

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 23 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 2011

Principal Investigator: OTSUKI, Joe
Professor of College of Science and Technology, Nihon University

日本大学 N. 研究プロジェクト発行物第 9 号

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
2011年度の主な成果	6
成果発信 2010年以降	9
活動記録 2011年3月以降	9
班の報告	11
研究者の報告	21
Toward a Healthy Future	53
Researchers	55
Overview of the Project	56
Research Groups	56
Objectives of the Project	57
Publications Records	59
Progress Reports of Groups	60
Progress Reports of Individual Researchers	71
業績 / Publications and Achievements since 2011	102
外部評価委員による評価 / Reviews by the Advisors	127
参考資料 / Supplementary Materials since 2011	129

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 3 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。初年度の平成 21 年には，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。平成 22 年は，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。

3 年目の平成 23 年度には，情報分野の研究がさらに大きな進展をみせており，量子通信実験でいくつか新記録が達成され，いくつものメディアで紹介されました。また，超高速記録に関する論文が *Nature* に掲載され，さらに新しい研究の *Nature Communications* への掲載が決定しました。また，松本らの TDM 研究誌の研究論文が優秀論文賞を受賞しました。

学部を超えた共同研究も本格的に進展しています。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行いました。理工学部と医学部の共同研究も，博士研究員の学部間の移動も含めて密な共同研究が実施されています。

本プロジェクト開始から 3 年間で，情報分野では，上述したように，次世代通信技術の実用化のためのキーとなる技術の開発が進んでいます。また，ボーズ粒子性，スピンといった物理学の根本的な概念に関わる世界初の実験的成果をあげています。エネルギー分野では，水素エネルギー利用の要となる燃料電池の高性能材料の開発が着々と進んでおり，いよいよ燃料電池試作に入ります。新しい水素吸蔵材料の合成法も開発されました。医療分野では DNA 塩基配列認識化合物の細胞実験，マウス実験が進んでおり，哺乳動物による実験の準備を始めました。

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。本年度は博士研究員など 9 名，RA 3 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。また，2011 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 (2009 年 4 件，2010 年 6 件)。

プロジェクトとしての情報発信としては，本年度は，学外では井上らの成果が日刊工業新聞，*Laser Focus World Japan* 他のメディアに取り上げられたことに加えて，学内では理工学部理工学研究所研究ジャーナルにメンバーのレビューを 3 本掲載しました。また，年度末 (2 月 20 日) には日本大学本部講堂でシンポジウムを予定しています。

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 2 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。

2012 年 1 月 25 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
 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(記憶)
 井上 修一郎 理工学部, 量子科学研究所 情報(量子情報)【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(量子情報)
 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】
 十代 健 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス 2011 年 4 月-
 鈴木 薫 理工学部 ナノ物質・ナノデバイス【班長】
 相馬 正義 医学部 医療 2011 年 4 月-
 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
 茶園 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(記憶)
 中川 活二 理工学部 情報(記憶)【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(量子情報)
 橋本 拓也 文理学部 ナノ物質・ナノデバイス, エネルギー【班長】
 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-
 舩廣 善和 生物資源科学部 医療 2011 年 4 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、

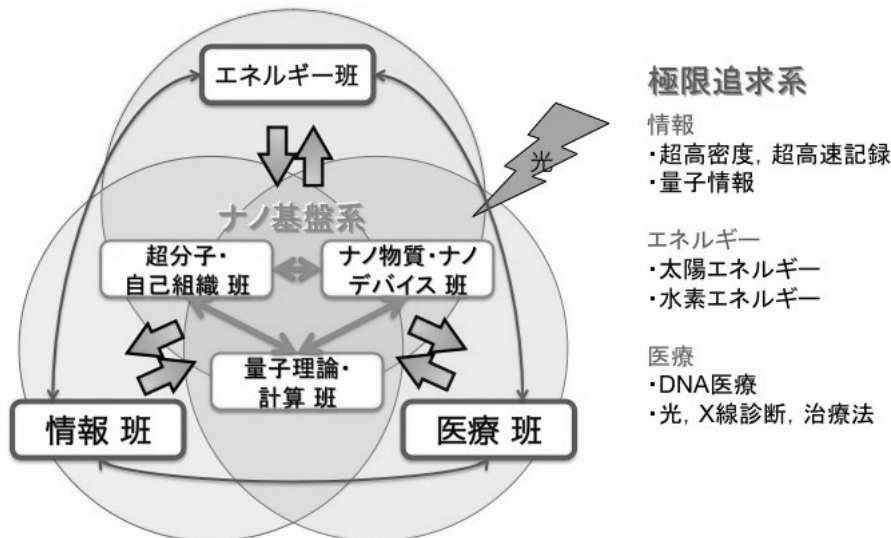
- 基盤課題：ナノ物質系と光・量子融合領域の未踏科学開拓と新規技術創出

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。

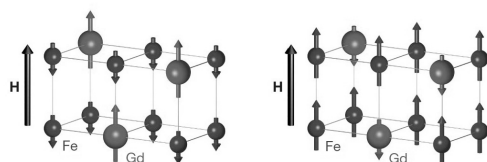
表 1. 研究開始時に設定した達成目標

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

2011 年度の主な成果

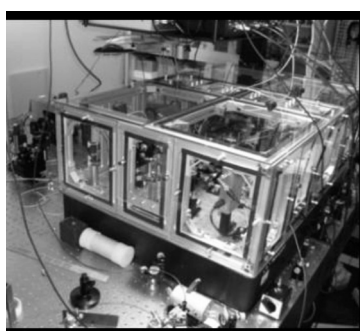
●極限追求系 1—情報：超高密度超高速記録および量子情報処理技術の極限

デジタル情報の記録量が急速に増大しているため、情報を書き込んだり読み込む速度もそれに見合うように超高速化する必要があります。情報記録の主要な役割を担うハードディスクでは、材料中の原子のスピンの向きが上向きか下向きかで情報が記録されていて、超高速書き込むためには、超高速でスピンを反転させなければならないのですが、従来の方法では、これ以上速くするのは限界に近づいているといわれています。数年前にプロジェクトメンバーが発見した「光誘起超高速磁化反転」と名付けた光でスピンを反転させる全く新しい現象は、光で超高速に情報を書き込む未来技術につながる現象として大変期待されます。本年度の大きな成果として、光が物質に当たってから極めて短い時間に原子に起こる現象の解明をさらに進め、これまで全く知られていなかった、数 100 フェムト秒というごく短い時間に原子のスピンの向きが変化する様子を初めて明らかにしました（伊藤，塚本ら，*Nature* 2011, 472, 205）。さらに最新の結果が *Nature Communications* (伊藤，塚本ら)に掲載されることが決定しました。



Nature 2011, 472, 205.

デジタル情報の通信でも大容量化が進み、大量の情報を安全に伝送する通信技術が求められています。安全性はデジタルデータを伝送中に「盗聴」されても解読できないように暗号化されることによって担保されますが、暗号解読の技術も進歩しているため、現在の暗号化技術では近い将来に生きづまることが予想されます。そのために、光を構成する単位である光子の量子力学的性質を利用して、盗聴が原理的に不可能な量子暗号に期待がかけられています。このシステムに必要な技術である世界最高速の単一光子検出器、世界最高感度の光子数検出器を開発してきましたが、本年度は、これらの機器を用いて、NTT との共同研究で、毎秒 24 キロビットで 100 km という従来の記録を塗り替える高速・長距離の情報伝送に成功し（井上ら，*日刊工業新聞*），さらに、情報通信研究機構および産業技術総合研究所との共同研究で量子受信機を開発し、光通信理論の「ビット誤り率限界」を世界で初めて打破することに成功しました（井上ら，*Phys. Rev. Lett.* 2011, 106, 250503, *Fuji Sankei Business i*, *日経プレスリリース*, *SANKEI BIZ*, *Laser Focus World Japan*）。



開発した量子受信機

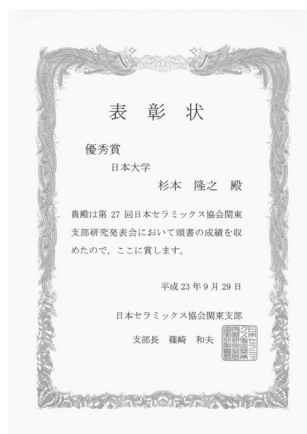
●極限追求系 2—エネルギー：ナノ構造による太陽光エネルギー利用技術

化石資源に頼らず、二酸化炭素を排出しないエネルギーシステムを構築することが、人類の将来にとって極めて大切です。理想的なシステムは、太陽エネルギーを利用して、水から水素を取り出し、またその水素を電気など他のエネルギー形態に変換するシステムであると思われます。プロジェクトでは、太陽エネルギーで電気を作る次世代太陽電池の一つである色素増感太陽電池、人工化合物やバ

クテリアを用いて、太陽エネルギーで水素を生産する方法、水素を貯蔵する材料、水素を利用して電気を作る燃料電池という、太陽エネルギー利用サイクルの各要素技術を開発しています。

本年度の成果として、シアノバクテリアが水素を産生する容器に、水素吸蔵合金を共存させておくと、発生する水素を効率的に回収できるだけでなく、水素の発生量も増加するというを見いだしたことが挙げられます（浅田，西宮ら，特願 2011-124597）。

固体酸化燃料電池は、燃料極／電解質／空気極という三層構造になっています。これまでの 3 年間で、これら全ての層に用いるための高性能な新規材料——高温・還元下で安定な燃料極材料、水素イオン導電率が高く焼結特性も優れた電解質材料、表面積が大きく気孔率も適度な優れた空気極材料——を開発することに成功しました（本プロジェクト、リサーチアシスタントの杉本が平成 23 年「日本セラミックス協会関東支部研究発表会」で口頭発表優秀賞を受賞）。これらの開発した材料を組み合わせ、通常 800–1000 °C で作動する固体酸化燃料電池としては低温の 600 °C 程度で作動する高強度燃料電池の実現をめざして、いよいよ燃料電池試作の段階に入ります。



口頭発表優秀賞（日本セラミックス協会関東支部研究発表会）

●極限追求系 3 —医療：医療応用のためのナノバイオ技術

細胞内の反応を行うタンパク質の設計図は、二重らせん構造をした遺伝子分子中の 4 種類の「塩基」の配列の順番にコードされています。塩基配列を認識する化合物群である「PI ポリアミド」という合成分子群は、二重らせんの隙間に入り込み、塩基配列を識別できるため、特定の遺伝子の働きを制御できることが期待されます。プロジェクトでは、この PI ポリアミドに関して、合成から細胞実験、動物実験に至るまで総合的に研究開発を進めています。本年度は、より配列識別能が高いと期待される環状の PI ポリアミド合成法の開発、特定の遺伝子が働くのを抑制する PI ポリアミドの開発（永瀬ら，特願 2011-503644）、遺伝子上の特定の部位の「ヒストンアセチル化」（永瀬ら，特許登録 4873510）、等で成果がありました。

これらの PI ポリアミドを「薬」までもっていくために、板橋病院薬剤部製剤室との PI ポリアミドを軟膏化する共同研究を合意し、実験動物中央研究所とヒトモデルとして優れている小型哺乳動物であるマーモセットを用いた実験の契約を結ぶなど、PI ポリアミドの実用化に向けた環境整備を進めました。

「光線力学療法」という、可視光を吸収する色素化合物を集積させた腫瘍組織にレーザー光を照射し、腫瘍細胞を死滅させるという癌の治療法があります。この方法には、可視光が 1 cm 程度までしか組織に浸透しないので深部癌に適用できないという欠点があります。そこで、色素化合物を取り込ませた癌細胞に体組織透過性がよい X 線を照射する *in vitro* 実験を行いました。驚くことに、いくつかの化合物では、X 線でも殺細胞効果が見られることを発見しました。これは、光線力学療法の適用範囲を大幅に拡大することができる可能性がある結果であり、動物実験を含め、さらに検討を進めています。

本プロジェクトで PI ポリアミドや色素化合物の体内での挙動を調べている松本らの薬物動態に関する論文が「TDM 研究」誌で優秀論文賞を受賞しました。

●ナノ基盤系：ナノ物質と光・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ています。

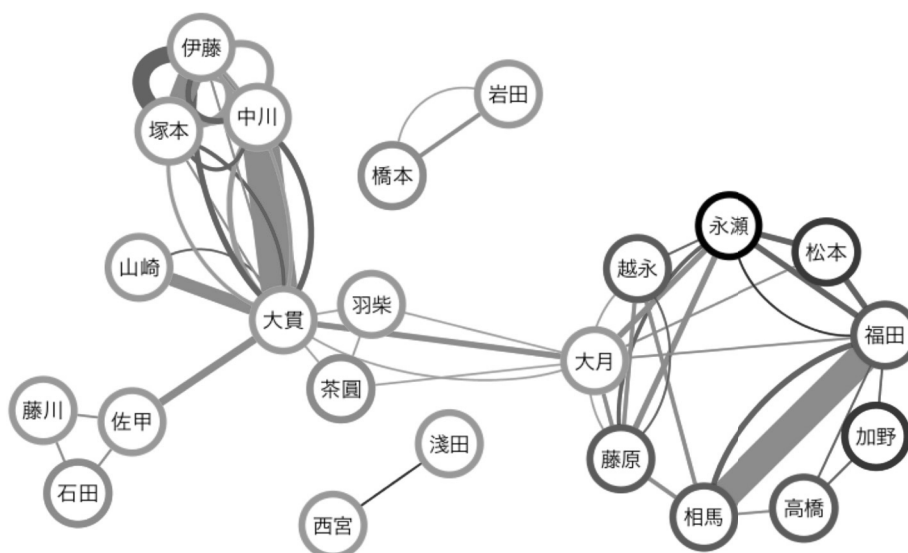
ナノ物質系に関しては、超伝導体、カーボンナノチューブ、ナノ薄膜、二次元ナノ構造、水素吸像合金、細胞膜受容体タンパク質等、生物から物理デバイスまでのナノサイズの物質合成、構造構築、構造制御を行ない、基礎的な物性の解明から上記重点課題—情報、エネルギー、医療技術—のための材料提供まで、一環した共同研究を行っています。

本年度の成果の例としては、イオンと電子が分離した状態である「プラズマ」を利用して膜を作る新しい装置「同軸ガン型製膜装置」を完成が挙げられます。この装置では、エネルギー技術の一つとなる水素吸蔵合金の製膜が可能です。同じくプラズマを利用して、波長 13-14 nm という紫外線の中でも極端に波長が短く、X 線に近い「極端紫外光」を出すことができる新しい光源を開発しました。13-14 nm というのは、現在の半導体加工技術で用いられるよりかなり小さなサイズであり、次世代半導体加工技術へ利用される期待がもたれます。浅井は、「自己組織化プラズマの安定性の積極的制御法に関する研究」で、平成 22 年度日本大学理工学部学術賞を受賞しました。

理論の面からは、量子力学の根本的な課題である予測可能性の有無にせまる「隠れた変数」に関する考察を行い、スピンの揃った状態が安定であるという「フントの規則」の原因を明らかにした。これらは、物理や物質の根源的な性質に迫る成果です。また、ナノ構造と光の相互作用の計算のための「電磁界時間応答解析法」を開発しました。この方法は、従来法より 5 倍程度の高速化が可能で、計算機の並列化効率をほぼ 100%にできる手法で。その他にも、ナノサイズの薄膜や原子ワイヤ、金属構造物、フォトニック結晶など、情報技術やエネルギー技術に用いられる構造物について、計算によるシミュレーションでそこでおこる現象を明らかにしています。

●学部横断共同研究

学部を超えた共同研究も本格的に進展しています。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行いました。理工学部、医学部、薬学部間の協働に関しても、博士研究員の学部間の移動も含めて密な共同研究が実施されています。



共同研究ネットワーク。平成 23 年の共同の論文，特許出願，外部資金，学会発表。線の太さは数に比例。

●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 9 名、RA（博士後期課程学生）3 名に経済的援助をしました。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、理工学部/N.プロジェクト共同若手フォーラムへの参加、そして 2012 年 2 月に予定されている N.プロジェクトシンポジウムへの参加を通じて、若手研究者や学生の学部を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ます。

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ました。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す。

特筆されるのは、塚本、伊藤らの超高速記録に関する研究（Nature, Nature Communications）、井上らの量子通信に関する記録の達成です（日刊工業新聞、他）。

	2010	2011
論文	108 (15, 4)	121 (20, 3)
特許出願等	6 (4,1)	6 (2, 0)
招待講演等	45	66
学会発表	327 (51, 10)	281 (57, 6)
著書	11	19
受賞	8	6
外部資金	33 (13, 2)	27 (10, 2)

活動記録 2011 年 3 月以降

- 3 月 10 日（木）平成 22 年度理工学部学術賞受賞、浅井朋彦「自己組織化プラズマの安定性の積極的制御法に関する研究」
- 3 月 29 日（火）日本大学理工学部理工学研究所研究ジャーナル掲載、塚本新、伊藤彰義、「超短パルスレーザーによる超高速磁化制御と計測」
- 3 月 30 日（水）Nature 掲載、塚本新、伊藤彰義 “Transient ferromagnetic-like state mediating ultrafast reversal of antiferromagnetically coupled spins”
- 4 月 7 日（木）日本大学理工学部理工学研究所研究ジャーナル掲載、井上修一郎、行方直人「量子暗号通信の実用化を目指した単一光子検出器の開発」
- 5 月 16 日（月）日刊工業新聞掲載、井上修一郎「単一光子検出器 半導体使い開発」
- 5 月 18 日（水）第 1 回全体会議、駿河台 1 号館 122 会議室
- 6 月 15 日（月）日本大学広報掲載、井上修一郎、行方直人「半導体製の単一光子検出器開発」
- 6 月 20 日（月）日本大学新聞掲載、井上修一郎「世界最高速の光子検出器、井上教授らが共同開発」
- 6 月 27 日（月）日経プレスリリース掲載、井上修一郎「NICT、光通信理論のビット誤り率限界（ショット雑音限界）を打破することに成功」
- 6 月 28 日（月）Fuji Sankei Business i 掲載、井上修一郎「宇宙空間でも大容量光通信 情報通信研究機構が受信機開発」
- 6 月 28 日（月）SANKEI BIZ 掲載、井上修一郎「宇宙空間でも大容量光通信 情報通信研究機構が受信機開発」
- 6 月 28 日（月）Laser Focus World Japan 掲載、井上修一郎「NICT、光通信理論のビット誤

- り率限界を世界で初めて打破」
- 8月24日(水) Nihon University, “N.” Research Project Presents 「競争的資金の仕組みと NEDO 申請のポイント」セミナー, NEDO 若手研究グラントを例にして, 駿河台 2 号館 4 階会議室, 橋本志朗〔株式会社島津製作所, 産官学プロジェクト推進室(兼 NEDO 新技術調査委員)〕国の競争的研究資金や NEDO 事業の概要について, NEDO 若手研究グラントを例とした具体的な申請の仕方など
- 8月24日(水) 第2回全体会議, 駿河台 2 号館 4 階会議室
- 8月31日(水) 日本大学理工学部理工学研究所研究ジャーナル掲載, 大月穰 ”Fiddling with Electrons and Photons Using Metal Complexes at the Molecular Scale”
- 10月1日(土) 日本大学広報掲載, 井上修一郎, 行方直人「半導体製の単一光子検出器開発」
- 10月 口頭発表優秀賞受賞, RA 杉本隆之(文理学部橋本研究室), 9月29日-30日「第27回日本セラミックス協会関東支部研究発表会」において
- 11月16日(水) インフォーマルセミナー, 駿河台 2 号館 4 階会議室, 櫛泰典(日本大学理工学部)「細胞膜複合糖脂質: 2~3 の話題提供」, 中谷陽一(Institut de Chimie, Université de Strasbourg)「再構成膜におけるカロテノイド, コレステロール, グリコホリン A のトポグラフィー分析」
- 11月26日(土) 学術講演会 N.研究プロジェクト特別セッション, 駿河台 1 号館 2 階 121 会議室, 大月穰, 桑本剛, 芦澤好人, 西宮伸幸, 渡部隆義, 佐甲徳栄, 岩田展幸, 浅井朋彦
- 12月17日(土) 第7回日本大学先端バイオフォーラム, 日本大学桜門会館
- 2012年
- 1月7日(土) 平成 23 年度報告会, ビジネスミーティング, 駿河台校舎 2 号館 4 階会議室
- 1月28日(土) 先端材料科学センターおよび 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」共催第 21 回材料科学に関する若手フォーラム(合同若手フォーラム) 船橋校舎
- 2月20日(月) シンポジウム, 本部大講堂, 2 階 203, 204 会議室

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 23 年度計画

- 1) フェムト秒オーダーのプラズマ共鳴による応答解析を、実験・解析の面から確立し、研究計画再構築を行う。
- 2) 円偏光モード解析から、光直接記録に適した近接場アンテナ形状検討を進める。
- 3) 高速記録過程、すなわち非可逆である磁化反転機構を計測/解明するため、超高時間分解計測装置改良と測定実施を行う。
- 4) 十数 nm スケールのナノ構造を有するテンプレート基板を利用した金属/磁性体ナノ構造形成を実施検討する。
- 5) ナノ構造を有する磁性体特有の磁化挙動につきシミュレーションにより検討を行う。

2. 平成 23 年度の進捗と成果

- 1) 磁性記録膜上に針状アンテナを配置して短パルスで記録実験する手法について、電磁界・熱伝導シミュレーション計算を行い、構造設計、電子ビーム露光による試作、フェムト秒レーザによる記録実験トライアルを始めた。併せて、超短パルス光照射後数十 ps に渡る光・磁気応答の層構成依存性より高速エネルギー伝達機構に導電金属層の存在が重要な働きを担う事を明らかにした。
また、本年度申請した設備（モーションコントロールシステム：8 月 12 日納入）により、試料台に微動機構を導入した。本微動機構で、ポンピングとプロービングの位置制御を高精度で走査実験を可能にした。
- 2) 金属板への十字型開口やクローバー型開口により、粒子記録材料に円偏光を生成する構造を見いだした。また、直線偏光を照射して、円偏光を生成する十字型アンテナの検討も行った。
- 3) レーザシステムと同期し、1kOe 程度の磁場印加可能な微小コイルの作製とドライブを試作した。
- 4) 金属膜上にシリカナノ構造を形成し、エッチング装置（N ドット購入）による各種エッチングガス種・条件による加工実験に着手した。
- 5) 近接場プラズモンアンテナを利用した、磁性微粒子媒体への磁気記録シミュレーションを実施し、単一粒子のみを記録可能な条件を見いだした。

3. 平成 23 年度の班としての活動

6 月にオランダで開催された国際会議（MORIS2011, June 21-24, 2011, Nijmegen, The Netherlands）において、熱アシスト記録実験、高速磁化反転ダイナミクス、局所円偏光生成に関して 4 件の発表を行い、理論・計算 Gr.の大貫准教授との連名の発表も行った。

7 月には、磁気微粒子媒体作製及び高速磁化反転ダイナミクスに関して、国際会議（Moscow International Symposium on Magnetism, Aug. 21-25, 2011, Moscow, Russia）で 2 件の招待講演を行い、注目を集めた。

一方、同 7 月には、プラズモン励起の過渡応答現象解析手法の成果を米国で開催された国際会議（IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and CNC/USNC/URSI Radio Science Meeting, July 5-6, 2011, Spokane, Washington, USA）等で発表し、大きな反響を得た。この成果は、毎月 1~2 回の頻度で理論・計算 Gr.の大貫准教授と合同で班会議での議論の成果を大貫准教授が中心となって得た成果であり、本 N ドットプロジェクトによる成果はますます広がりを得ている。

情報（量子情報）班

井上修一郎*, 桑本剛, 羽柴秀臣

1. 平成 23 年度計画

- 1)量子もつれスワッピング装置の開発
- 2)超伝導ナノ細線単一光子検出器の作製とその評価
- 3)金ナノストライプカップラーの作製と表面プラズモンポラリトンの量子干渉実験
- 4)電磁誘起透明化による室温ルビジウム原子気体中への偏光量子もつれ光子対の保存
- 5) Si 微細導波路の作成とシングルモード導波特性の解明
- 6)低屈折率二次元フォトニック結晶に用いる TiO_2 薄膜周期構造の特性評価

2. 平成 23 年度の進捗と成果

- 1) 2 個の量子もつれ光子対源を作成し、それぞれの量子もつれ光子対源から生成された光子の識別不可能性を Hong-Ou-Mandel 型干渉計により調べた。今後、Bell 測定を行い偏光量子もつれスワッピングを実証する予定である。
- 2) 昨年に引き続き、量子論・計算班の大貫准教授と共同で金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の超伝導ナノ細線への結合効率に関する計算機シミュレーションを行い、プラズモン導波路結合型超伝導ナノ細線単一光子検出器の設計を進めている。
- 3) 昨年度確立した金ナノストライプ導波路作製技術を用いて金ナノストライプカップラーの作製を行った。さらに、これまでに開発した偏光量子もつれ光子対源と超伝導光子数識別器を用いて単一表面プラズモンポラリトンの量子干渉実験を行い、表面プラズモンポラリトンのボーズ粒子性を世界で初めて検証した。
- 4) 第 2 高調波発生用蝶ネクタイ型共振器を開発することで波長 397.5 nm のポンプ光を高強度化し、自然パラメトリック下方変換による Rb 原子の共鳴波長 795 nm の偏光量子もつれ光子対の生成率を昨年度の 3 倍に向上させた。このとき、偏光量子もつれ光子対による 2 光子干渉明瞭度は 93 % であった。また、電磁誘起透明化による光保存効率を改善するために、光位相・周波数同期システムの改良および Rb 原子を封入したガラスセル周辺の磁場抑制を行った。その結果、従来の系に比べレーザー光（古典光）の保存効率を 2 倍に改善できた。今後、偏光量子もつれ光子対の Rb 原子への保存実験を行う予定である。
- 5) CF_4 ガスによる ICP エッチングの条件を見出し、簡便な金属マスクを用いた Si 微細導波路の作成を行った。
- 6) スパッタ法による TiO_2 薄膜は、焼成によりアナターゼ化する事を見出した。これにより、レジストマスクを用いた微細加工による低屈折率フォトニック結晶が太陽電池の触媒素子として有用であることを示した。

3. 平成 23 年度の班としての活動

量子中継技術を実現するための新規ナノデバイスとしてコロイダル量子ドットアレイを提案し、その作製方法の検討を物質応用化学科の大月研に依頼した。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 23 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。また、必要に応じてメールベースで研究計画を遂行するための情報交換を行った。

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 23 年度の計画の概略

- 1) 色素増感太陽電池の高効率化を目指し、酸化チタン-電解液フルフォトリソ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引き続き試みる。さらに、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、蛍光寿命測定により追求する。また新しい色素を太陽電池の材料として検討する。
- 2) 平成 22 年度に発見した新しい水素発生光触媒の構造および反応機構を解明する。
- 3) バイオ技術により作製した酵素と水素吸蔵合金を用いての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。また光を用いての水素吸蔵・充電型水素電池の開発を目指す。さらに水素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。燃料電池の作製条件最適化のために、新たに発見された電解質と電極材料の導電特性や焼結特性を調査する。

2. 平成 23 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入射単色光光電変換効率測定を実施し、より詳細に粒径と光電変換効率の議論を実施することに成功した。また新たな太陽電池用色素としてペリレンイミド誘導体を中心に新たな増感色素を合成し、色素増感太陽電池を試作したところ、効率を 3.1% まで到達させることに成功した。
- 2) 光触媒に関してはトリエチルアミンから暗所で水素が発生することを見出し、様々な条件で反応を検討した。現在、反応機構については検討中である。
- 3) シアノバクテリアの嫌気性条件、明条件下で水素生産試験を実施した。水素吸蔵合金を併用すると、水素が増産できることを明らかにした。さらに水素貯蔵材料として合金ばかりでなく、カーボンナノチューブや BCN クラスタも使用可能であることを示した。

また光触媒 WO_3 の存在下で水素吸蔵合金を共存させて紫外光を照射すると吸蔵水素が安定化され、放出温度が高温にシフトすることを発見した。これは光による水素吸蔵の安定化を意味しており、光による二次電池充電の可能性を示している。

燃料電池研究については小型 SOFC 評価装置がオンハンドとなり各種電解質材料、電極材料を組み合わせた燃料電池の試作および評価が可能となった。電解質としては 600°C 程度での作動を目指して水素イオン導電体を検討したところ、液相法で合成を行った $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Zr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_3$ 系が最も水素イオン導電率が高く、焼結特性も優れていることを明らかにした。また空気極材料については $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ に注目し、我々の採用した合成法で作製したものが 1050°C 程度の焼結温度で、表面積が高く気孔率も適度な優れた空気極材料となることを明らかにした。燃料極材料についてはダブルペロブスカイトである Sr_2FeWO_6 の作製に成功し、高温・還元下で本物質の安定性が高く有望であるとの見通しを得た。今後、これらの材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 23 年度の班としての活動

インバースオパール電極の粒径に依存した入射単色光光電変換効率測定は現東工大・松下祥子と文理学部・橋本拓也との共同研究であり、本成果は J. New Mat. Electr. Sys. に掲載される予定である。

またバクテリアと水素吸蔵合金の組み合わせによる水素増産については理工学部・浅田泰男と西宮伸幸の共同研究の成果であり、特許共同出願を行った。

医療班

医療班構成メンバー

総合科学研究科生命科学：福田昇. 医学部癌遺伝学：齋藤孝輔、五十嵐潤、藤原恭子、相馬正義. 医学部放射線科：阿部修、石橋直也. 医学部泌尿器科：高橋悟. 医学部小児外科：越永従道、植草省太. 理工学部：渡部隆義. 生物資源科学部応用生物化学科：舩廣善和、生物資源科学部動物資源科学科：加野浩一郎. 薬学部臨床薬物動態学：松本宜明、青山隆彦. 千葉県癌研究センター：永瀬浩喜

1. 平成 23 年度の医療班研究の進捗と成果

- 1) X 線を用いた光線力学療法のための化合物合成 (放射線科阿部、石橋、癌遺伝藤原、千葉癌永瀬)：光線力学療法 (PDT) や放射線増患効果を利用した Photon Activation Therapy (PAT)による新たながん治療法の開発を試み、この化合物にある特殊な条件の放射線を照射することで、腫瘍細胞死を誘導できることを確認した。
- 2) 小児癌に対する新規抗癌 PI ポリアミド開発 (小児外科越永、植草)：ヒト BWS 線維芽細胞株 (BWS6, BWS9) に対して、LIT1 遺伝子プロモーター領域にの CAAT box に結合するよう作成した PI ポリアミド (h-CCAAT1, h-CCAAT3) を投与し p57^{KIP2} 遺伝子の発現抑制を確認した。
- 3) TGF-β1PI ポリアミドのリード決定、マーモセット前臨床試験 (総合科学福田、癌遺伝五十嵐)：GB1105 がヒト線維芽細胞では最も強い効果を認めた。実験動物中央研究所とマーモセット実験施設として契約行い、マーモセット由来線維芽細胞におけるヒト TGF-β1 に対する PI ポリアミドの効果を検討した。
- 4) Sutablon と PI ポリアミドによる iPS 細胞誘導 (総合科学福田、癌遺伝齋藤、生物資源舩廣)：レトロウイルスベクターを用いたヒト iPS 細胞誘導時に初期化因子とともに、もしくはフィーダー細胞にリシードした時に TGF-β1 阻害剤、TGF-β1 特異的 PI ポリアミド、Apigenin をそれぞれを用いた時の iPS 細胞の誘導効率を検討した。
- 5) 多能性前駆細胞 DFAT 移植による乳癌発症モデルマウスの作製 (生物資源加野)：乳腺上皮細胞へ転換する DFAT-GFP に癌原遺伝子を導入し、その発現をコンディショナルに調節することによって、より自然な乳癌の発生および進行を誘導可能な新規の乳癌発症モデルマウスの開発を行った。
- 6) PI ポリアミドとヒストン脱アセチル化酵素阻害剤による癌治療開発 (千葉癌永瀬)：配列特異的 DNA 二重螺旋認識化合物とヒストン脱アセチル化酵素阻害剤 SAHA との複合化合物を合成し、ある特異性を持ってゲノム上の特定の部位のヒストンアセチル化を誘導することに成功した。
- 7) 環状 PI ポリアミドの固相合成 (理工渡部)：環状 PI ポリアミドを通常のアミノ酸であるグルタミン酸を用いることで固相合成法により簡便に合成する方法を見出した。
- 8) 光線力学治療化合物の薬物体内動態/薬効解析 (薬学部松本、青山)：腫瘍親和性および放射線増感作用を期待し大月班により合成された新規化合物 CT101019a の HPLC による血漿中濃度測定系を確立し、ラットにおける体内動態を検討した。

2. 平成 23 年度の医療班としての活動

- 1) 毎週 1 回 N.研究プロジェクト癌遺伝分野のミーティング
- 2) 8月3日工学部私立大学戦略的研究基盤形成支援事業報告会で「ケミカルバイオロジーに基づく PI ポリアミドのイノベーション -創薬開発を目指して-」で N.研究プロジェクト医療班成果を報告
- 3) 9月22日に医学部 N.研究プロジェクト合同ミーティング (癌遺伝、放射線科、泌尿器科、小児外科) を開催、現在の研究プロジェクト進捗内容、平成 24 年度以降の研究計画を話し合った
- 4) 12月17日 N.研究プロジェクト医療班成果を第 7 回日本大学先端バイオフォーラムで報告
- 5) PI ポリアミドの軟膏化の為、医学部附属板橋病院薬剤部製剤室との共同研究合意
- 6) 実験動物中央研究所とマーモセット実験施設として合意

超分子・自己組織班

伊掛浩輝¹⁾, 伊藤彰義²⁾, 大月穰¹⁾, 塚本新²⁾, 松下祥子³⁾

¹⁾ 理工学部 物質応用化学科, ²⁾ 理工学部 電子情報工学科,

³⁾ 東京工業大学大学院理工学研究科 材料工学専攻

1. 平成 23 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 23 年度計画>

高配列化、配列領域拡大 ($> \mu\text{m}$ 四方) を重点課題とし、ナノ構造テンプレート形成手法/条件の改善を行う。

<平成 23 年度の進捗と成果>

ドットピッチ $\sim 8\text{nm}$ (5Tdot/inch² 相当) で、連続した規則配列領域の面積約 $1 \mu\text{m}^2$ を有するシリカナノ構造基板の作成を達成した。主として、トリブロックコポリマー分子量の低減および、前駆体溶液作成プロセスの改良による。

・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. 新規ペリレン誘導体による色素増感太陽電池
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 23 年度の研究概略>

プラズモニクスデバイスを目指した微粒子自己集積構造体のエッチング加工および評価

<平成 23 年度の進捗と成果>

- ・自己集積によって SiO_2 微粒子の 2 次元配列を作製した
- ・熱処理により配列した粒子間に架橋を形成した
- ・粒子配列に HFaq エッチングを施し突起構造を有する微細構造体を作製した
- ・構造の変化にともなう表面プラズモン共鳴の吸光ピークシフトを確認した

・伊掛グループ

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た。本年度は、PLA のナノ構造を制御する上で、電場誘起、および磁場印加による PLA 結晶配向化を試みた。

1. キラリティーを持つポリ-L-乳酸の光歪応答性薄膜の作製
2. 電場誘起によるポリ-L-乳酸分子鎖の配向制御
3. 強磁場中におけるポリ-L-乳酸フィルムの結晶配向制御

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, 十代健

1. 平成 23 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、光学ナノ素子と生体物質の結合を十代が担当し、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 23 年度の進捗と成果

鈴木はニッケル・鉄・銅を直径 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、成長の機構を明らかにすると同時に、高密度化に成功した。TiO₂に La と Sr・Ba・Ca 等をドーピングし可視光での水分解反応による水素発生と水素発生効率を改善し、軽量で安価な高分子フィルムの上にレーザ誘起前方転写 (LIFT; Laser Induced Forward Transfer) 法で成膜することに成功した。高野と共同で超伝導材料 LaOFeAs を成膜した。低温のフレッシュプラズマジェットを用いて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、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。

高野は Sr_{1-x}R_xFeAsF (R=La, Pr, Nd, Sm)の合成に成功した。格子定数の R 依存性は R=Pr だけが著しく異なり、Pr が +3 価でない可能性がある。超伝導転移温度も他の R と異なる。また、ほぼ単相の SrFeAsF_{1-x}作製に成功した。電気抵抗率の温度依存性を $\rho(T) = \rho_0 + AT^n$ で解析したところ、他の超伝導体とは異なり、 $x=0.25$ で $n=1.08$ であったが超伝導を示さなかった。さらに、LaFe_{1-y}Zn_yAsO の作製を行い、 $y \leq 0.2$ で単相の試料を得た。今後は F 置換を行うことにより、超伝導特性を明らかにする。

浅井は水素吸蔵合金膜生成のための複合材料中心電極を持った同軸ガン型製膜装置の開発を終え、製膜実験を開始した。併せて、プラズマ性能を評価するための分光計測システムを開発、運転条件の最適化実験を行っている。また、次世代リソグラフィで要求される極端紫外光源 (~13-14nm) として、プラズモイド衝突加熱による手法を開発、性能評価のための真空紫外分光システムを立ち上げた。

岩田は巨大電気磁気効果発現のための強磁性/反強磁性積層膜において、反強磁性層 Cr₂O₃ 薄膜は (0001)配向膜では双晶を含み、(1102)配向膜では双晶は含まず単結晶が成長していることが、X 線逆格子マップから明らかにした。また、ペッチーニ法によって作製した超高密度ターゲットを用いることによって、堆積量を LaFeO₃(LFO)、CaFeO_x(CFO)でそれぞれ所望の 1.8%、0.48%の制度で制御できた。LFO においては 133units の成膜終了時まで RHEED 振動を確認できた。[5-units BiFeO₃/ 7-units CaFeO_x]×14 人工超格子においては、LFO を堆積速度のキャリブレーションとして用いることによって、BFO では約 6%、CFO では 0.9%以内で各超格子膜厚を制御できた。

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。量子ドットの THz 帯プラズマ励起は量子化抵抗を持つ閉じ込めポテンシャルにより定義されるが、このポテンシャル形状が 2 次元電子系上の熱揺らぎによるトンネル効果を抑制しダークカウントの低下に大きく寄与する事を示した。この時のプラズマ励起頻度がトンネルレートより大きい場合、励起エネルギーは量子ドット中の電子温度の上昇に寄与しドットは熱浴として働く事を示唆することを示した。

望月・吉田 (研究協力者) 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、多くの金属酸化物のナノ粒子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光還元を基礎とした有効利用や吸着・脱離の光制御に応用できる可能性

がある。

茶園・東條はイメージングの手法を用いて、生体分子モーターの再構成運動アッセイ系で ATP 分解活性をイメージングすることに成功し、また、走査型電子顕微鏡で生きたままの細胞をナノメートルオーダーの空間分解能で観察する技術開発の研究で成果を得た。

十代はナノ物質と生体物質の融合を図ることを目標とし、生体内で多くみられる螺旋物質をナノ工学による自己組織化で得ることに挑戦している。銀トリルアセチリド分子がナノ螺旋構造へと結晶成長することを見出した。成長機構を詳細に分析することで、ナノ物質と生体内物質の新たな融合手法開拓に取り組んでいる。

3. 平成 23 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 23 年度計画

- 1) 量子情報理論の基礎的な問題であるエンタングルメントの本質の解明.
- 2) 強相関ヘテロ界面の電子構造の解明. 前年までに行った強結合モデル-量子多体計算に基づく強相関系の界面・ヘテロ構造の電子構造の研究を第一原理計算に拡張し, 実際に興味をもたれている実験系の解析を行う.
- 3) 共役フェルミ孔の解析による原子におけるフント則の起源の解明.
- 4) 光直接記録に向けたプラズモンアンテナの設計.
- 5) 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.
- 6) 欠陥構造を設けたフォトニック結晶の光閉じ込め作用.
- 7) マックスウェル-シュレディンガー方程式の混合数値解析法の開発.

2. 平成 23 年度の進捗と成果

- 1) 近年話題となっている「エンタングルしていないが量子力学の特性を持つ系」について考察を行い, その成果について以下の論文を投稿中:
 1. K. Fujikawa, "Quantum discord and noncontextual hidden variables models", submitted.
 2. K. Fujikawa, "Does CHSH inequality test the models of local hidden variables in quantum mechanics?", submitted.
- 2) (i) 金属上に吸着したモット絶縁体薄膜の電気伝導度をクラスター動的平均場理論により調べた. その結果, 吸着原子層は金属であるが有限の電気抵抗を持ち, 温度を下げると, 電気抵抗が増大することが示された. この結果は以下の論文に掲載された:

H. Ishida, A. Liebsch, "First-order metal-to-metal phase transition and non-Fermi liquid behavior in a two-dimensional Mott insulating layer adsorbed on a metal substrate", *Physical Review B* 2012, Vol.85 (in press) 1-14.
- (ii) 金属電極を架橋する単一原子鎖の電気伝導度を, 原子鎖上の電子相関の効果を厳密に取り入れて計算した. その結果, 強電子相関の効果によって, 原子鎖の電気伝導度が密度汎関数法など一体近似の計算値よりも大幅に減少する場合があることが示された.
- 3) He および He 様原子において, 最近提案した「共役フェルミ孔」に着目した内部波動関数の解析を行った. その結果, この共役フェルミ孔の存在によって, 同じスピンを持つ一重項は三重項状態よりも波動関数が空間的に広がり, その結果エネルギーが増加すること, すなわち, フントの規則が成り立つことが示された.
- 4) 局所的な円偏光を高効率に生成できるプラズモニックアンテナと多数の粒子で構成される記録媒体中の円偏光度および電界強度を検討した. その結果, このアンテナに直線偏光を入射した場合, アンテナ中央部の粒子にのみ局所的な円偏光を生成でき, 電界強度は近傍の粒子に比べ 2 倍程度高くなることを明らかにした.
- 5) (i) 積分方程式法に基づく電磁界時間応答解析
複素周波数領域の積分方程式法に数値逆ラプラス変換法を併用した高速・高精度な電磁界時間応答解析法を開発した. 積分方程式法に多重レベルの高速多重極展開法を適用することで, 従来法に比べて 5 倍程度の高速化が可能となる. 本手法は並列計算に大変優れており, 使用する計算機の台数に関わらず並列化効率をほぼ 100 パーセントとなることを明らかにした.
- (ii) 高精度な電磁波散乱界解析
電磁波の規範問題に対する参照解を求めるため, 計算機精度と同程度に解析可能なモード整合法を開発している. 誘電体球の散乱問題に対して, 計算機精度の範囲で厳密界と数値結果が一致することを確認し, 使用するモード数に対する計算精度の予測法を提案した.
- 6) フォトニック結晶中空導波路において, 導波路外に欠陥構造を設け, この欠陥構造内に電磁エネルギー

ギーを多く取り込めるための制御用として誘電体を導波内に設けることを提案した。導波路内の電磁界分布を解析することにより、制御用としての最適誘電体形状を入射偏波も考慮して検討した。その結果、ひし形形状がエネルギー閉じ込め構造として最適であることが示された。この研究成果は以下の論文で発表された:

R. Ozaki and T. Yamasaki, "Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer", IEICE TRANSACTIONS on Electronics, Vol.E95-C, No.1, pp.53-62 (2012).

- 7) 光と物質の相互作用をより詳細に検討するため、FDTD 法に基づくマックスウェル-シュレディンガー混合数値解析法を提案した。長さゲージを考慮したアルゴリズムを用いることで、従来法に比べ 2 倍程度の高速化を実現した。

3. 平成 23 年度の班としての活動

毎月 1 回の頻度で大貫准教授の研究室をベースとして、情報班の中川教授および芦澤助手と合同で勉強会を開催した。

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
光エネルギーを利用した不斉還元および水素生産

伊掛浩輝 超分子・自己組織班
自己集積ナノ構造体の作製と光機能開拓

石田浩 量子理論・計算班
強相関ナノ構造の電子構造と電気伝導

伊藤彰義, 塚本新 情報(記憶)班, 超分子・自己組織班
ナノ構造自己集積化基板と超高密度情報記録媒体

井上修一郎 情報(量子情報)班
単一表面プラズモンポラリトンの生成と量子干渉-ボーズ粒子性の検証-

岩田展幸 ナノ物質・ナノデバイス班
反強磁性誘電体 Cr_2O_3 薄膜の逆格子マッピングによる結晶解析

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
ナノ電磁界シミュレーションとナノスケールデバイスへの応用

加野浩一郎 医療班
成熟脂肪細胞に由来する多能性前駆細胞 DFAT の移植による新規の乳癌発症モデルマウスの作製に関する研究

桑本剛 情報(量子情報)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, 植草省太 医療班
LITI 遺伝子を標的とした PI ポリアミド(PIP)による腫瘍抑制遺伝子 p57^{KIP2} の発現および新規抗癌薬剤の検討

佐甲徳栄 量子理論・計算班
共役フェルミ孔の解析によるフント則の起源と高強度超単パルスレーザー光と原子の相互作用

十代健 ナノ物質・ナノデバイス班
銀アセチリド系化合物のらせんナノ構造

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

茶園茂, 東條正 ナノ物質・ナノデバイス班
生体分子、生体細胞のイメージング

塚本新, 伊藤彰義 情報（記憶）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（記憶）班
超高密度超高速記録の基盤研究-近接場光利用による熱アシスト磁気記録-

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

西宮伸幸 エネルギー班
光アシスト水素吸蔵を中心とする光エネルギーの化学変換プロセスの開発

羽柴秀臣 情報（量子情報班）, ナノ物質・ナノデバイス班
金属、半導体による単一電子・光子物性のデバイス応用

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, 齋藤孝輔, 五十嵐潤 医療班
ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発

藤川和男 量子理論・計算班

藤原恭子, 高橋悟, 阿部修, 相馬正義 医療班
化学, 生物学, 物理学の融合による新規癌治療戦略

舩廣善和 医療班
タンパク質分解を阻害する DP-1 Stabilon モチーフの iPS 誘導因子への応用

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/薬効解析

山崎恒樹 量子理論・計算班
中空層にひし形誘電体構造をもつ誘電体導波路による伝搬特性とエネルギー分布

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、複合材料を用いた中心電極の製作を終え、プラズマ生成実験を開始した。おもに分光における方法で生成されたプラズマの特性評価を行い、中心電極材料がイオン化し、同軸ガンより加速・射出されていることを確認した。現在、水素吸蔵を目的とした TiZrFeMn の高速成膜実験のため、最適な装置運転条件の検証を実施している。

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特性評価のための 5-30nm の波長帯域に感度を持つ斜入射真空紫外分光システムを立ち上げた。この手法は小型同軸プラズマガンにおいて IGBT インバータによって高い繰り返し率で生成・射出されるスフェロマックを、磁束保持容器中で合体・加熱させることで高温のプラズマを生成し、極端紫外領域の発光を得る手法であり、これまでの研究によってプラズモイドの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ており特許出願されている (PCT/JP2010/053213)。

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 アンテナに高透磁率材による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「定常プラズマ生成装置」として出願した (特願 2011-068129)。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ャンバーを駿河台校舎 6 号館に建設し、実験を開始している。

(東京大学大学院新領域創成科学科・井研究室との共同研究)

光エネルギーを利用した不斉還元および水素生産

浅田泰男

エネルギー班

光エネルギーを利用できる光合成細菌およびシアノバクテリアなどを用いて、有用物質の不斉還元および水素生産について研究している。

1. 光合成細菌による不斉還元

シアノバクテリアの生菌体が光照射条件でイソオキサゾールやアセトフェノンなどのケトンの不斉還元を行うことが知られている。関与する酵素は化合物の種類から考えてアルコール脱水素酵素と想定されるが、明確ではない。

上記反応をより明確化および効率化するため、シアノバクテリア *Synechococcus* PCC7942 株のアルコール脱水素酵素遺伝子 3 種およびアルコール類を資化する光合成細菌、*Rhodopseudomonas palustris* No.7 のアルコール脱水素酵素（以下、ADH と略す）の遺伝子を異種の光合成細菌、*Rhodobacter sphaeroides* RV（アルコール資化能はない）を過年度、既に取得した。今年度は、上記 No.7 無細胞抽出液を用いて 1-フェニールエタノールの s 体の方のみをケトンへ酸化することを確認したが、活性が不安定であった。

2. 微生物による水素生産の増収方法（理工学部 西宮先生との共同研究）

シアノバクテリアによる水素生産を水素吸蔵合金の存在のもとで行わせて、水素の回収を容易にするとともに、水素を増収する方法を開発した。

シアノバクテリアや嫌気性細菌には、ヒドロゲナーゼまたは（および）ニトロゲナーゼという酵素によって水素を生産するものがある。

例として *Spirulina platensis* を（スピルリナ・プラテンシス）を挙げると、光合成によって菌体内に蓄積したグリコーゲンを嫌気暗条件で分解して、水素を生産する。関与する酵素はヒドロゲナーゼであることを Asada らが明らかにしている。しかし、ある程度水素が蓄積すると、水素の生産は平衡に達する傾向がある。このような系に水素吸蔵合金を加えて水素分圧を下げることによって水素の生産は増大した。

別の例として窒素固定酵素であるニトロゲナーゼによって生産する *Anabaena cylindrica*（アナベナ・シリンドリカ）では、ニトロゲナーゼ自身は事実上の不可逆酵素であるが、共存するヒドロゲナーゼ（取り込みヒドロゲナーゼと呼ばれる）によって再吸収される。よって、この系による水素生産にも水素吸蔵合金は有効であった。

現在、嫌気性細菌（非光合成）による水素生産についても検討中である。

自己集積ナノ構造体の作製と光機能開拓

伊掛浩輝

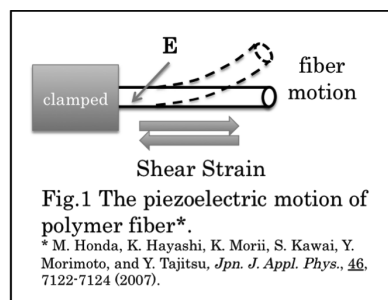
超分子・自己組織班

グリーン・イノベーションを指向した材料設計が提唱されて久しいが、高分子材料分野においても、再生可能な植物資源をベースとしたバイオベースポリマーの高機能化が活発に検討されている。本研究では、先のポリマーを用いた自己集積ナノ構造体を作製し、高分子の高次構造を明らかにするとともに、N.プロジェクトの礎となる新規材料作製法の開拓をめざし検討している。

1. キラリティーを持つポリ-L-乳酸の光歪応答性薄膜の作製

キラリ性高分子であるポリ-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、さらに、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、配向制御については、2、3のテーマで検討するが、本実験では、PLLA の合成方法について検討した。



2. 電場誘起によるポリ-L-乳酸分子鎖の配向制御

本研究は、ナノ物質・ナノデバイス班の鈴木薫教授の研究グループと連携して進められ、本法では、PLLA の持つ磁気モーメントに着目し、電場下においても3の磁場中と同様な現象が発現することが明らかになった(Fig.2)。そこで、現在のところ、電場誘起による PLLA 結晶の配向度を X 線広角回折測定より求め、結晶配向に影響する PLLA フィルムの熱処理条件について検討しているところである。なお、本研究の特徴も、材料サイズに依存しない結晶配向制御法であり、3の手法とは異なり、作製試料の大規模化も可能であると思われるので、工業化プロセスへの応用も視野に入れたい。

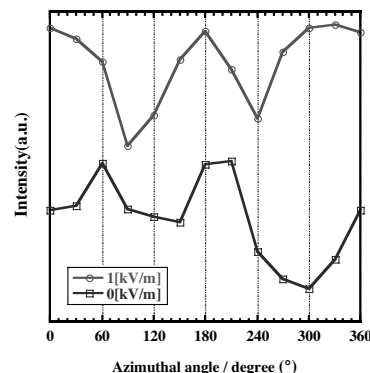


Fig.2 WAXD(110)/(200) intensity along the azimuthal angle for PLLA films.

3. 強磁場中におけるポリ-L-乳酸フィルムの結晶配向制御

この研究テーマでは、モデル高分子に1、2と共用し、高結晶性高分子である PLLA を用いる。磁場による結晶配向は、磁場の透過性の良さから材料サイズには依存せず、また、残留ひずみなど材料へのストレスが軽減できる利点がある。しかし、磁場による結晶配向は、材料を強制的に並ばせる手法ではないため、高分子鎖のミクロブラウン運動による熱ゆらぎで容易にランダム構造に遷移してしまう。このため、熱ゆらぎに打ち勝つ磁場照射強度や結晶成長に必要な PLLA 残留結晶サイズ、特に結晶融解及び再結晶時におけるサイズの影響について検討する必要がある。そこで、我々のグループでは、2次元イメージングプレート検出器を併用した X 線小角散乱測定より、PLLA 結晶配向の定量的評価を行い、その上で、磁場照射強度や熱ゆらぎに影響を受けない有効な結晶核サイズについても言及した。

強相関ナノ構造の電子構造と電気伝導

石田 浩

量子理論・計算班

微細加工技術の進歩により、原子単位で膜厚を制御したヘテロ界面や、二電極を架橋する単一分子構造の作成が可能になった。前者は、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す。後者は単一分子トランジスターへの応用が期待される。多くの場合、ナノ構造の物性は密度汎関数法など一体近似の範囲で調べられてきた。本研究では、動的平均場理論など量子多体計算を行い、ナノ構造の電子物性を、強電子相関の効果を取り入れて解明することを目指している。

1. 金属上に吸着したモット絶縁体薄膜の電気伝導度

平成 22 年度に引き続き金属表面上に吸着した二次元モット絶縁体原子層の電子物性を、クラスター動的平均場理論により調べた。吸着原子層は正方格子上的ハバード模型で表し、格子を 2×2 クラスタに分割して、クラスター内の短距離電子相関の効果を取って正確に取り入れた。今年度は久保公式により、吸着層の原子面内および面垂直方向の電気伝導度を計算した。下地金属との軌道混成により吸着層は金属になるが、短距離電子相関のため、電子の自己エネルギーはブリルアン域の波数 $(p, 0)$ 付近で大きな虚部を示す。このため電子は有限の寿命を持ち、吸着原子層は金属であるが有限の電気抵抗を持つ。温度を下げると、この自己エネルギーの虚部は増大して、電気抵抗が増大することが分かった(論文 1)。

2. 金属電極間を架橋する強相関原子鎖の電気伝導度

金属電極を架橋する単一原子鎖の電気伝導度を、原子鎖上の電子相関の効果を取って厳密に取り入れて計算した。ここで図 1 のように、原子鎖はクーロン反発エネルギー項を持つハバード型ハミルトニアンで表し、両端の半無限金属電極は相互作用の無い強結合模型で表した。簡単のため二電極間のバイアス電圧が無限小の極限を考えて、系の平衡状態でのグリーン関数を計算した。この際、半無限電極を有限サイト数のクラスターで置換して、厳密対角化法を適用した。さらに線形応答理論により原子鎖の電気伝導度を求めた。図 2 に、3 サイトからなる原子鎖の電気伝導度 s ($s_0 = 2e^2/h$ 単位) を、金属電極のフェルミエネルギー m の関数として描いた。ここで $m=0$ は軌道占有数 $1/2$ に相当する。相互作用のない原子鎖 ($U/t=0$) では、 s は鎖内に形成される 3 分子軌道に対応したエネルギーで最大値をとる。一方、クーロン反発エネルギー U の増加とともに、 s の 3 ピークは $m=0$ を挟んだ上下のサテライトバンドの部分に分裂して、 $m=0$ を中心として低電気伝導度の領域が出現する。これは強電子相関の結果、原子鎖の電気伝導度が、密度汎関数法など一体近似の計算値より大幅に減少する場合があることを意味している。

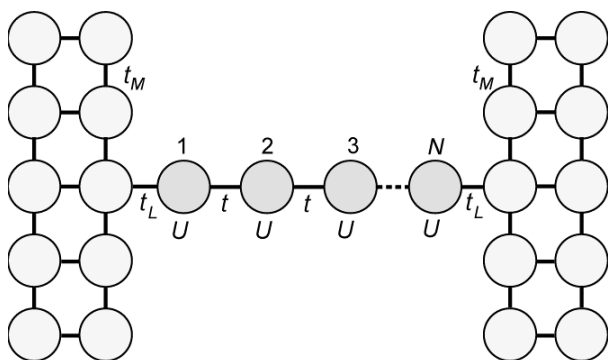


図 1 : 金属電極間の原子架橋

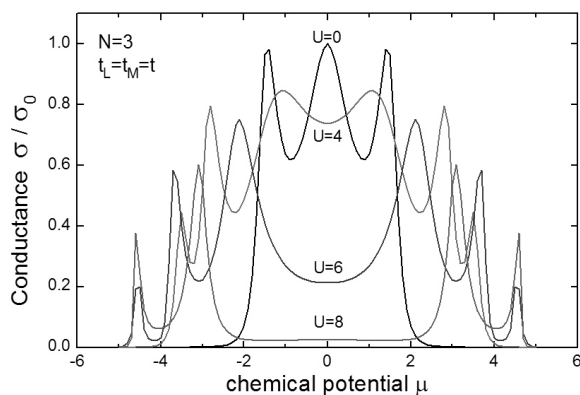


図 2 : 原子架橋 (N=3) の電気伝導率

ナノ構造自己集積化基板と超高密度情報記録媒体

伊藤彰義, 塚本新

情報 (記憶) 班, 超分子・自己組織班

超高密度記録に関する急激な発展により, $1\text{Tbit}/\text{inch}^2$ 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 $5\text{Tbit}/\text{inch}^2$ 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.

1. 急速昇温熱処理法による孤立微粒子形成過程の検討

これまでに, 熱酸化 Si 基板上へ成膜した Fe/Pt, Fe/Cu/Pt 多層膜に急速昇温熱処理(Rapid Thermal Annealing:RTA)を行う事により, $L1_0$ 型規則合金化した孤立微粒子結晶が得られること, また, 自己組織/集積化現象を利用し作成した多孔質 Si 基板を下地として利用し面内粒子数密度を著しく増大できる事を報告している. しかしながら, 連続膜からナノ磁性微粒子が形成される過程と, 熱処理条件との相関については明らかではない. そこで, 本年は各種熱処理条件における, 微粒子形成過程の詳細観察に重点を置き検討を行った. 種々の昇温速度(T_R), 到達温度(T_m)の条件の下, RTA により FeCuPt 微粒子を作成した. 孤立微粒子は, 高い T_R , T_m の条件の下形成されたが, $T_m > 550^\circ\text{C}$ において粒サイズが増大する現象が見られた. そこで, RTA の後, 新たに急速冷却過程を導入し, 自然冷却過程との比較から, 孤立微粒子化条件の検討を行った. 急速冷却過程を併用することで, 結晶粒サイズの増大を抑制できること, また, 図 1 に示すよう XRD プロファイルにおいて不規則相に相当する新たなピークが出現する事, 単一粒子の電子線回折より c 軸配向した $L1_0$ 規則合金を核として微粒子が形成されている事を明らかにした (論文 9). 現在, 多孔質 Si 基板, ナノシリカ基板の 2 種のナノ構造基板上での磁性微粒子作成への応用を検討中である.

2. 近接場光ヘッドによる FePt 微粒子への熱アシスト磁気記録シミュレーション

近接場光ヘッドによる熱アシスト磁気記録 (TAMR) 過程につき, 熱分布の時間変化を考慮した FePt 孤立微粒子媒体の 3次元マイクロマグネティック・シミュレーション (MMS) による検討を行った. MMSはLandau-Lifshitz-Gilbert方程式に基づき実施した. 媒体の熱分布の時間発展はFDTD法により近接場光によるエネルギー密度分布を計算し, これを熱源とし, 熱伝導解析により求めた. 1ns間の加熱後, FePt 微粒子温度は対象磁性体のキュリー温度に相当する 770Kに達した. 図 2 より, $t = 1\text{ ns}$ において, 一旦消磁状態となり, その後冷却とともに反転磁化が時定数 $\tau = 260\text{ ps}$ 程度で形成されることが分かる. 以上は, 近接場光ヘッドによる, FePt微粒子媒体の一ビット記録の可能性を示す結果である.

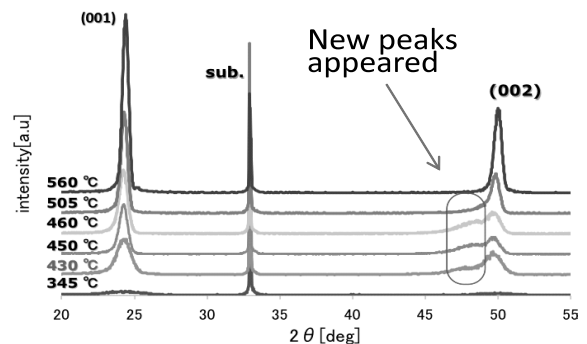


Fig. 1 XRD profile for FeCuPt annealed by RTA with rapid cooling process as a function of maximum temperature T_m for T_R 150 °C/s.

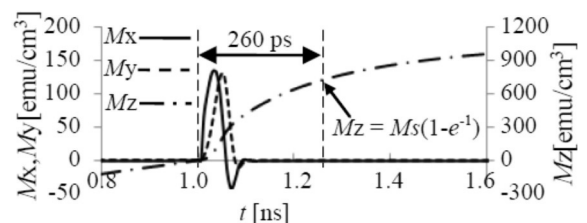


Fig. 2 Time evolution of magnetization

単一表面プラズモンポラリトンの生成と量子干渉 -ボーズ粒子性の検証-

井上修一郎

情報（量子情報）班

光の波長サイズより小さなナノ構造体では表面プラズモンポラリトン（Surface Plasmon-Polariton: SPP）が信号伝達の担い手となる。近年、レーザー光による SPP の励起とその伝搬特性に関する研究が精力的に進められている。光の本質が単一光子の量子干渉に顕著に現れるように、表面プラズモンポラリトンの本質も単一光子により励起された単一 SPP の量子干渉に現れると考えられる。この単一 SPP の量子干渉効果を理解し、量子情報処理に有用なナノ量子デバイスの設計に役立つ。

1. 金ナノストライプ方向性結合器の製作

単一 SPP の量子干渉効果を調べるには、光子の量子干渉実験に用いられる 50/50 ビームスプリッターに相当するナノデバイスが必要となる。図 1 に金ナノストライプ導波路により作製した方向性結合器を示す。金ナノストライプ導波路は幅 8 nm、膜厚 20 nm の金薄膜を膜厚 22 nm のアクリルポリマー（ZPU12）で挟んだ構造とした。分岐比を 50:50 とするために、近接距離を 0 nm、結合部の長さを 500 nm とした。また、S-Bend 型導波路の曲げ半径は曲げ損失と伝搬損失の和が最小となる 20 nm とした。作製した方向性結合器の挿入損失は 30 dB であり、分岐比は 64:36 であった。

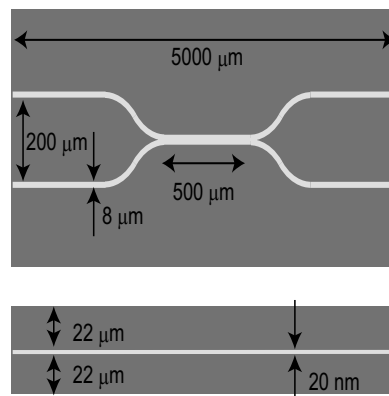


図 1 SPP 方向性結合器

2. 単一表面プラズモンポラリトンの生成と量子干渉

単一 SPP の励起には、これまでに開発した偏光量子もつれ光子対源を用いる。方向性結合器の 2 つの入力に波長 1551 nm の光子対を入射し、単一 SPP を励起する。（図 2）各単一 SPP は金ナノストライプ導波路を伝搬し結合部で干渉する。干渉後、単一 SPP は再び金ナノストライプ導波路を伝搬し、方向性結合器の出力端面で光子に変換される。この光子をこれまでに開発した超伝導光子数識別器で検出する。本光子数識別器は、18 層の誘電体ミラーと 7 層の無反射コーティングでチタニウム薄膜を挟み込む光閉じ込め構造を持ち、その検出効率は 84 %、暗計数率は 10 Hz であり、従来の半導体光子検出器の 100 倍程度の S/N 比を実現できる。単一 SPP の量子干渉実験結果を図 3 に示す。◇、実線及び破線はそれぞれ、2 光子検出と 0 光子検出の同時計数の測定値、理論値、ノイズレベルである。方向性結合器へ入射する光子対の光路差を調整することで単一 SPP を結合部で干渉させる。ある光路差で 2 光子検出と 0 光子検出の同時係数が増加する。これは 2 つの単一 SPP が干渉後、方向性結合器の 2 つの出力のどちらか一方にだけ出力されることを意味する。この結果により、単一 SPP が光子と同じボーズ粒子であることを世界で初めて示した。

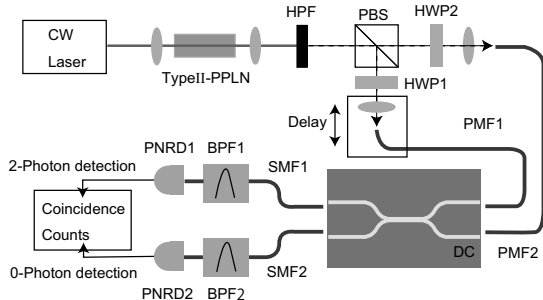


図 2 SPP 干渉実験系

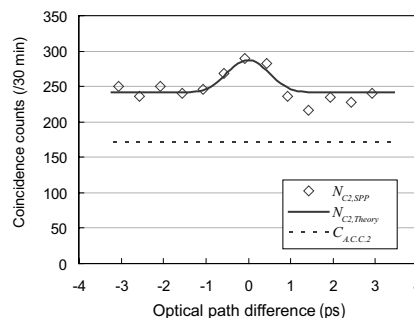


図 3 単一 SPP による量子干渉

反強磁性誘電体 Cr₂O₃ 薄膜の逆格子マッピングによる結晶解析

岩田展幸

ナノ物質・ナノデバイス班

X線回折を Bruker, D8 Discover を用いて行った。逆格子マップ(RSM)測定は1次元ディテクターVÅNTEC-1を用いて8°の2θを10sで測定した。その際、入射X線のスリット方向に対する傾き角を $\chi=0$ とし、面内成分を含む結晶面が現れるまで ω を変化させることで薄膜の面内情報を得た。Fig.1にサファイア、Cr₂O₃が属すコランダム構造(空間群: Rhombohedral, R3c)の模式図を示す。c面配向Cr₂O₃薄膜(c-Cr₂O₃)の{10 $\bar{1}$ 10}結晶面、r面配向Cr₂O₃薄膜(r-Cr₂O₃)の{22010}、{2028}についてRSM測定を行った。c-Cr₂O₃に関してはz軸方向を中心に角度 ϕ を変化させることで、図中”A”,”B”の結晶面を観察した。r-Cr₂O₃に関しては、r面から結晶面”A”がBrugg条件を満たすまで ω を傾け、 ϕ を180°回転させることで”B”を観察した。

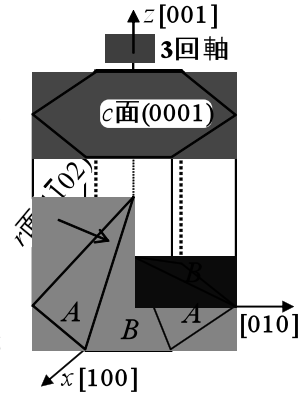


Fig.1 : コランダム構造の模式図。c面(0001)、r面(1102)及び、結晶面”A”,”B”を示す。z軸に3回軸を持つため、等価な”A”,”B”結晶面はz軸に対してそれぞれ120°回転させるごとに観察できる。

実験結果・考察

Fig.2にc-Cr₂O₃の(a)(10 $\bar{1}$ 10)、(b)(11 $\bar{0}$ 10)に関するRSMを示す。(a)”B”に関しては、基板、膜のピークを、(b)”A”に関しては、膜のピークを確認した。 ϕ を60°ごと回転させ同様に測定すると、基板と膜、膜のみのピークが交互に検出されたRSMを得た。基板はコランダム構造の3回軸が、Cr₂O₃薄膜は6回軸がc軸に沿って存在していることがわかった。この結果は、薄膜が双晶を含んで成長していることを示している。膜の面内格子間隔は基板と一致しておらず、格子ミスマッチ(約4%)は緩和されていた。

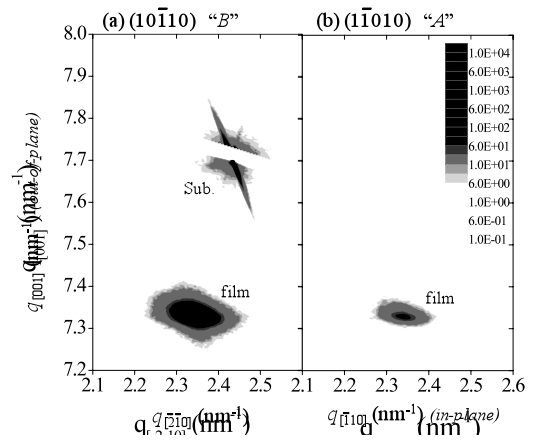


Fig.2 : c-Cr₂O₃の(a)(10 $\bar{1}$ 10)、(b)(11 $\bar{0}$ 10)に関するRSM。(a)では基板と膜、(b)では膜のみのピークを確認した。

Fig.3にr-Cr₂O₃の(a)(22010)、(b)(2028)に関するRSMを示す。(a)”A”では、基板と膜のピークを確認したが、(b)”B”ではピークは現れなかった。

r-Cr₂O₃において双晶が存在すれば、”B”の結晶面はz軸に6回軸を持ち、(b)において膜のみのピークが現れるはずである。この測定ではピークが現れず、r-Cr₂O₃では双晶が存在しない単結晶膜であることがわかった。

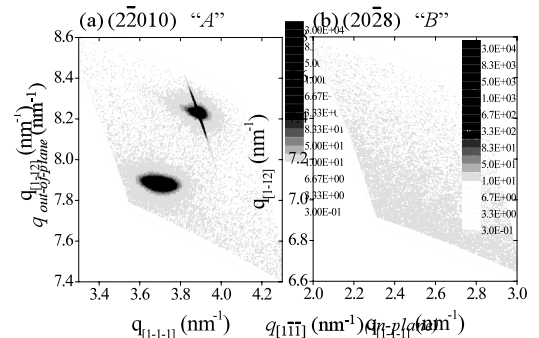


Fig.3 : r-Cr₂O₃の(a)(22010)、(b)(2028)に関するRSM。(a)では基板と膜、(b)では膜のみのピークを確認した。

一方、Cr₂O₃の熱平衡状態で作製した単結晶を観察すると、r面がもっとも成長速度が遅く表面エネルギーが低いことがわかっている。表面エネルギーはr面<a面<c面の関係がある。しかしながら各Cr₂O₃配向膜の表面荒さを比較すると、全く逆のr面>a面>c面となっていることがわかった。これらはc-Cr₂O₃には双晶が存在し約4%の格子ミスマッチを緩和した結果、平坦な表面が得られたことを示唆している。一方、r-Cr₂O₃では双晶が存在せず格子ミスマッチを緩和できずに表面があれた結果となったと考えられる。

強磁性/反強磁性体Cr₂O₃積層膜において、Cr₂O₃が双晶を含むと、電界印加によるスピンの変化の方向が逆になるので、界面における磁氣的交換相互作用が相殺される。よって、r-Cr₂O₃のように双晶は存在しない方がよい。

自己集合超分子系の開拓と、エネルギー、医療、情報技術の応用

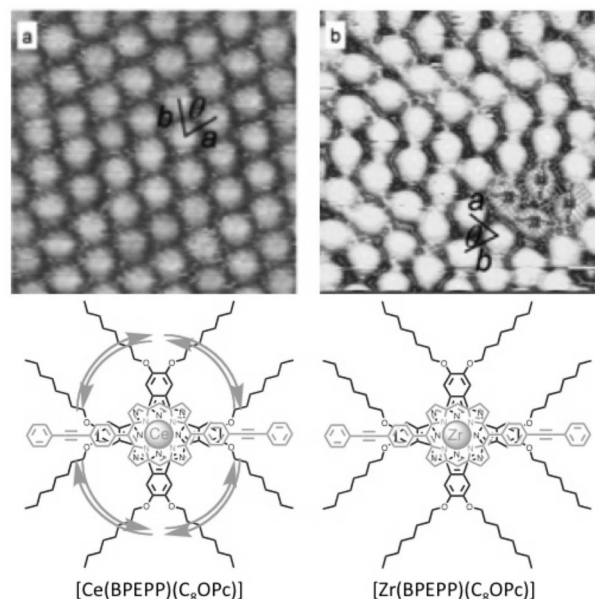
大月 穰

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と回転運動を、走査トンネル顕微鏡 (STM) によって単一分子レベルで可視化することを検討している。セリウムダブルデッカー錯体は回転が早いために円形に観察され、ジルコニウムダブルデッカー錯体は回転が遅いために楕円体として観察された (図, *Chem. Lett.* 2011)。このように、回転運動の違いが分子レベルでの像の違いとして現れることを明らかにした。また、ダブルデッカーポルフィリン錯体にさらにポルフィリンが結合した化合物を合成し、STM による自己集合挙動の検討を行った (*J. Nanosci. Nanotechnol.*, in press)。



2. 新規ペリレン誘導体による色素増感太陽電池

次世代太陽電池として期待されている色素増感太陽電池において最も有望視されている増感色素は、ルテニウム錯体である。しかし広く普及させるためには貴金属を用いない増感色素が望まれる。私たちは、有機色素として、いくつかのペリレン誘導体を合成し、その物理化学的キャラクタリゼーションと増感色素としての評価を行った (*Adv. OptElectron.* 2011)。なかでもピペリジル置換誘導体は 800 nm の長波長領域まで増感効果を示し、標準的な AM 1.5 (100 mW cm⁻²) 光照射下で、0.6 M ヨウ化ジメチルイミダゾリウム, 0.1 M ヨウ化リチウム, 0.5 M *tert*-ブチルピリジンを含むアセトニトリルを電解質溶液として、短絡電流 7.7 mA cm⁻², 開放電圧 0.57 V, フィルファクター 0.70 で、光電変換効率 3.1% を記録した。

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与えて破壊する療法である。しかし、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 線と増感剤としてポルフィリンおよびピロフェオフォルバイド誘導体の組み合わせによる殺癌細胞効果を調べた。現在までに 2 種類の化合物について、細胞実験レベルで顕著な効果が認められており、その作用機構を検討中である。

ナノ電磁界シミュレーションとナノスケールデバイスへの応用

大貫進一郎

量子理論・計算班

光と物質の相互作用を解析することは、ナノスケールデバイスを設計するための有力な手段である。本研究では、光の波長に比べ解析対象が小さいナノ構造物に対して高速かつ信頼性の高い電磁界シミュレーション法を開発するとともに、N.研究プロジェクトの研究者との連携により、プラズモニックデバイスや分子モーターなどへの応用を検討している。

1. 光直接記録に向けたプラズモニックアンテナと粒子媒体の解析

局所的な円偏光を高効率に生成できるプラズモニックアンテナと多数の粒子で構成される記録媒体中の円偏光度および電界強度を検討した。図1はアンテナ中央の粒子にのみ電界を集中させるピークを設けたアンテナ構造である。このアンテナに直線偏光を入射した場合、アンテナ中央部の粒子に局所的な円偏光を生成でき、電界強度は近傍の粒子に比べ2倍程度高くなることを明らかにした。

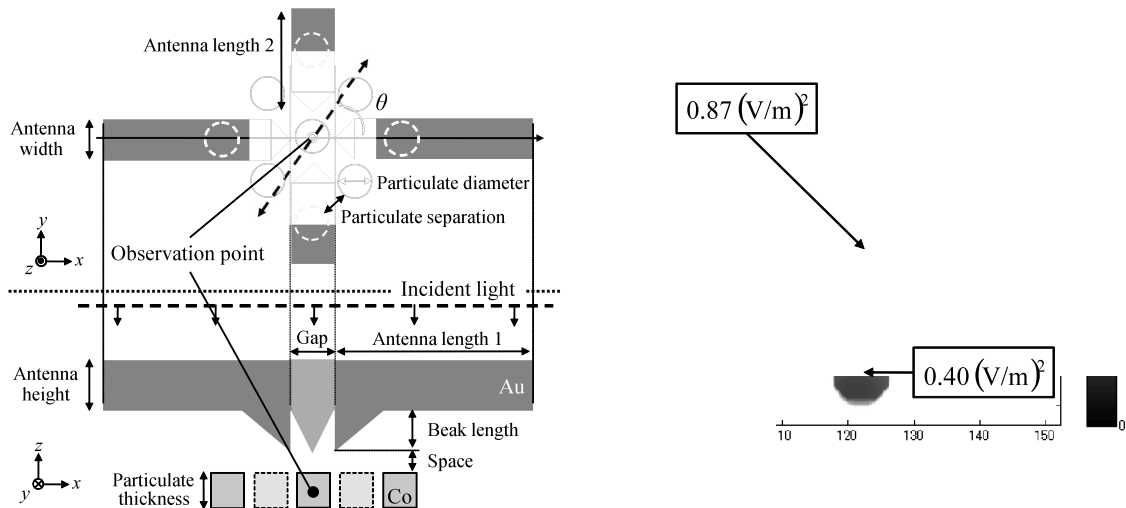


図1：プラズモニックアンテナと粒子媒体の解析

2. 積分方程式法に基づく電磁界時間応答解析

複素周波数領域の積分方程式法に数値逆ラプラス変換法を併用した高速・高精度な電磁界時間応答解析法を開発した。積分方程式法に多重レベルの高速多重極展開法を適用することで、従来法に比べて5倍程度の高速化が可能となる。また、本手法は並列計算に大変優れており、使用する計算機の台数に関わらず並列化効率はほぼ100パーセントとなることを明らかにした。現在、開口型のナノアンテナの設計や、ナノ粒子近傍に置かれたダイポールが電磁界分布に及ぼす影響を検討している。

3. マックスウェル - シュレディンガー混合数値解析

光と物質の相互作用をより詳細に検討するため、FDTD法に基づくマックスウェル-シュレディンガー混合数値解析法を提案した。長さゲージを考慮したアルゴリズムを用いることで、従来法に比べて2倍程度の高速化を実現した。

4. 高精度な電磁波散乱解析

電磁波の規範問題に対する参照解を求めるため、計算機精度と同程度に解析可能なモード整合法を開発している。誘電体球の散乱問題に対して、計算機精度の範囲で厳密界と数値結果が一致することを確認し、使用するモード数に対する計算精度の予測法を提案した。

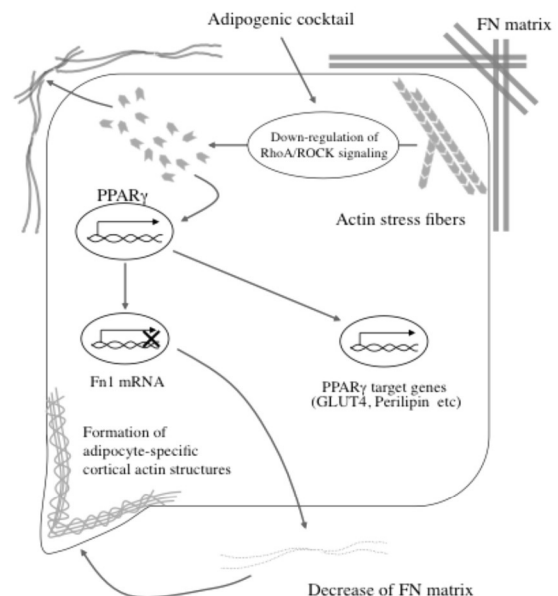
成熟脂肪細胞に由来する多能性前駆細胞 DFAT の移植による 新規の乳癌発症モデルマウスの作製に関する研究

加野浩一郎

医療班

我々は、妊娠時における乳腺組織の発達過程において、脂肪細胞を含む間質が乳腺上皮細胞など実質細胞に分化転換することを明らかにしてきた。また、成熟脂肪細胞由来の多能性前駆細胞 DFAT を乳腺組織に移植すると脂肪細胞などの間質細胞、さらには乳腺上皮細胞や筋上皮細胞など実質細胞に分化することも明らかにしてきた。これらの結果は、成熟した哺乳類の組織において間葉系由来の細胞が外胚葉由来の乳腺上皮細胞および筋上皮細胞へと分化転換することを示している。しかし、乳腺組織の発達過程における乳腺間質細胞が実質細胞へと分化転換する機構は明らかでない。

細胞分化は、種々の転写因子の発現によって直接制御されることが一般的に知られている。他方、細胞は分化に伴ってアクチン細胞骨格を再構築し、それぞれの機能細胞に特徴的な形態へと変化することが知られている。しかし、細胞分化の開始が特異的な転写因子の発現によって起こるのか、あるいは細胞周囲の変化によって惹起されるメカニカルな要因によって起こるのかについては明らかにされていない。本年度の研究では、細胞分化は細胞形態を制御する細胞骨格の再構築によって惹起されるとの仮説を証明することを試みた。本研究では、脂肪細胞分化過程においてアクチン細胞骨格の動態がどのように分化を制御するのかその分子機構を明らかにする目的で行なう。また同時に、アクチンファイバーの崩壊に関わる遺伝子群の中から未だ明らかにされていない脂肪細胞分化の‘引き金’となる因子の同定を試みた。分化誘導前の前駆脂肪細胞は線維芽細胞様の形態を示し、良く発達したストレスファイバーおよび細胞骨格と結合するフィブロネクチンネットワークを構築していた。分化誘導 24 時間後、アクチンファイバーが分解し、それに伴ってフィブロネクチンネットワークが崩壊した。脂肪細胞分化のマスターレギュレーターである PPAR γ 2 の発現は分化誘導 48 時間後に有意に増加した。次いで、アクチンファイバーの分解と PPAR γ 2 発現の関連性を明らかにする目的で、shRNA による RNA 干渉法で PPAR γ 2 発現を抑制した。その結果、PPAR γ 2 の発現を抑制してもアクチンファイバーは分化誘導 24 時間後に起こった。また、ファロイジンで細胞骨格を固定すると、分化誘導後の PPAR γ 2 の発現は抑制された。アクチンファイバーの形成を促進する RhoA を強制発現すると、PPAR γ 2 発現は抑制された。また、RhoA キナーゼ阻害剤である Y-27632 処理すると PPAR γ 2 の発現は復活した。以上の結果から、脂肪細胞の初期分化においてアクチンファイバーの再構築は PPAR γ 2 の発現を制御することが示された。このことは、アクチンファイバーの再構築が脂肪細胞分化を誘発することを示唆している。



原子気体を用いた量子メモリの実現に向けた実験研究

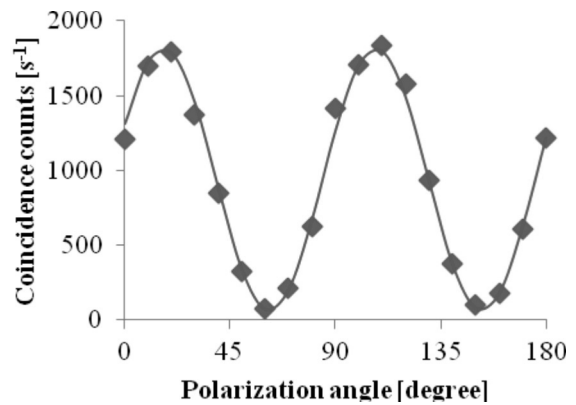
桑本剛

情報（量子情報）班

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・通信に必要不可欠な要素技術である。本研究は、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ことを目的としている。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している。

1. 量子光源の開発 —Rb 原子との共鳴波長（795 nm）をもつ量子もつれ状態生成のための直交偏光光子対源の開発—

波長 795 nm の直交偏光光子対の発生数改善のために、励起光源である波長 397.5 nm のレーザー光の高出力化を行った。このレーザー光は波長 795 nm の励起レーザー光を非線形光学結晶(Type I PPKTP)に入射して第 2 高調波を発生させることにより得る。蝶ネクタイ型共振器を開発することで、波長 397.5 nm レーザー光強度を 2 mW から 6 mW に高強度化できた。



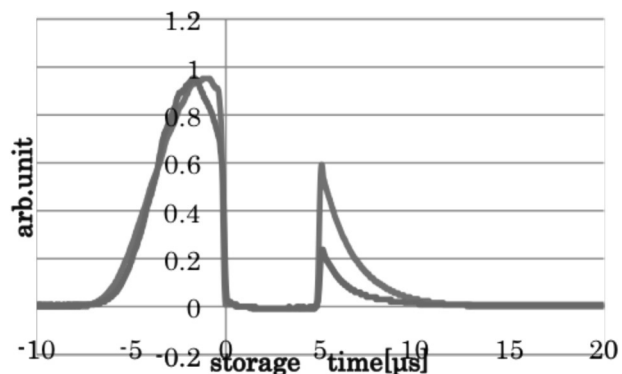
高強度化した波長 397.5 nm レーザー光を Type II PPKTP 結晶に入射させ、自然パラメトリック下方変換により直交偏光光子対を生成した。直交偏光光子対の発生率は蝶ネクタイ型共振器導入前の 3 倍程度であった。直交偏光光子対の量子性を調べるために二光子干渉測定を行った（右図）。量子性の指標であるビジビリティは 93%であり、今後の量子もつれ状態生成に十分な品質をもつ直交偏光光子対を生成できた。今後は直交偏光光子対の原子への保存および量子もつれの生成、原子への保存を目指す。

2. 光保存システムの開発 —電磁誘起透明化を用いた Rb 原子への光保存効率の向上—

量子もつれ状態の原子への保存を目指して、電磁誘起透明化を用いた実験系を構築している。昨年度は、使用している 2 台のレーザーの周波数変動の同期をとるための光位相・周波数同期システムを構築し、レーザー光（古典光）の Rb 原子中への保存時間の改善を行った。本年度は光保存効率の改善を目指し、光位相・周波数同期システムの改良および Rb 原子を封入したガラスセル周辺の磁場抑制を行った。

光位相・周波数同期システムの改良に関しては、使用している半導体レーザーへの注入電流を高速制御するための電流コントローラを製作した。Rb ガラスセル周辺の磁場抑制に関しては、セル温度のコントロールを電熱線から温水によるシステムに変更することで、電熱線に流す電流によって発生していた微小磁場を抑制した。

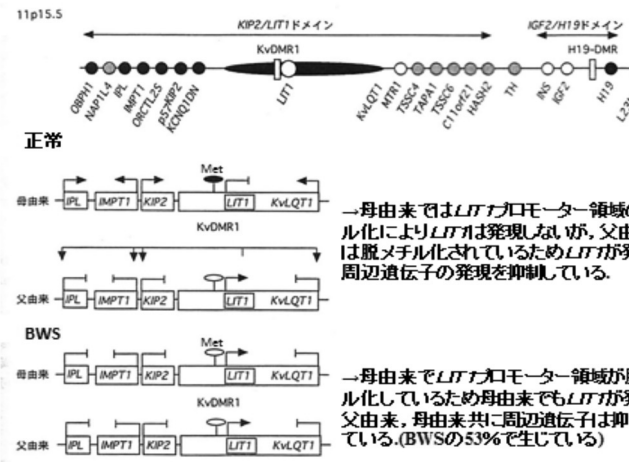
光保存時間 5 ms のときの実験結果を右図に示す。赤線が改良前、青線が改良後の結果である。従来の系に比べレーザー光（古典光）の保存効率を 2 倍に改善できた。



LIT1 遺伝子を標的とした PI ポリアミド (PIP) による 腫瘍抑制遺伝子 $p57^{KIP2}$ の発現および新規抗癌薬剤の検討

植草省汰、越永従道
医療班

Beckwith-Wiedemann 症候群 (以下, BWS) は臍帯脱出、巨舌、巨体を三主徴とする先天性過形成症候群で 5~10% に胎児性腫瘍 (腎芽腫、肝芽腫、膵芽腫) を合併する。染色体 11p15.5 の刷り込み現象調整領域 (KvDMR, H19DMR) の異常 (メチル化異常や欠失, 父型対立遺伝子の獲得など) によって母型片親発現調整遺伝子群の相対的絶対的な発現低下が発生に関与しているとされる。KvDMR 領域では, 母方対立遺伝子の脱メチル化で LIT1 遺伝子が過剰発現し, 腫瘍抑制遺伝子 $p57^{KIP2}$ を含む周辺遺伝子を抑制しているとされる。一方, PI ポリアミド (PIP) は塩基配列を特異的に結合でき, 転写因子の結合配列を標的として設計することで特定の遺伝子の発現を調整できる。今回我々は, LIT1 遺伝子を標的とした PIP を用いてヒト BWS 線維芽細胞株における LIT1 遺伝子の発現を抑制し, $p57^{KIP2}$ 遺伝子の再発現効果を検討した。



日小血会誌 22:139-143,2

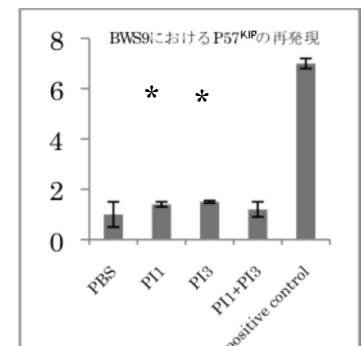
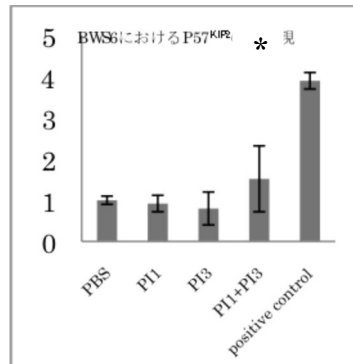
In vitro での検討

ヒト BWS 線維芽細胞株 (BWS6, BWS9) に対して, LIT1 遺伝子プロモーター領域にの CAAT box に結合するよう作成した PIP (h-CCAAT1, h-CCAAT3, 以下 PI1, 3) を投与し 72 時間培養した。回収した細胞より mRNA を抽出し, real time RT-PCR 法にて $p57^{KIP2}$ 遺伝子の発現を検討した。

BWS6 では PI1 と PI3 を同時に投与した群, BWS9 では PI1 および PI3 を単独で投与した群で有意差に $p57^{KIP2}$ 遺伝子の高発現を認めた。

(Mann-Whitney U 検定, N=9, * : P<0.05)

LIT1 遺伝子を標的とした PIP により, 腫瘍抑制遺伝子 $p57^{KIP2}$ の高発現を認め, LIT1 遺伝子の高発現を伴う腫瘍に対する抗腫瘍効果が期待された。今後, PIP を用いて腎芽腫など胎児性腫瘍細胞株に対する $p57^{KIP2}$ 遺伝子の発現およびその抗腫瘍効果について検討する予定である。



共役フェルミ孔の解析によるフント則の起源と高強度超単パルスレーザー光と原子の相互作用

佐甲徳栄

量子理論・計算班

本プロジェクトにおいて最近我々が提案した「共役フェルミ孔」の概念に基づいて、単純な原子における波動関数の内部空間の構造を調べ、フントの第一規則が成り立つ起源を明らかにした。また、光と物質の相互作用の最も基本的な過程である高強度レーザーによる原子のイオン化について、最近 Spring8 で報告された極端紫外自由電子レーザー光による He 原子の非摂動イオンに着目し、この過程を説明する理論モデルの構築を行った。

1. 共役フェルミ孔とフント則の起源

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との関係を規定する「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原子物理の基本法則である。一方、この規則が成り立つ起源については、1929 年のスレーターによる歴史的論文から今日に至るまで、非常に長い間議論が続いているにもかかわらず、未だ統一した見解が得られていない。本研究では、最も基本的な原子であるヘリウム原子を対象として、その二電子波動関数を直接「見る」という方法を取ることによって、この規則が成り立つメカニズムを調べた。内部空間 (r_1, r_2, ϕ) における波動関数の形状を調べた結果、二つの電子が同じスピンの場合に、波動関数の確率密度が必ず零となる領域「共役フェルミ孔」が存在することが初めて見出された。そして、この共役フェルミ孔の存在によって、同じスピンを持つ一重項は三重項状態よりも波動関数が空間的に広がり、その結果エネルギーが増加すること、すなわち、フントの規則が成り立つことが初めて示された (論文 1)。

2. 高強度極端紫外自由電子レーザー光による He 原子の非摂動イオン化過程

高輝度 X 線超短パルスレーザーの発生を目標とする国家プロジェクトとして、近年、理研播磨研究所の SPring-8 において、短波長自由電子レーザー光源の開発が強力に進められている。本研究では、この施設で最近報告された「ヘリウム原子の二光子共鳴イオン化」における興味深いレーザー強度依存性に着目し、その依存性が現れたメカニズムを理論的に解明した。

ヘリウム原子は高強度の極端紫外自由電子レーザー光によって、二つの光子を吸収してイオン化される。各々の光子を吸収する過程は確率的に起こり、レーザー強度 I が増加すればこの確率も線形に増加するため、二光子イオン化確率は、 I^2 の依存性を持つことが予想される。一方、観測された強度依存性は $I^{1.1}$ となっており、予想とは大きく異なる結果を示している。この興味深い強度依存性の起源を明らかにするために、レーザー場中における原子を、光と相互作用する複数の量子準位としてモデル化し、時間依存量子シミュレーションを行った。その結果、イオン化確率 P_{ion} はレーザー強度の大きさに応じて、 $P_{\text{ion}} \propto I^n$; $n \sim 2$ (弱強度), $n < 1$ (中間強度), $n \sim 1$ (高強度), となることが示された。そしてこれらの特徴的な変化は、ラビ振動と呼ばれる準位間の確率密度の振動によって引き起こされることが見出された。すなわち、観測されたヘリウム原子の $I^{1.1}$ 依存性は、レーザー強度 I が高強度の場合に対応し、ラビ振動によるイオン化抑制によって引き起こされることが明らかとなった (論文 2)。

銀アセチリド系化合物のらせんナノ構造

十代健

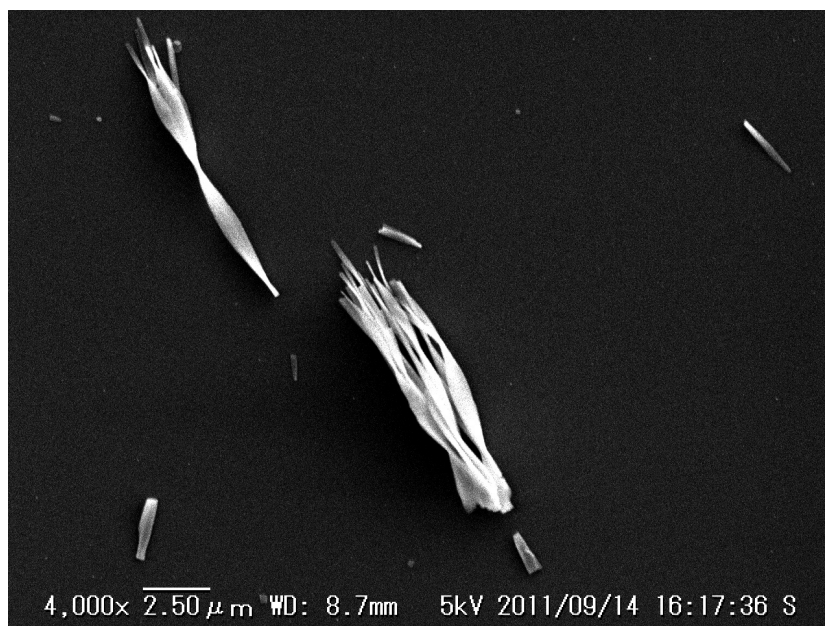
ナノ物質・ナノデバイス班

DNAの二重らせんやタンパク質の α ヘリックスなど生体内では分子が自己組織化により、らせん構造物となり、生体機能をつかさどる例が数多くある。また、化学合成的には、両親媒性ポリマーなど超分子の分野で、分子を精密に合成し、官能基を付加することで、らせん構造物の構築が試みられている。光学活性であるキラルな官能基をポリマーに加えることで、らせん構造を誘起する試みであり、右巻きと左巻きの2種類は、官能基の光学活性部位が自己集合する際に選択されている。本研究は、光学活性中心を持たないアキラルな分子から、光学活性キラルなナノ構造体であるらせん構造構築を試み、らせん構造発現の機構を探求することで、自己組織化などのナノ構造構築手法の礎とすることを目標としている。

銀 *p*-トリルアセチリドは、銀アセチリドに置換基としてトルエンが付加した構造であり、光学活性中心を持たないアキラルな分子である。この銀アセチリドを、ホスフィン錯体の形で溶解させ、各種アルコール類で再結晶させた。図に溶媒としてエタノールを用いて再結晶したときのSEM像を示した。リボン状のナノ物質が軸方向にねじれた構造をとっていることが分かる。ねじれ構造、つまり、一種のらせん構造である光学活性なナノ構造物がアキラルな分子から生成することに成功した。一方、再結晶を2-プロパノールなどの極性の低い溶媒で行った場合は、同様のリボン形状のナノ構造物が観測されるが、対照的に全くねじれていない構造であった。再結晶溶媒を変えることで、ナノ構造物をらせん物質と非らせん物質に制御できたことを意味する。また、光学活性中心を持たない分子が、らせん構造へと結晶成長するメカニズムを、溶媒効果から調べることができると考えられる。

銀アセチリド分子のX線結晶構造解析を行い、まず、分子のパッキング様式を調べることが、らせん構造の発現機構解明に必要な不可欠ではあると考え、現在、取り組んでいる。しかし、現時点で、らせん構造のメカニズムとして、結晶の欠陥が関与しているのではないかと仮説を立てている。エタノールで再結晶した結晶はベルト物質が所々で枝分かれをした構造となっており、結晶の質が良くないと推定される。一方、2-プロパノールなどではリボン物質が非常に長く結晶成長したものも見られ、らせん物質と非らせん物質で結晶の質の違いが観測されている。結晶の質の低下により、具体的な、らせん構造の誘起メカニズムは不明だが、例えば、表面における点欠陥のような分子パッキングの欠損がナノリボン状物質に歪みを生じ、らせん構造になったのではないかと推定している。

この銀アセチリドの研究テーマ以外に、銅アセチリドのナノ物質からは、表面活性の高い銅ナノ粒子を作成し、触媒活性の評価を行う研究も実施している。その成果は国際誌で既に報告している。(論文1)



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

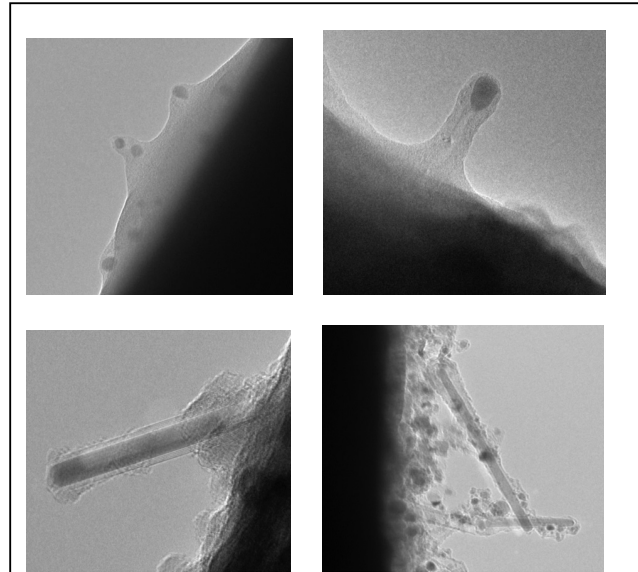
ナノ物質系として、「カーボンナノロッド」、「広バンドギャップ半導体」等を対象として、レーザ・プラズマプロセス, その他独自の手法による物質合成法, 構造作製法を開発する.

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、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, 成長の機構を明らかにすると同時に, 高密度化に成功した。これらの成果を、22nd European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides (4-8 Sep. 2011, Garmisch-Partenkirchen, Germany) で発表した。

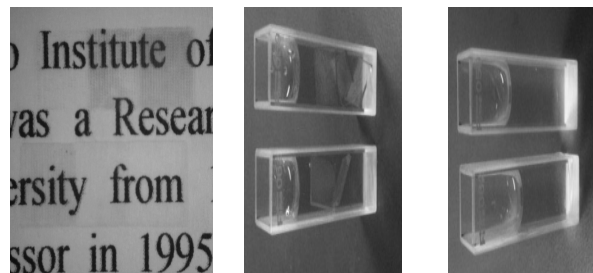
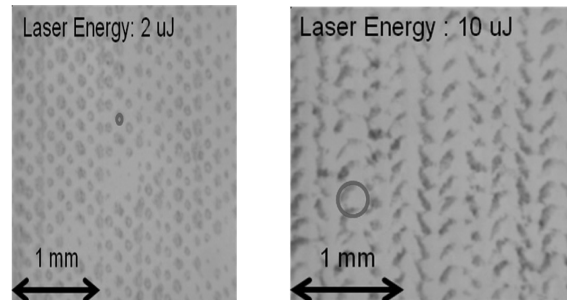
2. 水の光分解による生成と水素・酸素の吸蔵回収を一体で行う複合材料の開発: 歯学部の間、中田、紙本、廣瀬、升谷先生との共同研究で可視光応答型光触媒の研究を行い, 酸化チタン (TiO₂) にランタン (La) とストロンチウム (Sr)・バリウム (Ba)・カルシウム (Ca) 等をドーピングすることにより, 可視光でも水分解反応を示し, 水素発生が確認された。これを軽量で安価な高分子フィルムの上にレーザ誘起前方転写 (LIFT; Laser Induced Forward Transfer) 法で成膜することに成功し, 光触媒反応を確認した。

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: 物理学の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 11th International Conference on Laser Ablation (13-19 Nov. 2011, Playa Del Carmen, Mexico) で発表した。

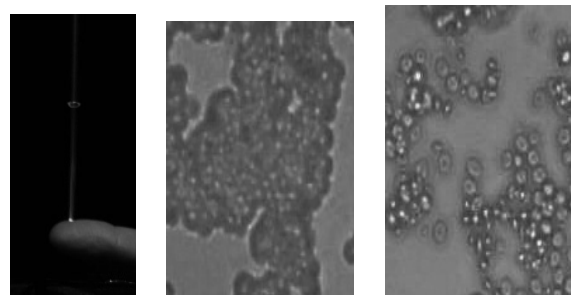
4. 光歪応答性キラル高分子ナノ薄膜の開発: 指でも触れる低温のフレッシュプラズマジェットを用いてバイオポリマー材料の重合ができることから, 物質応用化学科の伊掛先生と高分子の配向制御に関する研究を開始した。また, 歯学部: 間、中田、紙本、廣瀬、升谷先生との共同研究で歯周病細菌の殺菌に関する研究を開始した。



電流値の増加に対する CNT 成長の依存性



高分子フィルム上の透明 LaSrTiO₂ 膜と光触媒反応



フレッシュプラズマと照射前後の菌のメチレンブルー染色

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

2006年にLaFePOが約4Kで、2008年にLaFeAsO_{0.89}F_{0.11}が約26Kで超伝導を示すことが見出された。同2008年にはLaFeAsOと同一の結晶構造を持つSrFeAsFのSrの一部をLaで置換した物質がSr_{0.6}La_{0.4}FeAsFが約26Kで超伝導を示すことが、その後、Laの代わりにSmで置換したSr_{0.5}Sm_{0.5}FeAsFが約56Kで超伝導を示すことが報告された。また、2010年には酸素欠損したLaFeAsO_{0.89}が約28Kで超伝導になるという報告もなされた。一方、我々は鉄系超伝導体の発見以前からLaZnPnO (Pn=P, As, Sb)の物性評価を行っていたが、最近、LaFe_{1-y}Zn_yAsO_{1-x}F_xでは、最高の超伝導転移温度を示すyの値がxの値によって変わるとの報告がなされた。そこで、我々は従来までになかった希土類元素Rで置換したSr_{1-x}R_xFeAsF (R=Pr, Nd)を作成し、その超伝導特性を調べた。また、希土類元素の置換では置換量の増加に伴いSrF₂の不純物が増加することから、不純物相のないSr_{1-x}R_xFeAsFの作成のための前段階、およびF欠損による超伝導発現を目指し、SrFeAsF_{1-x}を作製して物性評価を行った。さらに、LaFe_{1-y}Zn_yAsOの全領域について試料作製を行い、結晶構造について調べた。

1. Sr_{1-x}R_xFeAsF (R=La, Pr, Nd, Sm)の結晶構造と超伝導特性

不純物としてSrF₂を含むもののSr_{1-x}R_xFeAsF (R=La, Pr, Nd, Sm)の合成に成功した。x=0.4の試料における格子定数のR依存性を図1に示す。R=Prの試料の格子定数は他のRと大きく異なる。Prが+3価になっていない可能性がある。超伝導転移温度も他のRと異なる(図2)。今後はより精密な結果を得るための単相試料作製を行う。

2. SrFeAsF_{1-x}の作製と電気伝導特性

全ての試料においてほぼ単相の試料が得られた。欠損量xの増加に伴いX線回折パターンにおける(111)面反射の相対強度は増加したことから、Fが欠損していることがわかった。電気抵抗率の温度依存性を $r(T) = r_0 + AT^n$ で解析した(図3)。他の物質ではnが1~2の範囲に存在する場合に超伝導性を示すが、本系ではx=0.25でn=1.08であったが超伝導性を示していない。今後、詳細に調べる予定である。

3. LaFe_{1-y}Zn_yAsOの結晶構造と電気伝導特性

全率固溶LaFe_{1-y}Zn_yAsOの作製を試みたが、中間組成ではLaFeAsOとLaZnAsOの混晶になった。y≤0.2では単相の試料が得られており、格子定数a,cはいずれもyとともに増加した。今後はy=1近傍での単相領域の確定とともに、単相領域でのF置換を行うことにより、超伝導特性を明らかにする予定である。

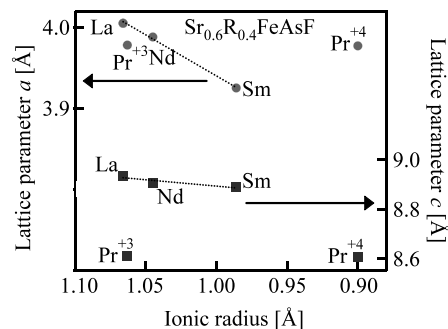


図1 格子定数のR依存性

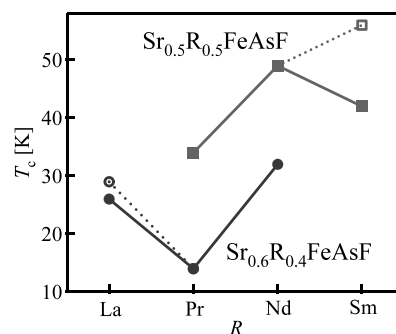


図2 超伝導転移温度のR依存性。

白抜きは文献値

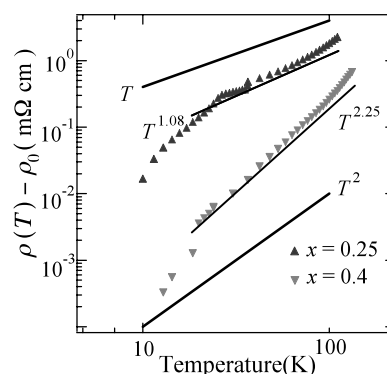


図3 $\log(\rho(T) - \rho_0)$ と $\log T$ の関係

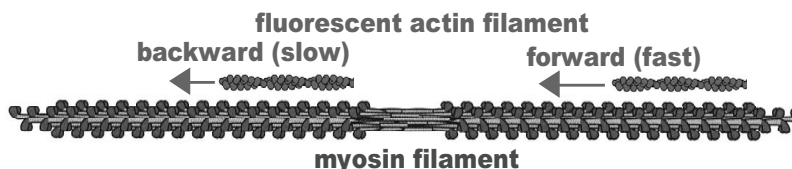
生体分子、生体細胞のイメージング

茶園茂、東條正

ナノ物質、ナノデバイス班

1. 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

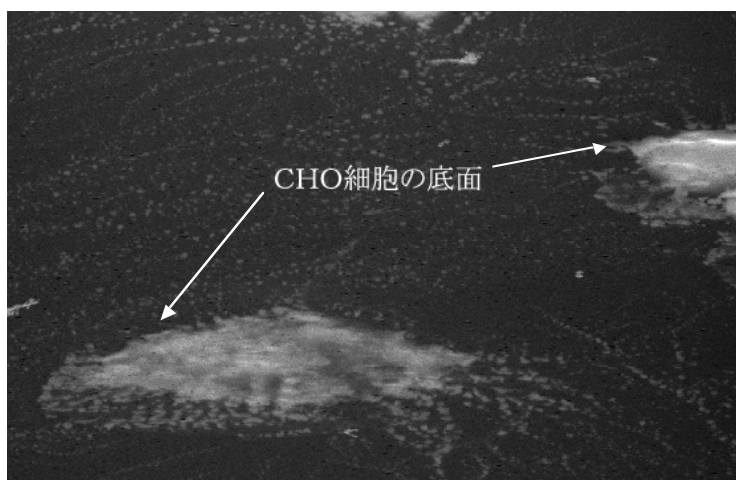


て (forward) は速く滑り、中央から端に向かって (backward) はゆっくり滑ることがわかっている。

我々は滑り速度の温度依存性から forward と backward の活性化エネルギーはそれぞれ 44k kJ/mol, 79 kJ/mol であることを得、この結果から 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しており、ひねられることによって ADP 遊離速度を低下させ、ATP によるミオシンのアクチンからの解離を遅くしているために滑り速度が減少していることを示唆した。(論文 1)。しかしながら、ADP 遊離速度が backward で遅くなっているかどうかは明らかになっていない。本研究ではミオシンに結合した蛍光 ADP を CagedATP の光分解による ATP により chase する実験装置を開発し、chase される速さをイメージングした。結果は forward では速く、backward では遅い蛍光強度の減少を示し、ADP 遊離速度が backward で遅くなっている結果を得た。

2. カーボン隔膜による走査型電子顕微鏡で生きたままの細胞をナノメートルオーダーの空間分解能で観察する技術の開発

電子顕微鏡は電子線を試料に照射して、試料の電子線透過率の違い(透過型電顕の場合)や試料から放出される二次電子や反射電子を検出(走査型電顕の場合)することで像を結んでいる。したがって、電子線が試料へ到達するのを妨げ、二次電子の検出を妨げるような物質が資料周囲に存在しているので観察は困難になる。そのため、電子顕微鏡筐体内は 10-4Pa 以下の高真空が保たれ、試料に対しては水分を樹脂で置換する等、特段の前処理が必要になる。このような条件下では当然、生きている細胞はもちろんのこと酵素活性を保ったタンパク質などを溶液中で観察することはできない。そこで、我々は生きている細胞やタンパク質の溶液中での挙動を電子顕微鏡で観察可能にすることを目的として、カーボンを真空蒸着して作製した厚さ 20 nm の薄膜を高真空環境と大気圧環境の圧力差に耐える隔膜として利用し、その大気圧側表面で細胞を培養し観察することを試みた。図にカーボン隔膜上で培養した細胞を生きているまま走査型電子顕微鏡で観察した像を示す。



10 μm

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 (記憶) 班, 超分子・自己組織班

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強磁性共鳴限界と呼ばれる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験的に実証した. これは, 従来不可能だと考えられてきたもので, 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, このような光と磁気の相互作用を積極的利用し, 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事を目的とする.

1. GdFeCo 金属薄膜における減磁時間の層構成依存性

従来型のナノ秒パルスレーザーを用いた光照射加熱による光磁気記録において, 加熱・冷却過程の時定数は多層媒体構成に起因した熱散逸特性に大きく依存する. これら加熱・冷却特性の速度限界を明らかにする事は, 高速熱アシスト磁気記録において重要な課題の一つである. フェムト秒パルスレーザーは上記熱拡散時定数に比べ非常に短時間の光照射で磁性体を励起することが可能である. 本研究では, 20 nm 厚 GdFeCo 磁性薄膜に対し, 中間誘電体層, 熱拡散金属層の有無等種々の層構成からなる媒体を対象とし, 超短時間レーザー照射誘起超高速減磁現象の層構成依存性につき検討した. レーザー光照射後, 磁気応答の様子から二つの時間領域を見出した. 光照射直後の急峻な階段状減磁過程および, それに続く歳差運動を伴う磁化回復過程である. 図 1 は超短パルス光照射による 20 nm 厚 GdFeCo 磁性膜の超短時間磁化応答を全光型ポンプ・プローブ法により計測した結果である. 磁性層内磁化状態に相当する Kerr 回転角の変化と同時に電子温度の時間変化をモニターするため反射率変化率 DR/R を計測した. DR/R より, 電子温度は図中 t_1 ($Dt \sim 0.5$ ps) で最大となり, t_2 ($Dt \sim 1.1$ ps) で格子温度と平衡状態に至る. 階段状減磁過程はほぼ層構成に依存せず, 時定数は約 100 fs, いずれもサブ ps で準安定状態へ達する事を確認した. この時間スケールは, 強磁性共鳴周期 (例として, 共鳴周波数 1 GHz において周期 1 ns) に比べ非常に短いものである. 一方, 続く数百 ps 時間領域での歳差運動過程においては層構成依存性を生じた (論文 7). 上記現象は, 電子系から格子系への熱 (エネルギー) 拡散時定数よりも短いレーザー光照射により生じた非平衡非断熱過程によると考えられる.

2. 計測システムの改良

試料台に微動機構を導入し, 短パルスレーザー光によるポンピングとプロービング位置の高精度な走査を可能にした.

高速記録過程, すなわち非可逆である磁化反転機構を計測/解明するため, レーザーシステムと同期し, 1 kOe 程度の磁場印加可能な微小コイルとドライブを試作した.

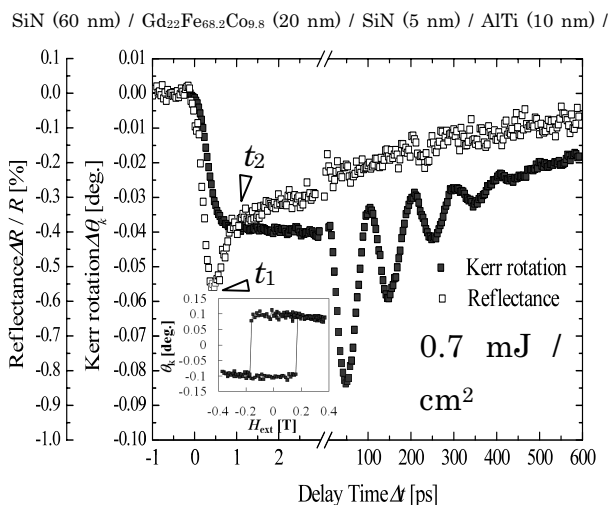


Fig. 1 Time-evolutions of the change of magneto-optical Kerr rotation Dq_k and the normalized change of reflectivity DR/R of 20nm thick $Gd_{22}Fe_{68.2}Co_{9.8}$ alloy films. Inset figures show the magneto-optical Kerr effect hysteresis loops of each sample measured by same time-resolved observation set-up without pump laser.

超高密度超高速記録の基盤研究 -近接場光利用による熱アシスト磁気記録-

中川活二
情報（記憶）班

次世代超高密度磁気記録には、高安定な磁気記録材料の適用と、高安定なために磁界での記録が難しい材料に如何に記録するかがポイントとなる。我々は、熱アシスト磁気記録の手法を適用し、ナノサイズの領域を適切に加熱することで記録を実現する手法に取り組んでいる。局所表面プラズモンを利用した過熱を実現するため、理論・計算班の大貫准教授と協力しつつ適切なプラズモンアンテナ構造を設計し、その加熱条件を明確化するとともに、芦澤助教の協力を得て、記録膜および記録膜上への電子ビーム露光プロセスを用いたナノサイズプラズモンアンテナの実現により記録実験の準備を進めてきた。これらを用いて、塚本専任講師・伊藤教授の協力で、フェムト秒レーザを用いた記録実験のための基礎検討を進めた。

1. 近接場プラズモンアンテナ設計

図 1 に示す近接場プラズモンアンテナを記録媒体上に配置し、フェムト秒レーザ照射による加熱条件を解析した。金電極長手方向に平行に電界を有する直線偏光が金電極表面から照射されたとき、誘起される近接場光のエネルギーピークは電極短に発生するが、時間の経過と共に熱伝導の効果でそのピークはブロードになる。時間経過による影響は、図 2 に示すように、10ps 以下の領域でピーク値の温度が、他の領域に比べて強くなり、これに伴い近接場光による加熱領域の局所化が起こるため、近接場プラズモンアンテナの効果が高い。

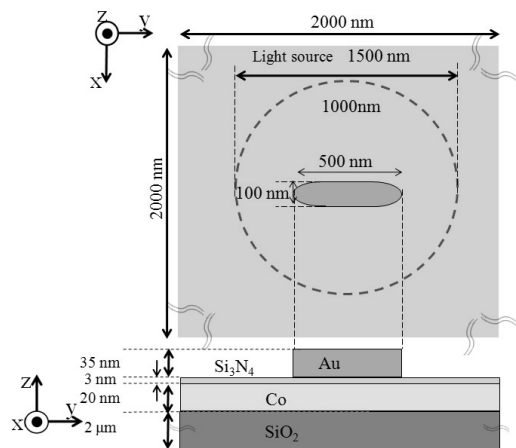


図 1 プラズモンアンテナ構造例

2. 記録媒体と近接場アンテナ加工

CoCrPt 合金磁性媒体を準備し、媒体上にプラズモンアンテナを形成するための電子ビーム露光プロセスを確立した。これにより、50 ミクロン四方に 100 個程度のナノメートルサイズ Au アンテナを形成することを可能とし、このようなセットを複数媒体膜上に形成でき、効率よく記録実験を行うことを可能とした。

予備実験として、長時間パルスレーザでの記録により、記録磁区が形成できることを確認している。

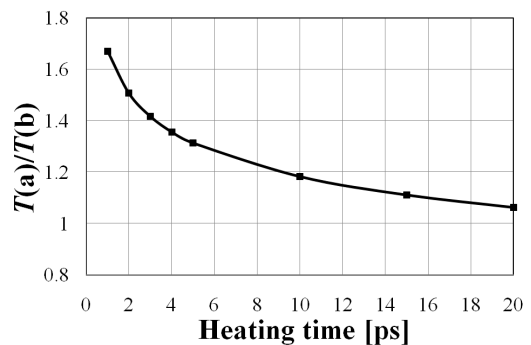


図 2 ピーク温度寄与経過時間特性

3. 近接場プラズモンアンテナと導波路との結合

熱アシスト磁気記録システムでは、磁気ヘッド内にどのようにアンテナを配置するかが重要である。そこで、誘電体導波路からプラズモンアンテナへのエネルギー伝搬効率を高める配置についても検討した。誘電体導波路側面に金属を配置し、その金属を伝搬する表面プラズモンポラリトンにより金属先端部に光エネルギーを伝搬できる。この手法を更に発展し、先端部に円偏光を形成する手法の検討も開始した。

化学、生物学、物理学の融合による新規癌治療戦略

永瀬浩喜

医療班

有機化合物の物質特異性を利用し、生体内で疾患を治療可能にする化学物質を理論に基づきデザインできる系を確立し、さらに簡易に化学物質を合成することを目指している。すなわち有機合成による生物活性を有する化学物質のスクリーニングと臨床応用研究さらにその合成系の確立を目指している。DNA に結合する化合物本研究では、DNA 配列に特異性を持って結合し、転写因子等に競合でき、ヒストン等のクロマチン構造を持つ部分では結合できない、疾患等の治療に使用可能な化学物質の合成を試みている。さらに、放射線を利用した光線力学的療法 Photo Dynamic Therapy (PDT) や放射線増患効果を利用した Photon Activation Therapy (PAT)による新たながん治療法を N.研究プロジェクトの研究者との連携によって検討している。

1. 配列特異的 DNA 二重螺旋の副溝に結合する化合物の医療応用

配列特異的 DNA 二重螺旋認識化合物とヒストン脱アセチル化酵素阻害剤 SAHA との複合化合物を合成し、ある特異性を持ってゲノム上の特定の部位のヒストンアセチル化を誘導することに成功し、京都大学との共同研究により iPS 様の細胞を誘導することに成功し発表した(ChemBioChem 12(18) 2822-2828, 2011.)。また、ポリアミド化合物を環状化した Cyclic PI polyamide の合成系の確立に成功し、京都のグループは Cyclic PI polyamide がより配列特異性が高いことを発表したため、この新たな構造をもつ PI polyamide を今後の研究に用いていくことを検討している。さらなる化学構造の修飾により、より効果的な生物活性を示す化合物の合成を試みる。

2. X 線を用いた光線力学療法のための化合物合成

高強度 X 線やレーザー、重粒子線等の照射技術の進歩により、癌の物理的な治療法は目覚ましい進歩を遂げている。しかし、周囲組織への影響や照射後の長期副作用の問題および治療抵抗性の腫瘍の問題等、いまだがんの根治や治療後の QOL (生活の質) を向上させるには乗り越えなければならない課題が山積する。我々は、光線力学療法 (PDT) や放射線増患効果を利用した Photon Activation Therapy (PAT)による新たながん治療法の開発を試みてきた。Pheophorbide a 化合物が腫瘍に集積し、レーザー照射により活性酸素を誘導し腫瘍細胞死を誘導することはすでに知られている。また同化合物が臨床応用を目指した治験が米国で開始されている。ただし、PDT の欠点の一つが組織透過性であり、このため PDT は、表面の浅い腫瘍のみが治療可能な治療法である。我々はこの化合物にある特殊な条件の放射線を照射することで、腫瘍細胞死を誘導できることを確認した。この事実は、より生体透過性の高い放射線で PDT や PAT が誘導できることを意味し、画期的ながん治療法を導き出す可能性を有する。今後、医学部放射線科、理工学部等との共同研究により、より効果的な放射線 X 線を用いた光線力学療法確立を目指して、不飽和状態が異なるポルフィリン、クロリン、バクテリオクロリン環を利用した新たな化合物の合成を試みると同時に的確な放射線照射法を開発することで新しいがん治療法の開発を試みた。

光アシスト水素吸蔵を中心とする 光エネルギーの化学変換プロセスの開発

西宮伸幸
エネルギー班

天然および人工の光刺激水素解離サイトに水素吸蔵サイトを連結し、光エネルギーを水素エネルギーに変換する技術を開拓した。

1. 光で水を分解する系とカプセル化水素吸蔵合金の組み合わせによる高効率光-化学エネルギー変換

「光で水を分解する系」として光合成細菌 (理工浅田), 「カプセル化水素吸蔵合金」としてテトラエトキシシラン-シリコーンゴム前駆体ブレンド (SSG) でカプセル化した ZrVFe を用い、光分解による水素生成反応の平衡を水素生成側へずらすことに成功した。バイオ水素を吸蔵・回収

することが可能な水素吸蔵合金複合材料は図に示すように爆鳴気中の水素を繰り返し吸蔵することができ、吸蔵後真空中で昇温すると水素を放出する。カプセル化なしの合金は、1 回だけ水素吸蔵できるが、2 回目以降は失活した。これにより、「光で水を分解する系」を人工光合成系へ拡張できる見通しを得た。また、水素貯蔵材料を、合金から CVD 合成単層カーボンナノチューブ、B-C-N クラスター等の新材料へ拡張することができた。

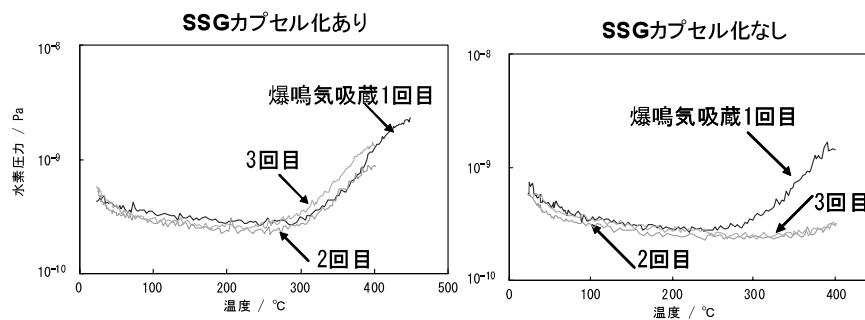


図. 水素の昇温脱離測定によって評価したソフトゾルゲル (SSG) 処理がもたらす ZrVFe の爆鳴気吸蔵の耐久性

2. 光で電子-ホール対を生成する系と水素吸蔵合金の組み合わせによる光充電型水素電池

光触媒 WO_3 の存在下、真空中で ZrMn_2 , Ti-Zr-Fe-Mn などに 352 nm の紫外線を照射すると、吸蔵された水素が安定化されることを見いだした。昇温脱離実験で水素放出温度が高温へシフトすることから確認できる。水素雰囲気中で吸蔵と安定化を同時に達成すれば、ニッケル水素電池のような構成の二次電池における光充電が可能となる。

3. 光で水素を解離させる系と水素吸蔵合金の組み合わせによる安定性可変水素吸蔵

光触媒 WO_3 および助触媒 CuO を LiBH_4 と組み合わせると、光刺激水素放出が起り、光照射後に加熱すると水素放出温度が低温化することがわかった。この効果は照射直後から 3 日ほどは持続するが、1 週間経過すると効果がほぼ消失する。昇温脱離実験と光刺激放出実験を同一の時間経過で行わせて定量した結果、352 nm の光照射は 350 °C 加熱の 5% 程度の水素放出負荷を与えていることがわかった。 NaBH_4 , $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ などの錯体系でも水素解離と水素シンの機能分離が可能である。金属を含まない C-N 系材料でも同様の効果がある。また、C-N 系材料では、蛍光強度の大小と水素吸着の多少との関係を用いて、材料の最適化ができる可能性があることがわかった。

金属、半導体による単一電子・光子物性のデバイス応用

羽柴秀臣

ナノ物質・ナノデバイス班, 情報 (量子情報) 班

本研究では, 量子光通信を実現する微細光導波路回路, 半導体フォトニック結晶による色素増感型太陽電池, 高温動作型 THz 帯単一光子源, 2nm 分子ローターの電極操作の四課題を追求する. TiO_2 フォトニック結晶は東京工業大学 松下祥子先生との共同研究, 2nm 分子ローターの電極操作は理工学部大月穰先生との共同研究である.

1. Si 微細導波路による量子素子の開発

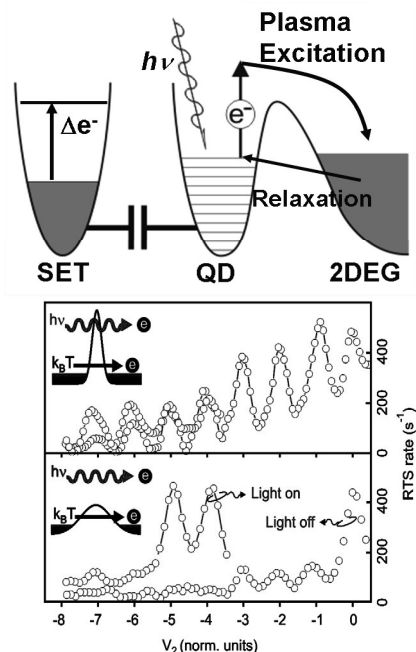
本研究は単一光子源, シリコン(Si)微細導波路, 単一光子測定素子を 1 基板上にパッケージ化させた, 他に類を見ない室温動作光量子理論回路を実現する為に, シリコン基板上的 Si 微細導波路(400nm 幅, 300nm 高)の作成に注力した [Fig. 1]. ICP を用いた CF_4 による Si エッチングでは, サイドウォールのラフネスが 20 nm 以下と低く微細導波路に適している事を明らかにした. しかしながらオーバーエッチングの為に面方位によるエッチングの偏りが見られることは, 今後の追求課題である.

2. 低屈折率アナターゼ化 TiO_2 二次元フォトニック結晶の開発

我々は FTO 基盤に周期的なスクエアエアギャップを持つ TiO_2 薄膜からなるフォトニック結晶の作成に成功した. この結晶は設計上は TE モード時にバンドギャップが波長 630 nm 近傍, 6.9 nm 幅である. TiO_2 薄膜はスパッタ方により製膜され, 製膜後に 250 度程度の焼成によりアナターゼ化する事を見出した. これはレジストマスクを用いた微細加工による低屈折率フォトニック結晶を太陽電池の触媒素子として有用である.

3. 高感度 THz 帯単一光子検出

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. 量子ドットの THz 帯プラズマ励起は量子化抵抗を持つ閉じ込めポテンシャルにより定義されるが, このポテンシャル形状が 2 次元電子系上の熱揺らぎによるトンネル効果を抑制しダークカウントの低下に大きく寄与する事を示した. この時のプラズマ励起頻度がトンネルレートより大きい場合, 励起エネルギーは量子ドット中の電子温度の上昇に寄与しドットは熱浴として働く事を示唆することを示した.



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への白金触媒添加が不要のためローコスト、高温で作動するためにエネルギー変換効率が高い事が知られている。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が狭いことが問題となっている。600℃まで作動温度を低下できれば上記問題は一気に解決することができる。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電極材料を開発することを試みている。特に従来合成法として使用されてきた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。また本年度より燃料電池の出力を決める一因である、数十~数百 nm サイズの電極の空孔が熱処理温度によって制御可能か否かも調査した。

本年度は

1. 新水素イオン導電体 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Y}_y\text{O}_3$ の液相法による合成と導電特性評価
2. 新たな空気極材料 $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ の導電機構解析および空孔サイズ・分布の制御
3. 新たな燃料極材料候補 $\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{FeWO}_6$ の合成と安定性評価

を試みたが本報告では主に 2 について報告する。

燃料電池の空気極には電気伝導が高いこと、電解質材料と高温で化学的・機械的な相互作用が小さいこと、電解質近傍まで酸素ガスを導入するために適度な多孔質であることが要求されている。我々は $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ が高温で高い電気伝導を示し、アルカリ土類金属フリーであるため電解質材料との化学的な相互作用が小さく、熱膨張率が電解質材料と近い値を持つことから空気極材料として有望であることを示してきた。しかしながら空気極材料として実用化可能か否かの評価のためには、焼結密度・比表面積・空孔サイズおよび分布の制御が可能であるか否かの検証が必要であった。

本研究では均質および細かい粒子が作製可能である液相法（ペチーニ法）で合成した $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ 粒子をプレス成型したものを 900-1200℃で熱処理し、焼結特性を調査した。焼結体の評価には体積・質量測定から密度を算出するばかりでなく、窒素ガス吸着法を用いた比表面積・空孔サイズおよび分布の測定も用いた。

Fig. 1 に作製した $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ 焼結体の細孔サイズの面積分布を示す。焼結温度 900℃では 250nm 付近と 2nm 付近にピークが見られ、ポーラスかつ細孔サイズが比較的均一であることがわかる。しかしながら本試料の空孔率は約 48%と一般に最適と言われている 30%より高い。焼結温度を 1000℃, 1100℃と高くすると空孔率は 38%, 28%と低下、最適な焼結体合成には 1050℃付近での熱処理が良いとの結論が得られた。1000℃, 1100℃の焼結で得られた試料の細孔サイズの面積分布は、Fig. 1 に示す通り細孔容積は少なくなるものの 250nm 付近にピークを示しており、1100℃程度で焼結させても酸素ガスが電解質近傍へ拡散していくのに十分なスペースが確保されているものと考えられる。

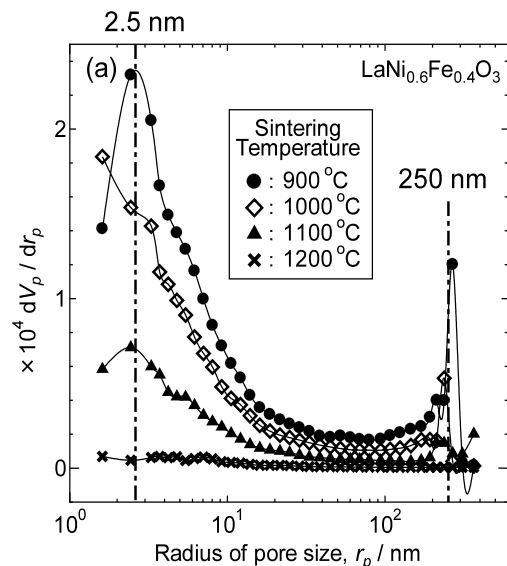


Fig. 1 Pore size distribution of $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ ceramics sintered at 900-1200 °C.

ゲノム化学に基づく PI ポリアミドの創薬開発

福田昇, 齋藤孝輔, 五十嵐潤

医療班

DNA 認識低分子有機化合物 PI ポリアミドの創薬開発として、ヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの実際の薬剤として開発を目的にリード化合物の決定し、ヒトゲノムに近いマーモセットでの前臨床試験の準備を行ってきた。またヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドを用いた日本大学オリジナルの iPS 細胞誘導の開発を行った。

I. ヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドのリードの決定実験

ヒト TGF- β 1 遺伝子転写調節領域に設計した、7つの PI ポリアミドの中で GB1101, GB1105, GB1106 のヒト血管平滑筋細胞での PMA 刺激に対する TGF- β 1 mRNA の発現に対する作用を比較検討し、GB1105, GB1106 に濃度依存性のある TGF- β 1 mRNA 発現抑制を認めた。またヒト線維芽細胞では GB1105 に最も強い効果を認めた。

II. ヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの軟膏化

PI ポリアミドの安全な創薬開発として局所投与が出来る皮膚肥厚性癬痕へ TGF- β 1 に対する PI ポリアミドを軟膏化する準備段階として、有効成分である PI ポリアミドを水性基剤と水溶性基剤と組み合わせを、医学部附属板橋病院薬剤部製剤室で行い、調合しサンプルを作製を開始した。

III. コモンマーモセットを用いた PI ポリアミドの創薬開発

PI ポリアミドの創薬開発としてヒトゲノムに近い霊長類での前臨床試験が必須であり小型で繁殖力のあるコモンマーモセットでのヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの前臨床試験の準備として、

1. 実験動物中央研究所とマーモセット実験施設として契約行った。
2. マーモセットおよびヒトゲノムにおける TGF- β 1 プロモータ配列の相同性を確認した。
3. マーモセット由来線維芽細胞におけるヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの効果

マーモセット由来線維芽細胞を実験動物中央研究所から供与を受け、アンジオテンシン II 刺激による TGF- β 1 mRNA 発現上昇に対し、ヒト TGF- β 1 に対する PI ポリアミドの抑制効果を認めた。

IV. TGF- β 特異的 PI ポリアミドを用いた iPS 細胞誘導効率改善の検討

1. レトロウイルスベクターを用いたヒト iPS 細胞誘導時に初期化因子とともに、もしくはフィーダー細胞にリシードした時に (iPS 誘導培地添加時に) TGF- β 1 阻害剤、TGF- β 1 特異的 PI ポリアミド、Apigenin、TGF- β 1 阻害剤と Apigenin、TGF- β 1 特異的 PI ポリアミドと Apigenin を導入し、それぞれを用いた時の iPS 細胞の誘導効率を検討した。
2. 作成できたヒト iPS 細胞のコロニー数、誘導期間等を考慮して、導入する初期化因子を選出した。そして現在舩廣らが開発している、細胞膜透過性のある MTM、タンパク質分解耐性のある Stabirlon というタンパクをコードした DNA で構築されたプラスミドベクターを使用した初期化因子のタンパク質発現系を用いて、選出した初期化因子をレトロウイルスベクターではなく、その精製したモチーフを融合した初期化因子 (5 の結果より選出) のタンパク質を直接細胞に添加して、3 の結果を考慮した TGF- β 1 特異的 PI ポリアミドによる iPS 誘導効率を検討した。

藤川和男

量子理論・計算班

今年度も、理論物理の基礎的な研究を続けた。まず、過去からの連続としての素粒子物理とか物理学における基本的な対称性の研究に関しては、以下の 2 編の論文を書いた。ここで CPT 対称性とは、粒子には必ず反粒子が存在し、しかも質量が等しいというものです。これが、破れている例があるというのが、以下の第 2 論文の新しい指摘です。

素粒子関係：

1. K. Fujikawa, "Remark on the subtractive renormalization of quadratically divergent scalar mass". Phys. Rev. D83 (2011) 105012.
2. M. Chaichian, K. Fujikawa and A. Tureanu, "Lorentz invariant CPT violation: Particle and antiparticle mass splitting" (投稿中)

量子物理学に関しては、量子力学の隠れた変数の理論というものを考察した。これは、量子力学にわれわれが認識していない隠れた変数があれば、量子力学のいろいろな奇妙な性質が古典力学と同じ実在論決定論の枠組みで理解できるというものです。

これに、関係した以下の 2 編の論文を書いた。

量子物理学関係：

1. K. Fujikawa, "Quantum discord and noncontextual hidden variables models" (投稿中)
2. K. Fujikawa, "Does CHSH inequality test the models of local hidden variables in quantum mechanics?" (投稿中)

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, 高橋悟, 阿部修, 相馬正義

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・治療法開発の一環として、ヨウ素導入ポルフィリン化合物を用いた癌の放射線治療法の開発を行っている。

光線力学療法(PDT : Photo-Dynamic Therapy)は、腫瘍親和性光感受性物質を全身または局所投与後、癌組織に特定波長のレーザー光を照射し、光化学反応を引き起こし、癌細胞を死滅させる治療法である。Porphyrin がレーザー光により励起され光化学反応を起こし、発生した活性酸素により細胞死を誘導する。多くの porphyrin 化合物は LDL 受容体を介して細胞に取り込まれるが、癌細胞においては正常細胞よりも LDL 受容体の発現量が多い事、また癌組織においてはリンパ系組織が未発達もしくは欠如している事から、癌組織特異的に蓄積すると考えられる。

PDT はレーザー光を用いた治療であるため、正常部位への侵襲が少ないという利点を持つ反面、Porphyrin 化合物の吸収帯波長のレーザー光が深部に到達せず、表層部から遠い位置にある腫瘍には有効ではないという限界もある。従って現在のところ早期肺癌、表層性食道癌、子宮頸部初期癌など、一部の癌に限って適用されている。

我々は PDT 効果が確かめられている HPPH (3-(1'-hexyloxyethyl)-3-devinylpyropheophorbide-a) 誘導体である 531³⁾および類似化合物 717、Gd-HPPH (図 1) について、放射線増感作用の有無を検討してきた。531 は HPPH-I²⁴を合成する過程で生じる化合物であり、分子中に非放射性のヨード(I)を持つ。Gd-HPPH は 531 のヨードをガドリニウム (Gd) に置換したものであり、717 は水溶性を上げるために 531 のメトキシ基(OCH₃)を水酸基(OH)に置換したものである。I および Gd はいずれも X 線吸収性を示し、放射線造影剤に含有されるため、細胞に対して放射線増感作用を示す事が期待できた。そこでヒト膀胱癌、乳癌、骨肉腫細胞株に 531、717、HPPH-Gd を投与し X 線を照射したところ、717 を投与した群においてのみ、通常細胞死をほとんど引き起こさない 2Gy 以下の X 線照射によって細胞死が誘導された(図 2)。どの細胞においても 531 および HPPH-Gd には効果が見られず、I や Gd の放射線吸収能とは関係しないメカニズムで HPPH 誘導体が放射線増感効果を発揮している可能性が考えられた。細胞分画および蛍光顕微鏡を用いた観察から、これらの HPPH 誘導体は主にミトコンドリア、ゴルジ体に蓄積している事が確認された。また細胞死の様式はアポトーシスであることが確認出来ている。

X 線は細胞内の水分子に衝突して発生した活性酸素により DNA 二本鎖切断を惹起する事で細胞死を誘導するが、HPPH 誘導体が核に局在しないなら、いかに放射線の効果を増強するのか、核外の HPPH 誘導体が二本鎖切断に影響を与え得るのか等、その作用機序は全く不明である。DNA の 2 本鎖切断の程度が、増感効果により上昇するのか否かの検討。活性酸素の発生が変化するか否か、またその種類について検討している。

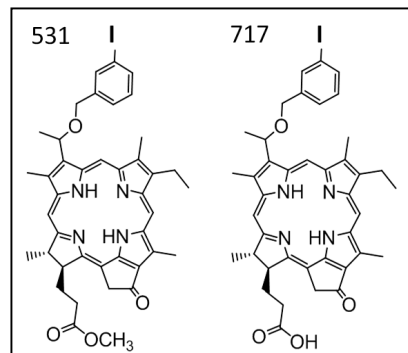


図 1 HPPH 誘導体 531、717 の構造

HPPH-Gd は 531 の I を Gd に置換した構造である。

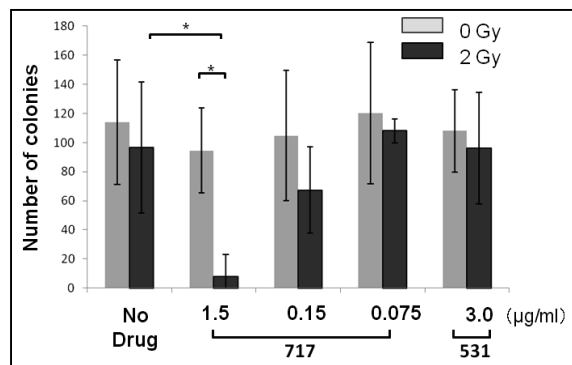


図 2 717 による放射線増感効果

骨肉腫細胞株 MG63 に HPPH 誘導体を投与し、24 時間後に放射線を投与した。10 日後の細胞のコロニー形成能を示した。HPPH-Gd は 531 とほぼ同様の結果であった。

タンパク質分解を阻害する DP-1 Stabilon モチーフの iPS 誘導因子への応用

舩廣善和

医療班

iPS 細胞は日本で開発された細胞であり、将来再生医療の細胞源となる可能性を秘めている。しかし、実際に iPS 細胞が再生医療に応用されるためには、iPS のクオリティーコントロールが重要である。本研究では、遺伝子変異がない方法としてタンパク質を用いた iPS 産生法の構築を試みる。旧来の細胞膜透過性タンパク質を用いた方法は、煩雑で産生効率も低いことから、本研究では、N. 研究プロジェクトの研究者との連携によって、分解耐性型細胞膜透過性タンパク質や試薬のみでの産生法確立を検討している。

1. DP-1 Stabilon モチーフの iPS 誘導因子への応用

iPS 細胞を誘導するためには Yamanaka 因子と呼ばれる転写因子 (Oct4, Sox2, Klf4, cMyc) が必要である。しかし、cMyc を用いる iPS 細胞を移植したマウスでの癌化度が高くなることが報告されている。最近、cMyc を用いなくても Glis1 という転写因子が iPS 産生効率を上昇させることが報告された。そこで我々は、Oct4, Sox2, Klf4, Glis1 の 4 因子の細胞膜透過性タンパク質による遺伝的に安全な iPS 誘導を考えた。

また、本研究室では従来の研究において、タンパク質の安定化を上昇させる DP-1 Stabilon モチーフを発見していた(論文 2)。この Stabilon を Yamanaka 4 因子および Glis1 の N 末および C 末端に融合し、これらタンパク質の安定化が可能か否かを調べた。その結果、HEK 293 細胞にタンパク質を強制発現し、発現量をウェスタンブロット法で解析したところ、Glis1, Oct4, Sox2, Klf4 とともに Stabilon 融合で安定化が見られた。N 末、C 末の融合では分子種によって有効性は異なった。

2. DP-1 Stabilon モチーフのタンパク質分解耐性機構の機能解明

DP-1 Stabilon が何故タンパク質の安定化を可能にするのか、そのメカニズムは不明である。可能性としては、タンパク質の分解耐性、翻訳効率の亢進、細胞内局在の亢進等が考えられた。今回 Stabilon が有効に機能した分子ではユビキチンプロテアソーム系で分解される分子が多かった。そこで、シクロヘキシミドを用いた Pulse chase アッセイにより、Stabilon がタンパク質の分解耐性を保持するかを調べた。その結果、Stabilon なしでは早期に分解が進んだが、Stabilon ありではゆっくり分解が進んだ。よって、Stabilon の機能がタンパク質分解の耐性である可能性が高くなった。次にユビキチン化度について調べたが、Stabilon の有無で同程度であった。次に、プロテアソーム分解に対する耐性を in vitro プロテアソームアッセイにより調べた。その結果、Stabilon なしでは 6 時間で完全に分解したが、Stabilon ありではほとんど分解しなかった。よって、Stabilon の機能はプロテアソームによる分解の耐性であると考えられた。次に、各種プロテアーゼに対する耐性も調べてみた。その結果、キモトリプシン様のセリンプロテアーゼに対しても耐性を保持していた。プロテアソームはカスパーゼ様、トリプシン様、キモトリプシン様の活性を持つことから、Stabilon の機能はプロテアソーム中のキモトリプシン様活性に対する耐性である可能性も考えられる。その他、プロテアソームとの相互作用やときほぐし作用への影響等も考えられることから、現在この機構を詳細に検討中である。

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、2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デバイス作製(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

色素増感型太陽電池を構成する酸化チタンの特性としては種々あるが、中でも着目されているのがフォトニック結晶としての用途である。本研究では、酸化チタンをフォトニック結晶に加工し、色素の発光閉じ込めにより光電変換効率が向上するかどうかを検討している。近年、発表者のグループにより、ルチル型酸化チタン(屈折率 $n=2.9$)および電解質であるアセトニトリル($n=1.35$)より構成される FPBG (フルフォトニックバンドギャップ) 構造体が発見された[1]。本研究ではこのような構造体を実際に作製するため、反応性イオンエッチング(RIE)により酸化チタン単結晶の微細加工を試みた。本研究に関して、理工学部羽柴先生と打ち合わせおよび測定を行った。

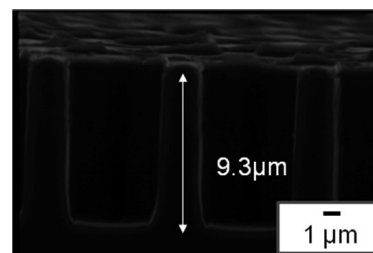


Fig. 1. SEM image of the TiO_2 periodic structure fabricated by SF_6 -RIE.

2. 微粒子自己集積体による光学デバイス作製

貴金属微粒子や微構造体は局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を示し、光情報分野から分析分野までさまざまな分野への応用が考えられる。LSPRは構造体のサイズや形状に大きく依存し、構造を操作することによってその特性を制御することが可能であることが知られている。偏光制御まで考慮に入れると、球状粒子に対してとげが平面的・対称的に配置している構造体は大きなメリットを持つと考えられる。本研究では微粒子の2次元自己集積技術を用いることによって、とげが平面的・対照的に配列した構造体が作製できないかと考えた。

熱処理およびエッチングにともなう構造の変化をFig. 2に示す。単層に自己集積させた粒子配列に対して熱処理をほどこすことによって架橋が得られた(a)。さらにこれに対してHFエッチングをほどこすと、時間の経過にともなって粒子自身がエッチングされるとともに架橋が徐々に細くなっていき、最終的に架橋が分離した(d)。得られた構造体は自己集積体の6方配列を反映する規則的に配置した突起構造を有することがわかった。構造体のサイズはその計が120 nmで6つの突起の平均長が22 nmであった。

続いて、得られた構造体の表面プラズモン共鳴挙動を評価した。突起構造配列と球状粒子配列のピーク位置を比較すると、全域にわたって前者のピーク位置が短波長側に位置した。このことは突起構造の有する先鋭成分の効果によると考えられる。

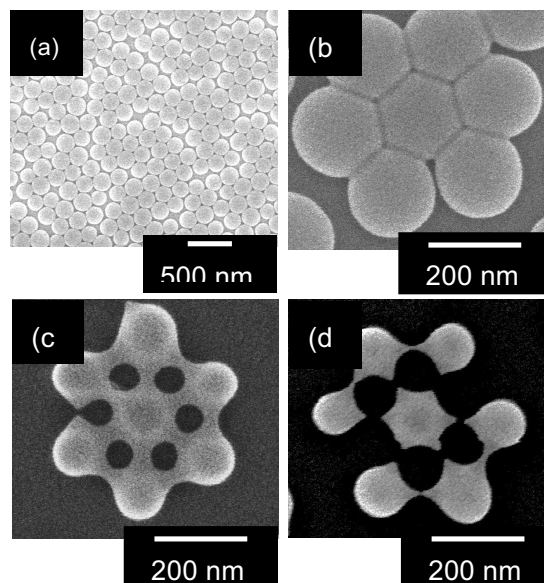


Fig. 2. Scanning electron microscopic images of the two-dimensional colloidal crystal (a), and the structures after HF treatment (b, c, d). The treatment time was increased from b to d.

光線力学治療化合物の薬物体内動態/薬効解析

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. 新規化合物 CT101019a の体内動態解析

腫瘍親和性および放射線増感作用を期待し大月班により合成された新規化合物 CT101019a (Fig. 1) の高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による血漿中濃度測定系を確立し、ラットにおける体内動態を検討した。カラムは TOSOH TSK-GEL ODS-80 (4.6 mm × 150 mm) を用いた。移動相はリン酸ナトリウム溶液 (pH 2.7) およびアセトニトリルによるグラジエント溶出とし、蛍光検出器 (励起波長, 412 nm; 蛍光波長, 644 nm) により検出した。流速は 1.3 ml/min とした。新規化合物 CT101019a をラットに静脈内投与し、経時的に採血した血漿試料中 CT101019a 濃度を HPLC により測定した。腫瘍親和性光感受性薬物タラポルフィン (Fig. 2) は、半減期が長いことにより、光線力学療法施行後の生活が長期間において著しく制限され、患者の quality of life 低下の一因となっている。測定した血漿中 CT101019a 濃度推移より算出したラットにおける半減期は、タラポルフィンに比べ短く (Fig. 3), CT101019a の有用性が示唆された。

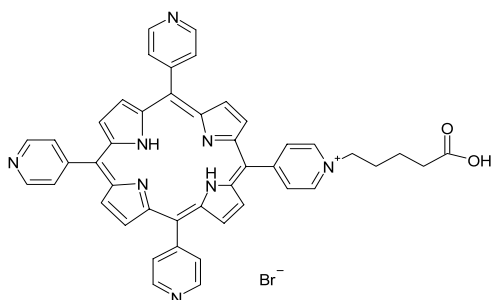


Fig. 1. Chemical structure of CT101019a.

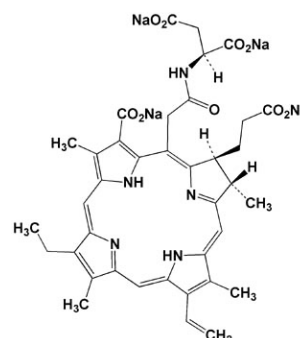


Fig. 2 Chemical structure of talaporfin

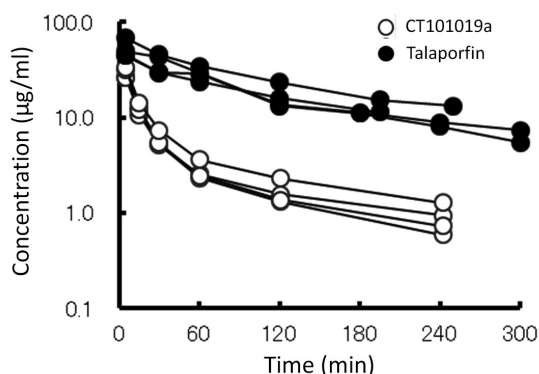


Fig. 3. Plasma concentration-time curves.

中空層にひし形誘電体構造をもつ誘電体導波路による 伝搬特性とエネルギー分布

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、ホトニック結晶導波路において、導波路外に欠陥構造を設け、この欠陥構造内に電磁エネルギーを多く取り込めるための、制御用として誘電体を導波路内に設けることを提案し、導波路内の電磁界分布を解析することにより、制御用としての最適誘電体形状を入射偏波も考慮して検討した。

●本年度の成果

本研究では、図 1 のように、中空導波路外に欠陥構造を設け、この欠陥構造内に電磁エネルギーを多く取り込めるための、制御用としてひし形誘電体を導波路内に設け、伝搬定数の解析にはフーリエ級数展開法と多層分割法を用い、この伝搬を用いて導波路内の電磁界分布を解析することにより、制御用としての最適誘電体形状を入射偏波も考慮して検討した結果、ひし形形状がエネルギー閉じ込め構造として最適であることが分かった。

具体的に図 3(a) は図 2 のひし形状誘電体格子の誘電率を $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 2$, $p/\lambda = 0.4083$ の TE mode で励振したエネルギー分布の結果で、図 3(b) は $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 3$, $p/\lambda = 0.407$ の TM mode モードで励振した場合のエネルギー分布の結果である。図 4(a) は TM mode で、 $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 2$, $p/\lambda = 0.4545$ で励振した結果、図 4(b) は $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 3$, $p/\lambda = 0.454$ で励振した結果である。図 3 と図 4 よりひし形状の場合、次の事がわかる。

- (1) TE mode の場合；誘電体三角柱（形状(A)）のエネルギー分布と比較すると、外側への放射が軽減されており、欠陥領域においても全体的に強く現れている。
- (2) TM mode の場合；誘電体三角柱（形状(A)）と比較すると欠陥領域への閉じこめが強く現れている。

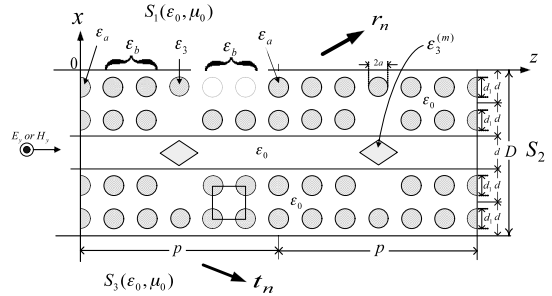


図 1 中間層にひし形誘電体構造を持つ誘電体導波路の構造と座標系

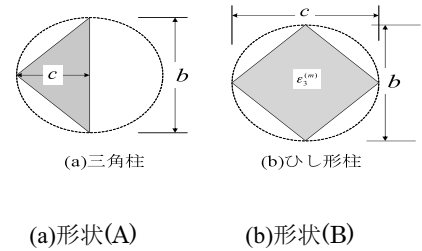


図 2. 中間層の誘電体構造

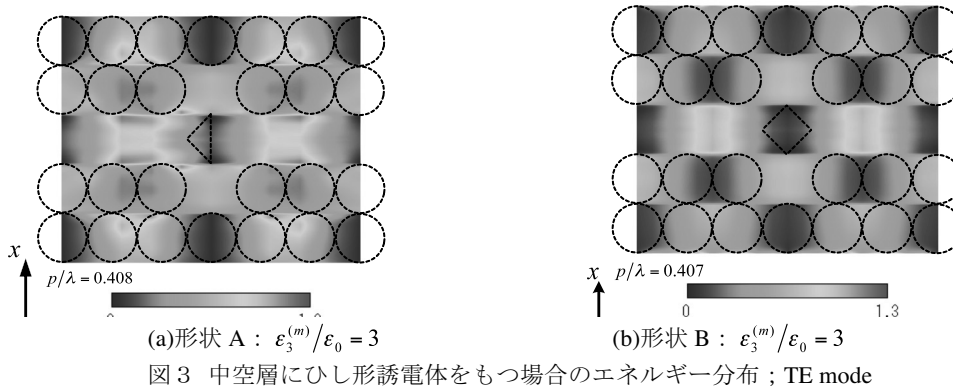


図 3 中空層にひし形誘電体をもつ場合のエネルギー分布；TE mode

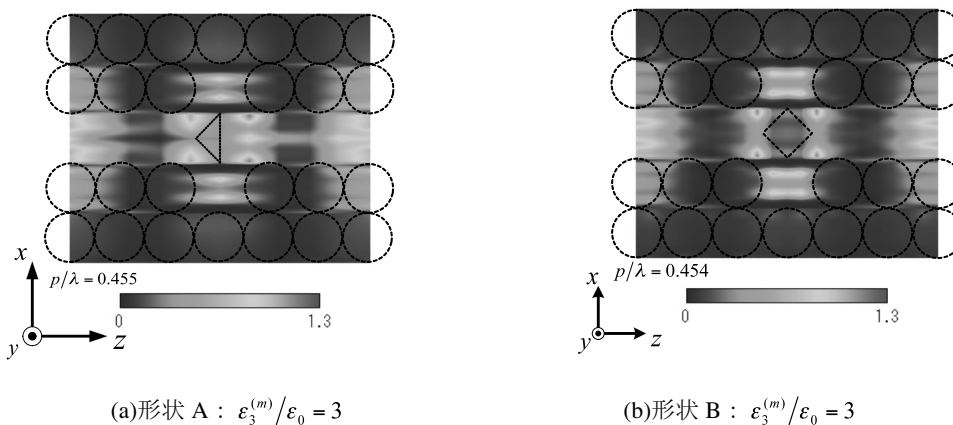


図 4 中空層にひし形誘電体柱をもつ場合のエネルギー分布；TM mode

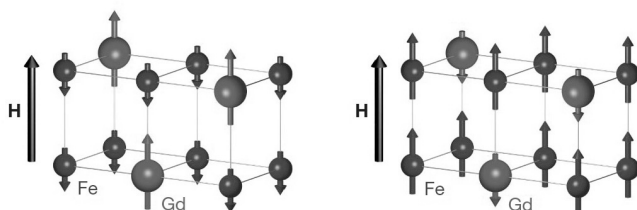
Toward a Healthy Future

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

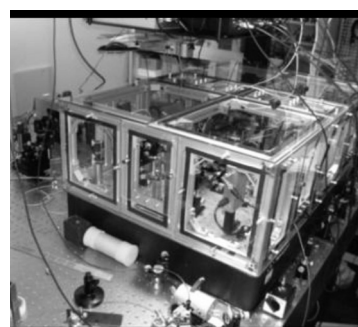
The purpose of our project is to contribute to find solutions for three big issues — (1) cancer, which accounts for a third of deaths in Japan, (2) shortage of fossil fuel and increase in the atmospheric CO₂ concentration, and (3) dire need of massive and secure information processing — for a healthy future comes true. Despite the apparent diversity of these issues, views from nanoscience and nanotechnologies may allow a common approach from different but relevant fields. Our approach to these issues is on the basis of nanomaterials, particularly from the viewpoints 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 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 led to the successful awarding of the Strategic Information and Communications R&D Promotion Program (SCOPE) funded by the Ministry of Internal Affairs and Communications.

The research in the information technologies and related science have continued to develop in the third year. The highest rate (24 kbit/s) and the longest distance (100 km) quantum information transfer were achieved using the highest-rate single-photon detector and the most sensitive photon-number resolving detector, which were developed by Inoue and co-workers (Inoue et al., *Phys. Rev. Lett.* 2011, 106 250503). These works were covered in technology-related newspapers and publications. Behaviors of spins in a magnetic material in a femto second regime were revealed for the first time (Tsukamoto, Itoh et al. *Nature* 2011, 472, 205). Yet another new result has just been accepted for publication in *Nature Communications*.



Nature **2011**, 472, 205.



Quantum receiver

In the energy area, greener alternatives are being researched that maximizing the use of solar energy as an energy source and hydrogen as an energy storage material. A unique finding is that placing a

hydrogen-storage alloy in a container in which cyanobacteria is producing hydrogen is a method not only for efficiently collecting hydrogen produced; but also the amount of hydrogen produced increases (Patent Application, 2011-124597). Solid oxide fuel cell consists of three phases: fuel electrode, electrolyte, and air electrode. The optimized material for each of these phases has been developed: a material for the fuel electrode, which is stable under high temperatures and reductive conditions, a material as the electrolyte with a high proton conductivity and excellent sintering characteristics, and an electrolyte material with a large surface area and a suitable porosity (The best presentation award was given to Sugimoto from the Ceramic Society of Japan). We are now ready to construct a model fuel cell using these materials.

In the medical area, our research on pyrrole-imidazole polyamides, a class of synthetic compounds that can be tailor made to selectively recognize the base sequence in DNA, cover over a whole range from the synthesis and chemical characterization to *in vitro* and *in vivo* studies. Exemplary results obtained this year are (1) an efficient synthesis of cyclic PI polyamides, (2) efficient suppression of p57KIP2 gene in relation to peripatetic cancer, (3) lead polyamides selected for inhibition of TGF- β 1, (4) conjugate between SAHA, a HDAC inhibitor, and PI polyamides for targeting specific subsets of genes in cancer. Research environments are being strengthened to further the researches into practical drugs. Collaboration agreements were made with the pharmaceutical department of Itahashi Hospital for the preparation of ointments of PI polyamides as well as with the Central Institute for Experimental Animals for the application of PI polyamides on marmosets.

Another interesting finding is that some derivatives of sensitizing compounds used in PDT are effective not only with visible light irradiation but also with X-ray irradiation. This is a finding that would potentially widen the scope of PDT, which currently limited to tumors close to the body surface due to the limited transmittance of visible light through body tissue.

A paper by Matsumoto et al. was selected as the paper of the year by The Japanese Journal of Therapeutic Drug Monitoring.

Training younger generation researchers is another important objective of our project. Nine post-doctoral fellows and 3 research assistants are working with financial support from the Project. Good news is that 4 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. Developments made in the field of quantum information technology were covered in Japanese industry papers and magazines. For publication within the university, three review articles by member researchers were published in a University journal and are now available free on line in J-Stage (see Topics in our website).

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

Joe Otsuki, Principal Investigator, January 25, 2012.

Researchers

Katsumi ABE	SM	Medical, 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	Medical, Sep-10-
Noboru FUKUDA	SM	Medical*
Hideomi HASHIBA	CST	Information(QI); Nanomaterials and Nanodevices
Takuya HASHIMOTO	CHS	Energy*, Nanomaterials and Nanodevices
Hiroki IKAKE	CST	Supramolecules and Self-Assembly*
Shuichiro INOUE	CST	Information(Quantum Information)*
Hiroshi ISHIDA	CHS	Quantum Theory and Computation
Akiyoshi ITOH	CST	Information(Storage);Supramolecules and Self-Assembly
Nobuyuki IWATA	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Ken JUDAI	CHS	Nanomaterials and Nanodevices
Koichiro KANO	CBS	Medical
Tsugumichi KOSHINAGA	SM	Medical, Sep-09–
Takeshi KUWAMOTO	CST	Information(Quantum Information)
Yoshikazu MASUHIRO	CBS	Medical, Mar-11–
Yoshiaki MATSUMOTO	CP	Medical
Sachiko MATSUSHITA	TITEC	Energy; Supramolecules and Self-Assembly
Shosuke MOCHIZUKI	CHS	Nanomaterials and Nanodevices
Hiroki NAGASE	Chiba Cancer Center	Medical
Katsuji NAKAGAWA	CST	Information(Storage) *
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*
Masayoshi SOMA	SM	Medical
Kaoru SUZUKI	CST	Nanomaterials and Nanodevices*
Satoru TAKAHASHI	SM	Medical
Yoshiki TAKANO	CST	Nanomaterials and Nanodevices
Arata TSUKAMOTO	CST	Information(Storage) ; Supramolecules and Self-Assembly
Tsuneki YAMASAKI	CST	Quantum Theory and Computation

Advisory Board

Katsuhiko ARIGA	NIMS	Nano
Allan BALMAIN	University of California, San Francisco	Medical
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

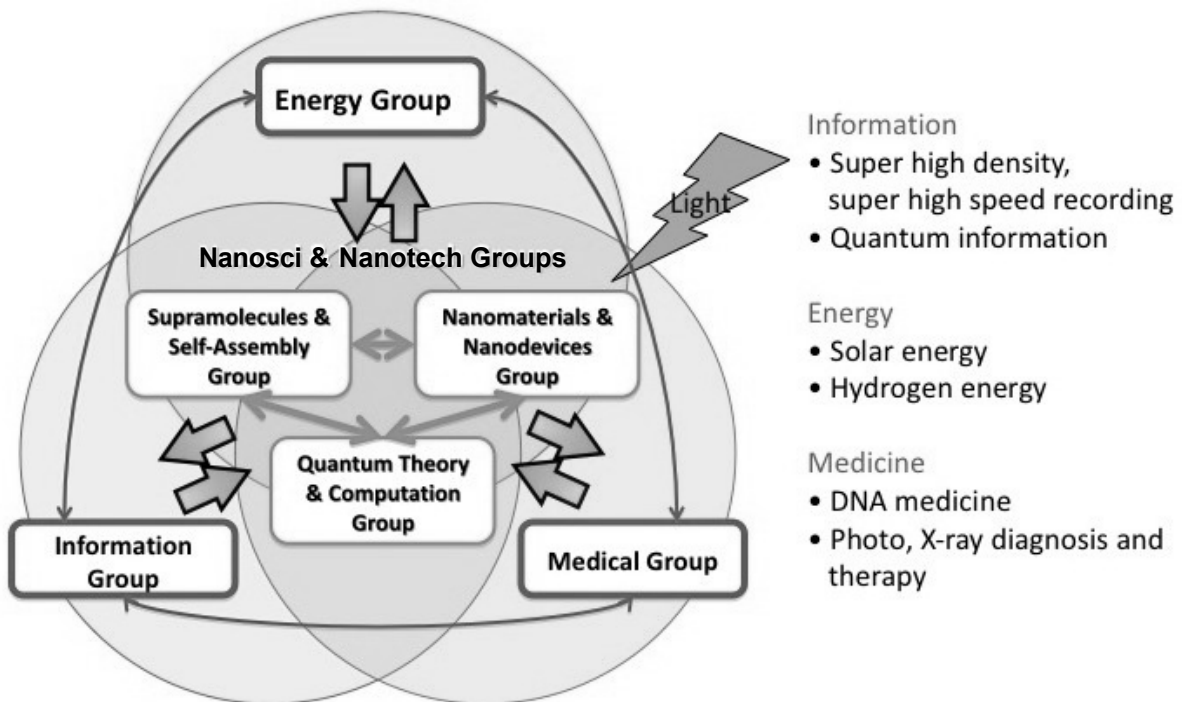
- Photonics and quantum aspects of nanomaterials.

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 Records

	2010	2011
Papers	108 (15, 4)	121 (20, 3)
Patent Applications	6 (4, 1)	6 (2, 0)
Invited Lectures	45	66
Presentation in scientific meetings	327 (51, 10)	281 (57, 6)
Books	11	19
Awards	8	6
Research Grant	33 (13, 2)	27 (10, 2)

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

Progress reports of groups

- Information (Storage) Group
- Information (Quantum Information) Group
- Energy Group
- Medical 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 2011

- 1) A method to analyze fast plasmon response to femto-second laser will be established and reschedule our plan.
- 2) Local surface plasmon antenna structure will be studied for circularly polarized light.
- 3) The system to measure fast optical response will be revised and rebuilt to analyze the magnetization mechanism.
- 4) Metal and/or magnetic material on nano-meter structured substrate will be studied.
- 5) Magnetizing process for nano-meter structured magnetic material will be analyzed by computer simulation.

2. Advances and achievements in 2011

1) We had trials to write magnetic domains on a magnetic film by femto-second laser. The magnetic film was coated with surface plasmon antennas which were made by E-beam lithography. The shapes of the antennas were designed by electro-magneto simulation as well as thermal diffusion simulation. From the observation of film structure dependency on optical/magnetic response during tens of ps after laser irradiation, it was found that conductive metallic layer play an important role in ultrafast energy transfer process.

We also set up the system applying a fine adjustment manipulator. Laser pumping and probing system can be easily adjusted by the new system.

- 2) We found some specific aperture shape which can confine a circularly polarized light. We also studied another structure for antennas which can create a localized circularly polarized light with a liner polarized light.
- 3) A new magnetic bias coil was prepared for applying up to 1 kOe. The bias field can be synchronized to the laser system.
- 4) We started to fabricate nano-meter structure using etching method. Nano-size silica particles were placed over a metal film before etching.
- 5) We found that the magnetization in a small one magnetic particle can be reversed by applying surface plasmon antenna by simulation.

3. Collaborations and activities in 2011 as the group

We have had regular meetings once or twice a month meetings every month with Associated Professor Ohnuki, belonged to Quantum Theory & Computation Group, to find a method to calculate a surface plasmon response. The results were reported at IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, July 5-6, 2011, Spokane, Washington, USA. We had two invited talks about magnetic nano-particle media and dynamics of ultra fast magnetic reversal at Moscow International Symposium on Magnetism, Aug. 21-25, 2011, Moscow, Russia. We also reported about thermally assisted recording, ultra-high speed magnetization, and circular polarized light generation with a plasmon antenna at Magnetic and Optical Research International Symposium, June 21-24, 2011, Nijmegen, The Netherlands.

Quantum information Group

Shuichiro Inoue*, Takeshi Kuwamoto, Hideomi Hashiba

1. Overview of the research plan in 2011

- 1) Development of the entanglement swapping system
- 2) Fabrication of superconducting nano-wire single-photon detectors and the evaluation of their performances
- 3) Fabrication of Au nano-stripe directional couplers and demonstration of quantum interference of single surface plasmon-polaritons
- 4) Storage of polarization entangled photon pairs in Rb atoms using electromagnetically induced transparency
- 5) Development of simple and reliable etching technique of Si on ICP
- 6) Study of anatase formation on sputtered TiO₂ nano-structures with different baking temperature

2. Advances and achievements in 2011

- 1) We made two polarization entangled photon-pair sources, and investigated the indistinguishability of the photons from each source using Hong-Ou-Mandel interferometer. We are going to demonstrate the entanglement swapping by performing Bell-state measurements.
- 2) We have investigated the coupling of surface plasmon-polaritons with a superconducting nano-wire by computer simulations collaborating with Ohnuki laboratory.
- 3) We have fabricated Au nano-stripe directional couplers using long-range SPP straight waveguides and S-bends. The insertion loss of the fabricated directional coupler was approximately 30 dB and the output ratio was 64:36. Moreover, we have demonstrated quantum interference of single surface plasmon-polaritons using the directional coupler, a correlated photon-pair source, and the superconducting photon-number resolving detectors. It turned out that the quantum interference of single surface plasmon-polaritons output two photons together in one port or the other, which is the evidence that the single surface plasmon-polariton is a bosonic quantum particle.
- 4) The 397.5-nm pump light, which is used for generating polarization entangled photon pairs at 795 nm through a spontaneous parametric down conversion process, was enhanced by developing a bow-tie type cavity for the second harmonic generation (SHG) with a type I PPKTP crystal, which led to about a three-fold increase of the number of orthogonally polarized photon pairs. And also we have improved the efficiency of light storage in Rb atoms using electrically induced transparency by developing a high-speed injection-current controller of the laser and a hot-water temperature control system for Rb atoms to reduce magnetic field around the cell, which led to a two-fold increase of the light storage efficiency.
- 5) CF₄ plasma of high pressure and low power on ICP has been tested for etching of metal-masked Si samples and calibrated suitable etching ratio of few hundred nano-meter wide patterns.
- 6) We studied transformation of TiO₂ nano-structures fabricated from standard resist mask technique to anatase.

3. Collaborations and activities in 2011 as the group

We have proposed a colloidal quantum dot array as a new device for the quantum repeaters and collaborated with Otsuki laboratory to fabricate the device. 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 2011

- 1) In order to improve energy conversion efficiency of dye-sensitized solar cell, preparation of a photonic-crystal electrode with a full-photonic band gap composed of TiO₂ and liquid electrolyte is continuously examined using electron-beam lithography. Also tried is life-time measurement of luminescence to clarify the origin of energy conversion efficiency increase of solar cells by employing self-assembled photonic crystals. Development of new dyes is also examined for improvement of energy conversion efficiency of solar cells.
- 2) The analysis of the structure and reaction mechanism of the supra-molecule catalyst to generate H₂ from H₂O with photo energy, which has been discovered in 2010 by this project, is challenged.
- 3) In order to use H₂ as a clean energy source, establishments of H₂ generation and storage methods using enzyme prepared with biotechnology and H₂ storage materials is tried. The development of new methods of photo-controlled H₂ storage is also examined. As an electrical power generation system using thus obtained H₂, development of solid oxide fuel cells operating at about 600 °C, at which enough energy conversion efficiency can be obtained and long term endurance is realized, is tried by development of new materials.

2. Advances and achievements in 2011

- 1) Photo-electrical conversion efficiency of dye-sensitized solar cells has been measured employing monochromatic light source. The dependence of conversion efficiency on grain size of inverse-opal electrode with a parameter of wavelength has been clarified, which is inevitable information on analysis of mechanism of grain size effect on conversion efficiency.

As a new material for dye sensitized solar cells, some derivatives of peryleneimide have been prepared. Solar cells employing the prepared dye were fabricated and efficiency reached 3.1 % at the highest.

- 2) The H₂ generation from triethylamine using photocatalyst has been discovered in spite of dark conditions. The mechanism of H₂ generation is under investigation.
- 3) H₂ generation using cyano-bacteria under conditions with inert gas and light irradiation has been examined. Quantity of H₂ gas has increased by coexistence of H₂ absorption alloys. It has been also revealed that not only H₂ absorption alloys but also carbon nanotube and BCN cluster increase the quantity of H₂ gas production.

It has also been found that stability of absorbed H₂ gas increases by irradiation of ultraviolet light, resulting in increase of H₂ desorption temperature. This suggests probability of charge of second type battery as Ni-H₂ one using photo irradiation.

The apparatus for measurement of solid oxide fuel cell (SOFC) property has been developed. At present, fundamental property of Ba_{0.6}Sr_{0.4}Zr_{0.9}Y_{0.1}O₃, LaNi_{0.6}Fe_{0.4}O₃ and Sr₂FeWO₆ has been minutely investigated, showing that they are promising as new materials for SOFC. At present, SOFC composed of the above materials are now preparing.

3. Collaborations and activities in 2011 as the group

Evaluation of efficiency using monochromatic light source was carried out under collaboration of Dr. Matsushita and Dr. Hashimoto. The achievement has been reported as a paper published in *J. New Mat. Electr. Sys.* Production of H₂ using bacteria and H₂ absorption alloys has been achieved as collaboration of Dr. Asada and Dr. Nishimiya. The patent has been applied.

Medical Group

Medical Group Members

ARISH: Fukuda N, Cancer Genetics: Saito K, Igarashi J, Fujiwara K, Soma M, Radiology: Abe O, Ishibashi N, Urology Takahashi S, Pediatric Surgery: Koshinaga S, Uekusa S, Science and Technology: Watanabe T, Bioresource Science: Masuhiro Y, Kano K, Pharmacy: Matsumoto Y, Aoyama T, Chiba Cancer: Nagase H

Progress and Production by Whole Medical Group in 2011

- 1. Applied chemical, physical biology: Strategy to cure cancer patients** (Fujiwara, Takahashi, Abe, Ishibashi, Soma): We invented the radiation-sensitizing chemical of the porphyrin derivatives, which can be used for PDT and may also induce photon activation therapy (PAT), provoking the emission of Auger electrons after inducing a photoelectric effect. X-ray radiation allows for the treatment of cancers that are deep inside the human body. We observed an induced cancer cell death after irradiation following administration of the porphyrin derivative.
- 2. Development of antitumor PI polyamides for pediatric cancer** (Uekusa, Koshinaga): PI polyamides (h-CCAAT1, h-CCAAT3) designed on the CAAT box in promoter region of LIT1 gene efficiently suppressed expression of p57^{KIP2} gene.
- 3. Determination of a lead compound targeting human TGF- β 1** (Igarashi, Fukuda): Read polyamides were selected and examined on expression of TGF- β 1 mRNA in human cells. GB1105 and GB1106 strongly inhibited expression of TGF- β 1 mRNA in a dose-dependent manner. Effect of GB1105 was strongest to inhibit the expression of TGF- β 1 mRNA in human cultured fibroblast.
- 4. Development of the Nihon University original methodology inducing iPS cells using the PI polyamide targeting human TGF- β 1** (Saito, Fukuda, Masuhiro) : We examined the iPS-producing method establishment using proteolysis resistant cell-permeable proteins and the initiation factor, TGF- β 1 inhibitor, PI polyamide targeting human TGF- β 1, Apigenin, TGF- β 1 antagonist and Apigenin, and TGF- β 1 and PI polyamide targeting human TGF- β 1.
- 5. Establishment of a breast cancer-inducing mouse model by the transplantation of DFAT** (Kano): We tried the creation of a breast cancer-inducing mouse model by the transplantation of DFAT-GFP transfected oncogene, which is transformed to epithelial cells.
- 6. Histone acetylation of specific genomic region induced by PI polyamide-SAHA conjugate** (Nagase) : We made considerable advances in coupling of existing drug SAHA that is being used as an HDAC inhibitor, to PI polyamides for targeting specific subsets of genes for reactivation in cancers (e.g. Cdkn2a / p16).
- 7. Solid phase synthesis of cyclic PI polyamide** (Watanabe) : the method of simple synthesis with solid phase synthesis method using glutamic acid which is the usual amino acid. Six ring cyclic PI polyamide was synthesized.
- 8. Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Analysis of tumor-localizing photosensitizing compounds** (Matsumoto, Aoyama): To describe the relationships between effects following photodynamic

therapy, light dose, and plasma compound concentration, they developed a high-performance liquid chromatography (HPLC) method for the determination of plasma concentration and investigate the pharmacokinetics of novel compound CT101019a.

Activities of Medical Team in 2011

- 1) Meeting of N. Research team of Cancer Genetics every week.
- 2) Aug 3rd: Presentation “Innovation by PI polyamide based on the chemical biology” at Colledge of Engineering.
- 3) Sept 22nd: N. Research project meeting of School of Medicine about the research progress and planning in 2011.
- 4) Dec 17th: Report for the research progress of the medical team in the 7th Nihon University Advanced Bioforum.
- 5) Made contract with the Drug Preparation Room in Nihon University School of Medicine Itabashi Hospital.
- 6) Made contract with Central Institute for Experimental Animals as prace for the practical experiments.

Supramolecules and Self-Assembly Group

Hiroki Ikake¹, Akiyoshi Itoh², Joe Otsuki¹, Arata Tsukamoto², and Sachiko Matsushita³

1 College of Science and Technology, Department of Materials and Applied Chemistry

2 College of Science and Technology, Department of Electronics and Computer Science

3 Tokyo Institute of Technology, Department of Metallurgy and Ceramic Science

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 2011.

• Itoh & Tsukamoto Group

Preparation of a thin nano-porous SiO₂ film and application as etching mask of metallic films
Self-assembly prepared SiO₂ nano-dent-template (Dent pitch ~8 nm and ordering domain size of ~1 μ m²) was formed by (1) utilizing triblock copolymer of adequate molecular weight and (2) development of the preparation procedure of precursor solution.

• Otsuki Group

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
2. Piperidine-Substituted Perylene Sensitizer for Dye-Sensitized Solar Cells
3. Preparation of compounds for the X-ray based photodynamic therapy

• Matsushita Group

Overview of the research plan in 2011

Six-rayed star-like nanostructures in prospective plasmonic devices

Advances and achievements in 2011

- Preparation of two-dimensional arrangement of SiO₂ particulate by self-integrated
- Crosslinks were formed between arranged particles with heat-treatment
- Preparation of microstructure with protruded structure applied HFaq etching for arrangement particles
- Absorption peak shift for surface plasmon resonance was confirmed with structural change

• Ikake Group

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
2. Preparation of High Crystallinity and High Orientation Poly(L-lactic acid) Films under Electric Field
3. Morphological change of Poly(L-lactic acid) Films with Magnetic Irradiation

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 2011

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 2011

Prof. K. Suzuki approached synthesis of ferromagnetic metal (Ni, Fe, and Cu) 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 deposited on thin polymer films by laser induced forward transfer method.

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 with an electrode made of composite metallic materials. He has also proposed innovative technique for EUV (~13-14nm) light source by plasmoid collision heating which can be utilized for the next generation lithography. Prototype of the light source and measurement apparatus for performance evaluation have been developed.

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 in THz range“. THz range single photon detectors are assembled from a GaAs/AlGaAs quantum dot coupled with a metallic single electron transistor which senses appearance of charge state of the QD. Plasma excitations of the QD arises with a formation of confinement potential barrier from the reservoir having resistances more than resistance quanta, and we revealed that appropriate shape of the barriers lowers dark counts by suppression of flow of hot electrons form the reservoir. We also show that the QD works as a heat bath from THz plasma excitations. This will promise high temperature operation of the THz detection.

Prof. S. Mochizuki and Mr. K. Yoshida have studied the photoluminescence properties of various kinds of metal oxides under oxygen gas, hydrogen 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 Prof. T. Tojo have succeeded in estimating ADP release rate from the displacement

of fluorescent nucleotides bound to myosin heads in the *in vitro* motility assay system by flash photolysis of caged ATP. And they have developed a new wet cell system of Scanning Electron Microscopy to observe a living cell in aqueous solution with at nanometer resolution.

Asso. Prof. K. Judai has studied the “Self-assembled nano helix”. He found silver tolyl-acetylide molecules self-assemble into nano helical morphology. This may open a new technique to combine nano-materials with bio-molecules.

3. Collaborations and activities in 2011 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 nano-particles/films and single-molecule fluorescent imaging.

Quantum Theory and Computation Group

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

1. Overview of the research plan in 2011

- 1) Fundamentals of entanglement in quantum information theory
- 2) Investigation of electronic properties of nanosized structures by many-body techniques such as dynamical mean-field theory
- 3) Origin of Hund's rule in atoms by conjugate-Fermi-hole analysis
- 4) Design of plasmonic antennas for all-optical magnetic recording
- 5) Development of high-speed and high-precision methods for electromagnetic simulation
- 6) Photon-energy storing in photonic crystals with defect structures
- 7) Development of coupled solver for Maxwell and Schrödinger equations

2. Advances and achievements in 2011

1) A currently hot topic of "systems having quantum-mechanical features but not entangled" has been investigated and the results have been summarized in the following two papers:

1. K. Fujikawa, "Quantum discord and noncontextual hidden variables models", submitted.

2. K. Fujikawa, "Does CHSH inequality test the models of local hidden variables in quantum mechanics?", submitted.

2) (i) 1. Transport properties of the Mott insulating layer adsorbed on a metal substrate have been studied by using a cluster extension of dynamical mean-field theory. The Mott insulating layer has shown to become metallic when it is coupled with a substrate metal. Moreover, the in-plane electrical resistivity of the overlayer has shown to increase with decreasing temperature. These results will appear in the following accepted paper:

H. Ishida, A. Liebsch, "First-order metal-to-metal phase transition and non-Fermi liquid behavior in a two-dimensional Mott insulating layer adsorbed on a metal substrate", *Physical Review B* 2012, Vol.85 (in press) 1-14.

(ii) The electron conductance of monoatomic chains suspended between two metal electrodes has been studied by considering the on-site Coulomb repulsion energy in the atomic chain. It is shown that the calculated conductance becomes much smaller than that of the non-interacting chain.

3) The internal structure of the many-body electronic wave functions for He and He-like atomic ions has been investigated by focusing on the recently proposed "conjugate Fermi holes". The results have shown that the wave function of the singlet state extends much broader than does the triplet wave function due to the conjugate Fermi holes, resulting in a larger increase in the total energy. This rationalizes the mechanism of how Hund's rule operates in these systems.

4) The arrangement of particulate media under the nano-scale plasmonic cross antenna has been investigated. The results show that the structure of a plasmonic antenna enhances the intensity ratios of the center particle to the adjacent particles. When the linear polarized light impinges, the localized circular polarized light is produced only in the center particle and the electric field intensity becomes double compared with adjacent particles.

5) (i) Time domain solvers based on integral equation methods

We have developed fast and accurate solvers based on integral equation methods with fast inverse Laplace transform for time domain electromagnetic problems. Applying the multilevel fast multipole method, the computational time becomes about five times faster. Our method is suitable for parallel computing and efficiency keeps almost 100 % for increasing the number of nodes. We investigate nano-aperture antennas and charge distribution on a nano-particle due to an electric dipole source.

(ii) High-precision analysis of electromagnetic scattering problems

A point matching method can analyze electromagnetic scattering problems with a high degree of accuracy. We extend our previous idea to 3D problems and investigate computational accuracy of the electromagnetic scattering from homogeneous dielectric spheres. Compared with the analytical solutions, our prediction method for 3D problems is verified.

6) We have proposed fabrication of defect structures filled with dielectric materials in the follow wave-guides of photonic crystals in order to store larger electromagnetic energy. By analyzing the distribution of electromagnetic fields in the wave guides, an optimal structure of the dielectric materials has been investigated. It is shown that a diamond is the best structure for storing electromagnetic energy. The results have been published in the following paper:

R. Ozaki and T. Yamasaki, "Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer", *IEICE TRANSACTIONS on Electronics*, Vol.E95-C, No.1, pp.53-62 (2012).

7) A novel algorithm is proposed for solving coupled Maxwell and Schrödinger equations relying on the use of a length gauge form of the coupling between an electromagnetic field and electrons. The proposed algorithm can reduce computational time almost by half as compared with the conventional method.

3. Collaborations and activities in 2011 as the group

We have organized a meeting every month at Prof. Ohnuki's laboratory with Prof. Nakagawa and Dr. Ashizawa of Information Storage Group to study theoretical methods for solving coupled Maxwell and Schrödinger equations.

Progress reports of individual researchers

Yasuo ASADA *Energy Technology*

Biocatalytic Reduction of Isooxsasoles and Hydrogen Production by Photosynthetic Microorganisms with the use of Hydrogen-Absorbing Metals

Tomohiko ASAI *Nanomaterials and Nanodevices*

Control and application of self-organized magnetized plasmoid

Shigeru CHAEN and Tadashi TOJO *Nanomaterials and Nanodevices*

Imaging of Bio-molecule and Cell

Kyoko FUJIWARA, Satoru TAKAHASHI, Naoya IGARASHI, Katsumi ABE, Masayoshi SOMA
Medical Applied chemical, physical biology: Strategy to cure cancer patients

Noboru FUKUDA, Kosuke SAITO, Jun IGARASHI *Medical*

Drug discovery of pyrrole-imidazole (PI) polyamide by the chemical biology

Hideomi HASHIBA *Quantum Information; Nanomaterials and Nanodevices*

Single Photon Optoelectronics Devices

Takuya HASHIMOTO *Energy Technology*

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

Hiroki IKAKE *Supramolecules and Self-Assembly*

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

Shuichiro INOUE *Quantum Information*

Experimental demonstration of bosonic quantum interference of single surface plasmon-polaritons

Hiroshi ISHIDA *Quantum Theory and Computation*

Electronic Structure and Conductance of Strongly Correlated Nanosized Structures

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

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

Nobuyuki IWATA *Nanomaterials and Nanodevices*

Analysis of Crystal Structures of Antiferromagnetic Cr₂O₃ Thin Films Using Reciprocal Space Mapping

Ken JUDAI *Nanomaterials and Nanodevices*

Nano Helical Morphology of Silver Acetylide Compounds

Koichiro KANO *Medical*

The remodeling of actin stress fibers is a trigger for in vitro adipocyte differentiation

Tsugumichi KOSHINAGA, Shouta UEKUSA *Medical*

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

Takeshi KUWAMOTO *Quantum Information*
Experimental Studies for Quantum Memory using Neutral Atoms

Yoshikazu MASUHIRO *Medical*
Application to the iPS induced factors of DP-1 Stabilon motif inhibiting proteolysis

Yoshiaki MATSUMOTO, Takahiko AOYAMA *Medical*
Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Analysis of Tumor-localizing Photosensitizing Compounds

Sachiko MATSUSHITA *Supramolecules and Self-Assembly ; Energy Technology*
Self-assembly and Self-organization from the viewpoint of Device-fabrication Methods

Hiroki NAGASE *Medical*
Applied chemical biology: strategy to cure cancer patients

Katsuji NAKAGAWA *Information Storage*
Research for high density and high speed magnetic recording- Thermally assisted magnetic recording applying near field optical light -

Nobuyuki NISHIMIYA *Energy Technology*
Composite Formation of Hydrogen Occlusion Alloys and Photo-Related Phenomena Thereof

Shinichiro OHNUKI *Quantum Theory and Computation*
Nano-Electromagnetic Simulation and Its Applications to Plasmonic Devices

Joe OTSUKI *Supramolecules and Self-Assembly; Energy Technology*
Self-Assembled Supramolecules and Their Applications to Energy, Medical, and Information Technologies

Tokuei SAKO *Quantum Theory and Computation*
Conjugate-Fermi-hole analysis in the origin of Hund's rule and the interaction between atoms and strong ultrashort pulsed laser lights

Kaoru SUZUKI *Nanomaterials and Nanodevices*
Synthesis of Nano-rod Devices with Wide Band Gap Semiconductor Effect

Yoshiki TAKANO *Nanomaterials and Nanodevices*
Mechanism of Superconductivity in Layered Fe-based Superconductors and Search of New Superconducting Compounds

Arata TSUKAMOTO, Akiyoshi ITOH *Information Storage; Supramolecules and Self-Assembly*
Ultra Fast Information Recording and Ultra Fast Photo Magnetic Switching

Tsuneki YAMASAKI *Quantum Theory and Computation*
Propagation Characteristics and Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Diamond Dielectric Structure in the Middle Layer

Biocatalytic Reduction of Isooxasoles and Hydrogen Production by Photosynthetic Microorganisms with the use of Hydrogen-Absorbing Metals

Yasuo ASADA

Energy Technology Group

Biocatalytic reduction of isooxasoles and acetophenon using photosynthetic bacteria, and hydrogen production by cyanobacteria combined use of hydrogen-absorbing metals are studied.

1. Biocatalytic reduction of isooxasoles and acetophenon by photosynthetic bacteria

Biocatalytic and assymetrical reduction of isooxasoles and acetophenons by photosynthetic bacteria are studied.

Intact cells of some cyanobacteria are known to convert isooxasoles to its alcohol form. The responsible enzyme is assumed to be alcohol dehydrogenase(s), but there has been detailed information. The aim of study is to clarify the responsible enzyme and strengthen the activity by genetic engineering.

We have already acquired transconjugant photosynthetic bacterium, *Rhodobacter sphaeroides* RV with three alcohol dehydrogenase (ADH) enzyme genes from the cyanobacterium, *Synechococcus* PCC7942 and one ADH gene from alcohol-assimilating photosynthetic bacterium.

This fiscal year, we tried to analyze ADH activity by activity staining of native electrophoretic gels.

The cell-free extracts from *Rhodospirillum rubrum* No.7 in the gels was able to oxidize S-form 1-phenyl alcohol to acetophenon but not R-form.

2. Hydrogen production by photosynthetic microorganisms with the use of hydrogen-absorbing metals (Co-works with Prof.Nishimiya, CST, Nihon-Univ.)

The new methods to collect and stimulate hydrogen produced by cyanobacteria with the use of hydrogen-absorbing metals.

The hydrogen gas produced by cyanobacteria, *Spirulina platensis* and *Anabaena cylindrical* was collected with hydrogen-absorbing metals. By reducing hydrogen partial pressure, the hydrogen production by cyanobacteria, was stimulated. *Spirulina platensis* produces hydrogen gas by anaerobic digestion of intracellular glycogen. However, the stored hydrogen gas is inhibitory for the hydrogen production. By lowering hydrogen partial pressure with the use of hydrogen-absorbing metals, hydrogen production was stimulated.

Control and application of self-organized magnetized plasmoid

Tomohiko ASAI

Nanomaterials and Nanodevice Group

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

Magnetized Coaxial Plasma Gun (MCPG) has been applied for new alloy film deposition technique. This method realize the generation of metallic thin film with the materials which have high-melting-point (e.g., Ti, Zr ...). Generation methods for these materials had been limited to the ion beam assisted vacuum deposition. The optimization of gun design and the initial experiment with composite material 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. In this test, generated plasma has been investigated by a spectroscopic method. Successfully ionized and accelerated metallic materials have been confirmed. Now operation condition for thin film generation have been optimized.

(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 EUV (Extreme Ultraviolet lithography) light source. In this year, a grazing-incidence spectrometer (Fig. 1) for the band from 5 - 30nm had been developed and the wavelength dependency of emission have been started to measure.



Figure 1. A grazing-incidence spectrometer for the plasmoid collision 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 with high permeability material on RMF antenna has been realized higher efficiency of plasma formation. This has been applied for a patent through NUBIC (JP2011-068129).

(Collaboration with Prof. M. Inomoto, University of Tokyo)

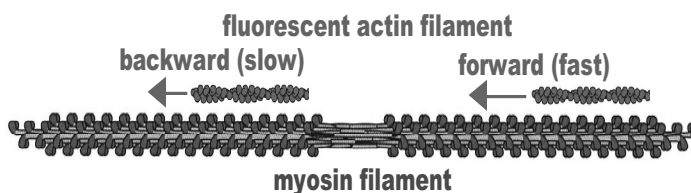
Imaging of Bio-molecule and Cell

Shigeru CHAEN and Tadashi TOJO

Nanomaterials and Nanodevice Group

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

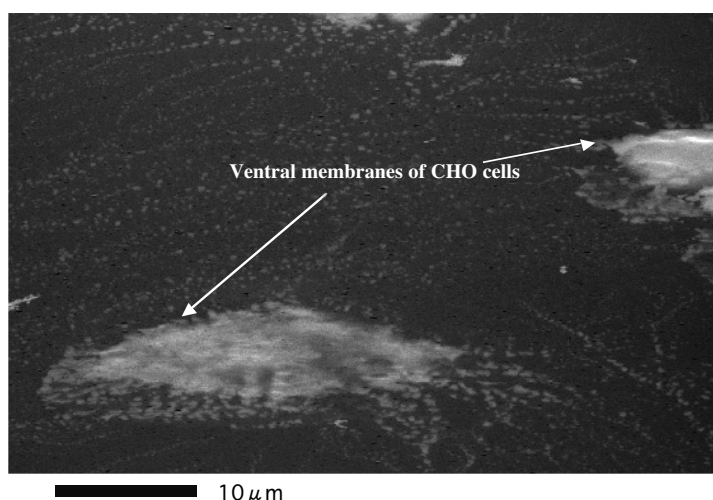
In vitro motility assays using bipolar myosin thick filaments demonstrated that actin filaments slides slower in the direction leading away from the central zone than towards it. Recently, we have suggested that the backward movement



causes the myosin heads to be constrained and increase in the energy required for the ADP release step by the findings that the thermal activation energy. (Publication 1). In this study, in order to examine whether ADP release rate is slower in the backward than the forward movement, we constructed an assay system to estimate the ADP release rate from the displacement of fluorescent nucleotides bound to myosin heads by flash photolysis of caged ATP. Using the new assay system, we obtained that ADP release rate is slower in the backward than the forward movement.

2. Development of a new wet cell using a carbon thin diaphragm to observe a living cell in aqueous solution with Scanning Electron Microscopy at nanometer resolution

In electron microscopy, transparency of specimens against a beam of electrons in TEM or intensity of secondary electrons and so on induced by an incident electron beam in SEM is translated into contrast. Any material surrounding a specimen, which prevents electron beam passing or detection of secondary electrons, obstructs to create an image. Hence, electron microscopy intrinsically requires high voltage electron beam irradiation of specimens and high vacuum under 10^{-4} Pa in the cell for specimens. Water in samples must be replaced with some resins or completely dried up. These conditions make it difficult to observe wet or living samples like enzymes retaining catalytic activities or living cells in aqueous solution. To image wet and living samples using electron microscopy at nanometer resolution, we are developing a new wet cell for SEM whereby living cells and enzymes can be maintained in aqueous solution. A carbon thin layer with thickness of 20 nm was made by vacuum evaporation. We applied it as a diaphragm withstanding a pressure gap for separating a specimen in solution at atmospheric pressure from high vacuum environment. Cells and enzymes were placed on its surface of the atmospheric side. They were imaged using SEM. The EM photographs show detailed structures of the cell membrane and the enzymes.



Applied chemical, physical biology: Strategy to cure cancer patients

Kyoko FUJIWARA, Satoru TAKAHASHI, Naoya IGARASHI, Katsumi ABE, Masayoshi SOMA

Medical Group

We have been conducting the projects to develop new cancer diagnostic reagents and new strategy for anti-cancer therapy based on nano-biological and chemical-biological techniques. Under the close collaboration with Professor Joe Otuski in the College of Science and Technology, we have been developing radio-sensitizer for cancer therapy.

In Photo-Dynamic Therapy (PDT), patients with tumor are treated with photo-sensitizing drugs like porphyrin derivatives systemically or locally, prior to the irradiation with laser light. Activation of the porphyrin derivatives induce photo-chemical reaction to generate reactive oxygen species (ROS), which cause cell death. Since porphyrins are taken into cells via LDL-receptor, and tumor cells expressed

LDL-receptor far more than normal cells, the porphyrins could accumulate tumor tissues predominantly. Even though laser light has the merit of not harming surrounding normal tissues, however, laser at the wavelength specific for porphyrins can't reach to tumors located in deep under skin. That's why medical insurance cover PDT only for limited malignancies, like early lung cancer, esophagus cancer on located on surface and early cervical cancer.

We have been examining the effect of HPPH (3-(1'-hexyloxyethyl)-3-devinylpyropheophorbide-a) and its derivatives, 531, 717 and Gd-HPPH as X-ray sensitizer on many kind of tumor cell lines. HPPH has been already proven to have PDT effect. 531 is an intermediate product generated during the process to make HPPH-I²⁴ from HPPH, having cold iodine. Gd-HPPH has almost same structure as 531 but it contains gadolinium (Gd) instead of iodine(I). 717 is also similar to 531 but it has hydroxyl residue instead of methoxyl residue. That difference make 717 more hydrophilic than 531.

Since I and Gd have a capacity to absorb X-ray, and have been used as radiocontrast agents, we expected that the HPPH derivatives with I or Gd could work as radio-sensitizer on cultured cells. We treated cell lines of human bladder cancer, breast cancer and osteosarcoma with 531, 717 and HPPH-Gd, followed by the irradiation with 2Gy X-ray, which never induce any cellular disorder in the absence of sensitizer, then we found that only the cells treated with 717 prior to irradiation died. The cells seemed to die in apoptotic manner. 531 and HPPH-Gd did not affect cell viability. That result indicated that I and Gd are not essential for the radio-sensitizing effect of HPPHs. We analyze the intracellular localization of HPPH derivatives by examining cell fraction with HPLC, and proved that those compound accumulate in mitochondria and golgi body rather than nuclear and cytoplasm.

It is widely believed that X-ray induce ROS by interacting with H₂O molecules, and that cause DNA double strand break and result in cell death. There is no proper explanation of how 717 distributing outside of nuclei could induce cell death, yet. We are now trying to elucidate whether 717 treatment prior to irradiation could induce ROS, and could increase the frequency of DNA break.

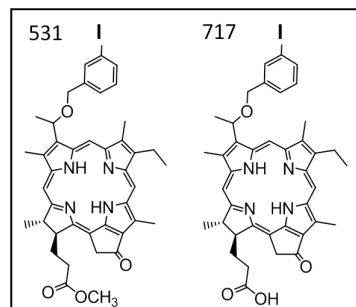


Figure1 Structure of 531 and 717

In HPPH-Gd, I of 531 is replaced with Gd.

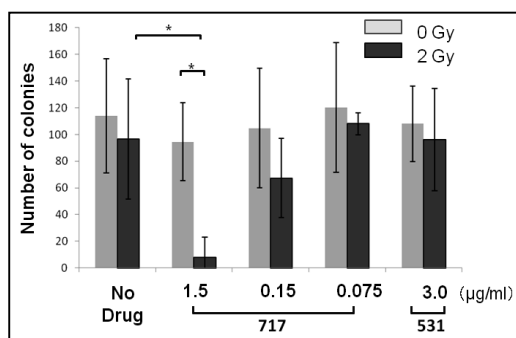


Figure2 Radio-sensitizing effect of 717

Osteosarcoma cell line MG63 was treated with 531 or 717, prior to the irradiation of 2Gy X-ray. Number of the colonies was counted 10 days after the irradiation.

Drug discovery of pyrrole-imidazole (PI) polyamide by the chemical biology

Noboru FUKUDA, Kousuke SAITO, Jun IGARASHI
Medical Group

To develop DNA-recognized novel small molecule PI polyamide targeting human TGF- β 1 as practical medicines, we tried to determine a lead compound, and provide the preclinical studies using common marmosets. We also develop the Nihon University original methodology to induce iPS cells using the PI polyamide targeting human TGF- β 1.

I. Determination of a lead compound targeting human TGF- β 1

Among seven PI polyamides designed to bind on the promoter region of human TGF- β 1 gene, we selected GB1101, GB1105, and GB1106, and examined their effects on expression of TGF- β 1 mRNA in human cultured vascular smooth muscles. GB1105 and GB1106 strongly inhibited expression of TGF- β 1 mRNA in a dose-dependent manner. Effect of GB1105 was strongest to inhibit the expression of TGF- β 1 mRNA in human cultured fibroblast.

II. Establishment of ointment containing PI polyamide targeting human TGF- β 1

We start to establish ointment containing PI polyamide targeting human TGF- β 1 to develop PI polyamide as a practical medicine for the skin hypertrophic scar collaborating with solution manufacturing room in Nihon University Itabashi Hospital. We checked the combination of components of soluble materials and solutions for PI polyamides.

III. Preclinical study for PI polyamides using common marmosets

The preclinical study using the primates is essential to develop PI polyamides. We chose common marmosets that are compact and have a reproductive power for the preclinical study.

1. We made contract with Central Institute for Experimental Animals as place for the practical experiments.
2. We confirmed homology and the binding site of PI polyamides targeting human TGF- β 1 on the promoter region of marmoset TGF- β 1 gene.
3. Effects of PI polyamides targeting human TGF- β 1 in fibroblasts from common marmosets

We confirmed the inhibitory effects of PI polyamides targeting human TGF- β 1 on expression of TGF- β 1 mRNA with angiotensin II.

IV. Development of the Nihon University original methodology to induce iPS cells using the PI polyamide targeting human TGF- β 1

1. We evaluated efficiency to induce iPS cells with the initiation factor, TGF- β 1 inhibitor, PI polyamide targeting human TGF- β 1, Apigenin, TGF- β 1 antagonist and Apigenin, and TGF- β 1 and PI polyamide targeting human TGF- β 1.
2. In addition, we combined the technologies to easily deliver the plasmids coding MTM, inducing the cell membrane permeability activity, and Stabilon that induce stability of proteins.

Single Photon Optoelectronics Devices

Hideomi HASHIBA

Nanomaterials and Nanodevices Group; Quantum Information Group

Our research aims development of single photon optoelectronic devices. Our research has focused on silicone waveguides for quantum information transport, two dimensional TiO₂ photonic crystals of low refractive index for solar cells, and single photon detectors for THz range this year.

1. Development of fabrication technology of silicone waveguides with ICP etching

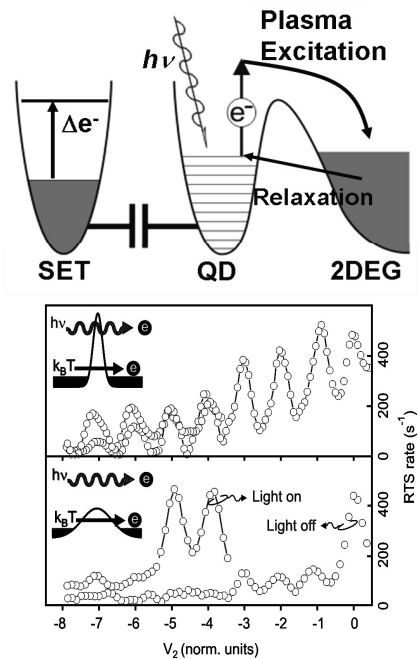
Semiconductor wave guides and photonic crystals are increasingly important in optoelectronic devices for quantum information technology. We study silicone wave guide devices with its third-order nonlinearities. Research of silicone wave guide devices of this year has been focused on development of simple fabrication method of the waveguides with ICP plasma etching with CF₄ gas on SOI. CF₄ plasma at high pressure and low power on ICP shows suitable etching ratio and small roughness of side-walls of less than 20 nm to few hundred nano-meter wide Si patterns covered by metal-masks.

2. Two dimensional TiO₂ photonic crystal as photo sensitized solar cell

Our two dimensional phonic crystals (PCs) of titanium oxide (TiO₂) of low refractive index to meet the needs of the advanced solar cells are fabricated with standard electron beam resist mask and sputter deposition techniques. The patterned TiO₂ layer is rutile, and it need to be anatase to be catalyst of dye sensitized solar cells. We studied required temperature and condition of the TiO₂ layers to turn into anatase. Observation of the layer baked at 250 degrees baking under XRD measurement shows that some rutile turns into anatase at that temperature.

3. THz plasma excitations of quantum dots confined with shallow potential barriers

We studied the “Single-electron transistors in THz range“. THz range single photon detectors are assembled from a GaAs/AlGaAs quantum dot coupled with a metallic single electron transistor which senses appearance of charge state of the QD. Plasma excitations of the QD arises with a formation of confinement potential barrier from the reservoir having resistances more than resistance quanta, and we revealed that appropriate shape of the barriers lowers dark counts by suppression of flow of hot electrons form the reservoir. We also show that the QD works as a heat bath from THz plasma excitations. This will promise high temperature operation of the THz detection.



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

Takuya HASHIMOTO
Energy Technology Group

Solid oxide fuel cell (SOFC) attracts much interest as energy conversion device with high energy efficiency and low cost owing to high operating temperature and 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. Decrease of 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. From this year, sintering temperature dependence of pore size with several tens nm~ several hundreds nm and its distribution in the electrode materials have also been investigated.

In this year, following three themes have been performed.

1. Preparation of new proton conductor, $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Y}_y\text{O}_3$ with liquid phase mixing method and evaluation its proton conductivity.
2. Preparation of new cathode material, $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ and control of its pore size and distribution.
3. Preparation of new anode material, $\text{Sr}_{2-3}\text{La}_x\text{FeWO}_6$ and evaluation of its stability.

In this presentation, results of the second theme are presented.

For materials of cathode of SOFC, not only high electrical conductivity and stability at high temperatures but also moderate porosity to enable introduction of O_2 gas near electrolyte are required. So far, we have proposed that $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ is promising as cathode material because of high conductivity at high temperature, high stability due to no Sr and similar thermal expansion coefficient to those of electrolyte materials. However, no study has been carried out that sintering density, specific area, pore size and its distribution, which are important for application, can be controlled. In this study, sintering property of pressed pellet of $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ powder, prepared with Pechini method, has been investigated with not only measurement of density but also measurements of specific area and pore size and distribution using N_2 adsorption.

The porosities of the specimens sintered at 1000 °C and 1100°C were 38 % and 28%, respectively. Since 30 % porosity is reported to be desirable for cathode materials, it can be proposed that sintering at around 1050 °C is appropriate. Figure 1 shows pore size distribution of $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ ceramics sintered at 900-1200 °C. Two peaks were observed around 250 nm and 2 nm. Pore around 250 nm enables to introduce O_2 gas near electrolyte. Although the volume of the pores decreased with increasing sintering temperature, the peak around 250 nm remained even at sintering temperature as high as 1100 °C. Therefore, it can be concluded that $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ ceramics sintered at 1050 °C has pores through which O_2 gas can diffuse to the surface of the electrolyte.

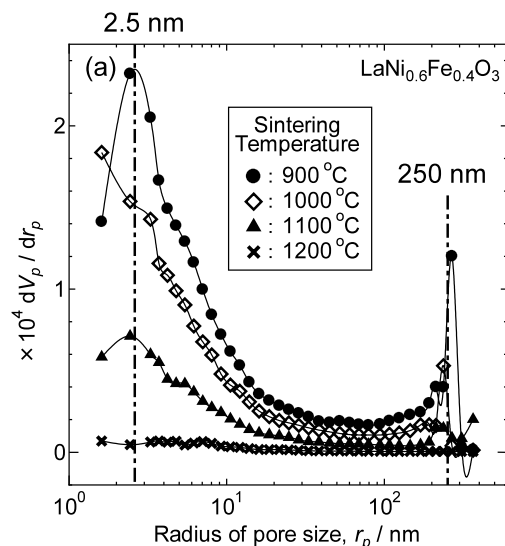


Fig. 1 Pore size distribution of $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ ceramics sintered at 900-1200 °C.

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

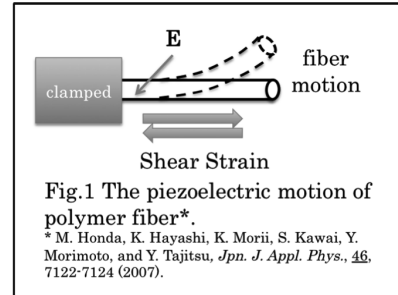
Hiroki IKAKE

Supramolecular and Self-Assembly Group

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 (Fig.1). 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 High Crystallinity and High Orientation Poly(L-lactic acid) Films under Electric Field

Semi-crystallized PLLA has a comparatively low-degree of crystallization (X_c). In order to orient its crystalline domains in a regular way and to raise X_c , electric field was applied to PLLA film while annealing it according to a program. As a result of the analysis by wide-angle X-ray diffraction (Fig.2), it was shown that the crystalline domains have a tendency to orient in parallel to the direction of the applied electric field and the orientation is best regulated at annealing temperature of 170°C. Analysis of X_c and the crystalline lamella by differential scanning calorimeter and small-angle X-ray scattering has suggested that such a regulated orientation of the crystalline domains might be brought about by small crystalline of sub-micron order, produced at the annealing temperature of 170°C.

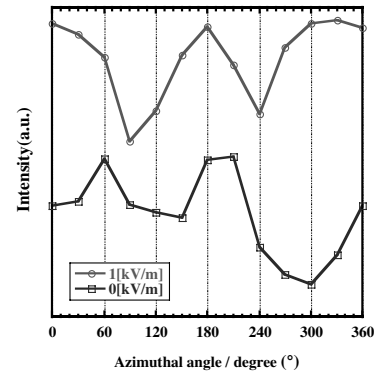


Fig.2 WAXD(110)/(200) intensity along the azimuthal angle for PLLA films.

3. Morphological change of Poly(L-lactic acid) Films with Magnetic Irradiation

In this study, we discussed that influence of morphological change of PLLA films on magnetic irradiation. Annealing process for PLLA films was the same as in the electric field's program. As a result of the analysis by wide-angle X-ray diffraction, it was shown that the crystalline domains have a tendency to orient in parallel to the direction of the applied magnetic field and the orientation is best regulated at annealing temperature of 170°C. Fig.3 showed that the small-angle X-ray scattering (SAXS) profiles of heat-treated PLLA films. Analysis of the crystalline lamella by SAXS has suggested that such a regulated orientation of the crystalline domains might be brought about by small crystalline of sub-micron order, produced at the annealing temperature of 170°C.

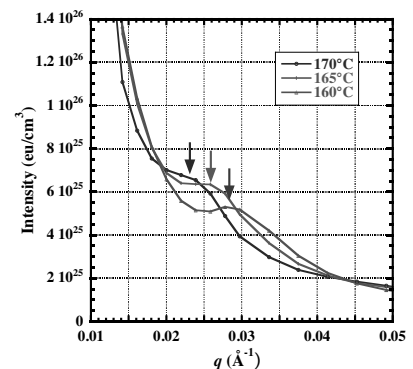


Fig.3 SAXS profiles of PLLA films treated at 160°C, 165°C and 170°C.

Experimental demonstration of bosonic quantum interference of single surface plasmon-polaritons

Shuichiro INOUE

Quantum Information Group

Recently, surface plasmon polaritons (SPPs) have attracted much interest in the research area of quantum information technologies because of their importance for an enhanced nonlinear process and an efficient coupling with nanoscale electronic systems. In order to realize the quantum information processing with the SPPs, the quantum nature of single SPPs must be investigated. In this work, we experimentally demonstrated the quantum interference of single SPPs using a 50/50 directional coupler and superconducting photon number resolving detectors.

1. 50/50 directional coupler (DC) based on long-range SPP waveguides

The DCs we fabricated were composed of long-range SPP (LR-SPP) straight waveguides and S-bends. (Fig.1) Our LR-SPP waveguides consist of a thin gold stripe (thickness of 20 nm, width of 8 μm) embedded in a UV-curable acrylate (ZPU-12-450) for upper and lower cladding layers of 22 μm . The efficient coupling and the LR-SPP mode excitation were achieved by the butt-coupled connection between an optical fiber and the DC. To connect optical fibers to all input and output ports of the DC, the each port was separated by 200 μm . In order to realize the output ratio of 50/50, we have chosen an interaction length of 500 μm and a separation distance between the coupled waveguides of 0 μm . The insertion loss of the DC was approximately 30 dB.

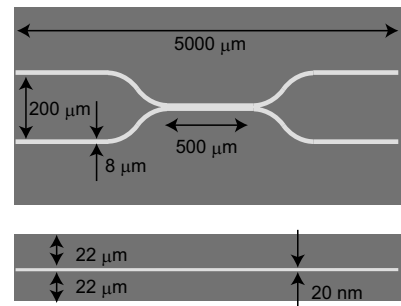


Fig. 1 Au nano-stripe DC

2. Generation of single SPPs and bosonic quantum interference

Our experimental setup is schematically depicted in Fig. 2. A photon pair at 1551 nm (signal- and idler-photons) is generated through a spontaneous parametric down conversion process in a type-II periodically poled lithium niobate (PPLN) pumped by a CW-laser at 775.5 nm. The signal- and idler-photons coupled to the DC excited the single SPPs. The interfered single SPPs were converted into photons at the end of the DC, and they were detected by the photon-number resolving detectors based on titanium superconducting transition edge sensors (PNRD1, 2). The detection efficiency, the photon-number resolution and the dark count rate of the PNRDs were 84 %, 0.29 eV and 10 Hz, respectively. Fig. 3 shows the measured coincidence counts between 2-photon detection in the PNRD1 and 0-photon detection in the PNRD2 as a function of the optical path difference. At a certain optical path difference, coincidence counts increased. This means that the quantum interference of the single SPPs output two photons in one port or the other, which is the evidence that the single SPP is a bosonic quantum particle.

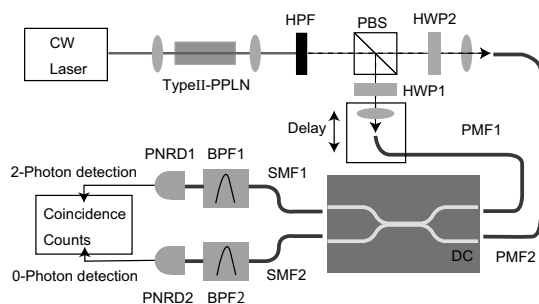


Fig. 2. Experimental setup

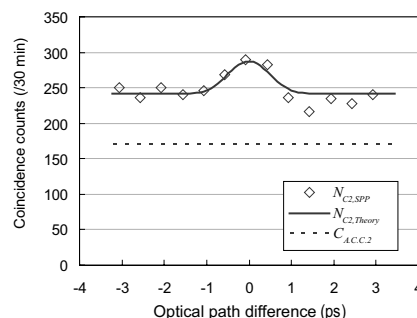


Fig. 3. Quantum interference of single SPPs

Electronic Structure and Conductance of Strongly Correlated Nanosized Structures

Hiroshi ISHIDA

Quantum Theory and Computation Group

Recent progress in microfabrication technology has enabled the synthesis of nanosized structures such as single molecules suspended between metal electrodes and heterointerfaces made out of ultrathin layers of transition-metal oxides. The electronic properties of these systems are very often studied within one-electron approximation, for example, by using density functional theory. In the present work, we adopt many-body techniques such as dynamical mean-field theory to investigate the effects of strong Coulomb correlations on the electronic properties of these materials.

1. Transport properties of the Mott insulating layer adsorbed on a metal substrate

The electronic properties of the Mott insulating monolayer adsorbed on a semi-infinite metal substrate were studied by using a cluster extension of dynamical mean-field theory. In doing so, the overlayer forming a square lattice was divided into an array of 2×2 clusters, and the short-range Coulomb correlations within the cluster were fully taken into consideration. We calculated the in-plane and out-of-plane components of the conductance of the overlayer by using the Kubo formula. While the Mott insulating layer becomes metallic when it is coupled with a substrate metal, the $(p,0)$ component of the electron self-energy induced by short-range electron correlations exhibits a finite scattering rate. Moreover, this scattering rate is found to increase with decreasing temperature, which results in an increase in the in-plane electrical resistivity of the overlayer with decreasing temperature (publication 1).

2. Conductance of strongly correlated atomic chains between two metal electrodes

We have studied the electron conductance of monoatomic chains suspended between two metal electrodes by considering the on-site Coulomb repulsion energy in the atomic chain. As shown in Figure 1, the atomic chain is modeled by a Hubbard-type Hamiltonian consisting of N atoms, while the semi-infinite metal electrodes on both sides are represented by a non-interacting tight-binding model. For simplicity, we considered the small bias voltage limit and calculated the equilibrium Green's function of the system at a finite temperature. Figure 2 shows the calculated conductance s (in unit of $s_0 = 2e^2/h$) of the 3-atom chain as a function of the chemical potential μ of the electrode ($\mu=0$ corresponds to half-filling). The non-interacting chain with $U=0$ exhibits three peaks in s corresponding to three molecular levels formed in the chain. With increasing U , these peaks split and are pushed toward the energy regions of the upper and lower satellite bands, while, in the quasi-energy gap region around $\mu=0$, s becomes much smaller than that of the non-interacting chain.

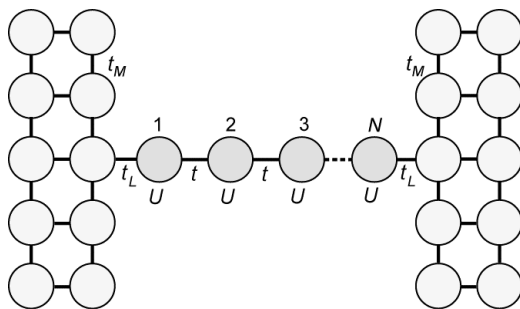


図1：金属電極間の原子架橋

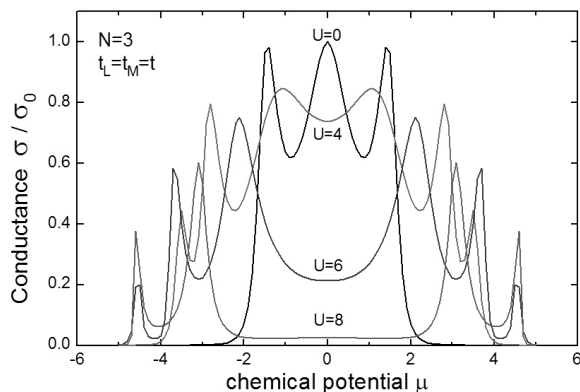


図2：原子架橋(N=3)の電気伝導率

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

Akiyoshi ITOH, Arata TSUKAMOTO

Information Storage Group and Supramolecules and Self-Assembly Group

In recent years, much attention has been focused on nano-structured magnetic media for achieving ultra high density recording up to several Tbit/inch². 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.

1. A role of rapid thermal annealing (RTA) for achieving fine isolated grains

We already reported that the rapid thermal annealing (RTA) of Fe/Pt and Fe/Cu/Pt multilayered continuous films are effective to obtain perpendicularly magnetized small $L1_0$ structured grains on thermally oxidized Si substrate, and also the SiO₂ substrates having self-organized nano-pores is able to increase the grain density significantly. However, relations between the process for forming isolated grains from the continuous film and the annealing temperature are not clarified. Then, we focused onto observation of grain formation process. We fabricate FeCuPt by RTA, under the variety of heating up rate (T_R) and the maximum temperature (T_m). Isolated grains are obtained at higher T_R and T_m , however at higher T_m than approximately 550 °C, large grains have been appeared. We introduce a rapid cooling process into RTA and comparing the results with the both cases of rapid and slow cooling processes to clarify at what temperature the isolation of grains has been occurred. With the rapid cooling process, growing of grains are prevented, however a new peaks in XRD (X-ray diffractometer) profile which correspond to the disordered structure of FeCuPt are appeared as shown in Fig. 1. (Publication 9)

2. TAMR (Thermally Assisted Magnetic Recording) simulation of FePt isolated grain by near field optical head

We performed three dimensional micromagnetic simulations of FePt isolated grains with time evolution of temperature distribution in media, for estimating recording process in TAMR with near field optical head. Three dimensional micromagnetic simulations were performed with Landau-Lifshitz-Gilbert equation. The thermal distribution in the media was determined by solving the heat equation with heat source from near field optical head. After heating of 1 ns, the temperature of heated FePt grain reached 770 K. Once the magnetization was completely demagnetized at $t = 1.0$ ns, then magnetization was recovered to opposite direction with time constant of around 260 ps. From Fig. 2, we could verify the magnetization of one FePt grain was reversed and the capability of one bit recording of FePt grain media by near field optical head.

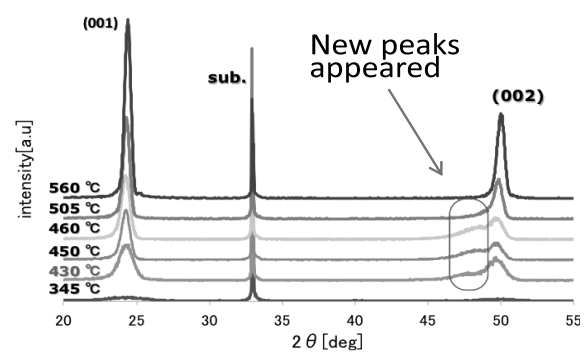


Fig. 1 XRD profile for FeCuPt annealed by RTA with rapid cooling process as a function of maximum temperature T_m for T_R 150 °C/s.

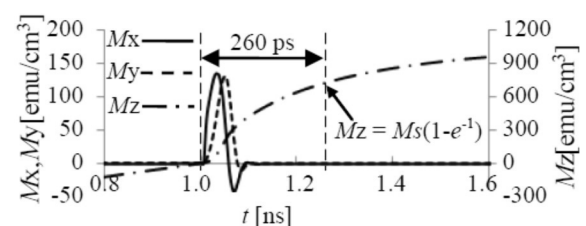


Fig. 2 Time evolution of magnetization

Analysis of Crystal Structures of Antiferromagnetic Cr₂O₃ Thin Films Using Reciprocal Space Mapping

Nobuyuki IWATA

Nanomaterials and Nanodevices Group

The crystal structure of *c*-oriented Cr₂O₃ (*c*-Cr₂O₃) and *r*-oriented Cr₂O₃ (*r*-Cr₂O₃) thin films grown on sapphire substrates was investigated in detail by two-dimensional reciprocal space mapping (RSM) using x-ray. The RSM was illustrated by detecting the diffraction signals for 10 seconds scanning ω every 0.05 degrees at fixed approximately 8 degrees wide in 2θ using one dimensional detector, VÅNTEC-1 equipment (Bruker, D8 Discover). The angle of ϕ was adjusted to that where in-plane information can be obtained. In Fig.1, a schematic view of a corundum structure with space symmetry of rhombohedral, $R\bar{3}c$, to which sapphire and Cr₂O₃ belong, is illustrated. In the *c*-Cr₂O₃ thin film, the RSM around $\{10\bar{1}10\}$ plane was investigated every 60 degrees in ϕ . In the *r*-Cr₂O₃ thin film, the RSMs around $\{2\bar{2}010\}$ and $\{20\bar{2}8\}$ planes were investigated. Since the corundum structure has 3-fold rotation axis along the $[001]$ direction, corresponding planes are described as shown in Table I. The other planes looks like same but totally different, we call it twin, as described in Table I as well.

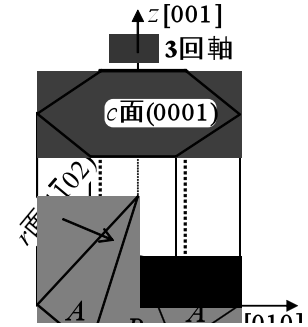


Fig.1 : Schematic structure of corundum sapphire and Cr₂O₃. *c*-plane (0001), *r*-plane (1102), and lattice plane, indicated by "A" and "B". Since there is a 3-fold axis along the $[001]$ direction, the corresponding planes to "A" and "B" are obtained to rotate every 120 degrees along the $[001]$ axis.

Table I, Investigated planes for crystal growth analysis of *c*-Cr₂O₃ and *r*-Cr₂O₃ thin films.

Group	Planes notation	Corresponding planes	Twin planes
<i>B</i>	$\{10\bar{1}10\}$	$(10\bar{1}10)$, $(\bar{1}1010)$, $(0\bar{1}110)$	$(1\bar{1}010)$, $(01\bar{1}10)$, $(\bar{1}0110)$
<i>A</i>	$\{2\bar{2}010\}$	$(2\bar{2}010)$, $(02\bar{2}10)$, $(\bar{2}0210)$	$(\bar{2}2010)$, $(02\bar{2}10)$, $(20\bar{2}10)$
<i>B</i>	$\{20\bar{2}8\}$	$(20\bar{2}8)$, $(\bar{2}208)$, $(02\bar{2}8)$	$(\bar{2}208)$, $(02\bar{2}8)$, $(20\bar{2}8)$

Results & Discussion

In the results of the RSM around $\{10\bar{1}10\}$ of *c*-Cr₂O₃, the Bragg diffraction of sapphire substrate and Cr₂O₃ film appeared every 120 degrees and 60 degrees in ϕ , indicating that the *c*-Cr₂O₃ grew with twin. In the case of *r*-Cr₂O₃, the Bragg diffraction concerning about the corresponding plane of $(2\bar{2}010)$ was obtained in both of film and substrate. However, the $(20\bar{2}8)$ was not appeared. From the results of the RSM of *r*-Cr₂O₃, the film grew without twin, different to that of *c*-Cr₂O₃.

In general, the surface energy of a bulk Cr₂O₃ single crystal shows lowest *r*-plane and highest *c*-plane, and middle *a*-plane. Considering the surface energy, film surface of *r*-Cr₂O₃ should be smooth, and surface of the *c*-Cr₂O₃ should be rough. However, the results was totally oppoiste. Because of the triangle arrangement of atoms in *c*-plane, it is expected that the *c*-Cr₂O₃ easily grow with twin to reduce the strain energy due to the lattice mismatch, rahter high 4%. However, the circumstance is diffarent to that of *r*-Cr₂O₃, because the lattice structure of the *r*-plane is rectangle. From the reasons mentioned above, the *r*-Cr₂O₃ grew without twin and showed rough surface as a result.

From the view of application, it is pretty good not to have twin structure in the *r*-Cr₂O₃, because an opposite magnetoelectric signal is induced from the twin.

Nano Helical Morphology of Silver Acetylide Compounds

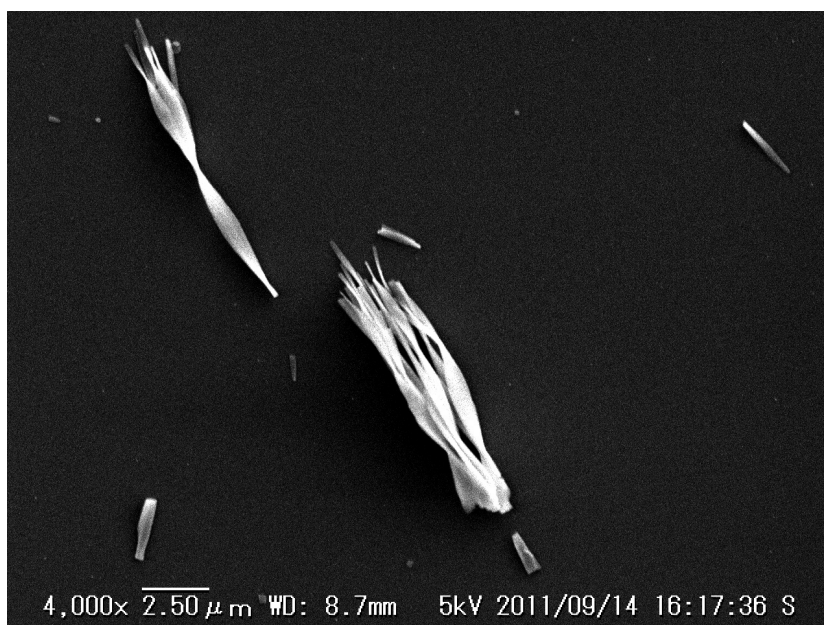
Ken JUDAI

Nanomaterials and Nanodevices Group

Several bio molecules self-assemble into helical structures, for example, a double helix of DNA, an α -helix of protein morphology, and so on. From the viewpoint of chemistry, helical structures have been synthesized with amphiphilic polymers as supramolecular materials. In principle, the helical structures are chiral, and the right-handed or the left-handed amphiphilic helical polymers can be controlled by the functional group of organic molecular chirality. We are attempting to prepare a chiral helix by self-assembling of achiral molecules. The aim of this work is to uncover the driving force for helical self-assembly, origin of chirality. It results in supplying basis strategy for nano architecture.

Silver *p*-tolylacetylide is a structure with substituent of a toluene molecule for a silver acetylide, and it is an achiral compound having a mirror plane originally. We have succeeded in recrystallization of this compound through a soluble intermediate of a phosphine complex. A scanning electron microscopic (SEM) image is shown below for the condition of recrystallization in ethanol solvent. Nano crystals shaped with twisted ribbons were observed. The twisted ribbons are a kind of helical structures, and the chiral helices were produced from the achiral molecules. When the solvent for recrystallization was changed to a lower polarity molecule, 2-propanol, nano crystals shaped with ribbons were not twisted contrastingly. This indicates that nano morphology between helix and non-helix can be controlled with solvents of recrystallization. The mechanism for crystal growth self-assembling helices will be examined from the point of solvent effects.

First of all, how the acetylide molecules are packed into the crystal should be clarified to measure x-ray diffraction patterns. We have been already starting to do that. However, we can right now propose one model hypothesis for the mechanism of nano helical crystal growth. The qualities of the crystals depended upon the solvent molecules of recrystallization. Many branching structures could be found in the helices recrystallized in ethanol, and contrastingly longer straight crystals were observed in the sample recrystallized in 2-propanol. It looks that lower crystal quality is associated with helical structures. An actual mechanism for the helix is unknown. As a hypothesis, lower quality of crystal growth may produce lots of defect on surface. The surface defects may generate surface tension for helical deformation.



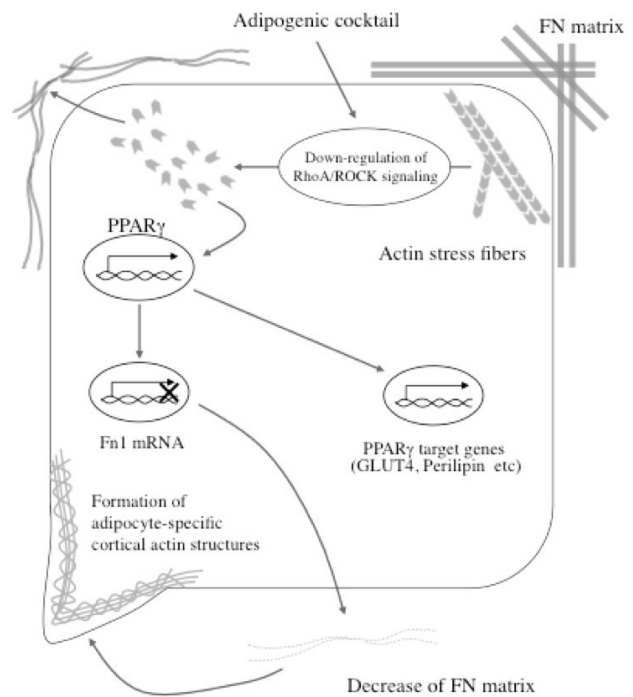
We are studying copper acetylide compounds as well as silver acetylide. The surface active copper nano particles can be prepared from copper acetylide, and catalytic activity has been investigated. Those results have been already reported in an international journal (publication 1).

The remodeling of actin stress fibers is a trigger for *in vitro* adipocyte differentiation

Koichiro KANO

Medical Group

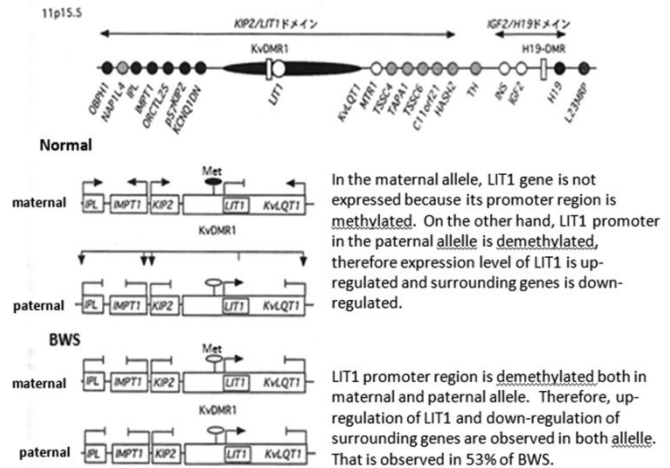
Adipocyte differentiation at an early stage is directly regulated by gene expression of a master regulator such as peroxisome proliferator-activated receptor- γ (PPAR γ). During adipogenesis, the remodeling of actin cytoskeleton defines important events of the differentiation process. Here, we examined the regulatory relationship between actin cytoskeleton remodeling and PPAR γ in early adipocyte differentiation. Depending on adipogenic induction, actin stress fibers were immediately disrupted prior to the expression of PPAR γ . And treatment with cytoskeletal fixation agent phalloidin maintained actin fiber structures even after adipogenic induction, and caused a down-regulation of PPAR γ . In addition, ectopic expression of activated RhoA, which is known to promote the formation of actin stress fibers, inhibited the disruption of actin stress fibers and PPAR γ expression after adipogenic induction, and these effects were recovered by treatment with the RhoA kinase inhibitor Y-27632. Moreover, treatment of the actin polymerization inhibitor cytochalasin D in active RhoA-expressing cells caused the disruption of actin stress fibers, and as a result, PPAR γ expression was rescued. On the other hand, introduction of the PPAR γ -specific shRNA resulted in maintained the high-level expression of fibronectin (FN) matrix and inhibited the reorganization into adipocyte-specific cortical actin structures during adipocyte differentiation. And transfection of FN-specific siRNA in PPAR γ -knockdown cells after adipogenic induction caused the formation of cortical actin structures. In conclusion, our findings indicate that actin stress fiber disruption directly induces PPAR γ expression, and that PPAR γ regulates the reorganization into adipocyte-specific cortical actin structures through the down-regulation of FN matrix, and provide a novel insight into the mutual regulatory mechanisms between actin cytoskeleton remodeling and adipogenic transcription factors in early adipocyte differentiation.



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

Syouta UEKUSA, Tsugumichi KOSHINAGA
 Medical Group

Beckwith-Wiedemann syndrome (BWS) is a genomic imprinting disorder in human with a variable phenotype. The major features are anterior abdominal wall defects involving exomphalos (omphalocele), pre- and postnatal overgrowth, and macroglossia. Additional less frequent complications include specific developmental defects and a predisposition to embryonal tumours. BWS is associated with genetic or epigenetic alterations in one of two imprinted domains on chromosome 11p15.5. The most frequent alteration associated with BWS is the absence of methylation at the maternal allele of KvDMR1, an intronic CpG island within the *LIT1* gene. It has been suggested that KvDMR1 locus is an imprinting control region (ICR) that regulates multiple genes in 11p15.5. In this domain, *LIT1* regulates the expression of imprinted genes in *cis*. One of the anti-tumor genes p57KIP2 is located in the 11p15.5 region. Reduced or loss of p57KIP2 expression seems to cause of high incidence of embryonal tumours and we hypothesized that down-regulation of *LIT1* expression could result in up-regulation of p57KIP2 and reduction of cell growth.

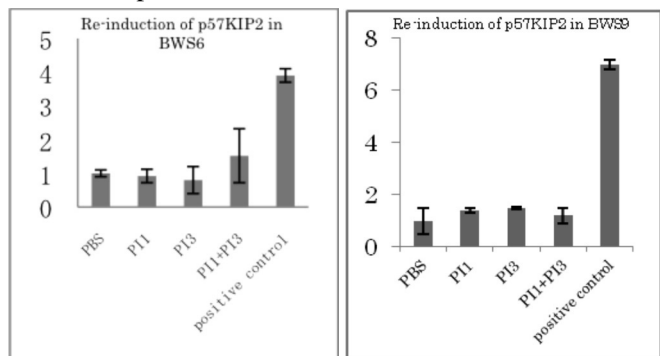


PI polyamide can recognized DNA and bind to it in a sequence specific manner. PI polyamide designed to recognize a transcription factor binding site could inhibit transcription factor to bind to its target site and down-regulate expression of target gene. In the present study, we designed the PI polyamide for the promoter region of *LIT1* gene, and examined whether the *LIT1* PI polyamide can reduce the expression level of *LIT1* ,up-regulate p57KIP2 expression and show anti-cancer effect in BWS fibroblast cell lines.

In vitro experiments

We designed PI polyamide targeting for CAAT box, which is located on promoter region of *LIT1* (h-CCAAT1, h-CCAAT3). BWS fibroblast cell lines (BWS6, 9) were cultured in the presence or absence of PI polyamide, h-CCAAT1, h-CCAAT3, for 72hours. Expression of p57KIP2 was highly up-regulated in the cells treated with PI polyamide compared with the cells cultured without PI polyamide treatment.

Since it was confirmed that the PI polyamide targeting promoter region of *LIT1* have the effect to down-regulate p57KIP2 expression, we are now testing the effect of the PI polyamide on nephroblastoma cell lines and examining whether the PI polyamide can up-regulate the expression level of p57KIP2 and show anti-tumor effects.



Experimental Studies for Quantum Memory using Neutral Atoms

Takeshi KUWAMOTO

Quantum Information Group

Quantum memory is a key element in quantum information and computing technology. Our purpose in this project is realizing the quantum memory using neutral atoms. We especially aim at the long-term storage of quantum entangled states in the atomic system.

1. Quantum light source

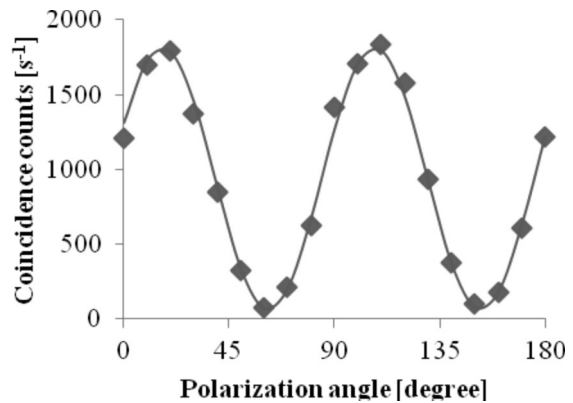
- Increase in intensity of orthogonally polarized photon pairs resonant with a transition in rubidium atom -

In order to gain the strength of 795-nm-wavelength orthogonally polarized photon pairs, which are used for generating the quantum entangled states in the future, we reinforced the output power of a 397.5-nm-wavelength light source used for generating the 795-nm photon pairs through spontaneous parametric down conversion process.

The 397.5-nm light was obtained by second harmonic generation (SHG) with a type I PPKTP crystal. We developed a bow-tie-type cavity for boosting the SH light (397.5 nm) power. As a result, the SH light power and the number of orthogonally polarized photon pairs increased about threefold.

We measured the two-photon interference of the generated orthogonally polarized photons (figure on the right). The obtained visibility was 93%, and the result states that the generated photon pairs have clear quantum nature.

The next step is storing the orthogonally polarized photons in the Rb atoms.

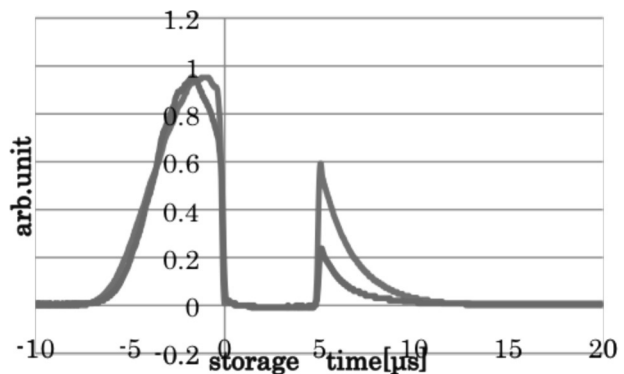


2. Light storage system

- Improvement in efficiency of light storage in Rb atoms using electromagnetically induced transparency -

Last year we develop an optical-phase & frequency-lock loop (OPFLL) system in order to lengthen the storage time of light in atoms. Although the storage time increased twofold, the improvement in storage efficiency was not observed. So, we developed the high-speed injection-current controller of the laser, which functioned by receiving the feedback signal from the OPFLL. In addition, a hot-water temperature control system for Rb cell was introduced to reduce magnetic field around the cell.

Figure on the right shows the experimental results measured before (red) and after (blue) the improvements (storage time is 5 ms). The storage efficiency of light was increased twofold.



Application to the iPS induced factors of DP-1 Stabilon motif inhibiting proteolysis

Yoshikazu MASUHIRO

Medical Group

Induced pluripotent stem cells are cells developed in Japan and have possibility to become the cell source of the regenerative medicine in the future. However, quality control of iPS is important so that induced pluripotent stem cells are really applied to regenerative medicine. In this study, I try construction of the iPS-producing method using the proteins as a method without gene variation. In this study, I examine the iPS-producing method establishment using proteolysis resistant cell-permeable proteins and only reagents by the cooperation with the researchers of the N. research project, because the old method using the cell-permeable proteins is complicated, and the production efficiency is low.

1. Application to the iPS induced factor of the DP-1 Stabilon motif

Transcription factors (Oct4, Sox2, Klf4, cMyc) called the Yamanaka factors are necessary to derive induced pluripotent stem cells. However, when we use cMyc, it is reported that a ratio to produce a cancer in iPS transplant mouse. Recently, it was reported that the transcription factor called Glis1 facilitated the iPS production efficiency even if cMyc was not used. Therefore we thought about the production of genetically safe iPS with the cell membrane permeable protein of Oct4, Sox2, Klf4 and Glis1.

In addition, I discovered the DP-1 Stabilon motif which raised stabilization of the protein in a conventional study in this laboratory (article 2). It fused in an N- or C-terminus of Yamanaka4 factor and Glis1, and investigated this Stabilon whether stabilization of these protein was possible. As a result, when I transfected these factors expression plasmid into HEK 293 cells and transiently expressed, and analyzed expression by Western blotting, Stabilon-fused Glis1, Oct4, Sox2 and Klf4 were stabilized. The effectiveness varied according to molecular species by an N- or C-terminal fusion.

2. Function elucidation of the proteolysis-resistant mechanism of the DP-1 Stabilon motif

The mechanism is unknown why DP-1 Stabilon enables stabilization of the protein. I speculate that mechanisms of protein stabilization by Stabilon is the resistance of proteolysis, translation efficiency or localization. Many molecules which were selectively functioned by Stabilon were known that degraded by ubiquitin-proteasome system. Therefore I examined whether Stabilon maintained proteolysis resistance of the protein by pulse chase assay using the cycloheximide. As a result, absence of Stabilon, the expression level of protein rapidly attenuated. But the presence of Stabilon, the expression level of protein slowly attenuated. Therefore, a function of Stabilon was more likely to be proteolytic resistance. Next, I examined a ubiquitinylation of Stabilon fusion proteins, it was at the same level in having Stabilon or not. Then, I examined resistance for the proteasomal proteolysis by an *in vitro* proteasomal assay. As a result, the proteins completely disintegrated without Stabilon in six hours, but Stabilon fused proteins were hardly degraded. Therefore, it was considered that the function of Stabilon was resistance for proteasomal proteolysis. Next, I examined the resistance for various protease. As a result, Stabilon maintained resistance for the chymotrypsin-like serine protease. Because proteasome have caspase-like, trypsin-like, chymotrypsin-like activity, it is considered that the function of Stabilon is resistance for chymotrypsin-like activity of proteasome. Others, it is considered that the influence of interaction between Stabilon fused protein and proteasome, or unfold, this mechanism is examined in detail now.

Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Analysis of Tumor-localizing Photosensitizing Compounds

Takahiko AOYAMA, Yoshiaki MATSUMOTO

Medical Group

To describe the relationships between effects following photodynamic therapy, light dose, and plasma compound concentration, we develop a high-performance liquid chromatography (HPLC) method for the determination of plasma concentration and investigate the pharmacokinetics of novel compound CT101019a (Fig. 1).

Pharmacokinetics of CT101019a

A simple and sensitive HPLC method is developed for the determination of plasma CT101019a concentration in rats and apply to the pharmacokinetic study. Separation was achieved on a reversed-phase TSK-GEL ODS-80 column by gradient elution using sodium phosphate solution (pH 2.7) and acetonitrile. The flow rate was 1.3 ml/min. The elute was monitored by a fluorescence detector with respective excitation and emission wavelengths of 412 and 644 nm. The method was used to determine the plasma concentration time profiles of CT101019a after intravenous injection. The observed plasma concentration time profiles of CT101019a and talaporfin (Fig. 2) are shown in Fig. 3. The half-life of CT101019a was shorter than that of talaporfin. These characteristics of CT101019a are suitable for clinical application.

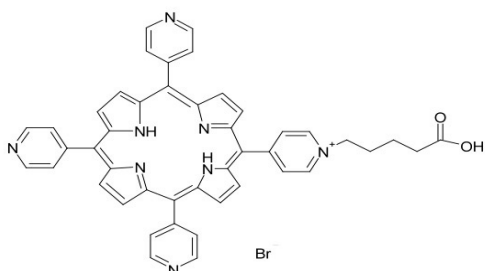


Fig. 1. Chemical structure of CT101019a.

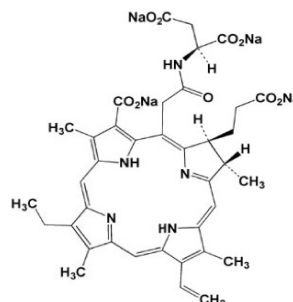


Fig. 2 Chemical structure of talaporfin sodium.

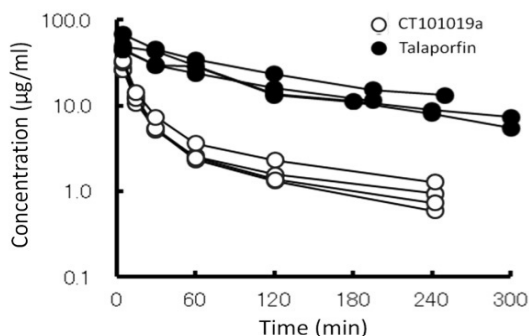


Fig. 3. Plasma concentration-time curves.

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

Sachiko MATSUSHITA

Supramolecular and Self-Assembly Group; Energy Technology Group

Two 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, and 2) Fabrication of optical devices via self-assembly.

1. Dye-sensitized photonic crystal electrodes

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 major reason is the lack of full-photonic band-gap (FPBG) structure composed of TiO₂ and electrolyte. The authors had discovered such FPBG structure by computer simulation.

This time, we demonstrated the high aspect ratio microfabrication process of (001)TiO₂ for photonic crystal structure by SF₆-RIE technique to prepare the FPBG structure. Cr micro patterns as an etching mask material were prepared on a TiO₂ single crystal (rutile) by photolithography and radio frequency (RF) sputtering. The TiO₂ was anisotropically etched along [001] by optimizing the etching conditions. The higher selectivity etching rate ratio of TiO₂/Cr was obtained by lower RF power and higher flow rate of SF₆. In addition, higher anisotropic etching with a higher aspect ratio was achieved by higher RF power and high flow rate of SF₆. This project is collaboration with Dr. H. Hashiba at Department of Engineering and Science.

2. Fabrication of optical devices via self-assembly

Noble metal nanoparticles or nanostructures display localized surface plasmon resonances (LSPRs) depends on geometry. In terms of using such nanostructures in optical nanodevices, the planar and symmetric arrangement of tips on a particle is highly advantageous in controlling the polarization property and handling the particle. Here we report an inexpensive process for preparing a six-rayed star-like nanostructure using a self-assembly technique that satisfies above features and is suitable for use in optical nanodevices. The method is based on a combination of colloidal self-assembly, thermal sintering and chemical etching of SiO₂ particles, which together enable the tuning of both the size of the particles and neck diameter. A six-rayed star-like nanostructure was formed in the above procedure (Figure, inset). The absorption peaks red-shifted with an increase in the Au coating time (Figure). The simulated coating thickness of Au is also shown on the top x-axis in the Figure. The difference between the peak shift caused by Au thickness and the peak shift by the nanostructure is observed. When the coating time was less than 20 s, the absorption peaks of the 2D colloidal crystal and the six-rayed star-like nanostructure were observed at a shorter wavelength than those of the substrate. These blue shifts might have been caused by sharpness at the tip and tiny spaces among particles. For a coating time of 30 s, the absorption peaks of the nanostructure and the substrate were observed at the same wavelength. This result revealed that the tip sharpness on the nanostructure was abated in the thicker Au film.

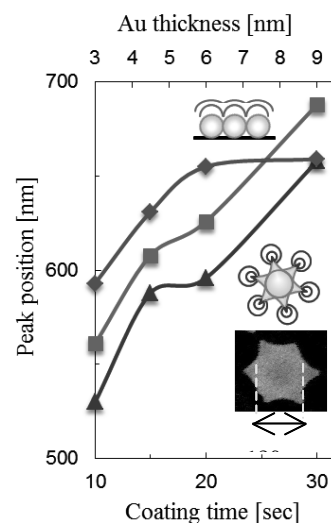


Figure. UV-Vis spectrum change of substrate (◆), 2D colloidal crystal (■), and six-rayed star-like nanostructure (▲) with Au coating time. The SEM image of six-rayed star-like nanostructure is shown in the inset.

Applied chemical biology: strategy to cure cancer patients

Hiroki NAGASE

Medical Group

Exploiting an enormous amount of potentials of organic chemistry, we have conducted chemical biological approaches to cure cancer patients. Following two distinct but important approaches have been studied for the last four years and promising progresses have been made. The first one is DNA binding molecule of PI polyamide for cancer therapy and the second is a novel chemosensitizing radiation therapy.

1. PI polyamides targeting cancer related genes for anti-cancer therapy

Pyrrole-Imidazole (PI) polyamide molecule was originally designed from structures of natural DNA binding molecule, such as Distamcine and Diocarbamicine and has been discovered as a synthetic molecule which recognizes the minor groove of Watson-Crick base pair of double-stranded DNA in a sequence-dependent manner. We have developed a semi-automatic synthesis system for PI polyamide, which are able to regulate specific target gene-expression under specific transcription factor binding inhibition for biological functional studies and perhaps patient therapy. PI polyamide immediately penetrated the nucleus *in vitro* and *in vivo* without any vehicle. After intra venous injection it rapidly reduce the serum concentration, delivered to most of tissue cells, excreted to urine or bile juice and did not metabolize in animals. The PI polyamides, designed for anti-Tgfb1 and anti-MMP9 activity, were well tolerated, reduced target gene expression and showed therapeutic effects in animal models of human diseases. For instance, after I.V. administration of anti-MMP9 polyamides, tumor metastasis was significantly suppressed in the mouse model of human liver metastasis of colon cancer. This new auto-synthetic chemicals can be designed for many transcriptional regulation of transcripts and applied to prove many biological hypothesis of transcriptional regulation for cancer research, and may be used for cancer therapy in the future.

2. A novel chemosensitizing radiation therapy by using synthetic porphyrin derivatives

Photodynamic therapy (PDT) is a medical treatment that uses a photosensitizing chemical and a light source (long wave length light can reach around 1cm depth of human tissues) to activate the applied chemical. The result is an activated oxygen molecule that can destroy nearby cells. Precancerous cells and certain types of cancer cells can be treated by PDT. Cancer cells uptake more of the porphyrin derivatives and retain the chemicals in a long duration. Thus, the PDT can introduce a cancer cell specific therapy. We invented the radiation-sensitizing chemical of the porphyrin derivatives, which can be used for PDT and may also induce photon activation therapy (PAT), provoking the emission of Auger electrons after inducing a photoelectric effect. X-ray radiation allows for the treatment of cancers that are deep inside the human body. We observed an induced cancer cell death after irradiation following administration of the porphyrin derivative. This study orchestrated harmony of works among medical school, school of pharmacy and college of science and technology.

Research for high density and high speed magnetic recording
- Thermally assisted magnetic recording applying near field optical light -

Katsuji NAKAGAWA
 Information Storage Group

It is a challenging issue to write magnetic domains on a stable magnetic recording layer for the future high density magnetic recording technology, because the stable magnetic recording layer for high density recording is extremely sustainable not only against thermal agitation but also against recording magnetic field. We study thermally assisted magnetic recording that can enable to write nano-meter size magnetic domains on stable magnetic film by the technique that applies the confined laser light by a near field optical method. The structure of surface plasmon antennas is designed by optical and thermal simulation collaborated. Magnetic films and fabrication e-beam lithography processes for surface plasmon antenna are also prepared. We have also started femto-second laser pulse recording collaborated with Assistant Prof. A. Tsukamoto and Prof. A. Itoh.

1. Design of Near-Field Surface Plasmon Antenna

We studied optical intensity and temperature distribution after femto-second laser pulse irradiation for the structure model as shown in Fig. 1. The direction of irradiated optical electric field is adjusted to the surface plasmon antenna in parallel to the Au antenna. The peak intensity which is enhanced by the surface plasmon effect is observed at the edge of the antenna, but the peak temperature at the edge becomes broad by the effect of thermal diffusion. The ratio between the first peak and the second peak of temperature depending on time after light irradiation is shown in Fig. 2. It was found that the first peak temperature is much higher than the second peak in 10 ps after the laser irradiation.

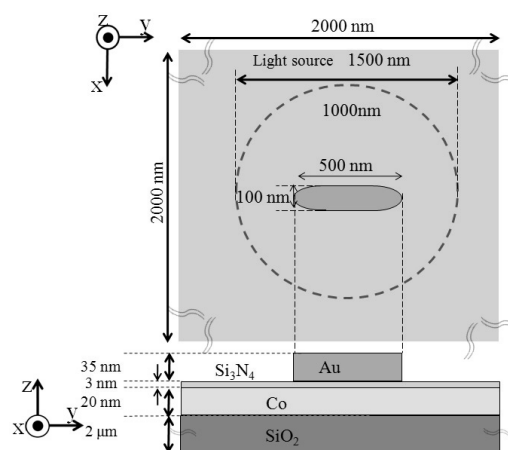


図1 プラズモンアンテナ構造例

2. Recording Film and Antenna Fabrication

CoCrPt alloy magnetic film was prepared as a recording film by sputtering method. E-beam lithography was applied to fabricate Au surface plasmon antenna. A block made of one hundred Au antennas in 50 by 50 micron square can be made on the magnetic film. A few blocks of Au antennas were fabricated on the film for femto-second laser recording test.

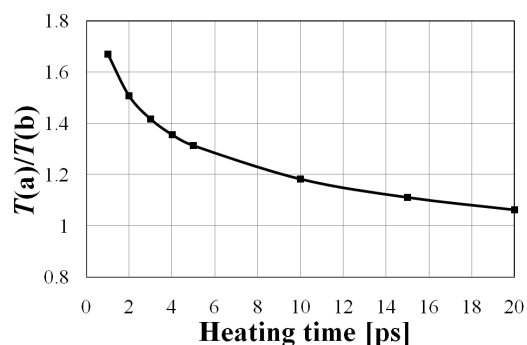


図2 ピーク温度寄与経過時間特性

3. Coupling between Surface Plasmon Antenna and Waveguide

It is very important how to locate surface plasmon antennas in magnetic head for thermally assisted magnetic recording. We studied the dependence on energy transfer efficiency to get high efficiency. One of the methods that surface plasmon antennas are placed along with a waveguide was investigated by simulation. The method can be applied for creating a confined circularly polarized

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

Nobuyuki NISHIMIYA
Energy Technology Group

Novel methods for converting photo-energy to hydrogen energy have been developed through combination of hydrogen-absorbing sites with natural or artificial centers where photo-assisted hydrogen dissociation takes place.

1. Highly efficient photo-chemical energy conversion by combination of photo-water splitting systems with encapsulated hydrogen absorbing alloys

Bacteria with photosynthetic activity to split water on irradiation was chosen as a system for water splitting, ZrVFe alloy encapsulated with tetraethoxysilane-silicone rubber precursor was chosen as an encapsulated hydrogen absorbing alloy, and the combination of the bacteria and the alloy proved to be highly efficient in water splitting

to shift the equilibrium to the hydrogen evolution side. The encapsulated ZrVFe alloy that was able to absorb and recover bio-hydrogen repeatedly occluded hydrogen from hydrogen-oxygen mixtures with molar ratio of hydrogen to oxygen of 2 as illustrated in Fig. 1. Hydrogen was released at elevated temperatures after occlusion of the mixtures. ZrVFe that was not encapsulated could once absorb hydrogen, but got inactive in the following runs.

The scope of hydrogen absorbing materials was further spread to CVD (Chemical Vapor Deposition) single walled carbon nanotubes, novel B-C-N compounds etc. beyond the conventional metallic alloys.

2. Hydrogen battery chargeable by photon energy through combination of hydrogen absorbing alloys and photo-active systems that create electron-hole pairs on irradiation

Occluded hydrogen was stabilized in ZrMn₂, Ti-Zr-Fe-Mn alloys etc. when irradiated at 352 nm in vacuo in the presence of a photocatalyst WO₃. It was confirmed from higher temperature shift of hydrogen desorption in temperature programmed desorption analyses. Occlusion of hydrogen under a hydrogen atmosphere and stabilization of occluded hydrogen would provide with photo-assisted charging of secondary batteries.

3. Hydrogen occlusion with varied stability by hydrogen absorbing alloys assisted by photocatalysts that dissociate hydrogen

Photo-assisted hydrogen desorption was observed for a complex hydride LiBH₄ in the presence of WO₃ and a co-catalyst CuO. Hydrogen in the complex hydride was destabilized on irradiation and the temperature for hydrogen desorption was lowered. Such was also the case for NaBH₄ and Mg(BH₄)₂. The stability of hydrogen in a typical non-metallic material, C-N, was also

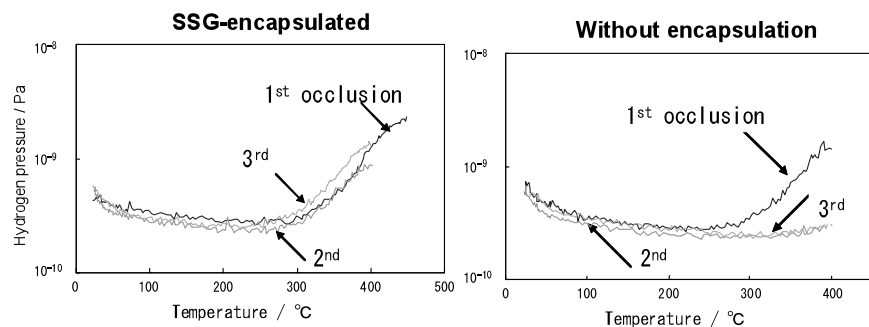


Fig. 1 Hydrogen Evolution in vacuo after hydrogenation under hydrogen-oxygen mixture with hydrogen to oxygen ratio of 2 at room temperature.

Nano-Electromagnetic Simulation and Its Applications to Plasmonic Devices

Shinichiro OHNUKI

Quantum Theory and Computation Group

This work aims at developing fast and reliable electromagnetic simulation methods for studying the interaction between light and nanoscale objects. We apply our computational methods to designing nanoscale devices, such as plasmonic antennas and single-molecule rotors, through the collaboration with researchers of the *N.* research project.

1. Plasmonic Antennas with Particulate Media for All Optical Magnetic Recording

The arrangement of particulate media under the nano-scale plasmonic antenna has been investigated. Figure 1 shows the structure of a plasmonic antenna to enhance the intensity of the electric field inside the center particle. When the liner polarized light impinges, the localized circular polarized light is produced in the center particle and the intensity becomes double compared with adjacent particles.

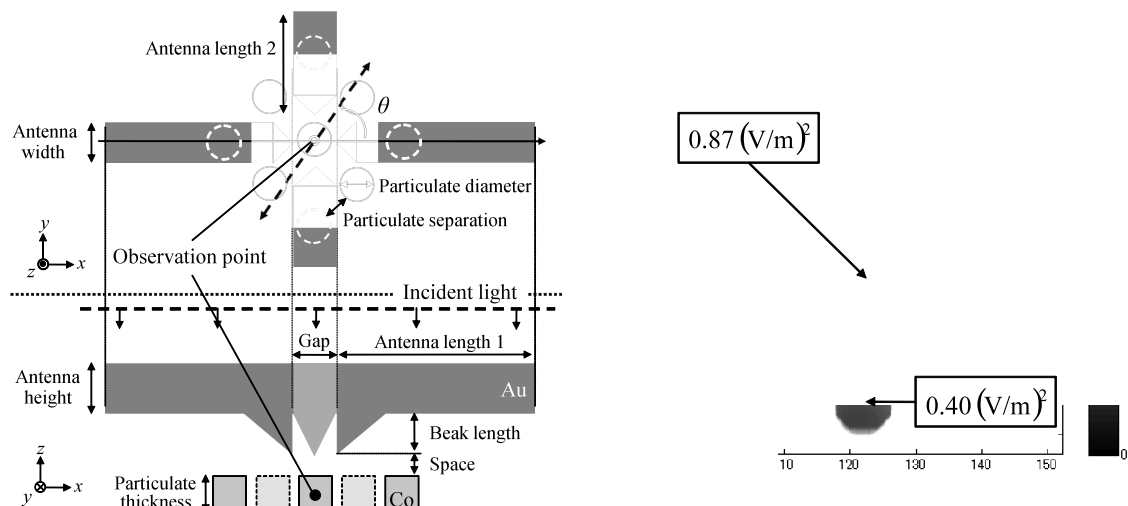


Figure 1: Plasmonic antenna with particulate media

2. Time Domain Solvers Based on Integral Equation Methods

We have developed fast and accurate solvers based on integral equation methods with fast inverse Laplace transform for time domain electromagnetic problems. Applying the multilevel fast multipole method, the computational time is about five times faster. Our method is suitable for parallel computing and the efficiency keeps almost 100 % for increasing the number of nodes. We are investigating nano-aperture antennas and charge distribution on a nano-particle due to an electric dipole source.

3. Coupled Solver of Maxwell and Schrödinger Equations

A novel algorithm is proposed for solving coupled Maxwell and Schrödinger equations relying on the use of a length gauge form of the coupling between an electromagnetic field and electrons. The proposed algorithm can reduce computational time almost by half as compared with the conventional method.

4. High-Precision Analysis of Electromagnetic Scattering Problems

A point matching method can analyze electromagnetic scattering problems with a high degree of accuracy. We study computational accuracy of the electromagnetic scattering from homogeneous dielectric spheres. Compared with the analytical solutions, our error control is verified.

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

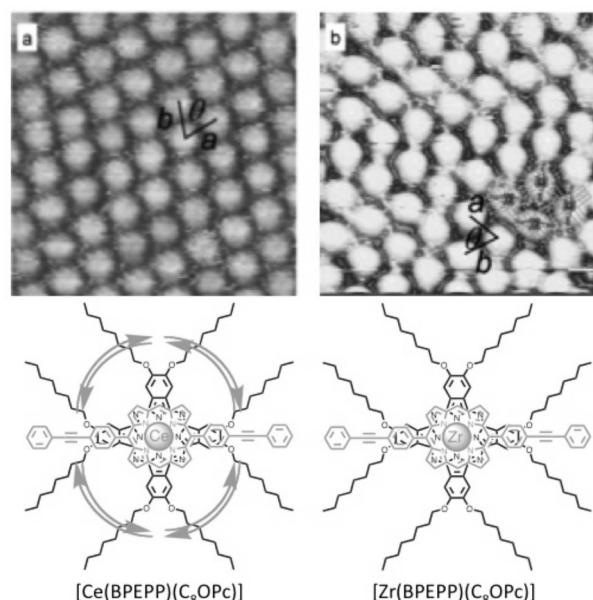
Joe OTSUKI

Supramolecular and Self-Assembly Group; Energy Technology Group

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, has been investigated. We provide evidence that a heteroleptic double-decker complex of cerium with phthalocyanine and porphyrin ligands undergoes rotational libration in solution for the first time on the basis of variable-temperature ^1H NMR. On the other hand, the zirconium complex with the same set of ligands undergoes no rotational motion. These molecules deposited on graphite surfaces exhibited different shapes in scanning tunneling microscope (STM) images, revealing difference in the rotational motion at the molecular level. (*Chem. Lett.* 2011, Figure).



We have also reported the assembling behaviors of a double-decker porphyrin complex appended with an additional porphyrin group with submolecular resolution (*J. Nanosci. Nanotechnol.*, in press).

2. Piperidine-Substituted Perylene Sensitizer for Dye-Sensitized Solar Cells

We have prepared perylene sensitizers and studied the photovoltaic performance in dye-sensitized solar cells (DSSCs) (*Adv. OptElectr.* 2011). Physical properties and photovoltaic performance of this new perylene derivatives have been reported. A piperidine-substituted perylene dye, when anchored to nanocrystalline TiO_2 films, achieves very efficient sensitization across the whole visible range extending up to 800 nm. Under standard AM 1.5 irradiation (100 mW cm^{-2}) and using an electrolyte consisting of 0.6 M dimethylpropylimidazolium iodide, 0.05M I_2 , 0.1 M LiI, and 0.5 M *tert*-butylpyridine in acetonitrile, a solar cell containing the sensitizer yielded a short-circuit photocurrent density of 7.7 mA cm^{-2} , an open-circuit photovoltage of 0.57 V, and a fill factor of 0.70, corresponding to an overall conversion efficiency of 3.1%.

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

Photodynamic therapy (PDT) is one of the cancer treatment methods that destroys cancer cells using dyes and 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 in depth. In an attempt to combine X-ray irradiation and PDT, we are searching for porphyrin derivatives which are effective under X-ray irradiation. We have so far found two effective compounds at the cell experiment level.

Conjugate-Fermi-hole analysis in the origin of Hund's rule and the interaction between atoms and strong ultrashort pulsed laser lights

Tokuei SAKO

Quantum Theory & Computation Group

On the basis of the recently proposed new concept of “conjugate Fermi holes” the origin of Hund's rule in simple atoms has been analyzed and clarified by the structure of the internal wave functions. Ionization of these atoms as a fundamental process of the light-matter interaction has been also studied by focusing on the non-perturbative ionization of He by EUV-FEL lights, which was reported recently at Spring8. A theoretical model explaining the observed trends has been constructed.

1. Conjugate Fermi holes and Hund's multiplicity rule in He-like atomic systems

The origin of Hund's multiplicity rule in the low-lying excited states of the helium atom has been studied by considering the two-dimensional helium atom. The internal part of the full configuration interaction wave functions for the (2s) and (2p) singlet-triplet pairs of states has been extracted and visualized in the three-dimensional internal space (r_1, r_2, ϕ) . The internal wave function of the singlet states without electron repulsion has a significant probability around the origin of the internal space while the corresponding probability of the triplet wave function is negligible in this region due to the presence of a Fermi hole. The electron-electron repulsion potential has been visualized also 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 migrates out of this region. In contrast, the corresponding triplet wave function is less affected by these poles due to the presence of the Fermi hole. The singlet probability is shown to migrate from its original region close to the origin to a region far away where either r_1 or r_2 are large. This results in a more diffuse electron density distribution and a smaller electron repulsion energy of the singlet state than of the corresponding triplet state. The mechanism of the evolution of the singlet probability toward the region of large r_i ($i = 1, 2$) in the presence of the electron repulsion potential has been rationalized on the basis of a new concept called conjugate Fermi hole.

2. Non-perturbative resonance ionization of He by high-intensity and high-frequency laser lights

Two-photon resonance ionization probability of atoms in strong extreme-ultraviolet free-electron laser (EUV-FEL) pulses has been investigated by the model of the time-dependent wave packet propagation of a light-coupled multi-level atom. Under the simulation within the model assuming single mode FEL pulses, the ionization probability P_{ion} has shown characteristic dependences on the scaled coupling-parameter U_{gi} between two levels of the ground (g) and intermediate resonance (i) states, namely, $P_{\text{ion}} \propto (U_{\text{gi}})^n$ with n being equal to ~ 2 , less than 1, and ~ 1 for the small, medium, and large U_{gi} regimes, respectively. This power dependence of the ionization probability has been interpreted due to Rabi oscillations between g and i states. To compare with recent experimental results on the same condition, the multi-mode nature of SASE-FEL pulses has been managed in the simulation. Then, the recent experimental laser-power dependence of the two-photon resonance ionization of He [Sato *et al.*, J. Phys. B **44**, 161001 (2011)] has been well described by that for the large U_{gi} regime of the simulation, i.e., $n \sim 1$. Thus, the observed linear laser-power dependence has been rationalized as being caused by the strong Rabi oscillations between the $(2p) - (1s)$ states.

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

Kaoru SUZUKI

Nanomaterials and Nanodevices Group

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, Co) and antiferromagnetic metal (Cu) 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 $\text{Sr}_x\text{La}_{1-x}\text{TiO}_3$ Film for Hydrogen Generation with Visible Area in Solar Light Excitation by Laser Induced Forward Transfer Method

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 $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$. To circumvent this problem, we have attempted to synthesized La doped TiO_2 thin film on polymer films substrate by laser induced forward transfer method. In addition we have tried to Sr doped as impurity for improvement photocatalytic effect. These films were composed of several molar ratios. We have successfully crystallized perovskite structure films which were La doped TiO_2 thin film of $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$, Sr doped TiO_2 thin film of SrTiO_3 and both impurity doped thin film of $\text{Sr}_x\text{La}_{1-x}\text{TiO}_3$ ($x=0.1\sim 0.9$). The best of photocatalytic effect was realized by $\text{Sr}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{TiO}_3$ to SrTiO_3 , and furthermore, the band gap of $\text{Sr}_{0.3}\text{La}_{0.3}\text{TiO}_3$ was 3.2 eV which showed the same tendency. As a result, the molar ratio of $\text{Sr}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{TiO}_3$ 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 $(\text{Sr}_{0.6}\text{La}_{0.4}\text{F})\text{FeAs}$ 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/cm²) 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 Group

Since the discovery of superconductivity at 26 K in $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$, many researches on the iron-based superconductors have been carried out and the new superconducting compounds with the parent phases of SrFeAsF are found. It is reported that the superconducting transition temperature T_c of $\text{Sr}_{0.6}\text{La}_{0.4}\text{FeAsF}$ is 26 K and that of $\text{Sr}_{0.5}\text{Sm}_{0.5}\text{FeAsF}$ is 56 K. However, as the study of $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$ besides $\text{R} = \text{La}$ and Sm is quite a few, superconducting properties of them have not been clarified now. In 2010, oxygen deficient $\text{LaFeAsO}_{0.89}$ is also reported to be a superconductor with T_c of 28 K. On the other hand, we have studied the electrical and magnetic properties of LaZnPnO ($\text{Pn}=\text{P}$, As , Sb) before the discovery of iron based superconductors. Recently, it is reported that the optimum value of y which shows the highest T_c varies with x in $\text{LaFe}_{1-y}\text{Zn}_y\text{AsO}_{1-x}\text{F}_x$.

1. Crystal Structure and Superconducting Properties of

$\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$ ($\text{R}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}$)

We have succeeded to prepare $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$ ($\text{R}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}$) although a small amount of SrF_2 impurity is observed. Figure 1 shows the R dependence of the lattice parameters for $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$ with $x=0.4$. Lattice parameters for $\text{R}=\text{Pr}$ are quite different from those for other rare earths. This implies that Pr ions are not trivalent in $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{FeAsF}$. The superconducting transition temperature for $\text{R}=\text{Pr}$ are also different from those for other rare earths (Fig. 2).

2. Preparation and Electrical Properties of SrFeAsF_{1-x}

We have prepared almost single phase samples of SrFeAsF_{1-x} . The deficiency of F in F sites are confirmed from the increase of the relative intensity of (111) reflection in X-ray diffraction patterns. The temperature dependence of the electrical resistivity is analyzed by the following formula; $\rho(T)=\rho_0+AT^n$ (Fig. 3). Although superconductivity is observed in the samples with $n=1\sim 2$ for other iron based superconductors, it is not observed in the sample with $x=0.25$ which has n of 1.08 in this system.

2. Crystal Structure and Electrical Properties of

$\text{LaFe}_{1-y}\text{Zn}_y\text{AsO}$

We have tried to prepare $\text{LaFe}_{1-y}\text{Zn}_y\text{AsO}$ for $0\leq y\leq 1$. Mixed phase samples with LaFeAsO and LaZnAsO are obtained for middle region of y . Almost single phase samples are obtained for $y\leq 0.2$. Lattice constants a and c increases with y in this region.

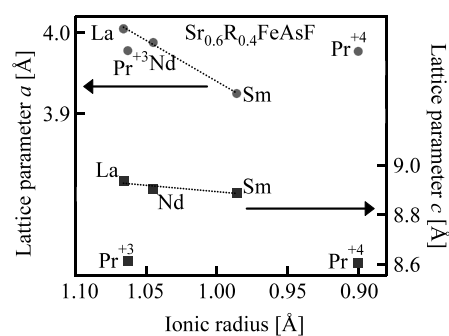


Fig. 1 R dependence of lattice parameters.

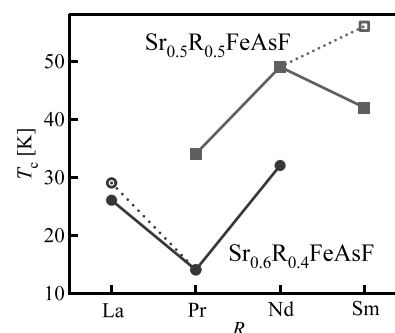


Fig. 2 R dependence of superconducting transition temperature. Open symbols are reported values.

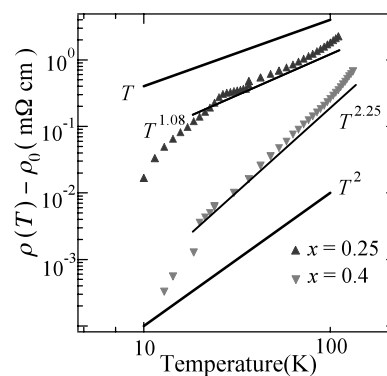


Fig. 3 Relation between $\log(\rho(T) - \rho_0)$ and $\log T$.

Ultra Fast Information Recording and Ultra Fast Photo Magnetic Switching

Arata TSUKAMOTO, Akiyoshi ITOH

Information Storage Group and Supramolecules and Self-Assembly Group

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 known as ferromagnetic resonance limit. 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. This finding, previously believed to be fundamentally impossible, reveals an ultrafast and efficient pathway for writing magnetic bits. Based on deep understanding of relationship between light and magnet including above new discovery, we are striving to establish the fundamental techniques of researching and developing ultrafast spin manipulation.

1. Film structure dependence of demagnetization time scale of GdFeCo metallic thin films

In conventional magneto-optical (MO) recording which triggered with nanoseconds pulsed laser irradiation, the time scale of heat-up and cool-down process depends on thermal diffusion property in multilayered recording media. The speed limits of heating and cooling process are important issue for fast heat assisted magnetic recording. Femtosecond pulsed laser light allow excitation of magnetic systems much shorter than the time scale of thermal diffusion. In this study, we investigated the film structure dependence of ultrashort laser-induced demagnetization of 20 nm thick GdFeCo alloy films, under the variety of with / without intermediate dielectric layer and heat sink layer. After the laser excitation, we found two time region from magnetic behavior: rapid step-like reducing process of magnetization and following recovering process with precessional motion. Figure 1 shows the ultrafast magnetic response of 20 nm thick GdFeCo alloy films triggered with ultrashort laser pulse irradiation measured by all-optical pump-probe method. Simultaneously, change of normalized reflectivity DR / R was measured for monitoring the time evolution of electron temperature.

The time scale of first rapid step-like demagnetization processes is conformed as within picoseconds range independently with film structure, which is much shorter than characteristic time scale of ferromagnetic resonance for all the cases. Following hundreds ps regime, film structure dependent precessional motion of magnetization was appeared. (Publication 7)

2. Development of measurement system

We set up the system applying a fine adjustment manipulator. Laser pumping and probing system can be precisely adjusted by the new motorized system.

A new magnetic bias coil was prepared for applying up to 1 kOe. The bias field can be synchronized to the laser system.

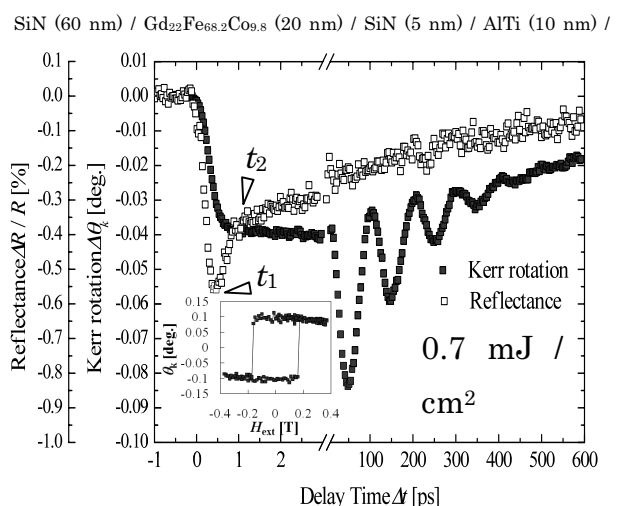


Fig. 1 Time-evolutions of the change of magneto-optical Kerr rotation Δq_k and the normalized change of reflectivity DR / R of 20nm thick Gd₂₂Fe_{68.2}Co_{9.8} alloy films. Inset figures show the magneto- optical Kerr effect hysteresis loops of each sample measured by same time-resolved observation set-up without pump laser.

Propagation Characteristics and Distribution of Energy Flow by Dielectric Waveguide with Diamond Dielectric Structure in the Middle Layer

Tsuneki YAMASAKI

Quantum Theory and Computation Group

In periodic structures such as photonic crystal structures, it is known that a frequency stop band occurs. Consequently, in the design of photonic crystal structures with periodic constants same as optical wavelength, it is important to investigate the stop band region. On the one hand, it can be controlled optical constants by the development of manufacturing technology of semiconductor and optical devices. Thus, many analytical and numerical techniques have been proposed that are applicable to dielectric gratings having arbitrary structures. To deal with multilayered dielectric circular cylinder arrays such as photonic crystal structure, it is necessary to analyze the multilayered periodic arrays. In the multilayer method, as the inhomogeneous region is divided into an assembly of stratified thin layers with step index profile, the matrix size depends on the number of layers. In our method, the order of characteristic matrix equation depends on the modal truncation number, but it does not depend on the number of layers.

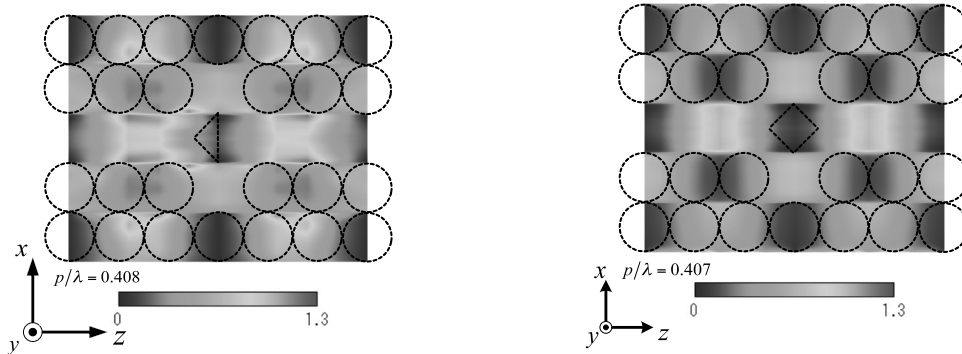
In recent paper, we analyzed the guiding problem for the dielectric waveguides composed of dielectric circular cylinders and loaded with diamond dielectric structure in the middle layer, and investigated the propagation characteristics by using a combination of improved Fourier series expansion method and multilayer method.

Numerical results are given by complex propagation constants in the first stop band region and distribution of energy flow at the guided region for both TE₀ and TM₀ modes. It is shown in Fig.1 and Fig.2 that a diamond is the best structure for storing electromagnetic energy for both TE₀ and TM₀ modes compared with triangular structure.

These results have been 「Reference」 as follows:

Reference :

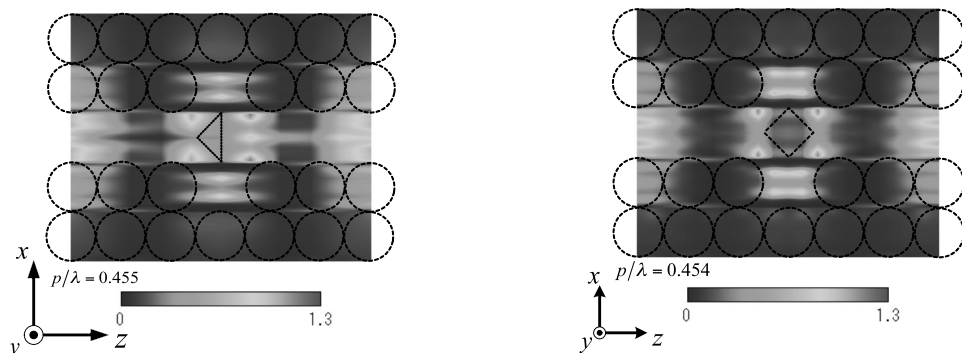
(1)R. Ozaki and T. Yamasaki: “Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along the Middle Layer”, IEICE Trans. Electron. vol.E95-C, no.1(2012).



(a) Triangular structure

(b)Diamond structure

Fig.1 Distribution of energy flow for the case of TE mode for $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 3$.



(a) Triangular structure

(b)Diamond structure

Fig.2 Distribution of energy flow for the case of TM mode for $\epsilon_3^{(m)}/\epsilon_0 = 3$.

業績／Publications and Achievements since 2011

<p>知的財産</p>	<p>※当該研究に基づき発明等知的財産が得られた場合は、「発明等名称」「発明者」「出願日」「出願番号」等必要な情報をご記入ください。</p> <p>特許出願</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 浅井朋彦, 井通暁, 井口一輝, 「定常プラズマ生成装置」, 特願 2011-068129. 2. 鈴木薫, 「消霧方法及び装置」 特願 2011-234153. 3. 西宮伸幸, 浅田泰男, 「シアノバクテリアが産生する水素の水素貯蔵合金による効率的回収方法および水素の増収方法」, 特願 2011-124597. 4. 永瀬浩喜, 陳敏, 崎元暢, 渡部隆義, 福田昇, 「DNA 配列特異的結合化合物を含む局所用眼科疾患治療薬」, 特願 2011-503643. 5. 永瀬浩喜, ラジーブ・ミシュラ, 木村真, 渡部隆義, 川島弘之, 植草省太, 草深ひろみ, 「MYC 下流遺伝子を標的とした配列特異的発現調節剤, 及び MYC 下流遺伝子の標的又は標的群を決定する方法」, 特願 2011-503644. 6. 花澤重正, 舩廣善和, 「タンパク質療法や抗体療法に応用可能なプロテアソームによるタンパク質分解を阻害する酸性アミノ酸からなるモチーフの確立」, 特願 2011-514288. <p>特許登録</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 福田昇, 岸岡博文, 杉山弘. 「TGF-β 遺伝子発現抑制剤」, US7888516, 2011 年 2 月 15 日. 2. 永瀬浩喜, 杉山弘, 鈴木元, 坂東俊和, 木村真, 大拙彰道, 「標的遺伝子特異的ヒストン修飾制御剤」 4873510, 2011 年 12 月 1 日. <p>意匠登録</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 浅井朋彦, 「組立式の分光用型紙」 1413448, 2011 年 4 月 8 日.
<p>シンポジウム等開催</p>	<p>※当該研究に基づきシンポジウムを実施した場合は、「シンポジウム名」「開催期間」「概要」等必要な情報をご記入ください。</p> <p>本プロジェクト主催のシンポジウム等</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平成 23 年 8 月 24 日, 「競争的資金の仕組みと NEDO 申請のポイント」セミナー～NEDO 若手研究グラントを例にして～, 日本大学理工学部駿河台 2 号館 4 階会議室, 講師: 島津製作所, 橋本志朗. 2. 平成 23 年 11 月 26 日, 日本大学理工学部学術講演会 N.研究プロジェクト特別セッション, 日本大学理工学部駿河台校舎 1 号館 2 階 121 会議室, 講演者: 大月穰, 桑本剛, 芦澤好人, 西宮伸幸, 渡部隆義, 佐甲徳栄, 岩田展幸, 浅井朋彦 3. 2011 年 11 月 16 日, インフォーマルセミナー, 駿河台 2 号館 4 階会議室, 講演者: 榎泰典 (日本大学理工学部) 「細胞膜複合糖脂質: 2～3 の話題提供」, 中谷陽一 (Institut de Chimie,

	<p>Université de Strasbourg)「再構成膜におけるカロテノイド, コレステロール, グリコホリン A のトポグラフィ分析」</p> <p>4. 2012年1月28日, 先端材料科学センターおよび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」共催, 第21回材料科学に関する若手フォーラム (合同若手フォーラム), 日本大学理工学部船橋校舎.</p> <p>5. 2012年2月20日, 日本大学N.研究プロジェクトシンポジウム, 日本大学本部講堂, 市ヶ谷. (予定)</p> <p>メンバーが主催者等の関連シンポジウム等</p> <p>6. 文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業, ハイテクリサーチ整備事業「ゲノム科学的アプローチによる生命共同体の包括的理解と制御法への応用」平成23年度報告会, 2011年2月28日, 日本大学生物資源科学部生命科学研究所.</p> <p>7. 日本大学学部連携研究推進シンポジウム「日本大学幹細胞研究フォーラム」平成22年1月22日, 日本大学大講堂.</p> <p>8. 日本大学学部連携研究推進シンポジウム, 第7回日本大学先端バイオフィォーラム, 平成23年12月17日, 日本大学桜門会館.</p>
<p>著書・論文</p>	<p>※当該研究に基づき本年度に出されて著書・論文を, 研究者ごとに次のとおりまとめてください。</p> <p>①雑誌論文の場合は, 著者(第一著者)名, 論文標題, 雑誌名(大学の研究紀要等を含む。), 査読の有無, 巻, 発行年(西暦)及び最初と最後の頁を記入すること。</p> <p>②図書の場合は, 著者(第一著者)名, 出版社名, 書名, 発行年(西暦)及び総ページ数(共著の場合は最初と最後の頁)を記入すること。</p> <p>雑誌論文は全て査読あり.</p> <p>浅井朋彦 論文</p> <p>1. S. Elgriw, D. Liu, <u>T. Asai</u>, A. Hirose and C. Xiao, “Control of magnetic islands in the STOR-M tokamak using resonant helical fields”, Nuclear Fusion, 51, 113008 (2011), 1-10.</p> <p>浅田泰男 論文</p> <p>1. Toshihiro SUGITATE, Makoto FUKATSU, Katsuhiko ISHIMI, Hideki KOHNO, Tatsuki WAKAYAMA, Yoshihiro NAKAMURA, Jun MIYAKE and <u>Yasuo ASADA</u> Studies on Hydrogen Production by Photosynthetic Bacteria after Anaerobic Fermentation of Starch by a Hyperthermophile, <i>Pyrococcus furiosus</i> 124, 1-6, 2011年6月, 理工学部研究報告.</p> <p>石田浩 論文</p> <p>1. <u>H. Ishida</u>, A. Liebsch, "First-order metal-to-metal phase transition and non-Fermi liquid behavior in a two-dimensional Mott insulating layer adsorbed on a metal substrate", Physical Review B 2012, Vol. 85 (in press) 1-14.</p>

2. A. Liebsch and H. Ishida, "Temperature and bath size in exact diagonalization dynamical mean field theory", Journal of Physics: Condensed Matter 2012, Vol. 24 (053201) 1-28.

伊藤彰義

論文

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, 205-208.
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, 7, (07D302) 1-3.
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, 7, (07B735) 1-3.
4. I. Radu, K. Vahaplar, C. Stamm, T. Kachel, N. Pontius, H. A. Durr, T. A. Ostler, J. Barker, R. F. L. Evans, R. W. Chantrell, A. Tsukamoto, A. Itoh, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A. V. Kimel, "Transient ferromagnetic-like state mediating ultrafast reversal of antiferromagnetically coupled spins", Nature, 2011, 472, 205-208.
5. T. A. Ostler, R. F. L. Evans, R. W. Chantrell, U. Atxitia, O. Chubykalo-Fesenko, I. Radu, R. Abrudan, F. Radu, A. Tsukamoto, A. Itoh, A. Kirilyuk, Th. Rasing, and Alexey Kimel, "Crystallographically amorphous ferrimagnetic alloys: Comparing a localized atomistic spin model with experiments", Physical Review B, 2011, 84, (24407) 1-9.
6. T. Ota, Y. Ashizawa, K. Nakagawa, S. Ohnuki, H. Iwamatsu, A. Tsukamoto, and A. Itoh, "Dependence of Circularly Polarized Light Excited by Plasmon Aperture on Relative Position to Magnetic Particles for All-Optical Magnetic Recording, J. Magn. Soc. Jpn., 2011, 36, 21-23..
7. T. Sato, S. Toriumi, R. Shimizu, A. Tsukamoto, and A. Itoh, "Film Structure Dependence of Demagnetization Time Scale of RE-TM GdFeCo Alloy Thin Films", J. Magn. Soc. Jpn., 2011, 36, 82-85.
8. L. Le Guyader, S. El Moussaoui, E. Mengotti, L. J. Heyderman, F. Nolting, A. Tsukamoto, A. Itoh, A. Kirilyuk, Th. Rasing, and A. V. Kimel, "Nanostructuring of GdFeCo Thin Films for Laser Induced Magnetization Switching", J. Magn. Soc. Jpn., 2011, 36, 21-23.
9. A. Itoh, A. Tsukamoto, S. Okame, and K. Mizusawa, "A Role of Rapid Thermal Annealing (RTA) for Achieving Fine Isolated Grains of FeCuPt", J. Magn. Soc. Jpn., 2011, 36, 58-61.
10. T. A. Ostler, J. Barker, R. F. L. Evans, R. Chantrell, U. Atxitia, O. Chubykalo-Fesenko, S. El Moussaoui, L. Le Guyader, E. Mengotti, L. J. Heyderman, F. Nolting, A. Tsukamoto, A. Itoh, D. Afanasiev, B. A. Ivanov, A. M. Kalashnikova, K. Vahaplar, J. Mentink, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A. V. Kimel, "Ultrafast Heating as a Sufficient Stimulus

for Magnetization Reversal in a Ferrimagnet", Nature Communications, 2012 (Accepted 5 January 2012)

井上修一郎

論文

1. D. Fukuda, G. Fujii, T. Numata, K. Amemiya, A. Yoshizawa, H. Tsuchida, H. Fujino, H. Ishii, T. Itatani, S. Inoue, and T. Zama, "Titanium-based transition edge photon number resolving detector with 98 % detection efficiency with index-matched small-gap fiber coupling," Opt. Express, Vol. 19, No. 2, pp. 870-875 (2011.1.17).
2. N. Namekata, H. Takesue, T. Honjo, Y. Tokura, and S. Inoue, "High-rate quantum key distribution over 100 km using ultra-low-noise, 2-GHz sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiodes," Opt. Express **19**, 10632-10639 (2011.5.23).
3. N. Namekata and S. Inoue, "Ultra-low-noise high-speed single-photon detection using a sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiode," in Proc. SPIE 7945 (SPIE press,U.S.A., 2011.5.26).
4. D. Fukuda, G. Fujii, T. Numata, K. Amemiya, A. Yoshizawa, H. Tsuchida, H. Fujino, H. Ishii, T. Itatani, S. Inoue, and T. Zama, "Titanium Superconducting Photon-Number-Resolving Detector," IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol. 21, No. 3, pp. 241-245 (2011.5.27).
5. K. Tsujino, D. Fukuda, G. Fujii, S. Inoue, M. Fujiwara, M. Takeoka, and M. Sasaki, "Quantum Receiver beyond the Standard Quantum Limit of Coherent Optical Communication," Phys. Rev. Lett. Vol. 106, No. 25, pp. 250503 (2011.6.24).
6. S. Arahira, N. Namekata, T. Kishimoto, H. Yaegashi, and S. Inoue, "Generation of polarization entangled photon pairs at telecommunication wavelength using cascaded $\chi^{(2)}$ processes in a periodically poled LiNbO₃ ridge waveguide," Opt. Express **19**, 16032-16043 (2011.8.15).
7. G. Fujii, D. Fukuda, T. Numata, A. Yoshizawa, H. Tsuchida, and S. Inoue, "Thin gold covered titanium transition edge sensor for optical measurement," J. Low Temp. Phys. (採録決定).

岩田展幸

論文

1. Keijiro Sakai, Satoshi Doi, Nobuyuki Iwata, Hirofumi Yajima, and Hiroshi Yamamoto, "Growth Position and Chirality Control of Single-Walled Carbon Nanotubes", IEICE Trans. Electron.E94-C (2011) 1861-1866.
2. Daiki Koide, Shouta Kato, Eri Ikeda, Nobuyuki Iwata, and Hiroshi Yamamoto "Free Electron Laser-Polymerization of C₆₀ Grown by Liquid-Liquid-Interfacial Precipitation Method" , IEICE Trans. Electron. E94-C (2011) 151-156.
3. Daiki Koide, Nobuyuki Iwata, Hiroshi Yamamoto "Photo-polymerization of hole-Doped C₆₀ grown by liquid-liquid

interfacial precipitation method” , Phys. Status Solidi C 8 (2011) 558-560.

4. Atushi Noda, Nobuyuki Iwata, and Hiroshi Yamamoto, “Crystal Growth of Anthracene by Dip Coating and Application for Organic Electroluminescence Devices, Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 01BC10, 1-4
5. Keijiro Sakai, Hiroaki Takeshita, Kunihide Kaneki, Hirofumi Yajima, Nobuyuki Iwata and Hiroshi Yamamoto, “Multi-Excitation-Laser Raman Analysis of Chirality-Controlled Single-Walled Carbon Nanotubes with Free Electron Laser Irradiation during Growth”, Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 01BJ13
6. Nobuyuki Iwata, Daiki Koide, Shouta Kato, Eri Ikeda, Hiroshi Yamamoto “Hole or Electron Doped C₆₀ Polymer Using Free Electron Laser Irradiation”, Mater. Res. Soc. 2010 Fall Proc. **1292** (2011) C3.11.
7. Nobuyuki Iwata, Hiroshi Yamamoto, Mark Huijben, Guus Rijnders, Dave H. A. Blank, “Growth of CaFeO_x/LaFeO₃ Superlattice on SrTiO₃(100) Substrates”, 2010 Fall Proc. **1292** (2011) K12.16.

大月穰

論文

1. J. Otsuki, C. Ohya, Y. Komatsu, T. Morisaki, “Monolayer Assemblies of a Sandwich-Type Double-Decker Porphyrin Complex of Cerium with an Additional Pendant Porphyrin Unit”, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, in press.
2. J. Otsuki, Y. Takaguchi, D. Takahashi, P. Kalimuthu, S. P. Singh, A. Islam, L. Han, “Piperidine Substituted Perylene Sensitizer for Dye-Sensitized Solar Cells”, *Adv. OptoElectron.* **2011**, 2011, Article ID 860486, 7 pages.
3. J. Otsuki, M. Taka, D. Kobayashi, “Rotational Libration of a Porphyrin/Phthalocyanine Double-Decker Complex with Ce(IV) as Revealed by ¹H NMR and STM”, *Chem. Lett.* **2011**, 40 (7), 717–719.
4. J. Otsuki, “Fiddling with Electrons and Photons Using Metal Complexes at the Molecular Scale”, 日本大学理工学部理工学研究所研究ジャーナル, *J. Res. Inst. Sci. Tech. Nihon Univ.* **2011**, (124) 26–35.
5. J. Otsuki, “STM studies on double- and triple-decker porphyrin and phthalocyanine complexes”, *Supramol. Chem.* **2011**, 23 (3,4), 169–182.

著書

1. J. Otsuki, “Molecular Nanoarchitectures on Graphite”, in *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 16, Ed. H. S. Nalwa, American Scientific Publishers, CA, USA, **2011**, 423–446.
2. 大月穰, はじめての有機化学, 東京化学同人, 2012年1月.
3. J. Otsuki, “Supramolecular Energy and Electron Transfer Processes and Their Switching”, in *Multiporphyrin Arrays: Fundamentals and Applications*, Ed. D. Kim, Pan Stanford Publishing, Singapore, in

press.

大貫進一郎

論文

1. 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.
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," *Journal of Applied Physics*, **2011**, 109, 07B735. Selected for *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology*, 2011.
3. M. Hirano and S. Ohnuki, "Fast Computation for Electromagnetic Scattering Problems Using a Heterogeneous Multi-Core Processor," *IEICE Electronics Express*, **2011**, 8(16), 1330-1336.
4. K. Nakagawa, Y. Osa, A. Tajiri, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, Y. Sasaki, K. Inoue, S. Hinata, G. X. Du, S. Saito, M. Takahashi, and A. Itoh, "Thermally Assisted Magnetic Recording Test Method Applying Surface Plasmon Antenna Stacked on Granular Media," *Journal of the Magnetics Society of Japan*, in press.
5. T. Ota, Y. Ashizawa, K. Nakagawa, S. Ohnuki, H. Iwamatsu, A. Tsukamoto, and A. Itoh, "Dependence of Circularly Polarized Light Excited by Plasmon Aperture on Relative Position to Magnetic Particles for All-Optical Magnetic Recording," *Journal of the Magnetics Society of Japan*, in press.
6. S. Ohnuki, T. Mochizuki, K. Kobayashi and T. Yamasaki, "Optimization of Field Decomposition for a Mode Matching Technique," *IEICE Transaction Electron*, in press.
7. S. Kishimoto and S. Ohnuki, "Error Analysis of Multilevel Fast Multipole Algorithm for Electromagnetic Scattering Problems," *IEICE Transaction Electron*, in press.

加野浩一郎

論文

1. Obinata D, Matsumoto T, Ikado Y, Sakuma T, Kano K, Fukuda N, Yamaguchi K, Mugishima H, Takahashi S, Transplantation of mature adipocyte-derived dedifferentiated fat (DFAT) cells improves urethral sphincter contractility in a rat model. *Int J Urol*, 18, 2011, 827-834.
2. Ono H, Oki Y, Bono H, Kano K, Gene expression profiling in multipotent DFAT cells derived from mature adipocytes. *Biochem Biophys Res Commun*, 407, 2011, 562-567.

桑本剛

論文

1. H. Shibayama, Y. Yasaku, T. Kuwamoto, "Vortex nucleation in Bose-Einstein condensates confined in a QUIC trap by topological phase imprinting", *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and*

越永従道

論文

1. Koshinaga T, Inoue M, Ohashi K, Sugito K, Ikeda T, Tomita R. Therapeutic Strategies of Meconium Obstruction of the Small Bowel in Very Low-Birth-Weight Neonates. *Pediatr Int*. 2011 Jun;53(3):338-44.
2. Koshinaga T, Inoue M, Ohashi K, Sugito K, Ikeda T, Hagiwara N, Tomita R. Persistent biliary dilatation and stenosis in postoperative congenital choledochal cyst. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2011 18(1):47-52.
3. Sugito K, Uekusa S, Kawashima H, Furuya T, Ohashi K, Inoue M, Ikeda T, Koshinaga T, Tomita R, Mugishima H, Maebayashi T: The clinical course in pediatric solid tumor patients with focal nodular hyperplasia of the liver. *Int J Clin Oncol*. 2011 16(5):482-7.
4. Tomita R, Ikeda T, Fujisaki S, Sugito K, Sakurai K, Koshinaga T, Shibata M: Ano-Neorectal Function Using Manometry on Patients after Restorative Proctocolectomy and Ileal J-Pouch Anal Anastomosis for Ulcerative Colitis in Children. *Hepatogastroenterology*. 2011 Jul 20;59(113). doi: 10.5754/hge11335. [Epub ahead of print]
5. 星野真由美, 杉藤公信, 大橋研介, 井上幹也, 池田太郎, 越永従道. 小児外鼠径ヘルニア対側発症症例の統計的考察—エビデンスに基づいた医療を提供するために—. *日本小児外科学会誌* 47:213-219,2011.
6. Sugito K, Furuya T, Kaneda H, Masuko T, Ohashi K, Inoue M, Ikeda T, Koshinaga T, Tomita R, Maebayashi T: Long-term follow-up of nutritional status, pancreatic function, and morphological changes of the pancreatic remnant after pancreatic tumor resection in children. *Pancreas*. 2011 (in press)
7. Tomita R, Igarashi S, Ikeda T, Sugito K, Sakurai K, Fujisaki S, Koshinaga T, Shibata M: Study of Segmental Colonic Transit Time in Healthy Men. *Hepatogastroenterology*. 2011 Jul 15;58(1519-1522). doi: 10.5754/hge10849. [Epub ahead of print]
8. Kawashima H, Sugito K, Yoshizawa S, Uekusa S, Furuya T, Ikeda T, Koshinaga T, Shinojima Y, Hasegawa R, Mishra R, Igarashi J, Kimura M, Wang X, Fujiwara K, Gosh S, Nagase H. DNA hypomethylation at the *ZNF206*-exon 5 CpG island associated with neuronal differentiation in mice and development of neuroblastoma in humans. *Int J Oncol*. 2012 Jan;40(1):31-9.
9. 前岡瑛里, 池田太郎, 古屋武史, 星玲奈, 橋本真, 渡邊揚介, 蘇我晶子, 南郷容子, 金田英秀, 大橋研介, 井上幹也, 杉藤公信, 越永従道: 急性膵炎で発症した先天性胆道拡張症の1小児例. *日大医学雑誌* 70:217-220,2011.
10. Sugito K, Furuya T, Kaneda H, Masuko T, Ohashi K, Inoue M, Ikeda T, Koshinaga T, Yagasaki H, Mugishima H, Maebayashi T:

Application of High Dose Rate ^{60}Co Remote after Loading System for Local Recurrent Neuroblastoma. *J Pediatr Surg.* 46:e25-8,2011.

11. 富田涼一, 藤崎滋, 櫻井健一, 杉藤公信, 越永徒道, 柴田昌彦 : 豊胸術後の右乳房整理食塩水バッグ破裂を認めた 1 症例. *Therapeutic Research* 32:1187-1189,2011.
12. Uekusa S, Sugito K, Kawashima H, Yoshizawa S, Furuya T, Ohashi K, Ikeda T, Koshinaga T, Mugishima H: Successful Treatment for Hepatoblastoma in a 1-Year-Old Boy with Trisomy 18. *Pediatrics International*. 2012 (in press)

佐甲徳栄

論文

1. T. Sako, J. Paldus, A. Ichimura, and 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" , *Physical Review A* 2011, 83 (032511) 1-11.
2. T. Sako, J. Adachi, A. Yagishita, M. Yabashi, T. Tanaka, M. Nagasono and T. Ishikawa, "Suppression of ionization probability due to Rabi oscillations in the resonance two-photon ionization of He by EUV free-electron lasers", *Physical Review A* 2011, 84 (053419) 1-8.

十代健

論文

1. K. Judai, S. Numao, J. Nishijo, and N. Nishi, "In situ preparation and catalytic activation of copper nanoparticles from acetylide molecules", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* **2011**, 347, 28-33.
2. K. Furukawa, K. Ohashi, N. Koga, T. Imamura, K. Judai, N. Nishi, and H. Sekiya, "Coordinatively unsaturated cobalt ion in $\text{Co}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ ($n=4-6$) probed with infrared photodissociation spectroscopy", *Chemical Physics Letters* **2011**, 508, 202-206.
3. J. Nishijo, K. Judai, and N. Nishi, "Weak Ferromagnetism and Strong Spin-Spin Interaction Mediated by the Mixed-Valence Ethnyltetrathiafulvalene-Type Ligand", *Inorganic Chemistry* **2011**, 50, 3464-3470.

著書

1. 十代健「クラスター伝導体—銅アセチリドナノワイヤー—」表面技術 2011年10月号, pp.496-502, 表面技術協会.

鈴木薫

論文

1. S. Kurumi, D. Miura and K. Suzuki "Marking the Rough Surface Metal Catalysts by Laser Induced Forward Transfer and Controlling the Growth Forms of Carbon Nano-Materials by Thermal Decomposition in Ethanol", *Journal of Laser*

	<p>Micro/Nanoengineering, (2012, in press)</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. T. Kaneko, S. Kurumi and <u>K. Suzuki</u> "Fabrication of Nano Electrical Circuits on Diamond-Like Carbon Films by Scanning Ga⁺ Focused Ion Beam", Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics (2012, in press) 3. A. Mori, T. Horiuchi, M. Mizumachi, S. Seino, T. Nakagawa and <u>K. Suzuki</u> "Formation of Micro Lens by Laser Polymerization", Electronics and Communications in Japan (2012, in press) <p>著書</p> <ol style="list-style-type: none"> 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) <p>相馬正義</p> <p>論文</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Abe M, Okada K, Ikeda K, Matsumoto S, <u>Soma M</u>, Matsumoto K. Characterization of insulin adsorption behavior of dialyzer membranes used in hemodialysis. Artif Organs. 2011 Apr;35(4):398-403 2. Fujita T, Shimizu C, Fuke Y, Satomura A, Abe M, Kaizu K, Matsumoto K, <u>Soma M</u>. Serum interleukin-18 binding protein increases with behavior different from IL-18 in patients with diabetic nephropathy. Diabetes Res Clin Pract. 2011 Jun;92(3):e66-9. 3. Abe M, Okada K, Maruyama N, Matsumoto S, Fuke Y, Fujita T, <u>Soma M</u>, Matsumoto K. A case of femoral hemorrhage in a patient with microscopic polyangiitis with low levels of myeloperoxidase-antineutrophil cytoplasmic autoantibody. Clin Exp Nephrol. 2011 Jun;15(3):414-8. 4. Shimizu C, Fujita T, Fuke Y, Ito K, Satomura A, Matsumoto K, <u>Soma M</u>. High circulating levels of interleukin-18 binding protein indicate the severity of glomerular involvement in systemic lupus erythematosus. Mod Rheumatol. 2011 Jun 9. In press 5. Abe M, Maruyama N, Yoshida Y, Ito M, Okada K, <u>Soma M</u>. Efficacy analysis of the lipid-lowering and renoprotective effects of rosuvastatin in patients with chronic kidney disease. Endocr J. 2011;58(8):663-74. Epub 2011 Jun 14. 6. Matsumoto K, Shimodaira M, Nakagawa T, Nakayama T, Nakazato T, Izumi Y, <u>Soma M</u>, Matsumoto K, Sato N, Aoi N. Association study: SLC6A18 gene and myocardial infarction. Clin Biochem. 2011 Jul;44(10-11):789-94. 7. Abe M, Maruyama N, Okada K, Matsumoto S, Matsumoto K, <u>Soma M</u>. Additive antioxidative effects of azelnidipine on angiotensin receptor blocker olmesartan treatment for type 2 diabetic patients with albuminuria. Hypertens Res. 2011 Aug;34(8):935-41. 8. Yamazaki D, Tabara Y, Kita S, Hanada H, Komazaki S, Naitou D, Mishima A, Nishi M, Yamamura H, Yamamoto S, Kakizawa S, Miyachi H, Yamamoto S, Miyata T, Kawano Y, Kamide K, Ogihara
--	---

T, Hata A, Umemura S, Soma M, Takahashi N, Imaizumi Y, Miki T, Iwamoto T, Takeshima H. TRIC-A channels in vascular smooth muscle contribute to blood pressure maintenance. *Cell Metab.* 2011 Aug 3;14(2):231-41.

9. Nishida Y, Takahashi Y, Nakayama T, Soma M, Asai S. Comparative effect of olmesartan and candesartan on lipid metabolism and renal function in patients with hypertension: a retrospective observational study. *Cardiovasc Diabetol.* 2011 Aug 10;10:74.
10. Abe M, Maruyama N, Okada K, Matsumoto S, Matsumoto K, Soma M. Effects of Lipid-Lowering Therapy with Rosuvastatin on Kidney Function and Oxidative Stress in Patients with Diabetic Nephropathy. *J Atheroscler Thromb.* 2011;18(11):1018-28. Epub 2011 Sep 15.
11. 藤田之彦, 橋本修, 相馬正義, 竹内仁, 相澤信, 片山容一. 学生の講義出席率からみたハイブリッド型 PBL tutorial 導入の効果. *日大医学雑誌.* 査読無し. 2011 Oct;70(5):244-248.
12. Sezai A, Soma M, Hata M, Yoshitake I, Unosawa S, Wakui S, Shiono M. Effects of Olmesartan on the Renin-angiotensin-aldosterone System for Patients with Essential Hypertension after Cardiac Surgery-Investigation Using a Candesartan Change-over Study. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 Oct 25;17(5):487-93.
13. Abe M, Maruyama T, Fujii Y, Kitai M, Okada K, Matsumoto K, Soma M. Disopyramide-induced hypoglycemia in a non-diabetic hemodialysis patient: a case report and review of the literature. *Clin Nephrol.* 2011 Nov;76(5):401-6.
14. Ito M, Abe M, Okada K, Sasaki H, Maruyama N, Tsuchida M, Higuchi T, Kikuchi F, Soma M. f peptidase-4 (DPP-4) inhibitor vildagliptin improves glycemic control in type 2 diabetic patients undergoing hemodialysis. *Endocr J.* 2011 Nov 30;58(11):979-87.
15. Fuke Y, Hemmi S, Kajiwaru M, Yabuki M, Fujita T, Soma M. Oligomeganephronia in an adult without end stage renal failure. *Clin Exp Nephrol.* 2011 Nov 25. In press
16. Han Y, Fukuda N, Ueno T, Endo M, Ikeda K, Xueli Z, Matsumoto T, Soma M, Matsumoto K. Role of Complement 3a in the Synthetic Phenotype and Angiotensin II-Production in Vascular Smooth Muscle Cells From Spontaneously Hypertensive Rats. *Am J Hypertens.* 2011 Nov 17. In press

高野良紀

論文

1. N.Mori, M. Yoshida, S. Katoda, T. Ishibashi and Y. Takano, "Applied Physical Characterization of rare-earth based 123 superconductors by means of paraconductivity study", *Physica C* in print.
2. R. Suganuma, Xinzhe Jin, T. Watanabe, K. Takase, Y. Takano, "Electrical and Magnetic Properties of $(\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{F})\text{FeAs}$ ($\text{R} = \text{La}, \text{Nd}$)",

J. Physics Conference Series 200, (2010) 012193-012196.

3. T. Watanabe, H. Okuyama, K. Takase, Y. Takano, "Non-magnetic and magnetic impurity effects on superconductivity in the ternary iron-silicide $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ ", Physica C 470 (2010) S768-S769.

高橋悟

論文

1. Takahashi S, Yamaguchi K, Sakura Clinical Study Group.:Treatment of benign prostatic hyperplasia and aging:Impacts of alpha-1 blockers on sexual function. J Men's Health, 8, Suppl. 1: S25-S28, 2011. 4.
2. Fujimoto H, Nakanishi H, Miki T, Kobota Y, Takahashi S, Suzuki K, Kanayama H, Mikami K, Homma Y.:Oncological outcomes of the prostate cancer patients registered in 2004: Report from the Cancer Registration Committee of the JUA. Int J Urol, 18:876-881, 2011.12.
3. Obinata D, Matsumoto T, Ikado Y, Sakuma T, Kano K, Fukuda N, Yamaguchi K, Mugishima H, Takahashi S. Transplantation of mature adipocyte-derived dedifferentiated fat (DFAT) cells improved sphincteric contractility in the urethra of a rat vaginal distension model. Int J Urol.18(12):827-834, 2011.
4. Obinata D, Takayama KI, Urano T, Murata T, Ikeda K, Horie-Inoue K, Ouchi Y, Takahashi S, Inoue S. ARFGAP3, an androgen target gene, promotes prostate cancer cell proliferation and migration. Int J Cancer. 2011 in press
5. Obinata D, Takayama K, Urano T, Murata T, Kumagai J, Fujimura T, Ikeda K, Horie-Inoue K, Homma Y, Ouchi Y, Takahashi S, Inoue S.Oct1 regulates cell growth of LNCaP cells and is a prognostic factor for prostate cancer. Int J Cancer.;130(5):1021-1028, 2012. 3.
6. 咲間隆裕, 山口健哉, 高橋悟: 腎癌手術と腎機能: イヌリンを用いた腎機能測定. 特集. 腎癌の手術・腎機能に焦点をあてて, 泌尿器外科 24 : 569-574, 2011.4.
7. 山中弥太郎, 高橋悟: 前立腺癌診断における PSA の意義: II. 臨床: 前立腺癌の診断, PSA. 前立腺癌 (第2版) - 基礎・臨床研究のアップデート. 日本臨床 69 : 233-237, 2011.6.20.
8. 五十嵐智博, 高橋悟: 骨盤臓器脱. 特集. 女性泌尿器科入門, 泌尿器外科 24(6) : 975~981,2011.6.
9. 高橋悟: 5 α リダクターゼ阻害薬の役割. 特集. BPH の自然史を踏まえた治療ストラテジー, 排尿障害プラクティス 19(4) : 41~47, 2011.12.10.

著書

1. 高橋悟: 泌尿器科・病理・放射線科 腎盂・尿管・膀胱癌取扱い規約. (日本泌尿器科学会・日本病理学会・日本医学放射線学会・編者), 第1版, 金原出版, 東京, 2011.4.20.
2. 高橋悟: 過活動膀胱. 生活習慣的な病気. 新「名医」の最新治療 完全読本, pp308-311, 週刊朝日, 東京, 2011.9.10.
3. 高橋悟: ICS 2011 Report (第41回国際禁制学会): pp17, 2011.11.

(編集)

茶圓茂

論文

1. 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.

塚本新

論文

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, 205-208.
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, 7, (07D302) 1-3.
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, 7, (07B735) 1-3.
4. I. Radu, K. Vahaplar, C. Stamm, T. Kachel, N. Pontius, H. A. Durr, T. A. Ostler, J. Barker, R. F. L. Evans, R. W. Chantrell, A. Tsukamoto, A. Itoh, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A. V. Kimel, "Transient ferromagnetic-like state mediating ultrafast reversal of antiferromagnetically coupled spins", *Nature*, 2011, 472, 205-208.
5. T. A. Ostler, R. F. L. Evans, R. W. Chantrell, U. Atxitia, O. Chubykalo-Fesenko, I. Radu, R. Abrudan, F. Radu, A. Tsukamoto, A. Itoh, A. Kirilyuk, Th. Rasing, and Alexey Kimel, "Crystallographically amorphous ferrimagnetic alloys: Comparing a localized atomistic spin model with experiments", *Physical Review B*, 2011, 84, (24407) 1-9.
6. T. Ota, Y. Ashizawa, K. Nakagawa, S. Ohnuki, H. Iwamatsu, A. Tsukamoto, and A. Itoh, "Dependence of Circularly Polarized Light Excited by Plasmon Aperture on Relative Position to Magnetic Particles for All-Optical Magnetic Recording", *J. Magn. Soc. Jpn.*, 2011, 36, 21-23.
7. T. Sato, S. Toriumi, R. Shimizu, A. Tsukamoto, and A. Itoh, "Film Structure Dependence of Demagnetization Time Scale of RE-TM GdFeCo Alloy Thin Films", *J. Magn. Soc. Jpn.*, 2011, 36, 82-85.
8. L. Le Guyader, S. El Moussaoui, E. Mengotti, L. J. Heyderman, F. Nolting, A. Tsukamoto, A. Itoh, A. Kirilyuk, Th. Rasing, and A. V. Kimel, "Nanostructuring of GdFeCo Thin Films for Laser Induced Magnetization Switching", *J. Magn. Soc. Jpn.*, 2011, 36, 21-23..
9. A. Itoh, A. Tsukamoto, S. Okame, and K. Mizusawa, "A Role of Rapid Thermal Annealing (RTA) for Achieving Fine Isolated Grains of FeCuPt", *J. Magn. Soc. Jpn.*, 2011, 36, 58-61.

10. T. A. Ostler, J. Barker, R. F. L. Evans, R. Chantrell, U. Atxitia, O. Chubykalo-Fesenko, S. El Moussaoui, L. Le Guyader, E. Mengotti, L. J. Heyderman, F. Nolting, A. Tsukamoto, A. Itoh, D. Afanasiev, B. A. Ivanov, A. M. Kalashnikova, K. Vahaplar, J. Mentink, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A. V. Kimel, "Ultrafast Heating as a Sufficient Stimulus for Magnetization Reversal in a Ferrimagnet", Nature Communications, 2012 (Accepted 5 January 2012).

中川活二

論文

1. Katsuji Nakagawa, Yuji Osa, Atsumu Tajiri, Yoshito Ashizawa, Shinichiro Ohnuki, Yuzo Sasaki, Shin Saito, Migaku Takahashi, and Akiyoshi Itoh, "Thermally Assisted Magnetic Recording Test Method Applying Surface Plasmon Antenna Stacked on Magnetic Layer", *J. Magn. Soc. Jpn.*, 採録決定済, 2011. 査読有.
2. T. Ota, Y. Ashizawa, K. Nakagawa, S. Ohnuki, H. Iwamatsu, A. Tsukamoto, and A. Itoh, "Dependence of Circularly Polarized Light Excited by Plasmon Aperture on Relative Position to Magnetic Particles for All-Optical Magnetic Recording", *J. Magn. Soc. Jpn.*, 採録決定済, 2011. 査読有.

著書

1. 中川活二 他 42名 : プラズモニクス ~光・電子デバイス開発最前線~ pp.97-104, (株) エヌ・ティー・エス, 東京, 2011.

永瀬浩喜

論文

1. 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 inhibition of progressive renal disease by gene silencing pyrrole-imidazole polyamide targeting of the transforming growth factor- β 1 promoter. *Kidney Int.* 2011 Jan;79(1):46-56. Epub 2010 Sep 22.
2. Takagi K, Takayama T, Nagase H, Moriguchi M, Wang X, Hirayanagi K, Suzuki T, Hasegawa H, Ochiai T, Yamaguchi N, Kochi M, Kimura M and Esumi M. High TSC22D3 and low GBP1 expression in the liver is a risk factor for early recurrence of hepatocellular carcinoma. *Experimental and Therapeutic Medicine* 2: 425-431, 2011
3. Kawashima H, Sugito K, Yoshizawa S, Uekusa S, Furuya T, Ikeda T, Koshinaga T, Shinojima Y, Hasegawa R, Mishra R, Igarashi J, Kimura M, Wang X, Fujiwara K, Gosh S and Nagase H. DNA hypomethylation at the ZNF206-exon 5 CpG island associated with neuronal differentiation in mice and development of neuroblastoma in humans. *International Journal of Oncology* 40: 31-39 2012.
4. Pandian GN, Shinohara K, Ohtsuki A, Nakano Y, Minoshima M, Bando T, Nagase H, Yamada Y, Watanabe A, Terada N, Sato S,

Morinaga H and Sugiyama H. Synthetic small molecules for epigenetic activation of pluripotent genes in mouse embryonic fibroblasts. ChemBioChem 2011 DOI: 10.1002/cbic.200 in press.

5. Ogawa T, Saiki Y, Shiga K, Fukushige S, Sunamura M, Nagase H, Hashimoto S, Matsuura K, Saijo S, Kobayashi T and Horii A. Downregulation iR-34a is an independent prognostic marker in sinonasal squamous cell carcinoma patients undergoing cis-diamminedichloroplatinum treatment. Cancer Science 2011 inpress

西宮伸幸

論文

1. 西宮伸幸, “水素吸蔵合金のカプセル化による耐久性付与とその応用”, 分離技術 2011, 41 (5) 印刷中.
2. K. Mori, Y. Kojima, N. Nishimiya, “Thermoluminescence of Eu^{3+} , Pr^{3+} Codoped Calcium Sulfate by X-ray Irradiation”, Ultrasonics Sonochemistry 2011, in press.
3. S. Kamei, T. Wakai, Y. Kojima, N. Nishimiya, “Spectrum Control of Novel Eu^{2+} -activated Amorphous Alkaline Earth Silicate Phosphors”, J. Res. Inst. Sci. Tech., Nihon Univ. 2011, 124, 22-25.
4. 西宮伸幸, “親水性と疎水性の定量表現”, 化学と教育 2011, 59, 144-147.

橋本拓也

論文

1. T. Sugimoto and T. Hashimoto, “The crystal structure and electrical conductivity of proton conducting $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Zr}_{1-y}\text{Y}_y\text{O}_{3-\delta}$.” Solid State Ionics 2012, 206, 91-96.
2. E. Niwa, C. Uematsu, E. Miyashita, T. Ohzeki and T. Hashimoto, “Conductivity and sintering property of $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ ceramics prepared by Pechini method.” Solid State Ionics 2011, 201, 87-93.
3. T. Sugimoto and 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 2011, 18, 022007.
4. E. Niwa, C. Uematsu, E. Miyashita, T. Ohzeki and T. Hashimoto, “Low temperature preparation of $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ as new cathode material for SOFC –advantage of liquid phase mixing method-.” ECS Transactions 2011, 35, 1935-1943.

福田昇

論文

1. 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. J Hypertens. 2011, Jan. 29(1): 91-101.
2. Matsuda H, Fukuda N, Ueno T, Katakawa M, Wang X, Watanabe T,

	<p>Matsui S, Aoyama T, Saito K, Bando T, <u>Matsumoto Y</u>, <u>Nagase H</u>, Matsumoto K, Sugiyama H. Transcriptional regulation of progressive renal disease by the gene silencing pyrrole-imidazole polyamide targeted to the TGF-β1 promoter. <i>Kidney Int.</i> 2011, Jan. 79(1): 46-56.</p> <p>3. Yamamoto C, <u>Fukuda N</u>, Jumabay M, Saito K, Matsumoto T, Ueno T, <u>Soma M</u>, 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. <i>Hypertens Res.</i> 2011, Mar. 34 (3): 348-353.</p> <p>4. Sato T, Iso Y, Uyama T, Kawachi K, Wakabayashi K, Omori Y, Soda T, Shoji M, Koba S, Yokoyama SI, <u>Fukuda N</u>, Saito S, Katagiri T, Kobayashi Y, Takeyama Y, Umezawa A, Suzuki H. Coronary vein infusion of multipotent stromal cells from bone marrow preserves cardiac function in swine ischemic cardiomyopathy via enhanced neovascularization. <i>Lab Invest.</i> 2011, April. 91, 553-564.</p> <p>5. Obinata D, Matsumoto T, Ikado Y, Sakuma T, <u>Kano K</u>, <u>Fukuda N</u>, Yamaguchi K, Mugishima H, Takahashi S. Transplantation of mature adipocyte-derived dedifferentiated fat (DFAT) cells improved sphincteric contractility in the urethra of a rat vaginal distension model. <i>Int J Urol.</i> 2011, 9.</p> <p>6. Washio H, <u>Fukuda N</u>, Matsuda H, <u>Nagase H</u>, Watanabe T, <u>Matsumoto Y</u>, Terui T. Transcriptional inhibition of hypertrophic scars by a gene silencer. <i>J Invest Dermatol.</i> 2011, Oct. 31(10):1987-1995.</p> <p>7. Wan JX, <u>Fukuda N</u>, Ueno T, Watanabe T, Matsuda H, Saito K, <u>Nagase H</u>, <u>Matsumoto Y</u>, <u>Soma M</u>. Development of a novel gene silencer pyrrole-imidazole polyamide targeting human CTGF. <i>Biol Pharm Bulle.</i> 2011, Nov. 34 (10), 1572-1577.</p> <p>8. Han Y, <u>Fukuda N</u>, Ueno T, Endo M, Ikeda K, Xueli Z, Matsumoto T, <u>Soma M</u>, Matsumoto K. Role of complement 3a in the synthetic phenotype and angiotensin II-production in vascular smooth muscle cells from spontaneously hypertensive rats. <i>Am J Hypertens.</i> 2011.11</p> <p>9. Serie K, <u>Fukuda N</u>, Nakai S, Matsuda H, Maruyama T, Murayama Y, Omata O. Pyrrole-imidazole polyamide targeting TGF-β1 ameliorates encapsulating peritoneal sclerosis. <i>Peritoneal Dial Int.</i> 2011. 12.</p> <p>著書</p> <p>1. 松本紘一, 遠藤守人, 福家吉伸, 伊藤謙, 清水千枝, 梶原麻実子, 丸山高史, 井下篤司, 阿部雅紀, 岡田一義, 藤田宜是, <u>福田昇</u>, <u>相馬正義</u>. ANCA 関連腎炎, 特集腎疾患の病態と治療. <i>医学と薬学.</i> 65(3), 319-325, 2011</p> <p>2. <u>福田昇</u>. アンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害薬. 高血圧ナビゲーター, 第3版. P248-249. メディカルレビュー社. 2011.</p> <p>3. Kamei T, Aoyama T, Ueno T, <u>Fukuda N</u>, Nagase H, Matsumoto Y. Pyrrole-imidazole polyamides for gene therapy: Bioanalytical methods and pharmacokinetics. <i>Non-Viral Gene Therapy.</i> Pp 679-696. InTec 2011, 10.</p>
--	---

藤原恭子

論文

1. H. Kawashima, K. Sugito, S. Yoshizawa, S. Uekusa, T. Furuya, T. Ikeda, T. Koshinaga, Y. Shinojima, R. Hasegawa, R. Mishra, J. Igarashi, M. Kimura, X. Wang, K. Fujiwara, S. Gosh and H. Nagase, “DNA hypomethylation at the ZNF206-exon 5 CpG island associated with neuronal differentiation in mice and development of neuroblastoma in humans.” *International Journal of Oncology*. 2011 Jan 40 (1): 31-9
2. P. Liang, F. Song, S. Ghosh, E. Morien, M. Qin, S. Mahmood, K. Fujiwara, J. Igarashi, H. Nagase, W.A. Hel, “Genome-wide survey reveals dynamic widespread tissue-specific changes in DNA methylation during development.” *BMC Genomics*. 2011 May 11;12(1):231.

舩廣善和

論文

1. Yabu T, Toda H, Shibasaki Y, Araki K, Yamashita M, Anzai H, Mano N, Masuhiko Y, Hanazawa S, Shiba H, Moritomo T, Nakanishi T. Antiviral protection mechanisms mediated by ginbuna crucian carp interferon gamma isoforms 1 and 2 through two distinct interferon gamma-receptors. *J Biochem*. 査読有り, 150巻, 2011年, 635-648頁.
2. Arakawa T, Masuhiko Y, Kamiya Y, Kojima H, Hanazawa S. Identification of significant regions of transcription factor DP-1 (TFDP-1) involved in stability/instability of the protein. *Biochem Biophys Res Commun*. 査読有り, 397巻, 2010年, 345-349頁.

著書

1. 舩廣善和, 山本祐司, 古庄律, 五十嵐庸, 和田政裕, 真野博, 佐藤隆史, 目崎喜弘, 大森一二, 柳澤純, 藤村亜紀子, 村山明子, 大家祥平, 高田伊知郎, 加藤久典, 大竹史明, 武山健一, 関根圭輔, 北川浩史, 伊藤紗弥, 金美善, 福田亨, 長岡功, 藤山沙理, 山本陽子, 松本高広, 加藤茂明 (編集), 「現代栄養学を理解するための分子生物学入門」, 第6章「核内のイベント」担当, 光生館, 東京 2010.

松下祥子

論文

1. “Wetting Mode Transition of Water Droplets by Electrowetting on Highly Hydrophobic Surfaces Coated with Two Different Silanes,” T. Furuta, M. Sakai, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima, *Chem. Lett.*, *in press*.
2. “Wetting Mode Transition of Nanoliter Scale Water Droplets during Evaporation on Superhydrophobic Surfaces with Random Roughness Structure,” T. Furuta, T. Isobe, M. Sakai, S. Matsushita, A. Nakajima,

Appl. Surf. Sci., in press.

3. "Preparation of Porous Spherical ZrO₂-SiO₂ Composite Particles using Templating and Its Solid Acidity by H₂SO₄ Treatment," S. Uchiyama, T. Isobe, S. Matsushita, K. Nakajima, M. Hara, A. Nakajima, *J. Mater. Sci.*, in press.
4. "Wettability Conversion and Surface Friction Force Variation of Polycrystalline Rutile Ceramics under UV Illumination," K. Okudaira, T. Kato, T. Isobe, S. Matsushita, T. Kogure, A. Nakajima, *J. Photochem. Photobiol.*, in press.
5. "Spontaneous motion of a nitrobenzene-chlorobenzene droplet in aqueous cationic surfactant solution: Effect of electron withdrawing group," Sachiko Matsushita, Shusuke Tanaka, Kaori Yoshida, Kei Kobayashi, Yuta Tsuruki, Yohey Shibuya, Toshihiro Isobe, and Akira Nakajima, *Colloids and Surfaces A.*, DOI:10.1016/j.colsurfa.2011.12.036.
6. "Six-rayed star-like nanostructures in prospective plasmonic devices," T. Miyamoto, S. Saito, T. Isobe, A. Nakajima, S. Matsushita, *Chem. Comm.*, DOI:10.1039/C2CC16353E.
7. "Comparison of the Photoelectrochemical Characteristics of Dye-Sensitized Inverse-Opal electrodes Prepared by Various Liquid-Phase Methods," S. Matsushita, C. Nishiyama, G. Kato, A. Nakajima, T. Isobe, and T. Hashimoto, *J. New Mat. Electr. Sys.*, **2011**, *14*, 229-236.
8. "Enhanced light diffraction from self-assembled double-layer colloidal crystals", Sachiko Matsushita, Toshihide Takagi, Keita Kamimura, Takeshi Kasaya, and Hideki T. Miyazaki, *J. Appl. Phys.* **2011**, *110*, 063104.
9. "Preparation and Visible-light Photocatalytic Activity of Au-supported Porous CeO₂ Spherical Particles Using Templating," A. Nakajima, T. Kobayashi, T. Isobe, S. Matsushita, *Mater. Lett.* **2011**, *65*, 3051-3054.
10. "Sliding of Water Droplets on Hydrophobic Surfaces with Various Hydrophilic Region Sizes," T. Furuta, M. Sakai, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima, *Langmuir* **2011**, *27*, 7307-7313.
11. "Photocatalytic Activity and Its Stacking Order Dependence of Transparent 12 Tungsto(VI) Phosphoric Acid-Brookite Hybrid Films," K. Pruethiarenun, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima, *Appl. Catal. A Gen.* **2011**, *399*, 22-27.
12. "Self-Assembled Monolayers Using Large-Size Polystyrene Particles," Miho Kawai, Kyohei Takano, Akira Nakajima, Toshihiro Isobe and Sachiko Matsushita, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **2011**, *539*, 33-39.
13. "Ring Structures prepared by Self-Assembled Particle Layers," Asagi Hashimoto, Akira Nakajima, Toshihiro Isobe and Sachiko Matsushita, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **2011**, *539*, 266-274.

著書・総説

1. 松下祥子「自己集積による球状粒子集積体作製技術の研究現

状」化学経済(2011年11月号, p.24)

2. 松下祥子「界面活性剤の脱吸着を利用したケモメカニカル現象」*Colloid & Interface Communication*, Vol.36, No.2, 15-16(2011).
3. 松下祥子, 橋本麻希, "微粒子自己集積体を利用したプラズモニクスデバイスの作製" in 「プラズモニクスー光・電子デバイス開発最前線」, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.257-267(2011).
4. 松下祥子「自己集積を利用したナノメタル材料配列ーメタマテリアルへの挑戦」化学工業 2011年5月号, vol.62, pp. 59-63.
5. 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, Vol.59, No.1, 16-19 (2011)
6. 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, 7-11 (2011)

松本宜明

論文

1. M. Fukuda, Y. Komiyama, K. Mitsuyama, A. Andoh, T. Aoyama, Y. Matsumoto, O. Kanauchi, "Prebiotic treatment reduced preneoplastic lesions through the downregulation of toll like receptor 4 in a chemo-induced carcinogenic model", *J Clin Biochem Nutr* 2011, 49 (1) 57-61.
2. H. Washio, N. Fukuda, H. Matsuda, H. Nagase, T. Watanabe, Y. Matsumoto, T. Terui, "Transcriptional inhibition of hypertrophic scars by a gene silencer, pyrrole-imidazole polyamide, targeting the TGF- β 1 promoter", *J Invest Dermatol* 2011, 131 (10) 1987-1995.
3. JX. Wan, N. Fukuda, T. Ueno, T. Watanabe, H. Matsuda, K. Saito, H. Nagase, Y. Matsumoto, K. Matsumoto, "Development of a novel gene silencer pyrrole-imidazole polyamide targeting human connective tissue growth factor", *Biol Pharm Bull* 2011, 34 (10) 1572-1577.
4. T. Aoyama, K. Hirata, R. Hirata, H. Yamazaki, Y. Yamamoto, H. Hayashi, Y. Matsumoto, "Population pharmacokinetics of fluconazole after administration of fosfluconazole and fluconazole in critically ill patients", *J Clin Pharm Ther* 2011, doi: 10.1111/j.1365-2710.2011.01297.x.

著書

1. Tomonori Kamei, Takahiko Aoyama, Takahiro Ueno, Noboru Fukuda, Hiroki Nagase and Yoshiaki Matsumoto: Pyrrole-Imidazole Polyamides for Gene Therapy: Bioanalytical Methods and Pharmacokinetics (Edited by: Xu-bo Yuan) . Non-Viral Gene Therapy. pp.679-696, In-Tech Open Access Publisher, Rijeka, 2011.

山崎恒樹

論文

1. R. Ozaki and T. Yamasaki: "Propagation Characteristics of Dielectric Waveguides with Arbitrary Inhomogeneous Media along

	<p>the Middle Layer”, IEICE Trans. Electron. vol.E95-C, no.1(2012)</p> <p>2. <u>S. Ohnuki</u>, T. Mochizuki, K. Kobayashi and <u>T. Yamasaki</u>, “Optimization of Field Decomposition for a Mode Matching Technique,” <i>IEICE Transaction Electron</i>, in press.</p>
<p>外部資金の 獲得状況</p>	<p>※本年度当該課題に関して外部資金に応募及び獲得した場合は、「外部資金名称」「支給元」「研究期間」「資金額」「課題名」等必要事項をご記入ください。</p> <p>浅井朋彦 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 2. 日本大学産学官連携値財センター研究奨励寄付金, 株式会社日本大学事業部, 平成 23 年 12 月 20 日～平成 24 年 12 月 19 日, 150,000 円 <p>浅田泰男 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究奨励補助金, 49 万円, 課題名未定, 支給元: 三菱化学テクノロジーサーチ <p>伊掛浩輝 応募中研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 第 1 回新化学技術研究奨励賞, 法人新化学技術推進協会, 1,000,000 円, 電場誘起による高結晶配向ポリ-L-乳酸フィルムの作製 2. 平成 24 年度科学研究費助成事業学術研究助成基金助成金, 独立行政法人日本学術振興会, 2 ヶ年, 2,178,000 円, 電場誘起による高結晶・高配向化ポリ乳酸フィルムの作製と力学的・熱的性質の評価 <p>伊藤彰義 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>伊藤彰義</u> (研究代表), <u>塚本新</u> (連携研究者), “自己組織型ナノ凹凸基板上的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 (H23 年度 500,000 円). 2. <u>伊藤彰義</u>, <u>塚本新</u>, “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. <u>伊藤彰義</u>, <u>中川活二</u>, “電荷分布可視化装置用探針加工法の改良”, トレック・ジャパン株式会社, 1,600,000 円. 4. <u>伊藤彰義</u>, <u>中川活二</u>, “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(3)”, トレック・ジャパン株式会社, 1,600,000 円. <p>井上修一郎 獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 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) (22 年度 : 21,312,200 円, 23 年度 : 17,820,400 円)

岩田展幸

獲得研究費

1. 第 27 回 (平成 23 年度) 公益財団村田学術振興財団, 総額 150 万円, 研究代表者: 岩田展幸, 共同研究者: 山本寛, 高瀬浩一, 橋本拓也, 研究題目: 「人工超格子及び積層膜による室温マルチフェロイック特性・巨大電気磁気効果の発現」

大月穰

獲得研究費

1. 大月穰, 茶園茂, 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) 22108532, 4,600,000 円 (2010 年度 2,300,000 円, 2011 年度 2,300,000 円).
2. 大月穰, 若山裕, “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”, 平成 21 年度 (2009 年度) 科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般) 21510104, 2009 年度, 1,600,000 円, 2010 年度, 1,100,000 円, 2011 年度, 900,000 円.

応募中研究費

1. 大月穰, ALAM Mohammad Sahabul, “グラフェン薄膜の電子特性および光学特性”, 池谷科学技術振興財団, 国際交流助成, 外国人研究者招聘-D, 500,000 円. (結果: 2012 年 4 月)
2. 大月穰, ALAM Mohammad Sahabul, “グラフェン薄膜の電子および光学的特性の解明”, 平和中島財団, 2012 (平成 24) 年度外国人研究者等招致助成 1,500,000 円. (結果: 2012 年 2 月)
3. 大月穰, “貴金属を用いない超分子光触媒の創製”, 基盤研究 (C) (一般) (H24～H26) 2,390,000 円 (3 年間 5,000,000 円).
4. 大月穰, 小川直樹, 石川晃, 佐々木裕次, 東條正, 茶園茂, “ダブルデッカー錯体の単一分子回転運動の実時間での解明”, 新学術領域研究 (研究領域提案型) 公募研究 (H24～H25) 3,500,000 円 (2 年間 7,000,000 円).

大貫進一郎

獲得研究費

1. 大月穰, 茶園茂, 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 (2011 年度 2,300,000 円).
2. 大貫進一郎, 中川活二, 伊藤彰義, 塚本新, 芦澤好人, “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 (2011 年度, 800,000 円).
3. 中川活二, 芦澤好人, 塚本新, 伊藤彰義, 大貫進一郎, “近接場光アンテナ励起局所円偏光生成による次世代超高速・高密度磁気記録”, 2011-2013 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般),

4,200,000 円(2011 年度 2,900,000 円).

4. 大貫進一郎, 中川活二 “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.

加野浩一郎

獲得研究費

1. 加野浩一郎, “脱分化および多能性獲得機構の解明”, 2010~2012 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (一般), 1,900,000 円
2. 加野浩一郎 “皮下脂肪組織由来の成熟脂肪細胞を起源とする非侵襲的多能性細胞の取得技術の開発” 平成 22~23 先端医療産業化研究事業, 9,260,000 円

越永従道

獲得研究費

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), 1,820,000 円 (平成 23 年度).

佐甲徳栄

獲得研究費

1. 佐甲徳栄, “人工原子における多体波動関数と電子集団の動力学”, 科学研究費補助金, 基盤研究 C, H.23 - H.25, 4,000,000 円 (2011 年度 1,800,000 円).

鈴木薫

獲得研究費

1. 鈴木薫, 小野隆, 門馬英一郎, 胡桃聡: “消霧に関する研究”, **平成 23 年度**, 委託研究「アイアールエフ・大成工務(株)」 2,625,000 円, 研究代表者

相馬正義

獲得研究費

1. 平成 23 年度科学研究費補助金, 文部科学省, 平成 23 年~25 年度, 4,550,000 円 PI ポリアミドによる MYC 下流遺伝子の発現抑制と抗腫瘍効果の検討

茶園茂

獲得研究費

1. 大月穰, 茶園茂, 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).
2. 平成 22 年度日本学術振興会外国人特別研究員

塚本新

獲得研究費

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 (H23 年度 500,000 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, 2011, 東北大学金属材料研究所, 300,000 円.

高橋悟

獲得研究費

1. 高橋悟, 山口健哉, 浦野智彦, 咲間隆裕, “前立腺癌における融合遺伝子とアンドロゲン応答機構の解析”, 科学研究費補助金, 平成 23 年度学術研究助成基金助成金 (基盤研究(C)), 3,900,000 円 (2011 年度 1,700,000 円, 2012 年度 1,100,000 円, 2013 年度 1,100,000 円).
2. 佐藤克彦, “骨盤機能の包括的評価と骨盤臓器脱に関する遺伝子の同定”, 日本大学医学部助成金, 平成 23 年度日本大学医学部創立 50 周年記念研究奨励金 (共同研究), 1,000,000 円.
3. 山口健哉, 高橋悟, 山中弥太郎, 岡田安弘, 持田淳一, 佐藤克彦, 咲間隆裕, 五十嵐智博, “進行性腎細胞癌に対するインターフェロン 2+インターフェロン α +UFT 療法の検討”, 臨床研究, CROSS-J-RCC, 多施設共同研究, 主たる研究機関 (山形大学医学部腎泌尿器外科学講座), 平成 23 年~平成 26 年 2 月 28 日, 100,000 円 (1 症例あたり)

中川活二

獲得研究費

1. 中川活二, “近接場光アンテナ励起局所円偏光生成による次世代高速度・高密度磁気記録”, 科学研究費補助金, 基盤研究(C), 4,990,000 円 (H23 年度 3,770,000 円, H24 年度 780,000 円, H25 年度 910,000 円).
2. 中川活二, “超微細光スポットの熱アシストヘッド設計”, 研究奨励寄付金, 情報ストレージ研究推進機構, H23.9~H24.8, 1,400 千円.

羽柴秀臣

獲得研究費

1. 羽柴秀臣, “長方形量子ドットの THz 帯プラズマ励起の解明と制御”, 財団法人双葉電子記念財団, 平成 23 年度自然科学研究助成, 1,000,000 円 (2011 年度 1,000,000 円).

福田昇

	<p>獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 加藤規弘, 並河徹, 福田昇. 平成 21-23 年度厚生労働省科学研究費補助金「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」研究分担者 (100 万円/年) <p>藤原恭子</p> <p>獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 平成 23 年度科学研究費補助金, 文部科学省, 平成 23 年~25 年度, 4,550,000 円, PI ポリアミドによる MYC 下流遺伝子の発現抑制と抗腫瘍効果の検討 <p>舩廣善和</p> <p>獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 科学研究費補助金若手(A), 日本学術振興会, 研究期間 2009-2010 年度, 資金額;総額 2379 万円(直接経費 1830 万円), 課題名「癌抑制のための腫瘍関連因子活性調節系の確立」 <p>松本宜明</p> <p>獲得研究費</p> <ol style="list-style-type: none"> 松本宜明「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) 平成 23 年 5 月 20 日
その他の成果	<p>※当該研究により, その他上記項目以外で得られた成果があれば記入ください。 例) テレビの放映・新聞の記事掲載</p> <p>受賞</p> <ol style="list-style-type: none"> 松本宜明, 「TDM 研究」優秀論文賞「T. Aoyama, T. Kosugi, K. Matsuo, I. Kimura, M. Obayashi, M. Kurokawa, M. Igarashi, J. Yamasaki, Y. Ishida and Y. Matsumoto, “Population pharmacokinetic analysis of pilsicainide in patients with cardiac arrhythmias”, 2011 年 6 月 18 日. 浅井朋彦, 平成 22 年度日本大学理工学部学術賞「自己組織化プラズマの安定性の積極的制御法に関する研究」2011 年 5 月. 杉本隆之, 「第 27 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会優秀賞」受賞, 2011 年 9 月 29 日 (橋本拓也). 北岡優弥, 平成 22 年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞受賞 (大貫進一郎). 平野正樹, 平成 22 年度電磁界理論研究会学生優秀発表賞受賞 (大貫進一郎). 加藤司, 平成 23 年度電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞受賞 (大貫進一郎). <p>メディア: 学外</p> <ol style="list-style-type: none"> A. Tsukamoto, T. Sato, S. Toriumi, and A. Itoh, "Precessional switching by ultrashort pulse laser: Beyond room temperature

ferromagnetic resonance limit", *Virtual Journal of Ultrafast Science*, 2011, 10, 4, 1-3. (本 Journal は米国物理学会・米国物理学協会が発行しており, 本 Journal が論文を募集するのではなく、特に最先端の研究を報告した論文をネイチャー, サイエンス, その他の全世界の主要な物理系学術雑誌の中から選抜して発行されているもの。)

2. 井上修一郎, 「每秒 24 キロビット 100 km 伝送成功, 量子暗号通信に道, 日大と NTT, 半導体使い開発」, 日刊工業新聞, 2011 年 5 月 16 日.
3. 井上修一郎, 「宇宙空間でも大容量光通信, 情報通信研究機構が受信機開発」, *Fuji Sankei Business i*, 2011 年 6 月 28 日.
4. 井上修一郎, 「NICT、光通信理論のビット誤り率限界 (ショット雑音限界) を打破することに成功」, 日経プレスリリース, 2011 年 6 月 28 日.
5. 井上修一郎, *SANKEI BIZ*, 「宇宙空間でも大容量光通信, 情報通信研究機構が受信機開発」, 2011 年 6 月 28 日.
6. 井上修一郎, *Laser Focus World Japan*, 「NICT, 光通信理論のビット誤り率限界を世界で初めて打破」, 2011 年 6 月 28 日.
7. 大月穰, 「研究成果が *Chem. Commun.* 誌に掲載」配位プログラミング *News Letter No. 19*, 2011 年 2 月 15 日.
8. 松下祥子, 「女性化学者の道を拓く, 若い世代へのメッセージ」, *化学経済*, 2011 年 12 月, p. 40-41.
9. 松下祥子, 「持続的成長を支える科学技術の革新」, *化学工業日報* 2011 年 11 月 16 日.
10. 高橋悟, 高嶋ひでたけのあさラジ!. ニッポン放送, 2011 年 9 月 26-30 日放送.
11. 高橋悟, 選択的 $\beta 3$ 受容体作動過活動膀胱治療薬ミラベグロン. スズケン DI アワー. ラジオ NIKKEI, 2011 年 10 月 6 日放送.
12. 高橋悟, 選択的 $\beta 3$ 受容体作動過活動膀胱治療薬ミラベグロン, スズケン DI アワー, ラジオ NIKKEI (インターネット), 株式会社スズケン提供.
13. 高橋悟, 恥ずかしがらず泌尿器専門医へ～中高年対象に医療シンポ. 産経新聞, 2011 年 10 月 12 日第 23 面.
14. 高橋悟, 第二部: トイレの悩み解消～快適ライフのために～. 中高年男女のための医療シンポジウム「泌尿器専門医が教える気になる悩み対策講座」, 産経新聞, 2011 年 11 月 13 日第 22 面.
15. 高橋悟, 高嶋ひでたけのあさラジ!. ニッポン放送, 2011 年 11 月 14-18 日放送.
16. 高橋悟, 女性の受診率低い過活動膀胱 積極的な問診による早期発見を. シリーズ: GP のためのワンポイントセミナー, *Medical Tribune* 44(47): pp78, 東京, 2011 年 11 月 24 日.
17. 高橋悟, 長引く治らない症状, 本当の原因をもう一度探ります! ～名医のセカンドオピニオンスペシャル④～ 「たけしの健康エンターテインメント! みんなの家庭の医学」. テレビ朝日, 2011 年 12 月 20 日放送.

メディア: 学内

1. 井上修一郎, 「半導体制の単一光子検出器開発」日本大学広報第

	<p>625号, 2011年10月1日.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. <u>井上修一郎</u>, 「世界最高速の光子検出器, 井上教授らが共同開発」, 日本大学新聞第1291号, 2011年6月20日. 3. <u>井上修一郎</u>, 「半導体制の単一光子検出器開発」, 日本大学広報第622号, 2011年6月15日. <p>学内に研究内容を紹介する目的で, 日本大学工学部理工学研究所研究ジャーナルにレビューを掲載(査読あり)しました. 以下, 4-6.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. <u>J. Otsuki</u>, "Fiddling with Electrons and Photons Using Metal Complexes at the Molecular Scale", 日本大学工学部理工学研究所研究ジャーナル, 2011, No. 124, 26-35. 5. <u>井上修一郎</u>, <u>行方直人</u>, 「量子暗号通信の実用化を目指した単一光子検出器の開発」, 日本大学工学部理工学研究所研究ジャーナル, 2011, No. 123, 1-10. 6. <u>塚本新</u>, <u>伊藤彰義</u>, 「超短パルスレーザーによる超高速磁化制御と計測」, 日本大学工学部理工学研究所研究ジャーナル, 2011, No. 122, 25-33.
--	---

外部評価委員による評価 / Reviews by the Advisors

北海道大学，電子科学研究所，末宗幾夫博士

プロジェクトも3年を経過し、年と共に研究の活性化が示されていると思います。Nature に掲載された数 100 フェムト秒での原子スピンの反転は、原子レベルで情報を超高速光記録する技術へと将来の発展が期待されます。量子情報分野における最高感度の光子数検出器の開発とこれを用いた量子受信機の開発、さらにこれを用いたコヒーレント光通信における量子限界を超える成果、ならびに 2GHz の高速変調単一光子検出器を用いたこれまでの記録を超える高速・長距離の量子情報伝送など、特筆すべき成果が得られています。

研究成果と共に、研究を担当する若い研究者、博士研究員、研究グループの学生の受賞が相次ぐなど、次世代研究者の育成も順調に進んでいるようです。学部間の共同研究も進んできているようです。現在の研究成果報告は各研究グループごとになっておりますが、今後の成果の取り纏めの際には、共同研究がこのような成果報告にも反映されるように、例えば、報告書の共同執筆のような形態も考慮されれば、共同研究の活性化がより反映された成果報告になると思います。

2012 年 2 月 20 日

日本大学 N.研究シンポジウム講評（兼 H23 年度報告書評価）

物質・材料研究機構，超分子グループディレクター，有賀克彦博士

物質材料研究機構の有賀でございます。僭越ながら今回のシンポジウムの講評をさせて頂きたいと思っております。素晴らしい一言です。何故かという、毎年聞かせて頂いておりますけれども、一年目も二年目、三年目もそれぞれ核になるというものが毎年必ず出てくる。こんなプロジェクトは他にはありません。これは非常に成功しているプロジェクトって言って構わないと思います。その成功の秘訣は何かと考えてみると、ナノ物質というキーとなる言葉を中心に、このプロジェクトは多面性を持っている。したがって、そのうちのどれかの面が毎年必ず成功している。研究というのは、毎年成果を出せというのは土台無理な話で、全ての研究に対して、研究プロジェクトに対して毎年成果を求めるというのは非常に不健全です。例えば、あるプロジェクト、あるグループはこのプロジェクトの間に5年間すごく努力したけれども何の結果も出なかった、それは構わない。でもプロジェクトとしてはその資金を投入した分、なんらかの効果を出さなければいけない。その一つの方策として一つのキーワードを基に多面性を持っていてそのどれかの面が確実に成果を出しているというこの組織運営は非常に素晴らしいと思います。このようにいろいろな専門の研究者が集まったプロジェクトというのは、フュージョンすることによって新しい領域を生み出す。これも一つの目的です。それと同時にこのような多面性を持つことによって、全ての研究を評価に依存せず、非常に健全に行わせているということに対して私は非常に高い評価を与えたいと思います。今後もこのような形で、例えば計算で結果が出たりとか、それから物質で結果が出たりとか、そういうことは充分期待できると思います。私は、このあと残りのプロジェクトの年月、このプロジェクトは確実に成功すると思います。以上です。

参考資料 / Supplementary Materials since 2011

- 理工研ニュース 2011. 3. 10 「平成 22 年度理工学部学術賞（浅井朋彦）」
- 日刊工業新聞 2011. 5. 16 「単一光子検出器 半導体使い開発」
- 日本大学広報 2011. 6. 15 「半導体制の単一光子検出器開発」
- 日本大学新聞 2011. 6. 20 「世界最高速の光子検出器，井上教授らが共同開発」
- 日経プレスリリース 2011. 6. 27 「NICT，光通信理論のビット誤り率限界（ショット雑音限界）を打破することに成功」
- Fuji Sankei Business i 2011. 6. 28 「宇宙空間でも大容量光通信 情報通信研究機構が受信機開発」
- SANKEI BIZ 2011. 6. 28 「宇宙空間でも大容量光通信 情報通信研究機構が受信機開発」
- Laser Focus World Japan 2011. 6. 28 「NICT，光通信理論のビット誤り率限界を世界で初めて打破」
- インフォーマルセミナー 2011. 11. 16
- 学術講演会 N. 研究プロジェクト特別セッションポスター 2011. 11. 26

自己組織化プラズマの
安定性の積極的制御法に関する研究

物理学科 専任講師 浅井 朋彦



現状、核融合炉心に最も近いとされる磁場閉じ込めプラズマは、国際熱核融合炉 (ITER) に代表されるトカマク方式である。しかし、トカマク炉が巨大で、電力会社では賄えないような莫大な建設費を要するとの懸念から、代替方式の研究も積極的に進められている。外部コイルで生成される強磁場により高温プラズマを閉じ込めるトカマクに対し、本研究で対象とする磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration : FRC) では閉じ込め磁場の大部分をトロイダル方向に流れるプラズマ電流が担うため、多くの磁場閉じ込め方式の中でも極端に高いベータ値¹、すなわち閉じ込め効率の高さを有する。FRCはこの極めて高いベータ値に加え、コンパクトな幾何的構造などの工学的なメリットを併せ持ち、中性子の発生が極めて少ないD-³He 反応炉が成立し得る数少ない方式の一つでもある。

しかし、配位に崩壊をもたらす巨視的不安定性を抑制する決定的な手法がなく、また、閉じ込め性能が目立った向上もなかったことから、FRCは核融合研究において長くマイナーな方式であった。FRCにおいて最も重要な課題の一つは、配位を崩壊に導くトロイダルモード数 $n = 2$ の交換型不安定性の抑制である。これまでこの不安定性を積極的に制御する唯一の方法は、FRCを取り囲む多極磁場の磁気圧によるものであった。しかしその後の研究により、多極磁場が磁気面の対称性を崩し閉じ込め性能が劣化することが判明し、その後多くの工夫が試みられて来たが決定的な解決には至らなかった。

不安定性制御とは別に、大電流 (~数百 kA) の高速 (~数 μ 秒) な立ち上がりを必要とするFRC生成領域と定常磁場の必要な閉じ込め領域を分離する手法として、磁気圧差を利用したFRCの超音速移送の開発も進められた。この手法はすでに確立しており、現在では、逆磁場テーパピンチ法により生成されるFRCは、準安定領域へと移送され維持されるのが一般的になっている。この移送によって前述の不安定性が抑制されるケースがあることが報告され、移送時に発現するトロイダル磁束との関連が指摘された。

本研究は、移送で見られた微小なトロイダル磁束によるFRCの安定化を、外部からの磁気ヘリシティ注入により積極的に行おうというものである。FRCと同じく単連結構造の磁場配位を有するスフェロマックを磁化同軸プラズマガンにより同軸入射することで磁気ヘリシティを供給し、緩和過程を通じて、本来FRCが持たない磁力線の回転変換を与えることで安定性の向上を図った。この結果、不安定性の抑制に加え、閉じ込めの指標である磁束減衰時間が伸長する結果が確認されており、FRCにおいて最大の問題であった閉じ込め性能と不安定性を同時に制御する画期的な手法として注目されている。

現在、これらの成果を受け、FRCの電流駆動による長パルス実験を目指した実験の準備を進めている。これは、FRCの強い自己組織化性を利用し、トポロジーの変化を伴う超アルフベン速度移送を経て中心ソレノイドによりFRCの電流駆動を行うもので、日本大学の核融合実験装置としても、また、国内FRCの実験としても最大規模のものとなり、新奇性の高さとして併せて国内外からもその成果が注目されている。

¹ プラズマ圧と外部磁気圧の比

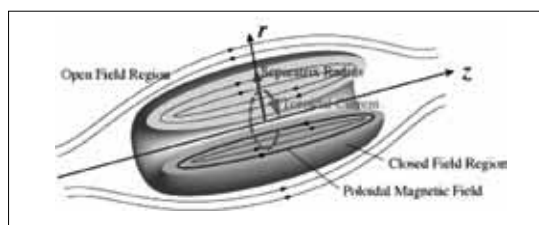


図1 Schematic diagram of field-reversed configuration (FRC)

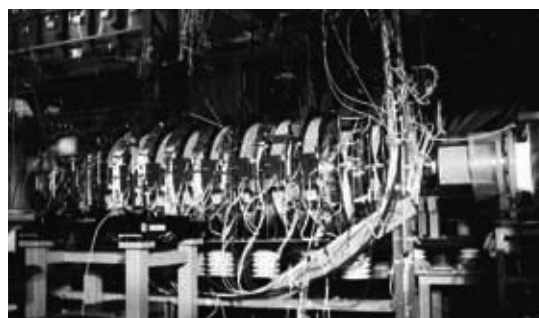


写真1 FRC生成・移送装置、NUCTE-III/AT (物理実験A棟)

単一光子検出器

半導体使い開発

毎秒24キロビット 100km伝送成功

量子暗号通信に道

日大とNTT

日本大学とNTTの共同チームは、絶対的な安全性を保証する次世代通信である量子暗号通信の実用化に向け、高性能な半導体製の単一光子検出器を開発した。この検出器を使って実験室レベルの暗号通信実験を行ったところ、超電導を利用した検出器が持つ従来の世界記録を超える、毎秒24^{キロ}ビットの高速で100^{キロ}メートルの長距離を伝送することに成功した。米オプティクス・エクスプレス誌に近日中に発表する。

日大量子科学研究所の一所と共同で研究した。行方直人助手、井上修一郎教授が、総務省および情報通信研究機構(NICT)から支援を受け、NTT物性科学基礎研究

ンジウム・リンで構成する。ある一定以上の逆電圧がかかると、電子がなだれのよう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。今回、ペルチェ素子を使った電子冷却により、雑音を増やさずにAPDの動作温度を約80度Cまで下げて伝送性能を高め、パルス幅を従来の半分以下の20^{ピコ}秒(ピコは1兆分の1)に狭めて光子の検出効率を高めた。このAPDをNTTが開発したシステムに組み込んで伝送実験を行った。2007年に超電導を

使う光子検出器が毎秒17^{キロ}ビットの速度で105^{キロ}メートルまで伝送する実験に成功して

いたが、今回これを塗り替え、APDが超電導検出器に匹敵する性能を持つことを確かめた。さらに、10^{キロ}メートルの短距離では毎秒1^{メガ}ビット(メガは100万)まで高速化することが可能で、速度を落とせば距離は160^{キロ}メートルまで延びるとい

単一光子の検出は半導体製のAPDのほか、窒化二オプ製の超電導ナノ細線を使う手法がある。超電導検出器は高性能だが、冷凍機が必要で小型化しにくい。一方、APDは小型化が可能で安価なことから、実用性能が高いと言われている。

掲載日付：2011年6月15日

媒体：日本大学広報 第622号

半導体製の単一 光子検出器開発

量子科学研究所



井上教授



行方助手

量子科学研究所の井上修一郎教授と行方直人助手が、究極の暗号技術とされる量子暗号通信で、高性能な半導体の単一光子検出器を開発。NITとの統合実験で、超電導を利用した検出器を持つ従来の世界記録を超えて、5月中旬に米学会のOPTICS・エクスプレス誌に掲載された。

量子暗号通信は盗聴を事実上不可能にする技術で、開発した半導体製の検出器はそのカギを握るもの。他に超電導をつかった光子検出器が毎秒17ギビットの速度で105ギビットを伝送する実験に成

功していたが、今回は毎秒24ギビットの高速で100ギビットの長距離伝送に達成し、従来の記録を塗り替えた。高性能だが大掛かりな冷凍機が必要な超電導に比べて、小型化が可能で安価な新検出器の開発により、量子暗号通信の実用化にめどをつけたと評価も高い。

なお、この検出器開発は本学の学術研究戦略プロジェクト（N.研究プロジェクト）に採択された「ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求」の成果の一つ。

掲載日付：2011年6月20日

媒体：日本大学新聞 第1291号

量子科研

世界最高速の光子検出器

井上教授らが共同開発



量子科学研究所の井上修一郎教授（量子光学）と行方直人助手はこのほど、NITと共同で伝送速度が世界最速の光子検出器を開発した。

現在は超電導を用いた検出器が多いが、同教授らはインジウム、ガリウム、ヒ素の混合物で構成された特殊な半導体を使用

量子科学研究所の井上修一郎教授（量子光学）と行方直人助手はこのほど、NITと共同で伝送速度が世界最速の光子検出器を開発した。

現在は超電導を用いた検出器が多いが、同教授らはインジウム、ガリウム、ヒ素の混合物で構成された特殊な半導体を使用

つた検出器の研究を進めてきた。今回の検出器では光子を検出する際に発生する雑音が超電導を用いた検出器と同じ程度まで減少させることに成功した。

実験室レベルで量子暗号通信を試みると、井上教授らの光子検出器は100キロビットを毎秒24キロビット

トで伝送できた。超電導利用の光子検出器だと105キロビットで毎秒17キロビットが最高。

井上教授の話 10年前から半導体を使った光子検出器の研究を進めてきた成果だと思ふ。今後は光子検出器を企業に技術移転をして、実用化に向け製品開発を行っていきたい。

行方助手の話 半導体を用いた検出器で世界最速の伝送速度を記録したことで、量子暗号通信の実用化に近づいた。

掲載日付：2011年6月27日

媒体：日経プレスリリース(WEB)

業種 メーカー / 通信機器・精密機械 発表日 2011/06/27

企業名 情報通信研究機構 | ホームページ: <http://www.nict.go.jp/>

NICT、光通信理論のビット誤り率限界(ショット雑音限界)を打破することに成功

光通信理論のビット誤り率限界を世界で初めて打破

～ 超長距離・低電力・大容量通信に向けた新たな一歩 ～

【背景】

光通信の性能は、0と1の信号を識別する際のビット誤り率によって決まります。ビット誤り率は、伝送システムの雑音を除去することで小さくできますが、それでも原理的に消せない雑音(量子雑音(*3))が存在します。このため、従来の光通信理論では、ビット誤り率はある一定の限界(ショット雑音限界(*4))より小さくすることはできないとされています。一方、量子通信理論(*5)では、量子雑音を制御することができれば、ビット誤り率をさらに低減できることが知られていました。しかし、信号を受信する過程での量子雑音制御は技術的に難しく、ショット雑音限界を打ち破るような量子受信機は、これまで実証されていませんでした。

【今回の成果】

今回、NICTは、光を波として制御する従来の光通信技術に、粒子(光子(*6))としての性質までも制御する技術を加えることで、量子雑音の影響を減らす受信方式(量子受信機)を提案しました。この量子受信機に、AIST及び日本大学が開発した世界最高感度の光子数検出器(超伝導転移端センサ)を組み込み、光通信理論のビット誤り率限界(ショット雑音限界)を打破することに世界で初めて成功しました。

今回の成果は、従来の理論限界を超えるもので、超長距離・低電力・大容量の量子通信の実現に向けた大きな突破口となるものです。

【今後の展望】

この量子受信機を現在のコヒーレント光通信(*7)の受信機に置き換えて、既存の光ネットワークインフラに組み込めば、低電力で大容量の通信が実現できます。まず、10年後をめどに衛星-地上間の光通信の高性能化に利用できるよう開発を進めていきます。また、本技術は極めて高精度に光子を検出できるため、光エネルギーの計測標準技術などにも適用することが可能です。将来的には、長距離光ファイバ通信の中継増幅器の数の削減や、光ファイバ中の送信電力を上げずに、通信の大容量化を実現すること等が可能になります。独立行政法人情報通信研究機構(以下「NICT」、理事長:宮原 秀夫)は、独立行政法人産業技術総合研究所(以下「AIST」)及び日本大学と共同で、光通信のための新しい原理の量子受信機(*1)を開発し、光通信理論のビット誤り率限界を打破する実証実験に世界で初めて成功しました。

将来、この量子受信機を実用化し、これまでの光通信の受信機と置き換えることで、光ファイバ中の送信電力を上げずに大容量の通信が可能になるほか、宇宙空間での超長距離通信にも有効となります。今回の実験の成功は、これらの実現に向けた最初の一步です。

なお、本成果は、米国物理学学会速報誌「Physical Review Letters」(米国時間6月24日付けオンライン及び誌面(*2))に掲載されました。

※今回開発した「量子受信機」の画像、補足資料は添付の関連資料を参照

掲載日付：2011年6月28日

媒体：Fuji Sankei Business i

情報通信研究機構が受信機開発

宇宙空間でも大容量光通信

情報通信研究機構は27日、光通信の性能を大幅にアップできる新しい原理の量子受信機を開発したと発表した。この技術が実用化されれば、次世代光通信での消費電力が大幅に低減できるほか、宇宙空間での超長距離通信も可能になるといふ。

光通信の性能は「0」と「1」の信号を識別する際の「誤り率」に左右される。誤り率はデ

ジタル伝送信号に誤りが発生する確率で「0」に近いほど通信は安定。太平洋を横断するよう

な長距離通信では信号が弱くなり、0.18%より小さくすることは不可能だとされてきた。

しかし、量子通信理論という従来とは別の理論を基礎にした新受信機では、雑音の制御をより高めることで0.174%を実現。「理論値を超え、さらに性能を上げられる可能性が出てきた」（同機構量子ICT研究室の佐々木雅英室長）という。

通信会社の伝送路を電力使用量を変えずに大容量化できる可能性があるほか、衛星から地上に大容量データを送信するといった利用方法も検討する。

掲載日付：2011年6月28日

媒体：SANKEI BIZ (WEB)



企業

総合トップ

自動車 | 情報通信 | 電機 | メーカー | サービス | 金融 | 経営 | 新商品 | 海外企業 | 中小企業 | フォト



宇宙空間でも大容量光通信 情報通信研究機構が受信機開発

2011.6.28 05:00

ツイートする

24

チェック

クリップ

情報通信研究機構は27日、光通信の性能を大幅にアップできる新しい原理の量子受信機を開発したと発表した。この技術が実用化されれば、次世代光通信での消費電力が大幅に低減できるほか、宇宙空間での超長距離通信も可能になるという。

光通信の性能は「0」と「1」の信号を識別する際の「誤り率」に左右される。誤り率はデジタル伝送信号に誤りが発生する確率で「0」に近いほど通信は安定。太平洋を横断するような長距離通信では信号が弱くなり、0.18%より小さくすることは不可能だとされてきた。

しかし、量子通信理論という従来とは別の理論を基礎にした新受信機では、雑音の制御をより高めることで0.174%を実現。「理論値を超え、さらに性能を上げられる可能性が出てきた」（同機構量子ICT研究室の佐々木雅英室長）という。

通信会社の伝送路を電力使用量を変えずに大容量化できる可能性があるほか、衛星から地上に大容量データを送信するといった利用方法も検討する。

掲載日付：2011年6月28日

媒体：Laser Focus World Japan (WEB)

News Details ニュース詳細

NICT、光通信理論のビット誤り率限界を世界で初めて打破

June 28, 2011, 東京—情報通信研究機構（NICT）は、産業技術総合研究所（AIST）及び日本大学と共同で、光通信のための新しい原理の量子受信機を開発し、光通信理論のビット誤り率限界を打破する実証実験に世界で初めて成功した。

将来、この量子受信機を実用化し、これまでの光通信の受信機と置き換えることで、光ファイバ中の送信電力を上げずに大容量の通信が可能になるほか、宇宙空間での超長距離通信にも有効となる。

光通信の性能は、0と1の信号を識別する際のビット誤り率によって決まる。ビット誤り率は、伝送システムの雑音を除去することで小さくできるが、それでも原理的に消せない雑音（量子雑音）が存在する。このため、従来の光通信理論では、ビット誤り率はある一定の限界（ショット雑音限界）より小さくすることはできないとされている。一方、量子通信理論では、量子雑音を制御することができれば、ビット誤り率をさらに低減できることが知られていたが、信号を受信する過程での量子雑音制御は技術的に難しく、ショット雑音限界を打ち破るような量子受信機は、これまで実証されていなかった。

今回、NICTは、光を波として制御する従来の光通信技術に、粒子（光子）としての性質までも制御する技術を加えることで、量子雑音の影響を減らす受信方式（量子受信機）を発案した。この量子受信機に、AIST及び日本大学が開発した世界最高感度の光子数検出器（超伝導転移端センサ）を組み込み、光通信理論のビット誤り率限界（ショット雑音限界）を打破することに世界で初めて成功した。

今回の成果についてNICTは、「従来の理論限界を超えるもので、超長距離・低電力・大容量の量子通信の実現に向けた大きな突破口となるもの」と説明。さらに、今後の展望として、「この量子受信機を現在のコヒーレント光通信の受信機に置き換えて、既存の光ネットワークインフラに組み込めば、低電力で大容量の通信が実現できる」とNICTは考えており、当座の目標として「10年後をめどに衛星-地上間の光通信の高性能化に利用できるよう開発を進める」としている。

これ以外での展開では、同技術が極めて高精度に光子を検出できることから、「光エネルギーの計測標準技術などへの適用」、「長距離光ファイバ通信の中継増幅器の数の削減、光ファイバ中の送信電力を上げずに、通信の大容量化を実現すること」等を挙げている。

(詳細は、米国物理学会速報誌「Physical Review Letters」(米国時間6月24日付オンライン及び誌面))



インフォーマルセミナー

細胞膜複合糖脂質：2～3の話題提供

榎泰典^{博士}

日本大学理工学部

再構成膜における

カロテノイド, コレステロール, グリコホリンAのトポグラフィ分析

中谷陽一^{博士}

Institut de Chimie, Université de Strasbourg

2011年11月16日(水), 10:00-11:40

日本大学理工学部駿河台2号館4階会議室

提供：日本大学N.研究プロジェクト

ご自由にご参加ください。

問合せ先：大月穰(日本大学理工学部) otsuki.joe@nihon-u.ac.jp

日本大学工学部学術講演会
N. 研究プロジェクト特別セッション

オール日大の
総合研究

基礎から
最先端まで

ナノ物質を基盤とする光・量子技術の極限追求

Nanomaterial-based Photonic, Quantum and Bio Technologies

2011年11月26日(土)

開演時間: 午前9時~午前11時

場 所: 日本大学工学部駿河台校舎1号館2階

講演者: 大月穰(N.研究プロジェクト研究代表者)

桑本 剛 芦澤 好人 西宮 伸幸 渡部 隆義 佐甲 徳栄
岩田 展幸 浅井 朋彦

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

問合せ、日本大学工学部 中川 活二まで knaka@ecs.cst.nihon-u.ac.jp