

# 接着促進剤はパワー半導体パッケージのデラミネーションを防げるか？

信頼性を高めるための接着促進剤

Amkor Technology, Inc. ワイヤーボンドおよびパワーパッケージ開発担当, Sr. Manager, Sophie Olson

パワー半導体パッケージは、高温、高電圧の環境下で使用されます。車載製品市場では、電気自動車（EV）やハイブリッド車（HEV）の増加に伴い、パワーパッケージに対する需要が高まっています。車載アプリケーション用パッケージは、安全性を確保するための様々なテストに合格しなければならないため、パッケージの信頼性が不可欠です。車載アプリケーションに使用されるパワー半導体パッケージの増加に伴い、パッケージのゼロ・デラミネーションの重要性が高まっています。

## デラミネーションのない半導体パワーパッケージ製造の課題

半導体パッケージは、いくつかの異なる材料で構成されています。各材料ごとに熱膨張係数（CTE）などの特性が異なります。このような異なる特性を持ちながら、過酷なテストに合格し、本当の意味での「ゼロ・デラミネーション」を実現することは、半導体メーカーにとって困難なタスクです。

一般的なパワーパッケージ構造には、4つの主要なインターフェイスがあります。これらのインターフェイスの例として、D2PAK（JEDEC規格ではTO-263）のパッケージがあります（図1、図2）。D2PAKは、低オン抵抗で高速スイッチングが可能なMOSFETとして設計されており、高電力アプリケーションに適しています。モータードライバー、電源回路、DC-DCコンバーターなどに使用されています。

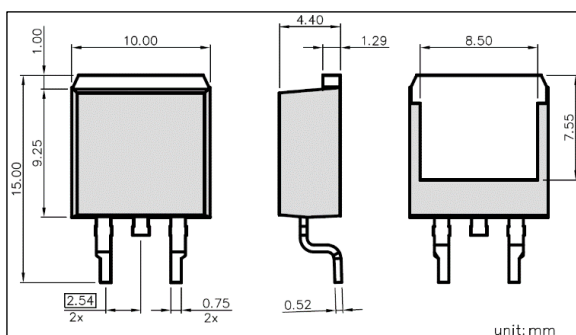


図 1 : D2PAK のパッケージ外形図

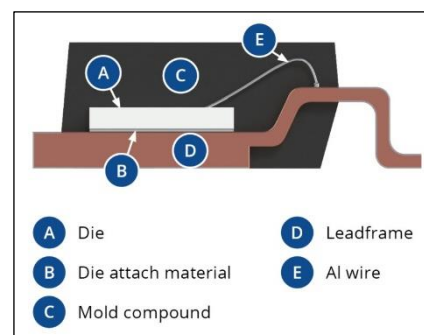


図 2 : D2PAK の断面図

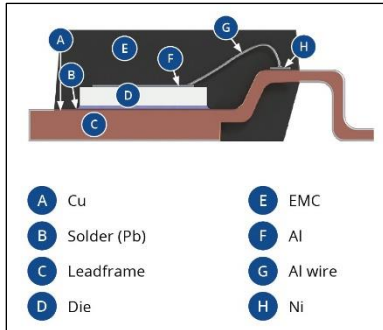


図3：デラミネーションの可能性のある表面

D2PAKの標準的な材料は、ベア銅（Cu）リードフレーム（LF）、はんだ（チップアタッチ）、アルミニウム（Al）線（インターコネクト）、カプセル化用のエポキシモールドコンパウンド（EMC）です。チップの材料には、シリコン（Si）、炭化ケイ素（SiC）、窒化ガリウム（GaN）などがあります。過酷な環境下での信頼性テストに耐え、車載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、異なる種類の材料同士の強い接着力が必要です。EMCと銅のLF、EMCと鉛（Pb）のはんだ、EMCとAlのチップパッド、EMCとニッケル（Ni）のリードパッドの間でデラミネーションが発生する可能性があります（図3）。

最も弱い接着点は、EMCとハンダの間です。開発目標は、T=0（耐湿試験（MRT）後）\*1および温度サイクル（TC）\*2 2000xでのゼロデラミネーションの実現です。

\*1MRT：JEDEC Lv.1（245℃ リフロー×3）

\*2TC条件：-55℃から150℃

### 接着促進剤の効果

接着促進剤（AP）は、モールド樹脂、銅、アルミ、ニッケル、鉛の各はんだとの相性が重要であるため、その材料選定は非常に重要です。いくつかのポリイミドベースとエポキシベースの材料を選んで評価しました。まず、接着強度をカップせん断テストで確認しました（図4）。

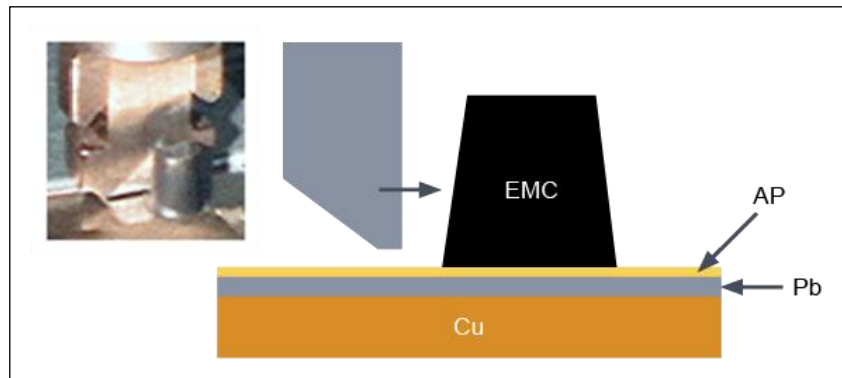


図4：プリンカップせん断テストによる接着強度の測定

すべての AP 材料は、室温（RT）と 150℃の両方で、非 AP コーティング面と比較して接着強度の増加を示しました（図 5）。

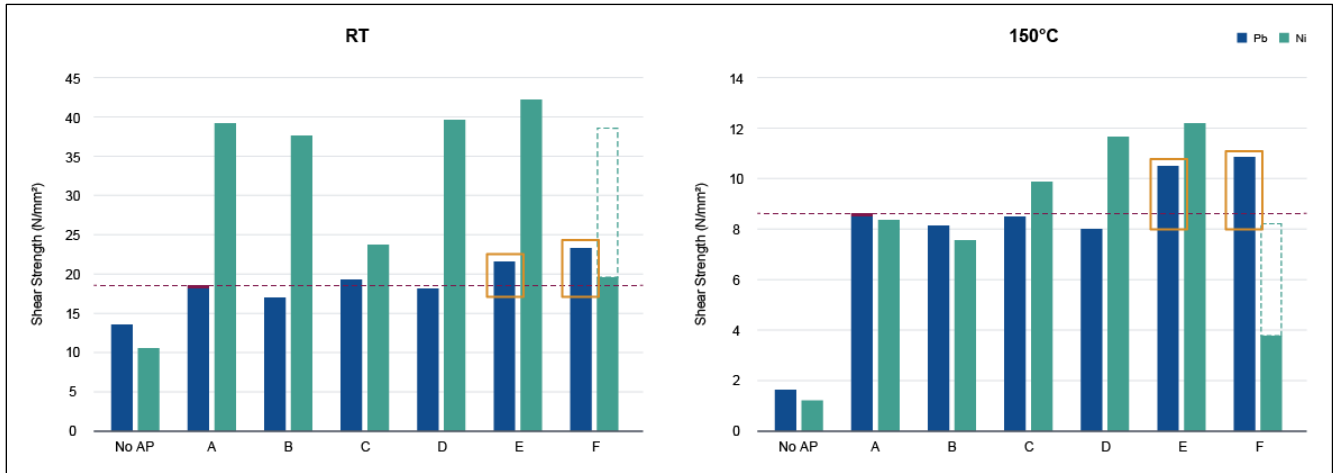


図 5：接着力の比較

最初のテストの後、D2PAK をテスト媒体として使用し、接着促進剤をパッケージに塗布してテストしました。AP はワイヤーボンディング後、ジェットディスペンサーでボンディング部分を覆うようにコーティングしました（図 6）。また、比較のために異なるタイプの EMC も使用しました。

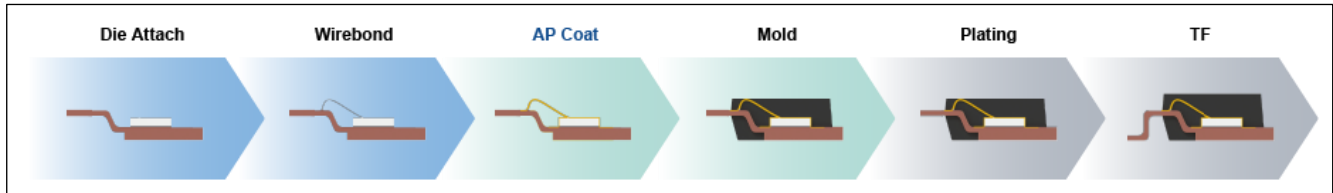


図 6：接着剤の塗布を含む、チップアタッチからトリム&フォーム（TF）までのプロセスフロー

実験計画法（DOE）を用いて、非 AP コーティングのパッケージを基準とし、EMC の異なる 3 種類の AP 材料を用いて実験を行いました。走査型音響トモグラフィー（SAT）検査は、初期、MRT（MSL1）、TC500x、TC1000s、TC1500x、TC2000x で行われました。AP2 コーティングを施したパッケージは、TC2000x に耐久でき、完璧なゼロデラミネーションを達成しました（図 7、図 8）。

Leg #	BOM		SAT Inspection (Delamination Count)					
	Coating Materials	EMC	Initial	MRT (MSL1)	TC-H 500 Cyc	TC-H 1000 Cyc	TC-H 1500 Cyc	TC-H 2000 Cyc
1	-	EMC 1	0/44	0/42	0/10	0/16	1/14 EMC - Solder & Cu	12/12 EMC - Solder & Cu
2	-	EMC 2	0/44	0/42	0/10	4/16 EMC - Solder & Cu	6/14 EMC - Solder & Cu	12/12 EMC - Solder & Cu
3	AP 1	EMC 1	0/44	0/42	0/10	0/16	1/14 AP - Solder	12/12 AP - Solder
4	AP 1	EMC 2	0/44	0/42	0/10	3/16 AP - Solder	1/14 AP - Solder	12/12 AP - Solder
5	AP 2	EMC 1	0/44	0/42	0/10	0/16	0/14	0/12
6	AP 2	EMC 2	0/44	0/42	0/10	0/16	0/14	0/12
7	AP 3	EMC 1	0/44	0/42	0/10	0/16	0/14	12/12 UF - Solder & Cu
8	UF	EMC 1	0/44	0/42	0/10	0/16	1/14 UF - Solder & Cu	12/12 UF - Solder & Cu
9	AP 3	EMC 2	0/44	0/42	0/10	0/16	0/14	12/12 UF - Solder & Cu
10	UF	EMC 2	0/44	0/42	0/10	0/16	3/14 UF - Solder & Cu	12/12 UF - Solder & Cu

図 7 : AP コート済みパッケージの DOE の温度サイクルテスト結果

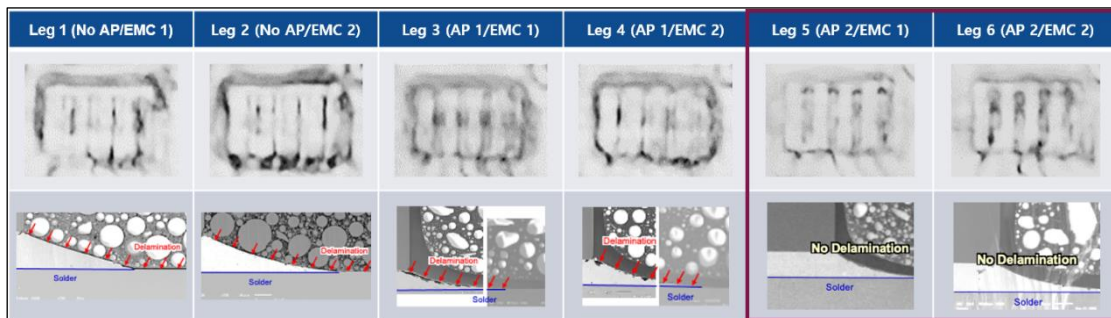


図 8 : テストサンプルの SAT 検査

これまでの結果から、組立プロセスで接着促進剤を加えることでパッケージの信頼性レベルを向上させ、ゼロ・デラミネーションを実現することが期待されています。また、AP コーティングの実施は、多くの組立現場で使用されているディスペンシングツールで塗布できるため、コスト面でも優れていることも特筆すべき事実です。

## 結論

ある AP 材料は、TC2000 倍ですべての接触面で完全なゼロデラミネーションを達成しました。私たちは、優れた接着促進剤として使用されるべき重要な材料特性を特定しました。次の開発目標は、AP を他のパッケージや別の構造に拡張することです。例えば、Cu クリップ構造のパワーパッケージなどです。



---

Sophie Olson 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のシニア・マネージャーです。彼女は 2004 年に Amkor に入社し、現在はパワーパッケージと半導体パッケージ材料の開発を担当しています。R&D チームに参加する前は、Amkor Japan に 2 年間在籍し、Amkor の子会社の統合を推進しました。それ以前は、ビジネスオペレーション、セールス、カスタマーサービスを担当していました。アリゾナ州立大学で材料科学とエンジニアリングの学士号を取得し、FSU で政治学の修士号を取得しています。

---

© 2021 Amkor Technology, Inc.