

半導体パッケージ実装マニュアル

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品、本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、
金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。

6. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
10. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
12. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

目次

| | | |
|-------|----------------------------|------|
| 1. | はんだ実装技術の概要 | 1-1 |
| 1.1 | はんだ付け方式 | 1-1 |
| 1.1.1 | はんだ付け方式の種類と概要 | 1-1 |
| 1.1.2 | 各はんだ付け方式の特徴 | 1-2 |
| 1.1.3 | 部分加熱法 | 1-3 |
| 1.1.4 | 全体加熱法 | 1-4 |
| 1.1.5 | パッケージ種類別の適用可能なはんだ付け方式 | 1-9 |
| 1.1.6 | はんだ実装工程 | 1-10 |
| 1.1.7 | 実装工程の基本フロー | 1-10 |
| 1.1.8 | 片面実装 | 1-11 |
| 1.1.9 | 両面実装 | 1-15 |
| 2. | プリント配線基板の設計 | 2-1 |
| 2.1 | リードタイプSMD | 2-1 |
| 2.1.1 | リードタイプ SMD の端子存在範囲 | 2-2 |
| 2.1.2 | 各パッケージのマウントパッド寸法例 | 2-3 |
| 2.2 | ボールタイプSMD (LGA含む) | 2-12 |
| 2.2.1 | ボールタイプ SMD の端子存在範囲 | 2-12 |
| 2.2.2 | BGA,LGA のマウントパッド設計について | 2-13 |
| 2.2.3 | マウントパッド寸法例 (設計範囲) | 2-13 |
| 2.3 | THD | 2-14 |
| 2.3.1 | THD の端子存在範囲 | 2-14 |
| 2.3.2 | スルーホール径の設計 | 2-16 |
| 2.3.3 | プリント配線基板のスルーホール径寸法例 (設計範囲) | 2-16 |
| 2.4 | ディスクリット | 2-17 |
| 2.5 | 基板材料 | 2-17 |
| 2.5.1 | マウントパッドの酸化防止 | 2-18 |
| 2.5.2 | プリント配線基板の反り | 2-19 |
| 2.5.3 | はんだ接合部の信頼性 | 2-19 |
| 3. | はんだ付け実装工程 | 3-1 |
| 3.1 | はんだ供給プロセス | 3-1 |
| 3.1.1 | はんだペースト | 3-1 |
| 3.1.2 | はんだペースト印刷工程 | 3-4 |
| 3.1.3 | はんだペースト供給量 | 3-6 |
| 3.2 | 部品搭載プロセス | 3-11 |
| 3.2.1 | 接着剤 | 3-11 |
| 3.2.2 | 部品搭載装置 | 3-11 |
| 3.2.3 | セルフアライメント効果 | 3-12 |
| 3.3 | はんだ付けプロセス | 3-20 |
| 3.3.1 | 温度プロファイルの考え方 | 3-20 |
| 3.3.2 | 温度プロファイル条件 | 3-21 |

| | | |
|-------|------------------------------------|------|
| 3.3.3 | BGA パッケージのリフローについて | 3-23 |
| 3.3.4 | 混載実装による温度分布 | 3-24 |
| 3.4 | 洗浄プロセス | 3-26 |
| 3.4.1 | フラックスの選択 | 3-27 |
| 3.4.2 | 洗浄液の選択 | 3-27 |
| 3.4.3 | 洗浄方法および洗浄装置の選択 | 3-28 |
| 3.4.4 | 判定方法 | 3-29 |
| 3.5 | 検査プロセス | 3-30 |
| 3.5.1 | 外観検査装置 | 3-31 |
| 3.5.2 | 外観検査項目 | 3-32 |
| 3.6 | リペア（修正）とリワーク（部品交換）について | 3-35 |
| 3.6.1 | リペア（修正）について | 3-35 |
| 3.6.2 | リワーク（部品交換）について | 3-36 |
| 4. | 保管および実装時の注意点 | 4-1 |
| 4.1 | はんだ付け性 | 4-1 |
| 4.1.1 | めっき組成 | 4-1 |
| 4.1.2 | はんだ付け性の評価方法 | 4-1 |
| 4.1.3 | めっきの厚さ | 4-3 |
| 4.1.4 | ぬれ時間の温度依存性 | 4-4 |
| 4.1.5 | 高温保管後のぬれ性 | 4-5 |
| 4.1.6 | 長期保管後のぬれ性 | 4-6 |
| 4.2 | パッケージの保管条件 | 4-7 |
| 4.2.1 | 防湿包装開封前の保管について | 4-7 |
| 4.2.2 | 防湿包装開封後の保管について | 4-7 |
| 4.2.3 | ベーク処理 | 4-8 |
| 4.2.4 | リフロー回数 | 4-8 |
| 4.3 | はんだ付け温度プロファイル | 4-9 |
| 4.3.1 | 耐熱温度プロファイル | 4-9 |
| 4.3.2 | 耐熱温度プロファイル記号 | 4-10 |
| 4.3.3 | はんだ付け温度 | 4-16 |
| 4.3.4 | パッケージ電極・端子めっきの金属組成 | 4-16 |
| 4.3.5 | はんだショートとオープンについて | 4-17 |
| 4.4 | 再リフロー時の温度条件 | 4-17 |
| 4.5 | 実装後のはんだ付け部機械強度 | 4-17 |
| 5. | はんだ付け実装事例と不具合事例について | 5-1 |
| 5.1 | BGA接合プロセス | 5-1 |
| 5.1.1 | 鉛フリーはんだ実装上の注意点 | 5-1 |
| 5.1.2 | WLBGA 使用上の注意点 | 5-2 |
| 5.1.3 | 実装事例（WLBGA） | 5-2 |
| 5.1.4 | BGA の不具合事例 | 5-5 |
| 5.2 | LGA接合プロセス | 5-14 |
| 5.2.1 | 実装事例（FLGA） | 5-14 |
| 5.2.2 | LGA の不具合事例 | 5-16 |
| 5.3 | HQFP/HLQFP基板実装マウントパッド設計の注意事項 | 5-18 |
| 5.3.1 | HLQFP の実装マウントパッド設計事例 | 5-18 |
| 5.4 | 鉛フリーはんだ端子の実装事例 | 5-19 |

| | | |
|-------|---------------------------------|------|
| 5.4.1 | 鉛フリーはんだ端子（リードタイプ）の実装外観 | 5-19 |
| 5.4.2 | 鉛フリーはんだ端子（リードタイプ）の実装断面 | 5-20 |
| 5.5 | 0.4mmピッチLQFPの実装事例 | 5-21 |
| 5.5.1 | 0.5mmピッチLQFPと0.4mmピッチLQFPの比較 | 5-21 |
| 5.5.2 | 端子強度試験事例 | 5-21 |
| 5.5.3 | マウントパッド設計 | 5-22 |
| 5.5.4 | はんだペースト | 5-22 |
| 5.5.5 | 実装事例1 - 搭載時のはんだペースト潰れ - (参考データ) | 5-22 |
| 5.5.6 | 実装事例2 - はんだ付け実装後試験 - (参考データ) | 5-23 |
| 5.6 | ヘッダ（ヒートスプレッダ）を有するパッケージの実装事例 | 5-24 |
| 5.6.1 | 実装事例 | 5-24 |
| 5.6.2 | 改善事例 | 5-24 |
| 5.7 | HSON基板実装マウントパッド設計の注意事項 | 5-27 |
| 5.7.1 | HSON-8pinの基板実装事例 | 5-27 |
| 6. | 実装信頼性 | 6-1 |
| 6.1 | 実装温度の影響 | 6-1 |
| 6.1.1 | ボールタイプSMD | 6-1 |
| 6.1.2 | リードタイプSMD | 6-2 |
| 6.2 | プリント配線基板の厚さの影響 | 6-3 |
| 6.3 | プリント配線基板の材質の影響（1） | 6-3 |
| 6.4 | プリント配線基板の材質の影響（2） | 6-4 |
| 6.5 | プリント配線基板のパッド構造の影響 | 6-4 |
| 6.6 | 片面実装と両面実装 | 6-5 |
| 6.7 | パッケージのリード端子めっきとはんだ材の組合せ | 6-6 |
| 6.8 | パッケージのボール端子とはんだ材の組合せ | 6-7 |
| 6.9 | 機械強度 | 6-8 |
| 6.9.1 | QFPのリード接続強度 | 6-8 |
| 6.9.2 | BGAの高温放置後のボール付け強度 | 6-10 |
| 6.9.3 | 耐衝撃性向上対策 | 6-10 |
| 6.10 | マイグレーション | 6-11 |
| 7. | 付録 | 7-1 |
| 7.1 | パッケージの構成材料諸特性 | 7-1 |
| 7.1.1 | 構成材料の熱膨張係数 | 7-1 |

1. はんだ実装技術の概要

最近のエレクトロニクス産業において、電子機器の多機能化、小型化、薄型化への要求がますます強くなっています。また、一方で低価格化の要求も強く、このような要求は今後より加速されると考えられます。

この要求に応じるために、パッケージ（デバイス）の実装技術は大変重要なものとなり、様々な方式や工程が検討・採用（適用）されてきました。

一例として、最も一般的なはんだ実装に必要な技術を図 1-1 に示します。この章では、はんだ実装の方式（装置）や工程（プロセス）の概要についてご説明いたします。

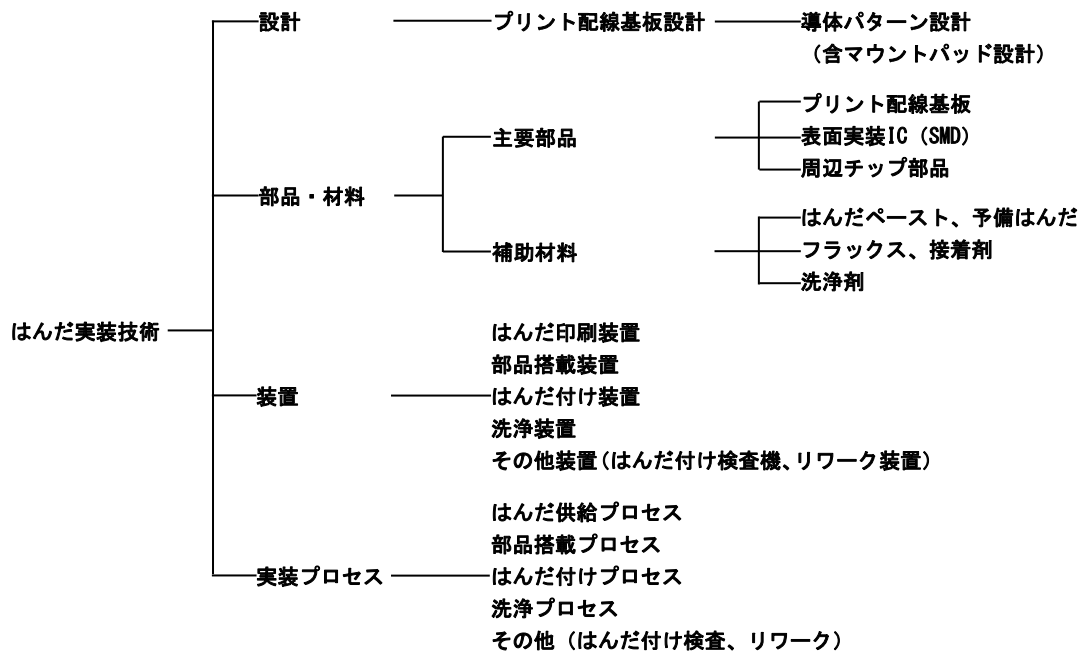


図1-1 はんだ実装技術

1.1 はんだ付け方式

1.1.1 はんだ付け方式の種類と概要

はんだ付け方式は、部分加熱法と全体加熱法の 2 種類に大別できます。

部分加熱法・・・パッケージの端子、プリント配線基板を局部的に加熱する方法。

〔種類〕 「はんだごて」、「ホットエア」、「レーザー」、「パルスヒート」の 4 種類

〔特徴〕 デバイスやプリント配線基板への熱ストレスは小さいが、量産性に乏しい。

そのため、はんだ付けの手直しや、耐熱性の弱いデバイスに多く採用されている。

全体加熱法・・・パッケージ、プリント配線基板全体を加熱する方法。

〔種類〕 「赤外線」、「熱風（エア/N2）」、「熱風・赤外線併用（エア/N2）」、「VPS (Vapor Phase Soldering)」、「フロー（噴流）はんだ付け」の 5 種類

〔特徴〕 量産性、ランニングコスト面で優れているため、一般に広く利用されている。

ただし、デバイスやプリント配線基板への熱ストレスは大きい。

はんだ付け方式の選定にあたっては、各はんだ付け方式の長所と短所、および部品の耐熱性を考慮する必要があります。

1.1.2 各はんだ付け方式の特徴

各方式の特徴を表 1-1 に示します。また、1.1.3 および 1.1.4 で、部分加熱法、全体加熱法のそれぞれの方式について概説します。

表1-1 はんだ付け方式の特徴

| はんだ付け (加熱) 方式 | | 特徴 | | |
|------------------|-----------------------------------|--|---|-----------------|
| 分類 | 方法 | 長所 | 短所 | |
| 部分 (局所) 加熱 | はんだごて法 | ・熱ストレス：小 | ・温度バラツキ：大 ・ランニングコスト：大 | |
| | ホットエアー法 | ・熱ストレス：小 | ・温度バラツキ：大 ・ランニングコスト：大 | |
| | レーザー法 | ・熱ストレス：小 ・後付けが可能 | ・量産に不向き (処理時間が長い) ・全ピン、全部品対応で加熱が必要 | |
| | パルスヒート法 | ・熱ストレス：小 ・後付けが可能 | ・量産に不向き (処理時間が長い) ・全ピン、全部品対応で加熱が必要 | |
| 全体 加熱 | 赤外線法 (赤外線 リフロー) | ・ランニングコスト：小 ・処理時間：短 ・構造が簡単 | ・温度バラツキ：大 ・熱ストレス：大 ・影になる部分の加熱が困難 ・デバイスの形状・色彩により温度 バラツキ有 (近赤外線の場合) | |
| | 熱風法 (温風 リフロー) | ・温度バラツキ：中 ・影になる部分/密集部の直接加熱が容易 ・均一加熱が可能 ・基板や部品に熱容量差があっても、 一定時間がたてば均一温度になる | ・熱ストレス：大 ・処理時間：赤外線リフローに比べると 若干長い ・風速による部品の位置ズレ/基板の振動 | |
| | | エアー | ・ランニングコスト：小 | ・銅箔酸化によるはんだ付け不良 |
| | N 2 | ・銅箔酸化によるはんだ付け不良が 出にくい | ・ランニングコスト：大 | |
| | 赤外線・ 熱風併用法 | ・温度バラツキ：中 ・処理時間：短い ・影になる部分/密集部の直接加熱が容易 ・均一加熱が可能 ・基板や部品に熱容量差があっても、 一定時間がたてば均一温度になる | ・熱ストレス：大 ・風速による部品の位置ズレ/基板の振動 ・銅箔酸化によるはんだ付け不良 (エアーリフローの場合) | |
| | | エアー | ・ランニングコスト：小 | ・銅箔酸化によるはんだ付け不良 |
| | | N 2 | ・銅箔酸化によるはんだ付け不良が 出にくい | ・ランニングコスト：大 |
| | VPS (Vapor Phase Soldering) | ・温度バラツキ：小 ・精密な温度制御が可能 ・温度制御システムが不要 ・加熱温度を低く&時間短くできる ・はんだ付け部の酸化・汚れが少ない | ・熱ストレス：大 ・ランニングコスト：大 ・装置価格：大 | |
| | フローはんだ (ウェーブ ソルダーリング) | ・ランニングコスト：小 ・処理時間：短 ・熱ストレス小 (THD) | ・温度バラツキ：大 ・多様なPKG (ファインピッチetc) への 対応が困難 ・熱ストレス大 (SMD) | |

1.1.3 部分加熱法

(1) はんだごて法

はんだごてを用いてパッケージのリードとプリント配線基板のマウントパッドを、糸はんだ等ではんだ付けする方法です。

使用するはんだごての熱容量は、はんだ付け箇所大きさや形状、はんだの融点を考慮して決定してください。

必要以上に温度を上げますと、プリント配線基板上マウントパッド剥離などの耐熱性起因の劣化が生じますので注意が必要です。

実際のはんだ付け箇所の温度は、はんだごて（ヒータ）の加熱能力、パッケージや実装基板の熱容量に依存するため、作業前に温度特性を実測するなど配慮してください。また、温度調整可能なはんだごてを極力使用してください。

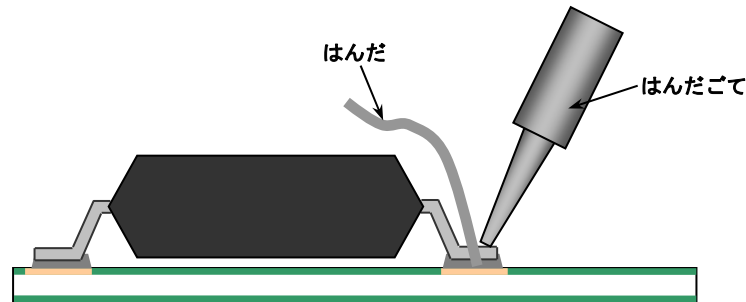


図1-2 はんだごて法

(2) ホットエア法

エアやN₂ ガスなどを加熱してノズルから噴出させ、はんだ付けする方法です。温度調整は発熱体及びガスの流量で調整します。

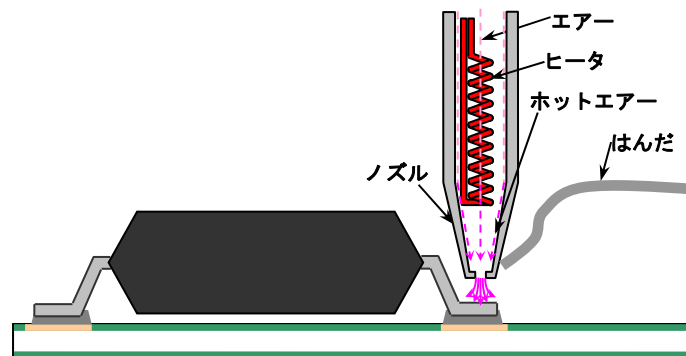


図1-3 ホットエア法

(3) レーザー法

レーザー光線の照射によりはんだ付けする方法です。温度調整はレーザーの出力や照射時間で調整します。

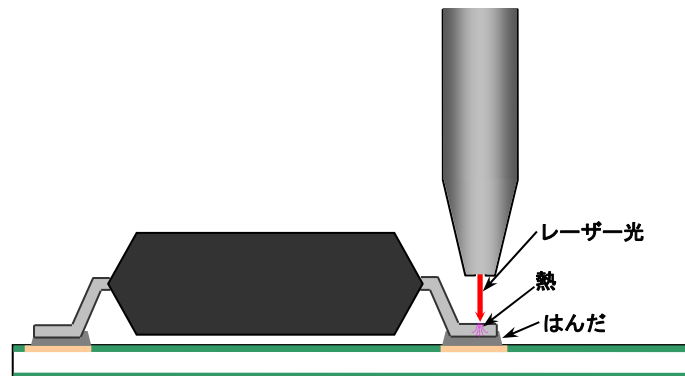


図1-4 レーザー法

(4) パルスヒート法

ツールにパルス電流を流すことで発生したジュール熱ではんだ付けする方法です。温度調整は電流量や通電時間で調整します。

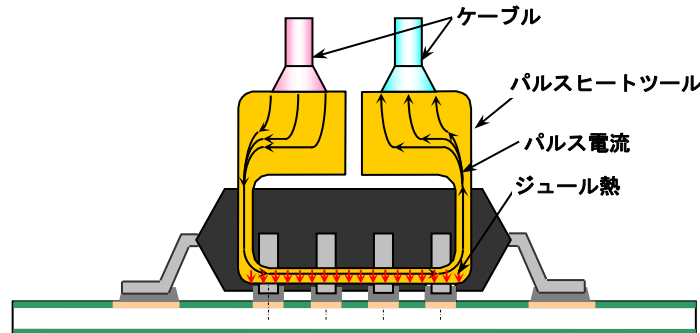


図1-5 パルスヒート法

1.1.4 全体加熱法

全体加熱法には、赤外線法、VPS (Vapor Phase Soldering)、熱風法があり、その熱伝達経路は下記のような違いがあります。

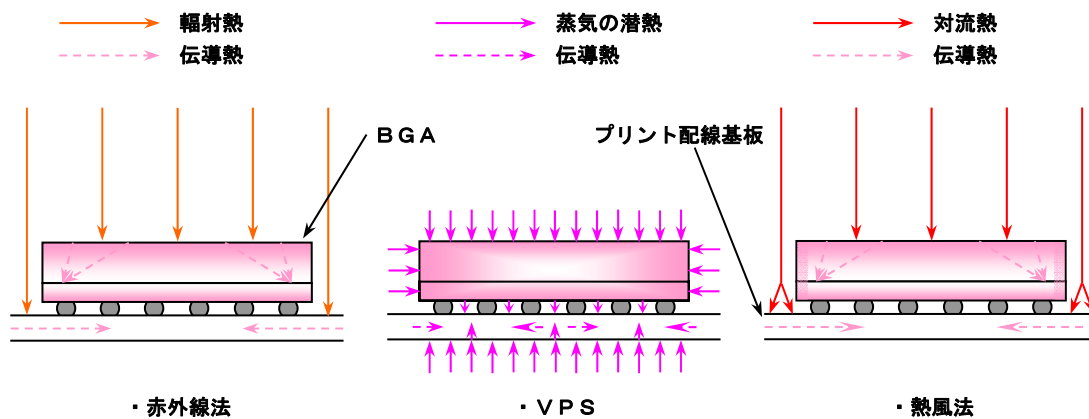


図1-6 加熱方法による熱伝達経路

熱伝達経路から明らかなように、赤外線法（赤外線リフロー）の場合にはパッケージボディの陰になるはんだ付け部は、熱伝導による間接加熱となり、温度が不均一になりやすいため、BGA/LGA パッケージ等のようにパッケージ下部ではんだ付けを行う場合には熱風法（エアーやN2 リフロー）が主に使用されています。

十分な接続強度および信頼性を確保するためにも、端子全体に十分なはんだの濡れが得られるような実装（加熱）条件の確立をお願いいたします。

代表的なパッケージを Sn-3.0Ag-0.5Cu はんだで実装した場合のはんだ接合部の断面写真を図 1-7 に示します。

| 100pin QFP | 28pin QFN | 261pin BGA | 64pin LGA |
|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 0.5mm Pitch | 0.5mm Pitch | 0.65mm Pitch | 0.65mm Pitch |
| | | | |

図1-7 Sn-3.0Ag-0.5Cuはんだでの代表的パッケージの実装後断面写真（参考）

(1) 赤外線法（赤外線リフロー）

赤外線ヒータを熱源として、放射される赤外線（輻射熱）で部品を加熱してはんだ付けする方法です。

赤外線は構成材料や形状によって輻射効率が異なるため、パッケージ（デバイス）の違いによる温度のバラツキが生じます。

赤外線リフローの特徴を以下に示します。

1. 利点

- ランニングコスト、メンテナンス性が優れている。
- はんだ付け処理時間が短い。

2. 欠点

- 端子部の温度上昇がパッケージサイズに大きく依存する。
- 放射された赤外線が直接当たらない陰の部分の温度が上がりにくい。
- 上記2つの結果として、基板や部品（はんだ付け部）の温度が不均一になりやすい。そのため、最も温度が上がり難いはんだ付け部の温度を基準に条件設定する必要があり、パッケージへの熱ストレスが大きくなる傾向がある。

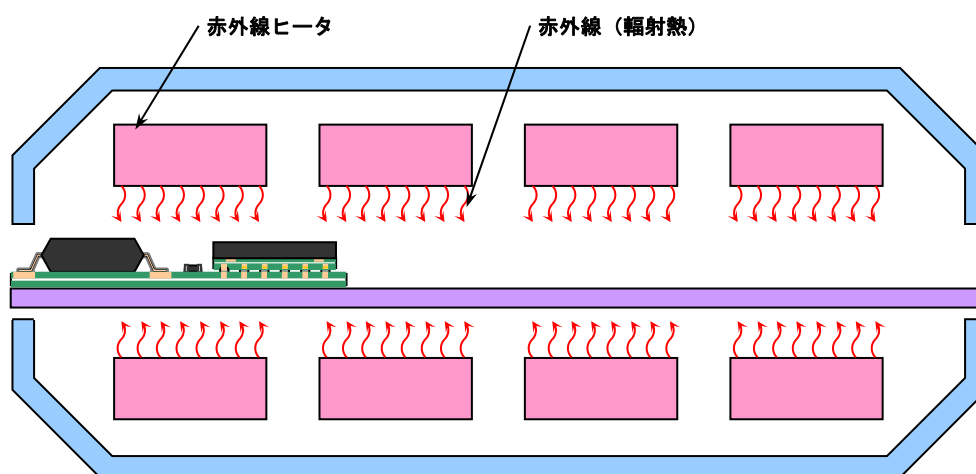


図1-8 赤外線法（例）

(2) VPS (Vapor Phase Soldering 法)

特殊な不活性液をヒータで加熱、沸騰させる事で得られる飽和蒸気雰囲気中に製品を浸漬し、製品に触れた蒸気が気化潜熱を放出して凝縮することで、製品に対して高効率に且つ均一にはんだ付けする方法です。

装置の構造例を図 1-9 に示します。バッチ方式でリフローを行うための第 1 蒸気相とプリヒート、冷却、第 1 蒸気相の液体の飛散防止のための第 2 蒸気相からなっています。

VPS の特徴を以下に示します。

1. 利点

- 熱伝導効率が非常に高く、部品の形状に関係なく全体が均一に加熱される。
- 気化潜熱を利用しているため、精密な温度制御が可能である。
- 不活性雰囲気中ではんだ付けを行うため、はんだ付け部分の酸化や汚れが少ない。
- 上記結果として、加熱条件を低く、かつ処理時間を短くできるため、パッケージへの熱ストレスが小さい。

2. 欠点

- ランニングコストが高い。

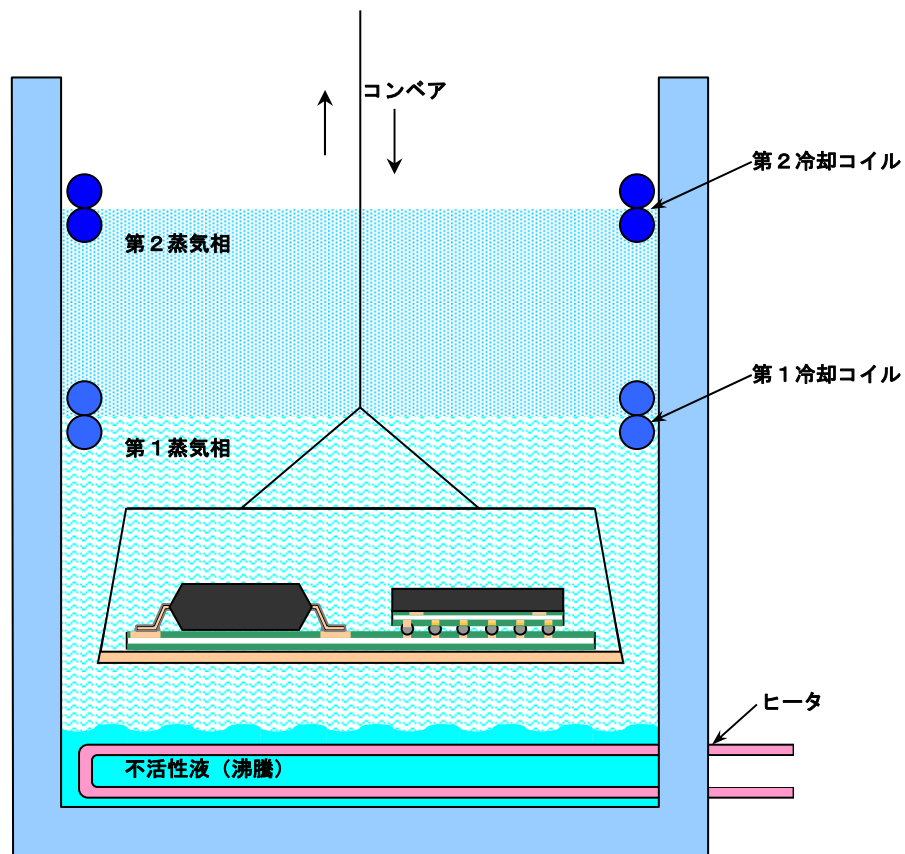


図1-9 VPS (Vapor Phase Soldering法) (例)

(3) 熱(温)風法 (エア/N2 リフロー)

赤外線リフローの欠点である基板・部品温度の不均一と、VPS (1.1.4 (2) 項参照) の欠点である高ランニングコストを改善した方法です。

熱風リフローの原理は、ヒータにより加熱した雰囲気 (エアもしくはN2) を炉内で循環させ対流熱伝導により部品を加熱しはんだ付けする方法です。このため、基板や部品に熱容量の差があっても、一定時間たてば温度が均一になります。

熱風法 (熱風リフロー) の特徴を以下に示します。

1. 利点

- 温度均一性が赤外線法 (赤外線リフロー) に比べ優れている (温度が加熱対象物にあまり左右されない)。
- 熱ストレスがやや小さい。

2. 欠点

- はんだ付け時間が赤外線法 (赤外線リフロー) に比べ若干長い傾向となる。

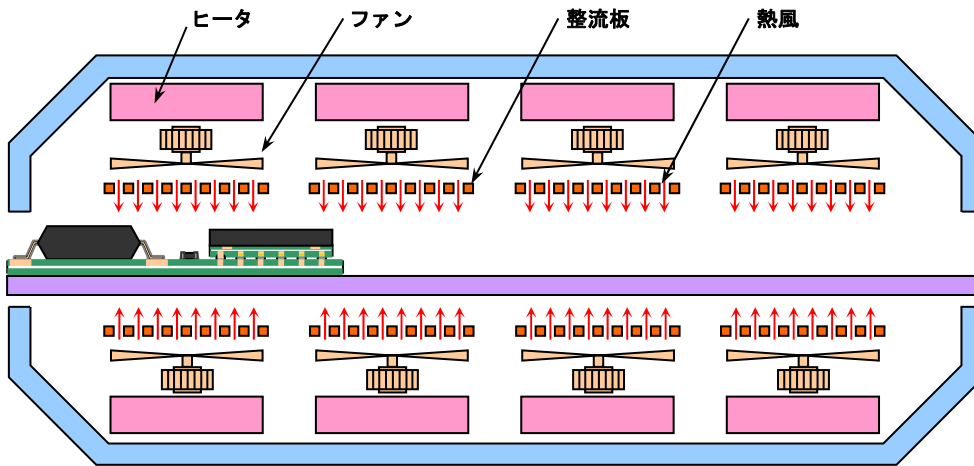


図1-10 熱風法 (例)

(4) 熱風・赤外線併用法 (温風・赤外線併用リフロー)

前述の熱風法 (熱風リフロー) の欠点であるはんだ付け処理時間を向上させるために、熱風と赤外線を併用させた方法です。

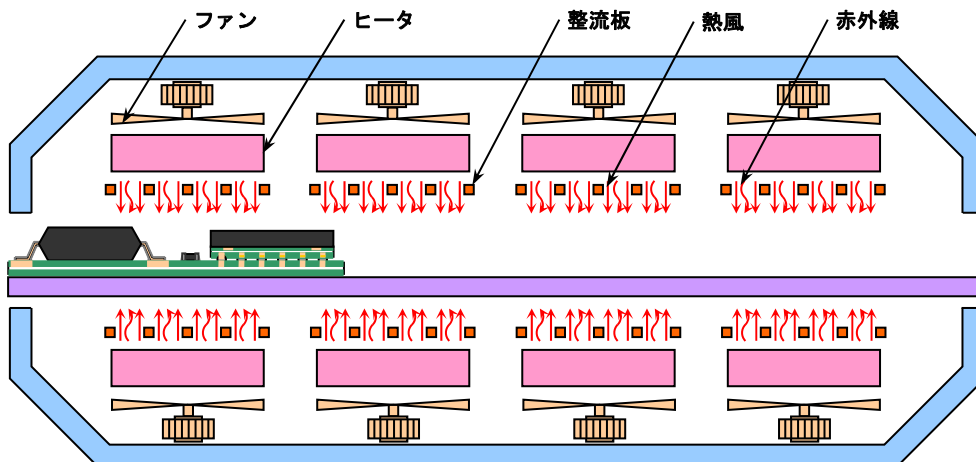


図1-11 熱風法 (例)

(5) フロー（噴流）はんだ付け（ウェーブソルダーリング）法

はんだ槽内の溶融はんだを噴流させ、はんだ付けする方法です。

噴流させた溶融はんだにプリント配線基板を浸漬してはんだ付けします。

この方式の特徴を以下に示します。

1. 利点

○量産性に優れている（数秒ではんだ付けが可能）。

2. 欠点

○多様なパッケージ（ボールタイプ SMD や狭ピッチのリードタイプ SMD 等）への対応が難しい。

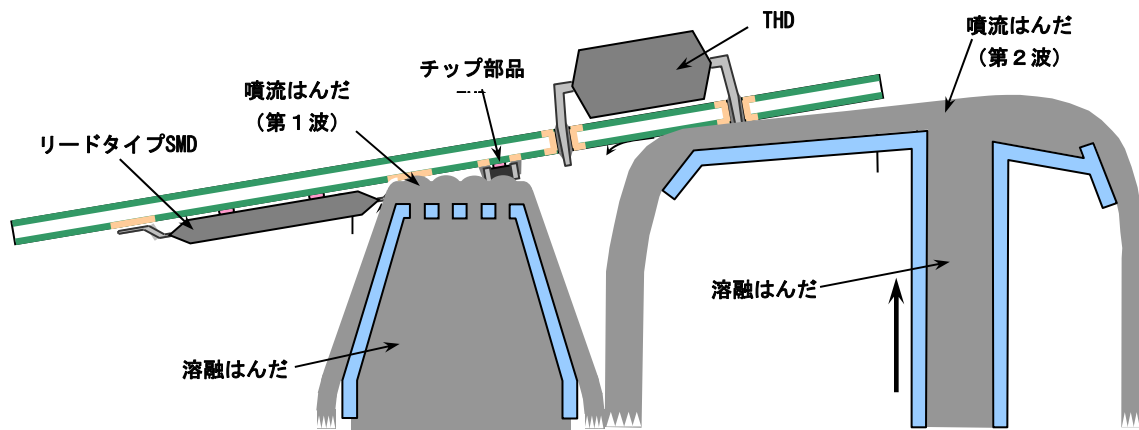


図1-12 フローはんだ付け法（例）

1.1.5 パッケージ種類別の適用可能なはんだ付け方式

パッケージの種類ごとに、適用可能なはんだ付け方式は異なります。

表 1-2 に、パッケージ別にはんだ付け方式を区分した例を示します。

はんだ付け方式の選定にあたっては、各方式の長所、短所及び部品の耐熱性を考慮してください。

表 1-2 パッケージ別はんだ付け方式の区分

| はんだ 付け方式 | SIP DIP SDIP | SOP SSOP HSOP QFP LQFP HQFP HLQFP | TQFP HTQFP TSOP HTSOP | TSSOP VSSOP P-VSON HSOI G-QFP | QFJ SOJ | QFN P-VQFN BGA LFBGA HBGA HFBGA TFBGA LGA | MFPK SMPK CMPK SMFPK TSOP-6 LDPK(S) ^{*4} | LFPK G-QFJ | HQFP ^{*4} HLQFP ^{*4} HTQFP ^{*4} HSOP ^{*4} HTSOP ^{*4} HTSSOP ^{*4} HSOI ^{*4} HQFN ^{*4} RP8P ^{*4} | SFP | DK(S) ^{*4} それ以外 の ディスクリ ット パ ッケージ | |
|-------------|----------------------|---|--------------------------------|---|------------|--|--|---------------|---|-----|--|---|
| | 部分加熱 (局所加熱) | はんだごて | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ ^{*5} | ○ | × | × |
| | ホットエアー | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | レーザー | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | × | × | ○ | ○ |
| | パルスヒート | × | ○ | ○ | × | × | × | ○ | × | × | ○ | ○ |
| 全体加熱 | 赤外線/熱風/ 両者併用リコー | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | VPS | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | フローはんだ ^{*3} | ○ | ○ ^{*1} | ○ ^{*1,*2} | × | ○ | × | × | × | × | ○ | ○ |

○：適用可
×：適用不可（使用は避けてください。）

【注意】

*1

| | | | | | | |
|------------|-------|-----|-----|------|------|-----|
| 端子ピッチ (mm) | 1.27 | 1.0 | 0.8 | 0.65 | 0.5 | 0.4 |
| はんだ付け | 適応する。 | | | | 難しい。 | |

* 耐熱性については製品によって異なりますので、当社営業担当にお問合せをお願いします。

- *2 一部、はんだ槽温度235°CMax.、はんだ槽通過時間5秒Max.の製品もあります。
- *3 ファインピッチ品は、はんだブリッジなどが発生する可能性があります。実装性を確認の上、ご使用ください。
- *4 ヒートスプレッド露出タイプ、ダイパッド露出タイプ。
- *5 はんだごてによるヒートスプレッド(ダイパッド)の加熱は避けてください。

1.1.6 はんだ実装工程

はんだ実装の工程は、プリント配線基板のパッケージを片面のみに実装する場合と、両面に実装する場合とに大別されます。

また、プリント配線基板に搭載される半導体デバイスのパッケージは、リード挿入型（THD）と表面実装型（SMD）に大別され、各々に対応する適切なはんだ付け方式があるため、どのような方式を採用するかにより、概ね下記の6種類に分類できます。

1.1.7 実装工程の基本フロー

- 片面実装

- (1) THD のフローはんだ付け
- (2) SMD のフローはんだ付け
- (3) SMD のリフローはんだ付け

- 両面実装

- (1) SMD のリフローはんだ付け+THD/SMD のフローはんだ付け
- (2) SMD のリフローはんだ付け+SMD のリフローはんだ付け
- (3) THD/SMD のフローはんだ付け

次ページ以降に簡単な工程のイメージを図 1-13～18 に示します。

同一プリント配線基板上に、異なるパッケージを複数はんだ実装する混載実装においては製品の耐熱性を考慮して最適な実装工程を選定してください。

1.1.8 片面実装

(1) THD のフローはんだ付け

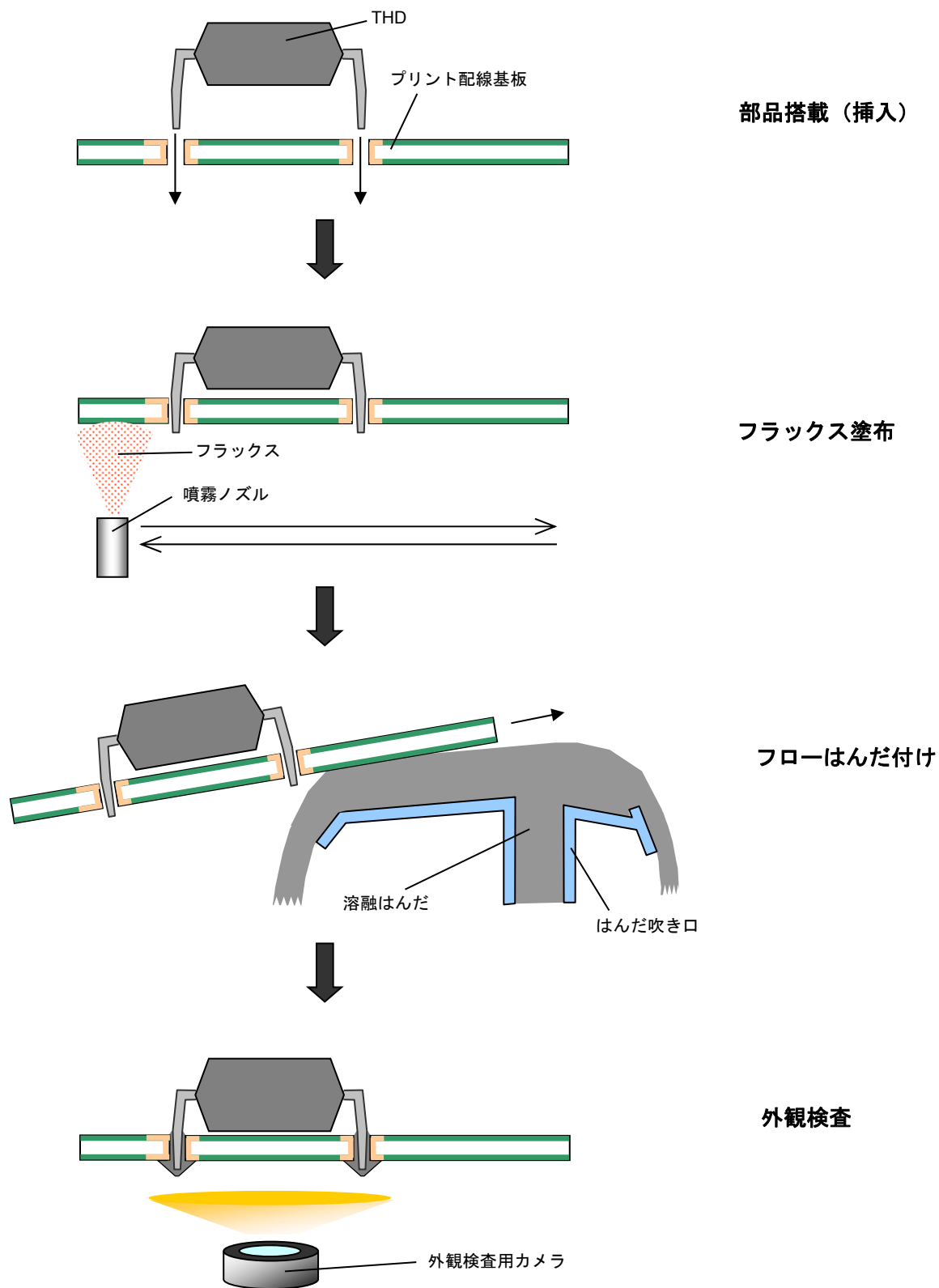
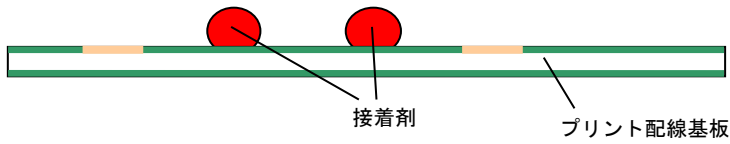
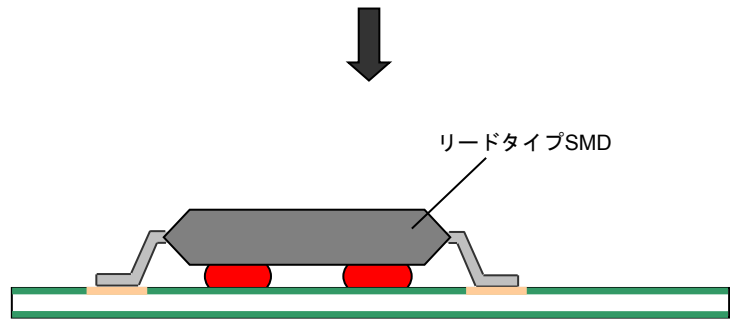


図1-13 THDのフローはんだ付け

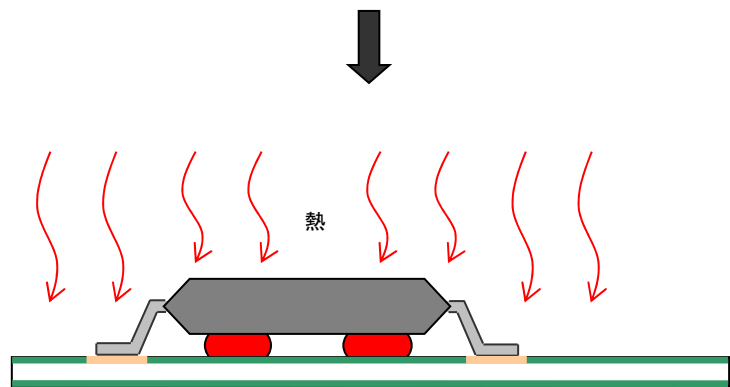
(2) SMD のフローはんだ付け



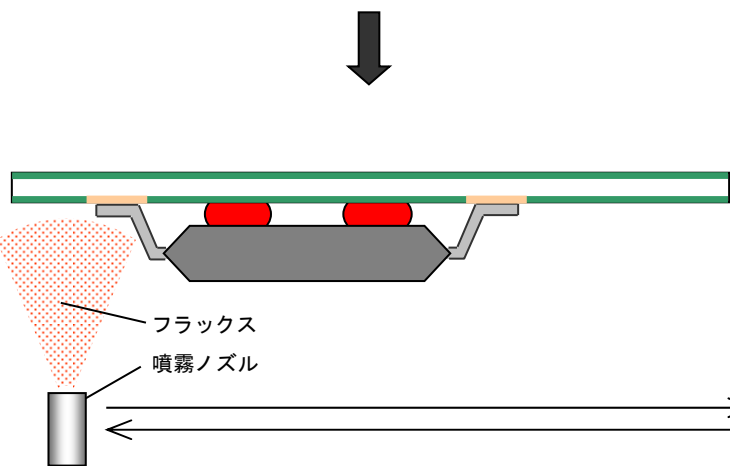
接着剤塗布



部品搭載



接着剤 熱硬化



フラックス塗布

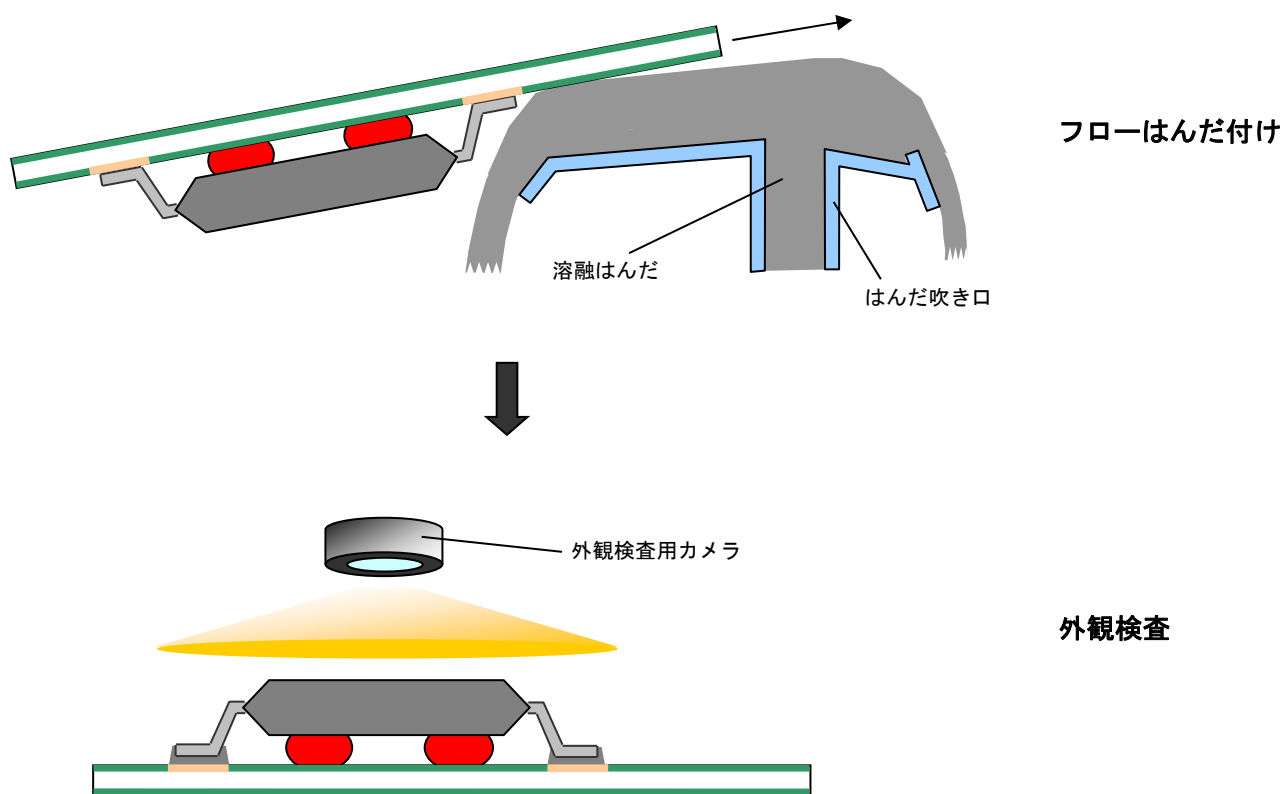


図1-14 SMDのフローはんだ付け

(3) SMDのリフローはんだ付け

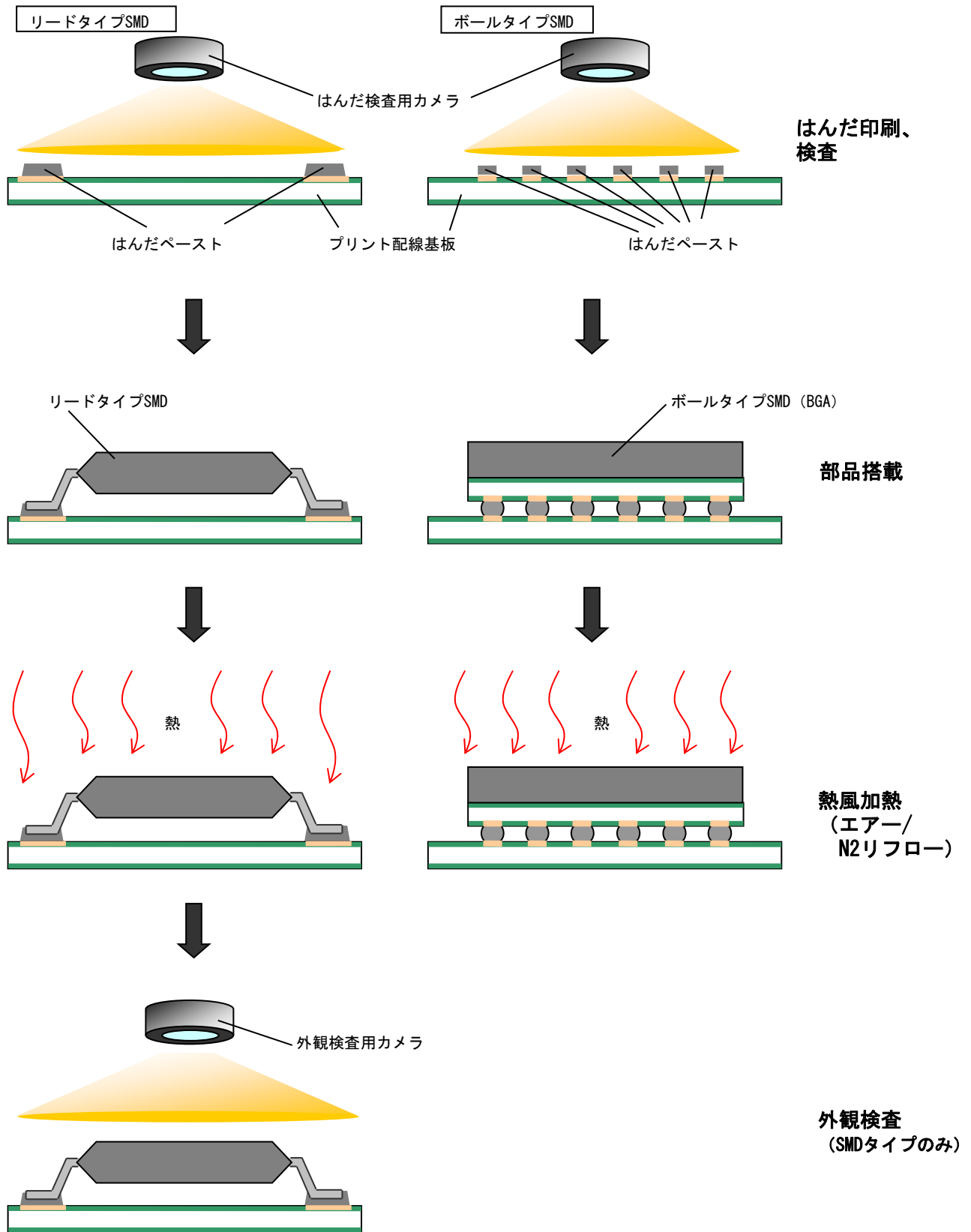
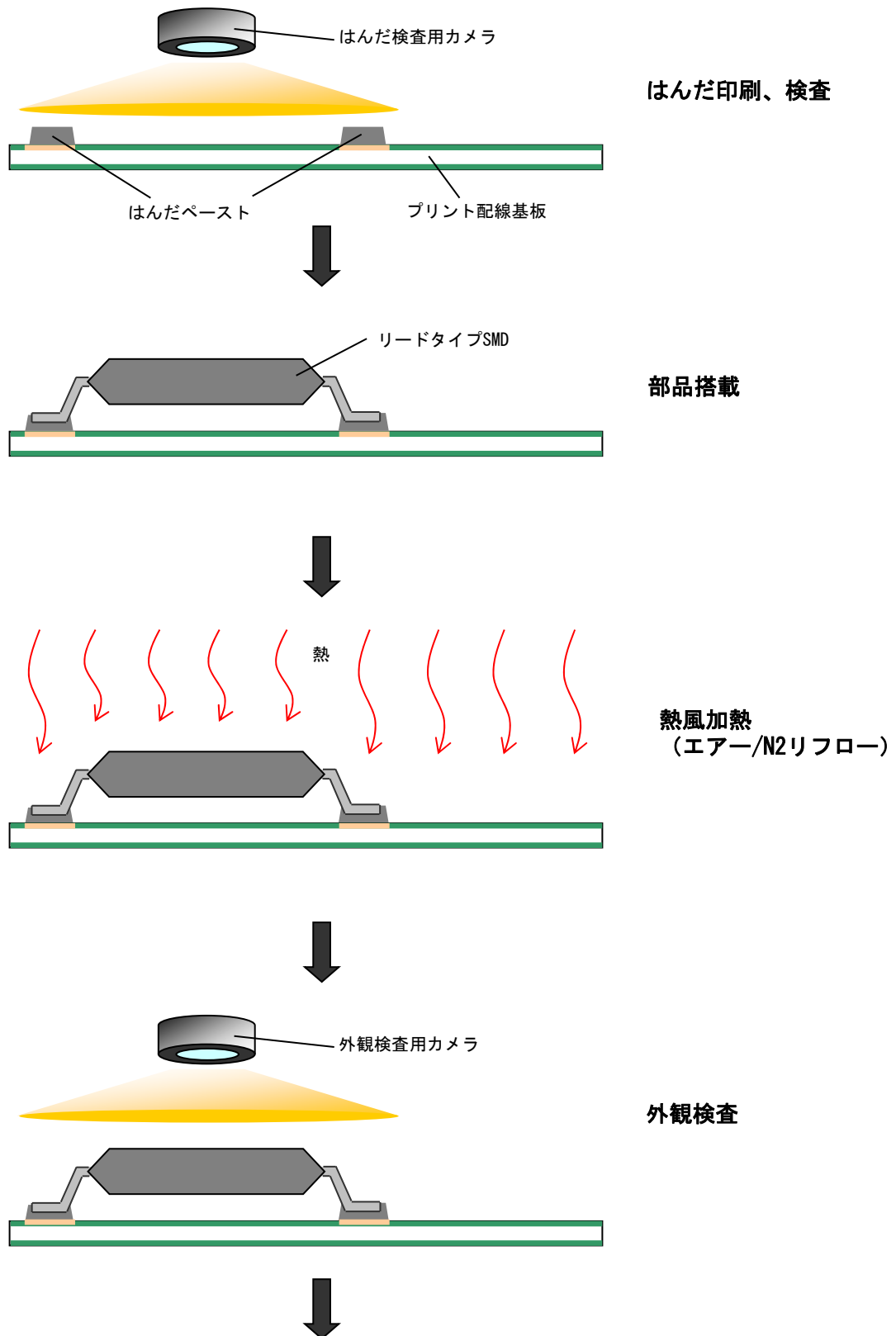
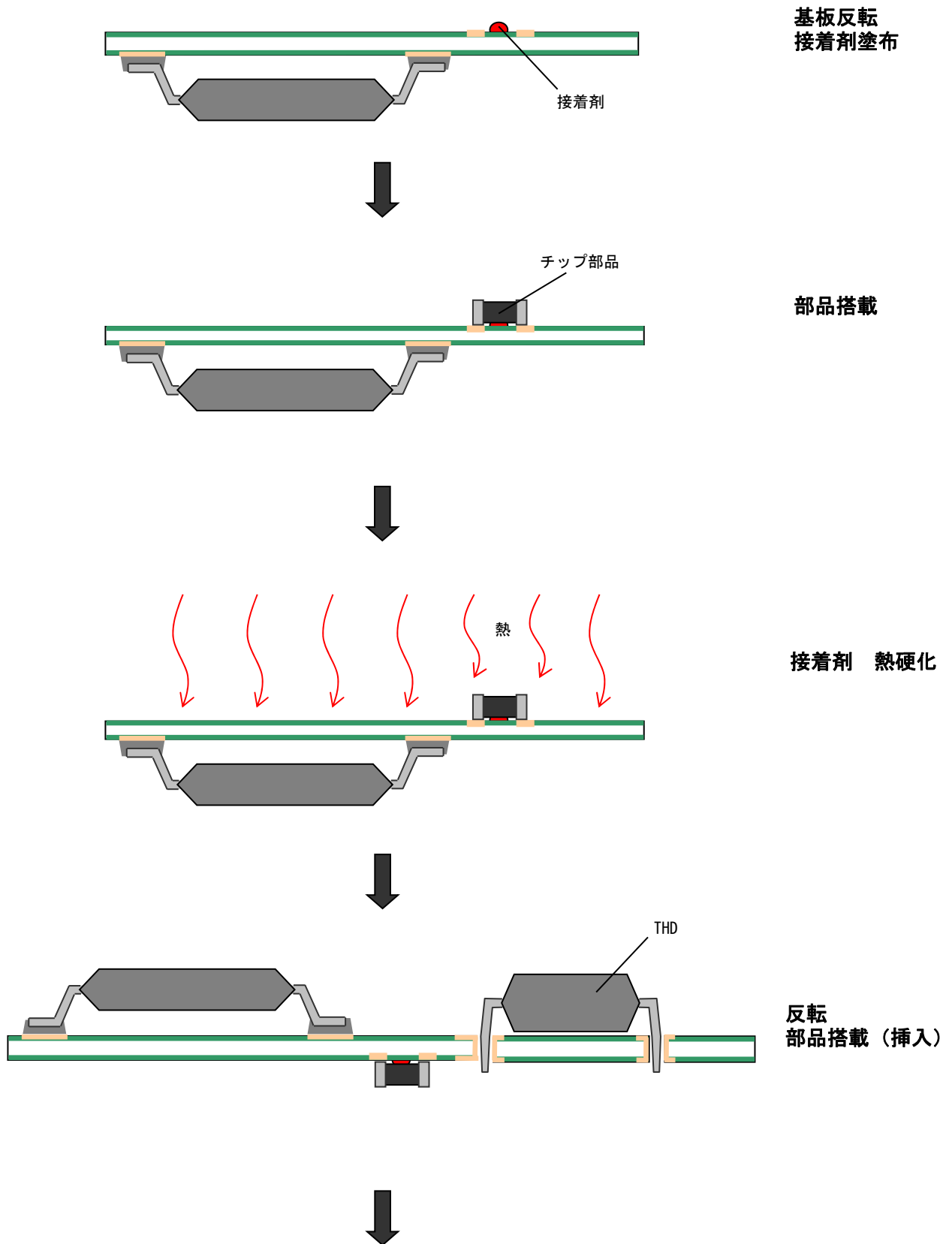


図1-15 SMDのリフローはんだ付け

1.1.9 両面実装

(1) SMDのリフロー+THD/SMDのフローはんだ付け





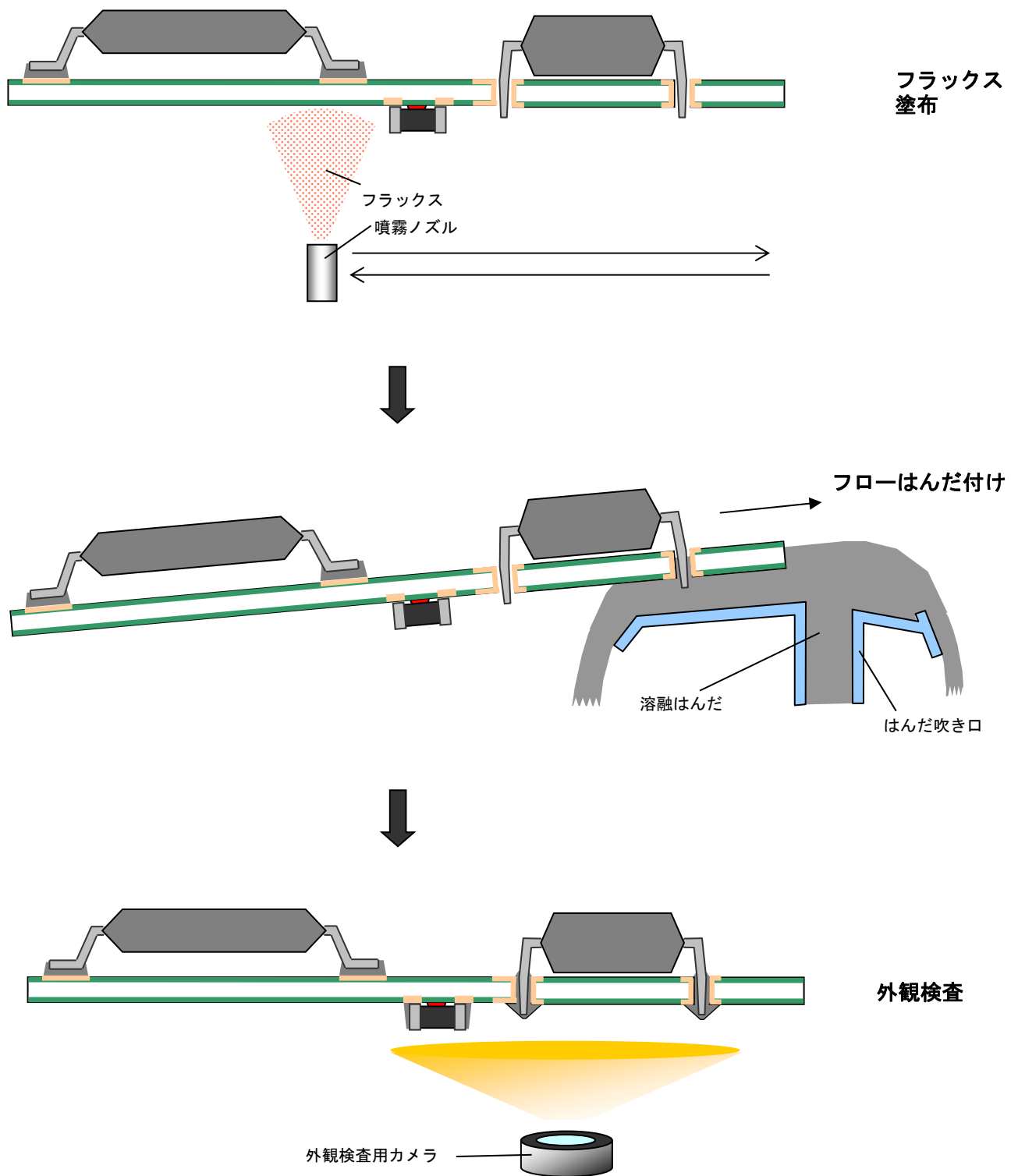
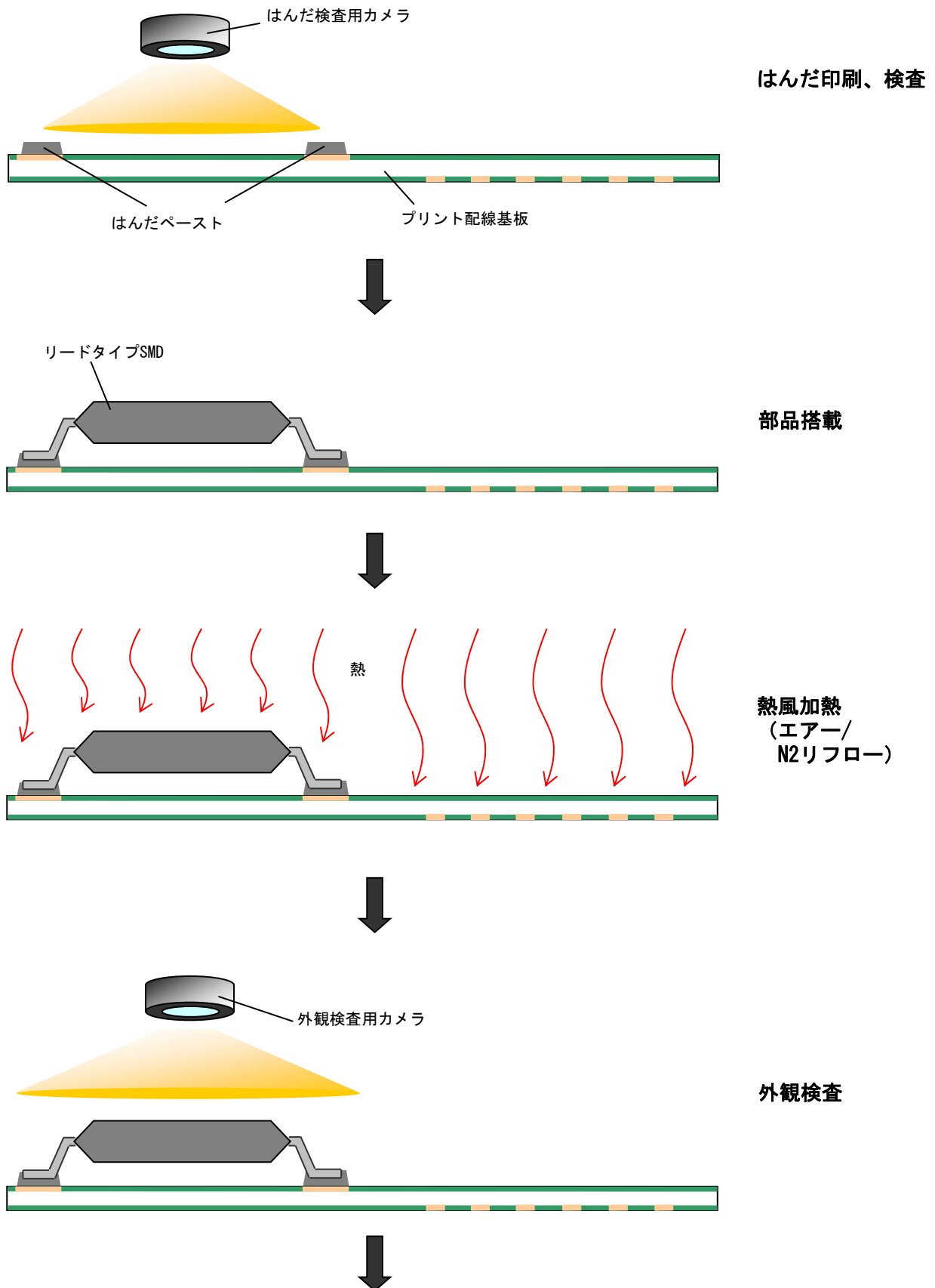


図1-16 SMDのリフロー+THD/リードタイプSMDのフローはんだ付け

(2) SMDのリフロー+SMDのリフローはんだ付け



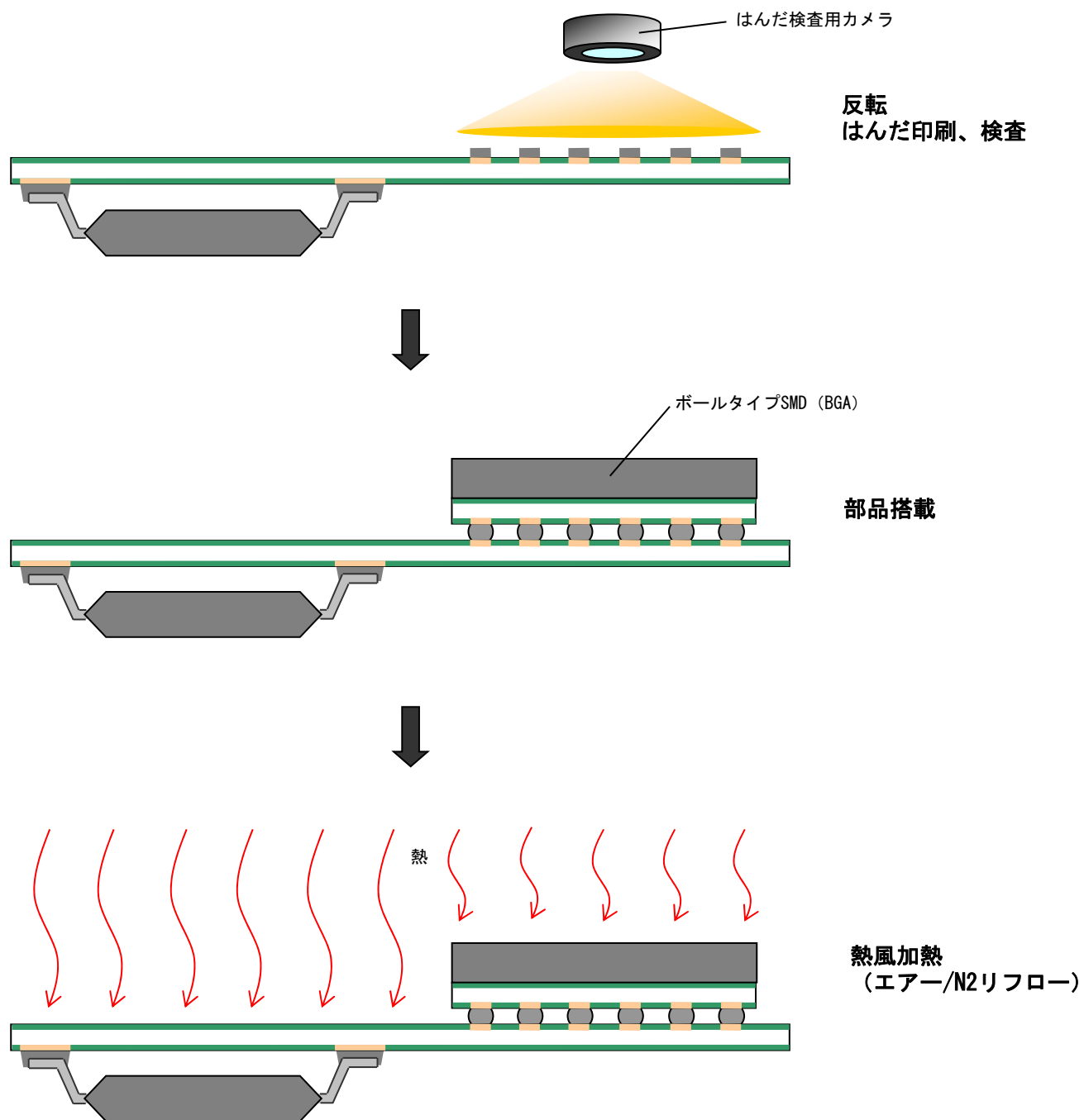
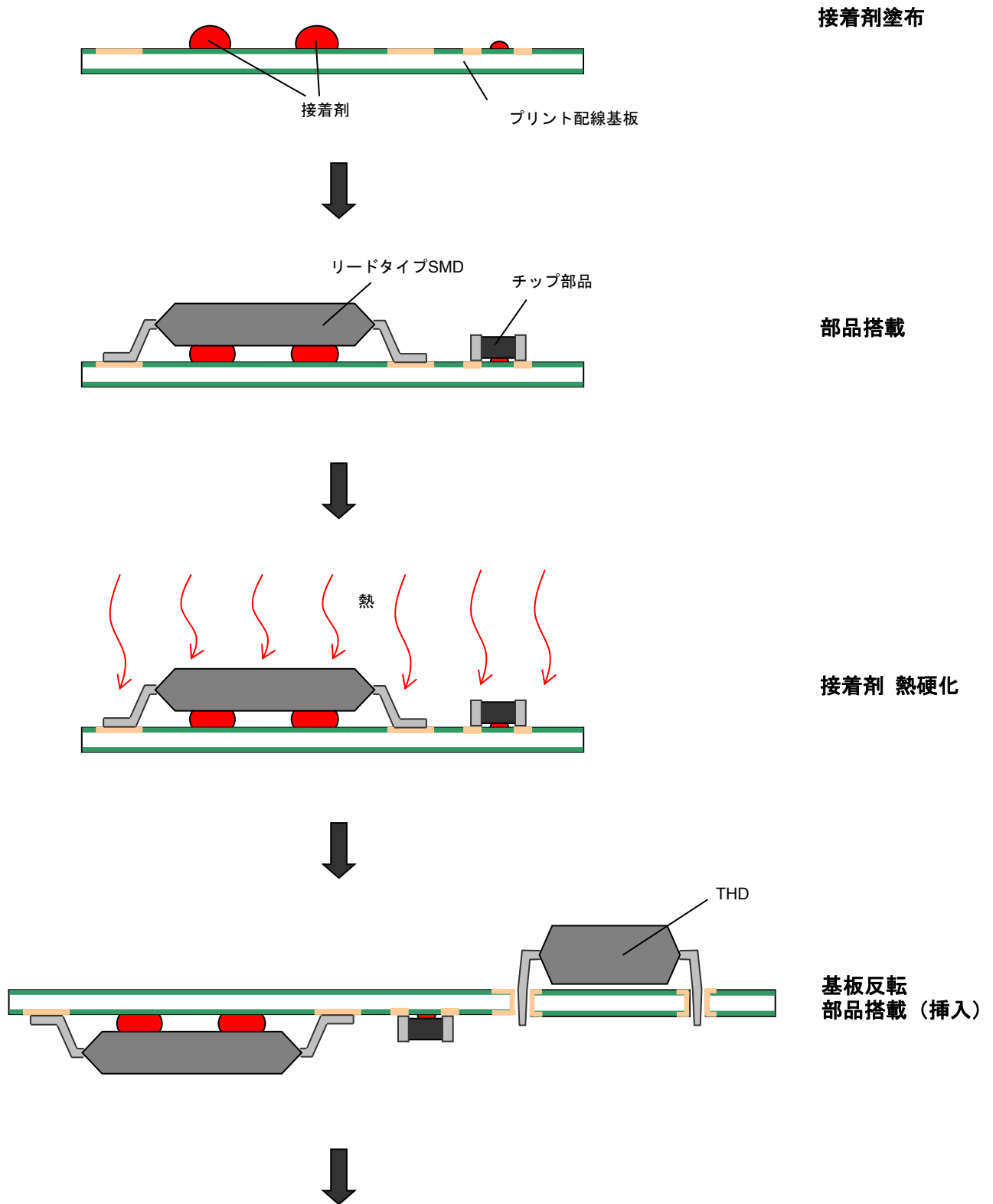


図1-17 SMDのリフロー+SMDのリフローはんだ付け

(3) THD/リードタイプ SMD のフローはんだ付け



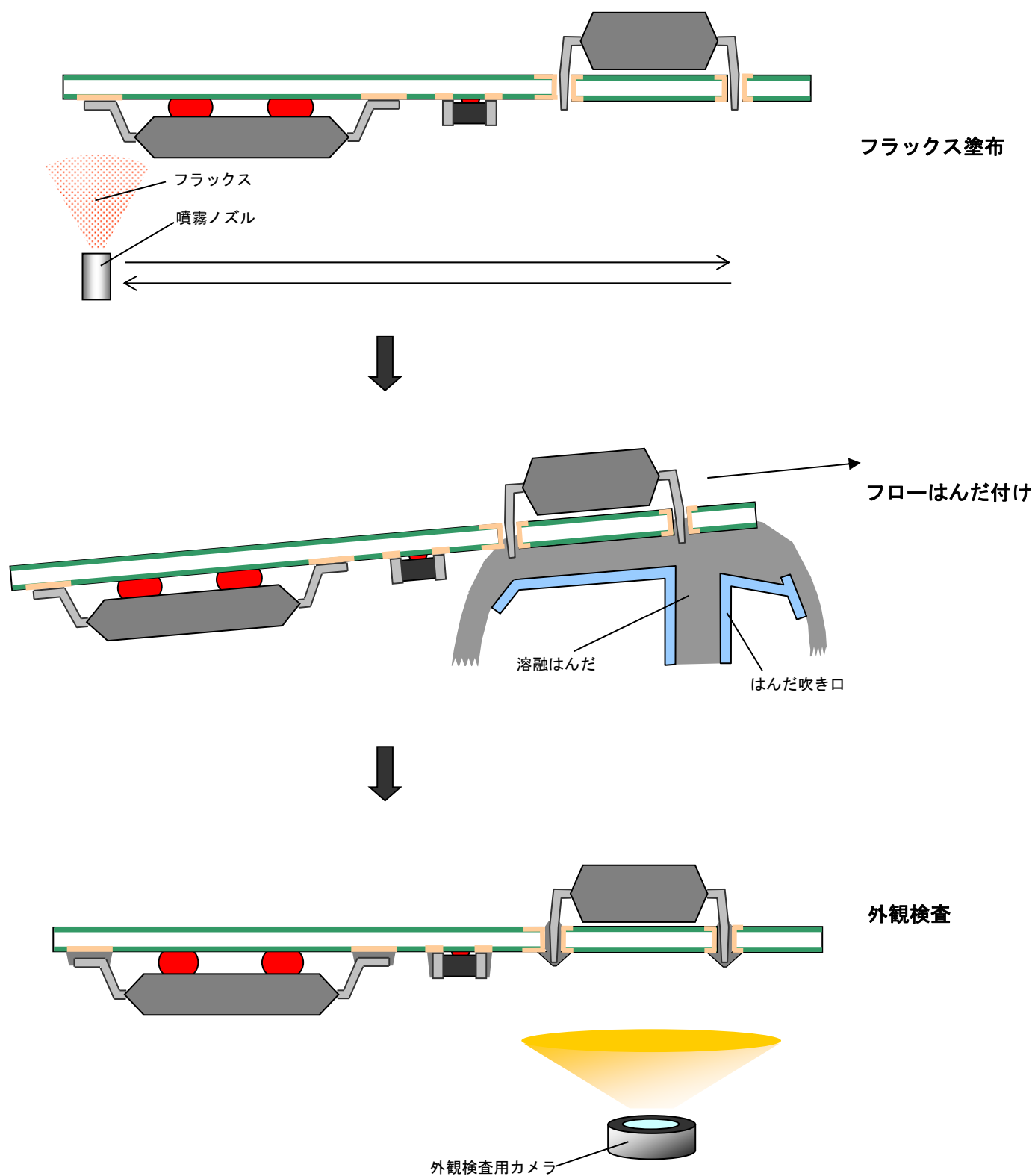


図1-18 THD/リードタイプSMDのフローはんだ付けのイメージ

2. プリント配線基板の設計

2.1 リードタイプ SMD

リードタイプ SMD を実装するプリント配線基板のマウントパッド設計に当たっては、リード形状の特徴などを配慮することが大切になります。また、パッケージ名称が同じであっても、端子寸法などが微妙に違っていることがありますので注意が必要です。

マウントパッド寸法を規定するパラメータには、次のものがあります。

- ・ 洗浄性 (α)
- ・ はんだ付け強度性 ($\beta 1$)
- ・ パターン精度およびはんだ付けの目視検査性 ($\beta 2$)
- ・ 耐はんだブリッジ性 (γ)

各寸法領域の余裕度の取り方は、パターン設計の思想や機器の用途により決定されます。

次ページより、外形図面を基にした端子位置精度と、プリント配線基板のマウントパッド寸法の計算方式を説明します。

2.1.1 リードタイプ SMD の端子存在範囲

プリント配線基板上のマウントパッド設計を実施する際に重要となるパッケージの端子位置(存在範囲)は、外形図における端子幅と端子中心位置の公差域によって規定されます。

端子中心位置公差については、最大実体公差方式で以下のように表されます。

$\boxed{\text{⊕ X ⊖}}$

- ・記号 ⊕ : 位置度公差を表す記号。
- ・記号 X : 端子中心位置の公差域
- ・記号 ⊖ : 最大実体公差方式を表す記号。端子幅が最大の時に許容される端子中心位置の公差域を表す。

真の端子存在範囲は、真の中心位置から端子最大幅の範囲となります。しかし、端子中心位置も公差があるため、最大端子存在範囲は端子最大幅に端子中心位置の公差域を加えた範囲となります。

最大実体公差方式は、端子幅によらず上記の最大端子存在範囲【最大端子許容範囲】を越えないことを表します。

したがって、端子幅が端子最大幅よりも狭い場合は許容される端子中心位置の公差は大きくなります。

0.5mmピッチQFPでの例を下記に記します。

端子幅 = 0.20 ± 0.05mm

端子中心位置の公差域 = $\boxed{\text{⊕ } \phi 0.08 \text{ ⊖}}$

0.5mmピッチQFPの場合、最大端子存在範囲は真の端子中心位置から0.33mm (±0.165mm)となります。

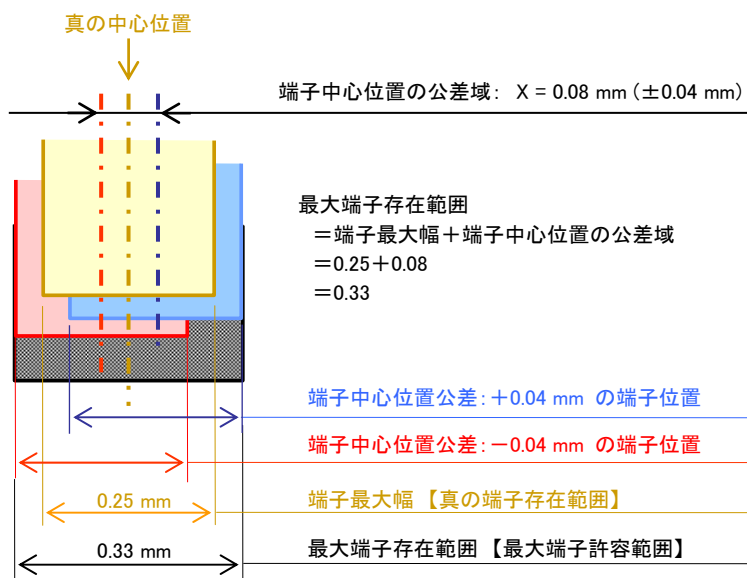


図2-1 0.5mmピッチQFPの端子中心位置公差

2.1.2 各パッケージのマウントパッド寸法例

(1) Gull-Wingタイプ

- ①SOP (MIL寸法準拠)----- 図2-2
- ②TSOP(タイプ I、タイプ II)、SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP、WSOP ----- 図2-3
- ③QFP、HQFP、LQFP、TQFP、HLQFP、HTQFP----- 図2-4
- ④HQFP、HLQFP、HTQFP(ダイパッド露出タイプ)----- 図2-5
- ⑤HQFP、HLQFP(裏面ヒートスプレッダ露出タイプ)----- 図2-6

(2) J-Leadタイプ

- ①SOJ ----- 図2-7
- ②QFJ ----- 図2-8

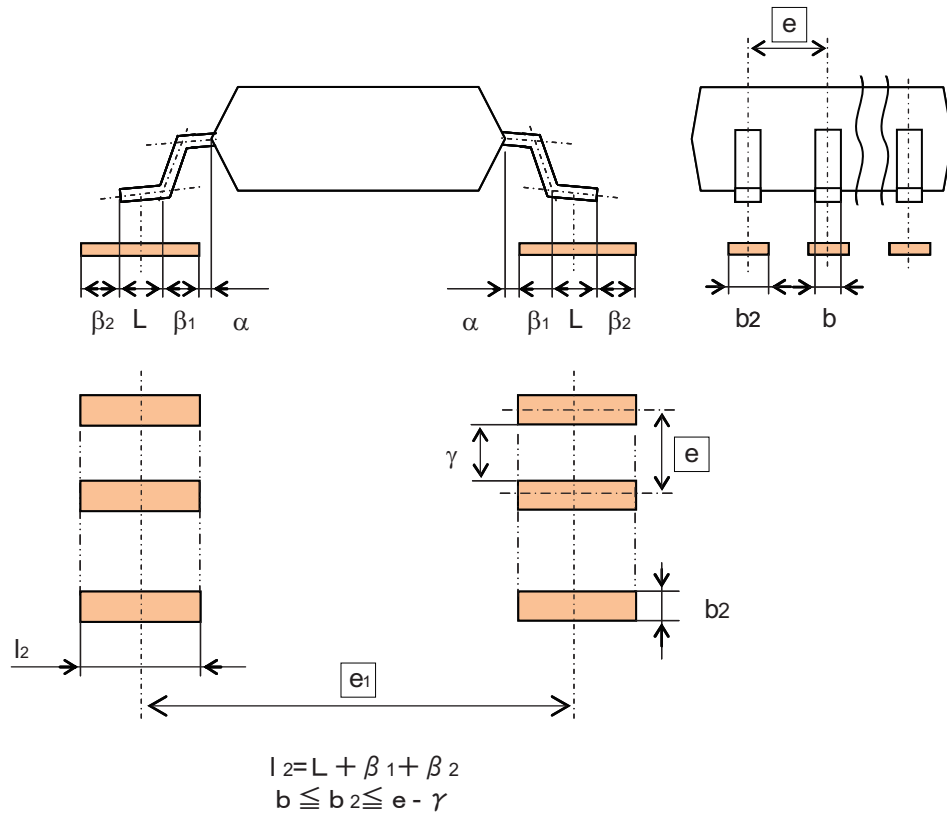
(3) Non-Leadタイプ

- ①QFN、HQFN ----- 図2-9

(1) Gull-Wing タイプの寸法例

① SOPタイプ (Mil寸法準拠) のマウントパッド寸法例

マウントパッド寸法例は以下の通りです。



定数はパッケージ幅 e_1 のタイプ1 (225mil) からタイプ6(600mil)迄、全て同じです。

- パッケージ幅 e_1 の種類 :
- タイプ1 225mil (5.72)
 - タイプ2 300mil (7.62)
 - タイプ3 375mil (9.53)
 - タイプ4 450mil (11.43)
 - タイプ5 525mil (13.34)
 - タイプ6 600mil (15.24)

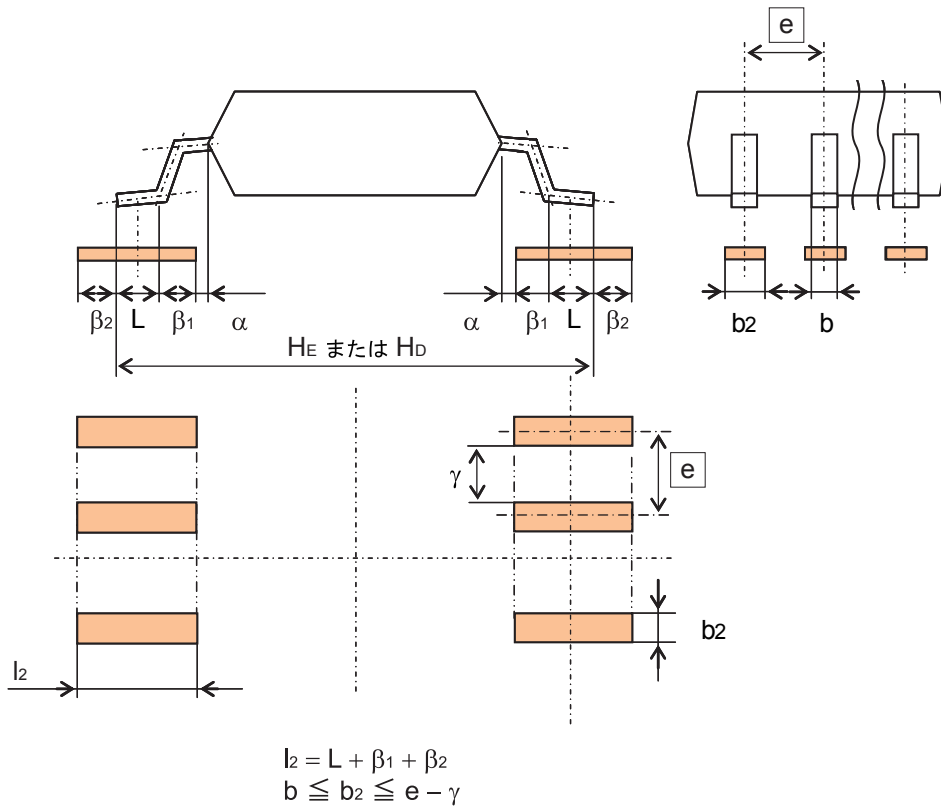
■ 当社寸法例 SOPタイプ (MIL寸法準拠) 単位 : mm

| 定数 | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 |
|-----------|-----------|------|------|------|------|------|
| α | 0.20 以上 | - | - | - | - | - |
| β_1 | 0.20~0.50 | - | - | - | - | - |
| β_2 | 0.20 | - | - | - | - | - |
| γ | 0.30 | - | - | - | - | - |

図2-2 SOPタイプ (MIL寸法準拠) の例

* 旧EIAJ規格ED-7402-1を元に考慮した参考値

- ② TSOP (タイプ I、II) SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP、WSOPのマウントパッド寸法例
マウントパッド寸法例は以下の通りです。



■当社寸法例 (TSOP タイプ I)

単位 : mm

| 定数 \ e | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.55 | 0.50 | 0.40 |
|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|
| α | - | - | - | 0.05~0.10 | ← | ← | ← |
| β_1 | - | - | - | 0.20~0.25 | ← | ← | ← |
| β_2 | - | - | - | 0.20~0.40 | ← | ← | ← |
| γ | - | - | - | 0.30 | 0.25 | ← | 0.20 |

■当社寸法例 (TSOP タイプ II)

単位 : mm

| 定数 \ e | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.55 | 0.50 | 0.40 |
|-----------|-----------|------|------|------|------|------|-----------|
| α | 0.05~0.10 | ← | ← | ← | - | - | 0.05~0.10 |
| β_1 | 0.20~0.25 | ← | ← | ← | - | - | 0.20~0.25 |
| β_2 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | - | - | 0.20~0.40 |
| γ | 0.30 | ← | ← | ← | - | - | 0.20 |

■当社寸法例 (SSOP, LSSOP, TSSOP, VSSOP, WSOP)

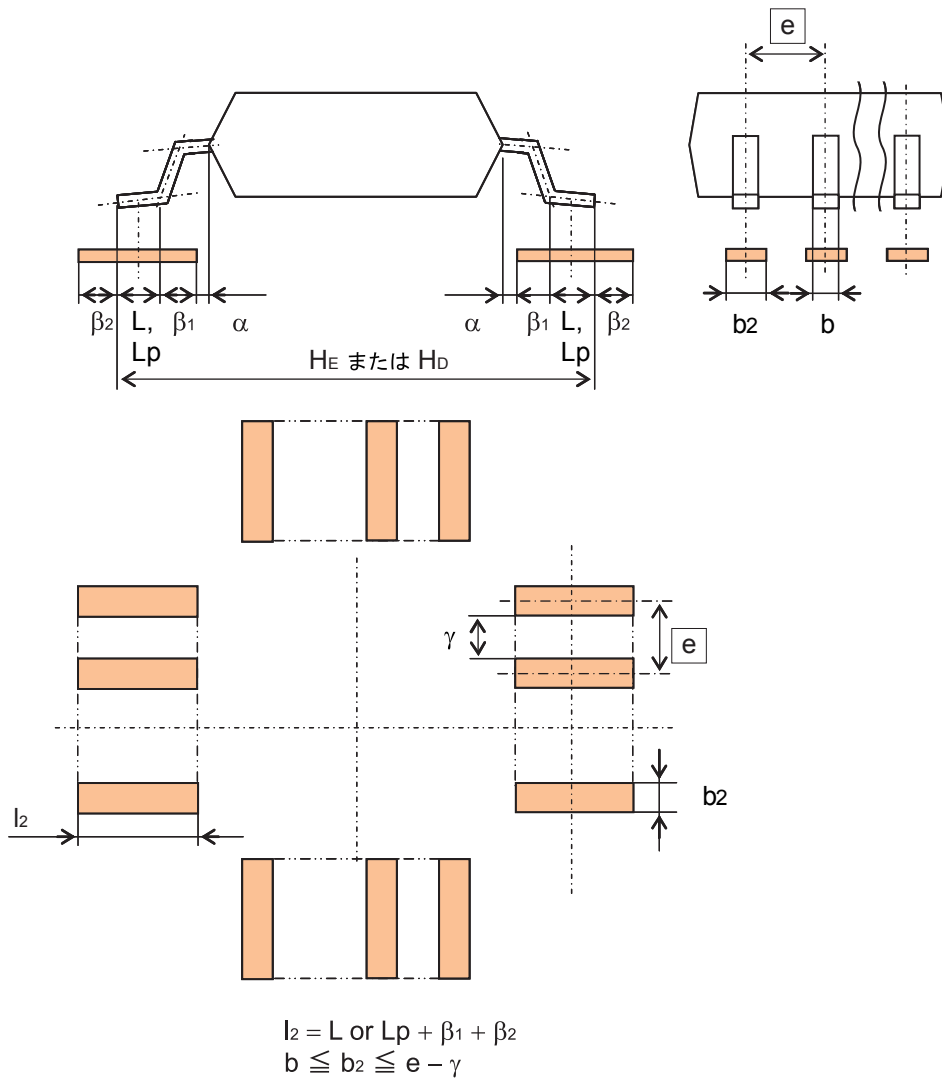
単位 : mm

| 定数 \ e | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.55 | 0.50 | 0.40 |
|-----------|------|-----------|------|------|------|-----------|------|
| α | - | 0.10~0.30 | ← | ← | - | 0.10~0.30 | ← |
| β_1 | - | 0.20~0.50 | ← | ← | - | 0.20~0.40 | ← |
| β_2 | - | 0.20~0.40 | ← | ← | - | 0.20~0.40 | ← |
| γ | - | 0.30 | ← | ← | - | 0.25 | 0.20 |

図2-3 TSOP(タイプ I、タイプ II)、SSOP、LSSOP、TSSOP、VSSOP、WSOPの例

* JEIAJ規格 ED-7402を元に考慮した参考値

- ③ QFPタイプ (QFP, HQFP, LQFP, TQFP, HLQFP, HTQFP) のマウントパッド寸法例
マウントパッド寸法例は以下の通りです。



■ 当社寸法例 (QFP, HQFP; ヒートスプレッダ内蔵品)

単位 : mm

| 定数 \ e | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 |
|-----------|-----------|------|------|-----------|------|
| α | 0.30 | ← | ← | 0.10~0.30 | ← |
| β_1 | 0.50 | ← | ← | 0.20~0.40 | ← |
| β_2 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | ← |
| γ | 0.30 | ← | ← | 0.25 | 0.20 |

■ 当社寸法例 (LQFP, TQFP, HLQFP, THQFP; ヒートスプレッダ内蔵品)

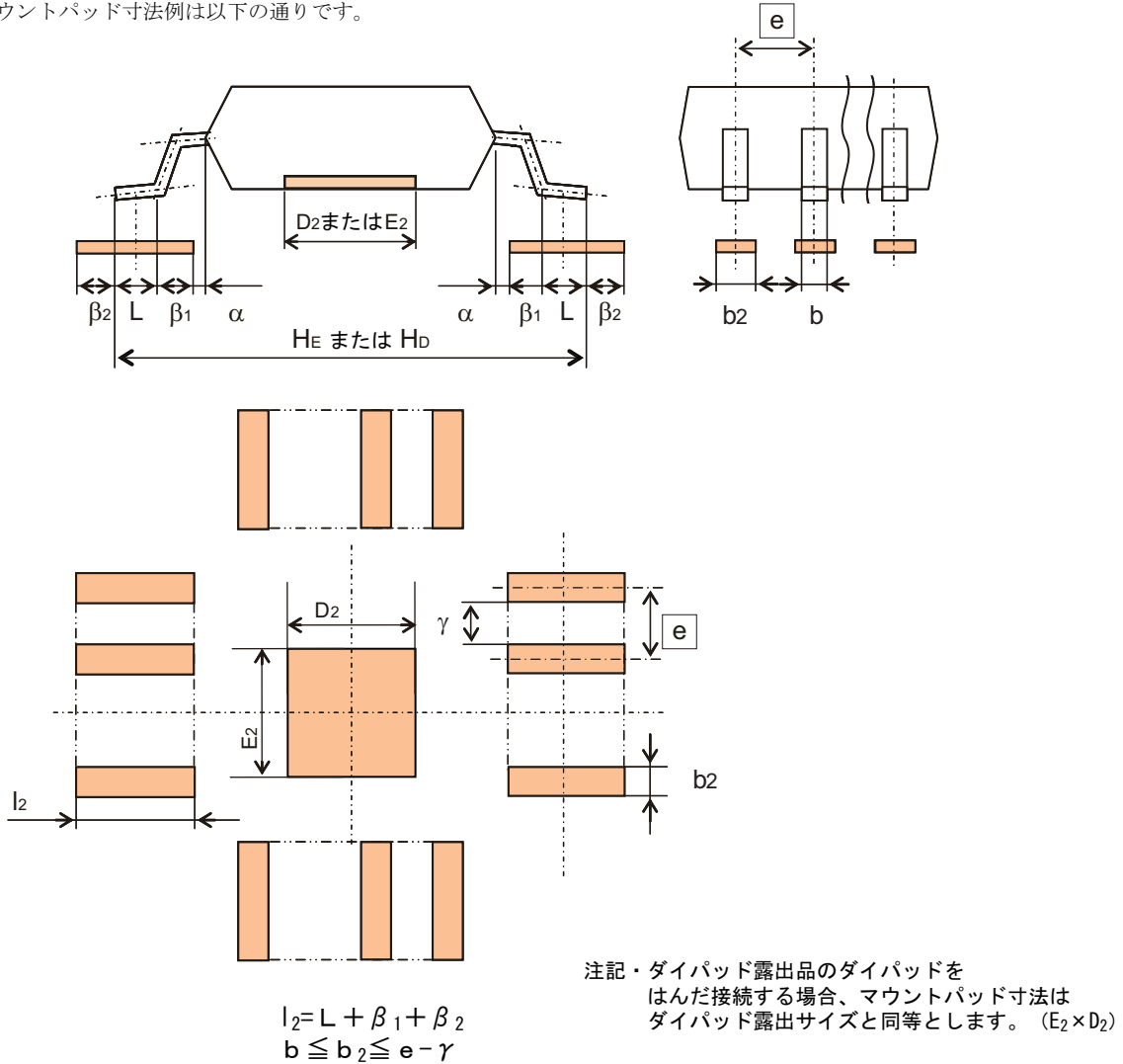
単位 : mm

| 定数 \ e | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 |
|-----------|-----------|------|------|------|------|
| α | 0.10~0.30 | ← | ← | ← | ← |
| β_1 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | ← |
| β_2 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | ← |
| γ | 0.30 | ← | ← | 0.25 | 0.20 |

図2-4 QFP, HQFP, LQFP, TQFP, HTQFP の例

* JEIA規格 ED-7404を元に考慮した参考値

- ④ QFPタイプ (HQFP、HLQFP、HTQFP ; ダイパッド露出タイプ) のマウントパッド寸法例
マウントパッド寸法例は以下の通りです。



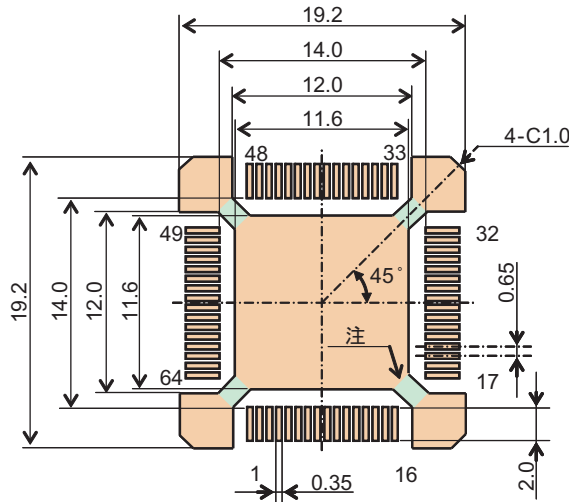
| ■当社寸法例 (HQFP; ダイパッド露出品) | | 単位 : mm | | | | |
|-------------------------|-----------|---------|------|-----------|------|--|
| 定数 \ e | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 | |
| α | 0.30 | ← | ← | 0.10~0.30 | ← | |
| β_1 | 0.50 | ← | ← | 0.20~0.40 | ← | |
| β_2 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | ← | |
| γ | 0.30 | ← | ← | 0.25 | 0.20 | |

| ■当社寸法例 (HLQFP, HTQFP; ダイパッド露出品) | | 単位 : mm | | | | |
|---------------------------------|-----------|---------|------|------|------|--|
| 定数 \ e | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 | |
| α | 0.10~0.30 | ← | ← | ← | ← | |
| β_1 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | ← | |
| β_2 | 0.20~0.40 | ← | ← | ← | ← | |
| γ | 0.30 | ← | ← | 0.25 | 0.20 | |

図2-5 HQFP, HLQFP, HTQFP の例

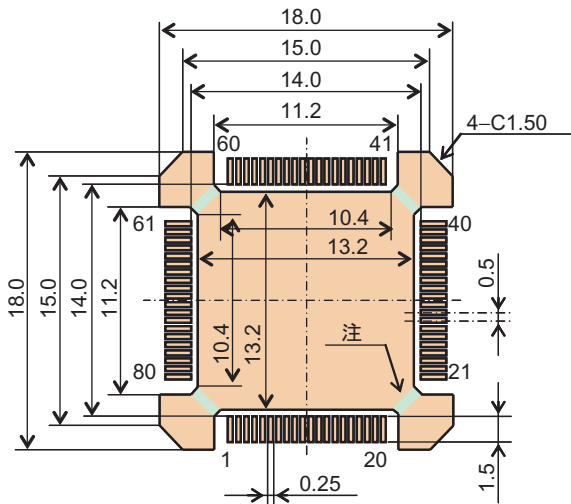
* IJEIAJ規格 ED-7404を元に考慮した参考値

⑤ HQFP、HLQFP（裏面ヒートスプレッド露出タイプ）マウントパッド寸法例
PRQP0064JB-A



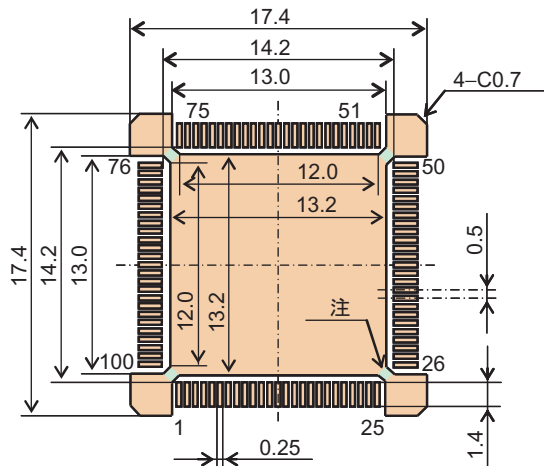
注) ヒートスプレッドコーナー部に相当する接続ランド部に必要はんだ量を確保するため、リフロー時のはんだ流出防止用として基板上にソルダレジスト、シルクスクリーン等の設定をお願いいたします。

PLQP0080KD-A



注) ヒートスプレッドコーナー部に相当する接続ランド部に必要はんだ量を確保するため、リフロー時のはんだ流出防止用として基板上にソルダレジスト、シルクスクリーン等の設定をお願いいたします。

PLQP0100KD-A



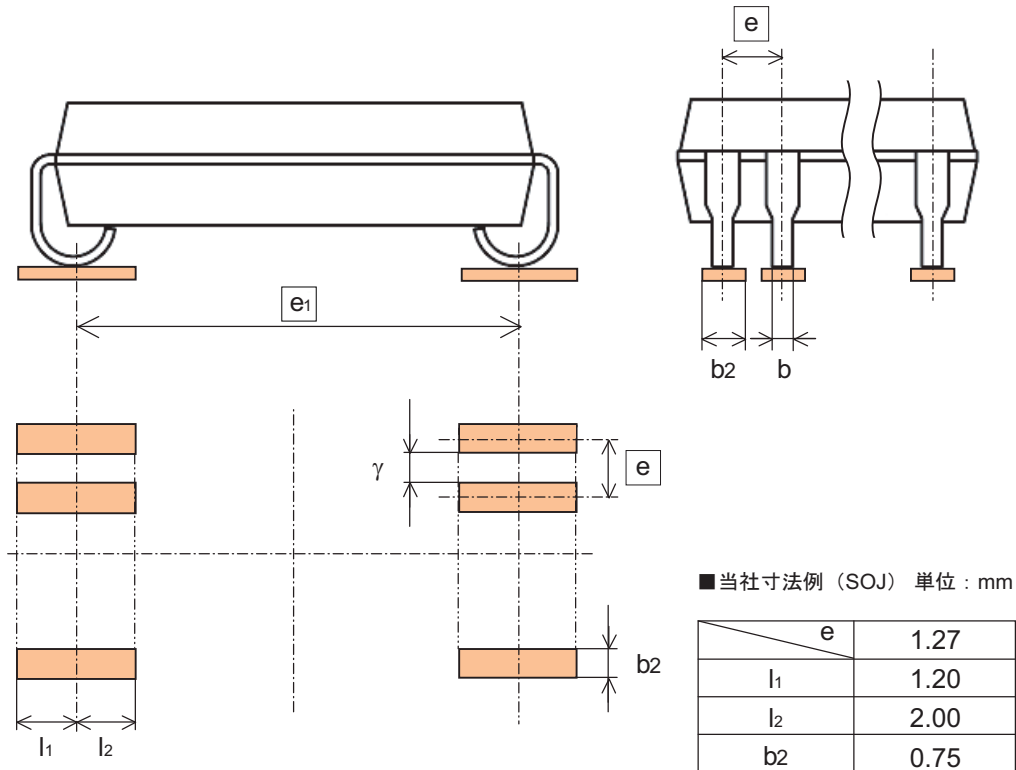
注) ヒートスプレッドコーナー部に相当する接続ランド部に必要はんだ量を確保するため、リフロー時のはんだ流出防止用として基板上にソルダレジスト、シルクスクリーン等の設定をお願いいたします。

図2-6 HQFP、HLQFP（裏面ヒートスプレッド露出タイプ）の例

(2) J-Lead タイプの寸法例

① SOJの寸法例

マウントパッド寸法例は以下の通りです。

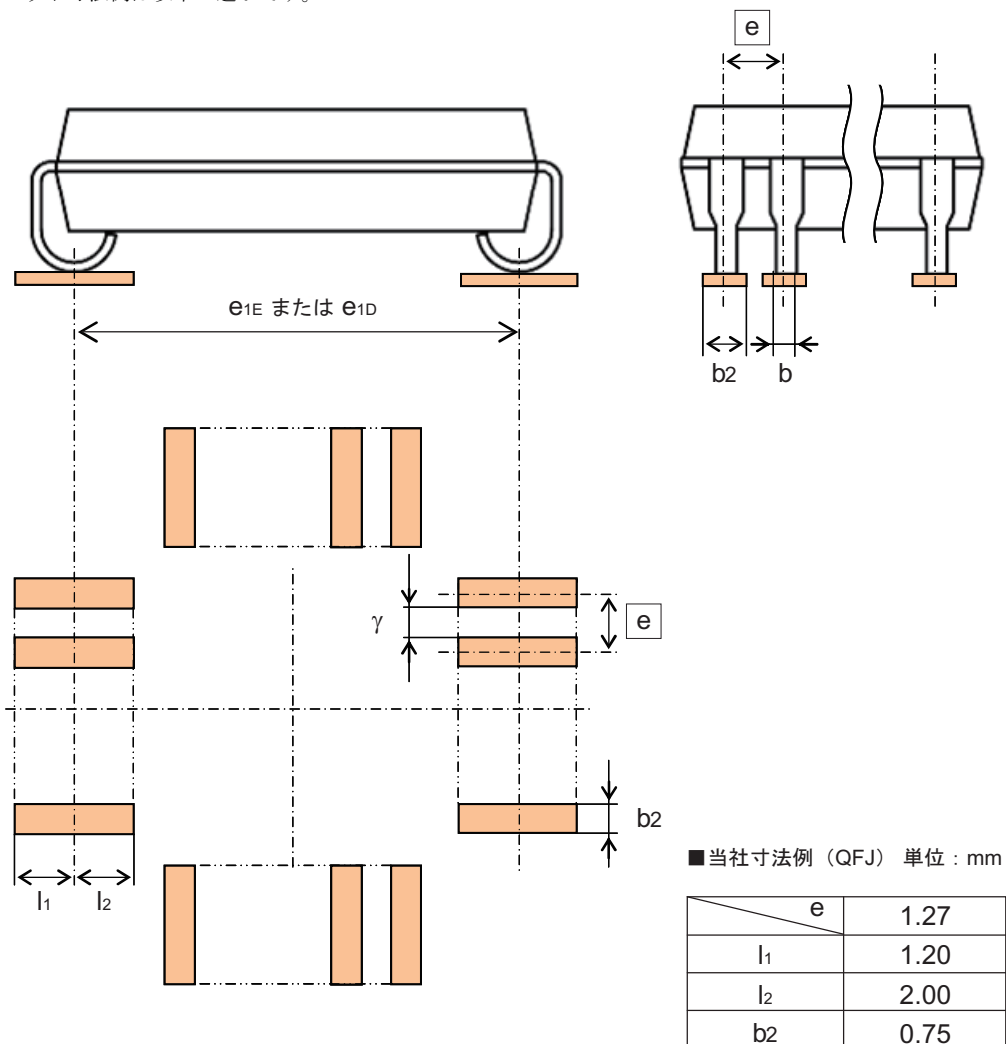


* JEIAJ規格ED-7406に準じた参考値

図2-7 SOJの例

② QFJのマウントパッド寸法例

マウントパッド寸法例は以下の通りです。



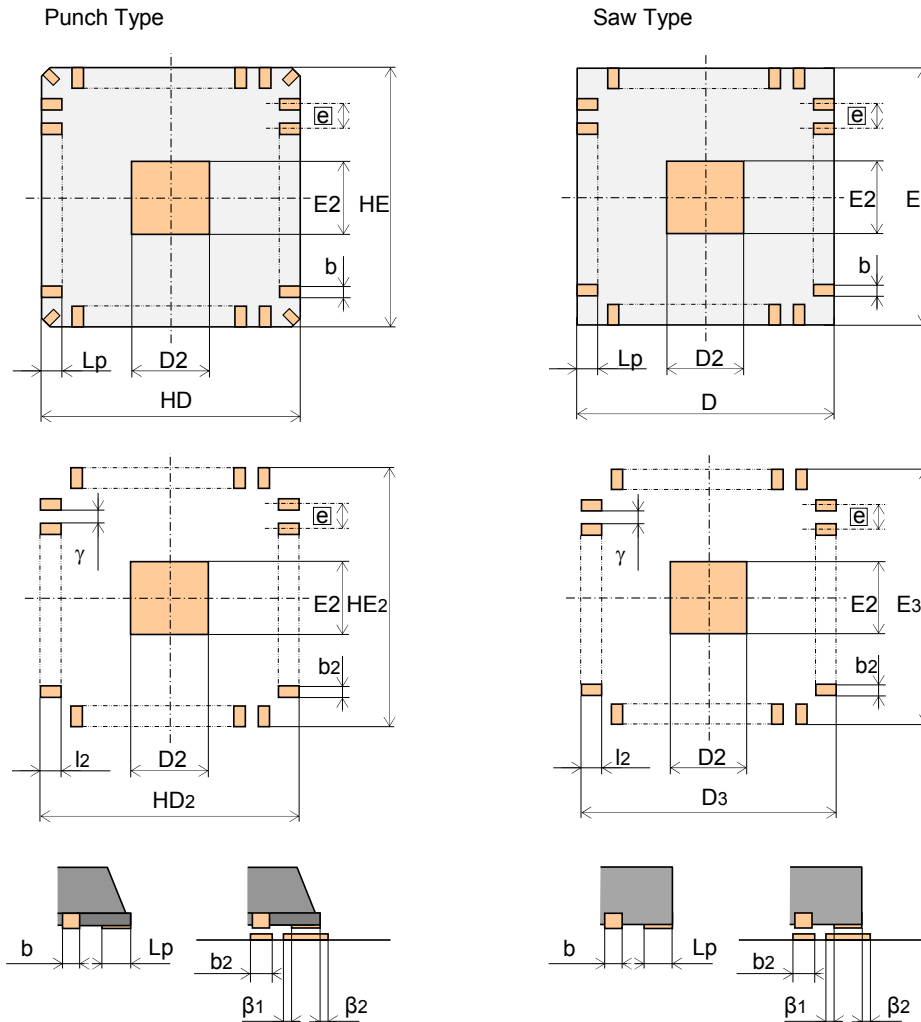
* JEIJA規格ED-7407に準じた参考値

図2-8 QFJの例

(3) Non-lead タイプの寸法例

① QFN、HQFNの寸法例

マウントパッド寸法は以下の通りです。



当社寸法例

| | 0.8 | 0.5 | 0.4 |
|-----------|---------|---------|---------|
| β_1 | 0~0.3 | 0~0.3 | 0~0.2 |
| β_2 | 0~0.3 | 0~0.3 | 0~0.2 |
| γ | 0.1~0.3 | 0.1~0.3 | 0.1~0.2 |

$$l_2 = L + \beta_1 + \beta_2$$

$$b \leq b_2 \leq e - \gamma$$

- ・ダイパッドをはんだ接続する場合はダイパッド露出サイズと同等の実装ランド設計となります。
- ・パッケージコーナー部に露出しているリード（ダイパッド吊りリード）の基板への実装はお避けください。
- ・必要に応じてコーナーランドの β_1 寸法を検討願います。

図2-9 QFN、HQFNの例

2.2 ボールタイプ SMD (LGA 含む)

2.2.1 ボールタイプ SMD の端子存在範囲

ボールタイプ SMD の場合は、リードタイプ SMD と異なり端子形状が円（球）状であるため、端子幅および端子中心位置の公差域を径（ ϕ ）で表します。

0.5mm ピッチ FBGA での例を下記に記します。

端子幅 = $\phi 0.30 \pm 0.05\text{mm}$

端子中心位置の公差域 = $\boxed{\oplus \phi 0.05 \ominus}$

0.5mm ピッチ FBGA の場合、最大端子存在範囲は真の端子中心位置から $\phi 0.40\text{mm}$ となります。

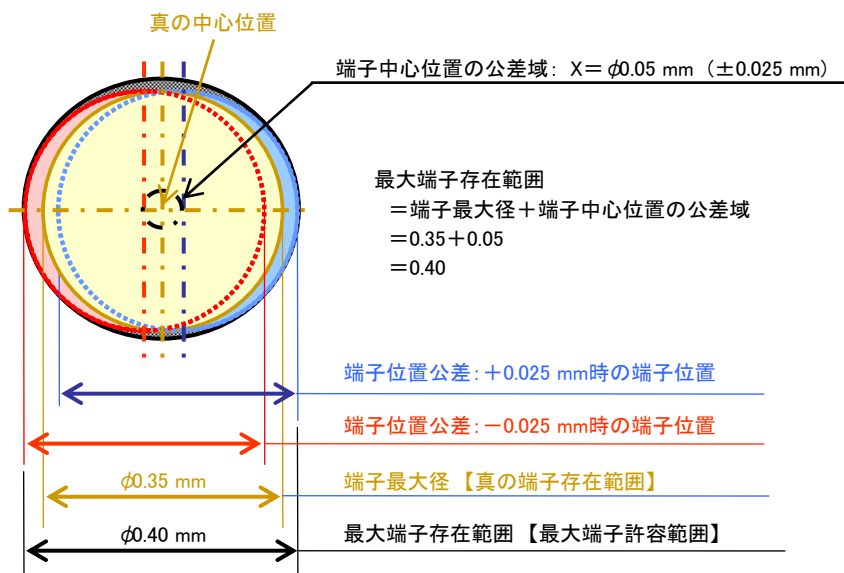


図2-10 0.5mmピッチBGAの端子中心位置公差

2.2.2 BGA, LGA のマウントパッド設計について

マウントパッドには、その構造から NSMD(Non Solder Mask Defined)と SMD(Solder Mask Defined) の2種類のタイプがあります。それぞれ以下に示すような特徴がありますので、アプリケーションの用途に応じてタイプの設定を行ってください。

NSMD タイプの特徴

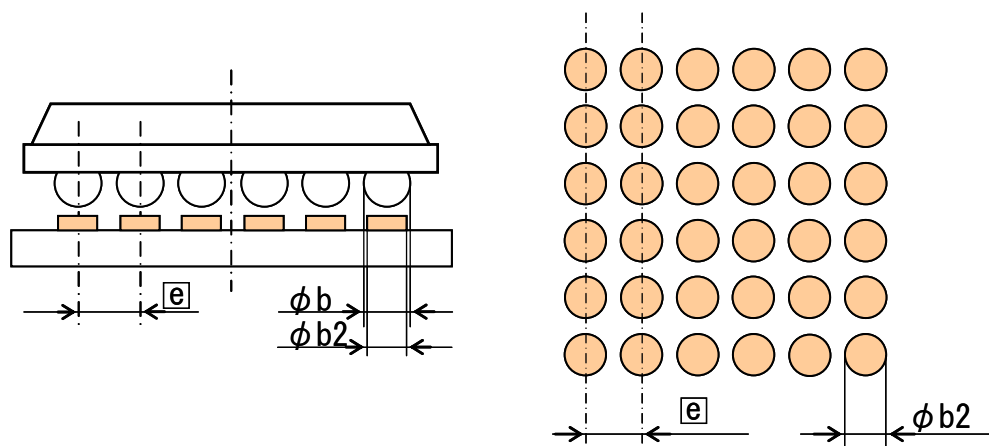
- ・ はんだ接合強度が SMD タイプに比べ大きいので、温度サイクル寿命が SMD タイプより長い。
- ・ 機械的ストレスにより、パッド剥がれやパッド引き出し配線ネック部の断線が起りやすい。

SMD タイプの特徴

- ・ はんだ接続強度が NSMD タイプに比べ小さいので、温度サイクル寿命が NSMD タイプより短い。
- ・ 機械的ストレスによるパッド剥がれや引き出し配線ネック部の断線が起りにくい。

* 上記に示す特徴は、パッケージ側のランド寸法とプリント配線基板側のマウントパッド寸法が同寸法で比較した場合。

2.2.3 マウントパッド寸法例 (設計範囲)



■ 当社寸法例 (設計範囲)

| | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 端子ピッチ (mm) | 1.50 | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.75 | 0.65 | 0.50 | 0.40 |
| 寸法値 b2φ (mm) | 0.55~0.65 | 0.55~0.65 | 0.45~0.55 | 0.35~0.45 | 0.35~0.45 | 0.30~0.40 | 0.20~0.30 | 0.15~0.25 |

図2-11 BGA/LGAの例

一般的に、はんだ付け実装後の応力をはんだ接合部に均等に配分されるため、マウントパッドの寸法をパッケージ (BGA、LGA) 側のランド径と同様な寸法として設計するのが良いと言われています。

パッケージ側のランド寸法の詳細については、当社営業担当にお問合せください。

2.3 THD

THD の場合も、基本的には SMD と考え方は同じですが、THD は端子の両側をチャッキングし、プリント配線基板に設けたスルーホール (TH) にリードを挿入するため、リードの幅方向以外に厚み方向の寸法やその公差も同時に考慮しなければならない点で若干 SMD とは異なります。

ここでは 8 ピン・プラスチック DIP (7.62mm (300)) の外形図面を元に、端子存在範囲および端子スルーホール径の設計事例について説明します。

2.3.1 THD の端子存在範囲

7.62mm (300mil) 8p プラスチック DIP の外形図面を図 2-12 に示します。

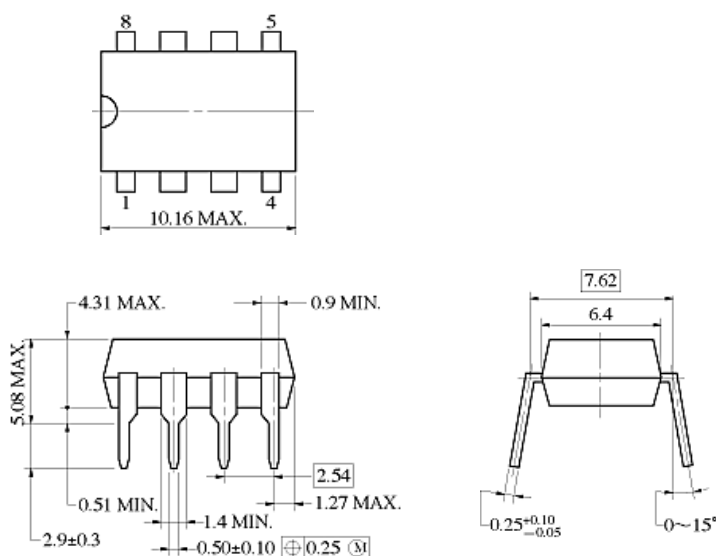


図2-12 8ピン・プラスチックDIP (7.62mm (300)) 外形図

端子存在範囲は、端子列間隔 $e_1 = 2.54\text{mm}$ と端子列間隔 $e_2 = 7.62$ 、端子幅の最大値、端子位置度公差 $x=0.25\text{mm}$ で決まる範囲内になります。特に端子中心位置の公差については表 2-1 に示す様に端子存在範囲を設計する上で重要な値となっています。

- ・ 端子ピッチ $e_1 = 2.54$
- ・ 端子幅 $b = 0.50 \pm 0.10$
- ・ 端子列間隔 $e_2 = 7.62$
- ・ 端子厚さ $c = 0.25 + 0.10 / -0.05$
- ・ 端子中心位置の公差 = $\oplus \phi 0.25 \text{ M}$

表2-1 端子の中心位置公差

| | |
|------|--|
| ⊕ | 位置度公差であることを示す記号 |
| 0.25 | 端子中心の位置度公差がレンジで $x=0.25\text{mm}$ である（理論的に正確な寸法位置から $\pm x/2$ の公差）ことを示す数値。DIPパッケージを端子の両側から、端子列間隔 $e_1=7.62\text{mm}$ と平行にチャッキングした時、各端子中心が理論的に正確な寸法からズれる許容範囲。 |
| (M) | 端子幅が $b \text{ MAX}=0.60\text{mm}$ の時を基準にして、位置度公差が $x=0.25\text{mm}$ まで許容されることを示す記号。 (端子幅 b が最大寸法より小さい場合は、 $x=0.25\text{mm}$ より広がる事を意味している) |

端子幅方向の存在範囲 $=2x [b \text{ MAX.}/2+x/2] = 2 \times [(0.50+0.1)/2+0.25/2]$
 $=2x [0.85/2] = 0.85\text{mm}$

端子厚み方向の存在範囲 $=2x [c \text{ MAX.}/2+x/2] = 2 \times [(0.25+0.1)/2+0.25/2]$
 $=2x [0.60/2] = 0.60\text{mm}$

この計算結果から、端子幅方向の存在範囲が端子厚み方向の存在範囲に含まれます。

端子幅方向の存在範囲の例を、図 2-13 に示します。

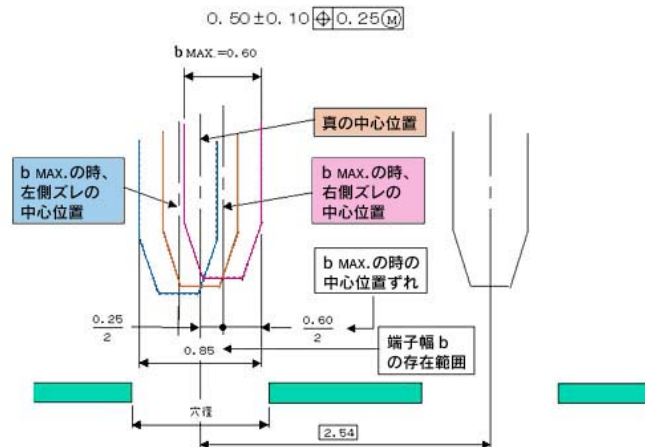


図2-13 端子幅方向の中心位置ズレとプリント配線基板のスルーホール径の関係

2.3.2 スルーホール径の設計

THD の端子存在範囲の値を元にスルーホール径を設計します。プリント配線基板のスルーホール径は円形で、かつ端子には厚みと公差があるので、スルーホール径はその分大きく設計する必要があります。

この関係は図 2-14 のようになり、この図から、端子の厚みを考慮したプリント配線基板の穴の半径は下記のように計算できます。

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{(x/2 + b_{MAX}/2)^2 + (c_{MAX}/2)^2} \\ &= \sqrt{(0.25/2 + 0.60/2)^2 + (0.35/2)^2} \\ &= 0.46(\text{mm}) \end{aligned}$$

したがって、プリント配線基板のスルーホール径は、 $\phi = 2xr = 2 \times 0.46 = 0.92\text{mm}$ となります。

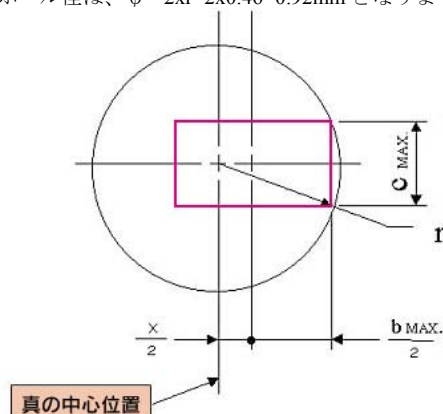


図2-14 端子厚さを考慮した端子位置ズレとプリント配線基板スルーホール径の関係

プリント配線基板のスルーホール径が 0.92mmMIN. であれば、問題なく端子挿入が可能になります。

一般的に、プラスチック DIP パッケージの端子先端部はテーパ状になっています（テーパ比：0.2/0.5）ので、プリント配線基板のスルーホール径は $\phi 0.92\text{mm}$ より小さい、 $\phi 0.8\text{mmMIN.}$ が使用されています。

スルーホール径が大きすぎる場合は、フロー実装などに際して、はんだ付けが不完全になるおそれがあります。実際のマウントパッド設計に当たっては、期待する端子接続強度、パッケージ/プリント配線基板の精度、搭載装置の機器精度およびはんだ付け装置の性能など、総合的なはんだ付け条件の検討が必要となります。

2.3.3 プリント配線基板のスルーホール径寸法例（設計範囲）

表 2-2 スルーホール径寸法例

| 端子列間隔 e_1 (mil) | 300 | 400 | 600 | 750 |
|--------------------------------|-----------|-----------|------|------|
| スルーホール径 ϕ (内寸) (mm) | 0.85~0.92 | 0.81~0.85 | 0.85 | 0.85 |

* 端子間隔 e_1 は 1.778mm で一定。

2.4 ディスクリット

ディスクリットタイプのマウントパッド寸法例につきましては、パッケージ毎に異なりますので、当社 HP パッケージ外形情報のディスクリット一覧を参照してください。

http://japan.renesas.com/products/package/information/discrete_name_list/index.jsp

2.5 基板材料

基板材料は大別して、エポキシ樹脂をベースとしたプリント配線基板とアルミナセラミックをベースとした厚膜回路基板（セラミック基板）があります。特に民生、産業機器分野において多用されているプリント配線基板には、目的に応じて表 2-3 の様に大きく 3 種類に分かれます。

表 2-3 基板材料の一例

| 種類 | 組成 | | | 特長 | 用途 | |
|----------|-----------------------------|--------|-------|--------------------------|--|-------------------------|
| | 樹脂 | 基材 | 導体 | | | |
| プリント配線基板 | 紙フェノール (FR-2) 基板 | フェノール | 紙 | 銅箔 | 低価格、量産性 | 民生用電子機器 |
| | 紙エポキシ (FR-3) 基板 | エポキシ | 紙 | 銅箔 | 紙フェノールとガラエポの中間的な基板 | オーディオ機器 |
| | ガラスエポキシ (FR-4) 基板 | エポキシ | ガラス布 | 銅箔 | 電気特性、耐湿性、寸法安定性に優れている | 民生用電子機器 産業用電子機器 |
| | ガラスエポキシ (FR-4) 基板 (ハロゲンフリー) | 耐熱エポキシ | ガラス布 | 銅箔 | 環境対策 一般 FR-4 より高弾性率 (反り、たわみが小さい) 一般 FR-4 より高耐熱 | 民生用電子機器 産業用電子機器 |
| | 耐熱ガラスエポキシ (FR-5 相当) 基板 | 耐熱エポキシ | ガラス布 | 銅箔 | Tg が高く、信頼性が良い ガラスポリイミドの低コストタイプ | COB (チップオンボード) 薄型タイプ |
| フレキシブル基板 | ポリイミド | | 銅箔 | 自由な折り曲げが可能 | カメラ、電卓他 | |
| セラミック基板 | アルミナセラミック | | Ag-Pd | 耐熱性、熱伝導性が高い 信頼性に優れている | 自動車用電子機器 | |

基板を設計する場合、電気特性、放熱特性等を考慮して基板材料を選定する必要がありますが、その他に 2.5.1～2.5.3 項に示す項目について検討願います。

2.5.1 マウントパッドの酸化防止

プリント配線基板の場合、マウントパッドを形成する導体が銅箔であり、保管状態やはんだ付け温度により表面酸化が進みはんだ付け性を低下させる場合があります。

その表面酸化を防止する方法として表 2-4 に示すような処理がありますが、各々長所・短所があり、目的に応じた選択をする必要があります。

例えば、一般用途でファインピッチパッケージを実装する場合は、プリフラックスが、携帯電話等には Ni/Au が一般的に使用されているようです。

プリフラックスを使用される場合は、種々のタイプがありますので、用途に応じた選択が必要です。

また、ファインピッチのマウントパッドに、はんだによる表面処理が必要な場合には、表面のはんだ厚が均一（平坦性が良好）なはんだめっきの方が、はんだ印刷や搭載ズレが発生しにくいと考えられます。

上記の通り、マウントパッドの表面処理は、実装性や実装信頼性に影響しますので、採用に当たっては十分に評価されることをお奨めします。

表 2-4 マウントパッドの表面酸化防止処理

| 表面処理方法 | | 長所 | 短所 |
|-------------|------|--|---|
| はんだレベラー | | <ul style="list-style-type: none"> 銅表面の露出がない。 保管期間が長い。 | <ul style="list-style-type: none"> はんだ印刷のはんだ供給量が安定しない。 レベラーとペーストが馴染まないのはんだ付け性が安定しない。 |
| プリフラックス | ロジン系 | <ul style="list-style-type: none"> 表面処理コストは金属表面処理（はんだレベラー、金めっき）よりも安価である。 はんだ付け性が良い。 | <ul style="list-style-type: none"> ロジン系はVOC（揮発性溶剤分）を含む。 基板全体に塗布されるのでごみが付き易い 保管期間が短い。 |
| | 水溶性 | <ul style="list-style-type: none"> VOC（揮発性溶剤分）を含まない。 表面処理コストは金属表面処理（はんだレベラー、金めっき）よりも安価である。 ランド表面にしか塗布されないため基板表面にごみが付着し難い。 はんだ付け性が良い。 | <ul style="list-style-type: none"> 保管期間が短い。 |
| Ni/Au フラッシュ | | <ul style="list-style-type: none"> 耐熱性が良い はんだ付け性が良い 保管期間が長い。 | <ul style="list-style-type: none"> コスト高 金めっき厚により実装信頼性が劣化する。 |

2.5.2 プリント配線基板の反り

近年、リフロー中のプリント配線基板やパッケージの反りによって発生すると考えられる実装不具合が確認されています（第5章「はんだ付け実装事例と不具合事例」をご参照下さい。）。プリント配線の反りが大きく、問題が懸念される場合は、基板の種類や厚みによる対応の他、以下のような対応が考えられます。

- ・プリント配線基板表裏面の導体占有率を等しくする。
- ・両面実装時搭載される部品配置を検討し、表裏面での熱膨張係数差を少なくする。
- ・リフロー中（冷却時）そり防止機構を設ける。
- ・プリント配線基板固定治工具有用いて強制的に反りを防止しながらリフローを実施する。
- ・耐熱ガラスエポキシ基板を使用する。

基板の反りはご使用される基板の種類、厚みにも影響されますので、プリント配線基板メーカーに相談される等、仕様を十分検討いただいた上で、評価により十分ご確認されることをお奨めします。

2.5.3 はんだ接合部の信頼性

はんだ接合部の信頼性は、プリント配線基板とパッケージの熱膨張係数の差が小さくなるよう考慮する必要があります。例えばセラミックパッケージを表面実装する場合に、ほぼ同等の熱膨張係数を持つセラミック基板を用いる等です。

また、パッケージサイズに対してシリコンチップの占有率が高い、小型・薄型パッケージ（例えば TSOP、VQFN、S-WFBGA 等）を実装する場合は、パッケージ全体の見掛けの熱膨張係数が小さくなるため、極力パッケージの熱膨張係数に近い基板材料（例えば、ガラス転移点（Tg）が高く、熱膨張係数の小さい FR5 相当の基板）を選択することで、はんだ接合寿命の向上が期待できます。

3. はんだ付け実装工程

3.1 はんだ供給プロセス

3.1.1 はんだペースト

(1) 材料構成

はんだペーストの主要成分は、はんだ粉末とフラックスです。はんだペースト中のはんだ粉末の含有量はおよそ 80～95wt% の範囲の物が一般的であり、この含有量ははんだペーストの粘度やリフロー後のはんだ厚さに影響を与えます。以下にはんだ粉末とフラックスの概要について説明します。

a) はんだ粉末

かつてはんだ粉末の金属組成として共晶はんだ (Sn-37Pb)、銀入りはんだ (例えば Sn-36Pb-2Ag) など Sn-Pb 系、Sn-Pb-Ag 系を中心とする各種合金が使用されておりましたが、近年は環境対応の観点から鉛全廃を目的とした各種鉛フリー金属組成 (主に Sn-Ag-Cu 系) が広く使用されております。これらの鉛フリー合金はアプリケーション、はんだ付け方法により使い分けられています。

はんだ粉末は図 3-1 に示すような粉末粒度範囲を持ち、はんだペーストの印刷性などを左右する要因となります。またファインピッチのパッケージを実装する場合は球形のはんだ粉末を御使用ください。

はんだ粉末の粒径としましては一般的に 50～60 μm 以下のものが使用されておりますが、ファインピッチ (0.5mm ピッチ以下の QFP、0.8mm ピッチ以下の BGA 等) 対応の場合 40 μm 以下の細かい粒度を有し、かつ粒度分布の狭いもののほうが良い結果を得られます。ただし粒度の細かいはんだ粉末ほど表面酸化によるキャピラリボールの発生およびはんだ濡れ性への影響が懸念されますので、上記はんだ粉末を使用したはんだペーストの取り扱いには十分注意を払う必要があります。

b) フラックス

はんだ付け工程では、以下の目的でフラックスを使用します。

- 部品及びパターン表面の酸化物除去
- はんだ付け中の再酸化防止
- 溶融はんだの表面張力低下

すなわち、はんだ付け性を向上させるために使用します。

はんだ付けを助長するフラックスの成分は粘着付与剤、チキソ剤、溶剤、活性剤の 4 種類で以下に示す目的のために使用されています。

| | |
|----------|-----------------------|
| 粘着付与剤樹脂… | 部品の装着性、金属の清浄化、再酸化防止 |
| チキソ剤 … | はんだ粉末とフラックスの分離防止、だれ防止 |
| 活性剤 … | 金属の清浄化 |
| 溶剤 … | ペースト化 |

フラックスの種類としては、大別して『ロジン系フラックス』『合成樹脂系フラックス』『水溶性フラックス』の 3 つがあります。また、その活性度の違いによりロジン系フラックスは「R(ロジンフラックス)」「RMA(弱活性フラックス)」「RA(活性化フラックス)」の 3 つのタイプに分類され、これら 3 つの特徴を表 3-1 に示します。

表 3-1 各種フラックスのタイプとその特徴

| フラックスのタイプ | 特徴 |
|--|---|
| R タイプ , ROL タイプ (non-activated Rosin , Rosin Low activity levels) | 非活性フラックス。非腐食性。 |
| RMA タイプ , ROM タイプ (Rosin Mildly Activated , Rosin Moderate activity levels) | 弱活性フラックス。非腐食性。R タイプよりもはんだ付け性が優れている。 |
| RA タイプ , ROH タイプ (Rosin Activated , Rosin High activity levels) | 強活性フラックス。R,RMA タイプよりもはんだ付け性が優れているが、腐食性が強くなっている。 |

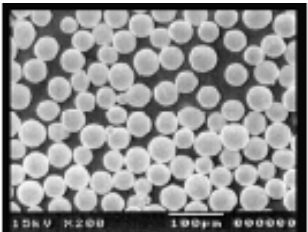
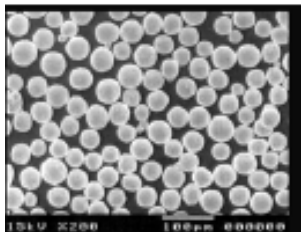
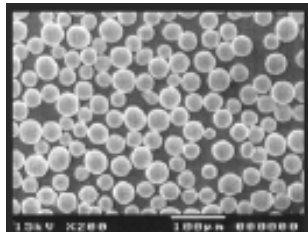
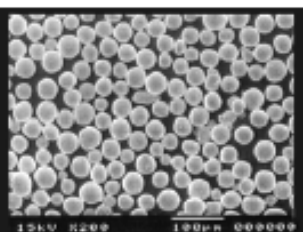
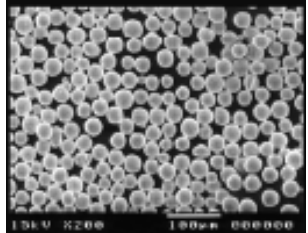
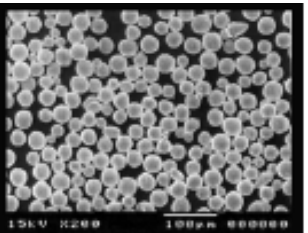
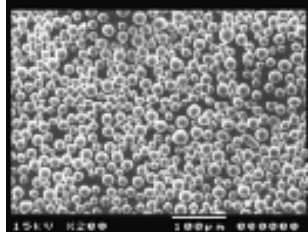
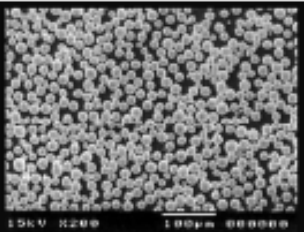
| | Sn-3Ag-0.5Cu はんだ粒子 | Sn-37Pb はんだ粒子 |
|---------------------------|---|--|
| Type 2 0.075mm~0.045mm |  |  |
| Type 3 0.045mm~0.020mm |  |  |
| Type 4 0.038mm~0.020mm |  |  |
| Type 5 0.025mm~0.010mm |  |  |

図 3-1 はんだペースト用はんだ粒子 SEM 写真

表 3-2 はんだペースト用はんだ粉末の粒度範囲と対応ピッチ

■リードタイプ：QFP, SOP 等

| はんだ粉末 粒度範囲 | リードピッチ (mm) | | | | | |
|----------------------|-------------|------|------|------|------|------|
| | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 |
| Type 2 0.075~0.045mm | ○ | ○ | ○ | | | |
| Type 3 0.045~0.020mm | | | ○ | ○ | ○ | |
| Type 4 0.038~0.020mm | | | | ○ | ○ | ○ |
| Type 5 0.025~0.010mm | | | | | | ○ |

出典：千住金属工業株式会社

■バンプ、ランドタイプ：BGA, LGA 等

| はんだ粉末 粒度範囲 | ランドピッチ (mm) | | | | | |
|----------------------|-------------|------|------|------|------|------|
| | 1.27 | 1.00 | 0.80 | 0.65 | 0.50 | 0.40 |
| Type 2 0.075~0.045mm | ○ | ○ | ○ | | | |
| Type 3 0.045~0.020mm | | | ○ | ○ | | |
| Type 4 0.038~0.020mm | | | | ○ | ○ | |
| Type 5 0.025~0.010mm | | | | | ○ | ○ |

出典：千住金属工業株式会社

(2) 要求特性

はんだペーストに要求される特性を以下に説明します。

a) リフロー前

製造後の経時変化が少ないこと

印刷性、塗布性が良好なこと

塗布後の経時変化が少ないこと（粘着性保持時間が長く、形崩れを発生させない）

フラックスとしてはんだ粉末が分離しないこと

はんだペースト製造後、表面が固化しないこと

塗布後、ダレ（ニジミ）が小さいこと

b) リフロー後

はんだ付け性が良いこと

キャピラリボールの発生が少ないこと

フラックス残渣が残らない洗浄性の良さを保持すること

もしフラックス残渣を生じた場合でも信頼性を確保できること

(3) 選定上の留意点

はんだペーストの選定にあたっては、印刷性、はんだブリッジ・はんだボール、洗浄性等の観点から、以下の内容にご留意ください。

a) 印刷性

- ・一般的に、はんだ粉末の粒径はメタルマスク開口幅の1/4~1/5以下のものを選択されているようです。
 - ・粘度が高すぎると版抜け性が悪くカスレが生じ、低すぎるとニジミ、印刷ダレが生じるため一般的に印刷用途としては、200Pa・s~300Pa・s/25℃程度（マルコム粘度計）が良いと思われます。
- （チキソ（チキソトロピック）性にも要注意）

表 3-3 使用用途によるはんだペーストの特性

| 用途 | 粘度(Pa・s/25℃) |
|--------|--------------|
| ディスペンサ | 100~300 |
| 印刷 | 200~300 |

b) はんだブリッジ・キャピラリボール

はんだ粉末の酸化に注意を払い、粒度分布が狭いものを選択する。
フラックス内の溶剤の沸点は低いものを選択し、ロジン分子量は高く、フラックス自体の含有量が少ないものを選択する。

c) 洗浄性

洗浄残渣はリフローにより酸化されたロジンの洗浄剤に対する溶解性の低下が原因と考えられるため、酸化に対して安定性を有するロジンを用いたはんだペーストを選択する。

3.1.2 はんだペースト印刷工程

はんだペーストの供給方式としてはディスペンサ方式、印刷方式（スクリーンマスク、メタルマスク）があります。
生産効率などの面から一般的には印刷方式が広く採用されておりますので、ここでは印刷方式についてのみ説明を行います。

(1) 印刷精度

ファインピッチ（0.5mmピッチ以下のQFP、0.8mmピッチ以下のBGA等）対応のはんだ印刷装置としては、画像認識付き装置を使用する。

なお現状の画像認識付き印刷装置の印刷精度は±0.025~0.05mmを有しております。

(2) 印刷形状（はんだ）

印刷形状に影響を及ぼす要因としましてはメタルマスクの種類、プリント配線基板マウントパッド表面形状および表面処理、印刷機条件、はんだペースト等がありますが、特に影響を及ぼすメタルマスクの種類、印刷機条件について以降に概説します。

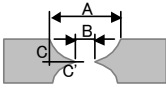




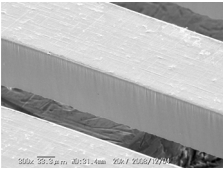
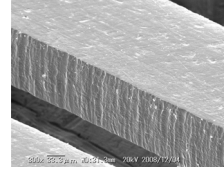
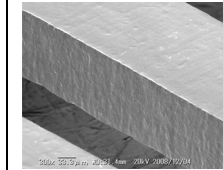
a) メタルマスクの種類

パッケージのファインピッチ化に伴い、メタルマスク開口部が狭小化することでマスク開口部の断面形状が印刷形状の良否に大きく影響するようになってきております。

従来のエッチング加工にて作製されたメタルマスクは加工上、厚み方向が湾曲状に加工されるためはんだ印刷時にはんだペーストが湾曲部に残り、印刷枚数の増加とともにはんだペーストの残留物によるメタルマスク開口部の目詰まりを引き起こし、結果的に印刷時のカスレを生じさせたり、メタルマスクの背面（プリント配線基板側面）へはんだペーストが回り込み印刷時のニジミを生じさせたりしています。

このような現象を改善するためエッチング精度を高めたメタルマスクや新しい製法によるメタルマスクが市販されるようになっております。表 3-4 にエッチング製法と新製法のアディティブ製法、レーザー製法の比較を示します。

表 3-4 メタルマスク製法の比較

| 製法 | エッチング製法 | アディティブ製法 | レーザー製法 | レーザー製法+特殊加工 |
|-------|--|---|--|---|
| 材料 | ステンレス、銅、磷青銅 | ニッケル | ステンレス | ステンレス |
| 断面形状 |  <p>A-B FILM補正值 50~60% C=C' *メーカーによりエッチング精度の差有り</p> |  |  |  |
| 開口部写真 |  |  |  |  |

出典：株式会社ボンマーク

ファインパターン印刷を検討される場合はアディティブ製法もしくはレーザー製法のメタルマスクのご使用をご検討ください。

b) 印刷機条件

印刷性に影響を及ぼす項目として、①～⑤の5項があります。

①スキージ

スキージは弾性のあるゴム製のへらで、一般的にはポリウレタンゴム等が広く用いられています。良好な印刷を行うにはゴム硬度が重要な条件であり、硬度としては60～90度の範囲のものが適しています。

上記樹脂スキージ先端部の断面形状には平形、角形、剣形の3種類があり印刷用途によって使い分けられています。

また最近では耐磨耗性、はんだ供給量安定化に優れたメタルスキージも市販されるようになってきています。

印刷時はスキージ先端圧力を下げ低速で印刷することが望ましく、この場合ははんだペーストはローリングと呼ばれる巻き込み現象が見られます。

②印刷ギャップ（プリント配線基板、メタルマスク間距離）

印刷ギャップが過小であるとニジミが発生し、また過大であると印刷形状のばらつき、版離れ時のはんだ飛散等が発生するため、適切なギャップの設定が必要となります。

また最近では、上記ギャップを0mmとして印刷するコンタクト印刷技術が適用されつつありますが、コンタクト印刷を適用するには、低印刷圧および版離れ速度コントロール機能を備えた印刷装置の使用が必要となります。

③印刷圧力

実印刷圧力は一般的に5～10g/cm²程度ですが、この値はスキージ先端での圧力、スキージ先端のつぶれ具合に影響するため十分考慮する必要があります。

最近では低印刷圧かつ均一印刷圧での印刷を実現するためにフローティングスキージ機構を設けた印刷装置が市販されています。

④スキージスピード

印刷時のスキージスピードは5～50mm/secの範囲が使用されますが、極力スピードを遅めにしはんだペーストがローリングするような速度設定を行う必要があります。

⑤版抜けスピード

版抜けスピードをコントロールすることにより印刷後の版離れ時にマスクとはんだペーストとの間に生じる剪断力(図3-2)を抑制し、はんだペーストの版抜け性を改善することができます。パッケージのファインピッチ化への対応としては今後上記技術適用の必要性が高まってくるものと思われます。

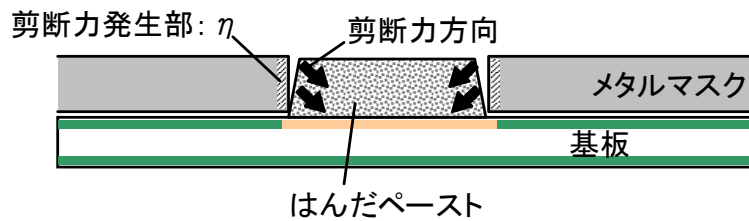


図 3-2 マスクとはんだペーストの間に生じる剪断力

3.1.3 はんだペースト供給量

(1) ガルウィングリード対応はんだペースト供給量

はんだペースト供給量はリフロー後の最適はんだ付け形状を考慮して必要となるはんだ量を以下の簡易的な方法で算出した後、はんだペーストの必要量を計算にて求めます。

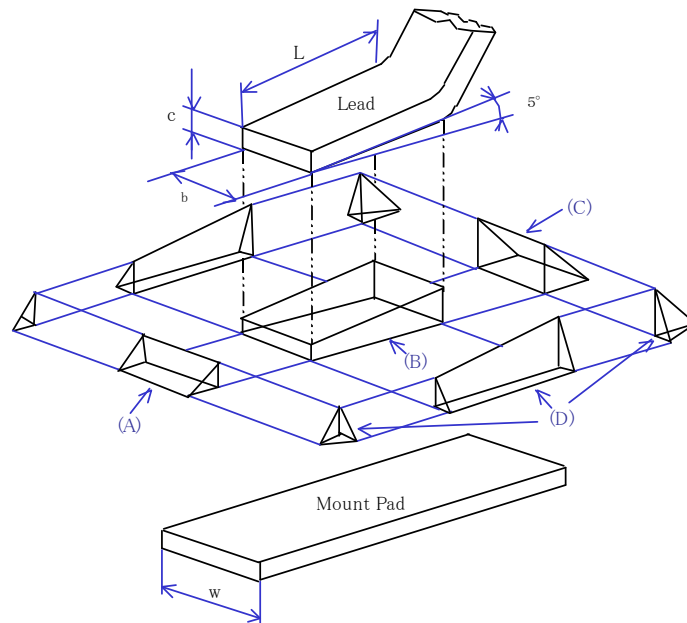


図 3-3 はんだ付け部のブロック展開図

最適はんだ量は図3-3に示すはんだ付け部のブロック展開図の各ブロックはんだ体積を計算することにより最適はんだ量が求められます。

$$A\sim D: \text{各ブロックのはんだ量(最適はんだ量)} = A+B+C+2D$$

次に必要はんだペースト量を次式にて求めます。

$$\text{必要はんだペースト量 (A}\times\text{t)} = \text{最適はんだ量} \times (\omega 1/\rho 1 + \omega 2/\rho 2) / (\omega 1/\rho 1)$$

| | | |
|------------|---|-------------------|
| ここでA | = | メタルマスク開口面積 |
| t | = | はんだペースト印刷厚 |
| $\omega 1$ | = | はんだペースト中のはんだ重量% |
| $\rho 1$ | = | はんだの比重 |
| $\omega 2$ | = | はんだペースト中のフラックス重量% |
| $\rho 2$ | = | フラックスの比重 |

上記の必要はんだペースト量の計算結果に基づき、はんだペースト印刷用メタルマスクの開口寸法、およびメタル厚みを検討していく必要があります。

(2) BGA/LGA 対応はんだペースト供給量

はんだペースト供給量の設定は、以下の項目にご留意ください。

a) はんだペースト印刷厚

はんだペースト印刷厚の設定は、パッケージの端子平坦度を考慮し、最小はんだペースト印刷厚を以下のようにご検討ください。

$$\text{最小はんだペースト印刷厚} = \text{パッケージ端子平坦度} + 0\sim 30\mu\text{m}$$

b) はんだペースト印刷径

はんだペースト印刷径の設定は、以下の項目を考慮ください。

- ・メタルマスクの開口はマウントパッド径と同寸法を目安とする。
- ・はんだオープンを防止するために「a) はんだペースト印刷厚」にて規定した最小はんだペースト印刷厚以上にはんだペースト印刷径を設定する。

(3) 各代表パッケージの実装評価データ

はんだペーストの印刷厚、印刷径をパラメータとして各代表パッケージでの実装性評価を実施した結果を以下に紹介いたします。

はんだペースト供給量vs実装性 【P-VQFN】

P-VQFNの、はんだペースト供給量と実装性について評価した事例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド* | メタルマスク(0.10mmt) | はんだペースト | 端子めっき |
|------------------|-------------|-----------------|--------------|-------|
| P-VQFN48-7x7-0.5 | 0.75×0.25mm | 0.75×0.25mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-Bi |

○実装条件

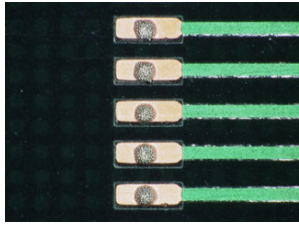
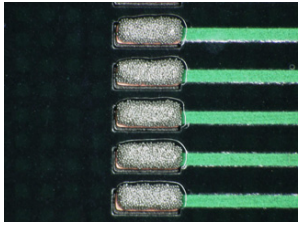
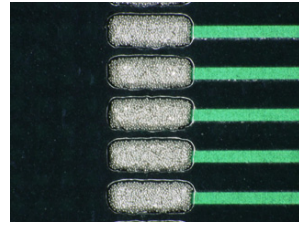
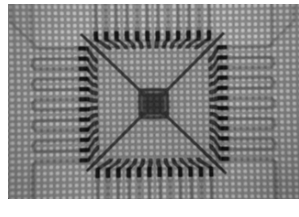
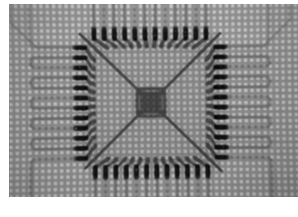
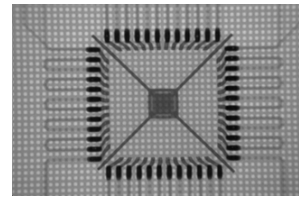
| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|------------------|---------|--------|--------------------|
| P-VQFN48-7x7-0.5 | 300g/ic | 0.20mm | 250°C (Air Reflow) |

*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載ノズルのばね荷重を示します。

○実装結果

| はんだ印刷(マスク開口) | 0.20×0.20mm | 0.25×0.35mm | 0.25×0.55mm | 0.25×0.75mm | 0.25×0.95mm |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 実装結果(オープン&ショート) | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| はんだ印刷(マスク開口) | 0.30×0.30mm | 0.30×0.35mm | 0.30×0.55mm | 0.30×0.75mm | 0.30×0.95mm |
| 実装結果(オープン&ショート) | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |

○観察例

| | はんだ印刷(マスク開口)寸法 | | |
|------------|---|--|---|
| | 0.20×0.20 mm | 0.25×0.75 mm | 0.30×0.95 mm |
| はんだ印刷外観 |  |  |  |
| リフロー後 X線観察 |  |  |  |

P-VQFNは、はんだマスク開口0.20×0.20mm~0.30×0.95mmでオープン、ショートは認められませんでした。

P-VQFNは、外観検査で判定し難いパッケージですので実装条件検討時にはX線観察、引き剥がし等で確認の上、条件選定をお願いいたします。

はんだペースト供給量vs実装性 【240pinFBGA】

FBGAの、はんだペースト供給量と実装性について評価した事例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド | メタルマスク(0.10mm) | はんだペースト | 端子ボール |
|---------------------|---------|----------------|--------------|--------------|
| P-FBGA240-15x15-0.8 | φ0.4mm | φ0.3~φ0.6mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-3Ag-0.5Cu |

○実装条件

| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|---------------------|---------|--------|-------------------|
| P-FBGA240-15x15-0.8 | 300g/ic | 0.20mm | 240°C(Air Reflow) |

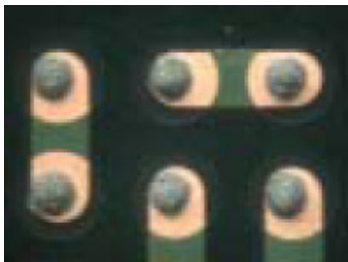
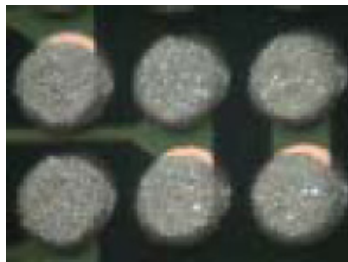
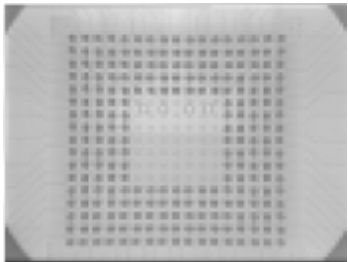
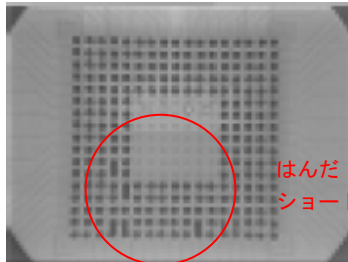
○実装結果

*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載ノズルのばね荷重を示します。

| はんだ材料 | メタルマスク開口寸法 | | | |
|-----------------|------------|--------|--------|---------|
| | φ0.3mm | φ0.4mm | φ0.5mm | φ0.6mm |
| Sn-3Ag-0.5Cuはんだ | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 4/10 *1 |

*1: はんだショート

○観察例

| | メタルマスク開口寸法 | |
|------------|---|--|
| | φ0.3mm | φ0.6mm |
| はんだ印刷外観 |  |  |
| リフロー後 X線観察 |  |  |

FBGA(0.8mmピッチ)は、はんだマスク開口φ0.30mm~φ0.50mmでオープン、ショートは認められませんでした。FBGAは、外観検査で判定し難いパッケージですので実装条件検討時にはX線観察、引き剥がし等で確認の上、条件選定をお願いいたします。

はんだペースト供給量vs実装性 【LGA】

LGAの、はんだペースト供給量と実装性について評価した事例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド* | メタルマスク(0.10mmt) | はんだペースト | 端子めっき |
|---------------------|----------|-----------------|--------------|-------|
| LFLGA336-14x14-0.65 | φ0.35mm | φ0.35mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Ni/Au |
| LFLGA304-13x13-0.5 | φ0.30mm | φ0.35mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Ni/Au |

○実装条件

| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 | *1: 搭載荷重は、 搭載機の搭載 ノズルのばね 荷重を示します |
|---|---------|--------|--------------------|---|
| LFLGA336-14x14-0.65 LFLGA304-13x13-0.5 | 180g/ic | 0.20mm | 250°C (Air Reflow) | |

○実装結果

| | メタルマスク開口 | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | φ0.20mm | φ0.25mm | φ0.30mm | φ0.35mm | φ0.40mm | φ0.45mm |
| LFLGA336-14x14-0.65 | — | 2/10 *1 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| LFLGA304-13x13-0.5 | 6/8 *1 | 0/8 | 0/8 | 0/8 | 3/8 *2 | — |

*1: はんだオープン、*2: はんだショート

○観察例

| | | LFLGA336-14x14-0.65 (0.65mmピッチ) | | LFLGA304-13x13-0.5 (0.5mmピッチ) | |
|----------------|--------------|---------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| マスク開口 | | φ0.25mm | φ0.45mm | φ0.20mm | φ0.40mm |
| はんだ印刷厚: 0.15mm | はんだ印刷 | | | | |
| | はんだ印刷後X線リフロー | | | | |

LGA(0.65mmピッチ)は、はんだマスク開口φ0.30~φ0.45mmでオープン、ショートは認められませんでした。
 LGA(0.5mmピッチ)は、はんだマスク開口φ0.25~φ0.35mmでオープン、ショートは認められませんでした。
 LGAは、外観検査で判定し難いパッケージですので実装条件検討時にはX線観察、引き剥がし等で確認の上、条件選定をお願いいたします。

3.2 部品搭載プロセス

3.2.1 接着剤

フローはんだ付け工法では、一般的に接着剤によって SMD パッケージを実装基板に仮止めします。

接着剤を選定するには、以下の特性を考慮してください。

- 1). 十分な接着強度を有する接着剤を選定してください。
- 2). 接着剤の量については、部品のスタンドオフ寸法および重量を考慮して接着不足、未はんだを防止する適正量としてください。
- 3). 硬化温度は、SMD の信頼性を考慮するとプラスチックパッケージが持つガラス転移点（150℃前後）以下にした方が好ましく、個々の製品規格に定める保存温度以内にしてください。

3.2.2 部品搭載装置

部品搭載プロセスの重要なポイントとして、実装部品の搭載精度があります。部品搭載においては部品のセルフアライメント効果による位置ずれ許容量を確認し、その範囲内に収まるような搭載精度が必要です。

特にリードピッチが 0.5mm 以下と狭ピッチの場合、高精度な部品搭載装置が必要となります。

表 3-5 にタイプ別部品搭載装置の特長を示します。

表 3-5 タイプ別部品搭載装置の特長

| 項目 | タイプ | | |
|-------|-------------------|--------------|--------------|
| | 高速型 | 多機能型 | |
| 搭載タクト | チップ部品 0.1~0.15 秒 | チップ部品 | 0.3~0.6 秒 |
| | | QFP 等 | 0.9~4.0 秒 |
| 搭載精度 | チップ部品 ±0.1~0.15mm | チップ部品 | ±0.05~0.15mm |
| | | QFP 等 | ±0.05~0.10mm |
| 部品形態 | テープのみ | トレイ、テープ、チューブ | |
| 搭載精度 | メカセンタリング、画像認識 | チップ部品 | 画像認識 |
| | | QFP 等 | 画像認識 |

装置を選定する場合のポイントは以下の 5 項目となります。

- ・性能に見合った価格（搭載精度、搭載速度）
- ・多品種少量生産への対応
- ・基本性能の把握（位置決め、繰り返し精度、分解能）
- ・前後装置との接続（電氣的、機械的）
- ・メーカーのサービス体制

特に TSOP、QFP に代表されるような 0.5mm ピッチ以下のファインピッチおよび BGA/LGA のようなエリアレイ状の端子配列を有するパッケージの実装においては、つぎの 3 点に注意して装置選定をお願いいたします。

- ・プリント配線基板パターン認識およびパッケージ認識（BGA/LGA の場合はエリアレイ状端子配列電極の認識）が可能なこと。
- ・部品搭載精度は±0.1mm 以下のこと。（0.4mm ピッチ以下は±0.05mm 以下のこと。）
- ・部品搭載時に Z 軸（部品厚方向）の制御が可能なこと。

最近では部品搭載装置メーカーも多数有り、各メーカーにおいて多少機能も異なります。特に部品を認識する画像認識方法については認識時間を短縮するためリード部の分割認識方式から全リードを一括認識する方式へ移行する傾向にあります。

以上のように部品搭載プロセスにおいては部品搭載装置の選定が重要となってくるため、装置メーカーと十分な情報交換を行った上で選定願います。

3.2.3 セルフアライメント効果

プリント配線基板のマウントパッドと実装パッケージの端子との位置合わせ精度が悪く、ずれを生じていてもリフロー時の正常な位置へ自動的に修復される現象をセルフアライメント効果と呼んでいます。各実装部品のセルフアライメント力は下式によって求められ、このセルフアライメント力と部品自重とを比較しセルフアライメント効果が得られるかが推定できます。

$$\text{セルフアライメント力} = \gamma \times L \times n$$

γ : はんだの表面張力

L : パッケージ端子とはんだの接触長さ (外周)

n : パッケージ端子数

* はんだ表面張力参考値 Sn-3Ag-0.5Cu : 558mN/m

ご参考までに当社各代表パッケージのセルフアライメント効果を評価した結果を紹介いたします。

セルフアライメント 【TSOP】（タイプ I）

TSOP（タイプ I）でのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントピッチ | マスク(0.10mm) | はんだペースト | 端子めっき |
|---------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|-------|
| P-TSOP (1) 48-12 x 18.4-0.50 | 0.90 x 0.20mm | 0.90 x 0.20mm | Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-Cu |

○実装条件

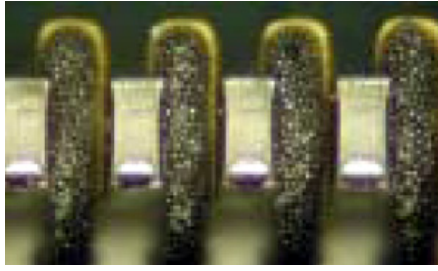



| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|---------------------------------|---------|--------|---|
| P-TSOP (1) 48-12 x 18.4-0.50 | 300g/ic | 0.20mm | Sn-37Pb : 220°C (Air Reflow) Sn-3Ag-0.5Cu : 240°C (Air Reflow) |

*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載ノズルのばね荷重を示します。

○実装結果

| はんだ材料 | 搭載ズレ (1/3はみ出し) | 搭載ズレ (1/2はみ出し) | 搭載ズレ (2/3はみ出し) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Sn-37Pbはんだ | 0/20 | 0/20 | 0/20 |
| Sn-3Ag-0.5Cuはんだ | 0/20 | 0/20 | 0/20 |

○観察例

| | TSOP搭載ズレ リード幅のはみ出し2/3 (位置ズレ: 0.1mm) | |
|-------|---|--|
| | Sn-Pbはんだ実装: 220°C (Air Reflow) | Sn-Ag-Cuはんだ実装: 240°C (Air Reflow) |
| リフロー前 |  |  |
| リフロー後 |  |  |

TSOP（タイプ I）は、リード幅の2/3がはみ出した例（搭載ズレ: 0.1mm）でもセルフアライメントが確認できました。実使用の、はんだ材料、リフロー条件にてご確認の上、搭載条件をご検討願います。

セルフアライメント 【TSOP】（タイプⅡ）

TSOP（タイプⅡ）でのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド | メタルマスク (0.10mm) | はんだペースト | 端子めっき |
|-----------------------------------|-------------|-----------------|---------------------------|-------|
| P-TSOP (2) 52- 8.89x10.79-0.40 | 0.90×0.20mm | 0.90×0.20mm | Sn-37Pb Sn-3.0Ag-0.5Cu | Sn-Cu |

○実装条件

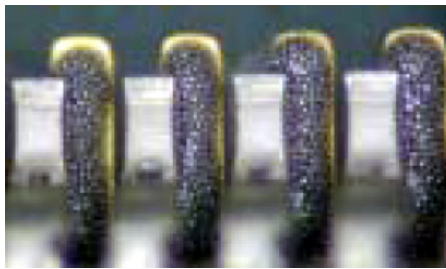
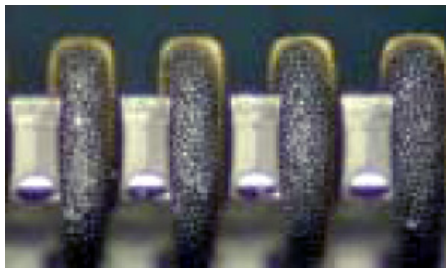


| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|-----------------------------------|---------|--------|---|
| P-TSOP (2) 52- 8.89x10.79-0.40 | 300g/ic | 0.20mm | Sn-37Pb : 220°C (Air Reflow) Sn-3Ag-0.5Cu : 240°C (Air Reflow) |

*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載ノズルのばね荷重を示します。

○実装結果

| はんだ材料 | 搭載ズレ (1/3はみ出し) | 搭載ズレ (1/2はみ出し) | 搭載ズレ (2/3はみ出し) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Sn-37Pbはんだ | 0/20 | 0/20 | 0/20 |
| Sn-3Ag-0.5Cuはんだ | 0/20 | 0/20 | 0/20 |

○観察例

| | TSOP搭載ズレ リード幅のはみ出し2/3 (位置ズレ: 0.1mm) | |
|-------|---|--|
| | Sn-Pbはんだ実装: 220°C (Air Reflow) | Sn-Ag-Cuはんだ実装: 240°C (Air Reflow) |
| リフロー前 |  |  |
| リフロー後 |  |  |

TSOP（タイプⅡ）は、リード幅の2/3がはみ出した例（搭載ズレ: 0.1mm）でもセルフアライメントが確認できました。
実使用の、はんだ材料、リフロー条件にてご確認の上、搭載条件をご検討願います。

セルフアライメント 【P-VQFN】

P-VQFNでのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| | | | | |
|------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| パッケージ外形 | マウント [°] ット [°] | メタルマスク(0.10mmt) | はんだペースト | P-VQFN端子めっき |
| P-VQFN48-7x7-0.5 | 0.30×0.75mm | 0.30×0.75mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-Bi |

○実装条件

| | | | |
|------------------|---------|--------|--------------------|
| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
| P-VQFN48-7x7-0.5 | 300g/ic | 0.20mm | 250°C (Air Reflow) |

*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載ノズルのばね荷重を示します

○実装結果

| はんだ印刷ズレ (+X) | QFN搭載ズレ (-X) | | | | | | | |
|--------------|--------------|-----|--------|-----|--------|--------|--------|--------|
| | 0.05mm | | 0.08mm | | 0.12mm | | 0.15mm | |
| | 外観 | X線 | 外観 | X線 | 外観 | X線 | 外観 | X線 |
| 0.00mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 |
| 0.05mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 |
| 0.10mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 |
| 0.15mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 1/3 *1 | 0/3 | 3/3 *1 |

○観察例

| | | QFN搭載ズレ : 0.00mm | | QFN搭載ズレ : 0.15mm | |
|------------------|--------|------------------|------|------------------|------|
| | | 外観観察 | X線観察 | 外観観察 | X線観察 |
| はんだ印刷ズレ : 0.15mm | QFN搭載時 | | | | |
| | リフロー後 | | | | |

P-VQFNは、セルフアライメント性に非常に優れたパッケージですが、はんだ印刷ズレおよび搭載ズレが大きい場合は、セルフアライメントが外観にて確認できても、はんだ量の不均一が発生する可能性があります。必要に応じてX線等による事前の確認が必要です。

セルフアライメント 【FBGA】

FBGAでのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド* | メタルマスク(0.10mmt) | はんだペースト | ボール端子 |
|-------------------|----------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| FBGA240-15x15-0.8 | φ0.40mm | φ0.40mm | Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb Sn-3Ag-0.5Cu |

○実装条件

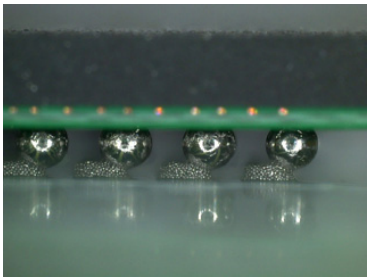
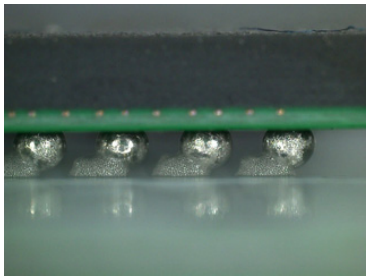
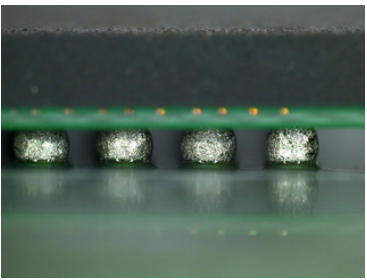
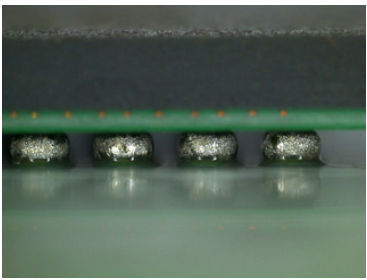
| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|-------------------|---------|--------|---|
| FBGA240-15x15-0.8 | 300g/ic | 0.20mm | Sn-37Pb : 220°C (Air Reflow) Sn-3Ag-0.5Cu : 240°C (Air Reflow) |

*1:搭載荷重は、搭載機の搭載パルのばね荷重を示します。

○実装結果

| はんだ材料 | ボール端子 | 搭載ズレ0.1mm | 搭載ズレ0.2mm | 搭載ズレ0.3mm |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Sn-37Pbはんだ | Sn-37Pb | 0/20 | 0/20 | 0/20 |
| Sn-3Ag-0.5Cuはんだ | Sn-3Ag-0.5Cu | 0/20 | 0/20 | 0/20 |

○観察例

| | FBGA搭載ズレ : 0.3mm | |
|-------|---|--|
| | Sn-Pbはんだ実装:220°C (Air Reflow) | Sn-Ag-Cuはんだ実装:240°C (Air Reflow) |
| リフロー前 |  |  |
| リフロー後 |  |  |

FBGAは、搭載ズレ:0.3mm以内にてセルフアライメントが確認できました。

実使用の、はんだ材料、リフロー条件にてご確認の上、搭載条件をご検討願います。

セルフアライメント 【LGA】 (0.65mmピッチ)

LGA(0.65mmピッチ)でのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド | メタルマスク(0.10mm) | はんだペースト | LGA端子めっき |
|---------------------|---------|----------------|--------------|----------|
| LFLGA336-14x14-0.65 | φ0.35mm | φ0.35mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Ni/Au |

○実装条件

| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|---------------------|---------|--------|--------------------|
| LFLGA336-14x14-0.65 | 180g/ic | 0.20mm | 250°C (Air Reflow) |

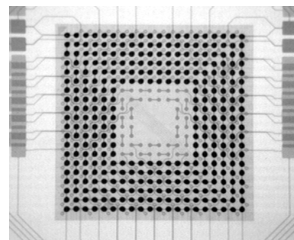
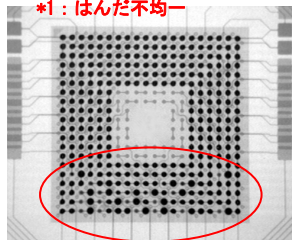
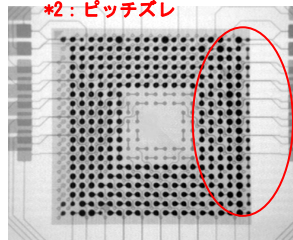
*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載ノズルのばね荷重を示します

○実装結果

はんだ印刷のズレとLGAの搭載ズレを逆方向のズレとして評価いたしました。

| はんだ印刷ズレ (+X) | LGA搭載ズレ (-X) | | | | | | | |
|--------------|--------------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|--------|
| | 0.05mm | | 0.10mm | | 0.15mm | | 0.20mm | |
| | 外観 | X線 | 外観 | X線 | 外観 | X線 | 外観 | X線 |
| 0.05mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 |
| 0.10mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 1/3 | 1/3 *1 |
| 0.15mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 2/3 | 0/3 | 0/3 | 2/3 *2 | 2/3 *2 |

*1: はんだ不均一
*2: ピッチズレ

| | LGA搭載ズレ : 0.20mm | | |
|---------------|---|--|---|
| | はんだ印刷ズレ : 0.05mm | はんだ印刷ズレ : 0.10mm | はんだ印刷ズレ : 0.15mm |
| リフロー後 X線写真 |  |  |  |

0.65mmピッチのLGAのセルフアライメント性を確認した結果、はんだ印刷、LGA搭載が夫々0.15mm以内のズレであれば不具合無結果となりました。

LGAは、外観でのはんだ付け判定が困難である為、必要に応じてX線等による事前の確認が必要です。

セルフアライメント 【LGA】 (0.5mmピッチ)

LGA (0.5mmピッチ)でのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| | | | | |
|--------------------|----------|----------------|--------------|----------|
| パッケージ外形 | マウントパッド* | メタルマスク(0.10mm) | はんだペースト | LGA端子めっき |
| LFLGA304-13x13-0.5 | φ0.3mm | φ0.3mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Ni/Au |

○実装条件

| | | | |
|--------------------|---------|--------|--------------------|
| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
| LFLGA304-13x13-0.5 | 180g/ic | 0.20mm | 250°C (Air Reflow) |

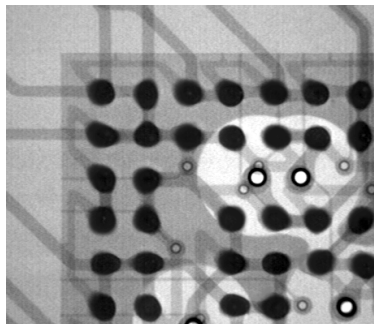
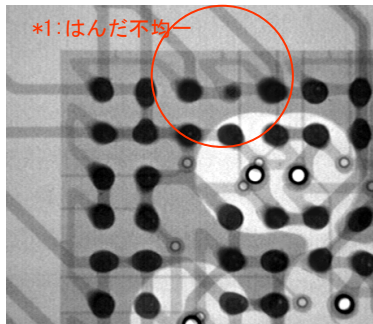
*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載パッドのばね荷重を示します

○実装結果

はんだ印刷のズレとLGAの搭載ズレを逆方向のズレとして評価いたしました。

| はんだ印刷ズレ (+X) | LGA搭載ズレ (-X) | | | | | |
|-----------------|--------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| | 0.05mm | | 0.10mm | | 0.15mm | |
| | 外観 | X線 | 外観 | X線 | 外観 | X線 |
| 0.05mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 |
| 0.10mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 2/3 *2 |
| 0.15mm | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 2/3 *2 | 0/3 | 3/3 *2 |

○観察例 (X線)

| | LGA搭載ズレ : 0.15mm | |
|---------------|---|--|
| | はんだ印刷ズレ : 0.05mm | はんだ印刷ズレ : 0.10mm |
| リフロー後 X線写真 |  |  |

0.5mmピッチのLGAのセルフアライメント性を確認した結果、はんだ印刷、LGA搭載が夫々0.1mm以内のズレであれば不具合無結果となりました。

LGAは、外観でははんだ付け判定が困難である為、必要に応じてX線等による事前の確認が必要です。

セルフアライメント 【LQFP, QFP】

LQFP, QFPでのセルフアライメント評価実施例を下記に記します。

○評価サンプル

| パッケージ外形 | マウントパッド | メタルマスク(0.12mm) | はんだペースト | リードめっき |
|-------------------|-------------|----------------|--------------|--------|
| LQFP144-20x20-0.5 | 0.3mm×1.3mm | 0.25mm×1.5mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-Bi |
| QFP144-20x20-0.5 | 0.3mm×1.3mm | 0.25mm×1.5mm | Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-Bi |

○実装条件

| パッケージ外形 | 搭載荷重 *1 | 搭載押込み量 | リフロー温度 |
|-------------------|---------|--------|--------|
| LQFP144-20x20-0.5 | 180g/ic | 0.2mm | 240℃ |
| QFP144-20x20-0.5 | 180g/ic | 0.2mm | 240℃ |


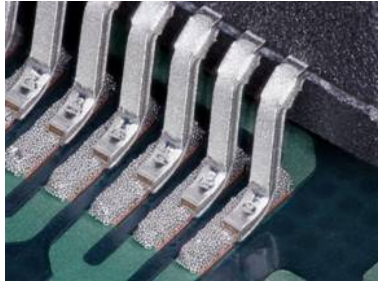

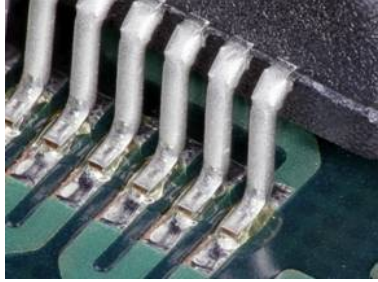
*1: 搭載荷重は、搭載機の搭載パッドのばね荷重を示します

○実装結果

| パッケージ外形 | 搭載スレ:0.05mm | 搭載スレ:0.10mm | 搭載スレ:0.15mm *2 |
|-------------------|-------------|-------------|----------------|
| LQFP144-20x20-0.5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| QFP144-20x20-0.5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |

*2: 搭載スレ0.15mmは、リード幅1/2がマウントパッドをはみ出すスレ量

○セルフアライメント評価写真 (代表例)

| | LQFP144-20x20-0.5 (搭載スレ:0.15mm) | QFP144-20x20-0.5 (搭載スレ:0.15mm) |
|-------|---|--|
| リフロー前 |  |  |
| リフロー後 |  |  |

大型QFPでも、リフローはんだ付けにより十分なセルフアライメント性が確認できました。
 実使用の、はんだ材料、リフロー条件にてご確認の上、搭載条件をご検討願います。

3.3 はんだ付けプロセス

全体加熱方式のはんだ付けプロセスについてご説明します。

はんだ付けプロセスに必要な条件は、実装部品とプリント配線基板とがはんだによって電気的にも機械的にも接続されていることです。この条件を満足するためには後節に述べる温度プロファイル条件を満たす必要があります。温度プロファイルとは部品実装されたプリント配線基板がはんだ付け装置内で時間とともにどのような温度変化を示しているかを表すものです。

3.3.1 温度プロファイルの考え方

温度プロファイルは以下の2点を満足する必要があります。

- ・ はんだ付けに必要な温度設定
「はんだ不濡れ」、「はんだショート」、「はんだ付け強度不足」、「はんだ未溶融」等の品質低下に繋がる場合があります。
- ・ 部品の品質低下を防ぐための温度設定
「パッケージクラック」、「チップ/樹脂の界面剥離」等の品質低下に繋がる場合があります。

上記を満足する温度プロファイルの具体的な条件設定項目を以下に示します。

- ・ ピーク温度
- ・ はんだ溶融時間（はんだ融点以上に製品を保持する時間）
- ・ 予備加熱時間、温度
- ・ 温度勾配

リフロー装置としては図 3-4 に示すように各ゾーンが完全に分離され個別に温度設定可能な装置の使用をご検討願います。

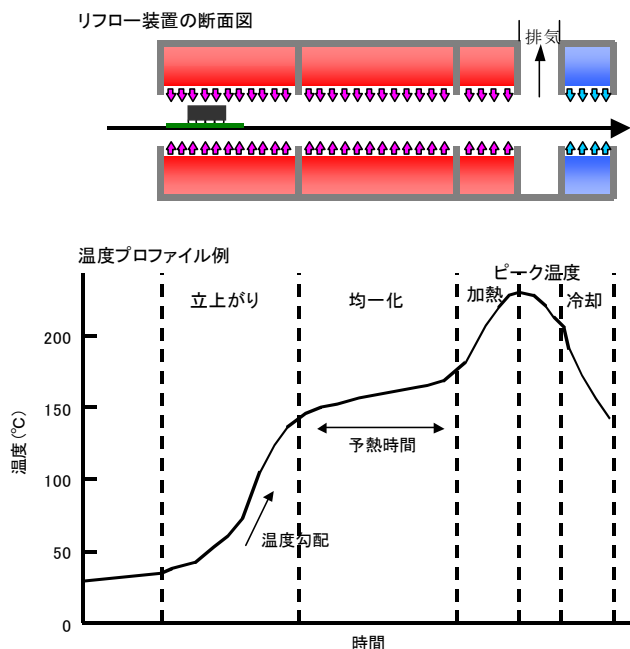


図 3-4 リフロー装置と温度プロファイルの関係

3.3.2 温度プロファイル条件

ここでは温度プロファイルに必要な4つのポイントについてご説明いたします。

(1) ピーク温度

- ① 部品の表面温度が規定の温度以下であること
- ② はんだ付け部の温度がはんだ融点以上になること。特にBGAでは温度が最も低温になる事が多い最内周部のボール（或いはプリント配線基板のマウントパッド）温度が、はんだペースト並びにはんだボール共に融点以上になっていること。
- ③ ピーク温度が過度に高くないこと。

過度に高い場合、プリント配線基板やパッケージの反りを大きくし、オープンやショートの原因になる場合もありますので事前に十分ご確認のうえピーク温度の設定をお願いいたします。BGAではQFPに比べて反りが大きくなるため注意が必要です。また後行面の部品実装時にも先行面の部品温度も管理する必要があり、先行面の部品が高温になり、反り起因の剥がれを引き起こす場合もありますので事前確認を十分に行ってください。

ピーク温度の設定にあたっては次の2点に注意して装置の温度設定を行ってください。

- ・ はんだ付け部（端子下面またはマウントパッド）の温度がはんだの融点以上になること。

（ピーク温度ははんだの融点+20~40℃になるよう検討願います。）

＊共晶はんだ（Sn-37Pb）の場合 200~220℃となります。

＊鉛フリーはんだ（Sn-3Ag-0.5Cu）の場合 240~260℃となります。

- ・ 搭載部品の表面温度が規定の温度以下になること。

(2) はんだ溶融時間

はんだペーストは、はんだ粉末で構成されており、各々のはんだ粉末が溶融後凝集し、部品の電極およびプリント配線基板のマウントパッド上へ濡れ広がるためには、ある程度のはんだ溶融時間が必要となります。

しかしながら、Ag-Pd電極を有する実装部品においては、はんだ溶融時間が長すぎるとAg-Pd電極とはんだとの間で拡散が進み、はんだ付け強度低下の原因となるため注意が必要となりますので、はんだ溶融時間の設定については、事前にはんだ付け評価を実施頂くことをお奨めします。

また熱容量の大きい部品やプリント配線基板を使用される場合には冷却速度が遅くなるため、冷却機構を備えたリフロー装置の使用を検討願います。

過度に溶融時間（リフロー回数含む）が長いと、BGAでは「はんだ付け強度劣化」につながる場合もあります。特に実装後基板の工程内ハンドリング等の機械的ストレスによりボール剥がれが発生する事例もあり、温度プロファイル、機械的ストレスの両面からの改善検討が必要です。

(3) 予熱時間

はんだ付けプロセスに起因するはんだ付け不良の中には、はんだがパッケージのリードへ吸い上げられるウィッキング現象や小型のチップ部品に見られるチップ立ち現象等があります。

これらの不良の原因にはリフロー時の温度の不均一があげられます。

特に高密度実装基板では同一基板上に多数の部品を実装するため、図 3-5 のように各部品の大きさによって温度上昇率が異なります。このような温度の差を少なくするため予熱が必要となります。

但し、過度な予熱により、はんだペーストの濡れ性を劣化する場合がありますので、事前に十分ご確認の上、予熱条件の設定をお願いいたします。

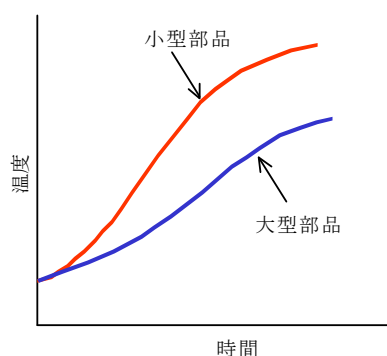


図 3-5 部品による温度上昇例

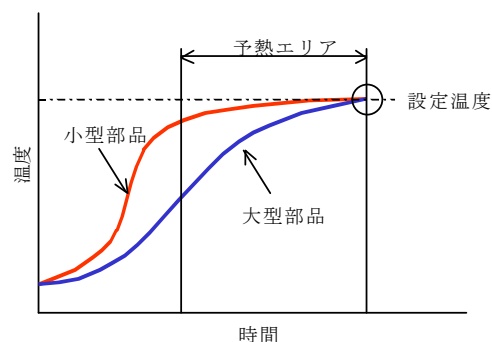


図 3-6 予熱による温度の均一化の例

3.3.1 項にて記載した温度プロファイルの予熱時間内においてプリント配線基板、各実装部品の温度ばらつきが最小（図 3-6 参照）となるようにリフロー装置の温度、コンベアスピードを調整ください。

またははんだ付け時の不具合であるキャピラリボールおよび濡れ不足は、リフロー中の予備加熱条件の不備によることが原因として考えられます。

上記はんだ付け不良を改善するためには、リフロー時の予備加熱条件として下記項目に留意する必要があります。

- ・ はんだペースト中の揮発成分を十分に揮発させる予熱温度、時間の設定
- ・ フラックス中の活性剤の活性力を高めるために必要な予熱温度、時間の設定
- ・ はんだペースト中の活性剤成分を損なわないようにする予熱温度、時間の設定

(4) 温度勾配

温度勾配が大きすぎるとパッケージによってはパッケージクラックの原因になる場合があります。

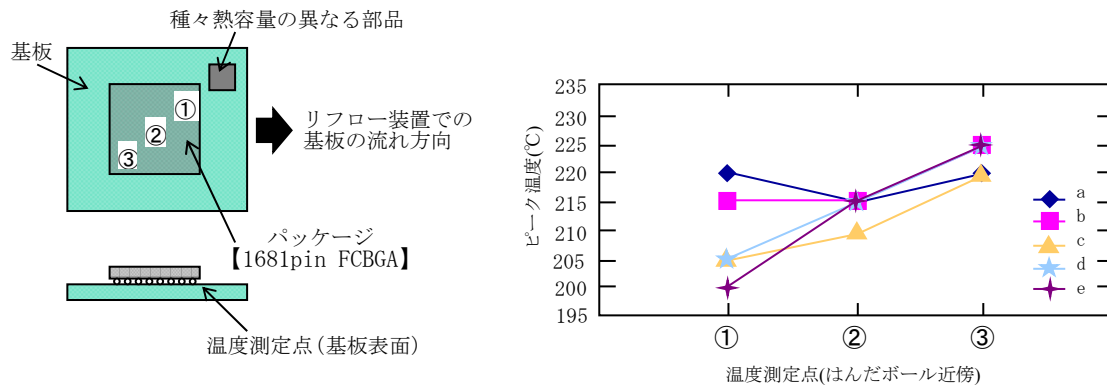
現在のリフローはんだ付け装置の場合、1~3°C/sec での昇温となるようご検討願います。

またははんだ表面の光沢を良くするためには、一般的に冷却速度を速くすることで良くなります。

大型 BGA ではパッケージ内の温度分布が大きい傾向にあるため、はんだボールが同時に凝固しません。はんだボールは凝固する際に体積収縮（溶融する際は体積膨張）するため、凝固したボールと溶融したボールが隣接しているとはんだボール高さに差が生じる場合も考えられます。このため冷却勾配の大小によっては、隣接ボール高さ差が大きくなると共に回路基板の反りも生じ、オープン不良につながる場合がありますので事前に十分確認の上、冷却勾配条件の設定をお願いいたします。

3.3.3 BGA パッケージのリフローについて

パッケージ下部にはんだ付け部が存在する BGA/LGA のようなパッケージに関してはリフロー時のパッケージ内温度ばらつきが心配されますが、リフロー温度プロファイルにおいて極力予備時間を設けることで温度ばらつきを抑えることができます。以下に種々の熱容量を有する部品が FCBGA に近接実装された際の FCBGA のパッケージ内温度ばらつきとはんだ付け性に与える影響を評価した結果を以下に示します。



| 隣接部品の熱容量 | ①～③の 温度 Max | ①～③の 温度 Min | はんだ付け不良モード | | |
|----------|-------------|-------------|------------|------|------|
| | | | オープン | ブリッジ | その他 |
| a | 220 °C | 215 °C | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| b | 225 °C | 215 °C | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| c | 220 °C | 205 °C | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| d | 225 °C | 205 °C | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| e | 225 °C | 200 °C | 0/5 | 0/5 | 1/5* |

*はんだボール内にボイド発生

図 3-7 近傍に別部品が実装されている場合の BGA はんだ付け性

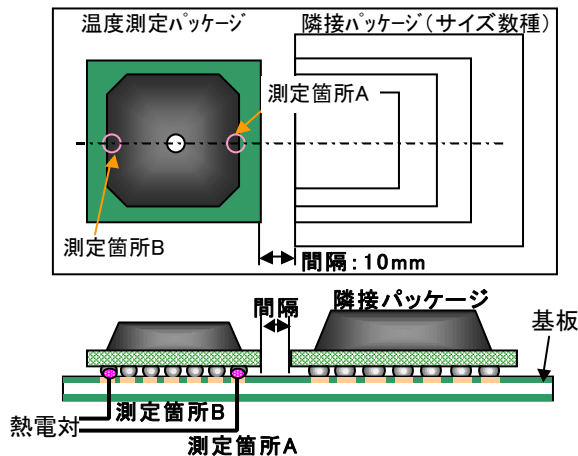
上記評価結果より、隣接する部品の熱容量の影響で隣接部に温度差が発生することを確認いたしました。また、温度が十分に上がらない場合は、はんだボール内にボイドなどの不具合が発生する事を確認いたしました。お客様での設計におかれましても、実装基板上の部品の配置・熱容量などを考慮願います。

3.3.4 混載実装による温度分布

(1) 隣接パッケージ・サイズの影響

隣接するパッケージのサイズが大きくなるにつれて、パッケージ内の温度差は大きくなります（下図参照）。
したがって、温度プロファイル設定時には十分な注意が必要です。

【温度測定条件】



温度測定パッケージ

35x35mm BGA

隣接パッケージ

- (1) 19x19mm
- (2) 27x27mm
- (3) 35x35mm
- (4) 40x40mm
- (5) 45x45mm

リフロー条件: 232°C~233°C (BGAボール部のピーク温度)

リフロー炉: エア方式

コンベア・スピード: 0.9m/min

実装基板

層数: 4層 材質: FR-4 板厚: 1.6mm

温度測定箇所

A: 隣接パッケージに近いボール部

B: 隣接パッケージから遠いボール部

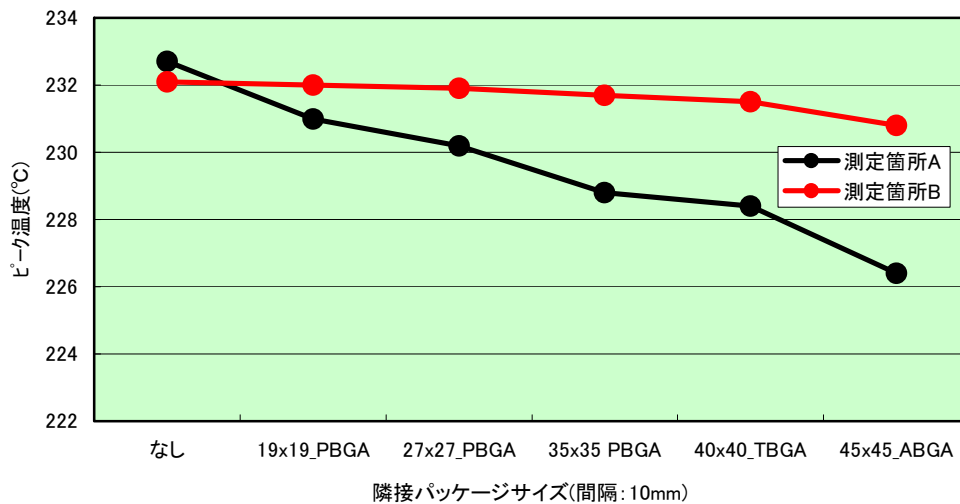
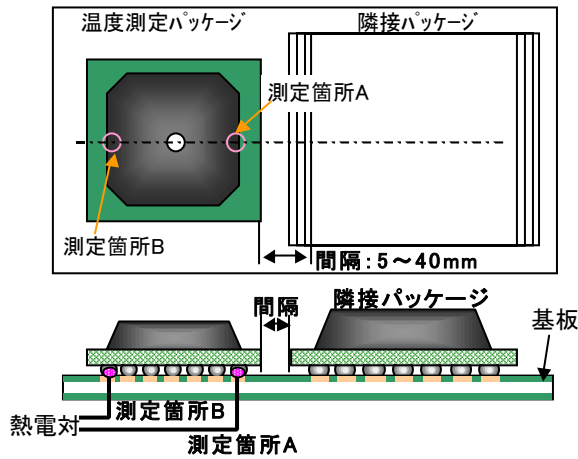


図 3-8 隣接パッケージサイズによる影響

(2) 隣接パッケージの距離による温度分布

下図に示すように、パッケージとの隣接間距離が狭まるほどその温度差は大きくなります。
 また同一パッケージ面内での温度差も生じることが分かります。

【温度測定条件】



- 温度測定パッケージ
35x35mm
352ピンPBGA
- 隣接パッケージ
35x35mm
352ピンPBGA
- リフロー条件：232℃～233℃
(BGAボール部のピーク温度)
- リフロー炉：エア方式
- コンベア・スピード：0.9m/min
- 実装基板
層数：4層 材質：FR-4 板厚：1.6mm
- 温度測定箇所
A：隣接パッケージに近いボール部
B：隣接パッケージから遠いボール部

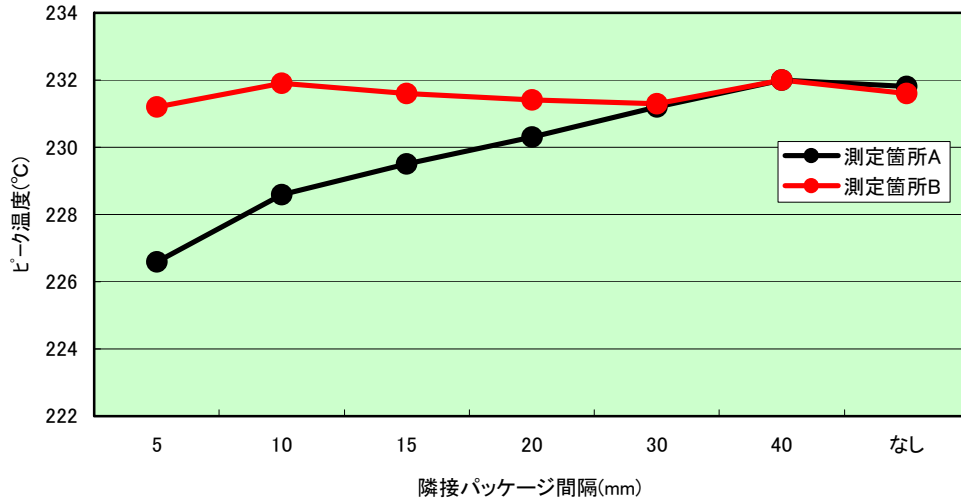


図 3-9 隣接パッケージの距離による影響

3.4 洗浄プロセス

従来プリント配線基板への部品実装後のフラックス洗浄においては各種溶剤が使用されてきましたが、地球環境汚染の問題など考慮した洗浄用材の選択的使用または無洗浄化に対する要求が強まっております。

溶剤もしくは水による洗浄または無洗浄化を導入する場合には以下に示すような項目について検討を行う必要があります。

(1) 洗浄要否について

部品実装後のフラックス洗浄実施要否に関しては以下の項目について検討ください。

- ・使用するフラックスにおける耐腐食性、絶縁抵抗、マイグレーションなど
- ・製品としての必要信頼性レベル
- ・製品使用環境
- ・要求外観品位
- ・外観目視検査の検出力
- ・インサーキットテストの要否

(2) フラックス洗浄について

上記洗浄要否検討項目において洗浄要と判断された場合はフラックス、洗浄液、洗浄方法、洗浄装置の4つの項目を検討し、洗浄プロセスを決定します。

これらの4項目の内容をまとめると表3-6のようになります。

表 3-6 洗浄工程選択の例

| フラックス | 洗浄液 | 洗浄方法の選択 | | 洗浄装置の選択 |
|----------|---------|-------------------------|-----------------|----------------------|
| ロジンフラックス | 石油系溶剤 | 浸漬洗浄 | 超音波洗浄の有無 | インライン式 or バッチ式 |
| | テルベン系溶剤 | | シャワー洗浄（リンス洗浄含む） | |
| | 準水系溶剤 | シャワー洗浄（リンス洗浄含む） or 浸漬洗浄 | | |
| 水溶性フラックス | 水 | シャワー洗浄 or 浸漬洗浄 | | |
| | 水+中和液 | シャワー洗浄 or 浸漬洗浄（中和洗浄を含む） | | |

以下に上記4項目および洗浄の判定方法について説明します。

3.4.1 フラックスの選択

はんだ付け用フラックスは大きくロジン系フラックス、水溶性フラックスの2種類に分けることができます。

ロジン系フラックスは現在最も広く使用されているもので、フラックスの残渣は通常の条件においては非吸湿性、非腐食性のため無洗浄でも使用できるとされています。フラックス中の主な活性剤である塩素などのハロゲンは、はんだ付け後もかなりの量が残りま

すので洗浄不足の場合の不具合について十分検討しておく必要があります。

- ・ロジン系フラックスより優れた洗浄外観が得られる。
- ・はんだ付け性が良い。
- ・使用される洗浄液（水）が人体に対して無害であり安価である。

しかし水溶性フラックスは数々のメリットを持つ反面、残渣の腐食性が強いいため完全に洗浄される必要があり確認のため洗浄度を十分にチェックする必要があります。

また、無洗浄フラックスには各メーカーから様々な製品が開発量産、販売されています。

使用される場合はフラックスメーカーと協議のうえ十分な評価検討をお願いいたします。

- ・超低残渣フラックス
- ・低残渣フラックス
- ・失活性フラックス
- ・塩素含有量0.2wt%以下のフラックス

3.4.2 洗浄液の選択

洗浄液はフラックス残渣に応じて選定する必要があります。一般的には各フラックスにつき以下のような洗浄液が使用されています。

（下記洗浄液型名は一例ですので、使用にあたっては十分評価した上で適用願います）

ロジン系フラックス使用の場合

- ・テルペン系溶剤・・・オレンジの皮から抽出した成分よりなる洗浄液（水洗必要）：バイオアクト EC-7/EC-7R など
- ・石油系溶剤および石油系溶剤と界面活性剤の混合液：P3 コールドクリーナなど
- ・炭化水素系溶剤、準水系溶剤に界面活性剤を加え、水でのリンスを可能とした洗浄液：パインアルファ ST-100S、
クリンスルー700 シリーズなど
- ・アルコール系溶剤：イソプロピルアルコール（IPA）、エタノール、メタノールなど
- ・アルカリ系溶剤・・・有機アルカリと界面活性剤の混合液

水溶性フラックス使用の場合

- ・温水
- ・温水およびアルカリ中和液

(1) ロジン系フラックスの洗浄液

ロジン系フラックスの洗浄液選択にあたり、以下のような項目を検討する必要があります。

- ・イオン系残渣の溶解性
- ・非イオン系残渣の溶解性
- ・沸点
- ・樹脂（部品、プリント配線基板に使用されている樹脂）への適合性
- ・安定性・安全性
- ・廃水処理（テルペン系溶剤、アルカリロジンクリーナー等の場合）

(2) 水溶性フラックスの洗浄液

水溶性フラックス洗浄においては軟水、脱イオン水のご使用をご検討願います。

硬水等の硬度の高い水はカルシウム、マグネシウム、鉄のイオンを多く含んでおり、これらは水に不溶性の塩をつくるためスケールとなって洗浄槽内のヒーティングエレメントに付着したり、スプレーノズルを詰まらせるといった問題を引き起こすため注意が必要です。

また水洗浄の場合、助剤として中和剤が採用されることがありますがこれには界面活性剤が含まれているため界面活性剤が及ぼす影響についてメーカーと相談を実施されるようご検討願います。

3.4.3 洗浄方法および洗浄装置の選択

(1) 有機溶剤系洗浄液による洗浄

主な洗浄方法としては、

- ・蒸気洗浄
- ・浸漬洗浄（超音波洗浄含む）
- ・シャワー洗浄

の3種類があり、一般的には蒸気洗浄方法を組み合わせて洗浄が実施されます。

また洗浄における注意事項を以下に示します。

①超音波洗浄時の製品ダメージ

浸漬洗浄において超音波を併用するにあたっては搭載部品へのダメージの有無を予めチェックする必要があります。（セラミックパッケージ系等の気密封止（中空構造）タイプの素子はワイヤ断線の恐れがありますので超音波の印加は避けて下さい）

またプリント配線基板や搭載部品が超音波振動子と直接接触しないようにご注意ください。

（尚、超音波条件につきましては、当社「信頼性ハンドブック」を参照願います）

②リンス洗浄時の水質、排水処理

テルペン系、準水系洗浄剤による洗浄を実施する場合には、後洗浄（リンス洗浄）として水洗浄を導入するため水洗時の水質、排水の水質について詳細に検討する必要があります。

③引火性溶剤使用時の安全対策

アルコール、テルペン系溶剤、準水系溶剤、石油系溶剤等については引火性の問題から洗浄装置側での防爆安全対策を十分に検討する必要があります。

(2) 水による洗浄

水洗浄の場合、一般的にシャワーによる洗浄が実施され、その後水切りおよび乾燥を実施しています。

水洗浄（シャワー洗浄含む）を実施する場合はスプレー圧、ノズル角度などの洗浄条件と乾燥方法および乾燥条件について十分検討する必要があります。

また排水についても国および地方の関連法規に合致するよう処理することが必要です。

3.4.4 判定方法

(1) 洗浄効果の判定法

清浄度判定方法については以下に示すような方法があります。

清浄度判定方法

- ・ 目視判定法
- ・ 接触角とぬれ指数
- ・ 汚れの抽出濃縮計測法
- ・ 光学的方法
- ・ 分子分光学的方法

(2) 無洗浄の判定方法

無洗浄化を実施する上で重要なのは使用するフラックスの検討であり、以下に示す項目を評価する必要があります。

- ・ 腐食性試験 (銅鏡試験など)
- ・ 反応性試験 (クロム酸銀ペーパー試験など)
- ・ 絶縁抵抗試験 (高温高湿バイアス試験など)
- ・ 水溶液抵抗測定
- ・ 実機試験 (実際の製品としての信頼性試験)
 (個々の部品ごとの信頼性試験)

上記項目における判定基準については、アプリケーションに要求される信頼性レベルおよび仕様により異なるものと考えますので、判定基準の設定においては十分な検討を行った上で設定願います。

3.5 検査プロセス

近年エレクトロニクス機器の小型化、軽量化に伴い電子機器に実装される電子部品関連も微小化、微細化、高密度実装化が進んできています。このため従来人間の目で行われていたはんだ付け後の外観検査も非常に困難となりつつあります。また電子機器アセンブリコストの削減等の問題からも上記はんだ付け後の外観検査に対し自動化を推進する動きが広まりつつあります。

本章でははんだ付け後の外観検査装置導入に際しての検討事項に関し概説します。

リードタイプ SMD でのはんだ付け不良は、はんだボール、ウィッキング、はんだ未接続、ショート等があり、これらの不良は、目視や光学系の検査機で検査します。BGA、CSP 等のはんだ付け不良は、はんだ未接続、ショート等がありますが、はんだ接続がパッケージ下面にて行われるため、光学系の検査装置では検査できません。

透過式 X 線装置の場合、ショート不良は検査できますが、はんだ未接続の不良は検査できません。そこでパッケージ下面等見えないうちの外観検査には 3 次元式の検出法があります。X 線のスキャンビームを用いたラミノグラフィ法とトモシンセシスが該当します。

現在のはんだ付け後の外観検査装置としては表 3-7 のような対応の装置が市販されています。

表 3-7 外観検査装置

| 検査方式 | 検査方式詳細 |
|-------|--|
| 光学式 | <ul style="list-style-type: none"> ・レーザー・センサー一体回転スキャン方式 ・カラーハイライト方式 ・レーザー、マルチカメラ併用方式 ・レーザースキャン方式 |
| X 線方式 | <ul style="list-style-type: none"> ・X 線透過画像を三次元形状データへ変換する方式 ・X 線スライス像を三次元形状データへ変換する方式 |

外観検査装置の導入にあたっては以下の項目に関して十分な検討を実施いただくようお願いいたします。

- ・実製品へ適用されているはんだ付け外観検査基準の明確化
- ・自動機にて適用する検査項目の設定
 - *外観検査装置の種類により検査可能項目の制限があるため装置仕様決定時に適用範囲の明確化が必要となります。
- ・検査精度、再現性
- ・外観検査装置の操作性
 - *検査基準設定（プログラム）の容易性および機種切り替え時間等の確認が必要。
- ・装置検査タクトと価格
- ・メンテナンス性

なお BGA/LGA のようにパッケージ下部にはんだ付け部が存在する電子部品のはんだ付け状態の検査が必要な場合は、X 線方式の検査機の導入をご検討願います。

但し、製品によっては X 線を照射する事により動作に影響を及ぼす場合がありますので、使用にあたっては十分に御確認の上、御使用ください。

3.5.1 外観検査装置

はんだ接続のピッチが狭くなり、はんだ接合部が微細になると、箇所あたりのはんだ量、接合面積が小さくなるため、はんだ接合部および接合までの各工程での検査が重要になります。従来、これらの検査は主に目視で行われていましたが、最近では各種の自動検査装置が開発され市販されています。

パッケージ端子のはんだ付け、実装に関連した外観検査装置としては、現在、主にはんだ付け部外観検査装置、はんだペースト印刷後外観検査装置があります。

(1) はんだ付け部外観検査装置

従来はんだ付けの良否検査を主な検査対象としていましたが、最近では同時に部品実装状態の検査が可能な装置もあります。

表 3-8 外観検査装置概略

| 方式・原理 | | 不良内容 | | | | | | |
|--------|--|-----------|-------|-------|------|----------|------|--------|
| | | はんだ付け良否判定 | | | | 実装状態良否判定 | | |
| | | はんだ過少 | リード浮き | リードずれ | ブリッジ | 部品脱落 | 位置ずれ | 取付方向違い |
| | | | | | | | | |
| 段差照明 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ×~○ |
| 光切断 | | △~○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ×~△ |
| レーザー走査 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ×~△ |
| X線 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | × |

○：判定可、△：一部判定可、×：判定不可

ファインピッチリードパッケージで、特にはんだ付けの品質に影響するリード平坦度は、0.1mmを標準にしています。リード平坦度の品質改善をさらに進めるべく技術向上に努めております。

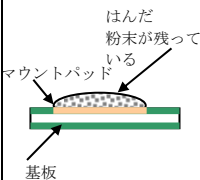
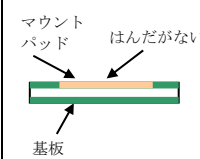
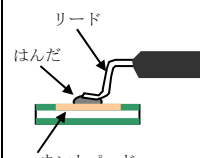
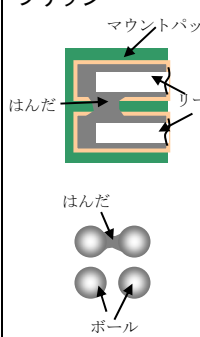
(2) はんだペースト印刷後外観検査装置

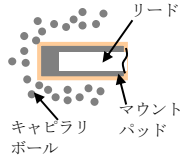
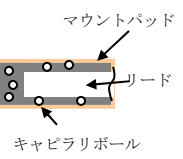
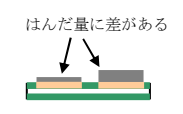
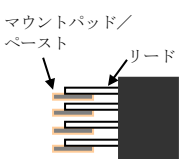
ファインピッチリードのはんだペーストの微小な印刷後の形状（体積、ズレ、ペースト高さ、ブリッジ、ダレ、ムラ等）を検査しはんだ付け不良（過不足、ブリッジ）の発生を未然に防止することを目的とするものです。方式としては、現在、段差照明方式、レーザー走査方式があります。

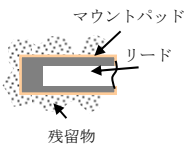
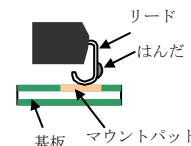
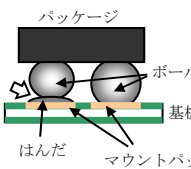
3.5.2 外観検査項目

はんだ付け部の外観検査では表 3-9 に示すような項目を検査します。改善の参考として不良原因とその対策も併記いたしました。

表 3-9 リフローはんだ付け不良の原因と対策

| 不良項目 | 現象 | 原因 | 対策 |
|--|-------------------------------------|---|--|
| 未熔融  | はんだ末が残っている状態 | <ul style="list-style-type: none"> リフロー条件不適 (プリヒート/溶融) はんだペーストの劣化 | <ul style="list-style-type: none"> リフロープロファイルの見直し はんだペースト保管方法の確認 はんだペーストの入替 |
| 未はんだ  | マウントパッド上にはんだが存在しない、または極端に少ない状態 | <ul style="list-style-type: none"> 印刷条件の不適合 はんだペーストの劣化 印刷マスクの目詰まり | <ul style="list-style-type: none"> 印刷条件 (マスクの厚さや大きさも含む) の検討 はんだペースト保管方法の確認 はんだペーストの入替 印刷マスクの清掃 |
| 広がり不足  | はんだがマウントパッドまたはリードに十分広がらない | <ul style="list-style-type: none"> はんだペーストの印刷量が少ない マウントパッド、リードまたははんだペーストの劣化 熱量不足 | <ul style="list-style-type: none"> 印刷マスク仕様の検討 マウントパッド、リードまたははんだペーストの保管状態の確認 リフロープロファイルの見直し |
| ブリッジ  | 隣接するマウントパッド/端子にまたがって、はんだが濡れ広がっている状態 | <ul style="list-style-type: none"> はんだペーストの印刷量過多 はんだペースト印刷ずれ 部品端子曲がり マウントパッド/レジスト寸法不適 | <ul style="list-style-type: none"> 印刷量を少なくする (印刷面積および厚さ) 印刷方法を変える |

| 不良項目 | 現象 | 原因 | 対策 |
|--|---|--|--|
| <p>キャピラリボール</p>  | <p>マウントパッドまたは部品周囲にキャピラリボールが存在する状態</p> | <ul style="list-style-type: none"> マウントパッド外まで、はんだペーストが印刷された はんだペーストのマウントパッド外への染み出し マスク裏面に付着したはんだペーストが転写された | <ul style="list-style-type: none"> マウントパッドサイズより多少小さく印刷する だれの少ないはんだペーストに変える 印刷マスクの清掃 |
|  | <p>リフローしたはんだ表面に、はんだ粒（キャピラリボール）が存在する状態</p> | <ul style="list-style-type: none"> 加熱不足（温度、時間） プリヒート過剰 はんだペーストの劣化 | <ul style="list-style-type: none"> リフロープロファイルの検討 ペーストの保管状態確認 |
| <p>はんだ量不均一</p>  | <p>はんだ付け部のはんだ量が一定でない状態</p> | <ul style="list-style-type: none"> はんだペーストの印刷性（抜け性）が悪い 印刷条件が適当でない | <ul style="list-style-type: none"> 印刷性のよいはんだペーストに変える 印刷条件を検討する |
| <p>部品の位置ずれ</p>  | <p>部品の位置がずれて、はんだ付けが行われた状態</p> | <ul style="list-style-type: none"> 部品の搭載位置ずれ はんだペーストの粘着性不足 部品搭載時の押圧不足 フラックスによる流動 部品の寸法異常 | <ul style="list-style-type: none"> 部品搭載位置の見直し 粘着性の高いはんだペーストを使用 部品搭載条件の見直し フラックス含有量を少なくする 部品寸法の確認 |
| <p>部品の浮き</p>  | <p>端子にはんだが付いておらず浮き上がった状態</p> | <ul style="list-style-type: none"> 印刷/搭載位置ずれ 印刷量が均一でない 溶融時間の不足 QFP等の端子の変形 はんだの溶融時間のずれがある 搭載機押圧不足 | <ul style="list-style-type: none"> 位置ずれのないように印刷する フラックス含有量を低減 端子の変形の少ないパッケージを使用する 印刷条件を検討する 印刷厚を厚くする 加熱条件を検討する |

| 不良項目 | 現象 | 原因 | 対策 |
|---|--|---|--|
| 洗浄性不良  | 洗浄後も、フラックス残渣または白い粉状の残留物が存在する状態 | <ul style="list-style-type: none"> ・フラックスの洗浄性が悪い ・洗浄液/方法が不適 ・リフロー後の長時間放置 | <ul style="list-style-type: none"> ・洗浄性のよいはんだペーストを使用する ・洗浄液、洗浄方法を検討する ・リフロー後できるだけ速く洗浄する |
| ウィッキング  | リードへの溶融はんだの吸い上がり現象。リードとマウントパッドの間のフィレットが小さくなる。 (VPS法で、急加熱される場合に発生しやすい) | <ul style="list-style-type: none"> ・基板上的マウントパッドよりも端子が急速に昇温し、はんだ溶融温度となる | <ul style="list-style-type: none"> ・VPS法の場合、十分にプリヒートを行う ・遠赤外線リフロー炉ではんだ付けを行う |
| 未融合  | BGAにおいてアウターボール端子がマウントパッドと正常に接合されていない状態 | <ul style="list-style-type: none"> ・印刷量が均一でない ・溶融時間の不足 ・搭載機押圧不足 ・端子表面の酸化 ・はんだペースト活性力不足 | <ul style="list-style-type: none"> ・はんだ印刷条件を検討する ・加熱条件を検討する ・搭載条件を検討する ・パッケージ保管状態の確認 |

3.6 リペア（修正）とリワーク（部品交換）について

はんだ付け後不具合のリペア（修正）とリワーク（部品交換）についての概要および事例を以下に記します。

3.6.1 リペア（修正）について

パッケージ外周にリード端子を有するパッケージの場合は、はんだごてを利用したリペア（修正）が適用できます。はんだごての温度設定および条件はパッケージの表面温度が耐熱許容温度を超えない設定にて実施してください。尚、製品によっては、はんだごての使用条件が指定されている場合がありますので詳細は当社営業担当までお問合せください。

尚、パッケージの下面に端子が存在する BGA/LGA/QFN などは、はんだごてによるリペア（修正）ができません。従来のはんだごてを使用しているリペア（修正）が実施できないような電子部品は、図 3-10 に示すような設備を用いてリワーク（部品交換）をお願いします。

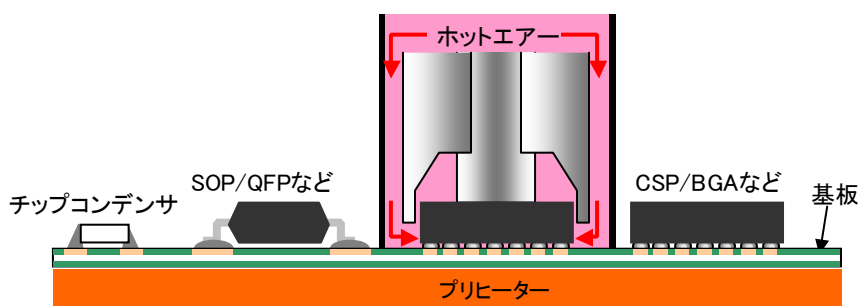


図 3-10 BGA、LGA、QFN のリワーク装置例

上記リペア（修正）方法においては下記項目に注意してご使用願います。本注意事項はリワーク（部品交換）方法についても同様です。

- ・近隣電子部品に対する熱的影響を最小限にする。
- ・加熱条件は使用するプリント配線基板（基板厚、層構成等）および実装部品の熱容量の違いにより異なるため、実製品（実装部品）対応での条件設定が必要です。
- ・リペア（修正）、リワーク（部品交換）後の実装部品の再利用に関しては部品メーカーへの確認が必要です。

※当社パッケージのリワーク（部品交換）時の取り外し品の再利用はその後の品質保証対象外となりますので避けていただきますようお願いいたします。

3.6.2 リワーク（部品交換）について

製品の機能不具合等でパッケージを取り外し、新しいパッケージを取り付ける場合には、前項でのリペア(修正)作業に用いられるような部分加熱により実施することができます。

尚、リワークにおいて取り外した部品の再利用は、品質保証対象外となりますので、避けていただきますようお願いいたします。また、その他注意事項はリペア(修正)項を参照願います。

以下に参考例として、リワーク(部品交換)手順を記載いたします。

リワークはSMDタイプ、THDタイプなど、パッケージ形態によってその方法も異なります(図3-11、図3-12)。

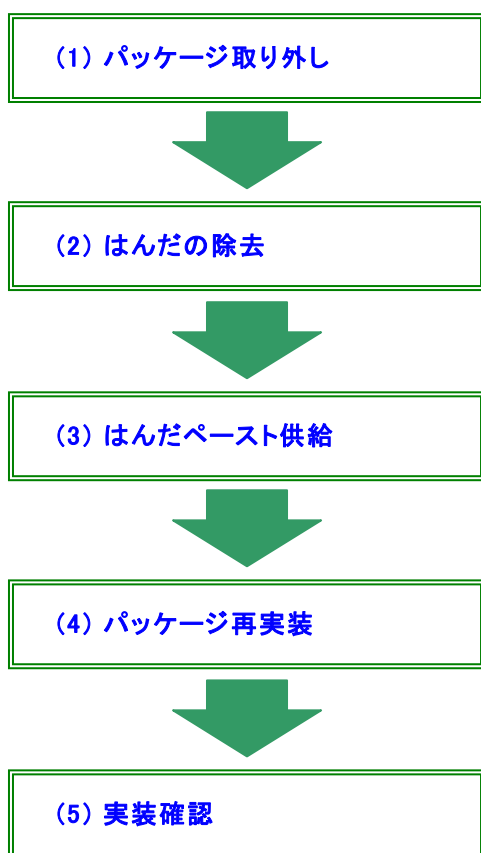


図3-11 SMDタイプのリワーク工程

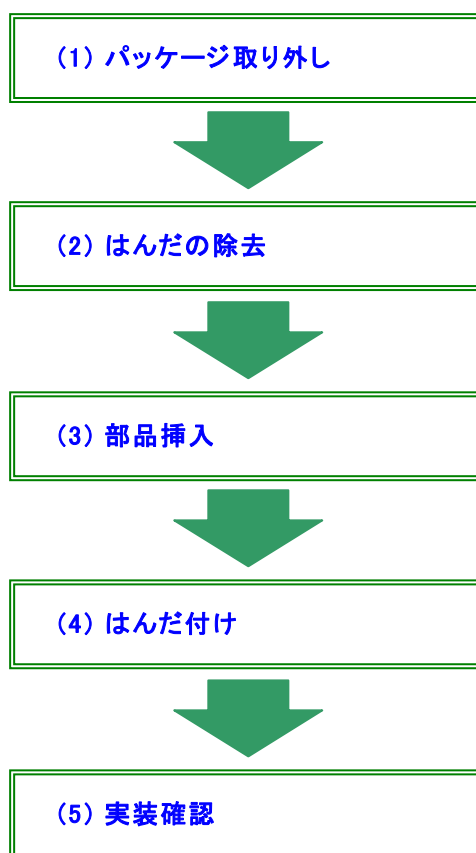


図3-12 THDタイプのリワーク工程

次ページ以降で、BGAパッケージの場合を例に各工程の説明をします。

(1) パッケージの取り外し

BGA や CSP は、はんだ接続部がパッケージ下面にあるので、専用の設備と治工具を使ってパッケージ全体を覆って加熱し、はんだを溶かします。

その時の温度条件は、パッケージ面内の温度バラつきをなくし、未熔融部分をなくす必要があります。

図 3-13 に温度測定時のセンサー取り付け例を示します。

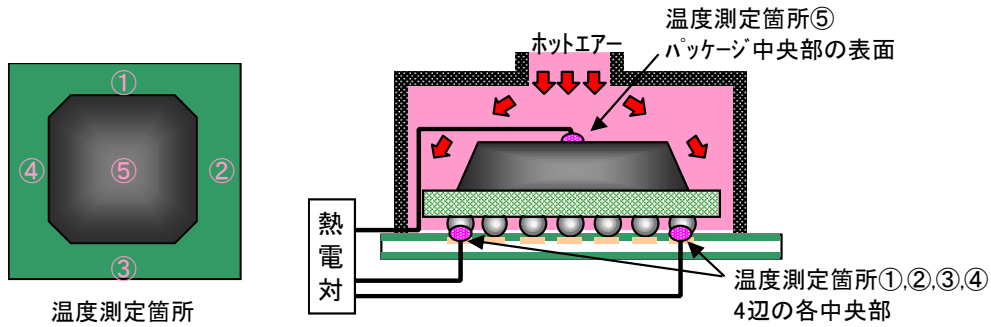


図 3-13 温度測定時のセンサ取り付け例

BGA を取り外し、剣山状にはんだが残った例を図 3-14 に示します。また、温度が低い場合はパッド剥がれが発生しますので注意が必要です。

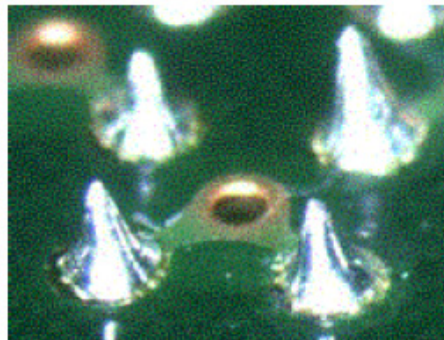


図 3-14 BGA を取り外した跡（プリント配線基板側）

プリント配線基板が大きい場合は、以下のような工夫も必要となります。

- ・加熱によるプリント配線基板のたわみをなくすことが重要となりますので、プリント配線基板の下面に反り防止治工具を設ける
- ・作業効率を上げるため、下部ヒータを設けてプリント配線基板全体を加熱する

(2) はんだの除去 (パッド・クリーニング)

パッドの上に残ったはんだは、フラックスを塗布したのち、はんだ吸い取り器、はんだごて、ソルダーウイックなどを用いて丁寧に取り除きます。

それぞれの方法でクリーニングした状態を図3-15に示します。

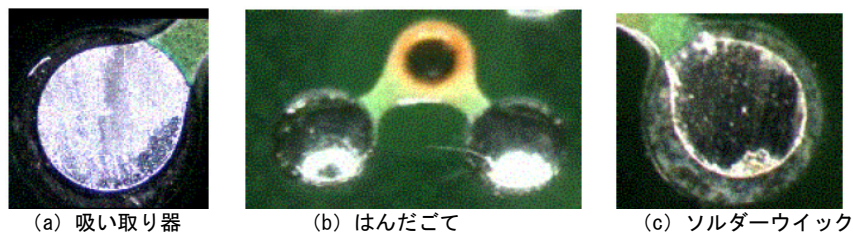


図 3-15 クリーニング後のパッド状態

はんだの除去作業は慎重に行う必要があります。

はんだの取り残しや突起があると、はんだペースト印刷時にメタルマスクが基板に密着せずはんだペーストの供給不良を起こします。

また、近接するスルーホールまでソルダーレジストが剥がれてしまうと、パッドに印刷したはんだペーストはリフロー時にスルーホールへ吸い取られ接続不良を起こすことがあります。

図3-16にその不具合例を示します。

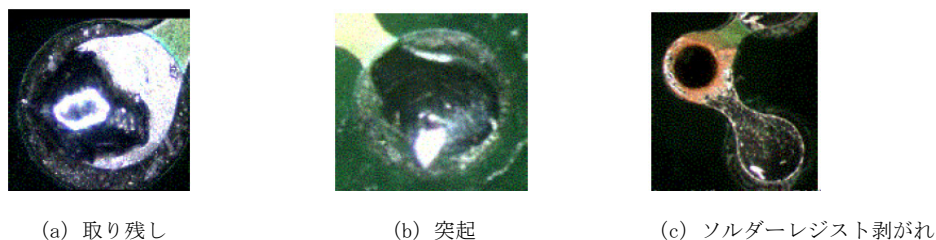


図 3-16 クリーニング作業での不具合例

(3) はんだペーストの供給

リワーク時のはんだ供給は、専用の治工具を用いて行います。ここでは部品間隔が広い場合と狭い場合の事例について説明します。

<部品間隔が比較的広い場合>

図3-17のように、簡易的な個片メタルマスクを用いてプリント配線基板にテープで固定し、簡易ヘラではんだペーストを印刷します(図3-18)。

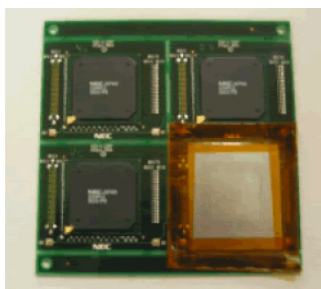


図3-17 個片メタルマスクを貼り付けた状態

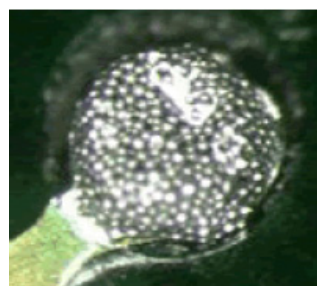


図3-18 個片メタルマスクではんだペーストを印刷した状態

＜部品間隔が狭い場合＞

部品間隔が狭い場合、簡易メタルマスクをプリント配線基板に固定する間隔が無いので、図 3-19 のように BGA ボール上にはんだペーストを供給する方法があります。

以下にその手順を示します。

1. まず、治具等でパッケージを固定します（図 3-20）
2. その上から個片メタルマスクを固定します（図 3-21）
3. はんだペーストを簡易ヘラで印刷します。

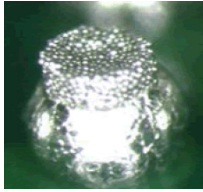


図3-19 BGA上にはんだペーストを印刷した状態

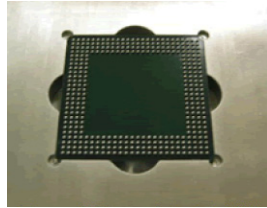


図3-20 治具にBGAをセットした状態図

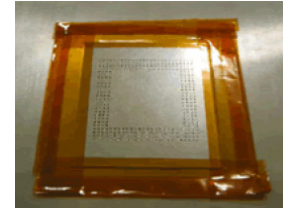


図3-21 BGA上にメタルマスクをセットした状態

(4) パッケージの再実装（搭載・リフロー）

パッケージ搭載は、確実なはんだ付けをするためにも、パッケージのはんだボールとプリント配線基板の電極位置合わせが可能なリワーク装置の使用をお奨めします。

また、再実装の際には、以下の点に注意してください。

- 再実装の温度プロファイルは、取り外し時と同様、BGA ボール部温度のバラつきをなくしてください。
- パッケージの表面温度が規定の温度を超えないようにしてください。

(5) 実装確認

通常に実装を行った場合と同様の方法で、実装状態を確認します。

(6) リワーク後の接続信頼性

事例として説明したリワーク品の温度サイクル試験結果を表 3-10 に示します。

この事例では、リワーク品もリワークなし品と同等な接続信頼性が得られました。

表 3-10 温度サイクル試験結果

| リワーク有無 | はんだペースト供給箇所 | 温度サイクル試験結果（不良数／投入数） | | | |
|----------|-------------|---------------------|---------|----------|----------|
| | | 0サイクル | 500サイクル | 1000サイクル | 2000サイクル |
| なし (Ref) | — | 0/12 | 0/12 | 0/12 | 0/12 |
| あり | 実装基板パッド上 | 0/12 | 0/12 | 0/12 | 0/12 |
| あり | BGAボール上 | 0/12 | 0/12 | 0/12 | 0/12 |

パッケージ：□35mm/352pinPBGA（デエイジーチェーン） はんだボール径：Φ0.75mm（Sn-37Pb）

温度サイクル条件：-40～+125℃

判定基準：導通抵抗が初期値に対して20%以上変動したときを不良

4. 保管および実装時の注意点

4.1 はんだ付け性

リードタイプ SMD の外部リードは、製造工程履歴により、表面が酸化されたり、モールド樹脂封止時の樹脂薄バリが残留したり、また汚染物質が付着することがあります。

この状態では、リードが腐食したり、プリント配線基板へのはんだ付け工程やソケット実装工程におけるはんだ付け不良（機械的接合不良）や、電氣的導通不良を引き起こす原因となります。したがって、外部リード表面の酸化皮膜を除去して、リード素材を保護すると同時に、はんだ付けやソケット実装が容易になるよう表面処理を施す必要があります。

4.1.1 めっき組成

ルネサスエレクトロニクスのパッケージ端子外装めっきの仕様は以下のようになっています。

表 4-1 端子めっき組成

| 組成 | 従来めっき | 鉛フリーめっき | | | |
|----|---------|---------|----------|----|----------|
| | Sn-10Pb | Sn-2Bi | Sn-1.5Cu | Sn | Ni/Pd/Au |
| | | | | | |

4.1.2 はんだ付け性の評価方法

はんだ付け性評価方法の一つに、はんだ平衡法（ウエットイングバランス法）（EIAJ-ET-7401）による定量測定方法があります。測定機構を示すメニスコグラフカーブを図4-1に示します。

ぬれ速度が速い（図4-1中のB～Eが短い）程、はんだ付け性が良好であることを示しています。

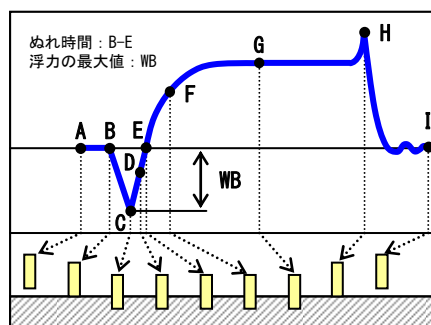


図 4-1 はんだ平衡法による
メニスコグラフカーブ

以下に当社の端子めっき毎のはんだ平衡法によるぬれ時間測定事例を示します。

(1) Sn-37Pb はんだバスでの評価結果事例 (はんだ温度: 230°C)

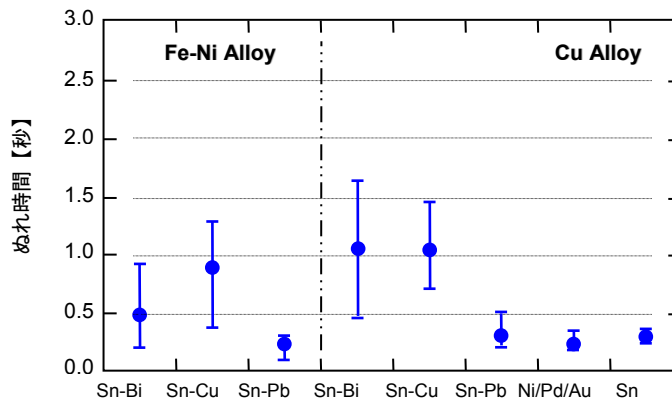


図 4-2 ぬれ時間測定結果 (Sn-37Pb はんだバス)

(2) Sn-3Ag-0.5Cu はんだバスでの評価結果事例 (はんだ温度 245°C)

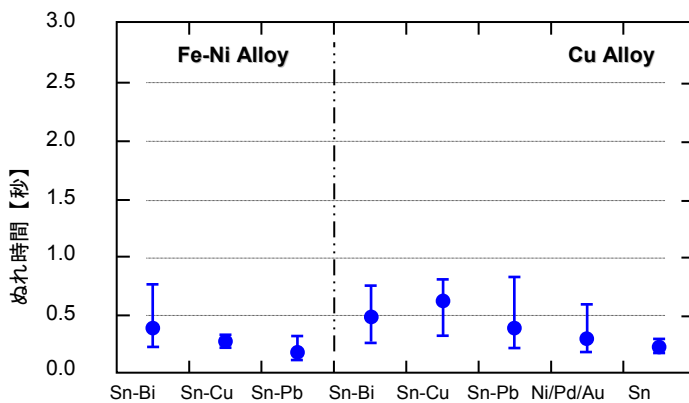


図 4-3 ぬれ時間測定結果 (Sn-3Ag-0.5Cu はんだバス)

4.1.3 めっきの厚さ

リードめっき厚を薄くした場合の実装評価例を紹介します。

図4-4に示すように、めっき厚が薄い場合でもはんだ付け性は良好な結果が得られています。よって、リードめっき後に行われる電気的テスト工程でのコンタクト等により、部分的にめっき厚が薄くなってしまった場合でも、それがはんだ付け性に影響を及ぼすことはないと言えます。


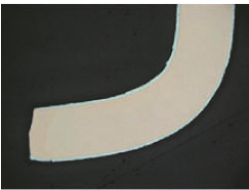


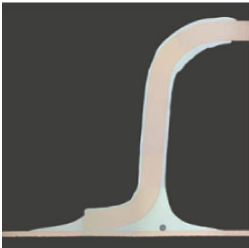
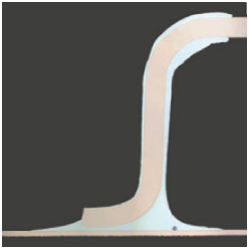
| パッケージ | QFP144-20x20-0.5 (めっき組成 : Sn) | | |
|-------|--|---|--|
| 基板実装 | はんだペースト組成 : Sn-3Ag-0.5Cu、リフロー温度 (ピーク) : 245℃ | | |
| めっき厚 | 薄めっき (5 μ m) | 標準めっき (10 μ m) | 厚めっき (17 μ m) |
| 実装前 |  |  |  |
| 実装後 |  |  |  |

図 4-4 めっき厚とはんだ付け性

4.1.4 むれ時間の温度依存性

濡れ時間の温度依存性の評価例を紹介します。

プリント基板への電子部品実装においては、実装時の温度不足によって濡れ不良が生じる場合があります。

表4-2の試験条件にてむれ時間の温度依存性評価結果を図4-5及び図4-6に示します。

表4-2 メニスコグラフ試験条件

| フラックス | ロジン系Rタイプ |
|---------|--------------------|
| サンプル | 100pin LQFP (Cu合金) |
| 試験温度 | 図4-5/図4-6参照 |
| 浸漬速度 | 15mm/s |
| 浸漬深さ | 0.15mm |
| 浸漬時間 | 5s |
| 浸漬リード本数 | 1本 |
| 試料数 | 5 |
| 前処理条件 | 100°C100%, 4hr |

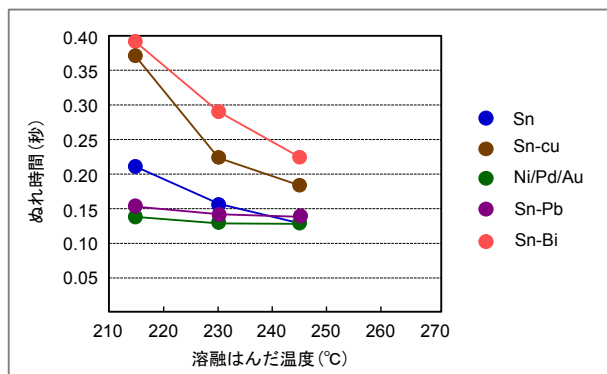


図 4-5 むれ時間の温度依存性評価結果
(Sn-37Pb はんだバス)

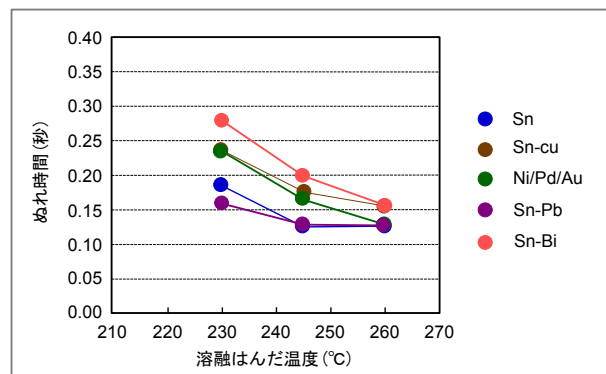


図 4-6 むれ時間の温度依存性評価結果
(Sn-3Ag-0.5Cu はんだバス)

図4-5及び図4-6に示すように、いずれの融融はんだ材においても、温度が低下するとぬれ時間が長くなる傾向が見られ、基板実装においても同様の傾向を示すと考えられます。

良好なはんだぬれを得るには、実装温度を高め設定する事が有効であると考えますので、最適な条件を設定する際にご考慮をお願いします。

ご使用のはんだペーストや電子部品によって、許容される温度プロファイルが異なりますので、可能な範囲で高温側への設定をお勧めします。

4.1.5 高温保管後のぬれ性

表4-3, 図4-7は150℃の高温バーク処理を500時間まで処理した時のSn-37Pbはんだバスでののはんだぬれ性を示したものです。
この結果から500時間後もぬれ時間は変わらず安定したはんだ付け性が得られることがわかります。

表4-3 メニスコグラフ試験条件 (Sn-37Pbバス)

| フラックス | ロジン系Rタイプ |
|---------|-------------------|
| サンプル | 208pin QFP (Cu合金) |
| 試験温度 | 210℃ |
| 浸漬速度 | 10mm/s |
| 浸漬深さ | 1.5mm |
| 浸漬時間 | 5s |
| 浸漬リード本数 | 10本 |
| 試料数 | 10 |
| 保管条件 | 150℃ |

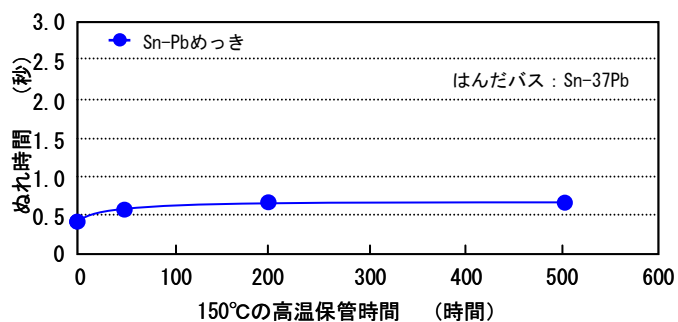


図4-7 はんだぬれ性試験結果

表4-4, 図4-8は150℃の高温バーク処理を500時間まで処理した時のSn-3Ag-0.5Cuはんだバスでののはんだぬれ性を示したものです。
この結果から500時間後もぬれ時間は変わらず安定したはんだ付け性が得られることがわかります。

表4-4 メニスコグラフ試験条件 (Sn-3Ag-0.5Cuバス)

| フラックス | ロジン系Rタイプ |
|---------|-------------------|
| サンプル | 208pin QFP (Cu合金) |
| 試験温度 | 245℃ |
| 浸漬速度 | 10mm/s |
| 浸漬深さ | 1.5mm |
| 浸漬時間 | 5s |
| 浸漬リード本数 | 10本 |
| 試料数 | 10 |
| 保管条件 | 150℃ |

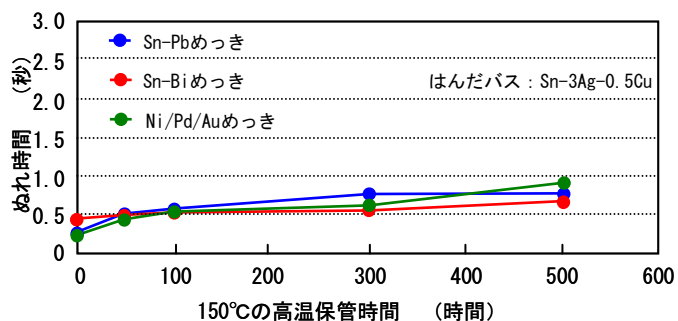


図4-8 はんだぬれ性試験結果

4.1.6 長期保管後のぬれ性

(1) リード材 : Cu - Sn-3Ag-0.5Cu はんだバス -

Cu合金をリード材とするデバイスを異なる保管環境で長期保管した後、Sn-3Ag-0.5Cuはんだバスではんだぬれ性試験を行った結果を以下に示します。

以下の結果は、異なった梱包状態で2年経過しても、ぬれ時間はほとんど変化がなく、良好なはんだぬれ性を示しています。

表4-5 メニスコグラフ試験条件(Sn-3Ag-0.5Cuバス)

| フラックス | ロジン系-Rタイプ |
|---------|-----------------|
| サンプル | 208pin QFP (Cu) |
| 試験温度 | 245°C |
| 浸漬速度 | 10mm/s |
| 浸漬深さ | 1.5mm |
| 浸漬時間 | 10s |
| 浸漬リード本数 | 10本 |
| 試料数 | 10 |
| 保管条件 | 25±5°C、50±30%RH |

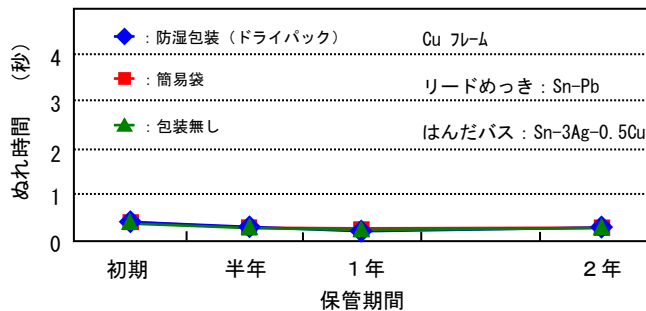


図4-9 はんだぬれ性試験結果

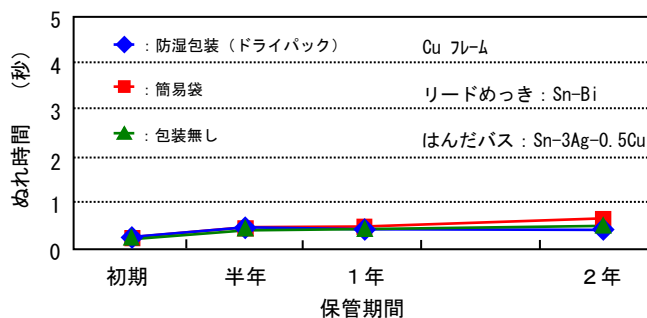


図4-10 はんだぬれ性試験結果

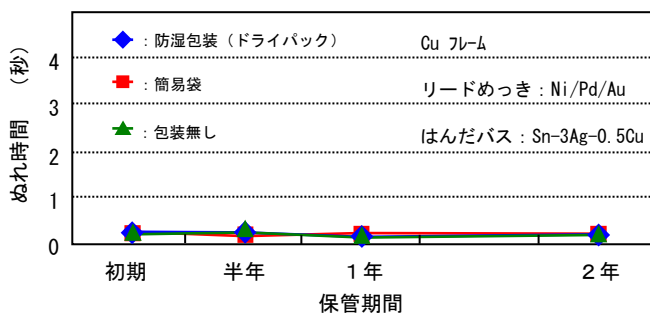


図4-11 はんだぬれ性試験結果

4.2 パッケージの保管条件

パッケージが吸湿していると、リフローはんだ付け加熱によりパッケージ内部の水分の気化膨張により、パッケージ内部に剥離やクラックを生じる場合があります。プラスチックパッケージは室温に放置すると空気中の水分を吸収します。この状態ではんだ実装の熱ストレスを加えると、デバイスの耐熱性が劣化し、パッケージ内部に剥離が発生することがあります。そして最も密着強度の弱い箇所での剥離を起点に、パッケージクラックは発生します。この剥離やクラックはパッケージ内部の配線断線や信頼性劣化につながる場合がありますので、以下に記される各項で規定した条件下でご使用くださいますようお願いいたします。



図4-12 パッケージクラック写真

尚、リフローはんだ付け時のパッケージクラックについての詳細メカニズム、発生要因、回避策等は、当社「信頼性ハンドブック」を参照願います。

4.2.1 防湿包装開封前の保管について

防湿包装開封前は、5~35℃、85%RH以下での保管をお願いいたします。但し、製品個別に規定されている場合がありますので納入仕様書へ記載される条件を確認の上、保管されるようお願いいたします。

4.2.2 防湿包装開封後の保管について

防湿包装開封後は、パッケージの吸湿を防止するために下記条件での保管をお願いいたします。

表 4-6 保管条件例

| 項目 | 条件 | 備考 |
|----|---------|---------------------|
| 温度 | 5~30℃ | |
| 湿度 | 70%RH以下 | |
| 時間 | 168h | 開封後から最終はんだ実装完了までの時間 |

但し、製品個別に規定されている場合がありますので、納入仕様書へ記載される条件を確認の上、保管されるようお願いいたします。封止樹脂のパッケージ厚さ毎の吸湿特性について図4-13に一例を示します。

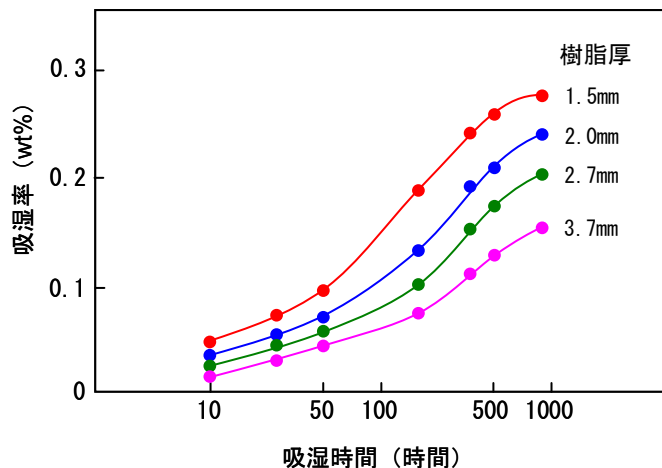


図4-13 封止樹脂の吸湿特性の一例

4.2.3 ベーク処理

はんだ付け実装前に以下にてベーク(乾燥)処理を実施して下さい。

(1) ベーク処理を必要とする場合

- ・ 防湿包装開封時に同胞インジケータカードの30%スポットがピンク色に変色している場合。
- ・ 防湿包装開封後、規定の保管条件を超過した場合。

(2) ベーク条件

以下の条件にてベークを実施して下さい。尚、製品個別に規定されている場合がありますので、納入仕様書へ記載される条件を確認の上、ベーク(乾燥)処理を実施されるようお願いいたします。

ベークの際は、耐熱性のあるトレイなどを使用して処理して下さい。尚、耐熱トレイには「HEAT PROOF」または耐熱温度の表示がありますので、処理の前にご確認ください。

表 4-7 ベーク条件例

| | ベーク温度 | ベーク時間 | 繰返しベーク |
|------------------------|--------|--------|----------|
| 薄型パッケージ 取付高さ1.2mm以下 | 125±5℃ | 4~24h | 累計で96h以内 |
| 上記以外 | 125±5℃ | 16~24h | 累計で96h以内 |

4.2.4 リフロー回数

リフロー回数は3回以下としてください。但し、製品個別に規定されている場合がありますので納入仕様書へ記載される内容をご確認いただき、納入仕様書記載の回数以下としてください。尚、リフロー回数は、他の不具合が発生しないことを総合的に確認の上、設定くださいますようお願いいたします。

4.3 はんだ付け温度プロファイル

はんだ付け温度プロファイルは、耐熱性とはんだ付け性を考慮して決定いただくようお願いいたします。

4.3.1 耐熱温度プロファイル

はんだの鉛フリー化に伴い鉛フリーはんだは、従来の鉛入り共晶はんだに比べて融点が高く、対応して半導体に要求されるリフロー時のピーク温度がパッケージ表面温度測定で共晶はんだ 235℃ ==> 鉛フリーはんだ 260℃と高くなりました。既存の面実装パッケージに対して、鉛フリーはんだ耐熱条件でリフロー耐熱性を確認しました。大部分のパッケージはリフローピーク温度260℃に耐えます。しかしパッケージが厚くて大きい場合にはパッケージ表面温度が上がりにくいいため250℃あるいは245℃をピーク温度にしています。この場合であってもリード端子部の温度は、鉛フリーはんだで広く採用されるSn-Ag-Cuはんだの融点以上に上昇いたしますので鉛フリーはんだ実装にはさしつかえありません。

なお、ワールドワイドで”Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Solid State Surface Mount Devices”規格が広く適用されています。IPC/JEDEC J-STD 020B は一部の製品を除いて適用は問題ありません。また、2007年6月に公布されたJ-STD 020D に対しても適用可否評価を実施しています。

尚、個別製品の対応については当社営業担当までお問合せください。

(1) IPC/JEDEC MSL 規格リフロー条件へのルネサスの対応

MSLを確認する前処理加湿条件は防湿包装製品にLevel 3を、非防湿包装製品にはLevel 1を原則とします。

ルネサス製品のIPC/JEDEC J-STD 020D が規定するリフロー条件への対応プロファイルを図4-14に、パッケージの容量と厚さに対応したピーク温度を表4-8に示します。

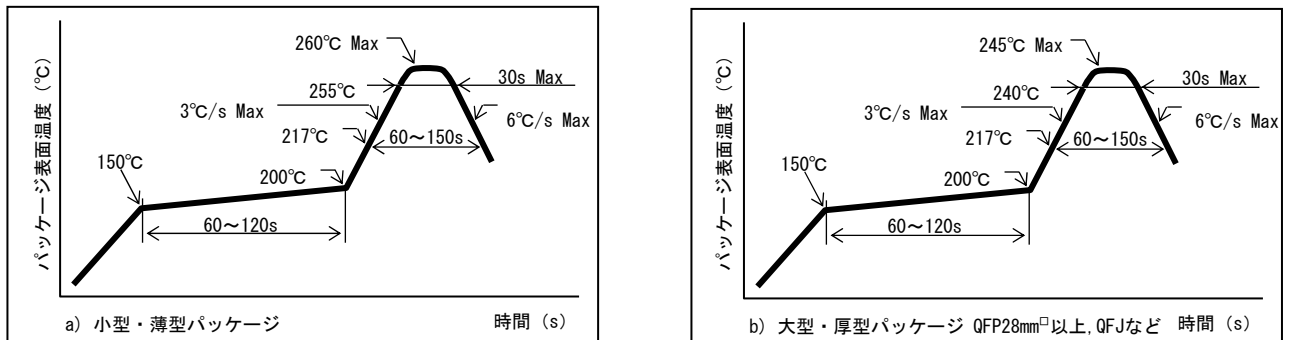


図 4-14 IPC/JEDEC に対応したリフロー耐熱温度プロファイル

表 4-8 IPC/JEDEC に対応したリフローピーク温度

| 厚さ | 体積 | 350mm ³ 未満 | 350mm ³ ～2000mm ³ | 2000mm ³ 超 |
|--------------|----------|-----------------------|---|-----------------------|
| | 1.6mm 未満 | | 260℃ | 260℃ |
| 1.6～2.5mm 未満 | | 260℃ | 250℃ | 245℃ |
| 2.5mm 以上 | | 250℃ | 245℃ | 245℃ |

注意 1：個別製品のプロファイルについては納入仕様書にて提示されます。納入仕様書にて確認いただくか当社営業担当までお問合せください。

2：MSLを確認する前処理加湿条件は、防湿包装製品にLevel 3を、非防湿包装製品には、Level 1を原則としますが、個別製品のMSLについては当社営業担当までお問合せください。また、温度測定はパッケージ本体の上表面で行います。防湿梱包開封後からリフロー実装までの保管は、30℃/70%RH以下としています。

但し、製品によっては異なる場合がありますので納入仕様書へ記載される製品個別の保管条件に従ってください。

3：ヒートシンクを内蔵する、28mm□以上の大きさの大型・厚型HQFP パッケージのリフロー条件はピーク240℃Max。本加熱235℃ 10s max、220℃以上30～50s、予備加熱150～180℃ 90±30s となります。

4：製品によっては記号にて条件が提示される場合があります。条件の詳細は次項4.3.2を、参照願います。

4.3.2 耐熱温度プロファイル記号

製品個別に指定される耐熱温度プロファイルには、記号にて提示されるものもあります。温度プロファイルとその記号について下記に解説いたします。

(1) 表記方法

記号にて表記される製品別はんだ付け条件の表記方法は、以下に示す5つの項目からなっており、これらの略号の組み合わせにより表示しております。

- はんだ付け方式
- ピーク温度
- ベーキング時間
- 防湿包装(ドライパック)開封後の保管日数
- 実装回数

図 4-15 にはんだ付け耐熱条件の表記事例を示します。

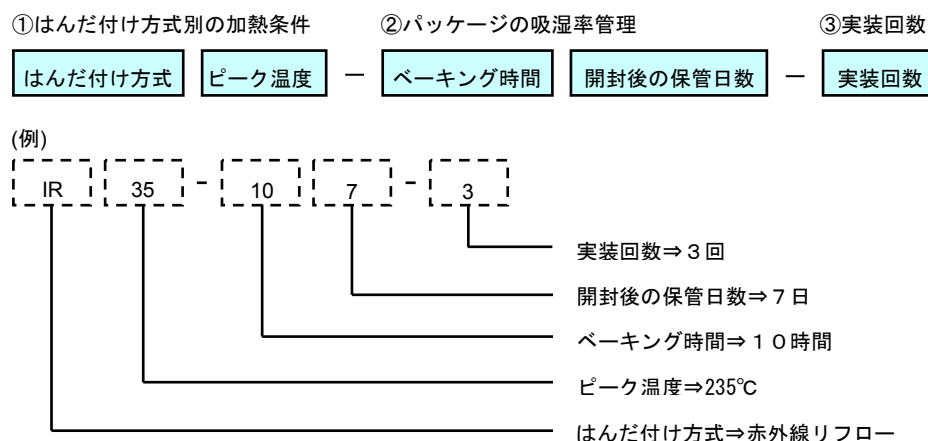


図 4-15 はんだ付け耐熱条件の表記事例

(2) 記号の意味

〔はんだ付け方式〕

はんだ付け方式は、下記の記号（アルファベット2字）で表記しております。

表4-9 はんだ付け方式

| 記号 | はんだ付け方式 |
|----|--------------|
| IR | 赤外線リフロー |
| VP | ペーパーフェーズリフロー |
| WS | ウェーブ・ソルダーリング |

〔ピーク温度〕

ピーク温度は、ピーク値の下位2桁の数字（2字）で表示します。

なお、赤外線リフロー、VPSのピーク温度は、パッケージ表面温度を、ウェーブ・ソルダーリングの場合は溶融はんだ温度を示しております。

表4-10 ピーク温度

| 記号 | はんだ付けピーク温度 |
|----|------------|
| 20 | 220°C |
| 30 | 230°C |
| 35 | 235°C |
| 50 | 250°C |
| 60 | 260°C |

〔ベーク時間〕

ベーク時間は下記で表記しております（2桁の数字でベーク時間を表します）。

表 4-11 ベーク時間

| 記号 | ベーク時間 |
|----|---------------|
| 00 | ベーク不要(0時間) |
| 10 | 10時間以上 72時間以内 |
| 20 | 20時間以上 72時間以内 |
| 36 | 36時間以上 72時間以内 |

〔防湿包装(ドライパック)開封後の保管日数〕

防湿包装(ドライパック)開封後の保管日数は、下記の記号で表記しております。

表 4-12 開封後の保管日数

| 記号 | 防湿包装(ドライパック)開封後の保管日数 |
|------|----------------------|
| 1 | 1日(24h以内) |
| 2 | 2日(48h以内) |
| 3 | 3日(72h以内) |
| 7 | 7日(168h以内) |
| 表記せず | 特に保管日数の制限無し |

〔実装回数〕

実装回数は、下記の記号で表記しております。

表 4-13 実装回数

| 記号 | 実装回数 |
|----|------|
| 1 | 1回 |
| 2 | 2回以内 |
| 3 | 3回以内 |

備考：これまで説明した表記法は、全体加熱方式のものです。SMDのごく一部には全体加熱によるはんだ付けが不適な製品があります。これらの場合は「部分加熱」と表記されております。

(3) 耐熱温度プロファイル

記号にて提示される各はんだ付け方式の温度プロファイルを下記に示します。

a. 赤外線リフロー220°C (IR20)

赤外線リフロー方式のはんだ付け耐熱条件(IR20)を下記に示します。

表 4-14 耐熱条件 (IR20)

| | |
|-------------------------|---------|
| 最高リフロー温度 (パッケージ表面温度) | 220°C以下 |
| 最高温度の時間 | 10 秒以内 |
| リフロー温度 183°Cの時間 | 60 秒以内 |
| プリヒートの温度 120°C~160°Cの時間 | 60~90 秒 |
| ロジン系フラックスの塩素含有量(質量百分率) | 0.2%以下 |

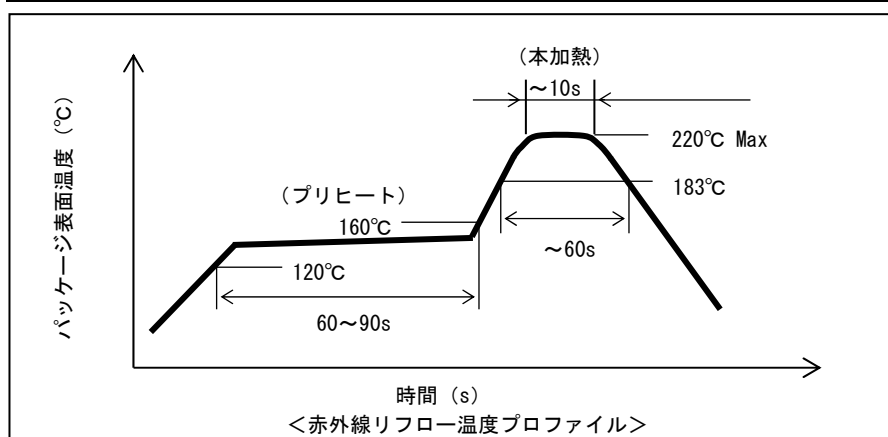


図 4-16 赤外線リフロー温度プロファイル (IR20)

b. 赤外線リフロー230°C (IR30)

赤外線リフロー方式のはんだ付け耐熱条件(IR30)を下記に示します。

表 4-15 耐熱条件 (IR30)

| | |
|-------------------------|----------|
| 最高リフロー温度 (パッケージ表面温度) | 230°C以下 |
| 最高温度の時間 | 10 秒以内 |
| 210°C以上の時間 | 30 秒以内 |
| プリヒートの温度 100°C~160°Cの時間 | 60~120 秒 |
| ロジン系フラックスの塩素含有量(質量百分率) | 0.2%以下 |

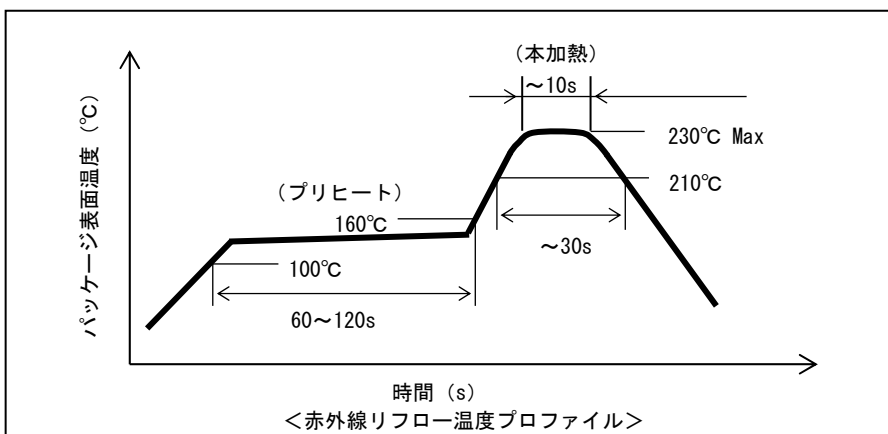


図 4-17 赤外線リフロー温度プロファイル (IR30)

c. 赤外線リフロー235°C (IR35)

赤外線リフロー方式のはんだ付け耐熱条件(IR35)を下記に示します。

表 4-16 耐熱条件 (IR35)

| | |
|-------------------------|----------|
| 最高リフロー温度 (パッケージ表面温度) | 235°C以下 |
| 最高温度の時間 | 10 秒以内 |
| 210°C以上の時間 | 30 秒以内 |
| プリヒートの温度 100°C~160°Cの時間 | 60~120 秒 |
| ロジン系フラックスの塩素含有量(質量百分率) | 0.2%以下 |

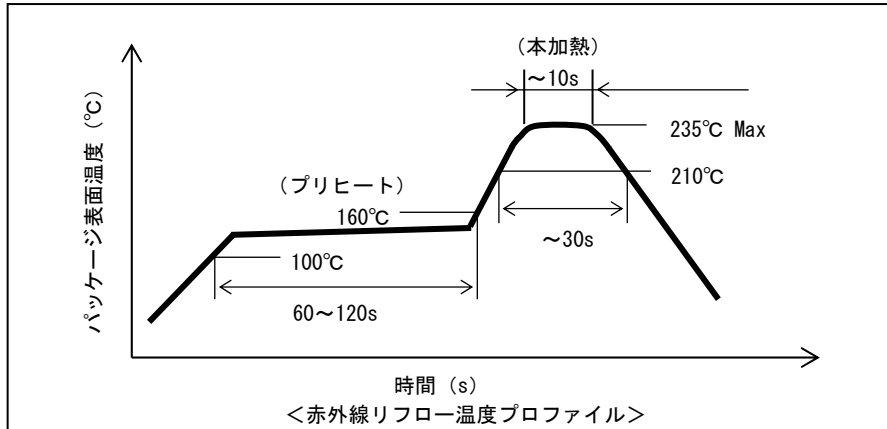


図 4-18 赤外線リフロー温度プロファイル (IR35)

d. 赤外線リフロー250°C (IR50)

赤外線リフロー方式のはんだ付け耐熱条件(IR50)を下記に示します。

表 4-17 耐熱条件 (IR50)

| | |
|-------------------------|----------|
| 最高リフロー温度 (パッケージ表面温度) | 250°C以下 |
| 最高温度の時間 | 10 秒以内 |
| 220°C以上の時間 | 60 秒以内 |
| プリヒートの温度 160°C~180°Cの時間 | 60~120 秒 |
| ロジン系フラックスの塩素含有量(質量百分率) | 0.2%以下 |

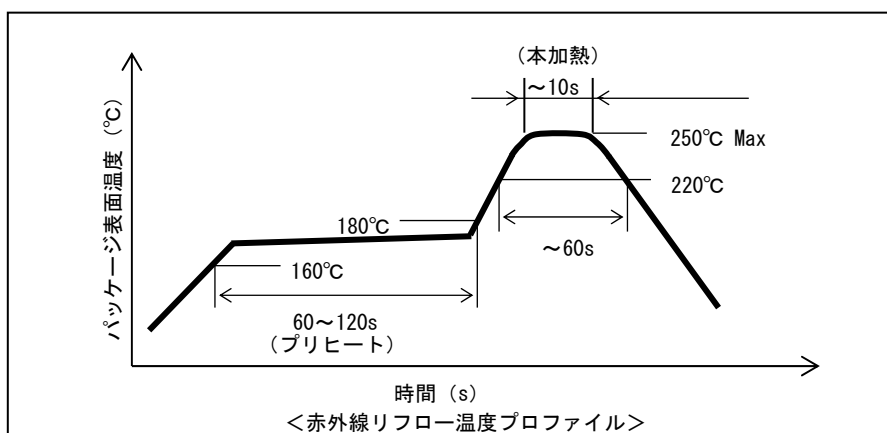


図 4-19 赤外線リフロー温度プロファイル (IR50)

e. 赤外線リフロー260°C (IR60)

赤外線リフロー方式のはんだ付け耐熱条件(IR60)を下記に示します。

表 4-18 耐熱条件 (IR60)

| | |
|-------------------------|----------|
| 最高リフロー温度 (パッケージ表面温度) | 260°C以下 |
| 最高温度の時間 | 10 秒以内 |
| 220°C以上の時間 | 60 秒以内 |
| プリヒートの温度 160°C~180°Cの時間 | 60~120 秒 |
| ロジン系フラックスの塩素含有量 (質量百分率) | 0.2%以下 |

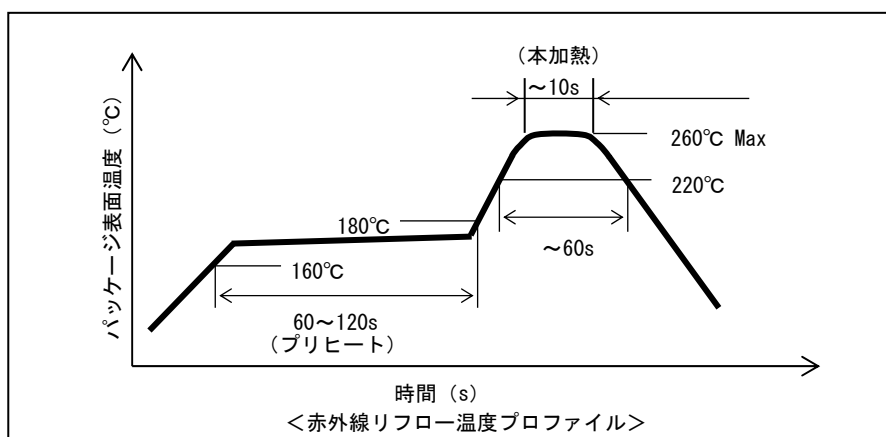


図 4-20 赤外線リフロー温度プロファイル (IR60)

f. VPSリフロー (VPS)

VPS リフロー方式のはんだ付け耐熱条件(VPS)を下記に示します。

表 4-19 耐熱条件 (VPS)

| | |
|-------------------------|-----------|
| 最高リフロー温度 (パッケージ表面温度) | 215°C以下 |
| リフロー温度 200°Cの時間 | 25~40 秒以内 |
| プリヒートの温度 120~150°Cの時間 | 30~60 秒 |
| ロジン系フラックスの塩素含有量 (質量百分率) | 0.2%以下 |

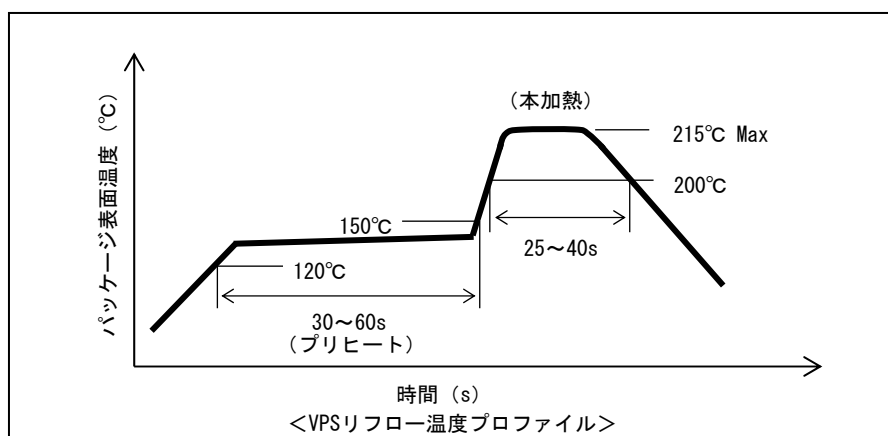


図 4-21 VPS リフロー温度プロファイル

g. ウェーブ(噴流)ソルダリング (WS)

ウェーブ(噴流)ソルダリング方式のはんだ付け耐熱条件(WS)を下記に示します。

表 4-20 耐熱条件 (WS)

| | |
|------------|---------------------------------|
| ピーク温度 | 260°C (はんだ温度) |
| フローはんだ付け時間 | 10 秒以内 |
| プリヒート条件 | 120°C MAX (パッケージ表面温度) 時間制限無し |
| 回数 | 1 回 |

h. 部分加熱

部分加熱方式のはんだ付け耐熱条件を下記に示します。

・ 基板挿入品

表 4-21 耐熱条件 (部分加熱)

| | |
|-------|---|
| ピーク温度 | 300°C以下 (端子温度) |
| 時間 | 3 秒以内 (1 端子あたり) |
| フラックス | 塩素含有量の少ないロジン系フラックス (塩素 (質量百分率) 0.2%以下) |

*ピーク温度は、300°Cの場合と、350°Cの場合の、2通りあります。

詳細については、当社営業担当にお問い合わせください。

・ 表面実装品

表 4-22 耐熱条件 (部分加熱)

| | |
|-------|---|
| ピーク温度 | 300°C以下 (端子温度) |
| 時間 | 3 秒以内 (パッケージの1辺あたり) |
| フラックス | 塩素含有量の少ないロジン系フラックス (塩素 (質量百分率) 0.2%以下) |

*ピーク温度は、300°Cの場合と、350°Cの場合の、2通りあります。

詳細については、当社営業担当にお問い合わせください。

4.3.3 はんだ付け温度

リフローはんだ付け温度は、パッケージ本体が耐熱温度以下となるように管理いただき、パッケージ電極・端子が、はんだ付け用はんだペーストの推奨条件範囲内に入る温度条件が理想です。

はんだ付けにおける最適な予備加熱温度と時間および本加熱温度と時間は、ご使用になるはんだ材料の組成、フラックスの特性により異なる場合がありますので事前検討での確認をお願いいたします。

尚、パッケージ電極・端子の金属組成は、4.3.4項に示される複数の金属組成で処理されています。はんだ付け条件の設定の際には、パッケージ電極・端子めっき組成の熔融温度も加味いただき、実装用はんだとパッケージ電極金属・端子めっき金属共に熔融する条件設定が理想です。

尚、はんだ付け雰囲気(窒素雰囲気)も、はんだ付け温度、時間に対して効果、影響の大きい項目ですので温度条件検討の際には一考をお願いいたします。

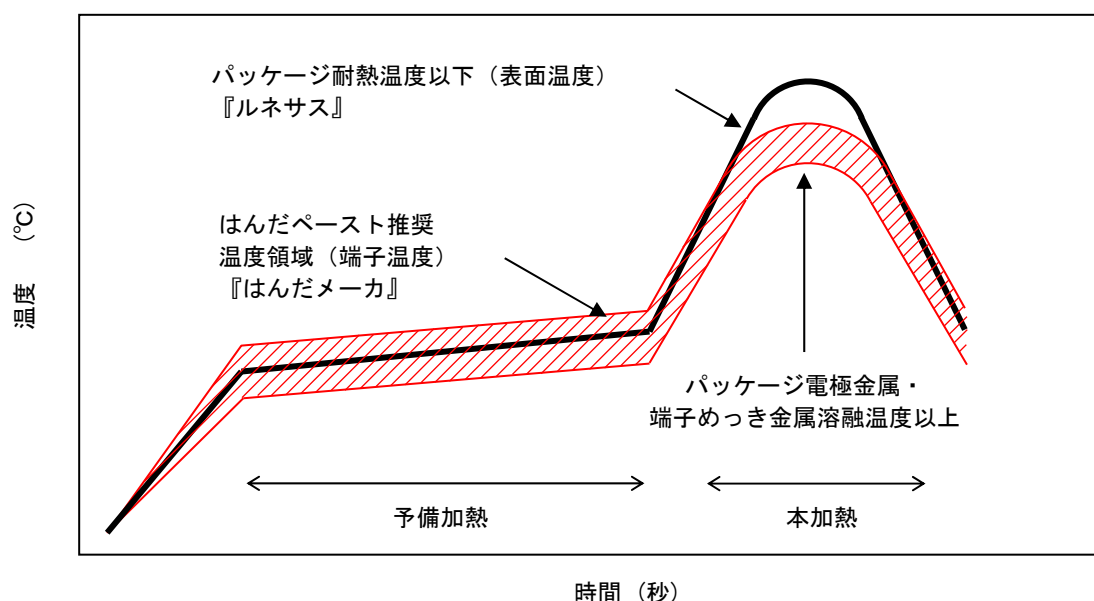


図 4-22 はんだ付け温度

4.3.4 パッケージ電極・端子めっきの金属組成

以下に代表的なパッケージ電極・端子めっきの金属組成と熔融温度を記述します。

はんだペーストの選定およびリフロープロファイルの設定にあたってはこれらを加味して電極の熔融温度以上でのはんだ付け条件の検討をお願いいたします。

表 4-23 電極・端子めっき金属組成と熔融温度

| パッケージ端子 | 電極・端子めっきの金属組成 | 熔融温度 |
|------------------|---------------|-----------|
| ボール端子 (BGA 等) | Sn-37Pb | 183°C |
| | Sn-3Ag-0.5Cu | 217~220°C |
| リード端子 (QFP 等) | Sn-10Pb | 183~216°C |
| | Sn-1.5Cu | 227°C |
| | Sn-2.0Bi | 217~227°C |
| | Sn | 232°C |
| | Ni/Pd/Au | (可溶性めっき) |

4.3.5 はんだショートとオープンについて

(1) はんだショート

以下に示す要因等により、はんだショートが発生する場合があります。

- ・ はんだペーストの印刷ズレや過多
- ・ パッケージの回路基板への搭載ズレ
- ・ パッケージ並びに回路基板のリフローはんだ付け温度プロファイル

(2) はんだオープン

以下に示す要因等により、製品パッケージ電極(BGA：はんだボール、QFP：リードめっき)の表面活性化が不十分となり、はんだペーストと製品パッケージ電極の未融合現象等のオープン不良が発生する場合があります。

- ・ はんだペーストの濡れ活性力劣化
- ・ はんだペースト印刷量の過少
- ・ リフローはんだ付け条件（温度プロファイル、リフロー雰囲気）
- ・ 製品並びに回路基板のリフローはんだ付け時の反り

はんだペースト材料、はんだ印刷マスク仕様、リフローはんだ付け条件（温度プロファイル、リフロー雰囲気）の最適化をお願いいたします。

4.4 再リフロー時の温度条件

両面実装やリペアの為に製品が実装された後、再度フローやリフローはんだ付け加熱される時は、場合によってははんだがショートしたり、剥がれたりする場合があります。

以下に注意して条件の設定をお願いします。

- ・ 吸湿すると、BGAならびに回路基板の反りの特性が変わることがあります。
リフローの間の吸湿の管理をお願いいたします。
- ・ 再熔融時ははんだの伸びを確保するため、フラックスやリフロー雰囲気の最適化をお願いします。
- ・ パッケージ電極温度が、はんだ融点を過度に超過しないよう、最適化をお願いします。
尚、はんだ融点以下に設定することも、ご検討をお願いします。

4.5 実装後のはんだ付け部機械強度

実装後のはんだが、機械的な衝撃で剥がれる場合があります。基板分割などの製造時のストレス、不意の落下、さらには市場での取り扱い環境をご確認の上、製品設計とプロセス設計をお願いします。

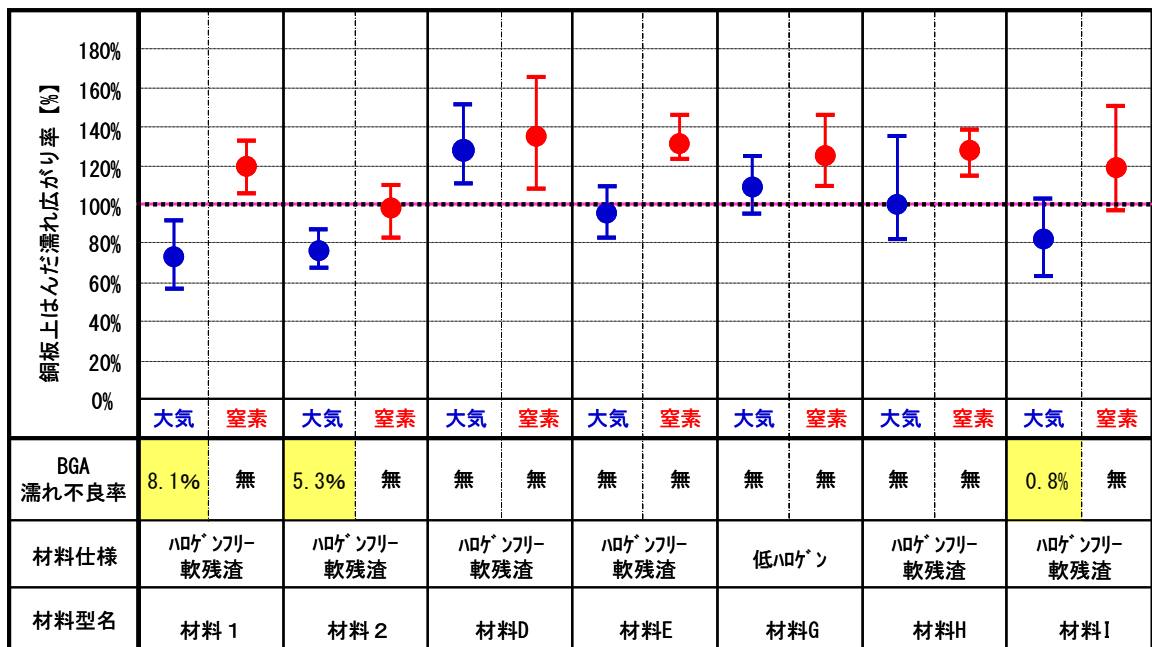
5. はんだ付け実装事例と不具合事例について

5.1 BGA 接合プロセス

ここでは、BGA の実装事例を元にしたはんだ実装における注意点と実装不具合事例を紹介します。

5.1.1 鉛フリーはんだ実装上の注意点

各種の鉛フリーはんだペースト (Sn-3Ag-0.5Cu) 材料で、銅板へのはんだ濡れ広がり性に差が認められました。大気中リフローではペースト印刷した面積よりも小面積になる材料も散見されます。また、窒素雰囲気リフローの場合も濡れ広がり性に材料格差が認められました (図 5-1)。安定したはんだ濡れ性を得るために、材料選定ならびにリフロー条件の最適化をお願いします。



リフローはんだ付け条件
 ピーク温度：235℃
 220℃以上の時間：35 s
 雰囲気：①大気 ②窒素 (酸素濃度：300±30ppm)

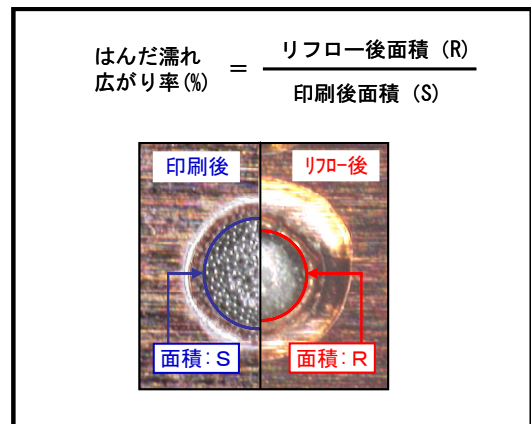
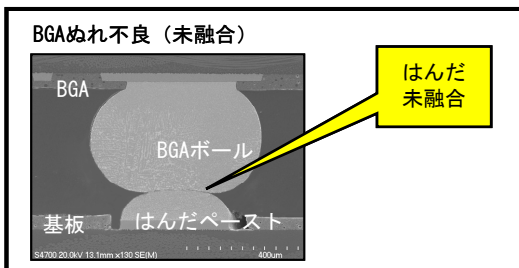


図 5-1 はんだペースト材料のぬれ広がり

5.1.2 WLBGA 使用上の注意点

本製品は、Si チップを樹脂等で保護していないため、取り扱いに関して十分な注意が必要です。

1. 製品の移動の際は、バキュームピンセットを使用してください。
金属製のピンセットを使用すると、Si チップが欠ける場合があります。
2. Si チップの欠け、クラック発生防止のため、機械的衝撃を極力与えないよう十分に注意してください。
実装後にボードを重ねた時などに発生する場合があります。
3. 静電破壊の恐れがありますので、静電気対策を行った環境で作業を行ってください。
4. 実装後にアンダーフィルを施す場合は、デバイスの各辺共通に、デバイス厚(*)の50%以上のフィレットを形成してください。
フィレットが不十分ですと、Si チップと樹脂部を含む再配線層間に剥離が発生する恐れがあります。
(*)デバイス厚=Si チップ+樹脂部を含む再配線層

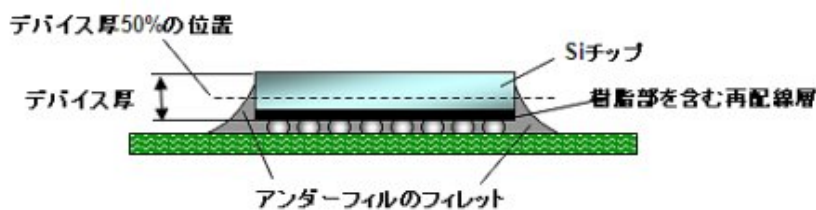


図5-2 アンダーフィル塗布状態

5. その他については、一般の半導体デバイス同様の取り扱いをお願いします。

5.1.3 実装事例 (WLBGA)

(1) 評価パッケージ

- ・ 5.17×5.17mm, 100ピン WLBGA、0.5mmピッチ
- ・ Si厚: 0.33mm/樹脂厚: 0.07mm
- ・ はんだボールφ0.3±0.05mm/ボール高さ0.24±0.05mm
- ・ Cuポスト径 φ0.28mm

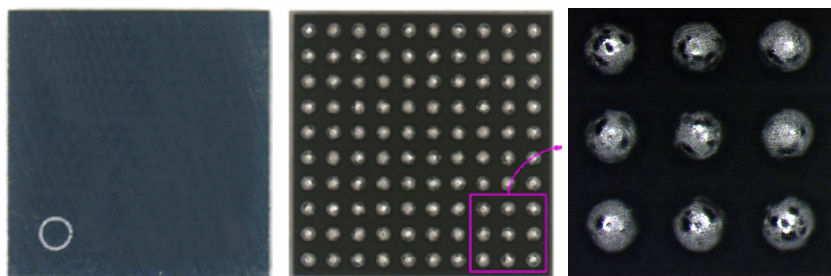


図5-3 5.17 x 5.17mm, 100ピン WLBGA外観

(2) 基板仕様

- ・ 両面ビルドアップ4層基板、1/2/1(core : FR-4、t=0.6mm)
- ・ 基板サイズ：40×110×t0.8mm
- ・ パッド構造 / 寸法：NSMD / パッド径=φ0.28mm、SR 開口径=φ0.35mm
- ・ パッド表面処理：無電解 Ni/Au フラッシュめっき

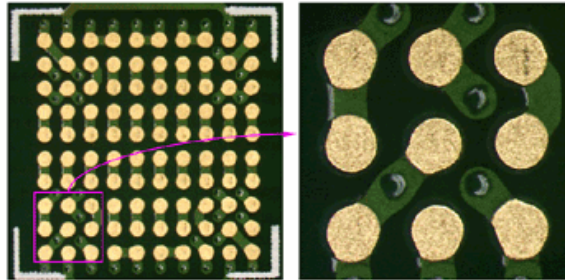


図5-4 パッケージ搭載部のパッド部外観

- ✓ パッド径は、パッケージ側のボール接続径（Cu ポスト径）に合わせます。理由は、実装後の応力をはんだ接合部に均等に配分させるためです。
- ✓ パッド構造は、特に理由がない限り NSMD 構造にします。NSMD の方が SMD より温度サイクル性が向上します。但し、NSMD の場合、引出し配線と SR 開口部が交差する部位は、機械的ストレスで断線しやすいのでティアドロップ形状にし、その部位の配線幅を極力広くするようにします。
- ✓ ビアホールはパッド近傍に設けておりますが、配線引き回しが困難な場合は、パッド・オン・ビアにする必要があります。
- ✓ パッド表面処理は、無電解 Ni/Au フラッシュ又は耐熱プリフラックスにします。

(3) マスク仕様

- ・ 開口径=φ0.28mm、厚さ=t120μm

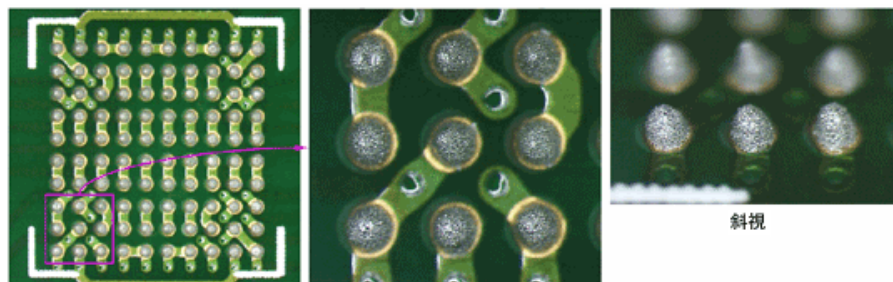


図5-5 はんだ印刷後外観

- ✓ マスク開口径は、基板パッド径に合わせます。
- ✓ マスク厚は 100μm でも実装性に問題ありません。

(4) はんだペースト

- ・ Sn-3Ag-0.5Cu はんだ粒径：15～25μm フラックス：無洗浄 RMA タイプ。
- ✓ 印刷性の良いはんだペーストをご使用ください。

(5) パッケージ認識、搭載

- ・ 搭載機：視覚認識付多機能装着機、パッケージ認識方法は外形認識。
- ✓ パッケージの認識方法は、ボール認識、外形認識のどちらでも対応可能です。

(6) 実装条件

- 実装前処理→リフロー実装。125°C/10h ベーク → PKG 吸湿 30°C/70%/168h → リフロー260°C×3回

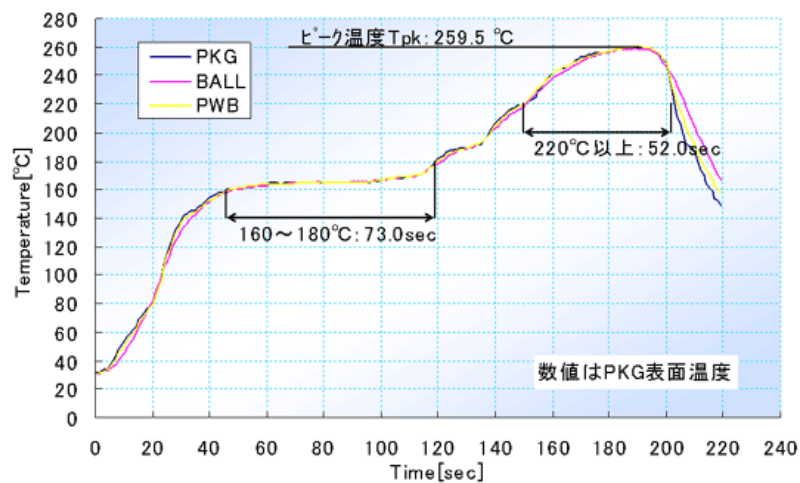


図5-6 実装温度プロフィール

- ✓ 評価では前処理を実施しておりますが、本パッケージはドライパックフリーであるためベークが不要です。
- ✓ 評価では 260°C実装を行っておりますが、量産においてはご使用はんだペーストの推奨使用温度条件範囲内で実装してください。

(7) 実装性確認

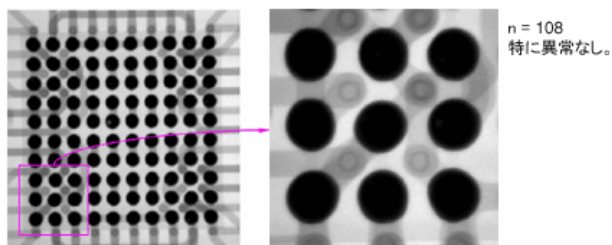


図5-7 実装後X線

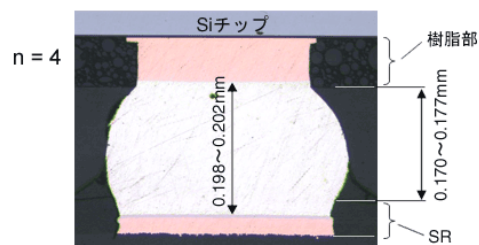


図5-8 実装後断面

5.1.4 BGA の不具合事例

実装不具合の発生防止及び不具合調査・改善を行う上で、リフロー加熱中のはんだ接合部の挙動を知ることは重要です。図 5-9 に BGA パッケージの接合プロセスを高温観察装置で観察した BGA の良好なはんだ接合事例を紹介します。この事例では、本加熱（融点以上）に入ってはんだペーストが溶融するとボールにはんだがぬれ上り始め、全てのボールが溶融するとデバイスが沈み込み始めます。良好な接合を得るにはデバイスが十分に沈み込むための融点以上の時間を適度に設定することが重要で、本事例ではパッケージが十分沈み込むのに約 20 秒必要としています。

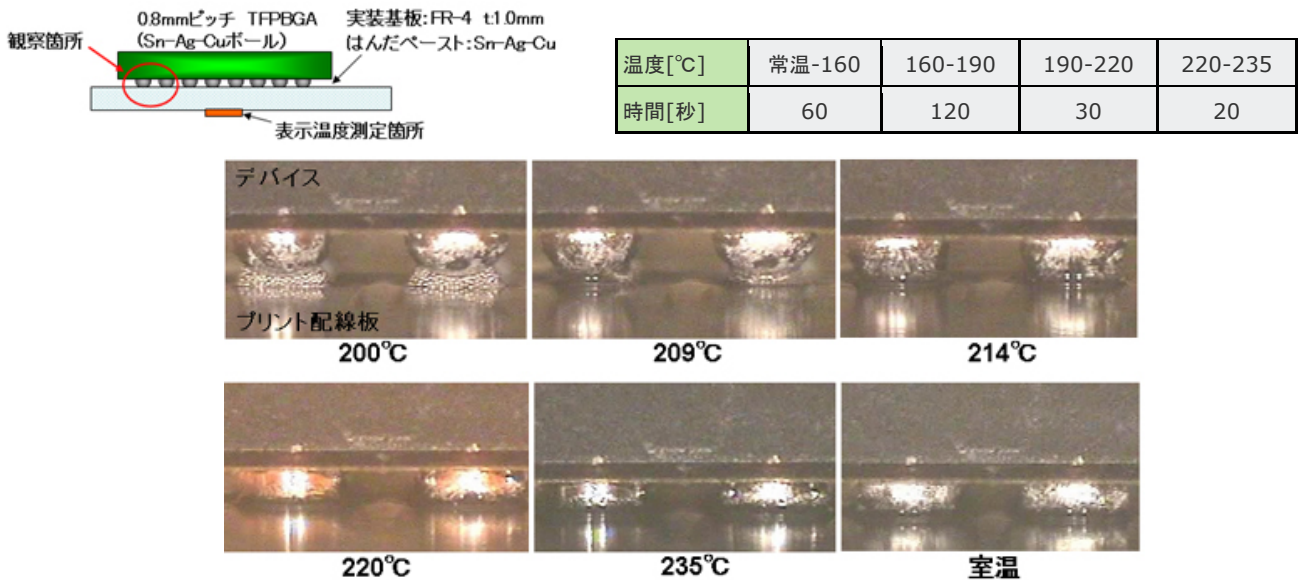


図 5-9 BGA の良好な接合プロセス

(1) 不具合事例 1 加熱不足

図 5-10 に BGA パッケージ接合プロセスでの加熱不足による不具合事例を紹介します。これは加熱条件を変えてはんだ接合部の外観と断面観察を行った結果の一例です。

ピーク温度が低く融点以上の時間が短い場合、はんだペーストとはんだボールが溶融せず溶け合わない(条件 1)とか、溶融してもはんだ接合部の形状が悪くスタンドオフも高い状態(条件 2)、となることがあります。

ピーク温度が高くなり融点以上の時間が長くなるにつれて、はんだ接合部の形状は改善され(条件 3)、適切な条件を設定することで良好なはんだ接合形状(条件 4)となります。

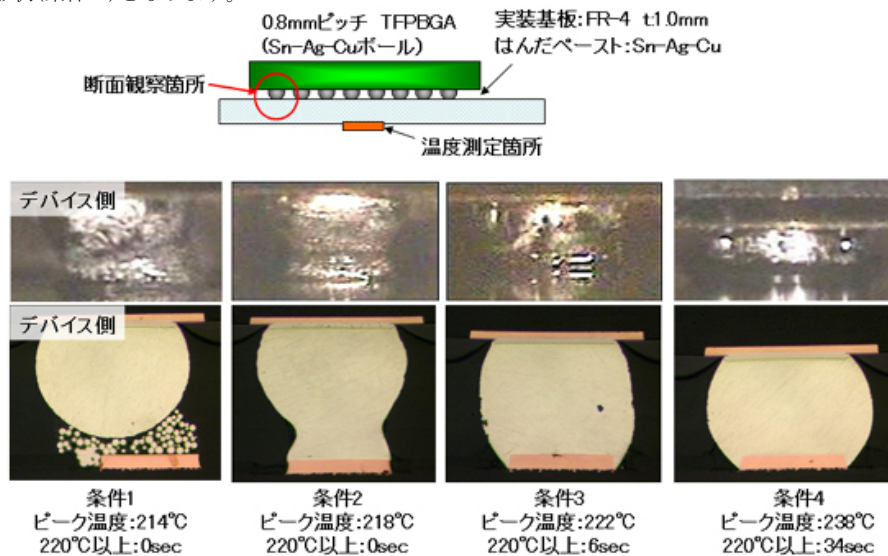


図5-10 加熱条件とはんだ接合状態

(2) 不具合事例2 はんだボール未融合

① はんだボール未融合とは

BGA を実装した際に、図 5-11 に示すようなはんだボールとはんだペーストとが融合しない現象が発生することがあります（以下“未融合”と呼びます）。このように未融合は、はんだボールとはんだペーストが融合していない状態ですが、この状態でも実装初期では電氣的に導通している場合があります。

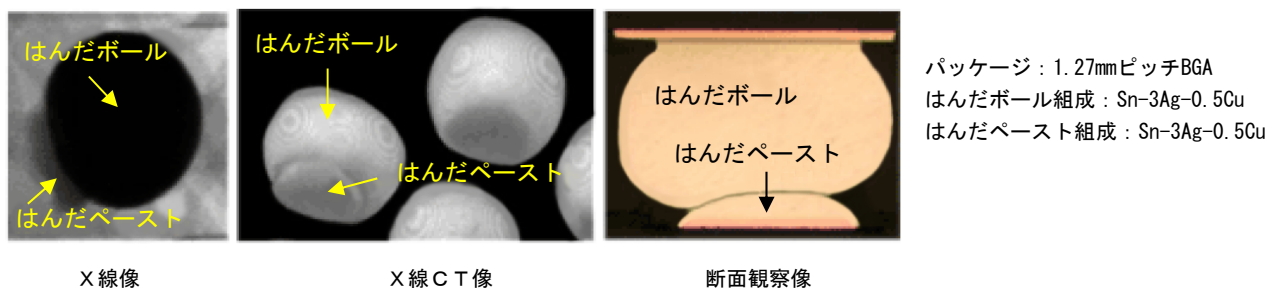


図5-11 はんだボール未融合の事例

② 未融合発生の推定メカニズム

未融合発生のメカニズムを図 5-12 に示します。パッケージやプリント配線基板は加熱されると反りが発生します。この反りが大きいと、はんだボールとはんだペーストとが離れます（図中プリヒート工程）。この状態で加熱が進むと、はんだボールは高温にさらされて表面酸化が極度に進みます（本加熱工程）。このとき、はんだペーストよりフラックスがにじみ出て表面を覆いますが、このフラックスが活性力を失うと、冷却過程で反りが戻りはんだボールと接触しても、はんだボール表面の酸化膜を除去出来ず未融合になると考えられます（冷却工程）

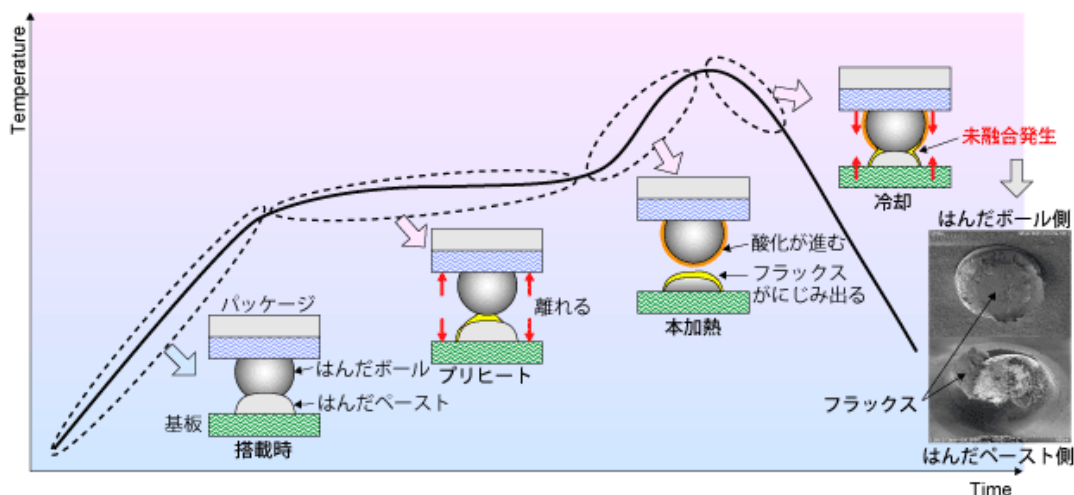


図 5-12 未融合発生の推定メカニズム

③ 未融合の要因分析

未融合の発生については、推定メカニズムで上げた要因以外にも幾つかの要因が考えられます。図 5-13 にパッケージ及び実装の要因について FTA (Fault Tree Analysis) 分析した例を示します。未融合はこれらの単独要因もしくは複合要因によって発生すると考えられます。

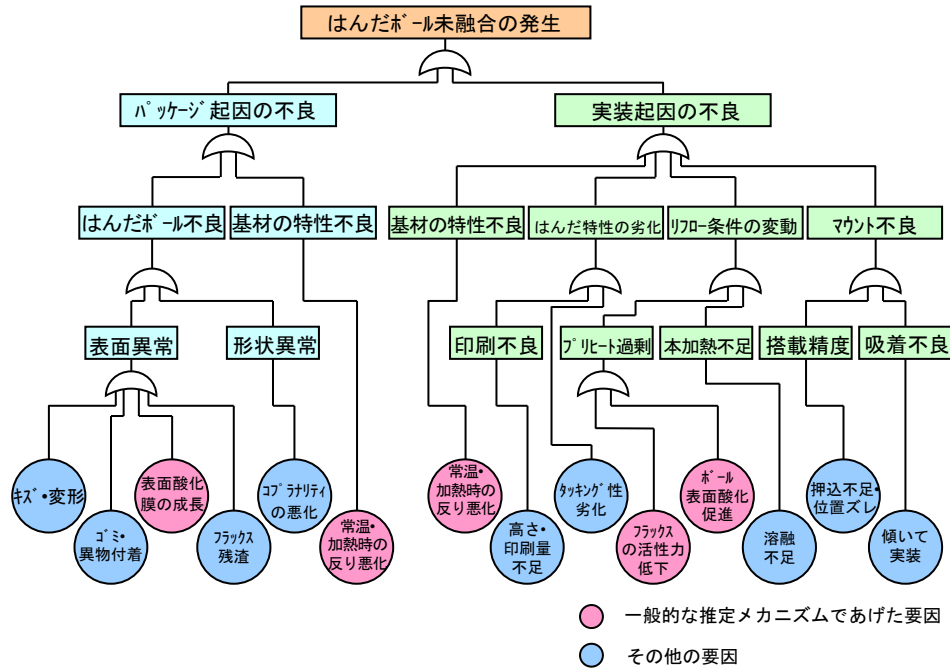


図5-13 未融合のFTA分析例

④ 未融合発生要因と実装マージン

図 5-14 は、未融合発生要因と実装マージンのイメージです。これら要因の1つもしくは複数で未融合発生の危険性が増加すると、実装マージンは少なくなります。更にこれらの危険性が増すと実装マージンが無くなり未融合に至ります。

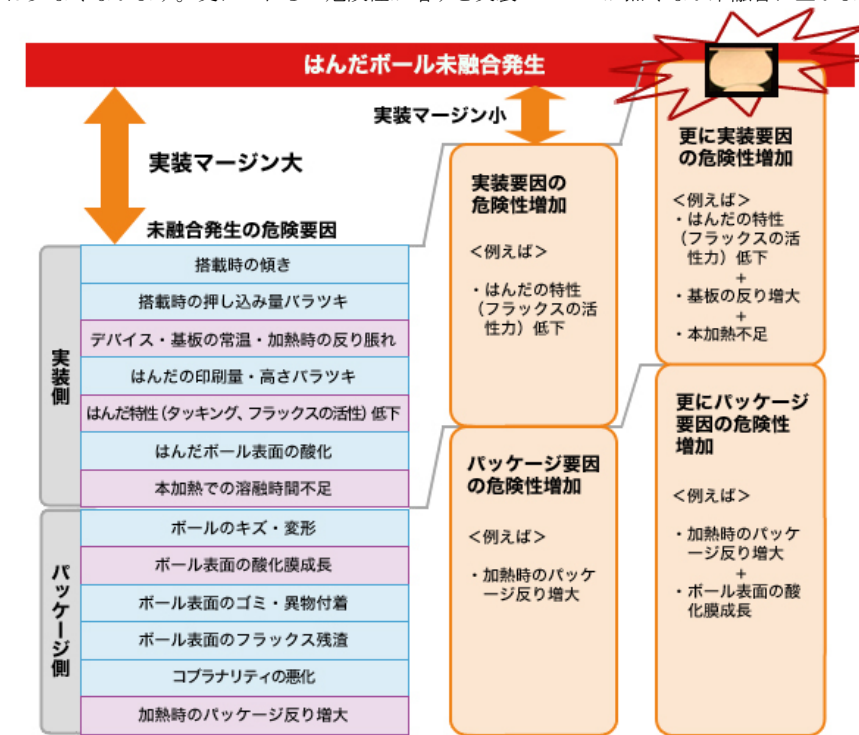


図5-14 未融合発生要因と実装マージン

次に、対策例を紹介します。

要因 1. BGA パッケージ/プリント配線基板の反り

BGA パッケージやプリント配線基板は加熱により反りが発生します。この時の反り量が大きいもしくはお互いの反り方向が異なると、はんだ接合部の間隔が広くなり、はんだボールとはんだペーストとが離れることで未融合が発生します。

■不具合事例：反り起因と推定される未融合

図 5-15 に、未融合が発生した実装不具合品の反りを調査した結果を示します。この事例では BGA パッケージ及びプリント配線基板共に BGA パッケージ実装エリアで凹状の反りが見られますが、未融合は D 辺中央部の BGA パッケージとプリント配線基板の反り間隔が最も大きい箇所で発生しています。

<対策例>

(1) BGA パッケージ、プリント配線基板の保管

BGA パッケージやプリント配線基板は吸湿すると加熱時の反りが大きくなります。吸湿している場合は指定条件にてベーキングを行ってください。

(2) プリント配線基板と実装レイアウト

プリント配線基板の材質、構造、配線、形状及び実装レイアウトによっては反りを助長する場合がありますので、常温時と加熱時の反り挙動を確認してください。加熱時の反りが大きい場合、反り防止治具などの対策を検討してください。

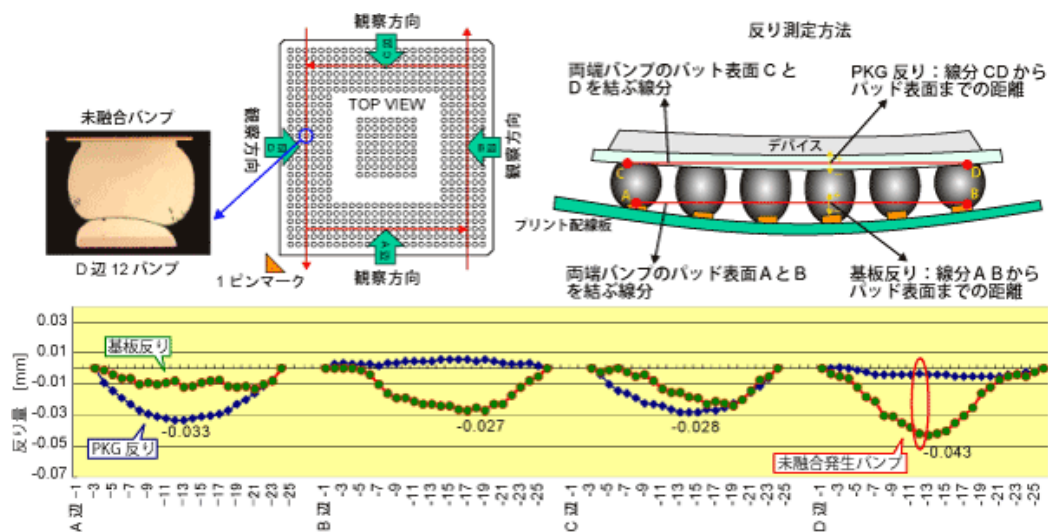


図 5-15 反りによる未融合事例

要因2. はんだボール表面の酸化膜

防湿包装を開封して長時間放置すると、はんだボール表面の酸化が進み酸化膜は厚くなりますので、未融合の発生要因になることが考えられます。図5-16に示す事例のように、前処理によってはんだボールの酸化膜を若干厚くしてもはんだ付け性への影響は高くないことを確認していますが、他の要因（例えばリフロー加熱中のはんだボール表面酸化膜の急成長、BGAパッケージやプリント配線基板の反りなど）が重なると未融合への影響は高まると思われま

■再現評価事例：はんだボールの表面酸化膜厚さとはんだペーストとの接合性

この事例では、前処理を行って表面酸化膜を厚くしたはんだボールでも、良好に接合しました。

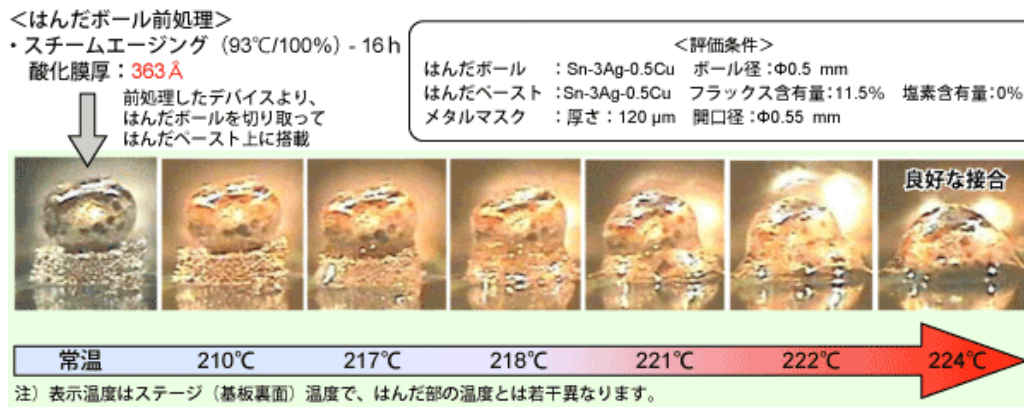


図5-16 表面酸化膜が厚くなったはんだボールの接合性

<対策例>

1. BGAパッケージの保管

防湿包装開封後の保管環境は製品指定の条件（例えば30°C以下、70%以下）の可能な範囲で温湿度の低い環境としてください。

また、開封品を保管する場合は不必要な放置を避け、再防湿包装を行ってください。

2. リフロー温度プロファイルの最適化、活性力の高いはんだペーストの適用

はんだボールの表面酸化とフラックスの活性はリフロー温度と密接な関係にあります。ご使用のはんだペーストの熔融時の活性力を最適化する温度プロファイルを採用してください。また、活性力の高いはんだペーストはリフロー加熱中のはんだボール表面酸化膜の成長抑制に効果があります。

3. BGAパッケージ、プリント配線基板の反り対策

リフロー中のはんだボールとはんだペーストとの乖離は、フラックスによるはんだボール表面の酸化膜除去・再酸化抑制作用を阻害し、はんだボールの表面酸化を助長します。

パッケージの吸湿対策、プリント配線基板の吸湿対策及び実装レイアウトの検討などによって反りを抑制する配慮を行ってください。

要因3. フラックスの活性力低下

はんだペーストのメーカー推奨条件よりプリヒート時間が長いもしくは温度が高いと、フラックスの活性力が低下しはんだボールとはんだペーストとの接合性が低下します。

■再現評価事例：はんだボールと活性力を低下させたはんだペーストとの接合性

図 5-17 は、極端に活性力を低下させたはんだペーストにはんだボールを搭載し加熱観察した事例です。このように加熱が進むとはんだペースト内のフラックスは表面に滲み出してきて、はんだボールを持ち上げるような状態で溜まります。このフラックスが活性力を失っていると接合を阻害し未融合に至ると考えられます。

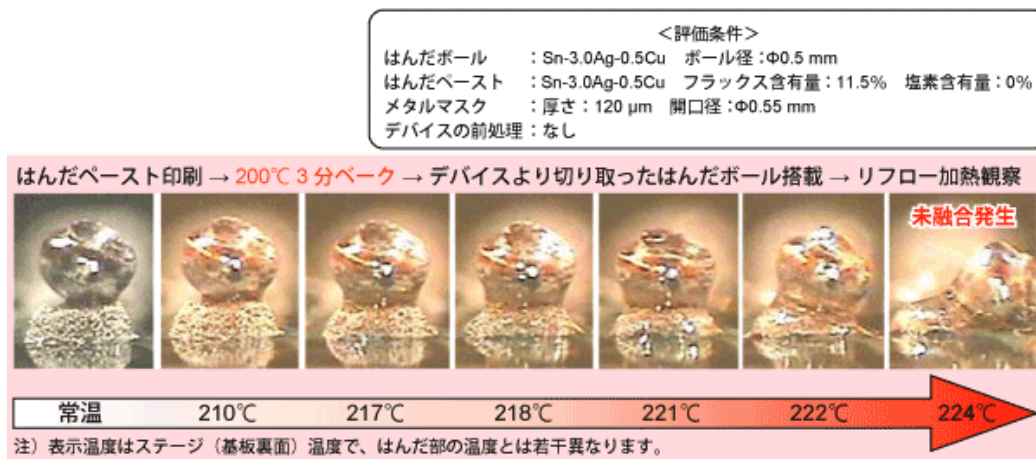


図5-17 活性力が低下したはんだペーストの接合

<対策例>

1. はんだペーストの保管状態確認

保管環境や保管条件で、ご使用のはんだペーストメーカーの使用注意事項を守っているか確認してください。
2. リフロー温度プロファイルの見直し

BGA パッケージのはんだ接合部で、ご使用になっているはんだペーストの推奨条件に入っているか確認してください。
3. リフロー雰囲気の変更

窒素雰囲気によるリフロー加熱は加熱中のはんだボール表面酸化防止に大きな効果があります。

4. はんだペーストの変更

国内で一般的に入手できる 20 種類のはんだペーストについて、同一条件で未融合の再現評価を実施し、発生率を比較した事例を図 5-18 に示します。この評価では未融合発生率の低いはんだペースト（はんだペースト種類 1）と未融合発生率の高いはんだペースト（同 20）では約 20 倍もの差が見られました。このようにはんだペーストによって未融合の発生率は異なります。ご使用になられる実装条件にて評価を行い未融合発生率の低いはんだペーストを選択してください。

<評価条件>

パッケージ : 35mm□/484pinPBGA はんだボールSn-3Ag-0.5Cu
 はんだペースト : 組成Sn-3Ag-0.5Cu
 前処理条件 : 85℃85%RH 120h
 メタルマスク : 厚さ t=100um , 開口 φ=0.63mm
 実装基板 : 材質FR-4,層数4層、厚さ1.6mm
 リフロー温度 : ピーク230℃
 未融合発生率 : (未融合ハンパ数/接合ハンパ数)×100
 接合ハンパ数4840pin (n=10PKG)

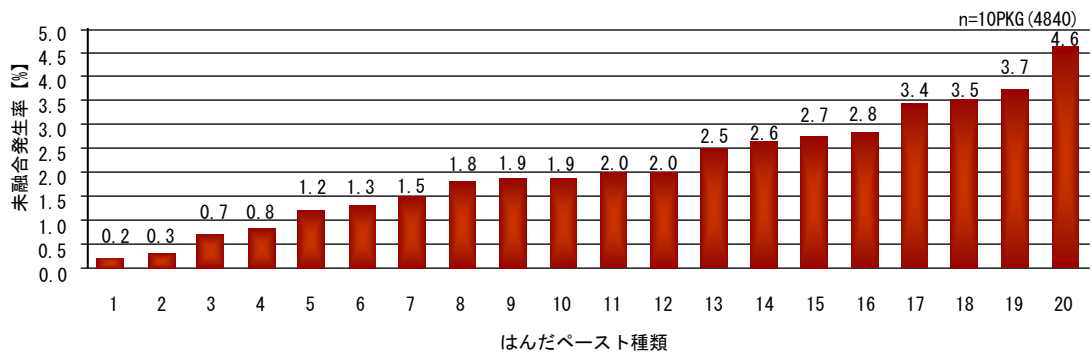


図5-18 はんだペーストの種類と未融合の発生率

要因4. 本加熱時間不足

加熱中にはんだペーストとはんだボールとが離れた場合、はんだボール表面の酸化が進みます。はんだの融点を過ぎて溶融したはんだペーストとはんだボールとが接触した時、フラックスの活性力が弱くなっていると、はんだボール表面の酸化膜が直ぐには破壊されないと考えられます。

■再現評価事例：融点以上の時間と接合性

図5-19は、はんだペーストとはんだボールとが融点まで離れており、融点を越えた時点で接触するような条件で再現評価を行った結果です。このとき融点以上の加熱時間を短め(約6秒)にして観察したところ未融合が発生しました(同図上)。

同じ状態であっても融点以上の時間を長く(約30秒)すると同図(下)のように良好な接合が得られました。



図5-19 融点以上の時間と接合性

<対策例>

1. リフロー温度プロファイルの見直し

はんだ融点以上の時間が短いと未融合が発生する場合があります。図5-20に示すように融点以上の時間を長くすると未融合の発生率は下がる可能性がありますので、可能な範囲で融点以上の時間を長くすることは有効です。

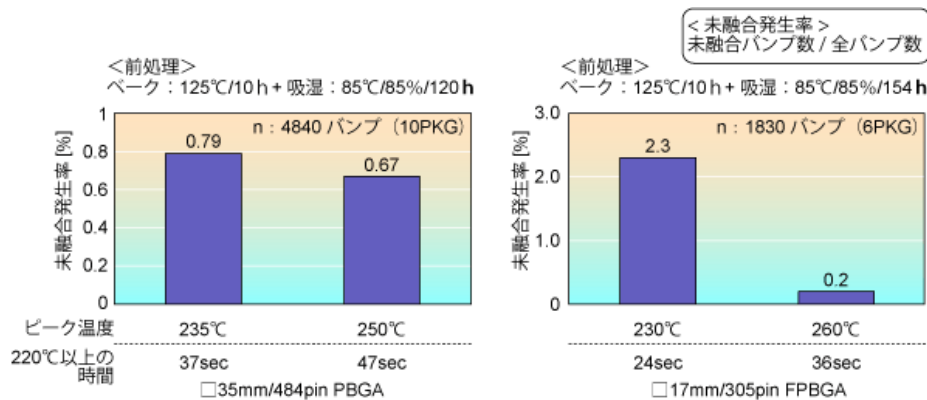


図5-20 融点以上の時間と未融合の発生率

(3) 不具合事例3 はんだ接合部剥離（ボール落ち）

① はんだ接合部剥離（ボール落ち）とは

BGA を複数回リフローすると、はんだ接合部に剥離(以下ボール落ち)が生じることがあります。ボール落ちの特徴は、接合部の断面を観察すると、はんだボールがパッケージ側の BGA ランドもしくはプリント配線基板側のパッドと接する部分で丸みを帯びていて、あたかもボールが落ちたように見えることです。図 5-21 に、ボール落ち現象の事例を示します。またボール落ちは、端子(ボール)配列に対して、内周部の端子で発生する傾向があります。

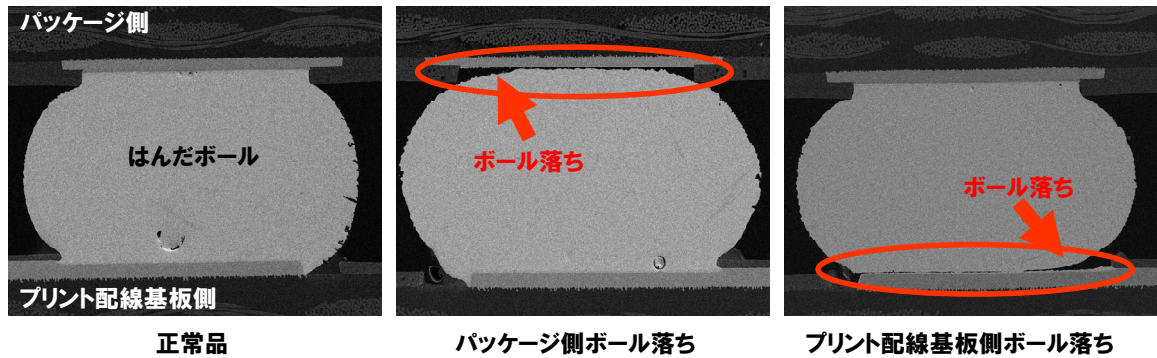


図5-21 ボール落ちの接合部断面形状観察事例

② ボール落ち発生メカニズム

ボール落ちが発生するメカニズムは、次のように考えられます。2回目以降のリフロー中、はんだボールは外側より再溶融していきます。このときパッケージもしくはプリント配線基板に端子配列内周部の接合間隔が広がる方向に反りが生じると、中心部のはんだボールに、はんだが剥がれる方向に応力が発生します。この応力により、接合界面近傍ではんだ剥がれが生じると考えられます。その後、はんだボールは溶融が進んで、あたかも落ちたような丸みを帯びた形状になると推測されます。図 5-22 に、メカニズムの模式図を示します。

特に、リフロー間でパッケージもしくはプリント配線基板が吸湿したり、リフロー温度が高かったりすると、リフロー時のパッケージもしくはプリント配線基板の反りは大きくなるのが考えられます。この結果ボール落ちが顕在化する可能性があります。また、リフロー中のはんだ表面状態にも影響を受けると考えられますので、リフロー雰囲気は窒素よりも大気の方がボール落ちは発生しやすくなります。

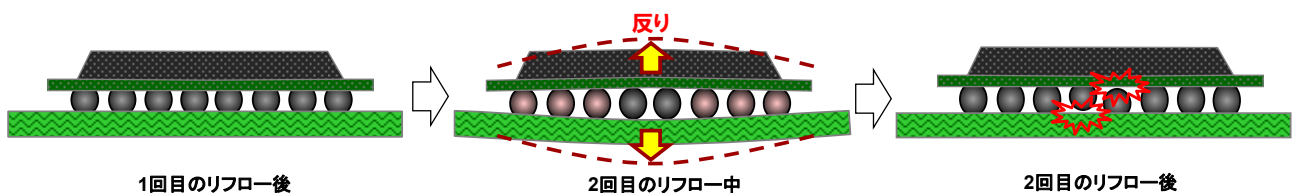


図5-22 ボール落ち発生の推定メカニズム

③ 対策例

- (1) 実装後の再溶融防止：リフローを1回にする（2回目のリフローで実装する）。また、修理などでの再リフローは避ける。
- (2) リフロー雰囲気：大気でリフローしている場合は、はんだ付け性に優れる窒素に切り替える。
- (3) 吸湿防止：複数回リフローを実施する場合、1回目のリフローから最終リフローまでの間にパッケージ及びプリント配線基板が吸湿しないよう管理する。
- (4) リフロー温度の低温化：複数回リフローを実施するパッケージに対して、2回目以降のリフロー温度を可能な範囲で低くする。

5.2 LGA 接合プロセス

ここでは、LGA の実装事例を元にしたはんだ実装における留意点と実装不具合事例を紹介します。

5.2.1 実装事例 (FLGA)

(1) 評価パッケージ

- ・ 5×5mm, 64 ピン FLGA、0.5mm ピッチ

(2) 基板仕様

- ・ FR-4/4 層基板
- ・ 基板サイズ：40×110×t0.8mm
- ・ パッド構造/寸法：NSMD / パッド径=φ0.3mm, SR 開口径=φ0.35mm
- ・ パッド表面処理：耐熱プリフラックス

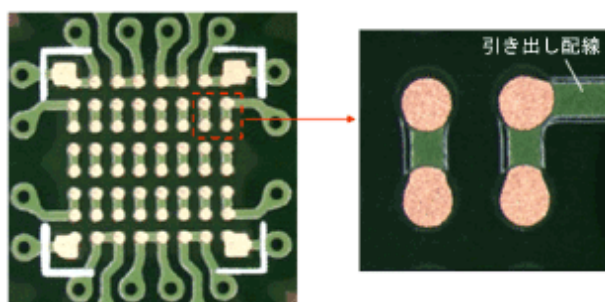


図5-23 パッケージ搭載部のパッド部外観

- ✓ Cu ランド径は、パッケージ側のランド径に合わせます。理由は、実装後の応力をはんだ接合部に均等に配分させるためです。
- ✓ ランド構造は、特に理由がない限り NSMD 構造にします。NSMD の方が SMD より温度サイクル性等の実装信頼性が向上します。但し、引出し配線と SR 開口部が交差する部位は、機械的ストレスで断線しやすいのでティアドロップ形状にし、その部位の配線幅を極力広くするようにします。

(3) マスク仕様

- ・ 開口径=φ0.3mm , 厚さ=t110μm (メタルマスク:アディティブ)

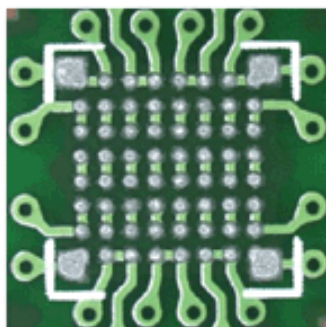


図5-24 はんだ印刷後外観

- ✓ マスク厚は100~120μmにし、マスク開口径は、基板ランド径に合わせます。但し、PKGや基板の反りの影響を受けやすい場合は、開口径をPKGランド径の約1.2倍に大きくします。

(4) はんだペースト

- ・ Sn-3Ag-0.5Cu はんだ粒径：20～36μm フラックス：無洗浄 RMA タイプ
- ✓ 印刷性の良いはんだペーストをご使用ください。

(5) パッケージ認識、搭載

- ・ 搭載機：視覚認識付多機能装着機，パッケージ認識方法は外形認識
- ✓ FLGA の認識方法は、ランド形状が同一でないため、外形認識の方が適しています。

(6) 実装条件

- ・ 実装前処理⇒リフロー実装
125°C10h ベーク→PKG 吸湿 30°C/70%RH/168h → リフロー240°C×1回

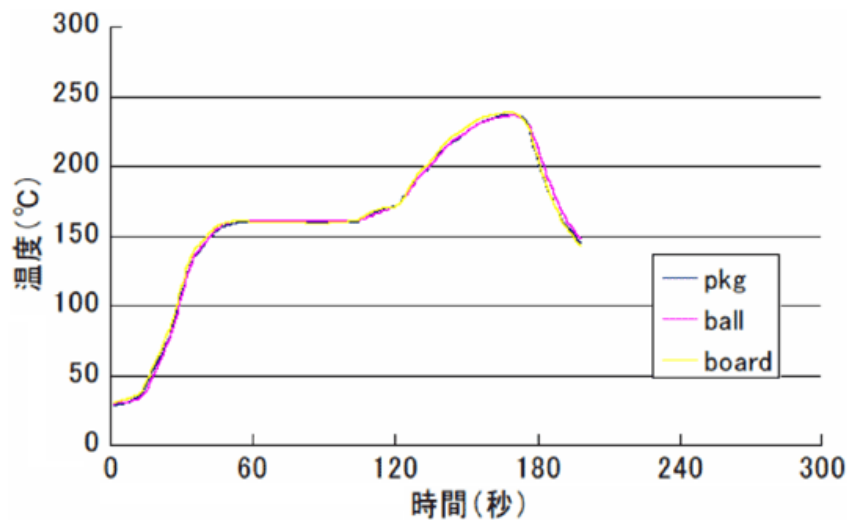
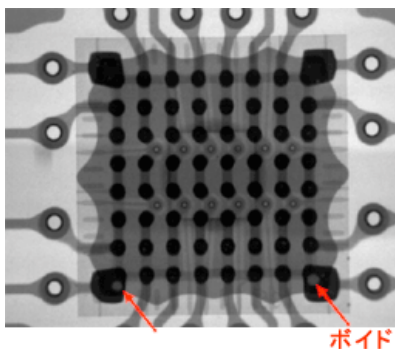


図 5-25 実装温度プロファイル

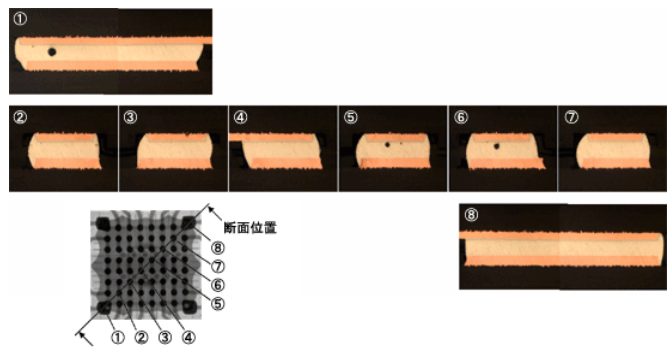
- ✓ 実装は、デバイス既定の温度プロファイル以下で且つ、使用はんだペーストの推奨使用温度条件範囲内で行います。

(7) 実装性確認



ボイドが見受けられますが、実装信頼性には影響しません。

図 5-26 実装後 X 線



良好なはんだ付けが行われています。

図 5-27 実装後断面

5.2.2 LGA の不具合事例

(1) 不具合事例1 実装ボイド

LGA は BGA に比べ実装後のボイドが発生しやすい傾向にあります。はんだボールがないため、印刷はんだがパッケージ側ランに直接接することによりエアやガスが逃げにくいと考えられます。対策として、ボイド低減用はんだペーストの使用、及びパッケージ搭載位置を XY 方向に端子ピッチの約 30% ずらしました。その結果、両者を併用することで実装ボイド面積比率を約 4.9% から約 0.6% に低減することができました。

評価条件

- ・ パッケージ：7x7mm48pinFLGA/0.8mm ピッチ、
- ・ Cu パッド径 $\phi 0.45\text{mm}$ 、SR 開口径 $\phi 0.55\text{mm}$
- ・ 基板パッド構造・サイズ：NSMD 構造、Cu パッド径 $\phi 0.45\text{mm}$ 、SR 開口径 $\phi 0.55\text{mm}$
- ・ 印刷はんだペースト：Sn-3Ag-0.5Cu
- ・ 印刷マスク：厚さ 150 μm 、

1. 対策前

- ・ 通常ペースト+シフト搭載なし
- $$\text{ボイド面積比率 (\%)} = \text{ボイド総面積} \div \text{はんだ総面積} \times 100$$

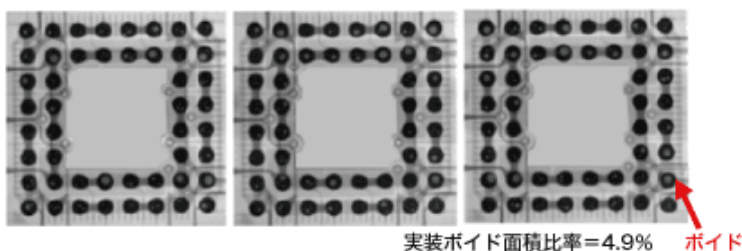


図5-28 X線外観 (対策前)

2. 対策後

- ・ 通常ペースト+シフト搭載あり
- $$\text{ボイド面積比率 (\%)} = \text{ボイド総面積} \div \text{はんだ総面積} \times 100$$

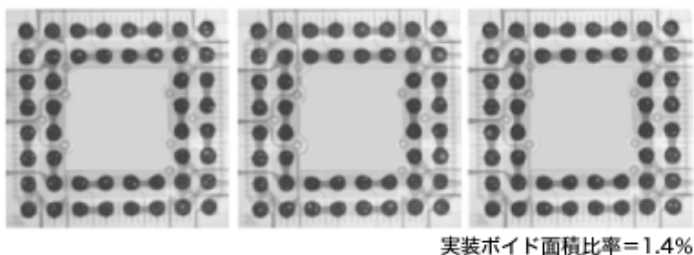


図5-29 X線外観 (対策後1)

- ・ ボイド低減ペースト+シフト搭載あり

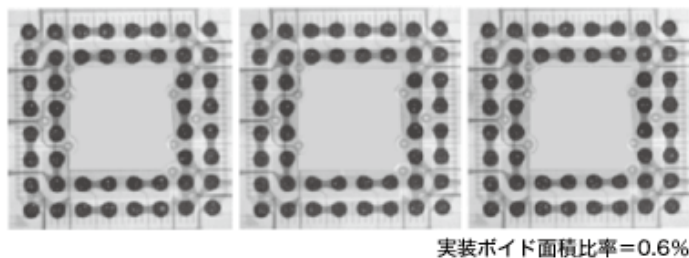


図5-30 X線外観 (対策後2)

(2) 不具合事例 2 はんだ未接合

11x11mm192pinFLGA/0.65mmの評価において、はんだ未接合が発生し、その対策として、印刷マスクの開口径を0.35mmから0.43mmに大きくし印刷はんだ量を増やしました。

その結果、はんだ未接合の発生がなく、良好なはんだ付け性が得られました。FLGA ははんだボールが無く BGA と比べて全体のはんだ量が少ないため、PKG サイズが大きくなると、PKG や実装基板の反りの影響を受けやすくなります。はんだ量を増やすことではんだが反りに対して追従しやすくなります。

1. 対策前

- ・PKGランド構造・寸法：NSMD構造/Cuパッドφ0.35mm、SR開口径φ0.45mm
- ・印刷マスク：開口径φ0.35mm/厚さ100μm

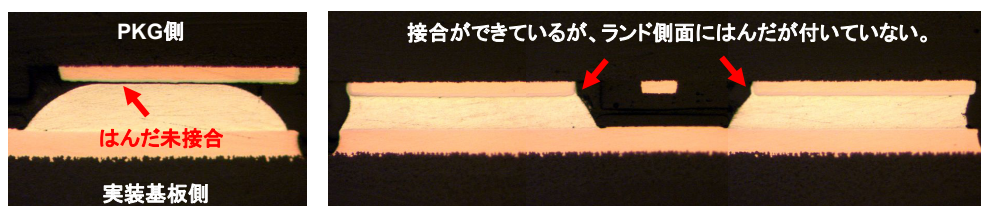


図 5-31 実装後断面(対策前)

2. 対策後

- ・印刷マスク：開口径φ0.43mm/厚さ100μm

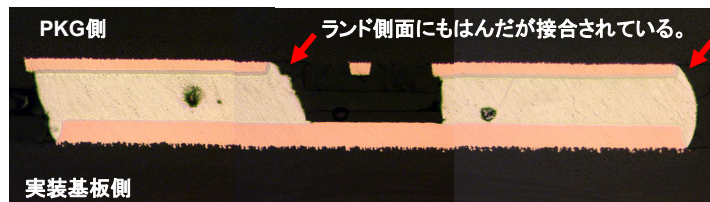


図 5-32 実装後断面(対策後)

5.3 HQFP/HLQFP 基板実装マウントパッド設計の注意事項

5.3.1 HLQFP の実装マウントパッド設計事例

HLQFPパッケージは、パッケージコーナ部ヒートスプレッドのはんだ量を確保する為に、実装マウントパッドをソルダレジスト、シルクスクリーン等による分割処理を推奨いたします。分割事例を図5-33に記します。

ソルダレジスト等による分割を行うことにより、パッケージコーナ部の迎えはんだがパッケージ下へ流入することを防ぎます。必要以上のはんだの流入はパッケージを持ち上げ、リード端子接続へ影響する場合があります。

ご使用になられる、はんだ材料, 実装条件でのご確認をお願いいたします。

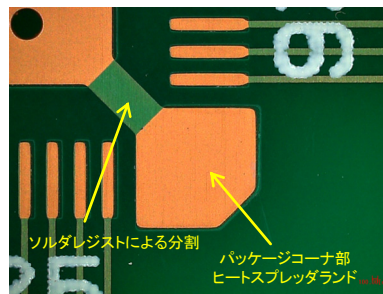


図5-33 レジストによる分割外観写真

分割効果の実験結果を図5-34に記します。

- 1) ランド分割を実施された基板での評価では、パッケージ下へのはんだ流入は認められませんでした。
- 2) ランド分割を実施しない基板での評価では、パッケージ下へのはんだ流入が確認できました。
(端子接続への影響は無し)

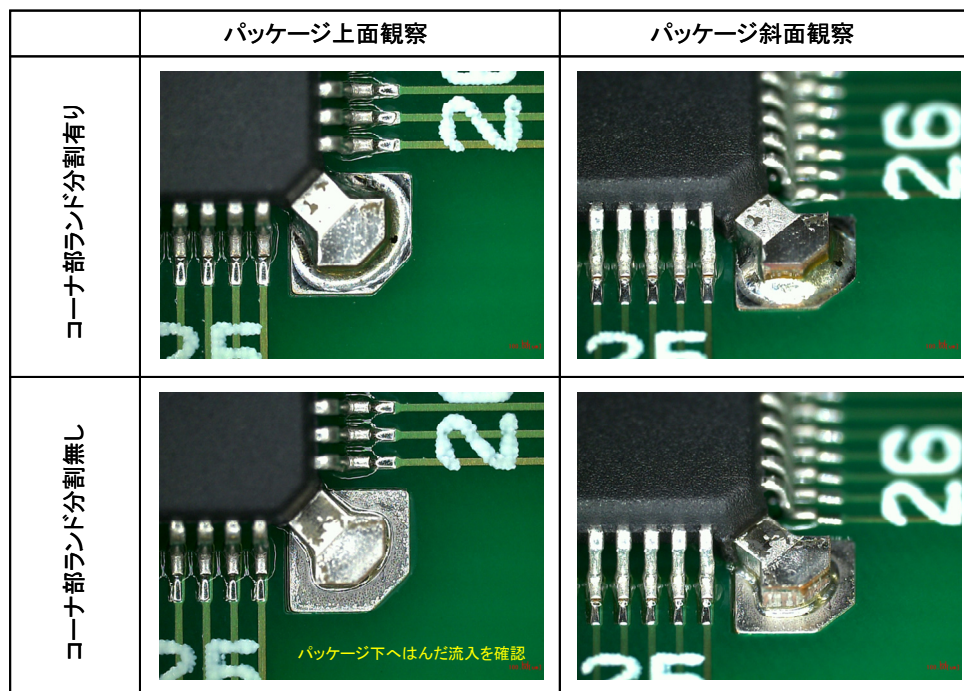
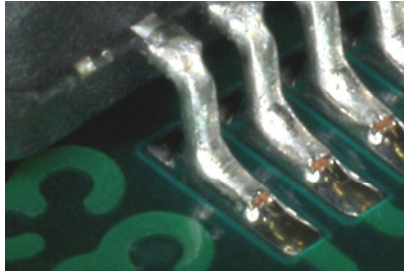
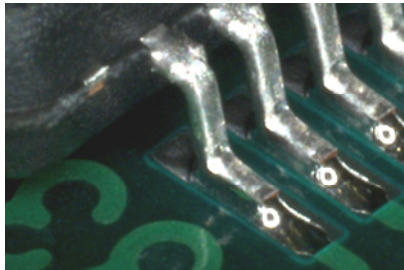
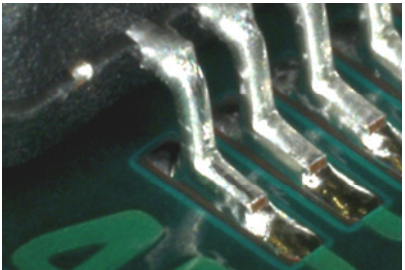
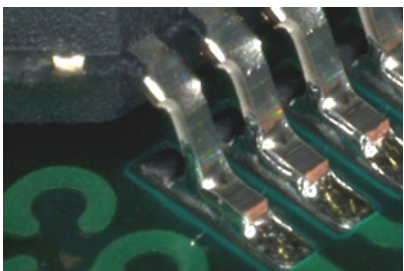
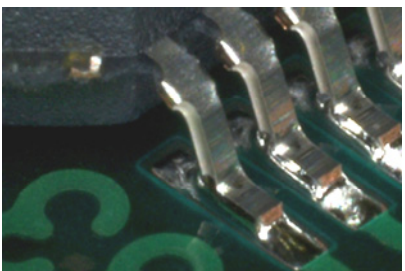
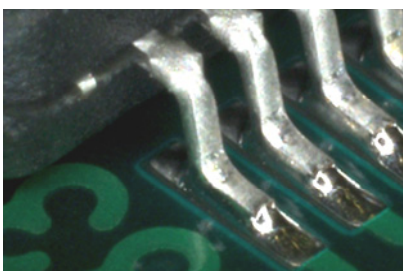
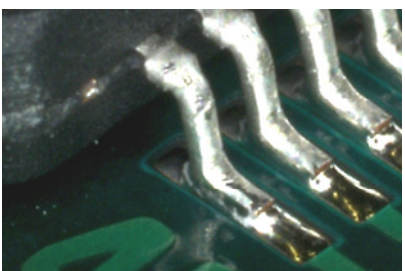
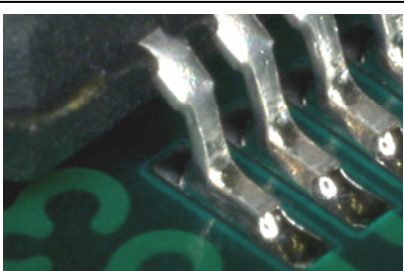
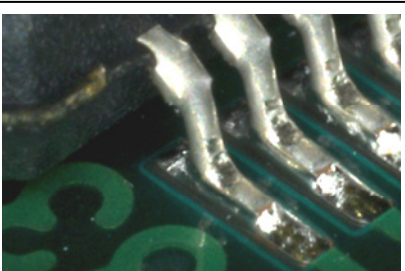


図5-34 実装外観写真

5.4 鉛フリーはんだ端子の実装事例

5.4.1 鉛フリーはんだ端子（リードタイプ）の実装外観

鉛フリーはんだ端子の実装外観は、端子めっきの手法により外観（見た目）が異なる場合がありますので、実装試験にてご確認いただけますようお願いいたします。図 5-35 に実装外観事例を記します。


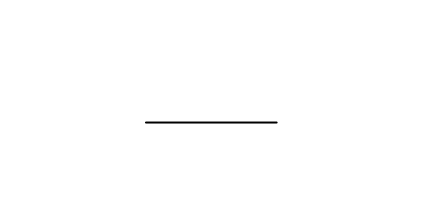
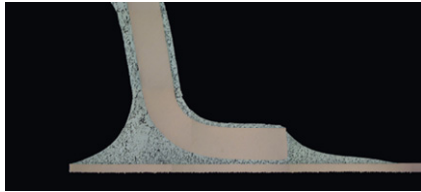
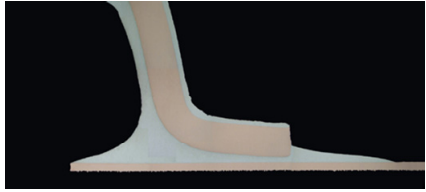


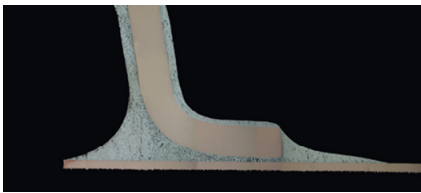

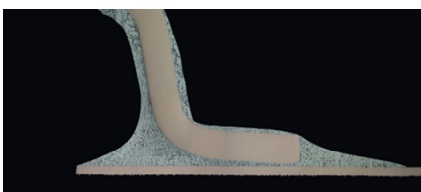

| | Sn-Pb はんだ実装 | 鉛フリーはんだ実装 |
|----------------|---|--|
| Sn-Pb めっき |  | — |
| Sn めっき |  |  |
| Ni/Pd/Au めっき*1 |  |  |
| Sn-Bi めっき |  |  |
| Sn-Cu めっき |  |  |

*1 先付けめっき

図 5-35 鉛フリー端子の実装外観事例

5.4.2 鉛フリーはんだ端子（リードタイプ）の実装断面

鉛フリーはんだ端子の実装断面を図 5-36 に示します。

| | Sn-Pb はんだ実装 | 鉛フリーはんだ実装 |
|-----------------|---|--|
| Sn-Pb めっき |  |  |
| Sn めっき |  |  |
| *1 Ni/Pd/Au めっき |  |  |
| Sn-Bi めっき |  |  |
| Sn-Cu めっき |  |  |

*1 先付けめっき

図 5-36 鉛フリー端子の実装断面事例

5.5 0.4mm ピッチ LQFP の実装事例

ここでは、0.4mm ピッチ LQFP の実装事例を元にしたはんだ実装における注意点を紹介します。

5.5.1 0.5mm ピッチ LQFP と 0.4mm ピッチ LQFP の比較

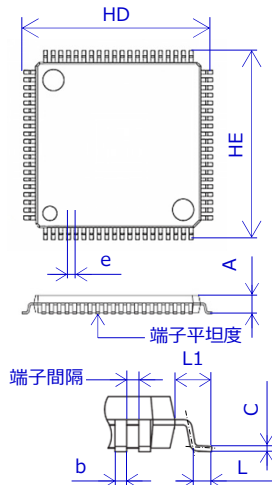


図 5-37 LQFP 外形略図

表 5-1 0.5mm ピッチ LQFP と 0.4mm ピッチ LQFP の寸法比較

| 寸法 | | 0.5mm ピッチ (例:1414-100p) | 0.4mm ピッチ (例:1414-120) |
|-------|----|----------------------------|---------------------------|
| 外形 | HD | 16.0 | 16.0 |
| | HE | 16.0 | 16.0 |
| 端子ピッチ | e | 0.5 | 0.4 |
| 全高 | A | 1.7 | 1.7 |
| 端子幅 | b | 0.20 | 0.18 |
| 端子間隔 | | 0.30 | 0.22 |
| 端子厚 | c | 0.145 | 0.145 |
| 端子長 | L | 0.5 | 0.5 |
| | L1 | 1.0 | 1.0 |
| 端子平坦度 | | 0.10 | 0.08 |

同じ外形の 0.5mm ピッチと 0.4mm ピッチの場合、最大外形寸法の差異はありませんが、端子幅、端子ピッチが細く狭くなります。端子強度は JEITA ED4701-400 に基づき強度を確認しています。以下に試験事例を示します。

5.5.2 端子強度試験事例

- 1) 引張試験：0.5N×10s (断面積：0.02~0.03mm²)
- 2) 曲げ試験：±15° (一往復)

表 5-2 端子強度試験結果例

| 端子ピッチ | パッケージ外形 | 端子素材 | 端子めっき | 引張試験 | 曲げ試験 |
|-------|------------------|------|-------|------|------|
| 0.4mm | LQFP128-1414-0.4 | Cu | Sn | 0/3 | 0/3 |

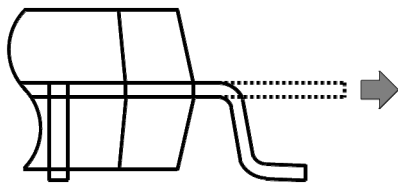


図 5-38 端子引張試験方法略図

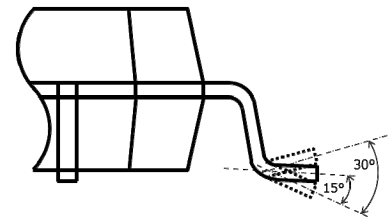


図 5-39 端子曲げ試験方法略図

参考：JEITA ED4701-400

5.5.3 マウントパッド設計

0.4mm ピッチ LQFP のマウントパッド設計は本書『2. プリント配線基板の設計』を参考に設計して下さい。

5.5.4 はんだペースト

0.4mm ピッチ LQFP のはんだペーストは本書『3. はんだ付け実装工程』を参考に選定して下さい。

5.5.5 実装事例 1 - 搭載時のはんだペースト潰れ - (参考データ)

印刷されたはんだペーストが搭載時に押し潰されて隣接端子との接触によりショートに至る懸念を検討した結果を以下に示します。

1) 評価条件

表 5-3 評価仕様および搭載条件

| はんだペースト | メタルマスク設計 (mm) | 搭載速度 | 搭載荷重 | 押し込み量 |
|-----------------------------------|--------------------|--------|------|-------|
| 組成 : Sn-3.0Ag-0.5Cu 粒度 : Type4 | 0.2W × 1.3L × 0.1T | 50mm/s | 2.2N | 0.5mm |

2) 測定部

図 5-40, 図 5-41, 図 5-42 に示しますはんだペーストの幅を搭載前後で測定して比較しました。

一般的な搭載条件での搭載にて確認した結果、はんだペーストが潰れて隣接パターンと接触することは見受けられませんでした。

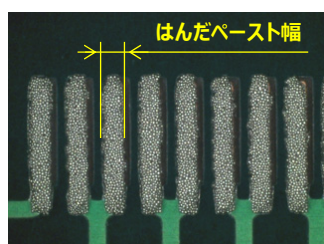


図 5-40 搭載前のはんだペースト

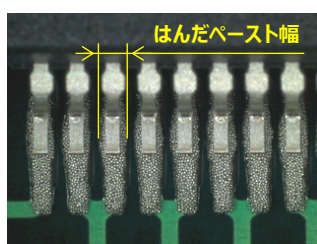


図 5-41 搭載後のはんだペースト

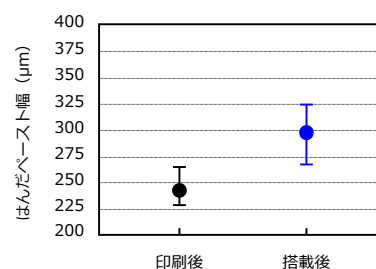


図 5-42 搭載後のはんだペースト潰れ

また、リフローはんだ付け後ショートの発生は 0/50 個でした (表 5-4)。

実装事例では、一般的な搭載条件でショートの発生は認められませんでした。ご使用になられるはんだペーストによっては、潰れ易い、ダレ易い等によりショート発生の可能性がありますので十分にご検討をお願いします。

表 5-4 リフロー後のはんだ付け外観結果

| はんだペースト | メタルマスク設計 (mm) | リフロー温度 | リフロー雰囲気 | リフロー後ショート |
|-----------------------------------|--------------------|--------|---------|-----------|
| 組成 : Sn-3.0Ag-0.5Cu 粒度 : Type4 | 0.2W × 1.3L × 0.1T | 245°C | 大気 | 0/50 個 |

5.5.6 実装事例2 - はんだ付け実装後試験 - (参考データ)

はんだ付け実装後の温度サイクル試験を実施した結果を表 5-5 に示します。-40℃~125℃の温度サイクル 2000cyc. 後の断線は認められませんでした。

表 5-5 はんだ付け実装後の温度サイクル試験断線結果

| パッケージ | はんだペースト | 実装基板 | リフロー温度 (雰囲気) | 評価数 | 温度サイクル (-40℃~125℃) | | |
|---------------------------------|---------|------|-----------------|-----|--------------------|----------|----------|
| | | | | | 0cyc. | 1000cyc. | 2000cyc. |
| LQFP128-1414-0.4 (0.4mm ピッチ) | SAC305 | FR-4 | 240℃ (大気) | 25 | 0/25 | 0/25 | 0/25 |

また、端子の引張試験での強度測定結果を図 5-43、図 5-44 に示します。引張強度は端子を上方 45 度で引っ張り温度サイクルが進むに従って低下傾向にありました。

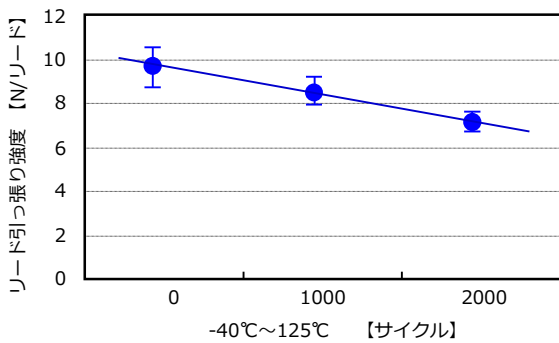


図 5-43 端子引張強度測定結果

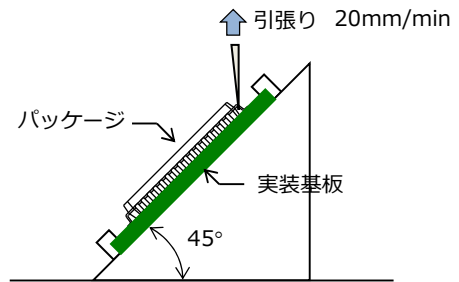


図 5-44 引張試験方法形状略図

| パッケージ | 温度サイクル (-40℃~125℃) | | |
|------------------|--------------------|-----------|----------|
| | 0 cyc. | 1000 cyc. | 2000cyc. |
| LQFP128-1414-0.4 | | | |
| | | | |

図 5-45 はんだ付け実装後の温度サイクル試験結果 (外観・断面)

試験後の外観および断面観察結果を図 5-45 に示します。断線に至るようなクラック等は認められませんが、適用する基板材料、はんだペースト等での確認をお願い致します。

5.6 ヘッダ(ヒートスプレッダ)を有するパッケージの実装事例

ここでは、ヘッダ(ヒートスプレッダ)を有するパッケージの実装事例を基にしたはんだ実装時における留意点と実装不具合事例を紹介します。

5.6.1 実装事例

ヘッダを有するパッケージの基板実装では、はんだペースト中のフラックスから発生する揮発ガスを原因としたキャピラリボール(図 5-46)やはんだ内ポイド(図 5-47)が発生する場合があります。

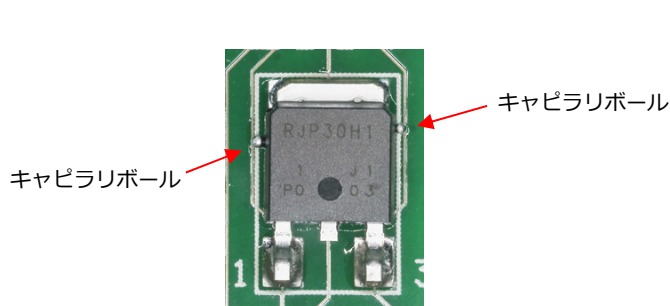


図 5-46 キャピラリボールの事例

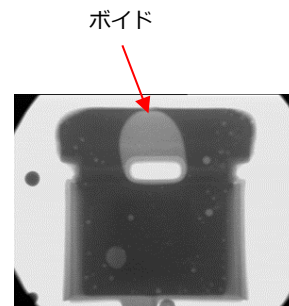


図 5-47 ポイドの事例

5.6.2 改善事例

マウントパッドパターンとはんだ印刷パターンの効果影響を確認する為に、はんだペースト中のフラックスの揮発ガスを排出するスリットを設け実装確認をした結果を以下に示します。

(1) 評価条件

パッケージ : DPAK(S) (JEITA Code SC-63)
 はんだペースト : Sn-3Ag-0.5Cu
 リフロー温度 : 260°C

(2) 評価方法

図5-48のようにフラックスの揮発ガス排出用スリットを設け、キャピラリボール、ポイドの発生状況を調査しました。

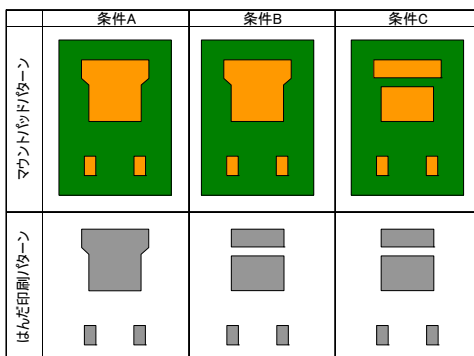


図5-48 フラックスの揮発ガス抜き用スリット

- ①条件Aはスリットなし
- ②条件Bははんだ印刷パターンのみスリットあり
- ③条件Cはマウントパッドパターン、はんだ印刷パターンの両方にスリットあり

はんだペースト揮発ガス排出用スリットについて以下に示します。図5-49に示すようにヘッダ部には樹脂とフレームとの密着性を向上させるために開口部が形成されています。開口部には封止樹脂が充填されている為にはんだ濡れを阻害することから、フラックスの揮発ガスがこの部分に集まると考察しポイド、キャピラリボールの原因と考えます。ここに揮発ガスの抜け道を作成することによる効果を期待し、はんだ付け試験を実施しました。

尚、パッケージのヘッダ開口部とマウントパッドパターンのスリット位置の関係を図5-50に示します。

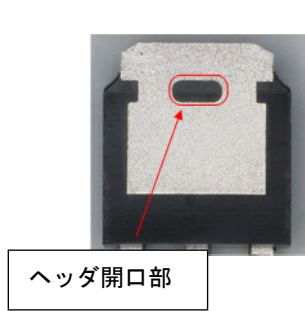


図5-49 パッケージ裏面

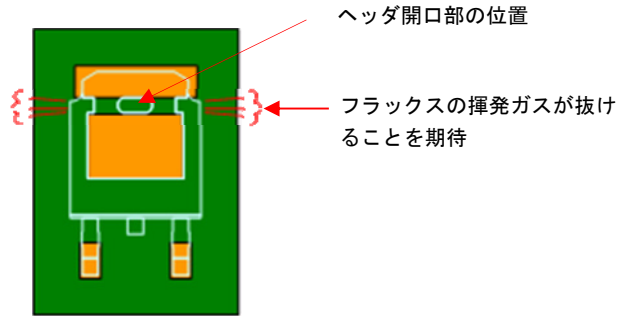


図5-50 スリットの位置

(3) 結果

基板実装試験結果を表5-6に示します。尚、ポイドは大きさで判定し大ポイドを不良と判定し判定基準を図5-51に示します。

①キャピラリボールは、条件A、条件Bで発生しましたが条件Cでの発生はありませんでした。

②大ポイドは、条件A、条件Bで発生しましたが条件Cでの発生はありませんでした。

はんだペースト中のフラックス揮発ガスの抜け道とするスリットは、キャピラリボール、ポイドに効果があることが確認できました。尚、評価時のキャピラリボール、ポイドの観察写真を図5-52に記します。

表5-6 キャピラリボールと大ポイドの発生状況

| | 条件A | 条件B | 条件C |
|-------------|-----|-----|-----|
| キャピラリボール発生数 | 4/6 | 1/6 | 0/6 |
| 大ポイド発生数 | 4/6 | 1/6 | 0/6 |

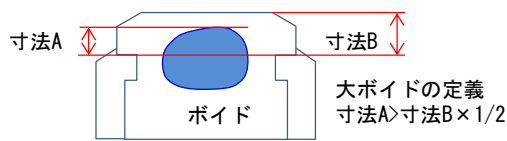


図5-51 大ポイドの定義

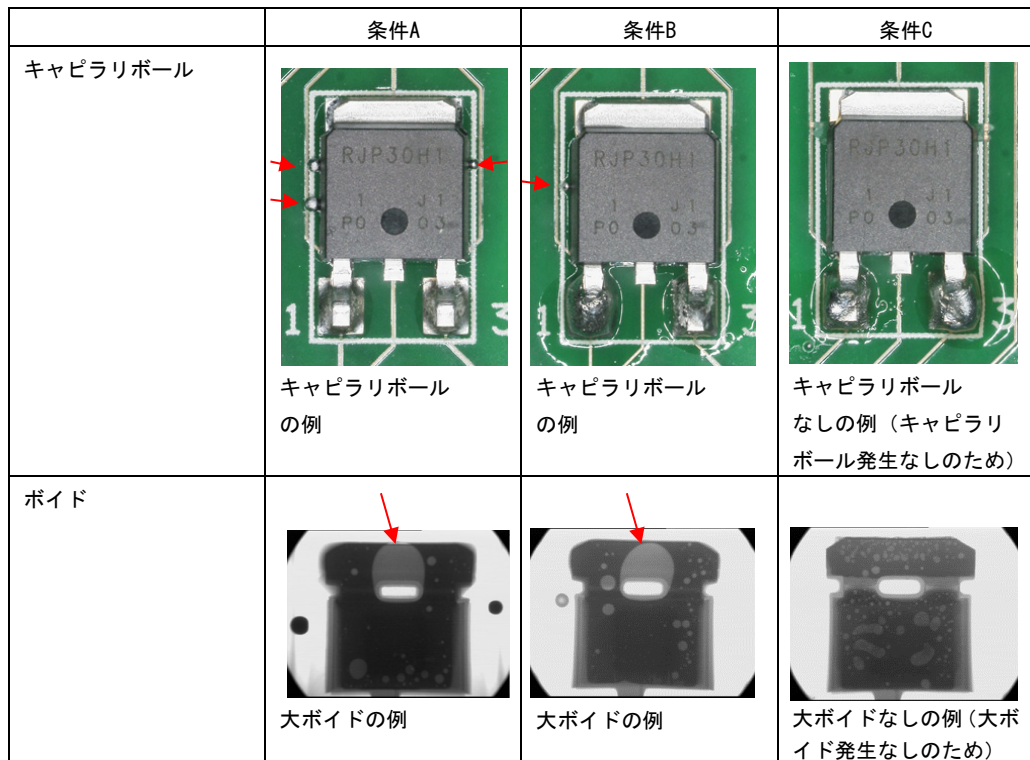


図5-52 各条件で発生したキャピラリボールとポイドの例

(4) 結論

マウントパッドパターン、はんだ印刷パターンにスリットを設けることは、キャピラリボール及びポイドを低減させる効果があるという結果が確認できました。本事例を参照いただき、ご使用になられるはんだ材料等でのご検討をお願いします。

5.7 HSON 基板実装マウントパッド設計の注意事項

5.7.1 HSON-8pin の基板実装事例

HSON-8pin は、小型・軽量パッケージでありセルフアライメント性能に優れているのですが、パッケージ裏面の放熱板が上下左右に均等な形状ではない為の実装される基板のマウントパッド設計（放熱板部）に注意が必要です。以下に基板実装事例を示します。

1) マウントパッド設計

SON-8pin の放熱板に対してフィレットを形成させるためのパターン（A）を考慮してマウントパッドを設計しました。

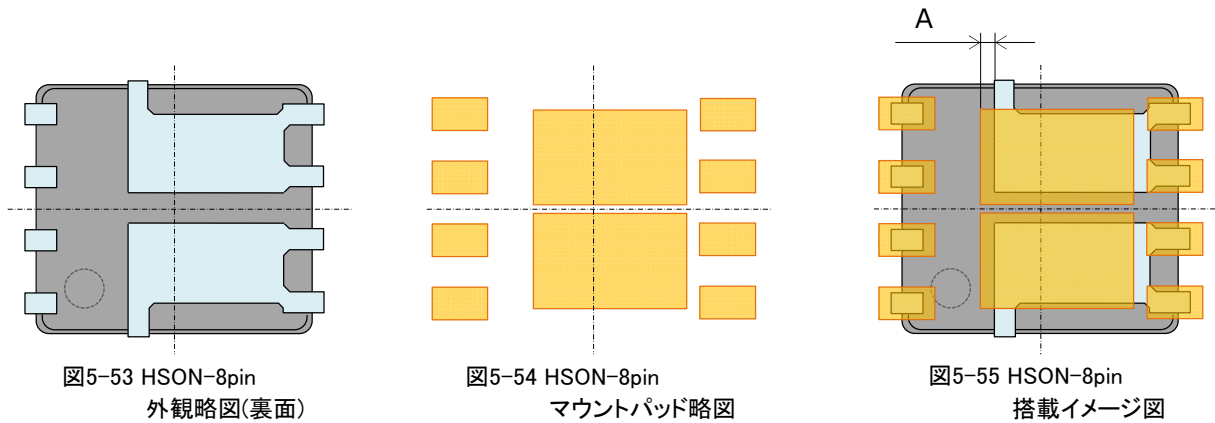


図5-53 HSON-8pin
外観略図(裏面)

図5-54 HSON-8pin
マウントパッド略図

図5-55 HSON-8pin
搭載イメージ図

2) はんだ付け実装試験結果（セルフアライメント性）

- ・はんだ付け実装はんだ：鉛フリーはんだ（Sn-Ag-Cu）
- ・はんだ付けリフロー：大気リフロー 240℃
- ・実装評価用基板：ガラスエポキシ FR-4 / マウントパッド表面処理：Cu + OSP

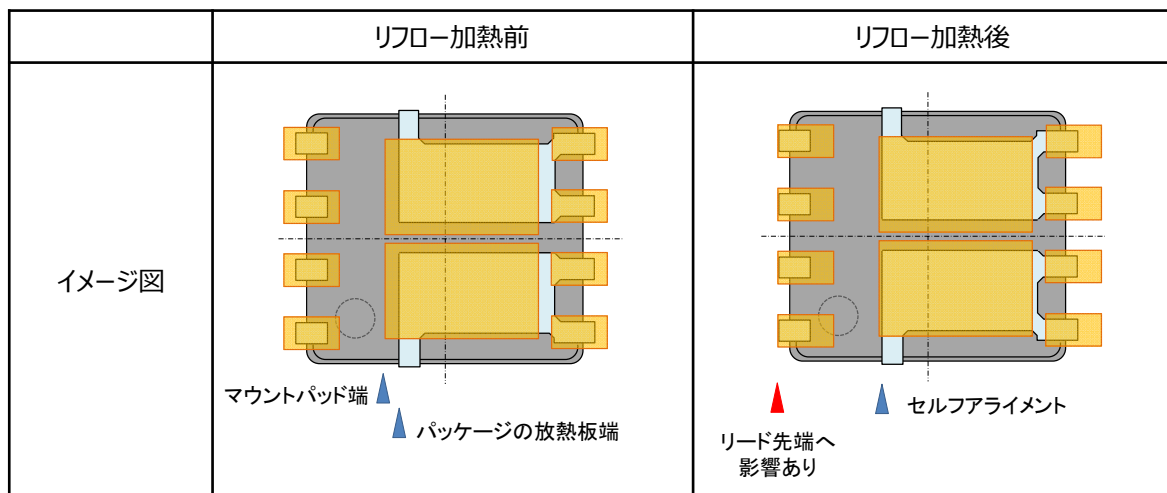


図5-56 HSON-8pin リフロー加熱でのセルフアライメント性

はんだの付け時ののはんだ表面張力によりパッケージがセルフアライメントして放熱板の端と実装基板マウントパッド端が整列する形で実装されることが確認できました。

3) 結果の考察

はんだの付け時に、セルフアライメントの影響で放熱板の端と実装基板マウントパッド端が整列し実装される場合、リード先端側のはんだ付けしろのマウントパッド部分が低減してしまう可能性があります。また、キャピラリボール発生の懸念も考えられます。

放熱板部分のマウントパッド設計は、セルフアライメントが位置ズレを引き起こす懸念があることを考慮して、放熱板と同等の寸法で設計が有効と考えます。

今回の事例ではリードの無い方向へのパッケージの移動(アライメント)は確認できませんでしたが移動する可能性も考えて放熱板と同等の寸法設計が有効と考えます。

尚、本結果は一事例ですので、ご使用になられる材料や基板表面処理で結果が異なる可能性がありますので事前の実装評価をお願いします。

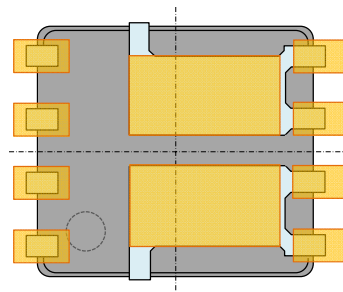


図5-57 HSON-8pin
マウントパッド設計イメージ図

6. 実装信頼性

6.1 実装温度の影響

6.1.1 ボールタイプ SMD

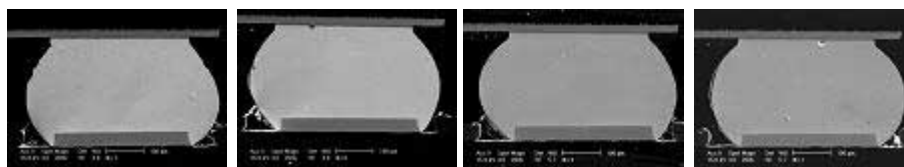
鉛フリーBGA 製品を、Sn-3Ag-0.5Cu はんだペースト（融点：217～220℃）および Sn-37Pb 共晶はんだペースト（融点：183℃）で温度を振って実装し、実装後のはんだ接合状態の観察および温度サイクル試験を行った結果を以下に示します。

BGA のボールが Sn-3Ag-0.5Cu で、Sn-37Pb 共晶はんだペーストで実装した場合、はんだボール融点以下でははんだボールとはんだペーストが完全に融合しません。

また、実装後の温度サイクル性試験では、実装温度が低いと温度サイクル寿命が短いという結果が得られました。このことから、十分な実装信頼性を得るには実装工程の温度ばらつきを考慮し、実装温度をはんだボールあるいははんだペーストの高い方の融点+ α に設定する必要があります。

(1) はんだ接合状態

パッケージ側

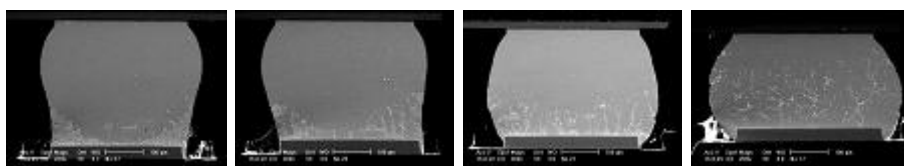


実装基板側

220℃ 225℃ 230℃ 235℃

図6-1 Sn-3Ag-0.5Cuボール／Sn-3Ag-0.5Cuペースト実装の場合の溶融状態

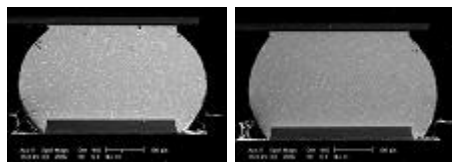
パッケージ側



実装基板側

183℃ 195℃ 200℃ 210℃

パッケージ側



実装基板側

220℃ 235℃

図 6-2 Sn-3Ag-0.5Cu ボール／Sn-37Pb ペースト実装の場合の溶融状態

(2) 温度サイクル性

| ボール | ペースト | 実装温度 (°C) | 2000cy | 2200 | 2400 | 2600 | 2800 | 3100 | 3300 | 3500 | 3700 | 3900 | 4100 | 4300 | 4500 | 4700 | 4900 | 5100 | 5300 | 5500 |
|--------------|--------------|-----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-3Ag-0.5Cu | 235 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-3Ag-0.5Cu | 230 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-3Ag-0.5Cu | 225 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-3Ag-0.5Cu | 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 235 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 215 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 210 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 205 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 195 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sn-3Ag-0.5Cu | Sn-37Pb | 183 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

図6-3 Sn-3Ag-0.5Cuボール/Sn-37Pbペースト実装の場合の温度サイクル試験結果

6.1.2 リードタイプ SMD

リードタイプの鉛フリー製品を、Sn-3Ag-0.5Cuはんだペーストで温度を振って実装し、温度サイクル試験後のリード接続強度を評価した結果を以下に示します。

リード材がCu、Fe-Ni (42Alloy) のいずれも温度サイクル数が増すと強度劣化傾向にあり、リード材がCuの場合、実装温度が低い方がリード接続強度がやや高い傾向にあります。

また、リード材がFe-Ni (42Alloy) の場合、実装温度が高い方がリード接続強度がやや高い傾向にあります。

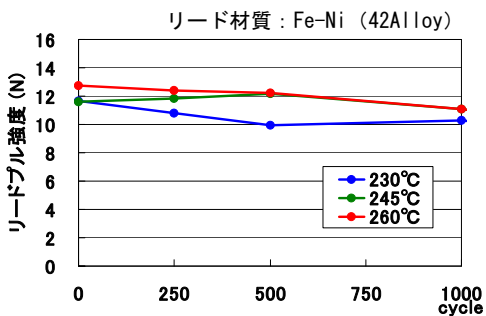
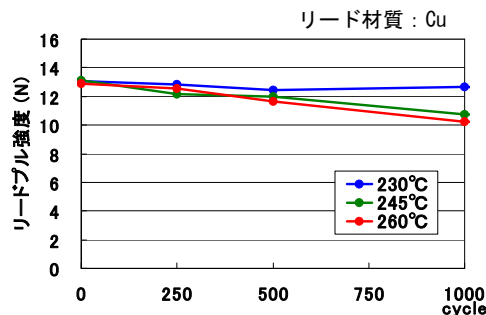
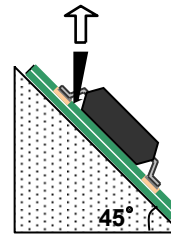


図6-4 リードプル強度



- 実装前処理
 - ・ PCT4h (105°C, 100%RH, 1.22 × 10⁵Pa)
 - 温度サイクル試験温度
 - ・ -40~+125°C/各10分MIN.
 - パッケージ
 - ・ 28x28, 208ピンQFP, 0.5mmピッチ
 - ・ リード材質: Cu/Fe-Ni (42Alloy)
 - ・ リードめっき: Sn-Bi
 - プリント配線基板
 - ・ サイズ: 125 × 125 × t1.6mm
 - ・ 材質: FR-4, 4層
 - ・ パッド表面処理: プリフラックス
 - スクリーン・マスク
 - ・ 厚さ: 150um
 - はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu
 - 実装温度 (リード部)
 - ・ ピーク230/245/260°C
 - 引張条件※
 - ・ 45° 方向, 5mm/min
- ※JEITA ED-4702「表面実装半導体デバイスの機械的強度試験方法」に準拠

6.2 プリント配線基板の厚さの影響

厚さが異なるプリント配線基板に同一パッケージを実装し、温度サイクル試験を行った結果を以下に示します。

以下の条件範囲では、プリント配線基板の厚さが薄い方が温度サイクル寿命が長くなる結果になりました。

プリント配線基板が厚いとパッケージの熱伸縮に追従しにくくなり、はんだ接合部にかかる熱応力が大きくなるためと考えられます。

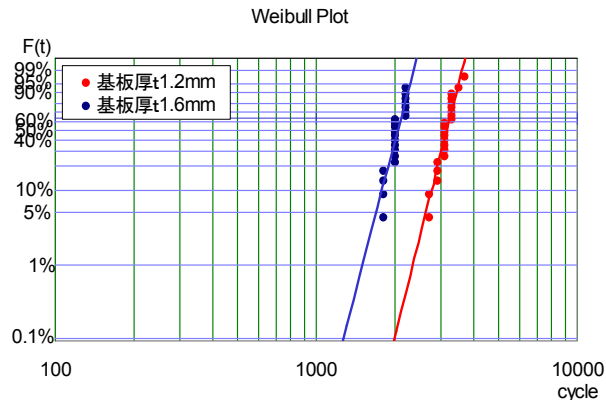


図6-5 ワイブルプロット（プリント配線基板の厚さの影響）

- 試験温度
 - ・ -40～+125°C/各10分MIN.
- パッケージ
 - ・ 16x16, 224ピンFPBGA, 0.8mmピッチ,Daisy Chain
 - ・ ボール材質：Sn-3Ag-0.5Cu
- プリント配線基板
 - ・ サイズ：124×130×t1.2mm/t1.6mm
 - ・ 材質：FR-4, 4層
 - ・ パッド・サイズ：Cuφ0.4, SRφ0.55mm
 - ・ パッド表面処理：プリフラックス
- スクリーン・マスク
 - ・ 厚さ：150um, 開口径：φ0.4mm
- はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu
- 実装温度（パッケージ表面）
 - ・ ピーク260°C
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動したときを不良

6.3 プリント配線基板の材質の影響（1）

材質が異なるプリント配線基板に同一パッケージを実装し、温度サイクル試験を行った結果を以下に示します。

以下の条件範囲では、プリント配線基板の材質はFR-4がCEM3に比べ温度サイクル寿命が長くなる結果になりました。

プリント配線基板の熱収縮の違いがパッケージの熱伸縮に追従しにくくなり、はんだ接合部にかかる応力が大きくなるためと考えられます。

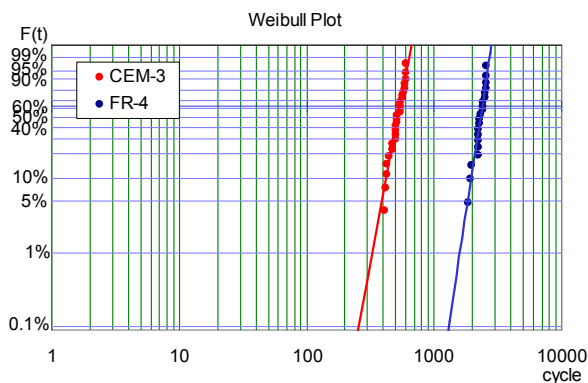


図6-6 ワイブルプロット（プリント配線基板の材質の影響 1）

- 試験温度
 - ・ -40～125°C/各10分MIN.
- パッケージ
 - ・ 12x12, 100ピンLQFP, 0.8mmピッチ
 - ・ Sn-Biめっき
- 実装基板
 - ・ サイズ：124×130×t1.6mm
 - ・ 材質：FR-4/4層基板とCEM3/2層基板
 - ・ パッドサイズ：0.25mmx1.7mm
 - ・ パッド表面処理：プリフラックス
- メタルマスク
 - ・ 厚さ150um, 開口：0.25mmx1.7mm
- はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu
- 実装温度（パッケージ表面）
 - ・ ピーク250°C（リフロー1回）
- 実装形態
 - ・ 片面実装
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動した時を不良

6.4 プリント配線基板の材質の影響 (2)

プリント配線基板の材料が、一般FR-4とハロゲンフリーFR-4にFBGAを実装し、温度サイクル試験を行った結果を以下に示します。
以下の条件範囲では、基材の違いによる有意差はほとんど見られませんでした。

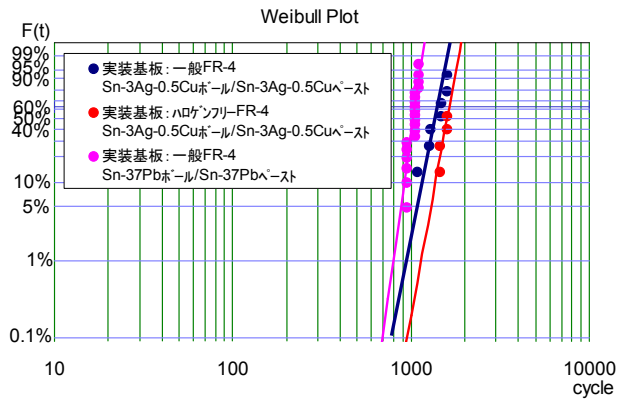


図6-7 ワイブルプロット (プリント配線基板の材質の影響 2)

- 試験温度
 - ・ -25~125°C/各10分min.
- パッケージ
 - ・ 15×15, 240ピンFBGA, 0.8mmピッチ
 - ・ ボール材質: Sn-3Ag-0.5Cu
- 実装基板
 - ・ サイズ: 65×58×t0.8mm
 - ・ 材質: 一般FR-4/ハロゲンフリーFR-4
 - ・ パッドサイズ: Φ0.40mm
 - ・ パッド表面処理: プリフラックス
- はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 実装温度 (実装部)
 - ・ ピーク230°C/ Sn-3Ag-0.5Cuペースト,
 - ・ ピーク220°C/ Sn-37Pbペースト
- 実装形態
 - ・ 両面実装
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動した時を不良

6.5 プリント配線基板のパッド構造の影響

パッド構造がNSMDとSMDのプリント配線基板に同一パッケージを実装し、温度サイクル試験を行った結果を以下に示します。

この試験条件では、SMD構造と比較してNSMD構造の方が温度サイクル寿命が長い結果になりました。NSMD構造にすることによりパッド側面にもはんだ付けされるため、はんだ接続強度が増すためと考えられます。

一方、NSMD構造の場合、機械的ストレスによるパッド引き出し配線のネック部が断線しやすいというデメリットがあるため、アプリケーションの用途に応じて選択する必要があります。

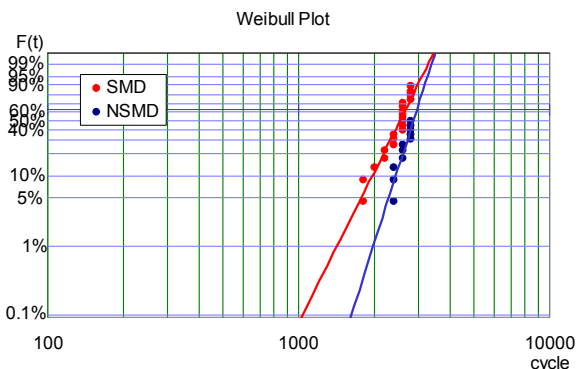
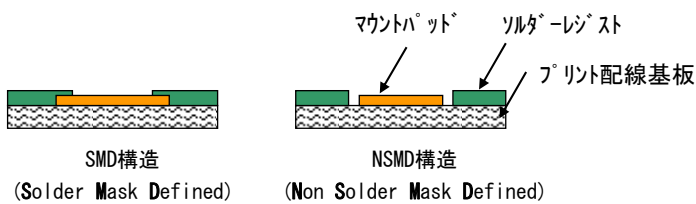


図6-8 ワイブルプロット (プリント配線基板のパッド構造の影響)

- 試験温度
 - ・ -40~+125°C/各10分MIN.
- パッケージ
 - ・ 13x13, 225ピンFBGA, 0.65mmピッチ, Daisy Chain
 - ・ ボール材質: Sn-37Pb
- プリント配線基板
 - ・ サイズ: 124×130×t0.8mm
 - ・ 材質: FR-4, 4層
 - ・ パッド・サイズ
 - NSMD: CuΦ0.35, SRΦ0.45mm
 - SMD: CuΦ0.45, SRΦ0.35mm
 - ・ パッド表面処理: プリフラックス
- スクリーン・マスク
 - ・ 厚さ: 150um, 開口径: Φ0.35mm
- はんだペースト
 - ・ Sn-37Pb
- 実装温度 (パッケージ表面)
 - ・ ピーク235°C
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動したときを不良

6.6 片面実装と両面実装

片面実装及び両面実装にて、4水準搭載位置をずらして温度サイクル性の比較評価を行った結果を以下に示します。

その結果、両面実装の100%重なり水準Ⅱは、片面実装の水準Ⅰに比べ、著しく温度サイクル性が低下しました。また、裏面に実装するパッケージを外形分ずらした水準Ⅴは、片面実装とほぼ同等の温度サイクル性が得られました。

搭載位置により、はんだ接合部にかかる応力が大きく異なるためと考えられます。

プリント配線基板を設計する際は、対象製品の裏面直下には他のパッケージを配置しないようにするなどの工夫が必要です。

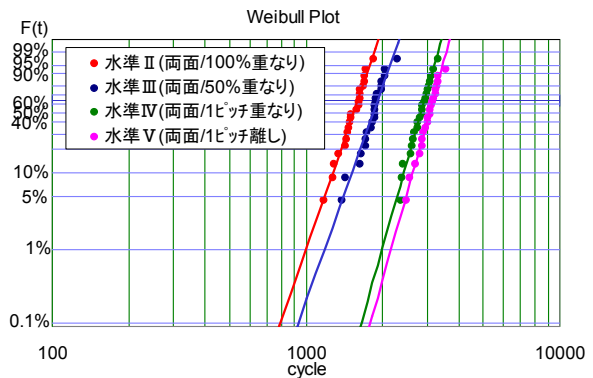
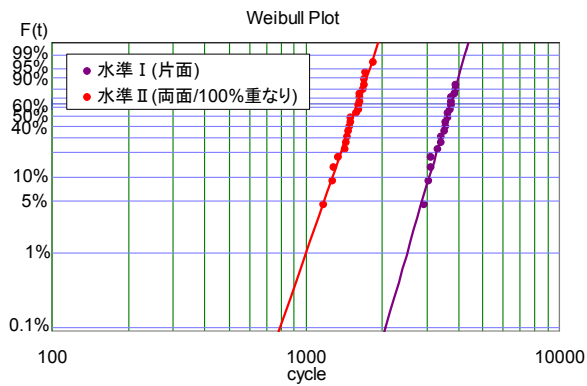
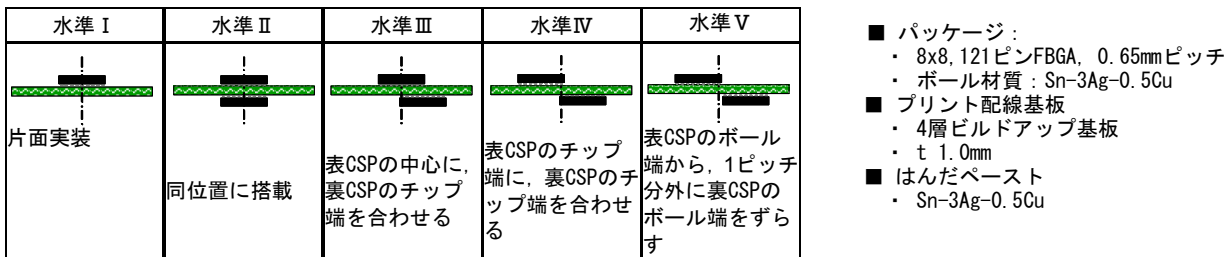


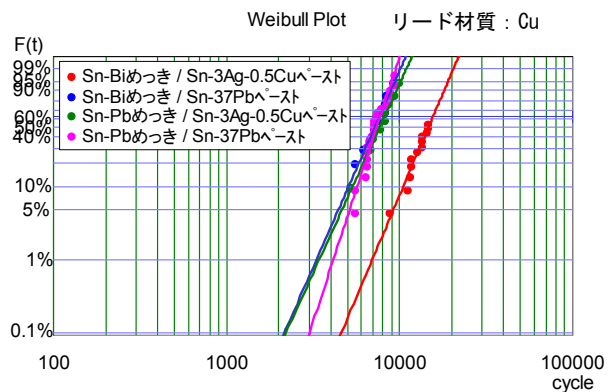
図6-9 ワイブルプロット（片面実装と両面実装）

6.7 パッケージのリード端子めっきとはんだ材の組合せ

リードタイプSMDにおいて、従来のSn-Pbめっき品と、鉛フリーのSn-Biめっき品及びNi/Pd/Auめっき品をそれぞれ従来のSn-37Pb共晶はんだペーストと鉛フリーのSn-3Ag-0.5Cuはんだペーストで組合せ実装し、温度サイクル試験した結果を以下に示します。

その結果、鉛フリーどうしの組合せは従来の組合せより温度サイクル性が優れ、異種材料の組合せは従来の組合せより劣る結果が得られています。

Sn-37Pbはんだ材と鉛フリーはんだ材の異種組み合わせは温度サイクル性が低下する場合がありますので、異種組合せの実装部材を選定する際は十分な事前評価をお願いします。



- 試験温度
 - ・ -40~+125°C/各10分MIN.
- パッケージ
 - ・ 28x28, 208ピンQFP, 0.5mmピッチ, Daisy Chain
 - ・ リード材質: Cu/ Fe-Ni (42Alloy)
 - ・ リードめっき: Sn-Bi/Sn-Pb/Ni/Pd/Au
- プリント配線基板
 - ・ サイズ: 125×125×t1.6mm
 - ・ 材質: FR-4, 4層
 - ・ パッド表面処理: プリフラックス
- スクリーン・マスク
 - ・ 厚さ: 150um
- はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 実装温度 (リード部)
 - ・ ピーク245°C/ Sn-3Ag-0.5Cuペースト,
 - ・ ピーク220°C/ Sn-37Pbペースト
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動したときを不良

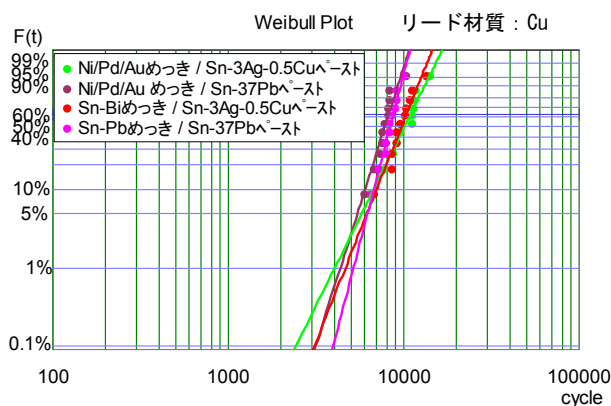
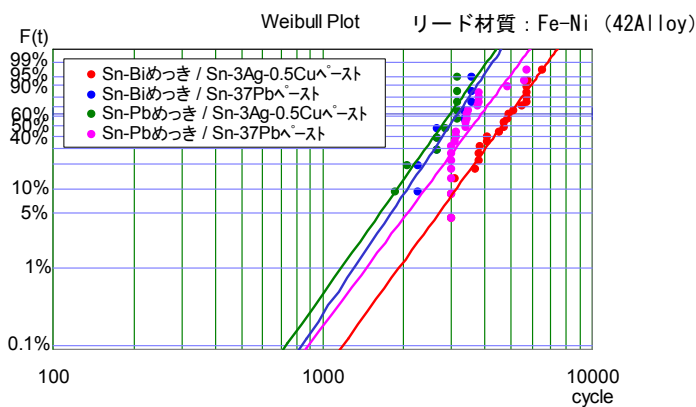


図6-10 ワイブルプロット (めっき組成とはんだ材の組み合わせ)

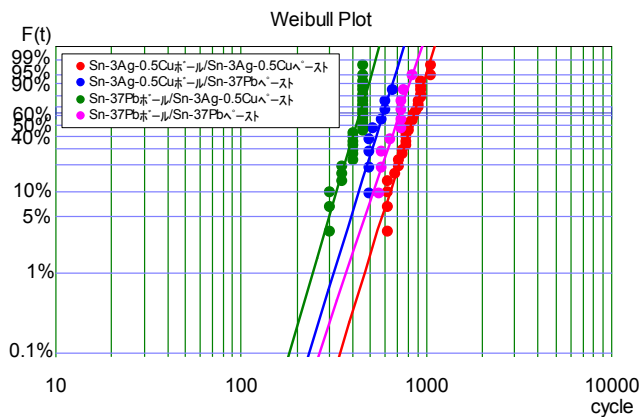
6.8 パッケージのボール端子とはんだ材の組合せ

ボールタイプSMDにおいて、従来のSn-37Pb共晶はんだボール品と鉛フリーのSn-3Ag-0.5Cuボール品をそれぞれ従来のSn-37Pbはんだペーストと鉛フリーのSn-3Ag-0.5Cuはんだペーストで組合せ実装し、温度サイクル試験と衝撃試験を実施した結果を以下に示します。

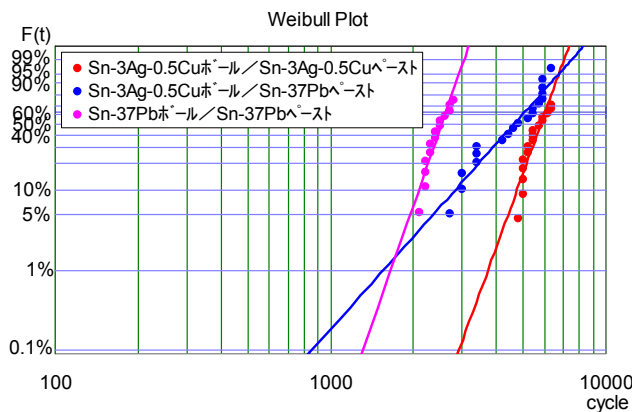
その結果、異種材料の組合せは従来材料の組合せより耐温度サイクル性、耐衝撃性ともに劣る結果が得られています。

Sn-37Pbはんだ材と鉛フリーはんだ材の異種組み合わせは耐温度サイクル性、耐衝撃性が低下する場合がありますので、異種組合せの実装部材を選定する際は十分な事前評価をお願いします。

(1) 耐温度サイクル性



- 試験温度
 - ・ -25～+125℃/各10分MIN.
- パッケージ
 - ・ 13x13, 175ピンFBGA, 0.8mmピッチ, Daisy Chain
 - ・ ボール材質: Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- プリント配線基板
 - ・ サイズ: 65×65×t0.8mm
 - ・ 材質: FR-4, 4層
 - ・ パッド
 - NSMD: CuΦ0.32mm, SRΦ0.52mm
 - ・ パッド表面処理: プリフラックス
- スクリーン・マスク
 - ・ 厚さ: 130um, 開口径: Φ0.32mm
- はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 実装温度 (実装部)
 - ・ ピーク230℃/ Sn-3Ag-0.5Cuペースト,
 - ・ ピーク220℃/ Sn-37Pbペースト
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動したときを不良



- 試験温度
 - ・ -40～+125℃/各10分MIN.
- パッケージ
 - ・ 15x15, 176ピンFBGA, 0.8mmピッチ, Daisy Chain
 - ・ ボール材質: Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- 実装温度 (実装部)
 - ・ ピーク250℃/Sn-3Ag-0.5Cuペースト,
 - ・ ピーク235℃/Sn-37Pbペースト
- 判定基準
 - ・ 導通抵抗が初期値に対し、20%以上変動したときを不良

図6-11 ワイブルプロット (ボール組成とはんだ材の組み合わせ)

(2) 耐衝撃性

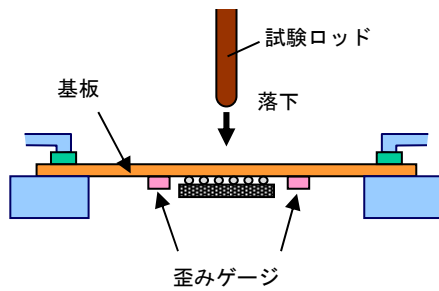


図6-12 耐衝撃試験方法

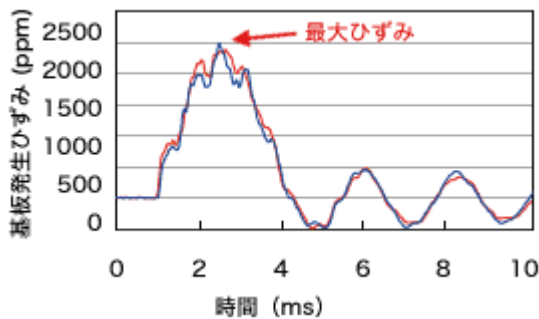


図6-13 基板発生ひずみ測定値

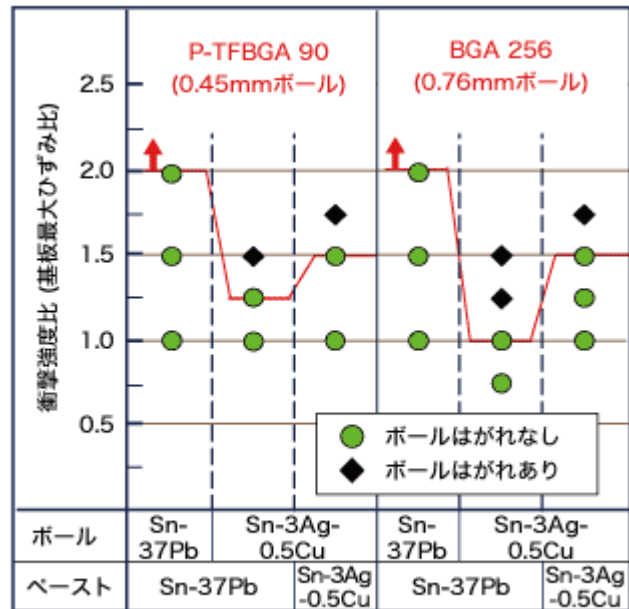


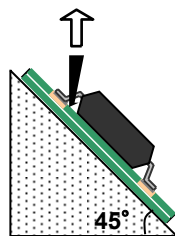
図6-14 衝撃強度測定結果

6.9 機械強度

6.9.1 QFPのリード接続強度

めっき材、フレーム材、及びはんだ材を振って組合せ実装をし、温度サイクル試験した結果を以下に示します。

従来のSn-Pbめっき/Sn-37Pbペースト実装品をリファレンスとしてリード接続強度の比較を行いました。はんだ材による強度への影響はほとんどありませんでした。



- 温度サイクル試験温度
 - ・ -40~+125°C/各15分MIN.
 - パッケージ
 - ・ 14x14, 100ピンQFP, 0.5mmピッチ
 - ・ リード材質: Cu/Fe-Ni (42Alloy)
 - ・ リードめっき: Sn-Cu, Sn-Bi, Sn, Ni/Pd/Au
 - プリント配線基板
 - ・ サイズ: 60×90×t1.2mm
 - ・ 材質: FR-4, 4層
 - ・ パッド表面処理: プリフラックス
 - スクリーン・マスク
 - ・ 厚さ: 130um
 - はんだペースト
 - ・ Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
 - 実装温度 (リード部)
 - ・ 230°C (従来組み合わせのみ220°C)
 - 引張条件※
 - ・ 45° 方向, 20mm/min.
- ※JEITA ED-4702「表面実装半導体デバイスの機械的強度試験方法」に準拠

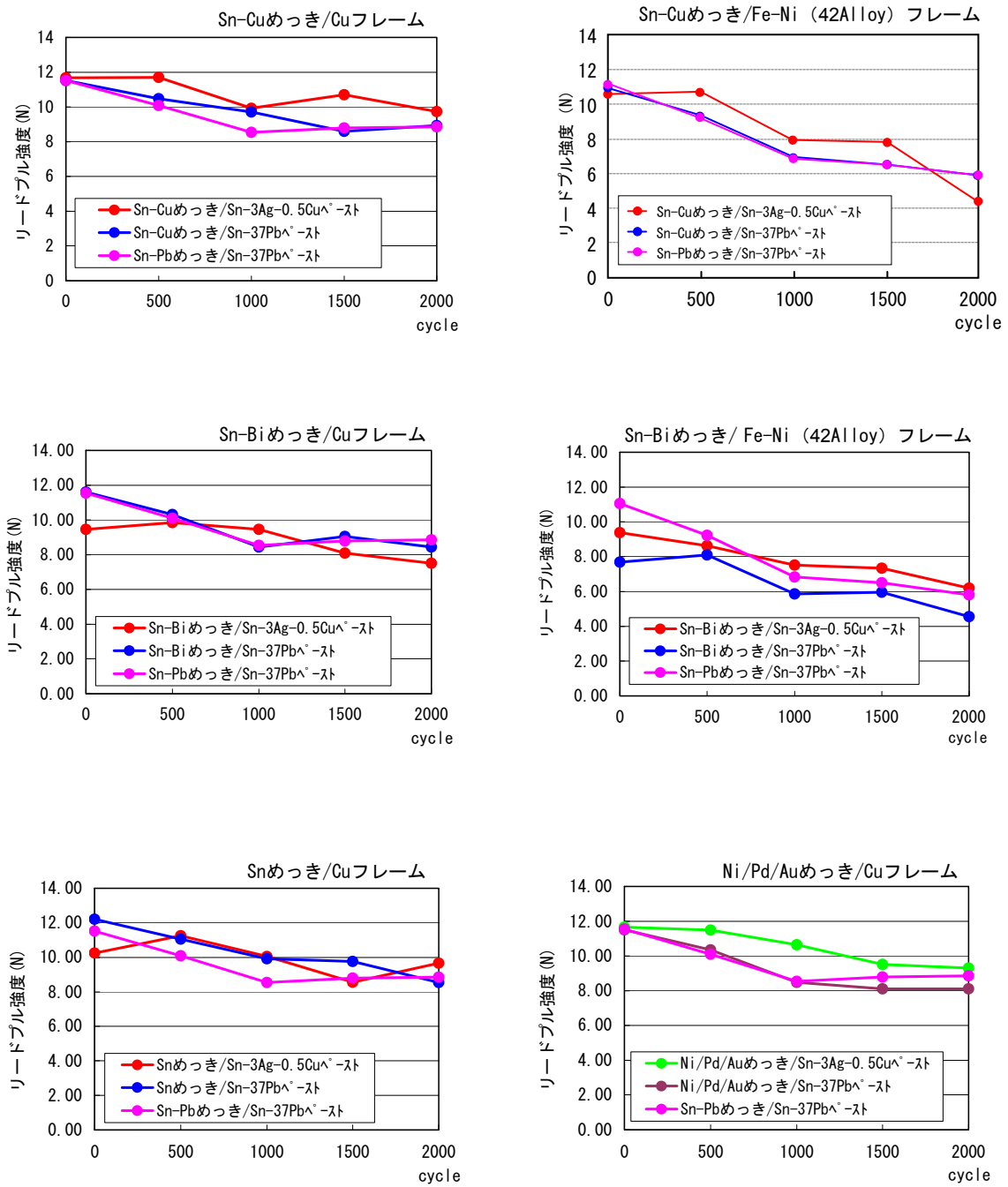


図6-15 リードプル強度

6.9.2 BGAの高温放置後のボール付け強度

従来のSn-37Pb共晶はんだボール品と鉛フリーのSn-3Ag-0.5Cuボール品の高温保存後のボール付け強度の変化を調査した結果を以下に示します。

何れのはんだボールも150°Cで200hrまでは同様の低下傾向を示し、それ以降の強度変化はほとんどありませんでした。

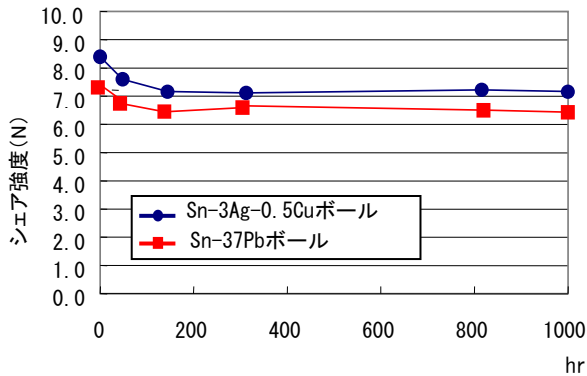
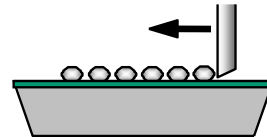


図6-16 ボールシエア強度



- パッケージ
 - ・ 15x15, 240ピンFBGA, 0.8mmピッチ
 - ・ ボール材質: Sn-3Ag-0.5Cu/Sn-37Pb
- ボール付け温度 (ランド部)
 - ・ 245°C/Sn-3Ag-0.5Cuボール,
 - ・ 220°C/Sn-37Pbボール
- 保存温度
 - ・ 150°C
- シエア条件
 - ・ ツール高さ: 5um, シエアスピード: 200um/sec.

6.9.3 耐衝撃性向上対策

基板分離などの製造時のストレス、不意の落下や携帯機器などの過度な衝撃に晒される可能性がある機器には、必要に応じて接着剤などで強度対策をお願い致します。尚、接着剤の選定に当たっては下記「評価事例」を参考に事前検討をお願い致します。

アンダーフィル材の衝撃強度向上効果と温度サイクルへの効果・影響 ～0.5mmピッチボールBGAでの評価事例～

アンダーフィル接着剤塗布により、機械的強度向上の効果が認められました。特に落下による速い歪速度に対する耐性に大きな効果がありました。一方、温度サイクル試験から、アンダーフィル接着剤の物性値に依存した断線不良が発生しており、特にT_g (ガラス転移点温度)が試験温度よりも低いと短寿命の結果となっています。機器の動作発熱も考慮に入れた使用温度を十分事前検証のうえ、アンダーフィル接着剤を選定願います。

尚、ご紹介している接着剤物性値は接着剤メーカーカタログ値ですので接着剤に関する技術資料での事前検証やご使用に関しても接着剤メーカーとご相談をお願いします。

表6-1 機械的強度評価結果

| 評価項目 | 想定 ストレス | 試験条件 | 結果 | | |
|-------------|------------|--|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| | | | アンダーフィル なし | | アンダーフィル(A材)有り |
| | | | 実装完 | 追加リフロー 2回 | 追加リフロー 2回 |
| 落下衝撃 試験 | 市場 取扱い | 負荷 100g 水平落下 | 1~5回 NG | 1~5回 NG | 20回 OK |
| | | 負荷 100g, 高さ 1.5m コンクリート上 1cyc=縦→横 →水平 | 1~5回 NG | 1~5回 NG | 20cyc OK |
| 衝撃曲げ 試験 | 顧客実装 工程 | λ _h = 90mm | 2500ppm OK 3000ppm NG | 2000ppm OK 2500ppm NG | 5000ppm OK |
| 繰返し曲げ 試験 | 市場 取扱い | λ _h = 90mm 2回/sec. | 10k回 OK | 7k回 OK 10k回 NG | 20k回 OK |
| 限界曲げ 試験 | ↑ | λ _h = 90mm | 5mm, 3sec. 5回 OK | 5mm, 3sec. 5回 OK | 5mm, 3sec. 5回 OK |

表6-2 温度サイクル試験結果（断線数/評価数）

| アンダーフィル剤 | | | | - 55°C/10min. ~125°C/10min. | | | | | | - 40°C/10min. ~85°C/10min. | | | | |
|----------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|------|-----|----------------------------|------|------|------|------|
| 型名 | $\alpha 1$ (/ppm) | $\alpha 2$ (/ppm) | T _g (°C) | 300 | 500 | 800 | 1k | 1.5k | 2k | 1k | 2k | 3k | 3.5k | 4k |
| なし | — | — | — | 0/5 | 0/5 | 1/5 | 2/5 | 5/5 | — | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| A材 | 30 | 100 | 140 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 | 0/10 |
| B材 | 34 | 102 | 115 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 2/5 | 3/5 | 5/5 | 0/7 | 0/7 | 0/7 | 0/7 | 0/7 |
| C材 | 60 | 180 | 95 | 3/5 | 5/5 | — | — | — | — | 0/7 | 0/7 | 0/7 | 1/7 | 1/7 |

6.10 マイグレーション

鉛フリー化に伴い、リードめっき、はんだなどの材料の種類が増え、はんだ接合部のイオン・マイグレーション発生が懸念されます。リード材質、リードめっき、はんだペーストの組合せによるイオン・マイグレーション評価を行った結果を以下に示します。いずれの組合せにおいてもイオン・マイグレーションの発生がないことを確認しています。

表6-3 イオン・マイグレーション評価結果

| 水準 | リード材質 | リードめっき | はんだペースト | n | 試験時間 [h] | | | | | |
|----|--------------------|--------|--------------|---|----------|-----|-----|-----|------|------|
| | | | | | 0 | 300 | 500 | 700 | 1000 | 1200 |
| 1 | Cu | Sn-1Bi | Sn-3Ag-0.5Cu | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 2 | | Sn-3Bi | Sn-3Ag-0.5Cu | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 3 | | Sn-5Bi | Sn-3Ag-0.5Cu | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 4 | | Sn-Pb | Sn-37Pb | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 5 | Fe-Ni (42Alloy) | Sn-1Bi | Sn-3Ag-0.5Cu | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 6 | | Sn-3Bi | Sn-3Ag-0.5Cu | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 7 | | Sn-5Bi | Sn-3Ag-0.5Cu | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |
| 8 | | Sn-Pb | Sn-37Pb | 5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 | 0/5 |

- パッケージ
 - ・ 28x28, 208ピンQFP, 0.5mmピッチ
- プリント配線基板
 - ・ サイズ : 125×125×t1.6mm
 - ・ 材質 : FR-4, 4層
- 配線パターン
 - ・ 下図参照
- 評価条件
 - ・ フラックス : RMAタイプ
 - ・ 実装後の洗浄 : なし
 - ・ 温度, 湿度 : 85°C, 85%
 - ・ 印加電圧 : 50 V
 - ・ 判定基準 : 100 kΩ以下を不良

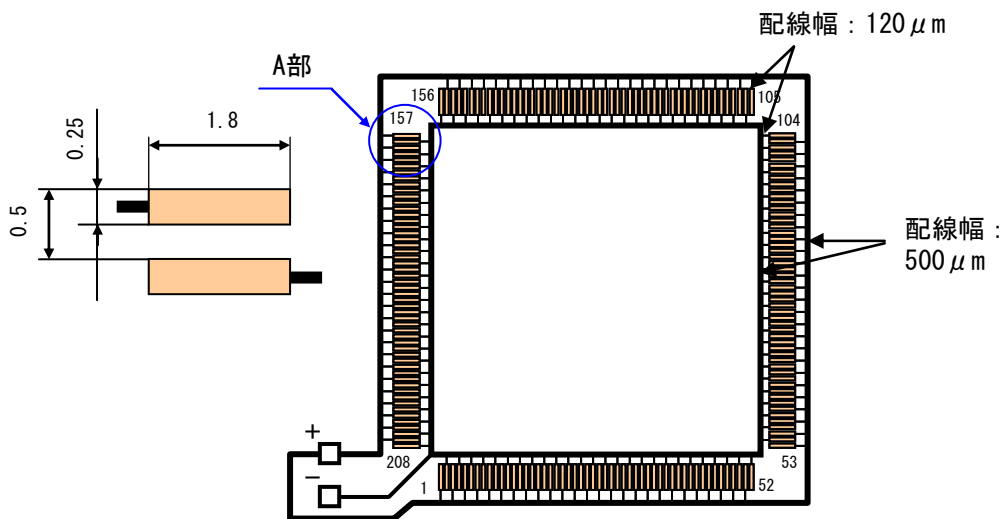


図6-17 イオンマイグレーション評価基板

7. 付録

7.1 パッケージの構成材料諸特性

7.1.1 構成材料の熱膨張係数

パッケージを構成する各種材料の熱膨張係数（線膨張係数）は、以下のようにになっています。

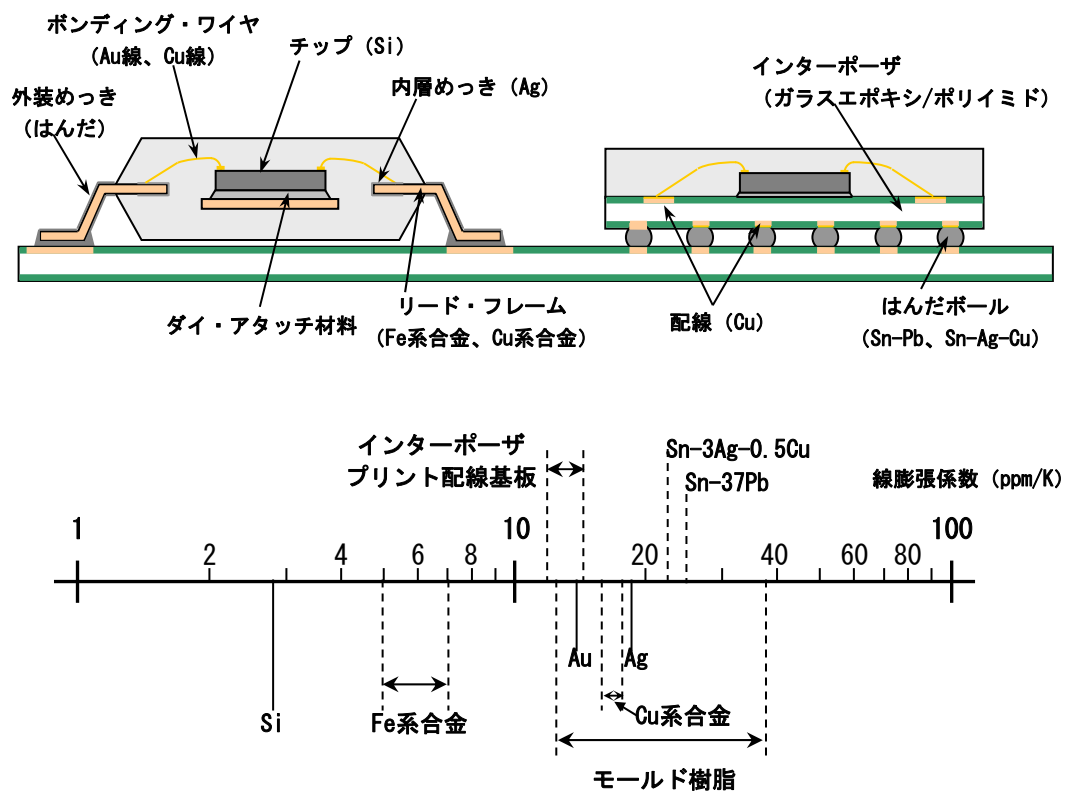


図7-1 各種構成材料の熱膨張係数

半導体パッケージ実装マニュアル

発行年月日 2010 年 10 月 18 日 Rev.1.00
2018 年 12 月 25 日 Rev.8.00

発行 ルネサス エレクトロニクス株式会社
〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24 (豊洲フォレシア)



ルネサスエレクトロニクス株式会社

営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24 (豊洲フォレシア)

技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<https://www.renesas.com/contact/>

半導体パッケージ実装マニュアル