

DLTS/MCTS 法による GaN の電子・正孔トラップ評価と制御

徳田 豊 (愛知工業大学工学部電気学科)

目的 ワイドバンドギャップを有する GaN を用いたデバイス開発が進められている。その妨げとなる一つの原因は、深い準位の存在である。結晶成長中、またデバイスプロセスで発生する結晶欠陥は、禁制帯内に深い準位を形成し、発光ダイオード中で非発光中心として働き、発光効率に大きな影響を及ぼす。また、近年特に注目されている高電子移動度トランジスタ (HEMT) では、深い準位はトラップ中心として働き、大きな問題となっているカレントコラプスを引き起こす。この現象は、HEMT のスイッチング特性や高周波特性に影響を及ぼし、トラップの評価と特定が求められている。この観点から、GaN 中のトラップ評価を行ってきた。この目的のため、GaN 上にショットキーダイオードを作製し、DLTS/MCTS 法を適用してきた。ショットキーダイオードは比較的作成が容易であり、また低温プロセスであることから広く用いられている。しかしながら、ショットキーダイオードは実用デバイスではなく、評価用の特別なデバイスであり、今後デバイスが実用化される段階では、実デバイスでのトラップ評価が重要であると考えられる。そこで、HEMT 素子を用いた直接的なトラップ評価法の開発・実用化を行い、HEMT のトラップ評価を行うことを目的とした。

結果 測定試料は、Si 基板上 AlGaIn/GaN HEMT である。DLTS 測定は、一定のドレイン電圧印加下で、ゲートパルスによるドレイン電流過渡応答を測定することにより行った。MCTS 測定は、一定のゲート電圧印加下での禁制帯幅以上 (355 nm) の光パルスによるドレイン電流過渡応答を測定することにより行った。比較のため、Si 基板上 MOCVD 成長 n-GaN ショットキーダイオードに対する容量 DLTS/MCTS 測定も行った。

図 1 に Si 基板上 AlGaIn/GaN HEMT の DLTS を示す。4 ピークが観測された。得られた括弧内に示す活性化エネルギーは、n-GaN ショットキーダイオードに対する容量 DLTS で得られた電子トラップの活性化エネルギーと一致した。この結果は、HEMT の DLTS 測定で観測されたトラップは電子トラップであることを示している。図 2 に、同 HEMT に対する MCTS 信号を示す。二つのトラップは、n-GaN ショットキーダイオードに対する容量 MCTS 測定で得られた正孔トラップの活性化エネルギーと一致した。

以上の結果から、HEMT の GaN チャネル層のトラップ評価がドレイン電流 DLTS/MCTS 測定により行えることが明らかとなった。なお、図 1, 2 の DLTS/MCTS 測定のドレインソース間電圧は 0.1 V という低電圧に設定し、HEMT の線形領域でドレイン電流の過渡応答測定を行っている。この条件下では、GaN チャネル層のトラップ評価が行える。一方、HEMT をスイッチングデバイスとして使用する場合は、高電圧のドレインソース間電圧となる。高ドレインソース間電圧では、図 1 と異なる DLTS 信号が得られつつあり、AlGaIn 表面あるいは AlGaIn 中トラップを検出している可能性もあり、今後の検討課題となっている。

HEMT を用いたトラップ評価について検討した。低ドレインソース間電圧を用いた DLTS/MCTS 測定により GaN チャネル層のトラップ評価ができることを示した。その結果、チャネル層内のトラップは、n-GaN のトラップと一致することが分かった。また、ドレインソース間電圧を高く設定することにより、AlGaIn 表面あるいは AlGaIn 中トラップの評価ができる可能性がある。ドレインソース間電圧をパラメータとした DLTS/MCTS 法は、カレントコラプス解明の有効な手段となる可能性があり、今後さらに評価をしていく予定である。

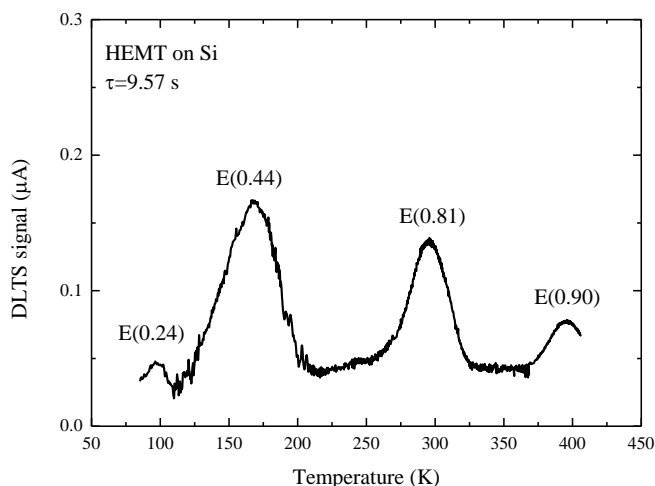


図 1. DLTS 信号

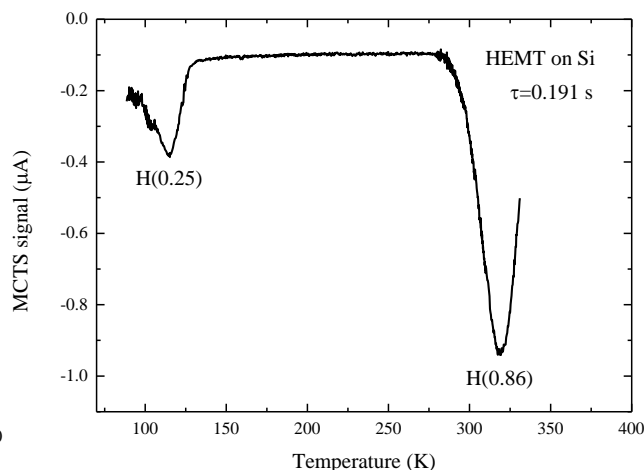


図 2. MCTS 信号