

各種チャネル材料を用いた III-V DG MOSFET の特性解析

Comparative Study on III-V DG MOSFETs with Various Channel Materials

東理大院基礎工 〇大濱 諒子, 西田 明央, 藤川 紗千恵, 藤代 博記

Tokyo University of Science, 〇Ryoko Ohama, Akio Nishida, Sachie Fujikawa, and Hiroki I. Fujishiro

E-mail: j8113609@ed.tus.ac.jp

はじめに：Si MOSFET の微細化限界が近づきつつある現在、微細化に依らない性能向上の実現のため、III-V 族化合物半導体をチャネル材料に用いた III-V MOSFET が検討されている。前回我々は量子補正モンテカルロ(MC)法を用いて、InGaAs をチャネル材料に用いた InGaAs DG-MOSFET における形状効果を解析した[1]。本研究では、 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$, GaAs, InP をチャネル材料に用いた III-V DG MOSFET の電子輸送特性を解析し、特性比較を行ったので報告する[2]。

解析手法：バンド構造は非放物線性を考慮した解析的な近似により扱い、 Γ , L , X の 3 谷を考慮した。実効ポテンシャル法により量子輸送を近似した[3]。また電子の分布関数を用いて終状態の決定を制限することにより、縮退効果を考慮した[2]。散乱機構は音響フォノン、有極性光学フォノン、非有極性光学フォノン、イオン化不純物、合金、プラズモン及び衝突電離を考慮した。

デバイスモデル：図 1 に解析に用いた III-V DG MOSFET の断面構造図を示す。ゲート酸化膜に Al_2O_3 (1 nm)、チャネル層に $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$, GaAs, InP (10 nm) を使用した。ゲート長は 30 nm、ソース・ドレイン領域のドナー濃度は $2.0 \times 10^{25} \text{ cm}^{-3}$ とした。

解析結果： I_{ds} は InP, InGaAs, GaAs の順に高い値を示した (図 2)。 I_{ds} はボトルネック電子濃度 n_b と平均電子速度 v_s の積で与えられることから、 I_{ds} を n_b と v_s に分離して解析を行った。まず n_b は、低 V_{gs} では InP, GaAs, InGaAs の順に高い値を示した (図 3)。これは電子有効質量 m^* の大きさに従っており、 m^* が大きいほど DOS キャパシタンス C_{DOS} が大きく、結果としてゲートキャパシタンス C_g が大きいことを示している[4]。一方、高 V_{gs} では GaAs, InP, InGaAs の順に高い値を示した。これは GaAs における Γ 谷と L 谷とのエネルギー差 $\Delta E_{\Gamma L}$ が小さく、電子の L 谷占有率が増加して m^* が増加したことによるものである。

次に v_s は、低 V_{gs} では InGaAs, GaAs, InP の順に高い値を示した (図 4)。これは電子有効質量 m^* の大きさに反比例しており、 m^* が小さいほど注入速度 v_{inj} が大きいことを反映している。一方、高 V_{gs} では InGaAs と GaAs で v_s が低下した。InGaAs における v_s の低下は、チャネル内の合金散乱とドレイン領域からのリバウンドによるものである。GaAs における v_s の低下は L 谷内の伝導により m^* が増加して v_{inj} が低下したことによるものである。結果として、InP で最も大きい I_{ds} が得られた。

謝辞：本研究は、科研費基盤研究(A)の助成、及び、東京理科大学総合研究機構先端デバイス研究部門(ADL)の援助を受けた。

参考文献

- [1] K.Hasegawa *et al.*, Abstracts of 73th JSAP, 2012, 14-108.
- [2] A.Nisida *et al.*, Abstracts of 40th ISCS, 2013, MoPC-02-04.
- [3] T.Homma *et al.*, Phys. Status Solidi C 9 (2011) 346.
- [4] M.J.Rodwell *et al.*, Proceedings of 22nd IPRM (2010) p.25.

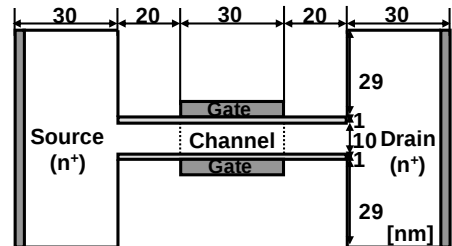


図 1 III-V DG MOSFET の断面構造図

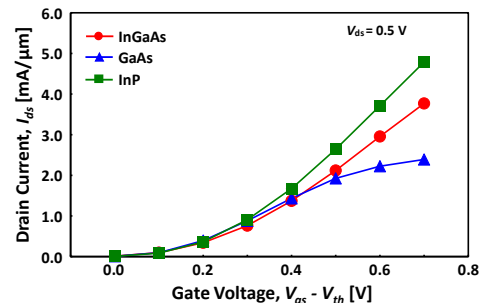


図 2 I_{ds} の ($V_{gs} - V_{th}$) 依存性

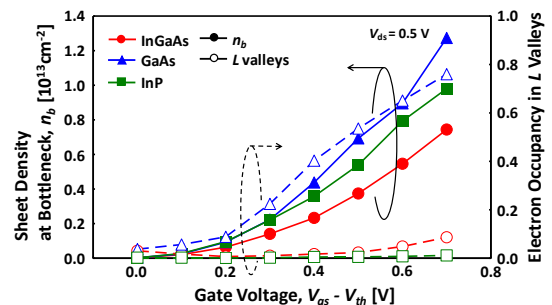


図 3 ボトルネック電子濃度 n_b と L 谷占有率の ($V_{gs} - V_{th}$) 依存性

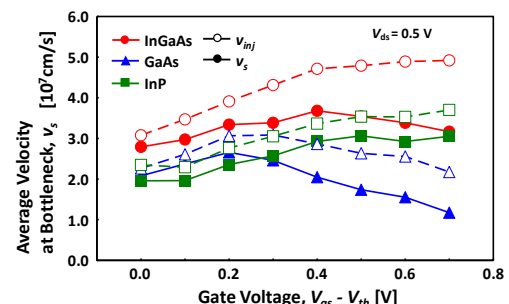


図 4 ボトルネック平均電子速度 v_s と注入速度 v_{inj} の ($V_{gs} - V_{th}$) 依存性