

μModule製品ファミリーのLGAパッケージの完全性と第2レベルの相互接続の評価

David Pruitt

はじめに


良い相互接続(interconnect)のソリューションは、どんなアプリケーションにおいても性能とコストの利点を与え、製造しやすく、業界の信頼性要件を満たし、またはそれを凌駕します。LGA部品の相互接続が導入されたとき、基板レベルの製造業者は部品の新しい相互接続を彼らの従来のプロセスに組み込む課題を与えられました。新しい相互接続は多くの場合プロセスを改善しますが、新しい相互接続の受け入れにより、高い性能を必要とする設計担当エンジニアと新しいパッケージの相互接続を既存のプロセスおよび装置に適合させなければならない製造担当エンジニアの間に対立が生じることがあります。LGA相互接続は設計担当者には改善された熱性能と電気的性能を与え、製造担当エンジニアには既存の装置とプロセスを使う利点を与えますので、設計と製造開発の両方のサイクルタイムを短縮します。

μModule®の歴史

製品は進化しますので最新のテクノロジーや最新の機能を提供しますが、同時にこれらの新製品はその全てを小さくなったパッケージで提供できなければなりません。この傾向は言わば5ポンドの箱に10ポンドの性能を詰め込むようなものです。つまり、製品の密度が上がったのであり、密度が上がればもちろんもっと高い電力を必要とするソリューションが必要になります。PCBと部品の両方が影響を受けます。高い性能を実現するには両者が協調する必要があります。産業界の環境基準

を満たすことも必要です。LGAインタフェースの選択に際して、リニアテクノロジー社はいくつかの要因を検討しました。それらには、熱性能、インタフェースの形状(パッドの形状)、環境要件、そして何よりも満たすのが厳しい要件としてそれを集積回路同様に取り扱えることなどがありますが、それらに限られるわけではありません。

基板実装のアプリケーション・サポート(第2レベルの相互接続)の必要性の増大や、IPC 9701の要件に応じて、リニアテクノロジー社はこれらのμModuleデバイスをPCBに実装するための広範な調査(半田ペーストの種類、ステンシルのデザイン、リフローのプロフィール)、X線を使った半田接合部の特性評価、染色浸透試験などの破壊試験、断面検査、さらに第2レベルの信頼性テストを行いました。リニアテクノロジー社は、BGA方式ではなくLGA方式でμModule製品を提供することを選択しました。検討した要件の1つは、LGAパッケージは現行の基板製造工程にそのまま使えるソリューションになりうるかということでした。このアプリケーションノートで説明している第2レベルの試験は全てのアプリケーションをカバーするわけではないことに注意してください。顧客がそれぞれのアプリケーションの要件に適合するようにそれぞれ特性評価とプロセスの最適化を行うことを推奨します。

、LT、LTCおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。μModuleはリニアテクノロジー社の商標です。

他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

アプリケーションノート 114

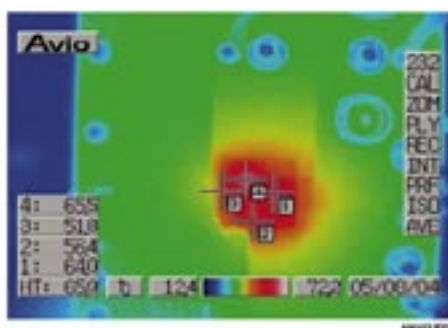
熱

リニアテクノロジー社は、LGAパッケージがPCBに接近しているために与えられる熱的利点が理由でLGAを選択しました。基板に実装した後のLGAパッケージの基板からの高さは、BGAパッケージの基板からの高さよりも低くなります。部品がPCBに近いと、BGAに比べてワット当たり3°Cも熱伝達が改善されることが示されました。たとえば、最大負荷で、LTM46XX

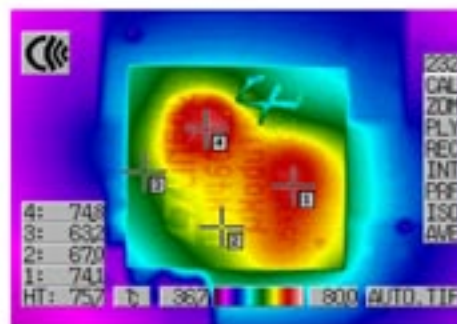
DC/DCレギュレータのμModuleの場合、温度差が約9°Cになります。BGAとLGAの間の熱デルタはデバイスの全動作パラメータにわたって見られます。また、特に興味深いのはデバイスを横断する熱勾配です。LGA部品はBGAに比べて熱分布が均一です。図1を参照してください。

Unitz	TEMP °C	Test 1			Test 2	Test 3				Test 4	Test 5	
		Vin	Iin (mA)	Vout(V)	Iin (uA)	Vin	Iin (A)	Vout (V)	Iout	Eff	output ripple (mV)	output load (mA)
BGA 4	75.7	12.011	41.56	1.5084	13	12.025	1.527	1.5109	10.042	82.63%	17	220

Unitz	TEMP °C	Test 1			Test 2	Test 3				Test 4	Test 5	
		Vin	Iin (mA)	Vout(V)	Iin (uA)	Vin	Iin (A)	Vout (V)	Iout	Eff	output ripple (mV)	output load (mA)
LGA 1	65.9	12.06	43	1.5041	13	12.0276	1.541	1.5145	10.2	83.35%	17	220



LGA BOARD MOUNT THERMAL IMAGE



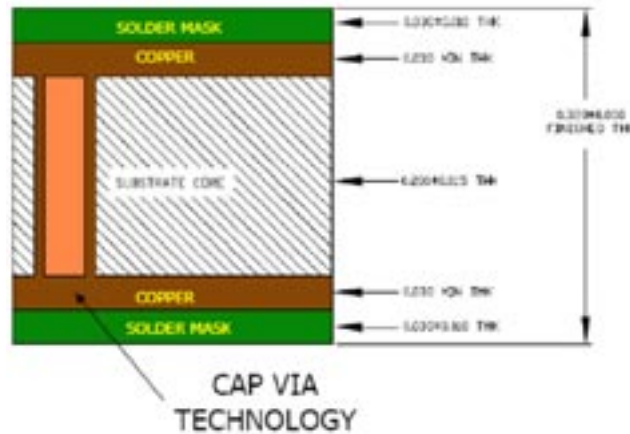
BGA BOARD MOUNT THERMAL IMAGE

- Test 1 : 12V input, 1.5V output at no load
- Test 2 : Shut down current at 12V input
- Test 3 : Efficient at 12V input, 1.5V output, 10A output current
- Test 4 : Output ripple at 12V input, 10A output current
- Test 5 : Output transient at 12V input, 0-8A load current step

図1. BGAパッケージに比べてLGAパッケージの熱分布は均一で熱抵抗が小さい

キャップ付きビアを使って部品の熱的パワーを分散する高性能サブストレートを使って部品の熱性能が改善されました(図2を参照)。これにより、熱分散を良くする必要があるなどの場所にもビアを配置することができます。熱放散は熱がそこをPCBへ向かって通過していく断面積によっても影響を受けます。これは部品が内部回路から熱を取り出し、熱が放散される場所であるPCBに逃がすために決定的に重要です。図1のBGAと

LGAの赤外線画像を見比べると特に興味深い点があります。BGAデバイスを横切って熱勾配があるだけでなく、BGA部品の置かれたPCBも温度が低く、BGAが重要なパワー部品から熱を取り出すことができていないことを示しています。これらの試験に使われたBGAはLTM46XX DC/DC μ Moduleで、半田ボールをLGAグリッドに接合しました。



LTM4600 HIGH PERFORMANCE SUBSTRATE

Electroless Ni/Au Plating

SOLDER MASK = Taiyo Ink PSR 4000 AUS 7

CORE = Mitsubishi Gas Chemical CCL-HL-832

Ni = 0.0030 min to 0.020 max mm (197 μ inches nominal)

Au = 0.0003 to 0.0012 max mm (15.7 μ inches nominal)

図2. キャップ付きビアによる熱性能の改善

アプリケーションノート 114

LGAパッドの構造

一般に、BGA方式のパッドは円形です。リニアテクノロジー社の μ Module製品は方形のパッドを使用しています。パッドの寸法は μ Module製品ファミリーの場合25、30または35ミルです。いくつかのベンダーのLGAの相互接続は既存のBGA方式のパッケージに似ています。ボールが取り除かれたBGAを想像してみてください。リニアテクノロジー社はパッドの形状を修正して、直径25ミルの円形パッドに比べて面積を約27%増やしました(図3を参照)。この面積増加により、熱と電気の通路を大きくすることができます。デバイスのテストも助けます。リニアテクノロジー社は現在 μ Module製品ファミリーを全数最大負荷でテストしています。この最大負荷テストには特殊なコンタクト

が必要です。これらのコンタクトは、もしコーナーからコーナーまでを測定するとしたら、方形パッドの寸法に相当する円形パッドを必要とするでしょう。もしパッドが円形であったとしたら、パッド間のスペースは25ミルから約15ミルに減少し、PCB上のパッド間のスペースが減少して配線を妨げるでしょう。方形パッドを使用するときの応力についても検討しました。円形パッドは等価な方形パッドに比べて応力が約5%低いことが良く知られています。配線面積を減らすことなくパッドの面積を増やして熱と電気の通路を広げ、応力を下げ、全数テストを達成することがリニアテクノロジー社の意図でした。また、良い半田付け性を保証し、環境基準を満たすため、パッドは無電解金メッキにしました。

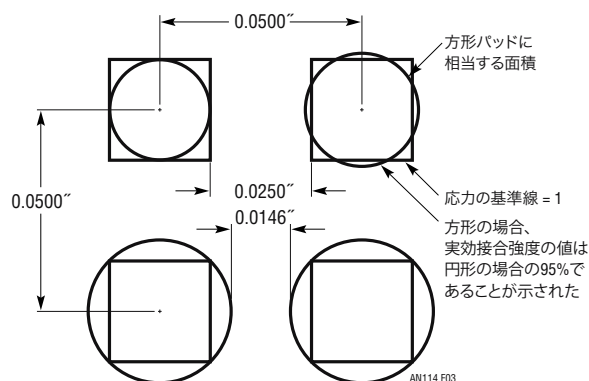


図3. 方形パッドにより、熱と電気の通路を広げ、機械的応力を下げることが可能になる

環境

現在の市場はプロセスが環境にやさしいことを要求します。RoHSは環境要件の主要な焦点です。欧州共同体は特定の物質の電子機器への使用を制限することを要求しています。

これらの物質の1つが鉛です。鉛は一般にほとんどのプリント回路基板の主要な相互接続に使われてきました。現在、鉛の使用はRoHSによって特定の最大ppmに制限されています。この数値は一般に1000ppmより下です。リニアテクノロジー社のLGAパワー・モジュールは銅の上にニッケル、ニッケルの上に金がメッキしてあります。金メッキにより、e⁴と指定されている貴金属相互接続と呼ばれるデバイスの外側に関するRoHSに適合することができ、半田付け性が十分な良く知られたインタフェースが与えられます。鉛インタフェースと鉛フリー・インタフェースの両方を、リニアテクノロジー社の相互接続を使って形成することができます。さらに、リニアテクノロジー社のLTM46XXシリーズのμModuleデバイスは完全にRoHSに準拠しており、外部配線終端部は鉛フリーです。

リフローの第2レベル相互接続

μModuleデバイスのリフローのプロフィールを図4に示します。このプロフィールは赤外線炉を何度か通して開発されました。プロフィールは鉛フリーつまり260°Cを可能にするように考慮されていることに注意してください。つまり、デバイスは鉛フリー用のプロフィールを使った炉を通過することができますが、その質量により、μModuleは260°Cには達しません。LTM46XXと同程度の質量のデバイスの業界標準の最大リフロー温度は245°Cです。リニアテクノロジー社のウェブサイト(www.linear.com/micromodule)に置かれているアプリケーションノート100「LGAパッケージに入ったDC/DC μModuleの推奨ランドパッド・デザイン、アセンブリおよびリワークのガイドライン」を参照してください。図4で取られたデータは温度測定に使用された熱電対の位置を指定しています。第2レベルの相互接続のX線検査は、図4のプロフィールを使ってμModuleを実装したときボイドがほとんど無いことを示しています。

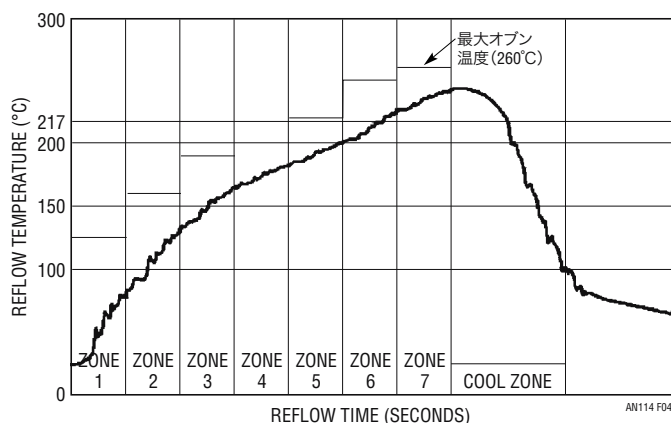


図4.LTM4600 μModuleの温度リフロー・プロフィール

LTM4600 μModuleのリフロー・プロフィールのパラメータ

	TEMPERATURE (°C)		TIME (SECOND)		
	MIN	MAX	150°C TO 217°C	217°C TO 243°C	AT MAX TEMPERATURE (°C)
LGA (Under)	24	243	99	72	15
Board (Top)	26	249	105	74	15
Board (Under)	26	244	105	68	15

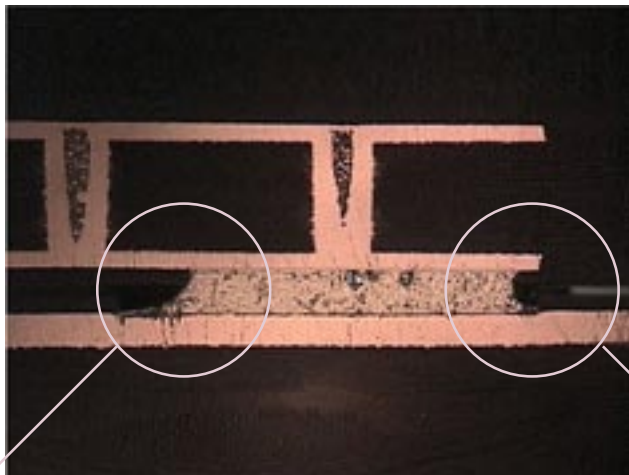
LTM4600 μModuleのリフロー・プロフィールのパラメータ

	ZONE SLOPES (°C/SEC)							
	1	2	3	4	5	6	7	COOL DOWN
LGA (Under)	2.0	1.3	0.8	0.6	0.6	0.8	0.3	-2.4
Board (Top)	2.3	1.6	0.7	0.5	0.6	0.8	0.4	-2.6
Board (Under)	2.1	1.6	0.7	0.5	0.6	0.8	0.4	-2.3

アプリケーションノート 114

リフロー後のLGAの相互接続の断面は両凹面の形状をしており、接続部分が砂時計に似た形をしています。これはBGAの両凸面の形状のちょうど反対です。図5のLGAの両凹面形

状を参照してください。このインタフェースは染色浸透試験と呼ばれる手法を使って検査されました。LTM46XXの染色浸透試験は外部機関によって行われました。



MAGNIFICATION: 400x, LEFT EDGE



MAGNIFICATION: 400x, RIGHT EDGE

図5. リフロー後のLGAの相互接続の断面

報告書からの抜粋は「パッド領域は非常に強い半田接合を示し、引張りプロセス後、サブストレート(部品側)は引き離されず半田接合の上に残っていた。」と報告しています。図6を参照してください。



図6. 染色浸透試験:非常に強い半田接合

この外部報告は、 -40°C ~ 125°C の温度サイクルを2000サイクルと、 0°C ~ 100°C の温度サイクルを3500サイクル施された μModule に関するものです。全ユニットが信頼性テストの最後に全部の電気テストをパスしました。さらに、リニアテクノロジー社は μModule を実装した基板を 50°C ~ 100°C で100,000サイクルのパワー・サイクル試験を行い、不良は発生しませんでした(図7を参照)。

LTM46XXのMSLレベル4の信頼性データが継続的に文書で提供されており、リニアテクノロジー社のウェブサイト(www.linear.com)で常時公開されています。

常時継続実施される信頼性テストはQuick Reaction Reliability(QR2)プログラムと呼ばれるリニアテクノロジー社の全体的品質プログラムの一部です。継続して実施される品質と信頼性のこのプログラムはリニアテクノロジー社の製造ラインをモニタします。このモニタは初期不良や工程の変動を捉えるように設計されています。自己に課したこの工程モニタはリニアテクノロジー社の高い信頼性標準を推進/維持し、顧客に最高の性能と品質を提供します。

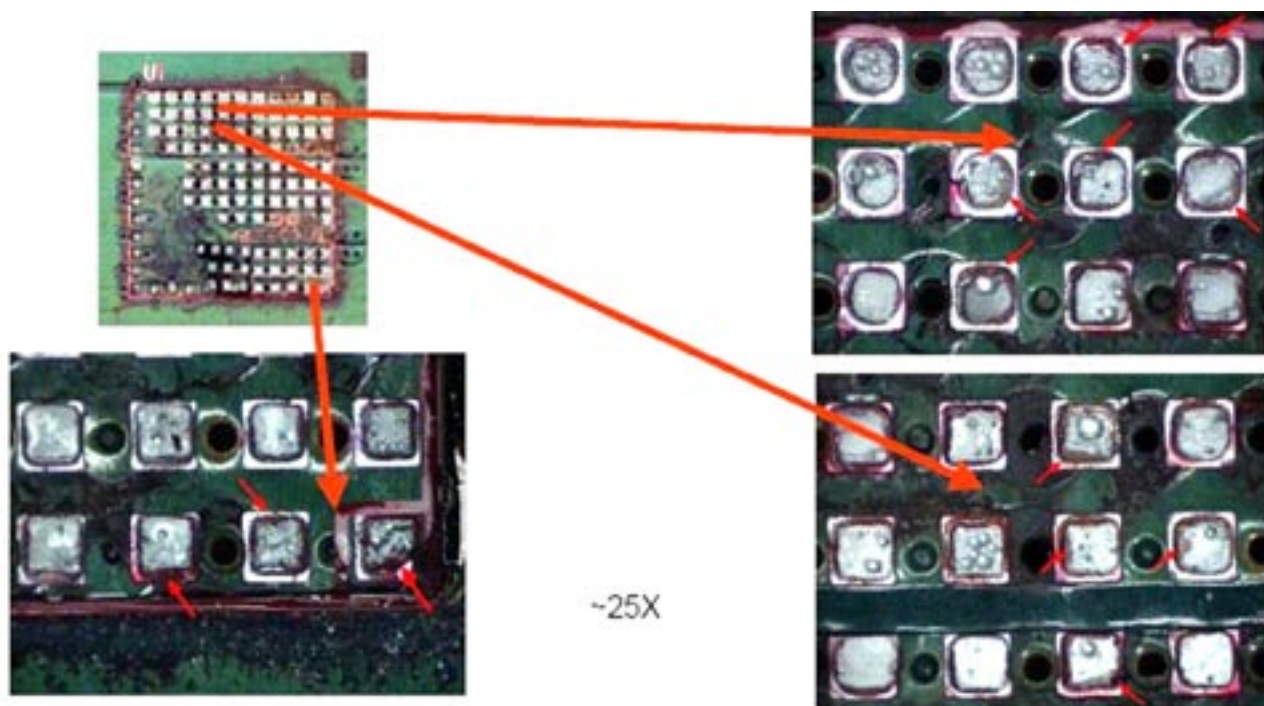


図7. 100,000サイクル後不良なし(50°C ~ 100°C)

アプリケーションノート 114

まとめ

新しい相互接続に関する情報の取得はその実現の鍵であり、サポートにアクセスできれば、既存のインフラストラクチャにほとんど影響を与えることなくプロジェクトを推進することができます。ソリューションを生み出すには多くの場合時間がかかりますが、新しい相互接続を準備する能力があれば新しい相互接続方式へシームレスに移行することができます。μModuleの

LGA相互接続の使用に必要な背景情報を添えて高性能製品を提供することがリニアテクノロジー社の目標です。LGA相互接続に関してなされた広範な試験により、この製品ラインの熱的、機械的、さらに環境に関する信頼性など、多くの分野で優秀な性能が証明されました。