

# ExposedPad TQFP AEC-Q006 におけるグレード 0 認定

車載グレード（高品質規格の車載製品パッケージ）を実現するための様々な最適化

Amkor Technology, Inc.

ワイヤボンドおよびパワーパッケージ開発担当、シニアマネージャー、松田 義雄

様々な車載アプリケーションに使用される半導体パッケージには、高い信頼性が求められます。車載製品市場における技術革新が進むにつれ、自動運転、ヒューマンインターフェイス、電気自動車（EV）、ハイブリッド車（HEV）などのアプリケーションで、信頼性の高いパッケージングの需要が高まっています。車載製品パッケージは広範な安全性テストに合格する必要があるため、パッケージの信頼性は不可欠です。

## ExposedPad TQFP の AEC-Q006 グレード 0 適格性テストへの挑戦

半導体パッケージは、複数の材料で構成されており、それぞれが異なる熱膨張係数（CTE）などの異なる特性を持っています。また、半導体パッケージの構造によって、発生する応力の正確な位置が異なります。このようなさまざまな特性のために、車載電子部品評議会（AEC）などの極度に過酷な信頼性テストに合格すること、特に AEC-Q006 グレード 0（G0）を達成することは、半導体メーカーにとって難題となっています。非露出型の薄型クワッドフラットパック（TQFP）はすでに AEC-Q006 G0 を達成していますが、ExposedPad TQFP はパッケージ構造によって内部応力が高くなるため、多くの最適化が必要でした。

ExposedPad TQFP は、パッケージの背面にチップパッド/ヒートシンクを露出させているのが特徴です（図 1、図 2 参照）。これは、非露出型 TQFP と比較して優れた熱特性を持つため、消費電力の大きい製品に適しています。マイクロプロセッサや特定用途向け集積回路（ASIC）、システムオンチップ（SoC）製品などに使用されています。



図 1 : 14×14mm の ExposedPad TQFP のパッケージ概要

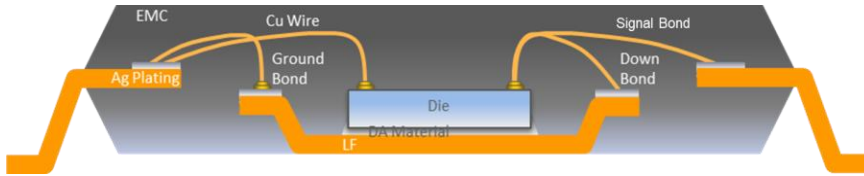
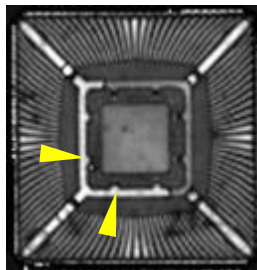


図 2 : Exposed Pad TQFP の断面図

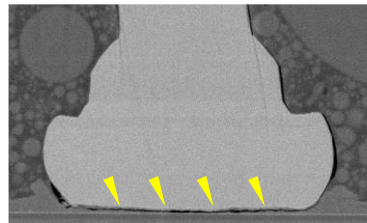
Exposed Pad TQFP の標準的な材料は、スポット銀 (Ag) や銅メッキ (Cu) 製のリードフレーム (LF) 、銀 (Ag) ペーストのチップアタッチ、銅 (Cu) ワイヤのインターコネクト、およびカプセル化用エポキシモールドコンパウンド (EMC) です。チップの材料は一般的にはシリコン (Si) です。

過酷な環境下での信頼性テストに耐え、車載用コンポーネントとしての安全基準をクリアするためには、異なる種類の材料が互いに強く接着し、接続されている必要があります。

一般的に、信頼性テストを経て不合格となった製品は、EMC と各種材料との間に、またワイヤーボンドのボンドパッド側の接合部にもデラミネーションが生じています (図 3 参照)。



LF と EMC のデラミネーション



ボールボンドに明白な不良を検出

図 3 : 不良の例

### 車載電子部品評議会の主要な基準

AEC 規格は、パッケージ化された集積回路の障害メカニズムに基づく応力試験の適格性です。AEC-Q100 は、車載用半導体パッケージの適格性基準です。さらに、AEC-Q006 は、銅線を使用した半導体パッケージに対する追加規格です。AEC-Q006 G0 の要件を満たすために、3 つの主要な内部適格性テストが実施されました (図 4 参照)。

信頼性試験 AEC-Q006 G0	MSL3 + HAST 110°C/85%	528 時間	O/S 試験
			C-SAM
	HTS175°C	2000 時間	O/S 試験
			C-SAM
	MSL3 + TCT -55°C/150°C	3000 サイクル	O/S 試験
			C-SAM

\*各信頼性テストが終了すると、基準に基づいて断面解析やデキャップ後の引張およびせん断テストが行われます

図 4 : AEC-Q006 G0 の 3 つの主要な基準には、吸湿耐久水準 3 (MSL3)、高度加速寿命テスト (HAST)、高温保存 (HTS)、温度サイクルテスト (TCT) があります

### 高い信頼性を実現することの重要性

AEC-Q006 の非常に厳しい応力テストに合格するためには、以下のような繊細なパッケージ領域に特別な注意を払う必要があります。

- ▶ 適切な銅線と EMC の材料選択
- ▶ EMC との接着を改善するリードフレームの表面処理
- ▶ 接着を阻害する Ag メッキ領域の最適な設計
- ▶ 最適化されたボールボンディング形状

これまでの経験・知識と新しい実験計画法 (DOE) の結果から、最適な設計と部品表 (BOM) を決定しました。

これにより、非常に汎用性の高い 14×14mm の ExposedPad TQFP が AEC-Q006 G0 の適格性を達成できました (図 5 参照)。

LEG				LEG1
Design	車載用パッケージ			14x14mm ExposedPad TQFP
	チップのサイズ			4x4mm
	WB デザインパッドのピッチ規則			50µm PP
	リードフレーム	リードフレーム表面処理		粗度 Cu
		チップパドル		リングによるダウンボンディング
	チップアタッチ材料			Ag ペースト
	ボンディング	ワイヤー材料/ワイヤー直径		銅合金/0.7mill
		ボールボンディング形状		最適化済み
モールド			エポキシ樹脂 (MAR)	
信頼性テスト AEC-Q006 G0	MSL3 + HAST 110°C/85%	528 時間	O/S 試験	不良ゼロ
			C-SAM	不良ゼロ
	HTS175°C	2000 時間	O/S 試験	不良ゼロ
			C-SAM	不良ゼロ
	MSL3 + TCT -55°C/150°C	3000 サイクル	O/S 試験	不良ゼロ
			C-SAM	不良ゼロ

図 5 : ExposedPad TQFP の AEC-Q006 G0 による適格化のための信頼性テスト結果

## 結論

パッケージ設計と部品表の最適化により、Amkor は 14x14mm の ExposedPad TQFP で AEC-Q006 G0 の過酷なテストに合格することができました。これらのテスト結果は、この極めて汎用性の高いパッケージが車載製品メーカーの高い要求に応えるものであることを確信させるものです。次の開発目標は、より大きなボディサイズの ExposedPad TQFP の適格化です。

松田 義雄は Amkor Technology のワイヤーボンドおよびパワーパッケージ開発担当、シニアマネージャーです。彼は、2018 年にアムコーに入社し、現在は車載用パッケージの開発を担当しています。R&D チームに参加する前は、Amkor Technology Japan で 2 年間、パッケージデザインを担当していました。彼は、リードフレーム/ラミネートパッケージのパッケージデザインと開発に 25 年以上の経験を持っています。