i 線ステッパーを用いた 150 nm ゲート AlGaN/GaN HEMT の作製 Fabrication of a 150 nm Gate AlGaN/GaN HEMT Using i-Line Stepper 名大院工¹,名大未来研²,名工大³^O安藤 裕二¹,高橋 英国¹,分島 彰男³,須田 淳^{1,2} Nagoya Univ.¹, Nagoya Univ. IMaSS², Nagoya Institute of Technology³ ^oYuji Ando¹, Hidemasa Takahashi¹, Akio Wakejima³, Jun Suda^{1,2}

E-mail: y-ando@nuee.nagoya-u.ac.jp

第5世代移動体通信システムなどで利用が予定されるミリ波帯の電力増幅器には、ゲート長を 微細化しても高電圧・大電流動作が期待できる GaN-HEMT の性能優位性が見込まれる。しかしな がら、HEMT の微細ゲート形成に通常用いる電子線露光はスループットが低く、基地局用の中・ 大型素子を生産するのには向いていない。電子線露光を用いずに微細パターンを形成する方法と しては、ステッパー露光と寸法制御ベークを組み合わせたサーマルリフロープロセスが開発され GaAs 系 PHEMT などに適用されている^[1]。そこで、今回はミリ波基地局にも対応できる微細ゲー ト形成技術としてこのサーマルリフロープロセスを検討し、GaN-HEMT に適用した。

最初に、半絶縁性 SiC 基板上に MOVPE 法により AlGaN/GaN ヘテロ接合チャネルを形成したエ ピタキシャル基板を用いてゲート開口プロセス検討を行った。サーマルリフロー用フォトレジス トを塗布、i線ステッパープロセスを用いてレジスト開口パターン(最小開口幅:0.4 µm)を形成 した。ここで、サーマルリフロー処理(150℃)による開口パターンの縮小を行ったところ 0.6 um 以上では開口が残っていることを確認した(図1)。次に、同様なエピ基板を用いて HEMT を作製 した。Mo/Al/Mo/Au オーミック電極と SiN 表面保護膜を形成した後、上述のプロセスを用いてレ ジスト開口パターンを形成した。SF6系 ICP ドライエッチングを施すことで SiN 膜に開口パター ンを転写した。最後に、開口部にNi/Auを埋め込んでゲート電極を形成した。断面 STEM 観察の 結果、マスク寸法 0.7 µm の開口パターンにて仕上がり長(Lg)が 0.15 µm のゲート電極が形成でき ることを確認した(図 2)。HEMT の代表的な DC 特性は最大ドレイン電流 Imax が 0.7 A/mm、閾値 電圧 V_{th} が-2 V、ゲートードレイン耐圧 BV_{gd} が 200 V 以上であった。オン状態(V_{ds} = V_{gs} = 0 V)とオ フ状態(V_{ds} = 0 V, V_{gs} = -2.5 V)のSパラメータ(f = 5 GHz)から HEMT の真性ゲート容量 C_{int}を抽出し た。STEM で L_g を実測したデバイスの評価から C_{int}/L_g が0.39 pF/ μ m と見積もられ、この値が一定 であると仮定して Cint の測定値から仕上がり Lgを推定した。マスク上開口が 0.7 μm のデバイスの ウェハ面内分布 (4 インチ×1/4) を調べた結果、仕上がり Lgの平均値は 0.187 µm、標準偏差は 0.030 μm であった(図 3)。ゲート長短縮により小信号利得が増加し、マスク上開口 0.7 μm にて電流利 得遮断周波数(fr) 17 GHz、最高発振周波数(fmax) 78 GHz を得た(Vas = 30 V, Vas = -1 V)。fr と fmax が比 較的低いのは、今回の検討にL帯増幅器を想定したエピ構造とフォトマスクを用いたためである。 基本プロセス条件が確認できたことから、今後はデバイス全体の設計を微細ゲート向けに最適化 する予定である。

本研究は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」事業 JPJ005357 の助成を受けたものである。





Au 149 nm Ni AlGaN GaN 50 nm



Fig.1. Critical dimension of thermally reflowed gates.

of Fig. 2. STEM image of a 150 nm gate.

Fig. 3. Distribution of the completed gate length.