

長方形断面を有する GaAs ナノワイヤの伝導帯構造の断面サイズ依存性 Impacts of Cross-sectional Size on Conduction Band Structure of Rectangular GaAs Nanowires

京大工 ○田中 一, 森岡 直也, 森 誠悟, 須田 淳, 木本 恒暢

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

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

近年, 高い電子移動度を持つ III-V 族半導体をチャネル材料に用いたナノワイヤ (NW) トランジスタの研究が行われるようになっていく。電子の輸送特性は NW チャネルの伝導帯構造に依存するため, デバイス設計のうえで III-V 族半導体 NW の伝導帯構造の理解が重要である。しかし, III-V 族半導体 NW の伝導帯構造はまだ十分理解されていない。

本研究では, $sp^3d^5s^*$ tight-binding (TB) 法 [1] により, 一辺の大きさが 2 nm から 10 nm の長方形の断面を持つ GaAs NW の伝導帯構造を計算し, 結晶方位や断面形状といった量子閉じ込め条件が, サブバンドのエネルギーシフト (閉じ込めエネルギー) や電子有効質量に与える影響を調べた。本研究で検討した NW の方位および側面は, $[001]/(010)/(100)$, $[001]/(\bar{1}10)/(110)$, $[110]/(1\bar{1}0)/(001)$, $[111]/(\bar{1}10)/(11\bar{2})$ の 4 種類である。さらに, バルク GaAs のフルバンド $E-k$ 分散を用いた一般化有効質量方程式を離散化して数値計算することによっても NW の伝導帯構造を求め (DEME), TB 法の結果と比較することで, NW とバルクの伝導帯構造の関係を調べた。

TB 法による計算の結果, 今回考えた GaAs NW の全てにおいて Γ 谷がエネルギー最小の谷となった。 Γ 谷の閉じ込めエネルギーは, 異なる結晶方位を持つ NW でも断面サイズに対して同様の依存性を示した。一方, Γ 谷の電子有効質量 m^* は, $[001]$ NW では断面サイズが減少すると大きく増加したのに対し, $[111]$ NW では m^* の増加が小さかった (Fig.1 に正方形断面の場合の結果を示す)。また, $[110]$ NW では $[001]$ 方向のサイズが小さくなると m^* が増大する一方で, $[1\bar{1}0]$ 方向のサイズの変化には鈍感であった (Fig.2)。これらの傾向は DEME の解析結果と一致したため, バルク GaAs の Γ 谷の異方性と非放物線性の現れとして理解できる。

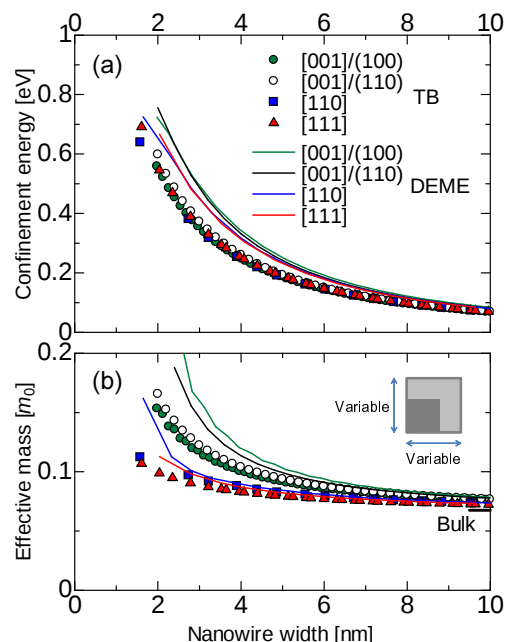


Fig. 1: Width dependence of (a) confinement energy and (b) electron effective mass in square cross-sectional GaAs NWs with different orientation.

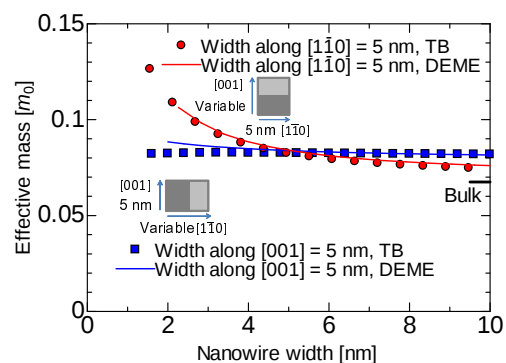


Fig. 2: Width dependence of electron effective mass in rectangular cross-sectional $[110]$ GaAs NWs. The width of one side is 5 nm (constant).

[1] J. M. Jancu *et al.*, *Phys. Rev. B*, **57** (1998) pp. 6493–6507.