

## 積層 SAM/HfO<sub>x</sub> ゲート絶縁膜を用いた MoS<sub>2</sub> FET の作製

### Hybrid self-assembled monolayer/hafnium oxide gate dielectric for MoS<sub>2</sub> FET

東工大量子ナノ研 ○川那子高暢, 居駒遼, 大場智明, 高木寛之

Tokyo Tech. QNERC °T. Kawanago, R. Ikoma, T. Oba, H. Takagi

E-mail: kawanago.t.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】自己組織化単分子膜(Self-Assembled Monolayer: SAM)は、固体表面上に有機分子が自発的に集合して形成される、緻密かつ配向が揃った分子層 1 層分の結晶膜である[1]。未結合手が無い 2 次元結晶膜の SAM を電界効果トランジスタ(FET)のゲート絶縁膜に用いることで、界面の構造欠陥、化学反応や原子拡散といった問題を一気に解決し、優れた界面特性を実現できる[2]。本研究では、従来のアルミニウム酸化物よりも高い誘電率を有するハフニウム酸化物と SAM の積層絶縁膜を作製し、層状半導体材料である二硫化モリブデン(MoS<sub>2</sub>)をチャンネル層に用いた FET の特性評価について報告する[3]。

【実験方法】熱酸化した SiO<sub>2</sub>(400nm)/Si 基板の上に、RF スパッタによって窒化ハフニウム(HfN)を堆積し、フォトリソグラフィとウェットエッチング(HF:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O=1:2:40)を用いて HfN(60nm)gate 電極を作製した。続いて、ラジカル酸化によって HfN の電極表面に HfO<sub>x</sub> を形成した。その後、lift-off プロセスによって Au(40nm)/Al(10nm)の source/drain コンタクトを作製した。Al は Au と SiO<sub>2</sub> との密着層として用いた。Gate と source/drain の間には、7μm のギャップがありオーバーラップは無い。次に、酸素プラズマ(プラズマパワー300 W、真空度 300 mTorr、酸素流量 100 sccm、照射時間 10 min)を基板に照射し、HfO<sub>x</sub> 表面にヒドロキシル基を形成した。続いて、SAM(オクタデシルホスホン酸:ODPA)を 2-プロパノールに 5mM 溶かした溶液に基板を 3 時間浸漬し、SAM を HfO<sub>x</sub> 上に形成した[2]。浸漬後に、2-プロパノールで基板を洗浄し、窒素ブローを行った後、窒素雰囲気中 100 °C、30 分間の熱処理を行った。次に、MoS<sub>2</sub> を剥離法によって、基板上に転写した。PDMS を用いる事で、MoS<sub>2</sub> をパターンニングした基板上に転写した[2]。最後に、フォーミングガス(H<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>=3%:97%)雰囲気中、150 °C、30 分間の熱処理を行った。

【実験結果】図 1 に、作製した MoS<sub>2</sub> FET の I<sub>d</sub>-V<sub>g</sub> 特性および I<sub>g</sub>-V<sub>g</sub> 特性を示す。I<sub>d</sub>-V<sub>g</sub> 特性のヒステリシスは認められず、サブスレッショルドスロー

プ(SS)は 75 mV/dec であることから、良好な界面特性が実現できていることが分かる。図 2 の断面 TEM 像から、ラジカル酸化によって膜厚約 7nm 程度の絶縁膜層が形成できることが分かった。詳細は当日報告する。

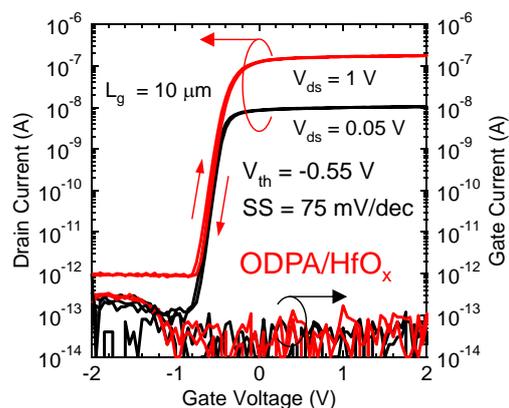


Fig.1 Transfer characteristics of MoS<sub>2</sub> FET with hybrid SAM/HfO<sub>x</sub> gate dielectric.

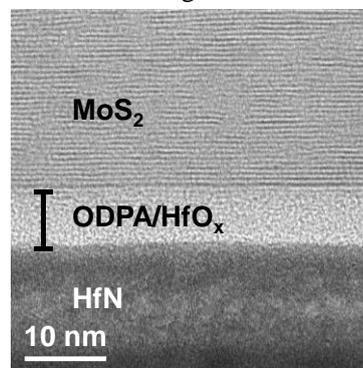


Fig.2 Cross-sectional TEM image of MoS<sub>2</sub> FET.

#### 【参考文献】

- [1] J. C. Love et al., Chem. Rev. 105, 1103 (2005).
- [2] T. Kawanago et al., Appl. Phys. Lett. 108, 041605 (2016).
- [3] B. Radisavljevic et al., Nature Nanotech. 6, 147 (2011).

【謝辞】本研究は、JST-CREST (JPMJCR16F4)、科研費若手(B)(17K14662)および矢崎科学技術振興記念財団の支援により実施された。またデバイス作製は、東京工業大学の角嶋邦之准教授、筒井一生教授、若林整教授にご協力いただいた。