所 準メンバー
1999年9月 オレゴン大学化学科 助教授
2000年7月 オレゴン大学物質科学研究所 メンバー
2004年9月 オレゴン大学化学科 教授
現在に至る

学位：1991年5月 Ph.D (ライス大学)

専門分野

炭素系有機共役化合物の研究

主な研究課題

カーボンリッチなナノ環状共役系の開発と電子および光学機能に関する研究

客員教授

氏名： Molin, Yury Nikolaevich モーリン ユリー ニコラビッチ

所属： ロシア科学アカデミー

略歴：

昭和 28 年 9 月 モスクワ物理技術研究所 入学
昭和 34 年 2 月 モスクワ物理技術研究所 物理化学 修士課程修了
昭和 39 年 3 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク
昭和 46 年 4 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク 博士課程修了
昭和 37 年 1 月 ノボシビルスク 化学速度燃焼研究所
昭和 43 年 3 月 ノボシビルスク州立大学 助教授
昭和 48 年 6 月 ノボシビルスク州立大学 物理化学 部門長
昭和 49 年 1 月 ノボシビルスク州立大学 物理化学教授
昭和 34 年 3 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク 準研究員
昭和 36 年 6 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク 主任研究員
昭和 44 年 3 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク 実験所主任
昭和 46 年 9 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク 実験所所長
平成 5 年 4 月 ロシア科学アカデミー ノボシビルスク 実験所所長
平成 16 年 3 月 ロシア科学アカデミー 相談役
現在に至る

学位： 工学博士（ロシア科学アカデミー）

専門分野 「 放射線化学 」

光・放射線によって生成したラジカルカチオンと電子ドナー間での電荷移動ダイナミクスを、量子ビートや ESR、光過渡吸収分光などを使って測定して研究を行っている。

主な研究課題 「 有機物中での短寿命中間活性種の電子・立体構造 」

炭化水素やアミン類の混合系に光・放射線を照射し、生成した短寿命中間活性種を、ESR(Electron Spin Resonance)や MFE(Magnetic Field Effect)を持ちて測定し、それらの電子・立体構造を議論をしている。

外国人客員教授

氏名：Ung Chan Yoon (ウン チャン ユーン)

所属：釜山国立大学化学科

略歴：

- 1972年2月 ソウル国立大学薬学科卒
 - 1974年2月 ソウル国立大学薬学科修士課程修了
 - 1981年2月 Fordham 大学化学科博士課程修了
 - 1981年 Maryland 大学化学科博士研究員
 - 1983年 釜山国立大学化学科助手
 - 1987年 釜山国立大学化学科助教授
 - 1992年 釜山国立大学化学科教授
- 現在に至る

学位：1981年2月 PhD. (Fordham 大学)

専門分野 「有機化学、光化学」

主な研究課題

- ・ 有機光化学
- ・ 電子移動光化学
- ・ 物質化学と薬品化学

平成17年度兼任教員

■ ナノマテリアル・デバイス部門

ナノデバイス診断分野

基礎工学研究科 物質創成専攻
未来物質領域講座

教授 伊藤 正
Prof. T ITO

【ナノ構造制御機能性薄膜の磁気ポーラロンに関する研究】

レーザー顕微分光法、近接場分光法や超高速時間分解分光法などの先端的分光法を開発し、これらを駆使した微小物質ダイナミクスに関する研究をされている。我々の研究室において、非平衡結晶成長プロセスを用いてナノ構造制御により創成したワイドギャップ磁性半導体や機能性酸化物薄膜は、室温において光との相互作用により励起子磁気ポーラロン等の得意なスピン状態を示すことが期待されている。

■ ナノ量子ビーム部門

極限ナノ加工分野

工学研究科 原子力工学専攻
原子力材料工学講座

教授 西嶋 茂宏
Prof. S NISHIJIMA

【量子ビームによるナノ材料開発に関する研究】

量子ビームの特異性を利用したナノ材料開発の手法について研究を行う。同時に、パルスラジオリジスや陽電子によるプロセスの解明や物性測定を活用し、材料の高機能化を目指す。

■ ナノテクノロジー産業応用部門

ナノテクノロジープロバテント分野

理学研究科 物理学専攻
量子物理学講座

教授 赤井 久純
Prof. H. AKAI

【計算機ナノマテリアルデザインおよびデバイスデザインのための新規計算手法の開発】

電子間の強いクローン相互作用が強く、極大性が重要な働きをするナノスケールサイズの物性予測やマテリアルデザインを可能にする為には、局所密度近似(LDA)を超える計算機ナノマテリアルデザイン手法開発研究が不可欠である。これらを可能にするために、(1)自己相互作用補正(Self-Interaction Correction)を取り入れた局所密度近似(SIC-LDA)法を開発し、プログラムを公開する。光電子スペクトルを定量的に説明、予測する。また、(2)半導体ナノスピントロニクスデバイスデザインを可能にするために久保公式に基づいて第一原理から輸送現象(スピン依存電気抵抗)を計算する手法を開発し、半導体ナノスピントロニクス材料を用いたデバイスデザインに応用する。

■ ナノ構造機能評価部門

ナノ構造機能理論・シミュレーション分野

理学研究科 物理学専攻
物性物理学講座

教授 竹田 精治
Prof. S. TAKEDA

【ナノ構造多次元評価のための電子状態解析手法の開発】

異なるナノ構造同士が複合化された、ナノ複合体、ナノ積層体の特異な機能物性に興味を持たれて来ている。このような新規物質の機能特性の発現機構を明らかにするには、構成ナノ構造領域の正確な構造情報、界面領域の構造情報に加え、これらの領域での電子状態原子結合状態の情報が不可欠である。本研究では、ナノ領域から、界面領域の電子状態予測、ならびに、ナノ領域からの電子エネルギー損失・内殻電子励起スペクトルの精密解析手法の開発などを行うことを目的とする。

加速器量子ビーム実験室

概要

加速器量子ビーム実験室には、Lバンド電子ライナックと、Sバンド電子ライナック、RF電子銃ライナックの計3台の電子ライナック、およびコバルト60ガンマ線照射装置があり、Lバンド電子ライナックとコバルト60ガンマ線照射装置を共同利用に供している。本実験室は、量子ビーム科学研究部門とナノ量子ビーム研究部門を中心に、加速器・量子ビームを利用する産研の他部門からの兼任教員17名と、技術室所属の技術職員2名、事務補佐員1名より構成され、実験室の管理運営と共同利用を行なっている。

電子ライナック

Lバンドライナック：

Lバンド電子ライナックは電子ビームの長短とサブハーモニックバンチャー使用の有無の組み合わせにより、4つの運転モード（過渡モード、定常モード、単バンチモード、マルチバンチモード）を有し、最大エネルギーが40MeV、最大電荷量が91nC（単バンチモード）、または最大電流30.6A（過渡モード）、最大繰り返し60Hzの性能をもつ。

利用状況：前期は保守作業の18シフトを含む118シフトが配分され、後期は保守作業の16シフトを含む118シフトが配分された。2月28日現在で、保守運転を含む運転日数は185日であり、運転時間実績は2,100時間であった。3月末までの推定の通算運転日数は205日、通算運転時間は約2,300時間となる。

保守状況：もっとも稼働率の高い装置であるため、装置のトラブルは多いが、関係者の努力と迅速な対応により、ほとんどのトラブルは発生したその日のうちに復旧している。今年度のもっとも大きなトラブルは冷却水装置の冷媒ガスのもれとクライストロン・モジュレータのサイラトロン動作の不安定・短寿命であった。冷却水装置では洩れの原因となった制水弁をより実績のあるタイプに更新し、配管の取り回しを一部変更した。モジュレータではサイラトロンをより高い平均電流に耐えられる型式の物に置き換えて、安定な運転を継続できるようにした。

Sバンドライナック：

代表的電子エネルギーが100 MeV、ピーク電流0.2 A、繰り返し30 Hzの電子ライナックである。本年度は約123時間運転を行ったが、直流電源電圧の出力異常、度重なる直流電源内速断ヒューズの破損、導波管の蝋付け部からのリーク、導波管内での放電等のトラブルが発生し、安定な運転ができなかったため、これらの問題解決に多くの時間がとられた。

RFガンライナック：

レーザーフォトカソードRF電子銃ライナック(RF電子銃ライナック)では、RF電子銃から発生したピコ秒電子線パルスを、最大40MeVまで加速し、磁気パルス圧縮法を用いてフェムト秒領域までパルス圧縮することが可能である。これらフェムト秒・ピコ秒電子線パルスは、主として量子ビーム誘起反応現象の解明に関する研究に利用されている。今年度はRFスイッチの設計とテストを約2ヶ月行い、運転は5ヶ月、約407時間であった。おおむね順調に運転を行うことができた。

コバルト60ガンマ線照射装置

コバルト60ガンマ線照射装置は、3種類のコバルト60ガンマ線源を持ち、コバルト棟に設置されている。広さの異なる2種類の照射室で照射実験を行っている。

利用状況：本研究所をはじめ、理学・工学研究科・微生物病研究所ならびに医学部その他の研究者に広く利用された。利用件数は昨年と比べ部局により様々であるが、増加が見られ全学的に利用されている。延べ稼働時間は約1710時間であった。利用時間については一部減少もあるが、短時間照射実験が増加傾向にあり、稼働日数からするとむしろ増加している。

運転・保守：本年度もマニピュレータの点検補修、コバルト運転制御システム系の点検補修作業を行った。運転制御システム系に関する作動状況は比較的良好であった。ペリスコープ（潜望鏡）の配線などが経年ならびに放射線劣化が見られていることから、モーター・配線を更新した。エリアモニターについては年度内にメンテナンスを行う予定であるが、高線量率側の動作の不安定性が数年来見られることからその対策措置を考えているところである。

共同利用

本年度の共同利用件数は全部で43件、この内産研からは24件、学内（産研外）が15件、学外の利用者を含むものが4件であった。また、Lバンドライナックの延べ利用件数は23件、コバルト60照射施設の延べ利用件数は21件であった。研究会は平成17年11月14日に「量子ビームの科学的利用によるナノサイエンス」の題目で、平成18年1月16日に「高輝度・考案低・極端パルス量子ビームの発生とその基盤技術」の題目で産研講堂で開催された。今年度は260名を越える見学者を受け入れた。

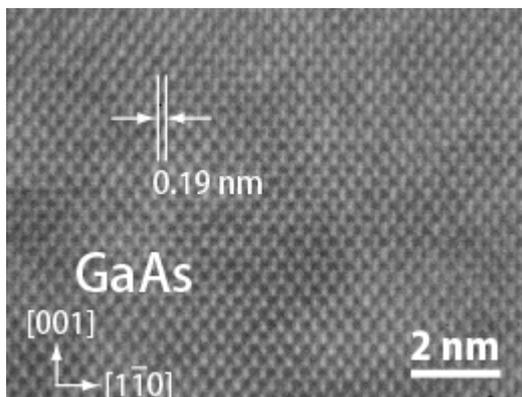
放射線安全管理

加速器量子ビーム実験室に係る放射線業務従事者数は43名であり、このうち7名が新規登録者であった。新規登録者に対する教育訓練は平成17年5月16日に加速器量子ビーム実験室セミナー室で行われた。

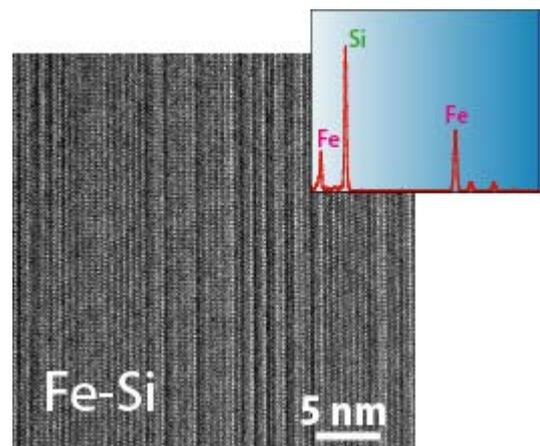
平成17年度 電顕室

電子顕微鏡室は昭和26年に共通利用施設として設置され、以来、所内各研究部門の固体構造・組織に関する研究に大きく貢献してきた。平成16年度より産業科学ナノテクノロジーセンター附属の研究施設となり、センター内はもちろん所内各研究部門のナノテクノロジー研究をナノレベルでの形態観察および構造解析の立場から支援するものである。

電子顕微鏡室ではこれまで100 kV透過電子顕微鏡(HU-11DS)、650 kV超高压電子顕微鏡(HU-650)、100 kV電界放出型電子銃搭載の分析電子顕微鏡(H-600FE)など、それぞれの時代の最先端を行く電子顕微鏡を設置してきた。現在、300 kV電界放射型透過電子顕微鏡(JEM-3000F)、走査電子顕微鏡(S-2250N)などが稼働しており、これらの装置は各種試料の原子レベルでの観察、ナノメートルサイズの極微小部の電子回折による結晶構造解析、ナノメートルサイズの部位の元素分析およびバルク試料の表面組織観察などに有効に利用されている。特に、平成10年より稼働を始めた300 kV透過電子顕微鏡(上写真)の最高分解能は0.17 ナノメートルであり、本装置搭載のエネルギー分散型X線検出器による組成分析はホウ素以上で可能である。



GaAs 単結晶の高分解能観察



Fe-Si 結晶における欠陥構造

電子プロセス実験室

室長（兼任）	教授	朝日 一
（兼任）	助教授	松本卓也
（兼任）	助教授	長谷川繁彦
（兼任）	助教授	須藤孝一
（兼任）	助手	前橋兼三
（兼任）	助手	周 逸凱

電子プロセス実験室は、産業科学研究所の共通施設として平成3年（1991）に設置されたものである。平成16年度4月に、産業科学ナノテクノロジーセンターにナノ構造機能評価研究部門が設置されたのに伴い、産業科学ナノテクノロジーセンター附属の実験室となった。当実験室は、ナノテクノロジーおよび関連基盤研究を推進するために、光・電子材料、量子分子素子材料、有機素子材料などに関連した研究で必要とされる共通のプロセス関係の装置を設置し、いろいろな素子材料のプロセス技術の向上をはかって研究の展開に役立てることを目的としている。

設備としては、小規模クリーンルーム、フォトリソグラフィ装置、電子線描画装置、電極形成用高真空蒸着装置、電子ビーム蒸着装置、スパッタ薄膜形成装置、反応性イオンエッチング装置、劈開機、配線用ワイヤーボンダー装置、2結晶X線回析装置、原子間力顕微鏡、解析用パーソナルコンピュータが設置してある。今年度、新たにFIB装置、高解像度デジタルマイクロスコープを設置した（写真）。当実験室は、ナノテクノロジーセンターおよび関連研究室での各種材料に対する構造解析、表面解析、電極形成の実験研究や、これらをもとに各種材料の電気的性質等の測定、光素子、電子素子、分子素子などの試作等に寄与している。

平成17年度の利用状況は、10研究室で1ヶ月当たり延べ約40件（年間約500件）の利用があった。



FIB 装置



高解像度デジタルマイクロスコープ

ナノ加工室

産研では、ナノテクセンターを中心にしているいろいろなナノテク技術に関する研究開発が進められている。産研に所属する若手研究者や学生達が、これらの研究活動を効率よく推進するためには、従来の加工技術の範囲を超えたナノレベルの微細加工技術を駆使した治具の作製や試験技術の獲得が欠かせない。そこで、これらの産研内のナノ加工に関する要望に応えるため、新たにナノ加工室を発足させた。メンバーは、室長の菅沼と榊原、谷畑の両室員である。ナノ加工室では、産研が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することも活動の主眼にする。

今年度の活動の一環として、COE21の助成を受けナノ加工技術講習会「マイクロデバイス作製・応用実習」を実施した。参加希望者を募集したところ、修士・博士課程の学生、博士研究員、助手、助教授といった様々な立場の方々から申し込みがあり、最終的に12名の参加者となった。各人の研究内容も、ナノデバイスをすでに研究で使われている方から、生化学を専門とされている方まで多岐に渡った。平成18年1月5日から10日まで、実質3日間の日程で講義、デバイス作製、応用実験を行った。写真はその一コマです。本実習では、生体一分子観察に用いられているマイクロデバイスの作製と応用実験を実施したが、募集よりすぐに定員に達し大変好評が得られた。今後、様々なチャンスを設け講習範囲も拡大し、ナノ加工技術を通して産研の研究の展開の一助となるように努める予定である。



プロセスファンドリー

主任者、教授	川合 知二
室長、客員助教授	村杉 政一
客員助教授	河原 敏男
支援研究員	大野 隆裕
支援研究員	松井 良憲
支援研究員	岡本 一将
事務補佐員	圓見 恵子

a) 概要

平成 14 年にスタートした文部科学省ナノテクノロジー総合支援プロジェクト（RR2002）の一環として、産業科学研究所と産業科学ナノテクノロジーセンターとを基盤に設立した当ナノテクノロジープロセスファンドリーは、学内外研究者がナノテクノロジーをキーとした研究・開発また商品化・事業化を早期に達成できるよう、個別の研究機関や研究開発プロジェクトでは整備の難しい大型・特殊な施設・設備とその利用に関する高度な技術などを提供する環境を整えてきた。

プロジェクトスタート後 4 年度目にあたる平成 17 年度は、合計 33 件の研究支援を効率的に遂行してきた。（表-1）

		共同研究				装置利用				技術代行				技術相談				合計
		学	産	公	計	学	産	公	計	学	産	公	計	学	産	公	計	
H17 年度	申込	8	1	3	12	8	1	1	10	0	0	0	0	3	7	1	11	33
	支援	8	1	3	12	8	1	1	10	0	0	0	0	3	7	1	11	33

（表-1；平成 17 年度の支援課題件数）

支援を遂行する上で掲げてきた狙いは、ナノテクノロジー研究に携わる産学官の学内外研究者に対して施設・設備の利用の機会を提供し、またこれらの施設・設備を活用した極微細加工や観測・評価等の高度な技術支援を行ない、総合的なナノテクノロジー追究ができるよう支援をすることである。

産業科学研究所のナノテクノロジー研究で培われてきたナノスケール薄膜形成技術を核として、酸化物・有機物をはじめとする多様な物質のナノスケール薄膜形成とその加工技術が、この支援の中核に位置づけられている。

具体的には、ナノスケール薄膜の形成およびそれらの極微加工までのプロセスを一箇所で支援できるよう（ファンダリ機能）、下記の 3 領域に対して支援すべく取り組んできている。

（1）有機・無機薄膜形成支援

有機物、無機物、融点の高い材料や電極形成のための金属材料等を対象として、各種材料また各用途に最適な汎用性の高いシステムを用意し支援提供する。

（2）有機・無機薄膜をデバイス化するための極微加工支援

酸化物薄膜や有機薄膜の機能を引き出すために必要な、基板上に極細パターン形成を行う装置を充実させ、薄膜材料の基礎物性から応用デバイスの観察や評価まで、広い範囲の要求に対応できるシステムを用意し支援提供する。

（3）有機・無機薄膜評価支援

薄膜作製とその機能評価を容易にするための装置を充実させ、希望する多種多様な実験を行うときに共通して必要となる機器も含め、要請に応えた評価システムを用意し支援提供する。

b) 成果

平成 17 年度を振り返っての主な成果と言えることは、商品化や事業化一歩手前のところまで漕ぎ着けている支援研究が出てきていることが挙げられる。

前年度に比べての特徴としては、民間への支援が残念ながら半減したものの、地方や私立の大学からの支援依頼が増え、プロジェクトの主旨に沿った支援状況に至っている。

学内外に開放したナノテクノロジー研究支援組織として認知も進み、当ナノテクノロジープロセスフ

ァンドリーの支援キャパシティに対して、学内外のナノテクノロジー研究者による利用がここ数年目一杯続いている状況にある。

平成 17 年度での取り組みとその成果について、下記 3 項目にて説明を加える。

(1) 支援環境の充実

平成 15 年度まで産業科学研究所内の 7 ヶ所に分散していた各種支援装置を、新たに竣工したナノテクノロジー総合研究棟の 4 階クリーンルームと 5 階オープンラボスペースの 2 ヶ所に平成 16 年度移設し集中した。

研究プロセスに応じて①ナノ薄膜形成の装置群 (5 階オープンラボ)、②微細加工の装置群 (4 階クラス 1,000 クリーンルーム) を一層効率よく共同利用できるよう、利用開始後 4 年目となった装置の維持補修と点検修理を実施し、利用環境の整備と充実を平成 17 年度では取組んだ。

(2) 支援状況の総括

これまでの 4 年間で延べ 144 件の支援依頼があったが、産業科学ナノテクノロジーセンター内のアドバイザーの諸先生方で構成する“ナノテクノロジープロセスファンドリー支援プログラム実行委員会”で支援可否を採択した結果、延べ 136 件を実質的に支援してきた。

この内、延べ 47 件の技術相談は依頼内容から判断し実際の支援に繋がらなかったものの、ナノテクノロジープロセスファンドリー施設を提供し利用した支援課題は延べ 89 件となり、それらの支援形態としては共同研究が 44 件、装置利用が 43 件、技術代行が 2 件となっている。

また、ナノテクノロジープロセスファンドリーを活用して支援依頼元が意図する成果が得られるという証にもなるが、多数年に亘る支援課題が延べ 22 件を数える。(単年度支援での課題は延べ 67 件となる。)

(3) 今後の役割

研究分野がクロスオーバーしている中で、学内外の研究者の目標達成のために、ナノテクノロジープロセスファンドリーが分担して研究促進する場が今後も増えてくるものと思われる。そこで、研究・開発また商品化・事業化につなげるための、機能性先端ナノテク材料・工法の研究や開発を促進できるだけのファンドリースタッフの支援技術レベル向上が必要とされ、一層の自己研鑽に励まねばならない。

また、産業科学ナノテクノロジーセンター内や産業科学研究所内に平成 17 年度に発足した「ナノ加工室」や「産学官連携室」などとも協力連携し、学内外ナノテクノロジー研究者の支援充実を図るための一翼を担っていきたい。

[原著論文]

集束イオンビーム加工によるサファイヤ基板上のナノステップ制御、竹内敦子、古滝敏郎、小山浩司、砂川和彦、矢口洋一、松井良憲、村杉政一、関修平、田川精一、原和香奈、吉本護 : J. Ceram. Soc. Japan, 113 (2005) 478-483.

Fluoropolymer Outgassing in Focused Ion Beam Micromachining, Y. Matsui, S. Seki and S. Tagawa : J. Photopolym Sci. Technol., 18 (2005) 501-502.

Nanopatterning of polyfluorene derivative using electron-beam lithography, Y. Doi, A. Saeki, Y. Koizumi, S. Seki, K. Okamoto, T. Kozawa and S. Tagawa : J. Vac. Sci. Technol. B, 23 (2005) 2051-2055.

Tunneling Spectroscopy Analysis of Hexachloro-Fluorescein Phosphoramidite Fluorescent Dye Attached to Deoxyribonucleic Acid, T. Kawahara, T. Takahashi, H. Tanaka and T. Kawai : Jpn. J. Appl. Phys., 44 (2005) 5386-5389.

Resist thickness effect on acid concentration generated in poly(4-hydroxystyrene) film upon exposure to 75 keV electron beam, T. Shigaki, K. Okamoto, T. Kozawa, H. Yamamoto and S. Tagawa : Jpn. J. Appl. Phys. Part 2, 44 (2005) L1298-L1300.

Effects of Dielectric Constant on Acid Generation in Chemically Amplified Resists for Post-Optical

Lithography, T. Kozawa, K. Okamoto, A. Saeki and S. Tagawa : Jpn. J. Appl. Phys., 44 (2005) 3908-3912.

Requirements for Laser-Induced Desorption/Ionization on Submicrometer Structures., S. Okuno, R. Arakawa, K. Okamoto, Y. Matsui, S. Seki, T. Kozawa, S. Tagawa and Y. Wada : Anal. Chem., 77 (2005) 5364-5369.

Structural analysis for hydrogenated a-Si films by reverse monte carlo simulation, N. Tabuchi, T. Kawahara, T. Arai, J. Morimoto and H. Matsumura : Jpn. J. Appl. Phys., 44 (2005) 3808-3812.

Reaction Mechanism of Brominated Chemically Amplified Resists, H. Yamamoto, T. Kozawa, A. Nakano, K. Okamoto, S. Tagawa, T. Ando, M. Sato and H. Komano : Jpn. J. Appl. Phys. Part 2, 44 (2005) L842-L844.

Study on acid generation from polymer, H. Yamamoto, T. Kozawa, A. Nakano, K. Okamoto, S. Tagawa, T. Ando, M. Sato and H. Komano : J. Vac. Sci. Technol. B, 23 (2005) 2728-2732.

Potential Cause of Inhomogeneous Acid Distribution in Chemically Amplified Resists for Post Optical Lithography, H. Yamamoto, T. Kozawa, A. Nakano, K. Okamoto, S. Tagawa, T. Ando, M. Sato and H. Komano : Jpn. J. Appl. Phys. Part 1, 44 (2005) 5836-5838.

Synchronization of Femtosecond UV-IR Laser with Electron Beam for Pulse Radiolysis Studies, A. Saeki, T. Kozawa, S. Kashiwagi, K. Okamoto, G. Isoyama, Y. Yoshida and S. Tagawa : Nucl. Instrum. Meth. A, 546 (2005) 627-633.

Dependence of Acid Yield on Acid Generator in Chemically Amplified Resist for Post-Optical Lithography, A. Nakano, K. Okamoto, Y. Yamamoto, T. Kozawa, S. Tagawa, T. Kai and H. Nemoto : Jpn. J. Appl. Phys. Part 2, 44 (2005) 5832-5835.

[国際会議]

Fluoropolymer Outgassing in Focused Ion Beam Micromachining, *Y. Matsui, S. Seki and S. Tagawa. The 22nd conference of photopolymer science and technology/The International symposium 2005 materials & processes for advanced microlithography and nanotechnology, Chiba, Japan, June 21-24, 2005.

Tunneling Spectra for Single Molecules of HEX-Fluorescent Dye Attached to DNA Adsorbed on Cu(111) Surfaces, *T. Kawahara, T. Takahashi, N. Kubo, H. Tanaka, M. Taniguchi and T. Kawai, 13th International Congress on Thin Films, 8th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures, Stockholm, Sweden, June 19-23, 2005.

Tunneling Spectroscopic Study for the Fluorescein Derivatives Attached to Deoxyribonucleic Acid, *T. Kawahara, Y. Nojima, H. Tanaka and T. Kawai, 13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques, Sapporo, Japan, July 3-8, 2005.

Tunneling Spectroscopic Study for the Single Molecule of the Fluorescein Derivatives Attached Deoxyribonucleic Acid, *T. Kawahara, H. Tanaka and T. Kawai, International Workshop on "The Nanoelectronics and Dynamics of DNA", Hawaii, USA, August 28 - September 2, 2005.

Fluoropolymer Outgassing in Micro-and Nano-Fabrication(Poster), *Y. Matsui, S. Seki and S. Tagawa, S. Tsuji and T. Itani, PCIFICHEM 2005, Hawaii, USA, December 15-20, 2005.

[国内学会]

応用物理学会	2 件
物理学会	1 件
放射線化学討論会	3 件

[特許]

「単結晶基板表面に形成されるステップ構造のピン止め方法、及びピン止めされたステップ構造を有する単結晶基板」松井良憲、村杉政一、関修平、田川精一、原和香菜、吉本護、竹内敦子、青田奈津子、小山浩司、古滝敏郎、砂川和彦、矢口洋一、並木章二、 特願 2005-378335

[受託研究]

川合 知二	文部科学省	高度な極微細加工や観測・評価等の総合的な支援	単位：千円 97,000
	(新世紀重点研究創生 プラン; RR2002)	(ナノテクノロジープロセスファクトリー)	

オープンラボラトリー

吉田陽一（オープンラボ管理室長・ナノテクセンター専任教授）

吉田亮（オープンラボ管理室員・特任研究員）

法澤公寛（オープンラボ管理室員・特任研究員）

大橋佳代子（オープンラボ管理室員・事務補佐員）

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/OpenLab/>

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し、平成 16 年 4 月より利用者の受け入れを開始した。

- ・ 本ラボラトリーを利用することができる者は、原則として産業科学ナノテクノロジーセンターの学内兼任教官及び客員教官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とする。
- ・ ナノテクノロジー研究推進を目的とする為、本ラボラトリーを使用することができる。利用期間は、原則として 1 年以上 3 年以内とする。ただし委員会が特に必要があると認めた場合は、2 年間を限度として利用期間の延長を認めることができる。
- ・ 利用面積は、1 申請当たり 200 m²を超えないものとする。
- ・ 利用する負担金は、年間1 m²当たり、20,000 円とする。
- ・ 研究実施に係る光熱水料等とクリーンルームに係る諸費用は使用する部屋に応じて利用者の負担とする。
- ・ 利用の申請があったときは、所長が本ラボラトリー利用専門委員会に諮り、委員会が適当と認めた者について利用を許可する。

以上の募集要項に従って 2004 年度より募集を開始して以来 2 年が経った。初年度の 2004 年度は工学研究科、フロンティア研究機構、医学系研究科、ナノ推進機構、生命機能研究科、産業科学研究所など総計 24 研究室が入居した。2005 年度は更に利用者が増え、

総計 28 グループにのぼり、大阪大学のナノサイエンス・ナノテクノロジー研究の一翼を担う規模の施設へと成長することができた。2006年2月現在、ほぼ100%近い稼働率となっている。平成17年度の利用状況を次の表に示す。

オープンラボラトリー 平成17年度利用者リスト

平成18年2月現在

部屋番号	グループ名	研究課題	研究代表者	所属	利用終了 時期 年/月
101	掛下研究室	ペロブスカイト型マンガン酸化物ならびに強磁性形状記憶合金の超高压下における構造相転移	掛下知行 教授	工学研究科	H19/3
102	山本研究室	磁性を有する超薄膜・ハイブリッド多層膜・高品位人工格子の材料開発とデバイス化	山本雅彦 教授	工学研究科	H19/3
103-1	佐々木研究室	バルク GaN 完全結晶育成技術の開発 ーナノ領域の完全性をマクロへ広げるー	佐々木孝友 教授	工学研究科	H19/3
103-2	森研究室	ナノ構造制御高効率UV発光素子用半導体開発プロジェクト	森勇介 助教授	工学研究科	H19/3
104-1	谷口研究室	ナノテクノロジーをもちいた糖鎖疾患学	谷口直之 教授	医学系 研究科	H21/3
104-2	尾崎研究室	ナノ構造液晶の創成	尾崎雅則 教授	工学研究科	H19/3
105	藤原研究室	ナノ構造制御による半導体／金属／絶縁体複合量子機能材料の創製	藤原康文 教授	工学研究科	H21/3
108-1 113	産研	研究所間プロジェクト／21世紀 COE	川合知二 教授	産業科学 研究所	H19/9
108-2	佐々木・ 藤原研究室	高次量子機能材料の創製とナノ物性評価	佐々木孝友 教授 藤原康文 教授	工学研究科	H23/3
109 111	王研究室	光ファイバ分布計測を用いる安全監視方法の開発	王勇 特任助教授	工学研究科	H18/3

部屋番号	グループ名	研究課題	研究代表者	所属	利用終了 時期 年/月
502-3	ナノテクノロジー プロセス ファウンドリー	ナノテクノロジー研究の総合支援(産 学官連携)	村杉政一 客員助教授	産業科学 研究所	H19/3
503-1	増原研究室	ナノフォトニクスセンターのスタートアッ プ	増原宏教授	工学研究科	H19/3
503-2	朝日研究室	液中レーザーアブレーションによる有 機ナノ粒子作製	朝日剛 助教授	工学研究科	H18/3
505	物質基盤 センター	物質基盤センターのナノサイエンス・ ナノテクノロジーに関するプロジェクト 研究	真嶋哲朗 教授	産業科学 研究所	H19/9
507	田川研究室	リソグラフィ技術の高度化に関する研 究	田川精一 教授	産業科学 研究所	H19/3
513-1 513-2	川合研究室	ナノテクノロジーを活用した人工臓器・ 人工感覚器の開発 プログラム自己組織化による人工生体 情報材料創製 1分子DNA解析システムの開発	川合知二 教授	産業科学 研究所	H19/3
513-3	山崎研究室	生活習慣病早期診断治療システムの 構築	山崎義光 助教授	医学系 研究科	H20/3
601	大竹研究室	ナノテクノロジーを用いた生物反応場 の解析と生産プロセス基盤技術開発 への応用	大竹久夫 教授	工学研究科	H20/3
602	ナノサイエンスナ ノテクノロジー 研究推進機構	全学横断の大学院ナノ教育研究訓練 プログラム	馬越佑吉 教授	ナノサイエンス ナノテクノロジー 研究推進機構	H19/3
603	井上・和田 研究室	外部刺激による機能制御能力を有す るナノ組織体の創成	和田健彦助 教授	工学研究科	H19/9
604 607	桑畑研究室	ナノ電気化学材料の創製と機能	桑畑進 教授	工学研究科	H19/3
605	明石研究室	交互積層法によるナノ構造制御材料 の開発	明石満 教授	工学研究科	H19/3
606	黒田研究室	バイオナノカプセルを用いた癌治療 用医薬品の開発	黒田俊一 助教授	産業科学 研究所	H20/12
609	産研	研究所間プロジェクト/21世紀COE	川合知二 教授	産業科学 研究所	H19/9
610	小林研究室	極限ゲート構造によるシステムディス プレーの超低消費電力化	小林光 教授	産業科学 研究所	H22/10
	田川研究室	リソグラフィ技術の高度化に関する研 究	田川精一 教授	産業科学 研究所	H19/3
611	吉田(博) 研究室	先端計測・分析技術に関する調査研 究	吉田博 教授	産業科学 研究所	H19/3
613 617	福井研究室	ナノメディクスを利用した新規医薬品 の開発	福井希一 教授	工学研究科	H19/3

来訪者リスト

平成17年9月5日	アーヘン工科大学 Rector	ナノテクノロジー関係研究状況の視察
平成17年10月21日	文部科学省 文部科学官房審議官	ナノテクノロジー関係及び21COE関係研究状況の視察
平成17年10月28日	文部科学省 科学技術・学術政策局・安心科学技術企画室長	研究開発評価フォローアップ(特色ある研究施設の見学)
平成17年11月10日	文部科学省 文教施設企画部長	ナノテクノロジー関係施設状況の視察
平成17年12月6日	欧州委員会 研究総局G3部(材料担当部)部長	日本におけるナノテクノロジー材料研究の現状
平成18年2月10日	韓国・釜山国立大学、釜慶国立大学 教授・学生	バイオ関係の施設見学
平成18年3月17日	日本プラスチック工業連盟 理事長	ナノテクノロジー関係施設の見学
平成18年3月23日	文部科学省 文部科学官房審議官	ナノテクノロジー関係研究状況の視察

<高等学校>

平成17年7月26日	私立広島城北高等学校	進学動機明確化のため
平成17年8月4日	兵庫県立龍野高等学校	進学参考のため
平成17年11月9日	群馬県立桐生高等学校	進学意識向上のため
平成17年11月18日	奈良市立一条高等学校	サイエンスセミナー受講のため

事務補佐員

池田 恵 (いけだ めぐみ)

【略歴】

1998年 帯広畜産大学 畜産学部 卒業
 1999年 産業科学研究所 河合研究室 秘書
 2002年12月 同研究所 田畑研究室 秘書

井手 こずえ

【略歴】

1998年 大阪教育大学教養学科芸術専攻 卒業
 2002年 大阪大学文学研究科 卒業
 2004年2月 高次インターマテリアル研究センター
 菅沼研究室 秘書

寺下 美絵 (てらした みえ)

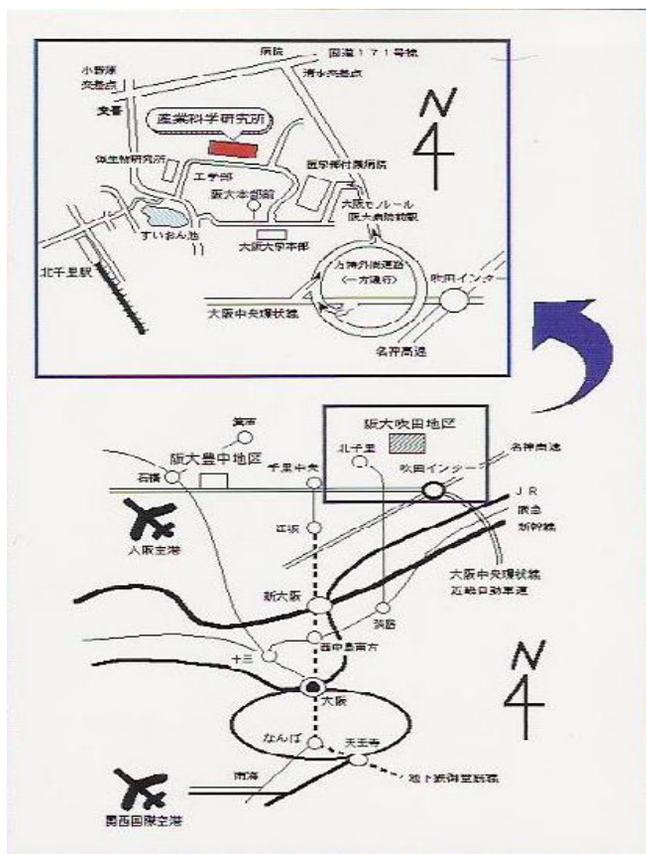
【略歴】

2003年 関西外国語大学外国語学部英米語学科 卒業
 2003年 産業科学研究所 吉田陽一研究室 秘書

林 真代 (はやし まさよ)

【略歴】

1998年 関西外国語大学外国語学部英米語学科 卒業
 2005年 産業科学研究所
 ナノテクノロジーセンター 秘書



編集後記

産業科学ナノテクノロジーセンター研究成果報告書は早くも第4巻目となりました。時のたつ早さをしみじみ感じています。

原稿をご準備くださった皆様、本当にありがとうございました。

吉田(陽)、滝澤、山口、楊、内藤、林

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. 4 2005

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18年3月31日

印刷: セイエイ印刷(株)

■発行日 2005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>