

単結晶 AlN 基板上 AlGaInN/GaN HEMT の作製と特性評価

Device fabrication and characterization of AlGaInN/GaN HEMTs on single-crystal AlN substrate

○田中 さくら, 井上 暁喜, 川出 智之, 江川 孝志, 三好 実人 (名工大)

°S. Tanaka, A. Inoue, T. Kawaide, T. Egawa, and M. Miyoshi (Nagoya Inst. Tech.)

E-mail: s.tanaka.921@stn.nitech.ac.jp, miyoshi.makoto@nitech.ac.jp

【はじめに】単結晶 AlN (SC-AlN) 基板は、高品質の AlGaIn 混晶が成長できるため、主に AlGaIn 系深紫外発光素子や AlGaIn チャネルパワーFET の下地基板としての利用が進んでいる。一方、AlN が本質的に持つ「高絶縁性」で且つ「高熱伝導率」という特徴は、高周波・大電力用 GaN-HEMT のための下地基板として非常に魅力的である。もとより AlN は、GaN と同じワルツ鉱型結晶を安定とする超ワイドバンドギャップの窒化物半導体であるため、GaN-HEMT 構造の pseudomorphic な結晶成長が見込めるほか、AlN 自体にバックバリアとしての機能を持たせられる可能性があるなど、従来利用されてきた半絶縁性 SiC 基板に比べて多くのメリットが期待できる。また、これまで、サファイア上 AlN エピ膜上に成長した GaN-HEMT 構造が良好な性能を示す事が報告されている一方[1,2]、単結晶 AlN 基板上に GaN チャネル HEMT 構造を直接成長した事例は希少である[3]。本研究では、当研究室が取り組んできた四元混晶 AlGaInN バリア層[4-6]を備える GaN-HEMT 構造を単結晶 AlN 基板上に MOCVD 成長し、デバイス試作と基礎的な性能評価を行ったので報告する。

【実験方法】図 1 に本研究で試作した HEMT デバイスの断面模式図を示す。MOCVD 法を用いて、c 面 AlN 単結晶基板上に AlGaInN(20 nm)/GaN(500 nm)ヘテロ構造を成長し、XRD、AFM による結晶評価を行った。なお、四元バリア層の組成は、面内引張歪が 0.6%程度となるように設計・成長した[4-6]。デバイス試作としては、素子間分離のための RIE 処理、つづいてソース・ドレイン電極形成のための Ti/Al/Ti/Au (9/100/50/100 nm)の EB 蒸着と 800°C で 2 分間の N₂ 雰囲気中アニールを施し、最後に、ゲートショットキー電極形成として Pd/Ti/Au (40/20/60 nm) の EB 蒸着を行った。

【結果と考察】成長したヘテロ構造エピ膜については、XRD 測定により、GaN チャネル層が AlN 単結晶上に完全緩和、ならびに AlGaInN バリア層が GaN チャネル層にコヒーレント成長していることを確認した。試作デバイスの DC 電気特性を評価したところ、図 2 に示すように、大電流域での負性抵抗が見られない良好な I-V 特性が示された。AlN 基板の高い熱

伝導率によるものと考えられる。試作したデバイスは、ON 抵抗 8.8 Ωmm、最大相互コンダクタンス 120 mS/mm という良好なトランジスタ特性と、最大で 1760cm²/Vs という高い電界効果移動度(チャネル移動度)を示した。

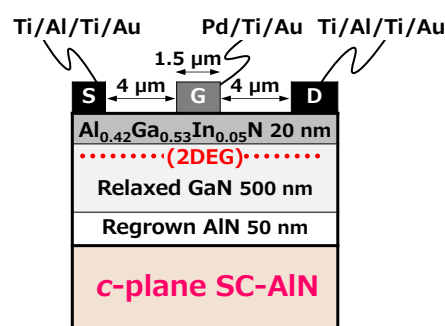


Fig.1. Schematic of AlGaInN/GaN HEMT on single-crystal (SC) AlN substrate.

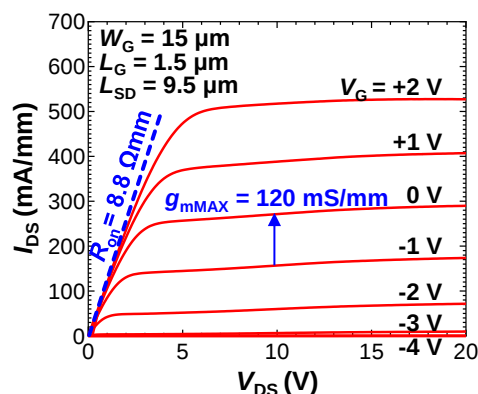


Fig.2. Typical DC I-V characteristics for AlGaInN/GaN HEMT on SC-AlN substrate.

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費 JP21H01389 の助成を受けて実施された。

【参考文献】

- [1] Miyoshi *et al*, APL **85** (2004) 1710.
- [2] Miyoshi *et al*, JJAP **44** (2005) 6490.
- [3] Hu *et al*, APL **82** (2003) 1299.
- [4] Hosomi *et al*, JJAP **58** (2018) 011004.
- [5] Hosomi *et al*, JVSTB **37** (2019) 041205.
- [6] Miyoshi *et al*, MSSP **133** (2021) 105960.