

窒素極性 GaN MIS-HEMT における逆バイアスアニールの効果

Reverse bias annealing in N-polar GaN MIS-HEMTs

東北大集積セ¹, 東北大金研² °末光哲也¹, K. Prasertsuk²,谷川智之², 木村健司², 窪谷茂幸², 松岡隆志²CIES, Tohoku Univ.¹, IMR, Tohoku Univ.², °Tetsuya Suemitsu¹, Kiattiwut Prasertsuk²,Tomoyuki Tanikawa², Takeshi Kimura², Shigeyuki Kuboya², Takashi Matsuoka²

E-mail: t.suemitsu@tohoku.ac.jp

はじめに 窒素 (N) 極性 GaN HEMT は、バックバリアの効果により Ga 極性に比べて強い 2 次元電子ガスの閉じ込めが可能となり、ゲート長の微細化が求められるミリ波帯等の高周波パワートランジスタとしての応用が期待される[1]。一方で、GaN チャネル層が最表面になるため、ゲートの漏れ電流を抑止するためには MIS ゲート構造の導入が必要となる。今回我々は、Ga 極性材料で MIS 構造の安定化が報告されている逆バイアスアニール (RBA) [2, 3] を N 極性材料に初めて適用し、Ga 極性との効果の現れ方に違いを確認したので報告する。

実験 窒素極性 HEMT 構造は、MOVPE 法にて 2 μm の GaN バッファ層、25 nm の $\text{Al}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}$ バックバリア層、および、30 nm の GaN チャネル層をオフ角 0.8° のサファイア基板上に順次成長した。室温での電子移動度およびキャリア密度は、それぞれ 1248 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 、 $1.3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ である[4]。比較対象として同じくサファイア基板上に成長した Ga 極性 HEMT も用意した。MIS ゲート構造用絶縁膜には、PECVD 法にて堆積した 10 nm の SiN を用いた。ゲート長は 10 μm 、ゲート幅は 50 μm である。RBA の条件は、温度 200°C、ソース・ドレイン両電極とも接地、ゲート電圧 -10 V を 1 時間印加である。RBA 前後での電気特性の変化を評価した。

結果と考察 Ga 極性、窒素極性の両サンプル共に、初期状態では HEMT の伝達特性にヒステリシスが見られ、RBA 後にはそのヒステリシスが小さく抑制されていることから、極性にかかわらず RBA の効果を確認できた。しかし、Ga 極性では RBA 前後でドレイン電流の最大値 (I_{dmax}) や相互コンダクタンス (g_m) に変化が見られなかったのに対し、N 極性では I_{dmax} や g_m が約 20% 低下していた。RBA 前後でしきい値電圧が大きく変化していないことから、これらの変化は真性ゲート領域に起因するのではなく、ゲート外部のアクセス領域における寄生抵抗の増加と考えることができる。Ga 極性では最表層に AlGa_{0.32}N バリア層があるため、RBA によってゲート電極から注入された電子はこのバリア層を通過し、MIS 界面から離れた GaN チャネル層を通過してソース・ドレイン電極に流れるのに対し、N 極性では GaN チャネル層が表面にあり、ゲート電極から注入された電子が MIS 界面に接した GaN チャネル層を通過してソース・ドレイン電極に流れる。このため N 極性の方が MIS 界面の深い準位に電子が捕獲されやすく、 I_{dmax} や g_m の低下は、その負電荷による仮想ゲート効果が寄生抵抗を増加させることによって発生すると考えられる。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科研費 (16H04341) および日亜化学工業の支援により実施された。デバイス作製の一部工程は、東北大通研附属ナノ・スピン実験施設にて行った。

[1] M. H. Wong *et al.*, *Semicond. Sci. Technol.*, **28**, 074009, 2013. [2] S. Kaneki *et al.*, *APL*, **109**, 162104, 2016. [3] K. Nishiguchi *et al.*, *JJAP*, **56**, 101001, 2017. [4] K. Prasertsuk *et al.*, *APEX*, **11**, 015503, 2018.

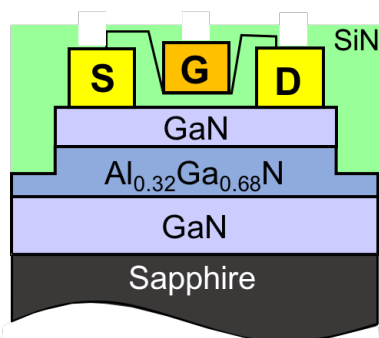


Fig. 1. Schematic cross section of N-polar HEMT

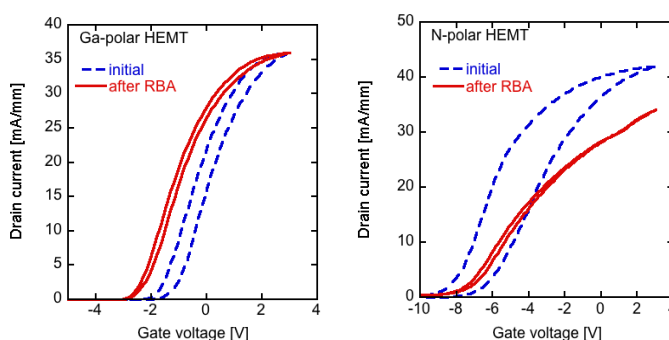


Fig. 2. Double sweep transfer characteristics in Ga-polar (left) and N-polar (right) HEMTs before and after reverse bias annealing (RBA).