

X 線リフローシミュレーターで観察したはんだ溶融・ボイド形成過程

1 はじめに

はんだペーストを利用した表面実装では、接合部に生じたボイドが信頼性を損なうため懸念されている。一般的なボイドの評価は、接合部の X 線透過像を解析して行われるため、リフローの結果しか分からない。リフロー過程中にはんだペーストに何が発生したのかが不明のため、ボイドの形成メカニズムの解析や低減対策の探索に支障が生じている。

近年、はんだのリフロー過程を可視化できる装置いわゆる X 線リフローシミュレーターが開発され、この問題が解決できるようになってきた。X 線リフローシミュレーターを用いることで、はんだの溶融する様子及びフラックスの動きをリアルタイムに観察できるため、ボイドの形成過程を明らかにすることができる。

本稿は当社で実施したはんだ溶融過程の観察及びボイド形成過程の解析などの実験例を紹介する。

2 実験装置と方法

本稿で使用したリフロー・観察装置を図 1 に示す。装置は加熱ユニット (AMB-SMT、アンベエスエムティ(株)) を X 線検査装置 (Cheetah, YXLON(株)) のチャンパ内に設置した形で構成されている。加熱ユニットは、熱風方式を採用しており、大気または窒素雰囲気 で 300℃ まで安定使用することが可能である。図 2 に示したように、この加熱ユニットは実のリフローで測定した温度プルファイルはほぼ設定通りで、高い精密性と再現性を示している。

実験用サンプルは、汎用 FR-4 基板上の Cu パッド (図2の差し込み図に参照、パッドサイズは 4 mm × 4 mm) に、はんだペーストを 200 μm の厚みで印刷した後、ダミ

部品として Cu 板 (5 mm × 5 mm) を搭載する。サンプルを加熱ユニット内に設置し所定温度プログラムに従って加熱する。それと同時に、X 線透過の画像を動画で記録しておく。その後、動画のフレーム像を分析してリフロー過程中的はんだペーストの動きやボイド率の経時変化などの情報が得られる。なお、本稿で使用したはんだペーストは市販汎用品と当社の試作品を含めて数種類である。

3 リフロー中に観測された現象

本稿に載せた全ての X 線透過画像は、記録した動画から抽出したフレーム像であり、コントラストを見やすいように調整した。画面中に黒い領域ははんだが存在する領域で、白い領域は気体・液体の有機物質の領域である。この白い領域はボイドと見なす。

1. 加熱ダレ

加熱前にペーストはほぼ印刷通りの形を保っていたが、温度の上昇に伴って形を崩れて広がった加熱ダレ現象が観測される。程度が違うが、殆どのはんだペーストは約 100℃ 以上になってから徐々に加熱ダレが発生する。加熱ダレが大きく発生した実験例を図 3A に示す。加熱ダレが原因ではんだペーストが隣のパッドに流れ込み、ブリッジ発生する恐れがあるため、避けるべきである。対照的に、加熱ダレが発生しないはんだペーストの 25℃ と 130℃ での様子を図 3 B に示す。

2. 気 (液) 泡

約 150℃ 前後から、ペースト中に一部の有機成分はんだ粒子から分離し、気泡或いは液泡に形成する。気泡は気化した溶剤がペースト中に止まって形成したと推測できる。液泡はフラックス中に一部の有機成分が相分離したと考えられる。これらの気 (液) 泡は一旦形成したら、はんだが溶融まで安定に存在する。いずれにしても、気 (液) 泡の形成は、ペースト中に無駄の空間を作り、はんだ溶融時に排出できないとボイドとして残るため、避けるべきである。図4に示したように、はんだペーストの種類によって気

(液) 泡の形成状況は様々である。その内の図 4D は、はんだが熔融まで気 (液) 泡がほぼ発生しないはんだペーストの 200℃での様子である。

3. フラックス分離

はんだの熔融が始まると、隣同士のはんだ粒子の融合により、粒子間に存在していたフラックス成分が分離される。分離現象は全てのはんだ粒子が融け終るまで続く。分離されたフラックス成分の一部は接合部の外に流れて行くが、残りは数多くの島状領域になって熔融はんだ中に散在する。このような島状領域は、排出されない場合、はんだが凝固後にボイドとなるため、以降、ボイドと記す。はんだペーストの種類により、ボイドの形状、サイズ、数量が異なる (図5)。一般的に、市販のボイド低減はんだペーストは (図 5A)、従来品 (図 5B、C) よりボイドが小サイズで熔融はんだ中にほぼ均一に分布するのが特徴である。

4. ボイドの移動、変形、融合、成長

一般的に、はんだが熔融中では、ボイドが移動して形を変えたり、隣のボイドと融合したりする現象が観測される。それと同時に、ボイドが大きく成長する現象も観測される (図6)。ボイドの成長は、既存ボイドが徐々に膨らんで行くのが一般的であるが、新たなボイドが生成してスピード速く成長する現象もある。フラックスの一部成分が気化して体積膨張したことがボイドの生成・成長の主な原因と考えられる。また、熔融はんだの広がり度で接合部の厚みが縮むため、ボイドが押さえられて変形したこともボイドが大きく見えた原因の 1 つと考えられる。

5. ボイドの排出

ボイドは様々の挙動で排出されるが、大まかに分類すると、図 7 に示したように、2 種類の特徴的な動きが挙げられる。1つ目はボイドが移動して接合の辺縁部に着いたら内部の液体或いは気体の有機成分を放出する (図7A)。全部放出した場合はボイドが消えるが、一部しか放出しない場合はボイドが縮小する。2つ目はボイドがあまり移動せ

ず膨張してある閾値を超えたら一気に消える（図7B）。後者の場合、ボイドの排出速度が高くボイドが非常に少なくなる場合（例えば 2%程度）がある。これはフラックス成分の気化が関与していると考えられる。

4 ボイド形成過程の量化

はんだ溶融過程を記録した動画からフレーム像を抽出し、各時点でのボイド率を解析することはボイドの形成機構を理解するのに有効な手法になる。例として 2 種類のペーストの結果を図8に示す。動画で取られたフラックスの各挙動は、このようにボイド率の時間依存性のグラフに量化された。この結果から見ると、当社で試作したペーストは、ボイドがより多く排出でき、ボイド率が低いのが分かる。

5 まとめ

X 線リフローシミュレーターを用いていることで、従来に分からなかったはんだ溶融・ボイド形成の過程をリアルタイムに観測することができる。はんだ溶融中に観測されたフラックス成分の様々な挙動は、全てボイドの形成に直接な影響を与える。はんだ凝固後に観測されたボイドの状況は、これらの挙動の総合的な結果である。動画解析して各時点のボイド率を分析することはボイドの形成過程を量的に把握することができる。この観測・分析手法は、はんだペーストの材料やリフロー手法などの新規開発のみならず、故障解析や製品評価などにも役に立つと期待する。

図 1 X 線検査装置内部に設定したリフローシミュレーター

図 2 加熱ユニットの設定リフロープロファイルへの追従性。

(差し込み図：実験用基板)

図 3 加熱ダレによるはんだペーストの広がり現象。

A：広がる、B：広がらない

図 4 4 種類のはんだペーストから 200℃で観測された気（液）泡

図 5 はんだが溶融開始直後に分離されたフラックス成分領域。

(異なる 3 種類のはんだペーストから観測した様子。)

図 6 はんだ溶融中に観測されたフラックス成分領域の移動、変形、融合、成長。

(画像は約 1 秒間隔で抽出した動画フレーム像)

図 7 はんだ溶融中にフラックス成分領域の排出

(典型的な 2 種類はんだペーストのデータ例)

図 8 はんだ溶融中のボイド率の時間変化

(典型的な 2 種類はんだペーストのデータ例)

添付図

図 1



図 2

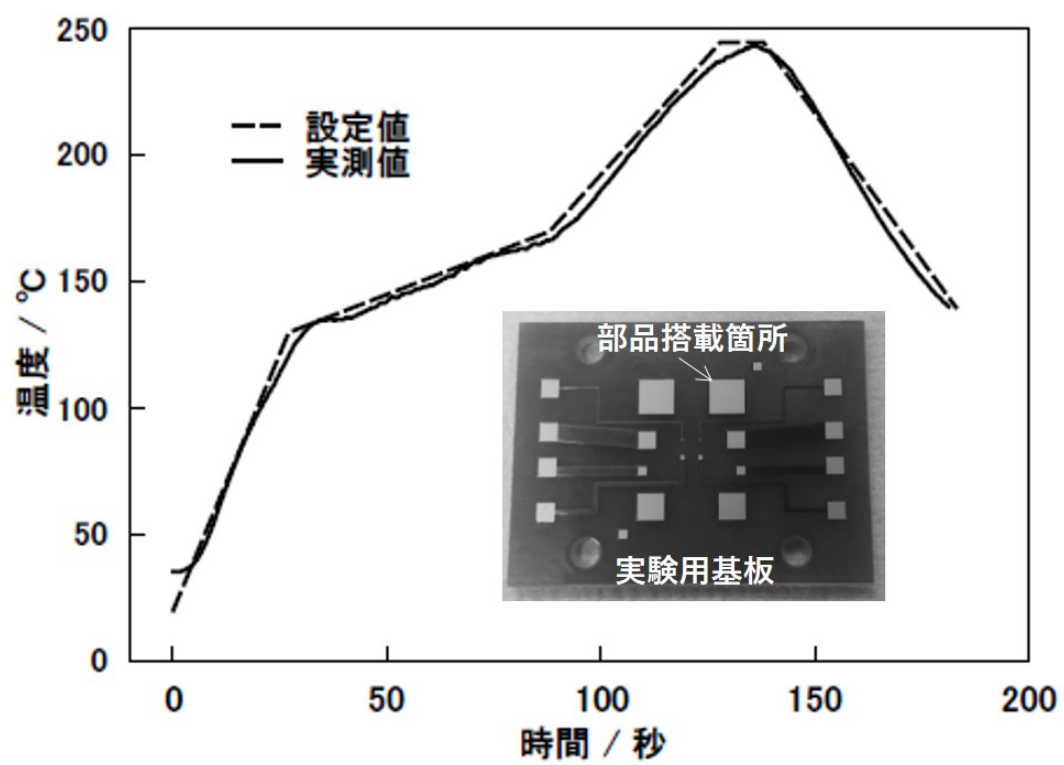


図 3

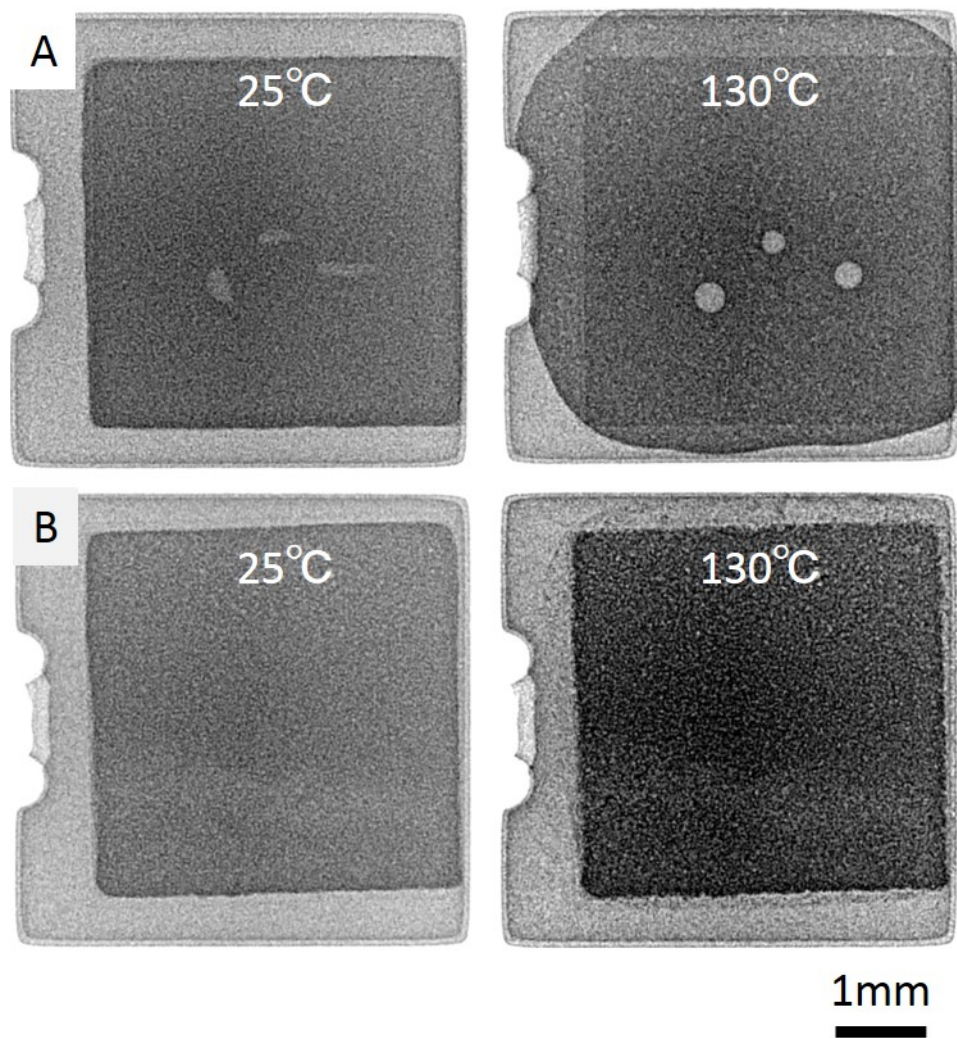


图 4

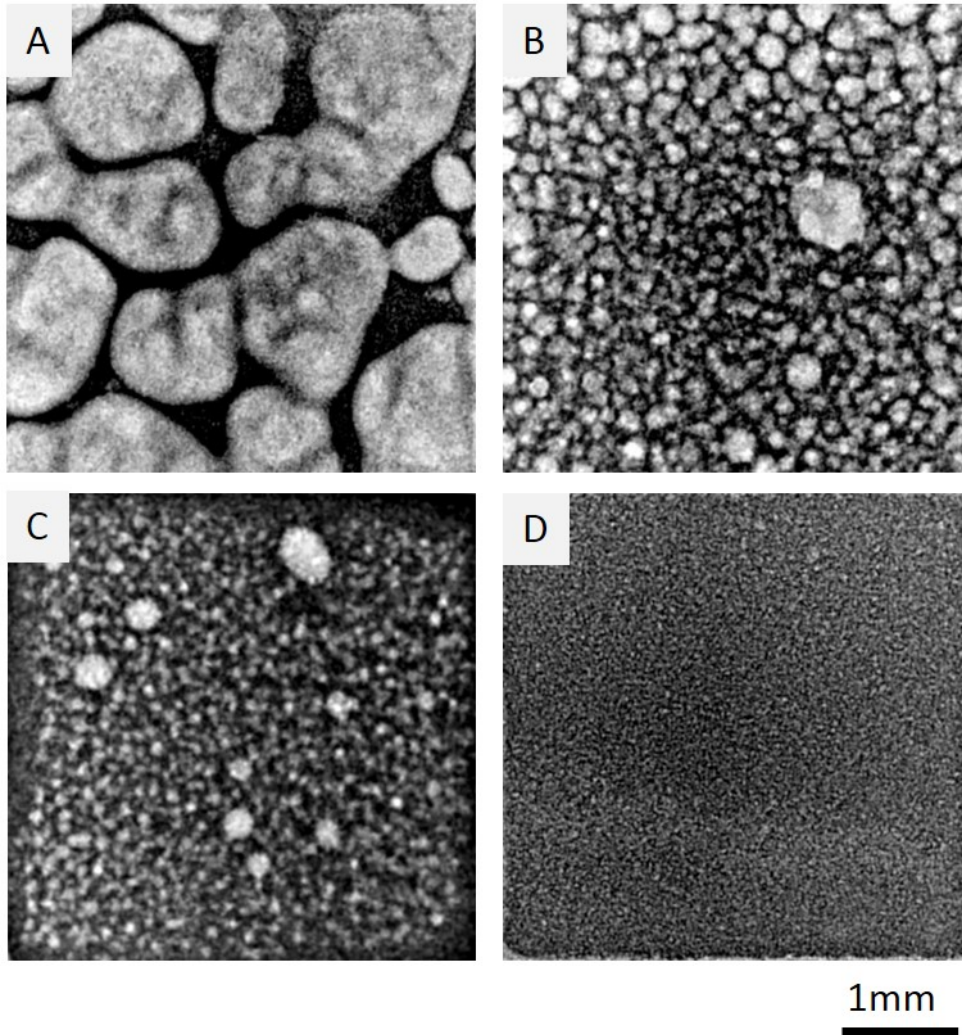


图 5

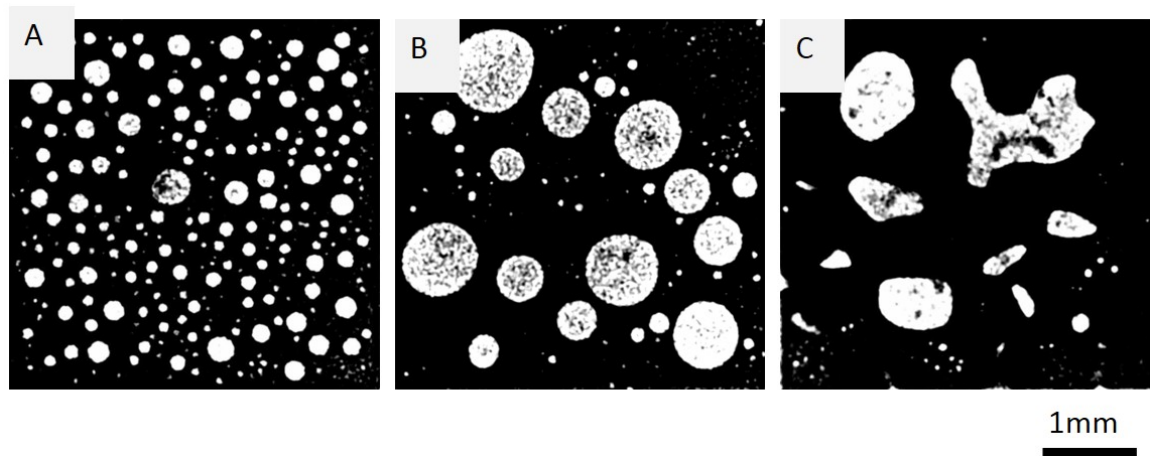


图 6

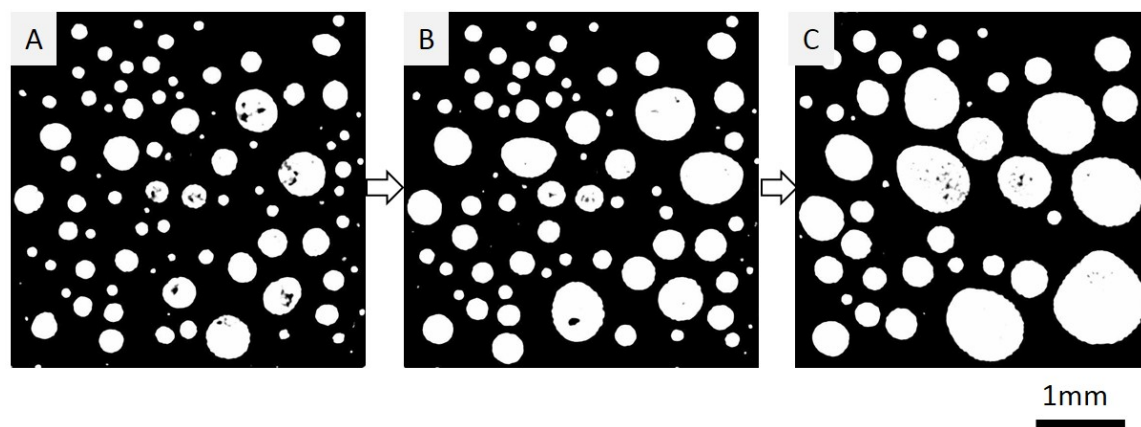


図 7

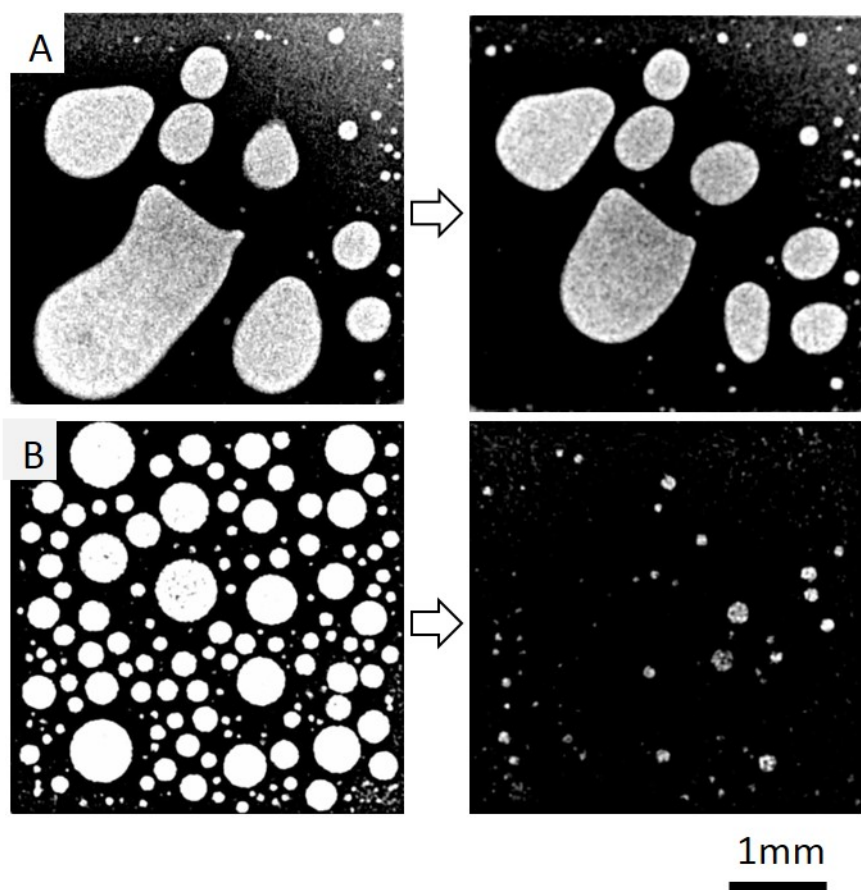
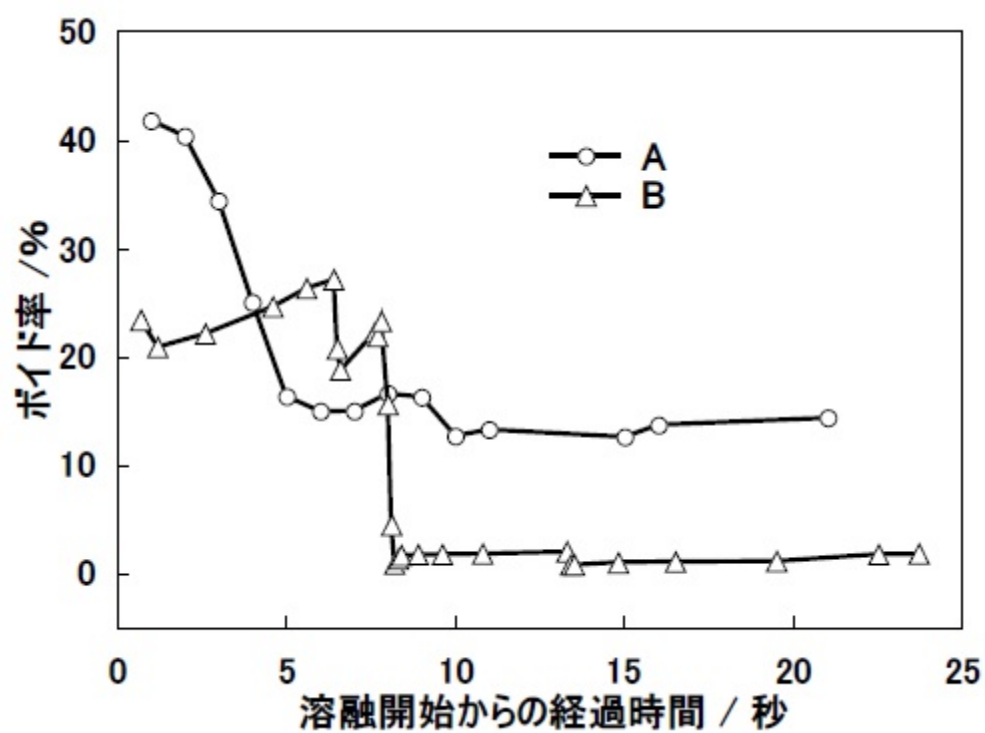


図 8



クオルテック
「受託研究」ページ

クオルテック
「お問い合わせ」