

高温アニール AlN 上 AlGaN チャネル HEMT の AlGaN 膜厚依存性

AlGaN Channel Thickness Dependence on Properties of AlGaN Channel HEMTs on High-Temperature Annealed AlN

三重大 院工¹, 地創戦略企², 院地域イノベ³

○(M2) 森 隆一¹, 上杉 謙次郎^{2,3}, 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 Uesugi^{2,3}, Shigeyuki Kuboya², Kanako Shojiki¹, Hideto Miyake^{1,3}

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

AlGaN の禁制帯幅および絶縁破壊電界は GaN に比べて大きいため、AlGaN チャネル高電子移動度トランジスタ(HEMT)は、高温・高電圧下で安定動作が期待できる^[1]。また、スパッタ法と face-to-face 高温アニールの組み合わせにより、低転位密度の AlN(FFA Sp-AlN^[2])テンプレートの作製が可能である。この AlN テンプレートを下地層とすることで、チャネルの Al 組成が 55%以上のときに良好な表面平坦性の HEMT 構造を得ることができることを報告してきた^[3]が、HEMT 特性のチャネル膜厚依存性については十分に評価できていない。そこで、本研究ではチャネル膜厚が FFA Sp-AlN 上の AlGaN チャネル HEMT に与える影響を調べ、最適な HEMT 構造を検討した。

まず、サファイア基板にスパッタ法を用いて AlN を 450 nm 成膜し、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 Al_{0.60}Ga_{0.40}N を成長後、バリア層として Al_{0.85}Ga_{0.15}N を 25 nm 成長した。このとき、チャネル層の膜厚 t を 100-1000 nm と変化させた。Fig. 1 にチャネル膜厚 500 nm の HEMT 構造表面の原子間力顕微鏡(AFM)像を示す。AFM 像からはステップテラス構造を確認でき、表面粗さをしめす RMS 値は 0.31 nm と良好な表面平坦性を有していることがわかる。Fig.2 に X 線回折ロッキングカーブ測定から求めた(0002)回折および(10-12)回折の半値全幅(FWHM)を示す。チャネル膜厚の増加に従い FWHM 値は増加傾向にあり、ミスフィット転位の導入が示唆された。Fig. 3 に HEMT 構造のシートキャリア濃度と Hall 移動度のチャネル膜厚依存性を示す。チャネル膜厚の増加とともにシートキャリア濃度および Hall 移動度はともに上昇し、チャネル膜厚が 500 nm のとき最大値をとった。チャネル膜厚が 1000 nm ではシートキャリア濃度と Hall 移動度は減少した。シミュレーションから、チャネル膜厚が 500 nm までは 2 次元電子ガスがチャネル/AlN 界面の分極電荷による影響を強く受けることがわかった。このため、チャネル膜厚が 500 nm まではチャネル膜厚増加とともにチャネル/AlN 界面の影響が抑制されることで電気特性は改善し、その後は結晶性・表面平坦性の悪化の影響を受けて電気特性が低下したと推測される。

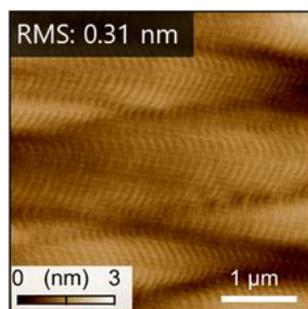


Fig. 1 $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ AFM image of the HEMT structure with a 500-nm-thick channel layer.

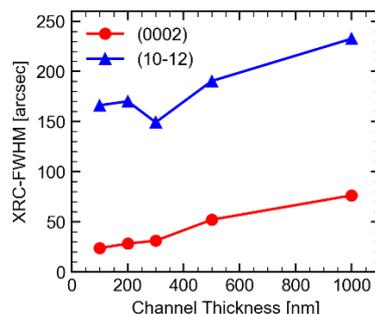


Fig. 2 Channel thickness dependence of XRC-FWHM values from AlGaN channel (0002) and (10-12) diffraction.

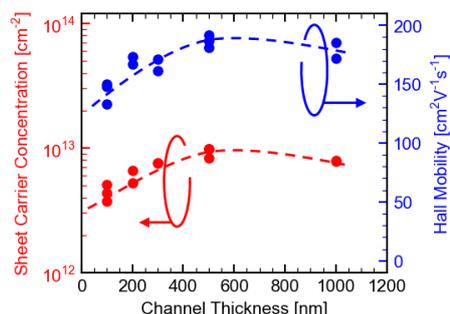


Fig. 3 Sheet carrier concentration and Hall mobility of the HEMTs as a function of channel thickness.

【文献】 [1] T. Nanjo *et al.*, Appl. Phys. Lett. **92**, 263502 (2008). [2] H. Miyake *et al.*, J. Cryst. Growth **456**, 155 (2016). [3] 森 他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 19p-Z27-7 (2021).

【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(19K15025, 21K04903, 21K14545)、JST CREST(16815710)、JST aXis(JPMJAS2011)、NEDO 先導研究の支援により行われた。