

ドリフト拡散シミュレーションにおけるキャリア移動度の 離散不純物モデル依存性

Carrier Mobility Evaluated from Various Discrete Dopant Models in Drift-Diffusion Simulations

筑波大電物 ○井上 和総, Lim Min Chong, 植田 暁子, 佐野 伸行

Inst. Appl. Phys, Univ. of Tsukuba ○Kazusa Inoue, Lim Min Chong, Akiko Ueda, Nobuyuki Sano

E-mail: inoue@hermes.esys.tsukuba.ac.jp

【はじめに】微細化に伴い、デバイスサイズは今やナノスケールに至っている。特に、特性ばらつきに対応するための確保すべき信頼性マージンが増加しており、特性ばらつきが集積化における喫緊の課題となっている。ナノスケールデバイスでは、デバイス領域内の不純物の離散性がばらつきの主要因となっている。ばらつきの考察では統計的な検討が必要となるが、計算時間で優位性を持つドリフト拡散シミュレーションに適切な離散不純物モデルの構築あるいは同定が最重要となる。以前、シミュレーションに用いる離散不純物モデルの違いにより、移動度が過小評価される可能性を報告した (Fig.1)。本報告では、移動度が本質的に重要となる過渡特性等に注目し、移動度の観点から離散不純物モデルの最適性を検討する。

【計算手法】基盤ドナー不純物濃度が 10^{19}cm^{-3} の Gate-all-around (GAA)型 Junctionless-FET 構造に対して、ドリフト拡散シミュレーションを用いて、各離散不純物モデルの違いを過渡特性に注目して評価した。用いた移動度モデルは各離散不純物モデルに応じて人為的な調整を加えず、通常の最適化された移動度モデルを用いた。離散不純物は濃度に応じて Si 基盤内にランダム分布させ、各離散不純物モデルは不純物のつくるクーロンポテンシャルの長距離成分のみ抽出した不純物モデル(MC) [1]、Cloud in Cell 法(CIC)、Nearest Grid Point 法(NGP)を用いた。

【計算結果と考察】用いる離散不純物モデルの違いによる影響を調べるために、過渡特性を検証した。Fig.2 は、チャネル長 20nm、断面積 $10\times 10\text{nm}^2$ の GAA 型 JL-FET に対して、3 種類の異なる不純物分布のもとで各不純物モデルから得られた過渡応答をプロットしたものである。平均より電流値が大きいもの、平均程度のもの、小さいものを抽出した。不純物モデルごとで同じ記号の特性は、同じ不純物配置でシミュレートしたことを示す。JL-FET においては電流はゲート界面ではなく中央を流れるため、表面ラフネスによる散乱よりも不純物散乱に強く電流値は依存する。CIC モデルで生じる移動度の過小評価のために、MC モデルやジェリウムモデルに比較して、電流の大きさ、電流の飽和時間、立ち上がり時間で大きな違いが生じることが

わかる。サンプル数をさらに増やすことで、適切な離散不純物モデルの同定を行う予定である。

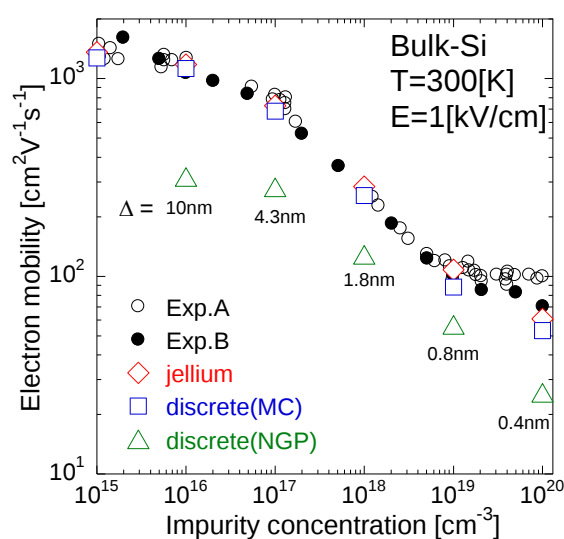


Fig.1 Electron mobility as a function of the impurity concentration in Bulk-Si. Electron mobility by the NGP is greatly underestimated compared with the other results.

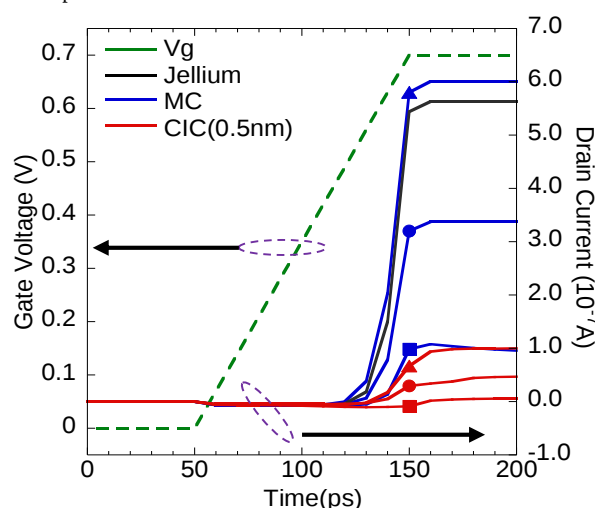


Fig. 2. Transient response of the drain current at $V_d = 0.6\text{V}$ as a function of time in GAA JL-FET. The simulation results for the three different distributions of impurities are shown.

[1] T.Karasawa, ISDRS, p.TP4-02(2009).

[2] N. Sano, et al., IEDM Tech. Digest, p.275 (2000).