

応用物理学会関西支部 第3回支部講演会
The 3rd Meeting of JSAP Kansai Chapter

関西からのフォトニクスと カーボン研究イノベーション

Innovation through photonics and carbon research in Kasai

日時：2014年2月28日（金）10：00～20：00

10:00-20:00, 28 February 2014

場所：大阪大学 吹田キャンパス フォトニクスセンター

Handai Photonics Center

主催：応用物理学会関西支部

Organized by JSAP Kansai Chapter

<http://jsap-kansai.jp/>

協力：大阪大学 応用物理学会 学生チャプター

Cooperated with Osaka University JSAP Student Chapter

<https://sites.google.com/site/jsapcosaka/>

プログラム

Program

10:00-10:05	開会の辞 河田 聡 (支部長, 大阪大)	Opening remark, Satoshi Kawata (Director, JSAP Kansai Chapter)
10:05-14:05	講演の部	Invited Lectures
10:05	熊本 康昭 (理研) 深紫外共鳴ラマン散乱を利用した生体分析技術	Yasuaki Kumamoto (RIKEN), Deep-ultraviolet resonance Raman scattering for bioanalytical techniques
10:30	日坂 真樹 (大阪電通大) 走査型位相差顕微鏡による生体組織観察	Masaki Hisaka (Osaka Enetro Commun Univ), Phase-contrast scanning optical microscopy for biological tissues
10:55	Susan Skelton (Osaka Univ) Push, pull, squeeze: polarization vortex beams for optical micromanipulation	Susan Skelton (Osaka Univ) Push, pull, squeeze: polarization vortex beams for optical micromanipulation
11:20	宮内雄平 (京都大) カーボンナノチューブの光物性制御	Yuhei Miyauchi (Kyoto Univ), Controlling optical properties of carbon nanotubes
(11:45-13:15)	(お昼休憩)	(Lunch)
13:15	根岸 良太 (大阪大) 還元・構造修復させた酸化グラフェン薄膜のバイオセンサー応用	Ryota Negishi (Osaka Univ), Efficient restoration of graphitic structure in reduced graphene oxide films: toward biosensor applications
13:40	有江 隆之 (大阪府大) カーボンナノチューブ片持ち梁のセンサ応用	Takayuki Arie (Osaka Pref Univ), Sensor application of carbon nanotube cantilevers
14:05-15:10	阪大フォトンクスセンターの紹介	Introduction of Handai Photonics Center
14:05	阪大フォトンクスセンター 河田 聡 (大阪大)	Satoshi Kawata (Director, Photonics Center) Handai Photonics Center
14:20	藤村 保夫 (日東電工 株式会社) 産学連携の成果について (バイオセンサーからCNT接着シートまで)	Yasuo Fujimura (Nitto Denko Corporation), The results of industry-university cooperation (from bio sensing device to CNT adhesive sheet)
14:45	安達 宏昭 (株式会社 創晶) レーザー照射結晶化技術によるベンチャービジネス	Hiroaki Adachi (Sosho), Venture business on laser irradiated crystallization
(15:10-15:20)	(コーヒーブレイク)	(Coffee Break)
15:20-17:15	ポスターセッション	Poster Presentations
(17:15-18:15)	(応用物理学会関西支部 総会)	(General Assembly of JSAP Kansai Chapter)
18:15-20:00	関西奨励賞授賞式・懇親会	Award Ceremony & Banquet

Poster Presentations

- P-001 同位体ヘテロ接合グラフェンの同一面内合成 (安野裕貴)
- P-002 一本鎖DNAを修飾した単層カーボンナノチューブの電気、機械特性評価 (外菌 洗佑)
- P-003 Absorption and Circular Dichroism of Protein-Dye Complex (Nurul Syazlin Binti Hussin)
- P-004 高移動度酸化グラフェン薄膜の作製とバイオセンサ応用 (松崎 通弘)
- P-005 Near-field optical mapping of single gold nano-particles using photo-induced polymer movement of azo-polymers (Taka-aki Kobayashi)
- P-006 有機分子性結晶における空間コヒーレンス観測系の構築 (風間 達)
- P-007 パーマロイカイラルメタ分子の作製とスピソ波共鳴 (児玉 俊之)
- P-008 銀のカイラルメタ表面からのテラヘルツ波放射 (松井 崇浩)
- P-009 Dual-polarisation Raman imaging of living cells (Liang-da Chiu)
- P-010 Simultaneous multicolor imaging by nonlinear deep-UV excitation microscopy (Kumiko Uegaki)
- P-011 Super-Resolution Microscopy by Using Saturation of Light Scattering in a single gold nanoparticle (Ryosuke Oketani)
- P-012 Direct laser writing of 3D structural single-wall carbon nanotube/polymer composites (Shota Ushiba)
- P-013 銀のカイラルメタ表面からのテラヘルツ波放射 (松井 崇浩)
- P-014 太陽炉を用いた超高温プロセスによる酸化グラフェンの構造回復 (山元 克真)
- P-015 Plasmonic Scattering of Optimized Tip for TERS (Imad Maouli)
- P-016 2光子加工作製された架橋ポリマーナノワイヤーの偏光顕微ラマン分光による分子配向評価 (田口夏生)
- P-017 ナノダイヤモンドからのカーボンナノチューブ構造制御成長 (加瀬 寛人)
- P-018 自発ラマン分光法による心筋梗塞とその治癒過程の解析 (村西 菜)
- P-019 ユーグレナの顕微ラマンイメージング (三田 大樹)
- P-020 骨芽細胞分化過程の顕微ラマンイメージング (橋本 彩)
- P-021 Photoluminescent Platinum Nanoclusters (T. Tokuyama)
- P-022 光ピンセットによるタンパク質間相互作用力の計測 (中島 往馬)
- P-023 Optical Hybrid-Superlens-Hyperlens for Super-resolution Imaging (Bo Han Cheng)
- P-024 非線形応答蛍光色素を用いた超高速・超高分解イメージング手法の開発 (望月 健太郎)
- P-025 自然放出速度の増加によるEu添加GaNの発光強度増大 (稲葉 智宏)
- P-026 Spectroscopic Study of Second Harmonic Generation Chiral Microscopy in Type I Collagen (Mei-Yu Chen)
- P-027 飽和励起(SAX)顕微鏡の最適励起変調と三次元超解像イメージングへの応用 (米丸 泰央)
- P-028 リチウムイオン電池 黒鉛負極の充放電In-situラマンイメージング (久保田 直義)
- P-029 酸化グラフェンの近赤外発光機構 (小澤 大知)
- P-030 単原子層遷移金属ダイカルコゲナイドの光学特性とその制御 (毛利 真一郎)
- P-031 Dynamic SERS imaging of cellular transport in 3D (Jun Ando)
- P-032 Vibrational imaging of small molecules in live cells by use of tiny Raman tags (Almar Palonpon)
- P-033 非線形光学顕微鏡を用いたアテローム性動脈硬化症病変の組織学的観察 (田尾 知世)

Abstracts of Invited Lectures

10:05-10:30

深紫外共鳴ラマン散乱を利用した生体分析技術 Deep-ultraviolet resonance Raman scattering for bioanalytical techniques

熊本 康昭

Yasuaki Kumamoto

近接場ナノフォトニクス研究チーム 理化学研究所

Nanophotonics Laboratory, RIKEN

kumamoto@riken.jp

深紫外のフォトニクスには、可視のフォトニクスとは異なる応用がある。その一つは、生体のラマン分析である。生体内の核酸塩基は、共鳴効果により、可視・近赤外の光に比べて106の高い効率で深紫外光を散乱する。発表者は、深紫外共鳴ラマン散乱を利用する生体分析技術を2つ開発した。一つは、細胞内核酸を選択的にバイオイメーキングする顕微鏡、もう一つは、核酸塩基を微量分析する手法である。バイオイメーキング顕微鏡の開発には、波長266nmのレーザー光源、合成石英とフッ化カルシウムの光学素子、深紫外光を高感度に検出する分光器とCCDカメラとを用いた。開発した顕微鏡を用いて、細胞のラマン散乱スペクトルをマッピングし、細胞内の核酸塩基の分布を観察した。微量の核酸塩基を分析する技術には、インジウムを利用した。インジウムが深紫外領域でプラズモニックであることを見出し、インジウム・マルチグレインの深紫外表面増強ラマン散乱基板を開発した。作製した基板にアデニン薄膜をコーティングし、波長266nmの深紫外光を用いてアデニンのラマンスペクトルを測定した結果、合成石英基板の上のアデニン薄膜に比べて、11倍の信号が得られた。深紫外共鳴ラマン散乱を利用することにより、生体の核酸塩基を高感度で分析できる。

10:30-10:55

走査型位相差顕微鏡による生体組織観察 Phase-contrast scanning optical microscopy for biological tissues

日坂 真樹

Masaki Hisaka

大阪電気通信大学 医療福祉工学部 医療福祉工学科

Department of Biomedical Engineering, Osaka Electro-Communication University

hisaka@isc.osakac.ac.jp

位相差顕微鏡は生体組織細胞の屈折率構造を観察できる有力な手法のひとつである。生体組織細胞の新しい屈折率構造の可視化法として、レーザーを用いた走査型位相差顕微鏡の研究を進めてきた。この走査型位相差顕微鏡では、円環状に局所集光した観察試料からの透過光強度分布を用いて異なる方位の傾斜画像を形成し、空間周波数フィルタリング処理した各傾斜画像のスペクトルを重ね合わせことで観察試料の位相構造を抽出する。この走査型顕微鏡は組織細胞の吸収構造と屈折率構造の分離観察や回転不変型収差に対する無収差観察、厚い生体組織で形成される多重散乱光の影響を低減した観察などの特徴を持つ。本講演では、屈折率構造の可視化原理の基礎となる傾斜照明による結像型位相差顕微鏡を説明し、この結像型顕微鏡を発展させた輪帯照明による走査型位相差顕微鏡の原理および構築した顕微鏡で再生した生体組織細胞の観察結果や顕微鏡性能について発表する。

10:55-11:20

**Push, pull, squeeze: polarization vortex beams
for optical micromanipulation**

Susan E. Skelton^{1*}, Marios Sergides², Gianluca Memoli³, Rosalba Saija⁴, Maria A. Iati⁵, Onofrio M. Maragó⁵, Philip H. Jones²

¹Osaka University, Japan; ²University College London, UK; ³National Physical Laboratory, UK; ⁴Universita di Messina, Italy; ⁵IPCF-CNR, Italy

* *skelton@ap.eng.osaka-u.ac.jp*

Optical micromanipulation is a powerful technique for the non-contact manipulation of particles ranging from atoms to colloids and biological material. Furthermore, a calibrated optical trap can be used as a sensitive force measurement device. The resolution of such a device depends critically on the trap stiffness and shape of the trap potential well. Since the optical force originates from the interaction of the laser beam with the particle, two approaches are commonly used to control these parameters: either the shape of the trapped particle may be controlled or the laser trapping beam can be shaped, using either phase or polarization elements. In this talk, I consider shaping the polarization state of the optical field. I show how beams that possess azimuthal symmetry in their polarization state can be used in three distinct geometries: optical tweezers, a dual-beam optical fiber trap, and the evanescent field around a tapered optical fiber, to add a further degree of control to optical micromanipulation experiments.

11:20-11:45

**カーボンナノチューブの光物性制御
Controlling optical properties of carbon nanotubes**

宮内雄平

Yuhei Miyauchi

京都大学 エネルギー理工学研究所

Instituted of Advanced Energy, Kyoto University

y.miyauchi@at7.ecs.kyoto-u.ac.jp

半導体型の単層カーボンナノチューブ（以降、ナノチューブ）における励起子再結合による発光は近赤外光領域（波長~900-1700nm程度）のエネルギーを持ち、光励起だけでなく、電流注入による励起子発光も可能である。このような特性からナノチューブは、ガリウムやインジウムなどのレアメタルを用いることなく炭素だけで光通信用近赤外光源や検出器を作ることの可能なナノ材料として期待を集めている。しかし、通常、その発光の量子効率はせいぜい1%オーダーと非常に低く、その応用には大幅に発光効率をあげることが必須である。上記問題の解決に向けて、本研究ではまず、ナノチューブの発光現象を支配する励起子の輻射寿命、コヒーレンス長や1次元拡散緩和ダイナミクスなどの基礎励起子物性の検討を行った。次に、それらの基礎研究で得られた知見に基づき、擬1次元量子細線であるナノチューブ中に人工的な発光性の局所擬0次元状態（量子ドット状態）を導入したところ、量子ドット状態において励起子の発光量子効率が約18倍以上増強されることを見いだした。発光量子効率の増強とともに、常温で安定なナノチューブ上の量子ドット状態は、1次元のナノチューブ量子細線に、その固有の性質とは異なる0次元（量子ドットの）な新たな光機能をもたらすと期待される。将来的にはこれらの機能を利用し、常温で電流注入動作可能な通信帯域単一光子発生素子など、新しい量子光機能素子の実現につなげたい。講演では、上記を含む講演者らのナノチューブの光機能応用に向けた最近の取り組みについて議論する。

13:15-13:40

還元・構造修復させた酸化グラフェン薄膜のバイオセンサー応用
Efficient restoration of graphitic structure in reduced graphene oxide
films: toward biosensor applications

根岸良太

Ryota Negishi

大阪大学 大学院工学研究科 精密科学・応用物理額専攻

Department of Applied Physics, Osaka University

negishi@ap.eng.osaka-u.ac.jp

講演概要化学プロセスにより安価に大量合成可能な酸化グラフェンは、薄膜化させることで容易に大面積形成できるため、集積化された電子デバイスへの応用に向けて、酸化グラフェンの合成法や還元方法に関する研究が世界中で活発に進められている。電子デバイスへの応用には還元処理が必須となるが、ヒドラジンやアルゴン雰囲気下の加熱による一般的な還元方法では、グラフェンの有する優れた電気伝導特性を引き出すには至っていない。これは、酸化プロセスで生成された欠陥構造が還元処理後も多く残存し、電気特性の著しい低下を引き起こしているためである。近年我々は、エタノールを炭素源とした気相化学成長(CVD)法を還元処理に適用することで、還元だけでなく構造欠陥の修復が効果的に進行することを見出した。特に高温(1000°C以上)エタノール CVD 処理した酸化グラフェン薄膜では、構造修復の効果が顕在化し、薄膜のキャリア伝導機構が2次元バリアブルレンジホッピング伝導からバンドライクな伝導機構へと変化し、キャリア移動度が飛躍的に向上していることを明らかにした。本講演では、具体的な構造修復技術や高品質化したグラフェンチャンネル電界効果トランジスタをトランスデューサーとしたバイオセンサー開発について紹介する。

13:40-14:05

カーボンナノチューブ片持ち梁のセンサ応用
Sensor application of carbon nanotube cantilevers

有江隆之

Takayuki Arie

大阪府立大学 工学研究科 電子物理工学分野

Department of Physics and Electronics, Osaka Prefecture University

arie@pe.osakaifu-u.ac.jp

カーボンナノチューブはユニークな機械的特性からさまざまなセンサ応用が期待されている。我々はこれまで、ナノチューブの一分子計測への応用を目指し、液体に代表される流体中でのナノチューブ片持ち梁の挙動を計測した。ナノチューブの共振はまわりの局所的な粘度に大きく影響され、粘度の上昇とともに共振周波数が低下する。この挙動は連続体モデルを用いた解析とも良い一致を示した。本講演ではこれらを応用した湿度センサ、またナノチューブの静的な変位を用いた一分子間相互作用力計測について述べる。

ナノチューブ片持ち梁を用いた湿度センサでは、従来の湿度センサとは異なり、ナノチューブ周りの局所的な粘度に応じて共振周波数が変化することを利用してしている。これによりセンサの感度と応答速度をより高感度、高速にすることが可能である。力計測では液中での生体一分子間の結合力から分子間の解離エネルギーを見積もった。原子間力顕微鏡を用いた一般的な手法に比べ、より自然な状態で分子同士が解離することを確認した。これらの結果はナノチューブ片持ち梁がさまざまなセンサ応用に適していることを示す。

14:20-14:45

産学連携の成果について (バイオセンサーからCNT接着シートまで)
The results of industry-university cooperation (from bio sensing device to CNT adhesive sheet)

藤村 保夫

Yasuo Fujimura

日東電工株式会社

NITTO DENKO CORPORATION

Nittoでは産学連携の新しい仕組みとして、大阪大学のフォトニクス先端融合研究拠点構想に賛同し学内でのIndustry on Campus活動を推進している。また、この活動以外にも大阪大学テクノアライアンス棟に協同研究所を設立しイノベーションの創出を社外の方々との接点の中で生み出すことに注力している。フォトニクス研究拠点においては、バイオセンサーの技術確立を目指し、ポリマー導波路の作製技術を用いて、表面プラズモン現象による微量検体（抗原）の検出感度向上を実現した。これ以外にも大阪大学産業科学研究所中山先生のご指導も頂き、CVD法によるCNTの垂直配向シートを作製し、これが特異な接着性を示すことを明らかにした。この技術はヤモリの足裏の構造を人工的に模倣したものであり、耐熱性、防汚染性に優れた粘着層という機能を活かした新しいピックアップデバイスとしての可能性を市場に問うことができた。このように、新しい技術のコンセプト確立や、期待技術の獲得に産学連携は有効な手法であり、今後のテーマ創出活動に更に活用させて頂きたい。

14:45-15:10

レーザー照射結晶化技術によるベンチャービジネス
Venture business on laser irradiated crystallization

安達宏昭

Hiroaki Adachi

株式会社創晶

SOSHO

大学での研究成果に基づく起業、いわゆる大学発ベンチャーの起業が盛んだった頃、「株式会社創晶」は大阪大学発ベンチャーとして創業した（2005年7月）。コア技術は、大阪大学内の電気工学、応用物理、応用化学、生命工学の各専攻、ならびに産業科学研究所から若手研究者が集まり、異分野連携体制による研究開発の結果、創出した独自技術である。特に、フェムト秒レーザーを用いた結晶核発生技術は革新的で、結晶化が難しいタンパク質や医薬候補化合物である有機低分子においても、高い確率で結晶化に成功している。

我々の強みである結晶化に特化した戦略で、従来のビジネスモデルに多く見られた株式公開（IPO）を目指したハイリスク・ハイリターン急成長モデルではなく、創業支援に徹し、IPOを目的としないローリスクモデルで、自己資本による身の丈にあった事業規模でビジネス展開してきたことが、9年間という「継営」（継続して経営する）につながっている。研究ではリスクの高い、インパクトのあるテーマを選ぶ傾向があるが、ビジネスでは如何にリスクを低減させるかが重要なポイントであることを、ビジネスに精通した出資者や三菱商事から学べたことが良かった。

Abstracts of Poster Presentations

P-001

同位体ヘテロ接合グラフェンの同一面内合成

安野裕貴, 竹井邦晴, 秋田成司, 有江隆之, 大阪府立
大学工学研究科

高い電気移動度と高い熱伝導率を有するグラフェンは、その構成に異なる同位体を用いることでそのグラフェンの熱伝導率が減少する。同位体がランダムに配置されたグラフェンの合成は行われているが、同位体の配置を制御したグラフェン合成はまだ行われていない。そこで、合成したグラフェンを部分的にエッチングし、再度その部分に新しいグラフェンを合成することで、同一平面内に明瞭な境界を持った同位体ヘテロ接合グラフェンを合成した。

P-002

一本鎖DNAを修飾した単層カーボンナノチューブの電気, 機械特性評価

外園洗佑 (1), 鈴木淳也 (1), 平井義和 (1), 菅野公二 (2), 土屋智由 (1), 田畑 修 (1), (1)京都大学工学研究科, (2)神戸大学工学研究科

本研究では単層カーボンナノチューブ (SWCNT) 1本の電気, 機械特性評価に向けて, ビオチン修飾一本鎖DNAを利用してギャップ構造へSWCNTをアセンブルする手法を提案した。ビオチン-ストレプトアビジン間の結合及び金-チオール間の結合を利用することでSWCNTを金のギャップ電極にアセンブルし, 架橋したSWCNTを確認した。さらにSi基板をゲートとしたCNT-FETの伝達特性を測定し, p型特性を得た。

P-003

Absorption and Circular Dichroism of Protein-Dye Complex,

Nurul Syazlin Binti Hussin, Satoshi Tomita, Hisao Yanagi, Nara Institute of Science And Technology, Graduate School of Materials Science, Quantum Materials Science Laboratory

In recent years, chiral biomolecules which show strong circular dichroism (CD) in the UV region have been assembled with nanomaterials, such as metal ions to artificially create plasmon-induced CD signal in the visible region. Kosaka has also observed the absorption-induced CD, by composing chiral molecules with achiral dye in films. However, the true mechanisms of these matters are still remained obscure. For this reason, we attempt to investigate the absorption-induced CD of protein, bovine serum albumin (BSA) with cationic dye, Rhodamine 6G (R6G). Binding properties of both materials in varied pH are also studied.

BSA undergoes conformational changes in various pH and therefore effect its binding ability to R6G. Formation of BSA-R6G complex is found to be of the hydrophobic and electrostatic interactions. Compared to neutral and basic medium, the helical structures content

decreased notably in acidic medium. Furthermore, the quenching effect is also observed. From the results, it is demonstrated that absorption-induced CD are achievable in basic and neutral medium at the absorption wavelength of the complex mostly due to the strong binding interactions. Understanding the interactions between biomaterials and fluorescent dye, and the mechanism of absorption-induced CD can benefit in development of essential fluorescence-based tools such as biosensors.

P-004

高移動度酸化グラフェン薄膜の作製とバイオセンサ応用

松崎 通弘 (1), 根岸 良太 (1), 大野 恭秀 (2), 前橋 兼三 (2), 松本 和彦 (2), 小林 慶裕 (1), (1)大阪大学 工学研究科, (2)大阪大学 産業科学研究科

酸化プロセスの過程で生成される 酸化グラフェン (GO) の欠陥構造は、還元処理後も多く残存し、電気特性の劣化を引き起こし、デバイス応用への大きな障害となっている。本研究では、炭素源としてエタノールを用いた高温処理をGO薄膜に適用し、その還元・構造修復効果により、高移動度を有するGO薄膜の形成に成功した。さらに、還元・構造修復させたGO薄膜をチャンネルとした電界効果トランジスタにより、選択的タンパク質の検出に成功したので報告する。

P-005

Near-field optical mapping of single gold nanoparticles using photo-induced polymer movement of azo-polymers

Taka-aki Kobayashi (1), Hidekazu Ishitobi (1, 2), Yasushi Inouye (1, 2), (1) Dept. of Appl. Phys., Osaka Univ., (2) Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka Univ.

アゾ系ポリマーに光を照射すると、偏光状態および強度分布を反映した構造がポリマー表面に形成される。本研究ではこの現象を利用し、光の回折限界によって観察することができない金ナノ粒子周囲のプラズモン増強近接場光分布をフィルムの表面形状として転写することで、ナノ空間分解能で可視化した。実験結果から、それぞれ異なる光強度分布を持つ近接場光の E_x 成分と E_y 成分の強度比が形状変化の重要なファクターであることが分かった。

P-006

有機分子性結晶における空間コヒーレンス観測系の構築

風間 達, 水野 齊, 香月 浩之, 柳 久雄, 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科

情報通信の大容量高速化にむけて、TPCOは低損失な領域で発光波長を変えられ、光デバイスの材料として有力であると考えられる。しかし、パルス型遅延発光といった光学特性の発現メカニズムは解明されていない。本研究では、TPCO結晶の励起時に

ける結晶内状態において、弱励起の場合と比較して結晶中でのコヒーレンスの空間分布に何か変化があるのかどうか、確認する手法の確立を目的とし、蛍光顕微鏡及びイメージ観測系の作製を行った。

P-007

パーマロイカイラルメタ分子の作製とスピン波共鳴
児玉 俊之, 富田 知志, 細糸 信好, 柳久 雄, 奈良先端大物質

薄膜応力を利用して、強磁性金属であるパーマロイ(FeNi78.5)の短冊を巻き上げ、らせん構造(パーマロイカイラルメタ分子)を作製した。短冊に曲率を持たせることで、巻き方向を制御した。スピン波共鳴測定を行ったところ、カイラルメタ分子特有の共鳴が見られた。この共鳴は、強磁性体を用いたことによる物質由来の磁気共鳴と、カイラル構造を形成したことによる構造由来の共鳴の協力現象であると考えられる。

P-008

銀のカイラルメタ表面からのテラヘルツ波放射

松井 崇浩 (1), 富田 知志 (1), 田所 譲 (2), 浅井 基希 (2), 高野 恵介 (2), 萩行 正憲 (2), 柳 久雄 (1), (1) 奈良先端大物質, (2) 阪大レーザー研

金や銀など金属のナノ粒子や微細構造に近赤外超短パルスレーザーを照射するとテラヘルツ波が放射されることが報告されている。しかし、その放射原理には未だ不明な点が多い。さらに、空間反転対称性を崩した構造を用いた場合は更に興味深い。今回我々は集束イオンビーム(FIB)加工装置を用いて銀膜にカイラリティを持つ微細構造を作製した。そしてテラヘルツ波放射を観測したので報告する。

P-009

Dual-polarisation Raman imaging of living cells

Liang-da Chiu (1), Almar Flotildes Palonpon (2), Satoshi Kawata (1, 2), Mikiko Sodeoka (2, 3), Katsumasa Fujita (1, 2), (1) Osaka University, (2) Sodeoka Live Cell Chemistry Project, JST-ERATO, (3)RIKEN

Raman spectroscopy has been established as a useful technique to study biological samples, especially living specimen, because of its label-free nature that does not require any staining processes. One of the major challenges in the Raman spectroscopic study of live cells is to extract as much chemical information from the complicated spectra as possible. Usually, the Raman spectra taken from cells are dominated by several strong Raman bands. The weaker Raman bands that overlap with the strong ones are hard to visualise. In this study, we exploited the polarisation property of Raman scattering to increase the selectivity of the spectrum and succeeded in obtaining the two orthogonally polarised Raman images with different chemical contrasts simultaneously. For randomly distributing molecules, which is the case for most molecules in a living cell, the polarisation property of the Raman signatures depends

on the symmetry of the vibrational mode. Totally symmetric vibrational modes have spherical polarisability ellipsoid and the scattered light is polarised parallel to the incident light polarization. In the case of non-totally symmetric vibrational modes, the scattered light is depolarised. Inverse polarisation can happen only in resonance enhanced cases, for example the strong resonance enhanced cytochrome c Raman signatures. Our new Raman imaging system, enabled us to simultaneously acquire the two orthogonally polarised Raman images and therefore being able to extract more detailed chemical information than we could before.

P-010

Simultaneous multicolor imaging by nonlinear deep-UV excitation microscopy

Kumiko Uegaki, Masahito Yamanaka, Satoshi Kawata, Katsumasa Fujita, Department of Applied Physics, Osaka University

本研究では、可視光を用いた二光子励起を用い、複数の蛍光タンパク質を同時かつ高空間分解能で可視化する技術を開発した。蛍光タンパク質は波長280 nm付近の深紫外域に光吸収を持つため、可視光による二光子励起を用いれば、複数の蛍光タンパク質を同時に励起、発光させることができる。波長525nmの超短パルスレーザーを用いて、4種類の蛍光タンパク質を発現させた細胞を、高空間分解能で同時に観察することに成功した。

P-011

Super-Resolution Microscopy by Using Saturation of Light Scattering in a single gold nanoparticle

Ryosuke Oketani (1), Tung-Yu Su (2), Yasuo Yonemaru (1), Hsuan Lee (2), Masahito Yamanaka (1), Ming-Ying Lee (2), Satoshi Kawata (1), Shi-Wei Chu (2), Katsumasa Fujita (1), (1) Department of Applied Physics, Osaka University, (2) Department of Physics, National Taiwan University.

本研究では、金ナノ粒子の散乱光強度が照射光強度に対して飽和することを発見し、それを用いた超解像イメージングを達成した。高NA対物レンズで集光された波長532 nmのCWレーザー光を金ナノ粒子に照射すると、 10^5 W/cm²を超える照射光強度で、散乱光に顕著な飽和がみられた。照射光を時間的に強度変調し、飽和部分からの散乱光だけを取得することで、半径100 nmの金ナノ粒子を波長の1/8に匹敵する点像分布関数でイメージングすることに成功した。

P-012

Direct laser writing of 3D structural single-wall carbon nanotube/polymer composites

牛場 翔太 (1), 庄司 暁 (1), 増井 恭子 (1), 河野 淳一郎 (2), 河田 聡 (1), (1)大阪大学大学院 工学研究科 (2)

Department of Electrical and Computer Engineering,
Rice University

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を立体かつナノサイズのポリマー中に複合したコンポジットを作製した。SWCNTを光硬化性樹脂中に分散し、2光子加工により任意の3次元微細構造に成形した。半径150nmのワイヤー構造中にSWCNTが均一かつ高濃度に含まれていることを、ラマン顕微鏡法およびレーザーアブレーションの結果から示した。同時に、SWCNTはレーザー走査方向に沿って配向することを見出した。

P-013

銀のカイラルメタ表面からのテラヘルツ波放射

松井 崇浩 (1), 冨田 知志 (1), 田所 譲 (2), 浅井 基希 (2), 高野 恵介 (2), 萩行 正憲 (2), 柳 久雄 (1), (1) 奈良先端大物質, (2) 阪大レーザー研

金や銀など金属のナノ粒子や微細構造に近赤外超短パルスレーザーを照射するとテラヘルツ波が放射されることが報告されている。しかし、その放射原理には未だ不明な点が多い。さらに、空間反転対称性を崩した構造を用いた場合は更に興味深い。今回我々は集束イオンビーム (FIB) 加工装置を用いて銀膜にカイラリティを持つ微細構造を作製した。そしてテラヘルツ波放射を観測したので報告する。

P-014

太陽炉を用いた超高温プロセスによる酸化グラフェンの構造回復

山元 克真, 楠本 太郎, 小林 慶裕, 大阪大学大学院工学研究科

酸化グラフェンの構造回復は、アルコールを用いた化学気相成長 (CVD) 条件で高温ほど効率的に進行する。しかし、超高温では反応炉全体でアルコールが自発的に熱分解し、不純物が堆積する問題が生じる。そこで本研究では、局所的に超高温加熱が可能な太陽炉を用いて構造回復を検証した。その結果、構造回復は2000°C付近で急激に進行し、得られたグラフェンの構造は、アルコールを用いた950°CでのCVD条件よりも回復していることが明らかとなった。

P-015

Plasmonic Scattering of Optimized Tip for TERS

Imad Maouli, Yuika Saito, Satoshi Kawata, and Prabhat Verma, Department of Applied Physics, Osaka University

We present FDTD simulation and experiment of conical metal-coated silicon dioxide AFM tips that are used in tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS). Different from previous studies, we modeled finite Length near-field probe around with different Ag NPs layers. The results of the simulation give spectra of plasmon resonance that enable us to determine which number of layers that gives higher enhancement factor around the visible wavelengths. This kind of tips that are excited by white light does not only provide tunable plasmonic

resonance in the visible region but also high Enhancement factor. The FDTD investigations of the electromagnetic field are done at the apex of conical AFM Ag coated tip. We also provide Dark field microscopy (DFM) experiment to measure the plasmonic response of these tips; the tips fabrication is done using FIB milling to cut the nano particles layers at vicinity of the apex. The results of the calculation fit the experiment. for the case of 100nm NP at the tip shows the plasmonic resonance at 460nm wavelength.

P-016

2光子加工製された架橋ポリマーナノワイヤーの偏光顕微鏡ラマン分光による分子配向評価

田口 夏生 (1), 庄司 暁 (1), 牛場 翔太 (1), 増井 恭子 (1), 河田 聡 (1), (1) 大阪大学大学院工学研究科

異なるナノサイズ径をもつ複数の架橋ポリメタクリル酸メチルワイヤーの分子配向を、偏光顕微鏡ラマン分光で評価した。約110-500 nmの半径をもつポリマーナノワイヤーを2光子加工法で作製した。半径およそ350 nm未満の細いワイヤーのみで、ポリマー骨格振動に由来するラマンピークに偏光角度依存が見られた。この結果は、細いワイヤーにおいてポリマー分子鎖がワイヤー長軸方向に配向を持つことを意味する。

P-017

ナノダイヤモンドからのカーボンナノチューブ構造制御成長

加瀬 寛人 (1), 小亀 平章 (1), 根岸 良太 (1), 有福 達治 (2), 清柳 典子 (2), 小林 慶裕 (1), (1) 大阪大学大学院工学研究科, (2) 日本化薬株式会社

ナノダイヤモンドを成長核とした化学気相成長 (CVD) 法は、電子デバイス応用に適した金属フリーなカーボンナノチューブ (CNT) 合成が可能である。しかしその成長機構は特異であるため、合成効率は金属触媒を用いた場合に比べ非常に低い。そこで本研究では、CNT成長において成長駆動力という概念を用いてCVD条件の最適化を試みた。その結果、CNTの各成長段階に対し駆動力を一定に保つことでCNT成長量は増大することがわかった。さらに成長するCNTの直径分布は気相条件により制御が可能であることを明らかにした。

P-018

自発ラマン分光法による心筋梗塞とその治癒過程の解析

村西 菜苗 (1) (2), 原田 義規 (1), 南川 丈夫 (1), 山岡 禎久 (1), 夜久 均 (2), 高松 哲郎 (1), (1) 京都府立医科大学 細胞分子機能病理学, (2) 心臓血管外科学

自発ラマン分光法により、無染色で組織の状態を分析することができる。2009年に我々は、ラマンスペクトルを解析して、ラットの正常心筋細胞と、完全に癒痕化した陳旧性心筋梗塞が明瞭にイメージングできることを報告した。今回、より早期の心筋梗塞とその治癒過程がラマン分光法によって解析できるか検討した。多変量的手法を用いた詳細な解析に

より、ラマンスペクトルが心筋梗塞における組織化学的变化を反映していることが明らかになった。

P-019

ユーグレナの顕微ラマンイメージング

三田大樹 (1), 橋本彩 (1), 中澤昌美 (2), 山口佳則 (1, 3), 民谷栄一 (1, 3), (1)大阪大学大学院工学研究科精密科学・応用物理学専攻, (2)大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 (3)大阪大学フォトニクスセンター

ユーグレナの顕微ラマンイメージングを行った。微細藻類ユーグレナは嫌気条件下でワックスエステルを生合成する。そのためユーグレナのバイオ燃料としての利用が期待される。本研究ではワックスエステル合成メカニズムの解明を目的とし、顕微ラマンイメージングによって、ユーグレナ細胞内に合成されたワックスエステルの検出を行った。またワックスエステルの分析過程で、ユーグレナのカロテノイドを検出し、細胞中における分布の可視化に成功した。

P-020

骨芽細胞分化過程の顕微ラマンイメージング

橋本彩 (1), 邱亮達 (1), 沢田啓吾 (2), 池内智彦 (1), 藤田克昌 (1), 竹立匡秀 (2), 山口佳則 (1, 3), 河田聡 (1, 3), 村上伸也 (2), 民谷栄一 (1, 3), (1)大阪大学大学院工学研究科, (2)大阪大学大学院歯学研究科, (3)大阪大学フォトニクスセンター

ハイドロキシアパタイト (HA) は、リン酸カルシウムから成る骨の主成分である。HA は骨形成の初期段階において、骨芽細胞組織中で合成される。間葉系幹細胞は、骨芽細胞へと分化後、HA の合成を開始するため、HA は分化程度を表す指標となる。我々はラマン分光法により、マウス間葉系幹細胞の骨芽細胞分化過程の経時的観察を行った。石灰化促進物質である β -カロテンの局在した位置の周辺でHA が産生されていく様子が観察された。

P-021

Photoluminescent Platinum Nanoclusters

T. Tokuyama (1), K. Aoki (1), X. Huang (2), H. Ishitobi (1, 2), and Y. Inouye (1, 2, 3), (1) 大阪大学工学研究科精密科学・応用物理学専攻, (2) 大阪大学大学院生命機能研究科, (3) 大阪大学フォトニクスセンター

数個から数十個の金属原子で構成される金属ナノクラスターは、バルク金属あるいは局在プラズモン特性を持つ金属ナノ粒子とは異なり、量子サイズ効果により構成原子数に依存した発光特性を有する。本研究では、白金イオンとアミノ基を含むポリマーの錯体を形成した後、還元させることで、青、緑、黄色の異なる3色の蛍光性白金ナノクラスターを各々合成し、バイオイメージングと金属イオンセンサーに応用できることを示した。

P-022

光ピンセットによるタンパク質間相互作用力の計測

中島往馬 (1), 杉浦忠男 (1), (1)奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

タンパク質間相互作用は生体機能の維持に欠かせないものである。本研究では光ピンセットを用いて引きはがし力を計測するシステムを構築し、タンパク質の一種のストレプトアビジンとビオチンの特異結合力を計測した。まず、タンク質をコートした粒子を基板上の分子に結合・吸着させておき、光ピンセットで粒子を引きはがす操作を行い、試行回数と成功回数から確率を得た。計測結果を解析することで結合力の平均と分散を求めた。

P-023

Optical Hybrid-Superlens-Hyperlens for Super-resolution Imaging

Bo Han Cheng (1), You Zhe Ho (2), Yung-Chiang Lan (3), Din Ping Tsai (4), (1) Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, (2) Department of Physics, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, (3) Department of Photonics, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, (4) Graduate Institute of Applied Physics, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

We theoretically propose an innovative device magnifying far-field image and prove it by finite element method (FEM) simulation. It possesses ability to image sub-wavelength object at the far field position and compensate the drawbacks of hyperlens aforementioned. This device is integrated with two anisotropic metamaterial components, the upper planar superlens and the lower cylindrical hyperlens, in which their permittivity tensors have opposite signs. Since the dispersion relations with hyperbolic dispersion curve in these two components are different, our proposed imaging device is named as the hybrid-superlens hyperlens. The device is capable of deriving the high spatial-frequency components excited by the objects on one flat surface and transfer it to the far field.

Furthermore, the proposed hybrid-super-hyperlens with linearly and radially polarized incident light is theoretically investigated. The challenge relative to resolve complicated nano pattern is also investigated. Basically, the polarization of light source is an important factor which affects the integrity of the resolution image results from exciting surface plasmon polaritons (SPPs) near the patterned region. We demonstrate that the whole magnifying far-field images can be obtained at one scan procedure by using radially polarized light source. That is, superposition of the images under incident light with different polarized directions is unnecessary. Moreover, the planar shaped design is more practical for real applications such as photolithography and planar integrated optical devices.

P-024

非線形応答蛍光色素を用いた、超高速・超高分解イメージング手法の開発

望月 健太郎 (1), L. Shi (1), 水上 進 (1), 山中 真仁 (1), W. T. Gong (1), 河野 省悟 (1), N. I. Smith (2), 河田 聡 (1), 菊池 和也 (1), 藤田 克昌 (1), (1)大阪大学大学院工学研究科 (2)大阪大学免疫学フロンティア研究センター

従来の超解像蛍光イメージング手法では、高い空間分解能に見合う時間分解能が達成されておらず、細胞内の極小物質の激しい挙動を捉えきれない。我々は、可視光励起に対して自ら非線形蛍光応答する色素を設計し、超高速・超高分解能イメージング手法の開発を試みた。実際に合成された色素は、分子内電子移動を介し2つの入射光子を吸収してから発光する機構をもち、実験的にも2次の非線形蛍光応答を示した。

P-025

自然放出速度の増加によるEu添加GaNの発光強度増大 稲葉 智宏, 李 東建, 若松 龍太, 児島 貴徳, 小泉 淳, 藤原 康文, 大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻

GaN系赤色LED実現に向けてEu添加GaNの発光強度増大を目指した研究を行っている。本研究では、微小共振器中で光の状態密度を変調させることによるEu発光遷移確率の増大を目的として、微小共振器中にEu添加GaNを作製した。微小光共振器を有するEu添加GaNは単層のEu添加GaNと比較して、Eu発光遷移確率が1.4倍、Eu発光強度が4.3倍となることを明らかにした。

P-026

Spectroscopic Study of Second Harmonic Generation Chiral Microscopy in Type I Collagen

Mei-Yu Chen(1), Che-Wei Kan(1), Kuan-Yu Li(1), Yen-Yin Lin(2,3), Shi-Wei Chu(1,4), (1)Department of Physics, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, (2)Institute of Photonics Technologies, National TsingHua University, Hsinchu, Taiwan, (3)Department of Electrical Engineering, National TsingHua University, Hsinchu, Taiwan, (4)Molecular Imaging Center, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Chiral molecules have different efficiencies in generating second-harmonic generation signal for left- and right-circular-polarized light. This effect is called second-harmonic generation circular dichroism (SHG-CD). It has been shown that SHG-CD exhibits much better chiral contrast than traditional chiroptical spectroscopies. Furthermore, combined with a laser scanning microscope, SHG-CD provides optical sectioning capability that is suitable for examining thick tissue samples. We have shown that type I collagen gives rise to strong second-harmonic generation circular dichroism (SHG-CD) responses. However, to resolve the molecular structures and chiral properties of biological tissues, it is not enough to study SHG-CD for only one specific wavelength.

Here, we measured SHG chiral microspectroscopy of type-I collagen in the excitation spectral range of 750 - 1300 nm, for the first time. It is interesting to note that maximum SHG-CD value corresponds to the wavelength of 900nm. This wavelength dependency not only reflects the resonance frequency of the molecular structure, but also the micro-chiral property of type I collagen. Our investigation constitutes an important landmark towards a realistic SHG-CD chiral spectroscopic technique and will make great impact for protein chirality study in three-dimensional tissue samples.

P-027

飽和励起(SAX)顕微鏡の最適励起変調と三次元超解像イメージングへの応用

米丸 泰央 (1), 山中 真仁 (1), 上垣 久美子 (1), Nicholas I. Smith (2), 河田 聡 (1), 藤田 克昌 (1), (1)大阪大学大学院工学研究科, (2)大阪大学免疫学フロンティア研究センター

我々は、変調したレーザー光による蛍光励起の際の、レーザー強度の変調周波数と飽和励起効率との関係を理論的、実験的に調べた。飽和励起は三重項状態の寿命に大きく起因し、低い変調周波数で効率よく生じることを明らかにした。一方で、蛍光分子の褪色には、変調周波数の依存性は見られなかった。この結果を基に、飽和励起顕微鏡を用いた細胞の超解像イメージングの観察条件の最適化を行い、はじめて三次元超解像イメージングに成功した。

P-028

リチウムイオン電池 黒鉛負極の充放電In-situラマンイメージング

久保田 直義, 塩崎 祐介, ナノフォトン株式会社

リチウムイオン電池の負極には、リチウムイオンの脱挿入に関わる活物質として主に黒鉛粒子が使われている。充電反応時の黒鉛粒子へのリチウムイオン挿入は不均一に進むことが知られているが、XRD等の分析手法では空間分解能的にそれらを観察することは難しい。そこで我々は、ラマンイメージングによる充放電In-situ観察を行い、黒鉛充電過程を観察した。その結果、各電位において不均一な充電状態分布が明確に得られた。

P-029

酸化グラフェンの近赤外発光機構

小澤 大知 (1), 宮内 雄平 (1, 2), 毛利 真一郎 (1), 市田 正夫 (3) 松田 一成 (1), (1)京都大学エネルギー理工学研究所, (2) JST さきがけ, (3) 甲南大学理工学部

酸化グラフェンは、紫外から近赤外光領域の広帯域で発光を示す原子膜材料であり、バイオマーカーやフレキシブル発光デバイスへの応用が期待されている。しかしながら、その発光起源については様々な議論が続いており、発光機構を解明するために、発光励起分光、時間分解発光分光を行った。その結果、酸化グラフェン中に多数のナノサイズの未酸化領域

が存在し、それらがサイズによって異なるエネルギーギャップをもつため、広帯域で発光が観測されることが明らかになった。

P-030

単原子層遷移金属ダイカルコゲナイドの光学特性とその制御

毛利 真一郎 (1), 周 利中 (1), 壺井 佑夏 (1), 宮内 雄平 (1) (2), 松田 一成 (1), (1)京大エネ研, (2)JSTさきがけ

単原子層遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDs) は、可視光領域にギャップを持つグラフェン様材料であり、次世代の光デバイスへの応用が期待されている。光励起で作られる電子-正孔対 (励起子) の形成に起因する光学特性は、光デバイス性能の決定要因となるため、そのダイナミクスの解明と制御が求められている。本研究では、単原子層TMDsの顕微発光測定を行い、化学ドーピングを用いて励起子ダイナミクスが制御できることを明らかにした。

P-031

Dynamic SERS imaging of cellular transport in 3D

Jun Ando (1, 2), Kazuki Bando (2), Kai-Chih Huang (3), Nicholas I. Smith (4), Katsumasa Fujita (2), Satoshi Kawata (2), (1) JST-ERATO Sodeoka Live Cell Chemistry Project (2) Dept. of Applied Physics, Osaka Univ., (3) Dept. of Electrical Engineering, National Taiwan Univ. (4) iFReC, Osaka Univ.

Surface-enhanced Raman scattering (SERS) has been used for high sensitive detection of biomolecules. We introduced metal nanoparticles into live cells as a SERS agent to probe the biochemical composition along its path. The motion of a gold nanoparticle and SERS signal from the moving nanoparticle were simultaneously observed by dark-field microscope coupled with Raman spectrophotometer. 676 nm excitation laser was used for Raman spectroscopy, and the position of laser focus was controlled by a feedback system to follow particle motions in real-time. Camera exposures for dark-field imaging were started along with that for Raman spectroscopy to synchronize their operation. We constructed dual-focus dark-field imaging system so as to follow the particle motion in three dimensions. 80 nm gold nanoparticles were introduced in a living macrophage via endocytosis. The temporal resolution of both Raman spectroscopy and particle tracking was 100 ms. We found out that Raman spectra changed depending on the particle motions, such as straightforward, confined and random motion in a cell. Three-dimensional dynamic SERS imaging, presented here, will open up new door to analyze biomolecules involved in cellular functions, such as lysosomal accumulation, nuclear entry and organelle transportation.

P-032

Vibrational imaging of small molecules in live cells by use of tiny Raman tags

Almar Palonpon (1, 2), Katsumasa Fujita (1, 2), Mikiko Sodeoka (1, 3), (1) JST-ERATO (2) Dept of Applied Physics, Osaka Univ (3) RIKEN

Vibrational imaging of small molecules in live cells has been a technical challenge because of the weak Raman scattering signal from the molecules of interest aggravated with interference from much stronger Raman signals coming from abundant biomolecules such as proteins and lipids. Here, we present the use of tiny Raman tags that emit signals in the silent region of the cells, avoiding the interference with intrinsic cellular signals, and small enough not to perturb the biological properties of the small molecule. One such tag is alkyne consisting of just two carbons connected by a triple bond. Using the alkyne tag, we have successfully imaged the DNA synthesis of a living cell by mapping the distribution of the alkyne-tagged analog of thymidine, EdU, which is incorporated in the DNA of the cell. Another useful tag is nitrile consisting of carbon and nitrogen connected by a triple bond. Using the nitrile tag, we have imaged simultaneously the protonated and deprotonated forms of carbonylcyanide p-trifluoromethoxy-phenylhydrazone (FCCP) molecule in live cells. But, in this case, the structure-sensitive nitrile tag was exploited to image two distinct molecular structures of FCCP. These studies reveal the potential of Raman tags as useful biomolecular probes.

P-033

非線形光学顕微鏡を用いたアテローム性動脈硬化症病変の組織学的観察

田尾 知世, Harsono Cahyadi, 福島 修一郎, 橋本 守, 荒木 勉, 大阪大学大学院 基礎工学研究科

本研究では、コヒーレントラマン散乱 (CRS) 顕微鏡により動脈硬化症病変部における脂質を、第二高調波発生 (SHG) 顕微鏡により脂質の周囲で異常産生するコラーゲンを無標識に3次元観察した。イメージング結果より、脂質の形態に相関して異常産生コラーゲンの信号輝度値が上昇していることを確認した。現在、CRS画像とSHG画像を同時に取得できる非線形光学マルチモーダル顕微鏡の開発を行っている。

P-034

マルチプレックス四次ラマン散乱顕微鏡によるDAST結晶のイメージング

蜷川知可子, 古川太一, 新岡宏彦, 荒木 勉, 橋本 守, 大阪大学 大学院基礎工学研究科

四次ラマン効果は偶数次の非線形光学効果の一種で、反転対称性を持たない分子や構造だけを特異的に観測することができる。従って、溶液の影響を受けずに観察でき、飽和溶液中にて作製される非線形光学結晶の結晶性評価に有用であると期待する。本研究では、励起光にスーパーコンティニウム光 (SC光) を用いたマルチプレックス四次ラマン散乱顕微鏡を開発し、DAST結晶の四次ラマンスペクトル及びイメージの取得に成功した。