

スパッタ法アニール処理 AlN 上 AlGaN チャネル HEMT の MOVPE 成長

MOVPE Growth of AlGaN Channel HEMTs on Annealed Sputtered AlN Templates

三重大 院工¹, 地創戦略企², 院地域イノベ³

○(M1) 森隆一¹, 上杉謙次郎², 白土達也¹, 窪谷茂幸², 正直花奈子¹, 三宅秀人^{1,3}

Grad. Sch. of Eng.¹, SPORR², Grad. Sch. of RIS.³, Mie Univ.

○Ryuichi Mori¹, Kenjiro Uesugi², Tatsuya Shirato¹, Shigeyuki Kuboya²,

Kanako Shojiki¹, Hideto Miyake^{1,3}

E-mail: k.uesugi@opri.mie-u.ac.jp

AlGaN は GaN に比べて大きなバンドギャップエネルギーと絶縁破壊電界を有している。そのため、高電子移動度トランジスタ (HEMT) のチャネル層に AlGaN を用いることで、高温・高電圧下で安定して動作するデバイスの実現が期待できる^[1]。しかし、良好な表面平坦性を持つ高 Al 組成 AlGaN の成長は GaN に比べて困難であり、この表面平坦性の欠如によりバリア層とチャネル層の界面における電子の散乱が増大する。このため、チャネル層の結晶性を向上させチャネル層の膜厚と組成の不均一性を低減させることは AlGaN チャネル HEMT の性能向上において必要不可欠である。本研究では AlGaN チャネル HEMT の下地層として、低転位密度のアニール処理スパッタ AlN (FFA Sp-AlN^[2]) を用いることで性能向上と低コスト化を両立するデバイス構造を検討した。

Fig. 1 に作製した HEMT 構造を示す。まず、サファイア基板上にスパッタ法を用いて AlN を 450 nm 堆積し、Face-to-Face 高温アニール処理を施した。その後、有機金属気相成長 (MOVPE) 法を用いて AlN を 450 nm 再成長し、チャネル層としてアンドープ (UID) Al_{0.55}Ga_{0.45}N を 100 nm、バリア層として UID Al_xGa_{1-x}N を 25 nm 成長した。バリア層の Al 組成 x は 0.85 または 0.75 とした。Fig. 2 に Al_{0.55}Ga_{0.45}N チャネル層表面の AFM 像を示す。明瞭な原子ステップテラス構造が確認でき、表面粗さ RMS 値は 0.11 nm と小さく良好な表面平坦性が得られた。Fig. 3 に 2 種類の HEMT 構造の Hall 移動度およびシートキャリア濃度の温度特性を示す。Al_{0.85}Ga_{0.15}N バリアおよび Al_{0.75}Ga_{0.25}N バリアを有する試料の室温におけるシートキャリア濃度は、それぞれ $8.57 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と $4.85 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ であり、Hall 移動度はそれぞれ $175 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と $134 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。シートキャリア濃度は測定温度に対してほぼ一定の値を示している。一方、Hall 移動度は測定温度の低下に伴い上昇しているが、Al_{0.75}Ga_{0.25}N バリアを有する試料では移動度が低く制限されている。X 線回折測定による試料の構造解析の結果から Al_{0.85}Ga_{0.15}N バリアを有する試料ではバリア-チャネル層間に中間組成層の形成が確認された。このことから、移動度の温度依存性の違いは Al_{0.85}Ga_{0.15}N バリアを有する試料において電子が高 Al 組成の中間組成層を走行し合金散乱が低減したためと考えられる。

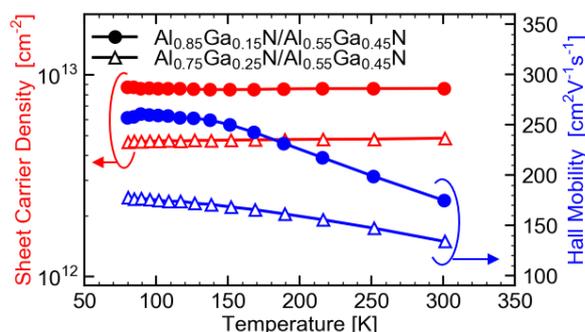
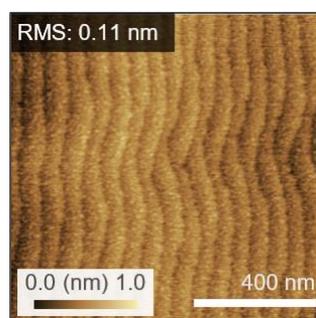


Fig.1 Sample structure. **Fig. 2** $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ AFM image of surface of Al_{0.55}Ga_{0.45}N channel layer. **Fig. 3** Temperature dependencies of sheet carrier density and Hall mobility in HEMTs.

[1] T. Nanjo *et al.*, Appl. Phys. Lett. **92**, 263502 (2008). [2] H. Miyake *et al.*, J. Cryst. Growth **456**, 155 (2016).

【謝辞】本研究の一部は、文部科学省「地域イノベーション・エコシステム形成プログラム」、「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」、JSPS 科研費(16H06415)、JST CREST(16815710)、および JST SICORP-EU (JPMJSC1608)の支援により行われた。