

光熱偏向分光法による Mg イオン注入 GaN 層の評価

Evaluation of Mg ion implanted GaN by photothermal deflection spectroscopy

物材機構¹, 工学院大², 富士電機³, 筑波大⁴ ○福田 清貴^{1,2}, 高島信也³, 尾沼 猛儀², 山口智広², 本田 徹², 上殿明良⁴, 角谷 正友¹

NIMS¹, Kogakuin Univ.², Fuji Electric Co. Ltd.³, Tsukuba Univ.⁴ ○K. Fukuda^{1,2}, S. Takashima³, T.

Onuma², T. Yamaguchi², T. Honda², A. Uedono⁴, M. Sumiya¹,

E-mail: cm17042@ns.kogakuin.ac.jp

【はじめに】Ⅲ-V族窒化物半導体への Mg イオン注入は GaN パワーデバイスを実用化する上で必須プロセスである。GaN へのイオン注入技術を向上させるために、イオン注入条件による欠陥生成並びにアニール条件による欠陥回復などの欠陥の挙動を評価することが重要である。しかしながら、イオンダメージによって誘起される大量の欠陥のために PL や DLTS など光学・電気特性による評価が困難な状況にある。そこで、我々は荷電状態によらず全てのバンドギャップ内準位を検出できる光熱偏向分光法(PDS: Photothermal Deflection Spectroscopy)[1]に着目し、Mg イオン注入された GaN の評価を行ったので報告する。

【実験】測定した試料は HVPE-GaN 自立基板上に MOCVD で 8μm 成長した GaN に、200 nm 深さ方向で濃度 $4.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ で一定となるボックスプロファイルを持つ Mg イオンを注入した試料である。この試料に 300 nm AlN を成長し、N₂ フロー雰囲気中で 1000、1100、1200、1300°C で 5 分間熱処理を行った。その後 AlN 層を除去し、陽電子消滅法による空孔型欠陥 [2]と PDS による価電子帯上端 (VBM) ならびにギャップ内準位の評価を行った。PDS では、波長 350-800 nm の分光した光を試料に照射した際に発生する熱を、試料表面に平行に照射するレーザ光の位置変化を検出評価した。

【結果】図 1(a)にさまざまな温度でアニールした Mg イオン注入した GaN 試料に対して陽電子消滅法で求めた S - W 値を示す。As-impla 試料から 1000°C アニール処理することで空孔型欠陥がクラスター化し、より大きな欠陥を形成していることがわかる。その後アニール温度の上昇に伴い S - W 値が徐々に HVPE-GaN のそれに近づき、欠陥の低減している様子もわかる。一方、PDS スペクトルでは (図 1 (b))、as-impla 試料では VBM からギャップ内にかけて PDS 信号が徐々に減少するがバンドギャップ内での強度が依然高く、ギャップ内エネルギー準位の点からも多くの欠陥が存在することを示している。1000°C アニールで VBM からの信号減少が検出され始めて、構造的なイオンダメージが改善され始めている様子が示されている。1100°C アニールで Urbach tail が明瞭に検出され、ギャップ内の欠陥準位もさらに低減されていることがわかる。これは S - W プロットでの変化と対応している。注入された Mg が Ga サイトに入るとされる 1200°C のアニールで、 S - W プロットでは大きく変化しているのに対して、PDS スペクトルでは 2.2-2.4 eV 付近で小さくなっていることがわかる。イオン注入した試料の欠陥の挙動を陽電子消滅と PDS によって欠陥の種類や準位の観点から評価できることがわかった。さらに MOCVD で成長した Mg ドープ GaN や PL との相関についても議論を行う。

【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」、新学術領域「特異構造の結晶化学」(JP16H06424)の支援を受けた。

[1] M. Sumiya et al., Appl. Phys. Express **11**, 021002 (2018). [2] A. Uedono et al., Phys. Status Solidi B **252**, 2794 (2015).

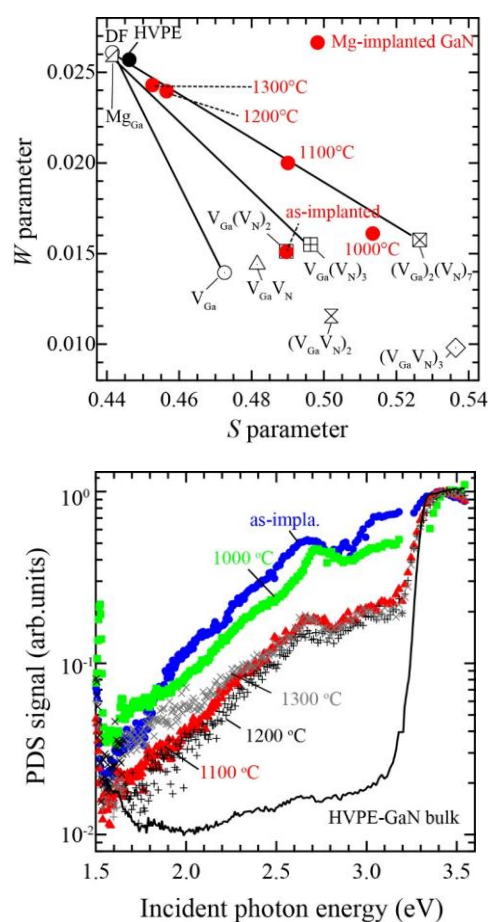


図 1 Mg イオン注入しアニール処理した同一試料について(a) 陽電子消滅法で求めた S - W プロット(●)と(b) PDS スペクトル. (a)中の open symbols は計算で求めたさまざまな空孔型欠陥の S - W 値を示す。