

日本大学学術研究戦略プロジェクト
日本大学 N. 研究プロジェクト

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

平成 21 年度—平成 25 年度

平成 22 年度報告書

研究代表者：大月穰（日本大学理工学部教授）



Nihon University Strategic Projects for Academic Research

Nanotechnology Excellence, Nihon University

— Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies —

2009 — 2013

Progress Report 2010

Principal Investigator: OTSUKI, Joe

Professor of College of Science and Technology, Nihon University

http://www.nihon-u.ac.jp/research/n_research_project/project01/Nproject21.html

目次 Contents

健やか未来へ向けて	1
メンバー	2
研究課題要旨	3
研究体制	3
研究目標	4
2010年度の主な成果	6
成果発信 2010年以降	8
活動記録 2010年以降	8
班の報告	10
研究者の報告	19
Toward a Healthy Future	50
Researchers	52
Overview of the Project	53
Research Groups	53
Objectives of the Project	54
Publications and Achievements in 2010	56
Progress Reports of Groups	57
Progress Reports of Individual Researchers	65
業績 / Publications and Achievements since 2010	93
評価委員からの評価書 / Reviews from the Advisors	109
参考資料 / Supplementary Materials	112

健やか未来へ向けて

平成 21 年度に開始された「日本大学 N.研究プロジェクト」に採択された私達の課題研究「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」を始めてから 2 年が経とうとしています。

健やか未来を実現するために解決しなければいけない大きな 3 つの問題——日本人の死因の 1 / 3 を占める癌，化石資源の枯渇と大気中の二酸化炭素濃度の急速な増加，および大容量の情報の高速かつ安全な処理——の解決に貢献することが，私達のプロジェクトの目的です。一見多岐にわたる問題ですが，技術的な問題を根本的にたどると共通の「ナノ物質」の科学や技術に課題があることが見えてきます。「光」とナノ領域の物質との量子力学的な相互作用の科学とそれに基づく技術の最先端に焦点を当て，日本大学の理工系と医療系の 5 学部の研究者が共同してこの学際的な研究を進めています。初年度は，情報分野で超高速記録に関連した研究がアメリカ物理学会の *Physics* に紹介され，医療分野の遺伝子ネットワークの解析が *Nature* に掲載されるなどの成果がありました。

2 年目の平成 22 年度は，情報分野で量子情報に関連した井上らの研究が，*Nature Photonics* に掲載され，日刊工業新聞に 2 度に渡って取り上げられ，外部資金として総務省の戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）の採択につながりました。情報分野の超高速記録に関する論文が *Nature* への採択が決定しました。また，ナノスケール分子に関連した大月らの研究は科研費新学術領域のニューズレターに紹介されました。そして嬉しいニュースとして，高野が，「希土類イオンによる超伝導体と関連物質の磁性および電気伝導の制御」の仕事で，日本希土類学会賞（塩川賞）を受賞しました。

学部を超えた共同研究が進展を見せ始めたのが今年度の特徴です。例えば，量子理論・計算班の理工学部と文理学部にまたがる研究者が共同で，量子力学と電磁気学にまたがる計算プログラムの開発を始めました。当初の計画にあった理工学部と医学部の共同研究に加えて，理工学部と生物資源科学部の共同研究も本格的にスタートしました。

このプロジェクトでは，最先端研究を通じた若手および次世代研究者の養成にも重点をおいています。博士研究員など 7 名，RA5 名がプロジェクトの経済的支援を受けて研究を推進しています。第 2 回の英語による公開シンポジウムを，「羽ばたけ日本大学 N.の若手研究者」をテーマとして，2010 年 9 月 18 日に船橋で開催しましたが，100 名を超える参加者で盛況でした。また，2010 年にはメンバーの研究グループの学生たちの学会等での発表による 6 件の受賞がありました。

プロジェクトとしての情報発信として，大学通信社「2011 年度版卓越する大学」に紹介され，また，ホームページをリニューアルし，成果やお知らせなどを随時公開しています。学内では，日大新聞の 2010 年 4 月号から 8 月号にわたって連載をしていただき，また，ニュービックニュース 10 月号にも掲載されました。

このような成果の創造と発信をしつつ，プロジェクト研究のあり方もメンバーでディスカッションしてきました。そして，健やか未来の創造のための，私達のプロジェクトとしての統一テーマ「ナノ科学技術による低炭素健康社会をつくる」を決めました。プロジェクトが完了予定の 3 年後，さらにその 5 年先において，私達のプロジェクトが日本大学発のテーマの産官学連携，国際連携の拠点に発展することができるよう，当初の目標達成に加えて，日本大学のめざす方向の指針となるような成果を挙げたいと考えています。

2011 年 2 月 14 日 研究代表者 大月穰

メンバー

研究代表者

大月 穰 理工学部 超分子・自己組織, エネルギー

研究者

浅井 朋彦 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス
 浅田 泰男 理工学部 エネルギー【班長】
 阿部 克己 医学部 医療 2010 年 4 月-
 伊掛 浩輝 理工学部 超分子・自己組織【班長】
 石田 浩 文理学部 量子理論・計算
 伊藤 彰義 理工学部 超分子・自己組織, 情報
 井上 修一郎 理工学部, 量子科学研究所 情報【班長】
 岩田 展幸 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス
 大貫 進一郎 理工学部 量子理論・計算
 加野 浩一郎 生物資源科学部 医療
 桑本 剛 理工学部, 量子科学研究所 情報
 越永 従道 医学部 医療 2009 年 9 月-
 佐甲 徳栄 理工学部 量子理論・計算【班長】
 鈴木 薫 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス【班長】
 高野 良紀 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス
 高橋 悟 医学部 医療
 茶圓 茂 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス
 塚本 新 理工学部 超分子・自己組織, 情報
 中川 活二 理工学部 情報【班長】
 永瀬 浩喜 千葉県がんセンター 医療
 西宮 伸幸 理工学部 エネルギー
 羽柴 秀臣 理工学部, 量子科学研究所 ナノ物質・ナノデバイス, 情報
 橋本 拓也 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス【班長】, エネルギー
 福田 昇 医学部, 総合科学研究科 医療【班長】
 藤川 和男 理工学部, 量子科学研究所 量子理論・計算
 藤原 恭子 医学部 医療 2010 年 9 月-
 松下 祥子 東京工業大学 超分子・自己組織, エネルギー
 松本 宜明 薬学部 医療
 望月 章介 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス
 山崎 恒樹 理工学部 量子理論・計算

アドバイザー

齋藤 烈 日本大学工学部次世代工学技術研究センター (NEWCAT) 全般, 医療
 有賀 克彦 物質・材料研究機構, 超分子グループ, ディレクター ナノ物質
 末宗 幾夫 北海道大学電子科学研究所附属ナノテクノロジー研究センター 情報
 三宅 淳 大阪大学大学院基礎工学研究科機能創成専攻 エネルギー
 Allan Balmain University of California, San Francisco 医療
 木村 政司 日本大学藝術学部デザイン学科 広報
事務
 利根 真美 2009 年 9 月-

研究課題要旨

本研究は、社会から最も深刻な技術的要請がある、情報、エネルギー、医療分野について、国内トップクラスの実績がある我々のナノ物質を用いた光・量子技術を、学部連携に基づいてさらに発展させることにより、

- 重点課題 1－情報：超高速・超高密度記録および量子情報処理技術の極限、
- 重点課題 2－エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術の極限、
- 重点課題 3－医療：医療応用のためのナノバイオ技術の極限

を追求し、新規高度化技術として応用をはかる。

これらの重点課題追求のために必要な共通の科学技術基盤を確立するために、

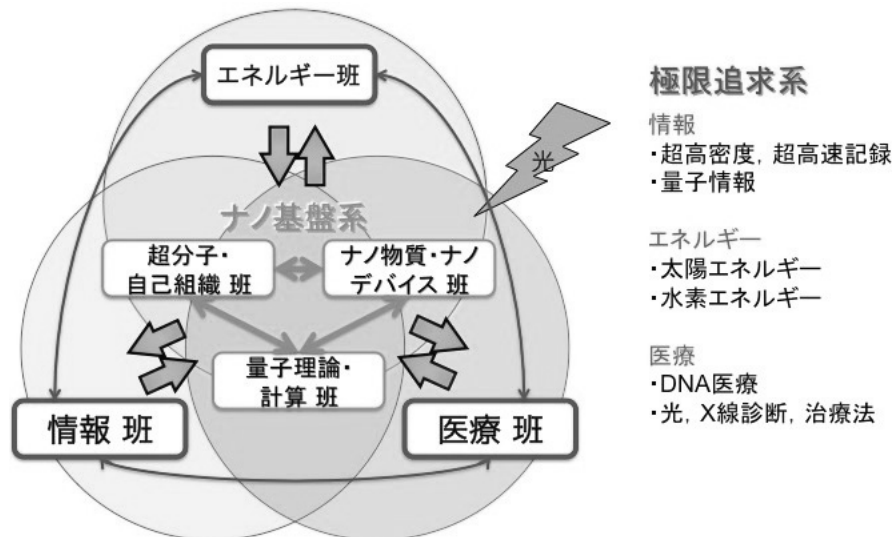
- 基盤課題：ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出

を併せて推進する。すなわち、超分子、自己組織、ナノ物質、ナノデバイス、そして量子理論と計算を融合した学際研究によって、ナノ物質系と光の相互作用を科学的に解明し、情報、エネルギー、医療のためのナノ材料、技術を開発し、さらに革新的な技術シーズを創成する。

これらの成果を、学際領域の新しい科学、新しい技術として社会に提供し、その過程で社会に活力を与える人材を輩出し、高度情報化・持続可能次世代社会へ貢献する。

研究体制

課題ごとに班を編成するが、各班はナノ基盤系課題を共通項として緊密に連携し、一体となって研究を推進する。



研究目標

●重点課題 1—情報：「超高速・超高密度記録および量子情報処理技術の極限」

本グループが発見した円偏光のフェムト秒パルスによって磁化が直接反転するという新しい物理現象「光誘起超高速磁化反転現象」を始めとして、近接場光記録、自己組織化を利用して作製する磁気材料開発を総合的に進め、従来の記録速度、記録密度の限界を打破する**超高速・超高密度記録の極限**を追求する。

従来の限界を超えた大容量通信、スーパーコンピューターを遥かに凌ぐ極限高速計算、原理的に盗聴・解読不可能な極限暗号通信の実現を目指して、**量子情報処理技術の極限**を追求する。具体的には、量子情報処理に必要な、①単一光子源の開発、②低雑音単一光子検出器の開発、光子数識別器の開発、③量子メモリーの開発、④量子ビットデバイスの開発を行う。あわせて、光とナノ構造体の相互作用で重要となる光-プラズモン変換の物理過程の解明を行い、プラズモニックデバイス創生の可能性を探る。

●重点課題 2—エネルギー：「ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術の極限」

ナノ構造やナノプロセスを開発、利用することによる**太陽光エネルギー利用技術の極限**を追求する。具体的には：①ナノ分子組織体（超分子）の構築、分子組織体中の光励起、励起エネルギー移動、電子移動反応とそれによって引き起こされる触媒反応を理解、制御することによる人工光合成、②独自の新概念の光アシスト水素貯蔵、③水素を電力に変換する高強度燃料電池、④ナノ構造の光閉じ込め効果を利用した安価で高効率な色素増感型太陽電池、さらに、⑤光合成細菌を利用した太陽光エネルギーによるバイオ反応、をそれぞれ開発し、太陽光エネルギーの高度利用サイクルを構築する。

●重点課題 3—医療：「医療応用のためのナノバイオ技術の極限」

本グループでは、ナノバイオロジー、ケミカルバイオロジーを利用した診断・治療の試みを既に行っており、これに理工学部、文理学部のグループで開発するナノ物質を用いた技術を、新しい**医療応用のためのナノバイオ技術の極限**として追求する。具体的には：①癌早期診断バイオマーカー等に対し、これを標的とする探索プローブ化合物を合成する。②このプローブに発光性化合物を結合させた癌診断用探索プローブを開発する。③同探索プローブによる血液等の検体を用いた *ex vivo* 診断検査系を確立する。④さらに *in vivo* 画像診断検査系への応用を検討する。⑤プローブの癌特異性を検討後、殺細胞性物質をプローブと結合させた合成化合物や遺伝子発現調節をゲノム領域特異的に制御することで癌治療への応用を試みる。さらに、同様の取り組みの生活習慣病や難治性疾患に対する診断治療への応用を試みる。

●基盤課題：「ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出」

本プロジェクトの重点課題の目標達成のためには、ナノ物質、ナノ構造の科学と技術が基盤となる。基盤グループでは、そのためのナノ物質、ナノ構造と光の相互作用を中心とした基礎科学の開拓、基盤技術の開発を進める。自己組織化をはじめとするボトムアップ、電子線リソグラフィーをはじめとするトップダウン、そしてナノレベルでの反応制御を駆使することによって、ナノ構造、ナノ物質を作製し、構造解析、物性計測を行う。これらの実験研究とあわせて、量子力学理論によるモデル構築、数値計算とが一体となって、ナノ領域の光・量子物性を解明し、情報、エネルギー、医療に利用するための基盤材料、基盤技術を提供する。本グループは、研究者の相互交流の場ともなり、異分野横断型の本プロジェクトを一体として進めるための基盤となる。

表 1. 研究開始時に設定した達成目標

項目	現状	本研究の特色	目標
重点課題 1—情報：超高速・超高密度記録および量子情報処理技術			
書き込み速度	0.25 Gbits s ⁻¹	光直接磁化反転	25000 Gbits s ⁻¹ (10 万倍)
媒体記録密度	0.2 Tbits inch ⁻²	自己組織転写ナノ磁性体	2 Tbits inch ⁻² (10 倍)
書き込み密度	0.6 μm ² /bit	熱近接場書き込み	0.003 μm ² /bit (200 倍)
単一光子源	発生効率<10%	量子ドットによる単一光子発生	30%
低雑音単一光子検出器	量子効率 1% 暗計数~10 ⁻⁸	超電導細線による単一光子検出	50%, 10 ⁻⁸
光子数識別器	分解能 0.2 eV 繰返 100 kHz	超電導転移端センサでの光子数識別	0.2 eV, 1 MHz
量子メモリー	1 ms, 極低温	原子集団・ボース凝縮体利用	10 ms
量子ビットデバイス	量子効率~1% 動作温度<0.3 K	THz 帯光プラズマ励起量子ビット	>5%, 室温—1.8K
重点課題 2—エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術			
超分子水の完全光分解	存在しない	光吸収, 酸化, 還元触媒を超分子化	初めて実現
光アシスト水素吸蔵	概念から新しい	独自に発見した光脱離現象	量子収率>0.1 >6 質量%
高強度燃料電池	破壊強度 60 MPa 作動温度 900 °C	マイクロ・ナノ粒子からの新合成プロセス	強度 2 ~ 5 倍, 600°C
安価な色素の色素増感太陽電池	エネルギー変換効率 3%	ナノ構造による光閉込め効果を利用	5%
光合成細菌利用光反応	速度 34 nmol/h/mg	遺伝子導入光合成細菌	1 桁上昇させる
重点課題 3—医療：医療応用のためのナノバイオ技術			
癌探索プローブの開発	候補検討中	癌特異的生体物質認識化合物の同定	初めて実現
生体蛍光・発光物質の開発	安全性, 感度に問題	独自に高感度の低波長蛍光物質を合成, さらに安全性の高いものを開発	癌特異的生体物質の化合物による検出
ex vivo 診断検査系の確立	診断率が低い	高感度で高特異性癌診断検査法を開発	診断率 80%以上 擬陽性率 10%以下
in vivo 画像診断検査系への応用	癌早期診断は困難	癌早期画像診断技術の向上と安価な検査機器の開発への道を開く	生体に使用可能な化合物候補を合成
癌治療他の難治性疾患への応用	非癌部へ影響, 対象疾患検討	癌特異的な殺細胞物質の誘導, 生活習慣病・難治性疾患の診断治療	臨床前試験の開始

2010 年度の主な成果

●重点課題 1—情報：「超高速・超高密度記録および量子情報処理技術の極限」

微小領域に光で超高速記録するための、円偏光モードを発生できるアンテナ構造を複数見いだした。このアンテナ構造の特許を出願し（特願 2010-161996）、その内容を 2010 年 11 月に開催された国際会議（55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials）で発表し好評であった。これは、毎月 1～2 回の頻度で開催した、情報班の超高速超高速記録グループと量子理論・計算班の大貫との合同の班会議での検討の成果である。

量子情報分野では、**1550 nm 帯における量子もつれ配送レートの世界記録 2.8 kHz** を達成した。この偏光量子もつれ光源と高速単一光子検出器を用いたシステムを用いて 200 km の伝送実験を行う予定である。超伝導光子数識別器に関して、**波長 850 nm において世界最高の検出効率 98.4% を実現**した。さらに、超伝導細線単一光子検出器に関して、**世界初の Nb 超伝導ナノ細線を用いた単一光子検出器の開発に成功**した。

情報班の量子情報処理グループでは、平成 22 年度は 3 回の班会議を行い、進捗状況の報告と研究の進め方について議論した。超分子・自己組織班の大月と共同で試料の作製および全反射蛍光顕微鏡の作製を行った。超伝導ナノ細線単一光子検出器の設計は、量子理論・計算班の大貫が計算を担当して、共同で進めた。

●重点課題 2—エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術

色素増感型インバースオパール電極による光電変換効率向上のメカニズムに関する知見を得た。本成果は **Korean-Japan Joint Forum** にてポスター賞を受賞した。

水から水素を発生させる新しい方法として、光増感部位と触媒部位が自己集合する均一系光水素発生触媒を開発した。本成果は *Chem. Commun.* に掲載されたが、その後、光増感部位と触媒部位を兼ねる大幅に性能のよい系を見いだした。さらに純粋な水溶液で働く金属錯体触媒や、貴金属に替わりうる金属錯体など今後の展開が期待される触媒が見つかった。また、微生物による水素発生について、水素吸蔵合金を共存させると水素の生産量が多くなることを発見した。

燃料電池開発のため、高温かつ様々なガス雰囲気強度測定が可能な装置を製作した。今後、これまでに開発した電解質材料、電極材料およびインターコネクター材料について *in-situ* 評価を実施する。水素イオン導電体については、焼結特性が良好で相転移フリーかつ電気伝導も高い $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ZrO}_3$ 系の最適組成を見だし、電極材料については、 $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ で $x = 0.4$ が優れていることを発見した。今後、これらの試料を用いて燃料電池セルの試作を実施し、 600°C 程度で作動する高強度燃料電池の実現を目指す。

●重点課題 3—医療：医療応用のためのナノバイオ技術

特定の遺伝子領域を標的としたピロールイミダゾールポリアミドを合成し、その効果を検討した。（1）MYCN 遺伝子を標的としたポリアミドは NB 細胞株において MYCN の発現を抑制し、また細胞の増殖抑制効果もあった。マウスに移植した細胞株に対しても同様の増殖抑制効果を示す傾向にあった。（2）ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤と癌抑制遺伝子を認識するポリアミドを結合させた化合物が、ヒト子宮頸癌細胞株に対し、増殖抑制効果を持つ事を確認した。（3）被嚢性腹膜硬化症に関して、腹腔内への TGF- β 1 に対する PI ポリアミドは腹膜肥厚を抑制した。（4）ヒト TGF- β 1 のプロモーターに関して、7 つの PI ポリアミドを設計しリード化合物を絞り込んだ。

フロリダ大学の Terada と N.研究プロジェクトとの研究試料提供（MTA）契約を行い、TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによるヒト iPS 細胞の誘導に関する共同研究に入った。また生物資源科学部の花澤とも TGF- β 1 抑制に加え、E-カドヘリンまたは BMP-7 蛋白による iPS 細胞作成の共同開発を開始した。

光線力学療法で使用され腫瘍親和性のあるポルフィリン化合物に、X 線造影剤として使用されているヨウ素を結合させた化合物を合成し、新たな放射線増感剤としての機能を検証した。培養ヒト膀胱癌株で、33.17 keV の単色 X 線による放射線増感効果が確認された。この成果を医学部の永瀬らと理工学部の大月らが共同で特許出願した（特願 2010-029205）。

医療班では、月に一度のペースでポリアミドミーティングを開き、結果報告およびディスカッションを行った。また班のメンバーは常時行き来し、情報交換や機器・試薬類の賃借を行った。平成 22 年 9 月からそれまでの班長の永瀬の異動に伴い、総合科学研究科の福田が班長となった。

●基盤課題：「ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出」

重点 3 課題達成のための共通基盤として、ナノ物質、ナノ構造、ナノ材料の開発と、ナノ領域の光と物質の相互作用の理論的解明を進めた。

ナノ物質系において、大月は、分子運動の可視化に成功し（*J. Am. Chem. Soc.* 2010, 132, 6870），これに基づいた研究計画がプロジェクトメンバー連携による科研費の採択につながった。この仕事は科研費配位プログラミングのニューズレターでも紹介された。鈴木は、ニッケルなどを内包したカーボンナノチューブの成長様式を明らかにし、特許出願した（特願 2010-198325）。また、La と Sr, Ba, Ca などをドープした TiO₂ を用いた可視光での水分解反応による水素発生の効率を 16 $\mu\text{L h}^{-1} \text{cm}^{-2}$ へ向上させることに成功し、レーザ学会東京支部研究会で学生がポスター講演優秀賞を受賞した。

量子理論・計算班では、情報班の中川、伊藤、塚本との共同で、局所的な円偏光モードを発生できるアンテナ構造の検討を進め、その成果で特許を出願し（特願 2010-161996）、*J. Appl. Phys.* などでも発表した。また、情報班の中川との協力により、三次元任意形状物体のプラズモン共鳴周波数の推定や過渡応答解析を行うことが可能となった。

量子理論・計算班全員による、電磁場と量子系が相互作用する系について双方の時間発展の計算を可能にする「マックスウェル-シュレディンガー方程式の同時解法」を目指したプロジェクトを新たに立ち上げ、定期的に勉強会の開催を行い、計算コードの作成を開始した。その他の共同研究として、大貫・井上による「プラズモン導波路の電磁界シミュレーション」、大貫・大月による「分子モーターのシミュレーション」、佐甲・石田・藤川による「人工原子の電子構造の解明」等が行われている。

●学部横断共同研究

このプロジェクトを通じて、当初の予想を超えた学部横断共同研究が誕生している。昨年度からの、自己集積に関する伊藤、塚本（理工）と松下（文理）、太陽電池に関する松下（文理）と羽柴（理工）、DNA 医療に関する福田、永瀬（医）、大月（理工）、加野（生物資源科学）および松本（薬）の共同研究は引き続き行われている。

今年度新たに、分子回転子に関する大月、羽柴、大貫（理工）と茶園（文理）、量子理論に関する佐甲、藤川（理工）と石田（文理）、細胞の画像処理に関する加野（生物資源）と伊藤（理工）、細胞培養基材に関する加野（生物資源）と松下（文理→東工大）の共同研究が始められた。

さらに、同じ学部内でも学科をまたいだ非常に多くの共同研究が発展している。

●若手人材育成と教育効果

本年度は、本プロジェクトに関わる多くの研究員、PD、博士後期・前期課程学生、学部学生のうち、研究員 7 名、RA（博士後期課程学生）5 名に経済的援助をした。上記の学部横断共同研究、N. プロジェクト研究報告会への参加、N. プロジェクトシンポジウムへの参加、理工学部/N. プロジェクト共同若手フォーラムへの参加を通じて、若手研究者や学生の学部の横断した交流が行われており、本プロジェクトは、最先端研究を通じた視野を広げる教育の一環ともなっている。

成果発信 2010 年以降

以下に研究成果の外部への発信状況をまとめた。かっこ内は 複数のメンバーの共著研究および学部間メンバーの共著研究である。

論文	108 (15, 4)
特許出願等	6 (4, 1)
招待講演等	45
学会発表	327 (51, 10)
著書	11
受賞	8件
外部資金	33件 (13, 2)

特筆されるのは、高野良紀の日本希土類学会賞（塩川賞）受賞、および井上修一郎の量子情報分野での進展（Nature Photonics, 日刊工業新聞）とそれに基づく外部資金獲得（SCOPE）である。また、塚本新、伊藤彰義らの超高速記録に関する研究が Nature に掲載されることが決定した。

活動記録 2010 年 3 月以降

- 3 月 15 日（月） 日本大学広報掲載 “ナノ科学最先端と若手のフォーラム”
- 4 月 20 日（火） 日本大学新聞掲載 “未来創造 N.プロジェクト-1-ナノテクに独自の取り組み”
- 5 月 10 日（月） 全体会議, 理工学部駿河台 2 号館
- 5 月 20 日（木） 日本大学新聞掲載 “未来創造 N.プロジェクト-2-‘光で書く’技術を模索”
- 5 月 21 日（金） N.研究プロジェクトセミナー, 理工学部駿河台 2 号館 245 会議室
灰野岳晴 (広島大学大学院理学研究科) “超分子化学による分子配列空間の制御”
- 6 月 1 日（火） N.研究プロジェクトセミナー, 理工学部駿河台 2 号館 245 会議室
Shane Telfer (Institute of Fundamental Sciences, Massey University, New Zealand)
“Dipyrrin Complexes: Synthesis, Structure & Spectroscopy”
- 6 月 1 日（火） 日本大学広報掲載 “ナノ科学最先端と若手のフォーラム”
- 6 月 20 日（日） 日本大学新聞掲載 “未来創造 N.プロジェクト-3-情報技術の最終形態”
- 7 月 8 日（木） 日刊工業新聞掲載 “光通信に量子計算”
- 7 月 20 日（火） 日本大学新聞掲載 “未来創造 N.プロジェクト-4-X 線・薬物でがんを挑む”
- 8 月 20 日（金） 日本大学新聞掲載 “未来創造 N.プロジェクト-5-つかめ太陽エネルギー”
- 9 月 18 日（土） 第 2 回日本大学 N.研究プロジェクトシンポジウム「羽ばたけ、日本大学 N.の若手研究者」The Second Symposium of Nanotechnology Excellence, Nihon University 2010 — Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies—, 理工学部船橋 14 号館 1445 会議室, 概要: 参加 100 名強. 若手研究者を中心に講演 8 件, 招待講演として Pascal Naidon (東京大学) および行方直人 (量子科学研究所). ポスター発表 39 件, 評価委員の講評を齋藤烈教授 (日本大学工学部) にいただいた. 予稿集を発行した.
- 10 月 15 日（金） 日本大学広報掲載 “ナノ技術の極限を追求, 第 2 回シンポ N.プロジェクト”
- 10 月 27 日（水） 第 2 回学術研究戦略会議拡大委員会, 本部 701 会議室
- 10 月 NUBIC NEWS 2010 October 掲載 “研究室紹介理工学部 学部連携研究によりナノ物質を基盤とする新しい研究領域を開く”
- 11 月 11 日（木） Mini Symposium on Supramolecules, 理工学部駿河台 2 号館 245 会議室

Jean Weiss (Inst. Chim. Strasbourg, France) "Phenanthroline strapped porphyrins: from enzyme models to self-assembled porphyrin wires"

Akiharu Satake 佐竹彰治 (Tokyo University of Science) "Supramolecular porphyrin systems – How to construct? How to confirm?"

Kosuke Sugawa 須川晃資 (Nihon University) "Photoelectrochemical properties of dye molecules modified on nanostructured gold electrodes"

2011 年

1 月 8 日 (土) 平成 22 年度報告会, ビジネスミーティング, 理工学部駿河台 1 号館 122 会議室

2 月 5 日 (土) 理工学部船橋
先端材料科学センター・N.プロジェクト「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」- 合同若手フォーラム

班の報告

- 情報（記憶）班
- 情報（量子情報）班
- エネルギー班
- 医療班
- 超分子・自己組織班
- ナノ物質・ナノデバイス班
- 量子理論・計算班

情報（記憶）班

中川活二*, 伊藤彰義, 塚本新

1. 平成 22 年度計画

- 1) 縦プラズモンのフェムト秒レーザによる解析手法を構築し、プラズモン応答評価を実施。
- 2) シミュレーションによるプラズモン励起の過渡応答現象解析手法の検討。
- 3) 表面プラズモンによる円偏光モードの解析を進め、円偏光モードを発生できるアンテナ構造を提案。
- 4) 本研究目標である数十 THz 領域での磁化制御に向け、光-電子-磁気-熱間作用を理解・利用するため、フェムト秒パルスレーザを用いたサブピコ秒時間領域での、①磁化動特性、②光-電子作用による光学応答、の解明と共に制御を試みる。
- 5) 電子構造の異なる他元素材料(TbFeCo)に関し、非熱的光誘起磁化反転現象の発現を確認。
- 6) 稠密空孔配列二次元化（現在の三次元配列における厚さ方向の空孔層数を 1 とする）による、各種金属基板エッチング用テンプレートへの利用について検討。
- 7) ナノ構造テンプレートをマスクとした金属基板のエッチングにおいて、平成 22 予算に挙げた真空エッチング装置が必要となる。これは、平成 24 年度計画に挙げたプラズモンアンテナの試作、基盤課題における「超分子・自己組織班」でのナノ構造形成においても用いる。

2. 平成 22 年度の進捗と成果

- 1) サブピコ秒時間領域での光学応答現象計測のための、フェムト秒パルスレーザ光源によるポンププローブ法を用いた時間分解計測システムを構築し、縦プラズモン応答評価の準備が整った。
- 2) 大貫准教授の協力で、ナノスケールの分散性媒質に対応する計算精度の保証が可能な電磁界過渡解析手法を開発した。これにより、三次元任意形状物体のプラズモン共鳴周波数の推定や過渡応答解析を行うことが可能となった。
- 3) 円偏光モードを発生できるアンテナ構造の検討を進め、円偏光モードを発生できるアンテナ構造を複数見いだした。更に、十字型アパチャーと粒子記録媒体との組み合わせで局所的な円偏光モードを生成できることを見いだした。
- 4) サブピコ秒時間領域での磁気特性、光学応答解明のため、フェムト秒パルスレーザ光源によるポンププローブ法を用いた時間分解計測システムを構築した。①の磁化動特性については、磁気ファラデー効果、磁気カー効果を用い、②については、電子温度依存誘電率変化に伴う透過率、反射率の変化率計測により、電子温度上昇を主要因とした減磁現象を確認した。
- 5) 希土類および遷移金属からなる磁性合金として TbFeCo 材料に関し、磁性層厚 20nm の超薄膜において垂直磁気異方性を発現する組成域において光誘起磁化反転現象が発現することを明らかにした。
- 6) 内部に空孔を有するシリカ薄膜の、広範囲にわたる稠密規則化および単層化を Pt および Fe 上で実現するための基礎実験に成功した。空孔を含むシリカ薄膜と双対なナノ表面構造として、超微小シリカ粒子配列膜の作製とそれをマスクとした ICP エッチングにより、熱酸化 Si 基板上への転写構造の作製に成功した。
- 7) 10月8日船橋校舎へ設置を行い、Si および貴金属材料につき、エッチング試験を実施し、基本性能として要求を満たすレートでのエッチングが可能であることを確認した。

3. 平成 22 年度の班としての活動

毎月 1~2 回の頻度で大貫准教授を合同で班会議を開催し、プラズモン励起の過渡応答現象解析手法の成果を 2010 年 7 月にカナダで開催された国際会議（IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, July 11-17, 2010, Toronto, Ontario, Canada）等で発表した。また、本プロジェクトの成果として見いだした円偏光モードを発生できるアンテナ構造の特許を出願し（特願 2010-161996）、その内容を 2010 年 11 月に米国で開催された国際会議（55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, 14-18 November 2010, Atlanta, Georgia, USA）にて発表（GE-08）し好評であった。

情報（量子情報）班

井上修一郎*, 桑本剛, 羽柴秀臣

1. 平成 22 年度の計画の概略

平成 21 年度に開発した偏光量子もつれ光源と高速単一光子検出器を用いて BBM92 量子暗号プロトコルによる量子鍵配送システムを構築し、光ファイバーによる 200km の量子鍵配送実験を行う。これと平行して、偏光量子もつれ光子対源を 2 台作製し、量子もつれスワッピングの実験を行う。さらに、ルビジウム原子による電磁誘起透明化を利用した光保存により偏光量子もつれが保存されることを実証し、冷却原子による量子メモリの可能性を示す。一方、金属ナノストライプカップラーの作成技術を確立し、表面プラズモン・ポラリトンの伝播特性を超伝導転移端センサにより調べる。

2. 平成 22 年度の進捗と成果

偏光量子もつれ光源と高速単一光子検出器の最適化を行うことにより、2 光子干渉明瞭度 97 % (0° 方向), 94 % (45° 方向) を得た。また、伝送路が無い状態において量子もつれ配送レート 2.8 kHz を得た。この結果は、**1550 nm 帯における量子もつれ配送レートの世界記録**である。さらに、この偏光量子もつれ光源と高速単一光子検出器を用いて BBM92 量子暗号プロトコルによる量子鍵配送システムを構築した。今後、このシステムを用いて 200 km の伝送実験を行う予定である。一方、量子もつれスワッピングに関しては、タイプ II PPLN バルク結晶による偏光量子もつれ光源を 2 個作製し、生成される偏光量子もつれの忠実度、それぞれの光源で生成される光子の識別不可能性を評価中である。

量子メモリに関する研究では、ルビジウム原子の共鳴波長 (795 nm) をもつ偏光量子もつれ光源を開発し、生成した偏光量子もつれ光子対に対して 2 光子干渉明瞭度 84 % を得た。また、この偏光量子もつれ光子対を長時間保存するために電磁誘起透明化に使用している 2 台のレーザーの相対的な周波数ゆらぎをこれまでの 1/5000 に抑圧した。現在、電磁誘起透明化によるレーザー光の保存時間の評価を行っている。

金属ナノストライプ導波路に関しては、クラッド層として波長 1550 nm の光に対して低損失なポリマー (ZPU12) を使用することにより、結合効率 0.81 dB, 伝播損失 1.7 dB / mm を実現した。また、この導波路構造を用いた 50:50 カップラーの作製を行い、その挿入損失を測定したところ 25 dB であった。今後、この 50:50 カップラーと超伝導転移端センサにより、表面プラズモン・ポラリトンの衝突実験を行い、表面プラズモン・ポラリトンのボーズ粒子性を検証する。

超伝導光子数識別器に関しては、**波長 850 nm において世界最高の検出効率 98.4 %** を実現した。また、超伝導細線単一光子検出器に関しては、**世界で初めて Nb 超伝導ナノ細線を用いた単一光子検出器の開発に成功**した。

CdSe/ZnS コロイダル単一量子ドットによる単一光子発生に関しては、全反射蛍光顕微鏡による観測系を導入し、CdSe/ZnS 量子ドットからのリアルタイム蛍光イメージングにより単一量子ドットの捕捉に成功した。現在、Hanbury-Brown Twiss の実験系により、単一量子ドットからの発光を評価中である。

3. 平成 22 年度の班としての活動

単一光子発生に関しては、物質応用化学科の大月研と共同で試料の作製および全反射蛍光顕微鏡の作製を行った。また、超伝導ナノ細線単一光子検出器の設計では、電気工学科の大貫研に金属ナノストライプ導波路を伝搬する表面プラズモン・ポラリトンと超伝導ナノ細線との結合効率の計算を依頼した。平成 22 年度は 3 回の班会議を行い、進捗状況の報告と研究の進め方について議論した。

エネルギー班

橋本拓也*, 浅田泰男, 大月穰, 西宮伸幸, 松下祥子

1. 平成 22 年度の計画の概略

- 1) 太陽光発電の高効率化を目指し、酸化チタン-電解液フルフォトニックバンドギャップ構造体の電子ビームリソグラフィによる作製を試みる。また新たな色素の作成を目指す。さらに、過去に示された自己集積型フォトニック結晶による太陽電池の効率向上の原因を、各種粒径のインバースオパール各種電気化学測定により追求する。
- 2) 光エネルギーによって水から水素を発生する技術の革新を目指して、均一系超分子触媒の効率をプロトタイプより上昇させることを目指す。
- 3) バイオ技術により発生した水素の高効率回収方法の確立および水素貯蔵材料の光制御技術の確立を目指す。またこれを燃料とする固体酸化物型燃料電池の低温作動化および高強度化を目指す。本研究で得られた均質な水素イオン導電体と高い電気伝導を示す電極材料が 600°C 程度でセルを組んで安定であるか否かを評価する。

2. 平成 22 年度の進捗と成果

- 1) 色素増感型インバースオパール電極の粒径に依存した太陽電池特性測定ならびに電気化学インピーダンス測定を行った。その結果、少なくとも本インバースオパール電極による光電変換効率向上はナノ/メソスコピック効果ではないことが示唆された。本成果は現在論文投稿中である。また新たな太陽電池用色素としてペリレンイミド系の色素 3 種類を合成し、色素増感太陽電池を試作した。効率は現在のところ 0.5–1.9% である。今後、色素の吸収特性、電気化学特性、分子軌道などを検討し、効率上昇を目指す。
- 2) 水から水素を発生させる新技術として、初めて水溶液系で機能する、光増感部位と触媒部位が自己集合する均一系光水素発生触媒を開発した。本成果を *Chem. Commun.* に論文発表した段階では、8 時間の照射で、触媒のターンオーバー数 40 であったが、その後、2 時間の照射でターンオーバー数 1300 まで増大、変換効率の向上に成功した。
- 3) バイオ技術により発生させた水素について合金を共存させると水素の生産量が多くなることを発見した。また錯体系水素化物に光触媒と助触媒を共存させると、照射により水素が発生することを発見した。

燃料電池研究については高温かつ様々なガス雰囲気強度測定が可能な装置の製作に時間がかかったが、ようやく装置が使用可能となった。今後、本研究室で開発した電解質材料、電極材料およびインターコネクター材料について *in-situ* 評価を実施する。水素イオン導電体についてはナノレベルでの混合が可能な液相法で $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{ZrO}_3$ 系の組成最適化を実施していたが、Sr 量が 0.4 のものが焼結特性も良好であり、相転移フリーかつ電気伝導も高いことを発見した。電極材料については $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ の水溶液法による合成を実施し、従来よりも電気伝導特性に優れた $x < 0.4$ の試料合成に成功したが、熱力学的な安定性や焼結特性の観点から $x = 0.4$ のものが電極材料として優れていることを発見した。今後、これらの試料を用いて燃料電池セルの試作を実施し、600°C 程度で作動する高強度燃料電池の実現を目指す。

3. 平成 22 年度の班としての活動

インバースオパール電極を持つ太陽電池特性測定は文理学部松下祥子と橋本拓也との共同研究であり、本成果は *Korean-Japan Joint Forum* にてポスター賞を受賞した。

またバイオ水素の回収にあたってはバイオ分野の浅田泰男、合金分野の西宮伸幸の共同研究の成果であり、速やかに特許出願する予定である。

医療班

福田昇*, 阿部克己, 高橋悟, 越永従道, 藤原恭子, 加野浩一郎, 松本宜明, 永瀬浩喜

1. 平成 22 年度の計画の概略

- (1) 癌診断マーカーHer2 および MYCN 遺伝子を標的とした癌診断用探索プローブの開発
- (2) ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発
- (3) 腫瘍集積性を示す光感受性物質ポルフィリン誘導体を用いた治療法の開発

2. 平成 22 年度の進捗と成果

(1) MYCN 遺伝子の発現を低下せる PI ポリアミドを設計し神経芽細胞腫(NB)治療薬として新規遺伝子制御薬 PI ポリアミドの開発を目指した。MYCN プロモーターの SP1, E2F 認識領域に結合するポリアミドは NB 細胞株において MYCN の発現を抑制し、また細胞の増殖抑制効果もあった。マウスに移植した細胞株に対しても同様の増殖抑制効果を示す傾向にあった。

(2) 1) 癌細胞においては癌抑制遺伝子の異常メチル化、アセチル化によりそれらの発現が抑制されていることが知られているが、我々はヒストン脱アセチル化酵素 (HDAC) 阻害剤 Suberoylanilide hydroxamic acid (SAHA) と、癌抑制遺伝子の一つ p16 のプロモーター領域を認識する PI ポリアミドを結合させ、この化合物が HDAC 阻害活性を持ち、細胞核内の標的配列領域近傍のヒストン H3 蛋白質のアセチル化を誘導することを明らかにした。またこの分子がヒト子宮頸癌細胞株に対し増殖抑制効果を持つ事を確認した。

2) 被嚢性腹膜硬化症モデルへの TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの効果として、腹腔内への TGF- β 1 に対する PI ポリアミドは腹膜肥厚を抑制した。

3) ヒト TGF- β 1 のプロモーターにシスエレメントに対し、7 つの PI ポリアミドを設計し、TGF- β 1 の mRNA 発現抑制効果から GB1101, GB1105, GB1106 にリードを絞り込んだ。さらにヒト VSMC の TGF- β 1, fibronectin, collagen type IV, CTGF mRNA の発現に対する作用、ヒト上皮細胞の EMT に対する作用を検討している。

4) ヒト iPS 細胞のヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによる誘導としてフロリダ大学 Terada Lab と N. 研究プロジェクトで MTA 契約を行い、GB1105 での共同研究に入った。また生物資源科学部の花澤研とも TGF- β 1 抑制に加え、E-カドヘリンまたは BMP-7 蛋白による iPS 細胞作成の N. 研究プロジェクトでの共同開発を開始した。

(3) 光線力学療法で使用され腫瘍親和性のあるポルフィリン化合物 HPPH (3-(1'-hexyloxyethyl)-3-devinylpyropheophorbide-a) に、x 線撮影時の造影剤として使用されているヨード元素を結合させた化合物「531」「717」を合成し、新たな放射線増感剤としての機能を検証した。培養ヒト膀胱癌株に 531 および 717 を投与後 33.17keV の単色 x 線を照射し、一定時間培養後に生細胞数を計測したところ、ヨード化合物なしのコントロール照射群と比較して化合物投与群で生細胞数がより減少し放射線増感効果が確認された。現在、動物モデルでの作用を確認すると同時に、より効果の高い放射線増感化合物の開発を続けている。

3. 平成 22 年度の班としての活動

月に一度のペースで医学部内でポリアミドミーティングを開き、結果報告およびディスカッションを行った。また班のメンバーは常時行き来し、情報交換や機器・試薬類の貸借を行った。平成 22 年 9 月からそれまでの班長の永瀬の異動に伴い、総合科学研究科の福田が班長となる。ヒト iPS 細胞のヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによる誘導としてフロリダ大学 Terada Lab と N. 研究プロジェクトで MTA 契約を行い、生物資源科学部の花澤研とも N. 研究プロジェクトでの共同開発を開始した。

超分子・自己組織班

伊掛浩輝, 伊藤彰義, 大月穰, 塚本新, 松下祥子

1. 平成 22 年度 研究計画

N.研究プロジェクトにおいて、基盤的な位置づけにある超分子・自己組織班では、**ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出**をテーマに、社会が持続的に発展をする上で欠かせない重要なテーマについて検討し、さらには本プロジェクトのアウトプットである**情報**、**エネルギー**、**医療**班と連携を密に、新規マテリアルの創製をめざしている。以下に各グループの活動内容を列記する。

2. 各グループの研究活動報告

・伊藤・塚本グループ

<平成 22 年度計画>

稠密空孔配列二次元化（現在の三次元配列における厚さ方向の空孔層数を 1 とする）による、各種金属基板エッチング用テンプレートへの利用についての検討を重点課題とした。

<平成 22 年度の進捗と成果>

内部に空孔を有するシリカ薄膜の、広範囲にわたる稠密規則化および単層化を Pt および Fe 上で実現するための基礎実験に成功した。また、空孔を含むシリカ薄膜と双対なナノ表面構造として、超微小シリカ粒子配列膜の作製とそれをマスクとした ICP エッチングにより、熱酸化 Si 基板上への転写構造の作製に成功した。

・大月グループ

適切に設計された分子の自己集合は、ナノ構造を構築するための有力なボトムアップ的手法である。本グループでは、新しい分子の自己集合系を開発し、分子レベルでの自己集合構造、そのダイナミックな挙動を明らかにするとともに、N.研究プロジェクトの研究者との連携によって、エネルギー、医療、情報への応用を検討している。

1. 分子の自己集合構造と動的挙動の分子レベルでの解明
2. 自己集合錯体を用いた光エネルギーによる水からの水素発生
3. X 線を用いた光線力学療法のための化合物合成

・松下グループ

<平成 22 年度の研究概略>

自己集積により球状微粒子が層状に配列した構造体を酸素プラズマエッチング等で加工し、メタマテリアルや単細胞分析への応用を試みる。また、カチオン性界面活性剤を含む水相にアニオン性イオンを含む水滴を滴下すると自発運動する現象において、クロロベンゼン添加による運動活性化の解明を、界面張力測定ならびに溶解度測定により行う。

<平成 22 年度の進捗と成果>

メタマテリアルへの応用展開として、ポリスチレン微粒子を固体基板上に一層に配列させ、熱融着を利用してリング状構造体の作製を行った。また、作製したメタマテリアル基材について招待講演を行った。

次に、微粒子自己集積体をテンプレートとした外部応答により硬さや体積が変化するマイクロポケットヒドロゲルの作成について検討した。本研究の展開として、生物資源科学部の加野先生と打ち合わせを行った。

油水界面自発運動活性化について界面張力測定ならびに溶解度測定を行い、活性化モデルの構築を行った。また、界面活性剤水溶液に金属塩類を添加することで、界面活性剤の形状の安定性およびイオン流の影響の観点からディスカッションを行い、油水界面における非平衡的な挙動のメカニズムを探った。

・伊掛グループ

本年度は、モノマーであるラクチドから PLA を化学合成し、得られた PLA のモルフォロジー制御とその精密構造解析を行っている。背景として、PLA がこれまで大きな関心を持たれながらも産業界に大きく貢献できなかった原因として、耐熱性や機械強度が汎用性ポリマーに比べ劣る点にある。そこで、本グループでは、PLA 構造をナノメートルオーダーで制御することで、これらの問題点を克服し、PLA の高汎用化をめざし 1～3 の検討を行っている。

1. 光歪応答性ポリ乳酸フィルムの開発
2. ポリ乳酸/シリカ、及びポリ乳酸/カーボンナノチューブハイブリッド材料の作製
3. ステレオコンプレックス型ポリ乳酸フィルムの作製

ナノ物質・ナノデバイス班

鈴木薫*, 高野良紀, 浅井朋彦, 岩田展幸, 羽柴秀臣, 望月章介, 茶園茂

1. 平成 22 年度の計画の概略

ナノ物質・ナノデバイス班は 1)層状構造を持つ鉄砒素系超伝導体のバルクを高野が作成し、ナノ薄膜に鈴木が堆積させ、羽柴が量子ドット創成を目指す。2)金属内包カーボンナノチューブを加工し鈴木が走査型プローブ顕微鏡用の磁気センサ開発を、単層カーボンナノチューブのカイラリティを制御し岩田がナノスケール電界効果型トランジスタの作製を試みる。3)光触媒作用により水素と酸素を発生するナノ薄膜を鈴木が成膜し、水素吸蔵合金を浅井が磁化同軸プラズマガンで溶出形成し、酸素(水素)の吸蔵・放出過程の制御を望月が検討する。4)新カラーフォトメモリー物質を望月が探索し、細胞膜受容体タンパク質に蛍光タンパク質などを結合させた高速イメージングを茶園が確立する。

2. 平成 22 年度の進捗と成果

鈴木はニッケル等を直径 10~80 nm・長さ 100~800 nm の高アスペクト比で内包したカーボンナノチューブが、外側に 3~50 層のグラフェンとして巻付いて成長することを確認し、特願 2010-198325 を特許出願した。TiO₂ に La と Sr・Ba・Ca 等をドーブルし可視光での水分解反応による水素発生と、 $16 \mu\text{Lh}^{-1}\text{cm}^{-2}$ へと水素発生効率が改善され、学部年がレーザー学会東京支部研究会でポスター講演優秀賞を受賞した。高野と共同で超伝導材料 LaOFeAs を成膜し、7th ICPEPA で発表した。

高野は SrFeAs において、Sr の一部をこれまでに報告されていない希土類元素 Nd で置換した Sr_{0.5}Nd_{0.5}FeAs において超伝導転移温度 $T_c=49\text{K}$ を得ており、SrFeAs 系の希土類元素置換で得られている最高の T_c に近い。さらに、Fe の一部を Ni で置換した SrFe_{1-x}Ni_xAs や、母体物質自身が $T_c=18\text{K}$ の超伝導体である Li_xFeAs において Co 置換した Li_xFe_{1-x}Co_xAs を作成した。

浅井は水素吸蔵合金膜生成用の磁化同軸ガンの開発を行い、ステンレス電極による電極溶出およびターゲット基盤上での合金膜形成を確認した。さらにこの結果を受け、複合材料による同軸ガン電極を製作、年度内に実験に入る予定である。

岩田は単層カーボンナノチューブ(SWNT)のソース・ドレイン電極間を親水性とし触媒金属の付着を制御し、自由電子レーザー(FEL)照射による SWNTs のカイラリティ制御を行った。ラマン散乱・表面観察の結果、未だ報告のない成長位置とカイラリティ制御を同時に達成できた。また超格子の作製と室温マルチフェロイックの発現において、REFeO₃/AFeO₃ (RE=Bi,La A=Ca,Sr)超格子を作製し、サテライトピークとステップ-テラス構造を確認した。

羽柴は高感度 THz 帯単一光子検出器として GaAs/AlGaAs ヘテロ基板上に作成した量子ドットと、その電荷を測定する超伝導単一電子トランジスタを作成した。量子ドットが THz 光子吸収によりプラズマ励起すると 1 電子をバリアを介して排出し、電荷のポラライゼーションが単一電子トランジスタのコンダクタンスの変化として現れるため、ゲート電極の改良により受光感度を示す NEP が $\sim 10^{-19}\text{WHz}^{-1/2}$ と、一桁上げる事に成功した。

望月は種々の金属酸化物のフォトルミネッセンススペクトル特性を酸素ガス、真空、炭酸ガス等の雰囲気中で測定し、多くの金属酸化物で炭酸ガスはフォトルミネッセンス強度を増加させることを見つけた。この現象は金属酸化物のフォトルミネッセンス特性の改善や温暖化ガスである炭酸ガスの固定や吸着・脱離の光制御に応用できる可能性がある。

茶園・東條はバイオナノマシン研究で主流であった 100 兆個の分子の平均値を測定する生化学・生物物理学的手法が 1 個 1 個の反応サイクルと同期しているわけではないので、真のコンフォメーションを現すため 1 分子計測が必要と考え、その前段階としての多分子イメージングによる生体分子モーター作動原理と 1 分子イメージングによる細胞膜上受容体蛋白の研究で成果を得た。

3. 平成 22 年度の班としての活動

各々のグループで打ち合わせや試料の提供を行い、第一に鉄砒素系超伝導体バルクを薄膜で結晶化することに成功した。また、カーボンナノチューブのデバイス化や水素と酸素の発生・吸蔵・放出過程の制御及びカラーフォトメモリー物質と細胞膜受容体タンパク質の高速イメージングにおいて共同して研究を行い成果が得られた。

量子理論・計算班

石田浩, 大貫進一郎, 佐甲徳栄*, 藤川和男, 山崎恒樹

1. 平成 22 年度の計画の概略

量子理論・計算班は、光とナノ物質との相互作用を明らかにすることを第一義的な目標とし、ナノ物質存在下における (i) 電磁波の伝播, (ii) 少数電子系の電磁応答の厳密計算, (iii) ナノ物質の電子物性, (iv) 量子理論の基礎原理の解明を重点項目として、それぞれの班員が研究を推進している。今年度は、(i) については、(i-1) 局所的円偏光光励起ナノアンテナの設計 (大貫), (i-2) 高速かつ信頼性の高い電磁界シミュレーション法の開発 (大貫, 山崎) およびフォトニックナノ導波路の伝播特性 (山崎), (ii) については、原子におけるフント則の起源の解明 (佐甲), (iii) については、動的平均場理論による強相関物質のヘテロ界面の電子構造の解明 (石田), (iv) については、量子力学の不確定性関係の詳細な検討 (藤川) を行った。また理論班全体の研究として、(v) 電磁場と量子系が相互作用する系について双方の時間発展の計算を可能にする「マックスウェル-シュレディンガー方程式の同時解法」を目指したプロジェクト (全班員) を新たに立ち上げた。

2. 平成 22 年度の進捗と成果

まず、研究計画 (i-1) に関しては、情報班の中川教授、伊藤教授、塚本講師との共同研究の下で、局所的な円偏光モードを発生できるアンテナ構造の検討を進め、その見通しを得た。これらの成果は論文 (Journal of Applied Physics, in press) 及び 11 月に米国で開催された国際会議 (55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, 14-18 November 2010, Atlanta, Georgia, USA) 等で発表を行い、また、発表に先立ち特許を出願した (特願 2010-161996)。(i-2) については、情報班の中川教授との協力により、ナノスケールの分散性媒質に適用でき、計算精度の保証が可能な電磁界過渡解析手法を開発した。これにより、三次元任意形状物体のプラズモン共鳴周波数の推定や過渡応答解析を行うことが可能となった。これらの成果は 7 月にカナダで開催された国際会議 (IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, July 11-17, 2010, Toronto, Ontario, Canada) 等で発表を行った。

(ii) については、原子の磁性を担う電子スピンとエネルギー準位との関係を規定する「フントの第一規則」が成り立つ起源を、波動関数の内部構造を可視化することによって明らかにした。特に、従来知られているフェルミ孔に対して、低スピン状態において「共役フェルミ孔」が存在することを初めて明らかにした。この研究成果は Physical Review A 誌に投稿中。

(iii) については、金属表面に吸着した強相関単原子薄膜の電子構造を動的平均場理論により調べ、孤立原子層がモット絶縁体の場合でも、下地金属と吸着原子との軌道混成により、吸着原子層は金属になること、その一方、吸着原子層の電子構造は単純なフェルミ金属ではなく、孤立原子層の場合と同様な相転移を示すことが初めて示された。

(iv) については、量子論のもっとも重要な基礎的性質であり、量子情報理論におけるエンタングルメントの判定条件にも関係する不確定性関係について詳細な検討を行い、不確定性関係は量子論の帰結の一つであり、確率解釈で支配される性質であることを明らかにした。この成果は Prog. of Theor. Phys. 誌に掲載決定。また、周期的境界条件の下での不確定性関係の定式化に始めて成功した (Prog. of Theor. Phys. 2010, vol.124, pp.747-759)。

(v) については、全班員の協力の下、マックスウェル-シュレディンガー方程式を数値積分するための定式化を行い、symplectic integrator 法に基づく計算コードの作成を開始した。

3. 平成 22 年度の班としての活動

理論班全体のプロジェクト (上記(v)) を立ち上げるために、佐甲および大貫の研究室を拠点として、定期的に勉強会の開催を行った。また、その他の共同研究として、大貫-井上による「プラズモン導波路の電磁界シミュレーション」、大貫-大月による「分子モーターのシミュレーション」、佐甲-石田-藤川による「人工原子の電子構造の解明」等が行われている。

研究者の報告

浅井朋彦 ナノ物質・ナノデバイス班
自己組織化磁化プラズモイドの制御と応用

浅田泰男 エネルギー班
光合成細菌, *Rhodospseudomonas palustris* No.7 によるフェニルケトン類の不斉還元

伊掛浩輝 超分子・自己組織班
バイオポリマーとしてのポリ乳酸フィルムの材料技術分野への高度利用

石田浩 量子理論・計算班
動的平均場理論による強相関界面の電子構造

伊藤彰義, 塚本新 情報班, 超分子・自己組織班
ナノ構造自己組織化基板と超高密度情報記録媒体

井上修一郎 情報班
量子中継の実現を目指した要素技術の開発

岩田展幸 ナノ物質・ナノデバイス班
ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

大月穰 超分子・自己組織班, エネルギー班
自己集合超分子系の開拓と, エネルギー, 医療, 情報技術への応用

大貫進一郎 量子理論・計算班
電磁界シミュレーションによるナノスケールデバイスの設計

桑本剛 情報班
原子気体を用いた量子メモリの実現に向けた実験研究

越永従道 医療班
PI ポリアミドおよびナノ構造を用いた小児固形腫瘍に対する新規抗癌薬剤の開発

佐甲徳栄 量子理論・計算班
ヘリウム様原子におけるフント則の起源: 低スピン状態における共役フェルミ孔の存在

鈴木薫 ナノ物質・ナノデバイス班
広バンドギャップ半導体ナノロッドデバイスの作成

高野良紀 ナノ物質・ナノデバイス班
層状構造を持つ鉄系超伝導体の超伝導機構解明と新超伝導物質探索

茶圓茂, 東條正 ナノ物質・ナノデバイス班
バイオナノマシンの 1 分子イメージング

塚本新, 伊藤彰義 情報班, 超分子・自己組織班
光誘起超高速磁化反転と超高速情報記録

中川活二 情報班
近接場アンテナを用いた熱アシスト磁気記録

西宮伸幸 エネルギー班
水素吸蔵合金の複合材料化と光とのかかわり

羽柴秀臣 量子情報班, ナノ物質・ナノデバイス班
ナノサイズ半導体の単一光子単一電子素子の探求、量子情報技術、エネルギーへの応用

橋本拓也 エネルギー班
ナノプロセスによる中低温作動固体酸化物型燃料電池材料の合成

福田昇 医療班
1. ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発
2. ヒト iPS 細胞のヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによる誘導
3. 原発性アルドステロン症の分子イメージング開発

藤川和男 量子理論・計算班

藤原恭子, 永瀬浩喜 医療班
化学、生物学、物理学の融合による新規癌治療戦略

松下祥子 超分子・自己組織班, エネルギー班
自己集積・自己組織化現象を利用したデバイス作製の試み

松本宜明, 青山隆彦 医療班
光線力学治療化合物の薬物体内動態／薬効モデリング

望月章介 ナノ物質・ナノデバイス班
金属酸化物の紫外レーザー光誘起現象

山崎恒樹 量子理論・計算班
中間層に任意の不均質誘電体構造を持つ誘電体導波路の伝搬 特性

自己組織化磁化プラズモイドの制御と応用

浅井朋彦

ナノ物質・ナノデバイス班

内部電流により閉じ込め配位を形成する自己組織化プラズモイドは、温度・密度などのパラメータ領域の広さやその制御の柔軟性から幅広い応用が期待される。本研究では、汎用的に利用可能なプラズマ源を開発し、高速製膜や極端紫外光源への応用の可能性を示すとともに、その発展的な応用について検討を進めている。

1. 磁化同軸ガンを応用した成膜法の開発

イオンビームアシスト蒸着装置などを用いた真空蒸着など、極めて方法が限定される Ti-Fe 系薄膜の生成などへの応用が期待される磁化同軸プラズマガンについて、装置開発およびその特性評価を終え、試験的にステンレス電極を用いた薄膜形成を行い、ガン口から 300mm 離れたターゲット基板上に金属膜が形成されることを確認した。さらに水素吸蔵を目的とした TiZrFeMn の高速成膜の堆積実験のため、複合金属材料によるガン電極の製作とガンの運転条件についての最適化を終え、近日中に実験に移る予定である。

この手法は、プラズマ電流とそれにより誘起される自己ローレンツ力により、磁場構造を持ったプラズモイドが放電領域から加速・射出される。この際に、電流密度の高くなる中心電極材料が溶出し、ドリフト管領域で混合され、ターゲット基板上に堆積する。射出される磁化プラズモイドは、生成時の磁気ヘリシティを保持したまま、磁束保持容器内で無力磁場配位へと緩和するため、外部制御なしにプラズマ生成部から離れた反応炉へ誘導することができる。またこのため、基材への熱負荷の低減やより精密なプラズマパラメータの制御が可能となることもこの方式の特長である。

(電気工学科 鈴木薫教授、物質応用化学科 西宮伸幸教授との共同研究)

2. 無力配位プラズモイド合体を応用した極端紫外光源の開発

磁化同軸ガンの派生技術の一つとして、同装置で生成・射出される磁化プラズモイド (= スフェロマック) の衝突・合体時における磁気再結合加熱を利用した極端紫外光源についてその改良と特性評価を進めた。生成・衝突するスフェロマック が持つ磁束の方向の組み合わせ方により、衝突後のプラズマ温度や閉じ込め性能を制御できることが見いだされ、より精密な制御が可能となった。また、この成果の一部については、NUBIC から PCT 国際出願を行った。

3. 回転磁場法による無電極プラズマ源の開発

閉じた閉じ込め配位を有するプラズモイドを定常的に生成・維持可能なプラズマ生成法として、回転磁場 (RMF) 法によるプラズマ反応炉を開発し、RMF アンテナに磁気回路を組み合わせることでプラズマの生成効率が向上することを実験により確認した。この成果については現在、NUBIC からの特許申請の準備を進めている。また、RMF によるプラズマ処理などの実験を展開するため、新たに反応炉用の真空チェンバーを駿河台校舎 6 号館に建設した。(東大・井研究室との共同研究)。

4. 大気圧 LF 放電による CNT および CNT/ポリマー複合材料のプラズマ処理

物質応用化学科伊掛浩輝専任講師との共同研究として、CNT および CNT/ポリマー複合材料へのプラズマ処理のための大気圧 LF 放電装置の開発を開始した。

光合成細菌, *Rhodopseudomonas palustris* No.7 によるフェニルケトン類の不斉還元

浅田泰男, 伊藤賢一, 石見勝洋, 神野英毅
エネルギー班

シアノバクテリア, *Synechococcus* PCC6803 および PCC7942 の生菌体は, イソオキサゾールやフェニルケトン類を s 体のアルコールに不斉還元する (K. Itoh, et al. *Tetrahedron: Asymmetry*, **16**, 1403(2005)). また, アルコール資化性光合成細菌, *Rhodopseudomonas palustris* No.7 もイソオキサゾールを s 体のアルコールへと不斉還元することを見いだした. さらに PCC6803 の短鎖アルコール脱水素酵素 (ADH) と想定されている遺伝子 3 種と No.7 の ADH 遺伝子を ADH 活性のない光合成細菌である *Rhodobacter sphaeroides* RV に接合伝達によって導入し, これらがすべて短鎖アルコール脱水素酵素活性を有することを, 報告した. その後, *Rh.palustris* No.7 の野生菌体が, フェニルケトンであるアセトフェノンおよびペンタクロロアセトフェノンを不斉還元することを見いだした. さらに, 最近シアノバクテリア ADH 遺伝子導入 RV 株 (slI1825, slr0886 or slr0942) を, ペンタフロロアセトフェノンの不斉還元活性を検討したところ, 全てに活性が見いだされた.

バイオポリマーとしてのポリ乳酸フィルムの材料技術分野への高度利用

伊掛浩輝

超分子・自己組織班

わが国の第 4 期科学技術基本計画に掲げる「地球温暖化問題の解決に向けた温室効果ガス削減目標の達成、並びに自然への負荷の緩和、自然の保全・再生、環境への適応など、自然との共生と人類の発展・経済の成長との両立を可能とするグリーン・イノベーション」が指向され、そのひとつに再生可能である植物を由来とするバイオベースポリマーの高度利用が検討されている。本研究では、バイオベースポリマーのひとつであるポリ乳酸 (PLA) に着目し、光学分野への応用発展を指向した材料設計の確立をめざすものである。

平成 22 年度の取り組み

本年度は、モノマーであるラクチドから PLA を化学合成し、得られた PLA のモルフォロジー制御とその精密構造解析を行っている。背景として、PLA がこれまで大きな関心を持たれながらも産業界に大きく貢献できなかった原因として、耐熱性や機械強度が汎用性ポリマーに比べ劣る点にある。そこで、本研究では、PLA 構造をナノメートルオーダーで制御することで、これらの問題点を克服し、PLA の高汎用化をめざし 1～3 の検討を行っている。

1. 光歪応答性ポリ乳酸フィルムの開発

キラリティ高分子であるポリ(L-乳酸) (PLLA) は、高い結晶化度を有することで知られているが、この PLLA を 1 次元方向に延伸させることで成形される PLLA ファイバーは、PLLA 結晶の配向によりユニークな圧電特性を示すことで関心が持たれている。とりわけ、このファイバーに制御電界を印加した場合、PLLA の圧電特性により、ファイバー先端の振動や振幅が任意にコントロールでき、透過光の方向性が制御できるようになる (Fig.1)。

本研究では、1 次元であるファイバーから大面積を持つ 2 次元の薄膜、更に、それ以上の構造体となるシートなどへの拡張をめざしている。そこで、本年度では、プロジェクト内共同研究として、電気工学科の鈴木薫教授と電場下における PLA 分子鎖の配向制御に関する研究を、そして、N.プロジェクトを基盤とした学外ネットワークとしては、東北大学金属材料研究所と共同研究として、強磁場中における PLA 分子鎖の配向制御に関する研究をスタートさせたところである。

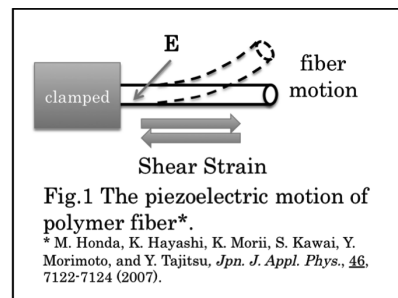


Fig.1 The piezoelectric motion of polymer fiber*.

* M. Honda, K. Hayashi, K. Morii, S. Kawai, Y. Morimoto, and Y. Tajitsu, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 7122-7124 (2007).

2. ポリ乳酸/シリカ、及びポリ乳酸/カーボンナノチューブハイブリッド材料の作製

上述の通り、PLA がこれまで産業界に大きく貢献できなかった背景として、汎用性高分子と比べて PLA の耐熱性、及び機械強度が劣ることに原因があると考えられる。そこで、本課題では、PLA と環境負荷が比較的小さいシリカ、またはカーボンナノチューブ (CNT) をナノメートルサイズで複合化することで、これらの問題点を克服したいと考えている。そのための手法として、シランカップリング剤を用いたハイブリッド作製における最適化や、また CNT を用いたハイブリッドでは、CNT 表面の改質方法としてフレッシュプラズマ処理法について検討を始め、物理学科の浅井朋彦専任講師と共同研究をスタートさせた。

3. ステレオコンプレックス型ポリ乳酸フィルムの作製

PLA に光学異性体が存在することはよく知られていることであるが、天然における存在割合が L 型、D 型ともほぼ同程度存在するということから珍しい高分子の一つとして挙げられる。また、これらは構造の対称性からステレオコンプレックス (sc) 構造を示すことが知られており、sc 構造を有するステレオコンプレックス型 PLA (sc-PLA) の物理的性質に多くの関心が寄せられている。とりわけ、結晶性である PLLA よりも sc-PLA の方が、融点が約 50°C も高くなることが知られている。また、成膜時の溶媒種や攪拌時間などの違いによって形成される sc 構造のサイズが異なることから、これらを最適化することで耐熱性に優れ、さらに透明性にも優れた材料となることがわかってきたところである。

動的平均場理論による強相関界面の電子構造

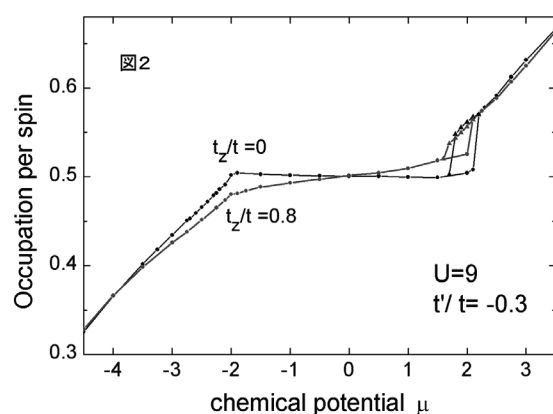
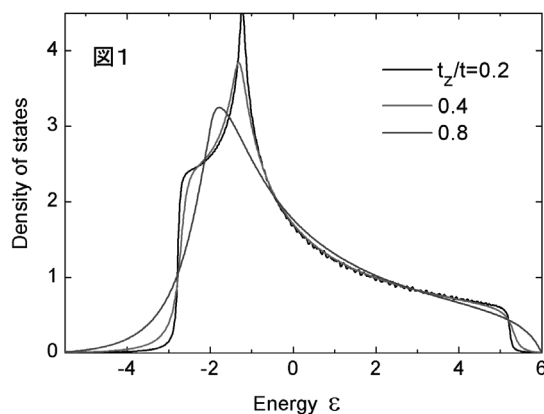
石田浩
理論班

近年、遷移金属化合物など強相関物質の膜厚を原子層単位で制御したヘテロ構造の研究が盛んである。結晶界面は、電荷移動や電子系の低次元化により、バルク結晶と異なる物性を示し、新規電子デバイスの開発も期待される。本研究では、動的平均場理論を用いた量子多体計算により、強相関界面の電子構造の解明を目指している。

1. 金属表面上の強相関単原子吸着層の電子構造

昨年度は、強相関薄膜の電子構造を、原子層間の電子相関を取り入れて計算したが、面内の原子間の電子相関は考慮しなかった(論文1)。そこで本年度は、金属表面に吸着した強相関単原子層の電子構造を、面内原子間の短距離電子相関の効果を取り入れて計算した。吸着原子層は2次元正方格子の単一バンド・ハバード模型で表した。最近接原子軌道間遷移積分を t 、第2近接原子軌道間遷移積分を t' 、クーロン反発エネルギーを U としたとき、銅酸化物超伝導体を考慮して、 $t' = -0.3t$ 、 $U=9t$ とした。下地金属はバンド幅 $W=12t$ の相互作用のない半無限立方格子の強結合模型で表わし、吸着層と金属下地の軌道混成の大きさは、吸着原子と下地表面原子間の界面垂直方向の軌道間遷移積分 t_z で表わした。面内の電子相関を考慮するため、クラスター動的平均場理論により有限温度 Green 関数を計算する。系は 2×2 の4原子正方形クラスターの超格子に分割して、原子サイト (i,j) が同一クラスター内であれば電子相関による自己エネルギー Σ_{ij} は有限、 (i,j) が異なるクラスター内であれば $\Sigma_{ij} = 0$ と仮定した。

$U=0$ の場合の吸着層の電子の状態密度を、 $t_z/t=0.2, 0.4, 0.8$ の場合に描いた(図1)。吸着層と下地半無限金属との軌道混成が大きくなるに連れて、2次元正方格子の状態密度のファンホフ異常が消えて行くのが判る。化学ポテンシャルの関数として、 $U/t=9$ の場合の吸着原子のスピントりあたりの電子数を描いた(図2)。 $t_z/t=0$ の時には系は完全な2次元モット絶縁体であり、エネルギーギャップ内では占有数は $n=0.5$ で一定である。またホールドープ側の金属絶縁体転移は2次転移、電子ドープ側には1次転移でヒステリシスが見られる。 $t_z/t=0.8$ の場合には、軌道混成により下地金属が吸着層に侵入するため、 $dn/d\mu > 0$ であり、系は常に金属である。しかし、ホールドープ側には $dn/d\mu > 0$ の傾きの変化、電子ドープ側には n の不連続な変化があり、下地金属との大きな軌道混成効果にもかかわらず、本質的には系は2次元モット絶縁体に近い電子構造を持つことが分った。



ナノ構造自己組織化基板と超高密度情報記録媒体

伊藤彰義, 塚本新

情報班, 超分子・自己組織班

1. 研究目的

超高密度記録に関する急激な発展により、1Tbit/inch² の高密度記録の研究が活発化しつつあるが、その実現には今までに無い多くの困難がある。本研究は、これを解決し、更なる高密度記録の実現、すなわち 2 Tbit/inch² 以上の未踏領域に挑戦するものである。近年、大規模情報記録に関する研究分野において、ナノ構造を有する磁性記録媒体が注目されている。本研究ではナノスケール配列構造を有する磁性媒体を得る手法として、自己組織/集積化現象を利用し形成した超高密度なナノ構造を表面に有するテンプレート基板の利用を提案し、検討するものである。

上記目的を達成するため、具体的には、

- 1) 高分子ミセルの自己組織化 3 次元稠密空間配列
- 2) ナノ構造金属材料形成用テンプレート基板の開発
- 3) 高密度記録媒体形成用磁性薄膜/微粒子形成への応用

により超高密度情報記録の更なる発展を図る。

2. 研究計画・進捗

平成 22 年度計画として、「稠密空孔配列二次元化（現在の三次元配列における厚さ方向の空孔層数を 1 とする）による、各種金属基板エッチング用テンプレートへの利用について検討」を重点課題とし、①内部に空孔を有するシリカ薄膜の、広範囲にわたる稠密規則化および単層化、上記シリカ膜の金属膜上への作成、②空孔を含むシリカ薄膜と双対なナノ表面構造の作成、につき検討した。以下に主要な進捗、達成度を示す。

2-1: 内部に空孔を有するシリカ薄膜の、広範囲にわたる稠密規則化および単層化

内部に空孔を有するシリカ薄膜の、広範囲にわたる稠密規則化および単層化を Pt および Fe 上で実現するための基礎実験に成功した。具体的には、

1. トリブロックコポリマーの重合数の調整により、ナノ空孔径を約 8 nm から約 5 nm にまで減少するとともに、主に溶液調合手順の見直しにより、形成される連続した規則配列領域の面積を約 1 μm^2 ($8.8 \times 10^5 \text{nm}^2$ 以上) にまで増大した。Fig. 1 参照。
2. 多孔質シリカ膜の作製に用いる要素のうち、高分子ミセルを形成するトリブロックコポリマー(A)・多孔質シリカの主成分であるテトラエトキシシラン (B)・および塩酸+水 (C)の比を一定とし、主に乾燥時に蒸発するエタノール(D)の量を増加する事で空孔 1 層相当の膜厚にまで薄膜化を行った。
3. 多孔質シリカ薄膜を、2 種の金属薄膜 (Pt、Fe) 上へ形成する事に成功した。

2-2: 空孔を含むシリカ薄膜と双対なナノ表面構造の作成

空孔を含むシリカ薄膜と双対なナノ表面構造として、ディップコート法による超微小シリカ粒子配列膜の作製とそれをマスクとした ICP エッチングにより、熱酸化 Si 基板上への転写構造の作製に成功した。

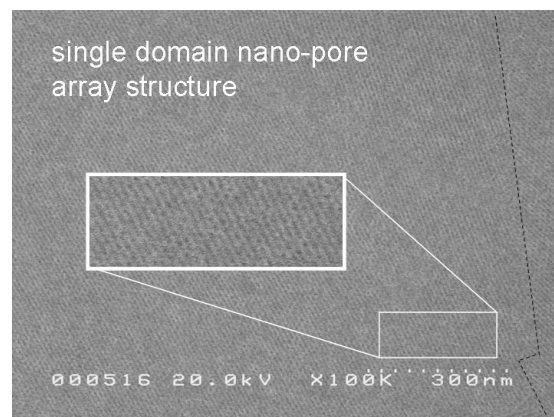


Fig. 1 SEM image of silica thin film having nano dent array structure.

量子中継の実現を目指した要素技術の開発

井上修一郎
情報班

無条件安全性および伝送容量拡大を実現する量子情報通信技術へ向けた実験的研究を進めている。本研究では、量子もつれ光子対を用いる **BBM92** 量子暗号プロトコルの実装、また次世代量子暗号に不可欠となる量子中継の要素技術確立を目指している。以下には本年度実施した研究内容の概要およびその成果を項目ごとに記す。

1. 高レート量子もつれ配送実験

タイプ II PPLN-WG を用いて直交偏光量子もつれ光子の配送実験を行った。本実験では単一光子検出器として正弦波ゲート動作型 APD を用いた。ここで、正弦波ゲートの繰り返し周波数は 1GHz、検出効率は 16 %、暗計数確率 $\sim 10^{-6}$ に設定した。1 パルスあたりの平均光子対数を 0.01 とした時の量子もつれ純度測定結果を図 1 に示す。目標とする状態 HV-VH による 2 光子干渉明瞭度 97 % (0° 方向), 94 % (45° 方向)を得た。ここで、H は水平偏光、V は垂直偏光を意味する。本結果は光子検出器の不完全性による偶発的同時計数を含む。また、伝送路が無い状態 (0km 伝送) において量子もつれ配送レート 2.8 kHz を得た。本結果は 1550nm 帯における量子もつれ配送実験においては現時点で世界記録となる(投稿準備中)。今後は、検出効率のさらなる向上、平均光子対数の引き上げ、光学損失の低減によって 10 kHz 以上の配送レートの確保を目指す。さらには量子もつれ配送系を用いて **BBM92** 量子暗号を実施する。

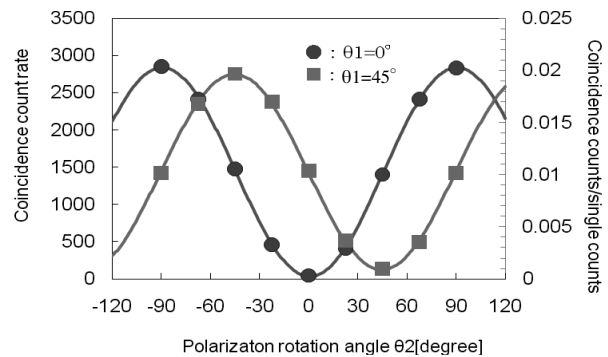


図 1 量子もつれ純度測定結果

2. 850 nm 帯高検出効率光子数識別器の開発

量子鍵配送や量子ゲート回路などの量子情報通信の実現には、高い性能の光子検出器が求められている。超伝導転移端センサ(TES)は、超伝導転移領域での急峻な抵抗変化を利用した高検出効率かつ低暗計数をもつ光子数識別器である。我々はこれまでに、チタニウム超伝導体を用いた TES(Ti-TES)を開発し、光子数識別器の高速化を実現している。今回、850 nm 帯に最適化した光吸収構造をもつ Ti-TES の開発を行った。Ti 薄膜は、大きさが $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 、厚さが 22 nm である。波長 844 nm のパルス光を入射した際の TES の波高値分布を図 4 に示す。この図から光子数を明瞭に分離できていることが分かる。また、入射光子数を変えながら検出効率の測定を行った。その結果、検出効率の平均値は 98.4 %であった。この効率は、現在報告されている光子検出器の中で最も高い効率である。

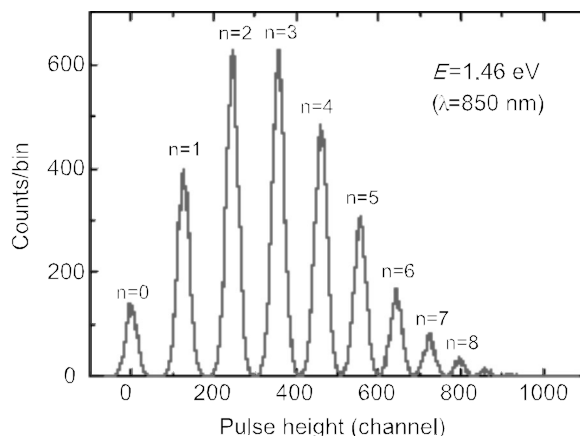


図 2 TES の波高値分布

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

岩田展幸

ナノ物質・ナノデバイス班

1. 単層カーボンナノチューブ(SWNT)のカイラリティ制御

図 1(a)内右上に使用した基板を示す。場所(i)は基板、(ii)は三角形の Au 電極、(iii)は電極間である。(ii)、(iii)はオゾン処理によって、より親水性にした。エタノールに分散した酢酸 Mo、酢酸 Co を触媒とし基板上にディッピングした。最も親水性の高い状態にあるオゾン処理した(iii)電極間に親水性のエタノールが良く濡れ、多くの極微小サイズの触媒微粒子が付着していると考えられる。炭素源にエタノールを用いたアルコール触媒化学気相成長(ACCV)法を用い、800nm の自由電子レーザー(FEL)を照射しながら単層カーボンナノチューブ(SWNT)を成長させた。図 1(a)は成長した SWNT の低波数域の Raman 散乱結果である。測定箇所は、(iii)電極間である。励起波長は 785,632,532,441nm の 4 種類を用いた。785nm を用いた時のみ、Radial Breathing Mode (RBM)が観測された。可能性のあるカイラル指数は (8,7),(10,6),(10,5),(12,2),(13,2),(13,0),(14,0)の 7 種類であり、すべて半導体的性質を持つ。図 1(b)に高波数域の Raman 散乱結果を示す。G バンド、D バンドが観測された。また、場所(ii)、(iii)では、G バンドはほぼ確認できなかった。以上結果から、電極間上でのみカイラリティの制御された半導体的 SWNTs が成長していることがわかった。我々は成長位置、成長中カイラリティ制御された SWNTs 成長を同時に初めて達成した。

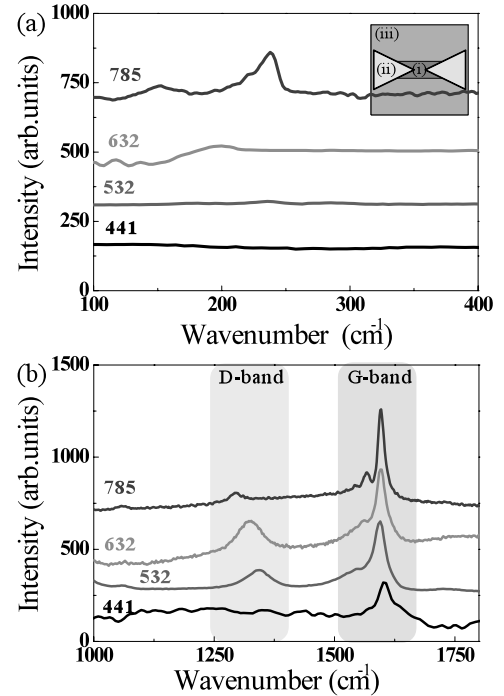


図 1：電極を蒸着し、表面処理した基板上に作製した SWNTs の Raman 散乱。

2. REFeO₃/AFeO₃ 超格子の作製と室温マルチフェロイックの発現(RE=Bi,La A=Ca,Sr)

図 2 に SrTiO₃(STO)(103)に関する (a) CaFeO_x (CFO) / LaFeO₃(LFO)、(b) CFO / BiFeO₃ (BFO)、(c) SrFeO_x (SFO) / BFO 超格子の逆格子マッピングを示す。(a)では約 CFO、LFO が 7units ごとに超格子を作製していること、(b)では、[CFO(1.16nm) / BFO(1.30nm)]×14、(c)では、[SFO(1.36nm) / BFO(1.00nm)]×14 の超格子構造を確認した。超格子回折ピークが確認できたこと、さらに、表面像がステップ-テラス構造を示したことから清浄な界面が形成されていることが予想される。

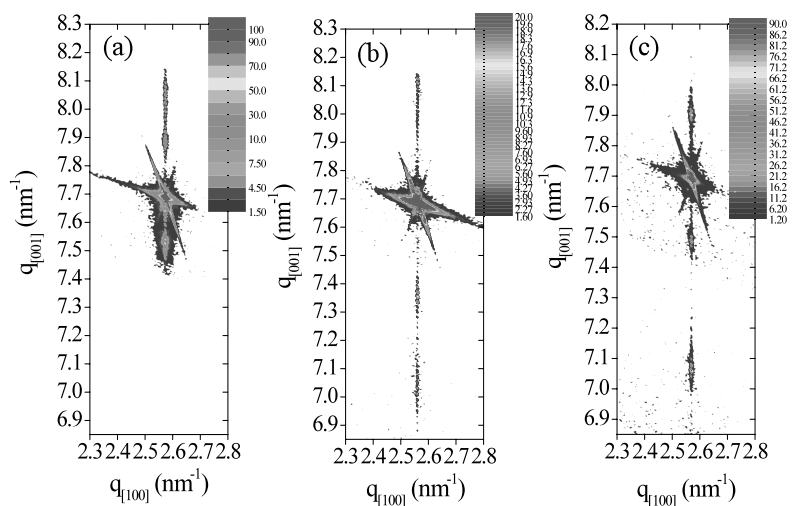


図 2：CFO/LFO、CFO/BFO、SFO/BFO 超格子の STO(103)に関する逆格子マッピング。

自己集合超分子系の開拓と、エネルギー、医療、情報技術への応用

大月 穰

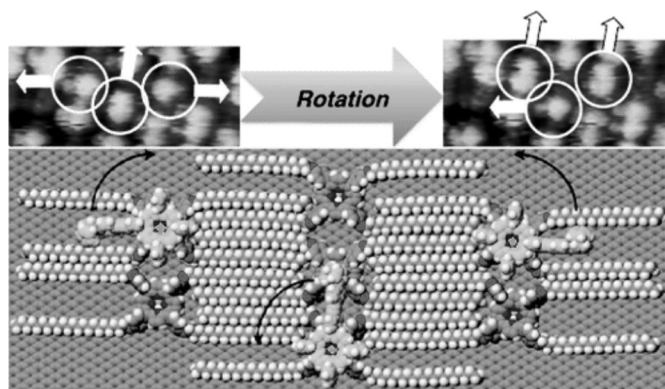
超分子・自己組織班, エネルギー班

適切に設計された分子の自己集合は、ナノ構造を構築するための有力なボトムアップ的手法である。本研究では、新しい分子の自己集合系を開発し、分子レベルでの自己集合構造、そのダイナミックな挙動を明らかにするとともに、N.研究プロジェクトの研究者との連携によって、エネルギー、医療、情報への応用を検討している。

1. 分子の自己集合構造と動的挙動の分子レベルでの解明

ダブルデッカー錯体というポルフィリンやフタロシアニンのような平面のディスク状分子 2 枚が一つの金属イオンをはさみこんだ形の化合物の自己集合挙動を検討した。ダブルデッカー錯体の 2 枚のディスクは、金属を中心として回転することが各種スペクトロスコピーによって明らかにされていたが、その回転を「見た」人はいなかった。我々は、この回転による向きの変化を検出できるようにするために、置換基を一カ所導入したダブルデッカー錯体を合成した。この錯体を基板表面に吸着させ、自己集合によって配列させることによって、錯体の向きを走査トンネル顕微鏡で明らかにすることができた。さらに、その向きが時間とともに変化する像を捕らえることに成功し、初めて、ダブルデッカー錯体の回転を「見る」ことに成功した (論文 1, 図)。

光照射によって分子構造が大きく変化する新しい化合物を合成し、ポルフィリンとの集合状態を光でコントロールする系を報告した (論文 2)。



2. 自己集合錯体を用いた光エネルギーによる水からの水素発生.

金属配位部位をもつ新しいイリジウム錯体を合成した。水を含む溶液中でこれらの錯体とコバルトイオンを混合すると、錯体がコバルトイオンにも配位し、イリジウム-コバルトの両方を含む超分子錯体が生成する。イリジウム部位は光増感剤として、コバルト部位は水素発生触媒として機能し、両者を結合することによって水素生成反応に必要な電子移動が効率よく起こることが期待される。いくつかの誘導体について光照射実験を行い、水素が発生することを見いだした。イリジウムとコバルトが結合していない場合に比べて、効率が向上する超分子錯体も認められた (論文 3)。さらに、ルテニウム錯体を用いた系で、触媒が不要で高ターンオーバーの水素発生系を見いだした。その機構を現在検討中である。

3. X線を用いた光線力学療法のための化合物合成

癌の治療法のひとつとして光線力学療法が用いられている。これは、色素化合物を癌細胞に集積させておき、レーザーを照射することによって生成する励起色素の効果によって活性酸素種を生成させ、癌細胞にダメージを破壊する療法である。可視光レーザーでは体表面から 1 cm 程度の浅い部位にある癌にしか適用できないという問題点がある。そこで、体内透過性がある X 線と光線力学療法を組み合わせるために、X 線吸収効果のあるヨウ素と活性酸素性能のあるポルフィリンが結合した化合物を合成した (特願 1)。

細胞実験レベルで一定の効果が認められており、今後開発を継続していくとともに、X 線による内殻電子励起→価電子励起のエネルギー移動過程には 10^4 倍ものエネルギー差があり、この間のプロセスは科学的にも新しく、非常に興味深く、追求する価値があると思われる。

電磁界シミュレーションによるナノスケールデバイスの設計

大貫進一郎

量子理論・計算班

高速かつ信頼性の高い電磁界シミュレーションを、光の波長に比べ解析対象物が小さいナノ構造物に対して行う。ナノ領域に局所的な円偏光を生成するアンテナやプラズモン導波路などを設計し、N.研究プロジェクトの研究者との連携により情報技術への応用を目指している。

1. 光直接記録に向けたナノスケールアンテナの設計

情報班の塚本・伊藤らが発見した光誘起超高速磁化反転現象は円偏光を利用することが必須であるが、現状の光スポットサイズはマイクロメートルオーダーであるため高密度記録が困難である。そこで、情報班の中川と共同で、ナノメートルオーダーの局所的な円偏光を高効率に生成できるアンテナを設計した。図1のアンテナは2組のダイポールアンテナから構成され、それぞれのアンテナに誘起される表面プラズモンの位相が90度ずれるようなアンテナ長を選んだ。このアンテナに直線偏光を入射した場合、中央部のギャップにおいて図2に示すような局所的な円偏光が生成できることを確認した。また、入射方向を変えることで右回りと左回りの制御も可能であること、記録媒体中においても円偏光が生成できることも明らかにした。

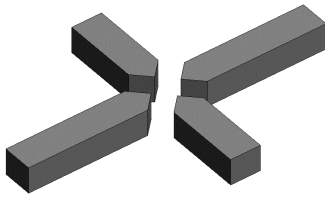


図1：局所的円偏光生成用アンテナ

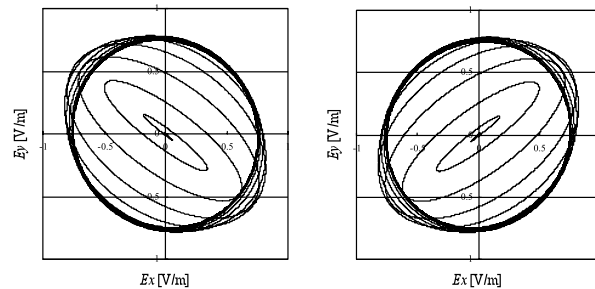


図2：電界の時間応答解析

2. 複素周波数領域積分方程式法による表面プラズモンの解析

計算精度の保証が可能な複素周波数領域における積分方程式法を用いて、ナノスケール金属粒子における表面プラズモンの解析を行った。本手法は、光の波長帯において、任意形状や金属粒子が複数ある場合について信頼性の高い解析が行えることを明らかにした。また、金属粒子のモデリングについても検討を行い、曲面パッチなどの有用性を明らかにした。

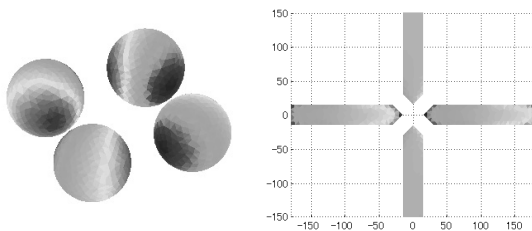


図3：表面プラズモンの解析例

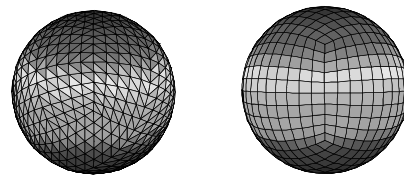


図4：モデリングと表面電荷密度

3. 超高速並列プロセッサを用いた高速電磁界解析

GPU や Cell などの超高速並列プロセッサに対応した計算プログラムを開発した。通常のCPUでの計算に比べて、GPUを用いたFDTD法の計算は25倍程度、Cellを用いた3次元フルベクトル解析が可能な積分方程式法では20倍程度の高速化を実現した。

原子気体を用いた量子メモリの実現に向けた実験研究

桑本剛
情報班

1. 本研究の目的

原子を利用した量子メモリの実用化を目指した基礎研究を行う。量子メモリは、高度情報化社会の実現・発展のために極めて重要である量子情報処理・通信に必要な要素技術である。本研究では特に、偏光量子もつれ光子対を原子中に長時間保存することを目指す。現在以下の2つの実験を平行して進めている。

- (1) ルビジウム原子との共鳴波長（795 nm）をもつ偏光量子もつれ光子対の生成（量子光源の開発）
- (2) 電磁誘起透明化を利用した室温ルビジウム原子気体中へのレーザー光の保存実験系の開発および高度化（保存装置の開発）

上記の開発が終了後、両者を統合して偏光量子もつれ光子対の室温ルビジウム原子気体中への保存実験を行う。基礎的知見を得た後、冷却原子や通信波長帯光を使用するための検討を行いより実用的な系への展開を試みる。

2. 平成 22 年度の研究内容および成果

平成 21 年度において、上記に挙げた(1)に関する研究開発として、偏光量子もつれ光子対源となる直交偏光光子対の生成装置を立ち上げた。直交偏光光子対らしき信号を得たがその量子性を確認するまでには至らなかった。また、上記(2)に関する研究開発としてレーザー光の保存に成功したが、保存時間が先行研究の 10 分の 1 程度と短いものであった。本年度はこれらの改善を進めた。以下に具体的な研究内容を示す。

- (1) ルビジウム原子との共鳴波長（795 nm）をもつ直交偏光光子対の量子性の確認

主な改良および開発に関し以下に記す。

1. 直交偏光光子対を発生させるために必要となる波長 397.5 nm の光源の増強。

397.5 nm 光は、非線形光学結晶に出力 600 mW、波長 795 nm の励起光を入射し第 2 高調波を発生させて得る。前年度までは予算の都合上非常に変換効率の悪い結晶を使用していた。本年度は本プロジェクト予算にて購入した変換効率の高い結晶（Type I PPKTP）を使い 2~3 mW の 397.5 nm 光を得た。これにより直交偏光光子対の発生数を 2 倍にすることができた。

2. 光学系の改善。

生成した直交偏光光子対の量子性が確認できなかったのは、397.5 nm 光を除去するために使用していた分光プリズムに偏光依存性がある事が原因であることを突き止めた。プリズムを取り除き、本プロジェクト予算にて購入した半値幅 0.5 nm の波長 795 nm 光用狭帯域バンドパスフィルターや複数のローパスフィルターを用い、397.5 nm 光の除去を行う光学系に変更した。

3. 直交偏光光子対の 2 光子干渉測定のための同時計数回路の製作。

4. タイミング補正結晶の導入

非線形光学結晶（Type II PPKTP）内で生成した直交偏光光子対は 90 度偏光が異なる 2 つの光子の組であるが、結晶の複屈折により結晶内を伝搬中に偏光の異なる光子間の空間的分離が生ずる。これを補正するために、本プロジェクト予算にて購入した KTP 結晶を導入した。

実験の結果、直交偏光光子対の量子性を確認する事に成功した。Fig. 1 に実験結果を示す。これは光子対の 2 光子干渉を測定したものであり、明瞭度(visibility)は 83% であった。今後はさらなる計数率および明瞭度の改善を進める。

(2) 室温ルビジウム原子気体中へのレーザー光の長時間保存のためのレーザー周波数制御系の高度化

ルビジウム原子中へのレーザー光の保存時間が先行研究の 1/10 程度であった理由は複数考えられるが、我々は、使用している 2 台のレーザーの相対的な周波数揺らぎが主原因であると予想を立て、光位相同期によるレーザー相対周波数制御装置の開発を行った。本開発にはプロジェクト予算にて購入した信号発生器を使用した。高速光検出器によって 2 台のレーザー光のビート信号 (6.8 GHz + 相対周波数揺らぎ δ) を検出し、信号発生器からの高精度な信号と比較することで δ を抽出して、これを最小化するようにレーザーをフィードバック制御した。結果を Fig. 2 に示す。光位相同期を行わない場合、ビート信号の半値全幅は 2 MHz 程度あったが光位相同期によってこれを 400 Hz まで狭窄化する事ができた。これは 2 台のレーザーの相対周波数ゆらぎが 1/5000 になったことに相当する。本開発の成功によって、従来生じていたシングルショットごとの信号強度変動が大きく抑制された。今後は光保存の長時間化を確認する。

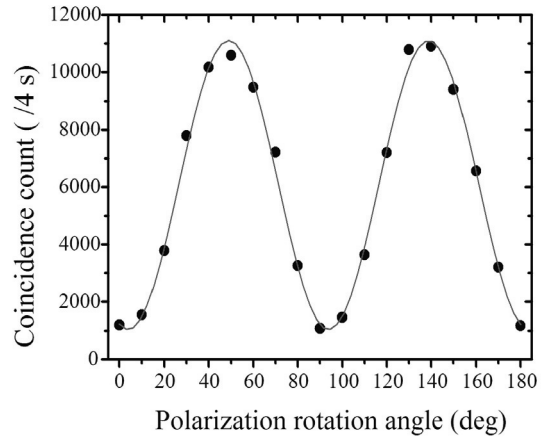


Fig. 1 Coincidence count of orthogonally polarized photon pair as a function of polarization rotation angle.

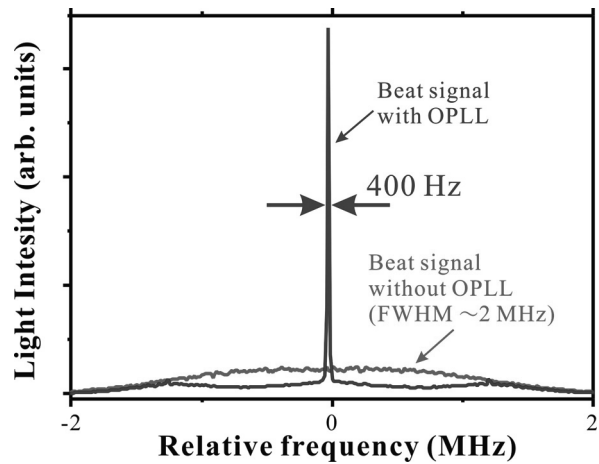


Fig. 2 Beat signals of two lasers with and without the relative frequency control by the optical phase lock loop

PI ポリアミドおよびナノ構造を用いた小児固形腫瘍に対する新規抗癌薬剤の開発

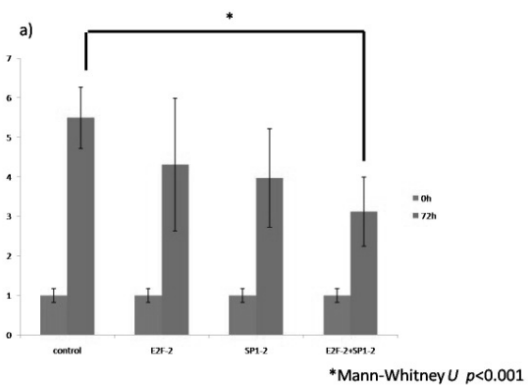
越永従道

医療班

神経芽腫は神経堤より発生し、頭蓋内以外に発生する固形腫瘍であり小児のガン死の 15% を占める。神経芽腫の予後不良例においては生存率が 40% を切っており、新規治療法および予後不良な腫瘍に対する治療の層別化に応用するための新規診断法が期待されている。また *MYCN* 遺伝子の増幅は神経芽腫の予後因子であり、同遺伝子の発現抑制は細胞増殖抑制効果や分化を促す。一方、PI ポリアミドは配列特異的に DNA に結合でき、転写因子の結合配列を標的として作製することで遺伝子の発現を調整できる。我々は *MYCN* 遺伝子の発現調整領域に存在する転写因子である SP1, E2F の結合領域を標的とした PI ポリアミドを作製し、その抗腫瘍効果を神経芽腫細胞株で検討した。さらに今後、新規ナノ構造で PI ポリアミドを修飾することでより効果的な抗腫瘍薬剤の開発および新規診断法の開発への応用のための基盤となる研究を遂行した。

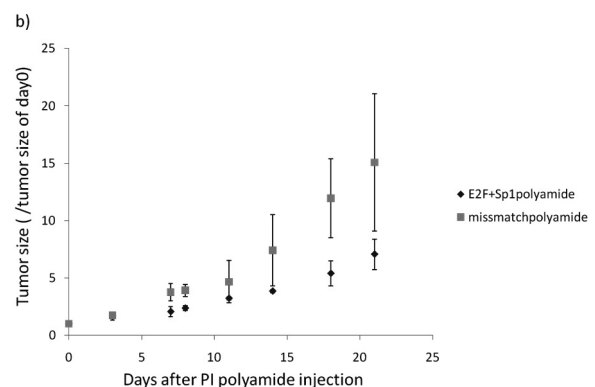
1. *In vitro* での検討

現在までに神経芽腫細胞株 CHP134 に対して E2F および SP1 を標的とした PI ポリアミドの混合投与を行い、投与後 72 時間で非投与群と比較して細胞増殖抑制効果(a)および *MYCN* 遺伝子の発現抑制を認めた。さらにこれらの PI ポリアミドの投与は増殖抑制のみならずアポトーシスの誘導をすることが確認できた。



2. *In vivo* での検討

神経芽腫細胞株 CHP134 細胞をヌードマウスの皮下に移植し、xonograft モデルマウスを作製した。このマウスの腫瘍移植部に対して *In vitro* 同様に E2F および SP1 を標的とした PI ポリアミドを混合投与した。その結果、投与群で目的領域と結合を有しないコントロール PI ポリアミド(mismatch)と比較して腫瘍の増殖を抑制する傾向にあった(b)。



これらの結果は今後、新規ナノ構造で PI ポリアミドを修飾することでより効果的な抗腫瘍薬剤の開発および新規診断法の開発へ応用するための基盤となる研究であったと考えられる。

ヘリウム様原子におけるフント則の起源：低スピン状態における共役フェルミ孔の存在

佐甲徳栄

量子理論・計算班

電子は自然界に存在する最小単位の磁石であり、この磁石としての性質を担うスピンを制御することによって、電子は最小単位のメモリ素子となる。本研究では、原子における電子スピンとエネルギー準位の関係を規定する「フントの第一規則」に着目し、この規則が成り立つ起源を最も単純な複数電子系である He 原子および He 様原子イオンについて解明した。

フントの規則は、軌道配置を共有し、スピンおよび軌道角運動量が異なる電子状態間のエネルギー順序を規定する規則であり、特にスピンに関する「フントの第一規則」については、原子のみならず、分子、さらには人工原子についても成り立つことが知られている。この第一規則の起源については、1929 年の Slater の考察に基づく、「スピン多重度の大きい状態ほど電子間反発エネルギーが小さい」ことが原因だとする、いわゆる伝統的な解釈が知られている。一方、Davidson に端を発する He 原子におけるその後の量子化学計算によって、スピン多重度が大きい 3 重項状態の方が、多重度が小さい 1 重項状態よりも、電子間反発エネルギーが大きいことが示されている。すなわち、3 重項状態の方が 1 重項状態よりも低いエネルギー値を持つのは、電子間反発ポテンシャルによるエネルギー増加が小さいからではなく、電子分布がより核付近に収縮することによって、「核引力ポテンシャルによるエネルギー低下の利得が大きい」ためであることが示されている。

一方、3 重項状態において電子分布が収縮する原因については、「電子が互いに避け合い 2 電子角度がより大きくなることによって、核電荷の遮蔽が小さくなる」ためであることが Boyd によって古くから示唆されてきたが、最近 Moiseyev らは、電子状態計算においてフントの多重項則を再現するためには、高次の角運動量関数を基底関数に入れる必要がないこと、すなわち、2 電子間の角度相関が重要ではないことを示している。佐甲らは最近、少数の電子をナノスケールの低次元ポテンシャル井戸に閉じ込めた「人工原子」と呼ばれる量子系の電子物性を明らかにするための研究に取り組み、He 原子に対応する 2 電子人工原子について、波動関数の内部構造を可視化することによって、3 重項状態の電子密度分布がコンパクトになる原因を明らかにしている [論文 1]。本研究では、この波動関数の内部構造を調べるといふ発想の下に、He 原子について完全配置間相互作用 (FCI) 法に基づく電子状態計算を行い、未だ統一した見解が得られていない He 原子について、フントの第一規則の起源を解明することを目指した。

FCI 法によって得られた波動関数の確率密度分布から、全軌道角運動量に対応する角度変数を積分することによって波動関数の内部部分を抽出し、この内部波動関数を内部空間 (r_1, r_2, ϕ_-) で可視化を行った。また電子間反発ポテンシャル $1/r_{12}$ をこの内部空間で可視化したところ、 $1/r_{12}$ は $\phi_- = 0, \pm\pi$ および $r_1 = r_2$ で定義される空間にピークを持つ三つの「ポール」として表れ、フェルミ孔が現れる空間領域を厳密に貫くことが示された。そして、3 重項状態の内部波動関数の確率密度は、パウリ原理によってフェルミ孔近傍に確率密度を持たないため、電子間反発ポテンシャルの影響を受けにくい一方、1 重項状態の波動関数の場合には、フェルミ孔近傍に元々存在していた確率密度が、電子間反発のポールによって押し出されることが示された。一方、1 重項状態と 3 重項状態の内部波動関数の詳細を比較した結果、1 重項状態の波動関数は、フェルミ孔の近くに、3 重項状態よりも確率密度が小さくなる「共役フェルミ孔」を持つことがはじめて見出された。そして、この共役フェルミ孔の存在によって、フェルミ孔近傍から押し出された 1 重項状態の確率密度は、核からより遠くに移動し、その結果、3 重項状態よりも広がった電子密度分布を持つこと、言い換えれば、3 重項状態は 1 重項状態よりもコンパクトな電子密度分布を持つことが明らかとなった [論文 2]。

広バンドギャップ半導体ナノロッドデバイスの作成

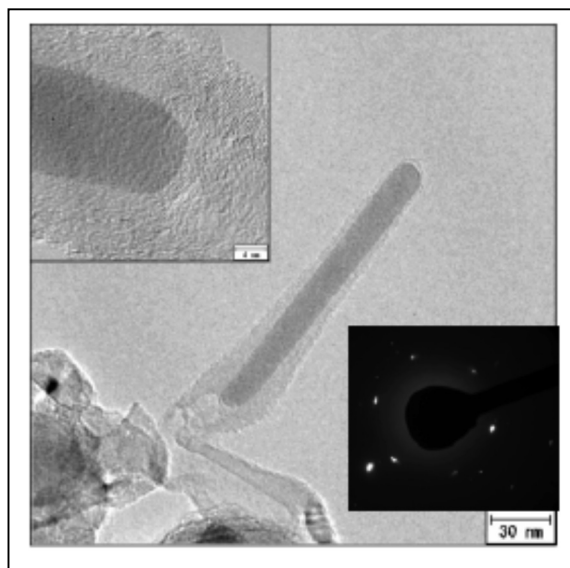
鈴木薫

ナノ物質・ナノデバイス班

ナノ物質系として、「カーボンナノロッド」、「広バンドギャップ半導体」等を対象として、レーザー・プラズマプロセス、その他独自の手法による物質合成法、構造作製法を開発する。

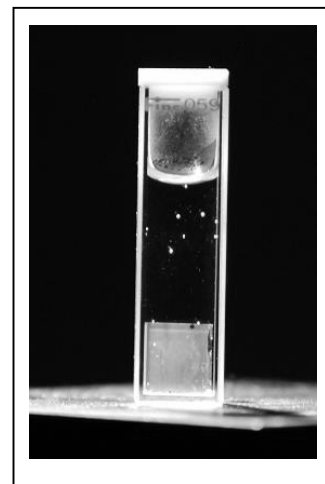
1. 金属内包カーボンナノチューブの磁気力顕微鏡用プローブ加工

強磁性体のニッケルを直径 10~80nm・長さ 100~800nm という高アスペクト比で内包したカーボンナノチューブは、その外側に数~数十層のグラフェン層が巻き付いて成長していることを確認した。また、ニッケルには結晶性が存在することや、生成時の電流や時間依存性について検討し、最適条件を見出した。これらの成果を、21st European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides (5-9 Sep. 2010, Budapest, Hungary) で発表した。また、「磁性体内包 CNT の析出装置、磁性体内包 CNT の析出方法、磁性体内包 CNT、磁気力顕微鏡、スピン・トランジスタ、スピン・ダイオード、スピン電界効果トランジスタ、スピン pin ダイオード」特願 2010-198325 を特許出願した。



2. 水の光分解による生成と水素・酸素の吸蔵回収を一体で行う複合材料の開発

歯学部：関、中田、紙本、廣瀬、升谷先生との共同研究で可視光応答型光触媒の研究を行い、酸化チタン(TiO₂)にランタン(La)とストロンチウム(Sr)・バリウム(Ba)・カルシウム(Ca)等をドーピングすることにより、可視光でも水分解反応を示し、水素発生が確認された。Laが無添加時には水素の発生は起こらなかったが、Laの添加により水素発生 10 $\mu\text{Lh}^{-1}\text{cm}^{-2}$ を昨年の研究で確認し、今年度はLa+Srの添加により 16 $\mu\text{Lh}^{-1}\text{cm}^{-2}$ へと水素発生効率の改善がなされた。この成果を、7th International Conference on Photo-Excited Processes and Applications (16-19 August 2010, Copenhagen, Denmark) で発表した。また、第10回レーザー学会東京支部研究会(2010年3月3日東海大学湘南キャンパス)で学部4年の野々村君がポスター講演優秀賞を受賞した。



3. 鉄砒素系超伝導材料の薄膜化と単電子デバイスの作成

物理学科 高野先生と共同で超伝導材料 LaOFeAs の成膜に関する研究を行い、その成果を 7th International Conference on Photo-Excited Processes and Applications (16-19 August 2010, Copenhagen, Denmark) で発表した。

4. 光歪応答性キラル高分子ナノ薄膜の開発

指でも触れる低温のフレッシュプラズマジェットを用いてバイオポリマー材料の重合ができることから、物質応用化学科の伊掛先生と高分子の配向制御に関する研究を開始した。また、歯学部：関、中田、紙本、廣瀬、升谷先生との共同研究で歯周病細菌の殺菌に関する研究を開始した。

層状構造を持つ鉄系超伝導体の超伝導機構解明と新超伝導物質探索

高野良紀

ナノ物質・ナノデバイス班

1. はじめに

2008 年に酸素の一部をフッ素で置換した $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ が約 26K の超伝導転移温度 T_c を持つことが発見された。その後、 LaOFeAs と同様に Fe の 2 次元正方格子を持つ超伝導体が次々に見出されてきている。これらの物質は鉄系超伝導体とよばれ、現在、世界中で精力的に研究されている。

我々は、このような物質群において、 LaOFeAs と同一の 1111 構造を持つ SrFFeAs および 1111 構造よりも結晶構造が単純で同様に Fe の 2 次元正方格子を持つ Li_xFeAs (111 構造) に着目した。 SrFFeAs では Sr の一部を希土類元素 R で置換し、電子ドーピングを行うと母体物質の構造相転移の消失とともに、超伝導が発現する。これまでに報告されている超伝導体は $\text{R}=\text{La}, \text{Sm}$ の場合であり、その超伝導転移温度 T_c はそれぞれ約 29K および約 56K であった。そこで、我々はこれまでに報告されていない $\text{R}=\text{Nd}$ とした試料の作成を行い、その特性を評価した。また、 SrFFeAs では、超伝導を担うと考えられている FeAs 層の Fe の一部を直接 Co で置換しても、約 4K で超伝導になると報告されている。超伝導の発現が d 電子数の増加による電子ドーピングによるとすれば、Co よりも d 電子数が多い Ni の方が効率的であると考えられるため、 $\text{SrFFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{As}$ を作成し電気的性質を評価した。 Li_xFeAs は母体物質自身が T_c が約 18K の超伝導体であるが、これとホモロガスな Na_xFeAs は超伝導を示さないが、Fe の一部を Co あるいは Ni で置換すると超伝導になると報告されている。そこで、我々は、まず、 $\text{Li}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{As}$ を作成し、その電気的・磁氣的性質を評価した。

2. 実験結果および考察

2.1 $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FFeAs}$ の超伝導

微量の SrF_2 や FeAs_2 などの不純物を含むものの、 $0 \leq x \leq 0.5$ の範囲で、ほぼ単相の試料を作成することに成功した。置換量 x の増加とともに格子定数 a, c は減少し、 T_c は増加した。最高の T_c は $\text{Sr}_{0.5}\text{Nd}_{0.5}\text{FFeAs}$ の 49K であり、従来報告されている Sm 置換の T_c に匹敵する値が得られた。また、 T_c における上部臨界磁場の温度勾配 (dH_{c2}/dT) は -1.5T/K であり、放物線近似により 0K における上部臨界磁場を見積もったところ、約 75T という非常に高い値を示した。

2.2 $\text{SrFFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{As}$ の電気的性質

微量の SrF_2 を不純物として含むものの、 $0 \leq x \leq 0.2$ の範囲で、ほぼ単相の試料を作成することに成功した。置換量 x の増加とともに格子定数 a, c は減少し、構造相転移による電気抵抗率の急激な落ち込みを示す温度は低温側に移動した。全ての試料において、電気抵抗率の温度依存性は金属的であったが、3K 以上で超伝導を得ることができなかった。

2.3 $\text{Li}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{As}$ の電気的・磁氣的性質

Li 量 x については、完全には決定されていないがほぼ化学量論比である 1 に近いと考えられる。不純物として微量の Co_5As_2 が含まれていたが、 $0 \leq y \leq 0.05$ の範囲で、ほぼ単相の試料を作成することに成功した。置換量 y の増加とともに格子定数 a, c は減少し、 T_c も減少した。 Li_xFeAs および $\text{Li}_x\text{Fe}_{0.98}\text{Co}_{0.02}\text{As}$ の T_c 、 T_c における dH_{c2}/dT 、下部臨界磁場、超伝導分率はそれぞれ、18K、 -0.43 K/T 、0.05T、54 % および 11K、 -0.43 K/T 、0.02T、46 % であった。 $\text{Li}_x\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{As}$ では約 11K で超伝導によると思われる電気抵抗の急激な減少を観測したが、ゼロ抵抗状態を得ることができなかった。

3. まとめ

現在、我々は、高い超伝導転移温度を示す新超伝導物質の探索を中心に研究を行っている。一方、このような超伝導体をエレクトロニクスに応用するには、薄膜化が必要である。我々は、超伝導転移温度が高く、比較的試料の作製が容易な $(\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{F})\text{FeAs}$ を選び、同一班の鈴木教授との共同研究により、薄膜化を行っており、その成果を国際会議で報告した。

バイオナノマシンの 1 分子イメージング

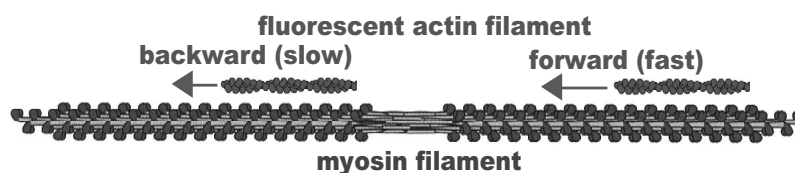
茶園茂, 東條正

ナノ物質・ナノデバイス班

従来のバイオナノマシンの研究では、少なくとも 100 兆個の分子の平均値を測定する生化学、あるいは生物物理学的手法が主流であった。しかしながら、100 兆個のバイオナノマシンと ATP との反応サイクルにおいて、それら 1 個 1 個の反応サイクルが同期しているわけではないので平均値はバイオナノマシンの真のコンフォメーションを現していない。したがって、1 分子計測が必要となる。ここでは 1 分子イメージングの前段階としての多分子イメージングによる生体分子モーター作動原理の研究と 1 分子イメージングによる細胞膜上受容体蛋白の研究を報告する。

1. 多分子イメージングによる生体分子モーター作動原理の研究.

ミオシンフィラメント上を滑る蛍光標識アクチンフィラメントの動きを蛍光イメージング法で解析した。図のようにアクチンフィラメントはミ



オシンフィラメントの端から中央に向かって (forward) は速く滑り、中央から端に向かって (backward) はゆっくり滑ることがわかっている。しかし、その理由はわかっていなかった。ここでは、滑り速度の温度依存性を調べ、アレニウスプロットからそれぞれの活性化エネルギーを計算した。その結果、forward と backward の活性化エネルギーはそれぞれ 44k kJ/mol, 79 kJ/mol であった。これらの結果は 180° ひねられたミオシンの頭がアクチンフィラメントを逆方向に動かすと仮定すると、ミオシンの頭がひねられる遷移は熱揺動エネルギーでなされていることを示唆している (論文 1)。

2. 1 分子イメージングによる細胞膜上の上皮成長因子受容体蛋白の研究.

上皮成長因子(EGF)は細胞膜上の受容体(EGFR)に結合し、細胞の成長と増殖の調節に重要な役割を果たす。この EGFR の変異は調節不可能な細胞分裂を起こし、がんを発生させると言われている。この EGFR の細胞膜上の動態を明らかにするために 1 分子解析をめざしている。生体内観察 (*In Vivo*) では細胞や組織が強い自家蛍光を持っているため背景光を減少させることが難しい。また、細胞や組織は均一系でないためノイズ除去が難しい、観察対象分子が自由にブラウン運動しているために空間分布が時々刻々と変化する、等の困難がある。これらの困難を解決するため、より高コントラストを実現する光学系の構築 と GFP (緑色蛍光タンパク質) に代わる蛍光ラベル化剤の探索を行い、最も S/N 比が高く、なおかつ蛍光色素の寿命が最も長い蛍光タンパク質として mPlum を見いだした。

光誘起超高速磁化反転と超高速情報記録

塚本新, 伊藤彰義

情報班, 超分子・自己組織班

1. 研究目的

近年、大規模情報記録に関する研究分野における最も重要な課題の一つとして記録スピードの高速化が挙げられる。ハードディスクに代表される磁気記録では、磁性記録媒体内の集団スピンである磁化の向きを磁界によりスイッチングすることで情報記録を行うが、既に物理的に不可避な高速化の限界に迫り、根本的解決策がないまま模索が続いている。

これまでに、GdFeCo 薄膜に対しパルス長 40 fs (フェムト秒: 10^{-15} 秒) のレーザー照射のみで完全磁化反転できることを実証実験し、その光誘起磁化反転作用が、円偏光のヘリシティにより制御可能であることを明らかにした。これは、従来不可能だと考えられてきたもので、既存ハードディスクの約 100,000 倍という飛躍的超高速記録への可能性を示すものである。本研究では、光と磁気の積極的利用の下、新規な超高速スピン制御法、情報記録原理を明らかにする。上記目的を達成するため、具体的には、

- 1) 光誘起超高速磁化反転現象の系統的解明 (H23 までに薄膜材料、H25 までにナノ構造媒体)
- 2) 媒体材料の超高速磁化応答とその光・熱特性の解明 (H24 まで上記と並行)
- 3) 上記1)、2)に基づく、全光型超高速磁気記録の実施 (H25 まで)

により超高速情報記録の更なる発展を図る。

2. 平成 22 年度研究計画・進捗

平成 22 年度具体計画として、以下の目標につき検討した。

- 1) 本研究目標である数十 THz 領域での磁化制御に向け、光-電子-磁気-熱間作用を理解・利用するため、フェムト秒パルスレーザーを用いたサブピコ秒時間領域での、①磁化動特性、②光-電子作用による光学応答、の解明と共に制御を試みる。

2) 電子構造の異なる他元素材料(TbFeCo)に関し、非熱的光誘起磁化反転現象の発現を確認。以下に主要な進捗、達成度を示す。

2-1) サブピコ秒時間領域での磁気特性、光学応答解明のため、フェムト秒パルスレーザー光源によるポンプ・プローブ法を用いた時間分解計測システムを構築した。①の磁化動特性については、磁気ファラデー/カー効果を用い、②については、電子温度依存誘電率変化に伴う透過率、反射率の変化率計測により行うため、高感度同時計測可能な検出システムを構成し、時間分解能約 10fs での測定を実施した。強励起光照射後サブ ps の時間領域において、電子温度上昇を主要因とした減磁現象を確認した。また、単一超短パルスレーザー照射のみで、熱磁気記録が可能であることを明らかにした。Fig. 1 参照。

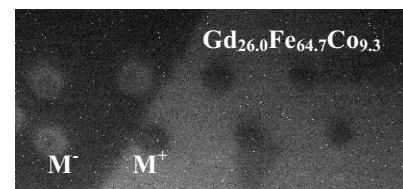


Fig. 1 The demonstration of thermo-magnetic recording by ultra-short single laser pulse.

2-2) これまでに非熱的光誘起磁化反転現象の発現を確認している GdFeCo (Fig. 2 参照) と同様な希土類および遷移金属からなる磁性合金であり、電子構造が異なる希土類金属として Tb を含む TbFeCo 材料に関し、磁性層厚 20nm の超薄膜において垂直磁気異方性を発現する組成を明らかにした。そして、この組成範囲において非熱的光誘起磁化反転現象が発現することを明らかにした。

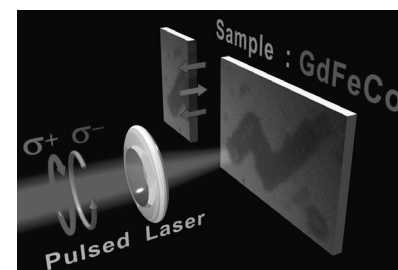


Fig. 2 The demonstration of all-optical information recording on magnetic media.

近接場アンテナを用いた熱アシスト磁気記録

中川活二
情報班

現行の磁気記録における記録密度の物理的限界を打破するために、表面プラズモンと近接場光による次世代超高密度磁気記録である熱アシスト磁気記録の研究を実験とシミュレーションの二つのアプローチで進めている。さらに、光誘起超高速磁化反転現象を活用した新たな未来磁気メモリの研究を伊藤・塚本らと綿密な連携の下で進めている。また、量子理論・計算班メンバー（大貫ら）と表面プラズモン解析を連携して進めている。

1. 近接場光アシスト磁気記録

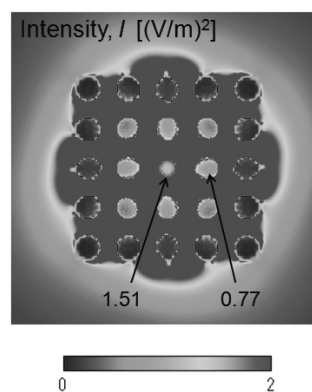
ナノメートルサイズの記録部分のみを加熱して記録を行う近接場光アシスト磁気記録において、記録に用いたプラズモンアンテナの形状および記録時の媒体との距離と、記録マークとの相関関係が明らかになっていない。そこで、記録した磁区に対するプラズモンアンテナ形状の確認および位置の制御を可能とするアンテナ配置を考案した。電子線リソグラフィを用いたリフトオフ法により、高密度記録用高安定磁性媒体上にナノメートルサイズの表面プラズモンアンテナを形成するプロセスを構築した。

2. 表面プラズモンアンテナ設計

近接場光アシスト磁気記録は、光波長オーダーより小さい領域を光加熱する必要がある、これを実現するための表面プラズモンアンテナの設計に FDTD (Finite Difference Time Domain) シミュレーション解析（大貫准教授と一部連携）を用いている。これまでに孤立微粒子媒体を用いることにより、高い電界強度が得られることを報告している。さらに媒体形状に依存しない、特に連続記録媒体に対しても有効なプラズモンアンテナを設計することにより、媒体設計のマージンを広くすることが可能となる。そこで、連続媒体において有効なプラズモンアンテナの設計を、プラズモンアンテナの傾斜角に対して検討し、アンテナ先端部の電界強度の増加、後部の電界強度の低減を実現した。

3. 光誘起超高速磁化反転記録

光誘起超高速磁化反転現象を用いる新規磁気記録方式における超高密度化に関し、大貫准教授と協同で、近接場光を用いて金属電極と記録媒体との間に局所的に円偏光を発生させる方法を検討した。4 回対称性の十字アパチャを用いることで、アパチャ中心位置に局所的に円偏光を形成することができることを示した。媒体構造を従来の連続構造ではなく、立方配置に整列させた孤立微粒子媒体とすることにより、粒子媒体内に円偏光を伝搬可能であることを示した。さらに、十字アパチャの形状を改善したクローバアパチャを考案し、記録を行う粒子と周辺粒子との電界強度差を拡大し、記録を行う粒子のみに高い強度の円偏光を生成可能であることを示した（図、論文、特許出願、国際会議発表）。加えて、クローバアパチャと記録を行う孤立微粒子との相対位置マージンについて検討した。



シミュレーションによる表面プラズモン励起の過渡応答現象の解析手法を検討し、大貫准教授の協力により、ナノスケールの分散性媒質に適用可能でかつ計算精度の保証が可能な電磁界過渡解析手法を開発した。これにより、三次元任意形状物体のプラズモン共鳴周波数の推定や過渡応答解析を可能とした。（国際会議発表）

水素吸蔵合金の複合材料化と光とのかかわり

西宮伸幸
エネルギー班

1. 水素吸蔵合金からの光刺激水素脱離

錯体系水素化物 LiBH_4 に光触媒 WO_3 の存在下で紫外線 (g 線) を照射すると、助触媒 CuO を共存させると水素が放出されるが、 WO_3 または CuO のどちらか一方の存在下では水素が放出されないことが分かった。四重極質量分析 (QMS) の結果を図 1 に示す。

LiBH_4 を真空中で加熱すると、単体では 150°C および 350°C 付近で水素が放出されるが、光触媒 WO_3 および助触媒 CuO の存在下で照射後した後の加熱では、 100°C および 280°C 付近で水素が放出された。照射と加熱を組み合わせることにより水素放出温度の低温化が可能ということになり、従来、水素放出温度が実用温度 (100°C 付近) より高いという理由で顧みられなかった水素化物を、見直す必要が出てきた。

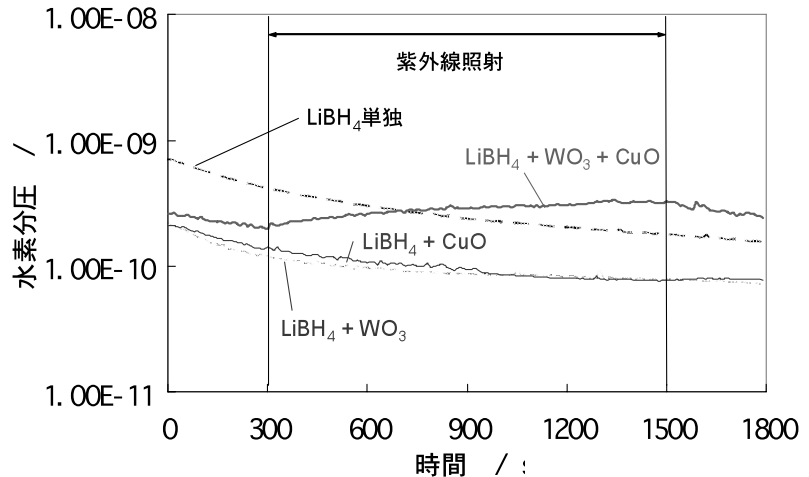


図 1 LiBH_4 および LiBH_4 混合物の QMS

紫外線照射後の加熱では、 CuO が共存せず WO_3 のみの存在下でも 100°C および 280°C 付近で水素が放出された。しかし、 WO_3 のみの共存下での単純な加熱では、水素放出温度は LiBH_4 単体と同じ 150°C および 350°C であった。従って、 WO_3 は固相の水素を光反応で不安定な状態に変えることにより水素放出温度を低下させていることになる。助触媒 CuO は、その不安定な水素が室温で固相から気相へ出る過程を促進するらしい。実際、 CuO を添加した LiBH_4 を真空中で加熱すると、 80°C および 220°C で水素が放出された。 CuO は暗反応触媒であると言える。

2. 複合水素吸蔵合金によるバイオ水素の回収

(西宮伸幸・浅田泰男 共同研究)

低圧の水素を吸蔵することができるジルコニウム基水素吸蔵合金の表面をジメトキシジメチルシラン由来の膜で被覆し、耐水蒸気性を有しつつ空气中で水素を吸蔵できる複合材料を作製し、ストレス環境にあるアナベナ、グレオカプサ、スピルリナ等が生成する水素の回収を試みた。図 2 に 13.1 mL の培養瓶を用い、アルゴン雰囲気中、 30°C で数日の培養を行った、典型的な結果を示す。カプセル化水素吸蔵合金の共存下のほうが水素の総生産量が多い。気相の水素は水素吸蔵合金の非共存下のほうが多いことから、合金が気相の水素を吸蔵することによって水素産生を生成側に有利となるようシフトさせたと考えられる。

特許出願を予定している。

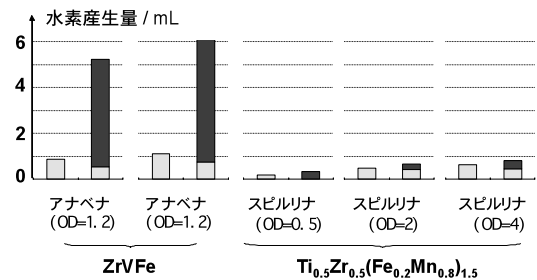


図 2 水素産生におよぼす合金共存の効果

OD は 540 nm における光学密度(菌体濃度)

左：合金非共存、右：合金共存

右の下端：気相の水素、右の上段：合金中の水素

ナノサイズ半導体の単一光子単一電子素子の探求、 量子情報技術、エネルギーへの応用

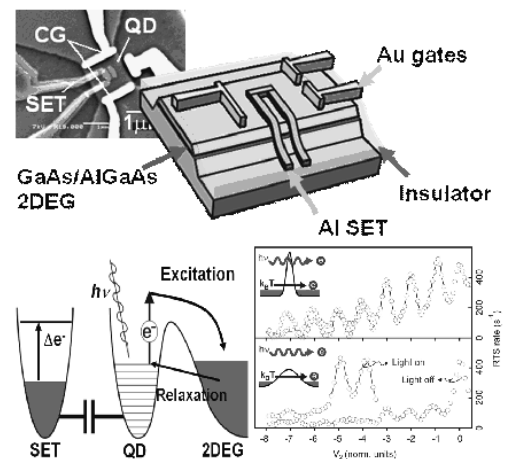
羽柴秀臣

量子情報班, ナノ物質・デバイス班

ナノ技術による半導体の適切な形状の作成は、2次元電子系、量子ドット、フォトニック結晶などの量子効果素子を生み出してきた。本研究は、量子ドットの THz 帯応答、TiO₂ フォトニック結晶、Si 微細導波路による、光子-電子素子を追求する。これらの素子により光子-電子相互作用の物性を明らかにするだけでなく、産業界への広い応用が期待できる。N. 研究プロジェクトの研究者との連携によって、次世代量子情報、エネルギーを開拓する。

1. 量子ドットのプラズマ励起を用いた THz 単一光子検出

THz 帯単一光子検出での有望な方法の一つは、2次元電子ガスのプラズマ励起を検出する事である。これを用い、我々は高感度 THz 帯単一光子検出器を開発した。検出器は GaAs/AlGaAs ヘテロ基板に作成した量子ドットと、その電荷を測定する超伝導単一電子トランジスタからなる。量子ドットはトンネルバリアを介し絶縁されているが、THz 光子吸収によりプラズマ励起すると1電子をバリアを介して排出する。これによる電荷のポラライゼーションは、単一電子トランジスタのコンダクタンスの変化として現れる。このシステムは単一光子検出として非常に簡単に動作させる事ができるだけでなく、検出波長を可変させる事が可能である。この検出器の改良により、受光感度を示す NEP が $\sim 10^{-19}$ WHz^{-1/2}と、一桁上げる事に成功した(論文 1.)。



2. 色素増感太陽電池へ使用する二次元 TiO₂ フォトニック結晶の作成

色素増感太陽電池は、環境にやさしく、安価で製作が容易であるため、太陽光エネルギー利用の有力な素子として見込まれている。この素子は、太陽光により色素を励起し、その励起電子を半導体へ受け渡して電流を流す。本研究では、光電変換効率を上げるために、トップダウン法で半導体フォトニック結晶を作成する事を提案する。半導体フォトニック結晶はルチル化した TiO₂ を用い、ITO ガラス基盤上に作成した。フォトニック結晶構造は太陽電池に使用する為に波長 630 nm にフォトニックフルバンドギャップを持ち、これを報告した(論文 2)。

3. 量子暗号通信の為にシリコン微細導波路の作成

Si 微細導波路は、シリコンの非線形光学特性と半波長のコア径によるシングルモードでの導波により、量子暗号通信をオンチップで行う為に最適と考えられる。本研究の Si 導波路は、高度な作成技術を用いず、実用性が確保できる簡略化した作成方法を用い、Si コア径 300 nm x 300 nm を持つ通信波長帯へのシングルモード導波を狙う。1 mm 長の Si 微細導波路を作成する事に成功した。

ナノプロセスによる中低温作動固体酸化物型燃料電池材料の合成

橋本拓也
エネルギー班

固体酸化物型燃料電池は電極における白金触媒が不要でローコストおよび高温で作動するために高エネルギー変換効率を持つ事が知られている。しかしながら作動温度が 900～1000℃と高すぎるために長期安定性や材料選択幅に問題があることが問題となっている。作動温度が 600℃まで低下できれば上記問題点は一気に解決可能となる。本研究では低温作動化のキーマテリアルである電解質材料および空気極材料を開発することを試みている。特に従来知られている固相反応法では合成そのもの、あるいは高強度化や高密度化が難しかった物質について、ナノレベルでの混合が可能なプロセスを用いて合成を行い、新たな固体酸化物型燃料電池材料として応用可能か否かを検討している。

本年度は

1. 新水素イオン導電体 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{ZrO}_3$ の液相法による合成
2. 新たな電極材料 $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ の合成

を試みたが本報告では主に 1 について報告する。

現在、固体酸化物型燃料電池の心臓部ともいえるイオン導電体は酸化物イオン導電体であるイットリア安定化ジルコニアが主に用いられている。本物質は化学的な安定性や強度に優れるという利点はあるものの、実用に耐える酸化物イオン伝導には 900℃以上の高温が必要であることが問題となっていた。本研究では酸化物イオンのような大きなイオンの移動には必然的に高温が必要であるものと考え、作動温度低温化のためには水素イオン導電性セラミックスを検討すべきとの結論に達した。

水素イオン伝導体として従来から注目されていたのは SrZrO_3 や BaZrO_3 などペロブスカイト構造を持つ物質である。 SrZrO_3 の Zr サイトに Y など異種原子価イオンを部分置換して酸素欠損を導入したものは高い水素イオン伝導を示す事が報告されてきたが、本物質中には 3 種もの構造相転移があり、機械的安定性が問題となっていた。本研究では高温 X 線回折、走査型熱量計、示差熱分析、熱膨張計を相補的に使い、 SrZrO_3 の相転移挙動を明らかにすることに成功した。また Sr サイトに Ba を置換していくと相転移温度を低温化でき、Ba 量 0.6 以上で室温～作動温度まで一次相転移のない物質を合成することに成功した。さらに固相反応法および液相混合法の比較を行い、液相法で合成した試料の方が高い焼結密度を示すことを明らかにした。これは Fig. 1 に示す $\text{Sr}_{0.4}\text{Ba}_{0.6}\text{ZrO}_3$ の SEM 像で、液相法で合成した方が固相反応法で合成したものより結晶粒が規則的に成長、facet が観測されたことと対応している。

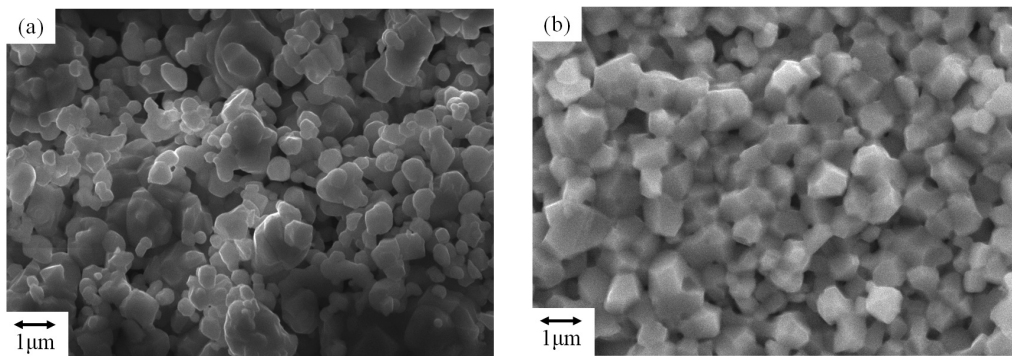


Fig. 1 SEM images of $\text{Sr}_{0.4}\text{Ba}_{0.6}\text{ZrO}_3$ ceramics prepared with (a) solid state reaction method and (b) liquid phase mixing method.

1. ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発
2. ヒト iPS 細胞のヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによる誘導
3. 原発性アルドステロン症の分子イメージング開発

福田昇、井口晃史、斎藤孝輔、池田友紀博
医療班

共同研究先：生物資源科学部応用生物科学科生体制御科学、舩廣善和、花澤重正
フロリダ大学病理学教室 N. Terada, K. Shinohara

【目的】

1. ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの遺伝子制御薬、遺伝子プローブとしての創薬開発の
為、リード化合物の絞り込み、長期的薬物動態、副作用および特異性を検証する。
2. ヒト線維芽細胞から iPS 細胞を TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによる誘導を試みる。
3. 分子イメージングを用いた原発性アルドステロン症の診断法の開発を目的とする。

【研究内容】

1. PI ポリアミドの創薬開発

1) 被嚢性腹膜硬化症モデルにへの TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの効果

腹膜透析の合併症の被嚢性腹膜硬化症のモデルラットを作成し、TGF- β 1 に対する PI ポリアミド (GB1203) を腹腔内投与した。GB1203 は投与回数依存性に腹膜肥厚を抑制した。肥厚した腹膜では TGF- β 1, CTGF, fibronectin, VEGF mRNA 発現が亢進し、GB1203 は TGF- β 1, CTGF, fibronectin mRNA 発現を抑制した。腹膜硬化をタクタイムマッピングで評価し、GB1203 は腹膜硬化のエラスティシティを有意に抑制した。

2) ヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドのリード化合物の絞り込み

ヒト TGF- β 1 のプロモーターにシスエレメントに対し、7 つの PI ポリアミドを設計し、TGF- β 1 の mRNA 発現抑制効果から GB1101, GB1105, GB1106 にリードを絞り込んだ。さらにヒト VSMC の TGF- β 1, fibronectin, collagen type IV, CTGF mRNA の発現に対する作用、ヒト上皮細胞の EMT に対する作用を検討している。

2. ヒト iPS 細胞のヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドによる誘導

山中 4 因子による iPS 細胞メカニズムが TGF- β 1 抑制による Mesenchymal Epithelial Transformation であることが 2010 年に判明したため、フロリダ大学 Terada Lab と N.研究プロジェクトで MTA 契約を行い、GB1105 での共同研究に入った。また生物資源科学部の花澤研とも TGF- β 1 抑制に加え、E-カドヘリンまたは BMP-7 蛋白による iPS 細胞作成の N.研究プロジェクトでの共同開発を開始した。

3. 原発性アルドステロン症のアンチセンス PNA を用いた分子イメージング

マウス副腎皮質腫瘍由来細胞である Y1 細胞においては CYP11B2 の発現が認められ、ACTH 刺激により発現が増強される。CYP11B2 に対するアンチセンス PNA は、CYP11B2 mRNA が発現した Y1 細胞に長期間とどまることが予想され、アンチセンス PNA により CYP11B2 mRNA 発現細胞を画像化することができる。Y1 細胞 $10^7/cm^2$ 、ACTH 刺激 ($10^{-6}M$, $10^{-7}M$ or none)、PNA 添加 (センスまたはアンチセンス) の条件で、培養液中のアルドステロン濃度測定および mRNA の抽出を行った。ACTH 刺激後 30 分程度でアルドステロン産生はピークに達するが、PNA 添加後の効果発現までには時間がかかると思われるので、PNA 添加のタイミングに関しては要検討であった。

藤川和男

量子理論・計算班

今年度は、昨年からの継続である不確定性関係に関係した研究を主として行った。この不確定性関係は、量子情報理論におけるエンタングルメントの判定条件にも関係する量子論のもっとも重要な基礎的性質である。われわれの基本的な考えは、不確定性関係を量子論の物理的な基礎として捕らえるよりは、むしろ量子論の帰結の一つであり、したがって確率解釈で支配される性質であるとする点にある。したがって、ある事象を選んだときに、その選び方によって見かけ上不確定性関係が大きく損なわれるような場合があってもよいと考える。そのような「都合のよい事象」が起こる確率は小さいと考えるわけである。この考えを推し進めれば、不確定性関係が破れているように見える事象を選択的に選んで、物理学的な目的に使うことも原理的に可能と思われる。事実、重力波の測定において、過去において提案された量子力学的な制約を越えた測定精度を出す可能性は、われわれの考え方では許され自然であることが結論される。

論文としては、昨年度 N. プロジェクトの RA であった現京都産業大学の PDF である梅津博士との共同研究を完成し国際雑誌に accept された。この他に、藤川単独の周期的な境界条件の下で不確定性関係をいかに定式化するかという、初歩的であるが非常に難しいことが知られていた問題に一つの解決を与えた論文を完成し出版した。また、日本語でも 3 篇ほど量子論および物理学における対称性の原理に関係した解説を書いた。

化学、生物学、物理学の融合による新規癌治療戦略

藤原恭子（永瀬浩喜）

医療班

我々の研究チームは、理工学部の大月グループとの連携によりナノバイオロジー、ケミカルバイオロジーを利用した疾病の診断・治療の試みを行い、いくつかの効果的な化合物を作製した。現在もその機能についての解析、および化合物の改良を続けている。

1. MYCN 下流遺伝子を標的としたピロール・イミダゾール (PI) ポリアミドによる神経芽腫治療

神経芽細胞腫(NB)は神経堤細胞を起源として発生する悪性腫瘍であり、小児腫瘍の中では白血病に次いで発生頻度が高く、小児悪性腫瘍の 20%を占める。発生後自然治癒するケースもあるが、生後 18 カ月以前に発見されるタイプのものには予後不良例の割合が高い。以前より NB の予後不良群の 30~50%に MYCN 遺伝子の増幅がみられることが報告されていた。一般的にコピー数が一細胞において 100 個以上に増幅しており、このことから MYCN の発現上昇は NB の進行に関与すると推定され、治療薬の標的として有望な候補であった。

我々は MYCN そのものの発現、もしくは MYCN が制御する下流遺伝子の発現を低下せる PI ポリアミドをそれぞれ複数設計し、その効果を NB 細胞株において検証した。PI ポリアミドは芳香族アミノ酸 *N*-methylpyrrole(Py) および *N*-methylimidazole(Im) で構成され、DNA に配列特異的に結合することが報告されている。Im/Py ペアは G・C を、Py/Py ペアは T・A および A・T を認識し、Im/Py と Py/Py の組み合わせ次第で多様な配列の DNA に結合させることができる。この PI ポリアミドを各遺伝子のプロモーター領域の転写因子結合部位に結合させることで、遺伝子特異的な発現抑制が可能である。

MYCN プロモーター領域の E2F および SP1 結合サイトを認識する PI ポリアミドの投与により、NB 細胞株 CHP134 における MYCN の発現が 60%抑制され、細胞増殖も 40%程低下した。また MYCN の認識サイトに結合する PI ポリアミド 5 種のうち 1 つが、どのように細胞の増殖抑制効果を示し、代表的な MYCN 下流遺伝子である ODC 1 の発現を有意に低下させた。現在この結果をマウスモデルにて検証すると同時に、より効果の高いポリアミドの開発を続けている。

2. PI ポリアミド-SAHA 融合分子による標的領域特異的なヒストン修飾の調節

遺伝子プロモーター領域のメチル化やヒストン修飾状態が癌細胞において変化していることが知られている。これらの Epigenetic な変化により癌関連遺伝子の発現状態が変化し、癌の進展につながると考えられる。これまでにヒストン脱アセチル化酵素 (HDAC) 阻害剤が開発され、そのいくつかは癌治療薬として実用化されているが、特異性の面で課題が残されていた。そこで我々は京都大学の杉山弘教授との共同研究により、HDAC 阻害剤である Suberoylanilide hydroxamic acid (SAHA) と、p16 のプロモーター領域に存在する配列 5'-TGCTGGC-3' を認識する PI ポリアミドを架橋した化合物を合成した。この化合物 (以下、PIP-SAHA) は HDAC 阻害活性を維持しており、細胞核内の標的配列領域近傍のヒストン H3 蛋白質のアセチル化を誘導することを明らかにした (Tetrahedron Letter 50 (52): 7288-7292, 2009.)。ヒト子宮頸癌細胞株への投与により細胞増殖を抑制する事が確認できた。現在、全ゲノム領域を網羅的なクロマチン免疫沈降法にてヒストン修飾状態特異性を確認し、PIP の局在特異性をあげる PIP 標的配列決定の検討およびヒストンアセチル化誘導に効果的な PIP-SAHA の合成をおこなっている。

3. ヨウ素導入ポルフィリン化合物による癌の放射線治療

医療現場で行われている光線力学療法(PDT)は、腫瘍親和性のある光感受性物質を投与後、腫瘍にレーザー光を照射し腫瘍細胞を特異的に死滅させる治療法であるが、レーザー光の深達度が浅く深部癌や進行した癌には適応がないこと、患者が長期間暗室で管理されなければならない等の問題がある。

我々は臨床で x 線撮影時の造影剤として使用されているヨード元素を、PDT で使用され腫瘍親和性のあるポルフィリン化合物に結合させることで新たな放射線増感剤による治療法の開発を試みた。具体的には PDT の新たな光感受性物質 HPPH(3-(1'-hexyloxyethyl)-3-devinylpyropheophorbide-a) にヨード元素を結合させた化合物(531 および 717)を用い、ヨードの K 吸収端に相当するエネルギーの X 線を照射して増感効果を調べた。培養ヒト膀胱癌株などのヒト癌細胞株に 531 および 717 を取り込ませた後 33.17keV の PXR を照射した。その後一定時間培養した後に生細胞数を計測したところ、ヨード化合物なしのコントロール照射群と比較してヨード化合物投与群で生細胞数がより減少し PXR による放射線増感効果が示唆された。ヒト子宮頸癌細胞株でも同様の結果が得られた。また既存の白色 X 線照射装置でも同様の増感効果が示唆された。現在、癌細胞を移植した動物個体において効果を検証中である。

自己集積・自己組織化現象を利用したデバイス作製の試み

松下祥子

超分子・自己組織班, エネルギー班

本研究では、自己集積・自己組織化現象による光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出を目的とし、三つのテーマを行った。具体的には1) フォトニック結晶による色素増感型太陽電池効率向上の解明(超分子・自己組織班、エネルギー班)、2) 微粒子自己集積体による光学・分析デバイス作製(超分子・自己組織班)、3) 油水界面における自発的張力変動の現象解明(超分子・自己組織班)である。

1. フォトニック結晶による色素増感型太陽電池効率向上の解明

本年度は、色素増感型インバースオパール電極の粒径に依存した太陽電池特性測定ならびに電気化学インピーダンス測定を行った(Figure 1)。その結果、少なくとも本インバースオパール電極による光電変換効率向上はナノ/メソスコピック効果ではないことが示唆された。本研究は文理学部橋本研究室との共同研究であり、現在共著論文を提出中である。また、本発表の成果は Korean-Japan Joint Forum にてポスター賞を受賞した。

2. 微粒子自己集積体による光学・生物デバイス作製

微粒子自己集積体の新しい応用展開として、メタマテリアルならびに生物培養基板への応用を模索している。

メタマテリアルへの応用展開として、ポリスチレン微粒子を固体基板上に一層に配列させ、熱融着を利用してリング状構造体の作製を行った。まだ不十分な作製状態ではあるが、作製されたメタマテリアルの基材について招待講演を行わせていただいた。

また、微粒子自己集積体をテンプレートとして、外部応答により硬さや体積が変化するマイクロポケットヒドロゲルの作成を行った。本研究の展開として、生物資源科学部の加納先生と打ち合わせを行った。

3. 油水界面における自発的張力変動の現象解明

非平衡現象の一つである油水界面における自発運動は、1987年に Dupeyrat と Nakache によって発見されて以来多様な研究が成されている。しかしながら本自発運動には多様なパラメータが内包されており、明確に現象のメカニズムは解明されておらず反応の制御や応用力に欠けている。

一方、界面活性剤水溶液に塩類を添加することで遮蔽効果が生まれ、界面活性剤の集合体の形状はより安定性を増し、形状変化をすることが知られている。また、水相側に金属塩類を混入させることで、油水界面における電位の周期的な変化や油滴の周期的な振動現象が現れる報告例などもある。今回は界面活性剤水溶液に金属塩類を添加することで、界面活性剤の形状の安定性およびイオン流の影響の観点から油水界面における非平衡的な挙動のメカニズムを探った。

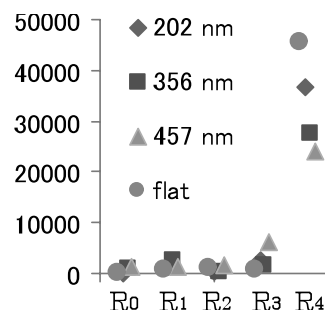


Figure 1. 色素増感型インバースオパール電極の粒径に依存した電気化学インピーダンス。R₀: 基板抵抗, R₁: 基板/酸化チタン界面, R₂: 酸化チタン微粒子間, R₃: 電極/電解液界面, R₄: 電解液拡散

光線力学治療化合物の薬物体内動態/薬効モデリング

青山隆彦, 松本宜明
医療班

癌ゲノムにおける特異的な遺伝子増幅領域を利用した診断および治療化合物および光線力学療法とコヒーレント X 線照射技術の融合による新たな治療化合物の体内動態/薬効モデリングを目的とし、生体試料中濃度測定法の開発とともに、薬物体内動態、レーザー光線照射エネルギー密度および薬効の関係を検討している。

1. 腫瘍親和性光感受性薬物タラポルフィンの薬物体内動態/薬効モデリング

腫瘍親和性光感受性薬物タラポルフィンの血中薬物濃度、レーザー光線照射エネルギー密度、治癒率の関係のモデリングを検討した。現在、光線力学療法により患者を対象とし治療が行われているが、レーザー光線照射エネルギー密度や薬物の投与量は、限られた条件で行われた臨床試験を根拠に決定されている。これらの関係のモデルを構築し、様々な条件における治療効果をシミュレーションすることにより、より治療効果が高い条件での治療を行うことが可能となる。医薬品開発過程においては、モデルを元に臨床試験や動物実験を計画することにより、試験の成功確率が高くなる。本研究では、腫瘍モデルマウスを用いてタラポルフィンの血中薬物濃度推移およびレーザー光線照射後の腫瘍治癒率を検討した文献より、タラポルフィンの血中薬物濃度推移および治癒率データを抽出し、得られたデータをもとにタラポルフィン体内動態モデルを構築した。さらに、レーザー光線照射密度と治癒率の関係を最大効果モデルにより記述した (図 1)。構築したモデルによりシミュレーションしたモデル予測値と実測値は近い値が得られた (図 2)。

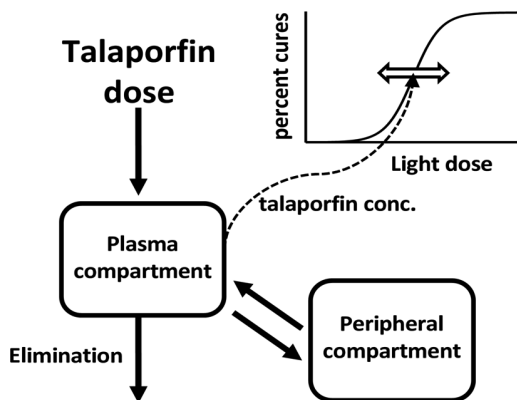


Fig. 1

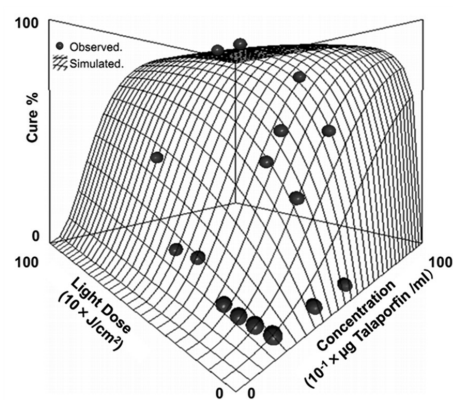


Fig. 2

金属酸化物の紫外レーザー光誘起現象

望月章介

共同研究者：吉田芳，齋藤誉司，水谷文人
ナノ物質・ナノデバイス班

物質の状態や物性に光による制御及び新しい物質状態の探索の研究は内外で盛んに行われてきた。この種の研究では、物質を適当な温度にしておいてレーザー光による光励起のみで光誘起相転移や光誘起局所的構造変化を起こさせようとするタイプの研究が主流である。他方、これとは異なり我々の研究では、化学反応や触媒反応も含めて起こる光誘起局所的構造変化を期待して、物質周りの雰囲気の種類を選んで紫外光励起によって起こる現象を探索しようとしている。これまでに対象にした物質試料は希土類金属酸化物 (Eu_2O_3 , Sm_2O_3 , Nd_2O_3 , CeO_2)、酸素貯蔵物質 ($\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$)、遷移金属酸化物 (SrTiO_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CoO , NiO ほか)、その他金属酸化物 (MgO , SiO_2 ほか) 等の固体、薄膜、ナノ粒子である。

1. 実験

実験のセットアップの概略を図 1 に示す。実験ではダイヤフラム型真空ポンプとターボ分子ポンプより成るオイルフリーな真空排気装置で試料室を排気し、所望の種類雰囲気ガスを導入できるようにしてある。紫外光励起（照射）は連続発振 He-Cd レーザー（発振波長=325 nm, 出力=20~50 mW）を用いた。試料よりの発光は光マルチチャンネルアナライザー（1024ch のイメージンテンシファイアー・フォトダイオードアレイ・CCD）を用いている。実験はすべて室温で行った。

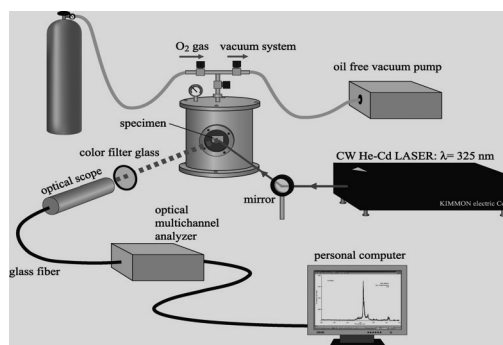


図 1 実験のセットアップ

2. 結果

例えば、赤色発光体である Eu_2O_3 を真空中で He-Cd レーザー装置よりのレーザー光で照射し始めるとルミネッセンス色は白色に変化していく。この色の変化はレーザー光の照射が無ければ雰囲気をどのように交換しようとも長期間保存される。すなわち、赤色発光体に情報を白色のドット記憶できることを示唆している（光情報の記録）。また、酸素中で照射すると元の発光色に戻る（メモリーの消去）。これらの現象は時間を要するのが特徴である。また、連続発振レーザー光の照射が必須で、パルス光照射では起こらない。そして、この現象には光照射に伴う原子放出（原子吸着）、欠陥生成（欠陥消滅）、価数変化、光触媒機構等のいずれかが関与していると考えられる。

特に今年度は望月，吉田，齋藤は種々の金属酸化物のフォトルミネッセンススペクトル特性を酸素ガス，真空，炭酸ガス等の雰囲気中で測定し，多くの金属酸化物で炭酸ガスはフォトルミネッセンス強度を増加させることを見つけた。この現象は金属酸化物のフォトルミネッセンス特性の改善や温暖化ガスである炭酸ガスの固定や吸着・脱離の光制御に応用できる可能性がある。

また，水谷は金属酸化物の光触媒性評価装置を自作し， TiO_2 や SrTiO_3 ほかの金属酸化物の光触媒特性の評価を行っている。

中間層に任意の不均質誘電体構造を持つ誘電体導波路の伝搬特性

山崎恒樹

量子理論・計算班

●本年度の研究計画

本年度の研究計画は、中空導波路内に任意誘電体構造を設けたフォトニックバンドギャップ構造による伝搬問題を高精度に解析し、中空層の不均質媒質体がフォトニックナノ構造の伝搬特性に及ぼす影響を検討する。

●本年度の成果

本研究では、図 1 のように、中間層に任意の不均質誘電体構造をもつ多層誘電体グレーティングの伝搬問題をフーリエ級数展開法と多層分割法によって解析した。

数値解析では、伝搬モードの相違、誘電体の誘電率を変化した場合の伝搬特性を解析し、形状変化による伝搬特性の基礎特性を得た(論文投稿予定)。

具体的に図 2 の形状(b)の場合、中空層の誘電率を変化した時の、規格化伝搬定数 ($\beta p/2\pi$) と規格化減衰 ($\alpha p/2\pi$) で、図 3 に TM_0 モード、図 4 が TE_0 モードである。同様に図 3 は周波数特性である。比較として円柱誘電体の結果も示してある。図 3 と図 4 から次結果が得られた。

- (1) 誘電率を変化すると、等価的な誘電率は大きくなる為、Stop-band 領域は低周波数側に移動する。誘電率分布の違いは Stop-band 領域上部の周波数で現れる。
- (2) TE_0 mode では、円柱と三角柱の等価誘電率が等しい場合には特性の影響は現れない。
- (3) TM_0 mode では、形状の違いが特性に影響し Stop-band 領域が広がる。

文献(7) : 尾崎, 山崎, 日向 ; 電気学会電磁界理論研究会資料, EMT-10-163, pp.43-48 (2010) .

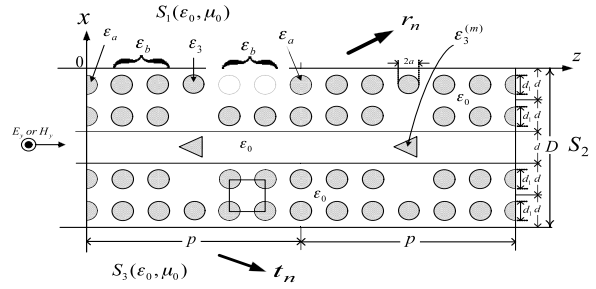


図 1 中間層に任意の不均質誘電体構造を持つ誘電体導波路の構造と座標系

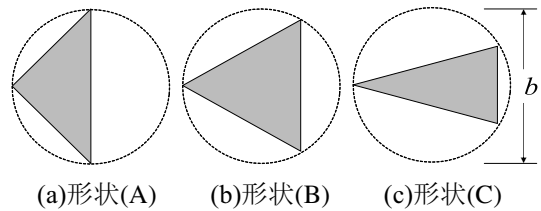
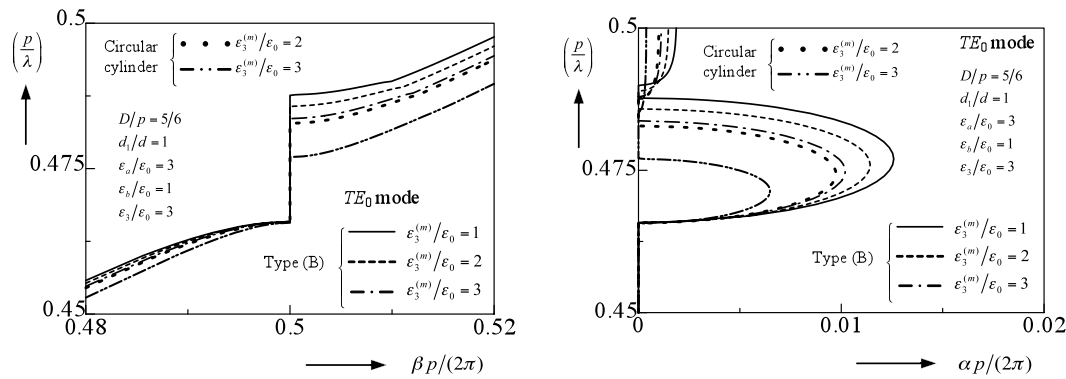


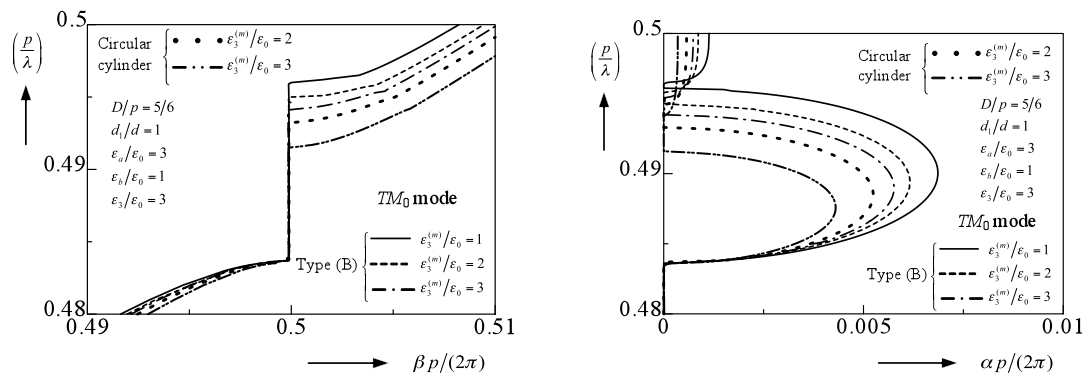
図 2. 任意の不均質誘電体構造



(a)規格化位相定数

(b)規格化減衰定数

図 3 構造(B)の場合における規格化周波数に対する規格化伝搬定数 $\gamma(= \beta + i\alpha)$; TE_0 mode



(a)規格化位相定数

(b)規格化減衰定数

図 4. 構造(C)の場合における規格化周波数に対する規格化伝搬定数 $\gamma(= \beta + i\alpha)$; TM_0 mode

Toward a Healthy Future

Almost two years have passed since we started our project “Nanotechnology Excellence, Nihon University — Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies —” in the strategic research scheme, “Nihon University *N.* research project.”

The purpose of our project is to contribute to find solutions for three big issues — (1) cancer, which accounts for a third of deaths in Japan, (2) shortage of fossil fuel and increase in CO₂ concentration in the atmosphere, and (3) dire need of massive and secure information processing — for a healthy future come true. These apparently diverse issues may allow common approaches from the viewpoints of nanoscience and nanotechnologies. Our approach to these issues is on the basis of nanomaterials, particularly from the view points of quantum mechanical interactions of matter with light. This interdisciplinary endeavor is being made through collaboration among practitioners in science, engineering, and medicine from five Colleges of Nihon University. The first year saw some excellent achievements, such as one in the area of super-high speed recording, which was covered as research topics in several journal articles, and another on the analysis of genetic network, which was published in *Nature*.

The second year has also seen some significant achievements. The most notable in the second year is the research on quantum information by Inoue et al. Three major achievements are that: (1) the highest rate of 2.8 kilobit in the entanglement distribution at the telecommunication wavelength to date, (2) the detection efficiency of 98.4% with their photon-number resolving detector, the highest for an optical photon detector, and (3) the fabrication of the first superconducting nanowire single photon detector. using niobium film. Some of these works have been published in *Nature Photonics* and covered by *Nikkan Kogyo* newspaper twice, and led to the successful granting of the Strategic Information and Communications R&D Promotion Program (SCOPE) funded by the Ministry of Internal Affairs and Communications.

In the basic nanoscience area, Otsuki visualized a rotational motion within a single molecule for the first time, which was published in *J. Am. Chem. Soc.* A research proposal on the basis of this work led to granting of the Grant-in-Aid project "Coordination Programming" from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The proposed scheme was a collaborative research work among researchers in the *N. Research Project* including Otsuki, Hashiba, and Ohnuki of the College of Science and Technology (CST) and Chaen of the College of Humanities and Sciences (CHS).

We are pleased that Takano was awarded *the Shiokawa Prize* from the Rare Earth Society of Japan for his outstanding achievements in the studies of “Control of magnetism and electric conductivity for superconductors and related materials with rare-earth metal ions.”

This year marked burgeoning collaborations across the college borders in a broader scale than initially planned. A good example is that quantum theorists and computation experts from the CST and the CHS have started making a program that will address problems across the border of quantum mechanics and electromagnetics by solving Schrödinger equations and Maxwell equations simultaneously.

In the medical area, as part of the originally planned collaboration between the Medical School and the CST, studies have been started on X-ray based photodynamic therapy (PDT), which will explore the

possibility of combining the effects of reactive oxygen species produced by the PDT and permeability of X-ray radiation through the tissue. Success in a preliminary test led to a patent application coauthored by researchers from the Medical School (Nagase et al.) and from the CST (Otsuki). The pharmacokinetic aspects of the newly developed reagents are being addressed by Matsumoto of the School of Pharmacy.

Itoh et al. of the CST have carried out computer-based analysis of images of stained tissues obtained by Kano et al. of the College of Bioresource Sciences in the work of cell differentiation for objective quantification of the data. New materials with controllable softness/hardness are being developed by Matsushita, formerly of CHS and now of Tokyo Institute of Technology, as substrates for cell culture for Kano's cells as he found that the surroundings are crucially important for cell differentiation processes.

Training younger generation researchers is another important objective of our project. Seven post-doctoral fellows and 5 research assistants are working with financial support from the Project. More than 100 researchers including students participated in The Second Symposium, which was held on September 18, 2010 in Funabashi, with the theme: *Fly Up, the Young Researchers from the N. Research*. Good news is that 6 students who presented their works as part of the Project were awarded excellent presentation prizes in academic meetings.

We are trying to make our research visible with various channels. Our project was covered in a booklet "Excellent University" published by University Press. We have renewed our website, through which we announce our research topics and events. Inside the university, our project was covered in five issues of Nihon University Press in a row, as well as in the October issue of Nubic News.

In addition to engaging in science and public relations activities, we have discussed what a university project should be and what we aim at beyond the goals we initially set out with. A unified theme of our research team has emerged from the discussion: toward low-carbon, healthy society through nanoscience and nanotechnology.

We are doing our best to create a center of excellence in the field of nanoscience and nanotechnology, which will be recognized in scientific communities academic and industrial, domestic and international, in three years when the Project will have been completed.

Joe Otsuki, the Principal Investigator, February 14, 2011.

Researchers

Katsumi ABE	SM	Medicine, Apr-10-
Yasuo ASADA	CST	Energy*
Tomohiko ASAI	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Shigeru CHAEN	CHS	Nanomaterials and Nanodevices
Kazuo FUJIKAWA	CST	Quantum Theory and Computation
Kyoko FUJIWARA	SM	Medicine, Sep-10-
Noboru FUKUDA	SM	Medicine*
Hideomi HASHIBA	CST	Information; Nanomaterials and Nanodevices
Takuya HASHIMOTO	CHS	Energy, Nanomaterials and Nanodevices*
Hiroki IKAKE	CST	Supramolecules and Self-Assembly*
Shuichiro INOUE	CST	Information*
Hiroshi ISHIDA	CHS	Quantum Theory and Computation
Akiyoshi ITOH	CST	Information; Supramolecules and Self-Assembly
Nobuyuki IWATA	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Koichiro KANO	CBS	Medicine
Tsugumichi KOSHINAGA	SM	Medicine, Sep-09-
Takeshi KUWAMOTO	CST	Information
Yoshiaki MATSUMOTO	CP	Medicine
Sachiko MATSUSHITA	TITEC	Energy; Supramolecules and Self-Assembly
Shosuke MOCHIZUKI	CHS	Nanomaterials and Nanodevices
Hiroki NAGASE	Chiba Cancer Center	Medicine
Katsuji NAKAGAWA	CST	Information*
Nobuyuki NISHIMIYA	CST	Energy
Shinichiro OHNUKI	CST	Quantum Theory and Computation
Joe OTSUKI	CST	Energy; Supramolecules and Self-Assembly
Tokuei SAKO	CST	Quantum Theory and Computation*
Kaoru SUZUKI	CST	Nanomaterials and Nanodevices*
Satoru TAKAHASHI	SM	Medicine
Yoshiki TAKANO	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Arata TSUKAMOTO	CST	Information; Supramolecules and Self-Assembly
Tsuneki YAMASAKI	CST	Quantum Theory and Computation

Advisory Board

Katsuhiko ARIGA	NIMS	Nano
Allan BALMAIN	University of California, San Francisco	Medicine
Masashi KIMURA	Nihon University	Publicity
Jun MIYAKE	Osaka University	Energy
Isao SAITO	Nihon University	General, Medicine
Ikuo SUEMUNE	Hokkaido University	Information

The asterisks indicate the group leaders. CBS = College of Bioresource Sciences, CHS = College of Humanities and Sciences, CP = College of Pharmacy, CST = College of Science and Technology, SM = School of Medicine, TITEC=Tokyo Institute of Technology,

Overview of the Project

This project addresses three major issues that needs technological innovations:

- 1. Information technology: Super high speed, super high density recording and quantum information processing
 - 2. Energy technology: Solar energy harvesting with nanostructures
 - 3. Medical technology: Nanobio technologies for medical applications
- on the basis of our photonic, quantum, and bio technologies through collaborative studies over different departments of Nihon University.

To establish a common basis for the research on the three subjects, this project also explores sciences and technologies in

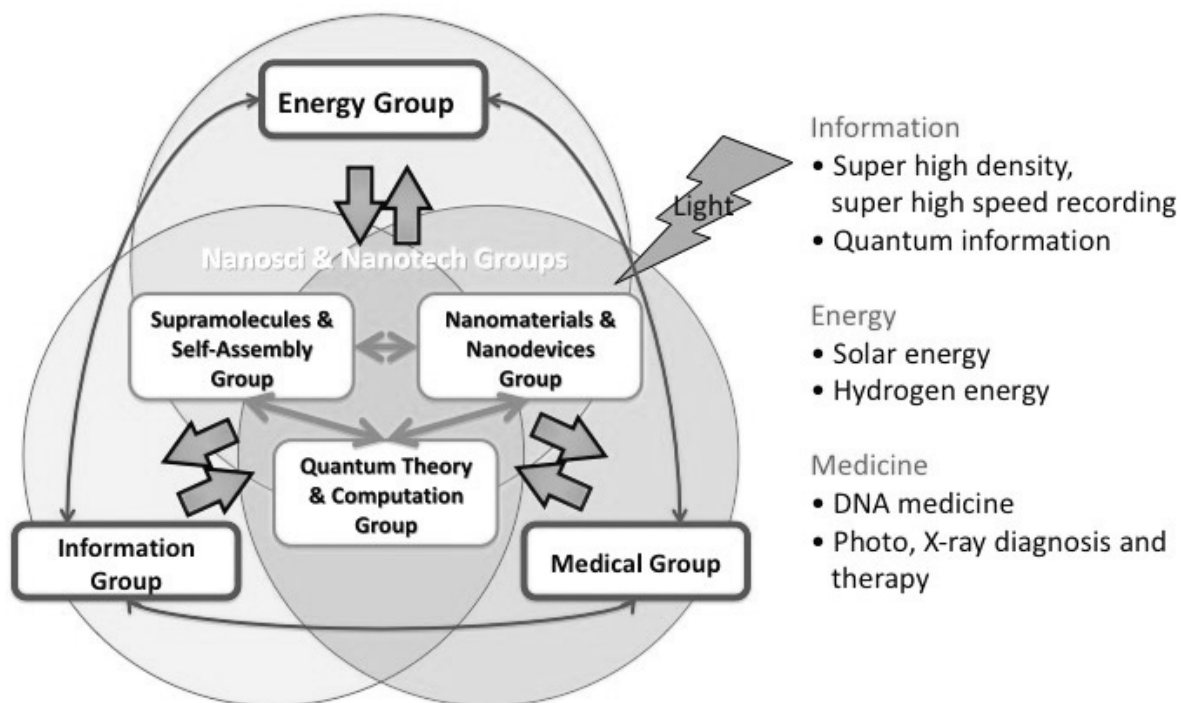
- Photonics and quantum aspects of nanomaterials.

Nanomaterials will be fabricated both from bottom-up approaches and top-down approaches as well as by reactions controlled at the nanometer level. The experimental approaches are complemented by quantum theoretical and computational studies on the interaction of light with matter at the nanometer scale. Nanomaterials will be developed through these approaches for the applications in the above mentioned three areas.

Thus this project aims at providing innovative technologies to contribute to realize a highly-developed sustainable society. We also put an emphasis on education for young generations through the interdisciplinary cutting-edge research.

Research Groups

The members belong to one or more groups depending on the area of research. Application oriented groups mutually collaborate around the groups for nanoscience and nanotechnology.



Objectives of the Project

We conduct our research in groups for respective areas. The issues the groups will address are outlined below. Specific goals are tabulated in Table 1 in the following page.

Information Technology Group

Super high speed, super high density recording and quantum information processing

This group attempts to make a breakthrough in writing and reading speed on the basis of the photoinduced magnetization, a new physical phenomenon this group has found, in combination with near-field optics and nanostructured magnetic materials prepared via self-assembly processes. The group will also develop quantum information technologies aiming at super high capacity transmission of information, super high speed computing, and super secure encryption. To be specific, the group will develop (1) a single photon source, (2) a low-noise single photon detector, (3) a photon number resolving detector, (4) a quantum memory, and (5) quantum bit devices. This group will also study physical processes in light-plasmon interconversion for possible applications to plasmonic devices.

Energy Technology Group

Harnessing solar energy with nanostructures

This group will develop technologies based on nanostructures and nano processes to harness solar energy as efficiently as possible. Specifically, (1) artificial photosynthesis through molecular assemblies and the understanding and control of the processes involved, such as excitation, energy transfer, electron transfer, and catalytic reactions, (2) light-assisted hydrogen storage, a new concept, (3) high strength fuel cells, (4) inexpensive, high efficiency dye-sensitized solar cells on the basis of light confinement effect with nanostructures, and (5) bioreactions in photosynthetic bacteria driven by solar energy.

Medical Technology Group

Nanobiotechnology for medical applications

This group will develop nanobiotechnology for medical applications via approaches from nanobiology and chemical biology, combined with newly developed nanomaterials. The four major objectives are: (1) development of molecules for cancer diagnosis and therapy, (2) DNA binding molecules for amplified oncogene detection and silencing, (3) development of a novel radiation dynamic therapy against cancer cells in internal organs, and (4) peptide nucleic acid molecules for over-expressed genes for disease diagnosis and therapy.

Nanoscience and Nanotechnology Groups: Supramolecules and Self-Assembly Group; Nanomaterials and Nanotechnology Group; Quantum Theory and Computation Group

These groups will conduct basic scientific and technological studies on nanomaterials and nanostructures as the basis for the above-mentioned application oriented developments. Bottom-up approaches including self-assembly as well as top-down approaches including electron beam lithography, combined with controlled reaction at the nanometer level, are exploited to prepare nanomaterials and nanostructures. Photonic and quantum mechanical properties will be elucidated with experimental approaches, together with theoretical and computational approaches. These studies will lay the basis for the development of information, energy, and medical technologies being developed by other groups as mentioned above. These groups will also provide a forum for the interaction of researchers, facilitating the progress of this interdisciplinary project.

Table 1. The goals set at the beginning of the project.

Items	Status quo	Original technologies	Target
1. Information technology: super high speed/density recording and quantum information			
writing speed	0.25 Gbits s ⁻¹	photoinduced magnetization	25000 Gbits s ⁻¹
recording density	0.2 Tbits inch ⁻²	nanomagnetic material through self-assembly	2 Tbits inch ⁻²
writing density	0.6 μm ² /bit	near-field thermally assisted recording	0.003 μm ² /bit
single photon source	emission efficiency < 10%	quantum dots	30%
low-noise single photon detector	q. efficiency 1% dark count ~10 ⁻⁸	superconducting thin wire	50%, 10 ⁻⁸
photon number resolving detector	resolution 0.2 eV repetition 100 kHz	superconducting transition edge sensor	0.2 eV, 1 MHz
quantum memory	1 ms, low temp.	Bose condensates	10 ms
quantum bit device	q. efficiency ~1% temp. <0.3 K	THz plasmonic quantum bit	>5%, rt to 1.8 K
2. Energy: Harnessing solar energy with nanostructures			
water photolysis with supramolecules	not exist	self-assembly of sensitizer and redox catalysts	to realize
light assisted hydrogen storage	a new concept	light triggered desorption that we have found	q. yield >0.1 >6 wt%
high strength fuel cell	strength 60 MPa temp 900 °C	a new preparation process from micro/nano particles	2–5 fold, 600 °C
DSSC with inexpensive dyes	energy efficiency 3%	light confinement effect of nano structure	5%
bioreaction of photo-synthetic organisms	rate 34 nmol/h/mg	genetically engineered photosynthetic organisms	an order of magnitude increase
3. Medicine: Nanobio technologies for medical applications			
probe compounds for cancer	under investigation	cancer specific compounds identified	to realize
luminescent compounds	safety, sensitivity	safe, long wavelength luminescent compounds	detection of cancer marker with compounds
ex vivo diagnosis	low diagnosis rate	highly sensitive and specific diagnosis	diagnosis rate >80% small error <10%
in vivo image diagnosis	early detection of cancer is difficult	improvement and low-cost detection system	candidate compounds for in vivo use
treatment of cancer and other diseases	affecting normal region	cancer-specific drugs and new treatment	preclinical trial

Publications and Achievements in 2010

Papers	108 (15, 4)
Patent Applications	6 (4, 1)
Invited Lectures	45
Presentation in scientific meetings	327 (51, 10)
Books	11
Award	8
Research Grant	33 (13, 2)

*Two numbers in the parentheses are those coauthored by the members and those coauthored by the members from different Colleges or Schools.

Progress reports of groups

- Information (Storage) Group
- Information (Quantum Information) Group
- Energy Group
- Medicine Group
- Supramolecules and Self-Assembly Group
- Nanomaterials and Nanodevices Group
- Quantum Theory and Computation Group

Information Storage Group

Katsuji Nakagawa*, Akiyoshi Itoh , Arata Tsukamoto

1. Overview of the research plan in 2010

- 1) Preparation to measure the surface plasmon response to femto-second laser pulse
- 2) Simulation method for the analysis of the surface plasmon response
- 3) Surface plasmon antenna to create circularly polarized light
- 4) Preparation to measure the magnetic and optical response of material within sub-picosecond time resolution by femto-second laser pulse
- 5) Excitation of laser induced magnetization reversal phenomena in TbFeCo thin film
- 6) Preparation of a thin nano-porous SiO₂ film and application as etching mask of metallic films
- 7) Introduction of vacuumed etching chamber for fabrication of nano structured structure

2. Advances and achievements in 2010

- 1) Femto-second laser and the optics have been designed and constructed to analyze the surface plasmon response.
- 2) Electro-magnetic transit analysis method for nano-scale dispersion materials has been developed by the cooperation with Associated Professor Ohnuki.
- 3) We have studied some surface plasmon antennas to find a antenna, which can create circularly polarized resonance mode. It was revealed that some antennas had a resonance mode for circularly polarized light.
- 4) All-optical time resolved measurement system was constructed with femto-second pulse laser. Magnetic and optical response from material was monitored by the magneto optical effect and the change of reflectivity caused by heating of electrons, respectively. Ultrafast demagnetization phenomena were observed which must be caused by heating of electron system.
- 5) Perpendicular magnetized TbFeCo thin film consisted from rare earth and transition metal alloy was prepared. We clarified that the magnetization direction of TbFeCo can be switched by irradiation of circularly polarized ultra short pulsed laser without magnetic field.
- 6) We have succeeded preliminarily to prepare thin SiO₂ layer on metallic films which have two dimensional closed packed nano-pores prepared by the polymer micelles technique. As another type of nano structured template having a conjugate relation with nano-pore structure, nano convex pattern was prepared by using self-assembled spherical silica particles followed by inductively coupled plasma reactive ion etching.
- 7) We prepared test batches of Si and metallic film by Ar ion etching and confirmed the etching rates satisfied our study.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group

We had one or two meetings every month with Associated Professor Ohnuki to find a method to calculate a surface plasmon response. The results were reported at IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, July 11-17, 2010, Toronto, Ontario, Canada. We also invented a new antenna structure to confine a circularly polarized light, and submitted a patent. We also reported this result at 55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, 14-18 November 2010, Atlanta, Georgia, USA.

Information (Quantum Information) Group

Shuichiro Inoue,* Takeshi Kuwamoto, Hideomi Hashiba

1. Overview of the research plan in 2010

We will construct a quantum key distribution (QKD) system based on BBM92 protocol using high-speed single-photon detectors and the cross-polarization-entangled photon pair source we developed last year. Using the system, we will demonstrate 200 km QKD. And also, we will demonstrate the entanglement swapping using the detectors and two cross-polarization-entangled photon-pair sources. Moreover, we will try to store a cross-polarization-entangled photon pair resonant with a transition in rubidium atoms using electrically induced transparency. On the other hand, we will fabricate Au nano-stripe waveguides and 50/50 couplers to investigate physical properties of surface plasmon polaritons.

2. Advances and achievements in 2010

We demonstrated the distribution of a cross-polarization-entangled photon pair which is generated using a Type-II PPLN waveguide. To achieve a high-rate distribution of entangled photon pairs, we used the high-speed and efficient single photon detector based on the sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiodes (SG-APDs). The measured two photon interference visibility was 97 %. Moreover, the entanglement distribution rate exceeded 2.8 kilobit per second. This value is the highest distribution rate in the entanglement distribution experiment at telecommunication wavelength to date.

Surface Plasmon polaritons have attracted much interest in the research area of quantum information technologies because of their enhanced electric field and efficient coupling with nanoscale electronic systems. We fabricated low loss surface plasmon polariton straight waveguides using ZPU12 polymer. The coupling loss and propagation loss of the waveguide were 0.81 dB and 1.7 dB / mm, respectively. Moreover, we fabricated a 50:50 coupler using the low loss surface plasmon polariton waveguides. The insertion loss of the coupler was approximately 25 dB.

Photon-number resolving detectors are indispensable requirements for many quantum information applications. We have developed titanium-based transition edge sensors (Ti-TEs) to improve the response speed of the sensor. We fabricated Ti-TEs with the multi-layered absorption structures, which consist of a 20-layer dielectric mirror and a 7-layer AR coating. The size and the thickness of the Ti film are $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$ and 22 nm, respectively. The detection efficiency at 844 nm was 98.4 % which is the highest detection efficiency reported for an optical photon detector.

A superconducting nanowire single photon detector (SNSPD) is one of the promising candidates for a single-photon detector at 1550 nm because of their low timing jitter and dark counts. The Nb film with 3 nm thin alumina has a critical temperature at 6.9 K and its critical current density is 4.4 MA/cm², which are much higher than those of previous results obtained by uncoated Nb films. We have fabricated a SNSPD using the Nb film. Limiting the dark count to 100 Hz, the detection efficiency of the SNSPD at 850 nm and 1550 nm are 3 % and 3×10^{-3} %, respectively.

We constructed the fluorescence microscope system for the spin-coated colloidal quantum dots. Using the total internal reflection setup and the high sensitive CCD camera, we achieved the imaging of the fluorescence from a single CdSe/ZnS quantum dot. We are now concentrating on the Hanbury-Brown Twiss experiment in which we can investigate the photon statistics of the fluorescence.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group

We have collaborated with Otsuki Laboratory on single-photon generation from a CdSe/ZnS quantum dot. We also have collaborated with Ohnuki Laboratory on the designing of superconducting nanowire single-photon detector. We had three group meetings in which we reported individual research activities and discussed the next direction we should take.

Energy Group

Takuya Hashimoto*, Yasuo Asada, Joe Otsuki, Nobuyuki Nishimiya, Sachiko Matsushita

1. Overview of the research plan in 2010

- 1) In order to improve energy conversion efficiency of solar cell, preparation of a dye-sensitized photonic-crystal electrode with a full-photonic band gap is continuously examined using an electron-beam lithography. Development of new dyes is also examined. Pore-size dependence of the photovoltaic characters and electrochemical impedances of dye-sensitized TiO₂ inverse opals electrodes is also elucidated.
- 2) For innovation of technique to generate H₂ from H₂O with photo energy, improvement of efficiency of supra-molecule catalyst is challenged.
- 3) In order to use H₂ as a clean energy source, generation of H₂ employing biotechnology, preparation of materials for H₂ storage and generation, or solid oxide fuel cells are tried. The aim of operation temperature of solid oxide fuel cells is 600 °C, at which enough energy conversion efficiency can be obtained and long term endurance is realized.

2. Advances and achievements in 2010

1) Three kinds of TiO₂ inverse opals using different-size polystyrene particles were prepared and the electrochemical characteristics of the dye-sensitized inverse-opal electrodes have been measured. The large diffusion resistance of the electrolyte suggests that the improvement of the photoelectric conversion efficiency was not caused by nano/mesoscopic effect because nano/mesoscopic effect should be appeared as small diffusion resistance.

As a new material for dye sensitized solar cells, three kinds of new dye have been prepared and solar cell employing prepared dye is fabricated. Although efficiency is as low as 0.5-1.9 %, it can be improved by optimization of photo absorption, electrical conduction property.

2) The development of new homogeneous photo catalyst for generation of H₂ from H₂O which can be worked in aqueous solution has been succeeded. At present, number of turn-over has reached to 1300 for photo irradiation of 2 hours.

3) It has been discovered that H₂ generation by biotechnology can be improved by coexistence of H₂ absorption alloys. H₂ generation from LiBH₄ can be controlled by irradiation of ultraviolet light with addition of WO₃ as a photo catalyst and CuO.

The apparatus for measurement of mechanical strength at high temperature under various gas atmospheres has been developed. *In-situ* measurements of mechanical strength of materials for solid oxide fuel cells will be performed.

For development of new proton conducting materials, preparation of Ba_{1-x}Sr_xZrO₃ via liquid phase has been examined. It has been revealed that specimen with $x=0.4$ has superior property with high sintering property, conduction property and no structural phase transition. As a new electrode material, we have clarified that LaNi_{0.6}Fe_{0.4}O₃ has excellent property from the viewpoints of electrical conduction, thermodynamic stability and sintering property. Fabrication of new solid oxide fuel cells employing thus discovered materials are now in progress.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group

Pore-size dependence of the photovoltaic characters and electrochemical impedances of dye-sensitized TiO₂ inverse opals electrodes is a collaboration work of Dr. Matsushita and Dr. Hashimoto, College of Humanities and Sciences (one journal paper, submitted). This research was also awarded a poster prize. Improvement of H₂ generation from biotechnology using H₂ storage alloys is collaboration work of Dr. Asada and Dr. Nishimiya.

Medical Group

**Noboru Fukuda*, Katsumi Abe, Satoru Takahashi, Tsugumichi Koshinaga, Kyoko Fujiwara,
Koichiro Kano, Noriaki Matsumoto, Hiroki Nagase**

1. Overview of the research plan in 2010

We made 3 research plannings. (1) Developing probes for Her2, molecular marker to diagnose cancer early, and MYCN, then labeling those probes with luminescent chemicals or radioisotopes to generate probes for cancer diagnostic imaging. (2) Drug discovery of pyrrole-imidazole (PI) polyamides based on chemical genomics. (3) Developing new radio sensitizer by labeling porphyrin compound with iodine

2. Advances and achievements in 2010

(1) We have been trying to down regulate MYCN gene by using PI polyamide. PI polyamide molecules are composed with aromatic amino acids *N*-methylpyrrole (Py) and *N*-methylimidazole (Im), can bind to DNA in sequence specific manner. By inhibiting the binding of transcription factor, PI polyamide can change expression level of specific genes. We developed PI polyamides, which can bind to binding site of E2F and SP1 on the promoter region of MYCN, and found that those polyamides could down regulate MYCN expression and reduce the growth rate of NB cell line CHP134. Those polyamides also showed growth inhibiting effect on the xenograft made by hypodermic injection of CHP134 to mice.

(2) 1) PI polyamide conjugated with Histone deacetylase (HDAC) inhibitor has been developed also. Since aberrant methylation and/or aberrant histone acetylation around the promoter region of tumor suppressor genes have been observed in cancer tissues frequently, we combined HDAC inhibitor SAHA with p16 polyamide, which can bind to p16 tumor suppressor gene, to recover expression level of p16 in cancer cells. It was confirmed that the conjugated molecule still kept SAHA activity and could induce acetylation of histone H3 around the target sequence. This molecule was also shown to be able to reduce the growth rate of human cervical cancer cell line. 2) Effects of PI polyamide targeting TGF- β 1 on EPS. To develop PI polyamide targeting TGF- β 1 promoter (Polyamide) as a new therapeutic medicine for encapsulating peritoneal sclerosis (EPS). To create an animal model of peritoneal sclerosis, rats were given a daily intraperitoneal injection of chlorhexidine gluconate and ethanol (CHX) for 14 days. One mg of Polyamide was ip injected once or 3 times. Polyamide significantly suppressed thickness of peritoneum in the injection-time dependent manner. Lead optimization of PI polyamides targeting human TGF- β 1. 3) We synthesized seven PI polyamides targeting human TGF- β 1 on cis-elements of human TGF- β 1 promoter. We chose three lead optima such as GB1101, GB1105, GB1106 by inhibition of expression of TGF- β 1 mRNA. 4) Induction of human iPS cells with PI polyamide targeting human TGF- β 1. We started a collaborating project to induce human iPS cells by PI polyamide targeting human TGF- β 1 with Florida University and Nihon Univ. Coll. Bioresource Sci.

(3) The porphyrin compound HPPH (3-(1'-hexyloxyethyl)-3-devinylpyropheophorbide-a), which is photosensitizer and accumulated in cancer tissues preferentially rather than in normal tissues, has been used in photodynamic therapy (PDT). We conjugated this molecule with iodine, which is used as a contrast agent in X-ray imaging, to develop radio sensitizer compound 531 and 717. Human bladder cancer cell line T24 treated with 531 or 717, followed by irradiation of 33.17KeV parametric x-ray, showed significantly lower viability compared with the cells irradiated without preceding 531, 717 treatment. Now we are trying to confirm those results in vivo using mouse xenograft model.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group

We have had a joint meeting once a month to share the results and discuss in School of Medicine. All of the members have been interacting very well, sharing information, equipment and reagents etc. Fukuda became Medical leader of N. Project from Sept. 2010 instead of Nagase. The collaborating project to induce human iPS cells by PI polyamide targeting human TGF- β 1 with Florida University and Nihon Univ. Coll. Bioresource Sci.

Supramolecules and Self-Assembly Group

Hiroki Ikake* , Akiyoshi Itoh, Joe Otsuki, Arata Tsukamoto, and Sachiko Matsushita

The goal of the supramolecules and self-assembly group is to develop advanced technologies on nanomaterials and nanostructures and to supply these technologies to the application-oriented groups, *i.e.*, the information, energy, and medical groups, thus strongly promoting networking among these groups on diverse fields. As follows, each groups theme in 2010.

· Itoh & Tsukamoto Group

1. Overview of the research plan in 2010

Preparation of a thin nano-porous SiO₂ film and application as etching mask of metallic films

2. Advances and achievements in 2010

We have succeeded preliminarily to prepare thin SiO₂ layer on metallic films which have two dimensional closed packed nano-pores prepared by the polymer micelles technique. As another type of nano structured template having a conjugate relation with nano-pore structure, nano convex pattern was prepared by using self-assembled spherical silica particles followed by inductively coupled plasma reactive ion etching.

· Otsuki Group

1. Structures and dynamic behaviors of molecular self-assemblies at the molecular level

2. Light-driven hydrogen evolution from water with self-assembled complexes

3. Preparation of compounds for the X-ray based photodynamic therapy

· Matsushita Group

1. Overview of the research plan in 2010

The applications as a metamaterial and as a template for single-cell analysis were examined using self-assembled particle structures. The activation of the spontaneous movement by chlorobenzene addition occurred at nitrobenzene/water interface was elucidated by interfacial tension measurement and solubility measurement.

2. Advances and achievements in 2010

Recently, the application of a self-assembled spherical-particle structure to hydrogels is actively studied. The application is mainly as sensors, for example, as a glucose sensor and temperature sensor. In this research, with the viewpoints of the applications as a cell culture substratum, a micro-pocket gel array was prepared by templating of a two-dimensional self-assembled structure composed of cell size particles.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group.

This work is a part of collaboration with Prof. Kano, College of bioresource science.

· Ikake Group

1. Development of Poly(lactic acid) Films with Exhibiting the Piezoelectricity

2. Preparation of Poly(lactic acid)/Silica, and /Carbon Nanotube Hybrid Materials

3. Preparation of Stereo-complex type Poly(lactic acid) Films

Nanomaterials and Nanodevices Group

**Kaoru Suzuki*, Yoshiki Takano, Tomohiko Asai, Nobuyuki Iwata, Hideomi Hashiba,
Shigeru Chaen and Shosuke Mochizuki**

1. Overview of the research plan in 2010

This group aims at fabrication of nanomaterials and nanodevices for high functional applications such as 1) Quantum dot single-photon terahertz detector by Fe-based superconductor films, 2) Magnetic probe of Scanning probe microscope by Ni, etc. encapsulated carbon nanotubes and semiconducting single-walled carbon nanotubes by controlling specific chirality for field effect transistor, 3) Photocatalytic La,Sr,Ca:TiO₂ films for hydrogen generation, storage and oxygen (hydrogen) storage and release with metal oxides (metal hydrides) nanoparticles, 4) New photo-memory by highly-photoluminescent material (NiO-ZrO₂ solid solutions) and in-vitro single molecule imaging of these proteins by membrane receptors.

2. Advances and achievements in 2010

Prof. K. Suzuki approached synthesis of ferromagnetic metal (Ni, Fe, and Co) encapsulated carbon nanotubes for probe of magnetic force microscope. The diameter and length of the metal core is in the range of 10 – 80 nm and 100 – 800 nm, respectively. The walls consist of cylindrical graphene sheets with 3 -50 layer. The hydrogen yield on water decomposition with the TiO:La,Sr,Ca films by photo catalytic reaction which was measured to yield about 16 ml/h · cm² hydrogen gas under visible light irradiation.

Prof. Y. Takano has mainly studied the Fe-based superconductors. He has firstly prepared Sr_{1-x}Nd_xFFeAs and obtained $T_c=49$ K for $x=0.5$. This value is close to the highest value in Sr_{1-x}R_xFFeAs (R= rare earth ions). He has also prepared SrFFe_{1-x}Ni_xAs where Fe sites are directly substituted by Ni ions. Li_xFeAs itself is a superconductor with $T_c=18$ K. He has prepared Li_xFe_{1-y}Co_yAs where Fe sites are directly substituted by Co ions.

Asso. Prof. T. Asai has developed a magnetized coaxial plasma gun for rapid generation of TiFe Series thin-film. Preliminary experiments have been performed with stainless steel electrode and deposited metal thin-film has been confirmed by Prof. Nishimiya. He has also been developed an electrode with composite metallic material for generation of TiZrFeMn film.

Asso. Prof. N. Iwata has studied the selective growth of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) with specific chirality controlled by irradiating the FEL. The semiconducting SWNTs grew only the area between electrodes. Expected superlattice structure was [7units CFO / 7units LFO]×14. From the results of low angle x-ray reflection from the surface, superlattice structures were [CFO(1.16nm) / BFO(1.30nm)]×14 and [SFO(1.36nm) / BFO(1.00nm)]×14.

Asso. Prof. H. Hashiba has studied the “Single-electron transistor“. His sensitive THz range single photon detector is assembled from a GaAs/AlGaAs quantum dot, electron reservoir and superconducting single-electron transistor. The quantum dot is isolated from the surrounding electron reservoir in such a way that when the excited plasma wave decays, an electron could tunnel off the dot to the reservoir. The detector shows high noise equivalent power of $\sim 10^{-19}$ WHz^{-1/2}.

Prof. S. Mochizuki has studied the photoluminescence properties of various kinds of metal oxides under oxygen gas, vacuum and CO₂ gas atmospheres. It is found for the first time that the photoluminescence intensity of metal oxides is enhanced by UV-laser light irradiation under CO₂ gas.

Prof. S. Chaen and Aso. Prof. T. Tojo has studied the “Single-Molecule Imaging of Bio-nanomachines“. He report studies on the biomolecular motor using the ordinary fluorescent imaging and the receptor protein on the biomembrane using the single-molecule fluorescent imaging technique.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group

Each crew has team meetings and offered the research sample, respectively. We obtained the several collaborations results such as superconductor films, nanotube device, hydrogen generation/storage/release nanoparticles/films and single-molecule fluorescent imaging.

Quantum Theory and Computation Group

Hiroshi Ishida, Sinichiro Ohnuki, Tokuei Sako*, Kazuo Fujikawa, Tsuneki Yamasaki

1. Overview of the research plan in 2010

The principal aim of this group is to understand the interaction between lights and nano materials. For grasping fundamental insight into this subject the members of this group have conducted their researches, focusing particularly on (i) propagation of electromagnetic fields, (ii) accurate electromagnetic responses of small systems, (iii) electronic properties of nano materials, and (iv) reexamination of fundamental concepts in quantum theory. In this year they have planned to study (i-1) designing nano-scale antennas for locally exciting magnetic materials by circularly polarized lights (by Ohnuki), (i-2) developing a high-speed and accurate method for electromagnetic simulation (by Ohnuki and Yamasaki) and studying propagation characteristics of photonic nano-waveguides (by Yamasaki), (ii) elucidating the origin of Hund's multiplicity rule in atoms (by Sako), (iii) understanding the electronic structure of heterointerface of strongly correlated systems by dynamic mean-field theory (by Ishida), (iv) detailed investigation of the uncertainty relation in quantum theory (by Fujikawa). They have also launched a new project involving all members that aims at solving Maxwell-Schrödinger equations for simulating simultaneous propagation of electromagnetic fields and quantum systems (Project (v)).

2. Advances and achievements in 2010

For the first project (i-1), optimum structure for a nano-scale antenna generating circularly-polarized local fields has been examined in cooperation with Nakagawa, Ito, and Tsukamoto, and prospective results have been obtained. The results were presented in an international conference and a paper out of the results will appear in *J. Appl. Phys.* A patent has been also applied based on the results. Regarding the project (i-2) a new theoretical method for analyzing transmission of electromagnetic fields has been developed in cooperation with Nakagawa, which is applicable to nano-scale dispersive materials with numerical accuracy controlled.

Project (ii): The origin of Hund's multiplicity rule accounting for the relation between the electron spin and the energy-level ordering has been clarified for the helium atom by visualizing the internal part of the wave functions. The existence of a *conjugate Fermi hole* in the lower spin states has been also clarified for the first time. A paper based on the results has been submitted to *Phys. Rev. A*.

Project (iii): The electronic structure of a strongly-correlated single-atom-layer membrane adsorbed on a metal surface has been studied by the dynamic mean-field theory. The adsorbed atomic layer has shown to become metallic owing to orbital mixing with the grounding surface even when it is a Mott-insulator in an isolated condition. On the other hand, its electronic structure is not that of a simple Fermi metal but shows a similar phase transition as it does in an isolated condition.

Project (iv): A detailed investigation into the uncertainty relation in quantum theory has shown that the uncertainty relation is not a principle but a consequence of quantum theory that is governed by Copenhagen interpretation. A resultant paper has been accepted in *Prog. of Theor. Phys.* Mathematical formulas for the uncertainty relation under periodic boundary conditions have been also successfully derived for the first time and the results have been published in *Prog. of Theor. Phys.*

Project (v): A theoretical formulation has been derived to solve Maxwell-Schrödinger equations and coding based on the symplectic integrator method has been started.

3. Collaborations and activities in 2010 as the group

Study meetings were regularly organized in order to launch the new project involving all members (project (v)) and keep it on track. For other inter-group researches, there have been started collaborative projects between Ohnuki and Inoue, "Electromagnetic simulation for plasmon wave guides", and between Ohnuki and Otsuki, "Particle simulation for molecular motor".

Progress reports of individual researchers

ASADA, Yasuo EnergyAsymmetric Reduction of Phenyl-Ketones by a photosynthetic bacterium, *Rhodospseudomonas palustris*No.7**ASAI, Tomohiko** Nanomaterials and Nanodevices

Control and Application of Self-organized Magnetized Plasmoid

CHAEN, Shigeru and TOJO, Tadashi Nanomaterials and Nanodevices

Single-Molecule Imaging of Bionanomachines

FUJIWARA, Kyoko and NAGASE, Hiroki Medicine

1. PI polyamide targeting MYC downstream genes for anti-neuroblastoma therapy
2. SAHA and PI polyamide conjugate for genome specific histone modification
3. Radiation induced photodynamic therapy

FUKUDA, Noboru Medicine

1. Drug discovery of PI polyamide targeting TGF- β 1
2. Induction of human iPS cells with PI polyamide targeting human TGF- β 1
3. Development of molecular imaging for primary aldosteronism

HASHIBA, Hideomi Information Group ; Nanomaterials and Nanodevices

Nano-sized structures for single-photon or single electron devices and applications for quantum information, energy areas

HASHIMOTO, Takuya Energy

Preparation of Materials for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells with Nano-mixing Process

IKAKE, Hiroki Supramolecules and Self-Assembly

Development of Poly(lactic acid)s Films as biopolymer, and Applications to New Material Field

INOUE, Shuichiro Information

Development of Elemental Technologies for a Quantum Repeater

ISHIDA, Hiroshi Quantum Theory and Computation

Cluster Dynamical Mean-field Calculation of the Electronic Structure of the 2-Dimensional Hubbard Model Adsorbed on a Metal Substrate

ITOH, Akiyoshi and TSUKAMOTO, Arata Information ; Supramolecules and Self-Assembly

Ultra High Density Information Recording Materials on Self-assembled Nano-structured Substrates

IWATA, Nobuyuki Nanomaterials and Nanodevices

Pursuing the Limits of Nanomaterial-based Photonic and Quantum Technologies

KOSHINAGA, Tsugumichi **Medicine**

Potential of new therapeutic and diagnostic technology using PI polyamide and nanostructure in neuroblastoma

KUWAMOTO, Takeshi **Information**

Experimental Studies for Quantum Memory with Neutral Atoms

MATSUMOTO, Yoshiaki and AOYAMA, Takahiko **Medicine**

Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Modeling of Tumor-localizing Photosensitizing Compounds

MATSUSHITA, Sachiko **Supramolecules and Self-Assembly ; Energy**

Self-assembly and Self-organization from the viewpoint of Device-fabrication Methods

MOCHIZUKI, Shosuke **Nanomaterials and Nanodevices**

UV-laser-light-induced photoluminescence spectral change of various metal oxides

NAKAGAWA, Katsuji **Information**

Thermally Assisted Magnetic Recording with Near-Field Plasmon Antenna

NISHIMIYA, Nobuyuki **Energy**

Composite Formation of Hydrogen Occlusion Alloys and Photo-Related Phenomena Thereof

OHNUKI, Shinichiro **Quantum Theory and Computation**

Design of Nanoscale Devices using Electromagnetic Simulation

OTSUKI, Joe **Supramolecules and Self-Assembly; Energy**

Self-Assembled Supramolecules and Their Applications to Energy, Medical, and Information Technologies

SAKO, Tokuei **Quantum Theory and Computation**

Origin of Hund's multiplicity rule in He-like atoms: Existence of conjugate Fermi hole in the lower spin state

SUZUKI, Kaoru **Nanomaterials and Nanodevices**

Synthesis of Nano-rod Devices with Wide Band Gap Semiconductor Effect

TAKANO, Yoshiki **Nanomaterials and Nanodevices**

Mechanism of Superconductivity in Layered Fe-based Superconductors and Search of New Superconducting Compounds

TSUKAMOTO, Arata and ITOH, Akiyoshi **Information ; Supramolecules and Self-Assembly**

Ultra Fast Information Recording and Ultra Fast Photo Magnetic Switching

YAMASAKI, Tsuneki **Quantum Theory and Computation**

Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media in the Middle Layer

Asymmetric Reduction of Phenyl-Ketones by a photosynthetic bacterium, *Rhodopseudomonas palustris* No.7

Yasuo ASADA , Ken-ich ITOH, Katsuhiko ISHIMI, Hideki KOHNO

Energy

The intact cells of cyanobacteria, *Synechococcus* PCC6803 and PCC7942 were found to asymmetrically reduce phenyl-ketones and the related compounds including isoxasoles (Itoh, et al.). However, the rate is low, and the responsible enzyme(s) is not known. We found the intact cells of alcohol-assimilating photosynthetic bacterium, *Rhodopseudomonas palustris* No.7 asymmetrically reduced isoxazole to its s-type alcohol in 95-96 % e.e.

In this symposium last year, we reported that three putative alcohol dehydrogenase (ADH) genes from PCC6803 and the ADH gene from *Rh.palustris* No.7 were transferred into a non alcohol-assimilating photosynthetic bacterium, *Rhodobacter sphaeroides* RV by conjugative system (Vasylieva et al., Appl. Biochem.& Biotechnol., **77-79**, pp.507-512, 1999) and that all the transconjugants have ADH activity for short chain alcohols.

Recently, we observed that the intact cells of wild strain *Rh.palustris* No.7, and transconjugants with (No.7 and cyanobacterial sll1825, slr0886 and slr0942 genes) asymmetrically converted penta-fluoro-acephophenon to their s-form alcohols.

Control and application of self-organized magnetized plasmoid

Tomohiko ASAI

Nanomaterials and Nanodevices

Self-organized magnetized plasmoid has attractive advantages for the variety of applications because of its wide range of plasma parameters and its ease of control. In this work, applications of the plasmoid for rapid thin-film deposition and EUV light source have been proposed and demonstrated. Also, several innovative applications of plasma formation technique have been proposed and initiated in this project.

1. Development of high-speed film deposition technique by magnetized coaxial plasma gun

MCPG has been applied for new alloy film deposition technique using a magnetized coaxial plasma gun (MCPG). This method enables application of high-melting-point metals (e.g., Ti, Zr ...) which had been a limited method of ion beam assisted vacuum deposition etc. The optimization of gun design and the initial experiment with stainless steel electrode have been performed. In the experiments with horizontal plasmoid ejection into 500mm long drift tube, metallic thin-film was deposited on the vertically placed substrate. As a result of this preliminary test, electrode with composite material have been built and generation of alloy film will be started in the near future. (Collaboration with Prof. K. Suzuki and Prof. N. Nishimiya)

2. High frequency repetitive operation (10kHz) and merging of Spheromak for VUV light source

An ionized plasmoid generated by MCPG tends to be relaxed into a force-free equilibrium called “spheromak” in a conductive metallic chamber which roles as a flux conserver. Counter injection of spheromaks into the flux conserver is followed by a magnetic reconnection event which heats the plasma itself by the dissipation of magnetic energy into plasma energy. This realizes a compact high-temperature plasma source which can be applied as a short wavelength light source. In this year, the dependency of emission and its profile on the geometry of poloidal and toroidal magnetic flux has been studied as an additional control method of emission profile using a compact coaxial plasma gun shown in Figure 1.

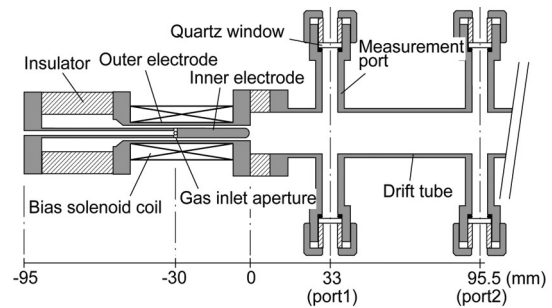


Figure 1. Schematic of developed compact magnetized coaxial plasma gun for EUV light source.

3. Electrodeless plasma source using rotating magnetic field

Steadily operated plasma source using rotating magnetic field (RMF) technique has been studied aiming to the applications for a light source and a plasma treatment method. The application of magnetic circuit on RMF antenna has been realized higher efficiency of plasma formation. Patent application has been prepared through NUBIC. (Collaboration with Dr. M. Inomoto, University of Tokyo)

4. Plasma treatment of CNT and CNT/polymer composite

An atmospheric-pressure plasma source with LF (~10kHz, 10kV) discharge for plasma treatment on CNT and CNT/polymer composite has been initiated to develop as collaboration with Dr. H. Ikake.

Single-Molecule Imaging of Bionanomachines

Shigeru CHAEN and Tadashi TOJO

Nanomaterials and Nanodevices

In studies on bio-nanomachines, the conventional ensemble techniques have been used. However the ensemble of many bio-nanomachines does not represent the real view of the bio-molecule, because the individual reaction does not intrinsically synchronizes with each other. Studying single-molecule at a time is necessary for understanding the bio-nanomachine in action. Here we report studies on the biomolecular motor using the ordinary fluorescent imaging and the receptor protein on the biomembrane using the single-molecule fluorescent imaging technique.

1. Studies on the biomolecular motor using the ordinary fluorescent imaging technique.

In vitro motility assays using bipolar myosin thick filaments demonstrated that actin filaments were capable of moving in both directions along the myosin filament tracks. The movements, however, were slower in the direction leading away from the central bare zone than towards it. To understand the mechanism underlying these different direction-dependent motilities, we have examined the effects of temperature on the velocities of the bidirectional movements along reconstituted myosin filaments. The apparent activation energy of the movement away from the central bare zone was significantly higher (79 kJ/mol) than that of the movement toward the zone (44 kJ/mol). Given that the backward movement away from the central bare zone would cause the myosin heads to be constrained and the stiffness of the cross-bridges to increase, these results suggest that the elastic energy required for the cross-bridge transition is supplied by thermal fluctuations. (publication 2).

2. Studies on the receptor protein on the biomembrane using the single-molecule fluorescent imaging technique

Single molecule imaging technique has broken through the bottlenecking problem of optical resolution limit and provided a method to directly observe each single molecule by optical microscopy. Traditional epi-fluorescence microscopy can not identify faint fluorescence from a single molecule buried in enormous amount of background fluorescence. Evanescent field illumination method provides a device for drastically reducing background fluorescence and enables *in vitro* single molecule imaging of purified proteins. The method, however, has several problems to overcome in *in vivo* usage. Intense and heterogeneous distribution of autofluorescence in living cells or tissues is a deep-rooted obstacle to reduce background. Brownian motion of objective molecules bring about spatiotemporally ever-changing distribution of their fluorescence intensity. To surmount these difficulties, we have improved our microscopy system to accomplish high contrast imaging and investigated alternative fluorescent reagents instead of GFP. We have so far singled mPlum, a fluorescent protein, out for High S/N ratio and long lifetime of its chromophore. We intend to evaluate *in vivo* usage of mPlum. In practice, we conduct *in vivo* single molecule imaging of a fusion protein consisting of Plasma Membrane Targeting sequence (PMT) and mPlum expressed in living cells. PMT sequence makes it possible to place the fusion protein directly under plasma membrane.

Applied chemical biology: strategy to cure cancer patients

- 1. PI polyamide targeting MYC downstream genes for anti-neuroblastoma therapy**
- 2. SAHA and PI polyamide conjugate for genome specific histone modification**
- 3. Radiation induced photodynamic therapy**

Kyoko FUJIWARA, Makoto KIMURA, Rajeev MISHRA, Xiaofei WANG, Takayoshi WATANABE, Jun IGARASHI, Chen MING, Hiroki NAGASE
Medicine

Our aim is development of nano technological approaches for clinical application. Under the close collaboration with Professor Joe Otsuki we conducted above three projects to generate new anticancer drugs or diagnostic reagents by using organic chemical synthesis techniques.

1. PI polyamide targeting MYC downstream genes for anti-neuroblastoma therapy

We developed a novel approach in cancer therapeutics using sequence specific DNA binding Pyrrole-imidazole (PI) polyamide, which designed to bind the E-box sequence of MYC downstream genes in a target specific manner, thereby down-regulating gene and protein expression of these genes. Furthermore it also suppresses MYC-dependent tumorigenesis in SCID mice by inhibiting proliferation and inducing apoptosis. Conclusively our findings suggest that E-box binding PI polyamide can be used in MYC-targeting therapies for cancer treatment.

2. PI polyamide-SAHA conjugate for genome specific histone modification

There is increasing evidence that histone modification is a crucial epigenetic modification of the mammalian genome, regulating not only transcription regulation but also many other cellular processes. Epigenetic changes are also associated with many diseases and environmental effects in humans. We tested whether newly developed PI polyamide and Suberoylanilide hydroxamic acid (SAHA) conjugates are able to induce histone acetylation at the target genomic region and the target gene expression. Presence of histone acetylation at target regions within p16 Cyclin-Dependent Kinase Inhibitor 2A (CDKN2A) and *LARP1* promoters was demonstrated after WGCWGCW targeting PI polyamide-SAHA conjugate treatment. Although p16 tumor suppressor was not induced, the treatment induced *LARP1* transcription and cell growth arrest in three different human cell types. Exogenous *LARP1* overexpression in the HeLa cell also induced similar cell-growth inhibition. The PI polyamide moiety can be an intriguing carrier of HDAC inhibitors or chromatin regulators to a specific DNA sequence and may modulate histone structure for a target gene expression.

3. Radiation induced photodynamic therapy using iodinated photosensitizer

Parametric monochromatic X-ray (PXR) is a new class of coherent X-ray, which is a tunable single wavelength and single phase X-ray. Since PXR is a single wavelength and single phase of soft-to-hard X-ray, it minimizes radiation exposure in the surrounding tissues and may have a potential to induce photoexcitation of radiosensitive molecules and establish a new PDT antitumor therapy targeting deep internal tumors and metastatic regions. PDT compounds conjugated with Iodine, which has a K-edge absorption of around 33KeV and generate singlet oxygen for the radiation induced photodynamic therapy. We have confirmed that compounds 531 and 717 showed cancer cell growth inhibition after irradiation.

- 1. Drug discovery of PI polyamide targeting TGF-b1**
- 2. Induction of human iPS cells with PI polyamide targeting human TGF-b1**
- 3. Development of molecular imaging for primary aldosteronism**

Noboru FUKUDA, Akifumi IGUCHI, Kousuke SAITO, Yukihiro IKEDA

Collaboration: Frolida Univ. Dept. Pathology. K. Shinohara and N. Terada

Nihon Univ., Coll. Bioresource Sci., Y. Masuhiro, S. Hanazawa

Medicine

1. Drug discovery of PI polyamide targeting TGF- b1

1) Effects of PI polyamide targeting TGF- b1 on encapsulating peritoneal sclerosis (EPS)

Polyamide was ip injected once or 3 times in rat model of EPS. Polyamide significantly suppressed thickness of peritoneum. Polyamide significantly suppressed abundance of TGF-b1 and fibronectin mRNAs in injured peritoneum. Average of elasticity was significantly lower in Polyamide-treated rats than that in CHX-treated rats. Thus Polyamide is feasible for EPS.

2) Lead optimization of PI polyamides targeting human TGF-b1

We synthesized seven PI polyamides targeting human TGF-b1 on sis-elements of TGF-b1 promoter. We chose three lead optima such as GB1101, GB1105, GB1106 by inhibition of human TGF-b1 mRNA expression. We are examining effects of these polyamides on expression of TGF- β 1, fibronectin, collagen type IV, CTGF mRNA and EMT phenomena in human VSMC.

2. Induction of human iPS cells with PI polyamide targeting human TGF-b1

Certain mechanisms underlying the induction of iPS cells with Yamanaka 4 factors has been clarified as the Mesenchymal Epithelial Transformation(MET) phenomem at 2010. We started a collaborating project to induce human iPS cells by PI polyamide targeting human TGF-b1 with Florida University and Nihon Univ. Coll. Bioresource Sci.

3. Developemnt of the molecular imaging for aldosteronism with antisense PNA

We confirmed increases in expression of CYP11B2 mRNA in cultured Y1 cells with ACTH. We incuvated antisensei FITC-labeled PNA targeting CYP11B2 in Y1 cells. We are checking timing of the fluorescence detecting.

Nano-sized structures for single-photon or single electron devices and applications for quantum information, energy areas

Hideomi HASHIBA

Information; Nanomaterials and nanodevices

Appropriate nano-sized shaping of semiconductors shows quantum effects of electrons and photons, and forms quantum dots, photonic crystals, or single photon waveguides.

The aim of this work is development of a THz single photon detector with a quantum dot, TiO₂ photonic crystals for dye sensitized solar cells, and Si waveguide for quantum information on-chip devices. These devices will reveals deep understanding of physics such as photon-electron interactions, and open up wide applications to research or industrial area. The researches are closely collaborated with the *N.* research members for searching for applications of quantum information technologies and energy use.

1. Sensing individual terahertz photons

One of the promising ways to perform single-photon counting of terahertz radiation consists in sensitive probing of plasma excitation in the electron gas upon photon absorption. We demonstrate the ultimate sensor operating on this principle. It is assembled from a GaAs/AlGaAs quantum dot, electron reservoir and superconducting single-electron transistor. The quantum dot is isolated from the surrounding electron reservoir in such a way that when the excited plasma wave decays, an electron could tunnel off the dot to the reservoir. The resulting charge polarization of the dot is detected with the single-electron transistor. Such a system forms an easy-to-use sensor enabling single-photon counting in a very obscure wavelength region. The detector shows high noise equivalent power of $\sim 10^{-19}$ WHz^{-1/2} (Paper. 1) .

2. Two dimensional titanium di-oxide photonic crystal for dye sensitized solar cells

Low dimension photonic crystals have drawn much attention as key-devices to on-chip optical systems, dye sensitized solar cells that are low cost, environmental friendly.

Our two dimensional titanium di-oxide photonic crystals are fabricated on a ITO wafer with a standard electron beam lithography. TiO₂ photonic crystals are periodic square air holes on a TiO₂ layer of 150 nm thick formed on a ITO conductive glass. The structure is designed for having photonic full band gap at wavelength of 630 nm to improve conversion efficiency of light to current in dye-sensitized photonic cell and has been reported (Paper. 2).

3. Development of Si waveguides as onchipon chip component for optical quantum cryptography communications

Si waveguide is Silicon core of diameter of half wavelength of incoming photons, surrounded by highly refractive SiO₂ or vacuum. Its characteristic of optical non-linearity of the semiconductor and single mode transmission, thus Si waveguides can be good candidate of photonic on chip component for optical quantum cryptography communications. We developed of Si waveguides with simple fabrication techniques.

Preparation of Materials for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells with Nano-mixing Process

Takuya HASHIMOTO

Energy

Solid oxide fuel cell (SOFC) attracts much interest as energy conversion device with high energy efficiency and low cost owing to no necessity of Pt catalyst in electrode. However, instability during long period and a few alternatives for materials due to too high operating temperatures are problems for application. Decreasing operating temperature as low as about 600 °C would solve the problems. The purpose of this study is development of new electrolyte and electrode materials which are inevitable for low temperature operation of SOFC. In particular, using liquid phase process by which mixing with nano-scale is probable, challenged is preparation of high functional new materials whose preparation have been difficult or mechanical strength and density is low with conventional solid state reaction process.

In this year, following two themes have been investigated.

1. Preparation of new proton conductor, $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{ZrO}_3$ with liquid phase mixing method.
2. Preparation of new electrode material, $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$

In this presentation, results of former theme are presented.

So far, electrode material for SOFC is oxide ion conductor such as yttria stabilized ZrO_2 (YSZ). It possesses high chemical stability and mechanical strength, however, high temperature as high as 900 °C is necessary to obtain enough oxide ion conductivity. We regard that high temperature is inevitably required for conduction of large oxide ion and that proton conductor must be investigated and new one should be discovered for development of new electrolyte materials operated at low temperature.

SrZrO_3 and BaZrO_3 with distorted perovskite structure have attracted much interest as proton conducting oxides. It has been reported that oxide ion vacancy generated by partial Y^{3+} substitution for Zr^{4+} site plays the important role for proton conduction. However, three kinds of structural phase transition in SrZrO_3 are problems for application. In this study, we have succeeded in clarification of the phase transitions using high-temperature X-ray diffraction, differential scanning calorimetry and dilatometry. We have also prepared specimens with no first order structural phase transition from room temperature to 1200 °C by partial substitution of Ba above 0.6. In addition, from comparison of specimens prepared by liquid phase mixing method and solid state reaction method, it has been revealed that liquid phase mixing method is superior for preparation of specimens with high density. This shows agreement with random and facet growth in the specimens of $\text{Sr}_{0.4}\text{Ba}_{0.6}\text{ZrO}_3$ prepared by solid state reaction method and liquid phase mixing one, respectively, as shown in Fig. 1.

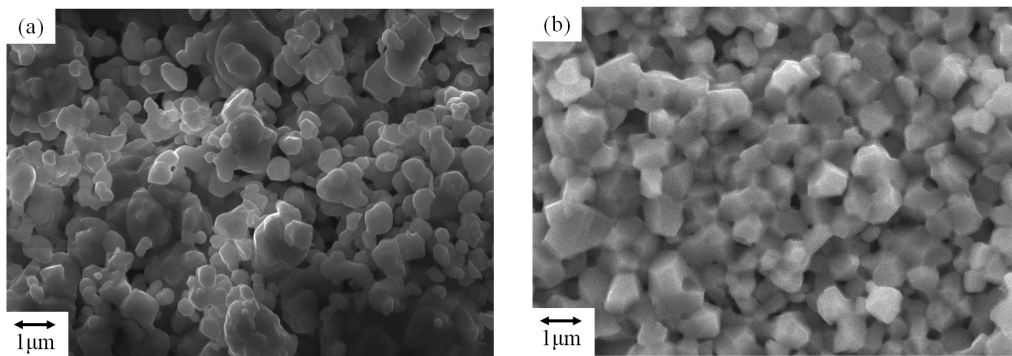


Fig. 1 SEM images of $\text{Sr}_{0.4}\text{Ba}_{0.6}\text{ZrO}_3$ ceramics prepared with (a) solid state reaction method and (b) liquid phase mixing method.

Development of Poly(lactic acid)s Films as biopolymer, and Applications to New Material Field

Hiroki IKAKE

Supramolecules and Self-Assembly

In our group, the aim of development of poly(lactic acid) (PLA) films as biopolymer with the high thermal- and mechanical- resistance. And then, the improved PLA was submitted to new material field.

1. Development of Poly(lactic acid) Films with Exhibiting the Piezoelectricity

It is well known that poly(L-lactid) (PLLA) fibers exhibit the piezoelectricity, in which their piezoelectric constant increases with increasing degree of crystallinity and uniformity of the orientation of the crystallites. Recently, bending motion due to their piezoelectricity has been reported. The *zigzag* motion is closely related to the morphology of PLLA fibers. For this purpose, the irradiated magnetic field, and other process, under the electric field, have produced the high oriented PLLA films. In the present study, we successfully synthesized PLLA using condensation polymerization, and the crystallites of PLLA became the growth by the heat treatment.

2. Preparation of Poly(lactic acid)/Silica, and /Carbon Nanotube Hybrid Materials

In this work, the transparent hybrid materials were prepared with modified both chain ends of poly(D, L-lactic acid) (PDLLA) with silane-coupling agents and silica by the sol-gel process. It was clarified that the hybrid film having 10wt% SiO₂ is transparent, and the three-dimension network structure has been developed. Therefore, the thermal-resistance of the hybrids was improved at the rubbery plateau region. For next work, the aim of high mechanical-resistance, we prepare PLLA/Carbon Nanotube hybrid materials by the sol-gel process.

3. Preparation of Stereo-complex type Poly(lactic acid) Films

The study of the effect of cast-solvent on the morphology of the stereo-complex poly(lactic acid) (sc-PLA), consisting of poly(L-lactic acid) PLLA and poly(D-lactic acid) PDLA, is crucial for the sake to employ it as one of useful materials. In this study, it is clarified that the cast-film formed with 1,4-dioxane as a cast-solvent is opaque, but the film formed with chloroform is transparent. It is shown by small-angle X-ray scattering, differential scanning calorimetry, and wide-angle X-ray diffraction that, while the distribution of the crystal-domains of sc-PLA has remarkably depended on these cast-solvents, the degree of crystallization of sc-PLA as well as its crystal form was substantially independent of these cast-solvents.

Development of elemental technologies for a quantum repeater

Shuichiro INOUE
Information

Quantum information and communication are the promising technologies that give us the solutions for the security and the communication capacity problems of the current information and communication technologies. The aim of our research is the practical implementation of the BBM92 quantum key distribution which allows us to communicate with the unconditional security. We are developing elemental technologies for a quantum repeater which is the key technology of the next-generation quantum key distribution system.

1. High rate distribution of entangled photon pairs at telecommunication wavelength

We demonstrated the distribution of a cross-polarization-entangled photon pair which is generated using a Type-II PPLN waveguide. To achieve a high-rate distribution of entangled photon pair, we used the high-speed and efficient single photon detector based on the sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiodes (SG-APDs). Figure 1 shows the experimental results of the polarization correlation tests when the average photon pair number per pulse was set to 0.01. The measured two photon interference visibility was 97 %. Moreover, the entanglement distribution rate exceeded 2.8 kilobit per second. To our knowledge, this value is the highest distribution rate in the entanglement distribution experiment at telecommunication wavelength to date.

2. Development of High Detection Efficiency Photon-Number-Resolving Detectors at 850 nm

Photon-number resolving detectors are indispensable requirements for many quantum information applications, such as quantum key distribution (QKD) and quantum optical gate. We have developed titanium-based transition edge sensors (Ti-TESs) to improve the response speed of the sensor. In order to achieve the almost 100 % detection efficiency (DE) at 850 nm wavelength, we fabricated Ti-TESs with the mult-layered absorption structures, which consist of a 20-layer dielectric mirror and a 7-layer AR coating. The size and the thickness of the Ti film are $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$ and 22 nm, respectively. Figure 2 shows the pulse height spectrum from the Ti-TES in response to 844 nm (1.47 eV) photon pulses. We can discriminate each peak that corresponds to the number of absorbed photons in the TES. We have measured the DE at various different laser power levels. As a results, the DE at 844 nm was 98.4 %, which to our knowledge is the highest DE reported for an optical photon detector.

Cluster Dynamical Mean-field Calculation of the Electronic Structure of the 2-Dimensional Hubbard Model adsorbed on a Metal Substrate

Hiroshi ISHIDA

Quantum Theory and Computation

Recently, heterostructures made by stacking ultrathin layers of strongly correlated materials have been a target of intense study. Due to low-dimensionality, charge transfers etc., the electron system at crystal interfaces exhibits properties absent in bulk systems, which can be utilized for new electronic devices. In this study, we investigate the electronic structure of strongly correlated interfaces by conducting many-body calculations within the dynamical mean-field theory (DMFT).

1. Electronic structure of strongly correlated atomic overlayer on a metal substrate

Previously, we studied the electronic structure of strongly correlated ultrathin films by taking account of interlayer electron correlations. However, in that work, electron correlations within the same atomic layer were ignored (publication 2). Thus, in the present study, we investigate the effects of intralayer electron correlations on the electronic structure of the strongly correlated atomic overlayer on a metal substrate.

The overlayer was modeled by a single-band Hubbard model on square lattice. To simulate a cuprate overlayer, we set $t' = -0.3 t$ and $U = 9t$, where t , t' , and U denote the nearest-neighbor transfer integral, second nearest-neighbor transfer integral, and onsite Coulomb energy, respectively. The substrate was modeled by a semi-infinite non-interacting cubic lattice with band width $W = 12 t$. The orbital mixing between the overlayer and substrate was expressed by a transfer integral between the atomic site in the overlayer and that in the outermost substrate layer, t_z . To treat short-range intralayer electron correlations, we performed a cluster DMFT calculation, where the overlayer was divided into a periodic array of 2×2 -site clusters.

The electronic density of states (DOS) in the overlayer is shown for $U = 0$ with $t_z / t = 0.2, 0.4$, and 0.8 (Fig.1 in the first page). The van Hove singularity in DOS characterizing the 2-dimensional square lattice disappears with increasing orbital hybridization between the overlayer and substrate. The electron occupation per spin is plotted as a function of electron chemical potential μ for $t' = -0.3 t$ and $U = 9t$ (Fig.2 in the first page). When $t_z = 0$, the system is purely 2-dimensional and becomes a Mott insulator in the energy gap where the occupation takes a constant value 0.5. The metal-insulator transition on the hole-doped side is of the second order, while that on the electron-doped side is of the first order, exhibiting hysteresis behaviors. In the case of $t_z / t = 0.8$, the overlayer becomes metallic and $dn/d\mu > 0$ irrespective of the value of μ because the metal penetrates into the overlayer due to orbital hybridization. However, the phase transitions on the hole and electron doping sides persist, which indicates that the electronic structure of the overlayer is essentially close to that of the isolated layer. This is in contrast with the physical picture obtained with the single-site DMFT calculation where the overlayer exhibits Fermi-liquid properties when $t_z > 0$.

Ultra High Density Information Recording Materials on Self Assembled Nano-structured Substrates

Akiyoshi ITOH, Arata TSUKAMOTO

Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly

1. Research aim

In recent years, much attention has been focused on nano-structured magnetic media for achieving ultra high density recording. Combining self-assembly nano-structured substrates with defined magnetic properties provided by a magnetic film deposited onto the surface, enable a noble approach to create magnetic nanostructure arrays. We tried to prepare and utilize nano-structured substrates such as silica thin film having self-assembled nano-pores and self-assembled silica particle substrate.

Concrete plan was as followings.

- 1) Self assembled preparation of three dimensional close-packed nano structure arrays
- 2) Development of nano template substrate for preparing a nano structured metallic material
- 3) Application for ultra high density information recording material

2. Research plan /Advances and achievements in 2010

We focused onto preparation of a thin nano-porous silica film and application as etching mask of metallic film, and then examined 1. Enlargement of the areal size of single domain nano-pore array structure, 2. Thinning the silica layer with aligned nano pore array structure as 2 dimensional nano-pore array structure, 3. Fabrication of a silica layer on metallic films.

2-1 Preparation of a thin nano-porous silica film and application as etching mask of metallic films

We have succeeded preliminarily to prepare thin silica layer on metallic films which have two dimensional closed packed nano-pores prepared by the polymer micelles technique.

1. By reducing the molecular weight, the average diameter of nano-pores was decreased from 8nm to 5nm. Furthermore, the areal size of single domain nano-pore array structure was enlarged up to around $1\mu\text{m}^2$ ($> 8.8 \times 10^5 \text{ nm}^2$) by reconsideration of fabrication process especially the sequence of compound molecules. See Fig. 1.
2. Nano-porous Silica layer was prepared by utilizing self-assembling phenomenon with main components of triblock copolymer(A), Tetra-Eth-Oxy-Silane (TEOS)(B), water with HCl(C) and Ethanol(D). Ethanol evaporates with drying process. By increase just the amount of Ethanol with keeping same ratio of other components A – C, prepared silica layer thickness was successfully reduced then achieved 2 dimensional nano-pore array structure.
3. We have succeeded to prepare nano-porous silica film on metallic films such as Pt and Fe.

2-2 Nano structured template having a conjugate relation with nano-pore structure

As another type of nano structured template having a conjugate relation with nano-pore structure, nano convex pattern was prepared by using self-assembled spherical silica particles followed by inductively coupled plasma reactive ion etching.

Pursuing the Limits of Nanomaterial-based Photonic and Quantum Technologies

Nobuyuki IWATA

Nanomaterials and Nanodevices

1. Selective growth of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) with specific chirality

The triangle source and drain Au electrodes were evaporated on the SiO₂(300nm)/Si substrates using UV lithography and lift-off process. The area of electrodes and of between electrodes were left for 30 min in ozone atmosphere to be hydrophilic. The other area has surface property of bare SiO₂. The substrates were soaked for 10 min in ethanol where 0.01 wt% Mo acetate was dissolved, and were dipped at the speed of 600 μm/s. The dipped substrates were dried for 5 min at 500°C. The catalyst of Co was deposited with the same process. The SWNTs were grown by an alcohol catalytic chemical vapor deposition (ACCVD) method. The used feeding source was ethanol. The growth was carried out at the pressure from 200 to 1000 Pa at 1050°C after reduction under Ar and H₂ atmosphere. The free electron laser (FEL) of 800 nm was irradiated from start to end of growth process. The Raman spectra were detected with multiple excited laser of 441, 532, 632, and 785 nm. A scanning probe microscopy (SPM) checked the surface morphology.

The G-band and D-band peaks as well as radial breathing mode (RBM) in Raman spectra were observed at the only area between electrodes, the surface property of which was hydrophilic. The grown SWNTs were metallic and semiconducting materials, and included the chirality as many as approximately 50 without the FEL irradiation. Irradiating the 800 nm FEL reduced the number of possible chiralities down to 6 of (8,7), (10,6), (10,5), (12,2), (13,2), (13,0), (14,0), all of which show semiconducting property from the consideration of band structure. At the other area of substrate and electrodes, obvious G-band and the RBM peaks were not detected. In the SPM images, the random growth in direction of SWNTs were observed with approximately 1.5 nm in diameter and 1~2 μm in length. From those results, we successfully grew the selective SWNTs in position and chirality.

2. Fabrication of REFeO₃/AFeO₃ superlattices for realization of room temperature multiferroic phenomenon, where RE=Bi, La, A=Ca, Sr

The films and superlattices of CaFeO_x (CFO), SrFeO_x (SFO), LaFeO₃ (LFO), BiFeO_x (BFO) were deposited on SrTiO₃(STO)(100) substrates by pulsed laser deposition (PLD) method with monitoring reflection high energy electron diffraction (RHEED) oscillation. The typical x-ray diffraction (XRD) and reciprocal space mapping around STO(103) and (113) were done. The SPM measurement showed the surface morphology.

The single layer of CFO_{2.5}, SFO_{2.7}, LFO₃, and four phases at least BFO were obtained. Using the highly dense, more than 90%, targets, the droplets were removed in all single layer films. In CFO/LFO superlattice, the satellite peaks were observed in the RSM, and the surface showed the step-terrace structure. Expected superlattice structure was [7units CFO / 7units LFO]×14. In CFO/BFO and SFO/BFO superlattice, the satellite peaks were also observed. From the results of low angle x-ray reflection from the surface, superlattice structures were [CFO(1.16nm) / BFO(1.30nm)]×14 and [SFO(1.36nm) / BFO(1.00nm)]×14. Those results were not exactly the films we tried to prepare, because the target surface changed and then growth rate was decreasing with continuing the deposition. The reason why we did not obtain the perfect and sharp satellite peaks in the RSM was same. There could be slight difference in thickness at each block in the superlattices. We have to find the right deposition condition, especially ablated laser energy. However, the presence of satellite peaks in superlattices indicates the not perfect but ordinary interface exists. Therefore polar / non-polar interface is expected.

Potential of new therapeutic and diagnostic technology using PI polyamide and nanostructure in neuroblastoma

Tsugumichi KOSHINAGA

Medicine

Neuroblastoma (NB) is an embryonic tumor of neuroectodermal cells derived from neural crest. NB is the most common extracranial pediatric solid tumor and is caused around 15% of all pediatric oncology death. It has been strongly expected to develop new diagnostic maker and new therapy in NB. NB showing *MYCN* amplified usually have poor outcome and down regulation of *MYCN* expression causes down-regulated proliferation and differentiation in NB. PI polyamide can recognized specific DNA sequence and bind to it. When PI polyamide designed to target transcription factor binding site, it can inhibit binding of transcription factor to binding site and down-regulate a target gene expression. Here, we examine whether PI polyamide can show an antitumor effect. Moreover, this experiment could provide us basic data needed for development of new therapeutic and/or diagnostic agents by using PI polyamide combined with nanostructure.

1. *In vitro* experiments

We designed PI polyamide targeting SP1 and E2F binding site, which are located on promoter region of *MYCN* gene. NB cell lines, such as CHP134 cells were cultured with those PI polyamides, which are mixture of PI polyamides targeting SP1 and E2F binding site for 72 hours. NB cell lines showed reduced proliferation rate (a) and of *MYCN* expression level, compared with NB cell lines cultured without PI polyamides. Also NB cell lines treated with the PI polyamide presented apoptosis.

2. *In vivo* experiments

We made xenograft by injecting nudemice subcutaneously with NB cell lines, such as CHP134 cells. Then administration of PI polyamides into tumor carvities reduced growth rate of xenograft, compared with control polyamide (mismatch PI polyamide), which can not bind to SP1 and E2F binding site.

We confirmed that the PI polyamides, which are mixture of the PI polyamides targeting SP1 and for E2F binding sites have the antitumor effect. Accordingly, those PI polyamides and its modified form with new nanostructures could be one of new therapeutic agents and/or diagnostic agents.

Experimental Studies for Quantum Memory using Neutral Atoms

Takeshi KUWAMOTO

Information

1. Our purpose in the project

Purpose of our study in this project is the experimental study for realizing the quantum memory using neutral atoms. The quantum memory is a key element in the quantum communication and computing.

2. Progresses and Results in 2010

We performed following studies this year.

- (1) Measurement of the two-photon interference of orthogonally polarized photon pair with the 795-nm wavelength.

In last year, we succeeded to generate the orthogonally polarized photon pairs resonant with a transition in rubidium atom. However, we could not observe the two-photon interference, which ensures the quantum-mechanical nature of the generated photon pair. In this year, we performed following developments and studies as the countermeasure.

1. Reinforcement of the output power of 397.5-nm-wavelength light beam used for generating the orthogonally polarized photon pairs.
2. Exchanges for appropriate optics possessing no polarization dependence.
3. Production of new coincidence detectors.
4. Introduction of a crystal (5-mm KPT) used for compensating the birefringence effect in the crystal, which is used for generating the orthogonally polarized photon pairs.

We successfully measured quantum-mechanically the two-photon interference of the generated orthogonally polarized photon pairs. The obtained visibility was 83%.

- (2) Suppression of the relative frequency fluctuations between two lasers used for the light storage experiments.

We have succeeded the storage of coherent light into rubidium atoms. However, the storage time was as short as 50 ms, which was a tenth of previous studies. We attributed this short storage time to the fluctuation of relative frequency between two lasers used in the experiments. We controlled the relative frequency of lasers using the optical phase lock loop (OPLL) circuit. As a result, the fluctuation was reduced from 2 MHz to 400 Hz, corresponding to a factor of 5000 improvement.

Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Modeling of Tumor-localizing Photosensitizing Compounds

Takahiko AOYAMA, Yoshiaki MATSUMOTO

Medicine

To describe the relationships between percent cures following photodynamic therapy, light dose, and plasma photosensitizing compound concentration, we defined the pharmacokinetic/pharmacodynamic model of talaporfin as a model drug.

1. Pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling of Talaporfin in mice

Model-based drug development is characterized as the development and application of pharmacostatistical models of drug efficacy and safety from preclinical and clinical data to improve drug development knowledge management and decision making. Pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling and simulation also enable the prediction of the effects of a medicine in various situations in clinical practice. The aims of this study were to define the pharmacokinetic/pharmacodynamic model of talaporfin as a model drug of tumor-localizing photosensitizing compounds and predict the response of photodynamic therapy in various dosage regimens. The plasma talaporfin concentration, percent cures following photodynamic therapy and light dose reported by Ferrario *et al.* were used as the source of pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling data. The pharmacokinetics for talaporfin in mice was described by two-compartment model with first-order elimination. The relationships between the percent cures, light dose and plasma talaporfin concentration were described by Emax model (Fig. 1). Simulated curvilinear surface between percent cures, light dose, and plasma talaporfin concentration was well fitted the observed value (Fig. 2).

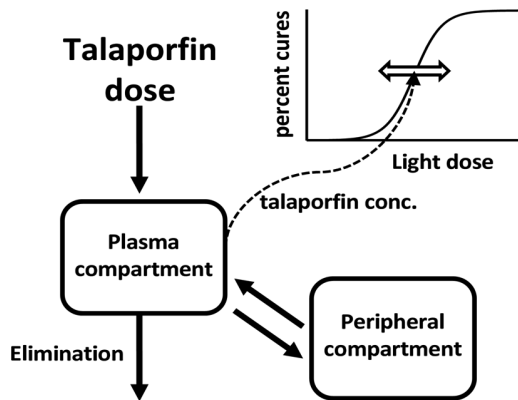


Fig. 1

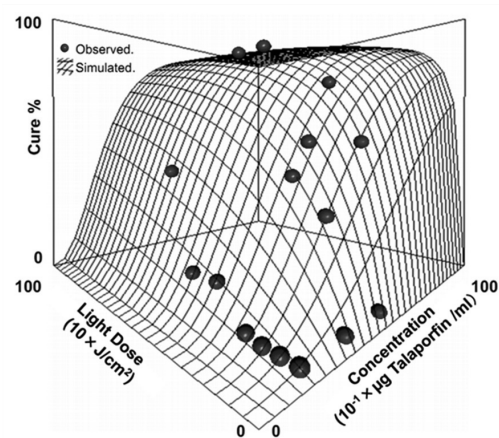


Fig. 2

Self-assembly and Self-organization from the viewpoint of Device-fabrication Methods

Sachiko MATSUSHITA

Supramolecules and Self-Assembly; Energy

Three subjects related with self-assembly and self-organization were studied with perspective of the developments of unexplored scientific fields and new technology: 1) Dye-sensitized photonic crystal electrodes, 2) Fabrication of optical and diagnostic devices via self-assembly, and 3) Elucidation of mechanism of spontaneous tension change at oil/water interface.

1. Dye-sensitized photonic crystal electrodes

Recently, the combination of dye-sensitized solar cells and photonic crystals is actively studied. We had reported the improvement of the photoelectric conversion efficiency of dye-sensitized solar cells combined with a self-assembled-type photonic crystal, i.e., TiO₂ inverse opal. However, whether these results were caused by the photonic crystal effect or the nano/mesoscopic effect was unclear. The position of the photonic crystal band depends on the structural periodicity. Here, we prepared three kinds of TiO₂ inverse opals using different-size polystyrene particles (202 nm, 356 nm, 457 nm) and measured the electrochemical characteristics of the dye-sensitized inverse-opal electrodes. Figure 1 shows the electrochemical impedance of the prepared electrodes. The large diffusion resistance of the electrolyte suggests that the improvement of the photoelectric conversion efficiency was not caused by nano/mesoscopic effect because nano/mesoscopic effect should be appeared as small diffusion resistance. This research is a collaboration work with Prof. Hashimoto, College of Humanities and Sciences (one journal paper, submitted). This research was also awarded a poster prize.

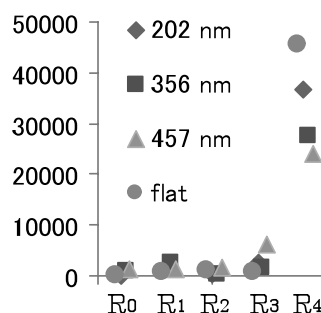


Figure 1. Pore-size dependence of electrochemical impedance of dye-sensitized TiO₂ inverse opals electrodes. R₀: Resistance of substrate, R₁: Resistance of substrate/TiO₂ interface, R₂: Contact resistance between TiO₂ particles, R₃: Pt/electrolyte interface and Electrolyte/dye/TiO₂ interface, R₄: diffusion of the electrolyte.

2. Fabrication of optical and diagnostic devices via self-assembly

Recently, the application of a self-assembled spherical-particle structure to hydrogels is actively studied. The application is mainly as sensors, for example, as a glucose sensor and temperature sensor. In this research, with the viewpoints of the applications as a cell culture substratum, a micro-pocket gel array was prepared by templating of a two-dimensional self-assembled structure composed of cell size particles. This work is a part of collaboration with Prof. Kano, College of bioresource science.

3. Elucidation of mechanism of spontaneous tension change at oil/water interface

The spontaneous oil movement in the water containing surfactants has been actively studied since Dupeyrat found this phenomenon in 1978. However, the perfect understanding of the spontaneous movement is still not achieved, resulting in less report of the concrete engineering applications. Recently, we focused on gels generated at the oil/water interface during the spontaneous movement. To control the gel generation, salt addition in the water phase was examined. The period and amplitude of the spontaneous movement were dynamically changed by salt concentrations.

UV-laser-light-induced photoluminescence spectral change of various metal oxides**S. MOCHIZUKI, K. YOSHIDA T. SAITO, F. MIZUTANI**

Nanomaterials and nanodevices

Mochizuki, Yoshida and Saito measured the photoluminescence spectra of bulk single crystal and nanocrystals of various metal oxides (BaTiO_3 , SrTiO_3 , TiO_2 , ZnO , and etc) at different temperatures. We have found clear reversible spectral change in the photoluminescence spectra of the SrTiO_3 and BaTiO_3 specimens at room temperature by replacing the specimen atmosphere (O_2 gas by vacuum, CO_2 gas by vacuum) under CW 325 nm laser light irradiation. Especially, by irradiating at room temperature with the laser light in CO_2 gas atmosphere, the photoluminescence intensity of BaTiO_3 and SrTiO_3 nanocrystals with an average particle size of several ten nm is enhanced by more than ten times. By irradiating the same laser light at room temperature in a vacuum, the original weak luminescence state reappears. After removing the laser light irradiation, each photoluminescence property persists for a long time at room temperature under room light, regardless of any changes of atmosphere. On the other hand, BaTiO_3 bulk single crystal and SrTiO_3 one showed weak luminescence and little photo-induced changes. The observed reversible photo-induced phenomena in CO_2 atmosphere suggest that BaTiO_3 is active for photo-catalytic reduction of CO_2 at room temperature. The results are discussed also in the light of both the exciton theory and the defect chemistry.

Mizutani designed and made an evaluation device for photocatalyst and measured the photocatalyst power of various metal oxides..

Thermally Assisted Magnetic Recording with Near-Field Plasmon Antenna

Katsuji NAKAGAWA

Information

Thermally assisted magnetic recording (TAMR) which is a next generation magnetic recording with ultra high recording density is investigated from viewpoints of a plasmon antenna and optical near-field by experiments and simulations in order to overcome physical limitation of recording density of current magnetic recording. Furthermore, a future magnetic memory applied with a photo-induced ultra-high speed magnetization phenomenon is also researched in close collaboration with Professor Itoh and Assistant Professor Tsukamoto. Analysis of surface plasmon is worked with Associate Professor Ohnuki who belongs to a quantum theory and calculation Group.

1. Thermally assisted magnetic recording with optical near-field

Issue of TAMR which is required for heating only nanometer-sized recording area is that influences of the distance from antenna to medium at heating and the plasmon antenna shape on recorded mark shapes are not clear. We proposed a new antenna configuration, which was available to confirm a plasmon antenna shape against magnetic domains recorded and to control antenna distance from medium at recording. We also constructed a fabrication process of the configuration, which was surface plasmon antennas with one hundred nanometer sized fabricated on a surface of a high recording density medium with high thermal stability, by lift-off method using e-beam lithography.

2. Surface plasmon antenna design

A heating on only tiny area, whose diameter is less than order of incident light wavelength, is required for TAMR. A surface plasmon antenna is designed by Finite-Difference Time-Domain (FDTD) simulation analysis to realize it (collaborated partially with Associate Professor Ohnuki). We have already reported that isolated fine-grain media was available to obtain high electric intensity. Further design of high efficiency plasmon antenna independent from medium structure which can obtain high intensity even continuous medium is enlarged the margin of medium selection. We realized increase of the antenna apex intensity and decrease of the antenna rears intensity at same time on the continuous medium by design of a tilt angle between antenna and medium.

3. Photo-induced ultra high magnetization recording

To increase recording density of novel magnetic recording system using a photo-induced ultra high magnetization phenomenon, we worked with Associate Professor Ohnuki in generation and concentration method of circularly polarized light on recording medium locally with optical near-field by a plasmon aperture. A cross aperture with four-fold symmetry can create circularly polarized light locally at the center of the aperture. We also show a propagation of circularly polarized light in the medium with an isolated fine-grain arranged rectangularly. In addition, we proposed a four-leaf shaped aperture modified the normal cross aperture, and demonstrated the improved the quality. The four-leaf aperture is available to confirm circularly polarized light with high intensity only at center fine-grain we will record, as a consequence of enlargement of intensity difference between center recoding grain and surrounding grains (Figure in first page, paper, patent, and Presentation). We investigated relative position margin between the aperture and the recording grain.

An analysis method of a transient response phenomenon of surface plasmon generation by simulation was investigated in collaboration with Associate Professor Ohnuki, and We developed into the electromagnetic transient analysis method which could apply nano-sized dispersion material and ensure accuracy of the calculation. It makes assumption of plasma frequency and transient analysis of arbitrary three-dimensional objects possible (Presentation).

Composite Formation of Hydrogen Occlusion Alloys and Photo-Related Phenomena Thereof

Nobuyuki NISHIMIYA

Energy

1. Photo-Stimulated Hydrogen Desorption from Hydrogen Occluding Alloys

Complex hydride LiBH_4 desorbed hydrogen at room temperature as detected by mass spectrometry when irradiated by ultra violet (UV) light (g line) in the presence of both a photocatalyst WO_3 and a cocatalyst CuO , and did not when irradiated in the sole presence of either WO_3 or CuO . Hydrogen desorbing reactions without heating were unexpected and had not yet been reported.

On heating, pristine LiBH_4 desorbed hydrogen at 150°C and 350°C , and these temperatures were lowered to 100°C and 280°C when the hydride was heated after UV irradiation in the presence of both the photocatalyst WO_3 and the cocatalyst CuO , as tabulated in Table 1. This means that UV irradiation can be employed to lower the hydrogen desorption temperature on heating, and that reinvestigation on many hydrogen occluding alloys with high hydrogen contents is necessary even if the hydrogen desorption temperatures are higher than practical ones (near 100°C).

Table 1 Characteristics of hydrogen desorption from LiBH_4

	Heating in vacuo	Heating after UV irradiation	UV irradiation
LiBH_4	Desorb at 150°C , 350°C	Desorb at 150°C , 350°C	None
$\text{CuO}+\text{LiBH}_4(1:10)$	Desorb at 80°C , 220°C	Desorb at 280°C	None
$\text{WO}_3+\text{LiBH}_4(1:10)$	Desorb at 150°C , 350°C	Desorb at 100°C , 280°C	None
$\text{WO}_3+\text{CuO}+\text{LiBH}_4(1:1:5)$	Desorb at 100°C , 280°C	Desorb at 100°C , 280°C	Desorb
$\text{WO}_3+\text{CuO}+\text{LiBH}_4(1:1:10)$	Desorb at 100°C , 280°C	Desorb at 100°C , 280°C	Desorb
$\text{WO}_3+\text{CuO}+\text{LiBH}_4(1:1:16)$	Desorb at 100°C , 280°C	Desorb at 100°C , 280°C	Desorb

On heating after UV irradiation, hydrogen was released at 100°C and 280°C in the presence of WO_3 only with the cocatalyst CuO absent. On the other hand, the temperatures stayed at 150°C and 350°C without UV irradiation in the presence of WO_3 only. It is likely that the photocatalyst WO_3 destabilized hydrogen in the solid phase through irradiation to lower the desorption temperature. The cocatalyst CuO would catalyze the desorbing process, presumably recombination of hydrogen atoms. The desorbing temperatures were actually lowered to 80°C and 220°C when LiBH_4 was heated with CuO .

2. Recovery of Bio-Hydrogen Using Composite Hydrogen Occluding Alloys (Collaboration of Drs. Nishimiya and Asada)

Zirconium-based alloys, which were able to absorb low pressures of hydrogen, were encapsulated by dimethoxydimethyl silane-derived gel to be resistant to steam, oxygen and so on coexisting with fermented hydrogen. Microorganisms such as anabaena and spirulina were comparatively cultivated at 30°C for several days under stressed conditions. About 6 mL of hydrogen was recovered from a 13.1 mL vial in an optimum run, which was 6 times as much as the case without any hydrogen occluding alloys. Since gaseous hydrogen in the absence of alloys was more than that in the presence of alloys, the alloys would occlude gaseous hydrogen to shift the hydrogen producing reaction of the microorganisms to the productive side.

Design of Nanoscale Devices using Electromagnetic Simulation

Shinichiro OHNUKI

Quantum Theory and Computation

Abstract

Fast and reliable electromagnetic simulation is performed for nanoscale objects which are relatively small in comparison with the wavelength of incident light. This work aims at designing novel nanoscale devices, such as nanoscale antennas to produce localized circular polarized light or plasmonic waveguides, and searching for application to information technology through the collaboration with researchers of the *N.* research project.

1. Design of Nanoscale Antennas for All Optical Magnetic Recording

For ultra-high speed recording, all optical magnetic recording with circularly polarized light has attracted attention. In this technology, recording is performed using left-handed and right-handed circularly polarized light. We study characteristics of a nanoscale dipole antenna and an asymmetric cross antenna is proposed to generate left-handed and right-handed localized circular polarization from linearly polarized incident light. Figure 1 shows an asymmetric cross antenna constituted by two dipole antennas with common gap. Antenna lengths are selected to obtain 90° phase shift. Figure 2 shows the polarization characteristic for the incident direction 58° and 122° . Right-handed and left-handed circularly polarizations are generated at the center of antenna gap.

2. Analysis of Surface Plasmon by Complex Frequency Domain Integral Solvers

Recently, dynamics of specific plasmon modes has been intensively studied in terms of femtosecond techniques. We apply a boundary integral equation method together with the numerical inversion of Laplace transform to analyze specific plasmon modes. Our method is error controllable, stable for treating dispersive media, and suitable for parallel computing.

We also investigate surface modeling of nanoscale objects which are described by patches. The number of curvilinear patches is almost a half of that of triangular patches for smooth surface under the same computational accuracy.

3. High-Speed Analysis of Electromagnetic Problems Using Latest Parallel Processors

Fast and large scale computations are challenging problems in computational electromagnetics. We examine the potential of hardware acceleration for electromagnetic simulations using ultra high-speed processors with latest parallel technologies, such as a Cell Broadband Engine (Cell/B.E.) processor and a Graphics Processing Unit (GPU). Electromagnetic simulations using the method of moments (MoM) with an iterative solver can be accelerated by Cell/B.E. Large problems over $10,000 \times 10,000$ matrix can be treated by our proposed technique. The maximum speedup rate compared with a conventional CPU becomes 27 times faster. We also study ADI (Alternating-Direction Implicit) FDTD method which is known as one of the implicit methods. This FDTD method is suitable for investigating nanoscale problems, since the CFL condition can be avoided. Using GPU (Tesla C1060) and the CUBLAS library, the speedup rate becomes 25 times faster.

Self-Assembled Supramolecules and Their Applications to Energy, Medical, and Information Technologies

Joe OTSUKI

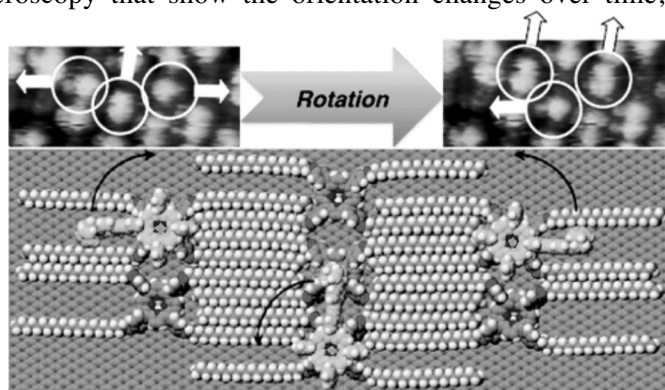
Supramolecular and Self-Assembly; Energy

Self-assembly of appropriately designed molecules will afford a bottom-up method for producing nanostructures. This work aims at developing new molecular self-assembling systems, revealing self-assembled structures and dynamic behaviors at the molecular level, and searching for applications of self-assembly to energy, medical, and information technologies through the collaboration with researchers of the *N.* research project.

1. Structures and dynamic behaviors of molecular self-assemblies at the molecular level

Self-assembly of new double-decker complexes, in which two disk-like moieties, such as porphyrin and phthalocyanine, sandwich a metal ion, have been investigated. We have succeeded in capturing images by means of scanning tunneling microscopy that show the orientation changes over time, which afforded the first solid demonstration of the rotation libration of a double-decker complex (publication 1, Figure).

We have also reported systems in which self-assembly with a porphyrin molecule can be controlled by light irradiation by using newly synthesized molecules that change their shape on irradiation (publication 2).



2. Light-driven hydrogen evolution from water with self-assembled complexes

New iridium complexes have been prepared that have an additional coordination site. Upon mixing of one of these complexes and cobalt ion, the complex coordinates to the cobalt ion to form a supramolecular complex that contains both iridium and cobalt centers. It was expected that an electron transfer process occurs efficiently through the bonding between the iridium center, the photosensitizing site, and the cobalt center, the catalytic site. Some of them showed increased efficiencies in photodriven hydrogen evolution as compared to a case in which an iridium complex and a cobalt complex are not bound together (publication 3). Furthermore, we found that hydrogen evolving systems involving ruthenium complexes that recorded high turnover numbers without a catalyst.

3. Preparation of compounds for the X-ray based photodynamic therapy

Photodynamic therapy (PDT) is one of cancer treatment methods that destroys cancer cells by singlet oxygen produced by excited dyes accumulated in the cancerous region and formed under laser irradiation. The problem in this method is that visible-light laser used in the treatment cannot penetrate into the body more than 1 cm depth. In our attempt to combine X-ray irradiation, which penetrates well into the body, and the PDT, we have prepared porphyrin derivatives, effective in PDT, carrying iodine atoms, which absorb X-ray radiation (patent application 1). We have obtained some positive results in X-ray irradiation experiments at the cultured cell level. This is also scientifically very interesting because the unexplored physics must be involved in the energy transfer processes from the X-ray induced inner electron excitation to valence electron excitation.

Origin of Hund's multiplicity rule in He-like atoms: Existence of conjugate Fermi hole in the lower spin state

Tokuei SAKO

Quantum Theory and Computation

Electron is the smallest magnetic unit in nature and has potential to become the smallest memory device with its spin degrees of freedom controlled properly. In the present study we focused on the so-called first Hund rule accounting for the relation between the total electron spin and the energy-level ordering in atoms, and clarified the origin of this rule operating in the simplest multi-electron atom He and He-like atomic ions.

Hund's rules consist of three rules that predict the ordering of the energy levels possessing different spin and orbital angular momentum quantum numbers. These three rules, particularly the first one concerning the spin multiplicity, proved to be almost universally valid not only for atomic systems, but also molecules and 'artificial atoms'. Concerning the origin of this first rule, a traditional interpretation given by Slater has been often quoted, which says that a higher spin state has a smaller electron repulsion energy. However, actual quantum chemical computations for singly-excited states of the helium atom, performed initially by Davidson and later many others, have showed that the triplet state with the higher spin multiplicity has a larger electron repulsion energy than does the corresponding singlet state possessing the lower spin. This indicates that the reason for a lower energy of the triplet state relative to the corresponding singlet cannot be due to a decrease in the electron repulsion potential, but must be ascribed to a more compact electron density distribution of the triplet state, which then results in a much larger energy decrease due to the nuclear attraction potential.

Nonetheless, there still exists an ambiguity concerning the reason why the triplet state has a more compact electron-density distribution than the corresponding singlet state. It was argued by Boyd that the Fermi hole induces a larger repulsion between electrons with parallel spins, which results in a larger average inter-electron angle of the triplet electrons than for the singlet electrons, thus allowing the triplet electrons to be closer to the nucleus thanks to the 'less screening' of the nuclear charge. On the other hand, very recently it has been shown by Moiseyev *et al.* that angular electron correlation is not important in the singly-excited states of helium in order to yield its energy levels accurately, although the triplet electrons may require to be angularly correlated to some extent in order to have a larger inter-electron angle. In our previous study [Paper 1], the origin of the Hund's multiplicity rule in two-electron artificial atoms was studied and the mechanism for the more compact electron density distribution in the triplet states was clarified by examining the nodal pattern of the wave functions in the internal space. Motivated by this earlier analysis the present study examines the internal wave functions of He in order to provide a deeper understanding into the workings of the first Hund's rule.

The internal part of the full configuration interaction wave functions for low-lying singlet-triplet pairs of states has been extracted and visualized in the three-dimensional internal space (r_1, r_2, ϕ_-) . The electron-electron repulsion potential has been also visualized in the internal space. It manifests itself by three striking poles, penetrating exactly into the spatial region defined by the Fermi hole. Because of the existence of these strong potential poles in the vicinity of the Fermi hole, a major part of the singlet probability has to escape from this region. In contrast, the corresponding triplet wave function is less affected by these poles thanks to the presence of the Fermi hole. The evading singlet probability was shown to migrate far away from the original region close to the origin to the region where either r_1 or r_2 are large. This results in a more diffuse electron density distribution of the singlet state than the corresponding triplet state. The mechanism of the evolution of the singlet probability towards the large r_i ($i = 1, 2$) region in the presence of the electron repulsion potential has been rationalized on the basis of a new concept of the so-called *conjugate Fermi hole* [Paper 2].

Synthesis of Nano-rod Devices with Wide Band Gap Semiconductor Effect

Kaoru SUZUKI

Nanomaterials and Nanodevices

My research aims at fabrication of nano-materials and nano-devices for high functional applications such as nano-tube sensor, nano-rod transistor and wide band gap semiconductor nano-film for water-splitting by using fundamental techniques of nano-process and fabrication of nano-materials. Using the achievement of the investigation, progress of energy conversion system, information technology and biotechnology can be expected.

1. Metal encapsulated carbon nanotube for magnetic force microscope probes

We have synthesized directly ferromagnetic metal (Ni, Fe, and Co) encapsulated carbon nanotubes (CNTs) for probe of magnetic force microscope on a mesh grid for viewing transmission electron microscope (TEM) by pyrolysis of ethanol solution. These metals inside CNTs identified Ni, Fe, and Co with energy dispersive X-ray (EDX) spectrum analysis. The diameter and length of the metal core is in the range of 10 – 80 nm and 100 – 800 nm with varying heating period and temperature, respectively. The walls consist of cylindrical graphene sheets with 3 -50 layer. The diameter of metal core possesses inclinable to enlarge at other temperature between 1013K and 1123K.

2. Synthesize of Photocatalytic $Sr_xLa_{1-x}TiO_3$ Film for Hydrogen Generation with Visible Area in Solar Light Excitation by Pulsed Laser Deposition

La doped TiO_2 have attracted great interest for photocatalytic properties, which can be used visible area in solar light although only TiO_2 limiting with ultra violet area. However, these reports were almost powdered $La_2Ti_2O_7$. To circumvent this problem, we have attempted to synthesized La doped TiO_2 thin film on quartz substrate by pulsed laser deposition using non-sintered target. In addition we have tried to Sr doped as impurity for improvement only hydrogen generation. These films were composed of several molar ratios. We have successfully crystallized perovskite structure films which were La doped TiO_2 thin film of $La_2Ti_2O_7$, Sr doped TiO_2 thin film of $SrTiO_3$ and both impurity doped thin film of $Sr_xLa_{1-x}TiO_3$ ($x=0.1\sim 0.9$). The best of hydrogen generation efficiency was $16\mu l/hcm^2$ by $Sr_{0.7}La_{0.3}TiO_3$ to $SrTiO_3$, and furthermore, the band gap of $Sr_{0.3}La_{0.3}TiO_3$ was 3.2 eV which showed the same tendency. As a result, the molar ratio of $Sr_{0.7}La_{0.3}TiO_3$ thin film confirmed suitable to hydrogen generation.

3. Synthesis of $(SrLaF)FeAs$ superconducting thin films by the photo excited pulsed laser deposition

The synthesis of the high T_c superconducting thin films is very important for the electronic device use. Among Fe-based superconductors, a Co-doped $SrFe_2As_2$ epitaxial film is reported to become a superconductor with T_c of 20 K. However, in order to obtain superconducting films by pulsed laser deposition (PLD), there are some problems such as expensive substrates and high quality target materials. The photo excited PLD (PE-PLD) is considered to have advantages for the synthesis of high quality epitaxial thin films. $(SrLaF)FeAs$ is isostructural to $(LaO)FeP$ and $(Sr_{0.6}La_{0.4}F)FeAs$ becomes superconducting below T_c of 26.3 K. In this study, we have tried to prepare superconducting $(SrLaF)FeAs$ thin films by PE-PLD, and investigated the relation between the wavelength of the photo excitation sources and the crystallization of films. They are deposited on MgO (001) substrates by PLD using a Nd:YAG laser (wavelength: 532 nm, fluence: $1.5 J/cm^2$) with the photo excitation. The photo excitation sources are IR (from 0.5 to 2.5 μm), Xe (from 0.2 to 1.1 μm) and LED (peak: 400 nm, width: ± 20 nm). While X-ray diffraction patterns of $(SrLaF)FeAs$ thin films excited by IR or normal PLD show only impurity phases, those excited by Xe or LED show some oriented peaks of $(SrLaF)FeAs$. This result indicates that the excitation by ultra violet rays increases a reaction ability and has an effective role of the growth of the superconducting epitaxial films.

Mechanism of Superconductivity in Layered Fe-based Superconductors and Search of New Superconducting Compounds

Yoshiki TAKANO

Nanomaterials and Nanodevices

1. Introduction

Since $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ was discovered to be a superconductor with the superconducting transition temperature T_c of 26 K in 2008, many superconductors which have Fe square lattices have been found. They are called Fe-based superconductors and have attracted much attention of many researchers.

We have focused our attention on SrFFeAs which crystal structure is as same as that of LaOFeAs (1111-type structure) and Li_xFeAs which crystal structure is simpler than that of 1111-type structure (111-type structure). When a part of Sr site is substituted by rare earth ions in SrFFeAs , the structural phase transition is suppressed and the superconductivity occurs. $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{FFeAs}$ and $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{FFeAs}$ are reported to be superconductors with T_c of 29K and 59 K, respectively. Then, we have firstly prepared $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FFeAs}$ and investigated their electric and magnetic properties. Moreover, even if a part of the Fe site is directly substituted by Co ions in the FeAs-layer, it is reported that superconductivity occurs at 4 K. If the extra number of *d* electrons is important for the occurrence of superconductivity, Ni ions are considered to be more effective for the superconductivity. Then, we have prepared $\text{SrFFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{As}$ and investigated their electric and magnetic properties. Li_xFeAs itself is a superconductor with T_c of 18 K. On the other hand, a homologous no superconducting compound Na_xFeAs becomes to show a superconductivity when a part of the Fe site is substituted by Co and Ni ions. Then, we have prepared $\text{Li}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{As}$ and investigated their electric and magnetic properties.

2. Experimental Results and Discussions

2.1 Superconductivity in $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FFeAs}$

Almost single phase samples of $\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FFeAs}$ are prepared for $0 \leq x \leq 0.5$ although tiny amounts of SrF_2 and FeAs_2 are observed. Lattice constants *a* and *c* decrease and T_c increases with increasing *x*. The highest T_c is 49 K for $\text{Sr}_{0.5}\text{Nd}_{0.5}\text{FFeAs}$. This value is comparable with that of $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{FFeAs}$. The value of the temperature derivative of the upper critical magnetic field (dH_{c2}/dT) at T_c is -1.5 T/K and the estimated value of H_{c2} at 0 K becomes 75 T, assuming the parabolic approximation.

2.2 Electrical Properties of $\text{SrFFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{As}$

Almost single phase samples of $\text{SrFFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{As}$ are prepared for $0 \leq x \leq 0.2$ although a tiny amount of SrF_2 is observed. Lattice constants *a* and *c* decrease with increasing *x*. The kink temperature observed in the ρ -*T* curve which is due to the structural phase transition decreases with increasing *x*. Although all samples show a metallic conductivity, they are not superconducting above 3K.

2.3 Electrical and Magnetic Properties of $\text{Li}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{As}$

The Li content *x* is not precisely determined. Almost single phase samples of $\text{Li}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{As}$ are prepared for $0 \leq y \leq 0.05$ although a tiny amount of Co_5As_2 is observed. Lattice constants *a* and *c* and T_c decrease with increasing *x*. The values of T_c , dH_{c2}/dT at T_c , the lower critical magnetic field and the superconducting volume fraction of Li_xFeAs and $\text{Li}_x\text{Fe}_{0.98}\text{Co}_{0.02}\text{As}$ are 18K, -0.43 K/T, 0.05T and 54 %, and 11K, -0.43 K/T, 0.02T and 46 %, respectively. Although $\text{Li}_x\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{As}$ shows a drastic decrease in the electrical resistivity at 11 K, it does not show a zero resistive state.

3. Conclusion

We have explored the new high T_c layered Fe-based superconductors and related compounds, and investigated the electrical and magnetic properties of them. However, the fabrication of superconducting thin films is necessary for the electronics use. We have collaborated in the research on $(\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{F})\text{FeAs}$ thin films with professor K. Suzuki. A part of this collaboration was presented at the international conference of thin films in this year.

Ultra Fast Information Recording and Ultra Fast Photo Magnetic Switching

Arata TSUKAMOTO, Akiyoshi ITOH

Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly

1. Research aim

The ever increasing the capacity of storing information motivates the search for faster approaches to process and magnetically record information. Most computers store data on magnetic hard disk drives, in which the direction – “up” or “down” – of the magnetic moments in a small region of the disk corresponds to a binary bit. However, it was faced to unavoidable fundamental problem for faster operation in conventional way. We have experimentally demonstrated controlled magnetization reversal induced by a single 40 femtosecond (40×10^{-15} s) circularly polarized laser pulse in the magnetic GdFeCo thin film, a material relevant for data storage. No external magnetic field is required for this photo-magnetic switching, and the stable final state of the magnetization is unambiguously determined by the helicity of the laser pulse. This finding, previously believed to be fundamentally impossible, reveals an ultrafast and efficient pathway for writing magnetic bits at 100000 times faster speeds compared with the conventional Hard Disk Drive. Based on these new discoveries, we are striving to establish the fundamental techniques of researching and developing ultrafast spin manipulation.

2. Research plan /Advances and achievements in 2010

We focused onto following concrete plans.

- 1) Preparation to measure the magnetic and optical response of material within sub-picosecond time resolution by femto-second laser pulse
- 2) Excitation of laser induced magnetization reversal phenomena in TbFeCo thin film

<Advances and achievements>

- 1) All-optical time resolved measurement system was constructed with femto-second pulse laser. Magnetic and optical response from material was monitored by the magneto optical effect and the change of reflectivity caused by heating of electrons, respectively. Ultrafast demagnetization phenomena were observed which must caused by heating of electron system. Here, time resolved study of magnetization response excited by 800 nm light and probed by 420 nm light shows both Gd and FeCo sublattice magnetizations are considerably reduced on the subpicosecond time scale. Fig. 1 shows the demonstration of thermo-magnetic recording by ultra-short single laser pulse (FWHM: 90 fs). The magnetization that laser irradiated area reversed by stray field created by surrounding magnetization.
- 2) We demonstrate that via careful tuning of the conditions in circularly polarized laser irradiation, it is possible that non-thermal effect overcome the usually dominating heat-driven effects of light on the magnetization in the metallic ferrimagnet GdFeCo. Fig. 2 shows the demonstrated result of photo magnetic switching of magnetization by circularly polarized light. Furthermore, Perpendicular magnetized TbFeCo thin film consisted from rare earth and transition metal alloy was prepared. We clarified that the magnetization direction of TbFeCo can be switched by irradiation of circularly polarized ultra short pulsed laser without magnetic field.

Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media in the Middle Layer

Tsuneki YAMASAKI

Quantum Theory and Computation

In the working scheme at current year 2010, we analyzed the guiding problem of dielectric waveguide with arbitrary inhomogeneous media in the middle layer, and investigated the complex propagation constants by using the combination of improved Fourier series expansion method and multilayer method.

Numerical results are given by complex propagation constants in the stop band region for the case of various triangular pillar for both TE_0 and TM_0 modes as follows:

- (1) The Stop-band area moves to the low frequency number side in the permittivity because an equivalent permittivity grows when changing. It begins to be different of the permittivity distribution by the frequency in the upper part of the Stop-band area.
- (2) In TE_0 mode, the influence of the characteristic doesn't appear when the circular cylinder is equal to an equivalent permittivity of the triangular pillar.
- (3) In TM_0 mode, the difference of shape influences the characteristic, and the Stop-band area broadens.

References

- (1) R. Ozaki, T. Yamasaki, and T. Hinata: "Propagation Characteristics of Dielectric Waveguide with arbitrary inhomogeneous media in the middle layer", IEEJ Technical Report EMT-10-163(2010).

業績／Publications and Achievements since 2010

ASADA, Yasuo**Papers**

1. **Yasuo Asada**, **Katsuhiko Ishimi**, Yoko Nagata, Tatsuki Wakayama, Jun Miyake and Hideki Kohno, “Hydrogen production by co-cultures of *Rhospus oryzae* and a photosynthetic bacterium, *Rhodobacter sphaeroides* RV”, Journal of Research Institute of Science and Technology, College of Science and Technology, Nihon University, No.122, November, 2010

Funding (調査委員会メンバー)

1. 藻類 CO2 固定化&資源化 P J 先駆事業 (農林水産省)

ASAI, Tomohiko**Papers**

1. **T. Asai**, H. Itagaki, H. Numasawa, Y. Terashima, Y. Hirano, and A. Hirose, “A compact and continuously driven supersonic plasma and neutral source”, Review of Scientific Instruments **2010**, *81* (10E119) 1-3.
2. H. Tomuro, **T. Asai**, K. Iguchi, Ts. Takahashi, and Y. Hirano, “Development of a compact tomography camera system using a multianode photomultiplier tube for compact torus experiments”, Review of Scientific Instruments **2010**, *81* (10E525) 1-3.
3. **T. Asai**, Ts. Takahashi, H. Matsunaga, H. Itagaki, Y. Matsuzawa, Y. Hirano, To. Takahashi, M. Inomoto, L.C. Steinhauer and A. Hirose, “Active Stability Control of a High-Beta Self-Organized Compact Torus”, Proceedings of 23rd Fusion Energy Conference **2010**, ICC/P5-01, 1-8.
4. M. Inomoto, H. Imanaka, Y. Hayashi, S. Ito, Y. Ito, H. Nonaka, H. Tanabe, T. Ii, K. Suzuki, A. Kuwahata, T. Sakamoto, A. Matsuda, A. Azuma, Y. Nemoto, A. Ohsaki, **T. Asai**, E. Kawamori, T. Yamada, Y. Ono, “Kinetic Behaviors of Energetic Ions in Oblate Field-Reversed Configuration”, Proceedings of 23rd Fusion Energy Conference **2010**, ICC/P7-01, 1-7.
5. C. Xiao, S. Elgriw, D. Liu, D. Trembach, **T. Asai**, A. Hirose, “Control of MHD Instabilities in the STOR-M Tokamak using Resonant Helical Coils”, Proceedings of 23rd Fusion Energy Conference **2010**, EXS/P5-15, 1-8.
6. T. Takahashi, H. Shionoya, H. Itagaki and **T. Asai**, “Plasma Shielding with a Rotating Magnetic Field for a Space Elevator, J. Plasma Fusion Res. SERIES **2010**, *9*, 452-456.

Patents

1. 発明者：**浅井朋彦**，岸香織，板垣宏知，沼澤廣斗，寺嶋悠紀，名称：プラズマ光源とその紫外光発生方法，出願人：日本大学，出願番号：PCT/JP2010/053213 (PCT 国際出願)，出願日：2010 年 3 月 1 日。

Funding

1. **浅井朋彦**，“二流体電磁流体力学理論に基づく高ベータプラズマの平衡および巨視的安定性の検証”，2009-2011 年度科学研究費補助金若手研究 (B)，2,800,000 円。

CHAEN, Shigeru**Papers**

1. H. Shishido, K. Nakazato, E. Katayama, **S. Chaen**, S. Maruta, “Kinesin-calmodulin fusion protein as a molecular shuttle”, *J. Biochem.* **2010**, *147*(2), 213-223.

2. H. Okubo, M. Iwai, S. Iwai, **S. Chaen**, "Thermal activation energy for bidirectional movement of actin along bipolar tracks of myosin filaments", *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **2010**, 396, 539-542.

FUJIKAWA, Kazuo

Papers

1. **K. Fujikawa** and K. Umetsu, "Uncertainty relation and probability: Numerical illustration", to be published in February Issue of *Prog. of Theor. Phys.*, arXiv:1012.1752[quant-ph]
2. **K. Fujikawa**, "Comment on the uncertainty relation with periodic boundary conditons", *Prog. of Theor. Phys.*124 (2010)747-759.
3. **藤川和男**、"破れた対称性と物理世界"、*「数理科学」* 2010 年 12 月号 5 ページ (サイエンス社)。
4. **藤川和男**、"量子異常とは何か；ネーターの定理の量子的破れ"、別冊・数理科学「多彩な量子の世界」 37 ページ (サイエンス社、2010 年 1 月)。
5. **藤川和男**、"スピンと統計の定理"、別冊・数理科学「多彩な量子の世界」55 ページ (サイエンス社、2010 年 1 月)。

FUJIWARA, Kyoko; NAGASE Hiroki

Papers

1. Chen M, Matsuda H, Wang L, Watanabe T, Kimura T M, Igarashi J, Wang X, Sakimoto T, **Fukuda N**, Sawa M, **Nagase H** Pre-transcriptional Regulation of TGF- β 1 by PI Polyamide Prevents Scarring and Accelerates Wound Healing of the Cornea after Exposure to Alkali. *Molecular Therapy*, 18 (3): 519–527 2010. (IF 5.970) (**1 times cited**)
2. Wang X, **Nagase H**, Watanabe T, Nobusue H, Suzuki T, Kimura M, Mishra R, Shinojima Y, Kawashima H, Takagi K, Igarashi J, Takayama T, **Fukuda N**, Sugiyama H. Inhibition of MMP-9 transcription and suppression of tumor metastasis by pyrrole-imidazole polyamide. *Cancer Science*.101(3):759-766 2010. (IF 3.471)
3. **Fujiwara K**, Wie B, Elliott R, **Nagase H**. New outbred colony derived from *Mus musculus castaneus* to identify skin tumor susceptibility loci. *Molecular Carcinogenesis* 49(7):653-61. 2010. (IF 3.571)
4. Shinojima Y, Terui T, Hara H, Kimura MT, Igarashi J, Wang X, Kawashima H, Kobayashi Y, Muroi S, Hayakawa S, Esumi M, **Fujiwara K**, Ghosh S, Yamamoto T, Held W, **Nagase H**. Identification and analysis of an early diagnostic marker for malignant melanoma: ZAR1 intra-genic differential methylation. *Journal of Dermatological Science* Aug;59(2):98-106 2010. (IF 2.973)
5. Ogawa T, Ogawa K, Shiga K, Furukawa T, **Nagase H**, Hashimoto S, Kobayashi T, Horii A. Upregulation of IGF2 is associated with an acquired resistance for cis-diamminedichloroplatinum in human head and neck squamous cell carcinoma. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* Oct;267(10):1599-606 2010. (IF=1.167)
6. Matsuda H, Fukuda N, Ueno T, Katakawa M, Wang X, Watanabe T, Matsui S, Aoyama T, Saito K, Bando T, Matsumoto Y, **Nagase H**, Matsumoto K, Sugiyama H. Transcriptional regulation of progressive renal disease by the gene silencing pyrrole-imidazole polyamide targeted to the TGF-b1 promoter. *Kidney International* 22 September e-pub 2010 (IF 6.193)
7. Wang X, Bakin A, Sugiyama H, Takayama T, Amano S, Yamamoto T, Nemoto N, Nakai Y, Fukuda N, and **Nagase H** A novel pre-transcriptional gene-silencing approach to human MMP9

through inhibition of NFκB binding: Inhibition of the migration, invasion and metastasis. Molecular Cancer Research in press 2010.(IF4.162)

8. Watanabe T, Yachi K, Ohta T, Fukushima T, Yoshino A, Katayama Y, **Nagase H**. Aberrant hypermethylation of non-promoter zygote arrest 1 (ZAR1) in human brain tumors. Neuro-Oncology, 12: 24-24 Suppl. 3 SEP 2010 (IF4.984)

Invited lectures

- 「DNA 結合化合物を用いた新規治療法開発の試み」 永瀬浩喜 第 73 回 膠原病・リウマチ症例検討会 平成 22 年 3 月 11 日 東京
- 「核酸標的治療薬の開発研究 小児疾患の治療への応用の可能性」 永瀬浩喜 第 111 回 日本小児血液腫瘍懇話会 平成 22 年 3 月 19 日 東京
- 「神経芽細胞腫における核酸標的治療薬の開発」 永瀬浩喜 第 1 回 小児がん学術セミナー 平成 22 年 3 月 27 日 東京
- 「骨軟部腫瘍、整形外科領域疾患に対する新規治療法開発の試み」永瀬浩喜 第 43 回 日本整形外科学会 骨・軟部腫瘍学術集会 ランチョンセミナー 平成 22 年 7 月 16 日 東京
- 「配列特異的 DNA 結合物質をもちいた転写因子結合阻害とヒストン修飾の制御による遺伝子制御」永瀬浩喜 日本遺伝学会第 8 2 回札幌大会ワークショップ「脳における遺伝子-環境相互作用の分子メカニズム」平成 22 年 9 月 20 日 札幌
- 「DNA 結合化合物による EMT 制御」第 69 回日本癌学会 シンポジウム「EMT」平成 22 年 9 月 23 日 大阪
- 「ゲノム領域特異的なエピジェネティクス制御の可能性:PI ポリアミド SAHA 複合化合物」第 48 回日本癌治療学会学術集会 JSCO-JCA Joint Symposium 2 「エピジェネティクスからがんの治療を考える」平成 22 年 10 月 29 日 京都
- “Evaluation of PI polyamide and its conjugates for molecular target therapy in *in vivo* models“ Molecular Recognition of DNA: Biological applications 7 - Biological Chemistry PACIFICHEM 2010 平成 22 年 12 月 19 日 Hawaii

Patents

1. 「ポルフィリン誘導体および放射線力学療法におけるその使用」 NUBIC 案件番号: 11483 特願 2010-029205 出願日:平成 22 年 2 月 12 日 出願人:日本大学 発明者: 永瀬浩喜、高橋元一郎、石橋直也、高橋 悟、増子亜耶、大月 穰、諏訪和也、小林大哉
2. 「血中 HDL 増加剤または抗動脈硬化剤」出願番号:2010-146985 出願日:2010/6/28 出願人:日本大学 発明者:上野高浩、福田 昇、常見明子、永瀬浩喜、渡部隆義

FUKUDA, Noboru

Papers

1. Yano T, Tanaka M, **Fukuda N**, Ueda T, **Nagase H**. Loss of mutant mitochondrial DNA harboring the MELAS A3243G mutation in human cybrid cells after cell-cell fusion with normal tissue-derived fibroblast cells. International Journal of Molecular Medicine 25:153-158, 2010, 1.
2. Yamamoto C, **Fukuda N**, Matsumoto T, Higuchi T, Ueno T, Matsumoto K. A zinc-finger transcriptional factor Sall1 induces angiogenesis via activation of the vascular endothelial growth factor-A gene. Hypertension Research 33(2):143-148, 2010, 2.
3. Matsumoto T, Watanabe H, Ueno T, Tsunemi A, Hatano B, Kusumi Y, Mitsumata M, **Fukuda N**, Matsumoto K, Saito S, Mugishima H. Appropriate doses of granulocyte-colony stimulating factor reduced atherosclerotic plaque formation and increased plaque stability in cholesterol-fed rabbits. Journal of Atherosclerosis and Thrombosis 17(1): 84-96, 2010, 2.

4. Aoyama T, Omori T, Watabe S, Shioya A, Ueno T, **Fukuda N**, **Matsumoto Y**. Pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling and simulation of rosuvastatin using extension of indirect response model by incorporating a circadian rhythm. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 33(6):1082-1087, 2010, 2.
5. Chen M, Matsuda H, Wang L, Watanabe T, Kimura T M, Igarashi J, Wang X, Sakimoto T, **Fukuda N**, Sawa M, **Nagase H**. Pre-transcriptional regulation of TGF- β 1 by PI polyamide prevents scarring and accelerates wound healing of the cornea after exposure to alkali. *Molecular Therapy* 18(3):519-527, 2010, 3.
6. Wang X, **Nagase H**, Watanabe T, Nobusue H, Suzuki T, Kimura M, Mishra R, Shinojima Y, Kawashima H, Takagi K, Igarashi J, Takayama T, **Fukuda N**, Sugiyama H. Inhibition of MMP-9 transcription and suppression of tumor metastasis by pyrrole-imidazole polyamide. *Cancer Science* 101(3):759-766, 2010. 3.
7. Hagikura K, **Fukuda N**, Yokoyama S, Li Y, Kusumi Y, Matsumoto T, Ikeda Y, Kunimoto S, Takayama T, Jumabay M, Mitsumata M, Saito S, Hirayama A, Mugishima H. Low invasive angiogenic therapy for myocardial Infarction by retrograde transplantation of mononuclear cells expressing the VEGF gene. *International Journal of Cardiology*, 142(1):56-64, 2010, 6.
8. Kobayashi N, Fukushima H, Takeshima H, Koguchi W, Mamada Y, Hirata H, Machida Y, Suzuki N, Yokotsuka F, Tabei K, Kobayashi E, **Fukuda N**, Ishimitsu T. Effect of eplerenone on endothelial progenitor cells and oxidative stress in ischemic hindlimb. *American Journal of Hypertension*. 23(9):1007-1013, 2010, 9.
9. **Fukuda N**. Cigarette smoking induces vascular proliferative disease through the activation of Egr-1. *Cardiovascular Research*. 88, 207-208, 2010, 9.
10. Saito K, **Fukuda N**, Matsumoto T, Iribe Y, Tsunemi A, Kazama T, Yoshida-Noro C, Hayashi N. Moderate low temperature preserves the stemness of neural stem cells and suppresses apoptosis of the cells via activation of the cold-inducible RNA binding protein. *Brain Research*. 1358:20-29, 2010. 10.
11. Yoshida Y, **Fukuda N**, Maeshima A, Yamamoto C, Matsumoto T, Ueno T, Nojima Y, Matsumoto K, Soma M. Treatment with valsartan stimulates endothelial progenitor cells and renal label-retaining cells in hypertensive rats. *Journal of Hypertension*. 29:91-101, 2011.01.
12. Matsuda Y, **Fukuda N**, Ueno T, Katakawa M, Wang X, Watanabe T, Matsui S, Aoyama T, Saito K, Bando T, **Matsumoto Y**, **Nagase H**, Matsumoto K, Sugiyama H. Transcriptional regulation of progressive renal disease by the gene silencing pyrrole-imidazole polyamide targeted to the TGF- β 1 promoter. *Kidney International*. 79:46-56, 2011, 01.
13. Yamamoto C, **Fukuda N**, Jumabay M, Saito K, Matsumoto T, Ueno T, Soma M, Matsumoto K, Shimosawa T. Protective effects of statin on cardiac fibrosis and apoptosis in adrenomedullin knockout mice with the angiotensin II and high salt loading. *Hypertension Research* 2011. 01 [Epub ahead of print]

Books

1. **Fukuda N**. Stem cells, oxidative stress and new treatment strategies for cardiovascular diseases. Eds. Bashir Matata. pp 1-18, NOVA SCIENCE, 2010, 2.
2. Matsumoto K, **Fukuda N**, Abe M, Fujita T. Dendritic cells and macrophages in kidney disease. *Clinical Experimental Nephrology*. 14(1):1-11, 2010, 2.
3. **福田昇** : エビデンスに基づく降圧薬の併用 -合剤の有用な使い分け方-. *Pharma Medica* 28(11), 55-60, 2010.11.
4. **福田昇** : ゲノム化学に基づく転写制御 DNA 認識化合物 PI ポリアミドの創薬開発. *医工学治療*. 22(3), 179-183, 2010.12.

Invited lectures

1. **福田昇**, ゲノム化学に基づく腎障害の遺伝子治療開発. 第 26 回 日本医工学治療学会. 東京, 2010. 4. 基調講演.
2. **Fukuda N**, Matsuda H, Ueno T, **Matsumoto Y**, **Nagase H**, Sugiyama H. Pharmacological properties of pyrrole-imidazole (PI) polyamides targeting TGF- β 1 for progressive renal diseases. *Molecular Recognition of Nucleic Acids: Biological Applications*. Pacificchem 2010. 12. Symposium.

Funding

1. **福田昇**, “創薬および臨床試験の効率化に資するメタボリックシンドロームと心血管病のモデルラットの開発研究に関する研究”, 2010–2011 年度厚生科学研究費補助金, 2,000,000 円.
2. **福田昇**, 飯島洋, 北中進, 家森幸男. 薬剤および食品による自己再生細胞を活性化する抗老化の総合研究. 日本大学総合研究助成金. 7,400,000 円.

HASHIBA, Hideomi

Papers

1. **H. Hashiba**, V. Antonov, L. Kulik, A. Tzalenchuk and S. Komiyama: "Sensing individual terahertz photons": *Nanotechnology*, 21, 165203. (2010)
2. **S. Matsushita**, O. Suavet, **H. Hashiba**: "Full-photon-bandgap structures for prospective dye-sensitized solar cells": *Electrochimica Acta*, 55, 2398-2403, (2010).

HASHIMOTO, Takuya

Papers

1. T. Sugimoto, **T. Hashimoto**, “Analysis of Order of Structural Phase Transition of $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{ZrO}_3$ by Temperature Regulated X-ray Diffraction and Thermal Analyses”, *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*., in press.
2. T. Sugimoto, S. Hasegawa, **T. Hashimoto**, “Phase Transition Behavior of Proton Conducting Oxides, $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{ZrO}_3$ ”, *ECS Transactions* **2010**, 28(11), 251-258.
3. S. Hasegawa, T. Sugimoto, **T. Hashimoto** “Investigation of Structural Phase Transition Behavior of SrZrO_3 by Thermal Analyses and High-temperature X-ray Diffraction”, *Solid State Ionics* **2010**, 181, 1091-1097.
4. T. Ohzeki, **T. Hashimoto**, K. Shozugawa, M. Matsuo “Preparation of $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ Single Phase and Characterization of Their Phase Transition Behaviors”, *Solid State Ionics* **2010**, 181, 1771–1782.

Invited lectures

1. 丹羽栄貴, “Ni の価数およびカチオン拡散を考慮した $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ の単相合成手法の開発”, 第 6 回固体イオニクスセミナー, 2010 年 9 月 20-22 日, 八王子セミナーハウス, 東京.
2. **橋本拓也**, “Investigation of Preparation Process and Phase Transitions of Materials for SOFC with Thermal Analysis and *in-situ* X-ray diffraction”, SOFC 合作成果及信息交流会, 2010 年 8 月 25 日, 上海珪酸塩研究所, 上海, 中国.

IKAKE, Hiroki

Papers

1. A. Saito, T. Konno, **H. Ikake**, K. Kurita, K. Ishihara, “Glycoprotein recognition for cell capturing on artificial lectin surface”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **35**(1), (2010), 127-130.
2. **H. Ikake**, C. Tamashige, S. Shimizu, Y. Muroga, K. Kurita, “Microstructure of poly(carbonate diol)/titania hybrid materials prepared with different chemical structure of poly(carbonate diol)s”, *Kobunshi Ronbunshu*, **67**(7), (2010), 381-389.
3. A. Saito, T. Konno, **H. Ikake**, K. Kurita, K. Ishihara, “Control of cell function on a phospholipid polymer having phenylboronic acid moiety”, *Biomed. Mater.*, **5**(5), 2010, 054101.
4. S. Shimizu, Y. Muroga, S. Iida, M. Miyahara, M. Ishibashi, **H. Ikake**, K. Kurita, “SAXS studies on added-salt species dependence of conformation of fully-charged poly(-glutamate) in aqueous solutions”, *J. Phys., Conf. Ser.*, **247**, (2010), 012045.

INOUE, Shuichiro

Papers

1. N. Namekata and **S. Inoue**, “Ultra-low-noise high-speed single-photon detection using a sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiode,” to be published in *Proc. SPIE*.
2. N. Namekata, Y. Takahashi, G. Fujii, D. Fukuda, S. Kurimura, and **S. Inoue**, “Non-Gaussian Operation Based on Photon-Subtraction Using a Photon-Number-Resolving Detector at a Telecommunications Wavelength,” *Nat. Photon.* **2010**, 4, 655-660.
3. N. Namekata, S. Adachi, and **S. Inoue**, “High-Speed Single-Photon Detection Using 2-GHz Sinusoidally Gated InGaAs/InP Avalanche Photodiode,” *Quantum Communication and Quantum Networking* (Springer), **2010**, 34-38.
4. N. Namekata, S. Adachi, and **S. Inoue**, “Ultra-Low-Noise, Gated Avalanche Photodiode for High-Speed Single-photon Detection at Telecommunication Wavelengths,” *IEEE Photo. Tech. Lett.* **2010**, 22(8), 529-531.
5. N. Namekata, T. Kono, S. Kurimura, and **S. Inoue**, “Narrowband Polarization-Entangled Photon Pairs in Telecommunication Band Using a Type-II Periodically Poled Lithium Niobate Waveguide,” *Quantum Communication and Quantum Networking* (Springer), **2010**, 261-265.
6. G. Fujii, D. Fukuda, T. Numata, A. Yoshizawa, H. Tsuchida, **S. Inoue**, and T. Zama, “Fiber Coupled Single Photon Detector with Niobium Superconducting Nanowire”, Proceedings of Quantum Com 09, LNICST in Springer, 36, 220-224.
7. K. Tsujino, D. Fukuda, G. Fujii, **S. Inoue**, M. Fujiwara, M. Takeoka, and M. Sasaki, “Sub-shot-noise-limit discrimination of on-off keyed coherent signals via a quantum receiver with a superconducting transition edge sensor”, *Opt. Express* **18**, 8107-8113.

Invited lectures

1. N. Namekata and **S. Inoue**, “Ultra-low-noise high-speed single-photon detection using a sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiode,” SPIE Photonics West, January 23-27 **2011**, San Francisco.

Funding

1. 「超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究」
総務省戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）平成 22 年～平成 24 年度
（総研究費 60,000,000 円）

ISHIDA, Hiroshi

Papers

1. **H. Ishida** and A. Liebsch, “Fermi-liquid, non-Fermi-liquid, and Mott phases in iron pnictides and cuprates”, *Phys. Rev. B* **2010**, *81*, 054513 (10 pages).
2. **H. Ishida** and A. Liebsch, “Cluster dynamical mean-field study of strongly correlated heterostructures: Correlation-induced reduction of proximity effect”, *Phys. Rev. B* **2010**, *82*, 045107 (13 pages).
3. A. Liebsch and **H. Ishida**, “Correlation-induced spin freezing transition in FeSe: A dynamical mean field theory”, *Phys. Rev. B* **2010**, *82*, 155106 (5 pages).

Funding

1. **石田 浩**, “金属／絶縁体界面の電子構造の第一原理計算”, 2008–2010 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 3,200,000 円.

ITOH, Akiyoshi

Papers

1. K. Mizusawa, **A. Tsukamoto**, and **A. Itoh**, “FePt grains for magnetic storage on layer of self-assembled silica Nanoparticles”, *J. Mater. Res.*, **2011**, *26* (2), 1-4., in press.
2. **A. Tsukamoto**, T. Sato, S. Toriumi, and **A. Itoh**, “Precessional switching by ultrashort pulse laser: Beyond room temperature ferromagnetic resonance limit”, *J. Appl. Phys.* **2011**, *109*., in press.
3. **K. Nakagawa**, Y. Ashizawa, **S. Ohnuki**, **A. Itoh**, and **A. Tsukamoto**, “Confined Circularly Polarized Light Generated by Nano-size Aperture for High Density All-Optical Magnetic Recording”, *J. Appl. Phys.* **2011**, *109*. in press.
4. **A. Tsukamoto**, and **A. Itoh**, “Ultrafast manipulation and measurements of magnetization by ultra short pulsed laser”, *J. Res. Inst. Sci. Tech., Nihon Univ.* **2010**, *122*, 25-33.

Patents

1. 発明者：中川活二，芦澤好人，大貫進一郎，伊藤彰義，塚本新，CD 案件番号：11509，発明の名称：情報記録ヘッド，情報記録装置，情報記録方法及び光デバイス，出願番号：特願 2010-161996，出願日：平成 22 年 7 月 16 日。

Invited lectures

1. **A. Itoh**, and **A. Tsukamoto**, “RE-TM amorphous films for MO recording media and their future aspects”, International workshop on Laser-induced magnetization dynamics in nanostructure, Oct. 6, Stoos, Switzerland.
2. A. M. Kalashnikova, K. Vahaplar, A. V. Kimel, S. Kaneko, U. Nowak, D. Hinzke, R. W. Chantrell, **A. Tsukamoto**, **A. Itoh**, A. Kirilyuk, and Th. Rasing, “Ultrafast all-optical magnetization reversal in RE-TM alloys”, International workshop on Laser-induced magnetization dynamics in nanostructure, Oct. 7, 2010, Stoos, Switzerland.
3. **A. Tsukamoto**, T. Sato, S. Toriumi, and **A. Itoh**, “Laser-induced demagnetization of RE-TM GdFeCo”, ISAMMA 2010 (International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications 2010), July 13, Sendai, Japan.

Funding

1. **伊藤彰義** (研究代表)，**塚本新** (連携研究者)，“自己組織型ナノ凹凸基板上の超高密度熱アシスト記録用複合媒体”，2009–2011 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般)，直

接経費期間全体 3,600,000 円 (H22 年度 1,300,000 円)。

2. 中川活二 (研究代表), 伊藤彰義, 塚本新 (連携研究者), “近接場アンテナとパルス磁界によるハイブリッド記録の基礎特性”, 2008–2010 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 直接経費期間全体 3,600,000 円 (H22 年度 700,000 円)。
3. 塚本新, “フェムト秒パルス・レーザによる超高速スピン制御・計測”, 2007–2010 年度委託研究 ((独) 科学技術振興機構, 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」), 直接経費期間全体 44,820,000 円. (H22 年度 2,000,000 円)。
4. 伊藤彰義, 塚本新, “熱アシスト磁気記録用複合磁性膜の検討”, SRC 情報ストレージ研究推進機構, 1,400,000 円。
5. 伊藤彰義, 中川活二, “電荷分布可視化装置のシステム化と有機半導体電荷解析に関する研究(2)”, トレック・ジャパン株式会社, 1,600,000 円。
6. 伊藤彰義, 中川活二, “有機半導体のキャリア移動機構解明にむけた表面電位分布計測”, 富士電機システムズ株式会社, 500,000 円。

IWATA, Nobuyuki

Papers

1. Hiroshi Yamamoto and Nobuyuki Iwata, “C₆₀ Photo-Polymerization using Free Electron Laser”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn 35 (2010) 461-466.
2. Keijiro Sakai, Daisuke Ishiduka, Takuya Sonomura, Hiroki Takeshita, Kunihide Kaneki, Hirofumi Yajima, Nobuyuki Iwata, Hiroshi Yamamoto, “Free Electron Laser Irradiation Effect on Single-Walled Carbon Nanotube Growth”, Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. 35 (2010) 343-346.
3. Daisuke Ishizuka, Keijiro Sakai, Nobuyuki Iwata, Hirofumi, Yajima, Hiroshi Yamamoto, “Effect of Chirality by the Free Electron Laser Irradiation”, The Institute of Electrical Engineers of Japan (IEEJ) Trans, FM, 130 (2010) 209-212.

Funding

1. 研究代表者: 岩田展幸, 共同研究者: 高瀬浩一、山本寛、高野良紀, 日本大学理工学部プロジェクト研究, “マルチフェロイック人工超格子による新物性領域の開拓”, H22~23年度 総額 1500万円
2. 研究代表者: 岩田展幸, 科研費 若手研究(B), “強磁性金属膜/Cr₂O₃ 積層膜による室温での巨大電気磁気効果の発生”, H21~H23 年度, 総額 280 万円

KOSHINAGA, Tugumichi

Papers

1. K. Sugito, T. Kusafuka, H. Kawashima, S. Uekusa, T. Furuya, K. Ohashi, M. Inoue, T. Ikeda, T. Koshinaga, T. Maebayashi, “Usefulness of power Doppler ultrasonography and superparamagnetic iron oxide enhanced magnetic resonance imaging for diagnosis of focal nodular hyperplasia of the liver after treatment of neuroblastoma”, *Pediatr Hematol Oncol.* 2010, 27(3), 250-6.
2. K. Sugito, T. Kusafuka, M. Hoshino, M. Inoue, T. Ikeda, N. Hagiwara, T. Koshinaga, H. Shichino, M. Chin, H. Mugishima, “Application of radiofrequency ablation for giant solid pseudopapillary tumor of the pancreas”, *Pediatr In.* 2010, 52(1), e29-31.
3. 川島弘之, 杉藤公信, 吉澤信輔, 植草省太, 古屋武史, 大橋研介, 池田太郎, 越永従道, 草深竹志, 永瀬浩喜, “von Hippel-Lindau(VHL)遺伝子の生殖細胞変異を伴った傍神経節腫の 1 例”, *日本小児外科学会雑誌.* 2010, 46(4), 777-782.

4. 杉藤公信, 大橋研介, 吉澤信輔, 植草省太, 川島弘之, 古屋武史, 井上幹也, 池田太郎, 越永従道, 草深竹志, 谷ヶ崎博, 七野浩之, 陳基明, 麦島秀雄, “臍芽腫・臍腺房細胞癌の混合型腫瘍の 1 例”, *小児がん*, 2010, 47(1), 137-141.
5. 杉藤公信, 星玲奈, 花田学, 吉澤信輔, 植草省太, 川島弘之, 古屋武史, 大橋研介, 井上幹也, 池田太郎, 越永従道, 草深竹志, 梁尚弘, 谷ヶ崎博, 七野浩之, 陳基明, 麦島秀雄, “完全寛解後に緩徐な血清 AFP 値の上昇に伴って再発肺転移を認めた肝芽腫の 1 例”, *小児がん*. 2010, 47(1), 132-136.

Books

1. 越永従道, “【小児の治療指針】 血液・腫瘍 腎腫瘍”, *小児科診療*. 73 増刊, 479-480.

Funding

1. 研究代表: 越永従道, 研究分担者: 杉藤公信, 大橋研介, 古屋武史, 藤原恭子, “ベックウィズウィードマン症候群および腎芽腫の刷り込み現象: その化学調節研究”, 2010–2012 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 2,340,000 円 (平成 22 年度).
2. 研究代表: 越永従道, 研究分担者: 麦島秀雄, 松本宣明, 齊藤勉, 杉藤公信, 青山隆彦, “MYCN 遺伝子を標的とした神経芽細胞腫の新規治療法の開発”, 2009–2010 年度学術研究助成金, 11,240,000 円 (平成 21 年度 6,810,000 円, 平成 22 年度 4,430,000 円).

KUWAMOTO, Takeshi

Papers

1. **T. Kuwamoto**, H. Usuda, S. Tojo, and H. Hirano “Dynamics of Quadruply Quantized Vortices in ^{87}Rb Bose-Einstein Condensates Confined in Magnetic and Optical Trap”, *J. Phys. Soc. Jpn*, **2010**, 79, 034004.

Funding

1. 桑本剛, “内部自由度のあるボース・アインシュタイン凝縮体注への光保存”, 2009–2010 年度日本大学理工学部特別推進研究 C, 1,800,000 円.

MATSUMOTO, Yoshiaki

Papers

1. H. Matsuda, **N. Fukuda**, T. Ueno, M. Katakawa, X. Wang, T. Watanabe, SI. Matsui, **T. Aoyama**, K. Saito, T. Bando, **Y. Matsumoto**, **H. Nagase**, K. Matsumoto, H. Sugiyama, "Transcriptional inhibition of progressive renal disease by gene silencing pyrrole-imidazole polyamide targeting of the transforming growth factor- β 1 promoter", *Kidney Int.* 2010 Sep 22. [Epub ahead of print]
2. **T. Aoyama**, T. Kosugi, K. Matsuo, I. Kimura, M. Obayashi, M. Kurokawa, M. Igarashi, J. Yamasaki, Y. Ishida, **Y. Matsumoto**, "Population Pharmacokinetic Analysis of Pilsicainide in Patients with Cardiac Arrhythmias", *Jpn. J. TDM.* 2010, 27(2), 85-97.
3. **T. Aoyama**, T. Omori, S. Watabe, A. Shioya, T. Ueno, **N. Fukuda**, **Y. Matsumoto**, "Pharmacokinetic/Pharmacodynamic modeling and simulation of rosuvastatin using an extension of the indirect response model by incorporating a circadian rhythm", *Biol Pharm Bull.* 2010, 33(6), 1082-7.
4. N. Shimazaki, H. Hayashi, K. Umeda, **T. Aoyama**, H. Iida, **Y. Matsumoto**, "Clinical factors affecting the efficacy of vancomycin in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* pneumonia", *Int J Clin Pharmacol Ther.* 2010, 48(8), 534-541.

Invited lectures

1. 「前臨床と臨床の架け橋となる PK/PD 解析から M&S を理解する」日本薬物動態学会 第 25 年会 ランチョンセミナー

Funding

1. 「新薬創出プロセスのための PK/PD モデリングに関する研究」奨学寄付金 100 万円 (中外製薬株式会社)

MATSUSHITA, Sachiko

Papers

1. “Self-Assembled Monolayers Using Large-Size Polystyrene Particles,” Miho Kawai, Kyohei Takano, Akira Nakajima, Toshihiro Isobe and Sachiko Matsushita, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, in press.
2. “Ring Structures prepared by Self-Assembled Particle Layers,” Asagi Hashimoto, Akira Nakajima, Toshihiro Isobe and Sachiko Matsushita, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, in press.
3. “Full Photonic Band Gap of TiO₂ Photonic Crystals Filled with Electrolyte for Prospective Dye-Sensitized Solar-Cells,” Sachiko Matsushita, Ondine Suavet, and Hideomi Hashiba, *Electrochimica Acta* **2010**, 55, 2398-2403.

Books

1. 松下祥子, 「界面活性剤の力を借りたデバイス作り」 *化学と教育*, in press.
2. 松下祥子, 河井妙保, 橋本麻希, 「単分散微粒子の固体表面上への集積制御」 *色材協会誌*, Vol.84 No.1 (2011), in press.

Invited lectures

1. 松下祥子, “球状微粒子を基とした自己集積体作製 ～メタマテリアルへの挑戦”, 第 8 回プラズモニクスシンポジウム、島津製作所 平成 22 年 5 月 26 日
2. 松下祥子, “とある女性科学者のなるまで、なつてから”, 第 2 回女子生徒による科学研究発表交流会、福山大学社会連携研究推進センター、平成 22 年 10 月 30 日
3. 松下祥子, “研究計画調書を見比べて想うこと ver2”, 日本大学生産工学部、平成 22 年 9 月 2 日
4. 松下祥子, “研究計画調書を見比べて想うこと ver2.”, 日本大学研究費獲得戦略講演会、日本大学理工学部、平成 22 年 7 月 26 日

Media

1. 松下祥子 「研究室運営と切迫流産」 *高分子*、2010 年 8 月号、p.602
2. 松下祥子 「研究者ノート」 *化学*、2010 年 8 月号～2010 年 12 月号

Funding

1. 松下祥子, “フルフォトニックバンドギャップを持つフォトニック結晶ビーカークの作製”, 平成 22 年度 (第 41 回) 研究助成金 財団法人大倉和親記念財団、1,000,000 円
2. 松下祥子, “自発的界面張力変動が生じる物質の特定および本現象の解明 ” 平成 21-23 年度 科学技術研究費若手 B 課題番号 2170024、3,620,000 円(予定)

Awards

1. Excellent Student Poster Award, Korea-Japan Joint Forum, Fukuoka, Japan (Aug. 22-25, 2010)

MOCHIZUKI, Shosuke

Invited lectures

1. 望月章介, “希土類金属酸化物及びその他金属酸化物の光誘起現象”, 第 6 回励起ナノプロセス研究会, 2010 年 11 月 2 日, ビッグ・アイ国際障害者交流センター, 大阪.

NAKAGAWA, Katsuji

Papers

1. Katsuji Nakagawa, Yoshito Ashizawa, Shinichiro Ohnuki, Akiyoshi Itoh, and Arata Tsukamoto, “Confined Circularly Polarized Light Generated by Nano-Size Aperture for High Density All-Optical Magnetic Recording”, *J. Appl. Phys.*, in press.

Patents

1. 発明者: 中川活二, 芦澤好人, 太貫進一郎, 伊藤彰義, 塚本新, CD 案件番号: 11509, 発明の名称: 情報記録ヘッド, 情報記録装置, 情報記録方法及び光デバイス, 出願番号: 特願 2010-161996, 出願日: 平成 22 年 7 月 16 日.

Invited lectures

1. Katsuji Nakagawa, Yoshito Ashizawa, “Thermally Assisted Magnetic Recording on Patterned Meida”, Asia-Pacific Data Storage Conference, Oct. 28, Hualien, Taiwan, M-2.

Funding

1. 中川活二, “近接場アンテナとパルス磁界によるハイブリッド記録の基礎特性”, 2008–2010 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 4,680,000 円.
2. 中川活二, 芦澤好人 “超微細光スポットの熱アシストヘッド設計”, 情報ストレージ研究推進機構, 1,400,000 円.
3. 芦澤好人, 中川活二, “超高速磁気情報センサ実現のための表面プラズモン共鳴の磁界制御”, (財) 双葉電子記念財団, 1,000,000 円.
4. 伊藤彰義, 中川活二, “電荷分布可視化装置のシステム化と有機半導体電荷解析に関する研究(2)”, トレック・ジャパン株式会社, 1,600,000 円
5. 伊藤彰義, 中川活二, “有機半導体のキャリア移動機構解明にむけた表面電位分布計測”, 富士電機システムズ株式会社, 500,000 円.

NISHIMIYA, Nobuyuki

Papers

1. 西宮伸幸, 池田一貴, 折茂慎一, “種々の水素貯蔵に用いられる材料の特徴と実用化への取り組み”, *無機マテリアル* **2010**, 17, 351–358.
2. 西宮伸幸, “水素貯蔵の安全性に関する総論 安全確保のための研究開発の現状と課題”, *水素エネルギーシステム* **2010**, 35 (4), 3–9.

Invited lectures

1. 西宮伸幸, “種々の水素貯蔵材料の特徴と実用化への取り組み”, 無機マテリアル学会 第 20 回講習会, **2010** 年 12 月 10 日, 工学院大学, 東京.

OHNUKI, Shinichiro

Papers

1. **K. Nakagawa**, Y. Ashizawa, **S. Ohnuki**, **A. Itoh**, and **A. Tsukamoto**, “Confined Circularly Polarized Light Generated by Nano-Size Aperture for High Density All-Optical Magnetic Recording”, *Journal of Applied Physics*, in press.
2. **S. Ohnuki** and Y. Kitaoka, “Analysis of Transient Electromagnetic Scattering from Open Cylindrical Objects by Numerical Inversion of Laplace Transform,” *IEICE Trans. Electron.* **2011**, E94-C (1), 68-71.
3. **S. Ohnuki**, R. Ohsawa, and **T. Yamasaki**, “EM Scattering from Rectangular Cylinders with Various Wedge Cavities and Bumps,” *IEICE Trans. Electron.* **2010**, E93-C (1), 77-80.

Invited lectures

1. **S. Ohnuki**, “Analysis of Transient Electromagnetic Scattering from Arbitrary Objects,” 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, April 12-16, 2010, Beijing, China, 2010.

Patent applied

1. **中川活二**, **芦澤好人**, **大貫進一郎**, **伊藤彰義**, **塚本新** 「情報記録ヘッド、情報記録装置、情報記録方法及び光デバイス」(特願 2010-161996)

Funding

1. **大貫進一郎**(研究代表), **中川活二**, **伊藤彰義**, **塚本新**, **芦澤好人**(連携研究者), “ナノアンテナ励起局所的円偏光を用いた次世代超高速光直接記録への挑戦”, 2010-2012 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 3,940,000 円(H22 年度 2,340,000 円).
2. **大貫進一郎**(研究代表), **中川活二**(共同研究者) “複素周波数領域積分方程式法を用いた超高速電磁界解析による局所的円偏光励起ナノアンテナの最適化設計”, カシオ科学振興財団, 1,000,000 円

OTSUKI, Joe

Papers

1. Sk. Jasimuddin, T. Yamada, K. Fukuju, **J. Otsuki**, K. Sakai, “Photocatalytic hydrogen production from water in self-assembled supramolecular iridium–cobalt systems”, *Chem. Commun.* **2010**, 46, 8466–8468.
2. **J. Otsuki**, Y. Komatsu, D. Kobayashi, M. Asakawa, K. Miyake, “Rotational Libration of a Double-Decker Porphyrin Visualized”, *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, 132 (20), 6870-6871.
3. K. Suwa, **J. Otsuki**, K. Goto, “Photoisomerization and Thermal Isomerization of Shuttlecock- and Bowl-Equipped Phenylazopyridines”, *J. Phys. Chem. A* **2010**, 114 (2), 884–890.
4. **J. Otsuki**, “STM studies on double- and triple-decker porphyrin and phthalocyanine complexes”, *Supramol. Chem.*, in press.
5. **J. Otsuki**, “STM studies on porphyrins”, *Coord. Chem. Rev.* **2010**, 254 (19–20), 2311–2341.

Patent application

1. **永瀬浩喜**, **高橋元一郎**, 石橋直也, **高橋悟**, 益子亜耶, **大月穰**, 諏訪和也, 小林大哉, “ポルフィリン誘導体および放射線力学療法におけるその使用”, 特願 2010-029205.

Books

1. **J. Otsuki**, “Supramolecular Energy and Electron Transfer Processes and Their Switching”, in *Energy and Electron Transfer Processes in Multiporphyrin Arrays*, Ed. D. Kim, Pan Stanford Publishing, Singapore.
2. **J. Otsuki**, “Molecular Nanoarchitectures on Graphite”, in *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 2nd Edition*, Ed. H. S. Nalwa, American Scientific Publishers, CA, USA, in press.

Invited lectures

1. **大月 穰**, “ダブルデッカー錯体の回転から分子回転子へ”, 文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究」配位プログラミング公開講演会, 2011 年 2 月 4 日, 名古屋大学野依記念学術交流館, 名古屋. (予定)
2. **J. Otsuki**, “Supramolecular approach to photodriven hydrogen production with metal complexes”, Second International Symposium on the Photofunctional Chemistry of Complex Systems”, December 12–14, 2010, Keauhou Beach, Kona, Hawaii, USA.
3. **大月 穰**, “最近 10 年の研究と研究グループの紹介”, PS 会第 21 回通常総会, 2010 年 12 月 11 日, 日本大学理工学部, 駿河台.
4. **J. Otsuki**, “Structures and dynamics of porphyrin assemblies on surfaces at the molecular level”, 16th Malaysian Chemical Congress (16MCC) 2010, October 12–14, 2010, Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia.
5. **J. Otsuki**, “Surface Assemblies and Dynamics of Porphyrin/Phthalocyanine Complexes”, 60th Anniversary Conference on Coordination Chemistry in Osaka, Japan (60CCCO), September 27–30, 2010, International House, Osaka, 2Ib-19.
6. [特別講演] **大月 穰**, “グラファイト基板表面の超分子構造とダイナミクス”, 2010 年電気化学秋季大会, 2010 年 9 月 2–3 日, 神奈川工科大学, 厚木.
7. **大月 穰**, “分子, 超分子, そして分子デバイスへ”, 日本大学藝術学部藝術総合講座 IV Science Communication, 2010 年 6 月 19 日, 日本大学藝術学部, 江古田.
8. **大月 穰**, “基板表面での π 共役系錯体の自己集積構造と挙動”, 日本化学会第 90 春季年会, 2010 年 3 月 26–29 日, 近畿大学, 東大阪, 1S9-06.

Media

1. 学部連携研究によりナノ物質を基盤とする新しい研究領域を開く. in Nubic News 10 月号, 日本大学産官学連携知財センター, 2010. 10.
2. 研究力, 日大ならではの総合力を発揮し世界へ向けて先端研究を発信, in 2011 年度版卓越する大学, 大学通信, 2010 年 10 月 12 日発行.
3. 「未来創造"N."プロジェクト-1-ナノテクに独自の取り組み」日本大学新聞, 2010 年 4 月 20 日.
4. 「未来創造"N."プロジェクト-2-超高速記録」日本大学新聞, 2010 年 5 月 20 日.
5. 「最新の論文より Rotational Libration of a Double-Decker Porphyrin Visualized」配位プログラミング News Letter 2010 年 6 月 15 日.
6. 「未来創造"N."プロジェクト-3-量子情報」日本大学新聞, 2010 年 6 月 20 日.
7. 「班員からの論文の紹介 Rotational Libration of a Double-Decker Porphyrin Visualized」配位プログラミング News Letter 2010 年 7 月 15 日.
8. 「未来創造"N."プロジェクト-4-癌治療」日本大学新聞, 2010 年 7 月 20 日.
9. 「未来創造"N."プロジェクト-5-エネルギー」日本大学新聞, 2010 年 8 月 20 日.

Funding

1. **大月 穰**, “分子マシンをめざしたダブルデッカー錯体の回転の可視化と制御”, 2009–2011

年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 3,600,000 円.

2. **大月 穰, 茶 圓 茂, 羽 柴 秀 臣, 大 貫 進 一 郎**, “分子回転子の構築とその制御”, 科学研究費補助金, 平成 22 年度新学術領域研究 (公募研究), 4,600,000 円 (2010 年度 2,300,000 円, 2011 年度 2,300,000 円).

SAKO, Tokuei

Papers

1. **T. Sako**, J. Paldus, G.H.F. Diercksen, “Origin of Hund's multiplicity rule in quasi-two-dimensional two-electron quantum dots”, *Phys. Rev. A* **2010**, 81, 022501(11 pages).
2. **T. Sako**, J. Paldus, A. Ichimura, G.H.F. Diercksen, “Origin of Hund's multiplicity rule in singly-excited helium: Existence of a conjugate Fermi hole in the lower spin state”, *Phys. Rev. A*, submitted.
3. **T. Sako, H. Ishida, K. Fujikawa**, “Electronic Structure and Correlated Wave Functions of A Few Electron Quantum Dots”, *Computational Methods in Science and Engineering (AIP Conference Series)*, in press.

Invited lectures

1. **佐 甲 徳 栄**, “人工原子におけるフントの多重項則の起源”, 早稲田大学理工学部・物質開発工学科・武田研究室, 2010 年 6 月 25 日, 早稲田大学理工学部, 西早稲田.

SUZUKI, Kaoru

Papers

1. T. Uehara, S. Kurumi, K. Takase, and **K. Suzuki**, “Synthesis of P-type Zinc Oxide Films by Plasma Assisted Pulsed Laser Deposition”, *Applied physics A*, 101, 723-725 (2010)
2. K. Takayama, S. Soma, T. Inoue, H. Kakinuma, T. Haraguchi, and **K. Suzuki**, “Ascent of Open Circuit Voltage on Diamond Like Carbon Photovoltaic Cell by Infrared Heating Assisted Pulsed Laser Deposition”, *Applied physics A*, 101, 726-728 (2010)

Invited lectures

1. **鈴木 薫**, “レーザーによる光触媒薄膜の形成とグリーンケミストリー”, 第 58 回応用物理学関係連合講演会 シンポジウム「グリーンイノベーションを実現するレーザープロセスング技術」, 2011 年 3 月 24 日, 神奈川工科大学

Books

1. レーザー学会編, (中井貞雄, ・・鈴木薫, 他)「先端固体レーザー」9 章 2 節 “レーザー加工” 6 項 “薄膜形成”, オーム社, 編集/制作中 (2011 年 11 月発行予定)

Patent

1. 「磁性体内包 CNT の析出装置、磁性体内包 CNT の析出方法、磁性体内包 CNT、磁気力顕微鏡、スピン・トランジスタ、スピン・ダイオード、スピン電界効果トランジスタ、スピン pin ダイオード」特願 2010-198325

Funding

1. **鈴木 薫**, 高瀬浩一 “金属内包カーボンナノチューブの収束イオンビーム加工と新機能プローブ開発”, 平成 20 年度 (2008 年度) 科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般) 20510098, 2008 年度, 2,080,000 円, 2009 年度, 1,200,000 円, **2010 年度**, 600,000 円, 研究代表者.

2. **鈴木薫**, 他“日本大学の新しい放射光 **LEBRA-PXR** の高度利用に関する基盤研究”, 平成 21 年度—平成 22 年度, 日本大学学術助成金 [総合研究], 8,400,000 円, 研究分担者.
3. **鈴木薫**, 木村元昭, 吉田幸司, 田辺光昭: “マイクロナノバブルノズル開発と応用の研究”, 平成 22 年度, 研究奨励寄付金「太平電業(株)」1000,000 円, 研究代表者
4. **鈴木薫**, 小野隆, **西宮伸幸**: “遠赤外線に関する研究”, 平成 22 年度, 委託研究「道路通信エンジニア(株)・大成工務(株)」2,625,000 円, 研究代表者

TAKANO, Yoshiki

Papers

1. R. Sukanuma, Xinzhe Jin, T. Watanabe, K. Takase, **Y. Takano**, “Electrical and Magnetic Properties of $(\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x)\text{FeAs}$ (R = La, Nd)”, *J. Physics Conference Series* 200 (2010) 012193.
2. K. Sato, H. Nagata, T. Yamauchi, K. Takase, **Y. Takano**, T. Wanatabe, “Effects of Substitution in YCoC ”, *Solid State Phenomena* in print.
3. S. Otsuka, K. Kato, M. Onisawa, **Y. Takano**, K. Takase, Y. Kuroiwa, “Structural Study of Layered Oxyselenides (LaO)TAs (T=Transition Metal) as Fe Based Superconductor Related Materials”, *Solid State Phenomena* in print.
4. H. Okuyama, T. Wanatabe, K. Takase, **Y. Takano**, Y. Kuroiwa, H. Yoshida, T. Moriyoshi, “Disorder-sensitive Superconductivity and Bonding Nature in the Iron-silicide Superconductor $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ ”, *Solid State Phenomena* in print.
5. R. Sukanuma, T. Watanabe, K. Takase, **Y. Takano**, “Superconductivity in Fluorine-arsenide $(\text{Sr}_{1-x}\text{Nd}_x\text{F})\text{FeAs}$ ”, *Solid State Phenomena* in print.

Awards

2. 日本希土類学会賞（塩川賞）“希土類イオンによる超伝導体と関連物質の磁性および電気伝導の制御”, 平成 20 年 5 月 27 日

TSUKAMOTO, Arata

Papers

1. **A. Tsukamoto**, T. Sato, S. Toriumi, and **A. Itoh**, “Precessional switching by ultrashort pulse laser: Beyond room temperature ferromagnetic resonance limit”, *J. Appl. Phys.* **2011**, 109., in press.
2. **K. Nakagawa**, Y. Ashizawa, **S. Ohnuki**, **A. Itoh**, and **A. Tsukamoto**, “Confined Circularly Polarized Light Generated by Nano-size Aperture for High Density All-Optical Magnetic Recording”, *J. Appl. Phys.* **2011**, 109. in press.
3. K. Mizusawa, **A. Tsukamoto**, and **A. Itoh**, “FePt grains for magnetic storage on layer of self-assembled silica Nanoparticles”, *J. Mater. Res.*, **2011**, 26 (2), 1-4., in press.
4. **A. Tsukamoto**, and **A. Itoh**, “Ultrafast manipulation and measurements of magnetization by ultra short pulsed laser”, *J. Res. Inst. Sci. Tech., Nihon Univ.* **2010**, 122, 25-33.

Patents

1. 発明者: **中川活二**, 芦澤好人, **大貫進一郎**, **伊藤彰義**, **塚本新**, CD 案件番号: 11509, 発明の名称: 情報記録ヘッド, 情報記録装置, 情報記録方法及び光デバイス, 出願番号: 特願 2010-161996, 出願日: 平成 22 年 7 月 16 日.

Invited lectures

1. **A. Tsukamoto**, “Precessional switching by ultrafast laser: Laser induced magnetization

- dynamics”, Spintronics seminar, Institute of materials research, Tohoku University, Dec. 17, Sendai, Japan.
2. **A. Itoh**, and **A. Tsukamoto**, “RE-TM amorphous films for MO recording media and their future aspects”, International workshop on Laser-induced magnetization dynamics in nanostructure, Oct. 6, Stoos, Switzerland.
 3. A. M. Kalashnikova, K. Vahaplar, A. V. Kimel, S. Kaneko, U. Nowak, D. Hinzke, R. W. Chantrell, **A. Tsukamoto**, **A. Itoh**, A. Kirilyuk, and Th. Rasing, “Ultrafast all-optical magnetization reversal in RE-TM alloys”, International workshop on Laser-induced magnetization dynamics in nanostructure, Oct. 7, 2010, Stoos, Switzerland.
 4. **塚本新**, “フェムト秒パルス・レーザによる超高速スピン制御・計測”, 第 71 回応用物理学学会学術講演会, 2010 年 9 月 15 日, 長崎大学, 長崎.
 5. **A. Tsukamoto**, T. Sato, S. Toriumi, A. Itoh, “Magnetization Dynamics induced by Femtosecond Laser Pulses in Ferrimagnetic GdFeCo”, 第 34 回 日本磁気学会学術講演会, 2010 年 9 月 4 日, 筑波, 茨城.
 6. **塚本新**, “超短パルス・レーザーを用いた磁化ダイナミクス計測と円偏光誘起磁化反転”, SPring-8 利用推進協議会 第 4 回先端磁性材料研究会「スピンドイナミクスと光誘起磁化過程 ～放射光計測の動向と将来への期待～」, 2010 年 8 月 5 日, 総評会館, 東京.
 7. **塚本新**, “Fast manipulation of ferromagnetic magnetization in antiparallel spin sublattice system”, 第 36 回 ナノマグネティックス専門研究会、IEEE Magnetics Society Japan Chapter Distinguished Lecturer 講演会～アンチフェロスピン配列の理論と魅力と最前線～, 2010 年 7 月 21 日, 東工大蔵前会館, 東京.
 8. **A. Tsukamoto**, T. Sato, S. Toriumi, and **A. Itoh**, “Laser-induced demagnetization of RE-TM GdFeCo”, ISAMMA 2010 (International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications 2010), July 13, Sendai, Japan.

Funding

1. **塚本新**, “フェムト秒パルス・レーザによる超高速スピン制御・計測”, 2007–2010 年度委託研究 ((独) 科学技術振興機構, 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」), 直接経費期間全体 44,820,000 円. (H22 年度 2,000,000 円).
2. **伊藤彰義**, **塚本新**, “熱アシスト磁気記録用複合磁性膜の検討”, SRC 情報ストレージ研究推進機構, 1,400,000 円.
3. **塚本新**, 齊藤英治, “光スピン間相互作用を利用した、スピン流の高速計測と制御”, 東北大学金属材料研究所研究部共同研究, 2010, 東北大学金属材料研究所, 300,000 円.

YAMASAKI, Tsuneki

Papers

1. **S. Ohnuki**, R. Ohsawa, and **T. Yamasaki**, “EM Scattering from Rectangular Cylinders with Various Wedge Cavities and Bumps,” IEICE Trans. Electron. 2010, E93-C (1), 77-80.

外部評価委員による評価 / Reviews by the Advisors

Allan Balmain 教授 (University of California, San Francisco)

General comments on Medical Group. The Directors and PIs of the Academic Frontiers Program deserve to be commended on their accomplishments over the past 5 years. They have tackled a wide range of important problems with the goal of improving human health, and in particular of making an impact on the high mortality due to cancer in the human population. There is clear evidence of high productivity with a large series of papers and patents emerging from the program. Some of the approaches adopted by the Medical Group are high risk, as is completely appropriate for an ambitious program of this kind. In particular, much has been investigated in the development of PI Polyamide drugs for the specific targeting of cancers and other diseases. At the beginning of this program this reviewer had major doubts as to the likelihood of success using these DNA intercalating drugs, mainly due to difficulties in attaining the required specificity and potency for in vivo application. Dr. Nagase and colleagues have persevered with this approach, and now have both in vitro and in vivo proof of principle that the approach can work. With continued progress and funding of this research, it has the promise to revolutionize the treatment of cancer. One of the major difficulties in present approaches to cancer is that many of the genes known to be involved in tumor development are not “druggable”, ie they are not amenable to high throughput screens for small molecule inhibitors. This class of genes includes transcription factors and protein involved in protein-protein interactions for which no clear interacting pocket can be identified. The PI Polyamide approach is independent of the biochemical activity of the particular protein targets, opening up a much wider range of targets for inhibition in tumor cells. A particular advantage of the strategy the group has developed is the possibility for simultaneous targeting of multiple transcription factor binding sites, either in the same gene or in genes that are likely to have synergistic activity. The latter approach will benefit from novel approaches to network interactions based on proteomic or gene expression network analyses of normal and tumor cells. It is already clear that the targeting of any single molecule in cancers will not lead to complete remissions or cures, because of the inherent plasticity of tumor cells. Approaches will have to be developed that involve either simultaneous or sequential targeting of genes that work in these network in order to avoid the obligator rewiring that will undoubtedly take place when single targets are inhibited. The Medical Group is well placed to take advantage of these new approaches to combinatorial target identification.

Advances in 2011. The program presented at the 2011 meeting described advances made during the previous year. These included the further development and characterization of PI Polyamides targeting the Tgfb pathway, as well as further studies on N-Myc, and metalloproteases (MMP9). Candidate drugs have also been synthesized for an impressive array of additional potential targets. They have also made considerable advances in coupling of existing drugs, eg SAHA which is begin used as an HDAC inhibitor, to PI polyamides for targeting specific subsets of genes for reactivation in cancers (e.g. Cdkn2a / p16). These studies are very promising, and preliminary proof of principle data were presented. However further experiments will be required to demonstrate specificity, and in particular to demonstrate in vivo activity of SAHA coupled to the PI polyamides. Data were also presented on the development of photodynamic therapy using Iodine conjugated to porphyrins. These are also promising but further evidence for in vivo efficacy will be required if these are to be developed into clinical candidate drugs.

Recommendations. A continuing theme in the studies of PI polyimides was the requirement to continue to pursue proof of specificity. The molecules readily enter into cells, but have a wide range of binding sites throughout the genome, in spite of targeting to specific (but short) sequences. Nevertheless, they have evidence that the specific genes targeted are among those that are clearly inhibited by treatment. What is lacking is a clear assessment of the extent of non-target effects. It would therefore be recommended that they carry out detailed transcriptional profiling of cells treated with candidate drugs, as well as CHIP-Seq to demonstrate alteration in the binding of the specific transcription factors to their cognate binding sites in the genome.

In my view, it would be advisable to focus on drug targets for which the small molecule approach will not work, eg for transcription factors or important proteins involved in protein-protein interactions but for which

there is no obvious targetable enzyme activity. Examples are Myc (for which the group already has a program in place) as well as some of the other transcription factors involved in growth and tumor dissemination. I was less enthusiastic about the likelihood of obtaining funding to pursue targets for which the Pharmaceutical industry already has small molecule drugs, and that are already well advanced in the clinic. Examples of these include TGF β inhibitors and MMP inhibitors. While the studies on these PI Polyamides have provided important evidence that the overall approach works, a more focused approach on transcription factors would attract stronger interest from the Pharmaceutical industry and potential investors.

Overall, the program has made some excellent progress and I hope that the investigators will be able to obtain the substantial funding required to enable this very promising program to continue over the next few years.

有賀克彦 主任研究者（物質・材料研究機構）

N 研究プロジェクト「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」は各課題において順調に成果が得られている。特に、情報分野において世界トップレベルの研究成果が得られていること、超分子機能において分子運動を評価するなど最先端の成果が得られている点などが特筆される。特段問題はないが、下記の点についてあえてコメントしたい。

1) 共同研究への取り組みは活発であるが、プロジェクトとしてそれらが全体的・有機的にどうつながっているかが、やや見えにくい。全体像を示すようなスキームとそれを実践した具体例の例示が望ましい。

2) 上述の情報分野の成果のように世界標準に対してどのような成果が得られているかというような表現の研究成果発表がもう少しあってもいいと考える。プロジェクトの世界レベルでの立ち位置を示すことが、プロジェクトの価値をよりわかりやすく示すことになると思われる。

3) 松下氏の「研究者ノート」の連載など、アウトリーチ活動を示す成果も見られる。研究主体の若手のプロジェクトであるので、アウトリーチ活動に縛られる必要はないが、現存するものをもっと積極的にアピールして、一般社会の貢献をわかりやすく示すといいものと思われる。アウトリーチ活動は今後外部評価で重要視されるものと予想される。

4) 若手中心の萌芽的・挑戦的な研究のアッセンブリーであるので、ロードマップのようなものはあまり必要ないと考える。仮に、外部からロードマップ作成のような指摘があっても、それに惑わされるべきではない。

齋藤烈 教授（日本大学工学部・教授）

研究プロジェクト全般についての評価. 昨年度指摘した改善すべき点が本年度では改良され、全体として順調に推移している。その第1点は、若手研究者の育成に関して、若手対象の賞（ポスター賞、奨励賞など）をとらせるなどしてエンカレッジする点であったが、今年度は6件の受賞があり成果が出ている。第2点は、メンバーによる科研費などの外部資金獲得を増やす事であったが、今年度は31件の外部資金獲得があり、外部大型プロジェクト獲得にも繋がる成果もでていたので大成功といえるのではないかと。論文90報、特許6件も研究業績として及第点である。第3点は広報活動であるが、日大新聞の未来創造の連載記事は白眉であり、これまで日大新聞はスポーツ、本部記事、芸能記事などにかたよっていたが、この種のサイエンスの連載記事を入れたのは大きな進歩であり、日大の品位向上にも大いに役立ち、大きな成果といえる。

昨年9月のN.研究プロジェクトシンポジウム「羽ばたけN.若手研究者」に出席して全講演、ポスターを見て、討論にも参加したが、全て英語で行われ、内容もレベルが高くこれだけ多くの若手研究者が日大に育っているのかと感心した。外部からの招待講演者よりもレベルの高いものもいくつかあった。

学部間、学科間の共同研究も増えており共著論文（14報）も増えているのも本プロジェクトの本来の目的が着々と達成されつつある事の証で、研究代表者の労を多とすべきである。全日大人の研究のモチベーションを上げるためにも、日大全体の教育研究水準のレベルアップのためにも、N.プロジェクトを今後継続して支援することは極めて重要である。

改善すべき点およびコメント

- ① 優秀な主力班員2名（永瀬、松下班員）が外部に引き抜かれ、その後も共同研究者として継続してN.研究に入っていたのは有り難い事であるが、代わりの優秀な若手研究者をいれるべきである。
- ② 論文数は多いが、一流海外雑誌の論文が少ないのが気になる。
- ③ 毎年一つぐらいは各班からメダマとなる成果を出して欲しい。そうでないと、毎年同じような成果報告となってしまう。
- ④ 本プロジェクトのシンポジウムやポスター発表を、大学院 DC 学生の必須の授業演習科目に入れたらどうか。DC 学生にとっては、N.に入っていようがまいが、大いに刺激になるはずで、その教育効果も大きい。

参考資料 / Publications and Achievements since 2010

- 日刊工業新聞 2010. 2. 12「光子検出世界最速で」
- 日刊工業新聞 2010. 7. 8「光通信に量子計算」
- 配位プログラミング 2010. 7. 15 NEWS LETTER
- 卓越する大学 2011 大学通信
- 日本大学新聞 2010. 4. 20 「未来創造 N. プロジェクト 1-ナノテクに独自の取り組み」
- 日本大学新聞 2010. 5. 20 「未来創造 N. プロジェクト 2- “光で書く” 技術を模索」
- 日本大学新聞 2010. 6. 20 「未来創造 N. プロジェクト 3-情報技術の最終形態」
- 日本大学新聞 2010. 7. 20 「未来創造 N. プロジェクト 4-X 線・薬物でがんに挑む」
- 日本大学新聞 2010. 8. 20 「未来創造 N. プロジェクト 5-つかめ太陽エネルギー」
- 日本大学広報 2010. 10. 15 「ナノ技術の極限を追求-第 2 回シンポ N. プロジェクト」
- NUBIC NEWS 2010 OCTOBER 研究室紹介
- 第 2 回日本大学 N. 研究プロジェクトシンポジウムポスター

日刊工業新聞

Business & Technology

発行所 ©日刊工業新聞社 2010

本社 ☎ 03・5644・7000 東京都中央区日本橋小塚町4-1 大塚支社 ☎ 06・6946・3321 大阪市中央区北浜東2-16 名古屋支社 ☎ 052・931・6151 名古屋市東区泉2-21-28 西部支社 ☎ 092・271・5711 福岡市博多区古戸町1-1

光子検出世界最速で 日大 量子暗号通信に道

日本大学の井上修二教授と行方直人助手は、究極に安全な量子暗号通信を実現する、半導体製の単一光子検出器を開発した。通信に最も適する1・55ギガヘルツ(マイクロは100万分の1)波長帯で、光子の検出速度が世界最速となるが、半

が10億)動作を実現した。10月にも、50ギガ程度の区間で量子鍵を配送する量子暗号通信の実証実験を行う。情報通信研究機構の委託研究などの成果で、米国電気電子技術者協会(IEEE)の科学誌「フォトニクス・テクノロジー・レター

ズ」に発表する。開発した単一光子検出器は、化合物半導体製のなだれフォトダイオード(APD)を使う。通信波長帯で使えるほか、小型化が可能など実用性能が高い。APDはある一定以上の逆電圧がかかる

な現象を引き起こし、光子1個を電流に変換して検出する仕組み。

今回、光子を検出する回路の雑音を減らすなど改良し、約1万倍の低い電子増倍率で検出することに成功した。従来比10分の1の電流で光子を検出するため、検出速度を極限まで高速化できた。検出の効率も10%以上と従来より向上した。

井上教授らは2006年に光子検出の新しい電圧動作方式を導入し、世界最速の800メガヘルツ(100万)動作を実現。その後、07年に東芝のケンブリッジ研究所が1・25ギガヘルツ動作に成功、記録を塗り替えていた。

単一光子の検出はAPDのほか、光電子増倍管や超電導の細線を使う手法がある。だが、光電子増倍管の検出器は通信波長帯で感度が鈍るなど実用が難しい。一方、超電導の検出器は高速な利点を持つが、冷凍機が必要で小型化しにくく、検出効率もAPDの検出器より劣るといっ

光通信に量子計算

日大が大容量伝送技術

光子数識別器を開発

日本大学の井上修一郎教授らの研究チームは、既存の光通信技術に量子計算を組み込み、高いエネルギー効率で大容量の情報を伝送できる技術を開発した。光子の数を識別する機器を開発し、光通信波長帯でさまざまな光子状態（非ガウス状態）を作り出すことに成功した。低電力のグリーン量子情報通信技術（量子ICT）になる。科学誌ネイチャー・フォトニクス電子版に12日発表する。

低電力の量子ICTへ

量子ICTで大容量の情報を低電力で送るためには、送信側で連続的に変調した光パルス列（連続光）を符号化して受信側に送り、これに量子計算を組み込むことが有効だと理論的に提案されている。この量子計算を行う量子ゲート回路において、非ガウス状態を作る必要がある。

今回、10ギガ（マイクログラム）は100万分の1）角で厚さ22ナノ（ナノは10億分の1）のチタン製の超電導薄膜を使い、光子数識別器を開発した。光子数が正確に識別できるようになると、非ガウス状態を作りやすくなる。

これで、量子ICTの応用に向く波長1550ナノメートルの光通信波長帯で非ガウス状態を生成した。

従来は、光子数を識別できない単一光子検出器を使っており、光子数識別器を用いた非ガウス状態の生成は初めて。光子の検出効率は64%とまだ改善の余地はあるが、繰り返し速度は1ナノ（メガは100万）超で従来比約10倍速い。情報通信研究機構のプロシエクトの一環で、産業界技術総合研究所、物質材料研究機構と共同で開発した。

時代米
時化米
弥生の炭

X線CT使い撮影

京大 品種変遷で手がかり

京都大学総合博物館は、島津製作所の協力を得て、約2500年前の米が炭化したかたまりをX線コンピュータ断層撮影装置（CT）で撮影した。この炭化米は焼けて

いない可能性が高いことが新たにわかった。X線CTを研究に使うことで、イネの品種や米の保管方法の変遷などを知る貴重な手がかりとなる。X線CTで撮影したの

為的に束ねたものであることがわかった。また米の粉（粃）という突起がほとんど写っていないことから品種は「熱帯ジャポニカ」である可能性があるという。

お知らせ

第59回高分子討論会にてセッション開催

第59回高分子討論会

会期：2010年9月15日（水）～17日（金）

会場：北海道大学高等教育機能開発総合センター
（札幌市北区17条西8丁目）

特定テーマ

「バイオ超分子材料の最前線—機能プログラミングと応用展開—」

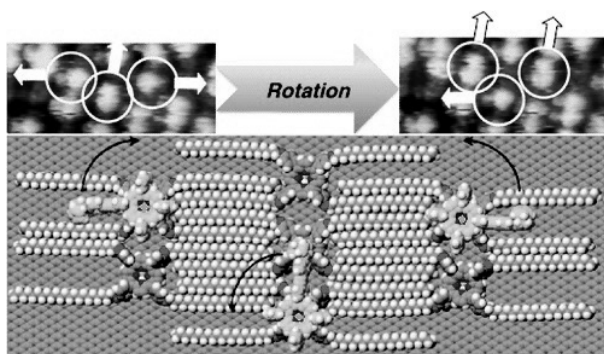
9月15日（水）、16日（木）

セッションオーガナイザー：小松晃之（中央大理工）

URL: <http://www.spsj.or.jp/tohron.html>

皆さまの御参加をお待ちしております。

班員からの論文の紹介



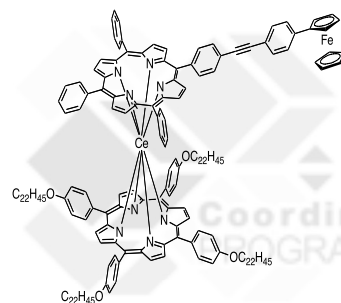
ダブルデッカーポルフィリン錯体の回転を「見た」

“Rotational Libration of a Double-Decker Porphyrin Visualized” J. Otsuki, Y. Komatsu, M. Asakawa, K. Miyake, *J. Am. Chem. Soc.*, **2010**, 132, 6870-6871.

「百聞は一見に如かず」と申しますが ... , この論文では、ダブルデッカー錯体中のポルフィリンが回転することを、「見て」実証したことを報告しました。

1997年から1998年にかけて、相田らのグループと新海らのグループによって、ダブルデッカーポルフィリンのセリウム錯体が溶液中で回転することが、明らかにされました。その後、ダブルデッカー錯体は、アロステリックなホスト分子の骨格として用いられ、金属イオンや酸化還元によってその回転速度が制御できることが発見されました。このような特性から、ダブルデッカー錯体は、分子マシンの部品として有望なユニットであると考えられます。

私達は、この回転運動を単一分子レベルで「見る」ことを考えました。一方の環として、グラファイトに吸着させるための長鎖アルキル基を導入したポルフィリンを、もう一方に、環の向きがわかるようにメソ位の一か所にリジッドなアームを経てフェロセニル基を導入したポルフィリンをもつダブルデッカー錯体を設計し、合成しました。

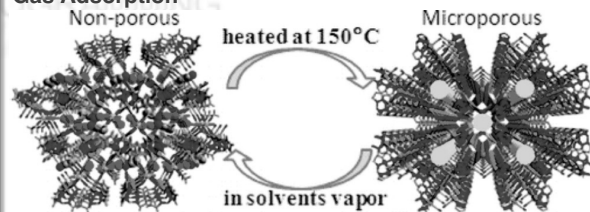


この錯体は、期待通り、グラファイト上に規則的に配列し、アームの向きも走査トンネル顕微鏡（STM）によってわかりました。長鎖アルキル基をもつフリーベースポルフィリンで薄めた配列を形成させ、同じ場所を2度走査したSTM像が、タイトル図です。1度目と2度目の走査でアームの方向が変わっている様子を捕らえることに成功しました。回転速度は、分子の配列に平行から垂直な向きへの回転と、垂直から平行への回転では異なるし、隣にダブルデッカー錯体があるかフリーベースポルフィリンがあるかによっても違うことなど、基板上での回転挙動を、STM像から分子数を数えることによって、明らかにしました。

(A01班 日大理工 大月穰)

最新の論文より

Interconversion between a Nonporous Nanocluster and a Microporous Coordination Polymer Showing Selective Gas Adsorption



Y.-J. Zhang, T. Liu, S. Kanegawa, O. Sato, *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, 132, 912-913. (佐藤 治, A02)

Mechanistic Studies by Sum-Frequency Generation Spectroscopy: Hydrolysis of a Supported Phospholipid Bilayer by Phospholipase A2



Y. Tong, N. Li, H. Liu, A. Ge, M. Osawa, S. Ye, *J. Am. Chem. Soc.*, **2010**, 132, 7702-7708. (叶 深, A01)

新学術領域「配位プログラミング」ニュースレター
第1巻・第5号（通算第5号）

平成22年7月15日発行

発行責任者：西原 寛（東京大学大学院 理学系研究科）

編集責任者：山元公寿（東京工業大学 資源化学研究所）

<http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/inorg/coord-program.html>

研究力



大月 穂教授
おつまき しんや

日大ならではの総合力を發揮し 世界へ向けて先端研究を発信

日本大学は、14学部81学科・短期大学部6学科を擁する、わが国屈指の規模を誇る私立総合大学です。人文・社会科学から自然科学まで、多岐にわたる専門分野で構成された学部・学科群は、あらゆる学問領域を網羅しています。その日大の“総合力”を發揮して誕生したのが「日本大学学術研究戦略プロジェクト」です。自主財源による大型プロジェクトの実現は、まさに日本大学ならではのスケールと言えます。複数の学部間をまたぐ“知の連携”により、社会のニーズに応えた世界最先端レベルの研究を推進。日大発のインパクトある研究成果の社会への還元が、大いに期待されています。

スケールメリット生かした 学術研究戦略プロジェクト

日本大学は広範な学問領域を包含する、わが国最大級の私立総合大学ですが、これまでは各学部の自主性を優先し、「分権型・分散型総合大学」という独自のシステムを構築してきました。しかし、社会環境が変化し、国際化・少子化などによる大学淘汰の時代を勝ち抜くためには、日本大学のスケールメリットを生かした体系的な学術研究戦略を立案・実行し、成果に結実させることが急務であるとして、2008年に学術研究戦略会議を新たに設置。日本大学の総合力の象徴となる学術研究戦略プロジェクトを大学内で募集・実施しました。それが「日本大学学術研究戦略プロジェクト」(N.研究プロジェクト)です。「健やか未来の創造」をスロガンに掲げ、学内を対象に複数学部による連携を条件に公募したところ16件の応募がありました。学際性、先見性、社会貢献、人材育成の

観点から審査した結果、理工学部物質応用化学科の大月穂教授を代表者とする「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」が採択され、2009年度から本格的な研究がスタートしました。2013年度までの5年間を期限として、研究費として年間1億2000万円が支給されます。大学の自主財源でまかなう研究支援としては日本大学でも最大です。

“ナノ”をキーワードに 新たな技術の開発に挑む

「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」には、理工学部・文理学部・医学部・生物資源科学部・薬学部5学部及び大学院総合科学研究科、量子科学研究所から30人の研究者が参加。「ナノテクノロジー・ナノサイエンス」をキーワードに研究を推進します。

基盤系のグループは、原子の配列を自在に制御して新しい性質をもった材料を開発したり、ナノサイエンス(10億分の1メートル)の穴を開けるという極めて微小の加工技術を開発

します。そして、基盤系で開発したナノ技術などを応用して、実際に「情報」「医療」「エネルギー」の3分野で活用する計画です。

今年度は本研究を開始した2年目ですが、すでにいくつもの画期的成果が表れています。情報の分野では、ハードディスク上により多くの情報を入れる、すなわち高密度に記憶することを研究しています。2009年には磁気記録の書き・読出しで世界最高速を記録しました。

また、光の最少単位である光子の検出速度でも、同じく世界記録を達成しました。これは、新しい情報の伝達手段である光通信の一種の量子暗号通信といわれるもので、「盗聴されずに速い速度で情報のやりとりをする」ことへの貢献が期待されています。医療の分野では、画期的な「遺伝子構造図」を作成、世界的な学術雑誌「ネイチャー」に論文が掲載されました。これは、特定の遺伝子を見つ、その遺伝子が実際の人体の成り立ちにどのように関連しているかを解き明かしたもので、アメリカとの共同研究で

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求



多様な価値観に触れ 最先端の研究を推進

大月教授は、主に分子の動きをナノテクノロジーやバイオテクノロジーに活用する研究を進めています。生物は40億年の進化によって高精度・高効率な分子メカニズムを開発してきましたが、このような潜在能力を人工的に最大限に引き出すにはどうしたらいいかを追求しているといえるでしょう。「具体例を挙げれば、光合成は、太陽からの光エネルギーを化学エネルギーに変換する天然光子デバイスです。このプロセスを再現した人工光合成を実現したい。地球の化石燃料には限りがあり、エネルギーや資源問題の解決は人類にとって避けて通ることのできないものです」とその使命を語ってくれました。

その研究母体となる日本大学理工学部^④は、学科数、学生数、教職員数とも学部規模ではトップクラスを誇り、輩出した卒業生は20万人を超えています。日本大学理工学部の魅力について「多様な価値観をもった人と触れることができます。例えば今回のプロジェクトを通じて、医学部の臨床の先生など他学部の人たちと学生のうちからディスカッションできるので「基礎をしっかりと語って勉強してください。そうすれば、最先端科学にも応用がきくようになります」と受験生に向かつてエールを送っています。

進む学部間の連携

世界との共同研究も活発化

学部間の連携も順調に進んでいきます。がん治療のための「放射線による光線力学療法」^⑤はその好例です。人体に投与する化合物を理工学部が行い、その評価応用を医学部が行うというもので、まさに医学部と理工学部による共同研究の成果であり、特許出願しました。

大月教授は、「世界10か国以上の研究施設と共同で最先端の研究を進めています。このプロジェクトにより、参画している博士課程の研究者にリサーチアシスタントとして一定額を補助することもできるようになりました。若手研究者や博士課程の学生の育成にもつながります。学部連携も始まったので、プロジェクトが終了しても学部学科の枠を超えて研究視点を継続できるようにしたいと思っています」と話します。

分子機能をナノテクノロジー、バイオテクノロジーに活用する最先端化学。グローバルな視野に立つ科学技術者を育成する。

NOTES

1. ナノテクノロジー・ナノサイエンス

ナノサイエンスは、ナノメートル(10億分の1メートル)スケールの微細な物質に関する科学を学際的・協働的に研究する新しい学問の領域。ナノテクノロジーは、物質をナノメートルの領域で、自在に制御する技術のこと。ナノテクともいう。2001年にアメリカのクリントン大統領(当時)がナノテクを国家的戦略研究目標としたことから、各国で活発に研究が進められるようになった。現在、最も活発な科学技術の研究分野の一つである。

2. 色素増感太陽電池

従来のシリコンの代わりに色素を太陽電池を吸収する太陽電池。印刷で大量に製造できる可能性があり、低コストな太陽電池として開発が進められている。

3. 放射線による光線力学療法

X線照射と可視光照射という2つの違う治療法を組み合わせた新しいがんの治療方法。ポルフィリン化合物を人体に投与し、可視光を照射してがん細胞を殺すという手法があるが、可視光は体の表面から1cm程度しか入っていない。X線なら体の奥まで浸透するので、X線と光線力学療法を組み合わせたという新しいアイデアがある。

4. 日本大学理工学部

前身は1920(大正9)年に設置された日本大学高等工学校。土木工学科、社会交通工学科、建築学科、海洋建築工学科、機械工学科、精密機械工学科、航空宇宙工学科、電気工学科、電子情報工学科、物質応用化学科、物理学科、数学科からなる。教員数は非常勤講師等を含め約900人で、学生の約10人に教員1人という割合だ。世界的規模の30MM大型構造物試験機がある大型構造物試験センターから、ナノの世界を扱う先端科学センターまで、多岐にわたる研究施設が整備されている。

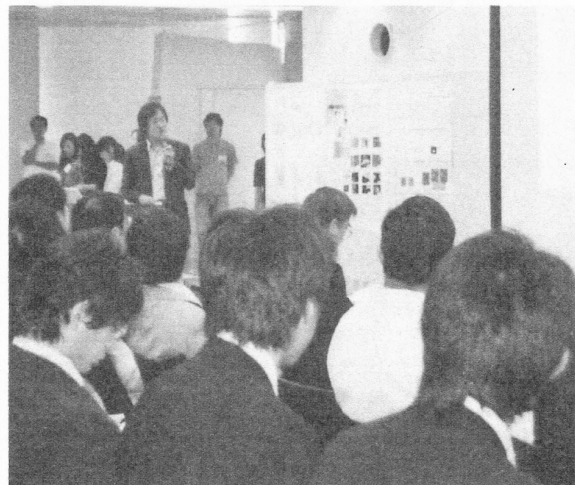
未来創造 N.プロジェクト

- 1 -

り世界の科学者がしのぎを削っている。本学も例外ではない。2008年にスタートした学術研究戦略プロジェクト(通称N.プロジェクト)の第1号指定研究に選ばれたのが「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」。理工など5学部力を結集して取り組む最先端技術の世界をぞいた。

21世紀の科学技術のフロンティアはナノテクノロジーとされる。ナノはクリントン米元大統領が1億の10億分の1を意味する国際単位。極微の世界を制御する技術をめぐり、一挙に先進国間の競争に火がついた。ナノテクの目標は「少しでも小さく」。技術の進

ナノテクという言葉が広く関心を集めるようになったのは01年。ヒル・クリントン米元大統領が1億の10億分の1を意味する国際単位。極微の世界を制御する技術をめぐり、一挙に先進国間の競争に火がついた。



シンポジウムで研究内容を説明する大月教授

化は小型化の歴史。パソコンや携帯電話などの電子機器を見れば一目瞭然

化は小型化の歴史。パソコンや携帯電話などの電子機器を見れば一目瞭然

化は小型化の歴史。パソコンや携帯電話などの電子機器を見れば一目瞭然

32ヶ所ほど。本学の研究代表を務める理工学部の大月種教授(超分子化学)によると、将来的に原子的なサイズの物質を開発する。従来の論文162本、特許の出願10件、招待講演76件、学会発表323件の成果が挙げられた。参加研究者は30人。こ

ナノテクに独自の取り組み

本学は、国からの援助に頼らない独自研究を推進しようとして3年前には多分野の研究者が携わっており、互いの要求に迅速に 대응することが可能だ。研究のための研究「優れた研究業績がある若手研究者が主体だったことも選定理由の一つ」が、現在の最先端技術では「ナノ基盤班」がナノ

池谷 円

のプロジェクトでは多くの研究者が携わり、

未来創造

N.プロジェクト

超高速記録

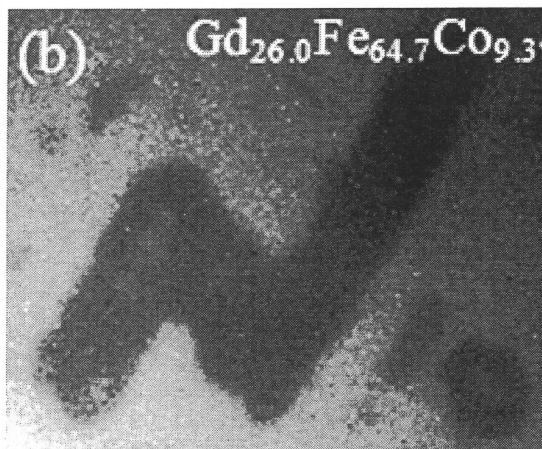
- 2 -

情報化社会の発展を支えているのは情報処理速度の絶え間ない革新といわれる。第一線の研究者たちは、同じ量の媒体にいかにも多くの情報を書き

込むかという競争を繰り広げてきた。理工学部の塚本新・専任講師(情報工学)は「2、3年前まで、記録媒体の容量は年率160%の速度で増えていた」と言う。

しかし最近、「高速、高密度化」に陰りが見え始めた。原因は媒体への記録方式だ。現在、世界で主流の記録方式はハードディスク(HD)などへの磁気記録だが、その速度と容量に物理的限界が見えてきたのだ。こうした事態を受け、世界中の企業や研究者が、血眼で次世代の記録技術を模索している。

本学でこの課題に挑戦



「光で書いた、Nのロゴマーク」

HDの表面には、磁石の細かい粒子が薄く塗られている。こ

「光で書いた、Nのロゴマーク」

光で書く技術を探る

膨大な記録が処理される時、初めて開けた。今は、現在の標準的なHDを打ち破ること。1秒間に数億個の0と1を書き込める。その限界は数十億個まであると言われる。超高速記録チームがもつのは「光」で磁石を擦る「プラズモン」呼ばれる特殊な道を開発中だ。

「1」だけを使う「進法」を擦る「可能性がこの」議論する。もう一歩、最終的に超高速高密度記録法が確立する。

「1」だけを使う「進法」を擦る「可能性がこの」議論する。もう一歩、最終的に超高速高密度記録法が確立する。

島村 彩葉

未来創造

N.プロジェクト

量子情報

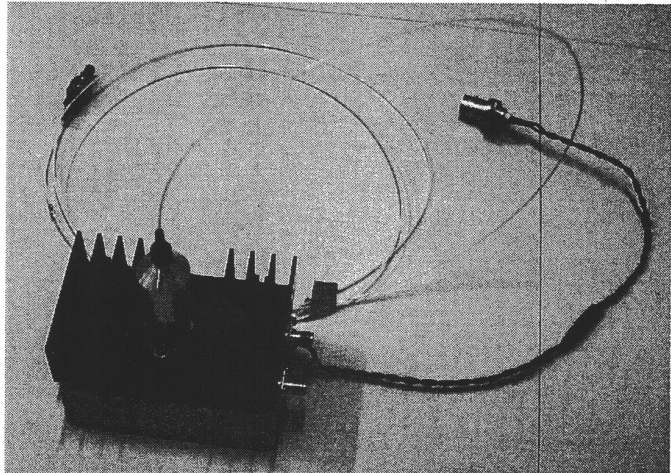
- 3 -

井上修一郎教授(量子工学)を中心としたNプロジェクト情報班「量子情報チーム」は、外国人研究員を含む。絶対的に解読できない暗号通信の実現と低電力による大容量伝送の実現を目指している。

本学「量子情報チーム」

現在世界中で一般的に使われている暗号は膨大な計算量を利用して構築されている。時間があれば解ける計算である以上、超高速コンピュータが開発されれば安全でなくなる。技術が絶え間なく発達を続ける今日、その日は目前に迫っている。

ここで注目されているのが「量子暗号」。どんな技術革新があっても解読されることはないという究極の暗号だ。国内でもNTTや三菱電機などの大企業が研究を進めている。既にいくつかの方法で伝送実験に成功しているが、いずれも量子力学の基本概念を利用したものだ。



が進めているのは「量子」光子が持つ特殊な相関を「もつれ」と呼ばれる、二利用した暗号と通信方法が相関する光子を共有する性質を利用

光子を検出し電気信号に変換する「光子検出器」

通信を行う一方が「1」に重要な情報が、光子を検出し電気信号に変換する「光子検出器」だ。量子暗号が美用化できるかどうかの鍵を握る高速化と長距離化は、この光子検出器の性能に左右される。

一方、低電力による大容量伝送の実現に向けて

光子。その性質を利用しようとしているのだ。

途中で盗聴されれば届くはずの光子が届かなくなったり、光子間に相関がなくなったりするため、通信が成立しない。量子通信では盗聴は確実に検出できる。

光子を利用した情報のやり取りにおいて決定的に重要なのが、光子を検出し電気信号に変換する「光子検出器」だ。量子暗号が美用化できるかどうかの鍵を握る高速化と長距離化は、この光子検出器の性能に左右される。

一方、低電力による大容量伝送の実現に向けて

情報技術の最終形態

たのだ。この検出器は今月の米国の特許を取得したと、井上教授らは「光子検出器」だ。量子暗号が美用化できるかどうかの鍵を握る高速化と長距離化は、この光子検出器の性能に左右される。

一方、低電力による大容量伝送の実現に向けて

手と昨年7月、光子を世界最速の2ギガ(1ギガは10億)で検出できる光子検出器を開発。光子を検出する回路の雑音を減らすなどし、従来比10分の1の電流で光子を検出することに成功した。電流機は近々科学情報誌「Nature Photonics」に掲載される予定だ。

井上教授らは独立行政法人「産業技術総合研究所」物質材料研究機構と共同で研究。成り、情報セキュリティと大容量通信は近い将来実現する」と井上教授は話す。

どんなに金を掛けても絶対的に解読されない秘密情報。現在暗号通信は国家や企業の内密事項の共有などに多く使われているが、ゆくゆくは病院間の個人情報保護に使用するなど、わたしたちの生活に身近なものとなっている。光子検出器のほか、量子もつれの

帯田 翔子

未来創造

N.プロジェクト

エネルギー

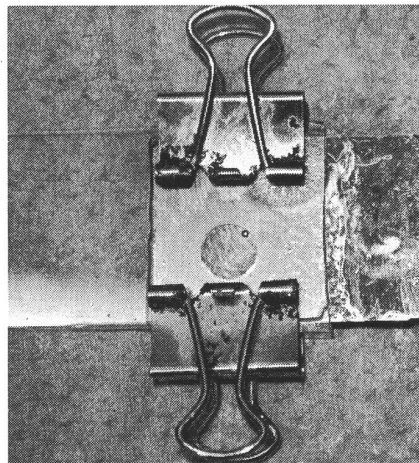
- 5 -

現代人の生活になくてはならない電気の生産には、長らく石油や石炭などの化石燃料が使われてきた。こうした有限な資源の確保は、時には国家の安全保障にもかかわる。特に日本など無資源

国にとつては、無限にエネルギーを生産できるシステムの確立は悲願とも言えるテーマなのだ。

N.プロジェクトエネルギー班が取り組むのはまさにこの課題。太陽光を利用した発電だ。「環境への負担が小さい、無限のエネルギー源の開拓」。

太陽光を電気に変換する方法はいくつかある。同班の松下祥子東工大准教授(材料工学)が取り組むのは色素増感型太陽電池。色素分子の特性を利用した太陽エネルギーを電気に変換する方法



色素増感型太陽電池の電極の概念模型。右の金属板がプラス左のガラス板がマイナス極

松下准教授らが作製した色素増感型太陽電池は、プラス極が板状の白金、マイナス極が酸化チタンを塗ったガラス板できている。酸化チタン分子の表面にある色素に、太陽などの光が当たると電子が発生。電子がマイナス極からプラス極に移動するときに酸化還元反応の並び方が鍵となる。酸化チタン分子が規則的に並び、長時間光を閉じ込めることがで

松下准教授らはこの方法は考えた。直径数ナノ(ナノは1億分の1)程の微小プラスチック球を入れた水に板ガラスを入れて取り出すと、表面にプラスチック球が規則的に並び、プラスチック球のすき間を酸化チ

タンで埋めプラスチック球を熱で溶かすと、酸化チタン分子が規則的に並んだ状態で残る。この技を使えば6平方センチメートルの面積で約2時間の結晶を作ることができる。

代替エネルギーの開発に関する国内最大の研究所の羽柴秀臣助教(理学)は「現状では0.25平方センチメートルの結晶を作るのに早くて3日」と言

代替エネルギーの開発に関する国内最大の研究所の羽柴秀臣助教(理学)は「現状では0.25平方センチメートルの結晶を作るのに早くて3日」と言

代替エネルギーの開発に関する国内最大の研究所の羽柴秀臣助教(理学)は「現状では0.25平方センチメートルの結晶を作るのに早くて3日」と言

つかめ太陽エネルギー

タンで埋めプラスチック球を熱で溶かすと、酸化チタン分子が規則的に並んだ状態で残る。この技を使えば6平方センチメートルの面積で約2時間の結晶を作ることができる。

代替エネルギーの開発に関する国内最大の研究所の羽柴秀臣助教(理学)は「現状では0.25平方センチメートルの結晶を作るのに早くて3日」と言

代替エネルギーの開発に関する国内最大の研究所の羽柴秀臣助教(理学)は「現状では0.25平方センチメートルの結晶を作るのに早くて3日」と言

代替エネルギーの開発に関する国内最大の研究所の羽柴秀臣助教(理学)は「現状では0.25平方センチメートルの結晶を作るのに早くて3日」と言

問題は約800°Cの高温でないと酸化チタンがマイナス極へ移動しない点。温度を上げるのに時間がかかる上に電池の性能も損なわれる

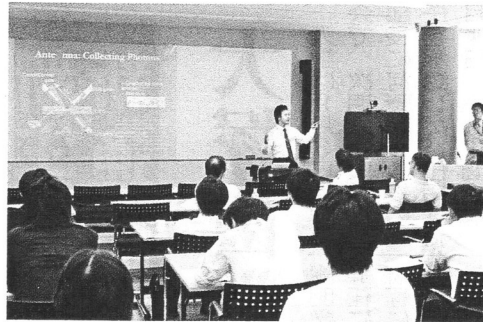
松下准教授ら技術総合開発機構(NET)が生産できるからだ。耐久イオンは電極の水素と

帯田 翔子

ナノ技術の極限を追求

第2回 N.P.プロジェクト シンポジウム

本学学術研究戦略プロジェクト「ナノ物質を基盤とする光・量子技術」の「ナノ物質を



の極限追求」研究を巡る第2回シンポジウムが9月18日に理工学部船橋校舎で開かれ、教員や学生

のほか学内の研究者など約100人が詰めかけた。写真

1年前に開かれた最初のシンポジウムが、ナノ（10億分の1）レベルの革新的科学技術の実用化に向けた研究の方向性を示す会合とすれば、今回はその後の中

間報告。発表に立った8人の研究者には30代を中心としたバリバリの若手ばかりをそろえ、高配向ポリフィイルムの作製に光誘起磁化反転による超高速情報記録、新素材の単層カーボンナノチューブの作製など、その後1年間の進捗（しんちよく）

状況を示す研究成果を、それぞれ英語で説明した。招待講演も原子核研究の第一人者である東大理

系研究所のパスカル・ネドン博士研究員に続いて、本学量子科学研究所の方直人助手が登壇。井上修一郎教授と開発した既

存の光通信技術に量子計算を組み込んで実現した大容量情報の伝送技術の説明には、熱心な質問が相次いで、新開発技術のインパクトと周囲の関心の高さを改めて印象付けた。

研究室紹介

【理工学部】

学部連携研究により ナノ物質を基盤とする 新しい研究領域を開く

日本大学N.研究プロジェクト 「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」

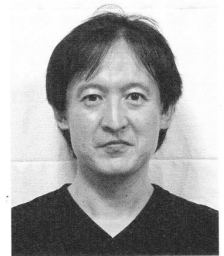
2008年、学内資金による日本大学の代表となるような研究プロジェクトの公募がありました。それまで私は理工学部のハイテクリサーチセンターやCOEへの応募(日の目は見ていませんが)等に携わっていました。それらのメンバーを中心に、それまでの研究成果を異分野と融合させてさらに発展させられるようなプロジェクトを作ろうという話になり、文理学部や医学部の先生方に声をかけ、研究計画を練りました。理工学部には情報記録や量子情報など情報分野で、文理学部には太陽電池や燃料電池などエネルギー分野で、医学部にはナノバイオ医療で実績を挙げた先生方がおられました。ディスカッションの中で、「ナノ物質」と「光」そして両者を結びつける「量子」というキーワードが浮かび上がってきました。ナノ物質を共通の基盤とした光や量子が関わる技術の極限を追求しようという意気込みとそれを裏打ちする計画を含めたのが、私達のプロジェクトです [図①]。

分子からできる ナノ構造と機能

私自身は、化学が専門で、化合物をデザインし、合成し、合成した化合物が形成するナノ構造を明らかにして、ナノ構造由来の機能、特に電子や光が関わる機能を明らかにするといった、比較的基礎的な研究をしてきました。最近の面白い成果を1つ紹介しましょう。ある種の分子は、2枚の円盤が1つの丸い金属原子をはさみこんだ構造をしています。ポルフィリンという円盤状の分子が2枚重なっていることからダブルデッカーポルフィリン錯体と呼ばれます。2枚の円盤は、金属原子をボールベアリングのボールのように利用して、互いに回転するということがいわれていました。しかし、回転するのを「見た」人は誰もいませんでした。図②は、大学院生の小松裕司くんの成果で、その分子の回転をはじめ「見た」像です。ポイントは分子のデザインと、それを実際に合成したということと、粘り強く観察を続けたということとです。何せ回転するのは直径が1ナノメートルという分子1つ

大月 穰 ◆ おおつき じょう
理工学部 物質応用化学科 教授

1991年東京大学大学院工学系研究科修了。工学博士。東京大学生産技術研究所助手、日本大学理工学部専任講師、助教授、准教授を経て、2010年より教授。専門分野は超分子化学、金属錯体、表面化学等。所属学会は、日本化学会、American Chemical Society、応用物理学会、有機分子・バイオエレクトロニクス分科会、電気化学会、錯体化学会。



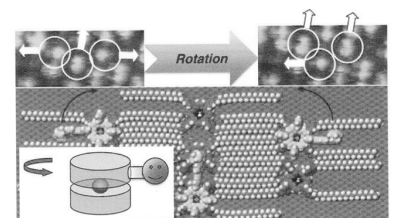
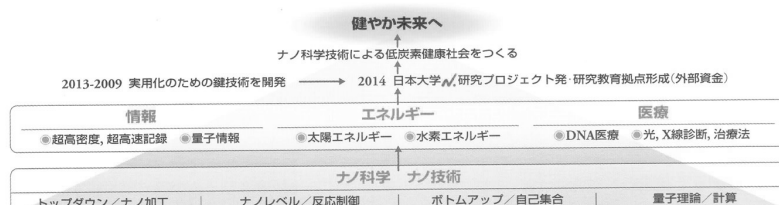
です。将来的にはマイクロマシンなどより遥かに小さいナノマシン、ナノデバイスの部品になるかも……ということも想像されます。

日本大学N.研究プロジェクトによる 新しい研究領域へ

今述べたダブルデッカーポルフィリン錯体は、回転と言っても実は、熱運動によって勝手に向きを変えているだけです。そこで、分子の回転をナノ電極でコントロールできる分子回転素子を創るという計画を立てました。N.研究チームには、ナノ電極を作製できる研究者が量子科学研究所に、分子1つの発光を測定できる研究者が文理学部に、微小領域の電場を計算できる研究者が理工学部いたので、共同研究をスタートしました。また、この課題は2010年度からの科研費新学術領域「配位プログラミング」の公募研究にも採択され、学外資金も導入できました。学部連携の背景があったればこそこの採択だったと思います。

同じポルフィリン化合物にも全く異なった用途があります。例えば、ポルフィリン化合物を癌細胞に集めておいてレーザー光を照射して癌細胞を死滅させる光線力学療法です。ただしレーザー光は生体組織を透過しにくいので、体の表面にある癌にしか適用できません。そこで、N.研究チームの医学部の研究者のアイデアで、体を透過するX線を使って光線力学療法に適用するという研究に取り組むことになりました。そのためにX線を吸収するポルフィリン化合物をいくつか合成しました。培養細胞レベルの実験で効果があることが確かめられ、2010年、NUBICから「ポルフィリン誘導体および放射線力学療法におけるその利用」として特許出願しました。

基礎的な研究が、ナノ物質という共通項を通じて、N.研究プロジェクトの異分野と出会うことによって、新しい科学を開拓し、新しい技術を開発しようという研究につながっています。N.研究プロジェクトではこれ以外にも多くの分野融合型、学部連携型研究課題がスタートしています。ホームページ(日本大学のトップページからリンクされています)でも研究成果を発信していますのでご覧いただければ幸いです。



[左] 図① 日本大学N.研究プロジェクト

[右] 図② ダブルデッカーポルフィリン錯体の回転 J. Am. Chem. Soc. 2010, 132, 6870. より許可をえて転載、一部改変 Copyright 2010 American Chemical Society.



第2回日本大学N.研究プロジェクトシンポジウム

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

2nd Symposium of Nanotechnology Excellence, Nihon University 2010

Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies

2010年9月18日 土

開演時間: 午前10時～午後5時

場 所: 日本大学理工学部船橋キャンパス14号館 (船橋・千葉)

テ ー マ: 羽ばたけ、日本大学N.の若手研究者

招待講演: Dr. Pascal Naidon (東京大学 ERATO上田マクロ量子制御プロジェクト)
行方 直人 博士 (日本大学量子科学研究所)

N.研究プロジェクト若手メンバー講演:

伊掛 浩輝	松下 祥子(東京工業大学)
塚本 新(さきがけ)	佐甲 徳栄
岩田 展幸	羽柴 秀臣
浅井 朋彦	

N.研究プロジェクト紹介:

大月 穰 (N.研究プロジェクト研究代表者)

メンバーおよび共同研究者のポスター発表多数

情報は、http://www.nihon-u.ac.jp/research/n_research_project/project01/Nproject21.html

問合せは、日本大学理工学部 大月 穰 otsuki@chem.cst.nihon-u.ac.jp