

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・小簀剛

Tajima, H., Komino, T.

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

小簀剛

Komino, T.

機能の制御を指向した新規化合物の合成が普遍的な学術価値を有するのは、分子構造とその設計に無限の多様性があるためと考えられる。高効率発光材料の合成のような光機能の制御の場合、新規化合物の合成を通して実験者が行っているのは、多様な量子状態の自在な制御に他ならない。すなわち、原子核の種類とその3次元配置を利用して、分子の波動関数を制御している。それでは、化合物合成の知識・スキルを前提とせず、材料の量子状態を制御する方法はないだろうか。原子中の電子は、定在波が立つ意味において、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ーリングギャラリーモード (PWGM)』に類似する。すなわち、原子核と電子の関係は、金属のマイクロ構造と PWGM の関係に類似しており、さらに、原子の波動関数間のモード結合(分子の波動関数の形成)は、マイクロ構造に立つプラズモン間のモード結合に類似する。これら類似性に着眼し、原子にたとえた金属のマイクロ構造を2次元的に配置することで、それらの PWGM をあたかも分子合成のように結合する研究に取り組んでいる。PWGM の近傍に励起状態にある分子を置けば、PWGM と結合した特定の波長

の光のみが放射されるはずであり、これは、この分子の量子状態制御と等価である。本研究では、この原理を実証するとともに、この技術を発光デバイスから光触媒まで幅広い用途に水平展開することを目指す。

発表論文 List of Publications

- I-1 (招待講演) S. Sato: Crystal structure distortion of silicon and germanium nanocrystals: Tendency toward compact phase formation, Collaborative Conference on Materials Science and Technology, Abstract Book p.67 (北京, 中国, 2018. 9).
- II-1 R. Yoshikado, T. Hasegawa, Y. Tanaka, S. Tsubota, S. Sato: Photocurrent characteristics of nanostructured thin films consisting of surface-modified silicon nanoparticles, The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (EXCON2018), 講演要旨集 PO109 (奈良, 2018.7).
- II-2 S. Tsubota, K. Tanaka, W. Nagoya, S. Tanabe, S. Hombo, Y. Morisako, S. Sato: Production, Structural and Electrical Characterization of Silicon and Germanium Nanoparticle Inks, Collaborative Conference on Materials Science and Technology, Abstract Book p.67 (北京, 中国, 2018. 9).
- II-3 吉角龍一, 長谷川尊之, 田中義人, 坪田秀平, 佐藤井一: 表面修飾 Si ナノ粒子で形成した構造膜の光電流特性, 第 29 回光物性研究会論文集 II-58 (京都, 2018.12).
- IV-1 H. Tajima: "Determination of the charge injection barrier at organic semiconductor/metal interface using accumulated charge measurement.", International Conference of Synthetic Metals (ICSM2018), (BEXCO, Busan, Korea, Jul. 1-6, 2018)
- IV-2 (招待講演) H. Tajima: "Determination of the charge injection barrier at organic semiconductor/metal interface using accumulated charge measurement (ACM).", 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018) (Sendai, Jul. 30 - Aug. 4, 2018)
- IV-3 T. Tajima, T. Tanimura, T. Komino, T. Kadoya, J. Yamada: "Determination of charge injection barrier at organic semiconductor/ metal interface using accumulated charge measurement" The 8th Toyota Riken International Workshop on Molecular Conductor, Semiconductor, and Electronics (Aichi, Japan, October 24 – 26, 2018)
- IV-4 「蓄積電荷測定法 (ACM) による有機半導体/金属界面の電荷注入障壁測定」、田島裕之、角屋智史、信学技報 (IEICE Technical Report) , OME2018-26 (2018-11), 1-4
- IV-5 (招待講演) 田島裕之、角屋智史 「蓄積電荷測定法 (ACM) による有機半導体/金属界面の電荷注入障壁測定」電子情報通信学会 (姫路) 、2018
- 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」第 99 回日本化学会春季年会 (神戸) 、2019
- IV-7 谷村利精、小簗剛、横松得滋、前中一介、田島裕之: 「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 I 」第 1 2 回分子科学討論会 (福岡) 、2019
- IV-8 宮本裕太、谷村利精、大塚理人、角屋智史、山田順一、横松得滋、前中一介、小簗剛、田島裕之、 「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」第 1 2 回分子科学討論会 (福岡) 、2019
- IV-9 西本拓史、猪井翔太、角屋智史、久保和也、田島裕之、西川浩之、山田順一、 「BDH-TTP とその類縁体を用いた有機電界効果トランジスタの作製と特性、第 1 2 回分子科学討論会 (福岡) 、2019

- IV-10 荻野晃成、谷村利精、小簗剛、横松得滋、前中一介、田島裕之、「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 III」第12回分子科学討論会（福岡）、2019
- VI-1 D. H. Kim, A. D'aléo, X.-K. Chen, A. D. S. Sandanayaka, D. Yao, L. Zhao, T. Komino, E. Zaborova, G. Canard, Y. Tsuchiya, E. Choi, J. W. Wu, F. Fages, J.-L. Brédas, J.-C. Ribierre, C. Adachi: "High-efficiency electroluminescence and amplified spontaneous emission from a thermally activated delayed fluorescent near-infrared emitter", *Nat. Photon.* **12**, 98 (2018).
- VI-2 T. Matsushima, C. Qin, K. Goushi, G. Bencheikh, T. Komino, M. Leyden, A. S. D. Sandanayaka, C. Adachi: "Enhanced Electroluminescence from Organic Light - Emitting Diodes with an Organic-Inorganic Perovskite Host Layer", *Adv. Mater.* **30**, 1802662 (2018).
- VI-3 Y.-T. Lee, P.-C. Tseng, T. Komino, M. Mamada, R. J. Ortiz, M.-K. Leung, T.-L. Chir, C.-F. Lin, J.-H. Lee, C. Adachi, C.-T. Chen, C.-T. Chen: "Simple Molecular-Engineering Approach for Enhancing Orientation and Outcoupling Efficiency of Thermally Activated Delayed Fluorescent Emitters without Red-Shifting Emission" *ACS Appl. Mater. Interfaces.*, **10**, 43842 (2018).
- VI-4 (招待講演) 小簗剛: 「有機非晶質薄膜における光学特性・解析方法・光機能」 先端膜工学研究推進機構 春季講演会（神戸）、2019
- VI-5 (招待講演) T. Komino: "Introduction of Recent Advances in Molecular Orientation for Organic Electronics." The 8th Toyota Riken International Workshop on Molecular Conductor, Semiconductor, and Electronics (Aichi, Japan, October 24 – 26, 2018)
- VI-6 T. Komino, C. Adachi: "Control of Molecular Orientation in Guest Emitters Used for Organic Light-Emitting Diodes", The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018) (Sendai, Aichi July 30 – August 4, 2018).

大学院物質理学研究科

博士前期課程

荻野晃成: 蓄積電荷測定法による金属電極の影響

中谷比沙希: 蓄積電荷測定法における有機半導体膜厚の影響

宮本裕太: 蓄積電荷測定法における絶縁性酸化膜の影響

坪田秀平: IV族半導体ナノコロイドの作製とその塗布膜の電気的評価

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 表面末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

平成30年度兵庫県立大学特別研究助成金

研究課題 有機プラズモニクスの創成を指向した励起子密度計測スキームの開発

研究代表者 小簗剛