

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

Impact of deep-level traps on depth profiling of homoepitaxial lightly-doped n-type GaN

須田 淳¹、堀田 昌宏¹、前田 拓也²、澤田 直暉¹、木本 恒暢¹ (1.京大院工、2.京大工)

°Jun Suda¹, Masahiro Horita¹, Takuya Maeda¹, Naoki Sawada¹, Tsunenobu Kimoto¹ (1. 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（ドリフト層）であり、例えば、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においては残留不純物や真性点欠陥などの影響が無視できず、これらを低減する結晶成長技術の確立が求められるが、そのためにはエピ層の正確な評価分析が欠かせない。n 型エピ層の評価として容量-電圧(C-V)測定による実効ドナー密度の深さ方向分布の評価が広く用いられているが、今回、低ドーピング n 型 GaN の測定結果について詳細に検討したところ、深い準位を考慮した解析が重要であることが分かったので報告する。

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、100 kHz で C-V 測定を行った。図 1 の $1/C^2$ -V プロットに実線で示すように、測定値は直線 (0V 付近で引いた接線を破線で示す) に対して大きく湾曲しており、深さ方向にドナー密度が変化しているように見える。このグラフから求めた実効ドナー密度の深さ方向分布を図 2 に実線で示す。ドナー密度は $2.9 \sim 4.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ と深さ方向に分布を持ち、表面に近づくにつれ密度が減少しているように見える。

このエピ層に対して DLTS 測定を行ったところ、過去^[1]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 $E_c - 0.57 \text{ eV}$ の位置に $1.4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ と、ドナーに対して無視できない密度の電子トラップが存在することが判明した。図 3 のバンド図に示すように電子トラップはフェルミ準位との位置関係により空乏層内であっても空乏層端から一定距離(今回の場合は約 $0.4 \mu\text{m}$)までは電子をトラップし負に帯電する。この効果を考慮した深さ方向分布解析を行ったところ、図 2 の破線の結果が得られた。実効ドナー密度は実際には深さ方向にほぼ均一であることが明らかとなった。0 V 付近では空乏層幅が狭いため、イオン化ドナーの空間電荷がトラップされた電子により打ち消される効果が顕著となり、ドナー密度が見かけ上小さく評価されたのである。

図 1 のような C-V 測定結果が得られた場合は、電子トラップ密度を測定し、必要に応じて補正を行うことが正しい判断のために重要である。補正方法については当日説明する。

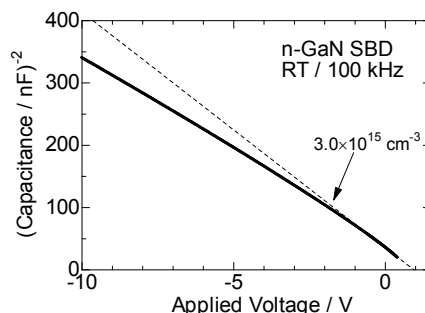


Fig. 1: $1/C^2$ -V plot of n-GaN SBD.

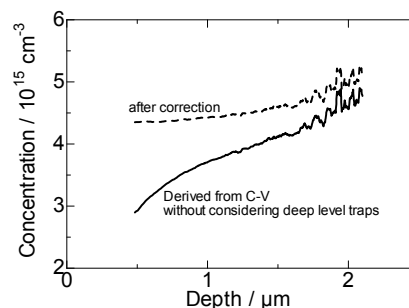


Fig. 2: Depth profile of net donor concentration.

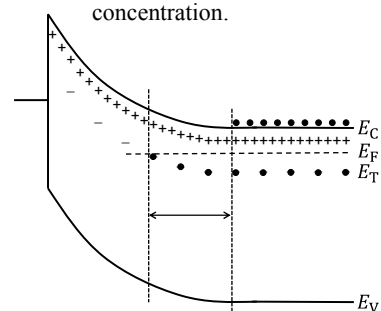


Fig. 3: Band diagram of n-GaN SBD with considering electron traps.

【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」(管理人: NEDO)によって実施された。

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