

HfO₂ 絶縁膜を用いた MoS₂ FET における実効移動度の評価

Characterization of effective mobility in MoS₂ FET with HfO₂ high-k insulator

1 横国院工 2 産総研 3 物材機構

○二之宮成樹^{1, 2}, 森貴洋², 内田紀行², 久保利隆², 渡辺英一郎³,
津谷大樹³, 森山悟士³, 田中正俊¹, 安藤淳²

1 Yokohama National Univ. 2 AIST 3 NIMS

○Naruki Ninomiya^{1, 2}, Takahiro Mori², Noriyuki Uchida², Toshitaka Kubo², Eiichiro Watanabe³,
Daiju Tsuya³, Satoshi Moriyama³, Masatoshi Tanaka¹, Atsushi Ando²

E-mail: ninomiya-naruki-rj@ynu.jp

遷移金属ダイカルコゲナイドのひとつである二硫化モリブデン (MoS₂) は半導体であり、極短チャネル FET を実現するためのチャネル材料として近年注目を集めている。FET 応用に際しての課題は、移動度が十分に得られていないことにある。しかしながら、MoS₂ FET におけるキャリア散乱機構を実験的に検討した研究例は極めて限られており[1]、理論検討が中心となっているのが現状である[2]。実験的な散乱機構評価は、今後の MoS₂ FET の高性能化に向けて重要な指針を与えるものと考えられる。そこで我々は今回、MoS₂ FET におけるキャリア散乱機構の実験的検討に向けて、ゲート絶縁膜に HfO₂ を用いたトップゲート型 MoS₂ FET を試作、I-V 特性と共に C-V 特性を測定し、実効移動度の評価を試みたのでこれを報告する。

FET の試作は、MoS₂ フレークをスコッチテープ法により SiO₂ (285 nm)/Si 基板に転写して行った。ゲートには、ALD 成膜した HfO₂ (16 nm) とスパッタ成膜した TaN とを用いている[3]。デバイスサイズはゲート長 4 μm、ゲート幅 1 μm である。

図 1 (a) に作製した FET の I_D-V_G 特性を示す。閾値は -1.9 V 付近にあり、ノーマリーオンの N 型 FET 動作である。電界効果移動度は 6 cm²/Vs、また ON/OFF 比はおよそ 10⁷ を得ており、良好な FET 動作が観測されている。図 1 (b) は同 FET の C-V 特性である。酸化膜容量は 1/C プロット法[4]によって見積を行っている。酸化膜容量から算出される等価換算膜厚(EOT)は 3.94 nm、絶縁膜誘電率は 16.2 となり、良好な HfO₂ 絶縁膜が形成されていることが示唆される。これら 2 種の特性から実効移動度[5]を算出した結果を図 1 (c) に示す。横軸は C-V 特性から見積られた表面キャリア密度である。最大実効移動度は 11.2 cm²/Vs であり、電界効果移動度と比べて大きい値が得られている。これは一般的に観測される特徴であり、算出の正当性をサポートする。特筆すべき特徴としては、表面キャリア密度の増大と共に急激に実効移動度が低下していることが挙げられる。フォノン散乱もしくはラフネス散乱の影響が示唆されるが、理論検討[2]によるとフォノン散乱の影響は本実験で観測されるほど大きくないと考えられ、ラフネス散乱の影響による移動度低下の可能性が疑われる。

【謝辞】本研究は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業 (NIMS 微細加工プラットフォーム) の支援を受けて実施された。本研究の一部は、JSPS 科研費 26600081 の助成を受けたものである。

[1] W. Zhu *et al*, Nat. Commun. **5**, 3087 (2014). [2] S. Kim *et al*, Nat. Commun. **3**, 1011 (2012). N. Ma *et al*, Phys. Rev. X **4**, 011043 (2014). [3] N. Ninomiya *et al*, Digest of MNC (2014), 7D-9-4. [4] D. K. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization (Wiley-Interscience, New Jersey, 2005) pp. 364-366. [5] S. Takagi *et al*, IEEE Trans. Electron Devices **41**, 2357 (1994).

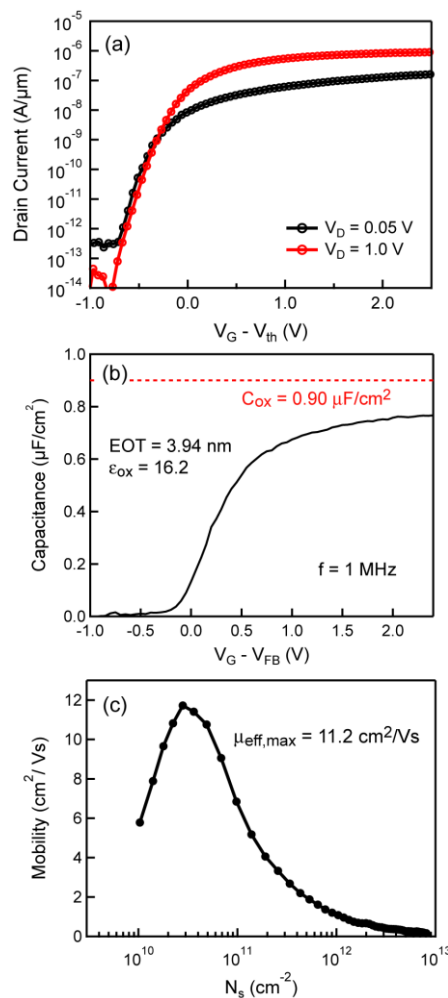


Fig. 1 (a) I_D-V_G curves. (b) A C-V curve. (c) Effective mobility vs surface carrier density.