

オンウエハ測定とシミュレーションとが一致しない事例 そして新しい De-embedding について

有限会社ソネット技研 石飛徳昌
www.SonnetSoftware.co.jp tovy@SonnetSoftware.co.jp

2014年12月11日

概要

Si ウエハ上のスパイラルインダクタの高周波特性を評価した結果が Sonnet の電磁界解析結果と一致しなかった事例を元にその原因を解説する。特に測定における校正理論と Sonnet の De-embedding の類似性、そしてそれらが機能するための条件を示す。さらに新バージョンで実装される新しい De-embedding について紹介する。

1 事例

図1に示すスパイラルインダクタは、GSGSGプローブパッドとともに形成され、Si基板上で校正された。しかし校正時と測定時でSi基板中を通過する同相電流が異なったために図2のように $\text{Im}(Y)/\text{Re}(Y)$ の測定値に誤差が生じ、解析値と乖離した。この原因を分析する過程が[1]に、また原

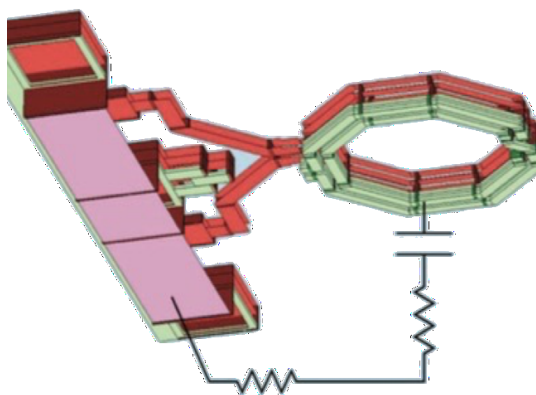


図1 校正時と測定時で基板中を通過する電流が変化し、測定誤差が生じた

因の詳細な報告が[2]に紹介されている。

2 校正と De-embedding の類似性

測定系では、複数の既知の標準器 STD と誤差 Err を含んだ測定結果から Err を特定し、被測定

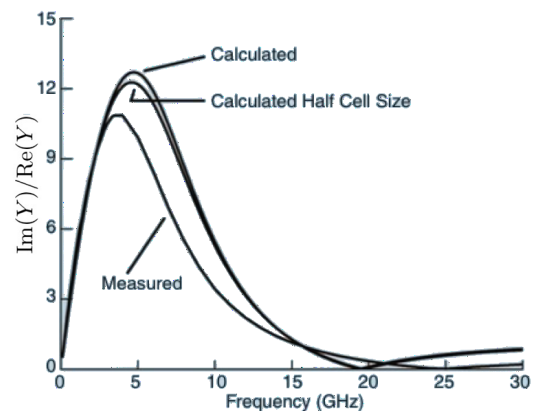


図2 4GHzから13GHzの領域で測定値と Sonnet の結果が大きく乖離した

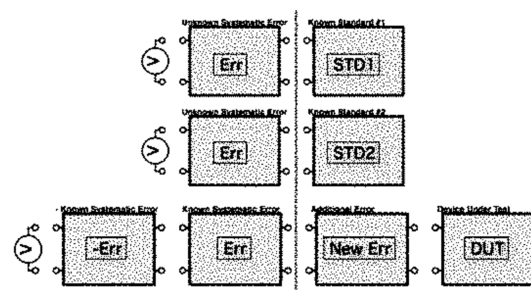


図3 校正時と測定時で Err モデルは変化してはならない。校正後に新たな誤差 New Err を追加してはならない。

物 [DUT] の測定から誤差要因 [Err] を取り除いている。このプロセスが正しく機能するためには (図 3)

- [DUT] を接続するときに、校正時と異なる誤差要因 [New Err] を導入してはならない。また、
- 測定端子に [STD] を接続した時も、[DUT] を接続した時も、誤差要因のモデル [Err] は変化してはならない。

これらの条件を満たす標準器の事例が [3] [4] などに紹介されている。

これら校正の条件や対策は Sonnet の De-embedding と同一である。[5] Sonnet は De-embedding に問題が生じる可能性を様々なパラメータからチェックしている。例えば Box wall port^{*1} と Reference Plane^{*2} が接近しすぎている場合は “De-embedding に適さない” というエラーを出力する

3 新バージョンの新しい De-embedding

電磁界シミュレータで扱うモデルには、表面実装部品を接続する端子、部分的に解析済みの構造の特性をライブラリ化したファイルと接続するポートなどが多量に含まれる場合がある。それらのポートそれぞれに測定時の誤差要因に相当する寄生リア

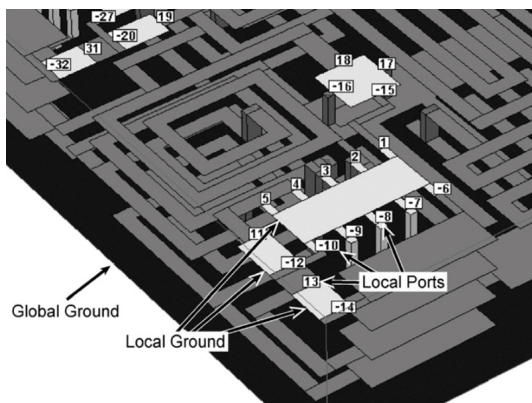


図 4 Sonnet では部品との接続端子の寄生リアクタンスも De-embedding し、他のシミュレータや部品ライブラリとの接続精度を向上させている

クタンスが存在するので、厳密にはそれを明らかにし取り除く De-embedding がなされるべきである。Sonnet の場合は二段階の校正手順を組み合わせる独自の手法で、表面実装部品用のポートの寄生リアクタンスを De-embedding している。[6] 2014 年 11 月にリリースされた V15 では、多層基板の層間に配置されたポートに対しても De-embedding が可能になった。

3.1 むすび 参考文献

- [1] J.C. Rautio and R. Groves, “A potentially significant on-wafer high-frequency measurement calibration error,” *Microwave Magazine*, IEEE, vol.6, no.4, pp.94–100, dec 2005.
- [2] B. Rejaei, A. Akhnoukh, M. Spirito, and L. Hayden, “Effect of a local ground and probe radiation on the microwave characterization of integrated inductors,” *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions on, vol.55, no.10, pp.2240–2247, Oct. 2007.
- [3] 石井 望, アンテナ基本測定法, コロナ社, 2011.
- [4] 横河ヒューレット・パッカード株式会社, “HP 8510B を用いた TRL 校正方法,” おそらく 1980 年代後半.
- [5] J.C. Rautio and V.I. Okhmatovski, “Unification of double-delay and soc electromagnetic deembedding,” *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions on, vol.53, no.9, pp.2892–2898, sept. 2005.
- [6] J.C. Rautio, “Deembedding the effect of a local ground plane in electromagnetic analysis,” *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions on, vol.53, no.2, pp.770–776, feb. 2005.

*1 上述の事例で GSGSG プローブパッドに相当する

*2 上述の事例で [STD] や [DUT] の位置に相当する