

電源ーグランド層の共振

T. Ogawa/ MEL Inc.
2010/8/25

あらまし

多層プリント板の電源層とグランド層は平行平板モードにより共振現象を発生します。共振周波数では、インピーダンスは大きく変化し、また、共振により蓄積されるエネルギーは放射エネルギーとなってプリント基板外に放射されます。この現象を、S-NAP Microwave Suite (S-NAP/Field) を用いて調べてみます。

S-NAP/Field による解析

単純形状の共振

矩形形状の平行平板の共振周波数は、以下の(1)式で表わすことができます。

$$f_{mn} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad (1)$$

ここで、 a, b はそれぞれ矩形平板の縦横の長さであり、 ϵ_r は比誘電率、 m, n はモード番号になります。この形状を S-NAP/Field (評価版) を用いて解析を行ってみます。

構造図

サイズが 150mm×100mm の矩形で、ポートが図 1 のように配置されたに VCC プレーンを想定します。BOX 底面をグランドとすることで、VCC プレーンはグランドと対向した平行平板となります。評価版ではマトリクスサイズが限定されるために、簡易的にこのように BOX 底面を対向面としています。

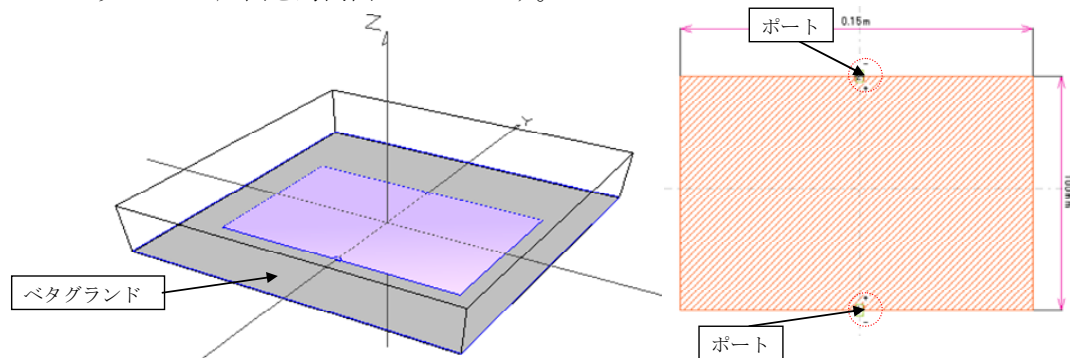


図 1 グランドパターンがない場合のジオメトリ

解析結果

図 2 に解析結果を示します。グラフはポート 1 からポート 2 への伝達関数を示しています。ピークになっている周波数が、伝送損失が少なくなっている点です。矩形形状の平行平板は、各モードにおける共振周波数が(1)式のように解析的にわかっていますので、理論値と比較してみると、ほぼ同じ周波数で共振が現れていることがわかります。少しず

れが生じているのは、BOX グランドを用いているために、VCC プレーンに対して GND プレーンのサイズが大きくなることによるエッジのフリンジングの影響が考えられます。図 3 に各共振周波数でのプレーン上の電流密度分布を示します。たとえば 735MHz では、縦方向にひと山乗っており (M=0,N=1) のモード分布であることがわかります。図 4 は、「 $1 - (|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2)$ 」をグラフ化したもので、ポート 1 から入力されたエネルギーがどれだけ熱エネルギーと放射エネルギーに変わったかを表しています。今回の解析では、導体損失、誘電体損失はともに 0 に設定していますので、プレーンから放射されるエネルギー量になります。735MHz で約 20%が、1490MHz では 30%弱のエネルギーが空間に放射されることになります。

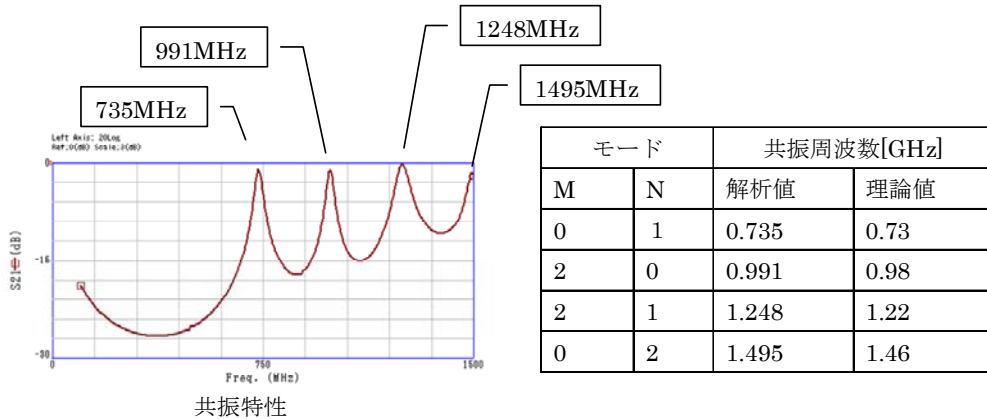


図 2 矩形 (150mm×100mm) の共振特性と理論周波数

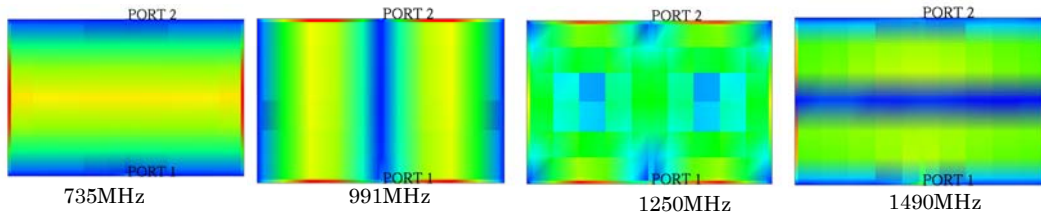


図 3 各共振モードにおける電流密度分布

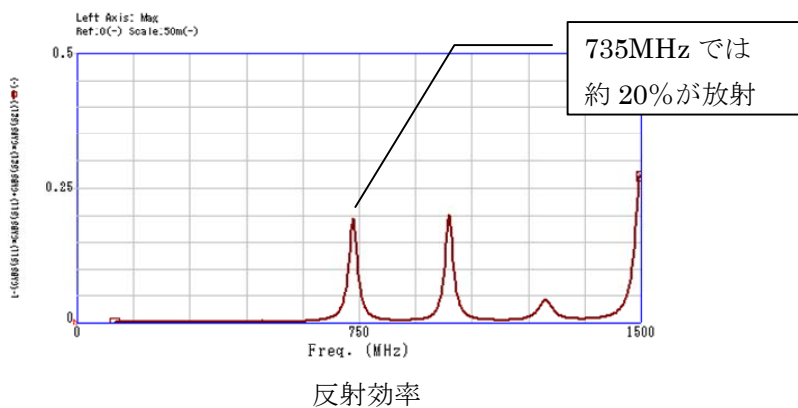


図 4 プレーンから放射されるエネルギー量

=====
 ここまでは、評価版を用いて解析が可能です。これ以降は、製品版を用いて検討を行います。
 =====

平行平板の検討

VCC と GND プレーンが同じサイズの場合

図 1 では評価版制限のために、GND 側プレーンとして BOX グランドを用いました。この場合は、VCC プレーンに対して GND プレーンのサイズが大きくなるため、エッジのフリンジングの影響が想定されますので、製品版を用いて、VCC,GND プレーン共に 150mm×100mm の矩形構造を作成してみます。

解析結果

特性は図 5 のようになり、共振周波数はさらに理論値に近づいてくることがわかります。

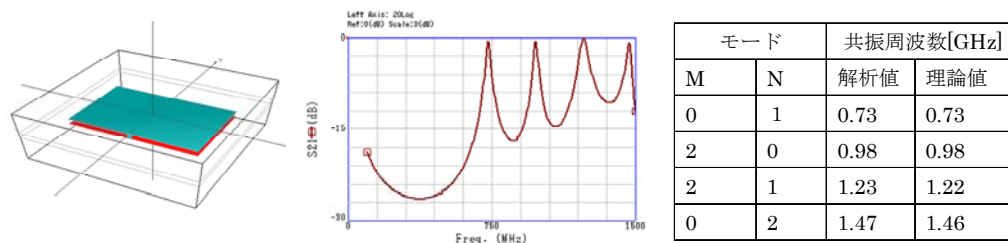


図 5 VCC,GND プレーン共に同じサイズの場合の特性

GND プレーンのサイズが小さい場合

VCC プレーンに対して GND プレーンが小さい場合のプレーン共振を調べてみます。図 6 のような構造とした場合の特性を図 7 に示します。共振周波数は同一形状時とは大きく異なり、電流は VCC プレーンと GND プレーンが重なっている部分のみ流れていることがわかります。

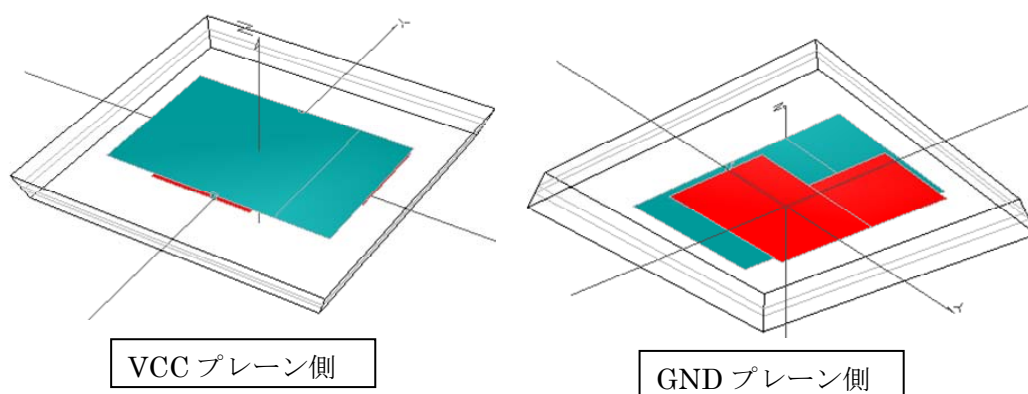


図 6 VCC と GND プレーンが同一形状ではない場合のジオメトリ

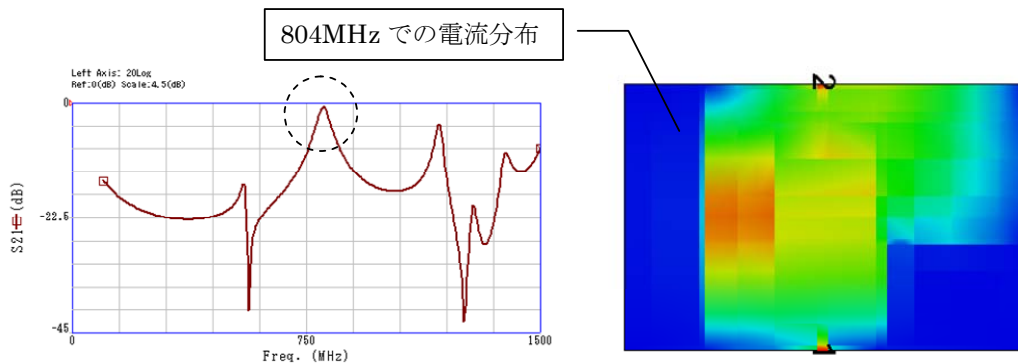


図6 VCC プレーンと GND プレーンが同一形状でない場合の伝送特性と電流分布

3層構造のプレーンの場合

図7に3層構造の場合の解析例を示します。この場合は、2ポート間でバンドパスフィルタのような特性になっています。各層で大きな電圧の差が生じています。

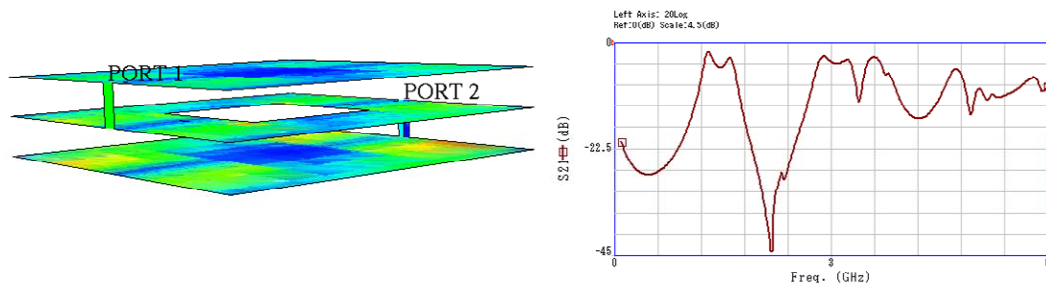


図7 3層構造の場合の解析例

まとめ

VCC と GND プレーンにおける平行平板の共振特性を、GND プレーンを BOX グランドとすることで、評価版で解析可能であることを紹介しました。矩形の平行平板の共振周波数が理論解と一致することを確認し、各モードにおける電流分布も表示しました。また、VCC プレーンと GND プレーンが同一形状でない場合の解析結果から、共振現象はプレーンが重なっている部分で発生することが確認できました。プレーン間の電圧の差は、シグナルインテグリティ問題における大きな原因の一つになると考えられます。S-NAP/Field は 3次元ですべての層が結合した状態を解析できますので、複雑なプレーン共振問題も容易に解析が可能です。