超高圧アニールによるMg拡散を用いた p型ゲートAlGaN/GaN HEMTの閾値電圧制御 Threshold voltage control of p-type gate AlGaN/GaN HEMT using Mg diffusion by UHPA 名大院工¹,名大未来研²,名大VBL³,名大ARC⁴,UNIPRESS⁵ ^o山下隼平¹,渡邊浩崇²,安藤悠人²,田中敦之²,出来真斗^{1,3},新田州吾², 本田善央²,M. Bockowski^{2,5},加地徹²,天野浩^{2,3,4} Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, IMASS Nagoya Univ.², VBL Nagoya Univ.³, ARC Nagoya Univ.⁴, UNIPRESS.⁵ ^o Shunpei Yamashita¹, Hirotaka Watanabe², Yuto Ando², Atsushi Tanaka², Manato Deki^{1,3}, Shugo Nitta², Yoshio Honda², M. Bockowski^{2,5}, Tetsu Kachi², and Hiroshi Amano^{2,3,4}

Email: yamashita.shunpei@k.mbox.nagoya-u.ac.jp

<背景> 分極接合トランジスタの代表的構造であるAlGaN/GaN HEMTはそのヘテロ界面に2次元電 子ガス(2DEG)を形成し、チャネルとして利用するため低損失なデバイスが実現できるが、ノーマリー オフ化が困難である。ノーマリーオフ動作実現の報告例としてリセス構造を形成し、リセス部にp型 窒化ガリウム(p-GaN)を再成長させたものがある[1]. しかしこの手法はリセス形状の最適化や再成長 時の不純物対策をする必要があるためプロセス難易度が高い. その為より簡単なプロセスでp型ゲー トを形成する方法として超高圧アニール(UHPA)によるMg拡散に着目した. 報告によれば結晶成長に よりドーピングされたGaN中のMgがアンドープ層に拡散されることが確認されている[2]. そこで本 研究ではUHPA処理によりMgドープGaN中のMgをAlGaN層内部に局所的に拡散させることでp型ゲー トAlGaN/GaN HEMTの閾値電圧制御を試みたので報告する.

<実験方法> Fig.1に作製したp型ゲートAlGaN/GaN HEMTのデバイス構造を示す. GaN基板上に CarbonドープGaN, アンドープGaN(u-GaN), Al_{0.22}Ga_{0.78}N(40nm), p-GaN([Mg] = 3×10^{19} cm³, 180nm) をMOVPE法により成長させた. ドライエッチングにより素子間分離を行い, さらにゲート部以外の AlGaNを露出させた後にUHPA処理を施した. UHPA条件は高圧窒素雰囲気(1GPa)下で1200℃, 保持時 間を5分または10分とした. その後, Mgをアクセプタとして活性化させるため窒素雰囲気で700℃・60 分間アニールを行った. オーミック電極としてTi/Al/Mo/Au, ゲート電極としてNi/Auを蒸着し, それ ぞれ窒素雰囲気と酸素雰囲気中でシンタリングアニールを行った. パッド電極としてTi/Auを蒸着し てデバイス作製を完了した.

<結果> Fig.2に作製したデバイスの表面SEM像を示す. UHPA処理を施しても素子パターンおよびメサ形状が崩れていないことが確認できた. Fig.3に作製したデバイスの伝達特性(Id-Vgs)を示す. UHPA処理をしていないデバイスに比べてUHPA処理を施したデバイスは約2Vから3Vの閾値シフトが確認された. 今回の結果からUHPAを用いてp-GaN中のMgをAlGaN層内部に局所的に拡散させることは,分極接合トランジスタのノーマリーオフ動作を実現する手段として有効であるといえる.

【謝辞】本研究の一部は,環境省「革新的な省C02実現のための部材や素材の社会実装・普及展開加速化事業(高 効率ユニバーサルパワーコンディショナーを用いた直流グリッドシステムの開発・検証)」に関するも のである.

D

〈参考文献〉

[1] 伊佐ら, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-PA6-27 (2018).

[2] T. Narita et al., J. Appl. Phys., 128, 090901 (2020).



Fig. 1: Schematic cross section of a Fig. 2: SEM images of a fabricated p-gate HEMT. fabricated p-gate HEMT.



Fig. 3: Transfer characteristic of a fabricated p-gate HEMTs with UHPA process