

原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能  
2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

末永 和知

大阪大学 産業科学研究所  
教授

ナノ空隙を利用した原子・分子の配列制御と物性測定法開発

主たる共同研究者:

吾郷 浩樹 (九州大学 グローバルイノベーションセンター 教授)

中西 勇介 (東京都立大学 理学部物理学科 助教)

## 研究成果の概要

2022 年度、本研究は極めて順調に進捗した。

ナノ空間を利用した新物質合成においては順調に成果があがった。とくに二次元ナノ空間の利用に関しては、金属化合物を二層グラフェンの間に浸透させることで、バルクとは異なる構造(原子配列)を実現できることがこれまでの研究でわかってきたので、これをアルカリ金属やアルカリ土類金属まで展開することに取り組んだ。これまで1世紀近く研究が行われてきたグラファイトインターカレーション現象であるが、そのステージ構造においても未知のもの発見が期待されている(吾郷グループ)。1次元空間を用いた分子・原子配列においても高分散化した BN ナノチューブをテンプレートにした新物質合成は着実に進捗しており(中西グループ)、領域内他チームとの共同研究も積極的に行われている。また1次元ナノワイヤバンドルの空隙をもちいた新たな次元のインターカレーション現象も見出されている(中西グループ)。

新しい物性評価手法開発においては、低次元自在配列物質の光学特性測定を目指した分光技術開発が順調に進捗している。2022 年度は電子線エネルギー損失分光法のエネルギー分解能と角度分解能を現状可能な限り高めることにより、二次元物質における光学遷移と誘電応答の交差点(クロスオーバー)を実験と理論の両面から議論することが可能になった(末永グループ)。

それらに加えて、二次元物質である BN 多層膜の高品質化の研究に大きな進展も見られた(吾郷グループ)。BN 多層膜自体は絶縁体であるが、自在配列物質のデバイス応用に向けては必須の材料であり、転写可能な高品質 BN の合成は長く望まれていた。また末永グループは、シンガポール南洋工科大との共同研究として、1次元・2次元ハイブリッド超格子を報告した。2次元物質の層間に1次元物質を並べたような構造を持つこの新物質は室温で安定に異方性ホール効果を示すことがわかった。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Jiadong Zhou, Wenjie Zhang, Yung-Chang Lin, Jin Cao, Yao Zhou, Wei Jiang, Huifang Du, Bijun Tang, Jia Shi, Bingyan Jiang, Xun Cao, Bo Lin, Qundong Fu, Chao Zhu, Wei Guo, Yizhong Huang, Yuan Yao, Stuart S. P. Parkin, Jianhui Zhou, Yanfeng Gao, Yeliang Wang, Yanglong Hou, Yugui Yao, Kazu Suenaga, Xiaosong Wu & Zheng Liu “Heterodimensional superlattice with in-plane anomalous Hall effect” *Nature* 609 (2022) pp.46-51, <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05031-2>
- 2) Jinhua Hong, Mark Kamper Svendsen, Masanori Koshino, Thomas Pichler, Hua Xu, Kazu Suenaga, and Kristian S. Thygesen “Momentum-Dependent Oscillator Strength Crossover of Excitons and Plasmons in Two-Dimensional PtSe<sub>2</sub>” *ACS Nano* **2022** 16 (8), 12328-12337 DOI: 10.1021/acsnano.2c03322
- 3) Satoru Fukamachi, Pablo Solís-Fernández, Kenji Kawahara, Daichi Tanaka, Toru Otake, Yung-Chang Lin, Kazu Suenaga, Hiroki Ago, “Large-area synthesis and transfer of multilayer hexagonal boron nitride for enhanced graphene device arrays”, *Nature Electronics*, 6, 126-136 (2023). DOI: 10.1038/s41928-022-00911-x.