



鉛フリー パッケージのインプリメンテーション およびはんだリフロー

XAPP427 (v2.2) 2006 年 1 月 30 日

概要

最近の法的な指導や企業による率先的な活動では、電子機器産業の多くの分野で使用されている鉛およびその他の有害物質の廃絶が提唱されています。ザイリンクスにおける鉛フリー プログラムは、鉛フリー アプリケーションに適した材質とプロセスを開発し、使用することを目的とした積極的な取り組みとして、1999 年に導入されました。ザイリンクスは、カスタマ、メーカ、業界団体と直ちに協力関係を結ぶことによって、リーダーとしての役割を果たし、業界における要求を満たすような技術的ソリューションを提供しています。

ザイリンクスでは、鉛化合物の代替材質の研究を行った結果、リード フレーム パッケージおよび BGA パッケージの SnAgCu はんだボールに、無光沢スズ リード仕上げを採用することにしました。また、適切な材質セットが選択され、これらは、鉛フリーはんだプロセスに要求される高いリフロー温度 (245 - 260) での品質が認定されています。ザイリンクスの鉛フリー製品では、デバイス番号のパッケージ識別コード部分に「G」が追加されています。

はんだリフローのアプリケーションには、業界で SnAgCu はんだが採用されています。これは、共晶スズ/鉛はんだに代わる最も実用的な鉛フリーのはんだです。その他の鉛フリー合金と比較すると、SnAgCu はコストおよび加工性においてより優れた特性を持ち、共晶スズ/鉛はんだと同様またはそれ以上の信頼性があります。ただし、SnAgCu 合金の融点 (217) は、標準的な共晶スズ/鉛はんだよりも非常に高くなります。したがって、最高のイーールドおよび信頼性達成のため、アセンブリ プロセスを最適化する必要があります。

このアプリケーション ノートでは、鉛フリー パッケージのはんだリフロー、品質検査、および再処理プロセスのガイドラインを示します。

後方互換性

ここでは、はんだ付けプロセスの従来手法互換性について説明します。ザイリンクスの鉛フリー デバイスには、標準的な鉛ベースの製品と同様の形式、適合性、および機能があるため、このような鉛フリー製品を使用する際に、ボード デザインを変更する必要はありません。ただし、ボードを仕上げるための材質の調整が必要な場合があります。ザイリンクスの標準パッケージを鉛フリー プロセスで使用しないでください。

ザイリンクスのリード フレーム パッケージ (PQG、TQG、VQG、PCG など) は、後方互換性があります。つまり、スズ/鉛はんだとそのプロセスを使用してコンポーネントをはんだ付けできます。ザイリンクスのリード フレーム パッケージには、鉛フリーはんだ合金およびスズ/鉛はんだ合金の両方と互換性を持つ無光沢スズ メッキをリードに使用しています。

一方、BGA パッケージ (CPG、FTG、FGG、BGG など) の場合は、スズ/鉛はんだプロセスを使用したスズ/鉛はんだの接合を推奨していません。従来のスズ/鉛はんだプロセスのピーク リフロー温度は、通常 205 - 220 です。この温度範囲では、SnAgCu BGA はんだボールは適切に溶解せず、はんだ表面のぬれ性も十分ではありません。このため、信頼性およびアセンブリ イールドが低下します。

鉛フリーはんだについては、「はんだリフローの考慮点」で説明します。

© 2002-2006 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.co.jp/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。

はんだリフローの 考慮点

鉛フリー コンポーネントのはんだリフロー プロセスは、従来の共晶はんだの場合と非常に類似しています。ただし、鉛フリーはんだの場合に考慮すべき重要な違いもいくつかあります。これは、鉛フリーはんだに使用される材質がその他の材質と異なり、より高いリフロー温度を必要とするためです。

最適化プロファイルは、使用するはんだペースト/フラックス、ボード サイズ、ボード上のコンポーネント密度、および大小コンポーネントの混合を考慮して、作成する必要があります。新規ボード デザイン用のプロファイルは、コンポーネントの複数の位置で測定された熱電対を使用して作成してください。また、ボード上にいくつかのデバイスが混在する場合、ボード上の様々な位置でプロファイルを検証する必要があります。最低リフロー温度が、より大きなコンポーネントをリフロー接合できる温度に達していると同時に、その温度が、より小さいコンポーネントや高温に対応していないコンポーネントを損傷させる可能性があるしきい値温度を超えていないことを確認してください。

一般に、鉛フリー パッケージ用の最適化リフロー プロファイルは、[図 1](#) に示すようになだらかな傾斜となります。このプロファイルは、傾斜にくぼみが見られる従来のスズ/鉛システムのプロファイルよりも、ぬれ性が向上し、熱ショックも減少しています。SnAgCu 合金は、235 °C で完全に液化します。プロファイリングの際には、温度が最低であると考えられるはんだ接合部の位置を特定し、これらの位置において、235 °C の最低ピーク温度が最低 10 秒間維持されていることを確認してください。必ずしも 260 °C のピーク温度またはそれ以上に上昇させる必要はありません。260 °C またはそれ以上に高い温度でリフローすることは、熱に対して敏感なコンポーネントに損傷を与え、ボードに反りを起こす可能性があります。コンポーネント本体で許容可能なピーク温度については、最新の J-STD-20 規格を参照してください。この温度は、コンポーネントのサイズによって決定されます。各パッケージのピークリフロー温度については、[表 2](#) を参照してください。いかなる場合においても、ピーク温度が最低となっているリフロー プロファイルを使用しなければなりません。

大小のコンポーネントが混在した、高機能なボードの場合、ボードの温度偏差を最小に (10 °C 未満に維持) し、ボードに反りが起こらないようにして、高いアセンブリ イールドを達成することが非常に重要です。デルタ T を最小にするには、予備加熱の段階で温度の上昇率を低くします。予備加熱およびソークの段階では、1 °C/秒未満の比率で温度を上昇させ、その後のプロファイルでは 3 °C/秒以下で上昇させることを推奨します。

また、コンポーネントの表面と底面の温度偏差を最小にする必要があります。これは、とくに冷却段階で重要になります。この冷却段階は、リフロー プロセス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。温度の低下率を下げることでアセンブリ率は高くなりますが、接合金属間のグレインサイズは大きくなります。結果として、はんだ接合部分の強度が低下します。一方、温度の低下率を上げるとはんだ接合グレインサイズが小さくなり、はんだ付け部分の強度を高めることができます。ただし、発熱部分が大きいパッケージを急激に冷却すると、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に、クラックやパッケージの反りを引き起こす場合があります。

パッケージの表面とはんだ接合部分の温度差が最小となるように冷却することが重要です。リフロー プロセスの冷却段階では、コンポーネントの表面とはんだボールの温度差を 7 °C 未満に維持します。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要な段階で、通常、このときの温度は 200 °C - 217 °C の範囲になります。冷却部分をいくつかに分割し、それぞれを異なる温度で効果的に冷却することで、温度差による問題を解決できます。

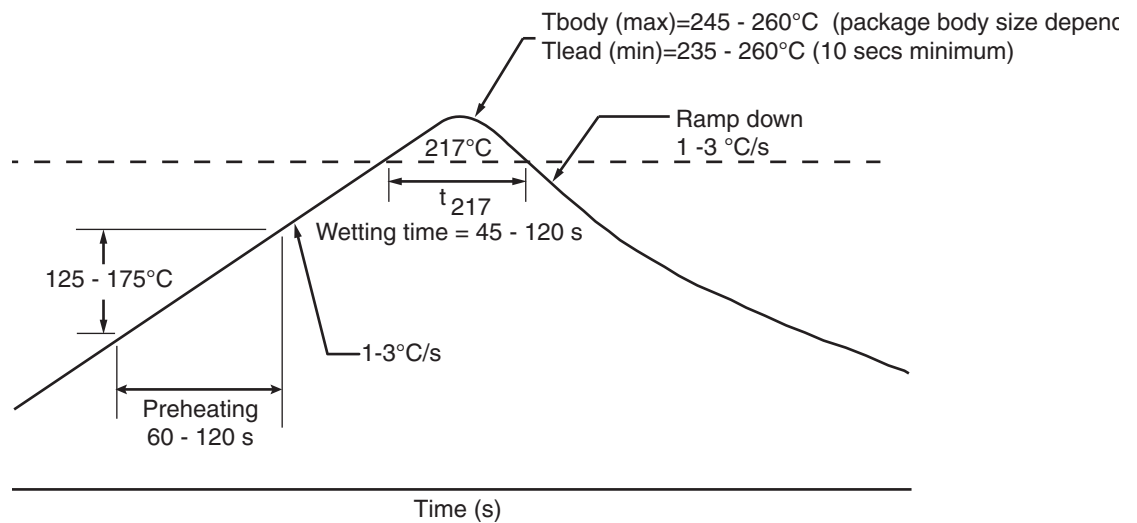
[表 1](#) および[図 1](#) に鉛フリーはんだリフロー プロファイルのガイドラインを示します。

表 1: 鉛フリーはんだリフロー ガイドライン

プロファイル内容	対流型、IR/ 対流型
温度上昇速度	1 - 3 °C/秒
予備加熱温度 125 °C - 175 °C	60 - 120 秒
217 °C 以上に維持する時間	45 - 120 秒 (一般に 60 - 90 秒)
ピーク温度から 5 °C 以内である時間	10 - 20 秒

表 1: 鉛フリーはんだリフロー ガイドライン

プロファイル内容	対流型、IR/ 対流型
ピーク温度 (リード/ボール)	235 (最低)、245 (通常) (はんだペースト、ボード サイズ、混在する コンポーネントによって異なる)
ピーク温度 (本体)	245 - 260 であり、パッケージ本体の サイズによって異なる (表 2 を参照)
温度下降速度	1 - 3 /秒
ピーク温度まで 50 である時間	最短 3.5 分、平均 5.0 分、最長 6 分



X427_01_102105

図 1: 鉛フリーはんだリフローの一般的条件

表 2: ザイリンクス鉛フリー パッケージのピーク リフロー本体温度 (J-STD-20 規格に準拠)

パッケージ	ピーク パッケージ リフローの本体温度	JEDEC MSL	
リード フレーム			
PLCC	PCG20, PCG44, PCG68, PCG84	245 +0/-5	3
Plastic DIP	PDG8	250 +0/-5	1
PQFP	PQG100, PQG160, PQG208, PQG240	245 +0/-5	3
PQFP (ヒートシンク)	HQG208, HQG240, HQG304	245 +0/-5	3
TQFP	TQG100, TQG128, TQG144	260 +0/-5	3
VQFP	VQG44, VQG64, VQG100	260 +0/-5	3
VO/SO	VOG8, VOG20, VOG48, SOG20	260 +0/-5	3
BGA / フリップチップ			
BGA (キャピティ アップ)	FTG256, FGG256, FGG320	260 +0/-5	3
	BGG225, BGG256, BGG575, FGG324, FGG400, FGG456, FGG484, FGG556, FGG676, FGG900	250 +0/-5	3
	BGG728, FGG1156	245 +0/-5	3
BGA (キャピティ ダウン)	BGG352, BGG432, BGG560, FGG680	260 +0/-5	3
	FGG860	245 +0/-5	3
Chip Scale	CPG56, CPG132, CSG48, CSG144, CSG280, FSG48	260 +0/-5	3

表 2: ザイリンクス鉛フリー パッケージのピーク リフロー本体温度 (J-STD-20 規格に準拠) (続き)

パッケージ		ピーク パッケージ リフローの本体温度	JEDEC MSL
フリップチップ BGA	SFG363	260 +0/-5	4
	FFG668, FFG672, FFG676	250 +0/-5	4
	BFG957, FFG896, FFG1148, FFG1152, FFG1513, FFG1517, FFG1696, FFG1704, FFG1760	245 +0/-5	4
QFN	QFG32, QFG48	260 +0/-5	3

リフロー オープン

常に高いアセンブリ イールドを維持するには、ゾーンの広い設備にアップグレードし、デルタ T が最小になるようにリフロー プロセスを調整することが必要な場合があります。IR リフローは適していない場合があります、対流型リフロー オープンの使用を推奨します。

窒素

ぬれ性を向上させ、プロセス ウィンドウを広げるには、窒素の使用をお奨めします。窒素は、特にボード上の温度偏差が大きい場合に有効です。さらに、窒素を使用することにより、はんだ接合部の酸化を抑制します。

品質検査

図 2 に示すように、鉛フリーのはんだ接合部は、スズ/鉛の場合に比べ、くすみおよび粗さが見られません。また、一般的に、ぬれ性もスズ/鉛はんだ接合ほど優れていません。接合を行う技師は、鉛フリーはんだ接合とスズ/鉛はんだ接合を区別できる必要があります。

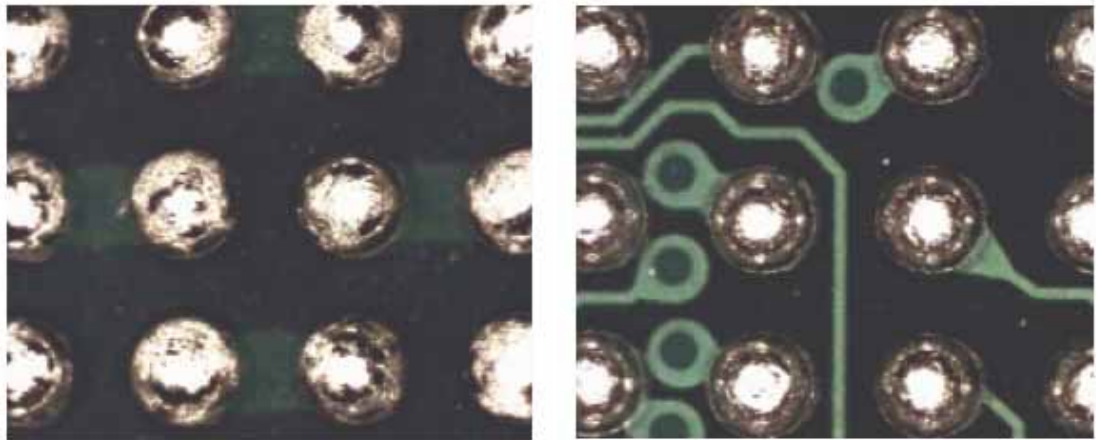


図 2: 鉛フリーはんだボール (左); スズ/鉛はんだボール (右)

手付けはんだ

手付けはんだでは、はんだごての品質およびはんだ付けの技術の 2 点が重要になります。また、鉛フリーアプリケーションは、高温ではんだ付けを行うため、厳密な温度制御が特に重要です。過度に加熱すると、PCB および温度に敏感なコンポーネントに損傷を与えることがあります。デルタ T を減少させ、高温のはんだごての使用を避けるため、予備加熱を行うことを推奨します。はんだごて先の温度および所

要時間は、接合部の大きさによって異なります。一般に、はんだごて先の温度は、スズ/鉛はんだ付けの場合よりも高くなり(350 - 375)、所要時間は最長で5秒です。場合によっては、異なるサイズのはんだごて先を使用する必要があります。接合部が大きい場合は、こて先も大きいものが適しています。

負荷に関わらず、さまざまな電力ではんだごて先の温度を一定に維持する新しいはんだ付けシステムも利用できます。鉛フリーのはんだ付けでは、こて先の温度が一定であることが重要です。これは、作業を中断する必要がなくなり、熱に対して敏感なコンポーネントを損傷する可能性が減少するためです。

最後に、鉛フリー パッケージは、汚れたはんだごて先に非常に敏感であるため、清潔なこて先の使用が不可欠です。

鉛フリーの再処理

適切に再処理を行うには、はんだ接合部とコンポーネント本体の温度差を最小にすることが重要です。プロファイルを設定する場合、熱電対をパッケージの表面、はんだ接合部の底面中央、および接合部の側部に配置してください。ぬれ性を向上させるには、はんだ接合部のピーク温度が、最低 230-235 であることが必要です。また、液相線(217)を越える時間は、45 - 90 秒の範囲にしてください。

ボードの底面を適切な温度に加熱し、はんだ接合部とコンポーネント本体の温度差を最小にすることを推奨します。トップ ノズルのからの処理を行う前に、ボードの表面温度が 150 に到るまで底面を加熱してください。トップ ノズルを最適化することによって、熱の大部分がはんだ接合部に伝わるようになります。

さらに、コンポーネント本体の温度が温度制限(245 - 260 、パッケージ サイズによって異なる)を越えないようにしてください。コンポーネント本体の最大温度は、パッケージ サイズとボリュームによって異なります。詳細は、最新の JEDEC STD-20 規格を参照してください。

追加情報

鉛フリー製品の信頼性に関する情報は、次のザイリンクス ウェブ サイトにあるデバイス信頼性レポートから入手できます。 www.xilinx.co.jp/products/quality/reliability.htm

ザイリンクスの鉛フリー製品に関する詳細は、 <http://www.xilinx.co.jp/pbfree> をご覧ください。

参考資料

1. American Competitive Institute, "Initiatives in Lead Free Soldering," www.aciusa.org.
2. Bath, Jasbir, Handwerker, Carol, and Bradley, Edwin, "Research Update: Lead-Free Solder Alternatives," www.circuitassembly.com, May 2000.
3. Gilleo, Ken, *Area Array Packaging Handbook*, copyrighted 2002 by McGraw-Hill Co., pages 14.14-14.16.
4. Hall, James, "Concentrating on Reflow's Cooling Zones," EP&P, 3/01/2001
5. Narrow, Phil, "Soldering," *SMT Magazine*, August 2000
6. Parker, Richard, "The Next No-Lead Hurdle: The Components Supply Chain," www.circuitree.com, August 1, 2000.
7. Peo, Mark, and DeAngelo, Don, "New Reflow Profiles and Oven Configurations Must be Explored to Meet the Needs of Lead-Free Solder Paste," www.smtmag.com, May 2000.
8. Selig, Karl and Suraski, David, "A Practical Guide to Achieving Lead Free Electronics Assembly," www.aimsolder.com

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
2002/12/09	1.0	初版リリース
2004/09/16	2.0	鉛フリーに関するドキュメント改訂による、文書全体の更新
2005/12/09	2.1	表 1 および 図 1 の立ち上がり時間を変更。表 2 における、ピークリフロー温度の変更、パッケージ追加、またフリップ チップ鉛フリーは、FFR および BFR から FFG および BFG へ変更。
2006/01/30	2.2	VOG8 MSL 値を含むように表 2 を更新。