

Mg ドープ p-GaN のホール効果温度特性評価と 価電子帯の有効状態密度に関する考察

Temperature dependence of Hall-effect measurement for Mg-doped p-type GaN and
experimental estimation of effective density of states in valence band

堀田 昌宏¹, 高島 信也², 田中 亮², 上野 勝典², 江戸 雅晴², 高橋 言緒³, 清水 三聡³, 須田 淳¹
(1.京大院工, 2.富士電機, 3.産総研)

°M. Horita¹, S. Takashima², R. Tanaka², K. Ueno², M. Edo², T. Takahashi³, M. Shimizu³, Jun Suda¹
(1. Kyoto Univ., 2. Fuji Electric Co., Ltd., 3. AIST)

E-mail: horita@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

窒化ガリウム(GaN)は、高耐圧・低オン抵抗・高速スイッチング特性を有する次世代パワーデバイス材料として注目されており、GaN 基板を用いた GaN 縦型 MOSFET は、横型の AlGaN/GaN HEMT と比較して、アバランシェ耐性やノーマリオフ特性実現の点で有利である。反転型 n チャネル MOSFET において、チャネルは p 型 GaN に形成されることから、デバイス設計を行うにあたって、p-GaN の諸物性値は極めて重要である。物性値について、高濃度 Mg ドープ p-GaN に対する報告は多数存在するが、低濃度 Mg ドープ p-GaN も含めた系統的な議論は少数であり、その知見は限定的である。我々は、デバイス設計に必要な基礎物性を得ることを目的とし、MOVPE による低濃度 Mg ドープ p-GaN のホモエピタキシャル成長の実現とその物性評価に取り組んでいる。前回、温度範囲 160~450K でのホール効果測定を行うことで、アクセプタのイオン化エネルギーや移動度のドーピング濃度依存性について解析し報告した[1]。前回のデータは、温度誤差が大きかったことが判明したことから、今回、測定装置の改良を行い、より正確なデータの取得を試みるとともに、より広い温度範囲(130~660K)において測定を行った。また、データの解析により、価電子帯の有効状態密度 N_V を明らかにしたので報告する。

用いた試料は、低濃度 n 型 GaN (4 μm)/GaN(0001)基板テンプレート上に、MOVPE によりホモエピ成長した p-GaN であり、膜厚は 1 μm , Mg 濃度は $6.5 \times 10^{16} \sim 2.3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。ホール効果測定より、ホール散乱因子 γ を 1 と仮定し、算出した p-GaN の正孔密度を図 1 に示す。Mg 濃度 $6.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の試料において、500K 以上の領域で、正孔密度の飽和が見られており、出払い領域を観測することに成功した。出払い領域の正孔密度より実効アクセプタ密度 $N_A - N_D$ が精度よく算出可能であり、活性化領域(低温領域)と併せてフィッティングを行うことにより 300K における N_V は $7.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ と算出された。また、この N_V を用い、他のドーピング濃度試料についてフィッティングを行ったところ、実験結果とよく一致した。本研究で得られた N_V は、実験的に算出されたものであり、デバイスシミュレーション等において有用な値であると言える。

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代パワーエレクトロニクス-GaN 縦型パワーデバイス基盤技術開発」(管理法人: NEDO)によって実施された。

[1] 堀田他 第 76 回秋季応用物理学会, 16a-4C-9 (2015).

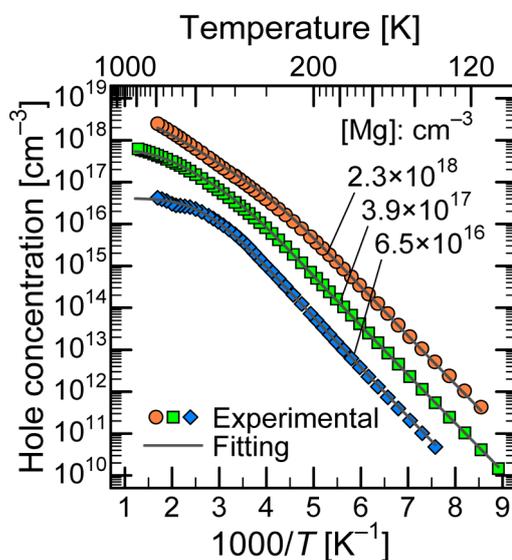


Fig. 1 Temperature dependence of hole concentration for p-GaN layer.