

HEMT のセルオートマトンシミュレーションにおける界面電荷の影響

Effects of Interface Charge on Cellular Automaton Device Simulation of HEMT

産総研¹, 富士通² ○福田 浩一¹, 服部 淳一¹, 浅井 栄大¹, 牧山 剛三², 小谷 淳二²

AIST¹, Fujitsu², °Koichi Fukuda¹, Junichi Hattori¹, Hidehiro Asai¹,

Kozo Makiyama², and Junji Kotani²

HEMT の二次元量子化された電子輸送解析において Poisson-Schroedinger 法とフラックス補間型セルオートマトン法の組合せが、高エネルギーのキャリアまで安定して濃度が求まる点で有効である[1]。Poisson-Schroedinger 法で求めたサブバンド毎に電子の運動量空間メッシュを持ち、Fig.1 に示すように電界による加速と各種散乱による分布量の変化を微小時間ステップごとに更新する手法であり、電子の分布関数の経時変化をベースとして、速度オーバーシュートや、Upper Valley の影響を含んだドリフト速度や各種緩和時間を求めることが可能である。

HEMT ではヘテロ接合、例えば AlN / GaN の接合でピエゾ分極による電荷を考慮することが一般的である[2]。電荷量は膜厚や実験条件などの影響を受けるが、上層 AlN とアクティブ層 GaN の界面に一般的には正電荷が発生すると言われている Fig. 2 は界面に電荷がなく、ゲート基板間電圧を 3 V にしたもの、Fig. 3 は界面に 2.7×10^{13} [1/cm²] の正電荷を置き、ゲート基板間電圧を 0 V にした場合の、膜厚が 10 nm の AlN / GaN / AlN 構造での、4 つのサブバンドのエネルギー準位とキャリア濃度を示したものである。界面電荷量の影響は大きく、ゲート電圧が小さくても 2DEG 濃度が大きく、また Fig. 2 で見られた AlN 層左方への浸み出しが抑制されている。また電子濃度の差により、Fig. 3 の 2DEG では伝導帯エネルギーの曲がりが大きくなり、その結果サブバンドのエネルギー差も拡大している。

これらのように本手法を用いることで、電荷の影響、各サブバンド濃度分布への影響、それらのバンドプロファイルへの影響などを見ることが可能であり、基本的な実験との比較と詳細な考察が可能になる。

本研究の一部の成果は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けたものです

[1] 福田,服部,浅井,牧山,小谷 応用物理学会秋季学術講演会 20a-PB3-1 2019.

[2] O. Ambacher, et al., JAP 2000.

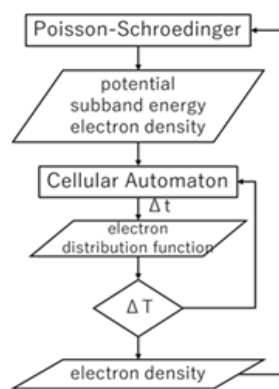


Fig. 1 Arigorithm of the proposed method.

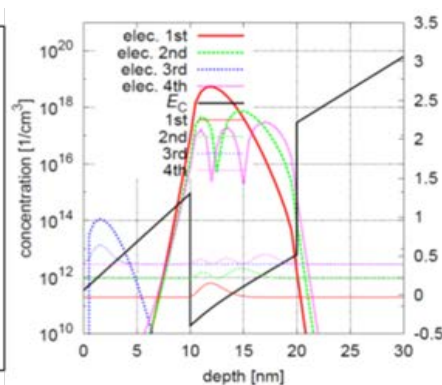


Fig. 2 No interface charge $V_G = 3$ V

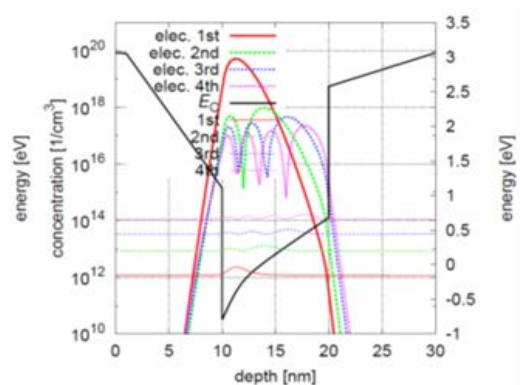


Fig. 3 With interface charge $V_G = 0$ V