

航空宇宙・車載電装分野向け 基板生産技術

蕎麦田 信行

国内の製造業は、企業のファブレス化（自社に製造工程を持たない）が進められ、海外への移転などにより年々規模が縮小している状況にあった。OKIは、こうしたファブレス化のニーズから、2002年よりEMS事業を開始した。OKIのEMS事業部門は、（以降OKI-EMSと略す）従来の情報通信分野から計測、医療、産業機器分野への年々事業拡大を進め、さらに新分野への参入が必要であり、その候補として国内市場で成長著しい航空宇宙及び車載電装分野への新規参入を目指し技術開発をしている（図1）。

航空宇宙／車載電装分野の製品は、既存事業と比べ屋外の厳しい環境下で使用されることから、その品質基準は極めて高く（高信頼性）、既存には無い耐環境性仕様が求められる。また、基板*1)に搭載される部品のトレーサビリティ強化も求められている。

本稿では、これらで耐環境性及びトレーサビリティ強化への取組みを紹介する。

EMS顧客製品の動向

| 顧客分野 | FY16 | FY17 | FY18 | FY19 | |
|---------|--|------|--------------|------|------|
| 通信 | ～100Gbps | | ～1Tbps | | 高速化 |
| 計測 | 大口径φ300/微細化 90nm / 大口径φ450/微細化40nm / 大口径φ600/微細化28nm | | | | 高集積化 |
| 医療/産業機器 | チップ部品 0603サイズ | | チップ部品0402サイズ | | 小型化 |
| 航空宇宙/電装 | 耐環境性(高信頼性) | | | 高信頼性 | 高信頼性 |

基板実装の顧客ニーズ/サービス

| 構成要素 | 動向(サービス) | | |
|---------|----------------|-----------|-----------------------|
| 基板 | 大型化 600×510mm | 多層化 50層以上 | 大電流化 |
| 基板 | 小型化 0402サイズ | 下面電極化 | トレーサビリティ ロット控えシステム |
| 材料/プロセス | はんだ 高強度はんだペースト | 洗浄 大型基板洗浄 | コーティング 自動コーティング塗布 |

図1 EMS顧客製品の技術ニーズ

信頼性や絶縁性、防滴防湿性など耐環境性能の高い製品が求められる。このため実装基板に液体を塗布し表面に保護膜を形成するコーティング処理が一般的となっている。コーティング過程では、材料の基板表面への密着性を高めるため、実装基板表面に付着する異物や、はんだ付け時に発生するフラックス（はんだ付け促進剤）を取り除くための洗浄工程が非常に重要となる。実装基板のはんだ付け部周辺に異物が付着すると、急激な温度変化や高湿度が作用し、絶縁不良を発生させるリスクが高まるためである。

また、OKI-EMSでは扱っている大型サイズの基板も多く、大小さまざまな基板に対応可能な洗浄方式を開発する必要がある。また、既存の洗浄工程は手作業で行っていたため、洗浄品質にばらつきが発生する懸念もあった。そこで、洗浄槽に加えリンス(すすぎ槽)、乾燥槽を加えた全5槽の洗浄機を導入し、さらに大型基板でも自動洗浄可能な大容量の槽と重量搬送可能なコンベアを導入することで、小型、大型基板共に安定的で高品質な洗浄を実現することを可能とした（図2）。

| | 従来 | 新規 |
|------|--|---|
| 装置仕様 | <p>大型基板自動洗浄不可能</p> <p>小型基板 ← 大型基板</p> <p>洗浄 乾燥 【自動洗浄】 洗浄 【手洗い】</p> <p>品質にバラツキ</p> | <p>大型基板自動洗浄可能</p> <p>導入装置</p> <p>洗浄 リンス 乾燥 【自動洗浄】</p> |
| サイズ | 500 × 300mm (15kg) | 580 × 480mm (50kg) |
| 洗浄方式 | 自動洗浄又は手洗い | 自動洗浄 |

図2 大型基板対応の自動洗浄方式

耐環境性技術

耐環境性仕様実現のための基板洗浄技術・基板自動コーティング技術・高強度はんだ技術を以下に述べる。

(1) 基板洗浄技術

航空宇宙／車載電装分野では、はんだ付け後の接続

*1) 本稿では「基板」は「プリント回路板」を指し、電子部品がはんだ付けされ、電子回路として動作する。

さらに、従来の洗浄には一般的な代替フロンを使用していたが、2020年以降の法律規制強化にも対応可能なように、新たな洗浄液の選定と評価（液剤の最適洗浄時間と乾燥時間）を行い、従来の溶剤と同等以上の洗浄性能を確保するとともに、JISや航空宇宙規格をクリアすることも可能とした（図3）。

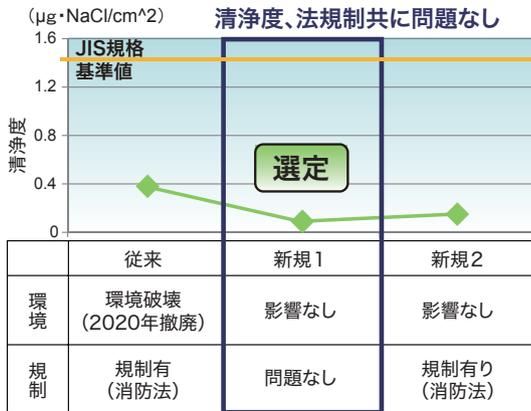


図3 洗浄性評価結果

(2) 基板自動コーティング技術

基板に搭載された部品の電極へ水分が付着すると、イオンマイグレーションなどの電氣的に短絡する不具合が発生し、製品が故障する要因となる。

そこで、防湿コーティングの実施も必要となる。既存分野は屋内環境で用いられる製品が多く、コーティングのニーズが少なかったため、一部の製品ではスプレー缶や、はけ塗りなどの手作業でコーティング対応してきた。しかし、コネクタなどの電気接点部は塗布禁止となるため、マスキングによる保護や人手塗布による対応を余儀なくされた。そのため、安定性に欠け、塗布不十分による塗り直しの発生や、塗布禁止部分への付着など、量産製造上の課題となっていた。こうした背景から、自動コーティング技術を開発した。一般的なコーティング装置では、一度に広範囲を塗布可能なフィルム方式が主流であるが、塗布禁止領域にはマスキングが必要となる。このため局所的に塗布可能なジェット方式を採用し、マスキング無しで塗布可能なシステムを開発した(写真1)。

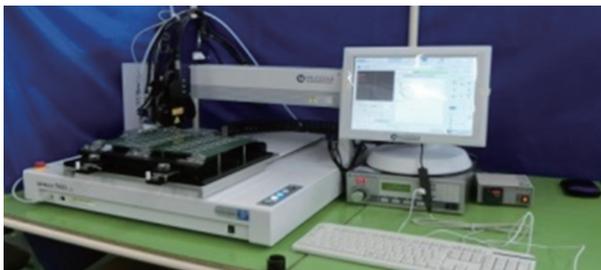


写真1 ジェット方式コーティング装置

コーティング剤は、塗布環境の温湿度変化に大きく影響され塗布状態が変化する。粘度と環境-経過時間の関係を検証し、塗布条件に織り込むことで安定的な塗布を

*2) KOKIのロゴは、株式会社弘輝の登録商標です。 *3) SMICのロゴは、千住金属工業株式会社の登録商標です。

可能とし、微細な部分へマスキング無しで塗布を可能とした(図4)。この結果、マスキング工数と刷毛塗りの工数で年間約200時間の削減が可能となった。

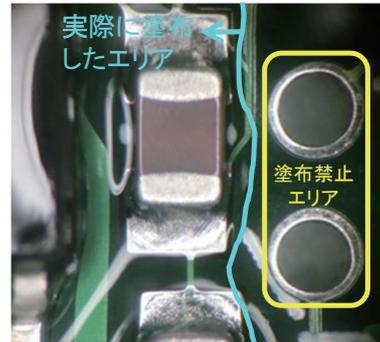


図4 自動塗布後のコーティング状態

(3) 高強度はんだ技術

車載電装分野では、これまでは強度の高い鉛入りの共晶はんだが主流であった。しかし鉛が人体に有害であり環境汚染問題となることから、他の製品分野と同様に鉛を使用しない鉛フリーはんだの採用が進んでいる。しかし一般的に共晶はんだと比較して強度が脆い(もろい)という欠点があり、乗車ルーム内といった衝撃が少ない箇所、または、衝撃を緩和するような筐体設計の工夫で採用に至っている。近年ではハイブリッドカーなど、車の電子化が進み、耐用年数も増加傾向にあるため、はんだ自体を高強度化するために、各電装メーカーではんだが開発されている。

そこでOKI-EMSでも最新はんだ採用に取り組んだ。

まず市場を調査したところ標準の鉛フリーはんだ(Sn-3Ag-0.5Cu)の組成に微量元素(Ni, Biなど)を添加し、はんだの組成を強化する高強度タイプと、標準の鉛フリーはんだ組成を用い、フラックスを変化させ電極表面に保護膜を形成し絶縁性を強化する高信頼性タイプの二種類が主流となっている。さらに、国内大手電装メーカーでは、自社専用のカスタム品を開発するなど、多種多様なタイプが利用されているのが現状であった(図5)。

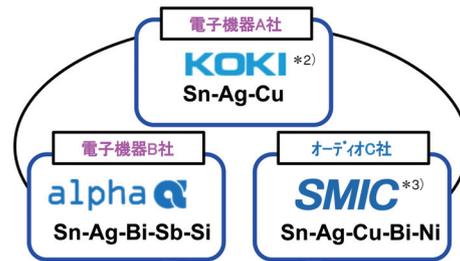


図5 国内大手車載メーカーのはんだペーストの組成

こうした背景のもと、OKI-EMSに適したものを見極めるため、各社の製品を比較評価した。評価方法として、はんだ自体の基礎特性を評価する基礎特性評価、はんだの接続強度を評価する接続信頼性評価を選定した。

基礎特性評価では、フラックス及びはんだペースト単体の基本的特性を9項目の評価を実施した結果、全ての項目でJIS規格を満足する結果が得られた(図6)。

| No. | 試験項目 | 評価基準 | 高強度タイプ | | | | 高信頼性タイプ | |
|-----|-------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | A1** (S社) | B2** (S社) | C3** (G社) | D4** (S社) | E5** (T社) | F6** (K社) |
| 1 | 粘着性試験 | 0時間、1時間、2時間測定後で80gf以上 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2 | はんだボール試験 | 現行と同程度(JIS規格 はんだ凝縮度合い) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 3 | はんだ濡れ広がり試験 | 75%以上 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 4 | 印刷だれ | 0.2mm以上ブリッジが無いこと | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 5 | 加熱だれ | 0.3mm以上ブリッジが無いこと | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 6 | ポイド試験 | 25%以上のポイドが無いこと | ポイドなし | ポイドなし | ポイドなし | ポイドなし | ポイドなし | ポイドなし |
| 7 | フラックス残渣腐食試験 | 腐食が無いこと | 腐食なし | 腐食なし | 腐食なし | 腐食なし | 腐食なし | 腐食なし |
| 8 | 絶縁抵抗試験 | 196サイクル後10 ¹⁰ Ω以上 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 |
| 9 | 電圧印加試験 | 1000サイクル後10 ¹⁰ Ω以上 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 |

図6 はんだの基礎特性評価結果

次に、はんだ付け接続信頼性評価を実施した。この評価では、想定される使用環境での耐久性調査のため、評価基板に電子部品(BGA、QFP、チップ抵抗)を実装し、振動試験と熱衝撃試験を実施した。判断方法としては、はんだの接続状態を抵抗値測定と断面観察で確認した。振動試験では全てのはんだで差分は見られずJIS規格を満足する結果となった。

また、熱衝撃試験では、温度の変化を1サイクル-40℃⇄+125℃各30分間加え、3,000サイクル実施した(図7)。

| 評価はんだ型式 | 高強度タイプ | | | | 高信頼性タイプ | |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | B2** (S社) | C3** (G社) | D4** (S社) | E5** (T社) | F6** (K社) | |
| 振動試験 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 熱衝撃試験 | BGA | ○ | × | × | × | |
| | QFP | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | チップ抵抗 | ○ | ○ | ○ | ○ | |

図7 接続信頼性評価結果

その結果、高強度はんだでは、2/3種類が合格となり、高信頼性タイプは、全て不合格となった。不合格の内容としては、全てBGA部品の抵抗値不良が発生した。この個

所の断面を観察した所、貫通クラックが発生していることを確認した(図8)。

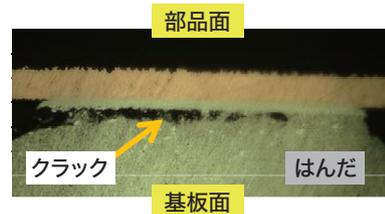


図8 部品上面の界面でクラックの発生写真

合格となった2種類の高強度はんだは、組成分析や絶縁性評価などを継続実施し採用につなげていく。

一方、全て不合格となった高強度はんだは、BGA部品にあらかじめ塗布されている標準はんだの影響が大きかったものと推測し、接着などの対策で改善できないか検討を継続していく。

トレーサビリティ(ロット控えシステム)

トレーサビリティ強化のための実装基板の部品製造ロット控え自動システム(以降ロット控えシステムと略す)を述べる。

OKI-EMSで製造される実装基板は、品質保証の観点から搭載される部品の製造ロット(製造時期、ロケーション情報)を記録し、市場での早期部品トレースを実現していくサービスも必要となる(図9)。

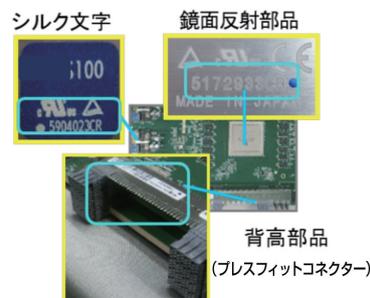


図9 搭載部品の製造ロット控え内容

一般的に、この記録作業は人手で記録票に書き写すことが多いが、OKI-EMSでは、外観検査機で取得した画像から製造ロットの画像を自動的に記録し、記録時間の短縮と記録ミスの低減に取り組んだ。

実現に向けては次の3つの課題があった。

- ①部品高が高い部品は、画像焦点が合わないため、人手で記録せざるを得なかった。
- ②記録が画像データであるため、テキストのように短時間で履歴を検索することができなかった。
- ③設備市場には部品ロットを控える機能を持った汎用機器は存在しなかった。

そこで、OKI-EMSの保有するノウハウ及び技術仕様を外観検査機メーカーと共有し、高精度で部品のロット控えが可能な新システムを共同開発した。

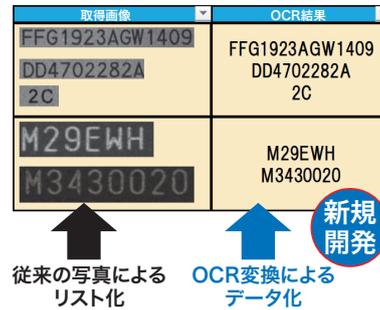


図 11 OCR 変換によるテキストデータ化

(1) 実装される全部品の画像取得化

既存の検査機では固定カメラの焦点深度調整のみであるため、部品の高さがある一定値を超えるとカメラのピントが合わず画像取得が不可能であった。今回、Z軸可変機構（高さ方向可変）を採用し、ピントが合わなかった部品にも対応可能になった（図10）。また、部品の表面状態に合わせた最適な照明設定ノウハウを装置に織り込み、全ての基板・部品の画像取得が可能となり、手作業の工数を年間約240時間削減した。

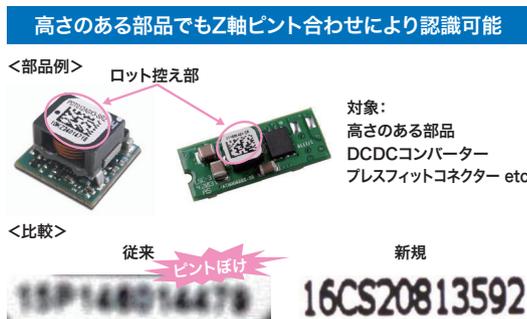


図 10 部品高の高い部品の画像取得

(2) 取得画像の自動テキストデータ化(OCR化)

従来では、画像検索作業と共にテキスト変換作業を人手で行い、顧客の短納期要求に応えることが困難な状況であった。

このため、画像データをOCR変換しテキスト化する仕様とした。さらに、同一部品でもフォントが異なる文字が使用されていた場合、誤認識を防止するために、複数のフォントに対応したOCR変換ウィンドウを設け、認識率の向上を図った。これにより収集した画像データをテキストデータに自動変換する仕組みを開発した（図11）。その結果、ロット取得後の検索作業では年間160時間の工数削減を実現し、顧客への回答も7日間から、2日間へ短縮できた。

また、本開発設備を競合他社が容易に使用できないように、販売制限契約を行っている。

今後の展開

OKI-EMSでは顧客ニーズに応える生産技術を開発してきた。今後もお客様のニーズをいち早く吸い上げ新たな技術開発を行い、商品として提供していく。◆◆

● 筆者紹介

蕎麦田信行: Nobuyuki Sobata. EMS事業本部 EMS工場生産技術部

TiPo 【基本用語解説】

共晶はんだ

錫（スズ、Sn）63%と鉛（なまり、Pb）37%の割合で混ぜてできた合金。

BGA (Ball Grid Array)

半田ボールを格子状に並べた電極形状をもったパッケージのこと。

QFP (Quad Flat Package)

外形は四角形で、4辺から端子が突き出した半導体のパッケージのこと。

OCR (Optical Character Recognition)

手書きや印刷された文字を、イメージスキャナーやデジタルカメラによって読み取り、コンピューターが利用可能なデジタルの文字コードに変換する技術。