19p-C8-15

不純物のイオン化エネルギー増大による ナノワイヤトランジスタの電気的特性に与える影響

Effect of Ionization Energy Increase of Phosphorus Dopants in Nanwire Transistors's Electrical characterizations

東工大院理工　電子物理 [1]，慶應大理工　電子工 [2]　東工大 量子ナノ研セ [3]
○黒澤 裕也 [1]，角谷 直哉 [1]，高橋 綱己 [2]，大橋　輝之 [1]，小田　俊理 [3]，内田 建 [1,2]
[i] Dept. Phys. Elec. & [3]QNERC, Tokyo Institute of Technology, [2]Keio University
°Y. Kurosawa[1,2], N. Kadotani [1], T. Takahashi[2], T. Ohashi[1], S. Oda[3], and Ken Uchida[2]
E-mail: kurosawa@ssn.pe.titech.ac.jp

【はじめに】近年，ナノワイヤトランジスタが，その高い短チャネル効果耐性から注目を集めている.微細化が進んだゲートオールアラウンド構造のナノワイヤトランジスタではBulkと比較して,不純物のイオン化エネルギー(E_I)が上昇するなどのため,イオン化率が減少するといった報告例がある[1,2].しかしながら,イオン化エネルギー増大がデバイスの電気的特性へ及ぼす影響はまだ明らかになっていない.そこで本研究では,不純物であるドナー(リン)のイオン化エネルギーの増大が電気的特性に与える影響を明らかにした.

【デバイス構造】シミュレーションに用いたデバイスは図 1 のようなナノワイヤトランジスタである.Bulk におけるリンの E_I は 45meV であることが知られているが[3],ナノワイヤトランジスタにおいて,ワイヤ径(NWD)10nm 程度で E_I が 120meV まで上昇するという報告がある[1].
そこで,E_I の増大のモデルを Extension 部に適用し,シミュレーションを行った.また、チャネルはソース/ドレインと同じく n 型とした.シミュレーションは Synopsys 社の Sentaurus を使用した[4].

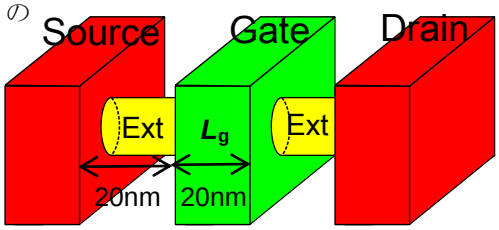

図 1:デバイス図

【結果】
図 2 には，E_I=45meV と E_I=120meV における *Id-Vg* の計算結果を示す. 図 2 から明らかなように E_I 増大のモデルを取り入れると, E_I が 45meV のものより ON 電流が 25%も減少していることが明らかになった.

【結論】E_I 増大のモデルを計算に取り込み,ナノワイヤトランジスタにおける ON 電流が大幅に減少することを定量的に示した.これは,E_I 増大により,電子数が減少し,抵抗が増大したためと考えられる(図 3).この結果は,今後のナノスケールトランジスタの設計をする上で考慮すべき,非常に重要な効果であると考えられる.

【参考文献】
[1] M. Diarra,*et al.*, *Phys. Rev.*, *B*, **75**, p. 1-4, 2007.
[2] H. Schmid,*et al.*, *Nat Nanotechnol.*, **4**, p. 103-107, 2009.
[3] G. Pearson *et al.*, *Phys. Rev.*, **75**, p. 865-883, 1949.
[4]User's Manual for Synopsys Sentaurus Device.

謝辞：本研究は東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、シノプシス株式会社の協力で行われた。内閣府の最先端・次世代研究開発支援プログラムにより助成を受けている.

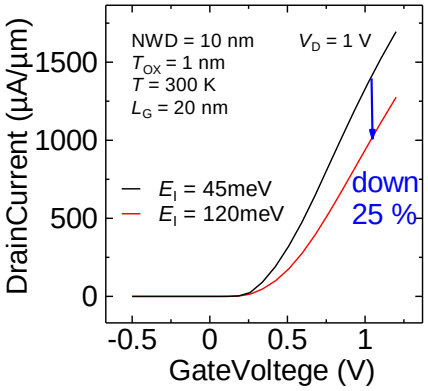

図 2:E_I45meV と E_I120meV における *Id-Vg*

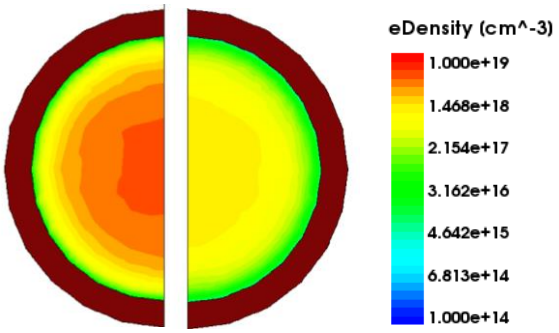

図 3:Extension における電子濃度(左:E_I45meV,右:E_I120meV)

© 2013 年　応用物理学会