

# カーオーディオ用4 ch パワーアンプ ICの 小型・軽量パッケージング技術

Small and Lightweight Packaging Technology for Four-Channel Power Amplifier ICs  
Applied to Car Audio Systems

関 嘉幸      細川 淳      琴川 哲健

■SEKI Yoshiyuki      ■HOSOKAWA Atsushi      ■KOTOKAWA Yoshikatsu

カーオーディオセット（以下、セットと略記）のスピーカは通常4台で構成され、それぞれ独立した増幅回路により駆動される。そのため四つのアンプが1パッケージに内蔵された4チャンネル（以下、4 chと略記）増幅回路IC（以下、パワーアンプICと呼ぶ）が現在の主流となっている。東芝の4 chパワーアンプICは、当社オリジナルの先端コア技術を組み合わせ、多彩なラインアップを展開して高いシェアを確保している。一方で、車内空間を確保し、また燃費を向上させるため、セットの小型・薄型・軽量化の要求がある。

当社は、このような要求に応えるために、E-PAD (Exposed-Pad) 構造のHSSOP (Shrink Small Outline Package with Heat Sink) パッケージを採用した4 ch パワーアンプICを業界で初めて<sup>(注1)</sup>開発し、小型・軽量化を実現した。

A car audio system typically has four speakers located at the front, back, left, and right of the car interior. These speakers are separately activated by individual amplifier circuits in the car audio set. As a result, four-channel power amplifier integrated circuits (ICs), in which four amplifiers are embedded in one package, are the mainstream products in this field. Toshiba has been expanding its lineup of four-channel power amplifier ICs incorporating its proprietary advanced core technologies, and leads the market with a high share. In recent years, demand has been increasing for smaller, thinner profile, and lighter weight car audio sets to secure a wide interior space and improve fuel consumption.

To fulfill these requirements, we have developed a small and lightweight four-channel power amplifier IC applying a shrink small outline package with heat sink (HSSOP) with an exposed pad (e-pad) structure for the first time in the industry.

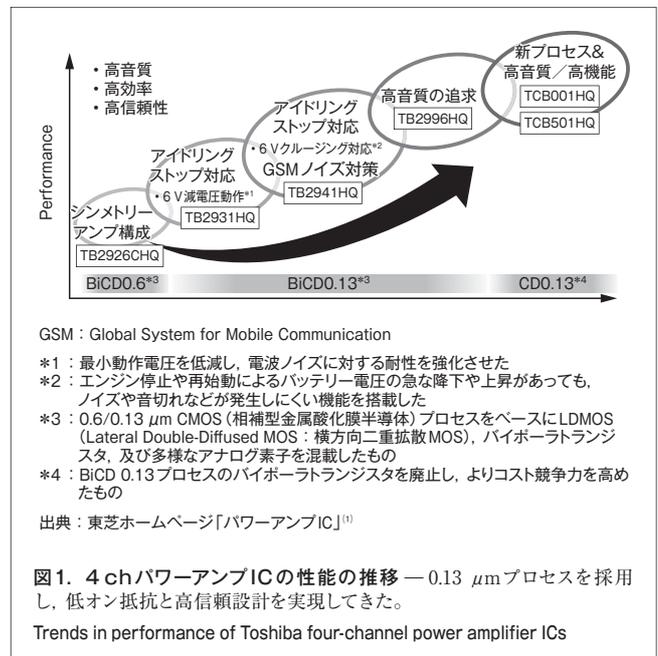
## 1 まえがき

自動車の車内では、スピーカから音楽や、ニュース、ナビゲーションシステムなどの音声情報が流れる。スピーカを駆動して音声を出力する役割を果たすのが、オーディオ用パワーアンプICである。標準的なオーディオスピーカは4台で構成され、それぞれ独立したパワーアンプによって駆動される。このため、カーオーディオ用パワーアンプICは、四つのアンプが1パッケージに内蔵された“4 chパワーアンプIC”が現在の主流となっている。

東芝は、カーオーディオ用パワーアンプICを1970年代から生産しており、4 chパワーアンプICは1991年に放熱性に優れたHZIP (Zigzag Inline Package with Heat Sink) パッケージを採用し商品化した。

その後、市場要求に応じて、業界最先端かつ最小クラス<sup>(注2)</sup>である低オン抵抗の0.13 μmプロセスを採用して、高効率と高信頼性を重視した最大出力45～50 W×4 chのパワーアンプICを中心にラインアップを充実させてきた。更に、ノイズ低減や高域周波数特性の改善により、高音質に加え、オリジナルのKB級<sup>(注3)</sup>による消費電力の低減や自己診断機能を備え

(注1) 2016年3月時点、4 chパワーアンプICとして、当社調べ。  
(注2) 2016年3月現在、4 chパワーアンプICとして、当社調べ。



た製品開発を加速させている（図1）。今後、車内空間の確保や燃費を向上させるためにセットの小型・薄型・軽量化のトレ

(注3) 発熱及び大振幅モードの損失を低減させた、当社オリジナルで高効率なパワーアンプICのグレード。

ンドが継続するものと見込まれ、用途に合わせ最適化されたデバイスが求められている。

当社は、このような要望に応えるため、E-PAD (Exposed-Pad) 構造のHSSOP (Shrink Small Outline Package with HeatSink) パッケージを採用した4 chパワーアンプICを業界で初めて開発し、小型・軽量化を実現した。

ここでは、HZIPパッケージ及びHSSOPパッケージの概要と、HSSOPパッケージの開発において採用したパッケージング技術について述べる。

## 2 市場要求と課題

当社のカーオーディオ用の4 chパワーアンプICは、高信頼性かつ高耐圧のコア技術で高いシェアを確保しており、現在は、放熱性に優れた基板挿入タイプのHZIPパッケージが主力製品となっている。その一方で市場の要求として、現在のオーディオセットは、標準規格である“DINサイズ”<sup>(注4)</sup>に準拠したセット高さ100 mmの2DINやセット高さ50 mmの1DINに加え、“ハーフDIN”と呼ばれるセット高さ25 mmの製品が販売されるようになってきている。それに伴い基板に実装される半導体パッケージもセットの小型・薄型化を実現できるものが求められる。

また、セットの軽量化による燃費の向上は、車載用品に常に求められ続けている課題である。

セットの構造と、HSSOPパッケージによる小型・薄型化の概要を図2に示す。基板挿入タイプのHZIPパッケージは、背面の放熱用ヒートシンクと接合されるため、セットの高さと奥行きを大きくする必要のあるのに対し、HSSOPパッケージは1枚の基板上に表面実装されるため、セットの小型・薄型・軽

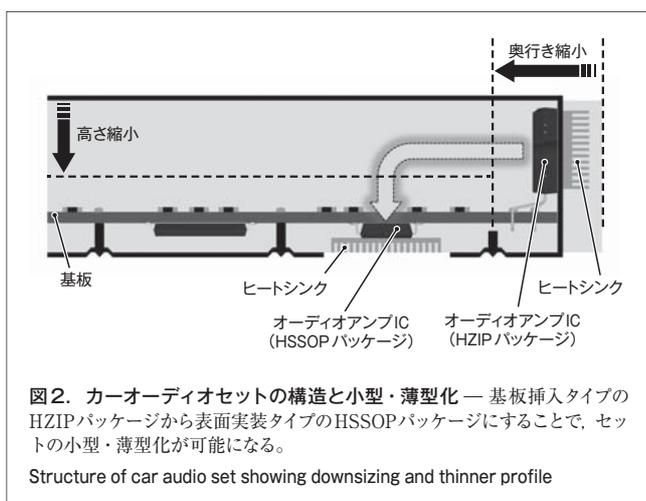


図2. カーオーディオセットの構造と小型・薄型化 — 基板挿入タイプのHZIPパッケージから表面実装タイプのHSSOPパッケージにすることで、セットの小型・薄型化が可能になる。

Structure of car audio set showing downsizing and thinner profile

(注4) DIN 75490 (ドイツ工業規格 75490) として規格化され、1984年にISO 7736 (国際標準化機構規格 7736) として採用された。ISO規格として制定された後もDINサイズと呼ばれている。

量化が可能になる。また、基板へのリフローはんだ付け作業も簡略化できる。

今後の4 chパワーアンプICの市場動向は、新興国への市場拡大やデジタルアンプの普及により堅調であり、将来的には高効率アンプの約50%が現在の基板挿入タイプのHZIPパッケージから表面実装タイプのHSSOPパッケージに置き換わると予測されている。

## 3 パッケージデザイン比較

### 3.1 既存HZIPパッケージデザイン

4 chパワーアンプICを搭載するパッケージは、大電流出力のため高い放熱特性が求められる。HZIPパッケージはチップを搭載したヒートシンクの裏面をパッケージ外に露出させた構造を持ち、この露出部を実装基板側の放熱用ヒートシンクに接合して使用することで効率良くパッケージ内の熱を逃がすことができる。

既存のHZIPパッケージ HZIP25-P-1.00Fの外形図及び内部構造を図3に示す。高い放熱性を確保するため、熱伝導の良い銅合金リードフレームとチップを搭載するヒートシンクをかしめ加工で接合させた2層構造となっている。

### 3.2 HSSOPパッケージデザイン

新しい4 chパワーアンプIC用HSSOPパッケージは、小型・軽量化を目的に開発を行った。パッケージ外形サイズは市場動向を考慮して、SSOP (Shrink Small Outline Package) パッケージ36ピンでJEDEC (JEDEC Solid State Technology Association: 半導体技術協会) に登録されたMO-166 (パッケージサイズ11.0×15.9 mm, 樹脂厚3.15 mm) をベースに検討した。以下では、このパッケージをHSSOP36パッケージと呼ぶ。

HSSOP36パッケージの外形を図4に示す。放熱性を重視する場合、HZIPパッケージ構造のようにリードフレームへヒ-

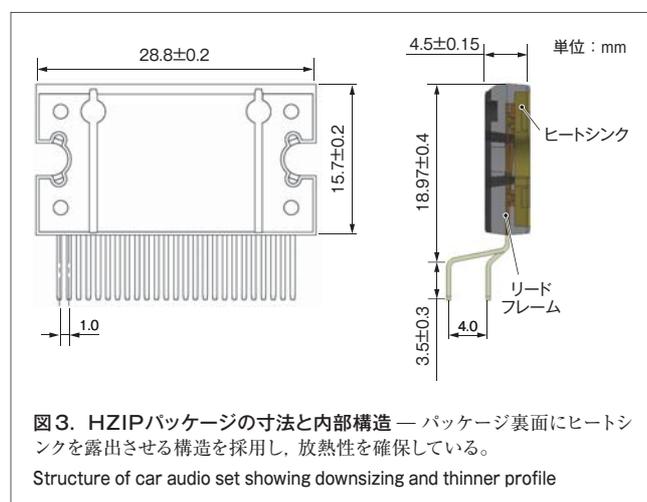


図3. HZIPパッケージの寸法と内部構造 — パッケージ裏面にヒートシンクを露出させる構造を採用し、放熱性を確保している。

Structure of car audio set showing downsizing and thinner profile

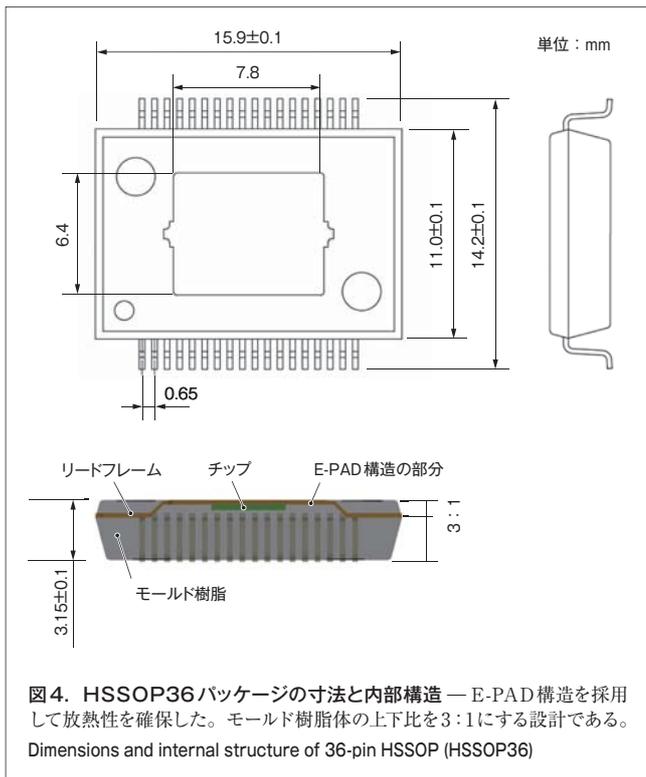


図4. HSSOP36パッケージの寸法と内部構造 — E-PAD構造を採用して放熱性を確保した。モールド樹脂体の上下比を3:1にする設計である。  
Dimensions and internal structure of 36-pin HSSOP (HSSOP36)

トシンクを接合することが有効であるが、2層構造となり小型・軽量化の達成が難しい。そこで、HSSOP36パッケージでは従来の2層構造ではなく、リードフレームのダイパッド部をパッケージ外に露出させたE-PAD構造を採用することとした。また、ヒートシンクレス構造を採用したことによる放熱性低下を極力抑えるため、E-PAD構造の部分可能な限り広くするデザイン(7.8×6.4 mm)とした。これらを達成するためにパッケージのモールド樹脂(シリカを含有した熱硬化性エポキシ樹脂)体の上下比(リードフレームを基準に上下のモールド樹脂厚の比率)を3:1に変更した。その理由について以下に述べる。HSSOP36パッケージの内部構造を図4に示す。一般的にパッケージ樹脂体の上下比はバランスの良い1:1が望ましいが、モールド樹脂厚が3.15 mmあるため、上下比1:1ではチップとインナーリードの高さ方向の距離が広がる。そのためボンディングワイヤが長くなり、オン抵抗特性の悪化や、大電流出力によるワイヤ溶断、モールド樹脂充填時のワイヤ接触などが懸念される。これらを考慮した結果、モールド樹脂体の上下比を3:1とした。

## 4 パッケージング技術

HSSOP36パッケージデザインを達成するためには、様々な既存技術の応用が必要である。ここでは、その中から多段・高ループボンディング技術とモールド樹脂流動シミュレーションについて述べる。

### 4.1 多段・高ループボンディング

ワイヤボンディングとは、チップとリードフレームを電氣的に結線する工程である。4 ch パワーアンプ IC は、大電流出力のため、太線ワイヤを使用し、ボンディングワイヤ数も多いのが特徴である。また、パッケージの小型化によって高密度ボンディングとなる。これらを踏まえて、最適なボンディングループ形状を検討した。

3次元CADを用いたボンディングワイヤのループ形状を事前検討した結果を図5に示す。チップ上のボンディングパッドに接続されたワイヤは、チップ表面より高い位置のインナーリードに結線されるが、ワイヤが干渉しないように一定以上の間隔を確保することが重要である。今回の開発における高密度ボンディングでは、近接するワイヤの横方向の干渉だけではなく、高さ方向についても考慮する必要がある。3次元CADにより多角的な視点から検討した結果に基づき、段階的にループ高さを変え、近接するワイヤが干渉しないデザインを決定した。

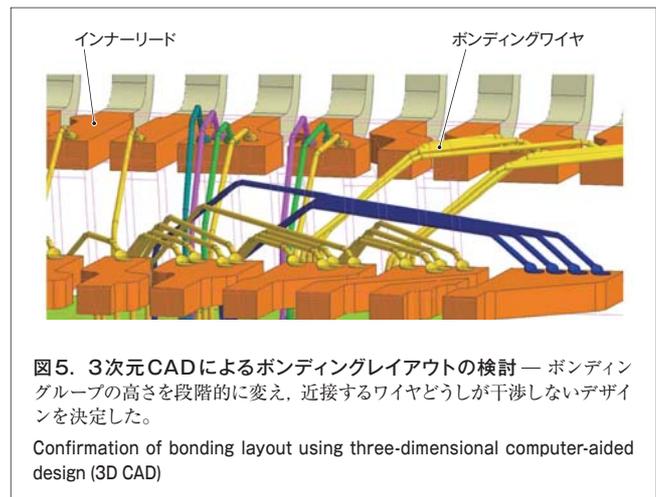


図5. 3次元CADによるボンディングレイアウトの検討 — ボンディングループの高さを段階的に変え、近接するワイヤどうしが干渉しないデザインを決定した。  
Confirmation of bonding layout using three-dimensional computer-aided design (3D CAD)

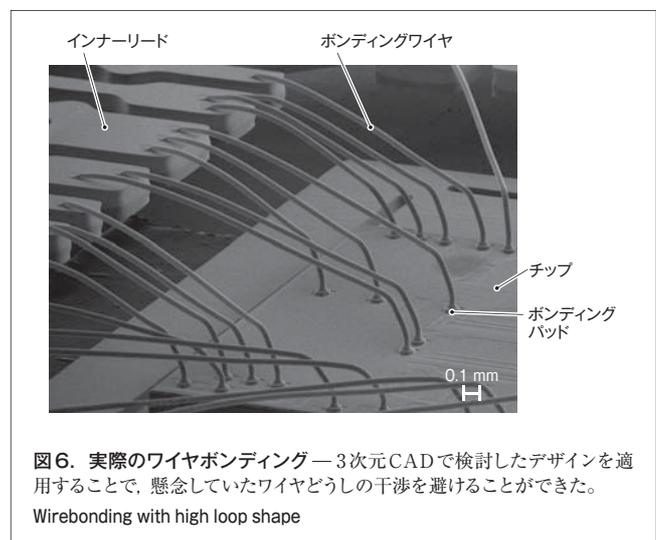


図6. 実際のワイヤボンディング — 3次元CADで検討したデザインを適用することで、懸念していたワイヤどうしの干渉を避けることができた。  
Wirebonding with high loop shape

実際のワイヤボンディング状態を図6に示す。3次元CADで検討したデザインを適用することにより、必要なワイヤ間距離を確保できた。

#### 4.2 モールド樹脂流動シミュレーションの活用

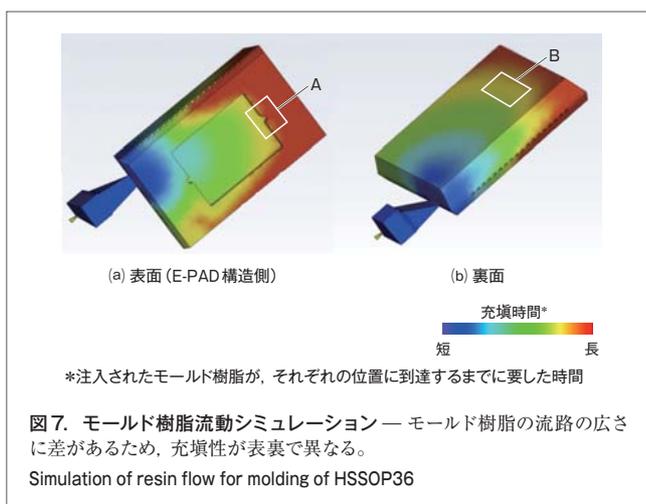
ワイヤボンディング後の製品は、モールド樹脂を充填して封止される。前述のようにモールド樹脂体の上下比が3:1であるため、金型内へモールド樹脂を充填する場合、樹脂体の形状に加工された上下のキャビティ内でモールド樹脂を均一に流動させることは難しく、この樹脂の流動差によって、未充填やボイド（微小空隙）のような不具合が発生する懸念がある。今回の開発では事前にモールド樹脂流動シミュレーションを行い、金型内のモールド樹脂の流動状態を可視化して金型設計及び成形条件の最適化を行った。

シミュレーション結果の例を図7に示す。モールド樹脂の流動速度は、図7のAとBを比較すると表面（E-PAD構造側）のほうが裏面より遅くなるのがわかる。この原因は、樹脂体の厚さがリードフレームの上下で異なることから裏面側のほうが流路が広く、モールド樹脂が流動しやすいためである。

シミュレーションを活用し、表裏の流動速度の差を可能な限り少なくするように、パッケージ内部へ樹脂を封入する金型のランナとゲートの形状、及びモールド成形条件の最適化を行った。

#### 4.3 HSSOPパッケージング技術のまとめ

これらのような多段・高ループボンディング技術、及びモールド樹脂流動シミュレーションといったパッケージング技術を活用することで、HSSOPパッケージでは従来のHZIPパッケージと比較して、パッケージ面積を約60%縮小するとともにパッケージ質量の約80%を削減し、小型・軽量化を実現した。



## 5 あとがき

当社は、カーオーディオ用4chパワーアンプICとして業界初のダイパッド部をパッケージ外に露出させたE-PAD構造を採用した表面実装HSSOPパッケージを開発し、セットの小型・薄型・軽量化を可能にした。今後も市場動向に基づき、アプリケーションの差異化に貢献できるパッケージ開発を推進していく。

## 文献

- (1) 東芝. “パワーアンプIC”. 東芝ホームページ. <<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/product/automotive/power-amp.html>>, (参照2016-08-22).



関 嘉幸 SEKI Yoshiyuki

ストレージ&デバイスソリューション社 ミックスドシグナルIC事業部 ミックスドシグナルIC製品技術部参事。組立技術・パッケージ開発に従事。  
Mixed Signal IC Div.



細川 淳 HOSOKAWA Atsushi

ストレージ&デバイスソリューション社 ミックスドシグナルIC事業部 ミックスドシグナルIC製品技術部参事。組立技術・パッケージ開発に従事。  
Mixed Signal IC Div.



琴川 哲健 KOTOKAWA Yoshikatsu

姫路東芝電子部品(株) 品質・技術部主務。  
リードフレーム及びパッケージ設計に従事。  
Himeji Toshiba E.P. Corp.