

ポストドーピングによる遷移金属カルコゲナイド原子層の p/n 型制御

p/n type control of transition metal chalcogenide atomic layer with post-doping

名大理¹, 産総研², 都立大理³, 筑波大数理⁴ ○(M2)村井 雄也¹, 劉 嶂², 入沢 寿史²,
遠藤 尚彦³, 宮田 耕充³, 吉田 昭二⁴, 岡田 晋⁴, 北浦 良¹

Nagoya Univ.¹, AIST², Tokyo Metropolitan Univ.³, Univ. Tsukuba⁴, °Yuya Murai¹, Zheng Liu²,

Toshifumi Irisawa², Takahiko Endo³, Yasumitsu Miyata³, Shoji Yoshida⁴, Susumu Okada⁴, Ryo Kitaura¹

E-mail: r.kitaura@nagoya-u.jp

本研究の目的は、原子層特に遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)原子層への高精度なドーパント導入法の確立とそれを用いた p および n 型制御である。ドーパントの導入による p および n 型の制御は、半導体デバイスにおいて最も重要な技術の一つであり、シリコンの場合にはドーピング法としてイオン打ち込みが広く用いられている。しかしながら、サブナノメートル厚の極薄半導体である TMD 原子層にはイオン打ち込みを適用することは難しい。この解決を図るため、本研究では TMD 原子層へ適用可能な制御性の高いドーピング法として低エネルギー原子ビーム照射に着目した。熱的に生成した低運動エネルギーの原子ビームでは、TMD 原子層の構造にダメージを与えることなくドーパントを導入できると期待できる。

熱的に生成した Nb および Re ビームを TMD 原子層(MoSe₂ および WSe₂ など)へ照射することで、TMD 原子層への Nb および Re のドーピングが可能であることを確認した。また、HAADF-STEM および STM 観察から、Nb および Re とともに空間的に偏りのない均一なドーピングができていたことが明らかとなった。Figure 1 に、本手法を用いて Nb を多量にドーブした二層 MoSe₂ の室温における FET 伝達特性を示す。図からわかる通り、ドレイン電流にゲート依存性は確認されずまたオーミックな IV 特性が得られており、本手法で作製した Nb ドープ MoSe₂ は縮退 p+状態になっていることがわかる。また、計算により本手法のドーピングメカニズムの解明も進めた。Figure 2 にはドーパント打ち込みのシミュレーションを行った結果の一部分を切り取ったイメージ図を示す。Nb の融点程度の 300 meV のエネルギーを持った Nb ドーパントを TMD 原子層の真上から打ち込むと TMD 中の W を押し出す形で Nb ドーパントが WSe₂ 中に入り込むことがわかった。

発表ではより詳細なドーピングの評価およびデバイス測定の結果も議論する。

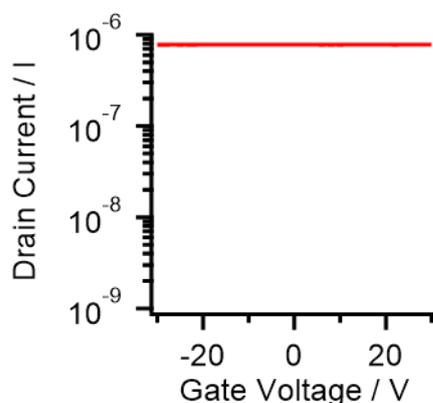


Figure 1 Transfer characteristics of Nb-doped MoSe₂ devices

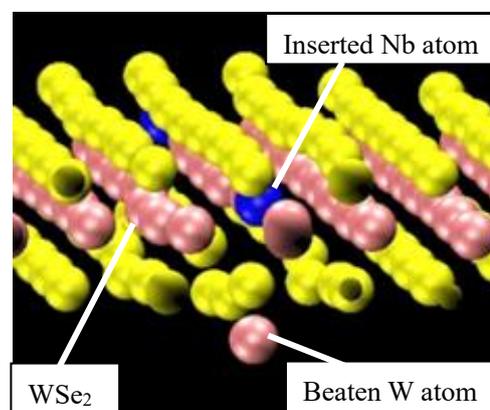


Figure 2 Image of dopant inserting simulation