

# ミリ波帯 CMOS 回路のためのディエンベディング方法の検討

De-embedding Method for Millimeter wave CMOS device

伊藤 彰吾  
Shogo Ito

高山 直輝  
Naoki Takayama

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 電子物理学専攻  
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

## 1 まえがき

現在ミリ波帯を利用した無線通信の研究が広く推し進められている。60GHz 帯の電波は世界的にも 9 GHz 幅の広い帯域が無線局免許なしで使用できるようになっており、これらの帯域を使えば数 Gbps 以上の高速無線通信が可能である。こうした技術を民生機器に搭載できるくらいに安価に組み上げるためには、シリコン CMOS プロセスでの実現が欠かせないものとなっている。ミリ波帯の CMOS 回路を設計する上で大きな問題になってくるのが寄生成分の影響である。回路を設計するためには寄生成分まで考慮したモデリングが必要となり、そのためのミリ波帯での正確な測定が重要になっている。

## 2 De-embedding

従来の SHORT、OPEN といったダミーパターンを用いた de-embedding では、周波数が高くなるにつれて寄生成分の影響を受け、結果として大きな誤差が現れる。そこで THRU パターンを用いた de-embedding [1, 2] が提案されている。本研究では [1] の方法を応用した de-embedding 方法を紹介する。図 1 に示すように、長さの異なる線路を二つ使い、[1] の方法で線路の特性を求める。この時、長い方の線路の長さを短い方の線路の長さの 2 倍となるようにしておく。次に図 2 に示すように短い方の線路の Y パラメータ  $Y_{short}$  と [1] の方法で求めた線路の Y パラメータ  $Y_{line}$  を使い、PAD の容量を次式により求める。

$$Y_{short} - Y_{line} = Y_{pad} \quad (1)$$

$$Y_{pad} \equiv \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$C_{leftpad} = y_{11} + y_{12} \quad (3)$$

$$C_{rightpad} = y_{21} + y_{22} \quad (4)$$

ただし、 $C_{leftpad}$  および  $C_{rightpad}$  は左側および右側の PAD の容量である。さらに式 (3)、式 (4) で求めた PAD の特性を用いて、図 3 のように PAD の行列を定義し、次式のように計算することで DUT の特性  $T_{DUT}$  が得られる。

$$T_{DUT} = T_{line}^{-1} \times T_{leftpad}^{-1} \times T_{meas} \times T_{rightpad}^{-1} \times T_{line}^{-1} \quad (5)$$

ただし、 $T_{line}$ 、 $T_{leftpad}$ 、 $T_{rightpad}$  および  $T_{meas}$  は図 3 に示す行列である。

## 3 評価結果

トランジスタを De-embedding した結果を図 4 に示す。

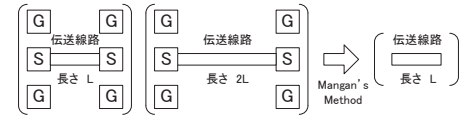


図 1 Mangan の方法を用いた De-embedding

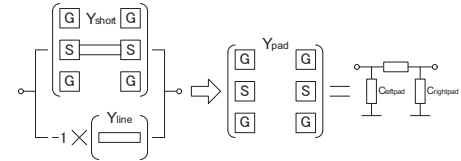


図 2 パッド容量の導出

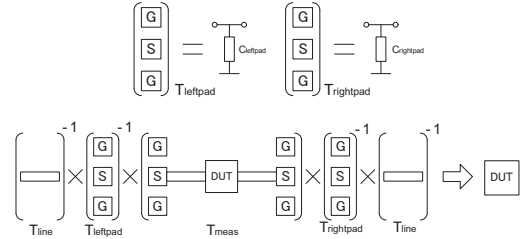


図 3 DUT 抽出

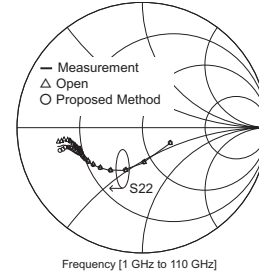


図 4 評価結果

## 4 まとめ

ミリ波帯での正確な測定を行うために、[1] の方法を応用した de-embedding 方法を提案した。

## 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』、日本学術振興会科学研究費補助金、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] A. M. Mangan, S. P. Voinigescu, M.-T. Yang, and M. Tazlauanu, "De-embedding transmission line measurements for accurate modeling of ic designs," *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 53, no. 2, Feb 2006.
- [2] H. Ito and K. Masu, "A simple through only de embedding method for on wafer s parameter measurements up to 110 GHz," in *ISSCC*, June. 2008, pp. 383–386.