

ショットキーバリア特性を用いた p-GaN エピ層のキャリア濃度評価

Evaluation of Carrier Concentration for p-GaN Epitaxial Layers by Schottky Barrier Characteristics

富士電機, °松山 秀昭、上野 勝典、高島 信也、田中 亮、福島 悠太、江戸 雅晴

Fuji Electric °Hideaki Matsuyama, Katsunori Ueno, Shinya Takashima, Ryo Tanaka,
Yuta Fukushima, Masaharu Edo

E-mail: matsuyama-hideaki@fujielectric.com

1. はじめに MOSFET チャンネルとして p-GaN エピ層が使われ、キャリア(正孔)濃度は基本的な特性である[1]。ホール測定はオーミック接触の形成が難しく、容易に評価できない[2]。ショットキーダイオード(SBD)の CV 測定(10kHz 以下)からは不純物イオン濃度 N_a^- が測定できるが、不純物準位 ($E_a=0.22\text{eV}$) が深いため正孔濃度 p_0 は評価できていない[3]。不純物電荷が応答できない高い周波数 f を利用することで正孔が検出できると考え、CV 測定による評価を試みた。

2. 実験方法 自立 c 面 n-GaN 基板の上に MOCVD により n-GaN 層と p-GaN 層 ($4\mu\text{m}$, $[\text{Mg}]=1\text{E}+17\text{cm}^{-3}$) を順次エピ成長した。ショットキー電極 ($200\mu\text{m}\phi$) と対極として p-GaN 層表面と基板裏面に Al を蒸着した。この SBD に対して CV 特性 ($f=1\text{kHz}\sim 5\text{MHz}$, $\text{RT}\sim 200^\circ\text{C}$) を評価した。

3. 結果 p 型半導体の空乏層厚と容量は低周波で $C_{\text{low}} = \epsilon / (W + \lambda p_0 / N_a^-)$ 、高周波で $C_{\text{high}} = \epsilon / (W + \lambda)$ となる。 W は N_a^- による幅で、 $\lambda = (2\epsilon \phi_a / qp_0)^{1/2}$ は E_a が Fermi 準位 E_f 以上となる p_0 による幅で、 $q\phi_a = E_a - E_f$ とした。容量差 $\Delta C = (C_{\text{high}}^{-1} - C_{\text{low}}^{-1})^{-1}$ は $\epsilon / (\lambda (1 - p_0 / N_a^-))$ となり、 p_0 / ϕ_a が評価できる。

$C-V_g$ 特性は周波数を高くすると容量が小さくなり、低周波 (1kHz) では N_a^- が $1\text{E}+17\text{cm}^{-3}$ と Mg 濃度と一致した (図 1)。1kHz と各周波数での容量差 ΔC は V_g によらず、5MHz でおおよそ飽和した (図 2)。この値から $p_0=1.7\text{E}+15\text{cm}^{-3}$ 、 $\phi_a=0.067\text{V}$ 、 $E_a=0.34\text{eV}$ となり、ホール測定結果と少々差があった。空乏領域 λ で一定の p_0 を仮定した影響と推定している。また、測定温度とともに p_0 が大きくなったが、 150°C 以上で予測値より小さくなった (図 3)。

謝辞：本研究の一部は総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス」 (管理法人：NEDO) によって実施された。

参考文献： [1] Takashima et. al., APEX, 10, (2017), 121004. [2] Horita et. al., JJAP, 56, (2017), 031001. [3] 松山等, 第 78 回応用物理学会秋季, (2017), 6p-PA8-13. 松山等, 第 65 回応用物理学会春季, (2018), 17p-P12-2.

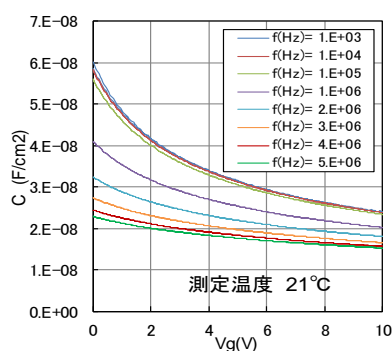


Fig. 1. Frequency dependence of C-Vg characteristics

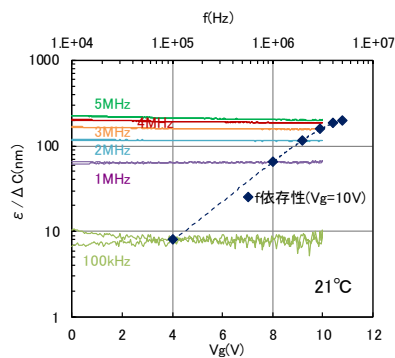


Fig. 2. Gate voltage dependence of capacitance difference

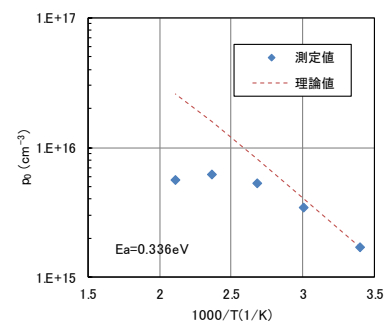


Fig. 3. Temperature dependence of hole concentrations