

# 伝送線路モデリングにおけるディエンベディング手法の評価

Evaluating De-embedding Methods For Modeling Transmission Line

河合 誠太郎      南 亮      岡田 健一      松澤 昭  
Seitaro Kawai      Ryo Minami      Kenichi Okada      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

60GHz 帯などの高周波では寄生成分等の影響が大きく、シミュレーションモデルにズレが生じ、シミュレーション精度が大きく劣化しやすい。そのため、高精度なモデリングが必要がある。本研究では、高精度モデリングを行うためのディエンベディング手法について比較を行う。

## 2 ディエンベディングの種類

ディエンベディングとは、測定時に含まれるパッドなどの成分を取り除き、素子のみのデータを抽出することである。本研究では open-short 法 [1]、thru-only 法 [2]、L-2L 法 [3] の 3 つについて比較を行う。また、図 1 に本研究に使用する伝送線路の構造を示す。ディエンベディング精度の評価には減衰定数  $\alpha$ 、位相定数  $\beta$ 、Q 値、特性インピーダンス  $Z_0$  を用いる。

## 3 測定結果

図 2 に open-short 法によるディエンベディングの結果を示す。各パラメータにおいて、特に 20 GHz 以降大きな差が生じている。図 3 に thru-only 法による結果及び伝送線路モデルを示す。スルーラインの長さは 40  $\mu\text{m}$  を用いたが、この成分は無視できないため、特性インピーダンスだけ見ても 60 GHz で 5.89% の誤差が生じている。図 4 に L-2L 法による結果及び伝送線路モデルを示す。ディエンベディングに 200  $\mu\text{m}$  と 400  $\mu\text{m}$  を用いたために、この 2 つは完全に一致している。また、300  $\mu\text{m}$  やモデリングと比較してもよく一致しており、60 GHz における特性インピーダンスの差は 1.68% 以下となっている。

表 1 に、thru-only 法及び L-2L 法でディエンベディングした伝送線路モデルを 4 段のアンプに用いた際のゲインを示す。両者には 1.5 dB の利得誤差と 2.6 GHz の周波数シフトが生じている。IEEE.802.15.3c では 1 チャンネル 2.16 GHz と定められていることから、ディエンベディングにおける僅かな差も無視できないことが確認できる。

## 4 まとめ

各ディエンベディング法について精度の評価を行った。実測及びシミュレーションから、L-2L 法が最も高精度であった。また、4 段アンプを用いたシミュレーションにより、ディエンベディングにおけるわずかなズレも無視できないものであることが確認できた。

## 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] M. Koolen, *et al.*, " An improved de-embedding technique for on-wafer high-frequency characterization, " in Proceedings of the Bipolar/BiCMOS Circuits and Technology Meeting, 1991.  
[2] H. Ito, *et al.*, " A simple through only de embedding method for on wafer s parameter measurements up to 110 GHz, " in IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 2008.

- [3] J. Song, *et al.*, " A de-embedding technique for interconnects, " in Electrical Performance of Electronic Packaging, 2001.  
[4] R. Minami, *et al.*, " Effect of Transmission Line Modeling Using Different De-embedding Methods, " in European Microwave Conference, 2011.

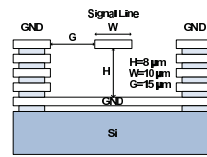


図 1 伝送線路の構造

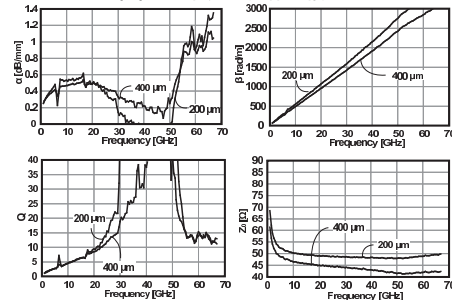


図 2 open-short 法によるディエンベディング結果

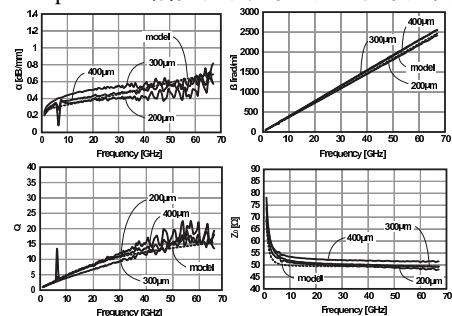


図 3 thru-only 法によるディエンベディング結果

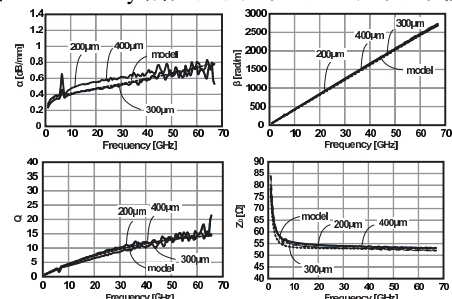


図 4 L-2L 法によるディエンベディング結果

表 1 各ディエンベディングモデルによる性能比較

	Matching freq[GHz]	Gain[dB]	P <sub>sat</sub> [dBm]
thru-only model	61.4	19.8	11.0
L-2L model	58.8	21.3	11.4