ゲート金属残留応力が GaN HEMT の電気的特性に与える影響
ー TCAD シミュレーションによる検討 ー

Study on metal residual stress effects for electrical characteristics of GaN HEMTs by using device simulation

○大石 敏之 [1]，山口 裕太郎 [2]，山中 宏治 [2] （佐賀大学 [1]，三菱電機株式会社 [2]）
°T. Oishi[1], Y. Yamaguchi[2], K. Yamanaka[2] (Saga university[1], Mitsubishi Electric corp.[2])
E-mail: oishi104@cc.saga-u.ac.jp

1.はじめに

GaN HEMT では，バリア (AlGaN) 層中の自発/ピエゾ分極により形成された 2 次元電子ガス(2DEG)がドレイン電流となっている．一方，金属，絶縁膜の成膜やエッチングにより，膜に残留応力が形成される．プロセス中に形成された膜中残留応力は，AlGaN 層中の歪(分極)を変化させ，電気的特性に影響を与えると考えられる．これまで，保護膜による残留応力の報告は多くあるが，ゲート金属による残留応力の報告は少ない[1, 2]．今回，ゲート金属残留応力が GaN HEMT の DC 特性に与える影響を TCAD シミュレーションで検討したので報告する．

2.計算方法

デバイス構造は，GaN 層上の AlGaN 層にソース，ゲート，ドレイン電極を形成した一般的なものを用いた．ゲート電極の形状は T 型，機械的特性として Ni のヤング率 83 GPa，ポアソン比 0.2 を用いた．シルバコ社の Victory Stress により残留応力と歪を計算し，Atlas に取込むことでドレイン電流-ゲート電圧特性を計算した[3]. 残留応力により発生した歪から分極の変化分を計算しており，電界による歪の変化(逆ピエゾ効果)は考慮していない．ゲート金属の残留応力は，−0.5 (圧縮)，0，0.5 （引張）GPa の 3 種類とした．また，ゲート電極ではトンネルモデルを採用し，リーク電流も計算した．

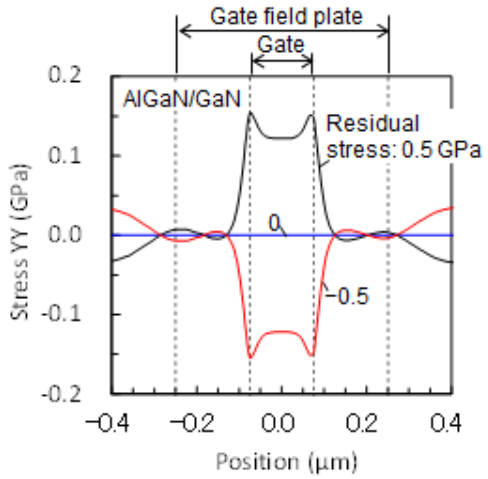

図1 応力のYY成分(ヘテロ界面付近)

3. 計算結果と考察

図 1 にヘテロ(AlGaN/GaN)界面付近の応力(YY 成分)分布のゲート金属残留応力依存性を示す．圧縮応力−0.5 GPa では，若干ゲート端下で応力が強いものの，ゲート金属の下全体に圧縮応力が分布している．ゲート金属より外側の応力はあまり強くないことがわかる．また，引張の残留応力では，ヘテロ界面付近の応力 YY 成分は符号が逆の引張応力となる．

図 2 にドレイン電流とゲート電圧のゲート金属残留応力依存性を示す(ドレイン電圧 30 V). 残留応力のない場合と比較し，ピンチオフ電圧は圧縮残留応力で減少，引張残留応力で増加する．これは圧縮残留応力でゲート金属下の AlGaN 層が横方向に引張られ，2DEG 電子ガスが増加したためと考えられる．また，ピンチオフ電圧以下のゲートリーク電流を比較すると残留応力依存性はあまり見られない．

4.まとめ

ゲート金属の残留応力が GaN HEMT のドレイン電流やゲートリーク電流に与える影響を TCAD シミュレーションで検討した．残留応力はゲート金属下の AlGaN 層を歪ませ，ドレイン電流を変化させることがわかった．

参考文献

[1] R. Lossy et. al., 2014CSMANTECH 10.3.
[2] J.Zhao et. al., Appl. Phys. Lett. 107, 113502 (2015).
[3] シルバコ社，TCAD manual (2016).

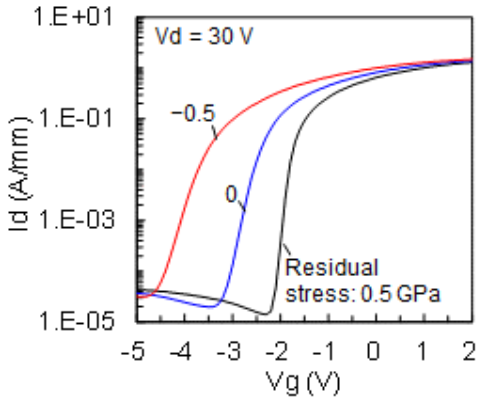

図2 ドレイン電流−ゲート電圧特性