

ホモエピタキシャル成長低ドーピング n 型 GaN の 接合容量の周波数およびバイアス電圧依存性による深い準位の評価 Characterization of deep-level traps by frequency and bias-voltage dependence of junction capacitance in homoepitaxial lightly-doped n-type GaN

須田 淳、堀田 昌宏 (京大院工)

°Jun Suda, Masahiro Horita (Kyoto Univ.)

E-mail: suda@kuee.kyoto-u.ac.jp

次世代の高耐圧・大電流パワーデバイスとして GaN 縦型パワーデバイスに期待が集まっている。縦型デバイス実現の鍵となるのが低ドーピングの耐圧維持層であり、耐圧数 kV の GaN デバイスの実現には 10^{15} cm^{-3} 台のドーピング制御が必要となる。このような低ドーピングを実現するためには深い準位の解明とそれに基づく低減が不可欠である。深い準位の評価には高周波容量の過渡特性に評価(DLTS)が一般的であるが、今回は、接合容量の周波数依存性およびバイアス電圧依存性を測定し、その解析から深い準位の評価を行ったので報告する。

HVPE 成長バルク n 型 GaN 基板上に MOVPE 法により n 型 GaN 層を数 μm 成長した試料を評価した。裏面にオーミック電極、表面に Ni ショットキー電極を形成した。高周波(100 kHz)で容量-電圧測定を行い、前回報告した方法^[1]で深い準位の影響を補正して実効ドナー密度を求めると $4.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ となった。DLTS 測定を行ったところ、過去^[2]にホモエピ成長 GaN で主要な電子トラップとして報告されている $E_c - 0.57 \text{ eV}$ が $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の密度で存在することが分かった。

この試料に対して、接合容量の周波数依存性およびバイアス電圧依存性を測定したところ図 1 のようになった。100 kHz から周波数を下げて行くと 100 Hz までは容量は一定であるが、20 Hz 付近から徐々に増加しはじめ、0.2 Hz で飽和して一定値となる。この容量増加分は深い準位が低周波では容量測定の交流信号に追従することに対応している。高周波容量、低周波容量の差を高周波容量で規格化すると次式となる。

$$\frac{C_{\text{LF}} - C_{\text{HF}}}{C_{\text{HF}}} = \frac{1}{\frac{N_t}{N_d - N_t} - \frac{d - \lambda}{d}}$$

ここで d は空乏層幅、 λ は空乏層端からトラップ準位がフェルミ準位を横切る位置までの距離である。電圧依存性(=空乏層幅依存性)から、 N_t と λ をフィッティングにより求めると、それぞれ $1.4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、 $0.38 \mu\text{m}$ となった。さらに λ から E_t を求めると $E_c - 0.53 \text{ eV}$ となり、密度、トラップ深さ、共に DLTS と良く一致する結果が得られた。周波数依存性を用いる本手法はトラップ検出感度については DLTS のように高くはないが、(測定する範囲で深さ方向に N_d , N_t が均一であれば) λ をダイレクトに見ることができる興味深い手法と言える。深さ方向に均一と見なせる比較的厚いホモエピ成長層の評価に利用可能である。

【謝辞】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の基盤技術開発」(管理法人: NEDO)によって実施された。

[1] 須田 淳 他、「ホモエピタキシャル成長低ドーピング n 型 GaN の深さ方向ドナー密度分布解析における深い準位の影響」、2016 年春季応用物理学会 21a-W541-7

[2] Y. Tokuda et al., "DLTS study of n-type GaN grown by MOCVD on GaN substrates", Superlattices and Microstructures, **40**, 268 (2006).

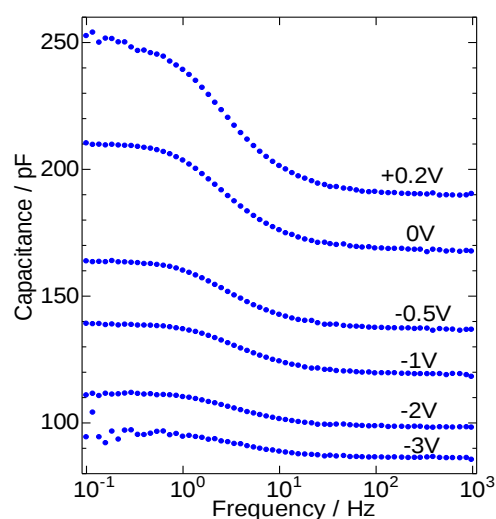


Fig. 1: Frequency-dependence of junction capacitance of a homoepitaxial n-type GaN SBD with various bias conditions.