横型 Tunnel FET の閾値状態の定義についての考察

関西大シス理工 [1]，先端機構 [2]　○森義暁 [1]，佐藤伸吾 [1,2]，大村泰久 [1,2]
Kansai Univ. [1], ORDIST[2],　°Y. Mori[1], S. Sato[1,2], Y. Omura[1,2]
E-mail: {k307360, satos, omuray}@kansai-u.ac.jp

[はじめに] 待機時消費電力削減とスイッチ効率向上のため、急峻な立ち上がり動作を可能とする TFET が注目されている。本報告では、デバイスシミュレータを用いて横型 TFET の閾値状態の定義を検討した結果を述べる。

[デバイス構造] 図 1 に示す Si 薄膜で構成される n-channel ダブルゲート TFET を想定した。

[検討方法と考察] シミュレーターとして Sentaurus simulator (Synopsys) [1] を、Band-to-band モデルとして Hurkx [1][2]モデルを用い、表 1 に示すデバイスパラメータでのシミュレーションを行った。

閾値状態を規格化相互コンダクタンス値

$$G_{m,norm} = \frac{\partial I_D}{\partial V_G}\frac{(V_G - V_m)}{I_D} \qquad (1)$$

が最大値を取るゲート電圧として定義できることを見出した。TFET のソース接合近傍で Band-to-Band 生成割合を計算すると、off 状態ではソース接合面とゲート SiO_2 絶縁膜の界面近傍にのみ Band-to-Band 生成割合がやや高くなっているが $G_{m,norm}$ が最大値をとるゲート電圧状態（閾値状態）では、Band-to-Band 生成割合がソース接合面の全面にわたって十分大きい値になっており、閾値電圧を超えた状態では Band-to-Band 生成割合がソース接合全面わたってそれをはるかに超える大きさに到達していた。この特徴は、表 1 に示した構造のデバイスのすべてについて共通であることを見出した。

表 1 のデバイスについて抽出した閾値電圧のドレイン電圧に対する依存性を図 2 に示す。ここで基準デバイス(control)のシリコン層厚(T_{si})は 20nm、ゲート SiO_2 絶縁膜厚(T_{ox})は 2nm、ゲート長(L_g)は 80nm、ソース不純物濃度(p 型)は 10^{20}cm^{-3}、チャネル部不純物濃度(n 型)は 10^{16}cm^{-3}、ドレイン不純物濃度(n 型)は 10^{20}cm^{-3} である。図 2 から、抽出した閾値電圧はドレイン電圧の変化に対してほぼ線形的に変化していることがわかる[3]。また、閾値電圧が構造パラメータの変化に対してあまり大きく変化しないことから、式(1)による定義は幅広く適用できる方法であると考えられる。

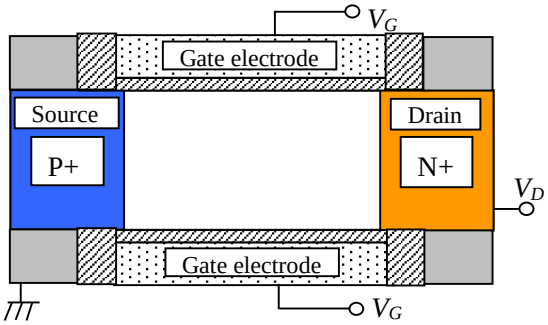

図 1.ダブルゲート TFET のデバイス構造

表 1.デバイスパラメータ

Parameters	Values [units]
Gate length (L_G)	80 [nm]
Gate SiO_2 layer thickness (T_{ox})	1 - 4 [nm]
Silicon layer thickness (T_{si})	10 – 40 [nm]
Gate electrode thickness (T_G)	3 [nm]
Body doping (N_B)	10^{16} – 10^{18} [cm^{-3}]
Source doping (N_S)	10^{18} – 10^{20} [cm^{-3}]
Drain doping (N_D)	10^{16} – 10^{20} [cm^{-3}]
Gate overlap length	1 [nm]

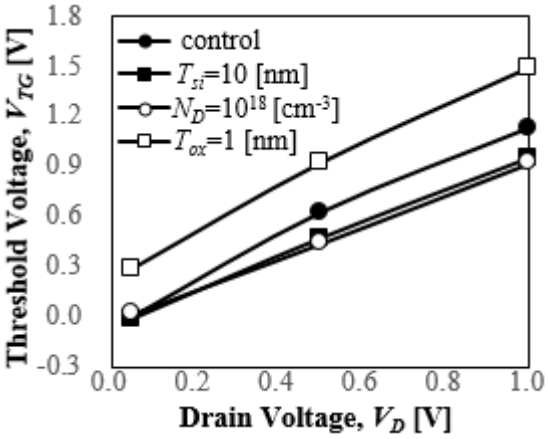

図 2. 閾値電圧のドレイン電圧依存性

参考文献

[1] Sentaurus Users Manual 2011, Synopsys Inc. [2] D. B. M. Klaasen, G. A. M. Hurkx, and M. P. G. Knuvers, ”A new recombination model for device simulation including tunneling”, IEEE Trans. Electron Devices, vol. 39, pp. 331–338, 1992. [3] K. Boucart and A. M. Ionescu, “A new definition of threshold voltage in tunnel FETs,” Solid State Electron., vol. 52, pp. 1318–1323, 2008.

© 2016年 応用物理学会