

MgO を利用したハライド気相成長法による p 型 GaN の作製

Fabrication of p-type GaN film grown by halide vapor phase epitaxy utilizing MgO

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

°(D)大西 一生¹, (M1)天野 裕己¹, 藤元 直樹², 新田 州吾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,

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

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

縦型 GaN パワーデバイスの高耐圧化に向けて、高純度厚膜 GaN ドリフト層の成長が必須である。従来 GaN 自立基板作製に用いられるハライド気相成長 (HVPE) 法は、III 族原料に炭素を含まず、有機金属気相成長法と比べ高い成長速度を有することから、高性能なパワーデバイス作製法として魅力的である[1]。HVPE 法を用いて p-n 接合ダイオード等のデバイス構造を作製するためには、ドリフト層に加え p 型 GaN 層の作製も重要となる。しかしながら、HVPE 法による p 型 GaN の作製を試みた報告例は非常に少なく[2]、その作製技術は未確立である。これまでに我々は、MgO を原料として用いることによって、GaN への Mg ドーピングを試み、室温において Mg アクセプターに起因するフォトルミネッセンスを観測した[3]。本研究では、Mg がドーピングされた GaN の Hall 効果測定を行い、p 型伝導を示すことを確認し、その温度特性評価から、活性化エネルギーを算出したので報告する[4]。

MOVPE 法によって作製されたサファイア基板上 GaN テンプレート上に、HVPE 法を用いて Mg 濃度 $2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の Mg 添加 GaN を約 $30 \mu\text{m}$ 成長させた。Mg を活性化させるため、窒素雰囲気中、 700°C 、5 分間アニール処理を行った。その後、 $6 \times 6 \text{ mm}^2$ の形状に加工した試料の四隅にコンタクト電極として Ni/Au を形成した。Hall 効果測定を行うことによって、試料の電気特性を評価した。

作製した試料は p 型伝導を示し、室温における正孔濃度および正孔移動度はそれぞれ $1.3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ および $9.1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ だった。正孔濃度の温度依存性を Fig. 1 に示す。電荷中性条件とキャリア統計を用いてアクセプター濃度 (N_a)、ドナー濃度 (N_d)、および、活性化エネルギー (ΔE_{a0}) を算出した。 N_a は $3.4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ と、Mg 濃度と同程度であることから、GaN 中の Mg が全てアクセプターとして活性化していることがわかる。一方、 N_d は GaN 中の Si および O 濃度 (それぞれ $2.4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ および $4.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) の合計値と比べて約 2 桁高い。これは、Si や O 以外にドナー性欠陥が GaN 中に生じていることを示唆している。算出した ΔE_{a0} は、p 型 GaN における Mg の活性化エネルギー ($245 \pm 20 \text{ meV}$ [5]) と同程度であった。正孔移動度の温度依存性を Fig. 2 に示す。200 K 以上では、温度の増加に伴い正孔移動度が低下した。これは、フォノン散乱の影響と考えられる。

以上の結果から、MgO を原料として用いることによって、HVPE 法による p 型 GaN を作製できた。このことは、HVPE 法による p 型 GaN 作製技術の確立に向けて、MgO が有用であることのみならず、HVPE 法による p-n 接合ダイオードや p 型 GaN 基板の作製を期待できることを示す。

[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」事業 JPNP005357 および 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] A. Usikov *et al.*, Phys. Status Solidi C **5**, 1829 (2008). [3] 大西 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 14p-A302-10 (2020). [4] K. Ohnishi *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 061007 (2020). [5] S. Brochen *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 032102 (2013).

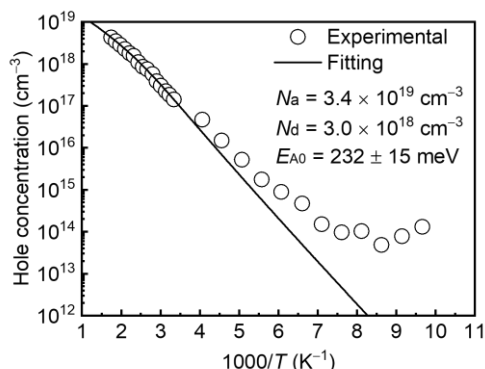


Fig. 1. Temperature dependence of hole concentration of the sample.

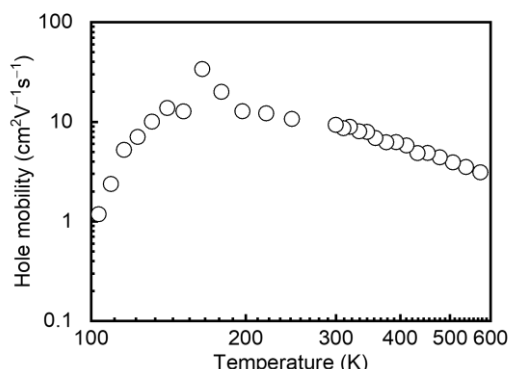


Fig. 2. Temperature dependence of hole mobility of the sample.