

基板転写 InP HBT におけるメタルサブコレクタの熱抵抗低減効果

Reduction effect of metal subcollector on thermal resistance for transferred-substrate InP HBTs

日本電信電話株式会社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³, 東京大学⁴

○白鳥 悠太^{1,2}, 星 拓也^{1,2}, 柏尾 典秀^{1,3}, 栗島 賢二^{1,2}, 日暮 栄治⁴, 松崎 秀昭^{1,2}

NTT corporation¹, NTT Device Technology Laboratories², NTT Device Innovation Center³, Univ. of Tokyo⁴

○Y. Shiratori^{1,2}, T. Hoshi^{1,2}, N. Kashio^{1,3}, K. Kurishima^{1,2}, E. Higurashi⁴, H. Matsuzaki^{1,2}

E-mail: shiratori.yuta@lab.ntt.co.jp

InP HBT の高速・高出力化と高信頼性を両立する上では、高注入電流密度化と合わせて放熱特性の向上が重要な課題である。InP HBT の熱抵抗を低減するためには、発熱領域であるコレクタ層直下の放熱性を如何にして向上させるかが鍵となる。そこで我々は、Au を接着層としたウェハ接合技術を用いることで、熱伝導率が高い基板上にメタルサブコレクタ層を介して HBT 構造を形成する手法を提案し、その実現に向けた検討を進めている。これまでに、メタルサブコレクタ HBT の詳細な作製プロセスについて報告し、ウェハ接合プロセスに起因した顕著な素子特性劣化がないことを示してきた[1]。本稿では、0.25 μm エミッタ幅の微細 HBT の熱抵抗評価を行った結果を報告する。

図 1 に試作したメタルサブコレクタ HBT の断面模式図を示す。3 インチ InP 基板上にコレクタコンタクト層が最上層となるように HBT 構造を結晶成長する。今回用いた HBT 構造は InP/GaAsSb/InP DHBT 構造であり、ベースの層厚は 30 nm、ドーピング濃度は $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。その後、InP 基板と (熱伝導率が InP の約 7 倍高い) SiC 基板とを、Au を接着層とした表面活性化接合法によりウェハレベルで接合する。そして、不要となった InP 基板を除去することで SiC 基板上に HBT 結晶層を転写し、0.25 μm エミッタ幅の微細 HBT を作製した。図 1 に示すように、本構造では (熱伝導率が InP の 4.7 倍高い) Au 接着層がコレクタ層と SiC 放熱基板との間に形成されるため、大幅な放熱性の改善が期待できる。

図 2 に作製した 0.25 μm x 4.0 μm エミッタ HBT の SEM 像を示す。図から明らかなように、試作した HBT は素子形成工程にて半導体層の剥離やクラックが生じることなく良好に形成されている。上記 HBT の電気的特性としては、注入電流密度 $J_c = 15 \text{ mA}/\mu\text{m}^2$ のときに、電流利得 $\beta = 10$, 電流利得遮断周波数 $f_t > 300 \text{ GHz}$, 最大発振周波数 $f_{\text{max}} > 400 \text{ GHz}$ となっており、同様の層構造を有する従来の HBT と遜色ない特性が得られている。

図 3 に各エミッタ寸法における熱抵抗値を見積もった結果を示す。比較のために、同じ組成、ドーピング濃度及び層厚のベース/コレクタ層を有する InP 基板上 HBT の特性を黒色で図示している。熱抵抗 R_{th} は、ベース接地状態での投入電力 P に対するベース・エミッタ間電圧 ΔV_{BE} の変化から $R_{\text{th}} = \Delta V_{\text{BE}} / (\phi \cdot P)$ として間接的に求めた。ここで、 ϕ は接合温度に対するオン電圧の変化量を示す係数であり、InP 系 HBT では約 1 mV/K である。何れの素子寸法においても、試作したメタルサブコレクタ HBT は通常の HBT に比べて熱抵抗が減少し

た。特に素子周辺部への放熱効果が相対的に小さいマルチフィンガー型の HBT では約 28% も熱抵抗が減少しており、熱伝導率が高い Au サブコレクタ層による顕著な放熱効果が現れている。

以上のように、試作した HBT は何れの素子寸法においても通常の HBT と比較して熱抵抗が減少していることから、Au ウェハ接合を用いて作製したメタルサブコレクタ HBT 構造は、HBT の放熱性を向上するために有効であることがわかった。

[1] 白鳥ら, 第 75 回秋季応用物理学会学術講演会, 17a-A27-9.

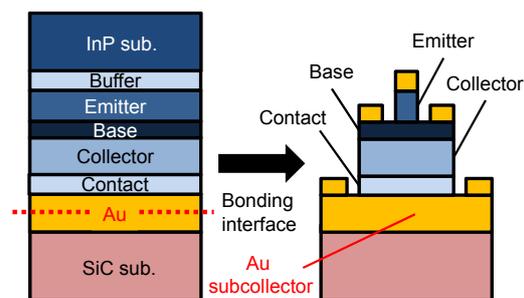


図 1 SiC 基板上メタルサブコレクタ HBT の断面模式図

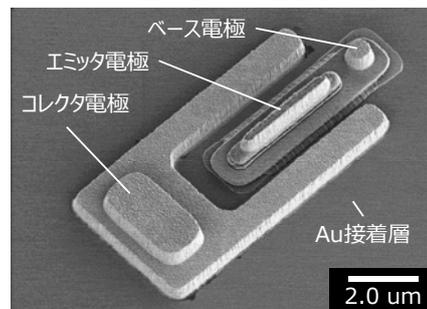


図 2 試作した 0.25 μm x 4.0 μm エミッタ HBT の SEM 像

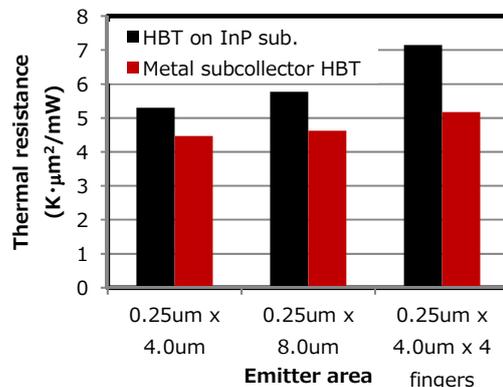


図 3 試作した HBT の熱抵抗 (エミッタ面積で規格化)