

## ノーマリオフ MoS<sub>2</sub>トランジスタの実現

東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所

助教 川那子 高暢

本研究が取り組む課題は、二硫化モリブデン(MoS<sub>2</sub>)をチャンネル層に用いた電界効果トランジスタ(FET)の閾値電圧を制御し、MoS<sub>2</sub> FET のノーマリオフ動作を実現することである。本研究では MoS<sub>2</sub> FET のノーマリオフ動作実現に向けて、以下の 3 つの要素に関して研究を行う。

### ①ゲート電極に用いる金属材料の仕事関数を利用

FET の閾値電圧は、ゲート電極の金属材料の仕事関数によって制御が可能である。仕事関数の大きい金属(例えば白金(Pt):5.3eV)をゲート電極に用いると、FET の閾値電圧は正方向へシフトする。MoS<sub>2</sub> FET のノーマリオフ動作の実現には閾値電圧を正方向に移動させる必要がある。故に、本研究ではゲート電極に仕事関数の大きい Pt を用いる。

### ②自己組織化単分子ゲート絶縁膜の電気双極子を利用

2次元有機結晶膜である自己組織化単分子膜(SAM)をゲート絶縁膜に用いる。SAM は約 2nm の極薄膜厚ながら構造欠陥が少なく高い絶縁性を示す。また電気陰性度が大きく異なる原子によって構成される SAM は、分子内の電荷分布が偏るために電気双極子を形成する。この電気双極子によって内部電界が発生し MoS<sub>2</sub> のバンドが曲がるため、閾値電圧が変化する。SAM を用いることで、高い絶縁性と閾値電圧制御という 2 つの目的を達成することができる。

### ③スパッタによる酸化アルミニウム(AlO<sub>x</sub>)との積層 SAM/AlO<sub>x</sub> ゲート絶縁膜を利用

アルゴン(Ar)と酸素(O<sub>2</sub>)の混合ガスを用いた反応性スパッタによって AlO<sub>x</sub> を様々な金属上に堆積することができる。一方、酸化物表面の構造欠陥は閾値電圧に影響を与える。本研究では積層 SAM/AlO<sub>x</sub> 構造をゲート絶縁膜に用いることで SAM による酸化物表面の終端を行う。

### 【将来実用化が期待できる分野】

2次元材料を用いた素子は低温で作製可能であり、将来実用化が期待される分野として高性能・多機能な 3次元集積回路が考えられる。