

## I 金属・半導体ナノ粒子の合成と物性

### Preparation and Characterization of Nanoparticles

佐藤井一  
Sato, S.

物質のサイズがナノメートルの大きになると、その電子状態に変化が起こるため、種々の物性量が変化する。このサイズ効果がどの様に発現され、物質の形状や化学種に対してどのように依存するのかを調べるため、金属（金・銀など）や無機半導体（シリコン・ゲルマニウムなど）を主な対象としてナノメートルサイズの粒子を作成する様々な技術を開発している。また電気物性や光学物性の観点から各種サイズ効果を詳細に解明すると共に高機能化を目指し、来たるべきナノサイズ素子時代の一翼を担うべく微視的な物質系の基礎研究を行っている。

## II ナノ粒子組織体・分散系の物性

### A Study on Nanoparticle Assemblies and Dispersions

佐藤井一  
Sato, S.

微小な金属ナノ粒子や半導体粒子を水や有機溶媒に分散すると、液体の種類や粒子の表面状態に応じて分離沈降したり、均一に分散したり、特別な条件下ではナノ粒子結晶（超格子）を生成すると共に、その組織化・分散化の状態に応じてコロイド分散液の色調が変化する。更に、場合によっては光や熱、電場をトリガーにして粒子集合形態が1次元、2次元、3次元へと変化する。このような粒子系の集合構造の変化の原因とその物性を光学的、電気的手段を駆使して研究している。特に、ナノ粒子が高濃度に分散している溶媒の電解質濃度や温度、蒸発速度などを調節しながら気液界面や固体基板上でナノ粒子を一様膜、あるいは2次元超構造体、3次元粒子結晶体に集合させる方法を開発している。

## III 光 CELIV 法に関する研究

### Studies on Photo-CELIV measurements

田島裕之  
Tajima, H.

光 CELIV 法は、サンドイッチ型接合デバイスに光照射で光キャリアを生成し、生じたキャリアを電場で抽出するという実験手法である。この実験は、解析法、実験手法を含めて世界的に注目されているが、われわれは極低温での実験を通して、基礎的な解析手法を確立した。現在この実験手法を有機薄膜太陽電池に適用し、必要に応じて磁場効果を調べて、励起子挙動の解明を目指した研究を進めている。

## IV 電荷注入障壁に関する研究

Studies on charge injection barrier using displacing current measurement technique

田島裕之  
Tajima, H

有機薄膜の電荷注入障壁の決定は、これまで光電子分光あるいは逆光電子分光を用いて行われてきたが、実デバイスを用いて電荷注入障壁を決定する手法を考案した。この手法は、LUMO への電子注入と HOMO へのホール注入の両方を調べることができることに加えて、装置自体も簡易で応用範囲が広いという特色がある。この手法を発展させるために、各種試料に対する実験を行っている。

## V 有機伝導体および強相関電子系に関する研究

Studies on Organic Conductors and Strongly Correlated Electron System

田島裕之  
Tajima, H

鉄フタロシアニン分子は、分子が持つ4回対称性のために、軌道磁気モーメントの消失が起こっていないという特異的な性質を持つ分子である。この分子からなる有機伝導体においては、巨大負磁気抵抗、自発磁化、異方的磁化率など、各種の異常な磁気電導特性を示す。この物質の物性を調べるための各種実験を現在展開中である。

## VI プラズモニック WGM を利用した光機能制御

Control of photonic characteristics by plasmonic WGM

小箕剛  
Komino, T.

原子中の電子は、定在波が立つ意味において、マイクロメートルスケールの金属表面のまわりをプラズモンが周期的に周回する『プラズモニックウィスパリングギャラリーモード (PWGM)』に類似する。原子と原子が結合することで分子を成し、分子固有の機能が発現することを考慮すると、複数の PWGM の結合を自在に制御することができれば、マイクロメートルスケールの構造体に、その構造固有の機能を付与できる可能性が考えられる。そこで、PWGM を発現させるマイクロ共振器を基板上に二次元的に配置し、電気および光機能性の創出を目指した研究を展開している。この研究を進めるための装置を完成させた。装置は、分散関係測定系と顕微分光測定系から成る。装置のシステムチェックを兼ねて、ガラス基板に分散したマイクロビーズの上からスチリル系有機レーザー色素の蒸着成膜を行い、試料からの蛍光のウィスパリングギャラリーモード (WGM) の観測を行った。その結果、WGM の発振を観測し、当該装置の有用性を確認した。今後は、MEMs 技術を利用した PWGM 用の試料の作製および、上記の装置による試料の評価を行うことで、当該研究構想を推進していく。

## 発表論文 List of Publications

- I-1 (書籍) 佐藤井一: ナノシリコン研究の基礎知識, デザインエッグ, 2019, ISBN 9784815014056 (印刷版), ASIN B07XTKBYQM (電子書籍版) .
- I-2 R. Yoshikado, T. Hasegawa, Y. Tanaka, S. Tsubota, S. Sato: Photocurrent characteristics of nanostructured thin films consisting of surface-modified silicon nanoparticles, *J. Phys.: Conf. Ser.* **1220**, 012048 [4 pages] (2019).
- II-1 鈴木宏和, 坪田秀平, 小林幹弘, 藤田和宣, 佐藤井一: シリコンナノコロイド塗布膜の熱・光焼結: 表面修飾分子の熱安定性と室温フラッシュ光照射によるナノシリコンの結晶性向上, 第80回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集 18a-PB1-14 (北海道, 2019.09).
- IV-1 T. Tanimura, H. Tajima,\*, A. Ogino, Y. Miyamoto, T. Kadoya, T. Komino, T. Yokomatsu, K. Maenaka, Y. Ikemoto: Accumulated charge measurement using a substrate with a restricted bottom-electrode structure, *Org. Electron.*, **74**, 251-257 (2019).
- IV-2 T. Kadoya, S. Mano, A. Hori, K. Tahara, K. Sugimoto, K. Kubo, M. Abe, H. Tajima, J. Yamada: Steric effect of halogen substitution in an unsymmetrical benzothienobenzothiophene organic semiconductor, *Org. Electron.*, **78**, 105570 (2020).
- IV-3 H. Tajima: Determination of charge injection barrier at organic semiconductor/metal interface using accumulated charge measurement, AWEST(Awaji Island Conference on Electron Spin Science & Technology) 2019 16-19, June, Awaji Yumebutai International Conference Center (invited).
- IV-4 H. Tajima: Estimation of Charge Injection Barrier, Built-in Potential, in Organic Semiconductor Devices, Using Accumulated Charge Measurement, ISCOM (13th international symposium on crystalline organic metals, superconductors, and magnets), September 22-27, 2019, Tomar, Portugal.
- IV-5 田島裕之, 角屋智史: 「蓄積電荷測定法による有機半導体/電極界面の研究」、日本物理学会 2019 秋季年会、2019年9月11日、岐阜大学
- IV-6 谷村利精、荻野晃成、宮本裕太、角屋智史、小簗剛、横松得滋、前中一介、田島裕之: 「制限背面電極型素子を用いた蓄積電荷測定法による電荷注入障壁測定」第13回分子科学討論会、名古屋大学東山キャンパス、2019年9月18日
- IV-7 下元純、荻野晃成、田島裕之、小簗剛、谷村利精、角屋智史、前中一介、横松得滋: 「蓄積電荷測定法による金属/フタロシアニン界面の電荷注入障壁測定」第13回分子科学討論会、名古屋大学東山キャンパス、2019年9月19日
- IV-8 大村祐一、宮本裕太、田島裕之、小簗剛、谷村利精、下元純、角屋智史、前中一介、横松得滋: 「蓄積電荷測定法による金/ペンタセン界面の電荷注入障壁測定」第13回分子科学討論会、名古屋大学東山キャンパス、2019年9月19日
- IV-9 下元純、田島裕之、小簗剛、谷村利精、大村祐一、角屋智史、前中一介、横松得滋、蓄積電荷測定法による金属/フタロシアニン界面の電荷注入障壁、第67回応用物理学会春季学術講演会
- IV-10 大村祐一、田島裕之、小簗剛、谷村利精、下元純、角屋智史、蓄積電荷測定法による金/ペンタセン界面の電荷注入障壁測定、第67回応用物理学会春季学術講演会
- V-1 田島裕之: 錯体化合物辞典(分担執筆) 朝倉書店 2019年9月10日
- VI-1 Matsushima, T.; Bencheikh, F.; Komino, T.; Leyden, M.; Sandanayaka, S. D. A.; Qin, C.; Adachi, C., Enhanced Electroluminescence from Organic Light-Emitting Diodes with High performance from extraordinarily thick organic light-emitting diodes. *Nature*, 2019, **572**, (7770), 502

- VI-2 Yi Ting Lee, Po Chen Tseng, Takeshi Komino, Masashi Mamada, Jiun Haw Lee, Chihaya Adachi, Chao Tsen Chen, Chin Ti Chen , A chemical structure approach enhancing light outcoupling of dopant OLEDs and internal quantum efficiency of non-dopant OLEDs having bluish TADF emitters, SID Symposium, San Jose, United States, May 2019.
- VI-4 小簀剛, 有機プラズモニクスによる新規の高純度単色発光素子の開発, イノベーションジャパン2019, 東京 (2019. 5).

## 大学院物質理学研究科

博士前期課程

谷村利精: 電極面積を制限した蓄積電荷測定法

## 科学研究費補助金等

文部科学省科学研究費補助金 (平成 30~令和 2 年度) 基盤研究 (C) 課題番号: 18K05064

研究課題 蓄積電荷測定法による有機/金属界面の電荷注入障壁測定

研究代表者 田島裕之

文部科学省科学研究費補助金 (平成 30~令和 2 年度) 基盤研究 (C) 課題番号: 18K04242

研究課題 表面終端が変えるシリコンナノ結晶 —多様なデバイス形成に対応するために—

研究代表者 佐藤井一

文部科学省科学研究費補助金 (平成 31~令和 3 年度) 基盤研究 (C) 課題番号: 19K05632

研究課題 プラズモニクウィスパリングギャラリーモードを利用した有機材料の量子状態制御

研究代表者 小簀剛

木下記念事業団助成

研究課題 表面プラズモンと WGM を用いた新規な量子状態制御法の開発

研究代表者 小簀剛

ひょうご科学技術協会助成

研究課題 単色面発光光源の開発を指向した励起子密度増幅メカニズムの開発

研究代表者 小簀剛

村田学術振興財団研究助成

研究課題 金属のマイクロディスクとその二次元パターンングで有機材料の量子状態を制御する方法の開発

研究代表者 小簀剛