

## サイプレスのボール グリッド アレイ (BGA) パッケージ デバイスの設計ガイド

作成者: Cary Stubbles

関連プロジェクト: なし

関連製品ファミリ: サイプレスのすべての BGA 製品

ソフトウェア バージョン: 該当なし

関連アプリケーション ノート: なし

AN79938 でサイプレスのボール グリッド アレイ (BGA) パッケージの設計、製造およびプリント回路基板上への搭載のガイドラインを説明します。

### 目次

はじめに.....	1
BGA パッケージの利点.....	1
サイプレス BGA の構成.....	2
ワイヤー ボンド BGA パッケージ.....	2
フリップ チップ BGA パッケージ.....	3
BGA パッケージの最終段階.....	3
BGA PCB/FPC レイアウトのガイドライン.....	4
ランド パッド パターン.....	4
基板材料と厚さ.....	4
パッドの終端.....	4
パッドの形状.....	4
ビアのレイアウトとサイズ.....	5
信号ライン間の間隔と配線幅.....	5
FPC 用補剛材.....	6
BGA の SMT ガイドライン.....	6
型板の設計.....	6
はんだペースト.....	6
パッケージの配置.....	6
リフロー.....	7
枕不良.....	8
アンダーフィル.....	10
SMT の再加工.....	10
コンポーネントの交換.....	10
サイプレス BGA 信頼性テスト データ.....	11
コンポーネント レベル信頼性試験.....	11
基板レベル信頼性試験.....	11
パッケージの熱抵抗.....	11
パッケージ、配送、および SMT 中の BGA 処理.....	11
参考資料.....	12
ワールドワイドな販売と設計サポート.....	14

### はじめに

このアプリケーション ノートは、ボール グリッド アレイ (BGA) パッケージ デバイス用の面実装技術 (SMT)、プリント回路基板 (PCB)、フレキシブル プリント回路 (FPC) を設計、開発する技術者向けです。

これらのガイドラインで PCB/FPC 設計のベストプラクティスと BGA パッケージ デバイス使用時のアセンブリを記載しています。多くのファクタが製品の製造、性能および信頼性に影響を与えるため、独自の製品開発と品質保証プロセスを使ってこれらのガイドラインを確認します。影響を与える主要なファクタは以下の通りです:

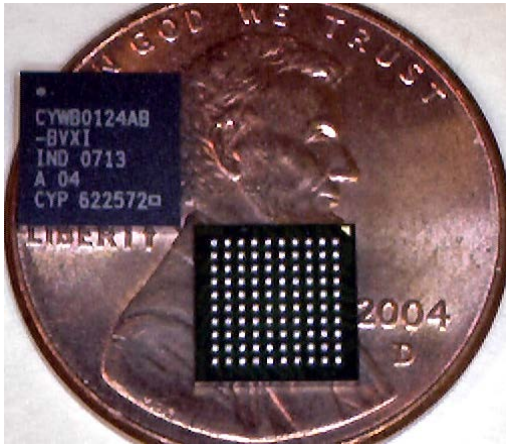
- プリント回路基板 (PCB)、フレキシブル プリント回路 (FPC) およびはんだ/フラックス材料
- 製造設備
- アプリケーション固有の要件

### BGA パッケージの利点

サイプレス BGA パッケージのデバイスは、SOP と QFP デバイスなどの標準の有鉛 IC パッケージより多い I/O 数のあるほぼチップ サイズのフットプリントを提供します。

例えば、100 ピン TQFP のフットプリントは 256mm<sup>2</sup> (本体 14.0mm×14.0mm、フットプリント 16.0mm×16.0mm、パッケージ リードフレーム含め) ですが、等価微細ピッチ 100 ボール BGA (VFPGA) (図 1) のフットプリントは 36mm<sup>2</sup> (本体 6.0mm×6.0mm、リード フレームなし) だけです。その結果として、コンポーネントの PCB フットプリントを 85%削減することができます。

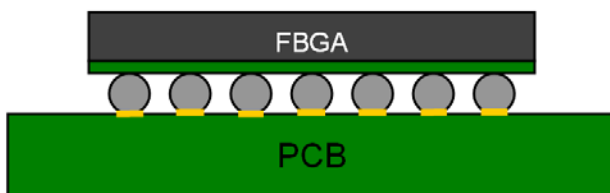
図 1. サイプレス BGA 製品の例



BGA パッケージは、リード フレームの代わりに基板を使用するため、ダイと PCB/FPC 間の半導体パスが普通より短いです。より短いパスは、より低いインダクタンスをもたらします。これにより、電気性能が改善され、高速のアプリケーションでの信号の歪みの発生も最小限に制限されます。基板を使う場合、デバイスにより生じた熱がダイの裏面からはんだボールを通じて PCB/FPC に流れるため、放熱能力は向上されます。

リード フレームの数が同じ有鉛 IC と比べて、BGA の PCB/FPC へのアSEMBル処理は制御しやすくなります。主なはんだリフローは、工場出荷時 BGA アSEMBル中に正確な構造とサイズを指定された BGA のはんだボールにあります。はんだボールは、リフローの間、対応 ランド パッドと自己整合します。図 2 に PCB に実装された FBGA パッケージを示します。

図 2. PCB に実装された FBGA パッケージ



サイプレスは、多種多様な BGA パッケージを提供しています:

- ファイン (FBGA)
- 微細 (VFBGA)
- 超微細 (UFBGA)
- プラスチック (PBGA)
- ヒートスラグ (HSBGA)
- フリップ チップ (FCBGA)

- ヒートスラグ フリップ チップ (HFC-BGA)
- ヒートシンク キャビティ ダウン (L2BGA)

表 1. サイプレス BGA タイプ

種類	説明	ボール ピッチ (mm)
FBGA	BGA の厚さ $\geq 1.0\text{mm}$	0.75–1.27
VFBGA	$1.0\text{mm} > \text{BGA の厚さ} > 0.6\text{mm}$	0.5 – 0.80
UFBGA	BGA の厚さ $\leq 0.6\text{mm}$	0.5
PBGA	BGA の厚さ $\geq 2.0\text{mm}$	1.0–1.27
HSBGA	放熱スラグ付き BGA	1.27
FCBGA	フリップ チップ BGA	1.0
HFC-BGA	ヒートシンク付きフリップ チップ BGA	1.0–1.27
L2BGA	キャビティ ダウン BGA	1.27

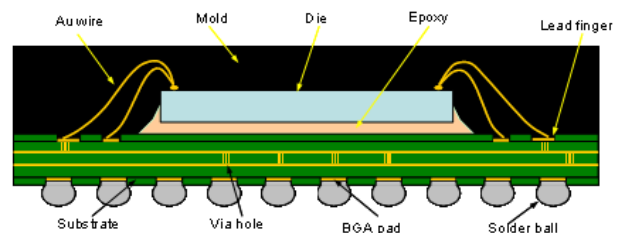
サイプレスの BGA デバイスは、RoHS 準拠の完全に環境親切、かつ鉛フリーの製品で出荷されます。

## サイプレス BGA の構成

### ワイヤー ボンド BGA パッケージ

サイプレスのワイヤー ボンド BGA パッケージでは、絶縁用にビスマレイミドトリアジン (BT) エポキシ ガラス積層板から製造された基板を使用し、ワイヤ ボンドからのめっきスルーホールによるはんだボール パッドへの電氣的接触用に銅を使用しています。基板の複雑さに応じて、このパッケージは 2 層から 8 層があります。基板の外層は、はんだ付けられたマスク材料の被覆により環境から保護されます。図 3 にワイヤー ボンド BGA の内部構造を示します。

図 3. ワイヤー ボンド BGA の断面図



標準 BGA パッケージのプロセスは、ダイが付着された基板にエポキシ樹脂で接着する段階から始まります。より高度な基板デザインを実現するために、ダイ接着用エポキシ樹脂の代わりに接着剤フィルムの薄板をウェハの裏面に張り付けます。次に、切り取られてテープ リング上に搭載されるウェハからテスト済みのダイを取り離して、基板の上に配置します。ダイを

基板にワイヤーで電氣的接続する前に紫外線とオープン硬化によりエポキシ樹脂／フィルム材料を硬化します。

ダイ上のボンド パッドと基板上的ボンド パッドを電氣的に接続するために、ダイ パッドと対応の基板ボンド パッド間でボンド ワイヤー (金、または銅の材料) を接続します。サイプレス BGA デバイスの場合、ワイヤー直径は、デバイスの電氣的、または機械的要件に応じて 0.0008～0.001 インチ (0.02～0.025mm) の範囲内です。

ワイヤ ボンディングの後、トランスファー成形機は、熱が 175～185°C の状態でプラスチック成形材料をワイヤー 金型にワイヤー ボンディング処理されたダイと基板の周りの金型に注入します。

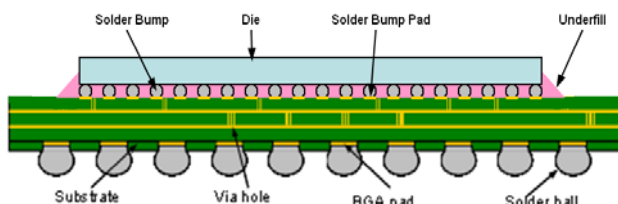
成形材料が硬くなった後、成形の基板を成形機から取り外し、それらに型番、ロット番号、日付コード、およびサイプレス ロゴをレーザーでマーク付けます。

次は、個別のデバイスは、対象の基板に応じて分離パンチ (メカニカル ストリーム マシン) または分離のこぎり (丸のこ刃付き紡錘のこ盤) を使って製造ストリップから分離されます。

### フリップ チップ BGA パッケージ

フリップ チップ BGA パッケージでは、ダイは、ワイヤー ボンド パッケージの表向きの基板と比べてフリップされる下向きの基板に接着されます。図 4 に、フリップ チップ BGA の内部構造を示します。

図 4. ベア ダイ フリップ チップ BGA の断面図



ウェハー バンピングは、フリップ チップのパッケージ製造工程に必要なプロセスです。バンピング プロセスは、先端パッケージ技術です。このプロセスでは、はんだで作られたポンプは、個別のダイ用に切り離れる前にウェハーで成形されます。

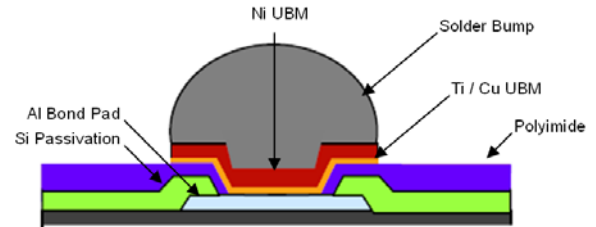
ウェハー バンピング プロセスは、ポリイミド層をウェハー上に接着することから始まります。ダイの表面上に搭載されるアルミニウム パッドへの接触を可能にするためにこの層は開いています。

最初のチタンと銅のアンダバンプ メタル (UBM) 層は、その後、ウェハー上にスパッタされます。アンダバンプ メタル (UBM) は、ボンド パッド メタルとパシベート処理された周囲のものに接着するため、接着層として説明されます。UBM は、強くて圧力の少ない機械的と電氣的接続を提供します。

その後、光パターニングと はんだめっき方式を使って、ニッケルとハンダ材料で作られた最終の UBM 層をダイ上のアルミニウム パッドの上に直接配置します。

はんだめっきの後、はんだめっきで覆わない UBM に対してエッチング処理します。最後、図 5 に示すように、ウェハーはリフローで接合されて、はんだポンプは形成されます。

図 5. フリップ チップ BGA パッケージのポンプ構造



フリップ チップ BGA パッケージのプロセスは、ダイが付着される基板にフラックスで接着する段階から始まります。次に、切り取られてテープリング上に搭載されるウェハーからはんだポンプ処理されたテスト済みのダイを取り離して、基板の上に配置します。BGA ボールを PCB に接着するプロセスと同じはんだリフロー プロセスに従ってはんだポンプ処理されたダイを基板に接着します。

ダイが適切な位置にはんだ付けられた後、ダイと基板間にアンダーフィル樹脂を入れます。アンダーフィル樹脂は、ダイと基板間のはんだ接合部の圧力を軽減するために設計されるエポキシ樹脂です。この圧力は、ダイと基板間の熱膨張の差により生じて、電氣的接続の切断を発生させることもあります。

### BGA パッケージの最終段階

フリップ チップかワイヤー ボンドに関わらず、電気テストの前の最終段階としてのパッケージ プロセスは、はんだボールの配置です。このプロセスは、スクリーン印刷、またははんだフラックスを BGA パッドに流すことから行われます。ハンダ ボール付き最先端マシンは、ピン マトリックスを使ってフラックスを BGA パッドに流します。フラックスははんだボール搭載用の接着空間を提供します。事前形成されたはんだボールを基板上に搭載し、BGA パッケージを PCB に接続します。ボール配置にもっともよく使用される技術は、重力転送とバキューム転送です。ほとんどのボール自動配置マシンは、これらのステップを 1 つのプラットフォームで行います。表 2 に、サイプレス BGA はんだボールの材料特性を示します。

表 2. サイプレス BGA はんだボールの材料特性

材料特性	SAC105	SAC305	SAC405	共晶	
Ag (%)	1.0	3.0	4.0	-	2.0
Cu (%)	0.5	0.5	0.5	-	-
Sn (%)	98.5	96.5	95.5	63.0	62.0
Pb (%)	-	-	-	37.0	36.0
液相線	228°C	217°C 以下	217°C 以下	183°C	179°C

## BGA PCB/FPC レイアウトのガイドライン

### ランド パッド パターン

PCB/FPC 製造時、図 6 に示すように、面実装アセンブリ中に 2 種のランド パッド パターンを使用します。

- 非はんだマスク定義 (NSMD): (パッケージ ボールが接触される) PCB 上の金属パッドは、はんだマスクの開口より小さい
- はんだマスク定義 (SMD): はんだマスクの開口は金属パッドより小さい

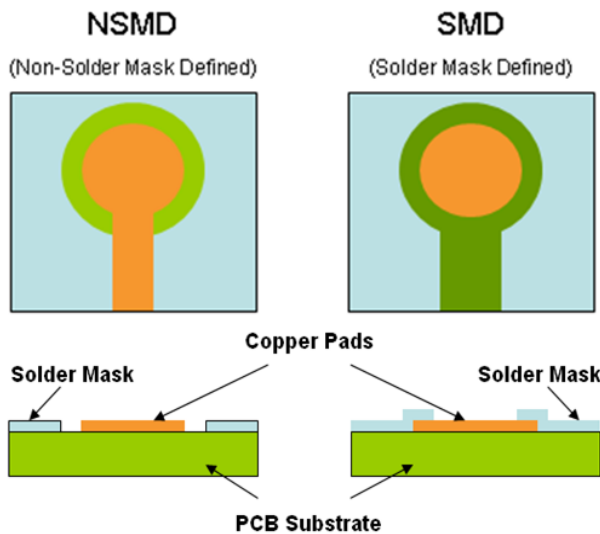
通常、NSMD のランド パッドの基板レベルの機械的性能は信頼性がより高いですが、NSMD パッドは、再加工中に剥離されやすくなります。

アンダーフィル樹脂が必要な基板アプリケーションの場合、アンダーフィル樹脂の発生問題を最小限に制限するために SMD ランド パッドを使用することをお勧めします。はんだボール ランド パッドの周りの薄板の露出を取り除くと、流れは同一になり、隙間もなくなります。

設計時、NSMD か SMD を選択することは、製品の信頼性と製造要件によります。

サイプレス BGA デバイスのパッケージ図の詳細は各製品のデータシートに示されます。

図 6. NSMD と SMD ランド パターン



### 基板材料と厚さ

標準ガラス/エポキシ基板は、サイプレスの BGA デバイスと互換性があります。高温の FR4 板は、パッケージの信頼性がより高いため、標準 FR4 よりも推奨されます。理由としては、高温の FR4 板の熱膨張の係数 (CTE) (12~16ppm/°C は、標準 FR4 の熱膨張の係数 (14~18ppm/°C) より低く、シリコンチップの熱膨張の係数 (2.5ppm/°C 以下) とより近いからです。

基板の実際の CTE は、そのデザインに応じます。PCB の金属増の数、配線容量、薄板の材料、コンポーネントの容量、動作環境などの多くのファクタは熱膨張に影響を与えます。信頼性を向上するために、PCB 板ガラス遷移温度は、対象のアプリケーションの動作温度範囲を超える ( $T_g > 170^\circ\text{C}$  を推奨) 必要があります。

基板の厚さは通常、0.016~0.093 インチ (0.4~2.3mm) です。厚い基板と比べて、より薄い基板はより柔らかく、熱サイクルの間熱疲労が改善されます。同様に、より薄いパッケージは、基板レベルでパッケージの熱疲労性能の改善に寄与します。

### パッドの終端

サイプレス BGA デバイスは多くの様々なパッド終端に対応します。ニッケル ベースのフィニッシュは、基板の貯蔵寿命がより長く、耐食性が改善され、はんだ接合部の熱安定性が向上され、再加工する可能性があるため、人気のあるものです。ニッケル ベースのフィニッシュの内、無電解ニッケル置換金メッキ処理法 (ENIG) は、鉛フリー/RoHS アプリケーション用に人気のあるものになります。

他の終端設計材料オプションは、浸漬の金、浸漬の銀、プリフラックス (OSP)、電解のニッケル-金です。これらの内、最も有望なものは、電解のニッケル-金です。

### パッドの形状

基板レベルの信頼性が最適になるために、はんだボール パッドと PCB/FPC パッド サイズ比率を 1:1 にすることをお勧めします。PCB/FPC パッドの直径は、BGA パッケージのはんだボール パッドと同じように設計されています。

図 7. BGA SMD はんだボール パッドのデザイン

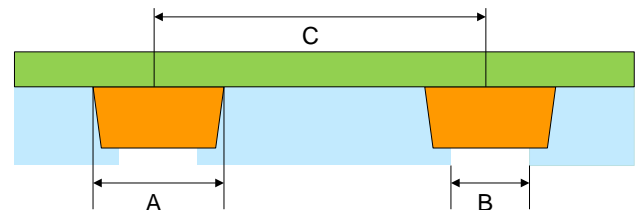


表 3: BGA SMD はんだボール パッドのデザイン (mm)

はんだボール直径	0.25	0.40	0.45	0.50	0.60	0.63	0.80
ボール ランド パッド (A)	0.35	0.50	0.55	0.55	0.55	0.58	0.75
はんだマスクの開口 (B)	0.25	0.35	0.40	0.40	0.40	0.48	0.60
ボール ピッチ (C)	関連デバイス データシートを参照						

図 8. BGA NSMD はんだボール パッドのデザイン

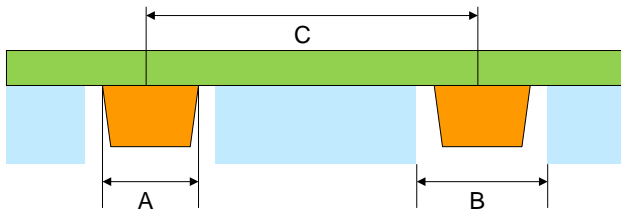


表 4: BGA NSMD はんだボール パッドのデザイン (mm)

165 FBGA 13 × 15 or 15 × 17mm	
はんだボール直径	0.50
ボール ランド パッド (A)	0.40
はんだマスクの開口 (B)	0.55
ボール ピッチ (C)	1.00

BGA はんだ ボール パッドのデザインを決定するために、[サイプレス カスタマ サポート](#)にお問い合わせください。

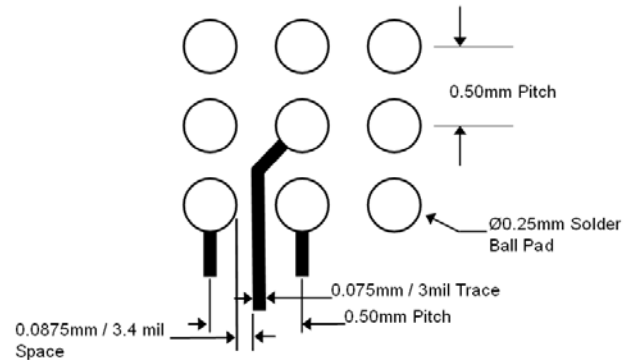
## ビアのレイアウトとサイズ

ビアとビア キャプチャ パッドのサイズとレイアウトは、ビアのエスケープ ルーティング (PCB/ FPC 上のコンポーネント間で信号をルーティングする方法) 用に利用可能な面積に影響を与えます。ピッチが 0.5mm のデバイスでは、表面ランド パッドの中央にあるマイクロビア(ビア イン パッド技術) をお勧めします。マイクロビアドリル ホール直径は、0.150mm 以下である必要があります。ドリル ホールは、基板レベル リフローの間はんだのホールを通じたウイッキングを防止する平面を設計するために差し込まれ、平坦化されます。

## 信号ライン間隔と配線幅

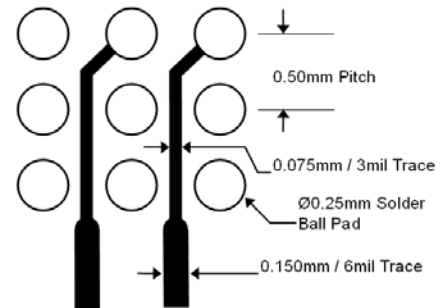
エスケープ ルーティングを実行する能力は、配線間に必要な配線幅と最小面積により定義されます。0.5mm ピッチ デバイスでは、配線幅は 0.075mm 以上でなければなりません。SMT ランド パッド間、またはビア キャプチャ パッド経由では、1 つのみの配線をルーティングすることができます。推奨のライン間隔と配線幅を [図 9](#) に示します。

図 9. 信号ライン間隔と配線幅



0.075mm の配線は、配線面積が制限される BGA の実装面積のみに使用しなければなりません。製造可能性を向上してより良い生産を確保するために、ネックダウン配線を使用することもできます。配線が BGA ランド パッドに至った後、[図 10](#) に示すように、標準配線と空間幾何学を再度利用します。

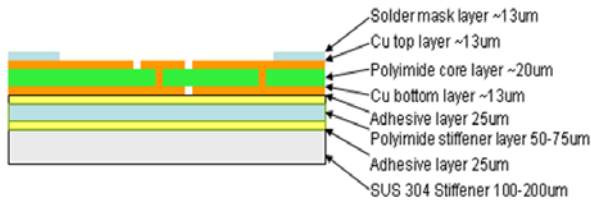
図 10. ネックダウン配線



## FPC 用補剛材

ステンレス鋼 (SUS304) は、FPC アプリケーションで BGA パッケージの熱疲労強度と機械的強度を強化するために推奨される補剛材です。しかし、リフロー プロセスを評価し、SUS304 補剛材の反りは、はんだ接合部に悪い影響を与えるか判定しなければなりません。静電容量センシング アプリケーションに金属の補剛材を使用する時、補剛材の追加寄生容量を検討しなければなりません。

図 11. 標準 FPC 構造



FPC レイアウトの設計ルールとレビューについては、[サイプレス カスタム サポート](#)にお問い合わせください。

## BGA の SMT ガイドライン

サイプレスの SMT ガイドラインに従って、BGA の SMT アセンブリ プロセスの各段階では、最高の可能な生産、性能、および信頼性を達成することができます。

- 型板の設計
- はんだペースト
- パッケージ配置
- リフロー
- 枕不良
- アンダーフィル
- SMT 再加工
- コンポーネント交換

### 型板の設計

すべてのアセンブリについては、IPC-7525 型板設計ガイドラインの標準を参照してください。はんだペースト 印刷品質が高くなるために、高品質の型板を使う必要があります。型板の厚さは、PCB ランド パッドに沈着されたはんだペースト量を決めます。ペーストが多すぎると、リフロー中にはんだブリッジが発生し、ペーストが少なすぎると、接続不要や切断が発生します。ケミカル エッチド型板の代わりにレーザーカット型板や電鍍型板を使ってより優れたはんだ型板の性能を達成することができます。

はんだの高さの平衡を失うことを防止するために、はんだ型板の隙間は、BGA アレイ内のすべてのランド パッドと同様である必要があります。はんだペーストの注入が処理しやすいデザインを使用するのは最適です。これが可能になるために、BCP ランド パッドと開口の大きさ/ピッチの比率が 1:1 です。BGA の標準型板は、丸い開口で設計されていますが、ペースト開放が良くなるために直角の開口にすることをお勧めします。ペーストの開放を改善するために、先端の開口が基部の開口より細い正のテーパ (5°角度) を使用することができます。また、はんだ直径と型板の厚さ間の比率を最低 3:1 に維持し、より大きな開口を設計すると印刷品質は改善されます。例えば、最小開口が 0.006 インチなら、型板の厚さは 0.018 インチにする必要があります。ランド パッドの周囲のはんだマスクへの少量のペーストの印刷は、生産や信頼性を減少しません。

ペーストの印刷が一致になるために、型板を周期的に清掃する必要があります。手で清掃すると、型板がへこんで、ペースト印刷の品質が低下することがあるため、手動での清掃をしないでください。

### はんだペースト

はんだペーストの印刷プロセスは、型板の上にはんだペーストをはめ込むことによりそれを PCB/FPC に移します。スクリーンの印刷の間、型板の底面の自動清掃を周期的に行うことをお勧めします。これにより、はんだペーストの体積の均一性とリリースが改善されます。

はんだペーストの体積を最大限使用することで、BGA での可能なデバイス スタンドオフ高さを最大限にしながら BGA デバイスを PCB/FPC に実装する必要があります。はんだペーストの体積は、完全にした基板の品質と信頼性の最善の予測因子です。パッケージの配置の前に、全体的検査を行ってのはんだの体積の均一性を確認します。

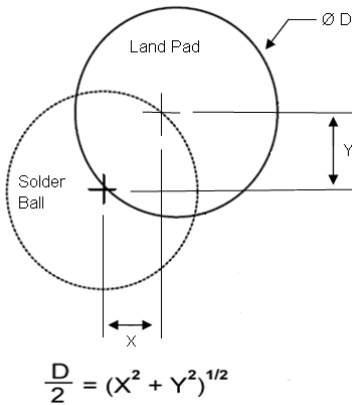
はんだペーストをアクティブまたは酸系フラックスと併用しないでください。これらのフラックスからの残留物は、除去し難いもので、実装された BGA パッケージの下の低間隔により時間とともにのはんだ接合部を退化させることがあります。

### パッケージの配置

パッケージ内の薄い構造に傷害を与えないように、ピックアンドプレース式装着機を BGA デバイスの配置に使用する時、適切なセットアップとプロセス制御が必要です。標準の面実装用配置装置は、コンポーネントの光学的認識と位置付けを担当するビジョン システム、またはコンポーネントを物理的に整列するメカニカル システムを使用します。はんだリフローの間、BGA パッケージが自己整合可能であるため、どのシステムでも可能です。

ハーフ オン パッドは、[図 12](#) に示すように、はんだボールの 50%以上が PCB/FPC ランド パッドと整合になるように配置制度を定義するルールです。

図 12: ハーフ オン パッドのルール



ピックアッププレース式装着機でのデバイスの配置用高さ (Z) を調整することにより、デバイスのはんだペーストへのオーパーライドを防止します。最適な高さは、印刷されたはんだペーストの半分です。基板の平坦度 (共平面性) を維持することは Z 高さを制御下にするのに重要です。FPC などの薄い基板技術は、多くの注意点が重要です。

## リフロー

サイプレス BGA デバイスは、はんだボールの構成物が多いです。例えば、このパッケージは、ハンドヘルド アプリケーションのために設計される場合、はんだボールの構成物は SAC105 である可能性が最も高いですが、ネットワーク装置のために設計される場合、はんだボールの構成物は SAC305 と SAC405 のいずれかです。サイプレスは、表 2 に示すように、非鉛フリーはんだボールのあるレガシー デバイスもいくつか提供します。実際のはんだボールの構成物を判定するために、関連のパッケージ材料宣言書を参照するか、またはサイプレス カスタマ サポートに問い合わせることをお勧めします

リフロー ファーネスは、酸素含有量が 50ppm 未満の窒素パッケージを備える必要があります。

実際のリフロー温度は、ファーネス内の熱負荷の効果測定に依存します。他のファクタは、基板に搭載されるコンポーネントの複雑さ、基板のサイズと厚さです。

鉛フリーのはんだの場合、リフローのプロファイルは重要です。SAC305、SAC405 はんだは、217 °C 未満で溶けます。その結果として、はんだ接合部で測定するリフローのピーク 温度は、融解温度より 15~20°C 高いでなければなりません。はんだボールの融解温度の詳細については、表 2 を参照してください。

リフロー温度が認証温度より高いことにより、パッケージの層間剥離が発生することもあります。

BGA パッケージは、水分による圧力の影響を受けやすいです。基板レベルのリフロー中の障害を回避するために、IPC/JEDEC J-STD-020D.1 に記載されるガイドラインに従ってください。

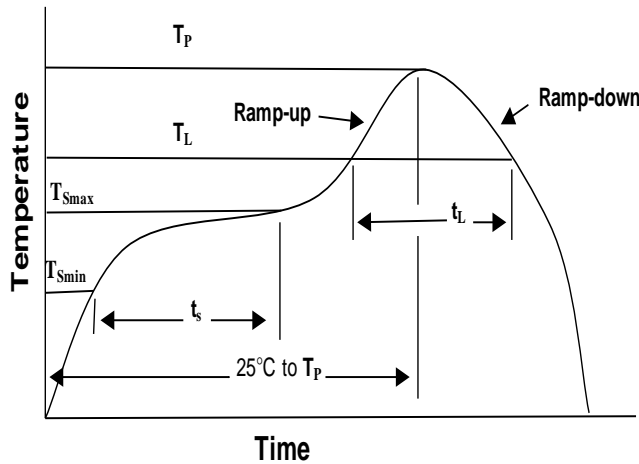
推奨リフロー プロファイル パラメーターについては、はんだのメーカーにお問い合わせください。

サイプレスの鉛フリーBGA デバイスは 260°C のリフロー、耐湿レベル 3 で認証されています。サイプレスの非鉛フリーBGA デバイスは BGA デバイスは、はんだリフロー温度 220°C、耐湿レベル 3 で認証されています。ユーザー用の最高温度プロファイルと重要なリフロー パラメーターは、表 5 と図 13 に示します。

表 5: リフロー プロファイル (JEDEC J-STD-020D.1 による)

工程段階		鉛フリーはんだ	非鉛フリーはんだ (錫-鉛の共晶)
予熱	最低温度 (T <sub>Smin</sub> )	150°C	100°C
	最高温度 (T <sub>Smax</sub> )	200°C	150°C
	期間 (t <sub>s</sub> ) (T <sub>Smin</sub> ~ T <sub>Smax</sub> )	60 秒 ~ 120 秒	60 秒 ~ 120 秒
リフロー	アンプアップ レート (T <sub>L</sub> ~ T <sub>P</sub> )	3°C/秒 (max)	3 °C/秒 max
	液相温度 (T <sub>L</sub> )	217°C	183°C
	時間 (t <sub>L</sub> )	60 秒 ~ 150 秒	60 秒 ~ 150 秒
ピーク温度 (T <sub>P</sub> )		表 8 を参照	表 7 を参照
ピーク温度 -5°C ~ ピーク温度 +5°C の範囲内に停滞する時間 (T <sub>P</sub> )		30 秒	20 秒
ランブダウン レート (T <sub>P</sub> ~ T <sub>L</sub> )		6°C/秒 (max)	6°C/秒 (max)
25°C 時からピーク温度になるまでの時間 (T <sub>P</sub> )		8 分 (max)	6 分 (max)
最大のリフロー サイクル数		3	3

図 13. リフロー温度プロファイル

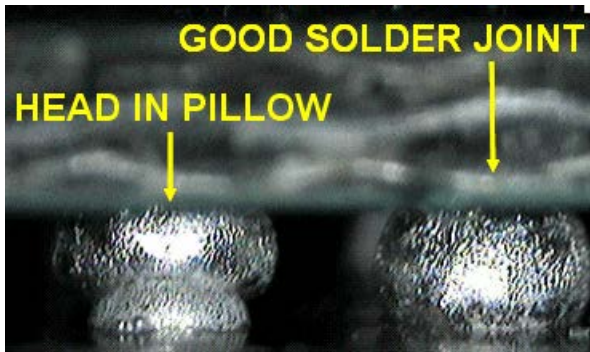


PCB ランド パッド上のすべてののはんだペーストが BGA のはんだボールと接合すれば、品質の良いはんだ接合部は形成されます。接合部の表面は滑らかで対称形状でなければなりません。リフロー プロファイルを正しく調整しない場合、リフローの後、はんだ接合部に隙間が存在することもあります。

X 線を使ってブリッジ、開口、隙間などの融合不良を監視することなどはんだ接合部の検査を行うことができます。

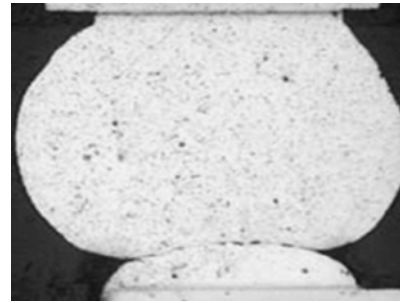
### 枕不良

図 14. ポスト リフローはんだ接合部



枕不良は、はんだペーストが PCB ランド パッドを湿らしますが、BGA はんだボールを完全に湿らさない融合不良です。ランドパッドと BGA はんだボール間では機械的接触を実現しますが、図 15 に示すように、はんだ接合部は冶金レベルで形成されません。

図 15. 枕不良の断面図

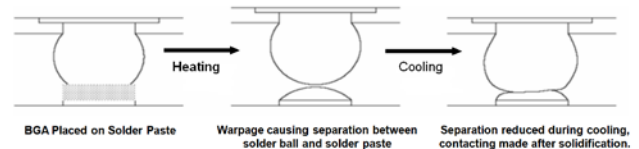


はんだ接合の強度が不足のため、枕不良のあるコンポーネントは、非常に小さい機械的または熱応力で離れる場合があります。残念ながら、この不良は常に、機能的試験中ではなく、アセンブリが物理的や熱応力を受けた後に動作中に発生します。

枕不良は、以下の一連のイベントにより生じます。

1. ピックアンドプレース操作の間、BGA はんだボールははんだペーストに押圧される
2. 加熱が始まると、BGA および/または PCB は、柔らかくなったり曲がったりする
3. 反りの結果として、BGA のはんだボールは、はんだペーストから離れる
4. 保護されないはんだボールはその後、新しい酸化層を形成
5. 加熱が続くと、反りが平坦になって、はんだボールがはんだペーストに再び接触する可能性がある
6. はんだ付け処理が液相段階まで進んだ時、フラックスの活性化の度合いが不足で新たな酸化層を破壊することは不可
7. 結果として、図 16 に示すように、枕不良が発生

図 16. 枕不良故障メカニズム



枕不良を防止するいくつかの要因があります：

1. BGA コンポーネントと PCB ストレージの状態
  - BGA と PCB が吸湿する場合、リフロー中の反りはより深刻になります。吸湿は問題になる場合、メーカーの推奨に応じて PCB を乾燥し、本資料の **パッケージ、配送、および SMT 中の BGA 処理** セクションに説明する BGA 要件に従ってください。



2. はんだペーストの体積を均一にし、最大限にするために印刷パラメーターを最適化

- 印刷速度を 25mm/秒に減速します。
- 圧力を 10 キロに増やします。
- 分離速度を 0.75mm/秒に減速します。
- 型板清掃を適切に行います。
- ペースト印刷品質を理解するために、ペーストの体積に応じる工程能力の計算 (CPK) を実施します。

3. はんだペーストの選択

- はんだペーストは、枕不良を発生させる主な要因である可能性があります。強化された酸化バリア、長寿命、および優れた湿潤性能を持っているはんだペーストを選択します。
- エレクトロニクス産業は現在、ハロゲンフリーを目指しています。ハロゲンをはんだペースト フラックスに使用すると、信頼性を下げることなく、アクティビティを強化します。ハロゲンフリーのペーストを使用すると、リフロー プロファイルは、メーカーによるはんだペーストのガイドラインに従わなければならない、リフロー中に窒素パーズも実装する必要があります。
- 枕不良の制限に関しては、不清潔なはんだペーストは通常、水溶性のペーストより良い結果をもたらします。不清潔の化学物質は一般的に松脂から抽出された材料 (ロウジン) です。水溶性ペーストには他の化学物質が含まれており、再酸化を防止するのにロウジンと同様に有効ではなく、細長いリフロープロファイルでうまく維持されません。

4. はんだペーストの処理

- はんだペーストを 0°C~10°C の範囲内で冷却ストレージすると、それが最高の品質を達成します。材料は受け入れる時にストレージに置く必要があります。使用可能期間を長くするために、はんだペーストを室温 (19°C~25°C) で保管しないでください。
- 使用する前に、はんだペーストを室温にする必要があります。通常、パッケージに応じてこのことは 3~4 時間かかります。
- はんだペーストの印刷では、プリンター内の温度を 22°C~29°C の範囲内に維持し、相対湿度を 40%~60%にするのが最適です。

5. 型板の設計

- 型板をレーザーカットで形成する必要があります。

- 型板の厚さは 0.005~0.006 インチである必要があります。
- 標準の型板の開口の PBD ランド パッド パターンとの比率は、1:1 である必要があります。はんだペースト フラックスの活動に応じて、開口は、SMT リフロー中にはんだボール上に作成された酸化膜を壊すために拡大する必要があります。25%拡大は、ブリッジを発生させないと、許可されます。

6. ピックアンドプレースのプロセスを確認

- 位置付けと押圧は十分であり、よってデバイスが PBC に搭載した後に 傾斜形にならないことを確認します。

7. リフロー プロセスを最適化

- リフロー プロファイル パラメーターは、枕不良に大きな影響を与えます。理想的な状態は、基板に搭載されたすべてのコンポーネントが同時にリフローする状態です。しかし、リフロー中の PCB では、基板上の様々なコンポーネント間、と 1 つのコンポーネント内では、いくつかの温度の差が発生します。BGA の両面間では、温度デルタがある場合、1 面は他方より速くリフローして、その結果として BGA が傾きます。この場合、はんだペーストから離れたボール上には酸化物質が増えます。パッケージは、ペーストにより平坦に復元されるため、はんだボールを湿らします。後ろに引っ張られる速度は、ペーストの湿潤力に依存します。枕不良は、はんだボールの表面上の酸化物質を制限するためのフラックスが十分でない領域に多く生じます。
- リフロー ファーネスは、酸素含有量が 50ppm 未満の窒素空気を有する必要があります。リフロー時、窒素パーズを使用すると、はんだボール表面酸化を防止するのに大きい影響を与えます。
- リフロー プロファイルの条件がメーカーの BGA パッケージのはんだペースト関連推奨事項を満たすことを確保します。
- 高速ランプレートは、はんだペーストスランピングを増加させます。
- 線形ランプ プロファイルは液相温度に達する前に、フラックス活性の減衰を防止します。予熱時間が長くなるとフラックス活性は制限されます。予熱やプロファイルのソーク段階の間、酸化が発生します。
- ピーク温度が可能な限り低くなり、TAL が可能な限り短縮することを確保します。TAL が融解されたはんだの表面で形成される酸化物質の量に影響する反りの程度に影響を与えます。

## アンダーフィル

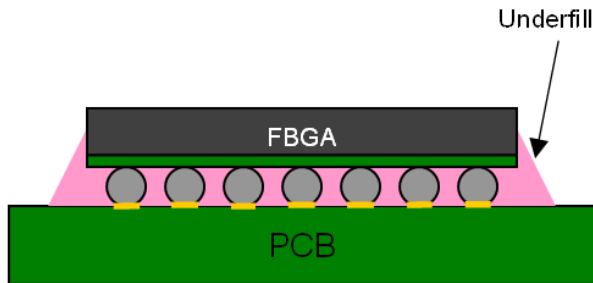
アンダーフィルは通常、基板レベルで使用されません。しかし、いくつかのアプリケーションでは、機械応力により、基板レベルのはんだ接合部には早期の故障が発生します。これらの故障は常に、BGA パッケージと基板間の CTE ミスマッチに起因します。

アンダーフィルを使用すると、はんだ接合部がカプセル化され、BGA パッケージと基板間の CTE ミスマッチも減少されます。アンダーフィルの使用により、SMT アサンプリの信頼性の故障を発生させる不要な水分、イオン汚染、放射線、はんだポンプ押し出し、熱的や機械的衝撃、振動からはんだ接合部が保護されます。

多くの場合、アンダーフィルは、製造工程およびコストを増やすため、望ましくないものです。しかし、製品の信頼性の大幅な改善は、これらの負因子を相殺します。

アンダーフィル タイプとメーカーに応じて、性能が大幅に違います。実際の DOE から派生されて最適化されたアンダーフィル材料の使用を強くお勧めします。アンダーフィル材料の選択を確認し、勧告します。サイプレス カスタマ サポートに問い合わせてください。

図 17. アンダーフィルを使って PCB に搭載された BGA



### 堅固な多層 FR4 PCB

アンダーフィルは、落下と曲がった時の試験の下、および熱サイクルの下のはんだ接合部の性能の信頼性が問題になるハンドヘルド (携帯電話、PDA)、車載用、および軍用アプリケーションに使用するサイプレスの BGA に使用することをお勧めします。

### フレキシブル プリント回路

アンダーフィルは、アプリケーションに関わらず FPC に実装される BGA に必要です。

### SMT の再加工

機械的 ESD 破損を防止するために、BGA デバイスの再加工時に制御と認定プロセスを適用します。

再加工をしようとする前に、アセンブリには、基板と他のコンポーネントを損なう水分がないことを確保する必要があります。

アンダーフィルを使ったコンポーネントの再加工の可能性は、アンダーフィルの特性に依存します。市場には、熱と適切な清掃により再加工することができるアンダーフィルが販売されています。

コンポーネントの除去プロセス用の正確な熱プロファイルを確立する必要があります。これにより、コンポーネントと PCB の最大温度と期間を判定します。除去する必要がある各基板と各コンポーネントに専用プロファイルを作成する必要があります。標準プロファイルは、鉛フリーはんだでは、235°C ~ 250°C 範囲内のピーク温度を最大 30 秒の間提供し、非鉛フリーはんだでは、210°C ~ 220°C 範囲内のピーク温度を最大 30 秒の間提供します。最適な方法としては、推奨のプロファイルを確立するために、装置のメーカーとペーストのメーカーと相談します。

コンポーネントと基板が過熱しなく、すべてのはんだボールが除去の前にリフローされることを確認することは重要です。

PCB を最低 85°C アセンブリに予熱することをお勧めします。この対応の利点は以下の通りです。

- 再加工ヘッドを使う時に加熱時間を短縮
- 熱膨張が制限されて、温度のベースラインをリフロー温度の近くにす
- 処理中の PCB 反りを制限
- 周囲のコンポーネント間のはんだ接触の発生というリスクが少ない

装置とツールに関して、真空吸引機能を備えたハンドヘルドと自動加熱ガスの再加工システムは、BGA 除去のために開発されました。ほとんどの再加工システムは、熱気を利用して BGA デバイスを内部で加熱し、IR を利用して PCB を内部で加熱します。これにより、BGA 除去のために、同時にはんだ接合部をリフローします。

基板から除去された BGA を利用することは推奨されません。BGA をリボール処理することができますが、信頼性関連問題によりサイプレス BGA の使用をお勧めしません。

### コンポーネントの交換

表面汚染を除去するために、コンポーネントを配置する前に、溶剤で再加工場所を清掃します。はんだペースト/フラックスアプリケーションの場合、幅がこの型板と同じスキージー付き小型の型板を使用します。50 倍 ~ 100 倍までの顕微鏡で開口をはんだパッドと整合します。配置装置を使って X、Y と回転軸で微調整を行えるのは重要です。

メーカーのはんだペースト関連推奨事項に従ってリフロー プロファイルを確立し、最大温度がパッケージ品質保証レベルを超えないことを確認してください。初期の配置と再加工に開発されたリフロー プロファイルを使用することができます。3 段階 (ランプアップ、ホールド、ランプダウン) プロファイルにより、この領域に渡った温度分布が少なくなることもあります。

## サイプレス BGA 信頼性テスト データ

### コンポーネント レベル信頼性試験

サイプレスは、内部仕様 25-00112 に応じてすべてのコンポーネント レベルの信頼性試験を行います。サイプレス品質保証手順と要件は、JEDEC/IPC と MIL-STD-883 などの多くの業界標準に準拠しています。

コンポーネント レベルの信頼性試験の主な圧力試験を表 6 に示します。

表 6. BGA 認定圧力試験

テスト方法	テスト条件	MSL	期間
条件 C 時の温度サイクル	-65°C ~ +150°C	MSL 3	500 サイクル
条件 B 時の温度サイクル	-55°C ~ +125°C	MSL 3	1000 サイクル
HAST	130°C/85% RH	MSL 3	128 時間
プレッシャークッカー試験	121°C/100% RH	MSL 3	168 時間
高温保存寿命試験	150°C	該当なし	1000 時間

サイプレスの専用 BGA の詳細品質レポートについては、[www.cypress.com](http://www.cypress.com) からオンラインで使用可能で、または最寄りのサイプレスの販売代理店にお問い合わせください。

### 基板レベル信頼性試験

BGA デバイスの基板レベルの信頼性は、基板の材料、設計パラメーター、厚さから大きな影響を受けます。

通常、BGA パッケージ デバイスは、堅固な PCB でアセンブルされると、信頼性が高いです。BGA パッケージを PCB の上に搭載する時に配分されたはんだペーストの体積は、パッケージのスタンドオフ高さを適切にし、BGA パッケージのはんだ接合部を許容範囲内にするのに重要です。これにより、基板レベルの信頼性が改善されます。

FPC 上の BGA 製品の信頼性は、業界でよく知られていません。しかし、FPC 構造と SMT プロセスを最適化する時、携帯電話などの標準ハンドヘルド製品のアプリケーション要件を満たすために性能が十分になることがあります。SUS304 ステンレス鋼の補剛材を使用して FPC 上に実装された BGA デバイスの機械的強度を改善します。

詳細情報は、最寄りのサイプレスの販売代理店にお問い合わせください。

## パッケージの熱抵抗

サイプレスの各 BGA 製品の熱抵抗の一覧を関連デバイス データシートに記載します。

熱抵抗の標準シミュレーション条件により、製品のアプリケーションに応じて、デバイスを 2 層か 4 層の PCB に搭載する必要があります。

接合部 ~ 周囲の熱抵抗  $\Theta_{JA}$  は、JEDEC EIA/JESD51-2 に応じて、そのパッケージ内のダイと PCB や FPC に搭載されたパッケージの周囲の空気の熱抵抗を示します。

## パッケージ、配送、および SMT 中の BGA 処理

コンポーネントの耐湿レベル (MSL) は、元封容器を開けた後のコンポーネントのフロアライフとストレージ条件を示します。サイプレスのすべての BGA 製品は、MSL3 として分類され、JEDEC 準拠 J-STD-020 に応じて表 7 と表 8 に示すリフローピーク温度に対応します。

表 7. 非鉛フリー共晶プロセス – ピーク温度の分類

パッケージの厚さ (mm)	体積 (mm <sup>3</sup> )	
	< 350	≥ 350
< 2.5	235°C	220°C
≥ 2.5	220°C	220°C

表 8. 鉛フリー プロセス – ピーク温度の分類

パッケージの厚さ (mm)	体積 (mm <sup>3</sup> )		
	< 350	350 – 2000	> 2000
< 1.6	260°C	260°C	260°C
1.6 – 2.5	260°C	250°C	245°C
> 2.5	250°C	245°C	245°C

注: すべての温度は、パッケージ本体の表面で測定され、パッケージの最上面の温度を示します。

パッケージの乾燥プロセス中に IPC/JEDEC J-STD-033 の要件に応じて 5%、10%、60%レベルの湿度表示カードを使用する必要があります。カードのスポットがピンク色になって相対湿度が 10%であることを示すと、各ユニットを乾燥します。

密封容器内の保存可能期間は、温度が 40°C 未満で、相対湿度が 90%未満の場合、密封日からは 12 ヶ月です。容器を開けた後、はんだリフローや他の高温プロセスの対象とするデバイスに対して以下のように対応します。

- 温度 30°C 以下、相対湿度が 60%RH 以下の環境で露出される場合、1 年間以内に基板に搭載
  - 10%RH 以下の湿度で保管
- これらの条件のいずれかを適用する場合、基板に搭載する前デバイスを乾燥する必要があります。
- 湿度表示カードが 23°C+/-5°C の時に読み出す場合、10%以上です。
  - 30°C/60%RH 以下の環境で保管されている場合、1 年間以内に基板に搭載しない
  - 10%RH 以下の湿度で保管しない

乾燥が必要な場合、デバイスを 125°C+5/-0°C で 12 時間の間乾燥しなければなりません。低格温度 125 °C 以上の耐熱乾燥トレイを使用します。

基板レベルでのアセンブリの後、水分はパッケージの底面のはんだボール間に入ったことがあります。これにより、ピン間の信号漏れが発生することがあります。これを回避するために、特別な注意をしてください。

## 参考資料

1. Amkor 技術 BGA パッケージの面実装アセンブリのアプリケーション ノート – Amkor 技術、1999 年 9 月  
<http://www.amkor.com/index.cfm?objectid=A136555A-C286-2A98-A0CC7ACF6025BDAC>
2. 第 17 章: プリント回路ハンドブック (McGraw Hill Handbooks) – Sixth Edition, Darwin Edwards, Clyde F. Coombs, Jr., 2008
3. BGA 枕不良 – ワールドワイドな AIM 製造と配分  
<http://www.aimsolder.com/Portals/0/PDFs/technical/Head-in-pillow%20BGA%20defects.pdf>
4. エレクトロニクス アセンブリ時の枕不良チャレンジに対応 – Scalzo Mario, APEX 2010,  
[http://www.ipcoutcome.org/pdf/challenge\\_head\\_in\\_pillow\\_defects\\_ipc.pdf](http://www.ipcoutcome.org/pdf/challenge_head_in_pillow_defects_ipc.pdf)
5. サイプレス MoBL® デュアル ポート 100 ボール VFBGA プリント回路基板 (PCB) レイアウト ガイドライン - An5093. <http://www.cypress.com/?docID=28906>
6. EZ-USB® FX2LP™/FX2LP18 56 ボール BGA のプリント基板レイアウト ガイドライン- AN43841.  
<http://www.cypress.com/?docID=25208>

## 変更履歴

文書名: サイプレスのボール グリッド アレイ (BGA) パッケージ デバイスの設計ガイド – AN79938

文書番号: 001-96373

版	ECN 番号	変更者	発行日	変更内容
**	4669764	HZEN	03/25/2015	これは英語版 001-79938 Rev. *C を翻訳した日本語版 001-96373 Rev. **です。

## ワールドワイドな販売と設計サポート

サイプレスは、事業所、ソリューション センター、メーカー代理店、および販売代理店の世界的なネットワークを保持しています。お客様の最寄りのオフィスについては、[サイプレスのロケーション](#) ページをご覧ください。

### 製品

車載	<a href="http://cypress.com/go/automotive">cypress.com/go/automotive</a>
クロック&バッファ	<a href="http://cypress.com/go/clocks">cypress.com/go/clocks</a>
インターフェース	<a href="http://cypress.com/go/interface">cypress.com/go/interface</a>
照明&電源管理	<a href="http://cypress.com/go/powerpsoc">cypress.com/go/powerpsoc</a> <a href="http://cypress.com/go/plc">cypress.com/go/plc</a>
メモリ	<a href="http://cypress.com/go/memory">cypress.com/go/memory</a>
PSoC	<a href="http://cypress.com/go/psoc">cypress.com/go/psoc</a>
タッチ センシング	<a href="http://cypress.com/go/touch">cypress.com/go/touch</a>
USB コントローラー	<a href="http://cypress.com/go/usb">cypress.com/go/usb</a>
無線/RF	<a href="http://cypress.com/go/wireless">cypress.com/go/wireless</a>

### PSoC<sup>®</sup>ソリューション

[psoc.cypress.com/solutions](http://psoc.cypress.com/solutions)  
PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP

### サイプレス開発者コミュニティ

[コミュニティ](#) | [フォーラム](#) | [ブログ](#) | [ビデオ](#) | [トレーニング](#)

### テクニカル サポート

[cypress.com/go/support](http://cypress.com/go/support)

PSoC は、サイプレス セミコンダクタ社の登録商標です。本書で言及するその他すべての商標または登録商標は、各社の所有物です。

	Cypress Semiconductor 198 Champion Court San Jose, CA 95134-1709	Phone : 408-943-2600 Fax : 408-943-4730 Website : <a href="http://www.cypress.com">www.cypress.com</a>
---	--	--

© Cypress Semiconductor Corporation, 2012-2015. 本文書に記載される情報は予告なく変更される場合があります。Cypress Semiconductor Corporation (サイプレス セミコンダクタ社) は、サイプレス製品に組み込まれた回路以外のいかなる回路を使用することに対して一切の責任を負いません。サイプレス セミコンダクタ社は、特許またはその他の権利に基づくライセンスを譲渡することも、または含意することはありません。サイプレス製品は、サイプレスとの書面による合意に基づくものでない限り、医療、生命維持、救命、重要な管理、または安全の用途のために使用することを保証するものではなく、また使用することを意図したものではありません。さらにサイプレスは、誤動作や誤りによって使用者に重大な傷害をもたらすことが合理的に予想される生命維持システムの重要なコンポーネントとしてサイプレス製品を使用することを許可していません。生命維持システムの用途にサイプレス製品を供することは、製造者がそのような使用におけるあらゆるリスクを負うことを意味し、その結果サイプレスはあらゆる責任を免除されることを意味します。

このソースコード (ソフトウェアおよび/またはファームウェア) はサイプレス セミコンダクタ社 (以下「サイプレス」) が所有し、全世界の特許権保護 (米国およびその他の国)、米国の著作権法ならびに国際協定の条項により保護され、かつそれらに従います。サイプレスが本書面によりライセンスに付与するライセンスは、個人的、非独占的かつ譲渡不能のライセンスであり、適用される契約で指定されたサイプレスの集積回路と併用されるライセンスの製品のみをサポートするカスタム ソフトウェアおよび/またはカスタム ファームウェアを作成する目的に限って、サイプレスのソース コードの派生著作物をコピー、使用、変更そして作成するためのライセンス、ならびにサイプレスのソース コードおよび派生著作物をコンパイルするためのライセンスです。上記で指定された場合を除き、サイプレスの書面による明示的な許可なくして本ソース コードを複製、変更、変換、コンパイル、または表示することはすべて禁止します。

免責条項: サイプレスは、明示的または黙示的を問わず、本資料に関するいかなる種類の保証も行いません。これには、商品性または特定目的への適合性の黙示的な保証が含まれますが、これに限定されません。サイプレスは、本文書に記載される資料に対して今後予告なく変更を加える権利を留保します。サイプレスは、本文書に記載されるいかなる製品または回路を適用または使用したことによって生ずるいかなる責任も負いません。サイプレスは、誤動作や故障によって使用者に重大な傷害をもたらすことが合理的に予想される生命維持システムの重要なコンポーネントとしてサイプレス製品を使用することを許可していません。生命維持システムの用途にサイプレス製品を供することは、製造者がそのような使用におけるあらゆるリスクを負うことを意味し、その結果サイプレスはあらゆる責任を免除されることを意味します。

ソフトウェアの使用は、適用されるサイプレス ソフトウェア ライセンス契約によって制限され、かつ制約される場合があります。