

**新潟大学研究推進機構超域学術院**  
**研究プロジェクト研究成果（中間）報告書**

(1) 研究プロジェクト名

ナノ構造制御による高機能化・新機能創製と革新的電子デバイスへの応用

(2) 研究プロジェクト構成員・職・氏名

リーダー 加藤 景三（自然科学系・教授）

メンバー 金子 双男（本部・理事）

メンバー 新保 一成（自然科学系・教授）

メンバー 馬場 暁（自然科学系・准教授）

メンバー 清水 英彦（自然科学系・准教授）

メンバー 大平 泰生（自然科学系・准教授）

メンバー 坪井 望（自然科学系・教授）

学外メンバー アドビンクラ リゴベルト（米国・ケースウェスタンリザーブ大学  
高分子科学科・教授）

学外メンバー ロックリン ジェイソン（米国・ジョージア大学化学科・准教授）

学外メンバー エクガシット サノン（タイ・チュラロンコン大学化学科・教授）

学外メンバー スリウィチャイ サエングラウィ（タイ・チェンマイ大学化学科・助教）

(3) 研究成果の概要

①プロジェクトにおいて目標としたもの

平成 24 年 12 月より「ナノ構造制御による高機能化・新機能創製と革新的電子デバイスへの応用」として、ナノ構造制御による材料の表面・界面物性や電氣的・光学的特性を評価し、高機能化や新機能創製を行い、革新的電子デバイスへ応用することを目的としている。本研究で進めてきている、表面プラズモンによる金属界面の電界増強を利用した薄膜材料などのナノ構造物性評価やデバイス応用は特色のある独創的な内容であり、プロジェクト期間中に 11 件の招待講演を行うなどしている。本プロジェクトの更新後はこれらの独創的な成果を革新的電子デバイスへの応用に結びつけるために、それぞれ相互に結びついている 7 項目を、特に「表面プラズモンセンサー」・「ナノ物性評価」・「電子デバイス応用」の 3 項目にまとめて研究を進め、タイや米国などとの海外研究者の協力を得ながら国際的な研究拠点の形成、科学研究費の基盤研究（A）や科学技術振興機構（JST）の CREST などの大型予算への応募を行っていく。

②目標に到達するために選択した方法・手段

本研究プロジェクトでは、ナノファブリケーションを基に革新的高機能電子デバイスの創製を目指している。特に、①ナノ粒子、②グレーティング、③ナノファイバ、④ナノインプリントをキーワードにこれらを複合化したナノ構造薄膜と機能化の検証を行っている。後述のように、これまで主に 7 項目についての研究を進め大きな成果を挙げてきている。

③これまでの研究で得られた成果

プロジェクトを開始した平成 24 年 12 月以降に査読有学術論文 19 編、国際会議 36 件、招待講演 11 件、特許出願等 5 件、著書・解説・総説等 6 件などの大きな成果を上げている。学

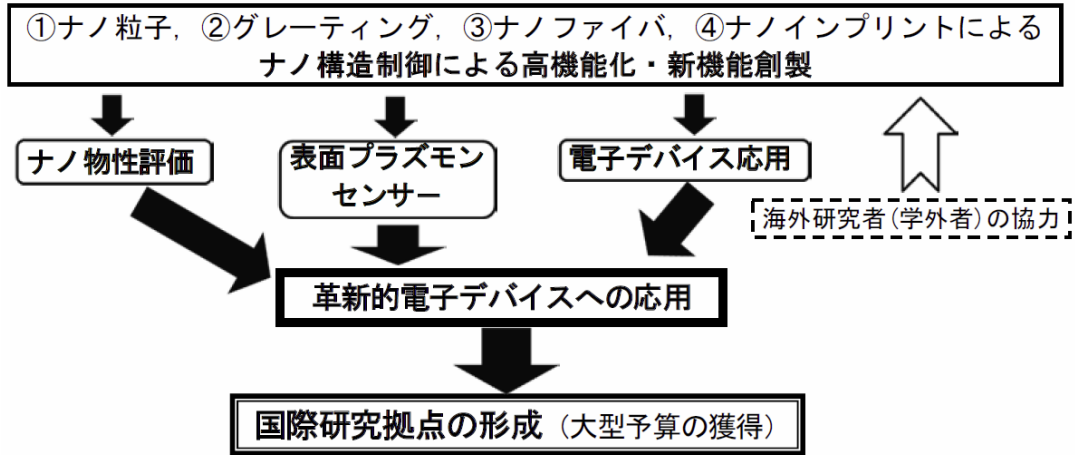
術論文では、国際的に高く評価されており、カテゴリー別上位5%に入っている *Sensors & Actuators B (Instruments&Instrumentation: 2/57, IF:3.840)* や、*Physical Chemistry Chemical Physics (IF:4.198)* などでも成果を発表している。外国での国際会議や国内の会議での招待講演も複数行ない、新潟大学超域学術院の研究を大きくアピールしている。招待講演では、例えば、ハワイで行われた環太平洋化学会議 (*Pacificchem 2015*) やタイで開催された機能材料の物性と応用に関する国際会議 (*ICPMAT 2015*) などがある。本プロジェクトの目的にあるように基礎的な研究成果を展開応用するために企業等との共同研究やデバイス開発を行っており、“二次電池テスター” (平成24年10月16日出願) などの特許出願を積極的に行っており、記者会見が25年5月31日に行われて当日のテレビの他、新聞 (平成25年6月1日新潟日報, 平成25年6月3日, 日刊工業新聞) でも報道された。また、センター・オブ・イノベーション・サテライト (*COI-s*) 尿センサープロジェクトに馬場が分担研究者として参画して表面プラズモン共鳴を用いたバイオセンサ研究も一層進展しており、平成26年9月に“基質抗原同時検出バイオセンサ, 電極, 基質抗原同時検出方法, および, プログラム”の特許を出願し *COI-s* において新しいバイオセンサの開発に重要な役割を果たしている。平成27年7月には新潟大学とタイ・チュラロンコン大学のダブルディグリープログラム修了生であるラートバチラパイボンが特任助教としてグループに加わり、プロジェクトの更なる国際化に貢献している。

本研究グループは、本研究に関わる国際会議 *JT-AND 2014* (エレクトロニクスおよびフォトリニクス先端ナノ材料・デバイスに関する日本-タイジョイントシンポジウム (平成26年1月, タイ・チョンブリ) の組織委員長 (加藤)・幹事 (馬場) などとして開催に大きく貢献している。また、第2回の国際会議 *JT-AND 2016* (平成28年1月11-13日, タイ・チュラロンコン大学) の開催にも大きく貢献した。この他にも、本プロジェクトに関わる応用物理学会主催 (後援: 新潟大学, 他, 協賛: 本プロジェクト研究グループ, 他) の第5回有機・無機電子材料とナノテクノロジーに関する国際シンポジウム *EM-NANO 2015* (平成27年6月16-19日, 朱鷺メッセ, 組織委員長: 加藤, 幹事: 新保, 馬場, 会計: 大平, プログラム委員: 馬場, 他) を本プロジェクトメンバーが中心となり開催した。さらに、応用物理学会「有機分子・バイオエレクトロニクス分科会」では馬場が常任幹事として活動しており、平成27年6月に東京で開催した「有機分子・バイオエレクトロニクス」国際会議に組織委員として貢献しており、ここでも本プロジェクトの研究成果を発表した。

国際共同研究も積極的に進め、平成26年には馬場が客員研究員としてシンガポール国立大に1ヶ月間滞在して共同研究を始めている。また、平成26年にタイ・マヒドン大学への院生派遣 (26年8月より4ヶ月) を実施し共同研究を行い、国際会議でポスター賞を受賞している。26年にタイ・ピブンソクラン地域総合大学から客員研究員受入れ (26年4月より3ヶ月), タイ・チェンマイ大からの客員研究員2名の受入 (26年4月から6ヶ月間1名, 26年12月から7ヶ月間1名), タイ・ワライラク大学からの客員研究員1名の受入 (予定: 27年4月から3ヶ月) を実施し、国際共同研究を進めている。タイ・チュラロンコン大学, チェンマイ大学, マヒドン大学からダブルディグリープログラムでの博士後期学生を受け入れ、多数の学位取得 (H25.3月1名, H25.3月1名, H26.3月1名, H26.9月1名, H27.3月2名, H28.9月1名) や、新たに受入 (マヒドン大学から2名 (2013年4月, 2015年10月), タイ・チュラロンコン大学から1名 (2014年4月), タイ・チェンマイ大学から2名 (2015年4月入学1名, 2016年4月入学予定1名) を行い、育成を行っている。本プロジェクトで国際共同研究を進展することにより、日本学術振興会二国間国際共同研究費 (タイとの共同研究) にも採択されており、国際的な研究拠点形成へ向けても研究が進んでいる。

④更新する期間（２年間）で目標とする事項及びその研究計画

下記に本プロジェクトの更新後の研究計画の流れを示す。また、以下に主として研究を進める３項目の具体的な研究の内容を述べる。



研究計画の流れ

1. 表面プラズモンセンサー

1. 1 電気化学-表面プラズモン共鳴法を用いた多項目同時検出バイオセンサーの開発  
(馬場, スリウィチャイ, アドビンクラ担当)

これまでの表面プラズモン共鳴法により、尿成分中の２項目同時バイオセンサーの開発を行い特許を出願してきた。今後は、機能性有機薄膜をパターンニングすることで多項目同時検出を可能になるように進めていく。さらに、システムの簡便化を行い、将来的に一般の家庭でも使用できる使い捨てを目指すために、新しい透過型の表面プラズモン共鳴法を利用したバイオセンサーの開発も行い、尿センシングへと応用を行う。

1. 2 透過型表面プラズモン共鳴および水晶振動子・表面プラズモン共鳴複合センサを用いたガスセンシングに関する研究 (新保, 大平担当)

透過型表面プラズモン共鳴によれば、非常に簡便な光学系で高感度なガスセンシングが可能である。これは、グレーティング基板/金属薄膜/センシング薄膜の構造にガスが吸着することに伴って、センシング薄膜の実効的な厚さや誘電率が変わることに基づいて表面プラズモン共鳴条件が変わり、透過光強度の増減や透過光ピーク波長シフトが起こるものである。これまでに種々の湿度下におけるアンモニアセンシングの基礎的な測定を行い、ppm オーダのアンモニア検出が可能であることを見出した。本プロジェクトでは、素子構造を改良することでセンサの高感度化を行う。すなわち、表面プラズモン励起を行うためのグレーティング構造の周期・高さやセンシング薄膜の厚さの最適化、さらにグレーティング構造とナノサイズの金属や誘電体の複合構造によって表面プラズモン励起を增強し、高感度化を試みる。さらに、種々のセンシング材料でセンサを複数構築して同時測定することにより、ガスの識別も行う。

さらに、前回のプロジェクトに引き続き、既に特許を有している水晶振動子基板を導波路に用いた表面プラズモン共鳴との複合センサを用いたガスセンシングやデバイス応用も進める。

## 2. ナノ物性評価

### 2. 1 スプレー・スピコート複合法による薄膜作製とデバイス応用 (新保, 清水担当)

前回までのプロジェクトにおいて、スプレー・スピコート複合法により有機薄膜太陽電池を構築できることを示した。この方法では、材料の使用効率が高いこと、平滑で緻密な薄膜を容易に得られること、低濃度溶液で良いために多様な溶媒を使用可能であることなど、極めて多くの利点があげられる。本研究では、前回のプロジェクトに引き続きスプレー・スピコート複合法により有機薄膜太陽電池を構築し、使用する溶媒や濃度・スプレー条件等により構造を最適化することで高効率素子を作製する。さらに、現在ではp型材料とn型材料を一つの溶液にしてスプレーし有機太陽電池に必要なバルクヘテロ構造(p型とn型材料が微細に分離した構造が薄膜全体に形成されているもの)を作製しているが、これを別々のスプレーノズルからスプレーして作製することも試みる。この方法では、それぞれの材料について適切な溶媒・濃度を選択できることや、それぞれについてドーピング材料を加えて機能制御することも可能と考えられ、一般的なスピコート法では実現できない高性能な太陽電池を構築できると期待される。

### 2. 2 ナノ界面構造制御有機超薄膜の作製と構造評価 (馬場, エクガシット担当)

金属グレーティング上に金属微粒子を分散させた複合膜では、多重SP複合励起により非常に電界が大きくなり、強度が増した電界が広範囲に渡ることをこれまでの研究で明らかにしてきている。高機能電子デバイスの応用を行うために多重SP複合励起特性などを詳細に調べる。ナノインプリンティング法などによりナノ界面構造制御有機超薄膜を作製し、SEMやAFMなどによる構造評価を行う。

## 3. 電子デバイス応用

### 3. 1 グレーティングカップリング表面プラズモン共鳴を用いた高感度ホトトランジスタの構築 (新保担当)

近年有機薄膜トランジスタの高性能化が目覚ましく、これを用いたホトトランジスタの報告もなされてきている。本研究では、表面プラズモン励起に伴う強電場による光吸収の増強効果を用いてホトトランジスタの高効率化を行う。例えば、グレーティング基板/A1薄膜(ゲート電極)/アルミナ薄膜/ペンタセン/Au薄膜(ギャップ型, ソース・ドレイン電極)の構造のトランジスタを作製し、グレーティング構造を利用して照射によりA1薄膜上で励起した表面プラズモンでペンタセンにおける光吸収を増強する。この方法によれば、光強度が弱い状況やペンタセンの光吸収が弱い波長帯においても光電流を得ることが期待でき、ホトトランジスタの性能を向上できるものと思われる。この他に、サンドイッチ型の電極構造を用いたトランジスタなどについても検討し、高感度なホトトランジスタの構築を目指す。

### 3. 2 複合表面プラズモン電極とプラズモニック透明電極のタンデム化による太陽光超吸収構造の有機太陽電池への導入 (馬場, 坪井, エクガシット担当)

伝播・局在型表面プラズモン複合同時励起を利用した、広い波長域に渡る光トラッピングを行うプラズモニック超吸収体を創製し、有機太陽電池への応用の検討・確立を行うために、まず、ナノインプリント法などによる格子構造電極や、上部透明ナノ電極を種々作製して伝播型表面プラズモン共鳴特性を調べ、デバイス特性の評価を行う。また、様々の金属微粒子や金属ナノプレートの合成を行い、有機分子との複合薄膜を作製して構造評価、電界増強特性の検討を行う。これらを複合化した伝播・局在型プラズモン同時励起による超吸収体構造について、FDTD電界計算による理論的な検討、有機太陽電池のデバイス特

性の詳細な検討を行い最適化を行う。

電気電子材料のナノ構造制御によって、高機能化が図られてきている。さらに、ナノ構造による量子効果などによる新機能の発現も多く報告され、新規の電子デバイスの開発研究も盛んに行われている。ナノ界面構造制御による電子デバイスや電子機器の高性能化は、小型化や軽量化などにも貢献している。特に、有機材料は軽量かつフレキシブルという特長を有することと、低コスト化などが期待されており、国内外において有機デバイス開発のための研究が非常に盛んとなっており、一層進展していくことが期待されている。

本研究は、国内では応用物理学会「有機分子・バイオエレクトロニクス」分科会や電子情報通信学会「有機エレクトロニクス研究専門委員会」、電気学会「基礎材料部門」が最も関係している。電子情報通信学会「有機エレクトロニクス研究専門委員会」では、加藤が委員長（平成 25～26 年度）、馬場が専門委員（平成 21～26 年度）として活動してきており、年に 10 回程度の研究会が全国で開催されており、本プロジェクトの研究成果などについて種々議論する。また、電気学会基礎・材料・共通部門では、本プロジェクトメンバーが中心となり、平成 26 年 3 月まで「新機能・高性能有機デバイス応用のためのナノ材料・構造制御調査専門委員会」（委員長：加藤，幹事：新保，委員：馬場，他）の活動を行い、本プロジェクトの研究成果の一部を記述した技術報告書「新機能・高性能有機デバイス応用のためのナノ材料・構造制御」（業績 1）を平成 27 年 3 月に発行した。また、引き続き平成 26 年 7 月より「先進ナノ構造制御と高性能有機デバイス・ライフサイエンス応用調査専門委員会」を設置し、加藤が委員長、馬場が幹事補佐、新保が委員として活動を始めており、この委員会で種々討論し本プロジェクトを進展させる予定である。

さらに、電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ主催の第 9 回有機分子エレクトロニクスに関する国際シンポジウム ISOME 2016（平成 28 年 5 月 18-20 日、新潟大学駅南キャンパス、組織委員長：加藤，現地実行委員：新保，馬場）を開催予定で、本プロジェクトの成果をここで多数発表し社会・国民に発信する予定である。そして、本プロジェクトの特色である表面プラズモンを利用した高機能電子デバイス応用の拠点形成を目指して研究を進めていく。

また、引き続き本プロジェクトを通して以下の事項にも大きく貢献する。

- 1) 研究成果の国際的発信（学会活動，国際会議開催など）や社会への成果の還元
- 2) 研究成果に基づく学生・大学院生の育成
- 3) 研究費や知的財産の獲得
- 4) 国際共同研究の推進（留学生や博士後期課程ダブルディグリープログラム（DDP）学生などの受け入れ，本学学生の海外派遣）

## ⑤研究発表実績

### ア 学会誌等

1. 金子 双男, 川上 貴浩, 新保 一成, 馬場 暁, 加藤 景三, 宮寄 重利, 清水 浩一, 佐藤 健一, 花岡 治: 「静電容量の実時間測定によるリチウムイオン電池の劣化評価」, 電気学会論文誌 A, Vol.135, No.10, pp.624-629 (2015) 査読有
2. S. Sriwichai, A. Baba, S. Phanichphant, K. Shinbo, K. Kato and F. Kaneko: “In Situ Study of Electropolymerized Poly(3-Aminobenzoic Acid) Thin Film on BD-R and DVD-R grating substrates by Electrochemical-Transmission Surface Plasmon Resonance Spectroscopy”, International Journal of Polymer Science, Vol.2015, Article ID 650516 (7 pages) (2015) 査読有
3. M. Minagawa, H. Tamura, R. Sakikawa, I. Ikarashi, A. Baba, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: “Improvement of On/Off Ratio in Organic Field-effect Transistor Having Thin Molybdenum Trioxide Layer”, IEICE Trans. Electron., Vol.E98-C, No.2, pp.98-103 (2015) 査読有

4. H. Ninsonti, K. Hara, S. Nootchanat, W. Chomkitichai, A. Baba, S. Phanichphant, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Enhanced Photocurrent Generation at a Spiro-OMeTAD/AuNPs-TiO<sub>2</sub> Interface with Grating-coupled Surface Plasmon Excitation", *IEICE Trans. Electron.* Vol. 398-C, No.2, pp.104-109 (2015) 査読有
5. K. Kawachi, K. Shinbo, Y. Ohdaira, A. Baba, K. Kato, F. Kaneko: "Evaluation of a PAH/PSS Layer-by-Layer Deposited Film Using a Quartz-Crystal-Microbalance and Surface-Plasmon-Resonance Hybrid Sensor", *IEICE Trans. Electron.*, Vol.E98-C, No.2, pp.136-138 (2015) 査読有
6. K. Shinbo, Y. Ohdaira, A. Baba, K. Kato, F. Kaneko "Vapor Sorption to Polyvinyl Alcohol Thin Film Observed Using a Hybrid Sensor of Quartz-Crystal-Microbalance and Surface-Plasmon-Resonance" *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 622, pp. 67-73, (2015)査読有
7. S. Nootchanat, H. Ninsonti, A. Baba, S. Ekgasit, C. Thammacharoen, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Investigation of Localized Surface Plasmon/Grating-coupled Surface Plasmon Enhanced Photocurrent in TiO<sub>2</sub> Thin Films", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, Vol.16, pp.24484-24492 (2014) 査読有
8. P. Netsuwan, H. Mimiya, A. Baba, S. Sriwichai, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko, S. Phanichphant: "Long-range Surface Plasmon Resonance Immunosensor Based on Water-stable Electrospun Poly(acrylic acid) Fibers", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol.204, pp.770-776 (2014) 査読有
9. W. Chomkitichai, H. Ninsonti, A. Baba, S. Phanichphant, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Multiple Plasmonic Effect on Photocurrent Generation of Metal-loaded Titanium Dioxide Composite/Dye Films on Gold Grating Surface", *Surf. Interface Anal.*, Vol. 46, pp.607-612 (2014) 査読有
10. C. Lertvachirapaiboon, A. Baba, S. Ekgasit, C. Thammacharoen, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Distance-Dependent Surface Plasmon Resonance Coupling between a Gold Grating Surface and Silver Nanoparticles", *Plasmonics*, Vol.9, pp.899-905 (2014) 査読有
11. A. Baba, K. Imazu, A. Yoshida, D. Tanaka, K. Tamada: "Surface Plasmon Resonance Properties of Silver Nanoparticle 2D Sheets on Metal Gratings", *SpringerPlus*, Vol.3, pp.284(1)-284(10) (2014) 査読有
12. H. Ninsonti, W. Chomkitichai, A. Baba, N. Wetchakun, W. Kangwansupamonkon, S. Phanichphant, K. Shinbo, K. Kato, Futao Kaneko: "Au-Loaded Titanium Dioxide Nanoparticles Synthesized by Modified Sol-Gel/Impregnation Methods and Their Application to Dye-Sensitized Solar Cells", *International Journal of Photoenergy*, Article ID: 865423 (8 pages) (2014) 査読有
13. S. Chuekachang, R. Janmanee, A. Baba, S. Phanichphant, S. Sriwichai, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko, N. Fukuda, H. Ushijima: "Electrochemically Controlled Detection of Adrenaline on Poly(2-aminobenzylamine) Thin Films by Surface Plasmon Resonance Spectroscopy and Quartz Crystal Microbalance", *Surf. Interface Anal.*, Vol.45, No.11, pp.1661-1666 (2013) 査読有
14. R. Janmanee, A. Baba, S. Phanichphant, S. Sriwichai, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Electrochemically Fabricated Pyrrole Copolymer Thin Films and Their Electroactivity in Neutral Aqueous Solution", *Mol. Cryst. Liquid Cryst.*, Vol.580, No.1, pp.29-34 (2013) 査読有
15. S. Chuekachang, R. Janmanee, A. Baba, S. Phanichphant, S. Sriwichai, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko, N. Fukuda, H. Ushijima: "Fabrication of Thin Film from Conducting Polymer/Single Wall Carbon Nanotube Composites for the Detection of Uric Acid", *Mol. Cryst. Liquid Cryst.*, Vol.580, No.1, pp.1-6 (2013) 査読有
16. P. Netsuwan, S. Sriwichai, S. Phanichphant, A. Baba, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Fabrication of Carboxylated Conducting Polymer/CNTs Composites Thin films for Immunosensor Application", *Mol. Cryst. Liquid Cryst.*, Vol.580, pp.7-14(2013)査読有
17. C. Lertvachirapaiboon, C. Supunyabut, A. Baba, S. Ekgasit, C. Thammacharoen, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Transmission Surface Plasmon Resonance Signal Enhancement via Growth of Gold Nanoparticles on a Gold Grating Surface", *Plasmonics*, Vol.8, No.2, pp.369-375 (2013) 査読有
18. K. Shinbo, A. Uno, R. Hirakawa, A. Baba, Y. Ohdaira, K. Kato, F. Kaneko: "Fabrication of a Quartz-Crystal-Microbalance/ Optical-Waveguide Hybrid Sensor and In situ Evaluation of Vacuum-Evaporated Lead Phthalocyanine Thin Film", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.52, 05DC20 (5pages) (2013) 査読有
19. H. Ninsonti, W. Chomkitichai, A. Baba, W. Kangwansupamonkon, S. Phanichphant, K. Shinbo, K. Kato, F. Kaneko: "Enhanced Photocurrent Properties of Dye/Au-Loaded TiO<sub>2</sub> Films by Grating-Coupled Surface Plasmon Excitation", *IEICE Trans. Electron.*, Vol.E86C, No.3,

イ 口頭発表

1. Kazunari Shinbo, Makoto Ishigooka, Yasuo Ohdaira, Akira Baba, Keizo Kato, Futao Kaneko “Evaluation of thin film deposition and vapor sorption using optical waveguide spectroscopy with surface plasmon resonance” The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec 15-20, ANYL 838, 2015, Honolulu, USA 招待講演
2. Supeera Nootchanat, Apichat Pangdam, Ryousuke Ishikawa, Chuchaat Thammacharoen<sup>1)</sup>, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko, Nozomu Tsuboi, Sanong Ekgasit<sup>1)</sup>, Akira Baba “Investigation of Grating-coupled SPR Enhanced Organic Photovoltaic Cells Fabricated by Pressure-less Nanoimprinting Technique” The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec 15-20, MTL 1810, 2015, Honolulu, USA
3. Akira Baba, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko “Grating-coupled Propagating Surface Plasmon/Localized Plasmon Hybrid Excitations and Their Plasmonic Device Applications” The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Dec 15-20, ANYL 479, 2015, Honolulu, USA
4. Akira Baba, Chutiparn Lertvachirapaiboon, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko, Tadashi Yamamoto “Detection of Multiple Analytes by Electrochemical-Surface Plasmon Resonance Biosensor” 10th International Conference on the Physical Properties and Application of Advanced MATerials (ICPMAT2015), IV-FM2, p.42, Nov. 17-21, Chiang Mai, Thailand 招待講演
5. Akira Baba, Supeera Nootchanat, Sanong Ekgasit, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko “Effect of Grating-Coupled Surface Plasmon Excitation on Organic Thin Film Solar Cells” The 15th International Discussion & Conference on Nano Interface Controlled Electronic Devices (IDC-NICE 2015), IA3, pp.17-18, Oct. 7-10, 2015, Tokyo, Japan
6. Keizo Kato, Kodai Takizawaa, Chutiparn Lertvachirapaiboon, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Futao Kaneko “Evaluation of Layer-by-Layer Film Deposition Utilizing Transmission Grating-Coupled Long-Range Surface Plasmon Resonance” The 15th International Discussion & Conference on Nano Interface Controlled Electronic Devices (IDC-NICE 2015), IA6, pp.23-24, Oct. 7-10, 2015, Tokyo, Japan
7. Chutiparn Lertvachirapaiboon, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko “Microfluidic Based Transmission Surface Plasmon Resonance for Biosensor Applications” The 15th International Discussion & Conference on Nano Interface Controlled Electronic Devices (IDC-NICE 2015), IB11, pp.67-68, Oct. 7-10, 2015, Tokyo, Japan
8. Chutiparn Lertvachirapaiboon, Sanong Ekgasit, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, and Futao Kaneko “The Localized and Propagating Surface Plasmon Resonance Coupling between Silver Nanoparticles and Gold Grating Thin films” KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEPE), I15-13, p.16, September 6-9, 2015, Jeju, Korea
9. Kazuma Hara, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, and Futao Kaneko, “Properties of Inverted Plasmonic Organic Solar Cells Fabricated by Nanoimprinting Technique”, KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEPE), PS1-54, p.55, September 6-9, 2015, Jeju, Korea
10. Thitirat Putnin, Kontad Uunnunkad, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko, “Enhanced Performances of Organic Polymer Solar Cells with Imprinted Grating Structures on the Active Layer”, KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEPE), PS1-68, p.63, September 6-9, 2015, Jeju, Korea
11. Kazunari Shinbo, Kodai Takizawa, Chutiparn Lertvachirapaiboon, Akira Baba, and Keizo Kato, “Transmission Light Property due to Grating Coupled Long Range Surface Plasmon Resonance”, KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEPE), PS2-114, p.153, September 6-9, 2015, Jeju, Korea
12. Keizo Kato, Ryo Komai, Hiroki Honda, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Futao Kaneko, “Simultaneous Detection of Ammonia and Water Vapors Using Multichannel Waveguide-Based Surface Plasmon Resonance Sensor”, 14th European Conference on Organised Films (ECOF 14), P35, June 29 - July 2, 2015, Genova, Italy
13. Akira Baba, Supeera Nootchanat, Apichat Pangdam, Sanong Ekgasit<sup>1)</sup>, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko ” Fabrication of Nanostructured Metallic Grating Based Plasmonic Organic Solar Cells” Eight International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8), E-O02, p.33, June 22-24, 2015, Tokyo, Japan
14. Kazuma Hara, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko, “Inverted Plasmonic

- Organic Solar Cells Fabricated via Nanoimprinting”, The 5th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2015), P1-8, p.64, June 16-19, 2015, Niigata, Japan
15. Hidetsugu Tamura, Masahiro Minagawa<sup>1</sup>), Kazunari Shinbo, Akira Baba, Keizo Kato, Futao Kaneko, “Improvement of On/Off Ratio in Organic Field-effect Transistor Having Carrier Generation Layer by Using Oblique Deposition”, The 5th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2015), P2-8, p.153, June 16-19, 2015, Niigata, Japan
  16. Saengrawee Sriwichai<sup>1</sup>), Rapihun Janmanee<sup>2</sup>), Akira Baba<sup>1</sup>, Sukon Phanichphant<sup>1</sup>), Kazunari Shinbo, Keizo Kato, Futao Kaneko, and Tadashi Yamamoto, “Dual EC-SPR biosensor based on Carboxylated Polyaniline and Polyelectrolyte Thin Films for Detection of Glucose and Human Immunoglobulin G”, The 5th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2015), P3-51, p.277, June 16-19, 2015, Niigata, Japan
  17. 加藤景三, 馬場 暁, 新保一成, 金子双男: “表面プラズモン共鳴を利用した高性能有機センサの開発”, 2015年電子情報通信学会総合大会シンポジウム, CS-4-2, pp.S-16~S-17, 2015年3月.
  18. A. Baba: “Detection of Multiple Analytes on Carboxylated Polypyrrole Thin Film by Electrochemical Surface Plasmon Resonance Biosensor”, 4th Thailand International Nanotechnology Conference (NanoThailand 2014), IS-15, p.20, Pathumthani, Thailand, November, 2014. 招待講演
  19. 加藤景三: “有機薄膜のナノ構造制御による表面プラズモン励起と高性能デバイスへの応用”, 平成26年度繊維学会年次大会 [繊維学会予稿集, 69巻, 1号, 3F03, pp.51-54] 2014年6月. 招待講演
  20. 加藤景三, 馬場 暁, 新保一成, 金子双男: “ナノ構造制御有機薄膜の表面プラズモン共鳴励起と高性能デバイス・センサへの応用”, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, OME2013-96 [信学技法, Vol.113, No.461, pp.23-28] 2014年3月. 招待講演
  21. 加藤景三: “総論 一新機能・高性能有機デバイス応用のためのナノ材料・構造制御”, 平成26年電気学会全国大会シンポジウム, S6-1, Vol.2, p.S6(1), 2014年3月. 招待講演
  22. 加藤景三, 馬場 暁, 新保一成, 金子双男: “ナノ構造制御有機薄膜の表面プラズモン励起と高性能デバイスへの応用”, 平成26年電気学会全国大会シンポジウム, S6-6, Vol.2, pp.S6(16)-S6(19), 2014年3月. 招待講演
  23. K. Kato, A. Baba, K. Shinbo, F. Kaneko: “In-Situ Evaluation of Layer-by-Layer Film Depositions by Surface Plasmon Resonance Hybrid Sensors Combined with Optical Waveguide Spectroscopy and Quartz Crystal Microbalance Method”, 14th International Discussion & Conference on Nano Interface Controlled Electronic Devices (IDC-NICE 2014), IB4, pp.62-63, Seoul, Korea, October, 2014.
  24. 加藤景三, 馬場 暁, 新保一成, 金子双男: “表面プラズモン共鳴分光法を利用した複合センサによる電解質交互吸着膜の堆積その場評価”, 2014年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会シンポジウム, CS-2-4, pp.S-6-S-7, 2014年9月.
  25. 馬場 暁, Supeera Nootchanat, Sanong Ekgasit, 新保一成, 加藤景三, 金子双男: “複合プラズモニック構造導入光電変換デバイスの作製と評価”, 2014年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会シンポジウム, CS-2-5, pp.S-8-S-9, 2014年9月.
  26. 加藤景三, 馬場 暁, 新保一成, 金子双男: “ナノ構造制御と表面プラズモン励起による有機デバイスの高性能化”, 平成26年電気学会基礎・材料・共通部門大会, 22-C-a1-3, p.169, 2014年8月.
  27. Keizo Kato, Makoto Ishigooka, Takaaki Ito, Akira Baba, Kazunari Shinbo, Futao Kaneko, “In-situ Evaluation of Copper Phthalocyanine Layer-by-layer Film Deposition Using Surface Plasmon Resonance Hybrid Sensor Combined with Optical Waveguide Spectroscopy”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2014 (ICSM 2014), P2.036, p.125, Turku, Finland, July 2014.
  28. 加藤景三, 馬場 暁, 新保一成, 金子双男: “表面プラズモン励起による有機デバイス・センサの高性能化”, 2014年電子情報通信学会総合大会シンポジウム, CS-1-4, pp.S-6-S-7, 2014年3月.
  29. K. Kato, A. Baba, K. Shinbo, F. Kaneko: “In-situ Evaluation of Organic Thin Film Depositions Using High-Performance Hybrid Sensors of Surface Plasmon Resonance and Optical Waveguide



- Spectroscopies”, Japan-Thailand Joint Symposium on Advanced Nanomaterials and Devices for Electronics and Photonics (JT-AND 2014), II-1 [電気学会誘電・絶縁材料研究会, 電子材料研究会資料 DEI-14-4, EFM-14-4, pp.9-12] Chonburi, Thailand, January, 2014
30. N. Tsuboi, T. Ono, T. Nomoto: “CuInS<sub>2</sub> Films by Reactive-Sputtering Method with Cu and In Targets for Metal-Sources and H<sub>2</sub>S or CS<sub>2</sub> for Reactive-Gas”, 19th International Conference on Ternary and Multinary Compounds, Thu-O-9B, Niigata, Japan, September, 2014.
  31. R. Mantoku, T. Ono, T. Nomoto, N. Tsuboi: “Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub> Films Prepared by Reactive-Sputtering Alternately Cu and Sn Targets under Ar-Diluted CS<sub>2</sub> Atmosphere”, 19th International Conference on Ternary and Multinary Compounds, Thu-O-10B, Niigata, Japan, September, 2014.
  32. N. Tsuboi, Y. Furuya, S. Kawamura, T. Nomoto: “Fabrication of Transparent P-type Conductive NiO Films by Reactive-Sputtering and Spin-Coating Methods”, 6th International Conference on Innovative Solar Cells, Tokyo Tech Front, Japan, January, 2014.
  33. 金子双男, 馬場 暁, 新保一成, 加藤景三: “エバネッセンと波と表面プラズモン共鳴を利用したナノ構造有機薄膜デバイス”, 有機 EL 討論会第 17 回例会 [予稿集, S4, pp.23-24] 2013 年 11 月. 特別講演 (招待講演)
  34. A. Baba: “Tuning of Surface Plasmon Optical Transmission Using Conducting Polymer Films and Biosensor Applications”, 15th Asian Chemical Congress, Singapore, August 22, 2013. 招待講演
  35. 加藤景三: “ナノ構造制御有機薄膜の表面プラズモン励起による評価”, 有機 EL 討論会第 16 回例会 [予稿集, S2-2, pp.5-6] 2013 年 6 月. 招待講演
  36. 加藤景三: “表面プラズモン励起を利用した有機薄膜の評価と高性能有機デバイス”, 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会研究会 [会誌, Vol.24, No.2, pp.79-84] 2013 年 6 月. 招待講演
  37. N. Tsuboi, T. Ono and T. Nomoto: “CuInS<sub>2</sub> films by reactive-sputtering alternately Cu and In targets in Ar-diluted H<sub>2</sub>S”, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, Symposium T: Ternary and Multinary Cu-chalcogenide Photovoltaic Materials -CIS, CZTS and Other Compounds-, Doshisha University, Kyoto, Japan, September, 2013.
  38. N. Tsuboi, Y. Takahashi, T. Nomoto: “Development of p-type transparent NiO films by reactive-sputtering method”, 5th International Conference on Innovative Solar Cells, Tsukuba, Japan, January, 2013.

#### ウ 出版物

1. 加藤景三, 新保一成, 馬場 暁, 他 25 名: “新機能・高性能有機デバイス応用のためのナノ材料・構造制御”, 電気学会技術報告, 第 1337 号, 全 60 頁, 2015 年 3 月. 著書
2. 馬場 暁, 新保一成, 加藤景三, 金子双男: “表面プラズモン共鳴法を用いたバイオセンサの開発” [バイオセンサの先端科学技術と新製品への応用開発, 第 5 章 2 節], 技術情報協会 (2014). 著書
3. A. Baba, R. Advincula: “Surface Plasmon Spectroscopy Methods and Electrochemical Analysis”, pp.1159-1178 (Chapter 30), in “Handbook of Spectroscopy”, edited by G. Gauglitz, D. S. Moore, Wiley-VCH Verlag GmbH, April, 2014. 著書
4. 馬場 暁, 新保一成, 加藤景三, 金子双男: “有機薄膜太陽電池” [山田淳監修, “プラズモンナノ材料開発の最前線と応用”, 第 13 章 3 節, pp.232-239], シーエムシー (2013). 著書
5. 馬場 暁: “プラズモンが生み出すこれからの研究開発テーマ ～実用化に向けた求められる技術と課題～”, 月刊 研究開発リーダー, 技術情報協会, pp.52-56, 2013 年 4 月号. 著書

#### ⑥競争的資金の応募・採択状況

1. 加藤景三, 科研費 (基盤研究 (B)) (平成 28~30 年度) 20,000,000 円 (直接経費) 応募中
2. 加藤景三, 科研費 (挑戦的萌芽研究) (平成 28~29 年度) 5,000,000 円 (直接経費) 応募中
3. 加藤景三, 科研費 (基盤研究 (C)) (平成 24~26 年度) 4,100,000 円 (直接経費) 採択
4. 加藤景三, 内田エネルギー科学振興財団 (試験研究費) (平成 26 年度) 900,000 円 (直接経費) 採択
5. 加藤景三, 内田エネルギー科学振興財団 (試験研究費) (平成 25 年度) 500,000 円 (直接経費) 採択
6. 金子双男, 科研費 (基盤研究 (B)) (平成 21~24 年度) 13,600,000 円 (直接経費) 採択
7. 新保一成, 科研費 (基盤研究 (C)) (平成 26~28 年度) 4,000,000 円 (直接経費) 採択
8. 新保一成, 科研費 (基盤研究 (C)) (平成 23~25 年度) 4,200,000 円 (直接経費) 採択

9. 新保一成, 内田エネルギー科学振興財団 (平成 24 年度) 500,000 円 (直接経費) 採択
10. 新保一成, 科学技術振興機構 (JST) A-STEP (FS ステージ探索タイプ) (平成 23~24 年度) 1,307,000 円 (直接経費) 採択
11. 馬場 暁, 科研費 (基盤研究 (B)) (平成 28~30 年度) 18,000,000 円 (直接経費) 応募中
12. 馬場 暁, 科研費 (挑戦的萌芽研究) (平成 28~30 年度) 5,000,000 円 (直接経費) 応募中
13. 馬場 暁, 科研費 (国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化)) (平成 28~29 年度) 11,000,000 円 (直接経費) 応募中
14. 馬場 暁, 科研費 (基盤研究 (C)) (平成 25~27 年度) 4,000,000 円 (直接経費) 採択
15. 馬場 暁, 科研費 (若手 (B)) (平成 23~24 年度) 3,200,000 円 (直接経費) 採択
16. 馬場 暁, 日本学術振興会 (JSPS) (二国間交流事業 共同研究 (タイ) (H27.6~H30.5・日本学術振興会) (平成 27~30 年度) 6,750,000 円 (直接経費) 採択
17. 馬場 暁, 物質・デバイス領域共同研究拠点 (一般研究) (平成 25 年度) 150,000 円 (直接経費) 採択
18. 馬場 暁, 物質・デバイス領域共同研究拠点 (一般研究) (平成 24 年度) 200,000 円 (直接経費) 採択
19. 馬場 暁, 科学技術振興機構 (JST) 知財活用促進ハイウェイ「大学特許価値向上支援」試験研究費 (平成 24 年度) 2,310,000 円 (直接経費) 採択
20. 馬場 暁, エス・エス知覚科学振興会 (平成 26 年度) 850,000 円 (直接経費) 採択
21. 馬場 暁, 内田エネルギー科学振興財団 (試験研究費) (平成 26 年度) 340,000 円 (直接経費) 採択
22. 馬場 暁, 新日鐵住金(株)先端技術研究所 (平成 25 年) 485,000 円 (直接経費) 採択
23. 馬場 暁, 佐々木環境技術振興財団 (平成 24 年度) 970,000 円 (直接経費) 採択
24. 清水英彦, 科研費 (若手 (B)) (平成 23~26 年度) 3,400,000 円 (直接経費) 採択
25. 清水英彦, 内田エネルギー科学振興財団 (試験研究費) (平成 25 年度) 450,000 円 (直接経費) 採択
26. 大平泰生, 科研費 (基盤研究 (C)) (平成 27~29 年度) 3,800,000 円 (直接経費) 採択
27. 大平泰生, 科研費 (若手 (B)) (平成 22~24 年度) 3,200,000 円 (直接経費) 採択
28. 坪井 望, 科研費 (基盤研究 (C)) (平成 23~25 年度) 4,200,000 円 (直接経費) 採択
29. 坪井 望, NEDO, 新エネルギー技術研究開発・革新的太陽光発電技術開発(革新型太陽電池国際拠点整備事業) (平成 20~26 年度) 31,100,000 円 (新潟大での直接経費) 採択

#### ⑦研究成果による知的財産権の出願・取得状況

1. 馬場 暁, ジャンマニー ラピパン, 新保一成, 加藤景三, 金子双男, 山本 格: “基質抗原同時検出バイオセンサ, 電極, 基質抗原同時検出方法, および, プログラム”, 特願 2014-191697, 2014 年 9 月 19 日出願. 特許
2. 金子双男, 川上貴浩, 新保一成, 馬場 暁, 加藤景三, 宮寄重利, 清水浩一, 佐藤健一, 花岡 治: “二次電池テスター”, 特開 2014-081258 (特許第 5505478 号), 2014 年 5 月. 特許
3. 馬場 暁, 若月慶介, 新保一成, 加藤景三, 金子双男: “色素増感太陽電池”, 特許第 5561641 号 (2014).
4. 新保 一成, 大平 泰生, 馬場 暁, 加藤 景三, 金子 双男, 他 3 名: ”物質吸着検知方法及び吸着検知センサ”, 特許 5224164 号 (2013).
5. 馬場 暁, 萬年冬竜, 石神良平, 大平泰生, 新保一成, 加藤景三, 金子双男, 福田伸子, 牛島洋史: “ケミカルバイオセンサー”, 特許第 5181386 号 (2013).

#### ⑧新聞等のメディアに掲載された事項

本プロジェクトの目的にあるように基礎的な研究成果を展開応用するために企業等との共同研究やデバイス開発を行っており, “二次電池テスター” (平成 24 年 10 月 16 日出願) などの特許出願を積極的に行っており, 記者会見が 25 年 5 月 31 日に行われて当日のテレビの他, 新聞 (平成 25 年 6 月 1 日, 新潟日報, および平成 25 年 6 月 3 日, 日刊工業新聞) でも報道された。