

## 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.

研究構想から 2 年が経過し、独自の設備および手法を大よそ構築することができた。昨年度、ウィスパリングギョラリーモード (WGM) 共振器の作製に MEMs 技術を利用することを検討した。本年度は MEMs 技術を利用して、直径 20  $\mu\text{m}$ 、高さ 500 nm の  $\text{SiO}_2$  マイクロディスクを数〜数 10  $\mu\text{m}$  の距離で 2 次元的に集積したアレイを作製し、その上から発光性有機色素薄膜を 200 nm 程度の厚さで成膜することで、WGM 共振器アレイを作製し、その発光特性を評価した。発光スペクトルには WGM 由来のピークが現れ、8  $\mu\text{m}$  以下のディスク間距離においてモード結合によるピーク分裂を観測した。通常のエバネッセント波の結合では数 10 nm の距離に共振器を近接させる必要があるが、我々の結果は、これより 2 桁も長い距離でモードの制御が可能であることを示唆する。有限要素法によるシミュレーションから、この現象が共振器端面からのモードリークに起因することを明らかにした。新奇的な共振器開発を継続するとともに、今後は、その共振器を光化学または光物理現象の制御に応用していく。

### 発表論文 List of Publications

- I-1 佐藤井一: 光で結晶化するナノシリコンインク, イノベーション・ジャパン 2020, 要旨集 p.15 N-32, (Web 展示・動画配信, 2020. 9.28-11.30).
- I-2 佐藤井一: ナノメートルサイズのシリコンで目指す室温結晶化の試み, 兵庫県立大学知の交流シンポジウム 2020 連携セミナー第 5 回 (Web 講演, 2020.11.5) .
- II-1 大砂滉志郎, 木村健太, 坪田秀平, 小林幹弘, 藤田和宣, 佐藤井一: 水溶性ゲルマニウムナノ粒子の作製と熱・光による粒子の構造変化, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 16p-P08-1 (オンライン, 2021.03) .
- II-2 木村健太, 大砂滉志郎, 佐藤井一: ボールミル粉碎により形成されるシリコンナノ粒子の構造評価: 表面有機分子の影響, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 16p-P08-2 (オンライン, 2021.03) .

- III-1 K. Tahara, Y. Ashihara, T. Ikeda, T. Kadoya, J. Fujisawa, Y. Ozawa, H. Tajima, N. Toyoda, Y. Haruyama, M. Abe: Immobilizing a p-conjugated catecholato framework on surfaces of SiO<sub>2</sub> insulator films via a one-atom anchor of platinum metal center to modulate organic transistor performance, *Inorg. Chem.*, 59,17945-17957 (2020). (supplementaly cover)
- III-2 T. Ikeda, K. Tahara, T. Kadoya, H. Tajima, N. Toyoda, S. Yasuno, Y. Ozawa, M. Abe: Ferrocene on insulator: silane coupling to a SiO<sub>2</sub> surface and influence on electrical transport at a buried interface with an organic semiconductor layer; *Langmuir*, 36, 5809-5819 (2020). (supplementaly cover)
- III-3 科学便覧基礎編 14 章 (分担執筆: 改訂6版)
- 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, 1990-1998 (2021). (supplementaly cover)
- IV-2 下元純, 角屋智史, 谷村利精, 前中一介, 横松得滋, 小簗剛, 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荷注入障壁測定」、第 14 回分子科学討論会、オンライン、2020 年 9 月 14 日~17 日 (口頭)
- V-1 Yizhong Shi, Kai Wang, Youichi Tsuchiya, Wei Liu, Takeshi Komino, Xiaochun Fan, Dianming Sun, Gaole Dai, Jiaxiong Chen, Ming Zhang, Caijun Zheng, Shiyun Xiong, Xuemei Ou, Jia Yu, Jiansheng Jie, Chun-Sing Lee, Chihaya Adachi, Xiaohong Zhang, Hydrogen bond-modulated molecular packing and its applications in high-performance non-doped organic electroluminescence, *Materials Horizons*, **2020**, 7 (10), 2734-2740
- V-2 Yamamoto, K.; Kawaguchi, D.; Abe, T., Komino, T.; Mamada, M.; Kabe, T.; Adachi, C.; Naka, K.; Tanaka, K., Surface Segregation of Star-Shaped Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane in Polymer Matrix., *Langmuir.*, **2020**, 74, 251-257.
- V-3 亀田章弘, 豊田隼平, 下元純, 田島裕之, 小簗剛: 「ウィスパリングギャラリーモードによる発光の先鋭化現象評価系の構築と発光性有機半導体薄膜への応用」、第 14 回分子科学討論会、オンライン、2020 年 9 月 14 日~17 日 (口頭)
- V-4 亀田章弘, 下元純, 田島裕之, 小簗剛, 有機半導体から成るマイクロ共振器 2 次元アレイの作製とその発光特性, レーザー学会学術講演会第 41 回年次大会, オンライン, 2020, 9 (ポスター; 優秀ポスター賞)

## 大学院物質理学研究科

博士前期課程

下元 純 : 「蓄積電荷測定法による フタロシアニン/金属界面の電荷注入障壁測定」

## 科学研究費補助金等

1. 文部科学省科学研究費補助金 (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
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: 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

3. 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