# DLTS 法による n 型 GaN 中の深い準位評価に対して ショットキー障壁高さが与える影響の定量的解析

Impact of Schottky barrier height on the detection of deep-levels in n-type GaN

# by deep-level transient spectroscopy

## 名大院工<sup>1</sup>,名大未来研<sup>2</sup><sup>0</sup>青島慶人<sup>1</sup>,堀田昌宏<sup>1,2</sup>,須田淳<sup>1,2</sup>

### Nagoya Univ.<sup>1,2</sup> <sup>o</sup>Keito Aoshima<sup>1</sup>, Masahiro Horita<sup>1,2</sup>, Jun Suda<sup>1,2</sup>

#### E-mail: aoshima.keito@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

DLTS 法は、半導体結晶中のトラップを調べるために用いられる一般的な手法の一つであるが、ショットキーバリアダイオード(SBD)を用いたトラップ評価には注意が必要となる。SBD のショットキー 障壁高さは、DLTS 法によるトラップの見かけの放出時定数[1]および密度[2]評価に対して影響を与え るといわれている。本研究では、DLTS 法による GaN 中のトラップ評価に対して、ショットキー障壁 高さが与える影響を定量的に評価、解析した。なお、GaN に対するガンマ線照射により得られる *E*<sub>c</sub>-1 eV 付近の 3 つの電子トラップ(G2a、G2b、G2c)による複合ピークをモデルケースとして利用した。

n<sup>+</sup>型 GaN 自立基板上に MOVPE 法により① n型 GaN (実効ドナー濃度: 5×10<sup>15</sup> cm<sup>3</sup>)を成長した Ni/n-GaN SBD と、② n型 GaN ([Si]~1×10<sup>16</sup> cm<sup>3</sup>)、p<sup>+</sup>型 GaN ([Mg]~4×10<sup>18</sup> cm<sup>3</sup>)、p<sup>++</sup>型 GaN ([Mg]~1×10<sup>20</sup> cm<sup>3</sup>)を成長した p<sup>+</sup>n 接合メサ型ダイオードを作製した。それぞれの試料に 500 kGy (Si 換算)の <sup>60</sup>Co ガンマ線(1.25 MeV)を照射し、ICTS 測定から電子トラップの評価を行った。

p<sup>+</sup>n ダイオードにおいて、様々な温度における ICTS 測定結果に対するフィッティングから、ピーク

を形成する3つのトラップのエネルギー準位、捕獲断面積、 密度はそれぞれ G2a ( $E_{C}$ –0.82 eV,  $\sigma_{n}$ =8×10<sup>-17</sup> cm<sup>2</sup>,  $N_{T}$ =3.3×10<sup>13</sup> cm<sup>-3</sup>)、G2b ( $E_{C}$ –0.98 eV,  $\sigma_{n}$ =3×10<sup>-15</sup> cm<sup>2</sup>,  $N_{T}$ =6.3×10<sup>13</sup> cm<sup>-3</sup>)、G2c ( $E_{C}$ –1.08 eV,  $\sigma_{n}$ =1×10<sup>-14</sup> cm<sup>2</sup>,  $N_{T}$ =1.4×10<sup>14</sup> cm<sup>-3</sup>)と得られた。また、様々なショットキー障壁 高さの SBD について、367K における ICTS 結果を図1に示 す。SBD では障壁高さによりピーク形状が大きく異なる結果 が得られた。ピークに対するフィッティングから、p<sup>+</sup>n ダイ オードにおける値を1としたときの、各トラップの放出時定 数を求めると図2(a)のようになり、ショットキー障壁の低い 試料でG2b、G2cトラップの放出時定数が小さくなった。逆 バイアス印加時において、トラップからの電子放出だけでな く、SBD の逆方向リーク電流に起因する電子捕獲を考慮し、 見かけの放出時定数のショットキー障壁高さ依存性を求め ると図2(a)の曲線のようになり、実験値とよく一致した。

次に、ピーク強度から求めたトラップ密度と障壁高さの関係を図 2(b)に示す。障壁高さにより、G2b、G2cの密度が大きく異なる結果が得られた。ショットキー接合面からの深さ方向に対し、トラップの電子占有率の変化を考慮したポアソン方程式を立て、見かけのトラップ密度のショットキー障壁高さ依存性を求めると図 2(b)の曲線となり、こちらも実験値とよく一致した。ショットキー障壁が低いことによってリーク電流が増大し、放出時定数およびトラップ密度が過小評価されていたことが分かる。正確な評価のために、ショットキー障壁は高い必要があるが、低い場合でも、解析からある程度評価結果を補正することが可能であるといえる。

[1] K. Dmowski, et al., J. Appl. Phys. 74, 3936 (1993). [2] S. A. Reshanov, et al., J. Appl. Phys. 102, 113702 (2007).

【謝辞】本研究の一部はカシオ科学振興財団の研究助成により行われた。



Fig.1. ICTS spectra at 367 K in samples with different Schottky barrier heights.



Fig.2. Apparent (a) time constants and (b) concentrations of G2a, G2b, and G2c traps as a function of Schottky barrier height.