

高正孔濃度 GaAsSb コンタクト層を有する GaAsSb/InGaAsSb ベース DHBT の MOCVD 成長

MOCVD of GaAsSb/InGaAsSb-base DHBTs with highly-doped GaAsSb contact layer

1) NTT 先端集積デバイス研究所, 2) NTT デバイスイノベーションセンタ

○星拓也¹⁾, 柏尾典秀²⁾, 杉山弘樹¹⁾, 横山春喜¹⁾, 栗島賢二¹⁾, 井田実¹⁾, 松崎秀昭¹⁾

1) NTT Device Technology Labs., 2) NTT Device Innovation Center

○T.Hoshi, N.Kashio, H.Sugiyama, H.Yokoyama, K.Kurishima, M.Ida, and H.Matsuzaki

E-mail: hoshi.takuya@lab.ntt.co.jp

【はじめに】我々は、簡便な組成傾斜 InGaAsSb ベースの形成法として CBr₄ 流量変調法^[1]を提案し、ベース/コレクタ厚 30/100 nm の DHBT において、500 GHz 以上の電流利得遮断周波数(f_T)と 5 V 以上の耐圧の両立を実現した^{[1][2]}。この技術を応用し、さらに最大発振周波数(f_{max})を向上させるには、ベース抵抗低減が必要ある。Rodwell らのグループは、InGaAs ベースの、エミッタに近い 2 – 5 nm の領域をパルス的に $1 - 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度ドーピングし、HBT のベースコンタクト抵抗を低減することで、1 THz 以上の f_{max} を報告している^[3]。しかし、同手法を InGaAsSb ベース DHBT に適用する場合、固相 In 組成とドーピング濃度とのトレード・オフ関係のため^[4]、高正孔濃度 InGaAsSb 層の形成が容易でない。そこで今回、パルスドーピングに替わるコンタクト抵抗低減手法として、高正孔濃度化しやすい GaAsSb コンタクト層を有する GaAsSb/InGaAsSb ベース構造を提案し、その MOCVD 成長技術について報告する。

【実験結果と考察】n 型 InP/InGaAs サブコレクタ、n 型 InP コレクタ(100 nm)、GaAsSb(3 nm)/組成傾斜 InGaAsSb ベース(17 nm)、n 型 InP エミッタ(20 nm)、および n 型 InGaAs コンタクトキャップよりなる HBT 構造を MOCVD により 3 インチ半絶縁 InP 基板上に成長した。Fig. 1 に、今回提案するベース構造形成時の原料供給シーケンスを示す。InP コレクタの成長および成長中断の後に、まず CBr₄ 流量変調法により組成傾斜 InGaAsSb を形成する。その後、In 原料(TMIn)の供給を停止することで、成長中断で GaAsSb を形成する。このとき、GaAsSb の固相組成は、① III 族原料供給比($R_{III} = [\text{TMIn}]/([\text{TEGa}]+[\text{TMIn}])$)の減少に伴う固相 Sb 組成の増大と、② V/III 比および③ III 族原料に対するドーピング原料の供給比($R_C = [\text{CBr}_4]/([\text{TEGa}]+[\text{TMIn}])$)の増大に伴う固相 Sb 組成の減少とのバランスによって制御することができる。Fig. 2 に示したのは、ベース層形成時の条件にて成長した C ドープ InGaAsSb 薄膜の X 線回折測定結果である。B-C 界面形成時の CBr₄ 流量を 1 としたときの CBr₄ の流量を r_{CBr_4} と定義する。C ドープ InGaAsSb は r_{CBr_4} の増大に伴い固相 In・Sb 組成が減少し、回折ピークは高角側にシフトした。また $r_{\text{CBr}_4} = 1.78$ において、TMIn を供給せず、それ以外の原料の供給量を InGaAsSb と同一の条件で GaAsSb を成長したところ、固相 Sb 組成は 0.32 であった。このとき正孔濃度は $8.9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、コンセプト通り、組成傾斜 InGaAsSb(平均正孔濃度: $p \sim 6.9 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)よりも高い値が得られた。本ベース構造を適用したエミッタ幅 0.25 μm の DHBT を、SiN/SiO₂ サイドウォールプロセス^[5]により作製し、 $f_T/f_{max} = 509/360 \text{ GHz}$ の良好な特性を達成し、提案構造の有効性を示した。

【参考文献】[1] T. Hoshi *et al.*, APEX **7**, 114102 (2014). [2] N. Kashio *et al.*, EDL **35**, 1209 (2014). [3] M.J.W. Rodwell *et al.*, proc. CSICS2012, p.1. [4] T. Hoshi *et al.*, JCG **380**, 197 (2013). [5] N. Kashio *et al.*, TED **61**, 3423 (2014).

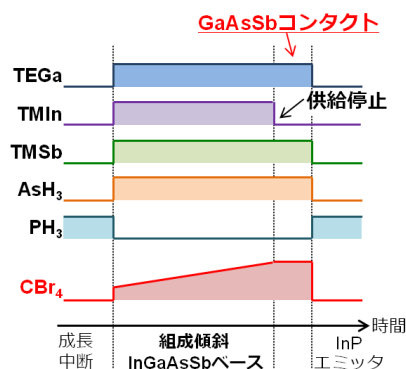


Fig.1 Precursor supply sequence for forming the GaAsSb/InGaAsSb base.

