

長方形断面 Ge ナノワイヤのフォノン制限電子移動度の断面形状依存性 Impacts of Cross-sectional Shape on Phonon-limited Electron Mobility in Rectangular Ge Nanowires

京大院工 ○田中 一, 森 誠悟, 森岡 直也, 須田 淳, 木本 恒暢

Kyoto Univ. ○Hajime Tanaka, Seigo Mori, Naoya Morioka, Jun Suda, and Tsunenobu Kimoto

E-mail: tanaka@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

背景 近年, Si の材料限界を突破するため, 高い電子および正孔移動度を持つ Ge をチャネル材料に用いた FET が注目されている. これに, 短チャネル効果を抑制でき極限的な微細化が可能なナノワイヤ (NW) 構造を組み合わせることで, 極めて高性能な FET が実現可能と予想される. しかし, Ge NW 中の電子の輸送特性はまだ十分理解されていない.

計算方法 本研究では, 一辺の大きさ (幅) が 2 nm, 他辺 (高さ) が 2 nm から 10 nm の長方形の断面を持つ Ge NW のフォノン制限電子移動度を計算した. 電子とフォノンの状態の計算には, 共に原子論的手法である $sp^3d^5s^*$ 強束縛 (Tight-Binding) 法 [1,2] と原子価力場 (Valence Force Field) モデル [3,4] を用い, ボルツマン輸送方程式を解くことで低電界移動度を求めた. 本研究で検討した NW の方位および側壁面は, [001]/(010)/(100), [110]/(1 $\bar{1}$ 0)/(001), [111]/(1 $\bar{1}$ 0)/(1 $\bar{1}$ 2), [112]/(1 $\bar{1}$ 0)/(1 $\bar{1}$ 1) の 4 種類であり, NW の方位と断面形状が電子移動度に与える影響を解析した.

結果 今回検討した形状の中で, [110]/(001) NW ([001] 方向の高さが大きい断面を持つ [110] NW), [111]/(1 $\bar{1}$ 2) NW, [112]/(1 $\bar{1}$ 0) NW において高い移動度が得られ (Fig. 1), 特に低電子密度領域では [110]/(001) NW が最も高い電子移動度を示した. 一方, 高電子密度領域では [112]/(1 $\bar{1}$ 0) NW が最も高い電子移動度を示した (Fig. 2). これらの構造の Ge NW は n-MOSFET のチャネル材料として適していると予想される. これらの移動度の振舞いを Ge NW の伝導帯構造に基づいて考察し, 量子閉じ込め効果の異方性により生じた, 伝導帯谷の有効質量とエネルギーの違いから説明できることが分かった.

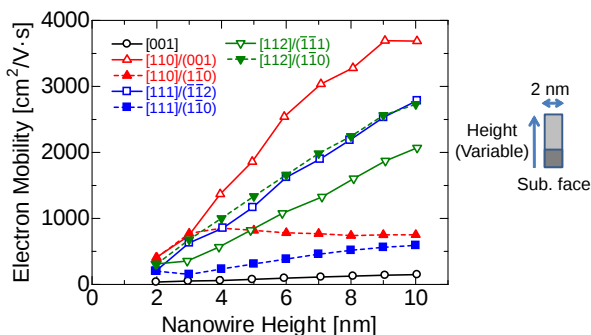


Fig. 1: Height dependence of electron mobility in rectangular cross-sectional Ge NWs with different orientations and substrate faces.

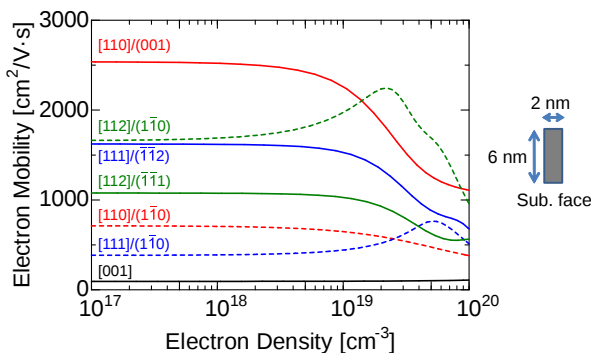


Fig. 2: Electron concentration dependence of electron mobility in 2 nm × 6 nm rectangular cross-sectional Ge NWs with different orientations and substrate faces.

- [1] J. M. Jancu *et al.*, *Phys. Rev. B*, **57** (1998) 6493. [2] Y. M. Niquet *et al.*, *Phys. Rev. B*, **79** (2009) 245201.
[3] P. N. Keating, *Phys. Rev.*, **145** (1966) 637. [4] Z. Sui *et al.*, *Phys. Rev. B*, **48** (1993) 17938.