

# マルチフラックスデバイスシミュレーションの MOSFET 反転層への応用

## Multi-Flux Device Simulation Applied to MOSFET Inversion Layer

産総研 福田浩一、浅井栄大、服部淳一、池上努

AIST, Koichi Fukuda, Hidehiro Asai, Junichi Hattori, and Tsutomu Ikegami

半導体デバイスシミュレーションはポアソン方程式と電子・正孔電流方程式などを解き、内部の物理現象を明らかにし、素子設計に使われている。シミュレーション上は電子・正孔を各メッシュ点での一つの濃度値として扱うが、よりマイクロな描像では MOSFET の反転層には量子閉じ込め効果によりサブバンドが発生し、キャリアはサブバンドに分かれて走行していると考えられている。サブバンドに分かれたキャリア輸送の解析には Poisson-Schrodinger 法と Monte Carlo 法をカップルさせた手法がよく用いられているが、ここでは流体型のデバイスシミュレーションとして最も一般的なドリフト拡散モデルに、マルチフラックス法[1][2]を適用しサブバンド毎の電子流を解くこと、特にドレイン電圧によってチャンネル内が一様でない場合についての検討を行った。

Fig. 1 に示す SOI MOSFET のチャンネルについて垂直方向の短冊を切り、一次元のポアソンシュレーディンガー法によって各サブバンド毎の電子濃度分布を求める。次にその濃度分布を再現する伝導体のシフト量  $\Delta E_c$  を各サブバンドの電流連続式に適用する。サブバンド間散乱に対応する発生再結合項を設けサブバンド間でも電子の遷移が起きるとした。ポアソン方程式、各サブバンドの電子連続の式、および正孔連続の式は自動微分を導入したデバイスシミュレータ Impulse TCAD[3]を用い Newton-Raphson 法によってカップルさせて解いた。Fig. 2 に手法の概念図を示す。

Fig. 3 に Drain に 0.5V、Gate を 0.5V を印加した際のソース側の各サブバンドの電子濃度を示す。Poisson-Schrodinger 法は各位置のフェルミレベルを取り込んで行うため、チャンネル位置に対する閉じ込め効果の度合いを取り込むことが可能である。本手法はドリフト拡散モデルに量子閉じ込めとサブバンドの物理現象を取り込み、閉じ込め効果の位置依存を含めた簡便な解析を可能とした。

[1] K. Fukuda et al., EDISON21 (2019) [2] K. Fukuda et al., JJAP 59SG (2020)

[3] T. Ikegami et al., J. Comput. Electron. 18, 534, (2019).



Fig.1 SOI MOSFET simulated

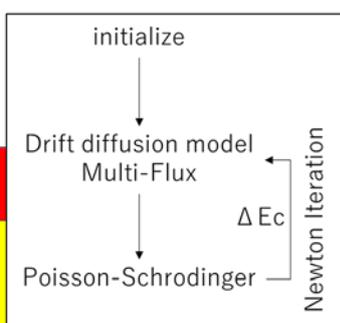


Fig.2 Concept of the method

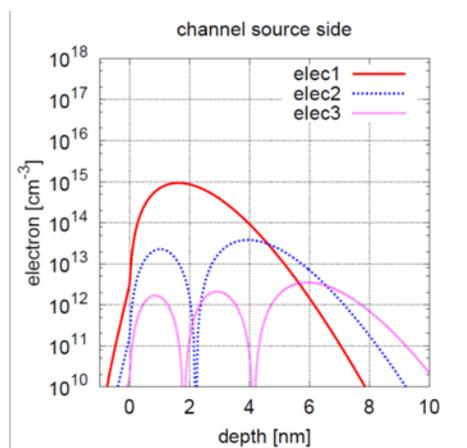


Fig.3 Electron profiles for each subband near the source