

## 137 keV の電子線照射で意図的に窒素関連欠陥準位を導入した n 型 GaN のホール効果測定

### Hall effect measurement of defect levels introduced

### by 137 keV electron beam irradiation in homoepitaxial n-type GaN

名大院工<sup>1</sup>, 名大未来研<sup>2</sup> ○小島 千寛<sup>1</sup>, 堀田 昌宏<sup>1,2</sup>, 須田 淳<sup>1,2</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, IMASS, Nagoya Univ.<sup>2</sup>, °Chihiro Kojima<sup>1</sup>, Masahiro Horita<sup>1,2</sup>, Jun Suda<sup>1,2</sup>

E-mail: kojima.chihiro.w8@s.mail.nagoya-u.ac.jp

GaN 縦型パワーデバイスは大電流、高耐圧の次世代パワーデバイスとして期待されている。イオン注入等のデバイス作製プロセスの際に点欠陥が導入され、欠陥準位が形成されることでデバイス性能に悪影響を及ぼすことから、点欠陥と欠陥準位の相関を理解する基礎研究が求められている。電子線照射は、照射エネルギーを変化させることで原子を選別的に変位させることが可能である<sup>[1,2]</sup>。我々のグループでは、450 keV 未満の電子線を照射することにより n 型 GaN 中の窒素原子のみを意図的に変位させ、DLTS 測定により 2 つのピーク EE1 ( $E_c - 0.13$  eV), EE2 ( $E_c - 0.98$  eV) を観測したことを報告してきた<sup>[2]</sup>。一方で、ホール効果測定によって、これらの準位を検証した例はない。本研究では、137 keV の電子線照射により窒素原子のみを変位させた n 型 GaN において形成された欠陥準位の評価をホール効果測定により行ったので報告する。

半絶縁性 GaN 自立基板に MOVPE により Si ドーピング密度  $9.9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  の n-GaN を成長した。この n-GaN に対し、照射エネルギー 137 keV、フルエンス  $1.85 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$  で電子線照射を行った。同一試料に対し測定、照射を繰り返し、照射前、各照射後(2回)で計 3 回ホール効果の温度依存性を測定した。この結果を Fig.1 に示す。照射後の試料では、低温においてキャリア密度が低下している。また、低温になるにしたがって傾きが減少しており、照射により Si ドナーに加え深いドナー準位が形成されていることが示唆される。各測定データに対し、キャリア密度のフィッティングを行うことで、 $N_d$ ,  $\Delta E_d$ ,  $N_{dd}$ ,  $\Delta E_{dd}$ ,  $N_a$  を算出した。深いドナーのイオン化エネルギー  $\Delta E_{dd}$  は 60 meV であった。Fig.2 は、フィッティングにより得た値を用いて、照射により増加した深いドナー密度( $N_{dd}$ ), 補償アクセプタ密度の増加分( $\Delta N_a$ )を縦軸に、フルエンスを横軸にとったものである。Fig.2 から、ドナーとアクセプタの生成レートがほぼ一致していることが確認できる。また、60 meV のドナーの深さは、我々が報告した捕獲障壁を考慮した EE1 のエネルギー深さ<sup>[3]</sup>と近い値である。以上のことから、深いドナー密度とアクセプタ密度の増加分は先行研究[2]で報告された EE1, EE2 に対応し、またこれらがそれぞれドナーライク、アクセプタライクであることを特定した。加えて、形成される欠陥は、これまで考えていた  $V_N(+0)$ ,  $N_i(0/-)$  と矛盾しない。

[1] D.C. Look *et al.*, PRL 79, 2273 (1997). [2] M. Horita *et al.*, APL 118, 012106 (2021).

[3] 遠藤他、第 83 回応用物理学会秋季学術講演会、23p-B204-5.

【謝辞】本研究は、文部科学省 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 の助成を受けたものです。

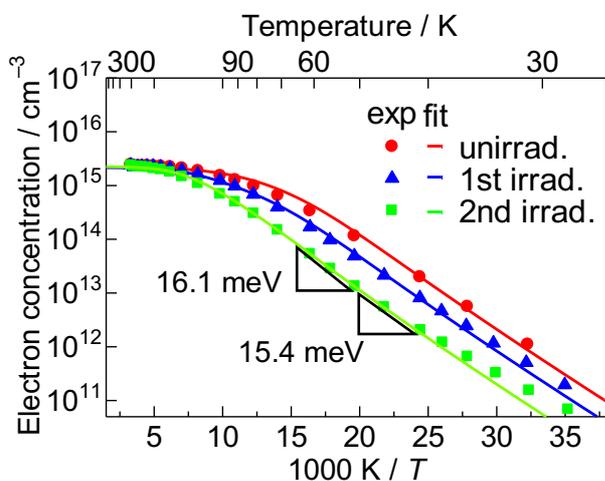


Fig.1: Temperature dependence of the electron concentration for the sample before and after irradiation.

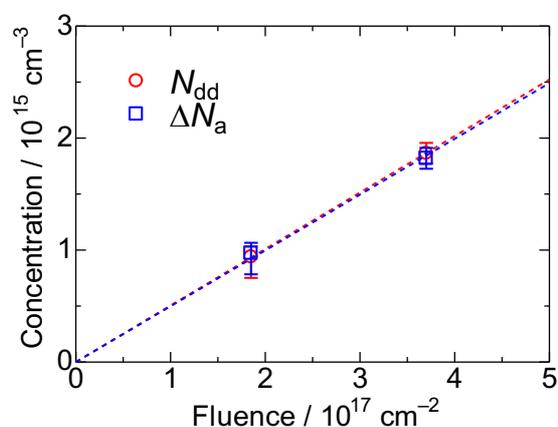


Fig.2: The concentrations ( $N_{dd}$ ,  $\Delta N_a$ ) as a function of fluence for EB-irradiated sample.