

原子・分子の自在配列と特性・機能  
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

北浦 良

名古屋大学 大学院理学研究科  
准教授

二次元系の自在超構造化と機能創出

## §1. 研究成果の概要

本研究では、二次元系の超構造化を通じた新奇二次元系の創出を軸とした物性化学を展開する。この推進にあたって柱となる(I)超構造化の一般的手法の開拓と、(II)超構造の機能・物性開拓のうち、本年度は(I)について集中的に進めた。以下に実施内容をそれぞれ示す。

### (I)-1 有機金属化学気相成長(MOCVD)法を用いた二次元超構造の成長

本年度は、MOCVD 装置の整備を主に行った。具体的には、水冷機構の強化によるチャンバー温度の安定化、グローブボックスとの結合、放射温度計の設置による基板表面温度のモニタリング、自動化システムの導入、などである。これによって、実験の再現性が向上するとともに、実験のスループットが改善され、より効率的に研究を進めることが可能となった。改良後の装置を用いたテスト実験では、単層 MoS<sub>2</sub> や WS<sub>2</sub> などの二次元結晶を再現性よく成長可能なことを確認したことに加え、自動化システムを用いた逐次成長 (Mo および W 源を次々に切り替え) によって繰り返し周期が数 nm~100 nm の二次元接合超格子が成長することも確認できた。

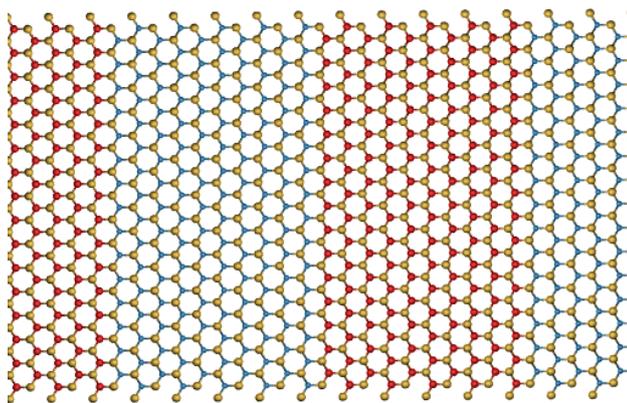


図 1. 接合超格子(繰り返し周期 2 nm)のイメージ図。なお、この繰り返し周期は改良装置を用いて実現が可能である。

以上のように、初年度の検討で、さまざまな接合超格子を実現する準備が整い、今後の機能・物性開拓へ向けた基盤が築くことができた。

### (I)-2 原子ビーム照射によるポストドーピング

Nb および Re ビームを二次元結晶(単層~数層 MoSe<sub>2</sub> や WSe<sub>2</sub> など)へ照射することで、Nb および Re が金属サイトを置換する形で二次元結晶へと取り込まれることを明らかとした。第一原理分子動力学計算によってドーピング過程を調べたところ、低エネルギーで打ち込まれた原子が部分的に格子を壊す形で取り込まれることがわかった。原子分解能 HAADF-STEM 観察から、最終的には元の六角形ネットワーク構造が回復していることがわかっており、Nb/Re 原子の挿入と同時に構造の再構成が起こっていることがわかる。Nb および Re をドーピングした試料を用いた FET はそれぞれ p(図 2)および n 型動作をすること、さらに HSQ マスクパターンを用いた位置選択的ドーピングが可能であることが確認できており、今後の機能開拓に向けた基礎技術を構築することができた。

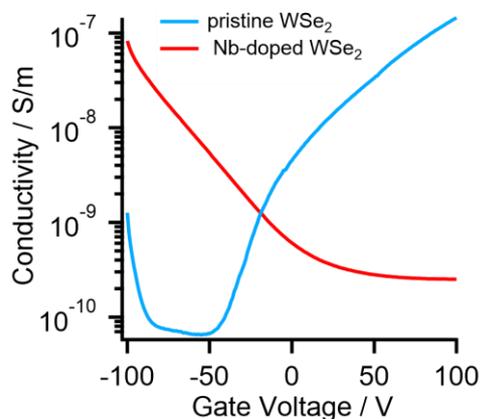


図 2. Nb 導入前後での WSe<sub>2</sub> をチャネルとする 2 端子デバイスの伝達特性

**【引用した原著論文情報】**

- 1) “A Versatile Post-Doping Towards Two-Dimensional Semiconductors”, arXiv:2105.03182