## Ar<sup>+</sup>イオン照射した HVPE-GaN 膜の電気的評価 Electrical Characterization of HVPE-GaN films with Ar<sup>+</sup> Ion Bombardment 中部大<sup>1</sup>, 兵庫県立大<sup>2</sup>, 徳島大<sup>3</sup> <sup>0</sup>中野 由祟<sup>1</sup>, 中村圭二<sup>1</sup>, 新部 正人<sup>2</sup>, 川上 烈生<sup>3</sup> Chubu Univ.<sup>1</sup>, Univ. Hyogo<sup>2</sup>, Univ. Tokushima<sup>3</sup> <sup>0</sup>Yoshitaka Nakano<sup>1</sup>, Keiji Nakamura<sup>1</sup>,

## Masahito Niibe<sup>2</sup>, Retsuo Kawakami<sup>3</sup>

## E-mail: nakano@isc.chubu.ac.jp

【背景】GaN は優れた物性値を有するため、光デバイスや高周波パワーデバイスなどに積極的に応用展開されている。更なるデバイス特性の向上を目指し、結晶性の向上と共に、プロセス面ではプラズマエッチングのダメージレス制御の開発が強く望まれている。しかしながら、GaN 表面に誘起されるプラズマエッチング損傷についての理解は未だ不十分である。本研究では、グロー放電により Ar<sup>+</sup>イオンを照射したGaN 膜を、水銀プローブを用いた C-V 法と光容量過渡分光法(SSPC: Steady-State Photo-Capacitance Spectroscopy)により電気的に評価し、深い欠陥準位の形成挙動を検討したので報告する。

【実験】Al2O3 基板上に HVPE 成長した GaN テンプレート(膜厚 5µm)をサンプルとして用いた。グロー放 電により Ar<sup>+</sup>イオンを 5, 15, 30min 照射した。Ar ガス圧,放電電圧,イオン化電流はそれぞれ 200mTorr, 280V, 2.55x10<sup>-4</sup>A/cm<sup>2</sup>とした。30min 照射ではダメージ層が表面剥離した。Ar<sup>+</sup>イオン照射前後で、PL の 温度依存性(15K-RT)を測定した。また、水銀プローブ電極(dot/ring)を用いて 10kHz で C-V 法と SSPC 法による電気的評価を室温で行った。ショットキー接合面積は 1.19x10<sup>-2</sup>cm<sup>2</sup>である。SSPC 測定では、ハロ ゲン光源を用いて 1600~300nm の単色分光を基板裏面から照射し、各分光波長毎に光励起に伴うフォ トキャパシタンスの過渡応答特性を計測し、その飽和値から SSPC スペクトルを得た[1]。

【結果】PL 測定では、Ar<sup>+</sup>イオン照射によりYL 強度は低下しNBE 強度は増加する傾向を示した[2]。C-V 測定では、Ar<sup>+</sup>イオン照射時間に依存して膜表面部の有効キャリア濃度が大幅に増加することが分かった (図 1)。SSPC 測定では、as-grown 状態では MOCVD-GaN 膜とは明らかに異なる2つの欠陥準位 A1,A2 が伝導帯下~2.59, ~3.0eV に低濃度( $4.05x10^{15}$ ,  $2.24x10^{16}$  cm<sup>-3</sup>)で存在することが分かった(図 2)。これらは HVPE 成長時に形成された native な欠陥準位であり、VGaとH が作る VGa-Hn 複合欠陥((VGa-H2)<sup>-</sup> and/or (VGa-H3)<sup>0</sup>)に帰属するものと思われる[3]。また、Ar<sup>+</sup>イオン照射時間に依存して、伝導帯下~2.05eV と ~3.04eV に極めて高濃度の欠陥準位 A3,A4 が新たに形成されることが分かった(図 2)。これらは、存在比 率が Ar<sup>+</sup>イオン照射時間に依存せずほぼ一定であることから、Ar<sup>+</sup>イオン照射により導入された VGa 欠陥 が膜中の残存 Hと結合した欠陥準位(VGa-H)<sup>2</sup>に帰属するダブルアクセプター準位に相当するものと思わ れる[3]。A1~A4 の欠陥準位はスペクトル形状からエネルギー的にブロードに分布している様である。

[1] Y. Nakano *et al.*, J.Appl.Phys. **112**, 106103 (2012).

[2] Y. Nakano et al., ECS J. Solid State Sci. Tech. 2, P110 (2013).

[3] C.G. Van de Walle, Phys.Rev.B 56, R10020 (1997).



**Fig.1.** Depth profiles of effective carrier concentrations in HVPE-GaN with and without  $Ar^+$  ion bombardment.



**Fig.2.** SSPC spectra of HVPE-GaN with and without  $Ar^+$  ion bombardment.