

GaN 基板上 GaN-HEMT による高周波増幅器の高効率化 High-Efficiency GaN Power Amplifiers Based on GaN-on-GaN HEMTs

富士通株式会社 ○熊崎 祐介, 多木 俊裕, 小谷 淳二, 尾崎 史朗, 美濃浦 優一, 西森 理人,
岡本 直哉, 佐藤 優, 中村 哲一

Fujitsu Limited, °Yusuke Kumazaki, Toshihiro Ohki, Junji Kotani, Shiro Ozaki, Yuichi Minoura,
Masato Nishimori, Naoya Okamoto, Masaru Sato, and Norikazu Nakamura

E-mail: kumazaki.yusuke@fujitsu.com

窒化ガリウム高電子移動度トランジスタ (GaN-HEMT) は, 高い電子飽和速度と絶縁破壊耐圧を有するため, 高周波増幅器としての応用が進められてきた. 現在は SiC や Si といった異種基板上 GaN-HEMT が主流となっているが, 材料間の格子定数差に起因した結晶欠陥が生成され, 電流コラプス現象を引き起こす. GaN 基板上 GaN-HEMT (GaN-on-GaN HEMT) による電流コラプス現象の抑制効果について報告されているが, RF 増幅特性の優位性を示した報告は少ない. 本研究では, 界面不純物低減により極めて高効率な GaN-on-GaN HEMT を実現したので報告する[1].

図 1 に作製した GaN-on-GaN HEMT の断面模式図を示す. GaN 基板上に Fe ドープ GaN バッファ層, i-GaN チャネル層, i-Al_{0.26}Ga_{0.74}N バリア層, i-GaN キャップ層の順に結晶成長した. SIMS 分析から基板/エピ界面には高濃度の Si 不純物の存在が認められ, 高周波動作時にドレインコンダクタンス g_d の増加が起きていることがわかった (図 2(a)). HF ベースの結晶成長前処理により Si 不純物を低減することで, g_d が低く抑えられることがわかった. これにより, 最大有能電力利得 G_{max} が向上することを見出した (図 2(b)). 図 3(a) に 2.45GHz ISM 帯における入力-出力電力 (P_{in} - P_{out}) 特性を示す. 電力付加効率 (PAE) は最大で 82.8% に達し, その時の出力は 42 dBm (8.7 W/mm) と極めて高効率かつ高出力のデバイスを実現した. これは同周波数帯における異種基板上 GaN-HEMT を凌駕する特性である (図 3(b)).

以上より, 界面不純物低減処理を施した GaN-on-GaN HEMT は高周波増幅器を用いる様々なアプリケーションの省電力化に資するものであるといえる.
謝辞 本研究の一部は, 環境省「GaN 技術による脱炭素社会・ライフスタイル先導イノベーション事業」プロジェクトの支援を受けたものである.

[1] Y. Kumazaki *et al.*, Appl. Phys. Express, 14 (2021), 016502.

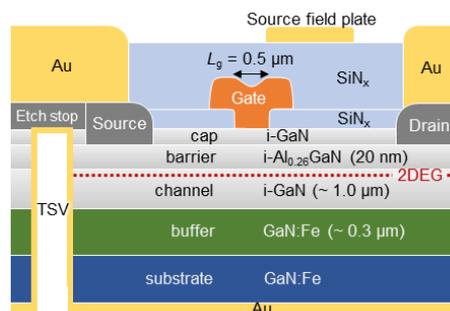


Fig. 1. Cross-sectional diagram of GaN-on-GaN HEMTs.

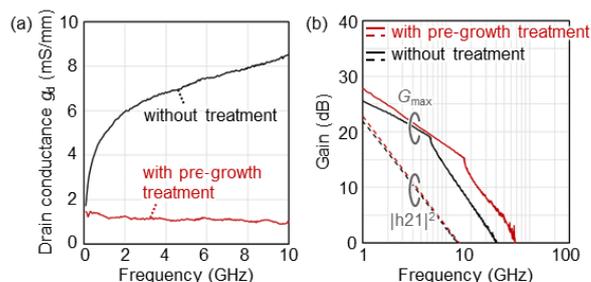


Fig. 2. (a) Drain conductance g_d and (b) Small-signal characteristics of GaN-on-GaN HEMTs.

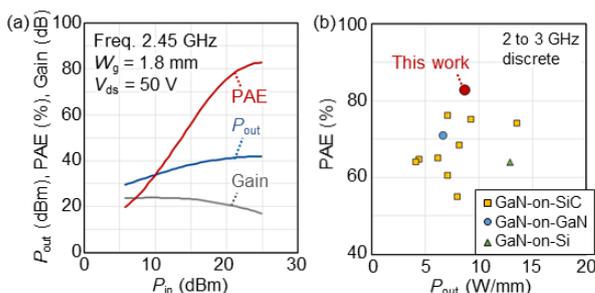


Fig. 3. P_{in} - P_{out} characteristics of GaN-on-GaN HEMTs at 2.45 GHz, and (b) Performance Comparison.