



# SiPモジュールの伝送線路解析

——高速になる内部配線について製造前の解析が必須

牧大公一

SiP基板(インターポーザ)上の配線は、多くの場合、非常に高速である。そのため、信号の反射やクロストークの問題が発生しやすい。ここでは、こうした問題に対処するための伝送線路解析の手法について解説する。まず、SiPモジュール設計の全体の流れを説明する。次に、伝送線路解析の手順を説明し、その解析結果をどうSiPモジュールの設計に反映させるかについて述べる。また、SiPモジュールの設計に必要な熱シミュレーションの問題についても触れる。

(編集部)

SiP(system in package)は、複数のダイ・チップが一つの小さな基板に実装されたモジュールです。最終的にはモールドされて、一つのLSIのような外観になります。その外形を図1に示します。本稿ではフラット型SiPを考えますが、最近ではチップを縦積みにするスタック型SiPも開発されています。

### ● SiPモジュールの設計フロー

SiPの概略を理解してもらうために、最初にSiPの設計フローについて解説します。図2は、SiP設計の全体のフローを示しています。このフローに従って各工程の内容を説明していきます。

#### 1) 回路図(ネットリスト)の作成

SiPのシステム仕様が決まったら、その中に搭載される各チップがSiP内部でどのように接続され、どの信号が外部に出ていくかをデータ化する必要があります。この情報がネットリストです。

ネットリストの形式はいろいろあります。通常、テキスト・データが用いられているため、データを直接入力することもできます。しかし、一般には、回路図エディタを使って生成します。回路図面は、視覚的に信号の流れを把握できます。一方、ネットリストは文字と数字の羅列となるので視覚的に信号の流れや配線の正誤を把握することが困難です。

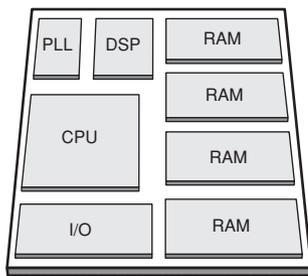
#### 2) パッケージ・サイズの見積もり

SiPには、一つのパッケージに複数のチップを搭載するため、搭載するチップの大きさと個数から必要な大きさが決まります。また、パッケージにはQFP(quad flat package)やBGA(ball grid array)などがあります。ここでは、搭載されているチップの間を結ぶ配線(内部接続)があることを前提にします。パッケージとしてはBGAを対象にします。

チップをパッケージ基板に接続する方法には、ワイヤ・ボンディング実装とフリップチップ実装の2種類があります。これらのどちらを選択するかは、SiP基板のサイズと製造費用に依存します。単純にワイヤ・ボンディング実装を行った場合、基板上にボンディング・ワイヤを接続するためのパッドが必要になるため、基板サイズは大きくなります。パッケージの大きさは基板の大きさに決まります。おおよそ、搭載するチップの総面積とボンディング・パッド設置の面積、配線領域の面積を合わせた大きさが基板の大きさです(フラット型SiPの場合)。

#### 3) 熱シミュレーション

パッケージの大きさと実装手法が決まったら、次にSiPの



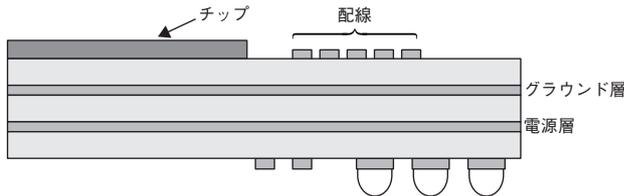
〔図1〕  
SiPの構造

複数のチップを搭載する場合、外部に接続する配線が短くなるようにチップを配置する。ただし、クロックのような高速な基準信号がある場合は、そちらを優先させる。

〔表1〕配線幅と配線間隔のロードマップ

配線幅と配線間隔が狭いほど、配線密度を高くできる。表の値は試作対応が可能なレベルである。量産を考える場合、基板メーカーやパッケージ・メーカーに相談する必要がある。

	2002年	2003年	2004年
配線幅/配線間隔	20 $\mu$ m/20 $\mu$ m	15 $\mu$ m/15 $\mu$ m	10 $\mu$ m/10 $\mu$ m
ビア径/ランド径	50 $\mu$ m/90 $\mu$ m	40 $\mu$ m/80 $\mu$ m	30 $\mu$ m/60 $\mu$ m
フリップチップの パッド・ピッチ	180 $\mu$ m	155 $\mu$ m	130 $\mu$ m



〔図3〕4層基板の層構成

一般に、配線をマイクロストリップ線路などの構造にするため、電源層やグラウンド層は図のように内層に入れる。このような4層構造では、配線領域が制限を受けるため、現実には6層以上になる。

発熱を十分に検証する必要があります。近年、高速に動作するチップが増えているため、動作時にはかなりの熱を発生することがあります。パッケージの材質や構造は、発生した熱をいかに外部に逃がすかによって決まります。この度合いを表すのが熱抵抗(単位は $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )です。この値が低いほど、そのパッケージの放熱効果が高いことになります。

熱シミュレーションでは、この熱抵抗を求めます。

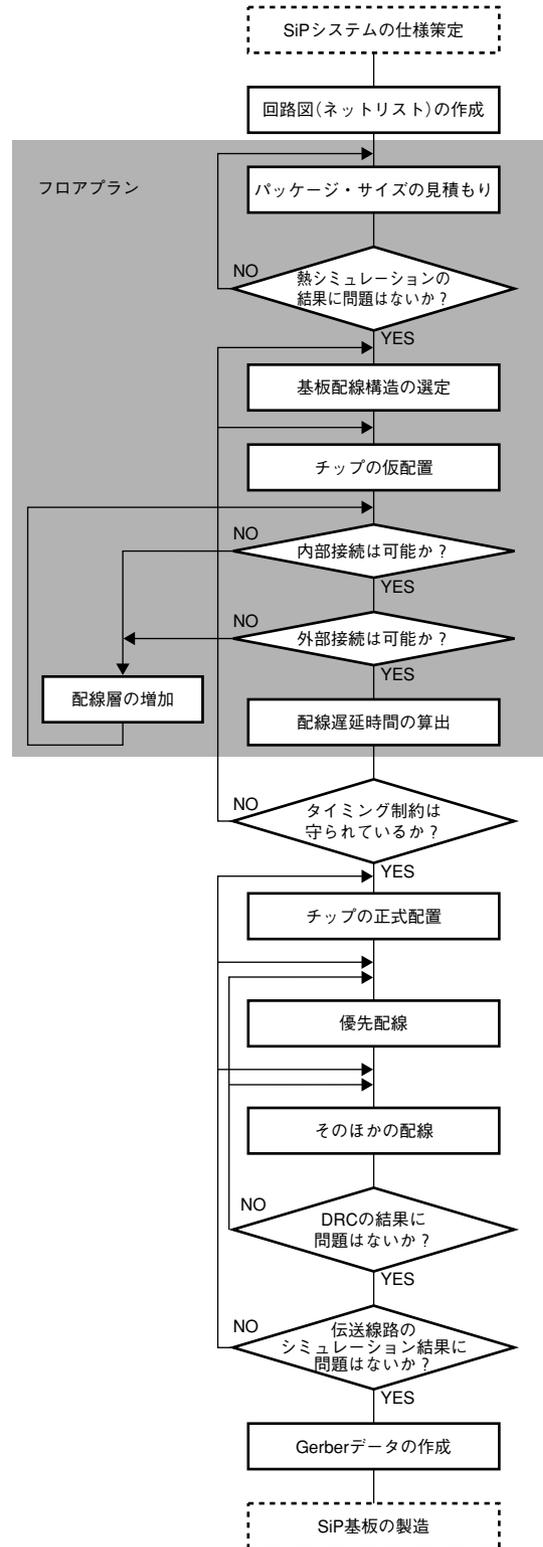
#### 4) 基板配線構造の選定

SiPの内部には配線があるため、2層以上の多層配線基板(インターポーザ)を使用します。内部接続の数が多い場合、4層以上の基板が必要です。通常、製造上の制約のため、基板の配線層数は偶数になります。

配線幅および配線間隔も重要です。実装密度を上げようと考え、配線幅と配線間隔の狭いほうが有利です。しかし、配線幅と配線間隔には限界があります。表1に配線幅と配線間隔のロードマップを示します。

SiPの構造でもう一つたいせつなのが、絶縁層(誘電体)の厚さです。これは基板の物理的強度とその電気特性が配線の特性インピーダンスに影響を及ぼすためです。

また、配線層に電源層とグラウンド層を設けるかどうか大きな問題になります。電源層とグラウンド層を設ければ2層増加するので、製造費用は高くなります。しかし、電源層やグラウンド層があれば、配線を容易にマイクロ



〔図2〕SiPの設計フロー

SiP設計の実質的な部分は、搭載するチップ間の配線、およびSiPから外部へ出る配線の設計である。このフローチャートにはテスト容易化設計の工程は含まれていないが、その部分もSiPのシステム仕様で決められている。ここで説明するSiP設計はネットリストをもとにしている。回路図レベルの変更はないものとした。