

GaInSb チャンネル HEMT 構造の ゲート・チャンネル間距離パラメータが電気的特性に与える影響

Effect of Gate-Channel Distance Parameters on Electrical Properties of GaInSb Channel HEMT Structure

岸本 尚之, 遠藤 勇輝, 林 拓也, 平岡 瑞穂, 町田 龍人, 遠藤 聡, 藤代 博記(東理大基礎工)

° N. Kishimoto, Y. Endoh, T. Hayashi, M. Hiraoka, R. Machida, A. Endoh, H. I. Fujishiro
(Tokyo Univ. of Science) E-mail: 8115053@ed.tus.ac.jp

はじめに: HEMT の高周波特性向上には、III-V族化合物半導体で最も小さな電子有効質量 (m^*) を有する InSb をチャンネル層とした HEMT 構造が有望である。しかしながら、我々が以前報告した $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}/\text{InSb}$ HEMT における伝導帯不連続 (ΔE_c) は 0.27 eV 程度と小さく、シートキャリア濃度 (N_s) は $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 程度に留まる[1]。一方、GaInSb をチャンネル層とした $\text{AlInSb}/\text{GaInSb}$ HEMT 構造は InSb と比較して m^* は大きい、 ΔE_c を 0.48 eV 程に大きくすることが可能であり、 N_s は $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 以上確保できる[2]。加えて、HEMT の高周波特性向上にはゲート長の微細化と合わせて、ゲート・チャンネル間距離 (d) を短縮するスケールリングが必要である。本研究では、 $\text{AlInSb}/\text{GaInSb}$ HEMT 構造において d に影響するパラメータであるチャンネル層膜厚 (d_c) 及びスペーサ層膜厚 (d_s) を変化させて電気的特性を評価した。

実験: Fig. 1 に、分子線エピタキシー法により半絶縁性 GaAs(100)基板上に成長した $\text{AlInSb}/\text{GaInSb}$ HEMT 構造を示す。我々が以前報告したステップバッファ層構造[1][2]を応用し、 AlInSb バリア層の Al 組成比を 0.40、 AlInSb バッファ層の Al 組成比を 0.25 とした。 $\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$ バリア層は $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$ バッファ層から引張歪を受けるが、GaInSb チャンネル層は Ga 組成比を 0.22 とすることで $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$ バッファ層とほぼ格子整合し、無歪で成長させることが可能である。これにより ΔE_c を大きく保ちながら m^* を小さくすることが出来る。ここで、 d_c を 10、15、20 nm、 d_s を 3、5 nm と変化させ、計 6 つの試料を作製した。ホール効果により $\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}/\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$ HEMT 構造の電子移動度 (μ)、 N_s 、シート抵抗 (R_s) を測定した。

結果と考察: Fig. 2 に、 N_s の関数としてプロットした $\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}/\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$ HEMT 構造の μ 及び定 R_s 曲線を示す。 d_c を短縮すると μ 及び N_s は減少し、 R_s は増大した。 μ の減少はラフネス散乱の顕在化、 N_s の減少はサブバンド準位が上昇し最大 2 次元電子ガス濃度が減少したことによる影響であると考えられる[3]。また、 d_s を短縮すると μ は減少、 N_s は増大した。 μ の減少はリモートクーロン散乱の増大[4]、 N_s の増大はドーブ領域からチャンネル層へ電子注入が容易になったためであると考えられる。 d_s の短縮により R_s が減少したことから、 d_s の薄膜化は有効な手段であると示唆される。一方、 d_c の短縮により顕著な μ の減少が見られず、 R_s の増大はあまり大きくなかった。 R_s は $d_c = 20 \text{ nm}$ において $176 \Omega/\square$ 、 $d_c = 10 \text{ nm}$ において $211 \Omega/\square$ であった ($d_s = 3 \text{ nm}$)。今後デバイスを作製し、高周波特性への影響を評価する予定である。

参考文献 [1] K. Isono *et al.*, Proc. CSW2016, WeD1-5. [2] K. Osawa *et al.*, Proc. CSW2018, We5PP-RF.14.

[3] T. Enoki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **33**, p. 798 (1994). [4] T. Ando, J. Phys. Soc. Jpn. **51**, p. 3900 (1982).

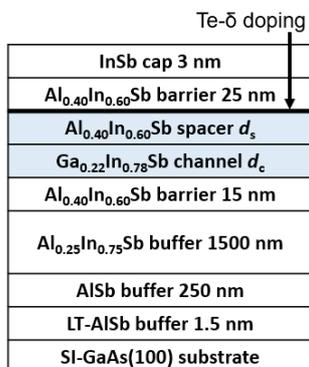


Fig. 1. Schematic cross-sectional view of $\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}/\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$ HEMT structure ($d_c = 10, 15$ and 20 nm , $d_s = 3$ and 5 nm).

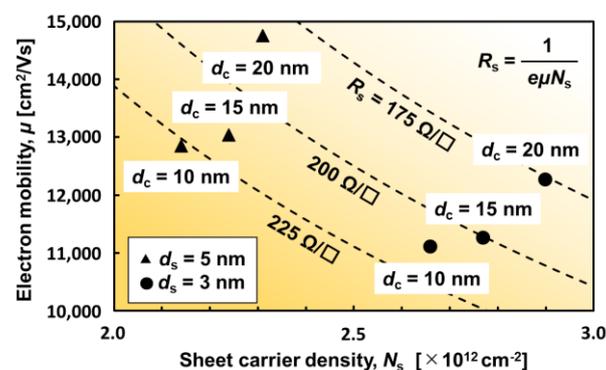


Fig. 2. Electron mobility of $\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}/\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$ HEMT structure plotted as a function of sheet carrier density. R_s is given by the equation in the figure, and e is elementary charge.