薄型樹脂シートを用いた新封止技術

A New Encapsulation Method Using Thin Resin Sheets

太田 英男*¹

奥山 哲生*²

藤枝 新悦*³

1. はじめに

電子機器の小型化による高密度実装化のため、半導体パッケージは年々薄型化している。

本稿においては、従来のトランスファモールド法による薄型化の限界を克服した新封止技術と評価用素子を用いた超薄型パッケージの信頼性試験結果、さらに新封止技術による新パッケージへの取り組みについて紹介する。本封止方法は、

- ①超薄型パッケージが成形可能
 - ②成形時の廃樹脂低減
 - ③高速生産性、製造のインライン化可能
 - ④樹脂シートの多層化による高機能化
- など全く新しい特徴を有する成形技術である。

2. 樹脂シートを用いた封止方法

本法による封止の特徴は、樹脂をシート形状で供給することである。素子を上下から樹脂で挟み込むので、樹

Fig.1 Molding process.

* 1 Hideo Ota, * 2 Tetsuo Okuyama, * 3 Shinetsu Fujieda

（関東芝 材料デバイス研究所／Materials & Devices Laboratories, Toshiba Corporation.

脂の流動距離が短く薄型にしても粘性抵抗の影響を受けないため、トランスファ法と比較して非常に薄いパッケージを成形できる。

しかし、通常のトランスファモールド金型のような凹形金型を用いると、非常に多くのボイドやリードフレーム上のバリが生じることが問題となる。この問題を解決するために、われわれは Fig.1 に示したような二重構造金型を開発した。この金型の特徴は、上下の金型がそれぞれ枠状金型および圧縮金型という2つの金型の組み合わせで構成されていることである。

ボイドやバリを防ぐ仕組みを説明する。まず、Fig.1 (a)に示したように固体状の樹脂シートを加熱した金型内に投入する。次にプレス中で金型に圧力をかけることでバネに力が加わり、Fig.1 (b)のように上下の枠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込められ、外に漏れ出すことはない。また圧力が十分であればバリの発生も防げる。この段階までで樹脂に熱が伝導し溶融する。樹脂が液状の段階でさらに圧力をかけると、Fig.1 (c)に示したように金型に配置したバネが縮み圧縮金型が枠状金型の中に押し込まれる。金型の中に閉じ込められた樹脂は、十分に圧力がかけられることでボイドの発生が大幅に低減される。その後、金型内で樹脂が架橋することで硬化し、Fig.1 (d)のように金型から成形したパッケージを取り出す。

この成形過程において、圧縮金型と枠状金型の間の精度が重要となる。これらの2つの金型の間の隙間が広すぎると、樹脂が入り込みバリが形成される。それゆえ、金型の隙間は $10\mu\text{m}$ 以下に設計する必要がある。

成形温度はトランスファモールド法とほぼ同じ $175\sim 185^\circ\text{C}$ 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かかる仕組みになっており、余分な樹脂はエアメントにより排出される。

この成形法のもう一つの大きな利点は、ランナやポットに硬化した樹脂が残るトランスファ成形法と比較して、大幅に廃樹脂の量が低減されることである。樹脂シート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に加熱時、樹脂が容易に昇温し Fig.1 に示したように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、離型後アフターキュアを行う必要がある。

3. 超薄型化のための樹脂特性

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。本封止方法に適した樹脂を開発するにあたり、3つの重要なポイントがある。

- ・成形時の樹脂粘度
- ・フィラーの大きさ
- ・フィラーの形状

そこで、これらの点について次に詳しく述べる。

本成形法に用いる樹脂の第一の特徴は、樹脂の流動距離が短いため、高粘度の樹脂を使用できる点である。トランスファ法ではランナー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、本法では2~10mm以内と非常に短くなっている。したがって、TCP (Tape Carrier Package) を成形する場合、トランスファ成形用樹脂の4倍程度の $200\text{Pa}\cdot\text{s}$ の高粘度樹脂でも使用することができる。

一方、超薄型パッケージを実現する上で、樹脂に含まれるフィラーの粒径が問題となる。現在用いられている封止樹脂には70~80wt%のシリカを主成分とする充填材(フィラー)が含まれている。このフィラーの平均粒径は $20\sim 30\mu\text{m}$ であるが、粒度分布が広く微量であるが粒径が $100\mu\text{m}$ を越えるものを含んでいる。

パッケージを薄くしていくと、このフィラーの粒径より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恐れが生じる。これを防ぐためには、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径 $40\mu\text{m}$ 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熔融粘度が上がる、球状化すると金型の隙間に樹脂が流入しやすくバリが発生するなどの障害が起きる。

Fig.2 Relation between melt viscosity and filler shape.

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効果的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、バリの発生を伴わずに、フィラーを微細化できる。

Fig.2 に球状フィラーと破碎状フィラーを組み合わせた場合の樹脂の熔融粘度と、バリが発生する領域の関係を示す。破碎状フィラーを20%以上含むことでバリの発生が抑えられた領域と熔融粘度が200Pa・s以下である領域の重なりあった部分 (Fig.2 の斜線部) に曲線が交差しており、破碎状フィラー割合として25~50%が最適領域であることがわかる。

4. パッケージ信頼性試験

従来、このような薄型のパッケージ、たとえば、0.5 mm 厚の TCP 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反りが生じやすく、また素子の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。
本方法は信頼性の高いトランスファモールド封止樹脂を使用することができ、さらに両面から封止することで非常に信頼性の高い超薄型パッケージを成形することが可能である。

Fig.3 は本法で封止した STCP (Single out-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、その周りの充填材粒子を含む灰色の部分が封止樹脂である。素子の厚さが200μm、樹脂部分の厚さが素子上側約60μm、素子下側約40μmで、パッケージ全体の厚さは0.3mm である。

また、薄型パッケージでは、しばしば反りの問題が発生するが、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100μmであった反りを30μm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ポッティング法と比較して行った。ただし、通常ポッティング法による TCP は基板上に個別リフローにより実装されるが、本法による 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、

Fig.3 Cross section of 0.3mm thick package.

Tab.2 The reliability of 0.3mm thick model packages.

Pressure cooker test after soldering	100 hour	0/5
	200 hour	0/5
	300 hour	0/5
	400 hour	0/5
	500 hour	0/5
Thermal cycle test after soldering	100 cycle	0/5
	200 cycle	0/5
	300 cycle	0/5
	400 cycle	0/5
	500 cycle	0/5

* The number of the damaged package

Tab.1 The reliability of 0.45mm thick model packages.

		Sheet Resin	Potting
Pressure cooker test after soldering	100 hour	0/20	0/20
	200 hour	0/20	0/20
	400 hour	0/20	1/20
	750 hour	0/20	2/20
	1000 hour	0/20	3/20

* The number of the damaged package

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℃×85%の恒温恒湿槽中で168時間吸水させ、次に240℃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℃の飽和水蒸気雰囲気中での劣化）と冷熱サイクル試験（-65℃～150℃のサイクルでの劣化）を行った。

Tab.1に評価用素子を用いて本法で封止した0.45mm厚STCPとポッティング法で封止したSTCPの信頼性試験評価結果を示す。評価法は各アウターリードの間で抵抗値を測定し、インナーリードなどの断線を調べた。本法で成形したパッケージは耐湿信頼性試験で1,000時間、冷熱サイクル試験で1,000サイクルの条件でも不良は発生しなかった。これに対して、従来のポッティング法で成形したパッケージは耐湿信頼性試験で11個中3個の不良が発生した。また、冷熱サイクル試験はパッケージが温度変化による膨張・収縮のサイクルで反ってしまうために評価しなかった。

さらに、同様に本法で封止した0.3mm厚パッケージの評価結果をTab.2に示す。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。

このようにシート状樹脂を用いた成形法は、トランスファ法では成形できない超薄型のパッケージを簡単に製造することが可能で、薄型パッケージを成形できるポッティング法と比較して、優れた信頼性を実現できることが確認されている。

5. シートを用いた成形法の応用技術

薄型パッケージが成形できるという特徴の他に、樹脂シートを用いるという特徴を生かし、多層化による樹脂層の傾斜機能材料化を行い、パッケージの低熱抵抗化、

Fig.4 Packaging with the plural resin layers.

Fig.5 Packaging with the metal film layers.

耐IRリフロー性の格段の向上など、既存の技術ではできない新パッケージを成形することができる。

たとえば、一般に金型を用いた成形の場合、樹脂と金型の離型性が問題となる。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する恐れがある。さらに樹脂が金型に残留し、クリーニングを行う必要もある。そこで離型性の向上のために封止樹脂にはワックスなどの離型剤成分が添加される。しかし、離型剤の添加は、一方では半導体素子と封止樹脂との剥離を招きやすくする。したがって、クラックが発生しやすくなり、信頼性の低下につながる。

そこでFig.4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、金型に近い層のみに離型剤を配合しさらに素子側の層に接着性を付与する添加剤を加えることで、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。

また、生産性を向上させるためには硬化促進剤の量が多いことが好ましいが、多量の添加は未反応の硬化促進剤の残存を招く。この硬化促進剤の半導体素子表面での多量の存在は、配線などの腐食を引き起こす。そこで多層化することで硬化促進剤を金型側のみに局在化させることも可能である。

このように、他にも各種添加剤（難燃剤、着色剤、充填材、低応力添加剤など）の量を多層化した樹脂シート中に部分的に多く配合することで各種特性を向上することができる。

樹脂をシート状で供給できる応用の一つとして、金属箔を重ね合わせた樹脂シートを用いたパッケージの開発も検討した。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によるため、その対策の一つとしてパッケージ中への水の浸入を防ぐことで、耐リフロー性を向上できる。金属箔は水分を完全に遮蔽できるため、パッケージの吸水率低下を目的に使用することが最適である。

Fig.5に金属箔を重ね合わせた樹脂シートを用いたパ

Fig.6 Relation between the absorbed moisture and absorbing time.

パッケージの封止工程を示す。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℃×85%の条件における吸水特性の時間変化を Fig.6 に示す。モチーフとしては QFP184pin を用いた。その結果、ニッケル箔を用いることで168時間経過における吸水率を約1/4に低減することができた。さらに実際にこのパッケージを用いた耐リフロックラック試験でも、大幅な特性向上が確認できた。

6. おわりに

以上、樹脂シートを用いた全く新しい半導体封止方法について述べてきた。本方法は従来の封止法と比較して数多くの利点があるものの、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り扱い、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。

参 考 文 献

- 1) H. Ota, S. Fujieda, T. Okuyama and A. Yoshizumi: Proceedings of 1995 Japan IEMT Symposium, 369~372.

〔執筆者紹介〕

太田英男 (おおた ひでお)

1990年、東京工業大学・大学院高分子工学専攻修了。同年、㈱東芝入社。以来、半導体封止樹脂の開発に従事。現在、材料・デバイス研究所所属。高分子学会会員。

奥山哲生 (おくやま てつお)

1979年、早稲田大学・大学院応用化学修士課程修了。同年、㈱東芝入社。以来、高分子材料の開発に従事。現在、材料・デバイス研究所主任研究員。高分子学会、静電気学会会員。

藤枝新悦 (ふじえだ しんえつ)

1971年、釜石工業高校・工業化学科卒。同年、㈱東芝入社。以来、高分子材料の開発に従事。現在、材料・デバイス研究所研究主務。

図書案内

エレクトロニクス実装技術基礎講座<全6巻>

編者／エレクトロニクス実装技術協会
(社団法人 SHM)

発行／㈱工業調査会

エレクトロニクス実装技術協会(社団法人 SHM)では、協会創立25周年を記念して「エレクトロニクス実装技術基礎講座(全6巻)」を発刊しました。実装技術に携わる第一線で活躍している若い技術者を対象に、ていねいにやさしく解説しています。

第1巻 総 論

1994年2月発行
A5版・316頁 定価 4,200 円

第2巻 実 装 基 板

1995年1月発行
A5版・230頁 定価 2,987 円

第3巻 膜回路形成技術

1994年2月発行
A5版・336頁 定価 4,300 円

第4巻 実 装 組 立 技 術

1994年7月発行
A5版・276頁 定価 3,605 円

第5巻 搭 載 部 品

1995年1月発行
A5版・246頁 定価 3,502 円

第6巻 設計・信頼性評価技術

1995年1月発行
A5版・276頁 定価 3,399 円

☆ SHM事務局まで FAX (03-5802-5367) でお申し込みください。