

# 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の形成エネルギーしきい値

Threshold energy of deep level traps introduced

by electron beam irradiation in homoepitaxial n-type GaN

○堀田 昌宏<sup>1</sup>, 須田 淳<sup>1,2,3</sup> (京大院工<sup>1</sup>, 名大院工<sup>2</sup>, 名大未来研<sup>3</sup>)

○Masahiro Horita<sup>1</sup>, Jun Suda<sup>1,2,3</sup> (1.Kyoto Univ., 2.Nagoya Univ., 3.Nagoya Univ. IMASS)

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することは重要である。GaN を構成する Ga および N 原子の変位エネルギー(displacement energy)は、プロセス起因の点欠陥を理解する上で、重要なパラメータである。これまで、我々はエネルギー400 keV の電子線照射によって、GaN 中の N 原子変位を支配的に発生させ、導入される真性欠陥  $V_N$  および  $N_I$  と、DLTS によって観測される2つの深い準位 EE1 ( $E_C-0.13$  eV) および EE2 ( $E_C-0.9$  eV)の相関について議論してきた[1]。この N 原子変位関連欠陥の知見をより明確にし、変位エネルギーを決定するためには、EE1 および EE2 に対する照射エネルギー依存性が不可欠である。今回は、より低エネルギーにて電子線照射を行い、深い準位の評価を行うことで、N 原子変位関連欠陥の形成エネルギーしきい値を明らかにしたので報告する。

GaN 自立基板上に MOVPE により成長した n-GaN(実効ドナー密度  $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ )に対して、GaN 表面での入射エネルギー  $E_{\text{irrad}}$  を 100~338 keV の範囲で変化させ、電子線照射を行った。各  $E_{\text{irrad}}$  においてフルエンスは  $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$  とし、照射後に Ni ショットキー電極( $\phi = 1 \text{ mm}$ )を蒸着により形成した。Fig. 1 に as-grown および  $E_{\text{irrad}} = 100, 137, 183, 232 \text{ keV}$  試料に対する低温 DLTS および高温 ICTS スペクトルを示す。 $E_{\text{irrad}} = 183\sim 338 \text{ keV}$  の試料では、これまでの 400 keV 照射と同様に EE1 および EE2 ピークが観測された。 $E_{\text{irrad}}$  を減少させていくと、低温 DLTS で観測される EE1 は、ピーク強度が減少し、 $E_{\text{irrad}} = 100 \text{ keV}$  において消失した。一方で、高温 ICTS で観測される EE2 は、 $E_{\text{irrad}}$  の減少によって、ピーク強度が減少するとともに、ピーク位置が長時定数方向へシフトし、また  $E_{\text{irrad}} = 100 \text{ keV}$  においてもわずかな強度で観測されることが分かった。この現象は、これまで EE2 としていたピークが、2つのピーク EE2a(短時定数)および EE2b(長時定数)によって構成されるとすることで説明できる。EE2a が  $N_I$  に相当し、 $V_N$  に相当する EE1 とともに  $E_{\text{irrad}} = 100 \text{ keV}$  で消失する一方で、EE2b は 100 keV でも形成される電子線照射起因の欠陥である、と推察される。以上より、N 変位関連欠陥の形成エネルギーしきい値は、100~137 keV の間であると言える。

[1]堀田 他, 第 78 回秋季応用物理学会 7a-S22-6 (2017)

【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。

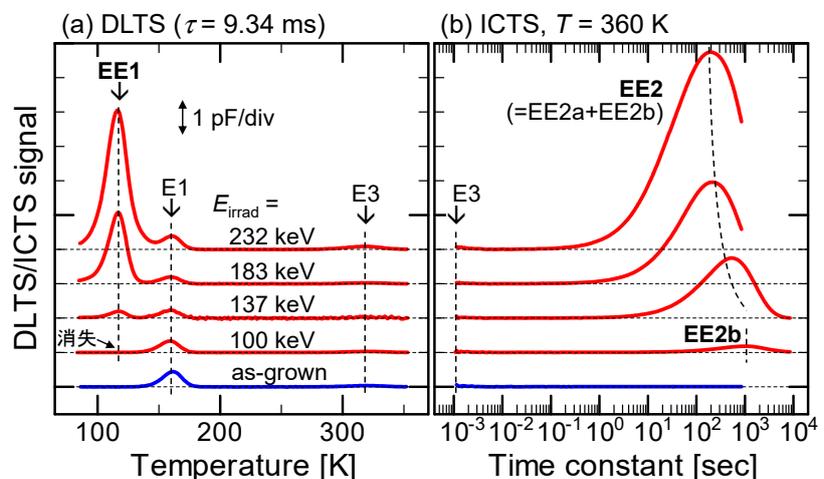


Fig. 1: (a) DLTS (time constant  $\tau = 9.34 \text{ ms}$ ) and (b) ICTS (temperature  $T = 360 \text{ K}$ ) spectra of n-GaN epilayers irradiated with various energies of electron-beam. Spectra of as-grown n-GaN epilayers are also shown.