

## 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 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、電子物性測定の見点から、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.

以下二つの観点で WGM 共振器に関する研究を行った。ひとつは表面プラズモンの WGM である。これまでの検討から、金属からなるマイクロ共振器を用いてもプラズモンの WGM を誘起することができないことが分かっている。これは、プラズモンの伝搬長が共振器のサイズに比べて短いことに起因する。そこで、長距離伝搬プラズモンの利用を着想した。ガラス、金属、レーザー分子から成る WGM 共振器を試作したところ、WGM の共鳴波長において自然放射増幅光によるスペクトルの先鋭化を見出した。現在、この現象の再現性と光物理過程を調査している。もうひとつは、光 WGM の光物理現象への応用である。光物理現象として、エネルギー移動と一重項分裂を検討した。エネルギー移動に関しては、WGM 共振器を用いることにより、エネルギードナーからエネルギーアクセプターへのエネルギー移動の効率を向上させられることを明らかにした。また、一重項分裂に関しては、レーザー分子薄膜に一重項分裂材料を挟み込み、お椀型の WGM 共振器を作製した。レーザー分子の自然放射増幅光の閾値から、一重項分裂の効率を評価できる可能性を見出した。

### 発表論文 List of Publications

- IV-1 S. Shimomoto, T. Kadoya\*, T. Tanimura, K. Maenaka, T. Yokomatsu, T. Komino, and H. Tajima\*; "Accumulated Charge Measurement: Control of the interfacial depletion layer by offset voltage and estimation of band gap and electron injection barrier", *J. Phys. Chem. C*, **125**, 1990 (2021). (supplementaly cover)
- IV-2 H. Tajima\*, T. Kadoya, K. Yamaguchi, Y. Omura, T. Oda, and A. Ogino; "Thermal and non-thermal equilibrium processes of charge extraction in accumulated charge measurement (ACM)"; *J. Appl. Phys.*, **130**, 195501-1-9 (2021).
- IV-3 山口晃司, 木村彰人, 白石航也, 田島裕之, 角屋智史: 「有機半導体薄膜の誘電率測定」、第 15 回分子科学討論会、オンライン、2021 年 9 月 18 日.

- IV-4 小田 丈志, 田島 裕之, 角屋 智史: 「蓄積電荷測定法による金/ペンタセン界面の電子注入障壁測定」、第 15 回分子科学討論会、オンライン、2021 年 9 月。
- IV-5 大村 祐一, 田島 裕之, 角屋 智史: 「自己組織化単分子膜(SAM)が電荷注入現象に与える影響」、第 15 回分子科学討論会、オンライン、2021 年 9 月。
- IV-6 田島裕之, 角屋智史, 山口晃司, 大村祐一, 小田丈志, 荻野晃成: 「蓄積電荷測定法における熱平衡および非熱平衡型の電荷抽出」、第 69 回応用物理学会春季学術講演会、オンライン、2022 年 3 月。
- IV-7 山口晃司, 田島裕之, 角屋智史: 「蓄積電荷測定法による Au/C8-BTBT 界面の正孔注入障壁測定」、第 69 回応用物理学会春季学術講演会、東京、2022 年 3 月。
- IV-8 小田丈志, 角屋智史, 田島裕之: 「蓄積電荷測定法による金/有機半導体の間の電子注入障壁測定」、第 69 回応用物理学会春季学術講演会、東京、2022 年 3 月。
- V-1 Kameda, A.; Tajima, H.; Yamada, J.-I.; Komino, T.\*, “Whispering Gallery Modes in Bowl-Shaped Stilbene Microresonators”, *J. Luminescence*, **2022**, 243, 118654.
- V-2 Kameda, A.; Shimomoto, S.; Tajima, H.; Yamada, J.-I.; Yokomatsu T.; Maenaka, K.; Komino, T.\*, “Mode Coupling of Whispering Gallery Modes Through Organic Semiconductor Thin Films”, *J. Phys. Chem. C*, **2021**, 125 (27), 14940-14946.
- V-3 亀田章弘, 下元純, 田島裕之, 山田順一, 横松得滋, 前中一介, 小簀剛, 「金属 WGM 共振器を用いた伝搬型表面プラズモンポラリトン共鳴による有機薄膜からの発光のスペクトル先鋭化手法の検討」、第 69 回応用物理学会春季学術講演会、東京、2022.3. (ポスター)
- V-4 戸川恭輔, 三ヶ尻智紀, 田島裕之, 山田順一, 小簀剛, 「光WGM共振器による一重項分裂の評価」、第 69 回応用物理学会春季学術講演会、東京、2022.3. (ポスター)
- V-5 亀田章弘, 下元純, 田島裕之, 山田順一, 横松得滋, 前中一介, 小簀剛, 「有機半導体から成るマイクロ共振器 2次元アレイの長距離モード結合とその制御性」、応用物理学会関西支部 2021 年度第 2 回講演会、オンライン、2021.10. (ポスター、最優秀ポスター賞)
- V-6 Kameda, A.; Shimomoto, S.; Tajima, H.; Yamada, J.-I.; Yokomatsu T.; Maenaka, K.; Komino, T., “Long-range mode coupling of 2D microdisks array made of organic semiconductor thin films and its controllability”, 2021 年光化学討論会、オンライン、2021.9. (ポスター)

## 大学院物質理学研究科

博士前期課程

大村祐一: 「蓄積電荷測定法による SiO<sub>2</sub> 上の自己組織化単分子膜 (SAM) の研究」

## 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 (平成 30~令和 3 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

3. 文部科学省科学研究費補助金（平成30～令和3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
  
4. 産学連携学術相談 TPR 株式会社（令和3年度後期）  
研究課題 ポーラスシリコンおよびポーラスカーボンのシナプスデバイスへの応用可能性の検討  
相談担当教員 佐藤井一
  
5. 産学連携学術相談 TPR 株式会社（令和3年度前期）  
研究課題 ナノポーラスシリコンのガスセンサーとしての安定性の向上及び感知能を向上させる有機分子修飾に関する検討  
相談担当教員 佐藤井一
  
6. 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 プラズモニッ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 小簗剛