

RIEによって生成された n 型 GaN 中の深い準位 Deep levels generated by RIE in n-type GaN layer

○鐘ヶ江一孝^{1,4}, 山田真嗣^{2,3,4}, 堀田昌宏^{1,3,4}, 木本恒暢¹, 須田淳^{1,3,4}
(京大院工¹, アルバック半電研², 名大未来材料・システム研究所³, 名大院工⁴)

○K. Kanegae¹, S. Yamada^{2,3,4}, M. Horita^{1,3,4}, T. Kimoto¹, and J. Suda^{1,3,4}
(Kyoto Univ.¹, ULVAC ISET², Nagoya Univ. IMASS³, Nagoya Univ.⁴)

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

反応性イオンエッチング(RIE)は、デバイス作製に必須なプロセスである。照射されるイオンが比較的低エネルギーであるため、RIEによって生成される点欠陥は、エッチング表面ごく近傍(<1 μm)に局在すると考えられる[1,2,3]。RIEによって n 型 GaN 中に生成される点欠陥の検出とその深さ方向分布の測定は難しく、詳細な報告はほとんどない。そこで本研究では、表面をエッチングした n 型 GaN を用いてショットキー障壁ダイオードを作製し、容量過渡分光法によって表面ごく近傍に局在する深い準位の検出とその深さ方向分布の測定を試みたので報告する。

GaN 基板の上に MOVPE 成長した Si 濃度 $7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の n 型 GaN 表面を ICP RIE によって 200 nm エッチングした。ICP 電力は 200 W、バイアス電力は 40 W とした。As-grown 試料と RIE を行った試料(RIE 試料)の各表面に Ni ショットキー電極を、裏面にオーミック電極をそれぞれ形成した。作製したショットキー障壁ダイオードに対して、75~350 K の温度範囲で DLTS 測定を行い、n 型 GaN 層中の電子トラップを評価した。電子トラップ密度の深さ方向を調べるために、印加する逆バイアス電圧を変えた測定を行った。

Fig. 1 に、as-grown 試料と RIE 試料の DLTS スペクトルを示す。RIE 試料の DLTS スペクトルから、as-grown で報告されている電子トラップ E1 と E3 [4]の他に、 E_{R1} ($E_C - 0.59 \text{ eV}$, $\sigma_n = 10^{-13} \text{ cm}^{-2}$)と E_{R2} ($E_C - 0.14 \text{ eV}$, $\sigma_n = 10^{-17} \text{ cm}^{-2}$)が検出された。これらは、2 MeV の電子線を照射した際に生成される電子トラップ $EE3 \cdot EE1$ [5]にそれぞれ対応していると考えられる。Fig. 2 に測定から得られたトラップ密度の空乏層幅依存性を示す。トラップ密度が深さ方向に均一であれば、測定から得られるトラップ密度は λ 効果によって空乏層幅増加に伴い単調増加する。Fig. 2(a)・(b)に示すように、as-grown 試料中の E3・E1 トラップの測定から得られるトラップ密度の空乏層幅依存性は、深さ方向に均一なトラップ密度と λ 効果を考慮した理論曲線と良い一致を示している。一方で、トラップ密度が深さ方向分布を持つ場合、その分布の関数形を仮定し、測定から得られるトラップ密度の空乏層幅依存性を解析することで、トラップ密度の深さ方向分布を抽出することができる[3]。本研究では、RIE によって生成された欠陥密度の分布として指数関数を仮定した[2]。Fig. 2 より、 $E1 \cdot E_{R1} \cdot E_{R2}$ トラップは、RIE によって、表面ごく近傍(<500 nm)に生成されていることがわかる。一方で、E3 トラップは RIE を行っても深さ方向に均一に分布している。このことから、 $E1 \cdot E_{R1} \cdot E_{R2}$ トラップは RIE で生成される点欠陥、E3 トラップは結晶成長中に導入された点欠陥であることが示唆される。

【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」の委託を受けたものです。

- [1] T. Narita, et al., *Phys. Status Solidi A* **208**, (7) 1541 (2011).
[2] S. Yamada, et al., *Appl. Phys. Express* **13**, 016505 (2020).
[3] K. Kanegae, et al., ICSCRM 2019 (Kyoto, Japan, 2019), We-3B-05.
[4] Y. Tokuda, *ECS Transaction*, **75**, (4) 39-49 (2016).
[5] 堀田昌宏 他, 第 66 回応用物理学会春季講演会, 11a-M121-5 (2019).

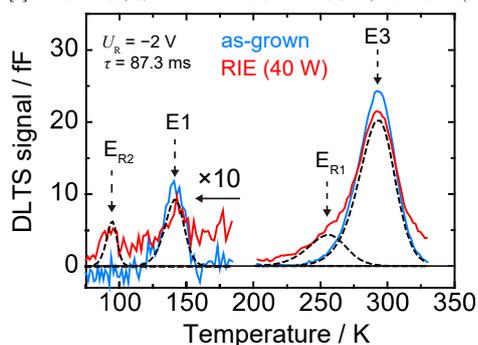


Fig. 1. DLTS spectra for the as-grown sample (blue solid line) and the RIE sample (red solid line).

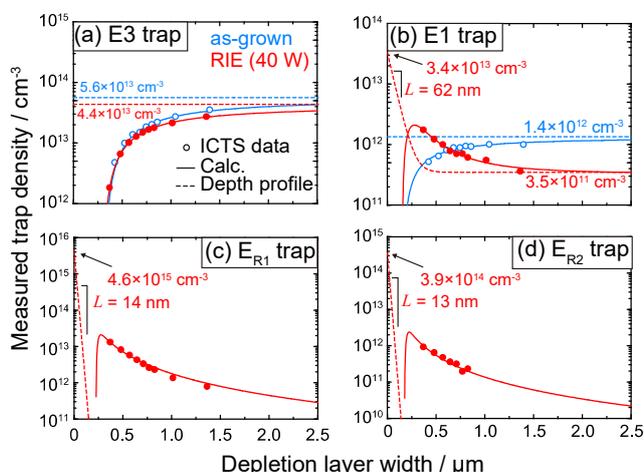


Fig. 2. Depletion layer width dependence of the measured trap density. Solid lines are calculation results and broken lines are extracted depth profiles. In the analyses, a spatially uniform or exponential distribution is assumed as the depth profile.