

2024 年度
創発的研究支援事業 年次報告書【公開版】

研究担当者	宮田耕充
研究機関名	東京都立大学
所属部署名	理学研究科物理学専攻
役職名	准教授
研究課題名	原子シート高次構造の構築と機能開拓
研究実施期間	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

2024 年度は、これまでに確立した高品質な遷移金属ダイカルコゲナイド（TMD）二次元結晶の合成および転写技術を活用し、面内ヘテロ構造における電子輸送特性の評価および格子歪みに起因するギャップ内準位の制御に関する研究を展開した。具体的には、多層 $\text{Nb}_x\text{Mo}_{1-x}\text{S}_2/\text{MoS}_2$ 面内接合をシリコン基板上に化学気相成長（CVD）法により作製し、さらに熱可塑性樹脂を用いたドライ転写プロセスを利用し、六方晶窒化ホウ素（hBN）絶縁層およびグラファイトゲート電極との積層構造を構築した。作製した素子について電流-電圧特性を測定し、ゲート電圧および温度に対する依存性を評価した結果、室温では生成電流が支配的であるのに対し、80 K 以下の低温ではトンネル電流が主な輸送機構となることを明らかにした。これは、TMD 面内 PN 接合構造を用いたデバイスにおいて、動作温度によるキャリア輸送メカニズムの変化を初めて実証した成果である。このような輸送特性の理解に加えて、デバイス性能を制限する要因として知られるギャップ内準位の評価も重要である。そこで、ギャップ内準位に着目して電流の温度依存性を解析し、それらのエネルギー的位置を定量的に評価した。その結果、hBN 基板上的試料では、バンド端から深い位置にあるギャップ内準位が抑制されていることが明らかとなった。これは、hBN 基板に由来する表面の平滑性により、格子歪みの影響が低減されたためと考えられる。以上の結果は、TMD の基礎物性解明と同時に、低消費電力・高性能トンネルトランジスタの実現に向けた材料設計およびプロセス技術の開発に対する有効な指針を提供するものである。