

InSb HEMT 作製におけるプロセスダメージの検討

A Study on Process Damage during Fabrication of InSb HEMT

東理大院基礎工¹, 情報通信研究機構² ○前田章臣¹, 辻大介¹, 竹鶴達哉¹, 藤川紗千恵¹,
藤代博記¹, 渡邊一世², 山下良美², 遠藤聡², 原紳介², 笠松章史²

Tokyo University of Science¹, National Institute of Info. & Com. Tech.²

○T. Maeda¹, D. Tsuji¹, T. Taketsuru¹, S. Fujikawa¹, H. I. Fujishiro¹, I. Watanabe², Y. Yamashita²,
A. Endoh², S. Hara² and A. Kasamatsu² E-mail: 8113637@ed.tus.ac.jp

はじめに: 狭バンドギャップ半導体である InSb は III-V 族半導体の中で最小の電子有効質量をもつ。そのため、InSb をチャネルとする高電子移動度トランジスタ (High Electron Mobility Transistor: HEMT) はミリ波・サブミリ波帯 (30 GHz~3 THz) で動作可能な高周波・低消費電力デバイスとして期待されており、ゲート長 (L_g) 85 nm の InSb HEMT で遮断周波数 (f_T) 340 GHz が報告されている^[1]。しかし、InGaAs/InAs/InGaAs をチャネルとする HEMT ($L_g = 60$ nm) では $f_T = 710$ GHz が報告されており^[2]、InSb のもつ物性を HEMT に十分に発揮できていない。また、これまで我々は量子補正モンテカルロ計算により、InSb HEMT は THz 領域で動作可能であることを報告したが^[3]、 $L_g = 30$ nm の InSb HEMT において $f_T = 114$ GHz で、かつドレイン電流があまり高くないという問題点があり、プロセス条件の最適化が必要とされる^[4]。そこで、HEMT の DC および高周波 (RF) 特性に大きく関わるゲート電極形成前に行うプラズマ処理である反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching: RIE) に着目した。本報告では、InSb HEMT 作製プロセスにおける RIE によるプロセスダメージについて検討した。

実験・結果: 図 1 は、プロセスダメージの評価に用いたホール測定試料 (5 mm 角) の断面構造で、(100) GaAs 基板上に MBE 法により成長した。InSb HEMT 作製プロセスにおいて、RIE は Te-InSb キャップ層上の SiO₂ 保護膜のドライエッチングに用いられる。なお、SiO₂ 膜は TEOS (Tetraethyl orthosilicate) を用いた CVD にて成膜された。プロセス中の RIE によるダメージを疑似的に評価するため、図 1 の試料を RIE した後、ホール測定を行った。RF 出力 100 W の条件下で RIE (CF₄: 30 sccm, 4.0 Pa) を行った結果、シート抵抗 (R_s) は 101 $\Omega/\square$ から 442 $\Omega/\square$ に増加した。これは主にシートキャリア濃度 (N_s) が $9.3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ から $1.8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ に減少したためである。 N_s 減少原因は、SIMS 分析によれば、SiO₂ 成膜前には未検出であったフッ素 (F) が、SiO₂ の CVD 成膜プロセス以降に SiO₂ 膜、Te-InSb キャップ層および AlInSb バリア層内部に混入し (図 2)、更に RIE 時に混入した F が、エピ構造中のキャリアを捕獲したため N_s が減少、 R_s が増加したものと考えられる^[5]。次に、RIE 時の RF 出力と R_s の関係について調べた。図 3 は SiO₂ 膜の RIE 処理時間と R_s の関係を示し、RF 出力は 100、25 および 10 W である。なお、図 3 の赤丸は膜厚 30 nm の SiO₂ を完全除去する時間を示しており、RF 出力による処理時間の差はエッチングレートが異なるためである。RF 出力低減により、F によるキャリア捕獲は減少し、10 W では R_s は RIE 処理前の値とほとんど変わらなかった。したがって、RF 出力を 10 W に下げることにより、RIE によるプロセスダメージをほぼ抑制できることが分かった。

参考文献:

- [1] T. Ashley *et al.*, Proc. DRC2006, pp. 201 [2] E.-Y. Chang *et al.*, APEX, **6**, 034001 (2013)
[3] 長井他、第 74 回秋季応物 19p-D7-2 (2013) [4] 高橋他、第 60 回春季応物 29a-G11-4 (2013)
[5] 早藤他、応用物理 第 66 巻 第 2 号 pp.151-155 (1997)

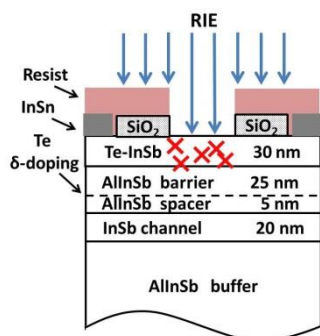


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of InSb HEMT.

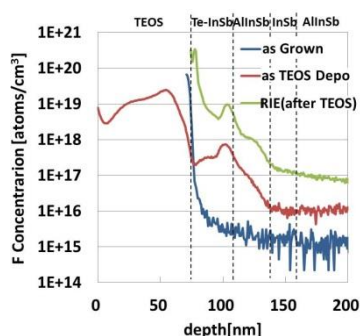


Fig. 2 SIMS profiles of fluorine atoms in InSb HEMT structure.

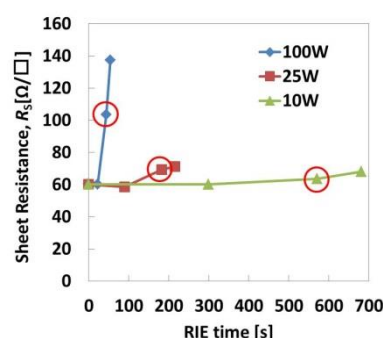


Fig. 3 Sheet resistance dependence on RIE time under RF power of 100, 25 and 10 W.