

二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出
平成 28 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

宮田 耕充

首都大学東京大学院理工学研究科
准教授

原子層ヘテロ構造の完全制御成長と超低消費電力・3次元集積デバイスの創出

§ 1. 研究実施体制

(1) 首都大グループ

- ① 研究代表者: 宮田 耕充 (首都大学東京大学院理工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・原子層へのドーピング技術の開発と評価
 - ・原子層の位置・方位制御成長

(2) 産総研グループ

- ① 主たる共同研究者: 入沢 寿史 (産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門、主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・3D 集積成膜プロセス開発
 - ・原子層ヘテロデバイスの実証

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、異なる原子層物質が「面内で接合した原子層ヘテロ構造」に着目し、超低消費電力・3次元積層デバイスの実現に向けた学理と技術の構築を目指している。特に、カルコゲナイド系の原子層を中心に、成長位置・結晶方位が完全制御された原子層ヘテロ構造の大面积集積プロセスの確立を進めている。本年度は、位置制御成長、ドーピング技術、デバイス特性のシミュレーションを中心に研究を進めた。ドーピング技術に関しては、Reドープ MoS_2 等の不純物導入した原子層の直接成長や評価、固相ドーピングの効果について基礎的な検討を進めている。また、原子層ヘテロ接合におけるバンド間トンネルを利用したトンネルFET (TFET) の試作実験に先立ち、シミュレーションによるデバイス特性検討を行った。具体的には、遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) の代表格である MoS_2 と WS_2 の面内ヘテロ接合において、ヘテロ接合界面付近のポテンシャル形状がバンド間トンネル電流に与える影響を、非平衡グリーン関数 (NEGF) 法を用いて解析した。TMDC のバンド構造は、第一原理計算により求め、得られたバンド構造を再現する強束縛近似モデルを用いて、TMDC ヘテロ接合を記述し、NEGF法を用いて積分透過関数 J (バンド間トンネル電流に比例) を計算した。図1に、 MoS_2/WS_2 ヘテロ接合におけるバンド端プロファイルと積分透過関数 J の特性長 L (ポテンシャル変化の急峻性を表すパラメータ) 依存性を示す。比較のため、ホモ接合の結果もプロットした。 J は、 L の増加に関して指数関数的に減少すること、および MoS_2/WS_2 ヘテロ接合の J の方がホモ接合の J より大きいことが分かり、TFET における原子層ヘテロ構造の有用性が示された。

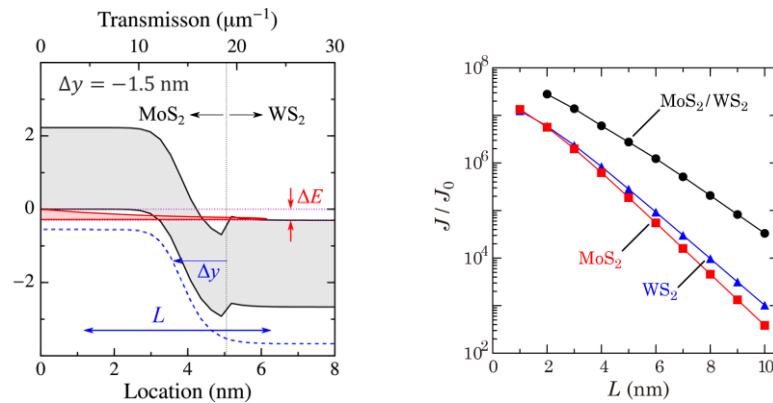


図1 (左) MoS_2/WS_2 ヘテロ接合におけるバンド端プロファイルと透過関数。(右)積分透過関数 J の特性長 L 依存性。