

Mg イオン注入 p-GaN における注入領域および拡散領域の N イオン連続注入による補償ドナー濃度低減効果

Reduction of Compensating Donor Concentration of Implanted and Diffusion Regions by Sequential N-ion Implantation in Mg-implanted p-GaN

名大院工¹, 豊田中研², 名大未来研³

○角田健輔¹, 片岡恵太², 成田哲生², 堀田昌宏^{1,3}, 加地徹^{1,3}, 須田淳^{1,3}

Department of Electronics, Nagoya Univ.¹, Toyota Central R&D Labs., Inc.², Nagoya Univ. IMaSS³,

○Kensuke Sumida¹, Keita Kataoka², Tetsuo Narita², Masahiro Horita^{1,3}, Tetsu Kachi^{1,3}, Jun Suda^{1,3}

E-mail: sumida.kensuke.w7@s.mail.nagoya-u.ac.jp

GaN 縦型パワーデバイスの作製に必要な Mg イオン注入技術の確立に向けて、Mg イオン注入した p-GaN 中の補償ドナー濃度 (N_d) の低減は重要である。本研究グループは、Mg と N イオンを連続注入 (Mg+N-I/I) することで、Mg イオンのみ注入した GaN に比べて、Mg+N-I/I した GaN 中の N_d が低減することを報告した^[1]。一方で、Mg+N-I/I した GaN において、アニール条件依存性などの詳細は報告されていない。また、イオン注入した領域と、アニール中に Mg が深くに拡散した領域では、N イオン連続注入による N_d の低減効果が異なる可能性がある。そこで本研究では、Mg イオン注入 (Mg-I/I) および Mg+N-I/I した GaN に対し、注入領域と拡散領域におけるシートアクセプタ濃度 ($N_{a,sh}$) とシート補償ドナー濃度 ($N_{d,sh}$) のアニール時間依存性を調査した。

HVPE 成長 n^+ -GaN (0001) 基板上に、MOVPE 法で n -GaN ($[Si]=2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) 層を成長した試料を用意し、Mg イオンのみ、もしくは Mg、N イオンの順で多段注入 ($[Mg], [N] \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, 300 nm-Box-profile) を行った。超高压アニールは 1300°C、窒素雰囲気 500 MPa で実施し、様々なアニール時間 (5, 15, 30, 60 分) で行った。MOVPE 法で p^+ -GaN コンタクト層 ($[Mg] \geq 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, 200 nm) を再成長した後に脱水素アニール (800°C, 10 min, 窒素雰囲気) を行った。次にサンプル四隅に電極 (Ni/Au/Ni) を形成し、電極部分以外の p-GaN 表面を ICP-RIE によって異なる深さ (225, 453 nm) でエッチングした。各ホール効果測定結果に対し 2 層ホール効果モデルを用いることで、イオン注入領域 (225~453 nm) と拡散領域 (453 nm~) のキャリア濃度を取得し、フィッティング解析^[2]によって $N_{a,sh}$, $N_{d,sh}$ を導出した。

Figure 1 に Mg 濃度 ($[Mg]_{sh}$), $N_{a,sh}$, $N_{d,sh}$ のアニール時間依存性を示す。 $N_{a,sh}$ は両条件とも短いアニール時間 (15 分) でも高い値を示した。拡散領域 (Fig. 1(b), (d)) においては、窒素連続注入によりアニール中の Mg 拡散が抑制されたことで、Mg-I/I に対し Mg+N-I/I した GaN の $N_{a,sh}$ は低い値を示した。また、注入領域において、Mg-I/I した GaN (Fig. 1(c)) では $N_{d,sh}$ は高い値を示した ($N_{d,sh}/N_{a,sh}=50\%$ (15 min)) が、Mg+N-I/I した GaN の注入領域 (Fig. 1(a)) においては、短いアニール時間 (5 分) でも $N_{d,sh}$ は低い値を示した ($N_{d,sh}/N_{a,sh}=20\%$)。二端子 I - V 特性評価では、Mg-I/I に比べて Mg+N-I/I した GaN では良好なオーミック特性を示した。N イオン連続注入によって、Mg-I/I した GaN 表面付近の高抵抗領域の抵抗が低減した可能性がある。以上のことから、N イオン連続注入は N_d 低減に効果的であることが示された。

本研究は文科省革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業の JPJ009777 の支援を受けた。また、名古屋大学天野・本田研究室より MOVPE 成長 n -GaN の提供を受けた。

[1] H. Sakurai *et al.*, Appl Phys. Express. **14**, 111001 (2021). [2] M. Horita *et al.*, JJAP. **56**, 031001 (2017).

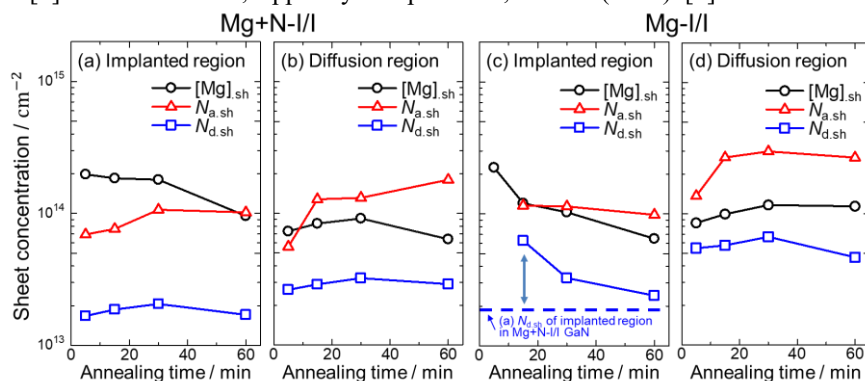


Figure 1. Sheet Mg concentration ($[Mg]_{sh}$) measured by SIMS, sheet acceptor concentration ($N_{a,sh}$) and sheet donor concentration ($N_{d,sh}$) for the implanted and (b) diffusion regions in Mg+N-I/I GaN, and (c) implanted and (d) diffusion regions in Mg-I/I GaN with various annealing time.