

フッ素系中性粒子ビームで処理した GaN HEMT エピ表面の分析

Analysis of GaN HEMT Epi Surface Treated with Fluorine-Based Neutral Beam

¹住友電気伝送デバイス研,²東北大流体研,³東北大 WPI-AIMR

[○]市川弘之¹, 野田周一², 眞壁勇夫¹, 井上和孝¹, 肥後昭男³, 寒川誠二^{2,3}

¹Transmission Devices Lab., Sumitomo Electric, ²Inst. Fluid Sci., Tohoku Univ., ³WPI-AIMR, Tohoku Univ.
Hiroyuki Ichikawa¹, Shuichi Noda², Isao Makabe¹, Kazutaka Inoue¹, Akio Higo³, Seiji Samukawa^{2,3}

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

1. はじめに

GaN は高耐圧かつ高速性に優れ、高電子移動度トランジスタ (HEMT) に適した材料である。GaN HEMT は広範な無線通信インフラへの活用が期待され、高周波動作化が要望されている。高周波動作のためにはゲート微細化とエピ薄層化が必要で、エピ表面から 2 次元電子ガス (2DEG) までの距離が 10nm 程度にまで近接する。ここまで近接すると、ゲート保護膜のエッチングが 2DEG に及ぼす影響が無視できないことが懸念される。

ゲート保護膜には SiN が広く用いられており、フッ素系ガスを用いたプラズマエッチングで、ゲート部の SiN がエッチングされ、エピ表面でエッチングが停止する。このエッチングにより、エピ表面に F が打ち込まれることは既知なもの^[1]、打ち込まれた F の結合状態や 2DEG に及ぼす影響など、これまで把握できていないことが多かった。

プラズマ中では、結晶欠陥につながる紫外光や荷電粒子の影響があり、現象が非常に複雑である。そのため今回は、紫外光と荷電粒子の影響を排除できる中性粒子ビームエッチング (NBE) を用いた^[2]。そして、フッ素系 NBE で処理した GaN HEMT エピ表面を分析することで、F の結合状態と 2DEG に及ぼす影響を明らかにすることを本研究の目的とした。

2. 実験内容

分析に用いた GaN HEMT エピには SiN を成膜せず、エピ表面が露出した状態でフッ素系 NBE 処理をした。フッ素系ガスとしては、CF₄、SF₆ などのガスが一般に用いられるが、コンタミを避けて考察を単純化させるために、純 F₂ ガスを用いた。NBE では、アパチャープレートでプラズマ中のイオンを中性化させ、紫外光をカットさせた条件 (以下、中性粒子条件) で処理をしている。このアパチャーのアスペクト比を下げることで、プラズマや紫外光が試料基板に照射される条件 (以下、プラズマライク条件) を形成できるため、中性粒子条件に加えてプラズマライク条件でも処理して、両者の比較を行うことにした。またバイアスパワーと処理時間を振ったサンプルを作成して、それぞれの依存性を評価することにした。

3. 評価

作製したサンプルの 2DEG 濃度を評価するためにシート抵抗を測定した結果、バイアスパワーの増大、処理時間の増加と共にシート抵抗が増大する傾向が確認された。同じサンプルについて XPS 分析を行うと、他機関の報告の様に F が検出された。また、N/Ga 比率が減少しているのに加え、Ga が F と結合して Ga フッ化物を形成している状態が確認された。ここで、F1s スペクトルの面積を元に元素組成比を算出して、F 組成比とシート抵抗をまとめたものを図 1 に示す。これより、F 組成比とシート抵抗が比例する傾向であることと、この傾向は中性粒子条件とプラズマライク条件で殆ど差異が無いことが分かった。フッ素は電気陰性度が大きい上に、Ga フッ化物を容易に形成するため、表面ポテンシャルが上昇したことで 2DEG 濃度が減少し、シート抵抗が増大したと想定される。表面の Ga フッ化物によるシート抵抗増大が著しく大きいために、中性粒子条件とプラズマライク条件の差異が埋もれてしまったものと考えられる。

4. まとめ

GaN HEMT のフッ素系エッチングのメカニズムを考察するため、フッ素系 NBE で処理した GaN HEMT エピのシート抵抗測定と XPS 分析を行った。その結果、Ga と F が結合して Ga フッ化物が形成していることと、F の組成比が大きくなるほどシート抵抗が増大、つまり 2DEG 濃度が減少することが明らかになった。

参考文献

- [1] G. Vanko et al., Vacuum, **84**, 235, 2010.
[2] S. Samukawa et al., J. Vac. Sci. Technol., A **20**, 1566, 2002.

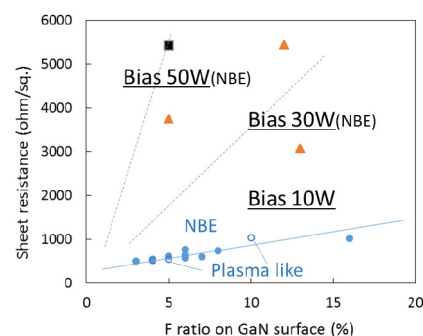


図 1 F組成比とシート抵抗