

サブバンドギャップ光を用いた MCTS 法による n 型 GaN ホモエピタキシャル成長層中の正孔トラップの評価

Characterization of hole traps in n-type GaN homoepitaxial layers

by MCTS using sub-bandgap light excitation

○(B) 鐘ヶ江 一孝¹, 堀田 昌宏², 木本 恒暢², 須田 淳^{2,3}

(京大工¹, 京大院工², 名大 未来材料・システム研究所³)

°Kazutaka Kanegae¹, Masahiro Horita², Tsunenobu Kimoto², Jun Suda²

(1. Kyoto Univ., 2. Dept. of Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ., 3. Nagoya Univ. IMaSS)

E-mail: kanegae@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

GaN パワーデバイスの性能の向上のために、GaN ホモエピタキシャル成長層中の点欠陥と深い準位の関係解明が重要である。そのためには電子トラップだけでなく、正孔トラップも含めた総合的な理解が必要となる。一般に MCTS 測定では、GaN のバンドギャップよりも短波長 ($\lambda < 365$ nm) の励起光を用いて電子-正孔対を生成し、生じた正孔を正孔トラップに捕獲させ、その放出過程を測定する[1]。しかし、厚い(不透明な)ショットキー電極に表面から光照射を行った場合、電極周囲近傍の正孔トラップにしか正孔を捕獲させることができない。一方、バンドギャップよりも長波長 ($\lambda > 365$ nm) の光は GaN 中を透過するので、表面から光照射しても裏面オーミック電極での反射によってショットキー電極に裏面から均一に光照射されることが内部光電子放出の電極面積依存性からわかっている[2]。サブバンドギャップ光を用いて正孔トラップを正孔占有状態にすれば、ショットキー電極下全体に均一な正孔占有状態をつくることができると考え、サブバンドギャップ光を用いた MCTS 法を試みたので報告する。

n 型ショットキーバリアダイオード(SBD)として、n 型 GaN 基板の上に MOVPE 法によって n 型 GaN (実効ドナー密度 $7.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) を成長し、表面に Ni ショットキー電極(直径 100~400 μm)、鏡面研磨された裏面全面にオーミック電極を形成したものをを用いた。励起光には 355~590 nm の単色光を用い、バイアス電圧は -2 V で一定とした。

図 1 に直径 400 μm 電極に対して、300 K において 390 nm の光を照射したときの容量変化を示す。光照射開始とともに容量が増加し、10 秒ほどで飽和した。これは光照射で空乏層中の正孔トラップに正孔が占有されたことを示している。実験に使用したすべての波長(~590 nm)で容量の増加が観測された。容量変化から占有状態にある正孔トラップ密度を求めると、 $1.3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ となった。また、光照射をやめるとトラップから正孔が放出され、容量がもとの値に漸近する。その放出時定数は 36 秒であった。300~360 K の範囲で放出時定数の温度依存性を測定したところ、エネルギー準位 $E_v + 0.85 \text{ eV}$ 、捕獲断面積 $2.2 \times 10^{-13} \text{ cm}^2$ が得られた。報告されている正孔トラップ(H1) の値[1]と一致しており、今回検出されたのは H1 トラップと考えられる。

図 2 に 300 K で測定した MCTS 信号の電極直径依存性を示す。グラフの傾きは 2.0 であり、MCTS 信号は電極面積に比例している。電極下に均一に正孔トラップの占有状態をつくることができたと考えられ、本手法を用いれば電極サイズによらずトラップ密度を比較することが可能となる。今後は光照射下における正孔トラップの占有率を明らかにして、トラップ密度の絶対値を求めることが課題である。

【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. Tokuda *et al.*, Phys. Status Solidi C **8**, No. 7-8, 2239-2241 (2011)

[2] T. Maeda *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 091002 (2016)

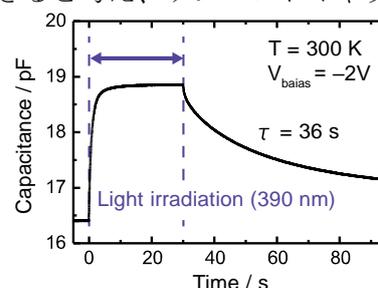


Fig 1. Capacitance change under sub-bandgap light irradiation.

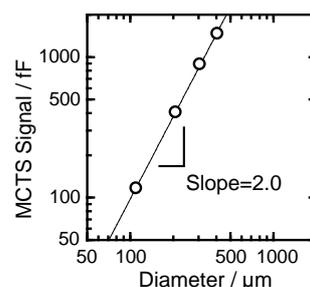


Fig 2. Electrode diameter dependence of MCTS signal.