

## Functional Materials I

## 機能性物質学 I

### 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さになると、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ように発現され、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 有機物質の電子物性に関する研究

#### Studies on Physical Properties of Organic Materials

田島裕之  
Tajima, H.

有機物質は絶縁体というイメージが強いが、金属的挙動、半導体的挙動を示すものなど様々な物質が開発されている。特に有機半導体薄膜は、電子デバイスとの関連で盛んに研究されている。本課題では、電子物性測定観点から、様々な有機物質の物性を研究している。

## 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 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

小簗剛  
Komino, T.

これまで表面プラズモン、励起子、発光を結合するウィスパーリングギャラリーモード (WGM) の微小共振器の実現に向けた取り組みを行ってきた。この中で、令和4年度は、表面プラズモンの効果により発光強度が増幅する現象を見出した。表面プラズモンが局在型であるか伝搬型であるかを調べるために、分散関係の計算および測定を行っている。また、WGM 共振器中に一重項分裂材料を導入する研究も行った。この研究は、将来的にプラズモニック WGM 共振器と融合し、一重項分裂の効率化と、三重項励起子の電荷分離によって生成するフォトキャリアをプラズモンの媒体である金属を利用して系外に取り出す技術の開発に水平展開する予定である。この構想の中で、令和4年度は WGM 共振器における発振閾値から一重項分裂の有無を判断できる技術を確立した。一重項分裂の効率は結晶多形に依存するため、現在、一重項分裂材料の結晶多形を能動的に制御することに挑戦している。

### 発表論文 List of Publications

- III-1 H. Nishimoto, T. Kadoya\*, R. Miyake, T. Oda, J. Nishida, K. Kubo, H. Tajima, T. Kawase, J. Yamada\*; "An isotropic three-dimensional organic semiconductor 2-(thiopyran-4-ylidene)-1,3-benzodithiole (TP-BT): asymmetric molecular design to suppress access resistance", *CrystEngComm*, **24**, 5562-5569 (2022).
- IV-1 T. Oda, K. Yamaguchi, T. Kadoya, H. Tajima\*; "Measurement of electron injection barriers in OS/Au (OS=phthalocyanine and pentacene) using accumulated charge measurement"; *Org. Electron.*, **120**, 106828-1-9 (2023).
- IV-2 小田丈志, 山口晃司, 角屋智史, 田島裕之: 「蓄積電荷測定法による金属/有機半導体界面の電子注入障壁測定」、第16回分子科学討論会、横浜、2022年9月。
- IV-3 山口晃司, 角屋智史, 田島裕之: 「蓄積電荷測定法を用いた Au/C8-BTBT 界面における正孔注入障壁測定」、第16回分子科学討論会、横浜、2022年9月。
- IV-4 西本拓史, 角屋智史, 三宅力優, 小田丈志, 西田純一, 久保和也, 田島裕之, 川瀬毅, 山田順一: 「等方

- 的3次元有機半導体 TP-BT の合成と薄膜トランジスタ特性」、第16回分子科学討論会、横浜、2022年9月
- IV-5 T. Oda, K. Yamaguchi, T. Kadoya, H. Tajima; "Estimation of electron-injection barriers at the Au/organic semiconductors interfaces using accumulated charge measurement", The 73rd Yamada Conference, Sendai, Oct. 2022.
- IV-6 K. Yamaguchi, T. Kadoya, K. Katayama, J. Yamada, H. Tajima; "Estimation of the hole injection barriers at the Au/C8-BTBT interface using accumulated charge measurement, The 73rd Yamada Conference, Sendai, Oct. 2022 .
- V-1 三ヶ尻智紀, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「WGM 共振器における共振器内エネルギー移動と自然放射増幅光の関係」、第83回応用物理学会秋季学術講演会、仙台、2022年9月。(ポスター)
- V-2 三ヶ尻智紀, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「光WGM共振器を利用した励起子エネルギー移動の速度制御〜制御性のあるエネルギー集約の広範囲化を目指して〜」、知の交流シンポジウム 2022、姫路、2022年9月。(ポスター)
- V-3 高石みなみ, 亀田章弘, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「伝搬型表面プラズモンを励起子と結合して発光として系外に取り出す技術の開発」、知の交流シンポジウム 2022、姫路、2022年9月。(ポスター)
- V-4 戸川恭輔, 三ヶ尻智紀, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「光 WGM 共振器における一重項分裂の評価」、レーザー学会第572回研究会、鹿児島、2022年12月。(口頭)
- V-5 高石みなみ, 亀田章弘, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「伝搬型表面プラズモンと励起子の結合による励起子ポラリトンの生成」、レーザー学会第572回研究会、鹿児島、2022年12月。(ポスター)
- V-6 戸川恭輔, 三ヶ尻智紀, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「一重項分裂材料に起因する光 WGM 共振器の雰囲気依存性」、第70回応用物理学会春季学術講演会、東京、2023年3月。(口頭)
- V-7 三ヶ尻智紀, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「WGM 共振器における共振器内エネルギー移動と自然放射増幅光の関係」、第70回応用物理学会春季学術講演会、東京、2023年3月。(口頭)
- V-8 高石みなみ, 亀田章弘, 田島裕之, 山田順一, 小簗剛: 「有機分子から成るマイクロメートルスケールの SPASER」、第70回応用物理学会春季学術講演会、東京、2023年3月。(ポスター)

## 物質科学専攻

### 博士前期課程

- 小田 丈志: 「蓄積電荷測定法による金属/有機半導体界面の電子注入障壁測定」
- 亀田 章弘: 「金属と有機半導体から成る WGM 共振器を用いた 発光スペクトルの先鋭化手法の研究」
- 山口 晃司: 「蓄積電荷測定法を用いた金属/有機半導体界面の正孔注入障壁測定」

## 科学研究費補助金等

1. 文部科学省科学研究費補助金 (令和3年度~令和5年度) 基盤研究 (C) 課題番号: 21K05009  
研究課題 蓄積電荷測定法の開発と不完全電荷注入現象の解明  
研究代表者 田島裕之
2. 文部科学省科学研究費補助金 (令和4~令和6年度) 基盤研究 (C) 課題番号: 22K04189  
研究課題 シナプス素子に特化したシリコンナノ粒子膜の作製とニューラルネットワークへの応用  
研究代表者 佐藤井一

3. 公益財団法人カシオ科学振興財団研究助成 (令和4年度～令和5年度)  
研究課題 伝搬型表面プラズモンを励起子と結合して発光として系外に取り出す技術の開発  
研究代表者 小簗剛
  
4. 兵庫県立大学特別研究助成金 (令和4年度)  
研究課題 発光増強効果を有する伝搬型表面プラズモン技術の開発  
研究代表者 小簗剛