

バリスティック Si ナノワイヤ MOSFET の 注入速度の直径依存におけるキャリア縮退の影響

Influence of Carrier Degeneracy on Diameter Dependence of Injection Velocity in Ballistic Si Nanowire MOSFETs

東工大フロンティア研¹, 東工大総理工² ○李 映勲^{1,2}, 角嶋 邦之², 名取 研二¹, 岩井 洋¹
FRC, Tokyo Tech.¹, IGSSE, Tokyo Tech.² Yeonghun Lee^{1,2}, Kuniyuki Kakushima², Kenji Natori¹, and Hiroshi Iwai¹
E-mail: lee.y.ac@m.titech.ac.jp

[はじめに] 短チャネル効果抑制が期待でき、次世代 MOSFET として注目されている Si ナノワイヤ MOSFET のバリスティック伝導特性の研究が活発に行われている。注入速度はバリスティック伝導時の真性遅延時間に直接関連すると同時に、準バリスティックや拡散領域での性能評価の基準にもなる重要なパラメーターである[1]。我々は以前の研究で、Si ナノワイヤ MOSFET で最大注入速度が得られる直径の存在を示した[2]。ナノワイヤ MOSFET の注入速度の直径依存は次の二つの要因で決まる。一つ目は異なる伝導有効質量を持つサブバンド別の占有比率、二つ目は各々のサブバンドにおける注入速度の変化である。本研究ではゲートオールアラウンド構造の Si ナノワイヤ MOSFET の注入速度の直径依存において、これら二つの影響を区別し、キャリア縮退が注入速度の直径依存に与える影響を考察した。更に、キャリア縮退の直径依存の起源を明らかにした。

[方法] [100]方向の円筒形 Si ナノワイヤのサブバンド構造は有効質量近似を用いて再現した。半古典的なバリスティック伝導モデル用い、理想のゲート制御を仮定することによって、バリア頂上においてシュレディンガーとポアソン方程式をセルフコンシステントに解く事でバリスティック伝導特性を求めた[3]。この方法によって短チャネル効果などを無視した純粋な直径依存だけを扱うことが出来る。

[結果] 図 1 はそれぞれのサブバンドの電子数、注入速度、サブバンド準位を示している。直径約 5 nm 以下 2 nm 以上のワイヤでは、軽い伝導有効質量を持つ unprimed サブバンドの占有率の増加のため、直径の減少が平均注入速度の増加を引き起こす。ここで、細いワイヤで増加する unprimed サブバンドのキャリア縮退も注入速度の向上に役に立った。直径約 2 nm 以下では、キャリア縮退の減少のため、直径の減少が平均注入速度の減少を引き起こす。電子縮退の直径依存は主に volume inversion から起因されたものであり、任意のナノワイヤ MOSFET に関してもその電子縮退のピークが存在することを明らかにした。本研究は NEDO と日本学術振興会特別研究員奨励費の支援を受けたものである。参考文献) [1] Y. Liu, N. Neophytou, T. Low, G. Klimeck, and M. S. Lundstrom, IEEE Trans. Electron Devices **55**, 866 (2008). [2] Y. Lee, K. Kakushima, K. Shiraishi, K. Natori, and H. Iwai, Appl. Phys. Lett. **97**, 032101 (2010). [3] K. Natori, J. Appl. Phys. **76**, 4879 (1994).

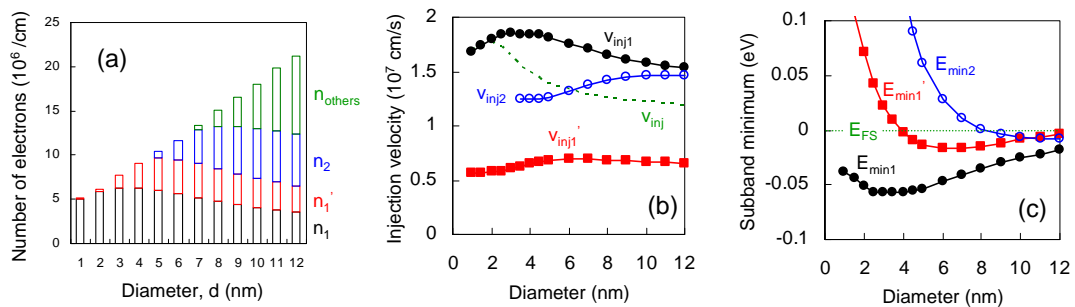


FIG. 1. (a) Diameter dependences of the numbers of electrons occupying the lowest unprimed subband, n_1 , the lowest primed subband, n_1' , the second lowest unprimed subband, n_2 , and others, n_{others} . (b) Diameter dependences of injection velocities associated with the lowest unprimed subband, $v_{\text{inj}1}$, the lowest primed subband, $v_{\text{inj}1}'$, and the second lowest unprimed subband, $v_{\text{inj}2}$. The dotted line indicates average injection velocity, v_{inj} . (c) Diameter dependences of subband minima of the lowest unprimed subband, $E_{\text{min}1}$, the lowest primed subband, $E_{\text{min}1}'$, and the second lowest unprimed subband, $E_{\text{min}2}$, on the basis of source Fermi level, E_{FS} . (Temperature is 300 K, gate overdrive voltage is 0.6 V, and drain voltage is enough to saturate drain voltage)