

# 樹脂シートを用いた半導体封止技術

Encapsulating Method for Semiconductor Devices Using Resin Sheets

太田 英男  
H. Ota

藤枝 新悦  
S. Fujieda

奥山 哲生  
T. Okuyama

電子機器の小型化による高密度実装のため、半導体パッケージは年々薄型化している。一方、従来のトランスファモールディング法では、薄型化に限界がある。そこで樹脂をシート状で供給し、半導体素子の上下から加熱した金型で押して成形する封止方法を開発した。この封止方法の特長は、①超薄型パッケージの成形が可能、②成形時の廃樹脂をほぼ0%に低減できる、③樹脂シートの多層化による高機能パッケージの成形が可能、などである。

この方法を用いて成形した超薄型0.3mm厚パッケージは、ボイドや樹脂未充填(てん)を発生させずに成形でき、冷熱サイクル試験および耐湿試験でも良好な結果を得た。

In recent years, there has been an increasing need for semiconductor packages used in electronic products to be smaller and thinner, in order to realize more compact and lighter products. However, there is a serious obstacle to the fabrication of thinner plastic packages using the conventional transfer molding method.

We have developed a new molding method in which semiconductor chips with resin sheets on both sides are inserted into the heated mold and pressed. Using this method, the package thickness can be made as small as 0.3 mm. Moreover, the amount of waste resin is reduced to almost 0%. Functional packages can also be fabricated using laminated resin sheets.

The 0.3 mm-thick packages are produced without the creation of voids, and show excellent soldering resistance as well as high reliability.

## 1 まえがき

電子機器の小型化による高密度実装のために、半導体パッケージは年々薄型化している<sup>(1),(2)</sup>。しかし現在主流であるトランスファモールディング法では金型と半導体素子との狭いすき間に樹脂を流さなければならないため、パッケージの薄型化や素子の大型化を進めようとする、ボイドや未充填が発生しやすくなる<sup>(3),(4)</sup>。またトランスファモールディング法では樹脂を入れるポットと、樹脂の流路となるランナの部分があるため、成形後には硬化した廃樹脂が生ずる。

これらの問題を克服するために、新規封止方法およびそれに対応する封止樹脂を開発した。この方法および新規開発した樹脂を用いて超薄型パッケージを成形し、信頼性評価を行ったので、その結果について紹介する<sup>(5),(6)</sup>。

## 2 樹脂シートを用いた封止方法

この成形法による封止の特長は、樹脂をシート形状で供給することにある。樹脂シートで素子を上下から挟み、加熱した金型で押して成形するため、樹脂の流動距離が短く、粘性抵抗の影響を受けにくい。このため非常に薄いパッケージが成形できる。また成形プロセスの特長は金型構造にある。通常の固定された凹形金型では、非常に多くのボイドやリードフレーム上のバリが生ずる。そこでわれわれは図1に示すような二重構造金型を開発した。この金型は、

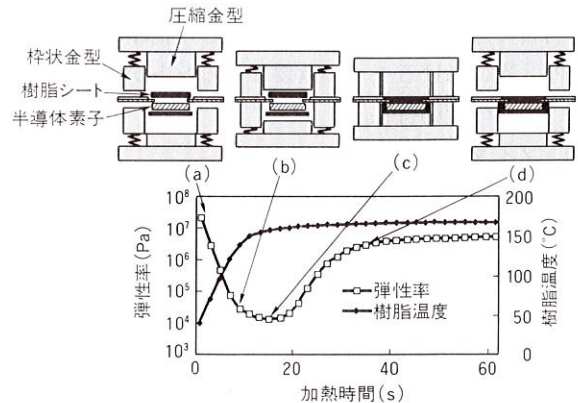


図1. 封止工程 新規開発した金型で、樹脂シートを圧着して封止する。

Molding process

上下それぞれ棒状金型および圧縮金型という二つの金型の組合せで構成されている。

ボイドやバリを防ぐ仕組みを説明する。まず図1(a)に示したように、固形状の樹脂シートを加熱した金型内に投入する。プレス中に金型に圧力をかけることでばねに力が加わり、図1(b)のように上下の棒状金型がリードフレームもしくはフィルムキャリアをしっかりと押さえる。この段階で樹脂は金型の中に閉じこめられ、外に漏れ出すことはない。また十分に圧力を加えればバリの発生も防げる。次に、図1(c)に示したように、金型に配置したばねが縮み、圧縮金

型が枠状金型の中に押し込まれると、金型からの熱伝導により溶融した樹脂が押圧される。この金型の中に閉じこめられた樹脂は十分に圧力が掛けられることで、ポイドが大幅に低減される。さらに樹脂は金型内で架橋反応することで硬化し、その後図1(d)のようにパッケージを取り出す。

成形温度はトランスファモールド法とほぼ同じ175~185°Cであり、成形圧力は3MPaである。キャビティの大きさは樹脂の体積よりもわずかに小さくすることで樹脂に十分圧力が掛かる仕組みになっており、余分な樹脂は枠状金型に切った溝から排出される。

この成形法のもう一つの大きな利点は、廃樹脂の量を大幅に低減できることである。樹脂はパッケージや素子の大きさに合わせてあらかじめ適当な大きさのシートに切断して供給することにより、廃樹脂の量はほぼ0%となる。

薄型パッケージの成形では熱容量が小さいため、加熱時に樹脂が容易に昇温し、硬化時間が短くなる。その結果、型締めから離型まで25秒という短時間成形が可能となる。しかし、樹脂の特性を十分発揮するためには、離型後アフタキュアを行う必要がある。

### 3 薄型化に適した封止樹脂

封止樹脂は、エポキシ樹脂とシリカなどのフィラーとの複合材料である。この封止方法に適した樹脂を開発するにあたり、次にあげる二つの重要なポイントがある。

- (1) 樹脂の流動特性
- (2) フィラーの形状

そこで、これらについて次に詳しく述べる。

開発した樹脂の第一の特長は、流動距離が短いこと、高粘度化できる点である。トランスファモールド法ではランナ中を樹脂が流れるため5cm以上の流動距離が必要であるのに対し、この成形法では2~10mm以内と非常に短くなっている。TCP (Tape Carrier Package) を成形する場合、トランスファモールド用樹脂の4倍程度の200 Pa・sの高粘度樹脂でも使用することができる。

しかし実際の成形プロセスでは、樹脂の相状態は金型内で大きく変化する。図1に示すように、シートは金型内に入れたときは固形状態であるが、金型からの熱伝導で溶融し液状になる。さらに架橋が進行すると固体状態へと変化する。これらの状態に合わせて成形金型の動作を行うことが重要となる。そこで樹脂の状態を連続的に把握するために粘弾性測定試験法を開発し、最適な樹脂の選定をした。クレゾールノボラックタイプ、ビフェニルタイプ、三官能タイプのエポキシ樹脂を試作・評価し、図2にその測定結果を示す。この方式で成形マージンの広い樹脂は、加熱後に溶融して急激に弾性率が低下し、その後一定時間低弾性率領域(Bステージ状態)を保ち、その後硬化の進行とともに

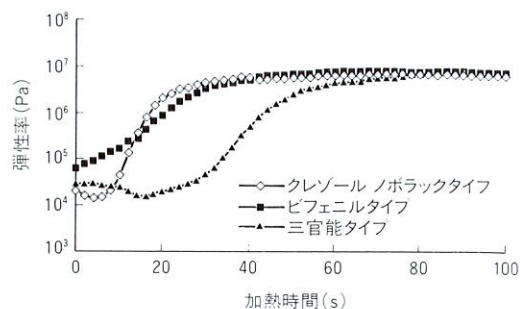


図2. 各種エポキシ樹脂の粘弾性特性 クレゾールノボラックタイプが最適な溶融特性を示す。

Dynamic viscoelasticity of various types of epoxy resin

に急激に弾性率が上がることが望ましい。上記特性に適合する樹脂としてクレゾールノボラックタイプのエポキシ樹脂を選定し、以降の実験ではこの樹脂を用いてパッケージを成形した。

第二の特長は、超薄型パッケージを実現するうえで重要となる、樹脂中フィラーの粒径と形状にある。現在用いられている封止樹脂には70~90wt%のシリカを主成分とするフィラーが含まれている。平均粒径は20~30μmであるが、粒度分布が広く、微量ではあるが粒径が100μmを超えるものを含んでいる。

パッケージを薄くしていくと、これらの大粒径フィラーよりも樹脂部分の厚さが薄くなるため、成形時にフィラーが半導体素子に突き刺さるおそれが生ずる。これを防ぐため、フィラーの粒径を小さくする(0.3mm厚パッケージの場合はフィラー最大粒子径40μm以下)、フィラーを球状化するなどの対策が考えられる。しかし、フィラーを微細化すると樹脂の溶融粘度が上がり、球状化すると金型のすき間へ樹脂が流入しバリが発生するなどの障害が起きる。

これらの副次効果を伴わない方法として、球状フィラーと破碎状フィラーとを組み合わせることが有効であることを見いだした。組合せによっては球状フィラー単独よりも低粘度化が可能で、バリの発生も防止できる。この報告ではこの複合系フィラーを含有した樹脂を用いた。

### 4 薄型パッケージの信頼性試験結果

従来このような薄型のパッケージは、液状樹脂を素子面に滴下して硬化させるポッティング法で成形していた。ポッティング法は片面封止であるためパッケージのそりが生じやすく、また素子全体を樹脂で覆うトランスファモールド法と比べれば信頼性が低いという問題があった。

この封止方法は信頼性の高い固形樹脂を使用でき、さらに両面から封止することでそりの少ない超薄型パッケージを成形することが可能である。

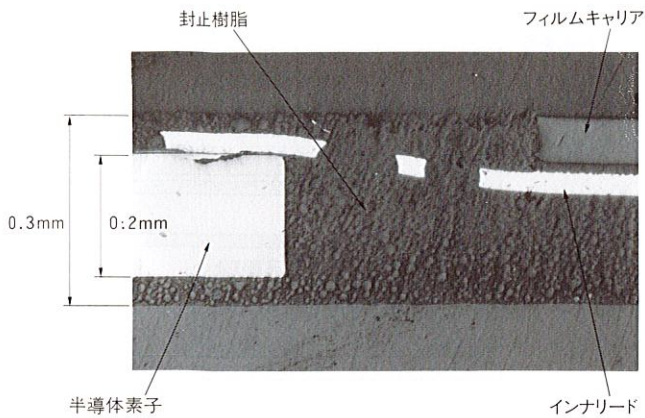


図3. 0.3mm厚パッケージの断面 薄型パッケージの樹脂充填性は良好で、ボイドや未充填は発生していない。  
Cross section of 0.3 mm-thick package

図3はこの成形法で封止したSTCP (Single in-line Tape Carrier Package) を垂直に切断した顕微鏡写真である。写真の白い部分が半導体素子とリード、その周りの充填剤粒子を含む灰色の部分が封止樹脂である。樹脂部分の厚さが素子上側約60 $\mu\text{m}$ 、素子下側約40 $\mu\text{m}$ で、パッケージ全体の厚さは0.3mmである。

また、上下の樹脂の厚さを制御することで、ポッティングタイプでは最大100 $\mu\text{m}$ であったそれを最大30 $\mu\text{m}$ 以下に抑えることができた。

次に、評価用素子を用いた信頼性試験を行った。TCPは基板上に個別リフローにより実装されるが、この成形法によるTCPは、TSOP (Thin Small Outline Package) と同様に樹脂で完全に被覆されているため、一括リフローに耐えることが期待される。このため、一括リフローに相当する熱履歴を加えた後に信頼性試験を行った。

まず85°C×相対湿度85%の恒温恒湿槽中で168時間吸水させ、次に240°Cのガルデン中に2分間浸漬した。その後、耐湿信頼性試験 (2.5気圧、127°Cの飽和水蒸気雰囲気中での劣化) と冷熱サイクル試験 (-65°C~150°Cのサイクルでの劣化) を行った。表1にこの成形法で封止した0.3mm厚

表1. 0.3mm厚パッケージの信頼性試験結果  
Reliability of 0.3 mm-thick package

	試験条件	不良パッケージの割合
吸湿後の プレシヤクッカーテスト	100時間	0/5
	200時間	0/5
	300時間	0/5
	400時間	0/5
	500時間	0/5
吸湿後の 冷熱サイクル試験	100サイクル	0/5
	200サイクル	0/5
	300サイクル	0/5
	400サイクル	0/5
	500サイクル	0/5

パッケージの評価結果を示す。リフロー後の耐湿信頼性試験で500時間、冷熱サイクル試験で500サイクルの条件でも不良は発生しなかった。

このようにシート樹脂を用いた成形法は、超薄型のパッケージを簡単に製造することが可能で、優れた信頼性を実現できることが確認された。

## 5 低吸水性パッケージ

樹脂をシート状で供給できる応用の一つとして金属箔(はく)を重ね合わせたパッケージの開発も検討した。赤外線(IR)リフロー時のパッケージクラックの原因は、樹脂中に含まれる水分の気化である。金属箔は水分を完全に遮へいするため、吸水率低下に最適であり、耐リフロー性を向上できる。

図4に封止工程を示す。また、金属としてニッケル箔を用いたパッケージと通常のパッケージの85°C×相対湿度85%の条件における吸水特性を図5に示す。その結果、168時間における吸水率を1/5以下に低減させることができた。

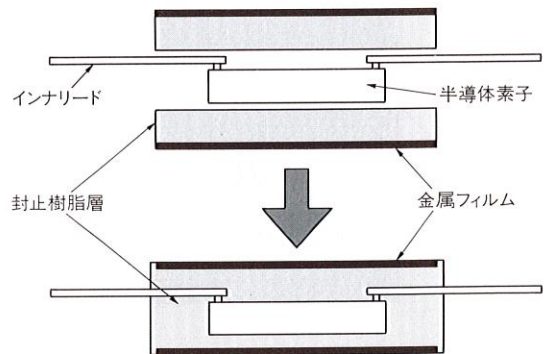


図4. 金属フィルムを用いた封止 金属フィルムをラミネートした樹脂シートを用いて封止を行う。  
Packaging with metal film

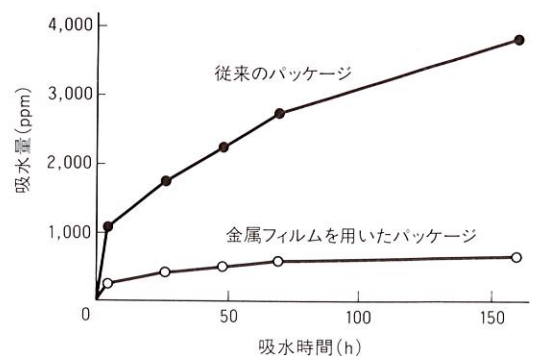


図5. パッケージ樹脂中の吸水 金属フィルムを用いたパッケージの吸水は、従来パッケージと比較して大幅に低減している。

Moisture absorption into molding resin

## 6 将来の展望

### 6.1 添加剤局在シートによる封止

異なる組成をもったシートをラミネートして多層樹脂シートを作ることができる。多層樹脂シートは、パッケージの低熱抵抗化、耐 IR リフロー性の格段の向上など、既存の技術では困難な新パッケージを成形できる可能性がある。

例えば金型を用いた成形の場合、樹脂と金型との離型性の問題がある。離型性が悪いと金型から取り外すときにパッケージを破損したり、樹脂が金型に残留したりする。一方、離型性の向上のために封止樹脂に添加されたワックスなどの離型剤は、半導体素子と封止樹脂とはく離を招く。

そこで、図 6 に示したように樹脂を多層化する方法が考えられる。この場合、金型に近い層だけに離型剤を局在化することで、金型との離型性および素子との接着性という相反する特性を同時に満たすパッケージができる。

ほかにも各種添加剤（硬化促進剤、難燃剤、着色剤、充填材、低応力添加剤など）を多層化した樹脂シート中に局在化することで、各種特性が向上することが期待できる。

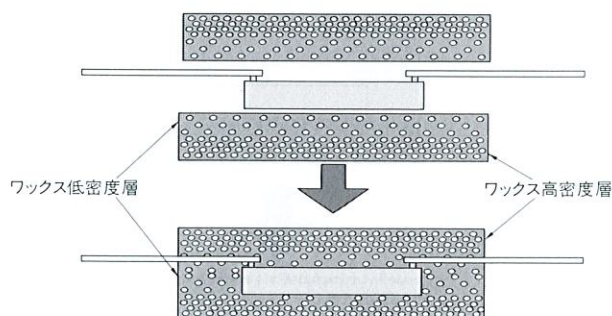


図 6. 樹脂を多層化したパッケージ 樹脂中のワックスを局在化することで、金型との離型性および素子との接着性を両立できる。

Package with multiple resin layers

### 6.2 フリップチップ封止への応用

フリップチップは、基板と素子とのすき間に液状樹脂を充填し、熱硬化させて封止している。樹脂は毛細管現象によりすき間に流し込むため、素子が大型化すると、未充填が発生する、充填時間がかかる、樹脂を低粘度化する必要があるためフィラー充填割合を高くできない、などの問題が起きる。これらを解決するために、樹脂に圧力をかけて強制的にすき間に充填する方法の検討を始めた。

図 7 に示すように加熱した金型を真空プレス中に配置し、素子上の樹脂を加圧する。樹脂は素子の 4 側面から流入するため、成形時間が短くなる。また強制的に注入するために高粘度樹脂を使用でき、充填性も良好である。現在、□ 10 mm の素子を用いた実験で、30 μm のすき間にフィラー割合 70 wt % の樹脂が充填できることを確認した。

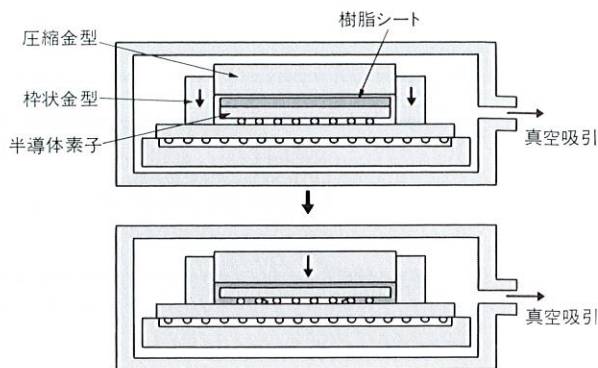


図 7. フリップチップの封止 真空中で基板と素子のすき間に樹脂を強制的に注入する。

Flip-chip encapsulation

## 7 あとがき

新規封止方法により、信頼性の高い超薄型パッケージが成形できる。さらに従来の封止法と比較して、数多くの利点を確認できた。また急激に需要が伸びると予想されるフリップチップへの応用も期待できる。一方、量産化に対応した封止装置の開発、非常に薄い樹脂シートの取扱い、樹脂シートの製造コストなど、実用化に向けてさまざまな課題が残されている。今後、これらの課題を解決していくことで、将来有望な封止方法の一つとなるであろう。

## 文献

- (1) 立川 透, 他: 厚さ 0.5 mm を実現した IC パッケージ, 電子材料, 4, pp.109-114 (1991)
- (2) 田淵正行, 他: IC カードにおける実装技術, Electronic Package Technology, 8, 1, pp.70-75 (1992)
- (3) 尾形正次, 他: 熱硬化性樹脂, 13, 4, p.235 (1992)
- (4) 沢井和弘, 他: 半導体封止材料, 電子材料, 11, pp.71-76 (1993)
- (5) 太田英男, 他: 薄型樹脂シートを用いた新封止技術, SHM 会誌, 12, 4, pp.32-36 (1996)
- (6) H. Ota, et al.: A New Encapsulating Method for Semiconductor Device Using Resin Sheets, Proceedings of 47th ECTC, pp.54-59 (1997)



太田 英男 Hideo Ota

研究開発センター 材料・デバイス研究所。  
半導体封止樹脂の開発に従事。高分子学会会員。  
Materials & Devices Research Labs.



藤枝 新悦 Shin'etsu Fujieda

研究開発センター 材料・デバイス研究所主務。  
高分子材料の開発に従事。  
Materials & Devices Research Labs.



奥山 哲生 Tetsuo Okuyama

研究開発センター 材料・デバイス研究所主任研究員。  
高分子材料の開発に従事。高分子学会、静電気学会会員。  
Materials & Devices Research Labs.