

研究速報

特報 12

研究速報

半導体パッケージング過程の画像計測

Image Measurement of Semiconductor Packaging Process

横井 秀俊*・村田 泰彦*・山口 龍善**

Hidetoshi YOKOI, Yasuhiko MURATA and Tatsuyoshi YAMAGUCHI

1. 緒 言

半導体パッケージング技術であるトランスファ成形は、近年の半導体需要の拡大により、その重要性が益々高まっている。しかし一方で、成形現象の系統的、定量的な把握が遅れている。例えば、材料面では、成形の基本となる熱硬化性樹脂の型内流動および硬化特性等が十分に明らかにされていない。また、成形技術面では、(1)金線の変形・断線、ボイド発生による製品破損等の型内樹脂流動過程に関連する製品不良、および(2)残留応力によるクラック、はく離等の冷却固化過程に関連する製品不良について、それらの発生メカニズムの解析が依然として遅れたままとっている。そのため、パッケージ薄肉化とリードフレームの多ピン化および狭ピッチ化傾向が著しい今日では、型内成形現象の把握が一層重要な課題となっている。

型内樹脂流動過程に関しては、ショートショット法¹⁾、着色タブレット法²⁾による静的な流動挙動観察、疑似流体によるワイヤ変形可視化計測³⁾、樹脂流動の数値解析^{4)~6)}等が行われてきた。これに対し、成形現象解明には実成形条件下での動的可視化が最も有効な方法であるとの考えに基づき、本研究では射出成形分野で開発したガラスインサート金型⁷⁾を応用したトランスファ成形可視化金型を新たに提案・試作した。これにより、型内樹脂流動挙動の動的観察を試み、本金型の有効性を実証的に明らかにした。

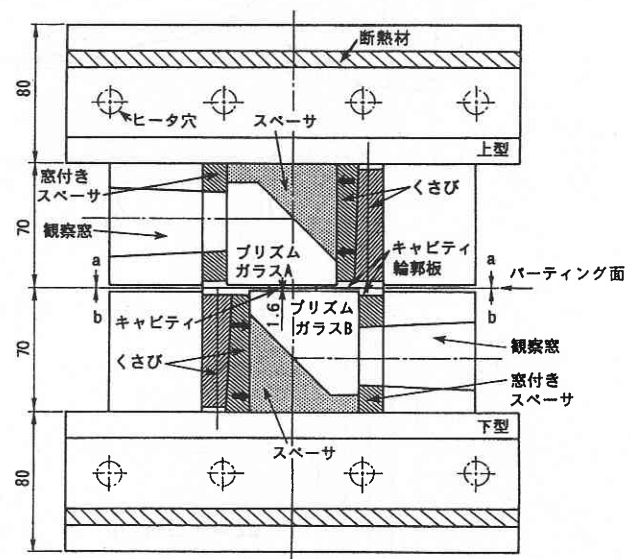
2. 計 測 原 理

2.1 金型基本構造

図1、図2に本金型基本構造と上型パーティング面外観をそれぞれ示す。本金型は、石英プリズムガラスA、Bを2組のくさびとスペーサによりモールドベースに固定する入れ子構造となっている。以下にその特徴を列記する。

*東京大学生産技術研究所 第2部

**アピックヤマダ(株) 技術部 研究開発課



(1) キャビティ部断面 (c-c 矢視)

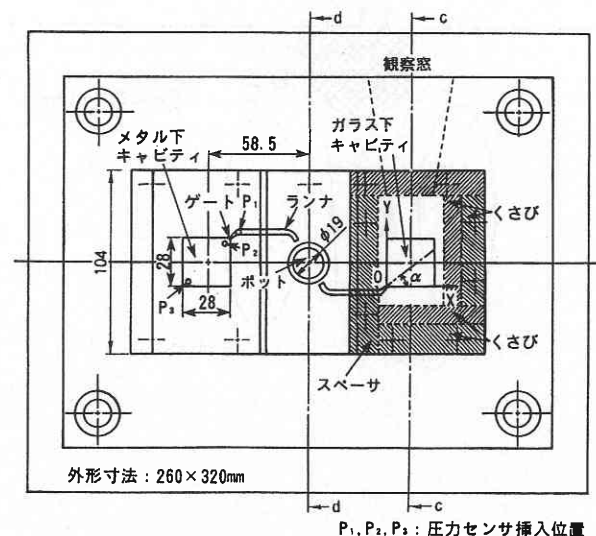
(2) 下型パーティング面 (a-a 矢視)
P1, P2, P3: 圧力センサ挿入位置

図1 トランスファ可視化金型の基本構造

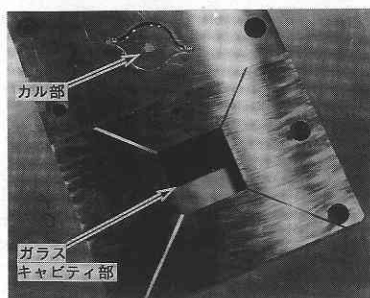


図2 トランスファ成形可視化金型上型の外観

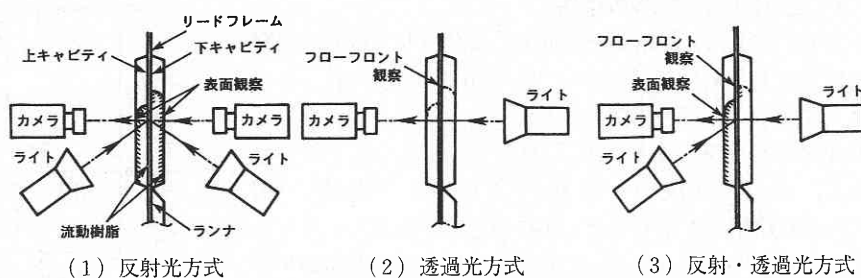


図3 トランスファ成形可視化金型の撮影方法

- (1) リードフレームを挟む対向プリズム構造により、上型・下型キャビティ（以下、上・下キャビティ）内の同時観察を可能とした。
- (2) ガラスキャビティ部は、プリズムガラスとキャビティ輪郭板との組み合わせによって構成され、ランナ、ゲートは下キャビティの輪郭板上に設けた。
- (3) 同一形状のメタルキャビティを対称位置に設け、ガラスとの流動挙動差を比較検討できるようにした。
- (4) メタルキャビティ、ランナ、カル内に挿入された水晶圧電式圧力センサ（Type 6157BA, 6159A：日本キスラー(株)）により、樹脂圧力計測を可能とした。

2.2 観察方法

本金型では、図3に示す3通りの撮影方式が利用できる。

(1) の反射光方式は、1台または2台のカメラを用いて上下キャビティ内を個別に観察する方法であり、また(2) の透過光方式は、1台のカメラにより主に下キャビティのフローフロント挙動を抽出する方法である。一方、(3) の反射・透過光方式は、(1)、(2) を組み合わせたもので、両者の単独使用に比べて解像度は落ちるものの、1台のカメラで上キャビティ流動樹脂の外部情報と下キャビティ流動樹脂のフローフロント挙動の同時抽出が可能となる。

3. 実験方法

型内樹脂流動挙動の観察は、高速ビデオシステム（HSV-400：(株)ナック）を用いて図3(3)の方法により行った。得られた画像は、画像解析装置（ID-8000：同上）により処理した。表1に成形材料および成形条件を示す。また、図4に実験に使用した多ピンリードフレームの形状を示す。本実験では、リードフレームパッド上に半導体チップを実装せずに成形を行った。実験に使用したトランスファ成形機は、型締容量 50tonf のマニュアルプレス（MS-7050：アピックヤマダ(株)）である。

4. 実験結果および考察

4.1 ガラスキャビティ面の影響検討

キャビティ両壁面をガラス面としたことによる流動挙動への影響を以下の方法により検討した。すなわち、ショートショットでガラスとメタルキャビティに同時に樹脂を流し、取り出された両成形品のフローフロント位置を比較することとした。図5に、ガラスとメタルキャビティにより成形したショートショット成形品について、ゲートを起点とした2つの角度での両フローフロント位置の比較を示す。フロント位置の前進に伴い、特に上キャビティでのメタル側充填がやや速くなり、ガラス・メタル間の差異が若干大きくなる。しかし、いずれの α でも、両者の差は10%以下とみなされ、キャビティ両壁面をガラス面としても、樹脂流動挙動に大きな影響が生じないことが確認された。

表1 成形材料および成形条件

成形材料	材 料 グ レード	EME-6300H (住友ベークライト(株))
	フィラー種類	シリカ
	フィラー含有率	70wt%
	タブレット直径	$\phi 18\text{mm}$
	タブレット重量	12g
	充填時間(速度)	9.6s, 15.2s
成形条件	トランスファ圧力	7MPa
	金 型 温 度	180℃
	キュアタイム	80s
	型 締 力	18tonf

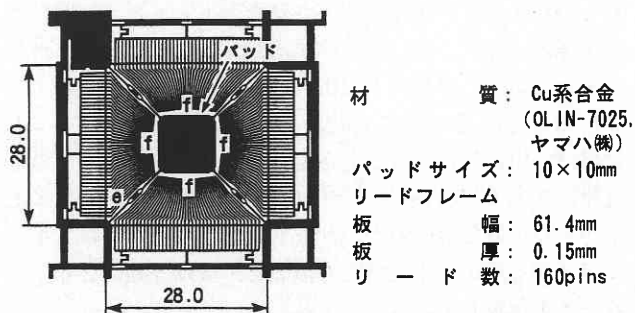


図4 多ピンリードフレーム形状

研究速報

4.2 型内樹脂流動挙動の観察

図6, 図7に充填時間を2通りに変化させて得られた型内樹脂流動挙動観察画像を示す。図6の充填時間9.6秒では, まず下キャビティのゲートからジェッティングを呈しながら樹脂が流入する (①)。そしてジェッティングが停止し, ゲート近傍のリードフレームパターン間の隙間e (図4) から樹脂が上キャビティ側に湧き出す結果, 下キャビティに遅れて上キャビティにおいても樹脂流動が開始する (②)。その後, 上キャビティよりも下キャビティにおいて流動が先行した状態が続く。フローフロントがパッド部に到達すると, パッドとリードのより広い隙間f (図4) より樹脂が上キャビティに向けてgのように湧き出し, 上キャビティでは突起状のフローパターンを形成する (③)。その後, 流動の進行に伴い, 突起状の湧き出しが先行し, 後続の上キャビティ樹脂が順次その突起を飲み込むようにして充填が進行して行く (④⑤⑥)。一方, 図7の15.2秒の場合では, パッドに到達するまでは, 図6と同様の充填挙動を示す。ところが, さらに充填が進行すると, hで示されるような流動遅れが生じ, ゲートを中心としたきれいな扇状のフローフロント形状をなしていた図6の場合に比べて, 不規則なフロント形状となる (①)。その後, フローフロントに鋸状の凸凹が生じ, 流動がさらに乱れる様相を呈する (②)。これは, 図7では充填速度が遅く, 流動樹脂の金型からの受熱量が増大するため, 充填過程後半においてフローフロント樹脂がすでに硬化を始めたことに起因すると理解された。

4.3 型内樹脂流動挙動の画像解析

図8に画像処理により抽出した上下キャビティのフローパターンを示す。上キャビティのフローフロントがパッド中央部を通過した直後jから両者の間でフローパターンに差異が生じ始めることが明瞭に理解できる。図9は, フローパターンに基づいて求められた充填時間9.6秒の場合のフローフロント速度変化を示している。 $\alpha = 15^\circ, 45^\circ$ の両位置ともに, ゲート通過直後は上下キャビティ間に速度差が生じるが, その後両者の速度はほとんど一致する。これらの結果より, 図6で観察された上下キャビティ間の流動距離差 (以後, ΔL と呼称する) は, 下キャビティから上キャビティへのゲート流出直後の樹脂湧き出しタイミングに依存し, その後の流動過程は ΔL に寄与せず, ΔL はほぼ一定に保たれることが定量的に確認された。この事実, 先行する下キャビティのフローフロントから ΔL 下がった位置での圧力が, リードフレーム間隙から上キャビティへと浸出する流動圧力損失と, ほぼ等価になっていることを示唆している。

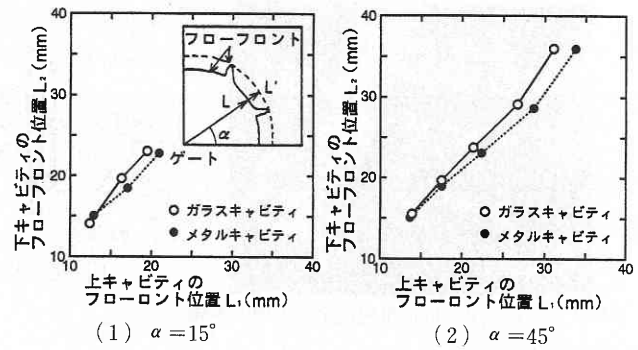


図5 ガラスとメタルキャビティ成形品のフローフロント位置比較

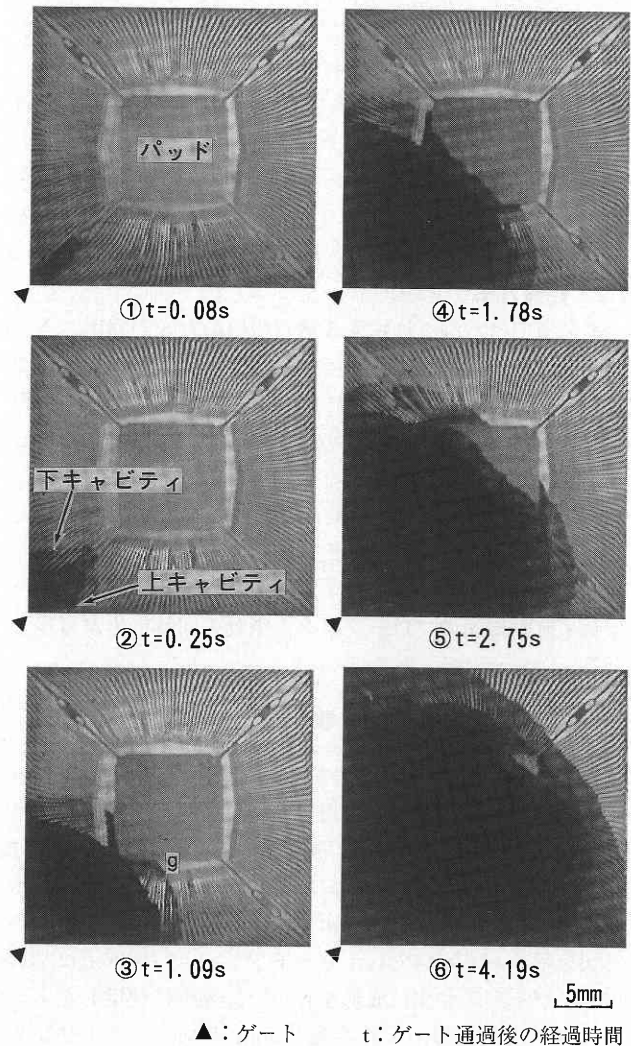


図6 充填時間9.6秒での型内樹脂流動挙動観察画像

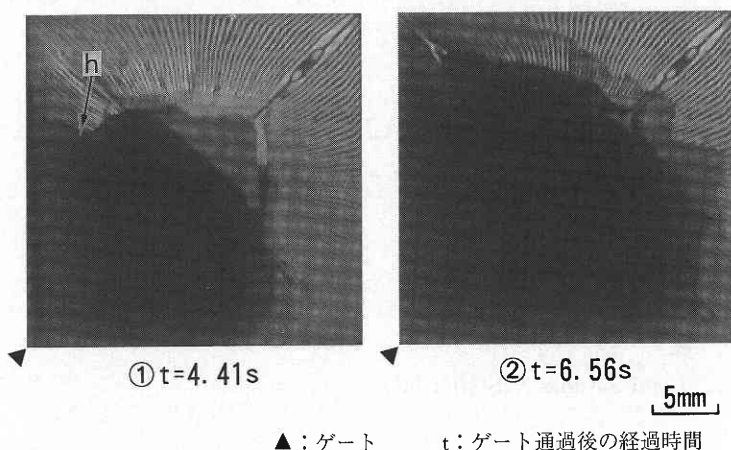


図7 充填時間15.2秒での型内樹脂流動挙動観察画像

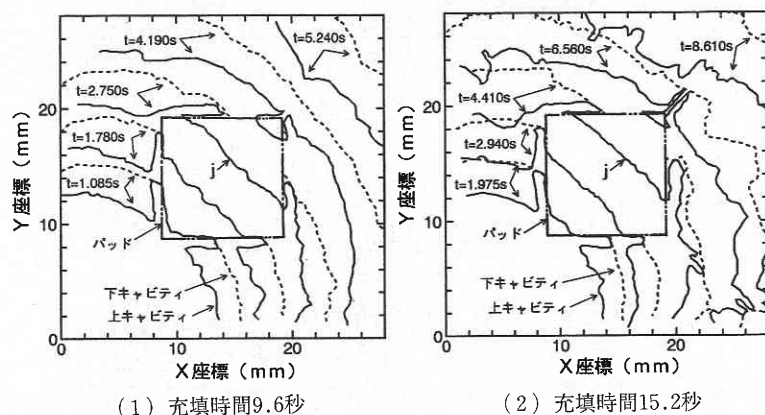


図8 画像処理によって抽出されたフローパターン

5. 結 言

- (1) 石英プリズムガラスを組み込んだトランスファ成形可視化金型を提案・試作し、実成形条件下において、初めて型内樹脂流動挙動の動的観察に成功した。
- (2) ショートショット成形品評価により、キャビティ両壁面をガラス面としても樹脂流動挙動に大きな影響が生じないことを確認した。
- (3) ランナ、ゲートが設けられた下キャビティでは、上キャビティよりも常に流動が先行する充填状況が観察された。画像解析により、上下キャビティ間の流動遅れ量がゲート通過直後の下から上キャビティへの樹脂充填タイミングの遅れに依存し、その後の流動過程には依存せず一定となることを明らかにした。
- (4) 樹脂充填時間を変化させた観察実験を行い、樹脂充填時間の長い場合には、流動過程において樹脂の硬

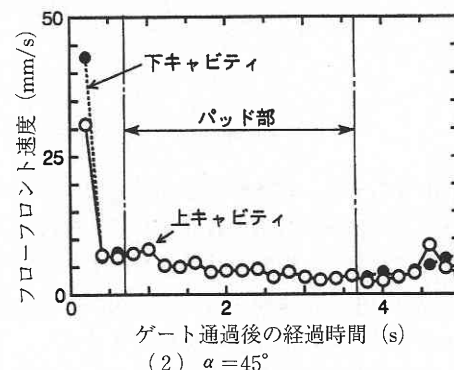
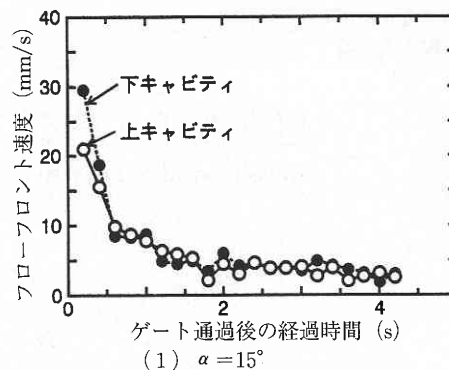


図9 フローフロントの速度変化

化が促進され、充填後期に鋸状のフロント形状を呈することを明らかにした。

今後、半導体パッケージング過程における各種不良現象の具体的解明を行うことを予定している。

おわりに実験遂行に御協力下さいましたアピックヤマダ(株)の西沢賢司氏、堀口智明氏、画像処理に御協力下さいました本学院生の佐藤正博氏に謝意を表します。

(1995年12月18日受理)

参 考 文 献

- 1) Manzione, L.T., Poelzing, G.W., Progelhof, R.C.: Polym. Eng. Sci., 28, 1056 (1988).
- 2) 川村：成形加工'90, 151 (1990).
- 3) 王, 田中, 藤野, 秋山：可視化情報, 14, Suppl., 107 (1994).
- 4) 佐伯, 金田：日本機械学会論文集 (B編), 56, 2343 (1990).
- 5) 西村, 青木, 清塘, 杉崎：成形加工'95, 79 (1995).
- 6) 伊藤, 榎並, 山田：成形加工'95, 179 (1995).
- 7) 横井, 林, 平岡：生産研究, 39, 306 (1987).