

Agilent Genesysを利用した 測定Sパラメータからの スパイラルインダクタ等価回路算出と Q算出例

アジレントテクノロジー
電子計測本部
EDAビジネス統括部
EDAアプリケーショングループ
2008/10/06

リーダ・ライタアンテナインダクタ部解析方法のご提案

1) スパイラルのインダクタンスに注目

- 1-1) 測定SパラメータからYパラメータ(π 回路)を利用したL, Q算出
- 1-2) 測定Sパラメータから等価回路フィッティングを行いLの算出
- 1-3) その他、寄生素子の影響の考慮について

2) 2つのスパイラル間伝達特性に注目

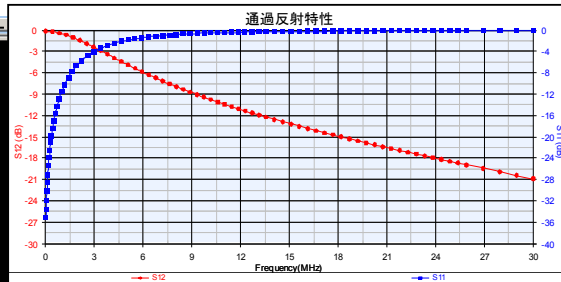
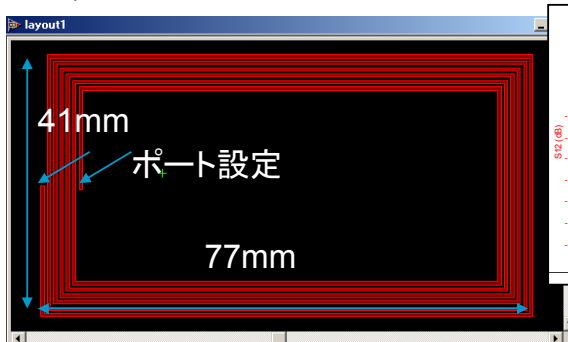
- 2-1) 2つのスパイラル間の伝達特性
- 2-2) 合成ツールMATCHを利用した整合

1) 解析対象とするスパイラルインダクタ・・・仮定測定値

アンテナは顧客機密情報のため、Genesysの電磁界解析機能でSパラメータを抽出

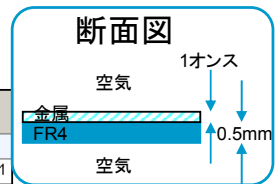
スパイラル

抽出された2ポートSパラメータ



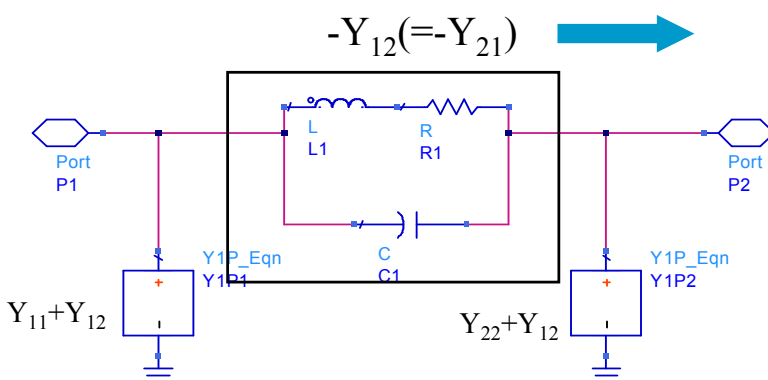
層構成

Name	#	Color	Layer Type	Type	Metal Thickness	Rho	Height	Er	Tand/Sigma	Ur
Top Cover			Cover	開						
Air Above			Air	物理的			3.81	1	0	1
TOP METAL	1		Metal	物理的	0.036	1				
SUBSTRATE	2		Substrate	Physical with Tand			0.5	4.6	10e-3	1.000000
Air Below			Air	物理的			0.127	1	0	1
Bottom Cover			Cover	開						



1-1) Sパラメータをπ型回路と想定し Yパラメータで解くコンセプト・・・ Y_{12} (Y_{21}) を利用

想定する等価回路(π型)



$$-Y_{12} = \frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C$$

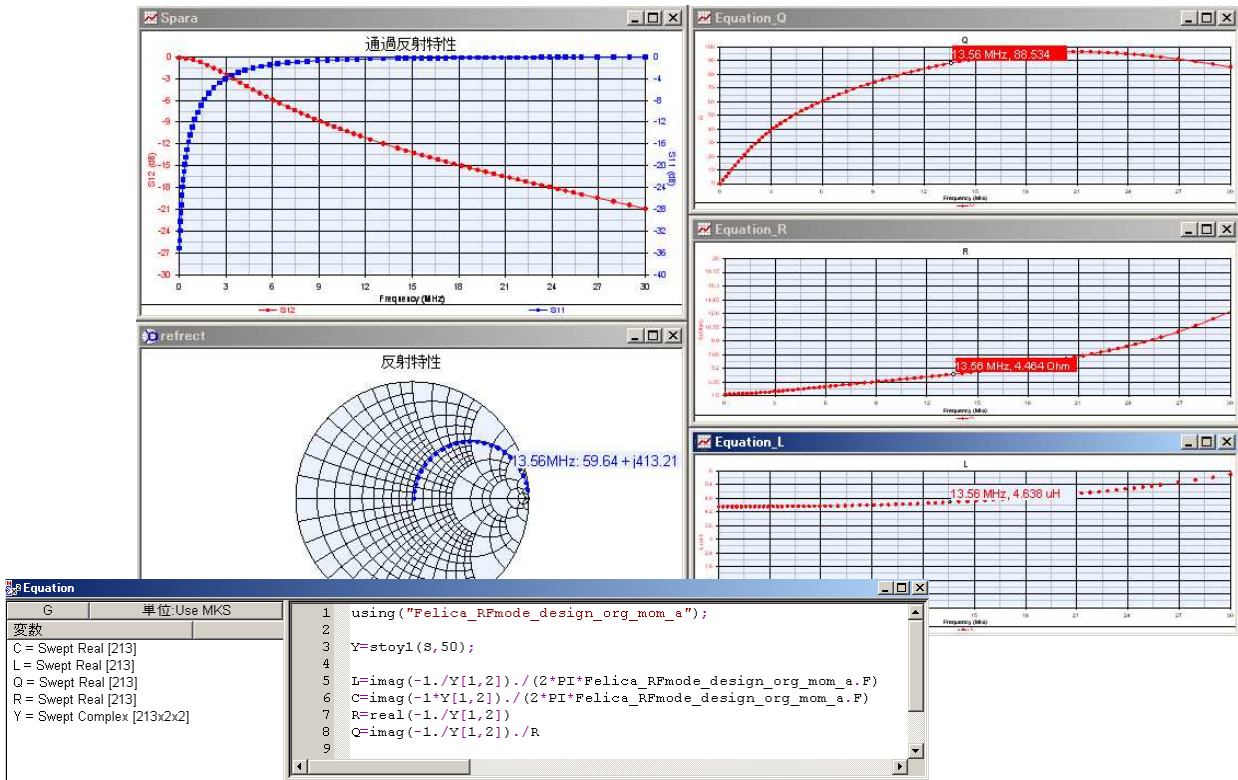
$$= \frac{R - j\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} + j\omega C$$

$$-Y_{12} \Big|_{\omega \rightarrow 0} \approx \frac{1}{R + j\omega L}$$

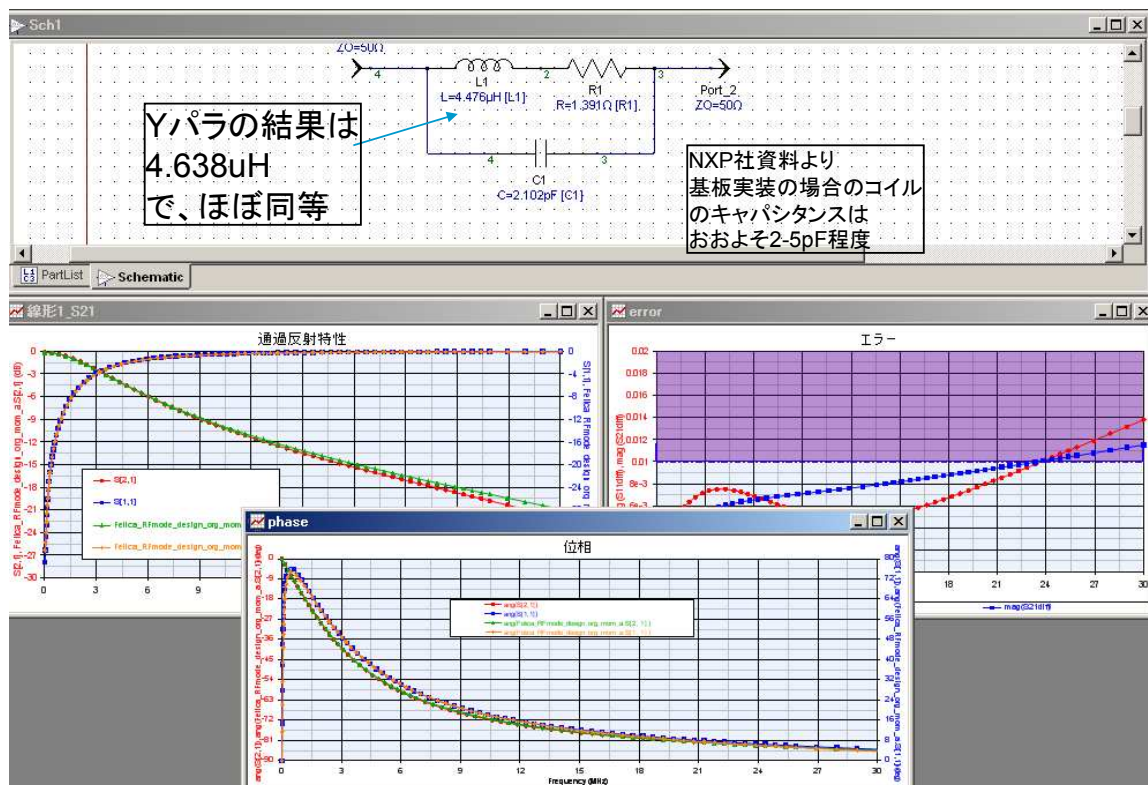
$$\Rightarrow \frac{1}{-Y_{12} \Big|_{\omega \rightarrow 0}} \approx R + j\omega L$$

$$-Y_{12} \Big|_{\omega \rightarrow \infty} \approx -j\omega C$$

1-1) 測定SパラメータからQ,L,RをYパラより算出



1-2) 測定Sパラより集中定数へフィッティング



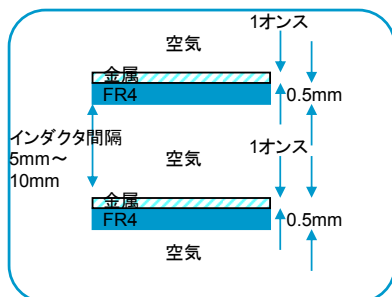
1-3) 寄生素子の影響の考慮について

①の方法を利用した測定Sパラだけでは、周辺回路の影響(切り離せない場合)が含まれてしまい、Yパラから算出されるインダクタの値はスパイラルLの純粋な値から離れてしまう。

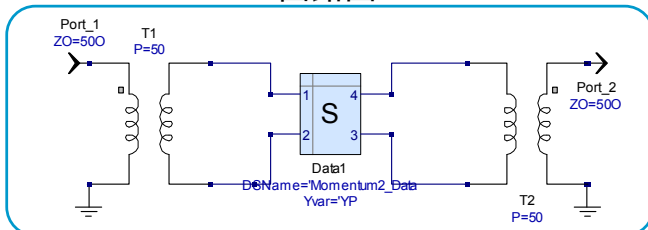
②の方法では、任意の寄生素子(ICなど)をうまくモデリングすることで、スパイラル+ICの環境でもインダクタンス値を抽出しやすい。しかし、F特をもたない集中定数へのフィッティングだと、広帯域での特性は出しにくい。

2-1) インダクタ間の伝達特性

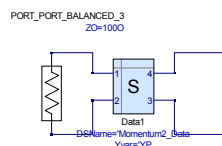
断面図



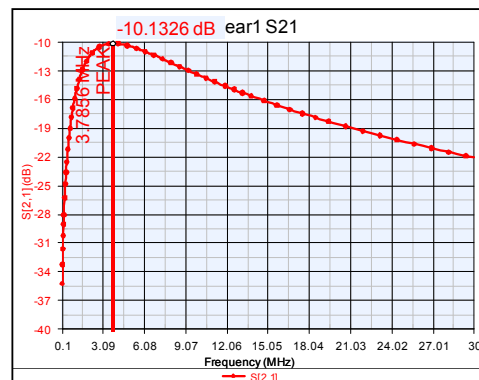
回路図



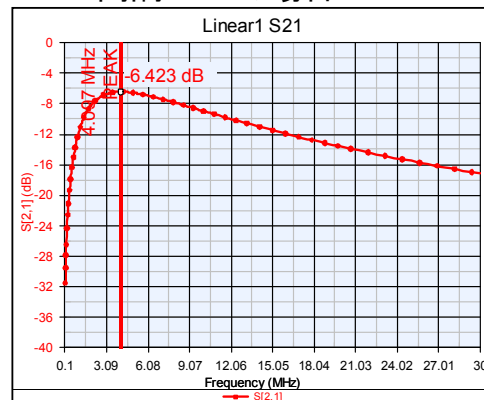
注: 差動ポートも利用できます。



間隔10mmの場合



間隔5mmの場合

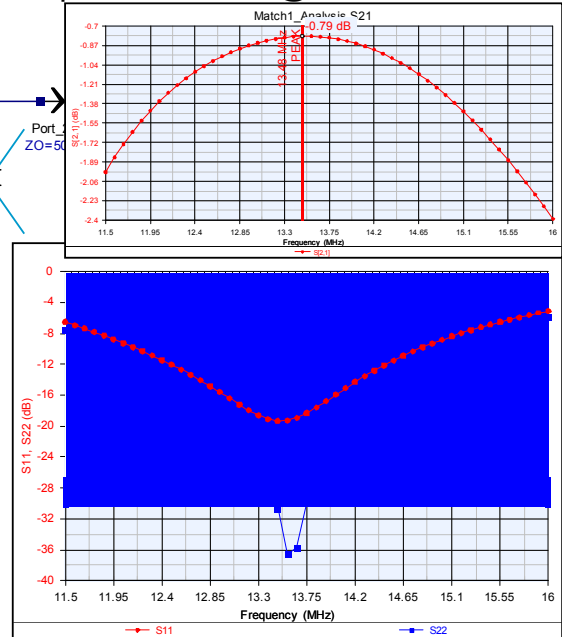
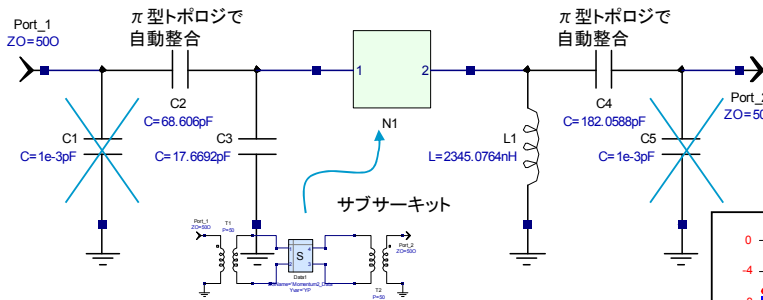
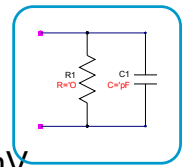


2-2) 整合をとった場合

Reader/Writerのインピーダンスは50Ωではないですが、参考として50Ωに整合しています。

例: NXP社 I-CodeのSL1シリーズ(Tag IC)ではC=23pF, R=70kOhm@800mV

IC入力部
等価回路



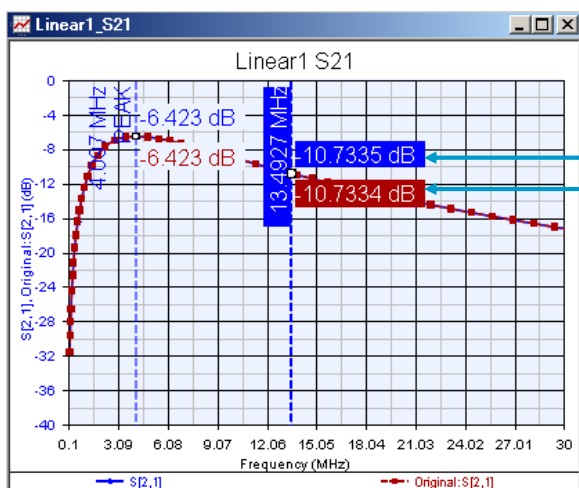
重ねて利用される場合が想定される場合(フェリカなど)は、共振周波数を高めに設計されていることが多いです。

参考資料:

NXP Application Note I-CODE Coil Design Guide
NXP Data Sheet SL1CS301

2-x) [参考資料]RFモード、uWモードの解析結果の比較

MomentumGXでは2つの解析モードがあります。



uWモード(空間放射損考慮)
RFモード

条件: 5mmの間隔@30MHz以下
この条件の場合、2つのコイル外へ空間放射されるエネルギーがほぼないことがわかります。
→磁束結合の確認

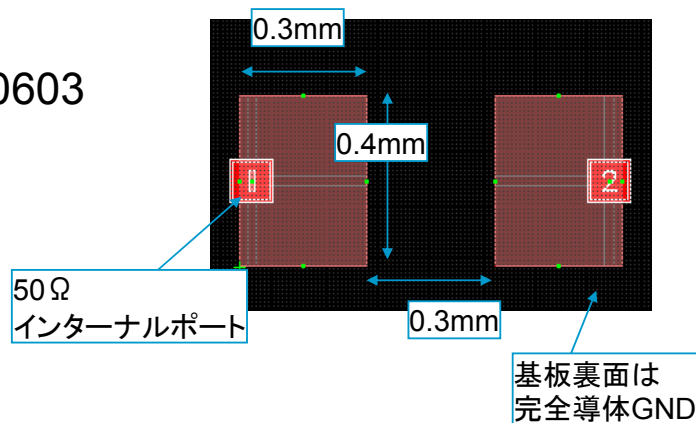
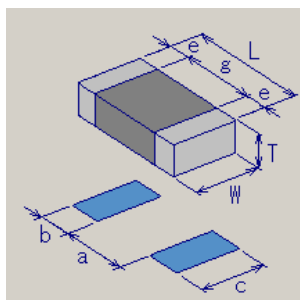
参考:SMTパッドのキャパシタンス抽出例

パッド形状について

JIS Code Land Size:0603

Chip Dimensions[mm]		
L	0.6±0.03	
W	0.3±0.03	
T	0.3±0.03	
e	0.1-0.2	
g(min)	0.2	

Land Dimensions[mm]		
	Reflow soldering method	Flow soldering method
a	0.2-0.3	
b	0.2-0.35	
c	0.2-0.4	



•基板特性(FR-4)

Er 4.5
TanD 0.01
厚み 0.4mm

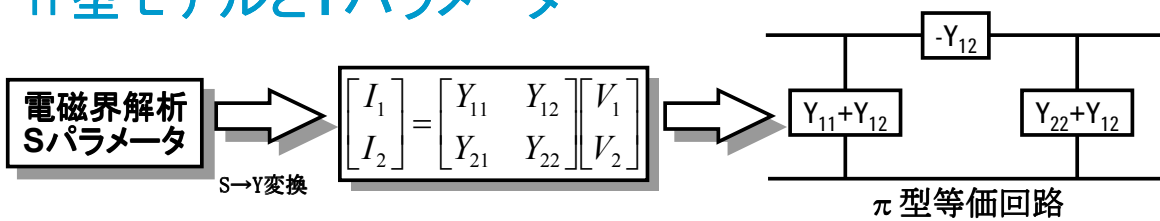
•金属特性

素材 銅
厚み ½オンス(18um)

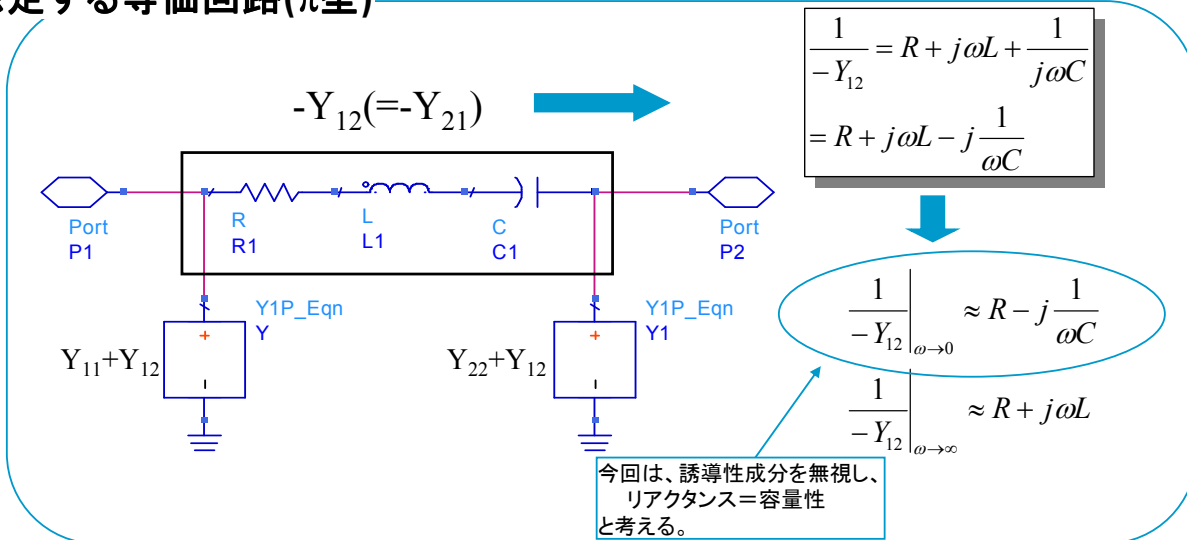
•電磁界解析モード

Quasi-Static RF mode
Mesh 30cell/λ @3GHz
EdgeMesh On
EdgeReduction On

Π型モデルとYパラメータ



想定する等価回路(π型)



Genesys™ 2008 Beta

シリアルキャパシタンス

1000 MHz, 3.028e-15 F

通過反射特性

1000 MHz, 54.46 dB

パッド間容量

1000 MHz, 40.81e-15

```

Equation
G [S]:Use M
Variable
C11 = Swept
C22 = Swept
Cap = Swept
Y = Swept
1 using("Momentum1_Data")
2 Y=stoy(S,50) 'Yパラ変換
3 'パイ型回路通過領域の容量算出
4 Cap=-1/imag(-1./Y[1,2])./(2*PI*Momentum1_Data.F)
5 setunits("Cap","F") '単位の調整
6 'パッド間容量の算出
7 C11=imag(Y[1,1]+Y[1,2])./(2*PI*Momentum1_Data.F)
8 C22=imag(Y[2,2]+Y[1,2])./(2*PI*Momentum1_Data.F)
    
```

計算速度・メモリ使用量と利用PCの仕様

Execution time: 2.553 sec
Nr of Frequencies : 4
Estimated process size : 0.17 MB
 MomentumGx MomEngine 6.70 (*) 313.day Aug 10 2007
 Simulation started on : Wed Jan 16 21:57:52 2008
 Simulation Mode: RF
 Substrate calculation for RF mode
 Substrate calculation started
|.....|.....|.....|
 Substrate calculations finished
 Mesh generation at 3GHz.
 Mesh generation finished
 S-parameter simulation
 S-parameter simulation started
 ...initializing
 Layout is electrically small below 152 GHz (space wave radiation)
 Substrate is electrically small below 20 GHz (surface wave radiation)
 ...extracting layout
 ...reducing mesh
 Adaptive frequency sweep started

Simulation frequency [1] = 0 Hz
 ...loading Green functions
 ...loading quasi-static matrix
 ...solving interaction matrix
 Solver selection: configuration setting for direct solver
 ...calculating S-parameters
 Simulation frequency [2] = 3 GHz
 ...solving interaction matrix
 ...calculating S-parameters
 Adaptive: 0.0 % of frequency range covered
 Simulation frequency [3] = 2 GHz
 ...solving interaction matrix
 ...calculating S-parameters
 Simulation frequency [4] = 1 GHz
 ...solving interaction matrix
 ...calculating S-parameters
 Adaptive: 100.0 % of frequency range covered
 S-parameter simulation finished
 Simulation finished on : Wed Jan 16 21:57:54 2008

解析PC
スペック
(ノートPC)

製造およびサポート元:

Agilent Technologies
Windows XP
CLM UnImage
Version: 3.00

Hewlett-Packard
 Agilent CLM PC
 Intel(R) Core(TM)2 CPU
 T7200 @ 2.00GHz
 997 MHz, 0.99 GB RAM
 物理アドレス拡張

サポート情報(S)

Genesys解析例技術資料
Agilent Restricted

考察

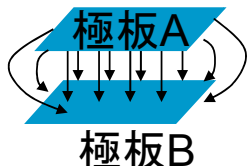
シリーズキャパシタンス

- Sパラの反射伝送特性から、高域で若干伝送する様子が見え、予想通り。
- 3fF@1GHz程度と微少の容量になっており、これも予想通り。

パッドグランド間容量

$$\text{理想極板間容量} = \epsilon_0 \times \epsilon_r \times \frac{S}{d}$$

- 理想値: 11.95 fF v.s. 電磁界解析値: 40.81 fF
- オーダーは同じで、ほぼ同等と考えられるが、基板厚によるフリンジ効果の影響で3~4倍程度の違いが出ていると思われる。
- 0.05pFのパッドグランド容量は、SMT部品特性抽出によく使われる値。



このように、基板間の厚みがあると、電気力線と電界ベクトルが異なる部分が出てくることで、理想値と異なる。