

# ミリ波帯無線通信回路におけるトランジスタモデリングの提案

A novel method of the transistor modeling for mm-wave circuit

佐藤慎司  
Shinji Sato

南亮  
Ryo Minami

津久井祐基  
Yuki Tsukui

岡田 健一  
Kenichi Okada

松澤 昭  
Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理工学専攻  
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

## 1 まえがき

近年、CMOS プロセスを用いた 60 GHz 帯近距離高速無線通信回路の研究が盛んに行われている。このような高周波では寄生成分の影響が非常に大きく正確なトランジスタのモデルを作ることが難しい。そのためこれまで様々なモデリング手法が提案されてきた [1]。本研究ではトランジスタの  $S$  パラメータと線形性について、高精度のモデリング手法を提案する。

## 2 提案するモデリング方法

図 1 に寄生素子を考慮したトランジスタモデルを示す。中心のトランジスタは  $S$  パラメータが既知なトランジスタを用いており、 $Z_g$ ,  $Y_{gd}$ ,  $Y_{gs}$ ,  $Y_{db}$  はトランジスタの寄生素子である。図 1 の  $Y_{gd}$ ,  $Y_{gs}$ ,  $Y_{db}$  とトランジスタの回路は図 2 のように  $Y_{gd}$ ,  $Y_{gs}$ ,  $Y_{db}$  とトランジスタの並列接続であるので、両者の和によって全体の  $Y$  パラメータを求めることができる。次に  $Z_g$  と先程求めた  $Y_{gd}$ ,  $Y_{gs}$ ,  $Y_{db}$  とトランジスタの  $Y$  パラメータを  $F$  パラメータ (それぞれ  $F_z$ ,  $F_y$  とする) に変換する。そして、 $F_z$  と  $F_y$  を掛け合わせることで図 1 の回路全体の  $F$  パラメータを求めることができる。この  $F$  パラメータを  $S$  パラメータに変換し、実際に測定したトランジスタの  $S$  パラメータとの等式を解くことにより、寄生成分を抽出することができる。

次に線形性について考える。図 3 のようにトランジスタのゲートにインダクタ  $L_g$  を挿入し、 $L_g$  を変化させることによって  $IIP_3$  の値を測定値に近づけた。

## 3 検討結果

図 4 にモデリング結果と測定結果の比較を示す。図 4 から、提案方法によってモデリング結果と測定結果が完全に一致させることができることがわかる。

また、 $IIP_3$  の比較を表 1 に示す。線形性については  $L_g$  を変化させることによって、トランジスタモデルの  $IIP_3$  を Model1 と比較して Model2 の方が測定値に近づけることができた。

## 4 まとめ

ミリ波帯無線通信回路における高周波用トランジスタのためのモデリング方法を提案し、トランジスタの  $S$  パラメータと  $IIP_3$  を高い精度で合わせることを可能とした。

## 謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、総務省 SCOPE、科学研究費補助金、半導体理工学研究センター、NEDO、キャノン財団、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。

## 参考文献

[1] Kosuke Katayama, et al., "Bias-Dependent Subcircuit Model for Millimeter-Wave CMOS Circuit," IEICE TRANS. ELECTRON., VOL.E95-C, NO.6 JUNE 2012

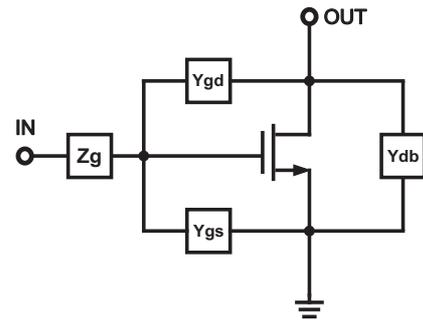


図 1 提案手法によるトランジスタモデル (Model 1)

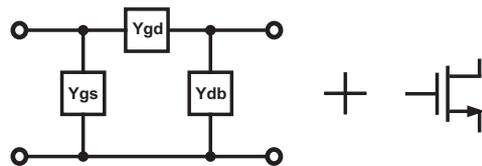


図 2 Y パラメータ計算手順

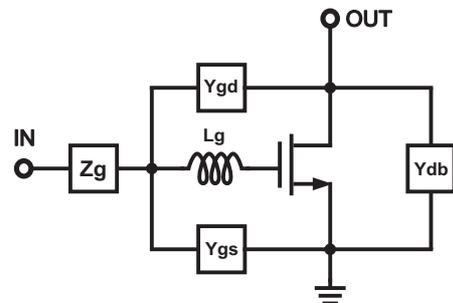


図 3 線形性も考慮したトランジスタモデル (Model 2)

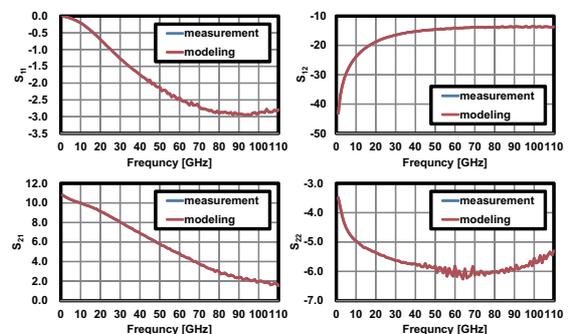


図 4 測定結果

表 1  $IIP_3$  comparison.

$IIP_3$ [dBm]	Model 1	Model 2	Meas.
	10.6	13.2	13.1