

シリコン基板上のコイルとアンテナの電磁界を解析する

—— Sonnet 社の電磁界解析ソフトウェア
「Sonnet Lite」

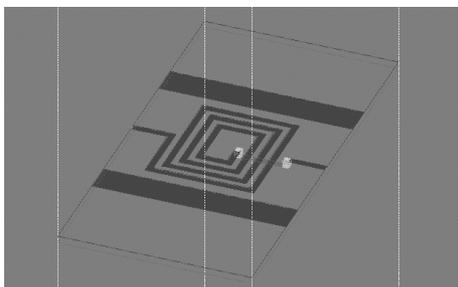


小暮裕明

ここでは、高周波回路の設計ツールの一つとして活用されはじめている電磁界解析ソフトウェアを操作する。電磁界解析ソフトウェアは、デバイスの寸法や材質を実物どおりにモデリングすることで動作をシミュレーションするものである。今回は、シリコン基板上のスパイラル・インダクタ(コイル)とマイクロストリップ・アンテナ(パッチ・アンテナ)のモデルを作成し、動作を確認する。使用するソフトウェアは、米国 Sonnet Software 社の「Sonnet Lite 7.0c」である。(編集部)

米国 Sonnet Software 社の Sonnet Lite^{注1}は、商用の3次元プレーナ電磁界解析ソフトウェア Sonnet をベースにしたフリー・ソフトウェアです。Sonnet は、米国でよく利用されている電磁界解析ソフトウェアの一つで、Sonnet Lite はその機能限定版です。

電磁界解析は、等価回路による回路シミュレータなどの解法とは異なり、デバイスの寸法や材質を実物どおりにモデリングし、それらのふるまいをシミュレーションします。デバイスに信号を与えて得られる電磁界を解くこ



〔図1〕シリコン基板上のスパイラル・インダクタ
バネ状の立体コイルを扁平にしたような構造をしている。マイクロ波の受動回路素子として、MMIC においてよく用いられる。

とで、コンピュータの中にバーチャルな世界を実現します。ネットワーク・アナライザで測定したようなデータも得られるので、最近ではマイクロ波帯のみならず、高周波回路の設計ツールの一つとしても活用されはじめています。

このチュートリアルでは、最新のバージョンである Sonnet Lite 7.0c を使って、電磁界解析ならではのシミュレーションを体験していただきます。試してみるサンプル回路は以下の二つです。

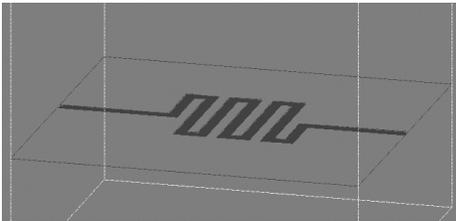
- シリコン基板上のスパイラル・インダクタ(コイル)
- マイクロストリップ・アンテナ(パッチ・アンテナ)

図1は、ちょうどバネ状の立体コイルを扁平にしたような、見るからに2次元的な(?)インダクタといった構造です。これはマイクロ波の受動回路素子として使われるスパイラル・インダクタです。MMIC^{注2}においてよく用いられ、インダクタを実現する構造の一つです。別の方法としては、立体コイルを横につぶしたようなメアンダライン(図2)によるインダクタもよく用いられます。

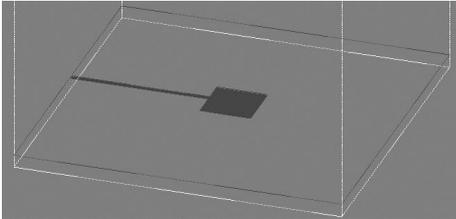
これらの構造は、単一の集中定数素子としてではなく、それぞれの線路を構成する部分がお互いに複雑に結合した分布定数線路の組み合わせとして見なければなりません。もちろんこれらのスパイラル・インダクタやメアンダ・インダクタを L , R , C を組み合わせた等価的な回路とする技法もありますが、一般にこれらの等価回路定数

注1 Sonnet の問い合わせ先：ソネットソフトウェア・インク日本支店 (TEL 03-3648-5055, E-mail: info-jp@sonnetusa.com, Web: <http://www.sonnetusa.com/>)

注2 MMIC (モノリシック・マイクロ波集積回路)：MIC (マイクロ波集積回路) は、広義には「二つ以上の回路素子 (R , L , C , トランジスタなど) を一体化したマイクロ波回路 (電子情報通信ハンドブック, 電子情報通信学会編)」である。このなかで GaAs や Si などの半導体基板上に素子を一括して製造するものをモノリシック MIC (略して MMIC) という。



〔図2〕メアンダ・インダクタ
立体コイルを横につぶしたような構造をしている。スパイラル・インダクタと同様に、よく使われる。



〔図3〕パッチ・アンテナ
マイクロストリップ線路の先端をオープンにして線幅を太らせた構造をしている。マイクロストリップ・アンテナとも呼ばれている。

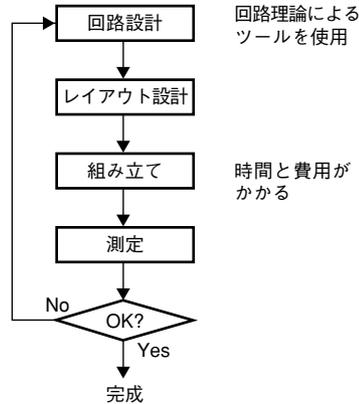
で近似できる周波数範囲には限りがあります。そこで電磁界解析が登場するわけです。すべての構成要素間の結合を含んだ解析結果が広い周波数範囲で得られることを、本チュートリアルで体験してみましょう。

もう一つのサンプル回路はパッチ・アンテナです。マイクロストリップ・アンテナとも呼ばれているとおり、マイクロストリップ線路の先端をオープンにして線幅を太らせた構造をしています(図3)。

伝送線路は、その先にあるデバイスに効率良く電磁エネルギーを伝える役割を担っています。このため線路自体からの不要輻射は極力抑えなければなりません。一方、アンテナは、与えられた電磁エネルギーをできるかぎり効率良く空間に放射するというのが仕事です。それぞれ逆の役割を担っているわけですが、線路の周囲における電磁気的な現象ですから、どちらも電磁界解析で解ける問題なのです。

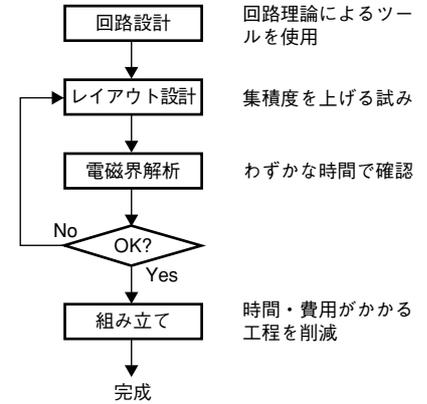
1. 設計工程と使用するツール

Sonnet が米国で初めて商用化されたのは1989年です。当初はMICやMMICを研究・開発しているマイクロ波の研究所などで使われました。その後、解析精度が高いことから、これらのデバイスの試作・測定を繰り返すムダな時間と費用を削減するのに十分役立つことがわかり、米国では図4から図5のような工程に転換することで大



〔図4〕回路理論に基づくシミュレータを使った従来の設計工程

設計どおりの性能が得られずに、時間と費用のかかる組み立て工程を繰り返すことになる。



〔図5〕電磁界解析を使った新しい設計工程

コンピュータの中で仮想的な組み立てと測定の工程を納得いくまで繰り返すことができる。時間と費用のかかる実際の組み立ては、一度で済む。

きな成果を上げているといわれています。

回路理論に基づくシミュレータは、図4に示すように、以前から設計工程のツールとして使われてきました。しかし、実際に組み立てて測定してみると、なかなか設計どおりの性能が得られず、“No”のループを何度も繰り返すことになります。その原因の一つは、デバイスのすべてのふるまいを等価回路で表すことの難しさにあります。

一方、図5に示すような電磁界解析を使った手順では、スタートは同じでも、実際に組み立てる前に、コンピュータの中で仮想的な組み立てと測定の工程を納得いくまで繰り返すことができます。寸法を少しずつ変えた試作品を実際に作るとなると、費用も時間もかかりますが、電磁界解析であればパラメータ化や最適化といった機能も活用できます。図5は理想の姿であって実際には組み立ては一度で済まないと言われるかもしれませんが、ムダな繰り返し作業はずいぶん省けそうです。

●使用するツールSonnet Lite 7.0cについて

Sonnet Lite 7.0cと日本語マニュアル(PDF)は、Sonnet社のホームページ(<http://www.sonnetusa.com/>)からダウンロードできます。また、本誌付属のCD-ROMにも収録しています。

電磁界解析は、問題領域を微小部分(メッシュ)に離散化してデジタル・コンピュータで解く手法です。任意形状を3次元モデル化する立体メッシュの技法と、主に