

# 応用物理学会関西支部 平成 27 年度 第 2 回講演会

ナノスケール材料の構造・物性制御技術の最前線  
～関西若手研究者を中心としたイノベーションの発信～

主 催：応用物理学会関西支部 (URL: <http://jsap-kansai.jp/>)

日 時：2015 年 9 月 30 日 (水) 14:00 ～ 19:00 (懇親会～ 21:00 頃)

場 所：大阪大学 中之島センター

〒530-0005 大阪市北区中之島 4-3-53

Tel: 06-6444-2100 URL: <https://www.onc.osaka-u.ac.jp/>



「ナノスケール材料の構造・物性制御技術の最前線  
～関西若手研究者を中心としたイノベーションの発信～」

プログラム

第一部：講演の部 (於：10階 佐治敬三メモリアルホール)

(司会 応用物理学会関西支部幹事 中村芳明)

14:00 ～ 14:05 開会の辞 斧 高一 (支部長 京都大学)

(座長 応用物理学会関西支部幹事 内藤賀公)

14:05 ～ 14:35 服部 梓 先生 (大阪大学産業科学研究所)

「遷移金属酸化物3次元ナノ構造体創製とナノ機能開拓：  
テンプレート側面を起点としたナノ構造成長技術」

14:35 ～ 15:05 八田 振一郎 先生 (京都大学)

「特異な電子状態をもつ金属単原子層の電気伝導特性」

15:05 ～ 15:35 野村 光 先生 (大阪大学)

「磁性論理演算素子による磁性コンピュータのための基本素子」

15:35 ～ 15:45 休憩

(座長 応用物理学会関西支部幹事 根岸良太)

15:45 ～ 16:15 田中 大輔 先生 (関西学院大学)

「スピントロニクスへの応用を目指した分子磁性体の開発」

16:15 ～ 16:45 屋敷 保聡 先生 (科学技術振興機構)

「シリコンナノワイヤー太陽電池の開発  
～JST FUTURE-PV Innovationの取り組み～」

第二部：ポスター発表 (於：10階 佐治敬三メモリアルホール)

17:00 ～ 19:00 ポスター発表 (筆頭著者のみ記載)

(座長 応用物理学会関西支部幹事 小川新平)

P-01 Ge ナノドット/Si 層エピタキシャル積層構造における熱伝導・電気伝導特性の独立制御

山阪 司祐人 阪大院基礎工

P-02  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub> ナノドット/Si 層エピタキシャル積層構造の作製とその構造及び熱電特性評価

坂根 駿也 阪大院基礎工

P-03 溶液成長 ZnO 単結晶ナノロッド：成長時の格子間水素ドナーの取り込みと残留キャリア濃度分布

渡辺 健太郎 阪大院基礎工

P-04 3次元ナノテンプレート PLD 法を用いた極小 VO<sub>2</sub> ナノ細線の作製

坪田 智司 阪大産研

P-05 圧力センサーを目指した圧電性ポリマー被膜 SWNT-TFT の特性評価

吉澤 武志 阪大院工

- P-06 カーボンナノチューブ薄膜トランジスタを用いた広濃度領域における IgE の定量センシング  
加瀬 寛人 阪大院工
- P-07 シアロ糖鎖修飾グラフェン FET を用いたインフルエンザウイルス由来ヘマグルチニンの検出  
林 亮太 阪大産研
- P-08 乱層構造を持つ多層グラフェンナノリボンの合成と電気特性の評価  
山元 克真 阪大院工
- P-09 グラフェン FET を用いた PCR の電氣的検出  
岡野 誠之 阪大産研
- P-10 センサー応用に向けたグラフェン上ピレン吸着密度定量解析  
松井 祐司 阪大院工
- P-11 グラフェンの電子-フォノン結合を実現する分子シミュレーション研究  
竹内 靖 レーザー総研
- P-12 MoS<sub>2</sub>/グラフェンヘテロ構造を用いた FET の作製とガス応答特性評価  
大井 皓平 阪大院工
- P-13 還元した酸化グラフェン薄膜のキャリア伝導機構解析  
根岸 良太 阪大院工
- P-14 酸化グラフェンの超高温処理における気相環境効果  
石田 俊 阪大院工
- P-15 酸化グラフェン薄膜の高温還元処理  
谷川 祥子 阪大院工
- P-16 グラファイト表面に吸着したジアセチレン単分子層の固相重合反応を駆動する動力学機構の STM による研究  
高城 大輔 阪大院理
- P-17 MoS<sub>2</sub>上シリコンナノシートにおける電子状態の層数依存性  
久家 隆太郎 阪大院工
- P-18 プラズマ PVD による粉体への薄膜形成技術の開発  
松本 将大 (株)魁半導体
- P-19 ベンゼンチオール誘導体単分子膜を用いた金属表面の物性制御  
鈷 信吾 神大院工
- P-20 フォトクロミック膜における金属蒸着選択性の一般モデル  
松本 彩希 大阪教大
- P-21 シングルセルレベルでのエクソソーム研究に向けたマイクロ流体デバイスの開発  
筒井 敬悟 阪大院工
- P-22 ナノインプリント技術を利用した表面プラズモンセンシングチップのナノ構造設計と性能向上  
姜 舒 阪大院工
- P-23 集光レーザーアニーリングによる貴金属ナノ構造基板の作製と SERS 応用  
中川 亮 阪大院工

P-24 遠心熱対流を用いた流体制御とオンチップイムノアッセイへの応用

田所 達郎 阪大院工

P-25 シーズ成長法による銀ナノ構造基板の作製と SERS 応用

沈 正君 阪大院工

P-26 金属フタロシアニン錯体の電子構造と磁氣的・光学的性質

馬場 慎太郎 滋賀県立大工

P-27 デッカー型フタロシアニン金属錯体の電子構造および磁氣的・光学的性質

鈴木 厚志 滋賀県立大工

P-28  $\text{TiO}_2$  電子輸送層を用いたペロブスカイト型太陽電池の低温プロセス作製と評価

金山 勝人 滋賀県立大工

P-29 ペロブスカイト系太陽電池における  $\text{TiO}_2$  電子輸送層への Nb ドープ効果

斉藤 丞 滋賀県立大工

P-30 反射防止膜付球状 Si 太陽電池の微細構造解析

白幡 泰浩 滋賀県立大工

授賞式・懇親会 19:10 ~ 21:00 頃まで (於 : 9階 交流サロン)

# 招待講演要旨

## 遷移金属酸化物 3次元ナノ構造体創製とナノ機能開拓 -テンプレート側面を起点としたナノ構造成長技術-

Construction of well-defined 3D transition metal oxides nanostructures and their novel properties: nanomaterial growth at the side-surfaces of the patterned template

阪大産研 ○服部 梓, 田中 秀和

ISIR, Osaka Univ. °Azusa N. Hattori, Hidekazu Tanaka

E-mail: a-hattori@sanken.osaka-u.ac.jp

ナノメートルオーダーの構造体においてはその構造と特性は直結しており、ナノ物理現象の学理構築、極微細・高集積化デバイスの実現を見据え、適応物質を限定しないナノ構造形態を人工的に精密に制御する信頼性の高い創製技術が求められる。そこで我々は、トップダウンプロセスの位置・形状制御能力と、原子層レベルでサイズ制御成長が可能なボトムアップ薄膜結晶成長技術を組み合わせた独自のナノ構造体創製法「3次元ナノテンプレート PLD法」[1-5]を開発し、多彩な物性・機能から魅力的であるが難加工材料であるため薄膜での研究が主流である遷移金属酸化物材料に対しナノ構造体の形状・サイズと位置制御を両立した機能性ナノ構造創製を実現してきた。3次元ナノテンプレート PLD法では、位置・形状が3次元空間的に規定されたナノテンプレートをガイドとし、傾斜 PLD により蒸着物の成長起点をナノテンプレートの側面に誘導して成長を行う(図 1(a))。蒸着物のサイズは、通常の蒸着法と同じく蒸着量(時間)で制御できるため、約 10 nm からのナノ構造体の創製に成功している(図 1(b)-(f))。

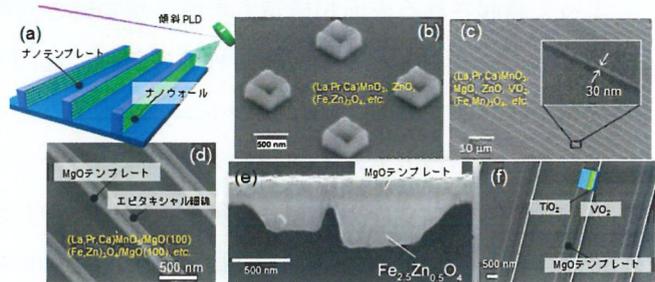


図 1 (a) 3次元ナノテンプレート PLD 法の概念図。(b) ZnO ナノボックス構造、(c) (Fe,Mn)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ナノウォール細線構造、(d) エピタキシャル(Fe,Zn)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ナノウォール細線構造、(e) エピタキシャル(Fe,Zn)<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ナノ狭窄細線構造、(f) VO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 多層ナノ細線構造。各構造とも様々な金属酸化物材料(図中表記)で実現している。

ナノ構造体の実現により、強相関産物のナノ電子相ドメイン物性が明らかになりつつある。強相関電子系酸化物では、ナノ相分離したドメイン状態が巨大応答の本質を担っており、巨大磁気抵抗効果を発現する(La,Pr,Ca)MnO<sub>3</sub> (LPCMO)では、強相関領域で数十-数百 nm サイズの強磁性金属相・電荷秩序絶縁体相の電子相が共存することが報告されてきた。図 2(a), (b)に本手法で作製した 50 nm 線幅の LPCMO のナノ細線構造およびドメイン構造を示す。細線内にナノ電子相ドメインを閉じ込め、単一電子相の金属-絶縁体転移に由来する急峻なステップ抵抗変化を観察した[6]。講演では、3次元ナノテンプレート PLD 法の詳細を紹介するとともに、観測されたナノ電子相物性の結果についても議論を行い、今後の展望を示す。

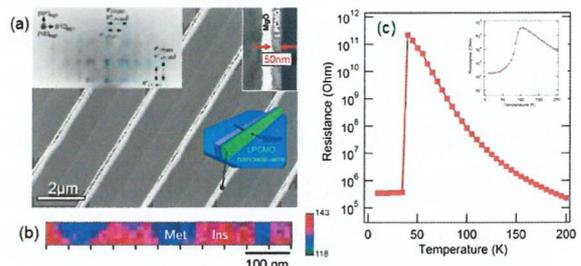


図 2 (a) 50 nm 線幅の LPCMO 細線構造と(b)150 Kでのナノ電子相ドメイン構造。青が金属相(Met)、赤が絶縁体相(Ins)に対応。(c) LPCMO 細線の抵抗の温度依存性。40 K 付近で step 変化を示す。挿入図は薄膜の結果。

参考文献 [1] A. N. Hattori *et al.*, Appl. Phys. Express, **5**, 125203 (2012). [2] T. Kushizaki *et al.*, Nanotechnology, **23**, 485308 (2012). [3] A. N. Hattori *et al.*, Appl. Phys. Express, **7**, 045201 (2014). [4] T. Kushizaki *et al.*, Appl. Phys. Express, **6**, 035201 (2013). [5] H. Tanaka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **53**, 05FA10 (2014). [6] A. N. Hattori *et al.*, Nano Lett., **15**, 4322 (2015).

## 特異な電子状態をもつ金属単原子層の電気伝導特性

### Electrical conduction of metal monolayers with unique electronic structure

京大院理 ○八田 振一郎

Kyoto Univ., Graduate School of Science, °Shinichiro Hatta

E-mail: hatta@kuchem.kyoto-u.ac.jp

近年グラフェンに代表される単原子層状物質の物性研究、とくに輸送現象に関する研究が盛んに行われています。これらの物質は層状物質から基本単位層を取り出したようなものです。これらの2次元電子状態は特異な分散関係やスピン構造をしており、それが新しい機能性物質として期待される理由となっています。一方、表面科学の立場から見ると、単原子層程度の吸着原子によって誘起される表面超構造も単原子層物質と同様に多様な2次元電子状態をもちます。最近注目されている例として、反転対称性の破れに起因するスピン軌道相互作用によってスピン偏極した電子状態が生じる「(巨大)ラッシュバ効果」などがあります[1]。しかし、表面超構造の輸送特性に関して、もっとも基本的な電気伝導度についてさえ超高真空中での接点形成や基板の影響をどう評価するかなどの実験および解析上の困難のため、ごく限られた例しか実施されていません。最近、我々のグループでは、低温(9 K)から400 Kまでの広い温度範囲で連続した表面伝導度測定ができる装置を開発しました。今回の講演では、これを用いた(1) Ge(111)基板上的 Pb 単原子層[2]と(2) Si(111)基板上的 In 擬一次元構造の電気伝導に関する研究成果を紹介します。

(1) この Pb 単原子層の表面状態はラッシュバ効果によってスピン分裂しているため、フェルミ面は六角形が二重になったような構造をしています。測定されたシート抵抗率は温度に比例して増加する金属的なものでした。温度係数から電子格子結合定数 $\lambda$ を算出すると、 $\lambda=0.16$ が得られました。これはバルク Pb ( $\lambda=1\sim 1.5$ )とは大きく異なります。また、Pb(111)多層膜と比較すると、この単原子層は約8層分に相当する極めて高い伝導度を示すことが分かりました。これは、層が薄いほど原子ステップや界面の影響が強いという一般的な予想に反するものです。ステップ伝導度や光電子分光の解析と合わせて、この単原子層の電気伝導の特徴を解説します。

(2) Si(111)基板上で In 原子が1次元鎖を形成した超構造は120 K付近で金属-絶縁体転移を起こします[3]。その転移モデルとしてパイエルス型転移や秩序-無秩序型転移が挙げられていました。我々は転移温度をはさんで温度を往復させながら伝導度を測定しました。その結果、ヒステリシスを確認しました。ヒステリシスは一次転移の証拠であり、上記の二つ転移モデルには当てはまらない現象です。

この他、分子吸着の効果など表面系ならではの実験についても紹介できたらと考えています。

[1] K. Yaji *et al.*, Nature communications **1**, 17 (2010).

[2] S. Hatta, T. Noma, H. Okuyama and T. Aruga, Phys. Rev. B **90**, 245407 (2014).

[3] H. W. Yeom *et al.*, Phys. Rev. Lett. **82**, 4898 (1999).

## 磁性論理演算素子による磁性コンピュータのための基本素子

### Basic magnetic logic elements for magnetic computer

阪大工, °野村光, 中谷亮一

Osaka University

E-mail: nomura@mat.eng.osaka-u.ac.jp

ユビキタス社会の実現により, 情報処理デバイスには低消費電力での動作が求められている. 半導体素子に変わる低消費電力素子の候補として, 我々は磁性量子セルラ・オートマトン (MQCA: Magnetic Quantum Cellular Automaton)<sup>1</sup> を有力視している. MQCA とは, 微小磁性体から構成されるロジック・イン・メモリ素子である. 微小

磁性体の磁化の向きでバイナリ情報を保持し, さらに, 微小磁性体間に働く磁氣的相互作用を利用し情報の演算を行う. 磁化の向きで情報を保持するためその情報は不揮発である. それに加え, 高集積積化に適しており, 室温環境下, 低消費電力での動作が可能, 荷電粒子に対する高い耐性を有する等の利点を有する. しかしながら, MQCA 素子に関する研究は未だ黎明期にあり, それらを用いた情報デバイスの実現には至っていない. そこで, 我々は MQCA の一種である磁性論理演算素子<sup>2</sup>による情報デバイスの作製を目的とし, 基本素子の提案, 動作検証を行った.

基本素子として, 情報演算素子[図 1(a)], 情報伝搬方向制御素子[図 1(b)], 情報伝搬距離制御素子[図 1(c)]を作製した. これらの素子は, Ni-20at.%Fe からなる磁性ドットで構成されている. 素子は, Si 基板上に電子線リソグラフィ法, イオンビームスパッタリング法, リフトオフ法を用い作製された. 動作検証には, 磁場掃引型磁気力顕微鏡装置ならびに自家製の磁気力顕微鏡制御装置を使用した. 情報の書き込みには磁気力顕微鏡による磁性マニピュレーションを, 読み込みには磁気力顕微鏡による磁化状態の画像化を使用した. また, 演算を実行するクロックとして外部磁場を用いた. その結果, これらの素子は, NAND/NOR プログラマブル論理ゲート<sup>3</sup>, ダイオード, シフトレジスタとして動作することが実証された. これらの素子を組み合わせることで, 本質的にリーク電流が発生せず低消費電力で動作する, 磁性コンピュータが実現できると期待している.

<sup>1</sup> R. P. Cowburn and M. E. Welland, *Science* **287** (5457), 1466 (2000).

<sup>2</sup> S. A. Haque, M. Yamamoto, R. Nakatani, and Y. Endo, *Sci Technol Adv Mat* **5** (1-2), 79 (2004).

<sup>3</sup> H. Nomura and R. Nakatani, *Appl Phys Express* **4** (1) (2011).

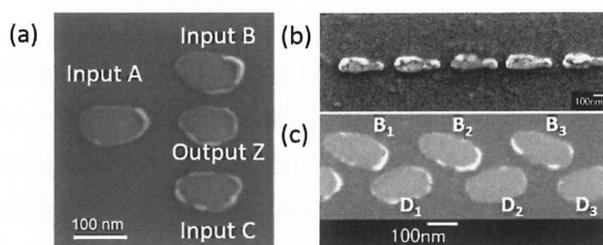


図 1. 磁性論理演算素子に基づく (a)NAND/NOR プログラマブルゲート, (b)ダイオード, (c)シフトレジスタの SEM 像.

# スピントロニクスへの応用を目指した分子磁性体の開発

## Development of Molecular Magnets for Spintronics Application

関西学院大<sup>1</sup> °田中 大輔<sup>1</sup>

Kwansei Gakuin Univ.<sup>1</sup>, °Daisuke Tanaka<sup>1</sup>

E-mail: dtanaka@kwansei.ac.jp

### 【緒言】

バルクの磁石はある一定以下のサイズになると保磁力を失い磁石として機能しなくなってしまいうため、磁気メモリの最小単位には限界が存在すると考えられてきた。一方、分子一つが磁石のようにふるまう単分子磁石は磁気メモリの記録密度を飛躍的に向上させるポテンシャルを秘めており、究極のメモリ材料として多くの研究者の興味を集めている。特に、ダブルデッカー型テルビウム-フタロシアニン錯体は、比較的高温で単分子磁石性を示す物質として近年盛んに研究がなされている。

本研究では、フタロシアニンと同様の配位構造をとり、かつ有機合成的手法で分子修飾が容易なポルフィリン誘導体を用いて新規ダブルデッカー型テルビウム錯体を合成し、スピントロニクスデバイスへの応用について検討した。図1に示す通り、バルクの基礎的な物性探索から始まり、現在は単分子の物性制御と評価に成功している。以下、その概要を記載する。

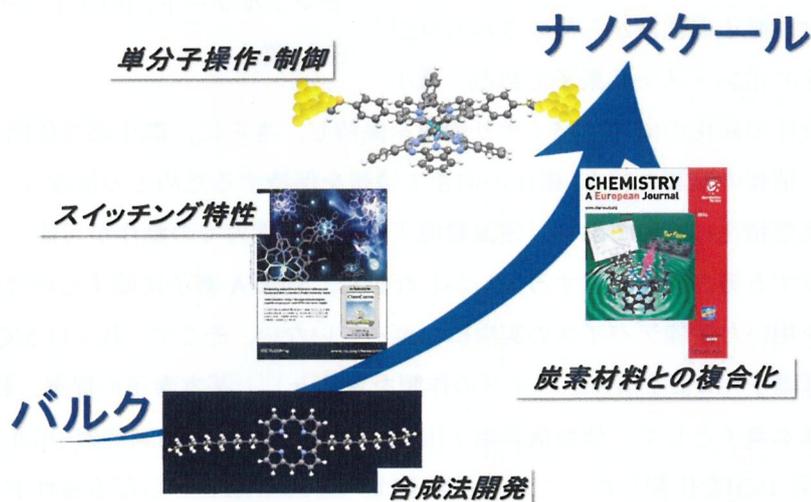


図1. ポルフィリンダブルデッカー型錯体を用いた本研究の概要

### 【プロトンによる磁気特性スイッチング】

本研究で開発したポルフィリン単分子磁石のユニークな特色として、プロトンの脱着に伴い、その磁気特性を大きく変化させることを見出している(図2)。プロトン一つで単分子磁石特性をオン-オフできるため、磁気情報の書き込みに応用できる特性

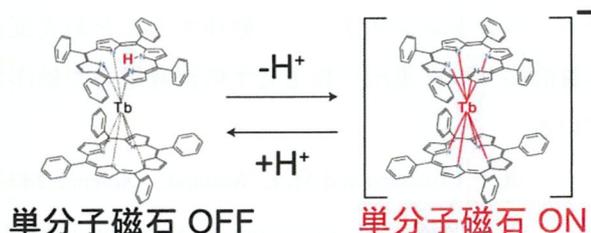


図2. プロトンによる単分子磁石性のスイッチング

として期待できる (文献 1)。フタロシアニン錯体ではこのようなスイッチング挙動は確認されなかった (文献 2)。結晶構造解析の結果から、この現象は配位構造の対称性の変化から説明されることが明らかとなった。さらに、このスイッチングを光などの外場で誘起するために、プロトン共役電子移動(PCET)を利用した分子設計を量子化学計算の結果から提案している (文献 3)。

### 【カーボン材料との複合化】

近年単分子磁石とグラフェンなどの炭素材料を複合化し、炭素材料のスピン輸送特性を制御する手法が提案されている。本研究ではポルフィリン単分子磁石にアルキル基を導入することで、グラファイト表面上に規則的な単分子磁石単分子膜を自己組織化のプロセスで作成することに成功し、原子間力顕微鏡 (AFM) で膜構造を評価した (文献 4)。さらに、分子設計を施すことで HOPG 上での分子配列の制御にも成功した (図 3、文献 5)。この結果は、ナノカーボン単分子磁石複合材料開発に重要な知見を与える事が期待できる。

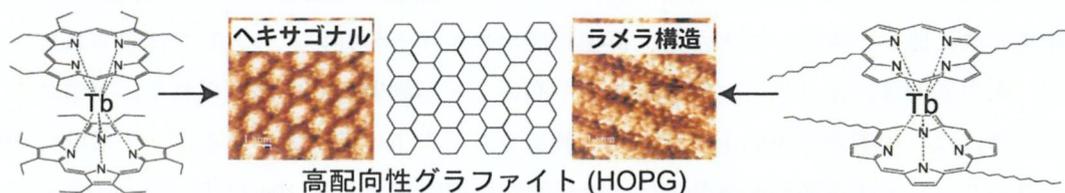


図 3. HOPG 界面での単分子磁石の配列構造の走査トンネル顕微鏡 (STM) 像。明るい丸がポルフィリン錯体 1 つに相当。分子構造に対応した集合構造が観測された。

### 【単分子へのアクセスと物性評価】

上記の研究で開発した単分子磁石を実際のナノデバイスへと応用するには、単分子レベルでの分子の制御と評価が必要である。本研究では極低温超高真空 STM 装置を用い、金基板上に配列したポルフィリンダブルデッカー型錯体を観測することに成功した。特に、常磁性体であるプロトン体により、単分子磁石として機能するラジカル体へと変換させることに成功した。この成果は単分子磁石のパターニングを単分子スケールで実現する手法への応用が期待される。

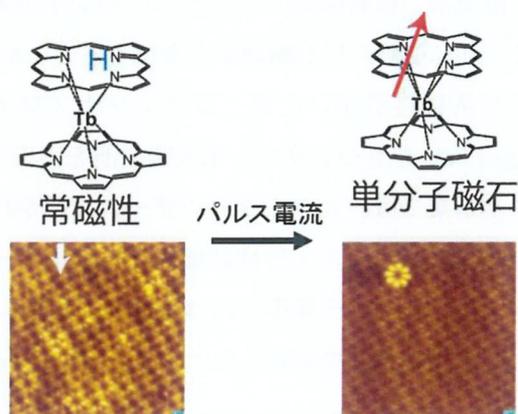


図 4. STM による単分子磁性スイッチング

### 【参考文献】

- (1) D. Tanaka, T. Inose, H. Tanaka, S. Lee, N. Ishikawa, T. Ogawa, *Chem. Commun.*, **2012**, 48, 7796.
- (2) D. Tanaka, N. Sumitani, T. Inose, H. Tanaka, N. Ishikawa, T. Ogawa, *Chem. Lett.*, **2015**, 44, 668.
- (3) T. Inose, D. Tanaka, T. Ogawa, *Heterocycles*, **2012**, 86, 1549.
- (4) D. Tanaka, T. Inose, S. Shimono, H. Tanaka, T. Tamaki, A. I. A. Abd El-Mageed, A. K. F. Dyab, N. Ishikawa, T. Ogawa, *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology*, **2014**, 12, 124.
- (5) T. Inose, D. Tanaka, H. Tanaka, O. Ivasenko, T. Nagata, Y. Ohta, S. De Feyter, N. Ishikawa, T. Ogawa, *Chem. Eur. J.*, **2014**, 20, 11362.

## シリコンナノワイヤー太陽電池の開発 ～JST FUTURE-PV Innovation の取り組み～

Research of silicon nano-wire solar cells

屋敷保聡<sup>1</sup>、白柳裕介<sup>1</sup>、袴田朋宏<sup>1</sup>、小長井誠<sup>2</sup>

Japan Science and Technology Agency<sup>1</sup>, Tokyo City University<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Yasutoshi Yashiki<sup>1</sup>, Yusuke Shirayanagi<sup>1</sup>, Tomohiro Hakamata<sup>2</sup>, Makoto Konagai<sup>2</sup>

E-mail: yasutoshi.yashiki@pb.jst.jp

科学技術振興機構、革新的エネルギー研究開発拠点形成事業では、シリコン太陽電池のエネルギー変換効率を向上させるため、「ナノワイヤー太陽電池」の研究開発を行っている。

太陽光発電は、太陽光が当たる場所であればどこでも発電が可能なこと、周辺環境への影響が他の発電方法に比べて少ないことから、再生可能エネルギーの柱の一つとして注目されている。しかし、火力発電等に比べると、発電コストが高いことが課題として挙げられる。発電コストを下げるためには、発電効率を向上させるか、製造コストを下げる必要があるが、一般的に市販されているシリコン太陽電池の変換効率は、物理的な論理限界である 30%に近づきつつあり、ここ数年は 25%程度で頭打ちとなっている状況である。

この物理限界を超えるために、様々な構造の太陽電池が提案されているが、我々はシリコン系太陽電池の積層構造(トップセル:バンドギャップ( $E_g$ )=1.7eV、ボトムセル: $E_g$ =1.1eV)とすることで、30%を超える変換効率を実現することができると考えている。しかし、 $E_g$ =1.7eV を持つシリコン系材料がないため、シリコンナノワイヤー(ナノウォール)構造とし、量子効果によって  $E_g$ =1.7eV をもつシリコン系太陽電池を実現することを目的として開発を行っている。

本事業では、大きく 3 つのチームに分かれており、高品質シリコン単結晶成長技術、ナノワイヤー形成プロセス・物性評価、ナノワイヤー太陽電池化をそれぞれ担当しており、私達のグループでは、ワイヤー構造を持つシリコン結晶の太陽電池化プロセスの開発を中心に行っている。

図 1 に本事業で試作したナノワイヤー/ウォールの断面 SEM 像を示す。ワイヤー構造では直径

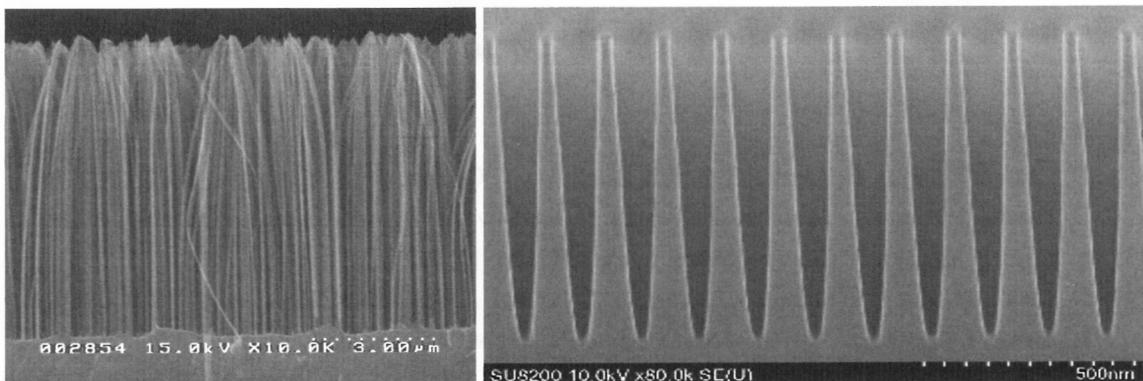


図 1 ナノワイヤー/ウォールシリコンの断面 SEM 像

約 30nm、ウォール構造では約 50nm 幅が得られている。量子効果を得るには約 4nm 幅以下の構造が求められるため、酸化によるスリミング加工などを検討している。

このようなアスペクト比の高い構造上に、太陽電池構造を形成するためには、PN 接合形成技術、電極形成技術が重要となると考えられる。そこで、まずはマイクロメートルオーダーのワイヤー構造上での基礎技術構築を行った。マイクロワイヤーは、フォトリソグラフィによりシリコン基板上にレジストをパターンニングした後、それをマスクとしてドライエッチング法(Bosch法)により形成した。その後のセル化プロセスにおいては、一般的なシリコン太陽電池の製造プロセスとの親和性を考え、ドーパ層形成には拡散剤をドーパ源とした熱拡散法、電極形成にはスクリーン印刷法を採用した。図 2 に作製したマイクロワイヤー太陽電池の構造および、太陽電池特性を示す。ワイヤー径 2-3 $\mu\text{m}$ 、ワイヤー間ピッチ 5 $\mu\text{m}$ 、ワイヤー長 50 $\mu\text{m}$  のワイヤー構造太陽電池において、開放電圧 508mV、短絡電流 31.6mA/cm<sup>2</sup>、曲線因子 66%、変換効率 10.6%が得られている。

当日は、よりワイヤー径を減少させたときの太陽電池特性および、微細化により明らかになった課題と、その対策の為のセル構造、プロセス開発について講演する。

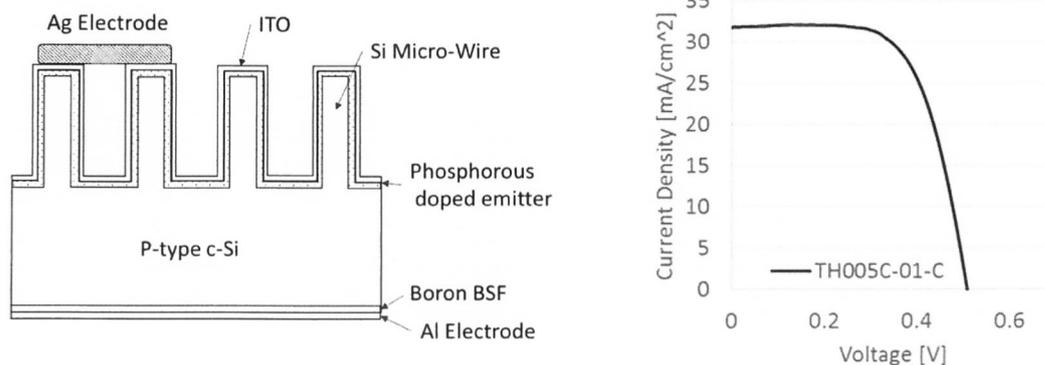


図 2 ナノワイヤー太陽電池の構造および電流-電圧特性

#### Acknowledgment

A part of this work was supported by the Center for Integrated Nanotechnology Center at Tohoku University and also by Nanotechnology Network Project of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (MEXT) of the Japanese Government.

This work was supported by the MEXT, FUTURE-PV Innovation (FUKushima Top-level United center for Renewable Energy research-Photovoltaics Innovation Project)

# ポスター発表要旨

P-1

Geナノドット/Si層エピタキシャル積層構造における熱伝導・電気伝導特性の独立制御
山阪 司祐人、渡辺健太郎、中村芳明
阪大院基礎工
電気伝導率を保持しつつ、ナノ構造の導入により熱伝導率を低減させる、熱フォノン制御熱電材料の研究が注目されている。我々は、極小(~10nm)・超高面密度(~10 <sup>12</sup> cm <sup>-2</sup> )の半球状エピタキシャルGeナノドット層とSi層を交互に積層した構造を考案した。Geナノドットのサイズ・形状(扁平率)、Si層の形状・厚さを制御した結果、前者が熱特性を支配し、後者が電気特性を支配することがわかった。これは、熱特性と電気特性の独立制御を意味する。

P-2

$\beta$ -FeSi <sub>2</sub> ナノドット/Si層エピタキシャル積層構造の作製とその構造及び熱電特性評価
坂根駿也 <sup>1</sup> 、山阪 司祐人 <sup>1</sup> 、渡辺健太郎 <sup>1</sup> 、中村芳明 <sup>1</sup>
1. 阪大院基礎工
我々は、ユビキタス元素からなる環境調和型高性能熱電材料の実現を目指して、エピタキシャル $\beta$ -FeSi <sub>2</sub> ナノドットをSi薄膜中に導入した構造に注目し、その形成に成功した。本構造に対してRHEED、TEM観察及びRaman分光測定を行い、 $\beta$ -FeSi <sub>2</sub> ナノドットがSi中結晶方位を揃えて形成していることを確認した。また、本構造中の $\beta$ -FeSi <sub>2</sub> ナノドット構造が、ゼーベック係数の支配要因であることがわかった。

P-3

溶液成長ZnO単結晶ナノロッド:成長時の格子間水素ドナーの取り込みと残留キャリア濃度分布
渡辺健太郎、中村芳明
大阪大学 大学院基礎工学研究科
金属酸化物の溶液成長法は、低コストで低温エピタキシャル成長が可能な反面、成長系の複雑さから結晶形状・電気特性制御技術が確立していない。本研究では、(0001)頂面・(1-100)側面から成る六角柱状の単結晶ZnOナノロッドを溶液中でZnO(0001)基板上に選択成長させた。ZnOナノロッド内の残留キャリア濃度分布を断面CL顕微分光から定量評価し、格子間水素の存在をRaman分光により確認した。これらは、中間生成物の-OH基に由来した格子間水素ドナーが成長面固有のレートで結晶中に取り込まれることを意味し、結晶成長制御の指針を与える。

P-4

3次元ナノテンプレートPLD法を用いた極小VO <sub>2</sub> ナノ細線の作製
坪田智司、服部梓、田中秀和
大阪大学 産業科学研究所
強相関電子系酸化物であるVO <sub>2</sub> は、ナノスケール化することで物質本来の優れた特性が発現することが近年報告されてきた。ナノ特性を最大限に引き出したデバイス作製を目的として、今回我々は独自のナノ構造創成技術である「3次元(3D)ナノテンプレートPLD法」を用いて、3D-MgOテンプレート基板上にTiO <sub>2</sub> をバッファー層とした、VO <sub>2</sub> ナノ細線の作製を行った。トップダウン加工の下限以下の線幅60nmのエピタキシャル成長したVO <sub>2</sub> ナノ細線構造の作製に成功した。

P-5

圧力センサーを目指した圧電性ポリマー被膜SWNT-TFTの特性評価
吉澤武志、井川剛志、田畑博史、久保理、片山光浩
大阪大学工学研究科
本研究では、タッチセンサー応用を目的として、圧電性ポリマー被膜SWNT-TETを作製し、圧力応答特性を測定することで評価を行った。優れたセンシング応答を得るために、コロナポーリング法によりP(VDF-TrFE)膜に分極処理を行った。またコロナポーリングによるデバイス特性への影響を調べたところ、負極性と正極性の場合で異なる特性を示した。

P-6

カーボンナノチューブ薄膜トランジスタを用いた広濃度領域におけるIgEの定量センシング

加瀬寛人<sup>1</sup>、根岸良太<sup>1</sup>、有福達治<sup>2</sup>、清柳典子<sup>2</sup>、小林慶裕<sup>1</sup>

大阪大学大学院工学研究科<sup>1</sup>、日本化薬(株)<sup>2</sup>

カーボンナノチューブ薄膜トランジスタ(CNT-TFT)は迅速かつ簡便なバイオセンサ応用が期待されるが、高感度化に加えて広い濃度領域における定量的なセンシングに課題がある。我々は、CNT成長条件の向上により免疫グロブリンE (IgE)の選択的検出を高感度(~500fM)で達成した。さらに、測定液中の緩衝液濃度によりデバイ長を拡張することでIgEの広濃度領域において定量的なセンサ動作を示し、センサ応答からIgE吸着モデルを検討したので報告する。

P-7

シアロ糖鎖修飾グラフェンFETを用いたインフルエンザウイルス由来ヘマグルチニンの検出

林 亮太<sup>1</sup>、小野 堯生<sup>1</sup>、生田 昂<sup>1</sup>、金井 康<sup>1</sup>、大野 恭秀<sup>1,2</sup>、前橋 兼三<sup>1,3</sup>、井上 恒一<sup>1</sup>、渡邊 洋平<sup>4</sup>、河原 敏男<sup>5</sup>、鈴木 康夫<sup>5</sup>、中北 慎一<sup>6</sup>、松本 和彦<sup>1</sup>

阪大産研<sup>1</sup>、徳島大<sup>2</sup>、東京農工大<sup>3</sup>、京都府立医大<sup>4</sup>、中部大<sup>5</sup>、香川大<sup>6</sup>

インフルエンザウイルス(IFV)は、その表面にあるヘマグルチニン(HA)が気管上皮細胞表面のシアロ糖鎖に結合し感染する。本研究ではIFVの高感度検出を目的とし、グラフェンFET(G-FET)上にシアロ糖鎖を修飾し、感染機構に基づくHAの検出を行った。正電荷を持つHA添加により糖鎖修飾G-FETの伝達特性はラングミュアの吸着等温式に従って負電圧方向に遷移した。ヒト糖鎖を修飾したG-FETの結果からヒト、鳥のIFVに対しそれぞれ解離定数、475 nM、884 nMを得た。

P-8

乱層構造を持つ多層グラフェンナリボンの合成と電気特性の評価

山元 克真(1)、根岸 良太(1)、田中 啓文(2,3)、福森 稔(3)、小川 琢治(3)、松本 和彦(4)、小林 慶裕(1)

(1) 大阪大学大学院工学研究科 (2) 九州工業大学大学院生命体工学研究科 (3) 大阪大学大学院理学研究科 (4) 大阪大学産業科学研究所

層間相互作用の弱い乱層構造を有する多層グラフェンナリボン(GNR)は、細線化によるバンドギャップの形成や乱層構造により多層でありながら単層ライクなキャリア伝導を示すことが理論的に示唆されており、高速デバイスへの応用が期待されている。我々は、アンジップ法により作製した2層GNRを成長核としたグラフェン層の成長により、乱層構造を持つ多層GNRの形成に成功した。多層化したGNRをチャネルとした電界効果トランジスタの電気伝導評価から、多層化によるオン電流の向上や乱層構造の形成によるゲート電圧の変調を観察し、本合成法の有効性を明らかにした。

P-9

グラフェンFETを用いたPCRの電氣的検出

岡野誠之<sup>1</sup>、Rajiv Verma<sup>1</sup>、Norhayati Sabani<sup>1</sup>、小野堯生<sup>1</sup>、武井史恵<sup>1,4</sup>、金井康<sup>1</sup>、大野恭秀<sup>1,2</sup>、前橋兼三<sup>1,3</sup>、井上恒一<sup>1</sup>、中谷和彦<sup>1</sup>、松本和彦<sup>1</sup>

阪大産研<sup>1</sup>、徳島大<sup>2</sup>、農工大<sup>3</sup>、防衛医科大<sup>4</sup>

蛍光性結合分子(DANP)を用いたポリメラーゼ連鎖反応(PCR)を電氣的に観測することを目指して、グラフェン電界効果トランジスタを作製し、DANPとそれと特異的に結合するヘアピン型DNAの結合および脱離を電氣的に検出した。まず、修飾可能なPyDANP分子を合成し、グラフェン表面に修飾した。DNAを投入してDANPとDNAを結合した後、PCRを行うことでDANPとDNAを脱離した。PCR前後での電気測定の結果、結合と脱離の際にグラフェンの電気特性が大きく変化した。

P-10

センサー応用に向けたグラフェン上ピレン吸着密度定量解析

松井祐司、根岸良太、小林慶裕

大阪大学工学研究科

還元処理した酸化グラフェン(rGO)薄膜は、その表面上に官能基を有するピレンを吸着させることによりバイオセンサーへの応用が可能となる。しかしセンシング感度を左右する重要な要因であるピレン吸着密度に対し、rGO薄膜表面の酸素や欠陥が及ぼす影響は不明のままである。そこで我々は紫外可視分光測定により、酸素量や欠陥密度の大きく異なるrGO薄膜表面に対するピレン吸着密度の定量評価を行った。その結果rGO薄膜表面に残存する酸素量がピレン吸着密度の支配要因であることを見出した。

P-11

グラフェンの電子-フォノン結合を実現する分子シミュレーション研究

竹内 靖

公益財団法人レーザー技術総合研究所

グラフェンにおける電子-フォノン結合の効果、即ち、二次元蜂の巣格子上の伝導電子との熱平衡を炭素原子のダイナミクスへ組み込む分子シミュレーションを、二温度ランジュバン動力学(2T-LD)法により実現する。2T-LDシミュレーションにより、グラフェンナノシートのリップル構造(水平方向の揺らぎ)などを論ずる。

P-12

MoS<sub>2</sub>/グラフェンヘテロ構造を用いたFETの作製とガス応答特性評価

大井 皓平, 佐藤 雄太, 田畑 博史, 久保 理, 片山 光浩

大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 量子電子デバイス工学部門 創製エレクトロニクス材料領域 ナノ材料・計測領域(片山研究室)

本研究ではセンサー応用を目的として、MoS<sub>2</sub>/グラフェンヘテロ構造をチャネル材料に用いたバックゲート型FETを作製し、基本的な特性評価を行った。MoS<sub>2</sub>/グラフェンFETは整流特性を示し、これはMoS<sub>2</sub>/グラフェン界面とTi/MoS<sub>2</sub>界面の障壁高さの差に起因すると考えられる。また、この整流特性にはゲート電圧依存性が見られた。次に、NO<sub>2</sub>に対するガス応答特性において、従来のMoS<sub>2</sub>FETに比べ大きなセンサー応答が得られた。これはNO<sub>2</sub>の吸着によりグラフェンのフェルミ準位が変化し、MoS<sub>2</sub>/グラフェン界面の障壁高さが大きくなるためと考えられる。

P-13

還元した酸化グラフェン薄膜のキャリア伝導機構解析

根岸 良太<sup>1</sup>, 赤堀 誠志<sup>2</sup>, 伊藤 孝寛<sup>3</sup>, 渡辺 義夫<sup>4</sup>, 小林 慶裕<sup>1</sup>

1 阪大院工, 2 北陸先端大, 3 名大院工, 4 あいちSRC

酸化グラフェン(GO)の電子デバイスへの応用には、還元プロセスが必須となる。本研究では、GOの加熱還元過程にエタノール気相雰囲気を導入することにより、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)エタノール還元処理したGO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ので報告する。

P-14

酸化グラフェンの超高温処理における気相環境効果

石田 俊<sup>1</sup>, 篠田 佳彦<sup>2</sup>, 小林 慶裕<sup>1</sup>

1. 阪大院工, 2. 若狭湾エネ研

酸化グラフェン(GO)をグラフェンとして利用するには、合成時に導入される欠陥の除去が必要である。本研究ではGOをエタノール雰囲気、不活性雰囲気における1500~2000 °Cの超高温環境下で処理した。その結果、エタノール雰囲気における処理は、不活性雰囲気での処理に比べてグラファイト化の進行を抑えたまま構造修復が進行することが明らかになった。この結果は、GOの超高温処理時の構造修復は、両者で全く異なる修復機構が存在することを示している。

P-15

酸化グラフェン薄膜の高温還元処理

谷川 祥子

大阪大学工学研究科

酸化グラフェンは容易に水中で分散することができ、塗布法によりデバイス基板上へ大面積で導電性薄膜の成膜が可能である。電気伝導性の向上には酸化グラフェン(GO)の酸化含有基の除去や欠陥修復が不可欠である。本研究では、1~3層からなるGO薄膜の還元プロセスにおいて、エタノール気相および不活性ガス雰囲気下での1000~1500°Cの高温加熱処理を適応した。この結果、エタノール気相雰囲気において1200°C以上でGO薄膜の高結晶化が著しく進行することを明らかにした。

P-16

グラファイト表面に吸着したジアセチレン単分子層の固相重合反応を駆動する動力学機構のSTMによる研究 高城 大輔(1), 稲葉 章(1), 須藤 孝一(2)
(1) 大阪大学大学院理学研究科構造熱科学研究センター, (2) 大阪大学産業科学研究所
ジアセチレン単分子吸着層の重合反応機構をSTMにより調べた。紫外線照射により生成したラジカルに隣のモノマーがドミノ倒しのように逐次化学結合を形成していくモデルによれば、ポリマーの鎖長分布は $A(n-2)Pn!$ に従うことが導かれる。ここで、Aは任意の定数、nは重合度、Pはモノマーが振動励起されラジカルと結合を形成する確率である。実際に、STM像から、鎖長分布がこの分布をもちドミノ機構により2次元吸着層の固相重合反応が進行することが示された。また、Pについてのアレニウスプロットを得た結果、その活性化エネルギーが0.37 kcal/molと見積もられ、3次元固相のもの約1/10であることが分かった。

P-17

MoS <sub>2</sub> 上シリコンナノシートにおける電子状態の層数依存性 久家 隆太郎, 重原 正明, 中島 規晴, 田畑 博史, 久保 理, 片山 光浩 大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 量子電子デバイス工学コース ナノ材料・計測領域(片山研究)
SiIにより形成されたグラフェン類似の層状物質であるシリセンは、バンドギャップの電界制御が可能である等、興味深い特性が予測されている。現在金属基板上で作製されたシリセンの研究が進んでいるが、デバイス応用には金属以外の基板に作製する必要がある。本研究では、不活性な層状半導体であるMoS <sub>2</sub> を基板として用い、この上に層数の異なるシリコンナノシートを作製して走査トンネル顕微鏡(STM)/分光(STS)測定を行い、電子状態の解明を試みた。

P-18

プラズマPVDIによる粉体への薄膜形成技術の開発 松本将大 <sup>1</sup> , 田口貢士 <sup>1</sup> , 酒井 道 <sup>2</sup> 1.株式会社 魁半導体, 2.滋賀県立大学
ドライ環境下での簡易な被膜形成が可能になることで、今まで溶剤にて被膜形成を行っていたプロセスの大幅な費用削減と時間短縮を目的とし、並行平板タイプの回転式真空プラズマ装置でのスパッタによる粉体への被膜形成技術の銅をターゲットとしてガラスヘスパッタを行いながら発光分光スペクトル分析を行い、銅のピークが明確に現れていたため、スパッタできていることが確認できた。

P-19

ベンゼンチオール誘導体単分子膜を用いた金属表面の物性制御 鈺信吾(1), 葛本恭崇(2), 北村雅季(1),(3)
(1)神戸大学大学院工学研究科, (2)シャープ株式会社, (3)東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構
自己組織化単分子膜であるベンゼンチオール誘導体はその溶液に金や銀、銅の薄膜を浸すことで金属表面に自発的に密集・結合する分子であり、金属表面の電位や濡れ性といった表面物性を変化させることが出来る。この材料は有機TFTなどで良く用いられるが、その他にもガスセンサやバイオセンサといったセンサ群への応用も考えられることから、本研究ではベンゼンチオール誘導体によって修飾された金属表面の諸性質について系統的に調べたので報告する。

P-20

フォトクロミック膜における金属蒸着選択性の一般モデル 松本彩希・辻岡強 大阪教育大学
これまで、フォトクロミック・ジアリールエテンが光異性化に伴うガラス転移点の大幅な変化により、MgやZnに対して蒸着選択性を示すことを報告してきた。今回、産業的に有用なAgやInを含む様々な金属種に対する一般性を調べるために、特にInに対する蒸着特性を詳しく調べた。その結果、表面に形成されるナノ金属粒子構造がMgとは全く異なる傾向が観察された。ここではMg, ZnからAg, Inなどの多種金属種に対する一般モデルを報告する。

P-21

シングルセルレベルでのエクソソーム研究に向けたマイクロ流体デバイスの開発
筒井 敬悟・青木 航・ESPULGAR Wilfred Villariza・中井 渉・斎藤 真人・華山 力成・民谷 栄一
大阪大学大学院工学研究科 精密科学・応用物理学専攻 民谷研究室
癌の転移やアルツハイマー病との関連を指摘されているエクソソームと呼ばれる膜小胞の解析に向けたマイクロチップを作製した。高さ36 $\mu\text{m}$ 、幅235 $\mu\text{m}$ の流路に一細胞捕捉のためのトラップサイトを数10個配置したデザインとなっている。エクソソームの膜表面に存在するホスファチジルセリンと結合する抗体タンパクでマイクロチップを表面処理し、細胞の捕捉を行ったのちに24時間インキュベートし、エクソソームの観察を行った。

P-22

ナノインプリント技術を利用した表面プラズモンセンシングチップのナノ構造設計と性能向上
姜 舒、村橋 瑞穂、斎藤 真人、民谷 栄一
阪大院工
性能の良い表面プラズモンセンシング基板を開発することには、ナノ構造のモルフォロジーをはじめ、配列やサイズ、マテリアルなどのデザインが極めて重要である。再現性、スケールアップ、ローコストなどの考量も含めて、本研究では大規模生産にも適しているナノインプリント技術を用いた。陽極酸化ポーラスアルミナから転写されたナノピラー構造に基づき、ピラーサイズや配列などを制御し、屈折率応答性の高いセンシング基板設計を探索した。

P-23

集光レーザーアニーリングによる貴金属ナノ構造基板の作製とSERS応用
Fabrication of noble metal nanostructures substrates by focused laser annealing and SERS applicator
中川亮, 吉川裕之, 民谷栄一
大阪大学工学研究科精密科学・応用物理学専攻応用物理学コース
表面増強ラマン散乱(SERS)を用いて表面に吸着した分子を低侵襲かつ高感度に分析するため、集光レーザーアニーリング法による貴金属ナノ構造基板の作製に取り組んだ。数nmの金薄膜をスパッタコートしたガラス基板に紫外パルスレーザーを集光し、局所領域をナノ構造化した。形成された金ナノ粒子の粒径や加工領域のサイズがレーザー強度や照射時間、金薄膜の膜厚に依存することを明らかにした。吸着分子のSERS測定を行い、基板表面のSERS活性を確かめた。

P-24

遠心熱対流を用いた流体制御とオンチップイムノアッセイへの応用
田所達郎、斎藤真人、民谷栄一
大阪大学大学院工学研究科 応用物理学専攻
免疫反応を利用したタンパク質マーカー検査を簡便で迅速とするデバイスを実現すべく、マイクロ流路チップと温調回転装置の開発を行った。本デバイスでは、熱対流という循環する流れをマイクロ流路内に発生させ、遠心により熱対流の流速制御を可能とすることで、サンプル量の微量化と反応時間の短縮との両立を目指した。さらに、流路構造と遠心を組み合わせた溶液交換を実現することで、簡易的な操作を可能とした。

P-25

シーズ成長法による銀ナノ構造基板の作製とSERS応用
沈 正君, 吉川 裕之, 民谷 栄一
大阪大学大学院 工学研究科
Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) using noble metal nanostructures is a powerful technique to enhance Raman scattering of adsorbing molecules. Noble metal nanostructures with reproducible and large enhancement of SERS signal are required for applications to the label-free biosensing. In this research, we fabricate SERS substrate by using seed-mediated growth of Ag nanostructures on Au nanoparticles and conduct SERS spectroscopy.
Au nanoparticles were densely decorated on a glass substrate by sputtering-annealing method. Ag nanostructure was produced on the substrate by processing with a growth solution including Ag <sup>+</sup> ion. The color of substrate changed from pink to dark green due to the plasmon resonance of Au nanoparticles and Ag nanoisland structure. 4-aminothiophenol (4-ATP:100 $\mu\text{M}$ ), bilirubin (100 $\mu\text{M}$ ) and adenine (100 $\mu\text{M}$ ) were dropped onto the substrate as target molecules. SERS spectra were measured by focusing a laser beam on the substrate under an optical microscope. As a result, clear SERS spectra were observed, indicating that this substrate can be used for label-free bio-sensing application.

P-26

金属フタロシアニン錯体の電子構造と磁氣的・光学的性質

馬場慎太郎 鈴木厚志 奥健夫

滋賀県立大学 工学部 材料科学科

フタロシアニン金属錯体の電子構造、磁氣的・光学的性質について実験及び密度汎関数(DFT)計算を用いた研究が行われている。本研究は、フタロシアニン金属錯体を利用した情報・エネルギー材料構築のために、電子構造、<sup>13</sup>C-NMRのケミカルシフトと吸収波長・励起過程を時間依存密度汎関数(TD-DFT)計算から予測し、中心金属と共役系拡張の影響を検討する。C<sub>60</sub>/ポリチオフェン/金属フタロシアニン錯体の吸収特性についてフェルスター共鳴機構から考察する。

P-27

デッカー型フタロシアニン金属錯体の電子構造および磁氣的・光学的性質

鈴木厚志、奥健夫

滋賀県立大学 工学部 材料科学科

デッカー型フタロシアニン錯体は分子構造、中心金属、電荷などを制御することにより電子状態やスピン状態を精密に制御することができ、NMR量子コンピューターへの応用が期待される。本研究はマルチデッカー型フタロシアニン金属錯体をNMR量子コンピューターのモデル材料として磁氣的相互作用、励起過程、IR / Ramanの振動モードを量子化学計算法にて計算し、スピン制御が可能であることを検討する。特に中心金属やマルチデッカー化による影響を検討する。

P-28

TiO<sub>2</sub>電子輸送層を用いたペロブスカイト型太陽電池の低温プロセス作製と評価

金山勝人(1)、奥健夫(1)、鈴木厚志(1)、山田昌宏(2)、阪本浩規(2)、南聡史(3)、高野一史(3)

(1)滋賀県立大学工学研究科、(2)大阪ガス株式会社、(3)大阪ガスケミカル株式会社

ペロブスカイト構造を持つCH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>は、広範囲の波長の光吸収に加えて電荷輸送能力が高く、次世代の太陽電池の材料として注目を集めている。CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>を用いた太陽電池の電子輸送層にTiO<sub>2</sub>を導入したものは、低電気抵抗TiO<sub>2</sub>層の形成のために500℃以上の熱処理を必要とする。本研究では、電子輸送層と多孔質TiO<sub>2</sub>層を、粒径の異なるTiO<sub>2</sub>ナノ粒子を組み合わせたものを用い、150℃以下でペロブスカイト型太陽電池を作製し、評価することを目的とした。

P-29

ペロブスカイト系太陽電池におけるTiO<sub>2</sub>電子輸送層へのNbドーピング効果

齊藤丞、奥健夫、鈴木厚志、秋山毅

滋賀県立大学工学部材料科学科

ペロブスカイト系太陽電池は可視光領域において光吸収率が高く、高い変換効率を達成している。ペロブスカイト太陽電池のさらなる光電変換効率の向上のため、電子輸送層、ペロブスカイト層、ホール輸送層の最適化を行う研究が近年盛んに行われている。

本研究では、ペロブスカイト系太陽電池における電子輸送層としてNbをドーピングした緻密な酸化チタン層の効果を明らかにすることを目的とする。特に、光電変換特性と電子輸送特性について報告する予定である。

P-30

反射防止膜付球状Si太陽電池の微細構造解析

白幡 泰浩(1)、奥 健夫(1)、金森 洋一(2)、室園 幹夫(2)

(1)滋賀県立大・工、(2)株式会社クリーンベンチャー21

球状Si太陽電池は、pn接合を形成した直径1 mmのSi球を多数組み合わせることで構成されており、軽量かつフレキシブルな太陽光パネルが作製可能である。しかし、球状Si太陽電池の変換効率向上には、球状Siの微細構造について詳細に調査する必要がある。本研究では、SnO<sub>2</sub>:Fを反射防止膜として球状Si上に製膜した球状Si/SnO<sub>2</sub>:Fの微細構造解析をX線回折、走査型電子顕微鏡を用いて行ったので報告する。