～実装技術の成果～

IC カードにおけるフリップチップ実装

Flip Chip Assembly for Smart Card Manufacturing

和田 稔*

1. はじめに

従来 IC カード (Smart Card) は、フランスの公衆電話用途をはじめ、欧州で多くの実績を持つ、欧州先行の技術とされていた。しかしながら、高度情報化社会の中、通信、コンピュータネットワーク等のインフラ構築が進み、スマートマネー等の次世代金融システムを含む多用途に、IC カードの普及が世界的に広がりつつある。

現行の磁気カードの代替製品である IC カードは、カードに埋め込まれた IC をコンタクトプルーブで読み取る接触型タイプが主流であったが、アンテナをカード内に形成した RF タイプの非接触型 IC カードの需要が、急速に伸びようとしている。さらに、非接触 IC カード技術を応用した RF タグの需要も脚光を浴びている。RF タグの需要は、流通機構の製品管理システム等に期待されている。

これら IC カードの普及には従来と異なり、安く、薄く、量産性の高いカード実装技術が不可欠となる。本稿では、IC カードの薄型実装に焦点を絞り解説する。

2. IC カードの構造と実装

2.1 IC カードの構造と構成材料

従来の接触型 IC カードは、PVC (Poly Vinyl Chloride) のプラスチックフレームに IC を搭載した接触用モジュールをはめ込んだ Fig.1 の構造になっている。IC の実装には、通常 35 mm 幅の FR-4 テープ基板が使用

される。実装は、250 ミクロン以下にラップ処理された IC チップをダイアタッチし、100 から 150 ミクロン高のワイヤーボンド接続により、基板と IC チップの電極間相互接続が行われ、樹脂封止後、接触型モジュールが裁断され完成する。既に本技術は確立されているが、チップの大型化、多 I/O 化、実装部の薄型化、実装時間の短縮を実現するために、IC のフリップチップ (FC) 実装が最も有効な手段とされる。

FC 実装は従来、付加価値の高い製品の実装に応用されていた。大量生産の実例としては、薄い実装厚を必要とする時計のモジュールにはんだバンプ FC 実装が応用されており、I/O の少ない IC カードモジュールにも応用可能とされる。しかしながら、IC カードの場合、低コスト化を実現するために、耐熱の低いプラスチック素材がカードに使用される。はんだ FC 実装は本素材には困難であり、FC 実装の低温化が余儀なくされる。低温

Fig.1 Smart card module and contacts position.

* Minoru Wada

エポキシテクノロジー社 技術サービス/Technical Service, Epoxy Technology Inc.

Fig.2 Module embedded in card pocket.

実装工法として、現在は有機接着材料による加熱実装が検討されている。

接触型 IC カードモジュールに FC 実装されたチップのカード搭載側面図を Fig.2 に、IC カードの構成素材と実装形態を Tab.1 に示す。

2.2 フリップチップの実装方法

代表的な FC 実装工法につき Fig.3 に示す。ICA (Isotropic Conductive Adhesive) は等方性導電接着剤、ACA (Anisotropic Conductive Adhesive) は異方性導電接着剤、ACF (Anisotropic Conductive Film) は異方性導電フィルムの略称である。IC カードに対応する FC 実装は、低温、短時間実装が不可欠であることから、現行は ACF, ICA を用いた工法が対象となっている。ACA は、安定した接続抵抗を得るための課題が残されており、現在改良が進んでいる。

さらに FC 実装において、もう一つ重要な要素がある。全ての FC 実装において、IC チップのアルミパッド上には、何らかの形で突起を有するバンプ形成が相互接続のために必要とされる。特に ACA, ACF 実装の場合、

Soldering (Solder Bump: IBM C4)

Developed 30 years ago

ICA (Isotropic Conductive Adhesive)

SBB (Stud Bump Bonding: Panasonic)

ICA Bump Assembly: PFC™

ACA (Anisotropic Conductive Adhesive)

ACF (Anisotropic Conductive Film)

Gold Bump Direct Assembly

Fig.3 Examples of FC assembly.

Tab.1 Constituent elements of Smart card.

	Contact Smart Card	Contactless Smart Card	
Substrate	PVC	PET ABS PVC	
Chip Module	FR-4 BT Polycarbonate	FR-4 BT	No module (Direct chip assembly onto substrate)
Chip Assembly (onto substrate or module)	Die-attach + Wire-bond FC	Die-attach + Wire-bond FC	FC
RF Antenna	No Antenna	Copper wire coil Etching copper coil Etching aluminum coil Screen-printed Ag-paste	

材料中に分散される導電粒子との良好な接触を得るために、バンプ高の平坦性は重要である。また、通常のアルミパッドは表面に酸化物を容易に形成する。この酸化膜が高い絶縁性を示すことから、酸化膜の還元力の無い ICA, ACA, ACF による FC 実装において、アルミパッド上のバンプ処理は不可欠である。

Tab.2 に、代表的なバンプの種類と有効実装方法、バンプコストを示す。いずれのバンプもはんだ、金を最終層に有する金属系バンプであるが、PFC (Polymer Flip Chip) バンプは、我々が開発した樹脂の中に、金属粒子を分散させた樹脂系導電性バンプである。バンプは、メタルマスク印刷によりウエハ段階でパッド上に一括形成される。樹脂系バンプは弾性があり、チップと基板の膨張差が存在する場合や、基板がフレキシビリティを持つ場合に有効である。既に、本バンプによる接触型 IC カード実装は、欧州で応用されている。PFC バンプの側面、上面図、使用された金属粒子の SEM 写真を Fig.4 に示す。

各種バンプは、それぞれ一長一短がある。金ワイヤー

Tab.2 Features of bumps.

	FC Assembly Methods	Bumps Cost	Bump Deposition Rate
C4 Solder Bumps	Soldering	High	Slow
Au-wire Bumps (by Thermosonic + Pressure for flatness)	Soldering ACF, ICA	Low	High
Au Bumps (by sputtering)	Soldering ACF, ICA	High	Slow
Zn/Ni/Au Bumps (by Electroless Plating)	Soldering ACF, ICA	Low	Moderate
PFC™ Bumps (Electroless Plating onto Pad + ICA Bumps)	ACF, ICA	Low	Moderate - High (Metal mask print)

Side View

Front View

Flake Shape fillers
in PFC Bump

Fig.4 Shape of PFC bump and used fillers.

バンパは、低コストでアルミパッド面に対する形成が容易であるが、超音波ワイヤーで形成されたバンパの高さを平滑化する際に、チップを加圧する必要がある。最新の30から50ミクロンにラップされた超薄型ICチップ実装に関しては、応力によるICチップのダメージが懸念される。ドライプロセスによる金バンパに関しては、平滑性もあり、完成度は高いが、レジスト処理等、生産コストやバンパ形成速度が遅い点がデメリットである。無電解めっきバンパに関しては、逆にめっき液によってICチップ上のアクティブ回路にダメージを与えることが懸念される。PFCバンパは、メタルマスク印刷による一括バンパ形成によりバンパ形成速度が著しく速いが、アルミパッド上の酸化膜の他金属めっき置換処理が必要となる。

いずれにしても、バンパと実装方法の最適な組み合わせを選択し、各用途に最適な実装を実証することがICカードのFC実装のキープポイントとなる。

2.3 非接触ICカードの実装

現在、日本で開発されている非接触のICカードの厚さは次世代の公衆電話用途で0.45mm、既にACF/金バンパの組み合わせによって0.25mm厚が実現されている。従来の接触型ICカードの0.76mm厚に比較し、RFアンテナの厚みを含め、さらなる実装の薄型化が要求されている。当然ICチップは、より薄くラップされ、実装はFCを採用しなければならない。RFタグに関しても同様であり、低コスト、ラベル化の要求に対応するために、安価なフィルム機材を用いた薄型実装が課題となる。

我々が既にドイツ、米国で試作を行った非接触ICカードの実装構造図をFig.5に、RFタグの構造図をFig.6に示す。非接触ICカードに関しては、Tab.1で示すよ

Fig.5 Contactless Smart card module by FC.

Fig.6 Contactless RF tag by FC.

うに、PET、ABS、PVC等の低温フィルムをラミネート、もしくは射出成形しカードが完成される。したがって、FC実装はICA、ACFによる低温実装工程が採用され、RFアンテナは銅のエッチングタイプ、銀フィラー充填印刷用樹脂系ペーストが現在主流になっている。

我々の非接触タイプの試作ICカードにおいては、エッチングタイプのRFアンテナが採用された。エッチングタイプは、印刷用樹脂系ペーストに比較し抵抗が低いいため、カードの通信距離が長い。しかしながら、印刷用樹脂系ペーストは、アンテナの低コスト化や形成サイクルの速さで優位性を示す。したがって、低コストが重要なRFタグに関しては、樹脂系のアンテナを採用した。樹脂系アンテナに関しては、通信距離を伸ばすための抵抗のさらなる低減化が求められている。

3. ICカードの信頼性試験

Fig.7に、我々がPFCバンパによって実装試作した、接触型ICカードおよびRFタグの実装写真を示す。これらICカードが使用される際に最も要求される信頼性は、カードが変形を繰り返した際にICチップおよび実装部にかかる応力の克服である。

Fig.7 Photographs of Smart card and RF tag.

ICカードのそり、ねじれにおける信頼性試験の実例を Fig.8 および Fig.9 に示す。本テスト規格は ISO/IEC 10536:1992 (E) を基準に行われる。評価は、数千、数万のそり、ねじれ試験の後、チップ実装の信頼性解析が行われる。

環境試験に関しては、Fig.10 に示す項目等が対象となる。本テスト結果は、PFC バンプ実装による接触型 IC カードの実証例である。

FC 実装の信頼性評価で最も困難な点は、実装部の詳細検証である。バンプを介し相互接続された実装部は、通常アンダーフィルム、もしくは絶縁樹脂によって保護されている。これら樹脂、バンプの剥離、クラック、ボイドや実装時の位置ずれを検証する手段は、非接触の検査法のみである。検査手段として ASM (Acoustics Scanning Microscope)、もしくは X 線による解析があげられる。ASM は、樹脂の剥離、クラック、ボイドを解析する上で有効であるが、試料を水に浸けなければならず、解析に時間がかかる点が不合理である。X 線による解析は、解析スピードが速く、主にバンプ実装部の位置ずれ解析に有効であるが、樹脂部の解析は困難である。ASM と X 線の組み合わせが、現行の最適解析方法とされる。

Fig.8 Bending test arrangement.

4. おわりに

FC 実装は、IBM C4 に代表されるはんだバンプによる実装で約 30 年の歴史を持つ。この長い歴史の中、用途は高付加価値のコンピュータ用途等の限られた分野であった。近年、薄型実装を実現する FC 実装は、液晶、携帯端末のチップ実装に幅広く採用されはじめた。

今後、FC 実装が不可欠とされる IC カードへの応用に関しては、低コスト化を実現するためのバンプ形成技術、安価なフィルム基板に対応する低温実装技術、フレキシブル基板への実装順応性の確立がさらなる課題となる。

また、量産対応を可能とする基板をロール化した、リールツーリールの高速 FC 実装インライン設備のインフラ構築も急がれる。

現在、CSP、ビルドアップ基板技術によって、IC チップのより軽薄短小な基板実装技術が実現されている。これに対し、IC カードにおける FC 実装の採用は、次世代の CSP に代わる、安価な民生製品への IC チップ直接基板実装展開において、大きく貢献することとなる。

Fig.9 Torsion test arrangement.

Test Item	Test condition	Test Duration	Failure/Sample
Low Temperature Storage	-35degreeC	24 Hrs	1/55
High Temperature Storage	125degreeC	48 Hrs	0/55
Temperature Cycling	10 cycles	-30to70degreeC	0/55
Temperature/Humidity Storage	85degreeC/ 85%RH	96 Hrs	0/55
Salt Atmosphere Storage	JESD22-A107	96 Hrs	0/15
ESD Sensitivity	MS3015(4KV)		0/12
Data Retention Bake Measured at 168,500,1000 Hrs	135degreeC	1000 Hrs	0/77

Fig.10 Reliability test results of PFC.

参 考 文 献

- 1) F. Kulesza, R. Estes: "Solderless Flip Chip Technology", Hybrid Circuit Technology, Feb. 1992, 24~27.
- 2) R. Estes: "Polymer Flip Chip A Technology Assessment of Solderless Bump Processes and Reliability", Proc. Adhesive in Electronics, VDI/VDE-Conf., Berlin, 1994.
- 3) US Patent #5074947, December 1991.
- 4) Mihalics Micheal, Jim Kapnias: "Polymer Flip Chip as it Applies in the Manufacture of Smart Cards and Intelligent Cards", Proc. International Conference on the Flex Circuit FLEXCON™, Sunnyvale, CA 1994.
- 5) R. Estes, F. Kulesza: "Solderless Flip Chip Bond Process Technology", Proc. SMTA National Symposium, Research Triangle Park, NC, Oct. 24~25, 1995.
- 6) Dr. Elke, Zakel: "Smart Cards", Tutorial, FLEXCOM™ '95, Sunnyvale CA, September 18, 1995.

- 7) R. Estes, F. Kulesza: "Flip Chip Technologies", Chapter 6, 1996.
- 8) F. Kriebel et al.: "Electronics and Mechanical Properties of Flip Chip Connections Using Isotropic Conductive Adhesive", Technical Paper by Technische Universitat Dresden and KSW Microtec GmbH.
- 9) 和田, エステス: "ポリマーフリップチップ実装によるスマートカード/ICモジュールの信頼性", マイクロエレクトロニクスシンポジウム, 97年10月.

【執筆者紹介】

和田 稔(わだ ゐのる) SHM 正会員
1986年, 成蹊大学工学部工業化学科卒業。1996年, 米国 Epoxy Technology Inc.入社。現在, テクニカルサービスエンジニア。米国 Polymer Flip Chip Corp.エンジニア兼任。回路実装学会会員。

新刊紹介

エレクトロニクス英語力の強化法

●傳田精一著

●工業調査会(1998年1月)

●A5判/本文210ページ/定価: 本体2000円

本会専務理事の傳田先生の英語の本の第二弾といえる本書が本年早々刊行された。英語の勉強に関する本や雑誌は書店にあふれているが、本書はかなりユニークなおもしろい本である。著者によれば、「半導体技術者であり英語の専門家でない私がこのような本を書くのは大それたことだ」という思いが強いが、大勢の英語に悩むエレクトロニクス技術者を見るにつけ、少しでもお役に立てればと思ってまとめた。」とのことである。

日本人の英語の弱さには何か科学的な原因があり、それが第1~4章と読み進むにつれて説明されていく。結論的には、日本の技術者は何よりもまず聞く力を付け、それからもう少し話せれば立派に国際的な場面で通用すると著者は言う。実際に社会生活で使われる時間の割合は「聞く」が50%、「話す」が30%、「読む」が15%であるが、普通高校の英語の授業では、「読む」が70%であり、「書く」が15%で聞く時間が圧倒的に少なく、発音はほとんど習っていないということから、本書では

正確な英語発音とは何かについてかなりのページ数がさかれている。本書を読んで日本人の英語の弱さの科学的原因の解明を理解したところで、あとは聞く力を付け、話す力も付くように自分で努力するしかないのである。

第5章: 言語情報の伝わり方では著者の面白羅如の解説があり、英語教材の進歩はめざましくパソコン用のソフトウェアが種々開発されてきているので従来のオーディオテープ中心の英語の勉強法が変わるかもしれない。

さらに、第8章: エレクトロニクス技術英語の表現では、マザーグースの唄、プレゼンテーションの注意、電子メールの英語、パーティでの会話、即席スピーチ、第9章: パソコンをやさしく説明する英語、第10章: エレクトロニクス技術者が知っていたほうがいい単語と表現と広範囲でありかつ最先端の情報を平易に解説している。これはいかに日頃著者が勉強をしているかを物語っているものであると思う。

210ページなので一気に読んで楽しめるし、座右の書として時々読める一冊である。エレクトロニクスに限らず技術系の人にぜひ一読をお勧めしたい。

(日本マクダーミッド・村山宏義)