

### AlGaIn/GaN HEMTにおける $1/f$ 雑音特性の表面保護膜依存性

松島, 孝典 / 中嶋, 正裕 / 野本, 一貴 / 佐藤, 政孝 / 中村, 徹 / MATSUSHIMA, Takanori / NAKAJIMA, Masahiro / Nomoto, Kazuki / SATOH, Masataka / NAKAMURA, Tohru

---

(出版者 / Publisher)

電子情報通信学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

電子情報通信学会技術研究報告. SDM, シリコン材料・デバイス / 電子情報通信学会技術研究報告. SDM, シリコン材料・デバイス

(巻 / Volume)

106

(号 / Number)

379

(開始ページ / Start Page)

27

(終了ページ / End Page)

31

(発行年 / Year)

2006-11-17

## AlGaIn/GaN HEMT における 1/f 雑音特性の表面保護膜依存性

○松島 孝典<sup>1</sup>, 中嶋 正裕<sup>1</sup>, 野本 一貴<sup>1</sup>, 佐藤 政孝<sup>1</sup>, 中村 徹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>法政大学工学部 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2

E-mail: takanori.matsushima.t3@gs-enghosei.ac.jp

あらまし

AlGaIn/GaN HEMT の電気特性は表面保護膜の種類や膜厚によって大きく影響を受けることが知られている。本研究では、AlGaIn/GaN HEMT における表面保護膜が 1/f 雑音に与える影響を調べた。表面保護膜 SiN 膜の成長条件が 1/f 雑音特性におよぼす影響を評価・検討した。スパッタ法で形成した表面保護膜が堆積されたデバイスに比べ、PECVD 法で形成した表面保護膜が堆積されたデバイスの方が入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{vg}$  が約半分に低減できた。

キーワード AlGaIn/GaN HEMT, 1/f 雑音, 表面保護膜, PECVD, スパッタ

## Surface passivation dependency of 1/f noise characterization in AlGaIn/GaN HEMT

○T. Matsushima<sup>1</sup>, M. Nakajima, K. Nomoto<sup>1</sup>, M. Satoh<sup>1</sup>, and T. Nakamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hosei University 3-7-2 Kajino-tyo, Koganei-shi, Tokyo, 184-8584, Japan

E-mail: takanori.matsushima.t3@gs-enghosei.ac.jp

Abstract

It is known that an electric characteristic of AlGaIn/GaN HEMT is greatly influenced according to the kind and the film thickness of the surface passivation. In this research, the influence that the surface passivation in AlGaIn/GaN HEMT gave to 1/f noise was examined. The influence that the growth condition of surface passivation (SiN film) exerted on 1/f noise characteristic was evaluated and examined. The device where the surface protection film formed by the PECVD method piles up was able to be decreased compared with the device where the surface passivation formed by the spatter method piles up and to decrease input conversion drain current spectrum density  $S_{vg}$  to about the half.

Keyword AlGaIn/GaN HEMT, 1/f noise, Surface Passivation, PECVD, Spatter

### 1. はじめに

近年、ミリ波 IC や携帯電話基地局向け高周波デバイスとして高絶縁破壊電圧で高周波動作可能な GaN を用いた HEMT が注目されている。携帯基地局などの多重度の高いシステムに用いられるデバイスであることから、周波数安定性の高さが要求されており、そのためには低周波雑音の低減が必要である。

### 2. 目的

低周波雑音の発生原因の一つである表面欠陥密度を低減するためには、表面保護膜である SiN 膜の最適化が重要である。このことから、本研究では、AlGaIn/GaN HEMT における表面保護膜の形成法が低周波雑音に与える影響を調べた。表面保護膜 SiN 膜の成長条件が 1/f 雑音特性におよぼす影響を評価・検討した。

### 3. 実験

本研究では、図1のような断面構造を持つ AlGaN/GaN HEMT の基板表面の SiN 膜を、スパッタ法で形成したデバイスと PECVD 法で形成したデバイスを比較した。試料は(0001)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板上に MOVPE でアンドープ GaN を 2μm、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>N を 25nm 成長させた基板を用いた。注入時の表面保護膜として PECVD 法もしくはスパッタ法を用いて SiN を 50nm 堆積させた。イオン注入時は SiN 膜を通して注入を行った。イオン注入には Si イオンを 1.1E+15/cm<sup>2</sup> 注入し、注入エネルギーは 80keV とした。また、注入後の熱処理は窒素雰囲気中にて 1200°C、2 分間行った。オーミック電極には Ti/Al=30/200nm 堆積させ、その後、窒素雰囲気中において 600°C、3 分間の熱処理を行った。ゲート電極形成には、Ni/Al=50/100nm を用いた。

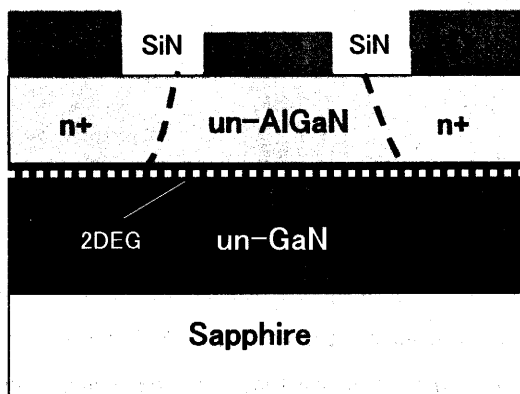


図1, デバイス断面構造

これらのデバイスを図2のような測定システムを用い、線形領域における 1/f 雑音を測定した。ドレイン電圧を A1 の低雑音アンプで供給し、ドレイン電流は検出抵抗 R を介して電圧揺らぎとし、それをハイパスフィルタに通した後、+40 dB のアンプで増幅し、FFT により自動的に周波数成分に分解した。雑音測定条件は、ゲート電圧は |V<sub>g</sub>|=-5.5[V]~1.0[V]、ドレイン電圧 |V<sub>d</sub>|=1.0[V] として測定を行った。検出抵抗 R は DC 測定によるドレイン電流の値から 100[Ω], 1000[Ω] を選択し測定を行った。解析周波数は 202[Hz] である。

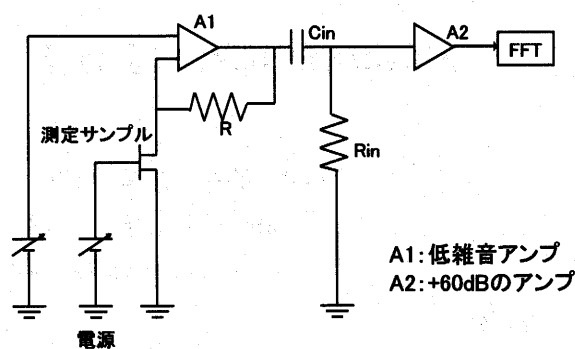


図2, 測定システム

### 4. 結果

本研究に用いた表面保護膜の異なる 2 つのデバイスの DC 特性として、ドレイン電流 Id のドレイン電圧 Vd 依存性を図3に、最大飽和ドレイン電流 Idss のゲート長 Lg 依存性を図4に、線形領域 (Vd=1.0[V]) における最大トランスコンダクタンス gmmax のゲート長 Lg 依存性を図5に示す。

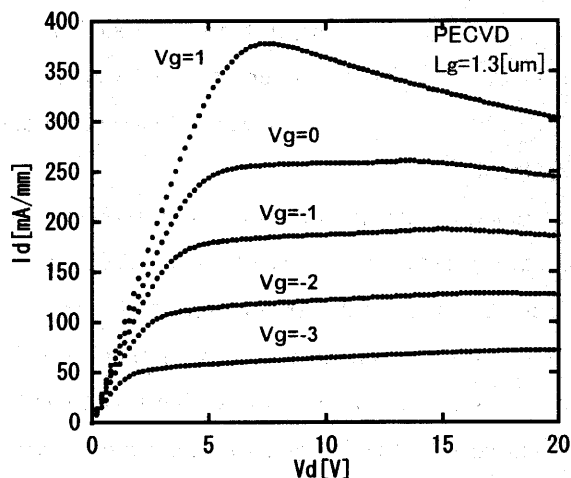


図3, ドレイン電流のドレイン電圧依存性

図3より、ドレイン電流のドレイン電圧依存性は、スパッタ法デバイスも PECVD 法デバイスも共に電流コラプスが見られた。

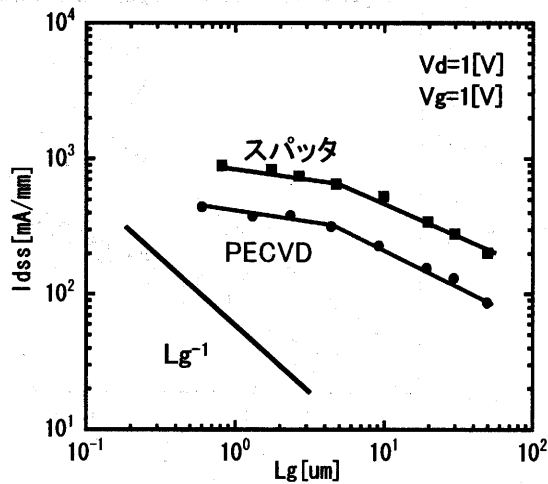


図4, 最大飽和ドレイン電流のゲート長依存性

図4より、最大飽和ドレイン電流のゲート長依存性は、スパッタ法デバイスもPECVD法デバイスも共にゲート長  $L_g$  が  $L_g=4[\mu\text{m}]$  より大きい時は  $L_g$  の-1乗に比例する傾向を示し、ゲート長  $L_g$  が  $L_g=4[\mu\text{m}]$  より小さい時は一定になる傾向が見られた。

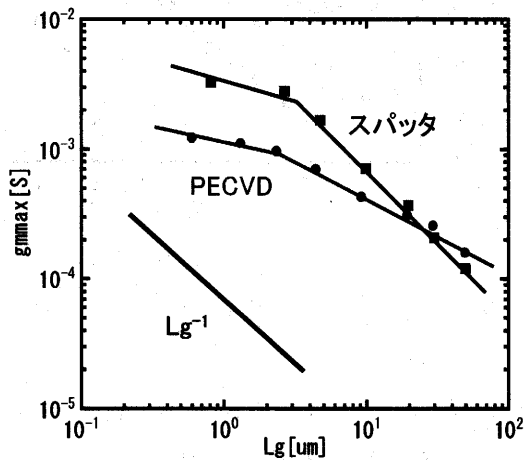


図5, 最大トランスコンダクタンスのゲート長依存性

図5より、最大トランスコンダクタンス  $g_{m\text{max}}$  のゲート長  $L_g$  依存性は、スパッタ法デバイスもPECVD法デバイスも共にゲート長  $L_g$  が  $L_g=3[\mu\text{m}]$  より大きい時は  $L_g$  の-1乗に比例する傾向を示し、ゲート長  $L_g$  が  $L_g=3[\mu\text{m}]$  より小さい時は一定になる傾向が見られた。

次に、表面保護膜の異なる2つのデバイスの  $1/f$  雑音特性として、線形領域 ( $V_d=1.0[\text{V}]$ ) におけるドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{id}$  の周波数  $f$  依存性を図6(a), (b)に、線形領域 ( $V_d=1.0[\text{V}]$ ) におけるドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{id}$  のゲート長  $L_g$  依存性を図7に示す。

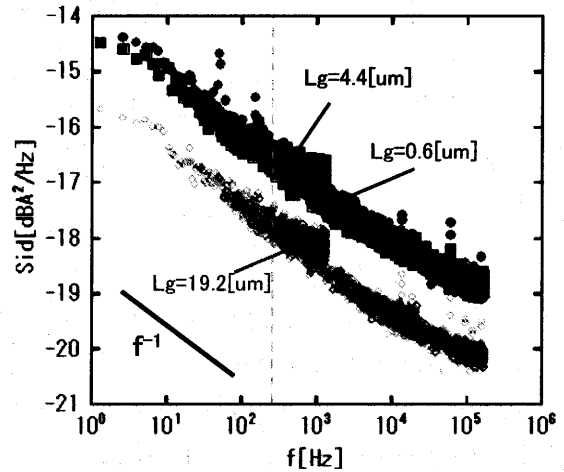


図6(a), PECVD法デバイスのドレイン電流ノイズスペクトル密度の周波数依存性

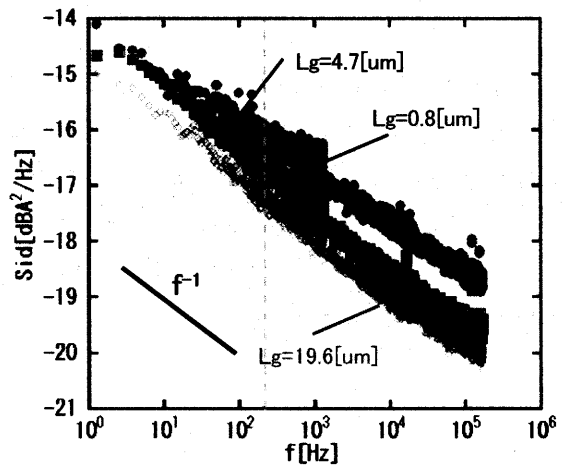


図6(b), スパッタ法デバイスのドレイン電流ノイズスペクトル密度の周波数依存性

図6(a), (b)より、ドレイン電流ノイズスペクトル密度の周波数依存性は、スパッタ法デバイスもPECVD法デバイスも共に周波数に反比例し、ゲート長が大きくなるに従い、ノイズレベルが下がる傾向が見られた。

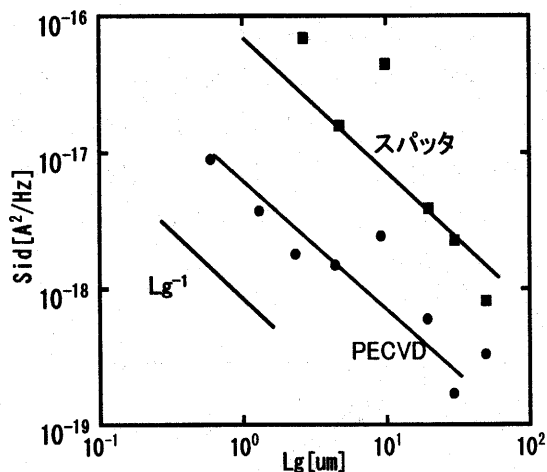


図7, ドレイン電流ノイズスペクトル密度のゲート長依存性

図7においてドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{id}$  の周波数  $f=202[\text{Hz}]$ , 検出抵抗  $R=1000[\Omega]$  一定とする。図7より、ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{id}$  のゲート長  $L_g$  依存性は、PECVD 法デバイスもスパッタ法デバイスも共にゲート長  $L_g$  に反比例し、PECVD 法デバイスはスパッタ法デバイスに比べ、雑音レベル  $S_{id}$  が約一桁小さくなった。

線形領域 ( $V_d=1.0[\text{V}]$ ) における入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{vg}$  のゲート電圧  $V_g$  依存性を図8 (a), (b)に、線形領域 ( $V_d=1.0[\text{V}]$ ) におけるスパッタ法デバイスと PECVD 法デバイスの入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $S_{vg}$  のゲート長  $L_g$  依存性を図9に示す。

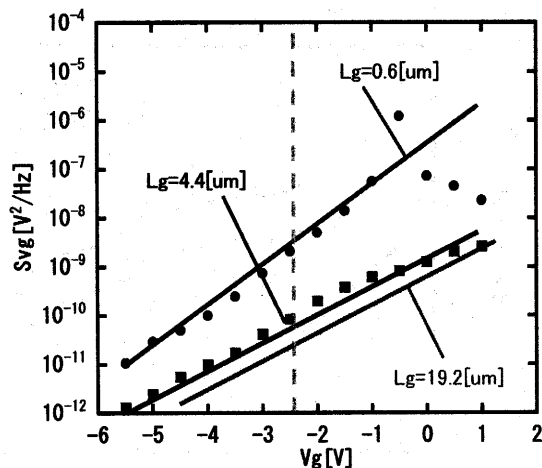


図8 (a), PECVD 法デバイスの入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度のゲート電圧依存性

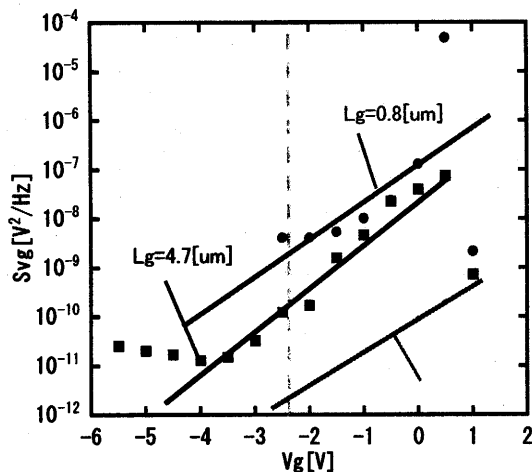


図8 (b), スパッタ法デバイスの入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度のゲート電圧依存性

図8 (a), (b)より、入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度のゲート電圧依存性は、スパッタ法デバイスも PECVD 法デバイスも共にゲート長が大きくなるに従い、ノイズレベルが下がる傾向が見られた。

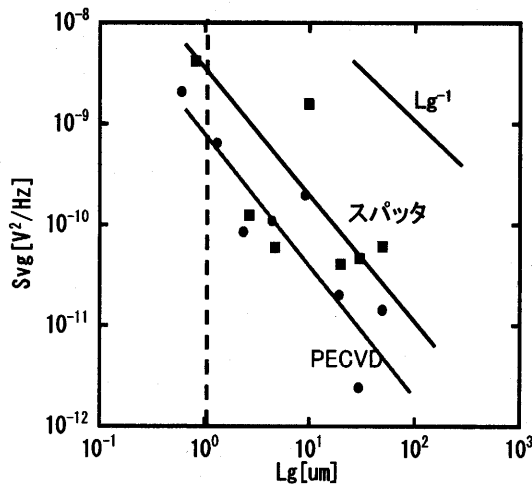


図9, 入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度のゲート長依存性

図9において入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $Sv_g$  の周波数  $f=202$  [Hz], 検出抵抗  $R=1000$  [ $\Omega$ ] で一定とする。図9より、入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $Sv_g$  のゲート長  $L_g$  依存性は、PECVD 法デバイスもスパッタ法デバイスも共にゲート長  $L_g$  に反比例し、PECVD 法デバイスはスパッタ法デバイスに比べ、雑音レベル  $Sv_g$  が約半分になった。

De La Moneda 法により算出した各デバイスのソースとドレインの抵抗の和  $R_{SD}$ , 移動度減少指数  $\theta$ , チャネル移動度  $\mu_0$  の比較表を表1に示す。

表1, 各デバイスのパラメータ比較表

	$R_{SD}$ [ $\Omega$ ]	$\theta$ [V]	$\mu_0$ [ $cm^2/Vs$ ]
PECVD 法 デバイス	90	0.039	204.3
スパッタ法 デバイス	142	0.041	94.1

表1より、PECVD 法デバイスの方が  $R_{SD}$  が小さく、 $\mu_0$  が大きいことから、PECVD 法で表面保護膜を形成したデバイスでは表面欠陥が抑制されたために移動度劣化を低減出来、入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度が低減出来たものと考えられる。

5. 結論

線形領域においては、スパッタ法で形成した表面保護膜が堆積されたデバイスに比べ、PECVD 法で形成した表面保護膜が堆積されたデバイスの方が、表面欠陥の導入が抑制された為に、移動度劣化を低減でき、入力換算ドレイン電流ノイズスペクトル密度  $Sv_g$  が約半分に低減できた。

文献

[1]Dieter K. Schroder, SemiconductorMaterial andDeviceCharacterization,pp.223-234,Wiley-Interscience publication,New York,1998

[2] 橋口住久 “低周波ノイズ-1/fゆらぎとその測定法-”, 朝倉書房(1991)

[3] Yael Nemirovsky,Igor Brouk,Claudio G.Jackson“1/f Noise in CMOS Transistors for Analog Applications”IEEE Trans.Electron Devices,Vol.48,pp921-927,May 2001

[4] Yoshiharu Takada, Kunio Tsuda: “AlGaIn/GaN HEMT Power Devices” TOSHIBA Review, vol. 59 No.7 (2004)

高田賢治、津田邦男 “AlGaIn/GaN HEMT パワーデバイス”, 東芝レビュー, vol. 59 No.7 (2004)

[5]Seikoh Yoshida: “AlGaIn/GaN Power FET” Frukawa Electric Times, Vol.109, (2002)

吉田清輝, “AlGaIn/GaN Power FET”, 古河電工時報, 第109号(2002)