1T-MoSe₂挿入による 2H-MoSe₂ FET のピニング緩和 Pinning relaxation of 2H-MoSe₂ FET by inserting 1T-MoSe₂ 埼玉大院理工 ⁰堀井 嵩斗,上野 啓司* Saitama Univ. ⁰Shuuto Horii and Keiji Ueno* *E-mail: kei@chem.saitama-u.ac.jp

【序論】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¹⁾,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、半導体 TMDC を素子とした電界効果トランジスタ(FET)を実用化する際に は、電極金属の種類に関わらず、そのフェルミ準位がバンドギャップ内の特定位置に固定化される現 象:フェルミ準位ピニング(FLP)が大きな問題となる。以前の研究で、ニセレン化モリブデン(MoSe₂)と ヒ素(As)をドープした MoSe₂について FET を作製してショットキー障壁を算出し、強い FLP が存在す ることを報告した²⁾。一方、2H-WSe₂を部分的に n-BuLi に浸漬して 1T-WSe₂に相転移させ、それを電 極として用いた FET が、2H-WSe₂FET と異なる動作特性を示したという報告がある³⁾。また、H₂/Ar 混 合ガスプラズマに曝すことで、MoS₂が 2H から 1T に相転移するという報告もある⁴⁾。本研究ではこれ らを参考にして、2H-MoSe₂と金属電極との間に H₂/Ar 混合ガスプラズマにより相転移させた 1T-MoSe₂ を挿入することで FLP の緩和を試み、FET 動作特性の変化について調べた。

【実験】これまでの研究と同様にMoSe₂およびMoSe₂+0.5%As単結晶をCVT法で作製した²⁾。物性評価 はX線回折,顕微ラマン分光,X線光電子分光(XPS),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,試料温度を273 K~293 Kの間で変えな がら行った。次に,2H-MoSe₂と金属電極との間に1T-MoSe₂を挿入したFETを作製した。まず2H-MoSe₂ に対して,H₂/Ar(5%:95%)混合ガス中において圧力:約200 Pa,出力:160 W,時間:1 h,流量:20 sccmの条 件でプラズマを発生させることにより,その表面を1T-MoSe₂に相転移させた。このチャネル部分に対 してレーザーを照射することで,表面の1T-MoSe₂層を破壊して2H-MoSe₂のチャネルを形成し,最後に 上記と同様の操作でソース・ドレイン電極を接合してFETを作製した。

【結果・考察】Au 電極を使用して作製した FET の伝達特性を Fig.1 に示す。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 11.9 cm²/Vs, on/off 比は 1.23×10⁴ であった。一方、H₂/Ar 混合ガスプラズマを行った 2H-MoSe₂ FET では、ゲート電圧に依らず、その電流値は 5.5×10⁻⁵ A を示した。この結果および XPS 測定から、H₂/Ar 混合ガスプラズマによる半導体 2H-MoSe₂ から半金属 1T-MoSe₂ への相転移が示唆される。また、Fig.2 に 1T-MoSe₂ 層にレーザーを照射して 2H-MoSe₂ のチャネルを形成した試料の光学顕微鏡像を示す。こちらの試料についても Au 電極を使用して FET を作製し、その動作特性を調べている。詳細なデータは当日報告する。

【参考文献】

1) Joonki Suh et al., Nano Lett. 2014, 14, 6976-6982.

2) 堀井嵩斗, 上野啓司, 2018 年第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 18p-PB3-90.

3) Yuqiang Ma et al., ACS Nano 2015, 9, 7383-7391.

4) Chithra H. Sharma et al., Scientific Reports 2018, 8, 12463.





Fig. 1 Transfer characteristics of MoSe, FET (Au electrode). Fig. 2 Optical image of 1T-MoSe, after laser irradiation.