## ホモエピタキシャル成長 n 型 GaN 層中の正孔トラップの サブバンドギャップ光照射時の正孔占有率の評価

Hole trap occupancy ratio in homoepitaxial n-type GaN under sub-bandgap light irradiation <sup>0</sup>鐘ヶ江 一孝<sup>1</sup>, 堀田 昌宏<sup>1</sup>,木本 恒暢<sup>1</sup>, 須田 淳<sup>1,2,3</sup>

(京大院工<sup>1</sup>,名大未来材料・システム研究所<sup>2</sup>,名大院工<sup>3</sup>)

<sup>o</sup>K. Kanegae<sup>1</sup>, M. Horita<sup>1</sup>, T. Kimoto<sup>1</sup>, J. Suda<sup>1,2,3</sup>
(Kyoto Univ.<sup>1</sup>, Nagoya Univ. IMaSS<sup>2</sup>, Nagoya Univ.<sup>3</sup>)
E-mail: kanegae@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

GaN 縦型パワーデバイス実現のためには、高耐圧を維持するドリフト層中に存在するトラップ についての理解が重要である。MOVPE 成長したホモエピタキシャル成長 n 型 GaN 層中の電子ト ラップに関しては、多数の報告がある[1,2]。一方、正孔トラップに関しては、n 型 GaN 中に少数 キャリアである正孔を注入する必要があるため評価が難しいが、H1 トラップ( $E_T = E_V + 0.86 \sim 0.88 \text{ eV}$ 、捕獲断面積 $\sigma_p = 7.4 \times 10^{-14} \sim 1.3 \times 10^{-13} \text{ cm}^2$ )が支配的な正孔トラップとして報告さ れている[1,3]。

我々は、H1トラップ密度 $N_{\rm T}$ の正確かつ簡易な評価方法の確立を目指し、GaN 基板上の Ni/n-GaN ショットキーバリアダイオードに対して、空乏層中の H1 トラップに捕獲されている電子を空間 的に均一に光励起して正孔占有状態にすることが可能なサブバンドギャップ光を用いた光励起等 温過渡容量分光法(OICTS)による測定を行ってきた[4,5]。しかし、光照射中には正孔トラップから 光励起および熱励起による正孔の価電子帯への放出も生じるため、正孔トラップはこれらの過程 の競合で決まる正孔占有率 $f_{\rm T}$  <1 でしか正孔で満たされない。測定から得られる密度は見かけの トラップ密度 $f_{\rm T}N_{\rm T}$ であり、 $N_{\rm T}$ を求めるためには $f_{\rm T}$ を明らかにする必要がある。本研究では、GaN p-n 接合ダイオード(PND)に対して電流注入による ICTS と OICTS による測定を行い、それらを比較することで、 $f_{\rm T}$ の評価を試みたので報告する。

Fig. 1 に GaN PND のデバイス構造を示す。ICTS、OICTS は、一定温度(温度範囲:  $T = 300 \sim 370$  K) で、逆バイアス電圧 $V_{\text{bias}} = -5$  V を印加して行った。フィリングパルスとして ICTS では、順バイ アス電圧 $V_{\text{bias}} = 4.5$  V を 100 ms 印加した。OICTS では、 $V_{\text{bias}} = -5$  V を印加し、励起光として波長  $\lambda = 390$  nm の光(LED 光源)を十分な時間照射した。Fig. 2 に電流注入 ICTS から得られた H1 トラップ( $E_T = E_V + 0.88$  eV、 $\sigma_p = 1.2 \times 10^{-13}$  cm<sup>2</sup>)のT = 355 K におけるピーク(橙破線)と、T = 355 K における OICTS スペクトルを示す。390 nm の OICTS スペクトル(紫実線)において、H1 トラップより も放出時定数の大きなピークが支配的であった。そこで、H1 トラップを正孔占有状態にすること ができない 525 nm の光(LED 光源)を用いた OICTS 測定を行い、得られたスペクトルの定数倍(緑 実線)と390 nmの OICTS スペクトルとの差分をとることにより H1 トラップのピーク(黒破線)を抽 出した。ICTS と OICTS から、それぞれ $N_T = 1.1 \times 10^{15}$  cm<sup>-3</sup> と $f_T N_T = 3.0 \times 10^{14}$  cm<sup>-3</sup> が得られた。両者 の比較から、 $f_T$ (355 K) =0.3 が得られた。当日は、 $\lambda$ 効果の影響や、 $f_T$ の温度依存性についても報 告する。

【謝辞】本研究は「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」(文部科学省)からの委託を受けたプロジェクトの一環として行われた。

[1] Y. Tokuka, ECS Transaction, 75, (4) 39-49 (2016). [2] T. Tanaka, et al., Journal of Applied Physics, 55, 061101, (2016). [3] A. Y. Polyakov, et al., Journal of Applied Physics, 109, 123701, (2011).
[4] 鐘ヶ江 他,第 64 回応用物理学会報季学術講演会, 14a-315-4, (2017). [5] 鐘ヶ江 他,第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 7a-S22-5, (2017).







Fig. 2. ICTS peak of H1 trap (orange broken line), OICTS spectra using the 390 nm LED (violet solid line) and the 525 nm LED (magnified by 8.5 times, green solid line) at 355 K. OICTS peak of H1 trap (black broken line) is obtained by subtracting OICTS spectrum (525 nm) from OICTS spectrum (390 nm).