

HVPE 成長させた p 型 GaN の電気的特性および構造欠陥評価

Electrical properties and structural defects of p-type GaN layers with various Mg concentration grown by HVPE

名大院工¹, 名大未来材料・システム研究所², 名大赤崎記念研究センター³, 名大 VBL⁴

○大西 一生¹, 天野 裕己¹, 藤元 直樹², 新田 州吾²,

渡邊 浩崇², 本田 善央², 天野 浩^{2,3,4}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.²,

ARC, Nagoya Univ.³, VBL, Nagoya Univ.⁴

○Kazuki Ohnishi¹, Yuki Amano¹, Naoki Fujimoto², Shugo Nitta²,

Hiroataka Watanabe², Yoshio Honda², and Hiroshi Amano^{2,3,4}

E-mail: k.ohnishi@nagoya-u.jp

GaN 自立基板の作製手法として広く用いられているハライド気相成長 (HVPE) 法は成長速度が高く, 原料にキャリアの補償源となる炭素 (C) を含まないことから, 縦型パワーデバイス用途への低不純物濃度の厚膜ドリフト層成長手法として期待されている[1]。しかしながら, HVPE 法を用いた GaN 成長は n 型および半絶縁性のみに限られ, 信頼できる p 型 GaN 成長の報告はなかった。このため, HVPE 法による縦型 pn 接合ダイオードや p 型 GaN 基板が実現されておらず, HVPE 法の特長を十分に活かすことができていない。近年, 我々は Mg 原料として MgO に着目することによって, HVPE 法による p 型 GaN 成長を実現した[2, 3]。今回, HVPE 成長させた Mg 濃度 $10^{17} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の p 型 GaN の電気的特性および構造欠陥をそれぞれ評価したので報告する。

サファイア基板上 GaN テンプレートまたは n 型 GaN 自立基板上に HVPE 法によって Mg 濃度 $7 \times 10^{16} - 8.3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の Mg 添加 GaN を $10 - 30 \mu\text{m}$ 成長させた。その後, 温度を変化させながら, Hall 効果測定を行うことによって, 試料の電気的特性を評価した。また, 高角散乱環状暗視野走査型透過電子顕微鏡 (HAADF-STEM) およびエネルギー分散型 X 線分光 (EDS) 法を用いて Mg 濃度 $8.3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の試料中に生じる逆ピラミッド状の極性反転領域 (PID) を評価した。

Hall 効果測定から得られた室温における正孔移動度のアクセプタ濃度 (N_a) 依存性を調べた。Mg 濃度が約 $7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ($N_a = 2.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) において, 正孔移動度は $29 \text{ cm}^2/\text{Vsec}$ であった。また, 異なる Mg 濃度の試料において, 正孔移動度は N_a の増加に伴い低下した。これは Mg アクセプタ等によるイオン化不純物散乱の影響と考えられる。 N_a および補償ドナー濃度 (N_d) の Mg 濃度依存性を Fig. 1 に示す。加えて, 各 Mg 濃度における as-grown 試料中の H 濃度も Fig. 1 に示す。Mg 濃度が $2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下の試料において, N_a と Mg 濃度は同程度である。一方, Mg 濃度が $8.3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の試料では, N_a は Mg 濃度と比べて低い。また, Fig. 1 に見られる N_a と N_d の傾向は, 有機金属気相成長 (MOVPE) 法によって作製される p 型 GaN 中と同様である[4]。HAADF-STEM 観察から, Mg 濃度 $8.3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の試料中には PID が観察された。また, STEM-EDS 測定から PID 中には高濃度の Mg が取り込まれていることがわかった。Narita らによると PID (0001) 界面に取り込まれる Mg が N_a の低下に影響を及ぼす可能性が報告されている[4]。これらの結果から, PID 中への Mg の取り込みが N_a の増加を阻害していると考えられる。以上より, HVPE 法によって作製される p 型 GaN の電気的特性は, 従来の MOVPE 法にて作製される p 型 GaN と同程度であることがわかった。これは, 高耐圧 GaN 系縦型電子デバイスの HVPE 法による実現に向けた大きな一歩である。

[謝辞]

本研究は, 文部科学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 JPJ009777 の助成を受けたものです。

[1] H. Fujikura *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 085503 (2017).

[2] K. Ohnishi *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 061007 (2020).

[3] K. Ohnishi *et al.*, J. Cryst. Growth **566-567**, 126173 (2021).

[4] T. Narita *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **59**, SA0804 (2020).

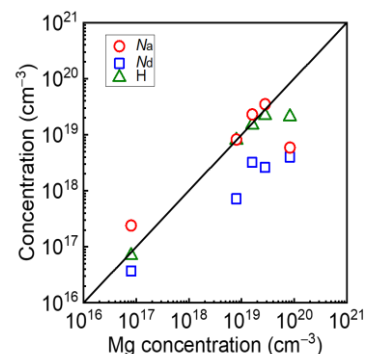


Fig. 1. N_a , N_d , and average H concentration of as-grown samples as a function of Mg concentration.