

GaN への Mg 添加技術の最近の発展

Recent Progress in Growth Technology of Mg-doped GaN Layers

豊田中研¹, 愛知工大², 名大未来材料・システム研究所³, 京大院工⁴

○成田 哲生¹, 富田 一義¹, 徳田 豊², 小木曾 達也², 五十嵐 信行³, 菊田 大悟¹, 堀田 昌弘⁴,
加地 徹³

Toyota CRDL¹, Aichi Inst. of Tech.², IMASS, Nagoya Univ.³, Kyoto Univ.⁴

○T. Narita¹, K. Tomita¹, Y. Tokuda², T. Kogiso², N. Ikarashi³, D. Kikuta¹, M. Horita⁴, and T. Kachi³

E-mail: tetsuo-narita@mosk.tytlabs.co.jp

縦型 GaN パワー半導体は、車載電力変換器の省エネルギー化に寄与するキーデバイスとして注目されている。縦型パワー半導体において、PN 接合は最も基本的な要素構造である。耐圧を保持する N 型 GaN ドリフト層に関しては、オン抵抗を増加させるキャリア補償要因が整理され、補償因子を抑制するエピタキシャル成長技術が進展している¹⁾。一方で、P 型 GaN 層では高 Mg 濃度域でのキャリア補償が知られているが、N 型 GaN ほど補償要因が整理されていない。縦型 GaN-MOSFET の実用化には、しきい値電圧 (V_T) を精密に制御した低 Mg 濃度 ($10^{16} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) の P 型ボディ層形成と、ボディ層の電位を固定して V_T を安定化させるための高 Mg 濃度 ($> 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) の P 型コンタクト層形成の両方を必要とする。本講演では、有機金属気相成長法による幅広い Mg 濃度範囲 ($10^{16} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$) の成長技術と成長層に含まれる特有の欠陥に着目する。

Mg の有機金属原料としては Cp_2Mg (ビス (シクロペンタジエニル) マグネシウム) が一般的に用いられるが、固体原料であり供給安定性に課題がある。さらに、反応炉・配管等へのメモリー効果のために、低 Mg 濃度域では GaN 中への Mg の取り込み遅れによる深さ方向の Mg 濃度不均一が起こりやすい。以上の Mg 原料の特性を考慮して、適切な装置設計と成長条件の設定を行うことで深さ方向に Mg 濃度の均一な P 型 GaN 層の形成が可能になり、Mg 原料の実効供給量に応じて GaN 中 Mg 濃度を線形に制御できた。こうして作製した Mg 添加 GaN 層中の構造欠陥と点欠陥について解析を行った。高 Mg 濃度域では、アクセプタとして取り込まれない Mg が発生し、その大部分が反転ドメイン境界に偏析することが高分解能 TEM と SIMS を比較した定量解析から分かった²⁾。一方で、低 Mg 濃度域では残留炭素によるキャリア補償が顕著に現れた。P 型 GaN 中の残留炭素の大部分は N 型と同様に窒素サイトを置換し (C_N)、 $E_\text{V} + 0.88 \text{ eV}$ 付近に acceptor-like 準位を形成する³⁾。しかし、フェルミ準位が価電子帯に近い場合、 C_N の別の荷電状態が donor-like 準位として現れ、P 型中の正孔を補償することが DLTS とホール測定から明らかとなった。以上で述べた P 型 GaN 中の炭素による補償は、 V_T の精密制御の観点で課題である。

【謝辞】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」の委託を受けたものです。

1) N. Sawada *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 041001 (2018). 2) T. Narita *et al.*, ICMOVPE-XIX Tech. Deg., 2018, p.32. 3) T. Narita *et al.*, J. Appl. Phys. **123**, 161405 (2018).