28p-G7-4

次世代 TCAD (4)　準バリスティックモデルの高精度・高速計算法

High-speed and high-accurate computation methodology for quasi-Ballistic modeling

アドバンスソフト株式会社，　○山口　憲，桑原　桑原　匠史，小池　秀耀

AdvanceSoft Co., Tokyo, Japan　○Ken Yamaguchi, Takuhito Kuwabara, Hideaki Koike

E-mail:yamaguchi@advancesoft.jp

超微細・高集積の道を弛まず進む半導体デバイスはナノメートルのサイズに至り、準バリスティック伝導を十分期待し得る範囲にある。準バリスティック伝導を扱うモデル化はモンテカルロ法またはボルツマン方程式に基づく運動量とエネルギーバランス方程式による流体モデルとなる。いずれもデバイス設計応用を考えるには計算時間の長い欠点がある。

実用的方法論として運動量バランス式(ベクトル量)を解く替りに、電子(または正孔)のエネルギーの関数として移動度を表現する非局所性モデルが有効となる。即ち、

$$\boldsymbol{J}_{\mathrm{n}} = -n\boldsymbol{v}_{\mathrm{de}} = \mu_{\mathrm{n}}(w)n\boldsymbol{E} + D_{\mathrm{n}}(w)\nabla n + \mu_{\mathrm{n}}(w)n\nabla\left(\frac{k_{\mathrm{B}}T_{\mathrm{e}}}{q}\right)$$

$$\mu_{\mathrm{n}}(w) = \frac{q\tau_{\mathrm{me}}(w)}{m_{\mathrm{e}}}, \quad D_{\mathrm{n}}(w) = \frac{k_{\mathrm{B}}T_{\mathrm{e}}}{q}\mu(w)$$

と表現するモデル化である。電子エネルギー(w)についてはボルツマン方程式から導出されるエネルギーバランス式(EB と略記)を数値解析し、緩和係数をエネルギーの関数として表現する。

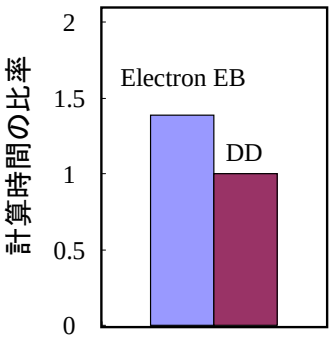

図1．1反復当たりの計算時間比較

前回、緩和係数の高精度・高速推定法[1]を提案したことを基礎に、デバイス解析へ適用した場合の高速性について検討する。まず、1反復計算当りの計算時間を Drift-Diffusion (DD) モデルと比較すると、図1に示す如く、計算時間の増加は 1.5 倍には達していない。但し、エネルギーバランス式は電子または正孔いずれかとし、他は DD モデルとしている。更に、電流―電圧特性をゲートとドレイン電極に対し一筆書きスケジュールで算出した場合の収束回数を図2に示した。挿入図に模式的に示した如く、電流の小さい準オフ状態では収束が悪くなる傾向があるが、電流が流れる通常動作領域で収束の早いことが分かる。即ち、バリスティック効果を期待できるオン状態での計算に有利である。全計算時間の増加は DD モデルと比べ概ね3倍以内であることが分かり、実用性に優れた方法といえる。

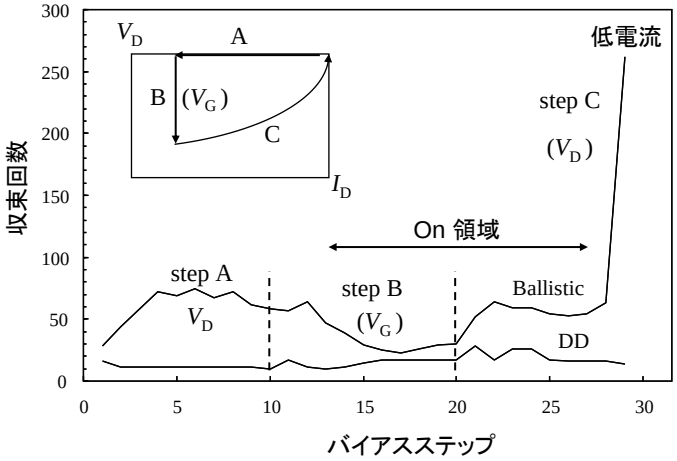

図2．一筆書きバイアススケジュールにおける収束回数

謝辞：本研究は(独)科学技術振興機構 A-STEP プログラムの助成を受けて行われた。また、明治大学 名誉教授 冨沢一隆先生の技術的ご指導・ご討論に深く感謝の意を表します。

参考文献

（1）山口　憲、冨澤　一隆、”MOS 反転層擬２次元電子ガスのバリスティック伝導モデル”，第 56 回応用物理学関係連合講演会、講演予行集第 No. 0 p. 17、講演番号 30p-D-5、 2009 年(平成 21 年)3 月 30 日，筑波大学

© 2013 年　応用物理学会