## Mg 含有セラミックスを不純物源とした Mg 添加 GaN の HVPE 成長

Halide vapor phase epitaxy growth of Mg-doped GaN layer using Mg-containing ceramics for the source of impurities

名大院工<sup>1</sup>,名大未来材料・システム研究所<sup>2</sup>,名大赤崎記念研究センター<sup>3</sup>,名大 VBL<sup>4</sup> <sup>•</sup>天野 裕己<sup>1</sup>,大西 一生<sup>1</sup>,藤元 直樹<sup>2</sup>,渡邊 浩崇<sup>2</sup>,新田 州吾<sup>2</sup>,本田 善央<sup>2</sup>,天野 浩<sup>2,3,4</sup> Dept. of Electronics, Nagoya Univ.<sup>1</sup>, IMaSS, Nagoya Univ.<sup>2</sup>, ARC, Nagoya Univ.<sup>3</sup>, VBL, Nagoya Univ.<sup>4</sup>

°Y. Amano<sup>1</sup>, K. Ohnishi<sup>1</sup>, N. Fujimoto<sup>2</sup>, H. Watanabe<sup>2</sup>, S. Nitta<sup>2</sup>, Y. Honda<sup>2</sup>, and H. Amano<sup>2, 3, 4</sup> E-mail: y\_amano@nagoya-u.jp

GaN 系縦型パワーデバイスの高耐圧化のためには、ドリフト層の高純度化および厚膜化が必要である. 従来 GaN 自立基板作製に用いられているハライド気相成長(HVPE)法は、一般的なデバイス作製に用いられる有機金属気相成長法と比べて、炭素不純物濃度の低減が可能となる点および成長速度が速く GaN の厚膜化が容易である点から、縦型パワーデバイス構造の成長法として期待できる<sup>[1]</sup>. また、HVPE 法による pn 接合ダイオード等のデバイス作製や p型 GaN 基板の作製のためには p型伝導の実現が必須である. しかし、HVPE 法による p型伝導の報告例は少ない<sup>[2,3]</sup>. この理由の1つに、適当な Mg ドーピング原料が探索されていないことが挙げられる. 本グループでは、Mg 原料として単結晶 MgO を用いることによって、Mg 添加および p型伝導を示すことを報告した<sup>[2]</sup>. 本研究では、より制御性の良い Mg 原料を探索することを目的に、高耐熱で化学的に安定な Mg 含有セラミックスに着目し、このセラミックスを Mg 原料として用いることによって GaN への Mg 添加手法を検討した.

サファイア基板上に MOVPE 法を用いて作製した GaN テンプレート上に, HVPE 法を用いて Mg 添加 GaN を約 25 µm 成長させた. Mg 原料として BN と Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の複合焼結体で Mg を 1wt%程度含有 するデンカ株式会社製 SBN™を用い, SBN™ 表面に HCl を流すことによって Mg の供給を行った. 二次イオン質量分析(SIMS)法およびフォトルミネッセンス(PL)法を用いて不純物濃度および 結晶の光学特性をそれぞれ評価した.

SIMS 測定から得られた Mg, O, H および Si 濃度の HCl 流量依存性を Fig. 1 に示す. HCl 流量を増加させるに伴い, Mg 濃度が  $5.4 \times 10^{16}$  cm<sup>-3</sup> から  $5.8 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup> に増加した. また, H は Mg と同程度の濃度で存在した. O 濃度は HCl 流量によらず検出限界値近傍であった. Si 濃度は HCl 流量に依存して増加した. Mg 濃度が HCl 流量の増加に伴って高くなることから, Mg は加熱時における SBN<sup>TM</sup> からの脱離および HCl との反応によって生成される塩化物として供給されたと考えられる. 成長後の試料の室温および 77 K における PL スペクトルを Fig. 2 に示す. Mg 濃度  $1.9 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup> および  $5.8 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup> の試料において, それぞれ Near-band-edge (NBE) 発光および Donor-acceptor-pair (DAP)発光が観測された. DAP は浅いドナー準位と Mg が形成するアクセプタ準位間の遷移であると考えられる. 以上より, SBN<sup>TM</sup> を用いて HCl 流量を変化させることによって, GaN 中に Mg を添加し, Mg 濃度を制御することができた. また, Mg が形成するアクセプタ準位に起因した発光が観測することができた. これらの結果は, Mg 添加 GaN の HVPE 成長において, SBN<sup>TM</sup> が Mg 原料として有用であることを示す.

【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」 (JPJ005357) および国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP10022) の支援を受けたものです.

[1] H. Fujikura *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 085503 (2017). [2] K. Ohnishi *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 061007 (2020). [3] A. Usikov *et al.*, Phys. Status Solidi C **5**, 1829 (2008).



Fig. 1. SIMS measurement results of Mg, H, O, and Si concentration as a function of HCl flow rate.



