

電子線照射によりホモエピタキシャル成長 n 型 GaN 中に 形成される深い準位

Deep level trap in homoepitaxial n-type GaN formed by electron beam irradiation

堀田 昌宏¹, 成田 哲生², 加地 徹³, 上杉 勉², 須田 淳¹ (1.京大院工, 2.豊田中研, 3.名大)

°Masahiro Horita¹, Tetsuo Narita² Tetsu Kachi³, Tsutomu Uesugi², Jun Suda¹

(1.Kyoto Univ., 2.Toyota Central R&D Labs., 3.Nagoya Univ.)

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

窒化ガリウム(GaN)を用いた縦型パワーデバイスの研究が活発化している。縦型デバイスは、エピタキシャル成長をはじめイオン注入、反応性イオンエッチングなどのプロセスを経て形成されるが、各プロセスにおいて GaN 中に種々の点欠陥が導入されることから、点欠陥と形成される深い準位について理解を深めることは重要である。n-GaN で観測される深い準位について数多くの報告があるが、これらの起源については、未だ統一的な見解は得られていないのが現状である。深い準位の起源解明に向けて、我々は、GaN に意図的に点欠陥を導入し、形成される深い準位との相関を調べることに取り組んでいる。点欠陥は、電子線照射によって導入することができ、関連する報告はいくつか存在する[2]が、いずれの報告においてもエネルギー 700 keV 以上の電子線が用いられている。エネルギー 400 keV 以上の電子では、N および Ga 原子両方の変位が生じるが、150~400 keV では、N 原子のみを選択的に変異させることができる。本研究では、385 keV の電子線照射により V_N および N_i を意図的に導入した n-GaN について深い準位の測定を行い、先行研究と比較することで、各準位に対する V_N や N_i の関与について検討したので報告する。

GaN 自立基板上に MOVPE により成長した n-GaN(実効ドナー濃度 $1.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)に対して、エネルギー 385 keV, フルエンス $0.1 \sim 4.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で電子線を照射した。照射後、Ni ショットキー電極を形成し、DLTS および ICTS 法により電子トラップの評価を行った。得られたスペクトルを Fig. 1 に示す。ホモエピ成長 n-GaN 層に存在する E1($E_C - 0.26 \text{ eV}$)および E3($E_C - 0.58 \text{ eV}$)[1]の他に、DLTS では E1 よりも低温側に電子トラップ準位 EE1 が、ICTS では E3 より時定数が大きい側に電子トラップ準位 EE2 が、それぞれ観測された。なお、フルエンスに対する E3 ピーク強度の差は、as-grown における E3 トラップ密度の試料間のばらつきによるものであり、電子線照射起因ではないことを確認している。アレニウスプロットより、各準位のエネルギー深さは、EE1 が $E_C - 0.15 \text{ eV}$, EE2 が $E_C - 0.8 \text{ eV}$ と算出された。各準位の密度は、フルエンスに対して線形に増加したことから、これらは、電子線照射によって形成される真性点欠陥(V_N , N_i)であると言える。エネルギー 2 MeV で電子線照射を行った先行研究[2]との比較を TABLE I に示す。EE1 と EE2 については、Ref. 2 においてほぼ同じエネルギー位置で観測されているのに対して、Ref. 2 における $E_C - 1.14 \text{ eV}$ のピークは、本研究では観測されなかった。EE1, EE2 は、 V_N または N_i 関連であり、Ga 原子は関与しない一方で、 $E_C - 1.14 \text{ eV}$ のピークは、Ga や他の原子が関与していると言える。

[1] Tokuda, CS-ManTech 2014, 2.2 [2] Duc *et al.*, APL **105**, 102103 (2014)

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代パワーエレクトロニクス-GaN 縦型パワーデバイスの基盤技術開発」(管理法人: NEDO)によって実施された。

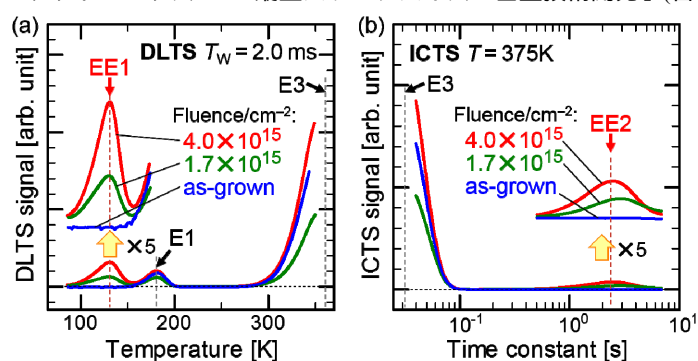


Fig. 1 (a) DLTS and (b) ICTS spectra of n-GaN epilayers; as-grown sample and samples electron irradiated at the fluence of 1.7×10^{15} and $4.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$.

TABLE I List of DLTS peaks reported in this work and Ref. 2. Irradiation energies of electron beam are shown in parentheses.

Label	EE1	EE2	—
$E_C - E_T$ [eV]	0.12~ 0.15	0.8~ 0.9	1.14
This work (385 keV)	+	+	—
Ref. 2 (2 MeV)	+	+	+