

単結晶 AlN 基板上への高 AlN 比 Al_{0.7}Ga_{0.3}N チャンネル HFET の作製

Fabrication of high-AlN-mole-fraction AlGa_N-channel HFETs on single-crystal AlN substrate

○川出 智之, 田中 さくら, 米谷 宜展, 江川 孝志, 三好 実人 (名工大)

°T. Kawaide, S. Tanaka, Y. Kometani, 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】ウルトラワイドギャップ (UWBG) 半導体である AlGa_N は、非常に高い絶縁破壊特性を示すことから次世代パワーデバイスの候補材料として有望である[1]。これまで我々は、サファイア基板上に AlN モル比 36% までの AlGa_N チャンネルを備えるヘテロ接合電界効果トランジスタ (HFET) を試作し、オーミック電極領域への選択再埋込み技術を組み合わせる事で、高い OFF 耐圧特性と比較的良好な ON 特性を実証するに至っている[2]。他方、我々は、こうしたパワーデバイス向けの AlGa_N チャンネル FET の研究を進めると同時に、高周波応用を目指した単結晶 AlN 基板上 Ga_N チャンネル FET の研究にも着手しており、現在までにエピタキシャル成長したヘテロ構造の良好な結晶品質とデバイス動作の確認まで行っている[3,4]。この単結晶 AlN 基板を用いる事で、より高品質の AlGa_N エピタキシャル膜をこれまで以上に AlN 比が高い組成域で形成できる。2次元電子ガスを利用するタイプの AlGa_N チャンネル FET としては、AlN 比 50% を超える組成域でデバイス動作が報告された事例は無く、次世代の UWBG デバイスを考える上でこれに取り組む意義は大きい。以上を踏まえ、本研究では、単結晶 AlN 基板を用いた高 AlN 比 AlGa_N チャンネル HFET 構造のエピタキシャル成長ならびにデバイス試作と特性評価を試みたので報告する。

【実験方法】図 1 に本研究で試作した AlGa_N チャンネル HFET 構造の断面模式図を示す。MOCVD 法を用いて、c 面 AlN 単結晶基板 (Hexatech 社製) 上に AlN (15 nm)/Al_{0.7}Ga_{0.3}N (500 nm) からなるヘテロ構造を、組成傾斜 AlGa_N 層 (50 nm) を介して成長し、XRD、AFM による結晶評価を行った。デバイス試作としては、素子間分離のための RIE 処理、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 900°C 2 分間の N₂ 雰囲気中アニール処理、さら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】XRD 測定と AFM 観察を行い、成長した AlGa_N チャンネル層が AlN 基板上にコヒーレントに成長し面内圧縮歪みを内包している事、下地 AlN 結晶とはほぼ同等レベルの良好な結晶性と表面状態を持つ事を確認した。試作デバイスの DC 電気特性を評価したところ、図 2 に示すようなトランジスタ動作を確認できた。なお、この ON 特性については全抵抗の 99% 以上がコンタクト抵抗成分によるものと試算

されおり、今後の改善が必須である。図 3 には 3 端子 OFF 耐圧測定の一例を示した。ゲート-ドレイン間隔 6 μm の FET において OFF 耐圧 1.1kV という結果が得られた。

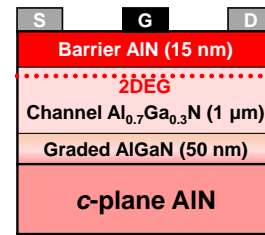


Fig.1. Schematic of AlN/Al_{0.7}Ga_{0.3}N HFET on AlN substrate.

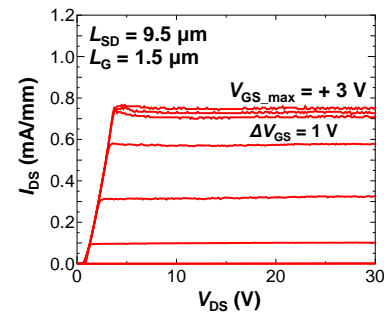


Fig.2. Typical on-state I_{DS} - V_{DS} characteristics of AlN/Al_{0.7}Ga_{0.3}N HFET.

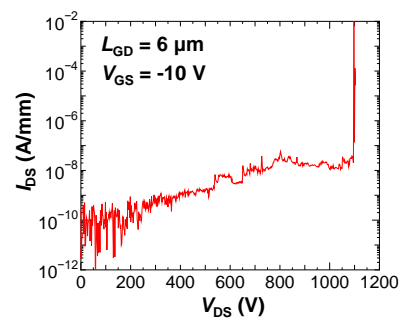


Fig.3. Typical off-state I_{DS} - V_{DS} characteristics of AlN/Al_{0.7}Ga_{0.3}N HFET

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費 JP16K06298, JP21H01389 の助成を受けて実施された。

【参考文献】

- [1] Nanjo *et al.*, APL 92, 263502 (2008).
- [2] Inoue *et al.*, JJAP61, SC1039 (2022).
- [3] 田中他, 2022 年春季応用物理学会.
- [4] Tanaka *et al.*, TWHM2022, IWN2022.