

車載用LEDランプ向けの半導体封止用小型射出成形機

Compact Injection Molding Machine for Automobile LED Lamps

安達 正樹
ADACHI Masaki

北嶋 知和
KITAJIMA Tomokazu

小原 省治
OBARA Shoji

都 博之
MIYAKO Hiroyuki

半導体パッケージの封止は、熱硬化性樹脂を用いるのが主流である。この樹脂は、リサイクルが不可能で、成形工程中に発生する廃材は産業廃棄物として処理されるため、資源保護の観点から新しい封止技術が求められている。

われわれは、熱可塑性樹脂を用いた半導体パッケージを、信頼性高く安定して生産することを目的として、半導体封止用小型射出成形機を開発した。この成形機は、樹脂の射出量を正確に制御でき、設置面積が小さいことを特長としている。この成形機は、熱可塑性樹脂を用いた車載用LED(Light Emitting Diode)ランプの量産に用いられている。

Most semiconductor packages are made of epoxy resin, a thermoset compound material. Because epoxy is difficult to reuse and recycle, a new packaging technology is required from the standpoint of preserving natural resources.

We have developed a compact injection molding machine for thermoplastic resin in order to realize reliable and stable production of semiconductor packages. Among its salient features are precise control of injection and a small footprint. This molding machine is now being used for the production of automobile LED lamps molded from thermoplastic resin.

1 まえがき

半導体パッケージの封止では、エポキシ樹脂を主成分とする熱硬化性樹脂を用いるのが主流であるが、近年、エポキシ樹脂のトランスファ成形に比べて、環境面や生産性に優れた熱可塑性樹脂封止の技術開発が進められている。

熱可塑性樹脂は、リサイクル利用による環境保護の観点で優れることと、成形時間が短くバリの発生が少ないなどのため、生産性向上が期待されている。

われわれは、良好な信頼性を持つ半導体パッケージを安定して生産することを目的に、樹脂の射出量を正確に制御でき、設置面積が小さい半導体封止用小型射出成形機を開発した。

熱可塑性樹脂による半導体パッケージの封止は、以前から可能性が議論されていた⁽¹⁾⁽²⁾。

ただし、熱可塑性樹脂を半導体パッケージの封止に応用する場合にはいくつかの課題がある。

以下に、三つの代表的な課題を示す。

- (1) 半導体パッケージを実装するときによく用いられる、はんだリフロー実装などに耐える熱的特性の確保
 - (2) 耐湿性を確保するためのリードフレームと樹脂の密着性
 - (3) 半導体素子とリードフレームを接続しているボンディングワイヤの変形を防止するための樹脂の流動性
- ここでは、開発した封止用小型射出成形機の概略構造と、

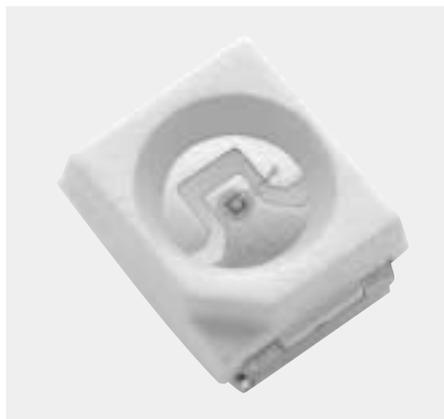


図1. 車載用LEDランプ 表面実装タイプのパッケージで、白色部分が熱可塑性樹脂である。

LED lamp used in automobiles

この成形機を使用して量産化した車載用LEDランプ(図1)の事例について述べる。

2 半導体封止用射出成形機

2.1 熱可塑性樹脂による封止成形の考え方

熱可塑性樹脂を半導体パッケージに応用する場合、成形機に関して以下の技術的ポイントがある。

- (1) 樹脂を高温度で安定して溶融軟化させる。

(2) 毎ショットに必要な樹脂量を正確に計量する。

熱可塑性樹脂封止における密着性は、パッケージの耐湿性を左右する。射出成形中に樹脂を高い成形圧力でリードフレームに押しつけると、高い物理的密着の効果が得られる。

射出成形は、溶融した樹脂に射出圧力を加えて金型に充填(じゅうてん)させるが、金型への充填中に樹脂は粘度上昇するのが普通である。半導体パッケージを成形する場合は、粘度上昇を極力抑制し、射出圧力が十分作用するように成形条件を決定する必要がある。また、粘度上昇は耐湿性劣化だけではなく、ボンディングワイヤの変形を生じさせる原因にもなるため、樹脂を軟化溶融させるプロセスは非常に重要である。

2.2 小型射出成形機の仕様

射出成形機は、樹脂を軟化溶融させて高圧力で射出する射出ユニットと、金型を搭載し開閉動作を行う型締めユニットで構成される。

前節で述べた二つの技術的ポイントは、射出ユニットに関係するものである。

今回、射出ユニットの開発に加えて、型締めユニットを小型化することで、市販されている同一能力の機種に比べて

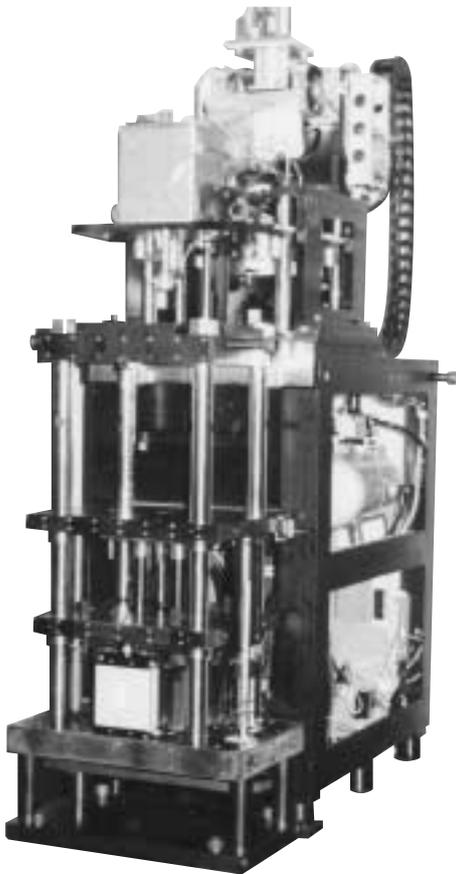


図2 . 小型射出成形機 射出、型締めユニットの開発で全体を小型化した。
Compact injection molding machine

表1 . 成形機の仕様

Major specifications of compact injection molding machine

項目		仕様
型締め部	型締め方法	空圧駆動直圧方式
	型締め力	125 kN
	デイト	365 mm
	型締めストローク	200 mm
射出部	射出方式	スクリープリブラ
	最大射出容量	15 cm ³
	最大射出圧力	160 MPa
	最大射出速度	200 mm/s
その他	寸法(横×奥行×高さ)	470 mm × 1,220 mm × 1,600 mm
	質量	300 kg

設置面積が非常に小さい小型成形機を開発した。

開発した成形機を図2に、主な仕様を表1に示す。

型締めユニットには空圧駆動直圧を、射出ユニットにはスクリープリプラスチック化方式(以下、スクリープリプラと略記)を採用した。

これらの方式を採用することで、市販機に比べて体積で1/5、質量で1/10の小型化を達成した。

2.3 射出ユニットの構造

この成形機は、安定した樹脂の溶融軟化と正確な計量を満足させるために、射出ユニットにはスクリープリプラ方式を採用した。この方式は、一般的な成形機に用いられるインラインスクリー方式に対して、樹脂を溶融軟化させる可塑化混練部と射出計量部が分離しており、混練(練り混ぜること)の安定化と計量の正確さに優れている。

射出ユニットの断面を図3に示す。

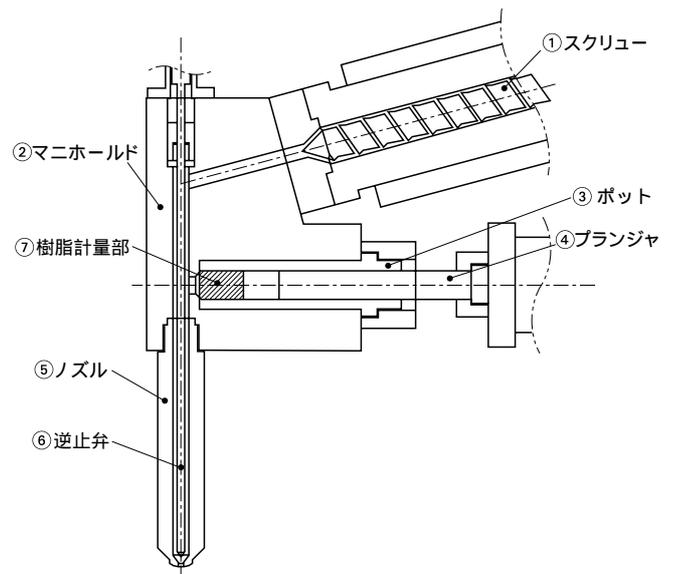


図3 . 射出ユニットの断面 射出ユニットには、スクリープリプラ方式を採用した。
Cross section of injection unit

樹脂は、①のスクリーで加熱及び混練され、②のマニホールド(材料流路)を経由し、⑦の樹脂計量部に送られる。送られた樹脂は、④のプランジャが所定距離後退することで正確に計量され、その後④が高速で前進することで圧力を加え、⑤のノズルを介して金型内に注入する。ノズル内部には、先端から樹脂が重力によって落下しないように、外部駆動式の⑥逆止弁を設けた。

ノズルまで到達した溶融樹脂は粘度が低く、ノズル先端から重力により落下する場合がある。落下した樹脂は、金型の樹脂流路入り口を塞(ふさ)いだり、計量不足を生じて良好な成形を阻害する。開発した成形機は、ノズル内に逆止弁を設けることで、低粘度樹脂でもノズル先端から樹脂の落下が発生することがなく、高い密着性が得られる。

2.4 型締めユニットの構造

次に型締めユニットの構造について説明する。型締めユニットの断面を図4に示す。

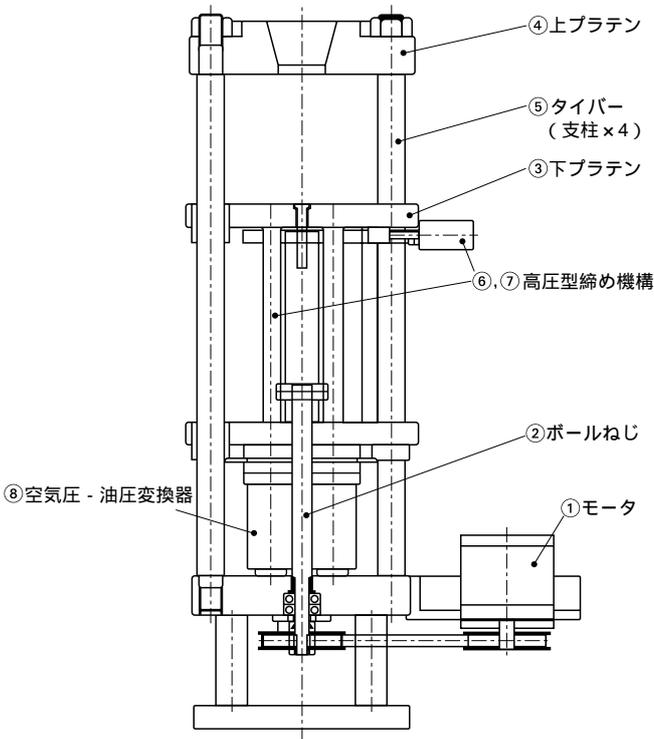


図4 型締めユニットの機構 型締めユニットには、空圧駆動直圧方式を採用した。
Clamping mechanism for molding die

従来から、射出成形機は設置面積が広く、スペース効率が悪いことが指摘されていた。これは、型締め機構に油圧駆動が採用されているためで、大口径の油圧シリンダと油タンクが必要であることに起因している。また、油圧シリンダを使用した場合、クリーンルームが油が霧状に噴出するオイル

ミストで汚染され、他の組立工程に悪影響を及ぼす恐れがあるとされている。

近年、これらの問題を解決するため、電動モータによる型締め駆動方法が考案されているが、高い型締め力を得るにはやはり大型のモータを採用する必要があり、成形機の小型化には限界があった。成形機を小型化することで、クリーンルーム内のスペース効率が向上することが期待できる。

小型化を実現するため、金型の高圧型締め駆動は直圧の空気圧・油圧変換方式を採用し、金型送り駆動にはボールねじとモータを組み合わせた機構を採用して達成した。

①のモータを回転させることで、②のボールねじを駆動させ、③の下プラテン(金型取付け定盤)が上昇して金型が所定の型締め位置に送られる。型締め位置に達した後、⑥と⑦の高圧型締め機構を動作させる。最終的に⑧の空気圧・油圧変換器によって高圧型締めを行う構造にした。金型送り機構にボールねじを採用したことで、金型表面上の異物検出が可能になり、金型破損防止にも役立つ。

3 熱可塑性樹脂による半導体パッケージ

当社は、熱可塑性樹脂を用いた車載用LEDランプを開発し量産している。開発した成形機を用いて成形条件を適正化することで、半導体パッケージに必要な高い信頼性を確保した。

3.1 車載用LEDランプ

車載用LEDランプは、自動車のスピードメータなどのバックライト光源や各種表示板用として用いられる半導体で、パッケージに搭載する素子の種類によって、赤色や緑色などの光を発光させることができる。主な仕様を表2に示す。

表2 車載用LEDランプの主な仕様
Major specifications of automobile LED lamps

項目		仕様
最大定格	直流順電流 (I_F)	30, 50 mA
	直流逆電圧 (V_R)	4 V
	許容損失 (P_D)	72 ~ 140 mW
	動作温度 (T_{opr})	- 40 ~ 100 °C
	保存温度 (T_{stg})	- 40 ~ 100 °C
その他	寸法(縦×横×厚さ)	3.2 mm × 2.8 mm × 1.9 mm
	発光材料	InGaAlP
	発光色	赤, だいたい, 黄, 緑, 純緑

素子には、高い輝度が得られる四元素(In:インジウム, Ga:ガリウム, Al:アルミニウム, P:リン)発光素子を搭載しており、使用個数の削減に有効である。また、熱可塑性樹脂を採用するなどのパッケージ構造と材質の適正化によ

て、動作温度を従来のLEDに比べて約20℃高くすることができた。

3.2 車載用LEDランプの構造と信頼性

LEDランプの断面構造を図5に示す。

この半導体パッケージの製造は、以下の順序で行う。

- (1) リードフレームを成形金型内にインサートし、熱可塑性樹脂を射出成形してパッケージを形成する。このとき、発光素子搭載部分とワイヤボンディング部分は、パッケージ中心部から露出している。
- (2) ペーストを介して素子を搭載し、ワイヤボンディングする。
- (3) 透明樹脂を充填し熱硬化させる。
- (4) 透明樹脂が硬化した後、パッケージ外側のリードフレームを所定の形状に切断する。

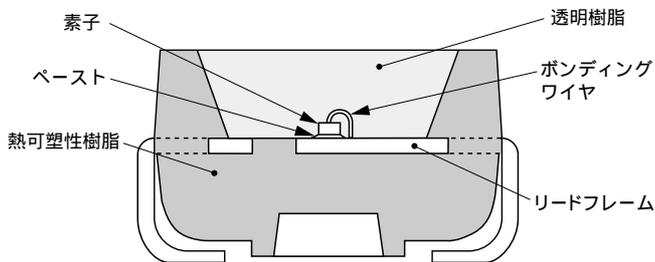


図5 . LEDランプの断面 熱可塑性樹脂と透明樹脂の複合構造になっている。
Cross section of LED lamp

このLEDランプの構造では、熱可塑性樹脂で直接封止していない。しかし、耐湿性を確保するためのリードフレームと熱可塑性樹脂の密着性が課題として残る。

パッケージ内部の気泡、樹脂クラック及び未充填などによって密着性が劣化する。この課題解決のため、金型の樹脂流路内での圧力損失を樹脂流動解析によって求め、未充填などが発生しない金型を設計した。また、はんだリフロー実装などを想定してパッケージの三次元熱応力解析を行い成形実験と並行して進めることで、密着性の高い成形を実現した。

車載用半導体は長期的に安定した品質が求められ、品質を確認するために熱的環境試験、機械的環境試験及び寿命

試験が実施されるが、すべての試験項目で合格し、安定した品質のパッケージが得られた。

4 あとがき

開発した半導体封止用射出成形機は、射出量の高精度制御、省スペースを特長としており、半導体パッケージを高い品質で安定して製造することができる。

熱可塑性樹脂を用いた車載用LEDランプは、当社として初めて実用化したもので、需要が大きく拡大すると予想されている。今後、月産数千万個レベルのLEDランプの量産を行う予定である。

今後は、熱可塑性樹脂を用いた封止技術を他の半導体パッケージにも展開し、環境に配慮した高品質な製品開発に努力していく。

文献

- (1) 坂井宏光,ほか.熱可塑性樹脂を用いたトランジスタのパッケージング技術.プラスチック成形加工学会誌.2,3,1990,p.220-226.
- (2) 安達正樹,ほか.“熱可塑性樹脂によるトランジスタパッケージの成形”.日本機械学会講演論文集998-3.1999-10,日本機械学会九州支部.1999,p.51-52.



安達 正樹 ADACHI Masaki

生産技術センター メカトロニクス開発センター研究主務。
半導体パッケージの開発に従事。日本機械学会会員。
Mechatronics Development Center



北嶋 知和 KITAJIMA Tomokazu

セミコンダクター社 北九州工場 光デバイス技術部主務。
光半導体製品の設計・開発に従事。
Kitakyushu Operations



小原 省治 OBARA Shoji

セミコンダクター社 北九州工場 組立生産技術部。
半導体樹脂封止装置及び金型の開発に従事。
Kitakyushu Operations



都 博之
MIYAKO Hiroyuki

(株)メイホー 新事業推進開発部主任。半導体封止技術の開発に従事。
MEIHO Co.,Ltd.