

## MOVPE 成長 n 型 GaN に存在する E3 トラップの起源検討

## Investigation of origin of E3 trap in n-type GaN homoepitaxially grown by MOVPE

○堀田 昌宏<sup>1,2</sup>, 成田 哲生<sup>3</sup>, 加地 徹<sup>2</sup>, 須田 淳<sup>1,2</sup> (名大院工<sup>1</sup>, 名大未来研<sup>2</sup>, 豊田中研<sup>3</sup>)○Masahiro Horita<sup>1,2</sup>, Tetsuo Narita<sup>3</sup>, Tetsu Kachi<sup>2</sup>, Jun Suda<sup>1,2</sup>

(1. Nagoya Univ., 2. Nagoya Univ. IMaSS, 3. Toyota Central R&amp;D Labs., Inc.)

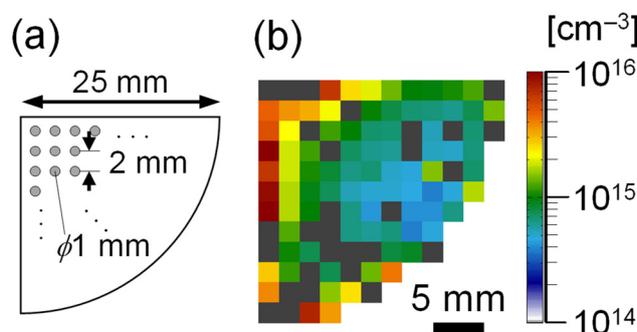
E-mail: horita@nagoya-u.jp

窒化ガリウム(GaN)を用いたパワーデバイスの高性能化において、低濃度ドーピング制御技術は必要不可欠である。意図せず導入されるトラップ準位の密度を低減し、ドーピング制御性を向上させるには、点欠陥とそれらが形成するトラップ準位を理解することは極めて重要である。GaNの深い準位に関する研究において、電子トラップ E3 ( $E_C-0.6$  eV,  $\sigma=2\times 10^{-15}$  cm<sup>2</sup>)は、最もよく知られた深い準位の1つである。E3 トラップは、n 型 GaN 成長層の成長方法や成長基板によらず観測されることが知られているが、その起源については、未だ統一的ではなく、様々な報告がある。例えば、真性欠陥である N<sub>Ga</sub> アンチサイトや、C あるいは Mg の不純物欠陥などが挙げられる。一方で、第一原理計算や PL, EPR による観測より、Fe 不純物が E3 を形成する可能性も提唱されている。この可能性を議論する上で、E3 トラップ密度( $N_{T,E3}$ )と Fe 密度([Fe])の相関は極めて重要である。これまでに、 $N_{T,E3}$  と [Fe] の変化の大小や、オーダーでの濃度比較についての報告はあるものの、[Fe]濃度を様々な値に変化させ、 $N_{T,E3}$  と [Fe] を正確に測定し、比較した例はない。そこで、本研究では、Fe がバックグラウンドから意図せずドーピングされた n 型 GaN を用いて、[Fe]および  $N_{T,E3}$  の測定・比較を行い、その相関より E3 の起源について検討を行ったので報告する<sup>[1]</sup>。

2 インチウェハを 1/4 にカットした GaN 自立基板上に MOVPE によって n-GaN(実効ドナー密度  $(1.2-6.2)\times 10^{16}$  cm<sup>-3</sup>)の成長を行った。φ1 mm の Ni ショットキーダイオード(SBD)を 2 mm 間隔の正方格子状に配置し、一定温度 DLTS 測定によって、面内全体の  $N_{T,E3}$  を評価した。 $N_{T,E3}$  のマップを Fig. 1 に示す。E3 濃度は、試料エッジ部が中央部に対して高く、面内分布があることが分かる。そこで、E3 濃度を測定した各 SBD に対する Fe 濃度を測定するため、SBD 電極の直下において SIMS 分析(分析エリア φ60 μm)を行った。成長条件を変化させた 2 種類の GaN(試料 A および B)に対して、それぞれ 10 点ずつ、計 20 点のデータをプロットした相関図を Fig. 2 に示す。19 点のデータが  $N_{T,E3}=[Fe]$  の直線上に位置しており、明確な 1:1 対応があることが分かった。この結果は、MOVPE 成長した n-GaN に存在する E3 の起源が Fe であることを強く示唆するものである。

[1] Horita *et al.*, *Appl. Phys. Express* (2020) <https://doi.org/10.35848/1882-0786/ab9e7c>.

【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」事業 JPJ005357 の助成を受けたものです。



■ Not available due to measurement failure

Fig. 1: (a) A schematic of the SBD array fabricated on a sample and (b)  $N_{T,E3}$  maps of a sample (sample A in Fig. 2) obtained from isothermal DLTS spectra acquired at RT.

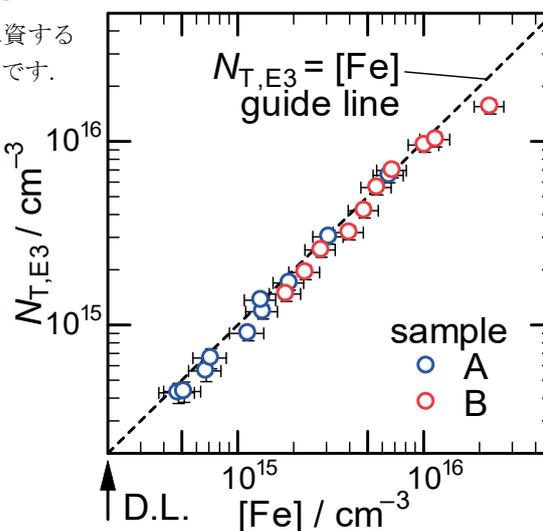


Fig. 2: Plots showing the correlation between the [Fe] and  $N_{T,E3}$  electron traps in n-GaN epilayers.