塩素中性粒子ビームによる窒化ガリウム原子層エッチング

Gallium Nitride Atomic Layer Etching by Chlorine Neutral Beam

住友電工(株)[1]，東北大流体研[2]，東北大 AIMR[3] ○菅原 健太[1]，大堀 大介[2]，
井上 和孝[1]，寒川 誠二[2,3]
Sumitomo Electric[1], IFS, Tohoku Univ.[2], AIMR, Tohoku Univ.[3], ○Kenta Sugawara[1],
(P)Daisuke Ohori[2], Kazutaka Inoue[1], and Seiji Samukawa[2,3]
E-mail: sugawara-kenta@sei.co.jp, samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

【緒言】

近年、高度ネットワーク社会が構築され、無線システムの電波需要は年々増加の一途をたどっている。次世代無線アクセス技術(5G)に向け、高速・高出力な無線通信を実現するために、窒化ガリウム(GaN)高電子移動度トランジスタ(HEMT)によるミリ波高出力デバイスが盛んに研究されている。AlGaN/GaN HEMT 作製上の課題の 1 つに、ゲート電極形成のための絶縁膜エッチング時の加工損傷により、窒素抜け、表面荒れ等が発生し、シート抵抗を増大させるという問題がある[1]。とりわけ、AlGaN 層の薄層化が必須となるミリ波帯素子では、その影響がより深刻となる。そこで、本研究で中性粒子ビームエッチング法を用いた加工損傷軽減を検討することとした。

【実験】

中性粒子ビームエッチングではプラズマ加工で問題となる紫外線照射や電荷蓄積の影響を排除できる。GaN HEMT エピ上に形成した SiN 膜を、塩素ガスを用いた中性粒子ビームでエッチングし、エピシート抵抗、表面粗さを調査した。試料の構造は Si 基板上に GaN キャップ層を有する AlGaN/GaN HEMT エピに SiN (24nm)を積層したものとなり、比較のために SiN のない試料も用意した。中性粒子ビームエッチングは、プラズマ発生室の下部に高いアスペクト比 (10:1) の穴が空いているカーボンアパーチャを設置し、その穴を通過する際にプラズマ中の正負イオンが中性粒子化され、かつ紫外線を除去することで、無欠陥高精度エッチングを実現した。エッチングには、塩素ガスを 50 sccm で流し、誘導結合プラズマを 1000 W、下部バイアスを 10 W および 30 W に変化させ、ステージ温度は-20 度とした。SiN と GaN のエッチング選択比は下部バイアスによらず 1 であり、エッチング時間を操作することで、原子層レベルでのエッチングを実現した。

【結果】

中性粒子ビームエッチング後の GaN 上のシート抵抗を測定した。その結果、エッチング前、下部バイアス 10 W、30 W でそれぞれ 380 Ω/□、388 Ω/□、423 Ω/□となった。エッチング前と下部バイアス 10 W では、シート抵抗の増加がない原子層エッチングが実現できており、GaN 層への加工損傷が大幅に抑制できていると判断できる。一方、30 W ではおよそ 11 %シート抵抗が増加した。この時、原子間力顕微鏡での表面粗さの測定ではエッチング前とほぼ変わらなかったが、XPS により表面元素比率の測定を行うと 30W では表面層で Ga の元素比率が低下することを確認した。以上のことより、中性粒子ビームは損傷の無い原子層加工が可能であること、更には、入射ビームエネルギーによる表面反応の制御も重要であることが分かった。

Reference

[1] Y. Zhou, et al., *IEEE Journal of the Electron Devices Society* **5**, 340 (2017).