

e機能モジュールを支える 部品内蔵基板技術の開発

藤巻 升 小池 清 高見 和裕
尾形 繁行 飯長 裕

背景

携帯機器の高機能化に伴い電子機器の小型、軽量、薄型化が求められている。小型化する技術としてパッケージの進化を見た場合、平置き構造（SiP（System in Package））→ 多段スタック構造（CoC（Chip on Chip））→ パッケージスタック構造（PoP（Package on Package））→ Si貫通チップスルーコンタクト構造のように2次元から3次元の実装技術により、高密度化を実現してきた。プリント基板と実装の動向を図1に示す。プリント基板においても、3次元化した部品内蔵のプリント基板（以降「部品内蔵基板」と呼ぶ）が目まぐるしく注目されている。

部品内蔵を行うことにより、表層に実装したLSIの真下に受動部品を配置することが可能となり、回路間の信号配線の最短化が図れ、ダンピング抵抗の削減、特性イン

ピーダンス制御不要等の電気特性上の効果が期待されている。

部品内蔵基板は、ビデオカメラの高機能化、無線通信機器の小型化の用途として採用されており、今後、車載用、コンシューマ製品用、産業機器用、インフラ機器用と幅広いニーズに広がると予測される。

これらの要求に対応するためには、多様な部品、LSIを実装し、内蔵する技術が必要である。

本論文では、部品内蔵基板の部品内蔵方法、接続技術、製造方法、信頼性、事例について述べる。

部品内蔵基板の部品内蔵方法

(1) 能動部品の内蔵方法

能動部品の埋め込み形態には、ヘアチップ状態のまま埋め込む方法とパッケージに加工してから埋め込む方法

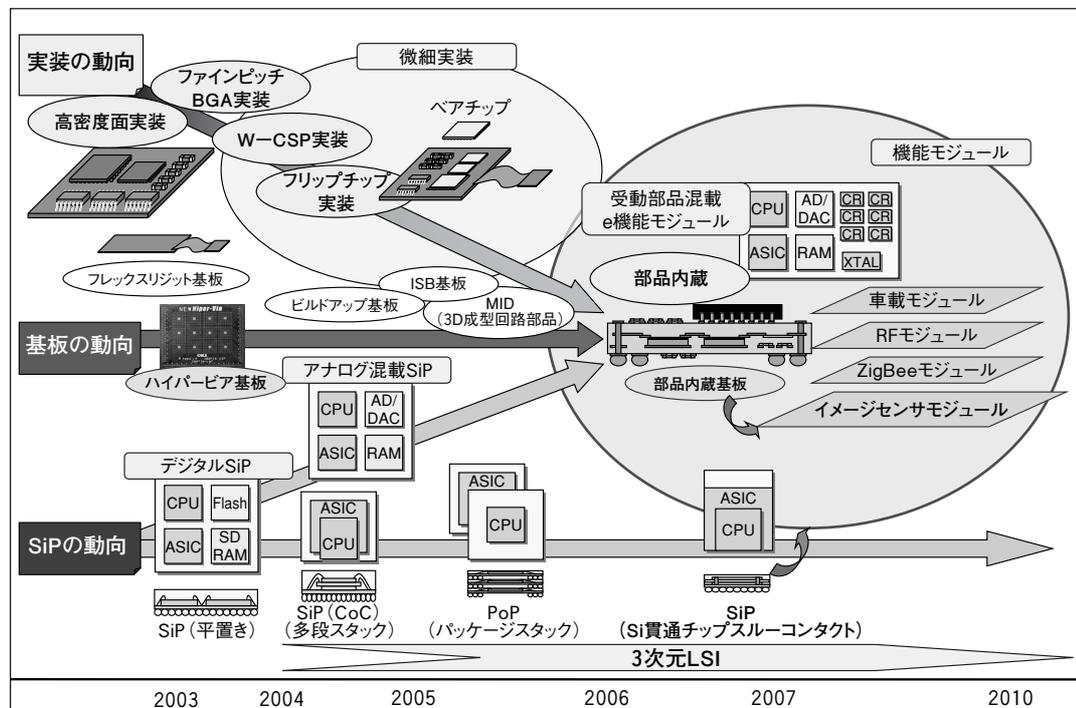


図1 プリント基板と実装の動向

の2つがある。我々は品質の安定性と歩留まりを考慮し、W-CSP (Wafer-Level Chip Size Package) を内蔵する後者を選択した。W-CSPは検査により品質が保証されているため、KGD (Known Good Die) の問題は発生しない。

(2) 受動部品の内蔵方法

受動部品 (C、R、L) の内蔵方法は、基板の製造工程で造り込む方法と市販のチップ部品を埋め込む方法がある。前者は、特性の保証が難しいことに加え、製造上の制約により必要な特性を得ることができない。たとえば、コンデンサは、必要な静電容量を得るために積層面積を拡大するか積層数を増加すれば可能だが、小型化・薄型化の目的から外れる。それに対し後者では、特性の保証された市販の汎用部品を内蔵し信頼性を確保できるため、我々は後者を選択した。

(3) 内蔵部品のサイズ

内蔵が可能な部品サイズは、0402、0603、1005である。ただし同一層に0402、0603、1005を混載した場合、内層部の基板厚みは1005内層時の厚さとなる。サイズが0603と1005のチップ部品を1つの層に混載した部品内蔵基板の断面写真を図2に示す。

近年は、製品のアプリケーションの増大に伴い、コンデンサでは1μF以上の静電容量が得られる1005サイズの部品内蔵が増えている。

部品の厚さが、薄型化を達成する上で障害となるため、部品メーカーでは大容量化と部品厚さの低背化の両方の開発が進められている。現在は1005サイズで0603と同等の厚さの部品の製造が可能となっている。

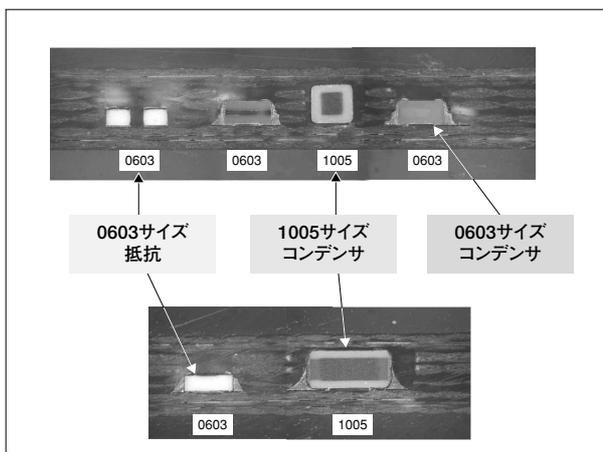


図2 サイズの異なるチップ部品の混載

部品内蔵基板の接続技術

部品内蔵基板における部品の接続方法は、W-CSPとチップ部品の両方を同時に実装できること目標とし、鉛フリーはんだを使用したリフロー方式のはんだ接合を採用した。この接続方法のメリットを次に示す。

- ① 既存プロセスの延長であり、新しい実装方式の設備を開発する必要が無い。
- ② 既存の部品を使用できる。
- ③ LSI、受動部品が同時に実装できる。

当社の部品実装技術は、長野沖電気殿の協力を得て習得した。はんだ印刷機、マウンター、リフロー炉、検査機を揃えた一貫ラインを構築し量産体制を確立した。(ラインは基板製造と同じワークサイズが加工できる) 実装密度は表層実装と同等レベルである。

部品内蔵基板の製造方法

部品内蔵基板の製造工程 (4層板のケース) を図3に示す。2層板の表裏に写真法により銅の回路形成を行い、

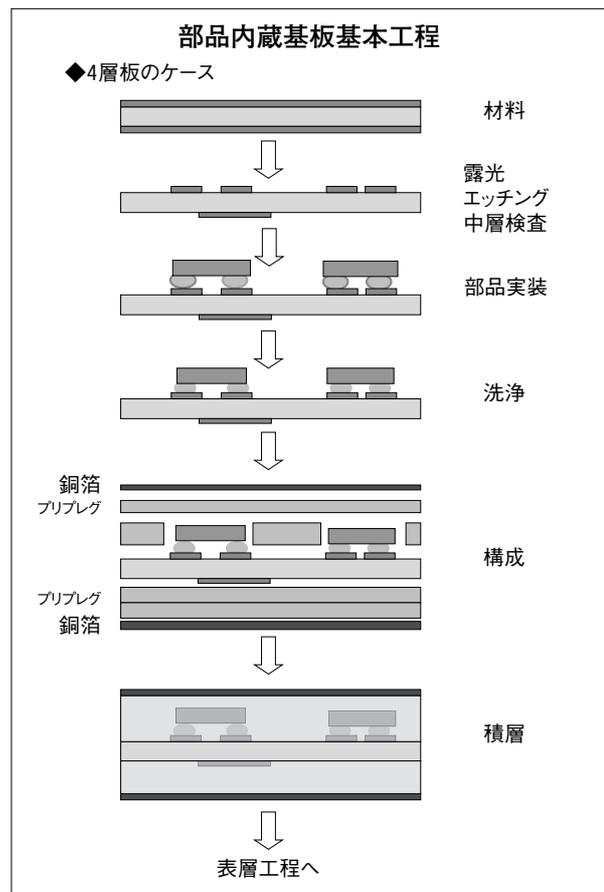


図3 部品内蔵基板の製造方法

クリームはんだ印刷後、リフローはんだ付け方式により部品を実装後、フラックス残渣を洗浄する。その後、実装した基板をプリプレグと銅箔で上下からはさみ込むように積層し、加熱圧着する。圧着時に部品に応力がかからないよう、部品高さを考慮した厚さのプリプレグを選定する。以降、表層の製造工程は、通常のプリント基板の製造方法と同様である。

当社では、お客様からの回路図・部品表・部品仕様等の情報を元に、小型化の提案、基板設計、基板製造、部品実装、製品検査までのワンストップサービスを提供している。

部品内蔵基板の信頼性

(1) 表面実装と部品内蔵の信頼性の比較結果

温度サイクル試験を行った結果、表層実装した場合に比べて、内蔵したW-CSPは表層実装した場合にくらべ2倍以上の寿命があることが確認された¹⁾。以下その評価結果を述べる。

専用のTEG (Test Element Group) を用いて、W-CSPとチップ部品を内蔵した基板を製造した。内蔵したW-CSPは6mm角、0.5mmピッチ、112端子数であり、チップ部品は0603抵抗を内蔵した。温度サイクル-25℃/9min ⇄ 室温 ⇄ 125℃/9minの試験条件において評価した。その結果、部品内蔵したW-CSPの断線による50%故障率の発生する時間が、表層実装した時間の2倍以上であった。

次に、チップ抵抗を表層に実装した基板と、部品内蔵した基板を準備し、それぞれに長さ方向の18%を押し込む曲げ試験を実施した。各基板には0603チップ抵抗が312個直列に接続されており、その抵抗値の変化を観察した。結果を図4に示す。

表層実装では曲げ7回目に抵抗値の上昇が見られ、10回目で完全に破断した。内蔵の場合は、曲げを20回繰り返しても抵抗値の変化は見られなかった。表層実装よりも、内蔵部品のほうが曲げに対する接続信頼性が高いことが確認された。内蔵部品では、部品の接続部の周囲が、樹脂で覆われ、応力が分散されるため、信頼性が高くなると推測される。

(2) 部品内蔵基板の信頼性試験結果

信頼性試験結果を表1に示す。

落下試験では、落下回数が150回になっても抵抗値に変化が無く、落下衝撃に対して内蔵部品の接続に問題の無いことが確認された。

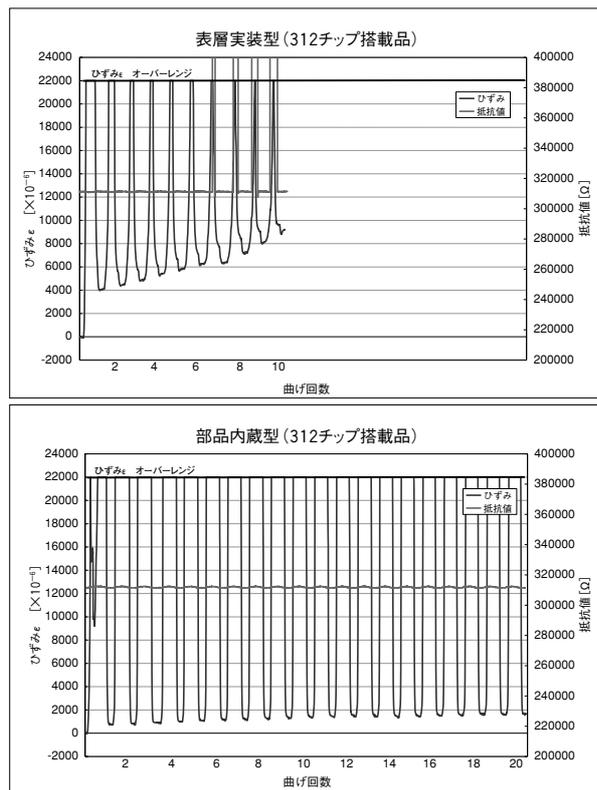


図4 表層実装と部品内蔵の曲げ信頼性比較

表1 内蔵部品の信頼性試験結果

試験項目	試験条件及び試験結果	備考
落下試験	X、Y、Z方向に基板を落下させ、150回まで抵抗変化無し	
繰り返しリフロー試験	吸湿後、最大20回までリフロープロファイルをかけたが、抵抗変化無し、膨れ、剥離無し	断面、SATで観察して問題なし
温度サイクル試験	-65℃ (30分) ⇄ 125℃ (30分) 最大3000サイクルで抵抗変化無し	
HAST試験	110℃*85%RH*DC25V印可 500H合格	
静電気試験 IEC-61000-4-2	最大8KVまで5s10回放電し、その前後での抵抗、容量を測定し基準値内であった。	SATで観察して剥離無し
振動試験 JIS C 60068-2-6 (IEC60068-2-6)	10~2000Hz、X、Y、Z方向各20サイクルを印加し、試験前後での抵抗値、容量を測定し基準値内であった。	
耐リペア性	表層にBGAを実装後、リワークをしたときのリワーク後の接続を確認し、抵抗、容量値が基準値内であった。	SATで観察して剥離無し
曲げ試験	曲げ量(長さに対して5、10、20%)を変化させ、断線になる状態を観察10%14回で断線、20%4回で断線	参考試験

落下試験結果の詳細を図5に示す。

内蔵した部品が温度サイクル試験で特性が変化するので、-65℃×30min ⇄ 125℃×30minの試験条件で電気的特性として抵抗値の変化の有無を連続測定した。温度

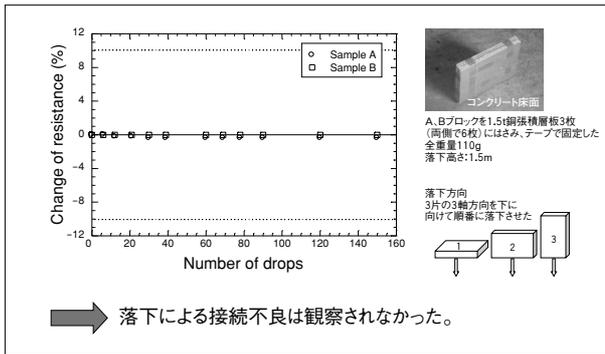


図5 落下試験結果

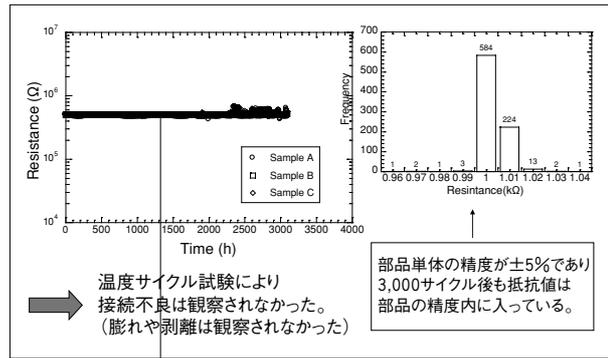


図6 温度サイクル試験結果

ZigBee® 無線ネットワークソリューション

機能モジュールに必要な要素すべてをワンストップで提供できます。

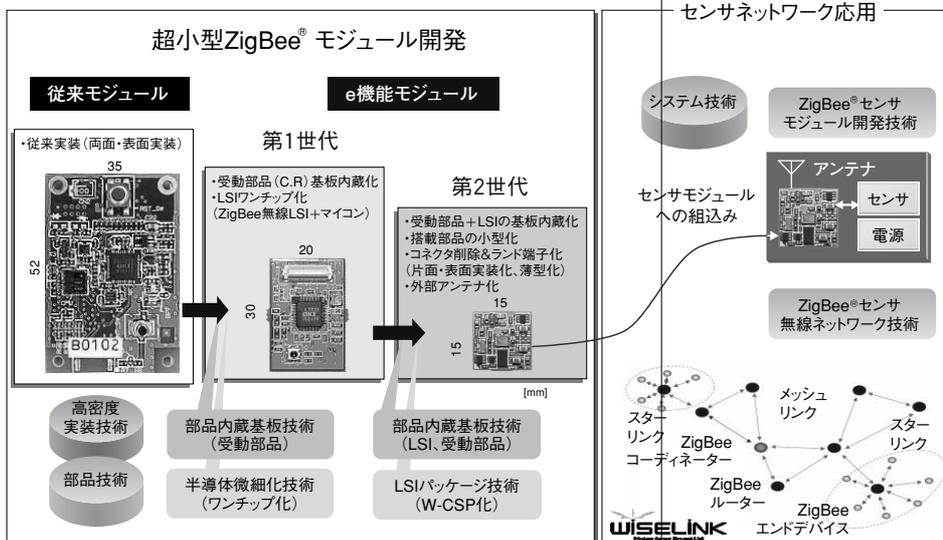


図7 ZigBeeモジュール

サイクル試験結果を図6に示す。

3,000サイクルまで抵抗値の変化が無く電気的特性に問題は認められなかった。

さらに、温度サイクル試験後のサンプルについて、各チップ部品単体の抵抗の測定を実施した結果、全て部品がメーカー保証の公差内であることが確認された。

その他、繰り返しリフロー試験、HAST試験、静電気試験、振動試験、耐リペア性試験を行ったが、部品内蔵基板の信頼性に問題は認められなかった。

以上のように、部品内蔵基板に対して実施した各種の信頼性試験結果は、いずれも表面実装の場合と同等以上であった。これにより、既存の部品を内蔵しても接続信頼性が低下しないことを確認できた。

* 1) ZigBeeはZigBee Alliance Inc.の登録商標です。

部品内蔵基板の事例

(1) ZigBee®*1) モジュール

低消費電力タイプのRFモジュールであり、モジュール同士で種々のネットワークを築くことができる特徴を持ち、今後のユビキタス社会のネットワークの一つとして期待されるものである。52mm×35mmのサイズが部品内蔵技術により15mm×15mmまで小型化できた。(面積比で約1/8) 図7に開発したZigBee無線ネットワークモジュールを示す。

(2) 指紋認証モジュール

超小型、高速、高精度、低消費電力、高セキュリティの開発目標の基に開発されたAll in Oneの指紋認証モ

ジュール（沖セミコンダクター殿向け）であり、0603の受動部品を内蔵することで25mm×23mmの超小型サイズを実現した。製品概要を図8に示す。

指紋認証モジュール・商品概要

これひとつで指紋認証機能を実現します

- 超小型、高速、高精度、低消費電力、高セキュリティの All in Oneモジュール
 - 指紋画像スキャン
 - 登録データとのマッチング比較
 - 認証結果出力
- 受動部品をプリント基板に内蔵することでモジュールの超小型化を実現
 - 25mm×23mm

All in One!
指紋画像スキャン 登録データとのマッチング比較 認証結果の出力
YES or NO
センサ側 コントローラ側
25mm × 23mm
受動部品 (0603) 部品内蔵基板

図8 指紋認証モジュール基板

(3) IPカメラの小型化

受動部品を内蔵することにより、96mm×50mmの大きさから、64mm×50mmの大きさに小型化することが実現できた。面積比で約33%の小型化が可能となった。

図9に開発したIPカメラの小型化事例を示す。

あ と が き

これまで、既存の部品はプリント基板に内蔵することを前提として製造されていないため、部品を内蔵して信頼性を確認した報告は非常に少ない。今回、既存の部品を内蔵したプリント基板の信頼性を確認した結果、十分に耐えるものであった。また、本技術を用いることにより、製品サイズが小型化できることを実証した。

お客様ご要望の部品内蔵基板を製造するためには、多種多様のLSIの実装技術が必要である。既存部品ではW-CSP化が困難なこと、また、部品をお客様から直接支給

TIPS

【基本用語解説】

e機能モジュール

e機能モジュールとは、OKIグループの保有する総合技術「高密度実装技術」「システム技術」「部品技術」を結集した短TAT、高付加価値モジュール製品のことである。

SiP (System in Package)

複数の半導体チップ、LSI等を一つのパッケージに収納して、外観上単一チップに電子システムが入っているように見えるパッケージのこと。

CoC (Chip on Chip)

複数の半導体チップを1つのパッケージ内部で積み重ねて実装し、複合機能を実現するもの。チップ間はワイヤボンディングまたは、フリップチップ接続により接続する。

PoP (Package on Package)

複数のパッケージを積層することにより集積度を上げる技術。パッケージにBGA (Ball Grid Array) を用い、下のパッケージのインターポーザの電極と上のパッケージのんだボールをつなげて接続する場合が多い。

W-CSP (Wafer-Level Chip Size Package)

半導体部品のパッケージ形式の1つ。外部端子や封止樹脂等のベアチップへ行う加工処理を、チップを切り出す前のウエハの段階で済ませてしまう。ボンディングワイヤによる内部配線を行わず、半導体の一部が露出したままのベアチップ大のパッケージ。

RFモジュール

RFとは、Radio Frequencyの略で、高周波信号のことである。高周波信号を用いたモジュールの総称である。

ACF (Anisotropic Conductive Film)

異方性導電性フィルム。フィルム状の絶縁樹脂材料の中に微細な導電性粒子を分散させた素材で圧力と熱を加えることにより、接着と同時に電極間に鉄まれた導電粒子を介して電気的接続をとるとともに、電極側面では絶縁の機能を持つ。

ACP (Anisotropic Conductive Paste)

異方性導電性ペースト。微粒子状の導体材料を、接着剤の中に分散させたものがペースト状に調整されたものである。スクリーン印刷によりプリント基板に転写、乾燥する。機能はACFと同様。

プリプレグ

ガラス繊維を一方方向に引きそろえたシートまたは、織物に熱硬化性樹脂（主としてエポキシ樹脂）を含浸させて、乾燥させた成型品である。

VIA

ビア (VIA) は、多層配線において、下層の配線と上層の配線を電気的につなぐ接続領域。通常は層間絶縁材料をドリル加工してビア・ホールを開口し、そのビア・ホールをメタル材料で埋め込む、またはメッキ加工により導電性を得る。

ZigBee

家電向けの短距離無線通信規格の一つ。同種の技術であるBluetoothよりも低速で伝送距離も短い、省電力で低コストという利点がある。アルカリ単3電池2本で約2年間駆動する。

IPカメラの小型化

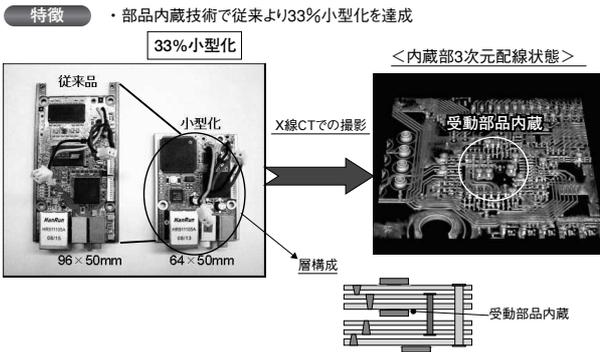


図9 IPカメラの小型化

される場合があること等、従来のはんだ接続技術だけでは、新しいアプリケーションの実現は難しくなっている。そのため、超音波、ACF、ACP等、多様な接続方式に対応する技術が必要である。部品内蔵技術のアプリケーション展開は始まったばかりであるが、市場やお客様のニーズは非常に高いものがある。それに応えるべく、部品内蔵基板の更なる技術開発、改善を進めたいと考える。 ◆◆

参考文献

1) 関野義則：LSI内蔵基板技術の開発，OKIテクニカルレビュー 211号，Vol.74 No.3，pp.62-65，2007年10月

筆者紹介

藤巻升：Noboru Fujimaki. 沖プリントドサーキット株式会社 e機能モジュール事業部 実装技術部 チームリーダー
 小池清：Kiyoshi Koike. 沖プリントドサーキット株式会社 e機能モジュール事業部 e機能モジュール開発部 室長
 高見和裕：Kazuhiro Takami. 沖プリントドサーキット株式会社 e機能モジュール事業部 実装技術部
 尾形繁行：Sigeyuki Ogata. 沖プリントドサーキット株式会社 e機能モジュール事業部 実装技術部 部長
 飯長裕：Hiroshi Iinaga. 沖プリントドサーキット株式会社 e機能モジュール事業部 e機能モジュール開発部 部長