■　拠点メンバー　■

電気通信大学「コヒーレント光科学」
渡辺信一（実行委員長：先進理工学専攻）

コヒーレント操作による光・物質系の新機能の創出

白田耕蔵	先進理工学専攻
渡辺信一	先進理工学専攻
鈴木勝	先進理工学専攻
中川賢一	レーザー新世代研究センター
西野哲朗	総合情報学専攻
島田宏	先進理工学専攻
渡邊昌良	先進理工学専攻
斎藤弘樹	先進理工学専攻

光の超高精度制御による新機能の創出

武田光夫	先進理工学専攻
富田康生	先進理工学専攻
米田仁紀	レーザー新世代研究センター
西岡　一	レーザー新世代研究センター
上野芳康	先進理工学専攻
桂川眞幸	先進理工学専攻
小林孝嘉	先端超高速レーザー研究センター

新世代コヒーレントフオトニクスデバイスの創出

植田憲一	レーザー新世代研究センター
豊田太郎	先進理工学専攻
小林直樹	先進理工学専攻
野崎眞次	先進理工学専攻
大淵泰司	先進理工学専攻
石田　尚行	先進理工学専攻
奥野剛史	先進理工学専攻
山口浩一	先進理工学専攻

■　参加メンバー　■

東京農工大学
渡辺 敏行（科学立国研究拠点長、応用化学専攻）

朝倉　哲郎	生命工学専攻
池袋　一典	生命工学専攻
大野　弘幸	生命工学専攻
尾高　雅文	生命工学専攻
斉藤　美佳子	生命工学専攻
田中　剛	生命工学専攻
中村　暢文	生命工学専攻
長澤　和夫	生命工学専攻
松岡　英明	生命工学専攻
松永　是	生命工学専攻
宮浦　千里	生命工学専攻
養王田　正文	生命工学専攻
尾池　秀章	応用化学専攻
熊谷　義直	応用化学専攻
纐纈　明伯	応用化学専攻
田中　健	応用化学専攻
直井　勝彦	応用化学専攻
平野　雅文	応用化学専攻
松岡　正邦	応用化学専攻
村上　義彦	応用化学専攻
芦原　聡	電子情報工学専攻
生嶋　健司	電子情報工学専攻
上野　智雄	電子情報工学専攻
黒川　隆志	電子情報工学専攻
越田　信義	電子情報工学専攻
鮫島　俊之	電子情報工学専攻
白樫　淳一	電子情報工学専攻
須田　良幸	電子情報工学専攻
高木　康博	電子情報工学専攻
谷　俊郎	電子情報工学専攻
内藤　方夫	電子情報工学専攻
畠山　温	電子情報工学専攻
三沢　和彦	電子情報工学専攻
梅田　倫弘	機械システム工学専攻
岩井　俊昭	生物システム応用科学専攻
荻野　賢司	生物システム応用科学専攻
神谷　秀博	生物システム応用科学専攻
下村　武史	生物システム応用科学専攻
西舘　泉	生物システム応用科学専攻
森島　圭祐	生物システム応用科学専攻

■　東京農工大学・電気通信大学　合同シンポジウム実行委員　■

電気通信大学

委員長	渡辺　信一	先進理工学専攻
	大淵　泰司	先進理工学専攻
	桂川　眞幸	先進理工学専攻
	岡田　佳子	先進理工学専攻
	島田　宏	先進理工学専攻

東京農工大学

委員長	須田　良幸	電子情報工学専攻
	渡辺　敏行	応用化学専攻
	中村　暢文	生命工学専攻
	尾池　秀章	応用化学専攻

東京農工大学・電気通信大学　合同シンポジウム

「ナノ未来材料とコヒーレント光科学」

第 7 回合同シンポジウム予稿集目次

日時：2010 年 12 月 11 日（土）9：30～17：25

会場：電気通信大学　B 棟

9:30～9:35　「科学と社会の対話を！」 ..... □

梶谷　誠（電気通信大学　学長）

9:35～9:40　「農工大・電通大第 7 回合同シンポジウムによせて」 ..... □

小畑 秀文（東京農工大学 学長）

9:40～9:50　「２１世紀 COE プログラムからの一歩」 ..... □

渡辺 信一（電気通信大学　シンポジウム実行委員長）

9:50～10:00　「合同シンポジウム開催の意義」 ..... □

渡辺 敏行（東京農工大学大学院工学研究院　科学立国研究拠点長）

10:00～10:40　レーザー極限技術による重力波検出 ..... □

川村　静児（東京大学宇宙線研究所，国立天文台）

10:40～10:50　コーヒーブレイク

10:50～11:40　ポスタープレビュー I（東京農工大学）

11:40～12:40　昼休み

12:40～13:30　ポスタープレビュー II（電気通信大学）

13:30～13:40　コーヒーブレイク

13:40～15:40　「ナノ未来材料とコヒーレント光科学の融合セッション」

Single Quantum Dots on an Optical Nanofiber ..... □

R. R. Yalla, K. P. Nayak, and K. Hakuta（電気通信大学）

Plasmon-enhanced electron field emission from gold sharp tip ..... □

Kentaro Iwami, Arata Iizuka and Norihiro Umeda（東京農工大学）

フォトニック結晶、メタマテリアルの光物性 ..... □

大淵 泰司（電気通信大学）

ベクトルコヒーレント制御のための、偏光がパルス内でねじれる超短光パルスの設計 ..... □

佐藤 正明，鈴木 隆之，三沢 和彦（東京農工大学）

Holographic reconstruction using spatial intensity correlation..... □

Dinesh N. Naik, Rakesh Kumar Singh, Takahiro Ezawa, Yoko Miyamoto, Mitsuo Takeda（電気通信大学）

太陽系外惑星直接観測のための光学干渉システム ..... □

横地 界斗[1,2]，黒川 隆志[1]，西川 淳[2]

（[1]東京農工大学、[2]国立天文台光赤外研究部）

医療応用を目指したバイオナノ磁性粒子の分子設計..... □

吉野 知子（東京農工大学）

蛍光２次元スペクトル顕微測光による生細胞内多因子同時測定..... □

白川 英樹（電気通信大学）

グアニン四重鎖構造を可視化する低分子化合物の創製 ..... □

寺 正行[1]，飯田 圭介[1]，清宮 啓之[2]，池袋 一典[1]，新家 一男[3]，長澤 和夫[1]

（[1]東京農工大学，[2]癌研究会化学療法センター，[3]産業技術総合研究所バイオメディシナル情報研究センター）

ホタルに学ぶ：マルチカラー発光機構の解明と蛍光色素設計 ..... □

平 野 誉（電気通信大学）

ハイドライド気相成長法によるInN 結晶成長 ..... □

富樫 理恵、村上 尚、熊谷 義直、纐纈 明伯（東京農工大学）

SiC 放射線検出器の作製と特性の評価..... □

岩本直也[1,2]，小野田忍[2]，牧野高紘[2]，大島武[2]，児島一聡[3]，小泉淳[1]，内田和男[1]，野崎眞次[1]

（[1]電気通信大学，[2]日本原子力研究開発機構 半導体耐放射線性研究グループ，[3]産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター）

15:40～16:30　ポスターセッション

16:30～17:10　有機系太陽電池の新展開..... □

瀬川浩司（東京大学先端科学技術研究センター）

17:10～17:25　優秀ポスター賞発表

17:30～　懇親会（ハルモニア）

ポスター発表目次

T：農工大ポスター、U：電通大ポスター

【　】：所属

<午前の部> ― 東京農工大学

<午後の部> ― 電気通信大学

T1： Temporal and Spatial pH Variation Measurement by Near-Field Fluorescent Ratiometry for Observation of Mitochondrial Activity..... □

Yongbo Li[1], Yasuaki Kanazashi[1], Kentaro Iwami[1], Yoshihiro Ohta[2] and Norihiro Umeda[1]

【[1] Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】【[2] Department of Biotechnology and Life Science, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U2： 生体二光子顕微鏡によるマウス大脳皮質の微小血管グリア構造イメージング ..... □

正本 和人[1]，吉原 光一[2]，菅野 巖[3]，山田 幸生[2]

【[1]電気通信大学先端領域教育研究センター】【[2]電気通信大学大学院知能機械工学専攻】

【[3]放射線医学総合研究所 分子イメージング研究センター】

T3： 乳癌の増殖と骨破壊におけるプロスタグランジンE2 およびEP4 受容体の役割..... □

横山 智史，瀧田 守親，稲田 全規，宮浦 千里

【東京農工大学大学院生命工学専攻】

U4： 哺乳類卵内カルシウム振動の発生・維持に関わるカルシウム流入の解析 ..... □

高橋 徹，白川 英樹

【電気通信大学情報通信学研究科 量子・物質工学専攻】

T5： 金ナノ粒子を用いたフルクトース/O2 型酵素バイオ燃料電池の構築 ..... □

鈴木将登，村田賢一，中村暢文，大野弘幸

【東京農工大学大学院生命工学専攻】

U6： *Thermotoga maritima* 由来 PurK の結晶構造解析..... □

宮澤良太[1]，金川真由美[2]，馬場清喜[2,3]，中川紀子[2,4]，海老原章郎[2]，河合剛太[2,5]，三瓶嚴一[1,2]

【[1]電気通信大学大学院 先進理工学専攻】【[2]理学研究所播磨研】

【[3]高輝度光科学研究センター】【[4]大阪大学大学院生物科学専攻】

【[5]千葉工大学生命科学環境科】

T7： SCNase 基質特異性へのアルギニン残基の影響..... □

山中保明[1]、荒川孝俊[1]、 浪間 聡志[1]、堀 祥太[1]、大滝 証[1]、野口恵一[2]、片山葉子[3]、

養王田 正文[1]、尾高 雅文[1]

【[1]東京農工大学大学院生命工学専攻】【[2]東京農工大学機器分析】

【[3]東京農工大学大学院物質循環環境科学専攻】

U8： ウミホタルルシフェリンの分子改良：π共役制御したイミダゾピラジノン誘導体の化学発光.....□
小林 弘和[1]，藤尾 俊介[1]，牧 昌次郎[1]，丹羽 治樹[1]，平野 誉[1]
【[1]電気通信大学大学院 先進理工学専攻】

T9： 骨形成能を有する絹様タンパク質の作製ならびにキャラクタリゼーション.....□
長野あや[1]，朝倉哲郎[1]
【[1]東京農工大学大学院工学研究院 生命工学】

U10： 超磁歪素子を用いた埋め込み型骨導補聴器の開発.....□
原島立成[1]，大城越美[2]，小池卓二[2]，羽藤直人[3]，神崎晶[4]
【[1]電気通信大学大学院電気通信学研究科知能機械工学専攻】
【[2]電気通信大学大学院情報理工学研究科知能機械工学専攻】【[3]愛媛大学医学部】
【[4]慶應義塾大学医学部】

T11： 分子シャペロニンに捕獲されたコア・シェル型 QD の発光特性：一分子 FRET 計測と発光偏光解析.....□
荒木大輔[1]、宮下辰毅[2]、大滝証[3,4]、養王田正文[3,4]、小田勝[2,5]、谷俊朗[2,5]、
【[1]東京農工大学大学院工学府物理システム工学専攻】【[2]工学部物理システム工学科】
【[3]工学府生命工学専攻】【[4]工学研究院生命機能科学部門】【[5]工学研究院先端物理工学部門】

U12： 赤色発光ホタルルシフェリンアナログの開発と実用化.....□
浜 一敏，牧 昌次郎，丹羽 治樹
【電気通信大学大学院量子・物質工学専攻】

T13： 耐熱性酵素シトクロムP450 を用いた酸素添加反応.....□
早川 昌平[1]，松村 洋寿[2]，中村 暢文[1]，大野 弘幸[1]，
【[1]東京農工大学大学院生命工学専攻】【[2]東京大学大学院生物材料科学専攻】

U14： 高周期１４族元素を主鎖とするオリゴマーの合成と光反応.....□
井田優介，武田雄介，加固昌寛
【電気通信大学大学院量子・物質工学専攻，電気通信大学大学院先進理工学専攻】

T15： ピロールイミダゾール系化合物の合成.....□
今岡 拓哉[1]，秋元 隆文[1]，岩本 理[1]，長澤 和夫[1]
【[1]東京農工大学大学院 生命工学専攻】

U16： AFM-QCM によるグラファイトの摩擦力測定.....□
井上 大輔[1]，細見 斉子[2]，谷口 淳子[2]，鈴木 勝[2]，石川 誠[3]，三浦 浩治[3]
【[1]電気通信大学量子･物質工学専攻】【[2]同先進理工学専攻】【[3]愛知教育大学物理領域】

T17： マイクロ流体デバイスによる細胞のサイズ分画プロセッシング.....□
富名腰敬[1]，Panpim Lohachala[3]，株本憲一郎[1]，秋山佳丈[1]，星野隆行[1]，森島圭祐[1,2]
【[1]東京農工大学大学院生物システム応用科学府】【[2]東京農工大学機械工学システム工学科】

U18： 超低密度InAs 量子ドットの自己形成制御 ..... □
柳澤 拓弥，小川 良秀，山口 浩一
【電気通信大学大学院 先進理工学専攻】

T19： ２次元フォトセンサアレイの血球細胞解析への応用..... □
須永 吉彦[1]，田中 剛[1,2]，松永 是[2]
【[1]東京農工大学大学院共同先進健康科学専攻】【[2]東京農工大学大学院生命工学専攻】

U20： その場化学エッチングによるGaAs 上InAs ドットの低密度化..... □
今西 弘，小泉淳，内田 和男，野﨑 眞次
【電気通信大学 大学院情報理工学研究科 先進理工学専攻】

T21： LED を用いた極短コヒーレンストモグラフィ法..... □
○生田 夏木，次田 哲也，岩井 俊昭
【東京農工大学 生物システム応用科学府】

U22： 加熱蒸発法によるユウロピウムを添加した酸化スズ微細結晶の作製..... □
角田 光晴，香月 大祉，村瀬 功一，川端 圭輔，奥野 剛史
【電気通信大学大学院 先進理工学専攻】

T23： *sp*[3] Carbon-Hydrogen Bond Cleavage Reaction in 5-Coordinate (2,6-Dimethylbenzenethiolato)- and (2,6-Dimethylphenoxo)-ruthenium(II) Complexes.. □
Yasuto Yanagisawa, Sayaka Togashi, Muneaki Ito, Nobuyuki Komine, Masafumi Hirano,Sanshiro Komiya
【Department of Applied Chemistry ,Graduate School of Engneering, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U24： ジケトエチレン骨格をもつフォトクロミック物質の光誘起磁性..... □
井田 由美，石田 尚行
【電気通信大学大学院 先進理工学専攻】

T25： Two-Terminal Nonvolatile Resistive Memory Having Floating Metal..... □
Akinari Nomura, Keishi Iwasaki, Yoshiyuki Suda
【Department of Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U26： Controlled generation of vortices in generalized Stokes parameters ..... □
Rakesh Kumar Singh[1], Dinesh N. Naik[1], Hitoshi Itou[1], Yoko Miyamoto[1] and Mitsuo Takeda[1]
【[1]Department of Information and Communication Engineering, University of Electro-Communications】

T27： Flat Ge and Strained-Si Layers Formed by Sputter Epitaxy for High-Speed Devices ..... □
Hiroaki Hanafusa[1], Nobumitsu Hirose[2], Akifumi Kasamatsu[2], Takashi Mimura[2], Toshiaki Matsui[2], Harold M. H. Chong[3], Hiroshi Mizuta[3], and Yoshiyuki Suda[1]
【[1]Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】
【[2]National Institute of Information and Communications Technology】
【[3]Nano Research Group, School of Electronic and ComputerScience, University of Southampton】

U28： Selection of radial and azimuthal polarized modes in an Yb:YAG laser using lens and birefringent crystal ..... □
Manasadevi P Thirugnanasambandam[1], Yuri V Senatsky[2], Ken-ichi Ueda[1]
【[1]Institute for Laser Science, UEC】【[2]P.N. Lebedev Physical Institute of the RAS】

T29： アミノ酸イオン液体/zwitterion 複合体の集合状態の解析 ..... □
田口 怜美，大野 弘幸
【東京農工大学 工学府 生命工学専攻】

U30： ヨウ素安定化のための高出力低雑音半導体レーザー..... □
宮川 雄[1]，林 宣之[1]，笠井 克幸[2]，張 贇[1]，岡田 佳子[1]，渡辺 昌良[1]
【[1]電気通信大学大学院電子工学専攻】【[2]情報通信研究機構】

T31： 超臨界流体を用いた液中プラズマ反応場の開発 ..... □
須賀 陽介[1]，Ortrud Aschenbrenner[2]，Andrew Cundy[2]，Ray Whitby[2]，渡辺敏行[1]
【[1]東京農工大学大学院応用化学専攻】【[2]University of Brighton】

U32： 超短パルスEUV レーザーと金属との相互作用 ..... □
大橋 拓司、白 大烈、佐藤 文哉、米田 仁紀
【電気通信大学大学院レーザー新世代研究センター】

T33： 含ジアセチレンオリゴペプチドの自己組織化を利用した重合..... □
土屋 心之介，尾池 秀章
【東京農工大学大学院応用化学専攻】

U34： 深紫外超短パルスレーザーを用いた生体関連分子超高速時間分解振動分光..... □
貴田 祐一郎[1,2]，Jun Liu[1,2,3]，小林 孝嘉[1,2,4,5]
【[1]電気通信大学先端超高速レーザー研究センター】【[2]JST-ICORP】
【[3]中国科学院上海光学研究所】【[4]台湾交通大学】【[5]大阪大学】

T35： 立体対称な四官能架橋剤を利用した剛直性高分子ゲル ..... □
吉原 直希，草野 大地，渡辺 敏行
【東京農工大学大学院応用化学専攻】

U36： 逐次重合型モノマーを用いたナノ微粒子−ポリマーコンポジットの光重合特性とそのホログラフィックデータ記録メディアへの応用 ..... □
安井 理，羽田 英司，富田 康生
【電気通信大学大学院先進理工学専攻】

T37： トリフェニルアミン部位を有する環状オリゴマーの合成と電子受容体との包接錯体の物性評価 ..... □
宮石裕子、土屋康佑、荻野賢司
【東京農工大学大学院生物システム応用科学府 生物システム応用科学専攻】

U38： 絶対位相が制御された超高繰返し超短パルス光列の発生と分子解離過程への応用 ..... □
吉井一倫[1]，青木浩[1]，白神健太郎[1]，John Kiran A.[1]，Kanaka Raju P.[1]，
浜野紘明[1]，大橋タケル[1]，佐々木祐介[1]，洪鋒雷[2]，大村英樹[3]，桂川眞幸[1]
【[1]電気通信大学大学院 先進理工学専攻】【[2]産業技術総合研究所 計測標準部門】
【[3]産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門】

T39： 絶縁膜修飾した導電性高分子ナノファイバーFET におけるキャリア輸送特性 ..... □
三木 健生[1]，下村 武史[1]
【[1]東京農工大学大学院 生物システム応用科学専攻】

U40： 誘導ラマン散乱およびフォトニック結晶薄膜による共鳴散乱に関する理論研究 ..... □
中道史保子、中屋翔揮、大淵泰司
【電気通信大学大学院先進理工学専攻】

T41： ブロック共重合体が形成する三層構造高分子ミセルの調製および組織接着性ゲルへの応用 □
内田 裕介、村上 義彦
【東京農工大学大学院応用化学専攻】

U42： 光ピンセットの研究 ..... □
澁川 友美子[1]，桜井 孝憲[2]，清水 和子
【[1]電気通信大学大学院量子・物質工学科専攻】【[2]電気通信大学量子・物質工学科】

T43： Magnetoresistance Effects in Discrete Si Transistors ..... □
S. Nishimura, R. Zaharuddin, Y. Kuwabara, and J. Shirakashi
【Department of Electronic and Information Engineering, Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U44： 自己相関法を用いた外部共振器波長変換光パルス測定 ..... □
関本 大介[1]，金井 輝人[2]，兵頭 政春[3]，張 贇[1]，渡辺 昌良[1]，岡田 佳子[1]，
X. Wang[4]，Y. Zhu[4]，C. Chen[4]，渡部 俊太郎[5]
【[1]電通大電子】【[2]東大物性研】【[3]情通機構】【[4]中国科学院】【[5]東理大総研機構】

T45： Single-Electron Transistors Fabricated by Field-Emission-Induced Electromigration..... □
K. Takiya, S. Ueno, T. Watanabe and J. Shirakashi
【Department of Electronic and Information Engineering, Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U46： 超短パルス光フーリエ位相の実時間掃引計測..... □
冨田 仁，西岡 一
【電気通信大学レーザー新世代研究センター】

T47： **Influence of hydrogen gas on the growth of semi-polar InN** ..... □
Hyunchol Cho, Mayu Suematsu, Hisashi Murakami, Yoshinao Kumagai, Akinori Koukitu
【Department of Applied Chemistry, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U48： 周波数量子もつれ光子による２光子干渉..... □
清水 亮介
【電気通信大学 先端領域教育研究センター】

T49： 反応晶析による水酸化ニッケル微粒子の生成..... □
船越 邦夫，松岡正邦
【東京農工大学大学院応用化学専攻】

U50： **Current multipliers based on the quantum current mirror** ..... □
Srinivas Gandrothula[1], Chihiro Ishida[2], Yoshinao Mizugaki[2], Hiroshi Shimada[2]
【[1]Dept. of Applied Physics and Chemistry, The University of Electro-Communications】
【[2]Dept. of Engineering sciences, The University of Electro-Communications】

T51： 透明導電性接着剤を用いた多接合ソーラーセルの開発 ..... □
蓮見 真彦[1]，竹根澤 潤[1]，鮫島 俊之[1]，金子 哲也[2]，鯉田 崇[2]，柄澤 稔[2]，
近藤 道雄[2]
【[1]東京農工大学大学院 電子情報工学専攻】【[2]産業技術総合研究所】

U52： Magnetization reversal dependence on bias voltage in Co/Al/Co single electron transistor..... □
Asem Elarabi[1], Masataka Moriya[2], Hiroshi Shimada[2], Yoshinao Mizugaki[2]
【[1]Dept. of Electronic Engineering】【[2]Dept. of Engineering Sciences, The University of Electro-Communications】

T53： **2** 種の金属を用いた**MIS** 型ソーラーセルの開発 ..... □
小暮 一也，吉冨 真也，永尾 友一，蓮見 真彦，鮫島 俊之
【東京農工大学大学院電気電子工学専攻】

U54： ボース・アインシュタイン凝縮体におけるカルマン渦列..... □
佐々木 一樹[1]，鈴木 直也[1]，斎藤 弘樹[2]
【[1]電気通信大学大学院量子・物質工学専攻】【[2]電気通信大学大学院先進理工学専攻】

T55： Passivation of silicon surface by oxygen plasma treatment followed by high-pressure H2O vapor heat treatment ..... □
Shinya Yoshidomi[1], Masahiko Hasumi[1], and Toshiyuki Sameshima[1]
【[1]Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U56： 全光学的手法による BEC 生成装置の開発 ..... □
平井 秀一，Sanjay Kumar，加地 真英，牟田 真弓，中川 賢一
【電気通信大学レーザー新世代研究センター】

T57： Interface Study on Germanium-MOS Structures..... □
Yusuke Oniki[1], Harold M. H. Chong[2], Hiroshi Mizuta[2], and Tomo Ueno[1]
【[1]Department of Electronic Information Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】【[2]School of Electronics and Computer Science, University of Southampton】

U58： 2 成分BEC における回転位相整合性のブロッキングとダイナミクス ..... □
三浦 拓朗[1]，稲田 寛之[1]，下平 孝之[1]，斎藤 弘樹[1]，岸本 哲夫[2]
【[1]電気通信大学情報理工学研究科先進理工学専攻】
【[2]電気通信大学先端領域教育研究センター】

T59： Fabrication of High-k/Ge Stack Using Post Metal Deposition Annealing ..... □
Hideo Koumo, Yusuke Oniki, and Tomo Ueno.
【Department of Electronic and Electrical Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】

U60： 低温原子分子および強光子場科学の理論研究 ..... □
山越 智健[1]，相澤 真之助[1]，大海 真貴[1]，黄 緒明[1]，宮城 晴英[1]，梅垣 俊仁[1]，
Chen Zhang[3]，Chris Greene[3,4]，森下 亨[1,2]，渡辺 信一[1]
【[1]電気通信大学大学院 先進理工学専攻】【[2]JST PRESTO】【[3]U. Colorado】
【[4]JILA, USA】

T61： 鉄系超伝導体の分子線エピタキシー成長 ..... □
山岸 健[1,2]，上田 真也[1,2,3]，武田 宗一郎[1,2]、高野 志郎[1]、光田 暁弘[4]、内藤 方夫[1,2]
【農工大工[1]】【JST-TRIP[2]】【NEDO[3]】【九大理[4]】

U62： 冷却イオンと中性原子による極低温物理 ..... □
松井 千加士，千田 佑真，松田 マリック隆磨，向山 敬
【電気通信大学大学院先進理工学専攻】

T63： ポリフェニレンビニレンとポリメチルメタクリレートからなるグラフト共重合体の合成と光学特性の評価 ..... □
舩津 加央里[1]，土屋 康佑[1]，荻野 賢司[1]
【[1]東京農工大学大学院生物システム応用科学専攻】

U64： 電子ビームイオントラップを用いた多価イオンの研究 ..... □
山崎 詔[1]，山田 千樫[2]，中村 信行[1]
【[1]電通大レーザー】【[2]電通大先進理工】
T65： 高分解能サーモグラフィ顕微鏡の開発 ..... □
宮本 陽介，井口 善仁，生嶋 健司
【東京農工大学大学院物理システム工学専攻】
U66： Optical Nanofiber Cavity: A Novel Workbench For Cavity-QED ..... □
K. P. Nayak[1], Fam Le Kien[1], K. Nakajima[2], Y. Kawai[1], H. T. Miyazaki[2], Y. Sugimoto[2], and K. Hakuta[1]
【[1]Center for Photonic Innovations, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan. 】
【[2]Nanotechnology Innovation Center, National Institute for Material Science, Tsukuba, Japan】
T67： 分光反射率画像による皮膚色素量の可視化 ..... □
アディトヤ ウイスワダルマ[1]，田中 規之[1]，西舘 泉[1]，前田 貴章[2]，
新関 久一[3]，相津 佳永[4]
【[1]東京農工大学大学院生物システム応用科学府】【[2]釧路工業高等専門学校機械工学科１】
【[3]山形大学大学院理工学研究科】【[4]室蘭工業大学大学院機械創造工学系専攻】
T68： 低コヒーレンス動的光散乱法による異相界面の動態計測..... □
○渡会俊晴，岩井俊昭
【東京農工大学大学院生物システム応用科学府】
T69： Localized surface plasmon resonance of silver nanoparticles for dew condensation sensing..... □
Shin Kaneko[1], Hideaki Nagasaki[1], Kentaro Iwami[1], Norihiro Umeda[1],
Hidehiro Kamiya[2], Motoyuki Iijima[2], Tadanori Tanahashi[3], Satoru Yamauchi[3]
【[1]Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】
【[2]Department of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology】【[3]Espec Corp. 】
T70： 中赤外超高速分光法による水の分子振動緩和現象とその温度依存性の測定..... □
藤岡 幸[1]，渋谷 和憲[1]，芦原 聡[1, 2]
【[1]東京農工大学大学院物理システム専攻】【[2]JST さきがけ】
T71： 石英ガラスからのRb 原子の光誘起脱離..... □
北上 景一，畠山 温
東京農工大学大学院物理システム工学専攻

科学と社会の対話を！

梶谷　誠
電気通信大学　学長
e-mail:kajitani@office.uec.ac.jp

東京農工大学と電気通信大学の共催による第７回合同シンポジウム「ナノ未来材料とコヒーレント光科学」が電気通信大学を会場に開催されます。

つい最近、二人の日本人がノーベル化学賞を受賞するといううれしい知らせに、日本中が喜びに包まれましたが、とりわけ日本の科学者や大学人は勇気づけられました。特に、基礎科学の成果がわれわれの生活に大きく貢献したことが高く評価され、受賞につながっただけに、基礎科学の重要性が再認識されたことはまことに喜ばしいことです。このところの日本では、財政難を理由に、教育や科学技術関係の国家予算が減少傾向にあるなかで、その転換を促すきっかけになればと期待する大学人も多いと思います。

一方、今年の政府予算策定方針は例年と異なり、各省からの要望事業を「政策コンテスト」と称する評価によって厳しい査定にさらすことになっています。文教予算とて例外ではなく、最悪の場合には、国立大学の運営費交付金が前年度比５％弱も削減され、また科研費も大幅に削減される可能性も危惧されています。ノーベル賞の受賞が、このような危惧を一掃してくれることを祈るのみです。

われわれ、大学人も科学者も、ただ予算の縮小を嘆き、政府を非難するだけでは、事態は好転しないでしょう。学問は崇高なものだから、科学技術は重要だから、十分に予算をつけるべきだと叫ぶだけでは説得力はありません。このシンポジウムにおいても、ナノ未来材料やコヒーレント光科学がわれわれ人類にどのような意義があり、人類の幸せにどのようにかかわり、どう貢献できるのかを説明する必要があるのかもしれません。シンポジウムのセッションの一つに、そのような企画を用意するのはどうでしょうか、そこに一般市民やマスコミ関係者を招待するのです。大学も研究者も、社会とのコミュニケーションや連携を怠れば存在できなくなりそうです。

電気通信大学は、創立 100 周年を迎える２０１８年に向かって「ＵＥＣビジョン２０１８」という目標を定めました。このビジョンを一口で表すキャッチフレーズを「Unique & Exciting Campus」としました。ユニークな若者が集い、ユニークな研究をしているわくわくするような面白い大学になろうというものです。この両大学の連携が、「Unique & Exciting Campus」の中核となるよう期待し、ご参加の皆様が、わくわくするような気持ちでシンポジウムを楽しんでくださることを願っております。

農工大・電通大第 7 回合同シンポジウムによせて

小畑　秀文
東京農工大学 学長
e-mail : kobatake@cc.tuat.ac.jp

ナノ未来材料とコヒーレント光科学という、両大学をそれぞれ特徴付ける優れた研究集団の合同シンポジウムが 7 回目を迎えたことにまず賛辞を送りたいと思う。両大学の関係者のこれまでの労を多としたい。

このシンポジウムは電気通信大学の COE「コヒーレント光科学の展開」と東京農工大学の COE「ナノ未来材料」とが、研究協力の大学間協定に基づく定期的な情報交換の場として開催したのが始まりと記憶している。学術の発展には色々な角度からの意見交換が必要である。率直な意見交換とそのフィードバックが学術の発展を加速させる基である。異なる分野の研究者との意見交換からは、研究者本人にとっては発想の転換になるヒントが得られ、それが次の発展への手がかりのきっかけになるし、別の道への足がかりにもなることがある。自らの研究を異なる視点から見直す良い機会ともなる。特に柔軟な思考を持つ若手の研究者には、同一分野といえるほど近くはないが異分野といえるほど距離のないグループ同士の情報交換は新たな発想を生む格好の機会となる可能性が大である。しかも、学会とは比べ物にならない大きな自由度の下での議論ができることも大きな利点である。このシンポジウムが両大学の若手研究者の切磋琢磨の場となり、さらに飛躍するきっかけとなることを期待したい。

研究面での個性化と種別化は大学にとって大きな力となる。研究拠点大学という名に相応しい個性ある研究集団の形成こそ今後の大学の発展の基礎となる。一つでも特色ある分野で優れた研究集団を持つことができれば、それが新たな優れた研究グループの成長を促し、大学全体にその波が広がることになる。大学間の厳しい競争の時代に入ったいま、首都圏にある技術系大学としての電気通信大学や東京農工大学が発展していくには、研究拠点大学として確固とした地位を築く以外に道は無いであろう。そのためには、電通大のコヒーレント光科学分野、および農工大のナノ未来材料分野の一層の進展を期待したい。それぞれの研究グループがそれぞれの大学の発展の牽引車となることに大きな期待を持っている。その結果として、大学全体の発展の起爆剤の役割をはたし、他分野の発展まで大きく加速されるような展開になればと期待している。その意味でも、このシンポジウムは単に両研究グループに留まらず、両大学全体の発展の鍵を握る重要な催し物といっても過言ではない。シンポジウムの成功を祈りたい。

２１世紀COEプログラムからの一歩

渡辺 信一
電気通信大学　シンポジウム実行委員長
e-mail: shin@pc.uec.ac.jp

農工大と電通大の合同シンポジウムは地理的に近く、学問的にも相通じるものの多い両大学が気取らない雰囲気で行う本格的なシンポジウムで、いよいよ７回目を迎えました。両大学が各々２１世紀COEプログラムに採択されたことを契機に始まり、年を経るにつれ交流が深まってきたように感じます。新しいフェーズへの試みとして、今年度は両大学のオーバーラップの大きな領域であるバイオ（機械）の方々にもご参加いただき、口頭発表の構成はこの点が反映されるようになっています。また海外からの学生諸君や若手研究者の方も見受けられますので、国際的雰囲気の情報交換の場は始めてという日本人学生諸君にとっては、研究発表の場がどのようなものかを知ってもらえるよい機会となるでしょう。シンポジウムの度に、身近で様々な興味深い研究が行われていることに驚かされます。今回も例年に劣らず新しい発見と出会いがあることを望んでいます。

さて、知識や技術が国を越えて広まることは太古の昔からのことで、異文化間の学術交流は目新しいことではありません。しかし、大量輸送の時代となり世界が一挙に１日の距離に縮んだ上、情報通信技術の革新的な発達で地球上の何処とでも瞬時に情報交換が可能となった今は、物理的な壁がなくなりました。人と言えば世界中の人を意味し、社会と言えば世界全体を意味するので、敢えて地域社会といっても世界との繋がりは無視できなくなりました。そして、自然と言えば、地球全体の自然と環境が関わります。すなわち、社会への貢献が世界を意識せずには語れない以上、世界に通じる人材育成を教育に要求するのが当たり前の時代になりました。そのような時代に活路を見出す必要性を認識している国々では、盛んにグローバライゼーションという概念で、国際競争力のある人材育成を目指しています。そのような流れの中で、日本の特殊性はアジアにおける教育研究の拠点となり得る水準と基盤があるという点だと思いますが、充分に認識されているでしょうか？

電通大のCOEは「光科学」関連分野での高い水準と基盤の反映だったわけです。一方、電通大の総合コミュニケーション科学という考え方は人と社会と自然との健全な関係をコミュニケーションという観点から総合的に捉えて、維持可能な世界に必要な科学技術の創出と、それを可能にするsustainable competence輩出の実践によって世界に貢献しようという考え方のようです。その崇高な目標を念頭に置いて振り返れば、２１世紀COEプログラムという取り組みは、大学を挙げての支援や新しい制度の導入などの実験的試行であったと見てもよいように思います。COEプログラムは両大学とも成功裡に終了しましたが、この合同シンポジウムも後継事業の一つとして継続されていますし、電通大では「光科学」関係の博士後期課程学生を国費留学生として育成する事業も行われています。

個々の研究室レベルでの国際交流は様々な機会を利用しながら実施されています。それらを改めてCOEプログラムを通して試行された教育研究の視点から眺めて、国際舞台へ出て行く若者、海外から農工大や電通大へ研究にくる実力ある研究者や留学生、また海外へ共同研究に出かける意欲的な教教育研究者を増やして、農工大と電通大の存在が世界に知れ渡るように努力することは可能だと思います。例えば、共通点の再認識と情報の共有、世界的拠点形成へ向けた教育研究支援体制のグローバライゼーションなどがあると思いますが、このような長期的な目標もCOEでの経験を活かして工夫すれば短期間に実現する切っ掛けになるかもしれません。

なお、準備にあたり、農工大と電通大両大学の実行委員の方々をはじめ、関連の研究室からのご協力がありました。ここに感謝致します。

合同シンポジウム開催の意義

渡辺　敏行
[1] 東京農工大学大学院工学研究院
科学立国研究拠点長
e-mail:toshi@cc.tuat.ac.jp

近年の産業界の構造変化は激しく、この荒波に対応できる人材が求められている。特に１ドル80円の為替レートでは、高付加価値の製品以外では利益が出ないため、かなりの割合の工場が海外移転してしまう事態も想定される。より高付加価値の製品を創造するためには高い知識と技能、フレキシブルな発想を有する人材の育成が不可欠である。異分野や異業種との交流こそ、高付加価値の製品創製の原点となる。

研究者はその知識の広がりによってI型、T型、π型にわけることができる。I型では自分の研究しか知らないために、他の専門分野との交流が難しい。T 型およびπ型は幅広い分野に興味を持っているので、お互いの広い知識を共有することによって、独創的な発想が生まれやすくなる。また、π型は足が２本あり、深い専門性を２分野持っていることになる。要するにπ型は二本の足で立っており、とてもバランスの良い構造をしている。そう考えれば、「π型」では一人の中だけで既に独創的な発想が生まれやすい環境が整っていることがわかる。これまで獲得してきた知識がI型であるとするならば、このような異分野間の合同シンポジウムに参加・発表することがT型やπ型人間へと変化するきっかけになるのではないだろうか。本シンポジウムに参加する学生や教職員各位は是非異なる分野間でのディスカッションを楽しんでいただきたい。

レーザー極限技術による重力波検出

川村静児
東京大学宇宙線研究所，国立天文台
e-mail:seiji.kawamura@nao.ac.jp

1　はじめに

重力波の存在は 90 年以上前にアインシュタインの一般相対性理論の中で予言されたが、未だ検出には至っていない。その理由は、重力波によって引き起こされる空間のひずみが想像を絶するほどに小さく、これまでの計測手段では測定不可能だったからである。しかし、レーザー及びレーザー測距技術の進歩に伴って、重力波検出はもはや夢ではなくなってきた。

2　重力波とレーザー干渉計による検出

重力波とは、潮汐的な空間のひずみが光速で伝播する横波のことであり、ブラックホールの衝突や初期宇宙などの加速度運動をする質量から放射される。重力波は天体現象の情報を運ぶため、重力波の直接検出により、いわゆる重力波天文学の創成が期待できる。

重力波の検出にはレーザー干渉計が使われる。重力波がやってくると物体間の距離が変化するので、その変化量をレーザー干渉計を用いて測定するのである。マイケルソン・レーザー干渉計が重力波検出に適している最大の理由は、干渉計の腕の長さを長くするだけで、重力波によって引き起こされる干渉計の信号が大きくなり、それだけ感度を高めることができる点にある。

3　地上の大型検出器

現在、km クラスの検出器が稼動しているのは、アメリカの LIGO (4 km)とフランス・イタリアが共同で行なっている Virgo (3 km)である。日本でも TAMA300 (300 m)と CLIO (100 m)のあとを受け、ついに LCGT 計画[1]が開始された。LCGT は神岡のトンネル内に建設予定の、低温鏡を用いたアーム長 3 km のレーザー干渉計である。LCGT は 2017 年に完成予定であり、中性子星連星の合体からの重力波を年間１０回程度検出することを目的としている。LCGT により重力波天文学が創成されると期待されている。

4　スペース重力波アンテナ

重力波天文学をさらに発展させるには、検出器の感度をより一層高める必要がある。その一つの方法は、干渉計を宇宙に持っていき、アーム長を飛躍的に伸ばすことである。スペース重力波アンテナとしては、NASA と ESA の共同研究である LISA 計画と、日本の将来計画である DECIGO[2]がある。DECIGO は 1,000 km 離れた３つの衛星間の距離の変化をレーザー干渉計で計測するものであり、初期宇宙からの重力波の直接検出やダークエネルギー、ダークマターの探査を目的としている。

5　極限技術

検出器の感度を上げるもうひとつの方法は、光の極限技術を用いるものである。干渉計は最終的には量子雑音であるショットノイズと輻射圧雑音で制限され、その２乗和は標準量子限界で制限される。しかし、レーザー干渉計においては、ポンディロモーティブスクイージングを利用して、輻射圧雑音を低減し、最終的に標準量子限界を破る感度を達成することも可能である。現在、これを実証するための実験が行われている[3]。

参考文献

1. http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/gr/lcgt/lcgt2010e.html
2. http://tamago.mtk.nao.ac.jp/decigo/index_E.html
3. S Sakata, et al., “A study for reduction of radiation pressure noise in gravitational wave detectors”, J. Phys.: Conf. Ser. **122** (2008) 012020

Single Quantum Dots on an Optical Nanofiber

R. R. Yalla, K. P. Nayak, and K. Hakuta
Center for Photonic Innovations, University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo.
e-mail: chandrarao@kiji.pc.uec.ac.jp

Recently thin optical fiber with sub-wavelength diameter termed as optical nanofiber is becoming a promising tool for manipulating quantum states of light and matter. It has been experimentally demonstrated that single atoms around the nanofiber can be easily observed by detecting the fluorescence photons through the guided modes [1]. Such a technique can be promising not only for manipulating natural atoms but also for artificial atoms (quantum dots).

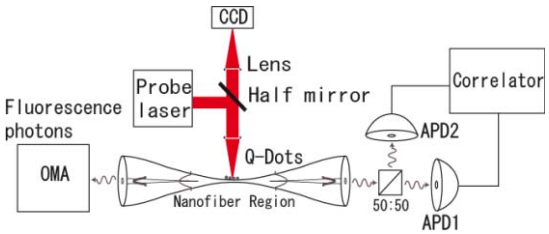


Fig. 1: Schematic diagram of the experiment.

In this paper we experimentally demonstrate that single quantum dots (q-dots) on the nanofiber can be detected through the guided modes. Using photon correlation measurements and Optical Multichannel Analyzer (OMA) we investigate fluorescence lifetime and emission spectrum of single quantum dot on an optical nanofiber respectively. The schematic of our experimental set up is shown in Fig. 1. The dots are placed on the nanofiber by dropping the q-dot solution on the nanofiber. The q-dots are excited using a 640 nm laser which is focused on the nanofiber using a microscope objective. The fluorescence of the q-dots coupled to the guided modes is observed at the ends of the fiber using avalanche photodiodes (APD). The position of the q-dots on the nanofiber is marked by monitoring the photon counts while scanning the probe laser along the nanofiber. To quantify the number of q-dots we investigate the photon correlations at each marked position. The typical photon correlation for single q-dot position is shown in Fig. 2(a). The observed antibunching of fluorescence photons at zero delay clearly demonstrates single q-dot observation through the guided modes. One can estimate the fluorescence lifetime of q-dot by measuring the intensity dependence for the rise time of antibunching signal. The intensity dependence is plotted in Fig. 2 (b). Vertical axis denotes the inverse of the rise time. One can readily see a linear dependence. By extrapolating the excitation intensity to zero, we obtain the fluorescence lifetime to be around 91 ns.

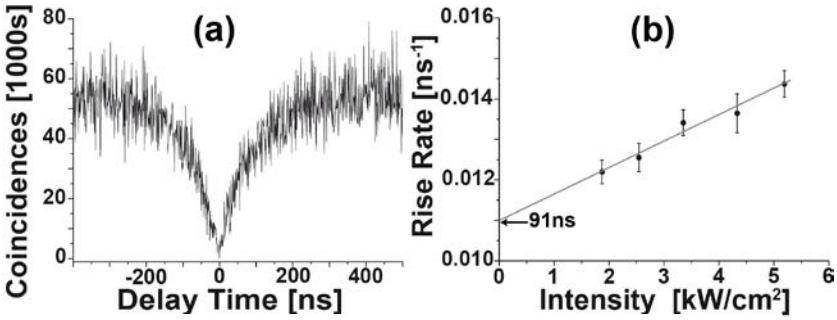


Fig. 2: a) Coincidences between fluorescence photons as function of delay time between the two channels. b) The intensity dependence of the rise rate of the observed photon correlation.

The observed highly non-classical behavior of the fluorescence photons suggests that such a system with single q-dot on nanofiber can be implemented as an efficient single photon source. However to realize an ideal single photon source we must further improve the coupling into the guide mode and also further investigate the emission properties and blinking statistics of the single q-dots on the nanofiber.

References

1. K. P. Nayak and K. Hakuta, New J. Phys. **10**, 053003 (2008).

Plasmon-enhanced electron field emission from gold sharp tip

Kentaro Iwami, Arata Iizuka and Norihiro Umeda
[1]Department of Mechanical Systems Engineering ,Graduate School of Engneering,
Tokyo University of Agriculture and Technology
e-mail: k_iwami@cc.tuat.ac.jp

Electron field emission properties of a sharp gold tip under continuous-wave (cw) laser irradiation at the plasmon-resonant wavelength are investigated. The current enhancement factor of plasmon-resonant laser irradiation ranged from 13.7 to 217.

Laser-assisted electron field emission (FE) have attracted interests because of its ability of the current enhancement and optical modulation of emission. However, few contributions of the laser irradiation for the FE have been experimentally reported. On the other hand, plasmon resonance has attracted significant interest due to its ability to achieve strong electric-field enhancement in the vicinity of noble metals with nanoscale dimensions. In this paper, we investigate the FE properties of a sharp gold tip under cw laser irradiation at the plasmon-resonant wavelength.

A gold-coated tungsten emitter with a tip radius of 100 nm is used. The plasmon-resonant wavelength of the tip obtained by a finite-difference time-domain calculation is around 530 nm. Thus, in order to demonstrate plasmonic resonant feature, I–V characteristics of the emitter under laser irradiations at 442, 532, and 633 nm were measured. Fig. 1 shows the schematic of the experimental setup.

The intensity of 10-W 532-nm irradiation at the focal point was 13.9 W/cm^2. Fig. 2 shows the I-V characteristics of the emitter obtained without and with TE-polarized laser irradiation at 442, 532 and 533 nm. Since all plots well agree to the exponential curve, the nature of electron emission can be originated to field emission. TE-polarized 532-nm irradiation shows the maximum current enhancement ranged from 13.7 to 217 despite its smaller photon energy and intensity compared with the irradiation at 442 nm. Furthermore, from Fowler and Nordheim analysis, the emission area and effective work function are minimized under 532-nm irradiation. This result suggests that electrons in the vicinity of tip apex is confined and effectively exited due to the plasmon resonance. Fig. 3 shows the current dependence on the polarization angle under 532-nm irradiation. The applied voltage is fixed at 210 V in this measurement. Current maxima are obtained at TE-polarized angles. This feature is able to be attributed to thermal field emission. From the energy dispersive X-ray analysis, these results can be attributed to plasmon resonance. The possible mechanisms of plasmon-resonant current enhancement are considered to be the effective photo-assisted field emission and thermal field emission.

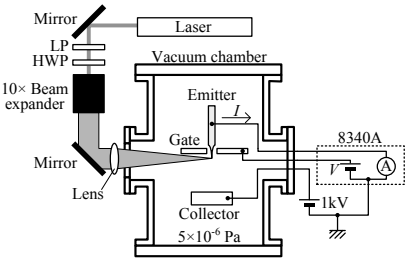


Fig. 1 Schematic of experimental setup

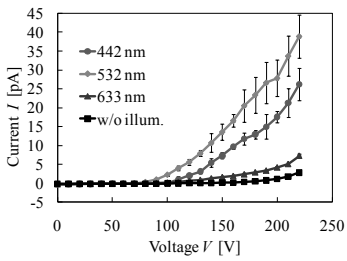


Fig.2 I-V characteristics

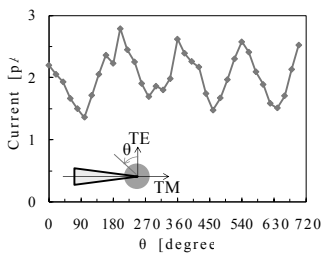


Fig. 3 Current dependence on polarization angle

References

1. K. Iwami, A. Iizuka and N. Umeda, J. Vac. Sci. Technol B, *accepted for publication*

フォトニック結晶、メタマテリアルの光物性

大淵　泰司
電気通信大学大学院先進理工学専攻
e-mail:ohfuti@pc.uec.ac.jp

1　はじめに

フォトニック結晶とは誘電率の異なる物質を周期的に配列することで電磁場の分散関係を制御することを意図した人工的な物質である[1]。Yablonovitch らによって microwave の領域で完全バンドギャップを持つ構造が作成されて以来[2]、様々な微細加工技術によってフォトニック結晶が作成されている一方、共振器や導波路など様々な応用が提案されている。

メタマテリアルとは狭義では電磁波の波長と比べてはるかに小さい金属の構造を周期的に配置することによって作られる、実効的に負の誘電率、透磁率を持つ物質である[3]。これは通常の物質と異なり、電場、磁場、波数ベクトルが左手系を成すことから Left-Handed Material とも呼ばれ、屈折率が負となるため[4]、通常の物質ではあり得ない特異な屈折現象が報告されている[5]。この物質も周期性を持っているため、金属フォトニック結晶とも呼ばれる。金属の微細構造を変えることによって屈折率を変化させる技術はその後、transformation optics と呼ばれる分野を生み出し、「透明マント(cloak)」[6]などで興味を集めている。

Metamaterial の”meta” ($\mu\ \varepsilon\ \tau\ \alpha$)は beyond を意味し、通常の物質が持たない性質を持つという意味に用いられている。金属に微細加工を施し、surface plasmon と電磁場の結合させる技術は以前から知られていたが、メタマテリアルという言葉が知られるようになるよりやや前に小さな穴を周期的に開けた金属薄膜の電磁波の透過率が波長が直径より長いにも関わらず、異常に大きいことが報告された[7]。この分野はその後、plasmonics と呼ばれるようになったが最近では、メタマテリアルの一分野とも見做される。このように様々な分野が融合・発展して来たことを反映して現時点での定義は研究者によって異なる。著者自身は巨大旋光性[8]を有する薄膜や以下に述べる薄膜に垂直に透過する光の制御する人工物質もメタマテリアルであると考えている。

2　２次元フォトニック結晶薄膜の透過、反射スペクトルに現れる極端に鋭い構造

前述の巨大旋光性の起源を理論的に調べていると２次元フォトニック結晶内の多重散乱と結晶と基板の界面、基板と空気の界面での多重反射の組み合わせが共鳴的な散乱を生み出すことが分かる。これが、フォトニック結晶の単位構造が卍のようなキラル構造を持つ時は巨大旋光性を生み出し、より単純な構造では０次の透過、反射スペクトルに極端に鋭い構造を生み出す。周期性のある面と垂直方向の電磁場の伝播を制御できるところが興味深い点である。

本予稿では主としてフォトニック結晶、メタマテリアルの研究の大きな流れの源流について触れた。講演では主にこの２次元フォトニック結晶薄膜の光学応答について紹介する。

参考文献

1. J. D. Joannopoulos *et al.*　Photonic Crystals, Princeton Univ. Press (1995).
2. E. T. Yablonovitch, *et al* .Phys. Rev. Lett. **67**, 2295 (1991).
3. J. B. Pendry *et al.* Phys. Rev. Lett. **85**, 3966 (2000)
4. V. G. Veselago, Soviet Physics Uspekhi **10**, 509 (1968)
5. R. A. Shelby, D. R. Smith, and S. Schultz, Science **292**, 77 (2001)
6. D. Schurig, *et al.*, Science **314,** 977 (2006)
7. T. W. Ebbessen, *et al.*, Nature **391**, 667 (1998)
8. M. Kuwata-Gonokami, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 22740 (2005)

ベクトルコヒーレント制御のための、偏光がパルス内でねじれる超短光パルスの設計

佐藤 正明，鈴木 隆之，三沢 和彦
東京農工大学大学院、JST-CREST
e-mail:sto_msak@femto.tuat.ac.jp

電場波形を整形した光パルスを分子に照射すると、光の位相関係を分子の波動関数の位相関係に反映させることができる。その結果、分子振動の選択励起や解離反応の生成収率制御などが実現されてきた。これはコヒーレント制御と呼ばれ、将来的に化学反応の任意制御に繋がる有益な分野として注目を集めている。従来は光の位相関係だけに注目し、偏光という性質は制御の対象にしていなかった。しかし、光物質相互作用は、光電場ベクトルと物質の電気双極子の内積が関わる電気双極子遷移や、光電場ベクトルの空間微分が関わる磁気双極子遷移、電気四重極子遷移によって支配され、光電場のベクトル的性質が大きな役割を果たす。光電場のベクトル的性質の重要性から、近年、ベクトル制御を加えたベクトルコヒーレント制御が報告されてきた[1, 2]。

我々は特に、偏光方向がパルス内でねじれる光パルスを用いたコヒーレント制御に注目している。これまでに干渉計や波長板等の素子を用いてパルス内の偏光方向のねじれを作り出し、その光により2原子分子を高い回転準位まで励起することで解離反応を制御したり[1]、水晶結晶の2次元格子振動軌道制御[2]等が報告されている。しかし、過去の報告では、調整パラメータが限られている干渉計や波長板等の素子を用いて擬似的に偏光のねじれを作り出していたため、偏光がねじれる周波数を変化させるとパルス幅や楕円率が大きく変化してしまう。そのため、分子原子の応答の偏光がねじれる周波数に対する依存性だけを抽出することが困難であった。

そこで我々は、周波数帯が異なる左右円偏光を適切なバランスで重ねることで、パルス内の偏光方向のねじれる周波数を自由に調整できることを明らかにした。光パルスをこの波形に整形するためには直交偏光成分の振幅や位相を変調する必要がある。これを実際に生成するために、従来の直線偏光パルスを整形するフーリエ合成波形整形技術を応用した干渉計型電場ベクトル波形整形器(図1)を開発した[3]。今回、これを用いて偏光がパルス内でねじれる光パルスを生成し、その偏光状態を時間分解観測した。直交偏光成分の位相と振幅を変調して生成したねじれパルス(図2)と、直交偏光成分の位相のみを変調して生成したねじれパルスの、偏光状態の時間発展の仕方を比較し、ベクトルコヒーレント制御に対する、それぞれの利点と欠点を議論する。

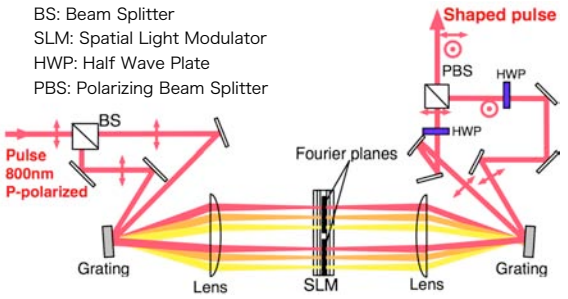


図1: 干渉計型ベクトル波形整形器

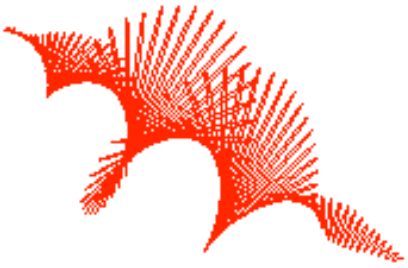


図2: ねじれ偏光パルスの
電場ベクトルシミュレーション

1. D. M. Villeneuve et al., Phys. Rev. Lett. 85, 542 (2000).
2. M. M. Wefers, H. Kawashima and K. A. Nelson, J. Chem. Phys. 108, 10248 (1998).
3. M. Sato, T. Suzuki and K. Misawa, Rev. Sci. Instrum. 80, 123107 (2009).

Holographic reconstruction using spatial intensity correlation

Dinesh N. Naik, Rakesh Kumar Singh, Takahiro Ezawa, Yoko Miyamoto, Mitsuo Takeda
Department of Information and Communication Engineering, Laboratory for Information Photonics and Wave Signal Processing, The University of Electro-Communications
e-mail: naik@ice.uec.ac.jp

We propose and experimentally demonstrate an unconventional holographic object reconstruction scheme harnessing the correlation of distributed coherent photons of stochastic light like speckle for the first time. In the concept of holographic reconstruction introduced by Leith and Upatnieks that involved a coherent illumination of the hologram, the information about the encoded object is present in the diffracted field itself [1]. Recently Takeda et al proposed and demonstrated an unconventional holography called coherence holography where the reconstructed object information is present in the mutual intensity or the coherence function of the field [2]. Their reconstruction scheme involved a 2nd order correlation of the optical field using an appropriate amplitude interferometer that measures the coherence function. The proposed method uses the 4th order correlations of the optical field to reconstruct the object using an intensity interferometer.
To the best of our knowledge, in the present techniques involving intensity correlation, the photons are correlated in time as coincidence counts are the basic parameter that defines the extent of entanglement or correlation depending on the nature of the photons [3,4]. The uniqueness of proposed method is that we correlate photons distributed in space, not necessarily in time. The advantage in this case is that there is no need of state of art photo detectors that are usually needed for coincidence counting experiments. A Fourier transform hologram shown in Fig (b) synthetically generated using two off-axis letters J and P placed at different z locations is displayed on a scattering plate like ground glass with the help of a spatial light modulator LCOS-SLM (HoloEye Model LC-R1080). This field which simulates an instantaneous field of hologram illuminated by pseudo thermal light is Fourier transformed by lens L3 with a focal length 500mm and the speckle intensity $I(x,y,z)$ is recorded on a 14-Bit cooled CCD camera (BITRAN BU-42L-14) having the image resolution of 2048x2048 pixels. Under the assumption that field is stationary in space and the statistics obeys Gaussian random process, the correlation $C(\Delta x,\Delta y,\Delta z)$ reconstructs the object recorded in the hologram. $C(\Delta x,\Delta y,\Delta z)=\langle \Delta I(x,y,z)\Delta I(x+\Delta x,y+\Delta y,z+\Delta z)\rangle$ where $\Delta I(x,y,z)=I(x,y,z)-\bar{I}$, $\bar{I}=\langle I(x,y,z)\rangle$ and $\langle ....\rangle=\iint dxdydz$. Fig (d) shows the autocorrelation of the speckle intensity at z=0 plane giving $C(\Delta x,\Delta y,\Delta z=0)$ which reconstructs the letter J along with its conjugate image. Figures (c) and 4 (e) show the cross correlations of the speckle intensity at z=0 with that at z=5mm plane giving $C(\Delta x,\Delta y,\Delta z=-5mm)\,\&\,C(\Delta x,\Delta y,\Delta z=5mm)$ which reconstruct the letter P and its conjugate image respectively.

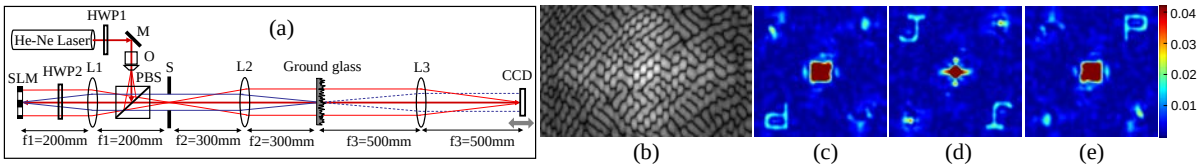


Fig (a) Experiment setup (b) hologram (c),(d) and (e) the reconstructed object given by $C(\Delta x,\Delta y,\Delta z)$ where Δz = -5mm,0mm and + 5mm respectively.

References

1.E. N. Leith and J. Upatnieks, J. Opt. Soc. Am. **52**, 1123(1962); **53**, 1377 (1963); **54**, 1295 (1964).
2. M. Takeda, W. Wang, Z. Duan and Y. Miyamoto, Opt. Express **13**, 9629-9635 (2005).
3. R. Hanbury-Brown and R. Q. Twiss, Nature (London) 177, 27-32 (1956).
4. J. W. Goodman, *Statistical Optics*, 1st ed. (Wiley, New York, 1985), Chap. 6

太陽系外惑星直接観測のための光学干渉システム

横地 界斗 [1,2]，黒川 隆志 [1]，西川 淳 [2]
[1] 東京農工大学大学院電子情報工学専攻，[2] 国立天文台光赤外研究部
50008834204 @st.tuat.ac.jp

1　はじめに

太陽系外惑星(特に地球型惑星)を直接観測するには, 恒星の強い回折光をナル干渉などにより低減し，埋もれた惑星光を検出する方法(コロナグラフと呼ぶ)と，波面誤差による焦点(恒星像)面のスペックルノイズを抑える波面補償光学が必要である．しかし，惑星は恒星より 10 桁も暗く，そのようなダイナミックレンジ達成には λ/10000rms 精度の補償光学，光学素子が必要となるが困難である．我々は，その解決策として，波面補正と恒星光除去を交互に 2 回ずつ行う光学システム[1)]を提案した(図 1)．(振幅)非対称ナル干渉計(UNI)では，初段補償光学で補正された光波を 2 つに分け，電場振幅を敢えて非対称にして(Arm2<Arm1)ナル干渉させる．これにより，恒星光は，波面測定に十分な強度(例えば 1/100)を残して消光されるとともに，波面の位相振幅誤差が拡大され，2 枚の可変形鏡からなる補償光学(PAC)で再補正することが可能となる．PAC 後の光波は，ナル干渉により強度は 1/100 落ち，補償光学の補正限界λ/1000rms まで補正されているため，残りのダイナミックレンジ 8 桁はλ/1000rms の精度をもつ後置コロナグラフ(我々は 3 次元サニャックナル干渉計 [2)]を採用)で十分達成可能となる．本手法が持つ最大の特長は，10 桁の消光のために用いる光学系の波面精度を，約 1 桁(λ/10000 rms →λ/1000 rms)緩和できることである．

2　実験・結果

振幅を非対称にしたナル干渉計，補償光学系（可変形鏡と波面センサ)，3 次元サニャック干渉計の順に配置し，光源にはレーザ光を用いた． Arm1 のみ，または Arm2 のみ，両方を使った UNI 後，可変形鏡(32 アクチュエータ)を用いた位相補正(PAC)後の 4 つの出力を 6x6 シャックハルトマン波面センサで測定した．UNI により約 3.2×10^{-2} の消光とともに，位相振幅誤差が 6.7 倍(振幅誤差：4.3%→16%，位相誤差：λ/110rms→λ/16rms)拡大され，PAC により 0.18 倍(振幅誤差：16%→5.5%，位相誤差：λ/16rms→λ/96rms)の補正をした(図 2)．これは初期の波面誤差がλ/(6.7 x 96)rms = λ/653rms に補正されたことと等価である．また，波長無位存の 3 次元サニャックナル干渉計 [2)]をコロナグラフとして配置し，UNI-PAC による位相振幅誤差の補正により，スペックルが 0.15 倍下がることを確認した．現在，振幅補正が～4%，位相補正が～λ/100rms であり，補正レベルの向上によりさらにスペックルノイズを低減できる．

【謝辞】
本研究は，村上尚史助教，Lyu Abe 氏，小谷隆行氏，田村元秀准教授，Alexander Tavrov 氏，武田光夫教授のご協力，ご助言を頂きました．この場をお借りして御礼申し上げます．また，本研究は，科研費(No. 20656013, 21360037)，JAXA 搭載機器開発実験費，学振特別研究員奨励費(22・7578)の支援を受けた．本実験は国立天文台先端技術センター光学実験室にて行われた．

【参考文献】

1. J. Nihikawa et al., A&A, 489, 1389 (2008).
2. K. Yokochi et al., Opt. Lett., 34, 19851987 (2009)

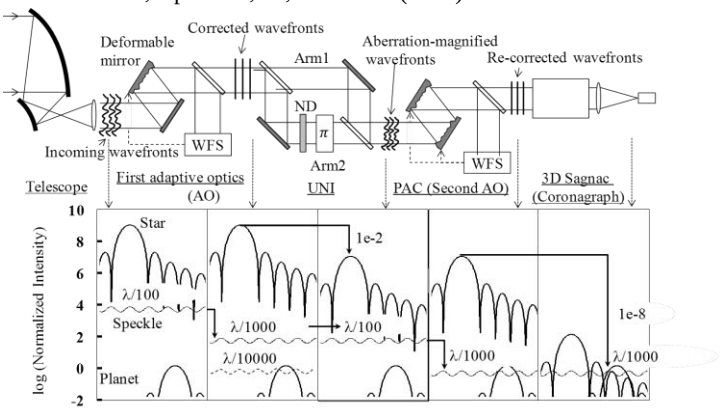


図 1．UNI-PAC と 3 次元サニャックナル干渉計を組み合わせたシステムの概要と各ステージでの強度．

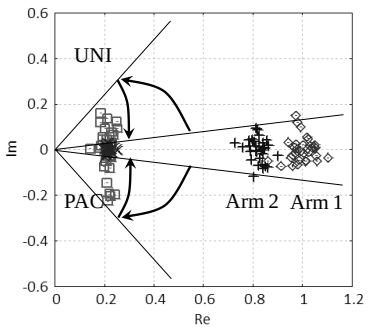


図 2．UNI-PAC による波面誤差拡大と補正．

医療応用を目指したバイオナノ磁性粒子の分子設計

吉野 知子
東京農工大学大学院　工学研究院 生命機能科学部門
e-mail:y-tomoko@cc.tuat.ac.jp

【目的】

磁性粒子は、DNA、タンパク質等の生体分子またはウィルスや細胞等の回収・検出をはじめとし、幅広く用いられている。磁性粒子の最大の利点は、磁石により磁気分離・誘導できることであり、さらにそれらの操作を比較的簡便に自動化できる点である。本発表では、我々が独自に開発してきた磁性細菌が合成するバイオナノ磁性粒子上へのタンパク質ディスプレイ技術、及び細胞分離への応用に関して紹介する。

【方法及び結果】

菌体内にナノサイズのマグネタイトを合成する微生物、磁性細菌は大きさ・結晶構造の揃った磁性粒子（バイオナノ磁性粒子）を生合成することが知られる。我々は磁性細菌が合成する磁性粒子に着目し、遺伝子工学的なアプローチにより機能を付加したバイオナノ磁性粒子の創製に着手している[1,2,]。その手法として、バイオナノ磁性粒子膜上に元来存在するタンパク質を足場（アンカー）として利用し、遺伝子融合技術により標的タンパク質となる酵素・抗体・受容体をディスプレイする技術である。本技術は融合タンパク質の自由な設計が可能であり、活性部位を維持した状態で粒子上へタンパク質をディスプレイすることが可能である。本研究では、末梢血からの目的細胞分離に利用可能な高機能性バイオナノ磁性粒子を開発した。抗体との結合性を示す Protein G、及び細胞の非特異的吸着を抑制可能な NS ポリペプチドをコードする遺伝子をアンカー遺伝子につなげた融合遺伝子を設計し、磁性細菌に導入した（Fig.1）。得られた形質転換体から磁性粒子を抽出し、$CD19^+$ 細胞（B 細胞）を分離するために抗 CD19 抗体を導入した。本磁性粒子を用いて抹消血からの B 細胞の直接分離を行った結果、NS ポリペプチドを磁性粒子表面にディスプレイすることで末梢血の各種細胞への非特異的吸着が抑制され、95%以上の高純度で $CD19^+$ 細胞の分離に成功した[3]。本研究で開発したバイオナノ磁性粒子は目的細胞に対し高効率に結合する一方で目的外細胞には非特異的に吸着しない粒子であり、末梢血からの希少細胞分離へ有効であることが示された。

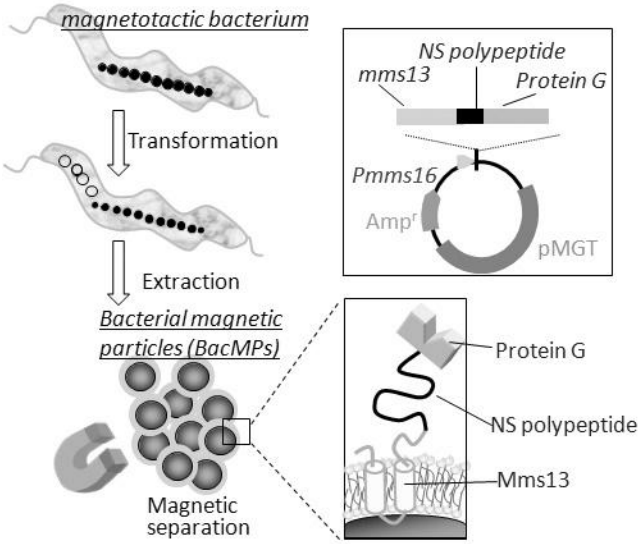


Fig. 1 Schematic diagram for the production of bacterial magnetic particles displaying protein G..

【参考文献】

1. T. Yoshino, A. Shimojo, Y. Maeda, T. Matsunaga, *Appl. Environ. Microbiol.*, 76, 1152-1157 (2010)
2. Y. Maeda, T. Yoshino, T. Matsunaga, *J. Mater. Chem.* 19, 6361-6366 (2009)
3. M. Takahashi, T. Yoshino, T. Matsunaga, *Biomaterials*, 31, 4952-4957 (2010)

蛍光２次元スペクトル顕微測光による生細胞内多因子同時測定

白川　英樹
電気通信大学大学院情報理工学研究科先進理工学専攻
e-mail:hshrkw@pc.tuat.ac.jp

今日の医学生物学諸分野での研究は「蛍光」なくしては成り立たない。各種蛍光分子を利用した観察・測定法は様々な目的の実験で用いられており［1］、生理学分野においても、fura-2 を用いて生きた細胞内のカルシウム濃度変化を測定する、機能タンパク質に GFP をつないで細胞内での動的な挙動を可視化する、といった実験は今やごく一般的な手法となった。

蛍光を検出シグナルとして使うことの利点の一つはその感度の高さで、光学系の改良や光検出器の進歩により近年では蛍光分子１分子レベルの観察すら可能である。しかし実用的な観点からさらに重要なのは、蛍光分子の状態や種類によって波長特性、すなわちスペクトルが異なるという点である。fura-2 によるカルシウム測定は、カルシウムと結合することで励起スペクトルがシフトすることを用いたものである。また、異なるスペクトルを持つプローブを組み合わせて２つ以上の分子種を「色分け」して同時観察することも可能である。複数のプローブを同時に使用する際は、なるべくスペクトルが大きく異なるものを選び、それぞれの測定チャネルとして互いのシグナルの混入（クロストーク）がない励起波長・蛍光波長を選ぶのが基本である。しかし実際には利用できるプローブの種類や光学系の制限のため、クロストークのない測定波長の設定が困難なことも多い。この問題は同時使用するプローブ数が多くなるほど必然的に深刻化し、完全にクロストークのない測定チャネルの設定は事実上不可能になる。従って多種類のプローブの同時測定の際には、クロストークのない測定データを得ようとするよりも、クロストークが含まれるデータ系列からそれぞれのシグナルを分離する手段を講ずる方が実際的である。

本口演では、多くの成分が混在する蛍光測定データから個々のスペクトル成分を分離する方法（spectral decomposition methods）の一例として、多変量解析的手法の１つである Parallel Factor Analysis（PARAFAC）を用いたアプローチとその細胞生理学的実験への応用について紹介する［2］。Excitation-Emission Matrix（EEM）顕微測光とその解析手法について、以下のようなシステムを開発した：励起波長はバンドパスフィルタによって切り替え、蛍光はモノクロメータで分光したのちリニア CCD センサにより全波長域を同時記録する。得られた EEM 時系列データに PARAFAC モデルをフィットすることで、含まれる個々の成分スペクトルとそれらの存在量を同時推定する。このシステムによりスペクトルが互いに大きく重複する 10 個以上の成分が正確に分離できること、また極めて類似したスペクトル成分も分離可能であることを確認した。単一マウス卵細胞を用いた実験では、４つの内因性蛍光成分を含め９個の蛍光成分の同時測定ができた。さらに、膜電位依存性蛍光色素のようにシグナル変化率の小さなプローブにも応用可能であることを示した［3］。現在はコンベンショナルな蛍光顕微鏡あるいは共焦点レーザー顕微後をベースとした EEM 画像取得・解析システムへの拡張に着手しているので、それらについても併せて報告する。

参考文献

1. Mason WT: Fluorescent and Luminescent Probes for Biological Activity: A Practical Guide to Technology for Quantitative Real-Time Analysis. Academic Press, London, 1993
2. Shirakawa H & Miyazaki S: Blind spectral decomposition of single-cell fluorescence by parallel factor analysis. Biophys J 86: 1739-1752, 2004
3. 白川英樹：多変量解析的手法による蛍光スペクトル成分分離法とその細胞生理学的実験への応用．日本生理学雑誌 66: 381-390, 2004

グアニン四重鎖構造を可視化する低分子化合物の創製

寺 正行[1]，飯田 圭介[1]，清宮 啓之[2]，池袋 一典[1]，新家 一男[3]，長澤 和夫[1]
[1]東京農工大学大学院生命工学専攻，[2]癌研究会化学療法センター，[3]産業技術総合研究所バイオメディシナル情報研究センター
e-mail:knaga@cc.tuat.ac.jp

1　はじめに

核酸塩基の一種であるグアニンは、水素結合によりグアニン四量体と呼ばれる平面構造を形成し、それがさらに π–π 相互作用で 2-4 枚重なることでグアニン四重鎖(G4)を形成する（Figure 1）。最近では、ヒト遺伝子プロモーターの約 40%に、G4 を形成し得る配列が存在することが生物情報解析から示されている[1]。実際に G4 が遺伝子の転写に関わることが c-myc 癌遺伝子の系で明らかとなっている[2]。しかし、G4 の形成を確認するには NMR 解析、X 線結晶解析など熟練を要する解析が必要であり、今までに G4 形成が確認された塩基配列は 10 種類程度に過ぎない。そこで、本研究では新たな転写調節因子と考えられる G4 の簡便な探索を目的とし、本構造を特異的に認識する低分子蛍光化合物（蛍光 G4 リガンド）の創製と G4 探索法への応用について検討した。

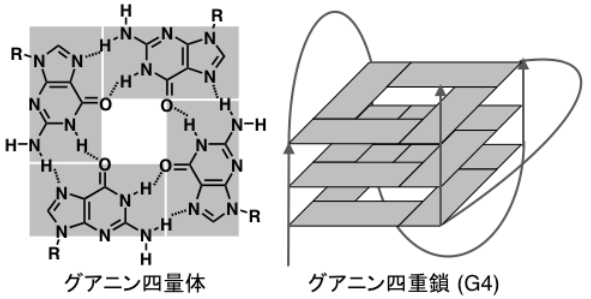


Figure 1 グアニン四重鎖の構造模式図（破線は水素結合を示す）

2　方法と結果

細胞内に存在する大多数の DNA は二重鎖として存在する。二重鎖と G4 は僅か 4 種類の核酸塩基から構成されるため化学的性質が酷似している。すなわち、G4 と二重鎖を如何に識別するかが本研究の鍵となる。そこで本研究では、G4 に対して選択的かつ強力に結合することが知られる、テロメスタチン[3]（天然有機化合物）の母核骨格を模倣した大環状ヘプタオキサゾール 7OTD[4]（7 Oxazole Telomestatin Derivative）に対し、BODIPY（蛍光官能基）を結合させることで蛍光 G4 リガンドを設計した（Figure 2）。安価なアミノ酸である L-セリン、L-リシンを出発原料とする化学合成により、7OTD 骨格を合成した。合成スキームの最終段階で BODIPY 官能基を導入し、目的とした蛍光 G4 リガンド L1BOD-7OTD を合成した。得られた L1BOD-7OTD の G4 検出能を確認するために、既に G4 を形成することが知られている DNA 断片に対して、L1BOD-7OTD を作用させ、アクリルアミドゲル電気泳動を行った。その結果、L1BOD-7OTD は G4 を緑色蛍光として可視化することがわかった。一方、G4 を形成し得ない一本鎖 DNA、二重鎖 DNA に対して同様の実験を行ったところ、緑色蛍光は一切検出されなかった。このことから、L1BOD-7OTD は G4 構造特異的に結合、可視化することがわかった[5]。

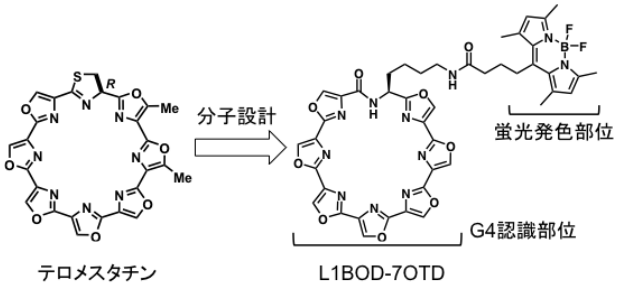


Figure 2 テロメスタチンおよびL1BOD-7OTD の化学構造式

参考文献
1. J. L. Huppert, S. Balasubramanian, *Nucleic Acids Res.*, *35*, 406 (2007)
2. A. S. Jain, L. H. Hurley *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, *99*, 11593 (2002)
3. K. Shin-ya, H. Seto *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *127*, 1234 (2001)
4. M. Tera, K. Iida, K. Nagasawa *et al.*, *ChemBioChem*, *8*, 1223 (2009)
5. M. Tera, K. Iida, K. Nagasawa *et al.*, *Org. Biomol. Chem.*, *3*, 1234 (2010)

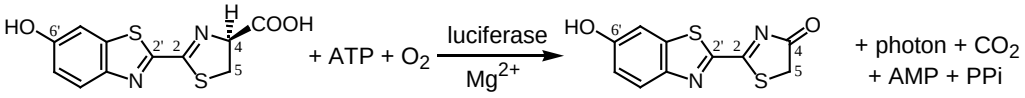
ホタルに学ぶ：マルチカラー発光機構の解明と蛍光色素設計

平野　誉

電気通信大学大学院 先進理工学専攻
e-mail: hirano@pc.uec.ac.jp

１　はじめに

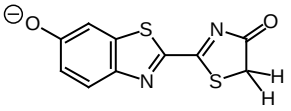
ホタルの仲間（ホタル、ヒカリコメツキ、鉄道虫）は高効率で様々な色（赤～緑）の発光を示す。この特徴を活かして、ホタル生物発光系はバイオイメージングを始め、発光分析に広く利用されている。この応用を支える基礎化学の確立は重要であるが、特徴である発光色制御の仕組みは長く未解明であった。ホタル生物発光では、ルシフェリン(LH_2)が ATP および O_2 と反応してオキシルシフェリン(OLH)の一重項励起状態を生成して発光する。この反応を制御する酵素ルシフェラーゼの分子環境場が OLH の励起分子の性質を調整して様々な発光色を可能にしている。



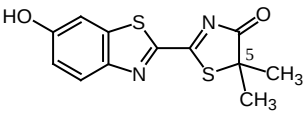
firefly luciferin (LH_2)　　firefly oxyluciferin (OLH)

発光色問題は 1960 年代の White らによる研究に始まり、2002 年 Branchini らによって OLH のケト型フェノラートアニオン(OL^-)が発光体であるとする重要な知見が得られた [1]。この問題解決のため、我々は OLH の 5,5-ジメチルアナログ(**1**-OH)を用いてケト型フェノラートアニオン(**1**-OH^-)の分光学的性質を調べた。この結果、光化学の観点から発光色制御機構の分子基盤を固める知見が得られたので報告する [3]。OL^-の一重項励起状態[$^1(OL^-)^*$]の性質を知る目的で

【結果と考察】種々の溶媒を用いたジメチルアナログ(**1**-OH)の溶液に４種の有機塩基を添加して **1**-OH^-の分光学的性質（電子吸収、蛍光）を調べた。**1**-OH^-の蛍光極大(λ_F)は、溶媒極性と塩基の強さに応じて 541 nm (緑)～640 nm (赤)の領域で連続的に変化し、生物発光の波長領域(530−640 nm)をほぼカバーすることから、$^1(OL^-)^*$が生物発光の発光種であることを支持している。さらに蛍光極大のエネルギー値(E_F)と溶媒パラメーター[$E_T(30)$]の相関より、^{1}(**1**-OH^-)*と対カチオンは、高極性溶媒中ではフリーイオンまたは溶媒和イオン対として、非極性溶媒中では接触イオン対として存在することがわかった。特に、接触イオン対内の結合の強さに応じてより発光波長が大きく変化することが明らかとなった。以上より、ホタルの仲間の発光色制御機構は以下のようにまとめられる：(1)発光体の構造はケト型フェノラートアニオン(OL^-)であり、(2)その発光色は① $^1(OL^-)^*$周りの分子環境の極性と② $^1(OL^-)^*$と対カチオンとの結合の強さによって変化する。この機構を応用すれば、ゲンジボタルなどのルシフェラーゼ内の活性部位の極性や $^1(OL^-)^*$と対カチオンの結合性の大きさが予想できる。このようにホタルの仲間の発光色変化について分子レベルの議論が可能になった。



phenolate anion (OL^-)



1-OH

参考文献

1. B. R. Branchini *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **124**, 2112–2113 (2002).
2. 最近天然型オキシルシフェリンの性質が調べられた： Naumov, P.; Ozawa, Y.; Ohkubo, K.; Fukuzumi, S. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 11590–11605.
3. Hirano, T.; Hasumi, Y.; Ohtsuka, K.; Maki, S.; Niwa, H.; Yamaji, M.; Hashizume, D. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 2385-2396.
4. Nakatsu, T.; Ichiyama, S.; Hiratake, J.; Saldanha, A.; Kobashi, N.; Sakata K.; Kato, H. *Nature* **2006**, *440*, 372–376.

ハイドライド気相成長法による InN 結晶成長

富樫　理恵、村上　尚、熊谷　義直、纐纈　明伯
東京農工大学大学院　応用化学専攻
e-mail: rie0831@cc.tuat.ac.jp

窒化インジウム(InN)結晶は、III 族窒化物半導体結晶の 1 つであり、約 0.65 eV （発光波長 1900 nm）のバンドギャップエネルギーを有し、かつ電子の有効質量が極めて小さいことから、赤外発光・受光素子、高周波電子デバイスへの応用が期待されている魅力的な材料である。しかし、既に実用化に至っている窒化ガリウム(GaN)や、高品質厚膜結晶成長が実現している窒化アルミニウム(AlN)等の他の窒化物結晶に比べ結晶成長が極めて難しく、結晶成長技術、物性解明・制御が遅れている。現在、InN 結晶成長は分子線エピタキシー(MBE)法、有機金属気相エピタキシー(MOVPE)法で多数行われているが、我々は、高品質 GaN, AlN 厚膜結晶の高速成長に実績があり、III 族原子のドロップレットが形成されない、原料由来の炭素汚染がない、という特徴を有するハイドライド気相成長(HVPE)法により InN 成長に取り組んでいる。HVPE 法は一般に、III 族原子の塩化物と NH_3 ガスを原料として用い、これらを気相中で反応させることで結晶を得る。HVPE 法を用いた InN 結晶の報告例は少なく、$InCl_3$ パウダーより生成した $InCl_3$ ガスと NH_3 間の反応を利用した成長の報告がなされている[1, 2]が、パウダー原料の吸湿性の高さから結晶中への酸素汚染が問題となっている。また、HCl ガスと金属 In の反応を用いた手法[3]では、HCl ガスから発生する水素が問題となり、通常生成される InCl ガスと NH_3 ガスとの反応の平衡定数が小さく、大きな成長の駆動力が得られていない。そこで、我々はこれまでに、水素の存在しない系で $InCl_3$ ガスを用いれば InN の高速成長が可能であるとの熱力学的知見をもとに、高品質 InN 厚膜結晶を得るための新しい成長装置を構築した。原料部にて Cl_2 ガスと金属 In との反応により $InCl_3$ ガスを生成し、成長部にて生成した $InCl_3$ ガスと NH_3 ガス間の反応により、InN の結晶成長を試みた[4]。得られた InN 結晶は、ドロップレットフリーかつ光吸収端エネルギー約 0.7 eV を有する単結晶 InN 結晶である。具体的には、原料部温度、成長部温度に依存した InN 成長の解明[4, 5]、NH_3 により窒化したサファイア基板、(0001)Ga 面及び(000$\bar{1}$)N 面を有する GaN 自立基板を成長初期基板として用いることによる InN 結晶の物性制御[6]、様々な雰囲気下における InN の熱的安定性、水素との反応[7]、等を明らかにしてきた。

本シンポジウムでは、ハイドライド気相成長法による InN 結晶成長に対するこれまでの研究成果と将来展望を報告する。

参考文献

1. L. A. Marasina, I. G. Pichugin, and M. Tlaczala, Kristall Tech. 12 (1977) 541.
2. N. Takahashi, R. Matsumoto, A. Koukitu, and H. Seki, Jpn. J. Appl. Phys. 36 (1997) L743.
3. H. Sunakawa, A. A. Yamaguchi, A. Kimura, and A. Usui, Jpn. J. Appl. Phys. 35 (1996) L1395.
4. Y. Kumagai, J. Kikuchi, Y. Nishizawa, H. Murakami, and A. Koukitu, J. Cryst. Growth 300 (2007) 57.
5. Y. Kumagai, H. Adachi, A. Otake, Y. Higashikawa, R. Togashi, H. Murakami, and A. Koukitu., Phys. Status Solidi C 7 (2010) 2022.
6. R. Togashi, H. Murakami, Y. Kumagai, and A. Koukitu., J. Cryst. Growth 312 (2010) 651.
7. R. Togashi, T. Kamoshita, H. Adachi, H. Murakami, Y. Kumagai, and A. Koukitu., Phys. Status Solidi C 6 (2009) S372.

SiC 放射線検出器の作製と特性の評価

岩本直也 [1,2], 小野田忍 [2], 牧野高紘 [2], 大島武 [2], 児島一聡 [3], 小泉淳 [1], 内田和男 [1], 野崎眞次 [1]
[1] 電気通信大学 電気通信学研究科, [2] 日本原子力研究開発機構 半導体耐放射線性研究グループ,
[3] 産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター
e-mail:iwamoto.naoya@jaea.go.jp

1 はじめに

SiC や GaN 等のワイドバンドギャップ半導体は、次世代パワーデバイスへの応用が期待され研究が進められている。その一方で、これらの半導体材料を用いて作製したダイオードは、逆バイアス状態でのリーク電流が非常に小さく、室温動作型の放射線検出器としても適していると考えられる[1,2]。我々は、SiC ダイオードの放射線検出器としての応用を目的に、ダイオードの作製とその放射線検出特性の評価を中心に研究を行っている。本講演では、これまでに得られた研究成果の一部について紹介する。

2 放射線検出器の作製と特性の評価

放射線検出器として p^+n ダイオードを作製した。用いた基板は n 型 6H-SiC エピタキシャルウェハである。基板表面から 300 nm 程度の領域にアルミニウムをイオン注入し、活性化アニールを行うことで p^+層を形成した。また、アノードおよびカソードの電極は、アルミニウムを蒸着することにより形成した。電流電圧(IV)特性や容量電圧(CV)特性を測定することで、作製したサンプルが基本的なダイオード特性を示すことを確認した。

作製したダイオードの放射線検出特性を、放射性同位元素アメリシウム(^{241}Am)から放出されるアルファ線(He^+)を用いて評価した。評価方法は次の通りである。ダイオードに逆バイアス電圧を印加し、空乏層を形成した状態で、アルファ線を入射させる。入射したアルファ線は、電離作用によってダイオード内部で大量の電子正孔対を生成する。生成された電子正孔対は空乏層の電界によって分離・ドリフトされ、各電極で収集される。電荷収集量を測定することで、入射したアルファ線のエネルギーを求めることが可能である。作製したダイオードを用いて測定したアルファ線のエネルギースペクトルを図 1 に示す。^{241}Am からは主に 5.486 MeV(86%)と 5.443 MeV(13%)のアルファ線が放出されていることが知られているが、図 1 から分かるように、これら 2 つのエネルギーを有するアルファ線を分離して検出することに成功した。また 5.486 MeV のピークから求めたエネルギー分解能(FWHM)は 26 keV であった。

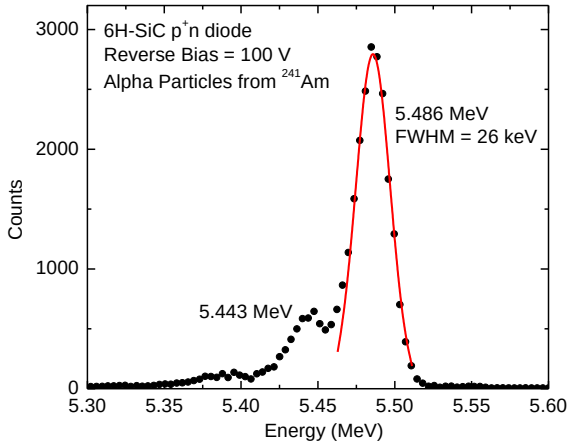


図 1．6H-SiC p^+n ダイオードを用いて測定した ^{241}Am のアルファ線のエネルギースペクトル

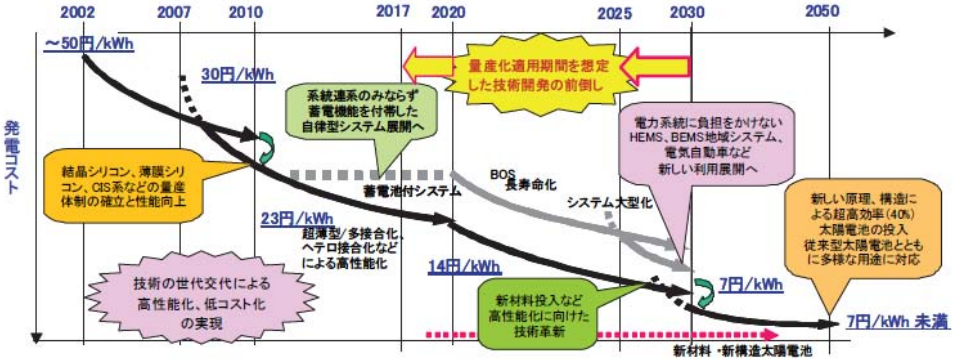
参考文献
1. P. J. Sellin and J. Vaitkus, Nucl. Instrum. Meth., vol. A577, p.479, 2006
2. F. Nava et al., Meas. Sci. Technol., vol. 19, p. 102001, 2008

有機系太陽電池の新展開

瀬川 浩司
東京大学先端科学技術研究センター
e-mail:csegawa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

低炭素社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの利用拡大が求められている。わが国では太陽光発電が中心的な役割を担うものとして期待されており、2020 年には設置容量ベースで現状の 10～20 倍程度となる 20～40 GWp 導入が一つの目標となっている。既に、住宅用太陽電池パネル設置の補助金復活や余剰電力の固定価格買取制度の法制化などが行われ現在の積算導入量は約 2GWp に達し年間総発電量は 20 億 kWh に達していると推定される。しかしながら、それでもまだ日本の年間電力消費量約 1 兆 kWh と比べれば微々たる数字である。NEDO 技術開発機構は、2009 年に太陽電池導入の新ロードマップ「PV2030＋」を発表し、太陽光発電導入拡大をさらに進めることを表明している(図 1)。しかしながら、シリコン系太陽電池を中心とする 2009 年度の国内導入実績は容量ベースで約 0.6 GWp であり、目標値とのギャップは大きい。

これらに対し、次世代型太陽電池として大幅な発電コストの低減が期待される色素増感型や有機薄膜型などの有機系太陽電池が注目されている。シリコン系太陽電池に比べ CO_2 ペイバックタイムも短く環境負荷の低いプロセスでの製造が可能で、素材の多様性もある有機系太陽電池は大きな魅力を秘めている。なかでも色素増感太陽電池の研究開発は着実に進んでおり、デザインを重視したインテリアになる太陽電池や、屋外用高耐久性モジュールも作成されている。われわれは、近赤外光を利用した光電変換が可能な有機材料（色素、高分子）ならびに有機無機複合材料（半導体＋有機化合物）の開発に力を入れている。さらに、太陽電池最大の欠点である光強度に依存する出力変動を抑制する目的で、導電性高分子を電荷蓄積電極として用いた三極式のエネルギー貯蔵型色素増感太陽電池(ES-DSSC) を開発してきた。今回は、以上の研究を中心に、有機系太陽電池の新展開について紹介する。



実現時期(開発完了)	2010年～2020年	2020年(2017年)	2030年(2025年)	2050年
発電コスト	家庭用電力並 23円/kWh程度	業務用電力並 14円/kWh程度	汎用電源並み 7円/kWh程度	汎用電源未満 7円/kWh未満
モジュール変換効率 （研究レベル）	実用モジュール16% （研究セル20%）	実用モジュール20% （研究セル25%）	実用モジュール25% （研究セル30%）	超高効率モジュール 40%
国内向生産量(GW/年)	0.5～1	2～3	6～12	25～35
(海外市場向け(GW/年))	～1	～3	30～35	～300
主な用途	戸建住宅、公共施設	住宅(戸建、集合) 公共施設、事務所など	住宅(戸建、集合)、 公共施設、民生業務用、 電気自動車など充電	民生用途全般 産業用、運輸用、 農業他、独立電源

図 1． 太陽光発電の今後の発展に対するロードマップ（PV2030＋）のシナリオ.（NEDO 技術開発機構「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）に関する見直し検討委員会」報告書 2009 年 6 月より抜粋）.

Temporal and Spatial pH Variation Measurement by Near-Field Fluorescent Ratiometry for Observation of Mitochondrial Activity

Yongbo Li[1], Yasuaki Kanazashi[1], Kentaro Iwami[1], Yoshihiro Ohta[2] and Norihiro Umeda[1]
[1] Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology
[2] Department of Biotechnology and Life Science, Tokyo University of Agriculture and Technology
E-mail: 50009643233@st.tuat.ac.jp

Temporal and spatial pH variation in the vicinity of mitochondrial membrane attracts interests due to its influence to the necrotic cell death. To measure it, a novel method combining dual wavelength fluorescent ratiometry with scanning near-field optical microscopy (SNOM) is proposed and developed.

This method utilizes a dual emissions pH-sensitive dye and SNOM based on a thermally pulled and metal-coated optical fiber probe to improve the spatial resolution. The pH sensitive fluorescent dye (SNARF-4F, Molecular Probe, Inc) which has two fluorescent wavelengths at 580 nm and 650 nm was used. The relationship between pH and fluorescence intensity ratio (FIR) has been obtained as shown in Fig. 1. From this, FIR drastically changes between the range of pH from 5 to 7. This range is suitable for the experiments using mitochondria.

Subsequently, the temporal fluorescence intensity ratio (FIR) under the response of mitochondria to nutritional supplementation was studied by using this method. To activate mitochondria while the experiment starts until a certain time, a mixture of malate and glutamate (both 5 mM, 100 μl) was dropped into Tris buffer solution (1 ml) in a dish whose surface is coated by mitochondria. While the dropped time is treated as t = 0 on the time axis, Fig. 2 shows temporal variation of FIR with respect to probe's distance from mitochondria's surface. Activation of mitochondria and a distance-dependent delay in the FIR response were observed. While the probe is near to mitochondria, the ratio quickly becomes to increase. Simultaneously, the ratio of dead mitochondria (h = 30 μm deactivation) which compared with living mitochondria (h = 1 μm activation and h = 30 μm activation) almost unchanged.

In conclusion, the results confirmed that mitochondrial activity can be observed by using this method.

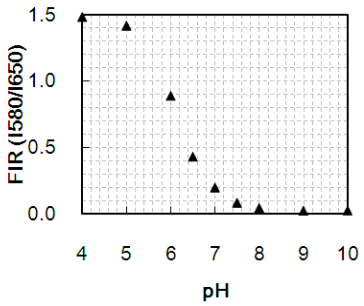


Fig.1 pH-FIR relation

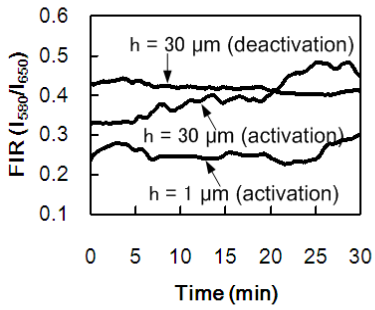


Fig.2 Temporal variation in FIR with respect to the probe's distance (h) from mitochondria

生体二光子顕微鏡によるマウス大脳皮質の微小血管グリア構造イメージング

正本 和人[1]，吉原 光一[2]，菅野 巖[3]，山田 幸生[2]
[1]電気通信大学先端領域教育研究センター，[2]電気通信大学大学院知能機械工学専攻，
[3]放射線医学総合研究所 分子イメージング研究センター
e-mail: masamoto@mce.uec.ac.jp

1　はじめに

機能的核磁気共鳴画像法や近赤外光イメージング法などの脳機能計測技術は、脳活動に付随して生じる血流の変化を利用し非侵襲的に脳活動部位を画像化する技術である。しかし、脳活動に反応する微小血管の調節メカニズムや血流反応がもたらす脳神経機能への作用については、未だよくわかっていない[1]。本研究では、脳神経活動と脳微小血管反応との関係を長期に渡り、繰り返し調べるための実験モデルを構築した。

2　実験方法

実験には、SD ラット(6-9 週齢)及び C57BL/6J マウス(8-12 週齢)を用いた。大脳皮質の構造を直接観察するために、頭蓋骨の一部に Thinned skull もしくは Closed cranial window を作製した。蛍光量子ドットを大腿静脈より投与し、血しょう成分を蛍光標識した。またアストログリア細胞の生体蛍光マーカである Sulforhodamine 101 を腹腔に投与した。大脳皮質の血管形態は、共焦点顕微鏡(励起波長:488 nm)及び二光子励起顕微鏡(励起波長:900 nm)を用いて撮像した(1024 x 1024 pixels)[2]。血管形態の観察時は、二光子励起モードで解像度 0.4 μm/pixel の条件で深さ方向に 5 μm 間隔で撮像した。またアストログリアの観察時は、解像度 0.2 μm/pixel の条件で深さ方向に 4 μm 間隔で撮像した。さらに様々な酸素条件下(酸素濃度 8～50%)でマウスを飼育し、酸素環境の変化に対する微小血管とアストログリアの形態変化を繰り返し観察した。

3　結果及び考察

Sulforhodamine 101 投与後 5 分で、大脳皮質の微小血管領域において蛍光強度の上昇が見られ、20-30 分で血しょう成分の蛍光強度はピークに達した。一方、投与から約 60 分後にアストログリア細胞の染色が始まり、投与後 8 時間までアストログリア細胞の蛍光染色が安定して得られた。このとき血管形態は、Closed cranial window 法を施したマウスでは、大脳皮質表層から深さ 0.8 mm まで観察することが可能であった。一方、Thinned skull 法ではラット及びマウスともに 0.4～0.6 mm 程度が検出限界深度であった。アストログリアの蛍光染色は Closed cranial window 法を施したマウスで深さ 0.6 mm まで観察可能であった。マウスはラットに比べて大脳皮質深部まで観察が可能である傾向がみられた。この結果は、ラットとマウスの大脳皮質における組織構成の違いに基づく光学的特性の差異に起因すると考えられる。また Closed cranial window 法を用いたマウスでは、同一領域において 3 ヶ月に渡り長期計測が可能であった。本実験により、酸素環境に依存した脳微小血管及びアストログリア細胞の形態を繰り返し観察することが可能であった。

参考文献

1. 正本和人, 小畠隆行, 菅野巖, 神経血管カップリング:分子メカニズムの解明に向けて, 電気学会研究会資料, OQD (2008), pp. 33-38
2. K. Masamoto, T. Obata T, and I. Kanno I, Intracortical microcirculatory change induced by anesthesia in rat somatosensory cortex. Adv. Exp. Med. Biol. **662**, 57-61 (2010)

乳癌の増殖と骨破壊におけるプロスタグランジン E2 および EP4 受容体の役割

横山 智史，瀧田 守親，稲田 全規，宮浦 千里
東京農工大学大学院生命工学専攻
e-mail:50010831107@st.tuat.ac.jp

1 はじめに

現在、日本における乳癌患者数は 40 代の女性を中心に増加傾向にあり、今や社会的な問題となっている。乳癌は高率に骨に転移し、転移巣では骨吸収が亢進して骨破壊が進行する。近年の研究により、癌の増殖や骨転移癌の局所における骨破壊にはプロスタグランジン E_2(PGE_2)の関与が示唆されているが、乳癌の増殖や骨破壊における PGE_2 の詳細は不明である。本研究では乳癌の増殖と骨転移における PGE_2 とその受容体サブタイプ EP4 の役割を調べた。

2 方法

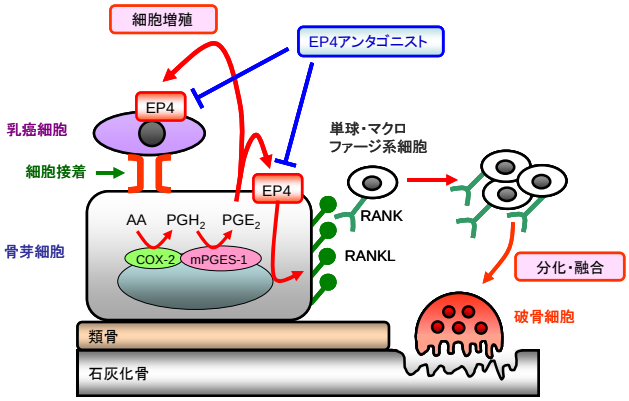
(1)乳癌の骨転移モデルはマウス乳癌細胞(4T1)を BALB/c マウスに尾静脈移入して作製し、骨破壊は軟 X 線により調べた。(2) PGE 受容体サブタイプ(EP1-EP4)の発現は RT-PCR 法により調べた。(3) 4T1 細胞の増殖はセルカウントおよび MTT 変法により調べた。(4)マウス頭頂骨に 4T1 を共存させて共培養し、培養上清中の Ca 濃度の測定により骨吸収活性を求めた。(5)固定 4T1 上でマウス骨髄細胞と骨芽細胞を共培養し、形成された破骨細胞は TRAP 染色により検出した。(6)4T1 と骨芽細胞を単独培養または一方の細胞を固定した上にもう一方の細胞を播種して共培養し、RANKL 発現は RT-PCR 法により、培養上清中の PGE_2 レベルは EIA 法により調べた。

3 結果

(1)4T1 移入後 14 日目に頸骨近位部および大腿骨遠位部に骨転移による著しい骨破壊が認められた。(2)4T1 では EP1 と EP4 の mRNA 発現を示したが、EP2 と EP3 の mRNA 発現は認められなかった。(3)4T1 の培養系において、PGE_2 添加はその増殖を亢進し、その効果は EP4 アンタゴニストにより抑制された。(4)器官培養している頭頂骨に 4T1 を接着・共存させると、骨吸収活性が著しく増大したが、その活性は EP4 アンタゴニストの添加により解除された。(5)固定 4T1 との共培養により骨吸収因子の添加なく、破骨細胞が形成されたが、その効果は EP4 アンタゴニストにより抑制された。(6) 骨芽細胞を固定 4T1 上で培養すると、骨芽細胞における PGE_2 産生が著しく亢進すると共に RANKL の発現誘導が認められた。一方、4T1 細胞を固定骨芽細胞上で培養すると、4T1 単独と比べて PGE_2 産生が亢進したが、4T1 細胞では RANKL 発現は認められなかった。

4 考察

乳癌細胞と骨芽細胞の細胞接着シグナルにより、骨芽細胞における PGE_2 合成が亢進し、産生された PGE_2 は乳癌細胞の EP4 を介して増殖を亢進すると共に、骨芽細胞では EP4 を介して破骨細胞を誘導することが明らかとなった。本研究により、宿主由来 PGE_2 を介した乳癌の骨転移巣の拡大と骨破壊の進展が示唆された。



図．乳癌の増殖と骨破壊における PGE_2 および EP4 受容体の役割

哺乳類卵内カルシウム振動の発生・維持に関わる カルシウム流入の解析

高橋　徹，白川　英樹
電気通信大学情報通信学研究科 量子・物質工学専攻
e-mail:tooru@rainbow.pc.uec.ac.jp

1. 背景・目的

哺乳類の受精卵では周期的な細胞内 Ca^{2+}濃度の上昇反応（Ca^{2+}オシレーション）が起こり、卵が賦活化される [1]。個々の一過性の Ca^{2+}上昇は細胞内 Ca^{2+}ストアである小胞体から Ca^{2+}が放出されることによって生じる。一方 Ca^{2+}オシレーションの維持には細胞外からの Ca^{2+}の流入が必要であると考えられているが、その詳しいメカニズムは解明されていない [2]。本研究は、マウス受精卵での Ca^{2+}オシレーションにおける Ca^{2+}流入の機能的な関与、さらに Ca^{2+}流入経路の同定やその制御機構の解明のために行った。

2. 実験方法

fura-2 による Ca^{2+}イメージング法を用いて、マウス成熟卵に対し以下の実験を行った。

1. 受精時の Ca^{2+}オシレーションが発生している最中に細胞外 Ca^{2+}濃度を変え、そのときのオシレーションの変化を調べた。同様に、各種 Ca^{2+}チャネル阻害剤を細胞外に投与したときの効果について調べた。
2. Mn^{2+}-quenching 法または Ba^{2+}を細胞外に投与する方法により、受精卵の Ca^{2+}オシレーション中の Ca^{2+}流入速度を半適量的に測定し、解析した [3]。
3. 受精時の Ca^{2+}流入、および thapsigargin 処理による Ca^{2+}ストアの枯渇で活性化されるストア作動性 Ca^{2+}流入 [4] について、各種 Ca^{2+}チャネル阻害剤の阻害効果を調べた。

3. 結果・考察

1. 受精時の Ca^{2+}オシレーションの頻度は、細胞外 Ca^{2+}濃度に対して強い正の依存性を示した。また、Ca^{2+}オシレーションは細胞外の Gd^{3+}や La^{3+}によって顕著に阻害されたのに対し、SKF96365 や 2-APB では阻害されなかった。
2. Ca^{2+}オシレーション中は、静止時に比べ Mn^{2+}や Ba^{2+}の流入速度が増加しており、何らかの Ca^{2+}流入経路が活性化されていることが示唆された。また、オシレーション頻度が高い卵ほど流入速度が速いこと、Ca^{2+}放出と同期して Ca^{2+}流入も周期的に変化していることも示唆された。
3. Ca^{2+}オシレーション中に活性化される Ca^{2+}流入は、Gd^{3+}や La^{3+}により抑制されが、SKF96365 では阻害されなかった。また、thapsigargin 処理でマウス卵に誘発されるストア作動性 Ca^{2+}流入も、これらの阻害剤に対して同様の薬理学的特性を示した。

以上の結果より、マウス受精卵では Ca^{2+}ストアの再充填のために Ca^{2+}流入が促進されること、また、おそらくそれはストア作動性 Ca^{2+}チャネルを介したものであることが示唆された。

参考文献

1. M. Whitaker and R. Patel, Development. 108 (1990); S. Miyazaki, Semin Cell Dev Biol. 17 (2006).
2. Z. Machaty, J. J. Ramsoondar, A. J. Bonk, K. R. Bondioli and R. S. Prather, Biol Reprod. 66 (2002).
3. T. J. Hallam, R. Jacob and J. E. Merritt, Biochem J. 255 (1988); K. Kiselyov, G. A. Mignery, M. X. Zhu and S. Muallem, Mol Cell. 4 (1999).
4. J. W. Putney. Jr. and R. R. Mckay, Bioessay 21 (1999).

金ナノ粒子を用いた
フルクトース/O_2型酵素バイオ燃料電池の構築

鈴木将登，村田賢一，中村暢文，大野弘幸
東京農工大学大学院生命工学専攻
e-mail:50009641216@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

酵素バイオ燃料電池などのアンペロメトリックなデバイスを開発するためには、電流密度の向上が第一の課題である。本研究室では、金ナノ粒子(AuNP)を電極上に修飾することによって、タンパク質-電極間の直接電子移動(DET)反応に由来する電流密度を増大可能であることを示してきた[1]。本研究では、AuNP を修飾した電極上に、アノードにはフルクトース脱水素酵素(FDH)を、カソードにはビリルビン酸化酵素(BOD)を固定し[2]、フルクトース/O_2型の酵素バイオ燃料電池を構築し、その出力特性を評価した。

2　実験

AuNP 溶液は既報に従い、クエン酸還元法により合成した。合成した AuNP 溶液をカーボンファイバーペーパー電極上にキャスト、風乾することで AuNP 電極を作製した。作製した AuNP 電極を 20 mM の 2-メルカプトエタノール（ME）水溶液中に浸漬することで、AuNP 表面に ME の自己組織化単分子膜を形成した。得られた ME 修飾 AuNP 電極を FDH 溶液(pH 5)に浸漬することで FDH 固定電極を作製した。また、AuNP 電極を BOD 溶液(pH 7)に浸漬することで BOD 固定電極を作製した。

3　結果と検討

FDH と BOD を固定した AuNP 電極をアノード及びカソード電極とし、フルクトース/O_2型の酵素バイオ燃料電池を構築した。電極触媒として用いた FDH、BOD はどちらも AuNP 電極と DET 反応が可能な酵素であり、今回作製した酵素バイオ燃料電池は、メディエーターやセパレーターを必要としない、非常にシンプルな反応系での発電が可能である。この酵素バイオ燃料電池を 200 mM フルクトース溶液中(pH 6.0)において溶液を攪拌しながら発電特性を評価したところ、開回路電位は 720 mV、最大電流密度は 4.9 mA cm^{-2}、最大出力は 0.87 mW cm^{-2}(300 mV において)となり、DET 型のバイオ燃料電池としては非常に高い出力を得ることに成功した(Figure 1)。また、この電池の経時安定性を評価したところ、12 時間連続で発電させた場合においても初期発電量の 85%を維持しており、酵素を固定化した AuNP 電極は高い安定性を有していることが明らかとなった。今回構築した酵素バイオ燃料電池はカソード極への酸素供給により出力が支配されており、効率良く酸素を供給できるカソード系を構築することで更なる出力の向上が期待できる。

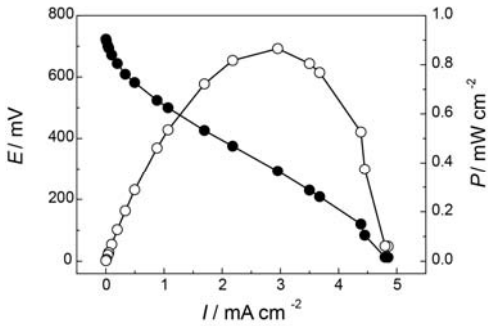


Figure 1. Polarization curve (closed circle) and the dependence of power output (open circle) on current density for the fructose/O_2 biofuel cell.

参考文献

[1] K. Murata, M. Suzuki, N. Nakamura, and H. Ohno, *Electrochem. Commun,* **11**, 668–671 (2009).

[2] K. Murata, K. Kajiya, N. Nakamura, and H. Ohno, *Energy Environ. Sci*., **2**, 1280-1285 (2009).

Thermotoga maritima 由来 PurK の結晶構造解析

宮澤良太 [1]，金川真由美 [2]，馬場清喜 [2,3]，中川紀子 [2,4]，海老原章郎 [2]，
河合剛太 [2,5]，三瓶嚴一 [1,2]
[1] 電気通信大学大学院 先進理工学専攻,[2] 理学研究所 播磨研,[3] 高輝度光科学研究センター,
[4] 大阪大学大学院 生物科学専攻，[5] 千葉工大学 生命科学環境科
e-mail: gkawai@sea.it-chiba.ac.jp, sampei@pc.uec.ac.jp

プリンヌクレオチド生合成系は 5-ホスホリボシルピロリン酸(PRPP)を出発物質として，IMP を経て AMP と GMP を合成する全部で 14 の反応からなる．この代謝系の反応は基本的にほとんどの生物において共通であるが，6 番目の反応，すなわちアミノイミダゾールリボチド(AIR)からカルボキシアミノイミダゾールリボチド(CAIR)への転換，には生物種による違いが見られる．ひとつは，高等真核生物や一部の古細菌に見られる Class II PurE (AIR carboxylase)だけで触媒される一段階反応であり，もうひとつは，真正細菌に広く見られる PurK (N^5-CAIR synthetase)と Class I PurE (N^5-CAIR mutase)を利用した二段階反応である．PurK は，ATP と HCO_3^-を用いて AIR を N^5-CAIR に転換する反応を触媒する（図 1）．

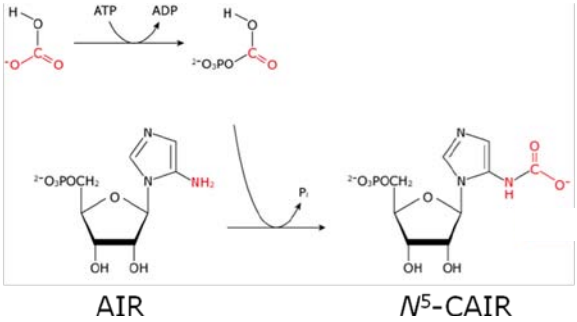


図 1. PurK の反応

今回，好熱菌 *Thermotoga maritima* 由来 PurK (TmPurK)について，ADP との複合体の結晶構造を 2.2 Å で決定した．位相は SeMet 置換体を用いた MAD 法により決定した。具体的には，SOLVE/RESOLVE で初期位相の決定と初期モデルの構築を行った後， Coot と Refmac で分子の構築と精密化を行った．最終的な R 値は 21.6%，freeR 値は 26.5%である．

今回決定した構造をすでに我々が構造決定した *T. thermophilus*, *A. aeolicus*, *S. tokodaii* 由来 PurK および他のグループにより構造決定された PurK の構造と比較したところ，全体的な folding はよく保存されており， 4 つのドメイン(N, B, A, C)からなる構造をしていた（図 2）．また，類似反応を触媒する PurD (GAR synthetase)との比較から，ほとんどすべての PurK は closed form であることが予想されたが，一方，TmPurK の非対称単位中の 4 つの分子のコンホメーションが少しずつ違うことから，この分子がコンホメーション変化を起こすことも示唆されている．現在，ADP/ATP 結合部位の構造の詳細な比較を行っているところであり， PurK および PurD の構造から，PurK の反応メカニズムについて考察する予定である．

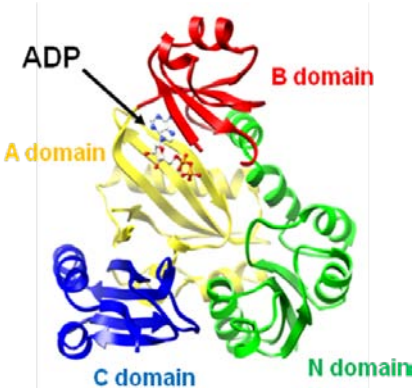


図 2. TmPurK の結晶構造

References

[1] Thoden, J. B., *et al.* Biochemistry, **38**, 15480-15492 (1999)
[2] Thoden, J. B., *et al.* Biochemistry, **49**, 752-760 (2010).

SCNase 基質特異性へのアルギニン残基の影響

山中保明[1]、荒川孝俊[1]、 浪間　聡志[1]、堀　祥太[1]、大滝　証[1]、野口恵一[2]、
片山葉子[3]、養王田　正文 1、尾高　雅文 1
[1]東京農工大学大学院生命工学専攻，[2]東京農工大学機器分析，
[3]東京農工大学大学院物質循環環境科学専攻
e-mail:y03@yoy.lab.tuat.ac.jp

はじめに

チオシアネート(SCN-)は様々な植物によって生産され、また、工業廃液に多量に含まれる汚染物質の一つである。チオシアネート加水分解酵素(SCNase)はチオシアネート(SCN-)を含む汚水の微生物処理系に存在する微生物 *Thiobacillus thioparus* THI 115 から単離された酵素で、Co^{3+}イオンを反応中心に持ち、SCN-を水和、加水分解し、硫化カルボニル（COS）とアンモニアにする反応を触媒する。SCNase はα, β, γの 3 種のサブユニットの 12 量体であり、γサブユニットが NHase のαサブユニットに、αとβがそれぞれ NHase βサブユニットの N 末端半分と C 末端側半分に高い相同性を有している。ニトリルヒドラターゼ(NHase)は種々の放線菌や *Pseudomonas* 属などの細菌に存在する酵素で、Fe^{3+}または Co^{3+}イオンを反応中心に持ち、様々なニトリルに水を添加してアミド化合物を合成する反応を触媒する。SCNase と NHase のアミノ酸配列は高い相同性を示すが、基質ポケット周辺のアミノ酸には明確な違いがある。これらの違いが両酵素の基質選択性、反応性の差異に関与すると考えられるが、具体的なメカニズムはまだされていなかった。そこで、本研究では、SCNase の基質進入経路に存在するアミノ酸残基を相当する NHase の残基になるように置換した変異体を用い、両者の基質選択性の違いとの関連性を検討した。

両酵素の X 線結晶構造から、NHase ではポケットを構成するアミノ酸残基中の疎水性残基の割合が多いのに対し、SCNase ではこのうち 2 箇所の残基(Phe/Val,Trp)が Arg 残基であることが知られていた（βArg90,γArg136）。これにより、ポケットの深部に Arg 残基が 4 個集中することになり、基質ポケットが大きく正に帯電している。そこで、これらの 2 箇所の Arg 残基を NHase のアミノ酸と同じものに置換した変異体（βR90F,γR136W）を作製した。作製した変異体はいずれも SCNase 活性を示さず、弱い NHase 活性を示すことが分かった。

次にγR136W 変異体を結晶化し、X 線結晶構造解析を行った。γ R 136W 変異体の立体構造は野生型のそれと基質ポケット周辺以外は保存されており、導入した変異は SCNase の立体構造に大きな影響を与えていないことがわかった。しかし、γR 136W 変異体では、変異を加えたγTrp136 と近傍のγGlu141 の側鎖の向きが大きく変わっており、結果として基質がポケットに入り込みやすくなるように、両残基が基質ポケットに張り付くような構造に変化していた。

本研究の結果、SCNase の基質選択性、反応性は基質ポケットの電荷によって決定されるということが確認された。結晶構造解析の結果から、変異を加えることでポケット上部の正電荷量が減少するとともに、基質侵入部と思われるスペースにゆとりが生じ、NHase 活性を持つことができるようになったと考えられる。

参考文献

1. Arakawa T, Kawano Y, Kataoka S, Katayama Y, Kamiya N, Yohda M, Odaka M (2007) J Mol Biol 366:1497–1509

ウミホタルルシフェリンの分子改良：π共役制御したイミダゾピラジノン誘導体の化学発光

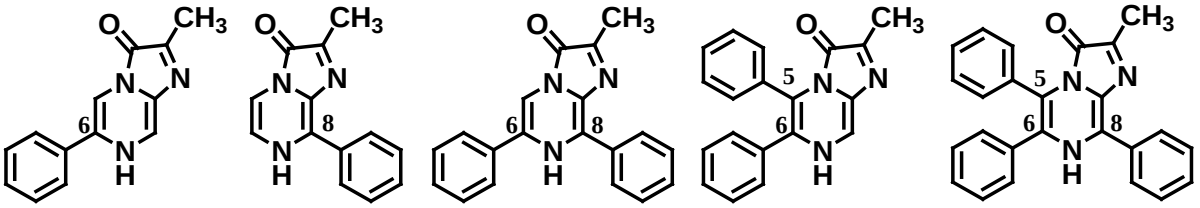
小林　弘和[1]，藤尾　俊介[1]，牧　昌次郎[1]，丹羽　治樹[1]，平野　誉[1]
[1]電気通信大学大学院　先進理工学専攻
e-mail:kobayashi@lumi.pc.uec.ac.jp

１．目的　海産発光生物由来の発光物質の基本骨格を持つイミダゾピラジノン(imidazopyrazinone)誘導体は酸素との反応により化学発光し、生体内の活性酸素存在部位や濃度を検出するバイオイメージングへの応用がなされている。課題として発光の長波長化と高効率化が挙げられ、それらの解決手法として、置換基導入によるπ共役拡張が発光特性制御に働く可能性がある。本研究では、イミダゾピラジノン骨格の5,6,8 位にフェニル基を系統的に導入した誘導体（下図）の化学発光特性を調べ、発光波長や発光量等を比較することでフェニル基導入が発光特性に及ぼす効果を明らかにし、発光基質の分子設計指針を得ることを目的とした。

２．方法　イミダゾピラジノン誘導体のメタノール溶液に、塩基であるTMG(1,1,3,3-tetramethylguanidine)を含む DMSO 溶液を加え、基質の濃度が 1×10^{-5} M または 1×10^{-4} M の条件で化学発光を開始させ、発光を追跡、分析した。

３．結果　誘導体の発光波長、量子収率および反応速度の測定結果を比較した。まず8-PhIP と CLA(6-PhIP)の比較では 8-PhIP の方が長波長側で発光し、高量子収率であった。二置換体では、6,8-diPhIP よりも 5,6-diPhIP の方が発光波長は長波長化(CLA から 100 nm)し反応速度も大きく増大したが、量子収率は著しく低下した。三置換体の5,6,8-triPhIP は 5 種類の誘導体の中で最も長波長化(CLA から 120 nm)し、量子収率が5,6-diPhIP よりも 25 倍上昇した。

４．考察　5,6,8 位の中では、8 位へのフェニル基導入が量子収率向上に最も有効であり、長波長化にも効果があることが分かった。また 5 位へのフェニル基導入は長波長化に大きな効果があるが、6 位へのフェニル基導入を同時に行なっているため、立体反発によるねじれを誘起して量子収率の低下につながったものと考えられる。5,6-ジフェニル置換による反応速度の増大はフェニル基のねじれによってイミダゾピラジノン環上のπ電子の非局在化が妨げられ、酸素との反応性が向上するためと予想される。



骨形成能を有する絹様タンパク質の作製ならびにキャラクタリゼーション

長野あや[1]，朝倉哲郎[1]
[1]東京農工大学大学院工学研究院　生命工学
e-mail: asakura@cc.tuat.ac.jp

1.緒言

今日、臨床応用において骨再生治療が積極的に行なわれつつあり、治療に用いる骨形成能を有する優れたタンパク質を作製することは重要である。本研究は、強度に優れ、高い操作性を有する家蚕絹結晶部の配列(AGSGAG の繰り返し)と、骨シアロタンパク質などの骨形成タンパク質の石灰化部位であるポリグルタミン酸配列に着目した。両配列を含む $(AGSGAG)_4E_8$ の基本構造を有する絹様タンパク質を設計、大腸菌によって生産し、その Ca 結合性を評価した。次に、そのモデルペプチドを合成し、溶液 NMR を用いて Ca 結合性に関するキャラクタリゼーションを行なった。そして、トランスジェニック(TG)蚕によって、その連鎖を絹を含む多量に生産、多孔質体とし、*in vivo* で骨形成能を評価した。

2. 実験

絹様タンパク質の分子設計と作製　制限酵素 Spe I ,Nhe I を用いてタンデムに重合することで、目的配列 $(AGSGAG)_4E_8$ を多量体化し、本絹様タンパク質を大腸菌で発現させた。次に、カイコへ遺伝子導入し、$(AGSGAG)_4E_8$ 配列を含む絹を多量に作製した。

Ca 結合性評価　作製した絹様タンパク質を PVDF メンブレン上に吸着させ $CaCl_2$ 溶液に浸漬後、XPS によって表面に吸着した Ca 元素の分析を行なった。

Ca 結合前後の溶液 NMR 測定　モデルペプチドの $CaCl_2$ 溶液添加に伴う電子状態ならびに構造変化を ^{13}C-溶液 NMR（JEOL ECA700）を用いて検討した。

In vivo 評価　作製した TG 蚕由来の絹水溶液を成形し多孔質体を得た。この多孔質体をウサギの大腿骨へ埋植した。8 週にわたって μ CT で観察を行ない、骨塩量と骨梁体積率を定量化した。

3. 結果および考察

XPS 測定結果（Fig.1）から、作製した絹様タンパク質が高い Ca 結合性を有することが示された。Ca 添加前後の ^{13}C 溶液 NMR 測定結果から Glu C δ、C γ における Ca^{2+} との特異的な相互作用と Glu C α、C β における骨格のコンフォメーション変化が示唆された [3]。Fig.2 に示すように、$AGSGAG_4E_8$ 配列を含むトランスジェニック蚕由来の絹フィブロインスポンジ群は、含まない群に比べ、早期の 4 週後において骨形成を示していた [2]。絹様タンパク質のカルシウム結合性によって、石灰化が強く促進されることが示された。

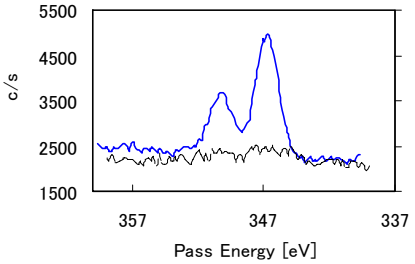


Fig. 1　XPS Ca 2p spectra of recombinant silk-like protein (solid line) or native silk fibroin (broken line) adsorbed on membrane after immersion in $CaCl_2$ solution.

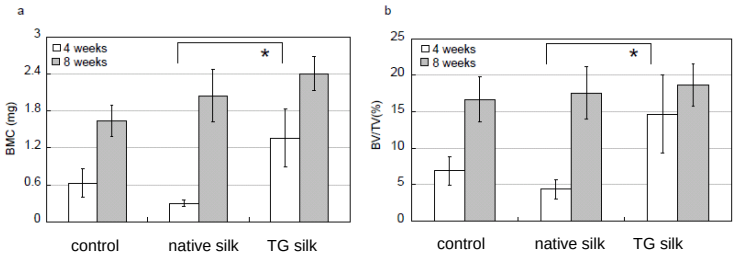


Fig. 2　Quantitative observations about bone formation using tomographic analyses. The new bone quantity, BMC (a) and BV/TV (b) of each group at 4 (white) and 8 weeks (grey) after surgery were summarized.　* : $p < 0.05$ in comparison with Group II.formation　tomographic analyses.

参考文献

1. Aya Nagano, Tetuso Asakura et al , Macromolecules, 42, 8950-8958 (2009)
2. Aya Nagano, Tetuso Asakura et al , ActaBiomaterialia, submitted (2010)
3. Aya Nagano, Tetuso Asakura et al , Macromolecules, submitted (2010)

超磁歪素子を用いた埋め込み型骨導補聴器の開発

原島立成[1]，大城越美[2]，小池卓二[2]，羽藤直人[3]，神崎晶[4]
[1]電気通信大学 大学院電気通信学研究科 知能機械工学専攻
[2]電気通信大学 大学院情報理工学研究科 知能機械工学専攻
[3]愛媛大学医学部，[4]慶應義塾大学医学部
e-mail: harashima@bio.mce.uec.ac.jp

1 はじめに

骨導補聴器は，外耳や鼓膜を介さない聴覚経路である骨導を用いた補聴器であり，より良い聞こえを実現可能な場合が多く，また，気導補聴器の欠点であるハウリングや外耳道の閉塞感などを克服できることから注目されている．骨導補聴器には，ヘッドバンド式骨導補聴器のように，皮膚を介し骨を加振することで補聴を行う器具があるが，加振源と骨との間に皮膚が介在するため，音質は不良であり，また，加振源を皮膚に押しつける際に痛みを伴うため，継続して使用するのが困難である．そこで，骨導端子を耳後部に埋め込み，頭蓋骨を直接加振して補聴する，Bone Anchored Hearing Aid (BAHA®) が開発され(1)，普及してきている．しかし，BAHA は，端子が皮膚表面に露出し，感染が生じやすいことや，出力不足などの問題がある．これまで著者らは，上記の問題点を克服するため，側頭骨の皮膚下に埋め込む骨導補聴器の開発を行ってきた．今回，補聴器の試作を行い，補聴器埋め込み時を想定した場合における性能評価を行ったので報告する．

2 補聴器概要

本補聴器は，送信コイル，マイク，サウンドプロセッサからなる信号送信器 (体外ユニット) と，受信コイル，小型振動子からなる骨加振器 (体内ユニット) とで構成されている．体外ユニットと体内ユニットは，コイルの相互誘導により経皮的に信号伝送を行う．コイル間の信号伝送には，搬送波にパルス波を用い，音信号で変調をかけた AM 変調信号を用いる．小型振動子部分には，超磁歪素子 (Giant Magnetostrictive Material, GMM) を用いている．GMM とは，外部磁界に応じて寸法を変化させる性質を持ち，圧電材料に比べ，変形率，応答速度ともに優れた素子である．今回，補聴器の試作として，小型振動子と相互誘導用のコイルを作成した．

3 評価方法

補聴器の振動子を，遺体の側頭骨に固定し駆動させ，そのときに発生する振動子と側頭骨表面上の振動および外耳道内に発生する音圧を計測した．これより，個体差や振動子の固定方法の違いによる影響，および補聴器を駆動する電流値と補聴性能の関係を確認した．

4 実験結果

振動子と側頭骨表面上の振動および外耳道内に発生する音圧は，個体差や振動子の固定方法の違いに敏感に影響を受けることが分かった．また，補聴器の駆動電流値と外耳道内に発生する音圧の間には，線形的な関係があることが分かった．

5 結言

本補聴器は，個体差や振動子の固定方法の違いにより加振力や周波数特性が変化した．よって，本補聴器を用いる場合は，装用者個人ごとにフィッティングが必要である．なお，振動子の加振力と駆動電流値との間には，良好な線形性が見られ，補聴器用振動子としての適性が示された．

参考文献

1. Håkansson, Bo; Carlsson, Peder; Tjellström, Anders; Lidén, G.: The Bone-Anchored Hearing Aid: Principal Design and Audiometric Results. *ENT Journal*, **73** (9) pp. 670-675.(1994)

分子シャペロニンに捕獲されたコア・シェル型 QD の発光特性：一分子 FRET 計測と発光偏光解析

荒木 大輔[1]，宮下　辰毅[2]，大滝　証[3,4]，養王田 正文[3,4]，小田 勝[2,5]，谷 俊朗[2,5]
東京農工大学大学院 工学府 物理システム工学専攻[1]，工学部 物理システム工学科[2]，
工学府 生命工学専攻[3]，工学研究院 生命機能科学部門[4]，工学研究院 先端物理工学部門[5]
50010644202@st.tuat.ac.jp

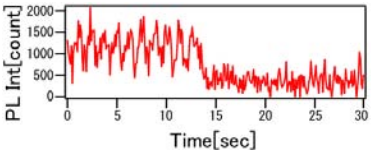


図 1. 偏光変調を加えた QD の発光強度時間変化

我々は、コロイド法を用いて直径 2～6nm 程度の半導体 CdSe 系量子ドット（QD）を合成し、その発光特性の研究を行っている。この QD は、発光の量子効率が高く（～60%@室温）、有機色素に比べ光耐性が高いという特徴があるため、現在、色素に替わる蛋白質分子や DNA 等の蛍光ラベル剤として利用されつつある。

その発光効率の高さから、この QD では、単一の QD の発光測定が可能である。我々はこれまで、単一分子 QD の発光現象とその応用に着目した研究を実施してきた。例えば、その発光を回転する直線偏光子に通して変調を与える計測によって（図１：0～13 秒まで QD が発光しており、周期 3 秒で変調させている）、単一 QD の結晶の方位（c 軸の向き）を決定できるが、これまでにその時間変化の計測結果から QD の回転に関わる動きを秒スケールで追うことが可能であることを示してきた[1]。

現在、研究対象を単一 Q D に加えて、分子シャペロンと呼ばれる蛋白質分子に捕獲された単一複合体 QD へと発展させ、その精密な発光測定による QD-分子シャペロン間の相互作用の機能解明を目指している。分子シャペロンは、疎水基が表面にむき出しになった変性蛋白質を捕獲、輸送、修復する役割を担う蛋白質の総称である。QD は、合成時に用いる有機分子によって覆われ(図２)、外側に疎水基を露出しているため、変性蛋白質と同じ原理で分子シャペロニンに捕獲され、複合体を形成すると期待した。

本実験では、第一に、複合体の形成を実証するため、単一の QD（ドナー）－分子シャペロンにラベル化された蛍光色素 Cy5（アクセプター）複合体に対するスペクトル計測を行った。10 nm 程度以下の距離でしか生じない蛍光共鳴エネルギー移動（FRET）を確認できたことから、結合体は確かに形成されると考えられる。また第二に、複合体の動きに関する情報を得るため、発光偏光計測による QD の配向方向の特定も試みた。詳細は当日報告する。

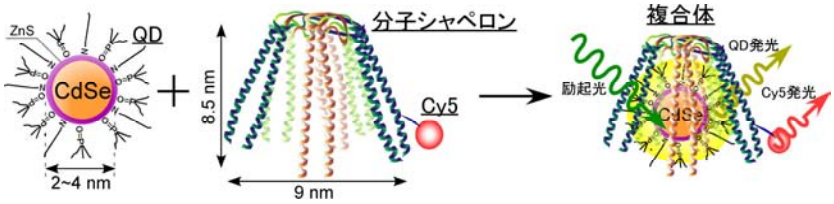


図 2. QD-分子シャペロン複合体と FRET 模式図

参考文献

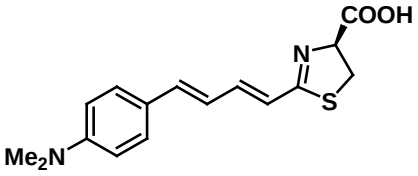
[1] T. Tani , M. Oda, H. Sakai , Y. Itoh, A. Ohtaki, M. Yohda et al., J. Lumin. (2010), in press.

赤色発光ホタルルシフェリンアナログの開発と実用化

浜 一敏，牧 昌次郎，丹羽 治樹
電気通信大学大学院量子・物質工学専攻
hama@lumi.pc.uec.ac.jp

【序】

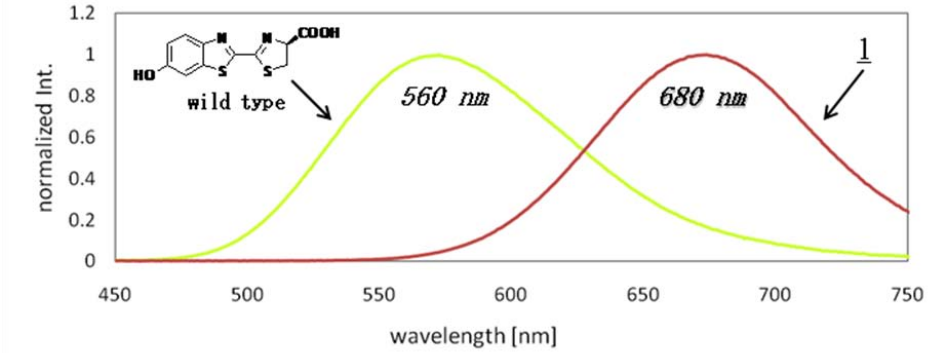
ホタル生物発光は Mg^{2+}-ATP 存在下、発光基質ルシフェリンンと発光酵素ルシフェラーゼ/O_2 との作用により進行し、高い発光効率（ϕ = 41%）を示すことが知られている。発光色は黄緑色（λ_{max} = 560 nm）であるが、我々は基質の化学構造変換によりこれまでに可視光領域をほぼ網羅する発光波長制御を実現している。なかでも、λ_{max} = 680 nm の発光波長をもつ赤色発光基質アナログ 1 は、生体内深部の可視化材料として実用化が最も期待される化合物である。しかしながら、こちらは高純度物質として得られたことがなく、応用に資する材料であるかも未知なのが現状である。そこで今回は、アナログ 1 の合成法を確立し、さらに実用化に向けた実施データを収集するための量産化を行なうこととした。



1

【実験・結果】

アナログ 1 は 4-(dimethylamino)cinnamaldehyde を出発原料として、5 段階で合成した。合成法を精査した結果、高純度で得られない原因はメチルエステル中間体 から 1 への酵素加水分解が未完了であるためであるとわかった。これまでは酵素量が基質の 20% であったが、今回 60% まで増加させることで反応を完結させ、初めて合成に成功した。確認として発光測定を行なった結果、発光波長は λ_{max} = 680 nm、発光強度は天然型ルシフェリンの 1/20（ATTO-AB-2200-R, PMT 検出）であった。



また、高効率合成への取り組みとして 2 箇所の合成工程の改良を行なったので、その詳細について報告する。なお、この取り組みによって現在までにアナログ 1 を 200 mg 保有しており、希望者の方にサンプル（1 mg 程度）を提供している。

耐熱性酵素シトクロム P450 を用いた酸素添加反応

早川　昌平[1]，松村　洋寿[2]，中村　暢文[1]，大野　弘幸[1]，
[1]東京農工大学大学院 生命工学専攻，[2]東京大学大学院 生物材料科学専攻
e-mail:50009641221@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

シトクロム P450 (P450)は幅広い生物種に存在するヘムタンパク質であり、生体内で脂溶性基質の一原子酸素添加反応を触媒している。P450 は炭化水素部位の水酸化反応など工業的に有用な反応を触媒することができるため、産業用触媒への応用が期待される。しかし、一般的な P450 は熱や圧力、酸、アルカリなどに弱く、工業分野への応用には適さない。そこで我々は、好熱性古細菌由来の P450 に注目し､好酸好熱性古細菌 *Sulfolobus tokodaii* strain 7 由来シトクロム P450 (P450st)の大量発現系の構築およびキャラクタリゼーションを行ってきた。その結果、P450st は 80˚C においても触媒活性を維持しており､高い熱安定性を有することが明らかになっている[1]。本研究では、野生型 P450st およびヘム軸配位子近傍に変異導入した F310A/A320Q 変異体について触媒反応の pH 依存性を検討し、P450st による酸素添加反応の解析を行った。

2　実験

野生型 P450st および F310A/A320Q 変異体は既報に従い発現、精製した。酵素反応は peroxide shunt pathway を利用し、エチルベンゼン水酸化反応およびスチレンエポキシ化反応を検討した。pH 2-12 の緩衝液中に終濃度 3 mM 過酸化水素、1 mM 基質となるように調製した反応溶液中に、各種 P450st (終濃度 10 μM)を添加することで反応を開始した。25˚C で 1 分間あるいは 10 分間反応を行い、ガスクロマトグラフィーによって反応生成物量を評価した。

3　結果・考察

野生型 P450st によるエチルベンゼン水酸化反応を検討したところ、幅広い pH において活性を維持しており、pH 10 付近の弱アルカリ性条件下において最も高い活性を示した。また、スチレンのエポキシ化反応を検討した場合にも、弱アルカリ性条件下で活性が高くなることが明らかとなった。一方、F310A/A320Q 変異体によるエチルベンゼン水酸化反応を検討したところ、幅広い pH で活性を維持しており、pH 5 付近の弱酸性条件下において活性が大幅に向上した (Figure 1)。F310A/A320Q 変異体は、ヘムの還元電位が約 30 mV 正側にシフトしていることが明らかとなっている[2]。したがって、ヘムの還元電位の変化が触媒活性の pH 依存性に影響を与えたものと考えられる。

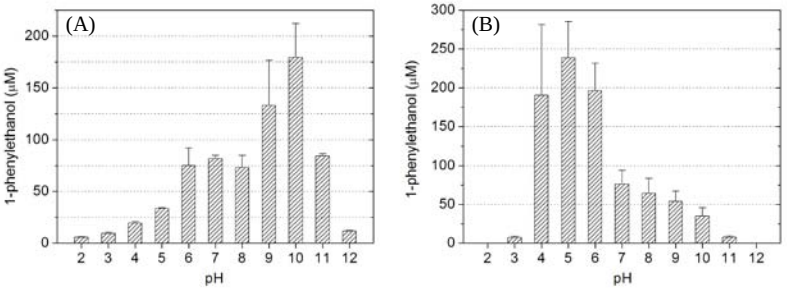


Figure 1　Product yields of ethylbenzene hydroxylation at various pHs by (A) wild-type P450st for 10 min and (B) the F310A/A320Q mutant for 1 min.

【参考文献】

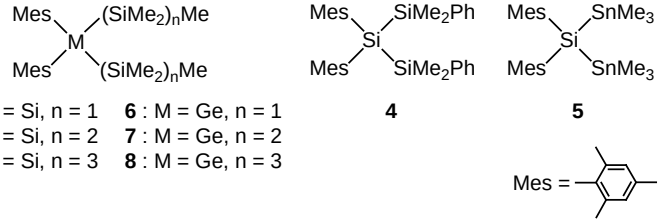
1. Y. Oku, A. Ohtaki, S. Kamitori, N. Nakamura, M. Yohda, H. Ohno, and Y. Kawarabayashi, *J. Inorg. Biochem.*, **98**, 1194 (2004).

2. H. Matsumura, M. Wakatabi, S. Omi, A. Ohtaki, N. Nakamura, M. Yohda, and H. Ohno, *Biochemistry*, **47**, 4834 (2008)

高周期１４族元素を主鎖とするオリゴマーの合成と光反応

井田優介，武田雄介，加固昌寛
電気通信大学大学院量子・物質工学専攻，電気通信大学大学院先進理工学専攻
e-mail: kako@e-one.uec.ac.jp

【序】ケイ素原子を主鎖とするオリゴマーは紫外光照射により分解してシリレンやシリルラジカルを生成することが知られている。例えば、2,2-ジアリールトリシラン類はシリレンの代表的な前駆体として用いられている。この化合物は低圧水銀灯を用いた光照射により分解するが、より長波長の光を用いることが出来ればより有用となる。今回、シリレン前駆体の光反応性と反応効率の向上を目的としてオリゴシラニル基、スタニル基を置換したアリールシラン 1-5 の光反応を検討した。 これらは Si-Si 結合間のσ共役の拡張やアリール基のπ軌道との相互作用、Si-Sn 結合の開裂の容易さにより光反応性の向上が期待される。あわせて対応するゲルミレン前駆体についても同様にオリゴシラニル置換体 7，8 を合成し、これらの光反応性を検討した。

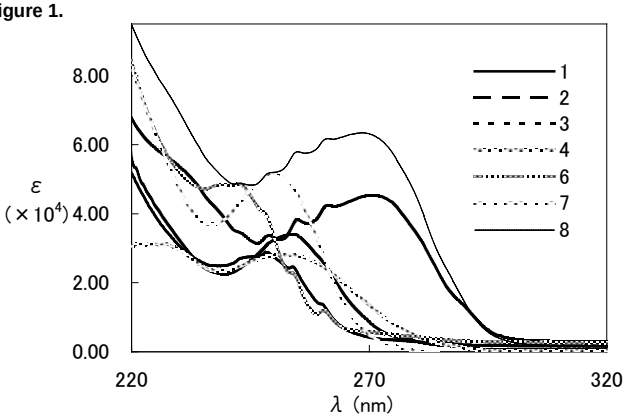


1 : M = Si, n = 1　**6** : M = Ge, n = 1
2 : M = Si, n = 2　**7** : M = Ge, n = 2
3 : M = Si, n = 3　**8** : M = Ge, n = 3

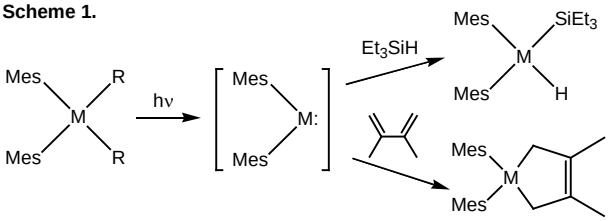
4　**5**

【実験結果と考察】UV スペクトルの比較により、化合物 2，3，4，7，8 はそれぞれ 1，6 を基準として、芳香環の増加やケイ素主鎖の拡張に従って、吸収極大波長が長波長側にシフトすることを確認した。(Figure 1) この結果はそれぞれの化合物のモデル分子について密度汎関数法計算 (TD-B3LYP/6-31+G(d,p)/B3LYP/6-31G(d)) を行った結果からも支持された。次に、シリレン捕捉剤共存下で化合物 1-5 の紫外光照射による光反応を行ったところ、いずれの化合物も 1 と比較して光反応性が向上することがわかった。特に、3，5 は波長 300 nm 以上の励起光に対しても反応活性を示し、シリレンの生成も確認できた。また、1-3 についてはシリレン捕捉体などの生成物の分析により選択的にジメシチルシリレン部位の脱離が起こることが確認された。しかし、4 を前駆体としたシリレン捕捉体の収率は低く、1,3-シリル転位などの副反応が同時に進行していることが考えられる。一方、ゲルミレン前駆体 7，8 についても同様に光反応を行ったところ 6 と比べて光反応性の向上が見られた。これらの結果の詳細について報告する予定である。

Figure 1.



Scheme 1.



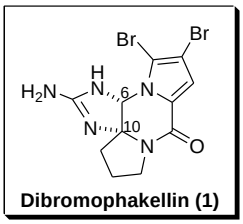
参考文献

1) R. West, *J. Organomet. Chem.*, **1986**, *300*, 327. 2) R. D. Miler, J. Michl, *Chem. Rev.*, **1989**, *89*, 1359. 3) A. Watanabe, *J. Organomet. Chem.*, **2003**, *685*, 122. 4) H. Tsuji, J. Michl, K. Tamao, *J. Organomet. Chem.*, **2003**, *685*, 9.

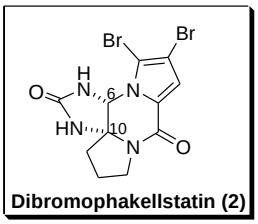
ピロールイミダゾール系化合物の合成

今岡 拓哉[1], 秋元 隆文[1], 岩本 理[1], 長澤 和夫[1]
[1]東京農工大学大学院 生命工学専攻
e-mail: knaga@cc.tuat.ac.jp

はじめに



Dibromophakellin (1)



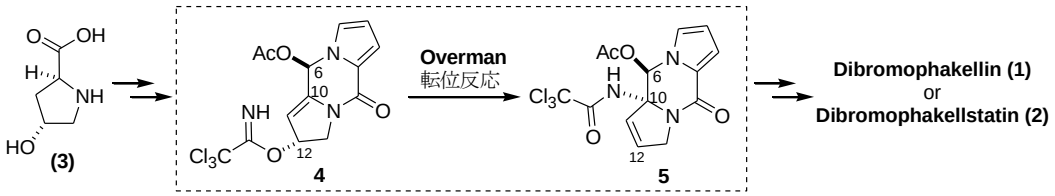
Dibromophakellstatin (2)

天然には強力な生理活性を有する低分子化合物が数多く存在する。それらはその特徴的な構造のみならず、魅力的な生理活性を有することも多いため創薬リードとして注目されており、これまでに世界中でその合成が活発に行われてきた。近年では陸上から得られる天然物は調査されつくしていると考えられているが、その一方で、地球上の大部分を占める海からは現在においても次々と新規天然物が単離されているため、海産天然物は注目を集めている。しかしそれらは天然から微量しか得られないため、生理活性を十分に調査するための量を確保することが困難である。そのため海産天然物の人工合成による天然物の量的供給が望まれている。我々はそれら海産天然物の中でも、Dibromophakellin (**1**)、及び Dibromophakellstatin (**2**)を始めとするピロールイミダゾール系化合物に注目し、合成を行った。

Dibromophakellin、および Dibromophakellstatin の合成

Dibromophakellin (**1**)、及び Dibromophakellstatin (**2**) はそれぞれ海綿から単離された海産天然物である[1,2]。いずれも低分子ながら多くの窒素原子を含み、高度に官能基化された複雑な構造を有しており、合成ターゲットとして近年注目されている天然物である。これらの天然物の骨格において最も特徴的な構造は C6 位-C10 位の連続する *N,N*-アミナール構造である。*N,N*-アミナール構造の立体選択的な構築は有機合成化学的に非常に難しく、この構造をいかに構築するかが合成におけるポイントとなる。

本研究ではヒドロキシプロリン(**3**)より導いた **4** に対して分子内の転位反応（Overman 転位反応）を行うことで C10 位 *N,N*-アミナール構造の立体選択的な構築に成功し、目的の **5** を得ることができた。Overman 転位反応を用いた *N,N*-アミナール構造の立体選択的構築はこれまでに報告がなく、本例が世界で初めての例である。続いて、得られた **5** から数工程を経ることで目的の Dibromophakellin (**1**)、及び Dibromophakellstatin (**2**)をそれぞれ合成することに成功した[3,4]。



参考文献

1. Pettit, G. R.; McNulty, J.; 9Herald, D. L.; Doubek, D. L.; Chapuis, J.-C.; Schmidt, J. M.; Tackett, L. P.; Boyd, M. R. *J. Nat. Prod*. **1997**, *60*, 180-184.

2. P. R. Burkholder, G. M. Sharma, *Lloydia* **1969**, *32*, 466-483

3. T. Imaoka, O. Iwamoto, K. Noguchi, K. Nagasawa, Angew. Chem., Int. Ed. **2009**, *48*, 3799-3801.

4. T. Imaoka, T. Akimoto, O. Iwamoto, K. Nagasawa, *Chem. Asian J.* **2010**, *5*, 1810-1816.

AFM-QCM によるグラファイトの摩擦力測定

井上 大輔[1]，細見 斉子[2]，谷口 淳子[2]，鈴木 勝[2]，石川 誠[3]，三浦 浩治[3]
[1]電気通信大学量子･物質工学専攻，[2]同先進理工学専攻，[3]愛知教育大学物理領域
e-mail:dinoue@phys.uec.ac.jp

1. はじめに

摩擦現象は我々の日々の生活に馴染み深いものであり古くは中世から研究がなされてきた．近年，技術の発達や新しい実験手法によりマイクロやナノといった微細なスケールの摩擦の研究が可能となった．摩擦現象を理解するにあたりエネルギー散逸過程は重要な問題の一つである．我々はエネルギー散逸として摩擦力を測定し広い温度域で動作可能な新規摩擦力顕微鏡を開発した．この顕微鏡は荷重を測定する原子間力顕微鏡 (AFM) と水晶マイクロバランス (QCM) を組み合わせたもので，水晶振動子の周波数と Q 値の変化から試料にかかる応力やエネルギー散逸を測定することができる．[1]

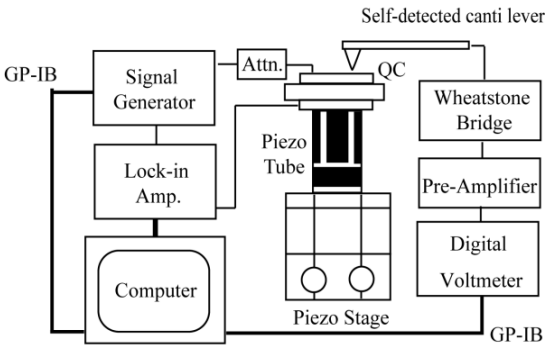


図 1. AFM-QCM の装置構成.

2. グラファイトの摩擦力測定

図 2 にグラファイト試料における荷重 N およびエネルギー散逸 ΔQ^{-1} の試料位置依存性を様々な基板振幅で測定した結果を示した．フォースディスタンスカーブでは試料とカンチレバーの接触と引き離しの際にジャンプインやジャンプアウトが観測された．エネルギー散逸は基板振幅 0.43 nm で最大となり，その振幅を境に傾向が変化していることからエネルギー散逸に関わる何らかの典型的な長さが存在していると考えられる．

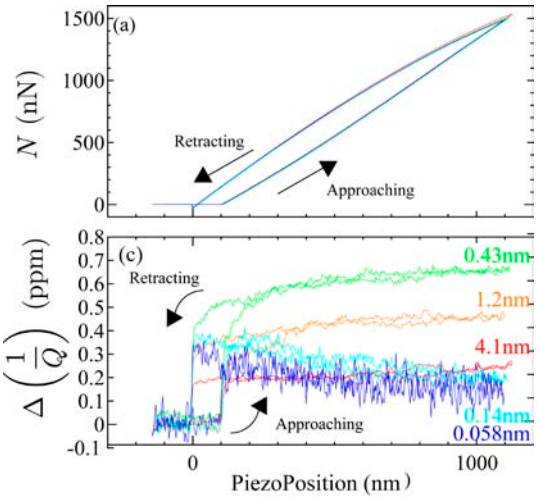


図 2. Si_3N_4 短針とグラファイトにおける荷重およびエネルギー散逸の試料位置依存性.

参考文献

1. B. Borovsky, J. Krim, S. A. Syed Asif, and K. J. Wahl, *J. Appl. Phys.* **90**, 6391 (2001).

マイクロ流体デバイスによる
細胞のサイズ分画プロセッシング

富名腰敬[1]，Panpim Lohachala[3]，株本憲一郎[1]，
秋山佳丈[1]，星野隆行[1]，森島圭祐[1,2]
[1]東京農工大学大学院生物システム応用科学府，[2]東京農工大学機械工学システム工学科
[3] Chulalongkorn University (Thailand)
50010701207@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

生体組織に含まれる造血幹細胞や組織幹細胞は、高い再生能力を持つため、生体外での再生組織の材料として利用でき、再生医療への実用化が大きく期待されている．しかしながら、生体中存在する幹細胞は極めて少なく、組織形成に必要な多くの細胞数を調製することが大きな課題となっている．本研究では、組織中に含まれる組織幹細胞を分離することを目的とし、その分離原理として細胞種固有の細胞サイズの違いに着目した．これまでに組織幹細胞が分化後の細胞群に比べ小さい傾向であることが報告されており、数ミクロンの精度のサイズ分画操作（プロセッシング）ができれば、目的とする組織幹細胞を濃縮できるのではないかと考えた．

2　方法

微少量かつ短時間での分離操作を可能とする水力学的分画機能を有するマイクロ流体デバイスを作製し、筋組織の細胞集団から組織幹細胞を分画することを試みた．この分画原理は 2007 年に山田らが提案したもので、バルブや送液制御が単純な機構で作動し、数ミクロンから数十ミクロンに至るまで任意の分画サイズを設定できるなどの特徴を持つ[1]．今回，山田らと同様のマイクロ流体デバイスを作製し、ラット新生児から採取した筋組織の細胞集団のサイズ分画操作を試みた．細胞サイズは顕微鏡写真から算出し、また、各分画集団は培養を継続し、筋組織分化過程を観察した．

3　結果と考察

分画後の細胞集団は、それぞれ 15, 20, 36, 37 μm の平均サイズであり、サイズに依存した分画を調製できることを確認した．また、分画後 7 日目では、15 μm 程度の小さい集団においてのみ、チューブ状の筋組織（Myotube）が多く形成されていることが観察され、さらに 18 日後では、筋組織特有の筋収縮運動活性が発現した．これらの結果から、細胞のサイズ分画操作によって組織再生能力の高い筋幹細胞を濃縮できる可能を見出した．

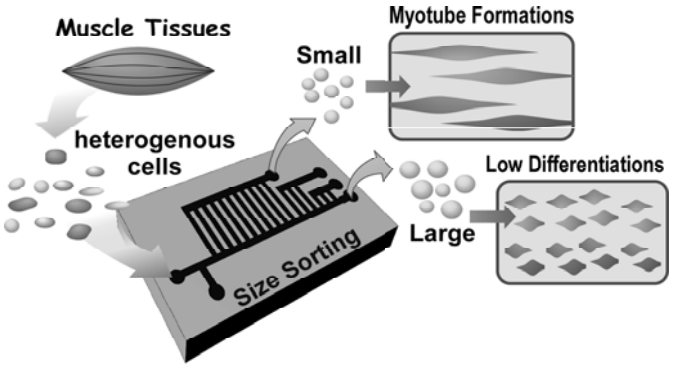


Fig. 1 本研究の概略図
筋組織を分散し、その細胞集団をサイズ毎に分画し、細胞サイズと筋組織形成の相関について検討した．

参考文献
1. M. Yamada, *et al.*, Biomed Microdevices, 9, 637-645, 2007

超低密度 InAs 量子ドットの自己形成制御

柳澤 拓弥，小川 良秀，山口 浩一
電気通信大学大学院　先進理工学専攻
e-mail: yanagi@crystal.ee.uec.ac.jp

はじめに　低密度量子ドット(QD)の形成技術の開発は、量子情報通信における単一光子発生器などのデバイス応用において重要であり、また単一量子ドットの物性評価の観点においても必要とされている。本研究では、MBEによるGaAs(001)上へのInAs QDのSK成長において、断続的なInAs成長とAs雰囲気下での成長中断を交互に繰り返す断続供給法を導入し、超低密度InAs QDの自己形成制御を試みており、最近、高速電子線回折(RHEED)の鏡面反射ビーム強度変化の解析により、InAs QD密度 10^6～10^9 cm^{-2} の低密度制御の実現に成功した[1,2]。本シンポジウムでは、本断続供給法による超低密度InAs QDの作製方法と顕微フォトルミネッセンス(PL)測定による単一QDからの発光特性について報告する。

実験 GaAs(001)上に基板温度 500 ℃、低As圧・低成長速度(0.018 ML/s)のMBE成長条件において、2 回のIn断続供給(InAs 0.8 ML + 1.0 ML)により 2D-3D臨界膜厚直前まで成長し、その後 0.35 MLのInAs断続成長と 3 分間の成長中断(As雰囲気下)を交互に繰り返した。成長中はRHEED鏡面反射ビーム強度を観測し、InAs QD密度の精密な制御を行った。その後GaAsキャップ層を 460℃にて成長し、顕微PLによる単一InAs QDの発光特性評価を行った。

結果・考察 Fig.1 は、断続供給法により作製した低密度(2.4×10^6 cm^{-2})InAs QDの一個のQDのAFM像である。Fig.2 には、同手法にて作製した低密度InAs QDサンプルの中のサイズの異なる 2 種類の単一QDからのPLスペクトルの温度依存性を示す。65 Kにてピークエネルギー1.133 eV と 1.136 eVにそれぞれ単一QDからのPLスペクトルを観測（半値幅約 0.6 meV, 0.4 meV）した。Fig.3 には、単一InAs QDからのPL半値幅の温度依存性を示す。温度上昇とともに半値幅は指数関数的に増大しており、LOフォノンによる均一幅のブロードニングを示しているものと考えられる。

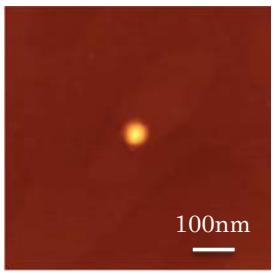


Fig 1. AFM image of low-density InAs ODs ($2.4\times10^6 cm^{-2}$).

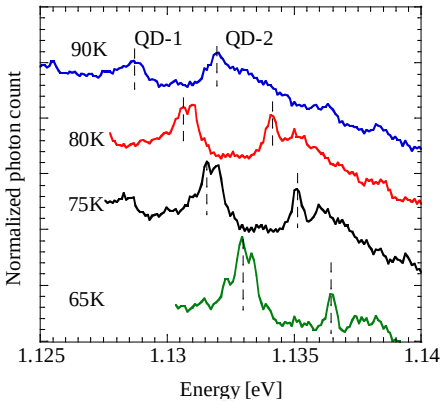


Fig 2. PL spectra of a single InAs QD at 65K – 90 K.

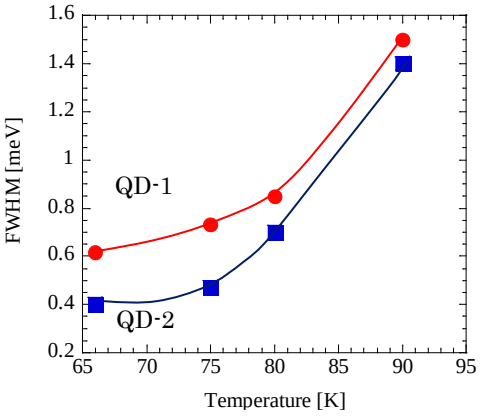


Fig 3. PL FWHM of two different single InAs-QDs as a function of temperature. Solid lines are calculated results.

参考文献

1. 小川良秀，柳澤拓弥，山口浩一, 2010 年秋季応用物理学会予稿,15p-ZV-3, 15-068. .
2. T. Yanagisawa, Y. Ogawa, K. Yamaguchi, 37th Int. Symp. on Compound Semiconductors, MoP11, p.13

２次元フォトセンサアレイの血球細胞解析への応用

須永 吉彦[1]，田中 剛[1，2]，松永 是[2]
[1]東京農工大学大学院共同先進健康科学専攻，[2]東京農工大学大学院生命工学専攻
e-mail:50010702105@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

当研究室では、細胞集団を２次元フォトセンサアレイ上に展開し、個々の細胞情報を同時並列的に取得する細胞解析技術の開発を行ってきた[1,4]。本技術の特徴は、２次元フォトセンサアレイ表面に直接細胞を配置することで細胞からの高効率な光シグナル取得を実現している点にある。通常の光学検出手法ではレンズを用いて集光するのに対し、本手法では集光のためのレンズを用いない。これより、フォトセンサアレイ上に配置された全細胞情報を走査することなく一括で取得可能となるとともに、細胞解析システム全体の小型・低価格化が可能になる。本研究では、２次フォトセンサアレイを搭載したマイクロ流体デバイスを構築し、細胞表面抗原マーカーに基づく特異的白血球検出の実証実験を行った。

2　方法

２次元フォトセンサアレイとして、200 × 240 素子からなる薄膜トランジスタフォトセンサ(TFT) フォトセンサを用いた[1-3]。フォトリソグラフィー技術によりマイクロパーティション構造を構築したフォトセンサと、Polydimethylsiloxane 製のマイクロチャンバーを及び Polymethylmethacrylate 製のクランプを組み合わせることで、オンチップ型血球細胞検出用マイクロ流体デバイスを構築した。このマイクロ流体デバイスを用いて細胞捕捉から検出までのプロセスの実証実験を行った。シリンジポンプを用いてマウス由来抗 CD8 抗体及び HRP 標識抗マウス IgG 抗体により染色した JM 細胞を導入した。次に、発光基質（SuperSignal ELISA Femto Maximum Sensitivity Substrate, PIERCE）の導入を開始し、これと同時に TFT フォトセンサを用いた発光シグナル強度計測を開始した。計測は 30 秒ごとに行い、流路内で化学発光が生じる様子をモニタリングした。また、蛍光顕微鏡観察により得られた細胞位置情報に基づき、捕捉された細胞の存在するピクセルにおける発光シグナル強度分布の推移も調べた。

3　結果及び考察

マイクロ流体デバイスに搭載した TFT フォトセンサを用いて、$CD8^+$である JM 細胞の化学発光検出を試みた。抗体染色により HRP 標識された JM 細胞をマイクロ流体デバイス内に導入後、発光基質の導入を開始した。基質導入開始から 30 秒ごとに発光シグナル強度計測を行ったところ、基質が流路内に拡散していくにつれて化学発光が生じていく様子を確認することができた。顕微鏡観察の結果、これらの白色ピクセルが HRP 標識 JM 細胞に由来することが確認された。そこで、捕捉された細胞が存在するピクセルにおける発光シグナル強度分布の推移を調べたところ、時間の経過とともにシグナル強度の高いピクセルが増加していることが確認された。

以上より、TFT フォトセンサを用いた特異的な細胞検出が可能であることが示された。また、シグナル強度の経時変化を取得可能であることが示された。

参考文献

1. T. Tanaka, Y. Sunaga, K. Hatakeyama, T. Matsunaga, *Lab Chip.*, in press (2010)
2. T. Tanaka, K. Hatakeyama, M. Sawaguchi, A. Iwadate, Y. Mizutani, K. Sasaki, N. Tateishi, H. Takeyama, T. Matsunaga, *Biotechnol Bioeng.*, 95, 22-8 (2006)
3. K. Hatakeyama, T. Tanaka, M. Sawaguchi, A. Iwadate, Y. Mizutani, K. Sasaki, N. Tateishi, T. Matsunaga, *Lab Chip.*, 9, 1052-8 (2009).
4. T. Tanaka, T. Saeki, Y. Sunaga, T. Matsunaga, *Biosens Bioelectron.*, in press (2010)

その場化学エッチングによる GaAs 上 InAs ドットの低密度化

今西　弘，小泉 淳，内田　和男，野﨑　眞次
電気通信大学　大学院情報理工学研究科　先進理工学専攻
e-mail:imanishi@w3-4f5f.ee.uec.ac.jp

1　はじめに

低密度に作製された半導体量子ドットは、量子暗号通信用の単一光子源などへの利用が期待されている[1]。本研究では $CBrCl_3$ でエッチングおこない InAs ドットの低密度化を試みた。

2　実験

試料は半絶縁性 GaAs 基板上に有機金属気相エピタキシー法（MOVPE）で作製した。成長温度 640 ℃で GaAs バッファ層を成長した後、成長温度 460 ℃で InAs を 5 秒間成長した。その後、AsH_3 雰囲気中で $CBrCl_3$ を供給し、その場エッチングを 10 秒間おこなった。作製した試料は、PL および、AFM により評価した。

3　結果

Fig. 1 に 460 ℃で成長した InAs ドットを異なる供給量の $CBrCl_3$ でエッチングした試料の AFM 像を示す。InAs ドット密度は、$CBrCl_3$ 供給量の増加とともに減少していることがわかる。エッチングをおこなわなかった試料（Fig. 1(a)）では、InAs ドットの密度は 6.4×10^9 cm^{-2} であるのに対して、$CBrCl_3$ の供給量 4.4, 8.8, 13.2, 22.0 μmol/min の InAs ドット密度は、それぞれ 2.0×10^9, 7.9×10^8, 7×10^7, 2×10^6 cm^{-2} 以下であり、3 桁減少させることができた。Fig. 2 に $CBrCl_3$ の供給量毎の InAs ドット高さのヒストグラムを示す。$CBrCl_3$ 供給量の増加により、高さの低いドットをエッチングで効率よく減少することがわかった。また、$CBrCl_3$ の供給量毎の InAs ドット底面直径のヒストグラムから、$CBrCl_3$ 供給量が増加しても底面直径分布の広がりの変化は少ないことがわかった。以上より、高さの低い InAs ドットが減少したため、InAs ドットの密度が低下したと考えられる。

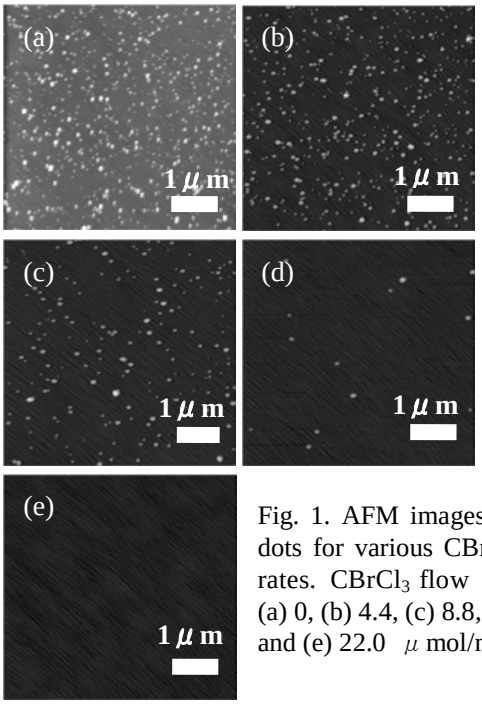


Fig. 1. AFM images of InAs dots for various $CBrCl_3$ flow rates. $CBrCl_3$ flow rates are (a) 0, (b) 4.4, (c) 8.8, (d) 13.2, and (e) 22.0 μmol/min.

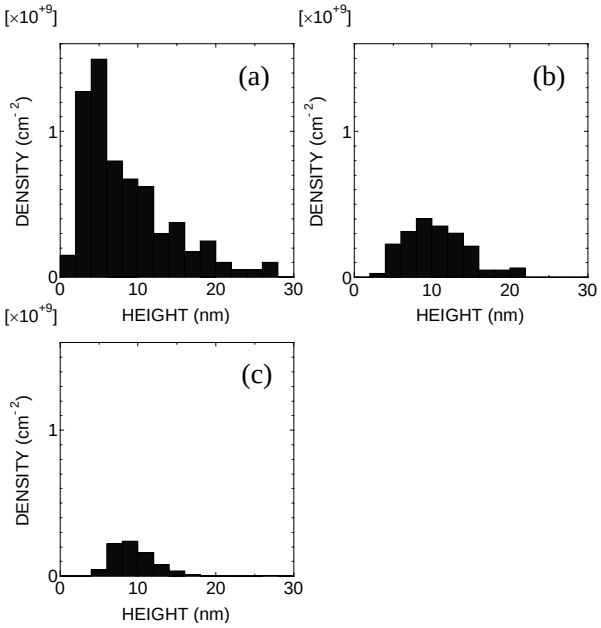


Fig. 2. Height histogram of InAs dots for various $CBrCl_3$ flow rates. $CBrCl_3$ flow rates are (a) 0, (b) 4.4, and (c) 8.8 μmol/min.

参考文献

[1] P. Michler et al., Science **290** (2000) 2282.

LED を用いた極短コヒーレンストモグラフィ法

○生田 夏木，次田 哲也，岩井 俊昭
東京農工大学 生物システム応用科学府
e-mail:tiwai@cc.tuat.ac.jp

1　はじめに

光コヒーレンストモグラフィ(OCT)とは，光源の低コヒーレンス性を利用して，主に生体組織の断層像を非接触・非破壊で計測する方法である．本手法における深さ方向の分解能は，光源の中心波長の 2 乗に比例し波長帯域幅に反比例する．このため，分解能の向上には光源の短波長化と広帯域化が有効である．そこで我々は短波長かつ広帯域である LED 光源を使用した OCT 計測を試みた．しかし，LED 光源の空間コヒーレンスが低いため，曲率を持つような構造の OCT 断層像の横方向の連続性が損なわれる問題が生じた．本研究では，LED 光源と空間コヒーレンスの関係を調べ，LED を用いた極短コヒーレンス OCT における断層画像の画質向上を目指す．

2　空間コヒーレンス

空間コヒーレンスは使用光源の出射端における光強度分布のフーリエ変換で表わされる．フーリエ変換の性質より，空間コヒーレンスは光源出射端が狭いほど，また平均波長が長いほど向上する．従来の光源と比較して，広開口かつ短波長である LED 光源では，著しく空間コヒーレンスが低下する．このことが，OCT 計測において試料傾斜部分の断層像の画質の劣化をまねく．すなわち，試料の凹凸を計測することが困難になる．

3　実験と考察

Fig.1 に，セロリの OCT 断層像を示す．LED 光源を使用することによって生じる問題を解決するために, OCT 光学系に傾斜ステージを組み込み, 試料に任意の傾斜をつけた計測を可能にした．画像は 0°から 2°まで一度刻みで計測したものと，これらを合成した画像である．画像は平均処理を行っておらず，一度の計測で得られたものである．画像右上部には，位置特定のためのカバーガラスによる断層像が確認できる．画像中央付近には，表面から深さ方向 200μm 程度にわたってセロリ表層付近の構造を計測できている．干渉信号が取得できている領域が画像毎に異なるために，傾きを変化させることで，横方向に不連続な領域を他の画像で補完する．すなわち，物体の傾斜角を変化させながら取得した画像を合成することで，LED 光源使用によって発生した横方向の不連続性は解消される．これにより，極短コヒーレンス OCT 計測における高解像化，高機能化が実現可能となった．

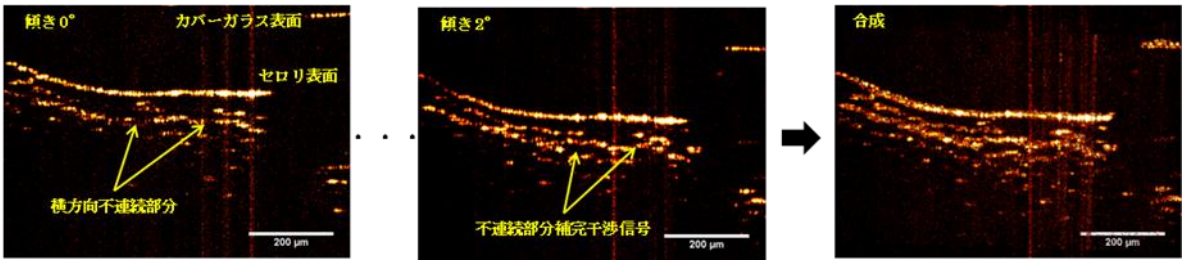


Fig.1 各傾きにおけるセロリ OCT 断層像

加熱蒸発法によるユウロピウムを添加した酸化スズ微細結晶の作製

角田 光晴, 香月 大祉, 村瀬 功一, 川端 圭輔, 奥野 剛史
電気通信大学大学院 先進理工学専攻
e-mail:k1033025@edu.cc.uec.ac.jp

1 はじめに

酸化物半導体は大きな禁制帯幅を有することから新たな発光材料として盛んに研究が行われている。そして、希土類イオン等の発光中心を添加することにより新たな光機能を付加する母体材料としても期待されている。しかしながら、発光中心を母体内部に一様に添加すること、およびそのことの確認は容易ではない。本研究では、母体酸化物として酸化スズを選び、加熱蒸発法を用いることでユウロピウム(Eu)を添加した酸化スズ微細結晶を作製することに成功した。

2 実験と結果

硝酸ユウロピウムをSi基板上にペーストした近傍にて、減圧雰囲気下でSn粉末を1100℃で加熱することにより試料作製した。Snあるいは Eu の液滴を核として SnO_2:Eu 微細結晶が成長した。図1の挿入図に走査型電子顕微鏡像を示す。直径 50～100nm、長さ 10μm 程度の紐状の形状である。粉末 X 線回折ではSnO_2の回折線がみられ、Eu関連物質の回折は検出されなかった。図1に発光(実線)およびその励起スペクトル(点線)を示す。Eu の $4f^6$ 内殻遷移の発光が 585nm ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$) および 609nm ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$) にみられる。通常の Eu の発光では $^7F_2$ への遷移(609nm)が強いが、いまの場合は $^7F_1$ への遷移(585nm)が強い。これは Eu が SnO_2 の Sn を置換して導入されて C_2 の対称性になったことを示すものである。そしてその励起は、360nmから短波長側で生じている。これはSnO_2母体の吸収に対応しており、母体からユウロピウムが効率的に励起されていることがわかる。図2には、パルス光で励起した際の発光スペクトルの時間経過を示す。励起後 1μs までの発光を測定した場合は、609nm の発光の方が強くなっており、試料にごく少量の Eu が SnO_2 に導入されていないことを示唆している。しかし励起後 100μs までの発光を測定したものは図1と同様 585nm の発光が強く、ほとんどの Eu が SnO_2 に導入されていることがわかる。

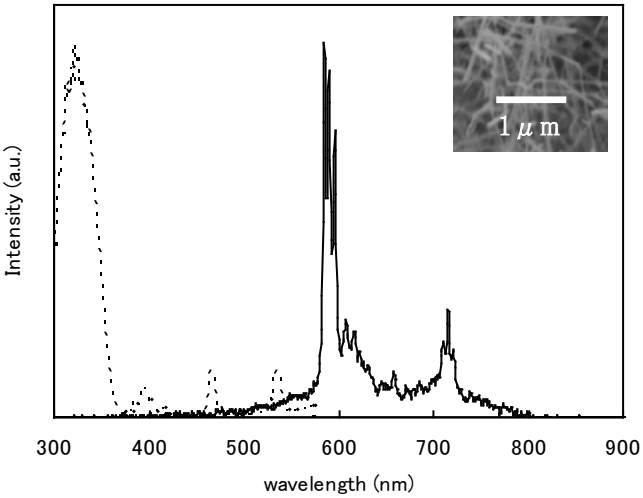


図 1 SnO_2:Eu における発光(実線)およびその励起(点線)スペクトル

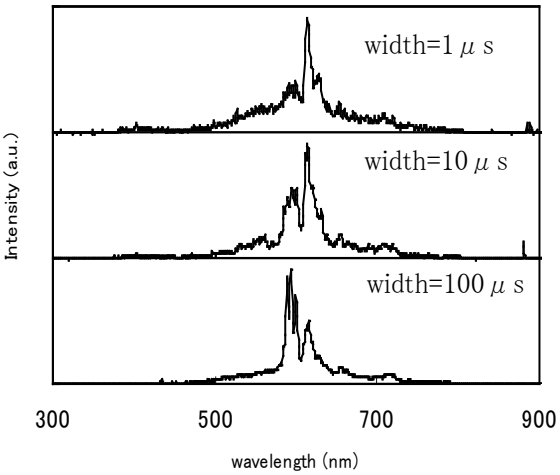


図 2 SnO_2:Eu における発光スペクトルの時間経過

sp^3 Carbon-Hydrogen Bond Cleavage Reaction in 5-Coordinate (2,6-Dimethylbenzenethiolato)- and (2,6-Dimethylphenoxo)-ruthenium(II) Complexes

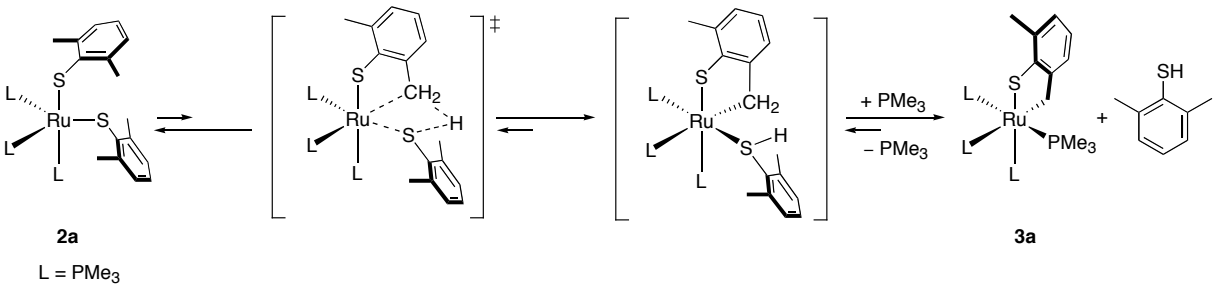
Yasuto Yanagisawa, Sayaka Togashi, Muneaki Ito, Nobuyuki Komine, Masafumi Hirano, Sanshiro Komiya

Department of Applied Chemistry ,Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology,

e-mail: 50010642133@st.tuat.ac.jp

C–H bond cleavage reactions by transition metal complexes attract concurrent attention because of their potential utilization to direct molecular transformation. In spite of pioneering studies, the detailed mechanism of the C–H bond cleavage step in high-valent metal species is still largely unclear. Herein we disclose facile sp^3 C–H bond cleavage reactions in 5-coordinate (2,6-dimethylbenzenethiolato)- or (2,6-dimethylphenoxo)ruthenium(II) complexes.[1]

A series of 5-coordinate Ru(II) compounds $Ru(SC_6H_3Me_2\text{-}2,6\text{-}\kappa^1S)_2(PMe_3)_3$ (**1a**), $Ru(SC_6H_3Me_2\text{-}2,6\text{-}\kappa^1S)_2(TRIPHOS\text{-}\kappa^3P,P',P'')$ (**1b**), $Ru(SC_6H_3Me_2\text{-}2,6\text{-}\kappa^1S)_2(TDPME\text{-}\kappa^3P,P',P'')$ (**1c**) and $Ru(OC_6H_3Me_2\text{-}2,6\text{-}\kappa^1S)_2(PMe_3)_3$ (**2a**) were newly prepared. Treatments of **1a** and **2a** with PMe_3 quantitatively produced $Ru[YC_6H_3(2\text{-}CH_2)(6\text{-}Me)\text{-}\kappa^2S,C](PMe_3)_4$ [Y = S (**3a**), O (**4a**)] at room temperature within 20 min. On the other hand, the reaction of **1b** with PMe_3 required heating at 50 ˚C to give corresponding thiaruthenacycle **3b** in 70% yield. Treatment of **1c** with PMe_3 resulted in the formation of **3a** by the successive ligand displacement reaction. Conversion of **1a** into **3a** obeys first-order kinetics and independent from the concentration of PMe_3, suggesting the C–H bond cleavage reaction to be the rate determining step. Concerted mechanism for the present sp^3 C–H bond cleavage reaction in Ru(II) is proposed by the kinetics.



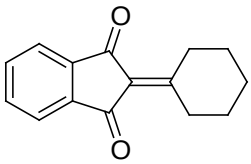
References

1. (a) M. Hirano, S. Togashi, M. Ito, Y. Sakaguchi, N. Komine, and S. Komiya, *Organometallics*, **29**, 3146 (2010). (b) M. Hirano, I. B. Izhab, N. Kurata, K. Koizumi, N. Komine, and S. Komiya, *Dalton Trans*, 3207 (2009).

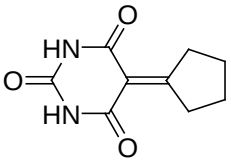
ジケトエチレン骨格をもつ
フォトクロミック物質の光誘起磁性

井田 由美，石田 尚行
電気通信大学大学院　先進理工学専攻
e-mail : ida@ttf.pc.uec.ac.jp

【序】　フォトクロミズムとは、光照射により分子量が変わらず、構造や色が変化することである。フォトクロミック物質の中には、光照射することでラジカルが発生し、磁気的性質が変化するものがある。最近開発されたインダンジオン誘導体 [1] は、紫外・可視光照射によりγ水素引き抜きが起こり、ラジカルが発生する。ラジカルの可視吸収がフォトクロミズムを示す原因と考えられている。本研究は、フォトクロミズムを示す要因となると予想されるジケトエチレン骨格をもつ新規フォトクロミック物質を合成開発することと、SQUID 磁束計を用いて光誘起されたスピンを定量することを目的とする。



1



2

【結果】　スピン定量を行うために、既知化合物である **1** [1] のフォトクロミズムから検討を開始し、光誘起磁性の追試を行った。石英ガラス製の光ガイドを SQUID プローブ内に導入して、光源としてキセノンランプを用いた。４K において粉末試料に光照射して、消灯した後に磁化および磁化率を測定した。**1** は、固相において光照射により無色からオレンジ色に変色することを認め、光照射 150 分で約 50%ラジカル化していることがわかった。この系では、光照射後に ESR によって常磁性種の発生は既に明らかにされていたが [1]、スピン定量を行ったのは本研究がはじめてである。

新規化合物である **2** は、バルビツール酸とシクロペンタノンを用いてマイクロ波照射により合成を行い、エタノールとヘキサンに難溶の無色結晶（48%, mp. 251℃（dec.））として得た。**2** のスピン定量を行うにあたって、ESR 測定を行った。**1** における手法と同様に ESR 管内に光ガイドを導入し、光源に UV ランプを用いた。室温において粉末試料に 4 時間光照射し測定した。色の変化は確認できなかったが、常磁性種のシグナルを確認することができた。引き続き、SQUID による磁気測定を行う予定である。

参考文献

1　中井祐樹, 横山将史, 田中耕一, PB-083,　第 89 日化春季年会(2009)。関根あき子, 唐金裕次, 植草秀裕, 中井祐樹, 横山将史, 田中耕一, E4-29,　第 89 日化春季年会(2009)。

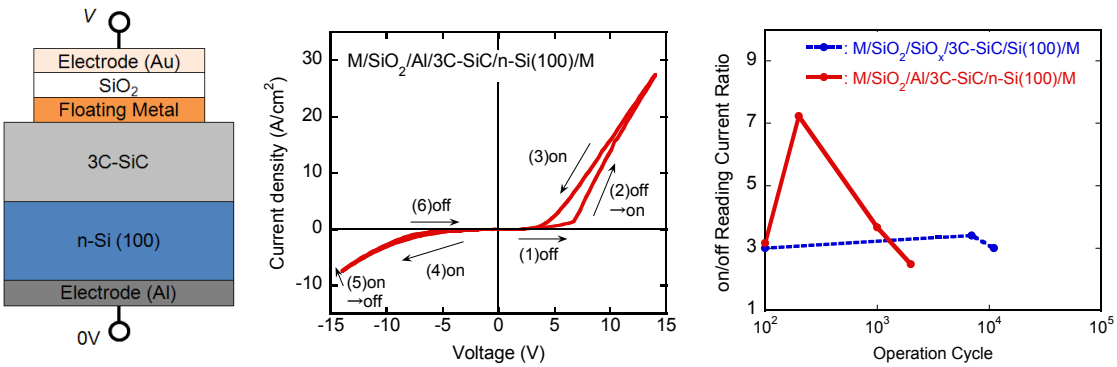
Two-Terminal Nonvolatile Resistive Memory Having Floating Metal

Akinari Nomura, Keishi Iwasaki, Yoshiyuki Suda
Department of Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology
e-mail: sudayos@cc.tuat.ac.jp

Recently, we have found a memory function in a metal(M)/SiO_2/SiO_x/3C-SiC/n-Si(001)/M MIS-structured diode that can be formed by thermal oxidation of 3C-SiC which is epitaxially grown on a n-Si(001) substrate [1]. The SiO_2/SiO_x layers are formed by two-stage oxidation of 3C-SiC at 1200 and then 1000 °C [2]. In this work, we have first proposed a two-terminal resistive memory having a structure of M/SiO_2/floating-metal/3C-SiC/n-Si(001)/M where the previous SiO_x electron-capture layer is exchanged for a floating metal. In Fig. 1. (a), we show the layer structure of our proposed M/SiO_2/floating-metal/3C-SiC/n-Si/M memory. The 3C-SiC layers were formed on 24-36 Ω-cm n-type Si(100) substrates with a chemical vapor deposition (CVD) method. The SiO_2/floating-metal layers were formed by our sputter method [3] at a growth temperature of 400℃. As a floating metal, we have selected Al as an ohmic contact metal for 3C-SiC.

The *I-V* curve is shown in Fig. 1(b). In the figure, the applied voltage cycles are indicated from (1) to (6). We have found that the proposed device functions as a nonvolatile memory. The endurance experimental results are shown in Fig. 1(c). In this figure, the results obtained from our previously reported MIS-type memory are also shown. Typically, the number of rewriting cycles is around 1000 for the memory with floating Al so far. However, the on/off current ratio increases as compared to our previous MIS-type memory as is expected.

We have first proposed a M/SiO_2/floating-metal/3C-SiC/n-Si(001)/M-structured two-terminal resistive nonvolatile memory and succeeded in operating it dynamically using Al as a floating metal. The proposed memory has higher on/off current ratio than our previous MIS-type memory. This memory is expected to be applied as a two terminal nonvolatile RRAM by further structure and process optimization.



(a) (b) (c)

Fig. 1: (a) Structure of M/SiO_2/floating-metal/3C-SiC/n-Si(001)/M, where we used Al as floating metal. (b) *I-V* curve of M/SiO_2/Al/3C-SiC/n-Si(001)/M memory. (c) Endurance experimental results.

References

1. Y. Suda, M. Shouji, and K, Takada, Appl. Phys. Express, **1**, 074101 (2008).
2. M. Shouji, T. Nagashima and Y. Suda,Ext. Abs. 2006 Int. Conf. SSDM (2006) p.290.
3. J. Kubota, A. Hashimoto and Y. Suda, Thin Solid Films, **508**, 203 (2006)

Controlled generation of vortices in generalized Stokes parameters

Rakesh Kumar Singh[1], Dinesh N. Naik[1], Hitoshi Itou[1], Yoko Miyamoto[1] and Mitsuo Takeda[1]

[1]Department of Information and Communication Engineering, University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo, Japan

e-mail: rksingh@ice.uec.ac.jp

Controlled generation of optical vortices or singular field has been subject of considerable interest due to various practical applications and in physical optics. Majority of works on subject are centered for single point vortices such as phase or polarization vortices. Extension of concept to two points has also been carried out in the fluctuating scalar field using coherence function and vortices are called coherence vortices [1]. Existence of such vortices in fluctuating polarizing field has not been investigated so far but their existence can not be denied. We have discussed here possibility to generate vortices in the fluctuating polarizing field using the concept of instantaneous and averaged generalized Stokes parameters. Generalized Stokes parameters are two point extensions of well-known Stokes parameters, and useful in characterization of fluctuating polarized field. It has been found that instantaneous generalized Stokes parameters (IGSPs) contain network of phase singularities which disappear from the generalized Stokes parameters (GSPs) in the averaging process [2].

However, it is possible to insert desired vortices in the GSPs using technique of coherence holography [1] for vectorial regime. Controlled generation of vortices in GSPs is possible noting the fact that GSPs obey wave equation and also physical phenomena such as vectorial van Cittert-Zernike theorem [3]. Vortices in GSPs are generated using the two different incoherently illuminated holograms, and scattered field is detected using interferometric technique with Fourier fringe analysis [4]. IGSPs and GSPs are evaluated using complex field of two orthogonal polarization components and performing space averaging under the stationarity and ergodicity of scattered complex random field which assumes to obey Gaussian statistics. It has been noticed that all four GSPs possesses vortices and results are shown in Fig. 1.

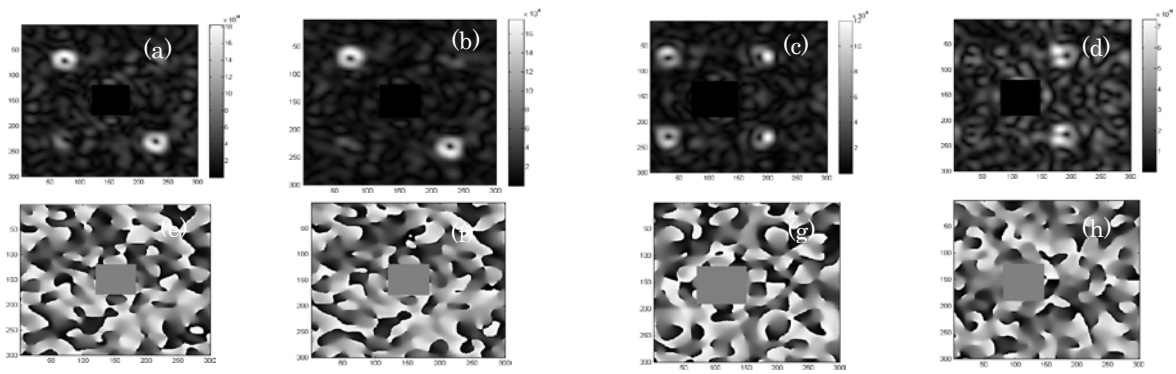


Fig. 1: Amplitude Distribution of GSPs (a) $S_0(\Delta r)$ (b) $S_1(\Delta r)$ (c) $S_2(\Delta r)$ (d) $S_3(\Delta r)$; (e)-(f) their phase distribution

First and second rows represent amplitude and phase distribution of all four GSPs. Position and nature of vortices can be easily controlled using the desired hologram with the help of vectorial van Cittert-Zernike theorem.

References

1. W. Wang, Z. Duan, S. G. Hanson, Y. Miyamoto and M. Takeda, Phys. Rev. Lett. **96**, 073902 (2006)
2. R. K. Singh, D. N. Naik, H. Itou, Y. Miyamoto, and M. Takeda, Proc. SPIE **7782**, 778209 (2010)
3. F. Gori, Opt. Lett. **23**, 241(1998)
4. M. Takeda, H. Ina and S. Kobayashi, J. Opt. Soc. Am. **72**,156 (1982)

Flat Ge and Strained-Si Layers Formed by Sputter Epitaxy for High-Speed Devices

Hiroaki Hanafusa[1], Nobumitsu Hirose[2], Akifumi Kasamatsu[2], Takashi Mimura[2], Toshiaki Matsui[2], Harold M. H. Chong[3], Hiroshi Mizuta[3], and Yoshiyuki Suda[1]

[1]Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, [2]National Institute of Information and Communications Technology, [3]Nano Research Group, School of Electronic and Computer Science, University of Southampton

e-mail:hanafusa@cc.tuat.ac.jp

An enhancement in the performance of large scale integrated circuits (LSI) is based on "Moore's law" which means the miniaturization of transistor dimensions. However, we are now controlling the semiconductor layers of commercial LSI devices on the nanometer scale. To obtain the higher speed, we have introduced another idea to utilize strained-silicon (s-Si) and Ge which exhibit higher mobilities than that of relaxed Si. However, generally, there causes a problem that the surface of s-Si on relaxed SiGe and the surface of Ge on Si are roughened originally due to a lattice mismatch of 4% between Si and Ge (Fig. 1(a)). The roughened surface also causes nonuniform device-performance with the position on the surface.

We have recently obtained flat s-Si and Ge surfaces using our developed sputter epitaxy method [1]. Through nanometer-scale simultaneous measurements of Raman spectroscopy and AFM for s-Si layer on our proposed stepwise quadruple SiGe buffer [2,3], we have demonstrated that the s-Si layer formed by our sputter epitaxy method has a smoother surface with a more uniform strain distribution than that formed by gas source molecular beam epitaxy method (Fig. 1(b)) [4]. We also have applied the sputter method to surfactant mediated growth of Ge on Si. Then we have first found that P functions as a surfactant and the Ge layer formed by our method has a flat and high crystalline surface with the standard deviation of the surface roughness being 0.31 nm (Fig. 1(c)). In this method, P highly and preliminarily doped in Si substrate causes layer-by-layer growth and the Ge layer almost fully relaxes without Ge-Si intermixing, leaving a slight degree of strain. These methods are expected to be further applied to high speed devices. Through these works, our proposed sputter epitaxy method is also promising to next-generation high-performance devices.

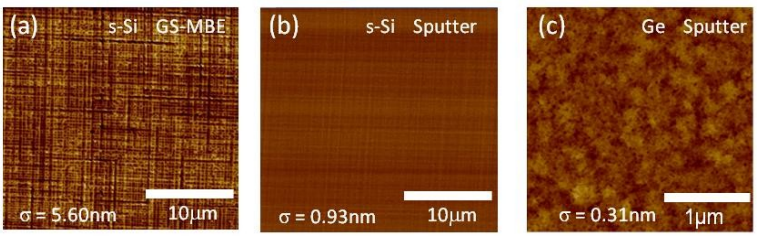


Fig. 1 AFM images of surfaces of strained Si formed by (a) GS-MBE, (b) our proposed sputter epitaxy, and (c) surface of Ge layer.

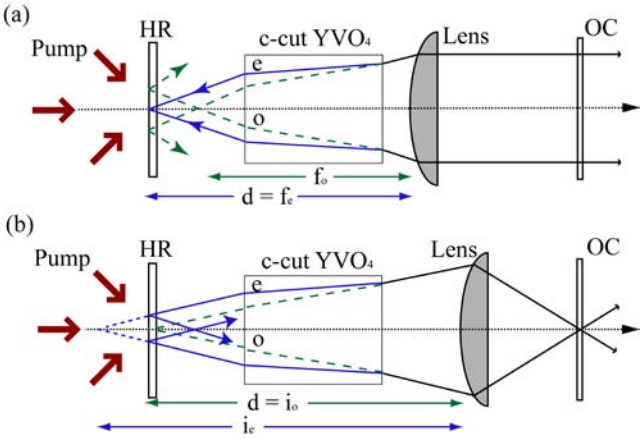
References

1. J. Kubota, A. Hashimoto, and Y. Suda, Thin Solid Films, **508**, 203 (2006).
2. H. Maekawa, Y. Sano, C. Ueno, and Y. Suda, J. Crystal Growth, **301-302**, 1017 (2007).
3. H. Hanafusa, Y. Suda, A. Kasamatsu, N. Hirose, T. Mimura, and T. Matsui, Jpn. J. Appl. Phys., **47**, 3020 (2007) .
4. H. Hanafusa, *et.al.* Ext. Abs. 2010 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (JSAP, Tokyo, 2010) pp185-186.

Selection of radial and azimuthal polarized modes in an Yb:YAG laser using lens and birefringent crystal

Manasadevi P Thirugnanasambandam[1], Yuri V Senatsky[2], Ken-ichi Ueda[1]
[1]Institute for Laser Science, UEC , [2]P.N. Lebedev Physical Institute of the RAS
e-mail: manasa@ils.uec.ac.jp

There is an increasing interest in modes with azimuthal and radial polarization (AP, RP) in lasers; having proved to be potential for various applications [1–6]. Discrimination of a doughnut AP mode near the stability limit of the resonator containing a birefringent crystal was carried out for the first time in a ruby laser /7/. Recently, use of birefringent crystals (c-cut YVO_4, calcite) for selection of AP/RP modes was reproduced in Nd- and Er-lasers /3-5/. In this report, we present a method of AP/RP modes selection using birefringent crystals in Yb:YAG laser which contains an intra-cavity lens.



The experimental scheme consists of a resonator (length L≤120cm) formed by the high-reflection (HR, for λ=1030nm) surface of the plane-parallel Yb:YAG (9.8at.% doped) ceramic plate (9x11x1.5 mm^3) and the plane output coupler (OC) of 98% reflectivity. The plate was end-pumped by a cw fiber-coupled 940 nm laser diode at room temperature. 1-3W pump radiation was focused in the plate to ≈100 μm spot. A birefringent "positive"(c-cut YVO_4) or "negative" (α-BBO) crystal (10x10x10mm^3) with AR coated plane-parallel faces was placed between the active element and a glass lens of focal length f=7.5 or 10 or 20 cm mounted on a micrometer stage at a distance d from HR surface. The c-axis of the birefringent crystal was aligned along the resonator axis. The stability region of a lens resonator is enclosed between "focusing" and "imaging" configurations of the cavity /8/, which are realized while shifting the lens along the resonator axis. The above experimental schemes illustrate tracings of ordinary (o) and extraordinary (e) rays at "focusing", $d=f_e$ (a) and "imaging", $d=i_o$ (b) configurations in the cavity with YVO_4. In scheme shown in (a), for lens positions, $f_o<d<f_e$, the resonator was unstable for (e) rays, i.e. for RP radiation, but it was stable for (o) rays. AP doughnut mode (over 60 mW), beam diameter of 3-4 mm and divergence $\approx 1\times10^{-3}$ radian was observed for this case. Similarly, the scheme shown in (b) generated RP modes. The reversed AP/RP mode composition was found in the laser with intra-cavity α-BBO. Higher order AP/RP modes formation and outputs with a mixture of AP and RP were also observed using the same scheme. Possible applications of the presented laser scheme are discussed.

References

1. V. G. Niziev and A. V. Nesterov, J. Phys.D.:Appl. Phys. 33, 1817 (2000).
2. T.Mozer , M.Ahmed, F.Pigeon, O.Parriaux, E.Wyss, and Th.Graf, Laser Phys. Lett. 1, 234-236 (2004).
3. K.Yonezawa, Yu. Kozawa, and S.Sato, Opt.Lett. 31, 2151 (2006).
4. J-F.Bisson, J.Li, K.Ueda and Yu.Senatsky, Opt.Exp. 14, 3305 (2006).
5. R. Zhou, B. I-Escamilla, J. W. Haus, P. E. Powers, and Q. Zhan, Appl. Phys. Lett. 95, 191111 (2009).
6. Y. Kozawa and S. Sato, JOSA A 27, 399 (2010)
7. D. Pohl, Appl. Phys. Lett. 20, 266 (1972).
8. A.E Siegman, Lasers (University Science Books, Mill Valley, Calif. 1986).

アミノ酸イオン液体/zwitterion 複合体の集合状態の解析

田口　怜美，大野 弘幸
東京農工大学　工学府　生命工学専攻
e-mail:50009641217@st.tuat.ac.jp

緒言

イオン液体は 100 ºC 以下で融解する有機塩のことであり、難揮発性、難燃性、高イオン密度を特徴とすることから、反応溶媒や電解質材料として期待されている。イオン液体中で形成したイオンの集合場は、異方的なイオン伝導場やナノ反応場への応用が可能であると考えられる。しかし、イオン液体中で単なるイオンを集合させることは難しい。そこで本研究では、イオン液体のカチオンとアニオンを共有結合で結んだものである zwitterion をアミノ酸イオン液体中で集合させ、さらに集合状態の詳細な検討を行なった。

実験

ホスホニウム型 zwitterion (sulfobuthyl–tri-n-octylphosphonium betaine : ZI)は四級化反応によって、アミノ酸イオン液体(1-ethyl-3-methylimidazolium leucine : [emim][Leu])は既報[1]に従って作製した。ZI に等モル量の[emim][Leu]を加えることで複合体を作製した、複合体は X 線回折(XRD)測定および偏光顕微鏡観察によって複合体の集合状態の評価を行なった。

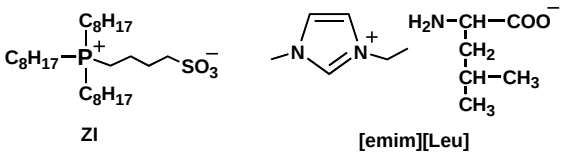


Figure 1 Structure of zwitterion and ionic liquid.

結果および考察

[emim][Leu]/ZI 複合体は室温において白色のゲル状として得られた。偏光顕微鏡観察を行なったところ、malthese cross を有する球晶が観察された。malthese cross は一般的にラメラ構造を有している集合体の液晶や球晶において観察されるため、[emim][Leu]/ZI 複合体もラメラ構造を有する集合体が形成している可能性が考えられる。そこで、XRD 測定を行ったところ、2θ = 5.3, 10.6にピークが観測された(**Figure 2**)。Bragg の式から層間隔 d = 16.6, 8.3 Å が算出された、d の比がラメラ構造に特有な 1 : 1/2 となったことから、ラメラ構造が形成していることが明らかとなった。さらに広角領域では結晶に由来するピークとハローピークが観測された。ハローピークは系中に非晶部位が存在している場合に観測される。よって、[emim][Leu]/ZI 複合体はイオン液体ドメインである非晶部位と ZI の集合体に由来する結晶部位の 2 つの部位からなる層構造を形成していることが明らかとなった。

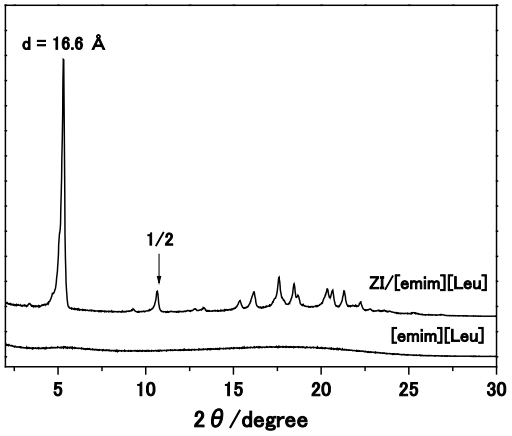


Figure 2 X-ray diffraction pattern of [emim][Leu] and [emim][Leu]/ZI mixture at 25 ˚C.

参考文献
1. K. Fukumoto, M. Yoshizawa, and H. Ohno J. Am. Chem. Soc. **127**, 2398 (2005).

ヨウ素安定化のための高出力低雑音半導体レーザー

宮川 雄[1]，林 宣之[1]，笠井 克幸[2]，張 贇[1]，岡田 佳子[1]，渡辺 昌良[1]
[1]電気通信大学大学院電子工学専攻，[2]情報通信研究機構
e-mail : m0932085@edu.cc.uec.ac.jp

1. はじめに

半導体レーザーは小型で扱いやすく，幅広い波長選択性があり，新しい周波数標準として注目されている．しかし，一般に雑音が大きいために同様の手法で安定化した他種のレーザーより周波数安定度で劣る．本研究では，ヨウ素分子を用いた周波数安定化半導体レーザーのシステムを構築することを目指している．

2. 光フィルタリンングと光フィードバックによる雑音低減実験

ヨウ素安定化で高い安定度を得るために，光フィルタリングと光フィードバックを併用した半導体レーザーの強度雑音・位相雑音の低減実験を行った[1]．実験配置の概略を図1に示す．光源は波長1080 nm，出力150 mWのリトロー型半導体レーザーである．フィルターキャビティーによりフィルタリングされた透過光を，光源にフィードバックすることで高い雑音低減効果を得ている．強度雑音の測定には平衡型ホモダイン測定を用いた[2]. 位相雑音の測定には，分析用の光共振器からの反射光を測定することで位相雑音を強度雑音に変換する方法を用いた[3].

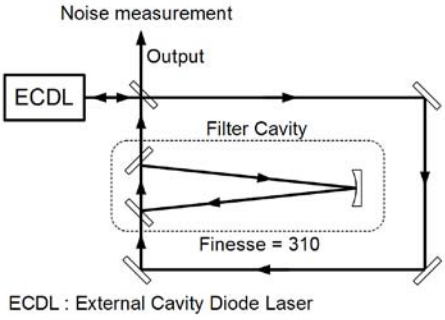


図１　光フィルタリングと光フィードバックによる雑音低減実験の概略図

3. 強度雑音と位相雑音低減の結果

強度雑音の測定結果を図2に，同じく位相雑音を図3に示す．灰色の線が光源の雑音を，黒い線が最も雑音が低減されたときの雑音をそれぞれ示す．フィードバック量が，光源の出力に対して1 %のとき，位相雑音は最大42 dB低減した．また，15 MHz 以上の周波数帯でショットノイズレベルまで低減した．強度雑音は元々ショットノイズに近いため大きな変化は見られなかった．フィードバック量が同じく1 %の時に，最大で5 dB低減し，5 MHz 以上の周波数帯でショットノイズレベルとなった．位相雑音および強度雑音ともにフィードバック量が大きいほど雑音低減効果も大きかったが，約1 %より大きくすると，マルチモード発振を起こしたり不安定な発振となり，かえって雑音を増加させる場合がある．

この実験系からの出力は約60 mWであり，出力光をSHG してヨウ素安定化を行うには十分な出力であった．光増幅器を用いずにこのような高出力を得られることが本研究の利点である．光増幅器による雑音の増大がなく，装置全体も小型化できる．

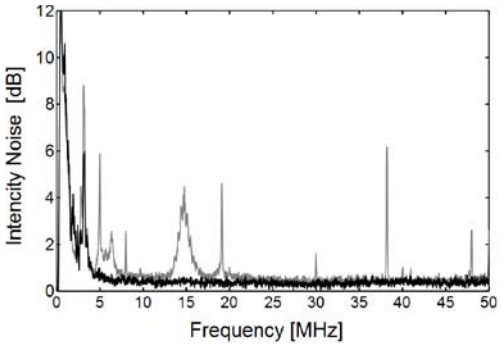


図２　強度雑音の測定結果

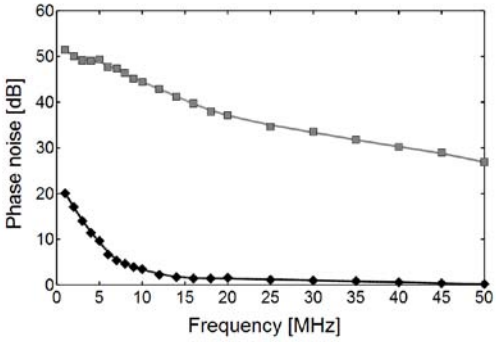


図３　位相雑音の測定結果

参考文献

[1] Y. Zhang, K. Hayasaka, and K. Kasai, Appl. Phys. B **86**, 643 (2007).
[2] H. P. Yuen, Vincent W. S. Chan, Opt. Lett. **8**, 177 (1987).
[3] T. C. Zhang, J. - P. Poizat, P. Grelu, J. F. Roch, P. Grangier, F. Marin, A. Bramati, V. Jost, M. D. Levenson, E. Giacobino, Quantum Semiclassic. Opt. **7**, 601 (1995).

超臨界流体を用いた液中プラズマ反応場の開発

須賀 陽介 [1], Ortrud Aschenbrenner[2], Andrew Cundy[2], Ray Whitby[2], 渡辺 敏行 [1]
[1] 東京農工大学大学院応用化学専攻, [2]University of Brighton
50010894003@st.tuat.ac.jp

緒言

プラズマ材料科学は薄膜プロセスや半導体分野などにおいて必要不可欠な技術である。材料合成プロセスには減圧下および大気圧下の気相中におけるプラズマが主に利用されている。これに対して新たなプラズマ生成の場として液相中や超臨界流体中が注目されている [1-2)]。液中プラズマによる材料合成は原料の供給が気相中よりもはるかに高く、高速の材料合成が期待され、従来の気相プラズマ合成において利用することが困難であった原料も溶液にすることで利用可能となり、さらに反応部周辺の溶液による冷却効果も見込める。

これまでに本研究室では超臨界流体中のプラズマ生成およびそれを利用した新規材料合成法の開発を行ってきた [3-4)]。超臨界流体雰囲気下と液体原料中でのプラズマ生成を組み合わせることで、超臨界流体の高溶解性と液中プラズマの特徴を併せ持った新規反応場が期待できる。本研究は超臨界流体雰囲気下における液中プラズマ反応場の開発を行った。

実験

雰囲気流体は広く利用されている超臨界流体の CO_2 や H_2O に対し、比較的操作性がよく、超臨界状態で CO_2 と同程度の高い溶解性を有しているアルゴン(臨界点: 4.88 MPa、156.7 K)を用いた。原料としてフェロセンのアセトン溶液を用いた。実験装置は耐圧反応容器内に棒状および平板電極が取り付けられている装置を使用した。

溶液原料を耐圧反応容器に満たし、アルゴンで 0.1、1.0、3.0、5.0 MPa に加圧した。その後直流電源を用いて電極間にプラズマをそれぞれの圧力で発生させた。アルゴンの臨界圧力以下の圧力においては液中プラズマの特徴でもある気泡の発生が見られた。また圧力が高くなるしたがってより大きな気泡の発生が観察できた。しかし 5.0 MPa では気泡の発生がまったく見られなかった(Fig.1)。これは超臨界流体が溶液原料に溶解して起こることが考えられるが、溶液や超臨界流体の種類などと供に現在調査中である。

Fig.1 Plasma discharged in solution under supercritical

また放電により平板電極上に堆積した生成物を SEM 観察も行った。

参考文献
1. B.R. Locke, M. Sato, P. Sunka, M. R. Hoffmann, J.-S. Chang: *Ind. Eng. Chem. Res.* **45**, (2006) 882
2. T. Tomai, T. Ito and K. Terashima: *Thin Solid Films* **506-507** (2006) 409
3. Y. Suga, T. Nakajima, T. Watanabe: *Jpn. J. Appl. Phys.* 49 (2010)076002
4. Y. Suga, T. Watanabe: *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.* **35**(1), (2010) 15-17

超短パルス EUV レーザーと金属との相互作用

大橋　拓司、白　大烈、佐藤　文哉、米田　仁紀
電気通信大学大学院レーザー新世代研究センター
oohashi@ils.uec.ac.jp

【研究目的・背景】

近年、金属の自由電子の共鳴周波数を超えた短波長で波長可変性を持つ極端紫外(EUV)自由電子レーザーが稼働をはじめ、EUV 波長領域においてもいくつかの非線形光学現象が観測され始めている[1]。例えば、Sn においては、固体中のＮ殻の電子の最も高い準位のものをすべてイオン化できる照射強度を実現できたため、吸収が強度により飽和する現象が観測された。ただし、これは、上準位の緩和時間以内に積算された励起を使い、光学定数が変化しているもので、強度による非線形過程とは異なっていると考えられている。一方、Ti では、非線形吸収（強度の増加により吸収が増加する）現象が観測された。通常の２光子吸収過程の依存性に実験データはよく一致しているものの、照射レーザーが時間的にはコヒーレンスが完全でないこと、２光子吸収係数の可視～赤外からのスケーリングを外挿すると桁違いの値になっていることなどから、詳細な物理過程はまだ分かっていない。そこで、本研究では、これらを明らかにするために、EUV 領域における超短パルスポンププローブシステムの実験を行い、特に電子状態の変化を観測し現象の理解を行うことを目的としている。

【実験装置】

FEL 実験では、FEL の加速 RF 周波数にレーザーの繰り返し周波数をロックしたものを用い、ピコ秒程度の時間精度で FEL と超短パルスレーザーを同期させ、さらに、光学遅延線と、短時間の前者の同期の安定性を用いて、100fs 台の精度でのポンププローブ実験を行っている。固体のバンド構造を理解するために、プローブ光はサファイア結晶を使い白色光を発生させ、紫外～赤外にいたる広帯域の光学定数変化をスペクトル分解して観測できるようにしている。これまで、Au の d-f 遷移吸収端において、内殻の励起により大きな変化が 200fs 程度の時間内で起きることが観測されている。

一方、超短パルスレーザーを用いた高次高調波を使い、さらに高繰り返しの実験を行う準備も進んでいる。EUV 領域でのスペクトルあたりの強度を上げ、さらにフィルターで単色スペクトルが得られるようにするために、高次高調波のポンプ光は深紫外超短パルスレーザーを用い、５次の波長をフィルターで切りだして使用するシステムになっている。Ar ガスの圧力を変えることにより位相整合がもっともよく取れるガス圧を調べたところ、10MPa から 30MPa 程度であることが明らかになった。今後は、この光源を使った EUV 照射金属の詳細実験も行っていく。

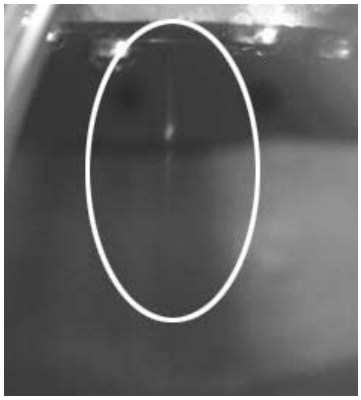


Fig.1　自己収束により観測された光

[1] H. Yoneda Optics Express., Vol. 17 Issue 26, pp.23443-23448 (2009)

含ジアセチレンオリゴペプチドの自己組織化を利用した重合

土屋 心之介，尾池 秀章
東京農工大学大学院応用化学専攻
e-mail:oike@cc.tuat.ac.jp

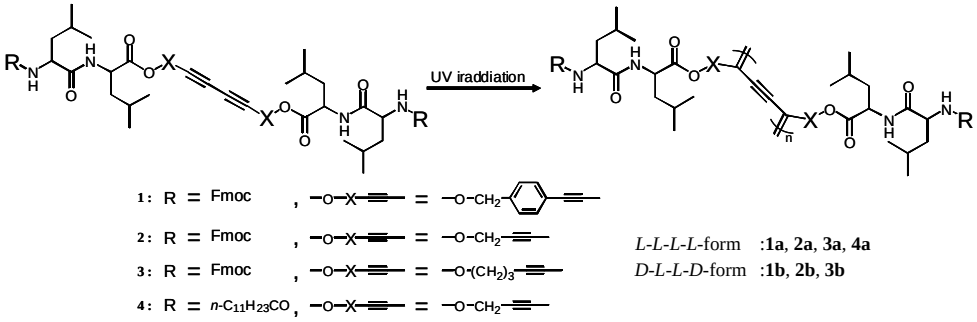
1　はじめに

高分子合成は分子が複雑な形状になるとその合成方法は限られ、チューブ状やロッド状といった複雑な構造や秩序だった構造は従来の合成法では一般に困難である。しかし、自己集合により構築される分子集合体構造を重合による共有結合形成で固定することができれば、先に挙げた構造を有する新しい高分子の合成法として期待される。特に分子構造内に環状部位を含んだ高分子は合成が難しく、そのような含環状構造の高分子を合成することができれば合成手法や線状分子とはことなる物性が期待できるという面から非常に有用な手法といえる。

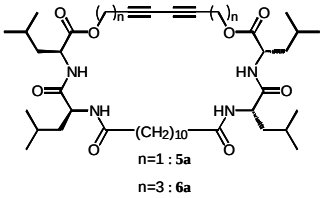
最近、ロイシンのジペプチド誘導体が各種有機溶媒中でファイバー状の集合体を形成し、溶液がゲル化するという報告がされた[1]。ロイシンのジペプチドが集合体形成に適していると考えられるため、ロイシンのジペプチドを構造内に組み込んだいくつかの含ジアセチレンオリゴペプチドを設計した。また、環状分子からなる自己集合体は環状ペプチドによるナノチューブ[2]など一部の報告例しかない一方で、先に挙げたようにその特有の構造から自己集合体形成は非常に興味深いといえる。本発表ではこの鎖状、および環状オリゴペプチドの合成とその各種有機溶媒中での自己集合体形成挙動、および紫外線照射による重合挙動について報告する。

2　実験および結果と考察

各種有機溶媒を用いて作成したオリゴペプチドの 2wt%溶液を加熱した後に放冷したり、超音波を照射したりすることでゲル化、または固体が析出した溶液に紫外線(254 nm)を 2～6 時間照射したところ赤色や青色へと変色した。そこで、生成物である変色体の UV-vis スペクトルを測定したところ、500 nm や 600 nm 付近で吸収帯が現れたため、重合反応の進行による共役長の延伸が確認された(Scheme 1)。ジアステレオマーに注目すると **2a** と **2b**、**3a** と **3b** では似た結果が得られた。一方、**1a** ではこのような変色挙動は観測されず、**1b** のみ変色が認められたため、分子の立体構造が集合体形成に影響を与えていることが示唆される。また、環状構造である **5a** も紫外線を照射すると同様に変色挙動を示したことから主鎖の一部と側鎖とで環構造を構築している特異な構造である含環状高分子の生成が示唆される。



Scheme 1 Synthesis of polydiacetylene derivatives oligopeptide



参考文献
1. D. Bardelang *et al*, *J. Am. Chem. Soc.*, **2008**, *130*, 3313
2. M. R. Ghadiri *et al*, *Nature*, **1993**, *366*, 324

深紫外超短パルスレーザーを用いた
生体関連分子超高速時間分解振動分光

貴田　祐一郎[1,2], Jun Liu[1,2,3], 小林　孝嘉[1,2,4,5]
[1]電気通信大学先端超高速レーザー研究センター, [2]JST-ICORP, [3]中国科学院上海光学研究所,
[4]台湾交通大学, [5]大阪大学
e-mail:kida@ils.uec.ac.jp

1　はじめに

生体関連分子である DNA は紫外光を吸収することによって電子励起状態へと遷移し、その後の光化学反応により損傷が引き起こされる。紫外光の吸収源は核酸塩基であり、損傷過程と密接な関係がある。その励起状態動力学研究のためには電子励起状態緩和情報のみでは不十分である。赤外吸収や共鳴ラマン散乱を利用した分子振動動力学研究がなされているが、分子振動の位相情報が得られない。それらに対し、より詳細な情報を得るために我々は 10 fs の紫外超短パルス光を用いた時間分解振動分光により分子振動位相を含めた分子振動動力学観測を行った。

2. 実験

10 fs 紫外超短パルス光(260-290 nm)を得るために、広帯域チャープパルス四波混合を利用した[1]。得られたパルスを、アルミミラーの縁を用い、2 つに分岐した。一方に対して時間遅延を与えた後、2 つのパルスを平行に伝搬させ、凹面鏡を用いて、試料(チミン水溶液)中へ集光した。一方のパルスをポンプパルス、他方をプローブパルスとして用い、ポンプ・プローブ実験を行った。ポンプパルス非入射時に対する、ポンプパルス入射時のプローブパルス吸光度の変化(差吸収ΔA)を、マルチチャンネルロックイン検出器を利用して検出した。

試料に関して、紫外域では群速度分散に起因する試料セル窓でのパルス広がり及び、試料損傷が問題となる。そのため、セル窓を必要としないフロージェット装置を作製し、用いた[2]。

3. 結果と考察

得られた差吸収スペクトルのプローブ時間遅延依存性において、短波長領域では退色による負の差吸収が得られ、長波長領域では、誘導吸収に起因する正の差吸収が得られた。正の差吸収は光励起後の、より高いエネルギー準位への遷移を観測していることに相当する。差吸収スペクトルは分子振動による変調を受けており、差吸収スペクトルをプローブ時間遅延軸にそってフーリエ変換することで、生じている分子振動を観測した(図1)。1360 波数において観測されているピークは、C-H 間の曲げモードと C=C 二重結合の振動モードに帰属される。これ以外にも、差吸収スペクトル内に複数の振動成分が同時観測された。

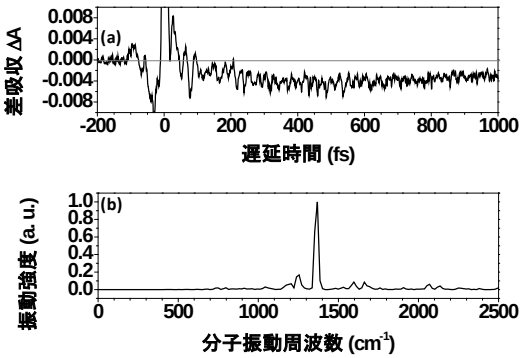


図1. プローブ波長276 nmにおける差吸収の(a)時間遅延依存性及び(b)そのフーリエ変換

参考文献

1. Y. Kida, J. Liu, T. Teramoto, and T. Kobayashi, Opt. Lett. **35**, 1807 (2010).
2. M. J. Tauber, R. A. Mathies, X. Chen, and S. E. Bradforth, Rev. Sci. Instrum. **74**, 4958 (2003).

立体対称な四官能架橋剤を利用した剛直性高分子ゲル

吉原 直希，草野 大地，渡辺 敏行
東京農工大学大学院応用化学専攻
e-mail: 50009642226@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

我々は、光応答性分子であるアゾベンゼンを主鎖に組み込んだ剛直性高分子を末端架橋法により網目構造を形成させることで光応答性高分子ゲルを合成した。この高分子ゲルは、光照射により分子レベルの変形をマクロスコピックな材料変形へ繋げることができる[1]。しかし、これはアゾベンゼンを主鎖に組み込むだけでは不十分であり、剛直性高分子を用いることが重要であることが分かっている[2]。これまでは主鎖高分子に着眼してきたが、さらなる光応答性の向上を目指し、これまで用いられてきた平面的な三官能架橋剤 1,3,5-tris(aminophenyl)benzene(TAPB)からより立体対称性の高い四官能架橋剤 tetra(*p*-aminophenyl)methane(TAPM)を導入した。

2　実験

酸無水物として pyromellitic dianhydride(PMDA)、ジアミンとして 4,4'-diaminoazobenzene (DAA)を用い、両末端酸無水物のアミド酸オリゴマーを 5wt%の NMP 溶液で合成した。分子量は PMDA と DAA の化学量論比を変化させることで調整した。このオリゴマー溶液と架橋剤である TAPM、TAPB の 5wt%NMP 溶液を、末端官能基の量論比が合うように混合させゲル化を行った。ゲル化は直径 2 mm のキャピラリー中で行ない棒状のゲルを作製し、405 nm の光照射により光応答を確認し、その屈曲時間を計測した。

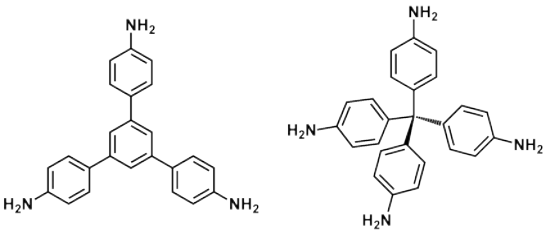


Fig. 1　TAPB(左)と TAPM(右)の構造

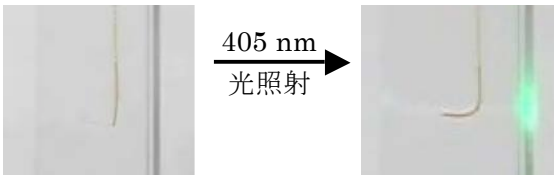


Fig. 2　棒状ゲルの光屈曲挙動

3　結果と考察

屈曲時間の分子量依存性を Fig. 3 に示す。TAPB より TAPM を用いたゲルの方が応答時間が短くなり、光応答速度が上昇した。また TAPB は分子量が大きくなるに連れ応答が遅くなったのに対し、TAPM には分子量依存性が見られなかった。このことから今回行った分子量の範囲では、TAPM では反応率が分子量依存性なく一定であり、TAPB は分子量が大きくなるに連れ反応率が低下することが示唆される。発表ではさらに詳細な光応答と反応率についての議論を行う。

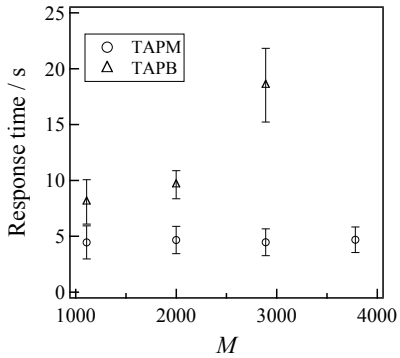


Fig. 3　光応答時間の分子量依存性

参考文献
1. M. Yoshikawa, H. Furukawa, K. Horie, T. Watanabe, *Poly. Prepr. Jpn.*, **52**, 777 (2003)
2. N. Hosono, Y. Masubuchi, H. Furukawa, T. Watanabe, *J. Chem. Phys.* **127**, 127, 164905(2007)

逐次重合型モノマーを用いたナノ微粒子-ポリマーコンポジットの光重合特性とそのホログラフィックデータ記録メディアへの応用

安井　理，羽田　英司，富田　康生
電気通信大学大学院 先進理工学専攻
e-mail: yasui@bellevue.ee.uec.ac.jp

1　はじめに

我々は無機あるいは有機ナノ微粒子を連鎖重合型フォトポリマー中に分散させたナノ微粒子-ポリマーコンポジット (NPC)をホログラフィックデータ記録用材料として提案し、緑色波長（532nm）での体積ホログラフィック記録において高屈折率変調、高記録感度、低重合収縮性、高熱的安定性を実証している[1]。また、NPC が青紫色半導体レーザー波長（404nm）においても優れた体積ホログラフィック記録特性を有することも報告している[2]。加えて、逐次重合型フォトポリマーを用いた NPC による緑色波長での測定から重合収縮率(σ)をさらに低減できることも報告している[3]。本論文では、逐次重合型フォトポリマーを用いた NPC の波長 404nm における光重合特性とホログラフィック記録特性との関連について実験的に究明したので報告する。

2　結果

2 官能チオールモノマーと 3 官能エンモノマーの混合溶液に SiO_2 ナノ微粒子（平均粒径 13nm）を分散し、青紫色波長域に感度のある光重合開始剤をモノマー比 1wt.%添加した試料を用いた。ホログラフィック記録には波長 404nm の単一縦モード発振半導体レーザーを用いて 2 光束干渉露光により格子間隔 1μm の透過型体積ホログラムを記録して、屈折率変調とホログラフィック法[4]により得られるσの SiO_2 ナノ微粒子分散濃度依存性を測定した。また、光照射型示差走査熱量計とフーリエ変換赤外分光計を用いてモノマーの最大硬化速度を得る重合変換率をゲル点(α_c)と定義して評価した。図 1 に記録した体積ホログラムの屈折率変調定常値(Δn_{sat})とσの SiO_2 ナノ微粒子濃度依存性を示す。SiO_2 ナノ微粒子濃度 20vol.%で最大のΔn_{sat} (~9×10^{-3})が得られることがわかり、緑色波長での値[3]と同程度の大きな値が得られることが分かった。しかし、σは 1-2%で緑色波長での値よりも重合収縮が大きいことが分かった。この理由として、波長 404nm でα_c が緑色波長での場合よりも重合初期に生じて光重合時の架橋反応がより顕著になったことが考えられる。従って、波長 404nm でのσの低減化にはα_c がより重合後期に生じるように材料設計することが必要と考えられる。

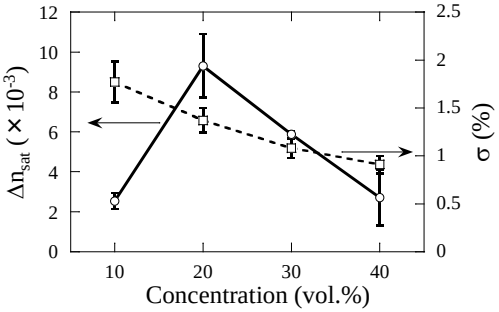


Fig.1: Dependences of Δn_{sat} and σ on the concentration of SiO_2 nanoparticles at 404nm.

参考文献

1. N. Suzuki, Y. Tomita, and T. Kojima, Appl. Phys. Lett. **81**, 4121 (2002); N. Suzuki and Y. Tomita, Appl. Opt. **43**, 2125 (2004); Y. Tomita, K. Furushima, A. Tanaka, M. Ozawa, M. Hidaka, and K. Chikama, Appl. Phys. Lett. **88**, 071103 (2006); N. Suzuki, Y. Tomita, K. Ohmori, and M. Hidaka, Opt. Express **14**, 12712 (2006); T. Nakamura, J. Nozaki, Y. Tomita, K. Ohmori, and M. Hidaka, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **11**, 024010 (2009).

2. K. Omura and Y. Tomita, J. Appl. Phys. **107**, 023107-1 (2010).

3. E. Hata and Y. Tomita, Opt. Lett. **35**, 396 (2010).

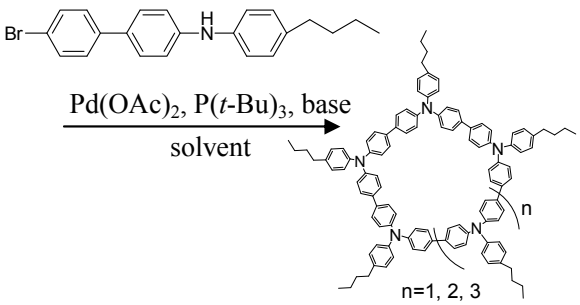
4. L. Dhar, M. G. Schnoes, T. L. Wysocki, H. Bair, M. Schilling, and C. Boyd, Appl. Phys. Lett. **73**, 1337 (1998).

トリフェニルアミン部位を有する環状オリゴマーの合成と電子受容体との包接錯体の物性評価

宮石裕子、土屋康佑、荻野賢司
東京農工大学大学院生物システム応用科学府　生物システム応用科学専攻
e-mail:50009401116@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

トリフェニルアミンを主鎖骨格に有する poly(4-butyltriphenylamine) (PBTPA)は高い正孔移動度を示すことが知られており、電子輸送材料と組み合わせることで有機薄膜太陽電池としての利用が期待できる[1]。自己縮合性モノマーの 4-(4'-bromophenyl)-4"-butyldiphenylamine を Pd 触媒により C-N カップリング重合した場合、生成物中に環状 oligo(4-butyltriphenylamine) (CTPA)の 5-7 量体が含まれることが質量分析測定により明らかになった[2]。CTPA は、一定のサイズの空洞を持つので、カッリクスアレーンなどと同様に特定のゲスト分子を包接できる可能性がある。芳香族アミンは電子供与体であり、フラーレン等の電子受容体と特に強固な包接錯体を作ることが予想される。さらに、ポリパラフェニレン(PPP)のような n 型の高分子半導体と組み合わせてポリロタキサンを形成することも考えられる。これらの包接錯体は新しい形態の電荷移動錯体であるといえ、新たな特性が期待できる。固体状態で包接錯体の規則的配列制御が可能になれば、長距離に亘る正孔と電子それぞれの移動パスを形成させることができ、光電変換素子への展開が期待できる。本研究では、まず CTPA を効率よく合成し、単離した。次に電子受容体であるフラーレンや PPP との包接錯体の形成を行った。



Scheme1 Synthetic route of CTPAs

2　実験及び結果

モノマーを溶媒中で自己縮合させ、ポリマー、線状オリゴマー、環状オリゴマーの混合物を得た(Scheme 1)。条件を検討した結果、塩基としてカリウム *t*-ブトキシド、溶媒としてキシレンを使用した場合に高収率で CTPA が得られることが分かった。線状と環状オリゴマーは、カラムクロマトグラフィーにより分別可能であった。HPLC により組成比を求めた結果、環状体は 5 量体が 51%であり、6 及び 7 量体がそれぞれ 40%と 9%含まれていた。*t*-butylmethylether を溶媒として再結晶操作したところ 5 量体を単離できた。一定濃度の環状オリゴマーのトルエン溶液に対し、段階的に濃度を変化させたフラーレン C_{60} 及び C_{70} 溶液を加えて蛍光スペクトル測定を行ったところ、消光が観察され包接錯体の形成が示唆された。また、環状オリゴマーと PPP の混合溶液から超音波処理により擬ポリロタキサンを調整し、UV 測定を行った。長波長領域におけるブロードな吸収が抑制されたことから、擬ポリロタキサンを形成することで PPP の凝集が抑えられたことが示唆された。

参考文献

1. C. Takahashi et al. *Synth. Met.,* **2002**, 129, 123.　2. K. Tsuchiya et al. *Polymer,* **2009**, 50, 95.

絶対位相が制御された超高繰返し超短パルス光列の発生と分子解離過程への応用

吉井一倫 [1], 青木浩 [1], 白神健太郎 [1], John Kiran A. [1], Kanaka Raju P. [1], 浜野紘明 [1], 大橋タケル [1], 佐々木祐介 [1], 洪鋒雷 [2], 大村英樹 [3], 桂川眞幸 [1]
[1] 電気通信大学大学院 先進理工学専攻, [2] 産業技術総合研究所 計測標準部門,
[3] 産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門
e-mail:yoshii@pc.uec.ac.jp

はじめに：2 波長同時発振レーザーを気相パラ水素分子と相互作用させ分子の回転ラマンコヒーレンスを断熱的に最大まで高めることにより、2 波長を基本波とする広帯域サイドバンド光を高効率かつ同軸上に発生させることができる[1]。発生したサイドバンド光はパラ水素の回転準位で規定される離散スペクトルを持つため、フーリエ合成した時間波形はその周波数間隔で繰り返すパルス列となる。当手法によりパルス幅 11.8 fs、繰り返し周波数 10.6 THzという超高繰返しの超短パルス列生成を実現してきた[2]。また、基本波の周波数及び位相を制御することにより、パルス列のCarrier envelope offset (CEO)周波数やパルス波形の制御手法の開発を行ってきた[3-5]。本研究ではさらに、光周波数標準で安定化した 2 波長の基本波周波数を制御することによるパルス列の絶対周波数での安定化と、分子のイオン化過程を利用した搬送波位相(Carrier envelope phase: CEP)の測定・制御手法開発について報告する。

実験結果：図 1 は絶対位相を制御したラマンサイドバンド光発生手法の概念図である。パラ水素の回転準位間隔の周波数差に対応させた 2 台の半導体レーザーを用意し、それぞれの周波数をヨウ素安定化Nd:YAGレーザーにより絶対周波数を規定した光周波数コム[6]と位相同期させる。この 2 波長を注入同期Ti:sapphireレーザー[1]のシード光として用い、パラ水素に入射することにより超高帯域ラマンサイドバンド光を同軸上に発生させる。Ti:sapphire共振器内に置いたガラス基板の角度を変化させ共振器長を高精度に制御することでCEO周波数を 6 MHz以下に抑えることができた。さらに本発表では、非対称な電荷分布を有す分子のイオン信号がレーザー位相依存性を示す[7]ことを利用したパルス列のCEP測定と制御方法についても議論を行う。

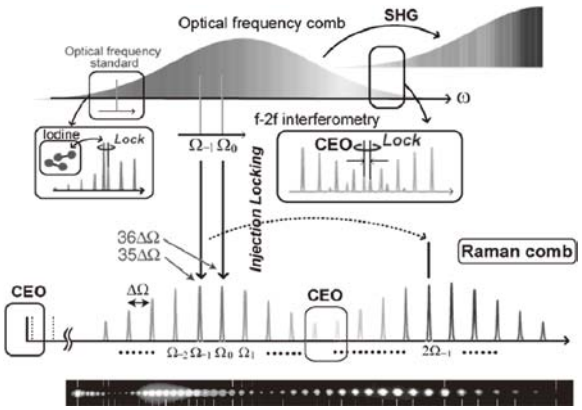


図 1　絶対位相を制御したラマンサイドバンド光発生

参考文献

1. M. Katsuragawa, T. Onose, Opt. Lett. **30**, 2421 (2005).
2. M. Katsuragawa, T. Onose, Opt. Express **13**, 5628 (2005).
3. T. Suzuki, N. Sawayama, and M. Katsuragawa, Opt. Lett. **33**, 2809 (2008).
4. T. Suzuki, M. Hirai, and M. Katsuragawa, Phys. Rev. Lett. **101**, 243602 (2008).
5. K.R.Pandiri, T. Suzuki, A. Suda, K. Midorikawa, and M. Katsuragawa, Opt. Express. **18**, 732 (2010).
6. F.-L.Hong, *et al*, Opt. Lett. **28**, 1516 (2003).
7. H. Ohmura, and M. Tachiya, Phys. Rev. A **77**, 023408 (2008).

絶縁膜修飾した導電性高分子ナノファイバーFET における キャリア輸送特性

三木 健生[1]，下村 武史[1]
[1]東京農工大学大学院　生物システム応用科学専攻
e-mail:50010401120@st.tuat.ac.jp

1　はじめに

近年、次世代表示ディスプレイとして電子ペーパーなどのフレキシブルディスプレイに注目が集まっている。こうしたフレキシブルデバイスを駆動させるために必須の技術に有機トランジスタが挙げられる。有機トランジスタは印刷法を用いてプラスチックなどのフレキシブル基板上に作製することができ、折り曲げ可能なフレキシブルデバイスの作製が可能となる。そのため高性能な有機トランジスタの必要性が高まっているが、有機トランジスタの技術的課題として電界効果キャリア移動度の向上などが挙げられる。既報研究としてペンタセンを用いたトランジスタにおいて、ゲート絶縁膜上にフルオロ基を有するシランカップリング剤を用いて SAM(自己組織化膜)を形成することでキャリア移動度を上昇させたという報告がある[1)]。そこで本研究では、導電性高分子ナノファイバーを用いたトランジスタにおいて、末端にフッ素やアミノ基を有するシランカップリング剤による絶縁膜修飾がナノファイバーのキャリア輸送に与える影響を調査した。

2　実験

導電性高分子 Regioregular poly (3-hexylthiophene) (RR-P3HT)を Anisole/Chloroform 混合溶媒とともに加熱攪拌後、徐冷することでナノファイバーを作製した[2)]。シリコン基板上の絶縁膜修飾に用いるシランカップリング剤には Octadecyltrimethoxysilane (OTS), Perfluorodecyltriethoxysilane(FAS), Aminopropyltrietoxysilane (APS)を用いた。OTS, APS は液相法、FAS は気相法を用いて絶縁膜上に SAM を形成し、ナノファイバーを SAM 形成電極基板上に塗布して FET 測定を行った。

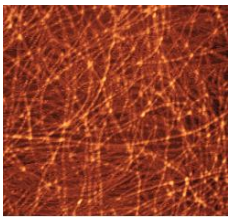


Fig1. AFM topographic image of polythiophene nanofiber(5×5μm)

3　結果

APS、OTS 修飾基板では導電率、キャリア移動度ともにほぼ同程度の値を示した。FAS 修飾基板では導電率が 1.8×10^{-3} Scm^{-1}、キャリア移動度が 1.0×10^{-2} $cm^2V^{-1}s^{-1}$ を示し、APS、OTS 修飾基板よりも 1 桁増加した。この結果は絶縁膜表面に存在するフッ素がもたらす低い表面エネルギーや、FAS の高い双極子モーメントの影響と考えられる。以上の結果より、導電性高分子ナノファイバーFET における絶縁膜修飾の有効性を確認した。当日は上記の結果に加えて、さらなるキャリア移動度の向上を目指しナノファイバー1 本レベルでの FET 測定結果に関して報告する予定である。

Table.1: Relation between modified insulating layer and carrier mobility, electric conductivity

	APS 修飾基板	OTS 修飾基板	FAS 修飾基板
導電率/Scm^{-1}	3.9×10^{-3}	6.3×10^{-3}	1.0×10^{-2}
移動度/$cm^2V^{-1}s^{-1}$	1.0×10^{-4}	2.4×10^{-4}	1.8×10^{-3}

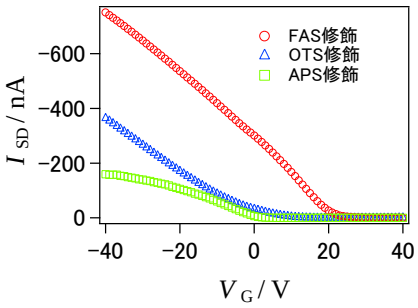


Fig.2 Transfer characteristics of P3HT nanofiber measured by the substrate with the modified insulating layer

参考文献
1. S.Kobayashi et.al., Nature Materials, **3** (2004)317-322.
2. S.Samitsu et.al., Macromolecules, **41**(2008) 8000-8010.

誘導ラマン散乱およびフォトニック結晶薄膜による共鳴散乱に関する理論研究

中道史保子、中屋翔揮、大淵泰司

電気通信大学大学院先進理工学専攻
e-mail:nakamich@aoi.pc.uec.ac.jp

1　誘導ラマン散乱による光パルスの制御

より短く、より制御されたパルスを作る技術は常に研究されている。短いパルスを生み出すためには周波数領域で広がったパルスが必要である。その一つの方法として２波長の光によって励起される分子の回転や振動を介した誘導ラマン散乱のサイドバンド光の発生を用いる方法がある[1]。短いパルスを生成するためにはより多くのサイドバンド光の発生が必要であるが、一方でサイドバンド光の間の位相も良く制御されている必要がある。多くの高次サイドバンドを発生させるには２つの光の振動数の差が回転や振動の励起エネルギーに近い法が良いが、これらの差（離調）が小さいと実励起を伴い、基底状態と励起状態の間の量子力学的なコヒーレンスが損なわれ、その結果、サイドバンド光間の位相が乱れると考えられていて、離調の適当な最適化が必要と考えられている。

我々は超短パルスを生成するために必要な最適な条件を理論的に調べることを目指している。すでに回転励起の場合には、離調を変化させた時にどのような励起が起こり、その結果どのようなサイドバンド光が得られるかを系統的に調べている。[2]その中でサイドバンド光の強度の時間依存性と位相の時間依存性にある関係があることを見出し、位相がそろっているか否かを実験的に検証できることが分かった。　本講演では詳細とその後の研究の現状を報告する。

2　フォトニック結晶薄膜による共鳴散乱

２次元フォトニック結晶内の多重散乱と結晶と基板との界面、基板と空気との界面での多重反射の組み合わせが共鳴的な散乱を生み出し、フォトニック結晶の単位構造が卍のようなキラル構造を持つ時は巨大旋光性が、より単純な構造では０次の透過、反射スペクトルに極端に鋭い構造が生じることを最近見出した[3,4]。通常、２次元フォトニック結晶は周期性のある面内の電磁場の伝播を制御するものと考えられているが、その面に垂直な方向の電磁場の伝播を制御しようとするところが新しい点である。共鳴の位置は、フォトニック結晶や基板の厚さ、結晶の単位構造、入射角などによって制御が可能である。特に、微細加工を必要とするフォトニック結晶自体は薄くても基板の厚さで共鳴位置を制御できることは作成上、有利な点と考えられる。現在、この機能をどのように利用できるかを検討しているが、その一つとして２つのフォトニック結晶薄膜によって非常に狭い周波数領域の電磁場を閉じ込められないかを調べている。講演ではその現状も含めて報告する。

参考文献

1. M. Katsuragawa, J. Q. Liang, Fam Le Kien, and K. Hakuta, Phys. Rev. A **65**、025801 (2002)
2. 金田康宏、修士論文、電気通信大学 (2010)
3. Y. Ohfuti, Fourth Int. Congress on Adv. Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (2010)
4. 大淵泰司、日本物理学会講演概要集 65 巻 2 号 713 (2010)

ブロック共重合体が形成する三層構造高分子ミセルの調製および組織接着性ゲルへの応用

内田 裕介、村上 義彦
東京農工大学大学院応用化学専攻
e-mail:muray@cc.tuat.ac.jp

【緒言】

近年、親水性物質（細胞増殖因子など）を生体に徐放することにより、創傷治癒や組織再生が促進されることが見出されており、再生医療や外科手術領域において注目されている。放出された親水性物質の効果を最大限に発揮するためには、親水性物質を「目的部位において」、「一定の濃度に保つ」ことが必要とされる。そこで、親水性物質が徐放可能なだけではなく、目的部位に密着し、接着・固定することができる材料が要求されるが、このような特徴を持つ材料の実現は困難とされてきた。そこで本研究では、親水性物質の内包および徐放制御が可能な高分子ミセル（三層構造高分子ミセル）により架橋された構造を有し、生体組織に柔軟に接着し、固定することが可能な新規組織接着性ハイドロゲル(Fig. 1)の開発を検討した。

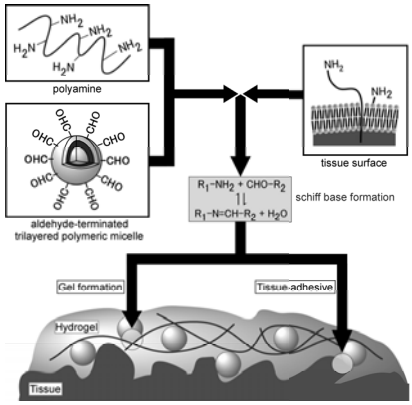


Fig.1 Formation of the tissue-adhesive hydrogel with the trilayered polymeric micelle as a crosslinker of the hydrogel and a reservoir of hydrophilic compounds

【結果及び考察】

カリウムナフタレンによって 3,3'-ジエトキシプロパノールをメタル化し、エチレンオキサイドと DL-ラクチドを順に加え、最後に酢酸により重合反応を停止することによって、末端アセタール化 poly(ethylene glycol)-*b*-polylactide (acetal-PEG-PLA)を合成した。既に見出している w/o エマルションの最適条件に基づき、acetal-PEG-PLA 共存下において水相に FITC-dextran(Mw: 20000)を溶解させて調製した w/o エマルション溶液を、acetal-PEG-PLA を溶解した純水もしくは PVA 水溶液に滴下・攪拌後、水に対して透析することによって、FITC-dextran を内包させた acetal-PEG-PLA の三層構造を有する高分子ミセルを得た。調製した三層構造ミセルに対して DLS 測定を行ったところ、三層構造高分子ミセルと考えられる構造体が確認された(Fig. 2)。また、得られた高分子ミセルを分光蛍光光度計で測定したところ、三層構造高分子ミセル水溶液には蛍光活性があることが確認され、DLS および GPC 測定の結果を考慮すると、FITC-dextran を内包した三層構造高分子ミセルの形成が示唆された。また、三層構造高分子ミセルの調製条件（エマルション溶液滴下先の水相の PVA 濃度、水相体積に対するポリマー量など）を最適化することにより、副生成物である二層構造ミセルの生成を抑え、三層構造ミセルを優先的に調製できる可能性を見出した。得られた三層構造高分子ミセル水溶液 (22.5~30 w/w%) 及びポリエチレンイミン(PEI)水溶液(20~25 w/w%, pH10)を混合し、粘弾性測定装置を用いてハイドロゲル形成特性評価を評価したところ、1 秒以内にゲルが形成した。また、FITC-dextran を内包させた三層構造ミセルから調製したゲルは黄色に呈色しており、FITC-dextran がゲル中に内包されていることが示唆された(Fig. 3)。

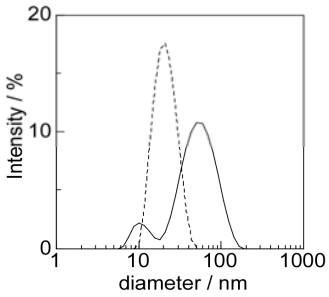


Fig. 2 Size distribution of bilayered (dotted line) and trilayered (solid line) polymeric micelle

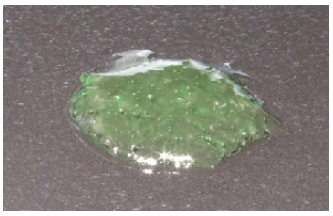


Fig. 3 The hydrogel which is formed by polyethyleneimine and FITC-dextran-loaded trilayered polymeric micelle

参考文献
1. Uchida *et al.*, Colloids Surf. B: Biointerfaces, **79**, 198 (2010)

光ピンセットの研究

澁川 友美子[1]，桜井 孝憲[2]，清水 和子
[1]電気通信大学大学院量子・物質工学科専攻，[2]電気通信大学量子・物質工学科
e-mail:sibukawa@ils.uec.ac.jp

1　はじめに

光ピンセットとは、レーザー光を対物レンズで集光させ、レーザー光を物体に照射したときに生じる光の放射圧によって、1μm 以下から数十μm の大きさの細胞や粒子を捕え、自由に動かすことのできるものである。1980 年代にアシュキンによって初めて実験が行われてから、医学や生物学などの分野で応用されている。我々の研究室でも、1μm のポリスチレンラテックス球を用いて、それをトラップすることができるレーザーパワーの測定や、ラゲールガウスモードビームを生成しトラップの実験を行ってきた。現在は、対象物としてらせん状の DNA 分子を用い、角運動量をもつラゲールガウスモードビームでトラップし、回転させたときの DNA の状態変化を観測することを目的としている。そのために、トラップされた粒子に働く力と DNA のバネ定数の測定が必要となる。

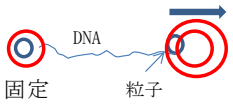


図１：ラゲールガウスモードでのトラップ

2　実験の流れ

まずは単体の粒子で、光の勾配力と屈折、反射による光の運動量変化によって粒子に働く力を測定する。方法は３で説明する。

その後、DNA の両端に付着した粒子をレーザー光でトラップし、片方を固定してもう片方を DNA を引き伸ばす方向へ移動させる。DNA の収縮性により、あるところで粒子はトラップから外れもとの方向に引き戻される。その時の移動距離 x と、粒子に働く力 F から、バネ定数と力の関係式 F=-kx よりバネ定数を求める。

3　粒子に働く力の測定方法

1μm のポリスチレンラテックス球が入った液体を顕微鏡にセットする。ストークスの法則より、粘性による力 F は抵抗係数γと相対速度 v に比例する(F=γv)。図２のように、ピエゾ素子をステージの下の対物レンズに取り付け、x-y-z 方向に動かすことで顕微鏡上でレーザー光を操作する。粒子をトラップしてから、光を動かす速度を変えていき、粒子がトラップから外れるときの速度を記録する。この速度から粒子にかかる力の大きさを計算する。

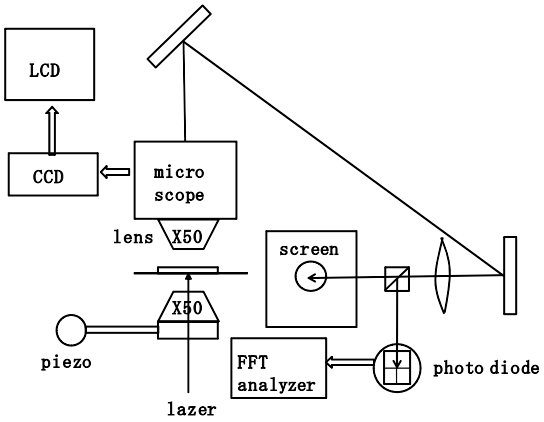


図２：光学系

参考文献
1. Lucien P.Ghislain,Neil A.Switz *et al.*,Rev.Sci.Instrum.65 (9),September 1994
2. Yoshihiro Murayama,Masaki Sano,Uournal of the Physical Society of Japan ,Vol.70,No..2,February,2001

Magnetoresistance Effects in Discrete Si Transistors

S. Nishimura, R. Zaharuddin, Y. Kuwabara, and J. Shirakashi
Department of Electronic and Information Engineering, Graduate School of Engineering,
Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo
e-mail: shrakash@cc.tuat.ac.jp

Recently, lightly doped Si substrates have shown a large positive magnetoresistance (MR) of more than 1,000 % at room temperature in the magnetic fields of 3 T [1]. This phenomenon can be explained by quasi-neutrality breaking of the space-charge effects [2]. Observation of a large MR in Si based on the phenomenon will be an important progress towards new spintronics applications. In this study, in order to investigate the MR effects in Si devices such as metal-oxide-semiconductor field-effect transistors (MOSFETs) and junction-gate FETs (JFETs), the magnetoresistive properties of discrete Si transistors are studied in detail.

Two types of transistors were studied: one is normally-on n-channel MOSFETs (2SK241, TOSHIBA) and the other is n-channel JFETs (2SK246, TOSHIBA), with a magnetic field up to 2.2 T at 77 and 300 K. The outer packages of the devices are shown in Figs. 1(a) and (b). The MR ratio is defined as $(I_d(0\ T)/I_d(2.2\ T)) - 1)\times 100$ %. At 300 K, when the drain voltage $V_d = 0.2$ V and the gate voltage $V_g = 0$ V were applied to the devices, the MOSFETs and JFETs exhibited the positive MR of about 8 and 16 %, respectively. The MR of the MOSFETs at 77 K increased from 20 to 60 % with increasing the V_g from -0.4 to 0 V at $V_d = 0.2$ V. Moreover, with varying the V_g from -1.0 to -0.3 V at $V_d = 0.2$ V, the MR of JFETs was enhanced from 50 to 240 % at 77 K as shown in Fig. 2. It should be noted that the MR of the MOSFETs and JFETs could be adjusted by the gate voltage. These results indicate that discrete Si transistors may be applicable for novel magnetoresistive functional devices.

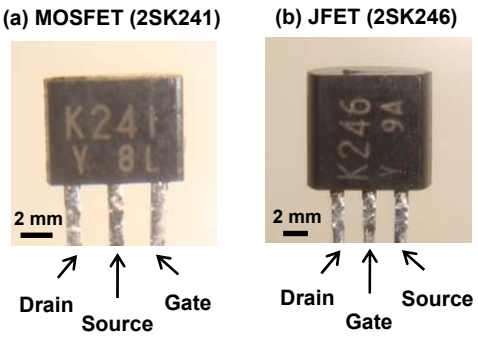


Fig. 1: Photograhphs of (a) MOSFET and (b) JFET.

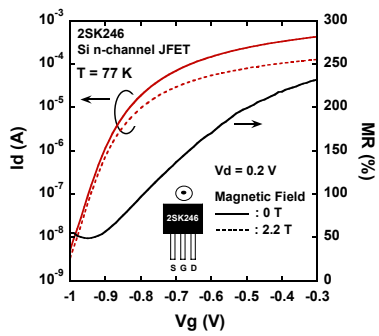


Fig. 2: Id-Vg and MR characteristics of n-channel JFET at 77 K

References
1. M. P. Delmo, S. Yamamoto, S. Kasai, T. Ono, and K. Kobayashi, Nature (London) **457**, 1112 (2009).
2. M. P. Delmo, S. Kasai, K. Kobayashi, and T. Ono, Appl. Phys. Lett. **95**, 132106 (2009).

自己相関法を用いた外部共振器波長変換光パルス測定

関本 大介[1]，金井 輝人[2]，兵頭 政春[3]，張 贇[1]，渡辺 昌良[1]，岡田 佳子[1]，X. Wang[4]，Y. Zhu[4]，C. Chen[4]，渡部 俊太郎[5]

[1]電通大電子，[2]東大物性研，[3]情通機構，[4]中国科学院，[5]東理大総研機構

e-mail:s0932048@edu.cc.uec.ac.jp

短波長領域の高出力な光源を実現する方法として、外部共振器を用いる第二高調波発生（SHG）がある[1]。この高効率なSHGシステムにおいて、波長変換における光パルス特性の詳細な計測は重要である。そこで、結晶や共振器を使った場合の波長変換における光パルス幅の影響を調べた。

基本光源にモード同期チタンサファイアレーザー(波長:798 nm, 繰り返し周波数:82 MHz, パルス幅: >1.5 ps)を用い、発生した赤外光パルスを外部共振器内にLBO結晶を挿入した系に入射し、紫外光パルスを発生させた。光パルスを波長変換した際の変化を調べるために、レーザーからの赤外光パルス、LBO結晶へのシングルパスによって得られる紫外光パルス、さらに外部共振器 によって発生させた紫外光パルスをそれぞれ測定した。測定にはフリンジ分解SHG自己相関法を採用した。各測定対象の光パルスをマイケルソン干渉計に入射し、レンズで結晶上に集光させ、遅延時間を変化させながら、発生したSHGの強度変化を記録する。基本赤外光の測定にはLBO結晶を用い、紫外光パルスの測定にはKBBF結晶[2]を用いた。紫外光パルス計測の実験配置を図１に示す。

それぞれの測定結果を比較した結果、入力赤外光 1.45 psに対して、シングルパスで得られた紫外光パルスは 1.00 psとなり、パルス幅は狭くなった。また、外部共振器を用いて発生した紫外光パルスについては、シングルパスで得られた1.00 psよりもパルス幅が広くなる傾向が見られた。図２に、シングルパスで得られた紫外光パルスの自己相関関数を示す。本測定誤差は±0.05 psである。これらの結果より、外部共振器 と結晶の相互作用が光パルスにどのような効果を及ぼすのかを検討と、詳細な計測を行っている。

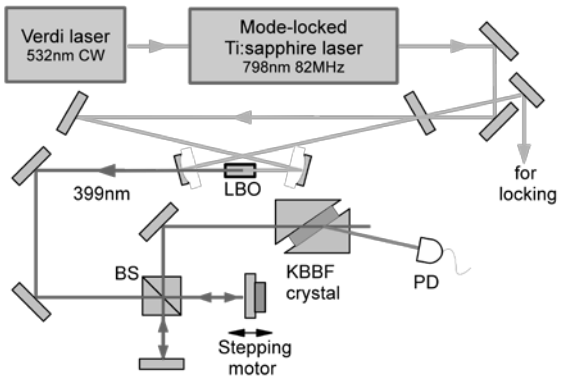


図１. 高効率発生した紫外光パルス幅測定

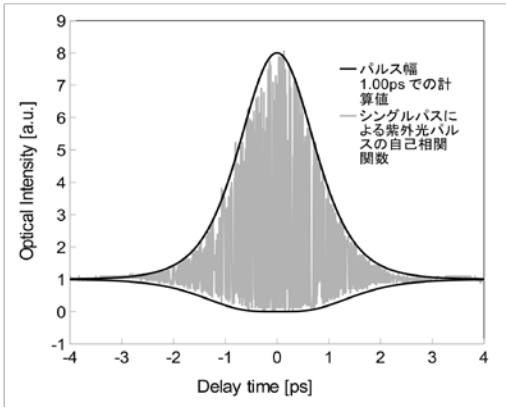


図２. 紫外光パルスの自己相関関数

参考文献

[1] Y. Zhang, Y. Sato, N. Watanabe, R. Ananda, Y. Okada-Shudo, M.Watanabe, M. Hyodo, X.Wang, C. Chen, T. Kanai, and S.Watanabe, Opt. Express **17**, 8119 (2009).

[2] C.Chen, Z. Xu, D.Deng, J. Zhang, G.K.L. Wong, B. Wu, N. Ye, and D. Tang, Appl. Phys. Lett. **68**, 2930 (2009).

Single-Electron Transistors Fabricated by Field-Emission-Induced Electromigration

K. Takiya, S. Ueno, T. Watanabe and J. Shirakashi

Department of Electronic and Information Engineering, Graduate School of Engineering,

Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo

e-mail: shrakash@cc.tuat.ac.jp

We present a novel technique for the integration scheme of planar-type single-electron transistors (SETs) based on nanogaps using electromigration procedure, which is caused by a field emission current. The field emission current passing through the nanogaps plays an important role in triggering the migration of atoms. The nanogap is narrowed because of the transfer of atoms from source to drain electrode. We call this method "activation" [1, 2]. Using the activation, electrical properties of the nanogaps can be controlled by only adjusting the magnitude of the applied current during the activation process [1]. Furthermore, we are easily able to obtain the SETs [2]. In this report, we investigate the integration scheme of planar-type Ni-based SETs using the activation method. The integration of the devices was achieved by passing a large field-emission current through two initial nanogaps connected in series. Furthermore, SETs with similar electrical properties could be formed because the magnitude of the field emission current becomes to be the same in each nanogap.

The initial Ni nanogaps with the separation of a few tens of nanometers were fabricated by conventional electron-beam lithography and lift-off process. Each nanogap was connected in series. Tunnel resistances of two nanogaps, which were both simultaneously activated, were decreased from the order of 100 TΩ to 1 MΩ with increasing the preset current *Is* from 1 nA to 30 μA. It should be noted that the dependence of the tunnel resistance of each nanogap on the preset current indicates a similar tendency despite the difference of the nanogaps having different initial gap separations. As shown in Figure 1 (a) and (b), two SETs were both simultaneously fabricated based on the series-connected nanogaps using the activation, and current-voltage (*I-V*) characteristics exhibited clear suppression of conductance near zero bias voltage at 16 K, which is known as the Coulomb Blockade. Coulomb blockade voltage of each device was also obviously modulated by the gate voltage. Charging energy and current level of both SETs were almost the same, which means that the two SETs with similar electrical properties were integrated by the activation. Moreover, the charging energy of both SETs decreased simultaneously with increasing the preset current. This tendency was quite similar to those of individually activated SETs [2]. These results clearly indicate that the activation procedure allows us to easily and simply integrate planar-type Ni-based SETs.

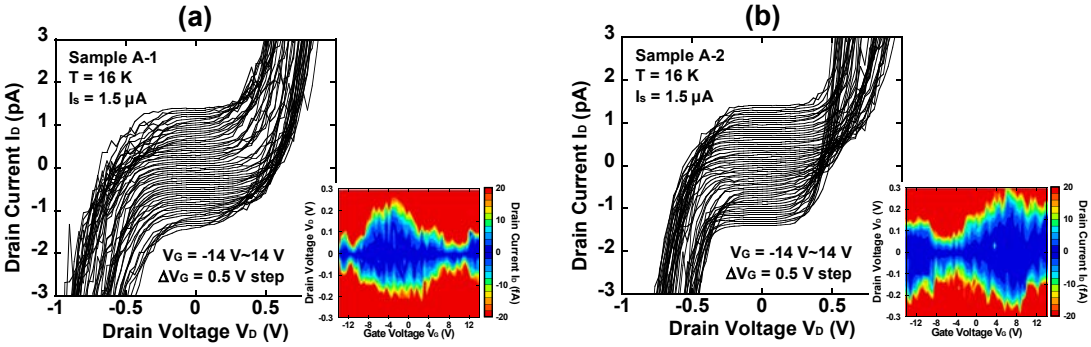


Fig. 1: Current-voltage (I_D-V_D) characteristics of devices ((a) sample A-1 and (b) sample A-2). The insets show color plot of drain current I_D as a function of drain voltage V_D and gate voltage V_G (stability diagram).

References

1. S. Kayashima, K. Takahashi, M. Motoyama, and J. Shirakashi, Jpn. J. Appl. Phys., **46,** L907 (2007).
2. W. Kume, Y. Tomoda, M. Hanada, and J. Shirakashi, J. Nanosci. Nanotechnol., (2010), in print.

超短パルス光フーリエ位相の実時間掃引計測

冨田　仁，西岡　一
電気通信大学レーザー新世代研究センター
e-mail: tomita@ils.uec.ac.jp

超短パルスの波形計測は高強度・超高速レーザー応用に必須の技術である。本研究は、高精度・高速の超短パルス光計測を目的とし、実時間遅延掃引を用いたスペクトルシアリング干渉計を開発した。これにより、時間ジッターなしにパルスの繰り返し周期でデータ蓄積でき、強度ノイズを容易に低減できる。図１に CMOS センサーで取り込んだ２次元干渉スペクトルおよび再構築されたパルス波形を示す。

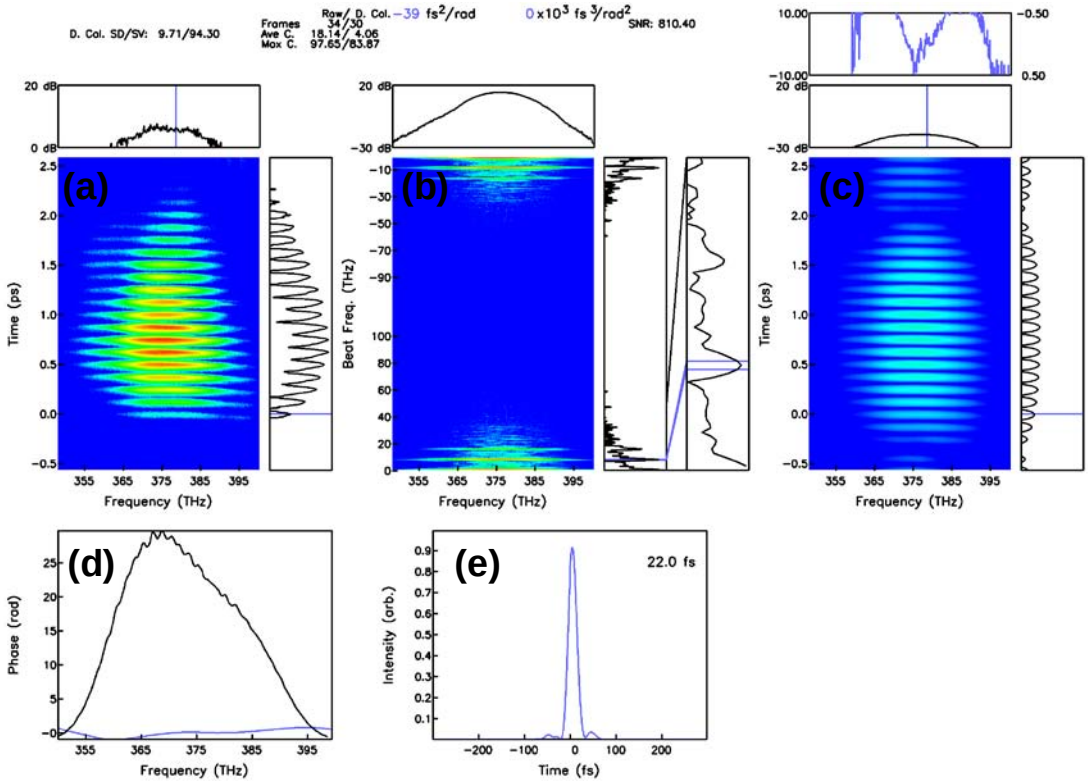


図１．PC ディスプレイにリアルタイム表示された超短パルス光の波形計測。(a) スペクトルシアリング干渉スペクトルの時間掃引。(b) 1 次元フーリエ変換したパワースペクトル密度。(c)シア周波数でフィルタし、逆フーリエ変換した強度及び偏角。(d) 回復された光パルスのフーリエ位相および分光器で計測されたスペクトル強度。(e) 再構築された超短パルス波形。

参考文献

1. H. Tomita and H. Nishioka, “Wide temporal coverage spectral shearing interferometer with a dual frequency mixer,” in Proceedings of IEEE conference on Lasers and Electro-Optics Society (IEEE, 2007), pp. 842-843.
2. Hitoshi Tomita and Hajime Nishioka, "Wide-time-range spectral-shearing interferometry," Opt. Express 17, 14023-14028 (2009).
3. H. Tomita and H. Nishioka, “High-resolution spectral-shearing interferometry,” in Proceedings of IEEE conference on Lasers and Electro-Optics Society (IEEE, 2008), pp. 701-702.

Influence of hydrogen gas on the growth of semi-polar InN

Hyunchol Cho, Mayu Suematsu, Hisashi Murakami, Yoshinao Kumagai, Akinori Koukitu
Department of Applied Chemistry, Tokyo University of Agriculture and Technology,
2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan
e-mail: 50009832104@st.tuat.ac.jp

Recently, research of non-polar and semi-polar nitride semiconductors have been attracted so much attention due to its possibility to obtain higher emission efficiency in contrast to that fabricated with polar face. In the case of InN, *m*-plane and *a*-plane InN growth have been reported by Takagi et al. and Lu et al. [1, 2] using $LiAlO_2$ and *r*-sapphire substrate. In our group, GaAs(110) substrate have been used for the growth of semi-polar InN. From previous research, it was confirmed that crystalline orientation of InN was strongly affected by growth temperature [3]. In this paper, it will be reported that growth of semi-polar InN also has definite dependency by hydrogen in in nitrogen carrier gas.

Growth of semi-polar InN was performed by the conventional MOVPE system with a vertical quartz glass reactor. Growth temperature was fixed as 575 ºC, and trimethylindium (TMIn) and NH_3 with the amount of 4×10^{-5} and 0.4 atm were used as indium and nitrogen sources, respectively. In this study, hydrogen in nitrogen carrier gas was changed from 0 (nitrogen carrier gas only) to 0.4% (small amount was included in nitrogen carrier gas).

InN(11-20), InN(10-13) and InN(20-21) plane were grown on GaAs(110) substrate in the condition of 0% hydrogen in nitrogen carrier gas (nitrogen carrier gas). With increasing the amount of hydrogen in nitrogen carrier gas such as 0.2 and 0.4%, InN(11-20) peak became very weak and InN(20-21) peak disappeared totally. Also, it was confirmed from ω-mode XRC of InN(10-13) that crystal was well oriented when X-ray incident direction was parallel to GaAs(1-10) which means perpendicular to InN(0002). Whereas, the InN crystal was tilted approximately 1.1~1.4º in the direction of the GaAs[111] when X-ray incident direction was parallel to GaAs(001) which means parallel to InN(0002).

Because InN(10-13) is more stable than InN(11-20) or InN(20-21) structurally on GaAs(110) substrate, it is thought that InN(10-13) plane was not decomposed deeply by hydrogen gas in contrast to InN(11-20) and InN(20-21). However, although InN(10-13) has very similar crystal structure with that of GaAs(110), there exists structural difference of 1.3º between two crystals. Therefore, it is thought that InN(10-13) plane take tilting approximately 1.1~1.4º and become more stable when it grows on GaAs(110) substrate. By phi scan of asymmetric InN(0002) plane, the as-grown InN was twin crystal, however, the integrated intensity of smaller peak was less than 1% in related to that of the other peak. Also, there existed in-plane anisotropy in InN(10-13) plane by azimuthal omega scan, however the FWHM of InN(0002) plane (56 arcmin) was better than that of InN(10-13) plane with all phi angle (65~100 arcmin). From these results, it was considered that the in-plane anisotropy, especially the FWHM of (10-13) plane in the direction to GaAs<001> could be improved if the c-axis fluctuation was reduced by nitridation or buffer layer growth.

References

[1] Y. Takagi, D. Muto, T. Yamaguchi, T. Araki and Y. Nanishi, Phys. Stat. Sol. C6 (2009) S425.
[2] H. Lu, W. J. Schaff et al., Appl. Phys. Lett. Vol. 83 (2003) 1136.
[3] H. Murakami, H. C. Cho, M. Suematsu, Y. Kumagai, A. Koukitu (will be published)

周波数量子もつれ光子による２光子干渉

清水 亮介
電気通信大学 先端領域教育研究センター
e-mail:r-simizu@pc.uec.ac.jp

従来の超短パルス光を用いた光計測技術では光の古典的波動としての性質をほぼ完全に制御し、計測を行うことが出来つつある。しかし、光の量子性に起因した自由度の制御はほとんどなされていない。そのため、光量子の特性を上手く利用することできれば、光計測技術のさらなる発展が期待できる。そこで、我々は光量子の最も特徴的な性質である「量子もつれ」を光計測技術へ応用することを目指し、制御された周波数量子もつれ光源の開発を行ってきた。これまでに我々は擬似位相整合素子 PPKTP (Periodically Poled $KTiOPO_4$) による正の周波数相関を持つ２光子光源（図１）と PPMgSLT (Periodically Poled MgO-doped Stoichiometric $LiTaO_3$) による負の周波数相関を持つ２光子光源（図２）を開発した[1]。これらの２つ光源は個々の光子のスペクトル分布としては同一であるが、対照的な周波数相関を持つことを特徴としている。

擬似位相整合素子のような非線形光学結晶中のパラメトリック下方変換過程を経て生成されたシグナル光子とアイドラー光子による２光子干渉は、量子情報処理の原理検証実験等に幅広く利用されている。一般に、２光子干渉にはシグナル光子とアイドラー光子との周波数差に対応する周期の波形を示す干渉と周波数和に対応する周期の波形を示す干渉とが存在する。周波数差が表れる干渉としては Hong-Ou-Mandel 干渉[2]が非常によく知られており、周波数和の干渉では Franson 干渉計[3]が有名である。従来､Hong-Ou-Mandel 干渉に表れる２光子コヒーレンス時間は個々の光子のスペクトル分布と関連づけて説明されてきた。また、Franson 干渉等に表れる２光子干渉のコヒーレンス時間はパラメトリック下方変換過程使用するポンプ光のコヒーレンスと関連づけて説明されてきた。しかし、２光子干渉に表れる２光子コヒーレンスはシグナル光子とアイドラー光子とのスペクトル分布を表す「２光子スペクトル」と関連づけて説明することで、統一的に理解できる。

今回、周波数相関を制御した量子もつれ光子による２光子干渉を測定し、２光子スペクトルと２光子コヒーレンスとの関連について議論する。

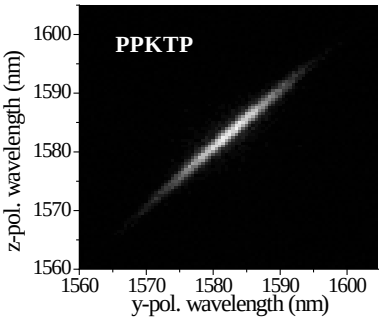


図１ PPKTP により生成された量子もつれ光子の２光子スペクトル。

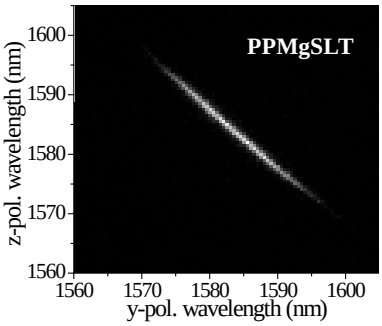


図２ PPMgSLT により生成された量子もつれ光子の２光子スペクトル

参考文献

1. R. Shimizu and K. Edamatsu, Opt. Express **17**, 16385 (2009).
2. C. Hong, Z. Ou, and L. Mandel, Phys. Rev. Lett. **59**, 2044 (1987).
3. J. Franson, Phys. Rev. Lett. **62**, 2205 (1989).

反応晶析による水酸化ニッケル微粒子の生成

船越 邦夫，松岡 正邦
東京農工大学大学院応用化学専攻
e-mail:kuniof@cc.tuat.ac.jp

1 はじめに

ニッケル水素二次電池の正極の活物質である $Ni(OH)_2$ 結晶は、$NiSO_4$ などの中和反応により作製されるが、得られる $Ni(OH)_2$ は無定形で低密度の粒子である。電池の高性能化のために球形かつ高密度の $Ni(OH)_2$ 粒子が要求されており、このような粒子を得るためには中和反応速度を精密に制御する必要がある。その方法の一つに、中和反応の際に NH_3 や NH_4^+を添加する方法が報告されている [1)]。一般に Ni^{2+}は NH_3 とニッケルアンミン錯体を形成すると言われているが [2)]、Ni^{2+}が連続的に原料として供給され反応晶析により消費されている状況で、NH_4^+が Ni^{2+}に対しどの様な影響を及ぼすかについては明らかではない。本研究では、連続反応晶析を用いて $Ni(OH)_2$ の微粒子を生成する際に、NH_4^+の添加による製品粒子の品質の変化やその際の溶液中の Ni^{2+}および NH_4^+濃度を調べ、$Ni(OH)_2$ の反応晶析における NH_4^+の役割について検討を行った。

2 実験方法

容量 150ml の攪拌槽型晶析装置に 1.00×10^{-4}mol/l の NaOH 溶液 100ml 入れ、50℃に設定し 500rpm で攪拌した。NaOH 溶液に様々な濃度の$(NH_4)_2SO_4$ 溶液と 1.70mol/l $NiSO_4$ 溶液をポンプにて連続的に注入し、溶液中の pH が 10 になるように pH コントローラとポンプを用いて 5.00mol/l NaOH 溶液を供給した。一定時間毎に懸濁液をシリンジにて抜き出し、所定時間毎にメンブレンフィルタを用いて固液分離を行った。製品粒子は電子顕微鏡にて観察し、溶液中の Ni^{2+}濃度はジメチルグリオキシム吸光光度法で、NH_4^+濃度はインドフェノール青吸光光度法を用いて測定した。

3 実験結果および考察

$(NH_4)_2SO_4$ 溶液の添加の有無による $Ni(OH)_2$ 粒子の形状の違いを **Figure** に示す。連続反応晶析により得られた $Ni(OH)_2$ 粒子は、多数の板状晶からなる凝集晶であった。凝集晶を構成する板状晶の厚さは、$(NH_4)_2SO_4$ 溶液を添加した場合は約 50nm、添加しない場合は約 70nm であった。また $(NH_4)_2SO_4$ 溶液を添加しない場合、板状晶同士が重なり合うように凝集していた。溶液中の Ni^{2+}濃度は、$(NH_4)_2SO_4$ 溶液を添加しない場合は常に 0mol/*l* であったが、$(NH_4)_2SO_4$ 溶液を添加した場合は時間と共に上昇しその後一定になった。$Ni(OH)_2$ の連続反応晶析が定常状態に達した後、懸濁液の pH を 10 に保ちながら $NiSO_4$ と $(NH_4)_2SO_4$ 溶液の供給を止めたところ、溶液中の Ni^{2+}濃度は急激に減少しほぼ 0mol/*l* になった。これより$(NH_4)_2SO_4$ 溶液を連続的に供給すると、溶液は Ni^{2+}に対して過飽和状態が保たれることが分かった。また原料中の$(NH_4)_2SO_4$ 濃度が高いと定常状態における Ni^{2+}濃度は高くなっていた。溶液中の NH_4^+濃度は、時間と共に上昇しその後一定となった。定常状態における NH_4^+濃度は、原料の連続供給と製品の連続抜き出しを仮定して算出した溶液中の NH_4^+濃度に比べ、低い値であった。溶液中の Ni^{2+}濃度に対する NH_4^+濃度の割合は、一般的なニッケルアンミン錯体中の NH_3 の配位数に比べ、小さい値であった。

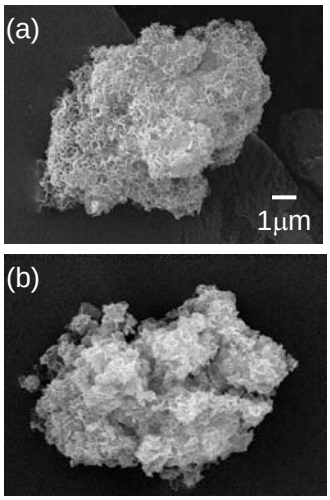


Figure $Ni(OH)_2$ agglomerates obtained for case (a) with or (b) without $(NH_4)_2SO_4$ solution

参考文献

1. 池田宏之助ら、いま注目されているニッケル－水素二次電池のすべて、エヌ・ティー・エス、2001
2. 佐々木陽一、柘植清志、錯体化学、裳華房、2009

Current multipliers based on the quantum current mirror

Srinivas Gandrothula[1], Chihiro Ishida[2], Yoshinao Mizugaki[2], Hiroshi Shimada[2]
[1] Dept. of Applied Physics and Chemistry, The University of Electro-Communications
[2] Dept. of Engineering sciences, The University of Electro-Communications
e-mail:sreenivas.ge@gmail.com

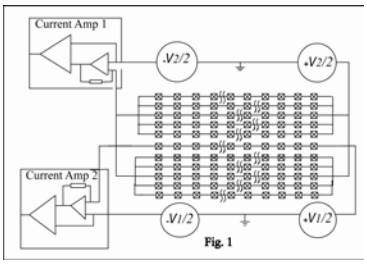


Fig. 1

The quantum metrological triangle (QMT) among three physical quantities, frequency, voltage and current combines the Josephson effect, quantum Hall effect with a third quantum electrical effect through single electron tunneling (SET). These three effects are related by Ohms law and form the three legs of the QMT. The present-day QMT's third quantity current possesses relatively low uncertainty compared with the other two quantities standards. Achieving a high level of uncertainty standards (1 part in 10^7) in the three quantities for completing the QMT has been the main challenge for researchers working in the field of metrology. The third quantity current being verified with the aid of current produced from SET devices, this current could be amplified with the help of cryogenic current comparators (CCC) for metrological purposes. However, space available for CCC is restricted by dilution refrigerators neck, so ranges of amplification are questionable.

We are developing current multipliers basing on quantum current mirror (QCM)[2] effect. QCM device has two arrays of small Josephson junctions coupled in a slanted capacitance method. In the QCM device a current in one array is duplicated in the other array in appropriate bias conditions. Currents in the two arrays showed 100 percent accuracy in the Coulomb blockade threshold region[2] at considerably low temperatures. An extension of this device with increasing another array, i.e., doubler device[3], also showed a similar phenomenon but with an enhanced magnitude of current. Current amplifications are taking place by increasing number of arrays around the central array (as shown in Fig.1). In this poster we present 5 as well as 10 multiplication phenomenon basing on the QCM effect with a simplified geometrical arrangement of arrays in the device. Fig.1 shows the schematic experimental measurement circuit, each cross in box represents a single Josephson junction. Fig.2 shows 10 multiplication behavior exhibited by the device at the positive threshold region, gray curve represents combined current produced by all 10 arrays and black line represents 10 times multiplied curve from the current produced by a central single array. Overlap among the curves in 10 multiplier is not accurate due to very small coupling capacitance (14-15aF, according to a simulation result) existing between junction arrays. We are currently trying fabrication of strongly coupled QCM devices and multipliers in order to increase the accuracy of the multiplier.

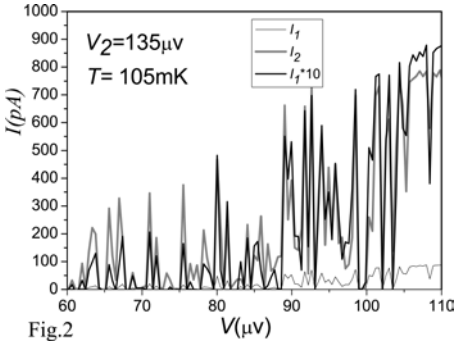


Fig.2

Since amplification of currents are taking place due to intrinsic behavior associated with the device and no external noise being added during the process of amplification. This device seems to have promising applications in the field of metrology. Our future directions include increasing the accuracy of overlapping currents in multiplier devices and conduct precise measurements using metrological instruments.

References:

1. M. W. Keller: Metrologia **45** (2008) 102.
2. H. Shimada and P. Delsing: Phys. Rev. Lett. **85** (2000) 3253.
3. H. Shimada, S. Hanadou, T. Kawai, H. Kido and, Y. Mizugaki: J. J. Appl. Phys. **47 (**2008) 8131.

透明導電性接着剤を用いた多接合ソーラーセルの開発

蓮見 真彦[1], 竹根澤 潤[1], 鮫島 俊之[1], 金子 哲也[2], 鯉田 崇[2], 柄澤 稔[2], 近藤 道雄[2]
[1]東京農工大学大学院 電子情報工学専攻，[2]産業技術総合研究所
e-mail:mhasumi@cc.tuat.ac.jp

1 はじめに

異なる波長感度特性を持つソーラーセルを接合して高い変換効率を得るタンデム型ソーラーセルの研究が進んでいる。我々は ITO 微粒子をポリイミドに分散させた透明導電性接着剤を開発した。同接着剤を用いて非晶質 Si (a-Si:H)p-i-n セルとヘテロ接合型結晶シリコンセル(HIT セル)の接合を試みたので報告する[1]。

2 実験

粒径 20 μm の ITO 微粒子をポリイミド溶液 1 g あたり 70 mg 分散させ接着剤を調合した。基板上にスピンコート法により塗布した本接着層の上にもう一枚の基板を置き、温度 160℃、圧力 0.5 kg/cm^2、2 時間のホットプレート加熱を施して接着層を硬化させ基板同士を貼り合わせた。二枚のガラス基板を接合した試料を用いて接着層の可視･近赤外領域における透過率､抵抗率 0.01 Ωcm の Si 基板を接合した試料を用いて接着層の接合抵抗をそれぞれ評価した。さらに、a-Si:H p-i-n セル（効率 7.5%）および HIT セル（同 14.4%）を接合した試料を作製し、a-Si:H p-i-n セル側からエアマス 1.5 (AM1.5) 強度 0.1 W/cm^2 の光照射を行ってソーラーセル特性を測定した。

3 結果と考察

可視・近赤外領域における本接着層を用いたガラス基板の透過率は接着層を挟まない二枚のガラス基板と同等の 80%と高く、本接着層の透明性が確認できた。さらに、本接着層の接合抵抗は 2.2 Ωcm^2 と見積もられた。図 1 に a-Si:H p-i-n セルと HIT セルとを接合したセルおよびそれぞれの単独セルのソーラーセル特性を示す。二接合セルは典型的なソーラーセル J-V カーブを示した。短絡電流 J_{sc}、開放電圧 V_{oc}、フィルファクター、効率はそれぞれ、1.31×10^{-2} A/cm^2、1.34 V、0.61、10.7%となった。高い V_{oc} は、直列接続した a-Si:H p-i-n セルと HIT セルが同時に発電したことを意味しており、ITO 粒子分散ポリイミド接着層が有効に二接合セルを形成したことを示している。一方、J_{sc} は小さな値にとどまった。本試料構成では a-Si:H p-i-n セルが電流を制限していることを示している。当日は接着層の耐環境性についても議論する。

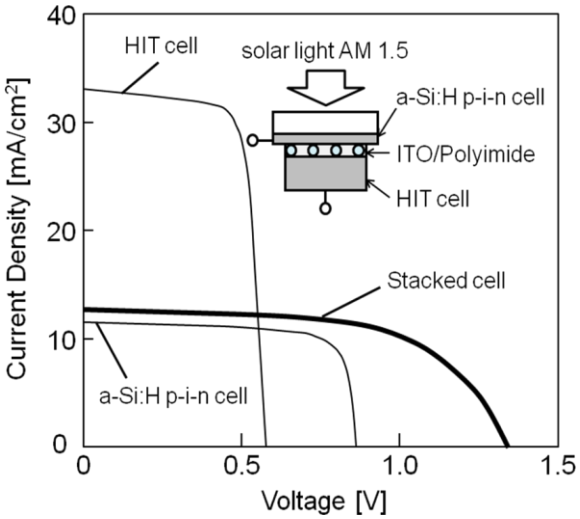


図 1. ITO/Polyimide 接着剤を用いて a-Si:H p-i-n セルと HIT セルを接合したソーラーセルの特性

4 謝辞

本研究は NEDO の助成を受けて行われた。

参考文献

1. J. Takenezawa, M. Hasumi, T. Sameshima, T. Koida, T. Kaneko, M. Karasawa and M. Kondo, Extended Abstracts of the 2010 International Conference on Solid State Devices and Materials, (2010) I-8-4.

Magnetization reversal dependence on bias voltage in Co/Al/Co single electron transistor

Asem Elarabi[1], Masataka Moriya[2], Hiroshi Shimada[2], Yoshinao Mizugaki[2]
[1]Dept. of Electronic Engineering, [2]Dept. of Engineering Sciences, The University of Electro-Communications , Tokyo , Japan.
e-mail: asem@w8-7f.ee.uec.ac.jp

During the last decade ferromagnetic single electron transistors has received an increased attention due to their attractive properties for applications such as magnetic read heads and random access memories (MRAM). Magnetization switching in Magnetic Tunnel Junctions (MTJ) is conventionally done by applying external magnetic fields. However, recent theoretical studies [1] and experiments [2] showed that it can also be done by injecting a spin polarized current. This type of magnetization switching is very important for the work of MRAMs because it allows for larger storage density, avoidance of cross writing, higher speed, and lower energy consumption [3]. In our experiment we have fabricated a single electron transistor with ferromagnetic leads made from cobalt, and aluminum superconducting island separated by aluminum-oxide tunnel barriers. The device was fabricated by drawing a mask using e-beam lithography over Si substrate coated with PMMA double layer resist. After developing the double layer resist two angle shadow evaporation technique was used to deposit 25 nm and 40 nm thick films of aluminum and cobalt, respectively. The tunnel junction was made by oxidation of aluminum for several minutes using pure oxygen in a vacuumed chamber.

Figure 1(a) shows a SEM image of the fabricated device. The measurement of the device was done in a dilute refrigerator inside a shielded room. The sample was cooled to a temperature of 115 mK, and a superconducting magnetic was used to apply the external magnetic field. Measurement cables were all equipped with filters to achieve the maximum accuracy.

Measured current versus external magnetic field characteristics is shown in Figure 1(b). In the graph we can see three current measurements I in applied bias voltages V_b varies from (500—700 μV). The magnetization reversal point can be noted by a sudden decrease in the current. The external magnetic field is swept from -0.6 to 0.6 Tesla. The points in which the magnetization is starting to reverse in the magnetic field are 0.04, 0.11, 0.13 Tesla in applied voltage of 500, 600, 700 μV , respectively. This phenomenon was probably caused by the increase in polarized current injected to the island which minimized the required magnetic field to switch the magnetization in the leads.

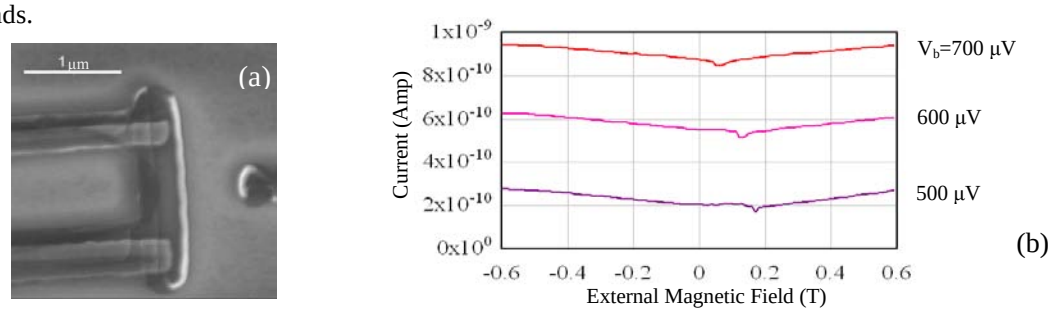


Fig. 1 (a) SEM image of fabricated device. (b) Current vs. increasing external field for three V_b.

References

1. M. B. A. Jalil and S. G. Tan. Phys. Rev. B **72**, 214417 (2005).
2. Rai Moriya, *et al*. Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) L825; Jun Hayakawa, *et al*. Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L1267.
3 J. Stöhr and H.C. Siegmann. Magnetism From Fundamentals to Nanoscale Dynamics; Springer: Berlin , 2006; pp 723.

2 種の金属を用いた MIS 型ソーラーセルの開発

小暮 一也, 吉冨 真也, 永尾 友一, 蓮見 真彦, 鮫島 俊之
東京農工大学大学院電気電子工学専攻
e-mail: tsamesim@cc.tuat.ac.jp

1　はじめに

私たちは 2 種の金属の仕事関数差によりシリコン内部に電位を発生させるシリコンソーラーセルを提案した[1][2]。仕事関数がそれぞれ 4.3eV と 5.1eV と報告されているアルミニウムと金を用いたソーラーセル試作について報告する。

2　実験

520μm 厚 n 型シリコン基板の両面に 100 nm の熱酸化膜を形成した。光照射マイクロ波吸収法[3]により測定した基板表面の少数キャリヤ実効ライフタイムは 1200 μs であった。表面の熱酸化膜をバッファフッ酸により残り膜厚 1.5 nm までエッチングした。少数キャリヤ実効ライフタイムは 7.6 μs に減少した。表面パッシベーション効果を向上するため 260℃、1.3×10^6 Pa、3 h の高圧水蒸気熱処理を施した。少数キャリヤ実効ライフタイムは 52 μs に増加した。そしてシリコン基板表面にアルミと金の櫛型電極を真空蒸着法により形成した。電極ストライプ幅は 500 μm、電極間ギャップは 100 μm とした。光強度 21.7 mW/cm^2 のハロゲンランプをサンプル裏面から照射してソーラーセル特性を測定した。

3　結果・考察

図 1 に電流電圧特性を示す。暗状態の時、電圧 0 V 以上で顕著に電流が増大した。シリコン基板表面の SiO_2 膜を介して、トンネル効果により電流が流れたことが確認された。また 21.7mW/cm^2 の光を照射した時大きな光誘起電流が観測された。図 2 に 21.7mW/cm^2 の光照射をした時のソーラーセル特性を示す。短絡電流 14.7 mA/cm^2、開放電圧 0.47 V、FF 0.49 が得られた。変換効率は 15.7%であった。2 種の金属を用いることで、PN 接合を用いずにソーラーセル特性が得られた。

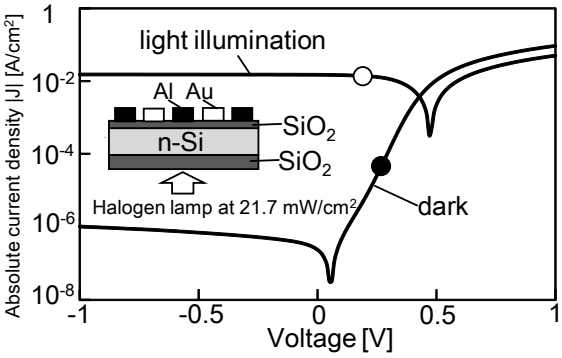


図 1,　電流電圧特性

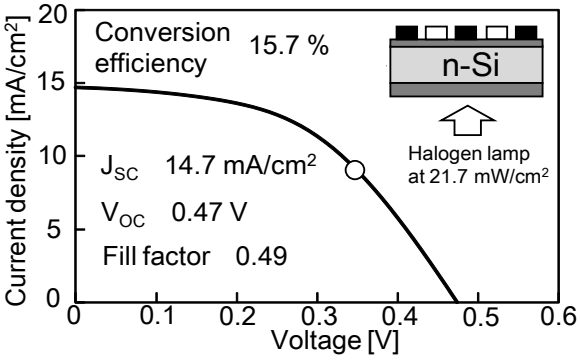


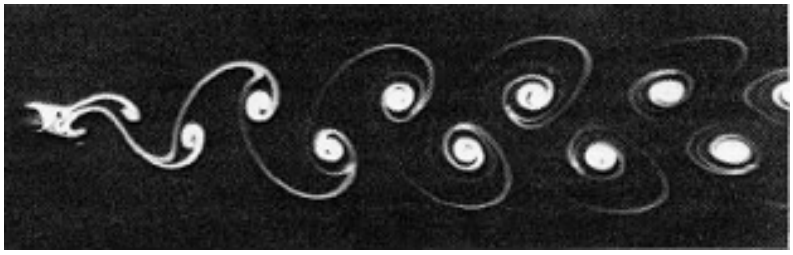
図 2,　ソーラーセル特性

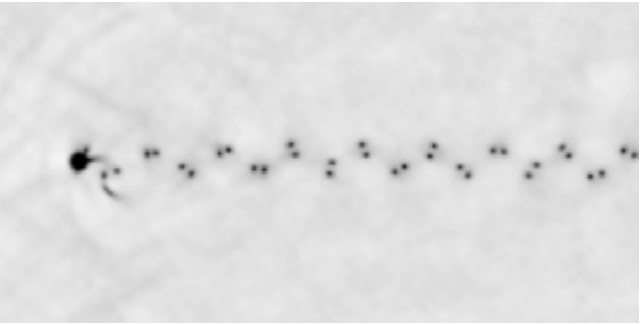
[1]K. Kogure, S. Yoshidomi, M. Hasumi and T. Sameshima, Jpn.S.Appl.Phys (2010) 14a-ZB-8.
[2] T. Sameshima, K. Kogure, and M. Hasumi, to be published in Jpn. J.Appl. Phys (2010).
[3] T. Sameshima, T. Nagao, S. Yoshidomi, K. Kogure and M. Hasumi, to be published in Jpn. J.Appl. Phys (2010).

ボース・アインシュタイン凝縮体におけるカルマン渦列

佐々木　一樹[1]，鈴木　直也[1]，斎藤　弘樹[2]
[1]電気通信大学大学院量子・物質工学専攻，[2]電気通信大学大学院先進理工学専攻
e-mail:sasaki@hs.pc.uec.ac.jp

一様流体中を円柱の障害物が通り過ぎた後にできる流れのパターンは動粘性係数を含む無次元パラメータ、レイノルズ数(Re)によって決定される。Re≤1 の範囲では流れは円柱に沿っており、定常で対称的なものである。Re = 1~10 の範囲でも流れは依然として定常であるが、円柱の下流側に一対の渦(双子渦)ができる。そして、この渦は Re とともに大きくなっていく。Re=10~10^2 では渦対はますます大きくなるが、その下流に振動が現れて、二列の渦が交互に並んだカルマン渦列が形成される[1,2]。この流れは非定常ではあるが周期的である。Re=10^2~10^5 では渦列は乱れて非定常かつ非周期的な後流が形成される。さらに Re>10^5 では円柱の後流は完全な乱流状態となる。このようにカルマン渦列の発生は流体の粘性と非常に密接に関係している。しかし、本研究では粘性を全く持たない超流動体であるボース･アインシュタイン凝縮体(BEC)においてもカルマン渦列が発生することを数値シミュレーションによって明らかにした。
上図は古典流体におけるカルマン渦の様子である。そして、下図は BEC におけるカルマン渦の様子である[3]。渦対間の距離と渦列間の距離の比がカルマン渦列の安定状態の理論値 0.28 とほぼ同程度の値をとった。





参考文献
1. H. Be´nard, C. R. Acad. Sci. Paris Ser. IV 147, 839 (1908);147, 970 (1908)
2. T. von Ka´rma´n, Nachr. Ges. Wiss. Go¨ttingen, Math. Phys.Kl. 509 (1911); 547 (1912)
3 Kazuki Sasaki, Naoya Suzuki, and Hiroki Saito Physical Review Letters **104**, 150404 (2010)

Passivation of silicon surface by oxygen plasma treatment followed by high-pressure H_2O vapor heat treatment

Shinya Yoshidomi [1], Masahiko Hasumi[1], and Toshiyuki Sameshima[1]
[1]Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology
e-mail: tsamesim@cc.tuat.ac.jp

Motivation

We report thin oxide layer formation using oxygen plasma followed by high-pressure H_2O vapor heat treatment [1] in order to passivate of silicon surfaces. We look for applying this method to fabrication of our silicon solar cells with thin oxide layers which have roles of surface passivation and quantum-tunneling conductance [2].

Experimental procedure

(i)520μm-thick n-type silicon wafers coated with 100nm-thick thermally grown SiO_2 layers on the top and rear surfaces were prepared. (ii)The top thermally grown SiO_2 layer was removed by etching using buffered HF acid. (iii)The top surfaces were then treated with oxygen plasma at a RF power of 100 W and with an oxygen gas at133 Pa at room temperature from 0 to 25 min. (iv) The silicon wafers were then annealed with $8.8X10^5$ Pa water vapor at 260^oC for 3 h. (v) The effective minority carrier lifetime τ_{eff} was measured by method of microwave absorption caused by carriers induced by light illumination to the top surface [3].

Result and discussion

The average value of τ_{eff} of initial n-type silicon wafer covered with thermally grown SiO_2 film on the top and rear surfaces was 1.39 ms. The average value of τ_{eff} was 23.3μs when the top SiO_2 was removed. **Figure 1** shows τ_{eff} as a function of duration for oxygen plasma treatment with high pressure H_2O vapor heat treatment. 12min Oxygen plasma treatment followed by $8.8X10^5$ Pa H_2O vapor heat treatment for 3h markedly increased τ_{eff} to 175μs. According to the analysis of reflection spectra, formation of 6nm-thick SiO_2 film was estimated. This result indicates that the combination of oxygen plasma with H_2O vapor heat treatment silicon oxide film has a capability of thin oxide films passivating the silicon surfaces.

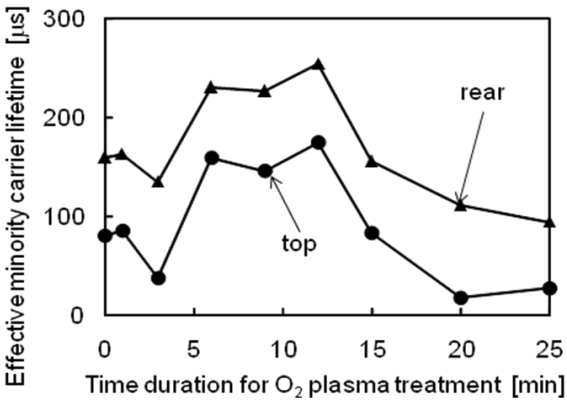


Fig. 1 τ_{eff} treated with subsequent high pressure H_2O vapor heating

References

[1] T. Sameshima, H. Hayasaka, M. Maki, Jpn. J.Appl. Phy.Vol. 46, No. 3B, 2007, pp. 1286–1289

[2] T. Sameshima, T. Nagao, S. Yoshidomi, K. Kogure and M. Hasumi, to be published in Jpn. J.Appl. Phys (2010).

[3] T. Sameshima, H. Hayasaka, and T. Haba: Jpn. J.Appl. Phys. 48 (2009) 021204-1.

全光学的手法による BEC 生成装置の開発

平井 秀一，Sanjay Kumar，加地 真英，牟田 真弓，中川 賢一
電気通信大学レーザー新世代研究センター
e-mail: s_hirai@ils.uec.ac.jp

我々の研究室では BEC（ボーズ・アインシュタイン凝縮）原子を使って，実験室内で実験できるような省スペースでかつ高い感度を得られる原子干渉計を開発し，重力加速度の測定を目指している．干渉計として高い感度を得るためには原子を十分冷却し凝縮させる必要があるのだが，特に我々は 1.064 μm のレーザーを用いた全光学的手法によって BEC を生成することを考えている．この手法は，磁場トラップよりも速い蒸発冷却を行えるため 1 回の実験サイクルを 10 秒程度と短くできるため，統計データを増やすことができる．また，アトムチップに見られるようなコイルやチップなどの遮蔽物がないため光学アクセスが良く，将来の応用性が期待できる．

我々は，すでに 7 x 10^7 個の MOT 原子（トラップ寿命：20 s）を光双極子トラップへ 10^5 個ローディングし 2~3 秒の蒸発冷却を行ったが，十分な冷却がなされる前に原子がなくなってしまった．これより，光双極子トラップ中で 10^6 個の原子を 10 秒程度トラップしておく必要であることが分かった．従って，MOT の段階で，原子数は 10^8 個以上，トラップ寿命は数十秒確保できる実験装置の開発が必要になった．

トラップ寿命はチャンバー内の真空度に依存するため，原子数とトラップ寿命はトレードオフの関係にある．そこで本研究では，これを実現するために Double MOT（図 1）という手法を取り入れた LVIS[1] と呼ばれる低速原子源を開発した．これは図 2 に示す用に穴あきミラーを真空チャンバー内に配置し，MOT 低速原子を穴から 2 次側へ送り出すものである．1 次側と 2 次側に圧力差をつけると同時に呼び冷却された必要原子数のみを実験に使用できるため，上記の問題を解決できる．

この原子源により送り出された原子を 2 次側 MOT でトラップし，原子数やトラップ寿命の評価を行った．ローディングレートは 9.5 x 10^7 個/s ，最大原子数は 7 x 10^8 個，トラップ寿命（1 / e 時定数）は 61 秒となった．これより，原子数で 10 倍，トラップ寿命で 3 倍改善した実験装置を開発できた．また，必要原子数を集めるのに数秒で十分ということも分かった．

現在，光双極子トラップへのローディングできるようセットアップしている．

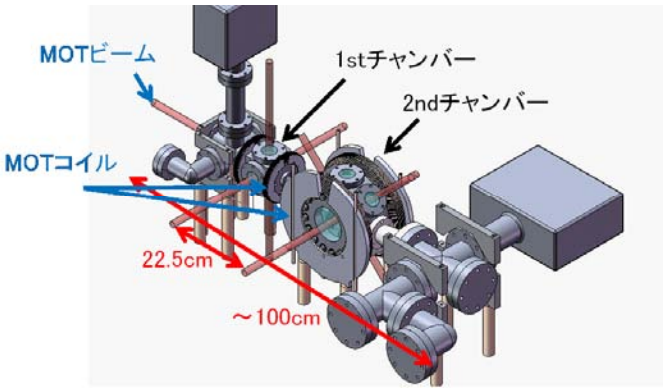


図 1　Double MOT

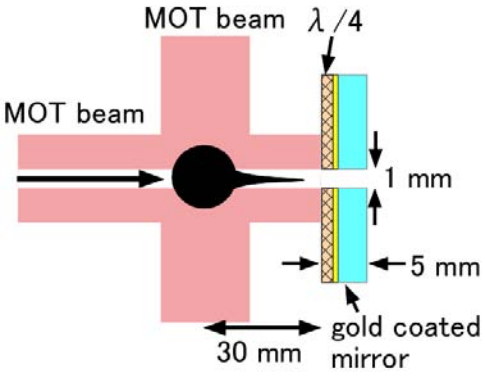


図 2　1 次側 MOT（LVIS）

参考文献

1. Z.T. Lu, K.L. Corwin, M.J. Renn, M.H. Anderson, E.A. Cornell, C.E. Wieman, Phys. Rev. Lett. 77 (1996) 3331.
rinaga, Phys. Rev. A **70**, 011401(R) (2004).

Interface Study on Germanium-MOS Structures

Yusuke Oniki [1], Harold M. H. Chong [2], Hiroshi Mizuta [2], and Tomo Ueno [1]
[1] Department of Electronic Information Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei-shi, Tokyo, 184-8588, Japan
[2] School of Electronics and Computer Science, University of Southampton, Southampton, SO17 1PJ, United Kingdom
e-mail: oniki@cc.tuat.ac.jp

Germanium (Ge) is one of the very promising candidates as a channel material for future meta-oxide-semiconductor field effect transistors (MOSFETs) because of its high carrier mobility. A combination with a high dielectric constant (high-k) material as a gate insulator film is required for the MOSFETs to obtain a much higher speed and lower power consumption. Similar to the high-k/Si system which has an interface layer (IL) of silicon dioxide (SiO_2),[1] an IL is required to maintain a good interface condition for the high-k/Ge structure. Although Ge dioxide (GeO_2) is one of the solutions for the IL, the interface between GeO_2 and Ge is not stable since Ge monoxide (GeO) is easily desorbed during heat treatments.[2-4] The GeO desorption leads to a critical deterioration of the interface properties.[5] In this work, the relationship between GeO desorption and the improvements in electrical characteristics of metal/GeO_2/Ge capacitors fabricated by thermal oxidation has been investigated.

GeO desorption characteristics of GeO_2/Ge and GeO_2/SiO_2/Si stacks were investigated by annealing under ultrahigh vacuum (UHV) conditions. Figure 1 shows the thermal desorption spectroscopy (TDS) signal of GeO desorbed from GeO_2(10 nm) films either on the Ge substrate and SiO_2/Si by UHV annealing. The results clearly show that GeO desorbs from the GeO_2/Ge interface at temperatures above 400°C. Capacitance-voltage (*C-V*) characteristics of Al/GeO_2(10 nm)/*p*-Ge capacitors fabricated by thermal oxidation of Ge (100) substrates at various temperatures were evaluated. The densities of fixed charge were estimated from the flat-band voltage (V_{FB}) shift of *C-V* curves (not shown). Although the *C-V* curves of samples oxidized at high temperature show a large V_{FB} shift, the shift was drastically improved by the oxidation at low temperature. These results prove that interface formation between GeO_2/Ge at low temperature is effective to improve the electrical properties due to a slow desorption rate of GeO. Moreover, the V_{FB} shifts were drastically improved by using post metallization annealing (PMA) at 300°C in N_2. There are virtually no V_{FB} shifts in the *C-V* curve after PMA. Improvements of the minority carrier generation were also observed in *C-V* curves of samples treated with PMA. These results indicate that PMA at low temperature is a very effective method to improve the GeO_2/Ge interface quality.

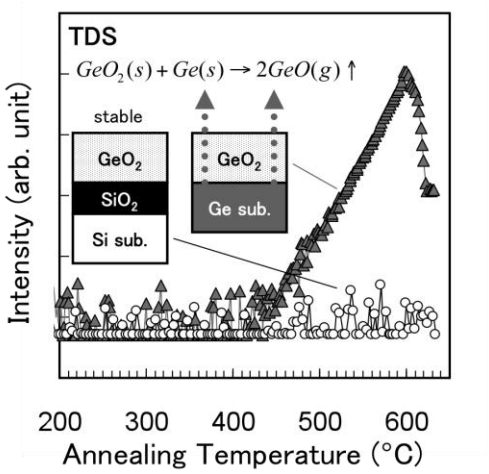


Fig. 1. Thermal desorption spectroscopy spectra of GeO (M/z: 86, 88, 89, and 90) desorbed from the GeO_2/Ge and the GeO_2/SiO_2/Si stacks annealed under ultrahigh vacuum conditions. GeO volatized above 400°C only from the GeO_2/Ge structure.

Acknowledgement
The work was partly supported by the JSPS International Training Program (ITP) at between Tokyo University of Agriculture and Technology and University of Southampton.

References:
[1] G. D. Wilk *et al*, *J. Appl. Phys.* **89**, 5243 (2001).
[2] W. Bues et al, *u. allgem. Chem.* **266**, 281 (1951).
[3] W. L. Jolly et al, *J. Am. Chem. Soc.* **74**, 5757 (1952).
[4] J. T. Law *et al. Soc.* **104**, 154 (1957).
[5] Y. Oniki *et al*, *J. Appl. Phys.* **107**, 124113 (2010).

2 成分 BEC における回転位相整合性のブロッキングとダイナミクス

三浦　拓朗[1]，稲田　寛之[1]，下平　孝之[1]，斎藤　弘樹[1]，岸本　哲夫[2]
[1]電気通信大学情報理工学研究科先進理工学専攻，[2]電気通信大学先端領域教育研究センター
e-mail:kishi@pc.uec.ac.jp, hsaito@pc.uec.ac.jp

多くの量子気体の研究は、主に 3 次元調和振動子トラップ中で行われてきたが、我々は、トラップの形状をドーナツ型にすることで、周期的に閉じた系を実現し、この周期性を積極的に利用した研究を目指す。

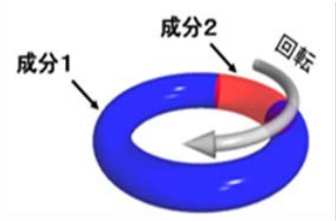


図１．BECの回転位相整合性のブロッキング

具体的には、図１に示されるようなドーナツ型トラップ中の 2 成分 BEC を回転させた場合を考える。1 成分のみをトラップして回転させる場合は、循環の量子化により、BEC の流れる速度は量子化される。ところが、同様に 2 成分 BEC を回転させる場合、成分間の斥力相互作用を強くすると、成分１と成分２はお互いに侵入することを拒むため、循環の量子化は適用されない。これは、成分間の斥力相互作用が強い条件では、任意の速度で系を回転させることができることを意味する。この条件から始めて、徐々に成分間の相互作用を弱めていくと、各成分がお互いの領域に侵入し、やがてまた循環の量子化条件が課せられる。このとき、常に全角運動量は保存されている必要があるため、循環の量子化と角運動量保存が競合し、非自明な現象が期待される。

今回、初期に与える角運動量によって、どのような現象が起こるのかを理論的に予測できたのでそれを紹介する[1]。また、実験で用いるドーナツ型トラップは、光双極子トラップで構築する予定であり[2]、その実験の準備状況についても報告する予定である。

参考文献

1. T. Shimodaira, T. Kishimoto, and H. Saito,　Phys. Rev. A 82 , 013647 (2010).
2. K Henderson, C Ryu, C MacCormick, and M G Boshier, New Journal of Physics 11, 043030 (2009)

Fabrication of High-k/Ge Stack Using Post Metal Deposition Annealing

Hideo Koumo, Yusuke Oniki, and Tomo Ueno.
Department of Electronic and Electrical Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology.
e-mail: 50009645117@st.tuat.ac.jp

Introduction

Germanium (Ge) is expected to be one of the candidates of channel materials for future MOSFET because it has higher intrinsic carrier mobility than Silicon [1]. And it will be used with high-κ dielectrics for small EOT value. However, during fabrication of high-κ/Ge structure, Germanium dioxide (GeO_2) formation at the interface is inevitable [2]. GeO_2 that has thermal instability and water solubility causes deterioration of the system [3]. So, formation of good quality GeO_2 dielectric on Ge substrate is needed for high-κ/Ge structure.

In forming excellent metal/GeO_2/Ge system, we had suggested that post metal deposition annealing is effective to improve the electrical properties of the system [4]. Concretely speaking, improvement of V_{FB} shift and increase of accumulation capacitance are achieved by the annealing. In this work, we attempted fabrication of high-κ/Ge structure by applying the post metal deposition annealing to the thin GeO_2 film.

Experimental procedure

p-Ge(100) substrates with a resistivity of 0.1 ~ 1 Ωcm were cleaned by conventional chemical process followed by diluted HF dipping. After each cleaning step, the wafers were rinsed by de-ionized water and treated blow drying. Then, the samples were immediately loaded into a furnace tube and thermally oxidized in O_2 ambient at 400°C for 3 hours to form GeO_2/Ge. The CET value of the structure was 6.5 nm. After the oxidation, Hf metal film (1 nm) deposited on some samples, and metal deposition annealing at 350°C for 30 min was operated in UHV chamber (*in situ*). And gate electrode and back surface contact of all samples were formed by conventional vacuum evaporation of Al. Then, C-V measurements were performed.

Result and discussion

Figure 1 shows 1 MHz C-V curves of GeO_2/Ge with and without Hf deposition annealing. Compared with as-oxidized sample that has little hysteresis but large negative V_{FB} shift, the sample with Hf deposition annealing achieved ideal V_{FB} value. And also increase of accumulation capacitance was attained by the annealing. According to results of X-ray photoelectron spectroscopy and thermal desorption spectroscopy (data not shown), we assumed that these improvements are achieved by idealization of metal/GeO_2 interface. Although the EOT value of the annealed sample is 2.9 nm, it is expected that smaller EOT value will be achieved by further scaling.

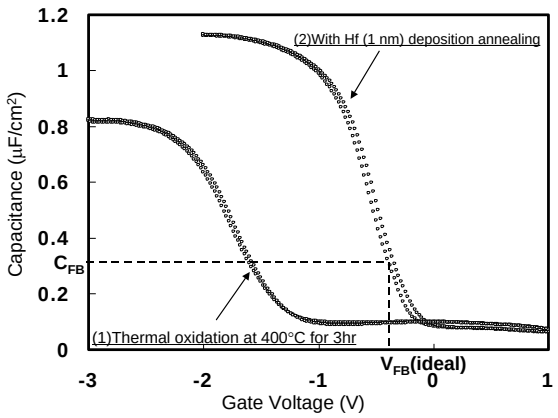


Fig. 1 (1) C-V characteristic of GeO_2/Ge structure that was thermally oxidized at 400°C for 3 hours. (2) C-V characteristic of GeO_2/Ge structure added post Hf (1 nm) deposition annealing at 350°C for 30 min. The C-V curve of (b) is very close to ideal curve, and EOT is 2.9 nm.

References

1. M. L. Lee et al, *Appl. phys. Lett.*, **79**, 3344 (2001).
2. K. Kita et al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **47**, 2349 (2008).
3. T. Hosoi et al, *Appl. phys. Lett.*, **94**, 202112 (2009).
4. Y. Oniki et al, *J. Appl. phys.*, **107**, 124113 (2010).

低温原子分子および強光子場科学の理論研究

山越 智健[1]，相澤 真之助[1]，大海 真貴[1]，黄 緒明[1]，宮城 晴英[1]，梅垣 俊仁[1]，
Chen Zhang[3]，Chris Greene[3,4]，森下 亨[1,2]，渡辺 信一[1]
[1]電気通信大学大学院 先進理工学専攻，[2]JST PRESTO，[3]U. Colorado and [4]JILA, USA
e-mail:t-yamakoshi@power1.pc.uec.ac.jp

１　はじめに

原子・分子・光(AMO)科学ではレーザー科学技術の急激な進歩に牽引されて、さまざまな研究が行われている。本研究室では、低温原子分子および強光子場中の原子分子のダイナミクスについて、計算数理科学の観点から深い理解を得ることを目指している。ここでは低温分子生成に関する、Fano-Feshbach 共鳴による分子生成のモンテカルロシミュレーションを中心に報告する。

２　Fano-Feshbach 共鳴(FFR)による分子生成のモンテカルロシミュレーション

原子をレーザー光で減速させるレーザー冷却技術の発展により、原子を数μケルビンにまで冷却することが可能になった。顕著な例としてBose-Einstein凝縮(BEC)が実験的に実現したことが挙げられる。しかしながら分子をレーザー冷却することは難しい。そのためレーザー冷却された原子から FFR を用いて低温分子を生成する方法が試みられてきた。また FFR で生成された分子を STIRAP と呼ばれる方法で基底状態へと遷移させることが可能である。この方法で K-Rb の極低温絶対基底状態を生成することに JILA(USA)のグループが成功している[1]。しかし低温分子生成、特に異種原子からなる分子の生成についての理論的研究は多くない。多数の分子からなる BEC の実現には FFR による高い分子生成率が要求される。そのため我々は現在、モンテカルロシミュレーションを用いて FFR による分子生成率について調べている(図１)。

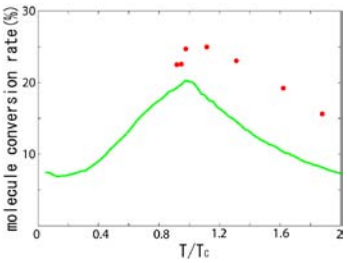


図 1. K-Rb に対する FFR による分子生成率。点は実験値[2]、線はシミュレーション(粒子数は実験値の 1/10)の結果。

３　強光子場科学

レーザー技術の発達により、強度が PW/cm^2、パルス幅がフェムト(10^{-15})秒といった高強度超短パルスレーザーの発生が可能になった。このような強光子場と原子分子の相互作用は超閾イオン化(ATI)や高次高調波発生(HHG)などの多様な非線形現象を引き起こすことが知られている。また、アト秒レーザーの登場により原子、分子の実時間イメージングおよび制御が可能となりつつある。

本研究室ではポジトロニウム負イオンの多光子二重イオン化の運動量空間での解析、二原子分子の超閾光電子スペクトルの精密計算、HHG を用いた原子分子のイメージング法の開発などの研究を行っている。また、時間に依存するシュレディンガー方程式を数値的に解くための計算手法の開発も行っている。

参考文献

1. K.-K. Ni, *et al.*, “A High Phase-Space-Density Gas of Polar Molecules”, SCIENCE **322**,231 (2008)
2. M. Olsen, “Experiments with Feshbach molecules in a Bose-Fermi mixture”, コロラド大学博士論文(2008)

鉄系超伝導体の分子線エピタキシー成長

山岸　健[1,2]，上田　真也[1,2,3]，武田 宗一郎[1,2]、高野 志郎[1]、光田 暁弘[4]、
内藤 方夫[1,2]
農工大工[1]，JST-TRIP[2], NEDO[3]，九大理[4]
E-mail:50009644207@st.tuat.ac.jp

1　背景

2008 年に新たな高温超伝導体である鉄系超伝導体が発見された。磁性をもつ鉄のような元素は超伝導にはならないと考えられていたので、この発見は大きな注目を集めた。超伝導転移温度 T_c は最高で 55 K と銅酸化物に次いで高く、更なる高 T_c 化やその応用など大きな注目が集まっている。精密な物性測定やデバイス応用にはエピタキシャル薄膜が必須であるが、鉄系超伝導体に関する多くの研究が行われているにも関わらず、薄膜成長の報告は非常に限られている。本研究では、分子線エピタキシー成長による $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ 及び $Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ 単結晶薄膜の作製を試み、世界で初めて成功した。

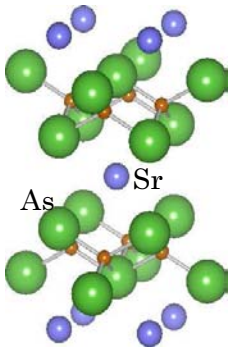


図 1 $SrFe_2As_2$ の結晶構造

2　実験

真空チャンバー中（10^{-9} Torr）で原料を抵抗加熱によって蒸発させ、MBE 成長を行った。K 以外の元素に関しては単体金属を抵抗加熱することにより供給した。K は、大気中での取り扱いが困難であるため、In - K 合金（In_8K_5）を抵抗加熱することにより供給している。蒸発レートは電子衝撃発光分光、原子吸光分光を用いて精密に制御した。

3　結果

これまで鉄系超伝導体の成長が行われてきた温度と比較して低温、かつ低砒素圧で薄膜成長することにより、$Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ 及び $Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ 薄膜の作製に成功した。図 2 に Al_2O_3-R 上に $x = 0.45$ で作製した $Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ と、$x = 0.35$ で作製した $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ の（a）XRD パターンと（b）抵抗率の温度依存性を示す。（(b）から、$Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ は $T_c^{on} = 33.4$ K, $T_c^{end} = 31.0$ K, $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ は $T_c^{on} = 38.1$ K, $T_c^{end} = 35.5$ K を示している。

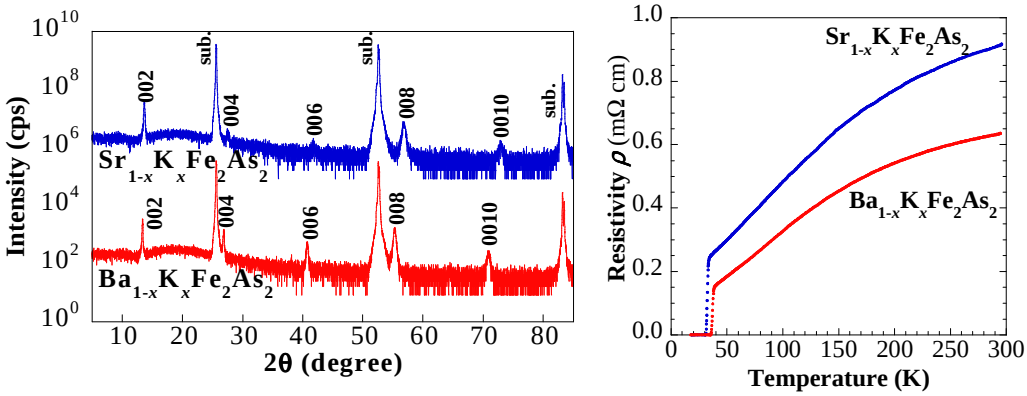


図 2、基板温度 340 ℃で Al_2O_3-R 上に $Sr_{1-x}K_xFe_2As_2$ ($x = 0.45$), $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ ($x = 0.35$) で作製した薄膜の（a）XRD パターン（b）抵抗率の温度依存性。

参考文献

1. 1)　Y. Kamihara et al., J. Am. Chem. Soc. 130 (2008) 3296.

冷却イオンと中性原子による極低温物理

松井 千加士，千田 佑真，松田 マリック隆磨，向山 敬
電気通信大学大学院先進理工学専攻
muka@ils.uec.ac.jp

向山研究室では，冷却されたイオンと中性原子の相互作用により生ずる物理を研究する事を目標としている．現在，世界的に見ると中性原子を冷却して作られた BEC を元にした研究は盛んであり，様々な物理現象が明らかにされてきている． また，冷却されたイオンについても同様に良く研究され応用もなされている．しかし，冷却された中性原子からなる系とイオンからなる系は，今まではそれぞれが各々独立した系としてしか研究されて来なかった．最近になり，幾つかのグループが原子とイオンを混合させる事に成功したと言う報告があったが，まだこの混合系での物理現象を扱うに至ってはいない．そこで，本研究室では中性原子とイオンを一緒にして一つの系とする事で，新たに生ずる物理を見る事が目的である．

本研究室は今年４月から研究室の立ち上げを始め，現段階ではイオンを真空中に捕獲するイオントラップ実現したところである．そこで，ポスターセッションでは現状の報告やこれからの計画などを中心に発表する予定である．

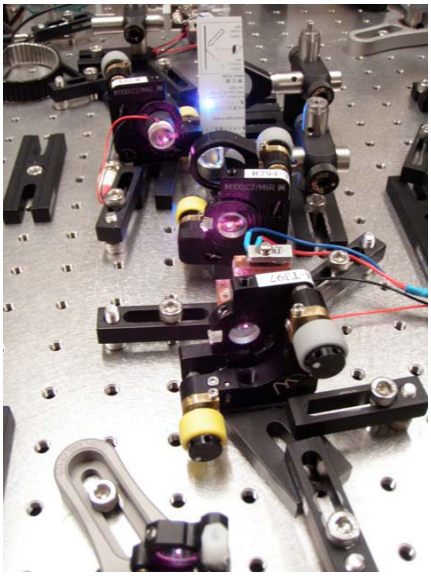


図１　イオンを捕獲するポテンシャルの生成に使う電極と光源

ポリフェニレンビニレンとポリメチルメタクリレートからなるグラフト共重合体の合成と光学特性の評価

舩津 加央里[1]，土屋 康佑[1]，荻野 賢司[1]
[1]東京農工大学大学院生物システム応用科学専攻
e-mail: kogino@cc.tuat.ac.jp

1　はじめに

共役系高分子には、ポリパラフェニレン(PPP) 、ポリフルオレン(PF) 、ポリチオフェン(PT) 、ポリフェニレンビニレン(PPV)などがあり、優れた光学的・電気的特性を持つ導電性高分子として知られている。

しかしながら、フィルム状態ではスタッキングを起こし、発光効率が低下するという問題点がある。既往の研究において、高分子主鎖にかさ高く、立体障害の大きいグラフト鎖を導入することで、フィルム状態での発光効率の低下が抑えられることを見出している[1)]。そこで本研究では、PPV を幹として、枝にポリスチレンまたはポリメタクリル酸メチルを有するグラフト共重合体を合成し、フィルム状態における発光効率の向上を目的とした。

2　実験・結果

合成は、Heck 反応により PPV を合成しその後 ATRP 開始部位を導入してマクロ開始剤(PPV-MI) を得た。この PPV-MI を用い ATRP によりスチレン、メタクリル酸メチルを重合しグラフト長の異なるグラフト共重合体を合成した。

その結果、スチレンの場合はゲルとは異なる不溶物が生成してしまい、収率が著しく低かったため、何らかの副反応が起こっていることが示唆された。一方、メタクリル酸メチルでは構造の明確なグラフト共重合体を合成することができた。メタクリル酸メチルの場合でも溶媒に不溶のゲル状の固体が生成したが、THF を用いたソックスレー抽出により可溶分のみを回収することができた。このことから、モノマーの種類によって反応性が異なることが示唆された。

^{1}H-NMR スペクトルから側鎖長が 5, 8, 74, 305 のグラフト共重合体の合成を確認した。また、UV, PL スペクトルを測定してフィルム状態でのスタッキングについて調べた。Figure 1 に PPV-MI、グラフト共重合体（側鎖長 74）の溶液、フィルムにおける PL スペクトルの結果を示す。PPV-MI ではフィルム状態においてレッドシフトしているだけでなく、スペクトルがブロードになっている。それに対し、グラフト共重合体では、溶液、フィルム共にほぼ同じ発光波長を示し、スペクトルの形も同じである。この結果から、グラフト共重合体ではフィルム状態でスタッキングを抑制していることが示唆された。

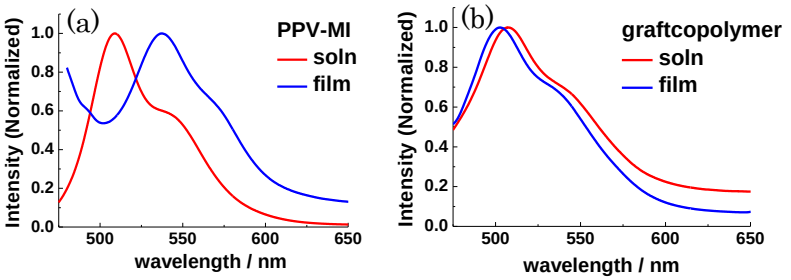


Figure 1 PL spectra of (a) PPV-MI and (b) graftcopolymer

参考文献

1.　J. Shen, K. Tsuchiya, K. Ogino, J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem., 46, 1011 (2008)

電子ビームイオントラップを用いた多価イオンの研究

山崎 詔[1]，山田 千樫[2]，中村 信行[1]
[1]電通大レーザー，[2]電通大先進理工
e-mail:yamazaki@ils.uec.ac.jp

原子から電子を複数取り去ったものを多価イオンという。特に我々の研究室では多価イオン源として電子ビームイオントラップ(Electron Beam Ion Trap: EBIT)[1]を用い、電子を一つも持たないか、少数しか持たない高度に電離した多価イオンについての研究を行っている。EBIT はイオンをトラップし電子衝突により電離を進め、多価イオンを生成する装置である。多価イオンでは、量子状態に強い相対論および量子電磁気学的効果が現れ、重要な基礎原子物理学の研究対象になる。また、多価イオンが固体表面に低速で近づく際、物質中の電子を強く引きつけ自身の強大な内部エネルギーを開放し、大きな反応性を示す。結果としてナノサイズの隆起などの構造を量子効率100%で形成するなど他の粒子には無い特徴があるためナノ加工への応用も期待されている。

ポスターでは、我々の研究室で現在進められている以下の研究について紹介する。

(1)電子と多価イオンの衝突過程

電子と多価イオンの衝突では様々な過程が起こるが、その中の一つとして二電子性再結合と呼ばれる共鳴過程の測定を行っている。二電子性再結合は特定の電子エネルギーでのみ起こり大きな断面積を持つため、その理解はプラズマの診断・制御において重要である。水素様クリプトンなどのイオンについて、共鳴から放出される X 線の観測により断面積を測定した結果を報告する。

(2)様々な多価イオンの分光データ測定

高温プラズマの診断や制御において、多価イオンの分光データが必要となる。我々はこれまで、太陽コロナ診断に資する鉄イオンや、次世代リソグラフィ光源開発に資する錫、キセノンイオンについて分光データを取得してきた。最近は、次世代核融合実験炉 ITER のプラズマ診断に資するタングステンイオンの分光測定を、主に可視、EUV 領域において行っている。本研究室で初めて同定されたラインや新たに設置された分光器などについて発表する。

(3)多価イオン-表面衝突

多価イオンは固体表面と激しく反応し電子やイオンなどの多くの二次粒子を放出する。また価数に応じたナノ構造を形成することが走査型トンネル顕微鏡などにより観察されている。しかし多価イオン衝突による固体表面の発光観測実験はほとんど行われていない。今回、有機色素である bis-MSB、無機シンチレーターである ZnS:Al,Cu、YAG などに多価イオンを照射し、発光強度の価数依存性などを調べた。

参考文献

1. H. Watanabe *et al.*, 1997 *J. Phys. Soc. Jpn.* **66** 3795

高分解能サーモグラフィ顕微鏡の開発

宮本 陽介，井口 善仁，生嶋 健司
東京農工大学大学院物理システム工学専攻
e-mail:50009644119@st.tuat.ac.jp

熱輻射をパッシブに画像化するサーモグラフィは、化学プラント、自動車、人体などを対象として産業や医療などで幅広く利用されている。ただし、常温の黒体輻射を観測するためには長波長の赤外光をターゲットにする必要があり、10μm 以下の高い空間分解能を得ることは難しい。そこで、本研究では高い空間分解能が得られるサーモグラフィを実現する。空間分解能が改善されると、サーモグラフィ顕微鏡は半導体ナノ構造の発光過程探索や少数分子系における化学反応分析、生きている細胞・生体高分子の活性状態の可視化など広範囲の応用が期待される。

（1） Ge 製ソリッドイマージョンレンズ(SIL)の利用

「屈折率の高い媒質中では波長は短くなる」という性質を利用し、試料に密接させて使用する対物レンズを SIL という。本研究では、SIL として単色収差のない超半球ゲルマニウムレンズ(n_{Ge}=4.003)を設計し、図 1 のような共焦点型光学系を作製した。SIL の性質により、空間分解能は波長 10μm に対して 2μm に到達する。

対物レンズが SIL として機能していることを確認するために以下の実験を行った。80℃に熱した黒体サンプルを光軸方向に 0.1μm 振動させることで変調を加え、光軸 Z 方向から焦点に近づけて、赤外光信号をロックイン測定した。図 2 に示すように、黒体サンプルを SIL の表面から 1μm 以内に近づけた時、大きな信号が観測された。この結果から、対物レンズが SIL として機能しているといえる。

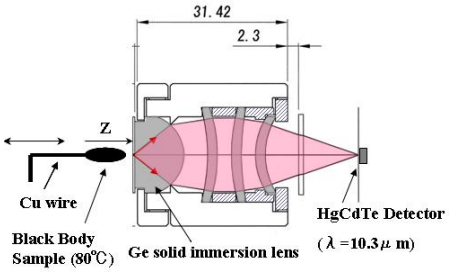


図1. レンズ光学系

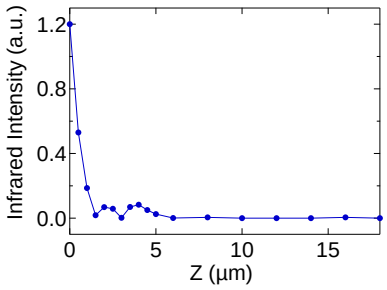


図2. 光軸上をスキャンした時の赤外光強度

（2） 金属ナノプローブにおける表面プラズモンの利用

さらなる空間分解能向上のために金属ナノプローブを用いた近接場光学技術を導入する。金属ナノプローブの制御には原子間力顕微鏡（AFM）のフィードバックシステムを利用する。ただし、パッシブ計測のため外部光照射は避けたい。そこで音叉型水晶振動子を用いた自己検知式 AFM を立ち上げた。金属ナノプローブはタングステン線を電解研磨して作製する。電解液 1mol/l 水酸化カリウム水溶液中にタングステン線（径 50μm）とステンレスを電極として用い、交流電圧を印加することで先端曲率半径約 30nm の金属ナノプローブ（図 3）を作製できる。ここで最適交流電圧条件は電圧振幅 5V、周波数 10kHz であった。音叉型水晶振動子の電圧振幅をフィードバック信号とすることによってこの金属ナノプローブの制御が可能となり（1）の光学系と組み合わせることにより近接場光探索する準備が整った。

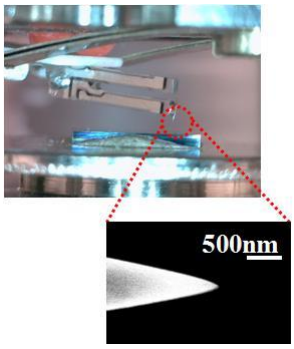


図 3. 音叉型水晶振動子（上）とタングステンナノプローブ（下）

Optical Nanofiber Cavity: A Novel Workbench For Cavity-QED

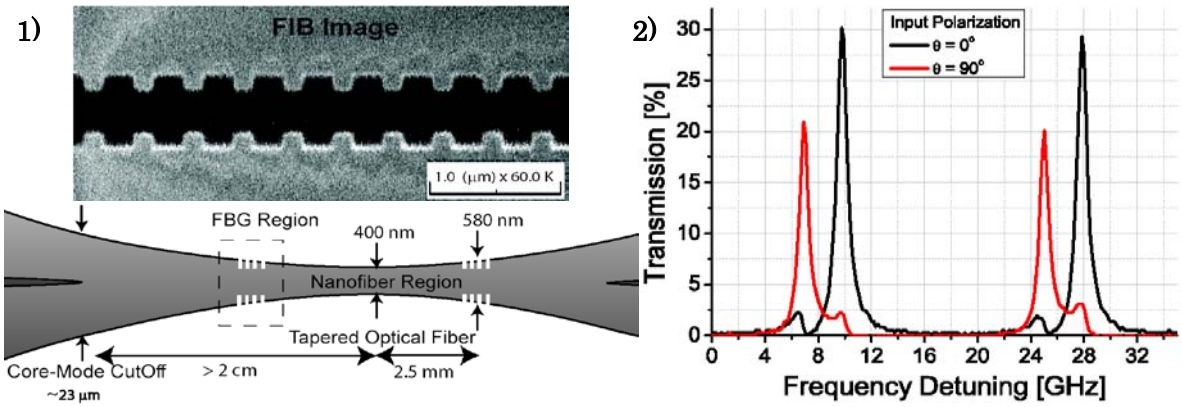
K. P. Nayak[1], Fam Le Kien[1], K. Nakajima[2], Y. Kawai[1], H. T. Miyazaki[2], Y. Sugimoto[2], and K. Hakuta[1]

[1]Center for Photonic Innovations, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.

[2]Nanotechnology Innovation Center, National Institute for Material Science, Tsukuba, Japan.

e-mail: kali@pc.uec.ac.jp

Sub-wavelength diameter silica fiber, known as optical nanofiber, is becoming a promising workbench for manipulating single atoms/photons. Due to the confinement of the field in the guided mode the spontaneous emission of atoms can be strongly modified around the nanofiber and a significant fraction (~ 10%) of atomic emission can be coupled to the guided mode [1]. It is experimentally demonstrated that single atoms can be detected using naonfibers [2]. The coupling between the atom and the nanofiber guided modes can be substantially improved by introducing an inline fiber cavity. Due to the strong transverse confinement of the nanofiber guided modes even for moderate finesse cavity the coupling between the atom and the guided modes will be significantly enhanced. It is theoretically estimated that when the diameter of the nanofiber is 400 nm and the cavity finesse is 30, almost 94% of the total emission can be channeled into the guided modes [3]. In this poster we introduce the experimental realization of optical nanofiber cavity by drilling periodic nano-grooves on an optical nanofiber using focused ion beam (FIB) milling.



A schematic diagram of the nanofiber cavity and the FIB image of the nano-grooves are shown in Fig. 1. Such structures induce rather strong modulation of refractive index (~ 1%) compared to the conventional fiber Bragg gratings (FBGs). Using such FBG structures we have realized nanofiber cavity system. A typical transmission spectrum of the nanofiber cavity is shown in the Fig. 2. The typical finesse of such nanofiber cavity is F ~ 20 and the on resonance transmission is ~ 30%. Moreover the structural symmetry of such FBGs results in polarization selective modes in the nanofiber cavity. Such "atom + nanofiber cavity" system can become a promising workbench for cavity-QED and quantum non-linear optics and will find various applications in quantum information technology. Apart from atoms, solid-state quantum emitters like quantum dots or diamond nano-crystals can also be implemented.

References

[1] K. P. Nayak, P. N. Melentiev, M. Morinaga, Fam Le Kien, V. I. Balykin, and K. Hakuta, "Optical nanofibers as an efficient tool for probing and manipulating atomic fluorescence," Opt. Express **15**, 5431 (2007).

[2] K. P. Nayak and K. Hakuta, "Single atoms on an optical nanofibre," New J. Phys. **10**, 053003 (2008).

[3] Fam Le Kien and K. Hakuta, "Cavity-enhanced channeling of emission from an atom into a nanofiber," Phys. Rev. A **80**, 053826 (2009).

分光反射率画像による皮膚色素量の可視化

アディトヤ ウイスワダルマ [1], 田中 規之 [1], 西舘 泉 [1], 前田 貴章 [2],
新関 久一 [3], 相津 佳永 [4]
[1] 東京農工大学大学院生物システム応用科学府, [2] 釧路工業高等専門学校機械工学科 [1],
[3] 山形大学大学院理工学研究科, [4] 室蘭工業大学大学院機械創造工学系専攻
e-mail:inishi@cc.tuat.ac.jp

1 はじめに

皮膚の分光反射率は組織の生理・代謝に関連する色素（メラニン、血中の酸化・還元ヘモグロビン）の含有量やそれらの状態を反映する。本研究では、Wiener 推定法 [1] を用いることで、RGB 画像から 6 フレームの分光拡散反射率画像を推定し、皮膚色素量のイメージングを行う方式について検討を行った。

2 原理

ディジタルRGBカメラの画素位置(x,y)で得られるセンサー応答は、$v_i(x,y)=\int_{400}^{700} r(x,y;\lambda)t_i(\lambda)E(\lambda)d\lambda$ で与えられ、ここで、$r(x,y;\lambda)$は画素座標(x,y)における物体の分光反射率、$t_i(\lambda)$、$E(\lambda)$、はそれぞれ、R,G,B の3チャンネルのi番目のフィルター分光透過率、光源の分光放射輝度を表す。$\mathbf{v}$をR,G,Bの応答を表すベクトル、$\mathbf{r}$を分光反射率を表すベクトルとした場合、各チャンネルの分光感度及び光源の分光放射輝度に対応する$l\times l$の対角行列である$\mathbf{S}$、$\mathbf{E}$を用いて、センサー応答は$\mathbf{v}=\mathbf{ESr}$で表わせる。ここで、$\tilde{\mathbf{r}}=\mathbf{G}\,\mathbf{v}$のように、応答ベクトル$\mathbf{v}$から分光反射率を推定する推定行列$\mathbf{G}$を考えた場合、$\mathbf{r}$とその推定値$\tilde{\mathbf{r}}$の間の平均二乗誤差$\mathbf{e}=\left\langle(\mathbf{r}-\tilde{\mathbf{r}})^t(\mathbf{r}-\tilde{\mathbf{r}})\right\rangle$を最小とする$\mathbf{G}$は、$\mathbf{G}=\mathbf{R_{rr}F}^t\left(\mathbf{FR_{rr}F}^t\right)^{-1}$で表される。ここで、$\mathbf{t}$ は転置、< >はアンサンブル平均であり、$\mathbf{R_{rr}}=\langle\mathbf{r}\,\mathbf{r}^t\rangle$は$\mathbf{r}$の自己相関行列を表す。一方で、皮膚の吸光度スペクトル$A(\lambda)$は分光反射率$r(\lambda)$より $A(\lambda)=-\log_{10}r(\lambda)$ として表わされる。 また、$A(\lambda)$は $A(\lambda)=C_m l_e(\lambda)\varepsilon_m(\lambda)+C_{ob}l_d(\lambda)\varepsilon_{ob}(\lambda)+C_{db}l_d(\lambda)\varepsilon_{db}(\lambda)+S(\lambda)$ により表わされる。ここで、C、$l(\lambda)$、$\varepsilon(\lambda)$、及び$S(\lambda)$はそれぞれ色素濃度、平均光路長、吸光係数、及び散乱による減衰項を表わす。添字m、ob、dbはそれぞれメラニン、酸化血液、還元血液であり、e、dは表皮と真皮を表わす。ここで、$A(\lambda)$を目的変数とし、各色素の吸光係数を説明変数とした重回帰分析を行なうことにより、 $A(\lambda)=a_m\varepsilon_m(\lambda)+a_{ob}\varepsilon_{ob}(\lambda)+a_{db}\varepsilon_{db}(\lambda)+a_0$ の回帰式で表現される回帰係数a_m、a_{ob}、a_{db}及びa_0が得られる。これらの回帰係数を用いて$C_m=\mathbf{b_m}\cdot\mathbf{a}$、$C_{tb}=\mathbf{b_{tb}}\cdot\mathbf{a}$ によりメラニン濃度C_mと全血液濃度$C_{tb}(=C_{ob}+C_{db})$を算出する。 $\mathbf{a}$はa_m、$a_{tb}(=a_{ob}+a_{db})$、a_0とそれらの高次項を含むベクトルを、また$\mathbf{b_m}$および$\mathbf{b_{tb}}$は回帰係数から濃度への変換ベクトルであり、$A(\lambda)$のモンテカルロシミュレーションと重回帰分析[2]により事前に決定する。酸素飽和度SO_2は$SO_2=100\times a_{ob}/(a_{ob}+a_{db})$により求める。

3 結果

Fig.1 は、RGB カメラで撮影したヒト皮膚の画像に対して、本方法を用いて得られたメラニン濃度 C_m 、全血液濃度 C_{tb}、及び酸素飽和度 SO_2 の画像の一例である。C_m 、C_{tb}、SO_2 の結果は平常時のヒトの皮膚で報告されている値の範囲にあり、本方式によるヒト皮膚色素量イメージングの可能性を示している。

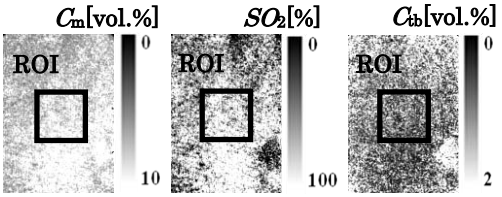


Fig.1 Resultant images of melanin C_m, oxygen saturation SO_2, and total blood C_{tb} from RGB image.

参考文献
1. 津村 徳道、羽石 秀昭、三宅 洋一 光学 **27**, 7, 384-391 (1998).
2. I. Nishidate et al., *J. Biomed. Opt.* **9**, 700-710 (2004).

低コヒーレンス動的光散乱法による異相界面の動態計測

○渡会俊晴，岩井俊昭
東京農工大学大学院生物システム応用科学府
e-mail:tiwai@st.tuat.ac.jp

1 はじめに

球状粒子の拡散係数は，液体のバルク領域において Stokes-Einstein 関係式に従う．しかし，粒子が固液境界のような異相界面の近傍領域をブラウン運動するとき，その運動速度が急激に減少するため，拡散係数が減少する．この現象を wall-drag 効果と呼ぶ[1]．本研究は，この効果を低コヒーレンス動的光散乱法[2, 3, 4]を用いて直接観測することを目的とする．低コヒーレンス動的光散乱法とは，時間コヒーレンスが有限な光源を用いたマイケルソン干渉計と動的光散乱法とを組み合わせた新しい計測方法である．この手法の光路長分割計測を用いると，散乱体積中心の位置を選択できるため，媒質の深部の自由拡散領域から wall-drag 効果がある拘束拡散領域までの局所的なブラウン粒子の拡散係数を計測することができる．

2 実験

Fig. 1 に，低コヒーレンス動的光散乱法を用いた実験装置の概略図を示す．このような光学系では，光学距離差が光源のコヒーレンス長以下の時のみ，試料からの後方散乱光と参照光が干渉する．参照光はピエゾ素子を周波数 2 kHz で正弦振動させることにより，位相変調される．2 kHz 周りのヘテロダイン振幅パワースペクトルを逆フーリエ変換すると，単散乱理論に基づいた振幅時間相関関数が算出される．したがって，散乱体積中心を変化させながら振幅時間相関関数を解析することで，異相界面からの光路長毎の拡散係数を求める．

3 結果

Fig. 2 は，容器壁面と粒子の中心との距離に対する実験的に計測された拡散係数の変化を示す．図に示されるように，拡散係数は異相界面近傍で大幅に減少し，界面から遠く離れるに従って最大値 1.0 に漸近する．粒子半径 R = 1.5，2.5，5μm において実験結果は理論値と非常によく一致しており，本手法によって異相界面の動態を直接的に計測できることを実証した．

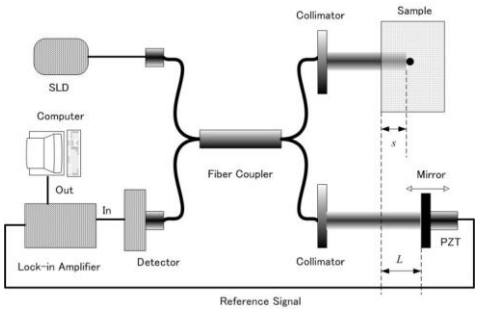


Fig. 1 実験装置

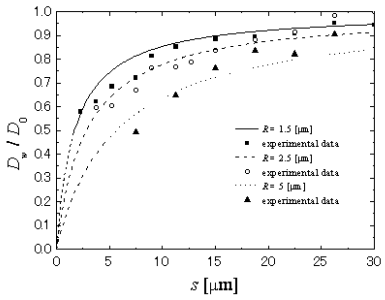


Fig. 2 拡散係数に対する wall-drag 効果

参考文献

1. H. Brenner., Chem. Eng. Sci. **16**, pp.242-251 (1961).
2. K. Ishii, R. Yoshida, and T. Iwai, Opt. Lett. **30**, pp.555-557 (2005).
3. K. Ishii, and T. Iwai, Jap. J. App. Phys., **47**, pp.8397-8401 (2008).
4. K. Ishii, T. Iwai, and X. Hui, Opt. Exp., **18**, pp.7390-7396 (2010).

Localized surface plasmon resonance of silver nanoparticles for dew condensation sensing

Shin Kaneko [1], Hideaki Nagasaki [1], Kentaro Iwami [1], Norihiro Umeda [1], Hidehiro Kamiya [2], Motoyuki Iijima [2], Tadanori Tanahashi [3], Satoru Yamauchi [3]

[1]Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology,
[2]Department of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology , [3]Espec Corp.

e-mail: 50010643214@st.tuat.ac.jp

Along with the advancement of miniaturization, micro dew condensation generated inside of electronics, which causes electric short and failure, is becoming a serious problem. In order to avoid circuit failure, detection of micro dew condensation is necessary. The chilled mirror hygrometer is an industrial standard method for precise dew condensation d s etection. However, in this method, micro dew condensation is not able to be measured due to the diffraction limit of light. In order to detect micro dew condensation, we propose to use spectroscopic response of localized surface plasmon resonance (LSPR) of the silver nanoparticles. As LSPR is excited in the vicinity of nanoparticles, it is sensitive for micro dew condensation. Furthermore, silver nanoparticles are coated by hydrophilic polymer coating in order to increase moisture absorption and improve sensitivity. The sensor is prepared as following. A slide glass substrate is coated by chromium and silver thin film with the thicknesses of 10.7 and 50.0 nm. A colloid solution of polyethyleneimine-coated silver nanoparticles was dropped on this substrate.and the substrate is then dried.

Fig. 1 shows an absorbance spectra measured at various temperatures during in the sensor is cooled down. A peak wavelength is shifted to the long wavelengths as cooling, and absorbance is increased.

Fig. 2 shows wavelength change of absorbance peak with temperature. The maximum wavelength shift is 40 nm. A rapid change is obtained around 5 °C, which is the higher temperature than the dew point of surroundings. It is considered that this result is promoted by capillary condensation. From this result, this sensor is favorable to sensing minute dew condensation.

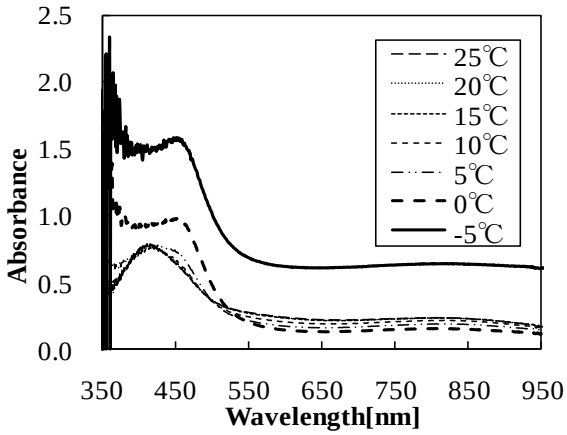


Fig. 1 Absorbance spectra during cooling process

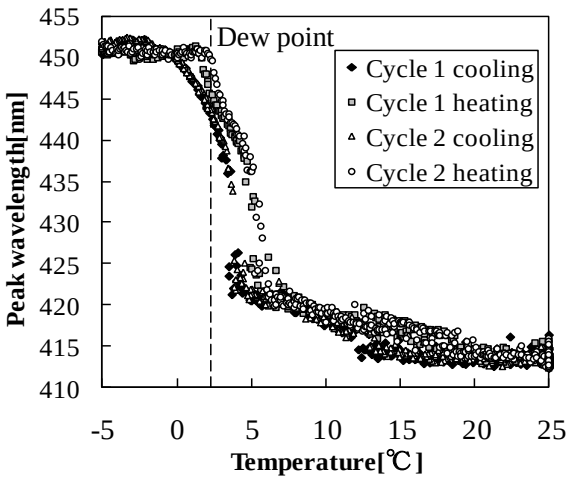


Fig. 2 LSPR wavelength shift with temperature

References

1. T. Numata, Y. Otani, and N. Umeda: J. Mater. Sci. **42** (2007) 1050–1053

中赤外超高速分光法による水の分子振動緩和現象とその温度依存性の測定

藤岡　幸[1]，渋谷　和憲[1]，芦原　聡[1, 2]
[1]東京農工大学大学院物理システム専攻，[2]JST さきがけ
e-mail: ashihara@cc.tuat.ac.jp

【背景・目的】

中赤外光（波長 2.5～25 μm）は各種の分子振動モードに共鳴する。そのため中赤外パルスによる非線形分光法を利用すると、分子の構造や状態・周囲の環境が刻々と変化する様子を観察することが出来る。我々は中赤外パルスを用いて水の分子振動緩和現象の解明に取り組んでいる。水分子の振動エネルギー緩和現象は、水溶液中での熱平衡化を決定づけ、水環境下で起こる化学反応の反応熱の散逸を司る現象である。今回、一分子に局在する振動エネルギーを水素結合ネットワークへ放出する窓口という役割を担っている OH 変角振動モードに関して、水素結合状態と励起寿命の関係性を明らかにすることを目的とし、過渡吸収スペクトルを測定した。

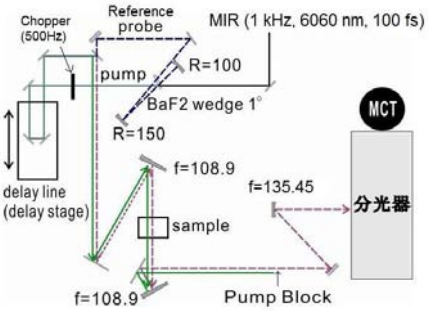


Fig.1 The experimental setup for MIR pump-probe spectroscopy.

【実験方法】

超純水H_2OのOH変角振動モードについて、中赤外フェムト秒パルスによるポンプ・プローブ分光測定を行った。中心波数1650 cm^{-1}のポンプ光で第一励起状態へ励起する。プローブ光には三種類の吸収変化が現れる。v=0→1遷移に共鳴する波数1650 cm^{-1}付近では、吸収飽和と誘導放出のために吸収が減少する。v=1→2遷移に共鳴するやや低波数領域では、v=1→2遷移のために吸収が増加する。

Fig.1に光学系を示す。Ti:Sappireレーザー再生増幅器からの光パルスをカスケード下方変換によって中赤外フェムト秒パルス(エネルギー4 μJ、パルス幅100 fs、中心波長6060 nm)に変換する。薄膜試料を透過したプローブ光を分光器に入射して、スペクトル強度をHgCdTe検出器で測定する。

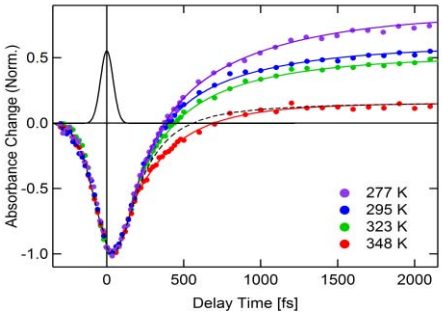


Fig.2 Transient absorbance changes at 1650 cm^{-1} for varied temperatures.

【結果と考察】

277K、295K、323K、348Kにおける1650 cm^{-1}の過渡吸収信号をFig.2に示す。<500 fsに誘導放出と吸収飽和に起因する吸収の減少が観測された。各温度のv=1励起寿命をFig.3に示す。温度の上昇とともに緩和が遅くなっている。これは平均的な水素結合が弱まり、OH変角振動モードの主なエネルギー受け渡し先である束縛回転振動モードの共鳴周波数がレッドシフトし、両モードのスペクトルオーバーラップが悪くなったことに起因すると結論付けた。

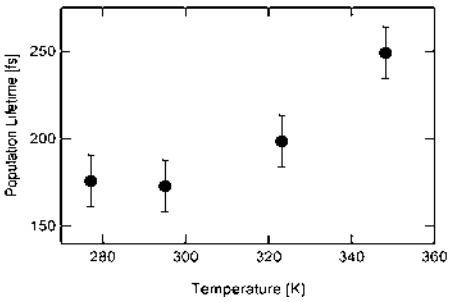


Fig.3 The temperature dependence of the measured OH bending lifetime.

石英ガラスからの Rb 原子の光誘起脱離

北上 景一，畠山 温
東京農工大学大学院物理システム工学専攻
e-mail:50009644103@st.tuat.ac.jp

1　背景

表面に光を照射すると，吸着していた原子が脱離することがある．この現象を原子の光誘起脱離と呼ぶ．この現象は様々な種類のアルカリ蒸気ガラスセル内壁で見つかっており，レーザー光によって超高真空中で気体アルカリ原子の動きを止め超精密計測や量子力学的状態の制御を行うレーザー冷却といった最先端の原子物理実験で，極めて有用な原子供給法として利用されている．典型的な利用方法は，セル内の気体原子密度を高くしたい時にセルに光を照射し原子を供給するという簡便なものである．この方法において，脱離効率の改善は様々な実験に大きなプラスとなるが，これまでこの脱離のメカニズムを深く追求した研究はなく，どのような表面状態に対して，どれくらいの波長の光を当てると，どれだけ原子が脱離するかなどの全体的な知見はまだ十分に知られておらず，高い原子供給率をどうやって得るかは各実験室での経験則に頼っているのが実情である． 脱離機構は複数あることも示唆されており，ガラス表面でのアルカリ原子の吸着状態を注意深く分類する必要がある[1].

そこで，我々はこれらの光誘起脱離のメカニズムの解明を目的として研究を行っている．

2　実験・結果

今回我々は，超高真空容器内で石英ガラス基板にRb原子を堆積させて，そこに数種類の波長の光を照射し，脱離してくる原子を四重極型質量分析器で観測した．用いた光源はXe ランプで，フィルタを用いて特定の波長を選択し（290 ～ 700 nm），光誘起脱離の光強度依存性，波長依存性，堆積量依存性を調べた．堆積量は昇温脱離法（TPD）を利用して見積もった．

光強度依存性，波長依存性では毎実験堆積量を同じにして実験を行った．その際に得られた実験データの一部をFig.1とFig.2に記載しておく．Fig.1は波長290 nmと390 nmを交互に20回ずつ照射したときの脱離信号で，290 nmの方が脱離レートが大きいことがわかる．Fig.2は同様にして異なる光強度を交互に照射して得た脱離レートの光強度依存性のグラフで，光強度にほぼリニアに依存していることがわかる．実験系および結果等の詳細は当日発表する．

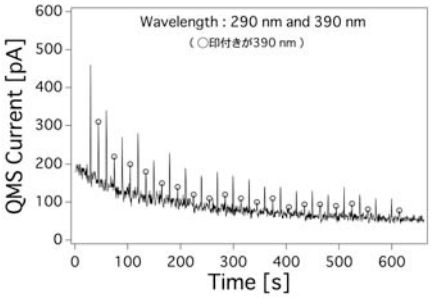


Fig.1.　光誘起脱離の信号

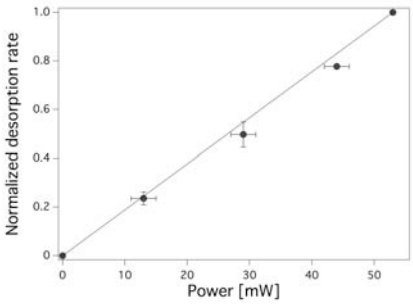


Fig.2.　光強度依存性のグラフ

参考文献

[1] A. Hatakeyama, M. Wilde, and K. Fukutani, e-J. Surf. Sci. Nanotech. **4**, 63(2006)