

低周波容量 DLTS 測定による MOCVD p-GaN のトラップ評価 Characterization of traps in MOCVD p-GaN by low-frequency capacitance DLTS

愛知工大¹、豊田中央研究所²、名古屋大学³

○小木曾達也¹、徳田豊¹、成田哲生²、富田一義²、加地徹³

Aichi Inst. of Technol.¹, Toyota Central R&D Labs., Inc.², Nagoya University³

○T. Kogiso¹, Y. Tokuda¹, T. Narita², K. Tomita², T. Kachi³

E-mail: v17710vv@aitech.ac.jp

【はじめに】 n-GaN のトラップに関しては多くの報告がなされているが[1]、p-GaN のトラップに関しては今後の課題である。前回、我々は温度範囲 200K 以上で n⁺p 接合の 1MHz 容量 DLTS 測定により、p-GaN 層中で観測された正孔トラップ、電子トラップに関する報告をした[2]。200K 以下では、Mg アクセプタの不活性化に伴う中性領域の高抵抗化のため、1MHz の容量測定では DLTS 法は適用できない。今回、低周波容量測定を用いることにより、200 K 以下の低温度領域での DLTS 測定を行い、p-GaN 層中のトラップ評価を行ったので報告する。

【実験方法】測定試料構造は、p⁺([Mg]=8x10¹⁹cm⁻³)/p([Mg]=2x10¹⁷cm⁻³)/n⁺([Si]=1x10¹⁹cm⁻³)/n⁺-GaN 基板である。ロックインアンプを用いた低周波容量 DLTS 測定系を構築し、低温度領域での DLTS 測定により、p-GaN 中の比較的浅い準位のトラップ評価を行った。

【実験結果】図 1 に、1 MHz 容量 DLTS 信号を示す。正孔トラップ H_c (0.46 eV)、H_d (0.88 eV)、H_e (1.0 eV)、H_f (1.3 eV) が観測されることは前回報告した[2]。ここでは 200 K 以下の DLTS 信号も示してある。150 K 付近にピークが観測されている。しかしながらこのピーク温度は、図 1 に示した 1 MHz 容量の温度依存性から分かるように、Mg アクセプタ不活性化に伴う容量の低下が観測される温度領域にある。そこで容量測定周波数を 1 kHz とし容量の温度依存性を測定したところ、空乏層容量のリアクタンス増により、容量が低下する温度領域は 120 K 付近まで低温度領域に移動することが分かった。図 2 に、1 kHz 容量の温度依存性と、1 kHz 容量 DLTS 信号を示す。1 MHz 容量 DLTS 測定で観測された 150 K 付近のピークは、1 kHz 容量 DLTS 測定では 130 K ピークの H_a、145 K ピークの H_b として明瞭に観測される。正孔放出時定数のアレニウスプロットから、H_a のエネルギー準位は E_v+0.29 eV、H_b は E_v+0.33 eV と求めた。また、トラップ濃度は H_a が 8.1x10¹⁵ cm⁻³、H_b が 4.0x10¹⁵ cm⁻³ であった。主トラップは H_d で[2]、その濃度は 1.7x10¹⁶ cm⁻³ であるが、H_a、H_b も高濃度トラップである。

【まとめ】1 kHz 容量 DLTS 測定により、低温度領域で、比較的浅い準位の正孔トラップ H_a (0.29 eV)、H_b (0.33 eV) を観測し、そのトラップ濃度を示した。H_a、H_b トラップに関しては、電流 DLTS により、すでに観測している[2]。しかしながら、ダイオードの電流測定のみでは観測深さ領域を特定できないため、トラップ濃度の決定に困難さを伴う。低周波容量 DLTS 測定は、特にアクセプタの活性化エネルギーが大きな p-GaN では、有効な測定法となりうる。

【謝辞】本研究は文部科学省「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」の委託を受けたものです。

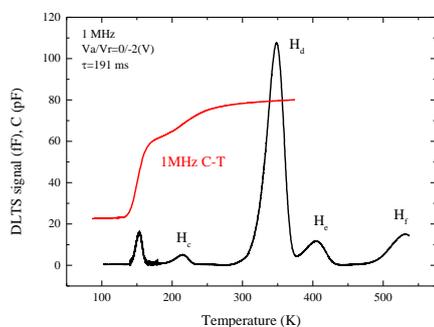


Fig. 1, 1 MHz C-DLTS spectrum

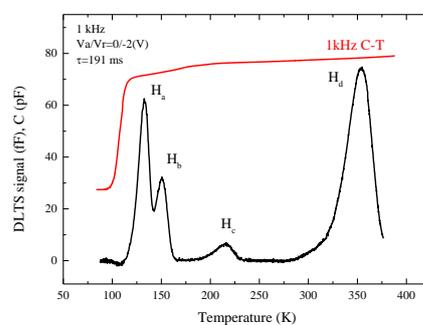


Fig. 2, 1 kHz C-DLTS spectrum

【参考文献】

[1] Y. Tokuda, ECS Transactions, **75**, 39 (2016).

[2] 小木曾達也 他、2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 7a-s22-7, 2017.9