29p-PB3-2

多バンド有効質量近似法に基づくトンネル電界効果トランジスタの特性解析

Characteristic analysis of tunnel FET based on multiband envelope function method

神戸大院工 ○永井寛人， 中野貴史， 三好泰諒， 小川真人， 相馬聡文

○Hiroto Nagai, Takashi Nakano, Yasuaki Miyoshi, Matsuto Ogawa, and Satofumi Souma

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Kobe University

従来の MOSFET は微細化加工技術によるサイズの縮小化によってその性能向上を図ってきたが，ゲート長およびチャネル長が短くなるに従って量子効果による閾値電圧の低下や，S 値の増大などの問題が顕在化してきている．これらの問題を回避しつつ FET の更なる性能向上を達成するために，従来とは異なる新構造の FET が考案されている．考えられている新構造の 1 つとして，バンド間トンネル電界効果型トランジスタ（TFET）がある．従来の MOSFET が n-i-n 構造や p-i-p 構造を持つのに対し，トンネル FET は p-i-n 構造を持ち，そこで発生する量子効果であるバンド間トンネリング現象を利用して電流のスイッチングを行うものである．従来の FET においては室温での S 値の限界が 60mV/decade であるのに対し，TFET ではそれよりも小さな S 値，即ちより急峻なスイッチングが期待されており[1]，上記で述べたような MOSFET の微細化に伴う問題を解決するものの 1 つとして注目されている．

バンド間トンネル FET は価電子帯と伝導帯の間の電子の行き来を利用しているため，その特性解析においては通常の MOSFET に対して用いられるような単バンド有効質量近似を用いた解析ができず，これまでは強結合近似などの原子論的なアプローチが多く用いられてきた．しかしながら，原子レベルの計算は計算負荷が大きい事が難点である．一方，計算負荷の軽い手法としては WKB 近似を用いてバンド間トンネル確率を表す方法がよく用いられるが， これは半古典近似であるため，その定量性の検討の為にはより厳密な議論との比較が不可欠である事や，ヘテロ接合界面でのトンネル効果の場合への拡張が自明でない事などが難点である．そこで我々は，計算負荷が軽くバンド間トンネル現象における量子効果を正しく考慮できる手法として多バンド有効質量近似法 [2]に注目し，これを用いたバンド間トンネル FET の解析を行っている．今回は特に，次のハミルトニアン

$$H = \begin{pmatrix} E_c - \dfrac{\hbar^2}{2m_c^*}\dfrac{d^2}{dx^2} + V & -\dfrac{\hbar^2 P}{m_0 E_g}\dfrac{dV}{dx} \\ -\dfrac{\hbar^2 P}{m_0 E_g}\dfrac{dV}{dx} & E_v - \dfrac{\hbar^2}{2m_v^*}\dfrac{d^2}{dx^2} + V \end{pmatrix}$$

で記述されるような，伝導帯，価電子帯の２バンドのミキシングを考慮した 2 バンドモデルを用い，Si ナノワイヤ，InAs ナノワイヤ，CNT 等種々の構造を材料とした場合の特性解析と，原子論的強結合法を用いた場合との比較を行った結果を報告する．

【文献】

[1] S. O. Koswatta, M. S. Lundstorm, and D. E. Nikonov, *Appl. Phys. Lett*. **92**, 043215 (2008).

[2] O. Morandi, and M. Modugno, Phys. Rev. B **71**, 235331 (2005).

© 2013 年　応用物理学会