

トンネル FET の閾値電圧評価法に関する研究

Study on evaluation method for threshold voltage of Tunnel FET

○唐鎌亮太¹, 岸佳佑¹, 三田梓郎¹, 山口直弥¹, 呉研², 高橋芳浩²

* Ryota Karakama¹, Keisuke Kishi¹, Shiro Mita¹, Naoya Yamaguchi¹

Yan Wu², Yoshihiro Takahashi²

Abstract: The tunnel length of the Tunnel FET was calculated by simulation and the threshold voltage was derived (TL method). It was confirmed that the threshold voltage derived by the TL method is closer to the threshold voltage derived by the CC method than the SD method and the LE method.

1. 背景・目的

TFET(Tunneling field effect transistor)はSS(Subthreshold swing)を原理的に低減させる急峻なスイッチングデバイスとして注目されている。しかしTFETの詳細な物理的メカニズムについては解明されていないことも多く、閾値電圧の導出方法は確立されていない。一部の報告例ではTFETのドレイン電流はソース・ボディ間のトンネル長と相関性があることが分かっており、ゲート電圧の上昇に伴い、トンネル長が飽和し始める点を閾値電圧としている[1]。本研究ではシミュレーションによりトンネル長の算出を行い、ドレイン電流との関係性を調べ、閾値電圧の導出を試みた。また一般的にMOSFETで用いられる閾値電圧評価法をTFETに適用し、閾値電圧の導出及び比較を行った。

2. 結果・考察

Fig. 1に各ゲート酸化膜厚 d_{ox} における、ゲート電圧 V_G に対するトンネル長 W_{BT} の変化を示す。酸化膜厚によらず、 V_G の上昇に伴い W_{BT} が一定値に収束していることがわかる。トンネル長はドレイン電流に強い相関があることから、この特性の変曲点より閾値電圧 V_T が導出できると考えられる[1]。そこで、Fig. 2に示すように外挿法を用いることにより V_T の評価を行った[2]。本手法(TL法)により評価された V_T をFig. 2内に示す。結果より、酸化膜厚に拘わらず V_T の評価は可能であり、酸化膜厚と共に V_T が大きくなることを確認した。

ただし、トンネル長を求めるにはデバイスシミュレーションの使用が必須であり、更にデバイス構造が既知である必要がある。一般的な実デバイスでは詳細なデバイス構造は不明であることから、電気的特性の測定結果から V_T を評価することが実用上非常に重要となる。そこでMOSFETにおいて一般的に用いられている、定電流法(CC法)、線形外挿法(LE法)、相互コンダクタンス導関数法(SD法)などの V_T 評価法をTFETに適用した結果と、TL法で評価した結果とを比較した。Fig. 3に各評価法により導出した V_T の結果を示す。結果より酸化膜厚が厚くなるほどTL法とSD法の差が大きくなることを確認できた。また全ての酸化膜厚においてLE法とSD法に比べ、CC法により評価した V_T がTL法による値に近くなることを確認した。

参考文献

- [1] Kathy Boucart, Adrian Mihai Ionescu, "A new definition of threshold voltage in Tunnel FETs", Solid-State Electronics2008;52: 1318-23..
- [2] Y. Mori, S. Sato, Y. Omura, A. Chattopadhyay, and A. Mallik, "On the definition of threshold voltage for tunnel FETs", Superlat. & Micros2017;107: 17-27.

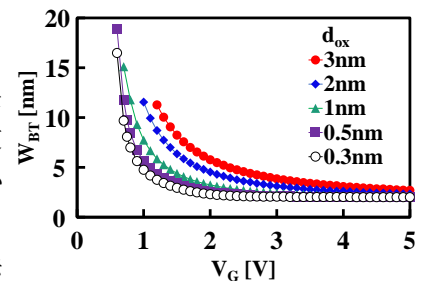


Fig. 1 W_{BT} - V_G characteristic

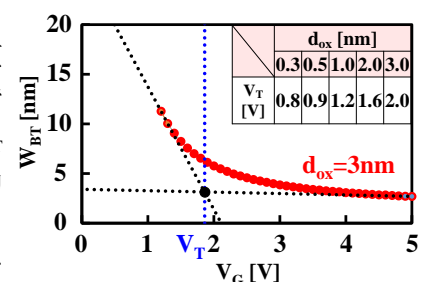


Fig. 2 Derivation of threshold voltage

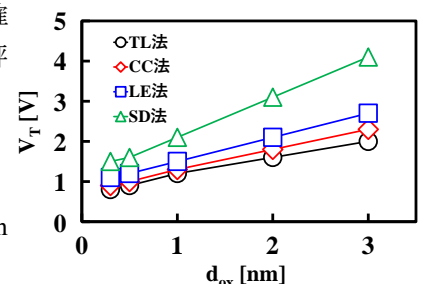


Fig. 3 Comparison of threshold voltage evaluation methods