

二硫化タングステン FET 動作特性の温度依存性

Temperature dependent operating characteristics of tungsten disulfide FET

埼玉大院理工 °河合 信哉, 上野 啓司

Saitama Univ. °Nobuya Kawai and Keiji Ueno

E-mail: kei@chem.saitama-u.ac.jp

【序論】半導体素子の微細化には、短チャネル効果や薄膜化の化学的限界などの問題がある。そこで、バンドギャップを持ち、層間剥離が容易で、表面が不活性かつ平坦な層状物質の超薄膜を電界効果トランジスタ (FET) のチャネル層として利用することが検討されている。層状遷移金属ダイカルコゲナイドは、遷移金属を M (Mo, W, etc.) , カルコゲンを X (S, Se, Te) としたときに組成式 MX_2 で表される層状化合物群のことである。中でも二硫化モリブデン (MoS_2) をチャネル層として用いた、高移動度、高 on/off 比の FET 動作が数多く報告されている¹⁾。本研究では他の MX_2 として、二硫化タングステン (WS_2) の FET 応用を試みるとともに、その動作特性の温度依存性を調べた。

【実験】 WS_2 単結晶は、石英アンプル中に WS_2 粉末のみを真空封入して電気炉内で温度勾配 (試料側 1020°C , 結晶成長側 900°C) を与え、10 日間維持することで成長した。FET 作製は、まず得られた単結晶を機械的剥離法によって劈開し、 SiO_2 膜 (285 nm) 付 $p^{++}\text{Si}$ 基板上に単層~数層の単結晶の薄片を転写した。次に適当な厚さ、大きさを持つ単結晶の薄片に対してマスクレスフォトリソグラフィとスパッタ装置を用いてソース/ドレイン電極を作製した。最後に真空オープン中で 200°C , 2 時間のアニールを行い、トップコンタクト/ボトムゲート型の FET 素子を形成した。FET 動作特性の測定は、真空中において、冷凍機を用いて試料温度を 10 K~300 K の間で変えながら行った。

【結果・考察】FET の電極に Cr/Au, Ti/Au, Pt と 3 種類の金属を用いた。Pt FET のみ明確に両極動作を示し、他は n 型動作であった。Cr/Au FET はドレイン電圧 $V_d = 40\text{ V}$ の時、線形移動度は $2\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, on/off 比は 3×10^2 , Ti/Au FET は $V_d = 15\text{ V}$ の時、線形移動度は $1\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, on/off 比は 3×10^3 , Pt FET は $V_d = -5\text{ V}$ の時、線形移動度 (n) は $0.6\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, 線形移動度 (p) は $0.3\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, on/off 比は 1×10^4 であった。得られた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の算出を行った。Fig.1 に Pt FET の n 型動作時の伝達特性から算出したショットキー障壁の高さ SBH の、ゲート電圧 V_g 依存性を示す。 V_g を増大させていくと SBH が低くなっていく傾向が見て取れる。Fig.2 に Fig.1 の A, B, C の領域におけるバンドダイアグラムを示す。A の状態から V_g を増大させ、半導体のフェルミレベルを変化させるとやがて B のフラットバンド状態になる。さらに V_g を加えていくと C の状態になり、定義としての SBH は変化しないがトンネル電流の寄与が開始するため有効的な SBH は低くなっていくと予想される。他の金属電極による FET の SBH 評価も当日報告する。

1) B. Radisavljevic et al., *Nat. Nanotech.* **2011**, 6, 147–150, 等。

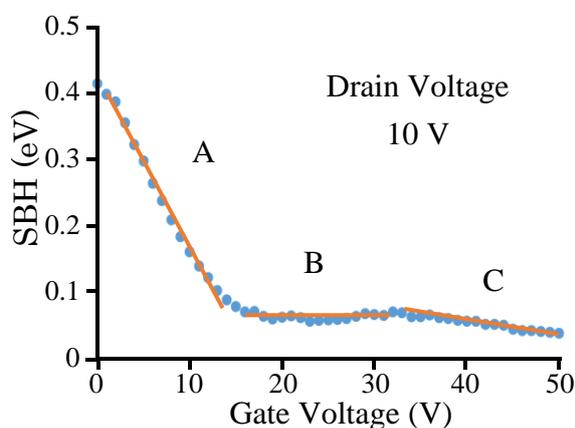


Fig.1 Gate voltage dependence of SBH

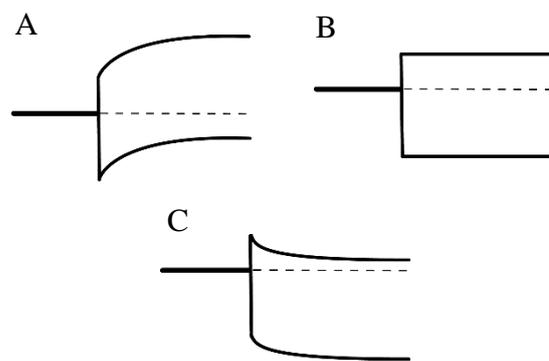


Fig.2 Band diagrams at regions A, B, C