

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

菅原 克明

東北大学 大学院理学研究科
准教授

MBE・原子置換・パターニングを融合した新原子層材料の創製

§ 1. 研究成果の概要

本さがけ研究では、従来の原子層材料の骨格を維持したまま異なる原子を導入する原子置換法や材料の直接加工が可能なパターニング法によって、原子・構造・空間の3つを制御した新規遷移金属カルコゲナイド(TMCs)原子層を実現し、その電子特性を spin-ARPES および第一原理計算を用いて明らかにすることで、従来の材料では達し得ない特性を発揮する革新的原子層材料を開発するものである。

本年度は、上記達成目標を実現するための原子置換装置と真空中でレーザー局所加熱による材料の直接パターニング加工が可能な真空ガルバノスキャンレーザー装置の要素技術開発を行った。原子置換装置に関しては、TMCs 成長基板の新たな加熱機構や原子置換用蒸着源などの様々な要素技術の開発を進めた。その中で、研究者が設計・製作した特注の S 原子蒸着源を用いることで、 VTe_2 原子層から VS_2 原子層への S 原子置換に初めて成功した。また、ARPES 実験から VS_2 原子層が理論計算で予測していた金属的電子状態とは全く異なる新たな電子状態の形成の可能性を見出した。真空ガルバノスキャンレーザー装置に関しては、レーザー加工用光学系を独自に組み上げるとも種々のレーザー装置関連の技術開発を行うことで、大気中においてモニタリングしながら試料表面に直接レーザー照射が可能な実験装置を実現した。また既存の BME 装置を用いて、 MoTe_2 原子層の作製にも取り組んだ。その結果、成長基板温度 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 程度の温度領域で MoTe_2 薄膜の作製を行った結果、低温相では 1H 構造を、高温相では 1T' 構造と呼ばれる TMCs 特有の結晶構造が形成されることを第一原理計算および ARPES の実験結果から明らかにした。

以上の要素技術を用いて、来年度は世界で唯一の真空ガルバノスキャンレーザー+原子置換+MBE+ spin-ARPES 複合装置を建設し、様々な新規原子層材料開発および新量子現象創出に全力で取り組む。