

横型ショットキーダイオード構造の C-V 測定による低ドーピング n 型 GaN の実効ドナー密度の評価の精度に関する検討

Measurement accuracy of net donor concentration of low-doped n-type GaN

by C-V analysis of lateral Schottky diode structure

名大工¹, 名大院工², 名大未来研³ (B) 六野祥平¹, 坂尾佳祐², 堀田昌宏^{2,3}, 須田淳^{2,3}

Nagoya Univ.^{1,2}, Nagoya Univ. IMASS³

Shohei Rokuno¹, Keisuke Sakao², Masahiro Horita^{2,3}, Jun Suda^{2,3}

E-mail: rokuno.shohei@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

高耐圧縦型 GaN パワーデバイスのドリフト層として低ドーピング n 型 GaN のエピタキシャル成長が必要となる。最終的に作製されるデバイスは n 型 GaN 基板上的縦型構造ではあるが、ドーピングの条件出しやウエハ面内均一性などの確認のためには、安価なサファイア基板が使用され、その場合における実効ドナー密度の評価には、ショットキー電極とそれを囲むオーミック電極を表面に形成した横型ショットキーダイオード構造の容量-電圧(C-V)測定が用いられる。この方法は以前から用いられているが、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ を下回る低ドーピングとなると、電極サイズによっては空乏層の伸びやシート抵抗に起因する誤差が無視できなくなってくる恐れがある。そこで本研究では、TCAD シミュレーションにより横型ショットキーダイオード構造における実効ドナー密度の測定精度について検討を行い、また、実際の測定結果との比較も行った。

絶縁性基板上に直接成長した膜厚 $2 \mu\text{m}$ 、ドナー密度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の GaN エピ層を想定し、様々なショットキー電極直径の場合について 1 MHz での C-V 特性を TCAD により計算し、 $-1 \sim 0 \text{ V}$ の範囲の $1/C^2$ -V プロットから見かけの実効ドナー密度を算出した結果を Fig. 1 に白丸で示す。電極直径が $100 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲では見かけのドナー密度は TCAD での設定値と一致している。電極が $100 \mu\text{m}$ を切るとショットキー電極端から横方向に伸びた空乏層による容量が上乘せされるため、実効ドナー密度を過大に見積もってしまう。一方、電極が $1000 \mu\text{m}$ を超えるとシート抵抗の影響により、容量測定のための交流電流がオーミック電極から離れたショットキー電極中心部まで行き渡らず、容量が小さく見積もられ、実効ドナー密度を過少に見積もってしまう。

一連の計算と考察から、誤差を 2% 以内に抑制できる最小電極直径は 0 V バイアス時の空乏層幅の約 300 倍であることが分かった。最大サイズについては、ドーピング密度、膜厚、バッファ層のシート抵抗、測定周波数に依存するため簡単な指標はないが、Fig. 1 に示すように周波数が低いほどより大きなサイズまでシート抵抗の影響なしで測定できる。周波数を下げた時に見かけの実効ドナー密度が変化しなければ適正電極サイズと確認できる。

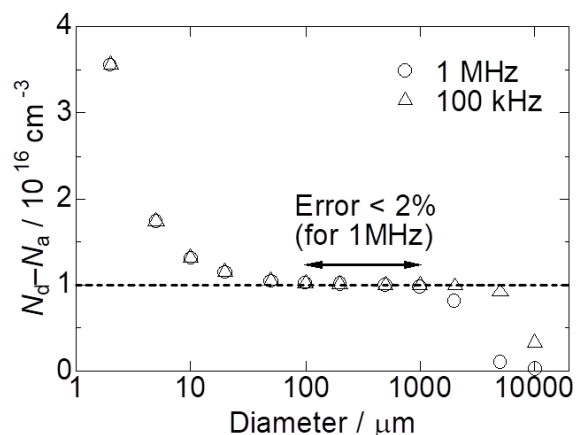


Fig. 1 : Diameter dependence of calculated $N_d - N_a$ for n-GaN layer ($2.0 \mu\text{m}$, $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)