

## N極性GaN HEMTのデジタルエッチングによる素子分離

### Isolation of N-polar GaN HEMT by digital etching

東工大<sup>1</sup>, 住友電気工業<sup>2</sup>, 斉藤 光亮<sup>1</sup>, 佐野 春樹<sup>1</sup>, 中川 亮<sup>1</sup>,  
眞壁 勇夫<sup>2</sup>, 中田 健<sup>2</sup>, 後藤 高寛<sup>1</sup>, 宮本 恭幸<sup>1</sup>

Tokyo Tech<sup>1</sup>, Sumitomo Electric Industries, Ltd<sup>2</sup>, K. Saito<sup>1</sup>, H. Sano<sup>1</sup>, R. Nakagawa<sup>1</sup>,

I. Makabe<sup>2</sup>, K. Nakata<sup>2</sup>, T. Gotow<sup>1</sup>, Y. Miyamoto<sup>1</sup>

E-mail: saito.k.ci@m.titech.ac.jp

GaN HEMTデバイスは、高出力、高周波動作に向けて注目されている。従来のGa極性GaN HEMTでは、スケーリングによって高い $f_t/f_{max}$ が報告されている[1]。一方、N極性GaN HEMTでは、チャンネル層のGaN層に直接コンタクトができることや、AlGaN層を厚くできるため高い電子濃度を維持できることで、より高性能のデバイスが実現できる可能性がある[2-4]。通常、GaN HEMTデバイスの素子分離はドライエッチングまたはイオン注入で行われている。一方、ウェットエッチングで素子分離を行うと、プロセスが簡略化でき、プロセスダメージの抑制も期待される。当研究室ではこれまでTMAH(Tetramethylammonium hydroxide)により素子分離を行っていた[5]が、表面が均一にエッチングされずシート抵抗が十分に上がらないことからデバイス応用に対しては不適であった。この課題を解決するために、TMAHに代わるエッチング方法として、ピラニア酸と塩酸によるデジタルエッチングについて注目した。Ga極性GaNでのデジタルエッチングについては報告されているが、N極性GaNでは未報告である[6]。そこで本研究では、N極性GaNに対するデジタルエッチングの素子分離の有効性検討を行った。

Fig.1 に使用した N極性GaN HEMT用エピタキシャル構造を示す。SiC基板上にN極性GaN(20 nm)/AlGaN層を成長し、その表面にSiN(3 nm)を堆積した。次に、保護膜としてALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(20 nm)とPECVD-SiO<sub>2</sub>(100 nm)を堆積させ、レジストマスクとBHFで素子分離領域のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSiO<sub>2</sub>を除去し、次に同領域のSiNをICP-RIEで除去した。その後H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>と30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を混合したピラニア酸で、素子間分離領域に対して8分間の酸化処理、純水洗浄、希塩酸での2分間の酸化膜除去、純水洗浄を繰り返すデジタルエッチングを行った。なお、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>は時間とともに消費・分解するため、安定したエッチング速度を維持するために、ピラニア酸はデジタルエッチングの3サイクルごとに作り直している。Fig.2にピラニア酸の温度が85および90°Cでの実験結果を示す。エッチング温度を下げることで表面の粗さが減る傾向も確認されている。Fig.3に示すN極性GaN HEMT用エピタキシャル構造を使用し90°Cのデジタルエッチングで220 nmエッチングし、エッチング後でのシート抵抗を確認するためにエッチング面に電極幅46 μm、電極間隔4~16 μmのTLMパターンを作製した。Fig.4に示すようにシート抵抗が40 GΩ/□と十分な抵抗値が得られた。活性領域のシート抵抗は素子分離前後で283 Ω/□から290 Ω/□とほぼ変化しないことも別途作製したエッチングしていない面での TLMから確認した。よって、デジタルエッチングはN極性GaN HEMTの素子分離技術として有用である。エッチング表面の温度依存性およびHEMTの電気的特性は当日報告する。

【謝辞】 この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP20017) の結果得られたものです。

#### 【参考文献】

- [1] K. Shinohara *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, **60** (2013) 10.
- [2] R. Siddharth *et al.*, J. Appl. Phys., **102** (2007) 044501.
- [3] X. Zheng *et al.*, IEEE Electron Device Lett., **37** (2016) 1.
- [4] S. Yoshida *et al.*, BCICIS 2022 1a.4
- [5] T. Gotow *et al.*, CSW 2022.
- [6] P-C. Shih, Z. Engel, H. Ahmad, W. Doolittle and T. Palacios, APL. 120, 022101 (2022)

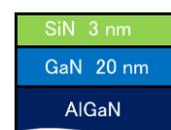


Fig.1 Epitaxial structure of N-polar GaN-HEMT for etching test.

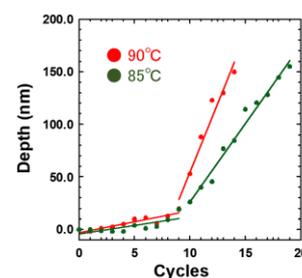


Fig.2 Etching depth of N-polar GaN/AlGaN at 85, 90°C.

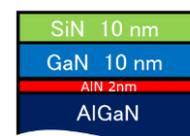


Fig.3 Epitaxial structure of N-polar GaN-HEMT for isolation test.

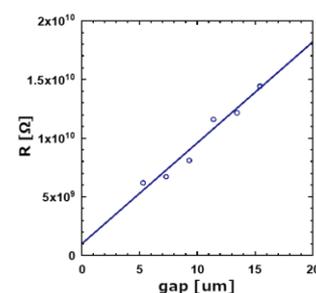


Fig.4 Resistance between narrow width isolation gap.