

近年、電子マネーやネットワークアクセス用として一段と注目されている IC カードは、実装組立技術の面からみても 0.76 mm の厚みで、曲げ、ねじりに耐える電子機器として大変ユニークな製品である。当社では高信頼性と低価格を実現するため、片面配線のフープ基板（連続的にパターンが形成されたテープ状の基板）を用いた IC モジュール実装技術と、プラスチックカード基材にホットメルト（熱活性化）接着剤で瞬時に IC モジュールを埋め込む IC カード組立技術を開発し、IC カードを量産している。

また、将来の超量産技術として連続フィルムを用いた IC カードの構造と製造方法を開発しており、カードの中に電磁コイルを埋め込んだ無線カードへの応用を検討している。

Smart cards have been attracting attention in recent years as an essential device for electronic money and network access. The smart card is a unique electronic device in terms of assembly technology, allowing bending and twisting and having a thickness of only 0.76 mm.

In order to realize high reliability and low price, we have developed an IC module mounting technology using hoop substrate with a single conductive layer, and a smart card assembly technology using hot-melt adhesive for instant embedding of the IC module into the plastic card body. For future super-mass-production technology, we are also developing a new assembly technology using continuous film, and are working on applying this to wireless cards by embedding a coil into the card body.

1 まえがき

1980 年代にテレホンカード用として量産が始まった IC カードは、近年になり電子マネー、ネットワークアクセスなどに不可欠なキーデバイスとして、飛躍的に能力を高めながら急速に普及しつつある。当社は早くからマイコン付き IC カードを生産し、実装組立技術についても市場データを積み重ねながら開発、改良を続けてきた。

一般的な IC パッケージは厚みが 1 mm 以上あるのに対し、IC カードは従来の磁気カードの置き換えとして、厚み 0.76 mm の中に IC と接触端子を納めることが必要不可欠とされている。IC カードが携帯される条件も過酷で、ポケットの中での曲げ、ねじりから、硬貨と重ねてつぶされた場合の局所荷重まで、さまざまな外力に耐える必要がある。さらに発行された後は修理が不可能であり、金銭情報を含む貴重なデータを記録するため、高い信頼性が求められる。

当社ではこれらの条件を満たしながら、低コストで量産性に優れた IC カードの実装組立技術を開発し、ID (Identification Data) カードから最先端の電子マネー用途まで幅広く適用している。以下に、IC カードの構造、材料、組立工程の概要、さらに将来の超量産技術の開発動向を述べる。

2 IC カードの構造

IC カードは、キャッシュカードやクレジットカードと同



図1. IC カードの外観 塩化ビニルシートに、接点付き IC モジュールが埋め込まれている。

Smart card

じサイズのプラスチックカードに、CPU、メモリを内蔵したカードで、カード表面の八つの接点により外部との情報をやりとりする。

図1に IC カードの外観を示す。この IC カードは印刷されたプラスチックカード（材質：塩化ビニル）に、IC チップを実装した IC モジュールを埋め込んだものである。

2.1 IC モジュールの構造

IC モジュールは 4~5 mm 角の IC チップをプリント基板上に実装し、0.6 mm の厚みに納めている。

IC モジュールの厚みを 0.6 mm に納めるために、プリン

ト基板と IC チップの薄型化, IC チップと基板を接続するワイヤボンディングの低ループ化^(注1), 薄型パッケージ技術などが重要である。

図 2 に IC モジュールの平面を示す。IC カード用基板は 120 μm のガラスエポキシ基材の片面に, 35 μm の銅箔パターンをはり合わせた片面配線基板になっている。この基板は片面配線基板のため, スルーホールはない。銅箔パターン側には八つの接点(コンタクトパターン)が形成され, 金メッキが施されている。基材側にはコンタクトパターンの裏側に直接ワイヤボンディングするためのボンディングホールが設けられ, ボンディング用金メッキが施されている。

IC チップは基板のボンディングホールに対向する位置に, ボンディング PAD を置くように IC カード専用 LSI を開発して使用している。また, 一般的には 0.45 mm の厚みの IC チップを 0.25 mm の厚みに研磨し, 厚みを抑さえている。

基板と IC チップの接続はワイヤボンディング方式を採用し, 直径 25 μm の金ワイヤを使用して, ループ高さ 90~140 μm の低ループボンディングをしている。

IC の封止はトランスファ モールド方式^(注2)を採用している。トランスファモールドによる封止では, ポッティング方式^(注3)では得られない位置精度, 厚さ精度が得られる利点がある。これにより安定した品質の薄型パッケージ(封止高さ 0.44 mm)が生産できる。リードフレームなどのトランスファモールドは, 通常リードフレームの両面に樹脂がまわる構造になっているが, IC カード用の IC モジュールは基板の片面だけを樹脂が覆う構造になっている。片面トランスファモールドをするにあたって, 封止樹脂には基板との密着性の向上と, 反りの低減が特に求められる。

2.2 IC カード実装

IC カード実装は, プラスチックカードにモジュール相当のキャビティ(空洞)を設け, そこに IC モジュールを埋め

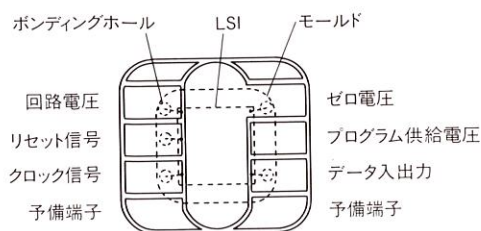


図 2. IC モジュールの平面 8 端子を備えるが, 現在は 5 端子だけを使用している。

Inside view of IC module

- (注 1) ワイヤボンディングのワイヤ高さを低くコントロールすること。
- (注 2) 溶接したプラスチックが加圧されて, ランナを通して金型の所有部に供給され成型されるモールド方式。
- (注 3) 低粘度の液体樹脂をチップ上に滴下または注入して硬化させて, チップを封止する方式。

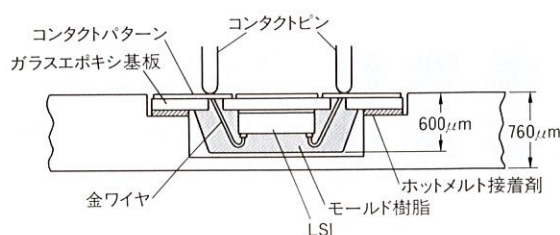


図 3. IC カードの断面 760 μm の厚みのカードに IC モジュールを納めている。

Cross-sectional view of smart card

込み接着するという方法を採用している。図 3 に IC カードの断面を示す。モジュールを埋め込むためのキャビティは深いキャビティと浅いキャビティの 2 段からなり, 機械加工で形成している。浅いキャビティ部に IC モジュールの基板部分をホットメルト接着剤で接着しており, モールドの底面は接着しない。約 2 mm 幅の基板部分と浅いキャビティの底面の接着で強度を保っている。

2.3 IC カードの信頼性

IC カードが携帯される条件は過酷で, ポケットの中で, 曲げ, ねじり, 硬貨と重ねた場合の局所荷重などさまざまな外力にさらされる。IC カードが携帯される状態を想定した評価をして, IC モジュールの脱落やカードの割れ, IC モジュールの破損などの対策をして, 信頼性の高い IC カードを作り上げている。図 4 に信頼性試験装置の一例を示す。

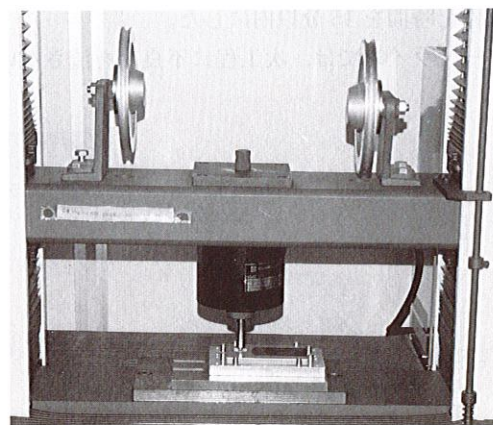


図 4. IC カード荷重破壊試験器 IC カードに局所荷重を加えて破壊検査して, 信頼性の評価をしている。

Load strength tester

3 IC モジュールの実装技術

IC モジュールの外観を図 5 に, 今回構築した組立ラインを図 6 に示す。このラインは, 生産性向上とリール形態で

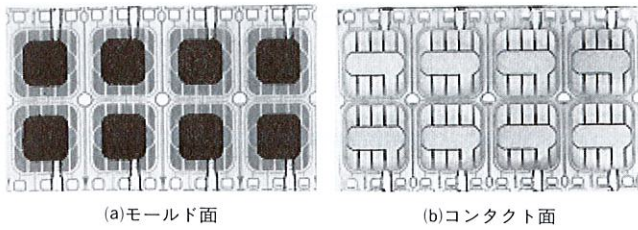


図5. ICモジュール フープ形状のICモジュールである。
IC module

のモジュール外販に対応するため、テープ形状の連続基材を使って複数の工程を連続して流すフープラインを採用した。基板は長さ約100mを生産ロットとし、リール形態で供給される。ラインに投入された基板は順次、ダイボンディング^(注4)、キュア^(注5)、ワイヤボンディング、モールドの工程を経て、モールド外観検査の後、リールに巻き取られる。この設備は、1.5秒/枚の生産能力をもつ。

3.1 フープラインの構築

フープラインの採用で、生産性を向上して、リードタイムを短縮できる。稼働率の高いラインを構築するためには、運用方法の十分な検討が必要である。ライン構築を進める上での対策事例を以下に示す。

- (1) 多品種に対応するため、品種切換え時の稼働ロスを最小に抑える必要がある。品種切換えに伴う装置停止時間の短縮が不可欠となる。この課題を解決するため、フープ基板の共通化とパッケージサイズの統一を図り、段取り箇所を最小化した。その結果、品種切換え時の装置停止時間を15分以内にした。
- (2) フープラインでは、次工程に不良品を流さないくふ

うが必要となる。今回開発したラインは、装置に品質検査機能を追加することで、不良品の混入を防止している。ダイボンディング工程では、接着剤塗布量検査・ICチップ搭載位置検査機能、モールド工程の後にはモールドのバリ、ゲート残りを検査する外観検査機能を盛り込んだ。

3.2 薄型ICパッケージの実装技術

ICカード用のICモジュールは、パッケージの厚みが0.6mmと薄型であり、片面モールドであることが特長である。ワイヤボンディング工程では、ワイヤ高さ90~140μmで、ICの外形に接触しないよう低ループワイヤボンディング技術を開発した。

片面モールドの課題は、封止樹脂と基板の密着力確保と、パッケージ反りの低減である。今回、最適な成形条件、樹脂材料、金型技術を開発して、これらの課題を解決するとともに、トランスファモールド後のポストキュア工程^(注6)を省くことができた。その結果、リードタイムの短縮、設備コストの低減を実現した。

4 ICカードの組立技術

タクトタイム1.5秒/枚の能力をもつICカード組立ラインを開発した。図7にICカード組立ライン、図8にICカードの組立工程を示す。はじめにICモジュールにホットメルト接着シートを熱圧着し、カード基材にはICモジュールを埋め込むキャビティをエンドミルで切削加工する。その後、接着シート付きのICモジュールを打ち抜いて、キャビティ内に押圧、加熱して接着する。

この工程の特長は、カード基材の塩化ビニルを高速で

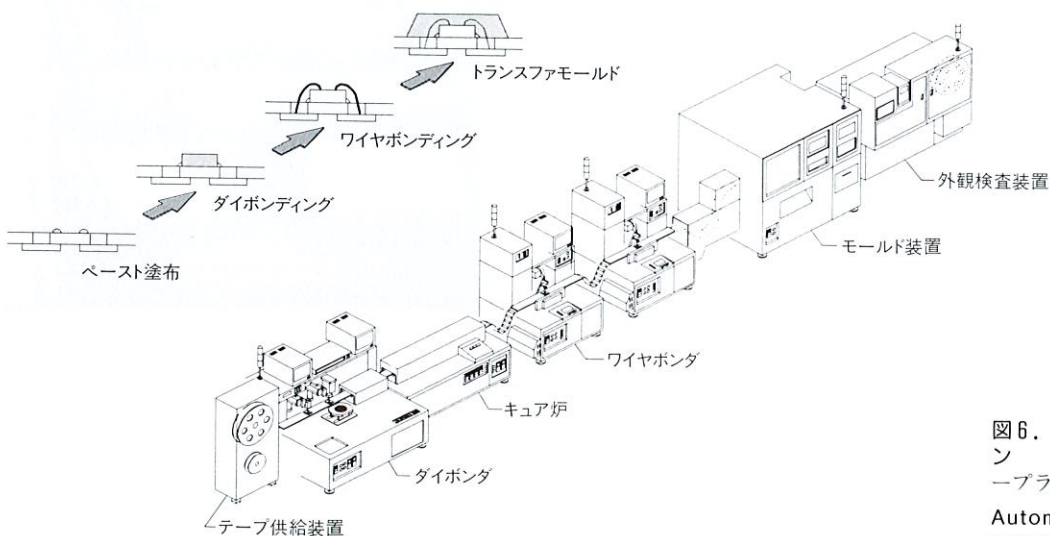


図6. ICモジュール組立ライン タクト1.5秒/枚のフープライン。

Automated IC module assembly line

(注4) ICチップを基板に装着させること。

(注5) 樹脂を硬化させること。

(注6) モールド金型から取り出した後に、炉に入れて硬化を促進させること。

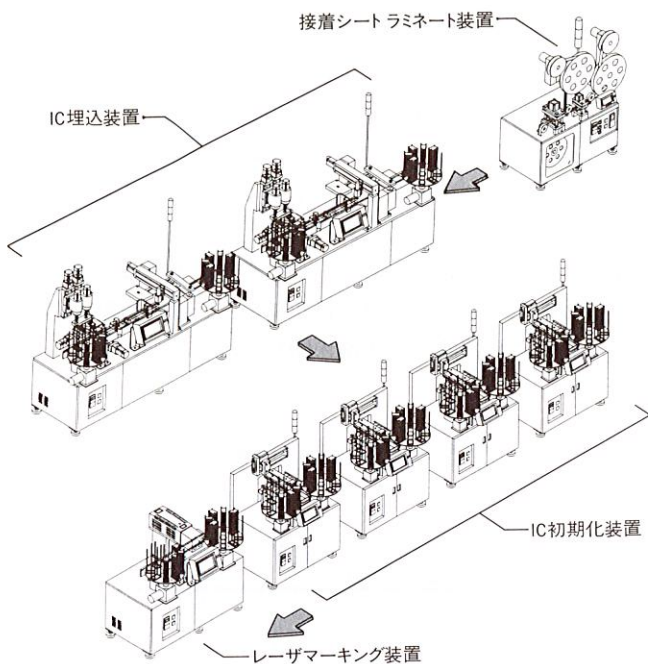


図7. ICカード組立ライン タクト 1.5秒/枚の自動化ライン。
Automated IC card assembly line

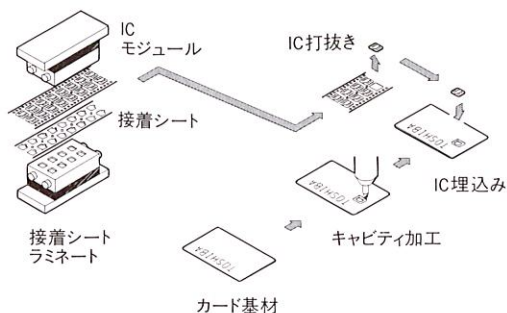


図8. ICカード組立工程 キャビティの高速切削加工技術、ホットメルト接着剤を使った短時間接着技術が要点である。
IC card assembly process

切削して生産性を向上させたこと、熱活性タイプの接着シートを用いて短時間に接着できることである。

4.1 カード切削技術

キャビティ加工の切削条件を表1に示す。ICモジュールを埋め込むキャビティ加工には、高精度(キャビティ外形寸法精度 $\pm 30 \mu\text{m}$ 、厚み寸法精度 $\pm 10 \mu\text{m}$)と高生産性(加工時間2.5秒/キャビティ)が要求される。

表1. キャビティ加工の切削条件
Conditions of cavity curving

送り速度	0.3 mm/rev.
冷却方法	空冷
加工時間	2.5秒/キャビティ
エンドミル	切削外径 $\phi 4.6 \text{ mm}$

加工技術の面からみると、ドライ切削で被削物が塩化ビニルであることから、切削中の発熱低減が重要である。特に、工具(エンドミル)の軌跡のカッタパスのコーナでは切削速度が0となり発熱しやすいため、テーブル制御方法を改善しコーナでの停止時間を5ms以下とした。

また、キャビティ部分のカード基材残りの厚みが非常に薄いために、市販のエンドミルではカードが浮き上がって平滑な切削面が得られない。今回専用に開発したエンドミルは、刃底すくい角を0°としてカードの浮上りを防止するとともに、逃げ角を大きくとることで発熱を最小限に抑えた。工具材質は超微粒子超硬合金を採用し、刃先構成面は鏡面仕上げとすることで刃先を鋭利にした。

加工中に発生する塩化ビニルの切り粉は、スピンドル周囲に設けた集塵(じん)ノズルで回収して、装置内に散乱することを防止している。このノズルは、先端が狭い形状となっており、上向きの空気の流速を増すことで、発生した切り粉がカード基材表面に傷を付けることを防いでいる。

4.2 ICモジュール接着技術

ICモジュールの接着では、①接着強度が高いこと、②カード基材の変形を最小限に抑えること、③短時間で接着することが要求される。

ホットメルト接着剤を用いた接着では、温度と時間、加圧力の組合せを適正化することで、目的に合った品質が得られる。接着シートラミネート工程と、ICモジュール埋込み工程の接着条件を最適化した結果、母材強度を上まわる接着強度が得られた(図9)。

カードの変形を低減するためには、温度こう配を利用してカード側の温度を上昇させない必要がある。加熱温度は部材の許容する限り高く、加熱・加圧時間は短くする方向で最適な加熱条件を求めた。カードを位置決めするステージは、放熱性に優れるアルミ合金を採用した。

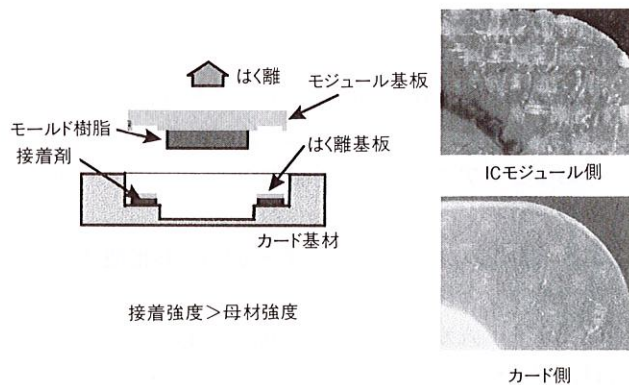


図9. 適正な接着のはく離モード 接着強度が母材強度を上回るため、層間ではく離が発生する。

Results of peeling test

5 将来の無線 IC カード超量産技術

無線 IC カードの構成を図 10 に示す。無線 IC カード（非接触型 IC カード）と接触型 IC カードとの大きな違いは、①電力伝送・通信用のアンテナコイルをもつこと、② IC モジュール、コンデンサ、アンテナコイルをカード基材内部に内蔵することの 2 点である。

このうち、ここでは②に絞って述べる。

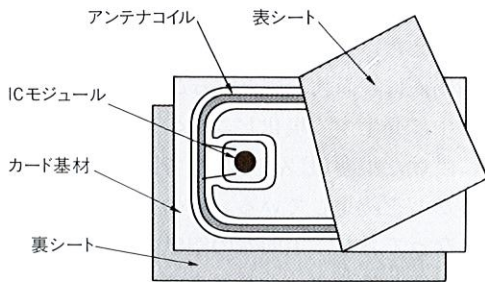


図 10. 無線 IC カードの構成 IC モジュールとアンテナコイルをカード基材に内蔵する。

Configuration of IC card

5.1 無線 IC カードの形成方法

無線 IC カードでは、IC モジュール、コンデンサ、アンテナコイルをカード内部に閉じ込めてカードを形成する工程が重要なポイントである。装置メーカー各社からさまざまな方法が提案されている。代表的な方法を紹介する。

(1) ホットプレス法 基板シート上でアンテナコイル、IC モジュール、コンデンサを接合して、コアモジュールを形成する。コアモジュールを 2 枚の塩化ビニルシートで挟み、減圧下で加熱・加圧した後、パンチングしてカードを形成する。

塩化ビニル代替素材を使用する場合には、シートに接着剤を事前に塗布し乾燥硬化した後、同様にホットプレスする。

(2) 射出成形を応用する方法 ホットプレス法では、コアモジュールに損傷を与えたり、プレス時にカード表面に凹みを作る可能性がある。その対応として、射出成形でカードを形成する方法がある。表裏のシートおよびコアモジュールを金型内にセットして、射出成形でカードを形成する。

5.2 連続ウェットラミネート式のカード形成法

当社では、今後の超量産に対応するために、連続ウェットラミネート式カード形成法を独自に開発した。この方法では、連続シートを用いるために生産性が高い。シートの幅を広げて接着剤の塗布精度を向上させれば、生産速度を飛躍的に高められる。連続ウェットラミネート方式の概念を図 11 に示す。

連続シートの上にアンテナコイル、IC モジュール、コンデンサをセットし、この上に接着剤樹脂を塗布してコアモジュールシートを作る。次に、表裏の連続シートの内面に接着剤を塗布し、コアモジュールシートを両面から挟み込んでウェット状態でラミネートする。連続してカードを形成できるために生産性が高いうえ、圧力・温度を低く抑えることができる利点がある。この方式のキーは接着剤そのものの開発にある。半導体封止で培った樹脂技術を応用して、さらに高性能な接着剤の開発を継続している。

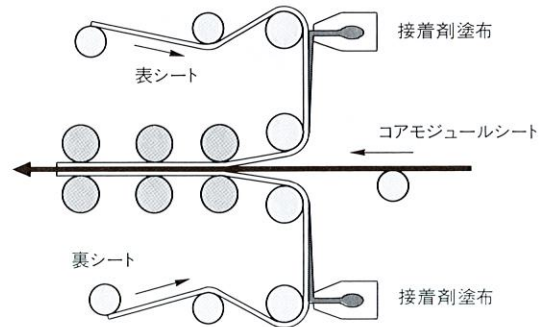


図 11. 連続ウェットラミネート式カード形成 表裏のシートに接着剤を塗布しながら、シートをラミネートする。

Card manufacturing by wet lamination method

6 あとがき

コンタクト型 IC カードについて、IC モジュールの実装工程から IC カード組立工程まで、独自に製造技術と製造設備を開発して信頼性の高い製品を量産している。将来の超量産に向けては、連続ウェットラミネート式カード形成法を開発して、無線 IC カードへの応用を図っている。

今後、拡大する IC カード市場と多様化するユーザーニーズにこたえられるよう、製造技術の開発を継続していく。



深津 健太 Kenta Fukatsu

生産技術研究所 メカトロニクス開発センター研究主務。
IC カード製造ラインの開発・設計に従事。
Manufacturing Engineering Research Center



山口 滋 Shigeru Yamaguchi

生産技術研究所 技監。IC カード製造技術、特にウェットラミネート法を応用した超量産技術の開発を推進。日本化学工業会および米国化学工学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center



池田 英貴 Hidetaka Ikeda

柳町工場 特殊機器第二部。
IC カード、IC モジュールの設計・実装技術開発に従事。
Yanagicho Works