

# LSI内蔵基板技術の開発

閑野 義則

携帯電話に代表される携帯端末は電子機器の中でも、小型・薄型化に加え多機能化が著しく進んでいる。その構成部品もモジュール化が進み、1つ或いは複数の機能を有するモジュールをいかに小型化するかが実装技術の焦点となっている。現行の携帯機器向けパッケージにはW-CSPやQFN、FBGAなどの小型薄型パッケージが主に適用されている。また、メモリ大容量化や多機能化対応のために、MCP技術やPoP技術が採用されている。

OKIでは上記のパッケージと共に、次世代の大容量化と多機能化技術として3次元チップ積層技術を開発している。また、モジュールレベルの高密度実装技術開発にも取り込んでおり、OKIグループ内でe機能モジュールと呼んでいる。その高密度実装方式の一つが部品内蔵基板技術である。

本報告では、OKIグループが開発した実装技術について開発方針・特徴・評価について記述する。

## 部品内蔵基板技術とは

基板への素子内蔵方式は各種の方式が提案、商品化されている。各種の方式の特徴を図1に示す<sup>1)</sup>。能動素子については、ベアチップをそのまま埋め込むタイプとW-CSPなどの小型PKG (Package) にしてから埋め込むタイプとがある。ベアチップを用いる場合、薄型化の面からは有利であるが、KGDの問題から基板歩留まりに課題が残されている。PKGを用いる場合、検査により良品であることが確認されているため、歩留まりの面で有利であるが薄型化の面に課題がある。

一方、受動素子の場合、主に基板の工程で作り込む膜形成方式と受動部品を埋め込むタイプとがある。基板材料がLTCCの場合は焼成温度も高いため、安定した特性が得られる。有機基板の場合、

加工温度が材料の耐熱温度以上掛けられないことから、特性の安定性などが十分得られていない。また、静電容量 (C) やインダクタンス (L) については形成可能な特性の幅に制約がどうしても生じる。受動部品を埋め込む場合、特性面では安定していて広範囲の特性をカバーできるが、薄型化に課題がある。このため、従来の受動部品の低背化や小型部品の大容量化開発が進められている。

## W-CSP内蔵基板技術

### (1) 開発背景と開発目標

OKIは究極の小型薄型パッケージであるW-CSPの応用技術として、LSI内蔵基板技術を開発した。

開発に際しては携帯機器用モジュールへの適用を前提に、以下の目標を設定した。

- ① 内蔵する能動部品の信頼性確保  
OKI製LSI ML2860内蔵基板で寿命試験合格
- ② 内蔵する能動部品および受動部品の特性変動無きこと
- ③ モジュールレベルの動作確認 (ZigBeeモジュール)

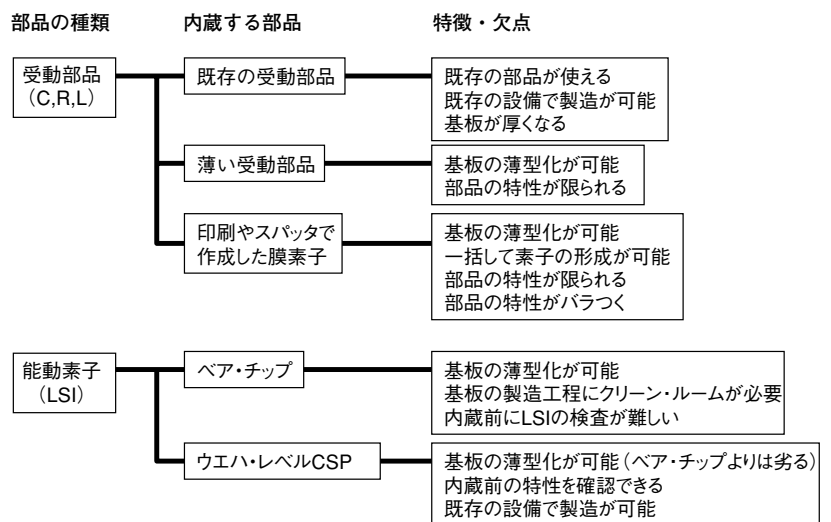


図1 部品内蔵方式の種類と特徴

(2) 特徴

OKIは能動素子の内蔵にはW-CSPを採用し、PKG取り付け高さを内蔵するチップ部品と同レベルにすることで内蔵基板の薄型化を実現した。受動部品については、0603サイズ(0.6mm×0.3mm)以上のチップ部品を内蔵する方式を採用している。

図2はW-CSPと0603サイズのチップ部品を内蔵した4層基板の断面写真と構造図である。W-CSPの取り付け高さは0.4mmでPKG厚みはチップ部品と同じ0.3mm厚に抑えており、基板の厚みは0.8mmになる。W-CSPと基板配線間の内部接合には、はんだ接合や基板配線工程での接合などを種々検討、開発しているが、図ははんだ接合を採用した場合のものである。

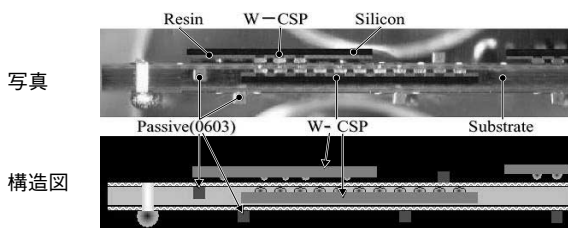


図2 部品内蔵基板の構造

LSI内蔵基板技術の信頼性評価

(1) 内部接続信頼性、耐湿性、熱抵抗評価

まず、内蔵したW-CSPの内部接続信頼性と耐湿性、熱抵抗を確認した。内蔵するW-CSPには、それぞれの評価用に再配線および素子部を用いて形成した、専用のTEG(Test Element Group)を適用した。

図3は、内部接続信頼性評価に用いた基板の中層配線パターンと完成基板の外観である。このTEG内蔵基板を用いて、以下の条件で評価した。

試験条件：-25℃/9min. ⇔ 室温 ⇔ 125℃/9min.  
内蔵W-CSP：□6mm, 0.5mmピッチ, 112端子

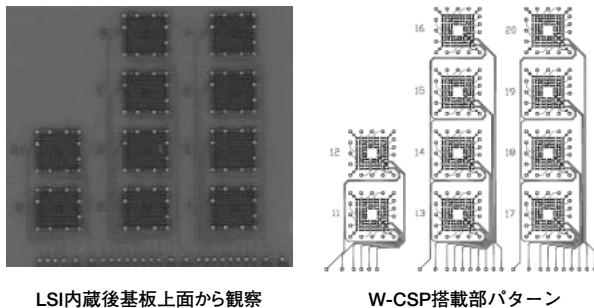


図3 内部接続信頼性用基板パターン

図4は温度サイクル試験の結果で、内蔵したW-CSPと基板の接続信頼性が、表装実装した場合の2倍以上の寿命であることを確認した。

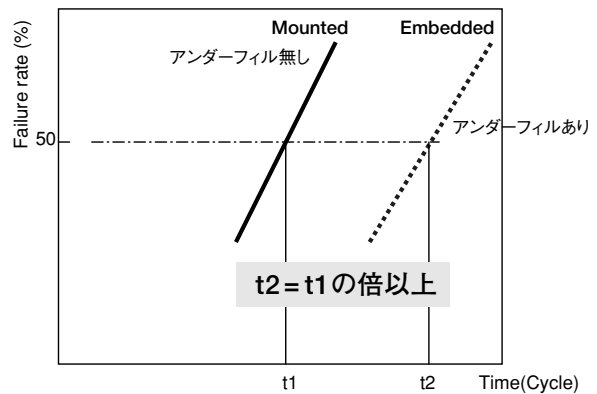


図4 温度サイクル試験結果 (log-log plot)

耐湿試験は、専用のTEGを用い、基板およびW-CSP配線部を以下の条件で評価し、問題無いことを確認した。

試験条件：85℃/85%RH (Relative Humidity),  
5V, 1,000H

次いで、能動素子を基板に内蔵した場合に懸念される、熱放散性について評価した。評価は、TEGチップによる実測とシミュレーションを行っている。その結果、シミュレーションはほぼ実測値と一致した。実測の一例を図5に示す。表層実装と内蔵した場合の比較であるが、内蔵の方が低熱抵抗になっている。これは、発熱したチップの熱が、基板内を熱伝導して、W-CSPの外形より広い面積の基板表面から放熱されるためと推測される。しかし、発熱量の大きいデバイスの場合、表面実装品が放熱フィンなどの対策が取れるのに対し、内蔵した場合は基板内に熱がこもってしまうため、基板内部構造からの放熱対策が必要となる。前述のシミュレーションを活用した、モジュール基板構造設計段階からの対策が重要と考えている。

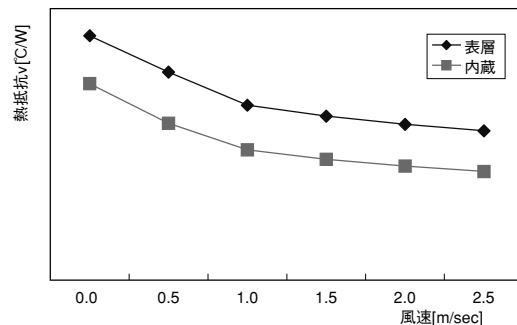


図5 熱抵抗実測例

## (2) 実デバイスによる信頼性評価

OKI製音声LSIであるML2860を用いて基板に内蔵した状態で以下の信頼性を行い、問題ないことを確認した。

内蔵W-CSP : 6.26×5.98mm, 0.8mmピッチ, 48ピン  
試験項目と条件 :

温度サイクル -55°C/30min. ⇔ 室温 ⇔ 125°C/30min.

1,000サイクル

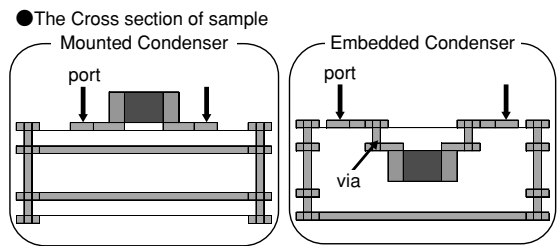
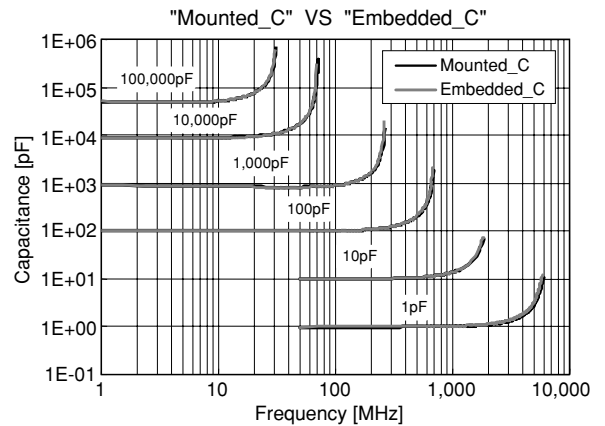
高温放置 150°C 1000H

耐湿性試験 85°C/85%RH, 3.6V 1,000H

## (3) 内蔵した受動部品の特性評価

内蔵した受動部品の信頼性については、抵抗チップ部品を用いた接続信頼性と、内蔵およびその後の熱ストレスによるコンデンサ特性変動を評価し、何れも問題ないことを確認している。

図6は、表装実装と内蔵した0603サイズセラミックコンデンサの、各周波数での容量を表している。また、測定に使用したサンプルの断面構造も一緒に示した。容量はサンプル断面構造のPort部にプローブを当てて測定している。1pFから0.1μFまでの6種類の容量について、表装実装と内蔵した場合とで比較したところ、容量はほぼ同等であることを確認した。共振周波数付近での挙動は若干異なるが、これはサンプル断面で示したように、内蔵する場合viaの部分があるため、この部分のL、C成分が影響したものと推測している。



The Measurement Equipment

- NETWORK ANALYZER : 8510C ( Agilent Technologies )
- Probe : ACP-W-GSG500 ( CASCADE MICROTECH )

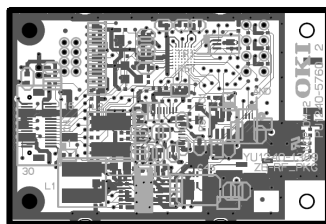
図6 内蔵による特性変動評価 (コンデンサー)

## ZigBeeモジュールへの適用評価

具体的なモジュールへの適用可能性について、ZigBeeモジュール (特性評価バージョン) で小型化の効果と動作を確認した。図7に評価結果を示す。

### 1.従来品

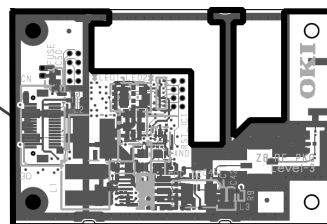
(モジュール外形 52×35mm)



- 表層実装のLSI  
RF : QFN  
CPU : W-CSP

### 2.部品内蔵-1

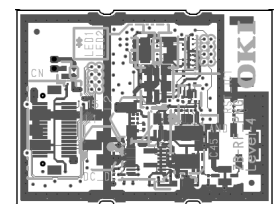
(モジュール外形 52×35mm)



- 内蔵 (動作確認のため外形変更なし)  
1. LSI 2 pieces  
RF, CPU : **W-CSP**  
2. Passive (R,C) 59 pieces

### 3.部品内蔵-2

(モジュール外形 34×26mm)



- 内蔵  
1. LSI 2 pieces  
RF, CPU : **W-CSP**  
2. Passive (R,C) 61 pieces  
●基板外形を縮小、小型部品の採用

	配置配線面積比	基板面積比
従来品	1	1
部品内蔵-1	<b>0.75</b>	1
部品内蔵-2	—	<b>0.5</b>

図7 ZigBeeモジュールの適用例

従来構造のモジュールから、能動素子としてRF (Radio Frequency) とCPUのデバイスをW-CSPにして内蔵。受動素子としては、抵抗およびコンデンサの内0603サイズのものを入蔵した。動作確認には現有の測定環境を使用する必要があるため、外形の変更はしないもの(部品内蔵-1)と、この制約を考慮せずに新規の基板外形で設計したもの(部品内蔵-2)の2通りについて検討した。

部品内蔵-1では外形を変えられないため、小型化の目安として配置配線領域の面積で比較した。能動素子2個と受動素子59個を入蔵した結果、25%の小型化を達成した。部品内蔵-2では、能動素子2個と受動素子61個を入蔵して外形を最適化することで、基板サイズで50%の小型化を達成した。

次に、部品内蔵-1を用いて、下記の初期動作確認を行い、従来構造と同等の性能を確認した。

電源電圧(出力レベル、ノイズレベル)

消費電力(送信状態、受信状態)

電波特性(受信感度、周波数偏差など)

## あ と が き

今回、LSI内蔵基板技術によるZigBeeモジュールでの動作と、OKI製音声LSIを入蔵した基板状態での信頼性を確認した。また、基板内部の接続信頼性および受動素子の特性確認および接続信頼性をあわせて確認した。これらより、LSI内蔵基板技術の要素技術開発を完了した。

今後、残った課題のモジュールレベルの信頼性確認

と、製造段階の各工程や不良発生時の内蔵受動素子の特性確認方法を中心とした検査および品質保証方式を検討する。これらと並行して、携帯機器向け商品の開発をOKIグループ内の関係会社と協力して推進してゆく。



## 参考文献

1) 機器への搭載始まる部品内蔵プリント基板, 日経エレクトロニクス, 2003.3.3, p.61, 2003年

## 筆者紹介

閑野義則: Yoshinori Shizuno. シリコンマイクロデバイスカンパニー ATP生産本部 実装開発部

# TIPS

## 【基本用語解説】

ウエハレベルチップサイズパッケージ Wafer-level Chip Size Package (W-CSP)

ウエハ状態で全ての組立工程を完了させてしまうコンセプトのパッケージ。FBGA (Fine Pitch Ball Grid Array) と同じくパッケージの裏面に格子状に端子が配列された外形形状である。

QFN (Quad Flat Non-Leaded PKG)

リードフレームを用いた従来構造プラスチックパッケージの1種で、小型、薄型に対応したもの。主に、携帯機器用途に適用される。

MCP (Multi Chip Package)

複数個のLSIチップを一つの汎用パッケージ内に実装したパッケージ。メモリ系の汎用LSI同士の組み合わせに適用する場合が多い。

PoP (Package on Package)

複数個のLSIパッケージを縦方向に積んだ構造。ASICやMPUとメモリ系の組み合わせで、Logicデバイスのメモリ拡張や小規模のシステム構成に適用される。

KGD (Known Good Die)

良品であることを保証されたLSIチップ。LSIベンダーが検査するレベルにより、保証する品質が異なる。パッケージあるいはモジュールベンダーがベアチップを購入・製造する場合、完成した商品の性能や歩留まりがKGDの品質保証レベルに影響を受ける。

LTCC (Low Temperature Co fired Ceramic)

低温焼成セラミックを基板材料とする、パッケージあるいはモジュール用セラミック基板の総称。