

Mg イオン注入 p 型 GaN の超高压アニール温度の検討

Temperature dependence of ultra-high-pressure annealing for Mg-ions implanted p-type GaN

名大工¹、IMaSS²、(株)アルバック半電研³、(株)サイオクス⁴、UNIPRESS⁵

○(B4) 晝川 十史¹、櫻井 秀樹^{1,2,3}、藤倉 序章⁴、堀田 昌宏^{1,2}、

M. Bockowski^{2,5}、乙木 洋平⁴、加地 徹²、須田 淳^{1,2}

Nagoya Univ.¹, Nagoya Univ. IMaSS², ULVAC ISET³, SCIOCS⁴, UNIPRESS⁵

K. Hirukawa¹, H. Sakurai^{1,2,3}, H. Fujikura⁴, M. Horita^{1,2}, M. Bockowski^{2,5}, Y. Otoki,

T. Kachi² and J. Suda^{1,2}

E-mail: hirukawa.kazufumi@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】より高性能な GaN パワーデバイスを実現する上で、電界緩和構造など任意領域への p 型伝導制御を可能とする Mg イオン注入(Mg-ions implantation: Mg-I/I)技術は重要である。我々はこれまで Mg-I/I 後に超高压アニール(ultra-high-pressure annealing: UHPA)を適用した試料についてホール効果測定を行い Mg アクセプタ形成の実証を報告してきた。^[1] 今回、ホール効果特性の UHPA アニール温度依存性を調べたので報告する。

【実験】n-GaN 自立基板上に、Si、C、O とともに濃度 10^{14} cm^{-3} 台中盤以下の高純度 Quartz-free-HVPE 成長アンドープ GaN^[2] を用意し、濃度 $1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、深さ約 $0.3 \mu\text{m}$ の Box-profile で Mg イオン注入を行った。ウエハを分割した後、UHPA 条件を保護膜なしで高压室素(1GPa)下、アニール時間 5 分間を固定とし、温度を 1300、1400、1480°C に変化させたものを用意した。UHPA 後、熱拡散によって Mg プロファイルは変化し、Mg 濃度 $2.7 \sim 3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、深さ約 $1 \mu\text{m}$ に再分布していることを SIMS によって確認している。このプロセスを経たサンプルについてホール素子を作製し、175 K ~ 550 K の温度範囲で AC 磁場ホール効果測定を行った。

【結果と考察】正孔キャリア濃度(図 1(b))と正孔移動度の温度特性(図 1(c))を以下に示す。I-V 測定で UHPA1400°C、1480°C の素子は 0.1V 印加時 1 nA 以上であったが、1300°C の素子は 0.1 V 印加時ノイズレベルであり、70 V 印加でも 10 nA 未満といった高抵抗の特性であったためホール効果測定はできなかった。一方、1400°C と 1480°C の素子は明確な p 型伝導特性を示した。またキャリア統計と電荷中性条件の式から解析を行った結果、1400°C と 1480°C における Mg アクセプタ活性化率($N_A/[Mg]$)はいずれもほぼ 100%、補償率(N_D/N_A)はそれぞれ 9%、7.4%と見積もられた。UHPA1300°C ではアニール効果が不十分と考えられ、明確な p 型化のためには 1300°C ~ 1400°C の間の温度以上が必要である。

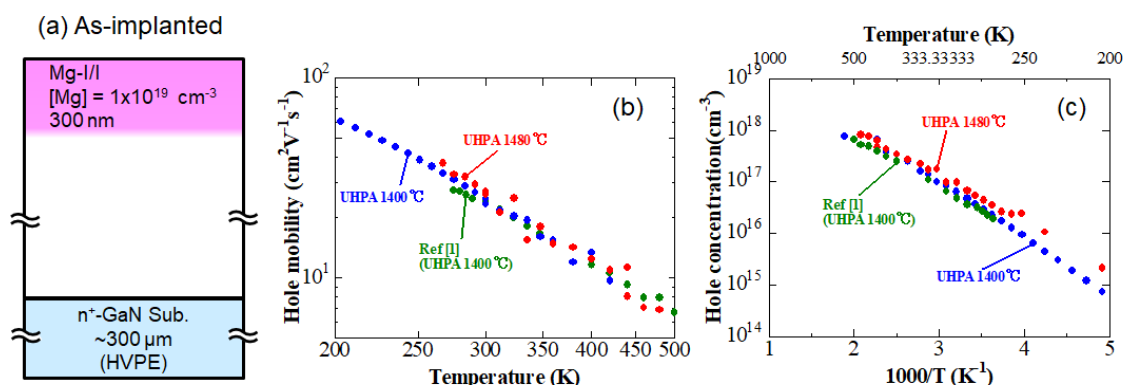


図 1(a)As-implanted 断面図, (b)正孔濃度の温度依存性、(c)正孔移動度の温度依存性

【謝辞】本研究の一部は、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。また研究の一部は the Polish National Science Centre (NCN) のプロジェクト No 2018/29/B/ST5/00338 の助成を受けて行われたものです。[1] H. Sakurai et al., Appl. Phys. Lett. **115**, 142104 (2019) [2] H. Fujikura et al., Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 085503 (2017)