

Mg イオン注入 GaN の超高压アニールによる Mg と H の熱拡散

Diffusion of Mg and H atoms in Mg-implanted GaN by ultra-high-pressure annealing

名大 未来材料・システム研究所¹、名大工²、(株)アルバック先進研³、豊田中研⁴、UNIPRESS⁵

○櫻井秀樹^{1,2,3}、成田哲生⁴、晝川十史²、角田健輔²、山田真嗣^{1,2,3}、片岡恵太⁴、堀田昌宏^{1,2}、五十嵐信行^{1,2}、M. Bockowski^{1,4}、須田淳^{1,2}、加地徹¹ Nagoya Univ. IMASS¹, Nagoya Univ.², ULVAC ATI³, Toyota Central R&DLabs.⁴, UNIPRESS⁵ H. Sakurai^{1,2,3}, T. Narita⁴, K. Hirukawa², K. Sumida², S. Yamada^{1,2,3}, K. Kataoka⁴, M. Horita^{1,2}, N. Ikarashi, M. Bockowski^{1,5}, J. Suda^{1,2} and T. Kachi¹

E-mail: sakurai@imass.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】縦型 GaN パワーデバイスを実現する上で Mg イオン注入技術による p ドーピングは重要である。これまでに我々は Mg イオン注入後の活性化処理として超高压アニール (ultra-high-pressure annealing: UHPA) を用いる事によって、少なくとも 80% 以上の Mg アクセプタ活性化率を得られることを報告している。^{[1][2][3]} UHPA プロセス後の試料には Mg と H の熱拡散が確認され、今回はこれらの現象について調査した結果を報告する。

【実験】試料は自立 n⁺-GaN 基板上に MOVPE 法にて成長した GaN 層を母材とし、Mg イオン注入したもの (Mg-I/I) を用意した。注入条件は Mg 濃度 10^{19} cm^{-3} 、深さ約 0.3 μm の Box-profile である。UHPA 条件は高压室素下 (1GPa)、保護膜なし、アニール温度 1400°C を固定として、アニール時間を変えた実験を行った。比較として MOVPE 法によって Mg ドープした試料 (p-GaN エピ) を同様に UHPA 処理したものを用意した。Mg および H のプロファイルは SIMS 分析によって確認している。

【結果と考察】図 1 に (a) p-GaN エピと (b) Mg-I/I 試料の各アニール時間における Mg と H プロファイルを示す。何れの条件においても Mg 熱拡散と H の侵入が確認され、さらに拡散フロント領域における Mg と H のプロファイルは一致する。尚、H はアニール雰囲気内から供給されと考えられる。この現象に対して Mg-H 拡散モデルを考え拡散係数を解析したところ、p-GaN エピ試料は $D_{\text{p-GaN epi}} = 1.0 \times 10^{-13} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、Mg-I/I 試料では $D_{\text{Mg-I/I}} = 3.3 \times 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$ と推定された。^[4] Mg-I/I 試料の拡散係数が桁違いに大きくなるのは、イオン注入プロセスによって誘起された結晶欠陥による拡散支援が働いていると考えられる。

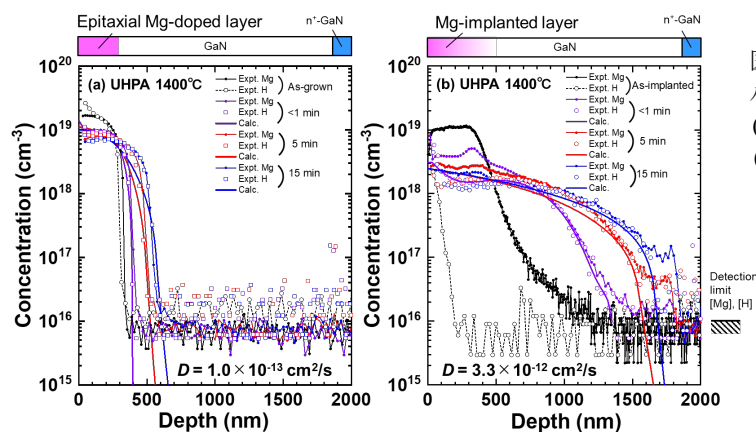


図 1 : UHPA 処理後の Mg と H プロファイルの時間変化と拡散現象の解析結果
(a) p-GaN エピ試料
(b) Mg-I/I 試料

- [1] H. Sakurai et al., APL **115**, 142104 (2019),
[2] 晝川他, 第 67 回応物春季, 13a-B401-8 (2020)
[3] 櫻井他, 第 67 回応物春季, 13a-B401-9 (2020), [4] Sakurai et al., APEX **13**, 086501 (2020)

【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」事業 JPJ005357 の助成を受けたものです。また本研究の一部は the Polish National Science Centre (NCN) の Project No 2018/29/B/ST5/00338 の助成を受けて行われたものです。