InSb/Ga_{0.35}In_{0.65}Sb 複合チャネル構造の電気的特性の評価 Electron transport properties of InSb/Ga_{0.35}In_{0.65}Sb composite channel structure 岩木拓也,原田義彬,竹内淳,遠藤勇輝,藤川紗千恵,藤代博記(東理大基礎工) T.Iwaki, Y.Harada, J.Takeuchi, Y.Endoh, S.Fujikawa, H.I.Fujishiro (Tokyo University of Science) E-mail: 8113007@ed.tus.ac.jp

はじめに: これまでに報告されている高電子移動度トランジスタ(HEMT)の最も高い遮断周波数 (f_r) は、InAs をチャネルに用いた 725 GHz である^[1]。一方、III-V 族半導体の中で最も高い電子移動度 (μ)を示す InSb をチャネルに用いることにより,さらなる高周波帯化を図る研究も行われている^[2,3]。 しかし、InSb HEMT の f_r はまだ InAs HEMT に及んでいない。原因として、InSb の電子有効質量(m^*) が小さく電子状態密度(DOS)が低いために、シートキャリア濃度(N_S)が低く電流駆動能力が低いと いう問題が挙げられる^[2]。 N_S を増やすためには、AlInSb バッファ層の Al 組成比を増加させて量子 井戸を深くすることが有効であるが、InSb チャネルに印加される圧縮歪みも増加するため、十分な 臨界膜厚を得ることができない。さらに、 m^* が小さいほどラフネス散乱も増大する^[4]。そこで本研 究では、チャネルに GaInSb を用い、 m^* が InAs と InSb の間になるように Ga 組成比を設計すること により、高い μ を維持しながら、深い量子井戸と高い DOS を実現し、 N_S を増加させることを考え た。さらに、InSb との複合チャネルにより、 μ の向上を図った。

<u>実験</u>:図1に、MBE法によりGaAs(100)基板上に成長したInSb/GaInSb 複合チャネル構造の層構造 を示す。AlInSb バリア・バッファ層のAl 組成比を0.40 とし、GaInSb サブチャネル層のGa 組成比 を AlInSb とほぼ格子整合する 0.35 とした。またトータルのチャネル層厚を 20 nm とし、上下の GaInSb サブチャネル層厚の比率を2:3 に固定して、InSb チャネル層厚(d_{InSb})を臨界膜厚 10 nm ま で 0、1、3、5、7、10 nm と変化させた。図2に、InSb、Ga_{0.35}In_{0.65}Sb、InAs の m^* の歪み率(ε_{\parallel})依 存性を示す。図中、HEMT 構造で印加される ε_{\parallel} を矢印で示す。Ga_{0.35}In_{0.65}Sb の m^* は、圧縮歪みの影 響下にある InAs と InSb の間に位置することがわかる。チャネル層付近の成長温度は 455 °C とし た。作製した試料は、ホール効果測定により電気的特性を評価した。

<u>結果</u>: 図 3 に、 d_{InSb} を変化させたときの $N_S \ge \mu$ の依存性を示す。InSb チャネル層を導入していない GaInSb チャネル層のみの μ は 12,586 cm²/Vs、Ns は 2.15×10¹²/cm² であった。InSb チャネルを導入する $\ge \mu \ge Ns$ が増加し、その後、減少した。 μ のピーク値は、 $d_{InSb} = 3$ nm における 13,284 cm²/Vs であった。その時の Ns は 2.27×10¹²/cm²、シート抵抗値 (Rs) は 207 Ω /□であった。InSb HEMT^[5] と比較すると、Ns は 214.2%増、Rs は 37.2%減となった。InSb チャネル層の導入により見られた μ の増加と Nsの減少は、 m^* の減少によるものと考えられる。一方、臨界膜厚以下でも μ が減少したことが示唆される。

謝辞:本研究の一部は、JSPS 科研費 60339132 の補助によって行われた。

参考文献: [1] X.B.Mei *et al.*, Proc. CSW2015, Mo3E1.1. PP.20-21. [3] T.Ashley *et al.*, Proc. DRC2006, pp201. [5] K.Isono *et al.*, Proc. CSW2016,WeD1-5. [2] Y.Nagai et al., Proc. IPRM2013, We-2E.4.[4] S.Hatushiba et al., Proc. CSW2015, TH1GM8.4, pp.212.



Fig. 2 Relationship between effective mass (m^*) and strain ratio $(\varepsilon_{\parallel})$. Arrows indicate ε_{\parallel} in this work and refs.[1,5].

Fig. 3 Dependence of sheet carrier density (N_s) and mobility (μ) of composite channel structure. Arrows indicate μ and N_s of InSb HEMT in ref.[5].

Fig. 1 Schematic layer structure

of InSb/Ga_{0.35}In_{0.65}Sb composite

channel structure.