

ヒ素をドーピングした MoSe₂ FET の動作特性 (2)

Operation characteristics of arsenic-doped MoSe₂ FET (2)

埼玉大院理工 ○堀井 嵩斗, 上野 啓司

Saitama Univ. ○Shuuto Horii and Keiji Ueno

E-mail: s.horii.525@ms.saitama-u.ac.jp

【序論】 現在, 半導体素子は主にシリコンが材料として使われているが, 短チャネル効果などの問題により, その微細化には限界があると考えられている。そこで, 平坦かつ不活性な表面, 魅力的なスケーリング特性を有する層状物質であり, グラフェンには無いバンドギャップを持つ層状遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)がポストシリコン材料として注目を集めている。しかし, 素子として利用する際には, 従来の半導体材料と同様に, 安定した p 型および n 型特性を示す TMDC が求められる。TMDC の pn 特性を制御するためには, まずドーピングによる TMDC の物性変調に関する詳細な知見が必要である。本研究では二セレン化モリブデン(MoSe₂)にヒ素(As)をドーピングした試料について電界効果トランジスタ(FET)応用を試みており²⁾, 今回はその動作特性の温度依存性を調べた。

【実験】 まずAsを0.5 mol% ドーピングしたMoSe₂単結晶を, 蒸気輸送法により成長した。最初に組成比に基づいてMo, Se, As原料(総量約2.5 g)を秤量し, 石英アンプル中に真空封入した。続いて横型管状炉内で試料側1000 °C, 結晶成長側1050 °Cの逆温度勾配を3日間与えた後, 試料側1050 °C, 結晶成長側1000 °Cの正温度勾配を7日間維持し, 単結晶を得た。物性評価はX線回折, 顕微ラマン分光, X線光電子分光, FET特性の測定により行った。FET形成では, まず得られた単結晶から機械的剥離法によって得た薄片をSiO₂膜(285 nm)付p⁺Si基板の上に転写した。続いて光学顕微鏡を用いて適当な厚さ, 大きさを持つ単結晶薄片を選定し, その両端にフォトリソグラフィとスパッタ蒸着により, ソース・ドレイン電極を接合した。使用した電極金属はPt, Au, Ti/Au等である。また, FET動作特性の温度依存性の測定は, 真空中において, 冷凍機を用いて試料温度を10 K~273 Kまでの間で変えながら行った。

【結果・考察】 Pt 電極を使用して作製した FET の伝達特性を Fig. 1 に示す。As をドーピングしなかった MoSe₂ FET は n 型動作を示し, ドレイン電圧 V_d=10 V の時の移動度は 10.1 cm²/Vs, on/off 比は 3.4×10⁴ であった。一方, As を 0.5 mol% ドーピングした MoSe₂ FET は p 型動作を示し, 移動度は 5.42 cm²/Vs, on/off 比は 1.3×10² であった。さらに, 試料温度を変化させたときの電流値からアレニウスプロットをとり, ショットキー障壁高さ(SBH)の算出を行った。Fig. 2 に Pt FET の動作特性から算出した SBH のゲート電圧 V_g 依存性を示す。As をドーピングしていない FET では V_g を増大させていくと SBH が低くなっていき, As をドーピングした FET では V_g を減少させていくと SBH が低くなっていく傾向が見てとれる。また, それぞれのフラットバンド電圧(V_{FB})および有効 SBH は, 前者が V_{FB}=13 V, SBH=0.032 eV, 後者が V_{FB}=-24 V, SBH=0.267 eV であった。これらの結果から, As をドーピングすることにより MoSe₂ FET の電気的特性が n 型から p 型に変化することが確認でき, As が MoSe₂ に対して p 型ドーパントとして作用することが認められた。

【参考文献】 1) Joonki Suh et al., *Nano Lett.* 2014, 14, 6976–6982.

2) 堀井嵩斗, 上野啓司, 2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 5p-PA1-71.

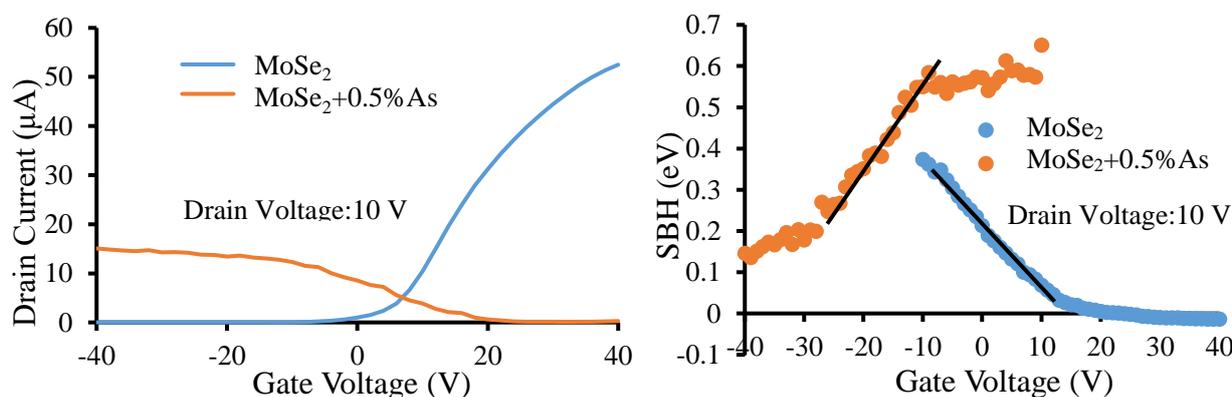


Fig. 1 Transfer characteristics of MoSe₂ FET (Pt electrode). Fig. 2 Gate Voltage dependence of SBH.