高電子移動度トランジスタに向けた N 面 AlGaN/AlN の結晶成長とデバイス試作

Fabrication and Evaluation of N-polar AlGaN/AlN High Electron Mobility Transistor

山口大院創成科学研究科 [1],ファインセラミックスセンター[2],
○松村航 [1], You Lu[1], 安高和哉 [1], 松田駿佑 [1], 花咲光基 [1], 稲原大輔 [1], 姚永昭 [2],
石川由加里 [2], 倉井 聡 [1], 岡田成仁 [1], 山田陽一 [1] ,只友一行 [1]
Grad. School of Sci. & Tech. for Innovation, Yamaguchi Univ.[1], JFCC[2],
°W. Matsumura[1], L. You[1], K. Ataka[1], S. Matsuda[1], K. Hanasaku[1], D. Inahara [1], Y. Yao[2], Y. Ishikawa[2],
S. Kurai[1], N. Okada[1], Y. Yamada[1], and K. Tadatomo[1]
E-mail: nokada@yamaguchi-u.ac.jp

我々は従来構造の AlGaN/GaN 高電子移動度トランジスタ(HEMT）の性能を大きく向上させる可能性のある N 面 AlGaN/AlN HEMT 構造に着目し研究を行っている．N 面 AlGaN/AlN 構造は従来の Ga 面 AlGaN/GaN HEMT 構造に比べて高いキャリア濃度が期待でき，AlN を下地にしていることから，高耐圧，高温動作を可能にすることなどが期待できる．N 面 AlGaN/AlN HEMT 構造を実現するためには，高い移動度を持つ 2 次元電子ガス(2DEG)の生成が必要である．そこで，高品質下地 N 面 AlN とその上の AlGaN の成長条件の最適化を行い，2DEG の生成を図った．下地 N 面 AlN は，オフ角 2.0°のサファイア上にパルス H_2 エッチングを用いて成長させることで平坦性を向上させ，V/III 比を調整することで N 面 AlN 中の不純物濃度を低減した．また，最上層の AlGaN の Al 組成，膜厚を変更し条件の最適化を行った．最終的に N 面 AlGaN/AlGaN/AlN HEMT 構造の試作，評価も行った．

有機金属化合物気相成長法により，オフ角 2.0°のサファイア基板上に平坦かつ不純物濃度が抑えられる条件で N 面 AlN を成膜した．その後，HEMT サンプルの作製のため，その上に N 面 $Al_xGa_{1-x}N/Al_{0.9}Ga_{0.1}N$ ダブルヘテロ接合を作製した． 最上層の AlGaN は NH_3 と TMAl の流量を変化させ，Al 組成を 0.5%から 70%まで変化させて電気的特性の評価を行った．Fig.1 に N 面 AlGaN/AlGaN/AlN HEMT 構造を示す．

Fig.2 に N 面 AlGaN/AlGaN/AlN HEMT 構造の電流の Al 組成依存性を示す．電流値は Al 組成の低下に伴って増加している．これは，$Al_xGa_{1-x}N$ の Al 含有量が減少し抵抗値が低下したことで，電極とのコンタクトがとりやすくなり，また，2DEG 濃度上昇などが要因でより多くの電流を流すことができるようになったと推測される．一方で Al 組成 0.5%以下では電流が流れなくなった．これは，最上層の AlGaN 層の Al がほとんど成長に寄与せず，$Al_{0.9}Ga_{0.1}N$ 層との大きな格子不整合が生じたことに起因し，2 次元成長せずに 3 次元的に成長したことが原因であると考えられる．Fig.3 に Al 組成 1%のサンプルの I_{DS}-V_{DS} 出力特性を示す．Fig.3 から N 面 AlGaN/AlGaN/AlN での FET 動作を確認できた．

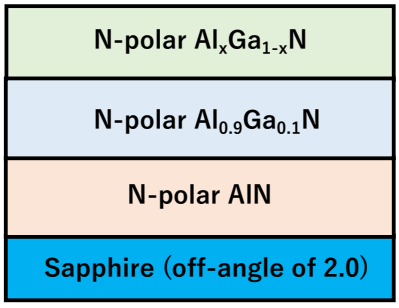

Fig.1 Schematic of N-polar AlGaN/AlGaN/AlN HEMT structure

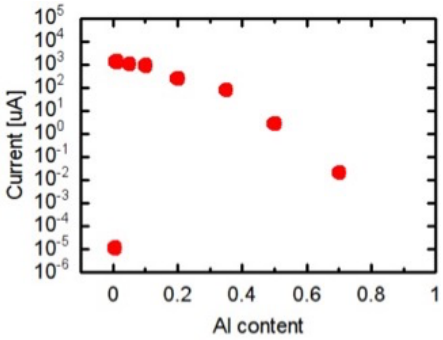

Fig.2 Relationship between Al composition and current

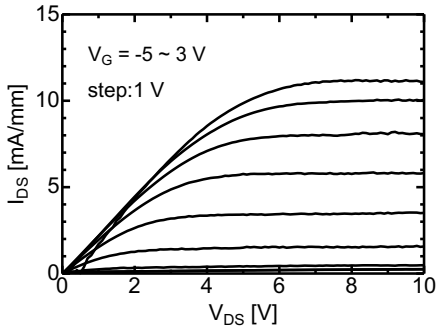

Fig.3 I_{DS}-V_{DS} Output characteristics

[謝辞] 本研究の一部は NEDO エネ環未踏チャレンジ 2050 にて実施したものである．