18p-A16-10

Si ナノワイヤ MOSFET の正孔移動度の結晶方位および断面形状依存性

Impacts of Orientation and Cross-sectional Shape on Hole Mobility of Si Nanowire MOSFETs

京大院工 〇藤原 寛朗, 森岡 直也, 田中 一, 須田 淳, 木本 恒暢

Kyoto Univ. °Hiroaki Fujihara, Naoya Morioka, Hajime Tanaka, Jun Suda, and Tsunenobu Kimoto E-mail: fujihara@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに Si ナノワイヤ (NW) MOSFET は、短チャネル効果の抑制効果が大きいため、先端 CMOS デバイス応用 に有望である。しかし、Si NW MOSFET におけるキャリアの輸送特性は量子閉じ込め効果などにより極めて複雑 になり、その理解は乏しいのが現状である。Si NW の輸送特性を理解するために、その指標である移動度の結晶 方位および断面形状に対する依存性を知ることが重要である。そこで本研究では、幅の異なる長方形断面を持つ (100)、(110)、(111)、(112) 方位の p チャネルゲートオールアラウンド NW MOSFET を作製し、室温における正 孔移動度の測定結果とバンド構造の計算結果を比較することで、正孔移動度の結晶方位および断面形状依存性を 解析した。

実験および計算手法 {110}面 SOI 基板を用いて、電子線リソグラフィー・反応性イオンエッチ ング・犠牲酸化によりアンドープ NW チャネルを 750 本並列に並べた MOSFET を作製した。NW 幅は 5 ~ 33 nm、NW 高さは 11 nm、NW 長は 1 、1.25、 2 µm の 3 種類である。なお、ゲート絶 縁膜は SiO₂で、厚さは 11 nm である。Fig.1 にゲート酸化前の NW の SEM 像を示す。作製した NW MOSFET における正孔移動度を「double *L*m」法[1]を用いて測定した。また強束縛近似法 (TB) 法[2,3]によるバンド計算を行い、正孔占有率で重みづけ平均した有効質量を計算した。



Fig.1: Top-view SEM image of fabricated Si NWs before gate oxidation.

結果 Fig.2 に高ゲート電界 (N_{inv}=1.0×10¹³ cm⁻²) における正孔移動度のナノワイヤ幅依存
性を示す。(100)、(110)、(112) NW において、幅が 10 nm 以下の領域においても、80 cm²/Vs 以上の移動度を達成した。この移動度は、(100) / {100} および (110) / {100} Si

プレーナ MOSFET における正孔のユニバーサル移動度 (76 cm²/Vs)[4]を超えている。また、NW 幅が広い領域 (NW 幅 > 20 nm) では、(110) NW が最も高い正孔移動度を、(100) NW が最も低い正孔移動度を示した。さらに、NW 幅増大に対する正孔移動度の増加率は(110) > (112) > (110)となることがわかる。Fig.3 に N_{inv} = 1.0×10¹³ cm⁻²における正孔の平均有効質量のナノワイヤ幅依存性を示す。NW 幅が 10 ~ 15 nm の領域では、平均有効質量の大きさが (100) > (112) ≅ (110) > (111) であることがわかる。Fig.2 と Fig.3 を比べると、NW 幅が 10 ~ 15 nm の領域では、伝導に寄与する正孔の平均有効質量が小さくなるほど、NW の正孔移動度が大きくなっており、有効 質量の大小が実測移動度と相関があると言える。

A. Toriumi *et al.*, *Tech. Digest of* IEDM 2006, p.1.
J. M. Jancu *et al.*, *Phys. Rev. B*, **57** (1998) p.6493.
Y. M. Niquet *et al.*, *Phys. Rev. B*, **79** (2009) 245201.
H. Irie *et al.*, *Tech. Digest of* IEDM 2004, p.225.







Fig.3: Width dependences of averaged hole effective mass in rectangular (100), (110), (111), (112) NWs at $N_{\text{inv}} = 1.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$.