

BGA・CSP実装用アンダーフィル剤

はじめに

近年、携帯電話やPHS、ノート型パーソナルコンピューター、カメラ一体型VTR等の携帯情報機器の急速な普及をはじめ、各種電気・電子機器の小型化、軽量化、高機能化、高速化への要求が高まるにつれ、IC(LSI)の小型化も求められています。それに伴い、IC(LSI)チップ等の半導体ペアチップを保護したり、応力緩和・寸法整合・規格化(汎用化)等のパッケージの機能を生かしながら、ペアチップ並に小型化し、特性の向上を図る目的でBGA(Ball Grid Array)やCSP(Chip Size/Scale Package)が普及しつつあります。

このBGAやCSPは半田ボールによって配線基板上の電極と接続されています。しかしながら、実装後に温度サイクルや衝撃、折り曲げ等の応力が加わったときに、BGA・CSPと配線基板との接続信頼性が保持できない場合があります。その防止策として、BGA・CSPと配線基板との隙間に封止樹脂(アンダーフィル剤)を入れて、応力の緩和、脱落防止の補強として用いられています。

本稿では、BGA・CSPの簡単な説明と、アンダーフィル剤の必要性、そして各種要望にお応えするために開発された弊社のBGA・CSP実装用アンダーフィル剤グレードについて紹介します。

目次

はじめに	1
1, BGA・CSPとは?	2
2, BGA・CSP実装後の問題点	3
3, BGA・CSP実装用アンダーフィル剤	3
3-1, アンダーフィル剤の効果	4
3-2, アンダーフィル剤に求められる特性	4
4, リペア性付与アンダーフィル剤	4
4-1, アンダーフィル剤の問題点	4
4-2, リペア性とは?	4
4-3, リペア性付与アンダーフィル剤	4
4-4, リペア手法	4
5, スリーボンドのBGA・CSP実装用アンダーフィル剤グレード	6
5-1, 各グレードの特徴	7
おわりに	8

1 , BGA・CSPとは? ^{1,2)}

近年、携帯電話やPHS、ノート型パーソナルコンピューター、カメラ一体型VTR等の携帯情報機器の急速な普及に伴い、各種電気・電子機器は更なる小型化、軽量化、高機能化、高速化が求められています。これを実現するためには、電子部品の小型化、高集積化とそれらの部品の高密度実装技術が必要となります。IC(LSI)パッケージの分野においても、従来から用いられているQFP(Quad Flatpack Package)では線配列のため多ピン化にも限界があり、同時に内部のチップ面積の数倍から数十倍の基板占有面積が必要となるため、対応が難しくなっているのが現状です。

そこで、現在脚光を浴びているのがBGA・CSPを用いた実装です(弊社テクニカルニュース 第50号フラットパッケージ実装用接着剤参照)。

・BGAとは?

Ball Grid Arrayの略であり、半田ボールをグリッド状に並べたICのパッケージであり、従来のQFPに比べ小型化されている。

・CSPとは?

Chip Size(Scale) Packageの略であり、BGAの狭ピッチのもので、「チップと同等あるいはわずかに大きいパッケージの総称」であり、FPBGA(Fine Pitch BGA)とも呼ばれている。

BGA・CSP実装では、QFPと比べて占有面積が狭くなるだけでなく、半田ボールが溶融して接続するため、高さのバラツキ許容度が高く、QFPのようなリードの変形の問題もありません。さらに、半田ボールの溶融時の表面張力によりセルフアライメント効果が働き、マウント時のズレを1.5mmピッチの場合で最大 0.6 mmまで自動修正することができます(図1-3)。一方、QFPのようにリードを半田付けするものは、表面張力が作用する面積が少なく、セルフアライメント効果が働かないため、一度所定の位置からずれて配線基板に搭載されるとそのまま半田付けされてしまい、半田ブリッジなどを起こし実装歩留まりを下げてしまいます(図1-4)。

最近ではパッケージ(モールド)されていない裸のICチップ(ベアチップ)をそのまま実装するフリップチップ実装(ベアチップ実装)という接続方法が開発され、さらなる小型化が期待されています。しかしながら、一般環境での実装が可能(クリーンルーム

不用)なBGA・CSPの方が取り扱い易いということで、BGA・CSP実装の急激な普及につながっています。

以上のように、占有面積、実装歩留まりの良さから、今後BGA・CSP実装は、携帯電話(PHS)をはじめパーソナルコンピューター、デジタル民生という巨大市場への爆発的な広がりが期待されています。

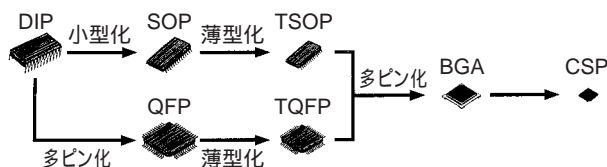


図1-1. パッケージ外形の動向

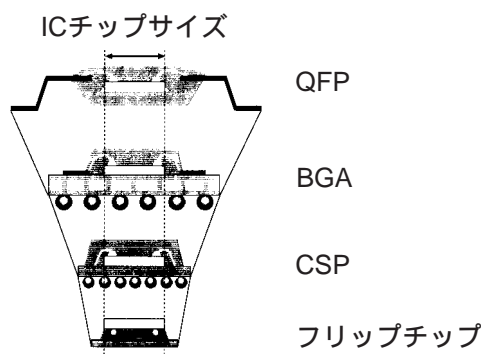


図1-2. ICの実装サイズ比較

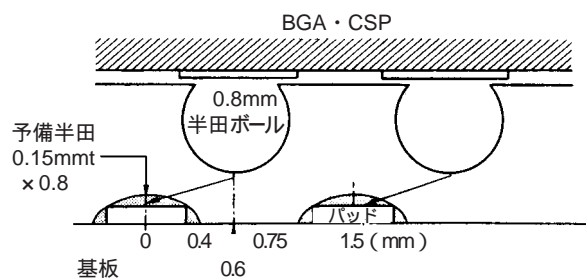


図1-3. セルフアライメント効果(1.5mmピッチ)

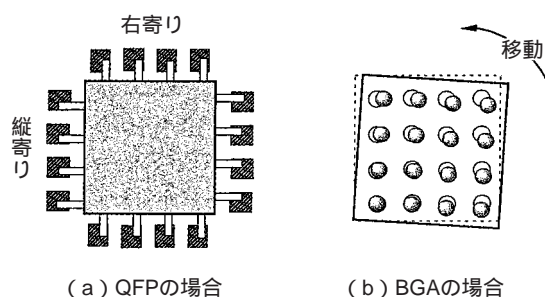


図1-4. セルフアライメント機能

2 , BGA・CSP実装後の問題点³⁾

今まで述べてきたように、BGA・CSP実装が各種電気・電子機器の小型化、高性能化に大きく貢献しています。しかしながら、BGA・CSP実装後の問題点として接続信頼性が挙げられ、下記の2点が接続信頼性を左右する大きな要因となっております。

熱膨張係数(線膨張係数)

パッケージの機能の内、応力の緩和機能をいかに実現するかという問題があり、それには各材料間の熱膨張係数が大きく起因してきます。要するに、チップを構成するシリコン(熱膨張係数約2.6ppm/)と通常の配線基板であるガラス・エポキシ樹脂(熱膨張係数12~16ppm/程度)との間の熱膨張係数の差をどう処理するかが構造上の問題点であり、チップと配線基板の熱膨張係数の相違により発生する応力をBGA・CSP構造で対応吸収できないと接続信頼性不良の原因となります。

例えば、図2-1に示すようにアルミナ製パッケージとガラス・エポキシ製配線基板との実装の場合、両者間の線膨張係数の差が大きいため、その接合部に大きな応力が発生し、半田ボールにクラックが入り接続不良となるおそれがあります。ピン挿入型のパッケージではピンにより、リード接続型のパッケージではリードによりこの応力を緩和することができますが、BGA・CSPのような表面実装型のパッケージでは接合距離が小さいため、接合部が破壊される危険性があります。

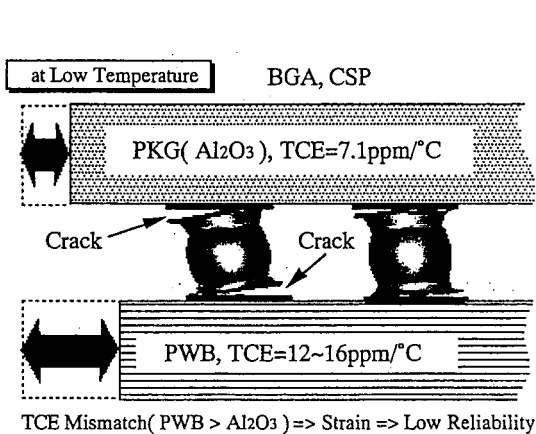


図2-1. パッケージ(PKG)と配線基板(PWB)との熱膨張差による接合部の破壊の模式図

半田ボールの接続強度

BGA・CSPは半田ボールによって配線基板に実装されています。この半田接続部は0.2~0.5mm程度と非常に小さく、接続強度が弱いいため、衝撃や折り曲げ等の外部からの応力に対して、BGA・CSPの脱落や半田接合部でのクラックの発生等により接続信頼性を保てない場合があります。

3 , BGA・CSP実装用アンダーフィル剤

前記のような問題点を解消し、接続信頼性を向上させるため、アンダーフィル剤と呼ばれる封止樹脂をパッケージと配線基板との隙間に使用します。BGA・CSP実装用アンダーフィル剤としては、通常、一液性加熱硬化型のエポキシ樹脂が用いられています。使用方法は、実装後のBGA・CSPの周囲(1~3辺)にアンダーフィル剤を塗布し、毛細管現象によりパッケージと配線基板との隙間に浸透させ、加熱硬化させるというものです(図3-1)。その際、塗布形状及び塗布量はパッケージの大きさ、ピッチ、ギャップ等により変化しますが、気泡の発生を防ぐために、必ず空気の抜け道を確保するようにします(4辺全体に塗布すると、BGA・CSPと配線基板との隙間に気泡が残ったまま硬化してしまいます)。

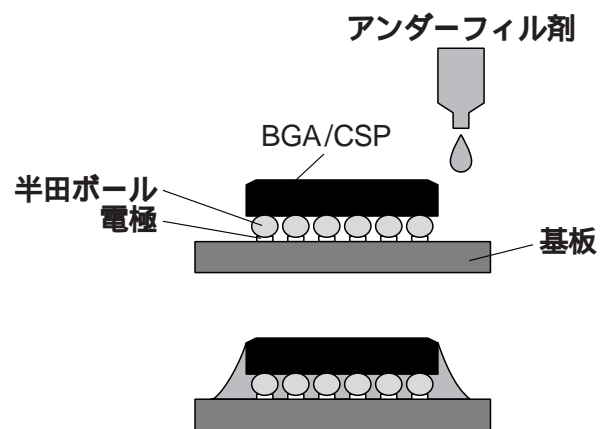


図3-1. アンダーフィルの塗布方法

3 - 1 , アンダーフィル剤の効果

アンダーフィル剤を用いた場合の効果として、
ヒートサイクル等の熱的応力に対する接続信頼性の向上

衝撃や折り曲げ等の物理的応力に対する接続信頼性の向上

が挙げられます。これは、アンダーフィル剤が外部からの応力を軽減するため、パッケージ全体で応力を負担し、半田ボールの付け根に生じる応力集中を防止する役割を果たしているためです。

3 - 2 , アンダーフィル剤に求められる特性

アンダーフィル剤に求められる特性としては、
パッケージと配線基板との隙間に十分に浸透し硬化すること。

熱的応力、物理的応力に対して接続信頼性が保持できること。

電気特性(絶縁性等)が良好であること。

低温硬化及び短時間硬化が可能なこと(他の電子部品等の損傷防止及びライントクト短縮のため)。

リペア性を有すること(リペア性については次項に記述)。

等が挙げられます。

4 , リペア性付与アンダーフィル剤

4 - 1 , アンダーフィル剤の問題点

アンダーフィル剤を用いることにより接続信頼性は格段に向上しますが、問題点もあります。それは、アンダーフィル剤実装後の検査によりBGA・CSP自体、または配線基板との接続等に不良が発見された場合に、正常なBGA・CSP(または配線基板)に交換(リペア)することが困難であるということです。アンダーフィル剤を用いなければ半田ボールを加熱溶融させることによりBGA・CSPを容易に取り外すことができますが、熱硬化性樹脂のアンダーフィル剤を用いた場合は取り外しが非常に困難となります。そのため、配線基板上に搭載されたBGA・CSPの内の1つに不良が発見された場合でも、そのBGA・CSPを含むモジュール全体を取り替える(廃棄する)必要があり、コストアップの原因となっていました。

4 - 2 , リペア性とは？

リペア性の定義としては、アンダーフィル剤の硬化後にBGA・CSP自体、または配線基板との接続等に不良が発見された場合に、

容易にBGA・CSPを配線基板から取り外すことができる。

正常なBGA・CSP、または配線基板の再利用が可能である。

ということです。

4 - 3 , リペア性付与アンダーフィル剤

リペア性と接続信頼性はある意味相反するものであり、どちらがより重要かを慎重に判断する必要があります。例えば、リペア性のみを重視するのであれば熱可塑性樹脂のようなものでアンダーフィルをすれば簡単にリペアできますし、接続信頼性のみを重視するのであれば熱硬化性のエポキシ樹脂のようなものでアンダーフィルすれば接続信頼性は向上するはずですが、しかしながら、ThreeBond2274・2274Bはリペア性と接続信頼性の両方を実現したリペア性付与のBGA・CSP実装用アンダーフィル剤となっています(表1)。ThreeBond2274・2274Bは低温硬化(ThreeBond2274は硬化温度が70以上、ThreeBond2274Bは80以上と一液性加熱硬化型エポキシ配合樹脂としては最も低温硬化の部類に属する)で十分な特性を発揮し、また、不良が発見された場合にリペアが可能な商品設計となっています。

4 - 4 , リペア手法

リペア手法の例を下記に示します。要は、アンダーフィル剤の硬化物を加熱により軟化させ、取り除く手法をとっています。ThreeBond2274・2274Bは常温では硬く、各種特性を発揮しますが、加熱し、軟化させることによって取り除くことが可能になります。

不良BGA・CSPの取り外し

ヒートガン等の局所ヒーター(270~280程度)を用い、CSP・BGAを上から局所的に温め、アンダーフィル剤が軟化(5~10秒)したところで、ピンセット等を用いてCSP・BGAを引きはがす。

- ・長時間の加熱は、アンダーフィル剤の架橋構造を密にし、CSP・BGAを取り外し難くするので注意すること。
- ・周辺部品に影響を及ぼさないように、局所的に加熱すること。
- ・周辺部品を損傷しないように注意すること。

荒削り

配線基板上に残ったアンダーフィル剤の硬化物を半田ゴテ2本(先端形状が丸いものと、ナイフ状のもの)を用いて荒削りする。(先端が丸い方でアンダーフィル剤を軟化させ、ナイフ状の方で取り除く。半田ゴテ温度350程度。)

- ・配線基板上的パターンを損傷しないように注意すること。(一度に除去するのではなく、何回かに分けて取り除くこと。)

仕上げの削り

先端がナイフ状の半田ゴテを用い、残っているアンダーフィル剤をきれいに取り除く。

- ・配線基板上的パターンを損傷しないように注意すること。(一度に除去するのではなく、何回かに分けて取り除くこと。)

半田残さの除去

半田吸い取り線等を用いて配線基板上的の半田の残さを取り除く。

仕上げの洗浄

アルコール等を用いてリペア面を洗浄して仕上げる。

BGA・CSPの再搭載

仕上げ後、配線基板上的パターンを確認し、問題ない場合、半田フラックスを塗布し、新しいCSP・BGAを取り付ける。

取り付け後、再度アンダーフィル剤を塗布し、硬化させる。

<注意>

ThreeBond2274・2274Bは標準硬化条件よりも長時間、または高温で硬化させると架橋構造が密になり、加熱

しても軟化しにくくなり、リペアしにくくなります。

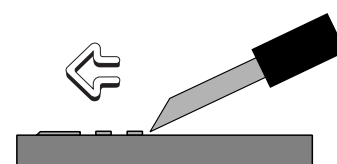
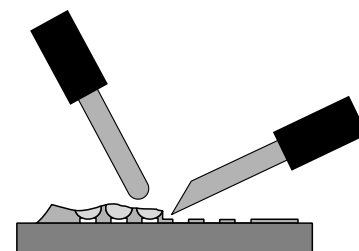
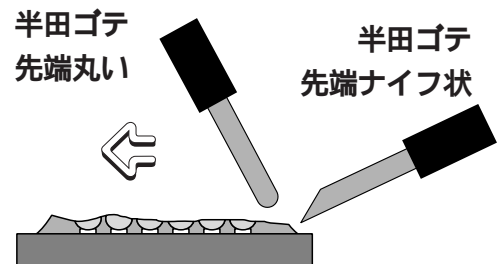
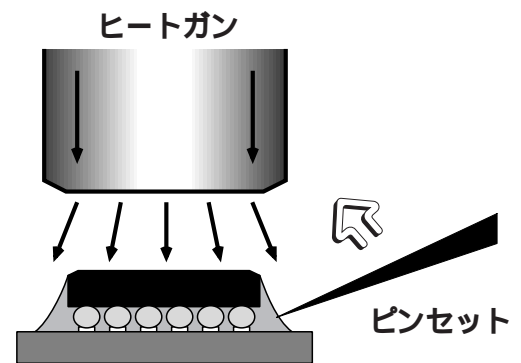


図4 - 1. リペア手法の例

5 , スリーボンドのBGA・CSP実装用 アンダーフィル剤グレード

弊社のBGA・CSP実装用アンダーフィル剤グレードの性状と特性を表1に示します。いずれのグレードも、各種電気・電子部品に対する熱的影響を考慮した低温硬化性となっております。

いずれのグレードも、一般の一液性加熱硬化型エポキシ配合樹脂と同様に、標準硬化条件よりも長時間、または高温で硬化させることにより、各種特性(リペア性を除く)が向上する傾向にあります(例：引張せん断接着強さ図5-1~3)。

表1. スリーボンドのBGA・CSP実装用アンダーフィル剤グレードの性状及び物性

	単位(参考値)	ThreeBond2202	ThreeBond2274	ThreeBond2274B	試験方法
外 観	————	黒 色	黒 色	黒 色	3TS-201-01(目視)
粘 度	Pa・s(P)	13(130)	12(120)	4.7(47)	3TS-210-02(BH型粘度計)
比 重	————	1.14	1.14	1.13	3TS-213-02(比重カップ)
標準硬化条件	————	70℃×50min	70℃×50min	85℃×45min	————
保存安定性	ヶ月	7	6	6	冷蔵庫(5~10℃)保存
硬 さ	————	D88	D86	D84	3TS-215-01
引張せん断接着強さ	MPa(kgf/cm ²)	10.0(102)	11.0(112)	16.0(163)	2TS-301-11(Fe/Fe:SPCC-SD)
ガラス転移点	℃	105	65	97	3TS-501-05(TMA, 10℃/min)
線膨張係数	×10 ⁻³ /℃	7.4	9.3	7.3	3TS-501-05(Tg以下)
体積抵抗率	Ω・m(Ω・cm)	1.3×10 ¹⁵ (1.3×10 ¹⁷)	2.5×10 ¹¹ (2.5×10 ¹³)	4.5×10 ¹⁴ (4.5×10 ¹⁶)	3TS-402-01
表面抵抗率	Ω	1.5×10 ¹⁷	8.6×10 ¹¹	8.4×10 ¹⁴	3TS-401-01
誘電正接	————	0.017	0.010	0.012	3TS-405-01(1MHz)
誘電率	————	3.46	2.97	3.36	3TS-405-01(1MHz)
リペア性	————	なし	あり	あり	————
特 徴	————	<ul style="list-style-type: none"> ・低温硬化 ・適度な粘度 ・接着性良好 ・接続信頼性良好 	<ul style="list-style-type: none"> ・低温硬化 ・適度な粘度 ・接着性良好 ・接続信頼性良好 ・リペア性良好 	<ul style="list-style-type: none"> ・低温硬化 ・低粘度 ・接着性良好 ・接続信頼性良好 ・リペア性付与 	

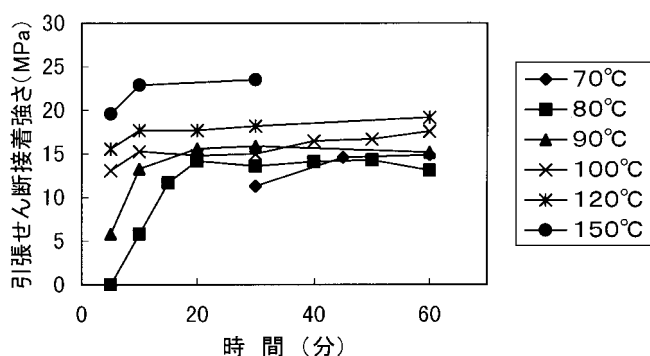


図5-1. ThreeBond2202の硬化温度別の引張せん断接着強さ

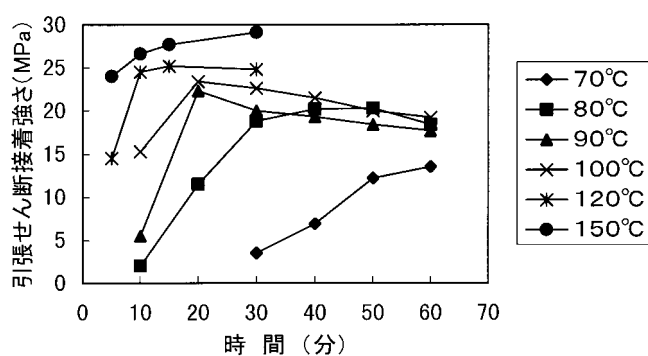


図5-2. ThreeBond2274の硬化温度別の引張せん断接着強さ

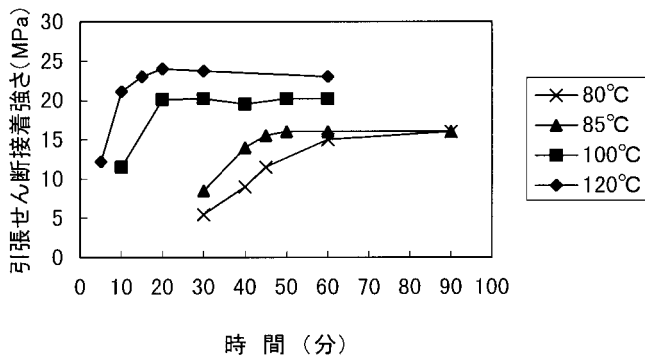


図 5 - 3. ThreeBond2274B の硬化温度別の引張せん断接着強さ

5 - 1 , 各グレードの特徴

ThreeBond 2202(スタンダードタイプ)

低温硬化

70 以上の加熱により硬化が可能で、周辺部品への熱的影響が少ない。

適度な粘度

BGA・CSP と配線基盤との隙間への流れ込み(充填)性が良好で、かつ周辺部品への樹脂の広がりを抑えた適度な粘度。

接着性良好

低温硬化で高接着力を発揮。

また、標準硬化条件よりも長時間、または高温で硬化させると、接着力が向上。

接続信頼性良好

ヒートサイクル等の熱的応力及び衝撃や折り曲げ等の物理的応力に対する接続信頼性良好。

また、標準硬化条件よりも長時間、または高温で硬化させると、接続信頼性が向上。

<選定のポイント>

リペア性は不要で、とにかく低温硬化で高接着力を発揮し、接続信頼性を向上させたい場合に最適です。

ThreeBond 2274(リペア性付与タイプ)

低温硬化

適度な粘度

接着性良好

接続信頼性向上

リペア性付与

アンダーフィル剤硬化後に接続不良が発見された場合、加熱することによりBGA・CSPの取り外し、及び硬化物の除去が可能。

<選定のポイント>

低温硬化で高接着力を発揮し、接続信頼性を向上させ、かつリペア性を重視する場合に最適です。硬化前の性状はThreeBond 2202 とほぼ同様のため、作業性もThreeBond 2202 とほぼ同様のレベルです。

ThreeBond 2274B(リペア性付与低粘度タイプ)

低温硬化

80 以上の加熱により硬化が可能。

低粘度

粘度が低く流れ込み(充填)性が良好なため、大型、狭ピッチ、狭ギャップのBGA・CSPに対しても流れ込み(充填)性良好。

接着性良好

接続信頼性向上

リペア性付与

<選定のポイント>

粘度が低く、狭ピッチ、狭ギャップのBGA・CSPのアンダーフィル剤として最適です。また、標準硬化条件よりも長時間、または高温で硬化させると、リペア性は低下しますが、最高の接続信頼性を発揮します。

尚、アンダーフィル剤の流れ込み(充填)性及び硬化条件は、BGA・CSPの種類(材質・大きさ・ピッチ・ギャップ等)、配線基板の表面状態、周辺部品の熱容量、塗布量等により変化します。実際の部品による確認を行い、最適な条件を決定することをおすすめします。

おわりに

現在、各種電気・電子製品に用いられている全てのBGA・CSPがアンダーフィル剤による補強を必要としているわけではありません。部品の構造や設計において接続信頼性の保持が可能な場合があるからです。

しかしながら、今後は更なる半導体チップ(パッケージ)の軽薄短小化及び配線基板の薄型化等による強度不足により、接続信頼性の低下が懸念されますので、アンダーフィル剤による補強が必要不可欠になってくるものと思われます。

それに伴い、本稿にて紹介した3グレードに限らず、今後も各種ユーザーニーズ(作業性・接続信頼性・リペア性の向上等)にお応えできるような商品開発が必要であると考えています。

株式会社スリーボンド 研究所

開発部 工材公共開発一課 名塚 健

参考文献

- 1) 「半導体パッケージに関するロードマップ」(社)日本電子機械工業会 電子デバイス部
- 2) 「CSP技術のすべて」(株)工業調査会
萩本英二著
- 3) 「高熱膨張性セラミックの開発」 エレクトロニクス実装技術 1997.10(Vol.13 No.10)
山口浩一著



企画 株式会社 URC 編集室
編集 東京都港区南青山5-12-3-903
電話 03(3407)0333

発行 株式会社 スリーボンド
東京都八王子市狭間町1456
電話 0426(61)1333代