



XAPP426 (v1.0) 2002 年 12 月 9 日

ザイリンクス フリップ チップ BGA パッケージのインプリメント

概要

フリップ チップ BGA パッケージはザイリンクスの高性能 FPGA デバイスに対応した最新のパッケージです。従来は、回路面を上に向けて取り付け、ワイヤで接続していましたが、フリップ チップ BGA の半田バンプ付きダイは回路面を下に向けて取り付け、伝導性のあるバンプをラミネート基板上的対応する金属パッドに直接接続します。

はじめに

ザイリンクスのフリップ チップ パッケージは高密度の多層有機ラミネート基板上に構成されます。次の図 1 はパッケージ構造を示す断面図です。

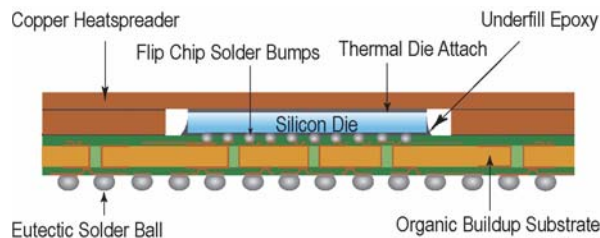


図 1: パッケージ構造

フリップ チップ BGA パッケージは主に高性能な製品に使用されるため、コストの面からも、このパッケージのインプリメンテーションについて十分に理解することが重要です。

このアプリケーション ノートでは、ボード デザイン ルールのガイドラインを示し、アセンブリ パラメータ、再実装の工程および熱管理について説明します。

推奨される PCB デザイン ルール

ザイリンクス BGA パッケージでは、ボードに NSMD (非半田マスク定義) パッドを使用することをお奨めします。このパッドでは、図 2 に示すようにランド金属 (直径 L) と半田マスク開口径 (直径 M) の

© 2002 Xilinx, Inc. All rights reserved. すべての Xilinx の商標、登録商標、特許、免責条項は、<http://www.xilinx.com/legal.htm> にリストされています。他のすべての商標および登録商標は、それぞれの所有者が所有しています。すべての仕様は通知なしに変更される可能性があります。

保証否認の通知: Xilinx ではデザイン、コード、その他の情報を「現状有姿の状態」で提供しています。この特徴、アプリケーションまたは規格の一実施例としてデザイン、コード、その他の情報を提供しておりますが、Xilinx はこの実施例が権利侵害のクレームを全く受けないということを表明するものではありません。お客様がご自分で実装される場合には、必要な権利の許諾を受ける責任があります。Xilinx は、実装の妥当性に関するいかなる保証を行なうものではありません。この保証否認の対象となる保証には、権利侵害のクレームを受けないことの保証または表明、および市場性や特定の目的に対する適合性についての黙示的な保証も含まれます。

間に隙間ができます。NSMD パッドと半田マスクの間隔、および実際の信号トレース幅は PCB ベンダーによって異なります。ライン幅、および間隔が狭くなると、PCB のコストが高くなります。

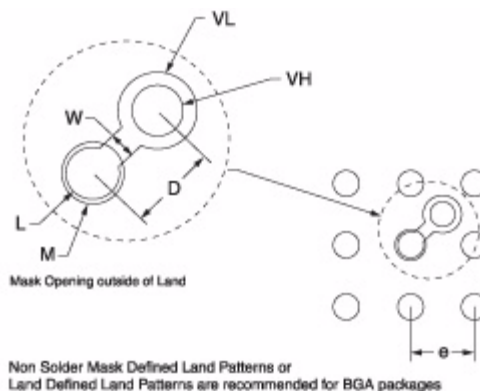


図 2: BGA パッケージの半田付けパッドに推奨されるボード レイアウト

表 1: 推奨される PCB デザイン ルール

	1.00 mm ピッチ パッケージ	1.27 mm ピッチ パッケージ
コンポーネントのランド パッド径 (SMD) ⁽²⁾	0.48	0.61
半田ランド (L) 径	0.45	0.56
半田マスク (M) の開口径	0.55	0.66
ビアとランド間のライン幅 (w)	0.13	0.203
ビアとランドの距離 (D)	0.70	0.90
ビア ランド径 (VL)	0.61	0.65
スルー ホール (VH) 径	0.300	0.356

メモ :

- 1つのランドパッドとビアの接続を示すため、図では、3x3のマトリックスを使用しています。
- コンポーネントのランドパッド径とは、コンポーネント面のパッドの開口径(半田マスク定義)を指します。

フリップ チップ BGA のアセンブル

ザイリンクス フリップ チップ BGA は、JEDEC 本体サイズおよびフットプリント標準に準拠していません。これらのパッケージは、プラスチック表面実装コンポーネント (PSMC) の EIA 吸湿性分類に従っています。また、標準的な表面実装アセンブリ工程は、若干、高温を想定して実行する必要があります。

その他の SMT コンポーネントと同様、フリップ チップ BGA アセンブリ工程にはスクリーン印刷、半田リフロー、リフロー後の洗浄という過程があります。PCB 上にフリップ チップ BGA をアセンブルする方法についてのガイドラインを、次に示します。

スクリーン印刷機パラメータ

次はスクリーン印刷工程に使用したパラメータの例です。これらは、必ずしも最適化されたパラメータではない点に留意してください。最適なパラメータは使用するアプリケーションと設定によって異なります。

- 装置 : MPM Ultraprint 2000
- スキージ タイプ : メタル
- スキージ角度 : 45°
- スキージ圧力 : 24 lbs/sq. in.

- スキージ速度 : 0.7 in/sec
- 印刷サイクル : 1 方向
- ステンシル スナップオフ : 0.10 インチ
- ステンシル リフトオフ速度 : 低速

スクリーン印刷工程パラメータ

- 半田ペースト : Alpha Metals WS609 (水溶性)
- ステンシル開口 : 直径 0.0177 インチ
- ステンシル厚さ : 0.006 インチ
- ステンシル開口製造 : レーザ カット

洗浄不要または水溶性の半田ペーストを使用することをお奨めします。洗浄が必要になる場合は、必ず水溶性の半田ペーストを使用してください。

リフロー プロファイル

適切なリフロー結果を得るためには、最適なプロファイルが重要になります。半田ペースト製造メーカーが示しているプロファイルを参考にすることも重要ですが、これらのプロファイルには、一般的な時間/温度の情報のみが示されています。最適なリフローを行うためには、コンポーネントおよびボードの特性から、最高温度と適切な上昇速度を決定します。

コンポーネントの複数の位置 (付録 4 では top、bottom、および corners) で測定された熱電対を使用し、新規ボード デザイン用のプロファイルを作成します。さらに、ボード上に複数のデバイスがある場合は、最低リフロー温度が大規模なコンポーネントのリフロー温度に達していると同時に、小規模で高温に対応していないコンポーネントのしきい値温度を超えていないことを確認するために、ボード上の異なる位置での測定結果を検証する必要があります。最低リフロー温度とは、半田ボールの濡れ性がよく、適切に半田接合を形成する基準となる温度レベルです。

通常、この情報は半田ペースト製造メーカーより提供され、一般には半田の融点より 15-20°C 高くなります。共晶 (Sn63Pb37) 半田の場合は、およそ 200-210°C です。

コンポーネントおよびボードに反りが起こらないようにするため、ボードの温度偏差をできるだけ低く、(10°C 以下に維持) することが非常に重要となります。そのためには、予備加熱の段階で温度の上昇率を低くします。はじめは、1°C/秒の比率で上昇させ、その後は 3°C/秒以下で上昇させます。

また、冷却段階ではコンポーネントの表面と底面サイドの温度偏差を最小にする必要があります。この段階は、リフロー工程で非常に重要であるため、確実に最適化しなくてはなりません。温度の降下率を下げることでアセンブリ率は高くなりますが、金属層間のグレイン サイズが大きくなり、半田接合部分の強度が低くなります。一方、温度の降下率を上げると半田接合グレイン サイズが小さくなり、半田付け部分の強度を高めることができます。ただし、コンポーネントの表面と底面、およびコンポーネントと PCB に温度差が発生するため、フリップチップ BGA のように発熱部分を多くもつ固定したパッケージを急激に冷却すると、クラックやパッケージの反りを引き起こすことがあります。

パッケージの表面と半田接合部分の温度差が最小になるように冷却することが重要になります。冷却段階では、コンポーネントの表面と半田接合部の温度差は 7°C 以下に維持します。この段階は、ボールがまだ完全にはボードに接着されていない非常に重大な段階であり、通常、温度は 180°C から 160°C に下がる時です。冷却部分をいくつか分割し、それぞれを異なる温度で効果的に冷却することで、温度差による問題は解決できます。BGA パッケージ用のリフロー プロファイルについては、付録の 5 に図で示します。

リフロー後の洗浄

現在、ほとんどの PCB 組み立て業者は、リフロー後の洗浄が不要な工程を開発しています。これは、非常に望ましいプロセスです。洗浄が工程の一部として必要な場合は、水溶性のペーストを使用し、Westek Triton III のような洗浄機で 140-145°C の脱イオン水洗浄を行うことをお奨めします。

洗浄液にはヒートスプレッド粘着剤または熱コンパウンドを損傷する化学物質が含まれていることがあるため、洗浄液を使用する方法は推奨していません。洗浄液を使用した場合、ヒートスプレッド粘着剤が剥がれ落ちることがあります。

フリップ チップ BGA のリワーク

通常、フリップ チップ BGA パッケージのデバイスは高性能、高価格であるため、適切な手順に従ってリワークを行う必要があります。

プリベーキング

PC ボードおよび BGA パッケージは湿気に非常に敏感なため、ベーキングを行ってからリワークする必要があります。ベーキングは、125°C で 4 時間以上行うことを推奨しています。

BGA パッケージの取り外し

コンポーネントを取り外すためには、厳密な温度のプロファイルを作成する必要があります。これによって、加熱時間およびコンポーネント/ボードの最高温度を決定します。したがって、プロファイルは各ボードおよび取り外すコンポーネントに対応するようにします。一般的なプロファイルには、最高温度 200-210°C (半田接合点) で、最長 75 秒とありますが、プロファイルの詳細については、製造メーカーにお問い合わせください。

また、183°C を越えた状態でのデルタ時間およびドエル時間を短縮した場合、内部金属の膨張とコントロール ボードの反りを最小にできます。コンポーネントおよびボードを過剰に加熱せず、取り外すコンポーネント上で確実にリフローを行うことも重要です。一般に、ボード全体を最低温度 85°C で予備加熱すると大きな温度差およびボードの反りを防ぐことができます。

使用できる装置およびツールを考慮すると、気体 (有毒ガス) 吸引機能のある自動高熱ガスリワークシステムが適切です。ノズルは、パッケージではなく、半田接合部分に熱が加えられるようにします。過度に加熱すると蓋を接続しているエポキシが軟化し、蓋が剥がれることがあります。再処理プロファイルを使用し (45-60 秒かけて、最高温度 200-210°C まで上昇させる)、上面から加熱するようにします。半田ボールが十分に加熱されたら、吸引ノズル先端部を使用し、コンポーネントを引き離します。コンポーネントが損傷し、蓋が剥がれる可能性があるため、部分的にリフローされたコンポーネントをボードから引き上げないようにしてください。

サイト準備

ボードに付着した余分な半田は、吸引システムまたは半田ウィックを使用して、除去します。半田マスクおよび半田パッドには損傷を与えないようにします。最後に、アルコールを使用し、取り除いた部分にブラシをかけ、ボードが乾燥し、半田付けする部分の表面がきれいになったことを確認します。ボードによって、またはメーカーによって、特別な手順が必要となる場合がありますが、余分な半田は常に除去します。

半田ペースト アプリケーション

半田ペーストをコンポーネント サイトに付けるには、いくつかの方法があります。BGA パッケージ自体を実装前にペーストでスクリーンすることができ、さらに、半田ペーストをサイトに塗布することができます。最後に、あらかじめ錫メッキのサイトにフラックスを塗布できます。

BGA の取り付けとリフロー

次に、コンポーネントを再びボードに取り付けます。コンポーネントが規定時間以上放置されていた場合は、アセンブリの前にベーキングします。コンポーネントをサイトに置き、配置を確認します。コンポーネントを取り外す場合と同様の方法で熱風を使用し、ボールをリフローします。ボードに反りができるような温度変化を避けるため、ボード全体の温度に注意します。PCB は裏面から特定温度 (ボードサイズおよび特性によって決定される) まで加熱することを推奨します。この際の温度は 80-145°C になります。

ボードの裏側から加熱することによって、温度偏差を最小にできます。

さらに、フリップ チップ BGA などの大きな BGA は熱に非常に敏感であるため、熱管理には十分注意する必要があります。温度が急激に変化するとパッケージに反りがでるため、温度偏差を最小限にすることが重要となります。次のような位置間での温度偏差は 7°C 以下にします：角にある半田ボール、パッケージ中央の半田ボール、パッケージ表面。温度勾配を最小にするには、温度上昇速度 (0.5°C/秒) および最高リフロー温度 (半田ボールで 195-200°C) を低くします。また、リフロー プロファイル、ページ 3 に示されているように、最適な冷却を行って、温度偏差を最小にします。

アセンブリ後の処理

パッケージを接続または固定する部品などを PB ボードにアセンブリする場合は、半田接合表面の強度が下がる可能性があるため、ボードに過度の力を加えたり、曲げたりしないように注意します。

熱管理

すべてのパッケージは、気流を利用したり、アクティブアクティブまたはパッシブにヒートシンクを使用するなどして、熱特性を向上させることができます。これは、システムの物理的制約を考慮した 20W の電力超過にも対応できるように設計できる高性能のフリップ チップ パッケージでは特に重要です。

図 3 に、フリップ チップ パッケージにおける熱管理スキームを消費電力別に示します。ファミリの他のパッケージも同様です。

Low End 1 - 6 watts	Bare Pkg with moderate Air 8 - 12°C/Watt	Bare Package. Package may be used with moderate airflow within a system.	
Mid Range 4 - 10 watts	Passive H/S + Air - 5 - 10°C/Watt	Package used with various forms of Passive Heatsinks & Heat spreader techniques.	
High End 8 - 25 watts	Active Heatsink - 2 - 3°C/Watt or better	Package used with Active Heatsinks TEC & Board level Heat spreader techniques.	

図 3: フリップ チップ BGA パッケージの熱管理

中程度の消費電力 (6W 以下) の場合は、パッシブなヒートシンクおよびヒートスプレッドを熱伝導性の両面テープまたはリテーナで取り付けることにより、放熱効果が向上します。

消費電力が 10W 以下の場合、軽量でフィン付きのパッシブな外部ヒートシンクの使用が効果的です。さらに効率のよい外部ヒートシンクの場合、長く、重くなります。応力クラックを引き起こす重いヒートシンクからコンポーネントの接合部を保護するには、実装応力をボードに伝えるスプリング入りのピンまたはクリップを使用してください。対角を延長して直接ボードに接続できるように設計されているヒートシンクもあります。

すべてのフリップ チップ パッケージは、回路面を下にして取り付ける、熱特性の向上した BGA で、上部に金属のヒートシンクが取り付けられています。このような熱特性の高いパッケージに、外部ヒートシンクを (パッシブまたはアクティブに) 取り付けることで、さらに放熱効果を得ることができます。重いヒートシンクを取り付ける場合は、コンポーネントの損傷を防ぐ方策をとる必要があります。

アクティブなヒートシンクには、小さなファンを導入した単純なヒートシンクから、発生した熱をすべて逃がすファン付きのペルチェ熱電クーラー (TEC) などさまざまなものがあります。TEC を逆に装着して使用するとコンポーネントを損傷する原因となるため、TEC を熱管理に使用する場合は、専門家の指示にしたがってください。また、結露が問題となる場合もあります。

パッケージのほかには、パッケージを配置するボードが熱特性に大きく影響します。発生した熱の 80% が BGA ボールからボードに伝わります。ボードの放熱力を活かすように、ボードを設計することもできます。ボードの放熱効果は、大きさと熱の伝わり方によって異なります。ボードの大きさ、ボード上の銅トレースのレベル、埋め込まれている銅層の数により、ボードに実装されているパッケージの接合部と周囲の間の熱抵抗は低下します。

ヒートシンクの取り外し手順

パッケージ上のヒートスプレッドは、ダイを保護し、放熱パスとしての重要な役割を果たします。このヒートスプレッドはエポキシ接着剤を使用し、パッケージに固定します。外付けヒートシンクの蓋接合部に連続的な圧力がかけたり、剪断変形が起こるアプリケーションには、特別なサポートが必要になることがあります。

さらに、外付けヒートシンクを取り外すときに、接合部に張力、トルク、または剪断の影響がある場合は、蓋そのものが外れないように注意します。そのようなときには、金属の刃物またはワイヤを使用して、角からヒートシンクをテコで取り外します。ヒートシンクを持ち上げるために十分なテコの力が加わる長さを差し込みます。ヒートシンクの取り外しに関する詳細は、ヒートシンクおよびヒートシンク接着剤製造メーカーにお問い合わせください。

パッケージ圧力について

表面実装されたフリップ チップ BGA で、蓋に対して通常の状態ですぐかかる圧縮力は、外部ボール 1 つあたりにかかる力が 4.0 グラム以下ではフリップ チップ半田バンプまたは外部ボールに損傷を与えません。またデバイスおよびボードは曲がったり、歪んだりしないようにサポートされています。圧力がこの制限を超えても問題がない場合もありますが、詳しい有限要素解析が必要になります。

PC ボードはそのような圧力の下でも曲折や歪みが発生しないようにサポートされる必要があります。ボードが曲がると、パッケージの接続に損傷を与えます。このため、コンポーネントの複雑な実装に関しては、デバイスから発生する熱を考慮した上で行うことをお奨めします。

参考資料

1. Adams, Jeff, "Xilinx FF1152 Assembly Report", March 27, 2001, Samina Corporation.
2. Gilleo, Ken, "Area Array Packaging Handbook", copyrighted 2002 by McGraw-Hill Co., pages 14.14-14.16.
3. Hall, James, "Concentrating on Reflow's Cooling Zones", EP&P, 3/01/2001
4. Narrow, Phil, "Soldering", SMT Magazine, Aug. 2000
5. O'Donnell, Dennis, "BGA Rework Practices", Precision PCB Services Inc, 2001

付録

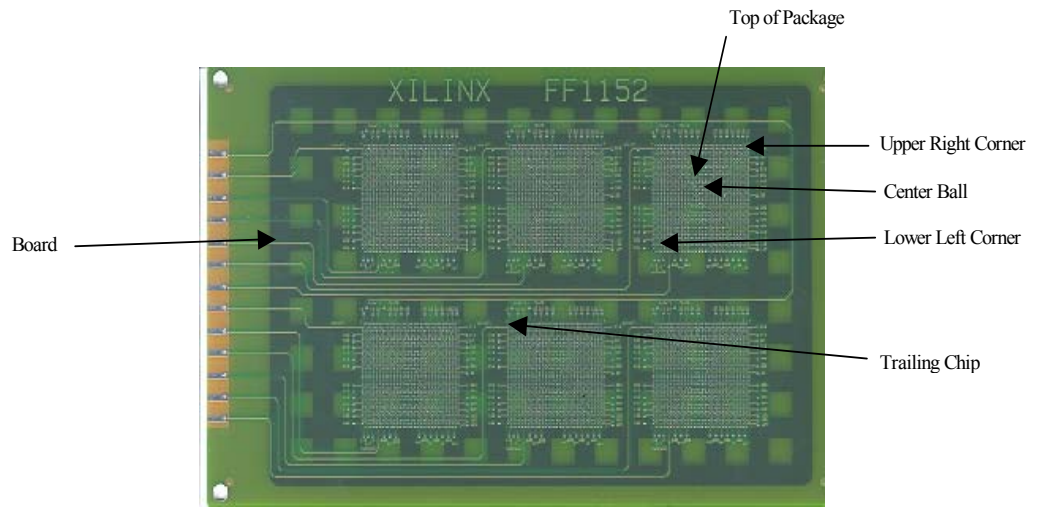


図 4: 温度計測位置

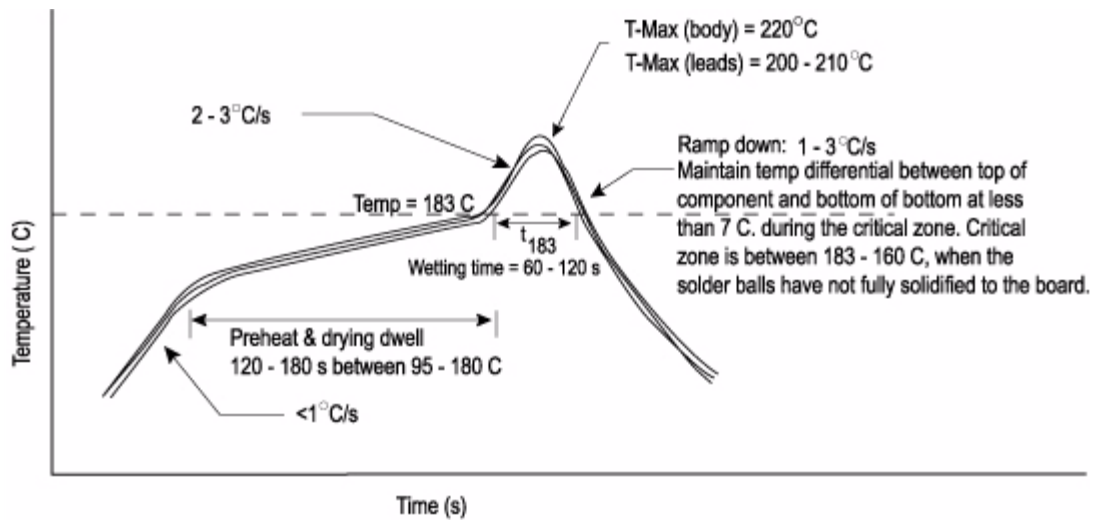


図 5: BGA パッケージ向け半田リフロー プロファイル

改訂履歴

このドキュメントの改訂履歴を示します。

日付	バージョン	改訂内容
12/09/02	1.0	初版リリース